

nemlig den Del af P , der alene hidrører fra Friktionsmodstanden, eller man sætter Trækmodstanden til:

$$P_f = k o l,$$

hvori der for k da benyttes Erfaringsværdier for Friktionsmodstanden pr. Arealenhed, som f. Eks. de i Tabellen Side 205 anførte.

I Henseende til to særlige Forhold er der væsentlig Forskel mellem en Pæls Bæreevne (Trykpaavirkning) og en Pæls Evne til at optage Trækpaavirkning.

Som nævnt ¹⁾ forringes en Pæls Bæreevne ikke, ved at den belastes ud over Brudgrænsen. For Trækpaavirkning er dette derimod ikke Tilfældet. Naar Brudgrænsen først er overskredet, synker Pælens Modstandsevne over for Trækpaavirkning til Nul eller meget nær til Nul.

Med Hensyn til Proportionalitetsgrænsen og Grænsen for det elastiske Omraade er der ligeledes væsentlig Forskel mellem trykpaavirkede og trækpaavirkede Pæle. Proportionalitetsgrænsen, og i Reglen ogsaa Grænsen for det elastiske Omraade, er sædvanlig lavere ved trækpaavirkede end ved trykpaavirkede Pæle. Navnlig er Forskellen stor ved Pæle, hvor Spidsmodstanden udgør en væsentlig Del af Pælens Bæreevne.

De her nævnte Forhold spiller en vigtig Rolle med Hensyn til Konstruktion og Beregning af Pæleværker, i hvilke der indgaar saavel Trykpæle som Trækpæle.

V. FUNDAMENTER, DER HVILER DIREKTE PAA BYGGEGRUNDEN.

A. Fundamenter paavirkede alene af lodrette Kræfter.

182. Massive Fundamenter. Vi vil antage, at det paagældende Bygværk, eller Del af et Bygværk, er en Mur, fra hvilken der til Byggegrunden skal overføres en Kraft P pr. Længdeenhed af Muren. I Kraften P kan Fundamentets Egenvægt være indbefattet. Som nævnt i § 164 gaar man med Hensyn til Trykfordelingen i Anlægsfladen mellem Fundamentet og Byggegrunden sædvanlig ud fra den simple, men ikke rigtige Forudsætning, at et centralt virkende Tryk P frembringer en ensformig fordelt Belastning, p_0 pr. Arealenhed, paa Byggegrunden. Den fornødne Bredde b af Fundamentsfladen faas under denne Forudsætning da simpelthen af:

$$P = p_0 b,$$

naar p_0 sættes lig med den for Byggegrunden (og det paagældende Bygværk) fastsatte tilladelige Belastning.

For at Kraften P kan overføres fra Murens Anlægsflade mod Fundamentet (Bredde: $b_1 < b$) til Fundamentsfladen (Fig. 145), uden at Spændingerne i selve Fundamentet bliver for store, maa dette have en vis Højde i Forhold til Bredden.

Fundamentet udføres i Reglen af Beton og gives den i Figuren viste aftrappede Form.

Ved Udregningen af de i Fundamentet optrædende Spændinger kan for Simpleheds Skyld de aftrappede Sideflader erstattes med skraa Planer, som vist i Figuren. Fundamentets Højde er da bestemt ved Vinklen α . Til Bestemmelse af Ret-

ningen for de Snit, hvori de ved en vis Værdi af Vinklen α farligste Spændinger optræder, kan følgende Tilnærmelsesberegning anvendes. ¹⁾

I Snittet $x x$ er:

Største Trækspænding: $\sigma_1 = p_0 \sin \psi \cos \psi (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \psi) (1 - 3 \operatorname{ctg} \psi \operatorname{tg} \alpha)$

Største Trykspænding: $\sigma_2 = p_0 \sin \psi \cos \psi (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \psi) (1 + 3 \operatorname{ctg} \psi \operatorname{tg} \alpha)$

Forskydningsspænding: $\tau = p_0 \sin \psi \cos \psi (\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \psi) \operatorname{ctg} \psi.$

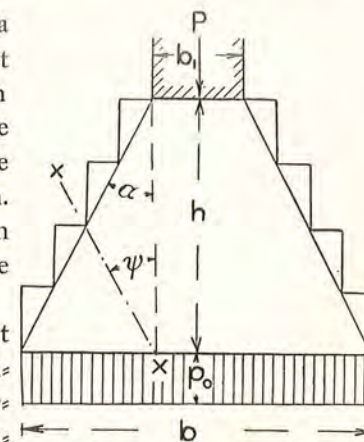


Fig. 145.

¹⁾ § 175.

¹⁾ Die Bautechnik. 1932.

Idet Grovbetons Styrke for Tryk er langt større end Styrken for Træk og for Forskydning, regnes det farligst paavirkede Snit at være det Snit, hvori den resulterende Spænding $\sigma_h = \sqrt{\sigma_1^2 + \tau^2}$ er størst. Dette giver:

$$\text{ctg } 2 \psi = \text{tg } \alpha.$$

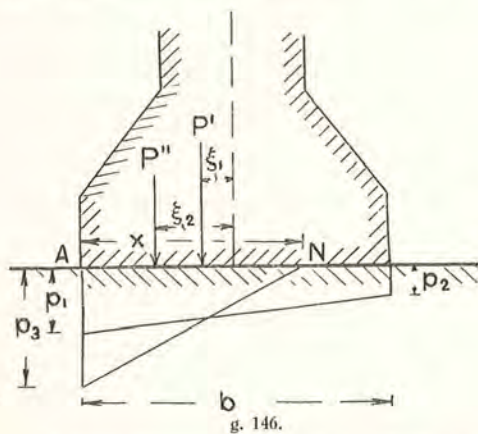
Heraf faas følgende sammenhørende Værdier af α , ψ , σ_1 , τ og σ_h :

α	ψ	σ_1	τ	σ_h
20°	35°	0,28 p_o	0,71 p_o	0,77 p_o
30°	30°	1,0 p_o	0,86 p_o	1,31 p_o
40°	25°	2,2 p_o	1,07 p_o	2,44 p_o
45°	22,5°	3,1 p_o	1,20 p_o	3,33 p_o
50°	20°	4,55 p_o	1,38 p_o	4,67 p_o

Er f. Eks. Trykket paa Byggegrunden $p_o = 2 \text{ kg/cm}^2$ og den tilladelige Spænding for Betonen $\sigma_{h(\text{til.})} = 5 \text{ kg/cm}^2$, faas, idet $2,44 p_o = 4,9 \text{ kg/cm}^2$, $\alpha = 40^\circ$ og heraf Fundamentets Højde: $h = \frac{1}{2}(b - b_1) \text{ctg } \alpha$.

Ved det her behandlede Tilfælde er Kraften P forudsat at virke centralt paa Fundamentsfladen.

Hvis P virker ekscentrisk, faas (Fig. 146): for en Kraft P' med Angrebspunkt inden for den midterste Tredjedel af Fundamentsfladen:



$$p_1 = \frac{P'}{b} + \frac{P' \xi_1}{\frac{1}{6} b^2},$$

$$p_2 = \frac{P'}{b} - \frac{P' \xi_1}{\frac{1}{6} b^2},$$

og for en Kraft P'' med Angrebspunkt uden for den midterste Tredjedel af Fundamentsfladen:

$$p_3 = \frac{2 P''}{3 \left(\frac{b}{2} - \xi_2 \right)}.$$

Afstanden x fra Fundamentsfladens Kant A til Nullinien N er:

$$x = 3 \left(\frac{b}{2} - \xi_2 \right).$$

Ved denne Bestemmelse af Kanttrykkene p er der gaaet ud fra Forudsætningen om retlinet Spændingsfordeling, en Forudsætning, der, som

nævnt (§ 164), ikke passer med de virkelige Forhold, og som kan føre til, at det ved Beregningen fundne største Tryk paa Jordbunden er en Del mindre end det, der i Virkeligheden fremkommer.

I Almindelighed haves der flere forskellige Belastningsmuligheder svarende til forskellige Kombinationer af Nyttebelastningerne, d. v. s. forskellige Kræfter: P' , P'' ...

Fundamentets Bredde b skal da bestemmes saaledes, at intet af de til Kræfterne P' , P'' ... svarende Kanttryk p er større end det tilladelige Tryk paa Byggegrunden.

Bestemmelse af Fundamentets Højde kan foretages paa lignende Maade, som ovenfor anført. I Reglen behøver man herved ikke at gaa nøjere til Værks end, at man regner med ensformig fordelt Tryk p_o , idet p_o sættes lig med det største af de for den paagældende Kant af Fundamentet fundne Tryk p .

Saafrømt Byggegrundens Bæreevne er lille, kræves der forholdsvis bredt Fundament, hvilket atter medfører, at Fundamentet, hvis det skal udføres af Grovbeton, maa gives stor Højde. Byggegrundens »Netto« Bæreevne, den Del af Bæreevnen, som kan udnyttes til at bære den fra selve Bygværket hidrørende Belastning, reduceres herved noget, fordi en forholdsvis stor Del af Bæreevnen medgaar til at optage Vægten af Fundamentet. Hvis Byggegrundens Bæreevne er lille, kan det derfor være fordelagtigt at udføre Fundamentet af Jernbeton.

Et Jernbetonfundament for en Mur som den omhandlede gives Form som vist i Fig. 147, nemlig som en Plade med største Tykkelse ved Murens Kanter og herfra aftagende Tykkelse indtil en vis Minimumstykkel (10 til 15 cm) ved Fundamentspladens Kanter. Jernindlægget anbringes i Pladens Underside. I Reglen støbes et tyndt Bundlag (ca. 8 cm), paa hvilket Jernene kan henlægges.

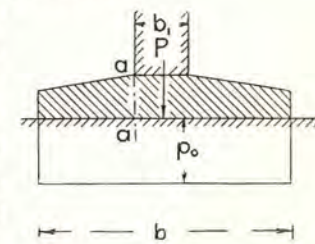


Fig. 147.

Dimensionering af et saadant Jernbetonfundament sker paa samme Maade som den, der anvendes ved Dimensionering af en almindelig Jernbetonplade. Af Kraften P , fordelt over Bredden b_1 , og Byggegrundens Reaktion kan man let udregne bøjende Momenter og Transversalkræfter for de lodrette Snit i Pladen, og deraf Pladetykkelse og Jernindlæg.

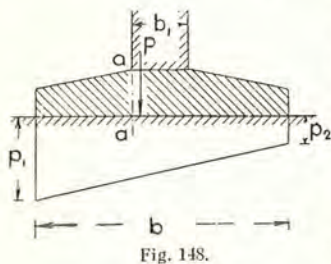
Regnes f. Eks. Trykket paa Byggegrunden ensformig fordelt, lig p_o , faas Momentet i Snit $a a$:

$$M_a = \frac{1}{8} (b - b_1)^2 p_o.$$

For en ekscentrisk virkende Kraft, f. Eks. saaledes som vist i Fig. 148, faas:

$$M_a = \frac{(b - b_1)^2}{48 b} [p_1 (5 b + b_1) + p_2 (b - b_1)].$$

Som tidligere nævnt er den virkelige Fordeling af Trykket langs Fundamentsfladen noget forskellig fra den, der er forudsat ved de foranstaaende Udregninger af Trykkene paa Byggegrunden. Trykket ved Fundamentsfladens Kanter er Nul — ved dybt liggende Fundamentsflade vel ikke Nul, men dog temmelig lille — og er størst et Sted inde under Fundamentsfladen, medens det ved den her anvendte Beregningsmaade faas, ved centralt virkende Kraft P , lige stort langs hele Fundamentsfladen, og ved ekscentrisk



virkende Kraft P endog størst ude ved Fundamentsfladens Kant. For saavidt angaar Bøjningspaavirkning paa Fundamentspladen gaar imidlertid Følgerne af den fra den urigtige Antagelse om Trykfordelingen paa Byggegrunden hidrørende Fejl i den Retning, at Bøjningsmomenterne findes for store, saaledes at man er noget paa den sikre Side med Hensyn til Dimensionsbestemmelsen, naar der regnes saaledes, som anført ovenfor.

183. Bøjelige Pladefundamenter. Ved den i § 182 omtalte Beregningsmaade er selve Fundamentet forudsat at være fuldstændig stift. Denne Forudsætning er der intet at bemærke til, for saa vidt angaar massive Fundamenter af Grovbeton. Noget anderledes kan Forholdet stille sig ved f. Eks. tynde Fundamentsplader af Jernbeton, idet den Deformation, som Pladen undergaar som Følge af de virkende Kræfter (Bygværksbelastningen og Reaktionen fra Byggegrunden), kan have saa stor Virkning med Hensyn til Trykfordelingen i Fundamentsfladen, at Deformationens Indflydelse maa indføres i Beregningerne.

Ved Behandling af Spørgsmaalet om Reaktionsfordelingens Afhængighed af Fundamentspladens Deformation vil vi forudsætte, at Tryk-
ket i Fundamentsfladen overalt er mindre end den paagældende Jordbunds Proportionalitetsgrænse, saaledes at man for Afhængigheden mellem Trykket p og Grundens Eftergiven s paa det med p belastede Areal har Relationen¹⁾:

$$s = \frac{p}{c}.$$

¹⁾ § 172.

Lad (Fig. 149) OO være Byggegrundens Overflade, AB Fundamentspladen, der paavirkes af Belastningen P . Fundamentspladen trykkes af Kraften P noget ned i Jordbunden og bøjes samtidig, saaledes at den paa Midten vil være trykket dybere ned end ved Kanterne. Grundreaktionen vil derfor være størst i Midten og mindst ved Kanterne. Grundreaktionsfordelingen vil være bestemt af Diagrammet $CDFGH$, hvor $p = cs$ og Areal $CDFGH = P$.

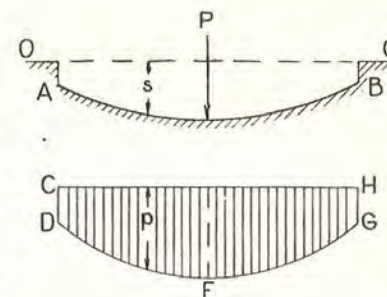


Fig. 149.

Idet Kurven AB er Bøjningslinien for Fundamentspladen, naar denne paavirkes af Kraften P (nedad) og den ved $CDFGH$ fremstillede Reaktionsfordelingskurven DFG findes, naar Fundamentspladens Dimensioner er valgt.

Bestemmelsen af Kurverne kan foretages ved, at man prøver sig frem, idet man begynder med en skønmæssig valgt Reaktionsfordeling og beregner den hertil svarende Bøjningslinie. Ved derefter at ændre paa Reaktionsfordelingen og foretage tilhørende ny Beregning af Bøjningslinien og fortsætte saaledes, kan der tilvejebringes den til Relationen $p = cs$ svarende Overensstemmelse mellem de to Kurver.

Opgaven at finde Reaktionsfordelingen kan under Forudsætning af, at Fundamentspladen har samme Tykkelse i hele Bredden, løses ad analytisk Vej.

Med de i Fig. 150 anvendte Betegnelser, og idet ABC er Fundamentspladens Bøjningslinie, og DFG er Diagrammet for Reaktionen, haves for Bøjningslinien ABC :

$$EI \frac{d^4 s}{dx^4} + p = 0, \quad (184)$$

hvor I er Inertimomentet af Fundamentspladens Tværsnit, og E er Materialets Elasticitetstal¹⁾.

Ved Indsættelse af $p = cs$ faas:

$$EI \frac{d^4 s}{dx^4} + cs = 0, \quad (185)$$

eller idet der sættes:

$$x = L \xi, \quad (186)$$

¹⁾ I saavel som P pr. Længdeenhed, vinkelret paa Figurens Plan.

hvor:

$$L = \sqrt[4]{\frac{4EI}{c}},$$

$$EI \frac{d^4s}{dx^4} = \frac{EI}{L^4} \cdot \frac{d^4s}{d\xi^4} = -cs,$$

$$\frac{d^4s}{d\xi^4} = -4s. \quad (187)$$

Integration af (187) giver:

$$s = \frac{1}{2} [(A_1 e^{\xi} + A_2 e^{-\xi}) \cos \xi + (A_3 e^{\xi} + A_4 e^{-\xi}) \sin \xi], \quad (188)$$

hvor A_1, A_2, A_3 og A_4 er Integrationskonstanter, der kan bestemmes ved Randbetingelser.

For Momentet M_x i et vilkaarligt Punkt x gives

$$M_x = -EI \frac{d^2s}{dx^2},$$

$$M_x = \frac{cL^2}{4} [(A_1 e^{\xi} - A_2 e^{-\xi}) \sin \xi - (A_3 e^{\xi} - A_4 e^{-\xi}) \cos \xi], \quad (189)$$

og for Transversalkraften Q_x :

$$Q_x = -EI \frac{d^3s}{dx^3},$$

$$Q_x = \frac{cL}{4} [A_1 e^{\xi} (\cos \xi + \sin \xi) - A_2 e^{-\xi} (\cos \xi - \sin \xi) - A_3 e^{\xi} (\cos \xi - \sin \xi) - A_4 e^{-\xi} (\cos \xi + \sin \xi)]. \quad (190)$$

For en Fundamentsplade, hvis Bredde er b (Fig. 151), og som paa virkes paa Midten af en Kraft P , faas følgende:

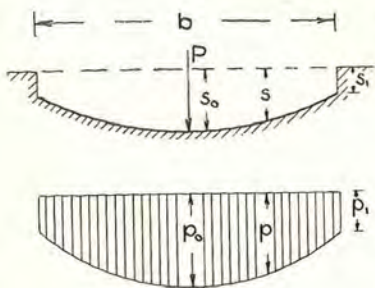


Fig. 151.

Der sættes: $\frac{b}{L} = \lambda$.

I Pladens Midte er Tangenten til Bøjningslinien vandret, altsaa $\frac{ds}{d\xi} = 0$ for $x = 0$, d. v. s. $\xi = 0$, hvilket giver:

$$A_1 - A_2 + A_3 + A_4 = 0. \quad (191)$$

Ved Pladens Kanter er Momentet Nul, d. v. s.: $M_x = 0$ for $x = \frac{b}{2}$ eller $\xi = \frac{\lambda}{2}$, hvilket giver:

$$(A_1 e^{\frac{\lambda}{2}} - A_2 e^{-\frac{\lambda}{2}}) \sin \frac{\lambda}{2} - (A_3 e^{\frac{\lambda}{2}} - A_4 e^{-\frac{\lambda}{2}}) \cos \frac{\lambda}{2} = 0. \quad (192)$$

Endvidere er ved Pladens Kanter Transversalkraften Nul, hvilket giver:

$$A_1 e^{\frac{\lambda}{2}} \left(\cos \frac{\lambda}{2} + \sin \frac{\lambda}{2} \right) - A_2 e^{-\frac{\lambda}{2}} \left(\cos \frac{\lambda}{2} - \sin \frac{\lambda}{2} \right) - A_3 e^{\frac{\lambda}{2}} \left(\cos \frac{\lambda}{2} - \sin \frac{\lambda}{2} \right) - A_4 e^{-\frac{\lambda}{2}} \left(\cos \frac{\lambda}{2} + \sin \frac{\lambda}{2} \right) = 0. \quad (193)$$

Endelig gives:

$$P = 2 \int_0^{\frac{b}{2}} p dx = 2cL \int_0^{\frac{\lambda}{2}} s d\xi,$$

$$\text{som giver: } A_1 - A_2 - A_3 - A_4 = -\frac{2P}{cL}. \quad (194)$$

Af de fire Ligninger (191)–(194) findes:

$$\left. \begin{aligned} A_1 &= \frac{P}{2cL} \cdot \frac{2 + e^{-\lambda} + \cos \lambda - \sin \lambda}{\sin \lambda + \sin \lambda} \\ A_2 &= \frac{P}{2cL} \cdot \frac{2 + e^{\lambda} + \cos \lambda + \sin \lambda}{\sin \lambda + \sin \lambda} \\ A_3 &= \frac{P}{2cL} \cdot \frac{-e^{-\lambda} + \cos \lambda + \sin \lambda}{\sin \lambda + \sin \lambda} \\ A_4 &= \frac{P}{2cL} \cdot \frac{e^{\lambda} - \cos \lambda + \sin \lambda}{\sin \lambda + \sin \lambda} \end{aligned} \right\} \quad (195)$$

som indsat i (188) giver Værdierne for s og dermed for p for et vilkaarligt Punkt:

$$s = \frac{P}{4cL(\sin \lambda + \sin \lambda)} [(4 \cos \xi + e^{\xi} e^{-\lambda} + e^{-\xi} e^{\lambda} + 2 \cos \xi \cos \lambda - 2 \sin \xi \sin \lambda) \cos \xi + (e^{-\xi} e^{\lambda} - e^{\xi} e^{-\lambda} + 2 \sin \xi \cos \lambda + 2 \cos \xi \sin \lambda) \sin \xi].$$

Specielt findes Pladens Nedtrykning i Midten og ved Kanterne, henholdsvis s_0 og s_1 , ved: $\xi = 0$, resp. $\xi = \frac{\lambda}{2}$, at være:

$$s_0 = \frac{P}{2cL} \cdot \frac{2 + \cos \lambda + \cos \lambda}{\sin \lambda + \sin \lambda}, \quad (196)$$

$$\text{og } s_1 = \frac{2P}{cL} \cdot \frac{\cos \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2}}{\sin \lambda + \sin \lambda}. \quad (197)$$

Største og mindste Tryk paa Byggegrunden, henholdsvis ved Pladens Midte og ved Kanterne, bliver:

$$p_o = \frac{P}{2L} \cdot \frac{2 + \cos \lambda + \cos \lambda}{\sin \lambda + \sin \lambda}, \quad (198)$$

og

$$p_1 = \frac{2P}{L} \cdot \frac{\cos \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2}}{\sin \lambda + \sin \lambda}. \quad (199)$$

Hvis Pladens Bredde er stor, kan det indtræffe, at Pladens yderste Ender paa Grund af Pladens Bøjning kommer til at ligge oven over Byggegrundens Overflade (Fig. 152). Betingelsen for, at ingen Del af Pladen hæves op over Byggegrundens Overflade, er, at $s_1 \geq 0$. Den til $s_1 = 0$ svarende Bredde b_{maks} af Fundamentspladen faas af (197), nemlig ved:

$$\frac{2P}{cL} \cdot \frac{\cos \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2}}{\sin \lambda + \sin \lambda} = 0, \quad (200)$$

der idet $\cos \frac{\lambda}{2} \neq 0$, giver:

$$\cos \frac{\lambda}{2} = 0,$$

$$\lambda = \frac{b_{\text{maks}}}{L} = \pi,$$

$$b_{\text{maks}} = \pi L = \pi \sqrt[4]{\frac{4EI}{c}}. \quad (201)$$

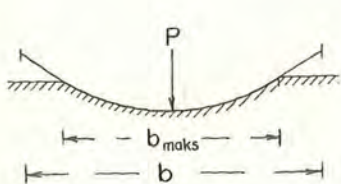


Fig. 152.

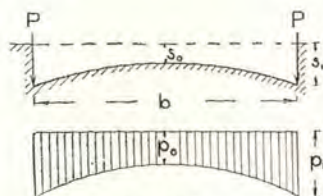


Fig. 153.

For det i Fig. 153 viste Belastningstilfælde, Pladefundament for to Mure, faas paa tilsvarende Maade:

$$A_1 = A_2 = \frac{4P}{cL} \cdot \frac{\cos \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2}}{\sin \lambda + \sin \lambda} \quad (202 a)$$

$$A_3 = -A_4 = \frac{4P}{cL} \cdot \frac{\sin \frac{\lambda}{2} \sin \frac{\lambda}{2}}{\sin \lambda + \sin \lambda} \quad (202 b)$$

$$s = \frac{4P}{cL(\sin \lambda + \sin \lambda)} \left(\cos \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2} \cos \xi \cos \xi + \sin \frac{\lambda}{2} \sin \frac{\lambda}{2} \sin \xi \sin \xi \right)$$

$$s_o = \frac{4P}{cL} \cdot \frac{\cos \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2}}{\sin \lambda + \sin \lambda}, \quad (203)$$

$$s_1 = \frac{2P}{cL} \cdot \frac{\cos \lambda + \cos \lambda}{\sin \lambda + \sin \lambda}. \quad (204)$$

Største og mindste Tryk paa Byggegrunden, henholdsvis ved Pladens Kanter og under Pladens Midte, bliver:

$$p_1 = \frac{2P}{L} \cdot \frac{\cos \lambda + \cos \lambda}{\sin \lambda + \sin \lambda}, \quad (205)$$

$$p_o = \frac{4P}{L} \cdot \frac{\cos \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2}}{\sin \lambda + \sin \lambda}. \quad (206)$$

b_{maks} findes af (203), idet man da skal have $s_o = 0$, hvilket giver samme Udtryk som for det først behandlede Belastningstilfælde, nemlig:

$$b_{\text{maks}} = \pi \sqrt[4]{\frac{4EI}{c}}.$$

Ved en Tørdok (Fig. 154) og ved en Skibsfartsluse overføres de paa Sidemurene virkende Kræfter samt Egenvægten af Sidemurene gennem Tørdokkens Bund til Byggegrunden. De paa Sidemurene virkende lodrette Kræfter kan f. Eks. være: Egenvægt af Mur Q, og lodret Komponent af Jordtryk E_l , de vandrette Kræfter: Vandtryk V og vandret Komponent af Jordtryk E_v . Størrelsen af de i Dokbunden (Slusebunden) optrædende Bøjnings- og Forskydningsspændinger afhænger af, hvorledes



Fig. 154.

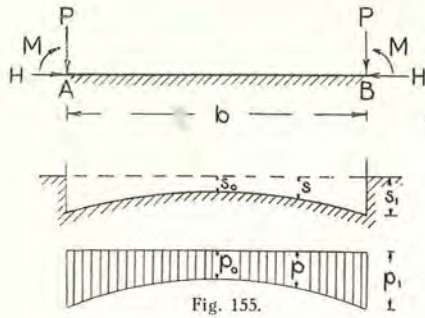


Fig. 155.

Grundreaktionen langs Dokbundens (Slusebundens) Underside er fordelt.

De nævnte Kræfter kan erstattes med de i Fig. 155 angivne, hvor, idet AB er Dokbunden, $P = Q + E_l$, $H = V + E_v$ og M er Momentsummen af hvert af de to Sæt Kræfter V og E_v om henholdsvis A og B .

For det ved Fig. 155 fremstillede Belastningstilfælde faas til Bestemmelse af s og dermed af p :

$$\left. \begin{aligned} A_1 = A_2 &= \frac{4 \frac{P}{cL} \cos \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2} - \frac{4M}{cL^2} \left(\sin \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2} - \cos \frac{\lambda}{2} \sin \frac{\lambda}{2} \right)}{\sin \lambda + \sin \lambda} \\ A_3 = -A_4 &= \frac{\frac{4P}{cL} \sin \frac{\lambda}{2} \sin \frac{\lambda}{2} - \frac{4M}{cL^2} \left(\sin \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2} + \cos \frac{\lambda}{2} \sin \frac{\lambda}{2} \right)}{\sin \lambda + \sin \lambda} \end{aligned} \right\} (207)$$

og heraf s :

$$s = 4 \left(\frac{\left[P \cos \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2} - \frac{M}{L} \left(\sin \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2} - \cos \frac{\lambda}{2} \sin \frac{\lambda}{2} \right) \right] \cos \xi \cos \xi}{\sin \lambda + \sin \lambda} + \frac{\left[P \sin \frac{\lambda}{2} \sin \frac{\lambda}{2} - \frac{M}{L} \left(\sin \frac{\lambda}{2} \cos \frac{\lambda}{2} + \cos \frac{\lambda}{2} \sin \frac{\lambda}{2} \right) \right] \sin \xi \sin \xi}{\sin \lambda \sin \lambda} \right).$$

I det her omhandlede Belastningstilfælde faas ikke et saa simpelt Udtryk som (201) for den Størrelse b_{maks} , som Bredden af Dokbunden ikke maa overskride, hvis Overførelsen af Trykket til Byggegrunden skal ske over hele Bundens Bredder. Man kan nemlig her ikke paa Forhaand afgøre, om s er mindst midt mellem A og B eller ved A og B , idet Bunden i Stedet for at bøjes, som vist i Fig. 155, ogsaa kan antage den i Fig. 156 viste Form. Om det ene eller det andet er Tilfældet, afhænger af Forholdet mellem den Deformation af Bunden, der skyldes Kræfterne P , og den Deformation, der skyldes Momenterne M .

Ved Belastningstilfælde som det her omhandlede er man henvist til at udregne Størrelserne s_0 og s_1 for de paagældende Talværdier af P og M .

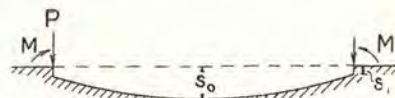


Fig. 156.

Naar der for en valgt Bredder b af Fundamentsplade eller Dokbund findes negative Værdier for Størrelsen s (og altsaa ogsaa negative p) paa en Del af Bredden b (Fig. 157), svarer dette til, at det ved Beregningen forudsættes, at der kan overføres saavel Trykspændinger som Trækspændinger fra Fundamentspladen (Dokbunden) til Byggegrunden. Denne Forudsætning er imidlertid urigtig, idet der ikke kan overføres Trækspændinger. Negative Værdier af p betyder, at Fundamentspladens (Dokbundens) Bredder er saa stor, at kun en Del af Fundamentspladen (Dokbunden) er virksom ved Fordeling af de paa Pladen virkende ydre Kræfter til Byggegrunden, og ved Beregningen af det største Tryk paa Byggegrunden faas da af Ligningen en Værdi for dette Tryk, der er mindre end det Tryk, der i Virkeligheden optræder, d. v. s., man er ved denne Beregning paa den usikre Side med Hensyn til Størrelsen af Trykket paa Byggegrunden, naar dette skal holdes under en vis for det paagældende Tilfælde fastsat tilladelig Belastning af Byggegrunden.

Ved det i Fig. 151 fremstillede Belastningstilfælde er Bestemmelsen af det rigtige Maksimumstryk paa Grunden for saa vidt ganske simpel. Man bestemmer af (201) den til den valgte Pladetykkelse svarende Maksimumsbredder b_{maks} , og hvis Fundamentspladens Bredder — af andre Hensyn end det at skulle tjene som Fundamentsplade — er større end b_{maks} , regnes der med Bredden b_{maks} . I Udtrykket for s (og p) indsættes da $\lambda = \pi$. Specielt faas for p_0 , største Tryk paa Byggegrunden:

$$p_0 = c s_0 = \frac{P}{2L} \cdot \frac{2 + \cos \pi + \cos \pi}{\sin \pi + \sin \pi} = \frac{\pi P}{2 b_{\text{maks}}} \cdot 1,09 = 1,71 \frac{P}{b_{\text{maks}}}.$$

Ved de to andre behandlede Belastningstilfælde er den analytiske Udredning af Forholdet ret kompliceret. Man kan her bruge de anførte Ligninger til Undersøgelse af, om der med den givne Bredder af Fundamentsplade eller Dokbund er en Del af denne, for hvilken der faas negative s (og p). Saafremt dette er Tilfældet, kan man da gaa over til at bestemme Reaktionsfordelingen ved den før nævnte forsøgsvisse Fremgangsmaade.

184. Tilnærmende Bestemmelse af Reaktionsfordeling. Den i det følgende beskrevne Tilnærmelsesberegning af Reaktionsfordeling giver i mange Tilfælde tilstrækkelig nøjagtige Resultater, eller den kan med Fordel benyttes til Afgørelse af, om der i et foreliggende Tilfælde i det hele taget er Anledning til at gaa nærmere ind paa Spørgsmaalet om

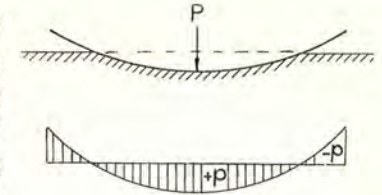


Fig. 157.

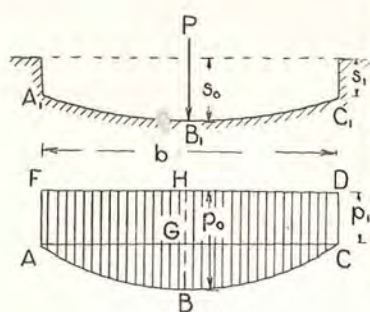


Fig. 158.

Reaktionens Fordeling, eller man uden Risiko for at begaa væsentlige Fejl kan regne med Reaktionen ensformig fordelt under Fundamentspladen (Dokbunden). Tilnærmelsen ved denne Beregningsmaade bestaar i, at man regner med Parabler som Erstatnings-Kurver for Fundamentspladens (eller Dokbundens) Bøjningslinier.

For en Fundamentsplade, der er paavirket paa Midten af en Kraft P pr. Længdeenhed, faas ved Tilnærmelsesberegningen følgende (Fig. 158):

Fundamentspladens Bøjningslinie antages at være Parablen $A_1B_1C_1$, og Grundreaktionens Diagram $FABCD$, hvor ABC ligeledes er en Parabel ($p_0 = c s_0$, $p_1 = c s_1$).

Man har nu, at Opbøjningspilen $s_0 - s_1$ er lig med den Bøjningspil, Fundamentspladen vil faa, naar denne regnes indspændt i Midten og paavirket af det til Diagrammet $HBCD$ svarende Tryk. Er f_1 Bøjningspilen for Trykket $HBCD$, og f_2 Bøjningspilen for Trykket $GBCG$, haves:

$$s_0 - s_1 = f_1 + f_2.$$

Endvidere haves:

$$f_1 = \frac{1}{8} \frac{p_1}{EI} \left(\frac{b}{2}\right)^4$$

$$f_2 = \frac{19}{360} \frac{p_0 - p_1}{EI} \left(\frac{b}{2}\right)^4,$$

$$s_0 - s_1 = \frac{p_0 - p_1}{c} = \frac{b^4}{16 EI} \left[\frac{1}{8} p_1 + \frac{19}{360} (p_0 - p_1) \right],$$

samt:
$$p_1 b + \frac{2}{3} (p_0 - p_1) b = P.$$

Af de to sidste Ligninger findes:

$$p_0 = \frac{5760 + 26 \frac{c b^4}{EI} \frac{P}{b}}{5760 + 11 \frac{c b^4}{EI}}$$

og

$$p_1 = \frac{5760 - 19 \frac{c b^4}{EI} \frac{P}{b}}{5760 + 11 \frac{c b^4}{EI}}$$

svarende til de tidligere fundne Udtryk (198) og (199) for henholdsvis største og mindste Tryk p_0 og p_1 under Fundamentspladen.

Svarende til det i § 183 fundne Udtryk for b_{maks} faas her, ved at man sætter $p_1 = 0$:

$$5760 - 19 \frac{c (b_{\text{maks}})^4}{EI} = 0,$$

$$b_{\text{maks}} = 2,96 \sqrt[4]{\frac{4 EI}{c}},$$

en Værdi, der, som det vil ses, kun er lidt forskellig fra den i § 183 angivne (201).

For en Fundamentsplade, der er paavirket langs Kanterne af Kraften P pr. Længdeenhed (Fig. 159), faas paa følgende Maade:

Bøjningslinien $A_1B_1C_1$ og den Trykvariationen bestemmende Linie ABC antages at være Parabler. Man har, at $s_1 - s_0$ er lig med Bøjningspilen for Fundamentspladen, naar denne paavirkes af Kræfterne P nedad og det ved Diagrammet $FABCD$ fremstillede Tryk

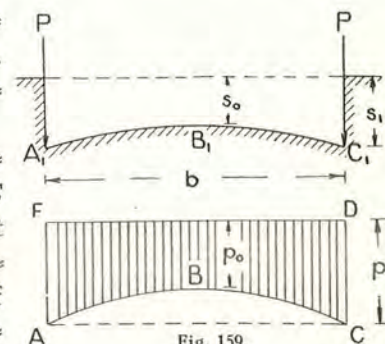


Fig. 159.

opad. Er f_1 og f_2 Bøjningspilene for henholdsvis det til Rektanglet $FACD$ og det til Parabelsegmentet ABC fremstillede Tryk, haves:

$$s_1 - s_0 = f_1 - f_2.$$

Endvidere:

$$f_1 = \frac{5}{384} \frac{p_1}{EI} b^4,$$

$$f_2 = \frac{61}{5760} \frac{p_1 - p_0}{EI} b^4,$$

$$s_1 - s_0 = \frac{p_1 - p_0}{c} = \frac{b^4}{EI} \left[\frac{5}{384} p_1 - \frac{61}{5760} (p_1 - p_0) \right],$$

samt:
$$p_1 b - \frac{2}{3} (p_1 - p_0) b = 2P.$$

Af de to sidste Ligninger findes:

$$p_1 = \frac{11520 + 122 \frac{c b^4}{EI} \frac{P}{b}}{5760 + 11 \frac{c b^4}{EI}}$$

og

$$p_o = \frac{11520 - 28 \frac{c b^4}{EI} \cdot P}{5760 + 11 \frac{c b^4}{EI} \cdot b},$$

svarende til de tidligere fundne Udtryk (205) og (206) for henholdsvis største og mindste Tryk p_1 og p_o paa Byggegrunden. For b_{maks} findes her ($p_o = 0$):

$$11520 - 28 \frac{c (b_{maks})^4}{EI} = 0$$

$$b_{maks} = 3,18 \sqrt[4]{\frac{4 EI}{c}}.$$

Den ved Tilmærmelsesberegningen saaledes fundne Værdi for b_{maks} ses ogsaa i dette Tilfælde kun at være lidt forskellig fra den i § 183 angivne.

B. Fundamenter og Bygværker paavirkede af skraat rettede Kræfter.

185. Ved Beregning af et Fundament for et Bygværk, der er paavirket af Kræfter med indbyrdes forskellig Retning, gaar man i Almindelighed frem paa den Maade, at man sammensætter alle de ydre Kræfter, der virker paa den af Fundamentsfladen dannede Snitflade, til en Resultant og opløser denne i en lodret Komposant (Normalkraft) gennem Resultantens Skæringspunkt med Fundamentsfladen — denne tænkes at være vandret — og en vandret Komposant (tangentiell Komposant) virkende i Fundamentsfladen. Paavirkningen paa Byggegrunden fra den lodrette og fra den vandrette Komposant behandles da hver for sig.

Det fra Bygværket hidrørende lodrette Tryk paa Byggegrunden — Byggegrundens Belastning i almindelig Forstand — afhænger alene af den lodrette Komposants Størrelse, i Forbindelse med Angrebepunktets Beliggenhed, og det i Afsnit V. A. anførte om Beregning af Trykkets Størrelse og om Fordeling af Trykket paa Byggegrunden, og den tilhørende Beregning af Fundamentets Dimensioner kan derfor uden videre anvendes i det her omhandlede Tilfælde.

Ved Bygværker, der er paavirket af skraat rettede Kræfter, kan der imidlertid ofte være særlige Forhold til Stede vedrørende den Indflydelse, som de forskellige ydre Kræfters Størrelse og deres Virkemaade kan have paa Fordelingen af det lodrette Tryk i Fundamentsfladen, og

disse Forhold maa der særligt tages Hensyn til ved Undersøgelsen af, om der for det paagældende Bygværk er passende Sikkerhed for, at Trykket paa Byggegrunden ikke bliver større end det, Beregningen giver, eller, som det sædvanlig udtrykkes, om der er passende Sikkerhed for Bygværkets Stabilitet. Navnlige gælder dette ved Bygværker, der paavirktes af Vandtryk og Jordtryk. Vi vil derfor her behandle Undersøgelsen af denne Slags Bygværker og som Eksempel paa et saadant Bygværk tage en Kajmur, d. v. s. en Støttemur, der danner Begrænsningen for en Jordopfyldning mod et af Vand dækket Areal. Af de herved udledede Regler vedrørende Dimensionsberegning m. v. kan der uden Vanskelighed udledes tilsvarende Regler for Dimensionsberegning af andre Arter af Bygværker, der er udsat for Paavirkning af skraat rettede Kræfter.

186. I Fig. 160 er vist en Kajmur med en for Overskueligheds Skyld ganske enkel Form. De paa Muren virkende Kræfter er: Murens

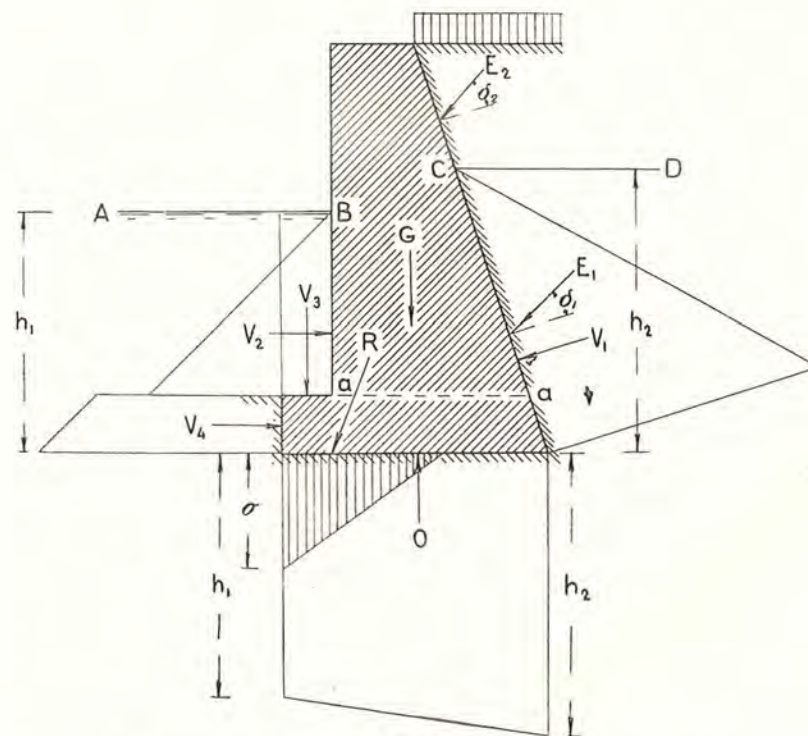


Fig. 160.

Egenvægt G , et i Fundamentsfladen virkende, opad rettet Vandtryk O , aktive Jordtryk E paa Murens Bagside, Vandtryk V_1 paa Murens Bagside, svarende til en eller anden Stilling af Grundvandspejlet CD , samt

Vandtryk V_2 og V_4 paa Murens Forside og Vandtryk V_3 paa Murens Fremspring fornedet, svarende til Vandhøjden (AB) ved Murens Forside.

Ved Dimensionering af en saadan Kajmur — dennes Form forudsættes at være given paa Forhaand — gaar man frem paa den Maade, at man for en skønsommelig valgt Murtykkelse og Bredde af Fundamentsflade beregner Spændingerne i Fundamentsfladen og i de Snit i Murlegemet, i hvilke Spændingerne kan blive særlig store, og derefter, ved at man prøver sig frem med andre Murtykkelser, finder den Murdimension, for hvilken de i Fundamentsfladen og i de farligst paavirkede Snit i Murlegemet optrædende største Spændinger ligger passende nær ved henholdsvis det tilladelige Tryk paa Byggegrunden og den tilladelige Spænding for det paagældende Murmateriale.

Da det tilladelige Tryk paa Byggegrunden i Almindelighed er betydelig mindre end den tilladelige Spænding for Murens Materiale (Beton, Jernbeton, Murværk), er det naturligt, hvis Forholdene tillader det, at forsyne Muren med et Fremspring fornedet ved Murens Forside, saaledes som vist paa Figuren, naar de vandrette Kræfter paa Murens Bagside, saaledes som Tilfældet er her, er større end de paa Murens Forside virkende vandrette Kræfter.

Jo nærmere Skæringspunktet mellem Fundamentsfladen og Resultanten R af de paa Muren virkende Kræfter falder ved Fundamentsfladens Kant, desto større bliver Trykket paa Grunden. Den Kombination af de samtidig paa Muren virkende Kræfter, som er bestemmende for, om Murens Stabilitetssikkerhed er tilstrækkelig (eller passende), er derfor det af de forskellige mulige Belastningstilfælde, ved hvilket Resultantens Skæringspunkt kommer til at ligge nærmest ved Murens Forkant.

Ved Bestemmelsen af Vandtrykket V_1 og af Jordtrykket E_1 fra den under Grundvandspejlet CD værende Jord bør der regnes med fuldt Vandtryk paa hele den under Grundvandspejlet værende Del af Murens Bagflade, og, svarende hertil, med Rumvægt $\gamma_e' - 1$ for Jorden ¹⁾, idet man herved faar den for Murens Stabilitet farligste samlede Virkning af disse Kræfter.

187. Vandtryk paa Muren. Indvirkningen af det i Fundamentsfladen optrædende Vandtryk paa Størrelsen af Kanttrykket i Fundamentsfladen er afhængig af, om Resultanten af de paa Muren virkende Kræfter skærer Fundamentsfladen inden for eller uden for dennes Kærneareal. Hvorledes denne Afhængighed er, ses lettest af Forholdene ved en Mur

¹⁾ Jfr. § 146.

som den i Fig. 161 viste. Muren er her tænkt paa virket af en lodret nedad rettet Kraft Q , en lodret opad rettet Kraft O og en vandret Kraft H .

Hvis Skæringspunktet for Resultanten af disse Kræfter falder inden for Grundfladens midterste Trediedel, er det største Kanttryk bestemt ved:

$$\sigma = \frac{Q - O}{b} + \frac{6 Ha}{b^2}.$$

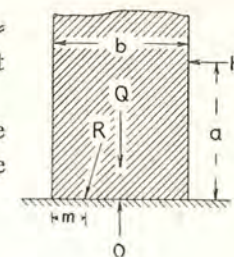


Fig. 161.

Kanttrykket ses i dette Tilfælde at blive mindre, jo større Kraften O er.

Hvis Resultantens Skæringspunkt falder uden for Grundfladens midterste Trediedel, faas, idet

$$m = \frac{b}{2} - \frac{Ha}{Q - O},$$

$$\sigma = \frac{2Q - O}{3m} = \frac{2}{3} \frac{Q - O}{\frac{b}{2} - \frac{Ha}{Q - O}}.$$

Af dette Udtryk vil det ses, at for:

$$Q - \frac{6 Ha}{b} < O < Q - \frac{4 Ha}{b}$$

vil Kanttrykket formindskes med voksende O fra $\sigma = \frac{12 Ha}{b^2}$ til $\sigma = \frac{32 Ha}{3 b^2}$, men at man for:

$$Q - \frac{4 Ha}{b} = O \rightarrow \left(Q - \frac{2 Ha}{b} \right)$$

faar:

$$\frac{32 Ha}{3 b^2} = \sigma \rightarrow \infty.$$

Ved Kajmure falder Resultantens Skæringspunkt med Fundamentsfladen i saa godt som alle Tilfælde uden for Kærnearealet ved den for den paagældende Murs Stabilitet farligste Kombination af de Kræfter, der kan paavirke Muren. Som almindelig Regel gælder derfor, at man ved Stabilitetsundersøgelser skal indføre det største af de opad virkende Vandtryk, der kan forekomme.

Ved den i Fig. 160 viste Kajmur er Størrelse og Fordeling af Vandtrykket O tænkt at være bestemt ved det som Diagram for Vandtrykket indtegnede Trapez med Sidelængder h_1 og h_2 , hvor h_1 og h_2 er Funda-

mentsfladens Dybde under henholdsvis det ydre Vandspejl og Grundvandspejlet. Dette Diagram svarer til, at Modstanden mod Vandets Bevægelse fra Murens Jordside til dens Vandside forudsættes at være lige stor overalt, saavel langs Fundamentsfladen som i Jordbundens Porer umiddelbart under Fundamentsfladen.

Hvis Jordbundens Permeabilitet er meget lille, og Muren slutter tæt til Jorden ved Fundamentsfladens Bagkant (hvis der f. Eks. er anbragt en tæt Spunsvæg ved Murens Bagside), vil det opad rettede Vandtryk være mindre end angivet i Fig. 160. Til fuldstændig Tæthed ved Murens Bagkant vil svare, at Vandtrykket reduceres til h_1 over hele Fundamentsfladen. Hvis derimod Tætheden er større ved Fundamentsfladens Forkant end ved dens Bagkant (Spunsvæg ved Murens Forkant), er Vandtrykket større end angivet i Fig. 160. Fuldstændig Tæthed ved Murens Forkant giver et Vandtryk h_2 over hele Fundamentsfladen.

Størrelsen af saavel Vandtrykket O som Vandtrykkene V afhænger af Højden af Vandspejlene AB og CD . Det opad rettede Vandtryks Virkning til Ugunst for Murens Stabilitet er, som nævnt, desto større, jo større dette Vandtryk er. For Vandtrykkene V 's Vedkommende er det navnlig Forskellen mellem de to Vandspejls Stillinger, det kommer an paa med Hensyn til disse Vandtryks Betydning for Murens Stabilitet. Hvilken Kombination af de i det paagældende Tilfælde mulige samtidig indtrædende Vandspejlsstillinger der er den farligste for Murens Stabilitet, kan i Reglen ikke afgøres paa Forhaand, og man maa derfor ofte foretage Stabilitetsundersøgelser for flere forskellige, af saadanne Kombinationer bestemte Belastningstilfælde.

Hvor meget højere det indvendige Vandspejl kan komme til at staa over det udvendige, afhænger dels af Forskellen mellem Højvande og Lavvande det paagældende Sted og af, hvor hurtigt Vandstandsvariationen foregaar, dels af, hvorledes Forbindelsen er mellem Vandet inden for og uden for Muren, d. v. s. om Jordbunden er mere eller mindre let gennemtrængelig for Vand, og om der er større eller mindre Utætheder langs Fundamentsfladen.

Paa Steder, hvor der ikke findes Tidevand af nogen Betydning, foregaar Vandstandsvariationen for det meste ret langsomt. Man behøver her i Reglen ikke at forudsætte større Forskel mellem udvendigt og indvendigt Vandspejl end ca. 0,3 m, saafremt den jævnlig forekommende højeste Vandstand ikke overstiger ca. 0,6 m over »Daglig Vande«, og der kan da som bestemmende for det farligste Belastningstilfælde regnes med, at nævnte Vandspejlsdifferens forefindes ved D. V. Hvis der jævnlig forekommer højere Vandstand end nævnt, og navnlig, hvis Vandet efter langvarigt Højvande kan falde hurtigt, bør der forudsættes

større Vandspejlsforskel end ovenfor angivet. Det er her tænkt, at Muren slutter nogenlunde tæt til Jordbunden, og at denne kun i ringe Grad er gennemtrængelig for Vand. Saafremt Muren hviler paa et Underlag af Ral, eller hvis Bunden bestaar af endnu mere storkornet Materiale, kan der regnes med, at Forbindelsen mellem Vandet foran og bag ved Muren er saa aaben, at der ikke kan opstaa nævneværdig Forskel mellem Vandhøjderne paa de to Sider af Muren.

Paa Steder, hvor der er Tidevand, bør der i Reglen regnes med forholdsvis større Vandspejlsdifferens end nævnt, fordi Vandspejlsvariationen her foregaar relativt hurtigt. Til hvilken Størrelse den for en Kajmurs Stabilitet farligste Vandspejlsdifferens i saa Tilfælde skal ansættes, kan der ikke angives nogen almindelig Regel for. Det er dog næppe sandsynligt, at man behøver at forudsætte større Vandspejlsdifferens end ca. $\frac{1}{3}$ af Flodskiftet i Tilfælde af, at Jordbunden og Tilslutningen mellem denne og Muren er nogenlunde tæt. Saafremt der findes Underlag af Ral, kan Vandspejlsdifferensen regnes mindre. Den største Forskel mellem Vandspejlene forefindes i Reglen, naar det udvendige Vandspejl efter et Højvande er faldet til noget under Middelvandstand.

En Udgligning mellem Vandhøjden foran Muren og Vandhøjden i Jorden umiddelbart bag Muren, saaledes at Variation af Vandspejlet foran Muren kun faar forholdsvis ringe Indflydelse paa Murens Stabilitetsforhold, kan tilvejebringes ved, at der lægges langsgaaende Dræn bag Muren i Højde med laveste Vandstand, og disse Dræn forbindes med tværs gennem Muren gaaende Rørledninger (f. Eks. 10 cm Rør i 10 til 20 m indbyrdes Afstand), liggende lidt under laveste Vandstand.

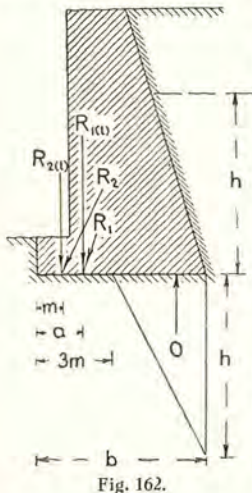
Som ovenfor nævnt, bør der ved Stabilitetsundersøgelsen for en Kajmur, regnes med det største opad rettede Vandtryk, som vil kunne forekomme. Størrelsen af hele det i Fundamentsfladen virkende Vandtryk afhænger, foruden af Størrelsen af Vandtrykket i hvert af de enkelte Punkter af Fladen, tillige af, paa hvor stor en Del af Fundamentsfladens Areal der kan optræde Vandtryk, og dette afhænger atter af Jordbundens Porøsitet og af, hvor tæt Murens Underside slutter til Byggegrunden, samt i visse Tilfælde af Størrelse og Virkemaade af de øvrige Kræfter, som paavirker Muren.

Hvis Bunden, hvorpaa Muren hviler, bestaar af storkornet Materiale, som f. Eks. Ral eller større Sten, er Spørgsmaalet om, paa hvor stort Areal af Murens Underside det bør paaregnes, at der kan komme Vandtryk, ikke vanskeligt. Her udgør nemlig den samlede Anlægsflade mellem Ralkornene og Murens Underside kun en ringe Del af hele Fundamentsfladen, og der vil derfor være Vandtryk i saa godt som hele Fundamentsfladen. Ved at regne med Vandtryk paa hele Fundaments-

fladen indfører man derfor i saadant Tilfælde ikke nogen ekstra Sikkerhedsfaktor af Betydning ¹⁾.

Hvis Bunden, hvorpaa Muren staar, er fuldstændig tæt (hvis det er Klippebund, eller Bunden bestaar af Ler), og Murens Underside slutter fuldstændig tæt til Byggegrunden, vil der ikke kunne trænge Vand ind under Muren under Forudsætning af, at Resultanten af de paa Muren virkende Kræfter skærer Fundamentsfladen inden for dennes Kærneareal. I dette Tilfælde vil der, teoretisk taget, derfor ikke være nogen Grund til at regne med opad virkende Vandtryk i Fundamentsfladen.

Hvis Bunden er tæt, men Resultantens Skæring med Fundamentsfladen falder uden for Kærnearealet, vil der kunne fremkomme Vandtryk i en Del af Fundamentsfladen. Da der ikke kan overføres Trækspændinger mellem Muren og Byggegrunden, dannes der en Spalte mellem Murens Underside og Jordbunden, i hvilken Spalte Vandet kan trænge ind og saaledes udøve Tryk i en Del af Fundamentsfladen. Paa hvor stor en Del af denne der kan optræde Vandtryk, og hvor stort dette kan blive, er det imidlertid vanskeligt at danne sig et Skøn over. Teoretisk taget maa der regnes med, at Spaltearealet strækker sig ind til Nullinien, men det er dog ret sandsynligt, at Spalten ikke naar saa langt ind, og tillige, at Spalten paa den nærmest Nullinien liggende Del er saa fin, at der her ikke fremkommer noget Vandtryk. Som en rimelig



Antagelse angaaende Vandtrykket i Fundamentsfladen i dette Tilfælde kan der f. Eks. regnes med, at der ved Fundamentsfladens Bagkant fremkommer fuldt Vandtryk, svarende til Vandspejlshøjden h (Fig. 162), og at Vandtrykket aftager jævnt fra h ved Fundamentsfladens Bagkant til Nul i Nullinien.

Den Nullinie, hvis Beliggenhed er bestemmende for Størrelsen af Vandtrykket O , er den, der svarer til Resultanten af alle Kræfterne, Vandtrykket O medindbefattet. Indførelsen af dette Vandtryk og Bestemmelsen af Resultanten for samtlige Kræfter kan ske saaledes:

Lad R_1 , med lodret Komposant $R_{1(l)}$, være Resultanten af alle de paa Muren virkende Kræfter,

¹⁾ Hvis Bunden bestaar af saadant storkornet Materiale, er der, som omtalt, ikke nævneværdig Forskel mellem Vandtrykkene i Fundamentsfladen ved Murens Forside og ved dens Bagside. I dette Tilfælde kan man derfor, om dette foretrækkes, i Stedet for med opad virkende Vandtryk O , nedad virkende Vandtryk V_3 og lodret Komposant af V_1 , regne med Opdrift paa den under Vandspejlet værende Del af Muren.

med Undtagelse af det foreløbig ubekendte Vandtryk O , og $R_{2(l)}$ den lodrette Komposant af Resultanten, naar Vandtrykket O medtages. Man har da med de i Figuren benyttede Betegnelser:

$$R_{2(l)} = R_{1(l)} - O = R_{1(l)} - \frac{1}{2} h (b - 3m)$$

$$R_{1(l)} \cdot a = R_{2(l)} \cdot m + O [3m + \frac{2}{3} (b - 3m)],$$

hvoraf faas:

$$R_{1(l)} \cdot a = [R_{1(l)} - \frac{1}{2} h (b - 3m)] m + \frac{1}{2} h (b - 3m) (m + \frac{2}{3} b)$$

til Bestemmelse af m og deraf O og $R_{2(l)}$.

Betingelsen for, at man kan se helt bort fra opad virkende Vandtryk — hvis Resultanten falder inden for Kærnen — eller regne med et Vandtryk saaledes som angivet i Fig. 162, er som nævnt, at Muren slutter fuldstændig tæt til Byggegrunden. Under almindelige Forhold kan man imidlertid ikke paaregne, at denne Betingelse er opfyldt. I Reglen vil den i Murens nederste Del indgaaende Beton være mere eller mindre porøs, fordi det vanskeligt kan undgaaes, at det først udlagte Lag Beton beskadiges ved Udvaskning af Cementen. Kun i Tilfælde af, at Udførselen af Muren sker under særlig gunstige Forhold (fuldstændig tør Byggegrube), og af, at der træffes specielle Foranstaltninger til Undgåelse af Porøsitet i Bundlaget, f. Eks. Udlægning af et Lag fed Mørtel som Underlag for Murens Beton, kan man vente at faa saa tæt Tilslutning i Fundamentsfladen, at der kan være Tale om at se bort fra Vandtrykket O eller regne med Vandtryk, som angivet i Fig. 162.

Dersom Jordbunden ikke er helt tæt, f. Eks. hvis den bestaar af sandblandet Ler eller anden Jord af lignende Beskaffenhed med Hensyn til Porøsitet, vil der kunne optræde Vandtryk paa Murens Underside i større eller mindre Dele af Fundamentsfladen, selv om Murens nederste Del er fuldstændig tæt og Resultanten af Kræfterne skærer inden for Kærnefladen, og nogen Vejledning til i saadant Tilfælde at skønne over, hvor stort det samlede Vandtryk er, har man ikke.

I Betragtning af den Usikkerhed, der, som det fremgaar af det foranstaaende, i de fleste Tilfælde er til Stede med Hensyn til Afgørelse af, hvor stort Vandtrykket i Fundamentsfladen i Virkeligheden er, bør man, naar ikke særlige Forhold gør sig gældende, i Almindelighed holde sig til den Regel, at der regnes med fuldt opad virkende Vandtryk paa hele Fundamentsfladen, svarende til det i Fig. 160 angivne. Ved at gøre dette er man da noget mere paa den sikre Side med Hensyn til Murens Stabilitet, hvis det drejer sig om en Mur, der staar paa Klippebund, Ler eller sandblandet Ler, end Tilfældet er ved en Mur paa Sand, Grus eller Ral, og, ved Mure paa Byggegrund af de først nævnte Arter, mere paa den

sikre Side, hvis Murens Udførelse sker omhyggeligt og i tør Byggegrube, end hvis Udførelsen foregaar under mindre betryggende Forhold, eller hvis f. Eks. Udførelsen af den nederste Del af Muren sker ved Betonstøbning i Vand. Til saadanne Forhold som de her nævnte — Jordbundens større eller mindre Porøsitet, mer eller mindre god Beton i Murens Underside — kan der, saafremt Omstændighederne iøvrigt taler derfor, tages noget Hensyn enten ved Fastsættelsen af den Sikkerhedsfaktor, der indføres for hele Stabilitetsberegningen (jfr. § 188), eller maaske ved at man ændrer paa de til Grund for Bestemmelsen af Jordtrykkenes Størrelse og Virkemaade liggende Forudsætninger (ved Fastsættelsen af Vinklen δ og Jordens Skræntvinkel ϱ).

188. Særlig Stabilitetsbetingelse. Ved Bygværker, der paavirkes af forskelligt rettede Kræfter, er der det særlige Forhold, at den Sikkerhed mod, at Trykket paa Byggegrunden bliver for stort, der ligger i, at den tilladelige Belastning af Byggegrunden er fastsat som en vis Brøkdel af Brudgrænsen for den paagældende Jordbund eller som en vis Brøkdel af det Tryk, for hvilket Bygværket sætter sig netop saa meget, som det

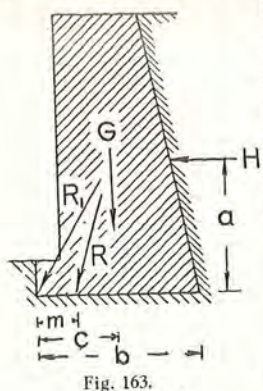


Fig. 163.

i det højeste kan taale at sætte sig, ikke dækker mod Følgerne af tilfældig Forøgelse af de paa Muren virkende Kræfter i Tilfælde af, at ikke alle Kræfterne forøges i samme Forhold. Dette ses af følgende: Har man en Mur (Fig. 163), hvis Egenvægt er G , og som paavirkes af en vandret Kraft H , vil største Tryk paa Byggegrunden være

$$p = \frac{2}{3} \frac{G}{m} = \frac{2}{3} \frac{G}{c - \frac{H}{G} a},$$

hvis H 's Moment til Væltning af Muren er saa

stort, at $m < \frac{b}{3}$. Dersom H forøges til $H_1 = \frac{c}{a} G$, bliver $m = 0$, og der faas $p_1 = \infty$, idet Resultanten R_1 af G og H_1 i saa Tilfælde gaar gennem Fundamentfladens Forkant. Paa tilsvarende Maade forholder det sig med alle de Kræfter, der paa samme Maade som H paavirker Muren til Væltning. Det vil heraf forstaaes, at en Forøgelse af en eller flere af de til Væltning virkende Kræfter foraarsager, at Kanttrykket vokser i langt stærkere Grad, end hvad der svarer til Forøgelsen af de paagældende ydre Kræfter.

For at være sikret mod, at en ikke paaregnet tilfældig Forøgelse af de til Væltning virkende Kræfter frembringer en for Murens Stabilitet farlig Stigning af største Tryk paa Grunden, er det derfor nødvendigt, at man ved Siden af den Betingelse, at det til det givne System af Kræf-

ter svarende største Kanttryk højest maa være lig med Byggegrundens tilladelige Belastning, indfører endnu en Stabilitetsbetingelse, som særlig tager Sigte paa det her nævnte Forhold.

Indførelse af en saadan særlig Stabilitetsbetingelse kan ske paa den Maade, at man forøger de til Væltning virkende Kræfter i et vist Forhold, afpasset efter den for det paagældende Bygværk paakrævede Stabilitetssikkerhed, beregner største Kanttryk for det saaledes ændrede System af Kræfter og da som hertil svarende tilladelig Belastning regner med Brudgrænsen for Byggegrunden eller med det Tryk, for hvilket Jordbundens Eftergiven naar den Grænseværdi, som i det højeste er tilladelig for det paagældende Bygværk.

Hvor stor en Forøgelse der bør gives de til Væltning virkende Kræfter, afhænger naturligvis af Bygværkets Art — om det er en Kajmur, almindelig Støttemur, Bropille, Spærredæmning el. a. — men maa dog i Hovedsagen fastsættes under Hensyn til, med hvor stor Sikkerhed de paagældende Kræfter i det hele taget lader sig beregne.

For en Kajmur som den her omhandlede (Fig. 160), maa der saaledes i denne Forbindelse skelnes mellem, om de til Væltning virkende Kræfter er Vandtryk eller Jordtryk.

For Vandtrykkenes Vedkommende gælder, at der ikke er Anledning til, at man i det ændrede Kraftsystem indfører større Vandtryk end de, der indgaar i det oprindelige Kraftsystem, naar de forudsatte Stillinger af Vandspejlene AB og CD er de Stillinger, der giver den farligste Paavirkning paa Muren, og naar man med Hensyn til Vandtrykkenes Størrelse og Virkemaade iøvrigt regner saaledes, som det fremgaar af det tidligere anførte.

Med Hensyn til Jordtrykkene er Forholdet et andet, idet der for disse Vedkommende er en Del Usikkerhed til Stede, baade i Henseende til Bestemmelse af Jordtrykkenes Størrelse (tilfældig Belastning paa Jorden bag Muren, Usikkerhed ved Fastsættelsen af Skræntvinklen ϱ , Rystelser), og med Hensyn til deres Virkemaade (Jordtrykkets Retning og dets Fordeling). Da Jordtryk, saaledes som f. Eks. E_1 i Fig. 160, godt kan virke til Gunst for Murens Stabilitet, maa Indførelse af den ekstra Stabilitetssikkerhed, for saa vidt angaar Jordtryk, ske ved, at man lader Jordtrykkenes vandrette Komposanter indgaa i det ændrede Kraftsystem med en til den paakrævede ekstra Sikkerhedsfaktor svarende Forøgelse i Størrelse, medens de lodrette Komposanter af Jordtrykkene i det oprindelige Kraftsystem gaar uforandret over i det ændrede Kraftsystem.

Hvor stor den her omhandlede særlige Sikkerhedsfaktor n bør vælges, afhænger naturligvis af, hvor stor Sikkerhed der allerede maatte være indført ved Beregningen af Jordtrykkene. Ved Kajmure og lig-

nende Bygværker — paa god Byggegrund og med Bagfyld af almindelig Beskaffenhed — fører Dimensionsbestemmelsen til (erfaringsmæssigt) passende Murdimensioner, naar der ved Fastsættelsen af den i Jordtryksberegningerne indgaaende Vinkel δ benyttes de i § 103 angivne Regler, og der ved den her omhandlede særlige Stabilitetsundersøgelse sættes $n = 1,3$ til $1,5$. Inden for disse Grænser ($1,3$ og $1,5$) vælges en større eller mindre Værdi for n , efter som Omstændighederne i det paagældende Tilfælde taler for, at man bør være rigeligt paa den sikre Side, eller for, at der kan slaas noget af paa Sikkerhedsgraden.

En anden Maade at foretage den omtalte Stabilitetsundersøgelse paa, som skal nævnes her, fordi den tidligere har været ret almindelig anvendt, er, at man som den ekstra Stabilitetsbetingelse indfører en vis — n Gange — »Sikkerhed mod Væltning« omkring Fundamentsfladens Kant. For en Kajmur, som den i Fig. 160 viste, regnes Betingelsen » n Gange Sikkerhed mod Væltning« at være opfyldt, naar Summen af Momenterne om Fundamentsfladens Kant af samtlige Kræfter i det ændrede Kraftsystem er Nul, idet, ligesom ovenfor, de vandrette Komponenter af Jordtrykkene indføres i det ændrede Kraftsystem med n Gange Størrelsen af de beregnede Jordtryks vandrette Komponenter.

Med Hensyn til denne Beregningsmaade er der at bemærke, at » n Gange Sikkerhed mod Væltning« ikke er ensbetydende med, at Muren først er paa Nippet til at vælte, naar Jordtrykkene har antaget de Størrelser og er kommet til at virke i de Retninger, der er bestemt ved, at Jordtrykkenes vandrette Komponenter er blevet n Gange større. Til Momentsummen lig med Nul svarer nemlig, at Resultanten gaar gennem Fundamentsfladens Kant, d. v. s. Kanttrykket lig ∞ . Den yderste Grænse for Murens Stabilitet naas derfor i Virkeligheden ved en mindre Forøgelse af Jordtrykkenes vandrette Komponenter end den til den indførte Sikkerhedsfaktor n svarende Forøgelse.

189. Spændinger i Kajmurens Snitflader. Som nævnt i § 186 skal der ved Dimensionering af en Mur foretages Undersøgelse af, foruden Spændingerne i Fundamentsfladen, ogsaa Spændingerne i

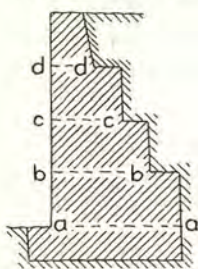


Fig. 164.

saadanne Snitflader i Murlegemet, hvor Spændingerne kan blive særlig store. Ved en Kajmur, som den i Fig. 160 viste, er aa en saadan Snitflade. Ved en Mur, som vist i Fig. 164, skal der foretages Spændingsberegninger for Snittene aa , bb , cc og dd .

Spændingsberegningen for et Snit aa (Fig. 165) omfatter lignende Undersøgelser som de i det foregaaende for Fundamentsfladens Vedkommende beskrevne, idet

det maa prøves, om Murens (valgte) Dimensioner er tilstrækkelig store til, at der haves passende Sikkerhed for, at Kantspændingen i Snittet ikke overstiger den tilladelige Spænding. Angaaende de paa Muren oven over Snittet aa virkende Kræfter: Egenvægt G , Jordtryk E og Vandtrykkene V_1 og V_2 , er der her intet at tilføje.

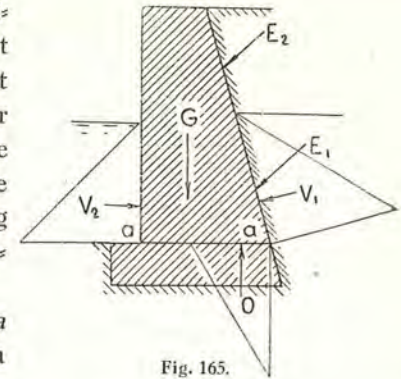


Fig. 165.

Med Hensyn til Vandtryk i Snittet aa (Opdrift paa Murlegemet) ligesom ogsaa med Hensyn til Spørgsmaalet om Nødvendigheden af at indføre en særlig Stabilitetssikkerhed er der derimod Anledning til at gøre andre Forudsætninger end de, der gælder for Undersøgelsen angaaende Trykkene i Fundamentsfladen, og disse Forudsætninger kan atter være forskellige, efter som der kan overføres Trækspændinger mellem de over og under Snitfladen værende Dele af Muren, eller dette ikke er Tilfældet. Betingelsen for, at der kan regnes med Trækspændinger, er i Almindelighed, at Muren forsynes med Jernindlæg i Bagsiden.

Da det betragtede Snit er en Snitflade i selve Murlegemet, og ikke saaledes som ved Fundamentsfladen en Begrænsningsflade mellem Murlegemet og Byggegrunden, behøver man ikke her at forudsætte Tilstedeværelsen af saadanne Forhold, som de i § 187 omtalte (Porøsitet i Snitfladen), Forhold, der som nævnt medfører, at man ved Bestemmelsen af Trykket i Fundamentsfladen i Almindelighed maa regne med fuldt Vandtryk i denne. Spørgsmaalet om Opræden af Vandtryk i Snitfladen kan derfor, saafremt Muren ikke er forsynet med Jernindlæg, behandles ganske som det i samme Paragraf omhandlede særlige Tilfælde for Fundamentsfladens Vedkommende: Byggegrunden fuldstændig tæt (Klippebund), og Murens Underside sluttende fuldstændig tæt til Byggegrunden.

Med Hensyn til Spørgsmaalet om den særlige Stabilitetsbetingelse er Forholdet, naar der ikke kan overføres Trækspændinger i Snittet, det samme som det, der gælder for Fundamentsfladen, nemlig, at en forholdsvis lille Forøgelse af en af de til Væltning virkende Kræfter kan bringe Kanttrykket til at vokse mod ∞ , og de for Undersøgelse af Spændinger i Fundamentsfladen gældende Regler maa derfor ogsaa anvendes for det her betragtede Snits Vedkommende.

I Tilfælde af, at Muren er forsynet med Jernindlæg, kan man se bort fra Muligheden for, at Muren aabner sig saaledes langs Snitfladen, at der kan blive Adgang for Vandet, og man behøver derfor ikke at regne

med Vandtryk i Snittet. Hvis Muren er forsynet med Jernindlæg, er der endvidere med Hensyn til Spændingernes Afhængighed af de til Væltning virkende Kræfter ikke de samme Forhold til Stede som de, der haves ved en Mur uden Jernindlæg, idet en endelig Forøgelse af de til Væltning virkende Kræfter kun medfører en endelig Forøgelse af Spændingen, naar der kan overføres saavel Trækspændinger som Trykspændinger i Snittet. Da der imidlertid ikke er Proportionalitet mellem de til Væltning virkende Kræfter og de af disse frembragte Spændinger, bør det ogsaa i det Tilfælde, hvor Muren er forsynet med Jernindlæg, undersøges, om den særlige Stabilitetsbetingelse er opfyldt. Der foretages derfor to Spændingsundersøgelser. Ved den ene bestemmes Spændingen for det Kraftsystem, i hvilket Jordtrykkene indgaar med de ved den sædvanlige Jordtryksberegning fundne Størrelser, ved den anden bestemmes Spændingerne for det ændrede Kraftsystem, i hvilket Jordtrykkenes vandrette Komposanter indgaar med n Gange deres beregnede Størrelse ($n = 1,3$ til $1,5$). Spændingerne for det førstnævnte Kraftsystem skal være \leq den for det paagældende Materiale sædvanlig anvendte tilladelige Spænding, og de Spændinger, der svarer til det ændrede Kraftsystem, skal være \leq Materialets Brudstyrke. Det er kun i de Tilfælde, hvor Trækspændingerne er forholdsvis smaa, at den særlige Stabilitetsbetingelse er bestemmende for Murens Dimension i Snittet. Ved Mure, hvor der ikke kan overføres Trækspændinger i Snittet, er det derimod ofte Tilfældet, at det er den særlige Stabilitetsbetingelse, der er bestemmende for Murens Dimension.

190. Forskydningsstabilitet. Den i Fundamentsfladen faldende Kom-

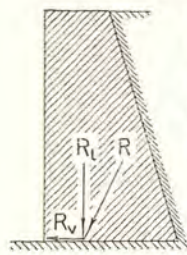


Fig. 166.

posant (R_v , Fig. 166) af Resultanten af de paa Muren virkende Kræfter forudsættes at blive overført til Byggegrunden ved Friktion mellem Muren og Jordbunden. Betingelsen for, at Muren ikke skal glide paa Underlaget er derfor:

$$n R_v \leq R_L \operatorname{tg} \alpha, \quad (208)$$

hvor $\operatorname{tg} \alpha$ er Friktionskoefficienten for Glidning mellem Muren og Underlaget, og n en Sikkerhedsfaktor. Størrelsen af denne maa vælges under Hensyntagen til, hvor stor Sikkerhed der indeholdes i de til Grund for Bestemmelsen af de ydre Kræfter liggende Forudsætninger.

Med Hensyn til Vandtrykkene er der herved ingen Anledning til at regne paa anden Maade, end det gøres ved Undersøgelsen angaaende Trykket i Fundamentsfladen, altsaa med fuldt virkende Vandtryk paa

Murens Bagside og ligeledes fuldt virkende Vandtryk i Fundamentsfladen.

For Jordtrykkenes Vedkommende kan der derimod være Grund til at regne med en mindre Værdi for Vinklen δ end den, der gælder for Undersøgelsen angaaende Trykket i Fundamentsfladen, saaledes som det nærmere er omtalt i §§ 101—103. Naar de der anførte Regler benyttes, vil den for Forskydningsstabiliteten gældende Sikkerhedsfaktor i Reglen kunne sættes til $n = 1,3$ til $1,5$.

Det her anførte gælder for Bygværker af den i Fig. 166 angivne Type, nemlig Bygværker, der staar frit paa Byggegrundens Overflade, som f. Eks. Kajmure udført af Betonblokke (Fig. 167) og Kajmure med Underbygning af Sænk-kasser (Fig. 168). Saadanne Konstruktioner af den under Vand værende Del af Bygværket anvendes, hvor Opførelsen af Bygværket

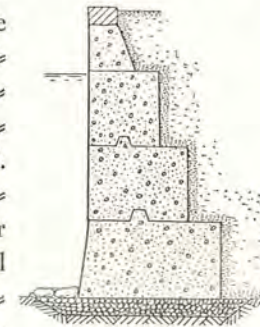


Fig. 167.

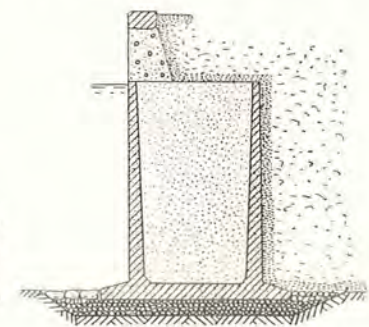


Fig. 168.

skal ske uden Tørlægning af Byggestedet. I Reglen hviler Bygværket her ikke direkte med Fundamentsfladen paa Byggegrunden, men staar paa et Lag Ral, gennem hvilket Belastningen fra Bygværket overføres til Grunden. Ved saadanne Bygværker, der staar frit paa et Rallag, er det ofte Kravet om en passende Stabilitet for Forskydning — og ikke Størrelsen af det i Fundamentsfladen optrædende Tryk — der er bestemmende for Bygværkets Dimensioner.

Hvis Bygværkets Fundamentsflade er ført et Stykke ned i Byggegrunden (Fig. 169), vil Jordtrykket paa Fladen AB medvirke til at hindre Glidning langs Fundamentsfladen.

Det til (208) svarende Udtryk bliver i dette Tilfælde:

$$n R_v \leq R_L \operatorname{tg} \alpha + E_v, \quad (209)$$

hvor E_v er den vandrette Komposant af det paa Fladen AB virkende Jordtryk E .

Med Hensyn til dette Jordtryk stiller der sig her dels Spørgsmaalet om, hvorvidt man kan regne med, at det er et passivt Jordtryk, eller det

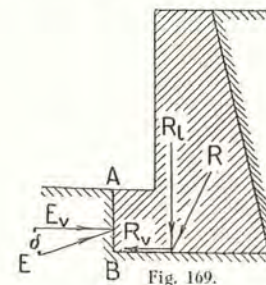


Fig. 169.

skal betragtes som en aktiv Kraft (aktivt Jordtryk), dels Spørgsmaalet om, i hvilken Retning Jordtrykket kan forudsættes at virke, idet disse Forhold har væsentlig Betydning for Jordtrykkets Indflydelse paa Bygværkets Forskydningsstabilitet. Da Jordtrykket modvirker Murens Glidning paa Underlaget, maa der af Sikkerhedshensyn ikke paaregnes større Jordtryk end det, der virkelig kan fremkomme.

Optræden af passivt Jordtryk ¹⁾ i Fladen AB er betinget af, at denne Flade forskydes lidt ind mod Jorden, og Størrelsen af denne for Optræden af passivt Jordtryk fornødne Forskydningsbevægelse afhænger af Jordens Beskaffenhed og navnlig af dens Lejringsstæthed. Der kræves praktisk taget ingen eller kun forholdsvis lille Bevægelse (f. Eks. nogle faa Millimeter), hvis Jordbunden er god Byggegrund (groft Sand, aflejret i Vand, Ler og Blandinger af Ler og Sand i naturlig og fast Aflejring), men en ikke helt ubetydelig Bevægelse (f. Eks. 1 Centimeter eller noget mere) ved Bund bestaaende af løsere lejret Sand og Jordbund af tilsvarende Beskaffenhed. Hvis Jorden foran Trykfladen er opfyldt Jord, kan den for Opstaaen af passivt Jordtryk paakrævede Bevægelse af Trykfladen være ret betydelig (flere Centimeter), men er naturligvis afhængig af Opfyldningsjordens Lejringsstæthed, og derfor f. Eks. mindre i Tilfælde af, at der er fyldt op foran Trykfladen med groft Sand, der under Udlægningen er blevet vandet og stampet, end hvis der er fyldt op med Jord, der ikke lejrer sig tæt.

Spørgsmaalet om, hvorvidt der i givet Tilfælde tør paaregnes passivt Jordtryk, maa derfor afgøres under Hensyn til, hvor stor Bevægelse af Trykfladen det paagældende Bygværk kan taale uden at lide Skade, og dette afhænger atter af Bygværkets Konstruktion. Bolværker og Bygværker af lignende Konstruktion lider ingen Skade, selv om der sker en ret betydelig Bevægelse af Trykfladen. Ved Bygværker af denne Art kan der derfor i Almindelighed uanset Jordbundens Beskaffenhed paaregnes fuldt passivt Jordtryk. Ved Bygværker som f. Eks. en massiv Kajmur eller lign. maa man i Reglen gaa ud fra, at Bygværket ikke kan taale nogen væsentlig Forskydning. For Bygværker af den sidstnævnte Art vil det derfor være rimeligt som almindelig Betingelse for, at der kan paaregnes passivt Jordtryk, at sætte, at Bygværkets Forflade AB ligger an mod naturlig og fast aflejret Jord. Hvis der ved Opførelsen af Bygværket er foretaget Opgravning af Jorden foran Bygværket, kan det være tilladeligt at regne med passivt Jordtryk, hvis Tilfyldningen foran Bygværket sker med saadant Materiale (groft Grus) og paa saadan Maade (lagvis Udlægning, Vanding og Stampning), at Tilfyldningen bliver fast lejret, og selv med saadanne Foranstaltninger maa man være

¹⁾ Passivt Jordtryk i den ved Definitionen i § 94 givne Betydning.

forberedt paa, at der sker nogen Bevægelse af Bygværket, forinden Jordens Modtryk i Fladen AB naar den til det passive Jordtryk svarende Størrelse.

I Tilfælde af, at Forholdet med Hensyn til Bygværkets Bevægelsesmuligheder og Jordens Lejringsstæthed er saaledes, at det ikke tør forudsættes, at der kan optræde passivt Jordtryk, er det meget vanskeligt at afgøre, hvorledes E skal bestemmes.

Det kunde ligge nær i saadanne Tilfælde ganske simpelt at sætte E lig med det aktive Jordtryk. Herimod taler dog, i det mindste teoretisk set, den Omstændighed, at Forudsætningen for Optræden af det aktive Jordtryk er, at Trykfladens eventuelle Bevægelse sker i Retning bort fra Jorden, medens Trykfladens eventuelle Bevægelse i det Tilfælde, som Talen er om her — Jordtryk modvirkende Bygværkets Glidning — er rettet ind mod Jorden. Regnes der til Trods herfor med aktivt Jordtryk, bestemt efter de almindelige Jordtryksregler, bør herved den mulig tilstedeværende Kohæsions Indflydelse paa Jordtrykket indføres i Beregningen, idet Kohæsionen bevirker Formindskelse (eventuelt helt til Nul) af det aktive Jordtryk.

Noget Jordtryk (Jordspænding) vil der — bortset fra det Tilfælde, hvor Jordens Kohæsion er i Stand til fuldstændig at holde Jordmassen sammen — altid virke paa Fladen AB , men hvilken Størrelse dette Tryk har, i Forhold til det efter den almindelige Jordtryksteoris Regler bestemte aktive Jordtryk, kan der ikke angives noget sikkert om. Størrelsen af et saadant til Gunst for Bygværkets Glidningsstabilitet virkende Jordtryk er man henvist til at ansætte skønsomt. I de Tilfælde, hvor Jordens Beskaffenhed (løs Lejrings) og Bygværkets Konstruktion (tilladelig vandret Forskydning Nul eller meget lille) bevirker, at der ikke tør forudsættes Optræden af passivt Jordtryk, bruges det ofte, alt efter Størrelsen af den eller de Sikkerhedsfaktorer, der indgaar i hele Stabilitetsberegningen ved Bestemmelsen af de øvrige paa Bygværket virkende Kræfter, at regne med Halvdelen af det aktive Jordtryk eller med den fulde Størrelse af aktivt Jordtryk eller endog med en eller anden Mellemværdi mellem aktivt og passivt Jordtryk ¹⁾.

Med Hensyn til Jordtrykkets Retning (Vinklen δ , Fig. 169) er der her Grund til at regne med, at Jordtrykket virker skraat opad saavel i de Tilfælde, hvor der virker passivt Jordtryk paa Fladen AB , som i de Tilfælde, hvor der regnes med aktivt Jordtryk, bl. a. fordi den fra

¹⁾ Som saadan Mellemværdi benyttes undertiden det *geostatiske Tryk*. For lodret Væg og vandret Jordoverflade er dette lig med Trykket fra en Vædske med samme Rumvægt som Jorden. Er Jordoverfladen hældende, er Trykkets Retning (ved lodret Væg) parallel med Jordoverfladen.

Byggegrundens Eftergiven for Belastningen hidrørende Bevægelse af Bygværket er skraat nedad rettet. Som tidligere nævnt, er den største Værdi for Vinklen mellem Jordtrykket og Vægnormalen: $\delta_{\text{maks}} = \varrho$ (Jordens Skræ tvinkel), eller, hvis Væggen er glat og Friktionsvinklen φ for Glidning mellem Jord og Væg er mindre end ϱ , da $\delta_{\text{maks}} = \varphi$. Saavel for passivt Jordtryk som for aktivt Jordtryk gælder, at Jordtrykket (og dets vandrette Komposant) vokser med δ , naar Jordtrykket er rettet skraat opad, saaledes som vist i Fig. 169. Af almindelige Forsigtigheds-hensyn (idet det omhandlede Jordtryk virker til Gunst for Murens Stabilitet) og paa Grund af, at der er en Del Usikkerhed til Stede med Hensyn til, hvor stor Indflydelse paa Jordtrykkets Retning der tør til-lægges den nævnte Tendens til nedad rettet Bevægelse af Fladen AB som Følge af Byggegrundens Eftergiven, bør der i Reglen regnes med en noget mindre Værdi end δ_{maks} , f. Eks. $\delta = \text{ca. } \frac{2}{3} \delta_{\text{maks}}$.

191. Stabilitetsundersøgelse for skraat rettet Tryk i Fundaments-fladen. Hvis Byggegrunden er af almindelig god Beskaffenhed, er de i §§ 185—190 omhandlede Stabilitetsundersøgelser i Reglen tilstrækkelige ved Dimensionering af Kajmure og lignende Bygværker.

Ved mindre bæredygtig Jordbund kan det derimod forekomme, at den Undersøgelse, der gaar ud paa at afgøre, om Normaltrykket i Fundamentsfladen har en i Forhold til Byggegrundens Bæreevne pas-sende Størrelse, ikke er fyldestgørende. Dette skyldes, at der ved den nævnte Undersøgelse kun er taget Hensyn til Normalkomposanten af de i Fundamentsfladen virkende Kræfter og ikke medtaget Virkningen af disses tangentielle Komposanter.

Som tidligere nævnt¹⁾, kan man tænke sig den til Brudbelastning paa Jordbunden svarende Spændingstilstand i Jorden under Fundaments-fladen at være en saadan, hvor det paa den ene Side af en Snitflade

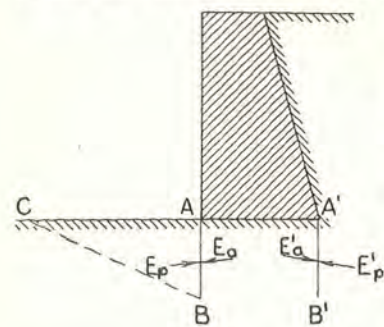


Fig. 170.

som f. Eks. AB (Fig. 170) virkende ak-tive Jordtryk E_a er paa Nippet til at overvinde det paa den anden Side af Snitfladen optrædende passive Jordtryk E_p . Da Jordbunden i Fundamentsfladens Plan er stærkere belastet bag Muren end foran denne, vil det passive Jordtryk E'_p paa en Snitflade $A'B'$ være større end paa Snitfladen AB . Brudstadiet er der-for bestemt af Spændingsforholdene i Snittet AB .

¹⁾ § 160.

Baade Normalkraften R_l og Tangentialkraften R_t vil fremkalde Spændinger i Jorden under Fundamentsfladen. Brudstadiet, ved hvilket det aktive Jordtryk paa den ene Side af Snitfladen er paa Nippet til at overvinde det passive Jordtryk paa den anden Side, naas derfor for en mindre Normalkraft (R_l) i Tilfælde af, at der samtidig haves baade Normalkraft og Tangentialkraft (R_t) — d. v. s. i alt en paa Fundaments-fladen skraat rettet Kraft (R) — end hvis der alene haves en Normal-kraft. Ved Overskridelse af Brudgrænsen forskydes Jordlegemet ABC (Glidelegemet svarende til passivt Jordtryk), og Jorden under Funda-mentsfladen følger efter, hvorved Muren synker. Det kan ske, at en Del af Jorden bag Muren samtidig forskydes ind under Fundaments-fladen. I saa Fald kan Muren, foruden at synke, tillige kæntré bag over, saaledes at der herved faas en Bevægelse af Muren, der er ganske modsat den Bevægelse (Kæntring forover), som man regner med ved den almin-delige Stabilitetsundersøgelse.

En Undersøgelse af en Murs Stabilitetsforhold, med Hensyntagen til den samlede Virkning af Normalkraft og Tangentialkraft i Funda-mentsfladen svarende til det her anførte, maa blive ret indviklet og desuden behæftet med megen Usikkerhed, bl. a. fordi man ikke ved noget nærmere om, hvorledes Normalkraften og Tangentialkraften for-deles nede i Jordbunden, eller om Retningen og Længden af Snitfladen AB , eller om Jordtrykkenes Retning i denne Snitflade.

Krey har angivet følgende Fremgangsmaade, ved hvilken en saadan Undersøgelse af en Kajmurs Stabilitet kan foretages nogenlunde let. I Fig. 171 er L_1K_1 en vilkaarlig Glideplan gennem Fundamentsfladens Kant D . Det paa den lodrette Snitflade HL_1 virkende aktive Jordtryk E_a , der svarer til nævnte Glideplan, faas ved Hjælp af en Krafttre-kant med Siderne E_a (med valgt Retning, overensstemmende med den almindelige Jordtryksteori), Q_1 (under Vinklen ϱ med Glideplanens Normal), og $G_1 + G_2 + G_3$, hvor G_1 er Vægten af Muren, G_2 og G_3 Vægte-ne af Jordlegemerne BK_1D og FDL_1 . E_p ,

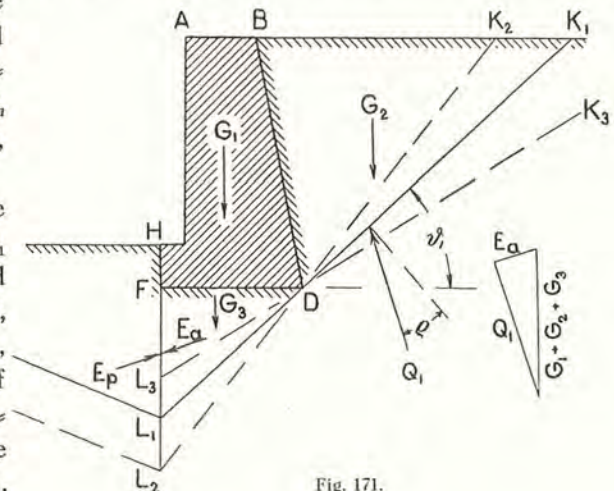


Fig. 171.

med Retning sammenfaldende med Retningen for E_a , er det paa Snitfladen HL_1 optrædende passive Jordtryk. Dette bestemmes paa sædvanlig Maade overensstemmende med *Coulomb's* Jordtryksteori. Be-

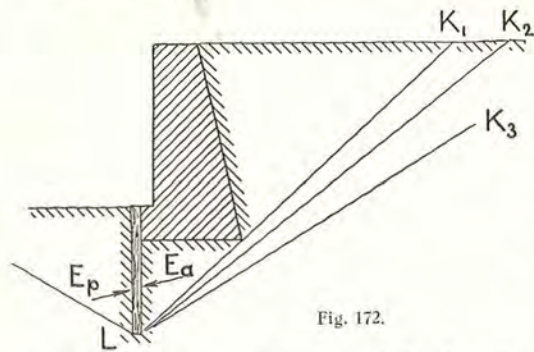


Fig. 172.

tingelsen for, at der ikke skal kunne ske Forskydning af Muren under den Situation, der er bestemt ved Beliggenheden af Glideplanen L_1K_1 , regnes da at være: $E_p > E_a$. Man prøver nu med forskellige Glideplaner: L_2K_2 , L_3K_3 ... og bestemmer for hver af disse Forholdet $E_p : E_a$. Den

mindste Værdi η af de derved fundne Størrelser $E_p : E_a$, er da Udtryk for den Sikkerhed, der er til Stede for, at Muren ikke kan forskydes. Et Bygværks Stabilitet for Forskydning kan forøges ved, at der foran Bygværket rammes en Spunsvæg (Fig. 172). Hvis der haves en saadan Spunsvæg, gaar alle de Glideflader LK_1 , LK_2 ..., for hvilke Stabilitetssikkerheden maa prøves, gennem den nederste Kant L af Spunsvæggen, og Størrelsen af det passive Jordtryk E_p , der skal indføres i Beregningen, er her uafhængig af Beliggenheden af Glideplanerne LK_1 , LK_2 ... Den ved den valgte Rammedybde af Spunsvæggen tilstedeværende Sikkerhed mod Murens Forskydning findes iøvrigt paa samme Maade som ovenfor beskrevet.

Ved den af *Krey* angivne, her omtalte Stabilitetsundersøgelse er der forudsat plane Glideflader, i Overensstemmelse med *Coulomb's* Jordtryksteori.

Behandling af Problemet, med Anvendelse af Forudsætning om cirkulærcylindriske Glideflader ¹⁾, er angivet af *S. Hultin* ²⁾ og uddybet videre af *W. Fellenius* ³⁾, *Max Møller* ⁴⁾, *Krey* ⁵⁾ o. fl.

Den af *Hultin* angivne Fremgangsmaade til Stabilitetsundersøgelse, hvis Princip er det samme som det, der ligger til Grund for den i § 137 omtalte Jordtryksberegning, er, i store Træk, følgende:

Med vilkaarlig valgt Akse O_1 (Fig. 173) indlægges en cirkulær

¹⁾ § 137.

²⁾ *Sven Hultin*: Grusfyllingar för Kajbyggnader. Teknisk Tidsskrift. 1916.

³⁾ *W. Fellenius*: Jordstatiska Beräkningar. Teknisk Tidsskrift. 1929.

⁴⁾ *Max Møller*: Erddrucktabelle. 1922.

⁵⁾ *Krey*: Erddruck, Erdwiderstand. 1932.

Cylinderflade gaaende gennem de yderste Dele af Bygværket, saaledes at Cylinderfladen omslutter hele Bygværket ¹⁾. Betragtes denne Cylinderflade som Glideflade, ses det, at alle de til højre for Vertikalen O_1N

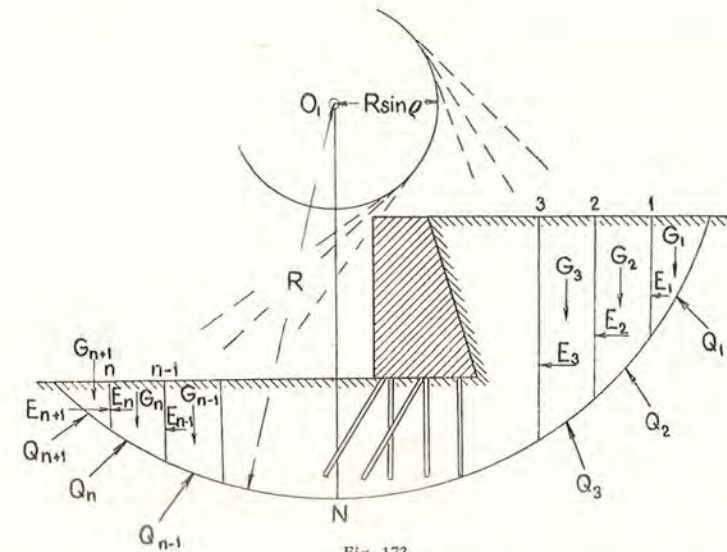


Fig. 173.

liggende Dele af Bygværket og af Jorden har Tendens til at glide mod venstre langs Glidefladen; Bevægelsen modvirkes af Friktionen (i Forbindelse med eventuel Kohæsion) langs Glidefladen og af Modtrykket fra den til venstre for Vertikalen O_1N liggende Jordmasse. Det oven for Glidefladen liggende Legeme opdeles i passende smaa Dele ved lodrette Snit 1, 2, 3... Med Hensyn til Retningerne for Reaktionerne Q i de enkelte Dele af Snitfladen og til Retning og Angrebepunkts Beliggenhed for de i de lodrette Snitflader virkende Snitkræfter E gøres de samme Forudsætninger som ved den i § 137 beskrevne Fremgangsmaade til Bestemmelse af Jordtryk. Med en valgt Værdi for ρ bestemmes nu ved successiv Sættelse af Kræfterne, og idet man begynder fra højre, Størrelserne E_1 , E_2 ... Dersom det paa denne Maade fundne E_n ved den sidste af Delene er lig med og modsat rettet E_{n+1} , der er bestemt ved Størrelsen af G_{n+1} , og Retningerne for Q_{n+1} og E_{n+1} , betyder dette, at der netop vilde være Glidningsligevægt til Stede, hvis Jordmassens Friktionsvinkel var lig med den valgte Vinkel ρ .

¹⁾ I Figuren er indtegnet et mere kompliceret Bygværk end det tidligere behandlete. Princippet i Fremgangsmaaden berøres ikke heraf.

Er de to nævnte Størrelser E_{n+1} og E_n ikke lige store, prøves med andre Værdier for ϱ , indtil man finder den Værdi ϱ_1 , der netop svarer til Glidningsligevægt.

Derefter foretages paa samme Maade Bestemmelse af de til Glidningsligevægt svarende Værdier af Friktionsvinkel: $\varrho_1, \varrho_2, \varrho_3 \dots$ for forskellige Beliggenheder $O_1, O_2, O_3 \dots$ af den valgte Glideflade-Akse. Er ϱ_{maks} den største af de saaledes bestemte Vinkler $\varrho_1, \varrho_2, \varrho_3 \dots$, og φ den paagældende Jordbunds Friktionsvinkel, er $\frac{\varphi}{\varrho_{\text{maks}}}$ Maal for Sikkerhedsgraden for Bygværkets Glidningsstabilitet.

VI. PÆLEFUNDAMENTER.

192. Valg af Pæledimension. I Almindelighed er den tilladelige Pælebelastning bestemt af Pælens Bæreevne¹⁾. Det kan dog ogsaa forekomme, at den tilladelige Pælebelastning er bestemt af Pælematerialets Styrke eller af Materialstyrken af den Del af Bygværket, gennem hvilken Trykket overføres til Pælen.

Endvidere kan ved Pæle til fast Bund Søjlevirkning være bestemmende for den tilladelige Pælebelastning. Hvis den over den faste Bund liggende Jord (Lagtykkelse L_1) er saa løs eller blød, at den ikke kan yde synderlig Modstand mod Sideudbøjning af Pælen, og Pælen paa en Del (L_2) af Længden rager op over Jordbunden, sættes, idet der ved Dimensionering af Pælen anvendes de for søjlepaavirkede Konstruktionsdele almindelig gældende Regler, for den »frie Længde« l :

$$l = \frac{1}{2} L_1 + L_2. \quad (210)$$

Hvis Pælen paa hele Længden fra den faste Bund til Pælehovedet er omgivet af nogenlunde god Fyld, sættes $l = 0$, d. v. s. der ses helt bort fra Søjlevirkningen.

Det for et Pælefundament fornødne samlede Pæletværsnit tilvejsbringes ved, at der i Pælefundamentet anbringes et passende Antal Pæle af valgte Dimensioner, idet Forholdet i Praksis i Reglen vil være, at man, f. Eks. ved Prøveramning, har bestemt Bæreevnen for Pæle af saadanne valgte Dimensioner. Inden for ret vide Grænser er man frit stillet med Hensyn til Valg af Pæledimensioner, idet Pæleværket kan dannes af mange spinkle Pæle eller af faa svære Pæle.

Almindelige Pæle til fast Bund bør i Reglen ikke anbringes med mindre indbyrdes Afstand mellem Pælernes Akser end 1,5 til 2 Gange Pæletykkelsen. Ved Friktionspæle maa Minimumsafstanden i Reglen gøres større. Minimumsafstanden²⁾ er her meget afhængig af Jordbundens Beskaffenhed.

Ved Valg af Pæledimensioner maa der, hvis Pælene skal rammes ned i Grunden, tages Hensyn til, at de skal være tilstrækkelig stive til at kunne taale Ramning. Som omtrentlig Minimumstykkelse, under Hensyn til fornøden Stivhed, kan der sættes:

For Pæle af Rundtømmer med Diameter d (i cm), naar Pælelængden

¹⁾ Afsnit IV. B.

²⁾ Jfr. § 174.

(i m) er l :

$$d = 6 l^{\frac{3}{4}}, \quad (211)$$

og for Pæle af firkantet Tømmer med Sidelinie a :

$$a = 5 l^{\frac{3}{4}}. \quad (212)$$

193. Overførelse af Bygværksbelastninger til Pælene. Ved et Pælefundament som det i Fig. 174 viste kommer det over Pælehovederne udstøbte Betonlag, foruden paa Pælene, ogsaa til at hvile paa Jorden omkring Pælene. Imidlertid maa man i Almindelighed regne med, at Bygværket bæres alene af Pælene, idet den Nedsynkning, der fremkommer ved Pælens Eftergiven for Trykket, er meget lille i Forhold til den Nedsynkning, der maa finde Sted, for at der i Betonfundamentets Anlægsflade mod Jorden skal kunne optræde nogen Reaktion af Betydning.

En Pæl kan, foruden at optage Kræfter, der virker i Pælens Akse, ogsaa yde nogen Modstand over for Kræfter vinkelret paa Aksen paa Grund af, at der kan komme til at virke passivt Jordtryk paa Pælens Sideflade (Fig. 175). Fremkomsten af passivt Jordtryk er imidlertid betinget af, at der sker en Bevægelse af Pælen tværs paa Pæleaksen, og derfor betinget af, at Bygværket kan taale en vis Forskydning. Bevægelsen er størst ved Pælehovedet og aftager nedefter, fordi Bevægelsen sker ved en Drejning omkring Pælspidsen eller om et eller andet Punkt mellem Pælspidsen og Pælehovedet, alt efter Bundens Beskaffenhed. I Drejningspunktet er Bevægelsen Nul, og det passive Jordtryk maa derfor her ogsaa regnes at være Nul. Neden for Drejningspunktet vil der komme passivt Jordtryk i modsat Retning af det oven over Drejningspunktet virkende passive Jordtryk. Diagrammet for det paa Pælen optrædende passive Jordtryk vil i Overensstemmelse hermed faa den i Figuren viste Form.

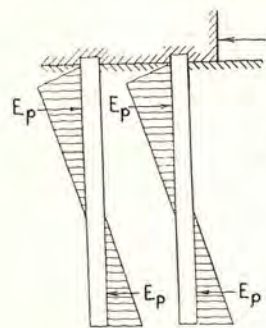


Fig. 175.

I de fleste Tilfælde kan et Bygværk ikke taale saa stor Bevægelse, som er nødvendig, for at der kan fremkomme passivt Jordtryk af nogen Betydning. Da endvidere de Kræfter, der kan optages af saadant passivt Jordtryk, i Reglen er smaa i Forhold til Pælens Bæreevne for aksialt virkende Kræfter — hvortil kommer, at man ikke er i Stand til, uden ved Forsøg i de enkelte Tilfælde, med blot nogenlunde Sikkerhed at afgøre, hvor stort passivt Jordtryk, der tør gøres Regning paa — gøres der ved Pæleværksberegninger sædvanlig den

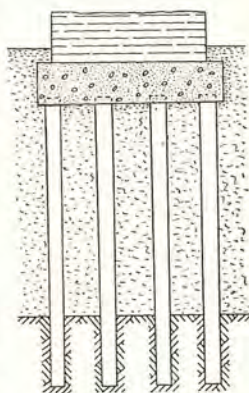


Fig. 174.

Forudsætning, at hver af de i et Pælefundament indgaaende Pæle kun kan optage Kræfter, der virker i Pælens Akse.

I Fundamenter, der kan blive paavirket af indbyrdes forskelligt rettede Kræfter (svarende til de forskellige Belastningstilfælde), kan man derfor ikke nøjes med at have Pæle, der alle er indbyrdes parallelle, men maa have Pæle med indbyrdes forskellig Retning. Herfra undtages dog de Tilfælde, hvor de tværs paa Pæleaksen rettede Kræfter er ganske smaa.

En anden Undtagelse fra Reglen om, at Pælene paaregnes kun at kunne optage aksialt virkende Kræfter, haves i Tilfælde af, at Pælene er saaledes forbundne med Bygværket, at Pælene er indspændte i Bygværkets Underside. I saa Fald kan der komme til at virke noget større passivt Jordtryk paa Pælesiderne, end hvis Pælene ikke er indspændt i Bygværket, idet det passive Jordtryk da ikke vil være saa stærkt aftagende mod Pælspidsen som angivet i Fig. 175. Men ogsaa i dette Tilfælde er Pæleværkets Evne til at modstaa Kræfter vinkelret paa Pæleakserne dog betinget af, at Bygværket kan taale en vis Forskydning.

Hvis Pælene er af Træ — Bygværkets Underdel tænkes udført af Beton — kan Forbindelsen mellem Bygværk og Pæle ikke udføres saaledes, at Pælene kan regnes indspændt i Bygværket. Dette kan derimod let lade sig gøre, hvis Pælene er af Jernbeton.

Hvis der alene skal overføres Trykkkræfter fra Bygværket, og Pælene er af Træ, lader man ved Bygværker, hvis nederste Del udføres af Beton, denne hvile direkte paa Pælehovederne (Fig. 176). Pælene bør række et Stykke — mindst 10 cm — op i Betonen af Hensyn til, at den nederste Del af den paa Byggegrubens Bund

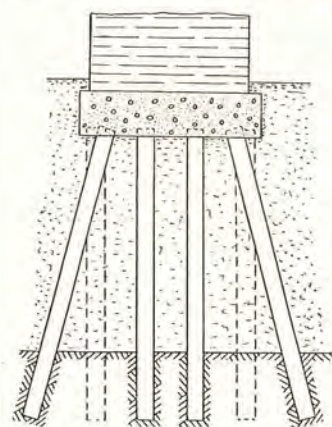


Fig. 176.

udlagte Beton let beskadiges ved Udlægningen, og til, at Betonen skal have sin fulde Styrke i Anlægsfladerne mellem Betonen og Pæleenderne, hvor Pæletrykket overføres mellem Bygværk og Pæle. Af sidstnævnte Grund bør Pælene ogsaa holdes et Stykke, mindst 10 cm, inden for Betons Yderflader.

Hvis Bygværket udføres af Murværk, og der af en eller anden Grund ikke kan anvendes Beton-Underlag, saaledes som vist i Fig. 176, bruges i Reglen en Tømmerkonstruktion som Mellemed mellem Bygværket og Pælefundamentet, f. Eks.

bestaaende, som vist i Fig. 177, af Bjælker *a* med et Dæk af Planker eller Halvtømmer.

I det færdige Bygværk paavirkes hverken Bjælkerne eller Dækket til Bøjning, idet Murværket bærer frit fra Pæl til Pæl. Bjælkernes Dimensioner er sædvanlig bestemt af, at der skal være tilstrækkelig stor Anlægsflade mellem Bjælke og Pæl til, at Trykket her ikke overskrider den tilladelige Spænding, eller af, at Tømmerkonstruktionen skal kunne bære en vis Del af Murværket, medens Bygværket opføres, idet Murværket først efterhaanden, som Mørtelen hærder, opnaar tilstrækkelig Styrke til at kunne bære frit mellem Pælene. Som Belastning paa Bjælkerne kan der herved regnes med Vægten af en Murmasse, hvis Højde er lig med Bjælkernes Spændvidde, og paa tilsvarende Maade for Plankedækkets Vedkommende.

I Reglen er Pælens Bæreevne større, end hvad der svarer til Bjælkens Styrke for Tryk paa Sidetræ (Tryk vinkelret paa Fibrene). Til Bjælkerne maa derfor anvendes saa svært Tømmer, at Pæleenderne dækkes helt af de paagældende Bjælker. Disse anbringes paa de plant afskaarne Pæleender og befæstes til Pælene med Spidsbolte. Hvis der skal overføres større Kræfter i Retning vinkelret paa Pælene, end de Kræfter, der kan paaregnes overført ved Friktion mellem Bjælkerne og Pæleenderne, bruges det at tappe Bjælkerne paa Pælene, eller at lade Bjælkerne være Tvinger paa Pælene, hvilende i Udskæringer i disse og befæstede med Skruebolte til Pælene. Ved en saadan Ordning af Bjælkernes Befæstelse til Pælene reduceres imidlertid den nyttige Anlægsflade mellem Bjælke og Pæl i væsentlig Grad.

Beton-Underlag er i flere Henseender bedre egnet som Mellemlid mellem Bygværk og Pæle end en Tømmerkonstruktion og bør derfor foretrækkes. Anvendelse af Tømmerkonstruktion kræver bl. a., at Pæleværket udføres med ret stor Nøjagtighed. For at Bjælkerne kan komme til at hvile paa alle Pælene, maa disse staa i retlinede Flugter og være afskaaret saaledes, at Pæleenderne alle ligger i samme Plan. Naar der anvendes Underlag af Beton udstøbt direkte paa Pælehovederne, har det derimod ingen Betydning, om Pælene staa mindre nøjagtigt i Flugt, og heller ikke Betydning, om Pælehovederne ikke ligger i samme Plan (der kræves mindre Omhu ved Afskæring af Pælene). Et andet Forhold, man ogsaa maa tage med i Betragtning, er, at Betonens Trykstyrke er større end Træs Styrke for Tryk paa Sidetræ. Med Underlag af Beton vil man derfor i Reglen kunne udnytte Pælens Bæreevne helt.

Hvis Pælene er af Jernbeton, anvendes altid et paa Pælehovederne

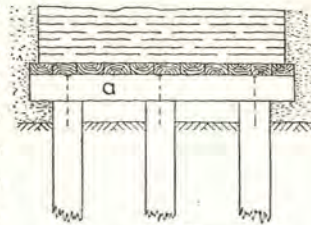


Fig. 177.

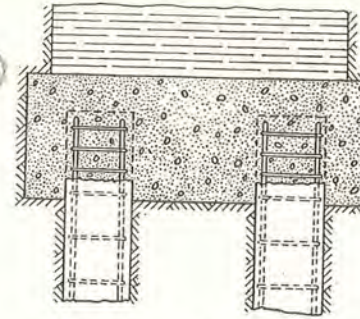


Fig. 178.

den paagældende Pæl er befæstet to Skinner af fladt Jern. Disse er krogede foroven og indstøbt i Bygværkets Beton.

Hvis Pælens Paavirkning til Træk hidrører fra, at der virker vand-

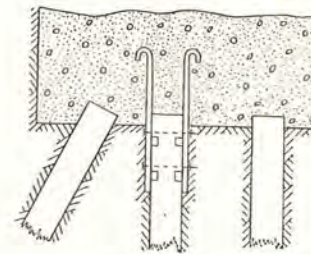


Fig. 179.

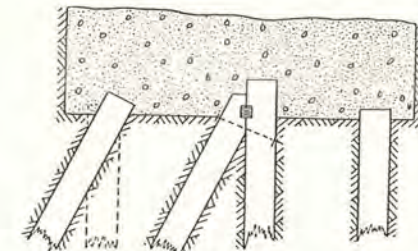


Fig. 180.

rette eller skraat nedad rettede Kræfter paa Bygværket, kan Pælens Evne til at optage Trækpaavirkning nyttiggøres ved, at den paagældende Pæl forbindes med en anden i Pæleværket indgaaende Pæl til en Pælebuk, saaledes som vist i Fig. 180.

Ved Pæle af Jernbeton er den almindelige Forbindelse mellem Pæl og Bygværk, saaledes som denne er vist i Fig. 178, egnet til Overførelse af Trækraft til Pælen.

Beregning af Pælefundamenter.

194. Beregning af Pælefundamenter maa i Reglen udføres paa den Maade, at man skønmæssigt eller paa Grundlag af en foreløbig Beregning vælger saavel Antal og Dimensioner som Fordeling af Pælene og derefter undersøger, hvor store Paavirkninger de paa Pælefundamentet ved de forskellige Belastningstilfælde virkende Kræfter frembringer i de enkelte Pæle. Ved at man derefter ændrer Antal og For-

udstøbt Betonlag eller en Jernbetonkonstruktion som Underlag for Bygværket. Da den øverste Del af Pælene beskadiges ved Ramning, borthugges Betonen af Pælenes øverste Ender. De herved blottede Pælejern indstøbes i det over Pælene udstøbte Betonlag (Fig. 178).

Hvis der skal overføres Trækraft fra Bygværket til Pælene, og disse er af Træ, er det nødvendigt at tilvejebringe en for dette Formaal passende Forbindelse mellem Bygværk og Pæl. Forbindelsen kan f. Eks. udføres som vist i Fig. 179. Til

deling af Pælene, eventuelt ogsaa Pæledimensionerne, og foretager ny Beregning af Paavirkningerne, søges opnaaet passende god Overensstemmelse mellem de af Kræfterne foraarsagede Paavirkninger paa Pælene og de for disse gældende tilladelige Belastninger. Opgaven ved Pæleværksberegning bestaar derfor i at bestemme de Pælespændinger, som de ydre Kræfter frembringer i et givet Pælesystem.

Ved den i det følgende omhandlede Pæleværksberegning er det forudsat, at Pælene kun kan optage Kræfter, der virker i Pæleaksen¹⁾.

Ved Pæleværker, der med Hensyn til Paavirkningerne paa Pælene er statisk ubestemte Systemer, er Pælehovedernes Eftergiven bestemende for, hvor store Pæletryk (eller Træk) de fra Bygværket overførte Kræfter frembringer i de enkelte Pæle. Pælespændingen afhænger derfor af den paagældende Pæls Arbejdslinie. Deformationen af selve Bygværket i Anlægsfladerne mellem Bygværk og Pæle ser man bort fra ved Pæleværksberegningen, d. v. s. selve Bygværket betragtes i denne Forbindelse som fuldstændig stift.

Ved statisk bestemte Pæleværker er Pælespændingerne uafhængige af Pælehovedernes Eftergiven.

Med Hensyn til Pælehovedernes Eftergiven gaar man ved Pæleværksberegning ud fra, at der er Proportionalitet mellem Pæletrykket (eller Trækket) S og Pælehovedets Eftergiven λ , d. v. s. det forudsættes, at Arbejdslinien er en ret Linie, saaledes at man har:

$$S = \nu \lambda, \quad (213)$$

hvor ν er Arbejdslinie-Koefficienten for den paagældende Pæl.

For en Pæl, der staar med Spidsen paa fuldstændig haard Bund, og som paavirkes til Tryk, er:

$$\nu = \frac{Ef}{l}, \quad (214)$$

hvor l og f er henholdsvis Pælens Længde og Tværsnitsareal og E Pælematerialets Elasticitetstal. Pælen er i dette Tilfælde at betragte som en almindelig trykpaavirket Konstruktionsdel, og ν er bestemt ved Pælens Dimensioner og Materialkonstanten E .

For Friktionspæles Vedkommende, og som saadanne maa i denne Forbindelse ogsaa almindelige Pæle til fast Bund betragtes²⁾, er ν foruden af E , l og f , ogsaa afhængig af Jordbundens Beskaffenhed. For at kunne beregne Spændingerne³⁾ i et Pæleværks Pæle skulde man der-

¹⁾ Om Pæleværksberegning, ved hvilken der medregnes Pælens Evne til at modstaa Kræfter vinkelret paa Pæleaksen, se *Chr. Nøkkentved: Beregning af Pæleværker*. 1924.

²⁾ § 174.

³⁾ I det her følgende forstaas ved Pælespænding den til den paagældende Pæl overførte Kraft (Tryk eller Træk).

for egentlig kende de respektive Arbejdslinier for de i Pæleværket indgaaende Pæle, d. v. s. i hvert enkelt Tilfælde foretage lige saa mange Prøvebelastninger, som der indgaar Pæle af forskellige Dimensioner i det paagældende Pælefundament, idet man ikke ud fra det f. Eks. ved en Prøvebelastning erhvervede Kendskab til Størrelsen ν for en Pæl med Længde l og Tværsnitsareal f , kan slutte sig til, hvor stor ν er for en Pæl med andre Tværsnitsdimensioner og anden Længde.

Den her nævnte Vanskelighed kan man, hvis Pæleværkets Pæle alle er trykpaavirkede (eller alle trækpaavirkede), komme udenom, ved at man giver alle Pæleværkets Pæle samme Tværsnitsdimensioner og Længde, idet det, som det vil ses af det følgende, for Beregning af Pælespændingerne kun er nødvendigt at kende Forholdet mellem Størrelserne ν .

Hvis man, hvad der ikke er helt ualmindeligt, anvender Pæle af forskellige Dimensioner i Pæleværket og for de forskellige Pæle regner med samme Afhængighed mellem ν og Pæledimensionerne l og f som i (214), d. v. s. samme Afhængighed som den, der gælder for Pæle, der staar med Spidsen paa fuldstændig haard Bund, maa man være klar over, at der herved indføres Fejl, hvis Rækkevidde i Henseende til Beregningsresultaternes Paalidelighed man ikke har Midler til at bestemme.

Indeholder Pæleværket saavel Trykpæle som Trækpæle, kommer man ikke ud over Vanskeligheden med Hensyn til Størrelserne ν ved at lade alle Pælene være lige lange og lige tykke. Arbejdslinien for en Pæl, naar denne paavirkes til Træk, kan nemlig være (og er det antagelig) forskellig fra Tryk-Arbejdslinien for den samme Pæl¹⁾. Ved Beregning af Pæleværker, i hvilke der indgaar baade Trykpæle og Trækpæle, er det derfor egentlig nødvendigt at kende Størrelserne ν for alle Pælene baade for Tryk og for Træk. Paa Grund heraf og af Hensyn til de i § 181 nævnte særlige for Trækpæle gældende Forhold bruger man i mange Tilfælde helt at se bort fra Pælens Modstandsevne over for Trækpaavirkning. Ved visse simple Pæleværkskonstruktioner kan man indrette Pæleværket saaledes, at det ved de Belastningstilfælde, hvor der fremkommer Trækspændinger i Pælene, er statisk bestemt. I saa Tilfælde er Kendskab til Størrelserne ν unødvendig for Bestemmelsen af Pælespændingerne.

195. Pæleværk af indbyrdes parallelle Pæle. Pæleværk af indbyrdes parallelle Pæle kan anvendes, naar de paa Pælefundamentet vir-

¹⁾ § 181.

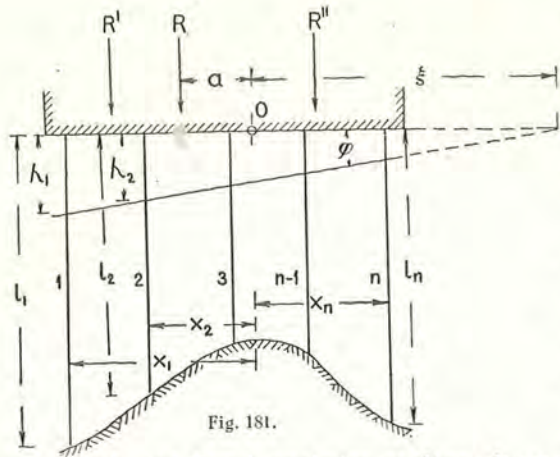


Fig. 181.

stændig haard Bund, saaledes at Størrelserne v er bestemt af:

$$v_1 = \frac{E f_1}{l_1}, \quad v_2 = \frac{E f_2}{l_2} \dots$$

hvor $f_1, f_2 \dots$ er det samlede Tværnsnitsareal pr. løb. Meter af Muren i Rækkerne 1, 2... og $l_1, l_2 \dots$ er Pælelængderne i de respektive Rækker. Hvis Pælene er Friktionspæle, forudsættes Størrelserne $v_1, v_2 \dots$ bestemt ved Prøvebelastning af de forskellige Pæle.

Er R Resultanten af de til et af Belastningstilfældene hørende ydre Kræfter, der skal kunne optages af Pæleværket, $S_1, S_2 \dots$ de hertil svarende Pælespændinger pr. Meter af Pælerækkerne 1, 2..., og $\lambda_1, \lambda_2 \dots$ de til disse Pælespændinger svarende Nedsynkninger (Løftninger) af Pælehovederne, haves:

$$S_1 = v_1 \lambda_1, \quad S_2 = v_2 \lambda_2 \dots$$

og, idet Bygværket forudsættes fuldstændig stift:

$$\lambda_1 = (x_1 + \xi) \operatorname{tg} \varphi$$

$$\lambda_2 = (x_2 + \xi) \operatorname{tg} \varphi$$

$$\vdots$$

Ved Indsættelse heraf faas:

$$S_1 = (v_1 x_1 + \xi v_1) \operatorname{tg} \varphi$$

$$S_2 = (v_2 x_2 + \xi v_2) \operatorname{tg} \varphi \quad (215)$$

$$\vdots$$

$$S_n = (v_n x_n + \xi v_n) \operatorname{tg} \varphi.$$

For at finde Pælespændingerne S , skal man bestemme Størrelserne ξ og $\operatorname{tg} \varphi$. Hertil haves to Ligevægtsbetingelser. Idet Pælespændingerne

regnes positive, naar de er Trykspændinger, og R regnes positiv nedad, haves:

$$\sum S = R \quad (216)$$

og, ved Moment om det foreløbig vilkaarlig valgte Punkt O :

$$\sum S x + R a = 0, \quad (217)$$

eller med Benyttelse af (215):

$$\operatorname{tg} \varphi (\sum v x + \xi \sum v) = R \quad (218)$$

$$\operatorname{tg} \varphi (\sum v x^2 + \xi \sum v x) + R a = 0. \quad (219)$$

Man kan nu vælge Punktet O saaledes, at $\sum v x = 0$. Herved bliver (218) og (219):

$$\xi \operatorname{tg} \varphi \sum v = R \quad (220)$$

$$\operatorname{tg} \varphi \sum v x^2 + R a = 0,$$

hvoraf faas:

$$\xi = - \frac{\sum v x^2}{a \sum v}$$

$$\operatorname{tg} \varphi = - \frac{R a}{\sum v x^2},$$

som indsat i (215) giver:

$$S_1 = v_1 \left(\frac{R}{\sum v} - \frac{x_1 R a}{\sum v x^2} \right)$$

$$S_2 = v_2 \left(\frac{R}{\sum v} - \frac{x_2 R a}{\sum v x^2} \right). \quad (222)$$

$$\vdots$$

Idet Punktet O , hvorfra Afstandene x skal regnes, er bestemt af $\sum v x = 0$, ses det, at O kan findes som Midtpunktet for de indbyrdes parallelle Vektorer $v_1, v_2 \dots$ gennem Pælehovederne for Pælene 1, 2...

Ved Beregningen af Pælespændingerne maa der regnes med Fortegn saavel for Længder (x og a) som for Momenter. Regnes Momenterne positive med Uret, skal x og a regnes positive til venstre for O . Det ses, at Momentet $R a$, naar R er en Trykkraft, virker til at forøge Trykspændingerne i de Pæle, der staar paa samme Side af O som R , og til at formindske Trykspændingerne i Pælene paa modsat Side af O .

Hvis der ved Udregningen findes negative Værdier for S , betyder dette, at der i de paagældende Pæle kommer Trækspænding ved det betragtede Belastningstilfælde. Saafremt Forbindelsen mellem Pælene og Bygværket ikke er i Stand til at overføre Trækspændinger, eller der af anden Aarsag (jfr. ovenfor) bør ses bort fra Pælenes Evne til at optage Trækspændinger, maa de Pæle, for hvilke der findes negative S , holdes uden for Beregningen ved det betragtede Belastningstilfælde. Man maa

da foretage en ny Beregning, ved hvilken man for det paagældende Belastningstilfælde betragter Pæleværket som bestaaende kun af de Pælerækker, for hvilke der ved den første Beregning fandtes Trykspændinger.

Den videre Beregning bestaar i, at man bestemmer Pælespændingerne paa samme Maade som beskrevet ovenfor for hver af Resultanterne $R', R'' \dots$, svarende til de forskellige Belastningstilfælde, og derefter undersøger, om de største af de fundne Pælespændinger ligger passende nær ved Pælernes tilladelige Belastning.

Hvis alle Pælene i et til Fig. 181 svarende Pæleværk (Pælene staaende med Spidsen paa haard Bund) har samme Længde l , er

$$v_1 = \frac{E f_1}{l}, \quad v_2 = \frac{E f_2}{l} \dots,$$

og man finder da:

$$S_1 = f_1 \left(\frac{R}{\sum f} - \frac{x_1 R a}{\sum f x^2} \right)$$

$$S_2 = f_2 \left(\frac{R}{\sum f} - \frac{x_2 R a}{\sum f x^2} \right)$$

$$\vdots$$

$$(223)$$

I dette Tilfælde er O Tyngdepunktet for det samlede Pæletværsnit. Af (223) ses, at man da kan bestemme Pælespændingerne ved Hjælp af de almindelige Formler for Spændinger i et af en ekscentrisk Normalkraft R paavirket Snit, idet man her tænker sig hvert af Pælernes Tværsnitsarealer koncentreret i Skæringspunktet mellem Pæleaksen og Pælehovedets Anlægsflade.

Er Pælene Friktionspæle, men alle Pælene indbyrdes lige lange og lige tykke (samme Størrelse v for alle Pælene), faas, naar Pæleantallet i Rækkerne $1, 2 \dots$ er $m_1, m_2 \dots$:

$$v_1 = m_1 v, \quad v_2 = m_2 v \dots$$

og heraf:

$$S_1 = m_1 \left(\frac{R}{\sum m} - \frac{x_1 R a}{\sum m x^2} \right)$$

$$S_2 = m_2 \left(\frac{R}{\sum m} - \frac{x_2 R a}{\sum m x^2} \right)$$

$$\vdots$$

$$(224)$$

Punktet O er her bestemt ved, at det er Midtpunktet for Vektorerne $m_1, m_2 \dots$.

196. Pæleværk af Pæle med rækkevis forskellig Retning. Bygværket tænkes ogsaa her at være en Mur, og det antages, at denne, svarende til

et af de Belastningstilfælde, for hvilke Pælespændingerne skal bestemmes, paavirker Pæleværket med en Kraft R pr. Meter af Muren (Fig. 182).

De i hver af Rækkerne $1, 2 \dots$ indgaaende Pæle forudsættes her, ligesom ved det ovenfor behandlede Pæleværk af indbyrdes parallelle Pæle alle at være lige lange og have samme Tværsnitsareal. Endvidere forudsættes, at Pælene i samme Række er indbyrdes parallelle og staar med Hældning, bestemt ved Vinklerne $\alpha_1, \alpha_2 \dots$. Disse Vinkler vil vi regne positive for Pæle, der hælder til højre — som Række 1 — og negative for Pæle, der hælder til venstre — som Række n . Størrelserne $v_1, v_2 \dots$ for Pælene i Rækkerne $1, 2 \dots$ forudsættes kendt. Murens Underside DE antages for Simpelt Skyld at være vandret og plan. I denne Plan ligger Pælehovederne $P_1, P_2 \dots$, naar Pæleværket er ubelastet.

Under Paavirkning af Kraften R forandres Stillingen af Murens Underside og dermed Pælehovedernes Plan fra DE til $d'e'$ paa Grund af

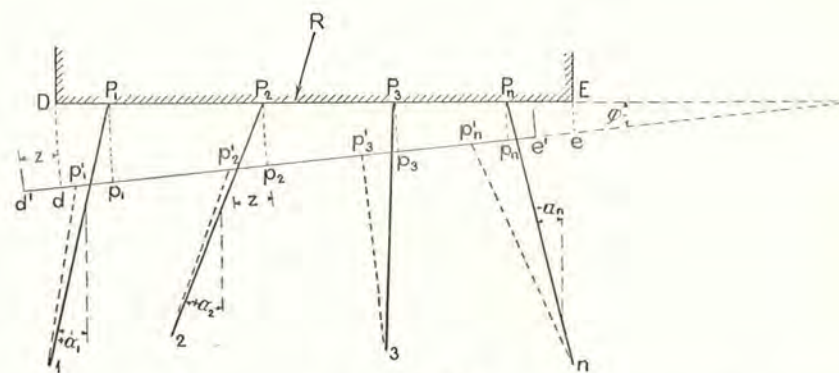


Fig. 182.

Pælehovedernes Eftergiven for de i Pælene optrædende Spændinger. Stillingen $d'e'$ af Murens Underside og Stillingerne $p_1', p_2' \dots$ af Pælehovederne er bestemt ved en Vinkeldrejning φ til Stillingen de og en Forskydning: $d d' = e e' = p_1 p_1' = p_2 p_2', \dots = z$. Da Forskydningen z er lille i Forhold til Pælelængden, regnes den til Pælehovedets Bevægelse svarende Vinkeldrejning af Pælen at være uendelig lille.

For en vilkaarlig af Pæleværkets Pæle haves, idet O (Fig. 183) er et foreløbig vilkaarlig valgt Begyndelsespunkt, ud fra hvilket Afstandene regnes, og idet λ er den til Pælespændingen S svarende Bevægelse af Pælehovedet i Pælens Retning:

$$S = v \lambda \quad (225)$$

$$\text{og} \quad \lambda = z \sin (a + \varphi) + (x - \xi) \cdot 2 \sin \frac{\varphi}{2} \cos \left(a + \frac{\varphi}{2} \right).$$

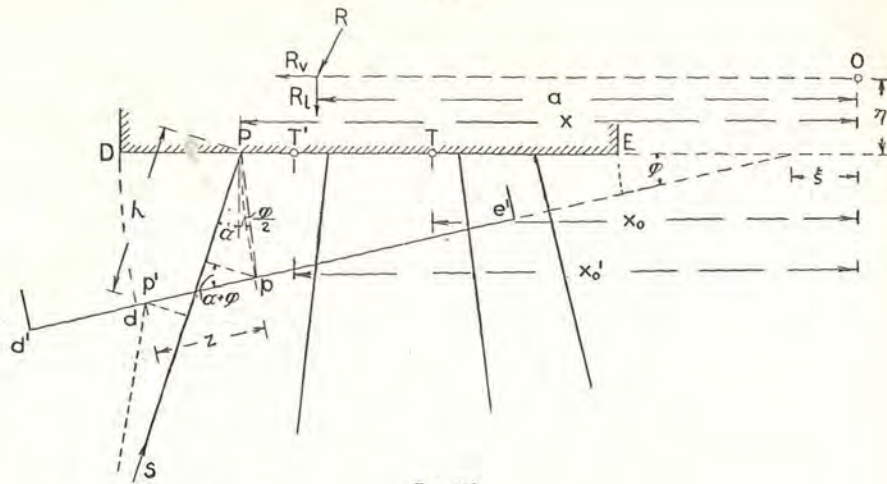


Fig. 183.

Da φ er lille, findes:

$$\lambda = z \sin \alpha + x \cos \alpha \sin \varphi - \xi \cos \alpha \sin \varphi,$$

og ved Indsættelse heraf i (225) faas da til Bestemmelse af S :

$$S = v (z \sin \alpha + x \cos \alpha \sin \varphi - \xi \cos \alpha \sin \varphi). \quad (226)$$

I Udtrykket (226) indgaar de tre ubekendte Størrelser: z , ξ og $\sin \varphi$. Til Bestemmelse af disse findes tre Ligevægtsbetingelser, nemlig:

$$R_l = \Sigma S \cos \alpha, \quad (227)$$

$$R_v = \Sigma S \sin \alpha, \quad (228)$$

$$M + \Sigma x S \cos \alpha - \eta \Sigma S \sin \alpha = 0, \quad (229)$$

hvor:

$$M = R_l a.$$

Med Hensyn til Fortegn regnes ogsaa her Momenter positive med Uret og Pælespændingerne positive, naar de er Trykspændinger, samt svarende hertil Størrelserne x , ξ og a positive til venstre for O . η er regnet positiv, naar O ligger oven over DE .

Løsningen af Ligningerne (227)–(229) med Hensyn til z , ξ og $\sin \varphi$ kan simplificeres ved passende Valg af Beliggenhed for O ¹⁾.

Indsættes det ved (226) fundne Udtryk for S i (229), faas:

$$M + \sin \varphi (\Sigma x^2 v \cos^2 \alpha - \eta \Sigma x v \cos \alpha \sin \alpha) + z (\Sigma x v \cos \alpha \sin \alpha - \eta \Sigma v \sin^2 \alpha) - \xi \sin \varphi (\Sigma x v \cos^2 \alpha - \eta \Sigma v \cos \alpha \sin \alpha) = 0. \quad (230)$$

For Kortheds Skyld sættes:

¹⁾ Teknisk Tidsskrift. 1922. A. Ostenfeld: Beregning af Pæleværker.

$$\Sigma v \cos^2 \alpha = A$$

$$\Sigma v \cos \alpha \sin \alpha = B$$

$$\Sigma v \sin^2 \alpha = C.$$

Betragtes Størrelserne $v_1 \cos^2 \alpha_1, v_2 \cos^2 \alpha_2 \dots$ som parallelle Vektorer i Pælehovederne $P_1, P_2 \dots$, og er x_0 Afstanden fra O til Midtpunktet T for disse Vektorer, findes:

$$\Sigma x v \cos^2 \alpha = x_0 \Sigma v \cos^2 \alpha = A x_0. \quad (231)$$

Paa samme Maade faas for Størrelserne $v_1 \cos \alpha_1 \sin \alpha_1, v_2 \cos \alpha_2 \sin \alpha_2 \dots$, naar T' er Midtpunktet for disse Vektorer, og Afstanden $OT' = x_0'$:

$$\Sigma x v \cos \alpha \sin \alpha = x_0' \Sigma v \cos \alpha \sin \alpha = B x_0'. \quad (232)$$

Indsættes disse Udtryk i (230), faas:

$$M + \sin \varphi (\Sigma x^2 v \cos^2 \alpha - \eta B x_0') + z (B x_0' - \eta C) - \xi \sin \varphi (A x_0 - \eta B) = 0. \quad (233)$$

Man kan nu vælge Beliggenheden af Punktet O saaledes, at

$$B x_0' - \eta C = 0 \quad (234)$$

og

$$A x_0 - \eta B = 0.$$

Af (234) findes:

$$\eta = \frac{B x_0'}{C} = \frac{A x_0}{B} = \frac{A B (x_0' - x_0)}{A C - B^2} \quad (235)$$

til Bestemmelse af O (ved η og x_0 eller x_0'), idet man i Forvejen har beregnet Beliggenheden af Punkterne T og T' .

Med den saaledes bestemte Beliggenhed af O reduceres (233) til

$$M + \sin \varphi (\Sigma x^2 v \cos^2 \alpha - \eta B x_0') = 0, \quad (236)$$

hvoraf faas:

$$\sin \varphi = - \frac{M}{\Sigma x^2 v \cos^2 \alpha - \eta B x_0'} = - \frac{M}{I}, \quad (237)$$

idet: $I = \Sigma x^2 v \cos^2 \alpha - \eta B x_0' = \Sigma x^2 v \cos^2 \alpha - A x_0 x_0'$.

Ved Indsættelse af Udtrykket (226) for S i de to andre Ligevægtsligninger (227) og (228), faas:

$$R_l = z B + A x_0 \sin \varphi - \xi A \sin \varphi$$

$$R_v = z C + B x_0' \sin \varphi - \xi B \sin \varphi,$$

og heraf:

$$z = \frac{A R_v - B R_l}{A C - B^2} - \frac{A}{B} x_o \sin \varphi \quad (238)$$

og

$$\xi = \frac{B R_v - C R_l}{(A C - B^2) \sin \varphi} \quad (239)$$

Indsættes endelig de ved (237), (238) og (239) bestemte Udtryk for Størrelserne z , ξ og $\sin \varphi$ i (226), faas Spændingen S_1 for Pælene i Række 1, pr. løb. Meter af Muren:

$$S_1 = v_1 \left(R_l \frac{C \cos a_1 - B \sin a_1}{A C - B^2} + R_v \frac{A \sin a_1 - B \cos a_1}{A C - B^2} - \frac{M (x_1 \cos a_1 - \eta \sin a_1)}{I} \right) \quad (240)$$

og tilsvarende Udtryk for Pælespændingerne $S_2, S_3 \dots$

Hvis Pæleværkets Pæle alle har samme Tværnsnitsdimensioner og samme Længde, saaledes at $v_1 = v_2 = v_3 \dots$, er, som det vil ses af (240), Spændingerne S uafhængige af Størrelsen v .

Gangen i Beregningen af Pælespændingerne S er følgende: Man begynder med at beregne Størrelserne $A = \sum v \cos^2 a$, $B = \sum v \cos a \sin a$ og $C = \sum v \sin^2 a$ — hvis alle Størrelserne v er lige store, da: $\sum \cos^2 a$, $\sum \cos a \sin a$ og $\sum \sin^2 a$ — og bestemmer Midtpunkterne T og T' for Vektorerne $v_1 \cos^2 a_1, v_2 \cos^2 a_2 \dots$ og $v_1 \cos a_1 \sin a_1, v_2 \cos a_2 \sin a_2 \dots$ Heraf faas Længden ($x_o' - x_o$) og deraf ved Indsættelse i (235): η, x_o og x_o (d. v. s. Beliggenheden af O), samt endelig ved Indsættelse af disse Størrelser i (240) Pælespændingerne.

For den videre Beregning af Pæleværket ligesom ogsaa med Hensyn til eventuel Omregning i Tilfælde af, at ingen af Pæleværkets Pæle maa paavirkes til Træk, gælder de samme Regler som de i Slutningen af § 195 anførte.

197. Simple Pæleværker. Et Pæleværk, som kun bestaar af 3 Rækker Pæle, saaledes som vist i Fig. 184, er statisk bestemt. Pælespændingerne kan findes, ved at man opløser Kraften R efter Pælerække 1 og en

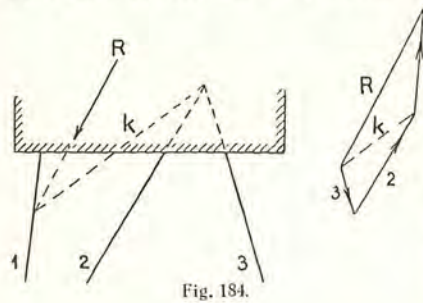


Fig. 184.

Linie k , der forbinder Skæringspunktet mellem R og Pælerække 1 med Skæringspunktet mellem Pælerækkerne 2 og 3, og derefter opløser den i k faldende Komposant efter Pælerækkerne 2 og 3. Om Spændingerne er Tryk eller Trækspændinger, ses let af Omløbsretningen i Kraftpolygonen.

Da Pæleværket her er et statisk bestemt System, er Pælespændingerne uafhængige af Pælehovedernes Eftergiven. Om Arbejdslinie-Koefficienterne v for de tre Pælerækker er indbyrdes forskellige, har derfor her ingen Betydning, og de Betæneligheder, der som nævnt kan være til Stede med Hensyn til at lade Pæleværker, som de i §§ 195 og 196 omhandlede, indeholde Trækpæle, gør sig derfor ikke gældende i dette Tilfælde.

Bestaar Pæleværket af 3 Pælegrupper, hver indeholdende flere Rækker af indbyrdes parallelle Pæle (Fig. 185), kan en Beregningsmaade som den her beskrevne anvendes til en tilnærmende Bestemmelse af Pælespændingerne.

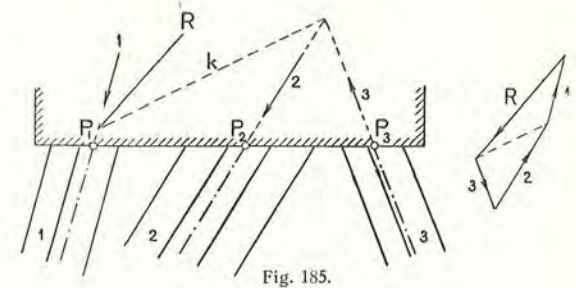


Fig. 185.

Systemlinierne 1, 2 og 3 for de tre Pælegrupper er bestemt ved, at Punkterne P_1, P_2 og P_3 er Midtpunkter for de til Pælene i henholdsvis Grupperne 1, 2 og 3 hørende Vektorer v . Kraften R opløses efter de tre Systemlinier, og for de i disse faldende Komposanter bestemmes Pælespændingerne i hver af de tre Grupper Pæle ved Anvendelse af den i § 195 angivne Beregningsmaade.

Saafernt Pælene i hver af Grupperne har samme Længde og samme Tværnsnitsdimensioner — d. v. s. Størrelsen v er ens inden for hver af Pælegrupperne — er P_1, P_2 og P_3 Tyngdepunkterne for de respektive Grupper samlede Pæletværsnit, og i dette Tilfælde findes ved denne Beregningsmaade Pælespændingerne inden for hver af Grupperne lige store.

Hvis Pælene i hver af Grupperne er nogenlunde tæt samlede om den tilhørende Systemlinie, bliver Fejlene i Spændingsbestemmelsen ved den her nævnte Beregning ret smaa. Derimod kan Fejlene blive ret betydelige, hvis Pælene i alle tre Grupper staar spredt under hele Muren.

Et Pæleværk bestaaende kun af 2 Pæle (Fig. 186) er ustabil. Kun i Tilfælde af, at den ydre Kraft R gaar gennem Skæringspunktet for Pælene, er Pæleværket stabilt, thi kun i dette Tilfælde kan Pælespændinger i Pælenes Akser være i Ligevægt med Kraften R . Hvis Pælene kan betragtes som indspændte i Jorden, eller de er indspændte i Muren, saaledes at Pælene er i Stand til at optage Kræfter

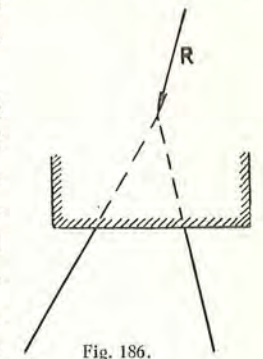


Fig. 186.

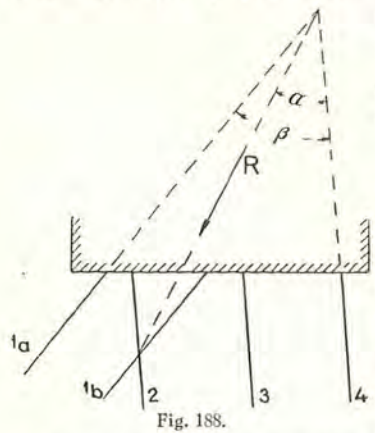
ogsaa i andre Retninger end efter Pæleaksen, idet der medregnes Virkning af passivt Jordtryk paa Pælernes Sider, er et af kun 2 Pæle bestaaende Pæleværk stabilt, selv om den ydre Kraft R ikke gaar gennem Pælernes Skæringspunkt.

Bestaar Pæleværket af 2 Grupper Pæle, og indeholder den ene Gruppe kun en Pælerække, er Pæleværket statisk bestemt, for saa vidt angaar denne Pælerække (Fig. 187). Man finder Pælespænding S_1 ved Opløsning af Kraften R i S_1 og K , gennem Skæringspunktet mellem R og Pælerække 1.

De øvrige Pælespændinger S_2, S_3, \dots findes af Komposanten K , idet denne betragtes som den ydre Kraft, der paavirker det af de resterende Pælerækker 2, 3, ... bestaaende Pæleværk, og Beregningen da foretages som angivet i § 195 (Kraften

parallel med Pælene). Dersom man i Stedet for en enkelt Pælerække 1 har en Pælegruppe, bestaaende af flere Rækker indbyrdes parallelle Pæle, kan tilsvarende Beregningsmaade anvendes ved en *tilnærmende Bestemmelse* af Spændingerne i disse Pæle, idet 1 da er Systemlinien for hele Pælegruppen. Spændingerne i de enkelte af denne Pælegruppes Pæle findes af den ved Opløsning af R bestemte S_1 ved Anvendelse af den i § 195 angivne Beregningsmaade. Med Hensyn til den ved en saadan tilnærmende Beregning indførte Fejl i Spændingsbestemmelsen gælder samme Bemærkning som anført ovenfor.

Hvis ingen af Pælene kan optage Trækspænding, og $a < \beta$ (Fig. 188), vil det ses, at man er i nogen Grad bundet med Hensyn til Placeringen af Pælerække 1, naar Hældningen for dennes Pæle er givet. Yderstillingerne for Pælerække 1 er l_a og l_b , bestemte af Skæringspunkterne mellem R og de yderste Pæle i Pælegruppen 2, 3, 4, ...



Staar Pælerække 1 netop i R 's Kraftlinie (Fig. 189), er Pælespændingen $S_1 = R$, og de øvrige Pæle er da spændingsløse.

Er Pælerække 1 parallel med R , men placeret uden for R 's Kraftlinie (Fig. 190), havs ligeledes $S_1 = R$, men i dette Tilfælde paavirkes Pælegruppen 2, 3, 4, ... af et Kraftpar, hvis Moment er $R a$, og dette Moment

frembringer Tryk i nogle og Træk i andre af Pælene.

Er den ydre Krafts Retning i Forhold til Retningen for Pælerække 1 en saadan, at $a > \beta$ (Fig. 191), faas ved Opløsning af R efter Pælerække 1 og Retningen for Pælene i Pælegruppe 2, 3, 4, ... en Komposant K virkende opad. Denne frembringer Trækspænding i Pælegruppens Pæle, og under Forudsætning af, at man kender Størrelserne v for Pælegruppens Pæle — saavel for Træk som for Tryk — kan Bestemmelsen af de til K svarende Pælespændinger ske efter de i § 195 anførte Regler. Hvis alle Pælene i Gruppen har samme Længde og samme Tværsnit, og K giver Trækspænding i alle Pælene, er, som nævnt, Kendskab til Størrelserne v unødvendig. Frembringer K derimod Tryk i nogle af Pælene og Træk i andre, og vil man undgaa den Vanskelighed ved Bestemmelsen af Pælespændingerne, der er Følge af Usikkerheden med Hensyn til Fastsættelsen af Forholdet mellem Størrelserne v for henholdsvis Trykpæle og Trækpæle, og derfor gøre Pæleværket statisk bestemt for det her omhandlede Belastningstilfælde, maa kun to af Pælerækkerne i Gruppen 2, 3, 4, ... være virksomme ved Optagelsen af Kraften K . Man kan lade et tilstrækkeligt Antal Pæle i Række 2 og Række 5 være Trækpæle (forbinde Pælene med Muren saaledes, at der kan overføres Trækpaavirkning); herved bliver Pælene i Rækkerne 3 og 4 spændingsløse, og Pælespændingerne (Træk) i Rækkerne 2 og 5 bliver:

$$S_2 = \frac{K b}{a + b}; \quad S_5 = \frac{K a}{a + b}.$$

Eller man kan lade et tilstrækkeligt Antal Pæle i Række 3, eller et tilstrækkeligt Antal Pæle i Række 4 være Trækpæle. I saa Fald faas:

$$S_2 = \frac{K c}{a - c} \text{ (Tryk)}$$

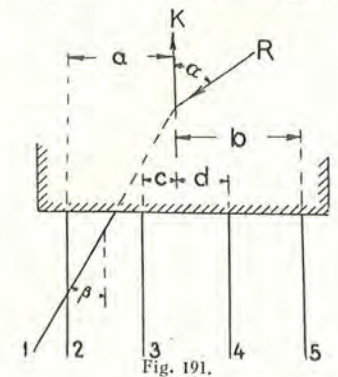
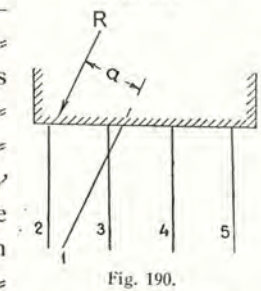
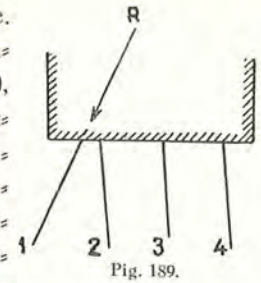
$$S_3 = \frac{K a}{a - c} \text{ (Træk),}$$

og 4 og 5 spændingsløse, eller

$$S_4 = \frac{K b}{b - d} \text{ (Træk)}$$

$$S_5 = \frac{K d}{b - d} \text{ (Tryk)}$$

og 2 og 3 spændingsløse.



198. Anvendelse af Forankring. I Stedet for en Anordning af Pælene som ved de i det foregaaende omhandlede Pæleværker, nemlig med Pæle med indbyrdes forskellige Retninger staaende under selve Muren, bruges det ogsaa at lade det egentlige Pæleværk bestaa alene af indbyrdes parallelle Pæle under Muren, idet Pæleværket da suppleres med passende, uden for Muren anbragte Forankringselementer til Optagelse

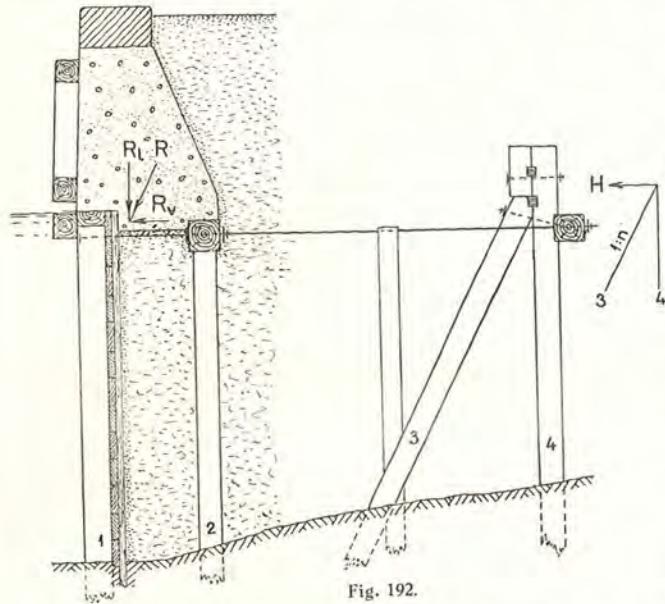


Fig. 192.

af Kraftkomponenten vinkelret paa de under Muren staaende Pæle. Ved det i Fig. 192 viste Pæleværk optager Lodpælene 1 og 2 den lodrette Komponent R_l af Resultanten R af de paa Muren virkende Kræfter — Egenvægt, Jordtryk og Vandtryk — medens den vandrette Komponent R_v , sammen med den

vandrette Kraft, der hidrører fra Jordtryk og Vandtryk paa den mod Pælen 1 støttende Indfatningsvæg for Jordfylden, her overføres gennem en Bolteforbindelse til et bag Muren anbragt Forankringselement, der ved den i Figuren viste Konstruktion bestaar af en Pælebuk.

Spændingerne i Pælebukens Pæle (3 og 4) findes, idet man regner, at Kraften H gaar gennem Skæringspunktet mellem Pæleakserne, ved Opløsning efter de to Pæleretninger. Hvis f. Eks. Pæl 4 er lodret, og Pæl 3 har Hældning $1:n$, faas:

$$S_3 = H \sqrt{n^2 + 1}$$

$$S_4 = n H.$$

Undertiden anvendes Pæleværkskonstruktioner, ved hvilke der haaves saavel Skraapæle (og Lodpæle) under Muren som Forankringselementer uden for denne, f. Eks. saaledes som vist i Fig. 193. Murens

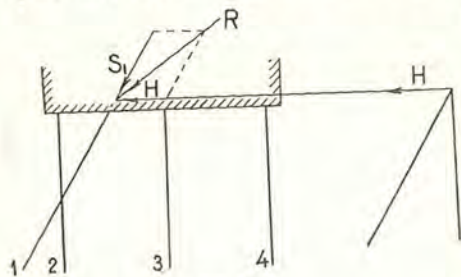


Fig. 193.

egentlige Pælefundament bestaar af en Gruppe Lodpæle, 2, 3..., der her forudsættes ikke at kunne optage Trækspændinger, og en enkelt Række Skraapæle 1. Den ydre Kraft R 's Vinkel med Vertikalen er her antaget at være større end Skraapælenes Vinkel med Vertikalen. Idet Skraapælene under Muren kun kan optage en i Skraapælenes Retningslinie faldende Kraft, og idet Pælene 2, 3... er spændingsløse i det betragtede Belastningstilfælde, finder man den Del af R , som ikke kan optages af Skraapælene, ved Opløsning af R efter Skraapælenes Retning og en Linie vinkelret paa Retningslinien for Pælegruppen 2, 3... S_1 er Skraapælerækkens Spænding. Komponent H overføres gennem en Forankringsbolt fra Muren til Forankringselementet (f. Eks. en Pælebuk).

199. Særlig Stabilitetsbetingelse. I Lighed med, hvad Tilfældet er ved Kajmure og lignende Bygværker, der er funderet direkte paa Byggegrunden¹⁾, kan der ved Pælefundamenter være Anledning til at indføre en særlig Stabilitetsbetingelse som Supplement til den (sædvanlige) Sikkerhed for Bygværkets Stabilitet, der bestaar i, at Pælespændingerne er lig med eller mindre end de tilladelige Belastninger for de paagældende i Pæleværket indgaaende Pæle.

Betingelsen for, at en Mur, der f. Eks. (Fig. 194) paavirkes af en lodret Kraft Q og en vandret Kraft H , og hvis Pælefundament ikke er indrettet saaledes, at der kan overføres Trækspændinger til Pælene, først ved en Forøgelse af den vandrette Kraft til nH er paa Nippet til at blive ustabil, ses her at

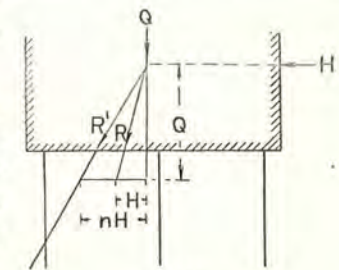


Fig. 194.

være, at Resultanten R' af Q og nH falder i Skraapælenes Akse. En Forøgelse af H ud over nH vil medføre, at Muren giver efter for den vandrette Kraft, idet Skraapælen rejser sig (Drejning om Pælespidsen), og Muren bliver i voksende Grad ustabil, jo mere Skraapælen rejser sig. Den tilladelige Pælespænding kan for det til Nipstillingen R' af Resultanten hørende Belastningstilfælde sættes lig med Pælenes Brudbelastning, idet det her betragtede Belastningstilfælde svarer til den yderste Grænse for den Belastning, som Pæleværket skal kunne taale.

Hvis Pælefundamentet er indrettet saaledes, at der kan overføres Trækspændinger til Pælene, er Betingelsen for en tilsvarende Stabilitetsikkerhed blot den, at ingen af de Pælespændinger, der faas for den til en Forøgelse af H til nH svarende Belastning af Pæleværket, overstiger de paagældende Pæles Brudgrænser.

¹⁾ § 188.

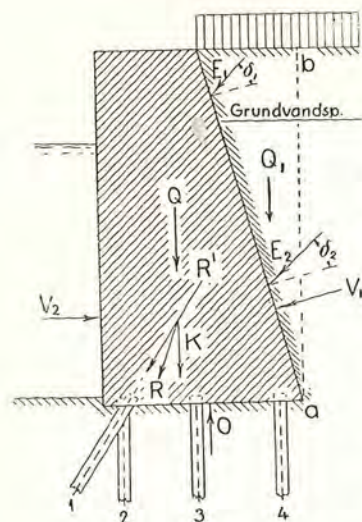


Fig. 195.

200. Kajmur paa Pæleværk. Ved Dimensionering af et simpelt Pæleværk som det i Fig. 195 viste, hvor Pæleværket bestaar af 2 Pælegrupper, af hvilke den ene kun indeholder 1 Række Pæle (Skraapælene), kan man sædvanlig gaa frem paa følgende Maade.

For det skønsmæssigt valgte Kajmursprofil fastsættes først Antallet af Rækker af Lodpæle, og Pæleantallet i hver af disse Rækker tilpasses saaledes efter de Belastningstilfælde, ved hvilke Lodpælene faar deres største Paavirkning, at de maksimale Pælespændinger for disse Belastningstilfælde bliver lig med den tilladelige Pælespænding. Da vandrette Kræfter paa Murens Bagside bevirker, at en Del af den

lodrette Belastning overføres til Skraapælene, medens disse er spændingsløse, og derfor hele den lodrette Kraft optages af Lodpælene, naar der kun haves lodrette Kræfter, maa Undersøgelsen til Bestemmelse af Antallet af Lodpæle særlig omfatte saadanne Belastningstilfælde, ved hvilke de vandrette Kræfter er Minimum. Som et saadant Belastningstilfælde kan der f. Eks. regnes med følgende Kombination af Kræfter: Murens Egenvægt Q , Vægten Q_1 af den mellem Muren og en lodret Plan ab gennem Murens Bagkant liggende Jord, Nyttelast paa Kajen samt opad virkende Vandtryk O svarende til laveste Vandstand, men uden aktive Jordtryk, idet man som Minimumsværdi for de paa den tænkte Skilleflade ab virkende Jordtryk sætter disse lig Nul. Et andet Belastningstilfælde, ved hvilket der fremkommer stor Paavirkning paa Lodpælene, og som der derfor maa tages Hensyn til ved Bestemmelsen af Pæleantallet, kan være det, der haves, naar Muren er færdig opført i tør Byggegrube. Antages det, at Tilfyldningen bag Kajmuren sker efter, at Vandet er lukket ind i Byggegruben, udgøres Belastningen her alene af Murens Egenvægt. Ved dette sidste Belastningstilfælde kan der regnes med forholdsvis stor tilladelig Pælespænding, f. Eks. 1,5 til 2 Gange den ellers for de paagældende Pæle tilladelige Belastning, i Betragtning af, at Muligheden for tilfældig Forøgelse af den paaregnede Belastning her er saa ringe, at det er rimeligt at nøjes med mindre Sikkerhedsgrad end ellers paakrævet.

Til Bestemmelse af Skraapælenes Retningslinje (under Forudsætning af, at ingen af Pæleværkets Pæle maa paavirkes til Træk) konstrueres en Resultant R' af alle de paa Pælefundamentet virkende Kræfter:

Murens Egenvægt Q , Jordtryk E_1 og E_2 , samt Vandtryk V og O (Vandtryk svarende til den Kombination af Grundvandspejlets Højde og det ydre Vandspejls Højde, som giver størst Hældning af R'), men med Jordtrykkenes vandrette Komposanter indført med n Gange deres beregnede Størrelser, hvor n er den af Hensyn til den særlige Stabilitetsbetingelse (§§ 188 og 199) indførte Sikkerhedsfaktor. Skraapælene placeres saaledes, at Pæleaksen falder sammen med R' , eller falder uden for (i Figuren til venstre for) R' , men parallel med denne.

Antallet af Skraapæle vil sædvanlig være bestemt af Resultanten R af Kræfterne Q , E , V og O , uden den nævnte ekstra Forøgelse af Jordtrykkenes vandrette Komposanter. Pælespændingen S_1 findes ved Oplosning af R i S_1 og K efter henholdsvis Pælerække 1 og Pælegruppe 2, 3, 4, og af S_1 findes Pæleantallet ved Division med den tilladelige Pælebelastning. Det herved bestemte Antal Skraapæle skal mindst være saa stort, at Spændingen i Skraapælene for den til R' svarende Belastning ikke overstiger Pælenes Brudgrænse. Endelig bør ogsaa Spændingerne i Pælene 2, 3, 4 undersøges for Belastningstilfældet R , d. v. s. Pælegruppen 2, 3, 4 paavirket af Kraften K . Findes for denne Kraft større Paavirkning paa nogen af Pælene end den tilladelige Belastning, maa Pæleantallet forøges og den første Undersøgelse vedrørende Lodpælene da gøres om.

Hensynet til Udførelsen af Rammearbejdet sætter i Almindelighed en vis Grænse for, hvor stor Hældning man kan give Skraapælene. I Reglen kan der ikke paaregnes større Hældning i Forhold til Vertikalen end: $\text{tg } \alpha = 0,5$.¹⁾

Dersom Vinklen mellem R' og Vertikalen er større end den Vinkel, under hvilken Skraapælene kan stilles, maa man enten gøre Murens Egenvægt saa meget større, at Vinklen mellem R' og Vertikalen bliver lig med eller mindre end den af Ramningshensyn fastsatte Skraapælevinkel, eller indrette Forbindelsen mellem Muren og et passende Antal af Lodpælene saaledes, at der kan overføres Trækspændinger, eller endelig benytte den Pæleværkskonstruktion, ved hvilken en Del af den vandrette Kraft overføres til Forankringselementer uden for Muren.

I Tilfælde af, at Forbindelsen mellem Muren og Pælene indrettes saaledes, at der kan overføres Trækspændinger til Pælene, er Beliggenheden af den nævnte Resultant R' ikke bestemmende for, hvor Skraapælene skal anbringes, og for saa vidt er man da frit stillet med Hensyn til Valg af Skraapælerækkens Plads og til Fastsættelse af Skraapælenes Hældning. Men Skraapælerækkens Stilling i Pæleværket og Skraapælenes Hældning er bestemmende for Størrelsen af den Trækpaavirkning, der skal kunne optages af Lodpælene.

¹⁾ § 203.

Med Hensyn til den særlige Sikkerhedsfaktor n for Bygværkets Stabilitet gælder, at denne Sikkerhedsfaktor kan være noget mindre ved en Mur paa Pælefundament end den tilsvarende Sikkerhedsfaktor for en Mur, der hviler direkte paa Jordbunden. Begrundelsen herfor er dels, at der ved Pælefundamenter ikke er nogen Usikkerhed til Stede med Hensyn til Trykfordelingen, saaledes som Tilfældet er ved en Mur, der hviler direkte paa Byggegrunden, idet Belastningen fra Bygværket, naar der haves Pælefundament, overføres i de ved Pælernes Plads i Fundamentet bestemte Anlægsflader mellem Pæle og Bygværk, dels det i § 101 omtalte Forhold, at en paa Pæleværk staaende Mur sædvanlig kan forudsættes at ville bevæge sig opad, hvis den giver efter for Jordtrykket, saaledes at man ikke behøver at nære Betænelighed ved for Stabilitets-Nipstillingen at regne med fuld Friktion mellem Jorden og Murens Bagflade.

Under Forudsætning af, at der ved Fastsættelsen af Jordtrykkets Retning (Vinklen δ) følges den i § 103 givne Regel, og af, at der regnes med Vandtryk og Jordtryk efter samme Regler som de, der gælder for Mure, der hviler direkte paa Byggegrunden, samt af, at der regnes med fuldt opad virkende Vandtryk, vil der i Almindelighed faas rimelige Mure-dimensioner, naar der sættes $n = 1,2$ til $1,4$. Om man inden for disse Grænser skal vælge en større eller mindre Værdi af n , maa afgøres under Hensyn til, om Omstændighederne i det paagældende Tilfælde taler for, at man bør holde sig rigeligt paa den sikre Side, eller for, at der kan slaas noget af paa Sikkerhedsgraden.

Med Hensyn til det paa Murens Underside virkende Vandtryk maa det bemærkes, at, da Muren bæres af Pæleværket og derfor ikke udøver Tryk paa Jordbundens Overflade mellem Pælene, vil der være et vandfyldt Hulrum mellem Murens Underside og Jordbunden omkring Pælene og i dette Hulrum virke fuldt Vandtryk svarende til Vandspejlshøjderne foran og bag ved Muren. Paa de Dele af Murens Underside, der ligger an mod Pælehovederne, virker der ganske vist ikke noget Vandtryk — eller i det mindste ikke Vandtryk i fuld Udstrækning — saafremt der er støbt Beton ned omkring Pælehovederne, eller, hvis Pælene er af Beton, disse er indstøbt i Muren, men det Areal af Murens Underside, som optages af Pælehovederne, udgør for det meste kun en forholdsvis ringe Del af det hele Areal af Murens Underside. Naar der, som ovenfor nævnt, forudsættes fuldt opad virkende Vandtryk, maa man derfor (idet der ses bort fra, at der ikke virker Vandtryk i de forholdsvis smaa Pælehovedarealer) ikke gøre Regning paa, at der derved faas indført nogen ekstra Sikkerhed, saaledes som det under visse Omstændigheder ¹⁾ kan være Tilfældet ved Mure, der er funderet direkte paa Byggegrunden.

¹⁾ § 187.

VII. Samling af Konstruktionsdele af Tømmer.

201. Ved Bygværker eller Bygværksdele af Træ spiller Konstruktionen af Forbindelsen mellem de enkelte Tømmerstykker en særlig Rolle og skal, for saa vidt angaar de til Fundamenter og i Vandbygning anvendte Tømmerkonstruktioner, omtales her.

Forbindelserne mellem Tømmerstykkerne er i Reglen de svage Steder i en Tømmerkonstruktion, idet det er vanskeligt at udføre Forbindelser mellem Konstruktionsdele af Træ tilstrækkelig solidt til, at de i Styrke kan svare til Styrken af de ved Samlingen forbundne Tømmerstykker.

Konstruktionen af Forbindelsen mellem to Stykker Tømmer retter sig efter, hvilke Kræfter det er, der skal overføres fra det ene Stykke Tømmer til det andet, og efter Tømmerstykkernes indbyrdes Stilling.

Til Stødforbindelse mellem Bjælker af firkantet Tømmer anvendes sædvanlig *Lasker* med Laase og Skruebolte (Fig. 196), naar Tømmerstykkerne ligger i

hinandens Forlængelse, og der skal overføres nogenlunde stor Trækraft fra det ene Tømmerstykke til

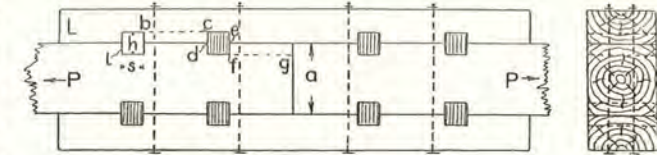


Fig. 196.

det andet. Laskerne L bestaar af to Stykker Halvtømmer med Bredde lig med Tømmerstykkernes Sidelinie a , saaledes at Tømmerets og Laskernes nyttige Tværnsnitsarealer bliver lige store.

Laasene l har kvadratisk eller rektangulært Tværnsnit, i sidstnævnte Tilfælde, $h = \text{ca. } 0,8 s$, med største Sidelinie $s = \frac{1}{4} a$ til $\frac{1}{3} a$.

Laasene udføres i Reglen af Egetræ. De udskæres saaledes af Træet, at Fibrene gaar vinkelret paa Laasens Længderetning, og anbringes saaledes i de rektangulære Udsnit i Tømmer og Lasker, at Kraften, der overføres fra det ene Tømmer til det andet, virker vinkelret paa Laasens Fiberretning.

Skrueboltene, af hvilke der i Reglen anbringes lige saa stort Antal, som der er Laase i den ene Side af Tømmerstykkerne, tjener til at holde Laskerne fast tilspændt til Tømmerstykkerne. Skrueboltens Diameter gøres sædvanlig $\frac{1}{12}$ til $\frac{1}{10}$ af Tømmerstykkelsen.

Trækraften P , der skal overføres fra det ene Tømmerstykke gennem Laskerne til det andet Tømmerstykke, regnes at fordele sig ligeligt over alle de paa hver Side af Stødet mellem Tømmerstykkerne værende

Laase. I Fladerne cd og ef er der Trykspænding, og i disse Flader paa virkes Tømmerstykkerne og Laskerne til Tryk parallelt med Fibrene og Laasene til Tryk vinkelret paa Fibrene. Laasene paa virkes i Snittene de til Forskydning vinkelret paa Fibrene, Tømmerstykkerne og Laskerne i Snittene fg og bc til Forskydning parallelt med Fibrene.

Selv om Laasene som nævnt udføres af Egetræ — Tømmerstykker og Lasker antages at være af Fyr — er Laasenes Styrke for de i Fladerne cd og ef virkende Kræfter, der paa Laasene giver Tryk vinkelret paa Fibrene, noget mindre end Tømmerstykkernes og Laskernes Styrke for Tryk parallelt med Fibrene. Ikke desto mindre plejer man dog at lade den tilladelige Spænding til Tryk parallelt med Fibrene for Tømmeret være bestemmende for Størrelsen af den Kraft, der kan overføres gennem hver af Laasene, idet disse ligger helt indesluttede i Tømmerets og Laskernes Udskæringer, saaledes at der ikke kan ske virkeligt Brud af Forbindelsen, med mindre der finder Forskydningsbrud Sted i Laasene efter Snittene de . Ved den eventuelle høje Paavirkning paa Laasene (til Tryk vinkelret paa Fibrene) kan det ske, at Laskernes og Tømmerets Endetræ trykkes noget ind i Laasenes Sidetræ, men dette medfører blot, at Forbindelsen giver lidt efter for Kraften.

Egetræs-Laasenes Styrke for Forskydning vinkelret paa Fibrene er henvend 2 Gange saa stor som Fyrretræs Styrke for Tryk parallelt med Fibrene. Hvis man vilde udnytte Egetræets Styrke helt, skulde Laasens Højde h herefter gøres omtrent 2 Gange Bredden s . Man bruger imidlertid at have $h \leq s$ paa Grund af, at Trykfordelingen i Fladerne cd og ef ellers vilde afvige for meget fra den forudsatte ensformige Trykfordeling, og fordi Laasen, hvis dens Højde er stor i Forhold til Bredden, kan blive udsat for betydelig Bøjningspaavirkning.

Overholdes Reglen $h \leq s$, er den for det paagældende Tilfælde tilladelige Spænding r_t til Tryk parallelt med Fibrene for Tømmerstykkernes og Laskernes Træmateriale bestemmende for, hvor stor en Kraft P_1 der kan overføres gennem hver af Laasene. Er f. Eks. $h = s = \frac{1}{3} a$ faas:

$$P_1 = \frac{1}{8} a^2 r_t.$$

Laskens Længde er bestemt af, at $P_1 \leq$ Arealet af Snit gf Gange den tilladelige Spænding r_f til Forskydning parallelt med Fibrene for Tømmerstykkets Træmateriale. I Snit bc haves samme Forskydningspaavirkning, hvorfor $\overline{cd} = \overline{gf}$. Er f. Eks. $r_t = 60 \text{ kg/cm}^2$ og $r_f = 10 \text{ kg/cm}^2$, faas, naar $h = s = \frac{1}{3} a$,

$$\overline{bc} \cdot a \cdot 10 = \frac{1}{8} a^2 \cdot 60$$

$$\overline{bc} = a,$$

og naar $h = s = \frac{1}{3} a$:

$$\overline{bc} = 0,75 a.$$

Ved Overførelsen af Kræfter fra det ene Tømmerstykke gennem Lasken til det andet regner man sædvanlig kun Laasene virksomme og tager ikke Hensyn til Skrueboltens Medvirken. Grunden hertil er dels, at man ikke kan gøre Regning paa, at Skrueboltene passer lige saa stramt i Boltehullerne, som Laasene passer i Udskæringerne for disse, dels den Omstændighed, at en Kraftoverførelse gennem Skrueboltene paa samme Maade som og jævnsides med den, der sker gennem Laasene, er betinget af, at Boltene ikke bøjes. Boltene vil imidlertid paa Grund af, at deres Længde er stor i Forhold til Tykkelsen, bøjes saa meget, at Trykkene i Anlægsfladerne mellem Boltene og Træet bliver meget ulige fordelt i disse Anlægsflader og ikke opnaar synderlig Størrelse, forinden Tømmerstykkerne er forskudt saa meget i Forhold til Laskerne, at Laaseforbindelsen er sprængt.

Naar Boltene spændes haardt, vil den derved tilvejebragte Friktionsmodstand i Anlægsfladerne mellem Tømmerstykker og Lasker kunne medvirke til at overføre Kræfter gennem Laaseforbindelsen. Er Bolte-diameteren f. Eks. $0,1 a$, og forudsættes Boltens tilspændt saaledes, at Spændingen i Boltens bliver 800 kg/cm^2 , bliver den Kraft P_2 , som kan overføres ved Friktionen, naar Friktionskoefficienten sættes til $0,5$:

$$P_2 = \frac{\pi}{4} (0,1 a)^2 \cdot 800 \cdot 0,5 = 3,14 a^2 \text{ kg.}$$

Sammenlignes med den Kraft P_1 , som kan overføres gennem een Laas, hvor f. Eks. $h = s = \frac{1}{3} a$ og $r_t = 60 \text{ kg/cm}^2$, nemlig:

$$P_1 = 60 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} a^2 = 10 a^2 \text{ kg,}$$

ses det, at den Kraft, der kan overføres ved Friktionen, er ret betydelig. Ikke desto mindre medregner man sædvanlig ikke P_2 ved Dimensionering af Laaseforbindelser som de her omhandlede, eller man medregner kun en Brøkdel af P_2 . Grunden hertil er dels Usikkerheden med Hensyn til Fastsættelsen af Friktionskoefficienten, dels Vanskeligheden ved at sikre sig, at Boltene tilspændes saa haardt, som det er nødvendigt for Frembringelsen af Friktion af nogen Betydning. Hertil kommer, at Træets Volumenforandring kan medføre, at Boltespændingen formindskes. Hvis Samlingen udføres, medens Tømmeret er vaadt, og dette senere udtørres, uden at Boltene bliver efterspændt, risikerer det, at Friktionen helt forsvinder.

Til Forbindelse mellem to Tømmerstykker ved Hjælp af Tømmerlasker anvendes undertiden i Stedet for Laase de saakaldte *Dybeler*

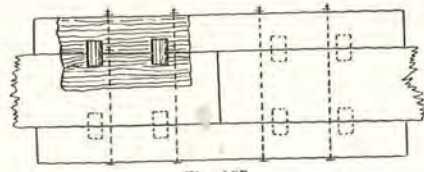


Fig. 197.

(Fig. 197). En Dybel er en cylindrisk formet Træprop, der anbringes i cirkulære Udboringer i Tømmerstykker og Lasker; disse spændes sammen med Skruebolte.

Til Forbindelse mellem Tømmerstykker og Lasker anvendes ofte de saakaldte *Bulldog Samlejern* (Fig. 198) eller de saakaldte *Gitterkløer* (Fig. 199). Bulldogjernene, resp. Gitterkløerne, anbringes i Anlægsfladerne mellem Tømmerstykker og Lasker. Ved Sæmspænding af Tømmerstykker og Lasker med Skruebolte, der føres gennem Midten af Samlejernet, presses Bulldogjernes trekantformede Flige, resp. Gitterkløernes pyramideformede Takker, ind i Tømmerstykkernes og Laskernes Træ¹⁾.



Fig. 198.

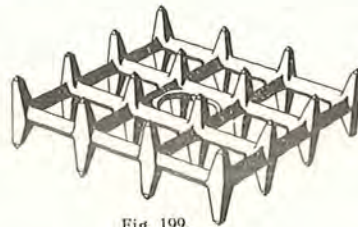


Fig. 199.

Hvis Forbindelsen mellem to Stykker Tømmer skal udføres saaledes, at Samlingen ikke fylder mere eller kun lidt mere end selve Tømmeret, maa der anvendes Lasker af fladt Jern.

Forbindelsen kan udføres som vist i Fig. 200. Paa hver af de to modstaaende Sider af Tømmerstykkerne er anbragt en Fladjernsskinne, hvis Dimension er bestemt af Størrelsen af den Trækkraft, der skal overføres,

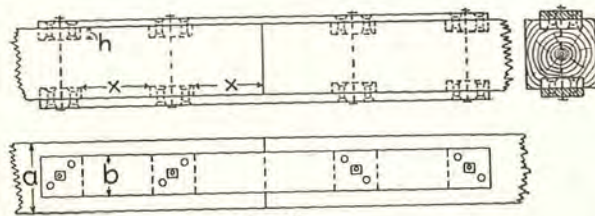


Fig. 200.

og af den tilladelige Spænding for Jern, idet der paa sædvanlig Maade maa gøres Fradrag i Tværsnitsarealet for Boltehuller. Skinnens Bredde b skal være mindst 3 Gange Boltediameteren, d. v. s. i Reglen mindst 0,3 Gange Tømmerets Sidelinie a . Fladjernsskinne kan om fornødent forsænkes i Træet, saaledes at Laskerne ikke rækker uden for Tømmerets Sideflader.

Til Laskerne er (med forsænkede Nitter eller ved Svejsning) befæstet

¹⁾ Om Styrken af Tømmerforbindelser, udførte med Bulldog-Samlejern eller Gitterkløer, se: Chr. Gottfr. Jensen og Kurt Olsen: Teknisk Staabi.

Jernklodser, for hvilke der er tilvejebragt Udskæringer i Tømmerstykkerne. Skrueboltene, der tjener til at holde Lasker og Tømmerstykker sammenspændte, føres gennem de paanittede Jernklodser, hvis Laskerne er tilstrækkelig brede dertil, idet Boltene virker bedst, naar de er anbragt saaledes; ellers anbringes Boltene tæt ved Siden af Klodserne.

Ved Bestemmelsen af Klodsernes Antal og indbyrdes Afstand kan man gaa frem paa tilsvarende Maade som den, der gælder for Laaseforbindelser af Træ. Kraften, der skal overføres, regnes ligelig fordelt paa Klodserne. Højden af Klodserne bestemmes under Hensyntagen til Tømmerets Svækkelse ved Udskæringerne og til, at Trykket i Anlægsfladen mellem Klods og Endetræ i Udskæringen ikke maa overstige Træets tilladelige Spænding for Tryk parallelt med Fibrene. Klodserne gøres ikke gerne højere end 3 cm af Hensyn til Sammenitningen med Lasken.

Afstanden mellem Klodserne indbyrdes og den lige saa store Afstand fra den ved Stødet nærmest værende Klods til Tømmerstykkets Ende bestemmes af, at Forskydningsspændingen i Træet (parallelt med Fibrene) ikke maa overstige den tilladelige Spænding. Er den nævnte Afstand x , Klodsens Højde og Længde (= Laskens Bredde) henholdsvis h og b , og Tømmerets Sidelinie a , er det Areal, over hvilket Forskydningen regnes fordelt: $x(2h + b)$, saafremt $2h + b < a$; i modsat Fald er Forskydningsarealet ax .

Hvis den Kraft, der skal kunne overføres gennem Forbindelsen mellem Tømmerstykkerne, er lille, kan man i Stedet for med paanittede Klodser forsyne Laskerne med Hager, der dannes ved Ombøjning af Enderne af Fladjernene. Hagerne anbringes i udstemmede Huller i Træet.

Til Tømmerforbindelser udført med Jernlasker kan ogsaa anvendes Bulldog Samlejern. Disse har da kun trekantformede Flige paa den Side, der vender mod Træet, medens den anden Side, der ligger an mod Jernlasken, er plan. Boltehullet i Bulldogjernet skal her passe nøje til Skrueboltens. Kraften overføres her fra Træet gennem de i Træet nedpressede Flige til Bulldogjernet, fra dette ved Tryk paa Hulranden til Boltens og fra denne, ligeledes ved Tryk paa Hulranden, til Lasken.

Hvis den Trækkraft, der skal overføres fra det ene Tømmerstykke til det andet, er forholdsvis lille, anvendes ofte Lasker af Tømmer (eller af Jern) sammenspændte med Skruebolte, men uden Laase eller lignende til Overførelse af Forskydningskræfter egnede Konstruktionsdele. Ved en saadan Konstruktion af Forbindelsen overføres Kraften dels ved den af Trækkraften i Boltene frembragte Friktion mellem Lasker og Tømmerstykker, dels ved Trykspænding mellem Boltene og Træfladerne i Boltehullerne, i Forbindelse med Forskydningsspændinger i selve Boltene. Medens man ved Laaseforbindelser som nævnt ikke regner med,

at selve Boltene er virksomme til at overføre nogen Del af Kraften, kan Boltene godt paaregnes at være virksomme ved en Stødforbindelse, i hvilken der ikke indgaar Laase, selv om Boltehullerne er lidt større end Boltene. Tømmerstykkerne vil her blot blive forskudt lidt i Forhold til Laskerne, indtil Boltene kommer til at ligge an mod Boltehullernes Træflader. Den ovenfor omtalte Usikkerhed med Hensyn til den af Boltespændingen betingede Friktion (Formindskelse af Boltespændingen paa Grund af Træets Udtørring) gør sig ogsaa gældende her.

Styrkeberegning, svarende til den for Nitteforbindelser (ved Konstruktionsdele af Jern) sædvanlige, er ikke anvendelig ved de her omhandlede Tømmerforbindelser paa Grund af, at Boltene er lange og derfor forholdsvis let bøjelige. Ved at Bolten bøjes, bliver Trykket paa Boltehullets Træflader ulige fordelt efter Boltens Længde. Trykket bliver størst i de Dele af Boltehullerne, der ligger nærmest ved Anlægsfladerne mellem Laskerne og Tømmerstykkerne, og her let saa store, at Træet knuses. Saadan Knusning af Træet kan medføre, at Tømmeret eller Laskerne spalter paa langs efter Planen gennem Boltehullet.

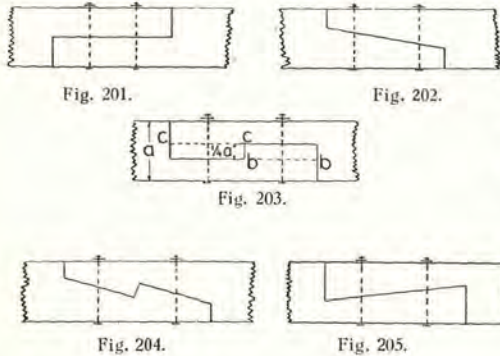
Jo kortere Boltene er i Forhold til Tykkelsen, desto mindre bøjelige er de, og i desto mindre Grad gør den her nævnte uheldige Egenskab ved Forbindelsen sig gældende. Boltesamling er derfor bedre anvendelig, naar der bruges Jernlasker, end ved Lasker af Halvtømmer.

Forbindelsen mellem to Tømmerstykker kan, naar der kun skal overføres forholdsvis lille Kraft, ske ved *Bladning* af Tømmerstykkerne.

I Fig. 201 er vist et *lige Blad* og i Fig. 202 et *skraat Blad*. Bladets Længde gøres i Reglen 2 til 2,5 Gange Tømmerets Tykkelse. Ved saadanne Forbindelser sker Overførelsen af Kraften dels direkte gennem Skrueboltene, dels ved Friktionen i de mod hinanden sammenspændte Flader.

Forbindelsens Styrke kan forøges ved Anbringelse af Samlejern (Bulldogjern eller Gitterkløer) imellem Bladene.

I Fig. 203 er vist et *lige Hageblad*. Kraften overføres her, foruden direkte gennem Boltene og ved Friktionen i de sammenspændte Anlægsflader, ved Trykspænding i Fladen *bc* og Forskydnings-spænding i Snittene *bb* og *cc*. Lignende Forhold haves ved *skraat Hageblad*, Fig. 204 og 205. Hagerne er her ikke saa stærke, som de er ved et *lige Hageblad*.



Undertiden bruges det at forsyne Hageblade med Laase af Egetræ (Fig. 206 og 207).

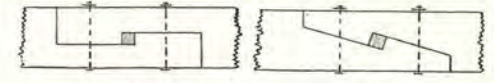


Fig. 206. Fig. 207.

Man opnaar herved lettere at faa Bladene til at passe stramt til hinanden. Laasen og Udskæringen for denne tildannes svagt kileformet, og efter at Tømmerstykkerne er bragt paa Plads, men før der bores Huller for Skrueboltene, drives der let paa den kileformede Laas, hvorved Bladenes Ender kan bringes til

at ligge tæt an i Udskæringerne.

Til Sikring mod Forskydning af det ene Tømmerstykke i Forhold til det andet tværs paa Længderetningen kan Bladenes Ender tildannes med Fjer og Not (Fig. 208), eller

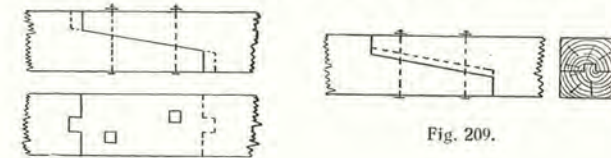


Fig. 208. Fig. 209.

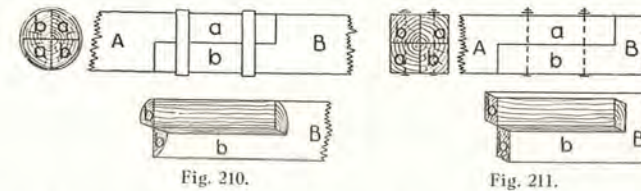


Fig. 210. Fig. 211.

det ene Blad kan forsynes med Fjer i Bladets hele Længde og det andet Blad med en tilsvarende Not (Fig. 209).

Ved Krydsbladning (Fig. 210: Rundtømmer, Fig. 211: Firkantet Tømmer) dannes Bladet paa det ene Tømmerstykke *A* ved Bortfjærnelse af de to Fjerdedele *b* af Tværsnittet, og Bladet paa det andet Tømmerstykke *B* ved Bortfjærnelse af de to af Tværsnittets Fjerdedele *a*, som svarer til *A*'s Blade. Til Sikring af Forbindelsen kan ved firkantet Tømmer bruges Skruebolte, ved Rundtømmer Spænderinge.

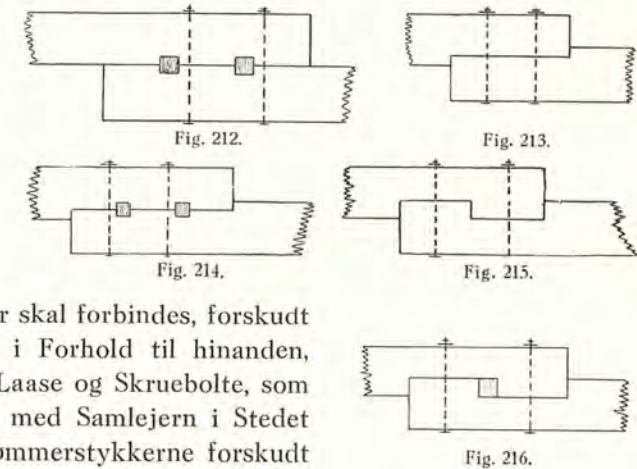


Fig. 212. Fig. 213. Fig. 214. Fig. 215. Fig. 216.

Ligger de to Stykker Tømmer, der skal forbindes, forskudt en Tømmertykkelse i Forhold til hinanden, kan de samles med Laase og Skruebolte, som vist i Fig. 212, eller med Samlejern i Stedet for Laase. Ligger Tømmerstykkerne forskudt

mindre end en Tømmertykkelse, bruges Bladning: lige Blad (Fig. 213), lige Blad med en eller flere Laase (Fig. 214) eller med Samlejern, Hageblad (Fig. 215) eller Hageblad med Laas (Fig. 216).

Til Stødforbindinger, der paavirkes til Bøjning, egner Bladning sig ikke. Til saadanne Stødforbindinger anvendes den i Fig. 196 viste Konstruktion (Lasker med Laase og Skruebolte) eller tilsvarende Konstruktioner (f. Eks. med Samlejern i Stedet for Laase).

Hjørneforbindelse mellem to Stykker Tømmer kan udføres, ved at Tømmerstykkerne blades sammen, hvis det kun er ganske smaa Kræfter,

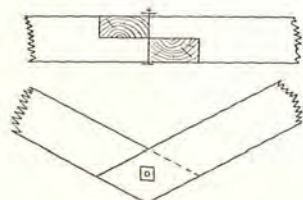


Fig. 217.

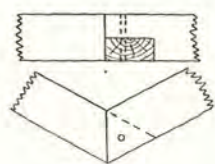


Fig. 218.

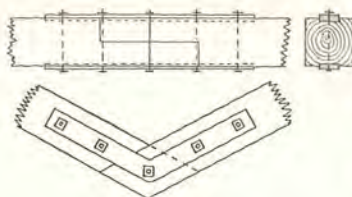


Fig. 219.

der skal overføres gennem Forbindelsen. I Fig. 217 er vist et fuldt Blad, i Fig. 218 et halvt (trekantet) Blad. Blade ne holdes sammen med en Trænegle eller med en Skruebolt.

En noget stærkere Forbindelse faas ved Anvendelse af Jernbeslag, bestaaende af Fladjernsskinner med Skruebolte gennem disse og Tømmerstykkerne (Fig. 219). Fladjernsskinnerne kan være forsænkede i Tømmeret.

En endnu stærkere Hjørneforbindelse er den i Fig. 220 viste, hvor Forbindelsesdelene bestaar af vinkelbøjede U-Jern. Tømmeret er tildannet efter

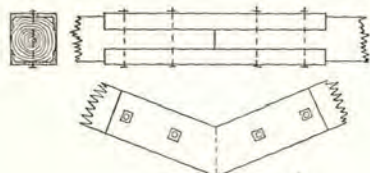


Fig. 220.

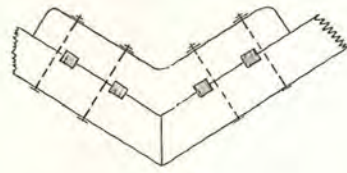


Fig. 221.

U-Jernenes indvendige Flader, saaledes at U-Jernene, idet de fastspændes med Skruebolte, kommer til at passe stramt om Tømmeret.

I Fig. 221 er vist en anden, meget stærk og stiv Hjørneforbindelse. De to Tømmerstykker er her samlede ved Hjælp af et af krumvokset Egetræ tildannet Stykke Tømmer (Egeknæ). Dette befæstes til hvert af de to, paa Gering eller i et Blad, sammenstødende Stykker Tømmer med Laase af Egetræ og med Skruebolte.

Forbindelsen mellem f. Eks. en Pæl og et paa denne hvilende Tøm-

mer (Fig. 222 a) udføres ofte, naar der kun skal overføres Trykkraft i Pælens Retning fra Tømmeret til Pælen, blot ved, at der anbringes en Spidsbolt gennem Tømmeret



Fig. 222 a.

Fig. 222 b.

og gaaende et Stykke ned i Pælen. Til Hindring af Tømmerets Forskydning i Forhold til Pælen kan der, hvis det kun drejer sig om smaa Forskydningskræfter, ved Udstemning tilvejebringes en lille Fordybning i Tømmerets Underside, svarende til Pælehovedets Størrelse (Fig. 222 b). Saafremt der skal kunne overføres ret store Kræfter i Retning vinkelret

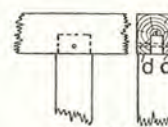


Fig. 223.

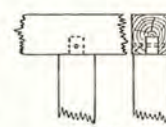


Fig. 224.

paa Pælen, tappes Tømmeret (Hammer, Hammerstykke) paa Pælen (Fig. 223). Tappens Tykkelse gøres $\frac{1}{4}$ til $\frac{1}{3}$ af Pælens Tykkelse, dens Højde $\frac{1}{3}$ til $\frac{1}{2}$ af Hammerens Tykkelse og dens Længde lig med eller lidt mindre end Pælens Tykkelse. Som Anlægsflader, gennem hvilke Trykket i Pælens Retning overføres fra Hammeren til Pælen, kan der kun regnes med Brysterne d , fordi Tap og Taphul i Almindelighed ikke kan paaregnes at passe saa nøjagtigt sammen, at Hammeren kommer til at ligge an baade paa Pælens Brystflader og paa Tappens Endeflade. Større virksom Anlægsflade faar man ved at gøre Tappens Længde mindre end Pæletykkelsen (Fig. 224). Forbindelsen mellem Hammer og Pæl sikres i Reglen, ved at der anbringes en Trænegle gennem Tappen og Tømmeret (Afboring af Tappen).

Hvis der skal kunne overføres Trækkraft i Pælens Retning mellem Tømmer og Pæl, kan Forbindelsen tilvejebringes ved Hjælp af Spidshakkebolte, Spidsklammer eller Bladbolte (se Side 277). Hvis det er store Trækkrafter, der skal overføres, kan Forbindelsen udføres saaledes som vist i Fig. 225. Forbindelsesdelene bestaar her af et kort Stykke Tømmer (Laaseklods), der er befæstet til Pælen med Laase af Egetræ eller med Samlejern samt Skruebolte, og af en paa langs gennem Laaseklodsen op gennem Tømmeret gaaende Skruebolt. Ved den viste Ordning virker den til Pælen overførte Trækkraft ekscentrisk paa Pælen og paavirker derved denne til Bøjning. Skal dette undgaaes, maa der anbringes to Laaseklodser, en paa hver Side af Pælen.

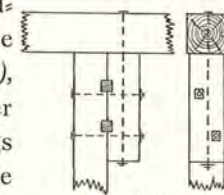
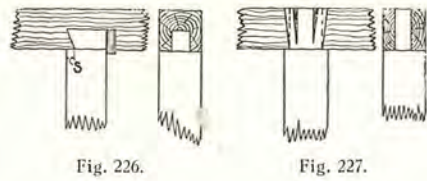


Fig. 225.

I Fig. 226 er vist en Forbindelse, tilvejebragt ved Hjælp af en *underskaaren* Tap. Taphullet er her et Stykke s , lig Tappens Underskæring, længere end Tappen. Efter Tømmerets Anbringelse paa Pælen drives en svagt kileformet Laas op i Taphullet ved den Ende, hvor der ingen



Underskæring findes, hvorved Tappen spændes fast i Taphullet.

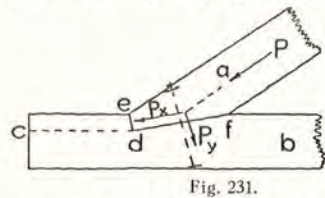
I Fig. 227 er vist en Forbindelse, ved hvilken der er anvendt en gennemstemt og forkilet Tap. Taphullet er her ført helt gennem Hammeren og tildannet svalchaleformet.

Taphullets Længde foroven er ca. $\frac{1}{10}$ af Tømmertykkelsen større end Længden forneden; Tappens Længde er lig med Taphullets Længde forneden. Tappen forsynes med et eller to Savsnit. Efter at Hammeren er lagt ned over Tappen, drives der slanke Egetræskiler ned i Savsnittene, hvorved Tappen udvides og bringes til at spænde i Taphullet. De her nævnte Konstruktioner af Tømmerforbindelser, underskaaren Tap og gennemstemt, forkilet Tap, der adskiller sig fra de forud nævnte derved, at der ikke indgaar Jerndele i dem, anvendes dog forholdsvis sjældent.

Ligger det ene af de to Stykker Tømmer, der skal forbindes, noget forskudt til Siden i Forhold til det andet, kan Forbindelsen udføres som lige Blad (Fig. 228), naar Forbindelsen kun skal kunne overføre Tryk, og som Svalchale-Blad (Fig. 229) eller som Hageblad (Fig. 230), hvis Forbindelsen ogsaa skal kunne overføre Træk.



Danner de to Stykker Tømmer en spids Vinkel med hinanden, — f. Eks. en Skraastiver og et Fodstykke — kan der anvendes Forsats (Fig. 231). I det ene Tømmer *b* udskæres en Fordybning



i hele Tømmerets Bredde, og Enden af det andet Tømmer *a* tildannes svarende til Fordybningens Form. Af den i Tømmeret (Skraastiveren) *a* virkende Kraft *P* regnes Komposanten P_x at blive overført gennem Forsatsens Anlægsflade *ed* og Komposanten P_y gennem Anlægsfladen *df* til Tømmeret *b* (Fodstykket). Forsatsens Dybde bestemmes af den af P_x frembragte Trykspænding i Fladen *de*. Hvis Forsatsen skal anbringes tæt ved Enden af Tømmeret *b* eller tæt ved en Udskæring i dette Tømmer, maa man passe, at Længden *cd* er tilstrækkelig stor til, at den

tilfældige Forskydningsspænding parallelt med Fibrene i Snit *cd* ikke overskrides. De to Stykker Tømmer holdes sammen ved Hjælp af en Skruebolt.

Hvis der gennem Forbindelsen skal kunne overføres Forskydningskræfter vinkelret paa de to Stykker Tømmers Plan, anvendes Forsats i Forbindelse med Tap (Fig. 232).

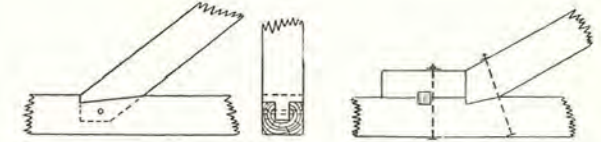


Fig. 232.

Fig. 233.

Hvis Komposanten P_x er saa stor, at den ikke kan overføres alene gennem Forsatsens Anlægsflade, fordi Tilvejebringelse af tilstrækkelig Anlægsflade vilde medføre, at Tømmeret *b* svækkes for meget ved Udskæringen, kan Forbindelsen udføres som vist i Fig. 233, med Anvendelse af en Laaseklods med Egetræslaas eller Samlejern og Skruebolt i Forbindelse med Forsatsen.

Til Forbindelse mellem to nedrammede Pæle (en Lodpæl og en Skraapæl, eller to Skraapæle), der tilsammen skal danne en Pælebuk, anvendes saadanne Konstruktioner, som de i Fig. 235—239 viste. Ved Pælebuksforbindelser er der det særlige Hensyn at tage, at den for Forbindelsens Udførelse fornødne Tildannelse af Pælene skal ske efter, at Pælene er rammet ned i Grunden.

De Kræfter, der skal kunne overføres gennem Forbindelsen mellem Pælene, faas af den paa Pælebukken virkende Kraft *K* (Fig. 234) ved Oplosning af *K* i Komposanterne (Pælespændingerne) K_S og K_L efter Pæleakserne *S* og *L*.

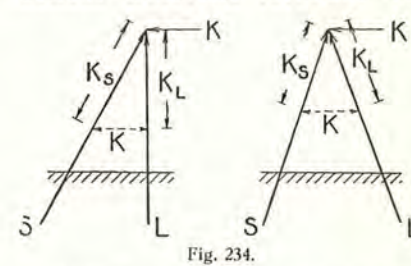


Fig. 234.

Forbindelsen kan udføres som en almindelig Forsats (Fig. 235). Skraapælen *S* rammes først, og afskæres og tildannes, hvorefter Lodpælen *L* rammes tæt opad Skraapælen. For at man derefter skal kunne tildanne de til Forsatsen hørende Anlægsflader i Lodpælen, maa de to Pæleender tvinges noget ud fra hinanden. Dette kan kun lade sig gøre, hvis Afstanden fra Samlingsstedet paa Pælene til Jordbundens Overflade er saa stor, at Pælene kan bøjes tilstrækkeligt. Efter Tildannelsen af Lodpælen spændes Pælene sammen med den til Forbindelsen hørende Skruebolt. Paa Grund af, at Udførelsen af Pæleforbindelsen maa ske saaledes som her nævnt, er det vanskeligt at faa Skraapælen til at passe nøjagtigt i Lodpælens Udskæring.

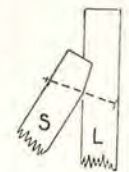


Fig. 235.

Ved de i Fig. 236 og Fig. 237 viste Konstruktioner, hvor Forsatsen er erstattet med en, eventuelt svagt kileformet, Laas af Egetræ, er der ingen særlige Vanskeligheder ved at faa Trykfladerne stramt tilpasset. Ved Udførelse af den i Fig. 237 viste Forbindelse er det ikke nødvendigt, at Pælene tvinges ud fra hinanden. Hvis den Kraft, der

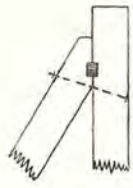


Fig. 236.

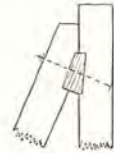


Fig. 237.

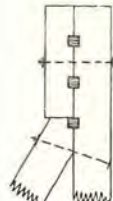


Fig. 238.



Fig. 239.

skal overføres gennem Forbindelsen, er saa stor, at en enkelt Laas ikke er tilstrækkelig, kan der paa Lodpælen anbringes en Laaseklods med en eller flere Laase og tilhørende Skruebolte, saaledes som vist i Fig. 238. Ved den i Fig. 239 viste Konstruktion er der i Stedet for en almindelig Laaseklods anvendt en mellem Pælene anbragt kileformet Udfyldningsklods med Laase. Ved Tildannelsen af Udfyldningsklodsen maa det passes, at Klodsen udskæres saaledes af Tømmeret, at der haves tilstrækkelig stort Areal til Optagelse af Forskydningspaavirkningen parallel med Træets Fiberretning. Hvis den i Fig. 239 viste Pælebuk f. Eks. er paavirket af en Kraft K , vil der være Trykspænding i de med a_1 , a_2 , b_1 , b_2 , c_1 og c_2 betegnede Anlægsflader, og Udfyldningsklodsen bør da være udskåret saaledes, at Fibrene gaar parallelt med Pælen S .

De i Fig. 236—239 viste Forbindelser bruger man ogsaa at udføre saaledes, at der i Stedet for Laase af Egetræ som vist anvendes Samlejern (Bulldogjern eller Gitterkløer).

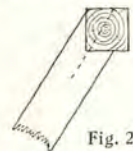


Fig. 240.

I Fig. 240 er vist en Forbindelse mellem en Pæl og et paa denne liggende Tømmer, hvor Pæleretningen ikke er parallel med nogen af Tømmerets Sideflader. Pælen griber med *Gedefod* over Tømmeret. Forbindelsen er blot sikret med Spidsbolt eller Trænegle.

To hinanden krydsende Stykker Tømmer forbindes indbyrdes ved *Overskræmning* eller ved *Kæmning*.

I Fig. 241 er vist en *enkelt Skramme*. Denne Forbindelse anvendes, naar der mellem de to Tømmerstykker (a og b) kun skal overføres Kræfter, der er parallelle med det ene af Tømmerstykkerne. Hvis der skal overføres Kræfter i begge Tømmerstykkers Retninger, kan der anvendes *dobbelt Skramme* (Fig. 242), ved hvilken der haves Udskæringer

i Tømmerets hele Bredde i begge Tømmerstykkerne, eller man kan anvende *Kam*. I Fig. 243 er vist en enkelt Kam, i Fig. 244 en dobbelt Kam. Ved Kæmning svækkes det underste Tømmer mindre end ved Skramme

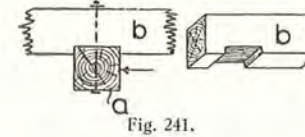


Fig. 241.

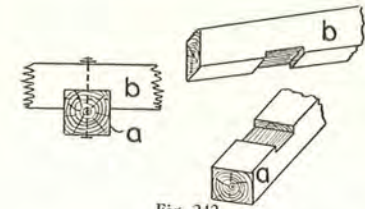


Fig. 242.

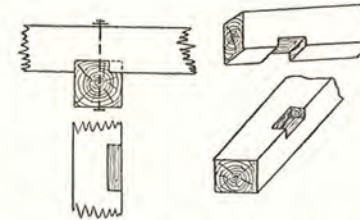


Fig. 243.

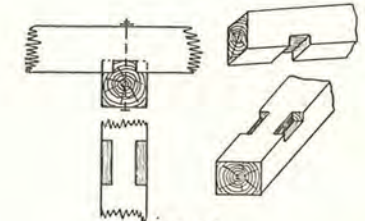


Fig. 244.

ning, dels fordi Tværnsnitsformindskelsen ikke er saa stor, dels fordi det ved Kæmning er de svageste Dele af Træet, Splinten, der bortskæres. Kæmning egner sig godt til Samling af vankantet Tømmer.

I Fig. 245 er vist en *Krydskam*. Kammene fremstilles ved, at der

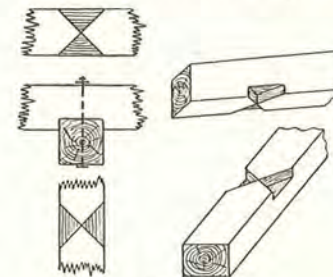


Fig. 245.

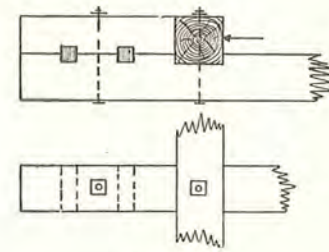


Fig. 246.

skæres to hinanden krydsende Savsnit ned i Tømmeret, og de skraverede Dele borttages.

Ved Skrammer og Kamme sikres Forbindelsen mellem de to Tømmer ved Hjælp af Trænegle, Spidsbolt eller (bedst) Skruebolt i Krydsningen.

Hvis den Kraft, der skal overføres fra det ene Tømmer til det andet, er stor, kan der anvendes Skramme (Kam) i Forbindelse med Laaseklods, f. Eks. saaledes som vist i Fig. 246.

Trænegler til Samling af Tømmerdele udføres sædvanlig af Egetræ og gøres fra 1 til 4 cm tykke, efter som det er spinkelt eller svært Tømmer, der skal forbindes. Naglen gives Form som et sekssidet eller ottesidet Prisme (f. Eks. kvadratisk Tværsnit med affasede Kanter). Naglen anbringes i et boret Hul, hvis Diameter er lidt mindre end Naglens Tykkelse, saaledes at Naglen kommer til at spænde i Hullet, naar den drives ind.

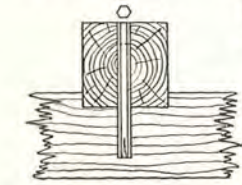


Fig. 247.

Hvis den ved Hjælp af en Trænegle tilvejebragte Forbindelse mellem to hinanden krydsende Tømmer skal kunne overføre Trækspænding, kan der bruges forkilet Trænegle (Fig. 247). Der gives hver af Trænaglens Ender et Savsnit paa langs ad Træneglen. Før denne drives ind, anbringes en lille Egetræskile i Savsnittet i Naglens ene Ende. Idet Naglen drives i Bund i det i Tømmeret borede Hul, trykkes Kilen op i Naglen, hvorved denne kommer til at spænde i Hullet. I Savsnittet i Naglens anden Ende drives en tilsvarende Kile ind, efter at Naglen er anbragt. Hvert af de to Savsnit skal være vinkelret paa Fiberretningen i det Stykke Tømmer, hvori Naglens Udspænding sker, for at det skal undgaas, at Tømmeret spalter ved Presset fra Udkilingen.

Til *Skruebolte* til Samling af Tømmer maa der anvendes større Underlagsskiver under Hoved og Møtrik end de, der bruges til Skruebolte, der tjener til Samling af Jerndeale. Grunden hertil er, at Træets Styrke for Tryk vinkelret paa Fibrene er forholdsvis lille, saaledes at det til Trækspændingen i Boltens svarende Tryk paa Træets Sideflader maa fordeles paa et stort Areal, for at Underlagsskiven ikke skal blive trykket ind i Træet. I Reglen gøres Underlagsskiverne kvadratiske med en Side-linie ca. 3,5 Gange Boltediameteren, og Underlagsskivernes Tykkelse ca. 0,35 Gange Boltediameteren.

I Stedet for med almindeligt sekskantet Boltehoved og tilhørende Underlagsskive bruges det ofte at forsyne Boltens med et kvadratisk Hoved med Sidelinie ca. 3,5 Gange Boltediameteren, idet der da ikke anvendes Underlagsskive under Boltehovedet.

Ved Skrueskæringen formindskes Boltens nyttige Tværsnit noget. Til Bolværker og lignende Bygværker anvendes ofte meget lange og svære Bolte til Forankring af Bolværksvæggen, og ved saadanne Bolte kan det være fordelagtigt at opstykke de Dele af Boltens, der skal forsynes med Skrueskæring, saa meget, at Boltens Kærnediameter bliver lige saa stor som Diameteren af det Rundjern, hvoraf Boltens fremstilles.

Bladbolte anvendes til Forbindelse af to Stykker Tømmer, det ene forløbende under ret Vinkel med det andet — som f. Eks. et paa Pæle

hvilende Hammerstykke — naar Forbindelsen skal kunne taale Trækspænding. En saadan Bladbolt (Fig. 248) er i den ene Ende formet som en almindelig Rundjerns-Skruebolt med Møtrik og Underlagsskive og har i den anden Ende et Blad af fladt Jern.

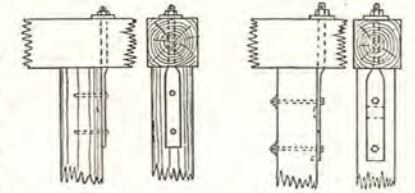


Fig. 248 a.

Fig. 248 b.

Boltens Rundjernsskaft og Bladet er samlet ved Svejsning. Bladet fastgøres paa Siden af det ene Tømmer (Pælen), medens Boltens skaft gaar gennem det andet Tømmer (Hammeren). Bladet kan befæstes til Tømmeret med Spidsbolte eller med Skruebolte. Forbindelsen kan gøres stærkere, ved at Bladet forsynes med paanittede eller paasvejste Klodser, eller ved at der anbringes Bulldogjern mellem Bladet og Tømmeret, paa tilsvarende Maade som ved Samlelasker af Jern.

Spidsklammer bruges til Forbindelse af to Stykker Tømmer, mellem hvilke der skal overføres Trækspænding, men kun i de Tilfælde, hvor der ikke kræves synderlig Styrke af Forbindelsen, og hvor det ikke er nødvendigt, at Forbindelsen skal kunne strammes ved Tilspænding. En

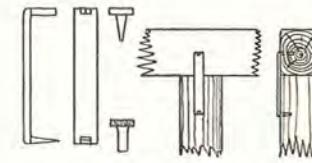


Fig. 249.

Spidsklamme (Fig. 249) dannes af fladt Jern — f. Eks. 50 × 8 mm. Ved hver Ende er den forsynet med en skærpet Hage. Æggen paa den ene Hage staar vinkelret paa den anden Hages Æg, saaledes at Æggene kommer til at gaa vinkelret paa Træets Fibre. Spidsklammer kan ogsaa udføres af Rundjern.

Spidsbolte anvendes til saadanne Tømmerforbindelser, af hvilke der ikke kræves synderlig Styrke, f. Eks. til Fastholdelse af en Bjælke, der hviler paa Pæle. En Spidsbolt bestaar af et Stykke Rundjern, i den ene Ende forsynet med et kalotformet Hoved og i den anden Ende forsynet med en Æg. Spidsboltens anbringes i et i Tømmeret boret Hul, men Hullet gøres noget mindre end Spidsboltens Diameter og bores ikke fuldt saa dybt, som Spidsboltens er lang, saaledes at Spidsboltens, idet den drives ind i Tømmeret ved Slag med en Mukkert, kommer til at spænde i Tømmeret. Forbindelsen kan gøres lidt mere modstandsdygtig overfor Trækspænding, end det opnaas ved Hjælp af en almindelig Spidsbolt, ved at man ved Mejselhug forsyner Spidsboltens med Modhager, der griber ind i Træet (Spidshakkebolt, Fig. 250).

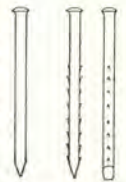


Fig. 250.

VIII. FASKINER.

202. Grene af Træer anvendes paa forskellig Maade til Bygværker i Vand, f. Eks. til Dæmninger og Moler i Floder, som Underlag for Bygværker af Sten i løs Kastning paa Steder, hvor Bunden er blød, til Bundbeskyttelse og til Skraaningsbeskyttelse i Kanaler og Vandløb.

Grenkonstruktionernes væsentligste Egenskaber er deres forholdsvis ringe Vægt og deres Bøjelighed. Hvis Faskinbygværket skal staa ubeskyttet i Vand, er Anvendelsen af denne Art Bygværker betinget af, at der ikke findes Pæleorm eller Pælekrebs det paagældende Sted.

Til Faskinbygværker anvendes Grene eller Rodskud af Løvtræer, fortrinsvis Pil og Hassel. Ofte anvendes ogsaa Grene af Naaletræer. Grenene skal i Rodenden være 2 til 3 cm tykke og være nogenlunde lige. De maa være saa friske, at de lader sig bøje uden at knække.

De til Faskinbygværker anvendte Faskinelementer er: Almindelige Faskiner, Sænkefaskiner og Bindefaskiner.

En almindelig Faskine er et Bundt Grene, der er sammenholdt ved Hjælp af to Baand af Staaltraad eller Pilevidjer. En saadan Faskine er ca. 3 m lang og ca. 0,3 m i Diameter. Grenene vender alle Topenderne samme Vej. En Faskines Rumfang er ca. 0,16 m³, men fylder, naar den anbragt i Bygværket udsættes for Sammentrykning, kun ca. 0,1 m³.



Fig. 251.

Faskinerne bindes i Reglen i Skoven, sjældnere paa Byggepladsen. Bindingen foretages i en saakaldt Faskinbænk (Fig. 251), bestaaende af nogle Bukke, der hver er dannet af to tykke Grene. Faskingrenene lægges i Bænken, alle med Rodenderne samme Vej, og snøres stærkt sammen med Kæder, hvorefter Baandene lægges om Faskinen.

En Sænkefaskine er et af Grene dannet Hylster, der er fyldt med Grus og Smaasten, saaledes at hele Sænkefaskinen bliver tungere end Vand. Sænkefaskiner anvendes som Erstatning for Stenfyld paa Steder, hvor Bunden er for blød til at kunne bære Stenfyld, og paa Steder, hvor det, saaledes som Tilfældet ofte er ved Bygning af Flodreguleringsværker, er vanskeligt at fremskaffe store Sten.

En Sænkefaskine er 4 til 5 m lang, 0,7 til 1,0 m i Diameter paa Mid-

ten og noget tyndere ved Enderne. Faskinen bindes i en Faskinbænk (Fig. 252), anbragt tæt ved det Sted, hvor Faskinen skal sænkes, f. Eks. paa en Flodbred eller paa en Flaade. Grenene (almindelige Faskingrene) lægges saaledes i Faskinbænken, at der ved begge Sænkefaskinens Ender kommer til at ligge Rodender af Grenene, medens Topenderne forløber hen over Midten af Sænkefaskinen. Grenene ordnes saaledes, at de danner et Trug, hvilende paa Bænkens Bund og rækkende noget op langs Bænkens Sider. I dette Trug lægges Fyldmaterialet (Grus og Smaasten) med Top paa og dækkes med et Lag Grene. Enderne af Sænkefaskinen lukkes med cirkulære Bundstykker, af Brædder eller dannet af Bundter af korte Grenestykker, sammenholdte med Staaltraadsbaand. Omkring Sænkefaskinen lægges derefter Kæder eller Tove, der

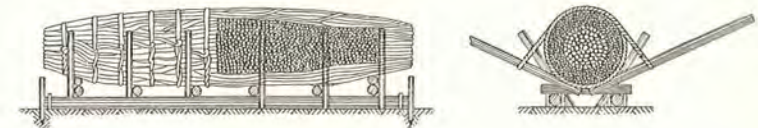


Fig. 252.

trækkes stramt an ved Hjælp af de Stokke, der danner Sidebegrænsningerne i Faskinbænken, hvorefter Baandene anbringes omkring Sænkefaskinen. Baandene, der er af Staaltraad eller af Pilevidjer, anbringes med ca. 0,5 m indbyrdes Afstand. Naar Faskinen er færdig, tages det ene Sæt Sidestokke op, saaledes at Sænkefaskinen kan rulles ud fra Bænken.

Bindefaskiner (Faskinpølser) er en Slags Tove, udført af Faskingrene. De bruges til at holde sammen paa de enkelte Faskiner, der indgaar i en større Grenkonstruktion. De gøres 12 til 15 cm tykke og saa lange, som deres særlige Anvendelse kræver.

En Bindefaskine fremstilles sædvanlig i en lang Faskinbænk af samme Slags som de Faskinbænke, der bruges til Binding af almindelige Faskiner. Grenene lægges alle med Rodenderne samme Vej, men forskudt i Længderetningen indbyrdes, saaledes at der bliver Forbandt mellem Grenene. Bindefaskinen sammensnøres og forsynes med Baand ligesom ved Fremstilling af almindelige Faskiner, men Baandene anbringes her tættere (ca. 0,25 m indbyrdes Afstand).

Som Eksempel paa et mere sammensat Funderingselement udført af Faskiner skal her omtales de saakaldte *Faskinmadrasser* (Sænkestykker). De bruges f. Eks. til Underlag for Dæmninger af Sten eller af Sænkefaskiner paa Steder, hvor Bunden er blød, og til Beskyttelse af løs Bund mod Udskaering af strømmende eller bølgebevæget Vand.

En Faskinmadras (Fig. 253) bestaar af flere Lag almindelige Faskiner,

der holdes sammen af Bindefaskiner. Den bygges paa en mod Vandet jævnt skraanende Flade (Flodbred) og fremstilles paa følgende Maade.

Hvilende paa Ruller af Rundholter lægges med ca. 1 m indbyrdes Afstand og efter den skraanende Flades Faldretning en Række Planker. Oven paa hver af disse lægges en Bindefaskine og paa tværs over disse et nyt Lag Bindefaskiner, ligeledes med 1 m indbyrdes Afstand, saaledes at der dannes et Net af Bindefaskiner med 1 m Maskevidde. Ved Krydsningerne mellem de to Lags Bindefaskiner sammenbindes disse med Hampetove eller Staaltraad, og disse Tove (de saakaldte Luntliner) føres op langs Stokke (Luntstokke), som drives gennem begge Bindefaskinerne i Krydsningerne. Oven paa Bindefaskiner-Nettet lægges derefter almindelige Faskiner, f. Eks. i fire eller fem Lag, saaledes at den

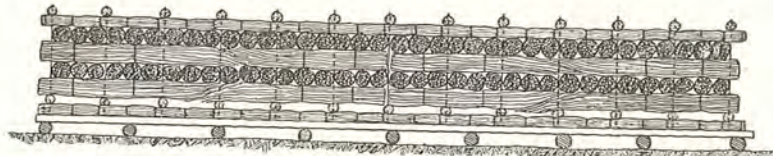


Fig. 253.

samlede Tykkelse af Lagene bliver ca. 1,25 m. Faskinerne lægges saaledes, at Faskinerne i det ene Lag er vinkelret paa Faskinerne i det næste Lag, og saaledes, at Faskinerne langs Madrassens Sider vender Rønderne udad. Faskinlagene, op gennem hvilke Luntstokkene og de tilhørende Luntliner er ført, afdækkes foroven med et Net af Bindefaskiner, som det ved Faskinmadrassens Underside, og Luntlinerne fastgøres til det øvre Nets Bindefaskiner i disses Krydsninger. Forbindelsen mellem Lagene af almindelige Faskiner og Bindefaskiner-Nettet sikres yderligere ved, at der rammes Faskinpæle (Grene, 0,6 til 1,5 m lange, 4 til 5 cm tykke) paa skraa ned gennem det øvre Nets Bindefaskiner og de underliggende Lag almindelige Faskiner.

Naar Faskinmadrassen er saa vidt færdig, sættes den i Vandet og bugseres til Anbringelsesstedet, hvor den ved Belastning med Grus og Smaasten sænkes paa Plads. Under Sænkningen styres den fra Stillads eller fra Pramme ved Hjælp af fire til Madrassens Hjørner befæstede Tove. For at holde Belastningsmaterialet paa Plads og hindre det i at forskydes, hvis Madrassen under Sænkningen stiller sig skraat, kan man afskilre Madrassens Overflade i smaa firkantede Rum ved Hjælp af lave Vægge af Fletværk udført af Grene, der flettes mellem smaa i Madrassens Overside nedrammede Pæle. Under Anbringelsen af det til Sænkningen fornødne Belastningsmateriale bearbejdes Madrassens Overflade med Støder for at bringe Belastningsmaterialet til at falde ned i Madrassens Indre mellem Faskinerne.

IX. PÆLE.

1. Ramning af Pæle.

203. Almindelig Rambuk. En Rambuk af den almindelig anvendte Type kan være indrettet som den i Fig. 254 viste. Rambukkens Stativ bestaar af et Fodstykke *aa*, en opretstaaende Bjælke *b*, kaldet *Mægleren*, og Skraastivere *c*. Fodstykket danner en Platform, til hvilken Mægleren og Skraastiverne er befæstede, og paa hvilken Spillet til Ophejsning af Ramklodsen er anbragt. Mægleren tjener dels som Styreskinne for Ramklodsen, dels til Styling af Pælen under Ramningen, og kan dannes af et Stykke Tommer, paa hvis

Forside der er anbragt en Slidskinne af Jernplade. De paa Ramklodsen siddende Hæger *h* griber ind over Slidskinnen saaledes, at Ramklodsen holdes ind til Mægleren. Foroven bærer Mægleren en Tovskive for Ramklodsens Ophejsningstov. Rambuksstativet bør være konstrueret saaledes, at det nogenlunde let kan skilles ad, af Hensyn til Rambukkens Transport fra det ene Arbejdssted til det andet.

Ramklodsen er af Støbejern og har Form som en slank firsidet Pyramidestub. Dens nederste Grundflade er lidt større end Pæletværnsnittet. Ophejsningstovet kan være befæstet direkte til Ramklodsen, som vist i Fig. 254. Ved denne Ordning gaar en Del af Ramslagets Energi tabt for Rammearbejdet, idet Ramklodsen under Faldet maa trække Tovet med sig og derved trække Tovskiven og Spillets Tromle rundt. Energitalet er under almindelige Forhold ca. 25% af den til Ramklodsens frie Fald svarende Energimængde, men kan godt blive betydelig større, hvis Ramklodsens Vægt er lille.

Dette Tab i Energi undgaaes, naar Forbindelsen mellem Ramklodsen

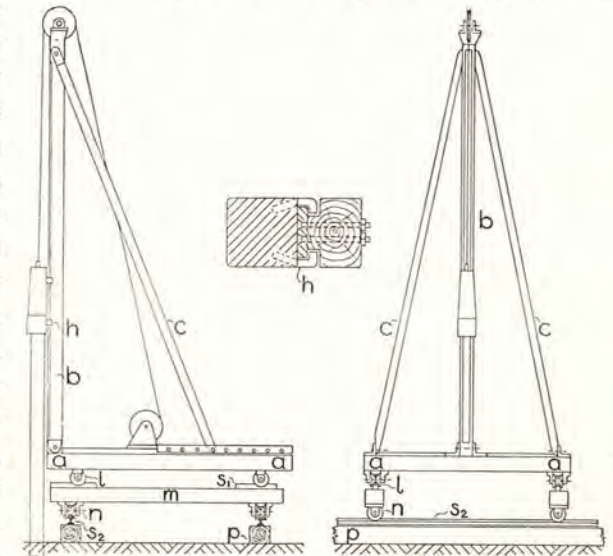


Fig. 254.

og Ophejsningstovet er indrettet saaledes, at Forbindelsen kan udløses, saa at Ramklodsen falder frit. Til udløselig Forbindelse mellem Ramklods og Ophejsningstov kan anvendes en saakaldt Saks (Fig. 255). Ophejsningstovet *o* er med Fjedren *f* som Mellemlid her befæstet til en Støbejernsklods *r*, der bærer en om Tappen *t* drejelig toarmet Vægtstang *dd*. Vægtstangen, til hvis ene Arm er befæstet en Line *l* (den saakaldte *Nipperline*), og hvis anden Arm bærer en Kontravægt *Q*, er forsynet med en Krog *k*, der kan gribe ind i Ramklodsens Øsken *g*, og som holdes i Indgribning af Kontravægten. Klodsen *r* er forsynet med Hager, der griber om Mæglerens Skinne, saaledes at Saksen derved er styret under Bevægelsen op og ned langs Mægleren paa samme Maade som Ramklodsen.

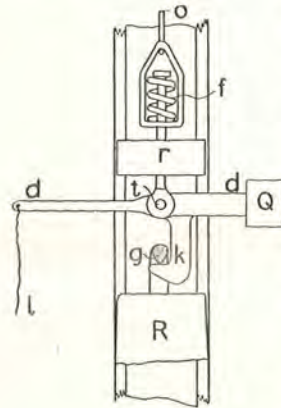


Fig. 255.

Rambukspillet's Tromle er forsynet med Baandbremse (Fodbremse) og med Kobling til Motorens Drev. Som Motor anvendes een-cylindret Dampmaskine med tilhørende opretstaaende Dampkedel, Benzinmotor eller Elektromotor.

Naar der anvendes Dampmaskine, foregaa Manøvreringen ved Ramningen paa følgende Maade:

Efter at Saksens Krog er bragt i Indgribning med Ramklodsens Øsken, aabnes for Dampen til Maskinen, og umiddelbart derefter tilkobles Tromlen. Naar Ramklodsen er løftet til den

Højde, hvorfra Faldet skal foregaa, frakobles Maskinen, og der afspærres for Damptilledningen, saaledes at der kun tilføres den for Maskinens Tomgang fornødne Damp; samtidig trykkes paa Spillet's Bremse, saaledes at Tromlen forhindres i at gaa rundt. Efter Frakoblingen bringes Ramklodsen til at falde (ved Træk i *Nipperline*n, saaledes at Forbindelsen mellem Ophejsningstovet og Ramklodsen udløses). Derefter løsnes Bremsen, saaledes at Saksen enten ved sin Egenvægt alene eller, hvis Saksen ikke er tilstrækkelig tung, ved Træk i *Nipperline*n glider ned ad Mægleren, idet Tovet trækker Tromlen med rundt. Naar Saksen er naaet ned til Ramklodsen, bringes Krogen paa ny i Indgribning, idet Tromlens Bevægelse samtidig standses med Bremsen.

Undersiden af Krogen er tildannet skraat, som vist i Fig. 255, hvorved opnaas, at Krogen ved at støde mod Øskenens Overkant trykkes til Side og automatisk føres ind i Øskenens Øje. Den i Forbindelsen mellem Ophejsningstovet og Saksen indskudte Fjeder tjener til at afbøde Virkningen af det ved Ophejsningens Begyndelse fremkommende Ryk i Tovet, som ikke kan undgaa, naar Forbindelsen mellem Tromlen

og Drivakslen — saaledes som det bruges ved almindelige Rambuks-Dampmaskiner — bestaar af en Tandkobling. Hvis der til Spillet anvendes Benzinmotor eller Elektromotor, bruges Friktionskobling til Forbindelse mellem Spil og Motor. I saa Fald er det ikke nødvendigt at have fjedrende Forbindelse mellem Ophejsningstovet og Ramklodsen.

Anvendelse af Saks, saaledes at Ramklodsen forinden Faldet frigøres fra Ophejsningstovet, er at foretrække, naar Ramklodsens Vægt ikke er stor (mindre end ca. 500 kg). Er Ramklodsen tungere, bruger man ofte at have Ophejsningstovet sjækket direkte i Ramklodsens Øsken, idet det med den ikke udløselige Forbindelse følgende Tab i Nyttevirkning i saa Fald har forholdsvis mindre Betydning. Tabet i Nyttevirkning opvejes mer eller mindre ved, at Slagene kan følge hurtigere efter hinanden, idet den Tid, der medgaaer til Saksens Nedfiring og Sammenkobling med Ramklodsen, spares. Ved ikke udløselig Forbindelse mellem Ramklods og Ophejsningstov bringes Ramklodsen til at falde ved Udløsning af Koblingen mellem Motoren og Spiltromlen.

Rambukkens Fodstykke kan være forsynet med fire Hjul *l* (Fig. 254), og med disse staa paa Skinnerne *s*₁, der er fastgjort til en Underdel, bestaaende af Bjælker *m*. Disse Bjælker er forsynet med Hjul *n*, hvis tilsvarende Skinner *s*₂ er fastgjort til et Par paa Jorden eller paa et Stillads anbragte Sveller *p*. Rambukken kan ved denne Ordning køres fra den ene Pæl til den anden, idet Skinnerne *s*₂ ligger parallelt med den Flugt, i hvilken Pælene skal rammes, og ved at køre Rambukken paa Skinnerne *s*₁ er man i Stand til at foretage den fornødne Indstilling af Rambukken i Retning vinkelret paa Pælerækkens Flugt. Medens Ramningen foregaa, sættes kileformede Stoppeklodser ved Hjulene.

Flytning af Rambukken fra en Pælerække til en anden, Drejning af Rambukken, og i det hele taget enhver Flytning af Rambukken ud over den, som kan ske ved, at Rambukken køres paa Skinnerne *s*₂, er ved den her beskrevne almindelige Rambukskonstruktion ret besværlig og tager ret lang Tid i Forhold til den til selve Rammearbejdet medgaaende Tid. Ramning af en enkelt Pæl, der staa uden for Rækken af flere andre Pæle, og som derfor kræver Flytning af Rambukken tværs paa dennes Køretning, bliver derfor betydelig dyrere end Ramning af hver af et større Antal i Række staaende Pæle.

For at Rambukkens Mægler skal kunne indstilles med Hældning til Ramning af skraat stillede Pæle, er saavel Forbindelsen mellem Mægleren og Fodstykket som Skraastivernes Forbindelse foroven til Mægleren udført med Charnier, og Skraastivernes Befæstelse til Fodstykket indrettet saaledes, at Skraastivernes nederste Ender kan fastgøres i større eller mindre Afstand fra Mæglerens Fod, eller der haves anden til

svarende Ordning, f. Eks. som vist i Fig. 256, med en stiv Forbindelse mellem Skraastivere og Mægler, og den nederste Ende af hver af Skraastiverne fastgjort til en efter en Cirkelbue formet Skinne *S*.

Til Ramning af Skraapæle kan Mægleren stilles saavel fremadhædende som tilbagehædende. Med almindelige Rambukke kan det ikke lade sig gøre at ramme skraat stillede Pæle med større Anlæg end 1:2¹⁾.

Det kan være praktisk at have Rambukken indrettet saaledes, at Pælen kan rammes saa dybt, at Pælehovedet kommer under Rambukkens Fodstykke.

Rambukken maa da være forsynet med en *Sænke-mægler* (Fig. 257). Mægleren *m* er her befæstet med Jernbøjler *a* til Bjælken *b*. Skraastiverne er befæstet til Bjælken *b*, og denne bærer Tovskiven for Ramklodsens Ophejsningstov. Mægleren kan da indstilles saaledes efter Højden, at den naar et i Forhold til Pælens laveste Stilling passende Stykke under Rambukkens Fod, idet den er ophængt i en i Bjælken *b* anbragt Talje, og idet Bjælken er forsynet med Boltehuller for Jernbøjlernes Bolte, svarende til forskellige Stillinger af Mægleren.

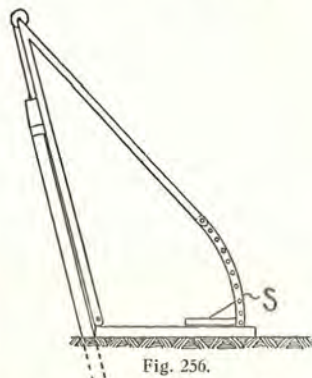


Fig. 256.

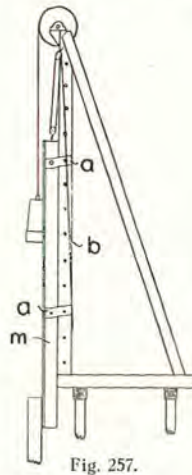


Fig. 257.

I Stedet for den i Fig. 254 viste Konstruktion af Mægler bruges ogsaa den i Fig. 258 viste Konstruktion, hvor Mægleren bestaar af to Bjælker (tvedelt Mægler). Ramklodsens og Pælen anbringes her imellem de to Bjælker.

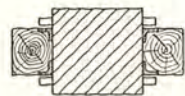


Fig. 258.

Meget høje Rambukke (til Ramning af meget lange Pæle) udføres af Jern, med Fodstykke, Mægler og Skraastivere af Profiljernsbjælker, men iøvrigt af samme Konstruktion som den i det foranstaaende beskrevne Rambuk. Mægleren kan udføres af et I-Jern eller af to U-Jern.

Ved almindelige Rambukke af den ovenfor beskrevne Art anvendes Ramklods paa indtil ca. 2000 kg. Ved Rambukke til Ramning af meget lange og svære Pæle anvendes Ramklods af større Vægt (indtil 4000 kg). Det er praktisk til samme Rambuk at have flere Ramklodser, f. Eks. 400 kg, 600 kg, 1000 kg og 1500 kg, idet Ramklodsens bør være tungere, jo sværere de Pæle er, der skal rammes. Til Ramning af Jernbetonpæle

¹⁾ Jfr. § 200.

maa bruges forholdsvis tungere Ramklods end til Pæle af Træ, fordi Jernbetonpæle ikke saa godt som Træpæle taaler Ramning med stor Faldhøjde. For Træpæle lader man Faldhøjden variere mellem 0,5 m og ca. 3 m, den lille Faldhøjde ved den første Del af Ramningen, hvor Pælens Modstand mod Nedtrykning er lille, og voksende efterhaanden som Modstanden forøges. Ved Ramning af Jernbetonpæle bruges i Reglen ikke større Faldhøjde end ca. 1,25 m. Rammehastigheden afhænger af Ramklodsens Vægt, Faldhøjden og Motorens Arbejdsstyrke. Med en almindelig Rambuk med ca. 1000 kg Ramklods, ca. 8 HK Motor og ca. 3 m Faldhøjde faas 2 til 3 Ramslag pr. Minut, naar der bruges Saks, og 4 til 6 Ramslag pr. Minut, naar der haves ikke udløselig Forbindelse mellem Ramklodsens og Ophejsningstovet (»Piskning«).

204. Smaa Rambukke. Rambukke til Ramning af forholdsvis smaa Pæle er for det meste ikke forsynet med Hjul under Fodstykket, og Mægler og Skraastivere er her stift forbundet med Fodstykket. Flytning af en saadan Rambuk sker ved, at den bakes frem paa Underlaget (der kan bestaa af et Par Bjælker eller Planker), eller lettere ved, at den rulles frem, idet der mellem Fodstykket og Underlaget anbringes to Jernrør eller Rundholter. Benyttes Ruller, maa Rambukken, naar den er kommet paa Plads, kiles op fra Rullerne, for at den kan staa fast under Ramningen. Hvis der skal rammes skraat stillede Pæle, maa man ved Opklodsning under Fodstykket give hele Rambukken den til Skraapælens Hældning svarende skraa Stilling.

I Stedet for at have Motor til at drive Spillet kan man bruge Haandspil. I Almindelighed betaler det sig dog ikke at anvende Haandspil, med mindre det kun drejer sig om Ramning af ganske faa Pæle af forholdsvis smaa Dimensioner. Til Haandspil-Rambuk anvendes Ramklods paa 200—500 kg. Der bruges to eller fire Mand ved Spillet, efter som der anvendes let eller tung Ramklods. Til hvert Ramslag medgaar 2 til 3 Minutter, efter Faldhøjdens Størrelse.

Til Ramning af smaa Pæle, som f. Eks. Stilladspæle, der skal danne Understøtning for det Stillads, paa hvilket en svær Rambuk skal opstilles, og til Ramning af lette Plankespunsvægge bruges ofte Rambukke, ved hvilke Ophejsningen af Ramklodsens sker ved, at Rambukkens Mandskab trækker direkte i Ophejsningstovet uden Anvendelse af Spil. En saadan Rambuk kaldes en *Piskebuk*. Den bestaar af et Rambukstativ af Træ, af lignende Konstruktion som det ovenfor beskrevne, men ganske let bygget. Ramklodsens er i Reglen ikke over 100 kg. Ophejsningstovet er et smækkert Hampetov. Til Ophejsningstovet er fastbundet flere Træktove (Haandliner), saaledes at flere Mand kan trække

i Ophejsningstovet samtidig. Ramklodsens Faldhøjde er kun ca. 1,5 m. Der arbejdes med hurtigt paa hinanden følgende Ramslag, 20 til 25 Slag pr. Minut. Efter hver Serie paa 30 til 40 Ramslag holdes en Hvilepause paa et Par Minutter. Man plejer at regne med, at der til Rammearbejdet udkræves 1 Mand for hver 12 til 15 kg af Ramklodsens Vægt.

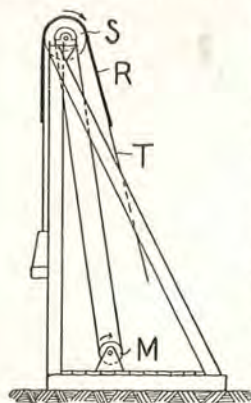


Fig. 259.

En særlig Konstruktion af Piskebuk er den i Fig. 259 viste motordrevne Rambuk. Den egner sig kun til Ramning med forholdsvis let Ramklods — 100 til 200 kg — og derfor kun til Ramning af smaa Pæle og Planker. Rambuksstativet bærer foroven en Remskeive *S*, der af Motoren *M* bevæges i den med Pilen angivne Omløbsretning. Ramklodsens er med et Tov forbundet med Remmen *R*, og til denne er desuden befæstet Træktovet *T*. Ved Udøvelse af Træk i dette trykkes Remmen ind mod den roterende Remskeive, hvorved Remmen føres med Remskeiven, og Ramklodsens løftes. Naar der derefter slækkes paa Tovet, falder Ramklodsens, trækkende Remmen med sig, idet Remmen, der nu ikke er trykket ind mod Remskeiven, glider paa denne.

205. Til Ramning af ganske smaa Pæle og Planker kan bruges en *Haandramme* (Fig. 260), bestaaende af en Klods (af Egetræ), der er forsynet med fire Haandgreb. Klodsens Vægt er ca. 40 kg. Ramningen foregaar ved, at fire Mand løfter Klodsens og lader den falde paa Pælehovedet. Faldhøjden kan herved ikke blive større end ca. 1 m.

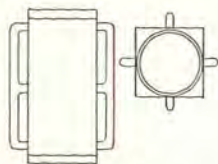


Fig. 260.

206. *Rambukke med hurtigt paa hinanden følgende Ramslag*. Noget hurtigere paa hinanden følgende Ramslag — nemlig 6 til 9 Ramslag pr. Minut — end der faas ved Anvendelse af almindelig Rambuk med ikke udløselig Forbindelse mellem Ramklods og Ophejsningstov, opnaas med den i Fig. 261 viste *Rambuk med endeløs Kæde*. Ophejsningen af Ramklodsens sker her ved Hjælp af en Galls Kæde *k*, som er ført over Ledehjulene *s*₁ og *s*₂, Strammerullen *r* og Kædeskiven *T*. Denne drives af en paa Rambukkens Fodstykke anbragt Motor og bevæges stadig i samme Omløbsretning. Mægleren er tvedelt (kan f. Eks. dannes af 2 Stkr. U-jern). Den opadgaaende Part af Kæden bevæger sig imellem Mæglerens to Bjælker. Ramklodsens er forsynet med en Rigel *R*, der kan bevæges frem og tilbage ved Drejning af Vægtstangen *A*, idet der til denne er fastgjort Linerne *l*₁ og *l*₂. Ved Træk i *l*₁ føres Riglen ind

mod Kæden *k* og kommer i Indgribning med denne, saaledes at Ramklodsens følger med Kæden op ad Mægleren. Ved Træk i *l*₂ rykkes Riglen ud af Indgribning, saaledes at Ramklodsens falder, medens Kædens Bevægelse fortsættes opad. Paa Bagsiden af Ramklodsens er anbragt to Bøjler *B*, der hindrer Kæden i at føres bort fra Ramklodsens, naar Riglen ved Træk i Linen *l*₁ trykkes ind mod Kæden. Udløsningen af Ramklodsens Forbindelse med Kæden kan ske automatisk, ved at der i passende Højde paa Mægleren anbringes en Stopper, mod hvilken den ene Arm af Vægtstangen *A* støder, naar Ramklodsens er naaet til den Højde, fra hvilken den skal falde.

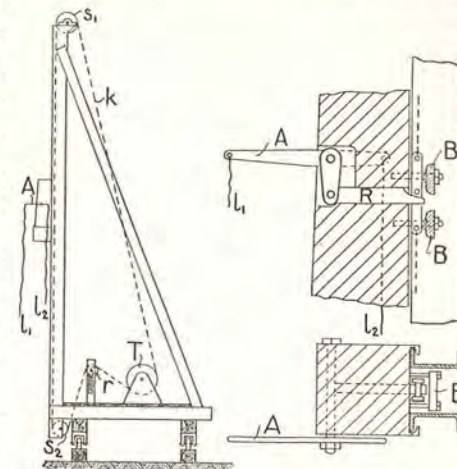


Fig. 261.

Betydelig hurtigere paa hinanden følgende Slag faas med *Dampammer*. Disses Virkemaade er i Princippet den samme som en Dampammers. — Af Dampammer haves flere forskellige Konstruktioner.

I Fig. 262 er vist Konstruktionen af en *enkeltvirkende Dampammer*¹⁾. Ramklodsens dannes af en Cylinder *C*, der kan glide op og ned langs en Styrramme *R*. Styrrammen støtter forneden paa Pælen og holdes ind til Mægleren *M* ved en lignende Anordning som den, der haves ved en almindelig Rambuk til Styring af Ramklodsens. Styrrammen har foroven en Konsol, der bærer den rørformede Stempelstang *S*. Denne har foroven en Ventil, der kan omstyres ved Træk i Linerne *l*₁ og *l*₂. Ved den ene Stilling af Ventilen tilledes der Damp gennem Tilledningsrøret *T* til Rummet oven over Stemplet, hvorved Cylinderen løftes. Ved den anden Ventilstilling aabnes for Dampens Udstrømning gennem Afgangsrøret *A*, hvorved Cylinderen bringes til at falde ned paa Pælen. Den lille Kanal *b* ved Cylinderens Bund tjener til Afløb for Fortætningsvand.

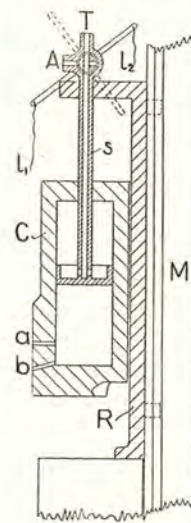


Fig. 262.

Gennem den lidt højere siddende Kanal *a* vil der strømme Damp ud, naar Cylinderen har naaet sin højeste Stilling, hvorved den Mand, der passer Manøvreringen af Ventilen, averteres om, at

¹⁾ Figée's Dampammer; Menck & Hambrock's Dampammer.

der skal aabnes for Udstømning af Dampen. I Stedet for Haand-Manøvrering af Ventilen kan man have automatisk Omstyring.

Dampen tilledes fra en paa Rambuksstativets Fodstykke staaende Dampkedel til Ventilens Tilledningsrør gennem en leddet Jernrørsledning eller gennem en Spiralslange.

Da Ramklodsens største Faldhøjde her er begrænset (lig med Stempels Slaglængde), maa der, for at der kan opnaas passende stor Rammevirkning, anvendes forholdsvis tungere Ramklods end ved almindelige Rambukke. Eksempelvis gives for en Dampramme af nogenlunde store Dimensioner:

Vægt af Ramklods: 5000 kg, Faldhøjde: 1,3 m, Antal af Ramslag: 35 pr. Minut, Arbejds mængde: 227.500 kgm pr. Minut.

I Fig. 263 er vist en *dobbeltvirkende Dampramme*¹⁾. Ramklodsens dannes her af det i Cylinderen C gaaende Stempel S. Under Ramningen støtter Cylinderen paa Pælen. Stemplet hæves, ved at der ledes Damp til Rummet R₁, og bringes til at falde, ved at der aabnes for Dampens Udstømning. Under Stempels nedadgaaende Bevægelse ledes der Damp til Rummet R₂ oven over Stemplet, hvorved Stempels Faldhastighed forøges. Omstyring af Tilledning og Afstrømning for Dampen til og fra Rummene R₁ og R₂ sker ved Glideren G, med Indstrømningskanalerne T og Afstrømningskanalen A.

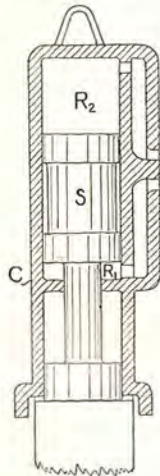


Fig. 263.

Til Ramning af lodret staaende Pæle er Anvendelse af almindeligt Rambuksstativ med Mægler ikke nødvendigt af Hensyn til Styling af selve Damprammen, idet Damprammen kan være ophængt i en Krans Kæde.

I Stedet for Damp anvendes ofte Trykluft. Anvendelse af Trykluft har den Fordel, at Ramningen kan ske under Vand.

Dimensionerne for en Dampramme af den her nævnte Art og af temmelig svær Type er f. Eks.²⁾:

Vægt af Ramklods (Stempel): 750 kg, Vægt af hele Damprammen: 3400 kg, Stempels Faldhøjde (Slaglængden): 0,3 m, Stempeldiameter: 0,381 m, Damptryk: 5,6 kg, Antal Slag: 200 pr. Minut, Arbejds mængde: 215.000 kgm pr. Minut.

207. Rammearbejdets Udførelse. Hvis Ramningen foregaaer paa Land, haves Langsvellerne for de Skinner, paa hvilke Rambukken køres, liggende direkte paa Jorden eller paa korte Tværsveller af Planker.

¹⁾ Mc. Kiernan's Dampramme.

²⁾ Edouard Noë et Louis Troch: Pieux et Sonnettes.

Skal Ramningen foregaa paa et af Vand dækket Areal, kan man have Rambukken staaende paa en Flaade, der fortøjes med fire Trosser til udlagte Ankre. Da Flaaden maa ligge fuldstændig fast fortøjet, for at Pælen kan styres under Ramningen, ved at den holdes ind til Rambukkens Mægler, maa Trosserne hales tot ved Hjælp af Taljer eller Spil. Flytning af Rambukken fra Pæl til Pæl ved Forhaling af Flaaden er derfor noget besværlig. Flytningen sker lettere, naar man har Rambukken staaende paa Skinner paa Flaaden, saaledes at man kan køre Rambukken fra Pæl til Pæl og blot behøver at forhale Flaaden hver Gang, Rambukken er kommet til Enden af Flaaden.

Hvis der stilles særlige Krav i Henseende til nøjagtig Anbringelse af Pælene, eller hvis der kan komme Bølgegang paa Vandarealet, saaledes at Rammearbejdet jævnlige maa indstilles paa Grund af Vejrforholdene, staar man sig i de fleste Tilfælde ved at ramme de i Bygværket indgaaende Pæle fra fast Stillads. De for dette fornødne Bærepæle rammes da med en let Rambuk paa Flaade.

Rejsning af en Pæl og Anbringelse af Pælen i Stilling op ad Mægleren sker ved Hjælp af et Tov, der gaar over en Skive i Rambukkens Top. Rambukkspillet bør være forsynet med Spilkop, saaledes at Ophejsningen kan ske med Spillet, ved at Tovet lægges med Tørn paa Spilkoppen.

Under Ophejsningen af Pælen og de følgende Forberedelser til Ramning maa Ramklodsens holdes saa højt oppe paa Mægleren, at man kan faa Pælen ind under Ramklodsens. Hvis der anvendes Saks som Forbindelsesled mellem Ramklods og Ophejsningstov, bør Ramklodsens sikres i denne Stilling, ved at den støttes af en gennem Mægleren ført Stoppebolt.

Ophejsningstovets Befæstelse til Pælen kan ske ved, at der lægges en Kædestrop omkring Pælen, og Tovets Krog sættes ind i denne Kædestrop. Ved Træpæle trykker Kæden sig noget ind i Træet og hindres derved i at glide paa langs ad Pælen. Ved Pæle af Jern og Pæle af Jernbeton kan Kædestroppen let glide paa langs ad Pælen. Ved denne Slags Pæle kan det være praktisk at forsyne Pælen med et Hul til Anbringelse af en Øjebolt til Fastgørelse af Tovets Krog.

For ved Ophejsningen at kunne rejse Pælen fra liggende Stilling og styre Pælen saaledes, at den kommer i rigtig Stilling ved Mægleren, er det bekvemt at have Kædestroppen siddende lidt oven for Pælels Midte. Ved lange Pæle af Jernbeton er der ofte det særlige Forhold at tage Hensyn til, at Pælen med det Jernindlæg, der er bestemt af dens Paavirkning i det færdige Bygværk, eller af de Paavirkninger, den udsættes for under selve Ramningen, ikke er tilstrækkelig stærk til at

kunne taale den Bøjningspaavirkning, som fremkommer, naar Pælen i vandret Stilling kun er understøttet paa Midten. Lange Jernbetonpæle maa man derfor under Pælens Ophejsning give Understøtning i to Punkter, saaledes beliggende i Forhold til hinanden (hver af Understøtninger i en Afstand $\frac{1}{5}$ af Pælens Længde fra den nærmeste Pæle-ende), at den i Pælen optrædende Bøjningsspænding bliver mindst mulig.

Naar Pælen, hængende i Tovet, er stillet op ad Mægleren, lægges en Tovstrop, en saakaldet »Vase«, omkring Pæl og Mægler, og med en Haandspage, som stikkes ind i Stroppens Bugter, vrides Stroppens Parter om hinanden, saaledes at Pælen trykkes ind mod Mægleren. Vasen holdes strammet omkring Pælen og Mægleren under hele Ramningen.

Ved Ramning af Pæle paa et af Vand dækket Areal, hvor Pælens Indstilling alene skal ske ved, at man holder Pælen ind til Rambukkens Mægler, er det som Regel ikke tilstrækkeligt kun at have den ene Styrring af Pælen, som faas ved Hjælp af Vasen, men Pælen maa desuden styres ved Rambukkens Fodstykke. Det kan ogsaa være nødvendigt at have en særlig ved Fodstykket anbragt Styrring for Pælen, hvis det er af Betydning at hindre Pælen i at dreje sig under Ramningen.

En saadan Styrring af Pælen ved Rambukkens Fodstykke kan tilvejebringes ved en Anordning som den i Fig. 264 viste. Paa hver Side af Mægleren anbringes en Bjælke, et saakaldt Horn, *H*, hvis Stilling sikres ved Klamper *K*, dels paa Hornets Underside, dels paa den forreste Bjælke i Fodstykket, og som er forsynet med Hul i den yderste Ende, saaledes at man ved at stikke en Jernstang *S* igennem Hornenes Huller faar tilvejebragt en Ramme omkring Pælen. Ved at anbringe Kiler mellem Pælen og Hornene kan man styre Pælen sideværts og ved Kiler mellem Pælen og Jernstangen *S* trykke Pælen ind mod Mægleren. Dersom Pælen har Tilbøjelighed til at dreje i den ved Pilen angivne Retning, kan saaledes Drejning modvirkes ved, at man anbringer Kilerne k_1 , k_2 og k_3 og driver paa disse med en Mukkert samtidig med Ramningen.

Hvis der skal større Vridningspaavirkning til at hindre Pælens Drejning end den, man kan faa ved Hjælp af Kilerne, kan man bruge en Kantrehage, saaledes som vist i Figuren. Med en Talje udøves der et Træk i Kantrehagens Skaft under Ramningen.

Ved Ramning af Spunsvægge og i andre Tilfælde, hvor Pælene ligeledes skal staa tæt Side om Side, er der ikke Plads til Anbringelse af Hornene. Ramningen gaar da for sig paa følgende Maade: Ved Spunsvæggenes ene Ende rammes en Spunspæl, og i en passende Afstand fra

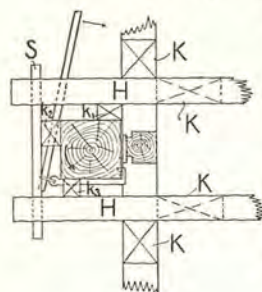


Fig. 264.

denne (f. Eks. 6—8 m) rammes i Spunsvæggenes Flugt en Stilladspæl af samme Tykkelse som Spunspælene. Paa disse to Pæle befæstes et Sæt Tvinger, bestaaende af to Stykker Tømmer, der fastboltes til Pælene (Fig. 265), og mellem disse Tømmer opstilles Spunspælene i Række. Der anbringes Kiler mellem den sidste af Spunspælene og Stilladspælen, med hvil-

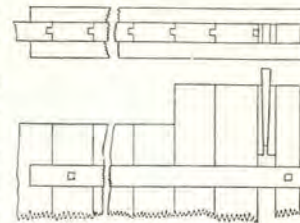


Fig. 265.

ke Kiler Pælene trykkes tæt sammen. Hvis Bunden ikke er nogenlunde let at ramme i, staar man sig ved at lade Rambukken køre flere Gange frem og tilbage langs de opstillede Spunspæle, og for hver Gang ramme Pælene et lille Stykke ned, i Stedet for at ramme hver Spunspæl til fuld Dybde paa een Gang. Under Ramningen styrer den ene Spunspæl den anden, idet de griber ind i hinanden med Fjer og Not. Naar Spunsvæggen er færdig rammet indtil Stilladspælen, trækkes denne op og rammes paany 6—8 m længere henne i Flugten o. s. fr. Dersom Bunden er haard og derfor vanskelig at ramme i, og Ramningen finder Sted paa et af Vand dækket Areal, kan det være nødvendigt til Styrring af Pælene at anbringe et Sæt Tvinger (to Stykker Tømmer eller Profiljern) ogsaa forneden ved Bunden. Ved Spunsvægge, der udføres af dertil særlig egnede Profiljern (Spunsvæggsjern), er Sammenspænding af Spunsvæggsjernene med Kiler, saaledes som ovenfor nævnt for almindelige Spunspæles Vedkommende, ikke nødvendig, idet Indgribningen mellem Spunsvæggsjernene indbyrdes er i Stand til at holde Spunsvæggsjernene sammen under Nedramningen. Tvingerne tjener her kun til under Ramningen at holde Spunsvæggsjernene ind i Spunsvæggenes Plan (hindre Drejning). I Almindelighed er det nødvendigt af dette Hensyn at anvende Styrring ved Ramning af Spunsvæggsjern.

Dersom en Pæl skal rammes saa langt ned, at Pælehovedet kommer under Vand, kan man ikke lade Ramklodsen falde direkte paa Pælehovedet. Der kan i saadant Tilfælde anvendes en Paasætter (»Rammeged« eller »Rammeknægt«): et Stykke Tømmer, som anbringes oven paa Pælen i dennes Forlængelse. Ramslagets Stød overføres da gennem Paasætteren til Pælen. Paasætteren bør være af Egetræ. I den ene Ende har den en Jerntap. Ved at denne drives ned i Pælehovedet, tilvejebringes Forbindelse mellem Pælen og Paasætteren, saaledes at Pælen kan styres ved, at man holder Paasætteren ind til Mægleren med en Vase.

I Reglen vil man helst undgaa Anvendelse af Paasætter, fordi Virkningen af Ramslaget formindskes en Del paa Grund af den indirekte Stødvirkning fra Ramklodsen til Pælen, og fordi Styrring af Pælen er van-

skelig. Hvor det kan lade sig gøre, foretrækker man derfor at anvende Pæle med saa stor Overlængde, at Pælehovedet endnu ved Ramningens Ophør er over Vandet, selv om der derved gaar nogen Pælelængde til Spilde.

2. De forskellige Slags Pæle og deres Tildannelse til Ramning.

208. Træpæle. Til Pælefundamenter under Vand anvendes mest Pæle af Træ. Tømmer er særlig velegnet til Fremstilling af Pæle. Det er let at bearbejde (Afskæring af Pæle, Boring i og Tildannelse af Pæle), er ikke tungere, end at det kan flyde paa Vand, saaledes at det er let at transportere Pælene, hvis Byggestedet er et af Vand dækket Areal, og er i Almindelighed ogsaa billigere end anden Slags Pælemateriale. Træets Uforgængelighed er dog betinget af, at det stadig er vaadt. Et Pælefundament af Træ for et permanent Bygværk maa derfor ikke række op over laveste Grundvandspejl det paagældende Sted. Staaende frit i Vand er Træets Holdbarhed betinget af, at der det paagældende Sted ikke findes Skadedyr, der angriber Træet (Pæleorm, Pælekrebs). Træpæles Holdbarhed er derfor, naar Pælene staaer frit i Vand, kun sikker i ferskt Vand. I Saltvand er det Holdbarheden af det mod Skadedyrenes Angreb paa Træet anvendte Beskyttelsesmiddel, der er afgørende for, i hvor langt Tidsrum Trækonstruktionsdelene kan holde sig.

Til almindelige Bærepæle i Pælefundamenter anvendes Rundtømmer. Til Hjertepæle i Bolværker, til Pælebukke og Spunspæle anvendes i Reglen firhugget eller savskaaret Tømmer, og til lettere Spunsvægge, Halvtømmer og Planker.

Træpæle rammes med Rodenden vendende opad. Rodenden har nemlig større Kærneindhold og taaler derfor bedre Ramklodsens Stød end Topenden. Ved Bærepæle af Rundtømmer er der desuden den Fordel ved at have den tykke Ende, Rodenden, opad, at man derved faar stor Bæreflade for de af Bygværkets Dele, som skal hvile paa Pæleenderne. Hertil kommer yderligere, at en nedadtil tilspidsende Pæl i Almindelighed har større Bæreevne end en Pæl, der er tykkere for enden end foroven. Undertiden bruger man, naar Bunden er blød, at anbringe Rundtømmerpæle, som i det færdige Bygværk paavirkes til Opstrækning, med Rodenden nedad, for derved at opnaa større Opstrækningsmodstand.

Almindelige Fundamentspæle af Træ spidses i Reglen ikke. Naar Ramklodsens er nogenlunde tung, gaar Pælen praktisk taget lige let ned, hvad enten Pælen er forsynet med Spids, eller er plant afskaaret.

Ved Ramning med forholdsvis let Ramklods kan det være fordel-

agtigt at spidse Pælene. Pælespidsen gives, saavel ved firkantede Pæle som ved Rundpæle, Form som en slank firsidet Pyramidestub, afsluttet forneden med en firsidet Pyramide med Topvinkel ca. 90° . Spidsens Længde gøres 1,5 til 2 Gange Pælens Tykkelse. Tildannelsen af Spidsen sker ved Hjælp af Økse. Pælespidsen bør være ret nøjagtigt tildannet, med Aksen liggende i Pælens Akse; Skævhed i Pælespidsen bevirker, at Pælen har Tilbøjelighed til under Ramningen at vandre til Siden.

Spunspæle forsynes i Reglen med Spids. Spidsen gives en saadan Form (Fig. 266), at Spunspælen, idet den ved Ramningen føres ned i Grunden, trykkes op mod den i Forvejen rammede Spunspæl. Planker, der rammes bag et Bolværks Plankeflager (Fig. 267), de saakaldte Spidsplanker, spidses ensidigt og skraat, saaledes at Plankerne under Ramningen trykkes saavel ind mod Plankeflagen som til Siden mod den rammede Naboplanke.

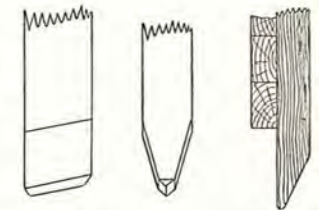


Fig. 266.

Fig. 267.

Almindelige Fundamentspæle, hvis Bestemmelse alene er at bære en vis Belastning, der virker til Tryk i Pælens Længderetning, rammes i Reglen ikke dybere ned i Grunden, end det er fornødent for Opnaaelse af tilstrækkelig Bæreevne.

Ved Pæle, der paavirkes af Kræfter tværs paa Pælens Længderetning (Pæle til Indfatningsvægge og Bolværker), kan det være nødvendigt, at Pælene, for at Modstanden mod deres Forskydning i vandret Retning kan blive tilstrækkelig stor, rammes til en vis Dybde, uafhængig af, hvor stor Modstanden mod Nedramningen er. I saadanne Tilfælde, hvor Pæle skal føres dybt ned i fast Bund, bruges det at forsyne Pælene med Spids og undertiden desuden at give Spidsen en Beskyttelse bestaaende af en Pælesko af Jern. Pæleskoen maa være indrettet saaledes, at der er tilstrækkelig stor Anlægsflade mellem Pæl og Sko, til at Pæleskoen ikke trykkes op i Pæleenden, og saaledes, at Forbindelsen mellem Pæl

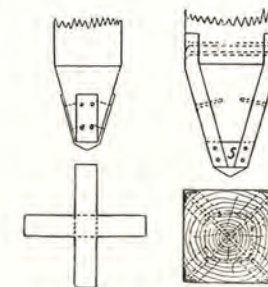


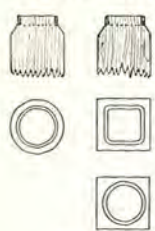
Fig. 268.

Fig. 269.

og Sko er tilstrækkelig stærk, til at Skoen ikke smøges af Pælen, hvis den under Ramningen træffer en Sten eller anden Hindring. Vanskeligheden ved at befæste Skoen tilstrækkelig solidt til Pælen bevirker i mange Tilfælde, at Nytten af Anvendelse af Pælesko er ret problematisk. I Fig. 268 er vist en Pælesko, fremstillet af fire Stykker fladt Jern, der er sammensvejste og paa Svejsstedet tildannet som Pælespids. Fladjernsstykkerne gaar op paa Pælespidsens Si-

deflader og er befæstet til Pælen med Spiger. Den i Fig. 269 viste Pælesko består af en Støbejernsspids *S* med fire paaskruede Stykker Vinkeljern, som er ført op langs Pælens Kanter og fastgjort til Pælen med Spidsbolte og diagonalt gennemgaaende Klinkbolte.

Tildannelse af Pælens øvre Ende, Pælehovedet, består blot i Afskæring vinkelret paa Pælens Akse. Hvis der skal rammes med tung Ram-



klods og stor Faldhøjde, kan man for at hindre, at Pælen flækker, og for at modvirke, at Pælehovedet knuses, lægge en Jernring omkring Pælen (Fig. 270). Ringen, som kan være ca. 4 cm høj og af 1 cm tykt Jern, har samme Diameter som Pæletømmerets Kærne og er svagt konisk. Efter at Pælehovedet er tildannet som vist, lægges Ringen oven paa Pælen og slaas ned i Træet med Ramklodsen.

Fig. 270.

Ved langvarig Ramning paa en Pæl kan det ikke undgaas, at Pælehovedets Træ knuses ved Ramklodsens Stød, selv om der anvendes Jernring. Den knuste Træmasse danner en fjedrende Pude, som formindsker Ramslagenes Nyttenvirkning. Ved langvarig Ramning paa en Pæl maa Pælen derfor renskæres og paany forsynes med Jernring flere Gange under Ramningen. I Almindelighed maa Pælene renskæres, naar de er færdig rammet, fordi Pælehovederne er mer eller mindre beskadiget ved Ramningen. En anden Grund til, at der som Regel maa regnes med Afkortning af Pælene, kan være, at man ikke forud kan bestemme den Rammedybde, der er nødvendig for Opnaelse af den paakrævede Bæreevne, eller i Tilfælde af, at Rammedybden er fastsat, at man ikke kan afpasse Ramslagene ved Ramningens Slutning saa nøje, at Pælehovedet ved Ramningens Ophør kommer til at staa i den rigtige Højde. Ved Anskaffelsen af Pæle maa der derfor regnes med en vis Overlængde, efter Omstændighederne 0,2 til 0,75 m.

I Almindelighed bør Pælelængden ikke være større end den Længde, i hvilken passende Tømmer kan fremskaffes, fordi det ved Fremstillingen af en Pæl, dannet af to (eller flere) Stykker Tømmer, er vanskeligt at udføre Forbindelsen mellem Tømmerstykkerne tilstrækkelig stærk, til at der ikke er Fare for Sideudbøjning i Samlingsstedet. Hvor det ikke kan undgaas at anvende saa lange Pæle, at hver Pæl maa fremstilles af to Stykker Tømmer, bør Tømmersamlingerne udføres med Lasker af Jern (ikke af Tømmer), da Pælen ellers bliver meget tykkere ved Samlingsstedet end paa den øvrige Del af Pælen.

I Fig. 271 er vist en særlig Konstruktion af Tømmerforbindelse til Pæle af Rundtømmer. Forbindelsesdelen består her af en omkring Tømmerstykkernes Ender støbt Kappe af

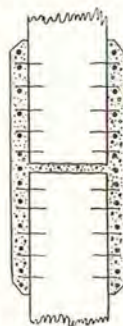


Fig. 271.

Jernbeton. Forbindelse mellem Jernbetonkappen og Tømmeret er tilvejebragt ved Hjælp af et stort Antal svære Søm, der er slaet halvvejs ind i Træet, medens de uden for Træet rækkende Dele af Sømmene er indstøbt i Betonen. Mellem Tømmerstykkernes Endeflader er der et Mellemrum paa nogle faa Centimeter; dette Mellemrum er udfyldt med Mørtel.

Pæle af større Længde end den, i hvilken Tømmer kan faas, kan ogsaa fremstilles paa den Maade, at hver Pæl dannes af fire Bjælker af firkantet (savskaaret) Tømmer, der sammenholdes indbyrdes med Skruebolte og (eventuelt) Laase. Pælens Sidelinie bliver herved 2 Gange Tømmerets Sidelinie. Hver af de fire Bjælker kan da dannes af flere Stykker Tømmer, idet Stødene mellem de fire Bjælkers Tømmerstykker forsættes for hverandre.

Til Indfatningsvægge, udført af tæt ved hinanden staaende Pæle anvendes sædvanlig *Spunspæle*. En Spunspæl er paa den ene Sideflade forsynet med Fjer og paa den modsatte Sideflade med tilsvarende Not (Fig. 272). Under Nedføringen (Ramning) af Pæ-

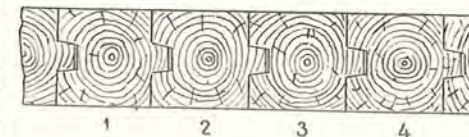


Fig. 272.

len styres denne ved, at den i Forvejen rammede Nabopæls Fjer griber ind i den under Ramning værende Pæls Not. Ved denne Styling hindres Spunspælen i under Ramningen at forskydes ud af Væggens Plan. Ved passende Foranstaltninger under Ramningen (Sammenspænding af Spunspælene) og særlig Tildannelse af Pælespidsen, saaledes som nævnt, holdes den under Ramning værende Pæl trykket op mod Nabopælen. En af Spunspæle dannet Væg (Spunsvæg) er tættere end en Væg af Side om Side staaende Pæle uden Fjer og Not.

Sædvanlig gives Fjer og Not den i Fig. 272 viste Form, og Fjerens Højde gøres lidt mindre end Notens Dybde. Herved opnaas, at Fjeren kommer til at sidde i Spænd i Noten (med Fjerens Sideflader liggende an mod Notens Flader), naar Spunspælene staaer tæt sammen.



Fig. 273.



Fig. 274.



Fig. 275.

Skal Spunsvæggens Tykkelse ikke være større, end at der til Væggen kan anvendes Planker, bruges ofte almindelig Sløjfning af Plankerne, Fig. 273 (Fjer

og Nots Sideflader parallelle med Plankens Sideflader). Undertiden anvendes Spunsnings saaledes som vist i Fig. 274. Med denne Form af Fjer og Not haves der vel god Styring under Ramningen, men Tætheden bliver mangelfuld, hvis Plankerne under Ramningen forskydes i Væggens Plan. Ved at lade Plankerne gribe over hinanden med Fals (Fig. 275) opnaas, at en Forskydning af Planken i Væggens Plan ikke bevirker, at Væggen bliver utæt, men Plankerne er her mindre godt styret under Ramningen, idet Falsen kun hindrer Plankens Vandring til den ene Side.

Ved Spunspæles Fremstilling af firkantet Tømmer gaar der en Del Træ til Spilde, idet Spunspælens nyttige Bredde er et Stykke (lig med Fjerens Højde) mindre end Bredden af det til Fremstillingen anvendte Tømmer. Dette Spild af Træ undgaas, naar man benytter Rundtømmer til Fremstilling af Spunspælene, idet der af et Rundtømmer kan faas en Spunspæl med samme NyttEBredde

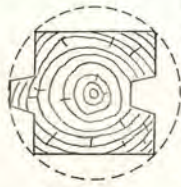


Fig. 276

i Spunsvæggen som Bredden af det fuldkantede Tømmer, der kan faas af Rundtømmeret (Fig. 276). Endnu mere økonomisk Udnyttelse af Træet opnaas ved at give Spunspælene en til Rundtømmerets Konicitet svarende Form, d. v. s. med mindre Bredde i Topenden end i Rodenden. Spunspælene maa i saa Tilfælde anbringes saaledes i Spunsvæggen, at hveranden

af Pælene vender Rodenden opad og hveranden Topenden opad.

Ved Anvendelse af firkantet Tømmer (Planker) til Spunsvæg kan det nævnte Spild af Træ undgaas ved simpelthen at erstatte Fjeren med en paa Tømmerets Side fastsømmet Trælist eller ved at forsyne Spunspælen med Not i begge Sider, og i

den ene af Noterne anbringe en til Pælen fastsømmet Trælist (»løs Fjer«), Fig. 277.

Hvis Bunden, hvori Spunsvæggen rammes, er fast, kan der ved denne Ordning være den Ulempe, at Sømmene ikke er i Stand til at holde Fjeren tilstrækkelig fast, til at Fjeren følger med ned ved Ramning

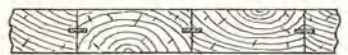


Fig. 277.

alene paa Pælen. Hvis dette er Tilfældet, forskydes Fjeren opad i Forhold til Pælen, saaledes at Ramslaget kommer til at virke direkte paa Fjeren. Da denne er spinkel, knuses dens øverste Del ved Ramklodsens Stød og presser i Noten, saaledes at Pælen flækker. Ved Vægge af Spunspånker, hvor det af Hensyn til Svækkelsen af Plankerne kan være nødvendigt at indskrænke Notens Bredde saa meget som muligt, bruges det undertiden til Fjeren at anvende anden Slags og stærkere Træ-

materiale (f. Eks. Egetræ) end det, hvoraf Plankerne er fremstillet, eller at lade Fjeren være af Jern. I sidstnævnte Tilfælde bringes Fjeren til at sidde fast i den paagældende Spunspanke, ved at man gør Notens Bredde lidt mindre end Fjerens Tykkelse, saaledes at Fjeren kommer til at sidde i Spænd i Noten (Fig. 277). Til tynde Spunspanker kan anvendes Fjer af 2 til 3 mm tykt Baandjern. Noterne fremstiller man da ved med en Rundsav at give Plankerne et Savsnit i hver af de to Not-Sider. Spunspanker med Jernfjere kan kun anvendes til Spunsvægge i forholdsvist blød Bund.

Ved Ramning af Spunspæle maa man med Hensyn til Retningen for Ramningens Fremadskriden ordne det saaledes, at den under Ramning værende Pæls Not vender mod den forud rammede Nabopæls Fjer. Ramningen skal altsaa foregaa i den med Tallene i Fig. 272 angivne Rækkefølge. Hvis Pælene rammes i den modsatte Rækkefølge, vil den Not, hvori den under Nedføring værende Pæls Fjer skal have Plads, være fyldt med Jord, og denne Jord hindrer Fjeren i at følge Noten, saaledes at Pælen har Tilbøjelighed til under Ramningen at vandre bort fra den forud rammede Spunspæl. Det kan ogsaa indtræffe, at den Jord, der sidder i Noten, kommer under saa stort Tryk fra den under Ramning værende Pæls Fjer, at Pælen flækkes af det i Noten fremkommende Tryk. Det her om Rækkefølgen ved Ramningen anførte gælder ogsaa Spunspæle af Jern og Spunspæle af Jernbeton.

209. Pæle af Jern. Til egentlige Fundamentspæle anvendes kun sjældent Pæle af Jern. Noget hyppigere finder Jernpæle Anvendelse til Pæle i fritstaaende Pæleaag (Broer), og da mest i Form af *Rørpæle*, af svejste Rør eller af Rør fremstillet ved Sammennitning af Kvadrantjern. Rørpæle forsynes for det meste med Pælesko af Støbejern. Under Ramningen er Pælen forsynet med Hoved, ligeledes af Støbejern, paa hvilket man lader Ramslaget virke.

Rørpæle, som staar i strømmende Vand, og som derfor er udsat for at tæres stærkt, bruger man at beskytte mod Vandets Angreb ved efter Nedramningen at omgive Pælen med Beskyttelseslag af Cementmørtel (eller af ren Cement). Uden omkring Rørpælen anbringes et videre Rør af tynd Jernplade, og Mellemrummet mellem de to Rør udfyldes med Cementmørtel eller med ren Cement. Det paa denne Maade tilvebragte Beskyttelseslag naar imidlertid kun ned til Jordbunden. Hvis der sker Udskæring i Bunden, blottes Rørpælels Jern her for Vandets Angreb.

Jernpæle anvendes i meget stor Udstrækning til Fremstilling af Spunsvægge. Jernspunsvægge udføres af specielt for dette Formaal

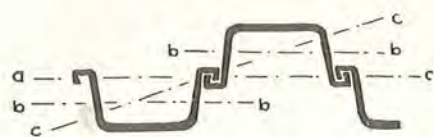


Fig. 278.

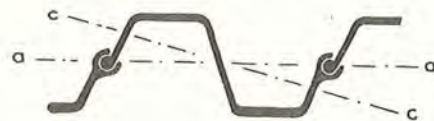


Fig. 279.

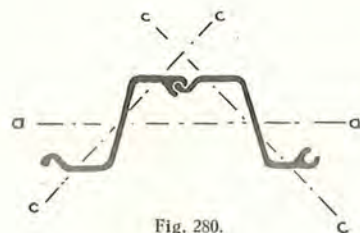


Fig. 280.

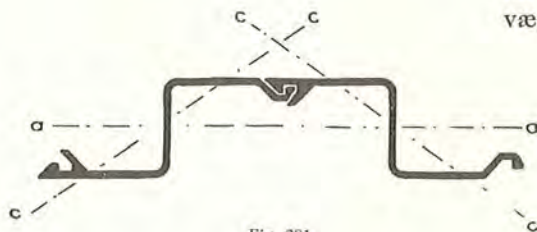


Fig. 281.

byrdes under Ramningen, og at Spunsvæggen bliver tættere, end Tilfældet er ved Spunsvægge udført af Træ. En anden Fordel ved Spunsvægsjern i Forhold til Spunspæle af Træ (eller af Jernbeton) er, at der ved Nedramningen af Spunsvægsjern kun skal fortrænges en forholdsvis lille Jordmængde i Bund, og at Modstanden mod Jernets Nedramning der-

¹⁾ Angaaende Spunsvægsjernes Tværsnitsdimensioner, Modstandsmomenter og Vægte for de forskellige Profilnumre inden for de forskellige Arter af Spunsvægsjern henvises til Special-Kataloger eller til Haandbøger (*Hütte, Foerster, Teknisk Staabi*).

valsede Profiljern (Spunsvægsjern).

Blandt de almindelig anvendte Spunsvægsjern kan nævnes ¹⁾:

Larssen-Jern,

Fig. 278.

Rothe-Erde-Jern,

Fig. 279.

Ransome-Jern,

Fig. 280.

Hoesch-Jern,

Fig. 281.

Krupp-Jern,

Fig. 282.

Ved at Jernene er forsynet med særlig formet Fals, saaledes som vist, opnaas, at der haves bedre Styling mellem Spunsvægsjernene ind-

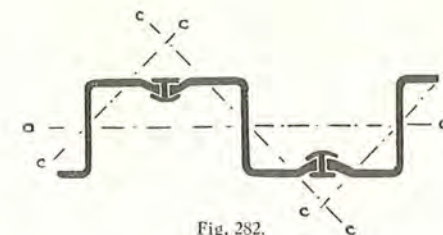


Fig. 282.

for er forholdsvis lille. Spunsvægsjern egner sig endvidere langt bedre end Spunspæle af Træ og Spunspæle af Jernbeton til Nedramning i haard og stenet Bund.

Krupp-Jernet (Fig. 282) adskiller sig fra de øvrige af de viste Profiler ved, at den indbyrdes Forbindelse mellem Hovedjernene, de Z-formede Profiljern, dannes af et særligt, dobbelt T-formet Falsjern. Falsjernet, som er ganske spinkelt i Forhold til Hovedjernet, kan ikke rammes for sig paa Grund af dets ringe Stivhed, men maa fastgøres ved Svejsning til det tilhørende Z-formede Jern.

Sædvanlig er Hensynet til, at Spunsvæggen skal have en vis Styrke for Bøjning ¹⁾ bestemmende for, hvor svært Profil Spunsvægsjern der skal anvendes til den paagældende Spunsvæg.

De i de respektive Kataloger og i Haandbøger anførte Modstandsmomenter for Spunsvægsjern er for hvert af de paagældende Profilers Vedkommende Modstandsmomentet for en Akse gennem Profilets Tyngdepunkt og parallel med Spunsvæggens Plan, som f. Eks. Aksen *aa* i Fig. 278. Betingelsen for, at der skal kunne regnes med den til Modstandsmomentet om Aksen i Væggens Plan svarende Bøjningsstyrke, er for de i Fig. 278 og Fig. 279 viste Profilers Vedkommende, at Jernene er saaledes indbyrdes forbundne, at der mellem Jernene kan overføres de til Bøjningspaavirkningen svarende Forskydningskræfter i Jernenes Længderetning, men saadan Forbindelse haves i Almindelighed ikke mellem Væggens Spunsvægsjern. Den i Falsene optrædende Friktion mellem Jernene kan vel overføre nogen Forskydningskraft, men Sikkerheden for, at der i alle Tilfælde vil være saadan Friktion til Stede, er for ringe til, at der paa Grund af den mulige Friktionsforbindelse mellem Jernene tør regnes med Modstandsmoment om Aksen i Væggens Plan. Hertil kommer, at Størrelsen af den Friktion, der i det hele taget kan være Tale om, er ret ubetydelig i Forhold til de Forskydningskræfter, der skal kunne overføres mellem Jernene, naar Væggens Bøjningsstyrke skal udnyttes helt. Hvis man vil holde sig paa den sikre Side, bør man derfor ved det i Fig. 278 viste Profil i Stedet for med Modstandsmomentet

¹⁾ Spunsvæggen kan f. Eks. være en foroven og forneden understøttet Indfatningsvæg, der er paavirket af vandrette Kræfter: Jordtryk og Vandtryk.

om den nævnte Akse i Væggens Plan, regne med Summen af de enkelte Jerns Modstandsmomenter for Tyngdepunktsakserne *b b*. Herved faas imidlertid et Modstandsmoment for Væggen som Helhed, der er betydelig mindre end det Modstandsmoment, der svarer til Aksen *a a*.

Man bruger undertiden at samle Jernene parvis, f. Eks. ved Sammensvejsning i Falsen. Aksen for det Modstandsmoment, der er bestemmende for Bøjningsstyrken af et saadant af to Spunsvægsjern sammensat Profiljern, ligger skraat i Forhold til Væggens Plan (*c c* i Fig. 278), og Væggens samlede Modstandsmoment bliver i dette Tilfælde større end det Modstandsmoment, der faas, ved at man regner med Akserne *b b*, men mindre end det til Aksen *a a* svarende Modstandsmoment. Endnu større samlet Modstandsmoment for Væggen som Helhed og temmelig nær det Modstandsmoment, der svarer til Aksen *a a*, faas, naar Væggen dannes af Fag, bestaaende af (f. Eks. 6 Stk.) parvis ved Svejsning samlede Spunsvægsjern, og der mellem disse Fag indskydes et enkelt Spunsvægsjern. De skraat stillede Modstandsmoment-Akser (*c c*) i to Nabofag vil da være modsat vendt, saaledes at der for hvert af Fagene haves en Bøjningsstyrke svarende til Modstandsmomentet om Aksen (*a a*) i Væggens Plan.

Ved det i Fig. 279 viste Spunsvægsjern ligger Aksen (*c c*) for det Modstandsmoment, der er bestemmende for Væggens Bøjningsstyrke, ligeledes skraat i Forhold til Væggens Plan. Modstandsmomentet om den skraat stillede Akse er her 65 til 80 % — noget forskelligt for de forskellige Profilnumre — af Modstandsmomentet om Tyngdepunktsaksen *a a* i Væggens Plan.

Ved de i Fig. 280—282 viste Spunsvægsjern har det for Bøjningsstyrken af et enkelt fritstaaende Jern bestemmende Modstandsmoment sin Akse (*c c*) liggende skraat i Forhold til Væggens Plan, men her kommer, som det ses, disse Akser for to i Spunsvæggen sammenstødende Spunsvægsjern til at vende modsat. Ved Dimensionering af Vægge af denne Slags Spunsvægsjern, kan der derfor uden Betænkelighed regnes med Modstandsmoment om Tyngdepunktsaksen i Væggens Plan.

Undertiden bruges det at udføre Jernspunsvæg af almindelige Profiljern, f. Eks. saaledes som vist i Fig. 283 af U-Jern, hvor der til hvert andet af U-Jernene er nitted to Z-Jern, saaledes at der dannes False for de tilstødende U-Jerns Flanger, eller af H-Jern, saaledes som vist i Fig. 284. Saa-

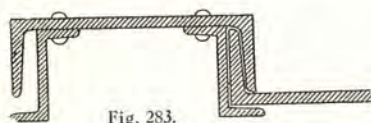


Fig. 283.



Fig. 284.

vel med Hensyn til Styring af Jernene ved disses Nedramning som med Hensyn til den fremstillede Vægs Tæthed er denne Vægkonstruktion daarligere end Vægge af Spunsvægsjern.

Spunsvægsjern kræver ingen særlig Tildannelse af Hensyn til Ramningens Udførelse. Hvis Bunden, hvori Spunsvæggen skal føres ned, ikke er haard, og Spunsvægsjernene derfor gaar nogenlunde let ned, lader man Ramslaget virke direkte paa Spunsvægsjernene. Under samme Forhold kræves der heller ikke særlige Foranstaltninger til Styring af Jernene, ud over Anbringelsen af et Sæt Tvinger foroven, imellem hvilke Jernene opstilles.

Hvor Bunden er fast, og navnlig ved haard, stenet Bund, har Spunsvægsjern Tilbøjelighed til at dreje sig under Ramningen. For at modvirke saadan Drejning maa man holde Spunsvægsjernene stramt inde sluttede mellem Tvinger og desuden styre den øverste Ende af Jernet ved Anvendelse af en Rammehætte. En saadan Rammehætte bestaar af en Klods (af støbt Staal), der paa den nedad vendende Side er forsynet med dybe Riller, svarende til det paagældende Spunsvægsjerns Form, saaledes at Hætten kan gribe ned om Spunsvægsjernet's øverste Ende. Rammehætten er desuden forsynet med Hager, der griber om Rambuksmæglerens Slidskinne, saaledes at Rammehætten, og dermed Spunsvægsjernet, holdes ind til og styres af Mægleren. Ramslaget overføres her gennem Rammehætten til Spunsvægsjernet.

Afretning af Spunsvæggens Overkant ved Afskæring af Jernene bør helst undgaas, da saadan Afskæring er ret besværlig at udføre, særlig hvis den skal ske under Vand. Det paagældende Bygværks (Indfatningsvægs) Konstruktion bør derfor helst være saaledes, at det ikke har nogen Betydning, om de øverste Ender af de færdig rammede Spunsvægsjern staar lidt højere eller lidt lavere, saa at man kan bringe Spunsvægsjernene til at staa tilstrækkelig nøjagtigt i Højde ved Afpasning af Ramslagene ved den sidste Del af Ramningen. Ved Ramning af Jernspunsvægge i blød Bund, hvor Friktionen i Falsene mellem Jernene indbyrdes er stor i Forhold til Friktionen mellem Jorden og Jernene, kan det ofte ske, at et færdig rammet Spunsvægsjern trækkes noget længere ned i Bunden, naar det næst følgende Spunsvægsjern rammes.

210. Jernbetonpæle. Til Pælefundamenter, hvis Pæle naar op over Grundvandet, kan der ikke bruges Træpæle. Til saadanne Pælefundamenter anvendes sædvanlig Jernbetonpæle¹⁾. Jernbetonpæle egner sig endvidere til Pæleværker, der staar frit i Vand paa Steder, hvor der findes Pæleorm eller Pælekrebs, samt til Pælefundamenter for saadanne

¹⁾ Til saadanne Pælefundamenter anvendes ogsaa de senere omtalte Stampedbetonpæle.

Jernbetonbygværker, ved hvilke det er nødvendigt at have en stærk Forbindelse mellem Pælene og Bygværket, særlig i de Tilfælde, hvor der skal kunne overføres Trækpaavirkning eller Bøjningspaavirkning mellem Bygværket og Pælene.

Jernbetonpæle gives sædvanlig kvadratisk Tværsnit (almindelige Fundamentspæle) eller rektangulært Tværsnit (Spunspæle).

Kvadratiske Jernbetonpæle forsynes af Hensyn til, at de skal være tilstrækkelig stærke til at kunne taale Ramning, med en Længdearmering af fire Rundjern, et i hvert Hjørne (Fig. 285).



Fig. 285.

Armeringsprocenten skal være mindst $\frac{3}{4}$. Pæleens Paavirkning i det færdige Bygværk, f. Eks. Søjlepaavirkning, Bøjningspaavirkning eller Trækpaavirkning, kan medføre, at Armeringsprocenten skal være betydelig større.

Tværarmeringen kan bestaa af Bøjler af 5 mm Rundjern, omsluttende Længdejernene og følgende Pæletværsnittets Kontur, eller af Bindinger af 3 mm Jertraad, hver Binding indeholdende 3 Traadtværsnit og forbindende to Længdejern ved samme Pæleside. Den indbyrdes Afstand mellem Bindingerne maa ikke være større end 10 Gange Længdejernenes Diameter eller større end Pæleens mindste Tværmaal og som Maksimum være 20 cm. Det bruges undertiden som yderligere Tværarmering at anbringe diagonalt gaaende Bindinger. I den øverste Del af Pælen (Pælehovedet) anbringes Tværarmeringen tættere af Hensyn til, at Pælehovedet er udsat for at beskadiges ved Ramklodsens Stød. Ved Pæleens nederste Ende anbringes i Reglen ligeledes Tværarmeringen noget tættere.

Pælespidsen gives i Reglen Tagform og forsynes, naar Jordbunden ikke er blød, med en Pælesko af Jernplade (f. Eks. 1,5 mm tyk). Skoen kan være befæstet til Pælen ved, at ombøjede Flige af Jernpladen ved Skoens øverste Rande er indstøbt i Pæleens Beton.

Afstanden fra Pæleens Yderflader til de yderst liggende Armeringsjern bør mindst være 2 cm.

Til Spunsvæg kan anvendes *Spunspæle* (Fig. 286) med Fjer og Not som ved Spunspæle af Træ. Fjeren og de Dele af Pælen, der begrænser Notene, maa forsynes med Armering (Bøjler, eventuelt i Forbindelse med Længdejern). Skal den af Spunspælene fremstillede Væg danne en mod Vand vendende Indfatningsvæg for saadan Jordfyld (f. Eks. fint Sand), der let skylles bort af Vandet, kan det være vanskeligt at faa Væggen tilstrækkelig tæt med almindelig Fjer- og Not-Forbindelse mellem Pælene. Det bruges ofte i saadant Tilfælde at forsyne Spunspælene med Not i begge Sider (Fig. 287 a) eller at gøre Fjeren saa lav, at den kun rækker lidt ind i den tilhørende Not (Fig. 287 b), paa den Del af Spunsvæggen,

der rækker op over den faste Bund, hvori Spunsvæggen er ført ned, og da efter Ramningen af Spunspælene udfylde henholdsvis de to sammenstødende Noter (a) eller den resterende Del af Notene (b) med Cementmørtel. Mørteludfyldningen udføres ved, at Mørtelen fyldes i en til Notens Størrelse afpasset lang Sæk, som med en Jernstang føres ned i Notene, efterhaanden som Mørtelen fyldes i Sækken.

Jernbetonpæle taaler ikke Ramning med saa stor Faldhøjde som den, der kan anvendes ved Ramning af Træpæle. Til Jernbetonpæle maa der derfor bruges forholdsvis tungere Ramklods end til Træpæle. Det bruges ofte at beskytte Pælehovedet mod Ramklodsens Stød ved An-

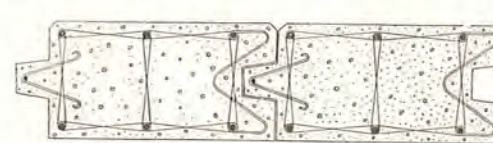


Fig. 286.

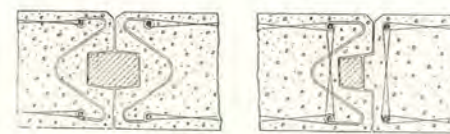


Fig. 287.

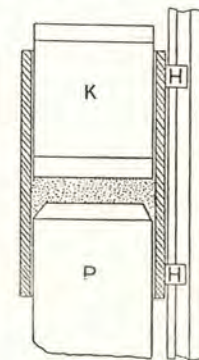


Fig. 288.

bringelse af en Stødpude paa Pælehovedet. Som Stødpude kan simpelt hen anvendes nogle Cementsække, lagt løst oven paa Pælehovedet. Eller der anvendes en Rammehætte af Jern paa Pælehovedet (Fig. 288). *P* er Pælen, *K* en Klods af Egetræ, paa hvilken Ramklodsens Stød virker. Rummet mellem Klodsens og Pælen kan være udfyldt med Træld eller lign.. Hætten er forsynet med Hager *H*, der griber ind omkring Ramklodsens Slidskinne, saaledes at Hætten og dermed Pælen er styret under Ramningen.

Tykke Jernbetonpæle er meget tunge og derfor vanskelige at transportere og opstille ved Rambukken. Denne Ulempe har man i nogle Tilfælde omgaaet ved at anvende rørformede Jernbetonpæle. En saadan rørformet Pæl kan, naar den er lukket med Prop i begge Ender, flyde i Vand. Efter Ramningen udfyldes Pæleens Hulrum med Beton. Man har baade anvendt Rørpæle, forsynet med Pælespids, og Rørpæle, aabne i begge Ender. I sidste Tilfælde maa den i Pælen under Pæleens Nedføring i Grunden indtrængende Jord fjernes. Fremstillingen af et af saadanne Rørpæle dannet Fundament er i Princippet ganske ens med Udførelse af Sænkebrønd-Fundamenter¹⁾.

¹⁾ Jfr. § 234.

211. **Stampebetonpæle** (ogsaa kaldet: Pæle, støbt i Jorden). Medens almindelige Jernbetonpæle fremstilles ved Støbning i liggende Forme og med Hensyn til Transport til Anbringelsesstedet og til Nedbringelse i Jordbunden behandles paa samme Maade som Pæle af Træ, fremstilles Stampebetonpæle ved Udfyldning med Beton af et paa Pælens Plads i Fundamentet tilvejebragt Hul i Jorden¹⁾. Af denne Slags Pæle haves mange forskellige Konstruktioner. De er for de flestes Vedkommende patenterede og benævnes efter den paagældende Patentindehaver.

Den simpleste Fremgangsmaade ved Fremstilling af Stampebetonpæle er den, der anvendes ved *Compressol-Pæle* (*Dulac-Pæle*). Hullet i Jorden tilvejebringes her ved Hjælp af en kegleformet Ramklods, som man lader falde med ret stor Faldhøjde saa mange Gange, som er nødvendigt for at faa Hullet tilstrækkelig dybt ned i Jorden²⁾. Hullet fyldes derefter med Beton, under stadig Stampning efterhaanden som der tilføres Beton. Anvendelsen af denne Fremstillingsmaade er betinget af, at Jorden er tilstrækkelig kohæsiv, til at Hullet ikke falder sammen, inden man naar at faa udført Betonudfyldningen, og i Reglen tillige af, at Pælen ikke skal føres ned under Grundvandet. Betonen kan nemlig ikke bringes ned i Hullet, hvis dette er vandfyldt, medmindre der træffes særlige Foranstaltninger til Beskyttelse af Betonen ved Udstøbningen under Vand³⁾. I vandførende Lag er det anvendt at tilføre Ler, efterhaanden som Hullet fremstilles ved Ramning, og derved opnaaet at hindre Vandets Indtrængen, indtil Betonen er blevet anbragt og færdig stampet.

Ved Fremstilling af Hullet ved Ramning komprimeres den omgivende Jord, og ved Stampningen af Betonen trykkes noget af denne ud i Jorden omkring Pælen. Herved komprimeres Jorden yderligere, og der frembringes desuden bedre Forbindelse og tilsvarende større Friktion og Adhæsion mellem Pælen og Jorden, end Tilfældet er ved almindelige nedrammede Pæle. Med Hensyn til den fra Friktionen og Adhæsionen hidrørende Del af Pælens Bæreevne bør man dog her være opmærksom paa det i § 174 omtalte Forhold angaaende den Afstand, der mindst maa være mellem Pælene indbyrdes, for at man ud fra en f. Eks. ved Prøvebelastning konstaterer Bæreevne for en isoleret staaende Pæl skal kunne drage Slutninger med Hensyn til en Pælegruppes Bæreevne. Hvis Pælene staar med saa lille indbyrdes Afstand, at de Jordlegemer, gennem

¹⁾ Det er undertiden brugt at fylde Hullet med Sand i Stedet for med Beton: *Sandpæle* (jfr. § 246).

²⁾ Det anvendes ogsaa at tilvejebringe Hullet i Jorden ved at ramme en Pæl og trække den op igen, eller ved Boring med Jordbor.

³⁾ Støbning gennem Rør (jfr. § 228) som ved de senere omtalte *Abal-Lorenz-Pæle*.

hvilke Pæletrykkene overføres til Undergrunden, griber ind i hverandre, er Pælefundamentets samlede Bæreevne ikke bestemt af, hvor stor Belastning hver af Pælene kan taale, men bestemt af Størrelsen af hele Pælefundamentets Trykareal i den vandrette Snitflade i Pælespidsernes Dybde og af Jordbundens Bæreevne i denne Dybde. I jo højere Grad den enkelte Pæls Bæreevne — for Belastning alene paa den enkelte Pæl — forøges som Følge af den ved Pælens Fremstilling tilvejebragte Kompression af den omgivende Jord, desto større er den for den fulde Udnyttelse af de enkelte Pæles Bæreevne paakrævede Minimumsafstand mellem Pælene.

Ved de fleste Metoder til Fremstilling af Stampebetonpæle anvendes der Jernrør ved Tilvejebringelsen af det Hul i Jorden, der udfyldes med Beton. Ved nogle af disse Metoder forbliver Jernrøret i Jorden, ved andre genvindes Jernrøret, idet det trækkes op samtidig med, at Betonfyldningen finder Sted.

Af de Fremstillingsmaader, ved hvilke Jernrøret forbliver i Jorden, er den af *Raymond* angivne den ældste. Der anvendes her et svagt konisk Rør af tynd Jernplade. Røret er forneden lukket med en som Pælespidsformet Sko. Nedføringen af Røret sker ved Ramning paa en inden i Røret anbragt konisk formet Rammekærne, der tages op, naar Røret er rammet.

Ved *Mast-Pæle* anvendes ligeledes et Rør (cylindrisk eller svagt konisk) af tynd Jernplade. Røret er forneden lukket med en som Pælespidsformet Prop af Træ eller af Jern. Denne Prop er saa solidt forbundet med Røret, at dettes Nedføring kan ske ved, at Ramslaget overføres til Proppen, idet der anvendes en i hele Rørets Længde gaaende Paasætter af Træ eller af Jern. Ved almindelig Pæleramning, hvor Ramslaget virker paa Pælehovedet, kommer Pælen for hvert Ramslag i Svingninger, og disse forplanter sig til den omgivende Jordbund og kan frembringe Rystelser, der maaske kan være generende eller skadelige (f. Eks., hvis der tæt ved det Sted, hvor Pæleramningen foregaar, findes daarligt funderede Bygværker). Saadanne Rystelser i Jordbunden undgaas eller bliver mindre stærke, naar Ramslaget, saaledes som det sker ved Fremstilling af *Mast-Pæle*, virker gennem Paasætter paa Proppen ved Rørets nedre Ende.

Stampebetonpæle, ved hvilke Jernrøret forbliver i Jorden, har den Mangel, at Røret i Tidens Løb kan rusttæres. Idet der herved opstaar Hulrum mellem Betonpælen og den omgivende Jord, formindskes den Del af Pælens Bæreevne, der hidrører fra Friktionen mellem Pælen og den omgivende Jord.

Til Stampebetonpæle, ved hvilke Jernrøret trækkes op, kan anvendes et Rør, der forneden er forsynet med en i Røret løst siddende Pæle-

spids. Efterhaanden som Betonfyldningen finder Sted og under stadig Stampning af Betonen med en gennem Røret faldende Ramklods, trækkes Røret op idet man under Rørets Oprækning hele Tiden holder Rørets Rand lidt neden for Overfladen af den indfyldte Betonmasse. Ved denne Fremgangsmaade opnaas, at der presses Beton ud i Jorden paa lignende Maade, som det sker ved *Compressol-Pæle*. Pælespidsen, som forbliver nede i Jorden, kan være af Jern eller af Jernbeton. Til Fremstilling af *Simplex-Pæle* anvendes et Rør, der forneden er forsynet med

en saakaldet *Alligator-Spids* (Fig. 289). Spidsen er af Støbejern eller af Staal og delt i to Dele, som hver er befæstet til Røret med et Hængsel. Naar Røret er rammet ned til fuld Dybde, begynder Betonudfyldningen. Samtidig med, at der fyldes Beton i Røret, trækkes dette op lidt efter lidt. Under Oprækningen aabner Spidsen sig, saaledes at Betonen kan passere ned under Spidsen. Hvis Pælen skal føres ned under Grundvandet, maa Betonudfyldningen til at begynde med ske paa samme Maade som ved almindelig Betonstøbning under Vand.

Ved Fremstilling af *Franki-Pæle* (*Frankignoul-Pæle*) anvendes ikke nogen egentlig Spids paa Røret. Røret anbringes staaende paa Jorden, og der hældes en mindre Mængde Beton ned i det (Fig. 290). Der rammes derefter med en svær, forneden kegleformet Ramklods paa denne Betonprop, hvorved Be-

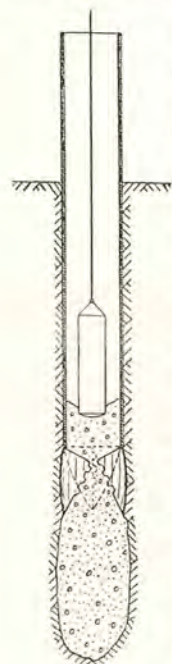


Fig. 289.

tonen presses saa stærkt ud i Røret, at Betonproppen ved fortsat Ramning paa denne trækker Røret ned i Jorden. Hvis der er for stor Modstand mod Rørets Nedføring, til at Betonproppen kan trække Røret med sig ned, belastes Røret, eller der rammes med lette Ramslag paa det. Idet der ved Fremstilling af *Franki-Pæle* alene eller hovedsagelig rammes paa Betonproppen, have der ved denne Slags Pæle de samme Forhold med Hensyn til Undgaelse af Rystelser som ved Pæle udført efter System *Mast*. Den videre Udførelse af Arbejdet — Udstøbning af Beton, Stampning af denne og Oprækning af Røret — foregaar iøvrigt paa samme Maade som ved Fremstilling af *Simplex-Pæle*. Ved *Franki-Pæle* hindrer Betonproppen Grundvandet i at trænge ind i Røret, saaledes at der her ikke kræves særlige Foranstaltninger ved den videre

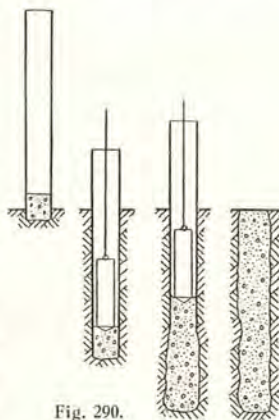


Fig. 290.

Betonfyldning, hvis Pælene skal føres ned under Grundvandspejlet.

Ved Fremstilling af *Strausz-Pæle*, *Aba-Lorenz-Pæle* og *Wolfsholz-Pæle* føres Røret ned uden Ramning. Nedføringen sker ved, at man drejer Røret, idet det samtidig belastes, og fjerner den inden for Røret værende Jord, d. v. s. paa lignende Maade som Nedføring af Foringsrør ved Jordboring. Rystelser i den omgivende Jordbund undgaas helt ved denne Fremgangsmaade. Som ved de foran omtalte Pæle udfyldes Røret her med Beton, og Røret trækkes op under Betonudfyldningen. *Aba-Lorenz-Pæle* forsynes med en Fortykkelse (Pælefod) ved Pælens nederste Ende (Fig. 291), idet Hullet i Jorden udvides under Rørets Kant ved Løsning af Jorden med et særligt Skæreapparat (Fig. 291 a) og Optagning af den saaledes løsnede Jord. Betonudfyldning af den under Grundvandspejlet værende Del af Røret sker gennem et tyndere Rør (paa samme Maade som ved Betonstøbning under Vand, jfr. § 228, Betonstøbning gennem Rør). Ved *Wolfsholz-Pælene* sker Betonudfyldningen med Anvendelse af Trykluft. Efter Rørets Nedføring lukkes Røret foroven med et Dæksel. Der tilføres derefter Trykluft, saaledes at det i Røret staaende Grundvand fortrænges og gennem en, ligeledes under Tryk staaende Ledning tilføres Betonen. Naar Betonen er naaet et Stykke op i Røret, forøges Luftrykket, hvorved Betonen komprimeres og presses noget ud i den omgivende Jord neden for Rørets Kant, og ved yderligere Forøgelse af Luftrykket hæves Røret et Stykke. Der tilføres derefter atter Beton, og den før nævnte Operation gentages.

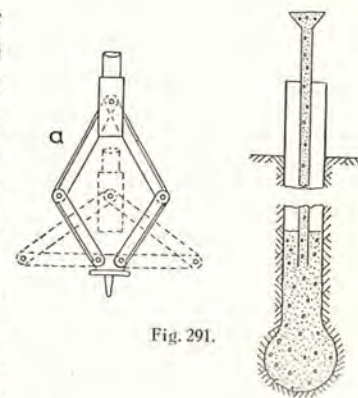


Fig. 291.

3. Nedskylning af Pæle.

212. I Bund, der bestaar af Sand (eller af Grus), kan Pæle bringes ned ved Skylning. Denne Metode til Nedføring af Pæle grunder sig paa, at Sand, i hvis Porer der foregaar Vandstrømning under nogenlunde stort Tryk, derved omdannes til Flydesand¹⁾. Idet Flydesand forholder sig som en Vædske, vil et Legeme, hvis Vægt er større end Vægten af den af Legemet fortrængte Mængde Flydesand, eller paa hvilket der udøves et tilsvarende Tryk, synke ned i Flydesandet. Størrelsen af det for Sandets Omdannelse til Flydesand fornødne Vandtryk i Sandets Porer afhænger af Sandets Kornstørrelse, Lejringsstæthed og Kornform. Jo fi-

¹⁾ Jfr. § 75.

nere Sandet er, og jo løsere det er lejret, samt jo mindre dets Indhold af skælfornede Korn er, desto mindre Vandtryk i Porerne kræves der til Sandets Omdannelse til Flydesand.

Trykkes et Jernrør lidt ned i Sandbund, og føres der derefter Trykvand ned gennem Røret, vil det ved Rørmundingen udstømmende Vand omdanne Sandet omkring Rørmundingen til Flydesand, saaledes at Røret synker ved sin egen Vægt, og den omkring Røret opadgaaende Vandstrøm bevirker, at Sandet fra Rørmundingen og opefter til Sandets Overflade holder sig som Flydesand, saalænge der pumpes Vand gennem Røret. Ophører Tilledningen af Trykvand, lejrer Sandet sig atter fast, i Almindelighed i Løbet af nogle Minutter, og Røret kommer derved til at sidde omtrent lige saa fast i Sandet, som hvis det var rammet ned deri.

Man kan bringe en Pæl ned i Grunden ved først at føre et Skyllerør ned til den Dybde, i hvilken Pælespidsen skal staa, tage Røret op, medens der endnu tilføres Trykvand, og hurtigt derefter anbringe Pælen paa Rørets Plads. Pælen vil da paa Grund af, at der, som nævnt, hængaar nogen Tid, inden Sandet atter lejrer sig, synke ned i Flydesandet. Hvis Pælen er for let til at synke ned i Flydesandet, maa den belastes, og Trykket maa ikke tages bort fra Pælen, før Sandet har faaet Tid til at lejre sig tæt om Pælen, da den ellers atter løftes til Vejrs. Det er dog kun undtagelsesvis, at denne Fremgangsmaade benyttes i Praksis til Nedskylning af Pæle (og da kun til smaa Pæle). Dens Anvendelse er betinget af, at Sandet er meget fint, saaledes at det varer forholdsvis længe efter Pumpningens Ophør, inden Sandet atter har lejret sig fast.

Den almindelige Fremgangsmaade ved Nedskylning af Pæle er, at Pæl og Skyllerør føres ned samtidig. Man er nødsaget til at have Pælen styret, medens den føres ned i Grunden, og endvidere er det hensigtsmæssigt, at Pælen belastes, eller at der rammes paa den under Nedskylningen. Ved Nedskylning af Pæle benytter man derfor gerne en almindelig Rambuk. Denne er da foruden med det sædvanlige Udstyr forsynet med en Trykvandspumpe. Røret, der skal føres ned i Sandbunden, kan være et almindeligt trukket Rør (4 til 10 cm Rørdiameter), ophængt saaledes i Rambukkens Mægler, at det kan føres ned i Sandbunden, og forbundet med Pumpens Trykledning med en Spiralslange. Under Pælens Nedføring holdes Skyllerøret tæt op til Pælen og bevæges stadig lidt op og ned, og til Siden, for derved at faa det Volumen Sand, som af Trykvandsstraalen omdannes til Flydesand, tilstrækkelig stort, til at Pælen kan synke ned i Sandet. I Almindelighed er Skyllerøret ikke forsynet med Spids. Trykvandet strømmer da blot ud fra Rørmundingen. Undertiden bruges det at forsyne Skyllerøret med særlig Spids og i denne have dels en i Rørets Akse siddende Udstømningsaabning, dels nogle lidt oven

over denne siddende Udstømningshuller, saaledes at der faas baade en efter Rørets Akse rettet Vandstraale og flere vinkelret paa denne Akse gaaende Vandstraaler. Hensigten med de tværs paa Røret rettede Vandstraaler er at forøge Flydesandsvolumenet.

Hvis der kun anvendes et enkelt Skyllerør, er Pælen tilbøjelig til under Nedføringen at vandre til Siden, hen mod Skyllerøret. Det er derfor bedre at bruge to Skyllerør samtidig, et ved hver Side af Pælen. Ved Jernbetonpæle bruges det undertiden at have et Skyllerør indstøbt i Pælen (midt i denne).

Ramning med smaa Ramslag fremmer Pælens Nedsynkning. Ramning med kraftige Ramslag kan, navnlig i fint Sand, have den modsatte Virkning, idet Sandet komprimeres saa meget ved Ramningen, at Skyllendvandet ikke er i Stand til at løsne det.

I Sandbund er det sædvanlig betydelig lettere at bringe Pæle ned ved Skylning end ved Ramning. Ved Nedskylning af Pæle er der den Mangel i Forhold til Pælens Nedbringelse ved Ramning, at Sandet omkring Pælen ikke komprimeres, og at Friktionen mellem Sandet og Pælen og dermed dennes Bæreevne derfor er mindre end en nedrammet Pælens Bæreevne, og tillige den Mangel, at man ikke, saaledes som Tilfældet er ved nedrammede Pæle, af Pælens Nedsynkningsmodstand under dens Nedføring faar nogen Oplysning, der kan tjene til Bestemmelse af Pælens Bæreevne. Hvor det drejer sig om egentlige Fundamentspæle, kan det være nødvendigt, at man, efter at Pælen er ført ned ved Skylning og har staaet nogen Tid i Ro, bringer Pælen noget længere ned i Bunden ved Ramning. Herved komprimeres Sandet under Pælespidsen, saaledes at der faas fuld Spidsmodstand, og af Nedsynkningen ved denne Efterramning kan Bæreevnen bestemmes paa sædvanlig Maade. En Fordel ved Nedskylning af Pæle er, at Pælene ikke er udsat for at beskadiges, saaledes som de er ved Ramning. Dette Forhold kan have nogen Betydning, hvor det drejer sig om Jernbetonpæle.

Rørpæle af Jern (eller af Jernbeton) egner sig særligt til at bringes ned ved Skylning, idet Skyllerøret da dannes af selve Rørpælen. Denne forsynes forneden med et tilspidset Formstykke med Udstømningsaabninger for Trykvandet. En særlig Slags Pæle, de saakaldte *Skivepæle*, der bestaar af en Rørpæl (af Jern) forneden forsynet med en Fodplade med større Diameter end Rørpælen, kan kun bringes ned ved Skylning. Vandet strømmer her ud gennem en (central) eller flere Aabninger i Fodpladen.

Til Nedskylning af Pæle anvendes Pumper med Ydeevne 10 til 70 l/Sek. og 3 til 10 at Tryk, større eller mindre Vandmængde og Tryk, efter som Pælene er svære eller spinkle, og efter som den paagældende Sandbund er mer eller mindre vanskelig at omdanne til Flydesand.

4. Skruepæle.

213. Skruepæle anvendes forholdsvis sjældent og kun under ganske særlige Forhold, f. Eks. til Pælefundament tæt ved et skrøbeligt Bygwerk, der ikke vilde kunne taale de med Pæleramning forbundne Ry-

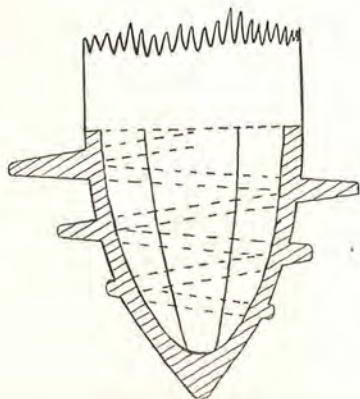


Fig. 292

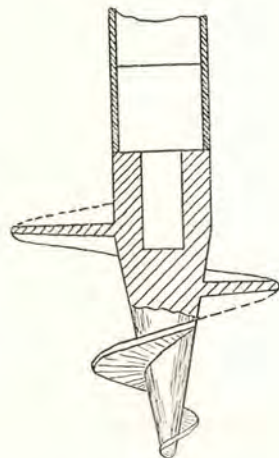


Fig. 293.

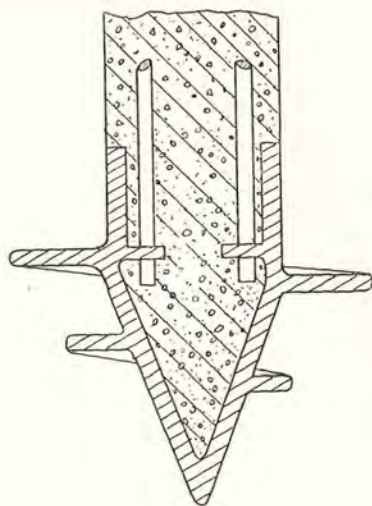


Fig. 294.

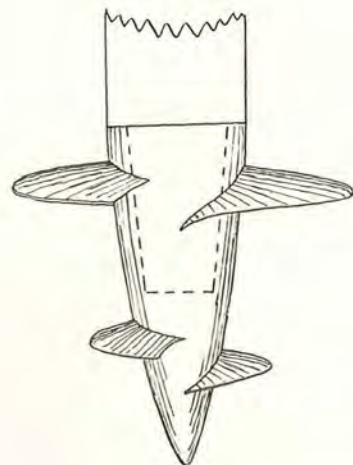


Fig. 295.

stelser i Jordbunden. Til Pæle, der skal kunne taale at paavirkes til Op-
trækning, kan det ogsaa undertiden være fordelagtigt at anvende Skruer-
pæle. En Pæl, der skal bringes ned i Grunden ved Skruning, maa være
cylindrisk og forsynet med en med Skruæganger udstyret Pælesko. Denne

skal være solidt befæstet til Pælen. Forbindelsen mellem Pæl og Pælesko
er vanskelig at udføre tilstrækkelig stærk, vanskeligst, hvis Pælen er af
Træ, mindre vanskelig, hvis det er Jernpæle (Rørpæle) eller Jernbeton-
pæle.

I Fig. 292—94 er vist Sko af Støbejern til henholdsvis Træpæl, Rør-
pæl af Jern og Jernbetonpæl. Ved Pæle af Træ gaar Pælen med en
seksidet (eller firsidet) Tap stramt ned i Skoen. Denne fastgøres med
Skruer til Træpælens Tap. Ved Rørpæle har Skoen et firsidet Taphul,
hvori er befæstet en massiv Jerntap. Dennes øverste cylindriske Del er
klemt fast i Rørpælen og befæstet til denne med Nitter. Ved Jernbeton-
pæle kan Forbindelsen mellem Pæl og Pælesko tilvejebringes ved, at
Pælens langsgaaende Armeringsjern føres ned i Huller i en indvendig i
Skoen siddende Flange.

Skruepæles Anvendelse er i Almindelighed betinget af, at Bunden
er fri for Sten.

I Fig. 295 er vist en Skruepælesko, som er noget bedre anvendelig
end de i Fig. 292—294 viste, i Tilfælde af, at Bunden ikke er stenfri. Pæle-
skoens Skruenflade er her delt i flere adskilt siddende Dele.

Nedføring af en Skruepæl foregaar ved, at man, efter at have tilveje-
bragt et lille Hul i Jordbunden (f. Eks. ved at man rammer en Pæl og
trækker denne op igen) og derefter anbragt Skruepælens Spids i dette
Hul, drejer Pælen rundt. Paa Pælens øverste Ende sættes en Skruenøgle,
bestaaende af en svær Jernstang med en Hætte, der gaar ned om det
som en firsidet Tap tildannede Pælehoved. Paa Skruenøglen fastkiles
et Nav med Huller, i hvilke der kan stikkes Træbomme (Haandspager)
ind. Pælens Drejning sker ved, at der paa hver af disse Bomme virker
en eller to Mand paa samme Maade som i et Gangspil.

X. FREMSTILLING AF BYGGEGRUBE.

214. Et Bygværks Fundament skal i Almindelighed føres et Stykke ned under Jordoverfladen¹⁾. Udførelsen af Fundamentet kræver derfor (naar der ikke anvendes særlige Funderingsmetoder som f. Eks. Pælefundering eller Trykluffundering), at der tilvejebringes en Byggegrube med Bunden liggende i Fundamentsfladens Dybde. Hvis Jordbunden i Jordoverfladen har en for det paagældende Bygværk tilstrækkelig stor Bæreevne, føres Fundamentsfladen blot ned til frostfri Dybde (her i Danmark: ca. 1 m). Ellers er Funderingsdybden sædvanlig bestemt ved den Dybde, i hvilken Jordbunden det paagældende Sted har tilstrækkelig Bæreevne.

Hvis Jorden kan staa med lodrette Vægge helt til Byggegrubens Bund, kræver Fremstilling af Byggegruben ingen særlige Foranstaltninger. Hvor stor den Højde er, i hvilken Jorden kan staa med lodret Væg uden Afstivning, afhænger af Jordens Beskaffenhed. Jo mere kohæsiv Jorden er, i desto større Højde kan den staa med lodret Væg. I Jordbund bestaaende af meget fast Ler med stort Indhold af Sten kan Jordvæggens Højde være 3 til 4 m eller mere; ved saa stor Højde af en uafstivet Jordvæg er der dog altid nogen Fare for, at Jorden kan skride ud. Ved almindeligt sandblandet Ler regnes sædvanlig med, at Jorden under iøvrigt gunstige Forhold kan staa med lodret Væg i 1 til 1,5 m Højde.

Den for Fremstilling af en Byggegrube fornødne Udgravning bestaar, hvis der ikke er Vand i Byggegruben, i et almindeligt Jordarbejde. Hertil anvendes de sædvanlig benyttede Fremgangsmaader og Redskaber. Ved Udgravningsarbejder af mindre Omfang: Haandgravning og Transport af Jorden i Trillebøre eller paa Transportbaand; ved større Udgravningsarbejder: De almindelige til Tørgravning indrettede Gravemaskiner (Spandkædemaskiner, Skovlmaskiner) og Transport af Jorden i Tipvogne paa Skinnespor. Ved dyb Byggegrube kan det, hvis der anvendes Haandgravning, være fordelagtigt at transportere Jorden op fra Byggegruben, ved at Jorden hejses op i en i Kran hængende Spand. Fra denne fyldes Jorden i Tipvogne, der kører paa et oven for Byggegruben liggende Spor. Hvis der anvendes Gravemaskine i Byggegruben og Tipvogne til Transport af Jorden, maa Tipvognssporet føres ad en Rampe op til Terrænet uden for Byggegruben, eller det kan ordnes saaledes, at Tipvognskas-

¹⁾ For Bygværker, der staar frit i Vand, gælder dette ikke som almindelig Regel. Saadanne Bygværker opføres i de fleste Tilfælde hvilende direkte paa Jordbundens Overflade.

serne løftes med Kran fra de i Byggegruben staaende Tipvognsstel og anbringes paa Tipvognsstel, der kører paa et oven for Byggegruben liggende Spor.

Hvis Udgravningen skal ske under Vand, kan der i de særlige Tilfælde, hvor Udgravningen finder Sted, forinden Byggestedet omgives med Fangedæmning, anvendes Uddybningsmaskine. I andre Tilfælde maa der anvendes særlige Fremgangsmaader og Redskaber (se herom: § 236).

215. Indfatningsvægge for Byggegruber over Grundvandet. Hvis Byggegrubens Dybde er større end den Højde, i hvilken Jorden kan staa med lodret Væg, og man vil undgaa den Forøgelse i Udgravningsmængde, som fremkommer, naar man lader Jorden langs Byggegrubens Omkreds staa med den for den paagældende Jordart fornødne Skraaning¹⁾, maa Byggegruben forsynes med lodrette Indfatningsvægge til Afstivning af Jorden.

Indfatningsvægge, hvis Bestemmelse alene er at danne Afstivning for Jorden, udføres sædvanlig af Træ.

Ved kohæsiv Jord (Ler, sandblandet Ler) kan saadanne Indfatningsvægge, hvis Byggegruben er forholdsvis smal, udføres af vandret liggende Planker, saaledes som vist i Fig. 296. Plankevæggene behøver ikke at være tætte, idet Jorden paa Grund af Kohæsionen er i nogen Grad sammenhængende. Lysningen mellem Plankerne kan foroven være 0,3 til 0,6 m, mindre, jo løsere Jorden er, og aftagende ned mod Byggegrubens Bund. De to Plankevægge kan afstives mod hinanden, ved at der anbringes lodret stillede Planker, f. Eks. i 2 m indbyrdes Afstand, og mellem disse Planker tværgaaende Sprosser af Tømmer. Ved denne Konstruktion af Indfatningsvæg maa der for hver Gang, der skal anbringes en ny af de vandrette Planker, graves et Stykke ned under den sidst anbragte Planke. Jorden kommer saaledes her til at staa uafstivet, indtil den ny Planke er anbragt og understøttet med Sprosser.

Hvis Jorden ikke er tilstrækkelig kohæsiv (Sand, lerblandet Sand o. l.), til at en saadan Undergravning kan foretages, uden at Jorden fra

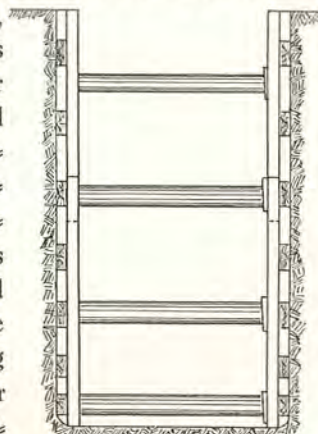


Fig. 296.

¹⁾ Denne Forøgelse i Udgravningsmængde spiller større Rolle, jo længere Byggegrubens Omkreds er i Forhold til Byggegrubens Areal. Den har særlig Betydning ved lange, smalle Byggegruber.

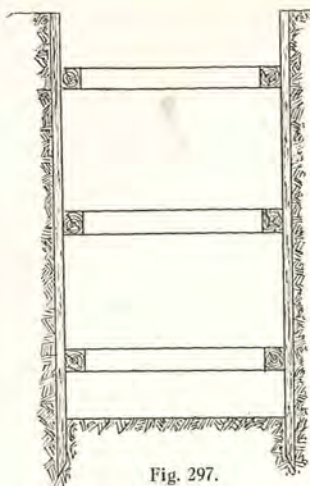


Fig. 297.

Siden falder ind i Byggegruben, og Indfatningsvæggen derfor maa række et Stykke ned under Udgravningens Bund, udføres Indfatningsvæggen af lodret og tæt stillede Planker, der med Rambuk rammes ned i Jorden, efterhaanden som Byggegruben udgraves. (Fig. 297). I Sandbund maa Indfatningsvæggen for at blive tilstrækkelig tæt for det meste udføres som Spunsvæg. Til Afstøtning af de to Plankevægge mod hinanden haves her langsgaaende vandrette Tømmer og mellem disse tværgaaende Sprosser. De langsgaaende Tømmer og Sprosserne anbringes, efterhaanden som Udgravningen skrider frem. Rambukken til

Nedramning af Plankerne kører langs Byggegruben oven for denne. Ved denne Konstruktion af Indfatningsvæg skal Plankerne være saa lange, at de naa fra Byggegrubens Overkant til et Stykke (f. Eks. 0,5 m) under Byggegrubens Grund.

Anvendelse af saa lange Planker kan man undgaa ved at udføre Indfatningsvæggen saaledes, som vist i Fig. 298. Plankerne, der her er forholdsvis korte, stilles med lidt Hældning, saaledes at man kan holde samme Bredde af Byggegruben forneden i denne som foroven, og drives ned i Jorden ved Slag med Mukkert eller med Trækølle. De enkelte Dele af Plankévæggene anbringes samtidig med, at Byggegruben graves ud. Naar f. Eks. Udgravningen er naaet til *ab*, anbringes de langsgaaende Tømmer *c*, hvorefter Plankerne *d* opstilles, og Tømmerne *e* og Sprosserne *f* sættes paa Plads. Derefter rammes Plankerne ned, følgende den videre Udgravning saaledes, at Plankerne er kommet ned i Stillingen *d₁*, naar Udgravningen er naaet til *a₁ b₁*.

Ved smalle Byggegruber, hvor man kan afstive de to modstaaende Indfatningsvægge mod hinanden ved tværgaaende Sprosser, som ovenfor omtalt, kan man ved at gøre den lodrette Afstand mellem Væggens Understøtninger passende lille reducere den fra Jordtrykket hidrørende Bøjningspaavirkning paa Væggen saa

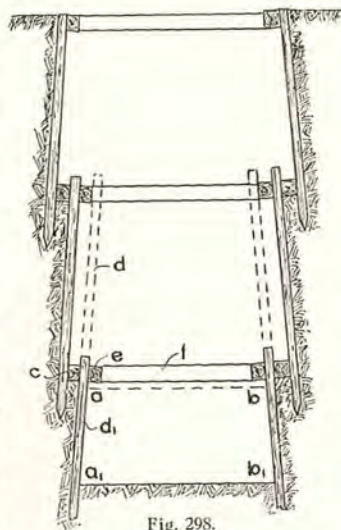


Fig. 298.

meget, at det ikke bliver denne Bøjningspaavirkning, der er bestemmende for, hvor svære Væggens Planker skal være. Plankerne skal da blot være saa tykke, at de er tilstrækkelig stive til at kunne rammes. Sædvanlig udføres Indfatningsvæggen af 4 til 8 cm tykke Planker.

Ved brede Byggegruber maa hver af Byggegrubens Indfatningsvægge understøttes for sig. Der kan i Reglen kun faas to Understøtninger for Væggen, en forneden, hvor Plankerne er rammet ned under Byggegrubens Bund (passivt Jordtryk paa den under Bunden værende Del af Væggen), og en foroven i Højde med Jordoverfladen eller et lille Stykke under denne. Ved saadanne Indfatningsvægge er det ofte Bøjningspaavirkningen fra Jordtrykket paa Væggen, der er bestemmende for Væggtykkelsen. Hvis Byggegrubens Dybde er stor, maa Væggen udføres som Pælevæg af ret svære Pæle, eller der maa anvendes Jernspunsvæg.

Væggens Understøtning foroven kan tilvejebringes ved Hjælp af Pælebukke, saaledes som vist i Fig. 299. Man rammes først Skraapælene *S* og tildanner dem med lodret Flade paa den mod Indfatningsvæggen vendende Side, saaledes at de tilhørende Lodpæle *L* derefter kan rammes i rigtig Stilling, tæt op mod Skraapælene. Lodpælene forsynes med et Sæt Tvinger, Tømmerne *a* og *b*, der befæstes til Lodpælene med Skruebolte. Det Tømmer (*b*), mod

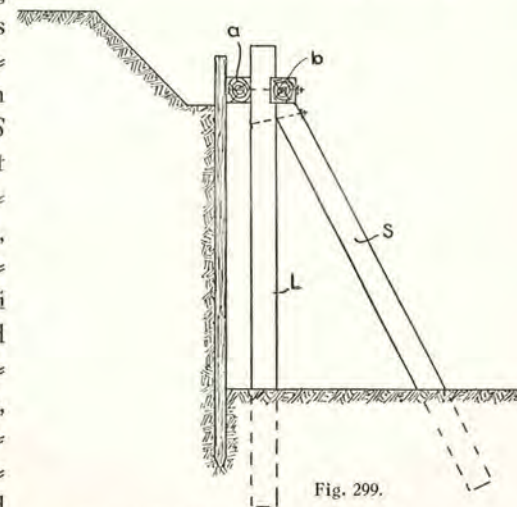


Fig. 299.

hvilket Skraapælene støtter, lægges ind i Udskramninger i Lodpælene. Skraapæl og Lodpæl sammenholdes med en Skruebolt. Støttende mod Tømmeret *a* kan derefter Spunsvæggens Pæle (eller Spunsvægsjern) rammes ned, enten straks til fuld Dybde, eller saaledes, at Ramning og Udgravning følges ad. I Stedet for at have Skraapælene staaende ret ud for de tilhørende Lodpæle, og Lod- og Skraapæle indbyrdes forbundne med Skruebolte, saaledes som nævnt, kan man have Skraapælene staaende lidt til Siden for Lodpælene og lade Skraapælene gribe med Gedefod om Tømmeret *b*.

216. Byggegruber under Grundvandet. Opførelse af Bygværker, hvor Fundamentet og maaske større eller mindre Dele af selve Bygværket

skal ligge under Grundvandspejlet det paagældende Sted, kan ske, enten ved at man foretager Udgravningen af Byggegrube og Udførelsen af de paagældende Dele af Bygværket under Vand, idet man da til Udgravningen maa benytte dertil særlig egnede Redskaber og Maskiner, og til Bygværket maa anvende saadanne Konstruktioner, som kan udføres under Vand, eller Opførelsen kan ske ved, at man udfører hele Arbejdet under *Tørlægning (tørlagt Byggegrube)*, idet man da, medens Udgravningen af Byggegruben foregaar, og videre ved Udførelsen af de under Grundvandspejlet liggende Dele af Bygværket, holder Byggegruben tør ved Udpumpning af det til Byggegruben kommende Vand.

Hvis de under Grundvandspejlet liggende Dele af Bygværket skal fremstiles af Murværk eller af Jernbeton, er det nødvendigt at anvende *Tørlægning*, og det samme er Tilfældet, naar der i disse Bygværksdele indgaar Konstruktioner af Træ eller af Jern — hvis disse Konstruktioner da ikke er saa simple, at de Dele af Arbejdet, der skal udføres paa Stedet (f. Eks. Samling af de enkelte Konstruktionsdele), uden større Vanskeligheder kan udføres af Dykker.

For Udførelse af Fundamenter og Bygværksdele af Grovbeton er *Tørlægning* for saa vidt ikke paakrævet. Betonstøbning under Vand er imidlertid dyrere end at støbe Beton tørt, og med Hensyn til Fremstilling af Byggegruben gælder, at Vaadgravning sædvanlig er dyrere end *Tørgravning*¹⁾. Paa den anden Side sparer man Udgifterne til Vandlænsning, naar man undlader *Tørlægning* af Byggegruben. Ved Bygværker, hvor de under Grundvandspejlet liggende Dele helt bestaar af Grovbeton, kan det derfor være Bekostningshensynet, der er bestemmende for, om der i det paagældende Tilfælde bør anvendes *Tørlægning*. Ved Afgørelsen af, om man i et foreliggende Tilfælde skal anvende *Tørlægning* eller udføre Arbejdet uden *Tørlægning*, maa dog ogsaa det Forhold tages med i Betragtning, at Kvaliteten (Styrke og Tæthed) af Beton støbt under Vand i Almindelighed er betydelig ringere end Kvaliteten af Beton, der er fremstillet i tør Byggegrube, og endvidere, at det ved Anvendelse af *Tørlægning* er let at kontrollere Arbejdets Udførelse og at sikre sig, at Arbejdet udføres godt, medens det er meget vanskeligt eller ugørligt at foretage Kontrollering og Prøvning, naar Arbejdet udføres under Vand.

I Almindelighed vil man altid foretrække at udføre de under Grundvandspejlet liggende Dele af et Bygværk i tør Byggegrube, hvis *Tørlægning* er praktisk gennemførlig og ikke er forbundet med alt for stor

¹⁾ Hvis Bunden bestaar af Sand, saaledes at der kan anvendes Sandpumpning ved Byggegrubens Udgravning, er Fremstilling af Byggegruben under Vand i Reglen billigere, end hvis der anvendes *Tørgravning*.

Udgiftsførøgelse. Meget ofte stiller Sagen med Hensyn til Valget mellem at anvende *Tørlægning* eller at udføre de paagældende Bygværksdele under Vand sig forøvrigt saaledes, at det ikke er Bygværkets Konstruktion, der er givet paa Forhaand og Udførelsesmaaden (*Tørlægning* eller Udførelse i Vand) bestemt af Bygværkets Konstruktion, men at man derimod maa lade Bygværkets Konstruktion være helt eller i væsentlig Grad bestemt af, om det i det foreliggende Tilfælde er muligt eller økonomisk rimeligt at anvende *Tørlægning*, eller om man er nødsaget til at maatte indrette sig paa at udføre Bygværket uden *Tørlægning*.

Indfatningsvægge til Byggegruber, der naar ned i Grundvandet, maa være saa tætte, at der ved Vandtilstrømningen gennem Væggens Utætheder ikke kan føres Jordpartikler gennem Væggen, d. v. s. Væggene skal være jordtætte. Hvis Væggene ikke er jordtætte, dannes der Hulrum i Jorden uden for Væggene, og dette bevirker, at Modstanden mod Vandbevægelsen i Jorden bliver mindre, og derved, at Vandtilstrømningen til Byggegruben bliver større. Indfatningsvægge til Byggegruber, der naar ned i Grundvandet, udføres derfor i Reglen som Spuns-vægge (af Træ eller Jern).

Foruden fra Siderne gennem Indfatningsvæggens Utætheder sker der ogsaa Vandtilstrømning til Byggegruben fra nedenunder. Hvis denne Vandtilstrømning op gennem Byggegrubens Bund er saa stærk, at Jorden løsnes og føres med det indstrømmende Vand, formindskes efterhaanden Jordbundens Lejringsstæthed (Hulrummene bliver større), og Jordbundens Bæreevne bliver derved mindre. Hvis Bunden bestaar af Sand, kan det ske, at Sandet omdannes til Flydesand af det opad gennem Sandets Porer strømmende Vand. I saadanne Tilfælde, hvor Vandbevægelsen op gennem Bunden er i Stand til at forringe Jordbundens naturlige Lejringsstæthed og derved forringe Jordbundens Bæreevne, og da navnlig i de Tilfælde, hvor Bunden omdannes til Flydesand, kan *Tørlægning* paa almindelig Maade (med Vandlænsning fra selve Byggegruben) ikke anvendes.

Hvis Jordbunden er Ler eller en Blanding af Sand og Ler med nogenlunde rigeligt Indhold af Ler, er der sædvanlig ingen Vanskeligheder ved Fremstilling af tør Byggegrube. Paa Grund af Jordbundens ringe Permeabilitet er Vandtilstrømningen saa lille, at Jorden ikke løsnes af det op gennem Byggegrubens Bund kommende Vand.

Jo mere porøs Jorden er, til desto større Dybde under Byggegrubens Bund maa Indfatningsvæggen føres ned for derved at formindske Vandtilstrømningen op gennem Byggegrubens Bund.

Hvis der et Stykke under Byggegrubens Bund findes et vandførende

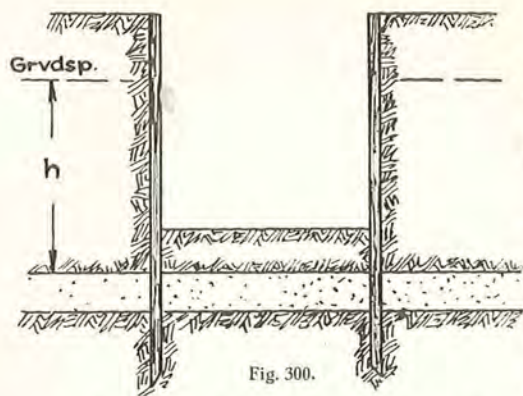


Fig. 300.

porøst Jordlag, f. Eks. Sand, saaledes som fremstillet i Fig. 300, er Forholdene mere vanskelige for Udførelse af Arbejdet i tør Byggegrube.

I Overfladen af Sandlaget vil der være et Vandtryk (h) svarende til Sandlagets Grundvandstryk, og hvis dette Tryk er større end Vægten (pr. Arealenhed af Byggegrubens Bund) af det overliggende

Jordlag, vil dette blive løftet. Herved fremkommer der Sprækker i dette Jordlag, og gennem disse vil der fremkomme stærk Vandtilstrømning, som ødelægger den ellers bæredygtige Jordbund. For at undgå, at Byggegrunden inde i Gruben sprænges og ødelægges, saaledes som her nævnt, maa man forinden Udgravningen af Byggegruben føre Indfatningsvæggene ned gennem det vandførende porøse Lag for derved at afskære Vandbevægelsen i dette. Til en saadan Væg, der skal tjene til at formindske Vandtrykket paa Undersiden af det inde i Byggegruben liggende Jordlag, stilles der betydelig større Krav i Henseende til Væggenes Tæthed end til almindelige Indfatningsvægge for Byggegruber. For at Vandtrykket paa Jordlagets Underside skal blive mindre (eller væsentlig mindre), end det vilde være uden Afskæring af Sandlaget, maa Væggen være saa tæt, at Modstanden mod Vandbevægelsen gennem Væggen er betydelig større end Modstanden mod Vandbevægelsen gennem det over Sandlaget liggende Jordlag inde i Byggegruben.

Til Indfatningsvægge er Jernspunsvægge i dette Tilfælde at foretrække for Spunsvægge af Træ (særlig hvis Sandlaget ligger i stor Dybde), dels fordi Jernspunsvægge er tættere end Spunsvægge af Træ, dels fordi Spunsvægsjern lettere end Spunspæle af Træ lader sig ramme ned til stor Dybde.

Det sker ikke sjældent, at Ulemperne fra Tilstedeværelsen af en Sandaare under det Jordlag, paa hvilket Bygværket skal funderes, først viser sig, naar Udgravningen af Byggegruben inden for Indfatningsvæggene er naaet et Stykke frem, og da ved, at der bryder stærkt vandførende Kilder frem inde i Byggegruben. Man har undertiden med Held i saadanne Tilfælde hindret den videre Ødelæggelse af Byggegrunden og muliggjort Fuldførelsen af Arbejdet i tør Byggegrube, ved at man har ført Jernrør ned gennem Jordlaget til det vandførende Sandlag. Ved Anbringelse af saadanne Rør skaffes der Afledning til Bygge-

gruben og videre til dennes Pumpeanlæg for det gennem den afskærende Spunsvæg kommende Vand. Da den for Vandets Afstrømning op gennem Afledningsrørene fornødne Trykhøjde — naar Rørene er nogenlunde vide og deres indbyrdes Afstand ikke er for stor — ikke er synnerlig større end Jordlagets Tykkelse (= Rørenes Længde), opnaas der herved, at Vandtrykket i Skillefladen mellem Sandlaget og det overliggende Jordlag reduceres saa meget, at der ikke længer er Fare for, at det overliggende Jordlag skal gennembrydes eller løftes. Hvis der er store Utætheder i Spunsvæggen, rummer Anvendelsen af Afledningsrør gennem Jordlaget den Fare, at det afstrømmende Vands Hastighed bliver saa stor, at Vandet kan føre Sand med fra den inden for Spunsvæggene værende Del af Sandlaget, saaledes at det bærende Jordlag derved undermineres. Jordlaget vil da senere, naar Bygværket opføres, give efter for Trykket fra Bygværket, saaledes at der fremkommer forholdsvis store Sætninger.

Hvis Byggegrubens Bund kommer til at ligge i et vandførende Sandlag, bør Spunsvæggene helst føres saa langt ned i Bunden, at de naar et Stykke ned i et under Sandlaget liggende tæt og fast Jordlag. Ved at føre Spunsvæggene saa langt ned kan man i Almindelighed opnaa at faa Vandtilstrømningen saa vidt begrænset, at Sandbunden inden for Spunsvæggene bevarer den naturlige Lejrings-tæthed under Byggegrubens Tørholdelse.

Saafernt Sandlagets Mægtighed er saa stor, at det ikke kan lade sig gøre at føre Spunsvæggene ned til underliggende tæt og fast Jord, er det meget ofte ugørligt at tilvejebringe tørlagt Byggegrube, fordi Vandtilstrømningen kan blive saa stærk, at Sandbunden inde i Byggegruben ødelægges af det op gennem Bunden kommende Vand, eventuelt omdannes til Flydesand. Ved at man fører Spunsvægge et Stykke ned i Sandbunden (Fig. 301), indsnævres det vandførende Profil (ab), gennem hvilket Vandtilstrømningen til Byggegruben sker. Jo mere finkornet Sandet er, ved desto mindre Vandbevægelse og ved desto mindre Vandtryk i Porerne finder Sandets Omdannelse til Flydesand Sted. Spunsvæggene skal derfor være tættere og føres desto længere ned under Byggegrubens Bund, jo mere finkornet Sandet er. Midler til paa Forhaand at bestemme, hvor dybt man i givet Tilfælde skal føre Spunsvæggene ned for at være sikret mod, at Vandtilstrømningen op gennem Byggegrubens Bund faar skadelige Følger, haves ikke. Det sker derfor

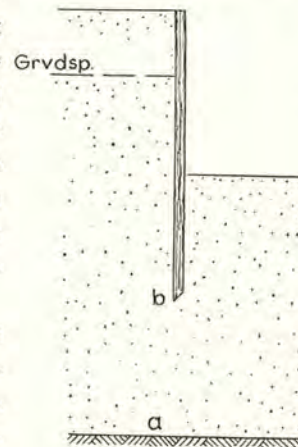


Fig. 301.

ret ofte, at Forsøg paa at fremstille tør Byggegrube i Sandbund mislykkes.

217. **Grundvandsænkning.** Fremstilling af tør Byggegrube kan ske paa den Maade, at Grundvandspejlet sænkes paa et Areal, der er lidt større end det Areal, som Byggegruben indtager. Der anbringes en Række Pumperør eller Pumpebrønde i Kreds om Byggegrubens Areal. Ved Pumpning fra alle Rørene samtidig kan Grundvandspejlet inden for Pumperørens Kreds sænkes til saa stor Dybde under Byggegrubens Bund, at der ikke kan trænge Vand ind i Byggegruben (Fig. 302).

Pumperørene føres ned i Jordbunden paa samme Maade, som det sker ved Nedføring af Pumperør til Vandforsyningsanlæg. De forbindes

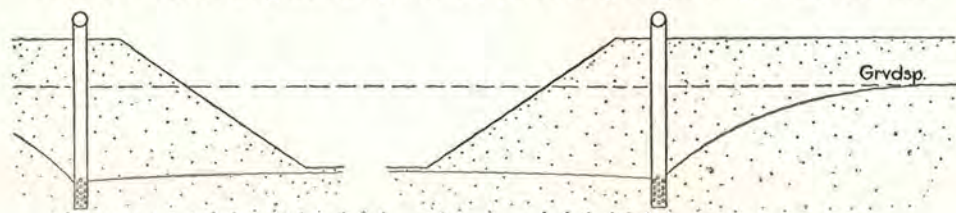


Fig. 302.

foroven med en fælles Sugeledning, der atter har Forbindelse med en Pumpe. Pumperørene maa forneden forsynes med Filtre, saaledes at der ikke kan følge Sand med Pumpevandet.

Indfatningsvægge for Byggegruben er for saa vidt overflødige, naar Byggegruben tørholdes ved Grundvandsænkning, og anvendes kun i Tilfælde af, at det af Hensyn til Begrænsning af Udgravningen for Byggegruben er ønskeligt at lade Byggegruben have lodrette Vægge (som ved Byggegruber over Grundvandet).

I Forhold til den almindelige Fremgangsmaade ved Tørlægning — Spunsvægsindfatninger og Vandlænsning ved Pumpning inde i Byggegruben — har Grundvandsækningsmetoden den væsentlige Fordel, at det helt undgaas, at der trænger Vand ind i Byggegruben gennem dennes Sidebegrænsninger og fra nedenunder op gennem Jorden i Byggegrubens Bund. Grundvandsænkning er derfor særlig velegnet i de Tilfælde, hvor der under det Jordlag, paa hvilket Bygværket skal opføres, findes et vandførende porøst Jordlag, og hvor der ved almindelig Tørlægning kan være Fare for, at det overliggende Jordlag sprænges af Vandtrykket i Sandlaget (jfr. Fig. 300), samt i de Tilfælde, hvor Byggegruben ligger helt i Sandbund, og hvor Vandbevægelsen op gennem Byggegrubens Bund ved almindelig Tørlægning kan blive saa stærk, at Sandbundens Lejrning bliver løsere, eller at Sandet inden for Spunsvægs-

gene omdannes til Flydesand. Paa den anden Side er Tørlægning ved Grundvandsænkning forholdsvis kostbar. Dette er navnlig Tilfældet, hvis Byggegrunden har langagtig Form, da Antallet af Pumperør i saa Fald bliver stort i Forhold til Størrelsen af Byggegrubens Areal.

Med en Ordning som den i Fig. 302 viste kan Grundvandspejlet ikke sænkes dybere end Pumpens Sugehøjde, i Almindelighed ikke dybere end 6 til 7 m under Grundvandspejlet. Skal Byggegrubens Bund føres ned til større Dybde, kan der anvendes en trinvis Grundvandsænkning. Efter at der er gravet ud til den Dybde, som man kan naa til ved Pumpning fra de først anbragte Pumperør med en over Grundvandspejlet staaende Pumpe, anbringes der inden for disse en ny Kreds af Pumperør med Sugeledning og Pumpe i Bunden af den først tilvejetragte Udgravning. Ved at der derefter pumpes paa begge Sæt Pumperør, kan Grundvandspejlet uden for den indre Kreds Pumperør sænkes yderligere en Sugehøjde.

I Stedet for denne Ordning har man i nogle Tilfælde indrettet Anlægget saaledes, at der pumpes fra hvert af Pumperørene for sig. Rørene er da saa vide (30 cm), at der ned i hvert af disse kan føres et for dette Øjemed særlig konstrueret Pumpeaggregat bestaaende af en Elektromotor og en af denne drevet Centrifugalpumpe¹⁾.

218. **Delvis Tørlægning af Byggegrube.** I de (ovenfor omtalte) Tilfælde, hvor der ved almindelig Tørlægning kan være Fare for, at det Jordlag, der skal bære Bygværket, sprænges af Vandtrykket paa Jordlagets Underside ved Vandets Udpumpning fra Byggegruben (jfr. Fig. 300), eller hvor almindelig Tørlægning ikke kan gennemføres paa Grund af, at Bunden helt bestaar af Sand, kan følgende Fremgangsmaade ofte finde Anvendelse, saafremt Bygværkets Fundament eller den nederste Del af Bygværket skal udføres af Grovbeton. Udgravningen af Byggegruben — efter Opførelsen af sædvanlig Spunsvægsindfatning — foretages da uden Tørlægning ved Gravning under Vand, og derefter støbes (Betonstøbning under Vand, § 226) et saa tykt Lag af Fundamentets Beton, at dette er i Stand til at modstaa det Vandtryk, der fremkommer paa Betonlagets Underside, naar Vandet pumpes ud af Byggegruben. Efter at Betonlaget er hærdnet, tørlægges Byggegruben indtil Betonlagets Overside, saaledes at de herover liggende Dele af Bygværket kan udføres tørt.

Betonlaget maa føres helt ud til Indfatningsvæggene, for at der ikke skal kunne finde skadelig Vandbevægelse Sted fra Jordbunden (Sand-

¹⁾ Om Fremstilling af Byggegrube ved Hjælp af Grundvandsænkning henvises iøvrigt til: *Kyrieleis-Sichardt: Grundwasserabsenkung bei Fundierungsarbeiten. 1930.*

bunden) under Betonlaget til den tørlagte Byggegrube. En stærk Vandbevægelse her vil kunne underhule Fundamentet, uden at man forinden Bygværkets videre Opførelse bliver opmærksom paa den skete Skade.

Et i Bund af en Byggegrube før dennes Tørlægning udstøbt Betonlag (en »Betonprop«), der saaledes som her beskrevet tjener til at hindre Vandets Indtrængen i Byggegruben, naar denne senere tørlægges, kaldes ofte en *Grundfangedæmning*.

Med Hensyn til Spørgsmaalet om, hvilken Tykkelse Betonlaget mindst skal have for at kunne modstaa det opad virkende Vandtryk, da vil man være paa den sikre Side ved at gøre Tykkelsen saa stor, at Betonens Vægt alene er tilstrækkelig til at hindre, at Betonlaget løftes af Vandtrykket. Er Vandspejlets Højde over Betonlagets Underside h , og er Betonlagets Tykkelse x , faas, naar Betonens Rumvægt er γ , Betonlagets Tykkelse bestemt af:

$$x \geq \frac{h}{\gamma}$$

I Reglen gives Betonlaget dog en noget mindre Tykkelse.

Saafernt Indfatningsvæggen for Byggegruben bestaar af en Træspunsvæg, kan der uden større Vanskeligheder tilvejebringes saadan Forbindelse mellem Betonlaget og Væggen, at en Del af Vandtrykket kan overføres til denne. Forbindelsen kan f. Eks. tilvejebringes ved, at der paa Spunsvæggens Inderside med Spidsbolte eller Skruer befastes vandret liggende Tømmer i Højde med Betonlagets Overside. Under Forudsætning af, at Spunsvæggen er i Stand til som Trækpaavirkning at optage Differensen mellem det opad virkende Vandtryk og Betonlagets Egenvægt, er Tykkelsen af Betonlaget bestemt ved, at dets Bøjningsstyrke skal være tilstrækkelig til, at det kan taale et ensformigt fordelt Tryk $h - \gamma x$.

Hvis Indfatningsvæggen bestaar af en Jernspunsvæg, er det vanskeligt at tilvejebringe tilsvarende Forbindelse mellem Betonlaget og Spunsvæggen. Nogen Adhæsion kan man vel gøre Regning paa, at der er mellem Betonen og Jernspunsvæggen, men om den er tilstrækkelig til at overføre de Kræfter, som det drejer sig om, er det i de fleste Tilfælde vanskeligt at afgøre.

Paa Grundlag af en af Krey¹⁾ opstillet Beregningsmaade, ved hvilken Betonlaget betragtes som en Hvælving med Vederlag ved Spunsvæggene, og, idet Belastningstrykket (Vandtrykket med Fradrag af Betonens Egenvægt) virker opad, med Hvælvingstryklinien vendede Konkaviteten opad, angiver Lohmeyer²⁾, at man kommer til Værdier for Betonlagets

¹⁾ Krey: Erddruck, Erdwiderstand. 1932.

²⁾ Brennecke-Lohmeyer: Der Grundbau. III. 1933.

Tykkelse, der efter Erfaring fra Praksis kan anses for at være rimelige, naar Betonlagets Tykkelse x bestemmes af:

$$2x^3 - 3hx^2 - 1,65l^2x + 0,75hl^2 = 0,$$

hvor l er Byggegrubens Bredde (= Afstanden mellem de over for hinanden staaende Spunsvægge). Forudsætningen for, at der kan regnes saaledes, som her angivet, er, at Jorden uden for Spunsvæggene naar op over Betonlagets Overside og er tilstrækkelig fast til, at Vederlagstrykket kan optages af det passive Jordtryk, uden at Spunsvæggene giver saa meget efter for Vedlagstrykket, at Betonlaget sprænges, eller der opstaaer skadelige Revner i Betonen.

219. Frysemetoden. En ganske særlig, men forøvrigt kun i sjældne Tilfælde anvendt Fremgangsmaade til Fremstilling af Indfatning for Byggegrube i vandfyldt Bund er den saakaldte Frysemetode. Denne gaar ud paa, at der ved Afkøling af Jorden omkring Byggestedet tilvejebringes en Væg af frossen Jord, inden for hvilken Udgravning af Byggegruben og Opførelse af Bygværket kan finde Sted.

I en Kreds (Cirkel) omkring Byggestedet rammes der Jernrør A (Fig. 303) et Stykke (f. Eks. ca. 2 m) ned i den faste Bund. I hvert af disse Rør, der er ret vide (15 til 30 cm), og som er lukkede for neden med Støbejernsspids, anbringes et snævert Rør B . Rørene A er for

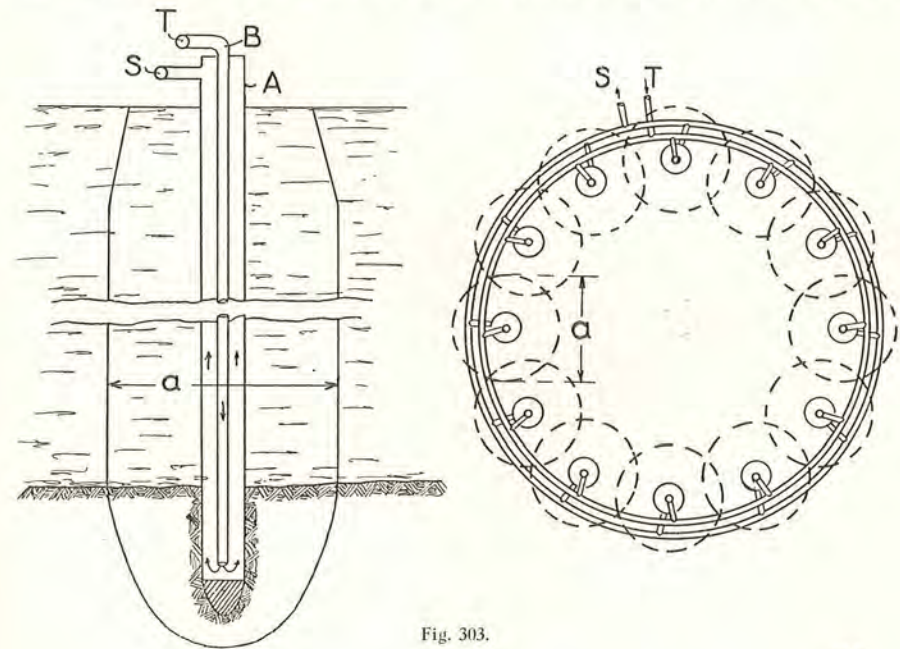


Fig. 303.

oven forsynet med tæt sluttende Dæksler og er ved Grenrør forbundet med Samleledningen *S*, medens Rørene *B* er tilsluttet Tilledningsrøret *T*. Gennem hele Rørsystemet lader man strømme Kølevædske (Klorcalcium-Opløsning), som fra en Pumpe føres gennem et Køleanlæg og gennem Tilledningsrøret *T* ind i de snævre Rør *B*, og fra disses Mundinger i Bunden af de vide Rør *A* op gennem disse og ud i Samleledningen *S*, hvorfra Vædsken gaar til Pumpen og videre i Kredsløbet. Ved Kølevædskens langsomme Strømning op gennem de vide Rør fryses Vandet i Jorden i en vis Udstrækning om hvert Rør, saaledes at der dannes en vandtæt cylinderformet Skal af frossen Jord. Inden for den saaledes fremstillede Væg kan Udgravning og Opførelse af Bygværket under Tørlægning af Byggegruben ved Pumpning foregaa paa almindelig Maade. Den frosne Jordskal maa stadig holdes afkølet, saalænge den skal fungere som Indfatningsvæg.

220. Fangedæmninger. Hvis det Areal, paa hvilket der skal opføres et Bygværk, er dækket af Vand, eller hvis det til Tider er udsat for Oversvømmelse, maa man for at kunne udføre det paagældende Arbejde i tør Byggegrube omgive Arealet med et Indfatningsbygværk, der er i Stand til at holde Vandet ude fra Byggestedet, og inden for hvilket der kan fremstilles fornøden Byggegrube. Et saadant Indfatningsbygværk kaldes en Fangedæmning.

En Fangedæmning er i Almindelighed et interimistisk Bygværk, idet Fangedæmningen i Reglen fjernes, naar det egentlige Bygværk er fuldført. Fangedæmninger udføres i Reglen af Jord, enten som simple Jorddæmninger, eller af Jord begrænset af Indfatningsvægge af Træ. Jordfylden maa lægges direkte paa den faste Bund. Hvis der det paagældende Sted findes Lag af blød Bund (Dynd, Lag af bundfældet Tang eller lign.) oven paa den faste Bund, maa dette fjernes før Udlægningen af Dæmningsfylden, da der ellers let opstaar Utætheder, gennem hvilke Vandet kan bane sig Vej til det tørlagte Areal, eller der kan dannes en Skilleflade mellem den faste Bund og Fangedæmningen, saaledes at Dæmningsfylden glider paa Underlaget, naar Fangedæmningen paavirkes af Vandtrykket ude fra.

Tilstedeværelsen af vandførende porøse Jordlag, (Sand, Grus) i Bunden, f. Eks. saaledes som vist i Fig. 304, rummer altid en Fare for, at der sker Brud paa Fangedæmningen, og nødvendig-

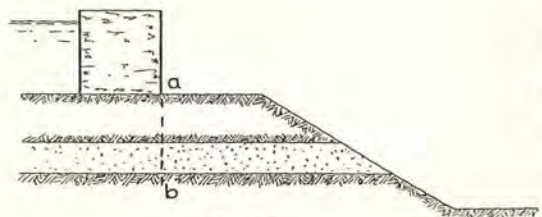


Fig. 304.

gør i Reglen, at der træffes særlige Foranstaltninger til at begrænse Vandbevægelsen i det porøse Jordlag. Selv om en saadan Sandaars Vandføring ikke er større, end at Byggegruben uden Vanskelighed kan holdes tør ved Udpumpning af det fra Sandaaren kommende Vand, kan Vandbevægelsen i Sandet være tilstrækkelig stærk til, at Vandet trækker Sandkorn med ind i Byggegruben. Hvis dette er Tilfældet, forøges efterhaanden Sandaarens Porøsitet, og der danner sig Hulrum under det overliggende tætte Jordlag, saaledes at dette undermineres og synker. Ved Jordlagets Sænkninger dannes der, naar Undermineringen strækker sig hen til Fangedæmningen og uden for denne, Sprækker i det overliggende Jordlag, og gennem disse Sprækker opstaar der da Forbindelse fra Vandet oven over det tætte Jordlag gennem Sandaaren ind til Byggegruben. Herved forøges Vandtilstrømningen meget stærkt, og Bortskylningen af Sandaarens Sand og Underminering af det overliggende Jordlag tager derefter større og større Fart, saaledes at der i Løbet af kort Tid sker Dæmningsbrud, idet det i Byggegruben indstrømmende Vand skyller Grunden bort under Fangedæmningen, saaledes at denne synker. Ved saadant Fangedæmningsbrud sker det ofte, at ikke alene selve Fangedæmningen og Jorden over Sandaaren skylles bort, men at der tillige ved Brudstedet dannes en Udkolkning, der naaer ned til betydelig større Dybde end den, til hvilken Byggegruben er udgravet. Ved Retablering af Fangedæmningen kan denne da ikke opføres paa dens oprindelige Plads, men maa føres uden om Brudstedet.

Hvis det vandførende Sandlag ligger dybere end Byggegrubens Bund, saaledes at Sandaaren ikke, som ved det i Fig. 304 fremstillede Tilfælde, overskæres ved Udgravningen inden for Fangedæmningen, er der mindre Fare for Dæmningsbrud som her beskrevet. I hvor høj Grad der er Mulighed for saadant Dæmningsbrud, afhænger imidlertid af, hvor dybt Sandlagets Overflade ligger under Byggegrubens Bund. Hvis der inden for Fangedæmningen graves saa dybt, at det her tilbageblivende tætte Jordlag ikke er i Stand til at modstaa Vandtrykket fra Sandaarens Vand, og der derfor dannes Sprækker (Kilder) i Byggegrubens Bund, kan den deraf foraarsagede Vandbevægelse i Sandaaren medføre, at Forholdene udvikler sig paa samme Maade, som det kan ske, hvis Sandaaren ligger over Byggegrubens Bund.

Det sædvanlig anvendte Middel til at sikre en Fangedæmning mod Brud som Følge af Tilstedeværelsen af Sandaarer i Bunden, er at forsyne Fangedæmningen med en Spunsvæg (*a b*, Fig. 304), der gaar ned gennem Sandaaren. En saadan Spunsvæg skal for at have den tilsigtede Virkning være »sandtæt«, saaledes at det forhindres, at en eventuel Underminering af det over Sandaaren liggende Jordlag naaer ud til Fangedæm-

ningens Vandside, og derved forhindres, at der kommer Forbindelse mellem Sandaaren og Vandet uden for Fangedæmningen. Anvendelse af Spunsvæg som her nævnt har desuden den Fordel, at Vandtilstrømningen til Byggegruben formindskes, dette dog kun under Forudsætning af, at Spunsvæggen er saa tæt, at den frembyder stor Modstand mod Vandgennemstrømning i Forhold til Sandaarens egen Modstand mod Vandbevægelsen.

Hvis Bunden det paagældende Sted helt bestaar af Sand, saaledes at Fangedæmningen kommer til at staa direkte paa Sandbunden (Fig. 305), er Faren for Underskæring af Fangedæmningen og deraf fol-

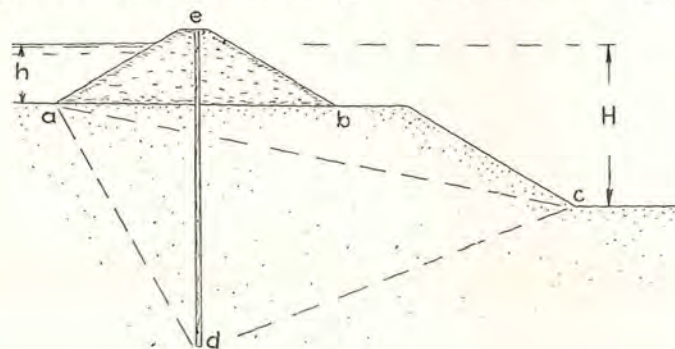


Fig. 305.

gende Dæmningsbrud meget større end i de ovenfor nævnte Tilfælde. Vandet vil her trænge ind langs Fangedæmningens Underside (*ab*) og, navnlig hvis Byggegrubens Dybde *H* under Vandspejlet er stor i Forhold til Afstanden mellem Fangedæmningen og Byggegruben, ind gennem Byggegrubens Skraaning og Bund. Hvis Vandbevægelsen sker med saa stor Hastighed, at Vandet kan trække Sandkorn med sig, vil Sandbundens Lejringsstæthed og Modstanden mod Vandgennemstrømning efterhaanden formindskes, saaledes at der ret hurtigt sker Underskæring og Dæmningsbrud. Da Gennemstrømningshastigheden vokser med Trykhøjden (*h* og *H*) og er omvendt proportional med Vejlængden (*ab* og *ac*), bør Fangedæmningens Bredde være desto større, jo større Vanddybden *h* er, og Afstanden fra Fangedæmningen til Byggegruben være desto større, jo større Byggegrubens Dybde (*H*) under Vandspejlet er. Til Fangedæmninger paa Sandbund er derfor Jorddæmninger med Skraaninger (bred Fod) bedre end Kassefangedæmninger.

Ved Anvendelse af Spunsvæg (som f. Eks. *ed* i Fig. 305) i Forbindelse med Fangedæmningen kan man opnaa at formindskes Faren for Dæmningsbrud som Følge af Underskæring, idet Vandets Vej (*adc*) fra Ydervandet til Byggegruben her forlænges, ved at Vandet skal pas-

sere uden om Spunsvæggen, saaledes at Modstanden mod Vandets Bevægelse forøges.

Jo mere storkornet Sandbunden er det paagældende Sted, desto mere udsat er en Fangedæmning for at blive ødelagt ved Underskæring. Hvor Bunden bestaar af groft Sand eller af Grus, bør man helst undgaa at anvende Tørlægning inden for Fangedæmning, medmindre Vanddybden og Byggegrubens Dybde kun er ganske ringe. Hvis der anvendes Fangedæmning, bør der i hvert Fald i denne indgaa en Spunsvæg, som rækker dybt ned i Bunden.

221. Fangedæmning af Jordfyld, uden Indfatningsvægge. En Fangedæmning kan bestaa af en ganske simpel Jorddæmning, begrænset af Skraaninger saavel mod Byggegruben som mod Vandet. I Almindelighed anvendes saadanne Jordfangedæmninger kun i de Tilfælde, hvor Vanddybden er forholdsvis lille (indtil ca. 1 m), fordi der paa større Vanddybder medgaaer saa store Jordmængder til saadanne Fangedæmninger, at de er dyrere end andre Slags Fangedæmninger. Hvis Fangedæmningen kan indgaa som en Del af en permanent Opfyldning, og Fangedæmningen derfor ikke skal graves bort igen, efter at det paagældende under Tørlægning udførte Bygværk er fuldført, kan det i mange Tilfælde være fordelagtigt at anvende Jordfangedæmning, selv om Vanddybden er stor.

Dæmningsens Krone gøres i Reglen 1 til 2 m bred, Skraaningsanlægget sædvanlig ca. 3 (eller noget større) under Vandlinien og ca. 2 over Vandlinien. Til Dæmningsfyld anvendes gerne lerblandet Sand. Rent Sand er ogsaa anvendeligt. Fyld, som er meget lerholdigt, og stenet Fyld egner sig mindre godt, fordi saadan Fyld ikke lejres tæt, naar den udlægges i Vand og derfor ikke kan stemples.

Anvendelse af Jordfangedæmning er betinget af, at der ikke er Strøm eller Bølger af nogen Betydning det paagældende Sted. Beskyttelse af den ud mod Vandet vendende Jordskraaning, f. Eks. med Stensbelægning, vil i Reglen betyde saa stor Udgiftsforøgelse, at det vil betale sig at anvende anden Fangedæmningskonstruktion.

Til en Fangedæmning, der skal føres tværs over et Vandløb, og hvor

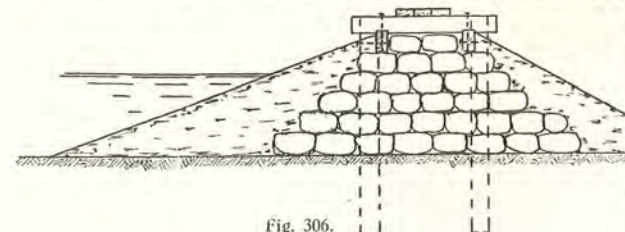


Fig. 306.

Jorden derfor, naar den styrtes ud i Vandet, vil blive skyllet bort af det strømmande Vand, kan anvendes en Kærne af sandfyldte Sække og

Jordfyld paa begge Sider af denne Kærne (Fig. 306). Der bygges først en Træbro i Fangedæmningsens Midtlinie til Transport af Fyldmaterialerne, saaledes at Fangedæmningen kan opføres lagvis fra den ene af Vandløbets Bredder helt til den anden Bred. Fra Broen udlægges først et Par Lag sandfyldte Sække, og paa begge Sider af disse Lag anbringes Jordfyld indtil lidt under det øverste Lag Sandsække. Derefter udlægges de næste Lag Sække, og Jordfyldningen paa Siderne føres op til tilsvarende Højde o. s. fr., indtil Dæmningskærnen af Sandsække naar op over Vandspejlet. Vandstrømmen er da standset, saaledes at Dæmningsprofilet kan fuldføres ved Efterfyldning med Jord.

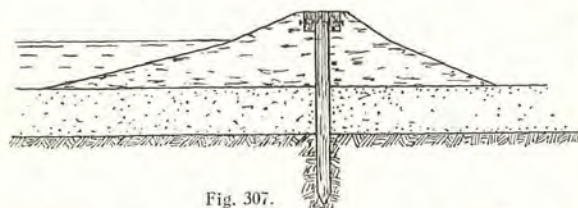


Fig. 307.

Sædvanlig vil en Spunsvæg af Træ kunne anvendes her. Hvis den Sandaare, i hvilken Vandbevægelsen skal afskæres, ligger i betydelig Dybde, og særlig hvis den over Sandaaren liggende Jordbund er haard og stenfyldt, maa der anvendes Jernspunsvæg.

Hvis Bunden bestaar helt af Sand, maa der ligeledes anvendes Spunsvæg til Begrænsning af Vandtilstrømningen til Byggegruben fra Vandet uden for Fangedæmningen, saaledes som allerede nævnt i det foregaaende.

222. Fangedæmninger af Jord, med enkelt Indfatningsvæg. I Fig. 308 er vist en saadan Fangedæmning. Indfatningsvæggen bestaar her af Plankeflager, der støttes af Pæle. Disse er først oven forsynet med en

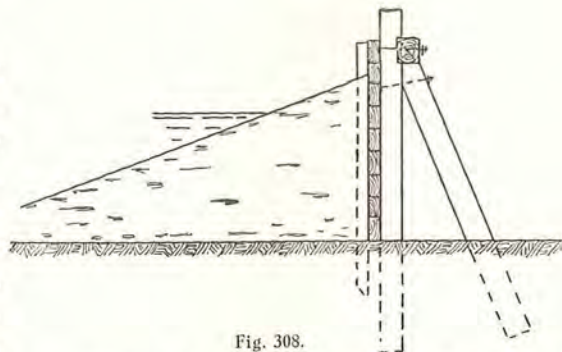


Fig. 308.

Tvinge og er støttet af Skraapæle. Ud for hver eller hveranden af Lodpælene er rammet en lodret stillet Planke, der tjener til at holde Plankeflagerne paa Plads, indtil Jordfylden er anbragt. Jordfylden ligger her paa den mod Vandet vendende Side af Indfatningsvæggen. Denne Anordning har den Fordel, at Fangedæmningen ikke lider nogen Skade, selv om der er større Utætheder i Jordfylden (f. Eks. som Følge af, at

Jorden ikke lejrer sig tæt ved Udlægningen, fordi den er klumpet). Naar der ved Udpumpning af Vandet inden for Fangedæmningen sker stærk Gennemstrømning gennem Jordfylden, hvad der ved en Jordfangedæmning uden Indfatningsvægge kunde medføre Dæmningsbrud, vil de Jorddele, som føres med af Vandet, her standses af Væggen (som derfor maa være jordtæt), saaledes at Fangedæmningen efterhaanden bliver tæt.

Vandtrykket og Jordtrykket virker ved denne Konstruktion i samme Retning, hvorfor Væggens Afstivning her maa være forholdsvis stærk.

Anbringes Jordfylden paa den mod Byggegruben vendende Side af Indfatningsvæggen, virker Jordtrykket og Vandtrykket mod hinanden. Der behøves her i Reglen ingen Afstivning af Væggen ind mod Byggegruben, idet det passive Jordtryk fra Jordopfyldningen er tilstrækkeligt til at give fornøden Stabilitet over for det paa Væggen virkende Vandtryk. Derimod maa der sættes Skraapæle paa Væggens udvendige Side til Afstivning af Indfatningsvæggen mod det (aktive) Jordtryk, der virker paa denne før Vandets Udpumpning fra Byggegruben. (Efter Vandets Udpumpning vil Vandtrykket paa Væggens udvendige Side være større end det aktive Jordtryk paa den indvendige Side). Denne Konstruktion har dog den Mangel, at den ikke er selvtættende, saaledes som Tilfældet er ved Fangedæmning med Jordfylden liggende paa udvendig Side. Paa Steder, hvor Fangedæmningen kan blive udsat for Bølgepaavirkning, kan det være fordelagtigt at have Jordfylden liggende inden for Væggen. Det bruges ofte at lægge en lille Jordopfyldning nede ved Bunden paa udvendig Side af Indfatningsvæggen, fordi Tilslutningen mellem Plankeflagerne og Bunden ellers er vanskelig at faa tilstrækkelig tæt.

Anvendelse af en Indfatningsvæg, som den viste, er betinget af, at den naturlige Bund er fast og tæt. Hvis der findes Sandaarer i Bunden, eller hvis denne bestaar helt af Sand, maa der anvendes Spunsvæg.

223. Kassefangedæmninger. En Kassefangedæmning bestaar af Jordfyld indfattet mellem to Vægge. Naar Vanddybden ikke er ganske ringe, er en saadan Fangedæmning billigere end en Fangedæmning af Jord uden Indfatningsvægge (eller med enkelt Indfatningsvæg), idet der kun medgaar forholdsvis lille Jordmængde. Hertil kommer, at i en Kassefangedæmning er Jordfylden beskyttet mod Bølger og Strøm. En Kassefangedæmning er i det hele taget mere solid og sikker end de ovenfor omtalte Fangedæmningskonstruktioner.

Fangedæmningsens Bredde skal være saa stor, at den mellem Indfatningsvæggene indesluttede Jordfyld dels giver den Tæthed, der er for-

nøden for at begrænse Vandgennemstrømningen i passende Grad, dels giver Fangedæmningen den fornødne Stabilitet for det paa Fangedæmningen virkende Vandtryk. I Reglen er det Stabilitetshensynet, der er bestemmende for Bredden af Fangedæmningen, idet der med den Slags Jordfyld, der i Praksis kan være Tale om at anvende, vil opnaas tilstrækkelig Tæthed, naar Fangedæmningen gøres saa bred, som det er nødvendigt, for at den kan modstaa Vandtrykket uden særlig Afstivning. Man regner ofte som omtrentligt Maal for den af Hensyn til Stabiliteten fornødne Bredde med, at en Kassefangedæmnings Bredde skal være omtrent lig med dens Højde (Højden regnet som Afstanden fra fast Bund til Fangedæmnings Overkant), lidt mindre end denne Højde ved Kassefangedæmninger paa forholdsvis lille Vanddybde (f. Eks. mindre end 2 til 3 m), noget større end denne Højde, hvis Vanddybden er forholdsvis stor (f. Eks. større end 4 til 5 m). Kassefangedæmninger paa stor Vanddybde plejer man dog i Reglen at forsyne med Afstivning mod Vandtrykket (ved Hjælp af Skraapæle), selv om Bredden gøres saa stor, at Fangedæmningen efter den her angivne empiriske Regel skulde kunne regnes at have fornøden Stabilitet uden saadan Afstivning. Grunden hertil er dels den Usikkerhed, der er til Stede med Hensyn til passivt Jordtryks Størrelse og Virkemaade — tilfældige Mangler ved Jordfylden (f. Eks. særlig stort Lerindhold) eller Tilstedeværelse af noget Dynd eller Tang forneden i Fangedæmningen kan formindske Størrelsen af det passive Jordtryk fra Dæmningsfylden meget betydeligt — dels, at Sikring af Fangedæmnings Stabilitet ved Afstivning med Skraapæle ikke er nogen synderlig kostbar Foranstaltning.

Til Fyld er lerholdigt Sand bedst. Rent Sand, der dog ikke maa være grovere end mellemfint Sand, er ligeledes god Dæmningsfyld til Kassefangedæmninger. Anvendelsen af rent Sand medfører dog, at der maa stilles større Krav til Indfatningsvæggens Tæthed, end Tilfældet er, hvis Fylden er lerholdig, fordi Sand lettere end leret Fyld trækkes ud gennem Utætheder i Indfatningsvæggene af det gennemsivende Vand. Saafremt Indfatningsvæggene udføres saaledes som vist i Fig. 309, er det ofte vanskeligt at faa Sandtæthed forneden, hvor Flagerne slutter til Bunden. Det kan her være praktisk at lægge et Lag sandblandet Ler nederst i Fangedæmningen. Hvis Indfatningsvæggene bestaar af Spuns-vægge, behøves der ikke saadant Tætningslag.

Sandfyld og kun lidt lerholdigt Sand har den Fordel fremfor sandet Ler og rent Ler, at der ikke danner sig større Hulheder i Fangedæmningen. Hvis der er større Utætheder i Indfatningsvæggene, gennem hvilke Fylden trækkes med ud af det gennemsivende Vand, kan der,

hvis det er leret Fyld, dannes store Hulrum inde i Fangedæmningen, inden den overliggende Jord synker efter og udfylder Hulrummene, og disse Hulrum kan da maaske antage saadanne Dimensioner, at Fangedæmningen ikke er i Stand til at modstaa Vandtrykket ude fra, saaledes at der sker Dæmningsbrud. Ved Sandfyld derimod synker det overliggende Sand straks ned, efterhaanden som Sandet trækkes ud gennem Indfatningsvæggens Utætheder, saaledes at man bliver opmærksom paa Manglerne og kan afhjælpe dem, forinden der sker større Skade.

Hvis Fangedæmnings Bredden gøres væsentlig mindre end ovenfor nævnt (Bredden omtrent lig med Højden), faas der ikke tilstrækkelig Tæthed, naar der anvendes Sand eller svagt lerblandet Sand til Fyld i Fangedæmningen. Der maa i saa Fald benyttes tættere Fyldmateriale (Ler med kun lidt Sand). Saadanne forholdsvis smalle Fangedæmninger kræver desuden af Stabilitetshensyn, at der anvendes Afstivning med Skraapæle.

Til Fangedæmninger paa tæt og fast Bund kan anvendes den i Fig. 309 viste Konstruktion. Hver af de to Indfatningsvægge bestaar af en Række Pæle, med 1 til 1,5 m indbyrdes Afstand, og inden for Pælerækken Flager af Planker. Væggene er forankrede mod hinanden ved gennemgaaende Skruebolte og langs-gaaende Tømmer (Tvinger) udvendig paa Pælene. Hvis der til Tværforbin-

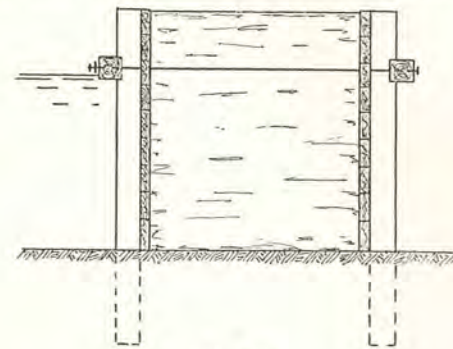


Fig. 309.

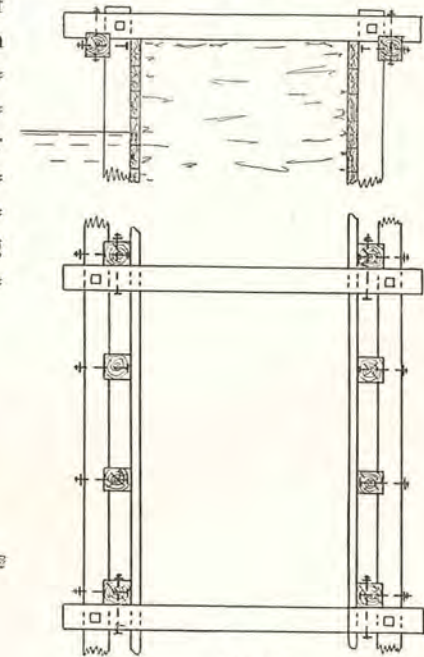


Fig. 310.

delsen mellem de to Indfatningsvægge anvendes Tømmer som vist i Fig. 310 — Forbindelsestømmerne (Ankre) er skrammet over de udvendig paa Pælene siddende Tvinger og fastboltet dels til disse, dels til de ved Siden af Ankeret staaende Pæle — bør disse tværgaaende Tømmer

ligge over Fangedæmningens Jordfyld. Hvis Ankrene anbringes nede i Jordfylden, vil der kunne dannes Hulrum under Ankrene, ved at Jorden under disse synker, og den overliggende Jord, idet denne bæres af Ankrene, af disse hindres i at synke efter, og herved opstaa store Utætheder i Fangedæmningen. Hvis der findes porøse vandførende Lag (Sandaarer) i Bunden, maa den ene af Indfatningsvæggene eller begge Indfatningsvægge udføres som Spunsvæg og føres ned gennem det

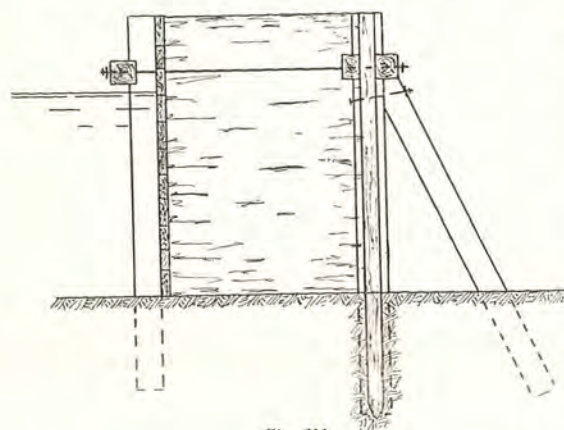


Fig. 311.

vandførende Lag. Spunsvæggen kan, hvis den overliggende Jordbund ikke er særlig haard og er nogenlunde fri for Sten, og hvis det vandførende Lag ikke ligger for dybt nede, udføres af Træ. I modsat Fald maa der anvendes Jernspunsvæg. I Fig. 311 er vist en Kassefangedæmning, hvis ene Indfatningsvæg er udført som Spunsvæg af Træ, og som (af Stabilitetshensyn) er forsynet med Skraapæle-Afstivning. De ud for Skraapælene staaende Spunspæle er noget sværere end de øvrige Spunspæle. Til hver af disse noget sværere Spunspæle (kaldet Notpæle) er den tilhørende Skraapæl forbundet med Skruebolt. Spunspælene holdes sammenspændt mellem to Tvinger, idet der i Krydsningerne mellem Tvinger og Notpæle er foretaget Udskramning i saavel Tvinger som Notpæle. Ved at den udvendige Tvinge, mod hvis Underside Skraapæle's Endeflade ligger an og udøver Tryk, ligger i en Udskæring i Notpælen og er fastboltet til denne, dannes den for Fangedæmningens Afstivning ved Hjælp af Skraapæle's fornødne Forbindelse (Pælebuks-Forbindelse) mellem Skraapælen og Notpælen.

224. Fangedæmninger paa Klippebund. I Fig. 312 er vist en Fangedæmning, der ligesom de almindelige Kassefangedæmninger bestaar af Jordfyld begrænset af to Indfatningsvægge. Indfatningsvæggene's Pæle er her erstattet med lodret stillede Tømmer¹⁾. Hvert af disse Tømmer er forneden forsynet med en Jerntap, der f. Eks. kan være fastholdt til Tømmeret ved Hjælp af Jern-Spænderinge (Krympningsringe). Med disse

¹⁾ I Stedet for Tømmer kan der anvendes Jernbjælker, f. Eks. H-Jern.

Jerntappe staar Tømmerne i Huller, der er boret i Klippebunden. De to Rækker lodret stillede Tømmer er foroven indbyrdes forbundet med Forankringsbolte, der gaar gennem de udvendige paa Tømmerne

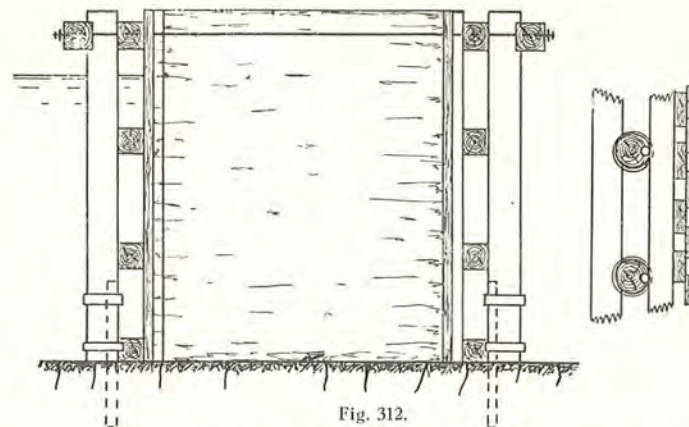


Fig. 312.

anbragte Tvinger. Indvendig paa de nævnte Tømmer og befæstet til disse med Spidsbolte eller Skruebolte er (af Dykker) anbragt nogle vandret liggende Tømmer og paa disse en Klædning af Planker. Klædningen bestaar af lodret stillede Planker. Disse kan enten staa tæt Side om Side, med eller uden Spunnsning, eller de kan stilles »een paa to«, saaledes som vist i Figuren. Ved denne Anordning (med lodret stillede Planker) opnaas det lettere at faa Klædningens Tilslutning til Klippebunden nogenlunde tæt (hvis Klippebunden er ujævn), end det kan gøres, naar Klædningen dannes af store Plankeflager, idet en Tildannelse af den nedre Kant af en saadan Flage efter Bundens Form er vanskelig at udføre saaledes, at Flagen kommer til at slutte blot nogenlunde tæt til Bunden. Sædvanlig er man dog, selv om Klædningen udføres af lodret stillede Planker, nødsaget til at tætte yderligere, f. Eks. med betonfyldte Sække, der anbringes inden for Indfatningsvæggene paa Bunden langs Plankevæggene.

Fangedæmningens Bredde maa her helst gøres saa stor, at Jordfylden

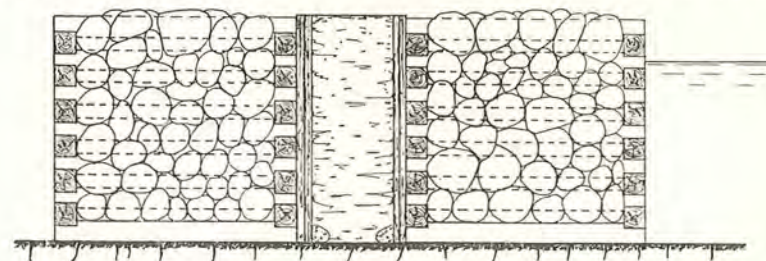


Fig. 313.

alene giver den fornødne Stabilitet for det udvendige Vandtryk, idet det er vanskeligt og bekosteligt at tilvejebringe Afstivning af Fangedæmningen.

I Fig. 313 er vist en anden Konstruktion af Fangedæmning. Ved denne er der til Støtte for Indfatningsvæggene for Dæmningens Jordfyld anvendt to Rækker stenfyldte Tømmerkister. Indfatningsvæggene dannes ogsaa her af lodret stillede Planker. Afstanden mellem de to Indfatningsvægge kan her, naar der anvendes tæt Fyld — rent Ler eller Ler med kun lidt Sand — gøres lille, idet de stenfyldte Tømmerkister giver Fangedæmningen den fornødne Stabilitet.

I Fig. 314 er vist en Konstruktion, ved hvilken der kun haves een

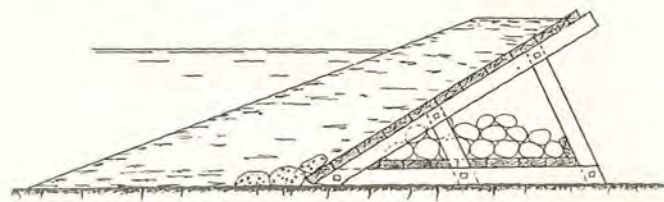


Fig. 314.

Indfatningsvæg, og hvor Fangedæmningens Jord er ubeskyttet ud mod Vandet. Den kan anvendes paa lille Vanddybde. Til Støtte for Indfatningsvæggens Plankeflager haves her en Række vinkelformede Tømmerrammer, hver hvilende med det ene Vinkelben paa Bunden og fastholdt i Stilling ved Belastning med Sten anbragt paa Plankeflager paa det paa Bunden liggende Vinkelben. Ved den skraa Stilling af Indfatningsvæggen opnaas dels, at der medgaar forholdsvis ringe Mængde Fyld til Fangedæmning, dels en Forøgelse af Fangedæmningens Stabilitet, idet den Friktion mellem Tømmerrammerne og Bunden, der svarer

til den lodrette Komposant af Vandtryk og Jordtryk paa Plankevæggen, bidrager til Frembringelsen af den for Fangedæmningens Stabilitet fornødne Modstand mod Glidning.

Ved den i Fig. 315 viste Konstruktion støtter Indfatningsvæggen mod en Række Tømmerbukke,

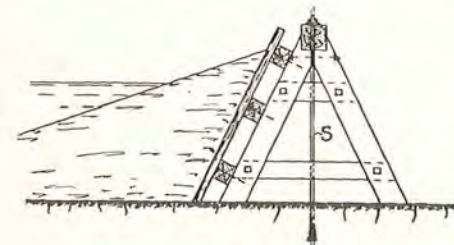


Fig. 315.

paa hvilke der er befæstet vandret liggende Bjælker. Hver af Bukkene holdes i Stilling, staaende med Benene paa Bunden, ved Hjælp af en Forankringsbolt S. Denne er fastgjort i Klippebunden, ved at Bolte-Enden er sat i Spænd i det tilhørende i Forvejen borede Hul i Klippe-

bunden. Fastgørelsen sker, ved at der i den opspaltede Ende af Bolten indsættes en Jernkile, som, idet Bolten med Slag drives ind i Hullet, kiler Bolte-Endens to Halvdele noget fra hinanden, saaledes at de kommer til at spænde i Hullet.

225. Særlige Konstruktioner af Fangedæmninger. Til Begrænsning ud mod Vandet af en Byggegrube, der skal tørholdes, anvendes ofte blot en enkelt Jernspunsvæg — uden Jordfyld til at skaffe Tæthed som ved almindelige Fangedæmninger — idet en saadan Væg uden særlige Vanskeligheder kan udføres tilstrækkelig tæt, til at der kun gaar ganske ringe Mængde Vand gennem Væggen ved Samlingsstederne mellem Spunsvægsjernene, selv om Vanddybden uden for Spunsvæggen er ret betydelig. For at forøge Spunsvæggens Tæthed kan man overstryge Spunsvægsjernenes Fjere og Notflader med Kultjære eller Asfalt, forinden Spunsvægsjernene rammes.

Spunsvæggen anbringes i mange Tilfælde tæt op ad Bygværket (eller dets Fundament), hvis dette udføres af Beton, idet man da lader Spunsvæggen danne Forskalling for Betonen.

Byggegruben udgraves i saa Fald helt ind til Spunsvæggen (Fig. 316). Den fornødne Understøtning foroven for Spunsvæggen maa her tilvejebringes ved tværs over Byggegruben gaaende Afstivningstømmer til Spunsvæggen paa den modsatte Side af Byggegruben. Hvis Byggegrubens Bredde og Længde er for stor til, at der kan anvendes en saadan Afstivning af de over for hinanden staaende Spunsvægge, maa Spunsvæggen understøttes ved Hjælp af Pælebukke paa lignende Maade som vist i Fig. 299 (Side 315). I saa Fald maa Spunsvæggen holdes i saa stor Afstand fra den Byggegrube, der skal fremstilles, at Pælebukkernes Skraapæle kommer til at staa uden for den udgravede Byggegrube.

Spunsvæggen maa være ført tilstrækkelig langt ned i Grunden til, at der ikke kan opstaa saa stærk Vandbevægelse fra Vandet uden for Spunsvæggen under denne og ind i Byggegruben, at Jordbunden inden for Spunsvæggen løsnes, idet der ellers hurtigt vil ske Underskæring af Spunsvæggen, saaledes at Vandet strømmer ind i store Mængder, med samme Følger som ved Fangedæmningsbrud. Hvis Jordbunden ikke er

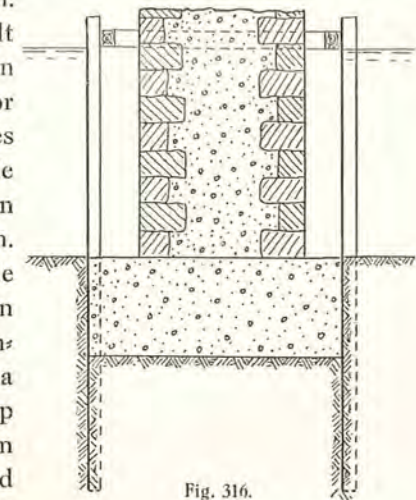


Fig. 316.

meget tæt, eller hvis der findes Sandaarer i Bunden, og i særlig Grad, hvis der under saadanne Bundforhold udgraves Byggegrube helt ind til Spunsvæggen, er der Risiko for pludselig indtrædende Underskæring af Spunsvæggen som Følge af, at Jordbunden inden for Spunsvæggen sprænges af Vandtrykket fra nedenunder, og at Vandet baner sig Vej under Spunsvæggen. I saadanne Tilfælde, hvor Bundforholdenes Karakter bevirker, at der er stor Risiko for, at der kan ske Underskæring som nævnt, kan man blive nødsaget til at udføre en Del af Bygværket uden Tørlægning, idet man da ligesom ved Anvendelse af delvis tørlagt Byggegrube som beskrevet i § 218 foretager Udgravningen af Byggegruben under Vand og udfører saa stor en Del af Fundamentets Beton ved Støbning under Vand, som er nødvendig for Fremstilling af den for den senere Tørlægning fornødne Grundfangedæmning («Betonprop»). Først efter dennes Hærdning foretages der da Udpumpning af Vandet, saaledes at Resten af Bygværket kan udføres i tør Byggegrube. Det forekommer ret ofte, at det først er efter, at Tørlægning til fuld Dybde er mislykkedes, ved at Spunsvæggen er blevet underskaaret, at man gaar over til at anvende Metoden: delvis Tørlægning af Byggegruben, med Udgravning under Vand, Grundfangedæmning af Beton støbt under Vand og Opførelse af kun den over Grundfangedæmningen værende Del af Bygværket under Tørlægning.

Naar Byggegruben graves helt ind til Spunsvæggen, og Fundamentets Beton støbes op mod Spunsvæggen, er der den Ulempe, at Spunsvæggen ikke kan fjernes efter Byggearbejdets Fuldførelse ved Oprækning af Spunsvægsjernene. Disse maa da afskæres i Højde med Fundamentets Overside. Da denne Afskæring maa ske under Vand, er den ret besværlig og kostbar.

I Tilfælde af, at den nederste Del af et Bygværk kan fremstilles af Beton støbt under Vand, medens Udførelsen af den øvrige Del kræver Tørlægning, kan undertiden følgende Fremgangsmaade være fordelagtig, hvor det drejer sig om ikke særlig store Bygværker — f. Eks. om en Bropille — og hvor Fundamentsfladen ikke skal føres ned til stor Dybde under Jordbundens Overflade.

Ved Udgravning under Vand (med Uddybningsmaskine) til det bæredygtige Jordlags Overflade (Fig. 317) fremstilles en Byggegrube, noget længere og bredere end selve Bygværket og med Jorden staaende med Skraaning rundt om Byggegruben. Paa den saaledes blotlagte Byggegrund anbringes et af Jernplader fremstillet Rør, hvis Vidde er saa stor, at Bygværket kan opføres inde i det. Røret kan være samlet af kortere Rørstykker med Vinkeljernsflanger, mellem hvilke der anbringes Pakning. Ved Sammenspænding af Rørstykkerne indbyrdes med

Skruebolte gennem Vinkeljernsflangerne kan derved fremstilles et vandtæt Rør, rækkende fra Grubens Bund til op over Vandspejlet. Hvis Vanddybden ikke er for stor, kan Røret fremstilles færdigt paa Land og sættes paa Plads med

en Kran. I modsat Fald maa Forbindelsen mellem de enkelte Rørstykker udføres af Dykker. Der udstøbes derefter under Vand en Betonbund (Grundfangedæmning) inde i Røret. Betonbunden maa være saa tyk, at Vægten af Betonen og Vægten af selve Jernrøret tilsammen er lidt større end det opad virkende Vand-

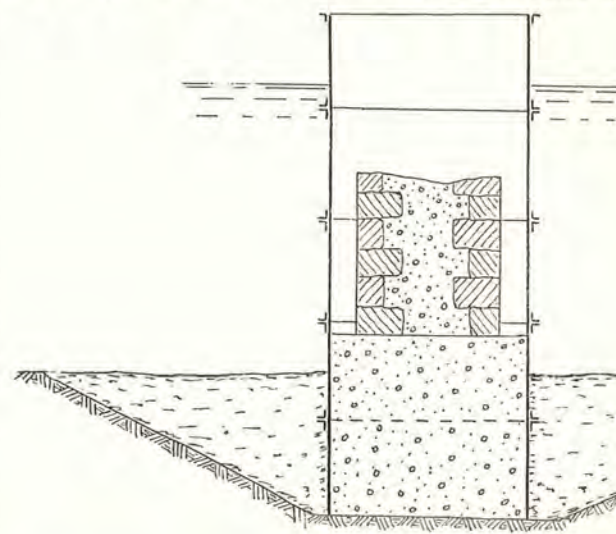


Fig. 317.

tryk (Opdriften) paa Betonbundens Underside, saaledes at Røret og Betonlegemet ikke løftes, naar Vandet oven over Betonbunden pumpes ud. Ved Tilfyldning af den uden for Røret værende Del af den udgravede Grube kan det opnaas, at Modstanden mod, at Røret hæves af det opad virkende Vandtryk, forøges med Friktionen mellem Røret og den omgivende Jordfyld, og at Tykkelsen af Betonbunden kan gøres tilsvarende mindre.

Efter Bundbetonens Hærdning udpumpes Vandet, og den over Betonlaget værende Del af Bygværket udføres tørt. Fjernelsen af den oven over Betonbunden værende Del af Jernrøret efter Bygværkets Fuldførelse sker her betydelig lettere, end det kan gøres, hvis der som Indfatning anvendes Jernspunsvæg, idet man her ved at udtage Boltene i den nærmest over Bundbetonens Overflade siddende Flange kan skille den øverste Del af Røret fra den Del, der maa forblive i Bunden.

Ved Reparationer af mindre Dele af en Kajmurs Yderflade og ved lignende Arbejder kan man holde Vandet ude fra det Sted, hvor Arbejdet skal udføres, ved paa Murfladen at anbringe en af Planker paa Tømmer-Rammer dannet Kasse, der er aaben paa den Side, der vender ind mod Murfladen (Fig. 318). De tre Ramstykker, med hvilke Kassens to Sider og dens Bund ligger an mod Murfladen, er forsynet

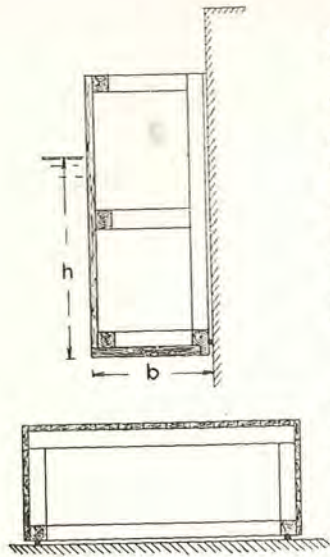


Fig. 318

frembragte Friktionsmodstand, maa Kassens Bund belastes.

med Pakningsindlæg, liggende i langsgaaende Noter i Tømmerne. Naar Vandet pumpes ud af det af Kassen og Murfladen begrænsede Rum, presses Kassen af Vandet uden for denne ind mod Muren, saaledes at der faas tilstrækkelig Tæthed til, at man let kan holde Rummet frit for Vand. For at Kassen ikke skal kunne løftes af Vandtrykket paa Bunden maa:

$$bh < \mu \frac{1}{2} h^2,$$

hvor μ er Friktionskoefficienten for Pakningens Glidning paa Muren. Kassens Bredde b er bestemt af, at der skal være den for Arbejdets Udførelse fornødne Plads foran Muren. Hvis h ikke er stor nok til, at Kassen kan holdes fast af den af Vandtrykket

226. **Byggegrubens Tørholdelse.** Til en tørlagt Byggegrube vil der stadig ske nogen Vandtilstrømning, dels gennem Utætheder i Indfatningerne for Byggegruben, dels op gennem Byggegrubens Bund, og dette tilstrømmende Vand ligesom ogsaa det Nedbørsvand, der falder paa Byggegrubens Areal, maa fjernes ved Pumpning.

Hvis Grundvandspejlet inde i Byggegruben naar helt op til Byggegrubens Bund, saaledes at der løber eller maaske blot siver Vand hen over Bunden som Overfladevand, vil ved Betonstøbning den paa Bunden udlagte Beton kunne beskadiges, ved at Cementen udvaskes af den næreste Del af Betonlaget.

For at undgaa Ulemperne hidrørende fra Overfladevand i Byggegruben maa man holde Grundvandspejlet noget (f. Eks. mindst 20 cm) lavere end Byggegrubens Bund. Der maa da i Byggegruben graves Afvandingsgrøfter eller lægges Dræn, ad hvilke det fra Bunden og fra Indfatningernes Utætheder kommende Vand ledes til den Sump, hvorfra Vandet oppumpes. Saadanne Dræn bør saa vidt mulig lægges uden for Bygværkets Fundamentsflade.

I mange Tilfælde nødvendiggør dog en tilfredsstillende Tørholdelse af Byggegrubens Bund, at der maa lægges Drænledninger inden for Fundamentsfladen, f. Eks. hvis Fundamentsfladens Areal er meget stort, eller hvis der paa dette fremkommer Kilder i Byggegrubens Bund. Hvis saadanne Drænledninger skal udfyldes af Hensyn til, at Fundamentet

over hele Fundamentsfladen skal slutte saa tæt som mulig til Byggegrunden, maa saadan Udfyldning ske ved Udstøbning, efter at Vandet er hørt op at strømme gennem Drænene. (Se herom § 227, Side 342).

Utætheder i Indfatningsvægge og Fangedæmninger bør søges undgået ved omhyggelig Udførelse af disse, idet det er vanskeligt at foretage Udbedring af Indfatningerne for Byggegruben, efter at denne er udpumpet. Større Lækager, navnlig saadanne, som opstaar for nede ved Tilslutningen mellem en Fangedæmnings indvendige Trævæg og Bunden, er der ofte ingen anden Maade at udbedre, end ved at der opføres en ekstra Fangedæmning inden for den egentlige Fangedæmning (Fig. 319).

Ved Fangedæmninger, der kun bestaar af en enkelt Jernspunsvæg kan mindre Utætheder ved Samlingsstederne mellem Spunsvægsjernene tættes, ved at man hælder fint Kokssmuld ud i Vandet uden for Spunsvæggen. Det indstrømmende Vand trækker Kokssmuld med ind i Utæthederne, hvor det bliver siddende og tilstopper dem. Til saadan Tætning ude fra kan ogsaa anvendes Savsmuld. I saa Fald maa en Dykker bringe en Sæk med Savsmuld ned til det Sted, hvor Utæthederne findes, og her aabne for Sækken, saaledes at Savsmuldet fordeler sig i Vandet og af dette føres ind i Væggens Utætheder.

Oppumpning af Vandet fra Byggegruben sker fra en Sump, der maa være tilstrækkelig dyb til, at Vandspejlet her kan holdes saa lavt som fornødent for Grundvandspejlets Sænkning under Byggegrubens Bund. Det er i Reglen fordelagtigt at gøre Sumpen rigelig stor, saaledes at den kan tjene som Reservoir, idet man ikke behøver at holde Pumpen i Gang uafbrudt, men kan have kortere eller længere Pauser i Pumpningen, efter som Vandtilstrømningen er mer eller mindre stærk.

Til Tørholdelse af Byggegruben maa anvendes saadanne Pumper, som kan taale at tage Vand med opslæmmet Jord og Sand. Ved store Tørlægningsarbejder bruges Centrifugalpumper. Ved Byggegrubens Udpumpning kan Pumpen og den tilhørende Motor anbringes paa Fangedæmningen. Naar Byggegruben er tørlagt, flyttes Pumpen ned i Byggegruben, for at Sugehøjden kan blive saa lille som mulig. Ved Tørlægningsarbejder af saa lille Omfang, at Pumpningen med Fordel kan ske ved Haandkraft, bruges i Reglen Membranpumper.

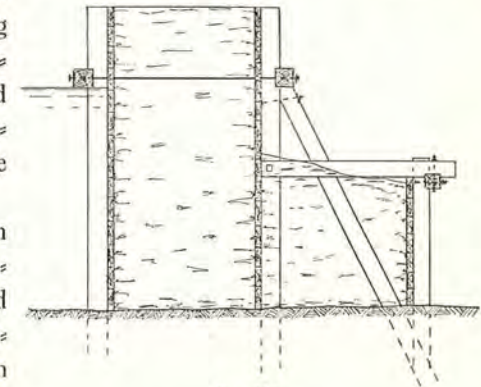


Fig. 319.

Pumpens Sugerør føres ned i Sumpen og er forsynet med en Sugekurv, saaledes at Træstykker, Pinde o. l. hindres i at komme ind i Pumpen. Pumpens Trykrør maa føres op over Fangedæmningens Krone. For at Løftehøjden ikke skal blive større end nødvendig, kan man føre Pumpens Trykrør saa langt ned paa den udvendige Side af Fangedæmningen, at Rørets Munding ligger lidt under laveste Vandstand uden for Fangedæmningen.

Størrelsen af den Vandmængde, der skal oppumpes, for at Byggegruben kan holdes tør, afhænger, foruden af Indfatningernes Tæthed, af Byggegrubens Størrelse, Jordbundens Gennemtrængelighed for Vand og det ydre Vandspejls Højde over det sænkede Grundvandspejl i Byggegruben. Til Bestemmelse af den fornødne Maskinkraft til Tørholdelses-Pumpning kræves derfor Kendskab til Jordbundens Vandførings-egne. Hvis det er nødvendigt i Forvejen at bestemme, nogenlunde nøjagtigt, hvor stort Pumpeanlægget skal være, maa der foretages Prøvepumpning med tilhørende Maaling af Grundvandsspejlets Sænkning. Som en ganske raa Tilnærmelse bruges det undertiden at regne:

$$N = \frac{F H}{150},$$

hvor N er Pumpemotorens effektive Hestekraft, F Byggegrubens Areal i m^2 og H Løftehøjden (i m) fra Sumpens Vandspejl til det ydre Vandspejl. Under Byggegrubens Lænsning kan man faa noget sikrere Oplysning til Bestemmelse af, hvor stor Vandtilstrømning der kan ventes at komme under Byggegrubens Tørholdelse, ved at man, naar Vandspejlet inden for Fangedæmningen er sænket et Stykke h under det ydre Vandspejl, maaler den Vandmængde q , der skal udpumpes for at holde Vandspejlet i konstant Højde. Er H Løftehøjden under Byggegrubens Tørholdelse, kan Udpumpningsmængden under Tørholdelsen sættes til

$$Q = q \sqrt{\frac{H}{h}}.$$

XI. UDFØRELSE AF BETONBYGVÆRKER.

227. Udførelse i tørlagt Byggegrube. Til Betonbygværker i Havvand bør der i Almindelighed anvendes særlig fed Beton, idet det af Hensyn til Betonens Holdbarhed over for Havvandets Paavirkninger er nødvendigt, at Betonen er saa tæt som mulig.

Ved massive Bygværker, som f. Eks. Kajmure, Slusemure og Dokmure, hvor Bygværkets Dimensioner er bestemt af, at dets Vægt skal være tilstrækkelig stor til at give det fornøden Stabilitet over for de ydre Kræfter (Jordtryk og Vandtryk), er Materialsparingerne ofte saa smaa, at man, hvis Styrkehensynet alene kan være det afgørende, godt kan udføre største Delen af Bygværket af forholdsvis mager Beton. F. Eks. bruges det undertiden ved massive Kajmure, som den i Fig. 320 viste, at udføre den indre Del af Muren af mager Beton, mens der til den øvrige Del af Muren anvendes federe Beton, f. Eks. med Blandingsforhold 1:2:4, saaledes at den af mager Beton bestaaende Kærne er beskyttet mod Vandets Paavirkning af den af fed Beton dannede Skal.

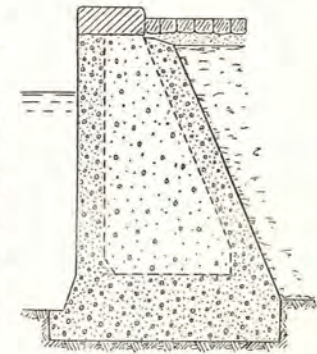


Fig. 320.

Hvis Vandet, saaledes som det er Tilfældet ved Dokmure, Slusemure og Spærredæmninger, kan staa i betydelig større Højde paa den ene Side end paa den anden Side af Muren, og der derfor kan ske Vandgennemsvivning, hvis Muren ikke er tæt, bør det foretrækkes at anvende Sparebeton, bestaaende af fed Beton med Fyldsten, i Stedet for mager Beton, idet saadan Sparebeton er langt tættere end mager Beton med samme totale Cementindhold som Sparebeton. Til Fyldsten i Sparebeton anvendes helst Granitsten af Størrelse som store Haandsten. Fyldstenene bør ikke ligge tættere, end at den indbyrdes Afstand mellem Stenene mindst er 10 til 15 cm. Ved Anbringelsen af Fyldstenene maa det passes, at der ikke dannes Hulrum omkring Stenene. Betonen, hvori Stenene henlægges, maa derfor være plastisk, og Stenene maa enkeltvis og med en Støder trykkes saa langt ned i Betonmassen, at kun Halvdelen af Stenen rækker op over Betonlaget, forinden den dækkes ved Udlægning af det næste Lag Beton.

Betonstøbning i tørlagt Byggegrube foregaar paa samme Maade som ved almindelig Betonstøbning og kræver ikke særlige Foranstaltninger, saafremt Byggegrubens Bund kan holdes helt fri for Vand.

Dersom Byggegrubens Bund ikke kan holdes tør paa Grund af, at der trænger Vand op gennem Jordbunden, og at dette Vand løber som Overfladevand til Samlegrøfterne og videre til Byggegrubens Sump, beskadiges den nederste Del af den paa Byggegrubens Bund udlagte Beton, ved at Cementen her udvaskes og føres bort med Vandet. Et under saadanne Forhold udført Betonfundament vil derfor være mer eller mindre porøst i selve Fundamentsfladen, eventuelt her kun bestaa af Betonmassens Stenmateriale uden Mørteludfyldning mellem Stenene, saaledes at der, selv om Jordbunden er tæt, i Fundamentsfladen kan være forholdsvist store Dele af denne, hvor der kan optræde fuldt opad virkende Vandtryk paa Bygværket, naar Vandspejlet, efter at Bygværket er fuldført og Vandet lukket ind i Byggegruben, er steget til den normale Højde (jfr. § 187, Side 227).

Hvis Vandtilstrømningen fra Bunden kun er ganske ringe og jævnt fordelt over hele Bunden, kan man i nogen Grad afbøde de skadelige Følger af, at Overfladevandet udvasker Cementen, ved at anvende særlig fed Blanding til den nederste Del af Fundamentets Beton. Undertiden bruges det at udlægge et Lag fed Mørtel uden Sten direkte paa Byggegrubens Bund.

Hvis det op gennem Bunden kommende Vand danner Kilder i Bunden, bør Vandet fra disse optages i Drænledninger og gennem disse føres uden for Fundamentsfladen.

De af Drænledninger dannede Hulrum under Bygværkets Fundamentsflade kan først udfyldes ved Udstøbning, naar Byggegruben efter Bygværkets Fuldførelse atter er fyldt med Vand, saaledes at Strømningen i Ledningerne er ophørt. Der maa derfor fra de under Fundamentsfladen liggende Drænledninger føres lodrette Forbindelsesrør op til det normale Vandspejls Højde. Til Udstøbningen maa anvendes ren Cement udrørt i Vand. Cementvællingen hældes ned gennem de lodrette Tilledningsrør og fortrænger Vandet paa Grund af dens større Vægtfylde, saaledes at Drænledningerne og Hulrummene omkring disse udfyldes med Cement. For at Vandet i Drænledningerne skal kunne fortrænges af Cementvællingen, maa der være anbragt saa mange lodrette Forbindelsesrør, at nogle af disse kan danne Afløbsrør for det i Drænledningerne staaende Vand. Der maa helst være et Afledningsrør for hvert af de Rør, gennem hvilke der tilledes Cement. Grunden til, at der til Udstøbningen maa anvendes ren Cement og ikke tyndflydende Cementmørtel, er, at saadan Mørtel vilde skilles ad i Cement og Sand under Bevægelsen ned gennem Tilledningsrørene og under Aflejringen i de vandfyldte Drænledninger og Hulrum omkring disse. Hvor det kun drejer sig om Udstøbning i ringe Dybde under Vandspejlet, og Dræn-

ledningernes Længde og Vidde ikke er stor, anvendes dog ofte Cementmørtel til Udstøbning.

Undertiden kan særlige Forhold nødvendiggøre, at Udstøbningen af Drænledningerne og Hulrummene omkring disse foretages, medens Byggegruben endnu er tørlagt. Drænledningerne afproppes da paa de Steder, hvor de er ført uden for Fundamentsfladen, hvorved Vandet i de lodrette Tilledningsrør stiger til en til Grundvandstrykket i Byggegrubens Bund svarende Højde. Idet Strømningen i Ledningerne da er ophørt, kan Udstøbningen ske som ovenfor beskrevet. Anvendelsen af denne Fremgangsmaade ved Udstøbning er imidlertid betinget af, at det i Ledningerne under Fundamentsfladen og i Kilderne og Jordbundens Porer værende Vand, der staar under det til Vandets Stighøjde i de lodrette Tilledningsrør svarende Tryk, ikke er i Stand til i større Mængde at bane sig Vej uden om Rørledningerne. Hvis Jordbunden ikke er meget tæt og fast, vil der ikke kunne taales synderlig stort Vandtryk i Drænledningerne, før Vandet baner sig Vej uden om Ledningerne. Sker dette, kan der derved forvoldes en Del Skade, idet Vandet, ved at det fører noget af Byggegrundens Jord med, underminerer større eller mindre Dele af det færdige Fundament.

Dersom Vandtilstrømningen op gennem Byggegrubens Bund er stærk, og det er forbundet med store Vanskeligheder at sænke Grundvandspejlet inde i Byggegruben tilstrækkelig dybt, til at Bunden kan holdes tør, bruges det undertiden, hvis det for det paagældende Bygværk er uden Betydning, at Fundamentet ikke slutter tæt til Jordbunden, at anbringe et tyndt Lag Sten (Ral) direkte paa Bunden og da udlægge Betonen oven paa dette Stenlag. Idet Trykket fra Bygværket i saa Fald bliver overført gennem Stenlaget til Byggegrunden, vil Bygværket, efterhaanden som Belastningen vokser, sætte sig, ved at Stenene trykkes ned i Jordbunden. I nogle Tilfælde har man i Stedet for et Lag Ral anbragt et Skifte Klinker paa Fladen som Underlag for Betonen. Herved opnaas, at Bygværket sætter sig mindre, end det vilde gøre, hvis der anvendtes Ral som Underlag for Betonen.

228. Betonstøbning under Vand. Ved Betonstøbning under Vand kan man ikke lade den færdig tilberedte Beton frit synke ned gennem Vandet, fordi Betonen i saa Fald i mer eller mindre Grad, efter som Betonen sænkes et længere eller kortere Stykke gennem Vand, vil skilles ad i sine Bestanddele efter Kornstørrelse, saaledes at den aflejres lagvis, med Stenene nederst og derover Grus og Cement. Under Sænkningen vil endvidere en Del af Cementen, idet den er omgivet af frit Vand, omgives til Slam, som ikke kan hærde. Hvis Vandet er i Bevægelse, vil

desuden en Del af Cementen blive udvasket af Betonen og ført bort med Vandet.

Til Betonstøbning under Vand maa der derfor anvendes særlige Fremgangsmaader, saaledes som beskrevet i det følgende.

Da den under Vand udstøbte Beton, selv om der anvendes saadanne særlige Fremgangsmaader ved Udlægningen, altid er udsat for nogen Beskadigelse som Følge af Udvasning af Cement, forinden Betonens Afbinding har fundet Sted, og da det ikke kan undgaas, at der sker Slamdannelse paa Overfladen af de enkelte i Vandet udlagte Betonmasser, bør der ved Betonstøbning under Vand anvendes Beton med rigeligt Overskud af Cementindhold.

Beton, der er fremstillet ved Undervandsstøbning, er i Almindelighed af ringere Kvalitet end Beton, der er fremstillet i tør Byggegrube, baade i Henseende til Styrke og i Henseende til Tæthed.

Ved Støbning med Klappkasse sænkes Betonen i en med Bundklapper forsynet Kasse, fra hvilken Betonen tømmes ud, naar Kassen er naaet ned til Bunden paa det Sted, hvor Betonen skal udlægges.

I Fig. 321 er vist den almindelig anvendte Konstruktion af Klappkasse. Under Kassens Nedfiring holdes Bundklapperne i Lukkestilling af en udvendig paa Kassen siddende Skudrigel, der med en

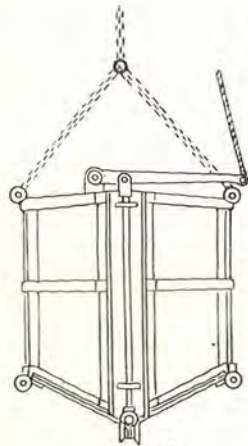


Fig. 321.

Gaffel griber ned om de paa Bundklapperne siddende Tappe. Naar Kassen er sænket ned paa Bunden, saaledes at Klapperne støtter mod Bunden eller det forud udlagte Betonlag, løftes Skudriglen, hvorefter Kassen hejses op, saaledes at Betonen glider ud mellem Klapperne.

I Fig. 322 er vist en Klappkasse, der er indrettet saaledes, at man er sikret mod, at der sker for tidlig Oplukning af Kassen, idet denne ikke kan aabnes, forinden den staar paa Bunden. Kassen er formet som en Halvcylinder og delt i to kvartcylindriske Dele, som er forbundet ved Hængslerne *a*. Under Nedfiringen hænger den betonfyldte Kasse i Tværbjælken *T*, saaledes at Kassen holdes lukket, idet Tværbjælken er forsynet med Kæder *b*, der er forbundet med Enderne af de to Kassedeles hinanden krydsende Arme *c*. Forbindelsen mellem Tværbjælken og det Tov *O*, i hvilket Kassen fires ned og hejses op, dannes af Krogen *K*, som ikke kan bringes ud af Indgribning med Ringen *d*, saa længe Kassens Vægt overføres gennem Krogen. Kassen er forsynet med Kæder *e*, som gennem Rammen *f* og de under Nedfiringen slække Kæder *g*

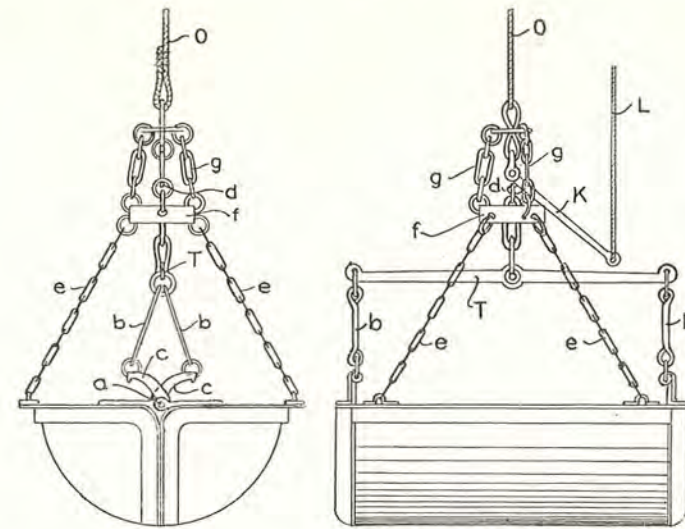


Fig. 322.

er i Forbindelse med Tovet *O*. Naar Kassen kommer til at hvile paa Bunden, slækkes Tovet, saaledes at man ved Træk i Linen *L* kan bringe Krogen ud af Indgribning. Naar der derefter hejses op i Tovet, strammes Kæderne *g* og *e*, saaledes at Kassen aabnes, og Betonen glider ud.

Til Udstøbning af ganske smaa Mængder Beton kan bruges en Sejldugs-Sæk, som vist i Fig. 323. Under Nedfiringen af den betonfyldte Sæk holdes Aabningen for neden sammensnøret af et Tov, der er lagt i en Løkke omkring Sækken. Ved Træk i Tovparten *a* løsnes Ombindingen, saaledes at Betonen glider ud for neden, naar Sækken hejses op.

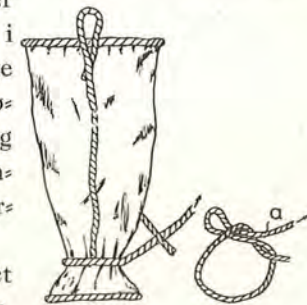


Fig. 323.

Ved Udstøbning med Klappkasse faar det fremstillede Betonlag meget ujævn Overflade, idet Betonen kommer til at ligge i Bunker. Ved lagvis Støbning af et Betonbygværk, hvis Højde er større end Tykkelsen af et enkelt Lag, kan det ikke undgaas, at der fremkommer ret store Mængder Cementslam paa hvert af de enkelte Lags Overflade, og dette Slam vil danne Skilleflader i den færdige Beton. Man maa søge saavidt mulig at fjerne Slammet forinden Udlægning af et nyt Lag Beton. Fjernelse af Slammet sker, ved at det suges op med en Pumpe, men Oppumpningen maa ikke foretages, før Betonen er saa vidt hærdet, at dens Cement og Sand ikke kan løsrives af Pumpevandet.

Hvis Betonlagets Overflade skal være jævn, maa den fornødne Af-

retning foretages ved, at der trækkes en i et Stillads over Vandet op-
hængt Retskede hen over Betonens straks efter dennes Udlægning. Ved
en saadan Afjævning af Betonens Overflade kan det ikke undgaas, at
en Del af Cementen udvaskes, og at der dannes Slam. Der bør
derfor anvendes særlig fed Blanding til det Betonlag, der skal af-
jævnnes.

Ved *Udstøbning gennem Rør* (ogsaa kaldet: *Tragtstøbning*) føres
Betonen fra Tilberedningsstedet over Vand gennem et lodret staaende
Rør ned paa Bunden. Røret holdes hele Tiden fyldt med Beton, saale-
des at Betonens ikke kommer i Berøring med Vandet før nede
ved Bunden.

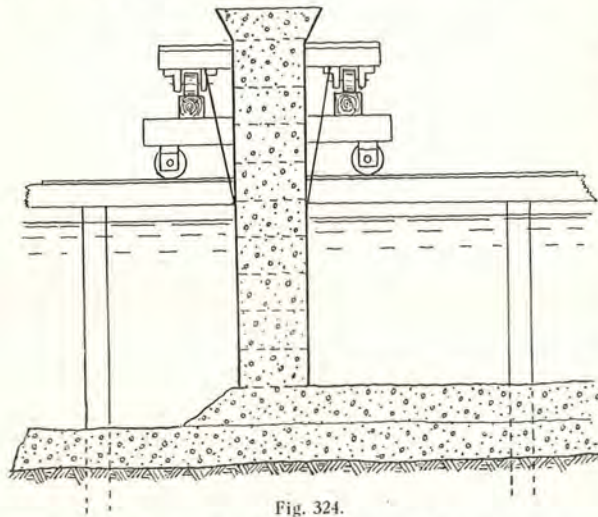


Fig. 324.

Nedføringsrøret kan være monteret paa en Vogn, der kø-
rer paa et over Stø-
bestedet spændende
Stillads, saaledes at
Røret kan føres hen
over hele det Areal,
paa hvilket der skal
udlægges Beton. (Fig.
324). Betonens udlæg-
ges i vandrette Lag
paa 0,5 til 1 m Tykkelse. Ved at Røret bevæges vandret med Rørmun-
dingen i en Lagtykkelses Højde over Bunden eller over det forud ud-
lagte Lag, glider Betonens ud fra Rørmundingen. Betonens aflægges her-
ved i forholdsvis smalle Bælter. Røret bevæges frem og tilbage over
Arealet, idet det for hver Forfaring flyttes et til det udlagte Bæltes
Bredde svarende Stykke vinkelret paa Forfaringernes Retning. Hvis det
Bygværk, der skal fremstilles, har langagtig Form, bør Bælterne lægges
vinkelret paa Bygværkets Længderetning, idet det derved opnaas, at der
hengaar saa kort Tid som mulig mellem Udlægningen af sammenstø-
dende Bælter, og at Forbindelsen mellem disse Beton derfor bliver saa
god som mulig. Det kan ikke undgaas, at der paa de udlagte Betonbæl-
ters Yderflader danner sig noget Slam, da Betonens her er i Berøring
med Vandet. Synderlig god Sammenhæng mellem de enkelte Beton-
bælter faas der derfor ikke. Hvis det er af Betydning at undgaa Faren
for Dannelsen af gennemgaaende lodrette Støbeskel i det fremstillede
Bygværk, bør man ved Udlægning af de enkelte Lag ordne det saaledes,

at Bælterne i det ene Lag føres vinkelret paa Bælterne i det næst føl-
gende Lag.

Paa Oversiden af hvert Lag vil der ligeledes dannes Cementslam.
Hvis dette Slam skal fjernes, maa det ske ved Oppumpning. Da det
udlagte Betonlag maa henligge nogen Tid for at være saa vidt hærdnet,
at det ikke beskadiges ved Oppumpningen af Slammet, faas der herved
skadelige Støbeskel mellem Betonlagene. I Reglen foretrækkes det at
udlade en saadan Rensning for Slam, og Udlægning af Betonlagene
foretages da uden Afbrydelse i Arbejdet. Herved opnaas, at det ny
Lag Beton udlægges paa det foregaaende, inden dette er bundet af, saa-
ledes at Lagene faar god Forbindelse indbyrdes paa de Dele af Sam-
menstødsfladerne, hvor der ikke har samlet sig Slam.

Ved Betonstøbning gennem Rør faas mindre Slamdannelse end ved
Støbning med Klappkasse, og Slamdannelsen er desto mindre, jo større
Rørets Højde er. Paa Grund af det fra Vægten af Rørets Betonindhold
hidrørende Tryk ved Rørets Munding vil der, medens Røret endnu hol-
des stille, dannes en flad Beton-Bunke, der rækker et Stykke uden for
Rørets Munding. Naar Røret bevæges frem, vil den foran Røret lig-
gende Del af denne Betonmasse stadig blive skudt foran Røret af den
under Trykket fra Rørets Betonindhold gennem Rørmundingen udtræ-
dende Beton, og derved som et Skjold beskytte denne mod at komme
i Berøring med Vandet. Den Betonmasse, der saaledes skydes frem
foran Røret, ødelægges naturligvis, ved at Cementen udvaskes, og bør
derfor ikke indgaa i Bygværket. Optagning af saadan ved Rørets Frem-
føring beskadiget Beton maa ske, hver Gang man med Røret er naaet
til Enden af et Betonbælte.

Ved Betonstøbningens Begyndelse staar der Vand i Røret, og den
første Fyldning af Røret maa derfor ske ved Hjælp af Klappkasse. Under
Udlægningen af Beton maa Røret som nævnt stadig holdes helt fyldt
med Beton. Bevægelsen af Røret maa derfor ske ganske jævnt og ikke
hurtigere, end at Betontilførslen for oven stadig kan følge med. Hvis
der sker Afbrydelser i Betonudfyldningen i Røret, saaledes at Betonens
i Røret synker ned under Vandspejlet, trænger der Vand ind i Røret,
og der maa da paany foretages Betonfyldning af dette ved Hjælp af
Klappkasse, som ved den første Fyldning af Røret.

Sædvanlig lader man Rørets Munding
være vandret. Undertiden bruges det at
lade Rørmundingen være skraat stillet,
som vist i Fig. 325. Ved denne Ordning
opnaas, at den fra Røret udtrædende Beton

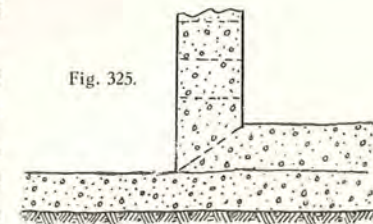


Fig. 325.

beskyttes mod at komme i Berøring med Vandet paa den under Rørets Bevægelse fremad vendende Side, idet Rørvæggen her naar helt ned til Undersiden af det under Udlægning værende Betonlag. Der er dog herved den Ulempe, at Røret maa drejes 180°, hver Gang der ved Udlægning af Betonbælterne skal skiftes Bevægelsesretning.

For hvert Lag, der skal udlægges, skal Rørmundingen hæves et til Lagets Tykkelse svarende Stykke. Hvis Betontilberedningen sker paa den Vogn, hvori Røret er ophængt, saaledes at Rørets Overkant stadig maa holdes i samme Højde, for at Tilfyldningen kan foregaa direkte fra Blandemaskinen, kan Røret være samlet af kortere Rørstykker med udvendig siddende Vinkeljernsflanger, saaledes at man kan afkorte Røret ved at borttage et af Rørstykkerne, hver Gang der tages fat paa Udlægning af et nyt Lag. Hvis man har højt liggende Betonfordelingsanlæg (Betonelevator med tilhørende Tilledningsrender) til Raadighed for Betontilførslen, kan hele Røret hæves uden Afkortning. Denne Ordning er at foretrække, dels fordi der da ved Udstøbning af alle Betonlagene kan arbejdes med stort Tryk ved Rørmundingen, dels fordi Afkortning af Røret medfører Afbrydelse af Betonudlægningen.

Rørmundingen maa under Udlægningen af et Betonlag stadig holdes i samme Højde, og Røret maa derfor bæres af en Vogn, der kører paa fast Stillads. Ophængning af Røret i Pram — en Ordning, der i mange Tilfælde vil være betydelig billigere end Anvendelse af fast Stillads — er i Almindelighed ikke tilraadelig, fordi man da hele Tiden under Betonstøbningen ved Løftning og Sænkning af Røret maa afpasse dettes Stilling efter Vandstandens Højde, og fordi selv ringe Bølgebevægelse kan foraarsage, at Betonens Udtræden gennem Rørmundingen sker rykvis, saaledes at der trænger Vand ind i Røret paa Grund af manglende Efterfyldning med Beton.

En særlig Form for Betonstøbning gennem Rør er den saakaldte *Contractor-Metode*¹⁾. Denne adskiller sig fra den ældre Fremgangsmaade til Betonstøbning gennem Rør derved, at Nedføringsrøret for Betonen ikke bevæges hen over Udstøbningsarealet²⁾, og ved, at Rørmundingen holdes neddykket i den under Udlægning værende Betonmasse (Fig. 326). Røret maa her holdes fyldt med

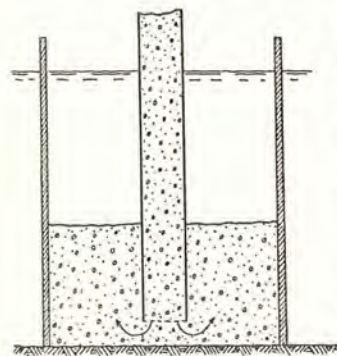


Fig. 326.

¹⁾ Navnet stammer fra, at Metoden er bragt i Anvendelse og er patenteret af det svenske Entreprenørfirma: *Aktiebolaget Contractor*.

²⁾ Metoden gaar ogsaa under Navnet: *Betonstøbning med faststaaende Rør*.

Beton til saa stor Højde, at det fra Vægten af Rørets Betonindhold hidrørende Tryk ved Rørmundingen er tilstrækkeligt til at presse Betonen ud mod Trykket fra Betonmassen uden for Røret. Rørmundingen holdes ca. 1 m under den udstøbte Betonmasses Overflade, idet Røret hæves, efterhaanden som Udstøbningen skrider frem. Den fra Rørmundingen udtrædende Beton kan kun brede sig hen over et begrænset Areal. Dettets Størrelse er afhængig af det ved Rørmundingen værende Tryk, og altsaa afhængig af Rørets Højde. Betonen regnes at kunne presses ud til ca. 3 m fra Røret, saaledes at der med et enkelt Rør kan udlægges Beton paa et Areal paa 6×6 m. Til større Arealer maa der da anvendes flere Nedføringsrør. Betonstøbningen maa ske ved Tilførsel af Beton samtidig til alle Rørene. Løftningen af Rørmundingen maa ved denne Fremgangsmaade ske ved, at hele Røret hæves, idet der stadig skal være stort Tryk ved Rørmundingen. Der kræves derfor en saadan Ordning af Betontilførslen for oven, at denne kan ske i fornøden Højde over Vandspejlet (Betonelevator med tilhørende Tilledningsrender).

Ved at Betonen træder ud af Rørmundingen et Stykke under Betonmassens Overflade, kommer af hele den udstøbte Betonmængde i Hovedsagen kun den efter Udstøbningens Fuldførelse øverst liggende Del i Berøring med Vandet, saaledes at der kun sker Udvaskning af Cement og Slamdannelse i denne Del af Betonen. Efter Betonstøbningens Fuldførelse maa denne øverste, slamfyldte og beskadigede Del af Betonen fjernes. Fjernelsen af denne Beton kan let foretages, hvis den over det i Vand udstøbte Betonfundament værende Del af Bygværket udføres under Tørlægning.

Ved Udstøbningens Begyndelse holdes Rørmundingen tæt nede ved Bunden, indtil Betonen uden om Røret er naaet op til ca. 1 m over Rørmundingen. Den nederst i det færdige Betonlegeme værende Beton vil derfor kunne være noget beskadiget ved Udvaskning af Cement og ved Slamdannelse.

Den første Fyldning af Røret kan foretages paa den Maade, at der anbringes en Prop af Sækkelærred i Røret og derefter tilføres Beton. Sækkelærredsproppen, som glider ned gennem Røret, efterhaanden som der fyldes Beton i Røret, beskytter Betonen mod at komme i Berøring med Vandet i Røret.

Den væsentlige Fordel ved Anvendelsen af den her beskrevne Fremgangsmaade til Betonstøbning i Vand er, at det fremstillede Betonlegeme ikke er delt ved Støbeskel mellem de enkelte Betonbælter og Lag, saaledes som Tilfældet er, hvis der til Fremstillingen af Betonlegemet anvendes den forud omtalte Fremgangsmaade ved Støbning

gennem Rør, eller hvis Udstøbningen sker med Klappkasse. Med Undtagelse af den øverst i det færdige Betonlegeme liggende Del af Betonen (der som nævnt fjernes) og maaske en mindre Del af den helt nede ved Bunden liggende Beton, er den ved Udstøbning gennem Rør efter *Contractor-Metoden* fremstillede Beton ikke af væsentlig ringere Kvalitet end Beton, der er støbt i tør Byggegrube.

Hvis Vanddybden paa det Sted, hvor der skal støbes Beton, er lille (mindre end ca. 0,75 m), kan følgende Fremgangsmaade anvendes: Ved

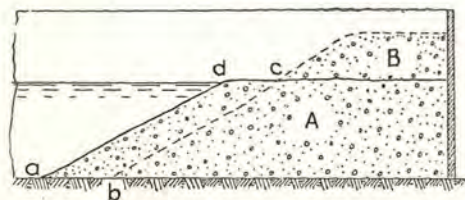


Fig. 327.

den ene Ende af Indfatningen for Betonbygværket anbringes en Betonmasse *A* (Fig. 327), der udlægges direkte i Vandet. Oven paa denne Betonmasse, der maa række op over Vandet, henlægges en Betonmasse *B*. Ved at man da bearbejder denne med Støder, trykkes den ned i Betonmassen *A*, hvorved det yderste Lag *a b c d* af denne skydes frem i Vandet. Ved fortsat Anbringelse af Beton oven paa den i Vandet liggende Beton, men stadig et Stykke bag ved den først udlagte Betonmasses yderste Lag, og Nedstødning af den over Vand udlagte Beton i den under Vand liggende plastiske Beton opnaas, at kun Betonmassen *a b c d* kommer i Berøring med Vand. Ved begge Ender af det saaledes fremstillede Betonlegeme — ved den ene Ende, hvor Betonen er udlagt direkte i Vand, og ved den anden Ende, hvor den Betonmasse, der under hele Udstøbningen er ført gennem Vand, kommer til at ligge — er Betonen beskadiget ved Udvaskning og Slamdannelse. Man kan af Hensyn hertil gøre det af Indfatningsvæggen omsluttede Areal saa meget større end Betonbygværkets Grundflade, at den beskadigede Beton kommer til at ligge uden for Bygværket, eller man kan foretage Udlægningen af Betonmassen *A* med Klappkasse og ved Afslutningen af Betonstøbningen fjerne den Betonmasse, som ved at være blevet skudt frem i Vandet som Skjold for den øvrige Del af Betonen, er blevet udvasket, og erstatte denne Beton med anden Beton, der udlægges med Klappkasse.

Sække-Betonering. Ved den hermed betegnede Fremgangsmaade til Fremstilling af et Betonbygværk fyldes Betonen i Sække af Hessian eller lignende Stof og sænkes saaledes beskyttet mod Udvaskning af Cementen og mod Slamdannelse ned i Vandet. Sækkene forbliver omkring Betonen i det færdige Bygværk. Dette kommer derfor til at bestaa af løst paa hinanden, men tæt og i Forbandt liggende Betonlegemer.

Sækkene maa ikke være helt fyldte med Beton, da de ellers ikke er

i Stand til at antage Form efter Bunden eller efter det underliggende Lag Sække-Betons Overflade.

Sække-Betonering anvendes forholdsvis sjældent i større Omfang til Fremstilling af egentlige Bygværker og kun under særlige Omstændigheder, f. Eks. paa Steder, hvor Bølger umuliggør eller vanskeliggør Opførelse af de for Betonstøbning i Vand ved Hjælp af Klappkasse eller gennem Rør fornødne Indfatningsvægge. Ved Udførelse af større Bygværker af Sække-Beton (Moler eller Afjævningslag paa Bunden, som Underlag for Moler af Betonblokke) har man benyttet følgende Fremgangsmaade: I en Pram med Bundklapper anbringes først de til Sammenbinding af Sækken fornødne Tøve, og over disse udlægges Sækkelærredet. Derefter fyldes der Beton i Prammen, og Sækkelærredet bindes sammen om hele Betonmassen. Prammen forhales til Anbringelsesstedet, hvor Sækken styrtes ud af Prammen, ved at man aabner Bundklapperne. I Stedet for Klappram kan anvendes Tippepram. Sækken anbringes her paa Prammens Dæk og bringes til at glide ud i Vandet, ved at man lukker Vand ind i Ballastrum i den ene Side af Prammen, saaledes at denne krænger saa meget over, at den betonfyldte Sæk glider ud.

Fremstilling af Betonbygværk ved Undervandsstøbning kan endelig ske ved den saakaldte *Kinippling*¹⁾. Ved denne Metode tilberedes Betonen ikke over Vand, men Hulrummene mellem Betonbygværkets Sten udfyldes under Vand med Cement.

Inden for Støbeindfatningerne anbringes Stenmaterialet, og samtidig hermed opstilles et passende Antal Rør (f. Eks. 5 cm trukne Jernrør), der naar fra Bunden til et Stykke over Vandspejlet. Gennem disse Rør tilledes der Cement udrørt i Vand til Udfyldning af Hulrummene i Stenmassen. Til Udfyldningen maa anvendes Cementvælling af ren Cement (ikke Cementmørtel), af samme Aarsag som nævnt i § 227, Side 342 ved Omtalen af Udstøbning af Drænledninger under Fundamentsfladen. Cementvællingen, der er tungere end Vand, breder sig først hen over Bunden og stiger, efterhaanden som der tilledes Cementvælling, op i Hulrummene mellem Stenene, idet den fortrænger Vandet. Cementslammet er noget lettere end Cementvællingen og samles derfor for største Delen oven paa den i Stenenes Hulrum fordelte Cementvælling. Under Udstøbningen hæves Tilledningsrørene, efterhaanden som Hulrummene udfyldes. Rørmundingerne maa herved stadig holdes et Stykke under Cementvællingens Overflade for derved at begrænse Slamdannelsen mest mulig. For at Cementen skal kunne trænge ind i alle Hulrummene, saaledes at den fremstillede Beton kan blive saa tæt som mulig, maa der

¹⁾ Saaledes betegnet efter den engelske Ingeniør *Kinipple*.

ikke anvendes for smaa Sten (ikke mindre end 10 cm), da Modstanden mod Cementvællingens Indtrængen ellers bliver for stor. Det er fordelagtigt at anvende Sten i forskellige Størrelser, f. Eks. fra almindelige Haandsten ned til 10 cm, idet det samlede Hulrum, der skal udfyldes med Cement, herved bliver mindre, end hvis Stenene alle har samme Størrelse. Der bør endvidere ikke være for stor Afstand mellem Tilledningsrørene (f. Eks. ikke større end 2 til 3 m), da Cementvællingen ellers størkner, inden den naar ud i de fjernest fra Rørmundingen værende Hulrum. Udstøbningen bør fuldføres uden Standsning i Arbejdet. Ved en Afbrydelse i Udstøbningen er man nødsaget til at hæve Rørmundingen op over Overfladen af det tilførte Lag Cement, da Rørene ellers vil komme til at sidde indstøbte i dette, eller, selv om de kan rokkes løs, dog være lukkede for neden af en Prop af hærdnet Cement. Ved Genoptagelsen af Udstøbningen, hvor der da til at begynde med udlægges Cementvælling oven paa det allerede størknede Cementlag, kan det ikke undgaas, at en Del af Cementslammet fra Udstøbningen forud for Afbrydelsen bliver liggende i Hulrummene mellem Stenene paa Overfladen af det størknede Lag Cement, saaledes at der fremkommer en vandret Skillefuge uden Bindemiddel i Betonlegemet.

Fremstilling af Beton under Vand ved Kinippling er ret kostbar, navnlig paa Grund af, at der medgaar stor Mængde Cement dertil, og Betonen er ikke saa stærk og ikke saa holdbar over for Paavirkning fra Havvand som anden Beton. Metoden finder derfor kun Anvendelse i de Tilfælde, hvor særlige Forhold bevirker, at andre Fremgangsmaader ikke kan benyttes.

229. Indfatninger til Betonstøbning i Vand. Ved Betonstøbning i en Byggegrube, der er begrænset af Spunsvæg, danner denne sædvanlig Indfatning for den ved Undervandsstøbningen udlagte Beton.

Hvis Betonbygværket opføres i Vand uden Fremstilling af egentlig Byggegrube med tilhørende Spunsvægge, og hvor de for Undervandsstøbningen fornødne Indfatninger derfor kun skal tjene som Forskalling for Betonstøbningen, kan saadan Forskalling udføres af Plankeflager, befæstet til nedrammede Pæle. Indfatninger af saa let Konstruktion er dog kun anvendelige under Forudsætning af, at der det paagældende Sted ikke kan komme Bølger af nogen Betydning. Selv ved ganske ringe Bølgebevægelse i Vandet rives Flagerne løs fra Pælene, hvis de ikke er meget solidt befæstet til Pælene, eller Flagerne sættes i svingende Bevægelse i Takt med Bølgerne og rækker derved Pælene løs, saaledes at Opdriften paa Flager og Pæle trækker Pælene op af Jordbunden.

Ved Undervandsstøbning paa Steder, hvor der kan komme Bølger,

maa Indfatningerne udføres som Spunsvægge med Afstivning af Pælebukke. Paa forholdsvis ringe Vanddybde kan der anvendes Spunsvægge af Træ. Ved større Vanddybder bør man, hvis det er muligt, anvende Jernspunsvæg. Spunsvæggens Afstivninger maa gøres meget stærke af Hensyn til Bølgepaavirkningen. Paa Steder, der ligger saa udsat, at der kan komme forholdsvis store Bølger, f. Eks. 1 til 1,5 m høje Bølger, maa man være forberedt paa, at selv solidt udførte Spunsvægge kan blive sønderslaaet af Bølgerne, hvis der kommer stærk Bølgepaavirkning, forinden der er udstøbt Beton inden for Spunsvæggene. Paa udsatte Steder bør man derfor ved Arbejdets Udførelse sørge for, at Opførelsen af Indfatningerne ikke er mere end højst nødvendigt forud for Betonstøbningen.

Af Spunsvæggene kan kun de Dele fjernes, der rækker op over den undervandsstøbte Betons Overside. Hvis Indfatningen bestaar af en Jernspunsvæg, er Bortfjernelsen af den under Vand værende Del af Spunsvæggen besværlig og kostbar. Hvor det kan lade sig gøre, indretter man det derfor hellere saaledes, at hele den under Vand værende Del af Spunsvæggen kan indgaa i Bygværket.

Paa Steder, hvor der kan forekomme stærk Bølgebevægelse, er det ofte fordelagtigt at have Indfatninger bestaaende af Betonrammer (Fig. 328). Saadanne Indfatninger egner sig dog kun i Tilfælde, hvor Indfatningen kan indgaa i Bygværket som en Del af dette, og hvor hele Bygværket, saaledes som det f. Eks. ofte er Tilfældet ved Moler, dannes af en Række indbyrdes adskilte Betonlegemer, der naar fra Bunden til noget op over Vandspejlet.

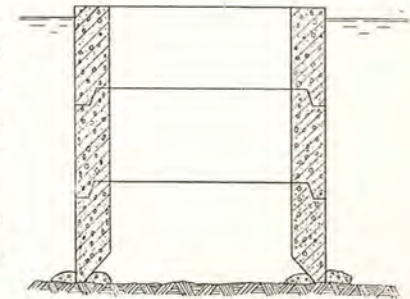


Fig. 328.

Betonrammerne støbes paa Land og anbringes med Kran paa det Sted, hvor Bygværket skal opføres. Hver Ramme kan, som vist i Figuren, være delt i mindre Stykker, der med Fals griber ind i hinanden. Tæthed mellem Bunden og Rammens nederste Kant kan tilvejebringes, ved at Kanten er skærpet, saaledes at den ved Betonrammens Vægt trykkes lidt ned i Bunden, eller ved at der af en Dykker stoppes betonfyldte Sække ind i Hulhederne mellem Rammens Underkant og Bunden. Ved Udfyldningen af det af Rammen indesluttede Rum med Beton sammenstøbes Rammen med den undervandsstøbte Beton.

Ved alle Slags Indfatningsvægge for Undervandsstøbning paa Steder, hvor der kan optræde Bølgebevægelse, maa der lægges særlig Vægt paa

at faa Indfatningerne tætte (Jernspunsvægge er derfor bedre end Spunsvægge af Træ). Den fra Bølgebevægelsen hidrørende Variation i Vandtrykket paa Indfatningsvæggens udvendige Side vil, idet Vandspejlet inden for Væggen er roligt, og Vandtrykket derfor her konstant, medføre, at der sker stærk Vandgennemstrømning gennem Væggens Utætheder, skiftende med Bølgens Periode fra Indstrømning til Udstrømning. Saadan Vandstrømning gennem Aabninger i Indfatningsvæggen kan ødelægge store Dele af den udlagte Beton ved Udvaskning af Cement og Dannelse af Slam.

230. Betonblokke. Til Udførelse af Bygværker i Vand anvendes i mange Tilfælde Betonblokke. Disse støbes paa Land, og efter at Betonen er hærdnet, transporteres de til Byggestedet og anbringes paa Plads i Bygværket. Blokkonstruktionen anvendes især til Moler og lignende Bygværker, der skal opføres paa Steder, hvor der paa Grund af Byggestedets udsatte Beliggenhed ved aabent Hav kan forekomme saa stærk Bølgebevægelse, at Opførelse af Bygværket ikke kan foretages i tørlagt Byggegrube. Blokkonstruktionen anvendes ogsaa til Kajindfatninger (jfr. Fig. 167, Side 233), f. Eks. i Tilfælde af, at Vanddybden det paagældende Sted er saa stor, at Bygning af den for Udførelse af Kajmuren i tørlagt Byggegrube fornødne Fangedæmning medfører urimelig Fordyrelse af hele Bygværket.

Fordelen ved at anvende Betonblokke fremfor at opføre Bygværket af Beton støbt under Vand, ligger især i, at Blokkenes Beton, idet den er støbt og hærdnet paa Land, er af langt bedre Kvalitet, saavel hvad Styrke som hvad Holdbarhed angaar, end Beton støbt under Vand. En Mangel ved Bygværker af Betonblokke er, at der ikke kan tilvejebringes saa stærk Sammenhæng mellem Blokkene indbyrdes som den, der haves i et monolitisk Betonbygværk.

Blokkene udføres i forskellig Størrelse, idet Størrelsen dels maa afpasses efter det paagældende Bygværks Dimensioner, dels er i nogen Grad afhængig af, hvilke Løfteapparater der haves til Disposition til Blokkenes Transport og Anbringelse i Bygværket. I Almindelighed er det fordelagtigt, saavel af Hensyn til Bygværkets Stabilitet for de ydre Kræfter, som det er udsat for (ved Moler: Bølgetryk, ved Kajmure: Jordtryk), som af Omkostningshensyn, at anvende saa store Blokke som muligt. I Reglen gøres Blokkene derfor netop saa store, som de disponible Løfteapparaters Bæreevne tillader. Til Kajmure og mindre Moler er det ret almindeligt at bruge Betonblokke paa 20 til 50 t Vægt, til Moler paa meget udsatte Kyster, hvor det er nødvendigt, at Bygværkets enkelte Dele er meget store paa Grund af den stærke Paavirkning fra Bøl-

gerne, har man anvendt Blokke paa op til 400 t. Ved Blokke til Blokkastning (til Moler med Skraaninger som Erstatning for Natursten) er det sædvanlig alene Hensynet til, at Blokkene skal være tilstrækkelig store, til at de ikke kan bevæges af de Bølger, der kan forekomme det paagældende Sted, der er bestemmende for Blokkenes Dimensioner. Efter Blokkastningens mindre eller mere udsatte Beliggenhed anvendes hertil Blokke paa 3 til 40 t.

I Almindelighed gives Blokkene Form som et retvinklet Parallelepipedum. Cylindriske Molehoveder udføres af Blokke med krum Yderflade og ikke parallelle Sideflader. Meget komplicerede Former bør saa vidt muligt undgaaes, fordi Anbringelsen i Bygværket af saadanne Blokke er vanskelig og kostbar.

Blokkene indgaar i Bygværket liggende i Skifter og med Stødfugerne i det ene Skifte over Midten af Blokkene i det underliggende Skifte eller med Stødfugerne i det ene Skifte blot noget forskudt for Stødfugerne i det underliggende Skifte.

Som Underlag for det nederste Skifte maa der i Almindelighed anbringes et Afjævningslag af Sten (Ral eller Haandsten), og dette Stenlag maa planeres ved Afretning med Retskede.

Ved Anbringelsen af Blokkene i de øvrige Skifter sættes Blokkene i Reglen paa Trækiler, der indsættes i Liggefugerne, idet disse ligesom ogsaa Stødfugerne da udfyldes med Cement eller med Cementmørtel. Det bruges ogsaa at stille Blokkene i det ene Skifte direkte paa Blokkene i det underliggende Skifte og da udelade Udfyldning af Fugerne.

Udfyldning af Fugerne sker med Cement udrørt i Vand, eventuelt med tyndflydende Cementmørtel. Udstøbning af Fugerne sker for hvert Skifte for sig, efterhaanden som Blokkene henlægges. Fugerne tættes udvendig af Dykker ved Indstopning af Værk i Fugerne, og gennem lodrette Tilledningsrør, der naar op over Vandspejlet, tilføres Cementvæling, indtil Fugerne er udfyldt op til Skiftets Overside. Til Fugerne i de øverste Skifter kan i Reglen anvendes tyndflydende Cementmørtel, naar der anbringes et Tilledningsrør i hver eller hver anden af Stødfugerne, idet den Strækning, som Mørtelen her skal løbe gennem Rørene og Fugerne, ikke er saa lang, at Mørtelen naar at skilles ad i Cement og Sand. Til Udstøbning af de nedre Skifter bør bruges ren Cement til Udfyldningen.

Det kan ved saadan Udstøbning af Fugerne ikke undgaaes, at noget af den dannede Cementslam forbliver i Fugerne. Den Forbindelse mellem Blokkene indbyrdes, der kan opnaas ved Udstøbning af Fugerne, er derfor ikke saa god, at man kan regne med, at der i Fugerne kan

overføres Trækkræfter eller Forskydningskræfter gennem Bindemidlet i Fugerne. Man bruger derfor ofte paa anden Maade at tilvejebringe saadan Forbindelse mellem Blokkene indbyrdes, at Blokkene ikke kan forskydes i Forhold til hinanden. Blokkene forsynes da i Fugerne med Fjer og Not, eller de forsynes med dobbelt Not, idet der da heri indsættes en til Notens Form afpasset Laaseblok af Beton.

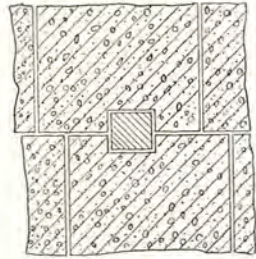


Fig. 329.

Dersom der anvendes Fjer og Not i Liggefugerne, bør Fjeren anbringes i Blokkens Overside. Forbindelsen i Liggefugerne tilvejebringes ofte kun ved Hjælp af en tærningformet Laas af Granit eller af Beton, som griber ind i tilsvarende Fordybninger i Oversiden og Undersiden af de to paagældende Blokke (Fig. 329).

Forbindelsen i Stødfugerne kan være som vist

i Fig. 330: Fjer og Not, eller som vist i Fig. 331: dobbelt Not og Laaseblok af Beton.

I Stedet for Laaseblokke af Beton støbt paa Land kan man anvende Laaseblokke, der fremstilles ved Udfyldning med Beton af det af de sammenstødende Noter dannede Hulrum. Betonudfyldningen af Noterne (som sker under Vand) kan udføres paa den Maade, at der føres en betonfyldt langagtig Sæk ned i det af Noterne dannede Hulrum. Foruden at man herved opnaar at faa Noterne helt udfyldt, medens man ved Anvendelsen af færdigstøbte Laaseblokke maa foretage en Udstøbning med Cement af Spillerummet omkring Laaseblokken samtidig med Udstøbningen af de øvrige Fuger, er der den Fordel ved Udfyldning af Noterne med Beton, at der herved ikke kræves saa nøjagtig Anbringelse af Blokkene, som Tilfældet er, hvis der anvendes færdigstøbte Laaseblokke.

Fremstilling af Betonblokke sker paa en dertil passende Støbeplads i Land, hvor Forholdene er bekvemme for Modtagelse og Op-lagring af Betonmateriale, og hvor der er tilstrækkeligt Areal til Raa-dighed, til at man kan have et stort Antal Blokke staaende paa Lager. Det er af stor Betydning for Betonblokkenes Hold-barhed over for Paavirk-



Fig. 330.

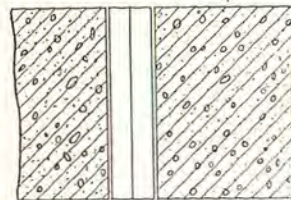


Fig. 331.

ning fra Havvand, at Blokkene faar lang Hærdningstid, forinden de sættes ud i Vandet.

Støbeformene udføres sædvanlig af Plankeflager, der spændes sammen med Rammer af Tømmer, saaledes at Formene er lette at skille og samle. I Fig. 332 er vist en saadan Blokform. Rammens Bjælker R

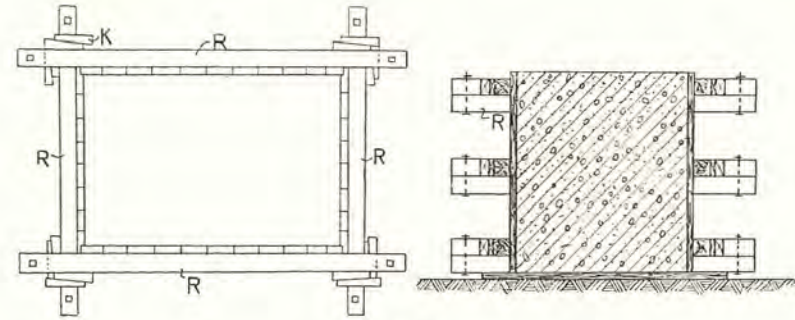


Fig. 332.

spændes ind mod Støbeformens Planker ved Hjælp af Kiler K. Afstanden mellem Rammerne indbyrdes maa ikke være for stor, og Ramstykkekerne maa være af ret svært Tømmer, for at Plankeflagerne ikke skal bøjes af Trykket fra den plastiske Beton, og Blokkene bør støbes paa et solidt understøttet Plankegulv. Det er nemlig nødvendigt, at Blokkenes Sideflader er saa nøje som muligt plane, da det ellers er forbundet med meget Besvær at faa Blokkene passet ind i Bygværket paa rette Maade.

Det bruges ofte at lade Blokkene være forsynet med Granitparement paa de Flader, der i Bygværket danner Yderflader mod frit Vand. Skal Blokkene udstyres med Parement, opmures dette inden i Støbeformen umiddelbart før Betonstøbningen.

Af Hensyn til Transporten og Manøvreringen af Blokkene ved deres Anbringelse i Bygværket maa Blokkene være forsynet med passende Indretninger, til at de kan ophænges i en Kran.

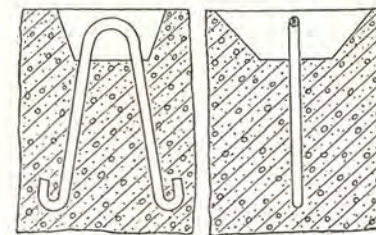


Fig. 333.

Ved smaa Blokke, f. Eks. til Fremstilling af Blokkastning, eller til Afdækning af Sandbund eller Stenlag (som Beskyttelse mod Bølgepaavirkning), kan Blokken forsynes med en i en Fordybning i Blokkens Overside siddende Jernbøjle, der er indstøbt i Betonen (Fig. 333),

eller der kan i Blokkens Overside være en underskaaren Fordybning (Fig. 334), i hvilken der kan anbringes en svalehaleformet Jerntap *A* med Øje til Anbringelse paa Krankrogen. Jerntappen fastholdes under Blokkens Løftning med Kilestykkerne *b* og frigøres, naar Blokken er sat paa Plads, ved at den drives ned i Fordybningen, saaledes at Kilestykkerne kan fjernes.

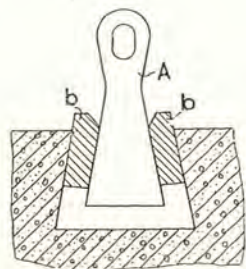


Fig. 334.

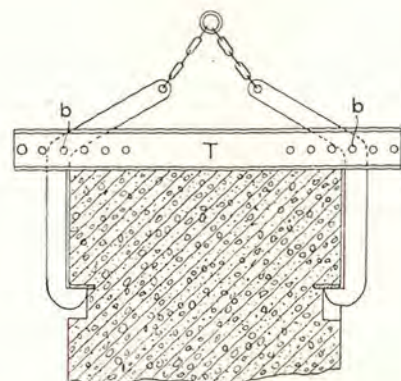


Fig. 335.

Til større Blokke kan anvendes en Tang, som den i Fig. 335 viste. Tangen bestaar af en af to U-Jern dannet Bjælke *T*, samt af to vinkelbøjede toarmede Vægtstænger, der sidder mellem U-Jernene og er befastet til disse med Bolte *b*. De ned langs Blokkens Sider gaende Vægtstangsarme er hver forsynet med en Hage, der griber ind i en Fordybning i Blokkens Sideflade. For at Betonen ikke skal knuses af Trykket fra Hagen, naar Blokken hænger i Tangen, er der anbragt Jernplader i Fordybningerne til Fordeling af Trykket. Enderne af de to andre Vægtstangsarme er med Kæder forbundet med en Ring til Anbringelse paa Krankrogen. Bjælken *T* kan være forsynet med flere Huller for Boltene *b*, saaledes at Tangen kan indstilles efter Blokkens Størrelse. Til Anbringelse af Blokke i et Bygværk, hvor Blokkene skal stilles tæt Side om Side, saaledes at Stødfugerne bliver saa smaa som mulig, egner en saadan Tang sig ikke, fordi der maa holdes saa stort Spillerum mellem Blokkene indbyrdes, at man kan faa Tangen fri af Blokkene.

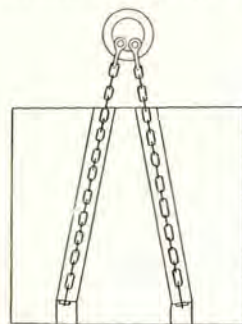


Fig. 336.

Til Løftning af store Blokke kan anvendes en Ordning som vist i Fig. 336. Der haves her to Kæder, der lægges omkring Blokken, og hvis Ender sjækles til en Ring til Anbringelse paa Krankrogen. For at man skal kunne stille Blokkene paa Plads i

Bygværket og efter Anbringelsen tage Kæderne ud, er Blokken forsynet med Riller for Kæderne.

Ved meget store Blokke bruges det for det meste at have Blokken op- hængt i fire Stænger, saaledes som vist i Fig. 337. Med denne Ordning er det lettere at manøvrere med Blokken og faa den stillet nøjagtig paa Plads, end Tilfældet er ved de forud omtalte Anordninger af Ophængning. Blokken er her forsynet med fire lodrette Kanaler *a* med rektangulært Tværnsnit. Hver af disse Kanaler ender forneden i en Fordybning *b* i Blokkens Underside. Til Ophængning af Blokken haves fire Rundjernsstænger (Nøgler), der hver er forsynet med Øje foroven og med et Tværstykke *t* forneden. Nøglerne føres ned i Kanalerne og drejes derefter saaledes, at Tværstykkerne kommer til at ligge an mod Bunden af Fordybningerne *b*. For at beskytte Betonen mod Knusning, er der her indlagt Jernplade til Fordeling af Trykket, som fremkommer, naar Blokken hænger i Nøglerne. Fra Nøglerens Øjer gaar Kæderne *K* til en Ring, der kan anbringes paa Krankrogen. For at Nøglerne af det skraat rettede Træk i Kæderne ikke skal trykkes ind mod Betonen ved Blokkens Overside og knuse Betonen her, afstøttes Nøglerne med en paa Blokkens Overside anbragt firkantet Ramme af fire Stykker U-Jern. Nøglerne ligger an mod Rammen i Krydsningerne mellem U-Jernene.

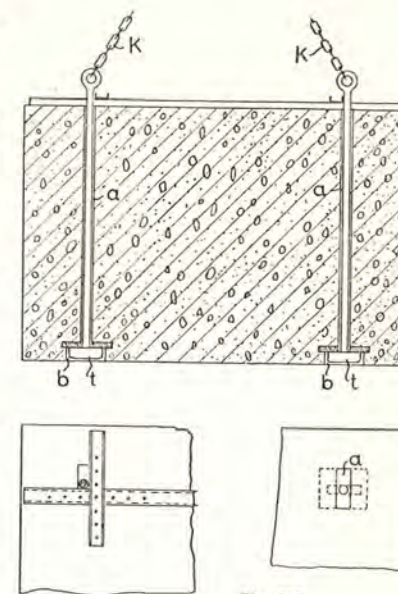


Fig. 337.

Transporten af Blokkene fra Støbepladsen til den Kran, med hvilken Blokkene lægges paa Plads, sker sædvanlig, ved at de køres paa Trolje. Anordningen ved Støbepladsen kan f. Eks. være saaledes, som vist i Fig. 338. Blokkene støbes staaende i Rækker med saa stor indbyrdes Afstand, at der mellem Rækkerne haves Plads til et Spor *S* for en kørende Portalkran *K*. Vinkelret paa Blok-Rækkerne ligger Troljesporet *T* i en forsænket Grube, der er saa dyb, at Troljen kan føres ind under de tværs over Gruben henlagte transportable Kranskiner *S*₁. Med en Blok hængende i Kranen køres denne ud over Troljen, og Blokken sættes af paa denne. Kranen køres derefter tilbage, og den ene af Skinnerne *S*₁ fjernes, saaledes at Troljen med den derpaa staaende Blok kan føres frem ad Troljesporet.

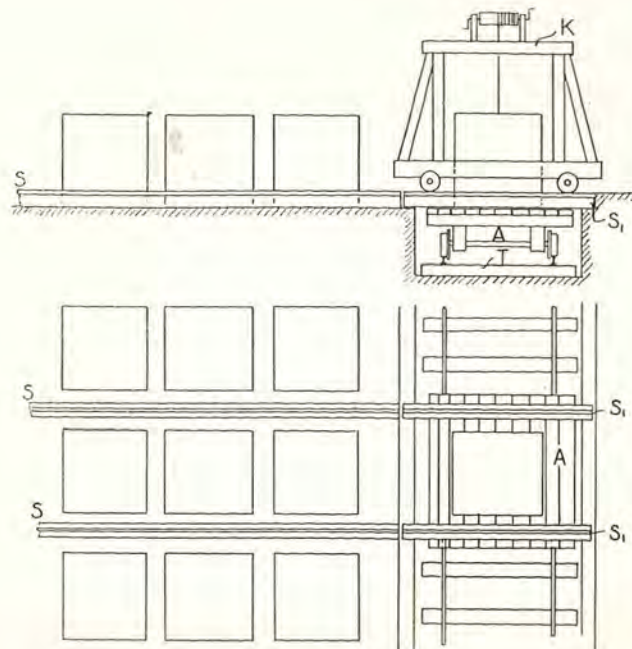


Fig. 338.

Hvis Opførelsen af det paagældende Bygværk sker fra Land, saaledes at Troljesporet kan føres helt ud til det Sted, hvor Blokkene skal anbringes, kan Anordningen paa Byggestedet være som vist i Fig. 339, idet man da til Udsætningen af Blokkene benytter en Sving-Portal-Kran (Titankran). Sporet for denne samt Troljesporet er da ført ud paa den yderste Ende af den færdigt fremstillede Del af Bygværket. Blokken tages med Kranen fra den bag ved denne holdende Trolje, og ved at Udliggeren svinges 180°, bringes Blokken ud til den for Enden af Kransporet under Opførelse værende Del af Bygværket. Denne Ordning er den, der sædvanlig anvendes ved Bygning af Havnemoler.

Hvis Bygværket ikke har Landforbindelse, maa Blokkene sejles til Byggestedet i Pram. De tages herfra med en Flydekran og sættes med denne paa Plads i Bygværket.

I Tilfælde af, at Blokkene er saa store, at de er for tunge, til at Kranen kan bære en Blok hængende over Vandspejlet, kan man indrette det saaledes, at

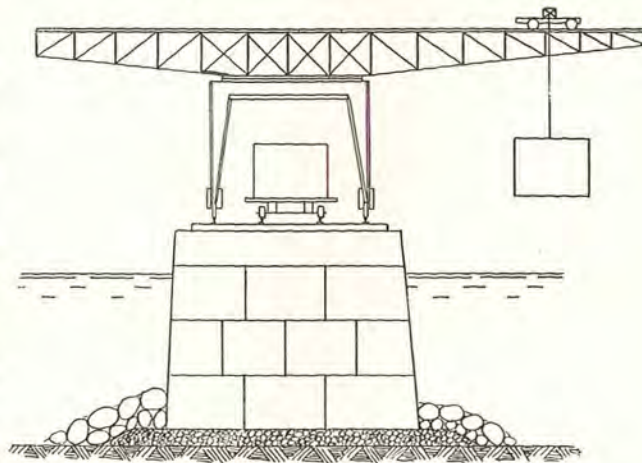


Fig. 339.

Hvis Opførelsen af det paagældende Bygværk sker fra Land, saaledes at Troljesporet kan føres helt ud til det Sted, hvor Blokkene skal anbringes, kan Anordningen paa Byggestedet være som vist i Fig. 339, idet man da til Udsætningen af Blokkene benytter en Sving-Portal-Kran (Titankran). Sporet for denne samt Troljesporet er da ført ud paa den yderste Ende af den

Troljen med Blokken køres paa et med Hældning liggende Spor saa langt ud i Vandet, at Blokken er helt dykket i Vand. Herfra tages Blokken med Flydekranen, som derefter med Blokken hængende under Vand bugseres til Byggestedet.

Ved Anbringelsen af Blokkene i Bygværket maa der som Regel have Dykker til Hjælp til at stille Blokkene paa Plads.

I Almindelighed udføres kun den under Vand værende Del af Bygværket (Underbygningen) af Blokke. Fra Vandspejlet (eller fra lidt over dette) udføres Bygværket af Beton støbt paa Stedet, dels fordi det er billigere at udføre denne Del af Bygværket (Overbygningen) paa denne Maade end at udføre den af Betonblokke, dels fordi der derved tilvejebringes solid Forbindelse mellem alle det øverste Skiftes Blokke.

231. Sænkekasser anvendes paa to forskellige Maader til Fremstilling af Bygværker i Vand. Ved den ene Anvendelsesmaade indgaar kun Sænkekassens Bund som en Del af det færdige Bygværk, ved den anden indgaar hele Sænkekassen i det færdige Bygværk og danner en mindre eller større Del deraf.

a. Kun Sænkekassens Bund indgaar i det færdige Bygværk. Ved denne Byggemetode opføres Bygværket i en paa Vandet flydende Kasse, som er tilstrækkelig stor, til at den kan bære hele Bygværket, naar dette er saa vidt fuldført, at dets Højde er lidt større end Vanddybden paa det Sted, hvor Bygværket skal staa. Naar Opførelsen af Bygværket i Sænkekassen er saa vidt fremskredet, forhales Sænkekassen hen til Bygværkets endelige Plads og sænkes her, saaledes at Sænkekassen med det deri værende Bygværk bringes til at hvile paa Byggegrunden. Derefter fjernes Sænkekassens Sider. Sænkekassens Bund forbliver under Bygværket, og Bygværkets Tryk overføres derfor gennem Sænkekassens Bund til Byggegrunden.

Forbindelsen mellem Sænkekassens Sider og dens Bund maa være indrettet saaledes, at Siderne kan løsnes fra Bunden, naar Bygværket er kommet paa Plads.

De forskellige Stadier ved Opførelse af et Bygværk i Sænkekasse paa denne Maade er vist skematisk i Fig. 340. a: Sænkekassen flydende og tom. b: Et Mellemstadium, hvor en Del B af Bygværket er opført. c: Bygværket saa vidt fuldført, at dets Højde h er noget større end Vanddybden paa Anbringelsesstedet. d: Efter Kassens Sænkning paa Anbringelsesstedet, Bygværket B staaende paa Sænkekassens Bund og denne hvilende paa et paa Byggegrunden udlagt Afjævningslag af Ral.

Ved Bygning i Sænkekasse er man i Stand til at opføre den under Vand værende Del af et massivt Bygværk af Beton eller Murværk (eller

Kombinationer heraf) og opnaa, at Bygværkets Beton og Murværk bliver af lige saa god Kvalitet som ved Udførelse af Murværk og Betonstøbning paa Land. En særlig Fordel ved Anvendelse af Sænkekasse — set i Forhold til Udførelse af Bygværker ved Betonstøbning under Vand og til Bygværker af Betonblokke — er, at Fremstilling af Bygværker med mere komplicerede Former, som f. Eks. en Bropille med indvendige Hulrum o. l., ikke volder større Vanskeligheder.

I Stedet for, som Tilfældet er ved den i Fig. 340 fremstillede Bygge- maade, at lade Sænkekassens Bundflade være saa stor, at Sænkekassen

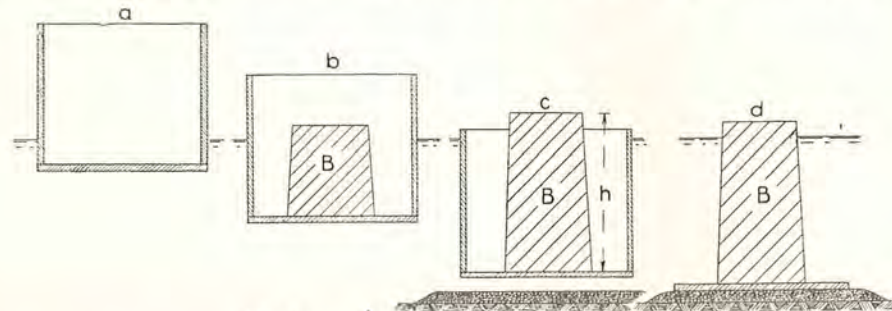


Fig. 340

kan bære Bygværket, naar det er opført til Højden h , kan man indskrænke Størrelsen af Sænkekassens Bundflade til den Størrelse, som netop er fornøden af Hensyn til Byggearbejdets Udførelse inde i Sænkekassen (eller af Hensyn til Sænkekassens Stabilitet, medens den flyder), og da foretage Sænkningen paa et tidligere Stadium af Bygværkets Opførelse. Sænkekassens Sider maa i saa Fald være saa høje, at de, naar Kassen er sænket til Bunds, rækker op over det til den paa Bygge- stedet forekommende højeste Vandstand svarende Vandspejl, saaledes at den efter Kassens Sænkning resterende Del af Bygværket kan opføres inde i Sænkekassen som i almindelig tør Byggegrube.

Opførelse i Sænkekasse egner sig særlig, hvor det drejer sig om frit staaende Bygværker af ikke alt for store Dimensioner, f. Eks. Bropiller o. l., men er undertiden ogsaa anvendt til Bygværker, der, som f. Eks. Kajmure, har stor Udstrækning i Længderetningen. I sidstnævnte Tilfælde fremstilles Bygværket i enkelte indbyrdes adskilte Dele, f. Eks. i Længder paa ca. 10 m, der sænkes hver for sig. Af Hensyn til Tilvejebringelse af den Forbindelse mellem de enkelte Stykker af Kajmuren, der er nødvendig for at hindre Jordfylden bag Kajmuren i at blive skyllet ud, kan Endefladerne af de enkelte Stykker af Kajmuren udformes som vist i Fig. 341, og Mellemmrummene A mellem Kajmursstykkerne udfyldes med Beton, støbt under Vand. Til Indfatning for Udstøbningen

af denne Beton kan der anbringes betonfyldte Sække mellem de fremspringende Partier b .

Størrelsen af Sænkekassens Bundflade kan være bestemt af Bygværkets Vægt, idet Kassens Deplacement skal være tilstrækkelig stort, til at Kassen kan bære Bygværket, naar dens Dybgaende er saa meget mindre end Vanddybden paa Anbringelsesstedet som fornødent, for at Kassen uden Vanskelighed kan bringes paa Plads, eller Størrelsen kan være bestemt af Bygværkets Længde og Bredde, idet Sænkekassens Areal indvendig skal være tilstrækkelig stort, til at Betonstøbning og Udførelse af Murarbejde kan foregaa passende bekvemt. Endelig kan Sænkekassens Bredde (mindste Dimension) være bestemt af, at Kassen skal være i Besiddelse af en passende Stabilitet, naar den ligger i Vandet.

Stabilitetsgraden afhænger af Metacenterhøjden. Denne er lig med Metacentrets Højde y over det fælles Tyngdepunkt G for Sænkekassen og den i Kassen værende Del af Bygværket (Fig. 342). Beliggenheden af Metacentret M er bestemt

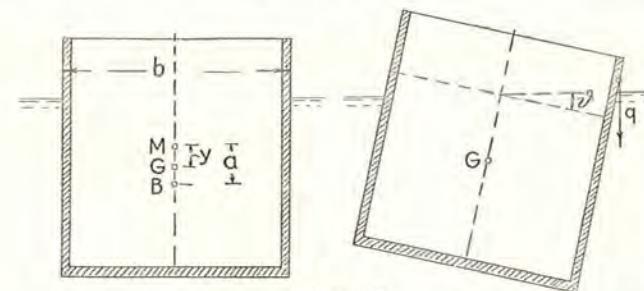


Fig. 342.

ved, at det ligger paa Linien gennem Opdriftens Tyngdepunkt B og det fælles Tyngdepunkt G for Kassen og Bygværket, og i Afstanden a over B , idet man har:

$$\overline{BM} = a = \frac{I}{P},$$

hvor P er Deplacementet og I Vandgangssnittets Inertimoment om en Akse gennem Vandgangssnittets Tyngdepunkt og vinkelret paa Krængningsplanen. Den i givet Tilfælde fornødne Stabilitetsgrad kan man i Reglen fastsætte paa den Maade, at Sænkekassens Krængningsvinkel ikke maa blive større end tilladelig — f. Eks. ikke større end 10° til 15° — naar en efter de foreliggende Forhold skønmæssigt anslaaet Vægt q anbringes helt ude ved den ene Side af Sænkekassen. Størrelsen af q kan f. Eks. fastsættes under Hensyn til, hvor store Mængder Byggematerialer, der samtidig skal være i Sænkekassen til Brug ved Byg-

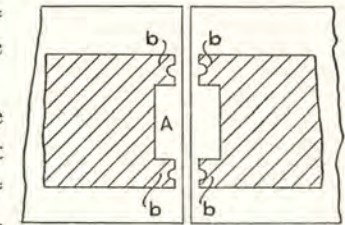


Fig. 341.

værkets Opførelse, idet en vis Del af disse maa paaregnes at kunne blive anbragt usymmetrisk i Forhold til Sænkekassens Midtplan.

Antages Sænkekassen og til at begynde med ogsaa Vægtfordelingen i denne at være symmetrisk om Midtplanen, ligger Metacentret M og Tyngdepunkterne B og G i denne Plan. Flyttes Vægten q fra Kassens Midte ud til den ene Side, havs, med tilstrækkelig Tilnærmelse for Krængningsvinkler op til 10° til 15° :

$$q \frac{b}{2} = Py \sin \vartheta = P(a - \overline{BG}) \sin \vartheta,$$

hvor b er Kassens Bredde og ϑ Krængningsvinklen. Er q og ϑ fastsat, kan det heraf ses, om Sænkekassens Bredde er tilstrækkelig stor til at give den paakrævede Stabilitet.

Til Opførelse af et Bygværk i Sænkekasse paa den ved den skematisk Fremstilling i Fig. 340 angivne Maade, anvendes Sænkekasse udført af Planker og Tømmer. I Havvand er der herved den Mangel, at Sænkekassens Bund, som indgaar i det færdige Bygværk som Underlag for dette, er udsat for Ødelæggelse ved Angreb fra Pæleorm og Pælekrebs. I Havvand maa Bunden derfor beskyttes mod saadan Ødelæggelse. Dette kan gøres ved Afdækning af den uden for Bygværket rækende Del af Træbunden med Jordfyld, hvis Overflade da maa beskyttes mod Bortskæring ved passende Stenbelægning (Ral, Haandsten og eventuelt Storsten), Fig. 343.

En Sænkekasse af Træ gives sædvanlig en saa simpel Form som mulig, helst rektangulær, af Hensyn til Udførelsen af Tømmersamlingerne,

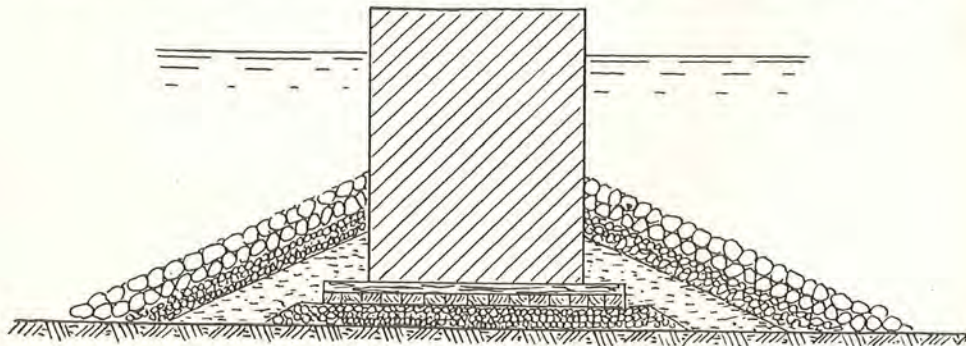


Fig. 343.

og kan f. Eks. være konstrueret saaledes som vist i Fig. 344. Bunden bestaar her af to hinanden krydsende Lag af Halvtømmer, der er sammenholdt med Spiger eller Trænegler. Siderne dannes af 2 Lag Planker. I det yderste Lag er Plankerne skraatstillet. Plankerne er befæstet med

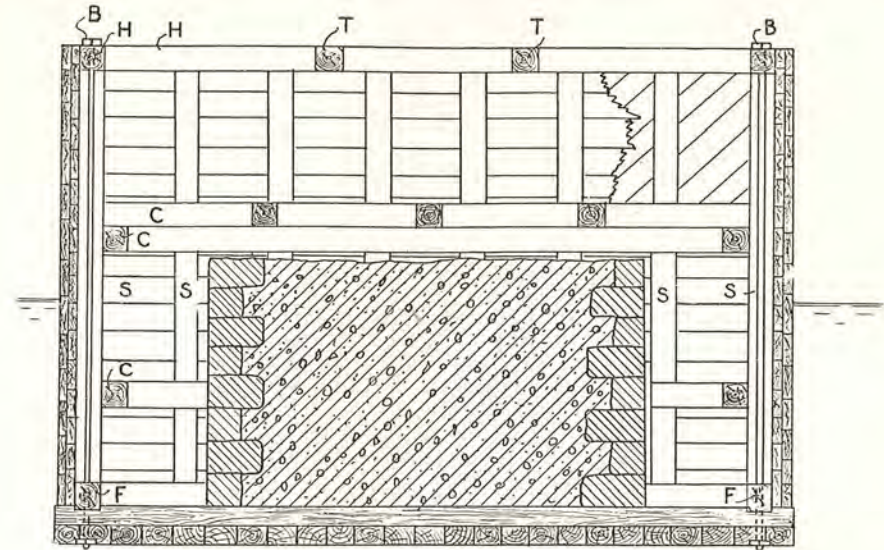


Fig. 344.

Spiger paa udvendig Side af Rammer, der hver bestaar af et Fodstykke F , en Hammer H og Stolper S . Fodstykket er anbragt i en Udskæring i det øverste Bundlags Halvtømmer for derved at hindres i at forskydes under Paavirkning af det gennem Plankeklædningen og Stolperne til Fodstykket overførte Tryk. Stolperne kan være tappet i Fodstykket og Hammeren tappet paa Stolperne.

Forbindelsen mellem Sider og Bund er, for at Siderne efter Kassens Sænkning kan fjernes, tilvejebragt ved Hjælp af lodrette Bolte B , der gaar gennem Hammer, Fodstykke og Kassens Bundtømmer, med Hoved foroven og Møtrik forneden. Møtrikkerne er fastgjort i Bundtømmeret, saaledes at Bolteforbindelsen kan løsnes ved Drejning af Bolten.

Hammerstykkerne maa, hvis de ikke kan være fritspændende i Sidevæggens hele Længde, afstives med Tværbjælker T . Hvis Vanddybden paa Byggestedet er forholdsvis stor, kan det være nødvendigt at give Stolperne Mellemunderstøtninger ved Hjælp af indvendige langsløbende Bjælker C , som da afstives med lignende Tværbjælker som de foroven ved Hammerstykkerne anbragte. Efterhaanden som Opførelsen af Bygværket skrider frem, maa de tværs over Sænkekassen gaende Tværbjælker fjernes og erstattes af kortere Tværbjælker, som afstøttes mod det i Sænkekassen opførte Bygværk.

De paa Sænkekassens Sider virkende Vandtryk og deraf de enkelte Deles Dimensioner er lette at bestemme. Største Paavirkning paa Bunden faas, naar Kassen er sænket helt. Paa Kassens Bund virker der

opad et over hele Bunden ensformig fordelt Vandtryk, og nedad Bygværkets Egenvægt, fordelt over Bygværkets Grundflade. Er Længde og Bredde af Sænkekassen henholdsvis l_1 og b_1 og Længde og Bredde af Bygværkets rektangulære Grundflade henholdsvis l_2 og b_2 , og er Vanddybden h , haves til Bestemmelse af Tykkelsen t_0 af det i Kassens Længderetning gaaende øverste Lag Bundtømmer, med tilladelig Bøjningspaavirkning σ :

$$\frac{1}{8} b_2 t_0^2 \sigma = \frac{1}{8} h b_1 (l_1 - l_2)^2$$

og til Bestemmelse af Tykkelsen t_u af det underste Lag Tømmer:

$$\frac{1}{8} t_u^2 \sigma = \frac{1}{8} h (b_1 - b_2)^2.$$

Saafermt Sænkekassens Bund skal indgaa som Fundament for det færdige Bygværk og som saadant tjene til at overføre en Del af Trykket fra Bygværket til Underlaget (Ral-Fundamentet) uden for Bygværkets Grundflade, kan Hensynet hertil blive bestemmende for Bundens Dimensioner.

Af Hensyn til, at Sænkekassen skal være vandtæt, maa dens Bund og Sider kalfatres. Kalfatringen udføres, ved at man først udvider Fugerne (Naadderne) med en særlig formet Mejsel og derefter banker Værk ind i de udvidede Fuger og efterfylder disse med smeltet Beg.

Forinden Kassens Sænkning maa Byggegrunden være plant afrettet. I Reglen maa der derfor anbringes et Afjævningslag af Ral. (Undertiden bruges det at udføre Afjævningslaget af Grus eller Sand). Rallagets Tykkelse maa afpasses efter, hvor ujævn Grunden er. I Almindelighed gøres Rallaget mindst 30 cm tykt. Afretningen af Rallaget maa foretages af Dykker. Langs Rallagets Omkreds nedrammes smaa Pæle, til hvilke der befæstes en Ramme af Planker med Overkant liggende nøjagtigt i den Højde, som det færdige Rallag skal have. Støttende paa Planke-Rammens Kant føres derefter en Retskede hen over Rallaget, idet Dykkeren samtidig udjævner de høje Partier af Rallaget og fylder efter i Fordybningerne.

Ved at Trykket fra Bygværket overføres til Byggegrunden gennem Rallaget, vil dette i Reglen give noget efter, saaledes at der fremkommer en hertil svarende Sætning af Bygværket. Stenene i Rallagets Underside kommer ved Udlægningen paa Bunden til at ligge løst oven paa denne, saaledes at der kun er ganske lille Anlægsflade mellem de enkelte runde Sten og Bunden. Naar Stenlaget senere belastes med Tryk fra Bygværket, vil Stenene derfor trykkes noget ned i Grunden.

Kassen holdes under Sænkningen fortøjet ved 6 eller 8 Trosser

til et tilsvarende Antal Ankere, saaledes at den kan bringes til at ligge nøjagtigt i den rigtige Stilling. Den sidste Sænkning kan foretages, ved at man belaster Bygværket med løs Ballast (Sten), eller ved at man anbringer Ballast i Bunden af Sænkekassen. Til Sænkningen kan ogsaa benyttes Vandballast. I saa Fald maa Rummet mellem Bygværket og Kassens Sider helst være inddelt i mindre Rum, for at man ved at fordele Vandballasten kan hindre, at Kassen indtager skæv Stilling under Sænkningen. Ballasten maa kunne fjernes igen, for at man, hvis det ikke lykkes at faa Kassen til at indtage den for Bygværket bestemte Plads tilstrækkelig nøjagtigt, atter kan bringe Kassen til at flyde og foretage Sænkning paany. Straks efter den endelige Anbringelse af Sænkekassen maa der fyldes saa meget Vand i den, at den ikke kan lette sig fra Bunden ved eventuelt indtrædende Højvande.

Den Del af Rallaget, som rækker uden for Sænkekassens Bund, bør i Almindelighed sikres mod at blive skyllet bort af Bølger eller Strøm ved Afdækning med Haandsten og eventuelt Storsten eller med betonfyldte Sække.

Den i det foranstaaende omhandlede Fremgangsmaade ved Opførelse af et Bygværk ved Hjælp af Sænkekasse anvendes sjældent nu til Dags. Dens Anvendelse kommer i Hovedsagen kun i Betragtning i de Tilfælde, hvor Bygværket skal udføres helt eller for den væsentligste Dels Vedkommende af Murværk af Natursten.

b. Hele Sænkekassen indgaaer i det færdige Bygværk. I de allerfleste Tilfælde udføres Sænkekassen af Jernbeton. I nogle, men forholdsvis faa Tilfælde, væsentligst fra Tiden før man kendte Jernbeton, har man anvendt Sænkekasser af Grovbeton og Sænkekasser af Murværk. Ved Sænkekasser af Grovbeton eller af Murværk er der ofte den for Anvendelsen af Sænkekasseprincippet ved Udførelse af Undervandsbygværker meget betydende Ulempe, at det er nødvendigt at have omtrent lige saa stor Vanddybde paa det Sted, hvor Sænkekassen søsættes og derefter fuldføres, som paa det Sted, hvor det paagældende Bygværk skal opføres, idet saadanne Sænkekasser af Grovbeton eller af Murværk maa have forholdsvis svær Bund og tykke Vægge for at kunne taale Vandtrykket og derfor kommer til at ligge dybt i Vandet. Ved Sænkekasser af Murværk er der derhos den Ulempe, at Murværk ikke kan udføres saaledes, at det er vandtæt; Sænkekasser af Murværk maa derfor være forsynet med en udvendig Kappe af Jernplade.

En Sænkekasses Form og Hoveddimensioner er, idet Sænkekassen indgaaer i det færdige Bygværk som en Del af dette, i Almindelighed bestemt af det paagældende Bygværks Form og Dimensioner. I særlige Tilfælde kan dog ogsaa Kravet om, at Sænkekassen skal have en vis

Stabilitet, naar den flyder i Vandet, være bestemmende for, hvor stor Sænkekassens Bredde skal være.

Sænkekasser af Jernbeton anvendes i stor Udstrækning til Bygning af Moler, Kajindfatninger og Bropiller.

Naar Sænkekassen flyder i Vandet, paavirkes Længde- og Endevæggene af Vandtryk ude fra. Væggenes Tykkelse skal være tilstrækkelig stor, til at Væggene kan taale den fra Vandtrykket hidrørende Bøjningspaavirkning. Hvis Sænkekassens Længde er væsentlig større end dens Bredde — hvad der sædvanlig er Tilfældet — er det nødvendigt at have Længdevæggene indbyrdes afstivede mod hinanden ved Mellemvægge, for at Længdevæggens Tykkelse kan begrænses saa meget som paakrævet af Hensyn til, at Kassens Vægt og dermed dens Dybgaaende ikke maa være for stor (det tilladelige Dybgaaende kan f. Eks. være bestemt af Vanddybden paa det Sted, hvor Kassen skal henligge, indtil den anbringes paa Plads). Mellemvæggene tjener derhos til at give Kassen den Stivhed (Forbindelse med Bunden og Længdevæggene), der er fornøden, for at det af de sandfyldte Kasser dannede Bygværk skal kunne taale Paavirkningen af vandrette Kræfter, f. Eks. Bølgetryk (Moler) eller Jordtryk (Kajindfatninger). For at begrænse Sænkekassens Egenvægt saa meget som muligt kan man udforme Mellemvæggene som vist i Fig. 345 og Fig. 346, med Udsparinger eller som Gitterbjælker.

I Fig. 345 er vist en Mole, hvis Underbygning bestaar af en Række sandfyldte Jernbetonsænkekasser. Sænkekasserne hviler paa et forud for Kassernes Anbringelse planeret Lag Ral, der ved Molens udvendige

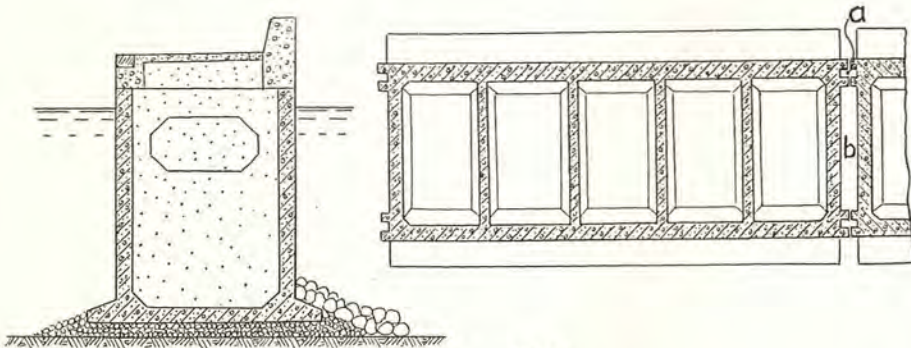


Fig. 345.

Side er beskyttet mod Bølgeangreb ved en Afdækning med større Sten. Overbygningen bestaar af to med Sænkekassernes Sidevægge sammenstøbte Betonmure, der danner Indfatning for Sandfyld. Denne er foroven afdækket med et Lag Beton. Den ved Molens Yderside værende Mur rækker som Bølgeskærm (Brystværn) op over Molens Krone. Længden

af hver af Sænkekasserne er ca. $2\frac{1}{2}$ Gange Molens (= Sænkekassens) Bredde. Længdevæggene er indbyrdes forbundne, dels gennem Kassens to Endevægge, dels ved Mellem-Tværvægge. Sænkekasserne bringes svømmende til Anbringelsesstedet og sænkes paa Plads ved Indpumpning af Vand i Sænkekassen. Derefter fyldes Kassen med Sand.

Paa udvendig Side af Kassens Endevægge findes ved hver af Længdevæggene fremspringende Partier, der hvert er forsynet med en i Kassens hele Højde gaaende Not. Naar Kassen er stillet paa Plads og fyldt med Sand, udfyldes disse Noter med Cementmørtel, ved at der føres en mørtelfyldt Sæk¹⁾ ned i hvert af de af de sammenstødende Noter dannede Hulrum *a* (Fig. 345). Yderligere kan Rummene *b* mellem Kasserne udfyldes med Beton ved Udstøbning gennem Rør. Ved denne Udfyldning af Hulrummene *a* og *b* tilvejebringes en Sammenlaasning af Sænkekasserne indbyrdes.

I nogle Tilfælde har man i Stedet for med Sand udfyldt Sænkekassernes indvendige Rum med mager Beton. Mellemvæggene (som Forbindelse mellem Bund og Længdevægge) er i saa Fald ikke nødvendige af Hensyn til det færdige Bygværks Styrke, men tjener kun til at give Kassen den Stivhed, der er fornøden af Hensyn til de under Bygværkets Opførelse forekommende Paavirkninger paa Sænkekassen. Anvendelsen af mager Beton kræver, at Støbningen foregaar tørt. Det Rum, hvori der støbes Beton, maa derfor holdes udpumpet. Der kan til at begynde med kun støbes i eet (eller nogle faa) ad Gangen af de Rum, hvori Kassen er inddelt ved Mellemvæggene, idet der stadig maa holdes saa mange af Kassens Rum vandfyldte, at Kassen hviler med tilstrækkelig stort Tryk paa Bunden, til at den kan modstaa mulig optrædende Bølgepaavirkning.

I Fig. 346 er vist en Kajindfatning, hvis Underbygning bestaar af sandfyldte Jernbetonsænkekasser. Kasserne staar ligeledes her paa et forud for Kassernes Anbringelse planeret Lag Ral, der paa den mod Havnebassinets vendende Side er

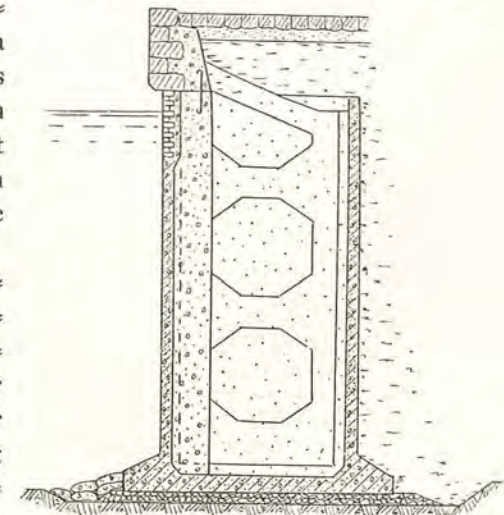


Fig. 346.

¹⁾ Jfr. Side 303 og Side 356.

afdækket med Beton i Sække til Beskyttelse mod Bortskæring af Skibes Skruevand. Til Forstærkning af Sænkekassens mod Havnebassinet vendende Sidevæg er Kassens indvendige Rum her udfyldt med mager Beton i en Bredde af ca. 1 m. Den øvrige Del af Kassen er fyldt med Sand.

Paa den øverste Del (indtil ca. 1 m under Vandlinien) af den mod Vand vendende Sidevæg er denne forsynet med Parement af Klinker. I Stedet for Parement af Klinker anvendes ofte Parement af smaa Granitsten, i Størrelse som almindelige Brosten. Saadant Parement af smaa Granitsten har dog i mange Tilfælde vist sig at være mindre holdbart. Stenparementets ind mod Betonen vendende Flade er relativt glat, og Stenene fastholdes derfor kun ved Hjælp af Mørtelen til Betonen, dette i Modsætning til, hvad Tilfældet er ved Klinkenparementet (og det i den viste Kajindfatnings Overbygning indgaaende sværere Granitparement), hvor Parementets Bindere rækker et Stykke ind i Betonen inden for Parementet. Ved Parement udført af smaa Granitsten løsnes Stenene, naar Mørtelen er blevet ødelagt ved Havvandets Angreb, og falder da let af ved Frostsprængning eller som Følge af Bølgepaavirkning (Moler). Sværere Granitparement, hvis Sten er formet som Løbere og Bindere — f. Eks. som det i den viste Kajindfatnings Overbygning indgaaende Parement — kan i Reglen ikke anvendes ved Sænkekasser, fordi saadant Parement kræver langt større Vægtykkelse end den, Hensynet til, at Sænkekassens Dybgaaende skal holdes inden for visse Grænser, tillader.

Sænkekasser til Moler bruges det ogsaa at forsyne med lignende Parement af Klinker som ved den i Fig. 346 viste Kajindfatnings-Sænkekasse (eller med Parement af smaa Granitsten). Det mest almindelige er dog, at Bygværker, til hvis Fremstilling der benyttes Jernbeton-Sænkekasser, i det hele taget ikke forsynes med Parement.

I Fig. 347 er vist et andet Eksempel paa Kajindfatning med Underbygning af Sænkekasser. Hele Sænkekassen er her fyldt med Sand, og hverken Sænkekassens Jern-

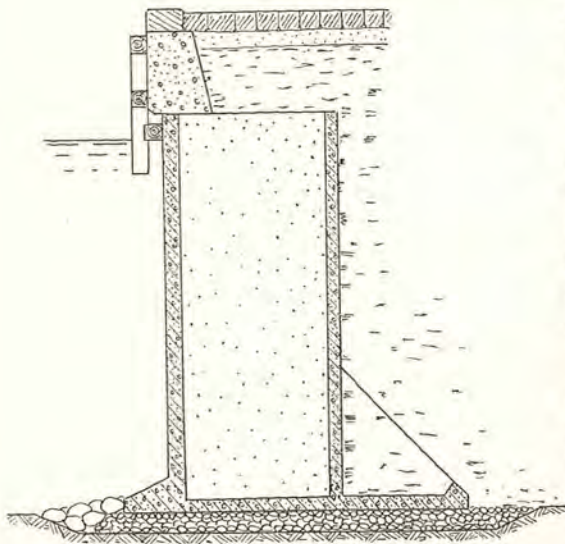


Fig. 347.

betonvæg eller Kajindfatningens Overbygning er her udstyret med Parement — bortset fra, at Overbygningen (Kajmuren) foroven har et Dækskifte af Granit.

I Almindelighed bruges det at lade Sænkekasse-Bygværket hvile paa et Lag Ral, saaledes som Tilfældet er ved de ovenfor omtalte Eksempler paa denne Slags Bygværker, idet det her, ligesom ved Bygværker af Betonblokke, er nødvendigt, at den Flade, paa hvilken Sænkekassens Bund skal hvile, er plant afrettet, for at Trykket fra Bygværket kan blive overført over hele Bygværkets Grundflade til Byggegrunden. Ved denne Ordning er der imidlertid som allerede tidligere nævnt¹⁾ den Ulempe, at Bygværket sætter sig noget, idet Ralunderlagets Sten trykkes ned i Jordbunden. I Tilfælde af, at Byggegrunden er meget fast (f. Eks. Klippebund), sker der ingen Sætning, men Ordningen lider af den Mangel, at Byggegrundens Bæreevne ikke kan udnyttes fuldt ud, idet den tilladelige Trykspænding i Fundamentsfladen er bestemt af Størrelsen af det tilladelige Tryk mellem Sænkekassens Bund og Ral-laget, d. v. s. i Virkeligheden af Størrelsen af det Tryk, der fremkommer i den i Forhold til Bygværkets Grundflade lille effektive Anlægsflade mellem Sænkekassens Bund og Stenenes (krumme) Overflader.

De her nævnte Ulemper kan undgaaes, ved at man former Sænkekassens Bund saaledes, at der bliver et Hulrum mellem Sænkekassens Bund og Byggegrunden, idet dette Hulrum da efter Sænkekassens Anbringelse udfyldes enten med ren Cement (Understøbning under Vand) eller med Beton; i sidste Tilfælde maa Vandet holdes ude fra Rummet under Kassens Bund, medens Udfyldningen finder Sted.

Ved den førstnævnte Fremgangsmaade (Understøbning) kan Sænkekassen være formet som vist i Fig. 348. Sænkekassens Vægge rækker et Stykke neden for Sænkekassens Bund, saaledes at Sænkekassen, naar den er anbragt paa Plads, kommer til at staa med Væggenes Kanter — Skæret — paa Byggegrunden. Højden af Rummet under Sænkekassens Bund maa være tilstrækkelig stor, til at Byggegrundens fremspringende Partier kan faa Plads, og er derfor bestemt af, hvor ujævn Byggegrunden er. Efter Sænkekassens Anbringelse tættes

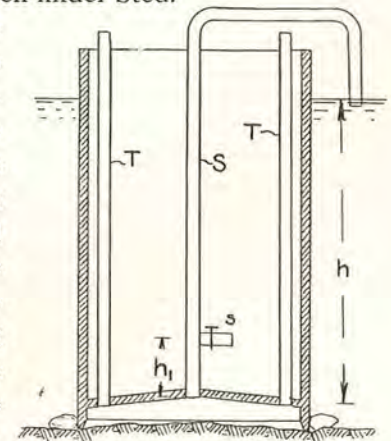


Fig. 348.

¹⁾ Side 366.

langs Skæret, og derefter udfyldes Hulrummet mellem Sænkekassens Bund og Byggegrunden med Cementvælling, der tilledes gennem Rørene *T*. Sænkekassens Bund er formet efter to lidt hældende Planer, saaledes at Hulrummets Loft ligger lidt højere langs Kassens Midtlinie end ved Kassens Sider, og langs Loftets Midtlinie er der anbragt Ledninger *S* (Stigrør). Hensigten med denne Anordning er at bortskaffe det i Cementvællingen dannede Cementslam fra Hulrummet under Kassen. Da Cementslammet er lettere end Cementvællingen, vil det samles paa Overfladen af Cementvællingen. Ved Tilledning af Cementvælling gennem Rørene *T* fortrænges først det i Hulrummet staaende Vand. Dette kan føres uden for Kassen gennem Rørene *S*. Hen mod Understøbningens Afslutning strømmer der Cementslam op gennem disse Rør. Først naar al Cementslammet er fortrængt fra Rummet under Kassens Bund, d. v. s. naar der begynder at komme slamfri Cementvælling ud af Stigrørens Munding, standses Tilførslen af Cementvælling.

Sænkekassen maa, saalænge Understøbningen foregaar, og indtil Cementvællingen er hærdnet, have tilstrækkelig stor Overvægt i Forhold til Opdriften, til at der ikke er nogen Fare for, at den kan forskydes af Strøm eller Bølger. Herved er der det særlige Forhold at bemærke, at saalænge der strømmer Vand ud af Stigrørmundingen, naar denne saaledes som vist i Figuren ligger i Højde med det udvendige Vandspejl, er det opadvirkende Tryk paa Sænkekassens Bund bestemt af Vægten af Vandsøjlen h , medens det opadvirkende Tryk, naar der ved Understøbningens Afslutning strømmer Cementvælling ud gennem Stigrørets Munding, er bestemt af Vægten af den tilsvarende Søjle Cementvælling. Da Cementvællingens Rumvægt er henved 2 Gange saa stor som Vandets Rumvægt, bliver Opdriften paa Sænkekassen ved Understøbningens Ophør henved 2 Gange saa stor som den Opdrift, der haves, naar Kassen staar i Vand. Da Sænkekassen, indtil Cementudfyldningen i Hulrummet er hærdnet, hviler alene med Skæret paa Byggegrunden, saaledes at den Anlægsflade, gennem hvilken Trykket fra Kassen overføres til Grunden, er forholdsvis lille, kan det i mange Tilfælde have sine Vanskeligheder at give Kassen tilstrækkelig stor Overvægt, til at den ikke løftes, naar Hulrummet er udfyldt med Cementvælling. Disse Vanskeligheder kan man komme uden om, ved at man forsyner Stigrøret med et passende lavt siddende Afløbsrør *s* (med Hane). Fra kort Tid forinden Cementvællingen naar op til Kassens Bund, og indtil Understøbningen er fuldført, lader man Afstrømningen fra Stigrøret *S* ske gennem Røret *s*, saaledes at det opadvirkende Tryk paa Bunden begrænses til den af Højden h_1 bestemte Vægt af Cementvælling.

Hvis Byggegrunden er meget ujævn, og Hulrummets Højde derfor stor, er en saadan Understøbning ret kostbar, fordi der medgaar stor Mængde Cement til Udfyldningen. Ved meget ujævn Bund er der desuden ret store Vanskeligheder med Hensyn til Udførelsen af Tætningen langs Skæret. Det kan, hvis Bunden er meget ujævn, være fordelagtigt som Underlag for Sænkekassen at anvende et paa Bunden ved Understøbning udlagt Lag Beton. Dette maa da straks efter Udlægningen afrettes plant og, efter at det er hærdnet, renses for Cementslam (ved Oppumpning af Slammet). Paa dette Betonlag hensættes Sænkekassen, hvorefter den understøbes paa den ovenfor beskrevne Maade.

For at man skal kunne udfylde et Hulrum under en Sænkekasses Bund med Beton, maa Vandet som nævnt holdes ude fra Hulrummet under Kassen, medens Betonudlægningen i Hulrummet finder Sted, og Hulrummet maa have en saadan Højde, at det Mandskab, der skal udlægge Betonen, kan opholde sig og færdes i det. Hulrummet under Sænkekassens Bund kaldes i dette Tilfælde for *Arbejdskammer*.

Den almindelig anvendte Metode til at holde Vandet ude fra Arbejdskammeret er at holde dette fyldt med Luft under et til Skærets Dybde under Vandspejlet svarende Tryk. Det nærmere angaaende Udførelse af Arbejde i et saadant med Trykluft fyldt Rum omtales i Af-snit XIII (Trykluffundering).

Bortset fra de for Udførelse af Arbejde i Trykluft særlige Foranstaltninger er Fremstillingen af et Bygværk ved Hjælp af Sænkekasse

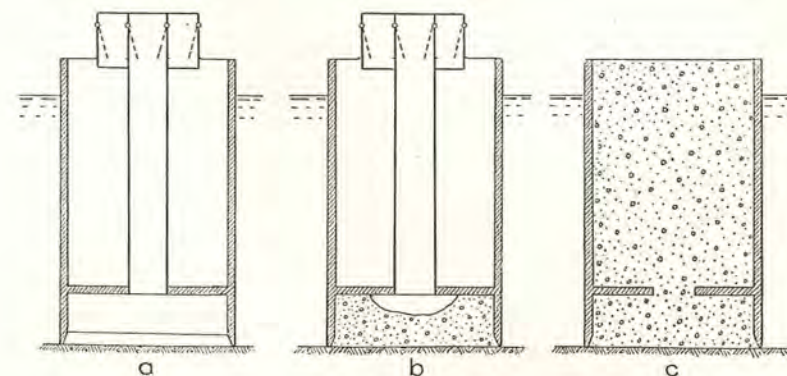


Fig. 349.

og saaledes, at Rummet mellem Sænkekassens Bund og Byggegrunden udfyldes med Beton, simpel i sit Princip. Sænkekassen stilles med Skæret hvilende paa Grunden (Fig. 349 a), og der tilledes Trykluft til Arbejdskammeret, hvorved Vandet trykkes ud af dette. Derefter gaar Arbejderne gennem den med Lufts-luse forsynede Skakt ned i Arbejds-

kammeret, og ad den samme eller flere lignende Skakte tilføres færdig blandet Beton, der udlægges i Arbejdskammeret (Fig. 349 b), idet der holdes Trykluft i Arbejdskammeret, indtil dette er helt udfyldt, og endelig kan den over Arbejdskammerets Loft liggende Del af Bygværket udføres inden for Sænkekassens Vægge (f. Eks. hel eller delvis Udfyldning af Sænkekassen med Beton, Fig. 349 c).

Den her nævnte Fremgangsmaade kan ogsaa anvendes ved Fremstilling af et paa Pæleværk funderet Betonbygværk (Fig. 350). Først rammes Pælene og kappes (af Dykker) i en saadan Højde over Bun-

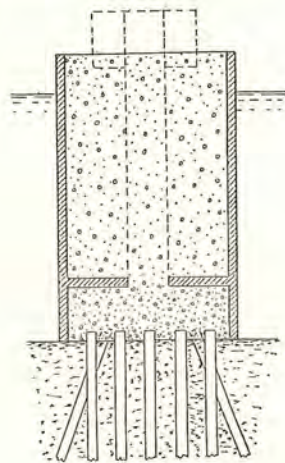


Fig. 350.

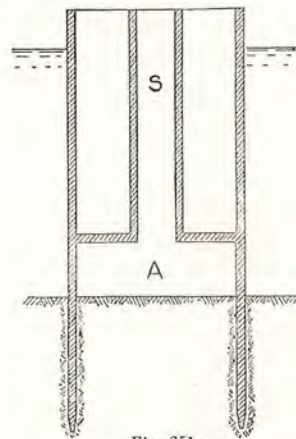


Fig. 351.

den, at Pælene kommer til at række et passende Stykke op i den senere udlagte Beton. Derefter anbringes Sænkekassen med Arbejdskammeret staaende over Pælehovederne, og Udfyldning af Arbejdskammeret med Beton sker dernæst som beskrevet ovenfor.

Under særlige Bundforhold — Jordbunden ganske ensartet og ikke særlig fast — kan Fremstilling af et Bygværk ved Hjælp af Sænkekasse og saaledes, at Rummet under Sænkekassens Bund udfyldes med Beton, ske uden Anvendelse af Trykluft til Tørholdelse af Arbejdskammeret. Fremgangsmaaden herved er, at Arbejdskammerets Vægge føres et Stykke ned i Jordbunden (Fig. 351). Denne Nedføring sker ved, at Sænkekassen belastes, f. Eks. ved Indfyldning af Vand i Sænkekassens Rum over Arbejdskammerets Loft. Dette Rum maa være delt i et efter Forholdene passende Antal Celler, saaledes at Belastningen kan koncentreres paa de Steder, hvor Modstanden mod Skærets Nedtrængen i Bunden er stor, og det derved sikres, at hele Sænkekassen føres lodret ned.

Naar Arbejdskammerets Vægge er ført ned i Jordbunden, kan Arbejdskammeret A, fra hvilket der fører en eller flere Skakte S op til Sænkekassens Overkant, derefter tørlægges ved Udpumpning af Vandet, og der kan da i Kammeret foretages Udgravning i Bunden (hvis Bygværkets Fundamentsflade skal føres ned under Jordbundens Overflade), og Arbejdskammeret derefter udfyldes med Beton. Disse Arbejder udføres her under ganske tilsvarende Forhold som de, der haves ved en almindelig oventil aaben Byggegrube.

Det tørlagte Arbejdskammers Begrænsning mod Vandet er her en enkelt Væg, ligesom Tilfældet er ved den i § 225 omtalte Indfatning for tørlagt Byggegrube, og den samme Fare, for at Tørlægning kan mislykkes, som den i § 225 omtalte (Underskæring af Indfatningsvæggen), er ogsaa til Stede ved Tørlægning af Arbejdskammeret. Faren for Underskæring er desto større, jo større det ydre Vandspejls Højde over Bunden inde i Arbejdskammeret er, og til jo mindre Dybde Underkanten af Arbejdskammerets Vægge er ført ned i Jordbunden.

Medens Indfatningen for en almindelig Tørlægningsbyggegrube no-

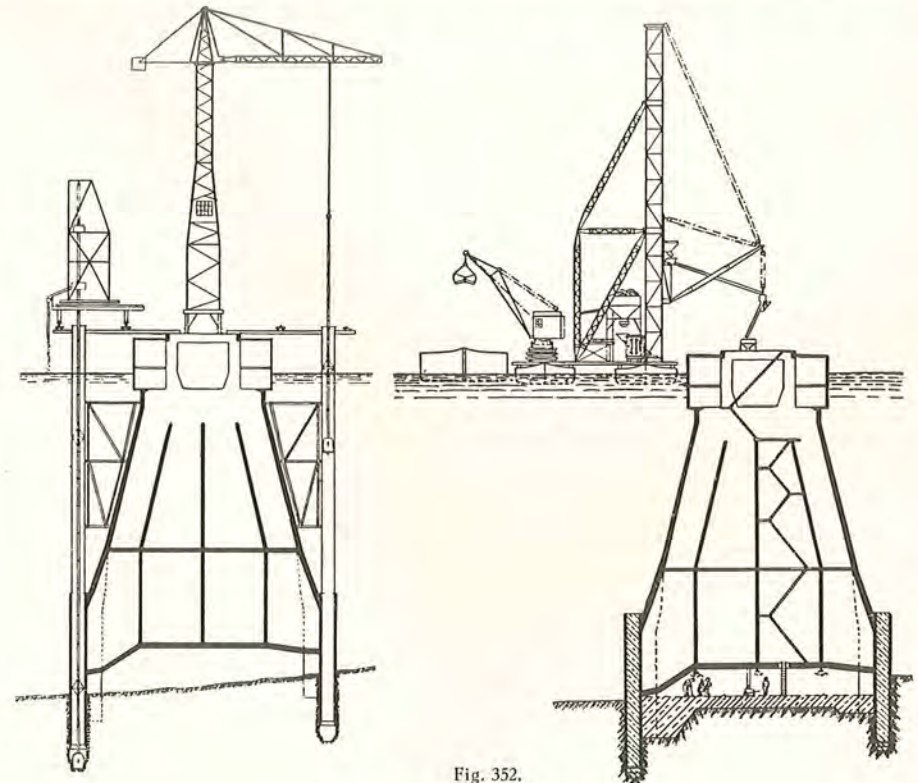


Fig. 352.

genlunde let lader sig retablere, hvis der sker Underskæring paa et enkelt Sted, nemlig ved at den paagældende Del af Spunsvæggen trækkes op og erstattes med en ny, til større Dybde rammet Spunsvæg, vil en Retablering efter en tilsvarende Skade, hvis den indtræffer ved Tørlægning af Arbejdskammeret under en Sænkekasse, være praktisk taget uigenemførlig eller i det mindste meget vanskelig. Hvis der under Lænsningen eller under Tørholdelse af et saadant Arbejdskammer viser sig at fremkomme saa stærk Tilstrømning (Gennemsivning) af Vand til Arbejdskammeret, at der kan være Fare for Underskæring af den ned i Jordbunden førte Væg, vil man være nødsaget til at gaa over til den Fremgangsmaade, ved hvilken Vandet holdes ude af Arbejdskammeret ved Hjælp af Trykluft, saaledes som omtalt Side 373.

Den i det foranstaaende beskrevne Byggemetode — Sænkekasse med Arbejdskammer, men uden Anvendelse af Trykluft — er benyttet ved Bygning af Lillebæltsbroens Strømpiller¹⁾. Arbejdskammerets Vægge dannedes her af en Krans af Rør, der var forlænget op til et Stykke over Vandspejlet (Fig. 352). Jordbunden inden for disse Rørs Vægge opgravedes (ved Sønderdeling af Jorden ved Hjælp af et særligt dertil konstrueret Skæreapparat og Oppumpning af den findelte Jord), og ved Belastning af Sænkekassen (Indpumpning af Vand i de over Arbejdskammerets Loft værende Rum) trykkedes den af Rørene dannede Væg om Arbejdskammeret ned i Jordbunden til en vis Dybde, saaledes som vist i Figuren. Derefter lænsedes Arbejdskammeret, og der foretoges Udgravning til den fastsatte Funderingsdybde (ved almindelig Tørgravning), hvorefter Arbejdskammeret udfyldtes med Beton.

232. Fremstilling af Jernbetonsænkekasser. Naar der til det paagældende Anlæg kun skal bruges een eller nogle faa Sænkekasser, er den simpleste Fremgangsmaade at bygge dem paa Land, staaende paa en Bedding, og efter Fuldførelsen af hver Sænkekasse søsætte den ved Afløbning ad Beddingen.

Høje, men forholdsvis smalle Sænkekasser har man bygget liggende paa Siden for derved at undgaa Anvendelsen af højt Byggestillads og undgaa at maatte bringe Betonen op i stor Højde over Tilberedningsstedet for Betonen. Ved Søsætningen maa man da have Kassen tillukket foroven med tæt Plankedæk.

Ved Bygning af høje Sænkekasser er man ogsaa gaaet frem paa den Maade, at man paa Beddingen kun har fremstillet Kasserne i en Del (f. Eks. Halvdelen) af deres fulde Højde, og derefter søsat dem og fuldført dem, medens de ligger i Vandet.

¹⁾ Ingeniøren. 1933. Nr. 45. H. Flensborg: Lillebæltsbroen.

I Stedet for paa Bedding har man bygget Kasserne ved en Kajindfatning (Fig. 353) staaende paa Bjælkelag og rækkende med den halve Længde (eller Bredde) uden for Kajindfatningen. Søsætningen sker da, idet den paa Bjælkelagets Landende liggende Belastning fjernes, ved at Kassen falder ned i Vandet. Kasserne maa være særlig stærke, for at de kan taale at blive søsat saaledes uden at lide Skade.

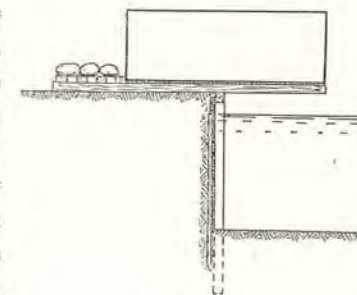


Fig. 353.

Bygning af en Jernbetonsænkekasse kan ogsaa ske ved Hjælp af en Træsænkekasse (Fig. 354). Efter Fuldførelsen af Jernbetonsænkekassen ballastes og vandfyldes Træsænkekassen, saaledes at den gaar til Bunds. Jernbetonsænkekassen forhales derefter til Siden, hvorefter Træsænkekassen atter kan løftes ved Udtagning af Ballasten.

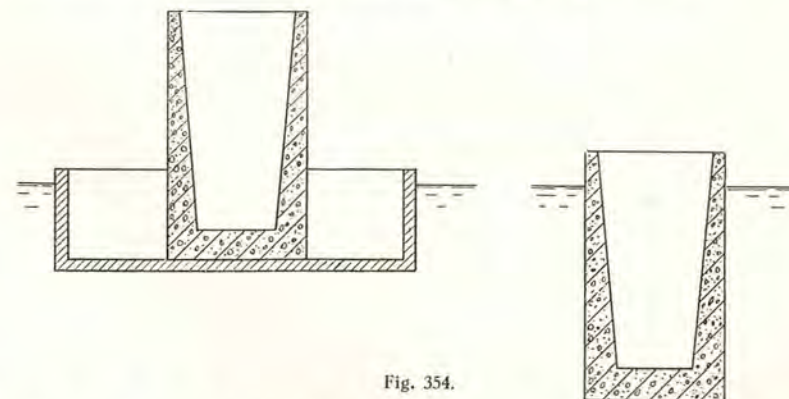


Fig. 354.

Hvor der haves Flydedok eller Tørdok i nogenlunde Nærhed af Byggestedet, er det ofte fordelagtigt at bygge Sænkekasserne i Dok og bugser dem herfra til Anbringelsesstedet.

I Tilfælde af, at der skal fremstilles et stort Antal Sænkekasser, bruges det ofte at bygge Kasserne i en inden for en Fangedæmning fremstillet tørlagt Byggegrube. Efter Kasserens Fuldførelse lukkes Vandet ind i Byggegruben, og der fjernes saa stor en Del af Fangedæmningen som nødvendigt for at bringe de i Vandet flydende Kasser ud. For det meste vil det være fordelagtigt paa Grund af Omkostningerne ved Opførelse af Fangedæmningen og Tørholdelse af Byggegruben at anlægge denne paa et Sted, hvor Vanddybden ikke er for stor, og at undlade at forøge Dybden inden for Fangedæmningen ved Udgravning, idet man da i den tørlagte Byggegrube kun bygger Kasserne til saa

stor Højde, at deres Dybgaende er lidt mindre end Vanddybden uden for Fangedæmningen, og foretager den videre Opbygning af Kasserne, medens de ligger i Vandet paa et Sted med en for de færdige Kasser tilstrækkelig stor Vanddybde. Som en særlig Fremgangsmaade ved Søsætning af Sænkekasser kan nævnes den ved Bygning af Gdynia Havn anvendte¹⁾, hvor det drejede sig om Fremstilling af et meget stort Antal Kasser (til Moler og til Kajindfatninger). Kasserne byggedes her (liggende paa Siden) paa et Landareal (Sand), der skulde indgaa som Havnebassin i det færdige Havneanlæg. Efter Kassernes Fuldførelse foretoges den for Fremstilling af Havnebassinet fornødne Udgravning med Uddybningsmaskine og Sandpumpemaskine. Sænkekasserne, der laa med Bunden vendende mod den Side, hvorfra der udgravedes, gled da ud i Vandet en for en, efterhaanden som den ved Uddybningen fremstillede Skraaning rykkede ind under Kasserne.

233. Sænkekasser af Murværk. I nogle Tilfælde har man anvendt Sænkekasser udført af Murværk, idet Sænkekassen da, saaledes som nævnt,

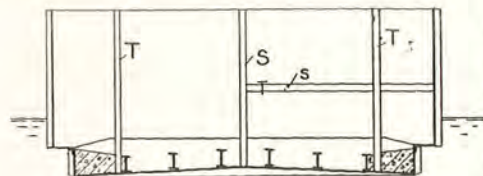


Fig. 355 a.

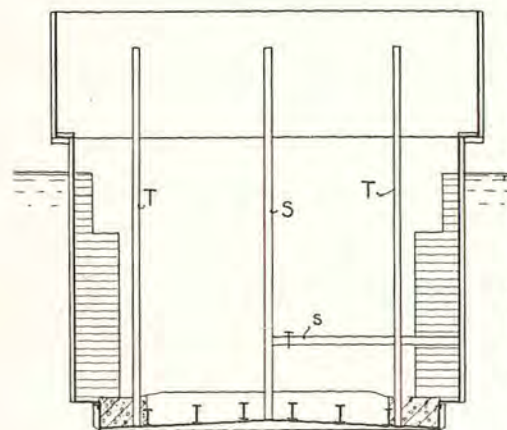


Fig. 355 b.

forsynes med en udvendig Kappe af Jernplade. I Fig. 355 a—der er vist de forskellige Stadier ved Bygning af en Bropille med Anvendelse af Murværkssænkekasse med Jernpladekappe²⁾.

Fig. 355 a fremstiller den nederste, paa Bedding byggede og derefter søsatte Del af Jernpladekappen. Dennes Bund var svagt tagformet (af Hensyn til Kassens Understøbning), og Siderne var forlængede lidt neden for Bunden som et Skær. Inden i den af Kappen dannede Kasse opførtes den egentlige Sænkekasse af Murværk (Klinker) i saadan Tykkelse og Form (Hvælvinger med lodret Akse), at Murværkssiderne var i Stand til at modstaa det udvendige Vandtryk (Fig. 355 b).

¹⁾ Ingeniøren. 1926. Nr. 43. K. Højgaard: Havneanlægget ved Gdynia.

²⁾ Ingeniøren. 1909. Nr. 8 og 15. H. C. V. Møller: Ny Knippelsbro.

Jernkappens Sider forhøjedes samtidig med Opførelsen af Murværket, saaledes at Jernkappen stadig var et Stykke højere end Murværkssænkekassens Vægge og naaede et Stykke op over Vandlinien. Ved den øverste Del af Bro pillen, hvor denne skulde forsynes med Granitparement, var Jernkappen saa meget videre end Jernkappen paa den nedre Del, at der blev tilstrækkelig Plads til Udførelse af

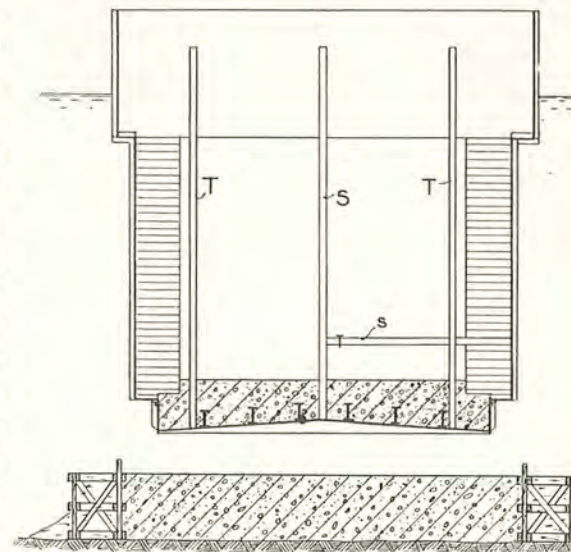


Fig. 355 c.

Formuring af Parentet. Denne øverste Del af Jernkappen kom derved til at tjene som Væg i Sænkekassen og maatte derfor gøres tilstrækkelig stærk til at kunne taale det paa denne Del af Sænkekassen virkende Vandtryk. Den udkragede Del af Jernkappen var befæstet saaledes til den øvrige Del, at den kunde borttages efter Bygværkets Fuldførelse.

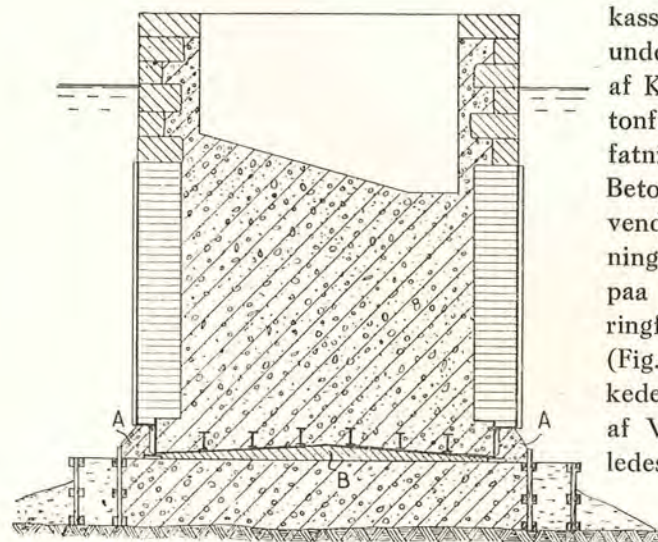


Fig. 355 d.

Underlag for Sænkekassen dannedes af et under Vand (ved Hjælp af Klappkasse) støbt Betonfundament. Til Indfatning ved Støbning af Betonfundamentet anvendtes en Jorddæmning begrænset af to paa Bunden anbragte ringformede Trævægge (Fig. 355 c). Kassen sænkedes ved Indfyldning af Vand i den og stilledes med Skæret staaende paa nogle paa Betonfundamentet henlagte

jernbeslaede Trækiler. Derefter tættedes Mellemrummet mellem Skæret og Betonfundamentet med Beton i Sække, og uden for Kassens nederste Del støbtes Beton (A, Fig. 355 d) til yderligere Tætning ved Skæret. Hulrummet B mellem Betonfundamentet og Sænkekassens Bund udfyldtes med Cement ved Understøbning paa samme Maade som beskrevet Side 371: Tilførsel af Cementvælling gennem Rørene T til Hulrummet B og Bortledning af Vand og Cementslam gennem Rørene S og disses lavt siddende Udløb s. Efter den ved Understøbningen indfyldte Cements Hærdning fuldførtes Bygværket ved Udfyldning af Sænkekassens Hulrum med Beton.

XII. SÆNKEBRØNDE.

234. Fremstilling af Bygværker ved Hjælp af Sænkebrønde. Hvis et Bygværks Fundamentsflade skal føres ned til stor Dybde, for at Bygværket kan komme til at staa direkte paa Jordbund af den for det paagældende Bygværk fornødne Fasthed, og de over den faste Bund liggende Jordlag er af løs eller blød Beskaffenhed, saaledes at Fremstilling af Byggegrube paa almindelig Maade (Udgravning inden for Indfatning af f. Eks. Spunsvæg) er vanskelig, kan det være fordelagtigt at anvende Sænkebrønde (*Sænkebrøndfundering*). En Sænkebrønd er et (cylindrisk eller prismatisk) Rør, hvis Tværsnit er konformt med det

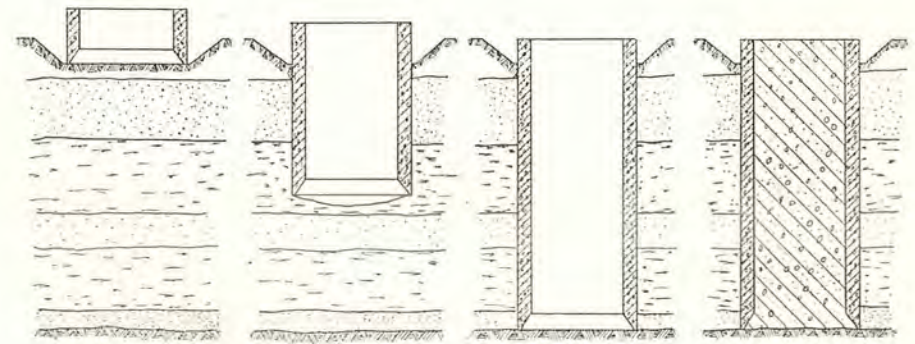


Fig. 356.

paagældende Bygværks Grundflade, og som indgaar som en Del af det i Byggegruben fremstillede Bygværk.

Fremgangsmaaden ved Anvendelse af Sænkebrønd til Opførelse af et Bygværk er fremstillet skematisk i Fig. 356.

Sænkebrønden, hvis nederste Del er udformet som et Skær, og som i Almindelighed udføres af Grovbeton, Jernbeton eller Murværk, opføres med Skæret staaende paa Jordoverfladen eller paa Bunden af en saa dyb Byggegrube, som kan tilvejebringes uden større Udgravningsarbejde. Ved at der derefter foretages Udgravning inden for Brøndens Vægge samtidig med, at disse forhøjes, bringes Brønden til at synke. Dersom Brøndens Egenvægt ikke er tilstrækkelig til at overvinde Friktionen langs Brøndens Yderflade, maa der anbringes ekstra Belastning foroven paa Brønden, eller der maa paa anden Maade tilvejebringes det for Brøndens Sænkning fornødne Tryk nedad. Naar Brønden ved fortsat Udgravning og samtidig videre Opførelse af Brøndvæggene er bragt saa dybt ned, at Skæret staaer paa den faste Bund, paa hvilken Bygværkets Fundament skal hvile, og Udgravningen til den faste Bund

er foretaget overalt inden for Brønden, sker den videre Opførelse af Bygværket ved Udfyldning af Brøndens Hulrum med Beton eller Murværk.

Udgravningen foretages, saafremt der ikke er Vand i Grunden, sædvanlig ved Haandgravning, idet Jorden fyldes i Spande, som hejses op og tømmes ud ved Brøndens Rand. Hvis Brønden skal føres ned under Grundvandspejlet, kan Udgravningen ske paa samme Maade under Forsudsætning af, at den inde i Brønden dannede Byggegrube kan holdes tør ved Oppumpning af det tilstrømmende Vand. I modsat Fald maa den for Brøndsænkningen fornødne Udgravning ske ved Hjælp af særlige til Udgravning under Vand passende Redskaber (se § 236). Udgravning under Vand er dog for det meste ret besværlig og kostbar. Navnlig er det vanskeligt at foretage Udgravning saa tæt op ad Skæret, som det er nødvendigt, for at Brøndsænkningen skal kunne foregaa paa tilfredsstillende Maade, ligesom det ogsaa er vanskeligt at passe, at der til hver Tid graves netop paa de Steder ved Skæret, hvor Jorden skal fjernes for at faa Brønden til at synke jævnt. Hvis Udgravningen ikke sker paa rette Maade, risikeres det, at Brønden synker skævt, hvilket bl. a. kan medføre, at Trykket paa den ene Side af Brønden forøges stærkt.

Paa Grund af Vanskeligheder af denne Art ved Udgravningen gaar man ved Brøndsænkning til stor Dybde i stærkt vandførende og løse Jordlag (Dynd, Flydesand) ofte over til at anvende Trykluffundering i Forbindelse med Sænkebrønde (se Afsnit XIII).

Udfyldning af Brøndens Hulrum med Murværk eller med Beton sker uden Vanskelighed, saafremt der ikke finder Vandtilstrømning Sted.

I en ved Pumpning tørlagt Sænkebrønd er det i Bunden udlagte friske Beton udsat for at blive beskadiget af det fra Grunden tilstrømmende Vand. Man er her nødsaget til at udspare et Pumpehul i Betonen for ved fortsat Pumpning at forhindre, at der kommer opadvirkende Vandtryk paa Betonen i Bunden af Brønden, forinden Bunden er tilstrækkelig stærk til at kunde modstaa et saadant Tryk. Pumpehullet maa udfyldes senere, f. Eks. ved Støbning med Klappkasse, idet man, efter at den øvrige Betonudfyldning er ført op til Grundvandspejlshøjde, lader Vandet stige i Brønden, eller man maa undlade denne Udstøbning og da lade Pumpehullet forblive som en Hulhed i det fremstillede Bygværk.

Dersom Vandtilstrømningen er stærk, maa det for det meste foretrækkes at anvende Grundfangedæmning (»Betonprop«¹⁾). Efter at

¹⁾ Jfr. § 218.

Brønden er sænket til fuld Dybde, ophører man med Pumpningen, saaledes at Vandet stiger i Brønden til Grundvandspejlshøjde, hvorefter der ved Undervandsstøbning fremstilles en Betonbund i Brønden af en saadan Tykkelse, at den efter fornøden Hærdning kan taale Paavirkningen af det opadvirkende Vandtryk. Efter at den over Betonbunden værende Del af Brønden derefter er udpumpet, kan Resten af Brønden udfyldes med Murværk eller med Beton støbt paa almindelig Maade.

Ved Anvendelse af Sænkebrønd til Udførelse af et Bygværk med forholdsvis lille Grundflade — som f. Eks. en Bropille — benyttes sædvanlig en enkelt Sænkebrønd med samme Størrelse og Tværnsnitform som Bygværkets Grundflade. En langagtig, rektangulær eller oval, Sænkebrønd forsynes i Reglen med een eller flere Tværvægge (Fig. 357) til Afstivning af de lange Sidevægge mod hinanden. Ved Udstøbning af Beton i Bunden af en saadan Brønd efter Sænkningen kan man da, saafremt Brønden holdes tør ved Pumpning, benytte det ene af de af Tværvæggene begrænsede Rum som Pumpebrønd, medens Betoneringen foregaa i de andre Rum. Udstøbning i det som Pumpebrønd benyttede Rum maa da ske til Slut ved Undervandsstøbning.

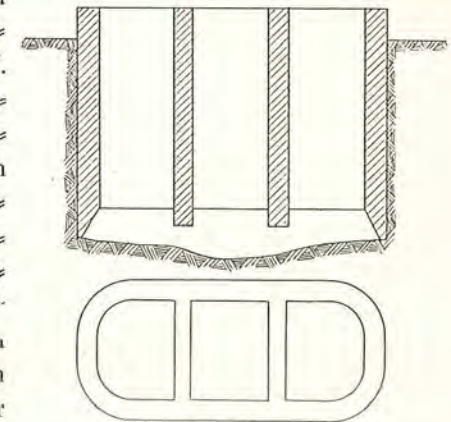


Fig. 357.

Til Fremstilling af Fundament for et Bygværk, hvis Længde er stor i Forhold til Bredden (f. Eks. Kajmure, Huse o. l.) anvendes i Reglen flere mindre Sænkebrønde staaende i Række.

Saafremt det af de udfyldte Sænkebrønde dannede Fundament alene skal tjene til at bære det paagældende Bygværk, og man derfor er nogenlunde frit stillet med Hensyn til Valg af Brøndform, anvendes for det meste cirkulære Brønde. Det er nemlig lettere at faa en cirkulær Brønd til at synke jævnt ved Udgravning inde i Brønden, end Tilfældet er ved en kvadratisk eller en rektangulær Brønd, dels fordi Sidetrykket paa Brønden fra den omgivende Jord og dermed Friktionsmodstanden er mere jævnt fordelt over Brøndens Yderflade ved en cirkulær Brønd end ved en firkantet Brønd, dels fordi den for Sænkningen fornødne Udgravning tæt inde ved Skæret sker lettest i en cirkulær Brønd. Ved firkantede Brønde er det vanskeligt at komme til at bortgrave Jorden i Hjørnerne ved de sammenstødende Brøndvægge. Den cirkulære Brøndform har desuden den Fordel, at Paavirkningerne fra den omgivende

Jord og fra eventuelt Vandtryk ikke kræver saa stor Tykkelse af Brøndvæggen som ved Brønde af anden Form.

I Fig. 358 er vist et Fundament for en Mur. Fundamentet bestaar her af en Række cirkulære Betonpiller udført som Sænkebrønde. Over Pillerne og hvilende paa disse haves en Jernbetondrager, og oven paa

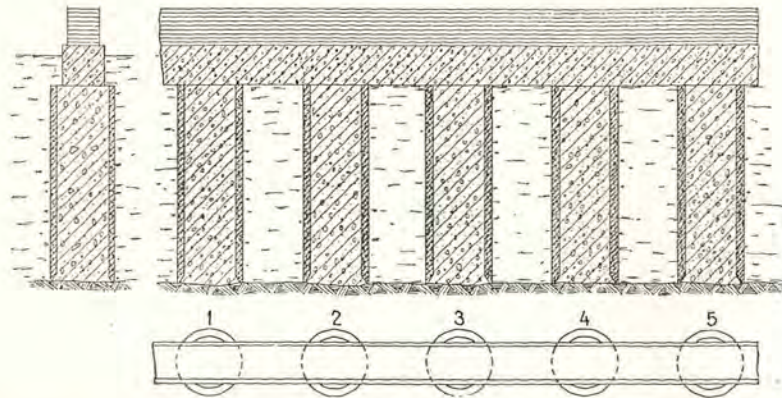


Fig. 358.

denne er Muren opført. Antal og Dimension af Brøndene er bestemt af Bygværkets Vægt og Nyttelast og af Grundens Bæreevne i Funderingsdybden. Minimumsdimensionen for Sænkebrøndene er bestemt af, at der skal være tilstrækkelig Plads inde i Brønden, til at Udgravningen kan foretages. Som Regel bør den indvendige Diameter i Brønden ikke være mindre end 1,5 m.

Ved Brøndsænkning sker det ofte, at der graves noget mere Jord ud, end netop svarende til Brøndens Volumen, paa Grund af at der let skrider noget af den uden for Brøndvæggen værende Jord ind i Brønden forinden ved Skæret, naar der graves ind under Skæret. Uden om Brønden vil Jordens Lejring derfor blive noget løsere end før Brøndsænkeningen, hvilket bl. a. kan medføre, at en Brønd, der sænkes tæt op ad en allerede sænket Brønd, gaar skævt ned. For at undgaa, at Brøndene synker skævt, bør man derfor ved et Fundament, som det i Fig. 358 viste, om muligt foretage Sænkning af Brøndene i Rækkefølgen: 1, 3, 2, 5, 4 o. s. v.

Ved Kajmure, hvor de ved Hjælp af Sænkebrønde fremstillede Dele af Bygværket skal tjene til foruden at bære Overbygningen ogsaa at danne Indfatningsvæg for Jordfylden bag Kajmuren, benyttes som Regel Sænkebrønde med rektangulært Grundrids.

I Fig. 359 er som Eksempel vist en Kajmur, hvis Underbygning bestaar af kvadratiske Sænkebrønde stillet med et Spillerum paa ca. 0,5 m.

Efter Brøndenes Sænkning og Fyldning med Beton indvendig udfyldtes Mellemmrummene mellem Brøndene samt de i Brøndenes Yderflader værende Noter med Beton ved Undervandsstøbning, idet der til Indfatning for Betonen anbragtes Jernplader *a* tæt op mod Brøndsiderne. Overbygningen — en almindelig Kajmursoverbygning — opførtes af Murværk hvilende direkte paa den af Sænkebrøndene dannede Underbygning.

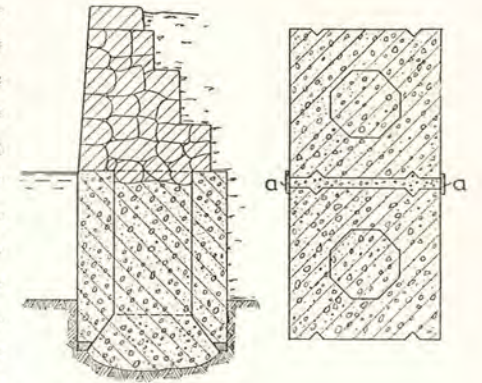


Fig. 359.

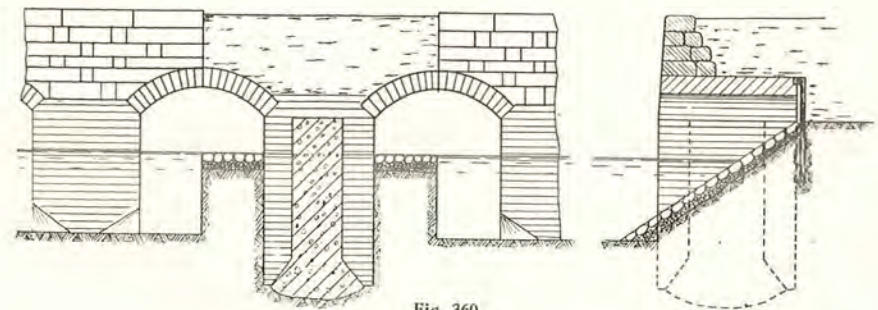


Fig. 360.

Som et andet Eksempel er i Fig. 360 vist en Kajmur, til hvis Opførelse anvendtes rektangulære Sænkebrønde. Underbygningen bestaar her af de med ca. 9,5 m indbyrdes Afstand staaende Piller, der er udført som Sænkebrønde. Disse førtes ved Sænkning ned til fast Bund, forinden Udgravningen af Havnebassinet fra oprindeligt Terræn til Bassinets Bund fandt Sted. Til at bære Overbygningen og den bag denne værende Opfyldning samt Kajbelastningen haves her Hvælvinger, der spænder fra Pille til Pille. Som Indfatning for Opfyldningen inden for Pillernes Bagkant er anbragt en Spunsvæg, der foroven støtter mod Hvælvingernes Bagflader.

Som Regel anvendes prismatisk eller cylindrisk formede Sænkebrønde. Undertiden har man paa Steder, hvor Brønde skulde føres gennem Jordlag med nogenlunde fast Lejring, anvendt svagt konisk formede Brønde med en Konicitet af 1:12 til 1:24 paa de opad konvergerende Yderflader. Hensigten med at give en Brønd konisk Form er at opnaa nogen Formindskelse af Friktionsmodstanden langs Brøndvæggen, idet det ved Udgravningen forinden i Brønden fremstillede Hul da bliver lidt

større end det Rum, som Brønden udfylder. Ved Sænkning gennem løse Jordlag er der ikke nogen væsentlig Fordel ved Anvendelse af konisk formet Brønd, idet den løse Jord synker sammen omkring Brønden, efterhaanden som denne sænkes.

Det Sidetryk, som Brøndens Vægge paavirkes af under Sænkningen, hidrører dels fra den omgivende Jord, dels fra det i Jorden tilstedeværende Vand.

Ved Bestemmelsen af Vandtrykkets Størrelse regner man, for at være paa den sikre Side med Hensyn til Dimensioneringen af Brøndvæggene, med fuldt Vandtryk, d. v. s. med samme udvendige Vandtryk som det, der vilde være, hvis der uden for Brønden fandtes frit Vandspejl til samme Højde som Grundvandspejlet.

Hvad angaar Jordtrykket, vil det under Hensyn til, at Brønden under Sænkningen bevæger sig nedad i Forhold til den omgivende Jord, være rimeligt at sætte Sidetrykket lig med den vandrette Komposant af et skraat opad, under Jordens Skræntvinkel ϱ med Normalen til Brøndvæggen virkende Jordtryk, d. v. s. sætte for Trykket e_v pr. m^2 i Dybden d :

$$e_v = \gamma d \cos^2 \varrho,$$

idet man herved er paa den sikre Side med Hensyn til Jordtrykkets Størrelse.

Saaframt Brønden imidlertid under Sænkningen faar Tendens til at gaa skævt ned, f. Eks. paa Grund af Uensartethed i Jordlagene eller paa Grund af Uregelmæssigheder ved Udgravningen i Brønden, hvilket man kun i de færreste Tilfælde tør se bort fra, kan Trykket paa Brøndvæggen let blive betydelig større end svarende til det ovenfor anførte Udtryk for e_v , idet Brønden da med en større eller mindre Del af sin Vægt kommer til at hvile op mod Jorden ved den ene Side af Brønden.

I Betragtning heraf og paa Grund af, at det for det meste er nødvendigt at gøre Brøndens Egenvægt stor, for at den uden Anvendelse af ekstra Belastning kan overvinde den mod Synkningen virkende Friktion langs Brøndvæggene, staar man sig i Reglen ved at gøre Brøndvæggene rigelig tykke. I Særdeleshed gælder dette, saaframt der til Brøndvæggene anvendes samme Slags Materiale (Grovbeton, Murværk) som til Udfyldning af Brøndens Hulrum, idet der da ikke opnaas nogen Besparelse ved at benytte tynde Brøndvægge.

Saaframt de Jordlag, gennem hvilke Brøndsænkningen skal foregaa, er af nogenlunde ens og løs Beskaffenhed, og saaframt Afstanden fra Jordoverfladen til den faste Bund (Brøndens Højde) ikke er særlig stor, f. Eks. ikke over ca. 10 m, vil under hele Sænkningen en væsentlig Del af Brøndens Vægt overføres gennem Skæret til Jorden under dette, idet

Skæret trykker sig noget ned i Jorden under den til enhver Tid ved Udgravning i Brønden fremstillede Bund. I saa Tilfælde optræder der kun Trykspændinger i Brøndvæggens vandrette Snit.

Ved meget høje Brønde kan det ske, at Friktionen mellem Brøndvæggene og den omgivende Jord bliver saa stor paa en Del af Brøndens Højde, at Hovedparten af Brøndens Vægt optages af Friktionsmodstanden paa denne Del af Brønden. Hvis Friktionsmodstanden paa den nedre Del af Brønden da er lille i Forhold til Friktionsmodstanden paa den øvre Del af Brønden, hvilket let indtræffer, saaframt et af de øvre Jordlag er af noget fastere Beskaffenhed end de dybere liggende Lag, maa Brøndvæggene være i Stand til at optage Trækspændinger i vandrette Snit, for at Brønden ikke skal skilles ad.

235. Sænkebrøndes Indretning. Konstruktionsdetaillerne retter sig i væsentlig Grad efter, hvilken Slags Materiale Brøndvæggen udføres af.

Ved Brønde af Murværk eller Grovbeton forsynes Brønden for neden med en Brøndkrans, der danner Skæret.

Til smaa Brønde med plane Vægge anvendes ofte Brøndkrans af Træ bestaaende, saaledes som vist i Fig. 361, af skraat tildannet Tømmer nedst og over dette nogle Lag Planker i tiltagende Bredde opefter, idet det øverste Lags Bredde gøres lig med Brøndvæggens Tykkelse. Planker og Tømmer sammenholdes med gennemgaaende Skruebolte eller med Skruer. Forneden kan Tømmeret være forsynet med T-formet Skær af Jern. Saaframt der i Brøndvæggens vandrette Snit skal kunne optages Trækspændinger, kan der anbringes lodrette Forankringsjern a , der befæstes som Bolte til Brøndkransen og indmures eller indstøbes i Brøndvæggen.

Til store Brønde og til Brønde med buede Vægge anvendes Brøndkrans af Jern, f. Eks. som vist i Fig. 362 (Støbejern) eller i Fig. 363 (Plader og Profiljern), bestaaende af en lodret Plade og en med denne ved Konsoller forbundet vandret Plade, oven paa hvilken Brøndvæggen opføres. Eventuelle lodrette Forankringsjern kan befæstes i den vandrette Plade. Til Brøndkransens lodrette Plade kan der være nittet et Skær af Staal.

I Fig. 364 er vist en Brøndkrans af Beton udstøbt i Rummet mellem to Plader, der for neden er samlet til et Skær.

Dersom Brøndens Vægge udføres af Jernbeton, anvendes som oftest ikke nogen egent-



Fig. 361.

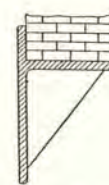
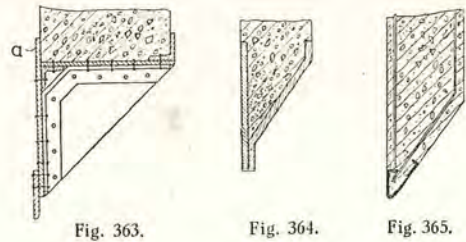


Fig. 362.



lig Brøndkrans, men selve Brøndvæggen er tildannet med nedadtil aftagende Tykkelse og ved den nederste Kant forsynet med et af en Jernplade dannet Skær (Fig. 365). Pladen er foroven ombøjet og indstøbt i Betonen.

Brøndvæggene udføres sædvanlig af Grovbeton, som støbes oven paa Brøndkransen. Opførelsen af Brøndvæggene sker, efterhaanden som Brønden synker, men maa være saa meget forud, at Væggene ikke udsættes for Sidetryk fra Jorden og Vandet uden for Brønden, før Betonen har opnaaet den fornødne Styrke. Undertiden er det Hensynet til at fremskaffe den for Brøndens Sænkning fornødne Belastning, som er bestemmende for, hvor højt Brøndvæggene skal føres op over Jordoverfladen.

For at Modstanden mod Brøndens Nedeføring skal være saa lille som mulig, maa Væggens Yderflader gøres glatte (eventuelt ved Afpudsning), og af Hensyn til Tørlægning inde i Brønden maa Væggens Beton være nogenlunde tæt.

Til Brøndvægge anvendes ogsaa Murværk, f. Eks. Murværk af Klinker i Cementmørtel. Saafremt der bruges Brudstensmurværk, bør Væggene forsynes med Parement af Klinker udvendig, da Friktionen mellem Brønden og Jorden ellers bliver for stor.

Til Optagelse af eventuelle under Sænkningen optrædende Trækspændinger i vandrette Snit kan der saavel ved Vægge af Grovbeton som ved Vægge af Murværk anbringes lodrette Forankringsjern, som indstøbes i Betonen eller Murværket.

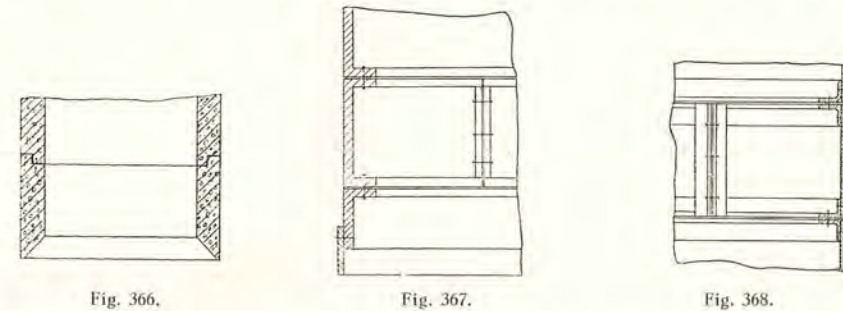
Sænkebrønde af Jernbeton kan det være fordelagtigt at anvende, hvis der ikke kræves synderlig stor Vægt af Brønden, for at den skal kunne synke. Meromkostningen til Jernbetonvæggene — i Forhold til Vægge af Grovbeton — kan i mange Tilfælde opvejes, ved at den til Udfyldning af Brønden medgaaende Mængde af forholdsvis mager (og derfor billig) Beton bliver større, end hvis Væggene var udført af Grovbeton.

Anvendelse af Jernbeton kan undertiden være nødvendig, nemlig hvis de Fundamentspiller, der skal fremstilles ved Hjælp af hver sin Brønd, er saa smalle, at Væggene maa gøres tynde, for at der inde i Brønden kan blive tilstrækkelig Plads til at foretage Udgravningen.

I Tilfælde af, at der ikke er nogen Fare for, at den nedre Del af Brønden kan synke fra den øvre Del, ved at denne bliver hængende paa Grund af Friktionen mellem Brøndvæggen og Jorden, kan man ved no-

genlunde smaa Brønde — f. Eks. Brønde med Diameter indtil 2 m — ofte med Fordel udføre Brøndvæggene af Ringe af Jernbeton, uden anden indbyrdes Forbindelse end den, der faas ved, at den ene Ring gaar med Fjer ned i en tilsvarende Not i den anden Ring, eller faas, ved at Ringene er forsynet med Fals (Fig. 366).

Undtagelsesvis anvendes Brønde med Vægge af Jern. Brønden forsynes i saa Tilfælde ikke med Brøndkrans; Jernvæggen kan blot have et paanittet Staalskær forneden (Fig. 367). Væggen udføres af 0,5 til 1 m høje Ringe af Støbejern eller af Plader og Profiljern (Fig. 368). Ringene



er forsynet med Flanger indvendig, støbte eller dannede af Vinkeljern, saaledes at Ringene kan samles med Skruebolte. Tæthed i Samlingerne tilvejebringes ved Indlæg af Blyplader, Tjærefilt eller Gummipakning. Til store Brønde maa Ringene, hvis de udføres af Støbejern, hver samles af flere Stykker, idet Ringene da forsynes med lodrette Flanger.

Undertiden forsynes Brønde, hvis Vægge udføres af Beton eller Murværk (og særlig i sidstnævnte Tilfælde), med en ydre Kappe af Jernplade. Kappen danner da Indfatning for Brøndvæggen, saaledes at det er Kappen, der er i Berøring med den omgivende Jord. Kappen dannes ved at forlænge den i Brøndkransen indgaaende lodrette Plade a (Fig. 363).

Samlingerne i de vandrette Sømme kan enten udføres ved Hjælp af indvendigt siddende Vinkeljern, ligesom ved Brøndvægge af Jern, eller ved Overdækning af Pladerne ved Stødene. Den øvre Plade bør her lægges inden for den nedre, for at Friktionsmodstanden skal blive mindst mulig.

Fordelene ved Anvendelsen af Kappe ligger dels i, at Kappen erstatter de lodrette Forankringsjern til Optagelse af mulig optrædende Trækspændinger, dels i, at Kappen gør Brøndvæggen vandtæt, hvilket kan have særlig Betydning, hvis Brøndvæggen iøvrigt udføres af Murværk.

Hvis Brøndsænkningen skal ske paa et af Vand dækket Areal, kan man, dersom Vanddybden er lille, foretage Opfyldning paa Byggestedet

til noget over Vandspejlet. Brøndsænkningsen gaar derefter for sig paa samme Maade som paa Land, idet Brøndkransen anbringes paa Opfyldningen.

Dersom Vanddybden ikke er lille, foretages Brøndsænkningsen fra et Stillads, enten et fast Stillads af Pæleværk (Fig. 369) eller et svømmende Stillads (Fig. 370). Brøndkransen hænger her i Kæder bestaaende af lange

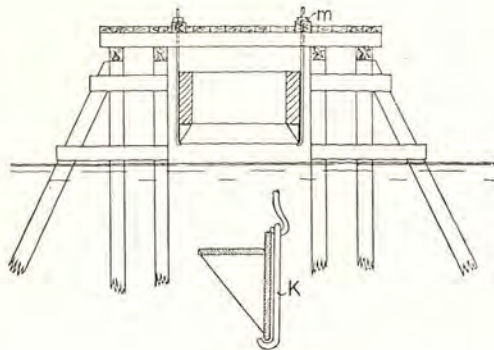


Fig. 369.

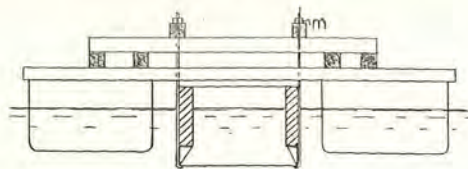


Fig. 370.

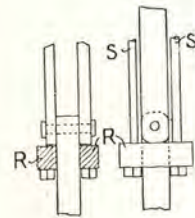


Fig. 371.

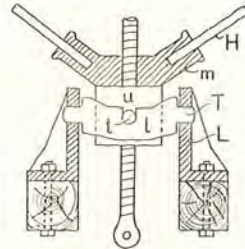


Fig. 372.

Fladjernsled, afvekslende enkelte og dobbelte (Fig. 371). For hver Kæde haves foroven en Skruespindel (Fig. 372), der er noget længere end to Kædeled tilsammen, og hvis Møtrik *m* bæres af Stilladset.

Opførelsen af Brøndvæggene oven paa Brøndkransen og Sænkning af Brøndkransen følges ad, saaledes at Brøndvæggene stadig rækker op over Vandet. Naar Brøndkransen er sænket saa langt ned, at Brønden staar med Skæret paa Bunden, fjernes (af Dykker) Krogene *K* (Fig. 369), hvorefter den videre Sænkning sker som ved Brøndsænkning paa Land.

Nedfiring af Brønden sker ved Drejning af Møtrikken *m*. Denne er forsynet med Huller, i hvilke kan anbringes Haandspager *H* (Fig. 372) til Drejning af Møtrikken.

Møtrikken kan for at være noget bevægelig være kardansk ophængt i Stilladset. Underlagsklodsen *u* for Møtrikken hviler med Tappe *t* i Lejestykket *l*, som atter med Tappe *T* hviler i de paa Stilladstømmeret fastgjorte Lejer *L*.

For hver Gang Brønden er sænket et Stykke lig Længden af to Kædeled, forlænges Kæden med to nye Led. Hver Kæde ophænges da i Stil-

ladset ved Hjælp af de to ekstra Skruer *S* (Fig. 371), som med to Tværstykker *R* har fat under et af Kædens Dobbeltled, medens Hovedskruen hæves, og et nyt Sæt Kædeled indføjes i Kæden.

Ved Brøndsænkning paa vanddækket Byggested anvendes ogsaa Brønde, der er indrettede til at bringes svømmende paa Plads.

I Fig. 373 er vist et Bygværk (Bropille), til hvis Opførelse er anvendt Sænkebrønde af denne Slags. Sænkebrønden havde her oval Form svarende til Bygværkets Form og bestod af en ydre Kappe af Jernplade, inden for hvilken der fandtes 3 cirkulære Brøndskakte, hvis Vægge (ligeledes af Jernplade) var forbundet med den ydre Kappe ved Afstivnings-Gitterbjælker. Forneden

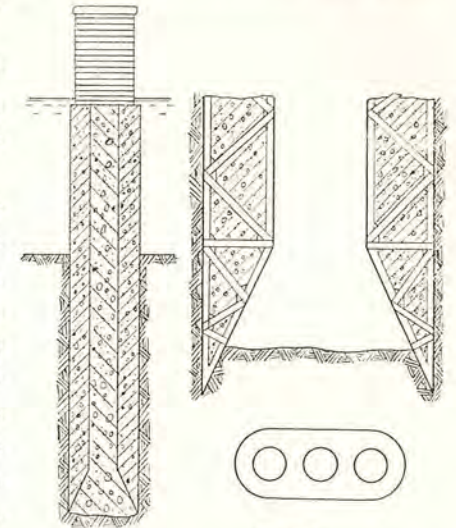


Fig. 373.

var Kappen og Skaktens Vægge samlet, saaledes at der dannedes et Skær. Naar Rummene mellem de to Jernpladeklædninger var tomme, kunde hele Brønden flyde og bringes svømmende til Anbringelsesstedet. Ved Udfyldning af Rummet mellem Klædningerne med Beton sænkedes Brønden, indtil Skæret stod paa Bunden, og ved Udgravning i de tre Brøndskakte og fortsat Betonfyldning i Rummet mellem Klædningerne sænkedes Brønden derefter, indtil den naaede ned paa fast Byggegrund,

hvorpaa Skaktene udfyldtes med Beton. Lignende Konstruktioner kan anvendes ved Sænkebrønde udført af Jernbeton.

I nogle Tilfælde har man til Sænkebrønde benyttet Træ som Byggemateriale, saaledes som f. Eks. ved det i Fig. 374 viste Bygværk (Bropille). Sænkebrønden var her udført af Tømmer, det ene Lag liggende tæt oven paa det andet som i en tæt Tømmerkiste, og med saadant Antal Tømmer i hvert Lag og ordnet saaledes, at hele den rektangulært formede Brønd kom til at bestaa af 6 Længdevægge (heraf 2 Ydervægge og 4 Mellemvægge) og 9 Tværvægge (heraf 2 Ydervægge og 7 Mellemvægge). Ved disse Mellemvægge var hele Brønden delt i 40 Rum. Af disse brugtes Rummene *B* som Brønd-

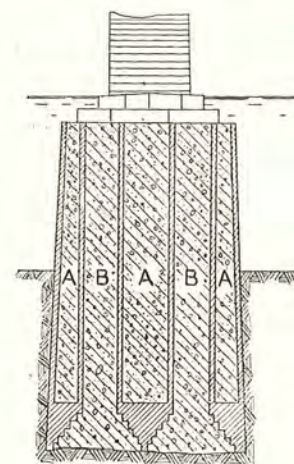


Fig. 374.

skakte, medens der i Rummene *A* fyldtes Beton til Belastning af Brønden. Forneden var Tømmervæggene samlede saaledes, at der her dannedes Skær. Efter at Brønden, som, idet den var af Træ, kunde flyde, var anbragt paa Plads og ved delvis Udfyldning af Rummene *A* med Beton sænket, indtil Skæret stod paa Bunden, foretoges Udgravning i Skaktene *B* samtidig med yderligere Betonfyldning i Rummene *A*. Efter Sænkning af hele Brønden til fast Bund udstøbtes Beton i Rummene *B*.

236. Udgravning i Sænkebrønde. Hvis den for Sænkebrøndens Nedføring fornødne Udgravning skal ske, uden at der tørlægges, maa der til Udgravningen benyttes særlige, til Udgravning under Vand anvendelige Fremgangsmaader og Redskaber. Af saadanne haves flere forskellige.

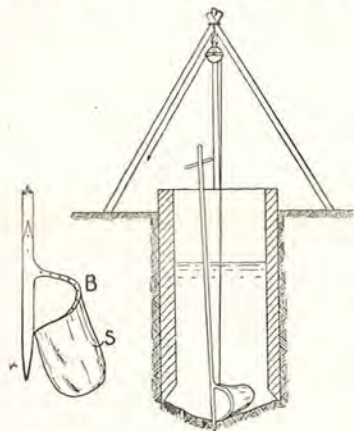


Fig. 375.

Til Udgravning i ganske smaa Sænkebrønde anvendes et saakaldt Sækbør (Fig. 375). Det bestaar af en paa en Stage sidende halvcirkelformet Bøjle *B* med en dertil befæstet Sejdugssæk *S*. Bøjlen er forsynet med en lang Jernspids og langs Yderkanten formet som et Skær. Naar man trykker Jernspidsen ned i Jordbunden og drejer Stagen rundt, skrælles der med Bøjlen Skær nogen Jord løs, og denne glider ind i Sækken. Naar Sækken er fyldt paa denne Maade, hejses den op og tømmes. Ophejsningen sker ved Hjælp af et i Bøjlen befæstet Tov, som er ført over en

en trebenet Buk ophængt Skive til et Ophejsningsspil. Sækken rummer 30 til 50 l. Med 3 Mands Betjening regnes, at der kan udgraves ca. 5 m³ pr. Dag.

Det i Fig. 376 viste Graveredskab (»indisk Skovl«) bestaar af en ca. 0,5×0,5 m stor Jernskovl, som med et Hængsel *H* er befæstet til en Træstage. Til Skovlens Arm *A* er Ophejsningstovet *O* befæstet. Skovlen sænkes og trykkes med Skæret ned i Grunden, idet den holdes i lodret Stilling af Krogen *K*. Ved Træk i Tovet *O*, efter at Krogen ved Hjælp af Linen *L* er bragt ud af Indgribning, og medens der stadig trykkes nedad paa Stagen, drejes Skovlen om i vandret Stilling; under denne Bevægelse fyldes Skovlen med Jord. Derefter hejses Skovlen op og tømmes.

Med indisk Skovl regnes, at der kan præsteres ca. 10 m³ Udgravning pr. Dag med 3 Mands Betjening.

Ved Udgravning til stor Dybde kan, saafremt Grun-

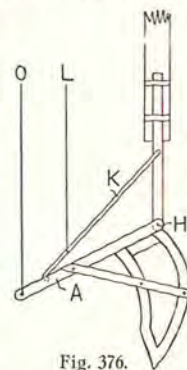


Fig. 376.

den er nogenlunde blød, anvendes de saakaldte Ekskavatorer¹⁾, af hvilke haves forskellige Konstruktioner.

I Fig. 377 er vist til en saadan Ekskavator hørende Gravespand (Gribeskovl).

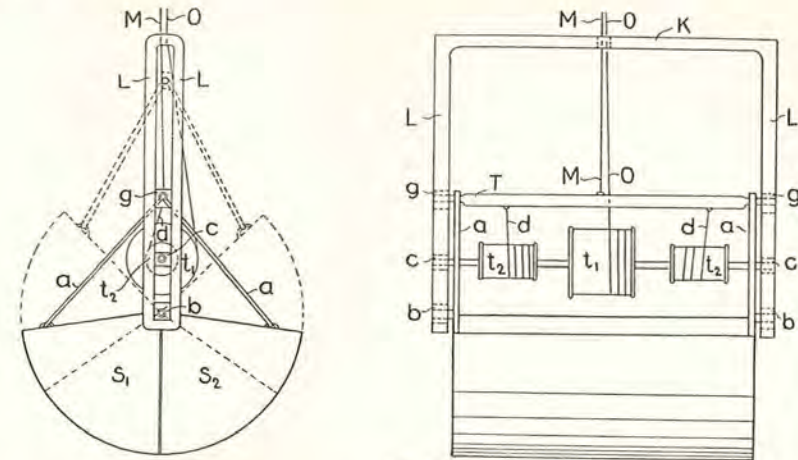


Fig. 377.

Spanden har Form som en Halvcylinder og er delt i to om Akslen *b* drejelige Halvdele *s*₁ og *s*₂. Akslen *b* sidder forneden i et bøjleformet Stativ, bestaaende af to Sæt Ledeskiner *L*, der foroven er forbundet med Bjælken *K*. Imellem Ledeskinerne findes en Tværstang *T*, der kan bevæges op og ned i Bøjlen, idet den ved Enderne er forsynet med Glidestykker *g*. Til et Øje i Tværstangen *T* er befæstet en Kæde *M*, Manøvrerkæden. Fra Tværstangen udgaar fire Arme *a*, der er forbundet drejeligt saavel med Spanden ved dennes Kanter som med Tværstangen. Oven over Akslen *b* sidder i Stativet *L* en Aksel *c*, der bærer tre Tromler, en større Midtertromle *t*₁, til hvilken en Kæde *O* (Ophejsningskæden) er befæstet, og to mindre Sidetromler *t*₂, fra hvilke de korte Kæder *d* gaar op til Tværstangen *T*. Kæderne *O* og *M* gaar gennem en Aabning i Bjælken *K* og over hver sin Skive anbragt i Toppen af en Svingkrans Udligger (Fig. 378). Ophejsningskæden *O* er ført

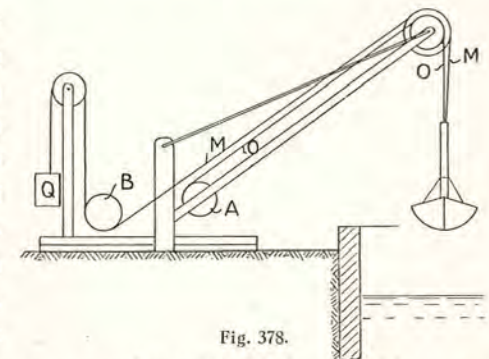


Fig. 378.

¹⁾ De i det følgende omtalte Fremgangsmaader og Redskaber til Udgravning under Vand anvendes ogsaa til Udgravning i almindelige Byggegruber, hvor Udgravningen skal ske uden Lænsning af Byggegruben.

ned omkring Kranens Spiltromle *A*. Manøvrækæden *M* gaar ned om en med Baandbremse forsynet Kædeskive *B* og bærer en Kontravægt *Q*, der er afpasset saaledes, at den kan holde Manøvrækæden strammet under Spandens Nedfiring.

Holdes Kædeskiven fast med Baandbremsen, idet der samtidig slækkes paa Ophejsningskæden, kommer Spanden med hele sin Vægt til at hænge i Manøvrækæden, saaledes at Spanden synker i Forhold til Tværstangen *T* og derved aabnes. Løsnes der paa Baandbremsen, falder Spanden, idet den løfter Kontravægten og af denne holdes i aaben Stilling, ned paa Bunden og trykker sig med de nedadvendende Kanter af Spanden noget ned i Bunden. Udøves der derefter Træk i Ophejsningskæden ved Hjælp af Kranens Ophejsningsspil, vil, da Kæden *O* virker paa den store Tromle *t*₁, Tværstangen *T* trækkes nedad af de to korte Kæder *d*, saaledes at Spanden lukkes og efter Lukningen løftes op med den af Spanden medtagne Jord. Efter Spandens Ophejsning svinges den hængende i Kæden *O* ud til Siden (hen over en Tipvogn eller hen over en ved Siden af Kranen liggende Pram) og tømmes, idet Spanden lukkes op, ved at Kædeskiven fastholdes med Bremsen og der slækkes af paa Ophejsningskæden.

Til Udgravning under Vand i Sænkebrønde kan endvidere anvendes Spandkædemaskiner med lodret Spandkæde (Fig. 379). Kæden, til hvilken de 5 til 10 l store Spande er befæstet, gaar over en øvre paa et Stativ

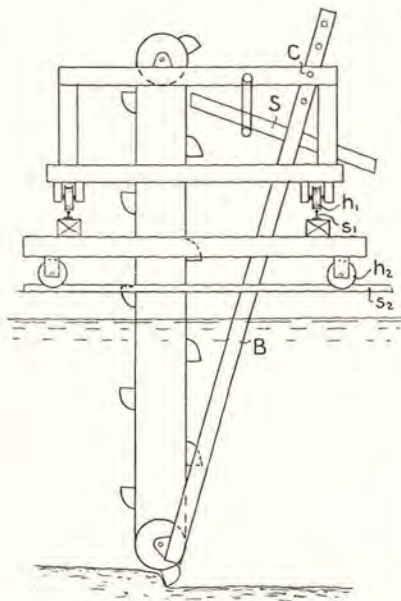


Fig. 379.

anbragt Skive, der trækkes af en Motor, og over en nedre Skive, der er anbragt paa Bjælken *B*. Ved at denne Bjælke er saaledes befæstet til Stativet, at den kan svinges om Ophængningspunktet *C*, opnaas nogen Bevægelighed af den nedre Ende af Spandkæden. For at Graveredskabet skal kunne føres hen over hele Sænkebrøndens Bundareal, er Stativet med den derpaa staaende Motor monteret paa en Platform med Hjul *h*₁. Skinnerne *s*₁ for disse Hjul er anbragt paa en Vogn med Hjulene *h*₂, som kører paa Skinnerne *s*₂. Bjælken *B* kan forskydes op og ned, saaledes at man ved at forandre Spandkædens Længde kan variere Gravedybden.

Den af Spandene opgravede Jord

tømmes ud af Spandene, ved at disse drejes ved den øvre Skive. Jorden falder fra Spandene ned paa en Slidsk *S*, hvorfra den glider ned i Tipvogn eller Pram. Slidsken maa være forsynet med et bevægeligt Led, som skydes ind under Spanden, idet denne tipper omkring den øvre Skive, og trækkes bort, naar Spanden skal passere Enden af Slidsken. Bevægelsen af Slidsken foregaar automatisk.

Til Udgravning i Bund bestaaende af Sand og Grus og til Udgravning af Dynd er Pumpning ofte den fordelagtigste Metode.

Til Pumpning kan anvendes en oven for Sænkebrønden anbragt Centrifugalpumpe, der med en Spiralslange er forbundet med Sugerøret *S* (Fig. 380), saaledes at Sugerørets Munding kan føres rundt paa Bunden inde i Sænkebrønden. Det gennem Rørmundingen indstrømmende Vand løsner og opslæmmer Sandet omkring Rørmundingen og fører det med sig op gennem Sugerøret og videre gennem Pumpen ud i dennes Trykledning. Det kan være vanskeligt alene ved Flytning af Sugerøret at regulere Bortfjernelsen

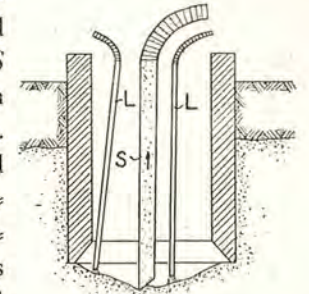


Fig. 380.

af Sandbunden tæt ved Skæret tilstrækkelig nøje, til at Brønden synker jævnt og til at hindre, at den gaar skævt ned. Ved Brøndsænkning kan det derfor være praktisk at supplere Virkningen af det i Pumpens Sugerør indstrømmende Vand med Sprøjtning ved Hjælp af Trykvandsstråler, f. Eks. ved en Anordning, saaledes som vist i Figuren. Sandbunden sprøjtes løs af Vandstrålerne fra Trykvandsledningerne *L* og føres opslæmmet med Vandstrømmen til Sugerørets Munding og videre med Pumpevandet ind i Sugerøret.

I Stedet for med Centrifugalpumpe kan den for Sandets Transport fornødne Vandstrøm frembringes ved Hjælp af Trykvand ved Anvendelse af Straalepumpe (Injektor).

I Fig. 381 er Indretningen af en saadan Injektor-Sandpumpe (Hydraulisk Ekskavator) vist skematisk. Fra Trykvandsledningen *L* føres der Trykvand gennem den ringformede Aabning *B* ind i Stigrøret *S*. Idet der ved Trykvandets Strømning fra den snævre ringformede Aabning ind i det vide Rør *S* fremkommer Trykformindskelse i Røret *P*, suges der Vand fra Bunden inde i Sænkebrønden op gennem Røret *P*. Af den herved frembragte Vandstrøm ved Bunden i Sænkebrønden opslæmmes Sandet og føres med Vandet gennem Røret *P* ind i Stigrøret *S*

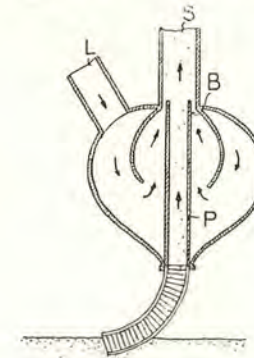


Fig. 381.

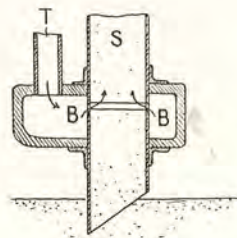


Fig. 382.

og videre gennem dette. Røret *P* kan forneden være forsynet med et bøjeligt Rør (Spiralslange), saaledes at der kan suges Sand fra et forholdsvis stort Areal af Bunden, uden at man behøver at flytte Stigrøret med tilhørende Trykvandsledning.

Den for Sandets Transport fornødne Vandstrøm kan ogsaa frembringes ved Anvendelse af Trykluft, f. Eks. ved en Anordning som vist i Fig. 382. Fra Røret *T* ledes Trykluft gennem de smaa Aabninger *B* ind i Stigrøret *S*. I Stigrøret, hvori der staar Vand, river den opadstrømmende Luft Vand med sig, hvorved Vandet ved Bunden i Sænkebrønden bringes til at strømme ind i Stigrøret, saaledes at der, idet Vandstrømmen opslæmmer Sandet, fremkommer en i Stigrøret gaaende Strøm af Blanding af Luft, Vand og Sand.

Udgravning i kohæsiv Jordbund (Ler) kan ligeledes ske ved Hjælp af strømmende Vand, naar Jorden sønderdeles, saaledes at den lader sig opslæmme i Vandet. Til Sønderdelingen kan anvendes et Skæreapparat (Fig. 383), f. Eks. bestaaende af to eller fire vandret siddende skruebladformede Knive, der er befæstet forneden paa en midt i Stigrøret *S* anbragt lodret Aksel *A*. Gennem Ledningerne *L* tilføres der Trykvand, og til Stigrøret tilføres der Trykluft tæt ved Stigrørets nedre Ende. Trykvandsstraalerne fra Ledningerne *L* opslæmmer den af de roterende Knive sønderdelte Jordbund, og denne føres af den i Stigrøret gaaende Vandstrøm op gennem dette. Ved Bygningen af Lillebæltsbroens Strømpiller anvendtes der Graveapparater af den her nævnte Slags til Udgravning under Vand i de Rør, der dannede Vægge for Sænkekassernes Arbejdskamre ¹⁾.

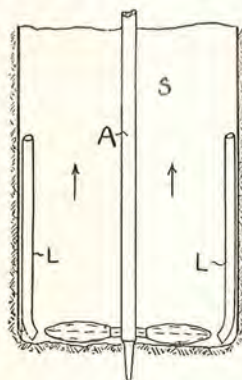


Fig. 383.

XIII. TRYKLUFFUNDERING.

237. Sænkebrønde med Trykluft. Anvendelse af Trykluft i Forbindelse med Sænkebrøndfundering gaar ud paa, at der i den nederste Del af Sænkebrønden tilvejebringes et Rum, *Arbejdskammeret*, fra hvilket Vandet holdes ude ved Tilledning af Trykluft, saaledes at der i Arbejdskammeret kan udføres saadanne Arbejder, som f. Eks. Udgravning med Haandgraveredskaber, Betonstøbning, Opførelse af Murværk o. l., der ikke eller kun vanskeligt lader sig udføre i Vand.

Indretningen af en Trykluft-Sænkebrønd er vist skematisk i Fig. 384. Til Arbejdskammeret *A* føres der gennem Ledninger *L* Luft under saa højt Tryk, at Vandet holdes ude fra Arbejdskammeret.

Adgang til Arbejdskammeret haves gennem en med Stigetrin forsynet Skakt (Passagerør) *P*, som foroven er forsynet med Luftsuser *S*. I Luftsuserne findes Aabninger *a* ud til den fri Luft og *b* ind til Skakten. Lukkerne for disse Aabninger dannes af Lemmene *k*₁ og *k*₂, der aabnes indad mod henholdsvis Luftsuse og Skakt. Slusekamrene er forsynet med Ledninger *l*₁ og *l*₂ for Tilledning af Trykluft og med Udblæsningsledninger *m*, der ud-

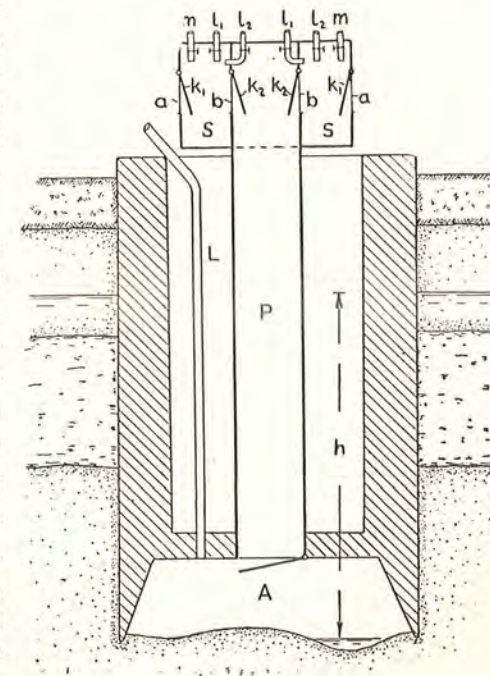


Fig. 384.

munder i den fri Luft. Ventilene for Ledningerne *l*₁ og *m* manøvreres inde fra Luftsusen, Ventilene for Ledningerne *l*₂ manøvreres inde fra Skakten. Naar man skal ned i Arbejdskammeret, stiger man ind i Slusekammeret, lukker Lemmen *k*₁ og aabner for Trykluftledningen *l*₁. Naar Lufttrykket i Slusekammeret er blevet lige saa stort som Lufttrykket i Skakten (og som i Arbejdskammeret), kan Lemmen *k*₂ aabnes, saaledes at der haves Adgang gennem Skakten til Arbejdskammeret. Ved Passage den modsatte Vej aabnes først Ventilen paa Trykluftledningen *l*₂, saaledes at der tilvejebringes samme Lufttryk i Slusekammeret som

¹⁾ Se Side 376.

i Skakten. Efter Indstigning i Slusekammeret og Lukning af Lemmen k_2 aabnes for Udblæsningsledningen m , saaledes at Trykket i Slusekammeret reduceres til den ydre Lufts Tryk, hvorefter Lemmen k_1 kan aabnes.

Nedføring af Sænkebrønden sker ved, at der graves ud (Haandgravning) i Arbejdskammeret. Den opgravede Jord føres op gennem Skakten og udsluses gennem Luftslosen som ovenfor beskrevet. Opførelsen af Sænkebrøndens Vægge, efterhaanden som Brøndsænkningsgen finder Sted, sker paa samme Maade som ved almindelige Sænkebrønde.

Naar Brøndens Skær er ført ned til Funderingsdybden (fast Bund) for det paagældende Bygværk, og Jorden inde i Arbejdskammeret er udgravet til samme Dybde, udfyldes Arbejdskammeret med Beton (eller Murværk). Materialerne hertil kan føres gennem Luftsloser og Skakt ned til Arbejdskammeret. Efter Betonens Hærdning kan Skakten fjernes og Bygværket fuldføres ved Udfyldning (med Beton eller Murværk) af den over Arbejdskammerets Loft værende Del af Sænkebrøndens Hulrum.

Fordelen ved Anvendelse af Trykluft ved Sænkebrøndfundering ligger for den væsentligste Del i, at Udgravningen her kan ske ved Haandgravning, idet man herved i langt højere Grad er i Stand til at regulere Brøndens Nedføring ved passende Udgravning tæt ved Skæret, end Tilfældet er ved Udgravning under Vand i en almindelig Sænkebrønd. Endvidere haves der ved Trykluffundering — i Forhold til almindelig Sænkebrøndfundering — de samme Fordele, som de, der haves ved Udførelse af Byggearbejde i almindelig tørlagt Byggegrube i Forhold til Udførelse af tilsvarende Byggearbejde under Vand. Saaledes kan den Jordbund, paa hvilken Bygværket kommer til at staa, lettere undersøges, og dens Kvalitet som Byggegrund bedømmes med større Sikkerhed (ved direkte Besigtigelse, eventuelt ved Prøvebelastning i Arbejdskammeret), end det kan ske ved almindelig Sænkebrøndfundering, og den i Arbejdskammeret udstøbte Beton (med eventuelle Jernbetonkonstruktionsdele) kan fremstilles i lige saa god Kvalitet og bringes til at slutte lige saa tæt til Byggegrunden som ved Udførelse af Betonarbejder paa Land, medens i Modsætning hertil den nederste Del af et ved Hjælp af almindelig Sænkebrønd fremstillet Bygværk maa udføres ved Betonstøbning under Vand, hvis Brønden ikke kan holdes tør ved Pumpning.

Den væsentligste Mangel ved Trykluffundering er, at Ophold i Trykluft kan have ubehagelige og under visse Forhold skadelige Virkninger paa den menneskelige Organisme. Dertil kommer, at Menneskets Ar-

bejdsevne nedsættes i stærkt stigende Grad med voksende Lufttryk¹⁾, hvilket i Forbindelse med, at det til Trykluffundering fornødne Anlæg (Skakte, Luftsloser, Kompressorer, Luftrensingsanlæg m. v.) er ret omfattende, medfører, at Trykluffundering er temmelig kostbar.

238. Trykluffsænkebrøndens Indretning. Selve Sænkebrøndens Konstruktion er i det væsentlige den samme som den, der anvendes ved almindelige Sænkebrønde, og afhænger af, hvilken Slags Materiale Brøndvæggene udføres af.

I de fleste Tilfælde udføres Sænkebrønden helt af Jernbeton (Fig. 385). Skæret er da forsynet med en Beklædning af Jernplade (som ved

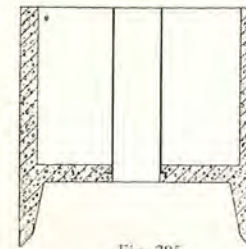


Fig. 385.

Brøndkransen Fig. 365). Hvis Brøndvæggen udføres af Grovbeton eller af Murværk, maa der i Reglen anvendes ydre Kappe af Jernplade, dels for at give Brønden fornøden Vandtæthed (under Udfyldningen af Sænkebrønden med Beton eller Murværk skal den holdes fri for Vand), dels af Hensyn til de Trækpaavirkninger, der kan fremkomme i vandrette Snit i Brønden, hvis Friktionen mellem Brøndvæggen og de øvre Jordlag er saa stor, at den nedre Del af Brønden kommer til at hænge i den øvre Del. Særlig i Tilfælde af, at Brøndvæggene udføres af Murværk, er Anvendelse af Jernkappe paakrævet, fordi Murværk ikke kan udføres tilstrækkelig tæt, til at Vandet hindres i at trænge ind i Brønden, og fordi der ikke alene ved Indmuring af lodrette Forankringsjern kan faas tilstrækkelig Sikkerhed, for at Brønden ikke skilles ad, hvis den kommer til at hænge fast i Jorden med den øverste Del.

Rummet over Arbejdskammerets Loft kan samtidig med Opførelse af Brøndvæggene udfyldes med Beton eller med Murværk i den Udstrækning, som det er nødvendigt for at give Brønden tilstrækkelig Vægt, til at de ved Nedføringen optrædende Modstande overvindes (Friktionen langs Brøndvæggen, Modtrykket ved Skæret). Hvis Brøndens Vægt skal kunne varieres, fordi Brønden føres gennem afvekslende faste og løse Jordlag, kan der til Forøgelse af Brøndens Vægt anvendes Vandballast i Rummet oven over Arbejdskammerets Loft.

Arbejdskammerets Højde gøres sædvanlig ikke større, end det er nødvendigt, for at Arbejderne skal kunne færdes i Arbejdskammeret. Herved opnaas, at det Betonstøbningsarbejde, som maa udføres i Trykluft, bliver saa lille som muligt.

Sænkebrønde med Vægge af Murværk (eller af Grovbeton) forsynes

¹⁾ Jfr. § 241.

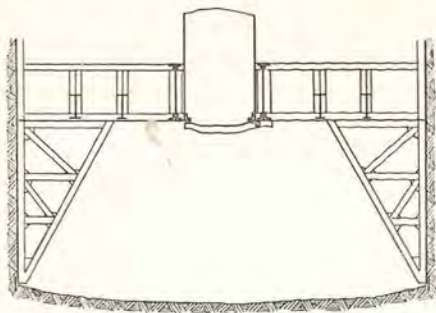


Fig. 386.

som nævnt med Jernkappe. Ved denne Slags Sænkebrønde udføres Arbejdskammeret som Regel af Jern (Fig. 386). Loftet og Væggene dannes af Plader, der for Loftets Vedkommende er befæstet paa Undersiden af Profiljernsdrageres (Pladejerns- eller Gitterdrageres) Flanger, og for Væggenes Vedkommende er befæstet udvendig paa Konsoldragere, der vender den

spidst tilløbende Ende nedad, og som udføres som Pladejernsdragere eller som Gitterbjælker. Den nedre Kant af Sidevæggenes Pladeklædning danner Skæret og kan for dette Øjemed være forsynet med en Forstærkningsplade af Staal. Undertiden bruges det at udelade Jernpladebeklædningen i Arbejdskammerets Loft og da udføre Loftet af Beton udstøbt mellem Loftets Jerndragere.

Ved Brønde af Jernbeton udføres baade Loft og Vægge i Arbejdskammeret af Jernbeton. Loftet dannes i Reglen af en i Loftets hele Udstrækning lige tyk Plade. Anvendes Forstærkningsribber, bør disse anbringes paa Loftspladens Overside, fordi Loftet i Arbejdskammeret helst maa være plant, da det ellers er vanskeligt ved Arbejdskammerets Udfyldning med Beton at faa denne til overalt at slutte tæt til Loftspladen.

Hvis Sænkebrønden skal anbringes paa et af Vand dækket Areal, og Vanddybden her er for stor, til at det kan betale sig at fylde op det paagældende Sted til lidt over Vandspejlet, saaledes at Bygningen af Sænkebrønden og dennes Nedføring kan foregaa paa samme Maade som paa Land, kan hele Sænkebrønden eller blot saa stor en Del af den, at dens Vægge rækker op over Vandet, naar den staar med Skæret hvilende paa Bunden, fremstilles paa samme Maade, som det sker ved Bygning af Sænkekasser (paa Bedding, i Dok eller i tørlagt Byggegrube), søsættes og bringes svømmende til Byggestedet og derefter sænkes paa Plads¹⁾. Sænkningen kan ske, ved at en Del af Rummet over Arbejdskammerets Loft udfyldes med Beton, og passende fordelte Celler af samme Rum fyldes med Vand. Ved Transporten til Byggestedet fra det Sted, hvor Sænkebrønden søsættes, kan man, hvis dette er nødvendigt, for at Sænkebrønden ikke skal stikke for dybt, holde Arbejdskammeret fyldt med Trykluft. Ved Sænkebrøndens Anbringelse paa Byggestedet kan Sænkningen da ske, ved at Tryklufften slippes ud af Arbejdskammeret.

¹⁾ Jfr. §§ 231—233.

Passageskaktene er Rør med cirkulært eller ovalt Tværsnit. De udføres af Jern og sammensættes af Rørstykker med indvendigt siddende Flanger af paanittede Vinkeljern. Rørstykkerne samles indbyrdes med Skruebolte. Imellem Flangerne indlægges Gummipakning for at tilvejebringe fornøden Lufttæthed. Skakten forbindes lufttæt med Arbejdskammerets Loft. Er Loftet af Jernplade, udføres Forbindelsen her paa samme Maade som ved Samlingen mellem Rørstykkerne indbyrdes. Er Loftet udført af Jernbeton, kan Skakten forsynes fornøden med en udvendig Flange, der indstøbes og forankres i Betonen.

Ved Skaktens Indmunding i Arbejdskammeret er der anbragt en Lem (Fig. 384), med hvilken Aabningen op til Skakten kan afspærres lufttæt. Denne Lem tjener som Reserverlukke for det Tilfælde, at der skulde fremkomme større Utætheder i Skakten, medens der er Folk i Arbejdskammeret. Ved at lukke Lemmen kan man hindre, at Luften slipper ud af Arbejdskammeret, og derved hindre, at Vandet strømmer ind i Arbejdskammeret.

Forinden den sidste Del af Sænkebrøndens Udfyldning med Beton udføres, tages Passageskaktene op. Fjernelsen af Skaktene kan først ske, naar Arbejdskammerets Betonudfyldning er tilstrækkelig hærdnet, til at Vandet ikke kan trænge op i Sænkebrønden.

Ved smaa Sænkebrønde haves kun een Passageskakt, som da maa anvendes saavel til Transport af Jord fra Arbejdskammeret og til Transport af Byggematerialer ned til Arbejdskammeret, som af Arbejderne, naar de skal ned i eller op fra Arbejdskammeret. Ved store Brønde kan man have en Skakt alene for Personer og en eller flere Skakte for Materialtransport, idet disse dog er indrettet saaledes, at de, naar Personskakten er under Reparation, eller naar den skal forlænges, kan benyttes af Arbejderne til Nedstigning og Opstigning.

Hver Skakt er forsynet med Luftsuse, for det meste to og undertiden tre Luftsuser. I Reglen findes Luftsuserne ved Skaktens øverste Ende, idet denne Ordning er den bekvemmeste med Hensyn til Indretning af Forbindelsen mellem Luftsuser og Skakt og for Transporten af Materialer til Arbejdskammeret.

Undertiden haves Luftsusen ved Skaktens nedre Ende, idet der herved er den Fordel, at Arbejdernes Passage gennem Skakten foregaaer i fri Luft og ikke i Trykluft, som Tilfældet er, naar Luftsusen sidder foroven. Saa fremt der kun findes een Skakt, er der forbundet den Fare med at have Luftsusen fornøden, at Arbejderne, hvis Brønden over Arbejdskammeret er vandfyldt — den behøver ikke at holdes udpumpet, forinden Udfyldningen af Brønden skal foretages — og Passagerøret bliver læk, saa det fyldes med Vand, da er spærret inde i Arbejdskammeret.

Ved smaa Sænkebrønde med kun een Skakt sker Fjernelsen af den udgravede Jord, ved at Jorden fra Arbejds-kammeret hejses op i Spande til Luftslusen. Spandene sættes ind i Luftslusen, og efter at Aabningen ind til Skakten er lukket, og Udligning af Luftrykket i Slusekammeret har fundet Sted, tages de ud og tømmes. Transport af Materiale til Arbejds-kammeret foregaar paa tilsvarende Maade.

Ved større Sænkebrønde haves ofte en Ordning af de til Jordtransport og Materialtransport tjæ-nende Skakte som den i Fig. 387 viste. Skakten er her forsynet med en Elevator, bestaaende af en i en Bøjle *B* ophængt Platform *P*. Løftning og Sænking af Elevatoren sker ved Hjælp af Spilromlen *T*, hvis Aksel er ført ud gennem Rørvæggen i en Stoppebøsning, saaledes at Spillets Motor kan staa uden for Skakten. I Bøjlen er ophængt en Tippe-spand *S*. I Toppen af Skakten findes en Lem *L*, som aabner indad, og som derfor holdes lukket af Luftrykket i Skakten. Neden for Lemmen er Skakten forsynet med en Flange *F*, paa hvis Underside der er anbragt Gummipakning. Naar Elevatorens Platform er løftet saa højt, at den ligger an mod Flangen, aabnes Ventilen *V* udvendig fra, hvorved Tryklufften i det af Platformen afspærrede Rum af Skakten udblæses. Lemmen kan derefter aabnes, og Spandens Indhold tømmes ud paa en Slidsk uden for Aabningen. Derefter lukkes Lemmen, Tryklufft indledes i Rummet over Platformen, hvorefter Elevatoren kan sænkes, naar Trykket er blevet lige saa stort som i den nedre Del af Skakten. Hvis Arbejds-kammeret er saa stort, at det er fordelagtigt at benytte Tipvogne paa Spor til Transport af Jorden nede i Arbejds-kammeret, kan man have det indrettet saaledes, at der kan køres en Tipvogn ind paa Elevatorens Platform, idet Aabningen foroven i Skakten da gøres saa stor, at Tipvognen kan passere gennem den.

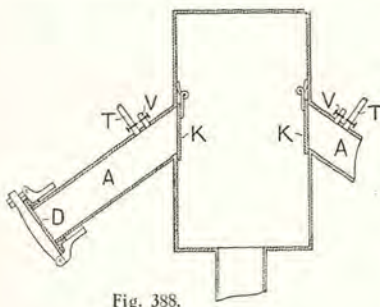


Fig. 388.

For at fritage Arbejderne for den ofte besværlige Opstigning og Nedstigning (i Tryklufft) ad Stigetrin i Skakten kan Pers-sonskakten være udstyret med en lignende Elevator som den i Fig. 387 viste.

I Fig. 388 er vist en anden Konstruktion af Sluse til Udtagning af opgravet Jord fra Skakten. Den øverste Ende af Skakten er her forsynet med to eller flere

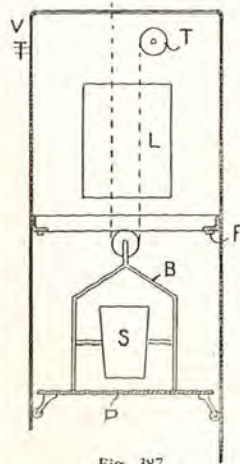


Fig. 387.

skraat stillede Rør *A*, som ind mod Skakten kan aflukkes med Lemme *K*, og hvis udad vendende Munding kan lukkes tæt med Dækslerne *D*. Naar Dækslet *D* er lukket, kan Lemmen *K* være aaben, og den udgravede Jord, som hejses op i Spande fra Arbejds-kammeret, fyldes i Røret *A*. Derefter lukkes Lemmen *K*, og Ventilen *V* aabnes, saaledes at Tryklufften strømmer ud, hvorefter Dækslet *D* kan skrues løs, saaledes at Jorden glider ud af Røret. Ved Indfyldning paany i Røret lukkes det først med Dækslet *D*, og der aabnes for Tilledning af Tryklufft fra Ledningen *T*, hvorefter Lemmen *K* kan aabnes.

Til Transport af Byggematerialer til Arbejds-kammeret kan en lignende Anordning bruges. Røret *A* har da Hældning ind mod Skakten, saaledes at den i Røret anbragte Beton, efter at Dækslet *D* er lukket, og Forbindelse med Tryklufftledningen *T* er etableret, kan glide fra Røret ned i en inde i Skakten hængende Spand og i denne hejses ned til Arbejds-kammeret.

Lukkeindretningen for Dækslet *D* maa være særlig stærk, idet Lufttrykket i Modsætning til, hvad der er Tilfældet ved de øvrige ved Sluserne anvendte Lukker, virker til at aabne Dækslet, og idet en ved Sprængning af Dækslets Tilholder foraarsaget Aabning af Røret kan medføre, at al Tryklufften undviger fra Arbejds-kammeret, saaledes at dette fyldes med Vand.

Transport af den i Arbejds-kammeret udgravede Jord kan ske uden Anvendelse af Slusning ved Hjælp af en i en oventil aaben Skakt gaaende Spandkæde-Elevator, som vist i Fig. 389. Skakten rækker med sin Underkant ned under Vandet i den i Grunden udgravede Fordybning og er fyldt med Vand til en saadan Højde, at Vandsøjletrykket *h* er lig med Lufttrykket i Arbejds-kammeret. Folkene i Arbejds-kammeret skovler den udgravede Jord hen i Fordybningen, hvorfra Spandene tager det og fører det op til Toppen af Skakten, hvor det, idet Spandene vender om Skiven foroven, tippes ud paa en Slidsk og glider ned i en Pram ved Siden af Brønden eller i en ved Brønden holdende Tipvogn.

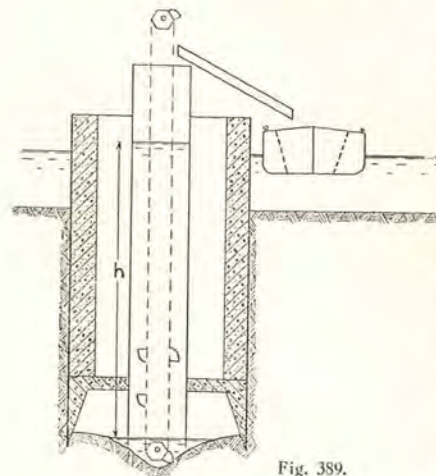


Fig. 389.

Anvendelsen af denne Fremgangsmaade rummer en vis Fare. Sammen med Jorden fører Spandene en Del Vand med sig, som tømmes ud paa

Slidsken sammen med Jorden. Saafremt der ikke er tilstrækkelig Tilstrømning af Vand fra Grunden til Erstatning for den af Spandene bortførte Vandmængde, synker Vandspejlet inde i Arbejdskammeret i den Fordybning, hvori Skakten rækker ned. Hvis dette Vandspejl synker til Skaktens Kant, og Vandsøjlen i Skakten vedvarende formindskes, ved at der føres Vand bort med Elevatorspandene, kan der pludselig undvige Trykluft i stor Mængde op gennem Skakten, saaledes at Trykket i Arbejdskammeret formindskes pludseligt og stærkt. En saadan hurtigt indtrædende Trykreduktion kan for sig være skadelig for Arbejderne og medfører desuden, at Vandet inde i Arbejdskammeret stiger stærkt, dels som Følge af stærk Vandtilstrømning fra Bunden, dels fordi Vandet i Skakten synker ned til den til det lavere Lufttryk svarende Vandspejlsstilling i Skakten.

Dersom Bunden er af en saadan Beskaffenhed, at Jorden kan opslæmmes og transporteres af en Vandstrøm (Sand, Dynd eller løsgravet lerblandet Sand), kan der benyttes Pumpning, eller Transporten af

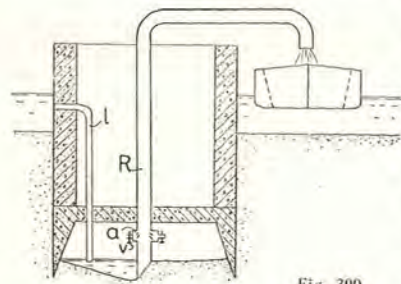


Fig. 390.

den løsgravede Jord kan ske paa følgende Maade ved en af Trykluft fra Arbejdskammeret frembragt Vandstrøm (Fig. 390). Fra Arbejdskammeret gaar et Rør *R* op gennem Brønden ud til en ved Siden af Brønden henlagt Pram (paa Land: Tipvogn). Røret rækker med den skraat afskaarne Munding ned i en i Grunden udgravet Fordybning. Vandet i denne naar op over

Rørets Munding. Gennem Sideaabninger *a*, der kan reguleres ved Hjælp af Ventiler *v*, ledes der Trykluft fra Arbejdskammeret (eller fra en særlig Trykluftledning) ind i Røret. Den opadstigende Luft fører Vandet i Røret med sig, saaledes at Vandet fra Fordybningen i Grunden bringes til at strømme ind i Røret og op gennem dette. Det fra Fordybningen tilstrømmende Vand fører Sandet, som Arbejderne skovler hen i Fordybningen, med sig, og Sandet transporteres af det i Røret strømmende Vand op gennem Røret og løber ud i Prammen (Tipvognen).

Hvis der fra Fordybningen i Bunden bortføres mere Vand, end der samtidig strømmer til fra Grunden, og Vandspejlet i Arbejdskammeret derfor synker, kan det ske, at store Mængder Luft pludselig undviger fra Arbejdskammeret, ved at Vandspejlet synker under Rørets Munding, og med samme Følger som nævnt ovenfor: pludselig og stærk Formindskelse af Lufttrykket og stærk Vandtilstrømning til Arbejdskammeret. Røret *R* maa derfor være forsynet med en særlig Afspærrings-

ventil, ved Hjælp af hvilken Forbindelsen til Arbejdskammeret kan afbrydes, og ved hvilken der til Stadighed maa være posteret en Mand, som straks kan lukke Ventilen, naar Luften begynder at gaa ind gennem Rørets nedre Munding.

Til Sikring imod Faren, ved at Tilstrømningen fra Grunden ikke giver tilstrækkelig stor Vandmængde til Erstatning for det gennem Røret *R* (ved Spandkæde-Elevatoren gennem Skakten) bortførte Vand, kan der have en særlig Ledning *L* i Forbindelse med Vandet uden for Brønden.

I Stedet for at tillede Tryklufften et Stykke oppe paa Røret *R*, svarende til det i Fig. 390 viste Arrangement, har man brugt den simple Ordning at lade Tryklufften træde ind i Røret ved Rørmundingen, idet denne holdes et lille Stykke over Vandspejlet i Arbejdskammeret, og idet Gennemstrømningen gennem Røret reguleres ved Hjælp af Afspærringsventilen. Folkene i Arbejdskammeret skovler Sandet hen til Røret, hvor det lægges i saa høj Bunke, at Rørmundingen holdes dækket af Sand.

Dersom Bunden bestaar af fint Sand, kan Luften alene transportere Materialet op gennem Røret, idet Sandet blæses op gennem Røret af den gennem dette gaaende stærke Luftstrøm. Rørmundingen behøver da ikke at være sænket i Fordybning i Bunden. Ved at der skovles Sand hen i Bunke omkring Røret, holdes dets Munding stadig dækket af Sand. Dersom Tilførslen af Sand til Rørmundingen ikke sker lige saa hurtigt, som Sandet blæses op gennem Røret, saaledes at Rørmundingen bliver fri, maa man afbryde Luftstrømmen ved Hjælp af Afspærringsventilen, for at hindre en pludselig Formindskelse af Lufttrykket i Arbejdskammeret.

239. Arbejdskammerets Forsyning med Trykluft. Lufttrykket maa være saa stort, at Vandet holdes ude fra Arbejdskammeret. Trykkets Størrelse afhænger derfor af Skærets Dybde under det fri Vandspejl uden for Sænkebrønden eller under Grundvandspejlet, efter som Brønd-sænkningen foregaar paa et af Vand dækket Areal eller foregaar paa Land.

Hvis Brønden føres ned i nogenlunde grovporøs Jordbund, skal der i Arbejdskammeret være et Lufttryk, der, maalt i Vandsøjlehøjde, er lig med Skærets Dybde *h* under Vandspejlet (Fig. 384).

I forholdsvis tætte Jordlag er Modstanden mod Vands Bevægelse gennem Porerne temmelig stor, og idet der, efterhaanden som Brønden føres ned, skal fortrænges en til Nedføringshastigheden svarende Mængde Vand gennem Porerne, maa Lufttrykket i dette Tilfælde (tæt Jord)

være noget større end h , nemlig lig med $h + t$, hvor t er den til Overvindelse af Modstanden mod Vandbevægelsen i Porerne fornødne Trykshøjde. Omvendt vil der ikke strømme Vand tilbage til Arbejdskammeret, naar Vandet først ved Hjælp af Overtrykket er fortrængt til i Højde med Skæret, selv om Lufttrykket i Arbejdskammeret reduceres til h eller lidt derunder. Hvis Trykket i Arbejdskammeret formindskes til $h - t$, vil der ske Tilbagestrømning af Vand fra Jordens Porer til Arbejdskammeret, og i saa Fald Tilbagestrømning med samme Hastighed som den, med hvilken Vandet i Arbejdskammeret kan fortrænges fra dette ved et Lufttryk $h + t$.

Af Hensyn til Folkene i Arbejdskammeret søger man at holde Lufttrykket saa lavt som muligt. Ved Brøndsænkning i tæt Jordbund bruger man derfor ofte at lade Trykket være forholdsvis lavt, medens Folkene opholder sig i Arbejdskammeret. Der vil da paa Grund af Tilbagestrømning af Vand som nævnt og som Følge af den jævnt foregaaende Nedføring af Brønden efterhaanden samle sig noget Vand i Arbejdskammeret (i Fordybninger i den Jordbund, som der graves i). I de Arbejdspavser, hvor der ikke opholder sig Folk i Arbejdskammeret, sætter man da ekstra højt Lufttryk paa inde i Arbejdskammeret, saaledes at Vandet fortrænges til i Højde med Skæret.

Man kan undgaa at maatte have Overtryk til Bortskaffelse af det under Brøndens Nedføring fremkommende Vand ved simpelthen at have en Rørledning (med Afspærringsventil) fra Arbejdskammeret til Vandet uden for Brønden. Rørets Munding inde i Arbejdskammeret skal sidde i Højde med Skæret. Hvis Brøndsænkningen foregaaer paa Land, kan man lade Røret fra Arbejdskammeret udmunde foroven i Sænkebrøndens øvre Hulrum i Højde med Grundvandspejlet. Det fra Arbejdskammeret kommende Vand løber da ud i Brøndens Hulrum og maa, hvis det er nødvendigt at fjerne det herfra, bortskaffes ved Pumpning.

Naar Arbejdskammeret føres ned gennem Dynd eller lignende Jordbund (store Mængder af Jordpartiklerne indbyrdes adskilt ved Vandhinde), maa der holdes betydelig større Lufttryk i Arbejdskammeret, end hvad der svarer til Vandsøjlehøjden fra Skæret til Grundvandspejlet. Vandet kan nemlig ikke fortrænges fra Dynd af Tryklufften, saaledes som Tilfældet er ved andre Arter Jordbund. Dynd forholder sig som en Vædske, og da Dyndets Rumvægt er en Del større end Vandets Rumvægt, kræves der tilsvarende større Lufttryk for at hindre Dyndet i at trænge under Skæret ind i Arbejdskammeret. Ved Brøndsænkning gennem Dyndlag bruger man derfor undertiden at føre Brønden ned som almindelig Sænkebrønd uden Tryklufft, idet man da fjerner

Luftslusen fra Skaktene og foretager Udgravningen i Arbejdskammeret ved Hjælp af en Ekskavator, hvis Spand føres ned gennem Skakten. Herved er der ganske vist den Ulempe, at der ikke kan udgraves paa andre Steder i Arbejdskammeret end lige under Skaktene, og Anvendelsen af denne Metode (uden Risiko for, at Brønden gaar skævt ned) er derfor betinget af, at Dyndet flyder hen til Gravestederne nogenlunde jævnt fra hele Arbejdskammerets Grundflade. Naar Arbejdskammerets Skær kommer ned til fastere Jordlag, anbringes Luftsuserne paany, og Nedføringen fortsættes med Anvendelse af Tryklufft.

Tilførslen af Tryklufft til Arbejdskammeret skal være tilstrækkelig til Erstatning for den gennem Utætheder i Arbejdskammerets Vægge og Loft og i Skaktene undvigende Luftmængde. Desuden kræver den for Folkenes Ophold i Arbejdskammeret fornødne Luftfornyelse Tilførsel af en vis Mængde Luft. Med Hensyn til Luftfornyelsen er det især Nødvendigheden af, at Indaandingsluftens Kulsyreindhold skal holdes lavt, der er bestemmende for, hvor megen Luft der skal tilføres.

Den til Erstatning for undvigende Luft fornødne Luftmængde V_1 , i m^3 pr. Time og maalt under Atmosfærens Tryk, kan som omtrentlig Værdi ansættes til ¹⁾:

$$V_1 = (a F + \beta U) \left(1 + \frac{h}{10,33} \right),$$

hvori F er Summen af Arbejdskammerets og Skaktens Væg- og Loftflader i m^2 , U Skærets Længde (Arbejdskammerets Omkreds) i m , h Skærets Dybde under det ydre Vandspejl i m , med et Tillæg af 2 til 3 m , og a og β Koefficienter. For a sættes:

Ved Sænkebrønde af Jernbeton: $a = 0,35$ til $0,6$.

Ved Sænkebrønde af Jern: $a = 0,65$ til $1,8$.

β kan regnes at ligge mellem 1 og 3, alt efter som Jordbundens Permeabilitet det paagældende Sted er mindre eller større.

Den til Luftfornyelsen fornødne Luftmængde V_2 (i m^3 pr. Time) er afhængig af, hvor stort Antal Personer, der opholder sig i Arbejdskammeret. Er dette Antal A , regnes sædvanlig med:

$V_2 = 20 A$ ved indtil $0,5$ Atmosfæres Overtryk,

og $V_2 = 30 A$ ved større Overtryk.

Det er her forudsat, at der til Belysning i Arbejdskammeret anvendes elektriske Glødelamper. Anvendes luftforbrugende Belysningsmidler, som f. Eks. Petroleumslamper, kræves betydelig større Lufttilførsel.

Hvis Jordbunden indeholder giftige Luftarter, og denne Jordluft kan

¹⁾ Brennecke-Lohmeyer: Der Grundbau, 1933.

komme op i Arbejdskammeret og her blandes med den tilførte Luft, maa Arbejdskammeret med passende Mellemlum afvekslende udblæses og sættes under højt Tryk, medens der ingen Folk er i Arbejdskammeret, og det høje Tryk vedligeholdes tilstrækkelig længe, til at Jordluften er fortrængt.

Det største Tryk, som Luftkompressorerne skal kunne præstere, maa være noget større — ofte ansættes det 30 % større — end det til Skærets Dybde under det ydre Vandspejl svarende Vandtryk, dels af Hensyn til Ledningsmodstande i Tilførselsledninger, dels af Hensyn til, at der skal kunne fremstilles et vist Overtryk i Arbejdskammeret for at faa Vandet fortrængt gennem Jordens Porer (jfr. ovenfor).

Ved overslagsmæssig Bestemmelse af det til Fremstilling af Tryklufften fornødne Kraftmaskinanlæg regnes med¹⁾, at der for hver m³ pr. Minut indsuget Luft kræves:

ved et Overtryk af	2	3	4	Atmosfærer,
en Maskinydelse paa	4	5	6	HK.

Af Hensyn til, at Lufttilførslen skal være fuldstændig sikker til enhver Tid, maa der have mindst to af hinanden uafhængige komplette Maskinanlæg til Fremstilling af Tryklufften.

Forinden Luftens Indsugning i Kompressorerne passerer Luften et Filter, og forinden den komprimerede Luft ledes ind i Arbejdskammeret, maa den befries for Olie, som Luften kan optage, idet den passerer Kompressorerne, og føre med sig som støvfine Oliepartikler. Til Smøring af de Maskiner, som Tryklufften kommer i Berøring med, bør der anvendes lugtfri Smøreolie.

I nogle Lande have bestemte Forskrifter med Hensyn til Indretning og Brug af Tryklufftanlæg og til Udførelse af Arbejde i Tryklufft. F. Eks. have i Tyskland en Forordning af Juni 1920 vedrørende Beskyttelse af Tryklufftsarbejdere²⁾. Denne Forordning indeholder en Række udførlige Bestemmelser om Indretning og Brug af Tryklufftanlæg.

240. Dykkerklokker. Opførelse af et Bygværk af Murværk eller Beton paa et af Vand dækket Areal kan ske ved Hjælp af Dykkerklokke i Forbindelse med Anvendelse af Tryklufft.

Dykkerklokken bestaar af et Arbejdskammer *A* (Fig. 391), oven over hvilket findes Ballastrummene *B*. Arbejdskammeret er forsynet med en eller flere Skakte *P*, hver med sin Luftsluse, og indrettet paa samme Maade som ved Tryklufftsænkebrønde. Under Arbejdet

¹⁾ *A. Schoklitsch*: Der Grundbau. 1932.

²⁾ Denne Forordning findes i *A. Schoklitsch*: Der Grundbau.

holdes Vandet ude af Arbejdskammeret af Tryklufften, saaledes at Arbejderne kan opholde sig i Arbejdskammeret, og Opmuring og Betonstøbning foregaa tørt. Arbejdernes Nedstigning i og Opstigning fra Kammeret ligesom ogsaa Tilførsel af

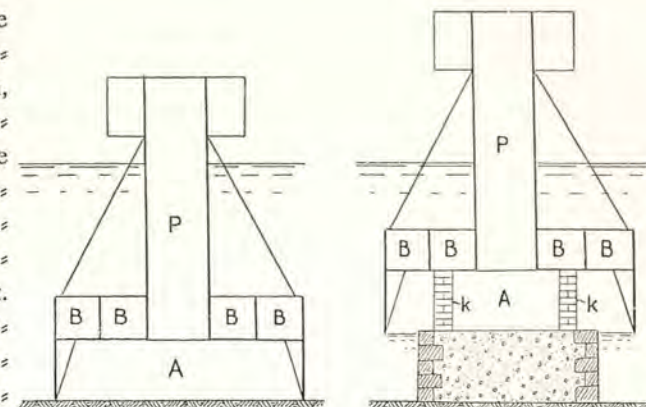


Fig. 391.

Byggematerialer sker gennem Luftsluse og Skakt paa samme Maade som ved Tryklufftsænkebrønde. Ved at indlede Vand i Ballastrummene og ved at tømme disse (Tømningen kan ske enten ved Udpumpning af Vandet eller ved Tilledning af Tryklufft til Ballastrummene), kan man variere Dykkerklokkens Vægt og derved sænke den eller hæve den.

Til at begynde med sænkes Dykkerklokken, saaledes at den kommer til at hvile med Kanten af Arbejdskammerets Vægge paa Bunden. Efter at der er ledet Tryklufft ind i Arbejdskammeret, og Vandet derved er fortrængt fra dette, kan Opførelsen af Bygværket begynde. Arbejdskammeret maa være saa stort, at det dækker et Areal, der er noget større end Bygværkets Grundflade.

Efterhaanden som Opførelsen af Bygværket skrider frem, hæves Dykkerklokken saa meget, at der er tilstrækkelig Plads mellem Bygværkets Overside og Kammerets Loft, til at Arbejderne kan færdes i Kammeret. For at Dykkerklokken kan staa urokkeligt og være upaa- virket af mulig optrædende Strøm og Bølgebevægelse, bringes Dykkerklokken til at hvile paa Understøtninger *k*, anbragte paa Bygværket. Understøtningerne kan bestaa af Opklodsninger af Tømmer, som an- tydet paa Figuren. Naar Murværket uden om Opklodsningerne er op- ført til saa stor Højde, som det kan ske under Hensyn til den begræn- sede fri Højde under Arbejdskammerets Loft, flyttes Opklodsningerne op paa det færdige Murværk, for at der kan opføres Murværk (eller støbes Beton) paa de Steder, hvor Opklodsningerne først har været anbragt. I Stedet for Opklodsninger af Tømmer med Tilspænding af Tømmeret mod Arbejdskammerets Loft ved Hjælp af Kiler, kan der bruges Skruedonkrafte til Understøtning af Dykkerklokken. Trykket, hvormed Dykkerklokken hviler paa Understøtningerne, kan afpasses

efter Forholdene — Strøm, Bølger og Vandstandsvariationer — ved at man forøger eller formindsker Dykkerklokkens Vægt ved Forøgelse eller Formindskelse af Ballastrummenes Vandindhold.

Efter Bygværkets Fuldendelse fjernes Dykkerklokken fra Byggestedet. Saafremt den Del af Bygværket, som opføres i Dykkerklokke, skal række op over Vandspejlet, maa Fjernelsen af Dykkerklokken ske, ved at Dykkerklokken, efter at den er saavidt demonteret, at der kun er Arbejdskammeret og de derover værende Ballastrum tilbage, ved Hjælp af en Flydekran løftes saa højt, at Arbejdskammerets Underkant kommer fri af Bygværket. I Stedet for denne noget besværlige Fremgangsmaade, som er betinget af, at der haves en Kran med tilstrækkelig stor Løfteevne til Disposition, bruges det ofte — særlig hvor der findes Tidevand — at nøjes med at opføre Bygværket i Dykkerklokke blot til saa stor Højde, at Dykkerklokken kan bringes svømmende bort fra Bygværket ved Højvande. Udførelsen af den derefter resterende Del af Bygværket (Opmuring eller Betonstøbning) maa da foretages paa de Tider (ved Lavvande), hvor Vandet ikke lægger Hindringer i Vejen for Arbejdets Udførelse, men denne Ulempe er for det meste ikke videre betydende.

Dykkerklokken kan være frit flydende, saaledes at den, naar Ballastrummene er tomme (Ballastrummenes Dæk ligger da over Vandspejlet), kan bugseres fra Sted til Sted. Størrelsen af Dykkerklokkens Vandgangssnit maa være tilstrækkelig stort til at give den frit flydende Dykkerklokke fornøden Stabilitet. Det er fordelagtigt at have Dykkerklokken indrettet paa denne Maade, hvis den skal kunne fjernes hurtigt fra Byggestedet. Ved Opførelse af et Bygværk paa et Sted, hvor Bølgebevægelse eller Strøm til Tider kan blive saa kraftig, at Dykkerklokken, selv om den belastes mest mulig ved Fyldning af alle Ballastrum, ikke kan bringes til at staa tilstrækkelig sikkert (hvilende paa Bunden eller paa det delvis opførte Bygværk), er det nødvendigt, at man med ret kort Varsel kan løfte Dykkerklokken og bugserer den i Havn.

Dersom Dykkerklokken ikke skal fjernes fra Byggestedet, før Bygværkets Fuldendelse, kan man have Dykkerklokken ophængt i et omkring Bygværket anbragt Pælestillads.

Det bruges ogsaa at have Dykkerklokken ophængt mellem to Fartøjer eller Pramme i et hen over disse opbygget Stillads (Fig. 392). Fartøjerne fastholdes ved Byggestedet ved Hjælp af Fortøjninger til udlagte Ankere. De Kæder, i hvilke Dykkerklokken er ophængt, maa holdes slække, naar Dykkerklokken staa paa Bunden eller hviler paa det under Opførelse værende Bygværk, for at Fartøjernes Bevægelse (som Følge af Bølger, Strøm og Vandstandsvariationer) ikke skal paa-

virke Dykkerklokken. Ved denne Ordning kan Dykkerklokken, hængende i Fartøjerne, bringes til og fra Byggestedet, ligesom en frit flydende Dykkerklokke.

De til Fremstilling af Trykluft fornødne Maskiner haves paa en ved Siden af Dykkerklokken liggende Pram eller Fartøj, og her maa ogsaa være Plads til Oplag af Byggematerialer, til Arbejdsredskaber, Betonblandemaskiner o. l. Bruges fast Stillads til Ophængning af Dykkerklokken, kan Maskiner, Materialer m. v. anbringes paa Stilladset.

Ved Opførelse af et Bygværk ved Hjælp af Tryklufstænkebrønd indgaar selve Sænkebrønden og Arbejdskammerets Vægge og Loft i det færdige Bygværk som en Del af dette. Ved Opførelse i Dykkerklokke haves derimod Dykkerklokken i Behold til Anvendelse paany efter Fuldførelsen af det paagældende Arbejde.

Til Opførelse af et Bygværk, der skal føres ned gennem løse Jordlag, egner Sænkebrøndmetoden sig bedre end Anvendelse af Dykkerklokke, idet det er forbundet med ret store Vanskeligheder at foretage Udgravning i større Omfang ved Hjælp af Dykkerklokke. Udgravning i Dykkerklokke maa nemlig foretages paa en saadan Maade, at Dykkerklokken kan hæves op af den udgravede Grube, og derfor saaledes, at Arbejdskammerets Vægge holdes fri af Udgravningens Sider. Efter at Dykkerklokken er sænket ned paa Bunden i Stilling 1 (Fig. 393), foretages Udgravning af Jordvolumenet *a*. Udgravningen kan ikke føres ned til større Dybde end ca. 0,6 m, idet Vandspejlet stiller sig i Højde med Arbejdskammerets Underkant, og Udgravningsdybden derfor er begrænset til den Dybde, til hvilken Folkene kan opgrave Jorden under Vand. Derefter flyttes Dykkerklokken hen i Stilling 2 og Jordvolumenet

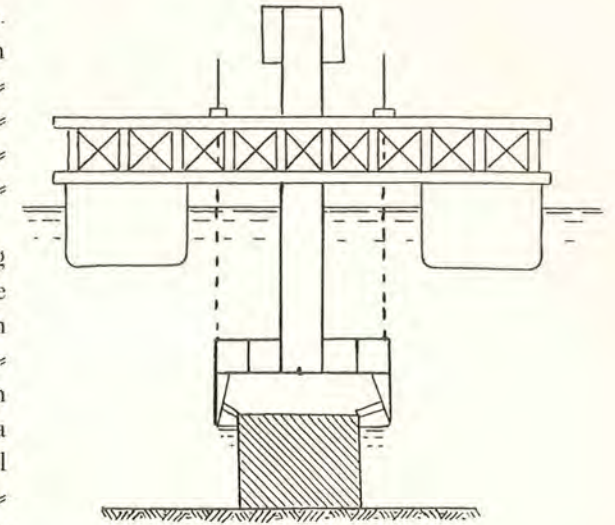


Fig. 392.

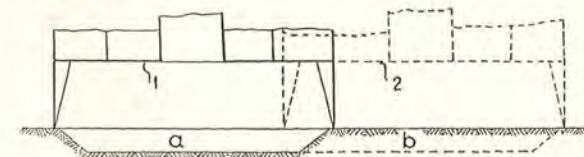


Fig. 393.

b udgraves. Dernæst sænkes Dykkerklokken ned paa Bunden af Gruben *a—b*, hvorefter der gaas frem paa lignende Maade som ved Udgravning i Stillingerne 1 og 2. Jo dybere under Jordoverfladen Bygværket skal føre ned, desto større Areal maa Udgravningen udstrækkes over, idet der i Bunden af den udgravede Grube skal være tilstrækkelig Plads til, at Dykkerklokken kan staa frit, og idet Skraaningerne maa have tilstrækkelig stort Anlæg, til at de kan staa uden Fare for, at der sker Nedskridning af Jord i Gruben.

Udførelse af et Bygværk, hvis Grundflade er større end Dykkerklokkens Arbejdskammer — f. Eks. Bygning af en Kajmur — kan ske paa følgende Maade. Med Dykkerklokken staaende i Stillingerne 1, 2, 3 o. s. v. (Fig. 394) støbes Betonlagene *A*, *B*, *C* o. s. v. Derefter anbringes

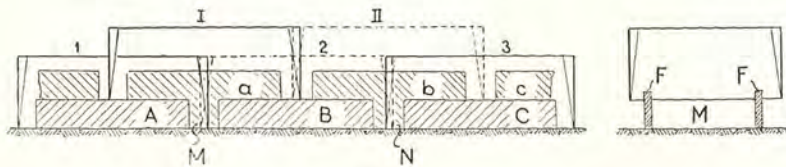


Fig. 394.

Dykkerklokken efterhaanden i Stillingerne I, II . . . , og udstøbes Betonlagene *a*, *b*, *c* . . . , idet samtidig Mellemrummene *M*, *N* . . . udfyldes med Beton. Udfyldning af disse Mellemrum maa enten ske ved Betonstøbning under Vand, fordi Vandspejlet, naar Dykkerklokken staa oven paa Betonlagene *A*, *B*, *C* . . . , stiller sig i Højde med disse Betonlags Overflade, eller der maa foretages Tørlægning af disse Mellemrum ved Udpumpning af Vandet, idet der da for begge Ender af Mellemrummet anbringes Træflager *F*, som med paaspigrede Pakninger kan slutte vandtæt til de Rummet *M* begrænsende Betonlegemer *A* og *B*.

241. Særlige Forhold ved Arbejde i Trykluft. Udførelse af Arbejde i Trykluft er noget mere anstrengende end i fri Luft og kan under særlige Omstændigheder tillige være skadelig for de paagældendes Sundhed. Der maa derfor tages visse Forholdsregler ved Udførelse af Arbejde i Trykluft for at formindske Ulemperne derved og for at afværge Sundhedsfaren.

Under Ophold i Trykluft foregaar der en stærkere Iltning i Menneskets Organer, end der foregaar under den fri Lufts Tryk. Indaandingsvolumenet er omtrent det samme i Trykluft som i fri Luft, og der tilføres derfor Aandedrætsorganerne større Mængder Ilt i Trykluft end i Luft under Atmosfærens Tryk. Ved længere Ophold i Tykluft, antagelig dog først ved Overtryk større end 1,5 Atmosfære (ca. 15 m Vand-

dybde), formindskes Menneskets Arbejdsevne som Følge af den indaandede større Mængde Ilt. Ved Ophold under meget højt Tryk kan den Aandedrætsorganerne og Blodet tilførte større Mængde Ilt medføre visse sygelige Tilstande, og Lungevævet kan lide Skade, som ved en Slags Ætsning af dette. 40 m Vanddybde (ca. 5 Atmosfærens Tryk, ca. 4 Atmosfærens Overtryk) er den største Dybde, i hvilken et Menneske kan udføre nogenlunde stort og anstrengende Arbejde. 90 m Vanddybde er den yderste Grænse for den Dybde, i hvilken en Dykker kan præstere ganske let Arbejde i 1 til 2 Timer i Træk. Paa endnu større Dybder er Arbejdsevnen ganske ringe. I 120 m Vanddybde kan et Menneske kun opholde sig faa Minutter i tilledt atmosfærisk Luft. Skal der være Mulighed for nogen Arbejdsydelse, maa Iltmængden i den tilførte Luft formindskes. 17 Atmosfærens Tryk (16 Atmosfærens Overtryk, ca. 160 m Vanddybde) angives¹⁾ at være det højeste Tryk, som man har haft Mennesker i. Iltmængden i den tilførte Luft var da reduceret til 12 % (Iltmængden i atmosfærisk Luft: 20,9 %). Udførelse af Arbejde i saa højt Tryk er umuligt. Aandedrættet er meget besværet, og vedkommendes hele Energi er rettet mod Vejrtrækningen, der foregaar under den yderste Anspændelse og med vidtaaben Mund.

Det Arbejde, der skal præstere i en Sænkebrønds eller en Dykkerklokkens Arbejdskammer (Jordarbejde, Betonarbejde o. l.), kræver i Almindelighed samme personlige Kraftudfoldelse som Udførelse af de tilsvarende Arbejder i fri Luft. Da den med Ophold i Trykluft følgende Nedsættelse af det enkelte Menneskes Arbejdsevne bevirker, at den daglige Arbejdstid for hver Person maa være meget kort (nogle faa Timer), naar der arbejdes i højt Lufttryk, saaledes at hver Persons daglige Arbejdsydelse er meget lille, medfører alene økonomiske og praktiske Hensyn, at der er en vis Grænse for, hvor stor Funderingsdybde, man kan naa ned til ved Opførelse af et Bygværk ved Hjælp af Tryklufstsænkebrønd eller Dykkerklokke. Hertil kommer, at det af sundhedsmæssige Grunde (se nedenfor) ofte kun er et mindre Antal af de for Udførelse af Byggearbejde under almindelige Forhold (i fri Luft) disponible Personer, der er i Stand til at udføre Arbejde i Trykluft, saaledes at det, hvor det drejer sig om et Bygværk af større Omfang og Fundering i stor Dybde, kan være vanskeligt at faa det for Udførelsen af Arbejdet ved Hjælp af Trykluftsmetoden fornødne Mandskab.

Maksimumsdybden ved større Trykluftarbejder (Tryklufstsænkebrønde, Tunnelbygning, Dykkerklokke) regnes i Almindelighed at være den Dybde, ved hvilken der kræves 3,5 Atmosfærens Overtryk i Arbejdskammeret (Skæret ca. 35 m under Vandspejlet).

¹⁾ E. W. Johannsen: Livsbetingelser i Dykkerdragt og Undervandsbaad. 1932.

Under særlige Omstændigheder, hvor det kun drejer sig om Arbejde af forholdsvis ringe Omfang (f. Eks. Bjergning af Maskiner o. l. i en vandfyldt Mineskakt), er man i mange Tilfælde gaaet ned til større Dybder end 35 m.

Ved Dykning i Dykkerdragt gaar Arbejderne ligeledes ned til større Dybde. Trænede Dykkere foretager saaledes i Reglen uden Vanskelighed Dykning paa 50 m Vanddybde eller noget mere.

Kulsyreprocenten i Arbejdskammerets Luft maa holdes passende lav, idet der ved Indaandingen tilføres Lungerne en i Forhold til Luftrykket forøget Mængde Kulsyre. Kulsyreindholdet i Lungeblærens Luft maa ved 1 Atmosfæres Tryk ikke være større end 4 til 6 %. Ved Overskridelse af denne Kulsyremængde indtræder der Kulsyreforgiftning. Alleerede ved 3 % Kulsyre fremkommer der Ildebefindende. Svarende til Maksimumsgrænsen 5 % skal Kulsyreindholdet i Arbejdskammerets Luft

ved 2 Atmosfæres Tryk	være mindre end	2,75 %
- 4	— — — —	- 1,37 %

Med den Side 407 angivne Tilførsel af frisk Luft til Arbejdskammeret (20 til 30 m³ pr. Time pr. Mand) holdes Kulsyremængden langt under de her nævnte Grænser.

Naar Luftrykket ved Overgangen fra lavt Tryk til højt Tryk stiger jævnt fra Atmosfærens Tryk, saaledes som det sker, naar man efter at være at være kommet ind i Luftslusen tillæder Trykluft til denne, mærker den i Luftslusen værende Person blot et lidt generende eller maaske smertende Tryk paa Trommehinderne. Denne Fornemmelse skyldes, at Luftrykket inden for Trommehinderne ikke følger tilstrækkelig hurtigt med Trykstigningen udenfor. Man kan i Reglen let frigøre sig for Ubehaget ved denne Virkning af Trykstigningen ved at foretage Synkebevægelser, eller, hvis dette ikke hjælper, ved at man med lukket Mund, og idet man holder for Næsen, foretager kraftig Udaandingsbevægelse og saaledes tilvejebringer Overtryk i Mundhulen og Næsen. Dette Overtryk forplanter sig gennem de Eustachiske Rør til den indre Side af Trommehinderne, hvorved det generende indad virkende Tryk udlignes. Er de indre Luftveje mellem Mundhule og Ører forstoppet, f. Eks. som Følge af Snue, saaledes at der ikke kan ske den fornødne Trykudligning, kan Trommehinderne lide Skade, navnlig hvis man lader Trykstigningen i Luftslusen foregaa hurtigt. Trænede Luftrykarbejdere mærker ikke Øresmerter som de her nævnte. Ved Trykfald (ved Udslusning) haves der ikke tilsvarende generende Virkninger af Trykdifferenser. Trykudligning paa Trommehindens to Sider foregaa antagelig her lettere end ved Trykstigning udvendig.

Under Opholdet i Trykluft forøges Indholdet af Kvælstof i Legemets Vædske og Væv meget betydeligt. Tilførslen af Kvælstof til Legemets forskellige Dele sker gennem Blodet, idet dette optager Kvælstof fra Indaandingsluften i Lungerne og fører det ud i Legemets Kar. Denne Tilførsel af Kvælstof vedbliver, indtil Luftrykket i Legemets Indre har naaet samme Størrelse som det udvendig paa Legemet virkende Luftryk.

For hver Atmosfæres Overtryk optager 100 g Blod 0,82 cm³ Kvælstof, og Legemets øvrige Bestanddele absorberer lignende Mængder Luft, herfra dog undtaget Knoglernes Kalkforbindelser, der ikke optager Luft, og Fedtvævet, der optager betydelig mere Luft, nemlig omtrent 6 Gange saa stor Luftmængde, som Blodet optager. Et Menneske paa 70 kg regnes at optage ca. 1 Liter Luft for hver Atmosfæres Overtryk, forudsat at Opholdet i Tryklufften varer tilstrækkelig længe.

Tilførslen af Kvælstof til Legemets Vædske og til Vævet sker til at begynde med hurtigt og aftager efterhaanden med den aftagende Forskel mellem udvendigt og indvendigt Luftryk. Til Mætning med indre Luft regner man, at der medgaaer henved 5 Timer. Optagelsen af Luft i Legemet er ikke forbundet med ubehagelige Fornemmelser.

Ved Overgang fra stort Tryk til lille Tryk (ved Udslusning fra Arbejdskammeret) skal det i Legemet optagne Kvælstof atter bringes ud af Legemet, og dette sker paa tilsvarende Maade — Opløsning i Blodet og derefter Afgivelse af Luften gennem Lungerne — som ved Tilførslen af Luft til Legemets Bestanddele. Herved kan der imidlertid danne sig Luftbobler, som kan blive siddende i Væv eller Kar, eller som kan blive ført rundt med Blodet. Dannelsen af saadanne Bobler giver Anledning til forskellige Lidelser (Dykkersyge, Tryklufftsygdomme), som ytrer sig paa forskellig Maade, og som under uheldige Omstændigheder kan have ret svære Følger. De Sygdomme, der kan opstaa som Følge af Dannelsen af Bobler, ytrer sig som reumatiske Lidelser, stikkende Smerter i Muskler og Led (sædvanlig fortrinsvis i Knæled og Fodled), Lammelse, Aandedød, Forstyrrelser i Hjertets Funktion og ved de fra mangelfuld Blodcirkulation hidrørende sygelige Tilstande. Tryklufftsygdomme opstaaer ikke altid straks ved Udslusningen. Det er meget almindeligt, at der hengaaer $\frac{1}{4}$ til 1 Time og ikke sjældent 2 til 3 Timer, efter at vedkommende har forladt Luftslusen, før Sygdommen viser sig.

For at undgaa Dannelse af Bobler i Legemet skal man lade Overgangen fra højt Tryk til lavt Tryk foregaa langsomt, saaledes at der bliver tilstrækkelig Tid til, at Udskillelsen af Legemets Luft kan ske ved Luftens Optagelse i Blodet og Afgivelse gennem Lungerne, følgende den efterhaanden indtrædende Trykformindskelse.

Efter Undersøgelser af *Haldane*¹⁾ skal et Menneske kunne taale, at det ydre Lufttryk hurtigt formindskes til det halve Tryk, uden at der opstaar Kvælstofbobler. Ved Udslusning brugtes det tidligere at lade Trykformindskelsen i Slusekammeret foregaa jævnt fra Arbejdskammerets Tryk til Atmosfærens Tryk i Løbet af en vis Tid (se nedenfor). Efter *Haldane's* Udslusningsregler bør man lade Trykformindskelsen ske trinvis, idet en jævn Trykreduktion anses for at være unødvendig langsommelig i Begyndelsen, men farlig ved de forholdsvis smaa absolutte Tryk mod Slutningen af Udslusningen. For hvert Trin i Trykændringen ved Udslusning skal Opholdet under det paagældende Tryk være saa længe, at Trykket inde i Legemet er formindsket til det dobbelte af det Tryk, der findes paa det næstfølgende Trin af Trykændringen. Da Luftudskillelsen aftager med Forskellen i Tryk uden for og inde i Legemet, og da Trinene i Trykændring bliver mindre mod Slutningen af Udslusningen, skal Opholdets Varighed paa hvert Trin af Udslusningen gøres større og større hen mod Slutningen af Udslusningen.

Efter *Rostock-Jensen*: Vejledning i Dykning (gældende for Dykkerarbejde) haves f. Eks.:

Ved Dykning paa 51 m Vanddybde, Arbejdstid: 1 Time 55 Minutter, Ophold ved Opstigning:

i 2,1 Atmosfærers Overtryk (21 m Dybde): 5 Minutter,			
1,8	—	—	(18 m —): 25 —
1,5	—	—	(15 m —): 25 —
1,2	—	—	(12 m —): 30 —
0,9	—	—	(9 m —): 35 —
0,6	—	—	(6 m —): 40 —
0,3	—	—	(3 m —): 40 —

Midlet til Helbredelse af Tryklufpsyge er at bringe vedkommende paany under højt Lufttryk og derefter foretage en meget langsom Udslusning. Ved Udførelse af Tryklufarbejder maa man derfor umiddelbart ved Arbejdsstedet have et særligt Slusekammer (Syge-sluse) til Brug ved Behandling af Folk, der er blevet lidende af Tryklufpsyge.

Ved Indslusning til Arbejdskammeret lader man Lufttrykket stige jævnt og ikke med større Hastighed, end at de i Slusen værende Personer ikke føler sig besværede af Trykstigningen. Ved Indslusning af Personer, der ikke er vant til Ophold i Trykluft, bør Trykstigningen ikke foregaa hurtigere, end at Trykket stiger 1 Atmosfære i Løbet af 8 til 10 Minutter.

¹⁾ I. S. Haldane: Respiration. London 1927.

Udslusningens Varighed skal efter de i Tyskland gældende Forskrifter være følgende:

Overtryk i Arbejdskammeret	Total Udslusningsstid
0,5 Atmosfærer	5 Minutter
1,0 —	10 —
1,5 —	30 —
2,0 —	42 —
2,5 —	60 —
3,0 —	90 —

Luftslusens Kammer skal have et Rumindhold af mindst 0,75 m³ for hver i Luftslusen samtidig tilstedeværende Person og mindst et Rumindhold paa 2,5 m³. Luftslusen skal, hvis der skal kunne foretages langvarig Udslusning (Overtryk > 1,0 Atmosfære) forsynes med frisk Luft, medens Udslusning finder Sted.

Efter de ovenfor nævnte Forskrifter gælder følgende Regler om Arbejdstiden i Trykluft:

Overtryk i Arbejdskammer	Arbejdstid pr. Dag
0 til 2 Atmosfærer	8 Timer
2 - 2,5 —	6 —
2,5 - 3,0 —	4,8 —
3,0 - 3,5 —	4 —
> 3,5 —	< 2 —

Ved Arbejde i 0 til 2 Atmosfærers Overtryk er den til Ind- og Udslusning medgaaende Tid indbefattet i Arbejdstiden (8 Timer). Ved de kortere Arbejdstider gælder Angivelsen Varigheden af Opholdet i Arbejdskammeret. Nyantagne Folk maa den første Dag kun opholde sig Halvdelen af den for det paagældende Tryk normale Tid i Arbejdskammeret, de to næste Dage $\frac{2}{3}$ af den normale Tid og først den fjerde Dag have fuld Arbejdstid. Ved Arbejdstid, der er længere end 4 Timer, skal der i Arbejdstiden holdes $\frac{1}{2}$ Times Hvilepavse. Mellem to paa hinanden følgende Arbejdstids-Ophold i Trykluft skal den paagældende tilbringe mindst 12 Timer under den ydre Atmosfæres Tryk.

For at være i Stand til at taale at arbejde i Trykluft maa de paagældende Personer opfylde ret strenge Krav med Hensyn til stærk Konstitution og til Sundhed. De særlige Betingelser med Hensyn til Sundhedstilstand er dog mindre strenge, hvor det kun drejer sig om Arbejde i Overtryk, der er mindre end 1 Atmosfære.

Uegnede til Arbejde i højt Lufttryk er Personer med Lidelser i Brystorganerne, med Ørelidelser, med Hjertefejl eller med Anlæg for Blod-

kongestioner til fint mærkende Dele af Organismen (Hjernen). For at være egnet til Trykluffarbejde skal den paagældende have normalt Blodtryk, Underlivet og Bugvæggen maa ikke frembyde noget abnormt. Mæge og senede Mennesker er sædvanlig bedst egnede. Aldersgrænserne er ved indtil 2 Atmosfærers Overtryk 20 Aar og 50 Aar, ved højere Tryk 20 Aar og 40 Aar. Den paagældendes Levemaade bør være regelmæssig. Man bør undgaa Indtagelse af særlig kraftige Maaltider og Nydelse af Spiritus. Maaltid bør ikke indtages umiddelbart før, man gaar ind i Trykluff, og man maa heller ikke være fastende, naar man er i Trykluff.

Der maa for de Folk, der arbejder i Trykluff, være Adgang til hurtigt at faa Lægehjælp. Hvis Overtrykket i Arbejdskammeret er større end 1,3 Atmosfærer, maa der bo Læge i nogenlunde Nærhed af Arbejdsstedet. Hvis Overtrykket er større end 2,5 Atmosfærer, bør der til Stædighed være Læge til Stede paa selve Arbejdsstedet.

242. Dykker-Udrustning. For at et Menneske skal kunne opholde sig under Vand, maa vedkommende være udrustet paa en saadan Maade, at Legemet er passende beskyttet mod Vandet, og at han kan faa tilført den til Vedligeholdelse af Aandedrættet fornødne Luft. Den hertil almindelig brugte Dykker-Udrustning bestaar af en vandtæt Dykkerdragt samt en Luftpumpe, ved Hjælp af hvilken Dykkeren forsynes med Trykluff, der ledes ned til Dykkeren gennem en Gummislange.

Dragten bestaar af en Klædning og en Hjelm. Klædningen er af Gummi med Lærred paa begge Sider og bestaar af Trøje og Benklæder ud i eet, saaledes at hele Kroppen og Lemmerne omsluttes af Klædningen. Ærmerne slutter ved Haandleddene, saaledes at Hænderne er fri. Ved Haandleddene haves tæt sluttende Gummimanchetter. Ved Halsaabningen har Klædningen en Metalkrave, som hviler paa Dykkerens Skulder, og til hvilken Hjelmen befæstes. Til Beskyttelse af Gummiklædningen har Dykkeren en Overtræksklædning af Sejldug.

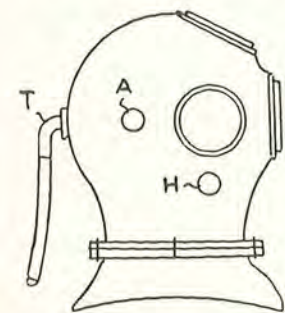


Fig. 395.

Hjelmen (Fig. 395) er sædvanlig af Kobber. Den fastskrues, efter at Dykkeren har iført sig Gummiklædningen, paa dennes Skulderkrave. Hjelmen er forsynet med tre (eller fire) Glasruder, een fortil og een paa hver Side (eventuelt een i Hjelmens Overside), saaledes at Dykkeren for at kunne se til Siderne (og opad) kun behøver at dreje Hovedet inde i Hjelmen. Den forreste Rude er til at aabne, saaledes at Dyk-

keren, naar han har Hovedet over Vand, kan trække frisk Luft og kan samtale med sine Hjælpere over Vand uden at behøve at tage Hjelmen af.

Tilførsel af Trykluff sker gennem en Gummislange, som er fastgjort til Rørstykket *T*. Dette er forsynet med en indad aabnende Ventil, fra hvilken Luften ledes gennem tre i Hjelmen siddende Kanaler, der udmunder skraat fortil ved Dykkerens Pande. Luften gaar ud gennem en automatisk virkende Afgangsv ventil *A*, der aabner udad mod Vandtrykket. Denne Ventil er forsynet med en lille Spiralfjeder, der indstilles saaledes, at Lufftrykket bliver lige saa stort som Vandtrykket ved Dykkerens Ben. Derved opnaas, at der er Luft mellem Dykkerens Legeme og Dragten, og at Indaandingsluftens Tryk bliver lige saa stort som det ydre Tryk paa Brystkassen. Hjelmen kan endvidere være forsynet med en Hane *H*, som Dykkeren selv betjener, og som han maa aabne, saafremt der pumpes saa stor Mængde Luft ind i Hjelmen, at Trykket i denne bliver væsentligt større end Vandtrykket udenfor.

Hvis der ved for stærk Pumpning tilføres mere Luft, end der undviger gennem Ventilen, trænger der større Mængder Luft ind mellem Dykkerens Legeme og Dykkerdragten. Idet Dykkerens Volumen her ved bliver større, forøges Opdriften, og dette kan medføre, at Dykkeren løftes op til Vandoverfladen. En saadan ufrivillig Opstigning, ved hvilken Overgangen fra Trykket nede i Vandet til Atmosfærers Tryk sker ret hurtigt, kan være forbundet med Fare for Dykkeren, naar der dykkes paa nogenlunde stor Vanddybde.

Til Dykkerens Udstyr hører endvidere Støvler med Blysaaler, vejde tilsammen ca. 10 kg, og to Blyplader, som anbringes hængende i Hjelmens Flange, den ene paa Dykkerens Ryg, den anden paa Brystet, samt en Livrem, i hvilken er fastgjort en Line, Livlinen.

I Dykkerbaaden, hvorfra Dykkeren stiger ned i Vandet ad en ved Baadens Ræling ophængt Rebstige, findes Luftpumpen. Denne betjenes af 2 Mand. En tredie Mand, Lineholderen, har fat i Dykkerens Livline og i Luftslangen. Lineholderen haler ind og giver af paa Linen og Luftslangen, efter som Dykkeren nærmer sig eller fjerner sig fra Baaden. Ved at rykke i Linen kan Dykkeren og Lineholderen give hinanden de vedrørende Arbejdet nødvendige Meddelelser, idet der benyttes et forud aftalt Tegnsystem. I Stedet for dette primitive, men i Almindelighed tilstrækkelige Meddelelsesmiddel, kan man have telefonisk Forbindelse mellem Dykker og Lineholder.

Idet den af Dykkeren udaandede Luft blandes med den gennem Luftslangen tilførte Luft, maa der, for at Dykkerens Aandedræt ikke skal generes, sørges for rigelig Tilførsel af Luft. Man regner sædvanlig, at

der skal tilføres 50 Liter Luft pr. Minut for hver Atmosfæres Overtryk (5 Liter pr. m Vanddybde).

Med Hensyn til de med Ophold i Trykluft forbundne Ulemper og til den dermed følgende Begrænsning af Dykkerens Arbejdsevne gælder i Hovedsagen det samme, som er nævnt ovenfor angaaende Arbejde i Trykluftskammer, saaledes ogsaa med Hensyn til Varighed af Opholdet i Trykluft og til de særlige Forholdsregler ved Nedstigning og Opstigning, der tager Sigte paa Faren ved en for hurtig Variation af Trykket. Erfarne og øvede Dykkere foretager dog ofte Nedstigning og Opstigning en Del hurtigere, end hvad der svarer til de Side 416 angivne Regler.

Paa Grund af, at Dykkeren foruden at være generet af Lufttrykket tillige i høj Grad er hæmmet i sine Bevægelser af Klædningen, bliver en Dykkers Arbejdspræstation en Del mindre end den Arbejdspræstation, der faas ved Arbejde i Trykluftskammer. Udførelse af alt Arbejde, selv ret simpelt Arbejde, som f. Eks. Boring af Huller, Afskæring af Pæle, bliver ret kostbart, naar Udførelsen skal foretages under Vand ved Hjælp af Dykker, dels paa Grund af, at Dykkerens Arbejdsevne er forholdsvis ringe, og dels fordi Dykkeren til sin Betjening skal have mindst 3 Mand, nemlig 2 Mand ved Luftpumpen og 1 Mand som Lineholder.

Ved den ovenfor beskrevne almindelige Konstruktion af Dykkerhjelmen bliver, som nævnt, den gennem Luftslangen tilførte Luft i Hjelmen blandet med den Luft, Dykkeren udaander. Denne Ulempe er undgaaet ved *Denayrouze's* Konstruktion af Lufttilførselsanordning. Ved

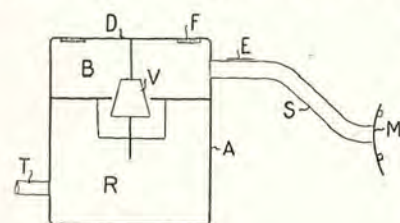


Fig. 396.

denne (Fig. 396) ledes Tryklufften gennem Luftslangen *T* til en Staalbeholder *A*, som bæres af Dykkeren paa Ryggen som et Tornister. Beholderen er delt i to Rum, *R* og *B*. I den Plade, som adskiller disse to Rum, findes en Ventilaabning, der holdes lukket af en Kegleventil *V*. Denne er med en Stang

befæstet til Loftet *D* i Rummet *B*. *D* bestaar af en cirkulær Plade og er ved Hjælp af en ringformet Skive *F* af Kautchuk befæstet til Flangen paa Beholderens Væg, saaledes at Pladen *D* er lidt bevægelig i Forhold til Beholderen. Naar Lufttrykket i *B* bliver mindre end Vandtrykket udvendig fra, trykkes Pladen lidt indad, hvorved Ventilen aabnes for Indstrømning af Luft fra Rummet *R* til Rummet *B*, og naar Lufttrykket i *B* bliver større end Vandtrykket, bevæges Pladen *D* udad, hvorved Ventilen lukkes.

Fra Rummet *B* fører en Ledning *S* til Hjelmen. Ved Enden af denne

Ledning findes et Mundstykke *M*, som Dykkeren holder i Munden. Ledningen er desuden forsynet med en let bevægelig Afgangsventil *E*, der aabner udad mod Vandet.

Idet Dykkeren ved Indaanding suger Luft ind, formindskes Trykket i Rummet *B*, hvorved Ventilen *V* aabnes for Indstrømning af Luft fra Rummet *R*. Ved Udaanding, som Dykkeren ogsaa maa lade foregaa gennem Munden, passerer den forbrugte Luft gennem Ledningen *S* og gaar ud i Vandet gennem Afgangsventilen *E*. For at sikre, at Vejret trækkes gennem Munden, maa Dykkeren have en Klemme paa Næsen til at holde Næseborene lukkede.

Undertiden bruges det at forsyne Dykkeren med Luft fra en med komprimeret Luft fyldt Beholder, som bæres af Dykkeren. Herved kan man undvære Luftslangen fra Luftpumpen i Dykkerbaaden, saaledes at Dykkeren bliver mere fri i sine Bevægelser, medens han opholder sig under Vand. Fra Beholderen ledes Luften gennem en Reduktionsventil ind i en anden Beholder, der er af lignende Konstruktion som den i Fig. 396 viste, og herfra videre til Dykkerens Mund.

Ved at lede Luft direkte ind i Dykkerdragten kan Dykkeren forøge det af Dragten omsluttede Volumen og derved forøge Opdriften, saaledes at han er i Stand til i Nødstilfælde at stige op til Vandoverfladen flydende frit i Vandet.

I Fig. 397 er skematisk vist et af *Dräger* konstrueret Dykkerapparat. Det bestaar af en med komprimeret Ilt forsynet Beholder *A*, fra hvilken Iltten ledes gennem en Reduktionsventil *V* til en Ejektor *E*, som suger Luft fra Absorptionspatronen *B* og blæser den fremkomne Blanding af Ilt og Luft ind i Dykkerhjelmen. Den af Dykkeren udaandede forbrugte Luft suges gennem Absorptionspatronen, der indeholder Kalihydrat. Ved Luftens Passage her absorberes den i den udaandede Luft værende Kulsyre og Vanddamp, og den saaledes rensede Luft blandes med Ilt i Ejektoren og fortsætter Kredsløbet. Hele Apparatet er sammenbygget i et Tornister, som Dykkeren bærer paa Ryggen. Desuden har Dykkeren en Beholder med komprimeret atmosfærisk Luft, fra hvilken han kan tage Luft til Erstatning for den Luft, der undviger gennem Utætheder i Dragten, og tage Luft til at lede ind i Dragten for at kunne lade sig løfte op til Vandoverfladen.

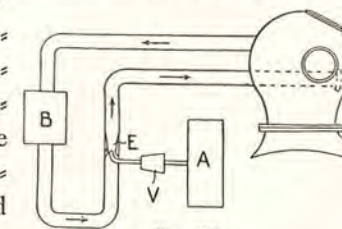


Fig. 397.

XIV. STENFUNDAMENTER, SANDFUNDAMENTER.

243. **Stenfundamenter.** Ved Bygværker af Betonblokke og ved Bygværker, der opføres efter Sænkekassemetoden (§ 231), og i andre lignende Tilfælde er det meget almindeligt at anvende en Stenkastning som Fundament for derved at faa tilvejebragt et plant Underlag, paa hvilket Blokkene eller Sænkekasserne kan anbringes. I Reglen er nemlig Bunden, hvad enten det er den naturlige Bund eller en ved Udgravning fremstillet Bund, ikke tilstrækkelig jævn, til at Blokkene eller Kasserne kan anbringes direkte paa Bunden.

Som Stenmateriale anvendes i saadanne Tilfælde for det meste Ral-

Stenlagets Tykkelse afhænger af, hvor ujævn Bunden er, idet Tykkelsen mindst maa være lig med Forskellen i Højde mellem Bundens Dybde og Højdepunkter.

Dersom den fornødne Dybde paa Byggestedet tilvejebringes ved Udgravning med Uddybningsmaskine (Spandkædemaskine), maa Stenlaget for at kunne dække Ujævnhederne sædvanlig være mindst 30 cm tykt. Ved Uddybning i Klippebund (Sprængning) fremkommer i Reglen større Ujævnheder.

Planering af Stenlaget maa sædvanlig foretages af Dykker og udføres saaledes som omtalt Side 366.

Stenene i et Ralfundament lejrer sig ved Udlægningen praktisk taget tæt, saaledes at man sædvanlig kan regne med, at der ikke fremkommer nogen Sætning af Bygværket hidrørende fra Forandring i Stenenes Lejrning. Derimod vil som tidligere nævnt den Omstændighed, at Stenene i Ralfundamentets Hvileflade mod Bunden ved Udlægningen kommer til at ligge løst oven paa Bunden og først under Indvirkning af Belastningen fra Bygværket bliver trykket ned i denne, medføre nogen Sætning.

Det tilladelige Tryk paa Rallagets Overflade sættes sædvanlig til 2 til 3 kg/cm². Denne Værdi kan bruges ved ekscentrisk paavirket Fundamentsflade. Dersom Resultanten af de Bygværket paavirkende Kræfter angriber Fundamentsfladen centralt, kan der godt regnes med noget højere tilladelig Belastning, f. Eks. op til 5 kg/cm². At man ikke kan gaa til større Værdier for tilladelig Belastning, til Trods for at Rallagets Stenmateriale har meget større Styrke, er begrundet i, at den til Overførelsen af Trykket fra Bygværket til Stenlaget virksomme Anlægsflade paa Grund af Stenenes runde Form kun udgør en lille Brøkdelen af den Flade, som regningsmæssigt forudsættes at danne Anlægsfladen mellem Bygværket og Stenfundamentet.

For Anvendelse af ovennævnte Værdier for tilladelig Belastning paa Stenfundamentet er det en Forudsætning, at Byggegrundens Bæreevne er tilstrækkelig stor til, at der ogsaa for Jordbundens Vedkommende kan regnes med samme tilladelige Tryk. Det paa Stenfundamentets Overflade af Bygværket udøvede Tryk vil ganske vist fordeles gennem Stenfundamentet, saaledes at Belastningsfladen ved Stenfundamentets Underside er noget større end Bygværkets Fundamentsflade, men den herfra hidrørende Formindskelse af Trykket pr. Arealenhed paa Byggegrunden har ved saa smaa Tykkelser af Stenfundament, som Talen er om her, ingen nævneværdig Betydning.

Foruden den her nævnte Form for Stenfundamenter, hvor Stenkastningen tjener som Afjævningslag, bruges ogsaa høje Volde af Sten i løs

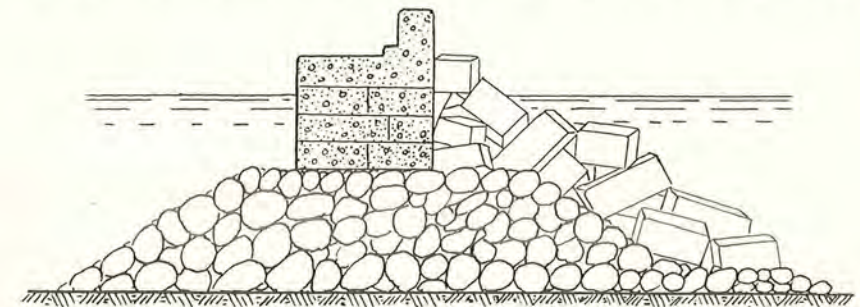


Fig. 398.

Kastning (Stenkastninger) som Fundamenter. Navnlig ved Moler, hvor Stenfundamentet da ofte udgør en meget væsentlig Del af hele Bygværket, og undertiden ved Kajmure bruges saadanne høje Stenfundamenter. I Fig. 398 er som Eksempel vist Tværprofilet af en Mole, hvor den i Molen indgaaende Stenkastning danner Fundament for en Overbygning, der under Vandlinien er udført af Betonblokke og over Vandlinien af almindelig Beton, og i Fig. 399 en Kajmur af Betonblokke hvilende paa Stenfundament.

Til Moler og Kajindfatninger anvendes ogsaa saadanne Konstruktioner, hvor Stenfundamentet naar helt op til Vandlinien. Det af Sten i løs

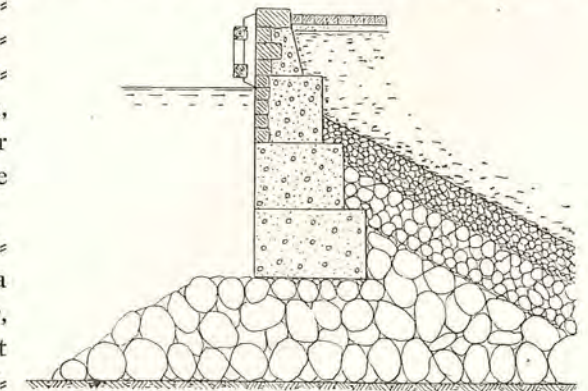


Fig. 399.

Kastning bestaaende Fundament, der i saa Fald udgør den største Del af hele det paagældende Bygværk, kan være indfattet mellem to Vægge af nedrammede Pæle eller være indesluttet i en Tømmerkiste. Det nærmere om De aillerne vedrørende denne Slags Fundamenter henhører under Havnebygning og skal ikke omtales her.

Ved høje Stenfundamenter bestaaende af nogenlunde store Sten — i Reglen anvendes Sten af Størrelser fra Haandsten til mellemstore Søsten — er der den Ulempe, at Stenene ikke straks ved Udkastningen indtager den tætteste Lejring. Ved Moler bevirker Bølgeslaget, at Stenene i Tidens Løb lejres tættere. Den paa Stenfundamentet staaende Overbygning vil derfor være udsat for ret betydelige Sætninger forholdsvist længe efter Opførelsen.

244. Sandfundamenter. Som tidligere nævnt¹⁾ egner en almindelig Jordopfyldning sig ikke som Byggegrund, idet Jordens Lejring, selv om Opfyldningen har henligget en længere Aarrække, i Reglen ikke er tilstrækkelig tæt, til at Opfyldningen kan taale Trykket fra et Bygværks Fundament, uden at der fremkommer Nedsynkninger, der er væsentlig større end de for permanente Bygværker i Almindelighed tilladelige Nedsynkninger.

Derimod kan en Opfyldning af Grus eller af groft Sand taale en ret betydelig Belastning. Sandets Lejring kan nemlig bringes til at være omtrent lige saa tæt som ved naturlig Sandbund, saaledes at et paa en Sandopfyldning hvilende Bygværk ikke vil undergaa synderlig større Nedsynkninger end de, som forekommer ved Fundering paa almindelig god Byggegrund.

Dette Forhold, i Forbindelse med, at et paa et Sandlags Overflade virkende lodret Tryk forplanter sig saaledes ned gennem Sandlaget, at Trykket fordeles nedefter over et større og større Areal, betinger Sandopfyldningers Anvendelse som Fundament.

Den for Anvendelse som Fundament fornødne Lejringstæthed opnaas uden særlige Foranstaltninger, naar Opfyldningen fremstilles ved Udkasting af Sandet i Vand, d. v. s. saafremt Fundamentet ligger helt under Vand. Det samme er Tilfældet ved Sandfundamenter over Vand, saafremt Sandet bringes ind i Opfyldningen ved Pumpning.

Derimod maa der, hvis Sandopfyldningen fremstilles tørt, træffes særlige Foranstaltninger for at faa Sandet lejret tæt.

Nogenlunde tæt Lejring af en Tør-Opfyldning kan opnaas, ved at man udlægger Sandet i forholdsvis tynde Lag (f. Eks. Lag paa 30 cm) og tromler eller stamper hvert Lag.

¹⁾ § 87.

Betydeligt bedre Resultat med Hensyn til Lejringstæthed faas ved Behandling af Tør-Opfyldningen med Vand, enten efter Fuldførelsen af Opfyldningen eller, hvad der er bedre, under Opfyldningens Udførelse. Behandlingen bestaar i, at der tilvejebringes en nedadgaaende Vandstrøm fra Sandlagets Overflade til dets Bund, ved at der ledes Vand ind over Sandlagets Overflade. Vandet bortledes gennem Aflob (Dræn) ved Sandfundamentets Underside.

Som tilladelig Belastning paa et Sandfundaments Overflade regnes sædvanlig med 2 til 3 kg/cm². Ved centralt belastet Fundamentsflade kan Trykket være noget større, f. Eks. indtil 4 kg/cm².

Som Eksempel paa Anvendelse af Sandfundament paa fast Bund er i Fig. 400 vist en Mole bestaaende af en Sandopfyldning med der-

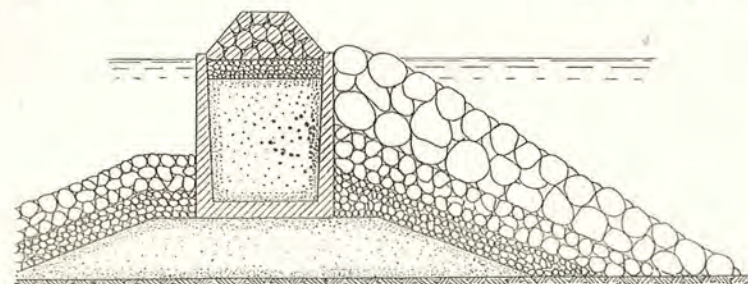


Fig. 400.

paa staaende sandfyldte Jernbetonkasser og Overbygning af Granitmurværk. De uden for Jernbetonkasserne værende Dele af Sandfundamentet er beskyttet mod Bølgeslagets Angreb ved Hjælp af en Stenafdækning bestaaende af Ral (inderst) og derover Haandsten og Storsten. Anvendelsen af Sandfundament er her alene begrundet ved, at der opnaas nogen Besparselse, idet man kan nøjes med mindre høje Jernbetonkasser end ved Anvendelse af en Konstruktion med Jernbetonkasserne ført helt ned til den faste Bund.

Den svage Side ved et Sandfundament er dets ringe Modstandsevne over for Angreb af strømmende og bølgebevæget Vand. Man kan derfor ikke anvende Sandfundament paa Steder, hvor der kan optræde Bølgebevægelse af nogen videre Betydning.

Sandfundamentets Maksimumshøjde er ved et Bygværk (Mole) som det i Fig. 400 viste bestemt af, at Sandopfyldningens Overkant maa holdes i saa stor Dybde under Vandspejlet, at den Bølgebevægelse, der kan optræde i denne Dybde, medens Opførelsen af Molen staar paa, og indtil der er tilvejebragt den fornødne Beskyttelse af Sandfundamentet, ikke er i Stand til at sætte Sandet i Bevægelse.

I Lighed med, hvad der gælder Stenfundamenter, har ved Sandfunda-

menter, der hviler paa fast Bund, Sandfundamentets Evne til at fordele Trykket fra Bygværket over en større Flade end Bygværkets Belastningsflade ingen Betydning.

Derimod har Trykfordelingen gennem Sandlaget væsentlig Betydning ved Anvendelse af Sandfundamenter til Fundering paa blød Bund.

Et saadant Sandfundament er vist skematisk i Fig. 401. Det bløde

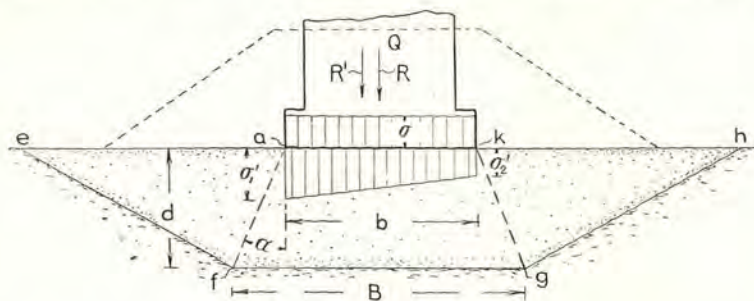


Fig. 401.

Jordlag er her tænkt at naa ned til saa stor Dybde, at det ikke, eller kun med meget store Omkostninger, kan lade sig gøre at foretage Udgravning til fast Bund.

Fremstillingen af Sandfundamentet sker ganske simpelt ved, at der udgraves en Grube $efgh$, og at denne Grube udfyldes med Sand. Deresom Sandopfyldningen udføres tørt, maa Sandfundamentet forinden Opførelsen af Bygværket behandles med en nedadgaende Vandstrøm, saaledes som nævnt ovenfor. Det kan i saa Tilfælde være nødvendigt forud for Tilfyldningen at anbringe Pumpebrønde langs Kanten af Sandfundamentet. Disse Brønde maa være ført ned til lidt under Grubens Bund, saaledes at der ved Pumpning fra Brøndene kan tilvejebringes Afløb ved Sandfundamentets Underside for det Vand, som ledes ind over Sandfundamentets Overflade, og som ved at synke ned gennem hele Sandfundamentet bringer Sandet til at lejre sig tæt.

Man bruger ofte at fylde op med Sand til en noget større Højde end Sandfundamentets Overkant eh , f. Eks. til den med punkteret Linie viste Højde, idet man da, naar Sandet har henligget nogen Tid, atter bortgraver den over eh liggende Sandvold. Hensigten med en saadan ekstra Sandopfyldning er at komprimere de under fg liggende bløde Jordlag for derved at reducere den Nedsynkning, som fremkommer, naar Bygværkets Belastning overføres gennem Sandfundamentet til den bløde Bund. Jo større Belastning der anvendes til saaledes at komprimere Bunden forinden Bygværkets Opførelse paa Sandfundamentet, desto mindre bliver Bygværkets Nedsynkning. Som Regel vil det dog

paa Grund af Omkostningerne derved ikke kunne lade sig gøre at anvende saa stor Førbelastning af et Sandfundament paa blød Bund, at man tør gøre Regning paa, at de senere indtrædende Sætninger af Bygværket ikke bliver større end de Sætninger, der fremkommer ved Fundering paa almindelig god Sandbund. Omkostningerne ved at tilvejebringe en midlertidig Belastning af det hertil fornødne Omfang vil fordyre Sandfundamentet saa meget, at det i de fleste Tilfælde vil være fordelagtigt at anvende en af de Funderingsmetoder (Pælefundering, Trykluffundering), ved hvilke der kan fremstilles Fundamenter nedført til fast Bund, selv om denne ligger i stor Dybde. Sandfundamenter hvilende paa blød Bund kan derfor kun bruges til Bygværker, der kan taale temmelig store Nedsynkninger.

Hvis det over den faste (eller relativ faste) Bund liggende bløde Jordlags Mægtighed ikke er meget stor (f. Eks. ikke over 5 til 10 m), bruges det undertiden at fremstille Sandfundamentet paa den Maade, at der oven paa det bløde Jordlags Overflade anbringes en passende høj Sandopfyldning, som, idet man lader den henligge tilstrækkelig lang Tid, da efterhaanden ved sin Vægt fortrænger den bløde Bund ud til Siden og synker ned til den faste Bund. I enkelt Tilfælde¹⁾ har man for at faa Sandfylden til hurtigt at synke ned til fast Bund foretaget Dynamitsprængninger i det bløde Jordlag under Sandfylden.

Ved Sandfundamenter udført paa tørt Land bruges det undertiden at anbringe Spunsvægge til Indfatning for Sandopfyldningen for derved at spare noget af Udgravningsarbejdet og for at formindske den til Fundamentet medgaaende Sandmængde.

Da Trykket fra Bygværket Q (Fig. 401), ved at det forplantes ned gennem Sandfundamentet, spredes over et nedadtil voksende Areal, og da Jordbundens Bæreevne tiltager med Dybden d under Jordbundens Overflade, ses det, at Sandfundamentets Bæreevne er desto større, jo større dets Tykkelse er.

Paa Grund af Mangel paa Kendskab til, hvorledes Trykket fra Bygværket kan regnes at blive overført gennem Sandet til den bløde Bund, og paa Grund af Usikkerhed ved Bestemmelsen af det bløde Jordlags Bæreevne, er en Bestemmelse af den i givet Tilfælde fornødne Tykkelse d af et Sandfundament ved Beregning meget usikker.

Forudsættes det, at Trykket fra Bygværket overføres gennem det inden for Planerne af og kg liggende Sandlegeme (Fig. 401), er Bredden af Belastningsfladen ved Sandfundamentets Underside:

$$B = b + 2d \operatorname{tg} \alpha .$$

¹⁾ Kajmur i Stockholm. International Søfartskongres. Kairo. 1926.

Fladen fg tænkes belastet dels med det fra selve Bygværket hidrørende Tryk, dels med Vægten af det mellem de lodrette Planer gennem f og g liggende Sand. Idet Bygværkets Tryk paa Sandfundamentet forudsættes ensformig fordelt (σ pr. Arealenhed), og idet n er en Sikkerhedsfaktor, der maa fastsættes dels paa sædvanlig Maade under Hensyntagen til Bygværkets Art og Konstruktion samt til de ydre Kræfters Størrelse og Virkemaade, dels med Henblik paa de med Anvendelsen af den her omhandlede Funderingsmetode følgende særlige Forhold, haves til Bestemmelse af d :

$$q_g B = q_g (b + 2d \operatorname{tg} a) = n \sigma b + \gamma d (b + 2d \operatorname{tg} a),$$

hvor q_g er det bløde Jordlags Bæreevne (Brudgrænsen) i Dybden d , og γ er Rumvægten af den i Sandfundamentet indgaaende Sandfyld.

Det er her som raa Tilnærmelse forudsat, at Trykket i Fladen fg er ensformig fordelt. Belastningen fra selve Bygværket giver noget større Tryk i den midterste Del af Fladen fg end ude ved Kanterne, og det fra Sandfundamentets Egenvægt hidrørende Tryk er antagelig ogsaa mindst ved Kanterne, idet noget af Sandvægten kan tænkes at blive overført til det uden for de lodrette Planer gennem f og g liggende Sand og Jord.

Det er endvidere forudsat, at Bygværkets Tryk paa Sandfundamentets Overflade er ensformig fordelt, altsaa svarende til, at Kraften R virker centralt i Bygværkets Fundamentsflade. En ekscentrisk virkende Kraft R' , der efter den sædvanlige Beregningsmaade frembringer Kanttryk σ'_1 og σ'_2 i Fundamentsfladen, vil give en Trykfordeling i fg , som er forskellig fra den til centralt virkende Resultant svarende Fordeling, nemlig en Fordeling, hvor Trykket paa den Halvdel af Fladen fg , som ligger paa samme Side af Midtlinien som σ'_1 , er større end paa den anden Halvdel. Men herudover kan der om Trykfordelingen i Fladen fg og specielt om Forholdet mellem største og mindste Tryk i denne Flade kun siges det, at Uensformigheden i Trykfordelingen i fg ikke bliver fuldt saa stor som i Sandfundamentets Overflade, dels paa Grund af Virkningen af Sandfundamentets Egenvægt, dels paa Grund af, at Trykkene i de enkelte Dele af Sandfundamentets Overflade spredes over nedadtil voksende Belastningsflader.

Ved Benyttelsen af det ovenfor anførte Udtryk til Bestemmelse af d kan man for σ indsætte det største Kanttryk σ'_1 . Herved er man paa den sikre Side, og desto mere paa den sikre Side, jo større Forskel der er paa σ'_1 og σ'_2 , og jo større d er. Dette kan der eventuelt tages Hensyn til ved Fastsættelse af Sikkerhedsfaktoren n .

Bredden B af den virksomme Belastningsflade ved Sandfundamen-

tets Underside er desto større, jo større Vinklen a er. For a kan der antagelig sættes $a = \frac{1}{2} \varrho$ (eller a lidt større end $\frac{1}{2} \varrho$), hvor ϱ er Sandets Skræntvinkel. Det er fordelagtigt at anvende groft og skarpt Sand.

Dersom det paagældende Bygværk ikke er af en saadan Art, at det kan taale ret betydelige Sætninger (f. Eks. 10 til 20 cm eller mere), bør man i Reglen ikke indlade sig paa at anvende Sandfundament paa blød Bund, eller man bør i det mindste lade Anvendelse af Sandfundament være betinget af, at der haves Lejlighed til før Bygværkets Opførelse at konstatere Sandfundamentets Bæreevne ved Hjælp af nogenlunde omfattende Prøvebelastninger paa stor Belastningsflade.

XV. FUNDAMENTER AF SLYNGVÆRK.

245. Et Slyngværk bestaar af vandret liggende Lag af Tømmer eller Planker, gennem hvilke Bygværkets Tryk overføres til Grunden (Fig. 402).

For at være beskyttet mod at raadne maa Slyngværket ligge under Grundvandspejlet.

Slyngværk anvendes forholdsvis sjældent nu til Dags, idet et Betonlag, som kan gøre samme Nytte som Slyngværket, for det meste er langt billigere at fremstille.

Den væsentligste Fordel ved Anvendelse af Slyngværk bestaar i, at man ved Bygværker, der af en eller anden Grund skal udføres helt af

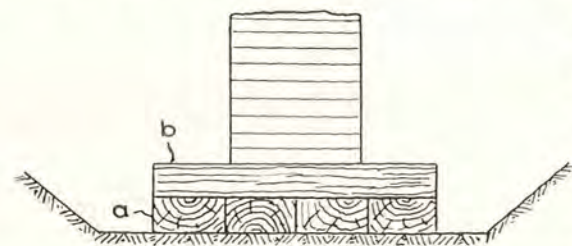


Fig. 402.

Murværk — og det er sædvanlig kun ved saadanne Bygværker, at der kan være Tale om at anvende Slyngværk — faar et rent og tørt Leje for det underste Skifte, saaledes at der ikke er Vanskeligheder med at faa Mellemrømmene i dette Skifte udfyldt med Mørtel. Dersom Stenene henlægges direkte paa Jorden i en tørlagt Byggegrube, trænger der let noget Jord op omkring Stenene, saaledes at Mørteludfyldningen bliver mangelfuld.

Ved at lade Slyngværket række uden for Bygværkets Grundflade kan det opnaas, at Bygværkets Belastning fordeles over en noget større bærende Flade end Bygværkets Grundflade.

Slyngværkets Virkning til at forøge den bærende Flade og derved formindske Trykket pr. Arealenhed paa Byggegrunden afhænger dels af Slyngværkets Stivhed, dels af Jordbundens Eftergiven for Trykpaavirkning.

De uden for Bygværket ragende Ender af Slyngværkets Tømmer bøjes opad af Modtrykket. Trykket kan derfor ikke være ensformig fordelt under Slyngværket, men maa aftage ud mod Slyngværkets Kanter, og aftage desto mere, jo mindre stive Bjælkerne er, og jo mindre eftergivende Jordbunden er. Forholdet med Hensyn til Trykkets Fordeling paa Grunden og til Bøjningspaavirkningen paa Slyngværkets Bjælker er analogt med det i § 183 om Pladefundamenter anførte.

Det i Fig. 402 viste Slyngværk bestaar af to Lag Halvtømmer, det underste af Langstrøer *a* liggende efter Murens Længderetning, det øverste af Tværstrøer *b*.

I Fig. 403 er vist en anden Konstruktion. Slyngværket bestaar her af Tværstrøer *a* nederst, derover Langstrøer *b* og paa disse et Plankedæk *c*, paa hvilket Bygværket hviler. Byggegrubens Bund er her kun udgravet til i Højde med Langstrøernes Under-

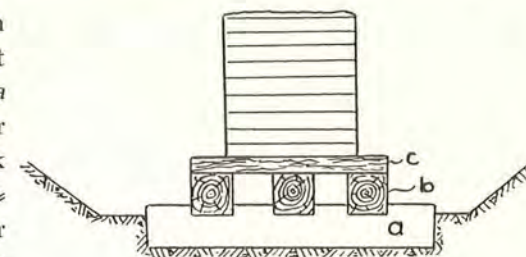


Fig. 403.

kant, idet der da i Bunden er tilvejebragt tværgaaende Render, hvori Tværstrøerne er lagt ned, saaledes at baade Langstrøer og Tværstrøer hviler paa Jordbunden. Slyngværkets samlede bærende Flade er ved denne Konstruktion mindre end ved den i Fig. 402 viste Konstruktion.

XVI. FORSTÆRKNING AF BYGGEGRUND.

246. Det øverste af en kun lidet bæredygtig Jordbund kan paa flere forskellige Maader forstærkes, saaledes at de af Bygværksbelastningen foraarsagede Sætninger, der hidrører fra Kompression af det øverste Jordbundslag, bliver forholdsvis smaa.

I § 244 er omtalt en til saadan Byggegrundsforstærkning anvendelig Fremgangsmaade (Side 426), nemlig Anbringelse af en høj Sandvold paa den paagældende bløde Bund. Ved Belastningen fra en saadan Vold af Sand komprimeres den bløde Bund til en vis af Sandvoldens Vægt afhængig Dybde. Sandbelastningen maa henligge nogen Tid, for at den bløde Bund kan blive komprimeret. Navnlig i Tilfælde af, at Jordbunden er meget finporøs (Ler) og Porerne er vandfyldte (eller der er Overskud af Vand, Dynd), maa Belastningen udstrækkes over lang Tid (f. Eks. et eller flere Aar), da den for Kompressionen fornødne Udpresning af Porevandet foregaar meget langsomt.

Hvis Jordbunden er tør, eller Jordbundens Porer kun er delvis vandfyldte, kan Byggegrundsforstærkning ske, ved at man tromler eller stamper Jordbunden. Paa denne Maade naar Forstærkningen dog kun ned i temmelig ringe Dybde.

Forstærkning ned til noget større Dybde kan opnaas, ved at man ved Tromling eller Stampning trykker et eller flere Lag nogenlunde store Sten ned i Jordbunden.

En anden noget lignende Metode er at tilvejebringe Byggegrundsforstærkningen ved Nedramning af korte Pæle i Jordbunden. Pælene anbringes med ringe indbyrdes Afstand, saaledes at Jorden mellem Pælene komprimeres saa meget som muligt. Den komprimerede Jordbund og Pælene kommer herved til at danne et sammenhængende fast Lag, gennem hvilket Bygværksbelastningen overføres til den under dette Lag liggende Jordbund¹⁾.

Forskellen mellem et almindeligt Pæleværk af Friktionspæle (svømmende Pælefundament) og et Fundament fremstillet ved Forstærkning af Byggegrunden som her nævnt er, at ved et Pæleværk af Friktionspæle er det (i Reglen) Friktionen mellem Pælene og den omgivende Jord, der er bestemmende for Pæleværkets Bæreevne, medens det ved Bundforstærkning ved Ramning af tæt staaende Pæle alene er Bæreevnen af den i det forstærkede Bundlags Dybde liggende Jordbund, der er af-

¹⁾ Fundering ved Anvendelse af saadanne tæt staaende korte Træpæle var meget anvendt i ældre Tid. Funderingsmetoden er navnlig kendt fra Bygværker i Venedig.

gørende for, hvor stor Bygværksbelastning der kan optages. Hvis Pælene i et Pæleværk af Friktionspæle anbringes saa tæt, at de bærende Jordlegemer¹⁾ omkring Pælene griber ind i hverandre, virker et saadant Pæleværk for saa vidt paa samme Maade som et ved Ramning af tæt staaende Pæle forstærket Jordbundslag.

Ved den ovenfor omtalte Metode til Forstærkning af Byggegrund ved Nedtrykning af Sten i Jordbunden fremstilles paa tilsvarende Maade som ved Bundforstærkning med Pæle et sammenhængende Lag af Sten og komprimeret Jord, der tjener til at overføre Bygværksbelastningen til den i det forstærkede Lags Dybde liggende Jordbund.

I finporøs Jordbund med vandfyldte Porer indtræder den endelige Kompression af Jordbunden først nogen Tid efter, at Stenene (eller Pælene) er rammet ned i Bunden, paa Grund af det oftnævnte Forhold: at Porevandets Udpresning foregaar ret langsomt.

Forstærkning af blød Bund kan tilvejebringes ved, at der presses Sand ind i den bløde Bund. Fremgangsmaaden herved er, at man fremstiller Huller i Jorden og fylder disse Huller med Sand. Ved at man bearbejder Sandet med Stød fra en Ramklods, efterhaanden som Sandet fyldes i Hullet, presses en Del af Sandet ud i den omgivende bløde Bund²⁾. Hullerne i Jordbunden kan fremstilles ved Opdrækning af en i Bunden nedrammet Træpæl, eller, hvis Jorden er saa løs, at Hullet ikke kan blive staaende, indtil der er fyldt Sand deri, ved Nedføring af et Jernrør paa samme Maade, som det sker ved Fremstilling af Stampebetonpæle³⁾. Røret trækkes op, efterhaanden som der indfyldes Sand i Røret, og Sandet bearbejdes herunder stadig med en inde i Røret faldende Ramklods.

Løst lejret Sandbund kan forstærkes — foruden ved Tromling eller Stampning, hvorved Forstærkningen dog ikke naar videre dybt — ved Tilvejebringelse af en ned gennem Sandet gaaende Vandstrøm paa lignende Maade, som det ofte sker ved Udførelse af Sandfundamenter⁴⁾. De finere Sandkorn føres af Vandet ned i Sandlaget og afsættes i Hullrummene mellem de grovere Sandkorn, hvorved Lagets Lejring bliver tættere. Hvis Sandet kun indeholder grove Korn, kan der tilføres fint Sand opslæmmet i det hen over Sandlagets Overflade tilledte Vand. Virkningen af Vandstrømmen til at give Sandet tættere Lejring kan forstærkes ved Rystelser i Sandlaget, f. Eks. ved Ramning paa Sandlagets Overflade.

¹⁾ Jfr. § 174.

²⁾ Jfr. Side 304, Fodnote ¹⁾, Sandpæle.

³⁾ Jfr. § 211, Side 306.

⁴⁾ Jfr. § 244, Side 425.

En anden Fremgangsmaade til Forstærkning af et løst lejret Sandlag er at indføre et Bindemiddel i Sandets Porer.

Saafernt det er meget groft Sand (eller endnu mere storkornet Materiale), det drejer sig om, kan Bindemidlet være Cement. Metoden er i Princippet den samme som den, der anvendes ved Undervandsstøbning af Beton efter *Kinipple's* Metode¹⁾. Ved Ramning eller Skylning føres der forneden tillukkede Jernrør ned i Sandbunden. Rørvæggen er forsynet med Huller, og gennem disse trykkes der Cement udrørt i Vand (Cementvælling) ud i Sandets Porer. For at faa Cementvællingen presset ud i Sandets Porer i et blot nogenlunde stort Sandvolumen omkring hvert Rør, maa Cementvællingen tilføres Røret under højt Tryk. Der anvendes hertil bedst en Tryklufsanordning. Efterhaanden som Porerne mættes med Cementvælling, trækkes Røret op.

Til Bund bestaaende af almindeligt Sand eller af endnu mere fin-kornet Sand er Metoden uanvendelig. Cementen naar her kun ud i en ganske tynd Skal omkring Røret, idet Sandet virker som et Filter, som Vandet let passerer igennem, men som tilbageholder Cementen.

Ved Bund bestaaende af storkornet Materiale iblandet fint Sand har man undertiden benyttet den Fremgangsmaade, at der før Tilførslen af Cementvælling er foretaget en Udskylning af Porerne med Vand og derved opnaaet at faa Porerne saa vide, at Cementvællingen har kunnet lade sig presse ud i dem, uden at Cementen er blevet frafiltreret som nævnt. Hvert Rør maa da være forsynet med en Hane. Der tilledes Trykvand gennem en Række af Rørene, og idet Hannerne paa Rørene i den næstfølgende Række holdes aabne, afledes det tilførte Vand gennem disse og medfører de fine Korn fra de Porer i Bunden, som Vandet passerer paa Vejen fra Tillednings- til Afstrømningsrørene.

Til Forstærkning af Sandbund bestaaende af fint Sand er der for nogle faa Aar siden fremkommet en Metode, efter hvilken Sandkornene bindes sammen ved Udfyldning af Porerne med Kiselsyre, saaledes at Sandet herved omdannes til en Slags Sandsten²⁾. Metoden beror paa, at der af en i Sandets Porer indført Kiselsyreopløsning (f. Eks. Natronvandglas) udskilles Kiselsyre-Gel, naar der tilføres en svag Syre (f. Eks. Clorcalciumopløsning), og at Gelen straks ved Fældningen danner en fast Skal omkring de enkelte Sandkorn, saaledes at disse sammenkittes af den udfældede Kiselsyre. Indførelsen af de to Vædske, Kiselsyreopløsningen og Clorcalciumopløsningen, sker gennem et (f. Eks. 2,5

¹⁾ Jfr. Side 351.

²⁾ Metoden er patenteret (1927). Patentet indehaves af *Siemens-Bauunion*, Berlin. Metoden er her i Danmark anvendt ved Forstærkning af Sandbunden under et Parti af Ribe Domkirke.

cm vidt) Staalrør, der for neden er lukket med en som Spids formet Prop og paa den nederste ca. 50 cm lange Del er forsynet med tæt siddende fine Huller i Rørvæggen. Gennem disse Huller presses Vædskerne ud i Sandets Porer, idet det fornødne Tryk paa Vædsken i Røret tilvejebringes ved Trykluft. Fremgangsmaaden ved Byggegrundsforstærkning efter denne Metode¹⁾ kan iøvrigt være følgende: Røret rammes først ca. 0,5 m ned i Bunden, hvorefter der tilføres Kiselsyreopløsning. Denne presses ud i Sandets Porer, ved at den sættes under Tryk (7 til 15 Atmosfærers Tryk, efter som Sandbunden er mindre eller mere finporøs), saaledes at der i Porerne inden for ca. 0,3 m omkring Røret optages Kiselsyreopløsning. Derefter rammes Røret yderligere ca. 0,5 m ned i Bunden, og der tilføres paany Kiselsyreopløsning, og saaledes fortsættes ned til den Dybde, til hvilken Sandbunden skal forstærkes. Efter den sidste Indpresning af Kiselsyreopløsning tilledes der Trykvand til Røret, saaledes at dette og Hullerne i Rørvæggen renses for Kiselsyreopløsning. Derefter tilføres der Klorcalciumopløsning paa tilsvarende Maade som ved Indførelsen af Kiselsyreopløsning i Porerne, idet Røret her trækkes ca. 0,5 m op, for hver Gang der presses Klorcalciumopløsning ud i Sandet omkring Røret.

Paa den her beskrevne Maade bliver Sandkornene sammenkittet inden for en Cylinder med ca. 0,6 m Diameter, og ved at man foretager samme Operation over hele det paagældende Areal med Rørnedføring i ca. 0,6 m indbyrdes Afstand, kan Sandbunden forstærkes i den for Øjemedet fornødne Udstrækning.

Med Hensyn til Styrken af Sandbund, der er »forstenet« efter den her beskrevne Metode, angives²⁾, at der, hvis Bunden bestaar af fint Sand, kan regnes med en Trykstyrke paa 10 til 30 kg/cm², og hvis Bunden bestaar af Blanding af grovere og finere Korn, med en Trykstyrke paa 40 til 90 kg/cm².

Metoden kan ogsaa finde Anvendelse for andre Formaal end Byggegrundsforstærkning. F. Eks. er den anvendt til Tætning af Sandbund for at hindre Vandgennemstrømning gennem Sandet og til Tætning af Revner i Betonbygværker.

¹⁾ Metoden kaldes »Forstening af Sandbund«.

²⁾ Der Bauingenieur. 1930. *K. Bernhardt*: Versteinung im Grundbau.