

OM VISSE GRUNDPRINCIPPER
VEDRØRENDE
PRØVNING AF BYGGEMATERIALER
MED SÆRLIGT HENBLIK PAA BETONPRØVNINGEN

NIELS M. PLUM

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT
ex. 5
21 JULI 1988

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT STUDIE NR. 4

I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG KØBENHAVN 1950

STATENS
BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

(Borgergade 20, København K, Tlf. Palæ 9855)

er en selvstændig institution, der ledes af en bestyrelse udpeget af boligministeren,

er oprettet ved lov nr. 123 af 19. marts 1947,

har til opgave »— at følge, fremme og samordne teknisk, økonomisk og anden undersøgelses- og forskningsvirksomhed, som kan bidrage til en forbedring og billiggørelse af byggeriet, samt at udøve oplysningsvirksomhed angående byggeforskningens resultater.«

PUBLIKATIONER

Rapporter

er de originale, komplette beretninger om selvstændige forskningsarbejder, som udføres for eller af Institutet.

Nr. 1: *Økonomisk varmeisolering, Poul Becher*. 1949. 61 s. A₄. Kr. 7.—. 2. udgave 1950.

Nr. 2: *Gymnastiksales akustik, Poul Becher*. 1950. 2 s. A₄. Kr. 1.—.

Studier

er en blandet publikationsrække, der spænder fra litteraturgengivelser og diskussioner til forskningsprogrammer, foreløbige beretninger o. lign.

Nr. 1: *Byggemodul, begrebets indhold og problemer i forbindelse med dets indførelse, Mogens Voltelen*. 1949. 30 s. A₄. Kr. 2.—.

Nr. 2: *Forslag til undersøgelser og forskningsopgaver indenfor boligbyggeriet*. 1949. 67 s. A₄. (Udsolgt).

Nr. 3: *The Predetermination of Water Requirement and Optimum Grading of Concrete under Various Conditions, Niels M. Plum*. 1950. 96 s. A₄. Kr. 15.—.

Nr. 4: *Om visse grundprincipper vedrørende prøvning af byggematerialer, med særligt henblik på betonprøvningen, Niels M. Plum*. 1950. 24 s. A₄. Kr. 3.—.

Anvisninger

er praktiske vejledninger, beregnet på direkte brug i det daglige arbejde ved projektering, fabrikation eller byggeri. De kan være udfærdiget dels på grundlag af Institutets egne arbejder, dels ud fra andres undersøgelser fra ind- eller udland. De søges tilpasset efter de stedlige og aktuelle forhold og holdt i en ikke-videnskabelig udtryksform, tilgængelig for de pågældende faglige kredse.

Nr. 1: *Byg hele året*, foreløbig vejledning i overvindelse af byggeriets sæsonhindringer. 1948. 117 s. A₅. (Udsolgt).

Nr. 2: *Foreløbig vejledning i betonstøbning om vinteren*, udarbejdet af Dansk Ingeniørforenings arbejdsgruppe for beton og jernbeton. 1948. 83 s. A₅. Kr. 4.—.

Nr. 3: *Akustisk regulering af gymnastiksale, Poul Becher*. 1950. 4 s. A₄. Kr. 1.—.

Nr. 4: *Vinterbyggeriets ABC*. 1949. 16 s. A₅. (Gratis).

Nr. 5: *Bedre varmeisolering er billigere* (under forberedelse).

Nr. 6: *Fugt i nye huse* (plakat til ophængning). 1949. A₄. Kr. 5.—. pr. 100 expl.

Særtryk

af artikler i tidsskrifter o. lign., omhandlende Institutets arbejde eller forfattet af Institutet eller dets medarbejdere. Enhedspris for alle særtryk: kr. 1.—.

Nr. 1: *Økonomisk varmeisolering, en kortfattet oversigt, Poul Becher*. 1949. 9 s. A₄.

Nr. 2: *Byggestandardisering, Mogens Voltelen*. 1949. 6 s. A₄.

Nr. 3: *Luftstråler fra ventilationsåbninger, Poul Becher*. 1949. 6 s. A₄. (Udsolgt).

Nr. 4: *Om betydningen af hurtig tildækning af beton støbt om vinteren, Erik Rastrup*. 1950. 8 s. A₅. (Udsolgt).

Nr. 5: *Kælderydtermure af Geobeton, H. Ewaldsen*. 1950. 8 s. A₅.

Nr. 6: *Valg af cement ved betonstøbning om vinteren, Poul Nerenst*. 1950. 7 s. A₅.

THE DANISH NATIONAL INSTITUTE
OF BUILDING RESEARCH

(20 Borgergade, Copenhagen K, Denmark)

is an independent institution supervised by an executive board appointed by the Minister of Housing,

established under Act No. 123 of March 19th, 1947.

The task of the Institute is »— to follow, promote and coordinate technical, economic, and other examination and research work which may contribute to an improvement and cheapening of building, and to disseminate the results of the building research«.

PUBLICATIONS

Reports

are the original complete reports on research made by or on behalf of the Institute.

No. 1: *Economical Heat Insulation, Poul Becher* (Danish text with an English Summary). 1949. 61 p. Size A₄. Kr. 7.—. 2. edition 1950.

No. 2: *Acoustics of Gymnasia, Poul Becher* (Danish text with a brief English Summary). 1950. 2 p. Size A₄. Kr. 1.—.

Studies

comprise miscellaneous publications, ranging from bibliographies, renderings of literature to discussions and research programmes, preliminary reports etc.

No. 1: *Modular Coordination with a view to the Building Industry, Mogens Voltelen* (Danish text with a brief English Summary). 1949. 30 p. Size A₄. Kr. 2.—.

No. 2: *Proposals for Investigations and Research within the Housing Field* (Danish text). 1949. 67 p. Size A₄. (Out of print).

No. 3: *The Predetermination of Water Requirement and Optimum Grading of Concrete under Various Conditions, Niels M. Plum* (In English). 1950. 96 p. Size A₄. Kr. 15.—.

No. 4: *On Certain Fundamental Principles Regarding the Testing of Materials, with Special Reference to the Testing of Concrete, Niels M. Plum* (Danish text). 1950. 24 p. Size A₄. Kr. 3.—.

Directions

are instructions intended for use in common practice when designing, manufacturing or building. They may be based on research made within the Institute or on other domestic or foreign investigations. It is attempted to adapt the directions to local and topical conditions, and they are written in a non-scientific language. Danish text only if nothing else stated.

No. 1: *Build All the Year Round*, a preliminary guide on the remedying of seasonal hindrances to building activities. 1948. 117 p. Size A₅. (Out of print).

No. 2: *Tentative Recommendations for Winter Concreting Methods*, reported by the Concrete and Reinforced Concrete Sect. of the D. Inst. of C. E. (Danish text—Separate English Summary). 1948. 3+16 p. Size A₅. Kr. 4.—.

No. 3: *Acoustical Designing of Gymnasia, Poul Becher* (Danish text with a brief English Summary). 1950. 4 p. Size A₄. Kr. 1.—.

No. 4: *The Winter Construction ABC-Book*. 1949. 16 p. Size A₅. (Free of charge).

No. 5: *Better Heat Insulation is Cheaper*. (In course of preparation).

No. 6: *Dampness in Newly Built Houses* (poster). 1949. Size A₄.

Reprints

of articles in periodicals or the like, dealing with the activities of the Institute or composed by the Institute or its staff. Standard price of all reprints: kr. 1.—.

No. 1: *Economical Heat Insulation, a brief survey, Poul Becher* (Danish text). 1949. 9 p. Size A₄.

No. 2: *Building Standardization, Mogens Voltelen* (Danish text). 1949. 6 p. Size A₄.

No. 3: *Air-Jets from Inlets in Ventilation, Poul Becher*. 1949. 6 p. Size A₄. (Out of print).

No. 4: *On the Importance of Immediate Covering of Green Concrete in Cold Weather, Erik Rastrup* (Danish text with a brief English Summary). 1950. 8 p. Size A₅. (Out of print).

No. 5: *Basement Walls of Rammed, Stabilized Earth, H. Ewaldsen* (Danish text). 1950. 8 p. Size A₅.

No. 6: *Choice of Cement for Winter Concreting, Poul Nerenst* (Danish text). 1950. 7 p. Size A₅.

OM VISSE GRUNDPRINCIPPER
VEDRØRENDE PRØVNING AF BYGGEMATERIALER
MED SÆRLIGT HENBLIK PÅ BETONPRØVNINGEN

OM VISSE GRUNDPRINCIPPER
VEDRØRENDE
PRØVNING AF BYGGEMATERIALER
MED SÆRLIGT HENBLIK PAA BETONPRØVNINGEN

NIELS M. PLUM
Civilingenior, m. ing. f.

00924 P

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT STUDIE NR. 4

I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG KØBENHAVN 1950

INDHOLDSFORTEGNELSE

Forord	6
Indledning	7
Nogle definitioner	8
Direkte prøvning	8
Total prøvning	8
Partiel prøvning	8
Indirekte prøvning	8
Repræsentativ prøvning	9
Standard prøvning	9
Efterlignende prøvning	9
Destruktiv prøvning	9
Neutral prøvning	9
Materialets »kvalitet«	9
Hvorledes rettes fejlene ved den nuværende praksis	10
Repræsentativ prøvning med små prøvelegemer	10
A. Prøveudtagning	10
B. Prøvelegemets størrelse og form	12
Teknologiske motiveringer	12
Statiske motiveringer	13
Statistiske motiveringer	14
C. Prøveresultaternes bedømmelse	15
Den normale (gaussiske) fordeling	15
Fordelingslovens praktiske anvendelse	16
1. Materiale med ensartet spredning	16
2. Materiale med to spredninger	17
3. Tilfælde hvor man kan se bort fra spredningen	17
Den i praksis optrædende spredning	18
D. Behandlingsmådens overensstemmelse med den færdige konstruktions behandling	18
1. Komprimering og lagring	18
2. Prøvningens udførelse	19
a. Belastningshastigheden	19
b. Udmattelsesgraden	19
c. Prøvningens alder	19
Destruktiv contra neutral prøvning	21
Om fremtiden og den direkte partielle og neutrale prøvning	21
Litteraturfortegnelse	23

FORORD

Ved en betydelig del af de opgaver, som *Statens Byggeforskningsinstitut* i sin endnu ret korte levetid har taget op, har der meldt sig en række material-prøvnings-problemer såvel af teknisk som ikke mindst af statistisk art.

Da en stor del af disse problemer har været af en sådan karakter, at vi i hvert fald har måttet klargøre os deres betydning og rækkevidde for på forsvarlig måde at kunne løse de forskellige enkeltopgaver, og da det samtidig hurtigt blev klart at de samme problemer, i kun lidt ændret skikkelse, blev ved at komme igen, fandt vi det rimeligt allerede nu at foretage en nødtørftig samlet behandling for at skabe en vis oversigt og klarhed over dette hastigt voksende og ellers ret uoverskuelige område først og fremmest i den hensigt at sikre en korrekt og ensartet behandling af vore mange forskelligartede forsøgsserier.

Da vi har grund til at tro at de omhandlede problemer i stor udstrækning også vil have interesse for anden forskning her og i vore nabolande, har vi, uanset arbejdets prelimære karakter, fundet det rigtigt at offentliggøre det allerede nu.

Når udsendelsen sker i vor »studie«-serie er det for at understrege, at vi selv kun anser det for at være et første skridt på en vanskelig vej, og for at markere at vi vil være taknemlige for kommentarer der måtte bidrage til at forbedre det kommende arbejde.

København, marts 1950.

Niels M. Plum.

INDLEDNING

Det er et af materialprøvningens mål at fremskaffe sådanne oplysninger om materialerne, at brugeren kan danne sig et pålideligt billede af deres egnethed til de formål, hvortil han ønsker at anvende dem.

Drejer det sig om materialer der indgår som en del af et større bygværk er det klart, at hvis prøveresultatet under alle forhold skal være helt pålideligt, må prøvningen af materialet ske, når dette har fundet sin endelige plads i den færdige konstruktion, idet dels selve anbringelsen dels samspillet med de omliggende materialer i nogen grad kan indvirke på materialets absolutte og tilsyneladende kvalitet.

En sådan prøvning kan, når det f. eks. drejer sig om styrkeprøvning, som regel kun ske ved *prøvebelastning* med tilhørende deformations- og spændingsmålinger, og det siger sig selv, at man i praksis derfor har måttet søge andre og billigere veje til den mere rutinemæssige materialprøvning såvel ved forskning som ved produktionskontrol.

Bortset fra enkelte og hidtil ret ufuldkomne forsøg på ved hjælp af overfladekvaliteten at drage slutninger om hele bygværkets kvalitet er man i praksis af økonomiske grunde hidtil som regel altid gået den vej, at man har anvendt relativt små prøvelegemer, som med hensyn til vægt og udstrækning passede til håndkraft og prøvemaskiner, og man har så klaret overgangen mellem prøve-

legemets kvalitet og den færdige konstruktions kvalitet ved anvendelse af en overgangsfaktor¹⁾.

Da sådanne faktorer skal dække over såvel egentlige kvalitetsforskelle forårsaget af forskelle i komprimerings- og lagringsforhold, som over en antagelig større spredning i praksis og virkningerne fra samspillet med de omliggende konstruktionselementer, er dens anvendelse på indeværende tidspunkt, hvor der vides så forbavsende lidt om forholdene i færdige konstruktioner, næppe rationel. Der er alt i alt stor anledning til at tage fat på et systematisk studium af kvaliteten i færdige konstruktioner og i det hele taget de gængse prøvemethoders anvendelighed.

En ensidig fejl på blot nogle få procent i den ovennævnte overgangsfaktor betyder jo mange millioner for landets samlede byggeri og øvrige investeringsvirksomhed.

¹⁾ Sammenlign f. eks. de nye retningslinier for betonyveje, der angiver et styrkeforhold på 0.80 mellem prøveterningstyrke og styrken af udborede cylindre (40—5). Tallet angives ikke direkte, men kan udledes ved sammenligning mellem tabellerne side 18 og 42, og begrundelsen for dets størrelse er ukendt. Deutsche Ausschuss für Eisenbetonbau har offentliggjort (15 B 1) en sammenligning mellem terningstyrker og styrken af udsavede terninger af den færdige konstruktion, hvoraf fremgår, at overgangsfaktoren fra terninger til den færdige konstruktion varierede mellem 0.68 og 1.44 med et middeltal på 1.01. Det påpeges dog, at styrken i høje konstruktioner varierer med højdebeliigheden, og at 1.01 kun gælder i midten.

NOGLE DEFINITIONER

Inden vi går over til en nærmere beskrivelse af prøveteknikkens nuværende stadi med dens fordele og mangler og de veje, man måske fremover bør følge, skal kort gives en almindelig oversigt over principperne, samtidig med at de anvendte udtryk nærmere præciseres. For at læseren kan bevare oversigten, henvises samtidig til diagram nr. 1.

DIAGRAM NO. 1.

	Direkte prøvning (prøvning af den færdige konstruktion)		Indirekte prøvning (prøvning ved hjælp af prøvelegemer)	
	Total (hele konstruktionen)	Partiel (dele af konstruktionen)	Standard (prøven behandles altid på ensartet måde)	Efterlignende (prøven behandles som i konstruktionen)
		Repræsentativ prøvning (prøvning ved hjælp af et begrænset antal prøver, som forudsættes at kunne repræsentere hele konstruktionen)		
Neutral (ikke destruktiv)	Provebelastning indtil elasticitetsgrænsen	Lydhastighed		
		Kugletryk	Resonanssvingninger i små legemer	
		Røntgen		
Destruktiv (prøven ødelægges)	Provebelastning til brud	Udboring eller udsavning af små legemer	Terninger Cylindre Bjælker o. s. v.	

Direkte prøvning

Hermed menes prøvning af den færdige konstruktion. Dette kan ske på to forskellige måder, nemlig ved:

- Total prøvning og
- Partiel prøvning.

Det karakteristiske ved den totale prøvning er, at hele konstruktionen med samtlige de anvendte materialer medvirker på samme måde som ved den senere brug, hvorimod man ved partiel prøvning indskrænker sig til prøvning af specielt udvalgte partier af bygværket.

DEN DIREKTE TOTALE PRØVNING

som er enhver materialprøvers store drøm, er naturligvis en særdeles omfattende og bekostelig affære, men den er dog, når det alene drejer sig om at bestemme et byggemateriale som betons styrke, ikke ukendt under navnet:

Provebelastning hvormed tænkes på enten anbringelse af en kunstig belastning nogenlunde svarende til den virkelige med samtidig bestemmelse af deformations- og spændingsforhold eller successiv forøgelse af en kunstig belastning, indtil brud indtræder.

DEN DIREKTE PARTIELLE PRØVNING

delers sig i to grupper, nemlig:

- Udtagning af prøver ved hjælp af savning, boring (48 M 6)¹⁾ o. s. v. til prøvning som alm. små prøvelegemer. Metoden er i brug ved betonveje og lign. (38 S 3).
- Prøvning på stedet. Under denne gruppe falder f. eks. kugletryksprøven (der i princippet svarer til *Brinell*-prøven) (40 S 3) (43 E 1) (44 F 4) (45 P 1) (44 S 1) og skudprøven, de nyere lydhastighedsbestemmelser (50 F 1) (48 J 5), som vil blive omtalt nærmere senere, og røntgenfotografering (49 M 11) (49 K 8).

Da den partielle prøvning kan gøres mere eller mindre omfattende, er skellet mellem den og den totale prøvning ofte flydende, men som regel må dog den partielle prøvning henregnes under den repræsentative prøvning. (Se senere).

Indirekte prøvning

Ved indirekte prøvning forstås, at man erstatter prøvning af bygværket med prøvning af mindre prøvelegemer, som det af økonomiske og prøvetekniske grunde er lettere at have med at gøre.

¹⁾ Se litteraturfortegnelsen side 23

I almindelighed er indirekte prøvning ensbetydende med:

Repræsentativ prøvning

Herved forstås, at man ved hjælp af et begrænset antal prøver, der forudsættes at kunne repræsentere det færdige bygværk, søger at danne sig et billede af dettes kvalitet.

Der er indenfor den repræsentative prøvning tale om to fremgangsmåder, idet man, hvad der er det almindeligste, enten kan fremstille selvstændige små prøvelegemer, der:

- behandles på standardiseret måde — i så fald kan det kaldes *standard repræsentativ* prøvning, eller som
- søges behandlet på samme måde som det i det færdige bygværk indgående materiale, — i så fald kan det kaldes *efterlignende repræsentativ* prøvning,

eller man kan prøve små dele af det færdige bygværk som ovenfor under den *direkte partielle* prøvning omtalt.

Destruktiv prøvning

Prøvning hvorved den prøvede genstand, det være sig små prøvelegemer eller den færdige konstruktion, beskadiges eller helt ødelægges.

Neutral prøvning

Prøvning hvorved prøvelegemet, stort eller lille, ikke beskadiges.

Endelig kan der være grund til et øjeblik at se nærmere på, hvad der egentlig menes, når talen er om et

Materialets »kvalitet«

Ofte anvendes denne betegnelse om flere forskellige egenskaber i flæng, uden at der skelnes klart imellem dem, og ofte uden at de, der har med sagen at gøre, gør sig klart, hvilken (eller hvilke) egenskaber der har interesse i det pågældende tilfælde.

Som et eksempel herpå kan anføres, at man vedrørende beton i årtier hovedsagelig kun har interesseret sig for trykstyrken (samt enkelte gange for trækstyrken) og med åbne eller lukkede øjne

er gået udenom andre spørgsmål som f. eks. *holdbarhed*.

Årsagen hertil er sikkert den, at trykstyrken som regel er den egenskab, det er nemmest at bestemme, men hertil kommer måske også, at i betonens første decennier anvendtes den overvejende i rent trykkede konstruktioner, og her var trykstyrken den vigtigste faktor. Indførelsen af armering og bedre cementkvaliteter samt større statisk formåen har forlængst ændret dette, således at de egenskaber, man i dag må interessere sig for, kan omfatte.

TABEL 1.

Styrke.
Trykstyrke.
Trækstyrke.
Bøjningstrækstyrke.
Forskydningsstyrke.
Udmattelsesstyrke.
Holdbarhed, herunder:
Kompakthed.
Permeabilitet.
Kemisk modstandsdygtighed imod
Syrer,
Baser
etc.
Frostbestandighed.
Volumenbestandighed.
Slidfasthed.
Ildfasthed.
Brandsikkerhed.
Skudsikkerhed.
Elasticitet.
Plasticitet.
Adhæsionsevne.
Varmeledningsevne.
Elektrisk ledningsevne.
Lydabsorptionsevne.
etc.

Man må gøre sig klart, at i mange tilfælde er disse egenskaber ikke parallelle med styrken, så hvor det virkelig gælder at fremstille beton med specielle egenskaber, må man ikke alene forlade sig på styrkeprøvning.

Det har i den sidste snes år f. eks. i U.S.A. vist sig at koste milliardbeløb til reparationer, at man ikke ved opførelsen i sin tid af ældre betonbygværker har interesseret sig for holdbarheden, og med den manglende forståelse, der fra de udførendes side endnu her i landet er vist og stadig ofte vises betydningen af det rette *c/v* (eller *v/c*)-forhold, kan man være forvissat om, at vi også vil blive præsenteret for millionregninger, når vore eksisterende betonbygværker nu nærmer sig »støvet« år.

HVORLEDES RETTES FEJLENE VED DEN NUVÆRENDE PRAKSIS

Af det i det foregående sagte turde det uden yderligere kommentarer fremgå, at man for at få et fuldt pålideligt billede så vidt muligt bør anvende direkte total prøvning, og det vil for at begrænse antallet af prøvelegemer (prøvebelastninger), for at kunne følge kvalitetens udvikling med tiden og for at kunne få mange måleresultater være indlysende, at den neutrale prøvning er at foretrække, for så vidt den kan bringes til at give tilstrækkeligt sikre og entydige oplysninger om materialernes egenskaber.

Ser man på praksis i dag, vil man imidlertid hurtigt erkende, at endnu er man ikke nået så vidt, idet der kun sjældent anvendes direkte prøvning men næsten udelukkende repræsentativ prøvning, som tilmed er destruktiv.

Langt den overvejende del af f. eks. betonprøvningen sker ved hjælp af små selvstændigt støbte prøvelegemer, der ødelægges ved selve prøvningen og under forhold hvor repræsentativiteten kan drages stærkt i tvivl.

Som det senere skal omtales, er der i de senere år fremkommet en række målemetoder til direkte partiel og neutral prøvning, som formentlig vil kunne sættes i brug i praksis, og ved hvis hjælp man i de kommende år vil kunne få et højst tiltrængt dybere kendskab til kvalitetens homogenitet og størrelse i færdige bygværker.

Til en lang række formål, såvel forskningsmæssige som praktiske, vil der dog stadig være brug for små prøvelegemer — der stadigt i stort omfang vil blive prøvet med destruktive metoder, og der er derfor her god grund til at se nærmere på fejlene og usikkerheden ved den repræsentative prøvning med små prøvelegemer og de muligheder, der er for at forbedre denne.

Repræsentativ prøvning med små prøvelegemer

Ved anvendelse af repræsentativ prøvning med små prøvelegemer vil den tilsyneladende kvalitet, når bortses fra fejl ved selve prøvningen, kunne afvige betydeligt fra kvaliteten af materialet, som den viser sig i det færdige bygværk af følgende grunde:

- Fejl ved prøveudtagningen.
- Prøvelegemets størrelse og form indvirker på prøveresultatet.
- Resultaterne bedømmes forkert.
- Prøverne behandles anderledes end bygværket.
- Antallet af prøver er utilstrækkeligt.

Disse grunde behandles i det følgende hver for sig nærmere.

A. PRØVEUDTAGNING

Den repræsentative prøvning står og falder naturligvis først og fremmest med, at prøverne udtages, så de virkelig har en chance for i alle henseender at repræsentere det færdige bygværk.

Dette krav tages der de fleste steder alt for let for ikke at sige letsindigt på.

Først og fremmest skal prøveudtageren være en uvildig person. Dette krav er sværere at opfylde, end man tror. Man kan nok få en mand, der hverken holder med køber eller sælger, og som også selv tror, at han er objektiv. I realiteten vil det dog f. eks. — hvad mange erfaringer viser — være umuligt for ham at frigøre sig fra virkningerne af »det første indtryk«, ligesom tidligere erfaringer med hensyn til den pågældende producent's varer også givetvis spiller en vis rolle. I bedste fald vil prøveudtageren ofte, i lutter iver for at være »retfærdig«, bestræbe sig for at udtage middelpå prøver af materialet, og derved får man jo et for gunstigt billede af materialets homogenitet.

Der må i fremtidige normer og beskrivelser gøres et arbejde for at indarbejde den rette objektive prøveudtagning, så man får et rigtigt billede såvel af materialets middelkvalitet som af spredningen på denne, og man må undgå sådanne forføjede bestemmelser som de, der for tiden findes såvel i Sverige (42 — 1) som her i landet (49 — 97) vedrørende udtagning af cementprøver, hvor det forlanges: at de af de enkelte cementposer udtagne små prøver sammenblandes til een stor »generalprøve«. Thi nok får man på denne måde en nemmere bestemmelse af middelstyrken, men indtrykket af spredningen, der nok er noget større end folk almindeligvis tror, forflygtiges jo totalt.

Hvis udtagningen ikke som i lotteriet kan ske i blinde, må udtageren gå helt metodisk frem. Efter en helt vilkårlig talrække, fundet, hvis det drejer sig om små partier, ved f. eks. terningekast eller ved store partier af de to sidste cifre af det første nr. på hver side i den nyeste udgave af telefonbogen, må prøven lokaliseres ved hver af sine tre rumlige koordinater for sig udfra et fast udgangspunkt f. eks. i partiets tyngdepunkt. Koordinaterne x, y og z bestemmes succesivt og regnes at svare til øst, nord og op. Måleenheden ansættes succesivt således, at 6 resp. 100 svarer til partiets udstrækning på den pågældende led, omkring

tyngdepunktet resp. de punkter man efterhånden kommer til.

Er det legeme prøven udtages af ikke »fuldkantet«, kan det ske, at der udvælges et punkt udenfor prøven. I så fald kasseres udvælgelsen og en ny foretages.

Jeg er fuldstændig klar over, at den »praktiske« arbejdspladsmand ved læsningen af ovenstående har rystet på hovedet og i sit stille sind foretrukket »den sunde fornuft«. For at give Dem et indtryk af, at det hele ikke er så verdensfjernt endda, vil jeg vise, hvordan det kan foregå i praksis ved hjælp af et par eksempler.

1. eksempel. Udtagning af en prøve under udstøbning af beton i en 2 · 3 m plade, 40 cm tyk.

Bestemmelsen af tyngdepunktet og fastlæggelse af axeretningerne volder ingen vanskeligheder. (Se fig. nr. 1).

Første terningekast giver f. eks. 3, hvorefter man i tankerne bevæger sig til punktet 3 på »østaxen«.

Andet kast giver f. eks. 5, hvorefter man begiver sig ad en linie parallel med »nord-axen« til punktet 5 (se fig. 1).

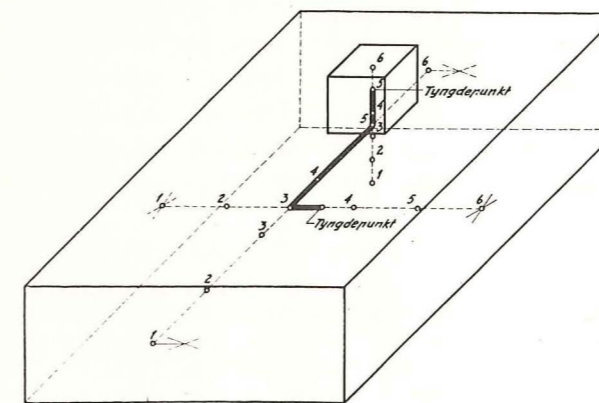


Fig. 1.

Endelig giver tredje kast f. eks. også 5, hvorfor man går lodret opad til delepunktet mærket 5.

Omkring dette sidste punkt udtages derefter en prøve, således som antydnet på figuren.

Jeg tror, at læseren vil indrømme mig, at selv om metoden, når den skal beskrives på papiret, kræver mange ord og mange streger, vil den være nem at anvende i virkeligheden. Det kræver jo ikke store anstalter at gå med en terning i lommen altid. Og når man først er kommet sig over den generthed, der følger med at skulle have en terning som barnepige, vil man sikkert også nå så vidt som til at indrømme det behagelige i at være

aflastet for ansvaret for at være objektiv. Jeg tror, at enhver prøveudtager må indrømme, at det i en sådan situation er direkte ubehageligt, når man har entreprenøren stående på den ene side og bygherrens repræsentant på den anden, blot at støtte sig på sin »sunde fornuft«.

2. eksempel. Udtagning af en mursten af et vognlæs.

En enkelt sten er her så lille, at den ikke kan udpeges nøjagtigt ved hjælp af terningemetoden, og man kan så anvende telefonbogsmetoden.

Man slår op et tilfældigt sted og finder f. eks. øverst tilvenstre (spalte 2446) C 1854, derefter følger (spalte 2454) SØ 789 og endelig (spalte 2462) TR 1716. De tal, der skal anvendes, er altså: 54, 89 og 16.

Vi tænker os, at vognen står med førerhuset imod nord, og finder så:

Hvis der f. eks. er 8 stenrækker i bredden, at man skal bruge den $8 \cdot 0,54 = 4,3 \approx 4$ række fra vognens vestside.

Derefter hvis der er 56 rækker på langs, skal man gå fremefter i vognen til den $56 \cdot 0,89 = 49,6 \approx 50$ række talt fra bagsmækken, og

endelig hvis der er fire lag i højden, skal man ned til det: $4 \cdot 0,16 = 0,64 \approx 1$, d. v. s. det underste lag.

Skal der udtages flere prøver, anvendes på samme måde tallene fra de tre følgende sider i telefonbogen og så fremdeles.

Hver større ny prøveudtagning slås første gang op et nyt tilfældigt sted i bogen. Dette kan ske i forvejen, og tallene opnoteres i lommebogen.

Har man mulighed for daglig prøveudtagning som ovenfor beskrevet af mere end eet parti (f. eks. af flere betonblandinger), afgøres på samme måde ved hjælp af en vilkårlig talrække, hvilke partier man skal udtage prøver af.

Ved betonprøvning skal prøven altid udtages af den i formen udlagte beton og ikke i eller ved blandemaskinen, for på rette måde at tage hensyn til den under transport og komprimering evt. opstående afblanding.

Ved større arbejder bør prøveudtagningen tidligst begynde ved den femte blanding af hvert blandingsforhold. (37—14) (39—26) (42—1).

Når prøven er udtaget, må der drages omsorg for, at den under transporten ikke ændres ved spild, afblanding, fordampning etc. (43—14) (48—78).

Når man i dag f. eks. ved betonstyrkeprøvning anvender prøvelegemer af størrelsesordenen 6—8 liter (20.20.20 cm terninger og \varnothing 15.30 cm cylindre), skyldes dette, såvidt jeg kan se, tre årsager, nemlig

- 1) at materialets største kornstørrelse naturligt sætter visse grænser for prøvens lidenhed, og
- 2) at man har gjort sig visse, måske tågede, forestillinger om, at denne størrelse er tilstrækkelig til at være repræsentativ for hele bygværket.
- 3) Prøvemaskinernes kapacitet.

ad 1) For at svare til det færdige bygværk må prøven have samme cement/vand-forhold og luftindhold som dette, og for at undgå den betydelige forøgelse af porøsiteten, og dermed følgende afvigelse fra *Ferets* lov, der ret pludseligt fremkommer, når sidelinien bliver mindre end $5 \times$ den maksimale stenstørrelse, er det meget væsentligt, at denne værdi ikke underskrides. Sammenlign fig. 2. Ved betoner med særlig stor maksimal

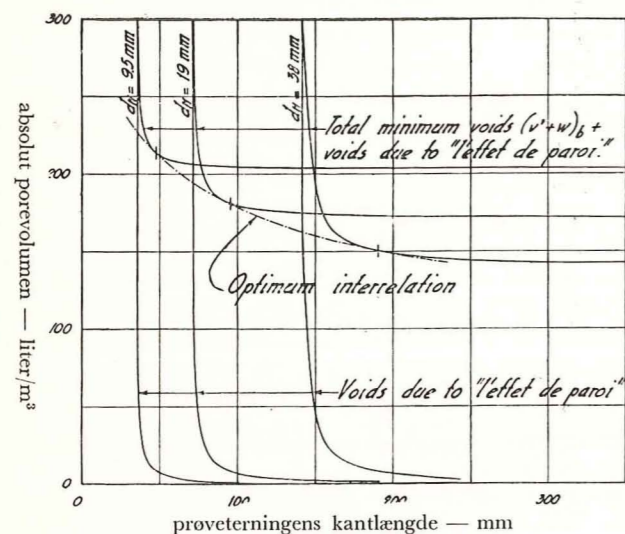


Fig. 2, sammenhæng mellem prøveterningens kantlængde og porevolumen. Forneden er vist de porer, der alene skyldes formens snæverhed, foroven det samlede vand + luftporevolumen.

stenstørrelse fører dette krav til meget store forme, og det er derfor fra forskellig side foreslået at frasigte den friske våde blanding alle sten større end $1/5 \times$ sidelinien. Dette er ikke nogen god løsning, idet frasorteringen af de store sten fører til forøgelse af bearbejdigheden og deraf følgende færre luftporer, der uanset at c/v -forholdet forbliver konstant forøger trykstyrken ret betydeligt, hvilket naturligvis umuliggør direkte sammenligning (33 R 3).

De store omkostninger ved anskaffelsen af en trykprøvemaskine til knusning af terninger har

medført, at der også af og til anvendes betonbjælker, der er så kraftigt armerede, at bruddet kommer i trykzonen — ved bestemmelse af trykstyrken. Dimensionerne varierer fra land til land, dog er almindeligvis: $b = 9-15$ cm, $h = 6-10$ cm og $l = 1-3$ m.

Anvendelse af bjælke må dog som regel frarådes, da kravet om at mindste dimension skal være mindst 5 gange største stenstørrelse kun sjældent kan overholdes.

ad 2) Den absolut mindste mængde, der kan være i en prøve sammensat af forskellige kornstørrelser som f. eks. beton, er den mængde, der netop svarer til, at der i middel vil forekomme eet størstekorn med een »stenfamilie« i prøven.

For en almindelig sammensat beton svarer dette til, at man for maksimalkornstørrelserne

16, 32, 64 og 128 mm

hvortil svarer en middeldiameter for størstekorn på

12, 24, 48 og 96 mm

kan beregne den tilsvarende betonmængde til henholdsvis:

ca. 6, 50, 450 og 4.000 cm³.

Det er klart, at man i praksis og for at få et talmateriale, der kan give en tilstrækkelig sikker bestemmelse særlig af spredningen, må kræve, at største korn og hver »stenfamilie« forekommer mere end een gang, men nøjagtigt hvor mange gange det bør forekomme, altså nøjagtigt hvor store prøverne bør være, kan kun siges efter nærmere statistiske undersøgelser.

Hvis man til foreløbig orientering skønner, at der skal være 20 størstekorn, giver dette med en almindelig beton med 32 mm størstekorn en prøvelegemestørrelse på $50 \cdot 20 = 1.000$ cm³, hvilket altså er væsentligt mindre end ovenfor under ad 1) fundet.

Som det bl. a. i det følgende (side 15) vil blive nærmere forklaret, er et af hovedformålene ved materialprøvning at bestemme kvalitetsens spredning, eller sagt med andre ord at undersøge, hvor homogent materialet er.

Inden dette kan ske, må vi se lidt nærmere på, hvad inhomogeniteter egentlig kan afstedkomme i betonen.

I det indre af en stor betondæmning er det uden videre klart, at man ikke behøver at tage det så nøje med homogeniteten, selv en hel sats uden cement i vil ikke gøre større fortræd, idet betonens plasticitet vil tillade en sådan fordeling af spændingerne, at dæmningen netop kan dimensioneres for betonens *middel* styrke uden hensyn til spredningen.

Når dimensionerne af bygværket formindskes, ændrer det ovennævnte billede sig totalt, og i

praksis vil en blanding uden cement i almindelighed afstedkomme store kalamiteter.

Det vil altså sige, at kravet til homogeniseringsvidtdevenhed afhænger af bygværkets massivitet, og ganske tilsvarende må prøvningen af homogenitet ved hjælp af spredningen indrette sig på at anvende forskellige prøvelegemestørrelser.

Men hvor små bør da prøvelegemerne være i praksis?

Ja, har man f. eks. en almindelig jernbetonbjælke, hvor betondæklaget udenpå jernene ifølge normerne i visse tilfælde kun behøver at være een cm tykt, så er det klart, at homogeniseringen skal være drevet så vidt, at hver eneste cm³ har opnået tilstrækkelig styrke og tæthed, og prøvemethoden må indrettes på at bestemmespredningen fra cm³ til cm³.

Dette er jo tal af en helt anden størrelsesorden end ovenfor omtalt og vil naturligvis give anledning til store overvejelser og betænkeligheder mange steder og peger på nødvendigheden af at anvende nye prøvemethoder.

Inden man går så vidt, er der derfor anledning til at overveje, om der på forhånd kan forventes eller påvises nogen almindelig systematisk sammenhæng mellem den spredning, der vil findes ved undersøgelse af prøvelegemer af forskellig størrelsesordener men af samme beton.

Efter de overvejelser jeg hidtil har gjort mig, særlig i forbindelse med den for øjeblikket anvendte homogeniseringsteknik (de gængse blandertyper), mener jeg ikke, der skulle være noget større håb om påvisning af en sådan almindelig sammenhæng, der skulle kunne muliggøre slutninger om »micro«-homogeniteten udfra de gængse prøvelegemestørrelser.

Problemet er jo ganske analogt med, at der indenfor een sats med den nuværende teknik vides at være betydelig inhomogenitet, selv om der ved nøjagtig afmåling er fuld homogenitet fra en *hel* sats til den næste.

Af det ovenstående vil det fremgå, at valget af prøvelegemestørrelse, som det sker i dag, er temmelig dårligt underbygget, og at det på grund af forskellige modstridende forhold vil være så godt som håbløst at nå til enighed om een prøvelegemestørrelse.

Der er al grund til at håbe, at et større laboratorium vil tage sig af en nærmere undersøgelse af de ovennævnte problemer, der indeholder store nationaløkonomiske perspektiver, og det må vist tilrådes, indtil sådanne nærmere undersøgelsesresultater foreligger, at man anvender såvel prøvelegemer af den gængse størrelsesorden, som prøvelegemer der egner sig til »micro« analyse.

Statistiske motiveringer.

Ændringer af prøvelegemernes størrelse medfører — af endnu kun delvis klarlagte årsager — i sig selv ændringer af den tilsyneladende styrke, idet denne varierer med dimensionerne som skitseret på fig. 3.

Det talmateriale, der ligger til grund for denne figur, er meget mangelfuldt, hvorfor figuren kun kan anvendes til orientering. Variationer i gradering og maksimal kornstørrelse (38 G 4) vil endvidere indvirke på brudfigurerne, således at en generelt anvendelig fig. 3 næppe nogensinde vil kunne fremstilles. De fleste normer begrænser da også antallet af prøvelegemestørrelser til een enkelt (eller ganske få), men det internationale samarbejde på dette punkt er ret ufuldstændigt.

For fuldstændighedens skyld skal gøres opmærksom på, at den ovenfor omtalte variation i prøvelegemets tilsyneladende styrke ikke har nogen forbindelse med de til *Ritter-Rankine* søjleformlen svarende reduktions-koefficienter, der til sammenligning er indtegnet forneden til højre på fig. 3. Efter *Ritter-Rankine* formelen vil f. eks. trykstyrken i en 37 cm høj søjle med 5×5 cm tværsnit være 90% af den normalt anvendte prøveternings. Antages denne at være $20 \times 20 \times 20$ cm, viser fig. 3, at den øjensynlige styrke for søjlen i virkeligheden vil være $< 70\%$ af terningstyrken.

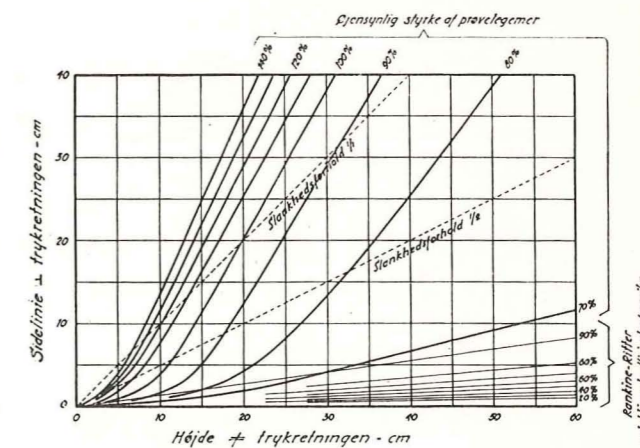


Fig. 3.

Den øjensynlige styrke afhænger som nævnt ovenfor endvidere væsentligt af den hastighed, hvormed spændingen øges, så også her har en standardisering været nødvendig. Endelig er trykfladernes planhed af stor betydning. En konkavitet på blot $1/10$ mm er særdeles betænkelig, medens en konvexitet skal være en del større for at give en væsentlig reduktion (36 D 2) (43 N 1) (44 K 3). Omend der med et tyndt mørtellag kan støbes en god overflade, f. eks. på en i træform støbt prøveterning, vil uregelmæssigheder i dettes fremstil-

ling samt uregelmæssigt svind nemt indføre nye fejl og måske fjerne den tilsyneladende styrke ensidigt fra den virkelige, så det må absolut tilrådes — for ikke at sige kræves — at anvende stålforme¹⁾, som altså endda skal være fint justerede.

Med hensyn til efterligning af spændingsfordelingen i det færdige bygværk lader de nuværende prøvelegemeformer sikkert noget tilbage at ønske.

Det vil utvivlsomt være en vanskelig opgave at angive en prøvelegemeform, der tager skyldigt hensyn til de i det færdige bygværk optrædende sekundære spændinger i det omfang, de ikke kan medtages i beregningerne, men at den, der virkelig ville undersøge denne opgave, vil kunne finde frem til store forbedringer, er nok hævet over al tvivl.

Eksempelvis kan anføres, at det sikkert er uheldigt at anvende *firkantede* prøvelegemer, hvor de statiske forhold er langt mere uklare end i de cylindriske prøvelegemer der anvendes f. eks. i U.S.A.

Endvidere kan det næppe være korrekt, at man, som det f. eks. tillades efter de danske normer, anvender rene trykresultater og bøjningstrykresultater i flæng, selv med anvendelse af en korrektionsfaktor på 1,25. Forsøgsresultater synes at vise, at denne faktor ikke har nogen konstant værdi, men varierer indenfor intervallet ca. 1,0 til ca. 2,5.

Ved de fleste prøvelegemeformer, der anvendes i praksis, herunder også terninger, er det tilmed ofte uklart, om bruddet skyldes tryk, træk eller forskydningsspændinger (25 S 1) (30 G 7).

Statistiske motiveringer.

Et materiales tilsyneladende styrke afhænger af sandsynligheden for, at maximal spænding og minimal styrke kan finde hinanden. Jo større denne sandsynlighed er, jo større er chancen for, at der opstår brud.

Når altså enten prøvelegemet er stort eller maksimalspændingen optræder over store dele af legemet eller begge dele, vil den tilsyneladende styrke findes lille.

Dette kan nærmere illustreres ved følgende to eksempler.

1) Når spændingen holdes konstant over et længere stykke, som det f. eks. er tilfældet i en stang med rent træk eller tryk, vil den fundne styrke afhænge af, over hvor langt et stykke spændingen virker, for jo længere det er, des større vil chancen for at der forekommer et særligt svagt tværsnit være.

¹⁾ Dette giver endvidere en forbedret mulighed for ensartet vådlagring.

Ved forsøg med helt ens bjælker, belastet med:

- a) en enkeltkraft på midten,
 - b) to enkeltkræfter i trediedelspunkterne og
 - c) to do. en sjettedel fra understøtningerne,
- og således at maximumsmomentet var det samme, har man fundet følgende styrker (48 F 8)

a	b	c
1.000	770	540 ps/sq.in.

fordi maximumsmomentet i de tre bjælker har optrådt henholdsvis i:

- a: i eet tværsnit,
- b: over en trediedel bjækelængde og
- c: over to trediedele bjækelængde.

De nævnte eksperimentalt fundne tal svarer nøje til, hvad man ad rent statistisk vej vil finde, nemlig: (48 F 8)

a	b	c
1.040	770	550 ps/sq.in.

2) Når betonmængden forøges, vil også chancen for brud forøges, selv om spændingen ikke netop holdes på maximalværdien overalt.

Dette er demonstreret ved forsøg med lignedannede cementmørtelterninger, hvor man har fundet følgende sammenhæng mellem prøvens volumen og styrke: (48 F 8)

TABEL 2.

Relativt volumen.	Relativ styrke.
1	1,00
2	0,78
5	0,57
10	0,45
100	0,20

For f. eks. kubiske prøvelegemer svarer dette til, at den samme beton i en 10 · 10 · 10 cm terning findes ca. 3,5 gange så stærk som i en 30 · 30 · 30 cm terning.

Tendensen i disse tal passer med den almindelige erfaring (smlg. f. eks. fig. 3), omend forskellene er en del større end sædvanligt. Men måske udviskes billedet almindeligvis af andre event. modvirkende prøvetekniske forhold.

Det vil føre for vidt her at komme nærmere ind på alle de konsekvenser, de rent statistiske forhold indenfor selve prøvelegemet medfører for den rette forståelse af de tilsyneladende resultater — og som det fremgår af den litteratur, der netop for tiden er ved at gro frem om dette emne, er problemerne heller ikke afklarede endnu (41 T 6) (44 R 2) (45 M 6) (45 T 2) (45 T 3) (46 K 9) (46 M 6) (47 D 12) (47 V 2) (48 F 8) (49 A 9) (49 P 3) (49 R 10).

G. PRØVERESULTATERNES BEDØMMELSE

Prøveresultaternes bedømmelse er ofte meget ufuldkommen. Man kan stadig træffe teknikere, der søger at argumentere ud fra eet enkelt eller kun ganske få *eksempler*. Den rivende udvikling, der i den sidste snes år har været indenfor de statistiske bedømmelsesmetoder, har endnu kun sat få spor blandt teknikerne, og mange anser dem endnu for at være praktisk uanvendelige. Statistikken er i sin nuværende form, som det vil blive vist, uhyre nem at anvende i praksis, og det må tilrådes enhver tekniker at gøre sig fortrolig med dens anvendelse. De fejlslutninger, man uden statistisk forståelse kan drage, og som gennem årene er blevet draget, er formidable.

Det er bekendt, at man ved gentagen måling af en vis størrelse, f. eks. trykstyrken af en given beton, ikke til stadighed får den samme værdi, men at tallene grupperer sig omkring en vis middelværdi. Det er imidlertid en ret udbredt opfattelse, at afvigelserne skyldes egentlige fejl, som man ved tilstrækkelig omhu kan eliminere; denne opfattelse støttes ved den i denne forbindelse uheldige brug af ordet »middelfejl«. I virkeligheden er forholdet det, at de allerfleste størrelser, som er tilgængelige for måling, ifølge hele deres natur er behæftet med en vis spredning, som man ganske vist kan påvirke noget ved større eller mindre omhu, *men som man principielt ikke kan fjerne*. Undertiden er spredningen procentisk så lille, at praktikerne kun behøver at interessere sig for middelværdien. Dette kan man også nøjes med, hvis erfaringen har vist, at spredningen står i et fast forhold til middeltallet.

For beton er spredningen så stor og varierer så meget med omstændighederne, at det afgjort er nødvendigt at betragte *både middeltal og spredning*. Hvis man f. eks. ønsker, at betonen skal have en bestemt styrke, er det ikke tilstrækkeligt, at middelværdien er stor, idet en stor spredning kan betvirke, at en uforholdsmæssig stor del af betonen i praksis ligger under den tilladelige værdi. Den moderne materialfremstilling bør derfor sætte sig *to mål, dels at sikre en vis middelværdi og dels at reducere spredningen*.

Den normale (gaussiske) fordeling.

Hvis man har tilstrækkelig mange ensartede prøveresultater, kan man bestemme den lov, hvorefter de fordeles sig om middeltallet. Fig. 4 viser f. eks. hvorledes resultaterne af 222 trykprøver — der er ordnet i grupper på 20 kg/cm²'s bredde — fordeles sig om middelværdien, som i dette tilfælde er 400 kg/cm². Sættes arealet under kurven, d. v. s. den samlede relative hyppighed = 1,00, og ud-

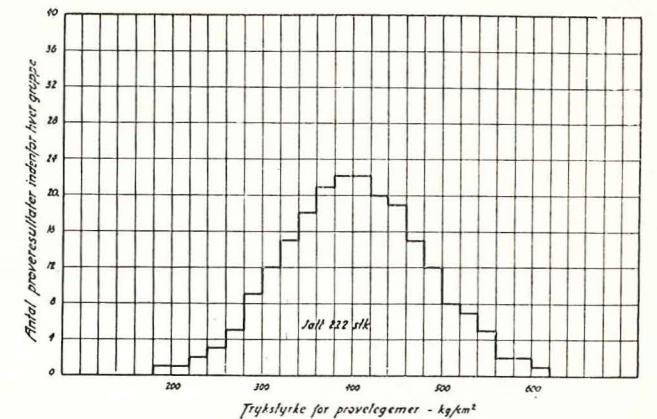


Fig. 4.

jævnes trappetrinsskurven, vil man som regel opnå en god tilnærmelse til den af Gauss udledte klokkeformede kurve på fig. 5 med ligningen:

$$y = \frac{1}{s \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-m)^2}{2s^2}} \quad (1)$$

hvor y er den relative hyppighed, hvormed det vilkårlige prøveresultat x vil fremkomme, m det aritmetiske middeltal af samtlige prøveresultater og s spredningen, der er bestemt ved ligningen:

$$s^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} y \cdot (x-m)^2 dx \quad (2)$$

For fuldstændighedens skyld skal det bemærkes at den gaussiske, eller som den også kaldes: »den normale« fordelingskurve, kun er en blandt mange mulige fordelinger.

Fra et teoretisk synspunkt kan der ud fra eksisterende undersøgelser af f. ex. betonprøvers styrke, opstilles argumenter både for og imod anvendelsen af den »normale« fordelingskurve, men så længe der ikke er foretaget empiriske undersøgelser, der viser at den normale fordelingskurve er en dårligere tilnærmelse til den faktiske fordeling end de øvrige fra forskellig side foreslåede fordelingskurver, vil det være rimeligt at anvende den. Dens anvendelse byder nemlig dels på visse simplifikationer af beregningerne, dels er det en betydelig lettelse for det praktiske arbejde at denne fordeling og en række deraf afledede funktioner m. m. er indgående tabelleret. Smlg. f. ex. den i fodnoten side 16 omtalte t-fordeling.

Det vil ses, at klokkekurvens form er fuldstændigt bestemt af spredningen s. Således findes f. eks. y_{\max} (for $x = m$) af (1) til $1/s \sqrt{2\pi} = 0,399/s$ og for $x = m \pm s$ findes $y = e^{-1/2} / s \sqrt{2\pi} = 0,242/s$. Kurven har vendetangent i dette punkt.

Af fig. 5 kan ved integration udledes »den sumerede fordelingskurve« fig. 6, hvis ordinater an-

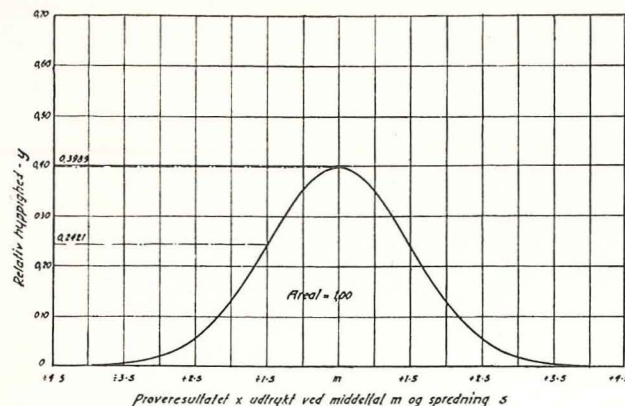


Fig. 5.

giver sandsynligheden i % for at få resultater, der ligger under de ved abscisserne angivne værdier.

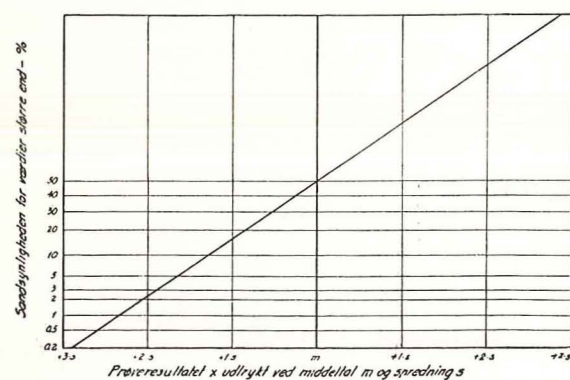


Fig. 6.

Der er således:

TABEL 3.

0.5% risiko for resultater under m	— 2,58 s
2.5% » » » »	m — 1,96 s
5% » » » »	m — 1,64 s
10% » » » »	m — 1,28 s
25% » » » »	m — 0,67 s
50% » » » »	m — 0 s

Fordelingslovens praktiske anvendelse.

1. Materiale med ensartet spredning.

Det fremgår af tabel 3, at hvis man — hvad der i almindelighed må anses for rimeligt — ønsker, at risikoen for underskridelse af en ønsket styrke σ_b skal være f. eks. højst 5%, må man kræve:

$$\sigma_b \leq m - 1,64 \cdot s \quad (3)$$

I praksis, f. eks. ved betonproportionering vil problemet ofte foreligge i en lidt anden form, idet man får foreskrevet den styrke σ_b , der skal overholdes med 95% sandsynlighed, og så skal bestemmes hvor langt derover man skal lægge sin middelse styrke m.

Ligningen bliver da:

$$m \geq \sigma_b + 1,64 \cdot s \quad (3 a)$$

De heri indgående størrelser m og s kender man teoretisk kun, når der anstilles uendelig mange forsøg. I praksis, hvor man f. eks. har trykprøvet n terninger, der har givet styrkerne $x_1, x_2, x_3 \dots x_n$, kan man beregne tilnærmede værdier for middeltal og spredningskvadrat ved hjælp af formlerne

$$m' = \frac{1}{n} (x_1 + \dots + x_n) \quad (4)$$

og

$$s'^2 = \frac{(x_1 - m')^2 + (x_2 - m')^2 + \dots + (x_n - m')^2}{n - 1} \quad (5)$$

Når man i nævneren indfører $n-1$ og ikke n, som man måske ved en overfladisk betragtning kunne være fristet til, skyldes dette, at der i tælleren kun er $n-1$ uafhængige variable (indenfor statistikken bruges betegnelsen: frihedsgrader), da de n størrelser jo er indbyrdes forbundne ved den betingelse, at deres sum er nul.

Det er indlysende, at da der kun er tale om et endeligt antal forsøg, er m' og s' behæftet med en vis usikkerhed, medens man i formlen (3) forudsatte, at man kendte m og s nøjagtigt. Problemet at bestemme 5%-grænsen bliver derfor noget mere kompliceret. Det kan dog vises (35 F 1), at grænsbetingelsen antager samme form som (3), blot med en anden koefficient til s:

$$\sigma_b \leq m' - t'_{5\%} \cdot s' \quad (6)$$

eller:

$$m' \geq \sigma_b + t'_{5\%} \cdot s' \quad (6 a)$$

Koefficienten $t'_{5\%}$ afhænger af antallet af forsøg, som det fremgår af følgende tabel.

TABEL 4.

Antal forsøg = n.	Antal frihedsgrader = f.	$t'_{5\%}$ 1)
∞	∞	1,64
40	39	1,71
20	19	1,77
15	14	1,82
10	9	1,92
8	7	2,01
6	5	2,18
5	4	2,33
4	3	2,63
3	2	3,37
2	1	7,73

Fremgangsmåden ved bestemmelsen af den tilladelige nedre grænse for styrken er herefter: Af de givne forsøgsresultater udregnes middeltal og spredning ved formlerne (4) og (5), hvorefter σ_b bestemmes af (6).

1) $t'_{5\%}$ kan beregnes efter formelen $t'_{5\%} = t_{5\%} \cdot \sqrt{1 + 1/n}$ hvor $t_{5\%}$ er 5% fraktilen i den såkaldte t-fordeling for $f = n - 1$ frihedsgrader, og som f. eks. findes tabelleret i (48 H 25) (Tabel- og formelsamling s. 25).

Med $m' = 400 \text{ kg/cm}^2$, $s' = 45 \text{ kg/cm}^2$ og $n = 6$ fås f. eks.

$$\sigma_b \leq 400 - 2,18 \cdot 45 = 300 \text{ kg/cm}^2.$$

eller omvendt hvis $\sigma_b = 300 \text{ kg/cm}^2$ o. s. v. findes:

$$m \geq 300 + 2,18 \cdot 45 = 400 \text{ kg/cm}^2.$$

Sagt med almindelige ord vil det altså sige, at hvis man under de givne omstændigheder fremstiller en beton med en middelse styrke m på 400 kg/cm^2 , er der altså 95% sandsynlighed for at de enkelte prøveresultater ikke kommer under 300 kg/cm^2 .

2. Materiale med to spredninger.

Der er grund til igen at understrege, at alle formler m. m. i det foregående forudsætter, at forsøgsresultaterne er ensartede d. v. s., at prøverne er udtaget under sådanne forhold, at spredningen er konstant. Af tabel 5 vil det f. eks. ses, at spredningen indenfor samme blanding under de givne forhold har været 6.5%, medens den fra blanding til blanding har været 8.0%¹⁾. Sådanne uensartede resultater kan altså ikke uden videre anvendes, d. v. s. hvis ikke beregningerne skal blive for komplicerede for praksis, bør man enten kun støbe prøvelegemer af en blanding eller kun eet prøvelegeme af hver blanding.

Det vil dog ofte være vanskeligt at overholde denne regel, og i det følgende skal der derfor også angives tilnærmelsesformler for analyse af prøveresultater med to forskellige spredninger.

Hvis der f. eks. af hver blanding udtages 3 prøvelegemer, der ved prøvningen giver resultaterne $x_1 - x_2 - x_3$, kan man for hver blanding danne: Middeltallet: $m'_i = 1/3 \cdot (x_1 + x_2 + x_3)$ (7) og

$$\text{Spredningskvadratet: } s_i'^2 = \frac{1}{2} [(m'_i - x_1)^2 + (m'_i - x_2)^2 + (m'_i - x_3)^2] \quad (8)$$

hvor index i antyder, at der er tale om den i^{te} blanding.

Det sande spredningskvadrat s_t^2 for resultaterne indenfor en blanding kan med tilnærmelse beregnes som:

$$s_t'^2 = \frac{1}{p} \sum_i s_i'^2 \quad (9)$$

idet der er tale om p blandinger.

Middeltallene m'_i varierer fra blanding til blanding. Man beregner derfor også spredningskvadratet

$$s_b'^2 = \frac{1}{p-1} \sum_i (m'_o - m'_i)^2 \quad (10)$$

hvor m'_o er middeltallet af alle m'_i .

1) Ved amerikanske forsøg (39 L 2) har man fundet forholdet mellem spredningerne for prøver fra forskellige blandinger og for samme blanding til: ca. 1.50 efter 28 dage og ca. 2.50 efter 7 dage.

Da spredningerne s_t (indenfor samme blanding) og s_b (fra blanding til blanding) er statistisk uafhængige, er den samlede spredning s for alle n resultater bestemt af

$$s^2 = s_t^2 + s_b^2. \quad (11)$$

Tilsvarende dannes

$$s'^2 = s_t'^2 + s_b'^2 \quad (12)$$

Til slut skal man sammenligne den tilladelige styrke σ_b med størrelsen

$$m'_o - t' s'.$$

Faktoren t' afhænger her af fordelingslove, der er så komplicerede, at deres anvendelse i praksis ville være ret besværlig. Da imidlertid s_b betyder væsentlig mere end s_t , kan man let angive en tilnærmelsesformel, der vil være tilstrækkelig nøjagtig til den her foreliggende anvendelse. Tilnærmelsen består i, at $t' \cdot s'$ erstattes af

$$\sqrt{t'^2 \cdot s_t'^2 + t_b'^2 \cdot s_b'^2}$$

hvorved altså fås:

$$\sigma_b \leq m'_o - \sqrt{t'^2 \cdot s_t'^2 + t_b'^2 \cdot s_b'^2} \quad (13)$$

Værdierne for t_t' og t_b' kan tages fra tabel 4.

For t_b' skal man vælge den værdi, der svarer til $n=p$ enkeltforsøg, idet s_b' netop er bestemt ud fra p forskellige blandinger. Som tidligere omtalt svarer dette til $f=p-1$ frihedsgrader ved bestemmelsen af s_b' .

Herefter følger bestemmelsen af t_t' . De enkelte spredninger s_i' svarer til 2 frihedsgrader, da de er bestemt ud fra tre enkeltforsøg. Da $s_t'^2$ er bestemt som middeltal af p størrelser, hver med 2 frihedsgrader, har den ialt $f=2p$ frihedsgrader. Værdien for t_t' får man derfor, når man går ind i den nævnte tabel ved $f=2p$.

Har man f. eks. taget 3 prøver af hver af 4 blandinger, fås ($p=4$) $t_t' = 1,96$ og $t_b' = 2,63$.

3. Tilfælde, hvor man kan se bort fra spredningen.

For fuldstændighedens skyld bør det nævnes, at det for enkelte af de i tabel 1 anførte egenskaber gælder, at bygværket kan dimensioneres efter middelværdien m' uden hensyn til spredningen. Det har i så fald interesse at kende usikkerheden på bestemmelsen af m' . Denne er:

$$\frac{s'}{\sqrt{n}} \quad (14)$$

hvor n er antallet af prøvelegemer og s' bestemmes af formel (5).

I meget svære konstruktioner kan man også med hensyn til de øvrige egenskaber i tabel 1 f. eks.

styrken nøjes med at betragte middeltallet m' , men sådanne konstruktioner forekommer dog yderst sjældent her i landet.

Den i praksis optrædende spredning.

Til bedømmelse af rækkevidden af ovenstående vil det være af betydning at kende størrelsen af den spredning, der normalt optræder ved prøvning af betoneringer. Det foreliggende forsøgsmateriale er ikke bearbejdet tilstrækkeligt til, at man kan drage generelle slutninger herom, men følgende tal fra en svensk undersøgelse (42 T 1) (42 T 2) giver dog en interessant orientering:

TABEL 5.

Samme sats, klasse I beton:	$s=6,5\%$ af m
Forsk. » » I » , samme byggepl.: $s=8\%$ » m	
» » » III » » » : $s=15\%$ » m	
» » » III » , forsk. » : $s=22\%$ » m	

Spredningen af betonkvaliteten synes temmelig uafhængig af dennes cementindhold, og forskellen mellem klasse I og III skyldes derfor udelukkende forskellig omhu ved fremstillingen (homogeniseringen).

De i tabellen angivne spredninger er jo ingenlunde ubetydelige, og det vil sikkert forbygge mange, at man selv under øjensynlig ideale omstændigheder ikke kan komme under $s=6,5\%$ svarende til $\pm 26 \text{ kg/cm}^2$ for $m=400 \text{ kg/cm}^2$, og så må det endda erindres, at der næppe findes anledning til at tro, at tallene for det færdige bygværk er gunstigere.

De i tabel 5 angivne værdier for s svarer til 28 døgns styrkerne, medens de tilsvarende tal for 7 dages styrkerne er 10—20% højere, antagelig på grund af relativ større variationer i lagringsforholdene.

D. BEHANDLINGSMÅDENS OVERENSSTEMMELSE MED DEN FÆRDIGE KONSTRUKTIONS BEHANDLING

1. Komprimering og lagring.

Ved forskningsprøvning og anden sammenlignende prøvning anvender man som regel en standardiseret komprimerings- og lagringsmåde.

Ved kontrolprøvning forsøger man ofte, og som det f. eks. er foreslået i de nye danske jernbetonnormer, at anvende en behandlingsmåde, der skulle tilsikre en overensstemmelse med kvaliteten i det færdige bygværk.

Som det nærmere er motiveret i det følgende, tror jeg imidlertid ikke på, at det er muligt at sikre en sådan overensstemmelse.

Ved anvendelse af små repræsentative prøvelegemer, som man søger at komprimere og lagre

ligesom den færdige konstruktion, må man gøre sig klart, at det billede, man ved deres hjælp danner sig af kvaliteten og af homogeniteten af bygværket, *langt* fra er pålideligt, fordi der er så mange forhold i praksis, der ikke kan eftergøres ved prøvelegemerne.

Først og fremmest er det praktisk taget umuligt at efterligne komprimeringsforholdene, thi dels er udstøbningsmodstandene forskellige på grund af forskellig armeringstæthed, snæverhed af formen o. s. v., og dels kan man sjældent uden videre anvende de samme komprimeringsmetoder. (39—27) (42—1) (49—97).

Betonens styrke afhænger endvidere af fugtighedsforholdene under lagringen, og da der optræder en udtørring og dermed svind, når den relative fugtighed i den omgivende luft er under 100%, vil udtørringen og deraf følgende svindfænomener blive forskellige for prøvelegemet og konstruktionen, så meget mere som afgivelsen af fugtighed både med hensyn til mængde og hastighed er meget følsom for forholdet mellem rumfang og overflade.

De som følge af udtørringen og svindet opståede egenspændinger har meget stor indflydelse på den tilsyneladende styrke og kan ofte medføre, at man finder lavere værdier for bjælker efter 28 døgns forløb end efter 7 døgns forløb.

Betingelsen, for at prøvelegemet i denne henseende kan gøres identisk med den færdige konstruktion, opnås sikkert kun, såfremt begge dele vandlagres.

Endnu et forhold, som har stor betydning for styrkeudviklingen, er temperaturen. Da temperaturen i en betonkonstruktion ikke følger omgivelsernes temperatur, men i den første tid af betonens levetid ligger højere på grund af cementens egen varmeudvikling, spiller afvigelserne i dimensionerne for prøvelegemet og konstruktionen også her en væsentlig rolle, som er særlig betydningsfuld for svære konstruktioner, hvor temperaturen i de første døgn let kan stige op til 20 grader over omgivelsernes temperatur, uden at noget tilsvarende gør sig gældende for prøvelegemet. Denne temperaturstigning er afhængig af forholdet mellem rumfang og overflade, isolation o. s. v. Da temperaturens indflydelse er særlig udtalt, når betontemperaturen ligger lavere end $+10$ grader, får forholdet særlig betydning ved spinklere konstruktioner udstøbt om vinteren.

De fejl, man indfører ved de mange krumspring for at efterligne virkeligheden, er man på den ene side tilbøjelig til at underkende, ligesom man på den anden side glemmer, at de virkelige udførelsesfejl får man slet ikke med.

Man har på ganske anden måde et sikkert overblik over forholdene ved i stedet for de varierende kontrolprøver at anvende *standard*¹⁾ kontrolprøver, hvor man en gang for alle har fastlagt sin standard på en fornuftig måde, så resultaterne — med en forholdsvis ringe spredning — giver et pålideligt billede af den *middel*-kvalitet, der i gennemsnit vil opnås ved god praksis med de givne materialer.

De på denne måde opnåede resultater vil også stå i et langt mere konstant forhold til de *slut*-styrker, beton med tiden opnår, og som er dem, der har størst interesse.

Ved bestræbelser for at efterligne virkeligheden vil man højst sandsynligt risikere, at den styrke, der findes af (selv mange) prøvelegemer, afviger væsentligt og ensidigt fra den virkelige på grund af tilfældige forskelligheder under fremstilling o. s. v.

Man må endvidere se i øjnene, at kontrol med variationen (*spredningen*) i kvaliteten af det færdige bygværk *overhovedet ikke kan ske ved hjælp af små prøvelegemer*. De giver ifølge deres natur ikke noget som helst begreb om de svingninger i kvaliteten (*spredningen*), der forekommer på grund af uensartet *udførelse*, og disse svingninger²⁾ er tilmed i gennemsnit sikkert langt større end dem, der nu om stunder skyldes uensartetheder i materialerne.

Disse svingninger (*spredningen*) kan man *kun* få begreb om ved målinger på den færdige konstruktion.

Når man derfor, f. eks. ved den fremgangsmåde der er beskrevet ovenfor (side 16), skal bestemme den tilladelige betonstyrke ud fra forsøgsresultater med prøvelegemer, kommer man straks i vanskeligheder, idet den af forsøgene fundne spredning ikke kan forventes at være den samme som spredningen i det færdige bygværk.

Når det skal gå helt rigtigt til, kan altså den i det foregående skitserede metode til bestemmelse af 95%-grænsen kun anvendes, når prøveresultaterne stammer fra målinger på det færdige bygværk.

Sådanne målinger er det jo imidlertid — selv om egnede målemetoder fremkommer — ikke altid muligt at frembringe på de tidligste stadier af et arbejdes udførelse, hvor det endda netop er særlig væsentligt at kende middeltal og spredning.

I praksis vil det derfor ved projekteringen og på de første stadier af arbejdet være nødvendigt, at m' i formel (6) bestemmes ved hjælp af standard prøvelegemer, medens spredningen må bestem-

¹⁾ Medens man antagelig vil kunne klare sig med en standardmetode for håndkomprimering, vil det muligvis være nødvendigt at standardisere flere for mere effektive komprimeringsmetoder.

²⁾ Her tænkes også på fejl i f. eks. cement og vandafmålingen.

mes ved hjælp af erfaringer fra tidligere bygværker af samme art, og hvor man har anvendt samme metoder og materiel.

Først når en del af bygværket er støbt, passende hærdet og afformet, vil det ved direkte måling på dette være muligt på rette måde at fastlægge $t' \cdot s'$ samtidig med at man naturligvis foretager en kontrolbestemmelse af m' .

For fuldstændighedens skyld skal til afslutning her gøres opmærksom på, at selv om man kan opfinde alskens metoder, hvorved det vil være muligt at lade prøvelegemet efterligne det færdige bygværk, vil det utvivlsomt altid vise sig såre svært at forhindre, at entreprenøren ved kontrolprøvning »forkæler« sine prøvelegemer.

2. Prøvningens udførelse.

Ved de fleste materialer vil det være således, at den tilsyneladende styrke varierer ret meget med:

a. Belastningshastigheden.

For beton er den f. eks. proportional med logaritmen til belastningshastigheden og stiger ca. 30%, når belastningstilvæksten ændres fra $0,01 \text{ kg/cm}^2/\text{sek.}$ til $100 \text{ kg/cm}^2/\text{sek.}$ (33 K 1) (36 J 1). Til sammenligning tjener, at belastningstilvæksten ved sædvanlig trykprøvning andrager ca. 2—2,5 $\text{kg/cm}^2/\text{sek.}$, medens den jo ved den færdige konstruktion kan være betydelig mindre.

b. Udmattelsesgraden.

En enkelt belastning til brud giver naturligvis ikke oplysning om betonens udmattelsesstyrke overfor svingende eller langvarige påvirkninger.

Overfor svingende påvirkninger kan styrken efterhånden falde til ca. halvdelen af den normale 28 døgns styrke (34 G 3) (36 G 1) (38 B 1), og overfor langvarig belastning kan elasticitetskoefficienten ændres (40 W 1) (50 W 5).

Naturligvis kan disse forhold efterlignes ved særlige forsøg, men tilbage bliver i hvert fald vanskeligheden ved at definere omfanget af disse udmattelser i praksis. Der er jo stor forskel på f. eks. en dæmning, der er fuldt belastet altid, en etageadskillelse der kun sjældent når over egenvægten, og hvor svingningerne i den bevægelige belastning er minimale, og så f. eks. en betonvej eller startbane, hvor variationerne er store og mange.

c. Prøvningsalderen.

Af praktiske grunde er det som regel altid nødvendigt at prøve sine små prøver, længe før det færdige bygværk er kommet over barneårene. Og hvad ved man så om sammenhængen mellem et 28 døgns prøveresultat og bygværkets styrke den

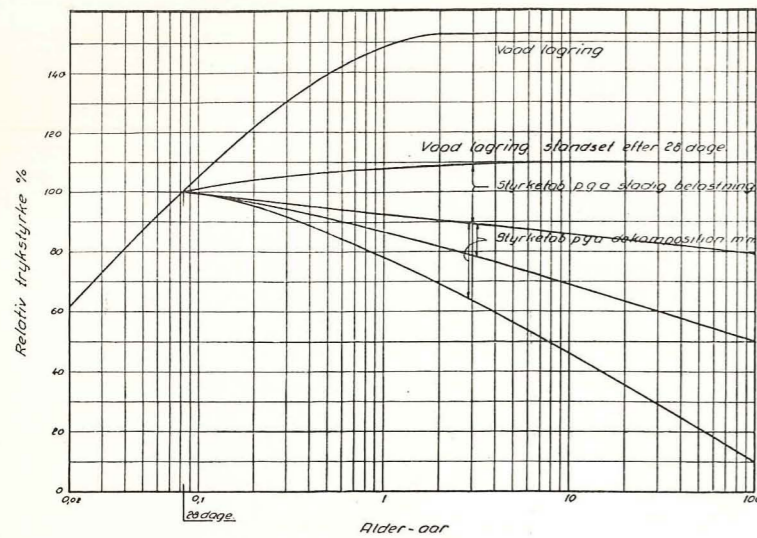


Fig. 7, sammenhæng mellem betonens alder og styrke således som den er konstateret ved en række ældre amerikanske betondæmninger.

dag, det senere i livet udsættes for maximal belastning? Det er faktisk ikke meget. Man ved, at styrken under gunstige vilkår senere kan vokse til indtil 150% af 28 døgns styrken, men også at den

endnu senere i særlig udsatte konstruktioner — som det f. eks. fremgår af fig. 7 — kan aftage til uhyggelig lidt. Så hvor gamle bør prøvelegemerne være?

DESTRUKTIV CONTRA NEUTRAL PRØVNING

Der behøves ikke mange ord for at klargøre, hvorfor den neutrale prøvning er den destruktive overlegen, således som disse principper er defineret på side 8—9.

Den destruktive prøvning anvendes ofte kun fordi man ikke har noget bedre. Man har dels for en række egenskabers vedkommende for tiden kun destruktive prøvemethoder, dette gælder f. eks. styrke og holdbarhed, og dels er de neutrale prøvemethoder, for så vidt de overhovedet er udviklet til

praktisk brug, som regel endnu for komplicerede og kostbare.

Hvis de neutrale målemethoder efterhånden kan simplificeres og billiggøres, taler alt for i videst mulig udstrækning at anvende dem, idet det forhold, at prøven bevares intakt, dels muliggør en meget væsentlig reduktion af prøve-antallet, og dels muliggør nøjagtigt at følge egenskaberne variation med tiden.

OM FREMTIDEN OG DEN DIREKTE PARTIELLE OG NEUTRALE PRØVNING

Det fremgår af det foregående, at man i alle henseender vil få de bedst mulige prøveresultater ved at *prøve den færdige konstruktion*, altså ved det, der er kaldt *direkte prøvning*.

Det er endvidere indlysende, at tid og økonomi som regel stiller sig i vejen for den *totale prøvning* af hele bygværket, og interessen har derfor i de senere år naturligt samlet sig om den næstbedste løsning, nemlig den *partielle prøvning* af det færdige bygværk.

Så længe man alene har kendt og kunnet anvende *destruktive metoder*, hvorved man enten ved prøvningen direkte beskadigede en mindre del af konstruktionen eller ved udkæring eller udboring

af prøvelegemer efterlod huller i denne, har dog forholdene ved den direkte partielle prøvning været ret tvivlsomme, og man har haft om muligt endnu større betænkeligheder og vanskeligheder end ved de selvstændige prøvelegemer med at fremskaffe så mange prøver, at man turde forlade sig på, at resultatet var repræsentativt.

Da de hidtil anvendte udtagningsmetoder endda tilmed ofte synes at have beskadiget prøverne, idet man af udborede prøver fra veje tit finder langt lavere styrker end fra prøver udkåret af større elementer, er der al anledning til at se sig om efter en bedre løsning.

En sådan bedre løsning synes den *direkte partielle, neutrale prøvning* at være.

Af litteraturen fra de senere år fremgår, at mange kræfter er sat ind på at udarbejde neutrale prøvemethoder (46 S 4) (48 J 5) (49 J 1) (49 J 2) (49 O 5), som koncentrerer sig om bestemmelsen af materialernes elasticitet ved hjælp af f. eks. lyd-bølgers forplantningshastighed.

For ganske nylig har da også afdelingsingeniør cand. polyt. *Johs. Andersen* ved Statsprøveanstalten taget initiativet til, at der på *Lydteknisk Laboratorium* er blevet udviklet et meget fint apparat til dette formål, som netop har været beskrevet i »Ingeniøren« (50 F 1), og med hvilket der i den sidste tid bl. a. med støtte fra Statens Byggeforskningsinstitut er udført en lang række forsøgsmålinger, der, som det fremgår af den snart udkommende rapport nr. 3, har vist sig at være velegnet ikke alene til prøvning af små legemer, men også til direkte partiel prøvning af større bygværker (50 A 6).

Som det nærmere fremgår af den kommende rapport, synes der at være en nær sammenhæng såvel mellem de prøvede materials styrke og lyd-hastighed som mellem holdbarheden og lyd-hastigheden, og hermed er altså f. eks. for betonens

vedkommende i almindelighed de to vigtigste egenskaber »dækket«. Man må så håbe, at fremtiden vil bringe andre neutrale metoder svarende til materialernes øvrige egenskaber.

Mod lyd-hastighetsmetoden såvel som mod de øvrige fremkomne neutrale målemethoder kan naturligvis, når den skal sammenlignes med den totale direkte prøvning, anføres, at den ikke måler de vigtigste egenskaber umiddelbart, men via elasticitetskoefficienten, og at der, når metoden skal bruges i større målestok i praksis kun er en *repræsentativ* metode, med deraf følgende usikkerhed.

Da intet forhindrer, at man i tvivlstilfælde gentager målingerne, og da man jo kan lægge sine »målelinier« så tæt man vil, og på hvad led man vil, er denne indvending dog nærmest af akademisk karakter.

Da metoden ved eksperimentalt brug i løbet af få år endvidere vil være i stand til at skaffe de oplysninger om den faktiske kvalitets-homogenitet i det færdige bygværk, som ønskes fra så mange sider og af så mange grunde, er der al anledning til at imødesee dens praktiske brug med stor interesse.

LITTERATURFORTEGNELSE

- (15 B 1) Versuche zum Vergleich der Würfelfestigkeit des Betons zu der im Bauwerk erzielten Festigkeit. O. Berndt og E. Preuss. Deutscher Ausschuss für Eisenbeton. Berlin 1915. Hefte 36 (55 sider).
- (25 S 1) Der Eisenbeton. R. Saliger, 5th, Edition, Berlin 1925. (page 40).
- (30 G 7) Effect of size and shape of Test Specimen on Compressive Strength of Concrete, H. F. Gonnermann, Bulletin no. 16, Structural Research Laboratory, Lewis Institute, Chicago.
- (33 K 1) Effect of the Speed of Loading on the Modulus of Rupture of Plain Concrete. A. J. Klettke, D. W. Webster and F. P. White. Thesis for B. S. Degree. University of Wisconsin 1933.
- (33 R 3) Mass Concrete as Affected by Size of Aggregate and Related Factors. Arthur Ruettgers. Proc. A. C. I. Detroit. Sept./Oct. 1933. Vol. 30. Page 27.
- (34 G 3) Versuche zur Ermittlung der Widerstandsfähigkeit von Beton gegen oftmals wiederholte Druckbelastung. O. Graf and E. Brenner. D.A.f.E. Part I.: Berlin 1934. Heft 76 (13 pages). Part II.: Berlin 1936. Heft 83 (12 pages).
- (35 F 1) The Fiducial Argument in Statistical Inference. R. A. Fisher. Ann. of Eugenics. 1935. Vol. 6. Pag. 391—98.
- (36 D 2) Effect of Departure from Planeness of Bearing Surfaces on the Compressive Strength of 2-in. Mortar Cubes. J. R. Dwyer. Proc. A.S.T.M. Philadelphia. 1936. Vol. 36. Part II. Page 351.
- (36 G 1) Versuche über den Einfluss langdauernder Belastung auf die Formänderungen und auf die Druckfestigkeit von Beton- und Eisenbetonsäulen. O. Graf. D.A.f.E. Berlin 1936. Heft. 83. 11 pages.
- (36 J 1) The Effect of Testing Speed on Strength and Elastic Properties of Concrete. P. A. Jones and F. E. Richart. Proc. A.S.T.M. Philadelphia. 1936. Vol. 36. Part II. Pag. 380—392. With list of literature.
- (37—14) D.I.N. 1048: Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton. Teil B: Bestimmungen für Steifeprüfungen und für Druckversuche an Würfeln bei Ausführung von Bauwerken aus Beton und Stahlbeton. 3. Edition. Berlin. October 1937.
- (38 B 1) Reinforced Concrete Pavements. Royall-D. Bradbury. Wire Reinforcement Institute. Washington D. C. 1938. (190 s.).
- (38 G 4) Effect of Type of Test Specimen and Gradation of Aggregate on Compressive Strength of Concrete. Tibor Gyengo. Proc. A. C. I. Detroit. Jan./Febr. 1938. Vol. 34. Page 269.
- (38 S 3) Determining Concrete Strength for Control of Concrete in Structures, B. G. Skramtajew. Proc. A. C. I. Detroit, Jan.-Febr. 1938, Vol. 34, page 285—303, Discussion page 304—1.
- (39—26) Regler for utførelse av arbeider i cement betong. N.S. 427. Den norske Ingeniørforening. Oslo 1939.
- (39—27) Regler for prøvning av betongsand, betonggrus, betongstein og betong. N.S. 429. Den norske Ingeniørforening. Oslo 1939.
- (39 L 2) A Statistical Analysis of Compression Tests on Mortar Cylinders, Cubes and Prisms. H. W. Leawitt and H. A. Pratt. Proc. A. S. T. M. Phil 1939 Wol. 39 Part II Pages 851—59.
- (40 S 3) Concrete Strength Control in Structures. Skramtajew. Kiev 1940.
- (40 W 1) Comparison of the Physical and Mechanical Properties of Hand-Rodded and Vibrated Concrete Made With Different Cements. G. W. Washa. Proc. A. C. I. Detroit. June 1940. Vol. 36. Page 617.
- (41 T 6) Statistical Theory of the Effect of Dimensions and of Methods of Loading upon Modulus of Rupture of Beams. J. Tucker Jr. Proc. A.S.T.M. Philadelphia. 1941. Vol. 41. Page 1072.
- (42—1) Betongtekniska Anvisningar No. 6. Provtagning och Provning av betong. Statens Industriekammer. Betongtekniska byrån. Stockholm 1942. Seclig. 29 pages.
- (42 T 1) Om provning av betongs hållfasthet. Nils Tengvik. Betong. Stockholm 1942. Vol. 27. Heft. II. Pag. 106—113.
- (42 T 2) Hållfasthetsspridning hos betong. Nils Tengvik. Betong. Stockholm 1942. Vol. 27. Heft. 4. Pag. 247—259.
- (43—14) Report on Significance of Tests of Concrete and Concrete Aggregates. Philadelphia. 1943. Second Edition. American Society for Testing Materials. 170 pages. With 251 references to literature.
- (43 E 1) Feststellung der Betongüte an fertigen Bauwerken. C. A. Einbeck. Bauwelt. Berlin. 15. June 1943. Heft 17/18. Pages 159—61.
- (43 N 1) Inverkan av tryckytornas Beskaffenhet på Kubhållfastheten hos betong. Per Nycander. Statens Provninganstalt. Stockholm 1943. Meddelande No. 91. 10 pages. Eller: Betong. Stockholm 1942. Heft 4. Pag. 237—46.
- (44 F 4) Hållfasthetsbestämning hos betong medelst slag- och borrhprov. (Determination of Concrete Strength by Means of Shock and Drill Tests). Erik Forslind. Stockholm. 1944. Meddelanden Nr. 2. 20 pages. With 9 references to literature.
- (44 K 3) A Limited Investigation of Capping Materials for Concrete Test Specimens. Thomas B. Kennedy. Proc. ACI. Detroit. November 1944. Vol. 41. Pages 117—126.
- (44 R 2) Shape, Size and Shrinkage. A. D. Ross. Concrete and Constr. Eng. Vol. 39. London. Aug. 1944. Page 193.
- (44 S 1) Erfahrungen mit dem Kugeldruckverfahren von Gaede zur Bestimmung der Betonfestigkeit im Bauwerk. A. Spilker. Beton und Stahlbetonbau. Berlin. March the 15 th. 1944. Vol. 43. Heft 5/6. Pag. 31—33. With list of literature.
- (45 M 6) Effect of Type of Test Specimen on Apparent Compressive Strength of Concrete. Bryant Mather. Proc. A.S.T.M. Philadelphia. 1945. Vol. 45. Page 811. See discussion by J. Tucker on page 952. (45 T 3).
- (45 P 1) Prøvning af Beton. Niels M. Plum. Ingeniøren. Copenhagen, June 2nd. 1945. Vol. 54. No. 22. Pages B. 61-B. 72.
- (45 T 2) Effect of Length on the Strenght of Compression Test Specimens. J. Tucker, Jr. Proc. A. S. T. M. Philadelphia, 1945. Vol. 45. Page 976.
- (45 T 3) Effect of Dimensions of Specimens upon the Precision of Strength Data. J. Tucker, Jr. Proc. A.S.T.M. Philadelphia. 1945. Vol. 45. Page 952. Discussion of paper on page 811. (45 M 6).
- (46 K 9) Influence of the Gauge-length and shape of test-pieces upon the elongation at fracture. A. Krupkowski and J. Wantuchowski. Ann. de l'Académie Polonaise des Sciences Techniques. Warszawa. 1946. Vol. VII (1939—1945) excerpt 40 pages.
- (46 M 6) Considérations théoriques sur la granulométrie discontinue. M. Mary. Bull. Serv. Techn. Gds Barrages. January 1946 and October 1946. No. 8. Pages 10—17 and No. 11. Pages 13—7.
- (46 S 4) Ickeförstörande Materialkontroll inom Byggnadsindustrin. H. Swedenborg. Betong. Stockholm. 1946. Vol. 31. No. 2. Pages 146—160.
- (47 D 12) Introduction des Probabilités dans le domaine de la résistance des matériaux. M. Maurice Dumas. Annales des Ponts et Chaussées. Paris. Sept.-Oct. 1947. Vol. 117. No. 5. Pages 693—698.
- (47 V 2) Betragtninger og Undersøgelser over Modelforsøg. Helmut Vogt. Bygningsstatistiske Meddelelser. Copenhagen. 1947. Vol. XVIII. No. 3. Pages 43—60. With 5 references to literature.
- (48—78) Symposium on Usefulness and Limitations of Samples. (Fifty-First Annual Meeting ASTM, Detroit, June 1948). American Society for Testing Materials. Proc. Philadelphia. 1948. Vol. 48. Reprint 39 pages. With 21 references to literature.
- (48 F 8) Relative Strenghts of Portland Cement Mortar in Bending Under Various Loading Conditions. J. P. Frankel. Proc. A. C. I. Detroit. September 1948. Vol. 45. Pages 21—32. With 3 references to literature. Discussion by J. Tucker, Proc. ACI. June 1949. Vol. 45. Pages 32-1—32-6.
- (48 H 25) Statistiske Metoder. A. Hald. Den private Ingeniørfond. København 1948. 654 sider.
- (48 J 5) The application of ultrasonics to the testing of concrete. R. Jones. Research. London. May 1948. Vol. 1. No. 8. Pages 383—384. With 3 references to literature.
- (48 M 6) Sawing and Cutting Concrete Specimens. Mark Morris. Proc. ACI. Detroit. June 1948. Vol. 44. Pages 1057—1058.
- (49—97) Dansk Ingeniørforenings Normer for Bygningskonstruktioner. 2. Beton- og Jernbetonkonstruktioner. Dansk Ingeniørforening. Copenhagen. June 1949. 1. Edition. DS. 411. The Danish Standards Association. 60 pages.
- (49 A 9) Fabrikingeniøren og Modellæren. Lighedannethedsprincippet i letfattelig fremstilling og belyst ved tekniske eksempler. (Forelæsninger på DTH 1949). A. H. M. Andreassen. Kemisk Maanedssblad og Nordisk Handelsblad for kemisk Industri. Copenhagen. 1949. No. 3. Reprint 38 pages.
- (49 J 1) A Non-Destructive Method of Testing Concrete during Hardening. R. Jones. Concrete and Constructional Engineering. London. April 1949. Vol. XLIV. No. 4. Pages 127—129. With 1 reference to literature.
- (49 J 2) The non-destructive Testing of Concrete. R. Jones. Magazine of Concrete Research. No. 2. Pages 67—76. London juni 1949.
- (49 K 8) Testing of hardened concrete in structures without removing specimens. (Zur Frage der zerstörungsfreien Prüfung von Beton im fertigen Bauwerk). A. Kleinlogel. Betonsteinszeitung. Wiesbaden. 1949. No. 2. Pages 17—21.
- (49 M 11) The x-ray examination of concrete. L. Mullins and H. M. Pearson. Civil Engineering. P. W. Rev. London. May 1949. Vol. 44. No. 515. Pages 256—258.
- (49 O 5) Icke-förstörande provningsmetoder och deras användning. L. van Ouwerkerk. Tekn. Tidskr. Stockholm. June 1949. Vol. 79. No. 23. Pages 435—440. With 45 references to literature.
- (49 P 3) Essais Statistiques sur Mortiers et Bétons. M. Marcel Prot. Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. (Nouvelle série). Paris. July-August 1949. No. 81. Béton. Béton Armé No. 8. Pages 1—38
- (49 R 10) Quelques Méthodes d'études sur modèles Réduits en Résistance des Matériaux. M. Jean Raud. Ann. de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. Paris. January 1949. No. 60. Nouvelle série. Essais et Mesures No. 7. 28 pages. Contd. in March-April 1949, No. 67, Nouvelle série, Essais et Mesures No. 8. 56 pages.
- (50 A 6) The Non-Destructive Testing of Concrete with Special Reference to the Wave-Velocity Method. J. Andersen, P. Nerenst og N. M. Plum. Report nr. 3, The Danish National Institute of Building Research. København 1950.
- (50 F 1) En dynamisk metode til bestemmelse af lydshastighed i faste stoffer. J. Foss Brink. Ingeniøren, Copenhagen. January the 14th. 1950. Vol. 59. No. 2. Pages 50—54. With 3 references to literature.
- (50 W 5) Effect of Sustained Loading on Compressive Strength and Modulus of Elasticity of Concrete. G. W. Washa and P. G. Fluck Proc. A. C. I. Detroit. May 1950. Vol. 46. Pages 693—700.

Årsberetninger

om Institutets virksomhed og administration.

Nr. 1 for finansåret 1947—48.

Nr. 2 for finansåret 1948—49.

De med pris forsynede publikationer kan fås gennem boghandelen eller Teknisk Forlag, Vester Farimagsgade 29, København V.

Annual Reports

on the activities and management of the Institute.

No. 1: Report on the Activities of the Institute in the Fiscal Year of 1947—48 (English issue). (Out of print).

No. 2: Report on the Activities of the Institute in the Fiscal Year of 1948—49 (English issue).

The publications for sale may be obtained through our publishers Teknisk Forlag, 29 Vester Farimagsgade, Copenhagen V, Denmark.

ANDRE SKANDINAVISKE PUBLIKATIONER

Publications from Building Research Institutes in other Scandinavian countries.

De nordiske landes byggeforskningsorganer søger gennem et samarbejde at koordinere deres bestræbelser, og publikationer fra det ene land kan således ofte have værdi i det andet. Efter fælles aftale bringes her en liste over publikationer indenfor byggeforskningsområdet fra andre skandinaviske lande. De vil normalt kunne fås gennem boghandelen.

Udgivet af: STATENS KOMMITTÉ FÖR BYGGNADSFORSKNING, Stockholm.

Published by: The Swedish State Committee for Building Research.

Meddelanden (Bulletins)

No. 1: *Tengvik, Nils*. Byggnadsforskningen i Sverige. En sammanställning. (Building Research in Sweden. A Summary.) Stockholm 1945. 234 p. Sv. kr. 3:—.

No. 2: *Friberger, Erik*. Mekaniserad bostadsproduktion. En- och tvåvåningshus. (Mechanized Production of Standardized Building Units for One and Two Storied Houses.) Stockholm 1945. 51 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 3: *Nylander, Henrik*. Vridning och vridningsinspänning vid betongkonstruktioner. (Torsion and Torsional Restraint in Concrete Structures.) Stockholm 1945. 138 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 4: *Dickson, Harald*. Byggnadskostnader och byggnadsmaterialmarknader. Studier rörande utvecklingen i Sverige. (Building Costs and Building Material Markets. Study of Development in Sweden.) Stockholm 1946. 80 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 5: *Jacobsson, Meise*. Byggnadsmaterialens transporter. Studier av metoder och kostnader. (Transport of Building Materials. Study of Methods and Costs.) Stockholm 1946. 153 p. Sv. kr. 4:—.

No. 6: *Nycander, Per*. Värmeisolering och kondensering hos fönster. Inverkan av glasavstånd och ventilation mellan glasen. (Heat Transmission and Condensation of Double Windows. Dependence of the Distance between the Panes and the Ventilation between them.) Stockholm 1946. 29 p. (Utgången. Se även *Övriga publicerade arbeten*. — Out of print. See also *Other Works Published*.)

No. 7: *Ludvigson, Birger*. Beräkning av ramar och bågar enligt primärmomentmetoden. (Analysis of Frames and Arches by the Method of Primary Moments.) Stockholm 1946. 112 p. Sv. kr. 6:—.

No. 8: *Wästlund, Georg* and *Bergman, Sten G. A.* Buckling of Webs in Deep Steel I Girders. Stockholm 1947. 206 p. Sv. kr. 6:—.

No. 9: *Brüel, Per*. Akustiska mätmetoder. (Methods of Acoustical Measurement.) Stockholm 1947. 22 p. Sv. kr. 3:—.

No. 10: *Schütz, Fredrik*. Isoleringsförmåga hos asfalt mot fukt, vattentryck och vattenånga. (Properties of Asphalt Insulation from Moisture, Water Pressure and Water Vapour.) Stockholm 1947. 93 p. Sv. kr. 5:—.

No. 11: *Danielsson, Hilmer J.* och *Jacobsson, Meise*. Byggnadssätt och byggnadskostnader i Stockholm 1883—1939. (Building Methods and Building Costs in Stockholm 1883—1939.) Stockholm 1948. 100 p. Sv. kr. 5:—.

No. 12: *Reinius, Erling*. The Stability of the Upstream Slope of Earth Dams. Stockholm 1948. 107 p. Sv. kr. 6:—.

No. 13: *Jacobsson, Meise*. Arbetsvirke till bostadshus av sten. (Timber for Temporary Use when Building Dwelling Houses of Brick or Concrete.) Stockholm 1949. 115 p. Sv. kr. 5:—.

No. 14: *Rosenström, Sten*. Svensk husbyggnadsteknisk litteratur. Sammandrag från åren 1944—1948. Stockholm 1949. 148 p. Sv. kr. 3:—.

No. 15: *Rydberg, John* och *Arnell, Åke*. Ventilationens storlek i bostäder. (The Rate of Ventilation in Dwellings.) Stockholm 1949. 82 p. Sv. kr. 5:—.

No. 16: *Andersson, Börje* och *Nylén, Paul*. Färger för målning av trä utomhus. (Exterior House Paints.) Stockholm 1950. 87 p. Sv. kr. 5:—.

No. 17: *Jacobsson, Meise*. Arbetsteknik vid egentliga byggnadsarbeten för bostadshus. (Organization and Working Methods in Dwelling House Construction.) Stockholm 1950. 243 p. Sv. kr. 7:—.

Under tryckning — In press

Kreuger, Harry. Byggnadsteknisk ljusekonomi. (Economics of Interior Lighting with Reference to Building Constructions.)

Rapporter (Reports)

No. 1: *Gemmel, Christer* och *Tengvik, Nils*. Om kondensation och annan fuktbildning i byggnader. (Condensation and Other Forms of Dampness in Buildings.) Stockholm 1944. 14 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 2: *Gemmel, Christer*. Fabrikstillverkade byggnader och byggnadselement. Litteraturförteckning. (Prefabricated Buildings and Building Units. Bibliography.) Stockholm 1944. 10 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 3: *Norrefeldt, Eric*. Tyska normer och tysk forskning rörande spikförband. (Nailed Joint Specifications and Research in Germany.) Stockholm 1945. 40 p. Sv. kr. 3:—.

No. 4: *Ingelstam, Erik*. Möjligheterna för grundundersökningar medelst ekolodning. En teoretisk utredning. (Possibilities of Soil Examination by Echo Sounding.) Stockholm 1945. 13 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 5: Fuktproblem inom byggnadstekniken. Diskussionsinlägg vid en konferens den 23 april 1945. (Discussion of Dampness Problems in Building Construction.) 47 p. Sv. kr. 3:—.

No. 6: Om viltryck vid jordtrycksberäkningar. Diskussionsinlägg vid en konferens den 28 maj 1945. (Discussion of Static Pressure in Calculations of Soil Pressure.) 19 p. Sv. kr. 3:—.

No. 7: *Karlén, Ingvar*. Byggnadsindustriens rationalisering. En litteraturförteckning. (Rationalization in Building Industry. Bibliography.) Stockholm 1945. 112 p. Sv. kr. 6:—.

No. 8: *Ronge, Hans*. Fysiologiska och tekniska frågor vid artificiell belysning. En orientering med litteraturförteckning. (Physiological and Engineering Problems of Artificial Illumination. Summary with References and Abstracts.) Stockholm 1945. 46 p. Sv. kr. 3:—.

No. 9: *Ahlberg, Carl-Fredrik*. Bostadens funktioner och utformning. Förberedande studier samt förslag till forskningsprogram. (Design and Function of Dwellings. Introductory Studies and Tentative Research Programme.) Stockholm 1945. 67 p. Sv. kr. 3:—.

No. 10: *Pleijel, Gunnar* och *Lindqvist, Nils*. Dagsljus. En orientering med litteraturförteckning. (Daylight. Summary with References and Abstracts.) Stockholm 1947. 67 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 11: *Björsten, Göran*. Normer och forskning i USA rörande spikförband. (Nailed Joint Specifications and Research in USA.) Stockholm 1947. 41 p. Sv. kr. 3:—.

No. 12: *Ingelstam, Erik* och *Walderyd, Karl-Erik*. Studier rörande läverkan. Modellförsök avseende olika bebyggelse. (Studies of Leeside Effect. Model Tests.) Stockholm 1947. 13 p. Sv. kr. 3:—.

No. 13: *Pleijel, Gunnar* och *Lindqvist, Nils*. Dagsljuslitteratur. Komplement till rapport nr. 10. (Daylight Bibliography. Supplement to report no. 10.)

ment to Report No. 10.) Stockholm 1947. 85 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 14: *Odenstad, Sten*. Belastningsförsök på lera. Praktiska och teoretiska undersökningar. (Loading Tests on Clay.) Stockholm 1947. 17 p. Sv. kr. 3:—.

No. 15: *Haag, Sture*. Byggnadsindustrins rationalisering. En orientering. (Rationalization in Building Industry. A Summary.) Stockholm 1948. 32 p. Sv. kr. 3:—.

No. 16: *Forbat, Fred*. Utvecklingsprognos för en medelstor stad. En studie över näringsliv, befolkning och bostäder i Skövde. (A Prognosis for the Development of an Average Sized Town. A Study of the Economic Life, Population and Housing in Skövde.) Stockholm 1949. 90 p. (Utgången. — Out of print.)

No. 17: *Plejfel, Gunnar*. Daylight Investigation. Description of Test Set-Up and Results of Selected Test Series. Stockholm 1949. 67 p. Sv. kr. 3:—.

No. 18: *Forbat, Fred*. Utvecklingsprognos för en medelstor stad. En studie över näringsliv, befolkning och bostäder i Skövde. (A Prognosis for the Development of an Average Sized Town. A Study of the Economic Life, Population and Housing in Skövde.) Stockholm 1949. 94 p. Sv. kr. 6:—.

No. 19: *Jacobsson, Meise och Bjursten, Göran*. Arbetstider vid valvformar av trä. (Working Times on Timber Formwork for Concrete Slabs.) Stockholm 1949. 23 p. Sv. kr. 3:—.

Övriga publicerade arbeten (Other Works Published)

Undersökningar helt eller delvis bekostade av Kommittén och publicerade av andra institutioner (Investigations subsidized by the Committee and published by other institutions).

Bergström, Moje och Johannesson, Paul. Utexperimentering av normalt typ för branddörrar. Statens provningsanstalts Meddelande nr. 105. (Tests for Establishing a Standard Type of Fireproof Doors. Bulletin No. 105 of the Swedish Government Testing Institute.) Stockholm 1948. 35 p. Sv. kr. 3:—.

Brüel, Per V. Lydisolationsmålningar i byggnader. Chalmers Tekniska Högskolas Handling nr. 86. (Transaction No. 86 of Chalmers University of Technology.) Göteborg 1949. 191 p. Sv. kr. 12:—.

Eggwertz, Sigge. Theory of Elasticity for Thin Circular Cylindrical Shells. Kungl. Tekniska Högskolans Handling nr. 9. (Transaction No. 9 of the Royal Institute of Technology.) Stockholm 1947. 26 p. Sv. kr. 2:—.

Granhölm, Hjalmar. Beräkning av hängbroar. Del I. Chalmers Tekniska Högskolas Handling nr. 22. (Design of Suspension Bridges. Vol. I. Transaction No. 22 of Chalmers University of Technology.) Göteborg 1943. 206 p. Sv. kr. 9:—.

Granhölm, Hjalmar. Beräkning av hängbroar. Del II. Chalmers Tekniska Högskolas Handling nr. 46. (Design of Suspension Bridges. Vol. II. Transaction No. 46 of Chalmers University of Technology.) Göteborg 1945. 111 p. Sv. kr. 6:50.

Granhölm, Hjalmar. Om sammansatta balkar och pelare med särskild hänsyn till spikade träkonstruktioner. Chalmers Tekniska

Högskolas Handling nr. 88. (On Composite Beams and Columns with Particular Regard to Nailed Timber Structures. Transaction No. 88 of Chalmers University of Technology.) Göteborg 1949. 214 p. Sv. kr. 12:—.

Johannesson, Paul. Redogörelse för några utförda provningar av branddörrar. Statens provningsanstalts Meddelande nr. 94. (Account of some Tests of Fire-Doors. Bulletin No. 94 of the Swedish Government Testing Institute.) Stockholm 1944. 19 p. Sv. kr. 1:25.

Johansson, Carl Hugo. Theoretical Investigation of the Effect of Capillary Suction on Transfer of Moisture in Hygroscopic Materials. Kungl. Tekniska Högskolans Handling nr. 20. (Transaction No. 20 of the Royal Institute of Technology.) Stockholm 1948. 16 p. Sv. kr. 2:—.

Nielsen, Knud E. C. Investigation of Load Distribution between Reinforced Concrete Slabs and Their Formwork. Preliminary Report. Svenska Forskningsinstitutets för Cement och Betong Meddelande nr. 19. (Bulletin No. 19 of the Swedish Cement and Concrete Research Institute.) Stockholm 1949. 15 p. Sv. kr. 2:50.

Nycander, Per. Värmeisolering och kondensering hos fönster. Inverkan av glasavstånd och ventilation mellan glasen. Statens provningsanstalts Meddelande nr. 96. (Heat Transmission and Condensation of Double Windows. Dependence on the Distance between the Panes and on the Ventilation between them. Bulletin No. 96 of the Swedish Government Testing Institute.) Stockholm 1946. 29 p. Sv. kr. 2:—.

Ronge, Hans. Ultraviolet Irradiation with Artificial Illumination. A Technical, Physiological and Hygienic Study. (Acta Physiologica Scandinavica. Vol. 15. Suppl. 49.) Stockholm 1948. 192 p. Sv. kr. 12:—.

Thunell, Bertil och Elken, Ella. Värmebehandling av trä för minskning av svällning och krympning. Svenska Träforskningsinstitutets Meddelande nr. 18. (Heat Treatment for Minimizing Wood Swelling and Shrinkage. Bulletin No. 18 of the Swedish Forest Products Research Laboratory.) Stockholm 1948. 23 p.

Wästlund, Georg och Bergström, Sven G. Buckling of Compressed Steel Members. Kungl. Tekniska Högskolans Handling nr. 30. (Transaction No. 30 of the Royal Institute of Technology.) Stockholm 1949. 172 p. Sv. kr. 10:—.

Wästlund, Georg och Eriksson, Anders. Undersökningar av betongbeläggnings motståndsförmåga mot avnötning samt åtgärder till förhindrande av dammbildning. Svenska Forskningsinstitutets för Cement och Betong Handling nr. 5 (s). (Wear Resistance Tests on Concrete Floors and Methods of Dust Revention. Proceeding No. 5 (e) of the Swedish Cement and Concrete Research Institute.) Stockholm 1945. 53 p. Sv. kr. 5:—.

Örbom, Björn. Högvärdigt stål som armering i betongbalkar. Förankring, skarvning, sprickbildning. Statens provningsanstalts Meddelande nr. 103. (High-Grade Steel as Reinforcement in Concrete Beams. Anchorage, Jointed Bars, Crack Formation. Bulletin No. 103 of the Swedish Government Testing Institute.) Stockholm 1948. 46 p. Sv. kr. 3:—.

Udgivet af: BYGGSTANDARDISERINGEN, Stockholm.

Published by: The Building Section of the Swedish Standards Association.

Thunell, Bertil. Trä, dess byggnad och felaktigheter. (Wood, its Construction and Defects.) Stockholm 1945. 103 p. Sv. kr. 6:—.

Bergvall, Lennart och Dahlberg, Erik. Byggstandardiseringens Modulutredning. (Report on Modular Coordination.) Stockholm 1946. 89 p. Sv. kr. 10:—.

(The text is also available in an English translation, but without illustrations and diagrams. It must therefore be studied together with the Swedish edition. 79 p. Sv. kr. 12:50.)

Österberg, David. Modulmurning med betonghålstén. (Modular Masonry with Hollow Concrete Blocks.) Stockholm 1947. 12 p. Sv. kr. 1:—.

Österberg, David och Heimbürger, Gunnar. Modulmurning med lättbetong. (Modular Masonry with Light Weight Concrete.) Stockholm 1947. 22 p. Sv. kr. 2:—.

Österberg, David. Modulmurning med tegel. (Modular Masonry with Bricks.) Stockholm 1947. 16 p. Sv. kr. 1:—.

Österberg, David. Modulsättning med keramiska plattor. (Modular Laying with Ceramic Plates.) Stockholm 1949. 12 p. Sv. kr. 1:50.

Endvidere har Byggstandardiseringen udsendt et stort antal svenske standarder for byggeriet.