3̶6̶0

CHR. J. THORUP

JERNBETON

Anden omarbejdede Udgave

18 JG 84

Jul. Gjellerups Forlag ∴ København

3,50

Poul Wibæ.

CHR. J. THORUP

JERNBETON

VEJLEDNING TIL BRUG VED STATIKUNDERVISNINGEN I DE TEKNISKE DAGSKOLER FOR BYGNINGSHAANDVÆRKERE

Anden fuldstændig omarbejdede Udgave.

JUL. GJELLERUPS FORLAG :: KØBENHAVN 1924

57/29

DET HOFFENSBERGSKE ETABL. KBHVN.

FORORD

DENNE Vejledning omhandler kun de i almindelig Husbygning forekommende simple Jernbeton-Konstruktioner, og da den for disse Konstruktioner her i Landet gældende Grundlov er »Normer for Jernbeton-Konstruktioner, udgivet af Dansk Ingeniørforening«, er disse Normer lagt til Grund for Udarbejdelsen. Ved Undervisningen tænker jeg mig da disse Normer læste jævntløbende med det følgende, og har søgt at undgaa at gentage, hvad der er nævnt deri. (Disse Normer betegnes i det følgende »Normerne«).

Ligeledes tænker jeg mig ved Undervisningen benyttet »Normer for Beregning af Husbygnings-Konstruktioner, udgivet af Dansk Ingeniørforening«. (I det følgende betegnet »Husbygningsnormerne«).

I Rundjernstabellen er kun medtaget de Dimensioner, som findes i »Dansk Ingeniørforenings Normalmaal for Betonjern«. (At der i Exempel 1 findes anvendt en Dimension, som ikke findes i disse Normalmaal skyldes, at Exemplet var udarbejdet inden Udgivelsen af nævnte Normalmaal).

Hvor Maalenhederne ikke udtrykkeligt er angivne, udtrykkes

Belastninger i kg/m² *for Plader og i* kg/m *for Bjælker,*
Spændvidder i m,
Bøjningsmomenter i kgm,
Plade-, Søjle- og Bjælkedimensioner i cm,
Spændinger i kg/cm² *og*
Jerntværsnit i cm².

CHR. J. THORUP.

INDHOLD

1. ALMINDELIGT

Hovedprincippet for Jernbeton-Konstruktion er at forene de 2 Materialer Jern og Beton paa en saadan Maade, at Jernet i Konstruktionen anvendes til Optagelse af Trækspændingerne, Betonen til Optagelse af Trykspændingerne. Undtagelsesvis vil man dog ogsaa anvende Jern i den trykkede Del af Konstruktionen, hvor det gælder om at indskrænke de ydre Dimensioner saa meget som muligt. Ligeledes vil man altid i Søjler optage en Del af Trykspændingerne ved Hjælp af Jern.

For at kunne anvende de fra Statikken bekendte Metoder ved Beregningen af disse Konstruktioner er Forudsætningen, at der er en saa inderlig Samvirken mellem de 2 Materialer, at de i Virkeligheden kan betragtes som eet homogent Materiale. Praxis viser, at Betingelserne herfor er tilstede, idet

1) Temperaturudvidelseskoefficienterne for Beton og Jern praktisk talt er ens. Hvis dette ikke var Tilfældet, vilde Temperaturvariationer bevirke, at der stadig opstod Forskydningsspænding mellem Betonen og det deri indstøbte Jern med Risiko for, at Jernet efterhaanden vilde komme til at ligge løst i Betonen.

2) Vedhængningen mellem Beton og Jern er ret betydelig. En i Beton indstøbt Jernstang vil almindeligvis ikke kunne trækkes glat ud; der hænger altid nogen Beton ved den. Det er tilfældigt, om Bruddet sker i Betonen eller i Berøringsfladen mellem Jernet og Betonen. For at denne Paastand skal være rigtig, er Forudsætningen dog, at den an-

vendte Beton er af en vis Godhed. Men ogsaa af andre Grunde vil man i disse Konstruktioner anvende federe Blandingsforhold end ellers almindeligt, idet det er almindeligt at regne med en tilladelig Trykspænding paa 40 à 50 kg/cm²; ja undertiden gaar man endog til en Trykspænding paa 60 kg/cm². For at opnaa tilsvarende store Trykstyrker anvender man almindeligvis ikke magrere Blandingsforhold end $1:2^1/_2:3^1/_2$, ofte 1:2:3, endog $1:1^1/_2:2$ eller endnu federe. Selv saadanne Blandingsforhold vilde dog nytte lidet, hvis Jernet ikke forinden Indstøbningen blev renset omhyggeligt for Snavs, Fedt, Maling, løst Rust o. l. Men hvis man iagttager disse Regler, hvis man sørger for en omhyggelig Udførelse, vil Samarbejdet mellem de 2 Materialer være saaledes, at man med Rette kan betragte Forbindelsen som eet homogent Materiale.

Da man til disse Konstruktioner anvender forholdsvis tynde Jern, vilde et Rustangreb kunne blive skæbnesvangert. Ved almindelige Jernkonstruktioner sikrer man sig mod Rustangreb ved malet Jern og vedligeholde Malingen i Tidens Løb. Noget saadant kan ikke finde Sted her, men er heller ikke nødvendigt, idet den omgivende Beton optræder paa samme Maade som Malingen, saafremt den er tilstrækkelig tæt. Ogsaa denne Omstændighed peger altsaa paa Nødvendigheden af at anvende fede Blandingsforhold og omhyggelig Udførelse.

2. KONSTRUKTIONER PAAVIRKEDE TIL BØJNING

A. Almindeligt.

Den Konstruktionsdel, som oftest gentager sig i en Husbygningskonstruktion, er den til Bøjning paavirkede Bjælke. Den simpleste Form er Bjælken med 2 simple Understøtninger, en ved hver Ende. For at se hvad der foregaar i en saadan Bjælke, naar den — paavirket af en lodret Be-

lastning — bøjer sig, vil vi betragte en Bjælke (af et eller andet Materiale), der bestaar af 2 ovenpaa hinanden løst lagte Bjælker af samme Dimension. Berøringsfladen mellem de 2 Bjælker tænkes saa glat, at der ingen Gnidningsmodstand findes mellem dem. Under Bøjningen vil dette System antage den i Fig. 1 viste Form, der dog for Tydelighedens Skyld er tegnet stærkt overdrevet.

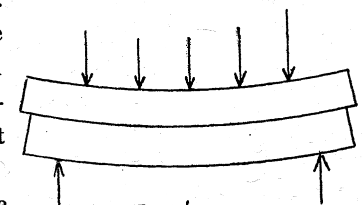

Fig. 1.

Saaledes som Forholdene her er fremstillet, vil der ske det, at Bjælkerne virker hver for sig, idet hver af dem bærer den halve Belastning. Der vil i hver af de 2 Bjælker opstaa Trykspændinger i Oversiden og Trækspændinger i Undersiden. Under Indflydelse heraf vil Truksiden forkortes, Træksiden forlænges; og da her en Trykside og en Trækside ligger opad hinanden, vil dette medføre, at der sker en Forskydning mellem de 2 Bjælker. Har man afmærket Punkter, som — før Belastningen paaførtes — befandt sig lodret over hinanden, vil man kunne iagttage Forskydningens Størrelse. Under Forudsætning af, at Belastningen er jævnt fordelt over hele Bjælkens Længde, vil man da bemærke, at der ikke foregaar nogen Forskydning i Bjælkens Midte, og at de indbyrdes Forskydninger bliver større og større henimod Understøtningerne. Hvis de 2 Bjælker nu ikke kunde glide paa hinanden, hvis de var fordyblede og sammenboltede eller hvis der kun var en enkelt Bjælke, vilde en saadan Forskydning være forhindret, men der vilde være en Bestræbelse derimod tilstede: der vilde opstaa vandrette Forskydningsspændinger.

For at gøre os klar, hvorledes disse Forskydningsspændinger opstaar, vil vi anvende den i statiske Undersøgelser almindelige Metode: Vi lægger et lodret Snit og fjærner den Del af Bjælken, som ligger til højre for Snittet, idet vi samtidig tilføjer som ydre Kræfter de Paavirkninger, som den fjærnede Del udøvede paa den tilbageblivende. Der maa da stadig være Ligevægt.

De Kræfter, som maa tilføjes, er de i Fig. 2 med F, T og Z betegnede.

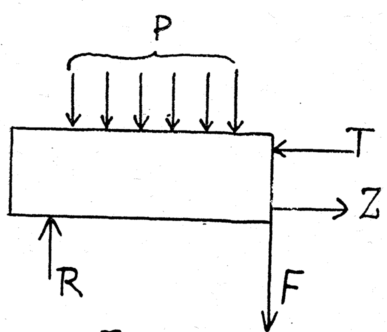

Fig 2.

Ifølge 1. Ligevægtsligning maa

$$F + R + P = 0.$$

F er den fra Statikken kendte lodrette Forskydningsspænding, og det vil let ses, at den er nedadrettet, hvis Snittet er lagt til venstre for Bjælkens Midte (hvor $P < R$).

Ifølge 2. Ligevægtsligning vil $T = Z$, og endelig vil ifølge 3. Ligevægtsligning Kraftparrets T-Z's Moment være lig Bøjningsmomentet i vedkommende Snit.

Ved at betragte Figuren vil man imidlertid strax faa et Indtryk af, at Kræfterne T og Z foruden at holde Ligevægt med Bøjningsmomentet ogsaa vil paavirke Bjælken paa en saadan Maade, at den øverste Del af Bjælken forsøges skudt til venstre, den nederste til højre — ganske tilsvarende det Resultat vi kom til ved Betragtning af Fig. 1.

Jernbetonbjælker har næsten altid enten rektangulært eller T-formet Tværsnit. Det rektangulære Tværsnit er det simpleste. Det fremtræder almindeligvis enten som en Plade, der ligger fra Mur til Mur eller fra Bjælke til Bjælke — eller som Murbjælke.

Ved de i det foregaaende Statik-Kursus omtalte Materialer, Træ og Jern, er Elasticitetskoefficienten for Tryk og Træk lige store, hvilket som bekendt medfører at Tvær-

snittets neutrale Axe vil gaa gennem Tværsnittets Tyngdepunkt. Ved Jernbeton-Konstruktioner er Forholdene ikke saa simple. Navnlig bliver Forholdene komplicerede derved, at Betonen ikke følger Hookes Lov: Elasticitetskoefficienten er ikke nogen konstant Størrelse. Den er ikke alene afhængig af Betonens Blandingsforhold og Hærdningstid, men ogsaa af Paavirkningens Størrelse. Den er størst ved smaa Spændinger. I Praxis regner man dog med en konstant Værdi af Elasticitetskoefficienten og man regner med den Værdi der findes naar Paavirkningen ligger omtrent ved Brudgrænsen — ca. 140000 kg/cm². Jernets Elasticitetskoefficient er som bekendt ca. 2100000 kg/cm² og Forholdet $E_j : E_b = 15$. I Hh. til Normernes § 41 skal denne Værdi benyttes ved Beregning af Jernbeton-Konstruktioner her i Landet.

Betonens Evne til at optage Trykspændinger er særdeles paalidelig, hvorimod dens Evne tii at optage Trækspændinger er baade ringe og upaalidelig. Og er Betonen blot een Gang bleven overanstrængt af Trækspændinger, saaledes at den er revnet, vil den derefter intet være værd overfor saadanne Spændinger. Man regner derfor altid — og Normernes § 41 forlanger udtrykkeligt at man skal regne — at Betonen ingen Trykspændinger kan optage.

Den neutrale Axe (ogsaa kaldet Nullinien) i et Tværsnit er som bekendt den Linie, hvor der paa den ene Side optræder Trykspændinger, paa den anden Trækspændinger (hvor Normalspændingerne skifter Fortegn). Ved Jernbetonbjælker, hvor vi altsaa forudsætter, at der ikke findes Trækspændinger i Betonen, maa vi definere den neutrale Axe som den Linie, hvor Trykspændingen bliver Nul. Og da vi i Hh. til Normernes § 41 regner med at Normalspændingerne er proportionale med Afstandene fra den neutrale Axe vil Normalspændingerne i et Snit i en Jernbetonbjælke optræde som skitseret paa Fig. 3.

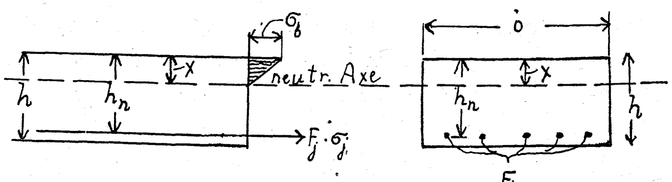

Fig. 3.

Betegnelserne er de i Normernes § 27 angivne, og x, b, h og h_n regnes i cm, F_j i cm², σ_b og σ_j i kg/cm².

Der findes altsaa i hele Tværsnittets Bredde F_j cm² Jern og Jernspændingen er σ_j kg/cm², saa at hele den i Jernet koncentrerede Trækkraft vil være $F_j \cdot \sigma_j$ kg.

Betragter vi nu den trykkede Del af Tværsnittet ser vi, at Spændingsfordelingen fra den neutrale Axe til de yderste trykkede Fibre vil forme sig som en Trekant, ganske som Forholdene er ved Træ og Jern. Resultanten af samtlige over hele Tværsnittets Bredde optrædende Trykkræfter er $1/2 \cdot x \cdot \sigma_b \cdot b$ kg og maa øjensynligt optræde i Afstanden $1/3 \cdot x$ fra de yderste trykkede Fibre.

Ifølge det i det foregaaende udviklede maa

$$F_j \cdot \sigma_j = 1/2 \cdot x \cdot \sigma_b \cdot b$$

og Afstanden mellem Trækcentret (Jernets Tyngdepunkt) og Trykcentret (Trykspændingernes Resultants Angrebspunkt) maa være $h_t = h_n - x/3$. Afstanden x maa efter det tidligere udviklede være afhængig af F_j, b, h_n og Forholdet $E_j : E_b$. Dette Forhold betegnes n og regnes, som tidligere nævnt, lig 15.

Den Opgave, man stilles overfor ved Beregning af en Jernbeton-Konstruktion, vil enten være

1) Bestemmelse af de Spændinger, som optræder i en given Konstruktion, som paavirkes af givne ydre Kræfter, eller

2) Dimensionering af en Konstruktion saaledes, at givne ydre Kræfter ikke vil fremkalde Spændinger, som overstiger visse givne Grænser.

B. Rektangulært Tværsnit.

a. Bestemmelse af de optrædende Spændinger.

Vi tænker os det i Fig. 3 givne Tværsnit. Først gælder det at bestemme Beliggenheden af den neutrale Axe. Hertil benyttes Formlen:

$$x = \frac{n \cdot F_j}{b}\left[\sqrt{1 + \frac{2 \cdot b \cdot h_n}{n \cdot F_j}} - 1\right] \qquad (1)$$

Naar denne Størrelse er fundet kendes ogsaa (2)

$$h_t = h_n - x/3.$$

I Hh. til det i det foregaaende udviklede vil Momentet af det Kraftpar der dannes af de samlede Trykkræfter og de samlede Trækkræfter være lig Bøjningsmomentet.

Dette Kraftpars Moment er som bekendt lig den ene af Kraftparrets (ligestore) Kræfter multipliceret med Kræfternes Afstand, kan altsaa udtrykkes ved

$$F_j \cdot \sigma_j \cdot h_t \quad \text{eller ved} \quad 1/2 \cdot x \cdot \sigma_b \cdot b \cdot h_t.$$

Da de benyttede Størrelser alle er udtrykt i hhv. cm og kg vil disse 2 Størrelser være udtrykt i kgcm.

Saafremt det i Bjælken optrædende største Bøjningsmoment er M kgm altsaa $100 \cdot M$ kgcm haves følgende 2 Ligninger til Bestemmelse af σ_j og σ_b:

$$100 \cdot M = F_j \cdot \sigma_j \cdot h_t$$
$$100 \cdot M = 1/2 \cdot x \cdot \sigma_b \cdot b \cdot h_t.$$

Heraf faas:

$$\sigma_j = \frac{100 \cdot M}{h_t \cdot F_j}; \qquad \sigma_b = \frac{200 \cdot M}{x \cdot b \cdot h_t}. \qquad (3\text{—}4)$$

Exempel 1. En Jernbetonbjælke med Spændvidde 3,7 m er belastet med 1500 kg/m incl. Egenvægten. Dens Bredde er 35 cm, dens Højde 40 cm. Armering 4 Φ 15 mm. Betonens Tykkelse under Jernenes Underkant er 2 cm. Bestem Spændingerne.

$$M = 1/8 \cdot 1500 \cdot 3{,}7^2 = 2570 \text{ kgm}$$

$$b = 35; \quad h_n = 40 - 2 - 0{,}75 = 37{,}25; \quad F_j = 7{,}07 \ (4\ \Phi\ 15 \text{ mm})$$

$$x = \frac{15 \cdot 7{,}07}{35}\left[\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 35 \cdot 37{,}25}{15 \cdot 7{,}07}} - 1\right] = 3{,}03 \cdot 4{,}06 = 12{,}3 \text{ cm}$$

$$x/3 = 4{,}1; \quad h_t = 37{,}25 - 4{,}1 = 33{,}15.$$

$$\sigma_j = \frac{257000}{33{,}15 \cdot 7{,}07} = 1100 \text{ kg/cm}^2; \quad \sigma_b = \frac{2 \cdot 257000}{12{,}3 \cdot 35 \cdot 33{,}15} = 36{,}0 \text{kg/cm}^2.$$

b. Dimensionering.

Skal man dimensionere en Træ- eller Jernbjælke, gaar man som bekendt frem paa den Maade, at man udregner det største Bøjningsmoment, som under de givne Belastningsforhold kan komme til at optræde i Bjælken. Naar man dividerer dette Bøjningsmoment med den tilladelige Fiberpaavirkning kommer man til det nødvendige Modstandsmoment. Nu findes i Handelen baade Træbjælker og Jernbjælker af ganske bestemte Dimensioner, over hvilke der een Gang for alle er udarbejdet Tabeller, som bl. a. indeholder de forskellige Tværsnits Modstandsmomenter. I disse Tabeller er man altsaa i Stand til at finde, hvilke Bjælkenumre der vil være passende i hvert enkelt Tilfælde.

En lignende Metode lod sig ogsaa meget vel udarbejde for Jernbetonbjælkers Vedkommende, men da der her er 2 forskellige Materialer som samvirke, og disse Materialer have højst forskellige tilladelige Paavirkninger kommer der straks en Vanskelighed. Desuden vil det være upraktisk at binde sig til bestemte Tværsnit. Det er netop en af Jernbetonens store Fordele, at man er i Stand til at variere de ydre Dimensioner saa nogenlunde efter Forgodtbefindende og derefter afpasse den Jernmængde, der skal anvendes saaledes, at der kommer en økonomisk Konstruktion ud deraf.

Man indretter nu sin Dimensioneringstabel saaledes, at man, naar man kender det optrædende Bøjningsmoment,

strax kan aflæse de Dimensioner, som svarer til forud opgivne Beton- og Jernspændinger.

I den bag i Bogen gengivne Tabel, som er beregnet af Ingeniør K. F. W. Askøe, og som gengives efter «Ingeniøren« 1914 Side 427 findes angivet 3 Konstanter: c_1, c_2 og β, svarende til Jernspændinger varierende fra 50 kg/cm² til 1200 kg/cm² med Spring paa 50 kg/cm² og samtidige Betonspændinger varierende fra 10 kg/cm² til 60 kg/cm² med Spring paa 2 kg/cm².

Tabellen er indrettet saaledes, at

$$h_n = c_1 \sqrt{M}; \quad F_j = c_2 \sqrt{M}; \quad x = \beta \cdot h_n \qquad (5-7)$$

og den svarer til de Momenter, der optræder i en Bjælkebredde paa 1 m. Hvis der altsaa i en Plade, som er 1 eller flere Meter bred for hver løbende Meter optræder et Moment paa f. Eks. 425 kgm og Pladen skal dimensioneres saaledes, at Betonspændingen bliver 40 kg/cm² og Jernspændingen 1200 kg/cm² ses strax af Tabellen, at $c_1 = 0{,}411$, $c_2 = 0{,}228$, $\beta = 0{,}333$, altsaa

$$h_n = 0{,}411\sqrt{425} = 8{,}5 \text{ cm}; \quad F_j = 0{,}228\sqrt{425} = 4{,}7 \text{ cm}^2;$$

$$x = 0{,}333 \cdot 8{,}5 = 2{,}83 \text{ cm}.$$

Vi vælger som Armering f. Eks. 8 ø 9 mm pr. m, som af Rundjerns-Tabellen ses at have et Tværsnit paa 5,09 cm², altsaa paa den sikre Side. Da der skal være mindst 1 cm Beton under Jernene bliver Pladens fulde Tykkelse 10 cm. I Retning vinkelret paa Armeringsjernene lægges almindeligvis Fordelingsjern med et Tværsnit paa ca. 20 % af Bærejernenes Areal. Københavns Bygningskommission forlanger mindst 4 Stk. Fordelingsjern pr. m. Disse bindes ved Hjælp af udglødet 1 mm Jern til Bærejernene.

For Oversigtens Skyld opskrives Beregningen f. Ex. saaledes: $M = 425$ kgm

40/1200: $h_n = 8{,}5$; $F_j = 4{,}7$.

$h = 10{,}0$; 8 Φ 9 mm pr. m

Fordelingsj. 4 Φ 7 mm pr. m.

Exempel 2. En Jernbetonplade har Spændvidde 1,65 m. Slidlaget bestaar af 2 cm Terrazzo og den tilfældige Belastning er 400 kg/cm². Af Hensyn til Brandsikkerhed maa Pladetykkelsen ikke være under 8 cm. Spændingerne maa ikke overstige for Beton og Jern hhv. 40 og 1200 kg/cm². Bestem Dimensionerne.

Belastning:	Egenvægt 8·24	192 kg/m²
	Terrazzo	44 »
	Tilfældig Belastning	400 »
		636 kg/m²

$M = 1/8 \cdot 636 \cdot 1{,}65^2 = 216$ kgm.

Da h ikke maa være mindre end 8 og der skal være 1 cm Beton under Jernene maa h_n ikke gærne være mindre end 6,6, idet der regnes med at anvende 7 eller 8 mm Rundjern. Man skal da have $6{,}6 = c_1 \sqrt{216}$, hvoraf følger $c_1 = 0{,}448$.

Af Dimensioneringstabellen ses, at Spændingerne 36 og 1200 svarer til $c_1 = 0{,}447$ og $c_2 = 0{,}228$. Altsaa

36/1200; $h_n = 6{,}6$; $F_j = 3{,}06$
$h = 8{,}0$; 8 Φ 7 mm pr. m
Fordelingsj. 4 Φ 5 mm pr. m.

Exempel 3. I en fortløbende $1^1/_2$ St. Mur skal der være en Muraabning med 2,8 m Lysvidde. Over Midten af Aabningen, i en Højde af 1 m over Aabningen findes en Enkeltkraft fra en Bjælke i den ovenover liggende Etageadskillelse. Denne Enkeltkraft er paa 4000 kg.

Muraabningen skal overdækkes med en Jernbetonbjælke i hele Murens Tykkelse.

Bestem Dimensionerne, naar Spændingerne ikke maa overskride 50 og 1200.

I Hh. til Normernes § 32 regnes den teoretiske Spændvidde større end Lysvidden. Vi antager, at Murbjælken behøver at ligge 20 cm paa Mur for at det tilladelige Tryk paa Murværk ikke skal overskrides. Spændvidden, som

regnes fra Midte til Midte af Understøtningerne bliver da: $2{,}8 + 0{,}2 = 3{,}0$ m.

For at kunne medtage Bjælkens Egenvægt i Beregningen maa vi paa Forhaand anslaa Bjælkens Højde. Vi antager $h = 50$ cm. I Hh. til Husbygningsnormernes § 20 skal vi regne Murbjælken belastet af Murværk i 1,4 m Højde. Belastningen bliver da:

Egenvægt:	0,35 · 0,5 · 2400	420 kg/m
Murværk:	1,4 · 3 · 215	900 »
		1320 kg/m

Foruden Enkeltkraften 4000 kg.

$$M = 1/8 \cdot 1320 \cdot 3{,}0^2 + 1/4 \cdot 4000 \cdot 3{,}0 = 4485 \text{ kgm}$$
$$Q = 1/2 \cdot 1320 \cdot 3{,}0 + 1/2 \cdot 4000 = 3980 \text{ kg}$$

Momentet 4485 kgm optræder i en Bjælke paa 35 cm Bredde. Da Dimensioneringstabellen er beregnet for 1 m Bredde kan den ikke umiddelbart benyttes. Vi danner derfor en ny Størrelse, som benævnes M_{100}, og som er det Moment, der vilde optræde i en Bjælke paa 1 m Bredde og hvorpaa Belastningen er tilsvarende større end paa Bjælken paa 35 cm Bredde. Denne Størrelse faas ved at dividere det ovenfor fundne Moment med 0,35. Denne Bjælke dimensioneres efter Dimensioneringstabellen, og det fundne F_j reduceres til den givne Bjælkes Bredde ved Multiplikation med 0,35.

$$M_{100} = \frac{4485}{0{,}35} = 12800 \text{ kgm}$$

50/1200; $h_n = 39{,}0$; $F_j = 0{,}35 \cdot 0{,}277 \sqrt{12800} = 11{,}0$
$h = 42{,}0$; 6 Φ 16 mm.

De 6 Stk. 16 mm Rundjern kan faa Plads i Bjælken i eet Lag, og naar Bjælken, som ovenfor angivet, gøres 42 cm høj og der sørges for 2 cm Beton under Jernene bliver $h_n = 39{,}2$ cm, altsaa paa den sikre Side. At Bjælken til Brug for Vægtberegningen er tænkt 50 cm høj er ogsaa paa den sikre Side, men ikke mere end at det er unødvendigt at gøre Beregningen om.

Bjælkens Tryk paa Murværk: $\frac{3980}{35 \cdot 20} = 5{,}7$ kg/cm²

Den samme Tabel kan forøvrigt ogsaa bruges til at finde de Spændinger, som optræder i en given Konstruktion, som paavirkes af givne ydre Kræfter.

Exempel 4. En Jernbetonplade har Spændvidde 2 m og er belastet med 1500 kg/m² (incl. Egenvægten). Pladen er 13 cm tyk og er armeret med 10 Φ 9 mm pr. m. Find Spændingerne.

Da $h = 13$, og der skal være 1 cm Beton under Jernene, er $h_n = 11{,}5$ cm, $F_j = 10\ \Phi\ 9\ \text{mm} = 6{,}36\ \text{cm}^2$.

$$M = 1/8 \cdot 1500 \cdot 2^2 = 750 \text{ kgm}$$

$$h_n = 11{,}5 = c_1 \sqrt{750}; \quad c_1 = 0{,}420.$$

$$F_j = 6{,}36 = c_2 \sqrt{750}; \quad c_2 = 0{,}232.$$

I Dimensioneringstabellen opsøges et Spændingssæt, som svarer til $c_1 = 0{,}420$ og $c_2 = 0{,}232$.

Dette ses — praktisk taget — at være Tilfældet for $\sigma_b = 38$ og $\sigma_j = 1150$.

Exempel 5. I en Murbjælke med Dimensioner $b = 23$ cm; $h_n = 75$ cm; $F_j = 5{,}30$ (3 Φ 15 mm) optræder et Bøjningsmoment $M = 3720$ kgm. Bestem Spændingerne.

Vi begynder med at tænke os en tilsvarende Bjælke paa 1 m Bredde. Altsaa:

$$h_n = 75; \quad F_{j100} = \frac{5{,}30}{0{,}23} = 23.$$

$$M_{100} = \frac{3720}{0{,}23} = 16160 \text{ kgm}$$

$$h_n = 75 = c_1 \sqrt{16160}; \quad c_1 = 0{,}590.$$

$$F_j = 23 = c_2 \sqrt{16160}; \quad c_2 = 0{,}181.$$

Ved at søge det Spændingssæt, der svarer til disse Værdier af c_1 og c_2, ses, at det findes i den Del af Tabellen,

som omfatter Jernspændinger 1050, beliggende mellem Betonspændingerne 24 og 26. Praktisk taget er Spændingerne da $\sigma_b = 25$; $\sigma_j = 1050$.

---

3. ALMINDELIGT OM PLADER

De i Exemplerne 2 og 4 omhandlede Plader er tænkt understøttede paa Mur ved begge Understøtninger, hvorfor Bøjningsmomenterne i Hh. til Normernes § 33 er beregnet efter Formlen for Bjælker med 2 simple Understøtninger $M = 1/8 \cdot q \cdot l^2$. Kun i de færreste Tilfælde vil en Plade imidlertid hvile paa Mur. I de allerfleste Tilfælde vil den være sammenstøbt med Jernbetonbjælker, idet et Snit i en Jernbeton-Konstruktion almindeligvis vil fremtræde saaledes som vist i Fig. 4.

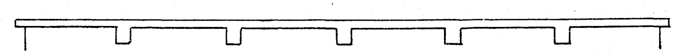

Fig 4.

Under en lodret Belastning vil Pladen bøje sig, og Nedbøjningslinien vil antage Form, som Fig. 5 viser (stærkt overdrevet).

Fig 5

Naar en Bjælke bøjes, vil Trækspændingerne altid optræde i den konvexe Side, Trykspændingerne i den konkave Side af den bøjede Bjælke. Ved Betragtning af Fig. 5 ses da, at der i den midterste Del af Pladerne kommer Træk i Undersiden og Tryk i Oversiden, medens Forholdet bliver omvendt over Mellemunderstøtningerne og i disses Nærhed. (Udtrykkes saaledes: Der opstaar positive Momenter i Pladernes Midterparti, negative over Mellemunderstøtningerne).

De negative Momenter over Mellemunderstøtningerne opstaar øjensynligt som Følge af Pladernes Nedbøjning, idet Pladernes Sammenstøbning med det mod Vridning særdeles stive Konstruktionselement, som dannes af Bjælken og den næste Plade, vil modsætte sig Pladens Nedbøjning: vil aflaste det positive Bøjningsmoment i Pladen. Forudsætningen herfor er selvfølgelig, at Pladen er konstrueret saaledes, at den kan optage det negative Moment, der opstaar over Mellemunderstøtningen. Det er derfor den almindelige Konstruktionsmetode, at Armeringsjernene, som i Midten af Pladen lægges i Undersiden, henimod Understøtningerne bøjes op i Pladens Overside. Almindeligvis vil man lade Halvdelen af Jernene løbe retliniet igennem og bøje hvert andet Jern op i Oversiden i en Afsland af ca. $^1/_5$ af Spændvidden fra Understøtningen.

Endefagene hviler jo almindeligvis paa Mur. En saadan Understøtning skal i Hh. til Normernes § 33 regnes som simpel, og det skulde derfor være unødvendigt at bøje Jern op i Oversiden der. Saafremt man dog bøjer Halvdelen op, bør Afstanden fra Understøtning til Opbøjning højst være $^1/_7$ af Spændvidden og Jernenes Ender bør forsynes med Kroge.

Et Snit i en saadan Koustruktion vil altsaa vise Jernene anordnet som vist i Fig. 6.

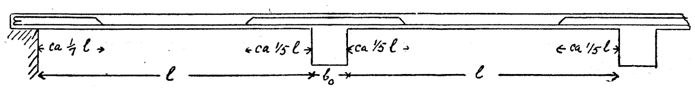

Fig 6

Ifølge Normernes § 32 skal, som i Exempel 3 omtalt, Spændvidden regnes større end Lysvidden. For Pladers Vedkommende regnes dog almindeligvis Spændvidde = Lysvidde, idet den teoretisk nødvendige Anlægsflades Dybde for Plader kun behøver at være saa lille, at det ingen nævneværdig Indflydelse faar paa Momentet.

Af det ovenfor udviklede fremgaar, at man kan beregne saadanne Plader for mindre Bøjningsmomenter end simpelt understøttede Plader. Forholdet er behandlet i Normernes § 34.

Vi vil først betragte et Mellemfag. Idet Halvdelen af Jernene er bøjet op i Oversiden, vil Pladen over Mellemunderstøtningen kunne optage et negativt Moment, der nummerisk er halvt saa stort som det Moment, der kan optages i Plademidten. Kaldes dette Moment for red. M, medens det simple Bøjningsmoment for samme Belastning og Spændvidde kaldes M, faas i Hh. til Normernes § 34:

$$\text{red. } M = M - (1/3 \cdot 1/2 \cdot \text{red. } M + 1/3 \cdot 1/2 \cdot \text{red. } M)$$

$$\text{red. } M = 3/4 \cdot M = 3/4 \cdot 1/8 \cdot q \cdot l^2 = \text{ca. } 1/10 \cdot q \cdot l^2.$$

Vi betragter derefter et Endefag. Det ene Understøtningsmoment skal regnes lig Nul. Vi faar da:

$$\text{red. } M = M - (1/3 \cdot 1/2 \cdot \text{red. } M + 0)$$

$$\text{red. } M = 6/7 \cdot M = 6/7 \cdot 1/8 \cdot q \cdot l^2 = \text{ca. } 1/9 \cdot q \cdot l^2.$$

De 3 Hovedtyper af Plader: med 2 simple Understøtninger, med 1 simpel Understøtning og 1 delvis Indspænding og med 2 delvise Indspændinger skal altsaa, naar de er belastet med en jævnt fordelt Belastning, konstrueres til Optagelse af Momenterne hhv.:

$$1/8 \cdot q \cdot l^2; \qquad 1/9 \cdot q \cdot l^2; \qquad 1/10 \cdot q \cdot l^2.$$

Hvis Belastningen ikke er jævnt fordelt, men en hvilkensomhelst anden: Trekantbelastning, Enkeltkræfter e. a. kan der anlægges ganske lignende Betragtninger.

---

4. FORSKYDNINGS- OG ADHÆSIONS-SPÆNDINGER

Ved Hjælp af det nu udviklede vil det være muligt at faa et noget dybere Indblik i de tidligere omtalte vandrette Forskydningsspændinger i bøjede Konstruktioner.

Vi vil betragte den i Exempel 1 behandlede Bjælke. Dens Spændvidde var 3,7 m, og den var belastet med 1500 kg/m. Dens Bredde var 35 cm, dens Højde 40 cm. Armering 4 Φ 15. Det blev beregnet, at $h_t = 33{,}15$ cm. Vi anvender igen den i statiske Undersøgelser almindelige Metode: at lægge et Snit. Vi vil dog i dette Tilfælde lægge 2 Snit med ganske ringe (f. Eks. 1 cm) indbyrdes Afstand og fjærne de Dele af Bjælken, som ligger hhv. til højre og til venstre for disse Snit, idet vi tilføjer som ydre Kræfter de Paavirkninger, som de fjærnede Dele udøvede paa det tilbageblevne. Der maa da stadig være Ligevægt. Forholdene bliver som i Fig. 7, (hvor vi dog har udeladt de i Fig. 2 med F betegnede lodrette Forskydninger).

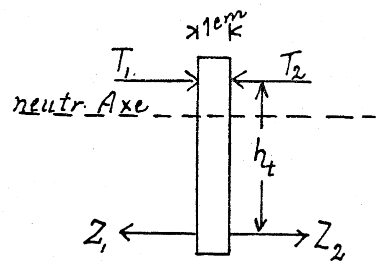

Fig. 7.

Finder vi nu Bøjningsmomentet i det ene (f. Ex. det længst tilhøjre liggende) Snit, og dividerer vi dette Bøjningsmoment med h_t, vil vi faa Størrelserne af de lige store Kræfter T_2 og Z_2, idet disse Kræfter jo danner et Kraftpar, hvis Moment skal være lige saa stort og modsat rettet Bøjningsmomentet i Snittet.

Derefter foretages den samme Undersøgelse for det andet Snit, hvorved vi finder Størrelserne T_1 og Z_1.

Lad os tænke os de 2 Snit lagt i den ovennævnte Bjælke i Afstandene hhv. 1 m og 99 cm fra den venstre Understøtning. Vi vil ikke — som ellers almindeligt — nøjes med den Nøjagtighed, som Regnestokken giver, men udføre Beregningerne med fuld Nøjagtighed.

I det følgende betegnes Bøjningsmomentet i Afstanden a cm fra den venstre Understøtning: $M_{(a)}$.

Idet Bjælkens Reaktion er: $Q = 1/2 \cdot 1500 \cdot 3{,}7 = 2775$ kg faas:

$$M_{(100)} = 2775 \cdot 1 - \frac{1500 \cdot 1^2}{2} = 2025 \text{ kgm}$$

$$M_{(99)} = 2775 \cdot 0{,}99 - \frac{1500 \cdot 0{,}99^2}{2} = 2012{,}175 \text{ kgm}$$

Heraf følger, at

$$T_2 = Z_2 = \frac{100 \cdot 2025}{33{,}15} \text{ kg}$$

$$T_1 = Z_1 = \frac{100 \cdot 2012{,}175}{33{,}15} \text{ kg}$$

Den Del af det lille Bjælkestykke i Fig. 7, som ligger over den neutrale Axe vil altsaa paavirkes af Resultanten af de 2 modsat rettede Kræfter T_2 og T_1. D. v. s. at en Kraft $T_2 - T_1$ vil søge at bevæge dette Stykke mod venstre.

Den under den neutrale Axe liggende Del vil blive fastholdt af Kraften $Z_2 - Z_1$, som vil søge at bevæge dette Stykke mod højre.

Der vil altsaa, i et vandret Snit i dette Bjælkestykke, i den neutrale Axe opstaa en vandret Forskydningsspænding. Dette vandrette Snits Areal er 35 cm², og Forskydningsspændingen vil — idet vi tænker os den jævnt fordelt over hele det vandrette Snit — være:

$$\tau_b = \frac{T_2 - T_1}{35} = \frac{202500 - 201217{,}5}{33{,}15 \cdot 35} = \frac{1282{,}5}{33{,}15 \cdot 35} = 1{,}10 \text{ kg/cm}^2$$

Vi vil nu udføre den samme Beregning for en Del andre Snit og se, hvorledes Forskydningsspændingen varierer i Bjælken.

For Snit i hhv. 50 cm og 49 cm Afstand fra Understøtningen faas:

$$M_{(50)} = 2775 \cdot 0{,}5 - \frac{1500 \cdot 0{,}5^2}{2} = 1200 \text{ kgm}$$

$$M_{(49)} = 2775 \cdot 0{,}49 - \frac{1500 \cdot 0{,}49^2}{2} = 1179{,}675 \text{ kgm}$$

For disse 2 Snits Vedkommende faas altsaa:

$$T_2 = \frac{120000}{33{,}15}; \qquad T_1 = \frac{117967{,}5}{33{,}15}.$$

$$\tau_b = \frac{T_2 - T_1}{35} = \frac{120000 - 117967{,}5}{33{,}15 \cdot 35} = \frac{2032{,}5}{33{,}15 \cdot 35} = 1{,}75 \text{ kg/cm}^2$$

For Snit i hhv. 10 cm og 9 cm Afstand fra Understøtningen faas:

$$M_{(10)} = 2775 \cdot 0{,}1 - \frac{1500 \cdot 0{,}1^2}{2} = 270 \text{ kgm}$$

$$M_{(9)} = 2775 \cdot 0{,}09 - \frac{1500 \cdot 0{,}09^2}{2} = 243{,}675 \text{ kgm}$$

Hvoraf igen:

$$\tau_b = \frac{T_2 - T_1}{35} = \frac{27000 - 24367{,}5}{33{,}15 \cdot 35} = \frac{2632{,}5}{33{,}15 \cdot 35} = 2{,}27 \text{ kg/cm}^2$$

Endelig for Snit i hhv. 1 cm og 0 cm Afstand fra Understøtningen:

$$M_{(1)} = 2775 \cdot 0{,}01 - \frac{1500 \cdot 0{,}1^2}{2} = 27{,}675 \text{ kgm}$$

$$M_{(0)} = 0.$$

Hvoraf: $\tau_b = \frac{T_2 - T_1}{35} = \frac{2767{,}5}{33{,}15 \cdot 35} = 2{,}38 \text{ kg/cm}^2$

I det ovenfor udviklede har vi lagt 4 Snitpar, hvis Middelafstand fra venstre Understøtning er hhv.:

99,5 cm; 49,5 cm; 9,5 cm; 0,5 cm

og har fundet de tilsvarende Forskydningsspændinger:

1,10 kg/cm^2; 1,75 kg/cm^2; 2,27 kg/cm^2; 2,38 kg/cm^2.

Vi ser heraf, at Forskydningsspændingen voxer efterhaanden som vi nærmer os Understøtningen. Dette Resultat stemmer ganske med hvad vi sluttede os til ved Betragtning af Fig. 1, men ved det her anlagte Ræsonnement har vi naaet at faa det angivet ved Talstørrelser. Imidlertid kan Beregningen simplificeres en Del. Beregner vi nemlig Transversalkraften i de 4 ovenfor nævnte Middelafstande fra Understøtningen faas:

1282,5 kg; 2032,5 kg; 2632,5 kg; 2767,5 kg.

Vi ser ved Sammenligning med de 4 ovenfor foretagne Udregninger af τ_b at disse Tal netop er de samme, som findes i Tælleren i de Brøker, som giver Forskydningsspændingerne. Vi slutter heraf, at det gælder som almengyldig Regel, at Forskydningsspændingen i et hvilketsomhelst Snit er bestemt ved:

$$\tau_b = \frac{Q}{h_t \cdot b} \qquad (8)$$

Ovenfor har vi tænkt os det vandrette Snit lagt i den neutrale Axe. Da det jo forudsættes, at samtlige Trækspændinger optages af Jernindlægget, og at Betonen slet ikke optager saadanne Spændinger vil man se, at det for saa vidt var ligegyldigt, om Snittet lagdes netop der. Et vandret Snit paa et hvilketsomhelst Sted mellem den neutrale Axe og Jernet vilde vise samme Forhold som ovenfor beskrevet: De vandrette Forskydningsspændinger er lige store i alle lodret under hinanden liggende Punkter mellem den neutrale Axe og Jernet.

Helt anderledes stiller Forholdet sig derimod, hvis vi lægger Snittet over den neutrale Axe. Betragter vi Fig. 7 maa vi gøre os klar, at Kræfterne T_1 og T_2 ikke er Enkeltkræfter, men Resultanten af en Samling Kræfter (Spændinger), der voxer fra Nul ved den neutrale Axe til σ_b ved de yderste trykkede Fibre, saaledes som fremstillet i Fig. 3. Lægges Snittet altsaa over den neutrale Axe vil en Del af Kræfterne T_1 og T_2 komme til at ligge under Snittet og modvirke Kraftdifferensen $Z_2 - Z_1$'s Bestræbelse for at bevæge det underste Stykke til højre. Paa samme Maade bliver $T_2 - T_1$'s Bestræbelse for at bevæge det øverste Stykke til venstre formindsket i samme Grad. Og denne Formindskelse vil blive større og større jo højere Snittet lægges. Det følger heraf, at de vandrette Forskydningsspændinger har deres største Værdi i og under den neutrale Axe, og at de over den neutrale Axe aftager saa de bliver Nul ved Bjælkens Overside.

Men nu Overgangen mellem Beton og Jern? Ja, hele Trækkraften Z forudsættes, som vi ved, koncentreret i Jernet. For at den med Trykkraften T skal danne et Kraftpar er det ikke nok, at disse 2 Kræfter er lige store og modsat rettet; de skal ogsaa virke paa samme Momentarm. Og denne Momentarm er jo netop det mellemliggende Betonlegeme. Hele denne Kraft skal altsaa gennem Adhæsionen mellem Jern og Beton overføres til Betonen. Heraf følger, at vi finder Adhæsionsspændingen ved i ovennævnte Udtryk for Forskydningsspændingen at indføre Jernets Omkreds i Stedet for Bjælkebredden b. Kaldes Jernets Omkreds O faas:

$$\tau_{bj} = \frac{Q}{h_t \cdot O}; \tag{9}$$

Som i Afsnit 3 omtalt er det almindeligt at bøje Halvdelen af Armeringsjernene op i Pladens Overside henimod Understøtningerne (Det samme gøres — omend af andre Grunde, som senere omtales — ogsaa for Bjælkers Vedkommende). I Hh. til det ovenfor om Forskydningsspændinger udviklede skulde man altsaa i denne Formel som Værdi for O indsætte Omkredsen af de Jern, som gaa retliniet igennem til Understøtningen. Imidlertid viser Forsøg, som er udført af den tyske Professor Bach, at man skal indføre Omkredsen af samtlige Jern for at faa den Værdi af τ_{bj}, der er bestemmende for Brud som Følge af Jernet Gliden.

Under disse Omstændigheder kan man paa Forhaand bestemme den største Jerndiameter, der maa benyttes for at τ_{bj} ikke skal overstige den tilladelige Værdi. Dette gøres ved Hjælp af Formlen

$$d \lesseqgtr 4 \cdot \frac{100 \cdot M \cdot \tau_{bj}}{Q \cdot \sigma_j}. \tag{10}$$

Undertiden kan det volde Vanskeligheder at overholde den Dimension, man derved kommer til, hvilket altsaa fører

til større Adhæsionsspænding end tilladeligt. I Hh. til Normernes § 44 kan en Overskridelse dog tillades, naar man sørger for tilstrækkelig Forankringslængde.

I Hh. til Normernes § 11 skal denne Forankringslængde fra et vilkaarligt Snit være

$$l \gtreqless \frac{\sigma_j}{\sigma_b} \cdot d, \tag{11}$$

hvor σ_j betyder den Jernspænding, som optræder i Jernet i vedkommende Snit, σ_b derimod den tilladelige Betonspænding. Dette gælder dog kun, hvis Jernene er forsynet med Kroge. Saafremt der ikke anvendes Kroge skal Forankringslængden være $2^1/_2$ Gange saa stor.

Hvad de lodrette Forskydningsspændinger angaar ligger det nær at antage dem jævnt fordelt over hele Tværsnittet. Dette er dog ikke Tilfældet, idet man — ved et Ræsonnement, som vi ikke her skal komme ind paa — kan paavi at den vandrette og den lodrette Forskydningsspænding i ethvert Punkt er lige store.

Dette vil altsaa sige, at den lodrette Forskydning i et Tværsnit væsentligst optages af den under den neutrale Axe liggende Del af Tværsnittet. Og dens Størrelse, udtrykt i Tal, faas af samme Formel som den vandrette Forskydningsspænding.

Exempel 6. Undersøg Forskydnings- og Adhæsionsspændingerne i den i Exempel 1 omhandlede Jernbetonbjælke, idet den antages at ligge 20 cm paa Mur, og de 2 af Jernene er bøjet op i Oversiden 35 cm fra Murkanten.

Vi fandt:

$$h_t = 33{,}15 \text{ cm}; \qquad Q = 1/2 \cdot 1500 \cdot 3{,}7 = 2775 \text{ kg}.$$

$$\tau_b = \frac{2775}{33{,}15 \cdot 35} = 2{,}39 \text{ kg/cm}^2; \quad \tau_{bj} = \frac{2775}{33{,}15 \cdot 4 \cdot 4{,}71} = 4{,}44 \text{ kg/cm}^2.$$

Regnes den tilladelige Betontrykspænding til 40 kg/cm² maa τ_b og τ_{bj} højst blive 4 kg/cm². For Forskydningsspændingens Vedkommende er vi paa den sikre Side, hvorimod Adhæsionsspændingen er for stor.

At dette sidste vilde være Tilfældet kunde vi have vidst paa Forhaand, thi den største Jerndiameter, der vilde give $\tau_{bj} < 4$ findes af Formel 10 at være:

$$d = \frac{4 \cdot 257000 \cdot 4}{2775 \cdot 1100} = 1{,}35 \text{ cm}.$$

For at undersøge, hvor stor Forankringslængden skal være for at tolerere den for store Adhæsionsspænding lægger vi et Snit ved de opbøjede Jern (altsaa i 45 cm Afstand fra teoretisk Understøtningspunkt) og et Snit i 10 cm Afstand fra teoretisk Understøtningspunkt.

$$M_{(45)} = 2775 \cdot 0{,}45 - \frac{1500 \cdot 0{,}45^2}{2} = 1096 \text{ kgm},$$

Fra dette Punkt og til Understøtningen findes kun 2 Φ 15 mm med Tværsnit 3,53 cm². Jernspændingen i dette Snit bliver altsaa

$$\sigma_j = \frac{109600}{33{,}15 \cdot 3{,}53} = 935 \text{ kg/cm}^2.$$

I Hh. til Formel 11 skal Forankringslængden fra dette Punkt være, saafremt Jernene

har Kroge: $l \geqq \frac{935 \cdot 1{,}5}{40} = 35{,}1$ cm

ikke har Kroge: $l \gtreqqless 35{,}1 \cdot 2{,}5 = 88$ cm.

$$M_{(10)} = 2775 \cdot 0{,}1 - \frac{1500 \cdot 0{,}1^2}{2} = 270 \text{ kgm}.$$

$$\sigma_j = \frac{27000}{33{,}15 \cdot 3{,}53} = 231 \text{ kg/cm}^2$$

Fra dette Punkt skal Forankringslængden være:

med Kroge: $l \gtreqqless \frac{231 \cdot 1{,}5}{40} = 8{,}7$ cm

uden Kroge: $l \gtreqqless 8{,}7 \cdot 2{,}5 = 22$ cm.

Heraf ses, at Snittet i 45 cm Atstand er bestemmende for Forankringslængden, saafremt Jernene ikke er forsynede med Kroge. Fra Murens Forkant til Enden af Jernene skal der være 88 — 35 = 53 cm, saaledes at Bjælken mindst skal ligge 55 cm paa Mur.

Forsynes Jernene derimod med Kroge (og det bør de i Hh. til Normernes § 10 — bemærk Krogenes Form i Normernes § 11!) er Snittet i 10 cm Afstand bestemmende for Forankringslængden. Fra Murens Forkant til Krogenes Nakke skal Afstanden mindst være 8,7 cm, hvilket let naas ved at lægge Bjælken 20 cm paa Mur som forudsat.

Exempel 7. Undersøg Forskydnings- og Adhæsionsspændingerne i den i Exempel 2 omhandlede Plade.

$$M = 216 \text{ kgm}; \qquad Q = 1/2 \cdot 636 \cdot 1{,}65 = 525 \text{ kg}$$

$$d \lesseqgtr \frac{4 \cdot 21600 \cdot 4}{525 \cdot 1200} = 0{,}55 \text{ cm}.$$

Da der er anvendt 7 mm Jern bliver Adhæsionsspændingen større end tilladelig.

I Afstanden $\frac{1{,}65}{7} = 0{,}23$ m fra Understøtningen er Halvdelen af Jernene bøjet op. Paa dette Sted er

$$M = 525 \cdot 0{,}23 - \frac{636 \cdot 0{,}23^2}{2} = 104 \text{ kgm}.$$

Vi fandt i Exempel 2 med Spændingerne 36/1200, at $h_n = 6{,}6$; af Dimensioneringstabellen faas nu

$$x = 0{,}31 \cdot 6{,}6 = 2{,}04; \quad h_t = 6{,}6 - \frac{2{,}04}{3} = 5{,}92.$$

Jernspændingen i 23 cm Afstand fra Understøtningen bliver (idet der her kun findes 4 Φ 7 mm = 1,54 cm²)

$$\sigma_j = \frac{10400}{5{,}92 \cdot 1{,}54} = 1140 \text{ kg/cm}^2.$$

Da den tilladelige Betonspænding er 40 kg/cm², skal Forankringslængden i Hh. til Formel 11 være

$$l \gtreqqless \frac{1140}{40} \cdot 0{,}7 = 20 \text{ cm},$$

saafremt Jernene forsynes med Kroge. Hvis Jernene ikke forsynes med Kroge skal Forankringslængden være 20·2,5

$= 50$ cm, hvilket kun kan opnaas ved at lægge Pladen ca. 30 cm paa Mur.

Saafremt man lader alle Jernene løbe retliniet igennem til Understøtningen vil Jernspændingen kun blive halv saa stor som ovenfor beregnet, altsaa 570 kg/cm². Forsynes Jernene ikke med Kroge skal Forankringslængden altsaa være

$$l \geqq \frac{570}{40} \cdot 0{,}7 \cdot 2{,}5 = 25 \text{ cm}.$$

Da en Plade altid lægges 1/2 Sten paa Mur kan dette et opnaas. Forskydningsspændingen bliver

$$\tau_b = \frac{525}{5{,}92 \cdot 100} = 0{,}89 \text{ kg/cm}^2.$$

Man vil se, at dette stemmer med hvad der er meddelt i § 3 om Jernenes Opbøjning i Endefag.

For Plader, som strækker sig kontinuerligt over en Række Understøtninger vil Forankringslængden ved Mellemunderstøtningerne altid være rigelig, idet Jernerne selvfølgelig fortsætter ubrudte over Mellemunderstøtningerne.

5. KONSTRUKTIONER PAAVIRKEDE TIL BØJNING

C. T-formede Tværsnit.

Som i § 3 omtalt vil et Snit i en Jernbeton-Konstruktion almindeligvis fremtræde som vist i Fig. 4.

Bjælkerne er sammenstøbt med de Plader, som forbinder dem, og den Trykspænding, som fremkommer i Bjælkernes Overside, vil naturligvis ikke begrænses til Bjælkekroppen, men fordele sig ud i Pladerne. Disse kommer til at virke paa 2 Maader:

1) dels som selvstændige, bærende Konstruktioner fra Bjælke til Bjælke,

2) dels som Trykflanger for Bjælkerne.

I hvor høj Grad man tør anvende Pladerne som Trykflanger for Bjælkerne afhænger af forskellige Forhold og fremgaar af Normernes § 39.

Det vil heraf fremgaa, at T-formede Bjælker i Virkeligheden ikke er andet end tykke Plader fra hvilke er fjærnet en væsentlig Del af den Beton, som ligger i den underste Del af Pladen, saaledes at den tiloversblevne Beton er samlet i Ribber, i hvilke igen er samlet det Jern, som skulde have ligget i den fjærnede Beton.

Hvis der kun er fjærnet Beton under den neutrale Axe, er der beregningsmæssigt ikke nogen Forskel paa en saadan Bjælke og en Plade — hvad Tryk-, Træk- og Adhæsionsspændinger angaar; derimod bliver der en væsentlig Forskel m. H. til Forskydningsspændinger. Men dette Forhold omtales i et senere Afsnit.

Imidlertid vil man jo altid først beregne Pladerne, som skal bære fra Bjælke til Bjælke; og hvis deres Tykkelse viser sig at blive mindre end Afstanden x fra Bjælkens Overside til den neutrale Axe, vil det sige, at noget af den trykkede Beton er fjærnet, hvorfor Trykspændingen i den tiloversblevne Del voxer.

Vi faar altsaa for T-formede Bjælker 2 væsentlig forskellige Tilfælde:

1) $x \leq t$. Til Beregningen benyttes de for Plader og rektangulære Bjælker tidligere omtalte Formler, saavel til Spændingsbestemmelse som til Dimensionering.

2) $x > t$. Til Beregningen maa anvendes nye Formler, som omtales nærmere nedenfor.

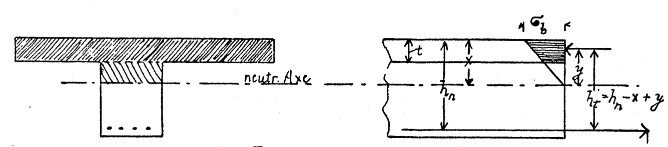

Fig 8

Spændingsforholdene bliver som skitseret i Fig. 8.

Formlerne er udregnet under Forudsætning af, at man ikke tager Hensyn til de Trykspændinger, der optræder i Bjælkekroppen mellem Pladeunderkanten og den neutrale Axe (det groft skraverede Areal paa Fig. 8), men tænker alle Trykspændinger optagne af Flangen (Pladen) — det tæt skraverede Areal.

Man vil se, at Trykket her ikke er fordelt efter en Trekant, men derimod efter et Trapez. Den teoretiske Højde, h_t, er altsaa lig Afstanden mellem Jernets Tyngdepunkt og Trapezets Tyngdepunkt. Kaldes, som sædvanligt, Afstanden fra de yderste trykkede Fibre til den neutrale Axe x, Afstanden fra den neutrale Akse til Trapezets Tyngdepunkt y, bliver $h_t = h_n - x + y$.

x og y findes af Formlerne:

$$x = \frac{\frac{b \cdot t^2}{2} + n \cdot F_j \cdot h_n}{b \cdot t + n \cdot F_j} \qquad (12)$$

$h_n - x = \frac{h_n - \frac{t}{2}}{1 + \frac{nF_j}{bt}}$

$$y = x - \frac{t}{2} + \frac{t^2}{6(2x - t)} \qquad (13)$$

Spændingerne findes af Formlerne:

$$\sigma_j = \frac{100 \cdot M}{h_t \cdot F_j}; \qquad \sigma_b = \frac{\sigma_j \cdot x}{n(h_n - x)} \qquad (14-15)$$

Da ved Tilfældet $x > t$, det bortskaarne Spændingsareal bliver saa forsvindende lille, plejer man i Praxis at benytte Formlerne for Plader saa længe x ikke er større end $5/4 \cdot t$. Den Fejl, man derved begaar, andrager for Trykspændingernes Vedkommende højst 4% og er paa den sikre Side for Trækspændingernes Vedkommende.

$$\text{Hvis } x = t \text{ bliver } h_t = h_n - \frac{t}{3}. \qquad (16)$$

Hvis $x > t$ er $h_t = h_n - x + y$, og hvis man heri indsætter ovenstaaende Udtryk (13) for y faar man:

$$h_t = h_n - \frac{t}{2} + \frac{t^2}{6(2x - t)}. \qquad (17)$$

Jo mere x voxer des mindre bliver den sidste Størrelse i dette Udtryk, og h_t nærmer sig mere og mere til $h_n - \frac{t}{2}$

uden dog nogensinde at kunne naa denne Størrelse. Naar den neutrale Axe ligger under Pladen har man altsaa:

$$h_n - \frac{t}{3} > h_t > h_n - \frac{t}{2}.$$

Som det senere (i Exempel 10) vil blive vist kan dette bruges til en hurtig Bestemmelse af et passende Jernindlæg.

Exempel 8. En Bjælke med Spændvidde 5,85 m (Lysvidde 5,6 m) er støbt i Forbindelse med Plader af 8 cm Tykkelse. Bjælkeafstanden er 2 m fra Midte til Midte Bjælke, og Ribbebredden $b_0 = 22$ cm. Belastningen er 1735 kg/m incl. Egenvægt. Bjælken er 43 cm høj (incl. Pladen) og armeret med 7 Φ 18 mm. Find Spændingerne.

$$M = 1/8 \cdot 1735 \cdot 5{,}85^2 = 7425 \text{ kgm}.$$

I Hh. til Normernes § 39 maa der som Trykflange højst regnes med den mindste af følgende 3 Værdier:

$1/3 \cdot 585 = 195$ cm; $16 \cdot 8 + 22 = 150$ *cm*; 200 cm.

Vi begynder med at forudsætte $x \leq t$ (1. Tilfælde). Vi har da:

$b = 150$; $h = 43$; $h_n = 38$; $F_j = 17{,}81$ (7 Φ 18).

$$x = \frac{15 \cdot 17{,}81}{150}\left[\sqrt{1 + \frac{2 \cdot 150 \cdot 38}{15 \cdot 17{,}81}} - 1\right] = 9{,}96 \text{ cm}.$$

Da $t = 8$ er $x > t$, og vi har skønnet forkert. Da x imidlertid er mindre end $5/4 \cdot t$, er Fejlen, i Hh. til det ovenfor angivne, betydningsløs, hvorfor vi fortsætter Beregningen.

$$x/3 = 3{,}32; \qquad h_t = 34{,}68.$$

$$\sigma_j = \frac{742500}{17{,}81 \cdot 34{,}68} = 1200 \text{ kg/cm}^2;$$

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot 742500}{9{,}96 \cdot 150 \cdot 34{,}58} = 28{,}6 \text{ kg/cm}^2.$$

Vi vil nu se, hvilke Spændinger vi var kommen til ved at benytte de Formler, som refererer sig til Tilfældet $x > t$. Vi har da:

$b = 150$; $t = 8$; $h = 43$; $h_n = 38$; $F_j = 17{,}81$ (7 Φ 18).

$$x = \frac{\frac{150 \cdot 64}{2} + 15 \cdot 17{,}81 \cdot 38}{150 \cdot 8 + 15 \cdot 17{,}81} = \frac{4800 + 10140}{1200 + 267} = \frac{14940}{1467} = 10{,}2.$$

$$y = 10{,}2 - 4 + \frac{64}{6 \cdot 12{,}4} = 7{,}06.$$

$$h_n - x = 27{,}8; \qquad h_t = 34{,}86.$$

$$\sigma_j = \frac{742500}{17{,}81 \cdot 34{,}86} = 1195 \text{ kg/cm}^2; \quad \sigma_b = \frac{10{,}2 \cdot 1195}{15 \cdot 27{,}8} = 29 \text{ kg/cm}^2.$$

Som vi heraf ser, kom vi ved Benyttelsen af de forkerte Formler til en større Jernspænding (altsaa paa den sikre Side) og til en Betonspænding, der kun var ca. $1^1/_2\,^0/_0$ for lav.

Exempel 9. En Bjælke med 5,1 m Spændvidde er støbt i Forbindelse med Plader af 12 cm Tykkelse. Bjælkeafstanden er 2,5 m fra Midte til Midte Bjælke og Ribbebredden er $b_0 = 25$ cm. Belastningen er 3040 kg/m incl. Egenvægt. Bestem Bjælkens Dimensioner, naar Betonspændingen skal holdes paa ca. 26 kg/cm² og Jernspændingen ikke maa overstige 1200 kg/cm².

$$M = 1/8 \cdot 3040 \cdot 5{,}1^2 = 9880 \text{ kgm}.$$

Trykflangen maa højst regnes lig den mindste af følgende 3 Værdier: $1/3 \cdot 510 = \mathit{170\ cm}$; $16 \cdot 12 + 25 = 217$ cm; 250 cm.

$$b = 1{,}7 \text{ m}; \quad M_{100} = \frac{9880}{1{,}7} = 5810 \text{ kgm}.$$

$$26/1200; \quad h_n = 0{,}585\sqrt{5810} = 44{,}6; \quad F_j = 1{,}7 \cdot 0{,}155\sqrt{5810} = 20{,}1.$$

$$h = 50; \qquad 8\,\Phi\,18 \text{ mm}.$$

$$x = 44{,}6 \cdot 0{,}245 = 10{,}9.$$

Da Pladetykkelsen $t = 12$ er større end x, er de benyttede Formler de rigtige.

Exempel 10. En Bjælke er støbt i Forbindelse med Plader af 13 cm Tykkelse. Bjælken paavirkes af et Bøjningsmoment paa 33000 kgm. $b = 238$ cm. $b_0 = 30$ cm. Bestem Bjælkens Dimensioner, naar Betonspændingen skal ligge omkring 32 kg/cm² og Jernspændingen ikke maa overskride 1200 kg/cm².

$$M = 33000 \text{ kgm}; \quad b = 2{,}38 \text{ m}; \quad M_{100} = 13850 \text{ kgm}.$$

$$32/1200; \quad h_n = 58; \quad x = 58 \cdot 0{,}286 = 16{,}6 \text{ cm}.$$

Da $t = 13$ er $x > 5/4 \cdot t$, og vi maa ikke benytte Formlerne for 1. Tilfælde.

Regner vi, at vi vil benytte et $h_n =$ ca. 58, ved vi, efter det ovenfor meddelte, at

$$h_t \text{ bliver mindre end } h_n - \frac{t}{3} = 58 - \frac{13}{3} = 53{,}67 \text{ cm}$$

$$h_t \text{ bliver større end } h_n - \frac{t}{2} = 58 - \frac{13}{2} = 51{,}5 \text{ cm}.$$

Skal Jernspændingen blive 1200 kg/cm², maa vi altsaa have

$$F_j \text{ større end } \frac{3300000}{53{,}67 \cdot 1200} = 51{,}3 \text{ cm}^2$$

$$F_j \text{ mindre end } \frac{3300000}{51{,}5 \cdot 1200} = 53{,}4 \text{ cm}^2.$$

Af Jerntabellen ses, at der ikke godt kan blive Tale om anden Armering end $10\,\Phi 26$, som giver $F_j = 53{,}09$ cm². Hvis h gøres 64 cm, sættes h_n til 58,1 cm. Vi har da:

$$b = 238; \quad t = 13; \quad h = 64; \quad h_n = 58{,}1; \quad F_j = 53{,}09 \quad (10\,\Phi 26).$$

$$x = \frac{\frac{238 \cdot 169}{2} + 15 \cdot 53{,}09 \cdot 58{,}1}{238 \cdot 13 + 15 \cdot 53{,}09} = \frac{66300}{3691} = 17{,}0 \text{ cm}$$

$$y = 17{,}0 - 6{,}5 + \frac{169}{6 \cdot 21{,}0} = 11{,}84 \text{ cm}$$

$$h_n - x = 41{,}1; \qquad h_t = 52{,}94.$$

$$\sigma_j = \frac{3300000}{52{,}94 \cdot 53{,}09} = 1175 \text{ kg/cm}^2; \quad \sigma_b = \frac{17{,}0 \cdot 1175}{15 \cdot 41{,}1} = 32{,}4 \text{ kg/cm}^2.$$

Man vil have bemærket, at Betonspændingen i disse 3 sidste Exempler har været forholdsvis lav — beliggende mellem 26 og 33 kg/cm², til Trods for, at der i Indledningen blev angivet, at man almindeligvis regner med en tilladelig

Fiberpaavirkning paa 40 à 50, ja undertiden helt op til 60 kg/cm².

Dette hænger sammen med den økonomiske Side af Sagen. Jo større Konstruktionshøjde man benytter for det samme Bøjningsmoment, des mindre Betonspænding faar man, og des mindre Jernindlæg behøver man for at faa samme Jernspænding. Det vil med andre Ord sige, at man kan reducere sit Jernindlæg ved at benytte større Konstruktionshøjde — altsaa mindre Betonspænding. Men samtidig forøger man sit Betonvolumen. Det vil altsaa være økonomisk at forøge Konstruktionshøjden, saalænge Jernbesparelsen er større end Merudgiften til Beton og Forskalling.

For Pladers og rektangulære Bjælkers Vedkommende forøges Konstruktionshøjden i hele Konstruktionsbredden, hvorfor der bliver en forholdsvis stor Betonforøgelse. Ved T-formede Bjælker er der derimod kun Tale om en Forøgelse af Ribbehøjden, altsaa en forholdsvis ringe Betonforøgelse. Ved Plader bliver Forskallingen den samme, hvad enten Pladen er tyk eller tynd, hvorimod den lodrette Forskalling forøges sammen med Højden baade ved rektangulære og T-formede Bjælker.

Der er udregnet Formler, ved Hjælp af hvilke man er i Stand til, for hvert Konstruktionselements Vedkommende, at finde den mest økonomiske Konstruktionshøjde. Disse Formler er imidlertid ikke særligt egnede til praktisk Brug, idet de bl. a. forudsætter, at man er i Stand til at indlægge netop det Jernareal, som fører til den størst tilladelige Jernspænding. I Praxis kan dette imidlertid sjældent lade sig gøre, idet man er bundet til visse Jerndimensioner og maa vælge det Jernareal, som er nærmest større end det beregnede. Desuden er det jo heller ikke altid muligt at anvende netop den mest økonomiske Højde, idet mange andre Forhold end netop det økonomiske gør sig gældende. Naar Bjælkerne er synlige, vil man f. Ex. næppe ønske at se forskellige Bjælkedimensioner i samme Rum.

Imidlertid kan man som fast Regel regne med, at man for Pladers og rektangulære Bjælkers Vedkommende faar den mest økonomiske Konstruktionshøjde ved at udnytte begge Materialer saa meget som muligt, altsaa konstruere saaledes, at saavel Jern- som Betonspændingen kommer saa nær de tilladelige som muligt.

For T-formede Bjælkers Vedkommende afhænger den mest økonomiske Konstruktionshøjde ikke alene af de forskellige Materialpriser, men bl. a. ogsaa af Bjælkeafstanden og Forholdet mellem Trykflangens Bredde b og Ribbebredden b_o.

Ved de i almindelig Husbygning og Fabrikbygning almindeligt anvendte Dimensioner vil man passende kunne anvende $h_n = \text{ca.} \sqrt[3]{10 \cdot M_{100}}$, naar σ_b herved ikke overstiger den tilladelige Værdi.

---

6. FORSKYDNINGSSPÆNDINGER I T-FORMEDE BJÆLKER

Ved T-formede Bjælker kan man anlægge samme Betragtning, som i § 4 blev gennemført for rektangulære Tværsnit. Men medens man for disse Tværsnits Vedkommende havde hele Konstruktionsbredden til Optagelse af Forskydningen, har man ved T-formede Tværsnit kun Ribbebredden b_o, saaledes at Formlen her bliver:

$$\tau_b = \frac{Q}{h_t \cdot b_o}. \tag{18}$$

Det er jo indlysende, at det at indføre b_o i Stedet for b vil forøge τ_b i en ganske overvældende Grad. Ser man f. Ex. paa Bjælken i Exempel 9, hvor $b = 250$, medens $b_o = 25$, vil man se, at det fører til et τ_b, der er $\frac{250}{25} =$ 10 Gange saa stort, som hvis man indførte b. Medens for Plader og rektangulære Bjælker τ_b næsten altid ligger betydeligt under den tilladelige Værdi, vil ved T-formede

Bjælker τ_b praktisk talt altid ligge over den tilladelige Værdi.

Dette Forhold er omtalt i Normernes § 46. Man ser der, at man, naar τ_b overskrider 0,1 Gange den tilladelige Betontrykspænding, skal armere for disse Forskydningsspændinger, idet man dog kun anerkender en saadan Armerings Tilstrækkelighed, saafremt τ_b er mindre end 0,3 Gange den tilladelige Betontrykspænding. Hvis Betonens Brudstyrke overfor Tryk er 200 kg/cm², er, i Hh. til Normernes § 45, den tilladelige Trykspænding 40 kg/cm². Hvis τ_b altsaa bliver mindre end $0{,}1 \cdot 40 = 4$ kg/cm² behøves ingen Armering; bliver $\tau_b > 4$ kg/cm², skal der armeres for Forskydning ved Opbøjning af det strakte Jern, Indlægning af Bøjler eller begge Dele.

Bliver $\tau_b > 0{,}3 \cdot 40 = 12$ kg/cm², maa Bjælken dimensioneres om, idet man enten skal gøre den højere eller bredere — eller eventuelt begge Dele.

Foruden i Ribben vil der opstaa Forskydningsspændinger, hvor Pladen er sammenstøbt med Ribben. Lad os betragte et Tværsnit i en almindelig **T**-formet Bjælke (Fig. 9). Som tidligere omtalt fremkommer Forskydningsspændingerne ved, at den Trykkraft, som er koncentreret i den trykkede Del af Bjælken, vil søge at skyde denne Del af Bjælken i den ene Retning, medens Trækkraften, som er koncentreret i Jernet, vil søge at drage den anden Del af Bjælken i den anden Retning. Som antydet i Fig. 9 vil Trykkraften i et **T**-formet Tværsnit kunne opfattes som bestaaende af 3 selvstændige Kræfter: een Kraft, som optræder i den Del af Flangen

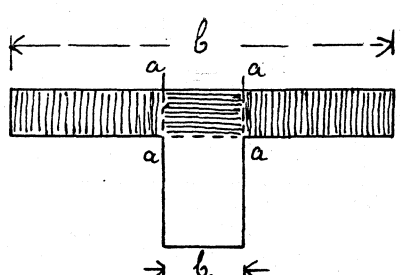

Fig. 9.

som ligger lige over Ribben og een Kraft i hver af Fligene. Disse Kræfter i Fligene skal jo ogsaa overføres til Ribben, og der vil da nødvendigvis opstaa Forskydninger i Snittene a—a.

Den Trykkraft, som opstaar i en Flig, vil være $\frac{1}{2} \cdot \frac{b - b_0}{b}$ Gange saa stor som Trykkraften i hele Flangen; og til at optage den deraf følgende Forskydningskraft i Snit a—a haves Pladetykkelsen t.

Forskydningsspændingen i dette Snit vil altsaa blive:

$$\tau'_b = \frac{\frac{b - b_0}{2b} \cdot Q}{h_t \cdot t} = \frac{(b - b_0) \cdot Q}{2 \cdot b \cdot h_t \cdot t}. \qquad (19)$$

Exempel 11. Find Forskydnings- og Adhæsionsspændingerne i den i Ex. 8 omhandlede Bjælke.

$$Q = 1/2 \cdot 1735 \cdot 5{,}85 = 5075 \text{ kg.}$$

Vi har $b = 150$; $b_0 = 22$; $t = 8$, og fandt $h_t = 34{,}68$.

$$\tau_b = \frac{5075}{34{,}68 \cdot 22} = 6{,}65 \text{ kg/cm}^2; \quad \tau'_b = \frac{128 \cdot 5075}{2 \cdot 150 \cdot 34{,}68 \cdot 8} = 7{,}8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{bj} = \frac{5075}{34{,}68 \cdot 7 \cdot 5{,}66} = 3{,}7 \text{ kg/cm}^2.$$

Adhæsionsspændingen er altsaa under Grænsen for det tilladelige. Dog bør Jernenderne, i Hh. til Normernes § 10, forsynes med Kroge. Hverken τ_b eller τ'_b naar den yderst tilladelige Værdi 12 kg/cm², men er dog saa store, at der skal armeres. Hvorledes denne Armering beregnes og udføres vil

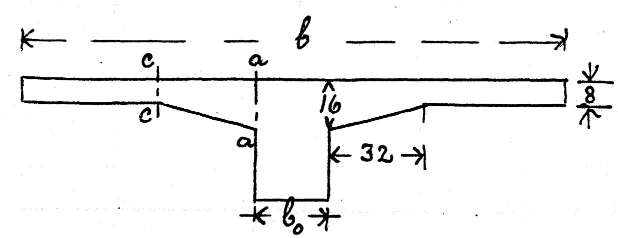

Fig. 10.

blive omtalt senere, men allerede her skal omtales, at man, til at optage Forskydningen mellem Plade og Ribbe, ofte vil forsyne Pladen med Skraaninger ind imod Ribben, saaledes at et Tværsnit i Bjælken vil fremtræde som vist i Fig 10.

Højden af Skraaningen gøres da saa stor, at Forskydningsspændingen netop bliver den tilladelige og Skraaningen føres saa langt ud fra Bjælken, at det samme er Tilfældet i Snit $c - c$.

Kaldes Højden i Snit $a - a$ for z, haves:

$$\tau'_b = 4 = \frac{(150 - 22) \cdot 5075}{2 \cdot 150 \cdot 34{,}68 \cdot z}, \text{ hvoraf}$$

$$z = \frac{128 \cdot 5075}{2 \cdot 150 \cdot 34{,}68 \cdot 4} = 15{,}6 \text{ cm.}$$

Kaldes Afstanden mellem Snit $a - a$ og Snit $c - c$ for v, haves:

$$\tau'_b = 4 = \frac{(150 - 22 - 2v) \cdot 5075}{2 \cdot 150 \cdot 34{,}68 \cdot 8}, \text{ hvoraf}$$

$$128 - 2v = \frac{4 \cdot 2 \cdot 150 \cdot 34{,}68 \cdot 8}{5075} = 65{,}6, \text{ hvoraf } v = 31{,}4 \text{ cm.}$$

Almindeligvis vil man ikke gøre en saadan Skraaning stejlere end 1 : 3. Hvis Pladen her gøres 16 cm tyk ved Tilslutningen til Ribben føres Skraaningen altsaa mindst 24 cm ud fra Ribben. I dette Tilfælde fordrer Beregningen dog ca. 32 cm, og Bjælken faar Tværsnit som Fig. 10 viser. Det skal her yderligere bemærkes, at Brudforsøg har vist, at en Bjælke, hvis tilsluttende Plader er forsynet med saadanne Skraaninger, derved faar en betydelig Forøgelse i Bæreevne, — en Forøgelse som man imidlertid ikke beregningsmæssigt tager Hensyn til.

Saadanne Skraaninger paa Pladen giver ogsaa Konstruktionen et tiltalende Ydre, navnlig naar man ved Pudsning af Konstruktionen afrunder de skarpe indadgaaende Hjørner, saa Pladen fremtræder som en Hvælving.

7. ARMERING MOD FORSKYDNING

Da Forskydningsspændingerne er proportionale med Transversalkræfterne og da Transversalkraften ved Bjælkemidten, under Forudsætning af jævnt fordelt Belastning, er Nul, vil Forskydningsspændingen ogsaa her blive Nul. Da desuden Transversalkraftkurven er en Trekant vil Forskydningen ogsaa fordele sig efter en Trekant. Ved Understøtningen er Forskydningsspændingen τ_b kg/cm², og da Ribbebredden er b_0 cm vil Forskydningen her blive $\tau_b \cdot b_0$ kg/cm. Hele Forskydningen i en Bjælkehalvdel vil altsaa blive lig Arealet af den i Fig. 11 viste Trekant, altsaa

$$1/2 \cdot \tau_b \cdot b_0 \cdot 100 \cdot l/2 = \frac{\tau_b \cdot b_0 \cdot 100 \cdot l}{4} \text{ kg}$$

I Hh. til Formel 18 kan $\tau_b \cdot b_0$ sættes lig Q/h_t, saaledes at Forskydningen kan udtrykkes ved

$$F = \frac{Q \cdot 100 \cdot l}{4 \cdot h_t}.$$

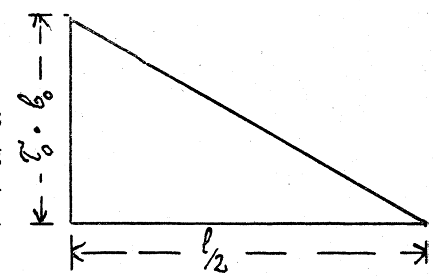

Fig. 11.

Da Belastningen er forudsat jævnt fordelt er $M = 1/8 \cdot q \cdot l^2$ kgm og $Q = 1/2 \cdot q \cdot l$ kg, hvoraf følger, at $\frac{Q \cdot l}{4} = M$; heraf følger, at man da ogsaa har $F = \frac{100 \cdot M}{h_t}$, hvilket ogsaa kan ses direkte, idet $F = \text{Trykkraft} = \text{Trækkraft} = \frac{100 \cdot M}{h_t}$.

Jernets tilladelige Forskydningsspænding kan, i Hh. til Normernes § 46, sættes til 0,8 Gange Jernets tilladelige Trækspænding, altsaa $0{,}8 \cdot 1200 = 960$ kg/cm². Divideres den i en Bjælkehalvdel optrædende Forskydning med 960 faas altsaa det Jerntværsnit, som er nødvendigt for at optage hele Forskydningen.

Det i en Bjælkehalvdel nødvendige Jernareal til Optagelse af Forskydninden er altsaa:

$$B = \frac{F}{960} = \frac{Q.100 \cdot l}{4 \cdot 960 \cdot h_t} = \frac{100 \cdot M}{960 \cdot h_t} \tag{20}$$

og dette Jernareal skal fordeles saaledes, at det svarer til Forskydningstrekanten i Fig. 11.

Det Jern, som anvendes til at optage disse Forskydninger, indlægges i Form af Bøjler. Bøjlerne formes som Fig. 12 viser og der anvendes enten Rundjern eller Fladjern. Saafremt man anvender Formen a lægges Bøjlerne i Grupper med et Antal Bøjler i hver Gruppe, svarende til Antallet af Bærejern i det nederste Lag. Til denne Form anvendes almindeligvis Fladjern, som egner sig udmærket, men Rundjern kan ogsaa udmærket anvendes.

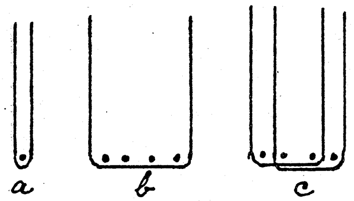

Fig. 12.

Anvendes Formen b, lægges Bøjlerne enkeltvis, saaledes at de omspænder samtlige Jern. Hertil egner Rundjern sig bedst, idet Fladjernsbøjler af denne Form under Betonneringen let trykkes ud mod Forskallingen, saa Indstøbningen bliver mangelfuld.

Ofte vil man anvende Grupper med 2 Bøjler pr. Gruppe. Hertil egner Formen c sig; den udføres bedst af Rundjern.

Naar man erindrer, at der i hvert enkelt Punkt findes baade en vandret og en lodret Forskydningsspænding, og at disse er lige store, ligger det nær at antage, at de vil virke sammen og frembringe en skraa Trækspænding. Brudforsøg viser da ogsaa, at det er Tilfældet. Hvis man undlader at armere en Bjælke mod Forskydning og belaster den til Brud, vil der paa et vist Tidspunkt fremkomme Revner som Følge af de skraa Trækspændinger, og disse Revner vil forløbe opad under 45° bort fra Understøtningerne. Et karakteristisk Exempel er vist i Fig. 13, som er et Fotografi af en saadan brudt Bjælke. Den Maade, paa

hvilken Revnerne aabner sig, viser, at det drejer sig om Trækspændinger — ikke Forskydningsspændinger. Naar man skal armere imod disse Revner, er det selvfølgelig mest virkningsfuldt, at lægge Armeringsjernene vinkelret paa Revnernes Retning, altsaa opad under 45° henimod Understøtningerne. En Beregning, som vi ikke her skal komme ind paa, viser da ogsaa, at saadant skraat Jern er 1,77 Gange saa virkningsfuldt som lodret Jern. Til Trods herfor anbringes Bøjlerne dog altid lodret, idet det vil være praktisk

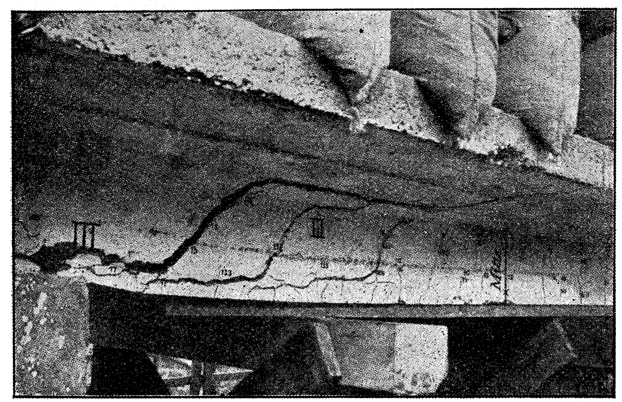

Fig. 13.

talt umuligt at fastholde dem i skraa Stilling under Støbningen. Men heraf fremgaar det, at de opbøjede Jern danner en ganske overordentlig god Armering mod Forskydning. Man plejer derfor altid at bøje Halvdelen af Bjælkens Armeringsjern op i Oversiden.

Fra det af Formel 20 beregnede Bøjleareal kan man da trække 1,77 Gange Tværsnittet af de opbøjede Jern — under Forudsætning af, at de kan bøjes op, saa de kommer til at tilsvare Forskydningstrekanten i Fig. 11. Udenfor de opbøjede Jern bør man lægge Bøjlerne saa tæt, at ingen Revne under 45° kan fremkomme uden at skære en Bøjle eller Bøjlegrubbe, altsaa med en Afstand ikke mindre end h.

Som tidligere udviklet, skyldes den vandrette Forskydning, at Træk- og Trykkræfter skal virke i Forening: bindes sammen. Da de opbøjede Jern og Bøjlerne i Forbindelse med Betonen i Ribben danner dette Bindeled er det af Betydning, at de strækker sig helt op i Trykzonen: De opbøjede Jern skal bukkes saa højt op, at deres Overkant ikke kommer dybere end 2 cm under Pladens Overkant. Bøjlerne skal i Trækzonen gaa omkring Armeringsjernene og naa helt op til Pladens Overkant, Hvis der findes Jern i Oversiden (alsaa ogsaa opbøjede Jern) skal Bøjlerne lukkes omkring disse. (Bl. a. for at modvirke, at Jern, der udsættes for Trykspændinger, derved bøjer ud og bortsprænger den Beton, der ligger udenfor dem).

Ved Opbøjning af Jernene er det af Betydning, at den foretages saa nær Understøtningen, at der paa ethvert Sted er tilstrækkeligt Jern til Optagelse af det største Bøjningsmoment, som kan optræde paa dette Sted. Af nedenstaaende Tabel fremgaar, i hvilke Afstande fra Understøtningen (i Forhold til Bjælkens Spændvidde) man maa have et vist Antal Jern opbøjet.

Antal Jern i Bjælken	Antal opbøjede Jern					
	1	2	3	4	5	6
2	0,147					
3	0,212	0,092				
4	0,250	0,142				
5	0,276	0,184	0,113			
6	0,296	0,212	0,147			
7	0,311	0,233	0,173	0,122		
8	0.323	0,250	0,194	0,147		
9	0,333	0,264	0,212	0,167	0,128	
10	0,342	0,276	0,226	0,184	0,147	
11	0,349	0,287	0,239	0,199	0,163	0.131
12	0,356	0,297	0,250	0,212	0,178	0,147

Som tidligere omtalt er de lodrette og de vandrette Forskydningsspændinger i ethvert Punkt ligestore. De opbøjede Jern vil altsaa virke som Armeringsjern overfor baade lodrette og vandrette Forskydninger, hvorimod de lodrette Bøjler, for en umiddelbar Betragtning, kun synes at virke mod de vandrette Forskydninger. Imidlertid viser Brudforsøg, at Bøjlerne, naar de indlægges som ovenfor angivet, i Forbindelse med det vandrette Jern ogsaa danner en virksom Armering overfor de lodrette Forskydninger.

Det Bøjleareal, man kommer til ved Benyttelsen af Formel 20 er i Virkeligheden større end Normernes § 46 fordrer. Det er nemlig i Stand til at optage hele Forskydningen i en Bjælkehalvdel, medens § 46 kun forlanger tilstrækkeligt Bøjleareal til at optage Forskydningen paa den Strækning, hvor Betonen alene ikke er tilstrækkelig. Da det imidlertid er almindeligt at udføre Støbningen saaledes, at man først udstøber Bjælkernes Formkasser, derefter armerer Pladen og først derefter udstøber Pladen vil man næppe kunne forudsætte en saa inderlig Forbindelse mellem Plade og Ribbe, at man tør stole fuldt ud paa denne Forbindelses Evne til at optage Forskydningerne.

Exempel 12. Bestem de opbøjede Jerns Plads og Bøjleindlægget i den i Exemplerne 8 og 11 omhandlede Bjælke.

Ved Benyttelse af Formel 20 faas for hver Bjælkehalvdel:

$$\text{Nødv. Bøjleareal: } \frac{742500}{960 \cdot 34{,}68} = \ldots\ldots\ldots \; 22{,}3 \text{ cm}^2$$

$$\text{fragaar for 3 } \Phi \text{ 18 mm opb.: } 1{,}77 \cdot 7{,}63 \ldots \; \underline{13{,}5 \;\text{»}}$$

$$8{,}8 \text{ cm}^2$$

Det ses, at der til hvert opbøjet Jern svarer 4,5 cm² Bøjleareal. Hele Forskydningstrekanten svarer til 22,3 cm² Bøjleareal. Deles dens Grundlinie i 5 lige store Dele bliver hver Del 58,5 cm lang. Oprejses Perpendikulærer i Delingspunkterne, deles Forskydningstrekanten i 1 Trekant og 4 Trapezer (Fig. 14). Kaldes den lille Trekants Areal 1 ses det let, at Trapezernes Arealer er hhv. 3, 5, 7 og 9. Med den saaledes valgte Enhed er hele Forskydningstrekantens Areal $1 + 3 + 5 + 7 + 9 = 25$. Til hver Enhed svarer altsaa $22{,}3 : 25$ $0{,}893$ cm² Bøjleareal. Af de 7 Armeringsjern bøjes de 3 op i de paa Fig. 15 angivne Afstande fra Understøtningerne. Ved Sammenligning med Tabellen Side 44 ser man, at Opbøjningspunkterne ligger indenfor de tilladelige Afstande. Det vil ses, at de 2 opbøjede Jern ligger i det første af de 5 Afsnit, i hvilke Bjælkehalvdelen er delt, medens det 3die ligger i andet Afsnit.

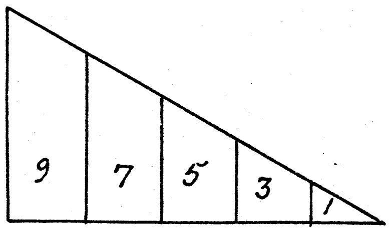

Fig. 14.

Af det ovenfor sagte fremgaar, at der i første Afsnit skal være $9 \cdot 0{,}893 = 8{,}04$ cm² Bøjleareal. De 2 opbøjede Jern svarer imidlertid til 9 cm³ Bøjleareal, saaledes at der i dette Afsnit ikke behøves noget Bøjleindlæg. Almindeligvis vil man alligevel indlægge nogle enkelte Bøjler.

I andet Afsnit skal der være $7 \cdot 0{,}893 = 6{,}25$ cm² Bøjleareal. Der findes her 1 opb. Jern, som svarer til 4,5 cm², saaledes at der yderligere skal indlægges 1,75 cm² Bøjler. Saafremt der til Bøjler anvendes Φ 7 mm, vil hver Bøjle have 0,77 cm² Tværsnitsareal, og der bør indlægges 3 Bøjler, idet man bør være paa den sikre Side. Hvis man til Bøjler vil anvende Φ 9 mm, vil hver Bøjle have Areal 1,26 cm², og der bør anvendes 2 Bøjler.

I tredie Afsnit skal der være $5 \cdot 0{,}893 = 4{,}46$ cm² Bøjleareal. Altsaa enten 6 Φ 7 mm Bøjler eller 4 Φ 9 mm Bøjler.

I fjerde Afsnit skal der være $3 \cdot 0{,}893 = 2{,}68$ cm² Bøjleareal. Enten 4 Φ 7 mm eller 2 Φ 9 mm Bøjler.

I femte Afsnit skal der være 0,893 cm² Bøjleareal. Enten 2 Φ 7 mm eller 1 Φ 9 mm Bøjle.

I Fig. 15 er i venstre Halvdel vist, hvorledes man kan fordele de her udregnede Φ 7 mm Bøjler. I højre Halvdel

er vist, hvorledes man kan fordele de Φ 9 mm Bøjler. Selvfølgelig anvendes kun een Dimension Jern til Bøjler i samme Bjælke. Ofte anvendes Φ 7 mm Bøjler i smaa Bjælker og Φ 8 eller Φ 9 mm i de større Bjælker i samme Bygning.

Som i § 6 omtalt vil der ogsaa opstaa Forskydningsspændinger mellem Pladen og Ribben. I Ex. 11 er vist, hvorledes man kan tage Hensyn til disse Spændinger ved at forsyne Pladen med Skraaningen ned imod Ribben.

Man vil, som i samme Exempel omtalt, ved Hjælp af disse Skraaninger opnaa en forøget Bæreevne af Bjælken. Saadanne Skraaninger er imidlertid ret kostbare — de

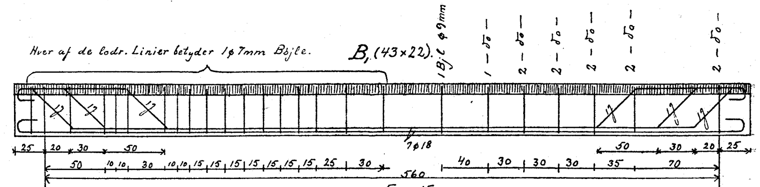

Fig. 15.

Tallene i Parentes angiver Bjalkens Højde (incl. Plade) gange Bredde.

sluger en Del Beton og navnlig er Forskallingen dyrere end den plane Forskalling.

Imidlertid vil Pladens Armering jo virke som Forskydningsarmering her. Lad os forudsætte, at Pladen i dette Exempel er armeret med 6 Φ 9 mm pr. m. (3,82 cm²). Hvert af de Afsnit, i hvilke Bjælken er inddelt, er 58,5 cm langt. Der vil altsaa paa denne Strækning ligge $\frac{3{,}82 \cdot 58{,}5}{100} = 2{,}23$ cm² Jern.

Vi saa, at der i første Afsnit behøvedes 8,04 cm² Bøjleareal. Men dette Bøjleareal svarer til hele Trykflangens Bredde: 150 cm. Hver Flig er imidlertid kun

$$\frac{b - b_0}{2} = \frac{150 - 22}{2} = 64 \text{ cm bred.}$$

Til Optagelse af Forskydningen mellem Flig og Ribbe behøves i første Afsnit $\frac{8{,}04 \cdot 64}{150} = 3{,}43$ cm² Jern. Da

Pladens Armeringsjern udgør 2,23 cm², skal der altsaa yderligere indlægges 1,2 cm², altsaa 2 Φ 9 mm.

Paa samme Maade faas, at der i andet Afsnit yderligere skal indlægges 0,44 cm² Jern, altsaa 1 Φ 9 mm.

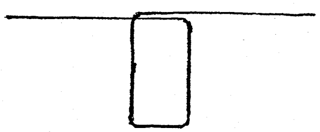

Fig. 16.

I 3die, 4de og 5te Afsnit behøves derimod intet yderligere Indlæg.

I Fig. 15, venstre Halvdel er der indlagt Φ 7 mm Bøjler. Naar man erindrer, hvad der ovenfor er omtalt, at Bøjlerne skal lukkes om Jernene i Bjælkens Overside vil det i dette Tilfælde være naturligt at gøre Bøjlerne i de 2 første Afsnit rigeligt lange og forme dem som vist i Fig. 16. Længden bør da være saaledes, at de strække sig mindst saa langt ind i Pladen, som vi i Ex. 11 saa, at Skraaningen skulde strække sig ud fra Ribben. I første Afsnit findes her 3 Bøjler, hvilket giver 1,16 cm² for hver Flig — altsaa praktisk talt tilstrækkeligt.

8. PLADER MED MELLEMUNDERSTØTNINGER

(Fortsættelse af § 3).

Som omtalt i § 3 vil det negative Moment, der opstaar ved en Mellemunderstøtning, formindske det positive Moment i Plademidten. Den Størrelse, hvormed man kan reducere det simple Bøjningsmoment, fremgaar af Normernes § 34.

Hvis man nu støber Pladen med de i § 6 omtalte Skraaninger ind imod Ribben, vil Pladen derved blive i Stand til at optage større negative Momenter over Mellemunderstøtningerne, hvilket atter vil bevirke, at man er i Stand til at reducere det simple Bøjningmoment mere end forudsat ved de i § 3 udledede Formler. Imidlertid er der en Grænse for for, hvor meget man maa reducere, idet

Normernes § 34 fastslaar, at det negative Moments Størrelse skal være det Tal beliggende mellem Nul og den Værdi, der gælder for fuld Indspænding.

Til fuld Indspænding svarer for Mellemfags Vedkommende et negativt Moment paa $1/12 \cdot q \cdot l^2$, for Endefags Vedkommende $1/8 \cdot q \cdot l^2$. Hvis Ribben ikke er af altfor smaa Dimensioner og ikke er altfor lang — altsaa er ret stiv overfor vridende Kræfter, og hvis Skraaningen er af saadanne Dimensioner, at den forøger Pladetykkelsen helt inde ved Ribben til det dobbelte, vil det muligvis kunne regnes forsvarligt at sætte det negative Moment lig det reducerede Moment, hvilket ved en lignende Beregning som gennemført i Afsnit 3 fører til, at man kan sætte det reducerede Moment:

i Endefag til ca. $1/10 \cdot q \cdot l^2$, og

i Mellemfag til ca. $1/13 \cdot q \cdot l^2$.

Som det ses er man her — navnlig for Mellemfags Vedkommende — betænkelig nær oppe ved Grænseværdien. Naar man desuden betænker at Bjælken, som omtalt i Afsnit 6, paa Grund af Skraaningerne opnaar en betydelig Forøgelse i Bæreevne, og at man ikke beregningsmæssigt tager Hensyn til denne Forøgelse, vil det vel være konsekvent heller ikke at tage Hensyn til Skraaningernes Forøgelse af Pladens Bæreevne — altsaa uden Hensyn til Skraaningerne at regne Momenterne for hhv. Endefag og Mellemfag til $1/9 \cdot q \cdot l^2$ og $1/10 \cdot q \cdot l^2$.

Skraaningerne bliver da at betragte som en Forøgelse af Sikkerhedskoefficienten for Konstruktionen som Helhed.

9. KRYDSARMEREDE PLADER

Fra det praktiske Liv ved vi, at f. Ex. en Jernplade, der er meget lidt stiv, hvis den understøttes langs 2 paralelle Sider, vil opnaa en betydelig større Stivhed, hvis den understøttes langs alle 4 Sider.

En lignende Forøgelse i Stivhed kan vi opnaa for Jernbetonpladers Vedkommende, saafremt vi understøtter dem langs alle 4 Sider og samtidig armerer dem saaledes, at de opnaar Bæreevne i begge Retninger — med andre Ord krydsarmerer dem.

Ligesom Jernpladen opnaar den største Forøgelse i Stivhed (og Bæreevne), naar den er kvadratisk, vil den kvadratiske Jernbetonplade være den bedst egnede Form.

Imidlertid er det oftest umuligt at indrette sine Understøtninger saaledes, at Pladerne bliver kvadratiske. Oftest vil de antage Form af mer eller mindre langstrakte Rektangler. En saadan langstrakt, rektangulær Jernbetonplade vil naturligvis bære »kraftigst« i Retning af den korte Spændvidde, hvorfor den armeres kraftigst i den Retning, ligesom Armeringsjernene normalt lægges underst i Retning af den korte Spændvidde. Formler til Udledelse af Momenter og Reaktioner findes i Normernes § 37.

Foruden rektangulære Plader vil man jævnligt blive stillet overfor den Opgave at dimensionere en cirkulær Plade.

Af Formlerne for rektangulære Plader vil det fremgaa, at Bøjningsmomenterne i 2 paa hinanden vinkelrette Snit i en kvadratisk Plade bliver ligestore og pr. m Længde af Snittet bliver $1/24 \cdot P$, hvor P betyder Belastningen paa hele Pladen.

For cirkulære Plader (og i det hele taget for Plader, hvis Form er en regulær Polygon) kan man paa samme Maade regne Bøjningsmomentet pr. m Længde af 2 paa hinanden vinkelrette Snit lig 1/24 Gange hele Belastningen paa Pladen.

Exempel 13. En langs alle 4 Sider simpelt understøttet, rektangulær Plade har Spændvidder 4 m og 5 m. Pladen er belagt med 2 cm støbt Asfalt og skal foruden Egenvægten kunne bære 1000 kg/m².

Tilladelige Spændinger for hhv. Beton og Jern: 50 kg/cm² og 1200 kg/cm².

Belastning:	Egenvægt	360 kg/m²
	Asfalt	30 »
	Tilfældig Belastning	1000 »
		1390 kg/m²

$$M' = \frac{1}{8} \cdot 1390 \cdot 4^2 \cdot \frac{1}{1 + 2 \cdot \left[\frac{4}{5}\right]^3} = \frac{2780}{2{,}02} = 1375 \text{ kgm.}$$

$$M'' = \frac{1}{24} \cdot 1390 \cdot 4^2 = 927 \text{ kgm.}$$

Dimensionering for den korte Spændvidde:

47/1200; $h_n = 13{,}4$; $F_j = 9{,}75$

$h = 15{,}0$; $9\,\Phi\,12$

for den lange Spændvidde:

41/1200; $h_n = 12{,}3$; $F_j = 7{,}1$

$9\,\Phi\,10$

At man ikke er gaaet til højeste tilladelige Beton—Trykspænding skyldes, at det ved en foreløbig Beregning er godtgjort, at Pladen ikke kan være tyndere end 15 cm, og at Armeringen mest praktisk kan foretages med Φ 12 mm Jern. Dermed er givet $h_n = 13{,}4$, hvilket atter giver $\sigma_b = 47$.

Da Jernene skal ligge lavest i den korte Spændviddes Retning, og da de øvre Jern naturligt bliver tyndere, eller i hvert Fald ikke tykkere, end i det nedre Lag, følger heraf, at h_n for den lange Spændvidde bliver ca. 12,3 cm, hvilket giver $\sigma_b = 41$ kg/cm².

Exempel 14. Bunden i en cirkulær Vandbeholder hviler paa en cirkulær Mur. Diameter 4 m. Vandhøjden i Beholderen er 2 m. Dimensioner Bunden med Spændinger ca. 40/1200.

Belastning:	Egenvægt 18·24.....	432 kg/m²
	Cementpuds	42 »
	2 m Vandtryk.......	2000 »
		2474 kg/m²

Bundens Areal: $\frac{\pi}{4} \cdot 4^2 = 12{,}6$ m².

Hele Belastningen: $12{,}6 \cdot 2474 = 31200$ kg.

$$M' = M'' = 1/24 \cdot 31200 = 1300 \text{ kgm}.$$

40/1200;	$h_n = 14{,}8$;	$F_j = 8{,}22$
		$11\ \Phi\ 10$
37/1200;	$h_n = 15{,}8$;	$F_j = 7{,}7$
	$h = 18{,}0$;	$11\ \Phi\ 10$

Exempel 15. Et System af hinanden krydsende Bjælker danner Felter paa $4{,}5 \times 5$ m. Bjælkerne sammenstøbes med Plader, som krydsarmeres. Slidlag: Ølandsfliser i Cementmørtel. Tilfældig Belastning: 500 kg/m². Dimensioner Pladen.

Reglerne for Behandling af en saadan Plade findes i Normernes § 37, c.

I en Konstruktion af denne Art vil der almindeligvis findes 4 Typer Plader:

1) Plader, delvis indspændte langs alle 4 Sider.

2) Plader, simpelt understøttede langs den ene korte Side, delvis indspændte langs de 3 øvrige Sider.

3) Plader, simpelt understøttede langs den ene lange Side, delvis indspændte langs de 3 øvrige Sider.

4) Plader, simpelt understøttede langs en kort og en lang Side, delvis indspændte langs de øvrige 2 Sider.

I dette Exempel vil vi undersøge Type 1.

Forholdet $\frac{M_x}{M_y}$ sættes f. Ex. lig Forholdet $\frac{M'}{M''}$, som udregnes efter § 37, b.

I Lighed med de Forudsætninger, vi gjorde i § 3 ved Beregning af delvis indspændte Plader med Understøtninger langs 2 paralelle Sider, sætter vi

$$M_1 = M_3 = 1/2 \cdot M_x \quad \text{og} \quad M_2 = M_4 = 1/2 \cdot M_y.$$

Belastning:	Egenvægt 12·24. . . .	288 kg/m²
	Ølandsfliser.........	260 »
	Tilfældig Belastning .	500 »
		1048 kg/m²

$$M' = 1/8 \cdot 1048 \cdot 4{,}5^2 \cdot \frac{1}{1 + 2 \cdot \left[\frac{4{,}5}{5}\right]^3} = 1080 \text{ kgm}$$

$$M'' = 1/24 \cdot 1048 \cdot 4{,}5^2 = 885 \text{ kgm}.$$

$$\frac{M_x}{M_y} = \frac{1080}{885}; \qquad M_x = 1{,}22 \cdot M_y.$$

Ved Indsættelse i Formlen i § 37, c faas:

$$1{,}22 \cdot M_y + M_y + \frac{1}{3} \cdot \frac{5}{9{,}5} \cdot 1{,}22 \cdot M_y + \frac{1}{3} \cdot \frac{4{,}5}{9{,}5} \cdot M_y = 1080 + 885$$

$$M_y = 760 \text{ kgm}. \qquad M_x = 1{,}22 \cdot 760 = 928 \text{ kgm}.$$

Dimensionering:

$M_x = 928$;	50/1200;	$h_n = 10{,}5$;	$F_j = 8{,}43$
		$h = 12{,}0$;	$11\ \Phi\ 10$
$M_y = 760$;	50/1200;	$h_n = 9{,}5$;	$F_j = 7{,}64$
			$10\ \Phi\ 10$

Pladen belaster, i Hh. til Normernes § 37, a, de understøttende Bjælker med Trekantbelastninger med største Ordinat:

$$\frac{1048 \cdot 4{,}5 \cdot 5}{9{,}5} = 2485 \text{ kg/m},$$

saaledes at Belastningen paa den lange Bjælke bliver $1/2 \cdot 2485 \cdot 5 = 6210$ kg, medens Belastningen paa den korte Bjælke bliver $1/2 \cdot 2485 \cdot 4{,}5 = 5590$ kg fra hver Plade, som er sammenstøbt med Bjælken.

(Simpelt Moment for Trekantbelastning: $1/6 \cdot P \cdot l$, hvor P betyder hele Trekantens Vægt).

---

10. BJÆLKER MED MELLEMUNDERSTØTNINGER

I §§ 3 og 8 har vi behandlet Plader med Mellemunderstøtninger og ved Behandlingen benyttet Angivelserne i Normernes § 34. I Hh. til denne Paragraf behandles Bjælker med Mellemunderstøtninger paa ganske lignende Maade. Men naar Bjælkerne — hvad der almindeligvis er Tilfældet — har T-formet Tværsnit, fremkommer der dog en betydelig Forskel. For Pladers — og rektangulære Bjælkers — Vedkommende har man nemlig samme Trykbredde til Optagelse af positive og negative Momenter. For T-formede Bjælkers Vedkommende har man — jvf. § 5 — til Optagelse af de positive Momenter en Trykbredde b, medens man til Optagelse af de negative Momenter kun har Trykbredden b_0. Selv om man ogsaa for de negative Momenters Vedkommende gaar til at udnytte Betonens Trykstyrke til den yderste tilladelige Grænse, vil man ikke være i Stand til at optage forholdsvis saa store negative Momenter som ved Plader, med mindre man foretager sig noget extra — f. Ex. forsyner Bjælkerne med saakaldte Konsoller ved Mellemunderstøtningerne (ganske tilsvarende Skraaninger ved Plader). Det bliver dog mere og mere almindeligt — af Hensyn til Udseendet — at undlade at forsyne Bjælker med saadanne Kosoller. Heraf følger, at man vanskeligt kan opstille Formler til Beregning af Bøjningsmomenter i Bjælker med Mellemunderstøtninger. Fremgangsmaaden bliver da, at man begynder med at udregne de simple Bøjningsmomenter. Derefter skønner man passende Værdier af h_n og b_0 svarende til disse Bøjningsmomenter (skønsvis noget reducerede). Til at optage de negative Bøjningsmomenter har man nu et Tværsnit med bekendte Dimensioner. Armeringen i dette Tværsnit dannes af de opbøjede Jern, som man fører et Stykke — almindeligvis ca. $^1/_3$ af Spændvidden — ind i Oversiden af den tilstødende Bjælke. Et Exempel vil lette Forstaaelsen.

Exempel 16. Den i Exempel 8 behandlede Bjælke løber kontinuerligt hen over 2 Mellemunderstøtninger. Bestem Bjælkens Jernindlæg, naar h_n ligesom i Exempel 8 skal være 38 cm, $b_0 = 22$ cm.

Det simple Bøjningsmoment fandtes i Ex. 8 til $M = 7425$ kgm.

Til Optagelse af de negative Bøjningsmomenter over Mellemunderstøtningerne haves nu Tværsnit med Dimensionerne $b = 22$ cm; $h_n = 38$ cm, medens Armeringen, som

bestaar af de opbøjede Jern, foreløbig er ubekendt. Erfaringsmæssigt vides, at denne Armering vil være meget rigelig og kun give en forholdsvis ringe Jernspænding samtidig med en stor Betonspænding. Vor første Opgave er nu at finde et Bøjningsmoment af en saadan Størrelse, at det — med disse givne ydre Dimensioner — giver en Betonspænding paa ca. 50 kg/cm², hvis Tværsnittet armeres saa stærkt, at Jernspændingen f. Ex. bliver 800 kg/cm² — idet vi foreløbig haaber paa, at det vil vise sig, at der bliver tilstrækkeligt Jern. Af Dimensioneringstabellen ses, at der til disse Spændinger svarer $c_1 = 0{,}314$ og $c_2 = 0{,}475$. Vi har da:

$$h_n = 38 = 0{,}314\sqrt{M_{100}}; \quad M_{100} = 14600 \text{ kgm.}$$

Da Bjælken imidlertid ikke er 1 m, men kun 22 cm bred' faas det negative Bøjningsmoment, den vil være i Stand til at optage, at være:

$$M_1 = M_2 = 0{,}22 \cdot 14600 = \text{ca. } 3200 \text{ kgm.}$$

Hertil svarer et Jernindlæg

$$F_j = 0{,}22 \cdot 0{,}475 \cdot \sqrt{14600} = 13{,}65 \text{ cm}^2.$$

Det simple Bøjningsmoment $M = 7425$ kgm reduceres nu, og i Hh. til Normernes § 34 faas:

for Endefag: red. $M = 7425 - 1/3 \cdot 3200 = 6360$ kgm.

for Mellemfag: red. $M = 7425 - 1/3 \cdot 2 \cdot 3200 = 5295$ kgm.

Dimensionering:

Endefag. $M = 6360$ kgm; $b = 1{,}5$ m (se Ex. 8); $M_{100} = 4240$ kgm.
26/1200; $h_n = 38{,}0$; $F_j = 15{,}15$
$h = 43{,}0$; 6 Φ 18 mm

Mellemfag. $M = 5295$; $b = 1{,}5$ m; $M_{100} = 3530$ kgm.
23/1200; $h_n = 38{,}5$; $F_j = 12{,}3$
$h = 43{,}0$; 8 Φ 14 mm

Af opbøjede Jern bliver der fra Mellemfaget 4 Φ 14, fra Endefaget 3 Φ 18, ialt 13,79 cm², altsaa lidt mere end forudsat.

Bøjleindlægget beregnes analogt med hvad der er anført i Exempel 12, idet her udtrykkeligt skal gøres opmærksom paa, at man i Formlen for nødvendigt Bøjleareal indsætter

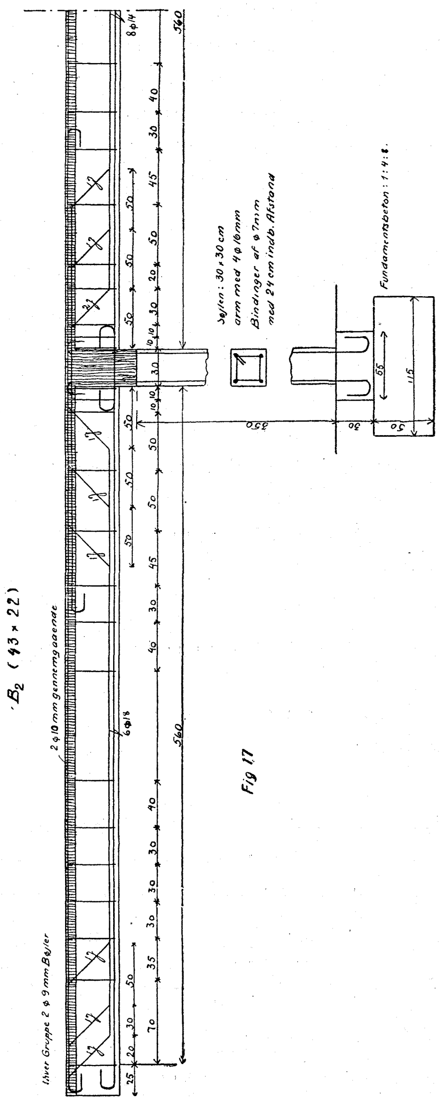

Fig 17

det simple, ikke det reducerede Moment.

Da der i Endefaget findes det samme Jernareal opbøjet som i Bjælken i Exempel 8 bliver det Antal Bøjler, der skal indlægges her nøjagtigt som der. I Mellemfaget er opbøjet 4 Φ 14 med Areal 6,16 cm², hvorfor man fra det beregnede nødvendige Bøjleareal 22,3 cm² kan trække $1{,}77 \cdot 6{,}16 = 10{,}9$ cm². Der skal altsaa i hver Ende af Mellemfaget indlægges mindst 11,4 cm² Bøjler.

Bjælken er optegnet i Fig. 17, og det er der forudsat, at Mellemunderstøtningerne dannes af en Jernbetondrager (som ikke er beregnet her), hvis Mellemunderstøtningerne igen dannes af den i næste Afsnit beregnede Jernbetonsøjle.

Naar man betragter Fig. 5 (Side 19) vil man straks bemærke, at det negative Bøjningsmoment fra Understøtningen strækker sig et Stykke ind i Fagene. Hvis vi tænker os et Fag ubelastet og de 2 tilstødende Fag fuldt belastede, ligger

det nær at tro, at det negative Moment kan strække sig gennem hele Faget, hvilket atter fører til, at man bør lægge gennemgaaende Jern i Bjælkens Overside. Det er ogsaa ret almindeligt at gøre dette — i nærværende Exempel f. Ex. 2 Φ 10 mm.

Saadanne gennemgaaende Jern i Bjælkens Overside bør altid anvendes, hvor det gælder Bjælker med rektangulært Tværsnit, hvorimod det er mindre paakrævet, naar det drejer sig om T-formede Bjælker, idet der altid i den tilstødende Plade vil være Fordelingsjern, som vil være virksomme overfor vedkommende Trækspændinger.

11. SØJLER

Søjler af Jernbeton gives almindeligvis kvadratisk Tværsnit, og armeres i Søjlens Længderetning med et Rundjern i hvert Hjørne. For større Søjlers Vedkommende lægges der desuden et eller flere Jern tæt ved Søjlens Sideflader mellem Hjørnejernene. Naar en saaledes armeret Søjle udsættes for en Belastning vil Trykket fordele sig over saavel Betonen som Jernet, og under Indvirkning af de saaledes opstaaede Trykspændinger vil hele Søjlen lide en Forkortelse. Under denne Forkortelse maa Jern og Beton følges — Længdeændringerne maa blive ens for Jernet og Betonen. De Spændinger, der saaledes opstaar i de forskellige Materialer, maa da forholde sig som de forskellige Materialers Elasticitetskoefficienter. Vi har — i Hh. til Normernes § 41 — een Gang for alle vedtaget at regne dette Forhold $n = 15$. I Søjletværsnittet vil 1 cm² Jern altsaa have samme Værdi som 15 cm² Beton. Det er derfor almindeligt, at vi omsætter hele Søjletværsnittet til et tænkt Betontværsnit, idet $F = F_b + 15 \cdot F_j^c$.

Imidlertid vil de forholdsvis tynde Længdejern under Indvirkning af Trykspændingen have Tilbøjelighed til at »bøje ud«, og det kan tænkes, at en saadan Udbøjning vil sprænge den tynde Betonskal, der dækker Jernene. Denne Udbøjning hindres ved Hjælp af Bøjler, hvis Afstand og Dimensioner er fastslaaet i Normernes § 43.

Naar man betænker, hvorledes et Betonlegeme knuses: Længdeformindskelsen ledsages af en Tværsnitsforøgelse, som bevirker, at Betonen skydes ud til Siden og ligefrem smuldrer hen — da er det jo klart, at Bøjlerne (Tværarmeringen) vil modsætte sig en saadan Undvigen af Betonen: Tværarmeringen vil »holde sammen« paa Betonmaterialet. Det vil af den Grund være formaalstjenligt ikke at spare for meget paa Bøjlerne. For at tilskynde til Brug af rigeligt Bøjleindlæg tillader Normernes § 43 til det ovenfor nævnte tænkte Betontværsnit at lægge endnu er Areal, afhængigt af Bøjletværsnittets Størrelse. Imidlertid er det i Praxis det almindelige at anvende det som Minimum angivne Bøjleindlæg og kun regne $F = F_b + 15 \cdot F_j^c$.

I Normernes § 47 er angivet en Formel, efter hvilken man kan beregne en Søjles Bæreevne, naar Søjlens Dimensioner og Armering er givet.

I denne Formel forekommer en Størrelse »i«, Tværsnittets mindste Inertiradius, som ikke har været omtalt i det foregaaende Statikkursus. Ved mindste Inertiradius forstaaes: Kvadratroden af mindste Inertimoment divideret med Tværsnitsarealet, altsaa:

$$i^2 = \frac{I_{min}}{F}$$

Formlen i § 47 forudsættes l indsat i cm. Saafremt l indsættes i m faar Formlen følgende Form:

$$r_E = \frac{1}{1 + \left[\frac{l}{i}\right]^2}$$

Denne Formel giver Bæreevnen for central Belastning. Imidlertid vil en Søjle jo kun i de færreste Tilfælde være centralt belastet. Saafremt man tænker sig en Søjle belastet af en kontinuerlig Bjælke, og der findes Belastning paa Bjælken paa den ene Side af Søjlen, medens Bjælken paa

den anden Side af Søjlen er ubelastet, er det jo klart, at Søjlens Belastning vil være excentrisk. Her angiver Normeres § 48 Fremgangsmaaden ved Beregningen. Men da denne Fremgangsmaade er ret omstændelig vil man almindeligvis nøjes med den i Normernes § 40 angivne Regel.

I denne Regel forstaas ved en Søjle i en indvendig Søjlerække en saadan, ved hvilken ingen Bjælke stopper op. En Søjle i en udvendig Søjlerække: en saadan, ved hvilken een Bjælke stopper op og en Søjle i et fremspringende Hjørne en saadan, ved hvilken 2 Bjælker stopper op.

Iøvrigt henvises til Normerne §§ 40, 43 og 47.

Exempel 17. En Søjle af Højde 3,5 m har Tværsnit 30×30 cm og er armeret med 4 Φ 16 mm. Den anvendte Beton har en Trykstyrke paa 300 kg/cm². Find Søjlens Bæreevne.

$$F = 30^2 + 15 \cdot 8{,}04 = 1020 \text{ cm}^2$$

$$I = 1/12 \cdot 30^4 + 15 \cdot 8{,}04 \cdot 12^2 = 84800 \text{ cm}^4.$$

$$i^2 = \frac{84800}{1020} = 83 \text{ cm}^2.$$

Centralt paavirket har Søjlen en Bæreevne:

$$P = 1020 \cdot \frac{1/7 \cdot 300}{1 + \frac{3{,}5 \cdot 3{,}5}{83}} = \frac{1020 \cdot 300}{7 \cdot 1{,}147} = 38200 \text{ kg.}$$

Bæreevnen er, hvis Søjlen befinder sig

1) i en indvendig Søjlerække: $P = 0{,}9 \cdot 38200 = 34400$ kg,
2) i en indvendig Søjlerække: $P = 0{,}75 \cdot 38200 = 28600$ kg,
3) i et fremspringende Hjørne: $P = 0{,}6 \cdot 38200 = 22900$ kg.

Søjlens Egenvægt er $0{,}3 \cdot 0{,}3 \cdot 3{,}5 \cdot 2400 = 760$ kg.

Overgangen mellem Søjle og Fundament dannes af en Søjlefod, som støbes af samme Beton som Søjlen og i hvilken Søjlejernene gaar ned, forsynede med en Krog, eller hvilende paa en Rist af Fladjern. Sættes denne Søjlefods Vægt til ca. 240 kg bliver Belastningen paa Fundamentet ca. 35400 kg, hvis det er en Søjle, hørende til en indvendig Søjlerække.

Tænkes Fundamentet støbt af en Beton i Blandingsforholdet 1 : 4 : 8 kan man — i Hh. til Husbygningsnormerne — regne et tilladeligt Tryk paa Fundamentet paa 13 kg/cm². Fodpladens Trykflade paa Fundamentet skal da være $\frac{35400}{13} = 2720$ cm², og kan passende gøres 55 cm i Kvadrat Fodpladen springer 12,5 cm frem for Søjlen og kan passende gøres 30 cm høj.

Fundamentet føres til fast Bund, som antages at kunne belastes med 3 kg/cm². Fundamentets Egenvægt sættes til ca. 2600 kg, saaledes at hele Belastningen paa Grunden bliver ca. 38000 kg. Fundamentets Trykflade skal da være $\frac{38000}{3} = 12650$ cm² og kan passende gøres 115 cm i Kvadrat. En Højde af 50 cm kan anses for passende, saafremt den faste Bund ikke ligger dybere. Hvis Søjlen staar saaledes, at det er nødvendigt at sikre mod Frost under Fundamentet bør Fundamenthøjden være mindst 70 cm, saa Fundamentsunderkant kommer mindst 1 m under Terrænhøjde.

Som praktisk Regel kan man regne, at Højden ikke bør være mindre end 1,5 Gange Fremspringet.

---

13. CIRKULÆRE BEHOLDERE

Vandbeholdere, Ajlebeholdere o. l. udføres ofte af Jernbeton. Saafremt det paa nogen Maade er muligt bør en Vædskebeholder altid udføres cirkulær, da der i saa Fald ikke vil optræde Bøjningsmomenter i Beholdervæggen, men kun Trækkræfter. (Dette gælder dog kun absolut, saafremt Beholdervæggene er uden Tykkelse, men i Praxis forudsætter man altid, at der ingen Bøjningsmomenter optræder).

Saafremt et radialt rettet Tryk mod en Cirkels Omkreds er p kg pr. løbende m og Cirklens Radius er r m vil der i Cirklen optræde et Træk paa $p \cdot r$ kg.

En cirkulær Beholder beregnes altid saaledes, at man i Beholdervæggen indlægger saa meget Jern, at det alene er i Stand til at optage hele Trækket uden Medvirken fra Betonens Side. Selvfølgelig vil der dog opstaa en Trækspænding i Betonen, og man sørger derfor altid for at gøre Betonvæggen saa tyk, at denne Trækspænding ikke overstiger 8 à 10 kg/cm². Jernspændingen vælger man almindeligvis til ca. 800 kg/cm², idet man dog som praktisk Regel regner, at Jerntværsnittet skal være mindst $^1/_2$ $^0/_0$ af Betontværsnittet.

Naar man betænker, at Beholdervæggen, ved at udsættes for en Trækspænding, vil udvide sig, saaledes at dens Radius forlænges, følger deraf, at der vil være en Tilbøjelighed til Revnedannelse ved Overgangen mellem Bund og Side, og at denne Revnedannelse vil være mest fremtrædende ved Beholdere med stor Radius.

Forholdene ved Overgangen mellem Bund og Side er saa indviklede, at det maa anbefales ikke at beskæftige sig med større Beholdere, uden i Forvejen at have sat sig grundigt ind i disse specielle Forhold, som slet ikke kan behandles her.

1 m³ Vand vejer som bekendt 1000 kg. En Vædskes Sidetryk er, i en hvilkensomhelst Dybde, lig dens lodrette Tryk. Hvis en Beholder er h m dyb, vil der ved dens Bund herske et Tryk i alle Retninger paa $1000 \cdot h$ kg/m².

Naar man beregner en Vandbeholder plejer man at dele den i Ringe paa 1 m Højde, og da udregne det Træk, der kommer i hver Ring. Som

Exempel 18 vil vi beregne den Beholder, hvis Bund er beregnet i Exempel 14. Den cirkulære Mur, som bærer Beholderen tænkes 2 Sten tyk, og Beholdervæggen tænkes staaende midt paa Muren. Dens Diameter er da rundt regnet 4,5 m, Radius altsaa 2,25 m. Dens nederste, 1 m høje, Ring paavirkes da ved den underste Omkreds af 2000 kg/m², ved den øverste Omkreds af 1000 kg/m² — gennemsnitlig af 1500 kg pr. løbende m Omkreds. Trækket i Ringen bliver da $1500 \cdot 2{,}25 = 3380$ kg.

Paa samme Maade faas Trækket i den øverste Ring at være $500 \cdot 2{,}25 = 1125$ kg.

I den nederste Ring skal indlægges et Jerntværsnit paa $\frac{3380}{800} = 4{,}23$ cm² (f. Ex. 10 Φ 8 mm).

I den øverste Ring indlægges $\frac{1125}{800} = 1{,}41$ cm² (f. Ex. 9 Φ 8 mm).

Jernstødene udføres i Hh. til Normernes § 11.

Beholdervæggen gøres 8 cm tyk foroven og forøges til 10 cm ved Bunden.

Betonspændingen i nederste Ring bliver da

$$\frac{3380}{9{,}5 \cdot 100 + 15 \cdot 5{,}08} = 3{,}3 \text{ kg/cm}^2.$$

For at modvirke den omtalte Tilbøjelighed til Revnedannelse ved Overgangen mellem Bund og Side anbefales det at bøje Bundens Armeringsjern op i Beholdersiden. Foruden de beregnede Jernringe anbringes ogsaa lodrette Jern i Beholdervæggen, f. Ex. Φ 9 mm med indbyrdes Afstand ca. 25 cm. De anbringes midt i Beholdervæggen og bruges som Monteringsjern for Ringene. Disse Jern bør — ligeledes af Hensyn til Revnedannelsen — bøjes ind i Bunden.

Som omtalt i § 2 er den her i Bogen optagne Dimensioneringstabel beregnet af Ingeniør *K. F. W. Askøe.*

Ingeniør *Askøe* har ogsaa konstrueret en Specialregnestok for Jernbetonkonstruktioner*), som i sig selv indeholder Dimensioneringstabellen, saaledes at man, naar man kender Bøjningsmomentet, umiddelbart kan aflæse de til forskellige Dimensioner og Armeringer svarende Spændinger.

*) Faas i Jul. Gjellerups Boghandel, Sølvgade 87, København K. og hos Boghandler Victor Hansen, Bruunsgade 45, Aarhus. Pris 26 Kr.

RUNDJERNSTABEL

Diameter	Vægt	Tværsnitsareal i cm² af												Omkreds i cm af 1 Stk.	Lagerlængder
mm	kg/m	1 Stk.	2 Stk.	3 Stk.	4 Stk.	5 Stk.	6 Stk.	7 Stk.	8 Stk.	9 Stk.	10 Stk.	11 Stk.	12 Stk.		
5	0,154	0,20	0,39	0,59	0,79	0,98	1,18	1,37	1,57	1,77	1,96	2,16	2,36	1,57	8—10 Meter
6	0,222	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,55	2,83	3,11	3,39	1,89	
7	0,302	0,39	0,77	1,16	1,54	1,92	2,31	2,69	3,08	3,47	3,85	4,23	4,62	2,20	
8	0,395	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4.02	4,52	5,03	5,53	6,03	2,51	
9	0,499	0,64	1,27	1,91	2,55	3,18	3,82	4,45	5,09	5,73	6,36	7,00	7,63	2,83	
10	0,617	0,79	1,57	2.36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85	8,64	9,43	3,14	
12	0,888	1,13	2,26	3,39	4,52	5,66	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31	12,44	13,57	3,77	8—10—12 Meter
14	1,208	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39	16,93	18,47	4,40	
16	1,578	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11	22,12	24,13	5,03	
18	1,998	2,55	5,09	7,63	10,18	12,72	15,27	17,81	20,36	22,90	25,45	27,99	30.54	5,66	
20	2,466	3,14	6,28	9,43	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42	34,56	37,70	6,28	
22	2,984	3,80	7,60	11,40	15,21	19,01	22,81	26,61	30,41	34,21	38,01	41,81	45,62	6,91	8—10—12—14 Meter
24	3,551	4,52	9,05	13,57	18,10	22.62	27,14	31,67	36,19	40,72	45,24	49,76	54,29	7,54	
26	4,168	5,31	10.62	15.93	21,24	26,55	31,86	37,16	42,47	47.78	53,09	58,40	63,71	8,17	
28	4,834	6,16	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,10	49,26	55,42	61,58	67,73	73,89	8,80	
30	5,549	7,07	14,14	21,21	28,27	35,34	42,41	49,48	56,55	63,62	70,69	77,75	84,82	9,43	
32	6,313	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42	88,47	96,51	10,05	
34	7,098	9,08	18,16	27,24	36.32	45,40	54,48	63.56	72,63	81,71	90,79	97,87	108,95	10,68	
36	7,981	10,18	20,36	30,54	40,72	50,90	61,07	71,25	81,43	91,60	101,79	111,97	122 15	11,31	
38	8,891	11,34	22,68	34,02	45,36	56,70	68,04	79,38	90,73	102,07	113,41	124,75	136,09	11,94	
40	9,865	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,50	113,10	125,70	138,20	150,80	12,57	

	400			350			300			250		
	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β
60	0,250	1,300	0,692	0,247	1,525	0,720	0,243	1,825	0,750	0,240	2,250	0,783
58	0,255	1.267	0,685	0,252	1,491	0,713	0,248	1,785	0,744	0,245	2,210	0,777
56	0,261	1,235	0,677	0,257	1,456	0,706	0,253	1,740	0,737	0,250	2,160	0,771
54	0,267	1,203	0,669	0,263	1,420	0,698	0,259	1,695	0,730	0,255	2,110	0,764
52	0,273	1,170	0,661	0,269	1,380	0,690	0,264	1,650	0,722	0 260	2,050	0,757
50	0,280	1,137	0.652	0,275	1,340	0,682	0,270	1,605	0,714	0,266	1,995	0,750
48	0,287	1,105	0,643	0,282	1,301	0,673	0,277	1,560	0,706	0,273	1,945	0,742
46	0,295	1,070	0,633	0,290	1,262	0,663	0,285	1,520	0,697	0,280	1,880	0,734
44	0,303	1,035	0,623	0,298	1,222	0,653	0,293	1,480	0,688	0,287	1,830	0,725
42	0,312	1,000	0,612	0,307	1,182	0,643	0,301	1,435	0,677	0,295	1,775	0,716
40	0,322	0,966	0,600	0,316	1,142	0,632	0,310	1,390	0,667	0,304	1,715	0,706
38	0,334	0,931	0,588	0,327	1,100	0,619	0,321	1,334	0,655	0,314	1,655	0,695
36	0,346	0,895	0,574	0,339	1,058	0,607	0,332	1,280	0,643	0,325	1,600	0,684
34	0,359	0,855	0,560	0,352	1,012	0,593	0,344	1,226	0,630	0,336	1,530	0,671
32	0,374	0,815	0,545	0,366	0,966	0,578	0,358	1,172	0,615	0,349	1,470	0,658
30	0,391	0,775	0,530	0,382	0,919	0,563	0,373	1,114	0,600	0,364	1,405	0,643
28	0,410	0,735	0,512	0,400	0,871	0,545	0,389	1,056	0,583	0,379	1,330	0,627
26	0,432	0,693	0,494	0,421	0,823	0,527	0,410	0,999	0,565	0,398	1,260	0,609
24	0,457	0,650	0,474	0,445	0,775	0,507	0,432	0,940	0,545	0,419	1,185	0,590
22	0,487	0,605	0,452	0,473	0,722	0,485	0,459	0,879	0,524	0,444	1,110	0,569
20	0,522	0,559	0,429	0,506	0,668	0,462	0,490	0,816	0,500	0.474	1,030	0,545
18	0.565	0,512	0,403	0,547	0,612	0,435	0,528	0,750	0,473	0,509	0,950	0,519
16	0,616	0,463	0,375	0,596	0,555	0,407	0,575	0,682	0,444	0,552	0,865	0,490
14	0,685	0,412	0,344	0,660	0,496	0,375	0,635	0,610	0,412	0,607	0,776	0,456
12	0,773	0,360	0,310	0,744	0,433	0,340	0,713	0,535	0,375	0,680	0,683	0,419
10	0,897	0,306	0,273	0,861	0,370	0,300	0,822	0,456	0.333	0,781	0,586	0,375

	200			150			100			50		
	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β
60	0,237	2,90	0,818	0,233	4,00	0,857	0,230	6,20	0,900	0,227	12,90	0,947
58	0,242	2,84	0,813	0,238	3,91	0,853	0.234	6,08	0.897	0,231	12,66	0,946
56	0.246	2,78	0,808	0,242	3,83	0,849	0,238	5,96	0,894	0,235	12,42	0,944
54	0,251	2,72	0,802	0,247	3,75	0,844	0.243	5.84	0,890	0,240	12,17	0,942
52	0,256	2.66	0,796	0,252	3,67	0,839	0,248	5,72	0,886	0,244	11,92	0,940
50	0,262	2,59	0,789	0,258	3,58	0,833	0,253	5,59	0,882	0,249	11,66	0,937
48	0,268	2,53	0,783	0,264	3,50	0,828	0,259	5,46	0,878	0,254	11,40	0,935
46	0,275	2,46	0,775	0,270	3,40	0,821	0,265	5,32	0,873	0,260	11,14	0,932
44	0.282	2,39	0,767	0,276	3,31	0,815	0,271	5,18	0,868	0,266	10,88	0,929
42	0,290	2.32	0,759	0,284	3,21	0,808	0,278	5,04	0,863	0,272	10,60	0,926
40	0,298	2,24	0,750	0,292	3,11	0,800	0 286	4,90	0,857	0,280	10,32	0,923
38	0,308	2,16	0,740	0,301	3.01	0,792	0.294	4,75	0,851	0,287	10,02	0,919
36	0,318	2,08	0,730	0,310	2.91	0,783	0,303	4,39	0,844	0,295	9,72	0,915
34	0,328	2,00	0,718	0,320	2,81	0,773	0,312	4,43	0,836	0,304	9,42	0,911
32	0,341	1,92	0,706	0,332	2,70	0,762	0,323	4,27	0,828	0,314	9,10	0,906
30	0,355	1,84	0,692	0,345	2,59	0,750	0,335	4.10	0,818	0,325	8,77	0,900
28	0,369	1,75	0,677	0,359	2,47	0,737	0,348	3.93	0,808	0,337	8,43	0,894
26	0,386	1,66	0,661	0,374	2,34	0,722	0,363	3,75	0,796	0,351	8,07	0,886
24	0,406	1,57	0,643	0,392	2,21	0,706	0,379	3,57	0,783	0,366	7,70	0,878
22	0,429	1,47	0,623	0,414	2,08	0,688	0,399	3,38	0,767	0,384	7,33	0,868
20	0,457	1,37	0,600	0.440	1,95	0,667	0.423	3,16	0,750	0,405	6,95	0,857
18	0,490	1,27	0,574	0,469	1,81	0.643	0,449	2,93	0,730	0,428	6,51	0,844
16	0,529	1,16	0,545	0,505	1,66	0,615	0,481	2,70	0,706	0,456	6,05	0,828
14	0,580	1,04	0.512	0,551	1,50	0,583	0,522	2,46	0,677	0,492	5,53	0,808
12	0,646	0,92	0,474	0,611	1,33	0,545	0,575	2,22	0,643	0,536	5,03	0,783
10	0,737	0,79	0,429	0,693	1,15	0,500	0,646	1,94	0.600	0,596	4,47	0,750

Tabellen er beregnet paa Regnestok.

	1200			1150			1100			1050			1000			950			900			850		
	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β
60	0,301	0,323	0,429	0,298	0,341	0,439	0,295	0,362	0,450	0,292	0,384	0,462	0,289	0,410	0,474	0,286	0,440	0,486	0,283	0,471	0,500	0,280	0,508	0,514
58	0,309	0,314	0,421	0,306	0,332	0,431	0,303	0,352	0,442	0,299	0,374	0,453	0,296	0,399	0,465	0,293	0,428	0,478	0,290	0,459	0,492	0,287	0,495	0,506
56	0,318	0,305	0,412	0,314	0,322	0,422	0,311	0,342	0,433	0,307	0,363	0,444	0,303	0,387	0,457	0,300	0,416	0,469	0,297	0,446	0,483	0,294	0,481	0,497
54	0,326	0,296	0,403	0,322	0,312	0,413	0,319	0,332	0,424	0,315	0,353	0,435	0,311	0,376	0,448	0,308	0,404	0,460	0,304	0,433	0,473	0,301	0,468	0,488
52	0,335	0,287	0,394	0,331	0,303	0,404	0,328	0,322	0,415	0,324	0,342	0,426	0,320	0,364	0,438	0,317	0,392	0,451	0,313	0,420	0,464	0,309	0,454	0,479
50	0,345	0,277	0,385	0,341	0,293	0,395	0,338	0,311	0,406	0,334	0,331	0,417	0,330	0,352	0,429	0,326	0,379	0,441	0,322	0,407	0,455	0,318	0,439	0,469
48	0,355	0,268	0,375	0,352	0,283	0,385	0,348	0,300	0,396	0,344	0,320	0,407	0,340	0,341	0,419	0,336	0,366	0,431	0,332	0,393	0,444	0,328	0,423	0,459
46	0,367	0,258	0,365	0,364	0,273	0,375	0,360	0,289	0,386	0,355	0,309	0,397	0,351	0,330	0,408	0,347	0,353	0,421	0,342	0,379	0,434	0,338	0,408	0,448
44	0,380	0,248	0,355	0,377	0,263	0,365	0,372	0,279	0,375	0,368	0,298	0,386	0,363	0,318	0,398	0,358	0,340	0,410	0,353	0,365	0,423	0,348	0,393	0,437
42	0,394	0,238	0,344	0,390	0,252	0,354	0,385	0,268	0,364	0,381	0,286	0,375	0,376	0,305	0,387	0,371	0,327	0,399	0,366	0,351	0,412	0,361	0,378	0,426
40	0,411	0,228	0,333	0,405	0,242	0,343	0,400	0,258	0,353	0,395	0,275	0,364	0,390	0,293	0,375	0,385	0,314	0,387	0,380	0,337	0,400	0,374	0,363	0,414
38	0,428	0,218	0,322	0,423	0,232	0,331	0,417	0,248	0,342	0,411	0,264	0,352	0,406	0,280	0,363	0,401	0,300	0,375	0,395	0,323	0,388	0,389	0,349	0,401
36	0,447	0,208	0,310	0,441	0,221	0,320	0,435	0,236	0,330	0,429	0,251	0,340	0,423	0,267	0,351	0,417	0,286	0,362	0,411	0,308	0,375	0,405	0,333	0,388
34	0,468	0,198	0,298	0,462	0,210	0,307	0,456	0,224	0,317	0,450	0,238	0,327	0,443	0,254	0,338	0,437	0,272	0,349	0,430	0,293	0,362	0,423	0,318	0,375
32	0,492	0,188	0,286	0,486	0,199	0,294	0,480	0,211	0,304	0,473	0,225	0,314	0,464	0,242	0,324	0,459	0,258	0,336	0,452	0,279	0,347	0,443	0,301	0,361
30	0,519	0,177	0,273	0,512	0,188	0,281	0,504	0,199	0,290	0,497	0,213	0,300	0,490	0,228	0,310	0,483	0,244	0,321	0,475	0,264	0,333	0,467	0,285	0,346
28	0,550	0,166	0,259	0,542	0,176	0,268	0,534	0,188	0,276	0,526	0,201	0,286	0,518	0,214	0,296	0,510	0,229	0,307	0,502	0,247	0,318	0,493	0,268	0,331
26	0,585	0,155	0,245	0,577	0,164	0,253	0,568	0,176	0,262	0,559	0,188	0,271	0,550	0,200	0,281	0,541	0,215	0,291	0,532	0,232	0,302	0,523	0,251	0,315
24	0,626	0,144	0,231	0,617	0,153	0,238	0,607	0,163	0,247	0,597	0,175	0,255	0,588	0,187	0,265	0,577	0,200	0,275	0,567	0,216	0,286	0,558	0,234	0,298
22	0,674	0,133	0,216	0,664	0,141	0,223	0,654	0,151	0,231	0,643	0,162	0,239	0,632	0,173	0,248	0,621	0,185	0,258	0,610	0,200	0,268	0,599	0,217	0,280
20	0,732	0,122	0,200	0,721	0,130	0,207	0,709	0,138	0,214	0,698	0,148	0,222	0,686	0,159	0,231	0,673	0,170	0,240	0,660	0,184	0,250	0,648	0,199	0,261
18	0,802	0,110	0,184	0,790	0,118	0,190	0,777	0,126	0,197	0,764	0,136	0,205	0,750	0,145	0,213	0,736	0,154	0,221	0,723	0,167	0,231	0,701	0,181	0,241
16	0,891	0,098	0,167	0,876	0,106	0,173	0,861	0,114	0,179	0,846	0,122	0,186	0,832	0,130	0,194	0,815	0,138	0,202	0,798	0,150	0,210	0,781	0,162	0,220
14	1,004	0,087	0,149	0,989	0,093	0,154	0,972	0,100	0,160	0,951	0,107	0,167	0,935	0,115	0,174	0,919	0,122	0,181	0,898	0,132	0,189	0,880	0,143	0,197
12	1,156	0,075	0,130	1,135	0,080	0,135	1,111	0,086	0,141	1,091	0,092	0,146	1,071	0,099	0,153	1,051	0,106	0,159	1,029	0,114	0,167	1,007	0,124	0,175
10	1,368	0,063	0,111	1,344	0,067	0,115	1,318	0,072	0,120	1,293	0,077	0,125	1,267	0,083	0,131	1,240	0,089	0,136	1,213	0,096	0,143	1,184	0,105	0,150

	800			750			700			650			600			550			500			450		
	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β
60	0,276	0,549	0,530	0,273	0,595	0,545	0,270	0,652	0,563	0,267	0,715	0,581	0,264	0,792	0,600	0,261	0,884	0,621	0,257	0,991	0,643	0,253	1,125	0,667
58	0,283	0,535	0,521	0,280	0,580	0,537	0,276	0,634	0,554	0,273	0,697	0,572	0,270	0,772	0,592	0,267	0,861	0,613	0,263	0,967	0,633	0,259	1,099	0,659
56	0,290	0,520	0,512	0,287	0,565	0,528	0,283	0,616	0,545	0,280	0,679	0,564	0,276	0,751	0,583	0,273	0,838	0,604	0,269	0,942	0,627	0,265	1,072	0,651
54	0,297	0,506	0,503	0,294	0,549	0,519	0,290	0,599	0,536	0,286	0,660	0,555	0,282	0,731	0,574	0,279	0,815	0,596	0,275	0,916	0,618	0,271	1,044	0,643
52	0,306	0,491	0,494	0,302	0,533	0,510	0,298	0,582	0,527	0,294	0,641	0,545	0,290	0,710	0,565	0,286	0,792	0,586	0,282	0,890	0,609	0,277	1,015	0,634
50	0,314	0,475	0,484	0,310	0,517	0,500	0,306	0,565	0,517	0,302	0,621	0,536	0,298	0,688	0,556	0,293	0,769	0,577	0,288	0,863	0,600	0,284	0,985	0,625
48	0,323	0,459	0,474	0,319	0,500	0,490	0,315	0,547	0,507	0,310	0,601	0,526	0,306	0,666	0,545	0,301	0,744	0,567	0,297	0,837	0,590	0,292	0,958	0,615
46	0,333	0,443	0,463	0,329	0,483	0,479	0,324	0,529	0,496	0,319	0,581	0,515	0,314	0,644	0,535	0,310	0,720	0,556	0,305	0,811	0,580	0,300	0,929	0,605
44	0,344	0,427	0,452	0,339	0,466	0,468	0,334	0,510	0,485	0,329	0,561	0,504	0,324	0,622	0,524	0,319	0,696	0,545	0,314	0,785	0,569	0,308	0,896	0,595
42	0,356	0,411	0,441	0,351	0,449	0,457	0,346	0,492	0,474	0,340	0,540	0,492	0,335	0,599	0,512	0,330	0,672	0,534	0,324	0,758	0,558	0,318	0,865	0,583
40	0,368	0,394	0,429	0,363	0,432	0,444	0,358	0,474	0,462	0,352	0,519	0,480	0,346	0,576	0,500	0,341	0,647	0,522	0,335	0,731	0,545	0,329	0,834	0,571
38	0,383	0,378	0,416	0,377	0,413	0,432	0,370	0,454	0,449	0,366	0,497	0,467	0,357	0,554	0,487	0,353	0,621	0,509	0,345	0,704	0,533	0,340	0,802	0,559
36	0,399	0,362	0,403	0,393	0,395	0,419	0,386	0,434	0,435	0,380	0,475	0,454	0,371	0,532	0,473	0,367	0,595	0,495	0,358	0,674	0,519	0,353	0,770	0,545
34	0,417	0,345	0,389	0,410	0,376	0,405	0,402	0,413	0,421	0,396	0,454	0,440	0,386	0,509	0,459	0,382	0,568	0,481	0,372	0,646	0,505	0,366	0,736	0,531
32	0,436	0,327	0,375	0,429	0,357	0,390	0,421	0,392	0,407	0,414	0,432	0,425	0,404	0,484	0,444	0,398	0,540	0,466	0,390	0,615	0,490	0,382	0,702	0,516
30	0,459	0,309	0,360	0,451	0,338	0,375	0,443	0,371	0,391	0,434	0,410	0,409	0,425	0,457	0,429	0,417	0,512	0,450	0,409	0,590	0,474	0,400	0,667	0,500
28	0,484	0,291	0,344	0,476	0,318	0,359	0,467	0,350	0,375	0,457	0,386	0,393	0,449	0,430	0,412	0,439	0,484	0,433	0,430	0,552	0,457	0,420	0,630	0,483
26	0,513	0,273	0,328	0,504	0,299	0,342	0,495	0,328	0,358	0,484	0,362	0,375	0,475	0,403	0,394	0,464	0,455	0,415	0,453	0,516	0,438	0,443	0,592	0,464
24	0,547	0,255	0,310	0,536	0,279	0,324	0,526	0,306	0,340	0,515	0,338	0,356	0,504	0,377	0,375	0,493	0,425	0,396	0,481	0,482	0,419	0,469	0,555	0,444
22	0,586	0,236	0,292	0,575	0,258	0,305	0,564	0,283	0,320	0,552	0,314	0,337	0,540	0,349	0,355	0,527	0,395	0,375	0,514	0,450	0,398	0,500	0,516	0,423
20	0,635	0,217	0,273	0,622	0,237	0,286	0,609	0,260	0,300	0,595	0,289	0,316	0,582	0,322	0,333	0,567	0,363	0,353	0,554	0,412	0,375	0,537	0,478	0,400
18	0,694	0,198	0,252	0,679	0,216	0,265	0,664	0,237	0,278	0,648	0,264	0,294	0,633	0,295	0,310	0,617	0,331	0,330	0,600	0,375	0,351	0,582	0,438	0,375
16	0,766	0,177	0,231	0,750	0,193	0,242	0,732	0,213	0,255	0,714	0,237	0,270	0,695	0,266	0,286	0,677	0,298	0,304	0,657	0,337	0,324	0,642	0,396	0,347
14	0,859	0,156	0,208	0,840	0,171	0,219	0,820	0,189	0,231	0,798	0,210	0,244	0,777	0,235	0,259	0,754	0,265	0,276	0,733	0,298	0,296	0,709	0,352	0,318
12	0,983	0,135	0,184	0,959	0,149	0,194	0,935	0,164	0,205	0,910	0,182	0,217	0,885	0,203	0,231	0,859	0,231	0,247	0,830	0,258	0,265	0,803	0,306	0,286
10	1,159	0,114	0,158	1,128	0,125	0,167	1,098	0,138	0,176	1,068	0,154	0,188	1,035	0,171	0,200	1,002	0,197	0,214	0,970	0,219	0,231	0,935	0,260	0,250

	400			350			300			250			200			150			100			50		
	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β	c_1	c_2	β
60	0,250	1,300	0,692	0,247	1,525	0,720	0,243	1,825	0,750	0,240	2,250	0,783	0,237	2,90	0,818	0,233	4,00	0,857	0,230	6,20	0,900	0,227	12,90	0,947
58	0,255	1,267	0,685	0,252	1,491	0,713	0,248	1,785	0,744	0,245	2,210	0,777	0,242	2,84	0,813	0,238	3,91	0,853	0,234	6,08	0,897	0,231	12,66	0,946
56	0,261	1,235	0,677	0,257	1,456	0,706	0,253	1,740	0,737	0,250	2,160	0,771	0,246	2,78	0,808	0,242	3,83	0,849	0,238	5,96	0,894	0,235	12,42	0,944
54	0,267	1,203	0,669	0,263	1,420	0,698	0,259	1,695	0,730	0,255	2,110	0,764	0,251	2,72	0,802	0,247	3,75	0,844	0,243	5,84	0,890	0,240	12,17	0,942
52	0,273	1,170	0,661	0,269	1,380	0,690	0,264	1,650	0,722	0,260	2,050	0,757	0,256	2,66	0,796	0,252	3,67	0,839	0,248	5,72	0,886	0,244	11,92	0,940
50	0,280	1,137	0,652	0,275	1,340	0,682	0,270	1,605	0,714	0,266	1,995	0,750	0,262	2,59	0,789	0,258	3,58	0,833	0,253	5,59	0,882	0,249	11,66	0,937
48	0,287	1,105	0,643	0,282	1,301	0,673	0,277	1,560	0,706	0,273	1,945	0,742	0,268	2,53	0,783	0,264	3,50	0,828	0,259	5,46	0,878	0,254	11,40	0,935
46	0,295	1,070	0,633	0,290	1,262	0,663	0,285	1,520	0,697	0,280	1,880	0,734	0,275	2,46	0,775	0,270	3,40	0,821	0,265	5,32	0,873	0,260	11,14	0,932
44	0,303	1,035	0,623	0,298	1,222	0,653	0,293	1,480	0,688	0,287	1,830	0,725	0,282	2,39	0,767	0,276	3,31	0,815	0,271	5,18	0,868	0,266	10,88	0,929
42	0,312	1,000	0,612	0,307	1,182	0,643	0,301	1,435	0,677	0,295	1,775	0,716	0,290	2,32	0,759	0,284	3,21	0,808	0,278	5,04	0,863	0,272	10,60	0,926
40	0,322	0,966	0,600	0,316	1,142	0,632	0,310	1,390	0,667	0,304	1,715	0,706	0,298	2,24	0,750	0,292	3,11	0,800	0,286	4,90	0,857	0,280	10,32	0,923
38	0,334	0,931	0,588	0,327	1,100	0,619	0,321	1,334	0,655	0,314	1,655	0,695	0,308	2,16	0,740	0,301	3,01	0,792	0,294	4,75	0,851	0,287	10,02	0,919
36	0,346	0,895	0,574	0,339	1,058	0,607	0,332	1,280	0,643	0,325	1,600	0,684	0,318	2,08	0,730	0,310	2,91	0,783	0,303	4,39	0,844	0,295	9,72	0,915
34	0,359	0,855	0,560	0,352	1,012	0,593	0,344	1,226	0,630	0,336	1,530	0,671	0,328	2,00	0,718	0,320	2,81	0,773	0,312	4,43	0,836	0,304	9,42	0,911
32	0,374	0,815	0,545	0,366	0,966	0,578	0,358	1,172	0,615	0,349	1,470	0,658	0,341	1,92	0,706	0,332	2,70	0,762	0,323	4,27	0,828	0,314	9,10	0,906
30	0,391	0,775	0,530	0,382	0,919	0,563	0,373	1,114	0,600	0,364	1,405	0,643	0,355	1,84	0,692	0,345	2,59	0,750	0,335	4,10	0,818	0,325	8,77	0,900
28	0,410	0,735	0,512	0,400	0,871	0,545	0,389	1,056	0,583	0,379	1,330	0,627	0,369	1,75	0,677	0,359	2,47	0,737	0,348	3,93	0,808	0,337	8,43	0,894
26	0,432	0,693	0,494	0,421	0,823	0,527	0,410	0,999	0,565	0,398	1,260	0,609	0,386	1,66	0,661	0,374	2,34	0,722	0,363	3,75	0,796	0,351	8,07	0,886
24	0,457	0,650	0,474	0,445	0,775	0,507	0,432	0,940	0,545	0,419	1,185	0,590	0,406	1,57	0,643	0,392	2,21	0,706	0,379	3,57	0,783	0,366	7,70	0,878
22	0,487	0,605	0,452	0,473	0,722	0,485	0,459	0,879	0,524	0,444	1,110	0,569	0,429	1,47	0,623	0,414	2,08	0,688	0,399	3,38	0,767	0,384	7,33	0,868
20	0,522	0,559	0,429	0,506	0,668	0,462	0,490	0,816	0,500	0,474	1,030	0,545	0,457	1,37	0,600	0,440	1,95	0,667	0,423	3,16	0,750	0,405	6,95	0,857
18	0,565	0,512	0,403	0,547	0,612	0,435	0,528	0,750	0,473	0,509	0,950	0,519	0,490	1,27	0,574	0,469	1,81	0,643	0,449	2,93	0,730	0,428	6,51	0,844
16	0,616	0,463	0,375	0,596	0,555	0,407	0,575	0,682	0,444	0,552	0,865	0,490	0,529	1,16	0,545	0,505	1,66	0,615	0,481	2,70	0,706	0,456	6,05	0,828
14	0,685	0,412	0,344	0,660	0,496	0,375	0,635	0,610	0,412	0,607	0,776	0,456	0,580	1,04	0,512	0,551	1,50	0,583	0,522	2,46	0,677	0,492	5,53	0,808
12	0,773	0,360	0,310	0,744	0,433	0,340	0,713	0,535	0,375	0,680	0,683	0,419	0,646	0,92	0,474	0,611	1,33	0,545	0,575	2,22	0,643	0,536	5,03	0,783
10	0,897	0,306	0,273	0,861	0,370	0,300	0,822	0,456	0,333	0,781	0,586	0,375	0,737	0,79	0,429	0,693	1,15	0,500	0,646	1,94	0,600	0,596	4,47	0,750

Tabellen er beregnet paa Regnestok.