

BETONKONTROL

NIELS MUNK PLUM

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

ex. 6

20 JULI 1988

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT SÆRTRYK NR. 32

I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG KØBENHAVN 1953

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. A₄. 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. A₄. Kr. 25,—.

Nr. 7: *Dæk og huse*, Niels M. Plum. 1. del: Tekst, 178 s. 2. del: Figurer, 46 s. 1952. A₄. Kr. 20,—.

Nr. 9: *Tapet, rullelængde og rapportantal*, Philip Arctander og Henry F. Holm. 1952. 63 s. A₄. Kr. 6,—.

Nr. 10: *Trommelyd, undersøgelse over støj fra gulve*, F. Larris. 1952. 28 s. A₅. Kr. 2,50.

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

Nr. 7: *Betonteknologiske studier i U. S. A.*, Poul Nerenst. 1952. 88 s. A₅. Udenrigsministeriets serie: Teknisk bistand under Marshallplanen. Høst & Søn. Kr. 7,—.

Nr. 8: *Gode og dårlige løsninger af lydtekniske problemer inden for byggeriet*, Fritz Ingerslev. 1952. 14 s. A₄. Kr. 3,—.

(fortsættes på omslagets 3. side)

Særtryk af
»BETON & JERNBETON«
1953, nr. 1.

DK 620.1:666.972:690.091.87

BETONKONTROL

NIELS MUNK PLUM

CIVILINGENIØR

ll. 5 00804 P

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT SÆRTRYK NR. 32

I KOMMISSION HOS

TEKNISK FORLAG

KØBENHAVN 1953

BETONKONTROL

KORT OVERSIGT OVER DEN TEORETISKE BAGGRUND
SAMT GENNEMGANG AF MULIGHEDERNE FOR
AT FREMSTILLE ØKONOMISK BETON

Af

Niels Munk Plum

Civilingeniør, m.ing.f. Statens Byggeforskningsinstitut

INDLEDNING

Fastlæggelsen af den kvalitet, en beton skal have, bør ske ud fra økonomiske synspunkter, således at anlægsomkostningerne og driftsomkostningerne tilsammen bliver mindst mulige. De eksisterende jernbetonnormer samt de øvrige almindeligt anvendte »særlige betingelser« m. m. sikrer normalt ikke en sådan *minimalisering* af udgifterne. Normer og betingelser tager hovedsagelig sigte på at beskytte bygherren mod urimelig lav gennemsnitsstyrke, holdbarhed eller lignende, og hermed følger ikke uden videre nogen minimalisering af de samlede udgifter.

Det er nemlig ikke alene gennemsnitskvaliteten, der er af betydning for et bygværks økonomi. Så snart kvaliteten varierer — og det gør den i høj grad ved beton — er der ikke længere nogen direkte sammenhæng mellem »kvalitet« og anlægspris. Uanset pris og middelkvalitet bliver det Chancen for forekomsten af steder med ringe kvalitet, der bestemmer økonomien, og spredningen kommer derfor til at indgå i de økonomiske overvejelser.

I de seneste år har man da også i praksis kunnet konstatere en almindelig

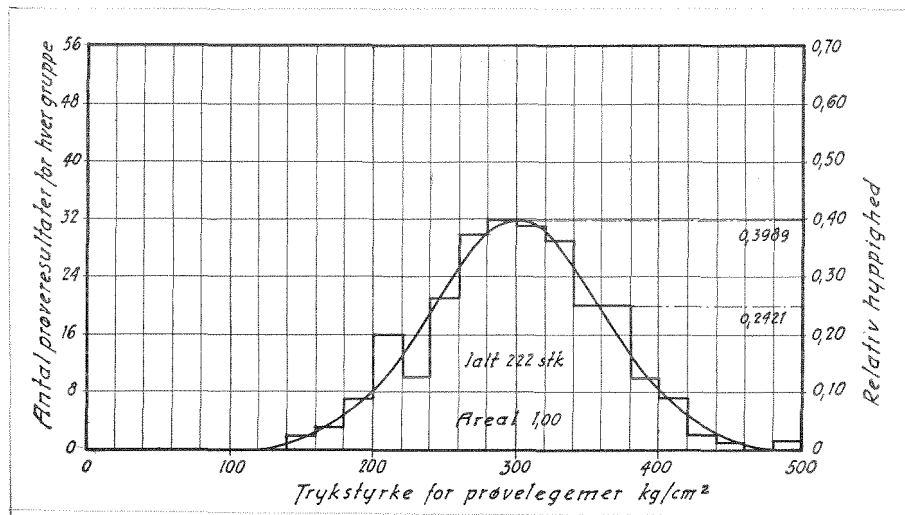


Fig. 1. Fordelingen af 222 trykprøveresultater. Antallet af resultater indenfor hver gruppe angives ved ordinaten til venstre. På figuren er tillige indtegnet den teoretiske fordelingskurve, hvortil hører ordinatdelingen til højre.

tendens til forbedring af betonens homogenitet på grundlag af de resultater, man kommer frem til på laboratorier og byggepladser, der er under rationel kontrol. Denne homogenitetsforbedring er som regel ledsaget af en forøgelse af omkostningerne til maskiner, råvarer, tilsyn og prøvning og medfører en almindelig forøgelse af omkostningsniveauet, som kan være uberettiget, hvis man ikke skaber muligheder for at udnytte den forbedrede homogenitet.

Denne udnyttelse kan ske enten ved formindskelse af cementtilsætningen og dermed prisen pr. m³ eller ved reduktion af dimensionerne og dermed forbruget af m³.

Desværre har ufuldstændige kontrolmetoder og manglende statistisk forståelse, såvidt det kan ses, i mange tilfælde ført til det modsatte af det tilsigtede, nemlig en større forøgelse af omkostningerne, end man har kunnet indtjene ved kvalitetsforøgelsen, og forfatteren har derfor set en opgave i at bidrage til en klarlæggelse af forholdene ved indledningen til denne tekniske samtale. Jeg håber, at aftenens samlede resultat vil bringe så megen klarhed over de økonomiske konsekvenser af forøget betonkontrol og forbedret betonfremstilling, at det første skridt skulle være taget henimod en klar økonomisk baggrund for det fremtidige normarbejde m. m.

Inden jeg går løs på aftenens mål, vil det dog være nødvendigt, at jeg kort beskæftiger mig med definition af de i det følgende ofte anvendte begreber: spredning og variationskoefficient.

SPREDNING

DEFINITION OG BEREKNING

Som mål for et materiales uensartethed anvendes i statistikken*) betegnelsen spredning. Hvis man udstøber al betonen i een sats i prøvelegemer og bestemmer f. eks. disses trykstyrke, vil resultaterne f. eks. fordele sig som trappekurven i fig. 1. Forøger man prøvernes antal, vil man i reglen kunne approksimere denne trappetrinsskurve med den på figuren indtegnede kendte Gaussiske klokkekurve, og spredningen er da afstanden fra middelværdien til kurvens vendepunkter

Et skøn δ_1 over spredningen, der kun kan bestemmes nøjagtigt ud fra uendelig mange prøveresultater, kan beregnes således:

$$\delta_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (i = 1, 2, 3 \dots n), \quad (1)$$

hvor \bar{x} er middeltallet af de n prøveresultater.

På figur 2A er vist Gausskurver svarende til samme middelværdi (300 kg/cm²) for trykstyrkerne, men med en spredning som for den smalle kurve kun er halvt så stor for den aflange kurve. Den smalle kurve svarer til resultaterne fra en førsteklases blandemaskine, medens den brede kurve afspejler resultaterne fra en væsentlig dårligere blander. I stedet for at udtrykke spredningen i absolut mål som kg/cm², kan man også udtrykke den i forhold til middelværdien. Den kaldes da: *variationskoefficienten* og angives som regel i % af middelværdien.

Variationskoefficienten vil ofte være konstant for samme proces og materiel uanset styrkeniveauet (indenfor rimelige grænser naturligvis), og det er derfor ofte naturligt at anvende den som karakteristik.

I fig. 2B og 2C ses funktionerne i fig. 2A summeret således, at ordinaten nu angiver sandsynligheden for at få trykstyrker mindre end de tilsvarende værdier på absisaksen. I fig. 2B er ordinataksen almindelig inddelt; i fig. 2C er den inddelt således, at Gauss-kurver vil vise sig som rette linier. Denne sidste fremstillingsform, som det er praktisk at arbejde med, vil fortrinsvis blive anvendt i det følgende.

*) De statistiske problemer er behandlet i samarbejde med cand. polit. Per Bredsdorff.

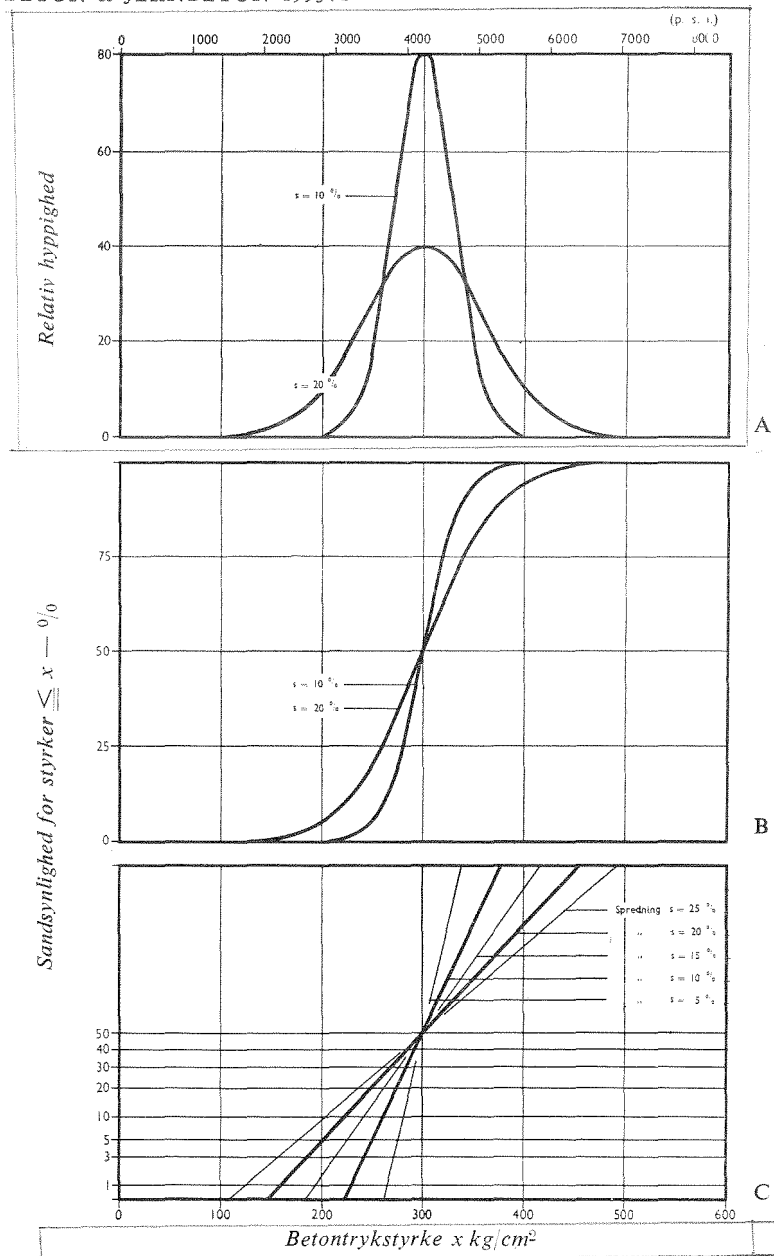


Fig. 2.

SPREDNINGEN INDENFOR SATSERNE OG FRA SATS TIL SATS

Den samlede spredning for en beton, som bliver fremstillet satsvis (intermitterende) på en byggeplads, opstår af to principielt forskellige årsager.

1. Uensartetheder indenfor de enkelte sats, hovedsagelig forårsaget af ufuldstændig blanding, afblanding under blanderens udtømmning og variationer i prøveteknikken.
2. Uensartetheder i den gennemsnitlige kvalitet fra sats til sats forårsaget af utilstrækkelig kontrol med blandingsforholdet og langtidsvariationer i cementens og de øvrige materialers kvalitet.

Da de forholdsregler, der skal tages for at forbedre betonens kvalitet vil afhænge af, om variationerne fortrinsvis kommer fra den første eller den anden af de ovennævnte årsager, er det væsentligt at adskille de bidrag, disse to årsager hver for sig giver til spredningen og sammenligne deres relative størrelse f. eks. ved hjælp af statistisk analyse af data fra praksis.

I det foreliggende tilfælde gøres dette nemmest ved en metode, som statistikerne benævner variansanalyse, forudsat at prøveudtagningen i praksis lægges til rette derefter. Variansanalysen er behandlet i de fleste moderne statistiske håndbøger, og i det følgende vil der derfor kun blive givet en ganske kort oversigt over metoden. Se f. ex. (48 H 25).

Prøvelegemerne udtages fra den løbende betonproduktion efter følgende regler:

Med bestemte mellemrum udtages på et bestemt sted i produktionskæden serier på hver n prøvelegemer (om nærmere regler herfor se f. eks. (50 P 4) side 10—11).

Hver serie svarer til en bestemt sats. Der udtages ialt k serier, svarende til k sats.

Prøvelegemernes form og størrelse, udstøbningsmetode, lagring og prøvning standardiseres.

Resultatet fra prøvningen af prøvelegeme nr. i i serie nr. j benævnes

$$x_{ij} \quad \begin{matrix} (j = 1, 2, 3 \dots \dots \dots k) \\ (i = 1, 2, 3 \dots \dots \dots n) \end{matrix}$$

SPREDNINGEN INDENFOR SATSEN OG FLERE SATSER

Som et mål for homogeniteten indenfor sats nr. j (se ovenfor) kan anvendes spredningen δ_j beregnet på sædvanlig måde således:

$$\delta_j = \sqrt{\frac{1}{n \div 1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} \div \bar{x}_j)^2} \quad (2)$$

hvor \bar{x}_j er middelværdien i sats nr. j :

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (3)$$

Nøjagtigheden af den således beregnede tilnærmelse til de enkelte værdier af δ_j er almindeligvis ikke særlig stor, fordi antallet af prøvelegemer traditionelt er lille.

I de fleste prøveserier er det kun lig med 3.

Har man imidlertid k satser, kan man få k tilnærmelser til spredningen indenfor satserne, og hvis de er fremstillet på samme måde, kan man forudsætte, at den sande spredning indenfor alle satserne er den samme,*) og udfra denne forudsætning kan man beregne et mere pålideligt skøn for spredningen δ_w . Beregningen sker ved samlet behandling af de k uafhængige skøn på sædvanlig måde således:

$$\delta_w = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \delta_j^2} \tag{4}$$

SPREDNINGEN FRA SATS TIL SATS

Hvis spredningen indenfor satserne er den eneste variationsårsag vil det være muligt at danne et andet uafhængigt udtryk δ_b for spredningen indenfor satsen således:

$$\delta_b = \sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^k (\bar{x}_j - \bar{x})^2}{k - 1}} \quad (j = 1, 2, 3, \dots, k) \tag{5}$$

hvor \bar{x}_j ligesom før betyder middeltal i sats nr. j og \bar{x} er gennemsnittet af middelværdien for alle satser:

$$\bar{x} = \frac{1}{nk} \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n x_{ij} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{x}_j \tag{6}$$

Man kan undersøge rigtigheden af hypotesen, om at samtlige variationer skyldes spredning indenfor satsen, ved at beregne varianskvotienten v^2 :

$$v^2 = \frac{\delta_b^2}{\delta_w^2} \tag{7}$$

Hvis v^2 er signifikant større end 1 betyder det, at der er andre årsager til variationerne, f. eks. variationer i gennemsnitskvaliteten fra sats til sats.

*) Rigtigheden af forudsætningen om den samme sande værdi indenfor alle satserne kan prøves ved Bartlett's test, se f. eks. (48 H 25) og (46 T 4).

Nærmere oplysninger om anvendelse af varianskvotienterne kan findes i de fleste moderne håndbøger i statistik (48 H 25).

Hvis vi forudsætter, således som det næsten altid vil være tilfældet, at v^2 er signifikant større end 1, bør man kunne beregne spredningen svarende til variationer i gennemsnitsværdien fra sats til sats.

Denne spredning kaldes ω og betegnes således:

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{n} (\delta_b^2 - \delta_w^2)} = \sqrt{\frac{\frac{1}{k} \sum_{j=1}^k (\bar{x}_j - \bar{x})^2}{k - 1} - \frac{\delta_w^2}{n}} \tag{8}$$

Den tilsvarende variationskoefficient er:

$$V_\omega = \frac{\omega}{x} \tag{9}$$

Når man skal bedømme homogeniteten ved betonstøbning, er det således nødvendigt klart at skelne imellem de to spredninger δ_w og ω , som er angivet ovenfor og at tage dem begge i betragtning, da den samlede spredning mellem samtlige prøvelegemer fra alle satser vil blive en kombination af disse to spredninger.

Som en første tilnærmelse til den kombinerede spredning s kan anvendes

$$s = \sqrt{\delta_w^2 + \omega^2} \tag{10}$$

Hvis altså f. eks. $\delta_w = 10\%$ og $\omega = 15\%$ vil som en første tilnærmelse for den samlede spredning s fås

$$s = \sqrt{10^2 + 15^2} = 18\% \tag{11}$$

Denne spredning svarer til den værdi, man ville have fået, hvis man uden videre havde behandlet alle prøveresultaterne på een gang.

DEN I PRAKSIS FOREKOMMENDE SPREDNING

Et første indtryk af de variationer, der faktisk forekommer i praksis ved betonstøbning, kan man få af f. eks. fig. 3 og 4, der viser resultaterne fra prøveterninger, udtaget med nogenlunde regelmæssige mellemrum under udførelse af flyvepladsbelægninger her i landet og i England.

Resultaterne fra den danske flyveplads fig. 3 er anskueliggjort på en sådan måde, at man får et visuelt indtryk, dels af den variation der er mellem prøvelegemer udtaget på samme tid og sted, dels den variation, der optræder mellem prøvelegemer udtaget til forskellig tid af den løbende produktion.

Hvis der ikke var variationer fra parti til parti i den løbende produktion, skulle de lodrette stregers placering ikke have varieret så stærkt.

[12]

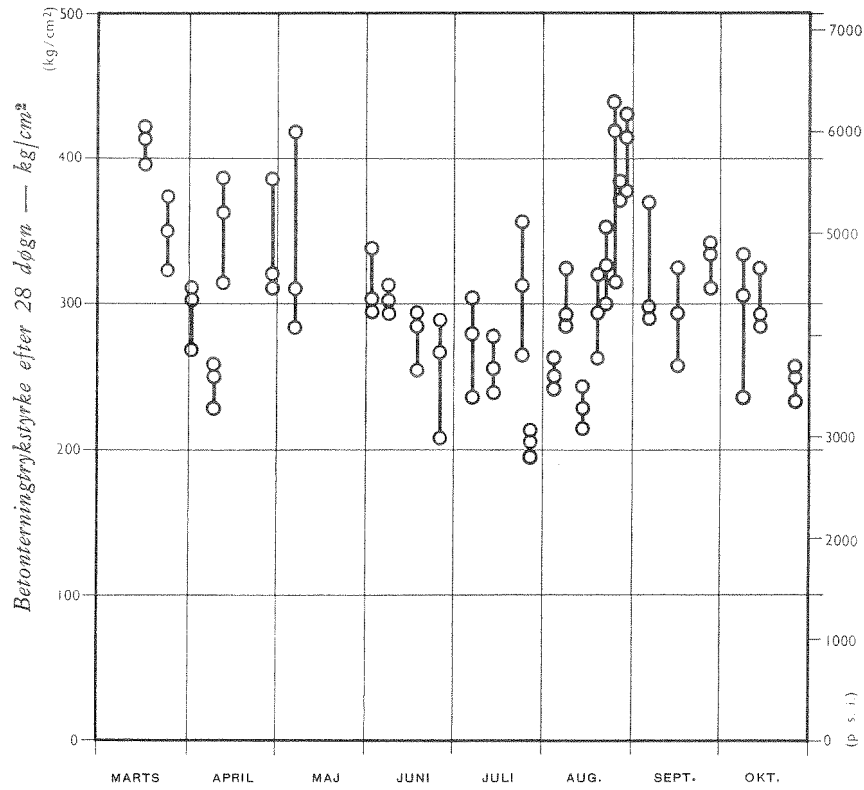


Fig. 3. Prøveresultater fra flyvepladsbelægning i Kastrup.

Ved en sammenligning mellem de to uensartetheder, vil man få et indtryk af — og det vil også i almindelighed være tilfældet — at kvalitetsforskellen fra sats til sats vil være væsentligt større end indenfor den enkelte sats, selv om variationerne indenfor den enkelte sats på ingen måde er ubetydelige.

Resultaterne fra »Heathrow« (45 G 3) fig. 4, angiver kun *middeltallenes* variationer med tiden. En af SBI foretaget analyse af *enkelresultaterne* viser, at styrkevariationerne:

- for prøvelegemer indenfor en sats svarer til en spredning på ca. 2½%,
- for prøvelegemer udtaget på samme tid og sted svarer til en spredning på ca. 5%,
- for prøvelegemer udtaget til forskellig tid og på forskellige steder svarer til en spredning på ca. 10%.

Det er altså kun denne sidste variation, der fremgår af diagrammet.

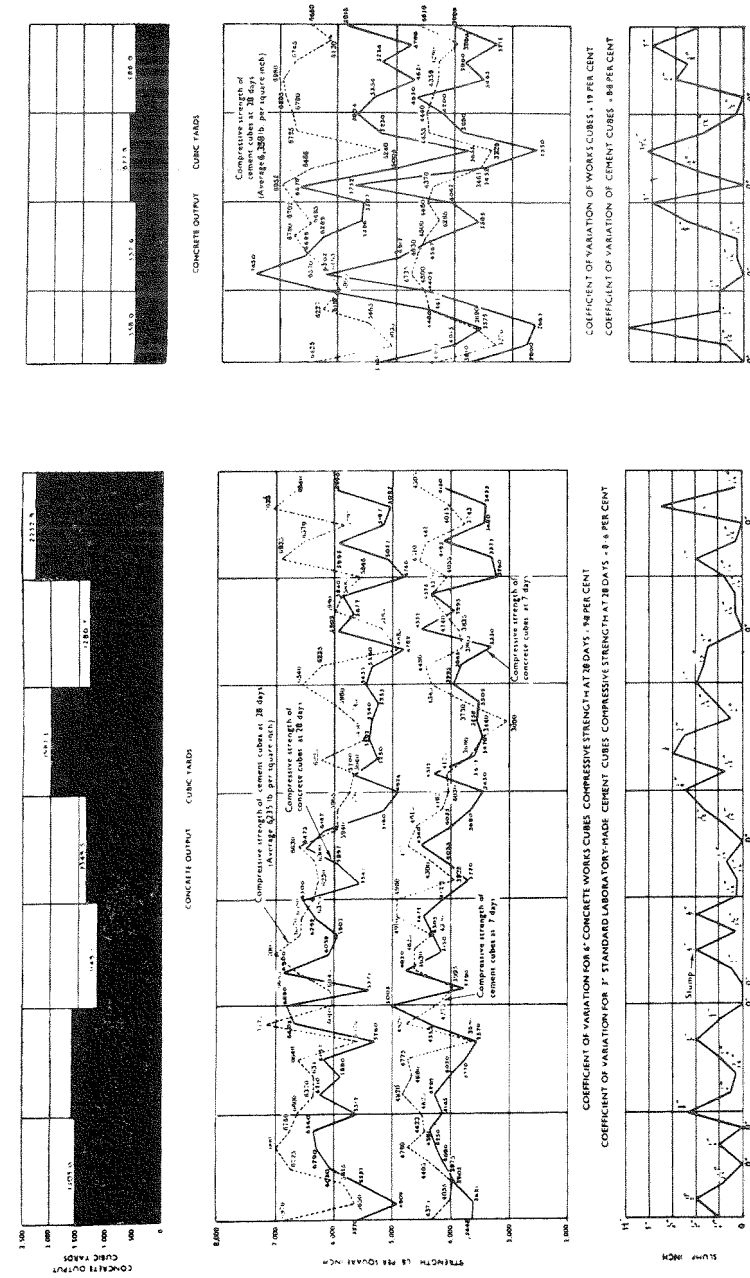


Fig. 4. Prøveresultater fra en engelsk flyvepladsbelægning i Heathrow. (45 G 3)

Som tidligere nævnt afhænger spredningen δ_w indenfor en sats af blanderens homogeniseringsevne. Den af Statsprøveanstalten og Statens Byggeforskningsinstitut for nylig afsluttede undersøgelse af danske blandere viser i korte træk, at de eksisterende typer giver de i tabel 1 anførte V_{δ_w} -variationskoefficienter.

Tabel 1.

V_{δ_w} -variationskoefficient - % indenfor samme sats.	Beton med cementindhold på	
	150 kg/m ³	300 kg/m ³
	4%	
5%	RK - R - NTK	
6%		
7%		
8%	NT	
9%		NT

Ang. typebetegnelserne henvises til (50 K 5), (50 A 5) og (51 B 1).

Til sammenligning er i tabel 2 anført de V_{ω} -variationskoefficienter fra sats til sats, som man erfaringsmæssigt vil få ved betonstøbning under forskellige omstændigheder.

Tabel 2.

Variationskoefficienten — V_{ω} — fra sats til sats for forskellige udførelsesmetoder ifølge Stanton Walker: (44 W 12).

Variationskoefficient	Udførelse
5%	Sandsynligvis kun opnåelig i godt kontrollerede laboratorieforsøg.
10%	Udmærket, nærmer sig laboratoriepræcision.
12%	Udmærket
15%	God
18%	Temmelig god
20%	Ikke god
25%	Dårlig

Fra de tyske Reichautobahnen (40 S 6) opgives varianskoefficienterne fra 15.000 prøvecylindre at være 23%, medens den for de enkelte byggepladser utvivlsomt har været væsentligt mindre.

Tabel 3.

Tabel 3 viser nogle eksempler på de variationskoefficienter, der findes ved visse andre byggematerialer.

	Større partier	Samme charge
Ø-jern 7—12 mm 16—20 mm	ca. 10%	ca. 5%
	ca. 6%	ca. 3%
Dansk og svensk gran	ca. 20%	
Mursten	ca 25-30%	ca. 20%

SPREDNINGENS ÅRSAGER

Medens man til nød kan forstå og acceptere blandemaskinernes ufuldkommenhed, kan man måske undre sig over, at man ikke ved hver ny sats kan opnå samme resultater som ved den forrige. Dette skyldes to forskellige forhold, som nærmere er belyst i tabel 4's første halvdel.

Tabel 4.

No.	Spredningskomponent	KONSTRUKTION		PRØVELEGEMER			
		Oprindelse:	Bidrager til:		Oprindelse:	Bidrager til:	
	δ_w		ω			δ_w	ω
1	Betonen selv	Cementen		x	Cementen		x
2		Gruset		x	Gruset		x
3		Afmålingen		x	Afmålingen		x
4		Blandingen	x		Blandingen	(x)	
5	Udførelse	Transport	x	x	(Transport)	(x)	
6		Komprimering	x	x	÷) kan stan-		
7		Lagring	x	x	÷) dardiseres		
8	Prøvning	÷			Udtagning		
9		÷			Prøvning		

Det første forhold, no. 1 - 2 - 3 og 4, omfatter de variationer, der vedrører selve betonens fremstilling, indtil det øjeblik den forlader blandemaskinen, og som det ved produktionskontrollen vil være muligt delvis at holde styr på, medens det andet forhold, no. 5 - 6 og 7, omfatter de variationer, der stammer fra de øvrige arbejdsprocesser, og som det kun er muligt at føre fortløbende visuel kontrol med under støbearbejdet. De kan kun kvalitativt kontrolleres af tilsynet og først kvantitativt bestemmes ved målinger på den færdige konstruktion.

MINIMALISERING AF DE SAMLEDE OMKOSTNINGER

I den nye udgave af jernbetonnormerne er der åbnet mulighed for fremstillingen af flere forskellige betonkvaliteter. Forskellene fremkommer ved anvendelse af lidt forskelligt materiel men skal ifølge normerne først og fremmest sikres ved forskellige grader af kontrol. Det vil af det tidligere sagte fremgå, at jeg ikke mener, kontrollen alene er den rette vej, men at man bør koncentrere sine anstrengelser om bedre råvarer og bedre materiel. Men hvilken vej man nu vælger, opstår problemet, om de forøgede omkostninger i den sidste ende vil medføre en reduktion af bygværkets samlede pris og vedligeholdelse. Er dette ikke tilfældet, vil der ikke være nogen mening i ulejligheden.

Ved visse typer arbejde er det indlysende, at en kvalitetsforbedring af betonen vil kunne nedbringe de årlige vedligeholdelsesomkostninger så stærkt, at der er en økonomisk gevinst forbundet med at fremstille beton af højeste kvalitet. Ved andre typer arbejde, boligbyggeri f. eks., er det næppe givet, at man kan opnå en reduktion i vedligeholdelsesomkostningerne ved at skærpe kravet til betonens kvalitet, og på dette område vil der derfor kun være tale om en fortjeneste, hvis anlægsomkostningerne kan reduceres.

DEN MEST ØKONOMISKE HOMOGENITET

[7] Årsagen til, at man i det byggeri, der er underkastet jernbetonnormerne, ikke altid er indstillet på en minimalisering af udgifterne til anlæg og drift er, at normerne, som allerede tidligere nævnt, er sikkerhedsmæssige »tommelfingerregler«, som ikke beskæftiger sig rationelt med det økonomiske minimaliserings-synspunkt. Hvordan fremkommer da muligheder for besparelser, når betonens ensartethed forbedres?

Styrke.

[1] Dette belyses i princippet af eksemplet i fig. 5,*) der viser sammenhængen mellem brudsandsynlighed og trykstyrke for to tilfældige betoner, begge med middeltrykstyrken 300 kg/cm². I det ene tilfælde beton med en variationskoefficient på 20% og i det andet tilfælde en variationskoefficient på 10%.

*) Vedrørende de gjorte simplificationer og forudsætninger i forbindelse med dette eksempel henvises til appendixet side 35.

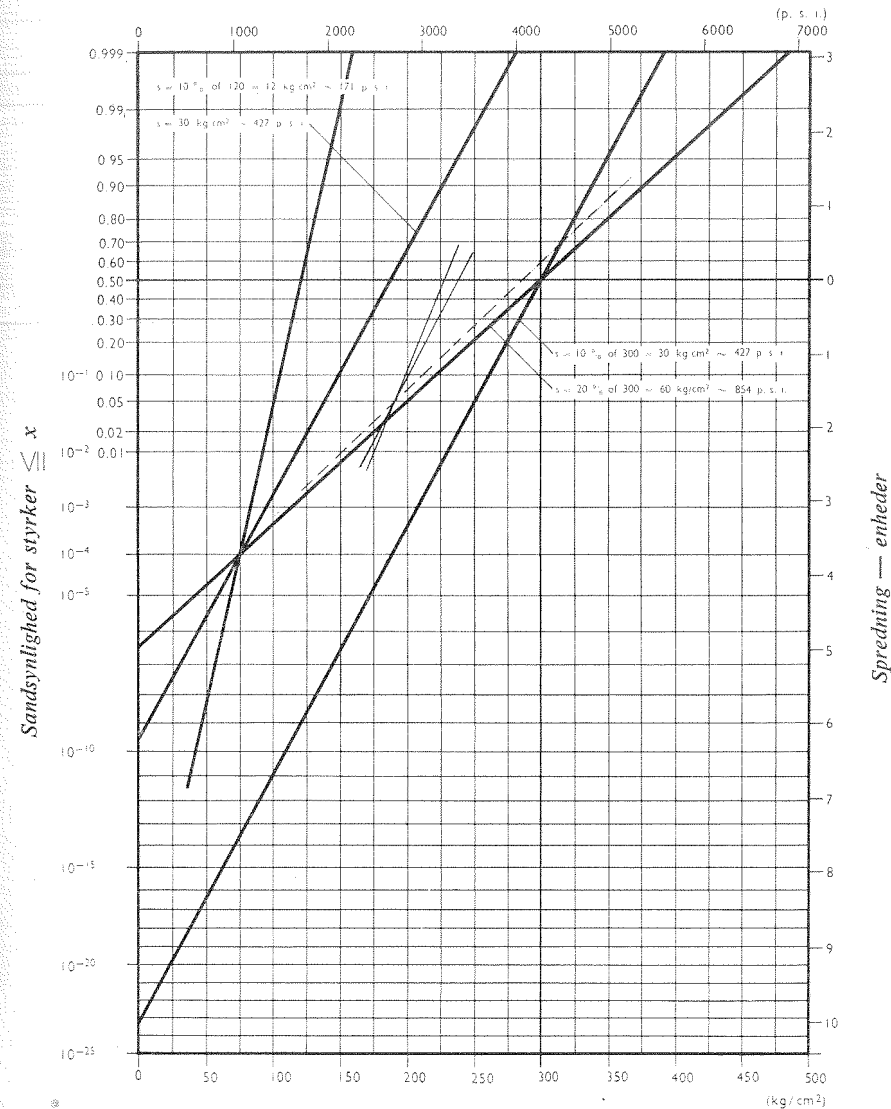


Fig. 5. Betontrykstyrke efter 28 døgn, x — kg/cm².

Da begge betoner har samme middelstyrke 300 kg/cm², vil man ved at anvende »sikkerhedsgraden« 4 til fastlægning af den tilladelige spænding i begge tilfælde finde denne til 75 kg/cm².

Imidlertid vil man se ved at betragte ordinaten til 75 kg/cm², at brudsandsynligheden for de to betoner ved dette tilladelige spændingsniveau er vidt forskellige, idet betonen med en variationskoefficient på 20% har brudsandsynligheden 10⁻⁴ ved 75 kg/cm², medens betonen med en variationskoefficient på 10% har brudsandsynligheden ca. 10^{-13,5} ved samme niveau.

[19] Det forekommer paradoksalt at tale om, at disse to betoner har samme »sikkerhedsgrad«, eller som englænderen R. Fitzmaurice kalder det: »Factor of ignorance«, idet betonen med den lille variationskoefficient ganske åbenbart er langt mere pålidelig, end betonen med den store variationskoefficient.

Da normerne, såvidt det kan skønnes, forudsætter, at langt den overvejende del af al beton — og som udføres efter klasse B — har en variationskoefficient på ca. 20% — og altså giver en brudsandsynlighed på 10⁻⁴ — vil det være nærliggende at lade brudsandsynligheden 10⁻⁴ være udgangspunkt for de følgende betragtninger.

[1] Hvis man nu forlanger, at alle betoner skal have brudsandsynligheden 10⁻⁴ ved en tilladelig spænding på 75 kg/cm², ville man derfor, som det ses af figuren, kunne sænke middelbrudstyrken for 10%-betonen til 120 kg/cm², svarende til en besparelse i anlægsomkostningerne på (300—120) · 0,10* = ca. 18,00 kr./m³. En formindskelse af middeltallet til 120 kg/cm² svarer til, at man reducerer den såkaldte »sikkerhedsgrad« fra 4,0 til 120:75 = 1,6.

[17] Med bibeholdelsen af variationskoefficienten på 10%, når middeltallet reduceres fra 300 til 120 kg/cm², falder den absolutte spredning fra 30 til 12 kg/cm². Ud fra eksisterende undersøgelser vedrørende betonspredningens opståen kan det ikke afgøres, om det er variationskoefficienten eller spredningen, der skal holdes konstant, når middeltallet ændres, og vil man være absolut på den sikre side, bør man derfor her holde den absolutte spredning konstant (= 30 kg/cm²).

Figuren viser, at man i så fald opnår den heller ikke ubetydelige reduktion af middeltallet til 187 kg/cm² og en tilsvarende besparelse på 11,30 kr./m³.

Det er af interesse at bemærke, at man i det ovenstående ikke har anvendt den i statistikken ellers traditionelle nedre 5 eller 2½%’s grænse, hvis berettigelse her det altid har været svært at motivere, men alene den faktisk forekommende brudsandsynlighed, samt at dennes størrelsesorden: 10⁻⁴ netop svarer til den af forfatteren ad anden vej fundne økonomisk mest fordelagtige beskadigelsessandsynlighed for betondæk. (50 P 11).

Cementindhold.

De ovennævnte reduktioner af middelstyrken fra 300 kg/cm² til 120—187

*) 1 kg/cm² svarer omtrent til 1 kg cement/m³ eller ca. 0,10 kr./m³.

kg/cm² medfører reduktioner i middelcementindholdet af praktisk taget samme størrelse, altså fra 300 til 120—187 kg/m³.

Disse sidste tal er mindre end de danske normers minimalkrav for kvalitetsbeton = 225 kg cement/m³ for at sikre tilstrækkelig holdbarhed, og de kan altså ikke uden videre forventes accepteret. Det skal imidlertid bemærkes, dels at normernes krav ikke kan være et absolut minimalkrav, hvorunder intet enkelt prøveresultat må falde (sammenlign forfatterens kommentarer til de tilsvarende forhold for normernes minimalkrav til styrken i Beton og Jernbeton, 2. årg., nr. 1, side 31—38 (50 — 14)), dels at bestemmelsen sikkert forudsætter en spredning af cementindholdet på 60 kg/m³, svarende til styrkespredningen.

Hvis man i analogi med den fortolkning af normernes minimalkrav til styrken, der er basis for dr. techn. Erik V. Meyers og forfatterens proportioneringsvejledning (se Betonkursusberetning 1950, bind II, side 105—06 bilag 1) (50 P 8)), regner med 225 · 0,85 = 191 kg cement/m³ som nedre 5% grænse for cementindholdet, fås den med punkteret linie i fig. 5 angivne fordeling for cementindholdet, og i betragtning af, at 1 kg cement/m³ omtrent svarer til 1 kg/cm², forekommer det ret acceptabelt, at den er så godt som sammenfaldende med styrkefordelingen.

[22] På det hidtidige erfaringsgrundlag er det næppe muligt at opstille nogen »holdbarhedssandsynlighed«, der kan anvendes ved bestemmelsen af cementindholdet, svarende til den ovennævnte brudsandsynlighed. Hvis spredningen på cementindholdet samtidig med styrkespredningen kan reduceres til 10% (eller 28,5 kg/m³), vil det ses, at hvis »holdbarhedssandsynligheden« tænkes at variere fra 10⁻⁴ til f. eks. en øvre grænse på 0,05, vil middelcementindholdet variere fra ca. 120 kg/m³ til 225—238 kg/m³. Hvor i dette interval den rette sandsynlighed altså end ligger, vil der være mulighed for, ud fra et holdbarhedssynspunkt, at acceptere en meget stor del af de ved styrkebetragtningerne fundne reduktioner.

[1] For fuldstændighedens skyld skal tilføjes, at det kun er i de relativt spinkle konstruktioner, som normalt anvendes, at spredningen har den betydning, der i det foranstående er tillagt den. I meget svære konstruktioner vil middeltallets betydning være stigende, således at der ikke der kan hentes de anførte fordele ved en forbedret homogenisering.

[5] De ovenstående betragtninger forudsætter, at man kan basere sig på styrkerne i anlægsøjeblikket, f. eks. 28-døgnstyrkerne af den færdige konstruktion. Som tidligere nævnt er forudsætningerne endnu ikke tilstede for at bedømme betonens kvalitet i årenes løb alene ud fra 28-døgnstyrken, og et tilbundsgående motiveret forslag kan derfor ikke i øjeblikket fremsættes.

[5] Hele forslaget forudsætter endvidere, at belastningerne er fuldstændig kendte; man vil i praksis stå overfor kombinationer af mere eller mindre sandsynlige belastninger (f. eks. egenvægt og bevægelig belastning af forskellig størrelse), og disse forhold må man tage hensyn til, når man ud fra en given pålidelighed vil fastsætte sikkerhedsgrader for betoner af forskellig kvalitet, d.v.s. med for-

skellige spredninger. Der næres ingen tvivl om, at der ad denne vej vil kunne opnås besparelser, der mere end opvejer merudgifter i forbindelse med sikring af den større ensartethed.

I normerne er man inde på principielt den samme linie, idet man for klasse A, henholdsvis klasse B, fastsætter de tilladelige spændinger som 0,24 henholdsvis $0,25 \times$ middelbrudstyrken. Den herved opnåelige besparelse på 4% står dog næppe i noget rimeligt forhold til den forbedring af pålideligheden, man opnår ved overgang fra klasse B til klasse A, og som jeg vil skønne svarer til en formindskelse af spredningen fra 20 til 15%, måske 12%.

På indeværende tidspunkt er normernes forsigtighed dog ret forståelig, dels fordi kontrolmetodernes egnethed til regulering af produktionens ensartethed, som før omtalt, er tvivlsom, dels fordi oprettelsen af forskellige tilsynsgrader, såvel for bygherre som for myndigheder, i hvert fald i begyndelsen sikkert vil give store vanskeligheder i praksis.

Inden man går videre i sine bestræbelser for klassesdeling af beton og dertil svarende aftrapning af pålideligheden, hvilken deling, som tidligere nævnt, bør basere sig på en klassificering af materialet og tilsynet mere end en klassificering af kontrollen, må man imidlertid ved en indsamling af erfaringsmateriale fra praksis skabe de nødvendige forudsætninger. Det vil være nødvendigt, at man på et større antal arbejdspladser, hvor der anvendes klart definerede typer af materiel m. m. på ensartet måde indsamler erfaringsmateriale, der kan afgive grundlag for en bedømmelse af, hvilke spredninger der svarer til de forskellige typer, og hvad en reduktion af spredningen koster.

Jeg vil gerne her benytte anledningen til at anmode alle entreprenører og bygherrer, der enten måtte ligge inde med større erfaringsmateriale eller står overfor at skulle tilrettelægge et større arbejde, om at sætte sig i forbindelse med Statens Byggeforskningsinstitut eller betonarbejdsgruppen.

[30] Jeg kan på forhånd love Dem, at det ikke, medmindre De selv ønsker det, vil komme til at betyde ekstra ulejlighed eller udgifter for Dem, medens vi på den anden side ved bearbejdelse af materialet efterhånden vil komme i besiddelse af de nødvendige data, der til sin tid alene kan motivere en korrekt afpasning af omkostninger til materiel og kontrol på den ene side imod den opnåelige kvalitet og homogenitet (og heraf følgende tilladelige spændinger) på den anden side.

Indtil et sådant statistisk forsvarligt materiale foreligger, skal man sikkert være forsigtig med at udvide klassesdelingen, da det jo vil være katastrofalt, hvis man efter et arbejdes fuldførelse konstaterer, at kvaliteten er ringere end forudsat. Når det drejer sig om et bygværks bærende konstruktioner, er man jo ikke i samme situation som den, der foreligger ved almindelig industriel produktion, hvor man kan afhænde produkter, der ikke svarer til de almindelige krav, som sekundavarer til en rimelig pris, og det er sikkert derfor heldigt, at normerne i øjeblikket er sådan formulerede, at anvendelse af klasse A ikke

vil ske ud fra økonomiske synspunkter, men alene hvor man af tekniske årsager ønsker det bedst mulige.

Erfaringer fra andre lande tyder på, at de omkostninger, der er forbundet med en reduktion af spredningen fra 20 til 10%, er væsentlig mindre end den besparelse i cementindhold, som man ville opnå, hvis normerne tillod en rationel udnyttelse af den formindskede spredning efter de i det foregående angivne retningslinier.

Ved gennemgang af litteraturen har det ikke vist sig muligt at finde pålidelige angivelser af den udgiftsforøgelse, der svarer til en reduktion af variationskoefficienten på f. eks. 5%. Dette hænger utvivlsomt sammen med blandt andet, at det koster mindre at reducere variationskoefficienten fra 30 til 25% end f. eks. 10 til 5%, og blandt andet fordi det på de forskellige niveauer er muligt at vælge mellem forskellige og næppe lige kostbare fremgangsmåder.

Et forsigtigt skøn over ekstraudgifterne til nedbringning af variationskoefficienten fra f. eks. 20 til 15% ved hjælp af bedre materiale og kontrol vil føre til tal mellem 2 og 4 kr./m³ eller 0,40 til 0,80 kr./m³/%. Den mulige besparelse ved formindskelse af gennemsnitsstyrken fra 300 kg/cm² til 120 eller 187 kg/cm² vil som tidligere nævnt være 180—113 kg cement pr. m³ eller ca. 18,00—11,30 kr./m³, hvilket svarer til 1,80—1,13 kr. pr. m³ pr. %.

Hvis variationskoefficienten skal formindskes til under ca. 15%, må man efterhånden iværksætte mere og mere kostbare forholdsregler, og da samtidig den mulige cementbesparelse bliver mere og mere tvivlsom, vil man til sidst nå en grænse for homogeniseringen, som det ikke kan betale sig at gå under.

Indenfor det interval variationskoefficienten idag almindeligvis ligger, ses det ifølge det foranstående, at der vil kunne opnås besparelser fra 1,40 til 0,33 kr./m³ for hver % variationskoefficienten bringes ned, uden at dette påvirker betonens pålidelighed. Så vidt mulighederne tillader det, vil det derfor indenfor dette område betale sig at holde variationskoefficienten så lav som muligt.

Det er sandsynligt, at de resultater, vi tænker os at indsamle, vil give det samme billede af forholdene, og til orientering om sagens perspektiv skal jeg til slut nævne, at en reduktion af spredningen fra f. eks. 20 til 10% vil muliggøre besparelser på mellem 10 og 20 millioner kr. om året (hvilket dog repræsenterer renten af en ret betydelig investering), medens omkostningerne, der vil muliggøre denne besparelse, til såvel materiel som tilsyn, næppe vil overstige 2—3 millioner kr. pr. år.

SAMMENHÆNGEN MELLEM ANLÆGS- OG REPARATIONS-OMKOSTNINGER

Det er forudsat i det foregående, at den »rette« pålidelighed for en konstruktion er $1 \div 10^{-4}$ på det forudsatte spændingsniveau. Med »rette« bør her forstås mest økonomiske, således, at de kapitaliserede driftsudgifter + anlægsgiften ved denne pålidelighed bliver minimum.

Desværre foreligger der endnu ikke i litteraturen anvendelige kvantitative undersøgelser, som kan bruges til fastlæggelse af den »rette« pålidelighed, og jeg kommer derfor i denne omgang til at indskrænke mig til en henvisning til følgende fundamentale betragtninger over spørgsmålet i (40 Kj 1).

»Den brottrisk, som en byggnadskonstruktion är underkastad, utgör uppenbarligen en ogynnsam omständighet, som även rent ekonomiskt har stor betydelse, och som t.o.m. kan omräknas i pengar. Om nämligen den relativa brottrisen R, om vilken det hittills ständigt varit fråga, multipliceras med den totala kostnad K, som eet brott skulle förorsaka, kan den så erhållna absoluta risken RK, uttryckt i kronor, betraktas såsom ett onus, som åvilar byggnadsverket. Detta onus kan man vid byggnadens dimensionering minska genom att pressa ned den relativa risken, men detta kräver i sin tur en ökning av anläggningskostnaden A. Man kommer på så sätt fram till följande ekonomiska princip för valet av den tillåtna relativa brottrisen: *den relativa risken bör vara just så stor, att summan av anläggningskostnaden och absoluta risken är så liten som möjligt.* Detta villkor kan skrivas

$$A + R \cdot K = \text{min}$$

Här omfattar storheten A byggnadsverkets totala anläggningskostnad, plus det kapitaliserade värdet av de framtida underhållskostnaderna, plus rivningskostnaden, minus skrotvärdet. Storheten K omfattar totala anläggningskostnaden, plus en viss rivningskostnad, minus skrotvärdet, plus all övrig vid brott inträffande direkt skada, plus indirekt skada till följd av driftavbrott o.d. Tack vara det sätt, varpå A förekommer i ekvationen, behöver man emellertid endast medtaga den del av A, som påverkas vid en ändring av R; härigenom ernås en viss förenkling.

Förf. önskar här genast angiva, varifrån impulsen till ovanstående tankegång kommit. Det tidigare omnämnda empiriskt ekonomiska sättet att bestämma säkerheterna försvaras av *Forssell* (20 Fo 1) på följande sätt »Om en mur utförd t. ex. med 2,5-faldig säkerhet kostar 50% mera än vid 1,5-faldig säkerhet, så är det ekonomi att till den lägre kostnaden bygga 100 st. lika murar med 1,5-faldig säkerhet, av vilka en sedermera måste förstärkas, låt vara till en kostnad av dubbla anläggningskostnaden för denna mur. Skulle man i stället byggt alla hundra med 50% ökad kostnad, hade man sluppit kostnaden att förstärka en av dem, men i onödan fördyrat de övriga, så att totalkostnaden vuxit i proportion 150 till 102.« Här ligger fröet till den av förf. angivna metoden.

Man torde kunna förutse, att mot den i det föregående anvisade metoden den invändningen kommer att göras, att det är utillbörligt att bestämma brottrisen efter ekonomiska synpunkter, när även människoliv och andra ideella värden stå på spel. Härtill skall genmätas, att det givetvis är meningen, att även alla dylika värden, uppskattade i pengar så gott sig göra låter, skola medtagas vid beräkningen av den kostnad, ett eventuellt brott skulle medföra. Mången kommer säkerligen att förneka möjligheten av en dylik uppskattning och att finna tankegången materialistisk. Vid närmare eftertanke måste väl dock

var och en medgiva, att omräkningar av ideella värden och däribland människoliv i pengar dagligdags förekomma och alltid måste förekomma i samhället. Våra domstolar tvingas ofta att taga ställning i sådana frågor. Det är även lätt att visa, att den enskildes handlande i mångt och mycket bestäms av hans — må vara omedvetna — ekonomiska värdering av sitt eget och andras liv.*) För övrigt innebär redan den nuvarande instinktmässiga bestämningen av säkerhetsgraden för byggnadskonstruktioner en dylik omedveten värdering av människoliv i pengar. När nu säkerhetsgraden resp. brottrisen ovillkorligen måste bestämmas och värderingen göras, så är det en stor och viktig uppgift att utfinna medel, varigenom detta kan ske så noggrant och tillförlitligt som möjligt. Därvid har man även tillfälle att giva uttryck åt sitt ideella sinnelag genom att uppskatta ett människoliv högt i förhållande till materiella ting, vilket är bättre sätt än att förneka möjligheten av en uppskattning.«

Et eksempel på anvendelsen af disse principper kan findes i en artikel af forfatteren (50 Pl 1) »Er vore bygninger rationelt dimensionerede?«

KONKLUSION

Det er efter det foregående klart, at vi her står overfor et problemkompleks, som ikke kan løses af landets entreprenører eller rådgivende ingeniører enkeltvis, men hvor man ved centralt at indsamle og bearbejde resultater fra et tilstrækkeligt stort antal af de eksperimenter med betonfremstilling, der foretages på landets byggepladser, kan opnå en mærkbar reduktion af byggeomkostningerne, forudsat at man ved en teoretisk og eksperimentel udbygning af den statistiske styrke og holdbarhedslære bliver i stand til på rationel og forsvarlig måde at tilgodegøre sig resultaterne ved en ændring af normerne.

Naturligvis vil der endnu hengå lang tid, inden dette mål kan nås i sin fulde udstrækning, men forfatteren har dog ment det hensigtsmæssigt i det følgende at give en oversigt over de muligheder, som allerede i dag foreligger.

*) Antag t. ex. at tvende flygbolag konkurrere om trafikken på en viss sträcka. Det ena bolaget, vilket håller ett biljettpris av 200 kr., har en officiellt erkänd olycksfrekvens av 0,03%; det andra bolaget, vars biljettpris är 160 kr., har en olycksfrekvens av 0,05%. I övrigt äro maskinerna lika snabba, bekväma etc. Alla, som välja den billiga maskinen, anse tydligen prisskillnaden 40 kr. mera betydelsefull än riskskillnaden 0,02%. De värdera sålunda — må vara omedvetet — sitt eget liv till mindre än $40 : 0,0002 = 200\ 000$ kr. Passagerarna i den andra maskinen däremot värdera sitt liv till mera än 200 000 kr. På samma sätt gör man alltid en omedveten värdering av sitt liv, när man väljer mellan mer och mindre riskabla transportmedel, yrken, o.s.v.

MULIGHEDERNE FOR AT FREMSTILLE MERE ØKONOMISK BETON MED DEN NUVÆRENDE TEKNIK

Betonproduktionen kan naturligt opdeles i følgende grupper:

Tabel 5.

1. De materialer, der indgår i betonen.
2. Prøvestøbninger med de materialer, der står til rådighed,
3. Betonens tilberedning,
4. Arbejdets udførelse og
5. Kontrol med kvaliteten af det færdige bygværk.

Det vil bemærkes, at der her er to variationskilder, som normalt ikke findes ved andre byggematerialer, nemlig nr. 2 og 3, som hidrører fra, at betonen fremstilles på selve byggepladsen.

1. DE MATERIALER, DER INDGÅR I BETONEN

De materialer, der vil kunne komme i betragtning ved udførelsen af et bygværk, må underkastes forskellige fysiske og kemiske undersøgelser, dels hver for sig, dels som bestanddele af en iøvrigt standardiseret beton eller mørtel, for at man kan danne sig et første indtryk af deres anvendelighed. Det hertil nødvendige apparatur og fremgangsmåder er kun i ringe omfang standardiseret her i Danmark, og samtidig med, at en sådan standardisering indføres, bør man finde frem til en klarere definition af de krav, materialerne hver for sig bør tilfredsstille.

Efter denne første prøvning, som udgør en del af forudsætningerne for den efterfølgende fastsættelse af blandingsforholdet, må det fortløbende kontrolleres, om materialernes kvalitet overholdes.

Cementen.

I betragtning af de betydelige variationer, som forment at forekomme i cementens kvalitet, når den anvendes på arbejdspladserne, ville det måske være hensigtsmæssigt, om man dels søgte at finde frem til årsagerne til disse variationer, og dels, når disse årsager var klarlagt, søgte at bringe cementleverancernes variation ned på et lavere niveau. Som et eksempel på, hvor store variationer der kan forekomme i kvaliteten af cement, skal jeg nævne, at man ved startbanerne på Heathrow flyvepladsen i England fortløbende udstøbte mørtelterninger og fandt, at spredningen androg ca. 8,6%, og at man på grundlag af variationen i de samtidigt udstøbte betonterninger anslog, at 48% af betonterningerne variation skyldtes variationer i cementkvaliteten.

Såvidt forfatteren kan se, er denne bedømmelse af cementspredningens betydning dog næppe korrekt. Hvis man tager skyldigt hensyn til den store spredning i den øvrige samtidigt optrædende variable, kan, såvidt det kan ses, kun ca. 20% af den samlede trykstyrke-spredning med sikkerhed føres tilbage til cementen.

Hvorvidt der her i landet forekommer variationer af denne størrelsesorden, foreligger ikke tilstrækkeligt oplyst, men det er nærliggende og ikke vanskeligt at iværksætte en undersøgelse på dette område i betragtning af, at der her synes at foreligge en virkelig mulighed for at formindske den store variation i betonkvaliteten. (48 W 4).

Der gøres opmærksom på, at cementkvalitetens variation bestemmes af to bidrag, dels variationerne under produktionen, dels variationerne som funktion af lagringstiden og lagringsforholdene iøvrigt, såvel hos leverandørerne som på arbejdspladsen. Den første variation skulle det være muligt at bestemme i samarbejde med cementfabrikanterne, den anden håber Statens Byggeforskningsinstitut at kunne efterforske sammen med de øvrige spredningsbidrag ved at bearbejde materiale, som vi håber at kunne indsamle ved velvillig assistance fra en række typiske byggepladser — som *hermed efterlyses*.

For øjeblikket, hvor cementen ikke er datostemplet, vil der kun være mulighed for at bedømme, om cementen har været lagret for længe ved at se efter, om den er stenløben. Ekceptionelt lave værdier af normprøver fra den pågældende leverance vil også give anledning til mistanke om for lang lagring. Man støder dog her på det uheldige forhold, at normstyrkerne ligger 40—50% under den styrke, der normalt leveres, og som er forudsat ved proportioneringen, hvilket jo altså medfører, at cementen skal være uforholdsmæssig dårlig for at kunne kasseres ved prøvningen.

Gruset.

Der er i normerne fastlagt grænser for den tilladelige mængde af over- og understørrelser for de forskellige sand- og stenfraktioner. Blandt andet af den af Dansk Ingeniørforenings betonarbejdsgruppe for nylig foranstaltede undersøgelse af, om grusorternes ensartethed overholdes i praksis (50 P 11), er det tydeligt fremgået, at de normerede tolerancer ikke overholdes i praksis, og der vil derfor være grund til, at der gøres et arbejde for overholdelsen af disse tolerancer i praksis, hvilket forhold vil blive yderligere nødvendiggjort af det i det følgende beskrevne ønskelige i en mere vidtdeven fraktionering af sandet i praksis.

Såvidt det vides, er der her i landet kun få eksempler på, at sand og sten er blevet kasseret for ikke at overholde normernes eller andre betingelsers krav. Det ville være ønskeligt, om der kunne udarbejdes pålidelige statistiske metoder, som muliggjorde rettidig indgriben i leverancerne, men før der er skabt større kendskab til størrelsen af de faktisk forekommende variationer, er de nødvendige forudsætninger for sådanne metoders tillempling ikke tilstede.

2. PRØVESTØBNINGER MED DE MATERIALER, DER STÅR TIL RÅDIGHED

Ved meget store arbejder vil bygherren eller den projekterende ingeniør, inden de tilladelige spændinger, der skal anvendes ved projektets udarbejdelse, fastsættes, anstille en foreløbig proportionering af de på stedet tilgængelige

materialer, tillige med en række forsøg for at finde frem til, hvordan der bedst muligt kan bygges ved hjælp af de tilgængelige materialer.

Selv ved mindre arbejder, hvor projektet og dermed de tilladelige spændinger forlængst er fastlagt, når man begynder at interessere sig for, hvilke støbematerialer der kan fås, må man også, inden den almindelige støbning påbegyndes, anstille prøvestøbninger for at finde frem til den billigste kombination af materialerne. Disse prøvestøbninger udføres af entreprenøren under bygherrens tilsyn. Der vil her være tale om bestemmelse af betonens egenskaber såvel før afbindingen som efter denne.

Selv om prøvestøbningen skal og bør udføres på samme måde og med anvendelse af de samme materialer og materiel som den færdige konstruktion, vil der naturligvis være en risiko for, at den beton, der senere udstøbes ved en løbende produktion, ikke bliver nøjagtig som ved prøvestøbningen, idet der under produktionen kan optræde visse forstyrrende faktorer, som ikke gør sig gældende med det samme.

I den tidligere angivne tabel 4 er givet en oversigt over en del af de forhold, der betinger disse forskelle. Medens spredningskomponenterne nr. 1, 2, 3 og 4 (og 5) vil virke på samme måde i prøvelegemer og i den færdige konstruktion, vil nr. 6 og 7, som ikke kan standardiseres, i praksis give forskelle mellem kvaliteten af prøvelegemer og færdig konstruktion.

Endvidere vil der ved prøveudtagningen og selve prøvningen indføres en række tilsyneladende uensartetheder, som ikke forekommer i selve konstruktionen (nr. 8 og 9).

Hertil kommer endelig de vanskeligheder, der er ved ud fra korttidsresultater at drage slutninger med hensyn til bygværkets endelige kvalitet, fordi prøvningsalderen og deraf eventuelt følgende forvitring er forskellig, fordi betonens styrke afhænger af den belastning, den har været udsat for gennem tiden, og fordi styrken ligeledes afhænger af den hastighed, hvormed belastningen påføres. Der henvises til den nærmere redegørelse for disse forhold, som findes i Statens Byggeforskningsinstituts studie nr. 4 (50 P 4), side 10—14 og i (52 G 2).

Da forskellene imellem prøvelegemerne og den færdige konstruktion ikke viser sig på samme måde for middelstyrken og for spredningen, er disse to karakteristika behandlet hver for sig i det følgende.

Spredningen.

Såvidt jeg kan se, er forholdet det, at man næppe på teknikens nuværende stade bør drage slutninger med hensyn til bygværkets spredning ud fra prøvelegemers spredning, og det vil derfor være temmelig hensigtsløst, hvis man ved prøvestøbningerne bestemmer terningernes styrke i det håb, at man kan danne sig et skøn over spredningen. I tillæg til de forskelle i spredning mellem prøver og konstruktion, der fremgår af tabel 4, får man nemlig ydermere de forskelle, der hidrører fra, at materialernes kvalitet svinger med tiden.

Det er i beretningen fra Heathrow anført, at visse spredningsbidrag ved

prøvelegemerne falder bort ved selve konstruktionen, således at man i hvert fald skulle være »på den sikre side« ved at regne med prøvelegeme-spredningen, men ud fra det ovennævnte og tabel 4 kan jeg, som det vil forstås, ikke tiltræde dette synspunkt — tværtimod.

I praksis vil det derfor ved projekteringen og på de første stadier af arbejdet (indtil målinger på konstruktionen foreligger) være nødvendigt at *skønne over spredningen ved hjælp af erfaringer fra tidligere konstruktioner af samme art og udført på samme måde.*

Middeltal.

De samme årsager, som gør det umuligt ud fra eventuelle prøvestøbningsresultater at skønne over kvaliteten *spredning* i bygværket, gør det — måske med særlig vægt på materialernes (særlig cementens) ændringer i tidens løb — umuligt at skønne over *middeltallet* af f. eks. styrken.

Indtil man kan foretage målinger på den færdige konstruktion, vil efter forfatterens mening *det bedste skøn for styrkens middeltal kunne fås af kurver* som f. eks. fig. 6, for såvidt de baserer sig på et tilstrækkeligt stort antal målinger af faktisk opnåede styrker i færdige konstruktioner.

Rigtigheden af dette skøn beror — sålænge cementfabrikkerne ikke ændrer deres produktionsmetoder — hovedsagelig på opnåelsen af den ved kurvernes bestemmelse forudsatte kompakthed, der f. eks. bør være større end 0.970.

Ifølge forfatterens mening bør det hidtidige (men dog kun sjældent gennemførlige) skøn over betonens middelkvalitet (middeltrykstyrke) i det færdige bygværk ved hjælp af prøvestøbninger altså afløses af

- 1) Kurver som fig. 6, der revideres på det offentlige foranstaltning mindst så ofte, som ændringer i fabrikernes produktionsteknik kræver det, og helst regelmæssigt f. eks. ca. hvertandet år.
- 2) Bestemmelse ved prøvestøbninger af det vandindhold/m³, der netop er tilstrækkeligt til at sikre den under 1) forudsatte kompakthed, d.v.s. en passende konsistens.

Dette forslag betyder en væsentlig reduktion af det ved prøveudstøbningen tidligere krævede besvær og har bragt den ned i et plan, hvor den er overkommelig selv på mindre arbejdspladser.

Kurverne i fig. 6 bør angive de faktisk opnåelige middelstyrker uden nogen form for sikkerhedstillæg, og der bør derfor samtidig fastlægges visse tillæg til det af v og c/v bestemte c — afhængigt af udførelses- og kontrolmetoder — der kan anvendes, indtil resultaterne fra kontrolmålingerne på konstruktion begynder at fremkomme.

For en ordens skyld gøres her opmærksom på, at det med det foranstående *ikke* er sagt, at prøvelegemer til bestemmelse af betonens kvalitet ikke under andre omstændigheder kan være nødvendige eller ligefrem ønskelige.

Jeg skal senere komme tilbage til dette spørgsmål.

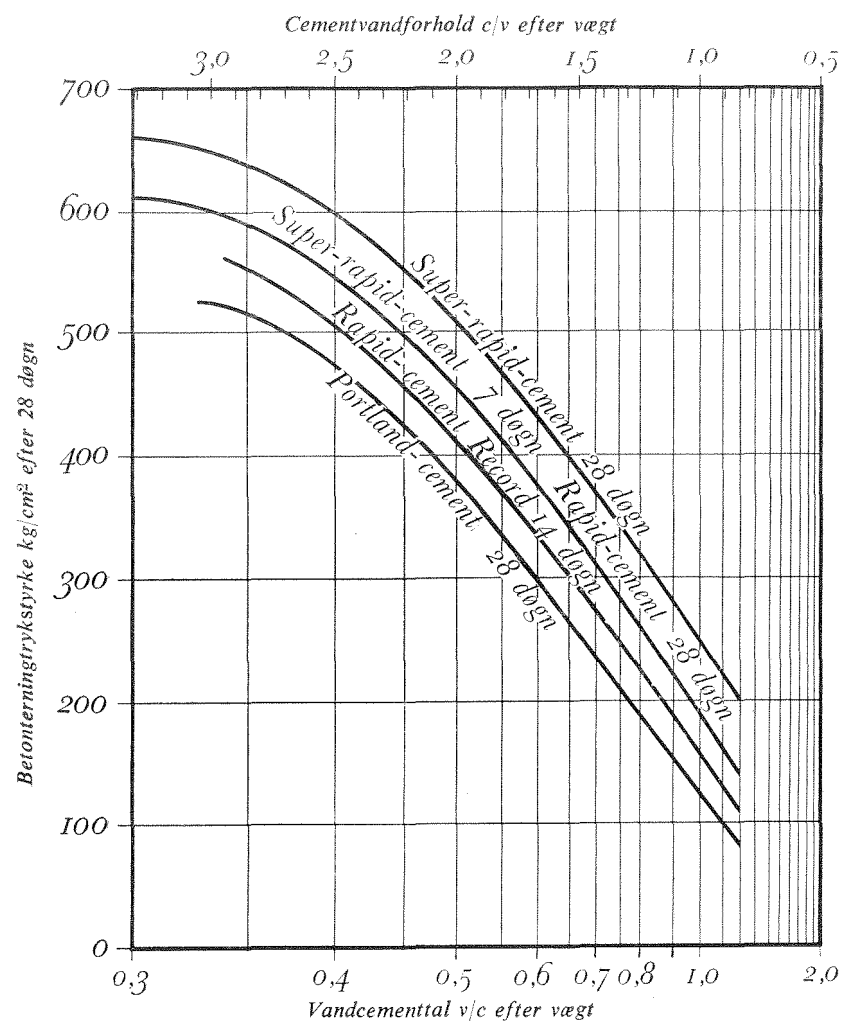


Fig. 6. Gennemsnitssammenhæng mellem v/c eller c/v og betoneringstrykstyrken efter 28 døg i henhold til (50 P 8).

3. BETONENS TILBEREDNING

Den første vanskelighed, man møder ved den løbende kontrol ved anvendelsen af den nuværende teknik, er, at prøveresultaterne vil foreligge så sent, at de betingelser, hvorunder de er fremkommet, ofte ikke længere vil være tilstede.

På den tidligere viste fig. 3, med resultater fra en startbane i Kastrup, vil det f. eks. ses, at man selv ved anvendelse af 7-døgns resultater ofte vil komme i den nærmest komiske situation, enten at kvaliteten i mellemtiden er blevet forbedret »af sig selv«, hvorfor en eftersøgning af fejlkilderne eller almindelige bebrejdelser overfor entreprenøren vil være formålsløse, eller man vil tro, at kvaliteten er udmærket, medens den i virkeligheden er dårlig.

I tilknytning til dette diagram vil jeg gerne understrege, at det vil være af betydelig interesse ved tilsvarende større arbejder, at der ligesom ved »Heathrow« daglig udtages prøveterninger med henblik på at få klargjort frekvensen af eventuelle periodiciteter i kvaliteten tillige med deres årsager, og Statens Byggeforskningsinstitut vil meget gerne i forbindelse med rådgivende ingeniører og entreprenører, der står overfor store helst nogenlunde ensartede arbejder, hvor man kunne enes om tilrettelæggelsen af de nødvendige foranstaltninger.

I erkendelse af de vanskeligheder, anvendelsen af selv 7-døgns styrkerne bereder for kontrollen, er der i de senere år — også af forfatteren — propageret for en hyppigere kontrol med betonens egenskaber før afbindingen, herunder også kontrol med grusets kornkurve og sandets vandindhold, i det håb, at en sådan kontrol var tilstrækkelig hurtigt virkende til at sikre en mere ensartet betonkvalitet.

Sådanne kontrolmetoder har nu i en årrække været gennemført på mange større arbejdspladser med det resultat, at man vist desværre må erkende, at end ikke de er i stand til at anvendes som produktionsregulerende.

Under uheldige forhold vil fugtigheden i sandet variere hurtigere, end selv den mest energiske kontrol kan følge med til, hvis man ikke kan finde frem til helt kontinuerlige metoder (der også egner sig til brug på mellemstore og mindre arbejdspladser), og nøjagtigt de samme forhold gør sig gældende med hensyn til kontrollen af grusets kornkurve.

Når hertil føjes, at såvel fugtighedsbestemmelserne som sigteanalyserne i almindelighed ligger over den mands horisont, der skal foretage dem, og disse kontrolmetoder i det hele er meget upopulære i praksis, bør man vist besinde sig med hensyn til yderligere propaganda for denne form for arbejdspladskontrol og søge andre veje.

De to væsentligste ting, der skal føres kontrol med, er cementindholdet og vandindholdet. Cementindholdet kan man vist føre tilstrækkelig kontrol med ved at tælle de tomme cementposer hver dag.

Tilbage bliver derfor alene vandindholdet. Vanskeligheden ved kontrollen består her i hovedsagen i at kontrollere vandindholdet i sandet, og dette kan, som lige nævnt, ved de diskontinuerede metoder ikke gøres tilfredsstillende. Man har

kornkurve (god eller mindre god), man nu engang kan få, holdes så vidt muligt konstant.

I stedet for mere vidtdreven fraktionering kan der også peges på den ikke sjældent forekommende mulighed, der ligger i at købe sand fra flere forskellige leverandører, idet disse leverancers finhed ofte er ret forskellig og relativ konstant.

Når jeg i mit netop nævnte forslag til en bedre og enklere praksis i tillæg til en mere vidtdreven fraktionering også krævede *afvejning af sandet*, skyldes det, at de fejl, som hidrører fra grusets svelning, som jeg flere gange tidligere har påpeget (47 P 9) (48 P 16), kan reduceres til en ottendedel af den ved volumenaftmåling med samme nøjagtighed forekommende fejl.

I anledning af, at hele kontrollen efter den foreslåede metode nu kommer til at hvile på konsistensbedømmelsen, vil der nok være grund til at skænke denne noget større opmærksomhed end hidtil. På mindre arbejdspladser må man vel stadig forlade sig på, at manden ved blandemaskinen kigger ind i tromlen, men hans visuelle kontrol bør hyppigt verificeres med objektive konsistensbestemmelser. På større arbejdspladser vil det sikkert være mere hensigtsmæssigt, efterhånden som der udvikles wattmeter typer (50 K 5) (51 B 1), der egner sig til dette formål, at anvende sådanne til kontrol af konsistensen via blanderens kraftforbrug. For en ordens skyld skal tilføjes, at metoden forudsætter, at grusets kornform holdes konstant. Jeg ved ikke, om denne forudsætning er i orden på den enkelte byggeplads (med hensyn til materialeproduktionen som helhed er den det givet ikke), og indtil dette spørgsmål er klarer vil jeg derfor tilråde en nødtørftig kontrol også med kornformen.

Endelig bør det for at undgå misforståelser nævnes, at sigteprøver på arbejdspladsen i fremtiden dog ikke helt vil kunne undgås, idet der dels vil blive brug for sigtning ved prøvestøbningen, og det dels vil være nødvendigt af og til at kontrollere de indkomne materialer.

Den netop omtalte simplificerede metode til at holde kvaliteten ensartet er i stor skala gennemprøvet på flyvepladsen Heathrow i England, og man har der haft held til at nedbringe spredningen indenfor hver sats til 5% og fra sats til sats til 11%. At dette sidste tal er ekstraordinært lille, fremgår af fig. 8.

Fra et rent teoretisk synspunkt kan man imod opgivelsen af den fortløbende grus- og sand-fugtigheds-kontrol til fordel alene for en konsistenskontrol under forudsætning af, at grusets kornstørrelsesfordeling holdes konstant ved hjælp af en tilstrækkelig vidtdreven fraktionering, indvende, at metoden ikke giver mulighed for at korrigerer sandmængden efter sandets fugtighedsindhold, hvilket vil sige, at betonkornkurven altså principielt ikke kan holdes konstant.

Det er rigtigt. Jeg tror imidlertid, at man ved anvendelse af vejning af sandet kan se bort fra denne fejlkilde i praksis, og at man i høj grad har valgt et mindre onde fremfor det næsten ufremkommelige onde, den hidtidige kontrol har frembudt.

Endvidere vil det være forholdsvis simpelt at overse, hvilke fejl den manglende korrektion af grusmængden medfører, hvorimod fejlene ved den hidtidige praksis erfaringsmæssigt er væsentlig vanskeligere at holde rede på.

Da nogen utvivlsomt vil mene, at den mere vidtdrevne fraktionering hos leverandørerne eller i visse tilfælde på arbejdspladsen er u hensigtsmæssig, og at man hellere burde fortsætte bestræbelserne for en bedre kontrol med vandet i sandet, vil jeg gerne sige, at selv om man nåede til en kontinuerlig og 100% effektiv fugtighedsbestemmelse (47 P 9), der sikrede, at den samlede vandmængde var som forudsat, vil en nøjagtig overholdelse af kornkurven alligevel

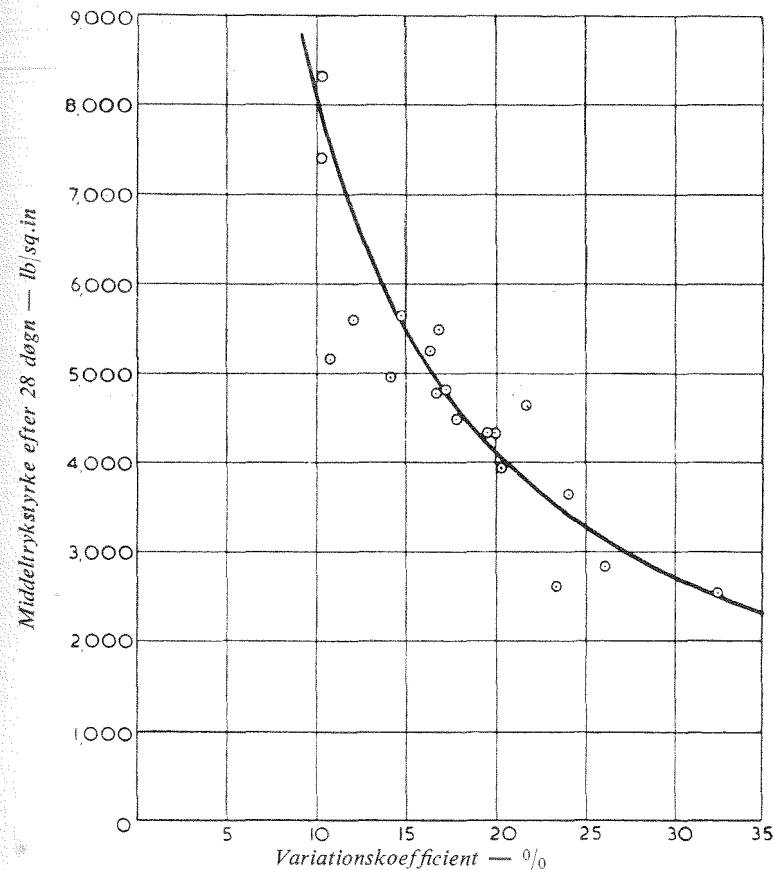


Fig. 8. Sammenhæng mellem betons middeltrykstyrke og variationskoefficient i henhold til F. N. Sparkes (49 S 28).

være nødvendig, da variationerne ellers blot vil vise sig som uhåndterlige variationer i konsistensen.

For fuldstændighedens skyld gøres her endelig opmærksom på, at konstant samlet vandmængde kan tilsikres på endnu to måder, nemlig enten ved tørring af gruset (dette sker f. eks. ved proportioneringsforsøgene) eller f. eks. ved den engelske »innundation«-metode (38 G 3), der giver et konstant omend ret stort konstant vandindhold i sandet. Metoden har dog desværre endnu ikke — trods 15 års eksperimenter — såvidt vides nået en i praksis anvendelig og pålidelig udformning.

Udover den nævnte konsistenskontrol vil der naturligvis stadig være brug for den i normerne foreskrevne kontrol med 7 og 28 døgns styrkerne. Det anbefales, at der samtidig med udtagningen af beton til prøvelegemerne foretages den føromtalte objektive konsistenskontrol, og at styrkeresultater, konsistensresultater samt alle øvrige relevante data, der indsamles, f. eks. temperaturmålinger, afbildes over hinanden i et stort diagram med fælles tidsakse, et forslag til et sådant diagram er vist i fig. 9. Diagrammet bør slås op på væggen i tilsynets kontor, så han stadig har det for øje. (48 K 10) (49 M 33) (49 S 18).

Det kunne måske synes fristende at tillempe den almindelige statistiske kvalitetskontrollers principper på en eller flere af disse rækker af data, men da de fleste arbejder er så kortvarige, at man ikke kan nå i hvert enkelt tilfælde at etablere de nødvendige forudsætninger for en sådan kontrol, vil jeg, indtil hele spørgsmålet om de i praksis forekommende variationer ligger yderligere oplyst, ikke fremsætte et sådant forslag. Noget andet er dog, at man ved umiddelbar betragtning af de tendenser, der måtte fremgå af det foreslåede diagram, og hvis man sørger for, at de registrerede data successivt svarer til samme sats, komprimerings- og lagringsforhold, vil have visse primitive forudsætninger for at finde frem til dels tendenser i produktionens kvalitet, dels til dens årsager, således at man kan gribe korrigerende ind og sikre, at produktionen atter kommer på det tilsigtede kvalitetsniveau.

De tidligere under prøvestøbningerne omtalte sikkerhedstillæg til cementmængden, som er afpasset efter udførelses- og kontrolmetoderne, skulle normalt føre til en sådan fordeling af trykstyrkeresultaterne — fortrinsvis bestemt på selve konstruktionen — at bygværket får en rimelig pålidelighed.

Viser pålideligheden sig på grund af bedre eller dårligere materialer eller udførelsesmetoder at være højere eller lavere end krævet, kan den nævnte kontrol berettigede en ændring i cementindholdet.

[3] Hvis jeg kort skal resumere hovedlinierne i det foregående, har de været:

- 1) en konstatering af, at den fortløbende kontrol på den enkelte byggeplads kun i begrænset omfang rationelt kan udnyttes til regulering af produktionen, og
- 2) i erkendelse heraf opstilling af krav om mere vidtgående fraktionering af sandet samt vejning,

hvilke foranstaltninger automatisk vil medføre en mere ensartet produktion.

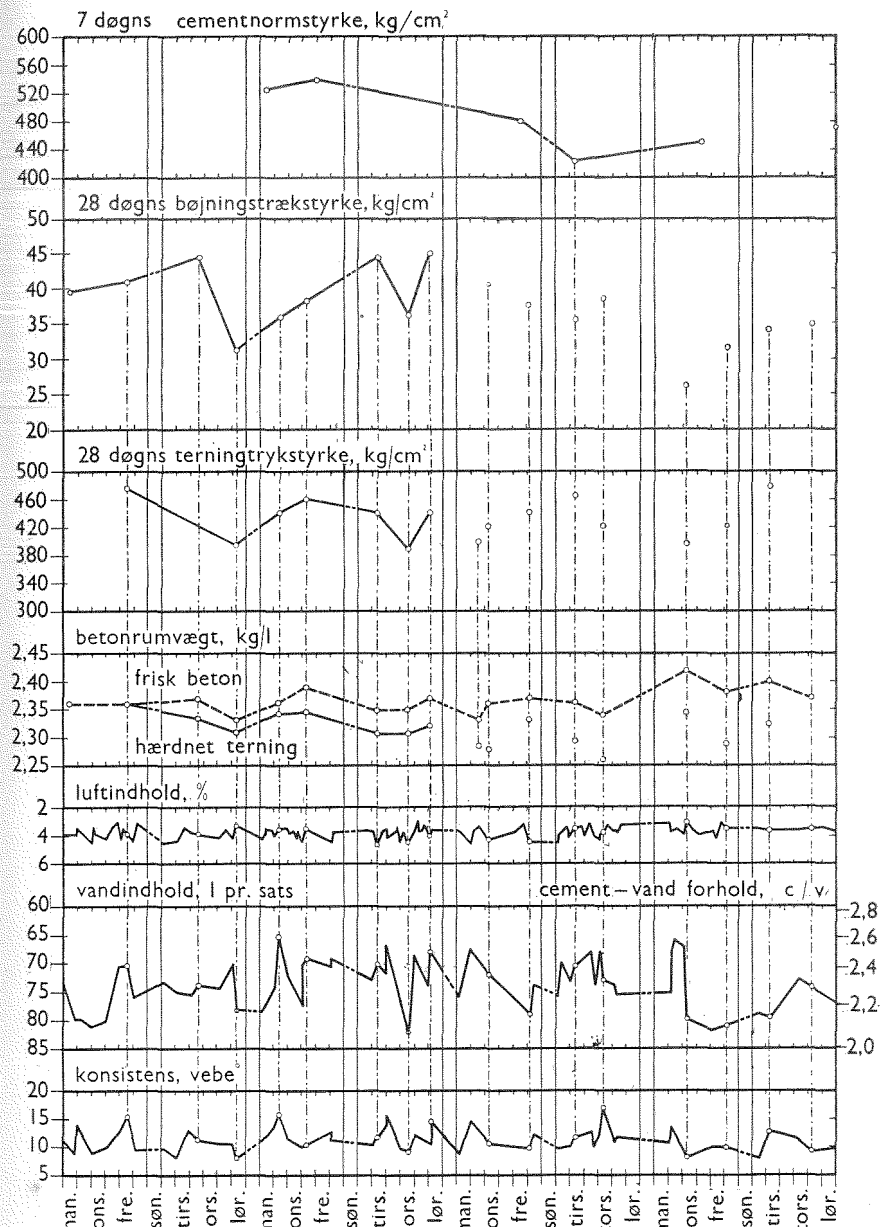


Fig. 9. Forslag til diagram-fremstilling af de vigtigste betonegenskaber. Diagrammet bør suppleres med oplysninger om lufttemperatur, betontemperatur, vejrforhold o.s.v.

4. ARBEJDETS UDFØRELSE

Den netop omtalte kontrol strækker ikke længere end til betonens rette sammensætning og tilberedning.

Ved transport, udstøbning, komprimering og lagring indføres en ny række fejlkilder, der først kan konstateres ved målinger på det færdige bygværk, og disse målinger vil under alle omstændigheder foreligge så sent, at de dårligt kan anvendes til regulering af produktionen.

For at bøde på dette forhold fører såvel bygherren som entreprenøren ved særlige kontrollanter tilsyn med arbejdets udførelse. Det vil sige med, at den arbejdsteknik, der er forudsat i betingelserne og ved proportioneringen overholdes. Selvom tilsynets bedømmelse af forholdene ifølge sagens natur i stor udstrækning kun er kvalitativ, må man ikke af den grund undervurdere dets betydning, dels vil tilsynet jo gribe ind, når arbejdet udføres utilfredsstillende, dels og mest fordi det er en almindelig erfaring, at selve tilstedeværelsen af en sådan kontrol, som jo dog i hvert fald vil kunne afsløre en bedragerisk hensigt og anholde grove fejl, i sig selv vil virke fremmende på kvaliteten, og dels vil bevidstheden om tilsynets tilstedeværelse animere alle parter til at udføre arbejdet på en måde, der er i overensstemmelse med de netop nævnte forudsætninger.

Bygherrens tilsynsbeføjelser overfor entreprenøren og hans folk og omfanget af hans virke (herunder den tidligere omtalte kontrol og administrationen af kontrollen med den løbende produktion) er desværre her i landet temmelig uklare. Dansk Ingeniørforenings betonarbejdsgruppe har i erkendelse heraf sidste år nedsat et udvalg til udredning af disse spørgsmål som netop er fremkommet med (52 - 14) et forslag til retningslinier.

5. KONTROL MED KVALITETEN AF DET FÆRDIGE BYGVÆRK

Af økonomiske grunde vil man på de fleste byggepladser være henvist til at »kontrollere« bygværkets kvalitet ved hjælp af små selvstændig støbte prøvelegemer.

Metoden er yderst nødtørftig — smlg. tabel 4 og det tidligere under prøve-støbninger omtalte — selv om man her har muligheder for at anvende nøjagtigt de samme materialer, der indgår i bygværket, og det må i høj grad ønskes, at der kan iværksættes en indgående forskning indenfor dette område, idet det af det foregående vil forstås, at de omregningsforhold, man i øjeblikket betjener sig af, imellem prøvelegemernes middelse styrke og den »sande« middelse styrke af den færdige konstruktion, samt mellem disses spredninger, hviler på et yderst ufuldstændigt grundlag, og i betragtning af de store mængder beton, der støbes, vil det ses, at en eensidig fejl på blot nogle få procent (som iøvrigt sikkert er adskilligt større), vil betyde millionbeløb for byggeriet.

De ovenfor kort refererede vanskeligheder ved udfra prøvelegemer at bedømme det færdige bygværks kvalitet gør i realiteten det her omhandlede sidste led af byggepladskontrollen illusorisk, og når det i indledningen blev nævnt, at

de styrker, som i normerne er fastsat som værende dem, der skulle sikre byggeomkostningernes minimalisering, er et skud i tågen, så er det de ovenfor netop berørte forhold, der mest sigtedes til. For samtlige de øvrige problemers vedkommende har man forsøgt og i nogen grad haft held til at opstille vel motiverede regler for den praksis, der følges, men på dette punkt må det erkendes, at uvidenheden endnu er stor.

Forholdet er endda så grelt, at selv hvis omregningsforholdene mellem prøvelegemer og den færdige konstruktion engang blev nøjagtigt kendte, eller hvis det blev muligt at sikre, at betonen i prøveterningerne fik nøjagtig samme behandling som betonen i den færdige konstruktion, både forsåvidt angår arbejdsprocessen (udstøbning, komprimering) og forsåvidt angår de før nævnte faktorer, forvitring og belastning m. m., vil man dog møde den hidtil uoverstigelige vanskelighed, at man ikke på noget møde den hidtil uoverstigele grundlag kan beregne styrken af den færdige konstruktionsdel som helhed på grundlag af prøvelegemernes styrke.

Det vil føre for vidt at komme nærmere ind på disse forhold her, hvorfor der blot skal henvises til behandlingen af de samme forhold i Statens Byggeforskningsinstituts Studie nr. 4, side 13 og 14 (50 P 4).

På den ovennævnte baggrund og på grund af det økonomisk uoverkommelige i prøvning af hele konstruktionen er det ikke overraskende, at efterkontrollen ofte lader meget tilbage at ønske med hensyn til repræsentativitet, og de konsekvenser, der drages af en eventuel konstateret for ringe kvalitet er derfor som regel meget famlende. Problemets løsning kræver, såvidt jeg kan se, udvikling af neutrale prøvemethoder, som f. eks. lyd hastighedsmetoden, der kan give et indtryk af forholdene i den færdige konstruktion, som det ikke er muligt at danne sig et pålideligt billede af ved hjælp af prøvelegemer. (50 A 6). Når et tilstrækkeligt stort talmateriale er indsamlet og bearbejdet, vil Statens Byggeforskningsinstitut komme tilbage til spørgsmålet om mere rationelle bestemmelse.

APPENDIX

Det simplificerede eksempel, som er behandlet i tilslutning til figur 5, og hvorefter det skulle være muligt og tilladeligt at reducere gennemsnitsstyrken i en konstruktion, såfremt spredningen formindskes, hviler på følgende forudsætninger:

- 1) Trykstyrken af prøvelegemerne fordeler sig efter den normale (Gaussiske) fordelingsfunktion. Der gøres opmærksom på, at der i den senere tid er fremkommet andre fordelingsfunktioner, der skulle være anvendelige ved materialprøvningen (49 We 1) og (48 Ep 1)
- 2) De anvendte parametres middeltal og spredning er nøjagtigt kendte. I praksis haves alene tilnærmelse til disse størrelser, beregnet på grundlag af et begrænset antal prøveresultater.

- 3) Det er forudsat, at styrken af prøver udtaget af den færdige konstruktion fordeler sig på samme måde som 28-døgns trykstyrken af prøveterninger udstøbt i konstruktionsperioden. Denne forudsætning er diskuteret i forbindelse med tabel 4.
- 4) Trykstyrkefordelingen i den færdige konstruktion er uafhængig af konstruktionselementernes dimensioner. Fra materialprøvningen er det imidlertid kendt, at fordelingskurvens form og parametre ændrer sig med prøvelegemernes dimensioner. Nærmere diskussion af disse forhold findes f. eks. i følgende litteratur. (39 We 1) (40 Kj 1) (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 Ep 1) (48 F 8) (49 P 3) (49 R 10) (50 H 12) (52 A 2).
Forfatteren bekendt har det endnu ikke vist sig muligt at finde sammenhæng imellem trykstyrkernes fordelingsfunktioner i prøvelegemerne og de af samme beton udførte konstruktioner med andre dimensioner.
- 5) Den eneste årsag til brud, der er taget i betragtning, er belastningen, og det på en sådan måde, at trykstyrken overskrides. Teoretisk er det imidlertid muligt at kombinere brudrisikoen fra andre årsager, som f. eks. udmattelse, ustabilitet o.s.v., når de samlede fordelingsfunktioner for disse andre forhold og de tilsvarende materialeegenskaber er kendte. (40 Kj 1, side 20), (47 Fr 1).
- 6) Det er forudsat, at maximumspændingen overalt i konstruktionen er ensartet og kendt. Af denne forudsætning følger
a) at konstruktionselementerne er rigtigt dimensioneret (47 Fr 1) (47 Hä 1).
b) maximumbelastningen er kendt.
Hvis man ikke kan angive nogen maximumbelastning, men blot en belastningsfordeling, er det muligt at beregne konstruktionselementerne således, at brudrisikoen fastsættes i forvejen, f. eks. til 10^{-4} ved samtidig at tage styrke og spændingsfordelingerne i betragtning.
Lad os f. eks. antage, at risikoen for brud beregnes for såvel tilladelige variationer i betonkvaliteten som for tilladelige variationer i belastningen omkring et middeltal P. I så fald vil en forbedring af betonkvaliteten (formindskelse af styrkespændingen) give mindre mulighed for reduktion af middeltal (styrken eller dimensionen), end hvis risikoen for brud havde været beregnet under hensyn til P, som maksimal belastning.
Bidrag til løsning af dette problem kan findes i litteraturen: (40 Kj 1) og (47 Fr 1).
- 7) Betragtningerne forudsætter anvendelsen af uarmeret beton. Ved indførelse af armering i betonen bliver problemerne yderligere vanskeliggjort. F. eks. må brudrisikoen, forårsaget af at armeringens elasticitetsgrænse overskrides, kombineres med den risiko for trykbrud, der er regnet med i det foregående.

LITTERATURFORTEGNELSE

- (20 Fo 1) Jordtrykskompendium. Forssell. 1920. Side 88-91.
- (38 G 3) The Grading of Aggregates and Workability of Concrete. W. H. Glanville, A. R. Collins and D. D. Matthews. Department of Scientific and Industrial Research and Ministry of Transport. Road Research Technical Paper No. 5. London, H.M.S.O., 1938.
- (39 L 2) A Statistical Analysis of Compression Tests on Mortar Cylinders, Cubes and Prisms. H. W. Leawitt and H. A. Pratt. Proceedings A.S.T.M. Philadelphia 1939. Vol. 39, Part II. Pages 851-859.
- (39 P 2) »Grand Coulee«. Dæmningen. Niels M. Plum. »Ingeniøren«. Copenhagen, March 1939. Vol. 48. No. 17. Pag. B.25-B.32.
- (39 We 1) A Statistical Theory of the Strength of Materials. W. Weibull. Proceedings of the Ingeniörvetenskapsakademien. No. 151. Stockholm, 1939.
- (40 S 6) Auswertung der Prüfungsergebnisse an Bohrkernen aus den Betonfahrbahndecken der Reichsautobahnen. K. Sack. Berlin, 1939/40. Strassenbau-Jahrbuch. Volk und Reich Verlag.
- (40 Kj 1) Säkerhetsproblemet i byggnadskonsten. W. Kjellman and Georg Wästlund. Proceedings of the Ingeniörvetenskapsakademien. No. 156. Stockholm, 1940. 58 pages.
- (41 T 6) Statistical Theory of the Effect of Dimensions and of Methods of Loading upon Modulus of Rupture of Beams. J. Tucker jr. Proceedings A.S.T.M. Philadelphia, 1941. Vol. 41. Page 1072.
- (43-14) Report on Significance of Tests of Concrete and Concrete Aggregates. American Society for Testing Materials. Philadelphia, 1943. Second Edition. 170 pages. With 251 references to literature.
- (43 L 4) Nogle kommentarer til de af Dansk Ingeniørforening i marts 1943 udgivne foreløbige normer for beton- og jernbetonkonstruktioner II, Den statistiske bedømmelse af prøvelegemernes styrke. H. Lundgren. »Ingeniøren«. København, 4. december 1943. Vol. 52, no. 82, side B.166.
- (43 W 4) Variations in Strength of Portland Cements Conforming to the Same Specifications and the Relations of such Variations to Concrete Control. S. P. Wing and Arthur Ruettgers. Proc. A.S.T.M. Philadelphia, 1943. Vol. 43. Discussion by J. Tucker jr.
- (44 R 2) Shape, Size and Shrinkage. A. D. Ross. Concrete and Constructional Engineering. Vol. 39. London, August 1944. Page 193.
- (44 W 12) Application of Theory of Probability of Design of Concrete for Strength Specifications. (14th Annual Meeting). Stanton Walker. National Ready Mixed Concrete Association. New York, January 27th, 1944. 6 pages.
- (45 G 3) Heathrow: The Construction of High-Grade Quality Concrete Paving for Modern Transport Aircraft. G. Graham and F. R. Martin. Journal of the Institution of Civil Engineers. London, April 1946. 1945—6.
- (45 M 6) Effect of Type of Test Specimen on Apparent Compressive Strength of Concrete. Bryant Mather. Proceedings 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, 1945. Vol. 54. No. 22. Pages B.61 — B.72.
- (45 T 2) Effect of Length on the Strength of Compression Test Specimens. J. Tucker, jr. Proceedings 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. Proceedings A.S.T.M. Philadelphia, 1945. Vol. 45. Page 952. Discussion of Paper on page 811. (45 M 6).

- (46-54) Discussion on Statistical Quality Control in its Application to Specification Requirements. American Society for Testing Materials. Philadelphia, February 26th, 1946. 13 pages. With 16 references to literature.
- (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 T 4) Tables for Testing the Homogeneity of a Set of Estimated Variances. C. M. Thompson and M. Merrington. Biometrika. University Press. Cambridge, June 1946. Vol. 33, Part IV. Pages 296—304.
- (47 D 12) Introduction des Probabilités dans le Domaine de la Résistance des Matériaux. M. Maurice Dumas. Annales des Ponts et Chaussées. Paris, September-October 1947. Vol. 117. No. 5. Pages 693—698.
- (47 Fr 1) The Safety of Structures. Alfred M. Freudenthal. Transactions of Am. Soc. of Civ. Eng. Philadelphia, 1947. Vol. 112. Paper No. 2296. Page 125.
- (47 Hä 1) Säkerhetsgrad, brottrisk och möjligheter till materialbesparing i byggnadskonstruktioner. Ivar Häggbom. Teknisk Tidskrift. Stockholm, 1947. Vol. 77. No. 17. Pages 391—394.
- (47 M 26) Betonkontrol på byggepladser. Erik V. Meyer. Beton-Teknik. Copenhagen, 1947. Vol. 13. No. 1. Page 1.
- (47 P 9) De praktiske muligheder for ved rationelle arbejdspladsmetoder at tilsi- kke større ensartethed af betonkvaliteten. Niels M. Plum. »Ingeniøren«. København, 1947. No. 16, side B.53—B.64. Med 18 litteraturhenvisninger.
- (47 V 2) Betragtninger og undersøgelser over modelforsøg. Helmut Vogt. Bygningsstatiske Meddelelser. Copenhagen, 1947. Vol. XVIII. No. 3. Pages 43—60. With 5 references to literature.
- (48 Ep 1) Statistical Aspects of Fracture Problems. Benjamin Epstein. Journal of Applied Physics. 1948. Vol. 19. Page 140.
- (48 F 8) Relative Strengths of Portland Cement Mortar in Bending Under Various Loading Conditions. J. P. Frankel. Proceedings A.C.I. Detroit, September 1948. Vol. 45. Pages 21—32. With 3 references to literature. Discussion by J. Tucker, Proc. A.C.I. June 1949. Vol. 45. Pages 32-1 — 32-6.
- (48 H 25) Statistiske metoder. A. Hald. Det private Ingeniørfond. København, 1948. 654 sider.
- (48 K 10) Manual of Report Preparation. F. Kerekes and Robley Winfrey. William C. Brown Co. Dubuque, Iowa, 1948. 397 pages.
- (48 P 16) Betonteknologi. Niels M. Plum. Mur og Beton. København, 1948. Georg Andersens Forlag. Side 1—113. Med 22 litteraturhenvisninger.
- (49 L 44) Calculs probabilistes de la sécurité des constructions. M. Robert Levi. Annales des Ponts et Chaussées. Paris. July—Aug. 1949. Vol. 119. No. 4. Pages 393 — 399.
- (49 M 33) Methods of Graphing Several Variables. J. D. McIntosh. Magazine of Concrete Research. London, December 1949. Vol. 1. Pages 145—148.
- (49 P 3) Statistics of Tests on Mortars and Concretes. (Essais statistiques sur mortiers et Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. (Nouvelle série). Paris. July—August 1949. No. 81. Béton. Béton Armé No. 8. Pages 1—38.
- (49 P 7) La Sécurité. Marcel Prot. Annales des Ponts et Chaussées. Paris, 1949. Jan. — Febr. Vol. 119, No. 1, pages 19—49. With 4 references to literature.
- (49 P 13) Statistics of Tests on Mortars and Concretes. (Essais statistiques sur mortiers et betons). Marcel Prot. Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. New Series. Paris, July—August 1949. No. 81.
- (49 R 10) Quelques Méthodes d'Études sur Modèles Réduits en Résistance des Matériaux. M. Jean Raud. Annales 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.
- (49 S 18) Het schrijven van karakteristieken en diagrammen. H. van Suchtelen. De Ingenieur. s'-Gravenhage. 28. October 1949. Vol. 61. No. 43. Pages E 114—E 117. With 1 reference to literature.
- (49 S 28) Control of Variations in Quality of Concrete and its Effect on Mix Proportions. F. N. Sparkes. Road Research Laboratory. London, February 1949.
- (49 We 1) A Statistical Representation of Fatigue Failures in Solids. W. Weibull. Kungl. tekniska Högskolans Handlingar. Stockholm, 1949. No. 27. 51 pages. With 11 references to literature.
- (50-14) Nogle kommentarer til DS 411 af 1. juni 1949. Beton og Jernbeton. København, 1950. Vol. 2. No. 4.
- (50-26) Misuse of the Average Deviation. National Bureau of Standards. Technical News Bulletin. Washington, January 1950. Vol. 34. No. 1. Pages 9—10.
- (50 A 5) Testing of 11 Danish Concrete Mixers. Johs. Andersen, Per Bredsdorff, Niels H. Krarup, K. Malmstedt-Andersen, Poul Nerenst and Niels M. Plum. Report No. 4. The Danish National Institute of Building Research. Copenhagen 1950. With 112 references to literature.
- (50 A 6) The Non-Destructive Testing of Concrete with Special Reference to the Wave-Velocity Method. Johs. Andersen, Poul Nerenst and Niels M. Plum. Report No. 3. The Danish National Institute of Building Research. Copenhagen 1950. With 48 references to literature.
- (50 H 12) La Résistance du Béton et sa Mesure. R. L'Hermite. Annalés de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics. Paris, January 1950. No. 114. Béton. Béton armé No. 12. 19 pages.
- (50 K 5) Brug og valg af betonblandere. Niels H. Krarup og K. Malmstedt-Andersen. Statens Byggeforskningsinstitut. Anvisning nr. 8. København, 1950. Teknisk Forlag.
- (50 Pl-1) Er vore bygninger rationelt dimensionerede, når hensyn tages til såvel anlægs- som driftsomkostninger? Niels M. Plum, Statens Byggeforskningsinstitut. Sær- tryk nr. 8. »Ingeniøren«, København 1950. Side 454—462. Med 11 litteratur- henvisninger.
- (50 P 2) The Predetermination of Water Requirement and Optimum Grading of Con- crete under Various Conditions. Niels M. Plum. The Danish National Institute of Building Research. Building Research Studies No. 3. Copenhagen, 1950. 93 pages. With 173 references to literature.
- (50 P 4) Om visse grundprincipper vedrørende prøvning af byggematerialer med særligt henblik på betonprøvningen. Niels M. Plum. Statens Byggeforskningsinstitut. Studie nr. 4. København, 1950. 23 sider. 56 litteraturhenvisninger.
- (50 P 8) Betonproportionering. Niels M. Plum og Erik V. Meyer. Beton-Proportionering. Bind II. DIP's Arbejdsgruppe for beton og jernbeton. København, 1950. Side 73—109, 11 fig. Med 10 litteraturhenvisninger.
- (50 P 11) Ensartetheden af de grus-sorter, der anvendes til betonstøbning i Københavns- området. Niels M. Plum. Betonteknik. København, november 1950. Vol. 16, No. 3, side 73—96. Med 12 litteraturhenvisninger.
- (50 Y 1) Hvorledes opnå en mere økonomisk beton? Arne Ytrehus. Teknisk Ukeblad. Oslo, oktober 5, 1950. Vol. 97, No. 36, pages 755—757. Med 5 litteratur- henvisninger.

- (51 B 1) Prøvning af 11 danske betonblandere. (Testing of 11 Danish Concrete Mixers). P. Bredsdorff, P. Nerenst og Niels M. Plum. Meddelelser fra DIF's Arbejdsgruppe for beton og jernbeton. København, januar 1951. Vol. 3, No. 1, side 5—56. Statens Byggeforskningsinstituts særtryk nr. 17.
- (51 G 2) Über die Bestimmung der Festigkeit des Betons. Kurt Gaede. Beton- und Stahlbetonbau. Berlin, juli 1951. Vol. 46, Heft 7. Pages 155—159. With 6 references to literature.
- (51 H 11) Statistisk undersøkelse av betongens trykkfasthed. Henry Hansen. Teknisk Ukeblad. Oslo, juli 1951. Vol. 98, No. 27, side 531—532. Med 2 litteraturhenvisninger.
- (51 K 4) Betongtrykkprøver. Knud-Endre Knudsen. Teknisk Ukeblad. Oslo, marts 1951. Vol. 98, No. 10, side 191—193.
- (52-14) Betontilsyn. Beton og Jernbeton. (Særnummer). Copenhagen, December 1952.
- (52 A 2) Omsætningsfaktorer ved styrkeprøvning af beton. Johs. Andersen. »Beton og Jernbeton«. Copenhagen, Oct. 1952. Vol 4. No. 4 Pages 145—151.
- (52 G 2) Are Test Cylinders Indicative of the True Strength of Concrete in Structures? A. T. Goldbeck. The Crushed Stone Journal. Vol. XXVII, no. 2, pages 3—9. Washington, June 1952. Med 6 litteraturhenvisninger.
- Iøvrigt henvises til litteraturfortegnelsen i Statens Byggeforskningsinstituts studie nr. 4 (50 P 4).

Diskussionen

Indlæggene er gengivet i den — tilfældige — rækkefølge, hvori de fremkom. De efter mødet modtagne skriftlige indlæg er gengivet sidst. De visse steder i marginen anførte tal refererer til opdelingen af indlederens svar, der bringes side 74—81. De samme tal er — hvor det har været muligt — for at lette orienteringen også indført i indledningen udfor omtalen af de samme forhold.

CIVILINGENIØR STEEN KRISTENSEN, A/S CARL NIELSEN

Den foreliggende digre oversigt giver mange gode fingerpeg, men der er flere ting, som jeg er uenig med forfatteren i, og der er andre forhold, som jeg gerne vil have oplyst, og der er naturligvis andre ting, som jeg fuldt ud kan tiltræde.

- Jeg vil begynde med spredningen, og om denne vil jeg sige, at 10% nok er et skrappt forlangende at stille. Når der for rundjern 7-12 mm angives en spredning på ca. 10%, så er 10% et strengt krav at stille for beton. Min private mening er forøvrigt, at som statistisk materiale er spredningen uhyre interessant, men hvormeget betyder den egentlig? Det er jeg ikke ganske klar over. Her trænger jeg til lidt undervisning, som jeg håber at kunne få i løbet af aftenen, for det er dog sådan, at når man har en kæde, så er det det svageste led, [1] det kommer an på, og ikke alle de stærke led. En ingeniør, der har bygget en skorsten, opdager, at der nederst, modsat den side hvorfra vinden blæser hårdest, sidder noget beton, der synes lidt svagt efter prøverne at dømmes, han vil sikkert ikke kunne sove godt den følgende nat. Men så vil jeg anbefale ham at læse foreliggende værk, hvorefter han nok skal blive beroliget. Han vil hurtigt finde ud af, at de prøver, der er taget, er behæftet med sådanne fejl (jfr. følgende), at man slet ikke kan stole på dem. Det er dog muligt, det er mig, der har taget fejl, men hvis vi f. eks. tager side 24, så står der ganske vist under »Prøvestøbninger med de materialer o.s.v.« stk. 2: »Selv ved mindre arbejder, hvor projektet ... må man anstille prøvestøbninger ...«. — Men allerede på samme side tages forbehold, nemlig i stk. 3, 5 og 6. Øverst på side 25 stilles der også forslag om afløsning for prøvestøbning, og jeg vil gerne have lov at blade om til side 35 og citere følgende stykke:
- [18]

»... selv hvis omregningsforholdene mellem prøvelegemer og den færdige konstruktion engang blev nøjagtigt kendte, eller hvis det blev muligt at sikre, at betonen i prøveterningerne fik nøjagtig samme behandling som betonen i den færdige konstruktion, både forsåvidt angår arbejdsprocessen (udstøbning, komprimering), og forsåvidt angår de før nævnte faktorer, forvitring og belastning m. m., vil man dog møde den hidtil uoverstigelige vanskelighed, at man ikke på noget hverken teoretisk eller eksperimentelt grundlag kan beregne styrken af den færdige konstruktionsdel som helhed paa grundlag af prøvelegemernes styrke«.

Hvad skal man så egentlig med prøvestøbninger?

Så kommer vi til betonens tilberedning side 27. Det kan jeg fuldt ud tiltræde, og jeg har intet at bemærke hertil. Side 27 nederst omhandler, at der skal effektiv kontrol til med vandtilsætningen. Det er naturligvis noget af det vigtigste. Vi ved jo allesammen, at cementen er det dyreste, og at lidt rigeligt vand gør betonen lettere at arbejde med. Endvidere siger ing. Plum på side 27, at det ikke kan lade sig gøre at tage sigteprøve på arbejdsstedet, det står der måske ikke så udpræget, men jeg har dog bemærket forbeholdet. Hvis man imidlertid udfører sine prøvesigtninger dagen i forvejen, vil det i de fleste tilfælde være muligt, i hvert fald her i København, efter behov at skaffe grovere eller finere materiale, der kan tilsættes. Jeg tænker her på sten og grus, og ikke på cement.

Så er der fraktioneringen. Det er naturligvis et kildent punkt, det er d'herr nok klar over. Vi har nede hos A/S CARL NIELSEN gjort, hvad vi har kunnet, men vi er ikke kommet længere ned med harpningen end på 8 mm maske af almindeligt naturfugtigt grus. Jeg tror heller ikke, det kan lade sig gøre i grusgravene, og når man går så langt ned med harpningen, så er det fordi man ønsker, at der ikke kommer sten i. Hvis vi harper på 10 mm, så bliver der gjort vrøvl over, at der er sten i, og hvis vi harper på 8 mm, så kan det ikke undgås, at nogle af de sten, der burde have været i gruset, ikke går med igennem, da harpetrådene bliver fugtige, så det fine materiale klæber, og de huller, som var 8 mm, er ikke alle 8 mm. Hvis alle hullerne klistrede og blev mindre, kunne man bruge 10 mm, men det er ikke tilfældet, og da er der ingen anden udvej, end hvis der mangler noget i den grove ende, at sætte sådan noget til som emulsionssten, der fås hos næsten alle leverandører. I modsat fald skal man have flotationsanlæg, som jeg ved findes i Amerika, men det har vi ikke plads til, og tørreanlæggene, tror jeg, bliver alt for kostbare.

Der er skrevet side 29 anm. 2 om, at en gruskurve ofte får en vis S-form. På et vist punkt kommer den højt op på grund af, at stenene harpes fra. Mod den nederste ende prøver vi på at blande sand i for at få kornkurven mere retliniet, men det skal vi være forsigtige med, for så bliver der sagt, at vi fylder gruset med sand, og at det er den rene svindel. Dertil svarer jeg, at så må folk selv købe sandet og blande det i, vi gør det efter vor bedste overbevisning, således som flertallet ønsker varen.

Så er der vejningen på side 30. Det er meget tiltalende at veje materialerne, og såvidt jeg ved, benyttes det i alt fald i udstrakt grad, hvor beton og betonvarer fremstilles fra fabrik. Vejningen er altid sikrere end måling, for materialet falder mere eller mindre sammen, eftersom det bliver behandlet, hvordan det bliver læsset af, om der bliver trådt i det, og om det får lov til at ligge sådan, at det er udsat for regn o.s.v.

Endvidere står på side 30, at kontrollen kommer til at hvile på konsistensbedømmelsen. Ja, det er noget nær det bedste, der er skrevet, efter min mening.

Dernæst på side 32, stk. 2, om konstant vandmængde. Det kan gøres ved at tørre sandet, men, som jeg siger, det bliver dyrt. Vi har et jævnt stort tørreanlæg til andet formål, det kan tørre 8-10 tons grus i timen uden sigtning, men det forslår ikke ret meget, når der er tale om betonstøbningsmaterialer, hvor der vel her i København mange dage bruges 1500 m³ grus eller mere hele Storkøbenhavns forbrug medregnet. Hermed er man vistnok ud over at spekulere over konstant vandmængde.

Nederst på siden står »Viser pålideligheden sig på grund af bedre eller dårligere materialer eller udførelsesmetoder at være højere eller lavere end krævet, kan den nævnte kontrol berettige en ændring i cementindholdet«. Endvidere i slutningen på side 32, at den fortløbende kontrol kun kan udnyttes i begrænset omfang til regulering af produktionen. Det skulle altså være hovedlinierne, der gerne skulle være absolutte, men det er vel svært, og det er vel også det, der er ingeniør Plums mening, i alle tilfælde ville det være rart at få det nærmere præciseret. Dernæst fraktioneringen af sandet, om hvis vanskeligheder jeg har udtalt mig, samt vejningen, der naturligvis må foregå i nærheden af blandedmaskinen, for materialerne varierer nu engang, og det kan vanskeligt blive anderledes. Vi ved, at omtrent 100% af de danske støbematerialer kommer fra moræneaflejringerne. Når en sandpumpe går til søs for at pumpe sand, kan han den ene dag være heldig at få »et godt tag« og få nogle gode materialer, den næste dag glipper det, det glipper af samme grund, som det glipper for gravemaskinen, der kører i en grusgrav. Een eller to dage kører den i et stenet materiale, og fire eller fem dage kommer et sandet materiale, og det er svært at få plads til at få det blandet sammen og få en generalnævner, så det hele bliver godt.

Indtil videre står for mig konsistensbedømmelsen som den bedste, på den anden side ved jeg også, at civilingeniør Plum har arbejdet meget energisk og fortsat vil gøre det, så vi virkelig kan få noget godt ud af det. Jeg skal være den første til at håbe, at en tilfredsstillende løsning kan findes.

Efter mødet i Ingeniørforeningen har civilingeniør Plum bedt mig oplyse hvilke materialer, der kunne komme i betragtning som regulerende faktorer til en ønsket ændring i en foreliggende gruskornkurve med kornstørrelse 0—8 mm. De anførte dagspriser er pr. december 1951 og gælder afhentet fra A/S CARL NIELSENS oplagspladser i København. Kornstørrelserne er omtrentlige. Der kan tænkes anvendt følgende materialer:

Emulsionssten	2	—8	mm	kr. 16,00	pr. m ³ .	Kornkurve omtrent retliniet
Robbedalekvarts	0,35	—1,65	»	»	38,00	»
Ellekildegrus	0,125	—1,00	»	»	8,75	»
Skelsand	0,125	—0,35	»	»	6,75	»

Med hensyn til fraktionering er spørgsmålet, hvorvidt denne skal drives; men fodnote 2 side 29 i indledningen taler om fraktionsskel ved 0,25 — 0,50 og 1,00 mm.

I mit indlæg ved samtalen i Ingeniørforeningen omtalte jeg — se ovenfor — at vi disponerede over et tørreanlæg med en kapacitet på 8—10 tons tørret sand pr. time. På dette anlæg producerer vi bl. a. filtergrus til vandværksfiltre i kornstørrelse 0,7—1,2 mm og 1,2—2,5 mm. Kapaciteten er på grund af de snævre grænser for kornstørrelsen ganske ringe $\frac{1}{2}$ —1 m³ pr. dag af hver sort, og ab-lager prisen december 1951 er henholdsvis 80,00 kr. pr. m³ og 55,00 kr. pr. m³.

[4] Man vil heraf kunne forstå, at omkostningerne ved fremstillingen og fremskaffelse af apparater og lagerplads til fraktionering af et nogenlunde tilstrækkeligt kvantum af de forskellige sortimenter bliver så store, at tanken bør skrinlægges.

RÅDGIVENDE CIVILINGENIØR A. J. MOE.

Jeg har ingen kritik at rette imod ing. Plums fortrinlige oversigt over de vidtrækkende økonomiske og tekniske problemer, der knytter sig til betonkontrollen. Hvad jeg her anfører, skal kun give udtryk for de erfaringer og synspunkter, som jeg som rådgivende ingeniør mener at have indhøstet med hensyn til en mere rationel betonkontrol på større byggepladser i de senere år.

Ingeniør Plum anfører selv, at spørgsmålet om sikkerheden er et spørgsmål om sandsynlighed. Betonkontrollen er jo et led i sikkerheden, og ing. Plum anfører ligeledes, hvad jeg finder helt rigtigt, at sandsynlighedsregningen, anvendt på de enkelte grupper af prøvebjælker, altså spredningen δ_w , ikke giver det helt rigtige billede af sikkerheden. Han anfører ligeledes, at det heller ikke er spredningen ω fra sats til sats af prøvelegemerne, ja end ikke de forskellige kombinationer af disse spredninger, der giver et tilstrækkeligt billede, idet variationerne i selve bygværket kan blive helt anderledes.

Hertil mener jeg bør tilføjes, at heller ikke betonens variationer i bygværket må tillægges alt for stor betydning for sikkerheden, og det af to grunde.

For det første det, vi kalder betonens trykstyrke, defineret ved terninge forsøg. Dette er en hypotetisk størrelse. Vi kender i virkeligheden ikke betonens trykstyrke. Dels brydes prøvelegemerne af andre grunde end trykstyrkeoverskridelsen, ved forskydning eller ved træk under indflydelse af friktion i aftrykfladerne m. m., og dette svarer vel aldrig til forholdene i de virkelige konstruktioner. Dels repræsenterer prøvningen kun en kortvarig eengangsbelastning, som heller ikke svarer til forholdene i konstruktionen: Langvarige og vekslende

belastninger giver som bekendt begge mindre brudstyrke end den kortvarige eengangsbelastning.

Den anden grund til, at betonens spredning ikke kan tillægges alt for stor betydning er, at andre afvigelse fra forudsætningerne har lige så stor eller større indflydelse på, om sikkerheden i konstruktionen er til stede. Disse afvigelser kan f. eks. være unøjagtige dimensioner, variationer i flydespændinger i jern, tilnærmede beregningsforudsætninger og mange andre ting.

Det er indlysende, at disse forhold, set fra et rent sikkerhedsmæssigt synspunkt, kan give anledning til betydelige spredninger, som i nogen grad kan gøre spredningen inden for betonen mindre betydningsfuld. Det er næsten indlysende, at man ikke uden videre kan addere disse forskellige spredninger, men man må regne med en vis sandsynlighed for, at de kan modvirke hinanden, [5] indtræde forskellige steder i konstruktionen o.s.v.

[18] Disse betragtninger mener jeg, man bør holde for øje, for ikke at mindske anstrengelserne for bedre og mere ensartet beton gennem rationelle metoder, men for at undgå en overbetoning af de resultater, man kan opnå. Ingeniør Plum fremhæver, og det er sikkert afgørende rigtigt, at de økonomiske byrder ved en omfattende betonkontrol let kan gøre denne uigennemførlig. Ser man dette i sammenhæng med vanskelighederne med en tilsvarende kontrol af de øvrige forhold på en byggeplads og betonkontrollens relative betydning, bør man nok lægge temmelig stor vægt på, ikke at overbetone betonkontrollens betydning. Normerne fastsætter sikkerheden i forhold til prøvelegemernes minimumstyrke og tager således ikke hensyn til spredningen. Dette kunne synes irrationelt, men da spredningen ikke direkte kan benyttes som et mål, fordi andre årsager til spredningen i selve konstruktionen øver deres indflydelse, og da disse andre spredninger ikke lader sig bedømme direkte, er det et stort spørgsmål, om man bør tage de forøgede anstrengelser og udgifter, som hensyntagen til spredningen vil medføre. Det må ikke glemmes, at selv normernes krav til minimumsresultaterne tillader en økonomisk betragtning over spredningens størrelse. Den entreprenør, der er forpligtet til at overholde en minimumstyrke, kan selv bestemme, om han enten vil anvende en billig betonfremstillingsmåde med en stor spredning og et højt middeltal, og derigennem meget cement, eller om han vil bruge en dyrere betonfremstillingsmåde med mindre spredning og lavere middeltal, og derigennem mindre cement. Herigennem når man i nogen grad til det økonomisk gunstigst mulige resultat inden for de rammer, pågældende entreprenørs materiel m. m. betinger. Det uretfærdige i, at få prøver giver en mindre sandsynlighed for et lavt minimumstal end mange prøver, kan man selvsagt ikke helt undgå, men normerne forudsætter nu [6] engang et nogenlunde bestemt antal prøver pr. m³ beton.

Når normerne i pkt. 19 forudsiger visse prøvestyrker under den krævede minimumsværdi, er det ikke brud på princippet om minimumsværdier, men en praktisk anvisning på, hvordan man skal forholde sig, hvis man kommer med en værdi, der er under minimumsværdien. I praksis vil man da også se

bort fra, at enkelte resultater ligger lidt under minimumsværdien, bl. a. fordi det hyppigt kan forklares ved tilfældige forhold, f. eks. for stor udtørring. Jeg selv foreskriver visse bestemmelser for rimelige tolerancer; men selv dette er ikke ensbetydende med den mere omstændelige anvendelse af spredningsprincippet som udgangspunkt for sikkerheden.

[2] Med hensyn til forudbestemmelse af betonstyrken ved prøvelegemer, som ing. Plum mange gange ikke er helt tilfreds med, er det min erfaring, at det er ganske godt vejledende, navnlig på byggepladser rundt omkring i landet, hvor betonmaterialerne er meget forskellige. Man er mange steder ad den vej kommet frem til, at det kan betale sig at anvende to eller flere sandsorter på samme plads. Det er forøvrigt min erfaring, at det bortset fra ganske særlige anlæg med meget store ensartede betonmængder og ikke for krævende tilsyn med andre ting, er muligt, men vanskeligt, at gennemføre normernes strenge krav til betonen i klasse A, f. eks. igennem kontrollen til vandmængde, korngraduering o. lign. Det kræver i alle tilfælde en betydelig konduktørtjeneste. De grønne skemaer er i og for sig udmærkede, men de er i praksis lovligt komplicerede.

Ing. Plum sætter sikkert fingeren på det rigtige sted ved at gøre opmærksom på, at kvalitetsforbedring af beton har vidt forskellig betydning for forskellige slags bygværker. Forholdet er netop det, at for visse bygværker er betonens holdbarhed i det lange løb langt vigtigere end for andre. Det er ikke nær så meget betonens trykstyrke som andre kvalitetsegenskaber, der her er brug for, nemlig tætheden, formindsket svind og stor trækstyrke. For disse kvalitetsegenskaber er trykstyrken kun et meget mådeligt udtryk, og det er ikke givet, at noget større spredning i trykprøvelegemernes brudstyrke har nogen afgørende betydning for de øvrige kvalitetsegenskaber. Når ing. Plum på side 16 og 17 anfører, at beton med stor spredning har mindre sikkerhedsgrad end beton med lille spredning, forekommer det mig ikke helt rigtigt, når man som normerne går ud fra minimumsstyrken. Den økonomiske gevinst kan næppe opgøres så simpelt, som ing. Plum angiver det, og ing. Plum har for så vidt bemærket, at det kræver videre arbejde.

[7] Kun hvor cementbesparelsen er større end omkostningerne ved fremstilling af beton med ringe spredning, d.v.s. dyrere grus, dyrere kontrol, opnås en besparelse.

[8] Jeg vil gerne slutte med at sige ing. Plum og arbejdsgruppen tak for det store og dygtige arbejde, der er udført i denne sag og håbe, at dette arbejde må blive fortsat efter de linier, ing. Plum har trukket op i sit indlæg. Det er den eneste måde, der kan føre til fremskridt; blot vil jeg gerne minde om den almindelige regel, som gælder på mangfoldige af livets områder: Det bedste er det godes fjende. Det betyder ikke, at man ikke skal stræbe efter det bedste, men man må ikke vente med forbedringer, til man har fundet det bedste, for det finder man dog næppe nogensinde, og man bør ikke stille kravene så højt, at de ikke lader sig gennemføre.

CIVILINGENIØR HENRIK CLAUSEN.

Når man efter bedste evne har søgt at følge med i, hvad der er kommet frem om det, man til daglig har med at gøre af betonkontrol, så er man ofte blevet noget beklemet. Når man har forsøgt at gennemføre de forskellige forslag og kontrolmetoder, som er foreslået, er man gang på gang kommet til det ejendommelige resultat, at man ikke kan få det gennemført. Man kan meget vanskeligt få det gennemtruffet, og når det endelig er sket, så står de praktiske resultater ikke i noget rimeligt forhold til alt det besvær, man har haft. Og det er derfor nærmest en befrielse at se, at arbejdsgruppen og ing. Plum gennem reelle økonomiske, tekniske og praktiske overvejelser er kommet frem til at mene, at det indtil videre må være fyldestgørende med den ret simple og enkle kontrol i marken, som foreslås i indledningen. Jeg kan dog ikke lade være med at understrege, at der efter min mening er et punkt, der har overvejende betydning for betonkontrollen og det gode resultat af betonstøbning, nemlig entreprenørens materiel, folk og ledelse i det hele taget, og at man bør sætte meget ind her for derigennem at skabe forbedring.

Et andet punkt er dette: der står en lille bemærkning om, at ingeniørforeningens betongruppe vil tage arbejdet op med at fremsætte et forslag med retningslinier for de tilsynsførendes beføjelser over for entreprenøren. Der er ingen tvivl om, at det er tiltrængt, men man kan som tilsynsførende kun håbe på, at de retningslinier, der derved kommer frem, ikke bliver for strenge. Det er nu engang sådan, at alt for mange paragraffer og skemaer i det lange løb kan virke hemmende på initiativet og arbejdslysten på pladsen.

CIVILINGENIØR, ENTREPRENØR ERIK C. PEDERSEN.

Jeg synes godt, jeg kan gøre ing. Sten Christensens ord til mine, nemlig at ing. Plum sikkert har ret i meget af det, han siger, men at der er meget sort tale i det. Det er nu engang således, at beton er et produkt, som er en funktion af så mange faktorer, at en enkelt af de mange kan gøre et udslag, som viser et resultat på arbejdspladsen i meget ugunstig retning, selvom måske de andre faktorer har været i orden. Ing. Clausen var inde på det samme, ing. Moe også. Der er visse praktiske forudsætninger, som det næppe er muligt at komme bort fra, nemlig forholdene på selve arbejdspladsen — ledelsen, tilsynet, arbejderne —, endvidere det materiel, der er til rådighed, og hvad der kan gøres, for at dette bliver anvendt rigtigt. Jeg efterlyser meget gerne nogle flere udtalelser om disse spørgsmål.

CIVILINGENIØR, DR. TECHN. ERIK V. MEYER.

* Ingeniør Plums indledning er skrevet sådan, at det er et stort arbejde at læse den, og jeg kunne have lyst til at sige, at det danske sprog er et meget vanskeligt sprog, som kun med største besvær skrives og tales korrekt af de

indfødte. Men sproget er rettet i den trykte gengivelse, og alt dette kan derfor springes over.

Ing. Plum kommer ind på betydningen af at passe på vandmængden, og jeg synes, at han burde benytte denne lejlighed til at gå over til vandcement-tallet, og følge næsten alle andre lande på nær måske nogle enklaver i Norge. Jeg synes, det er kedeligt, at vi stadig ser dette c/v. Se nu f. eks. ing. Plums indledning til diskussionen om c/v eller v/c: Der står nemlig ved en fejltagelse v/c, hvor der skulle stå c/v.

- [9] Er det meningen side 22 at sige, at de kvalitetsundersøgelser, der nu er angivet, f. eks. i de nye normer, ikke er tilfredsstillende, men yderligere skal udpensles, medens vi venter på standardiseret apparatur og standardiserede fremgangsmåder? Er dette tilfældet, vil jeg spørge, om der er nogle positive forslag til nye fremgangsmåder. Ved de nævnte engelske undersøgelser siger englænderen, at en stor del af spredningen skyldes cementen, men her mener ing. Plum, meget venligt i og for sig, at cementen ikke har så stor skyld i spredningen. I dette tilfælde vilde jeg dog tro, at hovedparten af spredningerne alligevel skyldes cementen, da cementen er den styrkegivende del af betonen. Det fremgår af afbildningerne, at cemenstyrken og betonstyrken følges meget nydeligt ad. Undersøgelserne har været sideordnede. Englænderne mener, at spredningen i bygværker ikke vil være så stor som ved prøvelegemerne, og det tror jeg i og for sig, de har ret i, for der er mange forhold, der indvirker på prøvelegemerne, som lagrings- og udtørningsforhold, variationer i overfladebeskaffenhed, jævnhed o.s.v., kort sagt alle de unøjagtigheder, der er ved prøvningen, som ikke vil findes i bygværket. Bygværket har altså en eller anden ganske bestemt styrke, som vi måske ikke kan finde, men vi finder en masse styrker for prøvelegemerne, men vi ved ikke, om de er rigtige, fordi de er behæftet med en mængde fejl.

Så er der andre ting, som spiller en stor rolle. Man er inde på en meget omhyggelig proportionering, og så er der dog ting, der spiller en meget større rolle end alt dette, f. eks. lagringen. Vore forsøg med små prøvelegemer og med henholdsvis 1 dags, 3 dages og 7 dages vandlagring gav styrker, der forholdt sig som 100 - 200 - 300.

- [11] På side 25 siger ing. Plum om middeltallet: »Rigtigheden af dette skøn — så længe cementfabrikerne ikke ændrer deres produktionsmetoder — beror alene på opnåelsen af den ved kurvernes bestemmelse forudsatte kompaktthed, der f. eks. skal være større end 0.970.« — Det synes jeg er helt forkert, navnlig ordet »alene«, for der er mange andre ting, der skal være i orden, for at man kan være sikker på, at man når det rigtige skøn, som er angivet ved de kurver, som står i vore fælles proportioneringsregler. Dernæst synes jeg heller ikke, at man kommer i komisk situation ved fig. 3 på startbanen i Kastrop. Hvis jeg forstår kurverne rigtigt, må det være de forsøgsresultater, man er nået til ved undersøgelse af betonen. Der står ikke noget om, om det er i relation til udbo-rede prøvelegemer eller noget i den retning. Men man udfører altså et arbejde,

og man laver nogle kontrolterninger, og så finder man, at man snart har lidt større værdier, end man skal have, og snart lidt mindre værdier. Det er dog vejledende, og det har dog den betydning, at man kan regulere sine blandinger, sådan at man kan få det til at passe. Hvis man får alt for store værdier, så går man selvfølgelig ned med cementmængden, og får man alt for små værdier, så går man selvfølgelig op, man søger at komme til at ligge omkring det rigtige, man kan sige, at man svinger omkring det passende. Det har dog en meget stor psykologisk værdi. Jeg synes faktisk ikke, at man kommer i nogen som helst komisk situation, men det kan vi måske få forklaret lidt nærmere.

- [13] Så er der en svær sætning som »Frekvensen af eventuelle periodiciteter i kvaliteten«. Sådan noget skal man læse et par gange, førend man virkelig forstår det. Jeg vil tilråde, at man skrev det sådan, at det var meget nemmere at tilegne sig det, for det er virkelig meget svært at læse. Dernæst er der et punkt på side 27, hvor jeg synes, ing. Plum slipper forfærdelig let over det. Der står nemlig: »De to væsentligste ting, der skal føres kontrol med, er cementindholdet og vandindholdet. Cementindholdet kan man vist føre tilstrækkelig kontrol med ved at tælle de tomme cementposer hver dag«. Se, det er altså ikke noget kriterium for, hvor cementen er blevet af, og det er navnlig ikke noget kriterium for, at der er kommet lige meget cement i hver blanding. Vi har da i hvert fald tænkt på, når vi skal levere cement i løsvægt, at siloerne på arbejdspladsen forsynes med en slags vejeanordning, så man ikke nøjes med, når dagen er gået, at se hvor langt man er kommet ned i sin beholder.

- [14] På side 29 står der i relation til ing. Plums undersøgelser om grussorter, under anm. 1 i første afsnit: »... kan de økonomiske konsekvenser, som baserer sig på den traditionelle overgang fra finhedsmodul til vandbehov antagelig drages i tvivl«. Jeg vil gerne vide, hvad det betyder.

- [15] Man er nu stærkt inde på, at vi skal bruge enten afvejede cementmængder eller en hel sæk cement. Vi skal derfor angive vandmængden i forhold til cementmængden, således at det helt naturligt må blive v/c, vi angiver, og det synes jeg, vi skal være enige om.

- [9] Så er det foreslået at bruge mere vidtgående fraktionering af sandet og gå over til vejning. Det har for så vidt været brugt i praksis hos os i mange år, idet vi mange gange har rådet folk til f. eks. at supplere med noget finere sand for at få et mere passende grus. Jeg vil gøre opmærksom på, at det med at få sandet i mange fraktioner, har stået i en artikel i »Beton-Teknik« 1947, som ganske vist ikke er med i litteraturfortegnelsen. Her er det anført, at teoretisk burde hver eneste portion grus sigtes og vejes, før det blev brugt, »hvilket omsat i praksis vil sige, at sand og sten burde bruges i et stort antal fraktioner«.

[16] Ingeniør Plums problemstilling er uklar, men interessant, og den er yderst vigtig. Jeg forstår, at ing. Plum vil benytte metoder som f. eks. lydastigheds-målinger o. lign. til konstatering af betonens kvalitet i de færdige bygværker og sammenholde disse resultater med de prøvelegemer, som man trods alt

[30] alligevel støber samtidig med, at man laver de bygværker, for hvilke man måler, og så efterhånden få klarhed over, hvordan forholdet er imellem de prøveresultater, man opnår ved sine prøvelegemer og ved måling i bygværket på et senere tidspunkt, sådan at man kan konstatere den virkelige relation. Jeg tror ikke, det er rigtigt, som ing. Plum skriver, at man i øjeblikket regner med en bestemt relation, for det gør man ikke.

[2] Vi bruger visse sikkerhedsgrader, men man regner ikke med nogen bestemt relation. Der er ingen, der i dag kan sige, at når vi har fået de og de prøve-resultater, så har bygværket den og den styrke. Man må ikke glemme, at udmattelsesstyrken af beton er 50—60% af den hurtigt fundne styrke. Jeg er enig med ing. Plum i, at en variation 0,24 til 0,25 i tilladelig påvirkning er for lille en variation, og jeg er stemt for, at man skulle have en betydelig større forskel, men det har man altså ikke ønsket i udvalget.

PROFESSOR E. SUENSON.

Ing. Plums Afhandling har et godt Formaal, men er vanskelig at læse, fordi den sammenblander saa mange Problemer, at Læseren bliver konfus. Den vilde gøre mere Nytte, hvis Indholdet blev stærkere sorteret, f. Eks. i følgende Afsnit:

(1) Rational Byggepladskontrol afpasset efter de Arbejdsmaader, der for Tiden er almindelige i Danmark.

(2) Forslag til Forbedring af Raamaterialer og Arbejdsmaader.

(3) Statische Undersøgelser med Henblik paa Fremstilling af mere ensartet Beton, som ville berettigede til at formindske Forholdet mellem Betonens Middelstyrke og Brugsspænding.

[18] Forfatteren begynder med *Punkt 3*, og efter min Mening gør han for stærkt Brug af den teoretiske Fejlfordelingskurve. Man kan nemlig ikke i al Almindelighed bedømme Bygværkets Sikkerhedsgrad ved Hjælp af de enkelte Betontærningers Styrketals Middelfvigelse fra Tærningernes Middelstyrke — altsaa ved den Størrelse, der kaldes »spredningen«, og som intet oplyser om den svageste Tærnings Afvigelse fra Middelstyrken — og det Indtryk faar man ved Læsningen; først paa Side 17 nævnes en passant, at Spredningen er uden Betydning for meget svære Bygværksdele.

[18] Men ogsaa for spinkle Deles Sikkerhedsgrad overvurderes Spredningens Betydning. Tænker man sig en Betonpille som en lodret Række Tærninger, bestemmes dens Styrke af den svageste Tærning. Tærningernes Middelstyrke er uden Betydning, og det er ogsaa ligegyldigt, om Tærningernes Styrke er ens eller meget forskellig.

[18] Et Bygværks Sikkerhedsgrad afhænger i højere Grad af den svageste Beton, der forekommer i det, end af Spredningen. Kontrollens vigtigste Opgave er at sikre en vis Minimumstyrke, og den ansvarshavende Ingeniør bliver bedst orienteret ved — sammen med Kontroltærningernes Middelstyrke — at faa opgivet Yderværdierne, ikke Spredningen; interesserer han sig også for denne,

kan den — hvis Tærningeaantallet er nogenlunde stort — tilnærmelsesvis beregnes ved at dividere Yderværdiernes Differens med et Tal, der vokser noget med Tærningernes Antal, og som f. Eks. for 10 Tærninger er 3,6.

[19] Beton fremstilles ikke på et Apotek, men paa en Byggeplads, hvor Resultatet er afhængigt af saa talrige og vidt forskellige Faktorer, at disse ikke kan behandles over en Bank ved statistiske Undersøgelser af Styrketallenes Spredning for den Beton, der fremstilles Landet over. Sandsynligheden for Katastrofer kan ikke udledes af disse Tal, lige saa lidt som man af Direktørers statistiske Gennemsnitsindtægt kan se, om nogle af dem er døde af Sult.

[20] *Vedrørende Punkt 1* skrives Side 23, at man kun kan afgøre, om en Cement har været for længe lagret, ved at se om den er stenløben. Dette er ikke rigtigt, thi man kan udgløde en Prøve og bestemme Vægttabet. Når Byggeforskningsinstituttet haaber at kunne bestemme denne Lagringstids Betydning ved Bearbejdelse af indsamlede Styrkeforsøg fra Byggepladser, vil det utvivlsomt blive skuffet.

[14] Side 27 nævnes, at Cementmængden kan kontrolleres ved at tælle de i Dagens Løb tømte Poser, men man maa da samtidig opmaale den udstøbte Betonmængde, og denne Kontrol med Betonens Blandingsforhold vil næppe virke kvalitetsforbedrende.

[21] *Vedrørende Punkt 2* kritiseres Side 23, at Cementnormernes Styrkekrav kun er halvt saa store som Cementernes faktiske Normstyrke. Ogsaa jeg mener, at denne Margin er for bred. Af nationaløkonomiske Grunde burde den gøres smallere, thi den samvittighedsfulde Ingeniør tør kun regne med de garanterede Styrker, naar han projekterer.

[22] I denne Forbindelse vil jeg dog advare mod, at man ved Fastsættelsen af Blandingsforholdet kun tænker paa Betonens Styrke og ikke paa dens Tæthed. Jernbetonnormerne kræver kun 200 kg Cement pr. m³, og hvis Cementstyrken efterhaanden bliver saa høj, at man kan frembringe den ønskede Betonstyrke med disse 200 kg, vil de skadelige Følger næppe udeblive.

Side 25 foreslaas, at der hvert andet Aar offentliggøres autoriserede Kurver (Fig. 6), der viser 28 Døgn gammel Betons Styrkevariation med Vand-Cement-Forholdet og med Cementens Art. Styrketallene skal være baserede paa Maalinger af faktisk opnaaede Styrker i færdige Konstruktioner fremstillede af en Beton med højst 3% Luft.

[23] Denne Tanke er næppe realisabel: (1) Hvorledes bestemmes Styrken i en færdig Konstruktion? (2) Hvem kan meddele hvilket Vand-Cement-Forhold og Luftindhold, der har været i Betonen de Steder, hvor Prøverne udtages, og paa hvilket Tidspunkt denne Beton er udstøbt? (3) Hvorledes skal man ud fra Styrken af Prøvelegemerne, der utvivlsomt vil blive af meget varierende Alder, beregne 28 Døgns Styrken? (4) Er der nogen som helst Sandsynlighed for, at de fundne Styrker skulle ligge paa regelmæssige Kurver.

Og selv om man opgiver Kravet om, at Kurverne skal udledes af færdige Bygværkers Styrke, og tænker sig dem udledet ved nye Forsøg med støbte Tær-

ninger, kan man ikke nøjes med een Kurve for hver Cement af følgende Grunde: (1) Gøres Forsøgene med en Standardbeton, d.v.s. en Beton, der er fremstillet med et givet Grus og med et givet Cementindhold pr. m³, vilde Betonen faa en meget varierende Konsistens og ikke egne sig til praktisk Brug, saavel naar V/C-Forholdet er 0,3, som naar det er 1,2, hvis man forudsætter, at Betonen stemples paa sædvanlig Maade. Bruger man en Standardbeton, maa man enten (a) have et Sæt Kurver for hver Komprimeringsmaade eller (b) lade Komprimeringsmaaden variere med V/C, og en saadan Kurve vil næppe kunne vejlede Praktikerne. (2) Og bruger man ikke en Standardbeton, men lader Grusets Kornkurve (og Cementindholdet?) variere med V/C, så konsistensen altid bliver den samme, maatte man have Kurver for forskellige Konsistenser, og deres Beliggenhed vilde utvivlsomt variere med Valget af Cementindhold og Grus-Kornkurve.

[24] Iøvrigt savner man Oplysning om, hvorvidt V/C skal beregnes af Støbevandsmængden eller af Betonens Vandindhold efter Sætning; jeg formoder det sidste — thi ellers bestemmes en vandrig Betons Styrke jo ikke af V/C — og det gør [25] Nyttens af de foreslaaede Standardkurver yderligere problematisk.

Side 28 anbefales at lade Sandet levere i flere Fraktioner, og det er naturligvis en god Foranstaltning, men det kræver en Vaadsigtning, som vil blive dyr, i alt Fald for Bakkesand. Og kort efter (Side 29) siges, at man ikke maa misbruge Fraktioneringen til at faa en forbedret Kornkurve. Man skal som Regel bruge de to eller tre Sandsorter i samme Forhold, som de havde før Sortering, idet Hovedformalet er, at Kornkurven altid er den samme. Men vilde det saa ikke være billigere at spare Sigtningen og i Stedet lade Leverandøren blande [26] Sandet grundigt inden Leveringen?

PROFESSOR A. EFSSEN

Det meste af, hvad jeg har at bemærke, er faktisk allerede sagt, og jeg skal passe på ikke at komme med gentagelser.

På side 23 nederst står der: »Såvidt vides, er der her i landet kun meget få eksempler på, at sand og sten er blevet kasseret for ikke at overholde normernes eller andre betingelsers krav.« Det passer ikke, jeg har uhyre mange eksempler fra min praksis, på at sand og sten er blevet kasseret, fordi de ikke passede til formålet.

Jeg vil gerne have lov at protestere en lille smule imod, at man kalder jernbetonnormer for »tommelfingerregler«. Det synes jeg alligevel er at gøre dem ringere, end de er.

[1] Jeg ser (på side 16), at ing. Plum anbefaler beton med cement på indtil 120 kg pr. m³. Det tror jeg dog alligevel er for lidt.

Det konkrete forslag i denne afhandling er, at man skulle have cementen bedre under kontrol, bl. a. ved at sækkene blev forsynet med datostempel, således at man vidste, hvor gammel den cement var, som man nu havde fået

fat i. Det er sikkert rigtigt, men det kræver i hvert fald, at cementfabrikerne også synes, at det kan gøres.

Ing. Plum foreslår sandet delt i 3 fraktioner, og der er ingen tvivl om, at det ville være et stort fremskridt, så kunne man bedre styre sin kornkurve; men det er vist ganske uigennemførligt i almindelig dagligdags jernbetonbyggeri, det er for dyrt.

[27] Jeg mener ikke, at den (side 19) nævnte besparelse på 10—20 millioner er rigtig; den må være meget mindre, måske nul.

I den standende diskussion om anvendelse af vand/cement-tallet eller cement/vand-tallet melder jeg mig dog som tilhænger af den første benævnelse og vil [9] bruge den ved undervisningen i betonteologi på Højskolen.

CIVILINGENIØR POUL R. ANDERSEN.

Der må advares kraftigt mod at tillægge de forhold, der er illustreret på fig. 5, for stor betydning. Figuren bygger på en ganske fejlagtig forudsætning, nemlig den at sikkerhedsgraden udelukkende dækker over spredningen i betonstyrken. Sikkerhedsgraden dækker i virkeligheden mange andre ting: usikkerhed på belastningen; beregningsforudsætningerne svarer ikke til de virkelige forhold; der er spredning på stålets styrke; der er unøjagtigheder på betondimensionerne og på armeringens placering; betonens styrke ved langtidspåvirkning er mindre end ved korttidspåvirkning; styrken ved svingningspåvirkning er mindre end ved statisk påvirkning o.s.v. Hvis disse forhold kunne tages med ind i en betragtning som den, der ligger til grund for fig. 5, ville man finde, at spredningen i betonens styrke er af langt mindre betydning, end det fremgår af figuren.

CIVILINGENIØR OLE GLARBO.

Først detailspørgsmålet om besparelsen på de 20 mill. kroner; det drejer sig jo altid til sidst om penge, og mon disse 20 millioner kr. virkelig er rigtige? Som et modbevis kan i al fald følgende regnestykke stilles op: der bruges efter oplysning fra dr. Meyer årligt ca. 800 mill. kg cement i Danmark, svarende til et beløb af 80 mill. kr.; af disse skulle altså kunne spares 25%. Nu skriver ing. Plum imidlertid, at det kun er ved de relativt spinkle konstruktioner, at en virkelig besparelse vil kunne opnås ved at gøre betonen meget ensartet — ringe spredning på styrkeresultaterne. Men mon ikke det vil være en rimelig antagelse at sige, at de spinkle konstruktioner kvantitativt udgør 1/4 af den beton, der fremstilles i Danmark, og dette sammenholdt med de 25% besparelse i cementforbruget fører til, at disse spinkle konstruktioner skulle bygges helt uden cement. Dette er naturligvis ikke meningen, men tallet 20 [27] mill. kr. kræver i al fald en forklaring for at glide ned.

Og jeg er faktisk spændt på, om ing. Plum kan give en forklaring, der kan akcepteres. Så vidt jeg kan forstå, er beløbet baseret på en sikkerhedsgrad på

- [1] $n = 1,6$ og det vil næppe være gennemførligt. Her vil jeg gerne indskyde, at jeg, vist nok i modsætning til de fleste andre tilstedeværende, principielt finder ing. Plums diagram helt rigtigt: at regne sikkerheden ud fra sandsynligheden for bruds indtræffen i stedet for det kendte princip: forholdet mellem middelbrudlasten og brugslasten. Om man eventuelt bør gå længere ned end til $10 \div 4$ kan naturligvis diskuteres, men det er kun en detalje. Men efter denne ros vil jeg så gerne spørge Dem, ing. Plum, har De i Deres beregninger taget tilbørligt hensyn til de usikre beregningsforudsætninger og betonens såkaldte langtidstyrke? Jeg skal indrømme, at jeg ikke rigtigt kan overse det.

- [5] Det andet hovedpunkt i ing. Plums afhandling er det praktiske forslag til opnåelse af mere ensartet beton, grundlaget for nedsættelse af sikkerhedsgraden. Konklusionen her er, hvis jeg har forstået det ret, at hvis kornkurven overholdes strengt, er bedømmelse af konsistensen tilstrækkelig til at sikre konstant vandforbrug, og da cementmængde pr. blanding er forholdsvis nem at holde konstant, skulle en meget ensartet beton arbejdet igennem kunne opnås. Denne konklusion har efter min mening en brist, og denne brist er i al fald ikke lukket i det foreliggende arbejde: hvad ved man idag om forbindelsen mellem kornkurvens nøjagtighed og vandbehovets variation? Ved forsøg jeg har gjort, har selv relativt store sving i kornkurven ikke medført forandring i vandmængden, og før en »tilladt« variation i kornkurven kan nærmere defineres, synes det mig, at den foreslåede kontrolmetode ikke er moden.

- [24] Og der må vel endda også laves omfattende undersøgelser over kornkurvens indflydelse på styrken — for konstant c/v —; forsøg med varierende filler-mængde synes i al fald at have slået de første skår i den traditionelle forbindelse mellem styrke og c/v .

Imidlertid, det foreliggende arbejde bringer interessante forslag frem og rører ved forhold, der har stor betydning, og med tiden skal ideerne nok under en eller anden form vinde frem i praksis.

CIVILINGENIØR KNUD OTTERSTRØM.

- Ing. Plum mener, at fraktionering af sand er noget af det vigtigste. Det mener jeg også, men jeg er ikke helt enig med de fleste af de øvrige herrer, der mener, at man slet ikke kan fraktionere sand. Det gør man i praksis. Man tilsætter mindre partier af ensartet sand for at forbedre det sand, man kan få, og i hvert fald på langt de fleste arbejdspladser ude ved stranden er der store muligheder for at få forskellige sandfraktioner, uden at det koster kr. 20,— pr. m^3 beton. Til næste år skal der støbes ca. 6000 m^3 beton ved Skagen, og der forefindes en mængde meget ensartet sand. Der vil man i høj grad gå ind for at have to eller tre forskellige sorter sand for at få noget virkelig godt betonsand. Man kan ikke selv på økonomisk måde adskille sand; [4] men i mange tilfælde kan det skaffes fra forskellige steder og sammensættes på den rigtige måde.

CIVILINGENIØR J. H. MORTENSEN, A/S DOMINIA

forelagde terningstrykresultaterne for ca. 110 stk. 20×20 cm terninger fra to betonbyggepladser. Der var for disse terninger beregnet spredningerne efter de 5—9 angivne formler, og resultaterne var noget mindre end angivet i tabel 1 og tabel 2 side 12.

De opnåede δ - og ω -værdier var følgende: (tabel 1, side 56).

δ middel pr. sats fremkommer altid som middeltal af tre enkeltresultater. De understregte resultater er i de fleste tilfælde 7-døgns styrker, i hvert fald resultater, der er taget af ikke repræsentative blandinger og derfor ikke medregnet i satsernes middeltal. Resultaterne af blandingerne nr. 27, 28 og 29 er laboratorieresultater, alle de øvrige er kontrolresultater fra bygværket. Den benyttede blandemaskine var af type NT.

Med hensyn til økonomien for de anvendte betonblandinger mente ingeniør Mortensen at kunne påvise en vis besparelse. På begge byggepladser anvendes beton, der er proportioneret ud fra den af Plum og Meyer angivne diagrammetode, klasse A, og en sammenligning mellem de anvendte blandinger og blandinger efter forholdstal 1:3:5, 1:2½:3½, 1:2:3 og 1:2:2 udviser en afgjort besparelse. Besparelsen vil fremgå af følgende skematiske opstilling.

Forudsætninger.

Fra tabel 2, side 95, i »Betonproportionering« (bd. II) er udtaget cementindhold pr. m^3 uproportioneret beton til sammenligning med cementindholdet i de her omtalte betonblandinger. Der er valgt at foretage to sammenligninger, nemlig:

Tabel nr. 2.

Proportioneret beton	Sammenligning A	Sammenligning B
δ_T	tabel 3	tabel 3
»140«	1:3:5	1:3:5
»240«	1:2½:3½	1:2:3
»300«	1:2:3	1:2:2

Grunden hertil er følgende: Sammenligning A giver afgjort for små besparelser, da middelstyrkerne (uden sikkerhedsmargin) ikke engang indeholder 10% sikkerhed (hvilket den proportionerede beton gør) og man derfor ikke kan forvente at opnå den ønskede styrke. Sammenligning B giver på den anden side sikkert lidt for store besparelser (sammenlign med trykstyrken i kolonne »med 25% sikkerhedsmargin«), da styrken her er lidt for meget på den sikre side, således at man selv uden egentlig proportionering kunne knibe lidt på blandingsforholdet. Den faktiske besparelse på cementen ligger vel derfor et sted mellem A og B, dog nærmest B.

Tabel nr. 1

Bl. nr.	Tilstr. Ør	Opnæt Ø middel pr. sats	Opnæt Ø middel for n sats	Ø %	ω % ¹	ω % ²	S %
1	140	220 203 227	217	18 4 2,6	5,7	3,5	8,9
3	140	280 205	242	6,7 8,6	22,0	21,5	22,8
5	300	270 377 329	353	1,5 4,9 3,4	9,6	9,4	9,9
8	240	273	—	8,5	—	—	—
9	240	119	—	1	—	—	—
1	140	161 142 255	151	11,9 14,1 3,4	8,8	5,2	14
6	270	354 323 339 328	330	6,3 2,5 3,3 0	2,5	2,1	2,9
7	240	234 252 174	—	15,3 2,1 2,3	—	—	—
8	240	235 340	—	5,8 5,1	—	—	—
9	210	210	—	2,9	—	—	—
10	210	331	—	10,3	—	—	—
11	240	201 257 395 224	—	7,2 4,8 7,7 10,0	—	—	—
14	140	142 107 162	152	3,9 4,7 9,5	9,3	8,4	10,8
15	240	209	152	2,9	—	—	—
16	300	293	—	7,5	—	—	—
17	300	323 270 377	—	2,3 1,5 4,9	—	—	—
27	300	327 307 321	318	6,2 4,2 0,4	3,2	2,6	4,5
28	300	231 324 337	330	3,5 2,8 10,5	2,8	1,6	6,8
29	240	245 242	244	11,8 1,7	0,9	0,9	6,8

Tabel nr. 3.

h = håndstampet
(o)v = (overflade)vibreret

Cementpris: P = 20,10 kr. pr. td. R = 21,90 kr. pr. td.

Bl. nr.	Beton			Cementindhold kg/m ³			Bespar. i forhold til A.			Bespar. i forhold til B.			Anm.
	styrke Ø _T	art	kompr. metode	propor-tion	uden proportion		kg	%	kr.	kg	%	kr.	
1	140	p	ov	178	225	225	47	20,9	5,55	47	20,9	5,55	skærve-tilslag særlig mørtelig
13	140	p	v	182	225	225	43	19,1	5,08	43	19,1	5,08	
14	140	p	h	204	225	225	21	9,3	2,48	21	9,3	2,48	
7	240	R	v	247	265	310	18	6,8	2,32	63	20,3	8,11	
8	240	P	v	277	290	340	13	4,5	1,54	63	18,5	7,45	
11	240	R	v	222	265	310	43	16,2	5,53	88	28,4	11,34	
15	240	P	h	292	290	340	—	—	—	48	14,1	5,68	
18	240	P	v	265	290	340	25	8,6	2,95	75	22,0	8,86	
29	240	R	h	258	265	310	7	2,6	0,90	52	16,8	6,70	
17	300	P	v	300	340	415	40	11,8	4,72	115	27,7	13,60	
27	300	R	v	280	310	375	30	9,7	3,86	95	25,4	12,24	
28	300	R	h	324	310	375	—	—	—	51	13,6	6,56	

Foruden de her angivne besparelser på cementen opnår man desuden besparelser på grund af de større spændinger, der tillades efter klasse A, men disse vil ikke her blive ført i regning. Til orientering om den totale besparelse på de to byggepladser, hvorfra disse tal er hentet, kan oplyses, at der skal udstøbes ialt ca. 13.500 m³ beton på den ene, og ialt ca. 10.000 m³ beton på den anden byggeplads.

CIVILINGENIØR MORTEN LUDVIGSEN, DANSK VEJLABORATORIUM

Det har gennem mange år været praktiseret at udbore cylindriske prøvelegemer af færdige betonveje. De styrker, man herved får, må regnes at være styrker fra forskellige sats, og der er her fundet spændinger, der almindeligvis ligger mellem 12 og 13%.

I de i 1940 af Nordisk vejteknisk Forbund's danske afdeling udgivne »Foreløbige retningslinier for udførelse af betonveje« er for trykstyrker af udborede betoncylindre angivet visse krav, som er hentet fra de tyske bestemmelser for bygning af rigsautobanerne. Det kunne tyde på, at man ved fastsættelsen af disse krav har skævet til en vis fordeling af betonstyrkerne, idet det forlanges, at kun 5% af de udborede cylindre må have styrker under en vis værdi. Undersøger man imidlertid fordelingen af de styrker, der er fundet på cylindre udboret af de tyske rigsautobaner, så fordeler 5.200 cylinderstyrker sig på den smukkeste måde efter den normale fordelingskurve, og ikke mindre end 25% har styrker mindre end de 320 kg/cm², som i henhold til kravene skulle svare til 5% fraktilen. Da betonen på de tyske rigsautobaner almindeligvis anses for at være af god kvalitet, må de tyske bestemmelser anses for at være strenge.

I et forslag til revision af de nævnte retningslinier fra 1940 er kravene lempet noget, og er bragt i overensstemmelse med de cylinderstyrker, der er opnået på danske betonveje af god kvalitet. Såvidt jeg ved, er der ved en bestemt lejlighed taget forbehold af entreprenørerne over for disse nye (men endnu ikke endelige) bestemmelser; jeg benytter derfor denne lejlighed til at gøre opmærksom på, at de faktisk er mindre strenge end bestemmelserne fra 1940.

CIVILINGENIØR CLAUD KÄHLER, KORSØR STENFORRETNING

Når man vil finde frem til en bedre kornkurve på gruset end den, man idag anvender, mener jeg, det vil være naturligt at begynde med at fraktionere gruset i højere grad, end det nu er tilfældet.

Idag udgør 0—9 mm grus sikkert den væsentligste del af det grus, der anvendes til betonstøbning, og et grus med så stor variation i kornstørrelsen vil altid svinge stærkt, bl. a. fordi de fine og de grove korn skiller sig fra hinanden i siloerne, hvor de grove korn triller ud til væggene, medens de fine bliver liggende i midten. Den samme afblanding finder sted under transport og ved oplægning i lagerbunker.

[26]

Ved opdeling i kun 2 fraktioner vil denne kalamitet praktisk talt fuldstændig kunne undgås, og man vil kunne få en kornkurve, der i hvert fald ligger et godt stykke nærmere den ideelle. At entreprenørerne ikke i højere grad, end tilfældet er, benytter disse fraktioner, skyldes sikkert den ekstraudgift, det medfører, idet gruset på denne måde bliver noget dyrere.

At denne udvej til trods herfor sikkert giver det mest økonomiske resultat, når hensyn tages til betonkvaliteten, ses bl. a. deraf, at den praktisk talt følges på samtlige betonvarefabriker.

For betonvarefabrikanter er det jo nemlig således, som man tilstræber at få det for entreprenørerne, at producenten kun har ansvaret for kvaliteten af den leverede beton, men at det er hans egen sag, hvordan han vil fremstille den.

Resultatet er, at betonvarefabrikanterne køber de forskellige fraktioner og blander deres grus selv samtidig med, at der i stadig stigende grad indføres afvejning af materialer og afmåling af vandtilsætning.

På denne måde fremstilles der utvivlsomt langt bedre og billigere beton på betonvarefabrikerne end på arbejdspladserne.

Jeg er klar over, at der er visse store arbejdspladser, der danner en undtagelse herfra, men jeg tvivler på, at det procentvis er en ret stor del af cementen, der medgår hertil. Den største del anvendes sikkert til mere eller mindre på øjemål at fremstille 1:2:3, 1:3:5 osv.

Som nævnt af ingeniør Steen Kristensen vil det altid være vanskeligt at levere grus med garanteret kornkurve på grund af variationerne i de forskellige årer i grusgravene; der findes dog midler til at overvinde disse vanskeligheder, men forudsætningen for en økonomisk produktion af et sådant grus er:

- 1) som ovenfor nævnt, at de største korn ikke er for store, og
- 2) at behovet har en vis størrelse, så det nødvendige maskineri kan udnyttes rationelt.

Angående de omtalte fraktioner kan jeg efter ing. Plums anmodning meddele, at priserne er følgende:

Fingrus	0—4	koster	3,35 kr./m ³	ab	Hedehusene
Emulsionssten	4—7	»	10,80 kr./m ³	»	»
Perlesten	7—10	»	10,80 kr./m ³	»	»
Ærtesten	10—13	»	8,00 kr./m ³	»	»
Betongrus	0—9	»	3,35 kr./m ³	»	»

Hertil kommer så 8,00 kr./m³ i fragt til København.

Med hensyn til hvad prisen vil blive på fraktioner fra 0—0,25, fra 0,25—0,50 og fra 0,50—1,0 eller på et grus med et garanteret indhold af disse fraktioner (et sådant er det muligt at lave uden at risikere væsentlig adskillelse i siloerne), kan jeg sige, at dette vil være meget afhængig af, hvor stor efterspørgslen er, og hvor stor en del af fraktionerne der indgår i det færdige produkt, idet det f. eks. vil blive dyrt, hvis kun halvdelen af 0,50—1,0 kan bruges.

Uden forbindende vil jeg anslå, at prisen, hvis produktionen og spildet kan blive rimeligt, vil blive ca. 12—15 kr/m³.

For at undgå misforståelser vil jeg lige understrege, at det, jeg har omtalt i mit indlæg, kun angår de i prisopstillingen nævnte fraktioner, idet 0—9 gruset som nævnt er det, der anvendes mest i øjeblikket. Når man kommer ned på f. eks. 0—1 mm grus, vil det sikkert være billigere at levere det med en garanteret kornkurve.

CIVILINGENIØR P. P. ØRUM, HEDEHUSTEGLVÆRKET.

Det, hvormed jeg beskæftiger mig: Fabrikation af strengbeton hører måske ikke direkte under de problemer, der diskuteres her i dag. Alligevel kunne det måske være af interesse at høre, hvilke resultater vi har opnået ved fraktionering af de fine tilslagsmaterialer til betonen.

Nu er opdeling af tilslagsmaterialerne i mange fraktioner ikke noget ganske nyt, og vi har da også fra den første dag, vi fremstillede strengbeton arbejdet med 2 fraktioner sand og 1 á 2 fraktioner grus. Jeg har derfor ikke noget direkte sammenligningsgrundlag mellem de resultater, man ville få ved anvendelse af fraktionerede og ufraktionerede materialer; men efter min erfaring fra forskellige byggepladser — store og små — som jeg tidligere har ledet for Kampsax, vil det ikke — selv under de bedste forhold med afvejning fra siloer, gennemført kontrol m. m. — være muligt at få så lille en spredning, som vi har opnået i Hedehusene.

Det vil føre for vidt at nævne alle prøveresultaterne, men jeg kan sige, at vi f. eks. fra det første halvår 1951 har 350 stk. terningsprøver udtaget på den måde, at vi hver gang, vi støber et »bord« (en længde), støber 3 prøverterninger 10×10×10 fortrinsvis fra 3 forskellige blandinger. Disse prøver lagres 7 døgn i vand og derefter 7 døgn i luft, hvorefter de prøves.

Resultatet af prøverne er en middeltrykstyrke på 675 kg/cm² og med middelfejl på 30 kg/cm², svarende til ca. 4,5%. En række sammenlignende forsøg giver, at nævnte 14 døgn styrke forholder sig til 28 døgn styrker af 20×20 terninger, som 1,01:1. Det bemærkes, at der støbes med rapid.

I efteråret 1950 og foråret 1951 støbte vi det meste af vor beton med fra 550 til 635 kg cement pr. m³, varierende efter elementernes størrelse og form. Dette skete væsentlig ud fra den forudsætning, at det vigtigste for os var, at vi altid havde den fornødne styrke, men også fordi betonprisen på de meget spinkle konstruktioner, der fremstilles i strengbeton, ikke har afgørende betydning.

Imidlertid viste det sig, efterhånden som vi arbejdede videre, at når vi blot omhyggeligt fastholdt mængderne af de 2—3 komponenter af tilslagsmaterialerne med kornstørrelser ≤ 5 mm, kunne vi opnå den samme sikkerhed for altid at have den fornødne styrke med et cementindhold af 470—530 kg cement pr. m³. Middelfejlen på betonstyrken faldt endda yderligere.

Således har jeg for en enkelt ordre opgjort resultatet af 72 terningsprøver, som med den sidstnævnte beton udviser en middeltrykstyrke på 693 kg/m² og en middelfejl på 19 kg pr. m³, svarende til 2,7%.

[28] En af de væsentligste inspirationer til denne stræben efter lille middelfejl har været normerne for forspændt beton, hvori der er åbnet muligheder for gennem nøje betonkontrol at formindske betondimensionerne væsentligt, hvilket har meget større økonomisk betydning end den eventuelle mindre fordyrelse i arbejds løn, som kontrollen indebærer.

Hvad har det kostet at »fraktionere«.

I direkte indkøb af materialerne intet.

Det er så heldigt, at vor udmærkede nabo »Nymølle Skærvefabrik« fremstiller 2 finkornede materialer som, f. eks. tilsat emulsionsten og perle- og/eller ærtesten, danner kornkurver passende for vore formål.

De to finkornede materialer udmærker sig ved en meget konstant kornkurve, og så er det efter min erfaring mindre væsentligt, om stenenes kornkurve er helt så konstant, når blot — og det er det svære — der intet sand er mellem stenene.

Vore egentlige udgifter har været til noget større anlæg, nødvendiggjort af det større antal materialebunker vi må have. Ligesom udgiften til vibrationsanlæg, reparation og vedligeholdelse af dette må være større. Hvor meget disse poster betyder er ikke nemt at opstille i penge, men det er min opfattelse, at de — bortset fra, at de er nødvendige for opretholdelse af fabrikkens gode navn — ikke er af en sådan størrelsesorden, at de har betydning for en løbende produktion.

Angående kontrol holder vi som nævnt løbende kontrol med betonterningsstyrkerne. Disse prøver udføres på eget laboratorium med en Erikson presse, et meget handy instrument. Her ud over føres en kontrol med betonkonsistens med VB-mål. Det har vist sig hos os at være den mest praktiske og effektive prøve, i særdeleshed har den været god til oplæring af folkene. Det er jo nu engang sådan, at den bedste udførelse og kontrol får man, når arbejderne efterhånden bliver så øvede, at de kan se og føle på betonen, at den har den rigtige konsistens.

CIVILINGENIØR ARNO JENSEN (FIRMA LARSEN & NIELSEN)

[27] Jeg vil gerne fremkomme med nogle bemærkninger om de forskellige tal, der har været nævnt i forbindelse med besparelsen ved gennemførelsen af en effektiv betonkontrol. Det blev opgivet, at cementforbruget her i Danmark androg for 80 millioner kr. pr. år, men den besparelse, der har været tale om, må blive betydeligt mindre end de omtalte 20 mill. kr. pr. år.

Jeg har tænkt lidt over ing. Mortensens bemærkninger, om det virkelig skulle være muligt at tjene 10 kr. pr. m³ beton ved betonkontrollen. De 10 kr. vil

sige en cementbesparelse på 70 kg pr. m³, og der mener jeg at vide, at vejen til det mål ved f. eks. højhusbyggeriet har kostet ca. 2—3 kr. pr. m³, der er udstøbt.

Cementbesparelserne, man er nået til på den ene af højhusbyggepladserne, hvor de første 3000 m³ er støbt, beløber sig til fra 20 til 40 kg cement pr. m³, svarende til ca. 3—5 kr. pr. m³. Den virkelige besparelse pr. m³, efter fradraget af omkostningerne, bliver måske således kun af størrelsesordenen 2 kr. pr. m³.

Men selv om regnestykket gik lige op, kan man vist hurtigt enes om, at så har den udvidede betonkontrol sin fulde berettigelse og mission for opnåelsen af gode og ensartede betonkvaliteter.

CIVILINGENIØR VIGGO STHYR, C.t.O.

Det sidste spørgsmål, om det er rigtigt, at man går så langt ned med cementindholdet, er der erfaring for i vejbygningen.

Der blev bygget nogle billige betonveje, hvor man sammensatte betonen, så man kom ned på meget lavt cementindhold. Jeg tror, man i Sverige var helt nede under 200 kg/m³. Her i landet nåede vi ned til 220 kg/m³. Det viser sig nu, at disse veje ikke ligger godt. Årsagen er sikkert den, at vel proportionerede man sin beton rigtigt og godt, men trods forsøg på kontrol svarede den beton, man udførte, i virkeligheden ikke til forudsætningerne, formentlig fordi materialerne svingede i kvalitet. På grund af det ringe cementindhold var sikkerhedsgraden så lille, at betonen ikke blev stærk nok til sit formål.

[1]

Med hensyn til ingeniør Plums foredrag er det mit indtryk, at der er adskilligt, som er værd at lægge mærke til. De kontrolmetoder, vi bruger i dag, er ikke tilfredsstillende. Vi sigter sand, men resultatet kommer ofte for sent frem, og vi foretager støbning af prøveterninger, men resultaterne kommer frem på sådan et tidspunkt, at de i hvert fald ikke umiddelbart kan anvendes til omproportionering af betonen. Ingeniør Plum påviser dette tydeligt, og jeg mener, han har ret.

Forøvrigt er der en egenskab ved prøvelegemer, som jeg gerne vil gøre opmærksom på. Vi har fornylig gennemgået en del prøveresultater vedrørende terninger fremstillet under ganske ensartede forhold. Der var ca. 600 resultater, som vist nok hver for sig var gennemsnit af 6 enkeltresultater, altså er ret stort materiale. Det viste sig, at den numeriske spredning på prøveresultaterne var nogenlunde ens, hvad enten det var 3-dages styrker, 7-dages eller 28-dages styrker. Procentvis synes fejlen for 7-døgn styrkerne, som man almindeligt anvender på arbejdspladser, derfor at være betydeligt større end fejlen på 28-døgn styrkerne. Dette bør man tage hensyn til, når man søger at sammenligne de prøveresultater, der opnås ved forstøbninger eller under arbejdets udførelse med erfaringsresultater baseret på 28-døgn styrken.

Ingeniør Plum mener, at man skal anvende vandcementalkurverne, når man proportionerer, fremfor at lave prøver i hvert enkelt tilfælde, fordi man

ikke ved, om de prøver, man får, ligger højere eller lavere end det middeltal, man kommer til at arbejde med under arbejdets udførelse. Jeg er ganske enig med ingeniør Plum heri.

Med hensyn til udarbejdelsen af kurverne kan jeg oplyse, at vi på vort laboratorium har fremstillet prøvelegemer med forskellige blandinger, altså med blandinger, der passede til vandcementtallet, sådan at vi i hvert enkelt tilfælde kunne bearbejde prøvelegemerne tilstrækkeligt. Man skulle derved opnå, at man fik blandinger, der nogenlunde svarede til dem, man bruger i praksis. Hvis man i praksis arbejder med et vandcementtal på 0,8, bruger man jo ikke så fed en blanding, som når man arbejder med et vandcementtal på 0,4. Der er mange fejlkilder, og vi ved også, at vandcementtallet ikke giver et nøjagtigt udtryk for styrken; der må også regnes med luftindhold o.s.v., men vandcementtallet giver en brugelig tilnærmelse, og en tilnærmelse, som er bedre end resultaterne af de forholdsvis få forsøg, man kan lave umiddelbart før et arbejdes påbegyndelse.

24]

Ingeniør Plums slutresultat er, at levering af sand i forskellige finheder vil forøge mulighederne for en kvalitetskontrol. Det, tror jeg er rigtigt. Ganske vist gjorde ing. Glarbo mig lidt nervøs ved at spørge, om man nu egentlig vidste, hvilken kornkurve, der var den bedste. Man må vist her se således på det, at har man fundet en god brugelig kornkurve, anvender man den uden hensyn til, om den nu også er den bedste. Hvis vi ikke kan holde os til den fundne kornkurve, er der jo ikke meget holdepunkt tilbage for en kontrol, da også vandcementtallet har vist sig meget vanskeligt at overholde i praksis. Det kan bl. a. nævnes, at hvis man på arbejdspladsen vil ændre vandmængden, kan dette vanskeligt gøres tilstrækkeligt nøjagtigt med de vandmålere, der i øjeblikket disponeres over.

15]

Spørgsmålet om kontrol er efter min mening ikke løst med det, ingeniør Plum fremlægger her, men jeg mener, foredraget er et meget vægtigt indlæg til forbedring af forholdene.

CIVILINGENIØR P. HÅKANSON, LIMHAMN

Med hensyn til datostempel på cementfabrikerne kan jeg oplyse, at det har været svensk sædvane fra 1924, og det foreskrives, at sækkene skal være stemplet på en sådan måde, at man skal kunne finde ud af, hvilken dag de var påfyldte. Entreprenøren skulle så kunne få oplyst, hvordan det forholder sig med den pågældende cement, men endnu har ingen entreprenør spurgt.

Jeg tror, man overdriver betydningen af lagringstiden. Det er jo sådan, at oplagringsforholdene spiller en langt større rolle. En sæk kan være hård, når den har været lagret fugtigt bare i 3 uger, medens cementen kan være udmærket efter et års oplagring på et tørt lager. Er sækken blot blød, når man tager den, så kan man være rolig for, at cementen intet har lidt. Vil man være forsigtig, kan man gøre, som professor Suenson sagde, så er man på den sikre side.

20]

CIVILING. P. NERENST, STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT.

I beretningen fra Heathrow (45 G 3) anføres, at spredningen i den færdige konstruktion skulle være mindre end spredningen på resultaterne fra prøvelegemer, medens ingeniør Plum i sin indledning giver udtryk for den modsatte opfattelse bl. a. under henvisning til tabel 4. Der findes kun meget få undersøgelser af dette forhold, hvoraf enkelte skal omtales nærmere.

Ved en undersøgelse foretaget af L'Hermite i Paris (50 H 12) blev betonen blandet i en tvangsblender. Der blev udtaget 9 betonprøver i blandekarret på repræsentativ måde, hvorefter prøverne blev undersøgt på samme måde som ved blandemaskineundersøgelsen på Statsprøveanstalten, som beskrevet i S.B.I. særtryk 17 — »Prøvning af 11 danske betonblendere« (51 B 1) og S.B.I. rapport 4 — »Testing of 11 Danish Concrete Mixers« (50 A 5). Ved vejninger i luft og vand før og efter cementen og det fine materiale er blevet udvasket, er man i stand til at bestemme blandingsforholdet for den friske beton. Resten af betonen i blandemaskinen blev udstøbt i en bjælke med kvadratisk tværsnit. Betonen blev stampet og derefter vibreret med en trykluftformvibrator. Betonens udseende tydede på fuldstændig ensartethed. Efter udstøbningen blev der udtaget 9 prøvelegemer af bjælken, og disse prøvelegemer blev analyseret på samme måde.

I tabel 1 er angivet variationskoefficienten på de forskellige egenskaber. Disse tal er således et mål for inhomogeniteten.

Tabel 1.

	$\frac{\text{cement}}{\text{sten}}$ c/st	$\frac{\text{sand}}{\text{sten}}$ s/st	$\frac{\text{vand}}{\text{cement}}$ v/c	cement- indhold C
I blandekar	20%	21%	15%	13%
I bjælken	15,5%	13%	16,5%	10%

Det fremgår af tabellen, at v/c tallet har lidt større spredning i bjælken end i blandekarret, medens spredningerne på de øvrige bestemmelser ved bearbejdningen er blevet formindsket op imod 25%.

I det følgende forsøg fremstillede man med hensigt en meget inhomogen beton ved kortvarig blanding i en blender af T-typen. Den første serie blev udtaget i selve blanderen. Den næste serie blev udtaget, efter at betonen var udstøbt i en bjælke kraftig stampet og vibreret. Den resterende beton blev udstøbt i terningeforme. I tabel 2 er angivet spredningen i procent på de forskellige bestemmelser foretaget henholdsvis i blanderen, bjælken og i terningeformene.

Tabel 2.

Prøver ud- taget i	$\frac{\text{cement}}{\text{sten}}$	$\frac{\text{sand}}{\text{sten}}$	$\frac{\text{vand}}{\text{cement}}$	cement- indhold	Middel spredning
Blande- maskine	21,5%	85%	54%	22%	60%
Bjælke	7,5%	23,5%	19,5%	8%	18%
Terninger	7,8%	13,5%	21%	6,5%	16%

I sidste kolonne har man som et vilkårligt fællesmål for spredningen beregnet det geometriske middeltal af spredningerne på de 3 første bestemmelser. Det fremgår, at bearbejdningen har formindsket spredningen til en trediedel af den spredning, man konstaterede i blandemaskinen.

Ovennævnte forsøgsresultater er endnu ikke tilstrækkeligt omfattende til, at man i almindelighed kan slå sig til tåls med, at homogeniteten forbedres ved bearbejdningen, men den angivne metode er velegnet til at studere årsagerne til spredningen og giver mulighed for at studere, hvilke bidrag de enkelte arbejdsprocesser giver til spredningen.

[29] Spredningen i betonkvaliteten i bygværket kan også bestemmes ved udtagning af prøvelegemer i den hærdnede beton, men i mange tilfælde er der så store bidrag til spredningen fra selve prøveudtagningssteknikken, at resultaterne er ubrugelige.

Dette har været tilfældet ved udboring af prøvecylindre i betonbelægninger med en tykkelse på 30 cm. Ved entrepriser i Kastrup Lufthavn havde prøvecylindrene udboret med en meters afstand givet afvigelse i trykstyrkerne på 100—200 kg/cm². Man besluttede sig derfor til at udtage ca. 1 m² store prøveplader, i hvilke der blev udskåret 3 stk. 30 cm terninger. Da man havde undersøgt 2 plader på denne måde, opgav man videre undersøgelse, da middeltallene for begge pladerne gav en trykstyrke på 450 kg/cm². Spredningerne var henholdsvis 3,8 og 5%. De fundne trykstyrker var langt større, end man kunne forvente fra de prøvelegemer, der blev udstøbt under arbejdets gang og spredningerne betydelig mindre.

Desværre er denne form for undersøgelse af hærdnet beton forbundet med meget store udgifter, idet undersøgelserne af en sådan plade koster ca. 1500 kr., og en undersøgelse af spredningen i det færdige bygværk er derfor meget kostbar og gør det vanskeligt at opnå tilstrækkelig mange forsøgsresultater, til at man kan behandle materialet på statistisk betryggende måde. Undersøgelsen understreger, hvor vigtigt det er, at den anvendte prøvemethode i sig selv giver ringe bidrag til spredning på forsøgsresultaterne, hvis man vil gøre sig håb om at måle spredningen i betonens kvalitet.

CIVILINGENIØR, ENTREPRENØR ERIK C. PEDERSEN.

Der er altid diskussion om problemerne, når Plum er ude på de skrå brædder. Han arbejder jo efter princippet: hellere ramme ved siden af end slet ikke at ramme. Men de mange mennesker, der er kommet tilstede her i aften, vidner om den store interesse, der er for hans indlæg, og jeg tror, jeg kan gøre mig til talsmand for forsamlingen, når vi siger ham tak for den ildhu, hvormed han sætter problemerne under debat. Jeg takker ham for hans store arbejde, der peger på og belyser problemerne og skaber interesse for dem.

CIVILINGENIØR G. M. IDORN, HANSTHOLM (PR. BREV)

Det er naturligt at opfatte civilingeniør Plums foredrag og andre af den senere tids betontechnologiske og -tekniske publikationer som udtryk for, at der nu også her i landet er ved at komme fart over feltet med hensyn til oplysningsvirksomheden på dette økonomisk vigtige tekniske område. — Og det er godt og påkrævet.

Desværre er jo imidlertid — som ofte sagt og skrevet — den almindelige arbejdspraksis på selv relativt store byggeforetagender meget ofte langt fra at være i fodslag med den mere teoretiske udvikling. Uanset studierapporter, tidskriftartikler og normer med højere og lavere klasser trives de mest traditionelle fremgangsmåder fortræffeligt ved fremstilling og behandling af frisk beton og ved prøvning af hærdnet.

Hvad angår vejen ud af elendigheden, metoderne til at omsætte den teoretiske viden og dens stadige udvikling i samfundsmæssig gevinst, eller med andre ord ikke mindst muligheder og betingelser for at hæve det arbejdsmæssige niveau, skulle vel denne diskussion kunne give adskillig vejledning.

Som et hjælpemiddel nævner ing. Plum en omfattende teoretisk bearbejdning af materiale, indsendt til byggeforskningsinstituttet fra arbejdspladsernes betonkontrol og -registrering. Mange årsager gør det imidlertid rimeligt at antage, at et bearbejdningsarbejde, tilrettelagt på den måde, lettest kan blive en sejr død for teknologerne. For det første må der være mange resultater og målinger, flere end man i almindelighed nok forestiller sig; for det andet må der være resultater fra flere pladser, eller med andre ord resultater frembragt ved forskellige fremgangsmåder og noteringssystemer med hver sine fejlkilder; for det tredje lærer erfaringen, at man for at kunne vurdere registreringsresultater objektivt — hvilket jo er nødvendigt for at kunne anvende dem som vejledende på videre sigt — må analysere dem til bunds og i denne analyse naturligvis indbefatte bestemmelsesforudsætningerne. Bearbejdningen af det omtalte materiale vil derfor aldeles ikke kunne indskrænkes til skemaernes nøgne tal. Blot som et eksempel kan nævnes angivelser af luftindhold i beton fremstillet med tilsætning af luftindblandingsmiddel. En meddelelse om 4,2% luftindhold for en tilfældig støbning kan ikke tillægges nogen almen værdi, medmindre der samtidig gives meddelelse om så forskellige faktorer som be-

stemmelsesmåde, gruskornkurve, tilsætningsmængde og -måde, betontemperatur m. v. — Og hvem kan vente at få så omfattende notater fra en arbejdsplads, og hvad vil de stakkels bearbejdende teknologer gøre, når de et halvt år efter et arbejdes afslutning opdager, at en hel del af de bestemmende faktorer mangler i notaterne? På akkurat samme måde forholder det sig naturligvis med styrkeresultater, definering af materialernes fugtindhold, v/c -forhold, kornkurve o. m. a.

Det er ikke desto mindre klart, at en omfattende systematisk bearbejdning af registreringsresultater fra arbejdspladserne og navnlig fra de større, kan give et væld af værdifulde oplysninger såvel om materialet beton i sig selv (og om dets bestanddele) som om prøvemethoder, deres relative egnethed og deres betydning for produktets kvalitet osv. og derigennem medføre forbedringer, der giver økonomiske fordele til de implicerede parter. Herom kan der ikke herske tvivl. Hvad der med henvisning til det ovenfor nævnte fortjener at overvejes nærmere, er måden at indsamle det pågældende materiale på.

Og hvorfor ikke gå den mest direkte vej?

Man kan udvælge nogle få helt store betonarbejdspladser og der — altså på selve pladsen — stille en uddannet betontechnolog til disposition for bygherre og entreprenør til stadigt og intimt samarbejde. Med et forholdsvis enkelt udstyret pladslaboratorium vil et meget omfattende registreringsmateriale herved kunne fremskaffes og tilmed i vidt omfang kunne bearbejdes og nyttiggøres allerede under den løbende produktion på stedet.

Man kan også etablere een eller flere rejsende betontechnologer med *ambulante laboratorier* (det mest nødvendige kan være i en lille varevogn), således at der periodisk assisteres ved et passende udvalg af arbejdspladser, medens det daglige registreringsarbejde og tilsynet varetages lokalt. Herved ville eksempelvis en — for mig at se værdifuld — udvidet anvendelse af lydastighedsmålinger let kunne indarbejdes.

Hvorfor skal man gå så grundigt til værks?

Ja, stort set og noget polemisk og måske groft sagt er forholdene vel i en del tilfælde således, at byggeriets ene part, entreprenøren, i noget for høj grad betragter betonarbejdet under synsvinklen, at jo billigere enhedsprisen kan blive i forhold til det tilbud, der er givet bygherren, des »bedre« er arbejdet — og følgelig bør betonregistrering, der kun er økonomiserende på længere sigt — indskrænkes til det mindst mulige. Modparten, den tilsynsførende kontrolant, vil hvad enten han direkte er bygherrens repræsentant eller underordnet en rådgivende ingeniør, ofte møde samme problem fra en anden vinkel ved tilrettelægning af kontrolarbejdet og bestemmelse om dets udformning og omfang, og ved registreringsresultaternes anvendelse som kvalitetsforbedrende faktorer. Almindeligvis tildeles vel en konduktør de gængse kontrolmetoder og kontrolomfanget enten efter almene forskrifter eller efter vedkommende overordnede særlige traditionsbestemte praksis som noget afgjort og fastlagt, og en selvstændigt reflekterende og udvælgende indsats vil enten ikke blive

tolereret, eller den arme mand vil drukne i uoverskuelige arbejdsmængder, hvis han forsøger.

På samme måde kan problemerne tårne sig op, hvis man på en arbejdsplads vil søge at drage konklusioner på grundlag af registreringsmaterialet (hvilket vel egentlig i de fleste tilfælde er formålet med at fremskaffe dem). En uordnet samling kendsgerninger — en mappe med en periodes terningstyrker f. eks. — er jo lige så lidt vejledende viden om beton, som en tilfældig bunke betonmaterialer er en bæredygtig konstruktion; og først ved ordningen af materialet får man indblik i, hvor uhyre mangesidet hele problemkomplekset er på dette område. — Faktisk har dette til tider medført, at der udfra et begrænset materiale og med ufuldkommen viden om dets forudsætninger er draget helt forkerte, vildledende og undertiden desværre også vidtrækkende konklusioner.

Som man må regne med disse forhold under den nuværende tingenes tilstand, må man også tage i betragtning, at betoningeniørerne på pladserne som oftest vil være ret unge folk, der ifølge sagens natur kun kan have et stærkt begrænset kendskab til beton og betonarbejde. De får vel i tidens løb udvidet deres erfaringsområde, men skal ikke desto mindre fra første færd varetage produktionens interesser som ansvarlige — omtrent i samme situation som et barn, der bliver beordret til at deltage i en kapsvømming første gang det kommer i vandet. En sådan disharmoni skurrer i ørerne — og ses på bygværkerne. Det er næppe heller for stærkt sagt, at kun en ringe del af de teknikere, som i praksis arbejder med beton her i landet, har et mere end overfladisk kendskab til det meget vægtige teoretiske grundlag, der er fremlagt i ing. Plums foredrag, og at det kun er få beskåret at følge med i den rivende forskningsmæssige udvikling i andre lande.

Det er derfor min opfattelse, at et first-time samarbejde på større byggepladser vil kunne give frugtbare og tiltrængte resultater i løbet af en overskuelig periode og på meget bredt grundlag — hurtigere og mere effektivt end en ensidig vandring af mere eller mindre fyldestgørende registreringsmateriale fra arbejdspladser til forskningscentral og derfra gennem statistikmøllen til en formentlig ikke i den nærmeste fremtid udkommende art generalrapport. En sådan vil iøvrigt meget vel på flere områder kunne blive af rent historisk interesse og vil i hvert fald med hensyn til den forventede virkning lide af den skavank, at den ensidig må tilegnes ved læsning post festum og ikke gennem en erfaringsudvikling sideløbende med dens frembringelse.

Heller ikke må man overse, at der for forskningens folk kan være en betydelig værdi i som skitseret at flytte en del af forskningsarbejdet ud på produktionsstederne og komme i stadigt, intimt samarbejde med det praktiske livs folk. Der skumles jo undertiden over forskningens abstraktioner, og givet er det, at samarbejdet kan være inspirerende for begge parter.

Tilbage står problemet om betalingen af »pladsteknologernes« eller de ambulante laboratoriers arbejde. Eftersom der må være gode renter at hente i den kapital, og eftersom sagen er af højeste samfundsmæssige interesse, kan der

ikke rejses indvendinger imod, at de direkte interesserede parter samt staten lukker bankboksen på klem og yder de i virkeligheden relativt ganske beskedne beløb, som er nødvendige; dette må være tilstrækkeligt at sige om den ting på nuværende tidspunkt.

CIVILINGENIØR POVL JUUL (PR. BREV)

A. Jespersen & Søn anvender ved Kyndbyværkets udvidelse SAWO-vægtanlæg i forbindelse med 2 stk. betonpumper, således at støbningens udførelse fra materialeplads til støbested foregår i *een* operation.

Manglen på omladninger ved siloer og kærre nedsætter værdien δ , mens vægtanlæggene nedsætter ω . At dømme efter vore spredningsresultater med så fint et anlæg, kan jeg dårligt tro på de fine spredningsresultater, som en deltager fremviste ved teknisk samtale. Vedkommende hævdede ovenikøbet, at der var anvendt en dårlig (lille) blandemaskine.

Den store vanskelighed ved anlægget er vandtilsætningen. Vi har NILO-vandmåler. Men gruset er af stærkt varierende fugtighed. Det er omsonst at kontrollere proportioneringen rationelt, når man absolut ikke har herredømmet over noget så fundamentalt som vandet! Det må være i betonkontrollanternes interesse at få en diskussion om vandtilsætningens teknik!

CIVILINGENIØR, TEKN. DR. MEJSE JACOBSSON (PR. BREV)

Statens kommitté för byggnadsforskning.

Betongkontrollen och dess utnyttjande är ett mycket intressant ämne, som synes ha stor ekonomisk betydelse och det är mycket glädjande att Danmark, som är känt för sin höga standard ifråga om betongteknisk forskning, nu även vill utreda detta problem.

De som för närvarande — enligt vad vi har oss bekant — främst ägnat sig åt hithörande problem i Sverige är en kommitté under ledning av tekn. dr. S. Bergström, Cement & Betonginstitutet, Stockholm. Kommitténs uppgift är närmast att undersöka böjdraghållfastheten hos betongbeläggningar. Avsikten är att försöka få fram säkrare uppgifter om den *färdiga* betongbeläggningens hållfasthetsegenskaper. Härvid undersökes bl. a. spridningens inverkan på olika sätt.

En av de frågor, kommittén skall söka besvara är t. ex. »hållfasthetsrelationen balk-platta«. Denne del handhas av civilingenjör Arne Jonson vid Kungl. Tekniska Högskolan, som ingående studerat det statistiska underlaget till hållfasthetsbegreppet. Frågan utredes dels teoretiskt, dels genom belastningsförsök på 450 balkar av tre olika dimensioner och på 135 plattor.

För min personliga del ägnar jag mig mest åt arbetsplatsens problem. Därför vill jag peka på den stora betydelse organisation och utbildning har,

då man vill införa kvalitetsförbättrande arbetsmetoder. Den utredning, DIF:s betonarbetsgrupp påbörjat för att få riktlinjer för organisationen bör ha stor betydelse.

Ännu en fråga som ej får helt glömmas då det gäller betongkontrollen är inverkan av armeringen. I Sverige utföres de flesta bjälklag i bostadshus av armerade betongplattor. Tjockleken av dessa bestämmas i allmänhet av ljudisoleringskäl. Detta medför, att de alltid är underarmerade. Betongens kvalitet är sålunda i detta fall av mycket liten betydelse ur hållfasthetssynpunkt. Vad som här har största betydelsen är armeringen och dess placering. Civilingenjör Arne Jonson har gjort uppmätningen av armeringens läge i färdiga konstruktioner ävensom av de färdiga konstruktionernas dimensioner. Som väntat konstaterades stora avvikelser.

Även om förutsättningarna för problemens lösande kan vara olika i olika länder, är jag övertygad om att samarbete länderna emellan är av stort värde, då det gäller utredningar av detta slag. Jag vill därför uttrycka min förhoppning om ett kommande samarbete med givande utbyte.

CIVILINGENIÖR BO KÖHLMARK (PR. BREV)
Kungl. Flygförvaltningen, Flygfältsbyrån, Stockholm.

Jag har tacksamt mottagit Edert »Indledning till teknisk samtale angående betongkontroll» och vill i anslutning härtill lämna en kort redogörelse för betongkontrollen vid de svenska flygfältsarbetena och för de undersökningar som i Sverige bedrivs inom betongbeläggningsområdet.

A. Kontraktsevenligt fordrad betongkvalitet.

Flygfältsbelägningarna dimensioneras i huvudsak enligt de anvisningar som utarbetats av Cement och Betonginstitutet (G. Wästlund och S. G. Bergström: »Preliminärt förslag till dimensioneringsföreskrifter för flygfältsbelägningar av betong». Stencilerat kompendium, Sthlm 1947). Fordrad böjdraghållfasthet hos betongen är 48 kg/cm² vid 28 dygn, vilket värde enligt en praktisk-ekonomisk bedömning ger lägsta kostnad pr. m² beläggning. Det gäller ju här att väga kostnaderna för högre betongkvalitet och större plattjocklek mot varandra.

Böjdraghållfastheten skall enligt de statliga betongbestämmelserna provas på balkar med dimensionerna 80×15×10 cm (längd × bredd × höjd) fritt upplagda med teoretisk spännvidd = 70 cm, symmetriskt belastade med 2 punktlaster på 30 cm avstånd från varandra. Balkarna fuktlagras vid 16—20° temp ända till provningen, antingen helt nedsänkta i vatten eller inbäddade i fuktig sand.

Vid den fortlöpande böjprovningen på arbetsplatserna användes dock en speciell apparat i vilken provbalken överkas av ett konstant moment på ca 30 cm längd.

Betongbelägningarna göras så tjocka att summan av de beräknade trafi- och temperaturspänningarna uppgår till ca 43 kg/cm². Sett i relation till den fordrade betonghållfastheten innebär således detta att säkerhetsfaktorn endast är = 1.1. Det är därför givetvis av vikt att betongkvaliteten har största möjliga jämnhet och att det angivna hållfasthetskravet innehålls. För att understryka detta har flygförvaltningen i sina kontraktshandlingar infört vissa bötesbestämmelser för det fall att betonghållfastheten är lägre än den fordrade. Bötesbestämmelserna ha emellertid ännu ej behövt tillämpas.

Frågan om betongens sammansättning överlättes helt åt vederbörande entreprenör, som endast har att iakttaga kontraktets bestämmelser om hållfastheten och om att betongen skal vara vattentät och frostbeständig. Lämplig betongkonsistens bestämmas av de använda vibro- eller stampmaskinerna och brukar vara 10 à 12 VB°.

Cementhalten brukar ligga mellan 310 och 340 kg per m³ betong. Endast standardcement användes.

Grus- och stenmaterialen ha så gott som undantagslöst uppdelats i två fraktioner vardera.

För den fortlöpande hållfasthetsprovningen gäller följande bestämmelser:

Under varje arbetsskift skall uttagas 4 st böjbalkar för provning efter 28 dygn, varvid medelvärdet skall uppgå till 48 kg pr. cm². Balkarna uttagas i kontrollantens närvaro från den i formarna utlagda betongen omedelbart innan denna skall bearbetas. Prover uttagas vid två olika tillfällen under skiftet; varje gång tillverkas 2 st balkar.

Utöver denna kontraktsevenliga provning brukar entreprenören speciellt under de första veckorna dessutom tillverka balkar för 7-dygnsprovning för att snabbare få ett begrepp om hållfastheten.

B. Erhållen böjdraghållfasthet.

Resultaten från de senaste årens hållfasthetsprovningar redovisas i nedanstående tabell, där spridning och max avvikelse gäller »skiftsmedelvärden» (i regel sålunda medeltalet av 4 balkar).

Arbetsplats	A	B	C	D	E	F	G
δ böj 28 kg/cm ²	54.2	50.9	50.0	54.9	51.6	54.2	58.7
spridning %	4.0	9.6	8.6	6.3	5.7	6.1	5.9
max. avvikelse %	+14 ÷16	+25 ÷26	+21 ÷29	+16 ÷11	+12 ÷17	+13 ÷12	+20 ÷12

* Spridningen räknad för samtliga balkar visar sig vara 1 à 2% högre än de angivna värdena för skiftsmedeltalet.

7-dygnshållfastheten har högre spridning än de angivna 28-dygnsvärdena. I genomsnitt är δ böj 7 : δ böj 28 = 86%.

De angivna spridningsvärdena äro som synes förvånansvärt låga, speciellt i betraktande av att hållfasthetsprovningarna på varje plats gäller en tid av 3 å 4 månader med de ändringar i betongsammansättningen som i regel vidtagits under arbetets gång.

C. Undersökning av tryckhållfastheten.

På arbetsplats B enl ovan har spridningen dessutom undersökts vid fortlöpande tryckprovning av gjutna cylindrar samt vid tryckprovning av cylindrar, som utborrats ur den färdiga beläggningen.

Vid varje provtagningstillfälle tillverkades förutom de två ordinarie böj-balkarna en cylinder 15×30 cm, som vattenlagrades tillsammans med balkarna i ca 3 veckor och härefter insändes till Statens Provvningsanstalt för tryckning vid 28 dygns ålder.

Följande resultat erhöles:

Böjdraghållfasthet vid 28 dygn = 50.9 kg/cm² (medelvärde av 332 balkar)

Cylinderhållfasthet vid 28 dygn = 482 kg/cm² (medelvärde av 158 cylindrar).

	Spridning %	Max avvikelse %
För samtliga balkar	11,0	{ +30 -30
För parvis tillverkade balkar	9,9	{ +24 -28
För skiftsmedelvärden	9,6	{ +25 -26
För samtliga cylindrar	11,9	{ +27 -31

Förhållandet mellan cylinder- och böjdraghållfasthet (medelvärdet av två balkar) vid 28 dygn blev = 9.5 och varierade mellan gränserna 12.0 och 6.5 med spridningen = 12.2%.

På vissa slumpvis utvalda punkter, jämnt fördelade över beläggningssytan, där fortlöpande balk- och cylinderprov tagits utborrades med diamantborrkrona cylindrar, som sedan provtrycktes. Diametern var 13.0 cm. Höjden varierade mellan 16 och 18 cm, men före provtryckningen nedsågades de större cylindrarna så att de efter avplaning av ändytorna med cementbruk hade höjden ca 16.5 cm. Sidoytorna voro synnerligen jämna, varför provtryckningen kan bedömas ge korrekta värden. Resultat:

Tryckhållfasthet = 554 kg/cm²

(medelvärde av 49 cylindrar).

Spridning = 10.8%

Max avvikelse = { +22%
-21%

Den erhållna tryckhållfastheten måste före en jämförelse med de fortlöpande cylinderproven korrigeras med hänsyn till provkropparnas olika storlek, ålder och lagringsförhållanden.

Med stöd av tillgängliga litteraturuppgifter kan cylindrer 13×16.5 cm bedömas ha 10% högre relativ hållfasthet än cylindrar 15×30 cm. »Cylinderhållfastheten« (betecknande hållfastheten hos standardcylindrar 15×30) hos de utborrade proven var sålunda = 500 kg/cm².

Åldern hos dessa prov var vid provtryckningen i genomsnitt 11 månader. Beläggingsbetongen hade härdats ca. 10 dygn under fuktig sand och hade därefter legat oskyddad under mycket varierande temperatur- och fuktighetsförhållanden. Att med hänsyn härtill söka bedöma beläggningens hållfasthet vid exempelvis 28 dygns ålder är därför synnerligen vanskligt, här skall endast konstateras att cylinderhållfastheten hos beläggningen efter 11 månader ligger 4% högre än motsvarande värde från den fortlöpande provningen.

Av de redovisade spridningsvärdena framgår dels att man erhållit något jämnare värden vid provning av böjdraghållfastheten än av tryckhållfastheten, dels att den färdiga betongbeläggningen har något jämnare hållfasthet än vad fortlöpande provningen visar.

D. Bestämning av böjdraghållfastheten hos en färdig betongbeläggning.

En undersökning som den angivna med utborrade cylinderprover ger en god bild av kvalitetsjämnheten hos en beläggning och ger samtidigt upplysning om tryckhållfastheten vid provtagningstillfället. Ur dimensioneringssynpunkt är det emellertid viktigt att veta vilken böjdraghållfasthet som erhålles i den färdiga beläggningen utgående exempelvis från de värden som erhållits vid den fortlöpande böjprovningen av standardbalkar.

För en dylik bedömning kräves emellertid kännedom om hur följande faktorer påverka böjdraghållfastheten:

1. Provbalkarnas storlek
2. Lagringstemperatur
3. Härdningsmetod
4. Bearbetningsgrad
5. Hållfasthetsrelationen balk — platta

En utredning av bl a dessa frågor pågår för närvarande. Undersökningarna syfta också till att klarlägga hur man med ledning av utsågade balkprover skall kunna bedöma kvalitén i det utförda arbetet. Härtill kräves t ex kännedom om balkstorlekens inverkan, uppkomsten av ev hållfasthetsnedsättande skador vid utsågningen och hur de utsågade balkarna skola lagras under tiden fram till provningen för att hindra uppkomsten av extraspänningar.

Frågan om exempelvis icke-förstörande provningsmetoder har även diskuterats, men den har bedömts vara så omfattande att den bör undersökas i ett större sammanhang, särskilt som den ej gäller endast beläggningar utan betongkonstruktioner över huvud taget.

Indlederen civilingeniør Niels Munk Plum's svar

Når man i årevis har skrevet bøger og artikler om beton uden at få lejlighed til at høre læsernes mere eller mindre umiddelbare kritik, er det en oplevelse endelig at stå ansigt til ansigt med den.

Jeg tror, at jeg har lært meget af, hvad der er blevet sagt, og er naturligvis taknemmelig for, at der, såvidt jeg kan se, har været lige så megen ros som ris. For at betontechnologien i teori og praksis skal samarbejde og udvikles harmonisk, er samtaler, som den vi har haft i aften, sikkert af stor betydning, og jeg vil håbe, at betonarbejdsgruppen fortsætter serien.

De nye spørgsmål, der er fremkommet i aftenens løb, har jeg forsøgt at besvare i det følgende. Mange spørgsmål fremkommer flere gange, og besvarelserne er derfor opdelt efter emne og nummereret. For at lette orienteringen er de samme numre indført i såvel diskussionsindlæggene som i indledningen udfør de steder, hvor spørgsmålene behandles.

ad 1 Der er ikke stillet *krav* om en variationskoefficient på kun 10%. De 10% er et regneeksempel, der under gode forhold dog næppe ligger langt fra den spredning, som det — alt taget i betragtning — *bedst betaler sig at anvende*.

Det må være irrelevant om »sikkerhedsgraden«, som ingeniør Glarbo anholder, falder fra ca. 4 til ca. 1,6, blot pålideligheden såvel med hensyn til styrke som til holdbarhed m. m. er tilfredsstillende, og det har jeg klart fremhævet, at den bør være, samtidig med, at jeg har angivet rationelle økonomiske veje til dens bestemmelse. Naturligvis deler jeg diskussionsdeltagernes skepsis med hensyn til, hvor hurtigt man kan nå målet endsige få metoden indført i praksis, men ret beset bør denne skepsis føre til, at man i videre teknikerkrede tager disse problemer op, diskuterer dem og medvirker til deres snarlige løsning.

Jeg har heller ikke direkte anbefalet at nedsætte cementindholdet helt til 120 kg/m³, men blot påvist at hvis cementindholdets variationskoefficient kan bringes ned på ca. 10%, vil der være »mulighed« for, at man fra et holdbarhedssynspunkt »kan acceptere en meget stor del af de ved styrkebetragtningerne fundne reduktioner« i cementindholdet, og naturligvis er nærmere undersøgelser påkrævet, før man skrider til handling.

ad 2 Trods den fra forskellig side fremkomne kritik, vil jeg fastholde, at værdien af prøvestøbninger er problematisk, idet jeg dog benytter lejligheden

til at understrege, at problemet består i, at man endnu ikke behersker overgangen fra prøvelegemernes egenskaber til konstruktionens egenskaber. Mand og mand imellem regner man stiltiende med, at omregningsforholdet (hvis man kan tale om noget så simpelt) nok ligger i nærheden af 1,00, men der eksisterer faktisk ikke nogen eksperimentel baggrund for denne antagelse — tværtimod. Når prøvelegemer stadig anvendes, og jeg heller ikke er gået ind for den fuldstændige afskaffelse, skyldes det simpelthen mangel på bedre havelse, samt at de naturligvis kan gøre udmærket fyldest ved indbyrdes sammenligning af forskellige materialer, komprimeringsmetoder o.s.v.

ad 3 Da det sidste citat er plukket ud af et resume, er rækkefølgen blevet forkert, og dette er sikkert årsagen til, at S. K. ikke kan forstå det. Meningen er, at den hidtidige kontrol er så usikker, at den kun i begrænset omfang kan benyttes til regulering af produktionen, men at man ved de nu foreslåede metoder efterhånden kan nå til rationel produktionsregulering, som først og fremmest vil sige regulering af cementindholdet.

ad 4 Argumenterne for skrinlægning af tanken om finere og bedre fraktionering af materialerne er efter min mening ikke overbevisende og kan ikke være det sidste ord i sagen. De store priser pr. m³, der nævnes, hænger sammen med den ringe produktion. Ved store dæmningsanlæg i U.S.A. (se f. eks. (39 P 2)), har det således været muligt for en rimelig pris pr. m³ at afskrive fuldstændige flotationsanlæg på et enkelt arbejde. Jeg mener ikke hermed, at sådanne anlæg absolut skulle være den eneste eller rigtigste løsning for vore forhold, men jeg nægter at tro, at vore hjemlige teknikere ikke skulle kunne finde en egnet løsning.

ad 5 Det er rigtigt, at der i det viste eksempel (fig. 5) kun er regnet med, at betonkvaliteten er en stokastisk variabel, og at lignende betragtninger for de øvrige faktorer såsom belastningen, dimensionerne o.s.v. vil komplicere forholdene, og at betonspredningens relative betydning antagelig vil blive noget mindre.

Under omstændigheder, hvor udmattelsen på grund af mange belastningsvekslinger kan spille en rolle, bør dette naturligvis tages i betragtning. I det viste eksempel vil det blot sige, at det er udmattelsesbrudstyrken, der er 300 kg/cm². Forholdet er forøvrigt allerede kort kommenteret i indledningen.

Alt dette rokker dog ikke ved den principielle og pædagogiske værdi af det viste eksempel, så meget mere som det beregningsmæssigt vil være muligt efterhånden som de forskellige faktorer fordelingslove klarlægges at tage det hele i betragtning på principielt samme måde som i figur 5. Der arbejdes i øjeblikket i instituttet på en klarlægning af disse forhold, og resultaterne vil senere blive offentliggjorte.

ad 6 I (43 L4) og (50-14) er tidligere påvist det uhensigtsmæssige i, at normerne fastsætter en grænse (på 85% af middelstyrken), hvorunder *intet* prøveresultat må falde, da chancen for at komme under denne grænse afhænger af prøvelegemernes antal. Ing. Moe kan have ret i, at metoden til nød kan forsvares, når normerne samtidig fastlægger et bestemt prøveantal, men det må erindres, at det optimale prøvelegemeantal (som sikrer den billigste konstruktion) vokser med bygværkets størrelse, som påvist i (45 P 1), og det er derfor ikke rigtigt at fastlægge et bestemt prøveantal.

ad 7 Hvad angår muligheden for at nå til en rationel løsning af det meget vigtige spørgsmål om minimalisering af udgifterne til materialer, materiel og vedligeholdelse m. m., må jeg fastholde, at der kun er en vej frem, hvis man baserer sig på det eksakte matematiske grundlag, og jeg vil direkte advare mod at anvende simplifikationer som f. eks. normernes 85% grænse.

ad 8 Jeg er enig med ingeniør Moe i, at man ikke bør stille kravene så højt, at folk helt opgiver, så der intet kommer ud af det, men jeg vil dog på denne foranledning gerne have lov at understrege, at det er forskningens pligt at finde frem til det rigtigste og bedste uden kompromis med det »gode« og præsentere resultaterne til drøftelse på »bjærget« som sket er, inden alt endnu har nået sin definitive praktiske udformning.

Vi kan så til enhver tid diskutere, hvor meget der er modent til indførelse på byggepladsen, men jeg synes, det må være en livsbetingelse for den praktiserende ingeniør, at han ved at være à jour med den teoretiske forsknings seneste resultater kan bedømme den tekniske og økonomiske rækkevidde af de kompromisser, han hver dag må indgå i sin praksis.

ad 9 Ihvorvel spørgsmålet v/c kontra c/v interesserer mig meget, vil det vist alligevel føre til, at vi kommer for langt bort fra aftenens emne, hvis vi skal diskutere det her. Jeg håber inden alt for længe at finde tid til at genoptage diskussionen om dette emne.

ad 10 Jeg mener i høj grad, at der er brug for en udbygning og standardisering af de til betonkontrollen hørende prøvninger og skal til støtte for dette synspunkt anføre, at sådanne »normer« i U.S.A., udgivet af A.S.T.M., fylder ca. 50 trykte sider (excl. cementprøvning). (Se iøvrigt (50-14) side 31-32)). Et første forslag vil iøvrigt fremkomme i nær fremtid fra civilingeniør P. Nerenst.

ad 11 Jeg har ikke, og tør på det eksisterende erfaringsgrundlag ikke udtale mig om, hvor stor virkning cementkvalitetens variation har på styrken. Det er muligt, at englænderne har ret i, at 48% af styrkevariationerne skyldes cementen, men ud fra de i den engelske rapport angivne tal kan man — netop på grund af de af dr. Meyer nævnte mange andre variable — ikke *med sikkerhed* henføre mere end ca. 20% til cementen.

ad 12 Der er i indledningen angivet, at det drejer sig om resultater fra prøveterninger.

ad 13 Jeg kan ikke lade være at finde det komisk, hvis man på den i indledningen nævnte baggrund, midt i april eller august (se fig. 3) ud fra 8 dage gamle resultater forlanger, at man skal forbedre betonkvaliteten, når de 8 dage senere fremkomne resultater faktisk viser, at den ønskede forbedring allerede var sket.

ad 14 Hvis der iøvrigt føres et fornuftigt tilsyn, er det ikke sandsynligt, at cementen ligefrem forsvinder, eller at indholdet fra sats til sats (når der anvendes et helt antal poser pr. sats) vil variere ret meget, så faktisk tror jeg, at den kontrol, man får ved at tælle de tomme poser, og sammenholde tallet med det udstøbte antal m^3 , er relativt effektiv sammenlignet med megen anden kontrol.

ad 15 Når man uden at anstille forsøg men ved beregning skal bestemme de økonomiske følger af gruskornkurvens variationer, må man forudsætte en matematisk sammenhæng mellem kornkurve og vandbehov og videre mellem vandbehov (eller c/v) og styrke. Medens sammenhængen mellem c/v og styrken (sammenlign fig.6) efterhånden er ret nøje kendt, viser den traditionelle sammenhæng mellem kornkurvens finhedsmodul og vandbehovet (sammenlign f. eks. fig. 9 og 10 i BETON II side 29 og 30) sig efter de undersøgelser, jeg i den senere tid har anstillet ikke at være entydig, og de økonomiske konsekvenser, der er draget i rapporten (50 P 11), er derfor — som allerede nævnt i indledningen — muligvis for optimistiske. Spørgsmålet bliver p. t. nærmere undersøgt i SBI, og vi håber senere at kunne fremkomme med en redegørelse.

Der er dog grund til at påpege, at det i den foreliggende forbindelse ikke er afgørende, hvorledes den eksakte sammenhæng mellem kornkurven og vandbehovet er, for fig. 7 viser, at ikke mindre end 7 forskellige forskere har fundet sammenhæng mellem vandbehovet og partikelstørrelserne, der ganske klart allesammen går i samme retning, nemlig derhen, at jo mindre partiklerne er, jo mere vand binder de, og følgelig må det være klart, at det er den fine ende af kornkurven, man skal interessere sig for.

ad 16 Jeg beklager, at jeg trods megen omhu ved udarbejdelsen af litteraturfortegnelsen havde glemt den nævnte artikel, men den er kommet med nu (47 M 26). Iøvrigt glæder jeg mig over, at dr. Meyer og jeg er enige om betydningen af bedre fraktionering og vejning af sandet.

ad 18 Mod professor Suensons betragtninger vil jeg for det første indvende, at den svageste prøveterning ikke giver noget pålideligt skøn over det svageste sted i konstruktionen, fordi størrelsen af det mindste resultat afhænger af antallet af prøver.

Hvis man vil have et skøn over styrken af det svageste led i konstruktionen, må man aflede dette skøn af skønnet for fordelings funktion, baseret på resultaterne af samtlige prøver.

Men iøvrigt — og dette er meget væsentligt — må man gøre sig det klart, at bruddet ikke altid indtræder det svageste sted, men hvor forholdet mellem spænding og styrke er maksimum. Det af professor Suenson opstillede eksempel med pillen, der består af een række terninger, er ikke realistisk. Hver af disse terninger kan opdeles i et vilkårligt antal mindre prøvelegemer, hvis styrke og elasticitetskoefficient er stokastiske variable, hvilket medfører for det første, at spændingen ikke er den samme over hele tværsnittet og for det andet, at den farligste kombination af spænding og styrke altså måske slet ikke vil forekomme i den betragtede store terning, men i en anden.

Jeg håber med dette eksempel at have vist, at forholdene er mere komplicerede, end professor Suenson synes at ville gøre dem, og at de kun kan behandles rationelt ved hjælp af de samlede fordelingsfunktioner for spænding og styrke, d.v.s. ved statistikkens hjælp.

ad 19 Der er ikke tale om at anvende et gennemsnit af middeltal eller spredning for alle landets byggepladser kritikløst på den enkelte byggeplads. Jeg har foreslået, at man ved byggepladsforsøg prøver at skaffe sig kendskab til, hvor megen spredning man vil kunne forvente ved anvendelse af ganske bestemte kombinationer af materiel som almindelig vejledning — men naturligvis skal den faktisk opnåede spredning i hvert enkelt tilfælde kontrolleres, indtil man har vished for, at den opnås.

Ved hjælp af både middeltal og spredning for direktørgagerne vil jeg påtage mig at angive *sandsynligheden* for at nogen af de herrer dør af sult — og er det ikke netop sandsynligheden for brud, mere end en ganske fiktiv »sikkerhedsgrad«, man har brug for.

ad 20 Almindeligvis vil det vist være for kompliceret på en byggeplads at bestemme væggtabet ved udglødning.

ad 21 Opmærksomheden henledes på civilingeniør P. Nerens's omtale af disse forhold i (50-14), side 27-28.

ad 22 Jeg er ganske enig med professor Suenson i, at pålideligheden ikke alene kan baseres på styrken, men mindst lige så meget må afhænge af tætheden og cementindholdet, og jeg mener også at have udtrykt dette i indledningen.

ad 23 Det har ikke været min mening, at styrkerne i figur 6 skulle være fra færdige konstruktioner, men som sædvanlig fra mindre prøvelegemer udstøbt på det offentlige foranstaltning og med nøje kontrol af cement, vand og luftindhold m. m. Kan man ad åre, f. eks. ved hjælp af de neutrale prøve-metoder nå til bestemmelse af styrken i færdige konstruktioner, vil det naturligvis

kun være godt, men den samme beton vil jo få forskellig tilsyneladende styrke i forskellige konstruktioner, og det vil derfor nok stadig være praktisk at have en »enhedsstyrke« fra små standardiserede prøvelegemer.

ad 24 Hvis kompaktheden er 1,00 (eller mindst 0,97), hvilket jo blot vil sige, at komprimeringsmetode og konsistens er fornuftigt afpasset efter hinanden, — og det kan man vel her godt tillade sig at forudsætte — vil styrken ikke afhænge af cementindhold, kornkurve og kornform, men alene af c/v -forholdet, og jeg forstår derfor ikke professor Suensons og ingeniør Glarbos betænkkeligheder.

ad 25 Det skal ganske rigtigt være vandindholdet efter betonens sætning, der skal indgå i c/v -forholdet, men for de gode betoner, der her er tale om og med den høje kompakthed, vil støbevandsmængden næppe være nævneværdig større end det nævnte.

ad 26 Der er ingen tvivl om, at professor Suensons forslag om at lade leve-
randørerne homogenisere sandet i langt de fleste tilfælde vil være en fortrinlig løsning, og jeg har netop i indledningen fremhævet, at ensartetheden som regel er langt vigtigere end overensstemmelsen med en »ideal«-kurve.

Forslaget vil i praksis — i hvert fald i første omgang — dog støde på den vanskelighed, som også ingeniør Steen Kristensen fremhæver, at værkernes lagerkapacitet skal være mange gange den nuværende, men det er jo alene et økonomisk spørgsmål, som det ville være interessant at høre værkernes svar på. Til forslaget knytter der sig imidlertid i det mindste også to tekniske problemer, der må klares, inden forslaget kan realiseres.

For det første: Vil levering af sand i een fraktion med største kornstørrelse ved ca. 4 mm ikke medføre en afblanding, som den af mig foreslåede fraktionering netop tager sigte på at undgå?

For det andet: Som nævnt i rapporten om de københavnske grusorters homogenitet (50 P 11) er der tale om to årsager til variationer, nemlig dels den, der betinges af udvindings- og transportmetoder etc., og dels den, der betinges af de geologiske forhold. Medens det antagelig er muligt at forbedre korttidshomogeniteten ved den af professor Suenson foreslåede metode, må de i den nævnte rapport efterlyste undersøgelser vedr. langtidshomogeniteten være afsluttede, før det kan afgøres, om spørgsmålet kan løses efter professor Suensons metode.

ad 27 Jeg er kommet til det angivne skøn for den mulige besparelse ved følgende betragtning:

Danmarks årlige cementforbrug er ca. 1 million tons à 100 kr. = ca. 100 millioner kr. Heraf mener jeg, at man, hvis de foreslåede foranstaltninger fuldtud gennemføres, vil kunne spare:

Af de 50 mill. ingenting	=	0	mill. kr.
» » 25 » ca. 25%	=	6,2	» »
» » 25 » ca. 50%	=	12,5	» »
<hr/>			
Samlet skønnet besparelse	=	18,7	mill. kr.

således at de anførte 10-20 mill. kr. skulle være et rimeligt skøn. Iøvrigt er det ikke så meget besparelsens nøjagtige størrelse, der har interesseret mig som selve det faktum, at det selv i et så lille land som vort bliver til store beløb.

ad 28 Jeg kan ikke undlade at fremhæve som noget betydningsfuldt, at ingeniør Ørum selv påpeger, at det er indførelsen af et rationelt statistisk kriterium i de nye normer for forspændt beton, der ligger bag ved og har skabt økonomisk baggrund for de af Hedehusteglværket opnåede meget små spredninger. Måtte en sådan eklatant — og ofte efterlyst — dokumentation inspirere flere.

ad 29 Det er utvivlsomt rigtigt, at man ved betonens komprimering kan få en betydelig forbedring af homogeniteten, sammenlign f. eks. (51 B 1), (side 25 første spalte), og de af ingeniør Nerenst fremdragne tal der giver et interessant billede af årsagssammenhængen. Der er imidlertid ikke nogen modstrid mellem Nerenst's og mine synspunkter med hensyn til spredningen på betonproduktionens forskellige stadier, for han taler om forskellen mellem spredningen i blanderen og i prøvelegemerne, medens jeg mener, at spredningen i den færdige konstruktion meget vel kan være større end i prøvelegemerne.

ad 30 Ingeniør Idorn påpeger de vanskeligheder, Statens Byggeforskningsinstitut vil komme til at stå overfor ved en kollektiv behandling af det erfaringsmateriale fra praksis, som jeg har efterlyst i indledningen. Jeg vil derfor gerne sige, at vi er ganske klare over, at det selv ved hjælp af mange indsamlede tal ofte vil blive vanskeligt at finde frem til årsagerne bag variationerne, og vi tænker os da også kun at nå en del af målet ved en sådan ekstensiv undersøgelse. Det væsentligste middel i denne forbindelse bliver de fem betonblanketter, der nu er udgivet af betonarbejdsgruppen i en mappe, samt de kontrol-blanketter, hvortil der fremkommer forslag af undertegnede i næste nummer af dette blad.

Resten af arbejdet med intensive undersøgelser må gøres, som ingeniør Idorn siger — og som nævnt i indledningen — ved et indgående samarbejde med større arbejdspladser og fabrikker, og det har vi allerede påbegyndt, og det skal nok blive frugtbart.

Jeg er meget interesseret i forslaget om oprettelse af ambulante laboratorier. Allerede i 1941 har civilingeniør Søren Rasmussen — omend uden held — foreslået at oprette ambulante laboratorier, og i »Ingeniøren« i 1945 ((45 P 1) — side B 66) har jeg slået til lyd for lignende tanker, og den stigende interesse førte i 1947 til oprettelse af DIF's betonarbejdsgruppe. Indenfor de eksisterende

rammer er det imidlertid begrænset, hvad såvel arbejdsgruppen som byggeforskningsinstituttet kan overkomme, og det vil være i høj grad ønskeligt, om de interesserede parter kunne finde hinanden i et samarbejde om fremme af beton-forskning og beton-praktik, som vel efterhånden bør føre frem til et særligt beton-institut, nogenlunde svarende til det de har haft i Sverige i mange år.

Diskussionen i aften har hovedsagelig drejet sig om veje og midler til i praksis at forbedre betonkvaliteten. Naturligvis anser jeg disse forhold for betydningsfulde, men når jeg er kommet ind på dem i min indledning, har det dog fortrinsvis været for at vise, hvad det statistiske-økonomiske grundlag kan og bør bruges til.

Jeg tror, det for en tid vil være rigtigt at vende interessen mindre imod betonteknologien og mere imod de rejste problemer om sikkerhedsgrad versus pålidelighed etc., der er koncentreret omkring fig. 5 i indledningen, og til brug for særligt interesserede vil jeg tillade mig at henvise til endnu bl. a. følgende litteratur: (43-14) (46-54) (49 L 44) (49 P 7) (49 P 13) (50-26) (50 Y 1) (51 G 2) (51 H 11) (51 K 4).

(fortsat fra omslagets 2. side)

(Studier)

Nr. 9: *Hvilken murstens- og blokstørrelse kræver mindst arbejdstid ved opmuringen?*, Niels M. Plum og Birger Warris. 1952. 26 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 Institutts 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. 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. 5: *Bedre varmeisolering er billigere*. 1950. 47 s. A₄. Kr. 3,—.

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

Nr. 7: *Fugt og isolering*, Poul Becher og Vagn Korsgaard. 1951. 107 s. A₅. Kr. 4,—.

Nr. 8: *Brug og valg af betonblandere*, Niels H. Krarup og K. Malmstedt-Andersen. 1951. 66 s. A₅. Kr. 3,—.

Nr. 9: *Vinterbyggeriets ABC*. 2. udg. 1950. 24 s. A₅. 1 stk.: 50 øre, 15 stk.: kr. 5,—, 100 stk.: kr. 25,—.

Nr. 10: *Kunstig belysning på byggepladser*. 1951. 14 s. A₄. Kr. 2,—.

Nr. 11: *Omsætningsmål for trædimensioner*. 1952. 1 s. A₄. (Gratis).

Nr. 12: *Valg af dæk*, Fleming Nielsen. 1952. 48 s. A₅. Kr. 2,—.

Nr. 13: *Byggeprisens bestanddele beregnet ved et 3-etagers boligbyggeri i provinsen i april 1951*. 1952. 28 s. A₅. Kr. 2,—.

Nr. 14: *Forbedring af stalde, varmeisolering og ventilering*, Poul Becher og Vagn Korsgaard. 1952. 44 s. A₅. Kr. 2,—.

Særtryk

af artikler i tidsskrifter o. lign., omhandlende Institutts arbejde eller forfattet af Instituttet 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. 7: *Vinterbyggeri i en provinsby og vinterbyggeri på landet*, Asger Schmelling. *Vinterbyggeri i Stockholm*, O. Gerner Hansen. 1950. 12 s. A₄.

Nr. 8: *Er vore bygninger rationelt dimensionerede, når hensyn tages til såvel anlægs- som driftsomkostninger?*, Niels M. Plum. 1950. 9 s. A₄.

* Nr. 9: *Betonegenskabernes afhængighed af materialernes sammensætning*, Niels M. Plum. 1950. 45 s. A₅.

Nr. 10: *Varmetabet gennem plane tværdelte vægge*, Poul Becher. 1950. 8 s. A₄.

(fortsættes på bagsiden)

(fortsat fra omslagets 3. side)

(Særtryk)

- Nr. 11: *Om anvendelse af lyd hastighed i beton til bestemmelse af dens øvrige egenskaber, Johs. Andersen og Poul Nerenst.* 1950. 28 s. A₅.
- Nr. 13: *Hvad koster vinterbyggeri?, Asger Schmelling.* 1950. 4 s. A₄.
- Nr. 14: *Elektrisk frostsikring af interimistiske vandledninger på byggepladser, Poul Gunst Hansen.* 1950. 2 s. A₄.
- Nr. 16: *Kunstig udtørring af nybygninger, Vagn Korsgaard.* 1950. 11 s. A₅.
- Nr. 17: *Prøvning af 11 danske betonblandere, Per Bredsdorff, Poul Nerenst og Niels M. Plum.* 1951. 56 s. A₅.
- Nr. 22: *Some Two-Dimensional Heat-Flow Problems, Neville S. Billington and Poul Becher.* 1951. 16 s. A₅.
- Nr. 23: *Ekspansions- og sikkerhedssystemer ved centralvarmeanlæg med pumpecirkulation, Poul Becher.* 1951. 12 s. A₅.
- Nr. 25: *Nye ensilagesiloers beskyttelse mod syreangreb, Lars Andersen.* 1951. 3 s. A₅.
- Nr. 26: *Vinterbyggeri, beretning om et uheld, O. Gerner Hansen.* 1951. 12 s. A₅.
- Nr. 27: *Har vinterbyggeriet formindsket byggefagenes sæsonledighed?, Lars Andersen.* 1951. 6 s. A₄.
- Nr. 28: *Grusets indflydelse på betonens holdbarhed, Poul Nerenst.* 1952. 15 s. A₅.
- Nr. 29: *Wave Velocity in Concrete, Johannes Andersen and Poul Nerenst.* 1952. 23 s.
- Nr. 30: *Kunstig udtørring af nybygninger ved hjælp af Schwarzkopf-ovne, H. Dührkop og Hans Nielsen.* 1952. 8 s. A₄.
- Nr. 31: *Ensilagesiloers beskyttelse mod syreangreb, 2. undersøgelse 1951—52, Erik Laur- sen.* 1952. 5 s. A₅.
- Nr. 32: *Betonkontrol, Niels Munk Plum.* 1953. 81 s. A₅.

Årsberetninger 1947—52

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

Alle publikationerne kan købes gennem boghandlerne eller hos Teknisk Forlag, Vester Farimagsgade 31, København V. Nærværende publikation fås dog hos Landhusholdningsselskabets Forlag, Rolighedsvej 26, København V, og Det danske Forlag, Vestre Boulevard 47, København V.

Abonnement på en eller flere serier kan tegnes hos Teknisk Forlag. Herved 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,—