

# BETONMATERIALER MED DISKONTINUERTE KORNKURVER

NIELS MUNK PLUM

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

ex. 5 00826 P  
20 JULI 1988

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT SÆRTRYK NR. 54

I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG KØBENHAVN 1955

# STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

(The Danish National Institute of Building Research)

Borgergade 20, København K. Telefon 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

Fortegnelsen omfatter kun de ved denne publikations fremkomst endnu ikke udsolgte publikationer. En komplet fortegnelse kan fås ved henvendelse til Instituttet.

### Rapporter

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

Nr. 1: *Økonomisk varmeisolering*, Poul Becher. 1949. 61 s. A<sub>4</sub>. Kr. 7,—. 2. udgave 1950.

Nr. 4: *Testing of 11 Danish Concrete Mixers*, Johs. Andersen, Per Bredsdorff, Niels H. Krarup, K. Malmstedt-Andersen, Poul Nerenst and Niels M. Plum. 1951. 236 s. A<sub>4</sub>. Kr. 25,—.

Nr. 7: *Dæk og huse*, Niels M. Plum. 1. del: Tekst, 178 s. 2. del: Figurer, 46 s. 1952. A<sub>4</sub>. Kr. 20,—.

Nr. 10: *Trommelyd, undersøgelse over støj fra gulve*, F. Larris. 1952. 28 s. A<sub>5</sub>. Kr. 2,50.

Nr. 11: *Mørteltilsætningsstoffer til brug ved vinterbyggeri*, Henry Dührkop. 1953. 40 s. A<sub>4</sub>. Kr. 3,—.

Nr. 12: *Luftlyd i beboelsesejendomme*, Fritz Ingerslev og Jørgen Petersen. 1954. 40 s. A<sub>4</sub>. Kr. 7,—.

### Studier

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

Nr. 3: *The Predetermination of Water Requirement and Optimum Grading of Concrete under Various Conditions*, Niels M. Plum. 1950. 96 s. A<sub>4</sub>. Kr. 15,—.

Nr. 9: *Hvilken murstens- og blokstørrelse kræver mindst arbejdstid ved opmuringen?*, Niels M. Plum og Birger Warris. 1952. 26 s. A<sub>4</sub>. Kr. 3,—.

Nr. 11: *Brandtekniske fejl og mangler i bygninger*, H. Hoeg. 1954. 20 s. A<sub>4</sub>. Kr. 3,—.

Nr. 13: *Armeringsstål med høj flydegrænse*, Axel Efsen. 1954. 48 s. A<sub>4</sub>. Kr. 6,—.

Nr. 14: *Fejl og mangler i forbindelse med bygningsmaling*, Svend Andersen og K. K. Raaschou Nielsen. 1954. 25 s. A<sub>4</sub>. Kr. 3,—.

## BETONMATERIALER med diskontinuerte kornkurver

Af  
civilingeniør Niels Munk Plum

### INDLEDNING

666.972.12

Blandt betonteknologer har man i årtier diskuteret, om kontinuerte eller diskontinuerte kornkurver var mest hensigtsmæssige. (15 M 1), (18 E 1), (27 G 3), (31 F 1), (36 P 1), (38 F 1), (39 B 1), (42 F 1), (46 V 1), (48 B 9), (48 J 8), (48 P 4), (48 V 2) og (49-44). Skal man dømme efter forskrifterne i normer eller særlige specifikationer, ser det ud til, at der nu næsten overalt i verden er majoritet for de kontinuerte kornkurver, idet man enten direkte foreskriver et jævnt forløb af kornkurven eller intervaller med jævne begrænsninger.

De kontinuerte kornkurvers fortrinsstilling stammer sikkert fra Fullers og Thomsons undersøgelser helt tilbage i 1907 (07 F 1) og er vel iøvrigt en følge af, at sådanne kurver, særlig hvis man benytter sig af reglen om, at der skal være et konstant forhold mellem mængden af nabofraktioner (harmoniske graderinger), er lettere at behandle matematisk.

Imidlertid har det meste af det grus, der udvindes i praksis, ikke nogen regelmæssig eller konstant kornkurve, tværtimod mangler ofte en eller flere fraktioner, hvorfor krav om en nøjagtig overholdelse af matematiske kurver let kan medføre fordyrelser (til fraktionering, knusning o. s. v.), som der sjældent er ført afgørende bevis for berettigelsen af.

Det er derfor ikke underligt, at der fra tid til anden stadig dukker forslag op om tilladelse til at anvende diskontinuerte kornkurver, men nogen egentlig klaring kan faktisk ikke siges at have fundet sted og er vel

TABEL 1.

Type- beteg- nelse	Fin- heds modul*)	Procentiske vægtmængder i fraktionerne								
		-100	50-100	30-50	16-30	8-16	4-8*)	$\frac{3}{8}$ "-4	$\frac{3}{4}$ "- $\frac{3}{8}$ "	$1\frac{1}{2}$ "- $\frac{3}{4}$ "
-	5.20	6.7	6.6	6.7	6.7	6.6	6.7	20	20	20
-	5.40	6.7	6.6	6.7	6.7	6.6	6.7	6.7	26.7	26.6
-	5.60	6.7	6.6	6.7	6.7	6.6	6.7	6.7	6.6	46.7
G.1	5.40	-	8	8	8	8	8	20	20	20
G.2	5.25	10	-	7.5	7.5	7.5	7.5	20	20	20
G.3	5.34	6.6	6.7	-	8.9	8.9	8.9	20	20	20
G.4	5.07	8.9	9.0	8.8	-	6.6	6.7	20	20	20
G.5	5.15	7.5	7.5	7.5	7.5	-	10	20	20	20
G.6	5.00	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	-	20	20	20
G.7	5.50	6.7	6.6	6.7	6.7	6.6	6.7	-	30	30
G.8	5.20	6.7	6.6	6.7	6.7	6.6	6.7	30	-	30
G.12	5.60	-	-	10	10	10	10	20	20	20
G.23	5.40	10	-	-	10	10	10	20	20	20
G.34	5.20	10	10	-	-	10	10	20	20	20
G.45	5.00	10	10	10	-	-	10	20	20	20
G.67	5.30	8	8	8	8	8	-	-	30	30
G.78	5.80	6.7	6.6	6.7	6.7	6.6	6.7	-	-	60
G.156	5.00	-	13.3	13.4	13.3	-	-	20	20	20
G.357	5.63	6.7	6.6	-	13.4	-	13.3	-	30	30
G.567	5.10	10	10	10	10	-	-	-	30	30
G.2367	5.55	10	-	-	15	15	-	-	30	30
G.2368	5.25	10	-	-	15	15	-	30	-	30
G.2467	5.40	10	-	15	-	15	-	-	30	30
G.2468	5.10	10	-	15	-	15	-	30	-	30
G.3467	5.40	10	10	-	-	20	-	-	30	30
G.3468	5.10	10	10	-	-	20	-	30	-	30
G.3478	5.80	10	10	-	-	10	10	-	-	60
G.4578	6.00	6.7	6.6	6.7	-	-	20	-	-	60

\*) Tayler sigter.

også blevet vanskeliggjort af, at enkelte af forslagene til diskontinuerte kornkurver har baseret sig på om muligt endnu mere virkelighedsfjerne teorier end de kontinuerte. Som eksempel kan nævnes Sterns forslag (32 S 2), hvorefter man kan sammensætte den ideale gradering ved at

begynde med et system af lige store kugler svarende til største kornstørrelse og derefter bestemme diameteren af den følgende fraktion som den største diameter i mellemrummene mellem de store kugler o.s.v. o.s.v. Bortset fra at beregningerne, efterhånden som man kommer længere ned i de mindre kornstørrelser, bliver temmelig komplicerede, er det jo umuligt at tro på, at man i praksis skulle kunne få kornene til at lejre sig efter forudsætningerne.

På den anden side findes der masser af *praktiske* erfaringer for, at diskontinuerte kornkurver kan give gode resultater, og en yderligere klarlæggelse af spørgsmålet er derfor utvivlsomt særdeles ønskelig.

Dette kan imidlertid næppe ske ad teoretisk vej alene, og det må derfor hilses med glæde, at man for nylig på to forskellige steder har anstillet omfattende forsøg.

Resultaterne af disse omtales kort i det følgende.

## L. BOYD MERCERS FORSØG

På Melbourne Technical College har L. Boyd Mercer i 1950/51 (51 M15) udført en meget omfattende undersøgelse med diskontinuerte kornkurver, hvis hoveddata fremgår af tabel 1. I tabellens tre øverste linier er angivet kornstørrelsefordelingen for de tre kontinuerte kornkurver, han sammenligner sine resultater med.

I de næste otte linier ses graderingen på kornkurver, hvor efter tur een tayler-fraktion mangler.

I de næste 6 linier mangler hver gang to nabofraktion, og endelig er i tabellens 11 sidste linier angivet betoner, hvor tre eller fire fraktioner mangler.

I samtlige disse forsøg anvendtes et cementindhold på 325 kg/m<sup>3</sup> og et vandindhold på 195 l/m<sup>3</sup>. Endvidere udførtes en række supplerende forsøg med større og mindre vandindhold, som det dog vil føre for vidt at komme ind på her. Af hver blanding udstøbtes tre prøvecylindre, som blev komprimeret ved vibrering. Trykstyrkeresultaterne er gengivet øverst i figur 1 a og variationskoefficienterne nedenunder i samme figur 1 b.

Foruden trykstyrken bestemtes også prøvelegemernes rumvægte, som er angivet i figur 1 c tillige med variationskoefficienterne i fig. 1 d.

På figur 1 e er endelig vist resultaterne af trækstyrkebestemmelsen samt i fig. 1 f resultaterne fra forsøg med betonens permeabilitet.

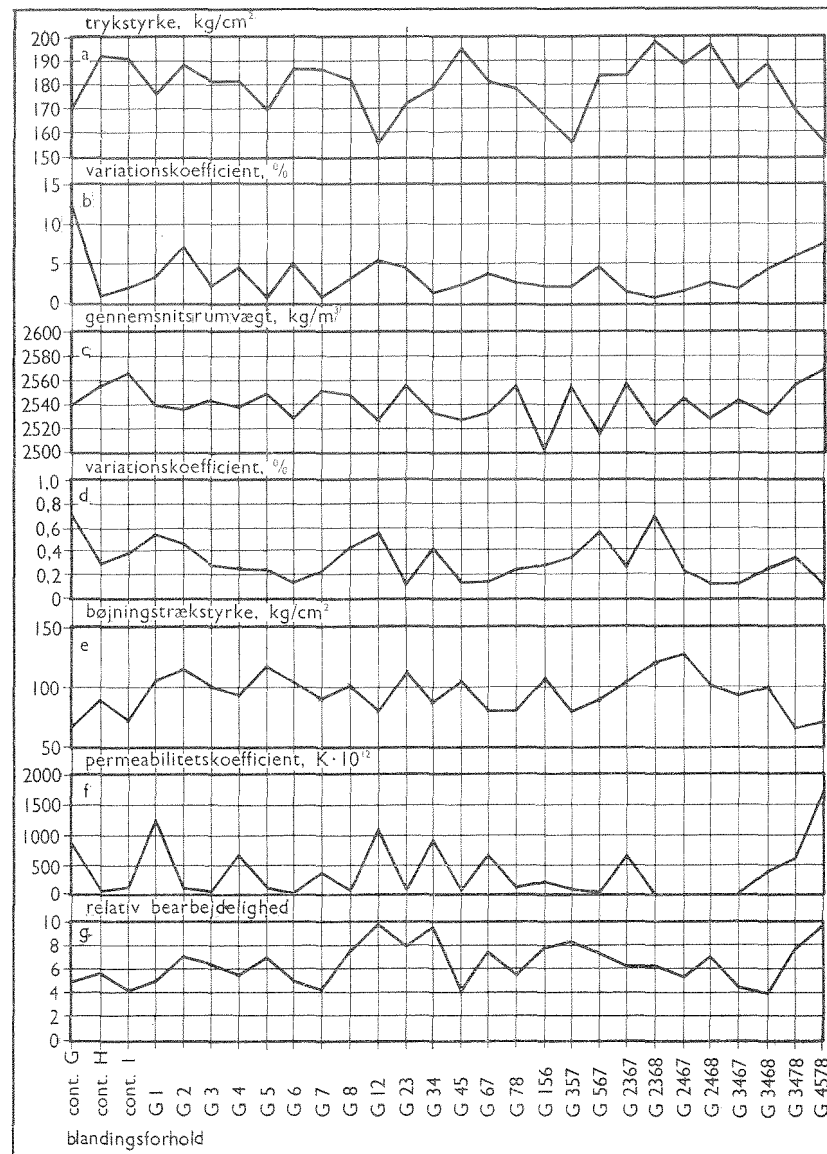


Fig. 1.

Ved forsøgene blev der lagt stor vægt på bedømmelse af de forskellige betoners støbelighed. Man gav karakter efter følgende tabel 2, og det summerede resultat af alle fire egenskaber i denne tabel fremgår af figur 1 g.

Tabel 2.

BEARBEJDNING – baseret på håndstampning ved sætmålsprøvning og prøvecylindre –

1. God – let.
2. Middel.
3. Dårlig – vanskelig.

PLASTICITET OG KOHÆSION – bedømt under omformning af sætmålsprøver ved slag med stikstang –

1. Sammensynkning.
2. Skred.
3. Brud.

SEPARATION – bedømt ved den vandudskillelse, som optræder ved foden af sætmålskeglen, når der slås på prøven og ved vandansamlinger på oversiden af prøvecylindrene under henstand –

1. Ingen separation.
2. Nogen separation.
3. Megen separation.

OVERFLADENS UDSEENDE – bedømt ikke alene ved blandingens udseende, men også ved undersøgelse af stenreder i afformede prøvecylindre –

1. God.
2. Middel.
3. Dårlig – stenreder i afformet beton.

Forfatteren gør selv opmærksom på, at en afvejning af sådanne karakterer, så de kan adderes, umuligt kan gøres korrekt, men han har dog anset det for værdifuldt at få en *samlet* oversigt over de egenskaber, der knytter sig til bearbejdeligheden.

Det vil føre for vidt her at kommentere de enkelte resultater, og jeg

skal derfor indskrænke mig til at påpege, at de variationer, der ses i figur 1, ikke er større end dem, man erfaringsmæssigt kommer til ved udelukkende anvendelse af kontinuerte kornkurver, og at der derfor i almindelighed næppe kan næres betænkelighed ved anvendelse af diskontinuerte kornkurver.

En nærmere gennemgang af materialet viser visse sammenhæng mellem beliggenheden af de udeladte fraktioner, deres antal o. s. v. og betonegenskaberne, og forfatteren konkluderer således:

“Tilstedeværelsen af rigtigt placerede fraktionstab i grusgraderingen, d. v. s. fraktionstab, hvor der er tilstrækkeligt fint materiale mindre end den manglende fraktion til at binde cementen og samtidig tilstrækkeligt mange mellemrum i det store materiale til at forhindre partikelinterferens, vil formindske den nødvendige komprimeringstid ved vibrering sammenlignet med betoner med kontinuerte kornkurver og med samme vand- og cementindhold.”

“Undersøgelserne viser, at under de forhold, der har rådet ved forsøgene, hvor man anvendte sten med en max. kornstørrelse på  $1-1\frac{1}{2}$ ”, er fraktionen fra 4,7–9,5 mm “kritisk”, og at det er fordelagtigt at udskyde denne fraktion.”

“Forsøgene har vist, at det er muligt at fremstille gode betoner med et eller flere fraktionstab, men det synes, som om de love, der ligger bag ved sammenhængen mellem fraktionstab og kvalitet, er ret indviklede, i hvert fald har de ikke kunnet klarlægges på det ved forsøgene erhvervede grundlag.”

Som en hypotese for det videre arbejde med klarlæggelsen af forholdene omkring virkningen af fraktionstab fremsætter Boyd Mercer følgende synspunkter.

“A. Kornkurven skal gennemsnitligt forløbe således, at den er den bedst mulige tilnærmelse til en kornkurve, der består af to rette linier, som skærer sammen på 9,5 mm sigten.”\*)

“B. Der skal være tilstrækkelige mængder materialer i de to fineste fraktioner, så de sammen med cementen kan binde vandet.”

“C. Hvis man indfører et fraktionstab i en jævnt forløbende kornkurve, skal for et givet vandindhold hele forøgelsen af mængden i fraktionen under den manglende fraktion være mindre end forøgelsen i fraktionen over den manglende fraktion. Hvis man ikke sørger for dette, vil vandbehovet blive unødigt forøget.”

\*) I det sædvanlige diagram med logaritmisk inddeling af den vandrette akse med kornstørrelserne og normal inddeling af ordinataksen.

“D. Tilfredsstillende beton kan fremstilles med grus med to fraktionstab ved siden af hinanden. I et sådant tilfælde vil det være nødvendigt at forøge mængden af de finere fraktioner mere end ovenfor anført for eet fraktionstab.”

“E. Kornkurver med så mange fraktionstab, at kun hver anden eller hver tredje fraktion er tilbage, kan anvendes til fremstilling af god beton under iagttagelse af de ovenfor anførte regler.”

“F. Der kan ikke fremstilles god beton, der mangler tre sammenliggende fraktioner.”

“G. Den nøjagtige gradering af materialerne over og under fraktionstab afhænger af det absolutte cementindhold samt mængden af filler.”

Forsøgsrapporten beskæftiger sig også med en række andre betonteknologiske forhold, som det dog vil føre for vidt at komme ind på her. Jeg skal blot nævne, at i hver enkelt forsøgsserie har Boyd Mercer optalt antallet af prøvelegemer, som ved trykprøvningen viste 1. konisk brud, 2. delvis konisk brud og 3. spaltning i et enkelt skråt plan, og han mener at have påvist, at fugtighedsindholdet i prøvningsøjeblikket har større betydning for brudfiguren end styrken. Når betonen er våd, er der langt flere koniske brud, end når den er tør. Endvidere viser forsøgene, at der fremkommer flere koniske brud i de prøvelegemer, der er håndkomprimerede, end dem der er vibrerede, hvilket han finder bemærkelsesværdigt på baggrund af, at styrken for de vibrerede var større end for de håndstampede.

Endelig synes jeg, at det bør nævnes, at han har foretaget en enkelt forsøgsserie med anvendelse af aflange materialer, hvor stenene i det ene tilfælde omhyggeligt var stillet på højkant, i det andet tilfælde var lagt ned. Resultatet blev, at medens rumvægten for de to betoner var næsten ens, var styrken på beton med opretstående sten kun ca. halvdelen af den i betonen, hvor stenene lå ned. Forfatteren anser dette forhold af betydning ved forklaring af usædvanlig små prøveværdier, idet han mener, de kan skyldes, at et særlig stort antal sten ved et tilfælde er kommet til at stå på højkant.

#### J. D. O'KEEFEE'S FORSØG

I “Concrete and Constructional Engineering”, maj 1953 giver J. D. O'Keefe (53 O 2) en oversigt over forsøg, han har udført med betoner, hvor fraktionen 4,7–9,5 mm helt manglede, og hvor indholdet af sand

mindre end 4,7 mm har været varieret inden for grænserne 62-48% af det samlede grusindhold.

Forsøgene har vist, at det i en række tilfælde har været muligt at fremstille beton med bedre bearbejdelighed, tæthed og vandbehov end for betoner med kontinuerte kornkurver, hvis blot sandindholdet er således afpasset, at vandet bindes og afblanding undgås. O'Keefe's forsøg bekræfter altså Boyd Mercer's påstand om, at 4,7-9,5 mm fraktionen nemt kan undværes.

### KONKLUSION

Når spørgsmålet om optimale kornkurver så længe har kunnet unddrage sig en rationel klarlægning, hænger det sammen med, for det første, at kornkurvens betydning for betonens kvalitet kun er indirekte, derved at den influerer på bearbejdeligheden og vandindholdet og derigennem på styrken, og for det andet at mindre sving på kornkurven, når blot FM holdes konstant, slet ikke får nogen virkning på bearbejdelighed og vandbehov, når blot kurvens gennemsnitlige stejlehed ikke er for stor - og det er den kun sjældent.

For at forstå disse forhold er det nødvendigt, at vi et øjeblik ser på, hvorledes betonens vandbehov rent principielt opstår.

For at en beton skal være bearbejdelig, kræves:

- 1) at de enkelte cement- og gruskorn er omgivet af en sammenhængende vandhinde,
- 2) at den friktion, der er betinget af, at kornene ikke alle er lige store, imødegås ved en korrektion af det oven anførte vandindhold.

Ved nogle af anmelderen udførte forsøg (50 P 2) er det lykkedes at isolere de under 1) og 2) nævnte bidrag til det totale vandbehov, og for harmoniske betonkurver er fundet følgende formel for vandbehovet:

$$V = K_1 \cdot C + \frac{K_2}{1 + (10 + 0,9 d_{\max}) \cdot C}$$

hvor:

V = den vandmængde i m<sup>3</sup> pr. m<sup>3</sup>, der giver størst kompakthed.

K<sub>1</sub> = en konstant af størrelsesordenen 0,60.

K<sub>2</sub> = en konstant af størrelsesordenen 0,35.

C = cementens relative absolutte volumen.

d<sub>max</sub> = den største kornstørrelse i mm.

Formelens første led angiver den vandmængde, der afhænger af den

specifikke overflade, hvilket i praksis vil sige af cementmængden alene. Det andet led angiver den vandmængde, som afhænger af kornkurvens stejlehed.

Beregnes f.eks. vandbehovet for betoner med 64 mm største kornstørrelse af harmoniske betonkornkurver af denne formel, fås de i tabel 3 anførte værdier.

TABEL 3

Grade-rings-procent	Gennem-fald på 4 mm	C	K <sub>1</sub> ·C	K <sub>2</sub>	
				$\frac{K_2}{1 + (10 + 0,9 \text{ dm}) C}$	
90	57	0,28	0,168	0,020	0,188
85	47	0,18	0,108	0,030	0,138
80	38	0,12	0,072	0,040	0,112
75	29	0,07	0,042	0,060	0,102
70	22	0,04	0,024	0,095	0,119
65	16	0,02	0,012	0,150	0,162
60	12	0,01	0,006	0,210	0,216

Det fremgår af tabel 3, at for kontinuerte harmoniske kornkurver falder det totale vandbehov, når kornkurven sænkes indtil et vist niveau for derefter atter at stige kraftigt.

Forklaringen herpå er de modsat rettede tendenser i de to bidrag, hvoraf det totale vandbehov sammensættes.

I det foreliggende eksempel opnås minimum V for G=ca. 75%, men det må understreges, at denne værdi afhænger af d<sub>max</sub>, kornform og ikke mindst af komprimeringsmåden. I eksemplet er der anvendt kraftig vibration. I praksis vil den kornkurve, der giver minimum vand, være den lavest anvendelige, og det fremgår endvidere af tabellen, at for kurver over den, der giver mindst vandmængde, (og det er jo i dette område, betonkornkurven normalt ligger), giver den specifikke overflade langt det største bidrag til den totale vandmængde. Dette er forklaringen på, at man for de kontinuerte kornkurver i dette område kan bestemme V alene ved hjælp af FM uden hensyn til kornkurvens gennemsnitlige stejlehed, og det forklarer sikkert også, hvorfor ekstra sving, der ikke bringer kurven uden for det almindeligt anvendte område, almindeligvis kun påvirker vandbehovet ubetydeligt og er efter min mening endelig forklaringen på, at de diskontinuerte kornkurver, der er blevet undersøgt

f. eks. af Boyd Mercer og O'Keefe, ofte har vist sig lige så fordelagtige som de kontinuerte, således at begge parter i diskussionen kan have ret.

Dette er dog ikke ensbetydende med, at diskontinuerte kurver i *alle* tilfælde uden videre kan erstatte de kontinuerte. Man må nemlig erindre, at den nedre grænse for det interval, som kornkurven frit kan sno sig i, uden at det pludselig forøger vandbehovet, stærkt afhænger af den disponible komprimeringsenergi, og således at jo mere energi man har, desto lavere ligger grænsen.

Med de efterhånden stærkt skærpede krav til betons kvalitet er man tvunget til at sænke kornkurven tæt ned til den, der giver minimum af totalt vandindhold, og man vil så utvivlsomt finde en kraftig stigende følsomhed i vandbehovet for uregelmæssigheder i kurven, som også Boyd Mercer i en række tilfælde har erfaret det.

Men de diskontinuerte kornkurver vil sikkert kunne anvendes i endnu større omfang end nu påvist, blot komprimeringsenergien forøges, så kompakheden sikres (27 F 1), (30 A 2), (42 K 1), (48 L 1), (50 P 2), og forholdet er med andre ord det, at efterhånden som de gode grusforekomster er opbrugt, og man tvinges til at anvende mere uregelmæssige kornkurver, skulle man kunne opnå lige så god beton ved f. eks. at anvende mere effektiv vibrering.

Om det i et vist omfang skulle kunne betale sig at gå denne vej allerede nu, afhænger af mange ubekendte prisrelationer, men måske var der her en opgave af større nationaløkonomisk perspektiv at tage op.

## LITTERATURFORTEGNELSE

- (07 F 1) The Laws of Proportioning Concrete. W. B. Fuller & S. E. Thompson. Proc. A. S. C. E. 1907. Vol. XXXIII.
- (15 M 1) Sand for concrete and cement mortar should have "jump" in grading. R. H. McNeilly. Engineering Record. New York, Nov. 1915. Side 659.
- (18 E 1) Proportioning the Materials of Mortars and Concretes by Surface Area of Aggregates. L. N. Edwards. Proc. A. S. T. M. Phil. 1918. Vol. 18 Part II. Side 235.
- (27 F 1) Der möglichst dichte und zementarme Beton. Friesecke. Das Betonwerk. 1927. No. 40-42.
- (27 G 3) The Effect of Non-uniformity and Particle Shape on "Average Particle Size". H. Green. Journal Franklin Inst. Phil. Dec. 1927. Vol. 204. No. 6. Side 713-729.

- (30 A 2) Über die Beziehung zwischen Kornabstufung und Zwischenraum in Produkten aus losen Körnern. A. H. M. Andreasen und J. Andersen. Kolloid-Zeitschrift. Dresden Marts 1930. Hefte 3. Side 217-228.
- (31 F 1) Mathematical Relations for Beds of Broken Solid of Maximum Density. C. C. Fournas. Application of Mathematical Formulas to Mortars. F. O. Anderegg. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 1931. Vol. 23. Side 1052 og 1058.
- (32 S 2) Vorschlag für eine Norm: Kornpotenz (Feinheitsmodul) loser Haufwerke. O. Stern. Sparwirtschaft. Wien April 1932. Hefte 4. Side 125-135.
- (36 P 1) A discussion of C. A. G. Weymouth's theory of particle interference. T. C. Powers. Papers of the Portland Cement Ass. Chicago Marts 1936.
- (38 F 1) Nouvelles recherches sur la forme des éléments inertes des bétons. R. Feret. Annales de l'Institut Techn. Paris Maj/Juni 1938. No. 3. Side 31.
- (39 B 1) La granulation des ballasts et son influence sur les caractéristiques des bétons fabriqués avec ceux-ci. J. Bolomey. La Technique des Travaux. Bruxelles Juni 1939. No. 6. Side 321-331.
- (42 F 1) Les compositions granulométriques optima du béton. J. Faury. Travaux. Paris, Maj/Juli 1942. Side 131-38 og 191-194.
- (42 K 1) Kornaufbau, Frischbetonverdichtung und Betonfestigkeit. G. H. Klinkmann. Zement. Berlin Juli 1942. Hefte 27/28. Side 300.
- (46 V 1) La granulométrie rationnelle du béton. Le Néobéton. (The Rational Size grading of Concrete Constituents - "Neoconcrete"). J. Villey. La Génie Civile. Paris, Marts 1946. Vol. 123. No. 6. Side 71-4. No. 10. Side 123-4.
- (48 B 9) Granulation continue ou descontinue des bétons. J. Bolomey. Bulletin Technique de la Suisse Romande. Lausanne, Maj 1948. Vol. 74. No. 11. Side 137-38.
- (48 J 8) What do we know about gradation of aggregates en concrete? (Ou en est la granulométrie du béton). M. A. Joisel. Laboratoires du bâtiment et des Travaux Publics. Paris. 1948.
- (48 L 1) Matériaux de Construction. Le Béton sous vide. I. Léviand, E. de la Sayette et J. Salbaing. La Génie Civil. Paris, Januar 1948. Vol. CXXV, No. 2. Side 21-24.
- (48 P 4) Étude de la granulométrie des sables, des gravillons et des bétons. A. Pincon. Travaux. Paris. Februar 1947, Side 61-68. Maj 1947, Side 245-50. August 1948, Side 469-72. Oktober 1948, Side 553. No. 168. Vol. 31-32.
- (48 V 2) Composition granulométrique des bétons (Granulométrie optimum; meilleure combinaison benaire courante détermination pratique). Valette. Publication préliminaire, Liège 1948. Side 163-172.
- (49-44) Un aspect du problème de la granulation des bétons. Bulletin Technique. Lausanne. September 1949. Vol. 75. No. 19. Side 243-246.

- (50 P 2) The Predetermination of Water Requirement and Optimum Grading of Concrete under Various Conditions. Niels M. Plum. Statens Byggeforskningsinstituts studie nr. 3. København 1950. 93 sider.
- (51 M 15) The Law of Grading for Concrete Aggregates. L. Boyd Mercer. Melbourne Technical College, Research Bulletin No. 1. 1951. 113 sider.
- (53 O 2) Gap-Graded Aggregates. J. D. O'Keefe. Concrete and Constructional Engineering. London. Maj 1953. Vol. XLVIII. No. 5. Side 173-78. 2 litteraturhenvisninger.

## RESUMÉ

Artiklen er i hovedsagen en anmeldelse af to nyere undersøgelser om diskontinuerte kornkurvers egnethed udført af L. Boyd Mercer i 1950/51 i Australien og J.D. O'Keefe i 1953 i England.

De to forskere er enige om, at det ofte er muligt at fremstille gode betoner med et eller flere fraktionstab samt at man i beton med en maximal kornstørrelse på 30-40 mm ofte med fordel kan udskyde fraktionen 4,7-9,5 mm.

Artiklen slutter med en forklaring af anmelderen på årsagerne til den almindelige uenighed om diskontinuerte kornkurvers egnethed. Forklaringen konkluderer i, at det i fremtiden antagelig vil være muligt at anvende grusforekomster, hvis kornkurve er ret uregelmæssig, når blot den energi, der anvendes ved betonens komprimering, forøges.

## 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. 3: *Akustisk regulering af gymnastiksale*, Poul Becher. 1950. 4 s. A<sub>4</sub>. Kr. 1,—.
- Nr. 5: *Bedre varmeisolering er billigere*. 1950. 47 s. A<sub>4</sub>. Kr. 3,—.
- Nr. 6: *Fugt i nye huse* (plakat til ophængning). 1949. A<sub>4</sub>. Kr. 5,— pr. 100 expl.
- Nr. 7: *Fugt og isolering*, Poul Becher og Vagn Korsgaard. 1951. 107 s. A<sub>5</sub>. Kr. 4,—.
- Nr. 8: *Brug og valg af betonblandere*, Niels H. Krarup og K. Malmstedt-Andersen. 1951. 66 s. A<sub>5</sub>. Kr. 3,—.
- Nr. 10: *Kunstig belysning på byggepladser*, Jens Thorsen og Mogens Voltelen. 1953. 2. udgave. 20 s. A<sub>5</sub>. Kr. 2,—.
- Nr. 11: *Omsætningsmål for trædimensioner*. 1952. 1 s. A<sub>4</sub>. (Gratis).
- Nr. 12: *Valg af dæk*, Fleming Nielsen. 1952. 48 s. A<sub>5</sub>. Kr. 2,—.
- Nr. 13: *Byggeprisens bestanddele beregnet ved et 3-etagers boligbyggeri i provinsen i april 1951*. 1952. 28 s. A<sub>5</sub>. Kr. 2,—.
- Nr. 14: *Forbedring af stalde, varmeisolering og ventilering*, Poul Becher og Vagn Korsgaard. 1952. 44 s. A<sub>5</sub>. Kr. 2,—.
- Nr. 17: *Betonstøbning om vinteren*, Poul Nerenst, Erik Rastrup og G. M. Idorn. 1953. 108 s. A<sub>5</sub>. Kr. 8,—.
- Nr. 18: *Maling af eternit*. 1953. 15 s. A<sub>5</sub>. Kr. 1,50.
- Nr. 19: *Isoler!* 1954. 8-sidet folder, A<sub>5</sub>. (Gratis).
- Nr. 20: — *Undgå fugt*. 1954. 3 s. A<sub>6</sub>. 1 stk.: kr. 0,40. 100 stk.: kr. 25,—.
- Nr. 21: *Hvilket dæk?* 1954. 20-sidet folder. A<sub>5</sub>. Kr. 2,50.
- Nr. 23: *Vinterbyggeri*. 1953. 16 s. A<sub>5</sub>. 1 stk.: kr. 1,—. 100 stk.: kr. 50,—.
- Nr. 24: *Udarbejdelse af instruks for varmemestre*, P. Becher og F. Olsen. 1953. 16 s. A<sub>5</sub>. 1 stk.: kr. 2,—. 50 stk.: kr. 50,—.
- Nr. 25: *Simpelt regnskabssystem for murermestre*, Fleming Nielsen. 1954. Anvisning, 24 s. A<sub>5</sub>. Pris incl. prøvesæt af formularer i samlemappe, kr. 5,—. Blokke med regnskabsblade til for- og efterkalkulation kan købes særskilt.

## Særtryk

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

- Nr. 2: *Byggestandardisering*, Mogens Voltelen. 1949. 6 s. A<sub>4</sub>.
- Nr. 7: *Vinterbyggeri i en provinsby og vinterbyggeri på landet*, Asger Schmelling. *Vinterbyggeri i Stockholm*, O. Gerner Hansen. 1950. 12 s. A<sub>4</sub>.
- Nr. 9: *Betonegenskabernes afhængighed af materialernes sammensætning*, Niels M. Plum. 1950. 45 s. A<sub>5</sub>.
- Nr. 11: *Om anvendelse af lydhastighed i beton til bestemmelse af dens øvrige egenheder*, Johs. Andersen og Poul Nerenst. 1950. 28 s. A<sub>5</sub>.
- Nr. 13: *Hvad koster vinterbyggeri?*, Asger Schmelling. 1950. 4 s. A<sub>4</sub>.
- Nr. 17: *Prøvning af 11 danske betonblandere*, Per Bredsdorff, Poul Nerenst og Niels M. Plum. 1951. 56 s. A<sub>5</sub>.



(Særtryk)

- Nr. 23: *Ekspansions- og sikkerhedssystemer ved centralvarmeanlæg med pumpecirkulation*, Poul Becher. 1951. 12 s. A<sub>5</sub>.
- Nr. 25: *Nye ensilagesiloers beskyttelse mod syreangreb*, Lars Andersen. 1951. 3 s. A<sub>5</sub>.
- Nr. 26: *Vinterbyggeri, beretning om et uheld*, O. Gerner Hansen. 1951. 12 s. A<sub>5</sub>.
- Nr. 27: *Har vinterbyggeriet formindsket byggefagenes sæsonledighed?*, Lars Andersen. 1951. 6 s. A<sub>4</sub>.
- Nr. 28: *Grusets indflydelse på betonens holdbarhed*, Poul Nerenst. 1952. 15 s. A<sub>5</sub>.
- Nr. 29: *Wave Velocity in Concrete*, Johannes Andersen and Poul Nerenst. 1952. 23 s.
- Nr. 30: *Kunstig udlørring af nybygninger ved hjælp af Schwartzkopf-ovne*, H. Dührkop og Hans Nielsen. 1952. 8 s. A<sub>4</sub>.
- Nr. 31: *Ensilagesiloers beskyttelse mod syreangreb, 2. undersøgelse 1951—52*, Erik Laur- sen. 1952. 5 s. A<sub>5</sub>.
- Nr. 33: *Små skorstene*, Poul Becher. 1953. 12 s. A<sub>5</sub>.
- Nr. 34: *Træfri gulobelægninger*. 1953. 56 s. A<sub>5</sub>.
- Nr. 36: *Varmøkonomiske undersøgelser i »Pileparken 2« 1950-52*, J. L. Mansa. 1953. 10 s. A<sub>4</sub>.
- Nr. 37: *Beton-Rapport-Blanketter*, Niels Munk Plum. 1953. 17 s. A<sub>5</sub>.
- Nr. 38: *Lang-tids studier af betons holdbarhed*, Niels Munk Plum. 1953. 5 s. A<sub>5</sub>.
- Nr. 39: *Danmarks træforbrug til byggeriet 1939—1952*, K. Agermose og Niels Munk Plum. 1954. 14 s. A<sub>5</sub>.
- Nr. 40: *Mørteltilsætningsstoffer til brug ved vinterbyggeri*, O. Gerner Hansen. 1954. 11 s. A<sub>5</sub>.
- Nr. 41: *Sandfri beton*, Poul Nerenst og Birger Warris. 1954. 20 s. A<sub>5</sub>.
- Nr. 42: *Døgnmiddeltemperaturernes fordeling over året*, Poul Becher. 1954. 4 s. A<sub>4</sub>.
- Nr. 43: *Automatisering af centralvarmeanlæg*, V. Korsgård. 1954. 9 s. A<sub>4</sub>.
- Nr. 44: *Byggeriets rationalisering, mekanik eller papir*, Philip Arctander. 1954. 4 s. A<sub>5</sub>.
- Nr. 45: *Forskydninger i byggeriets træforbrug*, Niels Munk Plum. 1954. 16 s. A<sub>5</sub>.
- Nr. 46: *Heats of Hydration in Concrete*, Erik Rastrup. 1954. 20 s. 24,5 × 18,5 cm.
- Nr. 47: *Vinterbyggeri, erfaringer fra vinteren 1953-54*, O. Gerner Hansen. 1954. 6 s. A<sub>4</sub>.
- Nr. 48: *Byggeprisens bestanddele, praktiske muligheder for at bringe byggeprisen ned*, Philip Arctander. 1954. 13 s. A<sub>4</sub>.
- Nr. 51: *Vandforsyning til vinterbyggeriet*, P. Gunst Hansen. 1954. 6 s. A<sub>4</sub>.
- Nr. 52: *Højt eller halvhøjt boligbyggeri*, Å. Madsen, Byggeriets Beregningsinstitut og E. Hei- berg. 1954. 16 s. A<sub>4</sub>.

### Årsberetninger 1947—54

om Institutets virksomhed og administration nr. 1, 2, 3, 4, 5, 6 og 7. Enhedspris for alle årsberetninger: kr. 2,—.

Alle publikationerne kan købes gennem boghandlerne eller hos Teknisk Forlag, Vester Farimagsgade 31, København V.

Abonnement på en eller flere serier kan tegnes hos Teknisk Forlag. Her- ved opnås 25% rabat, som fradrages, når betalingen opkræves ved hvert års udløb. For kr. 2,— om året kan man endvidere samme sted abonnere på de »Forhåndsmeddelelser«, som udsendes ca. 3 uger før hver publikations fremkomst.

PRIS KR. 1,—