

BETONTEKNOLOGISKE STUDIER I U.S.A

Rapport over E. C. A. studierejse
14. november 1950 - 15. februar 1951

STUDY OF CONCRETE TECHNOLOGY IN U.S.A.

WITH AN ENGLISH SUMMARY

POUL NERENST

00 921 P

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT STUDIE NR. 7

KØBENHAVN 1952

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

Rapporter

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

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

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

Nr. 3: *The Non-Destructive Testing of Concrete with Special Reference to the Wave Velocity Method*, Johs. Andersen, Poul Nerenst and Niels M. Plum. 1950. 80 s. A₄. (Udsolgt).

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. A₄. Kr. 25,—.

Nr. 5: *Sammenlignende undersøgelse af træ- og stålstilladser til husbygning*, Niels H. Krarup. 1951. 44 s. A₄. Kr. 25,—.

Nr. 6: *Vinterbyggeri, forsøg afholdt af Statens Byggeforskningsinstitut i årene 1947-50*, Niels M. Plum. 1951. 108 s. A₄. Kr. 5,—.

Studier

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

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

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

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

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

Nr. 5: *Hvordan udføres en tør kælder?* Niels R. Steensen. 1950. 15 s. A₄. (Udsolgt).

Nr. 6: *Skorstene for småhuse*, Poul Becher. 1951. 45 s. A₄. Kr. 15,—.

(fortsættes på omslagets 3. side)

TEKNISK BISTAND UNDER MARSHALLPLANEN

BETON- TEKNOLOGISKE STUDIER I U. S. A.

(TA 36—95)

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT

ex. 8

21 JULI 1988

UDGIVET VED
UDENRIGSMINISTERIETS FORANSTALTNING

1952

TEKNISK BISTAND UNDER
MARSHALLPLANENBETONTEKNOLOGISKE
STUDIER I U.S.A.

*Rapport over E. C. A.
Studierejse 14. november 1950—15. februar 1951
with an English summary*

af

POUL NERENST

Civilingeniør, Statens Byggeforskningsinstitut

Europas økonomiske genrejsning er betinget af, at enhver mulighed udnyttes for at fremme produktionsdygtigheden og konkurrenceevnen. Udvekslingen af tekniske erfaringer inden for rammerne af efterkrigstidens internationale samarbejde er herunder af stor betydning.

Som et led i sin støtte til det europæiske genopbygningsprogram har den amerikanske regering gennem Marshall-administrationen (E.C.A.) stillet midler til rådighed for formidling af teknisk viden til de vesteuropæiske lande gennem personlig kontakt mellem vesteuropæiske og amerikanske sagkyndige.

Danmark kan i kraft af denne ordning sende eksperter — enkeltvis eller i hold — til U.S.A. for at studere amerikanske produktionsmetoder m. v. samt modtage amerikanske eksperter her i landet som tekniske rådgivere. De hermed forbundne dollarudgifter afholdes af E.C.A.

Studierejsernes resultater nedfældes i rapporter, som offentliggøres ved udenrigsministeriets foranstaltning, således at alle interesserede kan få lejlighed til at gøre sig bekendt med de indhøstede erfaringer.

UDGIVET VED
UDENRIGSMINISTERIETS FORANSTALTNING
1952

INDHOLDSFORTEGNELSE

REJSENS FORMÅL	5
KRONOLOGISK REJSERAPPORT	6
Rejsens planlægning	6
National Bureau of Standards	7
U. S. Army, Corps of Engineers, Washington	9
Building Research Advisory Board	9
Matt. A. Doetsch Machinery Co.	10
Bureau of Mines	10
Associated General Contractors of America Inc.	12
National Crushed Stone Association	12
Bureau of Public Roads	13
Portland Cement Association Fellowship	14
National Ready Mixed Concrete Association	14
District of Columbia, Highway Department	15
Billner Vacuum Concrete S. A.	18
American Society for Testing Materials	19
Kongres i Florida	19
U. S. Army, Corps of Engineers, Mississippi	20
University of Missouri	22
Kansas State College	23
Bureau of Reclamation	24
Southern California Edison Co.	25
California Department of Public Works, Sacramento	30
University of California	30
The Basalt Rock Co.	31
Sixth Street Bridge, Los Angeles	33
Iowa State College	34
Iowa State Highway Commission	35
University of Wisconsin	35
University of Illinois	35
Portland Cement Association	35
U. S. Army, Corps of Engineers, Ohio River Division	37
Blaw-Knox Co., Pittsburgh	38
Dewey and Almy Chemical Co.	38
Lone Star Cement Co.	39
Universal Atlas Cement Co.	40
Raymond Concrete Pile Co.	40
Washington	40
Slutning	40
PRØVNING AF RÅMATERIALER TIL BETON	41
<i>Råmaterialer til Betonfremstillingen</i>	41
<i>Cement</i>	41
Portland cement	42
Oversigt over cementtyper	42
Kemisk sammensætning	42
Fysiske egenskaber	44

Finhed	44
Wagner's Turbidimeter	44
Blaine's Permeabilitetsmåler	44
Anvendelse af adsorption	46
Andreasen's pipettemetode	46
Andre metoder	47
Kommentarer til finhedens betydning	47
Formbestandighed	48
Ekspansion i autoklave	48
Koldtvandsprøve	48
Le Chatelier's prøve	48
Afbindingstid	49
Trykstyrke	49
Trækstyrke	50
Lagringsmåden	51
Hydratationsvarmen	51
Oplosningsvarmemetoden	51
Varmeledningskalorimeteret	52
Dobbeltkalorimeteret	52
Afsluttende bemærkninger	53
Lagret cement	53
Bleeding	53
Luftindblandende Portland cement	54
Kontrol af luftindblandende cement	55
Fysiske egenskaber	55
Portland-slaggecement	57
Roman cement	58
Murværks-cement	58
Afsluttende bemærkninger om cement	59
Vand	60
Grus	60
Grusets kornform	60
Stenenes kornform	60
Sandets kornform	61
Petrografiske undersøgelser	61
Forureninger i gruset	62
Forureninger i sand	62
Forureninger i sten	63
Grusets sundhed	64
Sulfatprøven	64
Frostprøvning af gruset	65
Frostprøvning af beton med »frostsikker« cementpasta	65
Grusets overfladefugtighed	66
Grusets termiske egenskaber	68
Generelle bemærkninger	68
Bestemmelse af stens termiske udvidelseskoefficient	70
Reaktioner mellem cement og grus	70
Kemisk undersøgelse	72
Ekspansion af mørtelprismer	73
Petrografisk undersøgelse	75
Afsluttende bemærkninger om alkali-grus reaktioner	76
Afsluttende bemærkninger om betonmaterialer	80
SLUTNING	81
ENGLISH SUMMARY	81
LITTERATURFORTEGNELSE	83

REJSENS FORMÅL

I tiden november 1950 til slutningen af februar 1951 har forfatteren foretaget en studierejse til USA under Marshallplanens auspicer.

Gennem de sidste 2 år har forfatteren deltaget i Statens Byggeforskningsinstituts arbejde med at forøge produktiviteten indenfor byggefagene ved at gøre propaganda for at holde arbejdet igang om vinteren trods mørke og kulde. Det var derfor et af rejsens formål at studere de metoder, der er taget i anvendelse i USA for at gennemføre byggeri om vinteren.

Det er vigtigt, at beton, der udstøbes ved lave temperaturer, opvarmes og beskyttes på en sådan måde, at den opnår tilstrækkelig styrke, inden den fryser, og der er i den anledning udført en omfattende forsøgsserie på Statsprøveanstalten på foranledning af Dansk Ingeniørforenings udvalg vedrørende betonstøbning om vinteren og med støtte af Statens Byggeforskningsinstitut. Forfatteren har medvirket ved denne undersøgelse, hvis formål har været at bestemme, hvor stærkt man kan begrænse den periode, hvor betonen skal holdes beskyttet og tilføres kunstig varme. Det er selvsagt af stor nationaløkonomisk betydning, at støbningen af beton om vinteren kan gennemføres uden for store fordyrelser af arbejdet.

Ved denne forsøgsrække på Statsprøveanstalten har man benyttet et dansk konstrueret tidsmåleapparat, der gør det muligt at bestemme betons elastiske egenskaber ved at måle lydets forplantningshastighed gennem udstøbte betonprøvelegemer (50 A 6).^{*} Da man igennem flere år har arbejdet med lignende problemer i USA, hvor man dog har anvendt principielt afvigende metoder, var det ligeledes hensigten at studere forsøgsteknikken ved bestemmelse af betonkvaliteten ad denne vej.

Desuden var det hensigten at studere prøvemethoder for beton i al almindelighed, idet større viden på dette område i det lange løb vil være af afgørende betydning for en rationel og økonomisk udnyttelse af de råmaterialer, der findes her i landet.

Uden at det direkte indgik i overvejelserne ved rejseplanens udformning, var det hensigten at få et almindeligt indtryk af arbejdsmethoderne indenfor byggeriet i USA, for at konstatere, om nogle af disse principper kunne tillempes til danske forhold.

^{*}) Henvisning til litteraturfortegnelsen. De første 2 cifre angiver årstallet for publikationens udgivelse.

Den kronologiske rapport i det følgende afsnit vil give et summarisk indtryk af de vigtigste emner, forfatteren havde lejlighed til at studere, men ifølge sagens natur vil en sådan fremstilling blive meget springende og meget lidt overskuelig.

I et senere afsnit har forfatteren mere detaljeret behandlet et enkelt emne i logisk rækkefølge, nemlig amerikanske normer og prøvemethoder for betons bestanddele, da dette område fortjener langt mere opmærksomhed, end man hidtil har ofret det her i landet.

Forfatteren har efter sin hjemkomst foretaget en besigtigelse af en række meget store betonbygværker, der endnu kun er 10—15 år gamle. Flere af disse bygværker er idag i opsigtsvækkende dårlig tilstand og vil i fremtiden kræve meget store beløb til reparation og vedligeholdelse. Først efter en mere indgående undersøgelse er det muligt med sikkerhed at få klarlagt skadernes årsag, men i enkelte tilfælde er der en til vished grænsende sandsynlighed for, at der er tale om en alkali-grus reaktion, som ikke tidligere er påvist i Europa, men kendes i USA, Australien og visse steder i Asien. Der er efter forfatterens opfattelse ingen tvivl om, at lignende skader vil kunne undgås i fremtiden eller i hvert fald væsentligt reduceres, såfremt man underkaster råmaterialerne en mere indgående undersøgelse og kritisk vurdering inden anvendelsen.

Af hensyn til den store økonomiske betydning må man håbe, at der bliver skabt det økonomiske grundlag for en detaljeret undersøgelse af skadernes årsager ved ovennævnte bygværker, så kostbare overraskelser undgås i fremtiden.

KRONOLOGISK REJSERAPPORT

I det følgende vil der blive givet en oversigt over de organisationer, forf. fik lejlighed til at besøge under sit ophold i USA. Der vil ligeledes i de fleste tilfælde blive nævnt, hvilke personer forf. havde mere omfattende samtaler og diskussioner med, og emnerne vil kort blive karakteriseret.

Rejsens planlægning.

Rejseruten blev udformet af Economic Cooperation Administration's Arrangements Branch, der er en afdeling under Technical Assistance Division i Washington. Dette kontor havde søgt assistance ved rejseprogrammets udformning hos Metallurgical Research and Development Co. Inc., hvis Assistant Secretary *Maurice E. Taylor* gjorde et stort arbejde for at tilrettelægge turen på en sådan måde, at den kunne blive udbytterig. Civilingeniør *Niels M. Plum* ved Statens Byggeforskningsinstitut, der to gange tidligere har foretaget studierejser til USA, havde i forvejen gennem brevveksling med fremtrædende firmaer og enkeltpersoner i Amerika introduceret forfatteren og skabt grundlag for at udarbejde en foreløbig oversigt

over personer, det ville være værdifuldt at komme i kontakt med. Denne oversigt var til stor nytte ved udarbejdelsen af det endelige rejseprogram, og den kontakt, der var etableret i forvejen, har sikkert bidraget til, at forfatteren alle steder blev modtaget med overordentlig hjælpsomhed og imødekommenhed.

I denne forbindelse skal fremhæves, at de engelsksprogede publikationer, som Statens Byggeforskningsinstitut har udarbejdet, har skabt meget værdifulde kontakter, og ved flere lejligheder blev der udtrykt anerkendelse af Institutets arbejde.



Fig. 2.1. Kort over U.S.A., hvor rejseruten er indtegnet. Turen var ca. 11.000 miles og tilbagelagdes med tog i løbet af ca. 3 måneder.

Forfatteren ankom til New York den 14. november og fortsatte samme dag til Washington, hvor der allerede om eftermiddagen holdtes det første møde med *Mr. Taylor* om udformning af rejseplanerne.

Inden afrejsen fra Washington var den endelige rejserute fastlagt. Rejsen omfattede ialt ca. 11.000 miles, og den fulgte rute fremgår af fig. 2.1.

National Bureau of Standards.

Den næste dag aflagdes et besøg på National Bureau of Standards, hvor forf. traf *D. E. Parsons*, der er chef for Building Technology Division, *Rudolf C. Valore jr.* og *R. L. Blaine*. Ved dette besøg drøftedes betonestøbning om vinteren, hvor *R. C. Valore jr.* omtalte en forsøgsrække over betons volumenændringer i et kviksølvs-dilatometer (fig. 2.2). Forsøgene viser mætningsgradens store indflydelse på, om der opstår frostska-der eller ej. For prøvelegemer, der er mættet ved hjælp af vacuum, fandt man blivende forlængelser, der var 30 gange større end tilsvarende forlængelser i delvis mættede prøvelegemer (49 V 9).

R. C. Valore havde påbegyndt en forsøgsrække, hvor man målte deformationerne som følge af frost og optøning ved hjælp af SR-4 gages. En lignende forsøgsteknik havde været anvendt til studium af betons svind, hvor man havde fået god overensstemmelse med *Tuckerman's* extensometre.

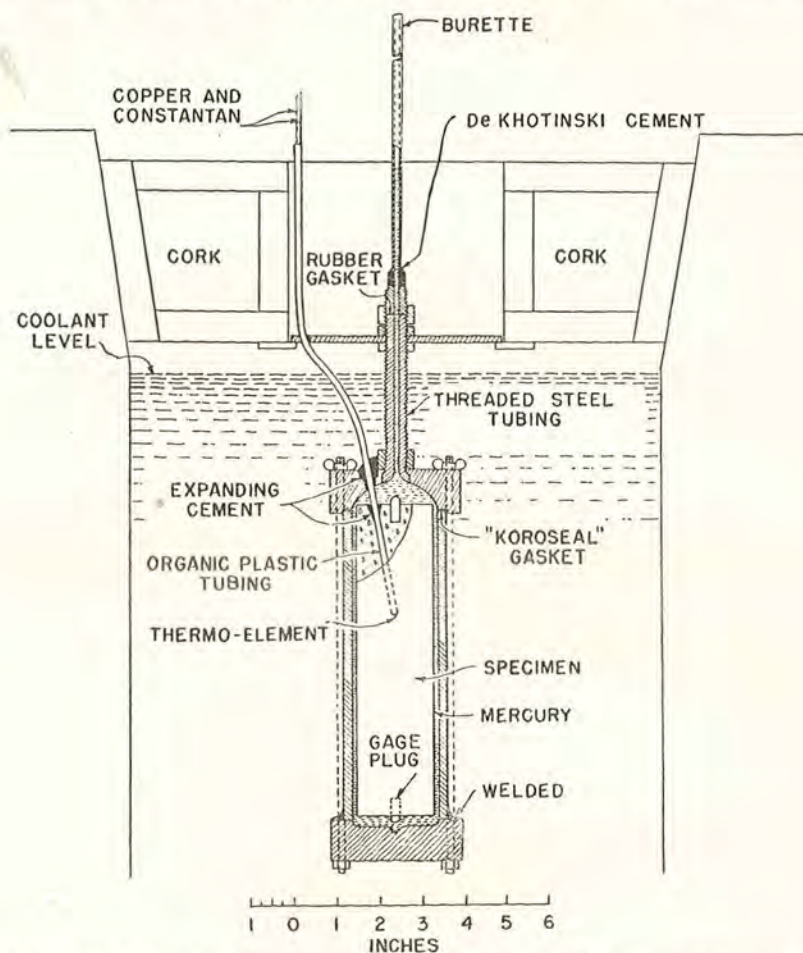


Fig. 2.2. Lodret snit i kviksølvs dilatometer til bestemmelse af betons volumenændringer under frysning og optøning. (49 V 9).

Valore arbejdede ligeledes med neutrale prøvemethoder for beton og var formand for komité B-3 under Highway Research Board, som var ved at udarbejde en håndbog for dynamisk prøvning af beton. I USA anvender man næsten udelukkende resonansfrekvensmetoden, således som det fremgår af Statens Byggeforskningsinstituts rapport nr. 3, hvor forf. i afsnit 2 har givet en oversigt over dynamisk prøvning af beton (50 A 6).

Forfatteren havde lejlighed til at overvære bestemmelsen af den dyna-

miske elasticitetskoefficient på prøvelegemer af så små dimensioner som $3 \times 30 \times 100$ mm. I dette tilfælde overførtes vibrationerne fra en højtalerkegle gennem luften til prøvelegemet. Ved National Bureau of Standards havde man påbegyndt indledende forsøg med lydastighedsmetoden til bestemmelse af betonkvaliteten.

U. S. Army, Corps of Engineers, Washington.

Den følgende dag aflagdes et besøg hos *Byron W. Steele*, Department of the Army, Office of the Chief of Engineers. Mr. Steele oplyste, at man ved bygningen af spærredæmninger ikke benyttede betonens styrke som kvalitetsmål, men betonens vandtæthed. Man lagde derfor stor vægt på en omhyggelig sammensætning af tilslagsmaterialerne, således at man selv ved forholdsvis magre blandinger fik fremstillet en vandtæt beton. Ved en lang række betontechnologiske problemer havde man et snævert samarbejde med professor *R. E. Davis* ved University of California, bl. a. vedrørende eksperimenter med lavvarmecementer og puzzolantilsætninger.

Det fulde ansvar for kvaliteten af betonen ved arbejder for Corps of Engineers hvilede på denne organisations laboratorier og tilsynsførende, idet laboratorierne inden arbejdets påbegyndelse undersøgte mulige materialeforekomster og foretog en bedømmelse af deres egnethed til betonstøbning samt udførte en fuldstændig proportionering af betonen. De tilsynsførende godkendte entreprenørens materiel og overvågede, at betonen blev udstøbt og lagret på forskriftsmæssig måde. Entreprenøren havde intet ansvar for arbejdets kvalitet, og der fandtes således hverken garantiperiode eller prøvning af den færdige betons kvalitet i den betydning, at entreprenørens tilgodehavende kunne reduceres på grund af dårlige prøveresultater. Entreprisensummen blev betalt fuldt ud, så snart arbejdet var afsluttet.

Denne fremgangsmåde er helt forskellig fra almindelig praksis i Danmark, hvor man ved en række arbejder som f. eks. betonveje og startbaner gør entreprenøren ansvarlig for arbejdets kvalitet, selv om tilsynet har godkendt de anvendte metoder og materialer.

Det ovenfor skildrede amerikanske princip er efter forfatterens mening langt mere klart, men lægger et stort ansvar på bygherren og dennes kontrolleranter.

Mr. Steele var meget interesseret i neutrale prøvemethoder for beton, men man havde foretrukket at afvente en standardisering af apparatur og metoder, der vil gøre det muligt at sammenligne resultaterne fra forskellige bygværker.

Building Research Advisory Board.

Den 17. november om formiddagen aflagdes et besøg hos Building Research Advisory Board, B.R.A.B., der er en forholdsvis ny organisation under National Research Council.

Den daglige leder, *William H. Scheick*, havde tidligere været tilknyttet Small Houses Council ved University of Illinois, hvor man har udgivet en lang række populære brochurer om fugt og isolering, varmeanlæg, skorstene etc. etc. B.R.A.B. udførte ikke selv forskning, men havde nærmest til opgave at koordinere forskningen indenfor universiteterne og de laboratorier, der findes indenfor byggematerialebranchen.

Matt. A. Doetsch Machinery Co.

Samme dags eftermiddag aflagdes et besøg hos *Robert T. Harris*, der er præsident for Matt. A. Doetsch Machinery Company, der bl. a. forhandler materiel fra Blaw-Knox. Forfatteren fik udleveret en lang række brochurer vedrørende blandemaskiner, truck-mixers, forme til betonveje, maskiner til at udlægge, komprimere og afrette den færdige betonbelægning. I fig. 2. 3 er vist princippet for udjævning og vibrering af beton med Blaw-Knox maskiner.

Man havde fornylig konstrueret en maskine, som afrettede vejkassen med vibrerende skær, medens det overskydende materiale blev transporteret på tværs og lagt i en bunke udenfor den fremtidige betonvej og parallelt med denne (fig. 2. 4). Komprimering af friktionsjordarter ved hjælp af vibrering havde endnu ikke fundet sin løsning, og *Mr. Harris* var meget interesseret i den dansk konstruerede vibrationstromle, der allerede nu har vundet stor udbredelse i Sverige (fig. 2. 5).

Bureau of Mines.

Den 20. november aflagdes et besøg hos dr. *Obert*, Eastern Experiment Station, Bureau of Mines, for at studere neutrale prøvemethoder, som på dette laboratorium anvendtes til undersøgelse af udborede prøvelegemer af naturlige bjergarter.

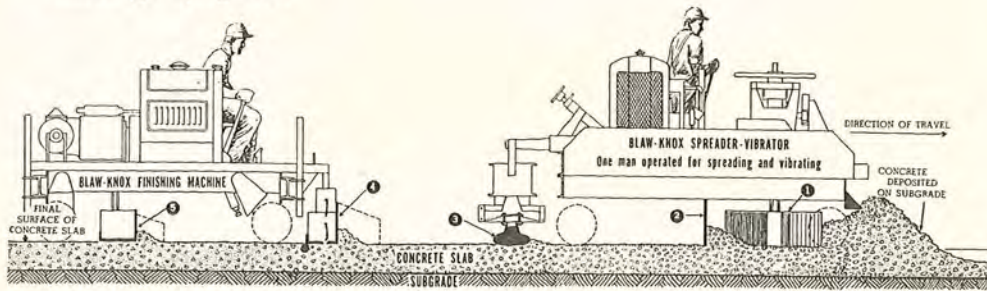


Fig. 2. 3. Komprimering og afretning af vejbeton med Blaw-Knox maskiner. 1) Et skråtstillet blad vandrer automatisk frem og tilbage på tværs af feltet og skubber samtidig overskydende beton fremefter. Bladet kan indstilles i forskellige højder. 2) Retskede giver betonen rigtig form og tværfald, men med overhøjde. 3) Vibratorbjælke, der er ophængt i fjedre, overfører al vibreringsenergien til betonen. Frekvens 4100 omdr./min. 4) Forreste afretter på afretningsmaskinen, der følger umiddelbart efter vibratoren. 5) Bageste afretter giver betonen den sidste overfladebehandling.



Fig. 2. 4. Maskine til afretning af underlaget for betonbelægninger. Et vibrerende skær løsner jorden, der transporteret på tværs ved et transportbånd. Skæret kan arbejde i hårdt skiferter.

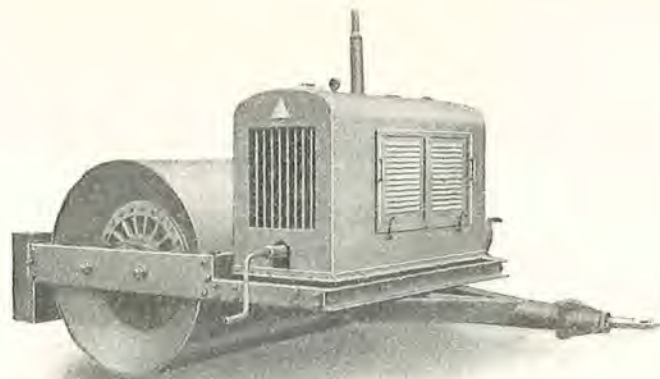


Fig. 2. 5. »Pedershåb« eenvalset vibrationstrømle til komprimering af friktionsjordarter.

Man har her fundet ud af, at ved resonansfrekvensmetoden var torsionsbølger meget følsomme for fugtighedsindholdets placering i prøvelegemet. Lydhastighedsmetoden havde været anvendt i minegange, hvor signalet frembragtes ved affyring af en lille ladning dynamit. Signalerne blev registreret af seismiske pickup'er af strain-gage typen.

Der var foretaget et stort antal målinger af denne art, men rapporten var ikke tilgængelig for udlændinge. Derimod modtog forf. en omfangsrig rapport om fremstilling af lette tilslagsstoffer ved kraftig opvarmning af ler, skifer og vulkanske bjergarter (48 C 22).

Associated General Contractors of America Inc.

Den følgende dag aflagdes et besøg hos denne organisation, hvor forf. gennem Mr. *Snow* fik introduktioner til at aflægge besøg på et par byggepladser i Washington.

Der blev lejlighed til at tage nogle fotografier, men disse byggepladser var ikke særlig imponerende med hensyn til tempo og rationelle metoder.

National Crushed Stone Association.

Den 22. november besøgte *A. T. Goldbeck*, Engineering Director, National Crushed Stone Association, hvor forf. fik en række oplysninger om projektering af betonbelægninger, bl. a. af startbanebelægningerne i Idlewild, den interkontinentale lufthavn i nærheden af New York.

Det fremhævedes af Goldbeck og flere andre, at de stadig stigende akseltryk indebar en stor fare for betonvejenes levetid, således skulle Pennsylvania Turnpikes ydre baner allerede have lidt meget under de tunge trucks.

Goldbeck omtalte, at man i øststaterne havde observeret revnedannelser i betonveje, hvilket skyldtes en ekspansion i betonen i større dybder end 5 cm. Denne ekspansion var af en anden art end den, som *Thomas Stanton* har beskrevet i Californien, hvor ekspansionen skyldes kemiske processer mellem visse grusorter og cementens alkalier. Goldbecks materiale vedrørende denne sag var fortroligt, da undersøgelsen blev foretaget på foranledning af et af medlemmerne i N.C.S.A.

Bureau of Public Roads.

Den 24. november traf forf. Mr. *F. H. Jackson*, Principal Engineer of Tests, Physical Research Branch, der gennem flere år har kritiseret den amerikanske praksis ved støbning af betonveje, idet han hævder, at der anvendes for finmalede cementer og for stor vandtilsætning (46 J 1), (48 J 1).

Mr. Jackson har bl. a. studeret de tyske autobaner umiddelbart efter den anden verdenskrig og fremhæver, at til trods for at kvaliteten af de tyske cementer er ret ringe i sammenligning med de amerikanske, har man ved at bruge beton af tør konsistens og forbedrede bearbejdningsmetoder opnået beton med langt større holdbarhed, end man kendte i USA, før anvendelsen af luftindblanding blev almindelig.

Man har ved Bureau of Public Roads foretaget indgående fysiske undersøgelser af den tyske vejbeton og var nu ved at bestemme luftindhold i den hærdnede beton ved hjælp af stereoskopiske mikroskoper, hvor man målte antallet af luftporer i gennemskårne cylindre. Metoden anvendes for øjeblikket på en lang række laboratorier og er blandt andet beskrevet i artikler i *Journal of American Concrete Institute* (50 B 29), (47 V 1).

På dette laboratorium arbejdede man ligeledes med problemer vedrørende betonens termiske udvidelseskoefficient, ødelæggende alkali-grus ekspansion og bestemmelse af sandets fugtighedsindhold ved elektrisk modstandsmåling.

Der aflagdes samtidig et besøg i Bureau of Public Roads' afdeling for geoteknik, hvor professor *Barber* arbejdede med metoder til forhindring af, at lerunderlaget under betonveje opslemmes og bortføres under utætte fuger (mud-pumping). Man udførte ligeledes forsøg for at bestemme den rigtige gradering af grusmaterialet omkring drænrør.

Problemerne med at sikre betonvejene mod frosthævning ofres i USA ikke tilnærmelsesvis den samme opmærksomhed som i Europa, hvor grundlæggende arbejder er udført af professor *Beskow* i Sverige og *Casagrande* i Tyskland. Man mener, at det de fleste steder i USA bliver for dyrt og besværligt at erstatte den frostfarlige jord med frostsikre underlag. Hertil kommer, at det ofte er et politisk spørgsmål at få udstøbt så mange kvadratmeter beton som muligt.

Portland Cement Association Fellowship.

Den 27. november traf forf. dr. *R. H. Bogue*, der er den førende cement-specialist i USA, og havde herunder lejlighed til at drøfte de foreløbige resultater fra den danske undersøgelse af cementens hydrationsvarme, hvor man bl. a. har konstateret, at lagret cement udvikler varmen betydeligt langsommere end frisk cement.

Dr. *Bogue* mente, at der kun var tale om en forsinkelse af varmeudviklingen på grund af prehydratation og ikke en formindskelse af den totale varmemængde.

Under besøget blev der lejlighed til at tale med dr. *Welsh*, der har foretaget en meget indgående undersøgelse af revnedannelser i kalk- og gips-puds. Man har i mange tilfælde observeret, at disse pudsearbejder efter nogle års forløb slår revner og skaller af, og dr. *Welsh's* undersøgelser viser, at dette skyldes en ekspansion som følge af magnesiumiltes omdannelse til magnesiumkarbonat. Ved denne proces sker der en udvidelse på 500 %. Når magnesiumilte omdannes til magnesiumsulfat, sker der samtidig en udvidelse på 1.250 %.

Dr. *Welsh* udviklede ligeledes en teori om, at betonveje, der om vinteren behandles med natriumklorid og kalciumklorid for at fjerne isdannelser, får afskalninger i overfladen på grund af dannelse af nye kemiske stoffer med større volumen. Trikalciumaluminatet i cementen går i forbindelse med kalciumklorid og danner et nyt salt, der indeholder 10 vandmolekyler som krystalvand. Dette nye salt har betydelig større volumen og giver derved anledning til afsprængninger.

Denne forklaring er i modstrid med den af *Valenta* opstillede (48 V 1), hvorefter kalciumklorids skadelige virkning skulle bestå i, at antallet af frostcykler i en vinter kan blive forøget på grund af frysepunktsænkningen for betonens porevand.

National Ready Mixed Concrete Association.

Den 28. november traf forf. *Stanton Walker*, Director of Engineering, som fortalte om de omfattende forsøg, man har udført på denne organisations laboratorium for at studere holdbarhedsproblemer.

Man har forsøgt at standardisere frysnings- og optøningsmetoderne til at bestemme betonens holdbarhed, selv om man er klar over de store vanskeligheder, der er forbundet ved at finde en metode, der giver reproducerbare resultater og samtidig er af en sådan art, at man efterligner forholdene i naturen. De store vanskeligheder ved frysnings- og optøningsmetoden træder tydeligt frem i et symposium om dette emne, der har været offentliggjort i *Proceedings of A.S.T.M.*, hvor der findes bidrag fra så at sige alle de fremtrædende betonteknologer, der har beskæftiget sig med disse problemer i USA.

Om eftermiddagen aflagdes et besøg på et stort laboratorium, som dri-

ves af denne organisation i samarbejde med *National Sand & Gravel Association*.

Man havde indrettet et automatisk fryseanlæg, hvor prøvelegemernes temperaturer varierede mellem $+4^{\circ}\text{C}$ og -30°C . Prøvelegemerne stod i vandfyldte blikbeholdere i et kar, hvor man skiftevis indførte frysevædsken og optøningsvandet, og man kunne uden at flytte prøvelegemerne rent automatisk opnå indtil 8 frysnings- og optøningscykler i løbet af et døgn. Nedgangen i betonens kvalitet bestemtes med regelmæssige mellemrum ved at bestemme elasticitetskoefficienten ved resonansfrekvensmetoden (41 O 1). Desuden arbejder man i dette laboratorium med studier af alkali-grus reaktioner, grusets termiske egenskaber og ændringer i betonens egenskaber ved tilsætning af flyveaske (fly-ash).

District of Columbia, Highway Department.

Den 29. november om eftermiddagen tog *Civil Engineer Carpentier* forf. med ud på et par arbejdspladser i Washington, hvor man fremstillede nye betonvejbælægninger, og der blev herved lejlighed til at tage en del fotografier.

Konsistensen af den anvendte beton var meget blød sammenlignet med europæisk praksis (fig. 2. 6), og selvom man kun sjældent har frostgrader i Washington, var det alligevel forf.'s indtryk, at man kunne have opnået



Fig. 2. 6. Støbning af betonvej i Washington D.C. Arbejderne synker ned i den bløde beton.

en bedre betonkvalitet med de anvendte materialer, hvis man anvendte kraftigt komprimeringsmateriel i forbindelse med lavere vandindhold, således som det efterhånden er blevet praksis i Europa.

Det anvendte materiel var af langt større kapacitet, end hvad der er

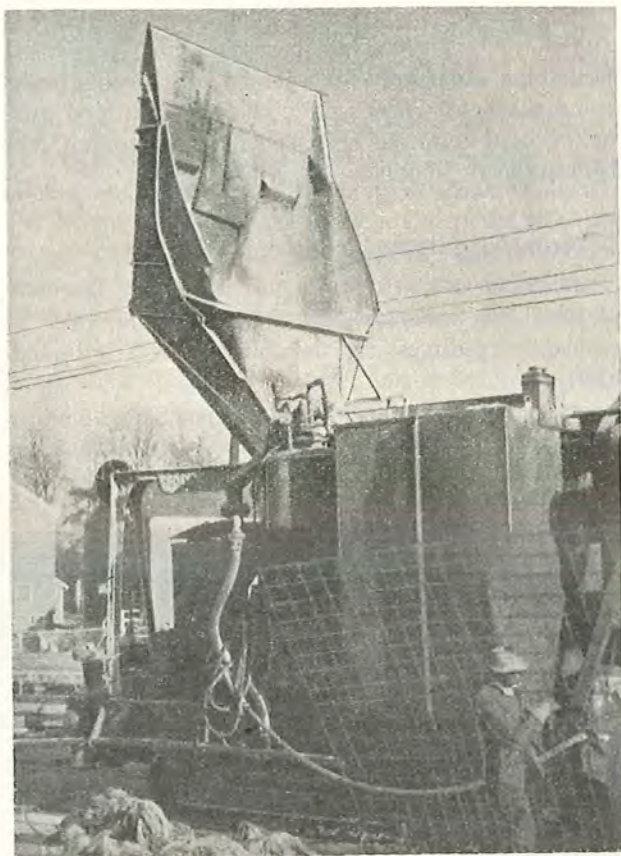


Fig. 2.7. Standardstørrelse af amerikanske blandemaskiner til vejbeton er 34 cub.feet.

almindeligt i Europa, f. eks. kan nævnes, at den anvendte blandemaskine var en dobbelttromleblender med en kapacitet på 34 cub. feet, hvilket svarer til omtrent 1 m³ (fig. 2.7).

Betonmaterialerne blev tilkørt i lastbiler fra en afvejningsstation, og hver enkelt lastbil havde råmateriale til en enkelt blanding. Bilerne kørte direkte ind i elevatorspanden og tippede materialerne ud (fig. 2.8). Det er utvivlsomt af meget stor betydning, at blanderne er standardiseret med

hensyn til kapaciteten, idet der næsten ved alt betonvejsarbejde anvendes blandere med en kapacitet på 34 cub. feet.

Dette medfører, at det også er muligt at standardisere lastbilerne, der transporterer materialerne fra den centrale afvejningsstation, og der kan



Fig. 2.8. Transportbil med betonmaterialer afvejet i det rigtige blandingsforhold. For at undgå, at cementen optager fugtighed under transporten, opbevares den i særlige trugformede beholdere, der tipper samtidig med, at materialerne løber ned i elevatorspanden. Betonen udstøbtes i november måned, og der tilsattes kalciumklorid for at fremskynde hærdeningen.

utvivlsomt opnås en produktionsstigning herhjemme, hvis en lignende standardisering kan gennemføres.

Blandemaskinerne ved dette vejarbejde var iøvrigt udstyret med anlæg til opvarmning af støbevandet, således at støbearbejdet kunne fortsætte ved temperaturer lige over frysepunktet.

Billner Vacuum Concrete S. A.

Den 30. november aflagdes et besøg hos ovennævnte firma i Philadelphia. Præsidenten, *K. B. Billner*, der er indvandret svensker, er opfinder af Vacuum-betonen. Ved denne metode udstøbes betonen med plastisk til flydende konsistens, hvorefter man igennem specielle patenterede måtter ved hjælp af vacuum suger en stor del af støbevandet bort fra den friske beton. Herved formindsker man det initiale vand-cementforhold, og da der samtidig ved sugningen opstår et ret stort statisk tryk på betonen, opnår man en stærkt komprimeret beton med et lavt vand-cementtal, selv om betonen under udstøbningen midlertidig har haft et ret stort vandindhold. Metoden er beskrevet i en lang række publikationer (47 P 8), (48 B 1), (49 B 25). L'Hermite har givet en teoretisk behandling i (51 L 3). Under besøget fremvist en række film, hvor metodens muligheder klart blev demonstreret. Man havde blandt andet anvendt Vacuum-beton ved bygning af militære anlæg på Guam og havde her været i stand til umiddelbart efter vacuum-behandlingen at afforme de betonelementer, der anvendtes til byggeriet. Metoden blev ligeledes demonstreret i lille skala i laboratoriet og senere ved besøg på en betonvarefabrik, hvor man støbte 2 m lange rør med en diameter på ca. 2 m. Betonens konsistens var flydende under udstøbningen, hvilket sikrer en god omstøbning af armering og en glat overflade. Umiddelbart efter vacuum-behandlingen kunne rørene afformes, hvorved antallet af nødvendige støbeforme kan begrænses stærkt.

De specielle vacuum-måtter er særdeles velegnede til rejsning eller flytning af betonelementer ved »tilt-up«-metoden (fig. 2.9).



Fig. 2.9. Anvendelse af vacuum-måtter til løftning af en betonplade på 13 tons. Pladen kan løftes dagen efter støbningen, fordi måtten løfter over hele pladens areal. — Vacuum Concrete S.A.

Der er rundt om i verden oprettet datterselskaber til udnyttelse af patenterne, der også kan benyttes ved opførelsen af bygninger, der støbes på stedet. Der kræves imidlertid investering af en del kapital i det specielle formmateriale og maskiner, og metoden må derfor anses for at være mere velegnet til fabriksfremstillede elementer, hvor man hurtigere kan afskrive den investerede kapital.

American Society for Testing Materials.

Den 1. december aflagdes et besøg i denne organisations hovedsæde i Philadelphia, hvor forf. havde en samtale med Assistant Technical Secretary *L. C. Gilbert*.

Mr. Gilbert gav en oversigt over organisationens arbejde og en fortegnelse over de forskellige komiteer, der arbejder med prøvning af cement og beton.

Ved besøget udleveredes retningslinier for, hvilken form publikationerne skal have, for at de kan offentliggøres i A.S.T.M.'s Proceedings, der udkommer hvert år. De her offentliggjorte resultater er fra de bedste og mest videnskabeligt arbejdende laboratorier i USA.

Gennem forskellige af A.S.T.M.'s komiteer gjorde man et stort arbejde for at få anvendt statistiske metoder ved bedømmelsen af prøveresultater.

Kongres i Florida.

I ugen fra den 4.—7. december deltog forf. i American Association of State Highway Officials' (A.A.S.H.O.) kongres i Miami, Florida, hvor der var tilrettelagt et omfattende program for tekniske samtaler og drøftelse af spørgsmål vedrørende konstruktion og vedligeholdelse af veje og vejbroer.

En del af møderne var lukkede komitémøder, men der var dog også en del offentligt tilgængelige møder, hvor man blandt andet drøftede anvendelsen af forspændt beton i brobygning.

Der blev her vist en film, der skildrede bygningen af den første forspændte vejbro i USA, Walnut Lane Bridge, i nærheden af Philadelphia, hvor man anvendte *Magnel's* patenter (51 F 1). Der blev ligeledes vist en film, der skildrede en række belastningsforsøg med forspændte betonbjælker. Forsøgene var udført i Portland Cement Association's nye laboratorier i nærheden af Chicago.

Der er stor interesse for forspændt beton i Amerika, men man stiller sig endnu noget afventende, idet det er den almindelige opfattelse, at arbejdskraften er for dyr i forhold til priserne på betonmaterialer og almindeligt armeringsstål.

Man mener derfor ikke, at erfaringerne fra Europa uden videre kan overføres til USA. Enkelte gør også den opfattelse gældende, at den amerikanske arbejders kvalitet er ringere end den europæiske. Der arbejdes dog

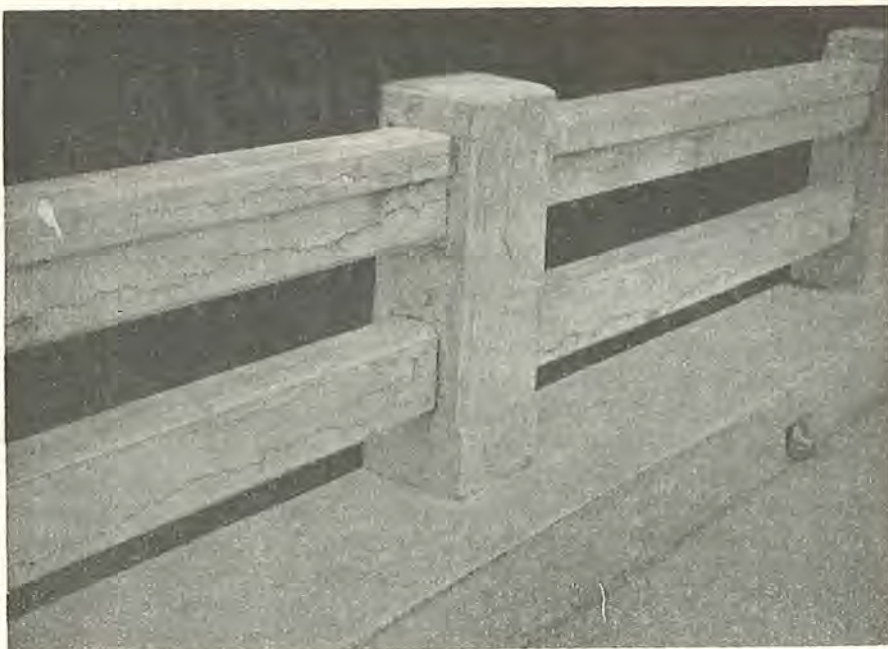


Fig. 2. 10. Rækværket på Bahia-Honda Bridge, Florida, viser kraftige revnedannelser.

flere steder med spørgsmålet, og i første omgang ser det ud til, at forspændt beton vil vinde en vis udbredelse ved fabriksfremstillede elementer, hvor man har chance for at rationalisere formene og forspændingsarbejdet og efterhånden kan uddanne en stab af dygtige arbejdere (50 B 30).

Kongressen afsluttedes med en udflugt til Key West, hvor en lang række imponerende brokonstruktioner forbinder de enkelte øer i ørækken.

Landevejsforbindelsen er en afløser af et jernbaneprojekt, der blev opgivet, efter at en tyfon havde ødelagt flere kilometer dæmninger og en del broarbejde.

Man bemærkede på turen, at betonrækværker og betonbelægninger flere steder havde store revner, som ikke skyldes frysning og optøning, men snarere ekspansion som følge af kemiske processer mellem cementen og det anvendte tilslagsmateriale (fig. 2. 10).

Såvidt vides findes der ingen offentliggjorte data vedrørende disse revnedannelser.

U.S. Army, Corps of Engineers, Mississippi.

I ugen fra den 11.—15. december aflagde forf. besøg ved Waterways Experiment Station, der dels har et laboratorium for flodkontrol i Vicksburg og dels et helt nyt centrallaboratorium for betonundersøgelser i Jackson.

Den første dag besøgte forf. den meget berømte model af Mississippifloden med tilhørende bifloder. Denne model, der dækker flere tønder land, gør det muligt på forhånd at bedømme, hvilke ændringer der vil ske i flodernes vandstand og vandføring, hvis et projekteret reguleringsarbejde kommer til udførelse, og den har været af meget stor økonomisk betydning ved projekteringen af de reguleringsarbejder, der er udført af Corps of Engineers.

Her findes ligeledes i tidligere hangarer modeller, hvor man kan studere spærredæmninger, sluseporte og en række andre konstruktioner i forbindelse med vandkraftanlæg og flodregulering.

I et stort laboratorium beskæftiger man sig med geoteknik, og desuden findes her en hel afdeling, der beskæftiger sig med fremstilling af instrumenter og måleapparater. Forf. havde her blandt andet lejlighed til at studere en »Mikrotimer«, der var i stand til at måle tider af størrelsesordenen en milliontedel sekund. Det var hensigten at benytte dette tidsmålingsapparat i forbindelse med en ikke-destruktiv prøvemethode for beton.

Forf. fik ligeledes forevist og beskrevet forskellige strainmeters, der er en videreudvikling af *Carlson's* idé. Ved indstøbning af sådanne deformationsmålere i betondæmninger kan man måle deformationernes ændringer i tidens løb og heraf beregne spændinger.

Den meste tid blev tilbragt i betonlaboratoriet i Jackson, der ledes af *Herbert Cook*. I laboratoriet arbejder ægteparret *Bryant* og *Katherine Mather*, der er kendte som meget dygtige geologer og petrografer (48 M 48) (50 M 18).

Man arbejder med en lang række nye problemer indenfor betontechnologien, og en stor del af de oplysninger, forf. fik under sit besøg, er omtalt i det følgende afsnit.

Dette laboratorium er et af de bedst arbejdende laboratorier i USA, og lederne, der alle er ret unge, er meget videnskabeligt indstillede og går i spidsen med anvendelsen af statistiske metoder til bedømmelse af prøveresultaterne.

Foruden dette centrallaboratorium for betonforskning har U.S. Army syv distriktslaboratorier fordelt over USA, og ved en gennemført standardisering af prøvemethoder og prøvningsmateriel har man fået en enestående lejlighed til at undersøge forskellige prøvemethoders reproducerbarhed.

Laboratoriet har udgivet en håndbog i betonprøvning, der stadig føres à jour, »Handbook for Concrete and Cement« indeholder alle A.S.T.M.'s standardiserede prøvemethoder, og derudover beskrivelse af en lang række prøvemethoder, som anvendes af U.S. Army.

Disse metoder er endnu forskningsprøvning og vil først efter nogen tids forløb blive ophøjet til A.S.T.M.-metoder, når andre laboratorier har gjort deres erfaringer.

Den ovenomtalte håndbog kan anbefales alle, som vil følge den nyeste udvikling i prøveteknik for beton.

Blandt de problemer, som forf. særlig havde lejlighed til at studere, var luftindblanding, bestemmelse af luftindholdet i hærdnet beton samt reaktion mellem cementens alkalier og grus, der indeholder opløseligt silikat.

Grusets termiske udvidelseskoefficient er bestemt ved en meget omfattende forsøgsrække, hvor man har påvist, at grus, hvis udvidelseskoefficient afviger væsentligt fra cementpastaens udvidelseskoefficient, giver betydelig mindre holdbar beton.

Resultatet af denne undersøgelse har medført, at U.S. Army i flere tilfælde har forlangt anvendelsen af kunstigt sand, der er fremstillet af de samme bjergarter, der benyttes som stenmateriale, og dette har naturligvis store økonomiske konsekvenser for alle leverandørerne af natursand.

Der var endvidere lejlighed til at studere laboratoriets automatiske apparater for frysning og optøning, opvarmning og afkøling, samt fugtning og udtørring af prøvelegemer.

Endvidere fandtes der på laboratoriet stærkt automatiserede apparater til bestemmelse af cementens hydratationsvarme ved forskellige metoder.

University of Missouri.

I rejseplanen var beregnet et besøg hos Associate Professor of Civil Engineering *H. A. La Rue*, der for en del år siden har foretaget en undersøgelse af sammenhængen mellem betonens elasticitetskoefficient og grusmaterialets elasticitetskoefficient (46 L 11).

Professor La Rue havde imidlertid ikke fortsat disse undersøgelser, og der blev derfor udenfor programmet arrangeret et besøg hos Missouri State Highway Department, der har deres laboratorium i Jefferson City.

Forf. traf her *Reagel* og *Willis*, der begge har udført grundlæggende undersøgelser vedrørende frysning og optøning af beton (40 R 3), (43 A 3). Ved dette laboratorium lagde man stor vægt på, at stenmaterialerne havde det samme fugtighedsindhold ved støbninger i laboratoriet, som de ville have ved støbningen af de virkelige betonkonstruktioner, og man gjorde sig således ikke nogen anstrengelser for at mætte stenene ad kunstig vej, f. eks. ved vacuum, idet man mente, at selv om man opnåede større chancer for reproducerbarhed, ville man samtidig fjerne sig fra betingelserne i naturen.

Vedrørende bestemmelse af luftindhold i hærdnet beton havde man udviklet en lignende metodik, som den der anvendtes ved Bureau of Public Roads og U.S. Army, hvor man iagttager prøvelegemet i et stereoskopisk mikroskop, medens prøvestykket fremførtes under trådkorsset af en lille elektromotor med omdrejningstæller, som gør det muligt at måle vej-længder (47 V 1).

Prøvestykket fremførtes manuelt over luftporerne, og en anden omdrejningstæller måler den samlede længde af faste stoffer, som trådkorsset passerer. Ved tilstrækkelig mange parallelle passager kan man på denne måde bestemme luftindholdet.

Man havde udviklet et særligt apparat, der gjorde det muligt at bestemme luftindholdet i den friske beton i en bjælkeform, og senere anvende det samme prøvelegeme til bestemmelse af luftindholdet i den hærdnede beton. Herved kan man undersøge overensstemmelsen mellem disse to metoder.

Kansas State College.

Professor *C. H. Scholer* har været en af de første til at gøre forsøg med luftindblandingsmidler, idet der allerede i begyndelsen af 30'erne i samarbejde med »Dewey and Almy«, der nu fremstiller Darex, var udført forsøg med plastificerende tilsætningsmidler. Man havde bemærket, at disse stoffer forøgede betonens holdbarhed overfor frysning og optøning, men da de samtidig bevirkede en nedgang i betonstyrken, som man ikke på dette tidspunkt havde de nødvendige forudsætninger for at kompensere for ved at ændre blandingsforhold, og da man ej heller samtidig med luftindblandingsmidlet havde tilsat katalysatorer, der delvis kan ophæve styrketabet, havde man opgivet forsøgene, og det var først på et senere tidspunkt, situationen blev moden til, at man ved luftindblanding forbedrede betonens holdbarhed (44-17), (46-6), (49 B 5).

Professor Scholer arbejdede også med neutrale prøvemethoder og benyttede hertil soniskopet, hvor man anvender højfrekvente impulser ved bestemmelsen af forplantningshastigheden i beton. Metoden er nærmere beskrevet i (49 L 13), (50 A 6).

Metoden egner sig særligt til måling igennem betonvægge fra den ene flade til den anden og er oprindeligt udviklet i Canada til måling på spærredæmninger. Ved University of Kansas havde man i samarbejde med Kansas State Highway Department prøvet at anvende soniskopet til måling af betonens kvalitet i vejbaner, selv om det bliver ret komplicerede bølger, der udsendes og opfanges.

En anden vanskelighed er, at der i det aflæste tidsforløb indgår nul-tiden, svarende til forsinkelsen i apparatet, når afstanden mellem afsender og modtagerkrystal er 0 cm. Denne nul-tid er af størrelsesordenen 40 mikrosekunder og kan ikke bestemmes under målingen på betonen som ved den danske kondensatorkronograf, men må bestemmes ved et særskilt forsøg. Kondensatorkronografen og dens anvendelse er beskrevet i (50 F 1), (50 A 6), (50 A 10).

Man arbejdede ligeledes med radioaktive isotoper, der gør det muligt at lokalisere mærkede atomer. Denne teknik er muliggjort ved atomforskningen og har allerede fået meget stor betydning inden for næsten alle grene af naturvidenskaben, ikke blot ved laboratorieforsøg, men også til praktiske formål indenfor industrien.

De grundstoffer eller kemiske forbindelser, man vil benytte som spore (tracers), udsættes i en uranmile for bestråling, hvorved en del af

sporestoffets atomer omdannes til radioaktive isotoper. Når de senere bringes i anvendelse ved forsøgene, kan man følge de mærkede stoffers vandringer ved Geiger-tællere og andre måleinstrumenter, der er følsomme for radioaktivitet.

Metoden anvendes f. eks. til bestemmelse af cylinderslid ved anvendelsen af forskellige smøreløser, idet intensiteten af den radioaktive stråling i de aftappede olier angiver et mål for de afslidte mængder af de »mærkede« cylindervægge.

Indenfor landbrugsforskningen kan man følge gødningsstofferne optagelse i forskellige planter.

Ved lægevidenskaben kan man følge medikamenternes optagelseshastighed og vandring i legemet.

Denne metode åbner meget store muligheder indenfor alle grene af forskningen og naturligvis også inden for studiet af beton.

Hos professor Scholer anvendtes metoden til at studere opløselige saltes vandringer i betonen.

Ved Bureau of Reclamation er oprettet et laboratorium for udnyttelsen af denne metode, hvor man blandt andet studerer ukrudtdræbende hormonpræparaters optagelse i vandplanter, saltbevægelse i beton, alkali-grus reaktioner etc. Metoden er meget lovende, og det må beklages, at det stadig bliver vanskeligere for de små lande at deltage i forskningen på grund af de stigende krav til apparatur.

Ved Kansas State College havde forf. lejlighed til at træffe *Gerald Pickett*, der af mange anses for at tilhøre den nye skole inden for amerikansk forskning, hvor højere teoretisk viden anvendes til at løse problemerne fremfor omfattende forsøgsserier. Pickett har udført grundlæggende matematiske arbejder for ikke-destruktive prøvemethoder med særligt henblik på frekvensmetoder (45 P 7) og har endvidere i en periode, da han arbejdede for Portland Cement Association i Chicago, opstillet formler for beregning af betonbelægning på jord (50 P 13).

Disse formler er en videreudvikling af danskeren *H. M. Westergård's* teorier om underlagets understøtning af betonplader.

Metoden gør det muligt at behandle komplicerede problemer som tandem dobbelthjulstryk på betonbelægninger, som man kan få det ved svære bombemaskiner. De udviklede metoder er offentliggjort i en publikation fra Portland Cement Association.

Pickett har ligeledes foretaget et meget grundigt studium af svindspændinger i beton (42 P 5), (46 P 1).

Bureau of Reclamation.

Denne organisation forestår udførelsen af flodregulering, spærredæmninger og kraftværker i området vest for Rocky Mountains og har sit hovedsæde i en tidligere ammunitionsfabrik vest for Denver ved foden af Rocky Mountains. Her findes et meget omfattende betonlaboratorium, der ledes

af *R. F. Blanks*. I ugen fra den 22.—29. december havde forf. lejlighed til at gennemgå dette store laboratorium, hvor man særlig har studeret forskellige tilsætningsmidler til cementen for at formindske hydrationsvarmen, reaktioner mellem cementens alkalier og tilslagsmaterialerne (48 M 47) (46 B 4), luftindblanding og betonens krybning (51 S 3).

Man har ligeledes udført interessante forsøg under ledelse af *Douglas McHenry* med bestemmelsen af betonens styrke ved triaksial belastning (46 B 17).

Allerede på et tidligt tidspunkt har man ved dette laboratorium arbejdet med bestemmelsen af lydshastighed i beton (46-61), hvor man blandt andet har konstateret, at vandfyldte revner kun formindsker betonens forplantningshastighed i ringe grad (48-107).

Det anvendte apparatur viste sig imidlertid unøjagtigt og havde ofte driftsforstyrrelser, og denne metode var midlertidigt opgivet. Derimod anvendtes frekvensmetoden rutinemæssigt både til undersøgelse af beton og på prøvelegemer udboret af klipper, der skulle danne fundament for spærredæmninger.

Spørgsmålet om betonens hydrationsvarme blev ofret megen opmærksomhed, og forfatteren havde en meget frugtbar samtale med *R. E. Glover*, der gennem den sidste halve snes år har arbejdet på udvikling af formler til bestemmelse af varmetab fra betonen.

Disse studier er af stor betydning ved dimensioneringen af kølesystemer til bortskaffelse af hydrationsvarmen fra de store massive spærredæmninger, der ofte indeholder mere end en million kubikmeter beton.

De anvendte formler kan ikke anvendes ved spinkle konstruktioner, hvor betontemperaturen er faldende, medens man ved de massive konstruktioner kan beregne varmeudviklingen i nogen afstand fra overfladen ud fra den adiabatisk temperaturstigning i betonen.

Et stigende behov for at kunne fortsætte arbejdet ved lave kuldegrader havde medført, at man ønskede at udstrække beregningerne til varmeudviklingen i beton ved faldende betontemperatur, og man var stærkt interesseret i at etablere et samarbejde med Byggeforskningsinstituttet.

Der er udført en omfattende forsøgsrække, der viser, at ved anvendelsen af luftindblandingsmidler kan man begrænse tildækningstiderne for beton ved lave temperaturer (51 S 3).

Southern California Edison Co.

Nytårsdags aften blev forf. afhentet af *R. W. Spencer* i Fresno, og de følgende 2 dage besøgte et stort antal spærredæmninger og kraftværker, som af dette selskab er anlagt i Sierra Nevada ved San Joaquin River og Big Creek. Fra disse vandkraftanlæg, der under eet betegnes med Big Creek Development, forsyner man Central- og Sydcalifornien med elektricitet. Anlægget påbegyndtes i 1911 og er siden da stadig blevet udbygget ved opførelse af nye spærredæmninger og kraftstationer, således at der i dag er inve-

steret 142 mill. dollars. Man udnytter vandkraften fra 3 søer, der ligger i Sierra Nevada i ca. 7000 fods højde, og mellem disse søer og San Joaquin-dalen er der opført 12 spærredæmninger og 6 kraftstationer (fig. 2. 11).

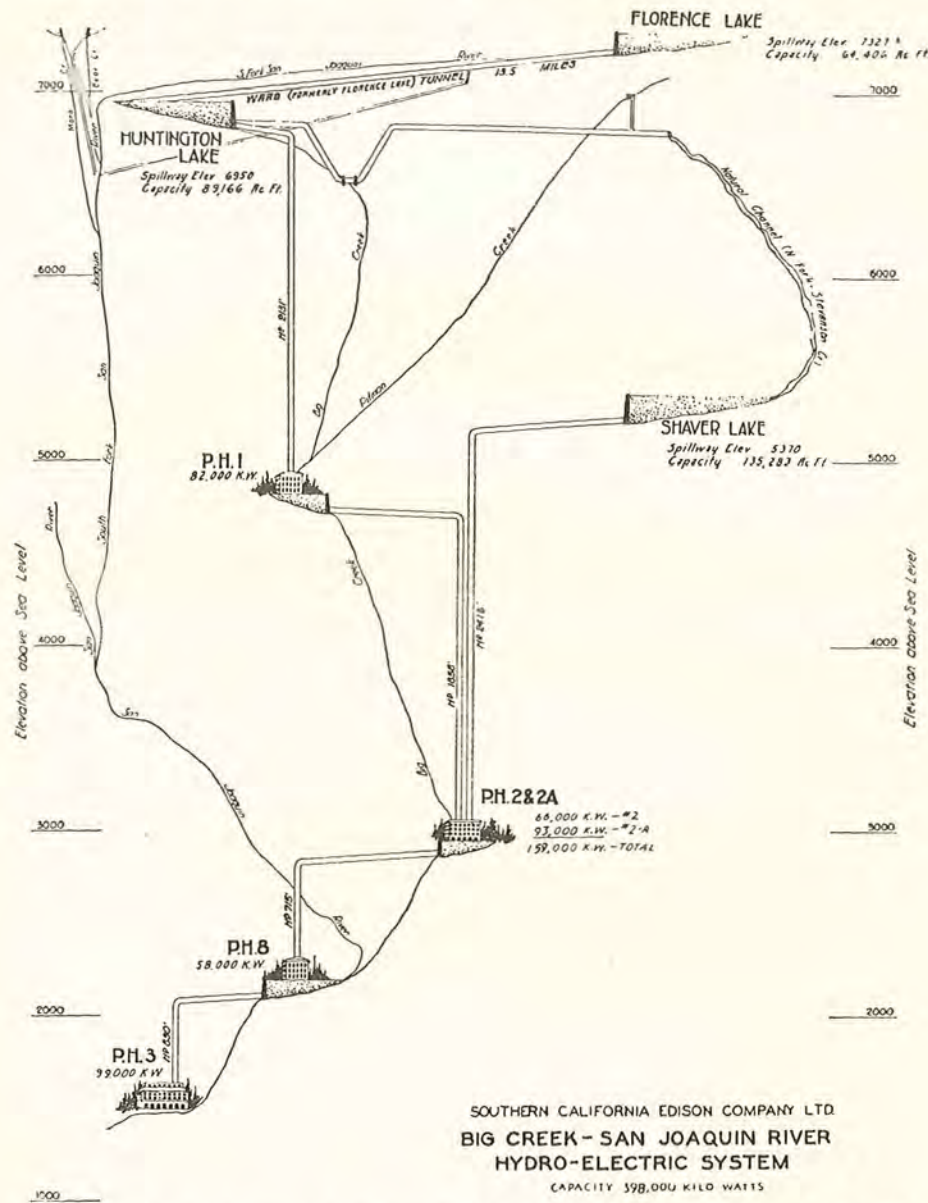


Fig. 2. 11. Skematisk fremstilling af vandkraftanlæggene ved Big Creek — San Joaquin River, Californien.

Projektet omfatter desuden 8 større tunneler, hvoraf en enkelt er ført 13 miles igennem en granitbjergryg, Kaiser Ridge, der når en højde på 9300 fod. På grund af de store højdeforskelle er spærredæmningerne beliggende i meget forskellige klimazoner. Spærredæmningerne ved Florence Lake er udsat for et meget stort antal frost- og optøningscykler pr. år — indtil 200, medens de nederste aldrig udsættes for frost (fig. 2. 12).



Fig. 2. 12. Florence Lake ligger i 7300 fods højde. Betonen udsættes for indtil 200 frysnings- og optøninger pr. år.

Herved bliver der rig lejlighed til at konstatere, at betonens holdbarhed på ganske afgørende vis er afhængig af frostvekslingernes antal. Skaderne bliver naturligvis endnu mere fremtrædende ved spærredæmninger, der om dagen er udsat for kraftig solbestråling i den klare bjergluft og om natten for store temperaturfald på grund af udstrålingen til rummet. Hertil kommer, at betonen har en meget høj mætningsgrad på grund af det gennemsvivende vand.

Forskellige andre former for nedbrydning forårsaget af slid og udvaskning af cementens kalk blev studeret. I dæmningen ved Shaver Lake (fig. 2. 14) var der efter arbejdets afslutning sprængt en tunnel i skillefladen mellem betonen og klippen for at konstatere adhæsionen mellem de 2 materialer. I denne delvis vandfyldte tunnel vadede man i op til 30 cm slam af kalksalte, der var udvasket af betonen af det gennemsvivende vand. Denne gennemsvivning havde i tunnelens loft og vægge forårsaget afsætning af fantastiske drypstensformationer.

Under turen i Sierra Nevada aflagdes et kortvarigt besøg ved en dæmning, Pine Flat Dam, der var projekteret af Corps of Engineers. I denne

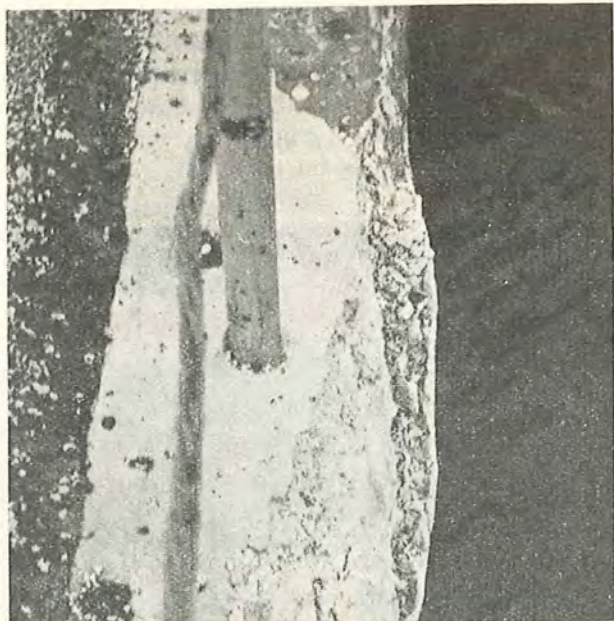


Fig. 2. 13. Frostskeer på ca. 35 år gammel betonvæg ved Huntington Lake, der er beliggende i ca. 7000 fods højde.



Fig. 2. 14. Spærredæmning ved Shaver Lake bygget i 1927. Dæmningen er 680 m lang og 60 m høj.

dæmning skal der anbringes $1\frac{1}{2}$ mill. kubikmeter singelsbeton, og betonen skal på alle tider af året udstøbes med en temperatur på $10-15^{\circ}$ C for at begrænse temperaturstigningen under hærdningen. Da dæmningen bygges i Kings River i ganske ringe højde over havets overflade, ligger lufttemperaturen den største del af året meget højt, og det er derfor nødvendigt at foretage specielle foranstaltninger for at holde betonens temperatur nede. Under tilslagsmaterialernes transport fra de kæmpemæssige sortereanlæg til blandestationen er de beskyttet mod solens stråler ved solsejl på alle transportbåndene.

Ved blanding af betonen bliver vandet delvis tilsat i form af knust is for at sænke betonens temperatur. På grund af det ringe vandindhold i betonen under transporten var der temmelig udtalt tendens til afblanding.

Afvejning og blanding af materialerne foregik i en meget stor blandestation, hvor man i stationens kommandorum kunne følge alt, hvad der

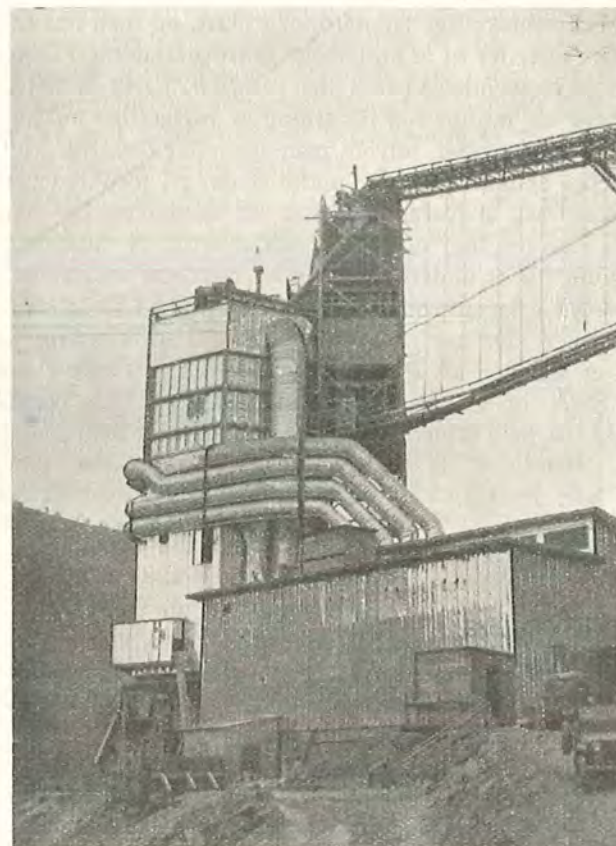


Fig. 2. 15. Blandestation og fryseværk ved Pine Flat Dam, Kings River, Californien. Anlæggets højde ca. 20 m.

foregik, på elektriske instrumenter og tavler, og hvor man blot ved at trykke på en enkelt knap kunne omstille de automatiske vægte til 6 forskellige blandingsforhold (fig. 2. 15).

California Department of Public Works, Sacramento.

Forf. havde i Sacramento lejlighed til at træffe *Thomas E. Stanton*, der er berømt i USA for at have været den første betonteknolog, der har opstillet og eftervist en teori for årsagerne til, at betonen flere steder i Californien efter nogle års forløb udviser meget kraftige dybtgående revnedannelser. Stanton har påvist, at når cementen indeholder mere end 0,6 % alkalier, vil man ved visse grusarter som calcedon, opal og andre bjergarter, som indeholder opløselige siliciumilte, få dannet semi-permeable hinder af natriumsilikat, der under vandoptagelse sprænger betonen (40 S 1) (42 S 2) (47 S 12) (48 S 4) (48 S 38) (50 S 12). Siden Stanton i 1940 først påviste årsagen, har dette fænomen været genstand for meget intensive undersøgelser ved en lang række forskellige laboratorier i USA, og man har for øjeblikket 3—4 forskellige metoder til at undersøge grusmaterialerne i laboratoriet, før man bringer dem i anvendelse (48 S 38) (48 M 47) (48 M 48) (48 W 16). Det har også vist sig muligt ved tilsætning af forskellige puzzolaner at forhindre betonens ødelæggelse, selvom man anvender reaktive grussorter. Lignende fænomener er iagttaget flere andre steder på jordkloden i de seneste år, og det kan oplyses, at forfatteren efter sin hjemkomst har fundet enkelte bygværker her i landet, der udviser revnedannelser af en sådan art, at der er al mulig grund til at underkaste dem en nærmere undersøgelse.

Under besøget i Sacramento havde forf. lejlighed til at studere et stort antal prøvelegemer, der var udsat for lagring i sulfatholdig jord. Denne undersøgelse er en del af Portland Cement Association's undersøgelse, »Long-Time Study of Concrete Performance«, der blev iværksat i 1940 på et tidspunkt, da hele cementindustrien var alvorlig bekymret for cementproduktionen i fremtiden, da det havde vist sig, at betonen i mange tilfælde havde altfor kort levetid. Ved disse undersøgelser over betonens sulfatbestandighed havde det bl. a. vist sig, at luftindblanding havde en særdeles gavnlige indflydelse (49 M 30).

University of California.

Professor *Raymond E. Davis* har gjort sit laboratorium til et af de mest anerkendte inden for betonteknologien i USA. Professor Davis har udført en lang række grundlæggende forsøg ved fremstillingen af nye cementtyper, hvis hydrationsvarme er lavere end normale Portland cementers, hvorved de bliver mere velegnede til støbning af betonkonstruktioner af store dimensioner. Hvis hydrationsvarmen er for stor, opstår der revner på grund af temperatur- og svindspændinger. I de senere år har professor Davis arbejdet med tilsætning af puzzolaner, hvorved man samtidig med,

at man forhindrer alkali-grus reaktioner, formindsker hydrationsvarmen og sparer en del af cementen.

Som tidligere omtalt har professor Davis et nært samarbejde med Corps of Engineers, for hvilket han udfører studier af betons permeabilitet. Desuden udføres der på dette laboratorium omfattende forsøg med fremstillingen af lette tilslagsmaterialer til betonstøbning, da erfaringen har vist, at beton, der fremstilles med naturligt forekommende lette vulkanske bjergarter som Pumice, har ubehagelig tendens til svind.

I laboratoriet arbejder man på udvikling af en metode til bestemmelse af betonens konsistens, når den er udlagt i konstruktionen, ved måling af en belastet halvkugles nedsynkning i den friske beton. En lignende metode til bestemmelse af betonens konsistens er under udvikling i Svejs (49 R 6).

Til neutrale prøvninger af beton anvendes både soniskopet og resonansfrekvensmetoden.

Man havde ved dette laboratorium påbegyndt de indledende undersøgelser med en metode til bestemmelse af sandets fugtighedsindhold, hvor man benyttede ændringen i kapaciteten mellem to kondensatorplader. Sandprøven var anbragt imellem kondensatorpladerne, som dannede den ene arm i en Wheatstonebro. Et lignende princip er anvendt i et apparat, der fremstilles af Struer i København til bestemmelse af fugtighedsindhold i kornsorter. Metoden er bedre egnet end bestemmelse af den elektriske modstands variation med fugtighedsindholdet, da der ved kapacitetsmålinger anvendes vekselstrøm, hvorved man forhindrer polarisation, og kapacitetsmetoden er desuden langt mindre følsom for indhold af salte. Det skal bemærkes, at man ved University of California anvendte en dobbelt Wheatstonebro, hvor man samtidig afbalancerer kapaciteter og elektriske modstande for at gøre målingen mere nøjagtig.

På laboratoriet studerer man ligeledes lerarter og benytter hertil røntgenspektografisk analyse. Til opslemning og udfældning brugtes krystaller med ultrasoniske frekvenser. Til analyse af leret anvendtes differensstemperaturmetoden, hvor man opvarmer en lerprøve og en prøve af et inaktivt materiale med konstant hastighed. I hver af prøverne er anbragt termofølere, hvis temperaturdifferens registreres automatisk. Hver lertype er karakteriseret ved, at der ved visse temperaturniveauer sker kemiske omdannelser, der henholdsvis udvikler og forbruger varme.

Til studiet af cementens finhed havde man netop nu afsluttet opbygningen af et kompliceret apparat, hvor finheden bestemtes ved, at cementens kornoverflade overtrækkes med et monomolekulært lag kvælstof.

Man påtænkte i den allernærmeste fremtid at anvende isotopiske spore-stoffer til måling af fugtighedsindhold i jord.

The Basalt Rock Co.

Den 7. januar aflagdes et besøg i dette firmas hovedsæde i Napa-dalen nord for San Francisco, hvor forf. talte med præsidenten *Mr. Streblow* og

firmaets Office Manager *Anderson*. Senere på dagen aflagdes et besøg i firmaets lejer med vulkanske lette tilslagsmaterialer, der blev benyttet til fremstilling af betonblokke. Man var nu gået i gang med at fremstille kunstige lette tilslagsmaterialer ved stærk opvarmning af ler.

På fabrikken fremstillede man alle former for byggeblokke og bjælker til etageadskillelser. Det var et meget interessant træk ved fremstillingen af disse bjælker, at de på fabrikken samledes af enkelte betonblokke, der kun var ca. 20 cm lange. Disse blokke blev efter støbningen savet til, så de fik plane flader vinkelret på længderetningen. Denne metode var betinget af, at tilslagsmaterialet var let at save, og en tilsvarende metode kan ikke bringes i anvendelse overfor beton, som indeholder sand eller almindelige sten.

De afrettede blokke blev samlede ved indlægning af et armeringsjern i en fordybning på hver side af blokken i nærheden af dens grundflade. Armeringsjernene var for bjælkernes ender forbundet med jernankre, som overførte en relativ lille forspænding i jernene til betonblokkene. Denne forspændings primære formål var at holde blokkene sammen og må ikke

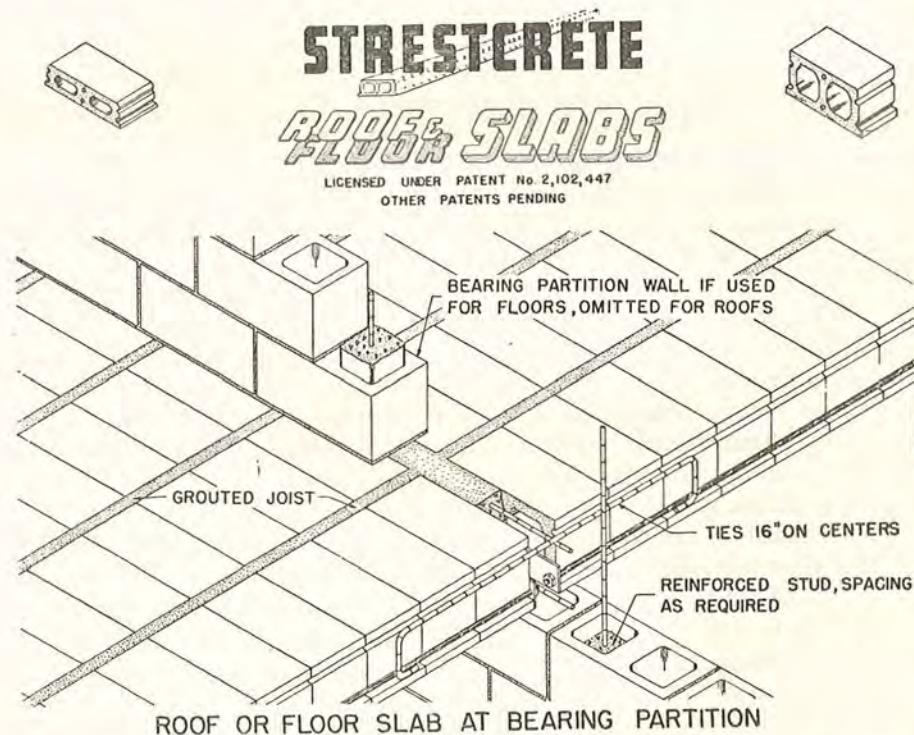


Fig. 2.16. Eksempel på etageadskillelse af »Strestcrete« letbetonblokke, samlede med forspændt armering til monteringsfærdige bjælker.

forveksles med almindeligt forspændt beton. Når bjælkerne var oplagt, blev mellemrummene imellem dem støbt ud med en cementmørtel, og der blev eventuelt indlagt ekstra armeringsjern (fig. 2.16).

Sixth Street Bridge, Los Angeles.

Under samtalen med Thomas E. Stanton blev der udenfor programmet arrangeret et besøg i Los Angeles, for at forf. kunne få lejlighed til at studere en enkelt konstruktion, der var beskadiget ved reaktioner mellem



Fig. 2.17. Revnedannelse i broværk på Sixth Street Bridge, Los Angeles, som følge af reaktioner mellem cementens alkalier og gruset.

cementens alkalier og gruset. Mr. *Swanson* fra Portland Cement Association's afdelingskontor i Los Angeles foreviste Sixth Street Bridge, hvor man har konstateret store revnedannelser, der er særlig betydelige i broens betonværk (fig. 2.17 og 2.18). Man har forsøgt igennem det sidste års tid at behandle den beskadigede beton med over en halv snes forskellige tætningsmidler, men uden særligt gunstigt resultat, idet revnedannelserne fortsætter.

Under besøget i Los Angeles havde forf. ligeledes lejlighed til at se nogle strækninger af et system af »freeways«, der nu er under bygning. Man havde her begrænset antallet af asfaltfyldte fuger, idet svindfugerne blev udført ved et permanent indlæg, der var forsænket under betonens overflade. Når svindet indtræffer, opstår der over dette indlæg en uregelmæssig revne, der åbner sig ganske lidt. Denne løsning er ikke særlig til-



Fig. 2. 18. Revnedannelse i betonpille, Sixth Street Bridge.

talende fra et æstetisk synspunkt, men det må indrømmes, at en sådan vejbelægning er betydelig mere jævn, da disse smårevner ikke giver anledning til den samme bumpen, som man kender fra kørsel på almindelige betonveje. Såfremt underlaget er grovkornet, så vandet bortledes, vil man formodentlig ikke have nogensomhelst gener af den utætte revne, hverken i form af »mud-pumping« eller frosthævninger. Revnens kanter vil formodentlig i tidens løb nedbrydes af frost, hvis konstruktionen anvendes i vort klima, men betæneligheder af denne art er naturligvis uden betydning i Californien.

Iowa State College.

Professor *H. L. Gilkey*, der er leder af afdelingen for teoretisk og anvendt mekanik, omtalte en lang række problemer vedrørende proportionering af beton og betonens elastiske og plastiske egenskaber.

En del af tiden blev anvendt til at studere de metoder, der blev benyttet ved opførelsen af nogle nybygninger ved universitetet. Iowa har omtrent det samme klima som Skandinavien, men temperaturen om vinteren når dog betydeligt længere ned end her i Danmark. Arbejdet fortsættes uanset vejret, og de anvendte metoder stemte ganske nøje overens med de af Byggeforskningsinstituttet anbefalede. Når vejret var for strengt for udendørs arbejde, kunne man arbejde inden døre, hvor man holdt temperaturen oppe ved varmluftsblæsere. Vindueshullerne var lukkede med et specielt plasticmateriale, der var armeret med et trådnæt af tyndt sejl garn.

Iowa State Highway Commission.

Samme dags eftermiddag aflagdes sammen med professor *Gilkey* et besøg i Iowas Vejlaboratorium, hvor forf. af *Bert Myers* fik overladt nogle meget interessante upublicerede oplysninger om, hvorledes tilsætning af $1/2\%$ sprit til vandet bevirkede en langt større nedbrydning af tilslagsmaterialer, der blev udsat for frysninger og optøninger i sammenligning med frysning i rent vand.

University of Wisconsin.

Med Ass. Professor of Mechanics *George Wasba* havde forf. lejlighed til at diskutere problemer ved vinterstøbning og holdbarhedsundersøgelser samt undersøgelser af betonens krybning under langvarig belastning. Laboratoriet var netop nu overført til nye bygninger, og man havde endnu ikke iværksat større forsøgsserier.

Man arbejdede med en meget interessant metode til bestemmelse af luftindholdet i hærdnet beton, idet de polerede skæreflader behandlede med et farvepulver, hvorefter de blev fotograferede. Filmen blev forstørret mange gange og påklæbet en cylindrisk tromle. Under tromlens rotering var det muligt med et sindrigt apparat automatisk at få talt antallet af luftporer i betonen. Metoden er dog ikke endnu nået ud over det eksperimentelle stade.

University of Illinois.

Lørdag den 20. januar besøgte ovennævnte universitet, hvor nordmanden *Eivind Hognestad* er Ass. Professor og samarbejder med *F. E. Richart*. Laboratoriet beskæftiger sig særlig med statiske problemer vedrørende bjælker og søjler og har gennem flere år foretaget omfattende undersøgelser. Ved dette besøg traf forf. ligeledes *C. P. Siess*, der omtalte den almindeligt anvendte praksis i USA ved fremstillingen af betonveje.

Portland Cement Association.

I tiden fra 18.—24. januar besøgte denne organisations nye laboratorium i Skokie Valley udenfor Chicago. Dette laboratorium, hvis opfø-

relse har kostet 3 mill. doll., udfører grundforskning for at bestemme cementens fysiske og kemiske egenskaber. Laboratoriet drives med støtte af ca. et halvt hundrede amerikanske cementkoncerner og er naturligvis udstyret med de mest moderne instrumenter, samtidig med at en hel række af USA's førende betontechnologer er tilknyttet denne organisation, som desuden råder over dygtige matematikere og statistiskere. Ved samtale med T. C. Powers fik forf. en lang række upublicerede oplysninger om de fremskridt, man har gjort med hensyn til forståelsen af cementpastaens fysiske sammensætning, og fik udviklet teorier om, hvad der egentlig sker, når cementpasta fryser.

Den forskning, der drives ved dette laboratorium, adskiller sig på væsentlig måde fra forskningen ved de almindelige betonlaboratorier, idet man her ved intimt samarbejde mellem kapaciteter indenfor matematik,

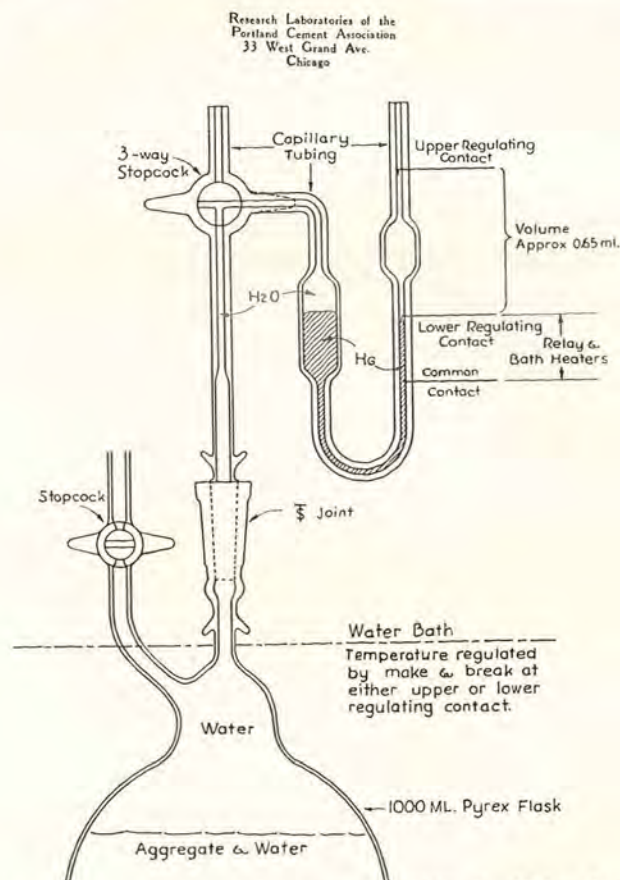


Fig. 2. 19. Metode til bestemmelse af den termiske udvidelseskoefficient for grus. — Portland Cement Association. Man bestemmer den temperaturstigning, der er nødvendig for at opnå en bestemt volumenændring af systemet, hvilket registreres af kontakterne til højre.

kemi og fysisk kemi søger at kombinere en omfattende teoretisk viden med ganske få velforbredte forsøg, der udføres for at bekræfte i forvejen opstillede og behandlede hypoteser. Der er ingen tvivl om, at man ad denne vej opnår langt mere betydningsfulde resultater end ved en planløs udstøbning af et stort antal prøvelegemer, hvorefter man forsøger at udtrække konklusionerne fra prøveresultaterne uden at have den fornødne teoretiske baggrund.

Blandt de emner, man her behandler, kan nævnes reaktioner mellem cementens alkalier og forskellige grusarter, betonens frostbestandighed i afhængighed af cementsammensætningen og finhed, hærdnet cementpastaes permeabilitet, bestemmelsen af sands termiske udvidelseskoefficient, bestemmelsen af luftindhold og luftporernes fordeling i hærdnet beton, bestemmelsen af lyd hastigheden i beton med soniskopet, samt forskellige prøvemethoder til at verificere hypotesen om, at frostskafer skyldes det hydrauliske tryk i porerne, der opstår ved vandets delvise overgang til frossen tilstand (45 P 3) (46 P 3) (46 P 4) (46 P 5) (47 P 1) (47 P 2) (47 P 3) (47 P 4).

Besøget ved dette laboratorium var særdeles udbytterigt, og det var en stor glæde at knytte personlig kontakt med en lang række af de forskere, der arbejder her.

U. S. Army, Corps of Engineers, Ohio River Division.

Dette laboratorium er et af de syv distriktslaboratorier under Corps of Engineers, og dets tidligere leder R. R. Philipp har foretaget omfattende undersøgelser af både beton- og bitumenbelægnings for tunge bombemaskiner. Ved disse forsøg har man udstøbt store prøvebaner med varierende tykkelser og profiler og derefter konstateret revnedannelser og nedsynkninger under gentagne passager af tungt jordmateriel, der har været belastet så kraftigt, at man opnåede samme hjultryk, som man ønskede at dimensionere belægnings for i fremtiden. I Proceedings Highway Research Board har der i årene efter den anden verdenskrig været offentliggjort en del rapporter vedrørende disse belastningsforsøg, men de seneste undersøgelser indenfor dette område er mørkelagt for udlændinge.

Indenfor betontechnologien har man forsøgsrækker i gang til bestemmelse af varmeudviklingen ved forskellige cementtyper på et tidligt tidspunkt af hærdningsprocessen, og forf. havde en interessant diskussion med B. U. Duvall om dette spørgsmål.

Det er ved dette laboratorium, at de første forsøg på at anvende lydets forplantningshastighed i beton som et mål for betonkvaliteten har fundet sted, idet Long, Kurtz og Sandenaw allerede i 1945 har offentliggjort en rapport over undersøgelser på flyvepladsbelægnings (45 L 2). Man har imidlertid ikke fortsat med at udvikle metoden, bl. a. fordi de instrumenter, man har haft til rådighed til at måle de korte tidsforløb, ikke

har været nøjagtige nok, men påtænkte nu at genoptage arbejdet med mere nøjagtige tidsmålere, der som allerede omtalt var under udvikling ved Waterways Experiment Station's Instrumentation Branch. Kurtz havde benyttet elektriske modstandsmålinger til at bestemme fugtighedsindholdet i hærdnet beton, men metoden er endnu ikke nået udover forsøgsstadiet.

Blaw-Knox Co., Pittsburgh.

Den følgende uge tilbragtes i Pittsburgh, hvor forf. dels havde lejlighed til at studere moderne amerikansk materiel til afvejning og blanding af beton, truck-mixers til transport af den færdigblandede beton samt materiel til afretning af underlaget for betonbelægninger, samt endelig maskiner til udlægning, vibrering og afretning af betonoverfladen.

Da det ikke var muligt at træffe *A. Levison*, Vicepresident, Construction Equipment Dept. før den 2. februar, benyttede forf. tiden til at studere vinterbyggeri i Pittsburgh og omegn og aflagde bl. a. et besøg ved Duquesne Coke and Slag Co., hvor man i en fabrik for færdigblandet beton opvarmede tilslagsmaterialerne ved et rørsystem i siloerne. I røret cirkulerede olie med en temperatur på ca. 200° C. Ved hjælp af magnetiske ventiler og termofølere var det muligt at regulere temperaturen i siloerne mellem 15 og 40° C. Anlægget brugte ca. 200 l olie om dagen til opvarmning. Olien kostede ca. 13 øre literen. De opvarmede tilslagsmaterialer og cementen afvejedes i de rigtige blandingsforhold og transporteredes til byggepladsen i truck-mixers, men tilsætningen af det varme vand, der havde en temperatur på ca. 65° C., skete først på byggepladsen.

Ved en række besøg på andre byggepladser bemærkede man den udstrakte anvendelse af presenninger ved tildækning af betonen. Under disse presenninger fyrede man i koksgrøder for at give betonen lejlighed til at hærdne ved en temperatur mellem 15 og 20° C. Det af Byggeforskningsinstituttet foreslåede princip for betonstøbning om vinteren, hvor man kun beskytter betonen så længe, at man opnår frosthård styrke, der ligger betydeligt under afformningsstyrken, anvendes ikke meget i USA, hvilket delvis hænger sammen med, at man ikke ønsker nogen forsinkelser i afformningsfristerne. Desuden må det bemærkes, at udgifterne til opvarmning og beskyttelse af beton forholdsvis er betydeligt lavere i USA end i Danmark.

Dewey and Almy Chemical Co.

Den 5. februar besøgte dette firma, hvis fabrik ligger i umiddelbar nærhed af Boston. Firmaet fremstiller en række hjælpestoffer, der benyttes ved formaling af cement, men det stof, der gør firmaet særlig bekendt blandt betontechnologer, er Darex, der er et af de fire luftindblandingsmidler, der indtil dato er anerkendt af A. S. T. M.

Som allerede tidligere omtalt havde firmaet i begyndelsen af trediverne foretaget forsøg med plastificerende stoffer, men atter opgivet tanken på

grund af styrketabet. Ved samtale med lederen af betonlaboratoriet *Henry L. Kennedy* fik forf. de seneste oplysninger om luftindblandingsmidlernes virkning på betonens egenskaber, og havde lejlighed til i laboratoriet at studere forskellige prøvelegemers slidfasthed ved behandling med sandblæsning. Forf. fik samtidig en del oplysninger om metoder til afmåling af den nødvendige Darexmængde, hvilket er af den allerstørste betydning, såfremt man ønsker at arbejde med et kontrolleret luftindhold.

Man har i Amerika gennem de seneste år kunnet købe luftindblandende cementer, men da den luftmængde, et givet luftindblandingsmiddel forårsager, er afhængig af 6—7 uafhængige variable som f. eks. blandetidens længde, sandets gradering, betonens konsistens, temperaturen etc., er det meget vanskeligt at opnå et specificeret luftindhold ved disse cementer, og flere af cementfabrikerne havde så mange reklamationer, at de fortrød, at de havde påbegyndt fremstillingen af luftindblandende cementer, og danske cementfabriker burde advares imod at gøre den samme fejltagelse.

Luftindblandingsmidler, der tilsættes ved blandemaskinen, har gået sin sejrsgang over USA, og *Charles E. Wuerpel*, den tidligere leder af U. S. Army's laboratorium i Jackson, har udtalt, at opdagelsen af luftindblandingsmidler er af ligeså stor betydning for betontechnologien som Abrams' formulering af loven om vand-cementforholdets indflydelse på styrken.

Medens luftindblandingsmidlerne i begyndelsen anvendtes for at forøge betonvejenes holdbarhed overfor frysning og optøning og afisning med klorider, har man senere lært at værdsætte forbedringen af den friske betons egenskaber i så høj grad, at luftindblandingsmidler nu anvendes til alle slags beton. Det blev oplyst, at 65 % af den beton, der fremstilles i USA, er med indblandet luft, og at forbruget pr. indbygger er højere i Florida end i nogen anden amerikansk stat.

Lone Star Cement Co.

Den 6. februar traf forf. i New York *E. Gruenwald*, der gav en række oplysninger om nogle forsøgsserier til bestemmelse af styrken i begyndelsen af hærdningsperioden, når beton lagres ved lav temperatur, og dette materiale vil være meget værdifuldt ved revisionen af Byggeforskningsinstituttets anvisning nr. 2 »Betonstøbning om vinteren«.

Om eftermiddagen aflagdes et besøg på en større byggeplads nær Queens College. Byggepladsen havde ikke alene interesse udfra synspunktet vinterbyggeri, men tillige ved den gennemførte planlægning og rationalisering af arbejdet, der havde været muligt, fordi man opførte et større antal huse af samme type. Der var her lejlighed til at tage en del billeder fra denne byggeplads, og omtalen af de rationelle metoder, der her anvendtes, udgjorde en væsentlig del af det foredrag, der holdtes i Ingeniørforeningen umiddelbart efter forf.s hjemkomst.

Universal Atlas Cement Co.

Ved et besøg hos *G. L. Lindsay*, Director of Tests and Research, tilbragtes hele dagen med at diskutere betonteknologiske problemer, bl. a. luftindblandende cementer, ildfast beton og muligheden for anvendelse af den danske kondensatorkronograf til måling af nedbrydning af betonprøvelegemer, der er henlagt i sulfatholdig jord.

Raymond Concrete Pile Co.

Den 8. februar traf forf. mr. *A. E. Cummings*, der gav et rids af dette firmas opbygning og organisation. Mr. Cummings arrangerede besøg på nogle byggepladser i New Yorks omegn, hvor der var lejlighed til at tage fotografier af nogle bygninger, der udførtes som vinterbyggeri.

Washington.

Efter at besøgene i New York var afsluttet, vendte forf. tilbage til Washington efter at have tilbagelagt ca. 19.000 km på mindre end tre måneder. I Washington blev der i løbet af nogle dage udfærdiget en foreløbig rapport over rejsens udbytte til Marshall Administrationens Technical Assistance Division, inden forf. den 16. februar forlod New York på Queen Elisabeth.

Slutning.

Ovenfor har forf. forsøgt dels at give et indtryk af rejsens omfang og dels ganske kort at berøre hvilke problemer, der var lejlighed til at studere. Det er imidlertid ganske klart, at en sådan form for rapport for det første kommer til at virke springende, og for det andet ikke gør det muligt at give udtømmende oplysninger om alle de ting, man har set, og de prøvemethoder forf. har studeret.

I det følgende afsnit er det derfor forsøgt at give en mere logisk og sammenhængende fremstilling af de oplysninger, forf. har fået vedrørende prøvning af betonens bestanddele, da denne del af iagttagelserne ikke på anden måde indgår som led i planlagte publikationer.

PRØVNING AF RÅMATERIALER TIL BETON.

I Danmark stilles der ikke særlig veldefinerede krav til de materialer, der benyttes til fremstillingen af beton, hvilket delvis skyldes, at man gennemgående har haft gode erfaringer med den fremstillede betons egenskaber, selv om man ikke ved indledende undersøgelser har bestemt materialernes kvalitet. Udgifterne til prøvning er imidlertid så små i sammenligning med det store tab, man kan risikere ved at anvende uegnede materialer, at det næsten altid vil betale sig at lade foretage en undersøgelse af materialernes egnethed.

Et nøjere kendskab til materialernes egenskaber er i det lange løb af betydning for at udnytte dem på den bedste og mest økonomiske måde. Det er derfor af stor betydning at følge udviklingen af betonprøvningen i USA, hvor man stiller stadig strengere krav til materialerne og anvender stadig nøjagtigere og bedre definerede prøvemethoder.

Det følgende afsnit omhandler de iagttagelser, forfatteren har gjort indenfor dette område.

RÅMATERIALER TIL BETONFREMSTILLINGEN.

I Danmark er forholdene så små, at man i hele landet anvender omtrent de samme materialer til betonfremstillingen. Cementen fremstilles af to selskaber af de samme råmaterialer, og produkterne er ret jævnbyrdige med hensyn til kvalitet.

Sten- og grusmaterialer kan variere fra grav til grav, men principielt er det de samme geologiske forekomster, der udnyttes, og der er gennemgående ikke større vanskeligheder ved at finde egnede og sunde grusmaterialer.

USA er så stort et land, at der opstår vide variationer i, hvilke materialer der anvendes, og visse steder er vanskelighederne ved at finde egnede stenmaterialer så store, at en kunstig fremstilling af tilslagsstoffer fra ler etc. bliver aktuel.

Cement.

Cementen fremstilles i USA af ca. 60 forskellige selskaber, hvis cementfabrikker er placeret i alle 48 stater, og derved bliver der en stor variation

i råmaterialerne til cementfremstillingen. Det er følgelig påkrævet at opstille standardkrav og normer for cementens egenskaber i langt højere grad end i et lille land. Hertil kommer et ønske om at anvende specialcementer til en række formål. Resultatet er, at A. S. T. M. standards indeholder ca. 150 sider normer og beskrivelser af prøvemethoder for cement.

Portland cement.

Oversigt over cementtyper.

Der fremstilles for øjeblikket fem typer Portland cement (C 150)*.

- Type I Den almindeligst anvendte type ved vejbygnings-, bro- og husbygningskonstruktioner. Den svarer til den danske almindelige Portland cement.
- Type II Anvendes i betonkonstruktioner, der er udsat for svage sulfatangreb, eller hvor det er vigtigt, at varmeudviklingen foregår langsommere. Den svarer nærmest til den danske Havvand-cement.
- Type III Anvendes hvor man er interesseret i store tidlige styrker. De tilsvarende danske cementer er Rapid og Record cement, og Super-rapid cement, idet de to første giver styrkeresultater under og den sidste styrkeresultater over kravene til de amerikanske cementer.
- Type IV Denne cement anvendes, hvor man er interesseret i lav hydrationsvarme, som f. eks. ved dæmninger og andre svære betonkonstruktioner. En tilsvarende lav-varmecement fremstilles herhjemme, væsentligst til eksport.
- Type V Denne cement anvendes, hvor betonen er udsat for kraftige sulfatangreb. En tilsvarende sulfatbestandig cement fremstilles også her i landet.

Kemisk sammensætning.

Kravene til den kemiske sammensætning for de 5 forskellige typer fremgår af nedenstående tabel 3.1. Tilsvarende krav er ikke opstillet for de danske cementer udover, at man for normal Portland cement angiver, at indholdet af MgO skal være mindre end 3 %, og at man efter brændingen maksimalt må tilsætte 3 % fremmede stoffer for at regulere afbindingstiden.

For hurtighærdnende cementer må der tilsættes indtil 6 % fremmede stoffer, idet dog indholdet af svovlsyre (SO₃) ikke må overstige 3 %.

*) Henvisning til litteraturlisten, hvor der gives en oversigt over A.S.T.M. Standards.

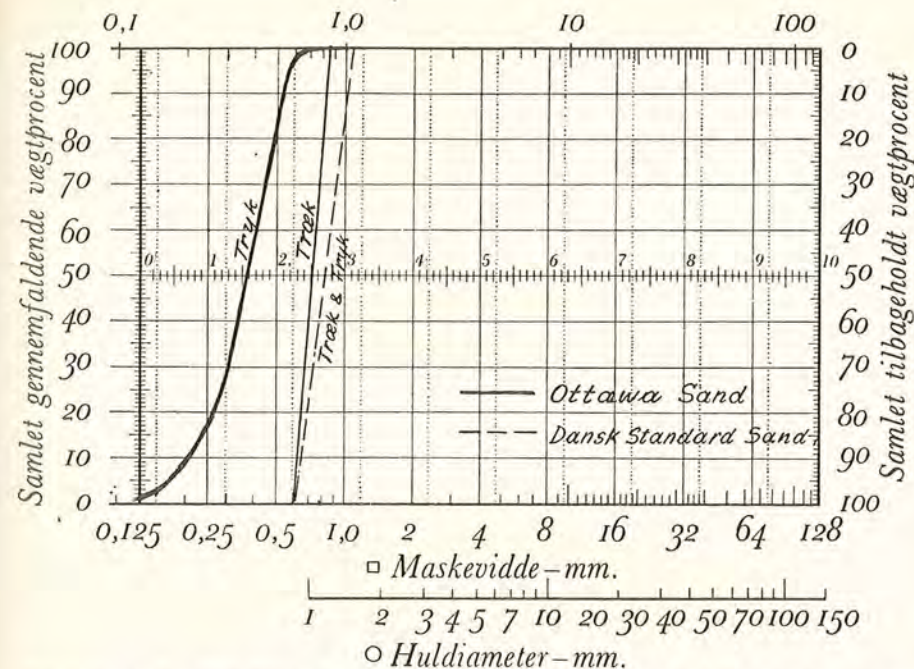


Fig. 3.1. Kornkurver for sand til normprøvelegemer i U. S. A. er vist med fuldt optrukne linier. I Danmark anvendes det samme sand til fremstilling af normprøvelegemer ved bestemmelsen af såvel tryk- og trækstyrken — angivet med punkteret linie.

Tabel 3.1. Krav til kemisk sammensætning.

		Type I	Type II	Type III	Type IV	Type V
SiO ₂	min %	—	21,0	—	—	—
Al ₂ O ₃	max %	—	6,0	—	—	—
Fe ₂ O ₃	max %	—	6,0	—	6,5	—
MgO	max %	5,0	5,0	5,0	5,0	4,0
SO ₃	max %	2,0	2,0	2,5	2,0	2,0
Glødetab	max %	3,0	3,0	3,0	2,3	3,0
Uopl. rest	max %	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
C ₃ S (3CaO. SiO ₂)	max %	—	50	—	35	50
C ₂ S (2CaO. SiO ₂)	min %	—	—	—	40	—
C ₃ A (3CaO. Al ₂ O ₃)	max %	—	8	15	7	5

Klinkerkomponenten C₃S er den komponent, der giver det største bidrag til de tidlige styrker og udvikler en relativ stor varmemængde. Cementer af type III indeholder forholdsvis mere af denne klinkerkomponent, medens man ved type II og IV, hvor man vil begrænse hydrationsvarmen, angiver et maksimumsindhold for denne komponent.

C₃A er den klinkerkomponent, der har størst indflydelse på betonens modstandsdygtighed overfor sulfatangreb, idet modstandsdygtigheden stiger, når mængden aftager til et indhold på 5 %.

Mængden af C₃A er derfor begrænset til henholdsvis 8 % og 5 % for type II og V, der anvendes, hvor sulfatangreb er sandsynligt. Da C₃A er den klinkerkomponent, der pr. gram udvikler det største antal kalorier, er mængden i lavvarmecement type IV begrænset til 7 %.

Den uopløselige rest, der for alle 5 cementer er begrænset til 0,75 %, omfatter bl. a. natrium- og kaliumoxyd.

I visse egne af USA har man erfaring for, at cementens alkalier reagerer med grusarter, der indeholder opal, kalcedon og visse typer flint, og i disse egne er foreskrevet et maximumindhold af alkalier på 0,6 %. Dette forhold vil blive mere indgående behandlet senere.

Bestemmelsen af cementens kemiske sammensætning er omhyggeligt beskrevet i A.S.T.M. C 114, der fylder ca. 53 sider.

Fysiske egenskaber.

I omstående tabel 3.2 er angivet, hvilket krav der stilles til de amerikanske Portland cementer. I Danmark er der kun normeret krav for cement af type I og III, og de tilsvarende værdier er angivet til sammenligning.

Finhed.

Wagner's Turbidimeter.

Finheden bestemmes i USA efter flere forskellige metoder. De i tabellen opgivne værdier skal bestemmes med Wagner's turbidimeter, som beskrevet i A.S.T.M. C 115.

Apparatet består af en glasbeholder til en opslemning af cementen i petroleum. Et parallelt lysbunt sendes gennem opslemningen og opfanges af en fotoelektrisk celle, der afgiver en strømmængde, der er afhængig af opslemningens gennemskinnelighed. Da denne er afhængig af den specifikke overflade af partiklerne i det gennemskinnede lag, kan man ved at foretage aflæsninger i forskellige dybder til forudberegnete tidspunkter få bestemt hele kornfordelingskurven for den undersøgte cement. Det teoretiske grundlag for ligningerne og bestemmelsen af konstanterne er angivet i (33 W 2).

Apparatet er ret hurtigt at anvende og findes på de fleste af de laboratorier, forf. havde lejlighed til at besøge.

Blaine's Permeabilitetsmåler.

I 1946 er der udgivet en foreløbig standard for bestemmelse af cementens finhed ved hjælp af Blaine's luftpermeabilitetsmåler (C 204). Ved denne metode tvinges en bestemt luftmængde til at passere en cementprøve, der er komprimeret således, at prøven har en bestemt porøsitet. Hastigheden, hvormed luften passerer cementprøven, bliver et mål for antallet

Tabel 3.2. Fysiske egenskaber.

Beskrivelse	Type I U.S.A.	Type I dansk	Type II	Type III U.S.A.	Type III dansk	Type IV	Type V
Finhed i cm ² pr. gr. gmsn. min.	1600		1700			1800	1800
— min. enkeltprøve	1500		1600			1700	1700
Formbestandighed							
Autoklave ekspansion max %	0,50		0,50	0,50		0,50	0,50
Afbindingstid							
Gillimore prøve							
Afb. ikke begynde før end, min.	60		60	60		60	60
Afb. ikke slutte senere end, timer	10		10	10		10	10
Vicat prøve							
Afb. ikke begynde før end, min.	45	60	45	45	45	45	45
Afb. ikke slutte senere end, timer	10	15	10	10		10	10
Trykstyrke i kg/cm ² af mørtelterminger 1:2,75							
1 døgn fugtig luft	65		55	90	300	55	104
1 døgn fugtig luft, 2 døgn vand	125	320	105	175	320	140	210
1 døgn fugtig luft, 6 døgn vand	210	400	210	400	400		
1 døgn fugtig luft, 27 døgn vand							
Trækstyrke i kg/cm ² af mørtelbriketter 1:3							
1 døgn fugtig luft	11	20	9	20	20	12	18
1 døgn fugtig luft, 2 døgn vand	19	25	18	26	20	21	23
1 døgn fugtig luft, 6 døgn vand			23				
1 døgn fugtig luft, 27 døgn vand							

af cementkorn og deres størrelse, og man kan ud fra denne bestemmelse af luftthastigheden bestemme cementprøvens specifikke overflade i cm^2 pr. gr cement, men i modsætning til turbidimetermålingerne kan man ikke bestemme kornfordelingskurven.

Resultaterne ligger ca. 90 % højere ved *Blaine's* metode end ved turbidimeteret.

Metoden er baseret på teoretisk arbejde af *Korzeny* og *Carman* og er i England benyttet af *Lea* og *Nurse* (39 L 6) til udvikling af en lignende målemetode.

Apparater af denne type er meget hurtige, men ved udledelsen af formlerne er der gjort en række idealiseringer af forudsætningerne, der gør det tvivlsomt at sammenligne resultater fra forskellige cementtyper.

Anvendelse af adsorption.

Denne metode er ikke standardiseret af A.S.T.M. Da den kræver meget apparatur og er besværlig, anvendes den kun på større forskningslaboratorier som f. eks. National Bureau of Standards, Portland Cement Association's laboratorium i Chicago og ved University of California, hvor professor *R. E. Davis* har bidraget meget til udvikling af nye cementtyper.

Metoden er baseret på, at man først bestemmer en cementprøves porøsitet ved en luftart, der ikke adsorberes, f. eks. helium, og bagefter lader prøven adsorbere kvælstof ved to forskellige lave tryk. Herved kan cementkornenes overflade beregnes. Man finder ved denne metode værdier, der er op til 5 gange så store som ved de tidligere nævnte metoder, og der er nogen uenighed om, hvorvidt dette alene skyldes, at de to første metoder forudsætter kuglerunde korn, medens den sidste tager hensyn til kornenes virkelige form, eller om man ved den sidste metode også måler indre poreoverflader i de enkelte cementkorn.

Andreasen's pipettemetode.

Der findes et større antal metoder, der er baseret på *Stoke's* lov om relationen mellem korndiameteren og sedimentationshastigheden. Den mest anvendte metode af denne type er *Andreasen's* pipettemetode (30 A 3), hvor man i en konstant dybde i en cementopslemning udtager prøver til forskellige tidspunkter under sedimentationsprocessen, og inddamper prøverne, der derefter vejes. Man kan ved denne metode få bestemt hele kornfordelingskurven, men det tager lang tid, og beregningen forudsætter kuglerunde korn. Metoden anvendes i stor udstrækning i Europa, men såvidt vides ikke i USA, skønt den er langt mere nøjagtig end turbidimeteret. De danske cementers finhed bestemmes på cementfabrikkernes egne laboratorier ved pipettemetoden.

For dansk Portland cement har man fundet 2000 cm^2/gr cement og for Rapid cement 3000 cm^2/gr cement, medens Superrapid cementen har en overflade på 4500 cm^2/gr cement.

Disse tal kan ikke umiddelbart sammenlignes med de amerikanske tal, der er bestemt ved turbidimeteret.

Der er iøvrigt i de danske normer kun angivet følgende krav, at cementen skal højst efterlade 1,5 % på en sigte med maskevidde 0,20 mm og højst 10 % på en sigte med maskevidde 0,086 mm. Bestemmelse af cementens finhed ved andre metoder angives ikke.

Andre metoder.

Udover de allerede omtalte metoder anvendes en række andre metoder, som luftslemning etc., men da de ikke anvendes i større udstrækning i USA, skal der blot henvises til, at der findes en udmærket oversigtsartikel af *Brocard* (50 B 15), der giver det teoretiske grundlag for de forskellige metoder til bestemmelse af cementens finhed.

Ved University of California anvendtes et forbedret hydrometer til bestemmelse af finheden af cementer og puzzolaner. Det er udviklet af *Klein* (41 K 7).

Kommentarer til finhedens betydning.

De i tabel 3.2 angivne finheder er minimumskrav, og der er ikke angivet nogen maximumsgrænse. Da der naturligvis er stor konkurrence mellem de forskellige mærker inden for samme type og ligeledes mellem type I og type III, vil man ofte finde, at type I har en finhed, der er større end type III, fordi man i konkurrenceøjemed lægger vægt på at opnå store tidlige styrker, hvilket opfylder de amerikanske ønsker om at forøge byggetempoet og frigøre forskallingen så hurtigt som muligt eller åbne en vej så hurtigt som muligt.

Der er dog nogen betænkelighed ved denne udvikling. Man har som bekendt i USA haft stor vanskelighed med at fremstille en holdbar beton, og i bestræbelserne på at forklare grunden til, at levetiden af konstruktioner fremstillet før 1930 er væsentlig længere end senere fremstillede konstruktioner, er man standset ved, at det er efter denne periode, at man forøgede finheden af cementen (46 J 1).

Denne opfattelse er blevet yderligere underbygget ved en sammenligning mellem holdbarheden af amerikanske og tyske betonveje, der er foretaget af lederen af Bureau of Public Roads *F. H. Jackson* (48 J 1), idet de tyske betonveje har en udmærket holdbarhed til trods for, at den anvendte cement tilsyneladende er af ganske lav kvalitet i sammenligning med de amerikanske cementer. Særlig har man heftet sig ved, at cementen er langt grovere formålet, og at klinkerne ikke er brændt så hårdt.

Under forf.'s ophold blev det oplyst, at Kansas State Highway for at få opklaret dette problem, ville fremstille flere prøvestrækninger med cement af samme grovhed som før 1930.

Det var ikke så få fremtrædende amerikanske betonteknologer, der

mente, at formalingen af cementen i USA efterhånden blev drevet for vidt (51 B 4).

Den grovere formaling af cementen medfører en langsommere styrkeudvikling, og det kan tage flere år, før de inderste dele af et cementkorn bliver hydratiseret, og derved får cementen en langt større evne til at udbedre eventuelle småskader under frysning etc. Med andre ord, evnen til selvheling (autogeneous healing) er langt større og af længere varighed for de groft formalede cementer.

Ved laboratorieforsøg ved Bureau of Reclamation havde man fundet, at de finmalede cementer havde mindre modstandsdygtighed overfor frysning og optøning. Dette hænger sammen med, at betonen bliver tættere, jo mere finmalet cementen er.

Formbestandighed.

Ekspansion i autoklave.

Denne bestemmelse tilsigter at kontrollere cementpastaens sundhed. Undersøgelsen, der er beskrevet i C 151, omfatter målingen af længdeændringen af et 2,5×2,5×40 cm prøvelegeme, der er fremstillet af cement udrørt med vand, til normalkonsistens er opnået (C 187). Prøvelegemet lagres i 24 timer i fugtig luft og anbringes derefter i autoklaven, hvor det i løbet af 1 time udsættes for vandmættet damp af et tryk på ca. 21 atmosfærer. Dette tryk opretholdes i 3 timer, hvorefter trykket i løbet af 1 time bringes ned på normalt tryk. Efter denne behandling må udvidelsen ikke andrage mere end 0,5 % for alle cementtyper.

En tilsvarende prøvning er hverken krævet i de danske normer eller tyske normer, medens den anses for uhyre vigtig i USA.

Koldtvandsprøve.

I de danske normer kræves formbestandigheden kontrolleret ved udstøbning af 2 kager af cementpasta med normalkonsistens på glasplader. Kagerne lagres 1 døgn i vandmættet luft og derefter 27 døgn i vand af en temperatur på 15—20° C.

Efter 28 døgn må kagerne ikke udvise nogen krumning eller revner i kanten.

En tilsvarende metode er angivet i A.S.T.M. C 189, idet man dog her erstatter de 27 dages lagring i koldt vand med 5 timers lagring over kogende vand.

Le Chatelier's prøve.

I Danmark kan man foretage en hurtigere undersøgelse af formbestandigheden end koldtvandsprøven ved at udstøbe cementpasta i en Le Chatelierform, der består af en lav opskåren cylinder, på hvilken der er anbragt to nålespidser, der forstørrer eventuelle ændringer i formens diameter.

Efter 24 timers lagring i vand af 15—20° C måles afstanden mellem nålespidserne, hvorefter prøven anbringes i et vandbad, der bringes til kogning i løbet af en halv time og holdes i kog i 3 timer. Afstanden mellem nålespidserne måles atter, og bevægelsen må ikke overstige 10 mm. Hvis dette er tilfældet, må man afvente koldtvandsprøvens resultat, da dette anses for at være mest pålideligt.

Afbindingstid.

Bestemmelsen af afbindingens begyndelse og slutning udføres efter C 191, der omfatter bestemmelse både med *Vicat's* og *Gillmore's* nåle. Ved *Vicat's* metode defineres afbindingens begyndelse som det tidspunkt, hvor en nål med 1 mm i diameter standser 5 mm over en glasplade, der danner bund i en keglestub, der er fyldt med cementpasta af normalkonsistens.

Afbindingen er afsluttet, når nålen ikke længere gør synligt indtryk.

Ved *Gillmore's* metode anvendes en nål, der er 2,12 mm i diameter og har en vægt på 1/4 lb ~ 113 gr. Når nålen ikke gør synligt indtryk, er afbindingen begyndt, og den er afsluttet, når en nål af 1,06 mm's diameter og en vægt af 1 lb ~ 454 gr ikke gør synligt indtryk.

I Danmark anvendes *Vicat's* nål. Den amerikanske prøvemethode angiver, at der skal anvendes gummihandsker ved blandingen af cementpastaen, og at prøvningen skal udføres i et lokale med en temperatur på 20—27,5° og en relativ fugtighed på mindst 70 %.

Afbindingens begyndelse bestemt ved *Gillmore's* metode indtræffer noget senere end ved *Vicat's* metode. Ved sammenligningen mellem kravene i de danske og amerikanske normer ses det, at i Danmark må afbindingen først begynde 1 kvarter senere for Portland cementen.

Trykstyrke.

Bestemmelsen af trykstyrken foretages i henhold til C 109 ved knusning af 2" mørtelterninger i blandingsforholdet 1:2,75. Som tilslagsmateriale anvendes Ottawa kvartssand med gradering, som vist på fig. 3.1.

Til sammenligning er angivet kornkurven for det danske standardsand, der er et ret enskornet kvartssand. De danske prøvelegemer er 5 cm mørtelterninger i blandingsforholdet 1:3.

På grund af den store forskel i grusets kornstørrelse og den forskellige gradering bliver vandbehovet stærkt afvigende.

Vand-cement forholdet for de amerikanske mørtler er ca. 0,50—0,52, og konsistensen er så plastisk, at man opnår en tæt terning.

De danske prøvelegemer har jordfugtig konsistens og giver utætte prøvelegemer. På grund af sandets grovhed kan v/c-forholdet holdes på ca. 0,32, og man får følgelig langt højere trykstyrker. Der kan således *ikke* sluttes fra tabel 3.2, at de amerikanske normer stiller mindre krav til cementerne end de danske.

På grund af prøvelegemernes utæthed ved den danske prøvemethode vil

en tilsætning af filler forøge trykstyrken, medens en delvis erstatning af cementen med et inaktivt fillermateriale kun vil have ringe indflydelse på trykstyrken. Dette er årsagen til, at den danske erstatningscement S-cement, der blev fremstillet under krigen, gav høje trykstyrker, når cementen blev undersøgt i henhold til normerne til trods for et stort indhold af finmalet kvartssand.

Der kan yderligere indvendes mod den danske prøvemethode, at et v/c-forhold på 0,32 er så langt fra praksis, at man alene af denne grund burde gå over til den amerikanske prøvemethode.

Omfattende undersøgelser i Tyskland (50 G 6) i årene 1928-40 har ført til, at de tyske normer siden 1942 foreskriver brug af et uenskornt sand og et v/c-forhold på 0,60, medens man før 1942 anvendte en lignende prøvemethode som den nugældende danske. En af årsagerne til denne revision var, at man ikke fra resultaterne fra normprøvningen kunne drage slutninger med hensyn til, hvorledes betontrykstyrkerne ville ligge i forhold til hinanden, når man benyttede forskellige cementtyper.

Trækstyrke.

Bestemmelsen af trækstyrken er beskrevet i C 190 og udføres på lignende måde som i Danmark ved at belaste timeglasformede prøvelegemer til trækbrud, idet det mindste tværsnit er $1 \times 1''$.

Kornkurven for det anvendte Ottawa kvartssand er indtegnet på fig 3.1, og man vil se, at der i dette tilfælde anvendes et betydeligt mere enskornt sand, der er noget finere end det tyske normalsand, der benyttes til fremstillingen af både træk- og trykprøvelegemer i Danmark. Blandingsforholdet er både i USA og Danmark 1 : 3.

Vandtilsætningen reguleres i Danmark således, at der bliver udtrædning af vand og cementpasta, når prøvelegemerne komprimeres med *Bobme's* hammerapparat, medens man i USA bestemmer vandmængden ved hjælp af en formel, hvori indgår vandbehovet for fremstilling af en cementpasta af normalkonsistens. Denne sidste fremgangsmåde synes mere rationel.

Komprimeringen foretages i USA med håndkraft på en standardiseret måde.

Den svagere komprimering og det mere finkornede sand medfører, at vandtilsætningen i USA andrager ca. 10 % af den samlede vægt af tørstofferne cement og sand, medens et vandforbrug på 8 % er ret almindeligt med danske cementer.

Som angivet i tabel 3.2 kræves der for cement af type I både i USA og i Danmark 25 kg/cm² efter 28 døgn. Da vandbehovet er større ved den amerikanske prøvemethode, er kravene til cementkvaliteten større i USA end i Danmark.

I almindelighed er betonens trækstyrke uden praktisk interesse, medens bøjningstrækstyrken er af stor betydning. Da der kun er ganske svag korrelation mellem trækstyrke og bøjningstrækstyrken for mørtelprøvelegemer, og

bestemmelserne af den sidste er et langt mere følsomt udtryk for cementkvaliteten, har man i de tyske normer DIN 1164 udeladt bestemmelsen af trækstyrken og indført en ny prøvemethode for bestemmelse af bøjningstrækstyrken (50 G 6).

En tilsvarende metode er ikke standardiseret hverken i USA eller i Danmark.

Lagringsmåden.

Det fremgår af tabel 3.2, at prøvelegemerne til bestemmelse af trykstyrke og trækstyrke lagres 1 døgn i fugtig luft og derefter i vand, indtil prøvningen finder sted. I Danmark anvendes både vandlagring og den såkaldte kombinerede lagring, hvor prøvelegemer lagres 7 døgn i vand og 21 dage i luft med en relativ fugtighed på ca. 70 %. Dette er i overensstemmelse med de ældre tyske normer, men denne lagringsmåde er udgået af DIN 1164 og anvendes kun til videnskabelige undersøgelser, og en lignende reform af de danske normer burde måske tages under overvejelse.

Hydratationsvarmen.

Der er ikke i A.S.T.M.'s normer for cement angivet grænser for hydratationsvarmen, skønt det er den egenskab hos cementen, man meget gerne vil kontrollere ved opførelsen af massive bygningsværker. Man har for lavvarmecementen, type IV, nøjedes med at foreskrive et maksimumindhold af C₃S. Den amerikanske forbundsregering har udarbejdet en lang række betingelser for leverancer og udførelse af arbejde for alle regeringsdepartementerne, og disse betingelser er i store træk i overensstemmelse med A.S.T.M., men for hydratationsvarmen er der dog i Federal Standard Stock Catalog—SS—C—192:1946 angivet, at cement af type II kun må udvikle 70 kalorier pr. gram cement i løbet af 7 døgn og 80 kalorier pr. gram i løbet af 28 døgn. De tilsvarende grænser er for lavvarmecementen — type IV — henholdsvis 60 og 70 kalorier pr. gram. Disse maksimumsværdier skal dog kun overholdes, når det udtrykkeligt er angivet i kontrakten.

Opløsningsvarmemetoden.

Bestemmelsen af hydratationsvarmen kan foretages i overensstemmelse med A.S.T.M.'s prøvemethode C 186, hvor man bestemmer opløsningsvarmen for tør cement og opløsningsvarmen for delvis hydratiseret cement efter 7 eller 28 døgn hærkning. Som opløsningsmiddel anvendes en blanding af salpetersyre og flussyre.

Forsøgsmetoden bygger på den antagelse, at den fundne forskel i opløsningsvarmen for den tørre cement og den delvis hærtnede cement er identisk med den varmemængde, der udvikles under hærkningens forløb. Som omtalt af Powers (47 P 1) er der grund til at tro, at ca. en fjerdedel af hydratationsvarmen er adsorptionsvarme, og resten skyldes den kemiske omsætning mellem vand og cement.

Metoden kræver meget stor omhu under udførelsen og har den ulempe, at hydratationsvarme fremkommer som differens mellem to tal, der er 10—20 gange så store som det tal, man skal bestemme. Det må endvidere nævnes, at den cementpasta, man lader hærde, har et v/c-forhold på 0,4, og der er grund til at tro, at man ved andre v/c-forhold vil finde en anden reaktionshastighed under hærdningsprocessen.

Man kan således ikke udfra forsøgsresultaterne med sikkerhed forudsige varmeudviklingen i beton med et andet v/c-forhold.

For at undersøge dette problem havde man på Portland Cement Association i Chicago startet en forsøgsrække, hvor cementpastaen blev holdt i stadig bevægelse under hærdningen for at undgå vandudskillelse.

Varmeledningsskalorimeteret.

U.S. Army, Corps of Engineers anvendte i deres laboratorium foruden opløsningsvarmemetoden to andre metoder til at bestemme hydratationsvarmen. Ved den første metode anvendes et *Carlson* varmeledningsskalorimeter, der er beskrevet af *Lerch* (48 L 25). Cementpastaen anbringes under et omvendt Dewars kar, så varmetabet til siderne er forhindret. Varmen ledes gennem en metalcylinder med kendt varmeledningstal ned i et vandbad, der holdes på konstant temperatur.

Foroven og forneden på metalcylinderen findes modstandstermometre. Udfra temperaturforskellen og de øvrige data for metalcylinderen kan den udviklede varmemængde bestemmes kontinuert.

Denne metode gør det muligt at bestemme, hvilken indflydelse temperaturniveauet har på varmeudviklingen.

En lignende metodik er anvendt ved bestemmelsen af hydratationsvarmen for de 27 forskellige cementer, der undersøges i den omfattende undersøgelse »Long-time Study of Cement Performance in Concrete«, der blev startet i 1940 af P.C.A., og som endnu ikke er afsluttet. Metoden egner sig bedst til at følge varmeudviklingen inden for de første 3 døgn, hvor der udvikles så store varmemængder, at temperaturforskellen mellem de to termometre er af passende størrelse. Efter længere lagringstider må man foretrække opløsningsvarmemetoden.

Dobbeltkalorimeteret.

Den anden metode, der anvendes af U.S. Army, var et interessant dobbeltkalorimeter til bestemmelse af den adiabatisk varmeudvikling.

I et kalorimeter var anbragt 400 gr cementpasta med et termobatteri. I et tilsvarende kalorimeter var anbragt 96 gr vand, der kunne opvarmes med en elektrisk varmespiral. Vandmængden er bestemt således, at de to systemer har samme varmekapacitet, idet man regner varmfylden for cementpastaen $c = 0,24$. I vandet var ligeledes anbragt et termobatteri. De to termobatterier indgik i elektrisk kredsløb, der automatisk åbnede for strømtilførslen til varmespiralen, og man kunne herved opnå, at vandbadets

temperatur fulgte cementpastaens temperatur, når denne steg på grund af udviklingen af hydratationsvarme.

Den varmemængde, der skulle tilføres varmespiralen i vandbadet for at følge cementpastaens temperaturstigning, blev målt af et registrerende wattmeter, således at man kunne følge hele temperaturforløbet.

Afsluttende bemærkninger.

Ved byggeforskningsinstituttets undersøgelse af muligheden for at udstøbe beton om vinteren har *Rastrup* opstillet en teori om temperaturens indflydelse på den hastighed, hvormed hydratationsvarmen frigøres, og en forsøgsrække er under udførelse på F. L. Smidth's laboratorium i København.

Forf. havde under sit ophold i USA lejlighed til at drøfte de foreløbige resultater med flere fremtrædende betonteknologer, der udviste meget stor interesse for forsøgene.

Udfra *Power's* undersøgelser (46 P 3) havde vi sluttet, at der måtte være en simpel sammenhæng mellem den udviklede varmemængde og den udviklede styrke i begyndelsen af hærdningsperioden, og denne antagelse er blevet bekræftet af de sidste forsøgsresultater fra »Long-Time Study of Cement Performance in Concrete«, idet det viser sig, at en sådan relation eksisterer for alle cementarter op til 28 døgn.

Resultaterne blev forelagt ved et A.S.T.M.-møde i San Francisco og er nu offentliggjort (50 V 4).

Lagret cement.

Ved de danske undersøgelser af hydratationsvarmeudviklingen har man iagttaget, at cement, der er lagret et par måneder, udvikler varmen betydeligt langsommere end frisk cement. Dette spørgsmål havde forf. lejlighed til at diskutere i USA, hvor man blev meget interesseret i at studere forsøgsresultaterne, når de til sin tid bliver offentliggjort. Man mente dog, at lagringen ikke altid ville retardere hydratationsvarmeudviklingen så kraftigt, som de danske erfaringer angiver, da det vil afhænge af cementens type, finhed og kemiske sammensætning. Såvidt vides, er der ikke i USA udført forsøg for at bestemme lagringens indflydelse på varmeudviklingen, derimod er der i tidens løb udført en lang række forsøg og gjort et utal af erfaringer med lagringens indflydelse på styrkeudviklingen. Den mest omfattende og grundige undersøgelse af dette spørgsmål er foretaget af *Abrams* (24 A 2), hvor man samtidig med styrkenedgangen har konstateret en forøgelse af cementens glødetab og en forøgelse af calciumkarbonatindholdet.

Bleeding.

Ved »bleeding« forstås det fænomen, at den frisk udstøbte beton efter nogen tids henstand afgiver en del af vandet, hvis det samlede overflade-

areal af betonblandingsens partikler ikke er i stand til at fastholde den iblandede vandmængde. Der er udført omfattende teoretiske og praktiske undersøgelser af dette spørgsmål ved Portland Cement Association (39 P 4), (44 S 3), (45 S 1), (49 V 3).

For nogle år siden søgte man at råde bod på denne vandudskillelse ved at forøge overfladearealet, enten ved at bruge mere finmalet cement eller ved at iblande filler.

En fillertilsætning har imidlertid ofte den virkning, at betonen bliver så tæt, at den får mindre holdbarhed, og man foretrækker derfor nu at anvende luftindblanding i betonen.

Ved Corps of Engineer's laboratorium i Clinton anvendes følgende fremgangsmåde, oprindeligt angivet af *T. C. Powers*, til bestemmelse af vandudskillelsen fra cementpastaer (CRD-221).

Af 250 gr cement fremstilles ved kraftig mekanisk omrøring en cementpasta med et v/c-tal på 0,53. I opslæmningen anbringes en cirkulær bakelitplade, der bærer et lodret glastrør med ganske ringe diameter. Denne svømmer vil synke ned igennem det udskilte klare vand og følge grænselaget mellem vand og cementpastaen under sedimentationen.

Trådkorset i en kikkert med vandret sigteplan indstilles på den øverste spids af glastrøret. Når svømmeren synker, bringes kikkerten til at følge med ved hjælp af en skrue. Herved bliver man i stand til at aflæse kikkertens vandring og dermed skillefladens synkning med 0,1 mm's nøjagtighed.

Ved at tage sammenhørende værdier af synkning og tidsforløb fra afslutningen af cementpastaens oprøring kan man optegne en vandudskilleskurve, der forløber retlinet på det første stykke og derefter krummer svagt, indtil et vandret niveau er nået, hvor yderligere synkning ophører på grund af begyndende afbinding af cementpastaen.

Fra den retlinede del af kurven kan beregnes vandudskillelseshastigheden, og fra den totale målte synkning kan beregnes den specifikke synkning og v/c-forholdet for pastaen, efter at vandudskillelsen er afsluttet.

Den sidste bestemmelse kan kontrolleres ved at dekantere og måle den udskilte vandmængde.

v/c-forholdet efter vandudskillelse er stigende med cementens overfladeareal. Man kan ved bestemmelse af vandudskillelseshastigheden finde resultater, der er nøje forbundne med de bestemmelser af cementens finhed, der foretages med Wagner's turbidimeter, men metoden er mere besværlig og kan ikke foreslås som afløser af turbidimetermetoden i almindelighed (39 P 4).

Luftindblandende Portland cement.

I 1942 blev der optaget en foreløbig norm for luftindblandende Portland cementer, C 175, omfattende cement af type I, II og III. De betegnes

IA, IIA, IIIA og skal opfylde de samme kemiske krav, som stilles til de ubehandlede cementer, men derudover skal de indeholde et luftindblandende stof i en sådan mængde, at der ved prøvning i henhold til en foreløbig prøvemethode (C 185) indblandes 18 ± 3 volumenprocent luft. Indtil videre er følgende 4 stoffer godkendt af A.S.T.M., nemlig

mærke	fabrikant
Vinsol Resin	Hercules Powder Co.
Darex AEA	Dewey and Almy Chemical Co.
N-TAIR	Newport Industries, Inc.
Airalon	Dewey and Almy Chemical Co.

I henhold til Federal Specifications SS-C-158b må luftindblandende cementer, der leveres til regeringen, kun indblande 16 ± 4 % luft.

Man har erfaret, at de fleste cementer, uden at det er tilsigtet, vil indblande en vis luftmængde på grund af de hjælpestoffer, der anvendes ved formalingen, eller olie der drypper fra lejer etc.

Man har derfor foretaget en foreløbig revision af A.S.T.M. (C 150), der omfatter ubehandlede Portland cementer. Herefter må de ubehandlede cementer kun indblande 15 % luft, medens Federal Specifications angiver 8 %. I begge tilfælde forudsættes anvendt ovennævnte prøvemethode (C 185) som nærmere beskrives nedenfor.

Kontrol af luftindblandende cement.

Der fremstilles en mørtel i blandingsforholdet 1 : 4 af Ottawa Standard sand med samme kornkurve som ved bestemmelsen af trækstyrken, se fig. 3.1. Vandtilsætningen afpasses således, at man opnår en flydning på 2,4—2,9" ved *Burmister's* mortar flow trough vist i fig. 3.2.

Mørtelen anbringes i venstre side af truget, spærringen fjernes, og ved at dreje håndtaget løftes trugets højre ende $1\frac{1}{2}$ " for derefter at falde frit. Efter 10 slag måles mørtelens udflydning, og den ønskede konsistens er opnået, når mørtelen har bevæget sig 2,4"—2,9" ~ 6—7 cm ned mod højre ende.

Ved vejning af 500 cm³ mørtel, der er bearbejdet på en standardiseret måde i en beholder, bestemmes mørtelens rumvægt. Dernæst beregnes en teoretisk rumvægt for luftfri mørtel. I beregningen af denne teoretiske rumvægt indgår materialemængderne og deres vægtfylde.

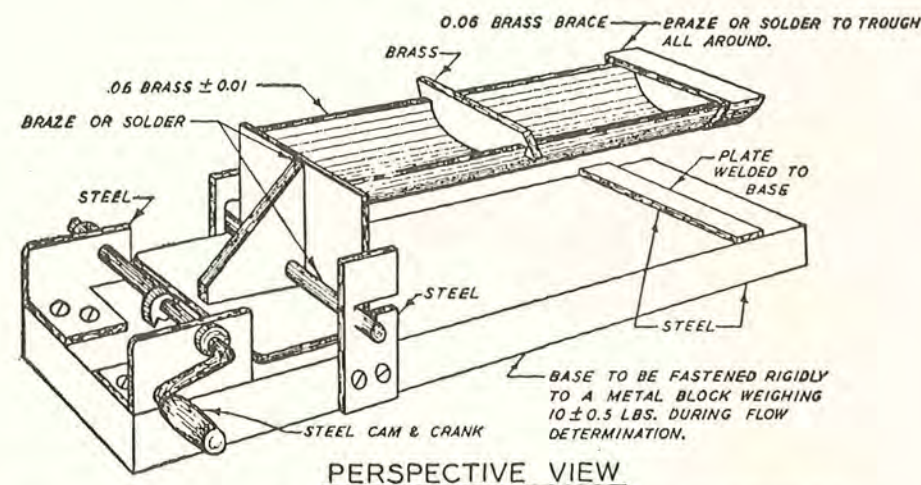
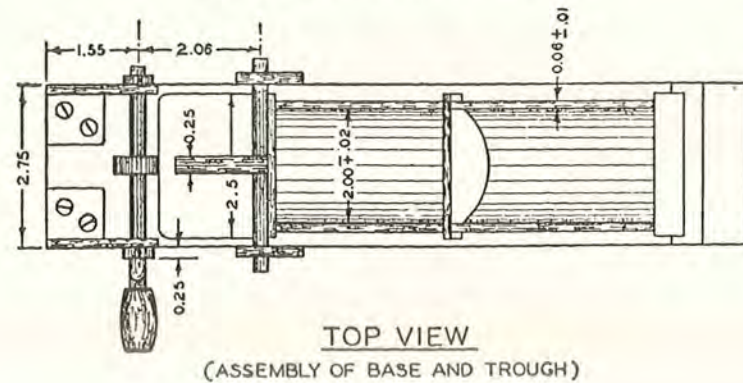
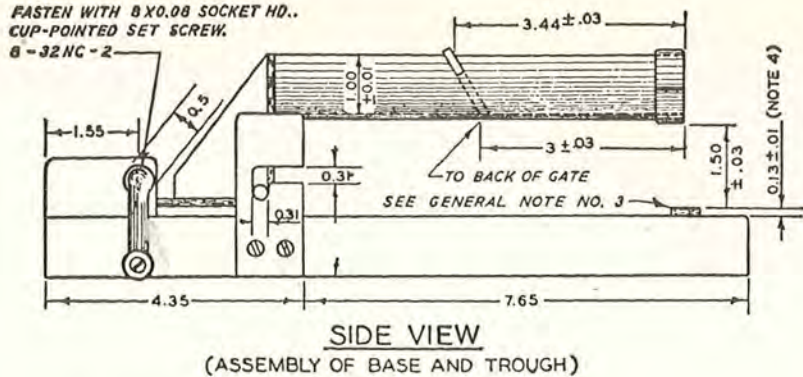
Fra de således bestemte rumvægte kan den indblandede luftmængde beregnes i volumenprocent.

Forsøget skal gentages med en ny blanding, og afvigelser fra gennemsnittet må ikke overstige 1 % luft.

Fysiske egenskaber.

Kravene til finhed, formbestandighed og afbindingstider er de samme for luftindblandende Portland cement som for de ubehandlede.

FASTEN WITH 8 X 0.08 SOCKET HD.,
CUP-POINTED SET SCREW,
8-32 NC-2



NOTE: THE TROUGH SHALL BE OF YELLOW BRASS WITH BRAZED OR SOLDERED CONNECTIONS. THE INNER SURFACE OF THE TROUGH SHALL HAVE AN UNPLATED SMOOTH, POLISHED FINISH.
Fig. 3. 2. *Burmister's* apparat til bestemmelse af flydeevnen af luftindblandende cementpasta.

Kravene til trykstyrke fremgår af nedenstående tabel 3.3. Der foretages ikke undersøgelse af trækstyrken.

Tabel 3.3. Sammenligning mellem trykstyrken for ubehandlet og luftindblandende Portland cement.

Lagringsmåde	Styrke i lbs/sq. in					
	I	I A	II	II A	III	III A
1 døgn fugtig luft	—	—	—	—	1250	1100
1 døgn f. l. + 2 døgn vand	900	750	750	600	2500	2200
1 døgn f. l. + 6	1800	1500	1500	1250	—	—
1 døgn f. l. + 27	3000	3000	3000	2500	—	—

Det fremgår af tabellen, at styrkekravene er mindre for den luftindblandende cement undtagen for type I A efter 28 døgns lagring. Luftindblandingen nedsætter vandbehovet i almindelighed, hvorved man delvis kompenserer styrketabet på grund af luftporerne, men virkningen er mindst for de fede blandinger. Ved normprøvelegemerne, der har et blandingsforhold på 1:2,75, bliver cementindholdet ca. 550 kg/m³, og nedgangen i vandbehovet medfører kun en nedgang i v/c-forholdet fra ca. 0,51 til 0,50.

Anvendelsen af luftindblandende cement ved fremstilling af beton vil ikke forårsage så stor styrkereduktion, som kravene i normerne lader formode, dels fordi vandbehovet reduceres mere, og dels fordi luftindholdet bliver mindre på grund af mindre sandindhold i normal beton end i denne mørtel.

Alle disse problemer vil blive mere indgående behandlet i en særlig artikel om luftindblanding, hvor det ligeledes vil blive behandlet, hvorfor man må foretrække at tilsætte luftindblandingsmidlet ved blanderen i stedet for at bruge luftindblandende cement.

Portland-slaggecement.

I A.S.T.M. er der i 1948 optaget en foreløbig specifikation (C 205) for Portland-slaggecement, der fremstilles ved at blande granuleret højovns-slagge med Portland cement klinker. Slaggetilsætningen skal andrage 25—65 %. Cementen skal have omtrent samme finhed som type II. Den tilladelige udvidelse ved autoklaveprøven er kun 0,2 % mod 0,5 % for almindelig Portland cement. Kravene til trykstyrke og trækstyrke er som for Portland cement type I. Slaggecementen kan leveres såvel ubehandlet som luftindblandende. Typebetegnelsen er henholdsvis IS og IS-A. Cement af denne type fremstilles ikke mere i Danmark, men har været anvendt i mange år i Tyskland, Belgien og Frankrig.

Roman cement.

Denne cementart hedder på engelsk natural cement og betegnes som type N for den ubehandlede cement, medens den luftindblandende cement af denne type betegnes med NA.

Den fremstilles ved at uddrive kulsyren af en lerholdig kalksten ved brænding og derefter finmale produktet.

I den foreløbige specifikation (C 10) stilles der store krav til finmalingen, idet den specifikke overflade i gennemsnit skal være 6000 cm²/gr og ikke under 5500 cm²/gr for en enkelt prøve.

Finheden bestemmes ved *Blaine's* permeabilitetsmetode.

Afbindingstiden bestemmes i henhold til (C 229) ved at benytte en *Vicat* nål med 2 mm diameter. I stedet for cementpasta anvendes ved undersøgelsen en mørtel 1 : 1, hvor sandet er graderet Ottawa sand.

Afbindingstiden skal mindst være 1/2 time og må ikke overstige 6 timer.

Trykstyrken af mørtelterninger i blandingsforholdet 1 : 1 skal efter 7 døgn være mindst 500 lb/sq. in. ~ 35 kg/cm² og efter 28 døgn 1000 lb/sq. in ~ 70 kg/cm². Roman cement bruges i USA mest i sammenblanding med Portland cement, hvor man vil begrænse hydratationsvarmen, men har også i en vis udstrækning været anvendt i vejbygning.

Da man i slutningen af trediverne bemærkede, at betonveje, der var fremstillet med en blanding af Portland og Roman cement, havde betydelig længere levetid end veje med ren Portland cement, troede man først, at det var Roman cementen, der var skyld i den forøgede holdbarhed. Senere fandt man ud af, at der var dryppet olie fra et utæt leje ned i den anvendte Roman cement under formalingen. Olien havde bevirket en luftindblanding, og det var dette, der havde forårsaget den større holdbarhed og ikke Roman cementen.

Murværks-cement.

Dette er en specialcement, der benyttes ved opmuring. Den giver større plasticitet end almindelig Portland cement.

Ved dens fremstilling kan være anvendt forskellige blandinger af flere af følgende stoffer, Roman cement, granuleret højovnsslagge, Portland cement, læsket kalk, calcium eller aluminium stearat, paraffinolie, calciumklorid, knust kalksten, kolloidalt ler og moler.

Den prøves i overensstemmelse med A.S.T.M. (C 91).

Mørtelterninger i blandingsforholdet 1 del murværks-cement til 3 dele Ottawa standard sand skal efter 7 døgn have en brudstyrke på mindst 500 lb/sq. in. ~ 35 kg/cm² og efter 28 døgn 1000 lb/sq. in. ~ 70 kg/cm² for type I. Hvor stor styrke ønskes, anvendes type II, der skal udvise de dobbelte brudstykker.

En vigtig egenskab ved murværks-cement er dens evne til at bevare sin plasticitet, når de tørre sten prøver at suge vandet ud af mørtelen.

For at undersøge cementens evne til at binde vandet bliver en mørtel af samme sammensætning som for trykprøvelegemer udsat for en sugning på 2" ~ 5 cm kviksølv i 60 sek. Efter denne sugning skal mørtelen have bevaret 70 % af sin oprindelige flydeevne. Flydeevnen bestemmes ved at måle udbredningen på et rystebord, som nærmere beskrevet i C 91.

Afsluttende bemærkninger om cement.

Af ovenstående gennemgang af de amerikanske normer og prøvemethoder vil man få et indtryk af det store arbejde, der gøres i USA for at kontrollere cementen og dens egenskaber, og man synes uvilkårligt, at de danske normer er meget lemfældige og utidssvarende, men som det allerede tidligere er nævnt, er der ikke det samme behov for detaljerede normer, når producenternes antal er ringe, og der fra fabrikernes side føres kontrol med den løbende produktion. En hel række af beskrevne prøvemethoder anvendes iøvrigt ved denne kontrol, selv om de ikke er foreskrevet som normprøver.

Et mere detaljeret normapparat er vel kun påkrævet i samme grad, som det medfører en forbedring af betonkvaliteten, og dette er sikkert i langt højere grad et spørgsmål om et kritisk valg af grusmaterialer og visse forbedringer af arbejdets udførelse end om stive specifikationer for cementens kemiske sammensætning etc. etc.

Det eneste, der er afgørende, er blot, at den danske cement er et standardprodukt med konstant kemisk sammensætning og fysiske egenskaber, så man kan bygge på tidligere indvundne erfaringer og ikke får variationer indenfor de enkelte partier, så lidt som over en længere produktionsperiode.

Disse variationer i cementkvaliteten er der imidlertid meget ringe kontrol med, hvis cementens styrkeresultater i gennemsnit ligger langt over normernes minimumskrav, som det nu er tilfældet.

Når det lykkes fabrikkerne at hæve gennemsnittet af cementens normtrykstyrker, uden at man samtidig hæver minimumskravene i normerne, er det i realiteten ensbetydende med, at sikkerhedsmarginen er større, og at den tilladte spredning vokser. Som påpeget af forf. i diskussionen af D. S. 411 (50-33) er denne situation meget uønsket fra et forbrugerstandpunkt, og selv om det nok vil møde en del modstand, ville det medvirke til forbedringen af betonens ensartethed, hvis minimumskravene var en funktion af de gennemsnitlige opnåede styrker ved normprøvning af frisk cement over en længere periode.

Formodentlig ud fra lignende overvejelser har man i Sverige indført den regel, at trykstyrkeresultater fra prøvestøbning af beton ved proportioneringen skal reduceres, såfremt den anvendte cements normstyrker er mere end 15 % højere end minimumskravene.

Vand.

Der stilles i USA de samme krav til vand, der skal benyttes ved betonfremstilling som i Danmark, nemlig at det skal være fri for organiske bestanddele og skadelige mængder af syrer og alkalier. Vedrørende det sidste punkt er kravene, at p_H skal ligge mellem 6,0 og 8,0.

Vand, der benyttes til vådlagring, skal opfylde strengere krav, fordi små mængder jern eller organiske stoffer, der er uskadelige ved blandingen, på grund af fordampningen under vådlagringen vil blive så stærkt koncentreret, at man får skæmmende skjolder.

U.S. Corps of Engineers angiver, at et jernindhold under $1:10^6$ ikke vil give skjolder. Ved en koncentration mellem $1:10^6$ — $2:10^6$ får man kun ringe misfarvning, medens højere koncentrationer absolut bør undgås, hvis man lægger vægt på et smukt udseende.

Jernindholdet i vandet bestemmes ved en kolorimetrisk metode (CRD-C 402), der er baseret på A.S.T.M.'s foreløbige metode D 1068. Sulfat- og kloridindhold bestemmes efter henholdsvis A.S.T.M. D 516 og D 512.

Vandets p_H -tal bestemmes efter (CRD-C 405) ved en kolorimetrisk eller elektrometrisk metode.

Grus.

Der stilles store krav til det tilslagsmateriale, man anvender, og da det i USA er af stærkt forskellig oprindelse, er der udarbejdet en lang række prøvemethoder.

Grusets kornform.

Der udføres sigteanalyser i henhold til C 136, hvor bl. a. er angivet prøvens størrelse i afhængighed af største korndiameter. Der anvendes *Tyler-sigte*, hvor forholdet mellem maskevidden af 2 på hinanden følgende sigter er 2,0.

På basis af resultaterne beregnes *Abram's* finhedsmodul $F. M.$, der finder udstrakt anvendelse til karakterisering af gruset.

Stenenes kornform.

Der er ikke opfundet nogen nem og let metode til at udtrykke kornformen. U.S. Corps of Engineers bestemmer indholdet af flade og aflange partikler i stenmaterialet ved en håndsortering (CRD-C 119).

En sten er defineret som aflang, hvis største dimension er mere end 5 gange mindste dimension, og denne er omtrentlig lig med den mellemliggende.

En sten er defineret som flad, hvis største dimension er omtrent lig med den mellemliggende dimension og mere end 5 gange den mindste

dimension. Der anvendes prøver på ca. 9 kg for 40—75 mm sten og 5 kg for 5—40 mm sten.

Ved håndsortering deles stenene i 3 bunker, 1 med sten man med sikkerhed vil karakterisere som flade eller aflange, 1 med sten, som man med sikkerhed vil karakterisere som hverken flade eller aflange, og den sidste bunke indeholder de tvivlsomme, idet man ved sorteringen ikke måler, men nøjes med et visuelt skøn. Efter sorteringen deles den tvivlsomme bunke i 2 lige store dele, der lægges til hver sin bunke. Derefter udtrykkes mængden af flade eller aflange partikler i vægtprocent af den totale mængde.

Den således bestemte vægtprocent af flade eller aflange partikler må almindeligvis ikke overstige 15—20 %, men grusets anvendelighed beror naturligvis på, hvilket blandingsforhold man tilstræber.

Sandets kornform.

Sandets kornform har endnu større betydning for vandbehov og støbelighed og underkastes en endnu mere differentieret analyse (CRD-C-120).

Man arbejder med følgende 6 kategorier:

- 1) runde = omtrent kugleformede og afrundede,
- 2) kubiske = omtrent kubiske med skarpe kanter. Forholdet f mellem største dimension d_s og mindste dimension d_m skal ligge mellem følgende grænser $1 < f < 2$,
- 3) pyramideformede,
- 4) korte, prismatiske = korte prismatiske korn med flad top og bundflade, $2 < f < 5$,
- 5) flade = $f > 5$, største og den mellemliggende dimension omtrent ens,
- 6) aflange = $f > 5$, mindste og den mellemliggende dimension omtrent ens.

Prøven skal være så stor, at den omfatter 200—300 korn indenfor hver sigtefraktion. Ved hjælp af et mikroskop og egnede nåle og pincetter foretages en sortering i ovennævnte 6 kategorier. Hvor det er vanskeligt at afgøre, om kornene er kort prismatiske eller flade, medregnes halvdelen til hver af disse 2 kategorier.

Ved mikroskoperingen anvender U.S. Corps of Engineers 7 gange forstørrelse for alle kornstørrelser ned til 0,2 mm. Herunder bruges 20 gange forstørrelse.

Ved gentagelse af sorteringen skulle resultaterne efter nogen øvelse ikke afvige mere end 1 %.

Petrografiske undersøgelser.

Ved alle større betonforskningslaboratorier i USA er der ansat en eller flere geologer, der foretager omfattende undersøgelser for at bestemme

tilslagsmaterialets petrografi. Årsagen er, at man ved større byggearbejder som dæmninger etc. er henvist til at skaffe sig tilslagsmaterialet ved at åbne nye stenbrud. Man mangler så den erfaring, man i tidens løb har samlet vedrørende egnetheden af tilslagsmaterialer, der har været kommercielt udnyttet i en årrække til mindre bygværker.

Disse undersøgelser er blevet særlig aktuelle, efter at man i begyndelsen af fyrrerne havde opdaget, at årsagen til alvorlige og omfattende revnedannelser i broer, veje og dæmninger var kemiske reaktioner mellem visse mineraler og cementens alkalier. Da man efterhånden har fået opstillet en lang liste over mineraler, der deltager i disse processer, og da virkningen er stærkt afhængig af de tilstedeværende mængder af reagerende mineraler, er en sådan undersøgelse af den største betydning for levetiden af et bygværk, hvis betonvolumen kan andrage mere end en million kubikmeter med tilsvarende høje anlægsudgifter.

De ovenfor nævnte reaktioner mellem gruset og cementen vil nærmere blive behandlet senere, og da den petrografiske metodik kun har begrænset interesse i Danmark, hvor man sjældent åbner nye grusgrave og endnu ikke med sikkerhed har konstateret denne grus-alkalireaktion, skal der blot henvises til, at ægteparret *Mather* har skrevet en udførlig artikel (50 M 18) om de metoder, der anvendes af U.S. Corps of Engineers. Artiklen indeholder ca. 60 litteraturhenvisninger og vil sandsynligvis blive offentliggjort af A.S.T.M. i nær fremtid.

Forureninger i gruset.

Der findes i A.S.T.M. en norm for tilslagsmaterialer til beton (C 33). Heri angives de tilladelige vægtmængder af forureninger for sand og sten.

Forureninger i sand.

For sandet anbefales følgende grænser, og det afgøres derefter af bygherren, hvilke endelige grænser der skal angives i kontrakten og arbejdsbeskrivelsen.

Lerklumper	0,5 —1,0 vægtprocent
kul og lignite	0,25—1,0 —
materiale < 0,007 mm	
beton udsat for slid	2 —4 —
anden beton	3 —5 —

Mængden af lerklumper bestemmes efter C 142, hvor prøvens størrelse er angivet i afhængighed af største kornstørrelse. Prøverne tørres til konstant vægt ved en temperatur af 110° C, hvorefter man efter sigtning spreder prøven ud i et tyndt lag og med fingrene knuser alle lerklumper.

Derefter bestemmes sigtetabet, og lerindholdet kan beregnes i vægtprocent af den oprindelige prøve.

Bestemmelsen af kul og lignite foretages efter C 123 ved at hælde en sandprøve i en vædske med vægtfylde 2,0, der kan fremstilles ved blanding af tetraklorkulstof og acetylentetrabromid. Herved vil kul, træ og andre organiske lette materialer flyde ovenpå, og efter dekantering, tørring og vejning kan vægtprocenten beregnes.

Bestemmelsen af materiale < 0,07 mm bestemmes efter C 117 ved at omryste sandprøven kraftigt med vand, så de fine partikler opslemmes i vandet, der derefter hældes igennem en 1,2 mm og 0,07 mm sigte. Resten på disse sigter føres tilbage til den oprindelige prøve, der derefter tørres og vejes, hvorefter tabet kan beregnes i vægtprocent.

Organiske urenheder iøvrigt bestemmes efter C 40 ved omrystning af en sandprøve med en 3 % natriumhydroxyd opløsning og henstand i 24 timer, hvorefter vædskens farve sammenlignes med en standardopløsning af garvesyre og natriumhydroxyd eller en glasplade med en standardiseret gul farve.

Hvis vædsken bliver mørkere end denne standardfarve, skal der foretages sammenlignende styrkeundersøgelse med mørtler i henhold til C 87 af henholdsvis et graderet standardsand, der har et finhedsmodul på $2,40 \pm 0,10$, og det sand man vil undersøge.

Der fremstilles en cementpasta med et v/c-forhold på 0,6, hvorefter man tilsætter så meget standardiseret sand, at man opnår en ganske bestemt flydevne, hvorefter der fremstilles prøvelegemer.

Tilsvarende fremgangsmåde anvendes for det sand, man vil undersøge.

Variationen i de vægtmængder sand, cementpastaen kan optage, er i sig selv en oplysning om sandets egnethed, men prøven er hovedsagelig baseret på at bestemme en eventuel reduktion i styrken på grund af skadelige stoffer.

Dette kan man få oplyst, fordi de to mørtler har samme v/c-forhold og skulle derfor have omtrent samme styrke.

Hvis det undersøgte sand har betydelig lavere styrke, må der være skadelige stoffer i sandet. I kontrakter og beskrivelse for de enkelte arbejder må angives, hvor stor en styrkereduktion man vil tillade, når sandet prøves efter denne metode.

Forureninger i sten.

Der stilles lignende grænser for de tilladelige forureninger af sten som for sandet, nemlig

kul og lignite	0,25—1,0 vægtprocent
lerklumper	0,25 —
materiale < 0,07 mm	0,5—1,0 —

Hvis materialet finere end 0,07 mm hovedsagelig består af stenstøv fra knusningen af skærver, kan intervallet erstattes med 0,75—1,5 vægtprocent.

Ved bestemmelsen af vægtmængderne af de ovenfor nævnte materialer anvendes de samme prøvemethoder som angivet for sandet. Der er desuden angivet, at indholdet af »bløde sten« bør være mindre end 2 % og skal være mindre end 5 %.

Grusets sundhed.

Dette undersøges efter 3 principielt forskellige metoder, nemlig sulfatprøven, frysning af gruset og frysning af beton med »frostsikker« cementpasta.

Sulfatprøven.

For at bestemme grusets sundhed kan man foretage en undersøgelse i henhold til C 88. Prøven kan være orienterende i de tilfælde, hvor man ikke ved mange års erfaring har fået sikkerhed for materialernes evne til at modstå forvitring.

Ved denne metode bringes sulfater til at udkrystallisere sig i materialets porer, hvorved let-forvitrende materialer vil blive sprængt.

En grusprøve opdeles i fraktioner ved sigtning, hvorefter der fra hver fraktion udtages en portion, hvis størrelse afhænger af kornstørrelsen. For sand benyttes prøver på 100 g, medens man f. eks. for 19—38 mm sten benytter 1500 g.

Efter vejning bliver hver sigtefraktion anbragt i fintmaskede ståltrådskurve og nedsænket i en mættet opløsning af natriumsulfat eller magnesiumsulfat, hvor de henstår i 16—18 timer ved en temperatur på $21 \pm 1^\circ \text{C}$.

Det er meget vigtigt, at denne temperatur holdes konstant, da særlig mængden af opløst natriumsulfat er meget temperaturafhængig.

Efter neddykningsperioden bliver prøverne tørrede i en ovn til konstant vægt ved en temperatur af $105\text{--}110^\circ \text{C}$.

Denne proces gentages et nærmere specificeret antal gange f. eks. 10, hvorefter man udvasker prøven med rent vand for at fjerne overskydende natrium- eller magnesiumsulfatopløsning. Efter fornyet tørring sigtes prøverne atter, og man bestemmer vægttabet på hver fraktion, hvorefter man fra den oprindelige sigteanalyse kan bestemme et afvejet vægttab for den oprindelige sten- eller sandprøve.

Der er ikke i A. S. T. M. angivet nogen specifikation for cyclernes antal og maximalt vægttab, idet det beror på den enkelte bygherre at formulere sine krav.

U. S. Army, Corps of Engineers angiver f. eks. et maksimalt vægttab på 10 % efter 10 cykler.

Metoden er et forsøg på at bedømme et grusmateriales forvittringsmod-

stand på en hurtigere måde end ved frysning og optøning, idet man ved at lade krystaller vokse i stenmaterialeets porer mener at efterligne frostens virkning. Frysning af porøse materialer er imidlertid en så kompliceret proces, at man ikke kan forvente særlig god korrelation mellem de to metoder, og resultaterne fra ovennævnte undersøgelse kan kun benyttes som en grov orientering. Det er da også angivet, at et materiale, som kasseres på ovennævnte grundlag, vil blive godkendt, hvis det består en frysings- og optøningsprøve.

Frostprøvning af gruset.

Der arbejdes på udarbejdelsen af A. S. T. M. metoder for frostprøver, men vanskelighederne er store, fordi man endnu kun har et overfladisk kendskab til hele det kompleks af faktorer, der bestemmer materialernes modstandsevne overfor frost.

Ved samtaler med *T. C. Powers* blev det bl. a. oplyst, at anvendelse af hans teori om, at nedbrydningen skyldes, at det ufrosne vand bringes til at passere gennem porerne, når isdannelsen begynder, gør det muligt at beregne en kritisk dimension for hvert korn i afhængighed af porestrukturen og stenartens permeabilitet.

Når partiklen overtrækkes med cementpasta, hvis permeabilitet er af samme størrelsesorden som for granit, bliver forholdene så stærkt ændret, at det er vanskeligt at slutte fra en frostprøve af stenmaterialet, før det bliver indesluttet i betonen, til, hvorledes det vil være egnet som tilslagsmateriale til beton.

Ikke destomindre anvendes frostprøver af tilslagsmaterialer flere steder. Man bestemmer vægttabet af hver sigtefraktion på analog måde som ved sulfatundersøgelsen. Der anvendes mange forskellige værdier for maksimumtemperaturen under optøning og minimumtemperaturen under frysning, hvor gruset er neddyppet i en kuldeblanding.

Frostprøvning af beton med »frostsikker« cementpasta.

På grund af vanskeligheden ved at fastslå grusets frostfasthed, når det er indesluttet i beton ud fra frostfastheden ved direkte frysning af gruset, må man efter forfatterens mening langt foretrække følgende metode, der anvendes af Concrete Research Division, U. S. Army, Corps of Engineers.

Metoden er beskrevet i CRD—C 114 og går i korthed ud på at fremstille en beton med et fast v/c-forhold på 0,49 med det grusmateriale, man vil undersøge.

Det gælder om, at den nedbrydning, man iagttager og måler, alene skyldes gruset og ikke en kombination af skaderne på gruset og cementpastaen.

Ved at indblande en tilstrækkelig luftmængde fordelt i fine porer gør man cementpastaen frostsikker. I dette tilfælde er angivet, at betonen skal

indeholde $4,5 \pm 0,5$ % luft, der er indblandet ved anvendelse af neutraliseret Vinsol Resin.

Sand og sten skal have deres kornkurve beliggende indenfor de på figur 3.3 angivne grænser.

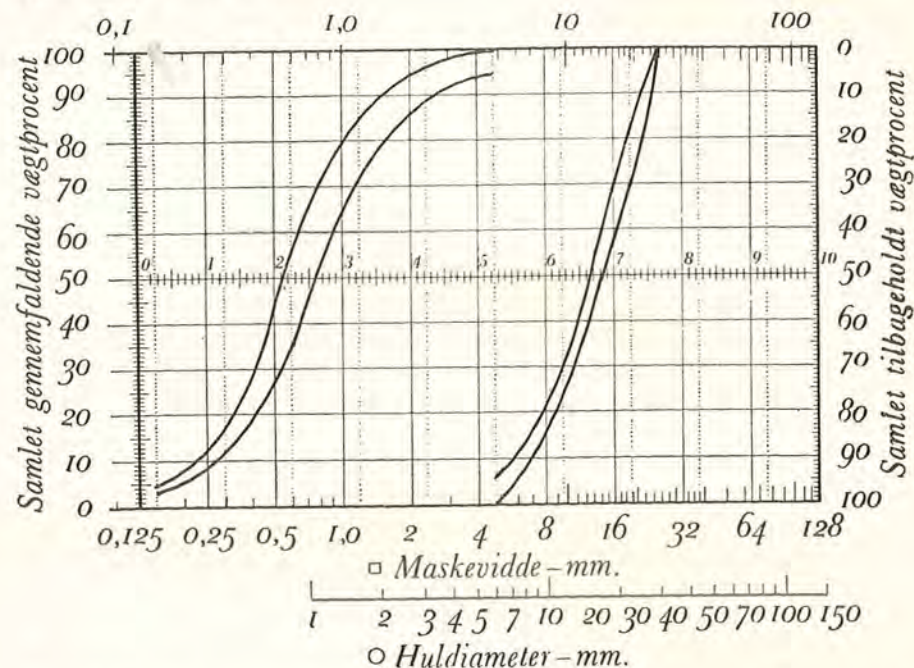


Fig. 3.3. Kornkurvegrænser for henholdsvis sand og sten ved fremstilling af prøvelegemer med »frostsikker« cementpasta. (CRD—C 114).

Man foretrækker at udstøbe betonen med den kombination, der senere skal anvendes i bygværket, så man samtidig får undersøgt de to grusmaterialers evne til at samarbejde, når temperaturen varierer. Denne egenskab kaldes »compatibility« og er nærmere beskrevet under grusets termiske egenskaber.

Grusets overfladefugtighed.

En løbende kontrol af grusets overfladefugtighed er af den største betydning for at opnå en homogen beton.

Ved tørre betoner kan op til 30 % af det totale vandindhold hidrøre fra den fugtighed, der er i gruset. Når materialerne afvejes, skal vægten korrigeres for vandindholdet, da proportioneringen som regel er baseret på tørre materialer, men desuden skal vandmængden, der tilsættes ved blanderen, varieres, når overfladefugtigheden ændrer, så betonens totale vandindhold holdes konstant.

Når gruset afmåles, er det endnu vigtigere at kende grusets og specielt sandets fugtighedsindhold, da sandet »svælder« med stigende vandindhold til et maksimum for derefter at aftage.

Da vandmængden har så afgørende betydning på betonkvaliteten, er der gjort mange anstrengelser for at finde egnede metoder til at udføre løbende kontrol af sandets fugtighed.

A. S. T. M. angiver i C 70 en metode til bestemmelse af sandets fugtighed. Ved vejning under vand bestemmes sandets neddykkede vægt, hvorefter man kan bestemme sandets vægt i luft i tør tilstand, når man i forvejen har bestemt sandets vægtfylde. Forskellen mellem den fugtige sandprøves vægt i luft og den beregnede vægt af sandprøven i luft angiver fugtighedsindholdet.

Ved denne metode kan anvendes enhver beholder, som kan fyldes til et bestemt rumfang med stor nøjagtighed.

Bureau of Reclamation benytter henkogningsglas med en konisk overdel, der kan fyldes nøjagtigt. Der kan også benyttes et hævertsystem til at sikre sig et ganske nøjagtigt niveau af vandoverfladen.

I Danmark anvendes cylindriske vejebeholdere med afslebet glaslæg, der skydes ind over vejebeholderen. Udtørring af sandet i en stegepande er mindre tilfredsstillende end de ovenfor nævnte pyknometermetoder, fordi man nemt risikerer, at vand, der er absorberet i grusets indre porer, også fordampes.

Pyknometermetodens nøjagtighed er til gengæld meget afhængig af, at man får uddrevet al luften af prøven, og at man nøjagtigt kender prøvens vægtfylde.

Alle disse metoder har imidlertid den gene, at det tager nogen tid at udføre dem, og de nødvendige ændringer i vandtilsætningen sker mange blandinger senere.

Da vandindholdet i visse tilfælde kan variere meget kraftigt ned igennem en silo eller en sandbunke, f. eks. hvor der om vinteren anvendes damp til optøning, er det meget vigtigt at finde nye metoder.

En af disse består i at måle ændringer i sandets elektriske ledningsevne, da denne vokser med voksende vandindhold.

Forsøg har været udført på en større arbejdsplads med at anbringe en elektrode i midten af afvejningsspanden under sandsiloen og benytte spændens væg som den anden elektrode (35 W 2). Der blev benyttet en spænding på 90 volt fra et tørbatteri, og strømstyrken aflæstes på et milliamperemeter.

Man fik en ret stor ændring i aflæsningerne med fugtighedsindholdet, således 10 m. a. ved 1 % fugtighed og ca. 100 m. a. ved 6 % fugtighed.

Vanskeligheden ved metoden er, at man må fremstille en ny kalibreringskurve for hvert materiale, og ledningsevnen er iøvrigt afhængig af temperaturen og vandets saltindhold. Den anvendes ikke almindeligt i USA på arbejdspladserne.

Ved Bureau of Public Roads havde man udarbejdet en lille tragtførmålertil efter samme princip. Den var beregnet til at måle fugtigheden forskellige steder i en sandbunke, men den ville ikke kunne benyttes til automatisk kontrol af hver enkelt sandportion, der indgår i en betonblanding.

Ved University of California arbejdede man med målemetoder, hvor man ville følge ændringer i fugtighedsindholdet ved at følge ændringer i kapaciteten mellem 2 faste elektroder. Der benyttedes en dobbelt Wheatstone-bro for at kompensere for ændringer i modstanden. Metoden var endnu ikke bragt ud over forsøgsstadiet, men det kan nævnes, at det samme princip er anvendt i apparater, der forhandles af Struers laboratorium i København til at måle fugtighedsindhold i korn etc.

Måling af overfladefugtigheden ved en løbende kontrol er ganske afgørende for at forbedre betonens homogenitet, og der er ingen tvivl om, at en stor del af de store investeringer i automatiske afvejninger af cement og tilslagsstoffer er delvis forgæves, indtil man har fundet en hurtig og pålidelig metode til at følge fluktuationerne i sandets fugtighedsindhold.

Grusets termiske egenskaber.

Generelle bemærkninger.

I den allersidste tid er man i USA begyndt at interessere sig for en tilsyneladende meget vigtig egenskab hos betonens bestanddele, nemlig deres »samarbejdsevne i termisk henseende«, der på engelsk kaldes »thermal compatibility«.

Herved mener man, at den termiske udvidelseskoefficient for gruset så vidt muligt skal være af samme størrelsesorden som cementpastaens, og man har ved U. S. Army, Corps of Engineers gennemført en omfattende forsøgsserie, hvor man har bestemt den termiske udvidelseskoefficient for både stenmaterialet og cementmørtelen og beregnet forskellen mellem de to udvidelseskoefficienter Δc . Derefter har man fremstillet betonprøvelegemer og udsat dem for frysning og optøning og fulgt kvalitetsforringelsen ved at bestemme den dynamiske elasticitetskoefficient. Som vist på figur 3.4 har man ved disse forsøg fundet en ret snæver korrelation mellem disse to egenskaber, således at jo større forskel der er imellem udvidelseskoefficienterne, des mindre er holdbarheden.

Resultaterne fra disse laboratorieundersøgelser har allerede medført, at Corps of Engineers ved opførelsen af en dæmning har krævet, at sandet skal fremstilles ved knusning af stenmaterialet, da det naturlige sand, der var til rådighed, ville give en mørtel, hvis udvidelseskoefficient afveg for meget fra stenes.

Disse specifikationer har naturligvis medført en ikke uvæsentlig for-

dyrelse af anlægsudgifterne og givet anledning til megen diskussion, som grusgravejerne gennem National Sand and Gravel Association tager stærkt del i.

Flere uafhængige forskere mener, at de spændinger, der forårsages af forskellen i udvidelseskoefficienterne, er meget små i forhold til spændingerne, der forårsages af svindet. Dette er også rigtigt, men svindet optræder stort set kun en gang og på et tidspunkt, hvor betonen endnu er ung og kan udligne spændingerne ved plastiske deformationer i kitmassen, medens de termiske spændingsvekslinger fortsætter gennem hele betonens levetid og tilsidst bevirker udmattelsesbrud. Det kan i denne forbindelse omtales, at såfremt man anerkender betydningen af betonkomponenternes termiske samarbejdsevne, bliver det vigtigt, at adhæsionen mellem kitmassen og gruset finder sted ved en sådan temperatur, at kitmassen under normale temperaturforhold er udsat for tryk i stedet for træk, fordi kitmassens trykstyrke er mange gange større end trækstyrken.

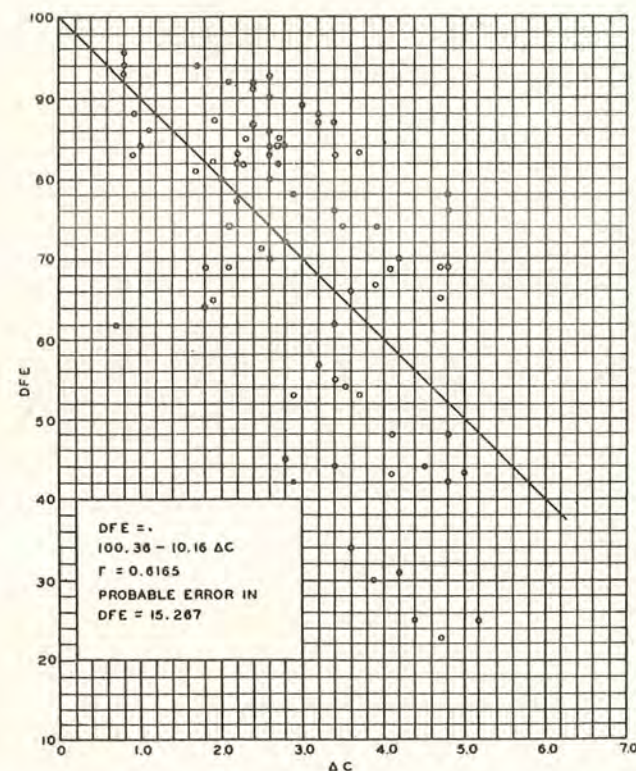


Fig. 3.4. Sammenhæng mellem holdbarhed og forskel i varmeudvidelseskoefficient for sten og mørtel. Som ordinat er afsat holdbarhedsfaktoren, der beregnes ud fra nedgangen i den dynamiske elasticitetsmodul efter 300 frysninger og optøninger. Som abscisse er afsat forskellen i varmeudvidelseskoefficienter $\times 10^6/F^\circ$.

Valenta har ydet et meget interessant teoretisk bidrag til denne diskussion ved opstilling af en teori vedrørende betonens modstandsevne overfor frost og tø (48 V 1).

Bestemmelse af stens termiske udvidelseskoefficient.

Ved den ovenfor omtalte forsøgsrække blev stenenes udvidelseskoefficient bestemt ved følgende metode, som er standardiseret som normal fremgangsmåde ved alle U. S. Armys distriktslaboratorier.

Af stenmaterialet udskæres 3 prøvestykker ca. $5 \times 3 \times 1$ cm, der hver repræsenterer en hovedretning i stenen, som vist på figur 3.5. På stenoverfladen fastklæbes 2 SR—4 deformationsmålere (strain-gages) ved hjælp af Duco-cement. Prøvestykkerne monteres på en hylde sammen med et kontrolprøvelegeme med kendt udvidelseskoefficient f. eks. en kvartskrystal, hvis specifikke udvidelseskoefficient parallelt med C-aksen regnes at være $7,7 \times 10^{-6}$ pr. ° C. Hylde anbringes (fig. 3.6) i en termostat, der skifter mellem 35° F og 135° F. Når der i hver stilling er opnået temperaturligevægt, hvilket kontrolleres med termoelementer, bestemmes længdeændringerne ved successiv aflæsning af deformationsmålerne.

Da ændrede modstande i ledningssystemerne, fugtighed og varierende modstande i kontaktfladerne i omskifteren kan påvirke resultaterne, benytter man ikke de absolutte værdier fra deformationsmålerne, men kompenserer for disse unøjagtigheder ved at udtrykke udvidelseskoefficienterne i forhold til kvartskrystallernes og bestemmer et middeltal af 2 parallelle målere på hvert prøvestykke. Resultaterne for de 3 retninger benyttes til dannelse af et middeltal for stenenes udvidelseskoefficient i alle retninger. Målingen gentages 10 gange.

Den anvendte prøvemethode og de hidtil opnåede resultater er beskrevet i Bulletin nr. 34 (50 C 14).

Reaktioner mellem cement og grus.

I den kronologiske rejserapport er omtalt de iagttagelser, forfatteren havde lejlighed til at gøre ved studier af et bygværk i Californien, hvor man havde konstateret kraftige revnedannelser som følge af fysisk-kemiske reaktioner mellem cementens indhold af alkalier og visse grussorter. Disse revnedannelser kan undgås på 3 forskellige måder:

- 1) Anvendelsen af grus, der ikke er reaktivt.
- 2) Anvendelsen af cement, der ikke indeholder mere end ialt 0.6 % Na_2O og K_2O beregnet som ækvivalent natriumilte, hvor man er nødt til at anvende reaktivt grus, og cementen er den eneste bestanddel, der indeholder alkalier.
- 3) Tilsætning af visse puzzolaner.

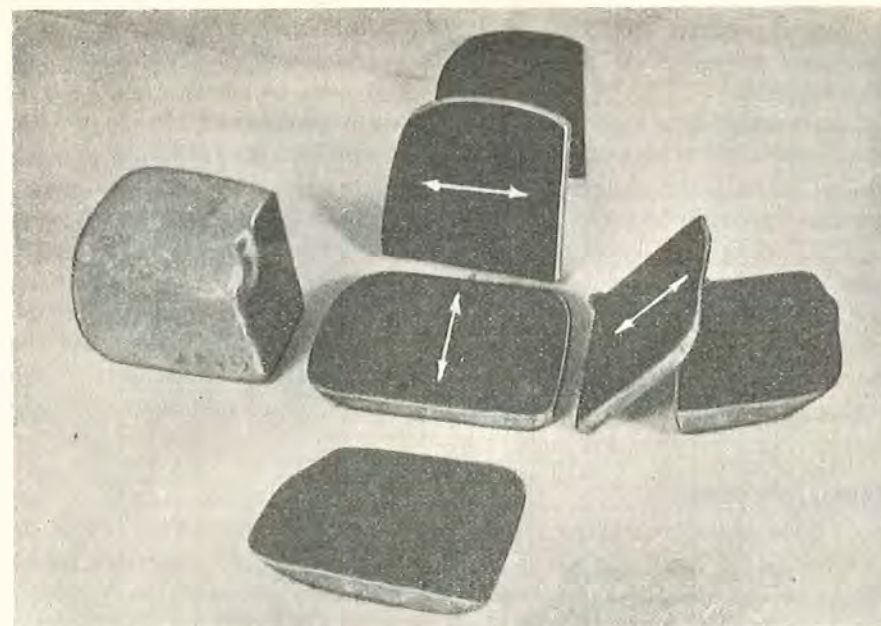


Fig. 3.5. Billedet viser, hvorledes en sten skæres i stykker, hvorefter der anbringes strain-gages, som angivet af pilene.

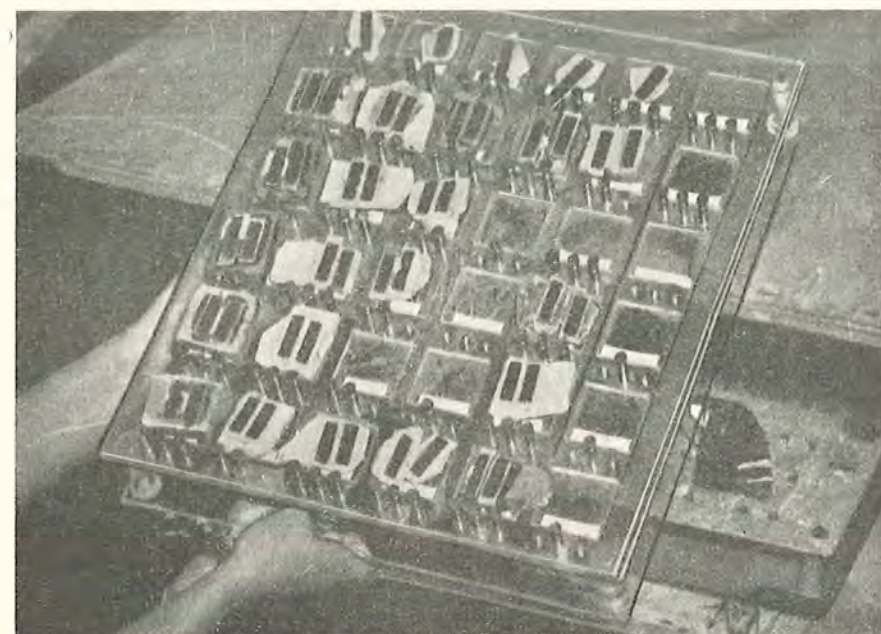


Fig. 3.6. Arrangement af prøvestykker med påklistede strain-gages på hylde, før de anbringes i en termostat, hvor temperaturen skifter mellem 35°F og 135°F.

For at sikre sig mod at disse alkali-grusreaktioner vil opstå på et senere tidspunkt i bygværkets levetid, bør man underkaste gruset en forhåndsundersøgelse.

Nedenstående gives en oversigt over de prøvemethoder, det er lykkedes at udvikle efter 10 års intens forskning på området, en forskning, som har krævet meget store udgifter, fordi man ved disse undersøgelser har anvendt kostbart apparatur som elektronmikroskoper og i den allerseneste tid radioaktive isotoper. Hertil kommer, at nogle af de anvendte prøvemethoder kræver lagring af prøvelegemerne ved konstant temperatur i årevis, og der er derfor gjort et stort arbejde for at nå frem til hurtige prøvemethoder. På den anden side retfærdiggøres størrelsen af den investerede kapital ved den store økonomiske betydning, det har at få identificeret de materialer, som senere kan betyde en alvorlig forringelse af betonkonstruktionernes levetid.

Kemisk undersøgelse.

I 1944 har W. C. Hansen (44 H 2) forklaret ekspansionen ved, at der ved reaktioner mellem alkalier og visse siliciumholdige mineraler dannes vandglas, der udfældes i nærheden af de reaktive gruspartikler. Vandglashinderne er semi-permeable for vand, og efter vandoptagelse udøves der et osmotisk tryk, der sprænger betonen. Undersøgelser udført ved Bureau of Reclamation (47 M 4) har bekræftet denne teori. Man har fundet, at natriumsilicat kan udøve et osmotisk tryk af størrelsesordenen 40 kg/cm². Yderligere undersøgelser ved Bureau of Reclamation har resulteret i en kemisk analysemetode til bestemmelse af de forskellige grusarters evne til at reagere med alkalier. Dannelsen af natriumsilicatet er betinget af, at gruset indeholder kiselisyanhydrid SiO₂, der kan opløses af en natriumhydroxyd opløsning. Det har imidlertid vist sig, at den opløselige mængde af siliciumilte alene ikke er noget mål for reaktionsmulighederne, idet man også må bestemme, hvor stærkt den anvendte natriumhydroxydopløsnings alkalitet er blevet formindsket. Den anvendte prøvemethode er nærmere beskrevet i (47 M 5) (CRD-C 128).

Det grusmateriale, man vil undersøge, findeles, så det kan passere en 0.3 mm sigte, og anbringes i beholdere af rustfrit stål, hvor det behandles med natriumhydroxyd, der påvirker materialet i 24 timer ved en konstant temperatur på 80° C. Efter filtrering af opløsningen bestemmer man henholdsvis reduktionen i alkalitet og indholdet af opløselig silicium. Ved at afsætte resultaterne i et diagram som vist i fig. 3.7 kan man få et skøn over sandsynligheden for alkali-grus' reaktion, idet materialer, der giver værdier til højre for den indtegnede linie, vil give en ekspansion over 0.1 % i løbet af 1 år med cementer med højt alkaliindhold, når de prøves ved udstøbning af mørtelprismer, der lagres ved en konstant temperatur som nærmere beskrevet nedenfor.

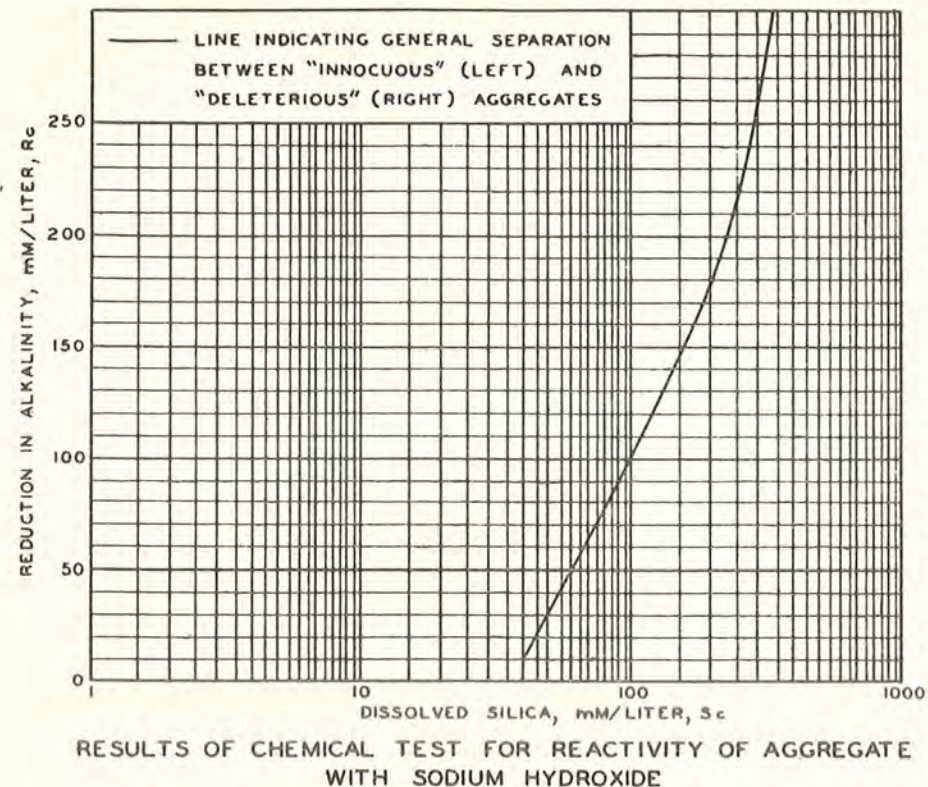


Fig. 3.7. Grænselinie mellem reaktive og inaktive materialer. Reaktive grusmaterialer vil give resultater tilhøjre for linien.

Ekspansion af mørtelprismer.

Undersøgelsen af et grusmateriales mulighed for at reagere med alkalier kan foretages ved at måle ekspansionen af mørtelprismer, der lagres ved 37.8° C ± 1.7° C og mindst 90 % relativ fugtighed. Prismerne er 10 × 1 × 1 inches og fremstilles i blandingsforholdet 1:2.25 med et vandcementtal på 0.50. Gruset skal have en bestemt kornkurve som nærmere beskrevet i CRD-C 123. Der udstøbes 3 serier af prismer for hver cement-grus kombination. Som kontrol anvendes cement med meget lavt alkaliindhold — mindre end 0.2 % — til sammenligning med en cement med et alkaliindhold over 1 % — i begge tilfælde beregnet som natriumilteækvivalent.

Efter 2 døgn fugtig lagring ved normal temperatur måles længden af prismerne med en nøjagtighed af 1/1000 inch, hvorefter de overføres til en beholder, hvor de fastholdes over et vandbad uden at berøre hinanden.

Som omtalt ovenfor lagres prøvelegemerne ved en temperatur på ca.

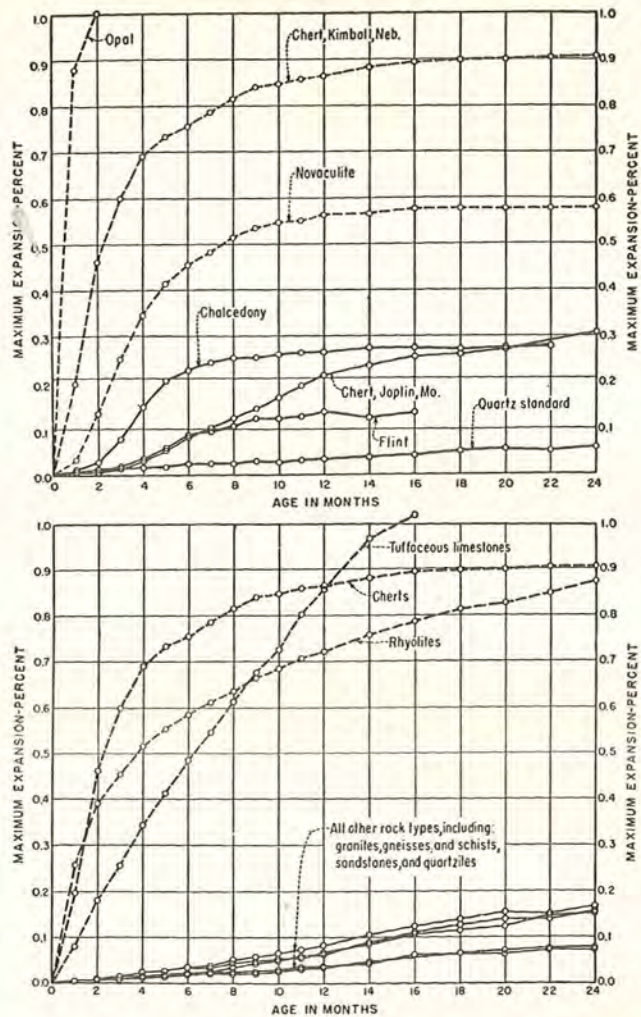


Fig. 3.8 a foroven. Ekspansion af mørtelprismer, der er fremstillet af cement med stort alkalindhold og siliciumholdige bjergarter og mineraler.

Fig. 3.8 b foruden. Ekspansion af mørtler, der er fremstillet med cement med højt alkalindhold og forskellige bjergarter, der har været anvendt til belægninger i Nebraska. (48 M 47).

38° C, og det er derfor vigtigt, at prismerne er kommet i temperaturlige-vægt, før målingerne foretages ved 23° C. Beholderen skal derfor lagres ved denne temperatur mindst 16 timer, før aflæsningerne foretages.

Målingerne foretages, når prismerne er 7 og 28 døgn gamle og derefter hvert 28. døgn. Efter 1 års lagring kan muligheden for alkali-grus reaktioner bedømmes således:

Ekspansion i %	Bedømmelse
0.04 eller mindre	ikke reaktivt
0.04 til 0.10	tvivlsomt
0.10 eller mere	ødelæggende reaktivt

Man vil bemærke på fig. 3.8 øverst, at flint i løbet af 8 måneder har bevirket en ekspansion, der er større end 0.1 %, og at opal er det mineral, der har bevirket den hurtigste ekspansion. Chert og calcedon, der begge er siliciumholdige mineraler, har forårsaget ekspansioner, der i henhold til ovenstående bedømmelsesskema medfører, at disse mineraler må betegnes som ødelæggende reaktive.

Nederst på fig. 3.8 ses det, at granit, gnejs, glimmer, sandsten og kvartsit giver meget ringe ekspansion (48 M 47).

Foruden de ovennævnte reaktive bjergarter vides det, at en hel række vulkanske bjergarter er ødelæggende reaktive, og den reaktive komponent er forskellige former for vulkansk glas.

Petrografisk undersøgelse.

Det er tidligere nævnt under petrografiske undersøgelser, at man ved hjælp af mikroskoper kan studere brudstykker af beton, hvor der er foregået reaktioner mellem gruset og cementen, idet disse reaktioner bevirker udskillelse af siliciumholdige geler. Man vil ligeledes ofte kunne iagttage en omdannelse af det yderste lag i de enkelte gruspartikler, idet der fremkommer bræmmer, der er lettere genneskinnelige for gennemfaldende lys end den uangrebne del af gruspartiklen. Endvidere vil den angrebne beton ofte være gennemsat af revner, der går igennem gruspartikler, og i visse tilfælde er revnerne fyldt med en siliciumholdig gel. Denne forsøgsmetodik bør imidlertid anvendes med kritik, idet iagttagelsen af en bræmme omkring gruspartiklen kan skyldes følgende 4 årsager:

- 1) *Reaktionsbræmme*, det vil sige en bræmme, der virkelig er dannet ved kemisk reaktion mellem en gruspartikel og den omsluttende mørtel.
- 2) *Udfældningsbræmme*, der er dannet ved udfældning rundt om grusmaterialet af kemiske stoffer, som stammer fra andre dele i betonen.
- 3) *Forvittringsbræmme*, der er dannet ved forvitring af gruspartiklen, før den blev indesluttet i betonen.
- 4) *Overtræk*, der er dannet ved aflejring af urenheder på gruspartiklen, før den blev indesluttet i betonen.

En nærmere diskussion af disse spørgsmål findes i (42 S 2) og (47 M 4).

Afsluttende bemærkninger om alkali-grus reaktioner.

Ovenstående redegørelser for prøvemethoder til undersøgelse af reaktivt grus var ikke inkluderet i forfatterens oprindelige manuskript, da disse reaktioner ikke tidligere er konstateret i Europa. Reaktioner mellem cement og grus mener man ikke kan forventes i Danmark, fordi de danske cementer almindelig is har et lavt alkaliindhold. Forfatteren mener, at disse reaktioner kan finde sted alligevel, fordi alkalierne kan tilføres betonen på anden måde end gennem cementen. Efter forfatterens opfattelse indeholder danske støbematerialer meget ofte reaktive bestanddele, bl. a. må visse typer flint betragtes som farlige. Under visse omstændigheder bliver alkali-grus reaktioner sandsynlige.

I det mindste for ét bygværks vedkommende i det nordlige Jylland er en indtil vished grænsende sandsynlighed for, at der foregår lignende processer, som man har konstateret i USA, og for nogle andre bygværks vedkommende i Jylland og på Sjælland har forfatteren stærk mistanke. Denne hypotese kan dog ikke bevises, før der er foretaget en mere indgående undersøgelse. På nuværende tidspunkt vil forfatteren indskrænke sig til at henvise til en række fotografier af beton, der har vist utilfredsstillende holdbarhed.

På fig. 3.9 og 3.10 er vist revnedannelse i en bro på Sjælland. Broen er udført ca. 1940 med grusgravmaterialer, der indeholder kalksten og usædvanlig mange forvitrede sten. Desuden findes i gruset siliciumholdige sten med lavere vægtfylde end for almindelig flint. De mange kalksten har forårsaget afsprængninger af beton, og de opståede huller blev udbedret i 1950 med sprøjtepuds og mørtel.

De konstaterede revner er ofte nogle millimeter dybe, og i visse tilfælde fortsætter de gennem de udbedrede arealer.

På fig. 3.11 er vist forvitrende kantsten på en bro i Sydsjælland. Kantstenene er fabriksfremstillede, og såvidt vides er der anvendt materialer fra den egn, hvor man har hentet materialer til det på fig. 3.9 og 3.10 viste bygværk.

På fig. 3.12 er vist forvitrende kantsten ved en betonvej i nærheden af København. En meget stor del af kantstenene er ødelagte og er blevet udskiftet efterhånden. Fugerne mellem kantstenene er lukkede, og da der afsprænges større stykker af hjørnerne på iverigt sunde kantsten, er der ingen tvivl om, at der foregår en ekspansion i længderetningen.

Ved undersøgelse af en bro i Nordjylland har man konstateret meget kraftige revnedannelser, der stærkt minder om den nedbrydning, man har konstateret i Californien. På fig. 3.13 og 3.14 er vist nærbilleder af betonen, som læseren bedes sammenligne med fig. 2.17 og 2.18. Forskellige undersøgelser indikerer, at betonen siden støbningen for ca. 15 år siden har ekspanderet op mod 1%. På nuværende tidspunkt fremmes nedbrydningen



Fig. 3.9. Revnedannelse i bro på Sjælland. Skader fra »springere« er udbedret med mørtel.



Fig. 3.10. Revnedannelse i bro på Sjælland. Langsgående revner i kantbjælke. Udblomstringer omkring udbedrede huller efter »springere«.



Fig. 3.11. Forvitrende kantsten i Sydsjælland. Alder mindre end 10 år.

stærkt af frost og tø samt rustsprængninger. På udsatte steder er armeringsjernene blottede.

Det skal understreges, at andre bygværker i samme egn udviser den samme form for nedbrydning, men endnu er ødelæggelsen ikke så fremskreden.



Fig. 3.12. Forvitrende kantsten nær København. Alder mindre end 15 år.



Fig. 3.13. Revnedannelse i betonpille i Nordjylland. Bygværket er ca. 15 år gammelt.

Forfatteren har samlet et stort fotografisk materiale fra andre danske bygværker med ringe holdbarhed, men da det på nuværende tidspunkt er vanskeligt i hvert enkelt tilfælde at afgøre, hvad den manglende holdbarhed skyldes, må det i øjeblikket anses for uhensigtsmæssigt at offentliggøre dette materiale, ligesom det vil være forkert overfor en større offentlighed at oplyse, hvor bygværkerne er lokaliseret, selv om det efter forfatterens mening kun i meget få tilfælde kan bebrejdes de projekterende ingeniører, entreprenørerne eller tilsynet, at disse skader har vist sig så hurtigt efter støbningen. Der skal blot peges på, at man efter forfatterens mening i fremtiden må være langt mere kritisk ved valget af sine råmaterialer til betonfremstillingen og positivt indstillet overfor de erfaringer og fremskridt, der gøres indenfor betonteknologien i udlandet. Det må dog understreges, at ikke alle de undersøgte skader kan henføres til en mulig alkali-grus reaktion, men at betonen i mange tilfælde forvitrer som følge af frysning og optøning, og der kan i disse tilfælde utvivlsomt opnås en betydelig forbedring af betonens holdbarhed, hvis man anvender luftindblandingsmidler.

Hele spørgsmålet om betonens holdbarhed er af overordentlig stor økonomisk rækkevidde, og der bør snarest muligt foretages en tilbundsående



Fig. 3. 14. Revnedannelse i betonbygværk i Nordjylland.

undersøgelse, hvor man først foretager en kortlægning af skadernes omfang, dernæst ved laboratorieforsøg bestemmer skadernes årsag, og sidst men ikke mindst får fundet frem til anvendelsen af materialer og metoder, der kan forhindre lignende ødelæggelser i fremtiden.

AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER OM BETONMATERIALER

Ovenstående gennemgang af de prøvemethoder, der anvendes i USA til bestemmelse af råmaterialernes kvalitet, har været meget summarisk, idet

der kun er givet en oversigt over, hvilke krav der stilles, og hvilke undersøgelsesmetoder, der er taget i anvendelse, men ingen detaljeret gennemgang af, hvorledes forsøgene udføres.

De læsere, som er interesseret i at få nærmere oplysninger om dette, henvises til den originale litteratur, og de stadige henvisninger i teksten til bl. a. A. S. T. M. og »Handbook of Concrete and Cement« skulle være en hjælp hertil.

Det er vistnok en almindelig erfaring, at A. S. T. M. er så udførlig og detaljeret i beskrivelser af forsøgsmethodikken, at det kan være lidt vanskeligt at bevare overblikket, og det er mit håb, at læserne gennem denne oversigt vil få indtryk af, hvilke prøvemethoder der er gennemprøvet i USA, og at man ved anvendelse af disse kan få langt flere oplysninger om råmaterialernes egenskaber inden betonens fremstilling, end man normalt skaffer sig her i landet, hvor man som oftest for cementens vedkommende lader sig nøje med nogle enkelte normprøver og med hensyn til gruset slår sig til tåls med en undersøgelse af eventuelt indhold af humus, ler og bløde kalksten.

Der er ikke tvivl om, at det i mange tilfælde vil kunne betale sig med mere indgående forundersøgelser. Udgifter til prøvning tilbagebetales hurtigt af formindskede udgifter til reparation og vedligeholdelse.

SLUTNING

Værdien af en sådan studierejse er ikke begrænset til de rent tekniske oplysninger og meddelelser om fremskridt og nye landvindinger indenfor en bestemt gren af naturvidenskaberne, men det har også den største betydning at få lejlighed til at se, hvor meget der kan udrettes i et land, hvor man har den fornødne fantasi og fremdrift til at løse store opgaver, som vanskeligt lader sig realisere i et lille land som Danmark, hvor de naturlige ressourcer er stærkt begrænset. Det vil derfor være af den allerstørste betydning, at så mange danske teknikere som muligt får lejlighed til at foretage en sådan studierejse, hvorved man mere eller mindre ubevidst bliver smittet af amerikanernes tro på, at der ingen grænser er for, hvilken højde det materielle niveau kan bringes op på ved forskning, rationalisering, mekanisering og samarbejde.

ENGLISH SUMMARY

Study of Concrete Technology in U. S. A.

Under the auspices of the ECA Technical Assistance Programme the author made a study trip to USA in the period from November 1950 to February 1951. The purpose of the visit was to study the testing procedures relating to determination of the quality of concrete. The following items

were given special consideration, viz. the non-destructive testing of concrete, by the resonance-frequency method as well as by the wave velocity method, the strength-age relationship of concrete exposed to low temperature, durability of concrete, and determination of the qualities of the raw materials for concrete production in order to prevent the use of inferior materials. The report is divided into two parts.

The former is giving a survey of the organisations and research workers visited by the author, and in each case are shortly described the more important problems, which have been discussed and the testing procedures studied. This part is written in chronological sequence in order to cover all the subjects studied. It has not been possible to give detailed information on each subject mentioned, but it is hoped that the numerous references to literature included in the text will be helpful to the reader who wants to study a specific problem.

As a great part of the problems studied by the author are closely connected to work carried out by the Danish National Institute of Building Research, the observations made will be used in preparation of papers and reports. These planned reports do not include description of the testing procedures for concrete raw materials, and the author has consequently in the latter part of the report given a more detailed survey of current standards and testing procedures established by ASTM and the more important research centres in US, in order to increase the interest in Denmark of a more comprehensive testing of materials and to encourage a more critical attitude against an arbitrary use of inadequate materials. The workmanship and the technique by handling and placing of concrete are of rather high quality in Denmark as compared with several other countries, and the value hereof should not be destroyed by uncritical choice of materials. Upon his return to Denmark the author made preliminary inspections of concrete structures, erected 10 to 15 years ago, and it appeared from these that in several cases the concrete was in extremely bad condition, and a comprehensive investigation of the causes is advocated by the author. To emphasize the need of careful examination of raw materials the report includes photos of Danish concrete structures showing very low durability, which at the moment is supposed to originate from the use of materials, which are reacting with alkalis.

LITTERATURFORTEGNELSE

- (24 A 2) Effect of Storage of Cement. Duff A. Abrams. Bulletin 6, Structural Materials Research Laboratory, Lewis Institute, Chicago, April 1924, Second Edition. Pages 38.
- (30 A 3) Apparat zur betriebsmässigen Feinheitsbestimmung der Mörtelstoffe und über einige damit ausgeführte Untersuchungen. A. H. M. Andreasen. Zement. Berlin, Juli 1930. Heft 30-31. Pages 698-725.
- (33 W 2) A Rapid Method for the Determination of the Specific Surface of Portland Cement. A. Wagner. Proc. A.S.T.M., Phil. 1933. Vol. 33. Part II. Pages 553-570.
- (35 W 2) Moisture in Concrete Sand Measured by Electric Current. Chas. E. Wuerpel. Eng. N.-R. New York, July 1935, Vol. 115, page 52.
- (39 L 6) Permeability Method of Fineness Measurement. Lea and Nurse. Building Research Station. London 1939.
- (39 P 4) The Bleeding of Portland Cement Paste, Mortar and Concrete. T. C. Powers. Res. Lab. P.C.A., Chicago, 1939. Bull. 2.
- (40 R 3) Freezing and Thawing Tests of Concrete. F. V. Reagel. Highway Research Board Proc. 1940. Vol. 20. Page. 587.
- (40 S 1) Concrete Performance in an Arid Climate. Thomas E. Stanton. Proc. ACI. Detroit, November 1940. Vol. 37. Pages 141-155.
- (41 K 7) An Improved Hydrometer Method for Use in Fineness Determinations. Alexander Klein. A.S.T.M. Philadelphia, 1941. Reprint from the Copyrighted Symposium on New Methods for Particle Size Determinations in the Subsieve Range. Pages 52-65.
- (41 O 1) Discussion of Dynamic Methods of Testing Concrete with Suggestions for Standardization. L. Obert and W. I. Duvall. Proc. A.S.T.M. Philadelphia. 1941. Vol. 41. Page 1051.
- (42 P 5) The Effect of Change in Moisture Content on the Creep of Concrete under a Sustained Load. Gerald Pickett. Proc. ACI. Detroit, February 1942. Vol. 38. Pages 333-355. Discussion 356-1—356-2. Reprinted as Portl. Cement Ass. Bulletin No. 20, July 1947.
- (42 S 2) Expansion of Concrete through Reaction between Cement and Aggregate. T. E. Stanton. Transactions A.S.C.E. New York 1942. Vol. 107. Paper No. 2129. Pages 53-126. Reprint. 73 Pages.
- (43 A 3) Effect of Air-entrapping Portland Cement on the Resistance to Freezing and Thawing of Concrete Containing Inferior Coarse Aggregate. E. O. Axon, T. F. Willis and F. V. Reagel. A.S.T.M. Proc. Philadelphia, 1943. Vol. 43. Page 981.
- (44-17) Concretes Containing Air-Entraining Agents — A Symposium. Proc. ACI, Detroit, June 1944. Vol. 40. Pages 477.
- (44 H 2) Studies Relating to the Mechanism by which the Alkali-Aggregate Reaction Produces Expansion in Concrete. W. C. Hansen. Proc. A.C.I. Detroit, January 1944. Vol. 40. Pages 213-227. Discussion, pages 228, 1-9.
- (44 S 3) Rate of Sedimentation. H. H. Steinour. Industrial and Engineering Chemistry. USA, July, Sept. & Oct. 1944. Vol. 36. 52 pages. Reprinted as Portl. Cem. Ass. Bulletin No. 3.
- (45 L 2) An Instrument and a Technic for Field Determination of the Modulus of Elasticity and Flexural Strength of Concrete Pavements. Bartlett G. Long, Henry I. Kurtz, Thomas A. Sandenaw. Proc. ACI. Detroit, January 1945. Vol. 41. Pages 217-231. Discussion 232-1—232-5.

- (45 P 3) A Working Hypothesis for Further Studies of Frost Resistance of Concrete. T. C. Powers. Proc. A.C.I. Detroit, Febr. 1945. Vol. 41. Pages 245-272. Discussion, pages 272-1—20. Reprinted as Portl. Cem. Ass. Bulletins No. 5 & 5 A. 21 references to literature.
- (45 P 7) Equations for Computing Elastic Constants from Flexural and Torsional Resonant Frequencies of Vibration of Prisms and Cylinders. Gerald Pickett. Proc. A.S.T.M. Philadelphia, 1945. Vol. 45. Pages 846-865.
- (45 S 1) Further Studies of The Bleeding of Portland Cement Paste. H. H. Steinour. Portl. Cem. Ass. Bulletin No. 4. Chicago, Dec. 1945. 88 pages.
- (46-6) Entrained Air in Concrete. ACI Symposium. Proc. A.C.I. Detroit, June 1946. Vol. 42. Pages 601-699.
- (46-61) Determination of Young's Modulus of Elasticity for Concrete by a Velocity Method. Materials Laboratories, Report No. C-322. United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation. Branch of Design and Construction. Denver, Colorado. September 19, 1946.
- (46 B 4) The Expansion Test as a Measure of Alkali-Aggregate Reaction. R. F. Blanks and H. S. Meissner. Proc. A.C.I. Detroit, April 1946. Vol. 42. Pages 517-39.
- (46 B 17) Large Triaxial Testing Machine Built by Bureau of Reclamation. R. F. Blanks and D. McHenry. Eng. News-Record. New York, 1946. Vol. 135. No. 6. Pages 171-3.
- (46 J 1) The Durability of Concrete in Service. F. H. Jackson. Proc. ACI. Detroit, October 1946. Vol. 43. Pages 165-180. (Journal ACI, Vol. 18 No. 2).
- (46 L 11) Modulus of Elasticity of Aggregates and its Effect on Concrete. H. A. LaRue. A.S.T.M. Proc. Philadelphia, 1946. Vol. 46. Pages 1298-1310. 8 references to literature.
- (46 P 1) Shrinkage Stresses in Concrete. G. Pickett. Proc. A.C.I. Detroit, Jan. & Febr. 1946. Vol. 42. Pages 165-204 & 361-400. Reprinted as Portl. Cement Ass. Bulletin No. 11.
- (46 P 3) Studies of the Physical Properties of Hardened Portland Cement Paste. T. C. Powers and T. L. Brownyard. Proc. A.C.I. Detroit, October 1946. Vol. 43. Pages 101-132. (Part 1). With 37 references to literature. (Journal ACI. Vol. 18. No. 2).
- (46 P 4) Studies of the Physical Properties of Hardened Portland Cement Paste. T. C. Powers and T. L. Brownyard. Proc. A.C.I. Detroit, December 1946. Vol. 43. Pages 469-504. (Part 3). With 34 references to literature. (Journal ACI. Vol. 18. No. 4).
- (46 P 5) Studies of the Physical Properties of Hardened Portland Cement Paste. (Studies of Water Fixation). T. C. Powers and T. L. Brownyard. Proc. A.C.I. Detroit, November 1946. Vol. 43. Pages 249-336. (Part 2).
- (47 M 4) Cement-Aggregate Reaction in Concrete. Duncan McConnell, Richard C. Mielenz, William Y. Holland and Kenneth T. Greene. Proc. A.C.I. Detroit, October 1947. Pages 93-128. With 34 references to literature.
- (47 M 5) Chemical Test for Reactivity of Aggregates with Cement Alkalies: Chemical Processes in Cement-Aggregate Reaction. Richard C. Mielenz, Kenneth T. Greene and Elton J. Benton. Proc. A.C.I. Detroit, November 1947. Vol. 44. Pages 193-221. With 17 references to literature. Discussion 224/1-4.
- (47 P 1) Studies of the Physical Properties of Hardened Portland Cement Paste. T. C. Powers and T. L. Brownyard. Proc. A.C.I. Detroit, January 1947. Vol. 43. Pages 549-595. (Part 4). With 23 references to literature. Appendix to Parts 3 and 4 on pages 596-602. (Journal A.C.I. Vol. 18, No. 5).
- (47 P 2) Studies of the Physical Properties of Hardened Portland Cement Paste. Part 5. Studies of the Hardened Paste by means of Specific-Volume Measurements. T. C. Powers and T. L. Brownyard. Proc. A.C.I. Detroit, February 1947. Vol. 43. Pages 669-712. With 3 references to literature.
- (47 P 3) Studies of the Physical Properties of Hardened Portland Cement Paste. Part 6. Relation of Physical Characteristics of the Paste to Compressive Strength. Part 7. Permeability and Absorptivity. T. C. Powers and T. L. Brownyard. Proc. A.C.I. Detroit, March 1947. Vol. 43. Pages 845-880. With 14 references to literature, page 857 (Part 6), with 9 references to literature, page 880 (Part 7).

- (47 P 4) Studies of the Physical Properties of Hardened Portland Cement Paste. Part 8. The Freezing of Water in Hardened Portland Cement Paste. Part 9. General Summary of Findings on the Properties of Hardened Portland Cement Paste. T. C. Powers and T. L. Brownyard. Proc. A.C.I. Detroit, April 1947. Vol. 43. Pages 933-992. With 12 references to literature, page 969. (Part 8).
- (47 P 8) Uddrag af Rapport fra en Betonstudierejse i U.S.A. March-June 1946. Niels M. Plum. Ingeniøren. Copenhagen 1947. No. 16. Pages B. 41-B. 52. With 70 references to literature.
- (47 S 12) Durability of Concrete as Affected by Aggregates. Thomas E. Stanton. Presented at Joint Session, 31st Annual Meeting, National Sand and Gravel Association and the 17th Annual Meeting, National Ready Mixed Concrete Association. Los Angeles, California. March 6, 1947. 23 pages.
- (47 V 1) The Camera Lucida Method for Measuring Air Voids in Hardened Concrete. George J. Verbeck. Proc. A.C.I. Detroit, May 1947. Vol. 43. Pages 1025-1039.
- (48-107) Effect of Cracks in Concrete upon Dynamic Measurement of Elastic Modulus. Materials Laboratories Report No. C-383. United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation. Branch of Design and Construction. Denver, Colorado. April 8, 1948.
- (48 B 1) Vacuum-Concrete. K. Billig. Journal of the Institution of Civil Engineers. London. January 1948. Paper No. 5577. No. 3. 1947-48. Pages 243-269.
- (48 C 22) Production of Lightweight Concrete Aggregates from Clays, Shales, Slates and other Materials. John E. Conley, Hewitt Wilson, T. A. Klinefelter and others. United States Department of the Interior. Bureau of Mines. Report of Investigations R.I. 4401. November 1948. 121 pages, 67 fig. Selected Bibliography. Survey of Patents and Producers of Lightweight Aggregates in U.S.
- (48 J 1) Concrete Pavements on the German Autobahnen. F. H. Jackson and Harold Allen. Proc. A.C.I. Detroit, June 1948. Vol. 44. Pages 933-976.
- (48 L 25) The Influence of Gypsum on the Hydration and Properties of Portland Cement Pastes. Wm. Lerch. Proc. A.S.T.M. Philadelphia, 1946. Pages 1252.
- (48 M 4) Long-Time Study of Cement Performance in Concrete. Chapter 2. Manufacture of the Test Cements. F. R. McMillan and W. C. Hansen. Proc. A.C.I. Detroit, March 1948. Vol. 44. Pages 553-602.
- (48 M 47) Tests Used by Bureau of Reclamation for Identifying Reactive Concrete Aggregates. R. C. Mielenz and L. P. Witte. ASTM Proceedings. Philadelphia 1948. Vol. 48. Pages 1071-1103. With 16 references to literature. Discussion pages 1104-1107.
- (48 M 48) Petrographic Identification of Reactive Constituents in Concrete Aggregate. Bryant Mather. ASTM Proceedings. Philadelphia, 1948. Vol. 48. Pages 1120-1125. With 12 references to literature. Discussion pages 1126-1127.
- (48 S 4) Durability of Concrete Exposed to Sea Water and Alkali Soils — California Experience. Thomas E. Stanton. Proc. A.C.I. Detroit, May 1948. Vol. 44. No. 9. (Correction see A.C.I. News Letter, April 1949. Page 29). Pages 821-847.
- (48 S 38) Correlation of Laboratory Tests with Field Experiences of Excessive Concrete Expansion Induced by a Reaction between the Cement and Aggregate. T. E. Stanton. ASTM Proceedings. Philadelphia 1948. Vol. 48, pages 1057-1062. With 5 references to literature. Discussion pages 1063—1066.
- (48 V 1) Nouvelles Recherches sur la Gélivité des Bétons. M. Valenta. Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics. Paris, May 1948. No. 22. Béton. Béton Armé, nr. 3. Nouvelle Série. 55 pages. With 14 references to literature.
- (48 W 16) A Rapid Method of Testing Materials for the Alkali-Aggregate Reaction. D. O. Woolf and T. R. Smith. ASTM Proceedings. Philadelphia, 1948. Vol. 48. Pages 1108-1114. With 2 references to literature.
- (49 B 5) Practices, Experiences and Tests with Air-entraining Agents in Making Durable Concrete. R. F. Blanks and W. A. Cordon. Proc. ACI. Detroit, February 1949. Vol. 45. Pages 469-487. With 12 references to literature.

- (49 B 25) Vacuum Processes Applied to Precast Concrete Houses. K. P. Billner and Bert M. Thorud. Proc. A.C.I. Detroit. October 1949. Vol. 46. Pages 121-128.
- (49 L 13) An Ultrasonic Method of Studying Deterioration and Cracking in Concrete Structures. J. R. Leslie and W. J. Cheesman. Proc. A.C.I. Detroit, September 1949. Vol. 46. Pages 17-36. With 10 references to literature.
- (49 M 30) Long-Time Study of Cement Performance in Concrete. Chapt. 5. Concrete Exposed to Sulfate Soils. F. R. McMillan, T. E. Stanton, I. L. Tyler and W. C. Hansen. Research Laboratories of the Portland Cement Ass. Chicago. December 1949. Bulletin 30.
- (49 R 6) Die Betonsonde, ein neues Gerät zur Bestimmung der Verarbeitbarkeit von Beton. G. A. Rychner and T. F. B. Wildegg. Schweizerische Bauzeitung. Zürich, August 1949. Vol. 67. No. 33. Pages 445-449.
- (49 V 3) The Direct and Continuous Measurement of Bleeding in Portland Cement-Water Mixtures. Rudolph C. Valore, jr., James E. Bowling and R. L. Blaine. ASTM. Philadelphia, 1949. Reprint. No. 44, 18 pages.
- (49 V 9) Volume Changes Observed in Small Concrete Cylinders during Freezing and Thawing Using a Mercury Displacement Dilatometer. R. C. Valore. Bur. Stand. J. Res. July 1949. Vol. 43. No. 1. Pages 1-27.
- (50-33) Discussion af DS 411. Normer for Beton- og Jernbetonkonstruktioner. Meddelelser fra DIF's Arbejdsgruppe for Beton og Jernbeton. Copenhagen, June 1950. Vol. 2. No. 1. Pages 3-38.
- (50 A 6) The Non-Destructive Testing of Concrete with Special Reference to the Wave-Velocity Method. Johs. Andersen, Poul Nerenst, Niels M. Plum. Report No. 3. The Danish National Institute of Building Research. Copenhagen, 1950.
- (50 A 10) Om Anvendelse af Lydhastighed i Beton til Bestemmelse af dens øvrige Egenskaber. Johs. Andersen and Poul Nerenst. Meddelelser fra DIF's Arbejdsgruppe for Beton og Jernbeton. Copenhagen, September 1950. Vol. 2. No. 2. Pages 59-85. With 17 references to literature.
- (50 B 15) Mesure de la Granulométrie et de la Surface Spécifique des Ciments. M. Jacques Brocard. Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics. Paris, January 1950. (Liants Hydrauliques, No. 6). No. 113, Nouvelle Série. 27 pages. With 30 references to literature.
- (50 B 29) Linear Traverse Technique for Measurement of Air in Hardened Concrete. L. S. Brown and C. U. Pierson. Proc. A.C.I. Detroit, October 1950. Vol. 47. Pages 117-123. With 6 references to literature.
- (50 B 30) New Prestressing Method Utilizes Vacuum Process. K. P. Billner. Proc. A.C.I. Detroit, October 1950. Vol. 47. Pages 161-176.
- (50 C 14) The Relation of Thermal Expansion of Aggregates to the Durability of Concrete. Edwin I. Callan. Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, U.S. Army. Bulletin No. 34. Vicksburg, Mississippi, February 1950. 8 fig., 6 tables and 11 references to literature.
- (50 F 1) En dynamisk Metode til Bestemmelse af Lydhastighed i faste Stoffer. J. Foss Brink and S. Christensen-Dalsgaard. Ingeniøren. Copenhagen, January 14, 1950. Vol. 59. No. 2. Pages 50-54. With 3 references to literature.
- (50 G 6) Die Eigenschaften des Betons. Otto Graf. Berlin, 1950. Springer-Verlag. Pages 318.
- (50 M 18) Method of Petrographic Examination of Aggregates for Concrete. Katherine & Bryant Mather. ASTM 1950, Pages 1288. Philadelphia. Pages 25, Extensive Bibliography.
- (50 P 13) Influence Charts for Concrete Pavements. Gerald Pickett and G. K. Ray. American Society of Civil Engineers. New York, April 1950. Vol. 76, Separate No. 12, Pages 1-25. With 18 references to literature.
- (50 S 12) Studies of Use of Pozzolans for Counteracting Excessive Concrete Expansion Resulting from Reaction Between Aggregates and Alkalies in Cement. T. E. Stanton. Symposium on Use of Pozzolanic Materials in Mortars and Concrete. Special Technical Publication No. 99. Pages 178-203.
- (50 V 4) Long-Time Study of Cement in Concrete. Chapter 6. — Heats of Hydration of the Cements. G. J. Verbeck and C. W. Foster. ASTM Proceedings. Philadelphia, 1950. Vol. 50. Pages 1235-1262. With 12 references to literature.

- (51 B 4) Coarse-Ground Cement Makes More Durable Concrete. Harold W. Brewer and Richard W. Burrows. Proc. A.C.I. Detroit, January 1951. Vol. 47. Pages 353-360. With 3 references to literature.
- (51 F 1) Factors in Prestressed Girder Design. M. Fornerod. Proc. A.C.I. Detroit, February 1951. Vol. 47. Pages 469-480.
- (51 L 3) Nouveaux Procédés de Traitement des Bétons. R. L'Hermite. Annales de l'Institut Technique du Batiment et des Travaux Publics. Paris, March-April 1951. (Béton Armé, No. 17). No. 180, Nouvelle Série.
- (51 S 3) Entrained Air Simplifies Winter Curing. J. J. Shideler, H. W. Brewer and W. H. Chamberlain. Proc. A.C.I. Detroit, February 1951. Vol. 47. Pages 449-459. With 4 references to literature.

A.S.T.M. Standards 1946, Part III-A.

- (D 512-42) Method for Determination of the Chloride Ion in Industrial Waters, Page 470.
- (D 516-42) Method for Determination of the Sulfate Ion in Industrial Waters, page 478.

A.S.T.M. Standards 1949, Part 5.

- (D 1068 49 T) Method of Test for Iron in Industrial Water (Tentative), Page 1540.

A.S.T.M. Standards 1949, Part 3.

- (C 10-37) Spec. for Natural Cement, Page 12.
- (C 10-49 T) Spec. for Natural Cement (Tentative), Page 14.
- (C 33-49) Spec. for Concrete Aggregates, Page 715.
- (C 40-48) Method of Test for Organic Impurities in Sands for Concrete, Page 757.
- (C 70-47) Method of Test for Surface Moisture in Fine Aggregate, Page 786.
- (C 87-47) Method of Test for Measuring Mortar-Making Properties of Fine Aggregate, Page 754.
- (C 88-46 T) Method of Test for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate (Tentative), Page 776.
- (C 91-49) Spec. for Masonry Cement, Page 17.
- (C 109-49) Method of Test for Compressive Strength of Hydraulic-Cement Mortars, Page 92.
- (C 114-47) Methods of Chemical Analysis of Portland Cement, Page 38.
- (C 114-48 T) Methods of Chemical Analysis of Portland Cement (Tentative), Page 75.
- (C 115-42) Method of Test for Fineness of Portland Cement by the Turbidimeter, Page 110.
- (C 117-49) Method of Test for Amount of Material Finer than No. 200 Sieve in Aggregates, Page 748.
- (C 123-44) Method of Test for Coal and Lignite in Sand, Page 752.
- (C 136-46) Method of Test for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, Page 763.
- (C 142-39) Method of Test for Clay Lumps in Aggregates, Page 750.
- (C 150-49) Spec. for Portland Cement, Page 1.
- (C 151-49) Method of Test for Autoclave Expansion of Portland Cement, Page 35.
- (C 175-48 T) Spec. for Air-Entraining Portland Cement (Tentative), Page 5.
- (C 185-49 T) Method of Test for Air Content of Air-Entraining Portland Cement Mortar (Tentative), Page 28.
- (C 186-49) Method of Test for Heat of Hydration of Portland Cement, Page 118.
- (C 187-49) Method of Test for Normal Consistency of Hydraulic Cement, Page 125.
- (C 189-49) Method of Test for Soundness of Hydraulic Cement over Boiling Water (Pat Test), Page 138.
- (C 190-49) Method of Test for Tensile Strength of Hydraulic-Cement Mortars, Page 143.
- (C 191-49) Methods of Test for Time of Setting of Hydraulic Cement by the Vicat or Gillmore Needles, Page 149.
- (C 204-46 T) Method of Test for Fineness of Portland Cement by Air Permeability Apparatus (Tentative), Page 103.
- (C 205-48 T) Spec. for Portland Blast-Furnace Slag Cement (Tentative), Page 8.
- (C 229-49 T) Method of Test for Setting Time of Hydraulic Cement in Mortar (Tentative), Page 130.

Handbook for Concrete and Cement, August 1949.

- (CRD—C 114-48) Method of Test for Soundness of Aggregates by Freezing and Thawing of Standard Concrete Specimens.
- (CRD—C 119-48) Method of Test for Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate.
- (CRD—C 120-48) Method of Test for Particle Shape of Fine Aggregate.
- (CRD—C 123-48) Method of Test for Reactivity of Aggregates with Alkalies in Portland Cement (Mortar-Bar Method).
- (CRD—C 128-49 (c)) Method of Test for Reactivity of Aggregates with Sodium Hydroxide (Quick Chemical Method).
- (CRD—C 200) Federal Standard Stock Catalog — SS-C-192, May 20, 1946. Section IV, (Part 5), Federal Specification for Cements; Portland.
- (CRD—C 201-48) Federal Standard Stock Catalog — SS-C-158 b, May 20, 1946. Section IV, (Part 5), Federal Specification for Cements, Hydraulic; General Specifications (Methods for Sampling, Inspection, and Testing).
- (CRD—C 221-48 (c)) Method of Test for Bleeding by Portland Cement.
- (CRD—C 401-48) Method of Test for the Staining Properties of Water.
- (CRD—C 402-48 (c)) Method of Test for Iron in Water.
- (CRD—C 405-48 (c)) Method of Test for Hydrogen-Ion Concentration (pH) of Water.

RAPPORTER FRA
STUDIEREJSER I U.S.A. UNDER MARSHALLPLANEN

INDUSTRI

Hidtil foreligger:	KR.
Amerikansk beklædningsindustri	7.50
Arbejdsmarkedet i U.S.A.	3.50
Betontechniske studier i U.S.A.	7.00
Jern- og stålstøberier	8.00

Under forberedelse:
Amerikansk trikotageindustri

I KOMMISSION HOS
ANDR. FRED. HØST & SØNS FORLAG

(fortsat fra omslagets 2. side)

(Studier)

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

Anvisninger

er praktiske vejledninger, beregnet på direkte brug i det daglige arbejde ved projektering, fabrikation eller byggeri. De kan være udfærdiget dels på grundlag af Institutets egne arbejder, dels ud fra andres undervidenskabelig udtryksform, tilgængelig for de pågældende faglige kredse.

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

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

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

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

Nr. 5: *Bedre varmeisolering er billigere*. 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. 3,00.

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,—.

Særtryk

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

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

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

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

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

Nr. 5: *Kælderydremure af Geobeton*, H. Ewaldsen. 1950. 8 s. A₅. (Udsolgt).

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

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.

(fortsættes på bagsiden)

RAPPORTER FRA
STUDIEREJSER I U.S.A. UNDER MARSHALLPLANEN

INDUSTRI

Hidtil foreligger:	KR.
Amerikansk beklædningsindustri	7.50
Arbejdsmarkedet i U.S.A.	3.50
Betontechniske studier i U.S.A.	7.00
Jern- og stålstøberier	8.00

Under forberedelse:
Amerikansk trikotageindustri

I KOMMISSION HOS
ANDR. FRED. HØST & SØNS FORLAG

(fortsat fra omslagets 2. side)

(Studier)

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

Anvisninger

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

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

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

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

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

Nr. 5: *Bedre varmeisolering er billigere*. 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. 3,00.

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,—.

Særtryk

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

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

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

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

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

Nr. 5: *Kælderydermure af Geobeton*, H. Ewaldsen. 1950. 8 s. A₅. (Udsolgt).

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

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 anløgs- som driftsomkostninger?*, Niels M. Plum. 1950. 9 s. A₄.

(fortsættes på bagsiden)

(fortsat fra omslagets 3. side)

(Særtryk)

- 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.
- 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. 12: *Varmekilder til vinterbyggeri*, Poul Gunst Hansen. 1950. 4 s. A₄.
- 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. 15: *Støbning af simple betonkonstruktioner om vinteren*, Poul Nerenst og Niels M. Plum. 1950. 6 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. 18: *Beregning af staldes varmeisolering og ventilering*, Vagn Korsgaard. 1951. 12 s. A₄.
- Nr. 19: *Rationalisering af arbejdstekniken i boligbyggeriet*, Niels M. Plum. 1951. 14 s. A₅.
- Nr. 20: *Varmeisolering og ventilering af kostalde*, Vagn Korsgaard. 1951. 4 s. A₄.
- Nr. 21: *Stålstilladser til husbygning*, Niels M. Plum. 1951. 13 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. 24: *Varmeisolering og ventilering af svinestalde*, Vagn Korsgaard. 1951. 4 s. A₄.
- 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.

Årsberetninger

om Institutets virksomhed og administration.

- Nr. 1 for finansåret 1947-48. kr. 2.—.
- Nr. 2 for finansåret 1948-49. kr. 2.—.
- Nr. 3 for finansåret 1949-50. kr. 2.—.
- Nr. 4 for finansåret 1950-51. kr. 2.—.

Publikationerne kan fås gennem boghandelen eller Teknisk Forlag, Vester Farimagsgade 31, København V

Denne S. B. I. udgave er ikke til salg.

Den tilsvarende publikation fra Udenrigsministeriet kan købes gennem Høst & Søn. Pris kr. 7,50.—.