

Husbygningsteknisk kursus. S. 1 - 135

DIF

Lærebøger

Foredrag og diskussioner. Februar 1940

1940

Dette dokument udgør en del af et større dokument, der af hensyn til downloadtiden er opdelt i ét eller flere særskilte dokumenter. De(n) øvrige del(e) af dokumentet kan hentes i biblioteket på danskbyggeskik.dk og findes via søgefunktionen hertil.

DK 69
EX 1

DANSK INGENIØRFORENING

HUSBYGNINGSTEKNISK
KURSUS

FOREDRAG OG DISKUSSIONER

FEBRUAR 1940



MCMXL

DYVA & JEPPESENS BOGTRYKKERI AKTIESELSKAB
KØBENHAVN

UDK 69
ex.1

DANSK INGENIØRFORENING

TILHØRER
INSTITUT FOR BYGNINGER OG ENERGI
DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET
SKR. NR. + 0160457

HUSBYGNINGSTEKNISK
KURSUS

FOREDRAG OG DISKUSSIONER

FEBRUAR 1940



MCMXL

DYVA & JEPPESENS BOGTRYKKERI AKTIESELSKAB
KØBENHAVN

FORORD

Efter at der de 3 foregaaende Aar havde været afholdt »Vej- og kommunalteknisk Kursus«, fandt Bygningsingeniørgruppen det ønskeligt, at der i Aar blev afholdt et »Husbygningsteknisk Kursus«, hvorfor Gruppens Bestyrelse nedsatte et Udvalg til at tilrettelægge et saadant Kursus, idet den samtidig rettede Henvendelse til »Dansk Ingeniørforenings Entreprenørgruppe«, »Dansk Selskab for Bygningsstatik«, »Den hygiejnetekniske Sektion«, Foreningen af raadgivende Ingeniører«, »Maskiningeniørgruppen«, samt »Stads- og Havneingeniørforeningen« om at lade sig repræsentere i Udvalget.

Da man har fundet det ønskeligt, at Foredrag og Referat af Diskussioner udkom i Bogform udgivet af Dansk Ingeniørforening, har Bygningsingeniørgruppen overtaget den fornødne Garanti for Udgivelsen.

Samtidig med Udsendelsen bringer Kursusudvalget en Tak til Foredragsholderne, Deltagerne i Diskussionerne samt alle, der har medvirket til Gennemførelsen af dette Kursus og Bogens Udsendelse.

JENS JOHANSEN

Formand for Bygningsingeniørgruppen

INDHOLDSFORTEGNELSE OG PROGRAM

for

DET HUSBYGNINGSTEKNISKE KURSUS

5.—10. Februar 1940

<i>Mandag den 5.</i>	Side	<i>Onsdag den 7.</i>	Side
Kl. 13,00. Baneingeniør, cand. polyt. <i>O. Godskesen</i> : Byggegrundsundersøgelser	9	Kl. 9,00. Civilingeniør <i>H. Dührkop</i> : Plastisk Eftervirkning i Beton. En Redegørelse for hidtil udførte Forsøg og disses Resultater	103
Kl. 14,30. Civilingeniør, Dr. techn. <i>Erik V. Meyer</i> : Overfladebehandling af Beton med særligt Henblik paa Facader	23	Kl. 10,30. Civilingeniør <i>A. J. Moe</i> : Revner i Jernbetonhuse	121
Mødeleder: Civilingeniør <i>Jens Johansen</i> , Referent: Civilingeniør <i>Otto Christensen</i> .		Mødeleder: Overingeniør, cand. polyt. <i>Knud Rasmussen</i> , Referent: Civilingeniør <i>Ernst Jensen</i> .	
<i>Tirsdag den 6.</i>		Kl. 14,30. Professor, Civilingeniør <i>E. Suenson</i> : Husbygningstekniske Fejl	136
Kl. 9,00. Civilingeniør <i>V. L. Jordan</i> : Lyddæmpning og Akustik i Beboelses- og Kontorbygninger	39	Mødeleder: Civilingeniør <i>P. Kerrn-Jespersen</i> , Referent: Civilingeniør, Dr. techn. <i>Erik V. Meyer</i> .	
Kl. 10,30. Civilingeniør <i>Aage Jacobsen</i> : Oversigt over den praktiske Udførelse af Lydisolering i Beboelses- og Kontorbygninger	55	Kl. 20,00. Møde i Dansk Ingeniørenings Bygningsingeniørgruppe. Civilingeniør <i>Viggo Sthyr</i> : Beton til Husbygning	164
Mødeleder: Professor, Civilingeniør, Dr. techn. <i>C. Nøkkentved</i> , Referent: Civilingeniør <i>H. M. Brinkløv</i> .		Efter Foredraget kammeratligt Samvær.	
Kl. 14,30. Civilingeniør <i>Niels Steensen</i> : Etageadskillelser med særligt Henblik paa Beboelses- og Kontorbygninger	79	Mødeleder: Civilingeniør <i>Jens Johansen</i> .	
Mødeleder: Civilingeniør <i>A. J. Moe</i> , Referent: Civilingeniør <i>W. R. Simonsen</i> .		<i>Torsdag den 8.</i>	
		Kl. 10,30. Civilingeniør <i>A. E. Nielsen</i> : Ventilationsproblemet i Beboelses- og Kontorbygninger	174

	Side		Side
Mødeleder: Driftsingeniør, cand. polyt. <i>S. Ringsted</i> , Referent: Civilingeniør <i>H. Moldow</i> .		Kl. 14,30. Civilingeniør <i>O. G. Posselt</i> : Varmeisolering af Vægge og Tagkonstruktioner	256
Kl. 14,30. Direktør <i>F. C. Boldsen</i> : Bolighyggeriet. Dets finansielle og sociale Forhold	190	Mødeleder: Civilingeniør <i>H. M. Brinkløv</i> , Referent: Civilingeniør, Dr. techn. <i>Erik V. Meyer</i> .	
Mødeleder: Stadsingeniør, cand. polyt. <i>A. T. Jørgensen</i> .		<i>Lørdag den 10.</i>	
<i>Fredag den 9.</i>		Kl. 9,00. Civilingeniør <i>S. A. Andersen</i> : Køleanlæg i Beboelses- og Forretningsejendomme	276
Kl. 9,00. Civilingeniør <i>Hj. Pedersen</i> : Elektriske Installationer med særligt Henblik paa Beboelses- og Kontorbygninger	225	Kl. 11,00. Civilingeniør <i>C. T. Winkel</i> : Fremvisning af Filmen »Grundforstærkninger med Megapæle«, ledsaget af en kort Redegørelse	289
Kl. 11,00. Civilingeniør <i>Poul L. Thonning</i> : Telefonanlæg i Bygninger	246	Mødeleder: Driftsingeniør, cand. polyt. <i>S. Ringsted</i> .	
Mødeleder: Overingeniør, cand. polyt. <i>P. V. Christensen</i> , Referent: Civilingeniør <i>H. Kromann Kristensen</i> .		Kl. 14,00. Besøg paa Radiofonbygningen i Rosenørns Allé	291

KURSUSUDVALG

Civilingeniør *H. M. Brinkløv*, Bygningsingeniørgruppens Bestyrelse.
 Overingeniør, cand. polyt. *Carl Bruun*, Den hygiejnetekniske Sektion.
 Civilingeniør *S. Friis*, Elektroingeniørgruppens Bestyrelse.
 Civilingeniør *Jens Johansen*, Bygningsingeniørgruppens Formand.
 Stadsingeniør, cand. polyt. *A. T. Jørgensen*, Stads- og Havneingeniørforeningens Bestyrelse.
 Civilingeniør *P. Kerrn-Jespersen*, Dansk Ingeniørforenings Entreprenørgruppe og Bygningsingeniørgruppen.
 Civilingeniør *A. J. Moe*, Foreningen af raadgivende Ingeniører.
 Professor, Civilingeniør, Dr. techn. *C. Nøkkentved*, Dansk Selskab for Bygningsstatik.
 Overingeniør, cand. polyt. *Knud Rasmussen*, Bygningsingeniørgruppens Bestyrelse.
 Driftsingeniør, cand. polyt. *S. Ringsted*, Formand for Maskiningeniørgruppen.

UDGIVELSEN OG REDAKTIONEN

forestaaet af

Civilingeniørerne *Jens Johansen* og *P. Kerrn-Jespersen*.

KURSUSDELTAGERE

Civilingeniør <i>G. Gottschalck Andersen</i>	Civilingeniør <i>V. B. Fogtmann</i>
Kommuneingeniør, cand. polyt. <i>H. C. Bache</i>	Civilingeniør <i>A. Gade</i>
Civilingeniør <i>G. Bolet</i>	Civilingeniør <i>S. Garfunkel</i>
Civilingeniør <i>Per Brask</i>	Civilingeniør <i>Folmer Genefke</i>
Civilingeniør <i>Stein Christensen</i>	Civilingeniør <i>R. Genefke</i>
Civilingeniør <i>H. Crone</i>	Gentofte Kommune (3 Kort)
Civilingeniør <i>B. Dehlholm</i>	Civilingeniør <i>O. Gerdil</i>
Civilingeniør <i>Otto van Deurs</i>	Civilingeniør <i>Børge Gerstenberg</i>
Civilingeniør <i>B. Egidiusen</i>	Civilingeniør <i>F. A. Grimsehl</i>
	Civilingeniør <i>H. R. Leth Hansen</i>

Civilingeniør *Knud Hansen*
 Civilingeniør *K. Hanghøj*
 Civilingeniør *O. Haxen*
 Civilingeniør *Hans Heister*
 Civilingeniør *F. E. H. Hemer*
 Civilingeniør *H. Holle*
 Civilingeniør *J. Hostrup-Schultz*
 Ingeniørfirmaet *Højgaard & Schultz*
 Civilingeniør *Niels Høj*
 Civilingeniør *G. K. Jensen*
 Ingeniørfirmaet *A. Jespersen & Søn*
 (4 Kort)
 Civilingeniør *O. P. Jørgensen*
 Civilingeniør *H. Kall*
 Ingeniørfirmaet *Kampsax* (4 Kort)
 Civilingeniør *P. Kerrn-Jespersen*
 Civilingeniør *J. Koch*
 Civilingeniør *Povl Kornerup*
 Civilingeniør *A. K. Krog*
 Civilingeniør *E. O. Lage*
 Civilingeniør *H. E. L. Larsen*
 Civilingeniør *Janus Larsen*
 Civilingeniør *Søren Larsen*
 Ingeniørfirmaet *Larsen & Nielsen*
 Stadsingeniør, cand. polyt.
Aage Lauesen
 Civilingeniør *J. A. Laursen*
 Civilingeniør *A. Louis-Hansen*
 Civilingeniør *P. E. Lyshøj-Sørensen*
 Civilingeniør *K. M. Maarbjerg*
 Civilingeniør *Poul Madsen*
 Civilingeniør *N. J. Manniche*
 Civilingeniør *B. Meisner-Jensen*
 Civilingeniør *H. U. Meyer*
 Civilingeniør *A. J. Moe*
 Civilingeniør *H. Moldow*
 Civilingeniør *Poul Nyholm Møller*
 Civilingeniør *Axel Nielsen*
 Civilingeniør *Frede Nielsen*
 Civilingeniør *N. B. Nielsen*
 Civilingeniør *Svend Nielsen*

Civilingeniør *Erik Nilou*
 Civilingeniør *E. B. Nimskov*
 Nordsjællands Elektricitets og
 Sporvejs Aktieselskab
 Civilingeniør *E. Esmark Olsen*
 Overingeniør, cand. polyt. *E. Park*
 Civilingeniør *H. Paulli*
 Civilingeniør *Gösta Pedersen*
 Civilingeniør *L. Perregaard*
 Civilingeniør *A. Høj Petersen*
 Civilingeniør *Severin Petersen*
 Civilingeniør *P. K. Plinius*
 Civilingeniør *Eigil Poulsen*
 Civilingeniør *J. Ramhøj*
 Civilingeniør *Svend Reimers*
 Civilingeniør *N. C. Ring*
 Driftsingeniør, cand. polyt. *S. Ringsted*
 Afdelingsingeniør, cand. polyt.
C. Rømhild
 Civilingeniør *Carl Rønneberg*
 Ingeniørfirmaet *Saabye & Lerche*
 Civilingeniør *H. Salmark*
 Civilingeniør *Erik Schledermann*
 Civilingeniør *E. J. v. Schilling*
 Civilingeniør *O. H. Schmidt*
 Direktør, Civilingeniør *A. Schou*
 Civilingeniør *Ove Schrøder*
 Civilingeniør *K. O. V. Seidler*
 Civilingeniør *C. V. Smith-Hansen*
 Stadsarkitektens Direktorat, Køben-
 havn (8 Kort)
 Stadsingeniørens Direktorat, Køben-
 havn (3 Kort)
 Civilingeniør *Viggo Steenstrup*
 Civilingeniør *W. Syndergaard*
 Civilingeniør *V. Sthyr*
 Civilingeniør *J. K. Sørensen*
 Civilingeniør *H. J. Terpøger*
 Civilingeniør *Axel Trane*
 Civilingeniør *K. Vind*

BYGGEGRUNDSUNDERSØGELSER

Af Baneingeniør, cand. polyt. *O. Godskesen.*

Fundering og Byggegrund har vi jo alle Forstand paa, — og dog! Byggegrundsundersøgelser er et stort Fag for sig selv, mangeartet og omfattende.

Den *faktiske* Sikkerhed imod utilladelige Sætninger af et Fundament er i Reglen ikke kendt med nogen videre Nøjagtighed, idet Jordbundens Styrkeegenskaber er langt mere varierende — og langt vanskeligere at kontrollere — end det ellers er Tilfældet, f. Eks. med fabrikmæssigt fremstillede Bygningsmaterialer.

Denne Usikkerhed i Forbindelse med Skrækken for de Skader, som kan ske ved en enkelt Fejlfundering under uventet uheldige Forhold, medfører let, at talrige andre Funderinger bliver udført med alt for stor Sikkerhed — d. v. s. de bliver overflødig dyre!

Den rette *Balance mellem Sikkerhed og Sparsommelighed* ved Fundering kan kun opnaas, hvis Byggegrundens Egenskaber i Tide er nøje undersøgt, saaledes at Bygværket kan blive projekteret under *rigtige* Forudsætninger, — d. v. s. hverken dumdrigt eller ødselt!

Talrige Bygningsskader skyldes for svag Fundering, medens Skader paa Grund af for svag Overbygning er sjældne.

Dette passer godt med, at man kan træffe Byggeautoriteter, som med stor Iver sørger for, at Jernbetonberegninger o. lign. bliver fejlfrie, og at Murtykkelser bliver forøget (selv om Sikkerheden mod Brud ved Overbelastning derved bliver urimelig stor), men hvis Interesse for Byggegrundens faktiske Bæreevne er rent formel.

Saaledes projekterede Foredragsholderen for mange Aar siden en Skorsten, som skulde være omtrent 1½ Gang saa høj, som den gamle Skorsten, hvis Fundament skulde genanvendes. Beregningerne blev godkendt »under Forudsætning af, at Skorstensfundamentet staar paa god, fast Bund.«

Dengang var Foredragsholderen fuldstændig uvidende om Problemet Byggegrunds Fasthed og havde næppe nogensinde haft en jord-

fugtig Lerprøve i Haanden, men han fik gravet et Hul ved Fundamentet og følte paa Byggegrunden, som syntes at være temmelig fast, og dermed var den Side af Sagen i Orden. — Metoden kan ikke anbefales!

De fleste Civilingeniører bliver før eller senere tilkaldt for at godkende en Byggegrube, men hvormange nye Kandidater har prøvet at føle paa fugtigt Ler?

En af Foredragsholderens Kolleger fik til sin Eksamen i Geologi forelagt et Prøvestykke indeholdende afrundede Sten. Han sagde, at det var et Konglomerat, men det var galt. Det var indtørret Moræneler — saa tørt og fast, som det kun forekommer paa et Museum!

Byggegrundens Fasthed bør undersøges talmæssigt og paa et saa tidligt Tidspunkt, at Resultaterne kan nyttiggøres under Projekteringen. Alt for ofte er et Bygværks Plads, Art og Vægt allerede bestemt, inden Byggegrundens særlige Egenskaber eller Mangler bliver bekendt.

Kravene til Byggegrundens Fasthed bør være langt strengere under »sætningsfølsomme« Bygværker, end under »sætningstaalende« Bygværker.

Da man ikke altid kan skaffe tilstrækkelig fast Byggegrund ved en mindre Fordybning af Fundamenterne, bør man ved meget »sætningsfølsomme« Bygværker regne med Pæle eller med et lavere tilladeligt Tryk paa Byggegrunden, end ved almindelige »sætningstaalende« Huse. Besparelsen ved at bygge udvendigt statisk ubestemt *kan* derfor bero paa et Selvbedrag — i alt Fald, hvis Fundamenternes Eftergiven ikke er nøje bekendt!

Almindelige Murstenshuse taaler betydelige Sætninger. Saaledes er Hovedbygningen paa Oslo Ø Jernbanestation sunket saa meget, at Kældervinduerne er forsvundet i den ene Ende af Bygningen, og i Shanghai regner man med, at høje Huse sætter sig 1 m, medens Villaer »kun« sætter sig 1 Fod!

I Lysbilleder vistest Tid-Sætningskurver for to berømte udenlandske Funderingstilfælde:

¹⁾ Det skæve Taarn i Pisa, hvis Skævhed nu kun vokser med 1 mm aarligt, og hvis Sætning i Løbet af 700 Aar har været max. 3,2 m og min. 1,6 m (paa Grund af blødt Ler under et fast Sandlag) samt

²⁾ Mexicos National Teater, som har sat sig 1,7 m i Løbet af 12 Aar.

I begge Tilfælde synes Sætningskurverne at nærme sig til skraa Assymptoter, — d. v. s. Sætningerne ophører ikke, men nærmer sig til en konstant Værdi pr. Aar.

¹⁾ Terzaghi: Bauing. 5. Januar 1934.

²⁾ Prentis & White: Underpinning.

Alle de følgende Eksempler, hvoraf mange blev illustreret med Lysbilleder, som ikke er medtaget her, var hentet lige ud af dansk Praksis.

Dansk Byggegrund er ofte god men i Reglen meget varierende, idet Jordarter med saare forskellig Fasthed er blevet skubbet afsted af Indlandsisen i Istiden og tilsidst efterladt i »sjuksket« Uorden, da Isen smeltede.

Selv i en lille Byggegrube kan man ind imellem meget fast Jord finde Partier med ganske ringe Fasthed.

Husbygningsnormernes Angivelser af tilladelige Tryk paa Byggegrunden kan derfor kun være grove Tilnærmelser!

De gammeldags Boringer med Snegl eller lignende giver Oplysning om Jordens Farve og Sandindhold, samt *maaske* om Boremesterens personlige Indtryk af Byggegrundens Fasthed — men det er ikke nok!

Man kan ikke nøjes med at faa at vide, at en Mand (hvis Interesse for stor Sikkerhed eller for størst mulig Økonomi maaske er ubekendt) synes, at Byggegrunden er »saa temmelig, nogenlunde fast«. *Man maa have et Tal for Fastheden* — uafhængigt af, hvem der udfører Boringen!

I udenlandske Tidsskrifter findes ofte Beretninger om store og fine Byggegrundsundersøgelser, hvorved en Mængde videnskabelige Oplysninger og Talværdier er opnaaet, men det er ikke altid de anvendte Penge og den anvendte Tid, som er afgørende!

Siden Foredragsholderen i 1927 blev Byggegrundsspecialist har han stadigt (i alt Fald ved alle indledende Undersøgelser) anvendt Fasthedsboringer med »belastet Spidsbor«³⁾, uden Optagning af Jordprøver. Børespidsen er 25 × 25 mm og Belastningen 100 kg.

Det belastede Spidsbor har den Fordel, at Borets Nedsynknings-hastighed er ganske uafhængig af Boremesterens personlige Mening, thi han skal blot maale og notere Spidsens Dybde, hver Gang Boret er drejet 25 halve Omdrejninger. Det lyder simpelt, men det viser sig dog, at det ikke er let at faa Boringerne godt udført!

Paa de Steder og i de Dybder, hvor Spidsboringerne ikke har givet tilstrækkelige Oplysninger, optages Jordprøver til nærmere Undersøgelse.

Ofte har de ret billige Spidsboringer skaffet flere, rigtigere og nyttigere Oplysninger, end dyre Jordprøveoptagninger med tilhørende indgaaende Laboratorieundersøgelser (bl. a. fordi ikke alle Jordarter taaler Forsendelse); ligesom det i mange Tilfælde har vist sig, at Spids-

³⁾ O. Godskesen: »Ingeniøren« 1. August 1936 og Intern. Conf. on Soil Mechanic and Found. Eng. Harvard 1936, Vol. I, p. 311 and Vol. III, p. 268.

boret havde Ret, selv om dets Resultater paa Forhaand maatte anses for ganske usandsynlige! Spidsboret er dog ikke et ufejlbarligt Trylleapparat, og selv kloge Civilingeniører kan have svært ved at bedømme Spidsboringsresultater. Til den rette Fortolkning kræves et Arkiv fuldt af tidligere Erfaringer og en betydelig Viden om Geoteknik og Fundering.

I løst lejret Grus gaar Spidsboret saaledes relativt let ned, skønt rent Grus maa anses for god Byggegrund. Ved en Fundering paa meget løst lejret, jydsk Hedefladegrus er maalt max-Sætningen 26 mm.

Begrebet »fast Bund« er meget ubestemt og ganske afhængig af, hvad man skal bruge den til.

Der er 3 Slags »fast Bund«:

1) Den almindelige faste Bund til direkte Fundering.

Den kender vi alle. Spidsboret synker før Udgravningen sjældent mere end 50 cm pr. 25 halve Omdrejninger.

2) Pælefast Bund er ganske anderledes modstandsdygtig og er vanskelig at bore i.

3) Dæmningsfast Bund er efter almindelig Sprogbrug temmelig blød, men dog ikke saa blød, at Dæmninger synker ned deri!

I Lysbilleder vistes Farvefotografier af nogle lave Huses meget primitive Fundering i ringe Dybde paa Muld og Murbrokker. Husene var ganske vist noget revnede, men de var brugbare og havde tjent deres Formaal i mange Aar. Man skal derfor ikke altid være for streng med Hensyn til Krav om dadelfri Fundering for mindre fremtrædende Bygninger.

Modsat skal man være forsigtig med at regne for sikkert med god Byggegrund, selv om alt paa Forhaand tyder paa udmærkede Funderingsforhold. Tilfyldte Mosehuller og gamle Opgravninger er ofte fundet paa de mest uventede Steder, og desuden kan Lerlag med ringe Bæreevne sommetider træffes under udmærket fast Moræne.

F. Eks. viste en Række Fasthedsboringer med belastet Spidsbor tæt ved en dyb Grusgrav i Nordsjælland, som ventet, udmærket fast Byggegrund, men i et enkelt Borehul sank Spidsboret i 2,5 m's Dybde pludseligt ned for Belastningen (100 kg) delvis uden Omdrejning (Fig. 1). Dette ganske uventet daarlige Resultat blev fuldstændigt bekræftet ved Jordprøveoptagning med \varnothing 200 mm »Stolpebor« og \varnothing 40 mm »Jordprøverør«⁴⁾. Under modstandsdygtige sandede Lag fandtes meget blødt, graagult, fedt, stenfrit Istidsler med Mjåla (Fjervægts-Kegle-Tal (Fjvk.) = 1,1 kg/10 mm og Forskydningsbrudstyrke $\tau = 0,24$ kg/cm², se nedenfor).

⁴⁾ O. Godskesen: Die Bautechnik, 8. Oktober 1937.

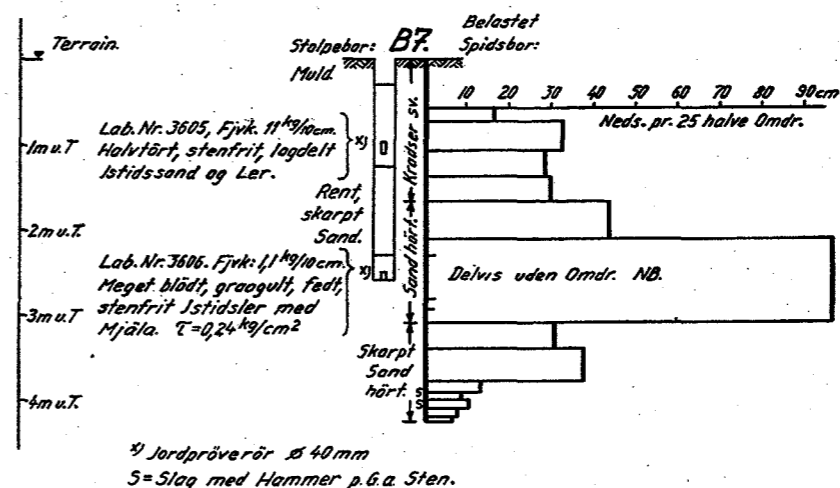


Fig. 1. Diagram af Fasthedsboring med »belastet Spidsbor« og Jordprøveoptagning med »Stolpebor« og »Jordprøverør«.

Fig. 2 viser en Del af Resultaterne af Foredragsholderens Undersøgelser som Skønsmand i en Retssag om en Villa, som var sunket stærkt, især efter at en nærliggende Kloak var anlagt. Byggegrunden bestod af blød, graa, dyndlignende Fjord-Ler med Skaller (Litorina-Ler med 12 % organisk Stof; Fjvk. ca. 1 kg/10 mm). Spidsboret sank uden Omdrejning for 50 à 75 kg til henvend 2 m under Fundament Underkant. Huset var ikke revnet ret meget, da Fundamenterne var armerede, men det nordøstlige Hushjørne var sunket 20 cm og den tilsluttende Gaardmur 45 cm mere end det sydvestlige Hjørne.

Villaejeren søgte Erstatning hos Kommunen, som havde anlagt Kloaken, idet han paa-stod, at der var løbet Flydesand bort under Villaen. Denne Paastand kunde ikke være rigtig,

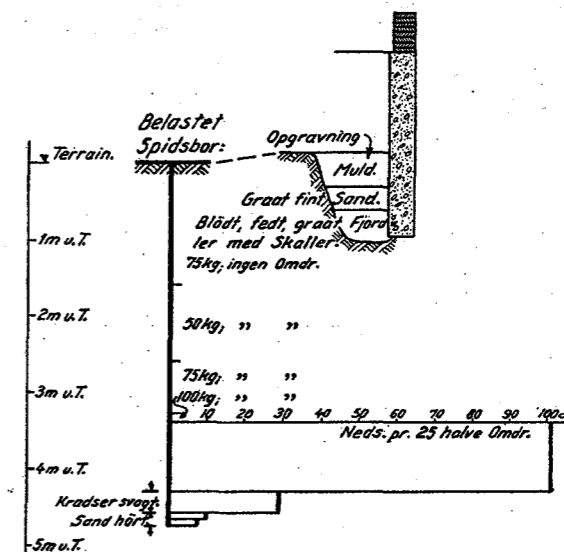


Fig. 2. Del af Byggegrundsundersøgellesplan vedrørende retsligt Skøn om et revnet Hus paa blødt Fjordler, som var sunket særlig meget paa Grund af Udtærring ved en Kloakgrav.

da Sandbunden viste sig at ligge langt under Kloakens Bund, og desuden stod Grundvandet lavere end Husets Overflade!

Den øverste Del af Fjord-Leret var ved Udtørring blevet meget fast (Fjvk: > 15 kg/10 mm), men samtidigt var i 20 à 35 cm Afstand opstaaet lodrette Revner 2 à 4 cm brede, d. v. s. ca. 10 % Svind. Det

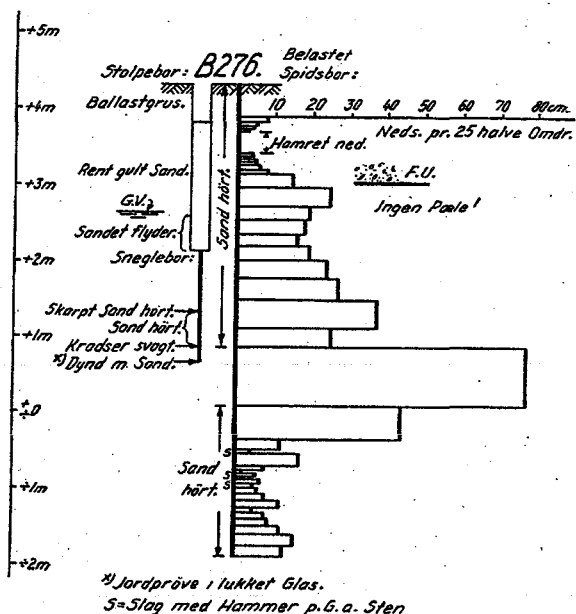


Fig. 3. Diagram for Spidsboring og Jordprøveoptagning i meget fast Fyld.

af Fyld kan være stor. Skønt der under Sandfylden fandtes sammenpresset Dynd, blev det paa Grundlag af de fine Spidsboringsresultater besluttet at spare de projekterede Pæle og at bygge det ret tunge Hus direkte paa Fylden. Funderingen har vist sig at være vellykket. Ogsaa i adskillige andre Tilfælde har det været muligt at spare paatænkte Pæle, fordi Spidsborets Nedsynkninger var mindre, end man maatte vente efter Jordens Art og Udseende.

I Reglen bør man dog ikke fundere paa Fyld eller Muld, — ellers risikerer man at faa Revner og skæve Døre ligesom paa Københavns gamle Raad- og Domhus, se Fig. 4.

Fig. 5 viser Resultatet af en Fasthedsboring med Spidsbor og en Opgravning ved en af de indvendige, sunkne Mure, hvis Kampestensfundament staar paa 0,5 m Muld; heri er Spidsboret gaet let ned, undtagen hvor det er stødt paa Sten. Under Muren er forsøgsvis ned-

maatte antages, at der i lodret Retning var sket et mindst lige saa stort Svind og en dertil svarende Synkning.

De særligt store Sætninger tæt ved Kloaken kunde ikke tilskrives selve Kloaken, som var helt omgivet af fedt, vandstandsende Fjord-Ler. Derimod maatte det antages, at Udtørring opefter var foregaaet lettere i den tilfyldte Rende, end i den omgivende, uforstyrret lagdelte Fjord-Ler.

Fig. 3 viser et Eksempel paa, at Fastheden

presset en »Megapæl«⁵⁾ af færdigstøbe, hule Jernbetonstykker af 60 cm Længde. Det ved Nedpresningen anvendte Dunkraft-Tryk er vist punkteret paa Fig. 5.

Sætningsskader tilskrives i Reglen daarlig Byggegrund, men ikke altid med Rette. Ved en københavnsk offentlig Nybygning indtraf saaledes en væsentlig Fundamentssætning, fordi Gravemaskinen havde gravet for dybt, og atter tilfyldt Fordybningen.

Ved en københavnsk Boligbygning væltede en lang Betonmur ved Afforskallingen og dræbte 2 Mand. Tværsnittet ses paa Fig. 6. Byggegrunden var fortræffelig, men Resultanten laa meget tæt

ved Fundamentets Forkant. Løs Jord og Brædestumper sad fast under Fundamentet, saaledes at Oprensningen maa antages at have været mangelfuld. Det er derfor kun rimeligt, at Muren væltede.

⁵⁾ »Ingeniøren« 25. September 1933.

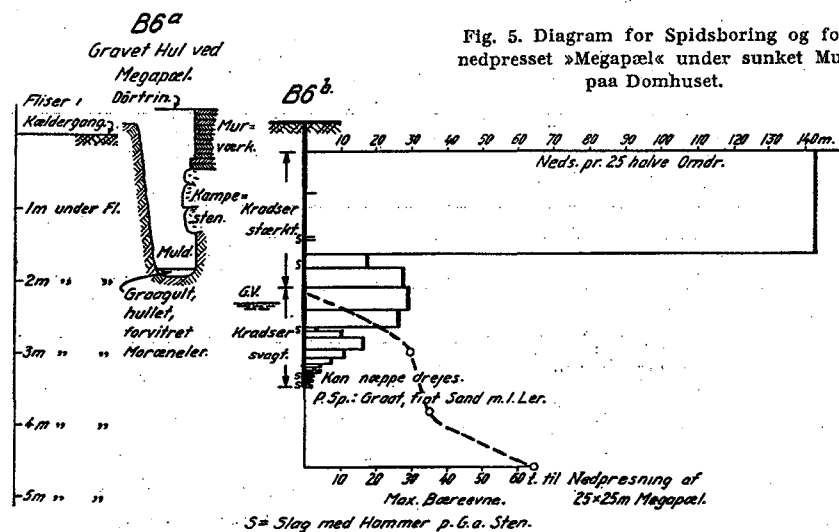


Fig. 5. Diagram for Spidsboring og for nedpresset »Megapæl« under sunket Mur paa Domhuset.

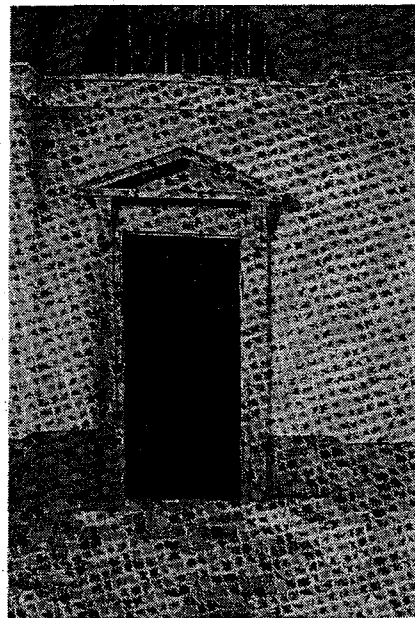


Fig. 4. Dør paa Københavns gamle Raad- og Domhus, skæv paa Grund af Fundamentsænkning.

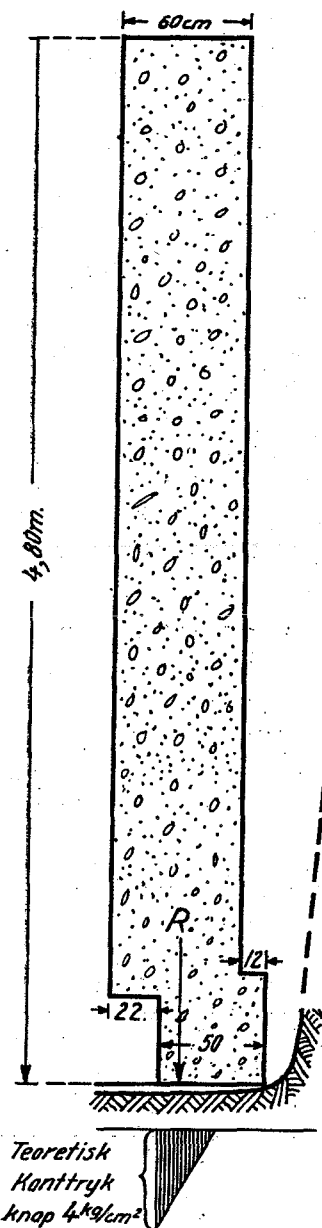


Fig. 6. Snit i Fundamentsmur, som væltede ved Afforskallingen.

Husbygningsnormerne tillader som bekendt et Kanttryk paa 1,5 Gange det tilladelige Tryk ved almindelig central Belastning af Byggegrunden. Nyere Undersøgelser har imidlertid vist, at Kanttrykket i Virkeligheden bliver omtrent Nul, — i alt Fald, naar Fundamentet staar ovenpaa Byggegrubens Bund (Den paa Fig. 6 viste spidse, teoretiske Trykfordeling er derfor meget virkelighedsfjern).

Det synes ganske ulogisk at regne med et forhøjet tilladeligt Kanttryk. Dette burde snarere være mindre end det almindelige Tryk paa Byggegrunden. De nye tyske Normer (DIN. E. 1054) tager et lille Skridt i den rigtige Retning ved at nedsætte den for Kanttryk tilladelige Overskridelse fra 50 % til 30 %.

I »Ingeniøren« 10. Oktober 1936 findes en Artikel: »Stabiliseringsarbejder ved Vanløse Kirke«, hvori en Række betydelige Revner (f. Eks. den paa Fig. 7 viste) og andre Skader bl. a. tilskrives »gyngende-Grund« (!), skønt Byggegrunden tilsyneladende var fast.

Af Frygt for, at lignende Skader skulde indtræffe ved en Del projekterede Støttemure o. lign. ved Ombygning af den nærliggende Jernbane, havde Foredragsholderen paa Statsbanernes Vegne opnaaet Tilladelse til at undersøge Byggegrunden ved Kirken.

Resultatet af Spidsboringer, Opgravning og Laboratorieundersøgelse af Lerprøver, sammenholdt med de af forskellige Firmaer tidligere foretagne Undersøgelser, var meget beroligende, idet Byggegrunden med enkelte Undtagelser maatte anses for vel egnet til Husbygning. Funderingsdybderne var delvis for

knebné, men Skaderne maatte dog især tilskrives de oprindeligt manglende Ankere til Optagelse af Hvælvingstryk og Vindsug samt utilstrækkelig Sidestivhed ($\frac{1}{3}$ af Normernes Vindtryk paa Kirkeskibet gav Byggegrunden et Kanttryk af 4 kg/cm², og Vindgitter manglede).

Naar man ønsker at vide, hvor mange t man kan paaregne pr. Pæl, er det naturligvis bedst at ramme en Prøvepæl og prøvebelaste den. Men det er meget billigere at udføre nogle Spidsboringer og sammenligne Spidsboringsdiagrammerne med Resultater fra Boringer for ældre Pæle, hvis Bæreevne er kendt.

Metoden benyttes næppe meget udenfor Danmark, og den blev ikke omtalt ved Foredragene paa paa det i Zürich afholdte »Erdbaukurs« Marts 1938.

I Norge har *Skaven Haug* med tilfredsstillende Nøjagtighed forudsagt Pælebæreevner i det bløde og bundløse, men regelmæssige, norske, mjålaholdige Ler ved Hjælp af Laboratorieundersøgelser, — men Metoden egner sig næppe for os. — Foredragsholderen havde efterhaanden samlet et saa stort Erfaringsmateriale om Spidsboringsforhold til Pælebæreevner, at han ofte (men ikke altid) havde kunnet projektere Pælelængder udelukkende paa Grundlag af Spidsboringsdiagrammer. Ved Pæleramning for en nylig opført Fabriksbygning, som ikke kunde taale Sætninger, havde de projekterede Længder saaledes passet omtrent fra Meter til Meter.

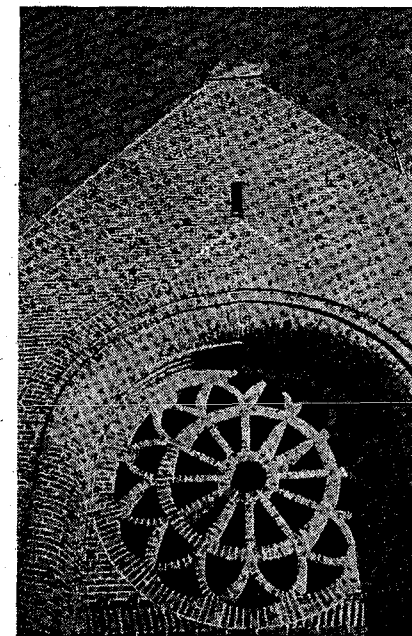


Fig. 7. Reparerede Revner i Vanløse Kirke.

Fig. 8 viser et Udsnit af nogle interessante Undersøgelser for en Fundering i Randers (Planen er efter »Die Bautechnik« gengivet i den udmærkede Lærebog: Brennecke-Lohmeyer: Der Grundbau, 5. Udgave).

Mellem ÷ 1 m og ÷ 3 m findes pælefast Bund, medens Tætheden er mindre nedefter. Prøveramningen viste, som ventet, at 6 m Pæle bar lige saa godt som 20 m Pæle!

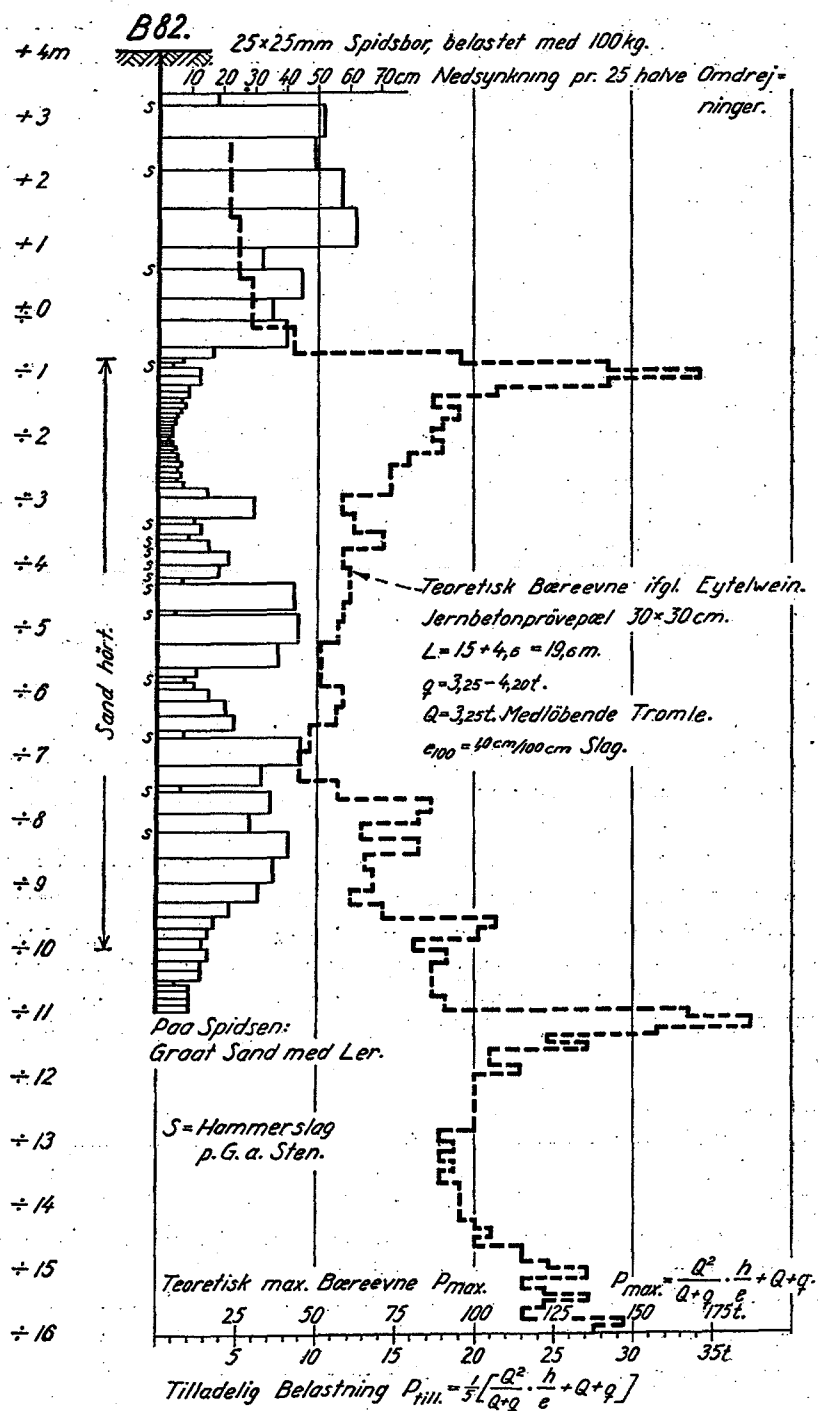


Fig. 8. Fathedsdiagram for Spidsboring og Bæreevnediagram for Jernbetonpæl i Randers.

Ved en nærliggende Motorremise opnaedes lignende Boreresultater, hvorfor man ved en Udvidelse (med Held) nøjedes med Pæle halvt saa lange som anvendt under den ældre Del af Bygningen.

Efter alle Lærebøger bærer en Pælegruppe forholdsvis daarliger end en enkelt Pæl.

Et Belastningsforsøg ved Aalborg Spritfabriker i 1925 gav dog det modsatte Resultat:

4 Pæle i Gruppe syntes at hjælpe hinanden, saaledes at Pælegruppens Bæreevne blev over 4 Gange saa stor, som en enkelt Pæls.

Dette Resultat passer godt med, at det ofte er vanskeligere at faa de sidste Pæle ned end de første.

I »Ingeniøren« 1. August 1936 findes Diagrammer for en Spidsboring og for Pæle ved N.E.S.A.'s Administrationsbygning, som oprindeligt var projekteret uden Pæle.

Endnu en Del Funderingseksempler blev omtalt bl. a. et Tilfælde med blødt Ler (Fjvk. 1,8 kg/10 mm) i et Højdedrag, som ellers bestod af fast Grus.

Pæle bærer godt, hvis de rammes ordentligt, og hvis Terrænet er i Ro før Ramningen. Ved nye Opfyldninger paa dyb, blød Bund synker Fylden derimod stadigt nedad og tager Pælene med, selv om disse er rammet godt, f. Eks. Aarhus Remise efter 1922^o).

Ved en Række danske Prøvebelastninger har det vist sig, at den faktiske Sikkerhed, som naas ved at ramme Pælene efter Normerne (Eytelwein, $n = 5$), har ligget mellem 2 og 10.

»Komprimering« af blød Byggegrund med korte Pæle er ret unyttig, da der skal lang Tid til at »vride« Vandet ud, saaledes at Jorden bliver fastere. Desuden medfører Knusningen og Omrøringen af Lerjorden muligvis, at denne bliver endnu blødere end før Pæleramningen.

Naar Spidsboringerne er færdige og Diagrammer optegnede paa Millimeterpapir, har man maaske Oplysninger nok.

- 1) Byggegrunden er maaske fortræffelig fast, saa at det er mindre væsentligt med Jordprøver, — bortset fra Faren for Flydejord, hvis Byggegruben skal være dyb.
- 2) Eller Byggegrunden er blød i saa stor Dybde, at der ikke kan være Tvivl om, at Pæle bliver billigst. Ogsaa i dette Tilfælde er Optagning af Jordprøver ofte overflødig Ulejlighed.

^o) Se ogsaa »Die Strasse« 1. November 1934.

3) Derimod bør Jordprøver optages i alle de tvivlsomme Tilfælde; dog ikke planløst ved alle Borehuller og i alle Dybder. Paa Spidsboringsdiagrammerne kan man finde de Steder og de Dybder, hvor man trænger til yderligere Oplysninger.

Man skal altsaa ikke optage mange Jordprøver, men til Gengæld skal Jordprøverne være store, gode og med *uforstyrret Struktur*.

Ifølge DIN 4021 kræves endogsaa anvendt Foringsrør med 14 cm Lysvidde, hvilket dog efter Foredragsholderens Mening er unødvendig kostbart.

I Laboratoriet kan man i tilstrækkelig gode, uskadte Jordprøver bestemme Kohæsion og Friktion f. Eks. med det Overklipningsapparat, som oprindeligt er angivet af Afdelingsingeniør ved de norske Statsbaner *Skaven Haug*, og som Foredragsholderen har ombygget til at arbejde med Normalkræfter af bekendt Størrelse, se Fig. 9.

Apparatet er beskrevet i *E. L. Mertz: »Geologiske Profiler gennem danske Sunde og Fjorde«*, D. G. U. II Række Nr. 60⁷⁾ samt i »Die Bau-technik«⁴⁾.

Paa Arbejdspladsen saa vel som i Laboratoriet kan en nem og hurtig Maaling af den relative Fasthed af Kohæsionsjord (især

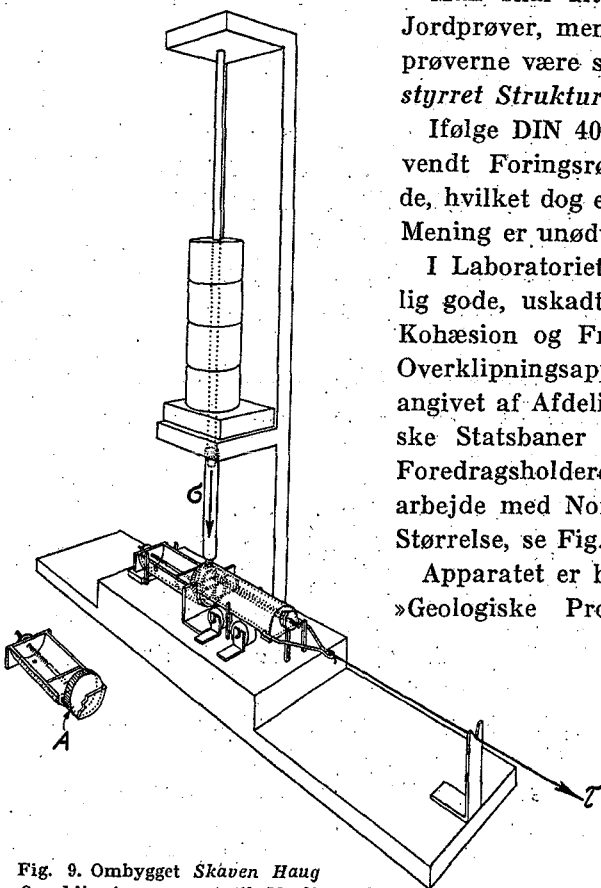


Fig. 9. Ombygget *Skaven Haug* Overklipningsapparat til Maaling af cylindriske Lerprøvestykkers Forskydnings-Brudspænding.

Ler og Dynd) udføres med Foredragsholderens *Fjervægts-Kegle* Fig. 10). *Fjv*k. (kg/10 mm) er den Kraft i kg, som er nødvendig til at presse den 60° Kegle 10 mm ind i Leret, se »Ingeniøren« 13. Juni 1936 og antagelig 15. Juni 1940.

Desuden bør Jordens Art og Indhold af Sand, Finsand, Mjåla, Ler o. s. v. bestemmes, ligesom geologisk Undersøgelse kan give nyttige Oplysninger, bl. a. om Lagenes Mægtighed og Rækkefølge.

⁷⁾ Anmeldt i »Ingeniøren« 28. Maj 1938.

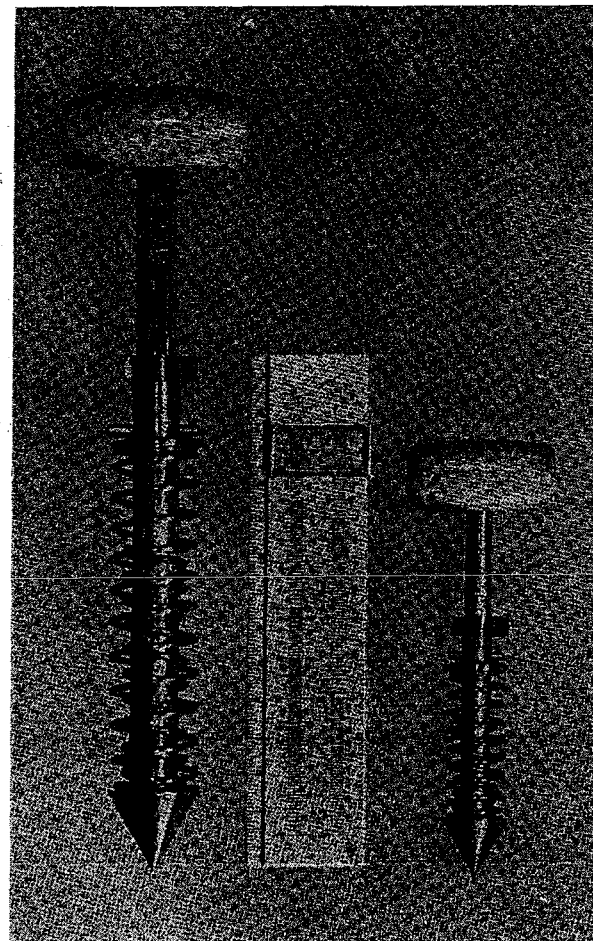


Fig. 10. Fjervægts-Kegler til Bestemmelse af Lers Fasthed. Almindelig gammel og lille ny Model.

Mange andre Jordegenskabs-Tal, som ikke her skal gennemgaas, kan have praktisk Betydning, men det fremgaar formentlig tydeligt af det allerede sagte, at det ikke mere er nødvendigt at nøjes med den gode, gamle Regel: »Naar Folkene sveder, er Byggegrunden fast!«

DISKUSSION

refereret ved Civilingeniør *Otto Christensen*.

Afdelingsingeniør, cand. polyt. *Smith-Hansen* udtalte, at han gerne vilde understrege de nye Metoders praktiske Brugbarhed.

I Samarbejde med Baneingeniør *Godskesen* havde han hos Stadsingeniøren i Aarhus indført de omtalte Metoder for 5—6 Aar siden, og derefter

brugt dem i stort Omfang (flere Hundrede Undersøgelser pr. Aar) med meget tilfredsstillende Resultater. Foruden ved Kommunens egne Byggeforetagender blev Metoderne benyttet til Bedømmelse af Funderingsforhold paa Kommunens Salgsgrunde. Byggegrundenes Salgspriser reguleredes efter Resultaterne fra disse Undersøgelser, og man kunde samtidig med Salget opgive Funderingsdybder og sandsynlige Pælelængder.

Det var meget ønskeligt, om det kunde lykkes at klarlægge de Undtagelsestilfælde, hvor Metoderne ikke gav praktisk rigtige Resultater.

Driftsingeniør, cand. polyt. Ringsted udtalte i Tilslutning til Foredragsholderens Omtale af det »skæve Taarn i Pisa«, at man paa Spritfabrikkerne i Aalborg havde haft et Taarn med ca. 1 m's Sætningsdifference.

OVERFLADEBEHANDLING AF BETON

MED SÆRLIGT HENBLIK PAA FACADER

Af Civilingeniør, Dr. techn. Erik V. Meyer.

I de sidste Aartier har Jernbeton fundet en stedse stigende Anvendelse til Husbygning, saaledes at Ingeniører og Arkitekter ofte staar over for Problemet Overfladebehandling af Beton — særlig med Henblik paa Façader, og jeg skal i det følgende forsøge at give en Oversigt over dette Spørgsmaal.

Overfladebehandling af Beton foretages enten af rent tekniske eller af æstetiske Grunde. Denne sidste Form for Overfladebehandling har ofte ogsaa et teknisk Formaal.

Den rent tekniske Overfladebehandling skal jeg kun ganske kort komme ind paa — den tilstræber enten at »lukke« Betonens Overflade mod uønsket Indtrængen af Vædske eller Luftarter — eller beskytte Betonen mod Stoffer — stærke Syrer, Mælkesyre, visse Olier o. s. v., som Betonen selv angribes af.

Vore Dages Betonteknik tillader uden Vanskelighed Fremstilling af tæt Beton, og dette er saaledes det mest hensigtsmæssige, hvor Vand, Olie o. l. ikke maa trænge igennem Betonen, og man opnaar ikke samme paalidelige Resultat ved at anvende en gennemsivelig Beton beskyttet med et Pudslag, selv om dette udføres omhyggeligt.

Drejer det sig om Stoffer, der angriber selve Betonen, er det ikke nok, at Betonen er tæt, den maa ogsaa beskyttes ved Imprægnering eller Bestrygning. Nogle Imprægneringsmidler forbinder sig kemisk med Cementen i Betonen, medens andre blot er udfyldende og overfladebeskyttende. Imprægneringsmidlernes Tal er legio — og jeg skal ikke her komme ind paa disse.

Det bliver altsaa den æstetiske Overfladebehandling — den, der i alt væsentligt sker af Hensyn til Udseendet, jeg vil fortælle lidt om i Dag.

Trangen til at forbedre Udseendet af en Betonflade afhænger baade af Fladens Udseende efter Støbningen og af Arbejdets Karakter. Til

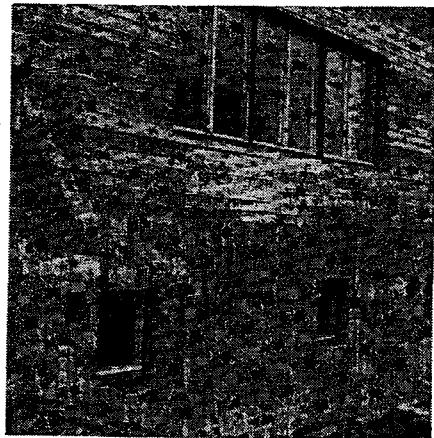


Fig. 1.



Fig. 2.

en Ydervæg i et Redskabsskur og en Ydervæg mod en Hovedgade stilles ikke samme Krav. Men Trangen afhænger ogsaa i høj Grad af Arbejdets Udførelse. Det paa Fig. 1 viste Arbejde vilde ikke kunne staa uden Overfladebehandling, hvad derimod den paa Fig. 2 viste Flade, støbt mod Jern-Lamelforskalling, strengt taget godt kunde — i hvert Fald nogle Steder.

Den i Fig. 3 viste Støttemur ved Vanløse Station staar i raa Beton.

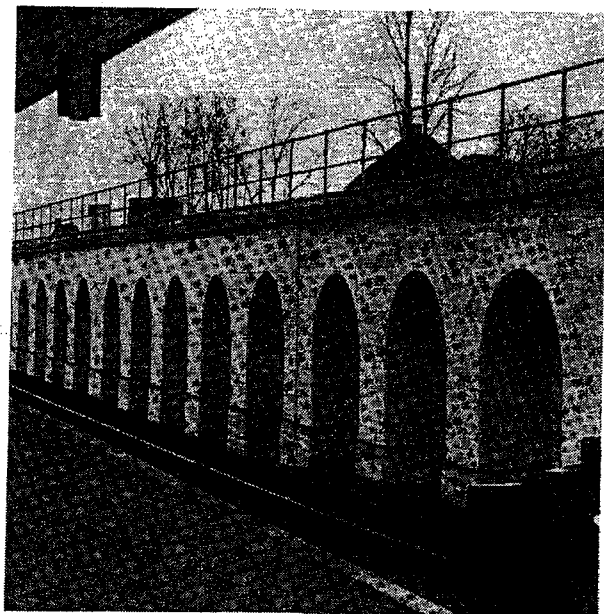


Fig. 3.

Forskallingen og Arbejdet er udført omhyggeligt, og der er sørget for, at intet nedsivende Overfladevand giver skæmmende Striber.

En raa Betonoverflade med et karakteristisk Udseende har man ogsaa paa Ørstedhus, hvor man har støbt mod smaabølget Jernforskalling. Overfladen, Fig. 4, er tilsyneladende fuldstændig vejrfast og har kun de betydningsløse og uundgaaelige — næppe synlige Vindridser.

Ved et Missionshus i Nørresundby er anvendt samme Forskalling — men Overfladen er bagefter svummet med gul Cement.

I mindre Stil anvender man Støbning mod meget glat Forskalling af Kobber, Gips, Glas o. s. v. for at faa en glat og tæt Overflade. Fliserne paa Fig. 5, beregnet til Brug ved et Svømmebassin, behøver saaledes ingen Overfladebehandling.

Man kan ogsaa faa selve Betonen som den blivende Overflade ved

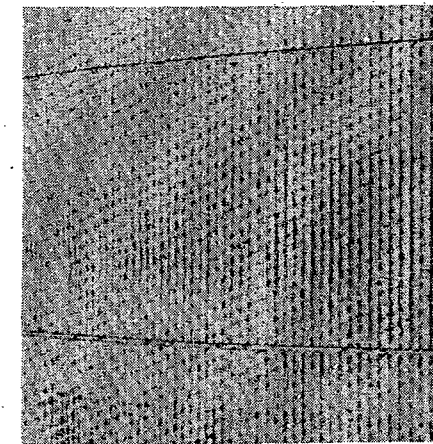


Fig. 4.

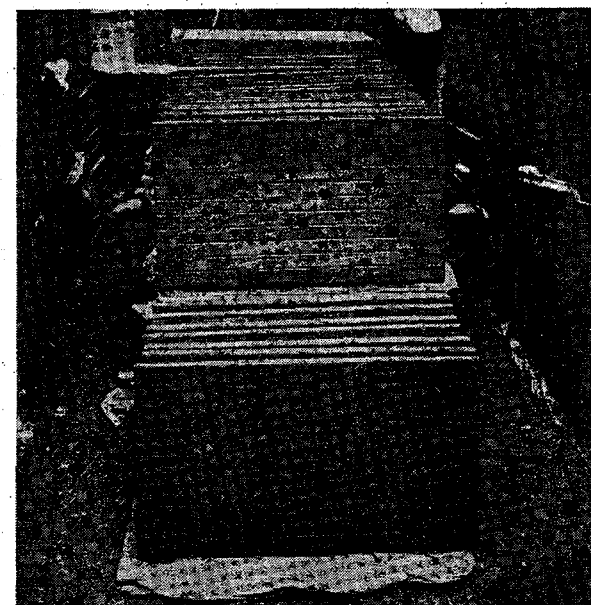


Fig. 5.

at ophugge Betonen, som paa Astoria, Fig. 6. Ligheden med Granit er aldeles forbløffende. Ogsaa Akademisk Kursus har Ydervægge af Beton ophugget paa denne Maade.

Fremstilling af en hensigtsmæssig *Overflade i Betongulve* er i mange Tilfælde en vigtig Opgave, der bedst løses ved at fremstille Betonen med god Kornsammensætning og temmelig ringe Vand-

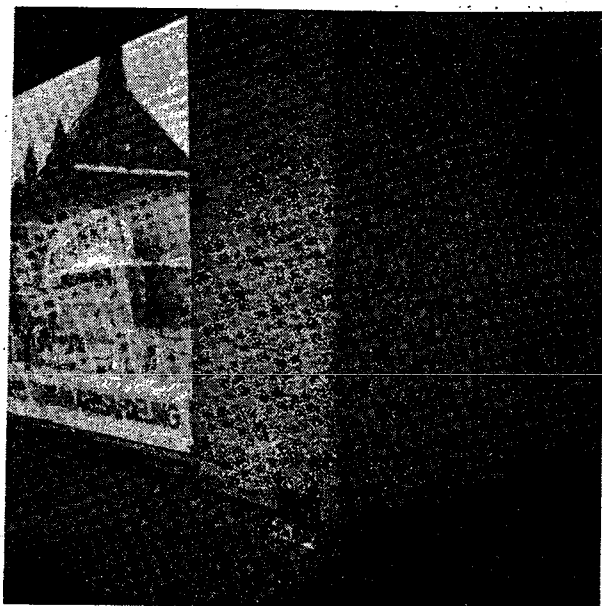
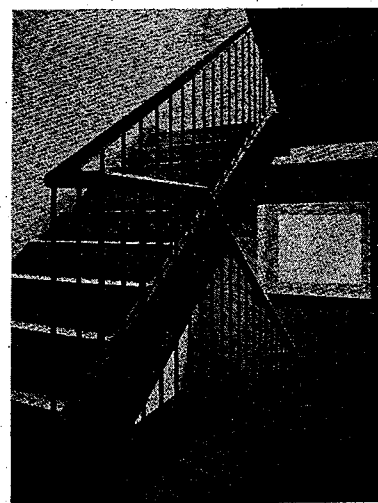


Fig. 6.

mængde og komprimere Betonen ved Vibrering og færdiggøre den i den ringe Mængde Cement-Vælling, der herved sættes tilvejs. Man kan i Almindelighed ikke faa stærkere Overflade paa Beton — undtagen ved Puds med særlig slidfaste Korn, saaledes at ekstra »Slidlag« paa Betongulve egentlig ogsaa nærmest har en æstetisk Karakter.

De vigtigste Overfladebehandlinger kommer ind under et af Omraaderne Svumning, Skuring, Pudsning eller Maling. Terrazzolægning, Flisebeklædning, Opsætning af Isoleringsplader o. l. kan næppe kaldes Overfladebehandling.

Svumning, en Overkostning med Cementvælling, er den simpleste Behandling. Jo større Krav der stilles til Udseendet, des bedre maa Betonens Overflade i Forvejen være. Før Svumningen maa Fladen gennemvædes, saa den suger saa lidt Vand som muligt fra Cementvællingen — men der maa ikke være blankt Vand — saa bliver Vedhængen daarlig.



KVÆM
JERNBETON-
TRAPPER
PATENT

Fabriksfærdige, lette, armerede Trin og Vanger.

Indmures ikke, men Løbene hviler paa Reposerne.

Tillader derfor tyndere Skaktvægge og giver mere Nytteareal.

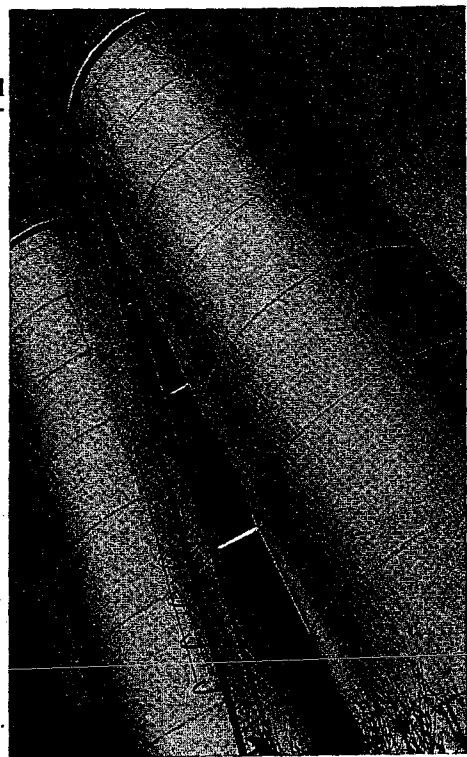
Udføres med Terrazzo-Slidlag eller for Belægning med Gummi eller Linoleum.

Opsætningen kan foretages af Fabriken. En 5-Etages Opgang opsættes paa ca. 3 Dage.

Talrige Referencer. (Se ogsaa H. F. B. 9, Side 91).

A/S HOTACO

Holbæk: Tlf. 1213 . Københavns-Kontoret: Tlf. C. 6913



STAALHUD

Rustbeskyttelsesfarve

er anvendt til Danmarks store Broer. Bedste Maling til Jernkonstruktioner af enhver Art. Blandt andre af vore Specialiteter fremhæves

CRECONTO *Cementmaling*

SANITON *mat Vægfarve*

S. DYRUP & CO. A/S

Svummevællingen tilberedes i Reglen af lige Dele Cement og fint Sand og saa meget Vand, at Konsistensen bliver passende for Paaføring med Kost. Blandingen maa ske omhyggeligt og Vællingen holdes i stadig Bevægelse for at undgaa, at Sandet bundfælder. En lille Kalktilsætning bruges af og til.

Den svummede Overflade kan ved Brug af farvet Cement gives et livligere Udseende.

Man maa passe paa Arbejdsskellene — helst forlægge dem til mindre synlige Steder. Kvaliteten af Svumningen forhøjes betydeligt, hvis man sørger for at holde den svummede Flade vaad i en halv Snes Dage.

For farvet Svumning er det af Betydning, at Arbejdet foretages i en Periode med stabile Vejrforhold, hvorved man faar mindst Udblomstringer.

Paa Insulinfabriken Novo, Fig. 7, er anvendt høvlet og pløjet Forskalling, og der er svummet med hvid Cement paa den raa Beton.

Efter Svumningen kan man behandle Overfladen yderligere for at jævne den, f. Eks. ved Filtning med Filtsebrædt eller ved at skure efter med Sække. Herved fyldes kun de smaa Fordybninger, men baade Udseende og Kvalitet forbedres. Vil man ogsaa Grater og Fremspring tillivs, er Stenskuring bedre. Foretaget paa næsten frisk Beton svarer den til en Miniature-Ophugning, der ganske vist ledsages af en vis Udfyldning af Fordybningerne.

Skønt godt udført Beton i sig selv har en tæt og fugefri Overflade, er *Pudsning* dog en af de mest almindelige Behandlingsmaader for Beton — en Behandling, der kan udføres paa mange forskellige Maader og hvis Udfald i høj Grad afhænger af den Omhu, hvormed den udføres. Pudsning af Beton bestaar i, at man paafører Betonen et Lag Mørtel, hvis Overflade kan færdiggøres paa forskellig Maade.

Pudsning bør ske meget omhyggeligt, da Revner i Pudsen, Løsnen af Pudsen eller Afskalninger ellers kan ventes. De kender alle Betons og Mørtels Tendens til Svind under Udtørring — saalænge Mørtelen er vaad, har den ingen Tendens hertil. I de senere Aar har man ogsaa fastslaaet et saakaldt »creep« — visse plastiske Bevægelser i Betonen. I Mørtelen i et Pudslag giver dette sig Udslag i en vis Eftergivelighed og Villighed til at lade Svindet foregaa paa den Led, hvor det møder mindst Modstand. Dette bliver vinkelret paa den pudsede Flade, saafremt man sørger for tilstrækkelig Modstand i Betonfladens Plan, eller med andre Ord lader Betonfladen holde saa fast som overhovedet muligt paa Pudslaget ved at skaffe den bedste Forbindelse mellem Pudslaget og selve Betonen. Det lyder saa simpelt, men dog syndes der overordentlig ofte netop paa dette Punkt, og hagefter slaar man

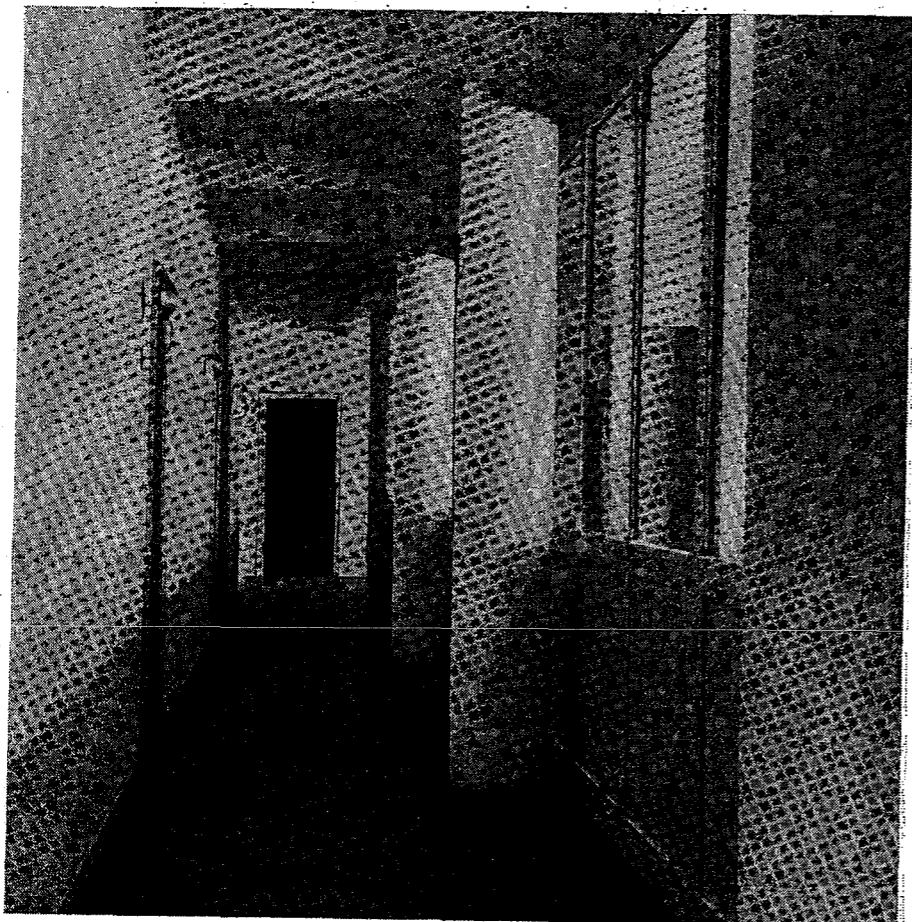


Fig. 7.

sig til Taals med, at Puds og Beton ikke »har kunnet arbejde sammen« — eller lignende, skønt de fleste afskallede og revnede Pudslag kunde være undgaaet ved omhyggelig Udførelse. For Sprøjtepudsning skal jeg kun nævne, at man her faar en særlig effektiv Forbindelse mellem Puds og Underlag.

Som en anden Grundregel kan man ogsaa sige, at man normalt ikke maa lade et svagere Lag dække af et stærkere, altsaa ikke Bastardpuds paa Kalkpuds eller Cementpuds paa Bastardpuds.

Pudsning kan ske med almindelig Cementmørtel, Bastardmørtel eller Kalkmørtel — eventuelt med farvet Mørtel. Farvet Cementmørtel kan fremstilles ved Anvendelse af saakaldt Cementfarve, men man faar meget lettere en ensartet Farve, naar man bruger farvet Cement, i hvilken Farven er tilsat paa Fabriken. Den Farve, det færdige Puds-

lag faar, er afhængig af Cementen og Tilslagsmaterialet, saaledes at man altid bør prøvepuds en ikke for lille Flade, før man bestemmer sig helt.

Den Betonvæg, der skal pudses, maa helst have været gennemtør, men fugtes Aftenen før Pudsningen skal foretages og igen, umiddelbart før Pudsningen paabegyndes. Der maa dog absolut ikke være blankt Vand paa Betonfladen, da man saa faar en Skilleflade og Tendens til Løsning af Pudsens.

Først grovpudses ved Paakastning med Cementmørtel 1:3 eller med Bastardmørtel. Overfladen skal af Hensyn til Finpudsens Vedhængning være ru og maa kradses op paa Steder, hvor den er blevet for glat. Underpudsningen maa aldrig faa Lejlighed til at hydttørre, før der finpudses. Bliver der for stor Tidsafstand mellem de to Operationer, maa Grovpudsningen holdes fugtig. Mørtel, der kastes ud i et tyndt Lag og derefter faar Lov at tørre, faar næsten ingen Styrke — det kan gnides af. Holdes det fugtigt nogle Dage, bliver det stenhærdt. Finpudslaget udføres med Mørtel i Blandingsforholdet 1 Cement til 3 à 4 Dele Sand, eventuelt med Tilsætning af noget Kalk. Der kan anvendes Stenmel eller andre Materialer i Stedet for Sand. Finpudsningen kan gives Farve ved Tilsætning af Farvestof eller ved Anvendelse af farvet Cement.

Glat Rivepuds tilberedes med saa lidt Vand som muligt. Den lades i Ro i nogle Timer, efter at den er sat op, hvorefter den afrives, hvorved Slamlaget fjernes. Sker Afrivningen for tidligt, kommer der blot et nyt Slamlag. Man maa foretage Afrivningen meget ensartet for ikke at faa Skjolder i Fladen.

Glitning kalder man Behandling af den afrevne Flade med Glittebrædt, i Reglen af Staal. Herved faar man en glattere Flade, som lettere holdes ren.

Drejer det sig om hvid eller farvet Puds, kan Staalglittebrædt ikke anvendes, da det let giver Anledning til sorte Striber. Glas eller glaserede Fliser giver derimod ingen Farvning. I det fri er det endnu vanskeligere end indendørs at faa glittede Flader jævne og ensartede.

Efter denne korte Oversigt over nogle Hovedpunkter vedrørende Udførelsen af Puds, skal jeg anføre, at Problemet Pudsning langtfra kan siges at være løst, og at der i Fagkredse hersker delte Meninger og Tvivl med Hensyn til visse vigtige Detailler. I vort Naboland Sverige har Svenska Cementforeningen taget Initiativet til en omfattende Undersøgelse af allerede udførte Arbejder og Göteborgs Byggeomyndigheder har en omfattende Undersøgelse af Façader i Gang.

Nævnes bør i denne Forbindelse ogsaa Professor Kreügers Undersøgelse over klimatiske Indvirkninger paa Bygningsfaçader.

De væsentligste Fejl er Revner, Afskalninger og Misfarvninger. Efter det, jeg tidligere har sagt, vil man forstaa, at Revner og Afskalninger kan undgaas eller i hvert Fald reduceres til et Minimum, saafremt Udførelsen sker efter de Retningslinier, jeg her har beskrevet — forudsat at den Betonflade, der er Tale om, er hensigtsmæssigt udført. Svindrevner i daarligt udførte Betonvægge eller Sætningsrevner i Vægge vil man ikke kunne forhindre i at naa ud i Pudsen, men er denne vel udført, skulde man dog ikke derfor faa Afskalninger.

Misfarvninger kan skyldes manglende Soberhed ved Arbejdets Udførelse, Uensartetheder i Materialerne eller lignende, der f. Eks. ogsaa kan betyde større eller mindre Opsugningsevne overfor Fugtighed. Den almindeligste Misfarvning skyldes dog Udslag, d. v. s. aflejrede Salte.

Udblomstringer vil forsvinde af sig selv i Tidens Løb, men vil man ikke vente paa dette, kan de fjernes ved Afsyring med syntetisk Salthsyre fortyndet med 10 Dele Vand. Efter et Kvartertids Forløb renses det paagældende Sted med en kraftig Vandstraale.

Inden jeg gaar videre til Omtalen af mere specielle Slags Puds, skal jeg sige et Par Ord om Sandet. Til Beton har man fastsat visse Idealkurver, som giver en stærk og tæt Beton, og der maa selvsagt for Puds ogsaa kunne opstilles visse Krav til Sandet. Kravene er imidlertid ikke de samme, naar det drejer sig om en vandtæt Puds til en i sig selv utæt Beholdervæg, og naar der er Tale om Puds til en Façade. For den første Anvendelse er Kravene som til Betonen — men til den sidste er de sikkert andre — hvilke, er man dog endnu ikke helt klar over. Erfaringerne tyder paa, at Sandet bør være saa groft, som Bearbejdigheden og Hensynet til Pudsens Jævnhed tillader. Her kommer to modstridende Interesser, idet Haandværkerne foretrækker det finere Sand, som giver en smidigere og mere let bearbejdelig Mørtel. Et grovere, skarpere Sand giver en Mørtel, der kræver mere Arbejde, men som svinder langt mindre end Mørtelen med fint Sand. Et Sand med stort Lerindhold kan give en let bearbejdelig Mørtel — men den svinder stærkt og faar ringe Trækstyrke.

Tæt skal Mørtelen normalt heller ikke være — den maa gerne tillade en livlig Fordampning af indefra kommende Fugtighed — men den skal være stærk og helst ikke vandsugende — teoretisk endda helst vandafvisende, men porøs.

Tilsættes Kalk, maa den være passende lagret og helt igennem læsket.

Og saa igen: Udførelsen. Her kan Ingeniørerne ved deres dybere Forstaaelse af Forholdene gøre meget. Det er jo ganske indlysende, at Puds der trækkes paa, faar en langt ringere Forbindelse med Un-

derlaget end det, der kastes paa — saaledes at Kastningen bør anvendes i størst mulig Udstrækning. Af og til glider det trukne jo ogsaa ned — og de Dele, der ved et saadant Arbejde ikke gør det, sidder jo næppe fremragende fast.

Til mere dekorativ Puds har man i forskellige Lande været inde paa en fabriksmæssig Fremstilling af tørre Materialer til Puds, der saa blot paa Byggepladsen blandes med Vand til passende Konsistens.

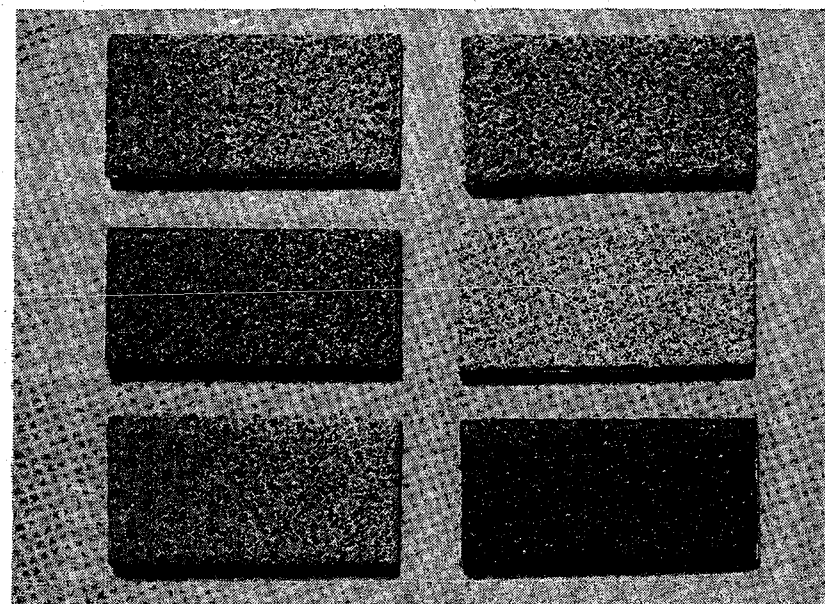


Fig. 8.

Fordelen ved saadan Puds er, at Blandingen til hele Arbejdet er den samme, blot man passer paa Konsistensen. Her kan nævnes »Mineralit« — en Blanding af hovedsagelig hvid Portlandcement og knuste Mineraler. Der leveres flere forskellige Slags Mineralit, hvoraf Fig. 8 viser nogle Prøver. Mineralit er et norsk Produkt, til hvilket der nu bruges dansk, hvid Cement. Fig. 9 viser Mineralitpuds paa Gl. Kongevejsgaarden.

Mineralitmaling — som f. Eks. er anvendt paa Dragør Bad — er en tilsvarende Svumning. Den giver et vandafvisende, men ikke lufttætnende Overfladelag.

Boulevardbanens Indfatningsmure er pudsede med Porfyrit. Den røde Farve skyldes knust Sandsten.

Fig. 10 viser et Parti af en Kontorbygning i Rio. Efter at være grovpudset paa normal Maade, er der finpudset med hvid Cement blandet

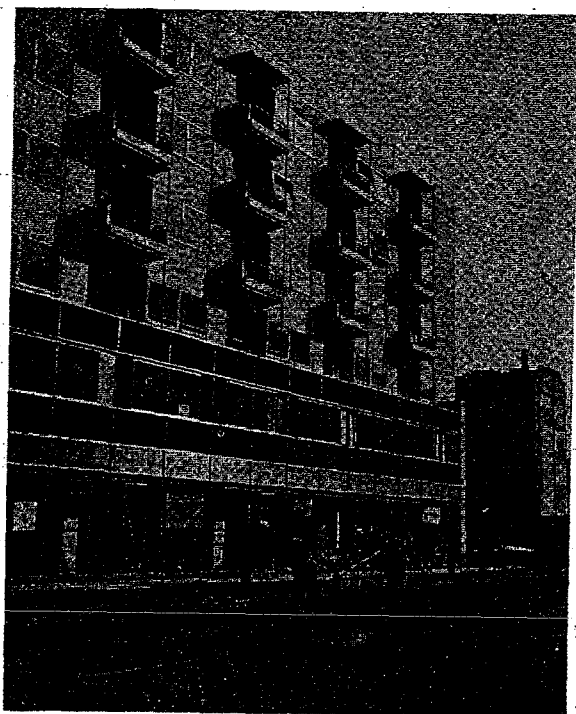


Fig. 9.

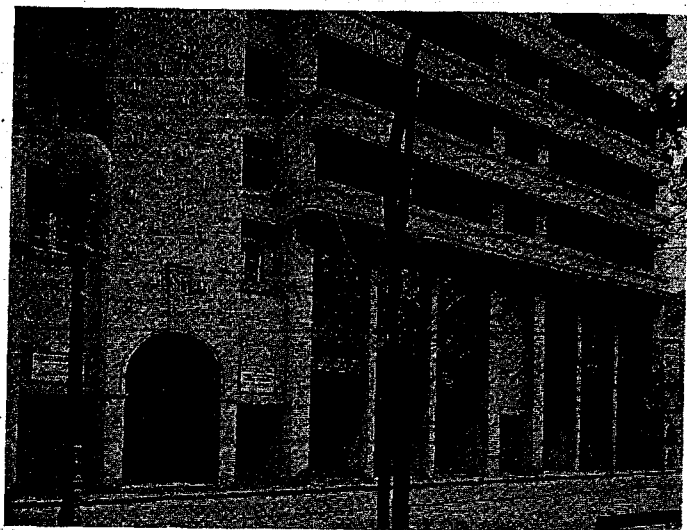


Fig. 10.

med et meget ensartet gult Sand. Et Indhold af Glimmerskæl i Sandet giver Pudsen et særlig smukt Udseende.

Endelig skal jeg nævne slebet Puds, udført med hvid Cement, Carramel og hvid Terrazzo — slebet flere Gange. Lignende Overfladebehandling er anvendt ved Aarhus nye Raadhus og endvidere til indvendig, dekorativ Puds. Façader udført saaledes faar en Del Vindridser, hvis Underpudsen ikke holdes vaad længe nok. Et Arbejde udført indendørs revnede stærkt efter 14 Dages Forløb, men blev lavet om efter de Retningslinier, jeg har nævnt, med godt Resultat. Det viste sig forøvrigt, at der nogle Steder var anvendt Kalkmørtel som Underlag for Cementpudsen, hvad der naturligvis ikke kan gaa.

Terrazzolægning svarer jo meget til denne Overfladebehandling, og hvor den sker paa Beton, vil jeg da indskrænke mig til at fremhæve Nødvendigheden af en god Forbindelse mellem Beton og Terrazzo — rene Flader, fugtige men ikke vaade og hellere en Klaskning af det første Lag end en forsigtig Udlægning. Forbindelsen kan forstærkes ved Indkostning af Betonoverfladen med Cementvælling — vel at mærke en tyk Cementvælling — Cementvand faar næsten ingen Styrke.

For Pudslag paa Betongulve gælder det samme — man maa sørge for en ren, fugtig, men ikke vaad Betonflade, og Sammenhængen mellem Puds og Beton kan forøges betydeligt ved Anvendelse af et tyndt Lag tyk Cementvælling, anbragt umiddelbart inden der pudses. Og Pudslaget bliver kun stærkt, saafremt det holdes fugtigt tilstrækkelig længe.

Til Slut skal jeg ganske kort gennemgaa Spørgsmaalet: *Maling af Beton.*

Det er jo klart, at man ved Maling af Beton kan naa Farvevirkninger, som man er betydelig mere Herre over end ved Anvendelse af farvet Puds — særlig hvis det drejer sig om mere dekorativ, kunstnerisk Behandling. Opgaven at finde egnet Maling er dog ulige vanskeligere, end naar det drejer sig om Maling paa Træ, Fiberplader eller Metal. I Modsætning til disse er Beton jo kemisk aktiv i adskillige Aar efter sin Udførelse, hvad der i høj Grad komplicerer Problemet. Forholdet er nemlig det, at de Salte, der udskilles af frisk Beton, forsæber og ødelægger Bindemidlet, f. Eks. i almindelig Oliemaling. Ganske vist omdannes Saltene ved Indflydelse af Luftens Kulsyre til Karbonater, der er uskadelige for Oliemaling — men denne Omdannelse er først efter nogle Aars Forløb gaaet saa meget i Dybden, at Oliemaling af Beton tør anbefales.

Naturligst som Farve til Beton er farvet Cement — Cement med Tilsætning af et kalk- og lysægte Farvepigment. Her anvendes Okker, Kromoxyd, Kadmiumgult og Kadmiumrødt, Jernoxyd, Mineralsort og

Ultramarin. Til de skære Farver anvendes hvid Cement som Basis. I flere Slags Cementmaling findes vandskyende Metalsæber og et Indhold af ovennævnte Farvepigmenter. Paa Arbejdspladsen sker Oprøringen med Vand, og Malingen påføres i 2 Lag. De bedste Cementfarver giver en god og holdbar Overflade.

Kalkmaling anvendes især til helt lyse Farver, hvis Pigment maa være alkalibestandigt. Den bliver dog aldrig særlig haard.

Silikatmaling er fremstillet ved Blanding af alkalibestandige Farvepigmenter med Vandglas — oftest Kalivandglas. Der findes gode Produkter af denne Art, der giver en haard, glasagtig Overflade.

Kaseifarver egner sig bedst til indendørs Brug, hvor et smukt Resultat kan naas.

Til Fremstilling af Oliemaling til Beton anvendes nu mest kinesisk Træolie som Bindemiddel i Stedet for Linolie. Denne Træolie er meget sværere forsæbelig end Linolien, og disse Oliefarver kan derfor anvendes paa Beton, der er blot et halvt Aars Tid gammel. Disse Typer Maling er meget udviklede i de senere Aar — og da flere af dem endda danner stærke Forbindelser med Betonen og i sig selv er meget modstandsdygtige, anvendes de endog til Maling af Betongulve.

Skal man male med disse Farver paa helt frisk Beton, maa det tilraades at behandle Betonens Overflade med f. Eks. Zinksulfat eller Fluater, som med Betonens Salte danner uopløselige Forbindelser. Fladerne bør dog grundigt afvaskes og tørre, inden de derefter males.

Kautschuk-Farver med Kautschuk eller Guttaperka som Bindemiddel er særlig bestandige overfor Vand.

Endelig skal jeg nævne, at ogsaa Farver med syntetiske Bindemidler, Cellulosemaling, Aluminiumsbronze og andre Farver har været anvendt med Held.

Paaføring af Farvelaget kan ske ved Strygning eller Sprøjtning — og her som ved Pudsnings giver Sprøjtning det stærkeste og mest holdbare Resultat.

Jeg haaber at have gjort det klart, at Beton kan overfladebehandles paa talrige Maader, og at Beton ved Overfladebehandling kan faa næsten ethvert ønskeligt Udseende.

Er man alligevel ikke tilfreds, kan man beklæde med Mursten, Fliser eller andet, som vist paa Fig. 11, men heldigvis foretrækker man i adskillige Tilfælde at lade Betonen fremtræde — som f. Eks. i Fig. 10 — pudset med farvet Cementpuds — en Løsning, som en Betontekniker jo maa finde mere tiltalende.

Jeg vil gerne endnu engang slaa fast, at det, det først og fremmest kommer an paa, er Omhu ved Arbejdets Udførelse, idet man kun derved sikrer sig et varigt godt Resultat.

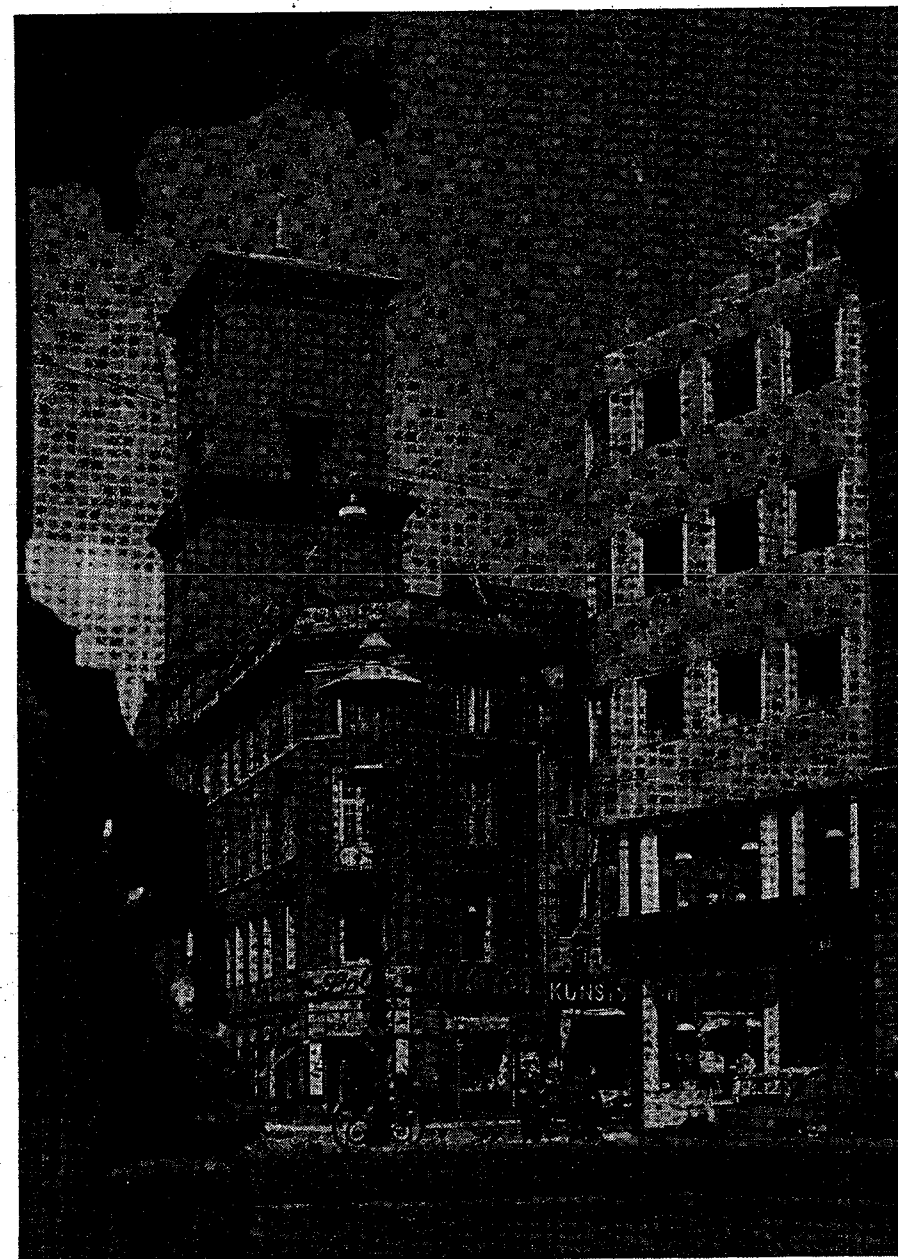


Fig. 11.

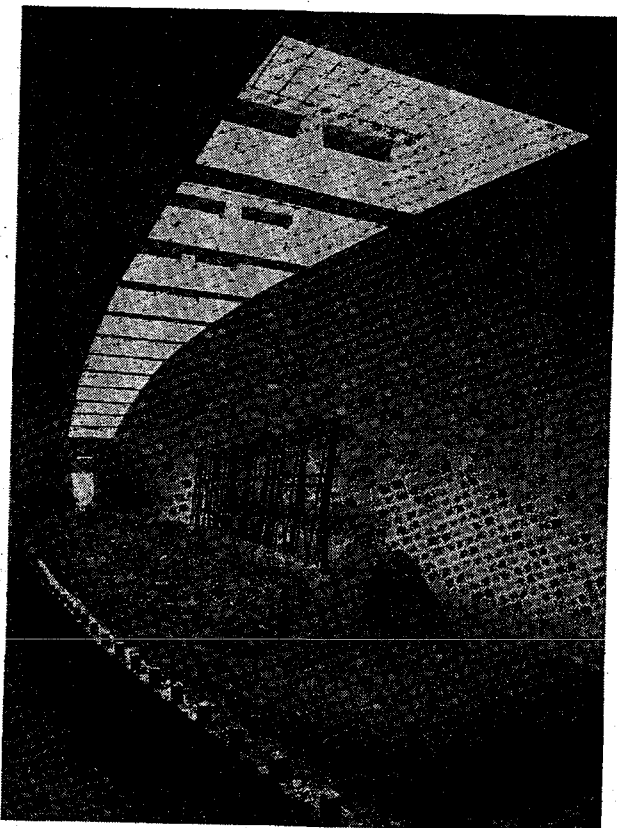


Fig. 12.

Det sidste Billede, Fig. 12, er nærmest symbolsk — det viser Ladby-Skibet beskyttet mod Vind og Vejr af en Jernbetonhvelving, der er udført ved Sprøjtning paa en indvendig Forskalling og derefter sprøjtepudset paa Indersiden. Det nye, varige Materiale, Jernbeton, beskytter denne Kulturskat, som i Aarhundreder har hvilet i Jordens Skød.

LYDDÆMPNING OG AKUSTIK

I BEBOESES- OG KONTORBYGNINGER

Af Civilingeniør V. L. Jordan.

Mange af de Byggematerialer, der anvendes i moderne Byggeri, har ved deres — i akustisk Henseende — daarlige Egenskaber medvirket til, at Spørgsmaalet om en effektiv Bekæmpelse af Støj og en Tilpasning af rumakustiske Forhold er blevet mere aktuelt, end det var for 20—30 Aar tilbage. Af saadanne Byggematerialer maa fremhæves Jernbetonen samt de forskellige Skillevægs- og Etageadskillelsesmaterialer. Problemet Lydisolering eksisterede naturligvis ogsaa før Jernbetonens Tid, ogsaa murede Huse kan frembyde Eksempler paa daarlig Isolering, men Jernbetonen og de lette Skillevægge har skærpet det allerede eksisterende Problem. En medvirkende Aarsag er de mange Støjkilder, som Byernes stigende Industrialisering og Trafik medfører.

Lydproblemerne kan vi behandle paa i det mindste tre principielt forskellige Maader, nemlig: 1) teoretisk, 2) maaleteknisk, 3) praktisk. Ser man paa Udviklingens øjeblikkelige Status, kan det uden Overdrivelse slaas fast, at Teori og Maaleteknik er meget højt udviklede; mens de praktiske Foranstaltninger lader noget tilbage at ønske, en Kendsgerning, som staar i nær Forbindelse med Økonomien. Det er her, som paa mange andre Omraader, saaledes, at man ganske vist ved, hvorledes man kan opnaa et i teknisk Henseende gunstigt Resultat; men af økonomiske Grunde er man nødt til at nøjes med det mindre gode, og det er en endnu uløst Opgave, hvorledes det gode Resultat kan gøres billigt. I det følgende skal der gives en Oversigt over de fysiske Forhold, der er grundlæggende for Lydens Opførsel i Bygninger, og i Tilslutning hertil skal den akustiske Maaleteknik omtales, idet denne er en uundværlig Hjælp til Undersøgelse af de praktiske Udførelser af lyddæmpende eller isolerende Konstruktioner, hvadenten disse kun foreligger i foreløbig Form i Laboratoriet eller de allerede er installeret i et færdigbygget Hus.

Vi vil først undersøge, hvorledes Lyden opfører sig inde i et lukket Rum. (Fig. 1). Anbringer man i et saadant Rum, hvor Vægge, Loft og Gulv f. Eks. bestaar af Beton, en Lydkilde (Højtaler, Orgelpibe el. a.), vil en Del af den fra Lydkilden udsendte Lyd reflekteres fra Begrænsningsfladerne, og der vil efter kort Tids Forløb indstille sig

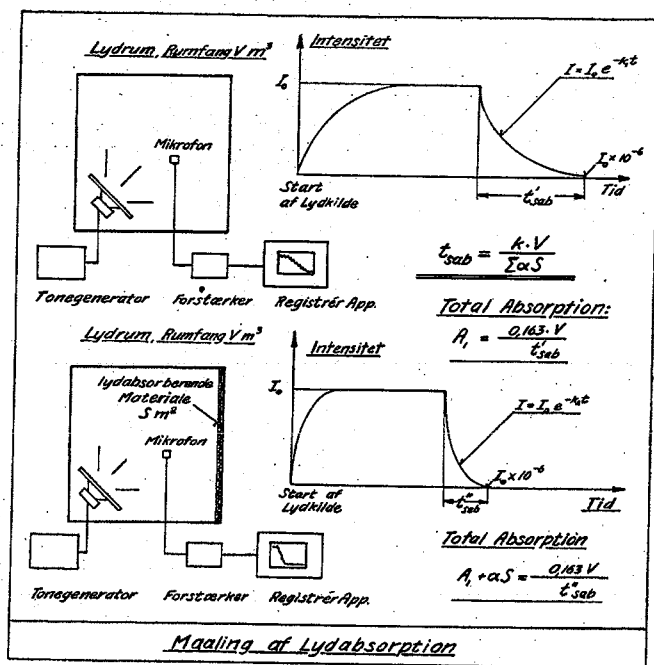


Fig. 1.

en Ligevægtstilstand, i hvilken den af Lydkilden udsendte Energi er lige saa stor som den Del af Energi, der absorberes af Vægge, Loft og Gulv. Afbrydes Lydkilden, forsvinder Lyden ikke momentant, idet den i Rummet opsparede Lydenergi først lidt efter lidt absorberes af Begrænsningsfladerne. Det er den amerikanske Fysiker W .C. Sabine's Fortjeneste, at han som den første experimentelt fastlog og teoretisk begrundede den lovmæssige Sammenhæng mellem Efterklangens Varighed og Grænsefladernes Absorptionsevne, der udtrykkes i Formlen:

$$t_{\text{sab}} = \frac{k \cdot V}{\alpha \cdot S}$$

her er t_{sab} den sabiniske Efterklangstid, d.v.s. det Tidsrum, i hvilken Lydintensiteten aftager til en Milliontedel af Værdien i Afbrydelsesøjeblikket.

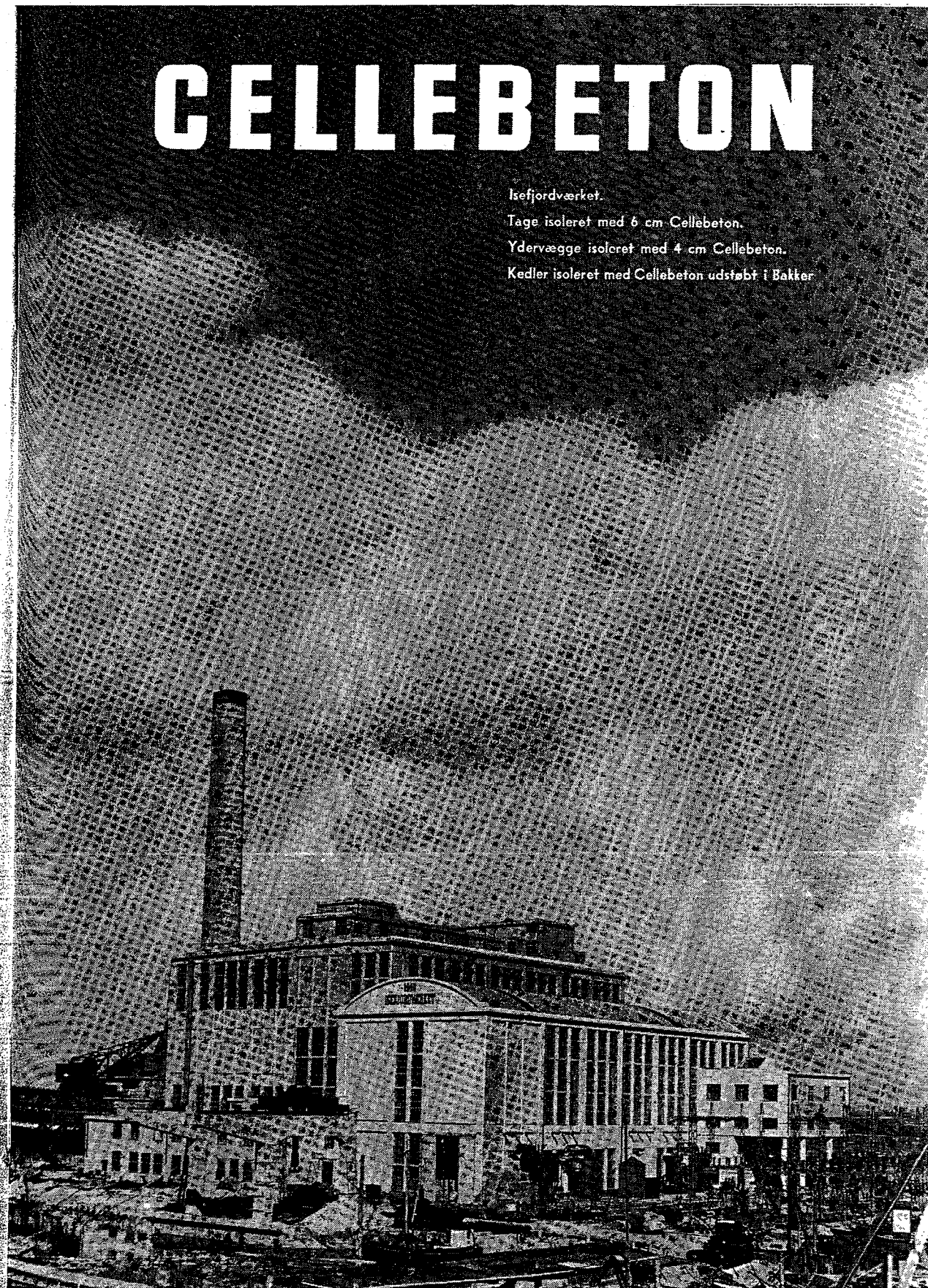
CELLEBETON

Iseffordværet.

Tage isoleret med 6 cm Cellebeton.

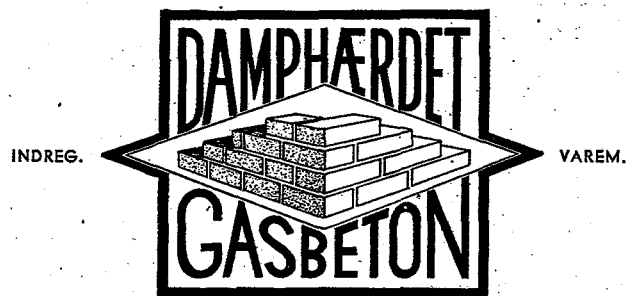
Ydervægge isoleret med 4 cm Cellebeton.

Kedler isoleret med Cellebeton udstøbt i Bakker



CHRISTIANI & NIELSEN

ISOLERENDE BYGNINGSSTEN



Til bærende Ydermure, bærende Skillerum, lette Skillerum, udvendig og indvendig Isolering af Jernbeton, Udfyldningsmur i Jern- og Jernbetonskeletbygninger m. m.

Bygningskommissionerne i København, Frederiksberg, Gentofte, Gladsaxe og Københavns Oplandskommuner, samt i de fleste af Landets større Provinsbyer tillader Anvendelse af damphærdet Gasbeton til Een- og To-Etages-Huse som bærende Ydermure, bærende Skillerum og lette Skillerum. Desuden er Gasbeton i stor Udstrækning tilladt til større Bygninger som: Udfyldningsmur, udvendig og indvendig Isolering, Skillerum, armerede Tagplader m. m.

Rekvirér Brochurer hos

DANSK GASBETON AKTIESELSKAB

Vester Farimagsgade 31 (Ingeniørhuset) . . . Telefon Central 9954 . 15354 . 15654

V er Rummets Volumen.

S er Begrænsningsfladernes Areal.

k er en Konstant, som naar V maales i m³ og S i m², er ca. 0,163,

α er Absorptionskoefficienten d.v.s. Forholdet mellem den absorberede og den indfaldne Energimængde.

Det ses af Formlen, at for et givet Rum (givet Volumen) betinges Efterklangen af Absorptionskoefficienten for Begrænsningsfladerne. Havde man i det før nævnte Rum placeret nogle Tæpper og Puder, vilde Efterklangstiden omgaaende reduceres betydeligt, og ligeledes vil Efterklangen reduceres, hvis der opholdt sig nogle Personer i Rummet.

Sabine fastslog endvidere, at Efterklangskurven, d v. s. Lydintensiteten som Funktion af Tiden fra Afbrydelsesøjeblikket, er en eksponentiel Funktion, saaledes at man kan skrive:

$$I = I_0 e^{-nt}$$

hvor n kun afhænger af Volumet og Absorption.

Dette af Sabine givne Grundlag har dannet Udgangspunktet for en Række teoretiske og eksperimentelle Undersøgelser, som i det væsentlige har bekræftet den oprindelige Teori; men som dog har afsløret en Del Mangler og Unøjagtigheder derved. Det vil føre for vidt at komme ind paa dette Spørgsmaal; men det er ogsaa unødvendigt, thi naar man har med Rumstørrelser og Dæmpningsforhold at gøre som de, der forekommer i Husbygningen, vil det anførte Grundlag saa godt som altid være tilstrækkeligt.

Formlen for Efterklangstiden angiver paa samme Tid en Fremgangsmaade til Bestemmelse af Materialers Lydabsorptionskoefficient. Saafremt man er i Stand til at maale Efterklangstiden, kan man bestemme den totale Absorption dels i et tomt Rum (med haarde Vægge) dels i det samme Rum, efter at man paa Gulvet eller en — eventuelt flere — af Væggene har anbragt et Prøvestykke af det Materiale, hvis Absorption skal bestemmes. Ud fra de to Værdier af Efterklangstiden, den oprindelige og den af Materialprøven reducerede, er man i Stand til at beregne Absorptionskoefficienten for Materialet. Denne Metode er den mest anvendte og benyttes paa alle officielle akustiske Laboratorier.

I egentlige Beboelsesrum er det sjælden nødvendigt at træffe særlige Foranstaltninger for at reducere Efterklangstiden. Almindeligt Bohave, Tæpper, Møbler navnlig polstrede Stole, Gardiner o. s. v. er ret stærkt lydabsorberende, og Beboelsesrum er som Regel ogsaa rela-

UORGANISK HØJISOLERENDE
Isolation mod:
KULDE VARME ILD og LYD

tivt smaa. Begge Dele gør, at Efterklangstiden i Beboelsesrum ligger temmelig lavt omkring 0,5 til højst 1,0 Sek. Man kan spørge, hvorfor det overhovedet er ønskeligt i Almindelighed at reducere Efterklangstiden? De fleste ved af egen Erfaring, hvor vanskeligt det kan være at forstaa, hvad der bliver sagt i et meget lydhaardt Rum, hvor Talen runger, og de enkelte Stavelser flyder ud i hinanden. Forstaaeligheden øges med forøget Lydabsorption, og naar Rummet er lille, er Forstaaeligheden størst, hvis Rummet er stærkt lydabsorberende. Skal det imidlertid bruges til Musikgengivelse, er en vis Efterklang ønskelig. Radiomusik har eller burde have en passende Efterklangsvirkning ved Udsendelsen, saaledes at den ikke kræver Efterklang i Modtager-rummet; men for andre musikalske Præstationer er det som sagt ønskeligt, at Rummet ikke er for dødt.

Foruden af Hensyn til Forstaaeligheden reduceres Efterklangstiden ogsaa af Hensyn til Lydforplantningen til andre Rum. Lydforplantningen øges naturligvis, naar Lydintensiteten i Rummet er større. Dette Spørgsmaal hører imidlertid snarere ind under Lydisolation, som senere skal omtales.

De Hensyn, der maa tages ved Lyddæmpning af Kontorer er principielt forskellige fra de, der gælder for Beboelsesrum. I mange Kontorer findes der visse Støjkilder nemlig Skrive-, Regnemaskiner etc., hvis Støj man er interesseret i at reducere saa meget som muligt. Den mest direkte, men ikke altid farbare Vej, er at udføre Maskinerne med lydløs Gang, men hvis det ikke kan lade sig gøre, maa man benytte sig af, at det er muligt at nedsætte Støjniveauet ved at beklæde Lokalets Vægge og Loft med lydabsorberende Materiale. I et Kontorlokale er i og for sig ethvert Spor af Efterklang (Rumvirkning) uønsket, og man vil derfor i dette Tilfælde benytte saa stærkt absorberende Materiale som muligt.

Af lydabsorberende Materialer findes talrige mere eller mindre gode Fabrikater. Jeg vil imidlertid her indskrænke mig til at omtale nogle principielt forskellige Anordninger, der har vist sig egnet til Absorbering af Lyd.

1. Man kan udnytte den saakaldte *Porositetsabsorption* (se Fig. 2), som er karakteristisk for Filt, Tæpper, Mineraluld og til Dels ogsaa for Fiberplader. Naar Lyden rammer en Væg bestaaende af et saadant porøst Lag, vil en Del af den trænge ind i Porerne og ved Gnidning omsættes til Varme. En Del af Lyden trænger helt igennem det porøse Lag ind til den faste Væg, hvorfra den kastes tilbage, og en Del naar paa denne Maade tilbage til Overfladen og videre ud i Rummet igen. Det er indlysende, at jo tykkere Stoflaget er, jo større Absorption vil man faa, selv om ogsaa andre Faktorer har Indflydelse

saasom Stoffets Strømningsmodstand og dets Porøsitet. Af praktiske Grunde kan man imidlertid sjældent afse mere end nogle faa cm til Anbringelse af lydæmpende Beklædning, og dette er for lidt til, at man kan opnaa en høj Absorption paa denne Maade. Hvis der er god Plads, kan man øge Absorptionen ved at anbringe Stoffet i nogen Afstand fra den faste Væg.

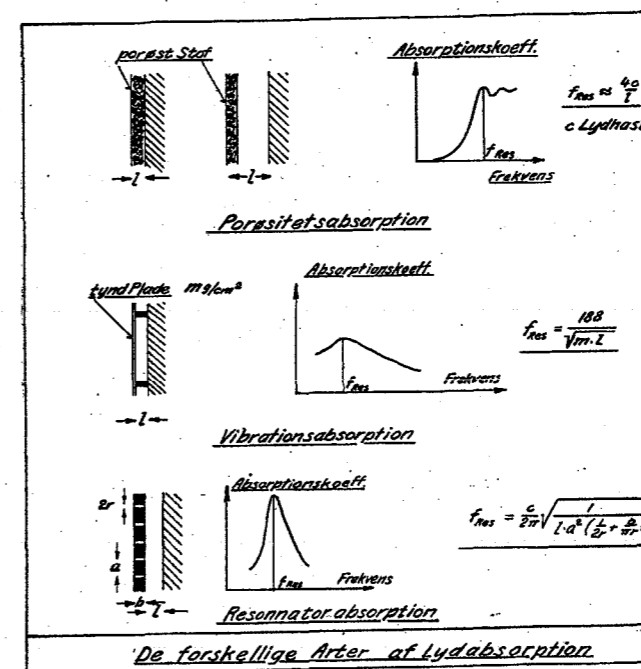


Fig. 2.

Porositetsabsorption er stærkt frekvensafhængig, idet den vokser med Frekvensen, og Virkningen er meget lille ved dybe Toner. Porøse Stoffer er gode Støvsamlere og derfor uhygiejniske, og man vil af den Grund sjældent benytte dem, hvis man kan undgaa det.

2. Man kan benytte *Vibrationsabsorption*, som er karakteristisk for tynde Plader og udspændte Stoffer. Naar Lyden rammer en tynd Plade, vil den sættes i Svingninger, hvorved en Del af Lyden energi forvandles til Svingningsenergi i Pladen. En Del udstraales fra Pladen igen, men noget forvandles til Varme ved indre Gnidning i Pladen, og Resultatet er en vis Absorption. Denne Maade at absorbere Lyd paa er meget anvendelig; men den kræver, at man dimensionerer saavel Plade som det bag Pladen værende Luftrum paa passende Maade. Luftrummet er nemlig medbestemmende for, ved hvilken

Frekvens den maximale Absorption vil finde Sted. Formlen for Resonansfrekvensen lyder

$$f_{\text{Res}} = \frac{188}{\sqrt{ml}} \text{ (Hz)}$$

hvor m er Pladens Vægt i g/cm^2 , og l er Afstanden fra den faste Væg til Pladen i cm.

Normale Pladedimensioner og Vægafstande vil give Resonansfrekvenser beliggende ret lavt i Tonespektret fra under 100 til 3-400 Hz. Absorptionen vil være lav for høje Frekvenser, men i mange Tilfælde er andet heller ikke paakrævet, idet der alle Steder vil være en vis Porositetsabsorption bl. a. fra Mennesker, Tæpper o. s. v.

3. Man kan benytte den særlige Form for *Resonansabsorption*, der fremkommer ved perforerede Plader anbragt i kort Afstand fra en fast Væg. Denne Metode, der vel nok er den nyeste, rummer en Del Muligheder, der endnu langt fra er fuldt udnyttet. Naar Lyden rammer en Væg, der bestaar af en perforeret Plade vil en meget stor Del af Lydbølgens Bevægelsesenergi koncentreres i Hullerne, og Spørgsmaalet, om den i Hullerne koncentrerede Bevægelsesenergi atter vil udstraales i Form af en reflekteret Bølge, hænger nøje sammen med Dimensionerne af det Hulrum, som findes bag den perforerede Plade samt med Lydens Bølgelængde (Frekvens). For en bestemt Frekvens vil der være Resonans, saaledes at Lyden vil svinge imellem Bevægelsesenergi i Hullerne og Fjederenergi i Hulrummet. Det er, som om Luften i Hullerne virker som en Række Stempler, der skiftevis sammenpresser og fortynder Luften i Hulrummet. Ved Resonansfrekvensen vil denne Anordning bevirke en stærk Absorption, idet Bevægelsen i Hullerne ikke er gnidningsfri, og idet man ved Hjælp af porøse Lag kan øge Gnidningen i passende Maal.

Bestemmelse af Resonansfrekvensen er knap saa simpel som for vibrerende Plader; men lader sig iøvrigt udføre med ret stor Nøjagtighed:

$$f_{\text{Res}} = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{l \cdot a^2 \left(\frac{1}{2r} + \frac{b}{\pi r^2} \right)}}$$

c Lydhastighed, l Vægafstand, $2r$ Huldiameter, a Hulafstand, b Pladetykkelse.

En Ulempe er naturligvis den selektive Absorption, dette at Lyden absorberes særlig stærkt ved en bestemt Frekvens. Paa forskellige Maader er man dog i Stand til at raade Bod herpaa, saaledes kan man

ved passende Variation af Hulstørrelsen eller Vægafstanden forarsage en Udglatning af Absorptionsmaximet. Eventuelt kan man benytte to Plader efter hinanden med forskellig Perforering.

I nogle Tilfælde kan det dog være en Fordel, at Absorptionen er selektiv, nemlig hvor det forekommer, at Støjkilden har en bestemt dominerende Tone. Dette er ikke saa meget Tilfældet ved Kontormaskiner, men f. Eks. ved Ventilatorer og andet roterende Maskineri er det hyppigt forekommende.

De eksisterende kommercielle Materialer kan uden Undtagelse henføres til en af de nævnte Typer, dog er det ofte Tilfældet, at et Materiale absorberer Lyden f. Eks. baade paa Grund af sin porøse Struktur og sine Vibrationer.

Paa Laboratoriet for Telegrafi og Telefoni, Danmarks tekniske Højskole og det dermed forbundne lydtekniske Laboratorium udføres der til Stadighed officielle Prøver af kommercielle Materialer.

Den Metode, ved hvilken Materialets Absorption bestemmes ved Maaling af Efterklangstid, er ikke den eneste anvendelige Metode. I mange Tilfælde, navnlig hvor man er interesseret i principielle Undersøgelser, benyttes den saakaldte Rørmetode, ved hvilken en Prøveskive af Materialet monteres paa et Dæksel, der anbringes for Enden af et langt Rør. Ved den anden Ende sendes Lyd fra en Højtaler ind i Røret, og ved Maalinger af Lydtrykket paa forskellige Steder i Røret kan man bestemme Materialets Absorptionskoefficient.

Om Lydforplantning i Huse.

Hidtil har vi kun beskæftiget os med Lydens Opførsel indenfor 4 Vægge. Et meget vigtigt Spørgsmaal er imidlertid Lydforplantningen fra et Rum til de omkringliggende.

En saadan Lydoverførelse er altid uønsket, men forekommer umaaelig hyppigt. Vi kan skelne mellem de to Tilfælde:

1. Lyden er Luftlyd og overføres fra Luften til Rummets Begrænsningsflader. Eksempler herpaa er Musik og Samtale.
2. Lyden er Banke- eller Trinlyd, som opstaar ved Stød mellem faste Legemer og Begrænsningsfladerne. Eksempel herpaa er Gang og Flytten med Møbler.

Væsensforskellen mellem 1 og 2 ligger i Virkeligheden i den Maade, Begrænsningsfladen paavirkes paa. I 1ste Tilfælde paavirkes hele Fladen (omend ikke lige stærkt overalt), i 2det Tilfælde paavirkes den i et bestemt Punkt. Men der er ogsaa Forskel i den Maade Lyden udbreder sig paa. I 1ste Tilfælde vil Lyden hovedsagelig forplante sig som Bøjningssvingninger i Begrænsningsfladerne (Skillevæggene), og det vil være Bøjningssvingningernes Styrke, der er bestemmende for

Lydisolationen. I 2det Tilfælde vil der ogsaa opstaa Bøjningssvingninger; men desforuden kraftige Længdesvingninger, som gennem Bjælker og Søjler kan føres vidt omkring i Bygningen.

Vi vil først betragte Lydforplantningen gennem Skillevægge. Vi forudsætter, at Væggen er tæt, hvad der er meget væsentligt, da Utætheder altid overfører en uforholdsmæssig stor Del af Lydenergien.

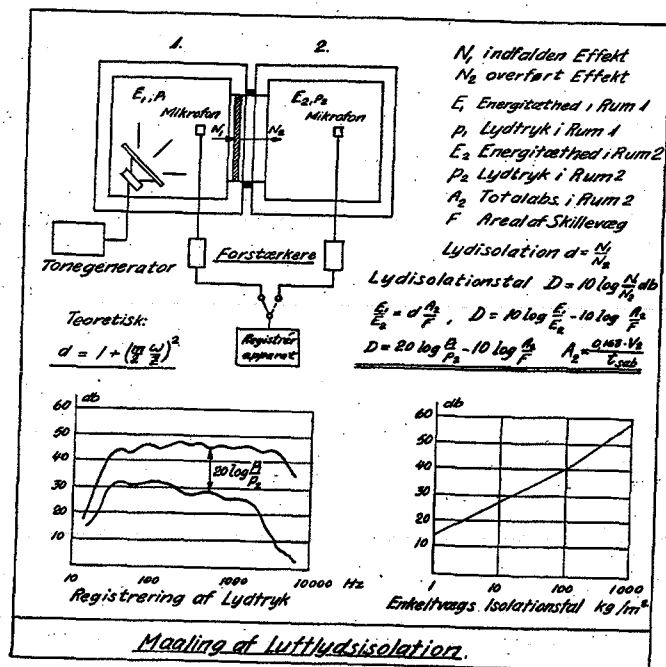


Fig. 3.

Væggen sættes i Bøjningssvingninger under Paavirkning af Lyden, og disse Svingninger vil foraarsage en Lydudstråling paa den modsatte Side af Skillevæggen. Idet Vægges Egensvingningstal ligger meget lavt, mellem 1 og 100 Hz, vil deres Svingningsamplitude og dermed deres Lydudstråling være bestemt af Vægten pr. Arealen.

Før vi imidlertid gaar nærmere ind paa de Love, der er bestemmende for Skillevægges Isolationsevne, maa vi se lidt nærmere paa Definitionen paa Isolationsevne og paa Maaleteknikken.

Som Maal for en Vægs Lydisolation (se Fig. 3) tjener Forholdet mellem den totale Lydeffekt N_1 , der rammer Væggen, og den Del af Effekten N_2 , der passerer den.

$$d = \frac{N_1}{N_2}$$

Forholdet angives i Almindelighed i Decibel som *Lydisolationstallet D*:

$$D = 10 \log d = 10 \log \frac{N_1}{N_2} \text{ (db)}$$

Idet D i Reglen er stærkt frekvensafhængig, er det til Karakterisering af en Væg ganske nødvendigt at foretage en Maaling af D for forskellige Frekvenser og dernæst at beregne en Middelværdi.

Til Bestemmelse af en Skillevægs Lydisolationstal benyttes i Almindelighed to Rum, som er særlig godt lydisoleret fra hinanden, og imellem hvilke der findes en Aabning, hvor Skillevæggen kan indbygges. En Lydkilde (Højtaler) frembringer i det ene Rum et Lydfelt med en Lydenergitæthed E_1 . Som Følge af den gennem Prøvevæggen passerende Lyd, opstaaer i det andet Rum en Lydenergitæthed E_2 . E_2 afhænger af E_1 , af Prøvevæggens Areal F samt af Forholdet d. Endvidere afhænger E_2 af Totalabsorptionen A_2 i Modtagerrommet. Afhængigheden kan udtrykkes saaledes:

$$\frac{E_1}{E_2} = d \frac{A_2}{F}$$

eller udtrykt i logarithmisk Maal:

$$10 \log \frac{E_1}{E_2} = D + 10 \log \frac{A_2}{F}$$

d. v. s.

$$D = 10 \log \frac{E_1}{E_2} - 10 \log \frac{A_2}{F}$$

eller udtrykt ved Lydtryk:

$$D = 20 \log \frac{p_1}{p_2} - 10 \log \frac{A_2}{F}$$

Ved Maalingen gaar man frem paa den Maade, at der i begge Rum opstilles Mikrofoner, der over Forstærkere er forbundet til et Registrerapparat, som er saaledes indrettet, at det direkte viser et Udslag proportionalt med Logarithmen til Lydtrykket. Forudsat at Mikrofonernes Følsomhed er den samme, og Forstærkernes Forstærkningsgrad ligeledes er den samme, vil Registrerapparatet ved Variering af Frekvensen og ved skiftevis Forbindelse med hver af de to Mikrofoner registrere to Kurver, som ligger i Afstanden $20 \log \frac{p_1}{p_2}$ (db) fra hin-

anden. For at bestemme Lydisolationstallet, maa man yderligere foretage en Efterklangsmåling i Modtagerrummet til Bestemmelse af A_2 ud fra Formlen:

$$A_2 = \frac{0,163 V_2}{t_{sab}}$$

Herved er Korrektionsleddet $\div 10 \log \frac{A_2}{F}$ bestemt.

Grundreglerne for Enkeltvægges Lydisolation skyldes Tyskeren *Berger*, som allerede i Aaret 1910 publicerede sine Undersøgelser. Han kom til det Resultat, at:

- 1) Lydisolationen af en Enkeltvæg er frekvensafhængig, idet den vokser med Frekvensen.
- 2) Den Egenskab ved Væggen, der er af afgørende Betydning, er Vægten pr. Arealenhed, idet Isolationen vokser for voksende Vægt.

At disse to Regler maa gælde omend ikke eksakt, lader sig paavise ved en teoretisk Betragtning,*) som imidlertid ikke er ganske simpel. Vi gaar ud fra visse simplificerende Forudsætninger nemlig følgende fire:

- 1) Skillevæggen kan opfattes som en tynd Plade, der af Lydtrykket sættes i tvungne Bøjningssvingninger. Denne Forudsætning gælder i de allerfleste forekommende Tilfælde.
- 2) Pladens Dæmpningsdekrement er stort.
- 3) Lydtrykket varierer ikke meget fra Sted til Sted paa Pladen.
- 4) Paavirkningsfrekvensen ligger langt over Pladens dybeste Egen-svingning.

Under disse Forudsætninger kan man beregne Svingningstilstanden, som om Pladen ingen Bøjningstivhed har, men kun er en svingende Masse. Derved finder man en Formel for Lydisolationen:

$$d = 1 + \left(\frac{m \omega}{2 Z} \right)^2$$

hvor m er Massen pr. Arealenhed

og $\omega = 2\pi \times$ Frekvensen

Z er en Konstant.

For at faa Isolationstallet skal man tage Logarithmen til d , og heraf fremgaar det betydningsfulde Resultat, at *Lydisolationstallet vokser*

*) Efter A. Schoch (Se Litt.fortegnelsen).

proportionalt med Logarithmen til Vægten pr. Arealenhed samt med Logarithmen til Frekvensen. Selvom disse Regler ikke gælder eksakt, hvad talrige Forsøg har vist, giver de dog en god Rettesnor ved Bedømmelsen af Enkeltvægge. De viser bl. a., at en Fordobling af Vægten kun medfører en Tilvækst i Lydisolationstallet paa 6 db.

Dobbelte og flerdobbelte Skillevægge.

For at øge Lydisolationen anvender man undertiden dobbelte Skillevægge. Det viser sig, at den derved opnaaede Forøgelse af Lydisolationen er stærkt frekvensafhængig, idet der findes et Omraade ved dybe Frekvenser, hvor Isolationen er lavere end for en Enkeltvæg med samme Totalvægt. Ved høje Frekvenser vil Isolationen af Dobbeltvæggen være større end af Enkeltvæggen undtagen for enkelte Frekvenser, der afhænger af Afstanden mellem de to Fag i Dobbeltvæggen. Naar Afstanden svarer til en halv Bølgelængde af Lyden eller et Multiplum deraf, vil der nemlig opstaa en Resonansvirkning i Mellemrummet mellem Fagene.

En anden Virkning, som kan nedsætte Dobbeltvæggenes Isolations-evne, er Tværsvingninger i Mellemrummet altsaa Svingninger parallel med Væggens Overflade. Saadanne Svingninger kan dog dæmpes ved at beklæde Karmene i Mellemrummet med lyddæmpende Materiale. Endelig kræver Dobbeltvæggen for at yde den størst mulige Isolation, at de to Fag ikke forbindes med faste Konstruktionsdele, der kan virke som »Lydbroer«, der overfører Lyden fra det ene Fag til det andet.

Alt dette nødvendiggør en meget omsorgsfuld Udførelse af Dobbeltvægge, saafremt man skal opnaa en virkelig Fordel ved at anvende dem.

Etageadskillelser.

For Skillevægge er Luftlydisolationen det afgørende, for Etageadskillelser er det derimod overvejende Trinlydisolationen, der er af Betydning. Paa dette Omraade er Maalemetoderne endnu i deres Vorden, og selvom der findes Tilløb til Normer, er der endnu ingen, der er helt tilfredsstillende. Den i Øjeblikket i Tyskland benyttede Metode fremgaar af Fig. 4.

Der benyttes til Maalingen to Rum, det ene over det andet; mellem disse findes den Etageadskillelse, hvis Isolationsevne skal bestemmes. I det øverste Rum er anbragt et Hammerapparat, som drives af en Elektromotor; Hammervægt og Faldhøjde er normerede. I Rummet nedenunder maales Støjens Styrke i *Phon* ved Hjælp af en saakaldt

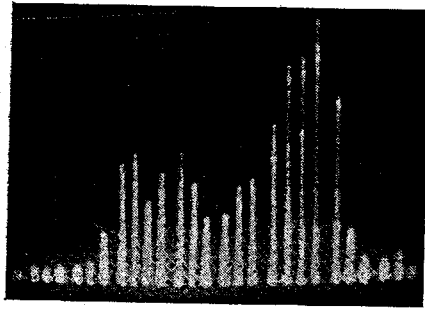


Fig. 5.

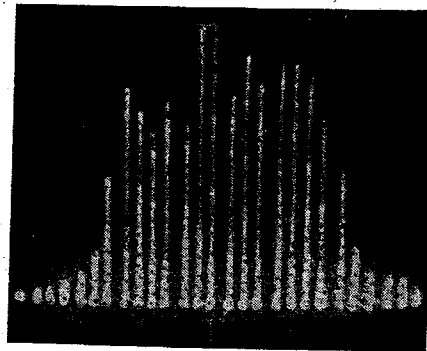


Fig. 6.

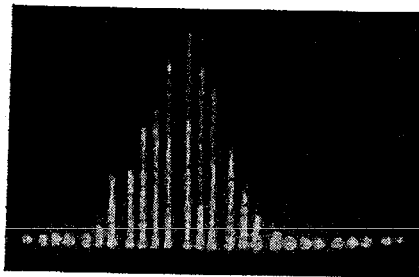


Fig. 7.

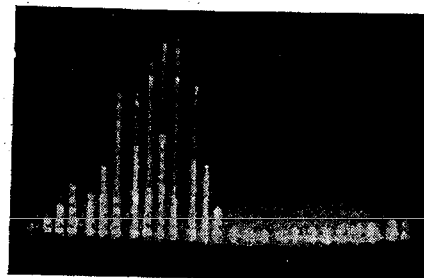


Fig. 8.

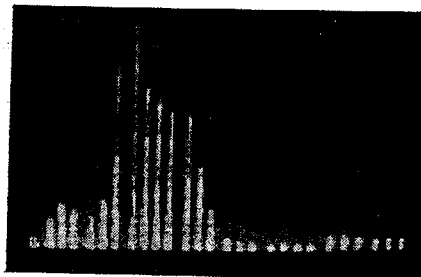


Fig. 9.

Fortegnelse over Spektrene:

- Fig. 5. Skrivemaskine.
 » 6. Regnemaskine.
 » 7. Bankelyd paa Asfalt.
 » 8. » » Filt.
 » 9. Menneskegang paa Asfalt (Gummihæle).

Paa Grundlag af saadanne Spektrogrammer vil det ofte være muligt at foretage lydæmpende Foranstaltninger, der retter sig imod de Frekvenser, som er særlig fremtrædende. Denne Teknik er imidlertid endnu ganske ny og uprøvet.

Jeg haaber, at De ved den Orientering, som jeg her har søgt at give Dem, har faaet et Indtryk af, i hvor høj Grad, man i Dag behersker den maaletekniske Side af Lydproblemerne.

Litteraturfortegnelse:

- A. Schoch: Die physikalischen und technischen Grundlagen der Schalldämmung im Bauwesen, Hirzel, 1938).
 V. O. Knudsen: Architectural Acoustics (John Wiley & Sons, 1932).

OVERSIGT OVER DEN PRAKTISKE UDFØRELSE AF LYDISOLERING I BEBOELES- OG KONTORBYGNINGER

Af Civilingeniør Aage Jacobsen.

Naar jeg her skal give Dem en Oversigt over den praktiske Udførelse af Lydisolering i Beboelses- og Kontorbygninger, kan jeg naturligvis ikke komme ind paa alle Enkeltheder, men haaber alligevel at faa det vigtigste med. Jeg vil begynde med en Omtale af Bygværkets Isolering mod Rystelser og Støj udefra.

Rystelserne hidrører som Regel fra Gadetrafik, Maskinanlæg og Vindens Paavirkning. Et Maskinanlæg kan ikke blot foraarsage Rystelser i den Bygning, hvor Anlægget er opstillet, men ogsaa i nærliggende Ejendomme, idet Svingningerne forplanter sig i Jorden. Tørt Sand og Kisel er i Almindelighed svingningsdæmpende, medens haard og særlig klippefuld Byggegrund, frossen Jord og højt Grundvandspejl befordrer Rystelserne.

Rystelser og direkte Støj fra Gadetrafikken svækkes i væsentlig Grad, naar Kørebanen er god og Underbygningen godt afvandet. Forhaver og Ridestier dæmper ogsaa Rystelser, medens Træer og Buske skærmer mod Luftlyd, der svækkes ved Tilbagekastning og Absorption i Træernes Kroner. I denne Forbindelse skal det ogsaa nævnes, at Altaners Undersider bør beklædes med Bølgeplader (Bølgerne parallelt med Facaden), der kaster udendørs Støj — navnlig de høje Toner — tilbage og nedefter, men ikke ind i Stuen underneden. Glatte Undersider virker derimod som Spejle og sender Lyden ind i Huset.

Mod Rystelser isolerer man paa samme Maade som mod Lyd i faste Legemer (Legemslud), nemlig ved Mellemlæg af Materialer, hvis Lydmodstand) er saa forskellig som mulig fra Lydmodstanden i det Ma-*

*) Lydmodstanden er Produktet af Vægtfylden og Lydens Hastighed i det paa-gældende Stof.

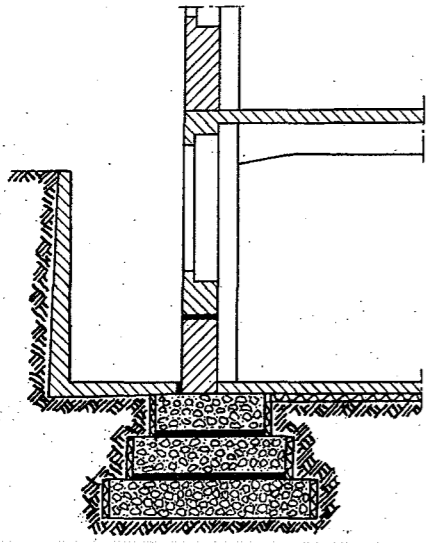


Fig. 1.

teriale, der skal isoleres. Dette vil i Praksis sige, at Lyd i tunge, stive (lydhaarde) Materialer, f. Eks. Murværk og Beton, svækkes bedst ved Mellemlæg af lette, bløde (lydbløde) Materialer, f. Eks. Isoleringsmaatter af Filt, Rockwool, Glasuld, Tang eller lignende. Luft (hvis Lydmodstand er 41,5) er endnu mere lydblød end de nævnte Materialer, og gennemgaaende Luftspalter er derfor stærkt isolerende overfor Lyd i f. Eks. Beton (hvis Lydmodstand ligger omkring 1 Million), medens Beton — paa den anden Side — ogsaa er en virksom Isolator

imod Luftlyd. — Man kan imidlertid ikke bruge Luft som Isolator alle Steder, f. Eks. under Husets Fundamenter, og man maa derfor hjælpe sig med Isoleringsmaatter eller Dæmpningsplader, der kan taale et passende Fladetryk. Pladerne kan fremstilles af forskellige Materialer, alt efter de Krav, der stilles til Dæmpning og Bæreevne. Hvis Belastningen er stor, kan man anvende Asbestpap mellem tynde Blyplader, eventuelt i flere Lag, eller f. Eks. galvaniseret Jernblik mellem 10 mm tykke Asbestplader, der atter indsluttes mellem 3 mm tykke Blyplader. — Dæmpningspladerne maa asfalteres for at holde Fugtigheden ude.

Fig. 1 viser Isolering af Husets Fun-

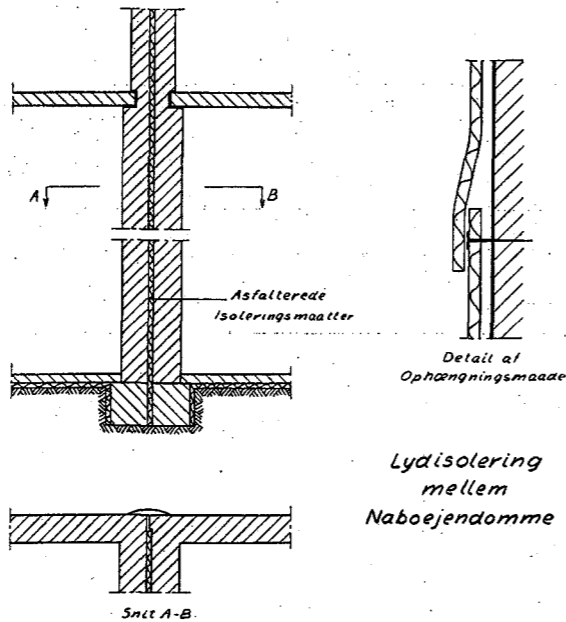
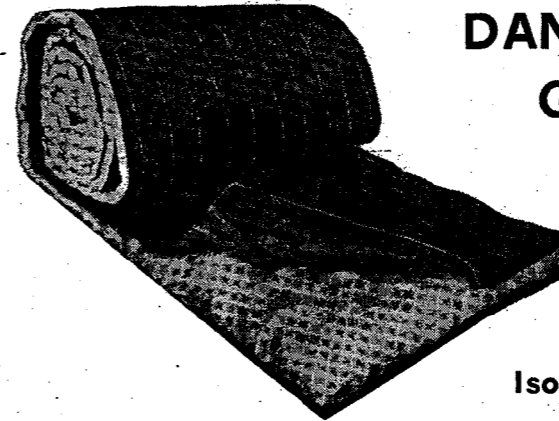


Fig. 2.

Lydisolering mellem Naboejendomme



DANSK GLASULD

til alle
Isolationsformaal

Uorganisk — uden Levebetingelser for Møl og Ustøj. Taaler Temperaturer op til ca. 550° C. Kan ikke brænde eller forraadne. Mange praktiske Former for byggetekniske og maskintekniske Formaal. GLASULD-SKAALÉ til Rørisolation for alle gængse Rørdiametre.

DANSK GLASULDFABRIK A/S

Amaliegade 15 . København K . C. 12912 . Telegr.-Adr.: Kemindu

Fabrik i Valby for Fremstilling af Vaskemidlene Persil, Imi, Ata, Henko og Milo. Firma Henkel & Co. A/S



Projektering af

Fabriksanlæg	Pakhuse
Damp- og Kraftanlæg	Jernbeton
Elektriske Anlæg	Spildevandsanlæg
Køleanlæg	Varme- og Ventilationsanlæg
Transportanlæg	Hødtvandsanlæg

O. H. NICOLAISEN & H. KRUSE

M. af I. . Raadgivende Ingeniører . M. Ing. F.

ST. KONGENSGADE 25 . KØBENHAVN K . TELEFON CENTRAL 14837

ELBCOLIT

EFFEKTIV ISOLERING MOD LYD · KULDE · VARME

DANSK GLASULDSMAATTE

Vægtfylden for Glasuld andrager 30 til 50 kg/m³.

Varmeledningstallet λ for Glasuld er 0,03 ved 0° C.

Forlang Oplysninger og Prøveattester.

E. L. BRUUN & CO.

FREDERIKSBERG ALLÉ 48 · KØBENHAVN V · TELEFON CENTRAL 1561

SARDEMANN & THOMSEN

CIVILINGENIØRER M. ING. F.

RAADGIVENDE INGENIØRFIRMA

AARHUS-KOLDING

damenter, der beklædes med asfalterede Isoleringsmaatter. Fundamenterne er udstøbt paa Dæmpningsplader. Grundvandsspejlet maa holdes saa lavt som muligt, da Tilstedeværelse af Vand (der leder Svingningerne) kræver en mere omfattende Isolering.

Ogsaa Naboejendomme bør isoleres fra hinanden ved Anbringelse af Isoleringsmaatter mellem Gavlene, saaledes som vist i Fig. 2. Man maa sørge for, at Maatterne — der ophænges løst, idet de saa vidt muligt kun sømmes foroven — overlapper hinanden saa meget, at Sømmehoveder dækkes, da Sømmene i modsat Fald danner Lydbroer mellem Gavlene.

TABEL 1

Lydens Dæmpning i Decibel pr. løbende Meter.
(Efter Prof. E. Meyer, Berlin).

Materiale	Frekvens i Hertz	
	200	1000
Jern	0,001	0,004
Tegl	0,020	0,040
Beton	0,040	0,050
Træ	0,050	0,070

Hvad enten nu Rystelser og Lyd kommer udefra eller opstaar i selve Huset, er det vigtigt at hindre Svingningerne i at forplante sig fra den ene Etage til den anden. I de mest almindelige Byggematerialer dæmpes Svingningerne kun ubetydeligt, saaledes som det fremgaar af Tabel 1. Dæmpningen afhænger af Frekvensen, men er for hele Frekvensområdet saa ringe, at Lyden skal gennemløbe kilometerlange Veje, før Svækkelsen er af Betydning.

Et Betonhus leder altsaa Lyden overordentlig godt, og hvis Ledningslyden træffer uisolerede Vægge, Etageadskillelser, Døre eller Vinduer, kan man risikere, at Lyden udsendes herfra som direkte hørlig Luftlyd. Tværsnitsændringer virker lyddæmpende, men ikke i tilstrækkelig Grad i Praksis, og man burde derfor indtægge Dæmpningsplader for hver Etage. Det er mig imidlertid ikke bekendt, hvorledes Bygningsautoriteterne vil stille sig til dette Spørgsmaal.

I Tyskland har man undersøgt Dæmpningens Afhængighed af Byggemaaden. Undersøgelserne blev foretaget i Praksis, idet der paa den øverste Etageadskillelse blev opstillet et Hammerværk, hvorefter Støjstyrken i Phon blev maalt i samtlige Etager nedenunder. Resultaterne fremgaar af Tabel 2 og viser, at almindeligt Murværk dæmper langt bedre end Beton, og at Staalskelethbygninger med isolerede Staal-

TABEL 2

Gennemsnitlig Isolationsværdi overfor Legemslyd.
(Efter A. Gastell, Berlin).

Byggemaade	For hver Etage	Pr. løbende Meter i lodret Retning
Murværk	19 Phon	6,5 Phon
Beton	8 "	2,5 "
Staalskelet	8 "	2,5 "
Staalskelet med korkisolerede Staalprofiler (og Udfyldningsmurværk)	18 "	6,0 "

profiler og Udfyldningsmurværk dæmper Ledningslyden lige saa godt som Murværk alene. Isolationen var udført med 5 mm tykke Korkplader som vist i Fig. 3.

Bindingsværk — der jo ikke har megen Interesse for Nutidens Husbyggere — dæmper Ledningslyd bedre end Murværk, fordi Lyden svækkes i Overgangsfladerne mellem Løsholter og Mur. Bindingsværk

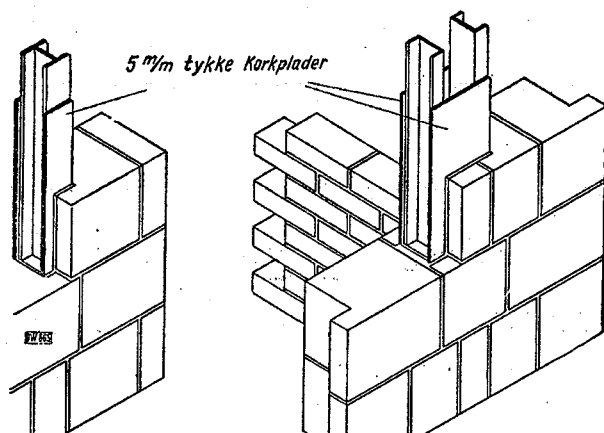


Fig. 3.

med Skraabaand er ogsaa ret modstandsdygtigt overfor Jordrystelser, hvilket man bl. a. har erfaret i Japan. Skraabaandene tiltaler imidlertid ikke Japanernes æstetiske Sans, men hvor de udelades, falder Husene sammen — selv ved mindre Jordrystelser.

Ledningslyd fra Elevatorer, Trappeskakter, Portrum og andre støjende Steder kan tilbageholdes ved at isolere de paagældende Rum fra den øvrige Del af Bygværket ved Hjælp af bløde Isoleringsmaatter.

Fig. 4 viser i vandret Snit Isolering af en betonstøbt Elevatorskakt. Man maa sørge for, at de viste Maatter ikke sammenpresses for stærkt, og at Arbejdet udføres saa omhyggeligt, at Mørtel eller Beton ikke trænger igennem Maatterne paa noget Punkt. I modsat Fald kan der opstaar Lydbroer, som bevirker, at Isolationen taber væsentligt i

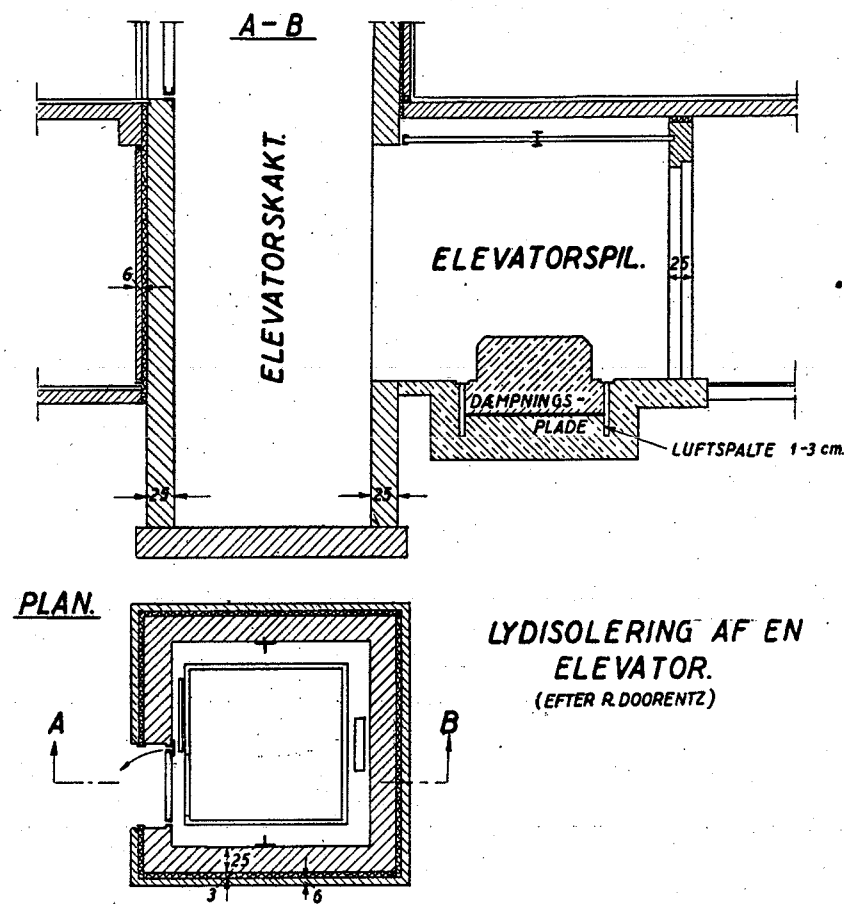


Fig. 4.

Værdi. Af samme Grund maa alle de til Elevatoranlægget hørende Elementer kun befæstes til den inderste Skakt og ikke ved Hjælp af gennemgaaende uisolerede Jern og Bolte.

Det er naturligvis ikke tilstrækkeligt at lydisolere et Hus mod Ledningslyd, der i Almindelighed først høres, naar en Omformning til Luftlyd har fundet Sted; man maa ogsaa isolere mod direkte Luftlyd f. Eks. Tale og Musik, i hvilken Henseende det navnlig gælder om at skabe en passende Isolation mellem Lejlighederne indbyrdes.

Erfaringen har vist, at Skillevægge mellem Lejligheder, Hotelværelser, Sygestuer etc. bør have et gennemsnitligt Isolationstal paa mindst 48 Decibel (db), hvilket svarer til en paa begge Sider pudset 1-Stensmur. I lydteknisk Henseende er den i den nye Byggelov foreskrevne Adskillelse paa mindst $\frac{3}{4}$ -Sten altsaa ikke nok.

En massiv og tæt Vægs Lydisolationsevne er hovedsageligt bestemt af Vægten pr. Arealenhet, idet Isolationstallets Middelværdi (for den Del af Frekvensomraadet, der har Betydning i Praksis) stiger omtrent

proportionalt med Kvadratmeter vægts Logaritme. En Fordobling af Væggens Kvadratmeter vægt forøger Isolationstallet 4—5 db.

Fig. 5 viser massive Vægges Lydisolationstal i Forhold til Vægten pr. Arealenhet. Af Figuren fremgaar, at en 1-Stensmur, der vejer ca. 450 kg/m², isolerer omkring 48 db, medens en $\frac{1}{2}$ -Stensmur kun isolerer omkring 42—43 db. For

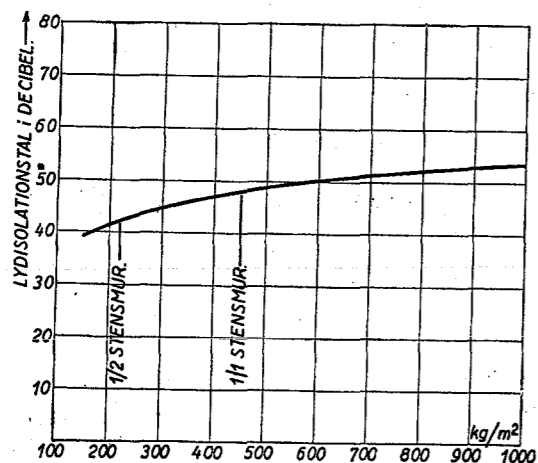


Fig. 5. Massive Vægges Lydisolationstal.

at komme væsentligt over 50 db, maa Muren (hvad enten den er af Murværk, Beton, Jern eller andet Materiale) være meget tung, men da Forholdene i Praksis jo hurtigt sætter Grænse baade for Vægt og Tykkelse, kan massive Skillevægge slet ikke anvendes paa Steder, hvor Isolationen skal være særlig god — f. Eks. i Radiofonistudier.

I Beboelses- og Kontorbygninger er der imidlertid sjældent Brug for større Isolation end 48—50 db, og dersom den hertil svarende Vægt eller Tykkelse alligevel er u hensigtsmæssig — f. Eks. i Kontorbygninger, hvor en forholdsvis let Ændring af Lokaliteterne ofte er ønskelig — kan man opnaa samme (og om ønsket endnu bedre) Isolation med lette lagdelte eller flerdobbelte Vægge med gennemgaaende Luftspalter. De gennemgaaende Luftspalter har en vis Fjedervirkning og dæmper derfor Svingningerne. Jeg skal senere komme tilbage til disse lette Vægkonstruktioner.

Vægge af Kanalsten eller af Hulrumssten isolerer ikke mere end hvad der svarer til Stenenes Vægt, fordi Vægsiderne er stift forbudne, saaledes at Luftrummenes Fjederevne ikke kan udnyttes.

Gennem en massiv og tæt Skillevæg forplanter Lyden sig i alt væ-

sentligt ved Bøjningssvingninger, og Væggens Stivhed samt Indspændingsforholdene har derfor Indflydelse paa Lydisoleringsevnen. Cementmørtel og Cementpuds er tungere, stivere og har dobbelt saa stor Bøjningsstyrke som Kalkmørtel og Kalkpuds; de førstnævnte Materialer isolerer derfor bedre (ca. 4 db) end de sidstnævnte. Tilvæksten svarer omtrent til Fordobling af Væggens Kvadratmeter vægt.

Vægtkurven i Fig. 5 svarer nærmest til Vægge muret op i Kalkmørtel, men pudset med et 10—15 mm tykt Lag Cementpuds (1:3). Saafremt Væggen ogsaa mures op i Cementmørtel, stiger Isolationstallet ca. 2 db.

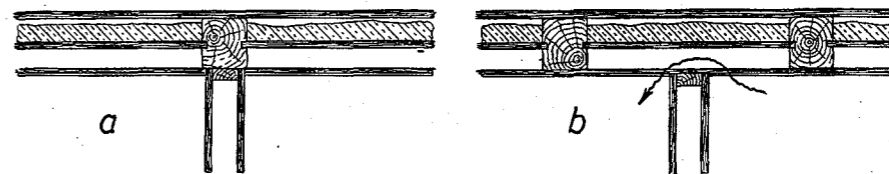


Fig. 6.

Hvis man vil forbedre en kalkpudset Skillevægs Isoleringsevne, nytter det ikke meget at beklæde Væggen med lette Byggeplader; man bør derimod fjerne Kalkpudsen, fylde Fugerne efter med Cementmørtel og atter pudse Væggen, men med et 15—20 mm tykt Lag Cementpuds (1:3). Hvis man gaar frem paa denne Maade og sørger for en god haandværksmæssig Udførelse, kan man være sikker paa et godt Resultat.

Isoleringsevnen er nemlig ogsaa afhængig af Arbejdets Kvalitet, idet Lyden trænger let igennem de mindste Aabninger. Fugerne maa derfor være fulde af Mørtel, og Vægge, der udkastes, maa være tørre, forinden de færdigpudses, da Pudsen let slaar Revner, hvis Udkastningen eller Underlaget arbejder. Man maa ogsaa drage Omsorg for, at Pudslaget tørrer tilpas langsomt for ikke at revne. Endelig maa man sørge for, at Pudsen føres helt ned til det bærende Underlag og helt op til Loftsforskallingen. Hvis Skillerummet kan opstilles mellem en Bjælke i Loft (Fig. 6a) og en i Gulv, er dette naturligvis at foretrække, da Lyden i saa Fald ikke kan forplante sig i Rummet over Loftsforskallingen (Fig. 6b) eller under Gulvbrædderne.

De tidligere omtalte lette Vægge findes i en Mængde mere eller mindre hensigtsmæssige Udførelsesformer, men jeg skal her indskrænke mig til at omtale nogle ganske enkelte, idet jeg holder mig til Typer, der er særlig anvendelige i Beboelses- og Kontorbygninger.

Dobbelte og tredobbelte Bræddeskillerum med Puds paa begge Sider

isolerer kun 30—38 db (hvilket fremgaar af Vægtkurven); den største af de nævnte Værdier svarer til Bræddeskillerum med tæt Cementpuds. Selv om man lægger Pap eller imprægneret Filt mellem Brædderne, forøges Isoleringsevnen kun lidet (forudsat at Væggen i Forvejen er tæt), idet de gennemgaaende Søm forbinder Bræddelagene og bevirker, at Væggen svinger som et Hele.

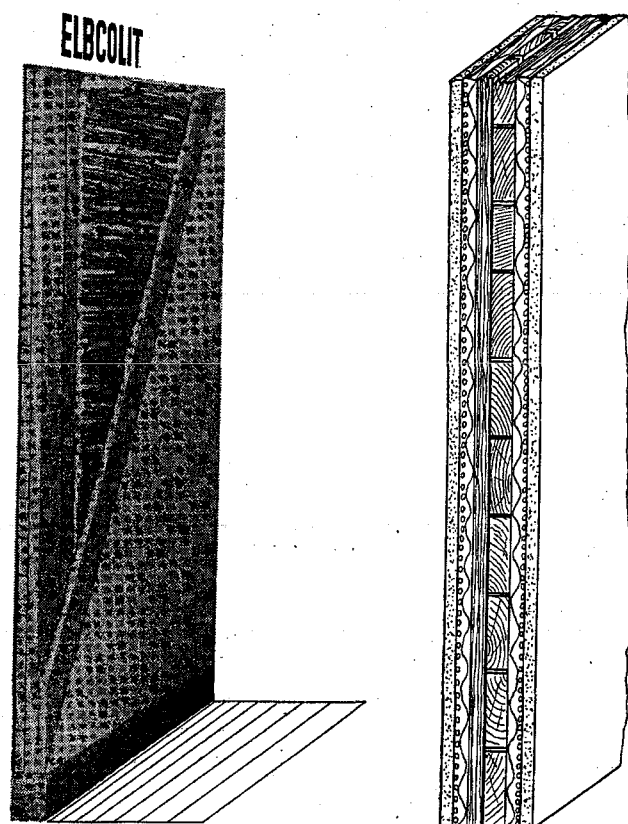


Fig. 7.

Hvis man derimod — som vist i Fig. 7 — hænger nogle pudsbærende Isoleringmaatter op paa begge Vægsider, dykker de Søm hvormed Maatterne hæftes, og pudser med Cement og Grus i Forholdet 1:3, kan Skillevæggen bringes til at isolere lige saa meget som en 1-Stensmur til Trods for, at Væggen kun vejer 75—80 kg/m². Det er dog en Forudsætning, at Pudslagene intet Sted har Forbindelse med hinanden, med Brædderne, eller med de Søm, hvormed Maatterne er fastgjort. Hvis denne Betingelse er opfyldt, vil de bløde lette Maatter virke som Fjedre mellem de tunge Lag, hvorved Lyden energi svækkes

meget betydeligt. Vægge af denne Type har jeg kaldt *Sandwichvægge* — en Benævnelse, der næppe kræver nærmere Forklaring.

Den almindeligt anvendte Form for Dobbeltvægge bestaar af to af hinanden uafhængige Lægteskeletter, hvorpaa Yderpladerne er befæstet. Denne Konstruktion, der i vandret Snit er vist i Fig. 8, blev opfundet for omtrent 50 Aar siden, men er først kommen til Ære og Værdighed i de senere Aar.

Dobbeltvægges Lydisolationstal afhænger af Afstanden mellem Yderpladerne, disses Vægt og Stivhed, Fyldmaterialet og — under visse Forhold — ogsaa af Karmens Overfladekarakter.

Laboratorieundersøgelser har vist, at den fordelagtigste Afstand mellem Yderpladerne er 10 cm; Afstanden bør i hvert Fald ikke være



Fig. 8.

under 5 cm og ikke over 15 cm. Tabel 3 viser hvorledes Isoleringsevnen varierer med Luftspaltens Bredde. Tallene udtrykker Tilvæksten (i Decibel) i Forhold til en massiv Væg med samme Vægt. Naar Luftlaget er tyndt, bliver Fjedervirkningen ringe, men efterhaanden som Afstanden mellem Pladerne vokser, tiltager Isoleringsevnen, dog kun indtil en Pladeafstand paa 10 cm. Større Afstande svarer nemlig mere og mere til Bølgelængderne af hyppigt forekommende Toner, hvilket giver Anledning til Resonans, altsaa Forstærkningsfænomener, og disse Toner gaar derfor forholdsvis usvækket gennem Væggen. Først naar Afstanden mellem Yderpladerne er saa stor, at Lyden kan brede sig frit, nærmer Isoleringsevnen sig det dobbelte af den enkelte Vægplades; men saa store Pladeafstande er naturligvis uanvendelige i Praksis. Lyden forplanter sig iøvrigt ogsaa som Bøjningssvingninger i gennemgaaende Etageplader, altsaa udenom Skillevæggen, hvilket i Almindelighed sætter Grænse for Lydisolationen mellem selv forholdsvis langt fra hinanden beliggende Rum. Denne Grænse ligger omkring 55 db — med mindre man ogsaa lydisolerer Loft og Gulv.

Som omtalt har Fyldmaterialet Betydning for Dobbeltvægges Lydisoleringsevne. I Teknologisk Instituts Lydlaboratorium har jeg foretaget nogle Undersøgelser af forskellige Fyldmaterials Virkning. Resultaterne fremgaar af Tabel 4. *De lette Isoleringmaatter (Nr. 7 og 8) giver det største Tillæg, nemlig ca. 4 db, og man bør derfor op hænge Isoleringmaatter — helst med Kraftpapir eller Asfaltpapir paa begge Sider — i Luftspalten mellem Dobbeltvægges Yderplader.*

Den lette Glasuldmaatte (1,9 kg/m²) virker som en Vægtforøgelse paa ca. 15 kg/m² af den tomme Væg, der kun vejede 25 kg/m².

TABEL 3

Dobbeltvægges Isolationstilvækst i Forhold til massive Vægge med samme Vægt. (Efter Cammerer og Dürhammer).

Luftspaltens Bredder cm	Isolationstilvækst i Decibel
Berøring mellem Yderpladerne	2
1	4
2	6
5	10
10	12
15	11
20	7

TABEL 4

Isolationstilvækst i Decibel, naar Luftspalten mellem en Dobbeltvægs Yderplader fyldes med de nævnte Materialer.

Nr.	Fyldmateriale	Vægt i kg/m ² af Væggens Areal	Isolationstil- vækst (db)
1	Alfol.	0,4	1,2
2	Aluminiumsplader.	1,4	1,3
3	Kisulgur.	24,0	1,4
4	Perlepap.	0,9	1,6
5	Rockwool (løst)	11,3	2,4
6	Moler (pulveriseret)	37,2	2,8
7	Glasuldmaatte (15 mm) . . .	1,9	3,6
8	Rockwool-Maatte (25 mm) .	4,8	3,9

Fig. 9 viser Isolationskurverne for de nævnte Glasuld- og Rockwool-Maatte samt Isolationskurven for den tomme Dobbeltvæg (den svagt punkterede Linie). Frekvenserne er afsat som Abscisser i logaritmsk Maalestok, medens de tilsvarende Lydisolationstal er afsat som Ordinate. Lydisolationen tiltager temmeligt stærkt med voksende Frekvens, hvilket er karakteristisk for lagdelte og flerdobbelte Vægge. Massive Konstruktioners Lydisolationstal er derimod mindre frekvensafhængige, og Kurven derfor fladere. — I de nye tyske Normer (DIN

4110: Technische Bestimmungen für Zulassung neuer Bauweisen) er der optaget en Bestemmelse om, at lagdelte eller flerdobbelte Vægges Isolationstal skal angives som Gennemsnitsværdier for det nedre Frekvensomraade (fra 100 til 550 Hertz) for sig, og for det øvre Frekvensomraade (fra 550 til 3000 Hertz) for sig, idet et enkelt Gennemsnitstal for hele Maaleomraadet (100—3000 Hz) ikke giver Oplysning om Isoleringsevnen for en mindre Del af Omraadet, f. Eks. de dybe Toner.

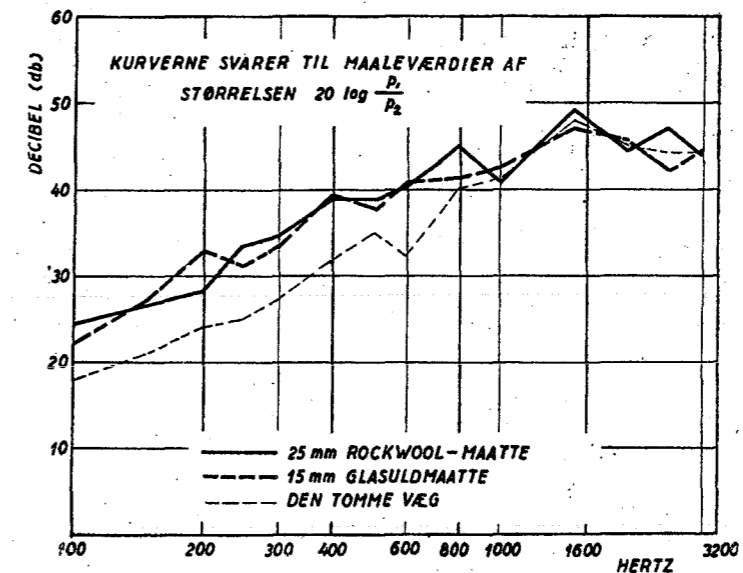


Fig. 9.

Hvis en foreliggende Konstruktion skal kunne isolere lige saa godt som en 1-Stensmur, forlanges det, at Gennemsnitsværdierne er mindst 42 db i det nedre, og mindst 54 db i det øvre Frekvensomraade.

Kurverne i Fig. 9 forløber ikke jævnt, hvilket skyldes Resonansvirkning, der baade kan hidrøre fra Vægpladerne og fra Luftspalten mellem disse.

Hvis en indspændt Plade, f. Eks. en Væg, udsættes for et Tryk, der pludseligt bringes til Ophør, vil Væggen svinge med sit Egensvingningstal. Dersom Lyden indeholder en Tone, som enten falder sammen med Egensvingningstallet eller svarer til en højere Oktav af dette, vil der opstaa Resonans, hvilket har til Følge, at Væggens Isoleringsevne aftager stærkt ved den paagældende Frekvens. Massive Vægges Egensvingningstal ligger lavt — omkring 50 Hertz — og dette er Aarsag til, at de dybe Toner, f. Eks. fra Naboens Radio, høres tydeligere end høje Toner. Ved Dobbeltvægge har Yderpladernes Vægt stor Indflydelse paa Væggens laveste Resonansfrekvens (Grænsefrekvensen)

og dermed paa Isoleringsevnen ved de dybe Toner — et Forhold, jeg senere vender tilbage til.

Som nævnt kan Luftspalten mellem Yderpladerne ogsaa give Anledning til Resonans, hvilket er Tilfældet, naar Lyden indeholder en Tone, hvis halve Bølgelængde — eller et helt Multiplum heraf — svarer til Luftspaltens Bredde. I saa Fald vil Lydbølgerne, der inde i Væggen udsendes fra den ene Yderplade, naa tilbage til denne (efter Tilbagekastning fra den modsatte Vægplade) paa et Tidspunkt, hvor Svingningstilstanden (Fasen) her er den samme saavel i den fremadskridende som i den tilbagekastede Bølge, og denne Samtidig er Aarsag til stærkt forøgede Svingningsamplituder. Resonansvirkningen svækkes imidlertid betydeligt, hvis der ophænges Isoleringsmaatter i Luftspalten.

Lydbølgerne i Luftspalten udbreder sig imidlertid ogsaa parallelt med Væggens Plan, saaledes at man tillige maa regne med de Egenfrekvenser, der er bestemt af Væggens Højde og Bredde*) — med mindre de ophængte Maatter udfylder Rummet mellem Lægteskeletterne, som vist i Fig. 8, eller bøjes om ved Karmen, saaledes at de dækker denne. I modsat Fald bør baade Karmen og Lægternes Sider beklædes med et lydabsorberende Materiale, f. Eks Strimler af Filt, flere Lag Raapap, Rockwoll, Glasuld eller lign. — bløde Byggeplader med stor Absorptionskoefficient er naturligvis ogsaa vel-egnede.

En virksom Karmbeklædning er af stor Betydning, navnlig ved dobbelte Glasvægge og dobbelte Vinduer, hvor man ikke kan anbringe Isoleringsmaatter i Luftspalten. Jeg har for nylig foretaget nogle Undersøgelser af dobbelte Staalvinduers Lydisoleringsevne overfor Luftlyd og skal meddele Resultaterne her.

Fig. 10 viser et lodret Snit gennem de dobbelte Staalvinduer. Vinduerne (der aabnes ved et enkelt Greb) var indbygget i en 1-Stensmur mellem Laboratoriets Sender- og Modtagerrum. Vinduernes Lydisola-

*) Dette er først paavist af Professor E. Meyer, Berlin (Elektrische Nachrichten-Technik 12-1935, S. 393).

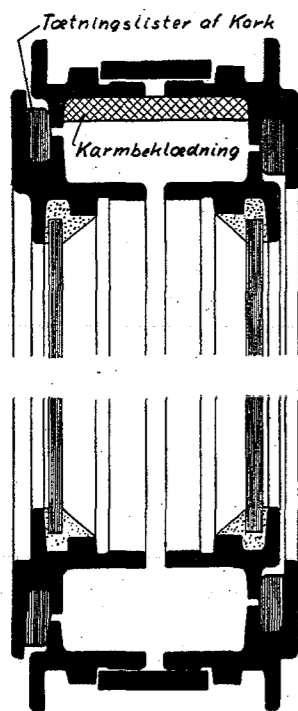
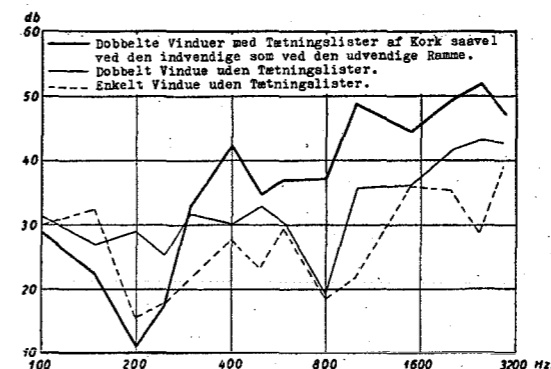


Fig. 10.

tionstal er beregnet paa Grundlag af de maalte logaritmiske Forhold mellem Lydtrykkene paa begge Sider af den med Vindue forsynede Skillemur, idet selve Murens kendte Lydisolationstal er taget med i Beregningerne.

Der blev foretaget Maalinger af et enkelt Staalvindue uden Tætningslister og af dobbelte Staalvinduer (Fabrikat *Idesta*) saavel uden som med Tætningslister — og endelig af dobbelte Staalvinduer, for-



De gennemsnitlige Isolationstal (Decibel) overfor Luftlyd andrager:

Signatur	Dimension af Rudeglas mm	Frekvensomraader i Hertz		
		100-550	550-3000	100-3000
—	4 + 3	27 db	45 db	36 db
- - -	4 + 3	29,6 db	35,4 db	32,5 db
.....	3	24 db	30 db	27 db

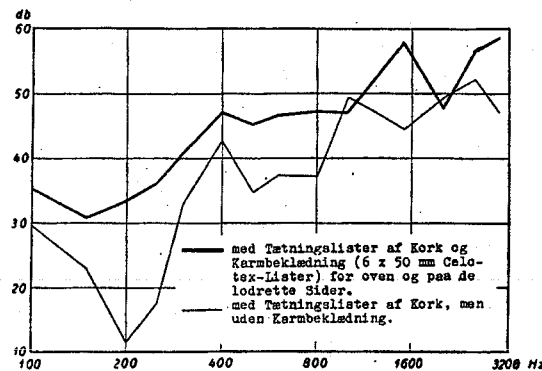
Afstanden mellem Ruderne i de dobbelte Vinduer var 52 mm.

Fig. 11. Lydisolationskurver for Idesta-Staalvinduer (700×1500 mm) med dobbelte Anslag.

synet baade med Tætningslister og med Karmbeklædning. Tætningslisterne bestod af Kork, og Karmbeklædningen blev udført af 6 mm tykke og 50 mm brede Celotex-Lister, der blev skruet fast til Karmen for oven og paa de lodrette Sider. Af Hensyn til Dugvand vil man helst undgaa at beklæde den nederste vandrette Del af Karmen, hvilket heller ikke er nødvendigt.

Diagrammet og Tabellen i Fig. 11 viser, at dobbelte Vinduer uden Tætningslister (og uden Karmbeklædning) har en temmelig flad Isolationsskurve omtrent af samme Karakter som Kurven for det enkelte Vindue. De tættede Vinduer (stadig uden Karmbeklædning) har derimod — ligesom tætte Dobbeltvægge — en stejlere Isolationsskurve med meget udprægede Resonanspunkter. Selv om de tættede Vinduer

har en forholdsvis høj gennemsnitlig Isolationsværdi — nemlig 36 db — er Nyttens af Tætningslisterne dog problematisk paa Grund af den meget ringe Isoleringsevne ved de dybe Toner — der er meget almindelige i Gadestøj. Faldet i Kurven omkring 200 Hz skyldes Resonans, der øjensynlig hidrører fra den haarde Karm, idet Afstanden mellem de vandrette Sider — altsaa Vinduets Højde — er lig med Bølgelængden af en Frekvens paa omkring 230 Hz.



De gennemsnitlige Isolationstal (Decibel) overfor Luftlyd andrager:

Signatur	Dimension af Rudeglas mm	Frekvensomraader i Hertz		
		100-550	550-3000	100-3000
—	4 + 3	38,3 db	51,6 db	45 db
—	4 + 3	27 db	45 db	36 db

Afstanden mellem Ruderne i de dobbelte Vinduer var 52 mm.

Fig. 12. Lydisolationskurver for dobbelte Idesta-Staalvinduer (700x1500 mm) med dobbelte Anslag.

For nu at undgaa den uheldige Resonansvirkning, blev Karmen beklædt med de allerede omtalte Celotex-Lister; Resultatet fremgaar af Fig. 12. Den tynde Linie repræsenterer det tættede, dobbelte Vindue og er altsaa identisk med den tilsvarende Kurve i Fig. 11, medens den tykke Linie svarer til samme Vindue, men med Karmbeklædning paa 3 Sider. Beklædningen har ikke blot forbedret Isolationstallene ved de dybe Toner meget betydeligt, men ogsaa forhøjet det gennemsnitlige Isolationstal med 9 db, hvilket i Praksis vil sige, at den Støj, der høres gennem det tættede og karmbeklædte Vindue, kun er det halve af den Støj, der høres gennem et Dobbeltvindue, som kun er tættet. Undersøgelserne viste iøvrigt, at Isolationskurvens Forløb meget nær er det samme, hvad enten Karmen beklædes paa de tre eller paa alle fire

Sider. Dersom Karmen kun beklædes paa de lodrette Sider, falder Lydisoleringsevnen derimod betydeligt.

Paa stærkt befærdede Strøg bør Dobbeltvinduer altsaa baade være tættede og karmbeklædte. I saa Fald isolerer Vinduerne omtrent lige saa meget som en ¾-Stensmur med Puds paa begge Sider. Jeg tilføjer, at Ruderne bør have forskellig Tykkelse, f. Eks. 3 mm i de indre og 4 mm i de ydre Rammer.

Som tidligere omtalt afhænger Dobbeltvægges Lydisoleringsevne ogsaa af Yderpladernes Vægt, hvilket er nærmere begrundet i det følgende.

En Dobbeltvægges Grænsefrekvens d.v.s. laveste Resonansfrekvens (ved hvilken Isolationstallet nærmer sig Nul) findes af følgende Formel:*)

$$f_{gr} = \frac{1200}{\sqrt{G \cdot b}} \text{ Hz}$$

hvor G er Væggenes Vægt i kg/m², og b Luftspaltens Bredde i cm.

Grænsefrekvensen er altsaa omvendt proportional med Kvadratroden af Yderpladernes Vægt og Luftspaltens Bredde. Fra Grænsefrekvensen stiger Isolationskurven til at begynde med temmelig stærkt, og i dette Omraade er Isoleringsevnen ved en given Frekvens derfor større, naar Grænsefrekvensen ligger lavt (tunge Yderplader), end naar den ligger højt (lette Yderplader).

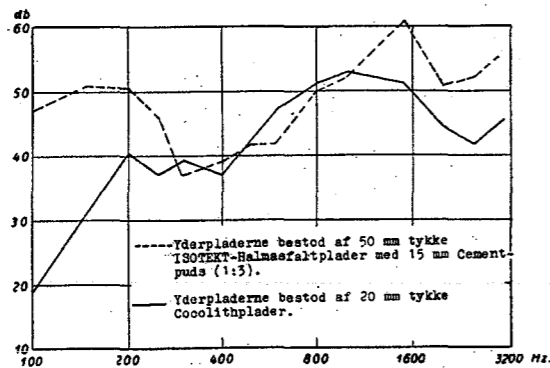
For at undersøge dette Forholds Betydning i Praksis har jeg udført en Forsøgsrække i Teknologisk Instituts Lydlaboratorium. Jeg benyttede de samme Lægteskeletter ved alle Forsøgene; Karme og Lægter var beklædt med Filt, men ellers var Væggene tomme.

Fig. 13 viser Isolationskurverne for Dobbeltvæggen med Yderplader henholdsvis af cementpudsede Isotekt-Halmasfaltplader og af Cocolithplader. Væggenes Tykkelse, Vægt og Isolationstal fremgaar af Tabellen under Diagrammet. Det interessante ved Kurverne er den store Isolationforskel — mellem 20 og 30 db — ved de dybe Toner, idet Væggen med de tungeste Yderplader isolerer bedst. Grænsefrekvensen for den tunge Væg ligger ifølge Formlen ovenfor ogsaa lavere (39 Hz) end for den lette Væg (64 Hz).

Diagrammet i Fig. 14 viser ogsaa Betydningen af Yderpladernes Vægt. Den tykke Linie repræsenterer Dobbeltvæggen med ½" Insulite Byggeplader paa begge Sider. Det gennemsnitlige Isolationstal ligger

*) Formlen gælder kun for en Dobbeltvæg med tom Luftspalte og under Forudsætning af, at Vægpladerne er tynde, og at Dimensionerne er uendelig store i Væggenes Plan.

meget lavt — helt nede paa ca. 33 db. Hvis man derimod pudser Pladerne med 15 mm Cementpuds (1:3) og derved forhøjer Væggens Kvadratmetervægt fra 15,5 til 61 kg/m², stiger det gennemsnitlige Isolationstal til 46 db, hvilket svarer til en cementpudset ¾-Stensmur. Tilvæksten er meget betydelig — ca. 20 db — ved de dybe Toner. Der kan pudses direkte paa Insulite-Pladerne, som maa foretræk-



Signatur	Væggens		f _{gr} Hz	De gennemsnitlige Isolationstal i Decibel for følgende Frekvensomraader:		
	Tykkelse cm	Vægt kg/m ²		100-550 Hz	550-3000 Hz	100-3000 Hz
—	14	35	64	35 db	48 db	41 db
---	23	95	39	45 db	52 db	48,5 db

Afstanden mellem Yderpladerne var 10 cm

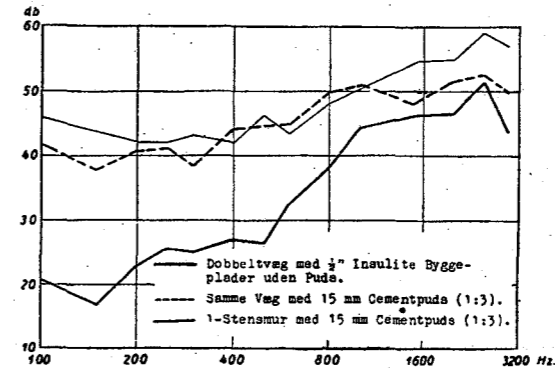
Fig. 13. Lydisolationskurver for Dobbeltvægge med forskellige Yderplader (Karme og Lægter var beklædt med Filt, men ellers var Væggene tomme).

kes for Forskallingsbrædder, dels fordi Risikoen for Revnedannelse i Pudsen er mindre, og dels fordi der ikke — som mellem Brædderne — kan opstaa Lydbroer af indtrængende Mørtel. Jeg tilføjer, at en Isoleringsmaatte ophængt i Dobbeltvæggens Luftspalte forhøjer Isolationstallet endnu ca. 4 db, saaledes at Væggen isolerer mere end en 1-Stensmur, til Trods for at denne er 10 cm tykkere og vejer mellem 7 og 8 Gange saa meget.

I den her nævnte Forsøgsrække har jeg undersøgt mange andre Byggeplader, hvorved det stadig har vist sig, at de tungeste og stiveste, f. Eks. Eternitplader, giver de bedste Resultater i lydisolationsmæssig Henseende. Jeg minder om, at Afstanden mellem Pladerne bør være

10 cm, at Karmen bør beklædes med et lydabsorberende Materiale, og at der i Luftspalten bør ophænges en god Isoleringsmaatte.

Gennem Døre og Vinduer forplanter Lyden sig paa samme Maade som gennem Vægge. Man maa altsaa først og fremmest sørge for Tæt-



Signatur	Væggens		De gennemsnitlige Isolationstal i Decibel for følgende Frekvensomraader:		
	Tykkelse cm	Vægt kg/m ²	100-550 Hz	550-3000 Hz	100-3000 Hz
—	12,5	15,5	23,5 db	43 db	33,5 db
---	16,0	61,0	42 db	50 db	46 db
1-Stensmur	26,0	480,0	—	—	48,3 db

Afstanden mellem Yderpladerne var 10 cm

Fig. 14. Lydisolationskurver for en 1-Stensmur (—) samt for to Dobbeltvægge med henholdsvis lette (—) og tunge (---) Yderplader (Karme og Lægter var dæmpet med Filtbeklædning, men ellers var Dobbeltvæggene tomme).

hed, ogsaa mellem Karm og Mur samt ved Anslag, der bør være saa brede som muligt. Tæthed kan tilvejebringes paa flere Maader, f. Eks. ved Hjælp af Tætningslister af Metal, Filt eller Gummi, eller ved at høvle Dørkanterne ud af Vinkel og beklæde Kanterne med Læderstrimler, der ombøjes og fastsømmes paa begge Sider af Døren. Fyldingsdøre bliver lettere utætte end plane Døre, som derfor bør foretrækkes. Gennemgaaende Nøglehuller maa undgaaes. Med Staalkarme opnaar man lettere Tæthed end med Karme af Træ, der svinder i Tidens Løb. Dobbeldøre isolerer naturligvis bedre end enkelte Døre. Dobbeldøre bør polstres paa de indvendige Sider, medens udvendig Polstring kun er til ringe Nytte.

Om Vinduer har jeg allerede sagt en Del og skal endnu blot tilføje, at aabne Vinduer virker som Skærme mod Lyden eller kaster denne ind i Stuen, alt eftersom Vinduerne aabnes mod eller bort fra den generende Lydgiver, i sidstnævnte Tilfælde virker Vinduerne altsaa som Lydfang.

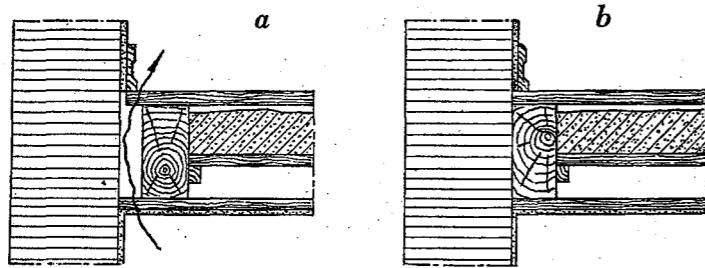


Fig. 15. Fejlagtig (a) — og rigtig (b) Placering.

Etageadskillelser maa kunne isolere baade mod direkte Luftlyd, f. Eks. Tale og Musik, og mod Trinstøj eller Bankelyd. Isoleringsevnen overfor Luftlyd alene er afhængig af Tætheden og Vægten — ligesom ved Vægge. For at undgaa Utætheder ved Bjælker langs Mur maa disse oplægges tæt til Muren, som vist i Fig. 15 b, idet der anvendes Asfalt-Isoleringspap eller Asfaltfilt som Mellemlæg — og ikke et Stykke fra Muren, som vist i Fig. 15 a.

Massive Konstruktioner er tungere og derfor mere lydisolerende overfor Luftlyd end Hulstensdæk med samme Tykkelse. Tunge Indskudsmaterialer f. Eks. Ler er ligeledes mere lydisolerende end lettere Materialer. For at skabe Tæthed maa Leret ligge ind i alle Kroge.

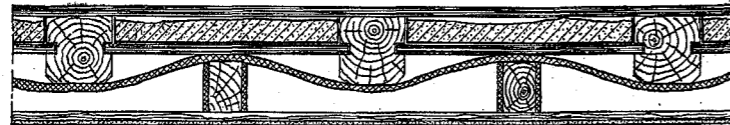


Fig. 16. Lydisolerende Dobbelt-Bjælkelag af Træ.

De fleste moderne Etageadskillelser vejer over 400 kg/m^2 og isolerer derfor i Almindelighed tilstrækkeligt overfor Luftlyd. Et almindeligt Træbjælkelag vejer derimod kun ca. 215 kg/m^2 ($8'' \times 9''$ Bjælker, Plankegulv, Indskud og pudset Forskalling paa Undersiden), og Bjælkelaget isolerer derfor ikke tilstrækkeligt overfor Luftlyd — og forøvrigt heller ikke imod Trinstøj. Hvis Bjælkelaget derimod udføres som vist i Fig. 16, hvor Gulvbjælkerne er uden lydæssig Forbindelse med Loftsbjælkerne, kan man — ligesom ved Dobbeltvægge — regne med et Tillæg paa 10—14 db, hvorved Isoleringsevnen bringes op over

50 db, hvilket jo er nok i Beboelses- og Kontorbygninger. Bjælkernes lodrette Sider bør beklædes med bløde Strimler (f. Eks. af Raapap eller af et Maattemateriale) for at undgaa Resonans for Toner, hvis Bølgelængder svarer til Afstanden mellem Lægterne.

Hvad nu Trinstøj angaar, ved jo alle, at svære Gulvtæpper er det bedste forebyggende Middel. Tæppelignende Gulvbelægninger f. Eks. Linoleum paa bløde Underlag (Perlepap, Kork-Linolag eller lign.) formindsker ogsaa Trinstøj betydeligt, men da Linoleum helst skal hvile paa et haardt Underlag for ikke at lide under Belastningen af Stoleben og Møbler, er saadanne Gulvbelægninger ikke særligt anvendelige.

»Svømmende« Gulve kan derimod baade bære og isolere tilstrækkeligt. Fig. 17 viser et svømmende Gulv bestaaende af en 3—4 cm tyk armeret Betonplade understøbt paa en blød Isoleringsmaatte (i dette Tilfælde en Arki-Tangmaatte), der bredes ud paa Etageadskillelsen. Maatten bøjes op ved Væggene, saaledes at Betonpladen ikke faar Forbindelse med Omgivelserne, men »svømmer« frit paa Underlaget. Ved Pladens Overkant afskæres Maatten og dækkes derefter af med svært Raapap, Gummistrimler eller Linoleum, der samtidig skiller det svømmende Gulv fra Panelet. Støbningen maa udføres omhyggeligt, idet man navnlig maa undgaa Lydbroer ved Væggene. Maatten maa enten asfalteres eller afdækkes med Asfalt-Isoleringspap for at hindre Gennemtrængning af Støbevand. Isoleringsevnen afhænger hovedsageligt af Maatten, der bør være saa blødt fjedrende som muligt. Luftpuder vilde saaledes være ideelle, men er desværre uanvendelige grundet paa konstruktive og praktiske Vanskeligheder.

Det svømmende Gulv kan ogsaa bestaa af Træ, f. Eks. af Strøer med Bræddegulv, men Strøerne maa naturligvis ikke sømmes til Under-



Fig. 17.

laget, da Maattens Fjederevne i saa Fald ikke kan udnyttes. Strøerne kan ogsaa henlægges paa Korkøer eller bløde Fiberplader, men Isolationsmaatter giver bedre Resultat, naar de blot ikke sammenpresses for stærkt.

Desværre tillader Tiden ikke en mere udførlig Omtale af andre Forhold vedrørende Husets Lydisolering, og jeg vil derfor indskrænke mig til at sige et Par Ord om Isolering af Vandrør.

Lyden følger let Rørledninger, der kan bringe Vægge og Etageadskillelser til at svinge, hvis Rørene er koblet direkte til disse. Man bør derfor isolere Rørene fra Bæring og Gennemføringer ved Hjælp af Asbest, Kork eller imprægneret Filt. Bæring kan ogsaa faststøbes i en Murblok, der isoleres fra det øvrige Murværk ved Mellemlæg af Dæmpningsplader f. Eks. imprægnerede Fiberplader, Kork, Asbest eller lign.

Ledninger maa ikke stemmes ind i Mure eller Vægge, der derved svækkes til Skade for Lydisolationen, og frem for alt maa Ledninger, Cisterner, Haandvaske eller andre sanitære Installationer ikke befestes paa Skillevægge til Dagligstuer eller Soveværelser, men kun paa tunge Mure mod Rum, hvor Støjen er af underordnet Betydning. Samtlige Rør bør iøvrigt føres op gennem Huset i en fælles Rørkanal, der indvendigt kan beklædes med et lydabsorberende Materiale.

Til Slut nogle Ord om Dæmpning af Støj i Kontorlokaler med mange Skrive- eller Regnemaskiner. Støjen er ofte saa stærk, at Personalets Arbejdsydelse formindskes (5—20 pCt.), og at Fejlprocenten i det udførte Arbejde forøges meget betydeligt. Støjen er desuden til Skade for Helbredet og trætter de fleste Mennesker.

Ved en passende Beklædning af Loft og Vægge er det imidlertid muligt at reducere Støjens Høreindtryk til det halve, hvilket svarer til en Formindskelse af selve Støjstyrken med 9—10 Phon. For at kunne udføre en saadan absorberende Beklædning paa rationel Maade, er det nødvendigt at kende Støjens Spektrum, hvoraf de mest dominerende Frekvenser fremgaar.

Paa Markedet foreligger mange forskellige Absorptionsmaterialer, men Absorptionskoefficienterne er frekvensafhængige, og man maa derfor vælge de Materialer, eller Kombinationer mellem Materialer, som i hvert enkelt Tilfælde giver det bedste Resultat.

Man kan ogsaa udføre Beklædningen af perforerede Fiberplader eller Krydsfiner, idet Afstanden fra Bagvæggen, Pladetykkelse, Hul diameter og Hulafstand beregnes med Henblik paa størst mulig Absorption ved de mest forstyrrende Frekvenser. Pladerne befestes til

Lægter, som skrues fast til Loftet. Da det er dyrt at hugge Huller i Betonlofter, bør Lægterne eller Træpropper indstøbes, hvilket naturligvis maa erindres allerede ved Tegnebrættet, før Huset opføres. Man maa ogsaa huske, at et Loft, der skal tjene som Overfladeradiator ved Straalevarmeanlæg, ikke kan beklædes, og Sagen maa derfor gennemtænkes paa saa tidligt et Tidspunkt som muligt.

Korridorer og Gange i Kontorbygninger bør ogsaa lyddæmpes paa lignende Maade som Skrivestuer, for at Støjen ikke skal genere i de Kontorer, der støder op til Gangene.

For at kunne beregne de omtalte Lofts- og Vægbeklædninger, der i fysisk Henseende kan betragtes som Resonatorer eller dæmpede Resonatorer, er det som sagt nødvendigt at kende Støjspektret i hvert enkelt Tilfælde. — Et let transportabelt Spektrometer til en overkommelig Pris er imidlertid ikke til Raadighed, og jeg vil derfor slutte med at udtale Haabet om, at det maa lykkes Elektroingeniørerne at fremstille et saadant Apparat, der utvivlsomt med Taknemlighed vil blive modtaget af de Bygningsingeniører, som har Husbygning til Speciale.

DISKUSSION

Refereret ved Civilingeniør H. M. Brinkløv.

Civilingeniør Krog spurgte, om der var udført Forsøg med Vægge i Lighed med de Forsøg, der er foretaget for dobbelte Vinduer, og om Foredragsholderen mente, at man eventuelt kan udelade Maatterne i Dobbeltvæggen og kun nøjes med Karmbeklædningen.

Foredragsholderen, Civilingeniør Aage Jacobsen svarede, at man har undersøgt Isolationsevnen af Dobbeltvægge — som omtalt i Foredraget var alle Forsøgsvæggene karmdæmpede — med og uden Maatter, og at Forsøgene viser, at Maatterne ikke kan udelades. Eventuelt kan Maatterne ved at bøjes om ved Enderne, tillige anvendes som Karmbeklædning. Man har derimod ikke undersøgt Forskellen mellem tomme Vægge med Karmbeklædning og Vægge uden en saadan Beklædning.

Civilingeniør Jordan meddelte, at hans Indtryk var, at det er Karmbeklædningen, der er det væsentlige, medens Maatterne i Dobbeltvæggen ikke er af saa stor Betydning.

Foredragsholderen var ikke helt enig med Civilingeniør Jordan heri, idet 4 db. Forøgelse i Isolationsevne, som det har vist sig Maatterne giver, maa siges at være en ret væsentlig Forøgelse, omtrent svarende til en Fordobling af Kvadratmeter vægten.

Civilingeniør Fogtmann spurgte, om man havde foretaget Undersøgelser med Trævinduer, idet han mente, at det umiddelbare Indtryk maa være, at Trævinduer vil give en bedre Isolationsevne end Staalvinduer.

Foredragsholderen svarede, at Karme af Træ sikkert absorberede mere end Jernkarme, men at man ikke har udført saadanne Forsøg.

Civilingeniør Fogtmann spurgte derefter, om massive Trædøre ikke giver bedre Resultat end dobbelte Døre.

Foredragsholderen udtalte, at Isoleringsevnen af massive Konstruktioner afhænger af disses Vægt, — saaledes som nævnt i Foredraget — og at man derfor for at faa et godt Resultat med massive Døre maa gøre dem tunge, samt at man opnaar et ligesaa godt eller i Almindelighed bedre Resultat med Dobbeldøre, hvis samlede Vægt er mindre end Vægten af den massive Dør.

Professor Suenson henviste til Kurven, der viste, at en Dobbeltvægs Lydtæthed aftager, naar de to Vægskallers Lysafstand øges fra 10 cm til 20 cm. Denne Nedgang i Lydtæthed med voksende Afstand kunde kun fortsætte, indtil en vis Afstand var naaet, derefter maatte Lydtætheden atter stige med voksende Afstand, thi to Enkeltvægge med et mellemliggende Værelse maatte isolere bedre end en tynd Dobbeltvæg. Kurven maatte altsaa have et Minimumspunkt. Vidste man, hvor dette laa?

Foredragsholderen svarede, at der — saa vidt han vidste — ikke var udført andre Forsøg end de i Foredraget refererede, og at man i Praksis sjældent opnaar bedre Isolation end 55 db., selvom et eller flere Værelser skiller Lydgiver fra Modtager.

Civilingeniør O. Haxen fortalte, at han havde hørt om et Isolationsfirma, der meddelte, at mangelfuld Lydisolation kunde bevirke sundhedsfarlige Lufttrykvariationer og forespurgte *Foredragsholderen*, om han mente, at dette havde noget paa sig.

Foredragsholderen vilde ikke saa gerne drøfte denne Sag.

Civilingeniør, Dr. Meyer forespurgte i Relation til *Foredragsholderens* Meddelelse om ulige Tykkelser Glas i dobbelte Vinduer, om dette Forhold ogsaa har Indflydelse ved dobbelte Vægge.

Foredragsholderen besvarede dette bekræftende; for Vægge er Forholdet tilsvarende.

Civilingeniør Axel Nielsen spurgte, idet han henviste til et af *Foredragsholderen* vist Billede, om det er undersøgt, om det gør nogen Forskel, om Karmbeklædningen ved dobbelte Vinduer er anbragt paa den yderste Karm eller paa den indre.

Foredragsholderen meddelte, at begge Tilfælde var undersøgt og at Resultatet ikke var væsentligt bedre, naar Beklædning ogsaa blev anbragt paa den indre Karm.

Civilingeniør Maarbjerg spurgte om Isolationsevnen af massive Vægge kun er afhængig af Vægten.

Civilingeniør Jordan svarede, at det er den for Luftlyd, men ikke for Bankelyd, hvor Stivheden spiller en Rolle.

Civilingeniør, Dr. Meyer spurgte, om Lydteknikerne ved »Vægtfylde« forstod Rumvægt eller specifik Vægt, idet den sidste Værdi kan være flere Gange saa stor som den første.

Foredragsholderen svarede, at det er den specifikke Vægt, man tænker paa, naar der er Tale om Lydmodstand, idet denne er Produktet af Lydens Hastighed i det paagældende Stof og Stoffets specifikke Vægt.

Civilingeniør Jordan supplerede Svaret med at meddele, at det er Rumvægten af Væggen, der er det bestemmende for Luftlydisolationen.

ETAGEADSKILLELSER

MED SÆRLIGT HENBLIK PAA BEBOESES- OG KONTORBYGNINGER

Af *Civilingeniør Niels Steensen*.

Etageadskillelser, dette lange, grimme Ord vil vi straks ombytte med det nemme »Dæk«, hvorved vi med det samme har antydnet, at der i det følgende vil blive omtalt en Række af det sidste Femaars opdukende — mer eller mindre patenterede — Dæktyper.

Beboelses- og Kontorbygninger blev i Husbygningsnormerne for Belastningens Vedkommende slaaet sammen og sat til 200 kg/m² for den tilfældige Lasts Vedkommende. Ved en moderne Kontorbygning vil man sjældent turde gaa lavere end til 300 kg/m² + 100 kg/m² for lette Skillerum, samt 400 kg/m² paa Gange og Trapper, altsaa det samme som Skoleværelser.

Den nye Byggeslov med de sælsomt klingende Tillæg: Bygningsvedtægt og Administrationsvedtægt vil der ogsaa blive rig Anledning til at referere til, idet en Række Bestemmelser heri annullerer Husbygningsnormerne. Vi kan altsaa regne med, at der i nær Fremtid ogsaa vil komme en revideret Ud-gave af disse Normer og Jernbetonnormerne, men desværre kan disse ikke komme med denne Gang. Jerntegl-dæk og Hulstensdæk maa der vel ogsaa kunne forventes Normer for.

Byggesagens Indsendelse maa lige omtales, da der her er sket den Ændring, at saavel Tegninger som Beregninger skal indsendes i 3 Eksemplarer — i visse Tilfælde i 4.

Bygningsvedtægtens § 38 giver for Træbjælkelag, belastet med tilfældig Belastning 100 kg/m² + Egv. eller 200 + 100 (lette Skillerum) + Egv. en Tabel for Spændvidder og Dimensioner, der kan benyttes af enhver Arkitekt og (iflg. en af Vedtægtens Fædres Radioforedrag:) Selvbygger. Men skal det som før nævnt være en ordentlig Kontorbygning, kommer man højere op, og her kræves der da fremsendt Beregninger, og vi er naive nok til at mene, at der da vil kræves Ingeniørassistance til disse.

Administrationsvedtægtens § 7 Punkt 4 og 5 forlanger nemlig Oplysning om Arbejdets Ledelse, og Magistraten kan gøre en Byggetilladelse betinget af, at Arbejdets Udførelse sker under sagkyndig Ledelse.

Træbjælkelag, der tidligere var Arkitekternes og Tømremestrenes eneraadende Domæne, vil altsaa fremtidig — naar det ikke er almindeligt Boligbyggeri — kræve Ingeniørernes Indsats, hvorfor der maa ofres dem lidt Omtale, idet de færreste nogensinde har faaet Lov for deres Arkitekt til at se paa dem.

De Betragtninger, der i det følgende skal gøres over Dæk i Beboelses- og Kontorbygninger, kan f. Eks. opdeles i følgende 3 Afsnit:

1. Materialer og Udførelsesmaade,
2. Statisk Virkemaade,
3. Særlige Formaal.

Indenfor disse Afsnit bliver de forskellige Dæktyper gennemgaaet i Rækkefølgen:

Træ- og Jernbjælkelag,
Jernbeton,
Jerntegl-dæk og Hulstensdæk.

1. Materialer og Udførelsesmaade.

TRÆ: Hertil hører de almindelige Træbjælkelag med Gulvbjælker, Indskud og Puds paa røret Forskalling.

Gulvbjælkerne kan være Fyr eller Gran. Iflg. BV § 38 P. 3, maa *Vandindholdet* ikke overstige 28 % af Træets Tørvægt ved Gulvbelægningen. De plane Sider i Topenderne maa ikke være mindre end Halvdelen af Sidemaalet.

Ved Gavle skal indlægges Murankre til Fastholdelse af disses Murværk. Iøvrigt henviser man til at gennemlæse BV § 38 m. fl., hvor en Række Bestemmelser bør nøje granskes, inden man giver sig i Kast med Træbjælkelag.

JERNBJÆLKELAG udføres paa samme Maade som Træbjælkelaget, idet der fastgøres Flangetræ, hvortil Bræddelagene fastsømmes.

I Reglen knirker de i Løbet af kortere eller længere Tid, idet Gnidningen mellem Træ og Jern medfører disse Lyde. Træet svinder og Fastspændingen af Flangetræet, der enten udføres med Bolte eller Afsprodsning med Lægter, løsnes — især hvor der er Centralvarme.

Jernbjælker med Betonudstøbning udføres almindeligvis med uarmeret Beton af Blandingsforhold 1:4:8 (ofte ringere og tit med Murstensskærver, idet Brokker fra Murerarbejdet anvendes hertil).

Til Badeværelser giver dette daarlige og utætte Gulve. Ved Trappe-reposer for indspændte, færdigstøbte Trin anvendes det ofte, idet Reposebjælken er af Profiljern med paastøbte Anlæg for Trinene.

Tidligere udførtes kun de nederste 10 cm af almindelig Beton 1:5:9 eller ringere, og Resten støbtes saa af Slagger eller Sammenfejdning af Brokker og Kalkspild med lidt Cement tilsat og blandet med en stor Skovl.

I BV § 37, 2. »Ved Udstøbning af Beton mellem Jernbjælker maa Betonen ikke tilsættes Slagger el. lign., der indeholder rustbefordrende Stoffer«, hvorved der er sat en Stopper for disse Konstruktioner. Iøvrigt hører Slagger ikke hjemme i ordentligt Byggeri, ganske uanset om de tilsættes Cement eller ej.

Ved begge Dæktyper skal ogsaa udføres Gavlankre. Minimums-afstand for disse er 3 m, d. v. s. eet midt imellem Formur og Hovedskillerum, og de skal føres ind over to Bjælker.

Forskallingen til Jernbjælkelag ophænges i Reglen med 3 mm Binde- traad i Bjælkerne, og idet disse Hængebøjler bæres af Trækiler oven- paa Jernene, kan Formen spændes op mod Jernenes Underside. Her- ved spares en stor Del af Forskallingsomkostningerne, men tiltrods herfor vil udstøbte Jernbjælkelag næsten altid være dyrere end Jern- tegldæk.

I Udlandet, hvor Jernbjælker ofte er billigere end Træbjælker, an- vendes i Stedet for Betonudstøbning følgende Udfyldnings-Materialer: Betonmørtel udkastet paa *Strækmetal*, der er spændt ud henover Jern- bjælkerne. Undertiden anvendes en flyttelig Flage, som holdes op mod Strækmetallet under Udkastning og Henlægning af den relativ tørre Betonmørtel. Umiddelbart efter flyttes Flagen til næste Sektion. Stræk- metallet danner Armeringen.

Hourdis-plader spænder fra Jernbjælke til Jernbjælke og imellem Pladerne indstøbes Armeringsjern for denne Bæreretning. *Hourdis- Blokke*, d. v. s. Hulstensblokke af brændt Tegl, lægges paa Forskalling- gen mellem Jerndragere og udstøbes som Hulstensdæk eller i enkelte Tilfælde som Jerntegl-dæk.

I *Frankrig* støber man en Række Dobbeltblokke, i hvis Midte der findes en Ribbe med Armeringsjern, sammen til smaa Bjælker, disse lægges op paa og bæres saa af Jernbjælker, og tilsidst armeres Rib- berne mellem Hourdisbjælkerne og der støbes ud, i Reglen med Over- beton (Fig. 1.).

I *Tyskland* anvendes ofte færdigstøbte armerede Pladeelementer af Bimsbeton, Cellebeton el. lign. Letbetoner. Elementerne udføres med særligt Anlæg til Profiljernsbjælkerne og fastmures i Reglen til disse. Undertiden anvendes ogsaa Bolteforbindelser, f. Eks. indstøbes Flad-

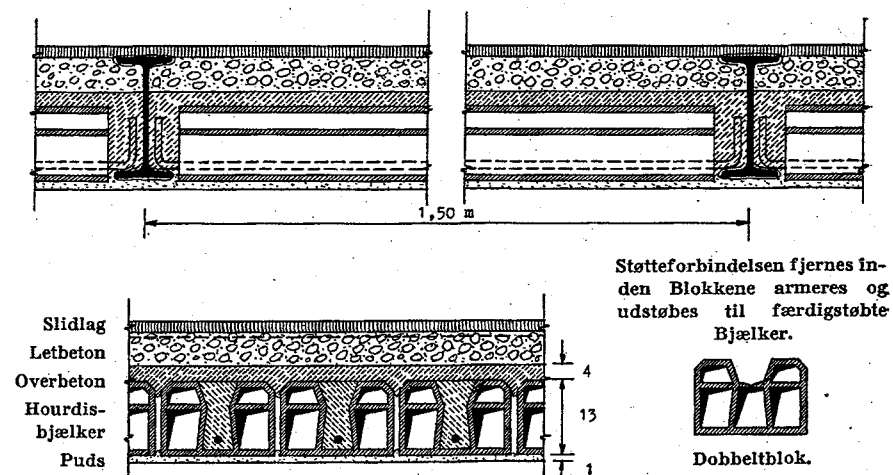


Fig. 1. Dæk af Jernbjækelag med færdigstøbte Bjælker af Hourdisblokke oplagt tæt uden Armering i Mellemribber.

jernslasker i Pladeelementerne, som direkte kan boltes til Profiljernskroppen.

Ved bedre Byggeri ofres to Lag af Pladen mellem Jernbjælkerne, saaledes at plan Over- og Underside opnaas og Lydisoleringen forbedres. Underpladen er da naturligvis ganske let, idet den kun skal bære sig selv (Fig. 2).

JERNBETONBJÆKELAG udføres med færdigstøbte Bjælker af Jernbeton, imellem hvilke der lægges færdigstøbte Plader eller anden

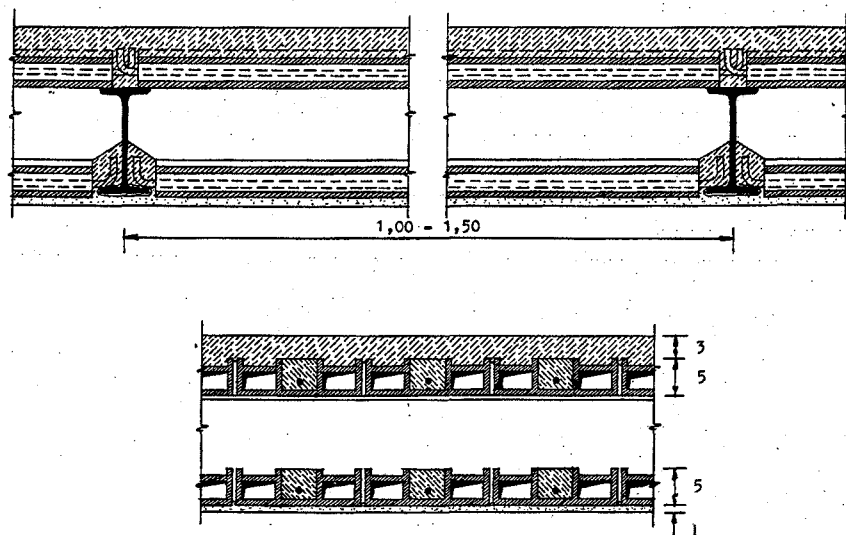


Fig. 2.

Fagudfyldning. En særlig Type findes herhjemme, men her lægges Bjælkerne helt tæt ved Siden af hinanden, og danner forsaavidt et Ribbedæk af løse Ribber, det er *KH-bjækelag*.

Deres store Fordel er den hurtige Udlægning, der omtrent kan udføres som Lægning af et Bjækelag. Selve Konstruktionen er Visintini-bjælker med overgribende False til at forøge Samvirkningen af Bjælkerne.

Paa Gentoft Raadhus er de bl. a. anvendt, og her er der underforskalet med Træ, røret og pudset, hvilket forøger Omkostningerne en Del. Mange Steder har der senere vist sig Revner i de lette Skillerum, men det er de jo ikke ene om. Hvorvidt det er simple Nedbøjningsfænomener eller plastisk Eftervirkning, kan jeg ikke oplyse, men maa henvise til Civiling. Dührkops Foredrag.

En anden særlig Type paa færdigstøbte Jernbetonbjælker er de fornylig i Tyskland fremkomne Bjælker armeret med *Staalstreng*, der inden Indstøbningen forspændes halvt op til Brudgrænsen. De fremstilles paa følgende Maade: Ca. 50 m lange, 2—3 mm tykke Staalstreng udspændes i rendelignende Forme i passende Bundter, Forsp. 12—15.000 at og med Elasticitetsg. ca. 24.000 at. Efter den ønskede Bjækelængde nedsættes Tværrinddelinger i Formen og der udstøbes med meget kraftig Beton (Brudstyrke 4—500). Efter Afhærdningen klippes Strengene over mellem Betonenderne, og de nu spændingsløse Strengendeer tværudvider sig saa kraftigt, at de klemmer sig fast i Betonen med langt over normal Adhæsionsspænding.

I almindelig Jernbeton sker desværre lige det modsatte, idet Jernet her ved at faa Spænding tværfmindskes og løsner sig fra Betonen. Da alene Betonens Svind kræver 1500 at Forspænding for at give Nul for en færdig Bjælke, kan man se, at først med Strengene har man faaet et Materiale, der muliggør en virkelig Udnyttelse af forspændt Armering med deraf følgende Revnefrihed i Betonen.

JERNBETON udføres i Reglen som:

1. *enkeltarmerede Plader*, bærende fra Formur til Hovedskillerum og derfra til anden Formur.
2. *enkeltarmerede Plader*, bærende fra Bjælke til Bjælke parallelt med Formur.
3. *krydsarmerede Plader*, der hviler paa Formur — Hovedskillerum og Tværmur — Trappeskillerum, eller Bjælker i disses Sted.

De under 2. nævnte kan udføres med tæt Bjælkeafstand, og kaldes da Ribbedæk. Disse kan udføres med eller uden Underplader eller Nedforskalling (Ophængt Loft).

En særlig Art af disse er *Celleplader*, hertil hører en Række mer eller mindre patentbeskyttede Konstruktionsformer, saasom en paa Christiansborg anvendt Type med støbt Underplade og indstøbte tag-papklædte Trækasser.

Plastiske Eftervirkninger optræder ofte ved større Spændvidder for de under 1. og 3. nævnte Typer, hvorfor de bør omgaaes med nogen Forsigtighed. Særlig henledes Opmærksomheden paa de lette Skillerums øvre Tilslutning til Dækkene. Den bør udføres med et 1 cm tykt Lag af Kork el. lign., der kan sammentrykkes uden at Skillerummet paavirkes. Iøvrigt henvises til Civiling. Dührkops Foredrag.

Brandts Dæk eller som de nu kaldes »Formeta-dæk« er et underforskallet Ribbedæk, hvor Underforskallingen samtidig er Del af Støbeforskallingen, og saaledes indstøbes under Udstøbningen.

Vanskelighederne ved denne Type kommer hovedsagelig af, at alt Forskallingsarbejdet skal udføres i Forvejen paa Værksted, og Tilpasningen paa Stedet giver mange smaa Ærgrelser og Forsinkelser. Ogsaa her har man ondt af den arme Elektriker, der »bare« skal bore et Par Huller og stikke sine forbandede Rør igennem dem. Men herom fortæller Ing. Hj. Pedersen nærmere.

Bison-dæk, der herhjemme er lanceret af K. Hindhede, er ligeledes et Ribbedæk med efterladt faststøbt Underforskalling af Træ. Derimod opnaas Hulrummene mellem Beton og Træform ved midlertidig Indstøbning af oppumpede Gummislanger. Faa Timer efter Betonudstøbningen lukkes Luften ud af Slangerne, der da kan trækkes ud og anvendes andet Steds i Byggeforetagedet.

Ribbedæk med Underforskalling af Strækmetal anvendes uhyre meget i England og træffes i de sidste Aar af og til herhjemme.

Man maa endelig sørge for at indstøbe Stropper i Pladerne og Strækmetalbaand i Bjælkeunderkant eller andre tilsvarende Forbindelser til en effektiv Ophængning og Forbindelse af det ophængte Strækmetal-loft med Ribbedækket. Strækmetalmaatterne skal overlape hinanden 5—10 cm og sammensyes med Jerntraad, da de ellers under Pudsens Svind let faar Revner ved Sammenføjningerne.

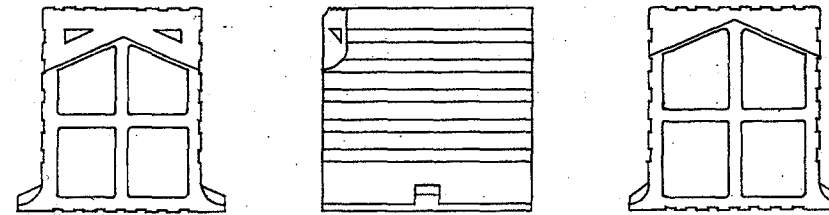
Staalforskalling til Ribbedæk anvendes meget i Udlandet, og der findes en hel Del patenterede Typer, som er anvendelige.

JERNTEGLDÆK udføres af klinkbrændte, hule Teglsten med stor Trykstyrke, disse armeres med Rundjern og sammenstøbes med særlig smaaastenet Beton. I Stedet for Tegl anvendes ogsaa Beton eller Specialbeton til Blokkenes Fremstilling. F. Eks. udføres der Blokke af Betonklinker eller Bimsbeton.

Hertil hører: Bauma-, Røsel- og Sperledæk, der formodentlig er

saa kendte, at en almindelig Omtale kan udelades, og kun særlige Forhold fremhæves. Ellers se HFB — den grønne.

Disse Dæk udføres normalt uden Overbeton og Tværarmering, hvorfor de ved murede Huse skal forsynes med *Gavlankre* midt i Dækkets Spændvidde. Dette udføres lettest paa følgende Maade: Ankeret, der kræves mindst 8 × 38 mm Fladjern med ø 16 Forskudsjern, erstattes med et ø 16 mm Rundjern, der bøjes som en 2 m lang Haarnaal med udbredte Ender, der hver er 15—20 cm. For at skaffe Plads til det,



24 cm Sperle-Gigant-Blok.

Alm. Sperleblok.

Fig. 3. Blok med forstærket Trykzone.

udlægges der 2—4 cm lavere Blokke paa Ankerets Plads, og dette indstøbes i disse lave Blokkers Overbeton. *Forstærkning* af disse Dæk indenfor samme Dækykkelse er ofte nødvendig for særlige Belastninger. Det kan udføres paa forskellig Vis.

Ved større Moment end ellers kan Dækkene udføres med 2 cm lavere Blokke, og der støbes da Overbeton i denne Tykkelse over dem. Af økonomiske Grunde indskrænkes den forsænkede Del af Blokkene til den midterste Trediedel af Dækket.

Ved et særligt Byggeforetagende anvendtes en Bloktype med forstærket Trykhovede »Sperle-Gigant-blok«. Fig. 3. Men af Lagerhensyn og lign. er det u hensigtsmæssigt at føre den Slags som Standardtype. Ved store Byggeforetagender vil det ofte kunne betale sig at udregne sig den mest økonomiske Bloktype, inden man udbyder Dækkene. Skulde denne saa afvige fra Normaltyperne, vil det ikke spille nogen Rolle, naar blot Foretagendet er tilstrækkelig stort.

Ved større Enkeltkræfter vil disse kunne optages af Profiljern, der indstøbes i Dækkene. Skal disse have Slidlag af Brædder paa Strøer, kan man endda tillade, at de stikker et Stykke op over Dækkets Overkant. Jernene skal omhyggeligt indsvøbes i Net, og dette føres ud under og over Blokkene, der støder til. Ellers kommer der slemme Revner.

De her nævnte Dæk udføres paa almindelig Forskalling og med den trykoverførende Beton udstøbt efter Udlægning og Armering. En

anden Type — paa tysk Steineisendecken, die vermauert hingelegt werden — henlægges og udmures med Cementmørtel i een Arbejds-gang, og Armeringsjernene indlægges og indmures samtidig hermed. Det mest almindelige tyske Jerntegldæk, »Kleinedeck« udføres af Blokke som Røselerblokke, men alle i samme Højde, og den trykoverførende Beton er en Cementmørtelfuge mellem Blokkenes Endflader. Af Hensyn til Mureren tillades en ringe Tilsætning af Kalk til Cementmørtelen.

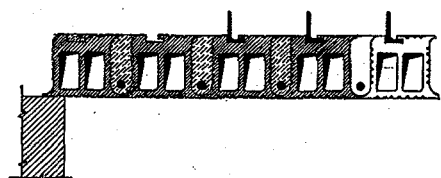


Fig. 4. Leipzig-Dæk. Skematisk vises Op-lægningen fra venstre mod højre. Bærevinkel-ten klodses op paa en Blok over hver Un-derstøtning, og Armeringsjernet indlægges mellem den færdige Blokrække og Opklods-ningsblokkene. Derefter oplægges Blokkene, idet Ribberne og Blokstødflyderne mures med Cementmørtel. Efter Hærdningen fjernes Bærevinklerne og Bæreslidsen udstøbes med Cementmørtel. I flere Tilfælde er der forlangt Overbeton udstøbt ovenpaa til For-stærkning af Dækkene.

Leipzigdeck, som var udstillet paa Leipzigermessen i 1938, hører til denne Kategori, men samtidig hører det til de forskal-lingsløse Dæk (slgn. Linds Dæk), idet Blokkene foroven har en ud-skaaret Slide, saaledes at de kan hænges op paa et Vinkeljern un-der Henmuringen. Vinkeljernene kan da fjernes efter Afhærdnin-gen og atter anvendes. Dækkene er udført paa et fynsk Teglværk og anvendt ved nogle Villaer i Odenses Sydøstkant, men den

økonomiske Side af Sagen var som ved alle forskallingsløse Dæk, en Skuffelse. Jeg talte med nogle af Murerne under Udførelsen, og det var ikke blide Ord, der faldt fra deres Side. De lovede Akkorder gav en Timeløn paa 50 Øre. (Fig. 4).

Blokkenes Trykstyrke forlanges i København garanteret og eftervist ved udtagne Prøveblokke til mindst 300 kg/cm². Det vil altsaa sige, at Terningestyren eller rettere Prismebrudstyrken for disse skal være ligesaa stor som Bøjningsbrudstyrken for den i samme Konstruktion anvendte Beton. Motiveringen herfor er:

Trykket i Blokkenes relativt tynde Overplade er saa ensartet for-delt, at den virkelige Formindskelse af Kantspændingen, som ved mas-sive Tværsnit opnaas ved den virkelige krumliniede Spændingsfor-deling, ikke opnaas ved saa tynde Trykzoner, saaledes at disse faar omtrent samme virkelige som beregnede Trykspænding.

Dette er forsaavidt ikke helt galt, men maatte samtidig medføre, at man ved Jernbeton T-Bjælker med tynd Plade ikke maa regne disse udsat for mere end 0,8 × till. Bøjningsspænding. Men det er der ikke nogen, der endnu har forlangt. Iøvrigt er det lidt farligt at foreskrive retliniet Spændingsfordeling i Normerne og saa motivere med krum-liniet ved sideløbende Konstruktioner.

De tyske Normer foreskriver $\frac{1}{6}$ af Middeltrykbrudstyrken for Blok-kene maa være den till. Bøjningsspænding, dog ikke over 50 kg/cm². Med 300 i middel faas da 50 tilladelig, hvilket tilsyneladende ser meget forsigtigere ud end de københavnske Fordringer.

Men man maa ikke glemme, at der af Hensyn til Blokkenes Tole-rancer foreskrives $\pm 0,4$ cm, d. v. s. at f. Eks. ved Røselerdæk maa der kun regnes med et Trykareal paa 1,2 cm, mens Blokkenes Over-plade er 2 cm, saaledes at Tryk-spændingen kun er $1,2/2 = 0,6$ × till. Til 66 kg/cm² svarer saa-ledes reelt 40.

Trykbrudstyrke større end el-ter lig med 300 kg/cm² maa saa-ledes siges at være en altfor unødvendig Kvalitetsfordring til Blokkene.

Fordringen vil i hvert Fald kun kunne siges at fordyre Blok-kene og dermed Dækkene, hvil-ket vi helst skal se at komme bort fra.

Ribbebredden forlanges i København saaledes afpasset til den an-vendte Jerndimension, at Bredden mindst er lig:

$$\begin{aligned} d + 3 \text{ cm for } d \text{ mindre end } 20 \text{ mm} \\ 2,5 \times d \text{ for } d \text{ større end } 20 \text{ mm} \end{aligned}$$

idet Afstanden mellem Rundjern i Bjælker har været anset for vej-ledende til denne Bestemmelse. Dette Forhold spiller en overordentlig stor Rolle for Blokkenes Anvendelse til Dæk med Overbeton. Udenfor København har man ikke blandet Jernbetonbjælkens Jernafstand ind i Ribbebredder for Jerntegldæk, og man maa vel sige — godt det samme — for hvilken Sammenhæng har de egentlig?

Iflg. de tyske Normer, hvori man jo altid herhjemme ellers har Tilbøjelighed til at søge Vejledning for Konstruktioner, for hvilke der ikke findes danske Normer, siger følgende: »For Jerntegldæk med Udstøbning skal Ribbebredden mindst være $\frac{1}{6}$ af Blokhøjden, dog mindst 3 cm.« Endvidere skal Armeringsjernet paa Siden mindst dækkes af 0,5 cm Mørtel. Ved udmurede Jerntegldæk kan man nøjes med $\frac{1}{8}$ af Blokhøjden og min. 2 cm. Saa man kan se, at det udeluk-kende er Støbehensyn og ikke Adhæsionsspændinger, der er det af-gørende.

Den naturlige Maade at betragte Forholdet med Ribbebredden og

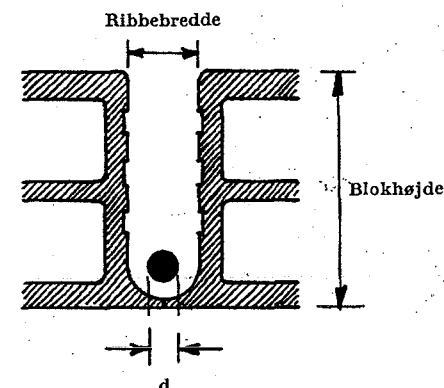


Fig. 5. Ribbe med Armeringsjern.

Jerndiameteren paa, maa da egentlig være: De største anvendte Sten i Mørtelen bør kunne passere Jernet, og dette fører for alm. Jerntegldæk til Reglen: $d + 2 \times 1,2 = d + 2,4$, eller afrundet $d + 2,5$ cm. For Rundjern 20 faas da 4,5 i Stedet for 5 og ø 26 faas 5,1 i Stedet for 6,5.

Ved *Isteg-Jern* har man truffet den salomoniske Afgørelse, at for saa vidt det tilsvarende Rundjern kan tillades, vil man godkende Isteg-Jernet. For Isteg-Jern og Knudejern etc. mener jeg derimod, at man kan gaa langt videre, og at man ligesom ovenfor burde kunde nøjes med $d + 2 \times 1,2 = d + 2,4$, hvor d er det enkelte Jerns Diameter, dog maaske afrundet til $d + 3$ cm, saaledes at der opnaas lidt ekstra Slip. Men dette er altsaa min lille private Mening — som forøvrigt deles af nogle Myndigheder udenfor København — og heller ikke mere.

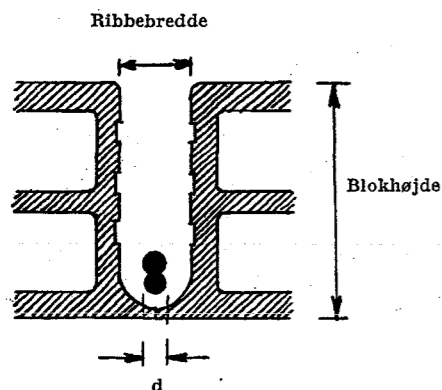


Fig. 6. Ribbe armeret med Istegjern.

De tyske Normer kræver saaledes for 10,5—14 cm Dæk 3 cm brede Ribber, mens man i København ikke kan nøjes med mindre end $1,4 + 3 = 4,4$ cm, naar Armeringen er 14 mm.

Naar Cementen i Dag koster 14 Kr/Tønde mod 6 før 1/9-39, kan man jo nok se, at ved større Arbejder er det en daarlig Økonomi at sætte Ribbebredder saa meget og umotiveret op. Man maa haabe, at der ved en Normering af disse Dæk ses mere sagligt og grundigt paa Tingene, inden saa vidtrækkende Afgørelser, som f. Eks. Ribbebreddens Minimum, træffes.

HULSTENS DÆK er endelig en anden Kategori af Dæk med indstøbte Blokke, men her kræves der ikke nogen garanteret Trykstyrke af Blokkene, idet de udføres med Overbeton, der optager Trykkræfterne.

Molerdæk er den herhjemme tidligst kendte Type. Dækkene udføres baade enkeltarmeret og krydsarmeret. I Overbetonen lægges en svag Armering svarende til Fordelingsjern i Jernbetonplader og som disse vinkelret paa Hovedarmeringen.

Slaggedæk er en fynsk Ud-gave med Blokke af Slaggebeton, men forhaabentlig rammes denne Konstruktion af BV § 37 P. 2 og falder dermed bort.

Bimsbetonblokke saavel hule som massive har der været eksperimenteret en Del med herhjemme, men Raamaterialets Pris taaler vist

ikke den lange Transport, saa Dæk med disse Blokke bliver næppe almindelige herhjemme. I Norge og Island, hvor Bimsen findes nær ved Haanden, vil de sikkert faa stor Udbredelse (Betonklinker er nærmest en kunstig Bims).

Iøvrigt vil det være muligt at udføre Hulsten af allehaande Letbetoner saasom Cellebeton, Gasbeton, Klinker-let-beton, Betucel m. v.

Linds Dæk hører som før nævnt til de forskallingsløse Hulstensdæk. Ribberne udføres som færdigstøbte Jernbetonbjælker med Fremspring til begge Sider forneden, hvorpaa Blokkene lægges. Imellem Blokke

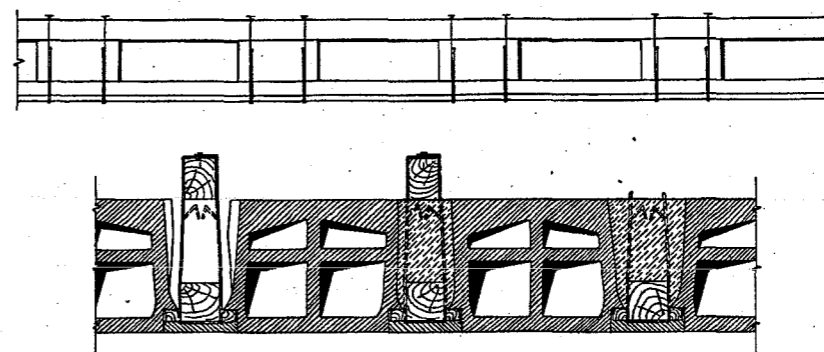


Fig. 7. Sperledæk uden Forskalling og med Træarmering. Den midlertidigt bærende Ribbebjælke har aftagelig Trykzone af Træ og den blivende Armering er ligeledes udført af Træ. Paa Længdebilledet af Ribbebjælken foroven ses, at den udføres med afbrudt Krop, saaledes at der ved den senere Betonstøbning bliver meget intim Forbindelse mellem den færdigstøbte Ribbe og Blokkene. Den aftagne Trykzoneliste anvendes igen til næste Serie Ribbebjælker. Konstruktionen maa anses for at være Højdepunktet af Materialbesparelse.

og Ribbebjælke er der en Luftkile, hvori Betonen kan glide ned for at forbinde Dækkets Dele ordentligt, og henover det hele støbes tværarmeret Overbeton. Bjælkerne kan kun spænde frit 2—2,50 m, saa der kræves een å to Mellemunderstøtninger for Bjælkerne under Udførelsen, saa helt uden Forskalling kan de normalt ikke udføres.

Disse Mellemunderstøtninger er ret vanskelige og kostbare, saa den økonomiske Gevinst er altid tvivlsom. Især gør Vanskelighederne sig gældende ved Installationer, saasom elektriske, idet den arme Elektriker bogstavelig talt svæver i Luften, men herom henviser jeg iøvrigt til Civilingeniør Hj. Pedersens Foredrag.

Terra-dæk er et i Nordjylland anvendt Dæk. Det bestaar af Blokke omtrent som Røselerblokke, men af ens Højde og med en lille krum Udskaering i den ene Ende foroven. De danner saaledes en Slags Overgang mellem Jerntegldæk og Hulstensdæk, idet de udføres med Overbeton, men samtidig optager Blokkene en lille Del af Trykspændingerne, takket være Trykoverføringen i den udstøbte Afskaering.

2. Statisk Virkemaade.

Det vigtigste statiske *Problem* ved Dæk i Beboelses- og Kontorbygninger er en god Fordeling af Belastningen paa Slidlaget til de egentlige bærende Elementer i Dækkonstruktionen. Særlig gælder det, at de relativt store Stribelaster fra lette Tværskillerum (op til 330 kg/m) kan fordeles i en Dækbredde svarende til Skillerummets Højde (op til 3,30 m), saaledes at den i Regning førte Værdi: 100 kg/m² Tillæg for lette Skillerum i den tilfældige Last, ikke bliver alt for utopisk (Jfr. BV § 22 a: Etagehøjden max. 3,50 fra Ovk. Gulv til do.).

a. *Løs Plade paa Bjælker*, saasom Træbjælkelag med Gulvbrædder, færdigstøbte Plader paa eller mellem Jernbjælker, opfylder daarligst disse Betingelser, idet den løse Plade kun i meget ringe Udstrækning kan fordele Trykket lige over een Bjælke til Nabobjælkerne. Det maa formodentlig være lignende Synspunkter, som har medført den store Skærpelse af HBN § 19 Slutn.: *Nedbøjningen* fra den tilfældige Last maa ikke overstige 1/400 af Spændvidden til BV § 38, Punkt 2: $1/700 \times \text{Spændv.}$

For *Jernbjælkelag* tillod HBN § 16 Slutn. ligeledes 1/400, men BV § 38, Punkt 13 lyder: »Etageadskillelser kan efter særlig Tilladelse udføres med Jernbjælker i Stedet for Træbjælker, naar de for Træbjælkelag gældende Bestemmelser overholdes i den Udstrækning, hvori de paa naturlig Maade finder Anvendelse.« Saa skulde man altsaa tro, det blev 1/700, men saavidt jeg har kunnet faa oplyst, vil det snarere blive $1/500 \times \text{Spdv.}$ Men en mere uklar og fortolkelig Udformning kunde Bestemmelsen vel næppe faa. Den skal de nok faa Glæde af i Bygningskommissionerne.

I *Amerika* kan man ikke lide, at Gulvene gynger, saa derfor udføres de, naar det skal være Træbjælkelag, paa en væsentlig anden Maade, end vi er vant til. I Stedet for Bjælker anvendes Halvtømmer, og Afstanden mellem disse er omtrent Halvdelen af vor Bjælkeafstand, og samtidig tvinges Bjælkerne gennem en særlig Krydsafspudsning med korte Lægter paa tværs, til at følges ad under Nedbøjning fra Enkeltkræfter eller Stribelaster. Visse Steder anvendes Gitterbjælker af Planker og Brædder, svarende til vore Taggitterspær ved Bungalows, og med en lignende Tværafstivning. Disse Dele fremstilles fabrikmæssigt og tilkøres Byggepladsen i færdig Stand, og kræver kun faa Bolte og Søm under Montagen.

b. *Bjælke og Plade sammenstøbt* giver en særdeles god Tryk- og Nedbøjningsfordeling. Hertil hører alle Arter Ribbedæk lige fra Jernbeton-Plade-Bjælkedæk med 3—4 m Bjælkeafstand over 1 m Ribbedæk til Jerntegl- og Hulstensdæk og Celleplader m. v. Ogsaa Jernbjælker med

Betonudstøbning maa vel henregnes hertil, enten naar Betonen er armeret, eller naar Tykkelsen er lig Jernprofillets Højde.

For *Jerntegldækkene*. Vedkommende har man haft nogen Tvivl paa dette Punkt, men forskellige Forsøg saavel i Udlandet som herhjemme har vist, at Trykfordelingen virkelig er saa effektiv, at man bl. a. tør regne Lasten fra lette Skillerum som et Tillæg paa 100 kg/m² til den tilf. Last. Det har særligt været Manglen paa Tværarmring (Fordeleingsjern), der har næret denne Tvivl.

Hulstensdækkene, der altid tværarmeres i Overbetonen, tillader man ligeledes regnet paa samme Maade.

c. *Massivplader* enten krydsarmerede eller enkeltarmerede giver vel nok den bedste Tryk- og Nedbøjningsfordeling for de Belastninger her er Tale om.

Hvor *Taget* udføres af *Teglsten* eller *Tagpap*, skal det øverste Dæk foruden at være brandbombsikkert ogsaa kunne bære Opskalkninger eller Tagstole, og de herfra stammende Enkeltkræfter kræver i Reglen nærmere Undersøgelse af Gennemlokning og Tværfordeling.

Et andet Forhold, der spiller meget ind ved Dimensioneringen, er *Pladers og Bjælkers Indspænding*, der herhjemme normalt beregnes som »delvis Indspænding«, idet man ikke regner med kontinuerlige Plader eller Bjælker, men derimod med Konstruktionsdelens normale Evne til at optage negative Momenter, og den dermed afhængige »Indspændingsgrad«. For Plader sættes denne i Reglen $\frac{1}{2}$, mens den for Bjælker og Ribbedæk er afhængig af disses Trykzonebredde for negativt Moment i Forhold til T-bjælkebredden for positivt Moment.

For *Jerntegldæk* kan man i Almindelighed regne med Indspændingsgraden $\frac{1}{2}$ — for Baumadæk var man en Overgang lidt i Tvivl, men nogle Forsøg viste, at det var berettiget —. Med »negative« Sperleblokke har man forsøgt at forøge Indspændingsgraden op til $\frac{2}{3}$, og dette har været gennemført ved forskellige Byggeforetagender, men for Tiden er det vist vanskeligt at opnaa Godkendelse for højere Indspændingsgrad end $\frac{1}{2}$.

For *Hulstensdæk* gælder det for Ribbedæk sagte, at her maa Ribbernes Evne til Optagelse af negative Momenter undersøges særligt.

Opmærksomheden henledes paa en lille Fejlkilde, der uhyre ofte driller Nybegyndere ved delvis Indspænding. Man maa nøje paase at Dæk, der f. Eks. regnes med $\frac{1}{2}$ Indspænding, indspændes i et andet Dæk, der virkelig er i Stand til at optage dette Moment, saavel hvad negativ Trykzone som Armering angaar. Ved Jernbetonplader kan man i Reglen opnaa $\frac{1}{2}$ Indspænding for den sværeste Plade, naar til Gengæld den tilstødende tyndere indspændes stærkere, op til Graden 1. Ved Jerntegldæk taaler man ikke store Spring i Højden, men ved at

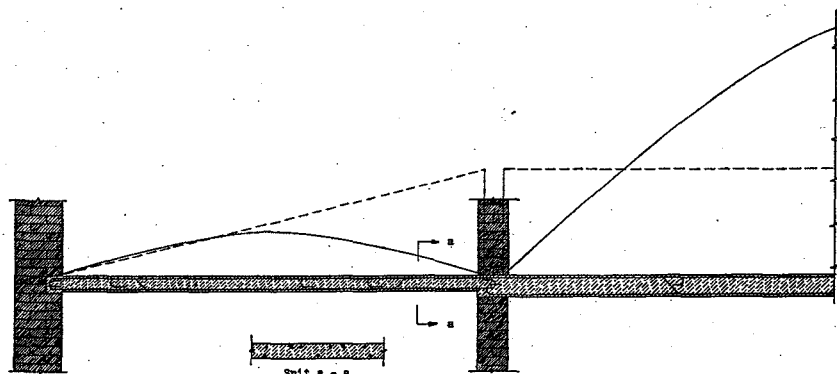


Fig. 8. Svært Dæk indspændt i tyndere Dæk med Indspændingsgraden $\frac{1}{2}$. Indspændingsgraden for det tynde Dæk er — i Forhold til det Moment Dækket skal optage i Midten — ca. 2. Dæktykkelsen er her fastlagt af Nabopladens Indspændingsmoment, og der optræder næsten kun negative Momenter i den tynde Plade.

lægge en halv eller hel Række Bundplader ekstra nærmest Indspændingsstedet i det tynde Dæk, kan man ved lidt ekstra opbøjet Jern opnaa $\frac{1}{2}$ Indspænding for det sværeste Dæk.

For *Træbjælkelag* og *Jernbjælkelag* er der hidtil herhjemme ikke regnet med delvis Indspænding f. Eks. over Hovedskillerum ved gennemgaaende Bjælker. For Jernbjælker blev der engang i »Ingeniøren« slaaet til Lyd for en Økonomisering og bl. a. foresloges Indførelse af delvis Indspænding af disse.

Saa vidt jeg kan se, er Kravet om Nedbøjning under $1/500$ af Spændvidden for tilf. Last saa afgørende, at Indspændingen ikke vil faa nogen Indflydelse, med mindre den ogsaa tages i Betragtning ved Nedbøjningsudregningen. Ved Jernbjælker med Betonudstøbning vil der derimod være lidt at opnaa, og her er Nedbøjningskravet ikke saa strengt.

Indspænding fra Altaners Egenvægt kan i enkelte Tilfælde udnyttes til Nedknibning af Dækdimensionen, men i Reglen er Altanernes Forekomst kun pletvis i Forhold til Dækkene, saa det ikke faar nogen reel Betydning udover lidt Jernbesparelse. Støtte *Trappereposer* kan derimod udmærket indspænde Dækket, saaledes at det ved Beboelseshuse ikke særligt skal forstærkes udfor Trappen.

Indspænding i *Murværk* regnes der normalt ikke med herhjemme, derimod bøjer man $\frac{1}{7}$ af Jernarmeringen op ved Tilslutning til støbte Vægge.

Et tredje Forhold, der stiller statiske Krav, er *Huller, Udsparinger* og *Forsænkninger* i Dækkene. I den nye AV § 10: Afløbsarbejder, at »Foruden de i nærværende Vedtægt anførte alm. Bestemmelser gælder for Spildevandsandragende og -planer det af Magistraten udstedte sær-

lige Afløbsregulativ.« D. v. s. enhver Spildevandssag er nu ogsaa en Byggesag, og man maa nøje paase, at Udsparinger f. Eks. for Faldrør ikke kræver svækkende Indhug i Træbjælker eller andre bærende Konstruktionsdele.

Et lignende Forhold gælder iøvrigt alle andre Installationer: Varme, Vand, Gas, Elektricitet, Telefon etc. Fra nu af er det altsaa slut med, at Varmesmeden kan borthugge Halvdelen af en Jernbetonbjælkes Krop inde ved Vederlaget, hvilket jeg bl. a. har set udført. — Bjælken holdt iøvrigt —. En anden Gang har jeg set en Murer og Snedker i Samdrægtighed overskære opbøjede Jern over et Drager-Vederlag for at skaffe Plads til en forsænket Dørpumpe. Saa man maa sige, at Kravet er ganske berettiget.

Huller i Jerntegldæk er ofte ret vanskelige at faa anbragt. I Reglen faar man det først at vide, naar Blokkene er udlagt og Dækket armeret klar til Støbning, saa pludselig kommer een eller anden farende og meddeler, at her midt i Dækkets Spændvidde skal vi have et Hul paa 1×1 m. Eventuelt skal der langs Kanten af Hullet staa et Skillerum eller andre ekstra generende Laster, og saa er Bolden givet op, og Hr. »Inserenøren« kan nu faa Lov til at demonstrere sin Duelighed for aabent Tæppe. Sige at det ikke kan lade sig gøre paa nuværende Tidspunkt etc. vil for evigt placere een blandt de »umulige« Ingeniører. Man kan saa forstærke Hulkanten med en Stribe massiv Beton i en Bløkrækkes Tykkelse og her indlægge den nødvendige Ekstraarmering. Paa lignende Maade ordnes en Udveksling paa tværs af Armeringen med massiv Beton og lidt Jern.

Men een Ting maa ikke glemmes, at Betontrykfladen, som Hullet bortskærer, kan kun erstattes med forøget Betontykkelse af Trykzonen nedefter i den svagt paavirkede Del nærmest Nullinien, saa hvis Dækket er regnet lige til Grænsen, kræves yderligere en Trykarmering af Forstærkningsribberne eller Indlægning af Profiljern til at klare Situationen fuldt ud.

Vindafstivning. Ofte udnyttes den vandrette Bjælke eller Skive, som et Dæk jo egentlig er i et Hus, til at overføre Vindkræfterne fra Façademuren til Gavle eller andre Tværmure. Herved undgaar man dyre og pladsrøvende Rammekonstruktioner og kan nøjes med tynde, lette Façademure og Gavle.

Ved Bjælkelag af Træ og Jern udgør Gulvbrædder, Indskud og Forskalling kun en svag Afstivning af Dækket, naar det udsættes for vandrette Paavirkninger, saa her maa man kræve særlige Foranstaltninger med Vindkryds og langsgaaende Forbindelser ved Murene, hvis der med Sikkerhed skal kunne regnes med Vindafstivning.

Støbte Dæk egner sig derimod udmærket til Overføring af Vind-

kræfter, blot maa man ved Jerntegldæk uden Tværarmering sørge for, at der i den massive Beton i begge Vederlag for Dækpladen indlægges en kraftig »aflaasende« Armering i Husets Længderetning. I et enkelt Tilfælde har man anvendt 60 m lange Jerntegldæk til Overføring af Ydermurens Vindtryk til Gavlene. Forskydningsspændingerne har endda ikke vist sig farlige, men selvfølgelig er Trækarmeringen i Vederlagene ganske pæn.

Indspænding af Altaner i Dækkene spiller særlig ved Boligbyggeri efterhaanden en overvældende Rolle. *Træbjælkelag* kan ikke i sig selv indspænde Altaner, enten maa der lægges særlige Profiljern hertil eller Altanen kan støbes af Jernbeton, og der føres en Kontravægt ind ovenpaa Indskudsbrædderne (Fig. 9).

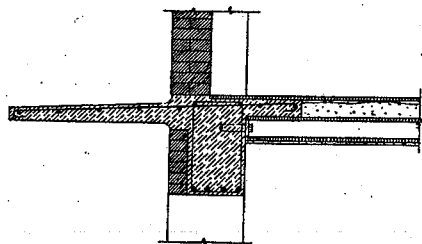


Fig. 9. Jernbetonaltan med Træbjælkelag. Da Indspændingen i Murværket ikke er tilstrækkelig til at bære Altanen med 1,5 Sikkerhed mod Nedstyrtning, er der yderligere tilføjet en Jernbetonkontravægt udstøbt paa Træbjælkelagets Indskudsbrædder.

Jernbetonplader kan direkte indspænde Altaner, naar blot Tykkelsen er tilstrækkelig. *Jerntegldæk* kan i Reglen indspænde, men det kræver en særlig Undersøgelse, naar Altanmomentet er større end Halvdelen af Dækpladens pos. Moment. Men ved passende Massivstøbning kan Problemet altid klares. Drejer det sig om Gavaltaner, der indspændes vinkelret paa Ribberetningen, maa Forholdet særligt undersøges, men ofte vil man kunne klare sig med 4 cm Overbeton paa lavere Blokke udfor Altanen.

3. Særlige Formaal.

I det foregaaende er givet en lille Oversigt over de forskellige Dæktypers Egenskaber, deres Fortrin og Mangler i grove Træk, i det følgende skal der forsøges en Gennemgang af de almindeligst forekommende *særlige Formaal*, som et Dæk kan ønskes at skulle opfylde ved Beboelses- og Kontorbygninger, og hvilken Type man saa bør foretrække for paa *bedste Maade* at tjene dette Formaal. Det havde ogsaa været min Hensigt at omtale den billigste Løsning i de enkelte Tilfælde, men da Priser og Materialers Leveringsmulighed ændrer sig fra

Dag til Dag i denne Tid, vil det hele ikke være ret meget værd. Dog vil de mest oplagte Tilfælde blive nævnt.

Husets Konstruktion, d. v. s. de lodrette bærende Elementer:

Murede Huse:

1. *Ingen Hovedskillerum*. Husdybden er her 5—8 m, og den anvendes mest til Smaavillaer, Garager etc. Alle Dæktyper kan anvendes.

2. *Eet Hovedskillerum*. Almindeligste-Hustype. Alle Dæktyper anvendes, men paa Grund af Indspændingen over Hovedskillerummet, der bedst kan udnyttes af de støbte Dæk, faar disse et Forspring.

3. *To Hovedskillerum*. Almindelig Type ved Kontor- og Administrationsbygninger. Da Midterfaget i Reglen er 2,5—3 m, mens Yderfagene er 5—7 m giver Bjælkelag mange Vanskeligheder, mens støbte Dæk giver god Indspænding for de store Spændvidder, naar til Gengæld Midterfagets Plade holdes tilstrækkelig svær.

For *støbte Dæk i murede Huse* gælder i Almindelighed, at de bedre holder sammen paa Bygningen, naar denne udsættes for mindre Sætninger o. lign. revnedannende Paavirkninger. Men i visse Tilfælde kan Svindbevægelser i Dækkene fremkalde Revner baade i disse selv og Murværket, men herom henvises til Ing. Moes Foredrag. Ved Jerntegldæk er Risikoen dog minimal. Selv ved en kraftig kunstig Udtørring med 60° varm Luft i een Uge, sporedes ingen Revner i Loftspudsen.

Støbte Huse udføres enten med Søjler overalt — Skeletbygninger — eller med Vægge eller en Blanding heraf. For dem alle gælder, at man kun vil anvende støbte Dæk hertil. Det Valget saa kommer til at staa imellem bliver: Jernbeton-, Jerntegl- eller Hulstensdæk. Det afgørende vil her blive Prisen, og saa meget kan siges, at i Dag vil vel nok Jerntegldæk med det ringe Jern- og Cementforbrug have de største Chancer for at komme først i Kapløbet.

Hertil maa særlig bemærkes, at ved Anvendelse af Jerntegldæk i Bygninger med støbte Vægge, maa man erindre, at disse Dæk næsten intet Svind har, saaledes at man kan opleve at se Væggene blive »sprængt« af Dækkene, hvis man ikke har givet Væggene en meget kraftig vandret Svindarmering.

Straalevarme kræver særlig Hensyntagen under Projekteringen og Udførelsen. Ved *Træbjælkelag* kan man udmærket godt udføre Straalevarme, men ved Nybygning vilde man vel næppe ofre en saa god Varmeinstallation sammen med et saa ringe Dæk. Ved ældre Bygninger er det — særlig i England — meget anvendt, idet man undgaar enhver Ændring i et Rums Udseende bortset fra en ubetydelig Sænkning af Loftsladen. Rørslangerne fastskrues med Bøjler nedefra i Træbjælkerne og paa Rørene fastbindes Strækmetal. Nedefra »træk-

kes« Betonpuds op gennem Strækmetallet til fuldstændig Indhylling af Rørene. Senere udkastes og pudses med hydraulisk Kalk tilsat Fæhaar.

Ved Jernbetondæk maa man erindre, at Rørslangerne udføres af 2,2 cm tykke Rør, der lægges ud paa Formen under Armeringen. Armeringsjernene faar saaledes mindst 2,2 cm Dækbeton, hvilket maa medregnes i Egenvægten. I nogle Tilfælde medregnes Rørene til Ar-

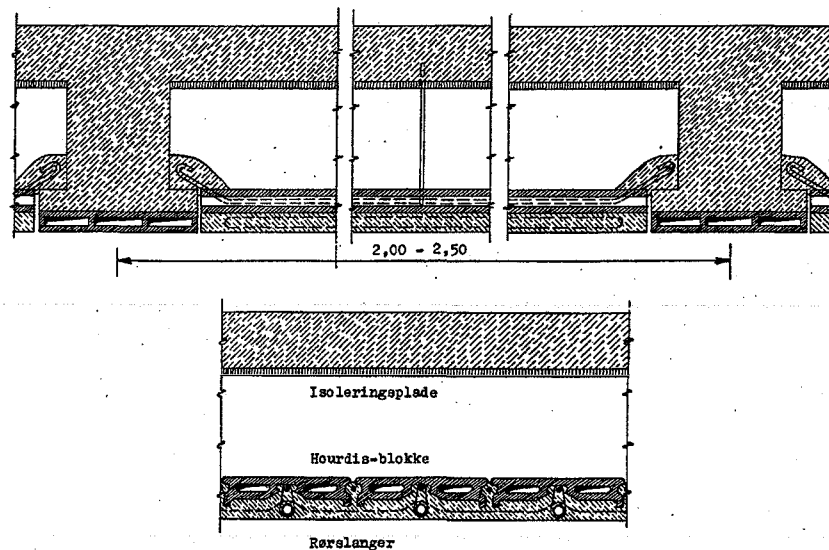


Fig. 10. Hourdis-Dæk med Straalevarmeslanger indstøbt i Underpladen. Indstøbningen foretages med Blokkene lagt omvendt, og derefter oplægges den færdigstøbte Plade som Underforskalling i et Jernbeton-plade-bjælke-dæk. Af Hensyn til Varme- og Lydisolering er der faststøbt Hulblokke under Bjælkerne. Isoleringsevnen er sikkert overvurderet.

meringen, men herhjemme tillades det meget faa Steder, og rent varmeteknisk og konstruktivt bliver der let Divergenser, som alligevel medfører saadanne Fordyrelser, at Armeringsbesparelsen bliver illusorisk.

Ovenpaa Jernbetonen udlægges en god Varmeisolering, saaledes at der ikke bliver fodvarmt. Dette Isoleringsmateriale er ofte det store Smertensbarn og giver tit Anledning til senere Ærgrelser. Her skal blot nævnes: *Asfalt* med højt Smeltepunkt taaler Straalevarmen, men ikke Solbestraaling gennem et Vindue og bør derfor omgaaes med Varsomhed. *Molerbeton* kan have Vanskeligheder under Afbindingen, idet Varmen er sat paa i den Periode, hvor Laget udlægges, og især bør man ikke kort efter Udlægningen lægge Linoleum over, idet man saa indespærrer Vanddamp med sælsomme Eftervirkninger.

Er Slidlaget *Brædder paa Strøer*, er Opgaven derimod let, da saa alle mulige bløde Isoleringsmaterialer kan anvendes.

Til Jerntegldæk har man endnu ikke kunnet anvende Straalevarme, til trods for, at Opgaven ser ret letløselig ud, og at man derigennem vilde opnaa et lettere regulerbart System, idet et saadant Dæk akkumulerer langt mindre Varmemængde end et massivt Jernbetondæk (Fig. 10).

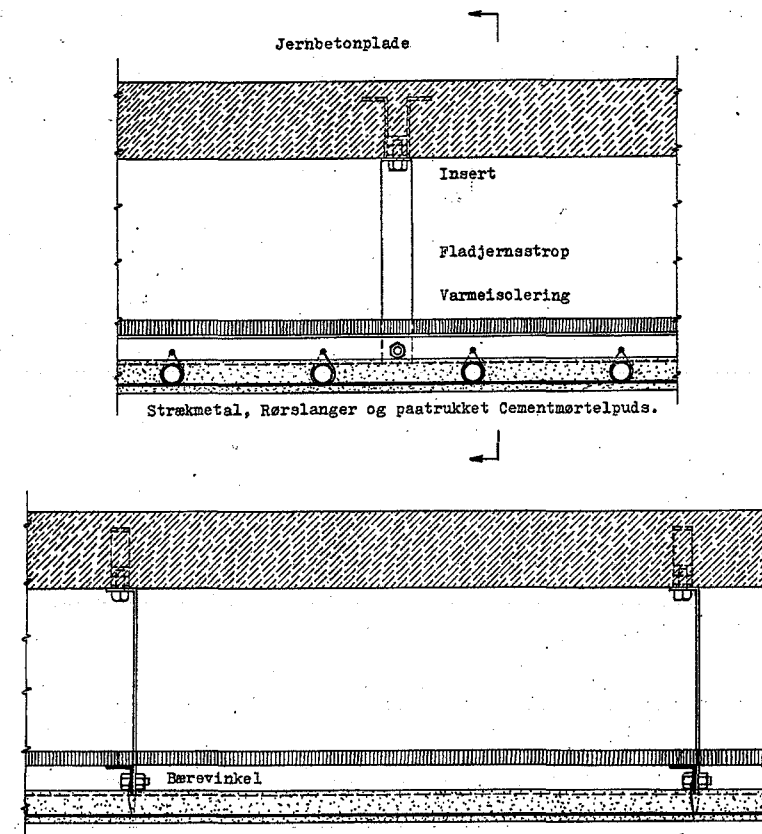


Fig. 11. Underforskallet Dæk med Straalevarme.

Ved underforskallede Dæk kan man udmærket anvende Straalevarme, naar blot der er gode Ophængningsmuligheder for Rørslangerne og disse kan blive indhyllt i Strækmetallets Indpudsning. Et Sted, hvor man særlig tit anvender nedforskallet Loft er i Toiletter og Gange og begge Steder er Straalevarme paa sin Plads, idet disse Lokaler sjældent har Plads til Radiatorer (Fig. 11).

Ventilationssystemet — forsaavidt Bygningen skal have et saadant — spiller efterhaanden ogsaa en vis Rolle for Dækkene, idet der paa forskellig Vis skal skaffes Plads til vandrette Udsugnings- eller Indblæsningskanaler. Saavidt muligt ønsker Arkitekten jo disse Kanaler

skjult, hvorved de ogsaa bliver et konstruktivt Spørgsmaal, der direkte kan influere paa Valg af Dækttype.

Nedforskallede Lofter — enten det er med Strækmetal eller Forskalling med Puds — giver den letteste og frieste Løsning herpaa, men i Reglen ogsaa den dyreste, rent bortset fra, at Loftshøjden formindskes kendeligt.

Ved Jerntegldæk og Hulstensdæk har man i den senere Tid søgt

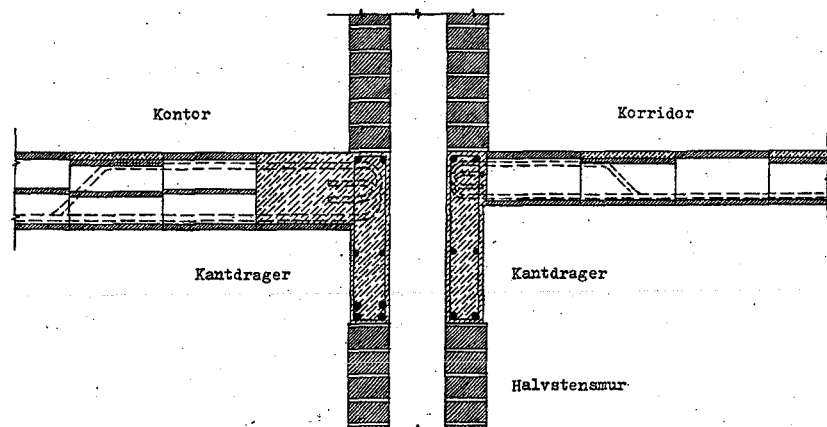


Fig. 12. Hovedskillerum i Søllerød Raadhus. Imellem to Halvstensskillerum er der 13 cm Hulrum, hvori Aftræk, Faldrør og Ventilationskanaler føres. Ligeledes finder elektriske Hovedopføringer, Vand- og Gasledninger Plads her. Samlet Tykkelse 35 cm. Med 4 m Afstand staar bærende Jernbetonsøjler 35 × 35 i Kælder aftagende opefter til 20 × 35. Hvor Forholdene kræver det, er Søjlerne forstærket i Skillerummets Længderetning op til 50 × 35.

at udnytte de hule Kanaler til f. Eks. at føre Indblæsningsluft fra Hovedskillerum ud til Spalter over Vinduerne. Herved bliver Loftet samtidig let opvarmet og faar visse *straaleopvarmende* Egenskaber, hvilket atter har ført til den Tanke, at udføre et Straalevarmeanlæg med Kanalerne som Luftslanger. Men mange praktiske Vanskeligheder følger med, saa noget udført Eksempel kan jeg ikke henvise til.

Ved *Administrationsbygninger* udfører man ofte i Stedet for Hovedskillerum en Jernbetonskeletkonstruktion med dobbelte Bjælker, hvorimellem Ventilationskanaler og Installationer kan føres lodret op og ned i Bygningen. Herved forsvinder til Gengæld Indspændingsmuligheden for Dækkene (Fig. 12).

Badeværelser stiller et særligt Krav om Gulve af virkelig tæt Støbning, idet Gennemsvivning af Vand kan ødelægge Armeringen, rent bortset fra det uæstetiske ved plettede Lofter og sribede Vægge i de nedenunderliggende Rum. Slaggebeton og Murstensskærvebeton bør saaledes helt undgaas, og mange tager ogsaa Afstand fra Jerntegl-

og Hulstensdæk. Ofte ser man Udførelser, hvor der i selve Badeværelset er lagt 4—6 cm lavere Blokke end i det øvrige Dæk, og den svære Overbeton er tværarmeret med 6 ø 7. Enkelte forsigtige anvender endog krydsarmeret Overbeton.

Badeværelset i en moderne 2—3 Værelses Lejlighed kræver et Utal af Udsparinger for Faldrør, Varmt- og Koldtvandsrør, Gulvafløb etc. med senere kostbar Tilstøbning. Man er derfor nu kommet meget ind paa, at udføre Faldrørsinstallationen jævnsides med Opmuring og Dækstøbning, saaledes at Rørene indstøbes i Dækkene. Gulvafløbene kan ogsaa indstøbes, selv om enkelte endnu er bange herfor af Hensyn til Tilpasningen til Terrazzoslidlaget. Bøsninger for Varme-, Gas- og Vandinstallation kan ogsaa indstøbes, men her spiller Installationsnøjagtigheden saadan ind, at de fleste ikke tør.

Altaner og støbte Trappereposer er tidligere omtalt under »Indspænding«, og Tilstedeværeslen af dem letter een Valget af Dækttype, idet støbte Dæk da maa foretrækkes. Men Valget indenfor de støbte Dæk er til Gengæld vanskeligt, da de alle næsten lige godt giver den nødvendige Indspænding.

Lydisolering kræves nu mere og mere af Hensyn til Støjplagens stadige Tiltagen. Civilingeniør Jordan har fortalt herom, men der skal blot anføres, at støbte Dæk isolerer godt mod *Luftlyd*, og blandt disse udmærker særlig Klinkerbetondæk sig paa Grund af særlige Forhold ved Elasticitetskoefficienten, der varierer stærkt indenfor samme Materialedele. Det skulde ogsaa forøge Isoleringsevnen for *Gennemgangslyd*. *Isolering mod Slaglyd* bestemmes særlig af Slidlagets Art og den Maade, hvorpaa det er udlagt paa det støbte Dæk. »Svømmende« Gulve regnes for den bedste Isolering mod alle tre Lydforplantninger, men er til Gengæld ogsaa »dyr Mad«, der i hvertfald ikke tør anvendes i Boligbyggeri i Almindelighed.

Slidlagets Art og Befæstelse er ofte et stort Problem, som igen spiller ind paa Overkantkoterne for Dækket. F. Eks. regner man med at Slidlagene incl. Afretning tager følgende Plads i Højden:

Parketgulv paa Strøer	12 cm
Linoleum	2 cm
Terrazzo og Asfalt	3 cm
Naturstensfliser	6 cm
Klinkerbetoniserede Kældergulve med Linoleum...	7 cm
Svømmende Gulve ved Toiletter	17 cm

i den sidste er dog inkluderet Gulvets Sænkning under de øvrige Gulve.

Parketgulv paa Strøer er den mest yndede Type i Beboelseshuse. Strøerne skal udlægges løse — men klodses op med ½ m Afstand paa

Korkbrikker — og der maa ikke findes nogen Søm- eller Bolteforbindelser mellem Strø og det støbte Dæk.

Linoleum anvendes meget i Kontorbygninger, især paa Gange og Korridorer. Lægges *Linoleum*'en paa et blødt Underlag — f. Eks. *Lino-lag* — opnaas ogsaa her en god Lyddæmpning.

Dækkenes Brandsikkerhed eller *Branddrøjhed* er ofte meget omdiskuteret, og Nødvendigheden deraf ligeledes. De nye Brandprøver, der udføres med Konstruktionen belastet med sin fulde Nyttelast, har vist sig at være meget strenge i Forhold til de tidligere udførte.

Et ordentligt udført *Træbjælkelag* med godt Indskud er i sig selv ikke særlig brandfarligt, men efter min private Mening spiller ogsaa Dækkets brandnærende Evne en ikke ubetydelig Rolle. Og her maa *Træbjælkelag* siges at være uheldige, idet de hurtigt udvikler de for Brandens Forplantning saa farlige Gasarter.

Jernbjælkelag er næsten farligere end *Træbjælkelag*, idet Varmen hurtigt naar ind i *Jernbjælkerne*, hvilket faar *Flydegrænsen* til at dale med rivende Fart, indtil den passerer den till. Spænding, og Dækkets *Ødelæggelse* hurtigt skrider frem. *Indstøbte Jernbjælker* er noget bedre, men *Underflangen* er meget udsat.

Ved *støbte Dæk* er det særligt *Armeringens* underste Dæklag, der spiller den afgørende Rolle. Jo tykkere det er, des mere brandsikkert er Dækket. Saaledes er *Jerntegldæk* og *Hulstensdæk*, hvor Dæklaget er 1,5 cm, mere modstandsdygtige end alm. *Jernbeton*. Et andet Forhold er *Indspændingsgraden* for den bærende Konstruktion, idet disse *Jern* er opbøjede og derfor langt mindre udsat for *Varmepaavirkning* end *Bundjernene*. Da *Kræfterne* søger derhen, hvor de kan optages, vil *Jernspændingen* over *Indspændingen* stige op til *Flydegrænsen*, inden *Bundjernene* begynder at flyde alvorligt.

Et aktuelt Problem er *Brandbombsikkerheden* af de forskellige Dæk, men her har *Myndighederne* jo allerede udsendt de *Forskrifter*, hvorefter man haver sig at rette. I *Hovedtrækkene* drejer det sig om:

Stærkt armerede *Jernbetonplader*, min. Tykk. 10 cm.
Svagt armeret *Jernbeton* mellem *Jernbjælker*, min. Tykk. 10 cm og *Jernafstand* højst 1 m.

Stærkt armerede *Jernbetonplader* mellem *Jerndragere*, min. Tykk. 10 cm. *Dragerafstand* ad lib.

Hulstensdæk med mindst 6 cm krydsarmeret (5 ø 7) *Overbeton*.

KH-Bjælker med mindst 5 cm krydsarmeret (5 ø 6) *Overbeton*.

Senere er ogsaa *Formeta-Dæk* i *Specialudførelse* blevet anerkendt som *brandfrie Dæk*.

Disse *Dæk* kræves over *øverste* fulde *Etage*, naar *Bygningen* indeholder mere end 3 *Etager*, hvilket praktisk talt vil sige alle almindelige *Kontor-* og *Beboelseshuse*. Indtil videre gælder *Loven* for *København*, *Frederiksberg* og *Gentofte*, og vil paa det sidste *Sted* virke meget begrænsende paa *Byggeriets Højde*.

Ved *Bygninger med Butikker* vil man normalt udføre *Kælderbjælkelaget* som støbt Dæk, idet et *Træbjælkelag* vil kræve, at *Stuegulvet* ligger mindst 40 cm over *Terræn*, hvilket giver et Par kedelige *Trin* op til *Butikken*. Ved en almindelig *Beboelsesbygning* med 5—6 *Beboelselag* og overvejende *Butikker* i *Stuen*, skal man altsaa støbe *øverste* og *nederste Bjælkelag*, og have alle nødvendige *Maskiner* og *Hejseapparater* hertil. Det vil i *Entreprenørsproget* sige, at »*Generalomkostningerne*« ved *Dækstøbning* for *Størstedelen* er afholdt, saaledes at for de øvrige *Dæk* vil *Valget* mellem *Træbjælkelag* og støbt *Dæk* være næsten for let, idet de sidste, især hvis der skal *Altaner*, bliver de billigste — selvfølgelig under normalere *Prisforhold*.

Til *Slut* skal lige fremhæves det store *Ansvar*, der paahviler *Arkitekt* og *Ingeniør*, naar man nu efter den nye *Byggelov* træffer *Valget* af *Dæktype* for en *Bygning*. Idet man nemlig træffer *Afgørelsen* om *Bygningens Funktion* for hele dens *Levetid*, hvis man nøjes med tilf. *Last* for *Beboelsesbygninger*. Den *Udvikling*, som *Bygningerne* langs *Hovedgaderne* har gennemgaaet fra *Beboelse* over *Kontor* til *Stormagasin*, og i *Sidegaderne* fra *Beboelse* over *Værksted* til *Fabrik*, vil kun vanskeligt kunne lade sig gøre nu. Ialtfald vil der kræves meget kostbare *Forstærkninger* af *Dækkene* under en saadan *Udvikling*.

Men *Byggelovens Hensigt*, at en *Bygning* kun bør anvendes i den *Funktion*, hvortil den er bygget, er iøvrigt saa rigtig, at vi alle bør hilse den med *Anerkendelse*.

DISKUSSION

refereret ved *Civilingeniør W. R. Simonsen*.

Civilingeniør Jordan henledte *Opmærksomheden* paa *Forholdet* mellem *Lydisolationsevnen* for *Jernbeton* og *Jerntegldæk*. For *Luftlyd* er *Isolationsevnen* den samme for *Jernbeton* og for *Jerntegldæk* af samme *Totalvægt*, medens den for *Trinlyd* er størst for *Jerntegldæk*.

Civilingeniør, Dr. Meyer gjorde *opmærksom* paa, at *Bisondæk* udføres baade med og uden *Underbeton*. Angaaende *Brandsikkerheden* af *Jernbetondæk* i *Forhold* til *Jerntegldæk* gjorde *Dr. Meyer* *opmærksom* paa,

at medens Jernbetondækkene paa Grund af deres Varmeledningsevne ledede Varmen bort fra Undersiden, hvor Jernene befandt sig, var det omvendte Tilfældet med Jerntegldækkene, hvor man kunde befrygte en Varmekonzentration i Ribberne. Det var derfor ikke umiddelbart forstaaeligt, hvorfor Jerntegldæk skulde være mere brandsikre end Jernbetondæk.

Civilingeniør Moe var enig med Foredragsholderen i, at den af Mynighederne forlangte Ribbebredde i Jerntegldæk ikke er begrundet i Styrkehensyn, hvilket han illustrerede ved en Sammenligning med en Jernbetonkonstruktion bestaaende af Plader understøttet paa Ribber for hver 2 m. Disse Ribber vil man ikke betænke sig paa at gøre 20 cm brede, medens den samlede Ribbebredde i et 2 m bredt Bælte af et Jerntegldæk efter de gældende Bestemmelser bliver ca. 40 cm. Civilingeniør Moe understregede, at man dog skulde være forsigtig med at gøre Ribberne for smalle.

Foredragsholderen, Civilingeniør Steensen besvarede Dr. Meyers Bemærkninger om Brandsikkerheden af Jerntegldæk med, at hans Udtalelser herom var at forstaa som et Forsøg paa at forklare Resultaterne af udførte Forsøg, og ikke teoretiske Overvejelser.

PLASTISK EFTERVIRKNING I BETON. EN REDEGØRELSE FOR HIDTIL UDFØRTE FORSØG OG DISSES RESULTATER.

Af Civilingeniør H. Dührkop.

Spørgsmaalet om plastisk Eftervirkning i Beton har to Sider:

- 1) Af hvilken Art er denne Eftervirkning, hvilke Love følger den, og hvor stor er den.
- 2) Hvilken Indflydelse har Eftervirkningen paa vore Bygværker af Beton og Jærnbeton.

Jeg skal i det følgende udelukkende beskæftige mig med den første Side af Spørgsmaalet.

Ved plastisk Eftervirkning i Beton forstaaes den Virkning, som en vedvarende Belastning i Tidens Løb har paa Betonens Formændring. Der tænkes altsaa ikke paa de Formændringer, som er en øjeblikkelig Følge af Belastningen, og der tænkes ikke paa Svind eller Svulmning, der jo forekommer, hvad enten Betonen er belastet eller ubelastet.

Et Legemes Formændring som Følge af Belastning bestemmes som Regel ved Længdeændringsmaalinger og da oftest kun i Kraftens Retning. Resultaterne fremstilles grafisk ved Arbejdslinier, der udtrykker Sammenhængen mellem Spændinger og Formændringer, som Regel de totale Formændringer, altsaa Summen af de elastiske og de blivende, plastiske Formændringer.

Betonens Arbejdslinie ligner Støbejerns og Naturstens; Betonen hører — ligesom disse — til de skøre Stoffer, og de har som bekendt alle en kort, jævnt krummende Arbejdslinie. Bestemmes Betons Arbejdslinie ved et almindeligt Laboratorieforsøg, faas f. Eks. en Kurve som den optrukne paa Fig. 1. Holdes et Lasttrin konstant, vil man opdage, at der ikke straks indtræder Ligevægt mellem Spænding og Formændring. Denne fortsætter sin Vækst, endnu efter at Spændings-trinnet er naaet; Belastningen har en Eftervirkning, der, naar den optræder ved almindelige Elasticitetsforsøg, betegnes »Elastisk Efter-

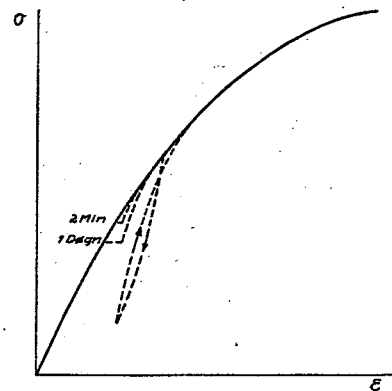


Fig. 1.

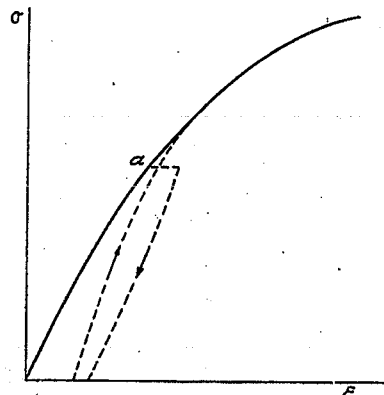


Fig. 2.

virkning«. Fortsætter man Lastøgningen efter et saadant Ophold paa et Lasttrin, vil der straks optræde mindre Formændringer pr. at, end hvis der intet Ophold havde været, idet Arbejdslinien vil nærme sig den normale og ved en vis Spænding forene sig med denne, som vist. Naar Spændingsstigningen overskrider en vis Værdi, vil Laststandsningen altsaa være uden Indflydelse paa de fremkaldte Formændringer.

Paa lignende Maade vil det gaa ved en delvis Aflastning og straks følgende Belastning. Hvis man efter en Laststandsning aflaster helt i nogen Tid og derefter belaster paany, vil det gaa som vist paa Fig. 2. Det vandrette Stykke midt paa Kurven viser — ligesom de vandrette Stykker paa Fig. 1 — Formændringer fremkaldt af en vedvarende konstant Last, og det er saadanne Formændringer man betegner

- i Danmark: plastisk Eftervirkning
- i England: creep, plastic flow, time yield
- i Tyskland: Plastizität, Kriechen
- i Frankrig: Déformations lentes.

Af Fig. 2 fremgaar, at en større Del af Formændringerne end den, der forsvinder samtidig med Lasten, er elastisk, idet ogsaa Aflastningen har en Eftervirkning. Prof. Vogt, Oslo og Dr. Springer, Budapest, mener, at ca. Halvdelen af den langsomme Formændring under Belastning kan være elastisk, d. v. s. kan forsvinde ved Aflastningens Eftervirkning, og Betegnelsen plastisk Eftervirkning er altsaa misvisende. I det følgende vil jeg i Stedet for plastisk Eftervirkning anvende Betegnelsen Krybning.

Nulpunktet for Krybningsmaalingerne maa man skænke særlig Opmærksomhed. Bedømt af Fig. 2 vil det ligge ved α , men paafører man Belastningen indtil α med enten større eller mindre Hastighed end

den, der anvendtes ved Bestemmelsen af α , vil man komme til andre Nulpunkter, fordi Kurvens Hældning afhænger af Forsøgshastigheden. En nærmere Udregning af dette Forhold og en Definition af Nulpunktet er givet af *Glanville* og baseret paa en lang Række Trykelasticitetsforsøg med slanke Betoncylindre (7,5 · 25 cm). Fig. 3 viser Resultatet

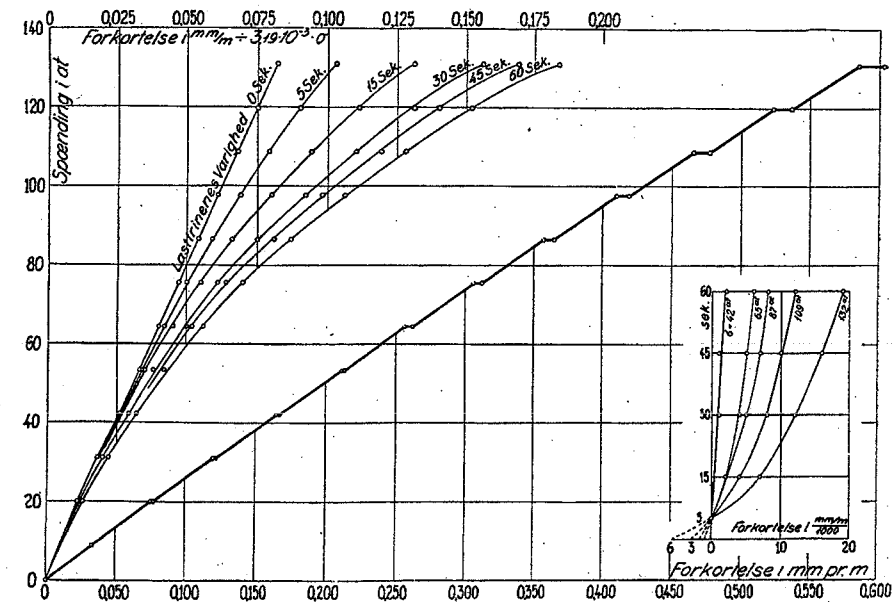


Fig. 3.

af et af hans Forsøg med Beton af hurtighærdnende Portlandcement i Blandingsforholdet $P_c : P_s : P_{st} = 1 : 1,5 : 3$, Synkning 5 cm, luftlagret i 28 Døgn.

Lasten øgedes trinvis med ca. 11 at hver 60. Sek., selve Lastøgningen varede ca. 1 Sek. Forkortelserne maales 5, 15, 30, 45 og 60 Sek. efter hver Periodes Begyndelse. Paa Fig. 3 er den kraftigt optrukne Kurve den fundne Arbejdslinie. Paa første Trin forkortedes Maalelængden (15 cm) ikke efter det 5. Sek., paa de følgende Lasttrin derimod mere og mere. De til de skraa Kurvestykker svarende Abscissetilvækster angiver saavel de Forkortelser, som Lastøgningen øjeblikkeligt fremkaldte, som de Forkortelser, der langsomt udviklede sig i Tiden indtil 5. Sek. Denne sidste Del kan bestemmes grafisk ved Ekstrapolation som vist nederst til højre paa Figuren, hvor hver Kurve viser Forkortelsens Vækst med Tiden paa et givet Lasttrin. Kurverne udgaar fra det til 5 Sek. Varighed svarende Punkt; ved at fortsætte dem som vist, findes de langsomt voksende Forkortelser, som Lasten har fremkaldt fra Stigningens Begyndelse indtil det 5. Sek. Paa Grund af Me-

todens Usikkerhed er der ikke gjort Forsøg paa at udføre Ekstrapolationen med større Nøjagtighed end svarende til Forkortelsen $\epsilon = 1 \cdot 10^{-6}$.

Naar denne Bestemmelse er udført, kan den øjeblikkelige Forkortelse foraarsaget ved hver Lastøgning udregnes, og der kan derefter konstrueres 6 Kurver, een hvis Abscisser er Summen af de øjeblikkeligt fremkaldte Forkortelser, een hvis Abscisser er Summen af de indtil det 5. Sek. fremkaldte Forkortelser, een hvis Abscisser er Summen af de indtil det 15. Sek. fremkaldte Forkortelser o. s. v. Gaar man ud fra, at de Forkortelser, som fremkaldtes ved de anvendte Lastøgninger, var upaavirket af, at den foregaaende Last havde virket i 60 Sek., vil de 6 Kurver være identiske med de Arbejdstimer, der vilde være fundet, saafremt hvert Lasttrin havde været 0, 5, 15, 30, 45 eller 60 Sek.

Paa Fig. 3 er disse Kurver vist til venstre for den egentlige Arbejds-kurve paa en saadan Maade, at Forskellen mellem dem træder tydeligt frem. Dette er opnaaet ved at fordoble Abscisse-Maalestockens Enheder og formindske de ved de forskellige Spændinger maalte Forkortelser med en Størrelse proportional med Spændingen.

Den første Kurve — Arbejdslinien for øjeblikkeligt voksende Last — er meget nær retliniet, de følgende afviger i stigende Grad fra den rette Linie, fordi der er hengaaet længere Tid, før Aflæsningerne blev taget, og Betonens Forkortelser er vokset indenfor denne Tid. Afvigelserne skyldtes altsaa Krybning, og den rette Linie er det søgte geometriske Sted for de Nulpunkter, hvorfra Krybningen skal maales. Saafremt hele Krybningen er plastisk, hvad Glanville synes at gaa ud fra, vil den rette Linie være indentisk med Arbejdslinien for de elastiske Deformationer. Er en Del af Krybningen elastisk, vil den rette Linie være stejlere end Arbejdslinien for de elastiske Deformationer.

Naar man vil bestemme Krybningen, gøres det ikke ved Forsøg som det beskrevne, men med Serier af Prøvelegemer, der i lange Perioder holdes under konstant Spænding, medens Formændringerne maales.

Kraften frembringes oftest ved Hjælp af Fjedre; Fig. 4 viser et Apparat anvendt af Springer, og et lignende anvendte Glanville, Dutron og mange andre. Maaleuret c ved Siden af Betoncylinderen p anvendes ved dennes Centrerung, Fjederens Kraft bestemmes ved Maaling af dens Længde.

Længdeændringerne bestemmes oftest ved Spejl-

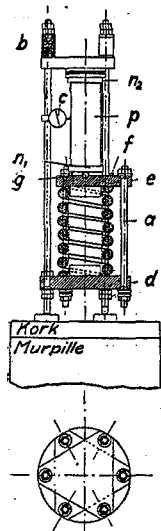


Fig. 4.

maalinger, Glanville's Maalinger foretoges paa 15 cm Maalelængde og med en Nøjagtighed af $0,15 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$.

Under Forudsætning af, at Prøvelegemets Temperatur er konstant og Prøvelegemet uden Revner, vil Formændringerne skyldes:

- (1) Krybning (ϵ_k)
- (2) Svind eller Svulmning (ϵ_s)
- (3) Elasticitetstallets Ændring ($\Delta \epsilon_e$)

Dette er vist i Fig. 5, der angiver Formændringens Vækst med Belastningstiden. For at bestemme ϵ_k maa ϵ_s og ϵ_e kendes, hvilket

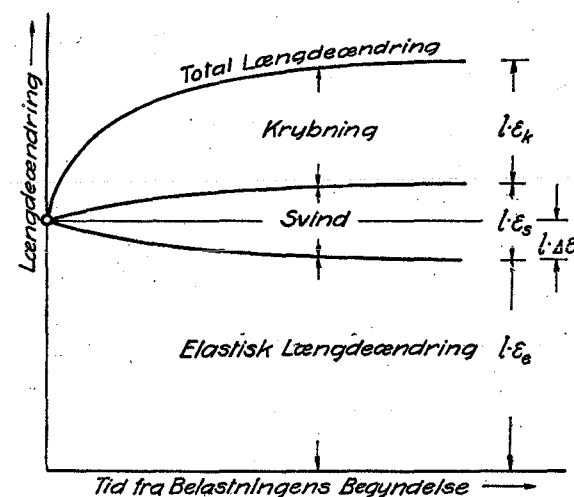


Fig. 5.

medfører, at Forsøget — foruden det Prøvelegeme, hvorpaa den totale Længdeændring maales — maa omfatte et ubelastet Prøvelegeme, hvorpaa Svindet eller Svulmningen maales, samt et Prøvelegeme, paa hvilket der med visse Tidsmellemrum foretages Elasticitetsmaalinger. Forudsættes det belastede Legeme at have samme Svind og samme Elasticitetstal som de ubelastede, kan Krybningen bestemmes af:

$$\epsilon_k = \epsilon_{\text{total}} - \epsilon_s - \epsilon_e$$

Undersøgelser vedrørende Betons Krybning er udført i ret stort Tal — væsentligst i Aarene siden 1925 — og Fænomenet er nu saa alsidigt belyst, at man har Klarhed over, hvordan Ændringer i Betonsammensætning, Lagringsforhold o. l. paavirker Krybningen. Forsøgsmaterialet er dog næppe stort nok til, at man paa Basis deraf i Almindelighed kan føre Krybningens Virkninger i Regning f. Eks. ved Dimen-

sionering af Jærnbeton, og søger man at skaffe sig et Overblik over Krybningens Variation med Betonens Egenskaber, er det derfor naturligt at tilsigte en Besvarelse af Spørgsmaalet »Hvordan skal Betonen sammensættes og behandles, for at Krybningen kan blive saa lille som muligt«. Overblikket opnaas formentlig bedst ved at behandle de Faktorer, der influerer paa Krybningen, een for een, altsaa foretage en Opdeling i Lighed med den, der anvendes, naar man vil undersøge, hvordan man skal sammensætte og behandle Betonen, for at Styrken kan blive saa stor som muligt.

CEMENTSORTENS INDFLYDELSE

Glanville har i *Building Research Station* ved London udført Forsøg med Beton af:

Almindelig Portlandcement
Hurtighærdnende Portlandcement
Alcement.

Alle de tre Betoner fremstilledes i samme Blandingsforhold efter Vægt (1:2:4) og med samme Vandcementforhold (0,70). Betonernes Konsistens fandtes — mærkeligt nok — ogsaa ens (Synkning: 5 cm). Lagringen foregik i Luft, hvis Temperatur var $20^{\circ} \pm 0,5^{\circ}$, og hvis relative Fugtighed var $65\% \pm 2\%$. Betonernes Cylinder-Trykstyrke efter 28 Døgn var:

Alm. Portlandcement $S^c = 153^{\text{at}}$
Hurtighærdnende do. $S^c = 190^{\text{at}}$
Alcement $S^c = 325^{\text{at}}$.

Krybningen frembragtes ved en Trykspænding paa 42 at; Betonens Alder ved Lastens Anbringelse varierede og var desto mindre, jo mere hurtighærdnende Cementen var. Maalingerne strakte sig over 11 Maaneder, og Resultaterne er indført i Tabel 1.

Med Hensyn til Cementsortens Indflydelse viser Tallene, at Krybningen aftager med Cementens voksende Hærdningsenergi. Denne vokser i Ordenen almindelig Portlandcement, hurtighærdnende Portlandcement, Alcement, og i alle Tilfælde, hvor en Sammenligning kan foretages, findes Krybningen aftagende i nævnte Orden. Forholdet mellem Betonernes Krybning ændredes meget lidt med Tiden; naar Betonens Alder ved Belastningen var 1 Uge, 2 Uger eller 4 Uger, syntes Forholdet mellem Krybningerne at være 100:35:25; naar Betonens Alder var 3 Maaneder ved Belastningens Begyndelse, var Alcementens Overlegenhed mindre. Forsøgsresultaterne for de Prøvelegemer, der

TABEL 1
Krybning af Beton 1:2:4 (Vægt) lagret i Stueluft ved 42^{at} Trykspænding.

Alder ved Belastning	Cementsort	Betonens Krybning i mm/m efter							
		1 Uge	2 Uger	1 Mdr.	2 Mdr.	3 Mdr.	6 Mdr.	9 Mdr.	11 Mdr.
1 Døgn	Alm. P. C.								
	H. h. » »								
	Alcement	0,133	0,168	0,201	0,234	0,250	0,288		
1 Uge	Alm. P. C.								
	H. h. » »								
	Alcement	0,125	0,152	0,197	0,242	0,262	0,302		
2 Uger	Alm. P. C.								
	H. h. » »								
	Alcement	0,250	0,310	0,379	0,456	0,511	0,585		
4 Uger	Alm. P. C.	0,192	0,237	0,317	0,395	0,453	0,545	0,586	0,612
	H. h. » »	0,071	0,091	0,111	0,124	0,146	0,199	0,219	0,235
	Alcement	0,041	0,060	0,082	0,106	0,114	0,140	0,148	0,152
3 Mdr.	Alm. P. C.	0,115	0,146	0,178	0,214	0,240			
	H. h. » »	0,036	0,046	0,056	0,072	0,088			
	Alcement	0,027	0,042	0,058	0,078	0,085			

var 1 Maaned gamle ved Lastens Anbringelse, er gengivet grafisk i Fig. 6. Krybningen er angivet i mm/m og ses at være ikke ubetydelig og endnu voksende for Portlandcementens Vedkommende. Paa Figuren er til Sammenligning indtegnet de første Værdier for de elastiske Forkortelser, samt nogle Svindmaalingsresultater fundet af *Glanville* for Betoner, der meget nær ligner de ved Forsøgene anvendte. Krybningen er for de hurtige Cementser omtrent lig den elastiske Formændring og mindre end Svindet, for den almindelige Portlandcement langt større. Medens Krybningen aftager med Cementernes voksende Hærdningsenergi, findes Svindet i de første Maaneder at forholde sig omvendt, et Forhold, som tyder paa, at Krybning og Svind ikke er ganske sideløbende Fænomener.

Cementsortens Indflydelse paa Krybningen varierer med Betonernes Lagringsforhold. De foran omtalte Maalinger gjaldt Beton lagret i Stueluft. Sker Lagringen i Vand, udviskes Forskellene; ved nogle Forsøg af *Glanville* fandtes vandlagrede Betoners Krybning endda mindst for Portlandcement og størst for Alcement, men Resultaterne for Alcementen synes usikre.

Cementens kemiske Sammensætnings Indflydelse paa Krybningen er kun lidet undersøgt. I en amerikansk Forsøgsberetning af *Davis*,

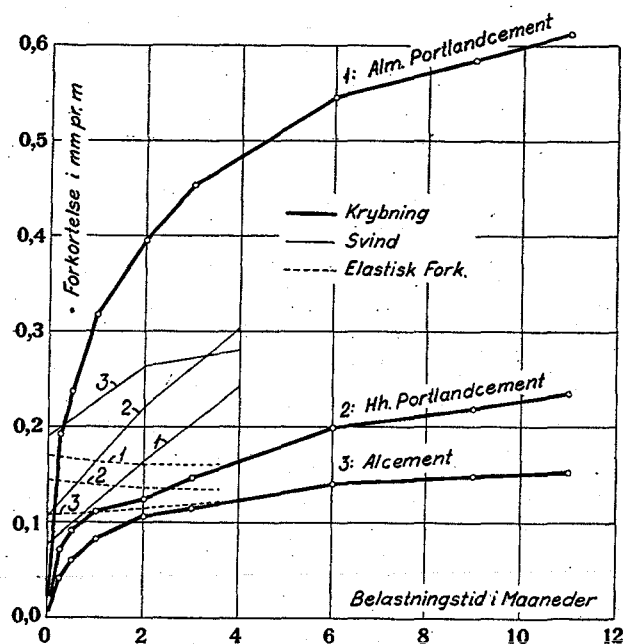


Fig. 6.

Davis and Brown omtales nogle 2-Aars Forsøg med Beton ($P_c : P_g = 1:5\frac{1}{2}$) af almindelig Portlandcement og en Lavvarmecement. Den første indeholdt 52 % Tri- og 25 % Dikalciumsilicat, den anden 30 % Tri- og 47 % Dikalciumsilikat. Beton af Lavvarmecementen viste indtil dobbelt saa stor Krybning som Beton af almindelig Portlandcement.

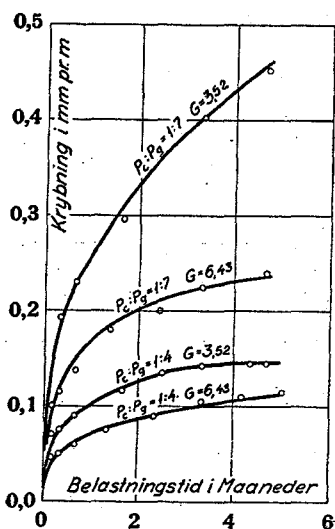


Fig. 7.

CEMENTMÆNGDEN

De første omfattende Undersøgelser angaaende Cementmængdens Indflydelse paa Krybningen foretoges af Davis, University of California, i 1926 og viste, at Krybningen aftager med voksende Cementholdigheden.

Prøvelegemerne (15 · 60 cm Cylindre) lagredes 2 Maaneder i Vand, 5 Maaneder i Luft og belastedes derefter med 45 at. — Krybningen fulgtes i 5 Maaneder i Luft med 21° C. og 78 % Fugtighed.

Forsøgsresultaterne er vist paa Fig. 7. Betonernes Sammensætning fremgaar

af Paaskrifterne paa Figuren; Vandtilsætningen var afspasset saaledes, at Konsistensen blev ens. Krybningen fandtes 2 til 3 Gange saa stor for den magre som for den fede Beton, Forskellen var størst for den finkornede Grussort (Grovhedstal $G = 3,52$), som ogsaa medførte den største Forskel m. H. t. Vandcementforhold. Ved nyere Forsøg, hvor nogle af Prøvelegemerne lagredes i Luft, nogle i Vand, fandtes Krybningen ved Luftlagringen ca. 3 Gange saa stor som ved Vandlagringen.

Glanville har maalt Krybning i to Aar paa tre Betoner ($P_c : P_s : P_{st} = 1:1:2, 1:2:4, 1:3:6$), der lagredes i Stueluft (20°, 65 %) og 28 Døgn gamle belastede med 42 at. Forsøgsresultaterne er vist paa Fig. 8; den øverste Kurve angiver

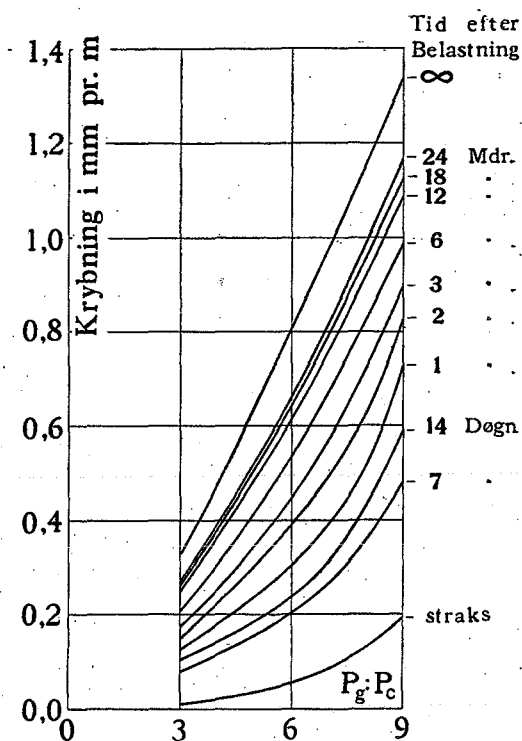


Fig. 8.

Krybningens Størsteværdier fundet ved Beregning. Figuren viser, at Krybningens Størsteværdi med ret god Tilnærmelse kan sættes lig

$$\epsilon_k^{\text{maks}} = K \cdot \frac{P_g}{P_c}$$

Davis har nylig udført nogle Forsøg, der tilsyneladende er i Modstrid med disse Resultater; Forsøgene udførtes med Betoner med ens Vandcementforhold men forskelligt Cementindhold og viste, at Krybningen aftog med Cementholdigheden.

Dette maa betragtes som den egentlige Virkning af en Ændring i Cementholdigheden, og naar de lige omtalte Forhold giver det modsatte Resultat, skyldes det, at disse er udført med Betoner, hvis Konsistens var ens, som de vilde blive det paa en Byggeplads. For at opnaa dette, maa Vandcementforholdet øges, naar Cementholdigheden mindskes, og Stigningen i Vandcementforholdet har en større Virk-

ning paa Krybningen end den tilsvarende Nedgang i Cementholdigheden.

Og hermed er vi inde paa

STØBEVANDSMÆNGDENS INDFLYDELSE

som er den, at Krybningen vokser med voksende Støbevandsmængde, og ret betydeligt.

For en Beton med $P_c : P_g = 1:5\frac{1}{2}$ medførte en Forøgelse af Vandcementforholdet fra 0,62 til 0,69, at Krybningen øgedes fra 930 til 1370 Milliontedele, d. v. s. med ca. 50 %.

GRUSETS INDFLYDELSE

Davis Forsøg viser (Fig. 7), at for Beton med ens Konsistens aftager Krybningen med voksende Grovhestal. En Forøgelse af Grovhestallet fra 3,52 til 6,43 medførte en Formindskelse af Krybningen paa ca. 50 % for den magre Beton og paa ca. 33 % for den fede Beton.

(Ved Bestemmelse af Grovhestallet — det af Abrams indførte *fineness modulus* — anvendes 10 Sigter med Maskevidde, der vokser jævnt fra 0,150 mm for den fineste til 76,2 mm for den groveste. Man bestemmer den Procentdel af Grusprøven, der ligger over hver Sigte, lægger de 10 Tal sammen og dividerer med 100. Jo grovere Gruset er, desto større bliver Grovhestallet; ret forskellige Grussorter kan have eet og samme Grovhestal, til en raa Bedømmelse af Tallenes Betydning kan følgende Sammenstilling af *Probst* anvendes:

Fint Sand	Grovhestal	1,5
Almindeligt Sand	„	2,4
Groft Sand	„	3,1
Almindeligt Grus	„	6,9
Groft Grus	„	7,4

Davis har ogsaa udført Forsøg over Virkningen af, at Grusets Korn er af den ene eller den anden Stensort og fundet, at den var betydelig.

6 Betoner undersøgte, $P_c : P_g$ var for dem alle 1:5,67, $P_v : P_c = 0,59$. Den ene Grussort var en naturligt forekommende, de 5 andre fremstilledes ved at knuse Sandsten, Basalt, Granit, Kvarts, Kalksten, dele det knuste i Fraktioner, og sammenblende disse i et saadant Mængdeforhold, at Kornkurven for Blandingerne faldt sammen med Kornkurven for det naturlige Grus. Grovhestallet var 5,75. Om Grussorternes Fugtighedstilstand gives ingen Oplysning, men det kan ses, at de tætte Stenarter — Basalt, Granit og Kvarts — gav større Konsistenstal end de utætte — Sandsten og Kalksten —; disse har formentlig suget

Vand fra Betonen, og altsaa paavirket Vandcementforholdet, som skulde være ens. Prøvelegemerne lagredes 28 Døgn i fugtig Luft, belastedes derefter med 56 at og henstilledes i Stueluft (21° og 50 % Fugtighed). Efter 5½ Aar fandtes Krybningen at variere paa følgende Maade:

Sandsten	1,3 mm/m
Basalt	1,1 »
Granit	0,85 »
Kvarts	0,8 »
Kalksten	0,55 »

og man tør formentlig deraf slutte, at Betonens Krybning bliver mindre, naar man gaar over til at bruge Stensorter med større Elasticitetstal. Davis opgiver intet om E for de Stensorter, han anvendte, men Elasticitetsmaalinger med f. Eks. Sandsten, Granit og Kalksten viser, at E vokser i den nævnte Orden.

LAGRINGSMAADENS INDFLYDELSE

De mest udførlige Forsøg over Lagringsmaadens Indflydelse er udført af Davis og Dutron. Davis' Prøvelegemer var Cylindre (10·36cm) af Portlandcementbeton med ens Blandingsforhold ($P_c : P_g = 1:5,67$), ens Grus (Grovhestal 5,61), ens Vandcementforhold ($P_v : P_c = 0,59$);

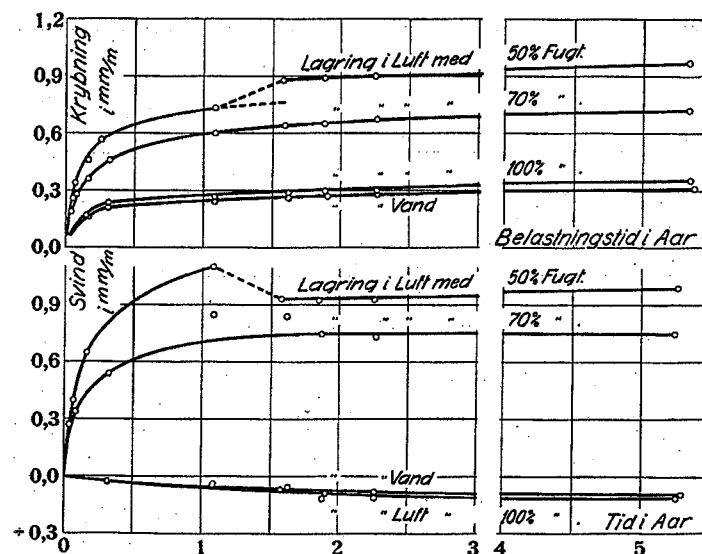


Fig. 9.

de lagredes 28 Døgn i fugtig Luft med Stuetemperatur (21°), belastedes derefter med 56^{at} og lagredes videre i enten

- (1) Vand
- (2) Luft med 100 % Fugtighed
- (3) Luft med 70 % Fugtighed
- eller (4) Luft med 50 % Fugtighed.

Krybningsmaalingerne strakte sig over 5½ Aar, Resultaterne er vist paa Fig. 9, hvor ogsaa de paa Kontrol-Legemerne maalte Værdier for Svind og Svulmning er vist. Krybningen fandtes omtrent ens i Vand og i Damp; aftog Fugtighedsgraden fra 100 til 70 %, fordobledes Krybningen; aftog Fugtighedsgraden fra 100 til 50 %, blev Krybningen 2½—3 Gange saa stor. Betonens Svind i ikke vandmættet Luft fandtes meget nær lig Betonens Krybning. Svindprøvelegemerne i Luft med 50 % Fugtighed fik Overfladerevner i Tiden mellem 400. og 580. Døgn, de belastede derimod ikke, og derfor har Kurverne faaet et Knæk i dette Tidsrum. Knækket er opadgaaende, idet Krybningen beregnes af Ligningen $\epsilon_k = \epsilon_t - \epsilon_s - \epsilon_e$, og ϵ_s bliver mindre ved Revnernes Fremkomst, fordi den af Svindet fremkaldte Sammentrykning af Prøvelegemernes Kærne delvis forsvinder, naar Revnerne kommer.

Andre Forsøg af *Davis* og Forsøg af *Glanville* og *Dutron* bekræfter nævnte Resultater med Hensyn til Fugtighedsgradens Indvirkning paa Betons Krybning. Jo mindre Mulighederne er for Vandafgivelse, desto mindre bliver Krybningen.

Davis har undersøgt Temperaturens Indflydelse. Krybningen fandtes praktisk talt ens for Beton lagret i Vand ved 33°, 21° og for luftlagret Beton ved -18°; denne Lighed skyldes maaske, at ingen af Betonerne har kunnet ændre Vandindhold. I Luft fandtes Krybningen voksende med Luftens Temperatur, formentlig fordi Luftens Fugtighedsgrad aftog.

KRYBNINGENS VARIATION MED SPÆNDINGENS STØRRELSE OG ART

Ved Omtalen af Bestemmelsen af Krybningsmaalingernes Nulpunkt benyttedes Fig. 3, hvis Kurvebundt til venstre viser Sammenhængen mellem Spændingen og Krybningen i Tiden lige efter Belastningen. Kurverne viser, at Krybningen vokser med Spændingen, dog lidt hurtigere end denne, og dette synes ogsaa at gælde for Krybningen i lang Tid, naar Spændingen ikke overstiger de almindeligt tilladte Værdier. Kurverne er ved nogle Undersøgelser fundet mere og mere retliniede, efterhaanden som Belastningstiden voksede, og Afvigelserne er i intet

Tilfælde større, end at man ved Beregninger kan betragte Krybningen som proportional med Spændingen.

Lige saa simple Regler synes at gælde, naar det drejer sig om Spændingens Art, idet *Glanville* angiver, at Krybningen er ens i strakt og i trykket Beton.

Davis finder, at Forholdet mellem Krybningen i strakt og i trykket Beton ($\frac{\epsilon_k^t}{\epsilon_k^c}$) varierer med Belastningstiden, idet det til at begynde med er større end 1, men aftager og i nogle Tilfælde ender med at være mindre end 1.

En stor Krybning overfor Træk vil være fordelagtig, idet den nedsætter Faren for Svindrevner.

ALDERENS INDFLYDELSE

Her maa undersøges to Ting:

- (1) Krybningens Afhængighed af Betonens Alder i Belastningsøjeblikket, og
- (2) Krybningens Vækst med Belastningstiden.

Som det er at vente, bliver Krybningen desto mindre, jo ældre Betonen er ved Lastens Anbringelse; den fremadskridende Hærdning nedsætter Betonens Plasticitet. Dette bekræftes saavel ved statiske Forsøg af den hidtil omtalte Art som ved Forsøg, hvor Betonen udsættes for et stort Antal hastigt paa hinanden følgende Spændingsvekslinger.

Forsøg af den første Art er udført af baade *Davis* og *Glanville*. *Davis* har f. Eks. fulgt Betons Krybning i 6½ Aar og fundet, at Belastningsalderens Indflydelse er meget stor. For ens Prøvelegemer af vandlagret Beton, der belastedes i en Alder af 7 Døgn, 28 Døgn og 90 Døgn, maalte han Krybninger, der forholdt sig som 100:60:34.

Yderligere Resultater fra denne Forsøgsrække er samlet i Tabel 2. Man lægger især Mærke til, at den voksende Belastningsalders gunstige Virkning paa Krybningen vokser med Spændingen; ved at udsætte Belastningsøjeblikket fra 7. Døgn til 28. Døgn, nedsættes Krybningen for vandlagret Beton f. Eks. med 0,04^{mm}/m, naar Spændingen er 21^{at}, men med 0,26^{mm}/m, naar Spændingen er 42^{at}.

Indvidere ses Lagringsmaadens Indflydelse at vokse med Belastningsalderen; er denne f. Eks. 28 Døgn, forholder Krybningen i Vand og i Luft sig som 0,39:0,70 = 1:1,8, medens Forholdet — hvis Alderen er 90 Døgn — er som 0,22:0,63, = 1:2,9, altsaa mere forskelligt fra 1.

Optegnes Kurver over Krybningens Variation med Tiden, findes Kurverne for de Prøvelegemer, der kun adskiller sig fra hinanden ved

TABEL 2

Krybning af Beton ($P_c:P_g = 1:5$) lagret fugtigt indtil Belastningen.

Alder ved Belastning	Spænding σ_b	Lagringsmaade	Krybning efter 6½ Aars Belastning	
			mm/m	Diff.
7 Døgn 28 »	21at	i Vand	0,19 0,15	0,04
7 » 28 » 90 »	42"	do	0,65 0,39 0,22	0,26 0,17
28 » 90 »	63"	do	0,65 0,39	0,26
28 » 90 »	42"	i Luft (70%)	0,70 0,63	0,07
28 » 90 »	63"	do	1,11 0,94	0,17

at have forskellig Alder i Belastningsøjeblikket, at være ækvidistante efter ca. 1 Aars Forsøgstid.

Glanville fandt ogsaa, at Krybningskurverne var ækvidistante, og benytter sig deraf som vist paa Fig. 10, hvor Krybningskurverne i Ste-

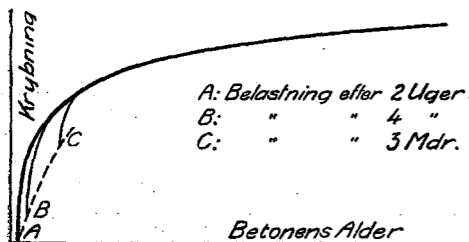


Fig. 10.

det for at have fælles Begyndelsespunkt, er forskudt saaledes, at de faar fælles Slutningspunkt, hvilket opnaas alene ved en lodret Forskydning. Begyndelsespunkternes Afstand fra Abscisseaksen angiver da Krybningens Formindskelse ved en Forhaling af Belastningsøjeblikket.

Spørgsmaalet om Krybningens Vækst med Belastningstiden, som jeg nævner sidst, er et af de vigtigste, og vel det, der først melder sig, naar man overvejer Krybningens Virkninger.

Det er fastslaaet, at den Krybning, som fremkaldes af Spændinger, der ikke overstiger de almindeligt tilladte, vokser langsommere og langsommere og nærmer sig en vis Værdi, som aldrig overskrides.

Ved et Forsøg af Davis fandtes Krybningen at vokse endnu efter 10 Aars Belastningstid, men allerede efter 5 Aar syntes de 95 % af den totale Krybning at have udviklet sig. Dutron fandt, at dette var Tilfældet allerede efter ca. 3 Aar.

At Krybningen nærmer sig en Grænseværdi bekræftes ogsaa af Resultaterne af dynamiske Forsøg, f. Eks. af Forsøg i Karlsruhe hos Probst, hvor man har fundet, at Beton, der efter en vis Hærdningstid udsættes for hyppigt vekslende Spændinger mellem Grænser, af hvilke den øverste ikke overskrider Arbejdsstyrken (47—60 % af S_c), til sidst — altsaa efter et vist Antal Spændingsvekslinger — kun undergaar elastiske Formændringer, d. v. s. faar en Elasticitetsgrænse og følger Hooke's Lov.

I det foranstaaende er redegjort for de vigtigste Faktorerers Indflydelse paa Betons Krybning.

En Sammenfatning af det sagte burde kunde gives i Form af en Ligning, som udtrykte Krybningens Variation med Tiden, men det er ikke muligt. Ikke fordi der ikke er opstillet en saadan Ligning — tværtimod, der er opstillet flere — men fordi de alle indeholder Konstanter, som man ikke har kunnet bringe i Relation til de Størrelser, hvormed man ellers karakteriserer Beton. Man kan opstille Ligninger, der udmærket udtrykker Resultaterne af Forsøg med givne Betoner under givne Forhold, men man har ikke kunnet generalisere disse Ligninger.

Som en raa Tilnærmelse kan det gælde, at Krybningen er proportional med den af Lasten øjeblikkeligt fremkaldte Formændring, d. v. s. kan udtrykkes som

$$\epsilon_k = k \cdot \epsilon_e = k \cdot \frac{\sigma_b}{E} = K \cdot \frac{\sigma_b}{S_c},$$

og paa Spørgsmaalet »Hvordan skal Betonen sammensættes og behandles, for at Krybningen kan blive saa lille som muligt« maa Svaret derfor blive »Betonen skal gøres saa stærk som muligt«.

Et Indtryk af hvilke Afvigelser, der kan opstaa mellem de Formændringer, man kommer til, naar man anvender et paa almindelig Vis bestemt Elasticitetstal, og et »effektivt E « bestemt under Hensyntagen til Krybningen, faar man af Værdierne i Tabel 3, der gælder for luftlagret Beton belastet i 28 Døgn Alderen.

Disse effektive Elasticitetstal kan anvendes ved Beregning af Formændringer i uarmerede Betonlegemer, hvor Spændingsfordelingen jo kun afhænger af Lasten og de geometriske Forhold, og er uafhængig af E , blot det er ens for alle Dele af Tværsnittet. Grænseværdierne for det effektive E er ca. $\frac{1}{4}$ af det virkelige E , og Formændringerne ender altsaa med at blive ca. 4 Gange de formodede.

Anvendelsen af et effektivt E blev først foreslaet af den engelske

TABEL 3

Betons virkelige og effektive Elasticitetstal.

Blandingsforhold $P_c : P_s : P_{st}$	28 Døgn Styrke S^c i at	Virkeligt E i at Belastningshastighed		Effektivt Elasticitetstal i at ($\sigma_b = 42^{at}$, Lagring i Luft)			
		∞	normal	Efter 1 Døgn	Efter 1 Md.	Efter 1 Aar	Grænse- værdi
1:1:2	423	368000	344000	285000	175000	120000	98000
1:2:4	204	240000	183000	145000	91000	53000	44000
1:3:6	118	200000	104000	77000	45000	33000	28000

Ingeniør *Faber*; den kan gennemføres ved uarmeret Beton, men desværre ikke naar det gælder Jærnbeton. Ved Søjleforsøg har man f. Eks. fundet Spændinger, der laa 25 % over, hvad *Fabers* Metode førte til.

DISKUSSION

refereret ved *Civilingeniør Ernst Jensen*.

Civilingeniør Winkel: Foredragsholderen sagde, at man ved gentagne Paa- og Aflastninger kunde faa Betonen fuldstændig elastisk. Hvormange Gange er det, det drejer sig om? Er det i aarevis?

Civilingeniør Dührkop: Det behøver ikke at være i aarevis. Paa- og Aflastningerne frembringes af Maskiner, og det foregaar med stor Hastighed, f. Eks. 90 Gange i Minuttet. Det drejer sig om Millioner af Belastninger.

Civilingeniør Winkel: Jeg har lavet nogle meget lange Pæle under en Bygning i Sverige, 30—40 m lange. Til Trods for, at Pælespidserne hvilede paa absolut fast Grund, sank Bygningen en halv Snes Millimeter i Løbet af et Aars Tid. Den Gang kendte jeg ikke meget til disse Fænomener, men jeg er senere kommet til det Resultat, at de skyldes Krybning. Det er vanskeligt at faa fat i den spredte og svært tilgængelige Litteratur om Emnet. Jeg har ikke nogen Steder fundet en saa omfattende Oversigt som *Civilingeniør Dührkop's*. Krybning og Svind synes meget beslægtede. Man har ment, at *Terzaghi's* Teori om Svind og Sammentrykning af Ler ogsaa skulde kunne forklare Krybning i Beton. Svindet skulde skyldes Afgivning af kapillære eller kolloidale Vandmængder, og Krybning skulde skyldes, at denne Proces fremmes ved, at Legemet er under Tryk. Jeg tror ikke, at denne Teori er rigtig.

I Overensstemmelse med denne Teori skulde Krybningen aftage efter Damphærdning, jeg antager, at dette ogsaa er Tilfældet, men mener dog ikke, at Teoriens Rigtighed derved er bevist. Ved 250—300° skulde man i Løbet af faa Timer kunne opnaa samme Resultat som ved gennem lang Tid gentagne Paa- og Aflastninger ved alm. Temperatur, altsaa faa gjort Betonen helt elastisk. Jeg har imidlertid intet Sted kunnet finde denne Paa-stands Rigtighed bekræftet ved Forsøg.

Damphærdning har som bekendt en gunstig Indvirkning paa Svindet, og en vis Sammenhæng synes der som sagt at være mellem Svind og Krybning.

Er det Foredragsholderen bekendt, hvilken Indvirkning Damphærdning har paa Krybning?

Civilingeniør Dührkop: Krybning er meget nær beslægtet med Svind; overfor Variationer i Lagringsforhold forholder de to Fænomener sig blandt andet omtrent ens. Betons Krybning skyldes formentlig delvis en Fremskyn-delse eller en Hæmning af Svindet forårsaget af indre Strukturændringer, som Lasten har fremkaldt.

Jeg kender ingen Forsøgsresultater vedrørende Damphærdnings Virkning.

Ved Forsøgene hos *Probst* i Karlsruhe opnaedes det, ved at udsætte Beton for et vist Antal Spændingsvekslinger under Arbejdsstyrken, at gøre den helt elastisk.

Civilingeniør Dr. Meyer: *Civilingeniør Dührkop* var ikke inde paa, at Krybning muligvis skyldes Flytning af Gelerne kolloidale Vand, saaledes som *Davis* har paastaet. Der skulde saaledes i Virkeligheden være Tale om et kunstigt Svind, idet Svindet jo skyldes Forandringer i Gelerne. Jeg vil gerne spørge om, hvorledes det gaar med Tværudvidelsen af en belastet Søjle? Hvis man trykker en Søjle, vil den faa en lignende Udvidelse i Tværetningen paa Grund af »creep«, idet denne Formforandring understøttes af de virkende ydre Kræfter. Jeg har gjort nogle Forsøg med Strækning af Betonlegemer og undersøgt Formforandringerne baade i Længde- og i Tværetningen. Jeg fandt formindsket Svind i Længderetningen og forøget Svind i Tværetningen, hvad der skyldes »creep«. Jeg mener, at Teorien om Flytning af Gelerne kolloidale Vand belyser Krybningen temmelig godt. Naar man holder paa det kolloidale Vand, bliver Krybningen mindre. Jeg er især glad over at høre et saa godt Foredrag over dette Emne. — Man formindsker Krybningen ved at anvende hurtighærdnende Cement. Jeg husker et Tilfælde, hvor der var støbt en ret lang Drager over en Port til en Garage. Den blev støbt af hurtighærdnende Cement. Drageren gav sig temmelig meget, og det gav Anledning til, at den paagældende Ingeniør fejlagtig mente, at Jærnbeton støbt af hurtighærdnende Cement vilde sætte sig mere end Jærnbeton af Portlandcement. Ved meget store Spændvidder maa man naturligvis passe paa ikke at tage sine Forme saa tidligt som ved mindre Spændvidder, ligeledes at man holder Betonen vaad. Det hindrer Krybningen i at begynde for tidligt og gør den mindre.

Professor Suenson: Ikke blot Beton kryber, ogsaa Natursten og Glas, og naar man kommer op paa høje Temperaturer, saa kryber Metallerne ogsaa, men Aarsagerne er forskellige. Glas og Asfalt, de saakaldte fluide Stoffer, kommer aldrig i Ro.

Hovedlovene for Betons Krybning kan sammentrækkes til, at Krybningen vokser med $\sigma_b : S^c$. Denne Lov er nem at huske, og af den kan de fleste Faktorerers kvalitative Indflydelse udledes, f. Eks. at fede Blandinger og hurtighærdnende Cement giver lille Krybning, og lille Spænding giver lille Krybning.

Om Aarsagen til Betons Krybning er der delte Meninger; selv mener jeg, Krybningen skyldes Mikrobevægelser i Stoffet, hvorved dettes indre Frik-

tion formindskes. Tænk Dem en Cylinder fyldt med Sand, og dette belastet med et Stempel; Sandet vil da være i Ro og ikke sammentrykkes yderligere, saalænge det ikke udsættes for Rystelser eller andre Bevægelser. Hvis Sandskornene af en eller anden Grund begynder at røre paa sig, vil alle Bevægelser, der medfører en Hævning af Stemplet, blive hæmmede af Stemplets Vægt, og alle Bevægelser, der medfører en Sænkning af Stemplet, blive fremmede, og Resultatet vil derfor blive en Sænkning af Stemplet.

Den dominerende Aarsag til Mikrobevægelserne i Betonen er den hærmede Cementslams Svind. Da Sandskornene ikke svinder, opstaar der Ringspændinger i den omgivende Cementslam, denne faar Mikrorevner, og i det Øjeblik, en saadan Revne opstaar, udløses der Spændinger, hvorved der sker Mikrobevægelser.

Denne Teori stemmer med, at Krybningen følger Skridt med Svindet, og udelukker ikke, at Mikrobevægelserne ogsaa kan have andre Aarsager som Temperaturvariationer og kemiske Processer.

Civilingeniør Dr. Meyer: Civilingeniør *Winkels* Spørgsmaal angaaende Damphærdning kunde jeg maaske svare paa.

Damphærdning har jo en meget væsentlig reducerende Indflydelse paa Svindet. Der dannes Kalciumhydrosilikater, der er volumenbestandige, og det vil virke hindrende paa Svindet. Der vilde da ogsaa være Mulighed for at faa Krybningen mindre ved Damphærdning.

Professor Suenson: Der er maaske Grund til at nævne, at den gavnlige Virkning af Damphærdning muligvis kan være ledsaget af uønskede Bivirkninger, hvis Metoden overføres fra Letbeton til almindelig stenholdig Beton.

Civilingeniør Dührkop: Det er rigtigt, at der er et Sammenhæng mellem Svind og Krybning, men man skal være varsom med at drage direkte Slutninger fra Svind til Krybning. Dette fremgaar blandt andet af Kurverne paa Fig. 6, der viser, at de tre Betoners Svind til at begynde med varierer i en Orden, der er modsat den, hvori Krybning og elastisk Forkortelse varierer. Endvidere skyldes Svindet Processer, som er delvis reversible, det er Krybningen ikke, og der er andre Materialer end Beton, der viser Krybning. Det gør f. Eks. Natursten, der jo ikke som Cementprodukterne indeholder ustabile Geler. Det er derfor ogsaa usandsynligt, at det — som Civilingeniør *Winkel* nævnte — skulde være muligt at faa Betonens Tilbøjelighed til at krybe helt ophævet ved at damphærdne Betonen ved 150—200°.

Civilingeniør W. R. Simonsen: I Tilslutning til Professor *Suensons* Teori om Krybning vil jeg gerne spørge, om Krybning har nogen Forbindelse med Hulrumsprocenten. Man kunde tænke sig, at Krybningen kunde blive større med større Hulrumsprocent.

Civilingeniør Dührkop: Man kunde tænke sig, at Hulrummene bliver sammentrykket. Ved nogle Forsøg har man maalt Tværdeformationerne, og selv om Resultaterne ikke er paalidelige, synes de dog at vise, at Forholdet mellem Længdeændring og Tværændring er større ved Krybning end ved elastiske Formændringer, og dette kunde tyde paa, at Krybningen sker under Volumenformindskelse.

Civilingeniør Steensen: Hvorledes er Krybningen i vibreret Beton?

Civilingeniør Dührkop: Jeg kender ingen Forsøg vedrørende vibreret Betons Krybning, men da en Vibrering forøger Betons Styrke, maa det antages, at den formindsker Krybningen.

REVNER I JERNBETONHUSE

Af Civilingeniør A. J. Moe.

Revner findes i praktisk talt alle Huse, ogsaa i Jernbetonhuse. De fleste Revner er heldigvis uskadelige og spiller kun en Rolle for Udseendet. Det er ganske vist ofte disse Revner, som Husenes Ejere eller Bygherrer besværer sig mest over. I nogle Tilfælde maa Indvendingerne indrømmes at være rimelige, selv om Revnerne kun har Betydning for Udseendet.

Det er paa den anden Side næsten umuligt at bygge et Jernbetonhus, saaledes at man kan garantere, at Revner ikke opstaar. I alt Fald er det meget dyrt.

I smaa Jernbetonbygninger vil Revner sjældent blive saa fremtrædende, at de faar Betydning hverken for Udseendet eller i andre Henseender. Revnefarens vokser stærkt med Bygværkets Størrelse, ligesom den er større ved nogle Konstruktioner end andre.

Revner hidrører enten fra Bygningens Deformationer eller fra Paa-virkninger, som angriber Materialerne. I sidste Tilfælde drejer det sig oftest om Angreb paa Armeringsjernene, hvis Rustdannelser faar Betonen til at Revne.

Denne Gruppe skal imidlertid ikke behandles nærmere her.

Revner i Jernbetonhuse med Deformationer som Aarsag kan skilles i to Slags, nemlig 1) Revner i selve Jernbetonen som Følge af Betonens Overanstrengelse og 2) Revner i andre Led af Bygningen paa Grund af Betonkonstruktionens Deformationer.

1. Revner i selve Jernbetonen kan hidrøre fra Svind, Temperaturvariationer, Sætning af Understøtninger og Overbelastning. Revner paa Grund af Overbelastning skyldes som Regel groft Misbrug, og er Konstruktøren uvedkommende, med mindre han ligefrem har regnet Fejl. Saadanne Revner er i det Hele taget sjældne, og de skal ikke omtales nærmere her.

De ved Svind, Temperaturvariationer og Sætninger af Understøtninger (Fundamenterne) fremkaldte Spændinger i Konstruktionen er praktisk talt ensbetydende med det, man kalder Ekstraspændinger og opstaar derfor kun i statisk ubestemte Konstruktioner. Næsten alle Jernbetonhuse er statisk ubestemte og ofte i høj Grad.

Som Hovedregel gælder, at Ekstraspændingerne bliver des større, jo mere statisk ubestemt Konstruktionen er. Derfor opstaar Revner lettere i kasseformede Konstruktioner med mange Vægge og Etageadskillelser og med faa Aabninger i Væggene end i opløste Konstruktioner som Skeletbygninger og lignende. Aarsagerne til Revnedannelser og Midlerne til Undgaaelse af skadelige Revner kan bedst illustreres gennem en Række Eksempler. Emnet vil ganske vist hermed langt fra blive udtømt; men Fremgangsmaaden er sikkert mere oplysende end rent teoretiske og hypotetiske Betragtninger. Eksemplerne er fortrinsvis taget fra Facadevægge, hvor Revnernes Betydning er særlig fremtrædende.

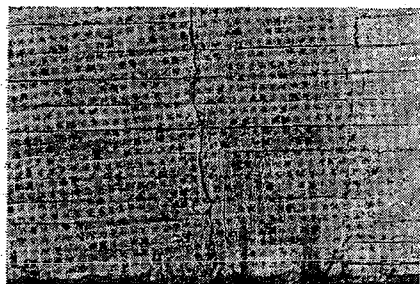


Fig. 1.

Fig. 1 viser Revner i en fortløbende Jernbetonstøttemur om en Kulplads. Disse Revner hidrører først og fremmest fra Betonens Svind. I den paagældende Mur optræder de næsten regelmæssigt som lodrette Revner med 5 m's indbyrdes Afstand. Muren er ikke retlinet, men følger en krum Kurve, og det maa antages, at Kultrykket har været medvirkende Aarsag til Revnernes Opstaaen og Størrelse. Saa-danne Revner kan hindres i at opstaa i skadelig Grad, dels ved at armere tilstrækkeligt i vandret Retning og dels ved at anbringe Dilata-tionsfuger med passende Afstand. Armeringsprocenten maa rette sig efter Afstanden mellem Fugerne og efter Friktionen langs Jorden.

Svindspændingen afhænger i dette Tilfælde af Svindet pr. Længde-enhed og af Friktionen ved Jorden fra det paagældende Tværsnit til nærmeste Fuge i eller Ende af Muren. Revnefaren er derfor størst midt mellem to Fuger.

I andre Tilfælde, f. Eks. i en Plade, der hviler paa to Understøtninger, vil Svindspændingerne kun afhænge af Svindet pr. Længde-enhed og af Understøtningsmaaden, derimod vil Spændingerne være uafhængige af Pladens Længde (Spændvidde).

Det er vigtigt at holde sig denne Forskel for Øje. Som Regel er det særlig Understøtningsmaaderne, man skal have Opmærksomheden henledt paa.

MANNICHE ^{OG}
HARTMANN ^A/_S

CIVILINGENIØRER . ENTREPRENØRER

JORDARBEJDER
VANDBYGNING
FUNDERINGER
BROBYGNING
VEJBYGNING
PILOTERING
FABRIKSANLÆG
SILOANLÆG
BETONHUSE
HANGARER
SPORTSHALLER

TRYKLUFTSBETON
VIBRERET BETON



Raadgivende Ingeniør

A. J. Moe

Bernstorffsgade 21 . København V . Tlf. Palæ 3000

Bærende Konstruktioner

Beskyttelsesrum

**DYVA & JEPPESENS***Bogtrykkeri*

AKTIESELSKAB

SØLVGADE 10 . KØBENHAVN K . TELEFON CENTRAL *230

Til Sammenligning viser Fig. 2 en muret Hegnsmur. Disse Revner stammer sikkert mest fra Fundamentets Eftergiven. Hvad Revner angaar, har Murværk og Beton ikke saa meget at lade hinanden høre, selv om Murværkets Fuger undertiden virker skjulende, og selv om Revnearsagerne ofte er forskellige.

Man kan ikke sikre sig mod Revner i Jernbeton alene ved at anbringe en een Gang for alle given Armeringsprocent. Derimod kan man sige, at hvis Armeringsprocenten er særlig lav, vil Faren for

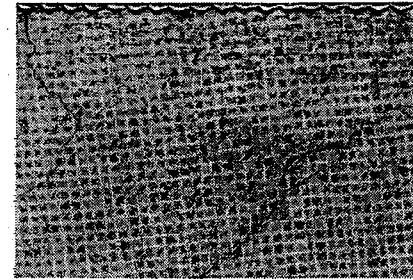


Fig. 2.

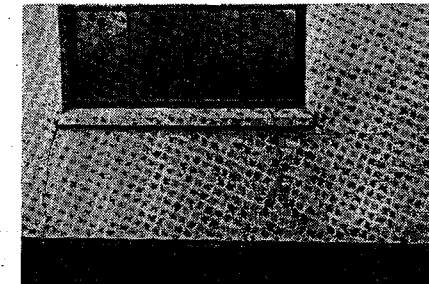


Fig. 3.

ubehagelige eller skadelige Revner blive betydelig. Faren er som Regel størst i Plader med lav Procent Fordelingsjern og i Vægge, hvor den vandrette Armering udføres efter Normernes Minimumsværdi paa $\frac{1}{4}$ %. Man skal snarere op til omkring 1 %, for at være nogenlunde sikker; men dette er en kostbar Udvej.

Ved Vægge med ringe Udstrækning er de betydelige Armeringsmængder ikke nødvendige.

Revnerne vil først og fremmest komme i de svageste Tværsnit.

Fig. 3 viser dette tydeligt. I den fortløbende Jernbetonvæg er Revnerne opstaaet i Vinduesbrystningerne paa Grund af den Svækkelse, som selve Vinduesaabningen medfører i Tværsnittet.

Selv om Armeringen i Vinduesbrystningen blev forøget saa dens samlede Tværsnitsareal blev ligesaa stor, som Armeringstværsnittet i hele Væggen ved Siden af Vinduet, saa vilde Tværsnittets Trækstyrke dog være formindsket, fordi Betonens Trækareal er mindre. I Praxis er en stærk Forøgelse af Armeringsprocenten i Vinduesbrystningen dog tilstrækkelig, fordi den medfører, at Revnerne fordeles mere.

Fig. 4 og 5 viser andre Eksempler af samme Art. Det er karakteristisk, at Revnerne oftest udgaar fra selve Hjørnerne i Muraabningerne. Det har vist sig at være en god Foranstaltning til Imødegaaelse heraf, at anbringe ekstra Armeringsjern, f. Eks. 2 \emptyset 12 mm à 1,5 m's Længde under 45° i hvert Hjørne.

Det er navnlig i Yddervægge af Jernbeton uden særlig udvendig Be-

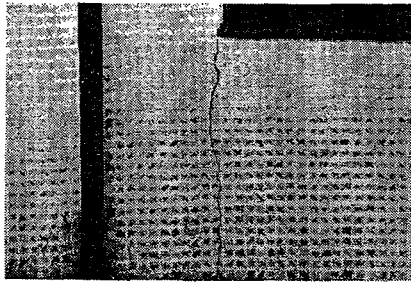


Fig. 4.

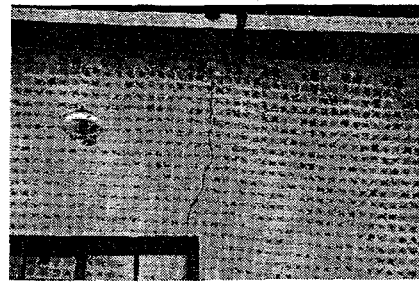


Fig. 5.

klædning, at Revner kan faa farlig Betydning, fordi Vejrligets Angreb dels giver sig Udslag i Rustdannelse paa Armeringen med paafølgende Afsprængninger og dels i at Slagregn trænger ind i Bygningen.

Fig. 6 og 7 viser Eksempler paa en Jernbetonvæg, hvor Revnedannelsen ikke alene kan forklares ved en for lav vandret Armeringsprocent. Fig. 6 kunde tyde paa, at Fundamenterne har givet sig; men af Fig. 7 fra den samme Væg ser man, at Revnerne snarere stammer fra unormalt stærkt Svind. Dette kan stamme fra Cementen eller Tilslagsmaterialerne og Blandingsforholdet, men det kan ogsaa stamme fra særlig vaadstøbt Beton eller for hurtig Udtørring.

Betonens rette Sammensætning og Behandling er i det Hele taget et vigtigt Middel til at modvirke Revnefare. Fig. 7 viser ogsaa en tydelig Revne i et vandret Støbeskel. Støbeskel er en hyppig Aarsag til fremtrædende Revnedannelser, fordi Betonens Trækstyrke og Forskydningsstyrke her er særlig ringe.

Ved høje Bygninger kan Revnerne i vandrette Støbeskel aabne sig saa meget, at Slagregnen kan gaa direkte gennem 15 cm tykke Jernbetonvægge selv hvor den lodrette Armering er større end $\frac{1}{2}$ % og til Trods for Trykspændingerne fra Væggens Vægt. Dette maa sikkert forklares ved, at de overliggende Dele af Væggen hænger som Bjælker i Tværvægge, Søjler eller lign. Utætheder ved Revner i vandrette Støbeskel kan modvirkes ved, at man kort efter Støbningen af den

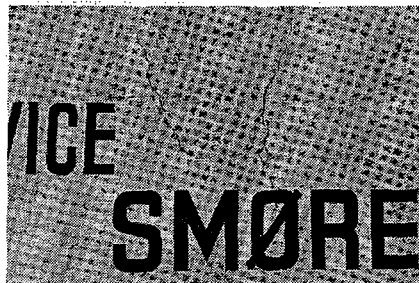


Fig. 6.

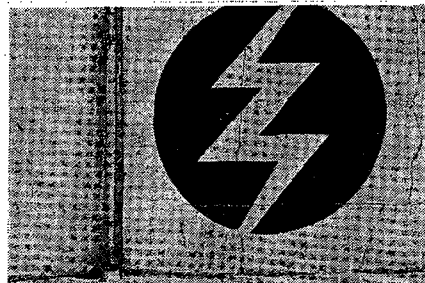


Fig. 7.

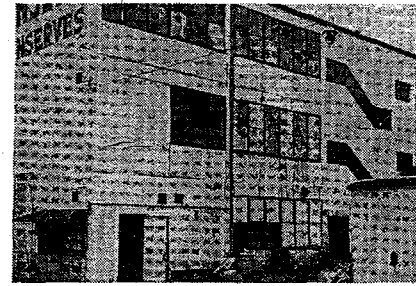


Fig. 8.

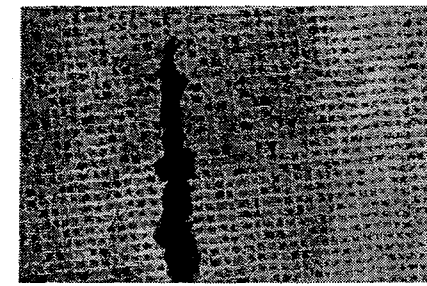


Fig. 9.

underste Del trykker en Liste ned i Betonens Overside, saa der dannes en Slags Fjer og Not, naar Overdelen støbes.

Fig. 8 viser et grelt Eksempel paa en Jernbetonfacade med karakteristiske Revner, der er repareret paa almindelig Vis med Udhugning og Tilpudsning. Det er jo kun en ringe Trøst, at saadanne Reparationer som Regel kun holder kort.

Fig. 9 viser et Nærbillede af en repareret Revne. Desuden ser man mange fine Revner rundt om Reparationen. Disse Revner er ikke helt uskyldige. I Tidens Løb vil Armeringsjernene bag ved sikkert ruste og afsprænge Betonen.

Et særdeles godt Middel til Imødegaaelse heraf og til at faa veludførte Reparationer til at holde længe, er Oliemaling. Men der skal

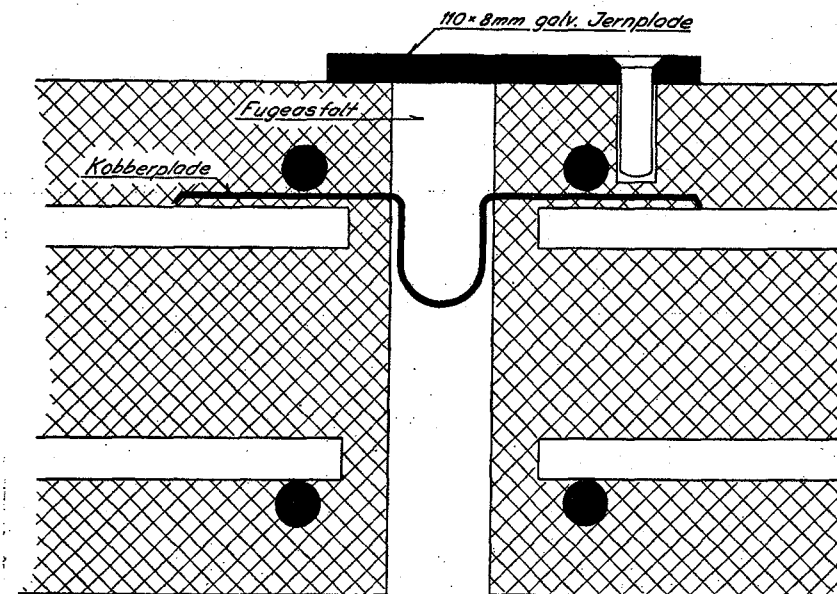


Fig. 10.

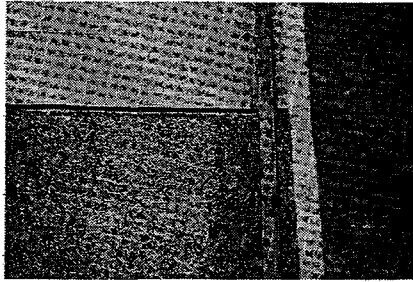


Fig. 11.

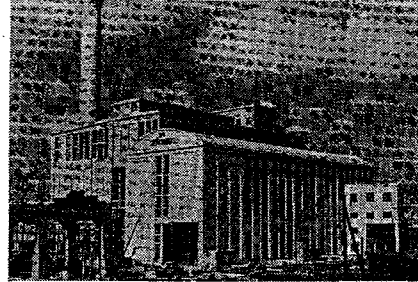


Fig. 12.

anvendes særlig egnede Oliefarver og Beton eller Mørtel (ogsaa i Reparationer) der ikke er 3 à 6 Maaneder gammel skal først neutraliseres med Zinksulfat.

Et af Midlerne til at undgaa alvorlige Revner er, som nævnt, Anbringelse af Dilationsfuger med passende Mellemrum. Fig. 10 viser, hvorledes en saadan Fuge i en lodret Væg kan udformes.

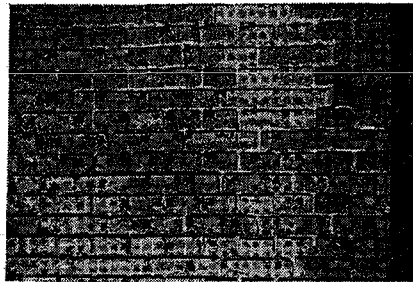


Fig. 13.

En lignende Form kan anvendes ved vandrette Dilationsfuger; men i Tæge er den bedste Maade, at støbe en opstaaende Kam paa hver Side af Fugen og saa overdække denne med Bly eller Kobber, der bøjes ned om Kammene.

Fig. 11 viser et Eksempel paa den paa Fig. 10 angivne Konstruktion, men her dækker den over en opstaaet Revne, og Kobberpladen maatte erstattes med Værk. Almindelig Reparation af Revnen var i dette Tilfælde udelukket paa Grund af Bygningens store Bevægelser.

Et Eksempel paa, hvorledes Revnedannelser kan modvirkes i Jernbeton-Ydervægge i store Bygninger, der ikke skal beklædes eller isoleres udvendig, er vist paa Fig. 12. Facaderne er her ved Søjler og Bjælker inddeelt i Felter. Jernbeton-Udfyldningerne i disse støbes efter den øvrige Konstruktion. I Søjler og Bjælker er afsat Fals og Stødjern for Pladeudfyldningerne.

Fig. 13 viser et specielt Tilfælde, hvor det

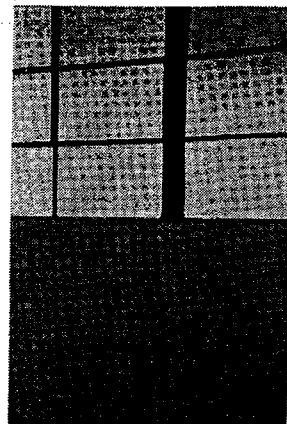


Fig. 14.

drejer sig om et ca. 200 m langt grundmuret Hus med Jernbeton-Etageadskillelser. Huset er bygget i to Afdelinger og er sammenstøbt paa Midten. Det exceptionelle ligger i, at Bygningen ikke har Dobbeltgavl ved Sammenstødslinien. Etageadskillelserne er uden Forbindelse mellem de to Dele, hvorimod Skalmuringen i Facaderne blev

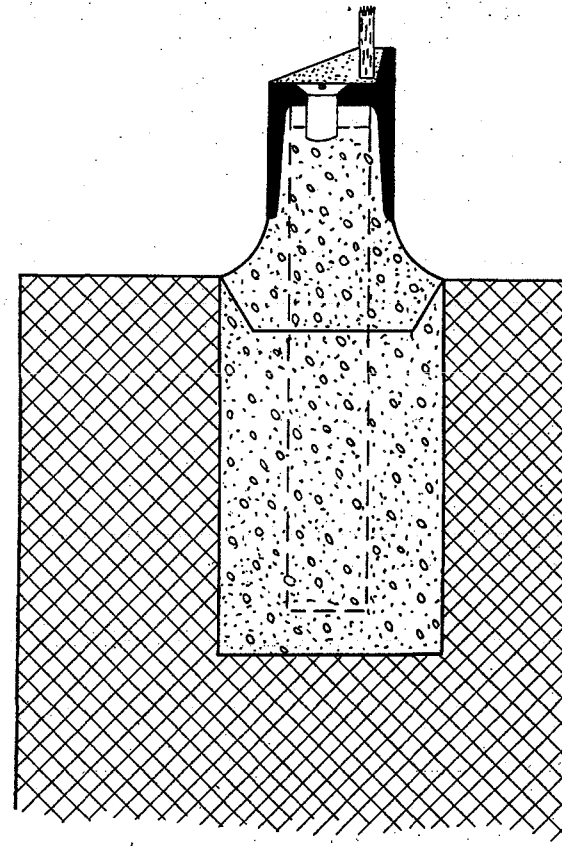


Fig. 15.

udhugget og muret i Forbandt. Etageadskillelserne arbejder saa meget (endnu et Par Aar efter Støbningen), at Stenene rives over. Der er ikke Tale om Sætning af den ene Del i Forhold til den anden, hvilket tydeligt fremgaar af de vandrette Revner.

Af særlige Aarsager kunde egentlige Dilationsfuger ikke anbringes i Sammenstødslinien; men Eksemplet viser, at Jernbeton-Etageadskillelser, der her har regulære Dilationsfuger for hver ca. 20m, kan fremkalde væsentlige Længdebevægelser i et grundmuret Hus. Disse Be-

vælgelser stammer sikkert fra Temperaturen alene, idet Reparationer er udført, efter at Svindet var ophørt.

2. Af den anden Gruppe Revner, nemlig de som fremkommer i andre Led som Følge af Jernbetonens Deformationer, skal kun anføres nogle enkelte, men til Gengæld temmelig vigtige, Eksempler.

Fig. 14 viser Revnedannelser om Karme og Ankre for et Jernvindue i en 15 cm tyk Jernbetonydervæg. I Virkeligheden sidder Vinduet ganske løst. Eksemplet er ganske vist taget fra en meget stor Bygning med store Vinduer og med stærke Bevægelser; men det viser

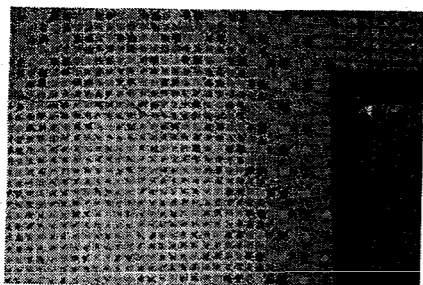


Fig. 16.

tydeligt, at Ankerhuller ikke maa afsættes i hele Vægtykkelsen, men kun som Huller, der ikke naar Væggenes Ydersider. Heraf følger at Ankrene ikke forud kan nittes til Vinduesrammen, men maa skrues paa efter Indsætningen. Billederne viser ogsaa, hvor daarligt almindelig Tilfugning holder. Ved smaa Vinduer holder dette sidste dog ikke slet saa daarligt; men sikker er Fremgangsmaaden ikke. Fig. 15 viser en velgennemtænkt Detail. I Betonen afsættes rundt langs hele Vinduesaabningen en Fals med skraa Kanter, og Vinduets Ramme fuges ikke til, men støbes til med Cementmørtel. For Ankrene er Hullerne ikke afsat helt ud til Væggenes Ydersider, og Ankrene selv er skruet paa Rammen.

Fig. 16 viser typiske Eksempler paa Revner i lette Skillevægge (her Træskillevægge) i en Jernbetonskelethbygning med Etageadskillelser med store Pladefelter. Det, der her er sket, er følgende: Skillevæggene har været sat stramt op mellem Etageadskillelserne paa god haandværksmæssig Maade. De tunge Etageadskillelser har bøjet sig ned mellem Understøtningerne (Søjlerne og Bjælkerne) men ikke ved disse, herved er Væggene blevet saa stærkt sammentrykkede, at Pudsen er knust. Paa Fig. 16 ses tydeligt, hvad der er sket.

Fig. 17 og 18 viser det samme, men her findes Revnerne nær Understøtningerne og optræder baade som Trækrevner og som Knusningsrevner. Her drejer det sig dog om en lydtæt Væg af særlig Konstruktion.

De skraa Retninger og dette, at Trækrevner og Knusningsrevner næsten gaar vinkelret paa hinanden og saaledes følger Spændingstrajektorierne, viser tydeligt, at Væggene er tvunget til at bøje sig ned

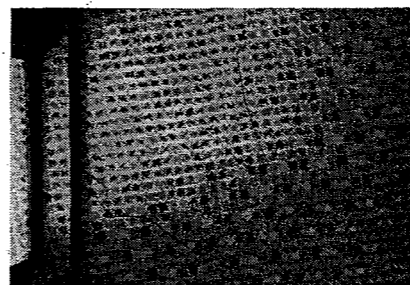


Fig. 17.

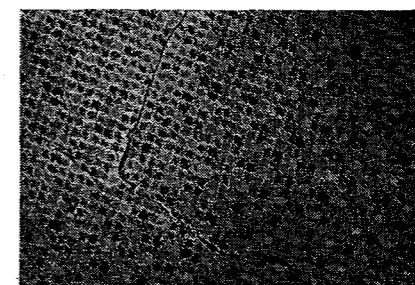


Fig. 18.

som Bjælker mellem Understøtningspunkterne. Paa Fig. 16 er denne Virkning udvisket paa Grund af Døraabningen nær Understøtningen.

Revner af denne Art er opstaaet i flere nye Jernbetonbygninger med store Pladefelter. De kan imødegaaes ved, at der indskydes fjedrende Maattestrimler mellem Gulv og Væg eller mellem Væg og Loft. Hvorledes dette kan løses, er vist som Eksempel paa Fig. 19. Hvor Revnerne er optraadt, kan de ikke uden videre repareres, da de saa

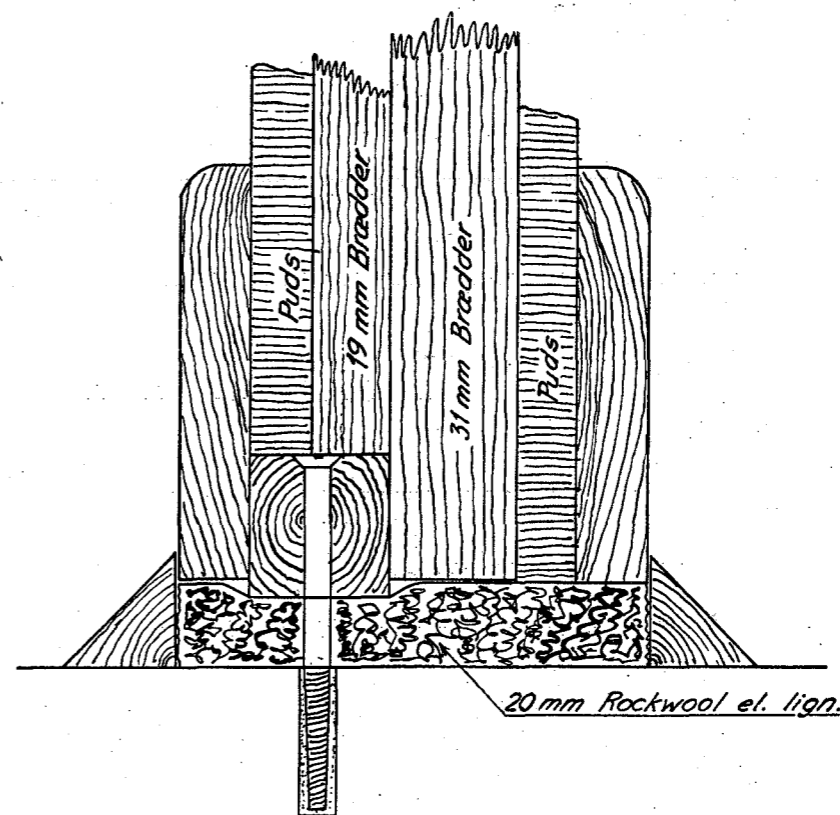


Fig. 19.

hurtigt kommer igen. Derimod kan man gennemsåve Skillevæggen bag Fodpanelet og indskyde ca. 1 à 2 cm tykke elastiske Maattestrimler. Derefter kan Revnerne repareres.

De viste Eksempler stammer alle fra Vægge, der var opsat meget kort efter Etageadskillelsernes Støbning. Vægge, som blev opsat nogle Maaneder senere i samme Bygning, viste ingen eller kun svage Knusningsrevner. Dette tyder paa, at

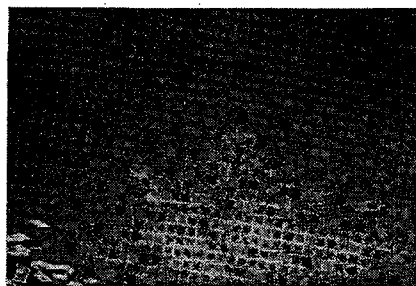


Fig. 20.

Pladefelternes Nedbøjninger skyldes Betonens plastiske Eftervirkning (Krybning). At Nedbøjningen fra den bevægelige Belastning ingen Betydning har haft følger af, at Vægge, der allerede var revnede, ikke paany viste Revner efter at Væggene var gennemskaarne langs Gulvet og atter opkilede paa Trælister. Normernes

Bestemmelse om en Maksimumsnedbøjning for den bevægelige Belastning er derfor irrationel. Iøvrigt vil denne Nedbøjning som Regel være ringe paa Grund af Indspændinger og Hængepladevirkning.

Til Slut skal blot vises et Eksempel paa Revner i Udfyldningslag (Lydisolationslag) paa et Jernbetongulv (Fig. 20). Hvor et Udligningslag af ca. 4 cm Cementmørtel lægges ovenpaa Asfaltisolation el. lign. kan Revnedannelsen blive endnu mere udpræget, selv om der armeres med Hønsenet el. lign. Det er nødvendigt at armere med ca. 3 mm Traadnet med ca. 50 mm Maskevidde og yderligere inddelte Udligningslaget i Felter paa ca. 10 à 20 m² med Fuger imellem. Det samme gælder Udligningslag ved svømmende Gulve.

DISKUSSION

refereret ved Civilingeniør Ernst Jensen.

Civilingeniør Sthyr ønskede at berøre et enkelt Punkt i Spørgsmaalet om Revner i Betonen nærmere, nemlig Spørgsmaalet om Betonens Konsistens. Betonen anvendes altfor ofte i en saadan Konsistens, at naar den blot bliver hældt i Formene, kan den selv løbe til og omhulle Jernene. For at opnaa dette, er en meget stor Vandtilsætning nødvendig, og det betyder Svind og dermed Revner. Det er farligt at tolerere denne Fremgangsmaade altfor ofte, for hvis det bliver Skik og Brug, vil Arbejderne forlange ekstra naar det kræves, at Arbejdet skal gøres rigtigt. Som Modsætning til den

ovennævnte forkastelige Fremgangsmaade kan nævnes vibreret Beton. De Udgifter, der medgaar til Vibrering, indvindes helt eller delvis gennem Betonens forbedrede Kvalitet. Forespurgt dernæst Foredragsholderen, om det er absolut givet, at Armeringen vil modvirke Revnedannelsen. Uarmerede Bygværker er ofte uden Revner. Kan man ikke netop tænke sig, at Armeringen virker fremmende paa Revnedannelsen? Vil rigtig sammensat Beton ikke modvirke Revnedannelse bedre end en stærk Armering? Med Hensyn til Jernindlægget er der endvidere Spørgsmaalet om Anvendelse af Kvalitetsstaal. I Betonveje indlægges Jern for at holde de Revner, der dannes, sammen. Man regner af og til med, at man ved Anvendelse af Kvalitetsstaal kan nedsætte Armeringen i Forhold til Forøgelsen af Flydegrænsen. Er det ikke forkert at regne med Flydegrænsen, da det vel maa være Elasticitetskoefficienten, det kommer an paa, og den er jo ikke væsentlig anderledes for Kvalitetsstaal end for almindeligt Staal.

Civilingeniør Moe: Det er altid en dyr Udvej at armere stærkt. Armeringen kan ikke forhindre Revner, men den kan fordele dem paa en gunstig Maade. Det kan være, at Armeringen i visse Tilfælde bevirker en Forøgelse af Revnerne, men det er en anden Slags Revner, der næppe er farlige. Armeringen vil forøge Revnernes Antal, men Revnerne bliver finere. Ogsaa jeg anser Betonens rette Sammensætning og Behandling som et af de vigtigste Midler til at hindre Revner, som ogsaa fremhævet i Foredraget.

Anvendelsen af Kvalitetsstaal med tilsvarende mindre Armering, nedsætter Tværsnittets Træk-Revnestyrke og formindsker derfor ikke Revnedannelsen. Tværtimod. Naar Betonen svinder, vil der opstaa Trækspændinger, der faar Betonen til at revne. Betonen paa de to Sider af en Revne vil blive holdt sammen med den samme Kraft, naar Jernet flyder, hvad enten Armeringen bestaar af Kvalitetsstaal eller af tilsvarende alm. Rundjern. Et andet Spørgsmaal er, hvad der sker, hvis man træffer særlige Foranstaltninger til at forbedre Adhæsionen mellem Beton og Jern som ved Istegjern eller Knudestaal. Her vil Revnerne fordele sig mere og blive finere. De Revner, der kommer paa Grund af Belastningens Forøgelse, er i Husbygning meget sjældne, og man behøver ikke at være bange for dem.

Civilingeniør, Dr. Meyer: Naar man indlægger en Armering mod Svindrevner, idet der lægges Jern fordelt over Tværsnittet, bestaar Virkningen i, at man sørger for, at Krybningen sker paa den gunstigste Led. Man kan endvidere formindske Svindet ved at forbedre Betonens Kvalitet. Armeringen virker med til at holde Betonen i Stræk, og virker derved reducerende paa Svindet.

Civilingeniør Kern-Jespersen ønskede først at sige til Civilingeniør Moe, at et vandret Støbeskel, som det angivne med en udsparet Rille, ikke kan gennemføres. Det er meget vanskeligt at holde rent og vaske ud. Man maa hellere lave en lille opadgaende Forsætning.

Dernæst blev der sagt, at man ikke kunde reparere Revner, saa det holder. Jeg kan godt reparere Revner. Man bruger en Cementkanon — naturligvis kun hvis det er Svindrevner, ikke Temperaturrevner, der maa man klare sig paa anden Vis.

Til Civilingeniør Sthyr's Bemærkning om den plastiske Beton vil jeg sige: Der er en Ting, man ikke maa glemme, det er, at Betonen skal være

støbelig. Jernet skal omhylles med Beton. Navnlig er det nødvendigt i Ydervægge, naar de skal staa blanke og frie i Facaden, at undgaa Huller. Saa er det umuligt at lave en støbelig Beton uden Plasticitet, og saa maa man være klar over de Vanskeligheder, man kommer ud for og tage Hensyn til dem. Facadevægge, der skal staa blanke, maa man helst, som Civilingeniør Moe viste, opdele ved Brydninger i Facaden. Det er vanskeligt at undgaa skæmmende Revner i store blanke Facader.

Endelig vil jeg gerne spørge: Hvor lang maa man gøre en Bygning af Hensyn til Temperaturrevner?. Der er mange forskellige Opfattelser af dette Spørgsmaal.

Civilingeniør Moe: Hvor langt der maa være imellem Dilatationsfugerne, afhænger af Armeringen. Det ligger ogsaa i Husets Konstruktion. Jeg har været med til at lave en Del af en Kulbane, der er 3—400 m lang, uden Dilatationsfuger, og uden at der er en eneste Revne i den. Søjlerne ved Enderne hælder lidt under Længdebvægelserne, men det gør ikke noget, naar de som her er slanke nok.

Hvis man har et rent og skært Jernbetonskelethus, er Faren for Revner mindre. Afstanden mellem Fugerne afhænger dernæst af, hvor længe man er om Opførelsen. Har man god Tid og er længe om Opførelsen, bliver Resultatet gunstigere. Hvis man laver et Kassehus, skal man være forsigtig. Saa er 40 m, som man ofte ser angivet, sikkert for meget. Man kan dele Bygningen ved Dilatationsfuger, men gennemgaaende Dilatationsfuger er meget kostbare.

Angaaende udsparede Riller i vandrette Støbeskel kan anføres, at jeg gennem flere Aar har anvendt dem i stor Udstrækning med godt Resultat og uden Vanskeligheder. En opadgaaende Forsætning er vanskelig at fremstille.

De Eksempler, jeg anførte paa Reparation af Revner, var almindelige Murerreparationer. Med Cementkanon kan Revner repareres, men det er vist nok vanskeligt ved 12—14 cm tykke Vægge.

Civilingeniør Kerrn-Jespersen: Hvordan er det med Maling? Er det kun Reparationsstederne, der skal males. (Civiling. Moe: Det er hele Væggen). Det kan jeg bedre forstaa.

Civilingeniør Winkel: Angaaende det viste Billede af en Murstensfacade sagde Civilingeniør Moe, at den Revne kun kunde forklares ved Temperaturspændinger. Jeg tror, den maa skyldes Sætninger. Fundamentet for enhver Nybygning, der opføres umiddelbart ved Siden af en tidligere opført Bygning, vil som bekendt i alle Tilfælde — ligegyldigt om Bygningerne hviler paa Pæle eller ikke — sætte sig noget i Forhold til den først opførte Bygning. Kan det ikke tænkes, at der har været en Vridning af Fundamenterne ved Overgangsstedet mellem det gamle og det nye Hus, saaledes at det kun er de vandrette Bevægelser, der ses?

Civilingeniør Moe: Det er givet, at det ikke er Sætninger. Begge Huse staar paa Pæle. Man opdagede ikke Revnerne straks. De maa være opstaaet senere, rimeligvis først et Aarstid efter Husets Opførelse. Hvis det var Sætninger, maatte det kunne ses paa Revnerne; men dette var ikke Tilfældet.

Professor Suenson: Er det en Skalmur uden om Huset?

Civilingeniør Moe: Det er et grundmuret Hus med Jernbetonetageadskillelser. Der er ingen Forbindelse mellem det gamle og det nye Hus. Kun i

Facaderne har man hugget og dannet Forbandt i den yderste Skal af Muren efter Arkitektens Ønske.

Professor Suenson: Saa er det da ikke mærkeligt, at den revner. Enhver Temperaturvariation vil bevirke det.

Civilingeniør Moe: Det er Etageadskillelserne, der ændrer sig ved Opvarmning og Afkøling og derved trækker i Muren.

Professor Suenson: Det kan godt være Muren, der afkøles og derved revner.

Civilingeniør Moe: Det opdagedes først, da der blev sat Varme til.

Professor Suenson: Enhver positiv Temperaturforskel mellem Etageadskillelse og Mur vil kunne fremkalde en saadan Revne.

Civilingeniør Moe: Hvis det havde været Træetageadskillelser var det ikke sket, og det er derfor, jeg har fremdraget Eksemplet.

Civilingeniør Sthyr: Jeg er enig med Civilingeniør Kerrn-Jespersen i, at den plastiske Beton maa man ikke sige noget ondt om. Det er den helt flydende, hvor Mørtlen løber fra Stenene, jeg vil til Livs.