

SBI-*publ.*

*Alkaliudvalgets vejledning 2*

VEDLIGEHOLDELSE OG ISTANDSÆTTELSE AF  
BETON- OG JERNBETONKONSTRUKTIONER

Statens Byggeforskningsinstitut  
Bibliotekseksemplar 3

Udgivet af STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
Salgs- og forsendelseskommission hos TEKNISK FORLAG · KØBENHAVN 1961

er byggeforskningens resultater i praktisk form til brug ved projektering og byggeri. Nedenstående fortegnelse omfatter kun anvisninger, der endnu ikke er udsolgt.

- 5: *Bedre varmeisolering er billigere*. 1950. 47 p. A4. Kr. 3,-.
- 6: *Fugt i nye huse*. Plakat til ophængning. 1949. 10. opl. 1960. A4. Kr. 5,- pr. 100 expl.
- 7: *Fugt og isolering*, Poul Becher og Vagn Korsgaard. 1951. 2. reviderede udgave 1957. 111 p. A4. Kr. 8,-.
- 8: *Brug og valg af betonblandere*, Niels H. Krarup og K. Malmstedt-Andersen. 1951. 66 p. A5. Kr. 3,-.
- 10: *Kunstig belysning på byggepladser*, Jens Thorsen og Mogens Voltelen. 1951. 2. udg. 1953. 20 p. A5. Kr. 2,-.
- 11: *Omsætningsmål for trædimensioner*. 1951. 1 p. A4. (Udsolgt). Udsendt 1957 som DS 1002: Normaldimensioner på høvlet fyrretræ.
- 13: *Byggeprisens bestanddele beregnet ved et 3-etagers boligbyggeri i provinsen i april 1951*. 1952. 5. oplag 1960. 28 p. A5. Kr. 2,-.
- 15: *Dækforme i boligbyggeri*. 1955. 62 p. A5. Kr. 3,-.
- 16: *Mekaniseret håndværktøj på byggepladsen*, Fleming Nielsen. 1955. 48 p. A5. Kr. 4,-.
- 17: *Betonstøbning om vinteren*, Poul Nerenst, Erik Rastrup og Gunnar M. Idorn. 1953. 2. reviderede udgave 1958. 91 p. A5. Kr. 8,-.
- 20: *Undgå fugt*. Folder til ophængning. 1954. 3 p. A6. 1. stk.: kr. 0,40. 100 stk.: kr. 25,-.
- 21: *Hvilket dæk?* Folder til ophængning. 1954. 20 p. A5. Kr. 2,50.
- 22: *Normalvinduer af træ*, Poul Kjergaard. 1955. 128 p. A4. 6 stk. tillæg A4. Pris incl. 6 tillæg: kr. 28,-. Med 1 tillæg: kr. 22,-. Tillæg pr. stk. kr. 1,50. 4 tillæg er 1958 udsolgt og udsendt som Dansk standard. B 3. 0: DS 1006, B 4. 0: DS 1007, B 4. 9: DS 1008, D 2. 0: DS 1009.
- 23: *Vinterbyggeri*. Folder til ophængning. 1953. 16 p. A5. 1 stk.: kr. 1,-. 100 stk.: kr. 50,-.
- 24: *Udarbejdelse af instruks for varmemestre*, Poul Becher og Frederik Olsen. 1953. 16 p. A5. 1 stk.: kr. 2,-. 50 stk.: kr. 50,-.
- 25: *Simpelt regnskabsystem for murermestre*, Fleming Nielsen. 1954. 2. oplag 1956. 24 p. A5. Pris incl. prøvesæt af formularer i samlemappe kr. 5,-. Blokke med regnskabsblade til for- og efterkalkulation kan købes særskilt.
- 26: *Plan over byggepladsen*. 1956. 30 p. A5. Kr. 4,-.
- 27: *Vejledning i betonkontrol*. 1956. 122 p. A5. Kr. 12,-.
- 28: *Bygningsfundering*, ved Geoteknisk Institut. 1955. 2. oplag 1959. 82 p. A5. Kr. 4,-.
- 29: *SBI betonberegner*, Poul Nerenst og Johannes Landbo. 1955. Plasticskyder med tilhørende vejledning. A6 og A5. Kr. 4,-.
- 30: *Beslaglister til normalvinduer af træ*, Klaus Blach og Johannes Brixen. 1956. 28 p. A5. Kr. 4,-.
- 31: *Møbleringsplaner*, ved »Byggebogen«. 1956. 2. opl. 1958. 24 p. A5, med indlagte fortegninger i mål 1:100, 4 ark A5. Kr. 4,-. Fortegninger i mål 1:50, 4 ark. A3, kan købes særskilt for kr. 4,- pr. sæt.
- 32: *Tårnkraner ved traditionelt boligbyggeri*, John Brøndum Hillers. 1956. 78 p. A5. Kr. 4,-.
- 33: *Luftindblandet beton*, Erik V. Meyer. 1955. 32 p. A5. Kr. 2,50.
- 34: *Byggeriets modul-ABC*, SBI's modulkomité ved Edvard Heiberg. 1957. 24 p. A5. Kr. 4,-.
- 35: *Teglprodukter*. 1956. 105 p. A5. Kr. 8,-.
- 36: *Rudestørrelser*, Klaus Blach, Preben Ankerstjerne og Johannes Brixen. Folder til ophængning. 1956. 14 p. A5. Kr. 4,-.
- 37: *Udvendig puds på letbeton*. Folder. 1957. 8 p. A5. Gratis.
- 38: *Oversigtstidsplanen og skitsetidsplanen ved traditionelt etagebyggeri*. 1957. 16 p. A5. Kr. 4,-. 20 stk. skemaer, format A3, kan købes særskilt for kr. 4,-. SBI-datostokke 1961-65. 1960. 5 ark i omslag. Kan købes særskilt for kr. 4,-.

## Alkaliudvalgets vejledning 2

VEDLIGEHOJDELSE OG I STANDSÆTTELSE AF  
BETON- OG JERNBETONKONSTRUKTIONER

ARNE JEPPESEN

Afdelingsingeniør, cand. polyt.

Danske Statsbaner

UDGIVET AF STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
I KOMMISSION HOS TEKNISK FORLAG · KØBENHAVN 1961

Statens Byggeforskningsinstitut

2X-3

00910 P



<b>Forord</b> . . . . .	side	6
<b>Indledning</b> . . . . .		9
<b>I. Tilsyn med bygværker</b> . . . . .		11
Almindelige eftersyn . . . . .		11
Særlige undersøgelser . . . . .		12
Overvejelser forud for istandsættelsesarbejder . . . . .		12
<b>II. Typiske mangler og beskadigelser</b> . . . . .		14
Overfladeafskalninger . . . . .		16
Rustangreb . . . . .		16
Springere . . . . .		16
Vandgennemsvivninger . . . . .		20
Indsvivning af vand . . . . .		22
Røgangreb . . . . .		26
Revner . . . . .		28
Støbeskelsrevner . . . . .		28
Svindrevner . . . . .		28
Map-cracking . . . . .		32
Brudrevner . . . . .		32
Brud i trækzonen . . . . .		34
Brud i trykzonen . . . . .		34
Forskydningsbrud . . . . .		34
Samtidig optræden af afskalninger og revner . . . . .		36
Volumenforøgelse . . . . .		36
<b>III. Anvendelse af sprøjtemørtel og injektion</b> . . . . .		40
Istandsættelse ved hjælp af sprøjtemørtel . . . . .		40
Sprøjtemørtelens hovedegenskaber . . . . .		41
Fordele . . . . .		42
Mangler . . . . .		42
Det anvendte special-materiel . . . . .		43
Cementkanon . . . . .		43
Kompressor . . . . .		45
Sandblæsningsapparat . . . . .		46
Trykluftshamre, slanger m. v. . . . .		48
Arbejdets praktiske udførelse . . . . .		48
Forbehandling af betonoverfladerne . . . . .		48
Sprøjtemørtelens sammensætning, påføring og efterbehandling . . . . .		50
Pletvis istandsættelse . . . . .		54

Istandsættelse ved hjælp af injektion . . . . .	55
Hovedegenskaber . . . . .	55
Det anvendte special-materiel . . . . .	56
Cementinjektor . . . . .	56
Pumper . . . . .	57
Det øvrige materiel . . . . .	57
Arbejdets praktiske udførelse . . . . .	58
Injektion med cement . . . . .	58
Injektion med kemikalier . . . . .	60
Forstærkning af byggegrund ved injektion . . . . .	61
Forstærkning ved sprøjtemørtel og injektion . . . . .	61
<b>IV. Anvendelse af påstøbninger</b> . . . . .	64
Anvendelse af almindelig beton . . . . .	64
Anvendelse af pakbeton . . . . .	70
Kiniplings metode . . . . .	70
Colcrete-metode . . . . .	72
Prepakt-metode . . . . .	76
Vacuum-metode . . . . .	78
<b>V. Sikring mod gennemtrængning af vand</b> . . . . .	79
Vandafledning . . . . .	79
Vandtæt beton . . . . .	80
Overfladeisolering . . . . .	81
Forbehandling af betonoverfladerne . . . . .	81
Hovedtyper af overfladeisolering . . . . .	82
Isolering med påsmøringsmidler . . . . .	84
Isolering med plader . . . . .	90
Fugeafdækninger . . . . .	96
<b>VI. Behandling af synlige betonoverflader</b> . . . . .	102
Portland-cementfarver . . . . .	103
Anvendelsesområde . . . . .	104
Forbehandling af fladerne . . . . .	104
Grunding . . . . .	105
Tilberedning af farven på arbejdspladsen . . . . .	106
Farvens påføring . . . . .	107
Efterbehandling . . . . .	108
Varighed . . . . .	108
Andre farvetyper . . . . .	108
Polyvinylacetat til forbedring af cementmørtel . . . . .	108



<b>VII. Bygværkers udformning og udførelse</b> . . . . .	110
Rustangreb . . . . .	110
Springere . . . . .	111
Vandgennemsvivninger . . . . .	111
Afskalning af beton . . . . .	111
Røgangreb . . . . .	112
Støbeskelsrevner . . . . .	112
Svindrevner . . . . .	113
Konstruktive regler . . . . .	114
Udførelsesregler . . . . .	115
Map-cracking og volumenforøgelse . . . . .	116
<b>Bilag 1</b> . . . . .	117
Vedligeholdelsesjournal . . . . .	117
Almindeligt eftersyn . . . . .	117
Særlige undersøgelser . . . . .	118
Anmærkninger . . . . .	118
<b>Bilag 2</b> . . . . .	119
Sprøjtemørtelarbejdets praktiske udførelse . . . . .	119
Forbehandling af betonoverfladerne . . . . .	119
Borthugning . . . . .	119
Pikhugning . . . . .	119
Sandblæsning . . . . .	120
Armering . . . . .	121
Forvanding . . . . .	122
Sprøjtemørtelens sammensætning, påføring og efterbehandling . . . . .	122
Cement . . . . .	122
Sand . . . . .	123
Vand . . . . .	123
Tilsætningsmidler . . . . .	123
Blandingsforhold . . . . .	124
Praktiske anvisninger . . . . .	125
Efterbehandling . . . . .	126
<b>Bilag 3</b> . . . . .	127
Forstærkningsarbejder med sprøjtemørtel og injektion . . . . .	127
5,0 m vejoverføring ved Ejby på Fyn . . . . .	127
Mellempiller i overføring ved Østerport Station . . . . .	127

<b>Bilag 4</b> . . . . .	129
Proportionering af vandtæt beton . . . . .	129
Meget spinkle og relativt kraftigt armerede konstruktioner . . . . .	129
Kraftigt armerede ca. 25 cm tykke betonkapper . . . . .	129
Kraftigt armerede ca. 30 cm tykke betonkapper . . . . .	130
Vandtætte, almindelige jernbetonkonstruktioner i lagerkældre . . . . .	130
<b>Bilag 5</b> . . . . .	132
Colcrete-, Prepakt- og Vacuum-metode . . . . .	132
Colcrete-metode . . . . .	132
Prepakt-metode . . . . .	133
Vacuum-metode . . . . .	134
<b>Bilag 6</b> . . . . .	137
Isolationsmaterialer . . . . .	137
Plader af termoplastiske kunststoffer . . . . .	137
<b>Bilag 7</b> . . . . .	142
Isolationsformer . . . . .	142
<b>Litteraturfortegnelse</b> . . . . .	145
Progress Reports . . . . .	151

LAY-OUT: PETER MOGENSEN

*Eftertryk tilladt, men kun efter nærmere aftale med Statens Byggeforskningsinstitut, da meningen og resultaternes rækkevidde kan forflygtiges, hvis enkelte figurer eller dele af teksten tages ud af den almindelige sammenhæng.*



## Forord

I 1951 påbegyndte Statens Byggeforskningsinstitut en undersøgelse af betonbygværker i Danmark for at få konstateret, om visse observerede eksempler på meget kraftige forvittringer kunne hidrøre fra reaktioner mellem alkalier i cementen eller vandet og reaktivt kisel i tilslagsmaterialerne. Disse reaktioner er i det følgende kort benævnt *alkaliskiselreaktioner*. Resultatet af disse første undersøgelser, der blev udført af civilingeniør P. NERENST hos SBI, suppleret af forsøg på F. L. Smidth & Co.'s laboratorium, understøttede, da de i 1953 forelå, denne hypotese.

Som følge heraf nedsatte Statens Byggeforskningsinstitut og Akademiet for de tekniske Videnskaber i fællesskab et plenarudvalg, der skulle tage sig af sagens forskellige tekniske og praktiske problemer.

I august 1954 holdt dette plenarudvalg sit konstituerende møde og dannede et forretningsudvalg (F) og tre underudvalg, der skulle have ansvaret for følgende arbejdsområder: Markundersøgelser (M), grusundersøgelser (G) og laboratorieundersøgelser (L).

Forretningsudvalget skulle koordinere underudvalgenes arbejde og varetage udvalgets økonomi. Sekretariatet henlagdes til SBI under undertegnede ansvar.

I september 1956 nedsatte man et redaktionsudvalg (R) på tre medlemmer, der skulle forestå udsendelsen af publikationer om undersøgelserne.

Nedenfor anføres, hvilke institutioner og organisationer der har været repræsenteret i plenarudvalget, hvem der har repræsenteret disse, samt angivelse af i hvilke af underudvalgene den pågældende har været medlem.

### Statens Byggeforskningsinstitut:

Civilingeniør P. KERRN-JESPERSEN, formand for plenarudvalget, (F), (R).

Civilingeniør P. NERENST, (R), sekretær august 1954–september 1956.

Civilingeniør NIELS MUNK PLUM, (F), (R), formand for (G), sekretær oktober 1956–maj 1960.

### Akademiet for de tekniske Videnskaber:

Underdirektor, civilingeniør TH. HEILMANN, (F), formand for (L).

### Carl Nielsen A/S:

Civilingeniør K. STEEN KRISTENSEN, (G).

### Cementfabrikkerne:

Civilingeniør, dr. techn. ERIK V. MEYER, (M), (L).

### Danmarks geologiske Undersøgelser:

Statsgeolog, dr. phil. H. GRY, (G).

### Danmarks tekniske Højskole:

Professor, dr. techn. A. H. M. ANDREASEN, (L).

Professor, dr. techn. A. EFSSEN, (L), med laboratorieingeniør, cand. polyt. O. GLARBO som suppleant.

### Danske Statsbaner:

Afdelingsingeniør, cand. polyt. A. JEPPESEN, (F), formand for (M).

### Dansk Ingeniørforening:

Amtsvejsinspektør, cand. polyt. I. JØRGENSEN, (M).

Stadsingeniør, cand. polyt. H. PETERSEN, (M).

### Foreningen af Grusgrave og Skærvfabrikker:

Civilingeniør C. KÄHLER, (G).

### Statsproveanstalten:

Afdelingsingeniør, cand. polyt. JOHS. ANDERSEN, (L).

### Vandbygningsvæsenet:

Distriktsingeniør, cand. polyt. K. OTTERSTRØM, (M).

### Efter udvalgets anmodning:

Chefgeolog, dr. phil. HANS PAULY, (M), (G).

En foreløbig beskrivelse af udvalgets arbejde indtil 1957 har været offentliggjort i SBI-særtryk 91 [57 P 2].

Meddelelser om udvalgets indledende arbejde samt litteraturstudier m. v. er nedfældet i 30 interne rapporter.

Efterhånden som udvalget indvandt resultater af sit eget laboratoriearbejde m. v., har det offentliggjort 21 Progress Reports. Disse rapporter redegør hver for sig detaljeret for en enkelt arbejdsfase og er holdt på et teoretisk plan. De indeholder tilsammen den fuldstændige dokumentation for udvalgets arbejde.

Rapporterne har givet udvalgenes medlemmer mulighed for at følge med i detaljerne i det omfattende arbejde, og de har endvidere været til nytte ved udvekslingen af erfaringer med specialister i udlandet.

Blandt de spørgsmål, udvalget har fundet det nødvendigt at studere, indtager metoder til reparation af beskadigede konstruktioner en fremtrædende plads. Ikke alene er der i dag et betydeligt behov for reparation af ældre beskadigede bygværker, men det må også forventes, at der i de kommende 10–20 år vil tilkomme flere skader på en del af de i de senere år byggede konstruktioner, idet såvel skadelige alkaliskiselreaktioner som anden forvitring ofte først viser sig efter en længere årrække.

Det har været naturligt for udvalget at anmode afdelingsingeniør, cand. polyt. ARNE JEPPESEN om, på baggrund af sin omfattende erfaring fra D.S.B., at udarbejde først Progress Report B3: *Durability and Maintenance of Concrete Structures on Danish Railways* og nu nærværende vejledning.

Manuskriptet har været forelagt plenarudvalget i november–december 1959. Udvalget har bidraget med råd og kritik og har endeligt godkendt nærværende udgave på sit møde den 18. december 1959.

Efter særlig aftale udgives vejledningen ved SBI's foranstaltning.

Man har det indtryk, at vejledningen bringer overordentlig mange nye og værdifulde oplysninger, og at den sammen med udvalgets vejledning 1: *Foreløbig vejledning i forebyggelse af skadelige alkaliskiselreaktioner i beton* vil afhjælpe et stort savn.

Skadelige alkaliskiselreaktioner er som regel nært sammenknyttet med andre former for forvitring, og det vil derfor forstås, at udvalgets arbejde og ikke mindst denne vejledning omfatter betons holdbarhed i almindelighed. De foranstaltninger til f. eks. tætning og isolation, der her anbefales, vil da også både forbedre den almindelige holdbarhed og formidske risikoen for skadelige alkaliskiselreaktioner.

Selv om der har været indsat meget betydelige ressourcer på at klarlægge holdbarhedsproblemerne ved tilskud fra:

Aalborg Portland-Cement-Fabrik A/S,

Aarhus Sten- og Gruskompani,

Akademiet for de tekniske Videnskaber,



Carl Nielsen A/S,  
Danmarks tekniske Højskole,  
Danske Statsbaner,  
Det teknisk-videnskabelige Forskningsråd,  
Entreprenørforeningen,  
Farum Sten- og Gruskompagni A/S,  
Foreningen af Grusgrave og Skærvefabrikker,  
Forsvarets Bygningstjeneste,  
Knud Højgaards Fond,  
Korsør Stenforretning,  
Statens Byggeforskningsinstitut,  
Vandbygningsvæsenet og  
Vejdirektoratet,

er man ikke nået så vidt, at man i en vejledning som den nærværende på simpel måde kan give anvisning på den mest økonomiske fremgangsmåde i særligt vanskelige tilfælde eller ved meget store og udsatte konstruktioner.

Udvalget har i den anledning set det som sin opgave siden 1957 også at drive konsultationsvirksomhed og har draget omsorg for, at denne virksomhed videreføres af SBI efter udvalgets opløsning den 1. april 1959.

SBI benytter lejligheden til at takke Akademiet for de tekniske Videnskaber og de øvrige parter i udvalget for det gode samarbejde og til at takke udvalget som helhed, fordi man har betroet os udarbejdelsen af denne vejledning.

Endvidere vil man bringe en tak til civilingeniørerne C. T. WINKEL og OTTO CHRISTENSEN, særlig for oplysninger i forbindelse med afsnittene om Colcrete- og Prepaktmetoderne, civilingeniør E. PHAFF MØRK for oplysninger om Vacuum-metoden, civilingeniør H. BJERRING ANDERSEN for gennemsyn af afsnittet om cementfarver, samt overkonstruktor HENRY HANSEN, D.S.B., for værdifuld medhjælp, særlig i forbindelse med tilrettelæggelse af billedmaterialet, og civilingeniør P. NERENST for råd og vejledning ved det redaktionelle arbejde.

En særlig tak vil man gerne samtidig rette til forfatteren, afdelingsingeniør, cand. polyt. ARNE JEPPESEN for det meget omfattende og overordentligt omhyggelige arbejde, han har udført.

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
December 1960

NIELS MUNK PLUM

## Indledning

Da jernbeton omkring dette århundredes begyndelse blev indført her i landet og straks i ret betydeligt omfang taget i anvendelse såvel inden for hus- som brobygningen, regnedes der i almindelighed med, at man hermed til bærende konstruktioner havde fået et materiale, der i modsætning til de rene stålkonstruktioner, stort set ikke ville kræve vedligeholdelse. Således anføres der i indledningen til den dengang førende lærebog i jernbeton (E. Suenson: Jærnbeton. København 1907) følgende passus: »Til de Egenskaber, der har baaret Jærnbetonen frem, hører for det første dens Uforgængelighed baade i Vand og Luft; specielt dens Brandsikkerhed« samt endvidere, efter at have understreget jernbetonens billighed i forhold til stålkonstruktioner: »Dertil kommer, at den ingen Vedligeholdelse kræver, således som Jærnet«.

Der skulle imidlertid ikke hengå særlig lang tid, før man blev klar over, at dette synspunkt havde været alt for optimistisk, idet man – i hvert fald ved udendørskonstruktioner – konstaterede skader og mangler som f. eks. revnedannelser, vandgennemsvævninger med tilhørende rustdannelser på armeringsstålene og overfladeafskalninger specielt af betondæklaget uden for armeringen, forhold, der i ugunstige tilfælde kunne føre til en veritabel begyndende forvitring af betonen.

Man blev omkring 1925 klar over, at de konstaterede stadigt fremadskridende beskadigelser af de omhandlede (udendørs) konstruktioner ofte var af en så alvorlig karakter, at en almindelig istandsættelse »for hånden« aldeles ikke slog til.

Disse omstændigheder medførte, at man blev nødsaget til at tage hele spørgsmålet om sådanne konstruktioners vedligeholdelse op til nærmere overvejelse for at søge at udarbejde mere effektive istandsættelsesmetoder, og dette resulterede da i, at man i slutningen af tyverne indførte de dengang nye *sprøjtormortel-* og *injektionsmetoder* og i det hele taget tog trykluftsværktøj i brug til vedligeholdelsesarbejder af den omhandlede art.

Efter disse metoder, suppleret og videreudviklet på forskellig måde, er der da siden nævnte tidspunkt og til dato gennemført en lang række betydelige istandsættelsesarbejder vedrørende sådanne konstruktioner, helt overvejende udendørskonstruktioner, jfr. f. eks. litteraturfortegnelsen [58 J 8]\*.

\* Denne og lignende henvisninger refererer til litteraturfortegnelsen side 145.



Hånd i hånd med udarbejdelsen og anvendelsen af disse sprøjtemørtel- og injektionsmetoder er der gennemført en – særdeles vigtig – modernisering og rationalisering af isolationsmetoderne.

Det er på grundlag af de således gennem den sidste menneskealder indvundne erfaringer, at nærværende vejledning er udarbejdet.

Endvidere har man som bekendt gennemført en stadig mere og mere rationel betonproportionering og betonkontrol, men disse sidstnævnte forhold vil ikke blive gjort til genstand for nærmere omtale her, da der allerede foreligger fornødne moderne anvisninger i så henseende – jfr. f. eks. [50 P 7], [50 M 6], [50 P 2], [53 P 8].

Det er hensigten med nærværende vejledning at give en *praktisk anvisning* på rationel udførelse af vedligeholdelses- og istandsættelsesarbejder vedrørende beton- og jernbetonkonstruktioner. I forbindelse med redegørelsen for de i betragtning kommende istandsættelsesmetoder vil man også, omend kun i yderste korthed, komme ind på udførelsen af visse former for forstærkningsarbejder, idet det ofte i forbindelse med istandsættelsen af sådanne konstruktioner kan være påkrævet at forstærke disse.

Allerede på grund af vejledningens begrænsede omfang vil det ikke være gørligt at give en udtømmende beskrivelse af alle de mulige fremgangsmåder og at nævne alle de på markedet forekommende præparater, f. eks. til tætning af beton og isolering af denne, der i den her omhandlede forbindelse kan komme i betragtning.

Man vil som sagt først og fremmest give en for praksis tilstrækkelig detailleret beskrivelse af de istandsættelsesmetoder, der med tilfredsstillende resultater er anvendt her i landet i den sidste menneskealder og samtidigt gøre rede for, hvorledes disse metoder stadigt, og ikke mindst i de senere år, er blevet modificerede under hensyn til den mere dybtgående erkendelse af årsagerne – deriblandt også de skadelige alkalikiselreaktioner – til betons beskadigelse og forvitring.

Dog vil man også i videst muligt omfang omtale de senest tilkommende fremgangsmåder for istandsættelse af beton- og jernbetonkonstruktioner, selv om disse endnu kun i begrænset omfang er anvendt her i landet.

Direkte teoretiske redegørelser bl. a. vedrørende de mekanismer, der ligger til grund for betons forvitring, vil ikke blive medtaget her. I så henseende henvises til allerede foreliggende publikationer desangående, hvoraf et udvalg er anført i litteraturfortegnelsen.

Ikke heller vil der i denne vejledning blive gjort rede for, hvorledes man ved udførelsen af ny beton – derunder altså også sådan beton, der anvendes til istandsættelsesarbejder – skal undgå skadelige alkalikiselreaktioner.

## I. Tilsyn med bygværker

Det er af hensyn til gennemførelsen af en rationel vedligeholdelse af bygværker meget vigtigt, at sådanne ikke henstår uden at være underkastede regelmæssige tilsyn og undersøgelser udført af tilstrækkelig sagkyndigt, teknisk uddannet personale.

Administrationer og bygherrer, der har ansvaret for beton- og jernbetonkonstruktioner i større omfang, har da også som oftest faste regler for gennemførelsen af sådant tilsynsarbejde, men det var meget ønskeligt, om tilsvarende eftersyn i det hele taget blev mere almindelige.

Man skal derfor i korthed angive nogle hovedretningslinier for sådanne tilsynsarbejders gennemførelse.

### Almindelige eftersyn

Sådanne tilsyn bør for udendørs konstruktioner af blot nogen betydning gennemføres *en gang om året* og da bedst om *foråret*, hvorefter iagttagne mangler, om det måtte skønnes nødvendigt eller ønskeligt, kan afhjælpes i den efterfølgende sommer og således gennemføres på en gunstig årstid.

Angående eftersynenes nærmere gennemførelse skal henvises til bilag I: Vedligeholdelsesjournal.

På grundlag af de iagttagne mangler må der da, efter en indgående, sagkyndig analyse og bedømmelse af disse, træffes afgørelse om, i hvilket omfang og til hvilket tidspunkt istandsættelsesarbejderne bør bringes til udførelse.

At give nærmere almindelige regler i så henseende er særdeles vanskeligt, da forholdene ofte er så sammensatte og forskellige. Her skal man indskrænke sig til at anføre, at det som regel vil være hensigtsmæssigt så hurtigt som muligt at afhjælpe konstaterede *store mangler vedrørende et bygværks isolering mod gennemtrængning af vand*, da beskadigelserne som følge af vandgennemstrømninger ofte kan være hurtigt fremadskridende og medføre alvorlig nedbrydning af betonen.

I andre tilfælde kan det derimod ofte være hensigtsmæssigt at lade bygværker så at sige blive »modne« til en *hovedistandsættelse*, ved hvilken man da med fordel kan anvende et større éngangsbeløb på at bringe den pågældende konstruktion tilbage til en tilfredsstillende vedligeholdelsestilstand for en længere årrække.



Dette afhænger imidlertid af mange forhold, derunder bl. a. af hastigheden af de konstaterede angrebs fremadskriden, og modsiger ikke det ovenfor anførte om ønskeligheden, ja, nødvendigheden, af at følge et sådant bygværks vedligeholdelsestilstand fra år til år.

## Særlige undersøgelser

Ved større bygværker foretager man ofte hvert 5. år et *hovedeftersyn*, dvs. en særlig grundig undersøgelse, ved hvilken specielt sådanne dele af konstruktionen, der i det daglige måtte være utilgængelige, i hvert fald for de vigtigste deles vedkommende, *afdækkes* og efterses. Dette gælder således f. eks. alle leje- og charnierkonstruktioner m. v.

Ved sådanne bygningsværker kan det være hensigtsmæssigt, ja nødvendigt, ved eftermåling og nivellement at holde nøje kontrol med eventuelle sætninger og andre bevægelser af fundamenter og piller m. v. Som et eksempel på, at sådanne målinger kan give meget markante oplysninger, der kan være uundværlige for vedligeholdelsen af det pågældende bygværk, skal hidstilles en grafisk fremstilling af de siden broens bygning målte lodrette nedsynkninger af strømpillerne i Lillebæltsbroen, se fig. 1.

## Overvejelser forud for istandsættelsesarbejder

Forinden man bestemmer sig til at foretage en *hovedistandsættelse* af et beton- og jernbetonbygværk, bør dette altid underkastes et særligt omhyggeligt *hovedeftersyn* således, at man kommer i besiddelse af nøjagtige – såvel kvalitative som kvantitative – angivelser af bygværkets mangler.

Fører denne undersøgelse til formodningen om, at den i konstruktionen indgående beton lider af dybtgående skader som f. eks. følgerne af skadelige alkaliskelreaktioner, bør prøver af betonen indsendes til kyndig undersøgelse i et dertil egnet laboratorium, *forinden* nærmere bestemmelser træffes vedrørende fremgangsmåden ved bygværkets istandsættelse.

Det kan her nævnes, at Statens Byggeforskningsinstitut råder over et sådant laboratorium, der foretager undersøgelser af beskadiget beton.

Iøvrigt bør der *altid* forinden en sådan hovedistandsættelse foretages en  *vurdering* (derunder også en statisk bedømmelse) af det pågældende bygværk, dels for at afgøre om konstruktionerne i det hele taget er værdt at ofre en hovedistandsættelse på, dels (hvis dette er tilfældet) om der sam-

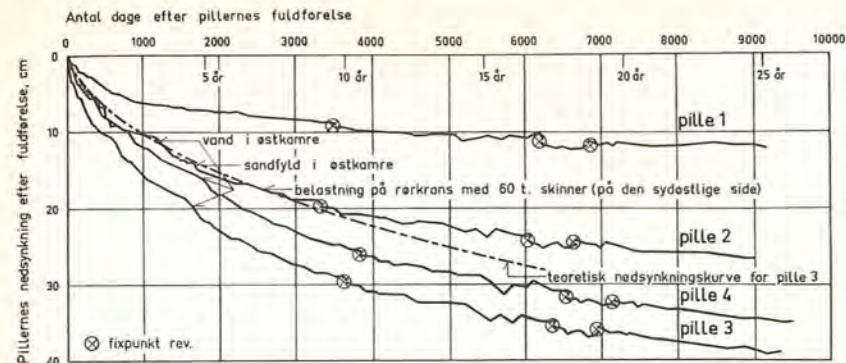


Fig. 1. Lillebæltsbroen. Strømpillernes lodrette nedsynkninger (pillerne er nummererede fra Fyn mod Jylland). Sådanne nedsynkninger, i dette tilfælde ganske normale og forudsete, kan, som det ses, være ret betydelige og kendskabet til dem af vigtighed for bygværkets vedligeholdelse. Dette gælder også i mange tilfælde, hvor det drejer sig om mindre bygværker. Det kan derfor være hensigtsmæssigt at følge sådanne sætninger gennem årene. Dette gøres i den almindelige praksis utvivlsomt altfor lidt.

tidigt med istandsættelsesarbejdernes gennemførelse skal foretages en *forstærkning* af konstruktionerne.

Denne vurdering skal da også omfatte et skøn over, hvorvidt bygværket iøvrigt (dvs. med hensyn til opfyldelsen af dets funktioner) må påregnes at kunne gøre fyldest en længere årrække ud i fremtiden.

Disse undersøgelser kan meget vel føre til, at man beslutter sig til at foretage en hel eller delvis *fornyelse* af bygværket fremfor at anvende for store beløb på dets istandsættelse og eventuelle forstærkning.

Først når sådanne rationelle undersøgelser af bygværket er gennemført, kan man med virkelig fordel foretage den fornødne detailprojektering af dets istandsættelse m. v. og derefter bringe arbejdet til udførelse.

Det skal sluttelig bemærkes, at man til arbejder af den her omhandlede art bør vælge en entreprenør, der er fortrolig med de pågældende metoder og er i besiddelse af det for sådanne arbejders rationelle udførelse fornødne materiel og mandskab. Moderne istandsættelse af beton- og jernbetonkonstruktioner kræver både for så vidt angår arbejdernes tilrettelæggelse og deres udførelse i meget høj grad *specialuddannede teknikere*.

Det skal for fuldstændighedens skyld anføres, at projekter vedrørende mere omfattende reparationer og forstærkningsarbejder på sædvanlig måde skal fremsendes til myndighederne til godkendelse.



## II. Typiske mangler og beskadigelser

I det foregående afsnit blev det fremhævet, at en grundig undersøgelse af det bygværk, der agtes istandsat, er nødvendig for opnåelse af et tilfredsstillende resultat af istandsættelsesarbejdet bl. a. af den grund, at det gælder om i videst muligt omfang at forstå årsagerne til de forefundne mangler og beskadigelser, forinden istandsættelsesarbejdet tilrettelægges og bringes til udførelse, da man i modsat fald kan gribe fuldstændig fejl med hensyn til valg af istandsættelsesmetode.

Det kan imidlertid ofte være vanskeligt nok på forhånd at finde frem til disse årsagsforhold, og for at lette forundersøgelserne mest muligt vil man i dette afsnit give en kort oversigt over de mangler ved og beskadigelser af beton- og jernbetonbygværker, man i de sidste ca. 30 år i særlig grad har iagttaget her i Danmark, og samtidigt hermed vil man da søge at pege på de årsager, der først og fremmest ligger til grund for disse forskellige beskadigelser.

Dette kan imidlertid kun gøres i store træk og med en vis forenkling af forholdene. Disse er nemlig ofte så sammensatte, at der – som anført i slutningen af afsnit I – kræves særlig specialkundskab til i det enkelte tilfælde at foretage en tilbundsående analyse af disse årsagsforhold.

Det skal endvidere understreges, at den i dette afsnit givne inddeling af stoffet er af *praktisk* art. De omtalte typer af betonbeskadigelser har man atter og atter stået over for i vedligeholdelsesarbejdet, og man mener, at det vil være af værdi for den praktiserende ingeniør at opretholde denne inddeling, selv om man ved en teoretisk behandling af spørgsmålet om betons holdbarhed vil disponere stoffet anderledes.

Det vil ses af det i nærværende afsnit fremlagte og behandlede materiale, at dette er hentet fra *udendørskonstruktioner*. Dette skyldes, at man gennem årene fra århundredskiftet og indtil nu, ikke har truffet sådanne betonbeskadigelser ved de egentlige *indendørskonstruktioner*, således som disse forekommer i den *almindelige* husbygning.

Konstruktive mangler f. eks. revnedannelser som følge af urationel konstruktiv udformning, uensartede sætninger af byggegrunden samt som følge af utilladelig overbelastning, er derimod naturligvis iagttaget ved indendørs- såvel som ved udendørskonstruktioner, men de typiske betonbeskadigelser derimod ikke.

Det skal imidlertid bemærkes, at man meget vel kan træffe betonbeskadigelser i indendørs husbygningskonstruktioner, men da forefindes de i

sådanne *særlige* bygværker, hvor de indendørs beton- og jernbetonkonstruktioner er udsatte for fugtighed (f. eks. badeanstalter, mejerier, slagterier og andre »våde« industrier), eller for direkte aggressive stoffer (f. eks. syre, stærke baser, salt, røg osv.).

Endvidere må det erindres, at der jo i husbygningen forekommer mange udendørskonstruktioner, såsom udvendige trapper, altaner og facadekonstruktioner osv., og at disse naturligvis er udsatte for betonbeskadigelser på ganske samme måde, som tilfældet er det for f. eks. brokonstruktionernes vedkommende. Til disse udendørs husbygningskonstruktioner må da også henregnes jernbeton-tagkonstruktioner samt visse kælderkonstruktioner med tilhørende fundamenter, hvor betonbeskadigelser ikke så sjældent optræder i forbindelse med *indtrængende vand* og for tagkonstruktionernes vedkommende i nogen grad som følge af dannelsen af *kondensvand*.

Det kan måske allerede her være rigtigt at fremhæve, at tilstedeværelsen af vand og fugtighed er en *dominerende* forudsætning for fremkomsten og videreudviklingen af betonbeskadigelser af forskellig art. Tilstedeværelsen af vand er f. eks. således en nødvendig betingelse for, at de skadelige alkaliskelreaktioner kan komme til udfoldelse [61 P 1]. Fremkomsten af betonbeskadigelser som følge af vekslende frost og tø forudsætter ligeledes tilstedeværelsen af vand [58 N 4].

Af det således fremførte vil det derfor forstås, at det ikke spiller nogen afgørende rolle, om eksemplerne på typiske betonbeskadigelser hentes fra brobygning, husbygning eller vandbygning. Det er mindre konstruktionens art end dens påvirkninger, der i denne forbindelse er af betydning.

Forinden man går over til hovedemnet for dette afsnit, skal man dog *stærkt understrege*, at denne oversigt – med det tilhørende billedmateriale – på ingen måde må tages som udtryk for, hvorledes den overvejende del af Danmarks beton- og jernbetonbygværker har holdt sig gennem årene. Til belysning af dette forhold kan man f. eks. hen vise til en foretagen sammenligning mellem anlægsomkostninger og vedligeholdelsesudgifter vedrørende Danske Statsbaners beton- og jernbetonbroer i tidsrummet ca. 1900–1950. Hovedresultatet af denne undersøgelse var, at den årlige vedligeholdelse af betonen i de pågældende bygværker androg ca. 0,5 pct. af anlægsudgifterne for betonkomponenten, hvilket tal er af samme størrelsesorden som vedligeholdelsesudgifterne ved stålkonstruktioner. Der henvises iøvrigt til litteraturfortegnelsen [58 J 8].

Efter disse indledende bemærkninger skal gives en kort oversigt over typiske betonbeskadigelser.



## Overfladeafskalninger

### Rustangreb

Afskalninger i forbindelse med rustangreb på armeringsstålene er blevet konstateret specielt på ældre (dvs. i tidsrummet ca. 1900–1925 udførte) udendørs jernbetonkonstruktioner i et meget betydeligt omfang. Et typisk eksempel på afskalninger af denne art ses på fig. 2, der hidrører fra Tietgensgadeviadukten på Københavns Hovedbanegård. Broen er udført i det første tiår af dette århundrede. Afskalninger af denne art skyldes først og fremmest den omstændighed, at betondæklaget ikke har kunnet beskytte armeringsstålet mod indtrængende fugtighed og luft, hvilket da har medført rustdannelse (med tilhørende volumenforøgelser) og afsprængninger af det dækkende betonlag.

De her omtalte afskalninger står ganske utvivlsomt i direkte forbindelse med de meget *tynde betondæklag*, der ofte blev benyttet i de ældre jernbetonkonstruktioner. Man har således gang på gang selv i udendørskonstruktioner, konstateret dæklag på 1 cm eller endog derunder, f. eks. netop ved Tietgensgadeviadukten. Dette har altså vist sig ikke at være tilstrækkeligt, uanset at betonen i og for sig for en umiddelbar betragtning syntes at være både stærk og tæt.

Fremgangsmåden ved istandsættelse af bygværker, der er beskadiget på denne måde, vil blive nærmere behandlet i afsnit III, ligesom de konstruktive foranstaltninger til undgåelse af disse skader i nye bygværker vil blive drøftet i afsnit VII. Her skal det blot fremhæves, at sådanne skader naturligvis meget vel kan forekomme samtidigt med andre af de nedenfor nævnte dyberegående ødelæggelser, og at fremgangsmåden ved deres afhjælpning så afgørende kan påvirkes af dette forhold, *men dette gælder i og for sig alle de nævnte beskadigelsestyper og fremhæves derfor kun her, men med gyldighed for alt det følgende.*

Fig. 3 viser beskadigelser af beton i altankonstruktioner med dertil hørende rustangreb på det i disse indstøbte stål. Skaderne må formentlig hovedsageligt henregnes til den her omhandlede type. Man har talrige erfaringer med sådanne afskalninger på altanplader [51–54].

Endelig ser man på fig. 5 afskalninger (efter renhugning) på de bærende jernbetonkonstruktioner i et indendørs svømmebassin.

### Springere

Herved forstår man de velkendte og iøvrigt ret hyppige mindre, runde (ofte cirkulære) tragtformede afskalninger af en dybde på nogle cm, der



Fig. 2. Typiske afskalninger af betondæklaget uden for armeringen på Tietgensgadeviadukten i København. Sådanne afskalninger finder fortrinsvis sted ved hjørner og er ved ældre konstruktioner meget almindelige. Viadukten er så gammel, at der er anvendt fladjernsbøjler, hvilket utvivlsomt også har bidraget til at fremme afskalningerne.

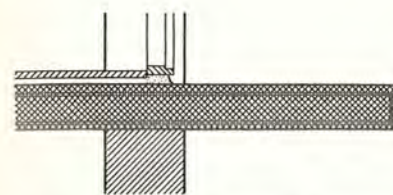


Fig. 3 og 4. Skitse og foto af udpræget og ikke ualmindelig rusttæring af bærende profiljern i altankonstruktion. Nedsivende vand har i dette grelle tilfælde helt borttøret profiljernet i krop.



Fig. 5. Typiske afskalninger på en bærende søjle under et svømmebassin. Altså et tilfælde hvor sådanne skader er iagttaget inde i en bygning, men vel at mærke på grund af de særligt fugtige forhold.



såvel ved armerede som uarmerede betonkonstruktioner virker meget skæmmende og i det lange løb også skadeligt på sådanne bygværkers udvendige, for vejrliget udsatte overflader. I bunden af en sådan tragtformet afskalning forefindes en sten, og det er en volumenforøgelse af denne, der har forårsaget den pågældende afsprængning.

At sådanne springere kan forekomme i betydeligt omfang, ses f. eks. af fig. 6 og 7, der viser henholdsvis en af strømpillerne i Storstrømsbroen (på hvilken man ser arrene efter istandsættelse af talrige sådanne springere) samt et parti af den ene landpille i Masnedsundbroen. Vedrørende fremgangsmåden ved istandsættelsen af sådanne springere henvises til afsnit III (se dog også afsnit IV).

Tidligere gik man uden videre ud fra, at sådanne springere skyldtes tilstedeværelsen af porøse kalksten nær betonens overflader således, at indtrængende fugtighed opsugedes af den pågældende sten, der så ved vekslende tø og frost udvidedes og sprængtes og da samtidigt medførte den tragtformede afskalning af »dæklaget« uden for stenen.

Drejer det sig om en *porøs kalksten*, er denne forklaring også rigtig, idet kalken ikke på anden måde kan reagere med bestanddelene i den omgivne beton.

Imidlertid har man i den senere tid, i forbindelse med udforskningen af de skadelige alkalikiselreaktioner, konstateret, at der ikke så sjældent i bunden af det tragtformede afskalningshul forefindes en tæt (dvs. uporøs) flintsten. I så fald er der ikke tale om frostskaade, men netop om følgerne af skadelige alkalikiselreaktioner.

Drejer det sig om en porøs flintsten, kan begge de nævnte årsager komme i betragtning, og kun en nærmere laboratorieundersøgelse kan klarlægge forholdene definitivt.

En sådan undersøgelse er for tre springersten fra Storstrømsbroens nordre endepille foretaget af alkaliudvalgets laboratorium, som fandt, at springeren i første tilfælde, fig. 8, skyldes skadelige alkalikiselreaktioner og/eller frostpåvirkninger. I det andet tilfælde, fig. 9, antagelig skadelige alkalikiselreaktioner alene og i tredje tilfælde, fig. 10, antagelig frostpåvirkninger alene. Mikrofotografier i fig. 8, 9 og 10 viser tyndsnit af de skadevoldende sten. Der henvises iøvrigt til billedteksterne og [59 L 6].

Springere er i udendørs konstruktioner konstateret mange steder. Et ganske særligt udpræget tilfælde ses på fig. 11, der viser en meget stor springer i et parti af en af kantbjælkerne på en bro. Imidlertid er dette billede taget længe før alkaliudvalgets undersøgelser påbegyndtes, således at man ikke har nærmere laboratorieundersøgelser af stenen.

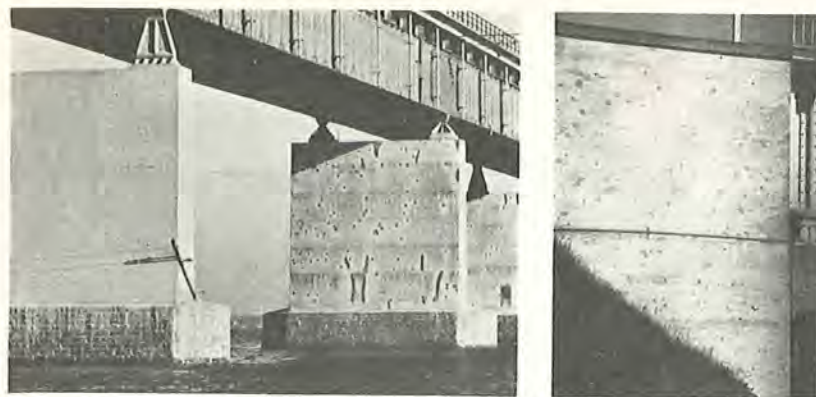


Fig. 6 og 7. Tydelige ar efter istandsættelse af springere i strømpille. Den forreste pille er desuden overfladebehandlet med cempexo. Billedet er optaget kort efter. Til højre en bropille, der er istandsat for hånden med cementmortel efter springerskader.



Fig. 8, 9 og 10. Tre tyndsnit af prøver på springere. Til venstre er der foregået skadelige alkalikiselreaktioner i den store lyse sten af kalkopalflint, altså en samvirken mellem skadelige alkalikiselreaktioner og frostpåvirkninger. I midten ses en alkaliaktiv bjergart (porøs kalkopalflint), hvor revnedannelsen antagelig skyldes skadelige alkalikiselreaktioner. Til højre en sten, der ikke er alkalireaktiv (porøs kalksten), men dens højporøse struktur med submikroskopiske porer er et kendetegn på en frostfarlig bjergart, hvorfor springerdannelsen her antagelig må skyldes ekspansion som følge af frostpåvirkninger alene.





Fig. 11. Meget udpræget springerdannelse i en rækværkshjelke på en bro. Iovrigt udviser den pågældende konstruktionsdel meget alvorlige revnedannelser, der kunne tyde på ødelæggelser af betonen som følge af skadelige alkalikislerreaktioner. En sådan beskadiget rækværkshjelke kan ikke istandsættes, men må borthugges og fornyes.

Iovrigt kan det oplyses, at man i de indvendige, lukkede men dog uopvarmede rum i Storstrømsbroens nordre endepille ikke har fundet springere, hvilket altså bekræfter, at sådanne fremkomst kræver tilstedeværelsen af ret kraftig fugtighed.

### Vandgennemsivninger

Beskadigelser fortrinsvis som følge af vandgennemsivninger har – som berørt ovenfor – spillet en dominerende rolle i vedligeholdelsesarbejdet og skal derfor, ved omtalen af nogle eksempler, særligt fremhæves her.

På fig. 12 ses således vederlagspartiet af en ældre, jordfyldt jernbetonbuebro. Partiet er beskadiget som følge af vandgennemsivning fra jordfylden over buen. Beskadigelserne er nødtorftigt og utilstrækkeligt istandsat »for hånden«, men først efter en rationel anvendelse af trykluftsværktøj og sprøjtømørtel samt en fornyelse og forbedring af isoleringen og af vandafledningen har en effektiv hovedstandsættelse været mulig (se senere nærmere under afsnittene III og V).

Lignende vanskeligheder har man iagttaget ved en række ældre 3-fags, jordfyldte jernbetonbuebroer, idet vandgennemsivninger fortrinsvis finder sted umiddelbart over mellempillerne i dybdepunkterne mellem buerne, se således fig. 13 der viser et nærbillede af et sådant vederlagsparti, efter at den beskadigede beton er fjernet ved anvendelse af trykluftsværktøj. Nærmere redegørelse for fremgangsmåden ved istandsættelsen af sådanne skader vil blive givet senere (jfr. afsnit III og V).

Fig. 14 viser udfældninger af kalciumkarbonat på en støttemur i Hellerup som følge af vandgennemsivninger. Ikke engang gennemførelsen af en så bekostelig overfladebeskyttelse som tilhugget granitparament gør en effektiv isolering af og vandafledning fra en sådan murets bagside overflødig.



Fig. 12. Vederlagspartiet af en jordfyldt jernbetonbue beskadiget som følge af vandgennemsivning fra jordfylden.

Fig. 13. Vederlagspartiet ved en af mellempillerne i en 3-fags jordfyldt jernbetonbro. Ødelæggelserne skyldes vandgennemsivning fra dybdepunktet mellem de tilstødende buer.



Fig. 14. Udfældninger af kalciumkarbonat på en støttemur i Hellerup som følge af vandgennemsivninger fra jordfylden bag muren.





På fig. 15 ser man kraftige vandgennemsivninger gennem en jernbetonbrobaneplyade. Man iagttager tilstedeværelsen af de såkaldte stalakitter samt af hvide udflaad (sekundære udfældninger f. eks. af kalciumkarbonat eller eventuelt af alkali-kisel-gel).

Sådanne udfældninger vil i det lange løb *udlode* og derved *svække*, i sin yderste konsekvens *odelægge*, den pågældende beton. Dette var nu imidlertid endnu ikke tilfældet for den omhandlede konstruktions vedkommende. Derimod viste det sig umuligt at vedligeholde malingen på de under brobaneplyaden liggende uindstøbte ståldragere. Det blev derfor nødvendigt at foretage en istandsættelse af isolationslaget på jernbetonplyadens *overside*.

*Disse erfaringer understreger stærkt nødvendigheden af en effektiv og stadigt vedligeholdt isolering mod gennemsivning af vand af sådanne konstruktioner.*

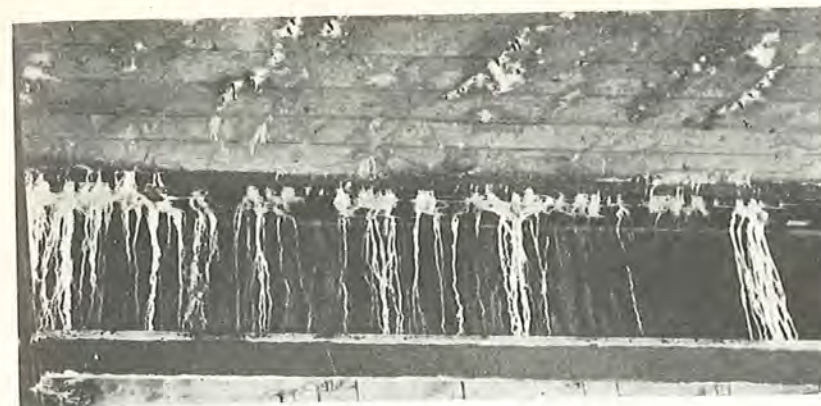
### Indsivning af vand

Når man i denne oversigt udskiller dette punkt fra det tidligere behandlede punkt om vandgennemsivninger, skyldes dette praktiske grunde, idet de fremgangsmåder, der skal anvendes ved istandsættelsesarbejderne, som det vil fremgå af det følgende, er forskellige. Det er derfor formentligt hensigtsmæssigt allerede i omtalen af skadernes fremtrædeform at holde dem adskilte, selv om de principielt er særdeles nært beslægtede.

Nogle eksempler på betonbeskadigelser af denne art skal nævnes:

På fig. 16 ses vederlagspartiet af nogle mindre jernbetonbuer i en buebro ved Vejle. Disse jernbetonbuer udviste tegn på betonbeskadigelser, og en nærmere undersøgelse gav til resultat, at alle buernes vederlagspartier bestod af udpræget *porøs og dårligt støbt beton*, således at en istandsættelse og forstærkning af disse bærende dele af broen var en nødvendighed. Her kunne beskyttelse ved anvendelse af overfladeisolation ikke komme i betragtning, hvorimod dette tilfælde var egnet for – og skaderne med fuldt tilfredsstillende resultat blev istandsat ved – anvendelse af injektion med cementmørtel i de porøse partier af konstruktionerne. Angående den nærmere beskrivelse af dette og lignende istandsættelsesarbejder henvises til afsnit III.

Her skal det blot tilføjes, at man gennem årene ret ofte har mødt tilsvarende mangler i de bestående, navnlig ældre, bygværker, og at man i disse tilfælde ofte står over for en almindelig forvittringsproces, idet slagregn og fugtighed fra luften, samt i visse tilfælde direkte påsprøjtet søvand, indsuges i de porøse partier af betonen og ved indtrædende frost udvider sig og forårsager afskalninger, der år for år æder sig længere og længere ind.



*Fig. 15. Stærke vandgennemsivninger gennem en brobaneplyade, hvis isolation med tiden er blevet beskadiget. En sådan jernbetonplyade odelægges, hvis isolationen ikke istandsættes eller fornyes. Endvidere er det umuligt at vedligeholde malingen på de underliggende stålkonstruktioner.*



*Fig. 16. Porøs og af indsuget vand beskadiget vederlagsparti af en jernbetonbue. Istandsættelse finder sted ved hjælp af injektion med cement. Se afsnit III.*

Sådanne afskalningsskader ses f. eks. meget ofte på havnekonstruktioner og specielt igen på de partier af disse, der er beliggende omkring dagligt vand [46 L 14], [48 L 2]. Der henvises iøvrigt vedrørende den nærmere forståelse af frostskaeters opståen og udvikling til [58 N 4].



En noget lignende form for beskadigelse fremgår af fig. 17 og 18, på hvilke man ser partier af de udkragede fortove på en jernbetonbro, der af æstetiske grunde ikke blev forsynet med rationelt udformede, fremspringende, armerede afdækninger. Beskadigelserne viste sig i løbet af få år og skyldtes først og fremmest manglende tæthed ved tilslutning mellem brobanens isolation og frontmuren, særlig ved fugerne. Virkningen forstærkedes formentlig ved, at vandet på grund af det manglende dækstansfremspring sivede ned ad konstruktionen.

Fig. 18 viser iøvrigt en tidligere ikke sjældent forekommende fejl ved udførelsen af en sådan opadvendende, afsluttende flade, idet man – formentlig for netop at skabe en tæt overflade – fejlagtigt har påført et ca. 2 cm tykt pudslag tilmed uden at give dette et passende stort sidefald. Man ser, hvor uhensigtsmæssig og uholdbar en sådan pudsaafdækning er.

Man finder som følge af de således iagttagne og beskrevne beskadigelser, der som sagt er forefundne ved en lang række bygværker, grund til allerede her stærkt at fremhæve nødvendigheden af en rationelt udformet og godt armeret afdækning af front- og fløjmur på broer og andre udenørs bygværker (jfr. iøvrigt afsnit IV og V).

Afskalninger som følge af porøs beton ses på fig. 19, der viser partier af betonfundamenter for stålmaster.

Da det drejede sig om temmelig udbredte beskadigelser på en række sådanne mastefundamenter, blev forholdet nøje undersøgt såvel i marken som i laboratoriet, og det viste sig da, at afskalningerne måtte henføres til *porositeter* i den pågældende beton fremkomne dels ved mindre rationel proportionering af denne, dels ved anvendelsen af for rigelig vandtilsætning under udstøbningen, samt endelig ved at der, under de ofte forholdsvis lange transporter af den blandede beton til de enkelte støbesteder, havde fundet en vis separation af den pågældende beton sted.

Derimod viste en foretagen laboratorieundersøgelse, at der ikke var grundlag for at antage, at tilstedeværelsen af skadelige alkalikiselreaktioner havde været en blot medvirkende årsag til de fremkomne afskalninger.

Fremgangsmåden ved istandsættelsen af disse og lignende betonskader vil blive nærmere behandlet i afsnit IV.

Sluttelig skal kort omtales nogle afskalningsskader, der for en umiddelbar betragtning ikke adskiller sig fra de ovenfor nævnte, men hvor laboratorieundersøgelser har gjort det sandsynligt, at man står over for følgerne af skadelige alkalikiselreaktioner.

Fig. 20 viser således udprægede afskalningsskader på et mastefundament på Oddesundbroen.

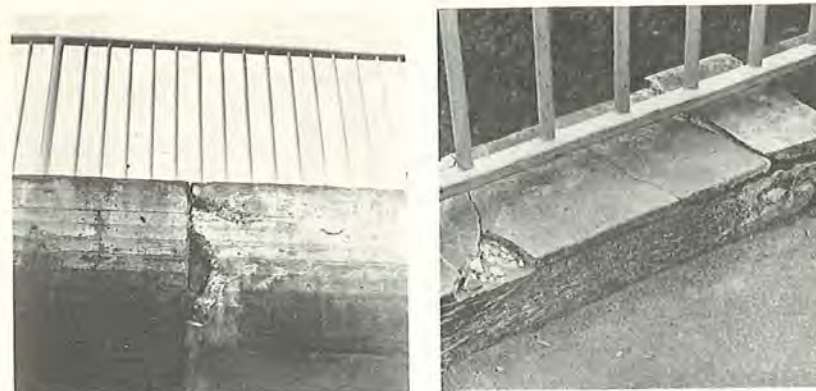


Fig. 17 og 18. Følgerne af en galt udformet afdækning af kantbjælken på en bro, hvorved skadelig vandind- og -gennemstrømning har fundet sted.

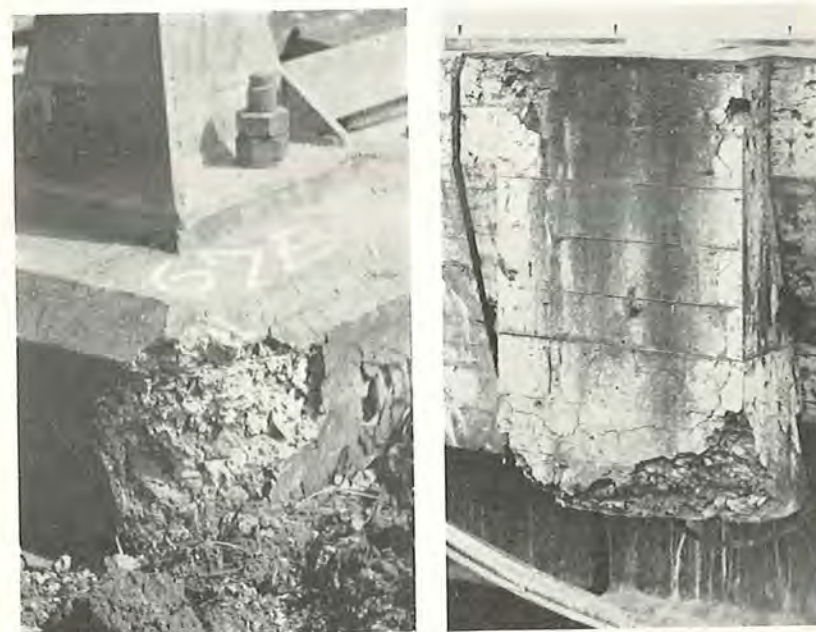


Fig. 19. Afskalninger som følge af porøs beton. Der er her ikke tale om følgerne af skadelige alkalikiselreaktioner. Fig. 20. Udprægede afskalninger som følge af indtrængende fugtighed og skadelige alkalikiselreaktioner.



Det er i denne forbindelse vigtigt at understrege, at det ved en umiddelbar besigtelse af bygværket i marken ofte vil være vanskeligt eller ligefrem umuligt at konstatere, om man står over for porositeter eller lignende i betonen eller/og tilstedeværelsen af skadelige alkaliskreaktioner. Vi står således her netop over for en skadetype, ved hvis årsagsforståelse laboratorieundersøgelser ofte er nødvendigt, og det må meget tilrådes ikke at vige tilbage for gennemførelsen af sådanne undersøgelser, da en forkert opfattelse af årsagen til afskalningsskader meget let vil kunne føre til alvorlige fejlgreb med hensyn til valg af istandsættelsesmetode.

### Røgangreb

Hvis vandgennemstrømningerne suppleres med en direkte påvirkning af aggressive stoffer, kan skadevirkningen blive forøget særdeles kraftigt. Som eksempler herpå skal nævnes nogle meget alvorlige erfaringer D.S.B. har indhøstet med hensyn til *røgpåvirkning* på undersiden af bærende jernbetonkonstruktioner over spor i drift.

Disse kemiske reaktioner består som bekendt i, at den i røgen værende svovlsyring ( $\text{SO}_2$ ) iltes til  $\text{SO}_3$ , der *med vand* giver svovlsyre ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Svovlsyren reagerer så igen med den frie kalk i betonen, hvorved denne delvis omdannes til gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), således at betonen bliver mør og blød og tillader vand at trænge ind til armeringen. Som det fremgår af det ovenstående, er tilstedeværelsen af vand en nødvendig betingelse for, at de her omhandlede processer kan finde sted.

På fig. 21, 22 og 23 ser man typiske og temmelig kraftige betonbeskadigelser af denne art på jernbetonkonstruktionerne på banestrækningen København H-Østerport.

Denne påvirkningsform er bl. a. medtaget, fordi den meget vel kan påregnes at forekomme mange andre steder end ved jernbanedrift, man behøver således kun at tænke på konstruktioner som jernbetonskorstene m. v., hvor sådanne ødelæggelser som bekendt kan blive særdeles fremtrædende.

Påvirkning fra tør røg er – i hvert fald med den koncentration af røgen, der normalt forekommer i fri luft – mindre farlig for betonen end den påvirkning, der finder sted, hvor der samtidigt forefindes vand. Vandets forekomst behøver imidlertid ikke at skyldes gennemstrømning, men kan f. eks. skyldes ind sugning af fugtighed (fra regn eller damp) i porøse partier af betonoverfladen, en beskadigelsestype, der er behandlet tidligere i denne vejledning.

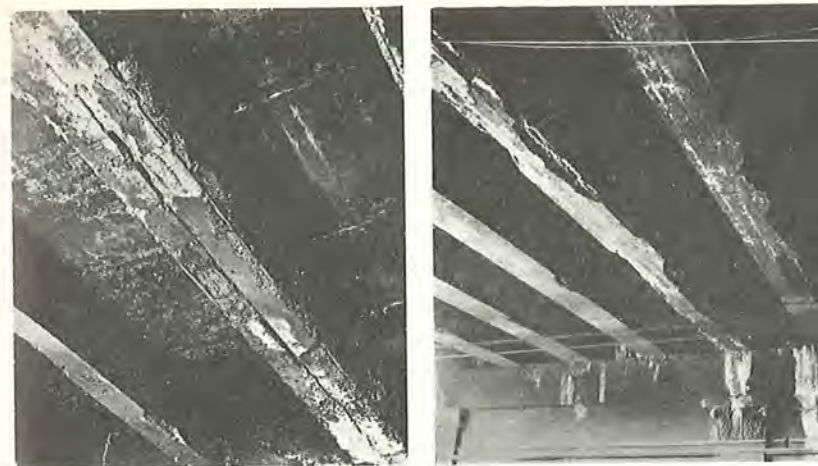


Fig. 21, 22 og 23. Typiske, kraftige betonbeskadigelser på jernbetonkonstruktioner over bybanen i København. Betonens nedbrydning skyldes den særdeles skadelige påvirkning af lokomotivrøg i forbindelse med vandgennemstrømning eller ind sugning af vand.



## Revner

En meget betydelig hjælp til ved undersøgelserne i marken at nå frem til en rigtig vurdering af årsagerne til et bygværks mangler får man ved at foretage en omhyggelig undersøgelse af *arten og forløbet* af de revner, der praktisk taget altid vil være til stede i et beskadiget udendørs beton- eller jernbetonbygværk.

Man vil derfor her give en kort oversigt over typiske revneforløb.

### Støbeskelsrevner

Sådanne revneforekomster er temmelig hyppige såvel i armerede som i uarmerede betonkonstruktioner og kan, hvis isoleringen ikke er intakt, give anledning til stærkt skæmmende og i det lange løb også skadelige vandgennemsvivninger.

Et parti af en sådan typisk støbeskelsrevne med kraftige gennemsvivninger ser man på fig. 24. På tilsvarende måde viser fig. 25 typiske støbeskelsrevner i en jordfyldt jernbetonbuebro, idet støbeskellene mellem selve buen og fløjmurene med tiden er sprunget op og har muliggjort kraftige gennemsvivninger af vand samt endog af den på fløjmurenes bagside påførte isolering.

Sådanne støbeskelsrevner skyldes først og fremmest en mangelfuld udførelse af de pågældende støbninger. Først i anden række kan der blive tale om forvitring og nedbrydning af betonen i nærheden af støbeskellet, nemlig hvis gennemsvivninger af vand i det lange løb udluder betonen.

Man skal senere – jfr. afsnit VII og III – give nogle retningslinier for en rationel udførelse af sådanne støbeskel samt for deres istandsættelse, hvis revner alligevel måtte forekomme, idet det må indrømmes, at det er vanskeligt selv i moderne vel udførte konstruktioner helt at undgå støbeskelsrevner.

Også istandsættelsen af allerede forekommende støbeskelsrevner kan være vanskelig og bekostelig nok, og omtalen af denne form for revneforløb giver derfor endnu en gang anledning til at påpege vigtigheden af en effektiv isolering af utilgængelige, f. eks. mod jord vendende, betonflader.

### Svindrevner

Svindrevner er den formentlig hyppigst forekommende revneform i såvel uarmerede som armerede betonkonstruktioner.

Man vil senere – jfr. afsnittene VII og III – komme noget nærmere ind på, hvad der med rimelig bekostning kan gøres for at nedsætte svindrev-

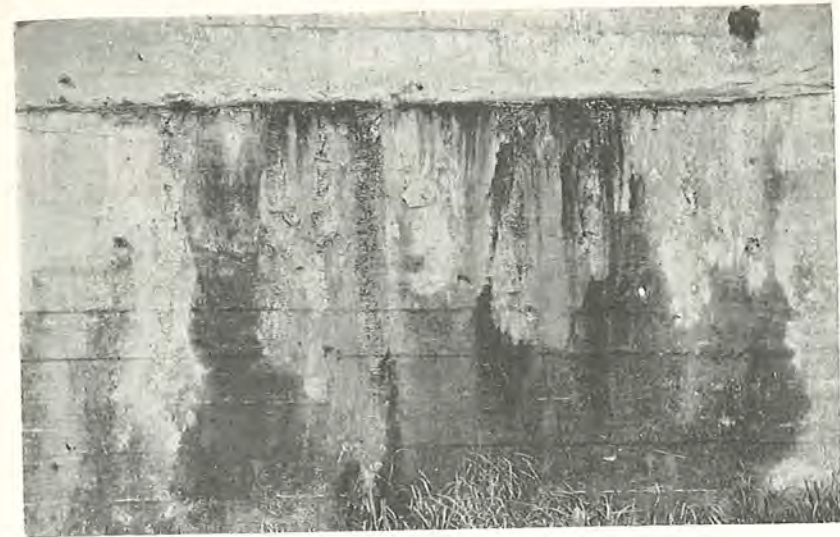


Fig. 24. Støbeskelsrevner med kraftig vandgennemsvivning i en brofløj.



Fig. 25. Typiske utætheder i støbeskellene mellem jernbetonbue og fløjmur.

neres antal ved nyanlæg samt omtale deres istandsættelse, hvis en sådan må skønnes nødvendig. Her skal blot nævnes et par eksempler på sådanne revneforekomster.



På fig. 26 ses således to typiske svindrevner i en støttemur. Afstanden mellem revnerne er kun ca. 4 m. En meget almindelig svindrevneafstand i en støttemur er iøvrigt ca. 4–6 m, så det må formentlig siges at være uoverkommeligt at anbringe dilatationsfuger i sådanne konstruktioner så tæt, at svindrevner af den grund kan undgås. Derved kommer man ind på tanken om at indlægge armering til imødegåelse af svindet, men derom nærmere senere (jfr. afsnit VII).

Af billedet, der er taget efter et regnvejr, fremgår det, at murens afdækning, der iøvrigt er meget spinkel, tillader gennemsvivninger med visse konstante mellemrum. Dette skyldes imidlertid ikke revner i afdækningen men derimod fuger i denne, udformet formentlig netop for at undgå svindrevner. Som man ser, kan resultatet ikke siges at være tilfredsstillende, og man skal senere – jfr. afsnit IV – komme tilbage til spørgsmålet om den mest rationelle form for en sådan afdækning.

Et andet eksempel på revner, der formentlig må opfattes som svindrevner, ses på fig. 27, der viser revnedannelser i en bropille (efter at disse revner er istandsatte ved hjælp af sprøjtemørtel og injektion).

En særlig form for svindrevner kan fremkomme, hvor overfladen af en konstruktionsdel, som følge af hurtigere udtørring, trækker sig kraftigere sammen end den indre kerne, hvorved der opstår et netværk af revner, en krakelering, i hvilken de enkelte revner er temmelig fine. En sådan formation af svindrevner ses på fig. 28, der viser en vejoverføring ved Ejby på Fyn, der i 1928 blev istandsat og forstærket – jfr. afsnit III – ved hjælp af sprøjtemørtel. Man skal lægge mærke til, at de pågældende revner i løbet af de 30 år, der er hengået siden broens forstærkning, ikke har udvidet sig væsentligt og ikke har givet anledning til dyberegående forvittringsangreb på betonen et ubedrageligt tegn på, at man ikke i dette tilfælde står over for en dyberegående »map-cracking« forårsaget af skadelige alkalikiselreaktioner, en revneformation vi skal se nogle typiske eksempler på senere.

Selv om sådanne fine krakeleringssvindrevner ikke kan siges i almindelighed at være særlig farlige, bør de dog såvidt muligt undgås således, som det senere – jfr. afsnit III – vil blive omtalt noget nærmere.

Iøvrigt skal man slutteligt henlede opmærksomheden på, at revneformationer, som de her behandlede, også kan skyldes uensartede temperaturforhold under eller umiddelbart efter udstøbningen. Således kan f. eks. de omtalte fine krakeleringssvindrevner skyldes, at en hurtigt afkølet ydre skal af en konstruktionsdel trækker sig sammen om en ikke så stærkt afkølet indre kerne.



Fig. 26. To typiske svindrevner i en støttemur. Afstanden mellem revnerne er ca. 4 m.



Fig. 27. Svindrevner efter istandsættelse med sprøjtemørtel og injektion.



Fig. 28. Godartede, overfladiske svindrevner istandsat ved hjælp af sprøjtemørtel.

Man kan imidlertid ikke her komme nærmere ind på dette forhold, men må nøjes med at henvise til [43 K 5], hvor dette og andre spørgsmål vedrørende temperaturforholdenes indvirkning på revnedannelserne i betonkonstruktioner gøres til genstand for nærmere redegørelse.



### Map-cracking

Vi så ovenfor, at man kan træffe netrevnedannelser af ikke alvorlig karakter, og at disse revner da var karakteriserede ved gennem tiden ikke væsentligt at tiltage i vidde og grovhed.

Træffer man derimod i det undersøgte bygværk revner af grovere og mere dybtgående karakter, skal man være på vagt og det igen ganske særligt, hvis disse grovere revner optræder som netrevner, krakeleringsrevner, »map-cracking«.

Grovere revnedannelser i en konstruktion kan skyldes brud i denne f. eks. som følge af overbelastning eller mangelfuld konstruktiv udformning, og nogle eksempler på sådanne revnedannelser skal omtales nedenfor under brudrevner.

Hvor der imidlertid ikke er grund til at antage, at de forefundne grovere revnedannelser skyldes konstruktive forhold, er der al mulig grund til at befrygte, at årsagen til revnernes fremkomst og stadige forværrelse skyldes tilstedeværelsen af dybtgående skadelige kemisk-fysiske omdannelser af betonen, derunder f. eks. skadelige alkalikiselreaktioner.

På fig. 29, 30, 31 og 32 ses en række eksempler på sådanne alvorlige revneforløb, der peger direkte mod tilstedeværelsen af skadelige omdannelser, derunder skadelige alkalikiselreaktioner, i den pågældende beton.

Hvis man træffer sådanne revneforløb i et bygværk, bør man ubetinget lade foretage nærmere undersøgelser af den pågældende beton i et dertil egnet laboratorium samt iøvrigt i det hele taget søge særlig sagkyndig assistance.

Angående istandsættelsen af sådanne dybtgående skader henvises til de følgende afsnit (specielt til afsnit IV).

### Brudrevner

Kun sjældent kommer man i den almindelige praksis ud for direkte brudrevner i bestående beton- og jernbetonkonstruktioner. Dog kan det formentlig være hensigtsmæssigt til slut i denne oversigt over revnedannelser ganske kort at redegøre lidt nærmere for, hvorledes sådanne typiske brudrevner i en jernbetonbjælke fremtræder.

Der kan i en jernbetonkonstruktion fremkomme tre hovedtyper af revnedannelse, når denne ved overbelastning, derunder for statisk ubestemte konstruktioners vedkommende ved uensartet sætning af byggegrunden, føres til brud.

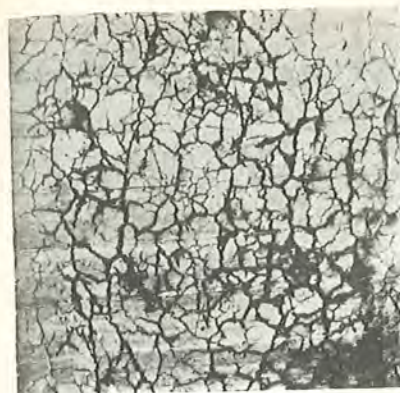


Fig. 29, 30, 31 og 32. Typiske eksempler på map-cracking som følge af skadelige alkalikiselreaktioner i betonen.



Fig. 33. Map-cracking i forbindelse med afskalning forårsaget af skadelige alkalikiselreaktioner i den pågældende beton.



### *Brud i trækzonen*

På fig. 34 ses en jernbetonprøvebjælke, der er dimensioneret således, at den ved tilstrækkelig belastning vil brydes ved, at armeringen i trækzonen flyder. Man ser, at bruddet er karakteriseret ved en række parallelle revner nogenlunde vinkelrette på den pågældende armering.

Ved fortsat overbelastning vil flydningen af armeringen fortrinsvis finde sted ved én af de pågældende revner, der så kommer til at gabe mere og mere, indtil det endelige brud kommer i denne revne.

På fig. 35 vises et usædvanligt typisk brud af denne art, idet toppen af en indspændt jordfyldt jernbetonbue er brudt på denne måde som følge af, at buens vederlag, på grund af særdeles vanskelige funderingsforhold, ikke har kunnet modstå trykket fra den bagved liggende jordfyld og derfor er blevet forskudt ind mod midten af brofaget. Brudrevnens ualmindelig regelmæssige, retlinede karakter skyldes formentlig tilstedeværelsen af et støbeskel det pågældende sted.

### *Brud i trykzonen*

På fig. 36 ser man en jernbeton-prøvebjælke, der er forsynet med en så stærk armering, at den ved overbelastning vil brydes ved knusning af betonen i trykzonen.

Bruddet er karakteriseret ved en knusning og derefter bortsprængning af betonen på brudstedet. De på billedet værende mod venstre faldende skrårævnere er først fremkommet på et sent stadium af belastningen og må formentlig opfattes som et vidnesbyrd om, at trykbruddet på dette sene stadium er fortsat som et forskydningsbrud.

### *Forskydningsbrud*

Fig. 37 viser en jernbetonprøvebjælke, der er dimensioneret således, at brud ved overbelastning fremkommer ved overvindelse af betonens forskydningsstyrke (skrå trækspændinger).

Bruddet er, som det ses, karakteriseret ved en skrårævne i nærheden af bjælkens vederlag og skråt faldende ned mod dette.

I den almindelige praksis kommer man ikke ud for revneforløb af den udprægede karakter, som kort er beskrevet her. Alligevel kan formentlig det anførte være en vejledende hjælp ved eftersynene af forskellige bygværker, idet man ofte ved disse eftersyn støder på revneforløb af tilsvarende karakter omend altså i mindre udpræget grad.



Fig. 34. Trækbrud i jernbetonprøvebjælke.



Fig. 35. Trækbrud i jernbetonbuebro.



Fig. 36. Trykbrud i jernbetonprøvebjælke.



Fig. 37. Forskydningsbrud i prøvebjælke.

Sådanne revner skyldes meget ofte urationel føring af armeringen eller også ligefrem, at denne (og specielt igen den sekundære armering) er for svag. Et typisk eksempel skal nævnes i tilknytning til fig. 38.



På fig. 38 er vist et parti af den ene rækværksbjælke på opkørselsbroen for lette biler til øverste dæk på motorfærgen »Halsskov« i Halsskov færgenhavn. Det drejer sig om et parti af rækværksbjælken, der er beliggende umiddelbart over en af opkørselsbroens mellemunderstøtninger, der dog ikke ses på billedet.

Brodækket består af en gennem flere fag kontinuerlig, svært armeret jernbetonplade, der altså på det på billedet viste sted har negative momenter, dvs. træk i oversiden. Efter støbningen af denne bærende brobaneplyade har man – for at fremme arbejdet før dens afformning – støbt rækværksbjælken og har – som almindeligt er – forsynet den med en forholdsvis spinkel armering bestående af  $\varnothing 12$  mm.

Disse forhold har af let forståelige grunde ført til dannelsen af en række (her 5) lodrette revner i rækværksbjælken, hvilket altså skyldes, at denne efter de statiske forhold er for svagt armeret.

Man kan se sådanne og tilsvarende revner talrige steder i de bestående konstruktioner. Således kan de i forbindelse med fig. 25 omtalte støbeskelsrevner mellem bue og fløjmur formentlig opfattes som udtryk for for svag armering af forbindelsen mellem disse konstruktionsdele. Man vil senere – jfr. afsnit VII – komme lidt nærmere ind på disse spørgsmål.

### Samtidig optræden af afskalninger og revner

Som tidligere omtalt optræder de forskellige nævnte beskadigelsesformer ofte ved et og det samme bygværk. Således ser man hyppigt en kombination af afskalningsskader og revner, specielt hvor der er tale om alvorlige angreb på den pågældende beton.

Et særligt grelt tilfælde af sådan samtidig tilstedeværelse af afskalningsår og revnedannelser ses på fig. 33, side 33, der viser et nærbillede af en kantsten på Storstrømsbroen. Her hersker ingen tvivl om, at den pågældende kantsten er ødelagt af skadelige alkaliselreaktioner.

### Volumenforøgelser

Foruden de tidligere omtalte skader, der giver sig til kende ved overfladeafskalninger af eller/og revner og utætheder i betonen, træffer man af og til også volumenændringer af denne, rumfangsudvidelser, der i visse tilfælde kan give sig meget markante og ejendommelige udslag og føre til kraftige beskadigelser af den pågældende konstruktionsdel.



Fig. 38. Revner i rækværksbjælken over en mellemunderstøtning af en kontinuerlig jernbetonpladebro. Revnerne skyldes en for svag armering af dækstenen.

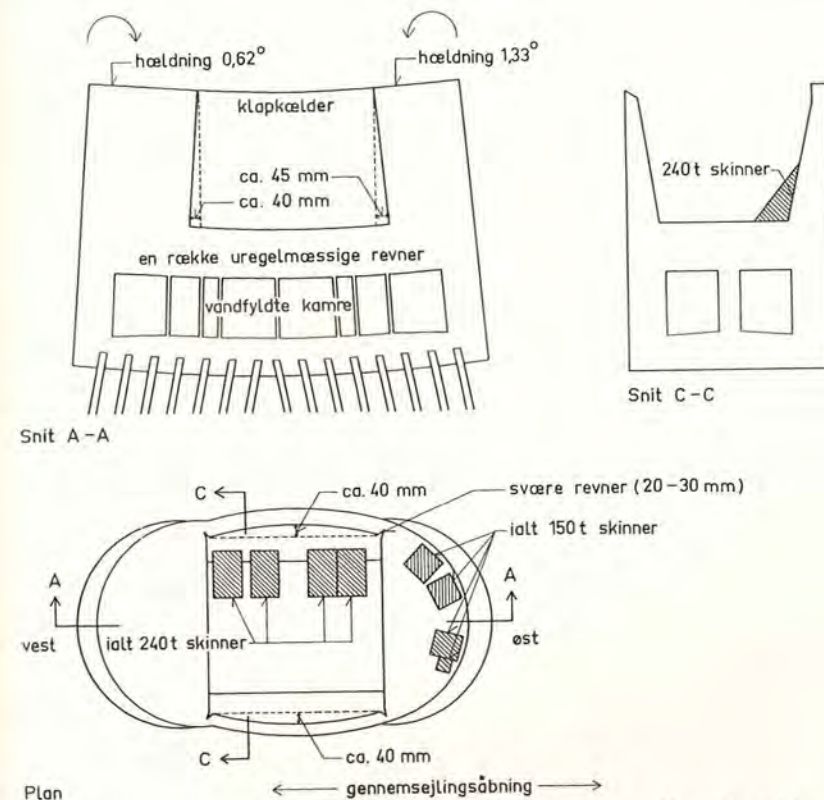


Fig. 39. Skematisk oversigt over deformationer af Oddeundbroens klappille (pille 7) med angivelse af midlertidigt anbragt excentrisk skinneballast.



Et meget udpræget tilfælde skal nævnes. I forbindelse med det tekniske tilsyn med Oddesundbroen traf man, specielt ved eftersynene af broens klappille, på meget ejendommelige forhold bl. a. vedrørende ændringer i tandhjulsindgrebene i klappmaskineriet. Nøjagtigt gennemførte målinger af klappillen viste da, at der i tidens løb havde fundet betydelige volumenændringer sted af den i pillen indgående beton.

Disse deformationer er skematisk gengivet på fig. 39 og ses hovedsageligt at bestå i, at pillens nederste af havvand omgivne og fyldte del har *udvidet sig ret kraftigt*, hvorved der er fremkommet en krumning af pillen i dennes længderetning samtidigt med, at der er foregået en tøndeformet udbuling af de forholdsvis tynde vægge i klapkælderen. Endvidere har der fundet en temmelig betydelig hævningssted af pillens top. Samtidigt har man ved nøjagtige nivellementer gennem ca. 10 år konstateret, at også nogle af broens andre pilletoppe har hævet sig indtil ca. 5 cm.

Pladsen tillader ikke, at man på dette sted giver en nærmere redegørelse for disse undersøgelser. I så henseende må særligt interesserede henvises til [58 J 8]. Det skal dog nævnes, at man har fundet, at de pågældende deformationer, der stadig tiltager omend i et noget aftagende tempo, er afhængige af temperaturen således, at de standser om vinteren og tiltager i de varme sommermåneder.

Dette peger i retning af, at volumenændringerne er udtryk for kemiske-fysiske forandringer i betonen. Der kan være – og er formentlig i dette tilfælde – tale om *sulfatangreb* fra havvandet, hvorved der dannes kalcium-sulfataluminat med kraftig volumenforøgelse, samt *skadelige alkaliske reaktioner*, hvorved som bekendt også kraftige rumfangsudvidelser finder sted.

Ved deformationerne opstod der flere cm vide revner i hjørnerne af klapkælderen – jfr. ovennævnte fig. 39 samt fig. 40. Hvorledes man imødegik og overvandt disse ulemper, skal der kort redegøres for i afsnit III og IV, her skal det blot fremhæves, at man, hvis man træffer sådanne rumfangsudvidelser af beton – og ganske særligt, hvis de er ledsaget af overfladeafskalninger og revnedannelser – skal være meget på vagt, nøje følge de pågældende deformationers udvikling og *lade den pågældende beton laboriemæssigt undersøge*.

Opmærksomheden skal sluttelig henledes på, at sådanne deformationer meget vel gennem længere tid kan forløbe ret upåagtede og uden, at der viser sig skadelige indvirkninger på den pågældende konstruktionsdel under forudsætning af, at denne er homogen og kan udvide sig frit i rummet.

Fig. 40. Svære hjørnerrevner i klapkælderen i Oddesundbroen.



Er konstruktionen derimod, som tilfældet f. eks. er det med klappillen i Oddesundbroen, sammensat af meget forskellige dele (massive endepartier, forholdsvis tynde vægge osv.), vil deformationerne ikke kunne foregå ensartet, hvorfor der da vil fremkomme udprægede revnedannelser.



### III. Anvendelse af sprøjtemørtel og injektion

Der vil i dette afsnit blive givet en for den praktiske anvendelse fornøden indgående redegørelse for den rette udførelse af *istandsættelses- og forstærkningsarbejder* ved benyttelse af almindelig sprøjtemørtel og injektion med cement og kemikalier. Vedrørende Colcretemørtel påført som sprøjtemørtel, se afsnit IV.

I øvrigt har disse – som alle – metoder deres begrænsning et forhold, det kan være rigtigt allerede her at nævne, men som man i øvrigt vil komme nærmere ind på i afsnit IV.

Eftertrykket vil blive lagt på metodernes *praktiske udførelse og anvendelse*.

Vedrørende mere teoretiske overvejelser og forsøg henvises særligt interesserede til litteraturfortegnelsen, f. eks. [25 S 2], idet bemærkes, at der i øvrigt kun synes at foreligge ret sparsomme *teoretiske* udredninger af de omhandlede metoder.

Samtidig med redegørelsen for de pågældende metoders udførelse vil der blive givet en beskrivelse af det i den anledning fornødne særlige materiel, idet det dog skal fremhæves, at man her vil indskrænke sig til at give en oversigt over de pågældende maskiners *principielle* indretning.

#### Istandsættelse ved hjælp af sprøjtemørtel

Ved *sprøjtemørtel* – engelsk: shotcrete [51–17] – forstår man her cementmørtel, som direkte sprøjtes mod den overflade, på hvilken den ønskes anbragt, gennem en slange forsynet med en dyse og under anvendelse af trykluft.

De flader, på hvilke sprøjtemørtelen skal placeres, forbehandles på behørig måde, som der i det følgende vil blive redegjort nærmere for.

Cement og sand blandes tørt, ved mindre arbejder for hånden; hvor det drejer sig om større arbejder derimod ved anvendelse af en blandedmaskine.

Det tørt blandede cement og sand hældes derefter i en specielt udformet maskine kaldet en cementkanon.

Der føres trykluft til cementkanonen, hvorved den tørre blanding af cement og sand gennem en slange (materialslangen) føres til en særlig dyse, i hvilken der gennem en anden slange tilføres den tørre blanding vand.

Den således fugtede blanding sprøjtes derefter umiddelbart, som sprøjtemørtel, på den pågældende flade.

Der vil i denne vejledning først og fremmest blive tale om sprøjtemørtel (dvs. mørtel med tilslag mindre end ca. 4 mm).

Hvor det drejer sig om påføring af tykke lag, f. eks. i forbindelse med en direkte forstærkning af den pågældende konstruktion, kan det dog – særligt for at nedsætte faren for svindrevner – være hensigtsmæssigt at forøge tilslagets øvre kornstørrelse til ca. 8 mm – ja endnu mere, da der i den senere tid er fremkommet materiel, der muliggør anvendelse af kornstørrelser op til 20 mm – således at der bliver tale om sprøjtebeton.

#### Sprøjtemørtelens hovedegenskaber

Der er gennem årene fra forskellig side, således f. eks. i Sverige og i Tyskland, gennemført omfattende undersøgelser af sprøjtemørtel specielt til sammenligning mellem denne og den almindelige cementmørtels og betons hovedegenskaber såsom tryk- og trækstyrke, vedhæftningsevne, vandtæthed og modstandsevne over for aggressivt vand og damp.

Der kan for de svenske forsøgs vedkommende henvises til litteraturfortegnelsen [29 – 1] samt til det korte referat af disse forsøg, der er givet i [30 N 1]. Tyske forsøg er i kort referat meddelt i [29 N 1].

Ved disse prøvninger har sprøjtemørtelen vist sig at have væsentlig større tryk- og trækstyrke end almindelig cementmørtel; der angives således en trykstyrke på 2–3 gange den normale cementmørtels. Naturligvis afhænger sådanne resultater meget af de forhold, under hvilke prøvningerne er foretaget, og man må i praksis, navnlig ved større forstærkningsarbejder, sikre sig, at man ikke regner med større værdier, end man på *byggepladsen* kan opnå.

Ligeledes er vedhæftningen til armeringen særdeles tilfredsstillende, og det samme gælder vedhæftningen til allerede hærdnet beton. Således har man adskillige gange, såvel ved teoretiske forsøg som i praksis, iagttaget, at et brud mellem sprøjtepuds og den beton, på hvilken den er sprøjtet, selv om denne beton er af en sund og god kvalitet, praktisk talt aldrig finder sted i selve fugen mellem sprøjtepuds og beton, men derimod nogle mm inde i den sidstnævnte, vel at mærke hvis rensningen af den gamle overflade og selve sprøjtemørtelen er udført på rette måde.

Det er i praksis ved udførelsen af *almindelige* vedligeholdelses- og forstærkningsarbejder sjældent noget problem ved påføring af sprøjtemørtel på gammel beton at få sprøjtemørtelen tilstrækkelig stærk. Tværtimod skal man have opmærksomheden henledt på ikke at få sprøjtemørtelen for



stærk – eller udtrykt på en anden måde: *at drage omsorg for at fjerne dårlig og »mør« beton således, at underlaget bliver sundt og stærkt nok til at kunne bære sprøjtemørtelen.* Dette forhold er af særdeles stor vigtighed og vil blive behandlet nærmere senere under redegørelsen for arbejdernes udførelse.

Også sprøjtemørtelens *tæthed* må betegnes som værende meget god.

#### Fordele

Der kræves kun et forholdsvis *lille* (men dog ret kostbart) *transportabelt* anlæg til fremstilling og påføring af sprøjtemørtelen.

Et sådant anlæg består, ud over almindeligt håndværktøj, væsentligt af en *kompressor*, ved større arbejder en *blandemaskine*, en *cementkanon* og i visse tilfælde en *cementinjektor*, *material- og vandslanger* med tilhørende *dyser* samt *stilladsmateriel*, der imidlertid efter forholdene kun er påkrævet i ringere omfang og kan fremstilles specielt og billigt.

Sprøjtemørtelen kan udføres med et lavere vand/cementtal, end der normalt anvendes i forbindelse med almindelige betonudstøbningsmetoder på arbejdspladserne.

Den anvendte påføringsmåde og den deraf følgende stivhed af blandingen tillader opbygning af mange former *uden* anvendelse af forskalling eller, hvor en sådan dog må anses for nødvendig, ved benyttelsen af en *meget let* forskalling.

Fremgangsmåden fører rigtigt anvendt til en cementmørtel med stor styrke og tæthed samt med meget god vedhæftning til armering og beton.

Sprøjtemørtel (og -beton) kan med fordel anvendes til udførelse af en række *nye konstruktioner* så som f. eks. tynde armerede vægge, visse tagkonstruktioner, foring af beholdere, tunneler, kloaker, skakter, kanaler og rørledninger osv., forhold som man imidlertid ikke skal komme nærmere ind på her.

Derimod skal det her fremhæves, at sprøjtemørtel (og -beton) er særdeles anvendelig til *istandsættelse* og *forstærkning* af beton- og jernbetonkonstruktioner, således som der redegøres for det i denne vejledning.

#### Mangler

Metoden kræver anvendelse af særligt faglærte folk, idet arbejdernes dygtighed spiller en særdeles stor rolle for den rette udførelse af sprøjtemørtel (og -beton).

Sprøjtemørtel er mere udsat for revner som følge af svind end almindelig beton, derimod formentlig ikke i forhold til almindelig håndpuds.

Rensning af fladerne ved sandblæsning og påføring af sprøjtemørtel (i den almindelige her behandlede »tørre« udførelse) støver forholdsvis meget, hvilket efter forholdene ofte er uheldigt.

Sprøjtemørtelen må påsprøjtes i ret tynde lag, hvorfor en successiv og derfor tidskrævende påføring er nødvendig, når der er tale om påsprøjning af tykke lag.

Den naturlige, ikke efterbehandlede sprøjtemørteloverflade er mere ru og ujævn end en almindelig støbt overflade og kræver således af æstetiske hensyn ofte en efterbehandling af den ny-sprøjtede overflade.

Alle disse forhold vil blive nærmere drøftet i forbindelse med den følgende gennemgang af sprøjtemetodernes udførelse.

### Det anvendte special-materiel

#### Cementkanon

En cementkanon af sædvanlig konstruktion og størrelse (rumfang ca. 25 l) ses på fig. 41, mens fig. 42 viser et skematisk snit gennem maskinen. Denne cementkanon angives under almindelige gode arbejdsforhold at kunne bearbejde ca.  $\frac{3}{4}$  m<sup>3</sup> tørt blandet materiale pr. time og forbruger ca. 3 m<sup>3</sup> luft pr. min.

Angående maskinens nærmere indretning og anvendelse henvises til figurteksterne, her skal kun anføres, at cementkanonen er således indrettet, at arbejdskammeret under brugen uafbrudt er under tryk, og den tørre blanding af cement og sand af tryklufften bliver ført ud i *materialslangen*.

Igennem denne, der er fremstillet af flere lag paragummi med flerdobbel indlæg af lærredsvæv, føres da materialet i en *jævn* og af luft fyldt strøm frem til *dysen*, hvorved *sliddet i slangen, hvad der er meget vigtigt, reduceres mest muligt*. Se fig. 43.

Denne fremgangsmåde, hvor vandet altså først tilføres den tørre blanding af cement og sand i selve dysen, *den såkaldte tørre metode*, er den almindeligst anvendte her i landet. Se dog Colcrete-sprøjtemørtel, afsnit IV.

Vandtilsætningens størrelse skal nærmere blive omtalt under beskrivelsen af arbejdets udførelse. Her skal det blot nævnes, at vandet skal have et noget større tryk (ca. 1 kg/cm<sup>2</sup>) end luftstrømmen, for at det kan trænge godt ind i materialstrømmen.





Fig. 41. Cementkanon af sædvanlig konstruktion og størrelse (rumfang 25 l). I cementkanonen er indbygget en vandudskiller, der ses som en lodret cylinder øverst til højre i billedet. Trykluftslangen ses øverst til venstre og materialslangen nederst til højre.

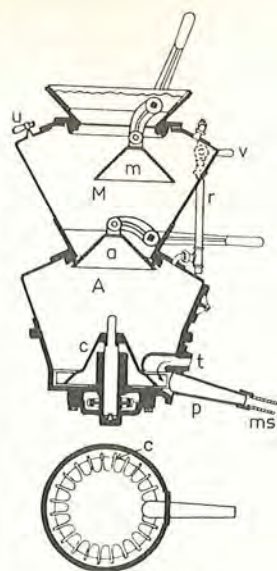
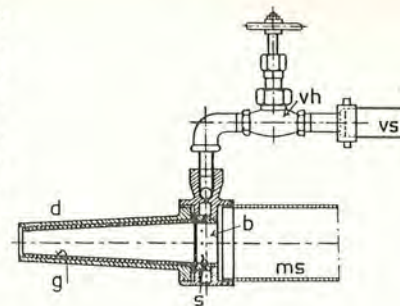


Fig. 42. Skematisk snit gennem cementkanonen. Da denne skal kunne arbejde kontinuerligt, er den udstyret med to kamre M og A, af hvilke det første tjener som materialkammer, det andet som arbejdskammer. Kamrene kan lukkes ved hjælp af klokkeventiler m og a, der betjenes med de viste håndtag. Kamrene er forbundet med det på figuren viste rør r, med ventilen v, ved hvilken materialkamret kan sættes i forbindelse med arbejdskamret, der under arbejdet altid står under tryk. Ved ventilen u kan dette desuden sættes i forbindelse med fri luft, hvorefter ventilen m kan åbnes.

Når klokkeventilerne står i den angivne stilling, indfyldes det forud tørt blandede materiale af cement og tilslag i materialkamret, hvorefter ventilen m lukkes. Ved ventilen v sættes luften i M nu under samme tryk som i A. Ventilen a åbnes, og materialet falder ned i A. Derefter lukkes a og v, og u åbnes til fri luft, hvorefter m igen kan åbnes og nyt materiale tilføres.

Forneden i kamret A sidder et cellehjul c, der drives af en lille trykluftsmotor. Tryklufften tilføres gennem roret t, der er bøjet ind over cellerne i hjulet, således at luften, efterhånden som disse passerer, river materialet med ud i roret p, til hvilket materialslangen ms forbindes. Der opnås derved, at der stadig tilføres samme materialmængde til materialslangen, således at der opstår en fuldstændig regelmæssig materialstrøm i denne.

Fig. 43. Snit gennem dyse. Denne består af et blandingsrum b, om hvilket der ligger en ring med fine huller s. Gennem disse huller trykkes vandet ind i fine stråler. Blandingsrummet fortsættes i et konisk formet rørstykke d foret med gummiindlæg g, gennem hvilket det færdigblandede materiale føres ud. Vandtilførselen finder sted gennem vandslangen vs og reguleres af dyseforeren ved vandhanen vh.



### Kompressor

Tryklufften fremskaffes på sædvanlig måde ved hjælp af en kompressor, og i langt de fleste i den almindelige praksis forekommende tilfælde anvendes en dieseldrevet standard-kompressor på ca. 30 hk, der kan præstere ca. 3 m<sup>3</sup> luft pr. minut og levere tryk op til ca. 7 atmosfærer.

Ved store arbejder, hvor man på samme tid har flere apparater i gang eller skal føre tryklufften gennem lange rørledninger og derfor må regne med et stort tryktab, kan det være hensigtsmæssigt at anvende større, stationære, elektrisk drevne kompressorer bl. a. på grund af, at sådanne anlæg kræver mindre pasning og tilsyn end de dieseldrevne.

Der indskydes normalt en vand- og olieudskiller mellem kompressor og cementkanon (resp. sandblæsningsapparat, se senere). Det er nemlig af stor vigtighed, at tryklufftens fugtighedsgrad nedsættes mest muligt for at hindre, at det tørt blandede materiale klumper sig sammen og sætter sig fast i materialslangen, hvorved denne enten kan blive helt forstoppet, således at arbejdet må standses og udrensning foretages, eller materialstrømmen bliver således ujævn, at sprøjtepudsen påføres stødvis, hvilket vanskeliggør eller helt umuliggør dens rette sammensætning og påførelse.

Skulle en sådan standsning indtræffe, må man drage omsorg for, at fornøden rensning af materialslange og cementkanon m. v. foretages så hurtigt som muligt, og forinden afbindingen påbegyndes. Finder en sådan udrensning ikke sted i rette tid, kan materialslangen blive ødelagt og rensningen af cementkanonen vanskeliggjort særdeles meget.

Af fig. 44a fremgår skematisk en samlet opstilling af det omtalte materiel.

På fig. 44b ses det pågældende materiel under arbejde (man lægger mærke til det spinkle arbejdsstillads).



### Sandblæsningsapparat

Som det nærmere vil blive beskrevet, skal den flade, der senere ønskes forsynet med sprøjtemørtel, renses meget omhyggeligt, og som et led i denne afrensning anvendes, hvor det da ikke drejer sig om en eller anden form for forskalling, i almindelig praksis altid sandblæsning, hvorved som bekendt forstås, at man ved hjælp af trykluft under temmelig højt tryk – indtil 6–7 at. – gennem en dyse blæser en fin strøm af skarpt sand mod den flade, der skal renses.

Til udførelse af en sådan sandblæsning kan man anvende cementkanonen, men det er i det lange løb ikke tilrådeligt på grund af det betydelige slid, dette relativt bekostelige apparat på denne måde bliver udsat for.

Det må derfor anbefales at anvende et dertil direkte konstrueret sandblæsningsapparat, der er langt billigere i indkøb og meget mindre sårbart over for sliddet fra de skarpe sandkorn end den mere komplicerede cementkanon.

På fig. 45 ses et skematisk snit gennem et sådant sandblæsningsapparat. Den viste beholder – af almindelig størrelse – kan rumme ca. 200 liter sand, hvilket ved anvendelse af et tryk på 6–7 atmosfærer svarer til en tømningstid på 35–40 min. samt under almindelige forhold til et forbrug af sand på ca. 1,25 m<sup>3</sup> i gennemsnit pr. 8 timers arbejdsdag. Apparatet virker, som det fremgår af figurer og beskrivelse, ikke kontinuerligt.

Sandblæsningsslangen (1 1/4") fører sandet til en ståldyse med åbning på ca. 7 mm udført med hårdt stål (panserstål), idet sliddet er så stort, at det ikke lønner sig at anvende de billigere dyser, der er fremstillet af blødere stål. På fig. 46 er vist en sådan sandblæsningsdyse, således som disse anvendes i almindelig praksis.

Med hensyn til arrangementet af materiellet under sandblæsning kan henvises til fig. 44 a, hvor da blot cementkanonen skal tænkes udvekslet med et sandblæsningsapparat.

Det skal fremhæves, at det af helbredshensyn er nødvendigt at forsyne sandblæseren med en tætsluttende *hjælm*, hvortil der føres frisk luft. Træffes denne foranstaltning ikke, eller nøjes man f. eks. med at anvende en almindelig respirator, vil sandblæseren før eller senere løbe den risiko at blive angrebet af silicose, dvs. de skadelige følger af en forurening af bronchier og lunger med de fine, skarpe partikler fra blæsesandet, en erhvervs sygdom, der kan antage en meget alvorlig karakter og i værste fald medføre døden.

Lignende forhold gør sig i øvrigt også gældende, hvor det drejer sig om selve påføringen af sprøjtemørtelen.

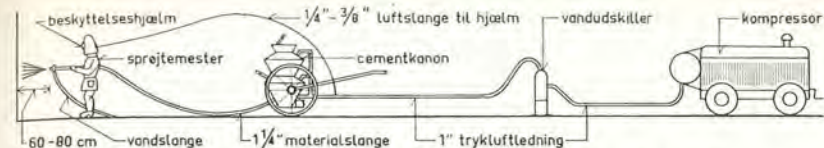


Fig. 44 a. Udførelse af sprøjtepuds. Fra kompressoren føres tryklufsten gennem vandudskiller, cementkanon og materialslange til dysen, hvortil vandet føres gennem en selvstændig vandslange. Sprøjtemesteren har beskyttelseshjelm, der forsynes med ren luft.

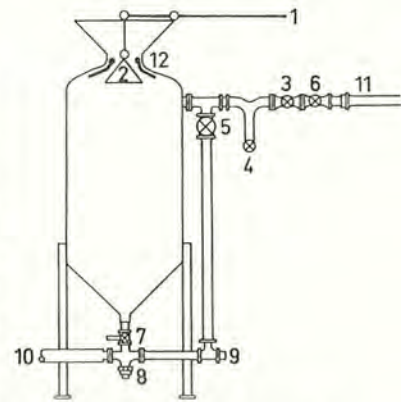
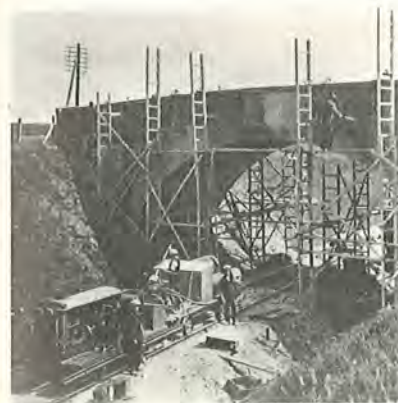
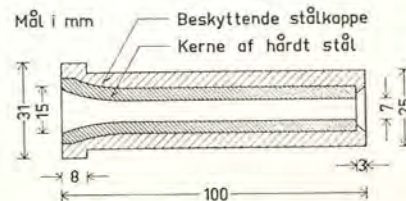


Fig. 44 b. Udførelse af sprøjtepuds i praksis. Bemærk det meget spinkle stillads.

Fig. 45. Skematisk arrangement af et sandblæsningsapparat, der i princippet består af en stålbeholder, til hvilken der gennem 1" trykluftslange 11 og hanen 3 tilledes trykluft. Sandet i beholderen presses derved ud gennem 1 1/4" sandblæsningsslange 10, mens klokkeventilen 2 ved hjælp af vippearmen 1 presses mod en gummipakning 12 og dermed lukker for sandindfyldningsåbningen. 4 er en hane til eventuel vandudskillelse. Ventil 5 benyttes, når der ønskes luft direkte til sandblæsningsslangen, mens ventil 6 giver luft til sprøjtemesterens beskyttelseshjelm. Ved ventil 7 reguleres sandudstrømningen. 8 og 9 er bundpropper for rensning ved eventuelle stop (sandpropper).

Fig. 46. Snit gennem sandblæsningsdyse foret med panserstål. Den hårde stålkerne er meget slidstærk, men skor. Den beskyttende stålkappe må derfor ikke bearbejdes med værktøj (f. eks. hamre, vortænger osv.), som kan deformere denne og derigennem odelægge kernen.





### Trykluftshamre, slanger m. v.

Til borthugning af løs og beskadiget beton, pikhugning af overflader osv. benyttes *trykluftshamre* af ikke for stor størrelse, således at de med lethed kan betjenes af én mand. Disse hamre forsynes med løse mejsler (fladmejsler, krydsmejsler eller spidsmejsler) efter det pågældende arbejdes art.

Endvidere anvendes til boring af huller (f. eks. for injektionsrør eller afdræningsrør m. v.) en *borehammer*, ligeledes drevet ved trykluft.

Endelig skal angives en skematisk oversigt over de til de pågældende arbejder fornødne *slanger*, hvortil kommer de forskellige forbindelsesdele.

	Indvendig diameter mm	Gods-tykkelse mm	Antal lag af indlæg
1/4" luftslange . . . . .	ca. 6	4	2
1/2" vandslange . . . . .	ca. 13	5	2
3/4" trykluftsslange . . . . .	ca. 19	8	3
1" trykluftsslange . . . . .	ca. 25	7	3
1 1/4" materialslange . . . . .	ca. 32	9	4

### Arbejdets praktiske udførelse

Dette spørgsmål rummer mange vigtige enkeltheder, og en for den praktiske udførelse forsvarlig redegørelse vil derfor blive ret omfattende og overflødig omstændelig for den, der kun ønsker en mere oversigtsmæssig orientering.

Man har derfor valgt den fremgangsmåde her i hovedteksten kun at give en kort og ganske summarisk fremstilling, idet man da henviser særligt interesserede til *bilag 2*, i hvilket en væsentlig udførligere redegørelse forefindes.

### Forbehandling af betonoverfladerne

En omhyggelig forbehandling er af en særdeles afgørende betydning for holdbarheden af den senere påførte sprøjtemørtel. Denne forbehandling består af nedennævnte arbejdsprocesser:

*Borthugning* af al beskadiget og mør, forvitret beton samt V-formet op-hugning af revner, alt ved hjælp af tryklufthamre.

*Pikhugning* af overflader, der skal forsynes med sprøjtemørtel (eller påstøbning). Denne kommer derved til at hæfte bedre til den gamle beton.



Fig. 47. Parti af en konstruktion under forbehandling. Der er foretaget borthugning af beskadiget beton samt pikhugning af overfladerne, men endnu ikke sandblæsning.

Fig. 48. Forbehandling af et felt af en bropille. 2 vandrette revner er ophugget og injicerede samt forsynet med armering (klinker se fig. 51). Fladen er sandblæst og pikhugningen er delvis udført.



Fig. 49. Figuren til venstre viser øverste del af en af strompillerne på Storstromsbroen efter at afrensning har fundet sted. Den pågældende flade er forsynet med et armeringsnet fastholdt med indstøbte dorne. Påsprøjtning af mørtel påbegyndt.

Fig. 50. Betonfladen afrenset og armeringsnet af rundstål ophængt i indstøbte dorne.

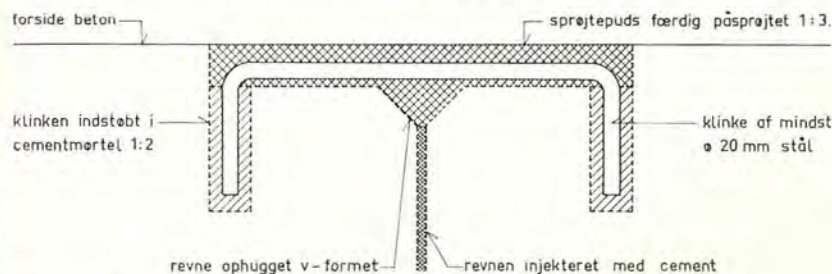


Fig. 51. Klinkning af revner. Revnen ophugges v-formet og injekteres med cement. Klinker af mindst 20 mm rundstål i afstand ca. 30 cm anbringes og faststøbes i udborede huller. Partiet færdiggøres ved hjælp af sprøjtemørtel.



*Sandblæsning* af alle flader, der skal forsynes med sprøjtemørtel (eller påstøbning), således at disse kommer til at stå fuldstændig rene og ru, ligesom også rust samt valsehud på eventuelt armeringsstål skal fjernes fuldstændigt.

*Anbringelse af armering*, hvis en sådan må anses for hensigtsmæssig. Foruden at forøge sprøjtemørtellagets vedhæftning nedsætter en hensigtsmæssig armering også svindrevnedannelser i dette.

*En omhyggelig forvanding* af betonoverfladerne. Dette er af den allerstørste vigtighed. Der skal med passende mellemrum foretages gentagne gennemvædninger af fladerne, men disse må dog ikke drive af vand, når sprøjtepuksen påføres, da denne i så fald vil glide af.

På fig. 47-51 ses forskellige stadier af forbehandling af betonoverflader.

### *Sprøjtemørtelens sammensætning, påføring og efterbehandling*

I langt de fleste tilfælde bør benyttes almindelig *Portland-cement*, men forskellige specialcementer såsom f. eks. *Rapid-cement*, alkalikiselsresistent cement, havvands cement og lavalkali sulfatbestandig cement kan formentlig i særlige tilfælde komme i betragtning. Det bør dog nævnes, at langt de fleste erfaringer med udførelse af sprøjtepuks her i landet er indhøstede ved anvendelse af almindelig *Portland-cement* og det skal erindres, at de finmalede specialcementer formentlig forøger svindet i sprøjtemørtelen og derved faren for revnedannelse og afskalning, i alle tilfælde, hvis man ikke træffer særlige foranstaltninger til en stadig gennemvædning af pudslaget under hærningen. Derfor må man tilråde forsigtighed og udførelse af prøvesprøjtninger, samt hjælp fra særlig sagkyndig side, hvis der ønskes anvendt specialcementer til sprøjtepuks.

Vedrørende *sandet* kan som almindelig hovedregel siges, at sand, der er vel anvendeligt til udstøbning af almindelig beton og mørtel også kan benyttes til sprøjtemørtel – jfr. således fig. 52 og 53. Sandet skal være ret tørt. Et vandindhold på 3-5 pct. er gunstigt. Større vandindhold kræver derimod kunstig tørring.

Klart *ferskvand* fra øer og søer og drikkeligt vand vil som regel være brugeligt. Saltvand bør derimod *ikke* anvendes.

*Tilsætningsmidler* til forøgelse af sprøjtemørtelens tæthed er ved valg af egnet og rigtigt gradueret sand med rigeligt indhold af fine korn som regel ikke nødvendigt.

Behersket tilsætning af klorkalcium (< 2 pct. efter vægt) kan i uarmeret sprøjtemørtel komme i betragtning i den koldere årstid. Ligeledes poredannende og smidiggørende midler kan komme til anvendelse.

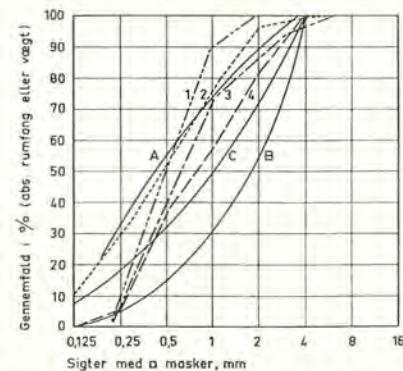
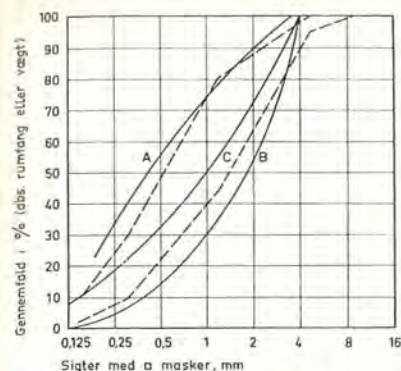


Fig. 52. Figuren til venstre viser kornkurver for sand egnet til cementmørtel. De fuldtoptrukne kurver A og B er danske norm-kornkurver og angiver det område, inden for hvilket kornkurven for sand, der er egnet til betonstøbning, skal falde. Den fuldtoptrukne kurve C angiver dansk idealkurve for sådant sand. De punkterede kurver angiver de til A og B svarende kornkurver i de amerikanske normer for sprøjtemørtel.

Fig. 53. Figuren til højre viser kornkurver for sand anvendt til sprøjtemørtel. Kurverne A, B og C er lig de i fig. 52 nævnte. De punkterede kurver angiver sand anvendt af DSB til sprøjtemørtel. 1: Forskellige DSB-broer ca. 1930. 2: Vildsundbroen. 3: Århus banegård. 4: Storstrømsbroen. Dette sidste sand fremkommer ved en blanding af to rumfang almindeligt strandsand og et rumfang perlegrus 1-4 mm, og kurven ses at ligge i det tilladte område A-B; dog mangler noget helt fint materiale for at opnå den ideale kurve.

Dog er hele dette spørgsmål meget lidt gennemprøvet for sprøjtemørtelens vedkommende, hvorfor prøver og forsøg anbefales gennemført før benyttelsen i praksis.

*Blandingsforhold.* Sand og cement blandes tørt, som oftest i forholdet 1:4 -1:5 (efter rumfang), svarende til et færdigt blandingsforhold ca. 2,7-3,5 (efter rumfang), idet man ved almindelige sprøjtepuksarbejder, hvor ikke *ganske særlig* vandtæthed ønskes opnået for at nedsætte faren for svindrevner netop ikke tilstræber en altfor fed puks, idet den fornødne styrke og vedhæftning let opnås ved de angivne blandingsforhold.

*Vandtilsætningen* skal svare til et vand/cement-tal på ca. 0,3-0,4 og fastsættes af den øvede sprøjtemester efter skøn bl. a. under hensyn til, at sprøjtemørtelen skal have den fornødne stivhed, således at den ikke viser tegn til at glide og på den anden side ikke heller bliver så vandfattig, at der fremkommer tørre, støvrige pletter på pudsens overflade.



*Arbejdstryk.* I al almindelighed tilstræber man at arbejde med en materialslange på 20–30 m længde, og forudsættes dette, samt går man ud fra, at højdeforskellen mellem udsprøjtningsstedet og cementkanonen andrager ca. 3–4 m, vil normalt et *arbejdstryk på cementkanonen* på ca. 1,5–2,0 kg/cm<sup>2</sup> være passende.

I øvrigt er hovedreglen den, at arbejdsstrykket skal være så lavt, som det efter forholdene er muligt for at opnå den fornødne hastighed (ca. 100 m/sek.) ved dysen.

Hvis der arbejdes med længere materialslange og større højdeforskel, hvad meget vel er muligt med det beskrevne materiel, må trykket hæves svarende til den forøgede modstand.

*Praktiske anvisninger.* Et arbejds hold på 4–5 mand vil under almindelige forhold være passende. *Sprøjtemesteren* leder normalt arbejdet og udfører alt det egentlige sprøjtemørtelarbejde. *Maskinpasseren* tilser, renser (mindst efter hver afsluttet 8 timers arbejdsdag) og betjener på tilsvarende måde materiellet, medens de resterende 2–3 mand fungerer som *hjælpere* med udførelse af stilladsarbejde, tilførsel af materialer samt ved deltagelse i afhugnings- og sandblæsningsarbejdet.

Sprøjtemørtelen skal påføres i ret tynde lag (1–1,5 cm ad gangen), da tykkere lag ofte har tilbøjelighed til at glide af. Der må drages nøje omsorg for, at der ikke – særligt i indadgående hjørner på konstruktionen – danner sig »sandreder« af det overskydende sand.

Pudsens kan af en øvet sprøjtemester påføres i rette tykkelse og færdiggøres uden efterbehandling, hvilket af tekniske grunde må foretrækkes.

Hvis underlaget er jævnt, kan sprøjtemesteren kontrollere tykkelsen af det under påsprøjtningen værende pudslag ved hjælp af en syl. Er underlaget ujævnt, kan der med fordel først foretages en udfyldning af ujævnhederne og derefter en påføring af et eller flere lag af ensartet tykkelse.

Oftentimes vil det blive nødvendigt med forsigtighed at trække pudsens overflade af – for hånden – med brædt og umiddelbart derefter at give den en tynd (2–3 mm) påsprøjtning af mørtel (eventuelt tilsat et farvestof eller særligt farvet sand), der derefter skal stå urørt. Denne fremgangsmåde kræver dog stor forsigtighed og øvelse for at undgå skjolder.

Ved hjørner og kanter, der skal stå skarpt og retlinet, er det nødvendigt at anvende kantbrædder, men normalt bruges forskalling i øvrigt ikke.

Det må nøje påses, at folkene på behørig måde er forsynet med tætsluttende beskyttelseshjelme, hvortil der føres frisk luft.

På fig. 54 og 55 ses sprøjtepuds under udførelse samt på fig. 56, 57 og 58 nogle sprøjtepudsede konstruktioner.



Fig. 54. Sprøjtepudsning af en jernbetonkonstruktion. Dysen holdes i en afstand af ca. 60–80 cm fra den pågældende flade og vinkelret på denne.

Fig. 55. Sprøjtemesteren ses her forsynet med tætsluttende hjelm med lufttilførsel.



Fig. 56. Den første sprøjtepudsede bro i Danmark udført i 1928.

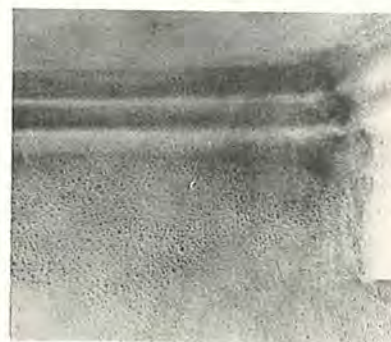


Fig. 57. Et sprøjtepudset felt af Tietgensgade-viadukten.

Fig. 58. Den på fig. 12, side 21 viste bro efter istandsættelse med sprøjtemørtel.





Fig. 59. Parti af jernbetonkonstruktion fra hybanen i København. Beskadigelse som følge af rogpåvirkning i forbindelse med vandgennemslivning. Pletvis afrensning.  
Fig. 60. Konstruktionen i fig. 59 efter pletvis istandsættelse med sprøjtemørtel.

*Efterbehandling.* Det er særdeles vigtigt, at den udførte sprøjtemørtel eftervandes på rette måde.

De behandlede flader må beskyttes mod hurtig udtørring af sol og vind samt holdes *fugtige mindst* 1 uge og helst 3 uger efter påsprøjtningens fuldforelse.

Første eftervanding skal finde sted så hurtigt efter påsprøjtningen, som pudslaget efter forholdene kan tåle dette.

#### *Pletvis istandsættelse*

I den første årrække foretog man ved hovedistandsættelsesarbejder i reglen en fuldstændig sprøjtepudsning af det pågældende bygværk.

Da det imidlertid er en meget bekostelig fremgangsmåde, og da det ikke har kunnet undgås, at en del afskalling har fundet sted, navnlig af tyndere pudslag, er man senere, hvor forholdene (f. eks. udseendet) tillader det, mere og mere gået over til kun at foretage en *pletvis* udbedring af konstruktionerne.

Man fjerner da på *de pågældende steder* i god dybde den beskadigede beton, anbringer den fornødne supplerende armering og udbedrer derefter med sprøjtemørtel. Hele facaden gives da i reglen en let overfladebehandling ved afrivning (ikke svumning) for hånden med cementmørtel samt eventuelt ved strygning med en egnet (helst vandskyende) cementfarve (se nærmere afsnit VI).

På fig. 59 og 60 ses et parti af Boulevardtunnelen i København, der er istandsat på denne måde. Da udseendet her aldeles ingen rolle spiller, er der ikke ofret udgifter på en selv let efterbehandling af overfladen.

## Istandsættelse ved hjælp af injektion

Hånd i hånd med benyttelsen af sprøjtemørtel går anvendelsen af injektion af revner og porositeter med cement m. v.

Man kan ofte ved ganske fine revner (tykkelse nogle få tiendedele af en mm), i hvilke der ikke er bevægelse og vandgennemslivning, klare sig med den nævnte overfladiske form for lukning og sikring af revner (jfr. bilag 2, side 119).

Man kan derimod naturligvis ikke nå ind i sådanne revner og hulheder i betonen ved anvendelse af sprøjtemørtel alene, og den tidligere omtalte istandsættelse af revner ved V-formet ophugning og udfyldning af denne med sprøjtemørtel er som regel ikke effektiv nok ved større revner, revner i hvilke der er bevægelse, samt revner der er vandførende.

Porositeter og lukkede hulheder i støbt beton kan man overhovedet kun istandsætte ved anvendelse af injektion.

Man skal derfor her give nogle hovedretningslinier for sådanne injektionsarbejders udførelse og som et yderst sammentrængt tillæg hertil omtale muligheden af at foretage grundforbedring ved anvendelse af injektion.

Ved injektion forstår man i dette afsnit en ved anvendelse af trykluft (eller eventuelt ved benyttelse af en pumpe) foretagen indpresning af et fyldstof, fortrinsvis cementmørtel, cementlim (cement oprørt i vand) eller eventuelt visse kemikalier, i revner og hulheder i beton.

Vedrørende udførelsen af Colcrete-beton og Prepac-beton henvises til afsnit IV.

### Hovedegenskaber

Den indpressede cementmørtel og cementlim afbinder og hærder i de pågældende revner og hulheder og udfylder dem derved med et materiale af samme *styrke og tæthed*, som i almindelighed opnås ved betonmørtel.

Kemikalierne danner ligeledes en størknet udfyldningsmasse, men denne har i forhold til almindelig god beton kun ringe styrke, og disse kemikalier må derfor kun opfattes som tætningsmidler.

Man får ved injektion af cement i revner og hulheder i beton – ofte på den eneste mulige måde – disse revner og hulheder tætnet samt endvidere den pågældende konstruktionsdel *afgørende forstærket*.

Af *mangler* kan nævnes, at metoden er ret bekostelig at anvende, hvorfor man kun skal benytte den, hvor der virkelig er brug for det, men i disse tilfælde er metoden da også eneherkende.



Ved indpresning af visse kemikalier kan man få selv meget fine revner tætne, men det må tilrådes at gøre sig bekendt med egenskaberne hos de stoffer der indpresses. Der findes flere fremgangsmåder, jfr. [57 I 6], og i hvert fald ved en af dem anvender man som kemikalie I: Natronvandglas (natriumsilikat) og som kemikalie II: Kog-salt eller klorkalcium. Først indpresses I og efter skylning af injektionsrøret med vand, derefter II.

Ved indpresningen af kemikalie II dannes kiseltsyre, der koagulerer som et gel (alkalikisegel). Denne proces skal man formentlig – ud fra vor nuværende viden om betonens teknologi – være varsom med at fremkalde i beton og da i hvert fald kun gøre det, når det må anses for ganske særligt påkrævet, og da igen kun efter samråd med særligt sagkyndige.

Endvidere må man erindre, at injektion med kemikalier som sagt giver en meget svagere fyldmasse end cementlim, hvorfor denne injiceringsform formentlig har en noget mere midlertidig virkning end injektion med cement, hvor det drejer sig om tætning af revner og hulheder i beton.

### Det anvendte special-materiel

Udover at henvise til det under sprøjtearbejdet beskrevne materiel skal her kun beskrives den maskine, som indpresser cementmørtel og cementlim.

#### Cementinjektor

I langt de fleste tilfælde anvender man til de her omhandlede, almindelige injiceringsarbejder en cementinjektor, således som den f. eks. ses på fig. 61.

Fyldmassen blandes – ofte for hånden – inden indfyldningen i injektoren. (Der forefindes injektorer, i hvilke blandingen af cement og vand og evt. sand finder sted i selve maskinen ved hjælp af trykluften, men metoden anvendes som regel ikke og må formentlig frarådes).

Den viste injektor er ret stor, idet den kan rumme indtil ca. 200 liter injektionsmasse, men da det som oftest er et begrænset kvantum, man kan indpresse af fyldmasse gennem et enkelt injektionsrør (se nedenfor), og da processen ikke kan foregå kontinuerligt, men må afbrydes ved flytning af materialslangen fra rør til rør, står man sig ofte ved at anvende en mindre injektor, der er lettere at transportere og at placere i nærheden af indpresningsstedet, hvilket sidste er af stor betydning for arbejdets jævne udførelse, idet man derved lettest undgår forstoppelse af materialslangen.

Injektoren skal være forsynet med et manometer, således at man under hele indpresningsprocessen nøje kan følge trykket i arbejdsslangen, hvilket er af største vigtighed (se senere).

Fig. 61. Cementinjektor. Maskinen er i princippet simpelthen en stålbeholder, til hvilken man foroven tillæder trykluften, der derefter presser den i beholderen gennem en sigte påfyldt injektionsmasse (cementmørtel eller cementlim) ud gennem en materialslange. Ofte er en sådan injektor forsynet med et omrørerapparat for at hindre forstoppelser og standsninger af arbejdet. Ved hjælp af det viste lodrette rør kan trykluften føres direkte til materialslangen, således at man kan udblæse denne i tilfælde af forstoppelse.



#### Pumper

Cementen kan også indpresses ved hjælp af særligt konstruerede pumper, men da denne fremgangsmåde i den almindelige injektionspraksis er ret sjældent anvendt, må man her indskrænke sig til at henvise til litteraturen – se således f. eks. [43 R 2].

Ved indpresning af kemikalier anvendes altid specielle pumper, f. eks. 3 Duplex-pumper, én pumpe for kemikalie I, én for kemikalie II samt én for vand. Disse pumper drives af trykluft fra en kompressor.

#### Det øvrige materiel

Resten af udstyret består af kompressor, vandudskiller, trykluftsslanger, materialslanger – alt som beskrevet under omtalen af sprøjtemørtel – samt endelig af en række  $5/4$ " rør ca. 30 cm lange.

Disse rør, der, kan man sige, erstatter materialdyser ved sprøjtepudding, har gevind i den frie ende og faststøbes i udborede huller på de steder i den pågældende konstruktion, hvor injektionen skal foregå.

Materialslangen skrues da til den frie ende af disse injektionsrør.

Opstillingen af materialet er den sædvanlige – jfr. fig. 44, side 47: Fra kompressoren føres trykluften gennem trykluftsslange og vandudskiller til injektor (pumpe), og fra denne presses injektionsmaterialet gennem materialslangen til injektionsrørene.



Det er ved injektion med cement i almindelighed ikke nødvendigt at forsyne folkene med masker, endelige hjelme, men ved kemisk injektion bør arbejderne ved injektionsstedet forsynes med beskyttelsesbriller mod stænk eller sprøjt fra kemikalierne.

## Arbejdets praktiske udførelse

### *Injektion med cement*

Der foretages indboring af injektionsrør i ret korte indbyrdes afstande (f. eks. 30–60 cm) – jfr. således fig. 16 i afsnit II, Skyttehusbroen ved Vejle, se side 23.

Rørene faststøbes eventuelt ved anvendelse af sprøjtemørtel, og tilstedeværende revner tætnes ved kalfatring (eller sprøjtepuds), ligesom porøsiteter, der går ud til betonoverfladen i det pågældende område af konstruktionen, tætnes ved hjælp af et tyndt lag sprøjtemørtel.

Derefter foretages der en grundig rensning ved gennempresning af rent vand gennem de pågældende revner eller/og hulheder. Denne udskylning foretages som oftest ovenfra og nedefter, altså begyndende gennem det øverste injektionsrør og fortsættende nedefter, efterhånden som skyllevandet i rigeligt omfang er løbet bort gennem de lavere liggende rør.

Derefter kan man ofte med fordel blæse trykluft gennem revner og hulheder for derved at drive overflødig vand ud, hvilket letter indpresningen af cementen, men der bør dog på denne måde *ikke finde en udtørring sted* af de revner og hulheder, der skal injiceres.

Selve injektionen foretages da på tilsvarende måde men i modsat retning, idet man må drage nøje omsorg for, at injektionen gennem ét rør standses, så snart injektionsmaterialet er steget således gennem hulhederne i betonens indre, at den *begynder* at flyde ud af det nærmeste ovenover beliggende injektionsrør, hvorefter injektionsarbejdet fortsættes gennem dette rør, inden afbinding af cementen i dette er påbegyndt.

På fig. 16, side 23, hvor man ser injektion af cement i vederlagspartiet af en dårligt støbt, porøs jernbetonbue, er udrensningen med vand fuldført, hvorefter man er ved at påbegynde injektionen med cement gennem det nederste af de anbragte fire rør.

Som injektionsmateriale kan efter forholdene (dvs. revnernes eller hulhedernes størrelse) anvendes cementmørtel eller cementlim.

*Cementens art.* I reglen anvender man almindelig Portland-cement, men ved det nedennævnte arbejde på Storstrømsbroen benyttede man med fordel havvands-cement, der som omtalt under sprøjtemørtelarbejdet er mere »smidig« end den almindelige Portland-cement. Rapid-cement kan med fordel benyttes ved injektion af fine revner, da den også danner en smidigere mørtel eller lim end den almindelige Portland-cement, endvidere fås en hurtig styrkeforøgelse af den istandsatte konstruktionsdel.

Cement, der ved tilsætninger er gjort hurtigt bindende bør i almindelighed ikke anvendes og i særlige tilfælde kun med stor forsigtighed, alt efter afbindingstidens korthed.

Det kan være meget hensigtsmæssigt at tilsætte smidiggørende stoffer til cementblandingen, således at denne når lettere ind i revnesystemet.

*Ved grove revner og hulheder* (dvs. ved revner af en vidde  $\geq$  ca. 5 mm) kan ofte med fordel anvendes *cementmørtel* ved benyttelse af *fint* sand med kornstørrelser mindre end 1 mm – jfr. således f. eks. kurve nr. 1 på fig. 53.

Den magreste blanding, som man (og da kun ved meget grove revner) med fordel kan anvende, er 1 del (rumfang) cement til 1 del fint sand. Søger man at anvende magrere blandinger, opstår der let tilstopninger af rørene m. v.

I denne forbindelse skal man imidlertid være opmærksom på, at revnesystemet inde i betonen jo i reglen bliver finere og finere indefter, således at man ikke skal *påbegynde* en sådan injektion med for mager en blanding.

Er revnerne finere, må man anvende en federe blanding. Blandingsforholdet 10 dele cement til 1 del sand er således i tyndtflydende konsistens anvendt med godt resultat i en række af tilfælde [26 W 2].

Imidlertid er det ikke muligt at give almindelige regler for blandingsforhold og vandtilsætning, idet disse må varieres efter forholdene fra sted til sted.

Fremgangsmåden må være den, at man nøje følger injektionens forløb, iagttager trykkets variation og den hastighed, hvormed materialet indpresses i den pågældende konstruktionsdel og derefter varierer blandingsforhold (derunder det eventuelle sands kornkurve) og vandtilsætning.

I almindelighed søger man så vidt muligt at få *nogen* tilsætning af fint sand i injektionsmassen dels af hensyn til forøgelse af styrke og nedsættelse af svind, dels fordi den rene cementlim også har tilbøjelighed til at danne klumper og dermed forstopninger i rør og slanger.

Ved almindeligt forekommende injektionsarbejde anvender man sædvanligvis et tryk på 6–7 at., men råder man over tryk nok, kan man



komme væsentligt højere op. I Sverige har man således ved injektion af revner i bjerg anvendt tryk op til 20–30 at. eller endnu mere.

Man skal imidlertid være forsigtig med at forøge trykket for meget ved de arbejder, der her omtales, da man så simpelthen kan risikere at beskadige, sprænge, den pågældende konstruktionsdel, navnlig hvis denne er forholdsvis spinkel og dårligt støbt – jfr. fig. 16, side 23.

Ved *finere revner og hulheder* (dvs. revner med en vidde fra ca. 5 mm og ned til ca. 0,1 mm) bør man anvende cementlim.

Det bliver så igen et spørgsmål, hvor meget vand der skal benyttes, idet dette varierer stærkt med forholdene, først og fremmest med revnernes finhedsgrad og form.

Ved et større injektionsarbejde af revner i Storstromsbroens strømpiller anvendte D.S.B. følgende:

Ved revner med vidde op til 1–2 mm, cementlim med et vand-cementtal på ca. 0,9. Ved revner med vidde fra ca. 2–5 mm, cementlim med vand-cementtal 0,6.

Der anvendtes til dette arbejde havvands cement under vandlinien og almindelig Portland-cement over vandlinien.

Cementlimen skal i al almindelighed være ret tyndtflydende, i hvert fald i begyndelsen, således at man er sikker på at komme så dybt ind i revnesystemet som muligt.

På fig. 62 og 63 ses forskellige stadier af et cementinjektionsarbejde vedrørende en af D.S.B.'s broer. Broens udseende før istandsættelsen fremgår af fig. 25, side 29.

#### *Injektion med kemikalier*

Vil man efter forholdene (f. eks. ved gennemsvivning af vand, der ikke kan standses ved isolering) mere undtagelsesvis injicere fine revner i beton (dvs. revner med vidde  $< 0,1$  mm) må man benytte kemikalier til injektionsmasse.

Man anvender da i reglen to kemikalier (I og II), der injiceres succesive i den samme revne og dér – som tidligere beskrevet – danner et fyldstof (ofte alkalikiselgel), der har en vis, omend kun forholdsvis ringe styrke og danner en vis, men dog formentlig ikke altid varig, tæthed.

Metoden kan i somme tilfælde komme til anvendelse, men – af de ovenfor nævnte grunde – må man i almindelighed foretrække benyttelsen af cement som injektionsstof i betonkonstruktioner.



Fig. 62. Istandsættelse ved injektion med cement i revnerne på den i fig. 25 viste bro. Det er vigtigt, at en injektion foregår langsomt, således at der gives det injicerede materiale tid til at trænge så dybt ind i revnesystemet som muligt.

Fig. 63. Samme bro. Revnerne udfyldes med sprøjtemørtel efter armering med trådnæt.

#### **Forstærkning af byggegrund ved injektion**

Man skal – i yderste korthed – gøre opmærksom på, at man ved injektion af kemikalier og i sjældnere tilfælde også ved anvendelse af cement er i stand til effektivt at forbedre en byggegrund, der består af løst sand (*kvartsholdige jordarter*).

Dette emne ligger imidlertid noget uden for denne vejlednings centrale område, men da spørgsmålet dog meget vel kan få betydning i forbindelse med istandsættelse af bygværker som de her omhandlede, skal det oplyses, at der i 1957 er udkommet en indgående teoretisk beskrivelse af disse metoder fra den svenske stats navn for byggeforskning [57 I 6].

Endvidere skal man henvise til litteraturfortegnelsen [33 K 4], hvor der er givet en mere kortfattet, men for praksis særdeles instruktiv redegørelse for disse metoder.

#### **Forstærkning ved sprøjtemørtel og injektion**

Efter ganske de samme principper som tidligere beskrevet kan man ikke alene istandsætte men også direkte *forstærke* en jernbetonkonstruktion, der efter i en årrække at have været udsat for en vis belastning, nu må ønskes anvendt til at bære en tungere.

Da sådanne forstærkningsarbejder meget vel kan forekomme i forbindelse med en hovedistandsættelse af den pågældende konstruktion, bør de



omtales i denne vejledning – omend efter pladsforholdene i yderste kort-hed – ved at gennemgå hovedtrækkene af to sådanne forstærkningsarbej-der udført på to af D.S.B.'s jernbetonbroer.

5,0 m vejoverføring ved Ejby på Fyn – jfr. fig. 64, 65, 66 og 67.

Mellempillerne i overføring for Østerbrogade ved Østerport station – jfr. fig. 68, 69 og 70.

En kortfattet beskrivelse af disse forstærkningsarbejder er givet i bilag 3.

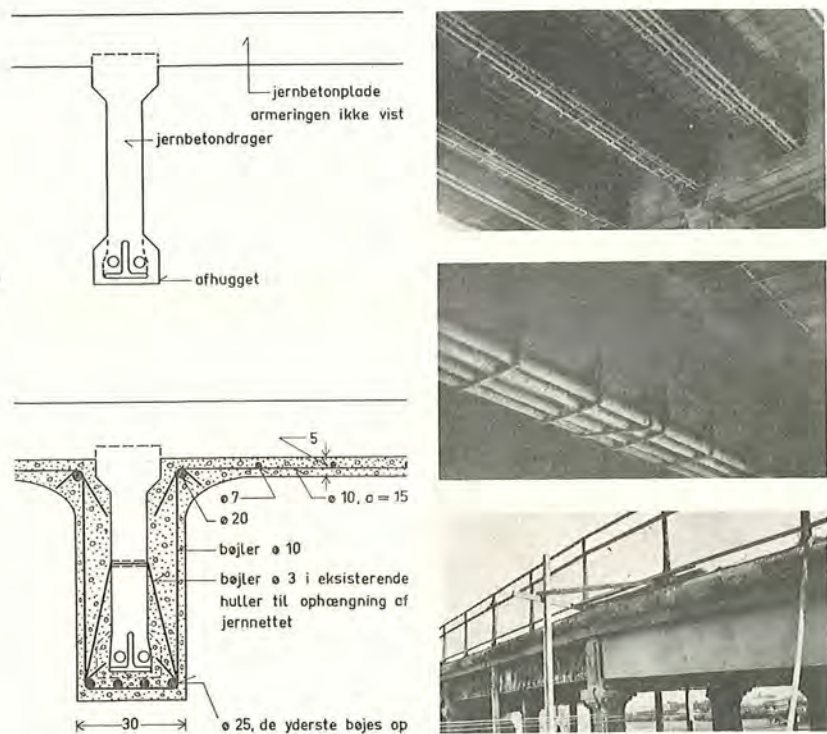


Fig. 64. 5 m vejoverføring ved Ejby på Fyn. Øverst på tegningen ses jernbetonplade og jernbetondrager for forstærkning. Nederst samme tværsnit efter at supplerende armering er ophængt og forstærkning med sprøtemørtel har fundet sted. (Se iøvrigt bilag 3).

Fig. 65, 66 og 67. De tre billeder viser stadier af samme arbejdes udførelse.

Fig. 68. Forstærkning af dragere i mellem-piller for viadukten for Østerbrogade ved Østerport station. Forstærkningen blev foretaget ved anbringelse af supplerende armering, der indstøbtes ved anvendelse af sprøtemørtel.

Der kan måske være grund til særligt at nævne, at de på figuren viste bolte ø 26 mm,  $a = 45$ , er anbragt for at sikre en forsvarlig sammenhæng af tværdrageren direkte under lejerne af brodækkets bjælker.

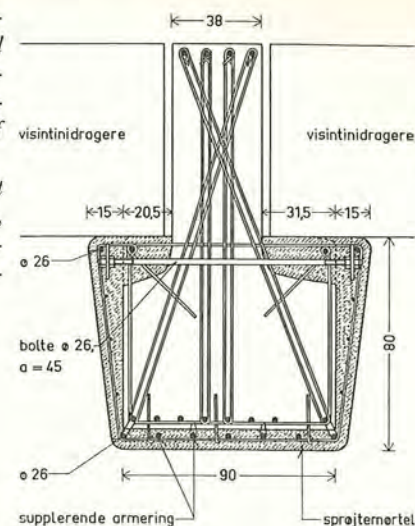


Fig. 69. Samme bro. Forinden forstærkningen foretoges, afhuggedes alt beskadiget beton. Man ser en sådan drager, efter afhugningen, samt supplerende armering anbragt.



Fig. 70. En mellempille i Østerbrogade-viadukten efter forstærkning og istandsættelse.





## IV. Anvendelse af påstøbninger

I indledningen til afsnit III blev det nævnt, at sprøjtemørtel-metoden har sin begrænsning og således *ikke altid* slår til. Gennem årene har man i visse tilfælde erfaret, at den – selv på rette måde påførte – sprøjtemørtel sommetider krakelerer alvorligt og delvis skaller af.

Undersøgelser af de pågældende bygværker har da vist, at der er foregået dyberegående omdannelser og ødelæggelser af den pågældende beton, således som der i afsnit II er gjort nærmere rede for.

Hvor det således drejer sig om dybtgående beskadigelser af betonen, og hvor man bl. a. ved laboratorieundersøgelser af denne har fået kendskab til – eller blot mistanke om – at betonen f. eks. er genstand for nedbrydende virkninger fra skadelige alkalikiselreaktioner eller fra skiftevis frost og tø samt eventuelt fra havvandsangreb osv., har man i de senere år oftere anvendt *stærkt armerede påstøbninger* i stedet for (eller i forbindelse med) sprøjtemørtel.

### Anvendelse af almindelig beton

Der foretages dybtgående afhugninger af den beskadigede beton – ofte 15–25 cm og på visse steder mere – indtil man når ind til en relativt tilfredsstillende beton, hvis overflade derefter omhyggeligt afrenses (som beskrevet i afsnit III), hvorefter der indstøbes dorne af  $\sigma$ -stål og anbringes en kraftig  $\sigma$ -stålsarmering.

Udstøbning af jernbetonkappen finder da sted ved anvendelse af rationelt proportioneret, alkalikiselresistent, vandtæt beton, eventuelt ved anvendelse af en behersket lufttilsætning (ca. 3,5 til højst 4,0 pct.). I denne forbindelse kan det være rigtigt at nævne, at der på markedet forefindes forskellige special-cementer såsom alkalikiselresistent cement (til nedsættelse af risikoen for skadelige alkalikiselreaktioner, hidrørende fra alkaliindholdet i cementen), lavalkali-sulfatbestandig cement (til nedsættelse *dels* af risikoen for skadelige alkalikiselreaktioner, hidrørende fra alkaliindholdet i cementen *dels* af faren for sulfatangreb f. eks. fra havvand) samt havvands cement (sulfatbestandig cement).

Det er imidlertid ikke her stedet til at komme nærmere ind på disse cementers specielle anvendelsesområder. I så henseende må henvises til vejledning 1: *Forelobig vejledning i forebyggelse af skadelige alkalikisel-*

*reaktioner i beton* [61 P 1] samt Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor (C. t. O.).

Bruger man lufttilsætning, skal dette på sædvanlig måde ske under nøje kontrol og eftermåling, ved anvendelse af et dertil egnet apparat, i modsat fald kan man som bekendt komme ud for ubehagelige overraskelser med hensyn til ujævn tilsætning eller overdosering af det poredannende middel, jfr. [54 – 13].

Man har i de seneste år anvendt tilslagsstoffer (såvel sand som sten) af granit for at imødegå enhver risiko for fremkomsten af skadelige alkalikiselreaktioner, men man har – som det i bilag 2 er omtalt – *et enkelt sted* konstateret visse mindre afskalninger, hvis årsag endnu ikke er endeligt klarlagt. Om skadelige alkalikiselreaktioner kan der som sagt ikke være tale, snarere om frostvirkninger i det nedknuste og derfor formentlig revnefyldte granitmateriale.

Der skal anvendes en god og *tæt* beton (cementindhold ca. 300–350 kg/m<sup>3</sup>, rationel kornkurve samt lavt v/c-tal), idet et af hovedformålene med etableringen af sådanne kapper er at *ned sætte vandindtrængningen til den »syge« beton mest gørligt*. I bilag 4 er givet 4 eksempler på proportionering af sådan vandtæt beton.

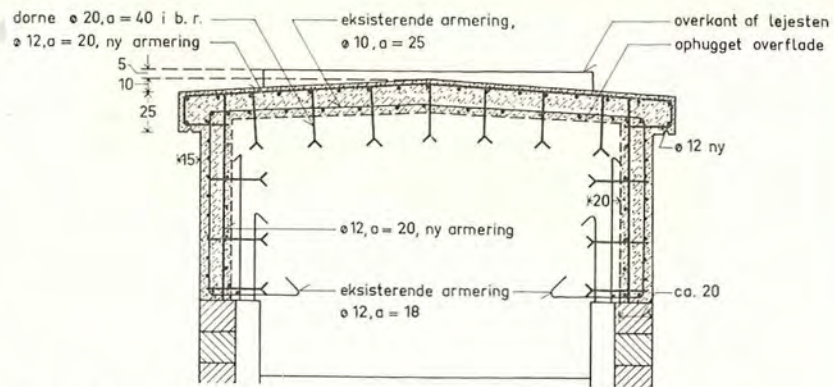
Beskyttelses-kapperne skal *armeres kraftigt*. Hidtil er denne armering indlagt efter et skøn, og at gøre den så stærk, at den pågældende kappe kan modstå ekspansionsstrykket fra en fremadskridende, skadelig alkalikiselreaktion i den indre kerne af den behandlede konstruktionsdel (f. eks. en bropille), er formentlig ikke overkommeligt, da disse kræfter er enorme.

Det er derfor, at det er så vigtigt at gøre kappen så tæt som muligt for *mest gørligt at hæmme og eventuelt helt standse* disse skadelige reaktioner, idet disse jo som tidligere nævnt ophører, når der ikke er den tilstrækkelige mængde vand til stede.

Desværre kan man jo ikke på den anvendte måde forhindre vandopsugning fra grunden, således at der næppe bliver tale om en fuldstændig standsning af de pågældende skadelige reaktioner, men derimod nok om en kraftig nedsættelse af dem og dermed om en forhaling af deres skadelige virkninger.

Idet der henvises til fig. 32, side 33, der viser en af skadelige alkalikiselreaktioner stærkt angrebet bropille, skal man kort beskrive dennes og andre tilsvarende konstruktioners istandsættelse efter de lige ovenfor angivne retningslinier. De pågældende piller blev – se fig. 71 – skalhuggede og forsynede med armerede, vandtætte kapper. Alle de nærmere enkelt-heder fremgår af figurerne – jfr. endvidere fig. 72, 73 og 74.





beton  $\rho_T = 240 \text{ kg/cm}^2$  med lufttilsætning 3,5 %, minimum cement  $325 \text{ kg/m}^3$

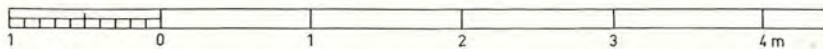
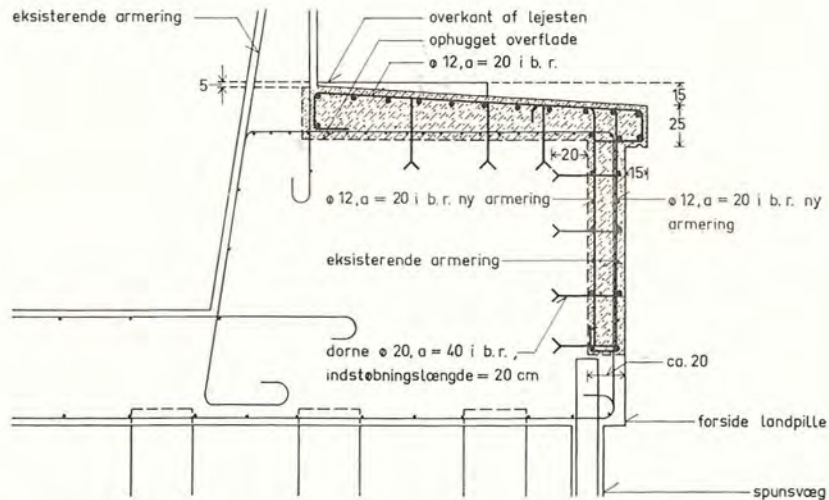


Fig. 71. Istandsættelse af bropiller. Tværsnit i strompille og landpille. Den dårlige beton borthugges og kraftigt armerede jernbetonkapper påstøbes ved anvendelse af alkaliskisleresistent beton (tilslagsstoffer af granit). I mange tilfælde vil det være hensigtsmæssigt at forankre de lodrette flader i sådanne kapper gensidigt til hinanden ved gennemboring af ankerbolte.

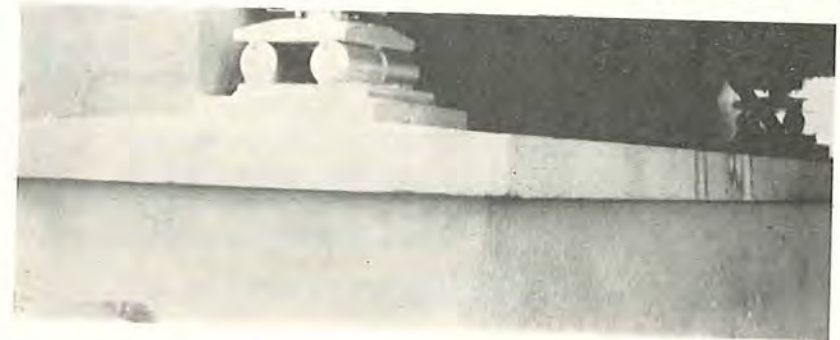
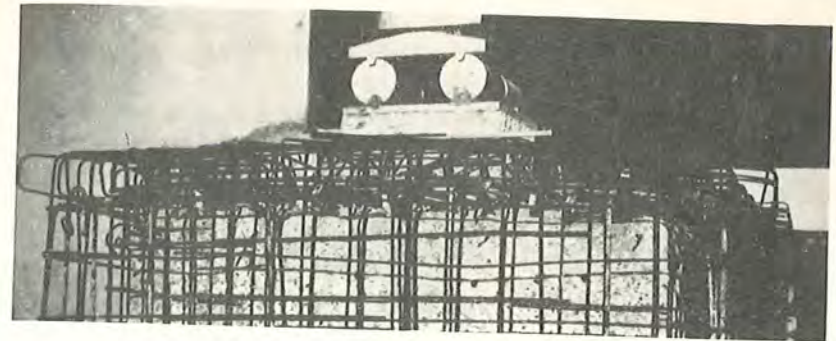


Fig. 72, 73 og 74. Forskellige stadier af samme arbejde som vist på fig. 71.







Endvidere forstærkedes klappillen ved indbygning af de på den lige nævnte figur antydede, kraftigt armerede, vandrette trykstænger til afstivning af de beskadigede vægge i klappælderen.

Hjørnerne mellem disse vægge og klappillens massive endepartier forstærkedes ved at injicere de derværende grove revner (se fig. 77) med cementmørtel, udfylde den V-formede ophugning med sprøjtemørtel, forsyne hjørnepartiet med dorne  $\varnothing 25$  mm og sluttelig foretage en udstøbning med tæt beton.

Man kan benytte dette eksempel til at fremhæve, at anvendelsen af sprøjtemørtel og injektion af cement naturligvis bør gå hånd i hånd med udførelsen af de i dette afsnit særligt omhandlede påstøbninger.

I øvrigt skal det også her nævnes (jfr. fig. 17 og 18, side 25), at det er af stor vigtighed, at alle støttemure og fløje m. v. beskyttes med rationelt udformede, passende armerede jernbetonafdækninger med det fornødne fremspring til hindring af, at regnvandet år efter år med ødelæggende virkning siver ned ad facade samt ind mellem isolation og beton (se nærmere afsnit V). En sådan hensigtsmæssig afdækning fremgår af fig. 78.

## Anvendelse af pakbeton

### Kinipplings metode

Denne omtale af udførelsen af påstøbninger – specielt af påstøbte, armerede kapper – bør ikke afsluttes uden at henlede opmærksomheden på, at man i den senere tid er kommet ind på at udføre sådanne påstøbninger også ved hjælp af indpumpning eller injektion af cementmørtel, således at man efter afhugning og rensning af de pågældende flader anbringer armering og forskalling på sædvanlig måde, men derefter (eller hånd i hånd med placeringen af de ydre forskallingsbrædder) ligeledes pakker *stenmaterialet* til den fremtidige beton i formen, hvorefter man da ved hjælp af indpumpning eller injektion indpresser *særligt egnet mørtel* i det således forud placerede stenmateriales hulrum.

Der ses således at være tale om en moderne og forbedret form for *Kinipplings metode* jfr. f. eks. [43 S 6], hvis fordele ved undervandsstøbning jo er velkendte.

Ved den ovenfor oftere omtalte istandsættelse af revner m. v. i Storstrømsbroens strømpiller fandt man ved dykkerundersøgelserne flere steder temmelig (indtil 40 cm) dybe afskalninger af porøs og beskadiget beton under vandlinien.

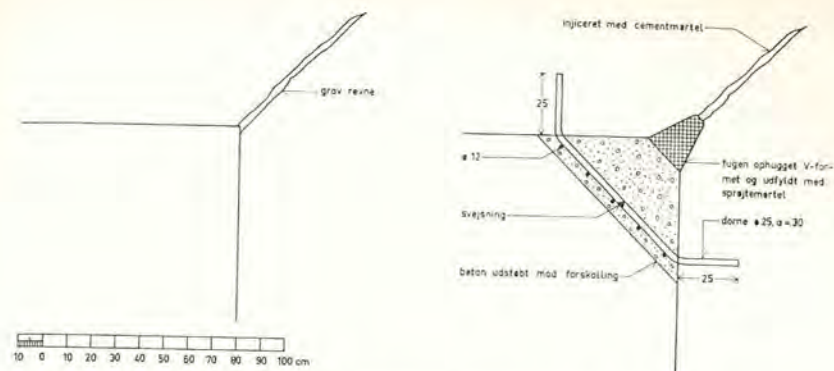


Fig. 77. Hjørnerne i Oddebroens klappælder for og efter tætning og forstærkning.

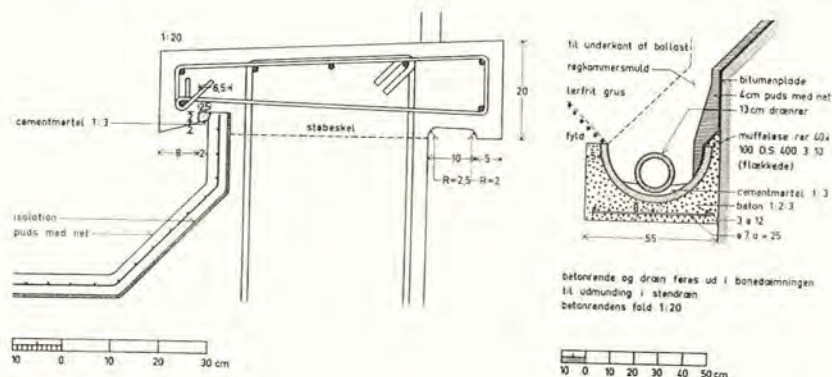


Fig. 78. En rationelt udformet armering af en frontmur på en bro. Det har i et betydeligt omfang været nødvendigt at borthugge gamle beskadigede dæksten og erstatte dem med sådanne nye rationelt udformede afdækninger.

På samme figur er vist et afvandringsdræn bag bropiller. Sådanne dræn skal lægges så højt som muligt, således at vandet bortledes så hurtigt som muligt også fra fuger mellem selve isolationslaget og det overdækkende pudslag.

Disse beskadigelser udbedredes efter den ovenfor angivne metode, idet man pakkede de afrensede hulrum med sten af størrelse 40–80 mm og injicerede med cementmørtel (blandingsforhold 1:1, efter vægt, fint sand  $< 1$  mm og v/c-tal = 0,5).



Imidlertid er denne fremgangsmåde gennem undersøgelser og forsøg såvel i England som i Amerika yderligere rationaliseret, hvilket har ført til flere fremstillingsmåder af, hvad man har kaldt *pakbeton* (i modsætning til injiceret beton, jfr. afsnit III).

De bedst kendte engelske og amerikanske fremgangsmåder er henholdsvis Colcrete- og Prepakt-metoden, der her skal gøres til genstand for en *ganske kort og summarisk beskrivelse* for så vidt angår deres anvendelse i vedligeholdelsesarbejdet, idet det skal bemærkes, at disse metoder hidtil kun i ringere omfang har været anvendt her i landet, hvorfor denne redegørelse i højere grad end ellers i nærværende vejledning bygger på andenhåndsuplysninger.

Det gælder ved benyttelsen af disse metoder ganske særligt, at man bør henvende sig til de firmaer, der har specialviden i deres anvendelse, og som har erhvervet ret til brug af det dertil hørende, patenterede materiel.

Særligt interesserede kan henvises til bilag 5, i hvilket der er givet lidt fyldigere supplerende beskrivelser af enkeltheder.

### Colcrete-metode

Ved fremstilling af Colcrete-beton [58-35] anbringes *stenene* – hvis disse ved leveringen på pladsen er *rene* – direkte i støbeformen uden først at skulle gennem en blandemaskine.

I mange tilfælde – og navnlig ved de her omhandlede påstøbningsarbejder – vil det være særdeles hensigtsmæssigt at foretage en pakning af stenene i formen ved hjælp af *vibrering*.

Stenene behøver ikke at være af ensartet størrelse; det vil således være heldigt at arbejde med flere fraktioner, f. eks. 40-60 mm og endnu større, såfremt konstruktionens dimensioner tillader anvendelse af store sten; hulrumsprocenten reduceres derved fra ca. 50 pct., der opnås ved løs udkastning af sten af ensartet størrelse, til ca. 35 pct. Ved omhyggelig pakning kan hulrumsprocenten i visse tilfælde bringes ned under 30 pct.

I massive uarmerede konstruktioner anbefales det at anvende sten > 40 mm. Drejer det sig – som i denne vejledning – om spinklere ret kraftigt armerede konstruktionsdele, kan man med fordel gå noget ned med stenstørrelsen, f. eks. til 20-40 mm, når mørtelen *indpresses* omhyggeligt og gives en egnet sammensætning.

Det kan generelt bemærkes, at mindste stenstørrelse bør være mindst 8 × største sandkorn.

*Cementmørtelen* er en *aktiveret* mørtel, der fremstilles ved hjælp af særligt udformet blande-materiel. Ved aktiveringen opnår man som bekendt en så fuldstændig blanding af cement og vand, at denne blanding bliver kolloid, således at den ved senere tilsætning af sand bærer dets partikler (op til ca. 5 mm) væsentligt længere end almindeligt blandet cementmørtel og giver en særdeles plastisk og smidig mørtel, hvis vedhæftningsevne er meget stor.

Denne fremgangsmåde (jfr. også bilag 5) medfører, at man kan anvende federe mørtelblandingsforhold end sædvanligt og endda reducere svindet i forhold til det almindelige.

Formentlig vil følgende mørtelblandingsforhold (efter vægt) kunne være vejledende:

Undervandsbeton . . . . .	1:1,0-1:1,5
Jernbeton o. vand . . . . .	1:1,5-1:2,0
Grovbeton o. vand . . . . .	1:2,5-1:3,0
v/c . . . . .	ca. 0,5

*Colcrete-materialet* fremgår af fig. 79-82 med tilhørende billedtekster.

Ved de i denne vejledning beskrevne arbejder vil man praktisk talt altid benytte en *opstigende udstøbning\**, begyndende i konstruktionens underside.

Indpresningen finder da sted gennem i forvejen anbragte 2" lodrette støberør med en indbyrdes afstand på ca. 0,75 m-ca. 1,5 m afhængigt af forholdene.

Eventuelt kan der yderligere anbringes nogle perforerede 1" observationsrør til kontrol af mørtelhøjden, efterhånden som mørtelen stiger op gennem stempakningen.

Trykket må tilpasses forholdene, idet det *ikke* må blive så stort, at stenene i pakningen løftes, og på den anden side skal være stort nok til at føre mørtelen ind i alle hulrum. Et overtryk på 1-1,5 at. er således almindeligt i arbejder som de her omhandlede.

Det kan, hvis man ønsker en fuldstændig ensartet Colcrete-beton uden ophævelse af punktkontakten mellem stenene, være nødvendigt at anbringe også en *overforskalling*.

\* Ved udstøbning af vandrette plader i op til 30 à 40 cm's tykkelse angives det efter de nyeste undersøgelser, at man – selv under vand – vil foretrække at tilføre mørtelen til stenlagets overflade (jfr. en artikel i *Die Bautechnik*, Heft 12, 1959, s. 447-451).



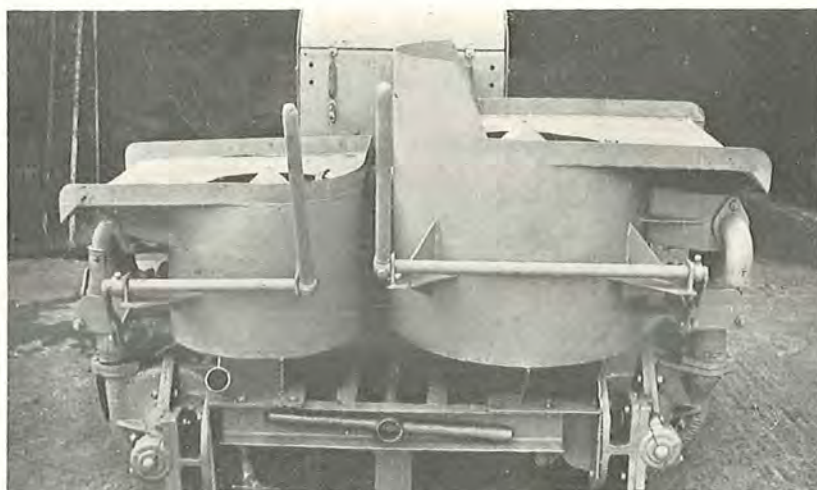
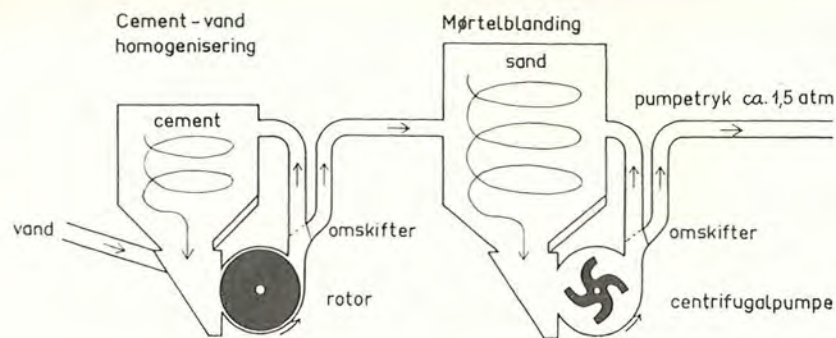


Fig. 79 og 80. Colcrete-blandemaskinen er udstyret med to blandebeholdere. I den første blandes cement og vand ved hjælp af den i bunden af beholderen anbragte meget hurtigt roterende stålskive, der virker som centrifugalpumpe og tvinger cementblandingen til at passere så mange gange gennem det snævre, cylindriske mellemrum mellem rotor og kappe, at en fuldstændig homogenisering opnås. Under hver passage påvirkes vædsken af meget store indre friktionskræfter, således at alle cementpartikler rives fra hinanden og opslæmningen ændres til en kolloid opløsning.

Allerede efter 15 sekunders blandetid er cementen fuldstændig gennearbejdet, hvorefter opløsningen ledes over i den anden, noget større beholder, hvor sandet tilsættes og iblandes på principielt samme måde, idet stålskiven dog her er erstattet af en robust centrifugalpumpe. Efter 10 å 15 sekunders blandetid pumpes mortelen med et tryk på ca. 1,5 atm. gennem en indtil 50 m lang 2" gummislange til arbejdsstedet.



Fig. 81. Da Colcrete-blandemaskinen arbejder diskontinuerligt, medens udstobningen som regel forløber bedst, når der pumpes kontinuerligt, indskyder man gerne en lagerbeholder og en særlig »Monopumpe«, som transporterer mortelen kontinuerligt med et tryk på indtil 8 atm. En sådan pumpe (Colmonopumpe) ses på figuren.



Fig. 82. En noget andet udformning af Colcrete-materiellet. Det ses af figuren, at blande-maskinen kun indeholder én beholder, hvori blandingen af mortelen ved hjælp af en indbygget centrifugalpumpe foregår således, at man først sammenpisker cement og vand og derefter tilsætter sandet. På billedet ses endvidere en Monopumpe (jfr. fig. 81).



Det skal i denne forbindelse oplyses, at man i Norge har gjort den erfaring, at Colcrete-betonens styrke ved foden af f. eks. en søjle er større end ved toppen (støbning ved indpresning af cementmørtel nedefra). Man har forklaret dette forhold ved, at der har fundet en vis løftning af stenpakningen sted, efterhånden som mørtelen er steget op igennem denne.

Hvor man påstøber en Colcrete-betonekappe op mod gammel beton, kan det være hensigtsmæssigt at udforme forskallingen på en sådan måde, at der under indpresningen af mørtelen kan finde en *efterspænding* sted, idet man da presser den nye beton ind mod den gamle og derved forøger adhæsionen. Endelig må det påses, at formen er fuldstændig tæt. På fig. 83 og 84 ses en uarmeret og armeret Colcretebeton under udførelse.

*Metodens fordele.* Ved *undervandsstøbning* er metodens fordele aldeles åbenbare, og her må den formentlig siges at være suveræn. Ved almindelig anvendelse over vand *angives* som fordele: Cementbesparelse, forøgelse af blandemaskinens kapacitet (idet det grove tilslag ikke skal passere maskinen), mørtelens utilbøjelighed til separation med den deraf følgende betydelige uafhængighed af vanskelige vejrforhold (regn) – samt sidst, men ikke mindst, et *mindre svind* end ved almindelig beton, hidrørende fra den tætte pakning af stenene i formen.

*Metodens mangler.* Som mangler kan nævnes det dyre materiel, samt at formen skal udføres med *store styrke og tæthed* end almindeligt hidrørende fra pakningen af stenene, der under indpresningen kan *medføre store sidetryk*. Ved støbningen af nogle søjler har man således målt et sidetryk på 7,5 t/m<sup>2</sup>. Efter indpresningen synker dette tryk noget, f. eks. til ca. 5,0 t/m<sup>2</sup>. Endvidere kræver metoden særlig kontrol og specialviden. I de senere år har man med fordel i visse tilfælde anvendt Colcrete-mørtel som sprøjtemørtel (jvnf. bilag 5).

### Prepakt-metode

Prepakt-metoden er – såvidt vides – endnu ikke benyttet her i Danmark og i hvert tilfælde ikke i noget større omfang. Derimod er fremgangsmåden ved en række arbejder anvendt i Norge.

Metoden er af amerikansk oprindelse og minder *meget stærkt* om den lige omtalte Colcrete-metode, og angives at have de samme fordele som denne (derunder punktkontakt mellem stenene og nedsat svind). Den adskiller sig væsentligt fra Colcrete-metoden på følgende to punkter:

1) Den anvendte injiceringsmørtel består som regel af cement, sand og vand samt *to tilsætningsstoffer*, hvoraf det ene angives at virke som puzzolan, medens det andet angives at virke som luftporedannende middel.

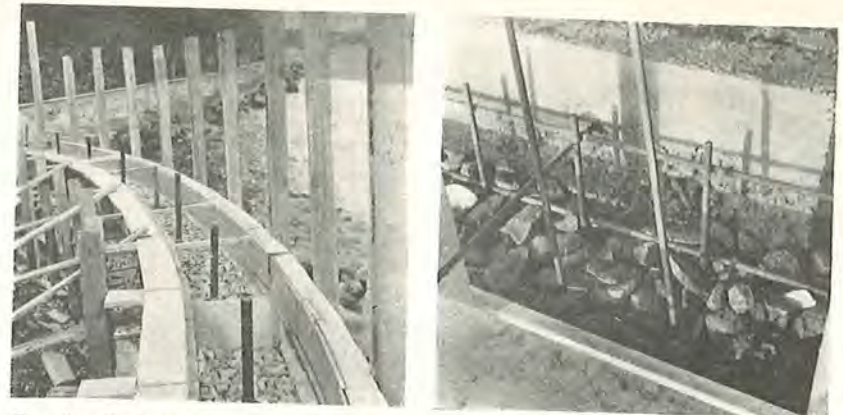


Fig. 83. En kappe af uarmeret Colcrete-beton uden om et beskadiget kystsikringsanlæg. Den dårlige beton er borthugget, en kraftig forskalling opsat og sten pakket ved hjælp af vibrering ifyldt denne. De lodrette 2" støberør har en indbyrdes afstand på ca. 75 cm. Fig. 84. Tilsvarende kappe af armeret Colcrete-beton. Det relativt storkornede stenmateriale indvirker på udformningen af armeringen i en sådan konstruktionsdel, idet en sådan armering må udføres med forholdsvis store maskevidder og afstande fra overfladerne, således at de relativt store sten kan finde plads.



Fig. 85. »Agitator« (omrører) således som denne finder anvendelse i forbindelse med en tvangsblander ved udførelsen af Prepakt-beton.



2) Som *blandemaskine* kan anvendes en almindelig tvangsblender suppleret med en omrører (Agitator), som det f. eks. fremgår af fig. 85, således at man altså ved denne metode fremstiller en aktiveret mørtel (med tilsætning af de ovennævnte plastificeringsmidler).

Som pumpe kan f. eks. anvendes en almindelig Duplex-pumpe.

På grund af de to metoders store slægtskab skal man ikke her fremkomme med en nærmere beskrivelse af udførelsen af Prepakt-beton, men henviser særligt interesserede til bilag 5, i hvilket visse enkeltheder er anført.

### Vacuum-metode

Ved denne fremgangsmåde udstøber man den pågældende konstruktionsdel, f. eks. en søjle eller en plade, på sædvanlig måde ved anvendelse af vibrering og ved benyttelse af det dertil svarende vand-cementtal.

Derefter udsætter man – ved anvendelse af særlige patenterede anordninger – den lige udstøbte beton for et undertryk (delvist vacuum), hvorved en del af vandet suges bort og betonen komprimeres kraftigt.

Man opnår herved at kunne foretage selve udstøbningen med en *relativ* blød og derfor lettere støbelig beton, der efter vacuumbehandlingen får *nedsat vand-cementtallet betydeligt*, der angives indtil 0,30–0,36 med deraf følgende særlig stærk (også slidstærk) og tæt (punktkontakt og nedsat svind) beton med forøget frostbestandighed [57 N 3].

Vand-cementtallet ses således at komme meget tæt ned mod det ønskede minimum, der alt efter cementens art ligger fra 0,24–0,28.

Vacuum-metoden kan anvendes i mange forskellige tilfælde, også ved udførelsen af nye konstruktioner, men i denne vejledning er det naturligt særligt at fremhæve, at den er vel anvendelig, hvor det drejer sig om udførelsen af et stærkt påvirket cementpudslag på beton eller/og ved pletvis istandsættelse af en slidt og hullet kørebaneplade af beton.

Metoden er – såvidt vides – endnu kun anvendt her i landet i relativt få tilfælde, og man skal her ikke komme nærmere ind på enkeltheder ved dens udførelse.

Man skal dog – jvnf. bilag 5 – kort nævne et par eksempler på dens anvendelse.

Da metoden som sagt er ret ny her i landet og egne erfaringer således endnu ikke foreligger i større omfang, er det specielt nødvendigt ved benyttelse af den at søge særligt sagkyndig assistance.

## V. Sikring mod gennemtrængning af vand

Det er i det foregående – særlig i afsnit II og IV – stærkt fremhævet, at gennemsvivning af vand er en vigtig faktor ved beton- og jernbetonkonstruktioners forvitring.

Dette har man i den sidste menneskealder erfaret i stort omfang og fortrinsvis henført til skadelige virkninger af skiftende frost og tø, samt efter forholdene, til sulfatangreb fra indtrængende havvand m. v.

De sidste års undersøgelser foretaget af alkaliudvalget har endvidere stærkt understreget betydningen af disse praktiske erfaringer, idet udvalgets undersøgelser blandt meget andet har vist, at *tilstedeværelsen af vand i betonen* er en nødvendig betingelse for fremkomsten og udviklingen af sådanne skadelige kemisk-fysiske reaktioner i denne.

Det er derfor en nødvendighed kort at gøre rede for, hvorledes man i praksis *mest muligt* kan sikre beton- og jernbetonkonstruktioner mod indtrængning og gennemsvivning af vand.

### Vandafledning

Som en hovedregel gælder det ret selvfølgelig, men dog ofte upåagtede forhold, at man ved en effektiv afledning i størst muligt omfang og så tidligt som muligt skal sørge for, at vandet fjernes fra de pågældende overflader, derunder også fra selve isoleringslagets overside.

Dette kan gøres ved bag sådanne vægge og mure at anbringe groft, let vandgennemtrængeligt grus f. eks. indtil en afstand af 1 m fra murens bagside og da afdræne dette grove sandlag. Derudover skal man i øvrigt drage omsorg for i det hele taget ikke at anvende *lerholdigt* fyld bag eller over (f. eks. jordfyldte buer) sådanne konstruktioner. Det har gennem årene kostet betragtlige beløb, at man ikke tidligere har været tilstrækkelig opmærksom på dette forhold.

Det må i denne forbindelse erindres, at man ikke, som det tidligere har været almindeligt, bør anbringe et særligt rallag (f. eks. 20 cm tykt) ind mod selve konstruktionen, da det bag dette rallag værende sand med tiden vil vandre ind i rallagets hulrum og der formindsker eller helt udfylder disse. Man får større varig hulrumsprocent ved udelukkende at anvende groft grus men må da også påse, at der virkelig anvendes egnet grus til dette formål.



En anden misforstået omhyggelighed bør samtidig rettes: Man ser ikke sjældent anvendt de såkaldte »dobbelte dræn«, dvs. f. eks. et 13 cm dræn, i hvilket der er indskudt et 8 cm dræn for derved at forhale en eventuel tilstopning af drænet. Dette er imidlertid ikke hensigtsmæssigt, idet et sådant dobbeltdræn netop sander hurtigere til, end hvis man nøjes med det yderste store dræn. Samtidig skal bemærkes, at man – som i øvrigt bekendt – ikke bør have for stort et fald på sådanne dræn (max. ca. 2 pct.), idet de ellers paradoksalt nok tilstoppes hurtigere.

Vandet bør føres fra konstruktionen på et så tidligt tidspunkt som muligt – jfr. således fig. 78, hvor der ses anbragt et ekstra dræn bag endepillen på en bro *umiddelbart* under brodækket og ikke alene som sædvanligvis ved pillens fod.

På samme måde kan det være særdeles anbefalelsesværdigt at anbringe et ekstra dræn bag en støttemur direkte oppe bag afdækningen og ikke alene nede ved støttemurens fod.

Man har i visse tilfælde forsøgt at aflede vandet ved gennemboring af de pågældende konstruktionsdele og indstøbning af afdræningsrør, og er der ingen anden udvej, må man forsøge at anvende denne metode, men de gennem årene indhøstede erfaringer kan ikke på dette punkt siges at være gode. Det er kun i de færreste tilfælde, man på denne måde kan skabe en virkelig effektiv afdræning af en sådan konstruktion, idet erfaringen viser, at vandet meget ofte finder vej gennem utætte støbeskel og revner m. v. *udenom* afdræningsrørene.

Det er også ofte hensigtsmæssigt f. eks. på et brodæk ikke alene at drage omsorg for at føre vandet fra vejbefæstelsen men også at anordne en afdræning fra *selve isoleringslaget* ved at give dette passende fald til dybdepunkter og i disse at anbringe rør.

## Vandtæt beton

Vedrørende dette spørgsmål kan der henvises til den almindelige beton-teknologiske litteratur jfr. således f. eks. [59 M 4] samt endvidere til afsnit IV og proportioneringseksemplerne i det dertil hørende bilag 4.

Her skal man indskrænke sig til at fremføre følgende supplerende bemærkninger: Når man anvender vandtæt beton som eneste sikring af konstruktionerne mod gennemtrængning af vand, må man gøre sig klart, at såvel *svindrevner* som *støbeskel* da bliver de svage steder i beskyttelsessystemet, således som dette allerede er påpeget i afsnit II.

Hvorledes man bedst udfører støbeskel vil blive omtalt i afsnit VII, hvor man ligeledes vil komme ind på, hvorledes man bedst muligt kan nedsætte antallet af svindrevner ved en passende etablering af dilatationsfuger samt ved anvendelse af en rimelig sekundær armering.

Man må imidlertid se i øjnene, at det er – og formentlig vedbliver at være – meget vanskeligt, for ikke at sige umuligt, helt at undgå gennem-sivningsulemper ved sådanne støbeskel og svindrevner.

Derfor melder spørgsmålet om anvendelsen af en omhyggelig *overfladeisolerings* (membranisolering) sig med stor styrke, et krav, der i forbløffende grad har været negligeret i forbindelse med udførelsen af beton- og jernbetonbygværker, i falsk tillid til sådanne konstruktioners egen tæthed samt i overdreven tiltro til den varige tæthed af de anvendte vejbelægnin-ger o. lign. Thi vel kan man udføre en sådan vejbelægning således, at den er tæt fra begyndelsen, men erfaringen viser, at denne tæthed ikke vedvarer, selv om belægningen vedligeholdes omhyggeligt, idet der uvægerligt vil danne sig revner såvel i selve belægningen som i fuger mellem denne og f. eks. kantsten o. lign.

## Overfladeisolerings

Man tænker i denne forbindelse på isolering af betonflader, der vender direkte mod vand (f. eks. visse bropiller) eller jord, såvel over som under grundvandets overflade (f. eks. kælderydermure, bagsider af støttemure og bropiller osv.), samt endvidere på tagflader og brodæk m. v., der skal være tætte overfor nedsivende vand.

Flader, på hvilke der skal påføres isolation, bør have et fald på helst ikke under 25 pro mille. I dybdepunkter må der sørges for anbringelse af tætte afløbsrør.

### Forbehandling af betonoverfladerne

Forinden selve isoleringen af en betonflade påbegyndes, må denne eftergås meget omhyggeligt, således at alle *skarpe ujævnheder* fjernes ved afslibning, ligesom alle huller udfyldes med cementmørtel, så at den pågældende overflade bliver jævn. Samtidig må da alle hjørner og kanter *afrundes*. På fig. 86 ses således afslibning af en betonoverflade ved hjælp af karborumdumskive.

Der må ikke påføres fladen noget egentligt mørtellag, og svumning må ikke finde sted, idet man har erfaring for, at sådanne lag senere er tilbøje-



lige til at skalle af og dermed løsne isoleringslaget. Eventuel påføring af mørtel må derfor kun finde sted ved en afrivning af overfladen, således at kun huller i denne udfyldes.

Fladerne skal umiddelbart før isolationen anbringes, afkastes omhyggeligt, således at alle løse dele og alle urenheder og støv fuldstændig fjernes.

Det er absolut nødvendigt, at fladerne er *fuldstændig tørre*, når isolationen anbringes; i modsat fald opnås ikke den fornødne kontakt mellem beton og isolationslag. Endvidere må der drages nøje omsorg for, at der ikke heller kommer fugtighed ind mellem *isolationslagets forskellige del-lag*.

Det er derfor, her i landet, af stor vigtighed at tilrettelægge udendørs arbejder således, at sådanne isoleringsarbejder så vidt muligt kan komme til udførelse om sommeren og under gunstige vejrforhold.

Under regnfulde forhold, specielt naturligvis om efteråret og vinteren, er det som oftest nødvendigt at udføre isolationslaget under et midlertidigt etableret telt af presenninger eller lignende og da eventuelt kunstigt opvarme det derved fremkomne rum. Dette kan også være nødvendigt i kolde perioder om vinteren, selv om disse ikke har nedbør.

Det lønner sig ikke at spare på dette punkt, da det efter, at et bygværk er taget i brug, ofte er forbundet med *urimeligt store* omkostninger at istandsætte eller forny dets isolation.

Isolationsmaterialerne må i almindelighed ikke udlægges på en betonflade før 14 døgn efter udstøbningen og den ovenfor beskrevne forbehandling af overfladen. Om vinteren må dette tidsrum forøges efter forholdene. Om sommeren kan det på tilsvarende måde afkortes, dog skal det selv under de gunstigste forhold mindst andrage *4 døgn*.

Under ugunstige vejrforhold kan der finde en kunstig optørring sted også af uoverdækkede betonoverflader, hvorved arbejdet kan fremmes. Fig. 87 viser en sådan kunstig optørring ved hjælp af en gasflammekaster.

### Hovedtyper af overfladeisolering

Følgende hovedtyper af isolering kan under almindelige forhold komme i betragtning:

- Isolering med påsmøringsmidler
- Isolering med plader
- Fugeafdækninger.

Man vil i det følgende kort gennemgå hver gruppe for sig, både for så vidt angår de pågældende præparaters *kvalitative sammensætning* som arbejdet med deres *påførelse*.



Fig. 86. Afslibning af grater på en betonoverflade ved hjælp af en vandret roterende karborundumskive.



Fig. 87. Pletvis kunstig optørring af en betonoverflade med gasflammekaster.



### Isolering med påsmøringsmidler

Følgende isolationsmaterialer kan anvendes:

*Isolationsmateriale nr. 0 (grundingsvædske)* er tyndtflydende og benyttes til grunding, idet det påstryges eller påsprøjtes i kold tilstand. Optøringsstid (ved 15° C) ca. 3 timer. Forbruget er ca. 0,5 kg/m<sup>2</sup> til 1 gang strygning eller påsprøjtning.

*Isolationsmateriale nr. 1* er tyktflydende (men indeholder *ikke* asbestfibre). Det benyttes til tynde lag på flader, der ikke er udsat for vandtryk, og påstryges eller påsprøjtes i kold tilstand. Dette præparat er mere og mere blevet erstattet af det nedenfor nævnte isolationsmateriale nr. 2.

*Isolationsmateriale nr. 2* er tyktflydende og indeholder asbestfibre. Det benyttes til tynde lag på flader, der ikke er udsat for vandtryk, og påstryges (evt. påsprøjtes) i kold tilstand. Optøringsstid (15° C) ca. 12 timer. Forbruget er ca. 0,75 kg/m<sup>2</sup> til 1 gang strygning.

*Isolationsmateriale nr. 3* har plastisk konsistens og indeholder asbestfibre. Det benyttes til *tykke* lag på flader, der er udsat for vandtryk (se endvidere nærmere senere), og påføres med stålbræt eller/og spartel. Det tørrer op i løbet af ca. 3 døgn (ca. 15° C). Forbruget er ca. 1 kg/m<sup>2</sup> for hver mm's tykkelse.

*Bitumenimprægneret jute* benyttes til indlæg i isolationsmateriale nr. 3 (samt i bitumenplader, se nedenfor) og leveres normalt i ruller på 1 m bredde og i 10–20 m længde.

*Bitumenimprægneret uldfiltpap* benyttes til beskyttelse af isolationslagene og leveres normalt i samme bredde og længde som ovenfor angivet for juten.

*Bitumenfugemasse nr. 1* benyttes i varm tilstand i almindelighed til udfyldning af fuger, hvor tæthed skal tilvejebringes.

*Bitumenfugemasse nr. 2* (bitumenmørtel) benyttes i varm tilstand i almindelighed til udfyldning af hulrum, vulster o. lign. (Såfremt bitumenmørtel ikke forefindes på arbejdspladsen, kan den fremstilles af isolation nr. 3 ved iblanding med cement).

I bilag 6 er der givet nogle nærmere oplysninger om de ovennævnte isolationsmaterialers egenskaber.

Ved anvendelse af isolationsmaterialerne udformes der følgende to hovedtyper af isolationslaget: Tynd og tyk isolation.

*Tynd isolation.* Efter påstrygning (evt. påsprøjtning) 1 gang med grundingsvædske stryges 2 gange med isolation nr. 2.

For hver ny påføring må den foregående være fuldstændig optørret, og om fornødent må udbedring finde sted, idet der må drages nøje omsorg for, at der ved hver påstrygning dannes et *tæt og sammenhængende* lag uden blærer af luft m. v. Skulle der dog opstå enkelte blærer, bør disse trykkes ind, og de fremkomne »øjne« i isolationen fyldes ved »dupning« med pensel dyppet i isolation nr. 2.

*Tynd isolation* anvendes ubetinget kun på flader, der ikke er udsat for vandtryk samt endvidere er vel afdræned, som det ovenfor nærmere er omtalt.

Den tynde isolation anvendes fortrinsvis på sværere grovbetonkonstruktioner. Også på grovbeton-kælderydermure vil den være velegnet, hvis betingelserne med hensyn til fraværelse af grundvand samt god afdræning er opfyldt.

Over alle *støbeskel* isoleres yderligere *mindst* ved påstrygning af et ekstra lag isolation nr. 2, når det foregående lag er optørret, og *helst* ved anbringelse af en stribe af tyk isolation (se senere).

Det vil under hensyn til faren for mekanisk beskadigelse ofte være hensigtsmæssigt at afdække isolationslaget med et lag af bitumenimprægneret uldfiltpap.

Ved overgangen mellem tyk isolation (evt. pladeisolation se senere) og tynd isolation føres sidstnævnte *mindst* 20 cm ind over det beskyttende pudslag.

*Tyk isolation.* Efter én påstrygning (evt. påsprøjtning) af grundingsvæske påsmøres et lag af isolation nr. 3 i ca. 2 1/2 mm tykkelse, og på dette udlægges da et lag bitumenimprægneret jute.

Forinden juten udlægges, må den børstes grundigt ren for det bestrøningsmateriale (talkum) med hvilket overfladerne er forsynede for at undgå sammenklæbning. Dette bør ske uden for selve arbejdsstedet, således at de rensede betonflader ikke forurenes af bestrøningsmaterialet.

Juten lægges med overlæg på ca. 10 cm og anbringes *straks efter*, at det første isolationslag nr. 3 er påsmurt, idet juten omhyggeligt tromles eller trykkes fast i det underliggende lag, indtil isolationsmassen trænger op gennem hullerne i juten.

Efter fornøden *optørring* (mindst 3 døgn) påføres endnu et 2 1/2 mm tykt lag isolation nr. 3, der efter tilsvarende optørring afdækkes med bitumenimprægneret uldfiltpap for at beskytte isolationslaget mod mekanisk overlast, f. eks. under udførelsen af det beskyttende pudslag.



Den samlede tykkelse af den tykke isolation bliver ca. 5 mm.

Som allerede anført er det af den største vigtighed, at der ikke trænger fugtighed ind i isolationslaget, specielt at juten ikke indsuger vand fra regn, tåge og dug.

Omhyggelig afdækning er derfor særdeles ofte en nødvendighed under de klimaforhold, der forefindes her i landet.

Eventuel absolut nødvendig færdsel må først ske, når paplaget er udlagt – og da kun *med bløde sko uden hæle*.

Tyk isolation beskyttes altid med et armeret pudslag (se senere).

Overalt, hvor opadvendende kanter af tyk isolation afsluttes, drages der særlig omsorg for en omhyggelig tilslutning til konstruktionen.

Jfr. således fig. 78, side 71, der viser en rationelt udført tilslutning af tyk isolation til en afdækning af armeret beton.

Hvor isolationen ikke kan afsluttes på denne eller en lignende måde, udformes der 5 cm udsparinger i betonen (se fig. 88), og her indstøbes bindetråd med afstand ca. 50 cm til fastgørelse af pudslagets trådnæt eller rundjernsnet. De øverste 2 cm af udsparingen fyldes med fugemasse.

På fig. 89–93 ser man forskellige stadier af de ovenfor beskrevne isolationsformer.

Tyk isolation anvendes på alle sådanne steder, hvor det er af *afgørende betydning at undgå gennemtrængning af vand*.

Den bør derfor anvendes til isolation af brodæk, tagplader, støttemure udført af spinklere jernbetonkonstruktioner o.s.fr. og ubetinget *altid*, hvor der er tale om at beskytte en konstruktion mod direkte vandtryk.

Efter alt, hvad der er fremført i denne vejledning, må rigelig isolering tilrådes, uanset at éngangsudgiften ved dens udførelse er betydelig. Det vil i det lange løb indtjenes ved besparelser i vedligeholdelsesudgifterne.

Hvor man efter forholdene måtte mene, at den tykke isolation må anses for at være unødvendig svær, kan man udføre en *halvtyk isolation* bestående af 1 grunding + 2½ mm isolation nr. 3 + uldfiltpap.

Er forholdene på den anden side særlig ugunstige, f. eks. utilgængelige konstruktionsdele udsat for direkte vandtryk, kan man udføre den tykke isolation dobbelt.

*Beskyttelsespudslag.* Den tykke isolation (ligesom den nedenfor omtalte pladeisolation) skal afdækkes med et beskyttelses-pudslag, når fornøden optørring af isolationslaget har fundet sted, ved tyk isolation således tidligst efter 3 døgn forløb.

Pudslaget, der skal udføres af egnet sand med passende kornkurve, skal være mindst 4 cm tykt og af blandingsforholdet (efter rumfang) 1:3.

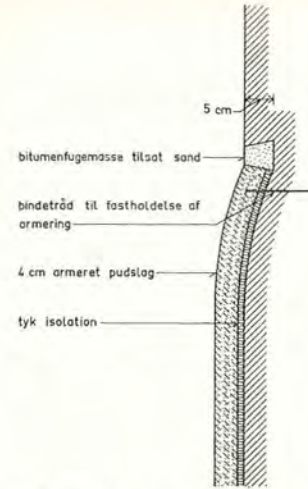


Fig. 88. Afslutning af tyk isolation på en lodret betonflade uden afdækning.

Fig. 89. Strygning af betonoverflade med isolationsmateriale nr. 0 (grundingsvædske).



Fig. 90. Påføring af første lag af isolation nr. 3 samt udlægning af imprægneret jute. Man bemærker, at arbejderne benytter bløde sko uden hæle.



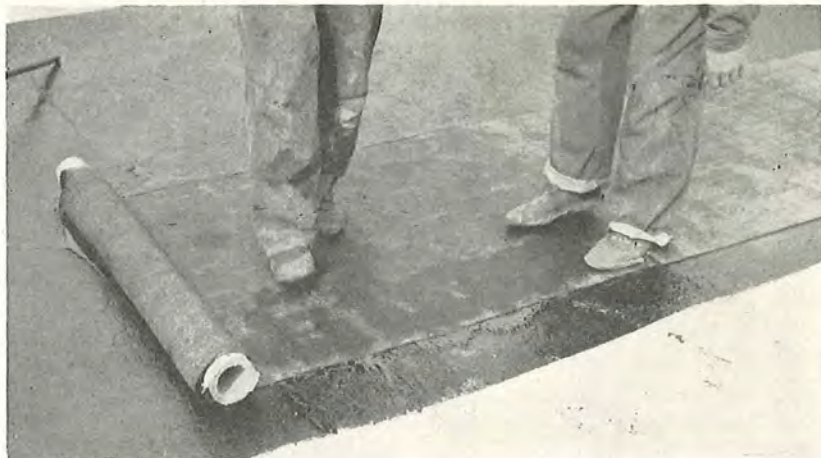


Fig. 91. Den udlagte jute fasttrykkes i det underliggende bløde lag (ca. 2,5 mm) af isolationsmateriale nr. 3. Man ser, at isolationsmaterialet trykkes op gennem juten.



Fig. 92. Figuren viser det påførte isolationsmateriale nr. 0 (grundingsvædske), første lag isolationsmateriale nr. 3, derefter den udlagte imprægnerede jute, hvorpå er påført andet lag af isolationsmateriale nr. 3 samt sluttelig udlægning af det beskyttende lag uldfillpap.

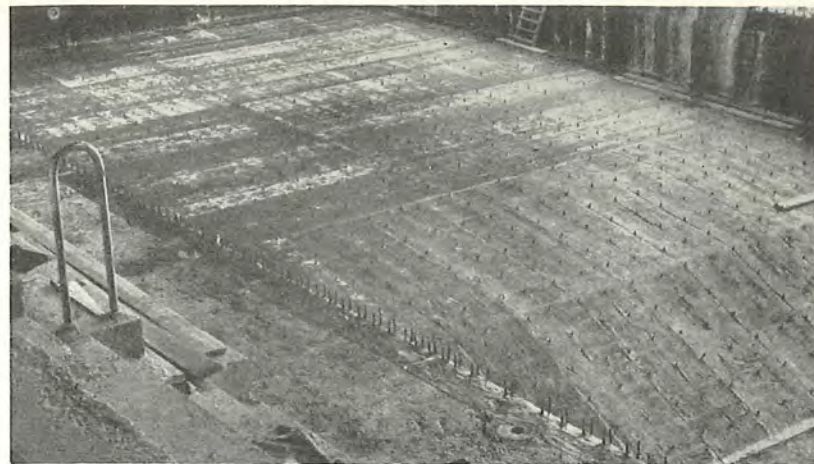


Fig. 93. Eksempel på udført tyk isolation af et svømmebassin. Da man kunne befrygte, at eventuelt indtrængende vand gennem beskyttelsespuddslaget, ved en tomning af bassinet, kunne fremkalde et midlertidigt vandtryk nedefra, blev der indstøbt et stort antal dorne til fastholdelse af det beskyttende puddslag. Trods de mange gennembrydninger blev isolationslaget fuldstændig tæt.



Fig. 94. Udførelse af det armerede puddslag til beskyttelse af den tykke isolation på endepillen af en bro. Det udspændte armeringsnet er ophængt i indstøbte dorne.



Pudslaget skal armeres ved indlæg af jertrådnat (presgitter eller Baustahlgewebe) eller af et 5 mm rundjernsnet med 15 cm afstand mellem jernene, der da sammenbindes i hvert 2. eller 3. krydsningspunkt.

Pudslaget udlægges i to gange umiddelbart efter hinanden således, at jernnettet kan blive tilfredsstillende indstøbt.

For at hindre nedglidning af lodret eller omtrent lodret hængende pudslag på mure og frontmure o. lign. indstøbes i betonkonstruktionen det fornødne antal rundjernsstykker, hvortil jernnettet da kan fastgøres.

Af hensyn til faren for mekanisk beskadigelse eller beskadigelse ved solvarme, kulde eller fugtighed må isolationen ikke henligge ubeskyttet længere end højst nødvendigt. Fig. 94 viser et sådant armeret pudslag under udførelse af en bro-ende-pille.

### Isolering med plader

Følgende isoleringsmaterialer kommer i denne forbindelse i betragtning.

*Grundingsvæske og uldfiltpap* som ovenfor beskrevet.

*Bitumenklæbemasse* består udelukkende af almindeligt, ikke blæst bitumen. Klæbemassen, som er stærkt klæbende, anvendes i smeltet tilstand ved ca. 150° C. Den benyttes til fastklæbning af bitumenplader og blyfolieplader på beton og til pladernes sammenklæbning langs kanterne eller, hvis pladerne lægges i flere lag, til sammenklæbning af pladelagene indbyrdes samt endelig til fastklæbning af uldfiltpap på blyfolie.

*Bitumenplader* med juteindlæg. Pladerne skal bestå af bitumenimprægneret jute (af ovennævnte kvalitet) på begge sider forsynet med overtræk af bitumen, således at pladens samlede tykkelse bliver mindst 4 mm (jfr. bilag 6, fig. 118). Bitumenpladerne anvendes på flader, der er udsat for vandpåvirkning i samme grad, som når der anvendes »tyk isolation«.

Det skal oplyses, at der i den senere tid er kommet bitumenplader på markedet med indlæg af *aluminium*. Disse plader er imidlertid – så vidt vides – endnu ikke prøvet her i landet.

Man skal være varsom med opbevaring af bitumenplader. De må således ikke opbevares henlagt i sammenrullet tilstand ovenpå hverandre, men ophænges frit oprullet om runde træstokke.

*Blyfolieplader* (nr. 1 og 2). Blyfolieplader skal bestå af 0,26 mm tyk folie, der skal være fri for porer og veje mindst 3,0 kg/m<sup>2</sup>.

Ved *blyfolieplade nr. 1* skal blyfolien være indklæbet mellem 2 lag imprægneret uldfiltpap (se ovenfor), ved *blyfolieplade nr. 2* mellem 2 lag imprægneret uldfiltpap, som på de udvendige sider er forsynet med et *overtræk af bitumen*, mindst 1 kg pr. m<sup>2</sup> på hver side.

Ved *blyfolieplade nr. 1* skal den totale tykkelse af pladerne være mindst 3,5 mm og vægten mindst 5,5 kg/m<sup>2</sup>.

Ved *blyfolieplade nr. 2* skal den totale tykkelse være mindst 5,5 mm, den samlede vægt mindst 7,5 kg/m<sup>2</sup> efter afbørstning af bestrøningsmaterialet.

Pladerne leveres normalt i 5–10 m længde og 1 m bredde.

Langs pladernes kanter skal pap og bly af hensyn til pladernes senere sammenføjning være usammenklæbet i en bredde af 10 cm.

Såvel til indklæbning af blyfolien som til sammenføjning og fastklæbning af de færdige plader benyttes den ovenfor omtalte bitumenklæbemasse.

Blyfolieisolation bruges på flader, der er udsat for vandpåvirkning i samme grad, som hvor der anvendes »tyk isolation« eller bitumenplader.

*Plader af termoplastiske kunststoffer*. Da disse plader endnu kun i mindre omfang har været anvendt her i landet, hviler de disponible oplysninger hovedsageligt på meddelelser fra laboratorieundersøgelser og på beskrivelse fra deres praktiske anvendelse andet sted.

Man har i bilag 6 på dette grundlag givet en kortfattet beskrivelse af disse isoleringspladers hovedegenskaber.

De forskellige former for pladeisolation udføres og anvendes i hovedtrækene som beskrevet i det følgende.

*Isolation af bitumenplader*. Efter påstrykning (evt. påsprøjtning) 1 gang af grundingsvæske påføres et 1–2 mm tykt lag opvarmet klæbemasse.

Forinden pladerne udlægges på klæbemassen, må de omhyggeligt renses for bestrøningsmateriale. Dette bør ske uden for arbejdsstedet for at undgå, at det afbørstede bestrøningsmateriale forurener de rensede betonflader.

Efterhånden som pladerne udlægges, stryges de på undersiden med klæbemasse og trykkes derefter fast ned i den betonfladen påførte klæbemasse. Der må drages omsorg for, at pladerne kommer til at ligge både fast og ganske glat uden folder eller buler. Pladerne skal endvidere udlægges således i forhold til faldretningen, at en lavere liggende plade stadig overdækkes af en højere liggende.

I stødene skal pladerne udlægges med 10 cm overlæg, der stryges med klæbemasse, hvorefter de trykkes godt sammen med håndvalser. Ved lav temperatur anvendes til sammentrykningen varme jern for at give klæbemassen en passende konsistens.

Denne angivne fremgangsmåde er imidlertid i de senere år med særdeles godt resultat ændret således:



Før påføring af grundingsvæske på betonoverfladerne tørres disse fuldstændig med gasflammekaster. Derefter foretages grundingen.

Efter afbørstningen af bestrøningsmateriale foretages der en forsigtig behandling af bitumenpladerne med blæselampe (eller gasflammekaster), således at den flade af pladen, der skal klæbes på konstruktionen, fremtræder helt sort.

Efter at bitumenklæbemassen (successivt) er påført den grundede betonoverflade, klæbes da pladerne fast ved anvendelse af (2 stk.) gasflammekastere.

Efter at bitumenpladerne er fastklæbede, afdækkes disse med uldfiltpap, og *uundgåelig* færdsel på isolationen kan da ske, men kun med *bløde sko uden hæle*.

Isolationslaget beskyttes på sædvanlig måde med et armeret pudslag eller af klinker opmuret i cementmørtel.

På fig. 95-99 ses forskellige stadier af udførelsen af en bitumenpladeisolation.

Isolation ved anvendelse af bitumenplader anvendes på flader, der er udsat for vandpåvirkning i samme omfang som flader, der isoleres med tyk isolation.

På utilgængelige flader, der direkte påvirkes af vandtryk, kan man med fordel udføre isoleringen af et *dobbelt lag* af bitumenplader (såvel tvær- som længdestødene i pladerne i de to lag forskydes da i forhold til hinanden) på tilsvarende måde, som den tykke isolation kan udføres *dobbelt*.

*Isolation af blyfolieplader.* Stødene udføres ved, at de langs pladernes kanter usammenklæbede 10 cm brede strimler af såvel blylag som uldfiltlag lagvis forskydes over hinanden og sammenklæbes med bitumenklæbemasse, således at først det underste uldfiltlag i den ene plade sammenklæbes med det underste uldfiltlag i den anden, hvorefter det sammenklæbes med blylaget i den første plade og denne atter med blylaget i den anden plade og så fremdeles.

De enkelte lag skal trykkes sammen med håndvalser.

Til sidst stryges langs pladekanterne 1 gang med isolation nr. 2, hvorefter hele isolationslaget stryges 1 gang med isolation nr. 2. Når denne er optørret, bestrøes den med fint sand.

Udføres isoleringen med to lag plader, skal disse udlægges således, at længdestødene forsættes en halv pladebredde for hinanden. Tværstødene skal også forsættes for hinanden. De to lag klæbes sammen med et 1 à 2 mm tykt lag klæbemasse på samme måde, som det underste lag klæbes til betonfladen.



Fig. 95. Udlægning af bitumenplader i klæbemasse på den i forvejen med isolationsmateriale nr. 0 strogne betonoverflade. Arbejderne benytter også her *bløde, hæløse sko*.

Uundgåelig færdsel på isolationen må ske med *bløde sko uden hæle*.

Denne isoleringsform, der kan regnes at ækvivalere med den almindelige tykke isolation, anvendes efterhånden kun relativt sjældent (af D.S.B.) og som regel kun, hvor det af hensyn til pladsforhold o. lign. vil blive for vanskeligt at udføre almindelig tyk isolation.

*Isolation med Rhepanol BA-folie.* Til anvendelse af Rhepanol BA-folie skal der anvendes en ganske speciel oplægningsteknik, og til sikring af dennes omhyggelige overholdelse, der er ganske afgørende for et gunstigt udfald af arbejdet med folien, har leverandøren besluttet, at folien ikke sælges som sådan, men kun i udlagt stand.

Nogle kortfattede oplysninger vedrørende udlægningen af disse plader er angivet i bilag 6.

Selv om det formentlig endnu er for tidligt definitivt at udtale sig om, hvorvidt den omhandlede isolation – der naturligvis kun skal anvendes, hvor »tyk isolation« er nødvendig – er sin ret høje pris værd, kan det dog vist allerede nu siges, at denne isolationsform synes at have mange særdeles tiltalende egenskaber.

Vedrørende en nærmere sammenligning mellem de ovenfor beskrevne isoleringsformer henvises til bilag 7.





Fig. 96. Udlægning af uldfiltpap ovenpå bitumenplader.



Fig. 97. Udlægning af bitumenplader ved anvendelse af gasflammekaster.



Fig. 98. Udlægning af uldfiltpap ovenpå de i fig. 97 viste bitumenplader.



Fig. 99. Oversigtsbillede visende en del af det med bitumenplader isolerede brodæk.



### Fugeafdækninger

Dette – i øvrigt vigtige – område kan efter pladsforholdene her kun behandles i yderste korthed. Egentlig burde dette vanskelige spørgsmål gøres til genstand for en selvstændig, indgående undersøgelse, da ikke så få af de gængse fugeafdækninger faktisk lader meget tilbage at ønske med hensyn til holdbarhed. Indtil en sådan detaljeret redegørelse måtte komme til at foreligge, kan måske nedenstående summariske bemærkninger være nyttige.

Man skal i denne forbindelse henvise til Deutsche Bundesbahns normer (AJB), jfr. litteraturfortegnelsen [53 – 18], som indeholder en række detaljerede oplysninger også om fugeafdækninger.

Endvidere skal man henvise til en artikel af afdelingsingeniør Broen Christensen i »Ingeniøren« [55 C 5], i hvilken der gives en ret indgående behandling af fugeafdækningsproblemer, således som disse er løst i D.S.B.'s brobygningkonstruktioner.

Med forfatterens tilladelse hidstiller man (på et enkelt punkt i en noget revideret form) – fig. 100 – en række eksempler på fugeafdækninger, således som disse anvendes af D.S.B. (1–4), samt således som disse er angivet i Deutsche Bundesbahns ovennævnte normer (AJB). Se også [58 K 9].

På tilsvarende måde hidstiller man fra samme artikel – fig. 101 – nogle fugeafdækninger udført i forbindelse med isolering mod grundvand.

Imidlertid, selv ikke disse omhyggeligt udførte fugeafdækninger giver i alle tilfælde varig tæthed.

Ganske særligt har den stadigt tiltagende, tunge, stødgivende vejtrafik givet anledning til, at man i de senere år har måttet udbygge fugeanordningerne på vejbroer meget betydeligt.

På sådanne særligt udformede fugeafdækninger skal der derfor nedenfor gives 3 eksempler:

1. På fig. 102 ser man således en fugeafdækning, som blev anvendt ved omisolering (ca. 1945) af de bærende jernbetonkonstruktioner under forpladsen foran Københavns Hovedbanegård. Det skal fremhæves, at afdækningen ses at være udformet således, at man forholdsvis let kan komme til at udskifte *selve den tæthed givende blyplade*. Det skal i øvrigt bemærkes, at man formentlig bør foretrække *kobberplader* fremfor blyplader, idet kobberet er mere kemisk modstandsdygtigt end bly.

2. En anden særlig kraftigt udformet fugeafdækning fremgår af fig. 103 gældende for kørebane for en 21 m overføring for Frodesgade i Esbjerg, der er beregnet for meget svær vejtrafik. På fig. 104 ses fugeanordningen, før isolation og udfyldningsbeton er anbragt.

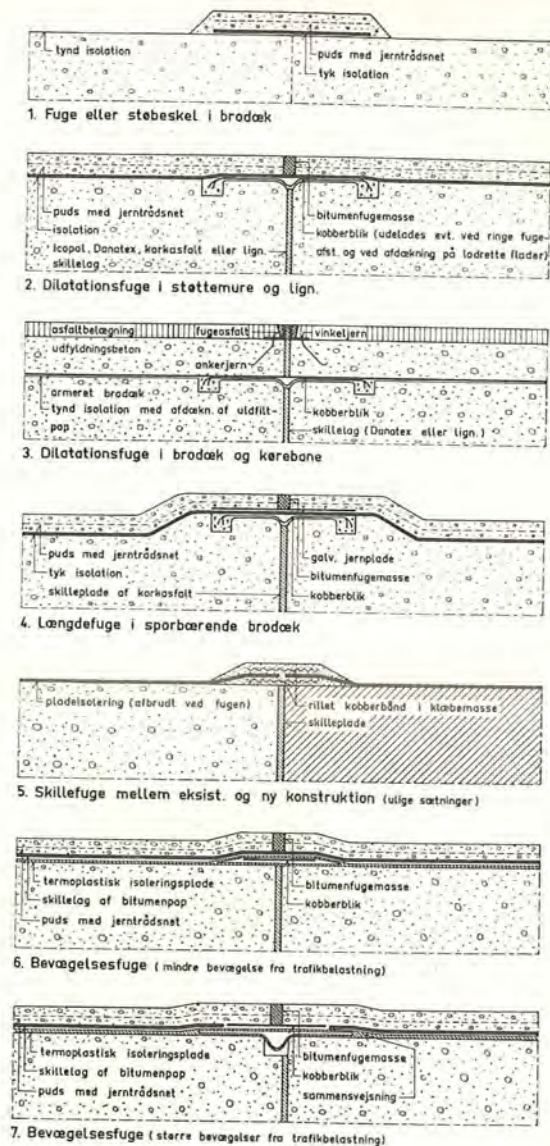


Fig. 100. Eksempler på fugeafdækninger.







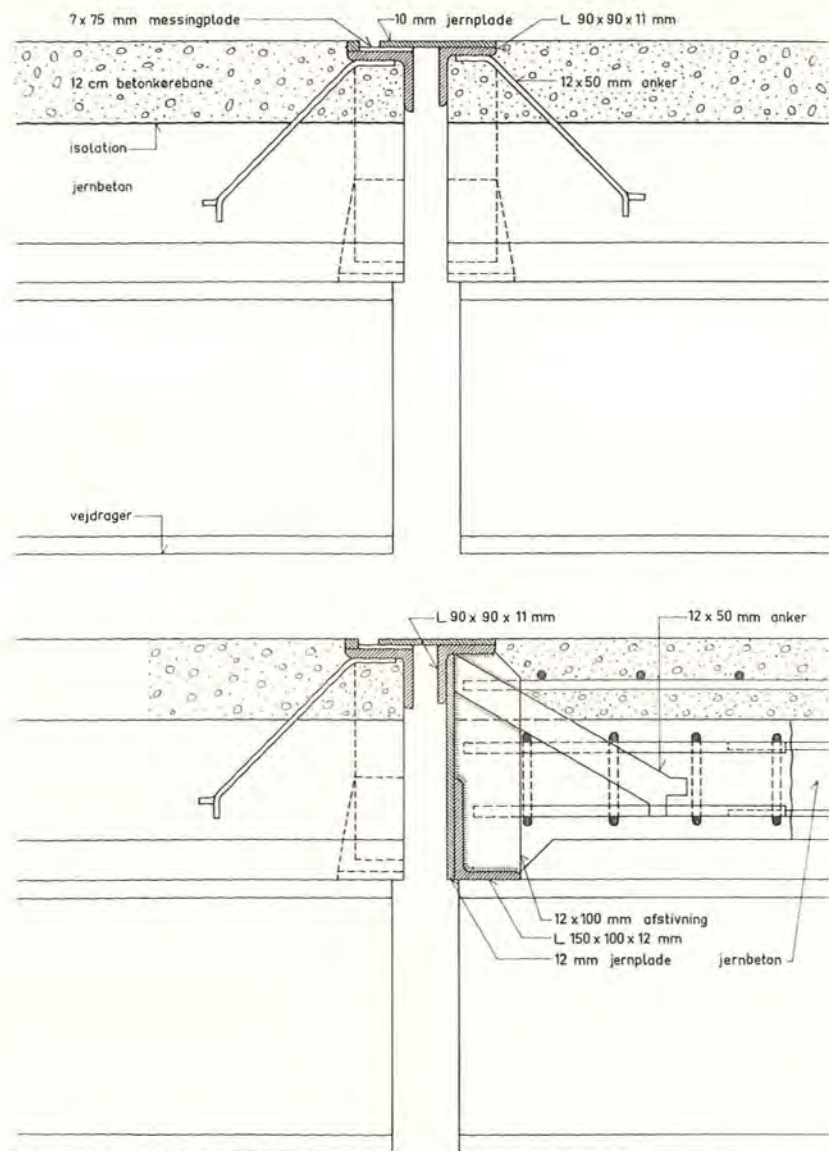
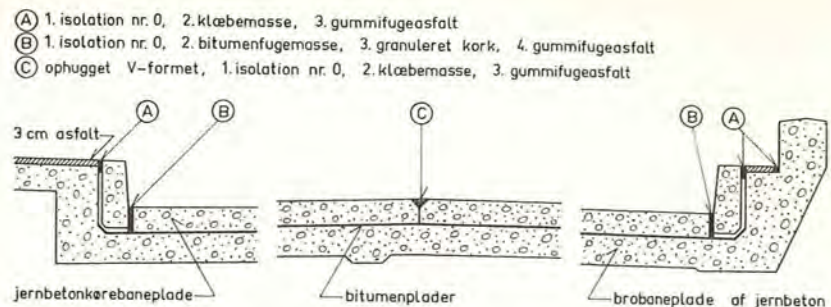


Fig. 105. Kørebaneluge på Storstrømsbroen før og efter bygning og forstærkning.



Alle tværgående fuger: 1. isolation nr. 0, 2. bitumenfugemasse, 3. granuleret kork, 4. gummifugeasfalt  
 Alle revner: 1. ophugget V-formet, 2. isolation nr. 0, 3. klæbemasse, 4. gummifugeasfalt  
 Alle fuger i kørebane er efter udfyldning afdækket med granitsplit

Fig. 106. Omisolering af fuger i brobanedækket på Oddebroen.

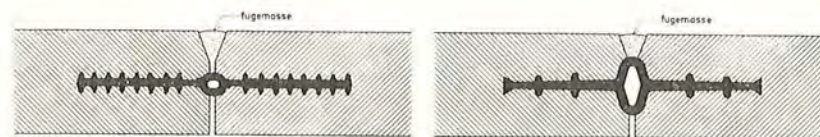


Fig. 107. Dilatationsfugeskiner af termoplastiske stoffer. Anordningen til højre tillader større bevægelse i fugen.

4. Sluttelig har man på fig. 106 vist, hvorledes man, i hvert fald indtil videre, på en temmelig let og billig måde har kunnet standse gennemsvinger gennem en brobanepude, hvis kørebanelægning består af jernbetonplader. Som det fremgår af figuren, er selve den bærende brobanepude isoleret med bitumenplader, der imidlertid i tidens løb er blevet utætte. Det ville nu i dette tilfælde være forbundet med særlig store omkostninger at fjerne jernbetonkørebanepuderne og foretage en fornyelse af brobaneisoleringen, og man forsøgte da at skabe tæthed ved udbedring af alle fuger. Dette lykkedes godt, og istandsættelsesomkostningerne var ringe, men man må imødesæ, at processen må gentages efter en årrækkes forløb.

Der er i de senere år kommet dilatationsfugeskiner af termoplastiske stoffer på markedet. De angives at have en endog meget stor brudforlængelse ved almindelige temperaturer, og har i adskillige tilfælde været anvendt med tilfredsstillende resultater. På fig. 107 er vist to typer.



## VI. Behandling af synlige betonoverflader

Det er ikke hensigten i dette afsnit at give en fuldstændig redegørelse for alle de muligheder, der melder sig, når talen er om overfladebehandling af beton i almindelighed.

For en menneskealder siden arbejdede man meget med dette spørgsmål og forsøgte sig med dyre men ofte problematiske overfladebeskyttelser såsom beklædninger med sten og fliser, førstøbninger og ædelpuds af mange forskellige arter og sammensætninger.

På det tidspunkt begyndte endvidere sprøjtepudsen at komme til anvendelse, og man forsøgte – i øvrigt uden særligt held – at gøre denne overfladebehandling æstetisk tiltalende ved tilsætning af farvestoffer f. eks. farvet stenmel til det yderste ca. 2–3 cm tykke lag af sprøjtepudsen, således som dette er nævnt i afsnit III.

En række forskellige malinger til anvendelse på betonoverfladen kom på markedet, ligesom man også ved særlige udformninger af forskallingen stræbte at give færdigstøbte betonoverflader et tiltalende udseende.

En instruktiv oversigt over disse forhold er givet i en artikel: »Overfladebehandling af beton« i Bygningsstatistiske meddelelser nr. 2, november 1933 [33 K 3]. Imidlertid nævnes det allerede i slutningen af denne artikel, at udviklingen formentlig vil gå mere og mere bort fra de ovennævnte meget dyre overfladebehandlinger og vende sig til enklere metoder, hvor man kun giver overfladen en let afpudsning og eventuelt en farvning.

Det er netop dette synspunkt, der i det almindelige vedligeholdelsesarbejde mere og mere har sejret, og man agter derfor her kun i korthed at give visse retningslinier for *sådanne lettere overfladebehandlinger*, der har vist sig hensigtsmæssige netop i forbindelse med udførelsen af istandsættelsesarbejder som de i denne vejledning omhandlede.

Således ser man bort fra udførelsen af håndpuds, idet det faktisk er meget sjældent, at sådan puds forekommer i den her givne sammenhæng.

Skulle man imidlertid få anvendelse for *håndpuds*, f. eks. til slidlag på betonstøbninger, kan henvises til A.T.V.'s beretning nr. 19: »Beretning fra Betonslidlagsudvalget« 1953 [53 – 19], i hvilken der gives en række instruktive oplysninger om sådanne slidlags rette udførelse.

Endvidere kan bl. a. henvises til »Betonbogen« [59 M 4], der ligeledes – omend meget kort – behandler spørgsmålet om *slidlag på betongulve og puds på beton*.

*Sprøjtepudsens* omfattende anvendelse til vedligeholdelsesarbejder er udførligt behandlet i afsnit III (med bilag). Dog – som ovenfor sagt – skal man ikke vente sig for meget af sprøjtepudsen som »prydpuds«, og da man, som det nærmere er redegjort for i afsnit III (med bilag), ikke heller af tekniske grunde tilstræber at sprøjte

*pudse* mere end absolut nødvendigt, da selv en så tæt og stærkt vedhæftende mørtel som sprøjtepudsen i det lange løb kan medføre problemer (svindrevner, vedhæftningsmangler), må det siges, at ikke heller sprøjtepudsen først og fremmest kommer i betragtning, hvor det kun drejer sig om en *overfladebehandling* af beton.

I det hele taget kan det vel som en grundregel udtales, at en *sund og tæt* betonoverflade skal overfladebehandles så lidt som overhovedet muligt.

En *afrivning* (ikke svumning, hvorved der påføres et omend tyndt lag) med cementmørtel fremstillet af i regelen lige rumdele cement og fint sand vil i mangfoldige tilfælde være den bedste løsning også fra et æstetisk synspunkt, hvis den pågældende betonoverflade da er støbt ordentligt og mod en vel udført forskalling.

At anvende den størst mulige omhu på den rette udformning og udførelse af forskallingen kan meget anbefales.

## Portland-cementfarver

Det blev i afsnit III (med bilag) fremhævet, at man mere og mere udførte istandsættelse ved hjælp af sprøjtemørtel som en *pletvis reparation*.

Hvis det da drejer sig om overflader, hvis færdige udseende har betydning, kan der opstå et behov for en vis udjævrende overfladebehandling.

Det er i øvrigt selv ved den pletvise istandsættelse ikke *altid* tilfældet. Man har eksempler på, at det ved omhyggeligt valg af tilslagsstoffer og passende afretning af reparationsstederne kan lykkes at opnå så ensartede farveforhold samt strukturegenskaber, at et efter forholdene tilfredsstillende udseende af den samlede overflade kan opnås ved den tidligere omtalte afrivning med finkornet cementmørtel.

Imidlertid kan det ikke nægtes, at dette ofte mislykkes, således at de med sprøjtemørtel udførte pletvise reparationer kommer til at udvise skæmmende ar på den istandsatte overflade, jfr. således fig. 6, side 19, der viser pletvise sprøjtemørtel-reparationer på Storstrømsbroens piller.

I sådanne – og andre – tilfælde har man i de senere år, såvel i udlandet som herhjemme, i stigende grad været opmærksom på anvendelsen af *Portland-cementfarver*.



Så betydelig har f. eks. anvendelsen af sådanne farver været i Amerika, at man dér har udarbejdet normer for deres sammensætning og påføring – jfr. [49 – 150].

Portland-cementfarver anvendes også her i landet i stadig stigende grad. De fremstilles i flere forskellige typer og kulører.

Man skal i det følgende give en ganske summarisk redegørelse for sådanne cementfarvers anvendelsesmåder og hovedegenskaber, idet der i øvrigt må henvises til litteraturen, jfr. de lige nævnte amerikanske normer, »Betonbogen« samt diverse brochurer (f. eks. vedr. Cempexo og Snowcem).

Ved Portland-cementfarve forstår man en i vand opslemmelig maling, hvis bindemiddel fortrinsvis består af hvid Portland-cement.

Den leveres enten som et *færdigt blandet pulver*, der på arbejdsstedet kun skal opblandes med vand for at være rede til påføring, eller den kan fremstilles på stedet ved en sammenblanding af de forskellige indgående stoffer, der derefter opblandes med vand. Den førstnævnte fremgangsmåde er den almindeligst anvendte her i landet.

### Anvendelsesområde

Cementfarverne benyttes *dels* for at give overfladen et tiltalende udseende, *dels* for (i lettere grad) at beskytte den mod vandindtrængning, idet der til farven er sat visse vandafvisende stoffer.

Cementfarverne egner sig ikke til beskyttelse af overflader, der er udsat for mekaniske påvirkninger, og deres evne til beskyttelse mod vandindtrængning må *ikke* overvurderes. Deres påføring kan således ikke betragtes som egentlig vandstandsende overfladebehandling.

### Forbehandling af fladerne

De bedste resultater opnås, hvis cementfarverne først påføres, efter at den pågældende beton har opnået en vis alder, *allermindst 3 uger*. Flere måneders hærdning (og udtørring) af en beton, der skal forsynes med cementfarver, er dog hensigtsmæssigt og det navnlig, hvis der anvendes kulørte cementfarver, samt hvis der er tale om udsvedning af kalksalte o. lign. på betonoverfladen.

De pågældende betonoverflader skal før påføringen af cementfarverne *renses grundigt*, således at alt snavs, støv, kalksaltudblomstringer og eventuelle rester af gammel overfladebehandling omhyggeligt fjernes ved afskylning og afbørstning med rent vand eller om nødvendigt ved benyttelse af fortyndet saltsyre (20 pct. opløsning), der da atter må *afskylles fuldstæn-*

*digt* ved benyttelse af rent vand, idet kun små arealer ad gangen renses på denne måde.

Anvendelse af en let sandblæsning kan i påkommende tilfælde være særlig egnet og det specielt, hvis de pågældende betonoverflader er meget tætte og glatte eller forurenede med olie.

Tidligere overfladebehandlinger af organisk type må fuldstændig fjernes, sædvanligvis ved anvendelse af let sandblæsning.

Endvidere må det ikke glemmes, at det er en nødvendighed forinden påføring af cementfarver at fjerne en evt. *begroning med alger o. lign.* fuldstændigt. Dette kan finde sted ved anvendelse af en dertil egnet gift, der i vandig opløsning påføres de algeinficerede overflader.

Der er ikke større udgifter forbundet med en sådan forbehandling, der altid bør bringes til udførelse på steder, hvor man har blot en formodning om, at en sådan algeinficering vil kunne forekomme, idet denne ellers uvægerligt før eller senere vil slå igennem cementmalingen.

I passende tid før påføringen af cementfarven skal betonoverfladen, specielt hvis denne er sugende, hvad der i almindelighed er tilfældet, fugtes passende ved forvanding.\*

Fladerne skal *gennemfugtes*, men må *ikke drive* af vand, når cementfarven påføres, da farven derved fortyndes på uheldig måde. Vandet bør omhyggeligt *påsprøjtes* overfladen, idet en overfladisk *påkostning* ikke vil blive effektiv nok. Hvorvidt én eller flere vandinger vil være hensigtsmæssig vil afhænge af overfladernes evne til at suge vand samt vejrforholdene (solbestråling, vind osv.). Tæt beton suger fugtighed så langsomt, at den mindst bør vandes 2 gange med ikke mindre end 30 minutters mellemrum.

Der gælder i øvrigt her ganske lignende forhold som beskrevet i afsnit III vedrørende forvanding af betonoverflader, der skal sprøjtepuddes.

### Grunding

På flader med varierende sugningsevne samt for at skabe bedre vedhæftning på en tæt overflade kan det være hensigtsmæssigt at anvende en forbehandling før vandingen af overfladen med en særlig *grunder*.

\* Der findes cementfarver på markedet, for hvilke det angives, at forvanding ikke er nødvendig ved maling af almindelige ikke særligt sugende betonoverflader. Nærmere oplysninger desangående må i givet fald indhentes hos de pågældende firmaer. Her vil man holde sig til den almindeligt anbefalede fremgangsmåde.



Vandingen kan da formindskes, idet en grunderbehandlet flade bliver lidt sugende. Ved anvendelse af de egentlige, kraftige farver giver grunderbehandlingen større sikkerhed mod udblomstringer – jfr. [49 – 150].

I øvrigt har en sådan grunding også den meget vigtige egenskab, at den bidrager til at *lukke eventuelt tilstedeværende fine krakeleringsevner*. Eventuelt kan man ligefrem overpense de pågældende revner en ekstra gang med grunderen.

### Tilberedning af farven på arbejdspladsen

Før brugen skal der tilsættes vand til den fra fabrikken leverede cementfarve. Dette finder sted under omhyggelig omrøring.

Den nødvendige vandmængde varierer noget for de forskellige farvetyper, men som almindelig regel kan anføres, at ca. 0,67 kg vand pr. kg farve vil være passende. Den i vand opslemmede farve skal have en konsistens beliggende mellem fed fløde og mayonnaise. En lidt mere flydende konsistens kan anbefales til det først påførte lag på særligt sugende betonoverflader.

Opslemningen i vand udføres som regel bedst således, at man først ved tilsætning i små portioner af omtrent halvdelen af det nødvendige vand til det tørre farvepulver tildanner en stiv pasta, der derefter ved successiv tilsætning af det resterende vand gives den rette konsistens.

Malingen skal grundigt omrøres i flere minutter, indtil såvel farve som konsistens er ganske jævn, og alle partikler er fuldstændigt gennemvædede.

Malingens bearbejdelighed vil blive forøget, hvis man efter blandingen giver den nogen tid – f. eks. 30–45 minutter – til at gennemtrænges af vandet, inden den påføres.

Der skal på én gang oprøres en så stor mængde af farven, som efter forholdene kan påføres i ét stræk, da man derved opnår den største ensartethed.

Den således tilberedte farve skal dog anvendes inden for nogle få – ca. 2 – timer. For visse farvers vedkommende kan dette tidsrum i ikke for varmt vejr nok udvides noget, dog kun efter nærmere indhentede oplysninger.

Fortynding af den opblandede farve, der har tendens til langsomt at blive tykkere, ved senere tilsætning af yderligere vand kan i almindelighed ikke tilrådes, men kan dog udført med moderation formentlig uden større gene benyttes ved *hvide* malinger. Derimod vil de kulørte farver ved denne fremgangsmåde let blive skjoldede.

Der bør i den tid malingen anvendes jævnligt foretages en kraftig omrøring af den for derved at bibeholde en passende konsistens.

Det kan i visse tilfælde være hensigtsmæssigt at tilsætte sand fortrinsvis til 1. strygning (f. eks. 1 del sand til 2 dele cementfarve) for derved bedre at kunne udjævne strukturforskelle ved reparationer af beton.

### Farvens påføring

Cementfarver kan påsprøjtes, men forsøg synes at vise, at man ved påsprøjtning opnår mindre *tæthed* end ved påføring med børster.

Cementfarver kan *ikke* med tilstrækkeligt godt resultat påstryges med almindelige bløde malerpensler. Tilfredsstillende påføring, særlig på ru flader, kræver anvendelse af temmelig stive børster.

Malingen skal påføres jævnt, og på almindelige glattere betonoverflader vil en lagtykkelse (af de to lag tilsammen) på ca. 0,4 mm være passende. Hvis betonoverfladen er mere ru, vil gennemsnitslagtykkelsen blive større (0,6–0,9 mm).

Cementmaling må ikke påføres i for koldt vejr og ikke på frozne betonflader. Den bør således ikke i de første 2 døgn efter påføringen udsættes for lavere temperaturer end ca. +5° C. Nogle fabrikker foreskriver som minimum endda ca. +10° C.

Under varme vejrforhold vil det – på samme måde som anført under sprøjtepudding – være hensigtsmæssigt at arbejde i skygge og eventuelt, om muligt, at foretage fornøden afskærmning.

Der skal påføres to lag af samme kulør, idet der som regel bør hengå ikke mindre end 24 timer mellem de to lags påføring. I koldere og fugtig vejr er det imidlertid kun gavnligt, at der er flere dage mellem påføringen.

Man skal ved påstrygning navnlig ved sidste lag passe på, at strygestød ikke bliver synlige. Arbejdet må derfor tilrettelægges således, at man ikke stryger tilbage i farve, der allerede har »sat sig« (dvs. man skal altså arbejde »vådt i vådt«).

I intet tilfælde må andet lag påføres, før første lag har opnået en tilstrækkelig hårdhed til at modstå påvirkningerne fra de anvendte børster.

I varmt og tørt vejr skal det første farvelag fugtes let før anbringelsen af det andet farvelag. Det kan i særlig stærk, tør varme blive nødvendigt at foretage en sådan eftervanding efter 4–5 timers forløb, ellers normalt ca. 12 timer efter påføringen.

I særlige tilfælde (f. eks. hvor stilladsforholdene måtte være særlig vanskelige) kan man anvende tre lag maling, men i almindelighed er dette ikke økonomisk hensigtsmæssigt.



### Efterbehandling

Da der ofte kræves et tilskud af vand for at undgå en for tidlig udtørring og opnå en god hærkning, er eftervanding af den færdige maling, hvis der da ikke er tale om særligt fugtigt vejr, nødvendig, således at farven bliver stærk og ikke afsmittende.

I almindelighed vil det være hensigtsmæssigt at oversprøjte de malede overflader to til tre gange daglig mindst to døgn efter det sidste lags påstrykning.

Denne eftervanding bør påbegyndes så hurtigt som muligt, når malingen er hærdnet så meget, at den ikke tager skade af oversprøjtningen med vand, se ovenfor.

En fugtig afhærdning af cementfarven er meget vigtig og vil forøge såvel styrken som varigheden af malingen.

### Varighed

Det er særdeles vanskeligt at udtale sig om en sådan overfladebehandlings varighed, idet denne varierer stærkt med forholdene. Under almindelige gode forhold vil man imidlertid formentlig kunne regne med en levetid på ca. 5-6 år.

## Andre farvetyper

Pladsen tillader ikke, at man her giver en nærmere beskrivelse af *andre mulige farvetyper* til anvendelse på beton. Der kunne blive tale om farver på *plasticbasis*, *oliebasis* eller *chlorkautjuktbasis*, og oplysninger om sådanne farver kan fås ved henvendelse til de pågældende farvefabrikker.

Man skal endvidere oplyse, at der forefindes stoffer i handelen, der påsmurt betonoverflader forøger disses vandafvisende evne. Interesserede henvises til de forskellige specialbrochurer og nærmere oplysninger fra de pågældende firmaer.

## Polyvinylacetat til forbedring af cementmørtel

Det hænder ofte, at man i forbindelse med overfladebehandling af en betonkonstruktion kommer ud for at skulle istandsætte mindre skår og skader f. eks. på kanter af søjler o. lign., skader, der er for små til, at det kan betale sig at iværksætte udbedring ved hjælp af sprøjtemørtel.

Udbedring af sådanne skader, der altså må foretages for hånden, er altid en vanskelig sag og var tidligere nærmest umulig at udføre på varig tilfredsstillende måde.

Det synes imidlertid, som om man ved de ovennævnte tilsætningsstoffer har fået et middel i hænde til at kunne gennemføre sådanne pletvise istandsættelser af skader på beton med varigere gode resultater.

Man kan ikke her komme nærmere ind på fremgangsmåden ved benyttelsen af disse stoffer, men det skal dog fremhæves, at de skal anvendes *med forsigtighed og i nøje overensstemmelse med specialforskrifterne*, om hvilke nærmere oplysninger kan indhentes hos de pågældende firmaer.



## VII. Bygværkers udformning og udførelse

Man har gang på gang i det foregående fremhævet, at en rationel udformning og udførelse af beton- og jernbetonkonstruktioner har en stor betydning for disses holdbarhed.

For fuldstændigheds skyld skal man derfor i dette afsluttende afsnit sammenfatte nogle af de erfaringer, der i så henseende er indhøstet, idet man særlig vil knytte disse bemærkninger til det i afsnit II anførte, således at en direkte jævnføring let kan foretages.

### Rustangreb

De navnlig i den første fjerdedel af århundredet anvendte *meget* tynde dæklag er uforsvarlige fra et vedligeholdelsessynspunkt.

Selv de i de nugældende jernbetonnormer (1949) anførte værdier må anses for knebne, og man skal anbefale at anvende følgende dæklagstykkelser:

- 1,5 cm i konstruktioner, hvis flader ikke er udsat for vejrliget og stærk fugtighed.
- 3,0 cm i konstruktioner, hvis flader er udsat for vejrliget eller stærk fugtighed.
- 4,0 cm i konstruktioner, hvis flader er udsat for røgangreb o. lign. særlig stærke påvirkninger.
- 6,0 cm eller mere i konstruktioner i havvand.

Når man anbefaler at forøge dæklaget i indendørskonstruktioner fra 1,0 til 1,5 cm, skyldes det ikke erfaringer om afskalninger af sådanne indendørs dæklag, men derimod konstateringen af, at det ikke er muligt at placere og under støbningen fastholde armeringen så nøjagtigt, at der er rimelighed i at angive et så tyndt dæklag. Vil man ende med et dæklag på mindst 1,0 cm, må man kræve, at armeringen anbringes med en noget større afstand fra forskallingen og i øvrigt drage omsorg for, at den er så godt fastholdt i denne som muligt.

Det skal fremhæves, at det naturligvis ikke nytter noget at gøre dæklagene *tykkere*, hvis man ikke udfører dem af en *god og tæt beton*.

De anbefalede dæklagstykkelser refererer til erfaringer, der er indhøstet med beton støbt på arbejdspladsen, og man kommer derfor let ind på det

spørgsmål, om man f. eks. ved udførelsen af præfabrikerede jernbetonelementer vil være i stand til at udstøbe en så tæt beton, at det vil være forsvarligt i sådanne tilfælde at gøre dæklagene tyndere end her angivet.

Dette er muligt, men man vil tilråde forsigtighed selv ved fabrikstøbte elementer, indtil der måtte komme til at foreligge virkelig rationelt gennemførte undersøgelser og *langtidsforsøg*, der giver basis for dette.

### Springere

Om istandsættelsen af »springere« er der talt i afsnit III (med bilag). Undgåelse af springere i nye konstruktioner kan kun opnås, hvis man drager omsorg for til betonen udelukkende at anvende sten, der er frostsikre (dvs. ikke porøse eller gennemsat af fine revner) og alkaliinaktive.

### Vandgennemsivninger

Det er – som det atter og atter er fremhævet i denne vejledning – en hovederfaring fra vedligeholdelsesarbejdet, at beton- og jernbetonkonstruktioner i videst muligt omfang bør beskyttes mod gennemsivning af vand.

Dette opnås sikrest ved at forsyne konstruktionerne med en *vandtæt overfladeisolation på den side, hvorfra indtrængning af vandet kan forventes at komme*, således som dette nærmere er angivet i afsnit V.

Kan overfladeisolering efter forholdene ikke komme til anvendelse, må betonen udstøbes vandtæt (jfr. afsnit IV med bilag) samtidig med, at der må drages omsorg for, at revnedannelser (støbeskelsrevner, svindrevner m. v.) så vidt muligt undgås (se senere).

### Afskalning af beton

Med betonteknologiens nuværende højere stade skulle det formentlig ikke være særlig vanskeligt i fremtiden at undgå ulemper af den ovennævnte art, idet det ligger lige for, at sådanne skader ikke vil fremkomme, hvor den i bygværket indgående beton udføres af en *tæt og holdbar kvalitet*. Vedrørende udførelse af sådan beton og eventuel anvendelse af særlig egnet cement, såsom i saltholdigt milieu havvands cement, der i de senere år i



meget udstrakt grad er benyttet på Oddesundbroen, må henvises til den betonteknologiske litteratur.

I denne forbindelse vil det være nærliggende at fremhæve betydningen af veludførte, godt armerede, rationelt udformede, fremspringende *afdekninger* (jfr. fig. 78, side 71) samt betydningen af en så direkte og hurtig *vandafledning* som muligt (jvfr. afsnit V).

## Røgangreb

Drejer det sig om konstruktioner, der skal kunne modstå meget alvorlige påvirkninger fra varm røg, stærke syrer og baser osv., må konstruktionerne beskyttes med særlige *beklædninger* af ild- og syrefaste sten, syrefast asfalt osv. Der er dog næppe grund til nærmere at omtale disse metoder, da de må anses for almindeligt kendte og også benyttede i god praksis.

Er røgangrebene noget svagere, kan der med fordel ophænges røgskærme, der da med tiden vil fortæres, og det ganske særlig hvis røgen er fugtig, men uden alt for store omkostninger vil kunne fornyes, således at selve den bærende jernbetonkonstruktion stadig holdes intakt.

Også påføringen af et ca. 1,5 cm sprøjtepudslag kan i denne forbindelse være hensigtsmæssig. Dette pudslag må da med visse mellemrum, f. eks. 15–20 år, fornyes, således at røgangreb ikke æder sig ind i selve konstruktionen.

Er røgangrebene lette, vil en fluatering (dvs. påsprøjning med en 20 pct. vandig opløsning af blyfluat) yde en *vis* beskyttelse, idet der i en dybde af 1–2 cm finder en omdannelse sted af betonens kalkforbindelser. Fremgangsmåden er billig, men man må ikke påregne en alt for kraftig beskyttende virkning.

En ikke ubetydelig forøgelse af denne virkning kan opnås ved påføring af den i afsnit V med bilag omhandlede tynde isolation, hvis forholdene (f. eks. hensynet til udseende) tillader en sådan overfladebehandling.

## Støbeskelsrevner

Sådanne revnedannelser kan være vanskelige helt at undgå. Man har forsøgt at nedsætte deres antal ved simpelthen at gøre støbningerne større og derved reducere støbeskellenes hyppighed.

Imidlertid må denne fremgangsmåde ikke *overdrives*, da man så blot opnår at få erstattet støbeskelsrevnerne med svindrevner, hvorved det sidste kan blive værre end det første, idet støbeskellenes placering i det mindste er kendt, hvorimod svindrevnernes fordeling kan være særdeles lunefuld.

Støbeskellene bør så vidt muligt henlægges til sådanne steder i konstruktionen, hvor de er mindst synlige og en eventuel revnedannelse mindst skadelig.

Støbeskelsrevner kan i betydeligt omfang undgås ved en rationel og omhyggelig udførelse af selve støbeskellet.

Således bør dette altid, hvor det ikke er vandret, udføres mod *forskalling*, og hvor det er vandret, bør det udføres plant og med retlinet begrænsning mod forskallingen f. eks. ved anbringelse af trælisters på denne, hvilke lister så i almindelighed fjernes, før støbningen fortsættes. Forinden dette finder sted, skal den udstøbte betons overflade renses og eftergås, idet alle løse dele fjernes. Derefter vandes fladen, og der udlægges et ca. 2–3 cm tykt lag mørtel af samme sammensætning som den i betonen indgående. *Umiddelbart* derefter fortsættes selve støbningen.

Hvor der kan befrygtes vandgennemsvivninger gennem støbeskellet, bør man drage omsorg for en særlig *omhyggelig isolering* af en f. eks. ca. 60 cm bred stribe hen over støbeskellet, hvis da ikke hele den pågældende konstruktionsdels bagside forsynes med tyk isolation (jfr. afsnit V med bilag).

Endvidere skal opmærksomheden henledes på, at man ved indlæggelse af f. eks. kobberstrimler eller dura-joint strimler el. lign. kan sikre tætheden i støbeskel, hvortil der stilles strenge krav om tæthed.

## Svindrevner

Som nævnt i afsnit II er det praktisk talt ikke muligt helt at undgå fremkomsten af svindrevner selv i omhyggeligt konstruerede og vel udførte bygværker af beton og jernbeton.

Derimod kan der nok også under praktiske forhold træffes sådanne forholdsregler, at svindrevnernes antal nedsættes, eller/og (specielt i armerede konstruktioner) at revnernes vidde og dermed skadelige virkning formindskes.

Hele dette spørgsmål er imidlertid meget omfattende og indviklet og burde gøres til genstand for en nærmere undersøgelse med særligt henblik på praksis.



På dansk foreligger der i E. Suenson: Jærnbeton, 1931 [31 S 3] en række ofte meget detaljerede oplysninger om disse spørgsmål, og dertil kan særligt interesserede henvises. Imidlertid er disse ikke sammenfattede på en for praksis let overskuelig måde. Her skal følgende *nødtørftige* anvisning gives.

### Konstruktive regler

I uarmerede betonkonstruktioner har man formentlig ingen anden (konstruktiv) vej til nedsættelse af svindrevnerne antal end at anordne *dilatationsfuger* i en passende indbyrdes afstand.

Det er blot uhyre vanskeligt – for ikke at sige umuligt – nogenlunde eksakt at angive denne »passende« afstand, da den afhænger af så mange varierende forhold såsom den anvendte betons trækstyrke, den pågældende konstruktionsdels mulighed for spændingsløst at kunne trække sig sammen under svindkræfternes indvirkning, de forhold (derunder den temperatur), under hvilke støbningen har fundet sted, o.s.fr.

Man kan naturligvis godt *under visse forenkende forudsætninger* opstille beregninger vedrørende disse forhold, og E. Suenson kommer på den måde til en maksimumsværdi på 10 m for en nærmere defineret grovbetonstøttemur, men anfører selv, at alle sådanne beregningers værdi *må anses for ret problematiske*.

Erfaringen synes at vise, at afstanden mellem svindrevnerne i en støttemur er væsentlig mindre, f. eks. 4–6 m. Imidlertid vil en så kort afstand mellem dilatationsfugerne i reglen ikke være hensigtsmæssig, idet fugerne i sig selv må betragtes som svage punkter i konstruktionen og det ganske særligt, hvor der er tale om fare for gennemsvivninger.

Som regel klarer man sig i praksis med en fugeafstand på 10–15 m og må da affinde sig med fremkomsten af visse – i reglen dog finere – svindridser mellem dilatationsfugerne.

I denne forbindelse skal man igen erindre om det nyttige i at forsyne en sådan grovbetonmur med en relativ *stærkt armeret* afdækning, således at vandnedsivning i de uundgåelige svindrevner i denne vanskeliggøres.

I visse tilfælde har man for at undgå svindrevner i afdækningen udstøbt denne i korte (f. eks. 1 m lange) stykker, således at hvert andet udførtes først og resten nogle dage senere. Denne fremgangsmåde har dog vist sig ikke at være hensigtsmæssig (jfr. f. eks. fig. 26, side 31), idet man da ofte får gennemsvivninger gennem de således etablerede støbeskel.

Foruden de gennemgående svindrevner, på hvilke der først og fremmest er tænkt i det lige nævnte, optræder der imidlertid også ofte mere

overfladiske svindridser hidrørende fra, at den yderste skal af betonen tørrer hurtigere ud end den indenfor beliggende kerne.

På dette forhold kan anbringelsen af en vis overfladearmering hjælpe noget.

I Amerika anvendes ofte til dette formål en krydsarmering bestående af  $\frac{1}{2}$ " rundjern, afst. 12". Anvendelse af f. eks. Baustahlgewebe i sprøjtepudd af samme årsag er omtalt i afsnit III, med bilag.

I *armerede* konstruktioner bør der – på tilsvarende måde som ved grovbetonkonstruktionerne – etableres dilatationsfuger, hvis afstande da som oftest kan gøres noget større.

Ved fastsættelsen af *hovedarmeringen* tages svindet som bekendt i betragtning ved, at man dimensionerer for et *ekstra temperaturfald på 15° C*, og dette er i hvert fald ikke for rigeligt regnet, da svindet i den beton, der almindeligvis anvendes i jærnbetonkonstruktioner, ved luftlagring andrager 0,3–0,5 mm/m, hvilket svarer til et temperaturfald på 30–50° C [31 S 3].

Derimod tages der – så vidt vides – i almindelighed ikke særligt hensyn til svindet ved fastsættelsen af den sekundære armering, og erfaringen synes at vise, at denne armering ofte i danske bygværker er for ringe.

Man skal i denne forbindelse igen henviser til amerikansk praksis, hvor anvendelsen af en armeringsprocent på 0,3 af det pågældende tværsnit er almindelig, dog således, at der *maksimalt* indlægges  $0,3 \times 100 \times 30 \times 1/100 = 9 \text{ cm}^2$ , dvs. 8 Ø 12 pr. m.

### Udførelsesregler

Det er almindelig kendt – men alligevel ofte ikke tilstrækkelig påagtet – at svindet i en betonkonstruktion nedsættes betydeligt, hvis betonen under hærdningen holdes stadigt fugtig så længe som muligt og *mindst 14 dagn efter udstøbningen*.

En sådan eftervanding og *afdækning* af konstruktionen er derfor i denne forbindelse af fundamental vigtighed og det igen ganske særligt, hvor det drejer sig om tynde lag såsom puds o. lign., således som det udførligt er omtalt i afsnit III med bilag under udførelsen af sprøjtemørtel. Det er således ikke nok at vande en nystøbt *uafdækket* betonoverflade nogle gange om dagen og iøvrigt lade den tørre op mellem vandingerne.

Af ovenstående følger så igen, at beton udstøbt i efterårs- og vintermånederne (i tøvejr) er mindre udsat for svindrevner end sommerstøbt beton.



Med hensyn til betonsammensætningens indflydelse på svindets størrelse må henvises til betonlitteraturen. Bekendt er således, at fede blandinger udført af *finkornet* materiale svinder mest, hvilket man *ganske særligt* bør erindre ved udførelsen af pudslag.

Stort lerindhold i sandet forøger således også svindet o.s.fr.

## Map-cracking og volumenforøgelser

Som det tidligere er omtalt, peger sådanne skader ind mod dyberegående kemisk-fysiske omdannelser – derunder skadelige alkalikiselreaktioner – i den pågældende beton.

Undgåelsen af sådanne dybtgående betonødelæggelser i fremtiden er udføreligt behandlet i vejledning 1: *Foreløbig vejledning i forebyggelse af skadelige alkalikiselreaktioner i beton*, hvortil derfor henvises.

## Bilag 1

### Vedligeholdelsesjournal

Bygværk	Materialer m. m.
Byggeår	Beton: Cementens art
Beliggenhed	Blandingsforhold
Ejer	Terningstyrke, kg/cm <sup>2</sup>
	Till. spænding, kg/cm <sup>2</sup>
	Stål: Stålets art
	Træk – brudstyrke, kg/cm <sup>2</sup>
	Nedre flydespænding (0,2 spænding)
	Till. spænding
	Træ: Træets art
	Till. spænding, kg/cm <sup>2</sup>
Hovedanordning og udførelsesmåde (Planerne, nr. 00)	Till. tryk på grunden, kg/cm <sup>2</sup>
Statiske forhold (Statiske beregninger)	Till. tryk på pæle, kg/cm <sup>2</sup>
Fundering	Friktionsvinkel, jord mod jord
Bevægelig belastning	Friktionsvinkel, jord mod mur
Beregningsforskrifter	Entreprenør
	Andre oplysninger

### Almindeligt eftersyn

- Dato for eftersynet
- Iagttagne mangler (jfr. afsnit II), derunder:
  - Afskalninger
  - Revner
  - Samtidig optræden af afskalninger og revner
  - Volumenforøgelser
  - Uregelmæssigheder vedrørende lejeanordninger (bl. a. mangelfuldt indgreb mellem over- og underdel af faste lejer, blokering af bevægelige lejer osv.)
  - Sætning af understøtninger
  - Tegn på overbelastninger
  - Resultater af nivellementer og opmålinger
  - Fotografier
  - Andre iagttagelser



## Særlige undersøgelser

Sådanne særlige eftersyn kan passende gennemføres hvert 5. år. Der foretages de samme undersøgelser som ved de årlige eftersyn, blot i endnu større omfang, idet eventuelt vanskeligt tilgængelige dele af konstruktionerne, specielt alle leje- og charnieranordninger, i størst muligt omfang afdækkes således, at eftersyn, eftermåling og nivellement kan finde sted.

## Anmærkninger

Eftersynene skal foretages af teknisk sagkyndigt personale. Journalerne bør i videst muligt omfang bilægges fotografier af de vigtigste forefundne skader, specielt revneforløbene, da det ikke i så henseende er muligt med tilstrækkelig sikkerhed at stole på iagttagers hukommelse, ligesom det ikke heller er sikkert, at det er den samme, der år for år foretager eftersynene, selv om dette i øvrigt er af stor betydning ved bedømmelsen af skadernes successive udvikling.

De forefundne mangler, derunder specielt revneforløbene, må underkastes en sagkyndig analyse, eventuelt på grundlag af laboratorieundersøgelser af udtagne betonprøver.

Revner i beton- og jernbetonbygværker kan skyldes mange forskellige årsager, såsom konstruktive mangler med hensyn til armeringsføringen, støbeskel, temperaturforhold, uensartede sætninger af bygværkets fundamenter, overbelastning samt skadelige alkaliskreaktioner, osv.

For den iagttagere, der har de fornødne tekniske forudsætninger, giver allerede revneforløbene vigtige oplysninger med hensyn til, hvad der er i vejen med det pågældende bygværk og om, hvorledes og hvornår dette bør istandsættes.

Giver revneforløbene grund til at antage, at der kan være tale om begyndende brud på visse dele af konstruktionerne, må der – næst efter eventuel midlertidig afstivning af konstruktionerne – foretages fornøden kontrolberegning af disse, og i denne forbindelse skal man være særlig opmærksom på, at nyttelasten ofte forøges, somme tider på uforvarlig måde, uden at der samtidigt foretages de dertil svarende forstærkninger af de pågældende konstruktioner.

Det hører med til et forsvarligt teknisk tilsyn, at der dels ved plakater opsat i og ved det pågældende bygværk, dels ved jævnlig direkte kontrol, stadigt drages omsorg for, at den for de pågældende konstruktioner gældende tilladelige nyttelast ikke overskrides.

## Bilag 2

### Sprøjtemørtelarbejdets praktiske udførelse

Man vil først og fremmest i det følgende redegøre for den almindelige, typiske fremgangsmåde og kun mere periferisk komme ind på specielle varianter af denne.

#### Forbehandling af betonoverfladerne

Til den rette forbehandling hører, at man sikrer sig, at den i bygværket indgående beton – således som dette allerede er fremhævet i de indledende afsnit I og II – er af en *tilstrækkelig god kvalitet*.

Lider denne beton af dyberegående skader f. eks. som følge af fysisk-kemiske forandringer (derunder skadelige alkaliskreaktioner) i denne, slår de i afsnit III omhandlede påføringer af sprøjtemørtel *ikke* til.

Kan man ikke ved rimelig borthugning og sandblæsning af beskadigede, forvitrede partier af det pågældende bygværk nå ind til virkelig sund beton, skal man indskrænke anvendelsen af sprøjtemørtel mest muligt og gå over til dyberegående borthugninger og stærkt armerede påstøbninger, således som det nærmere er behandlet i afsnit IV.

Endvidere må det allerede her fremhæves, at man ikke – således som man for en menneskealder siden var tilbøjelig til at mene – med sikker fordel i det lange løb kan tætte en konstruktion mod gennemsvivende vand fra konstruktionens bagside ved hjælp af påføring af sprøjtepuds eller selv med tykkere lag af sprøjtemørtel på forsiden – jfr. afsnit V.

#### Borthugning

Til dette arbejde anvendes de tidligere beskrevne trykluftshamre og mejsler, idet håndværktøj ikke er effektivt nok.

Drejer det sig kun om fine, ikke vandførende revner, i hvilke der ikke kan konstateres bevægelse, er det som oftest tilstrækkeligt at udfylde de V-formede ophugninger med sprøjtemørtel.

Træffer man derimod på grovere revner og ganske særligt på sådanne, i hvilke der kan konstateres bevægelse samt gennemtrængning af vand, er videre foranstaltninger, såsom injektion med cement og udførelse af en vis armering, nødvendige.

Ved udførelse af borthugningsarbejder skal man også være opmærksom på de hyppigt forekommende og i afsnit II omtalte såkaldte »springere«, ved hvis udrensning det gælder om at få den skadevoldende sten i springer-kraterets bund fuldstændig fjernet samt i det hele taget se godt efter, om andre springer-dannelser er ved at fremkomme. Er springerne ikke alt for talrige, kan en sådan enkeltvis istandsættelse af dem – eventuelt efterfulgt af en behandling med en cementfarve (afsnit VI) eller i sjældnere tilfælde en sprøjtepudsning (afsnit III) af den pågældende flade – være hensigtsmæssig. Er springerne derimod talrige, hvilket sandsynligvis igen vil sige, at der stadig vil fremkomme flere af dem, må man derimod gå frem efter metoderne i afsnit IV.

#### Pikhugning

Efter de nævnte borthugningsarbejders udførelse foretages der en pikhugning af de pågældende flader, dvs., at man ved hjælp af trykluftsdrevne spidsmejsler hugger en række små gruber i betonens overflade. Afstanden mellem disse pikhugninger kan variere efter



forholdene, derunder fladernes glathed, men vil i almindelighed være ca. 10–15 cm.

På fig. 47, side 49 ses således en (af røg sværtet) jernbetonkonstruktion på hvilken den løse og forvitrede beton er fjernet, ligesom der er foretaget pikhugning af dragernes sideflader og størsteparten af undersiderne, men derimod endnu ikke af pladens underside. Billedet er taget forinden sandblæsningen, hvorved afhugningerne på de røgsvættede flader fremtræder særlig tydeligt.

På fig. 48 ses et parti af en grovbeton endepille i en bro, efter at den fuldstændige afrensning har fundet sted. Den forvitrede beton er borthugget, revner V-formet ophugget samt injicerede og overfladerne delvis pikhuggede. Billedet er taget, efter at sandblæsningen har fundet sted, og en vis armering er anbragt.

### Sandblæsning

Som sandblæsningsmateriale kan – rent teoretisk og anført i rækkefølge efter deres effektivitet – tænkes anvendt *skarpt stål-sand, karborundum, skarpt natursand samt rundt stål-sand*, men i den her omhandlede praksis kommer stort set kun det *skarpe natursand* i betragtning, idet f. eks. anvendelsen af det meget effektive skarpe stål-sand umuliggøres af økonomiske grunde, når sandblæsningsarbejdet ikke foregår i værksted, således at stål-sandet i fuldt omfang kan indsamles og genanvendes.

Det til sandblæsningen benyttede natur-sand skal være *skarpt og bestå af stærke, uforvitrede korn*, ligesom kornstørrelserne ikke må være for små.

Blæsesandet bør bl. a. af hensyn til støvplagen ikke være for fint og må ved anvendelsen af det ovenfor beskrevne apparatur ikke indeholde for megen fugtighed (3–5 pct.), da man i modsat fald får for mange tidsspildende maskinstop. På den anden side er et vandindhold på 3–5 pct. gavnligt. Blæsesandet må ikke indeholde ler.

Det kan oplyses, at D.S.B. gennem en årrække har anvendt blæsesand, f. eks. Samsøgrus, der ved sigtning gennem 4 mm □-sigte gav et materiale, i hvilket kornstørrelser 2–4 mm (dysediameter 7–8 mm) var fremtrædende, og som var meget effektivt i brug og kun lidt støvvoldende, men på den anden side også meget bekosteligt.

I den almindelige praksis her i landet er man efterhånden gået over til stort set at anvende samme sand til blæsning som til sprøjtemørtelen, hvilket synes at være både praktisk og økonomisk.

Støvplagen er sandblæsningens største ulempe, og forholdene – f. eks. tilstedeværelsen i nærheden af arbejdsstedet af objekter, der ikke tåler tilstøvning (maskindele, sporskifter, haver osv.) – kan medføre, at man ikke kan anvende den almindelige tørre sandblæsning.

Er dette tilfældet, kan man benytte våd sandblæsning eller også sådanne sandblæsningsapparater, der ved hjælp af undertryk suger sandet tilbage. Da det imidlertid er yderst sjældent, at disse specielle sandblæsningsformer kommer til anvendelse uden for værkstederne, skal man her ikke komme ind på en nærmere beskrivelse af disse metoder.

Som *helt overvejende* regel kan det dog siges, at man kan klare sig ved afskærmning ved anvendelse af f. eks. presenninger o. lign.

Det anvendte blæsesand kan benyttes mere end én gang, idet den knusning af de enkelte sandkorn, der under blæsningen finder sted, ikke er så omfattende, at oprindeligt grovkornet sand ved én gangs anvendelse bliver for fint.

Man skal dog være opmærksom på, at sandet forurenes med fine partikler fra den sandblæste betonoverflade. Disse partikler bør frasigtes gennem et fint net, før sandet genanvendes, da de ellers giver anledning til samme uheldige virkning som tilstedeværelsen af ler.

Sandblæsningen foregår mest økonomisk ved anvendelse af forholdsvis høje tryk på 6–7 at. svarende til standardkompressorens maksimumsydelse.

Man må ved rensning af armering drage nøje omsorg for at beskadige denne *mindst muligt og navnlig undgå skarpe sår* fra mejselhug, hvorved farlige kærsvirvninger kan fremkomme og ligefrem føre til brud af stålet, navnlig hvis dette er udsat for dynamiske påvirkninger. Samtidig bør man, hvis rustangrebene er svære, eftermåle det afrensede ø-stål til afgørelse af, om anbringelse af supplerende armering bliver nødvendig.

### Armering

Hvor det kun drejer sig om sprøjtepuddslag på 1–2 cm's tykkelse, anvendes ikke armering, idet der bl. a. ikke vil være den fornødne plads til rådighed for en sådan.

Stiger tykkelsen til 4–5 cm, vil anbringelsen af et trådnæt (f. eks. Baustahlgewebe, se fig. 49, side 49) være hensigtsmæssig og det ganske særligt i nærheden af fuger i den pågældende konstruktion, hvor man derfor ved fornøden ekstra afhugning i en bredde af f. eks. 50 cm på hver side af en sådan fuge bør sikre sig tilstrækkelig tykkelse af sprøjtepuddslaget til, at nettet kan anbringes.

Man må drage omsorg for, at nettet (eller evt. anden armering) fastholdes omhyggeligt i den rette afstand – mindst ca. 15 mm og i øvrigt afhængig af tråddiameteren – fra den flade, der skal forsynes med sprøjtemørtel. Dette kan ske ved, at nettet (armeringen) fastgøres til dorne, der faststøbes i betonen i udborede huller. Man må ved anbringelsen af dorne påse, at man ikke beskadiger eventuel tilstedeværende armering.

Iøvrigt er der nu udviklet metoder, der gør det let uden ophugninger at kontrollere armeringsstålens nøjagtige beliggenhed i konstruktioner ved anvendelse af en såkaldt jerdetektor [59 T 2].

Er den pågældende konstruktion armeret, kan der være mulighed for at fastbinde sprøjtemørtelens armering til den i konstruktionen værende.

Der kan også være tale om at udføre denne fastgørelse ved svejsning, men i så tilfælde skal man være påpasselig med ikke at beskadige armeringen ved indførelsen af skøre zoner i denne (sprøde brud) og kun fæstne den nye armering ved svejsning på sekundær armering.

Der må ikke anvendes net med for små masker (mindst 40 × 40 mm), og dæklaget af sprøjtemørtelen uden for den yderste armeringsdel skal i udendørs konstruktioner mindst være ca. 20–25 mm. Benytter man således Baustahlgewebe 40 × 40 × 4 mm, fås følgende minimumstykkelse af sprøjtemørtellaget:  $15 + 2 \times 4 + 20 = 43$  mm.

Skal tykkelsen af sprøjtemørtellaget være større end 5 cm, går man i regelen over til anvendelse af ét (eller med stigende tykkelse to) armeringsnet bestående af hinanden krydsende rund-stålstænger, der fremstilles på sædvanlig måde ved sammenbinding og fastholdelse i god afstand fra betonoverfladen ved hjælp af indstøbte dorne – jfr. således fig. 50. Man opnår ved anvendelse af sådanne rundstålsnet med de i regelen større maskevidder gunstige sprøjteforhold.

Istandsættelse af større revner giver ofte anledning til anbringelse af en særlig form for armering, idet man med fordel har »klinket« sådanne revner ved anvendelse af rundståls-klinker – jfr. fig. 51 samt fig. 48, på hvilken sidste der ses anbragt nogle sådanne klinker over et par vandrette revner i den pågældende grovbetonvæg.

Hvis der ikke alene er tale om istandsættelse men også forstærkning af en sådan konstruktion, bliver den supplerende armering, der efter forstærkningen skal indgå som et direkte bærende led i konstruktionen, af særlig stor betydning – jfr. bilag 3.



### Forvanding

Efter renhugning og sandblæsning af og anbringelse af armering på de pågældende betonoverflader skal disse sluttelig ved hjælp af vand og trykluft *rens* omhyggeligt for støv og alle andre løse dele.

Det er endvidere af den allerstørste betydning, at der før selve påføringen af sprøjtemørtelen foretages gentagne *gennemvædninger* af overfladerne helst fra 1-2 døgn før påsprøjtningen påbegyndes, idet den sidste vanding skal finde sted ikke mere end én time, før sprøjtepuddningen påbegyndes.

Det skal her gentages, at overfladen ikke må stå blank (drive af vand), når påføringen af sprøjtemørtelen finder sted, da mørtelen i så fald vil glide af fladen.

Vandingen kan finde sted ved anvendelse af materialedysen, når der kun tilføres denne vand og luft. Afbłæsning af eventuelt overskydende vand kan ligeledes ske ved benyttelse af trykluft.

## Sprøjtemørtelens sammensætning, påføring og efterbehandling

### Cement

Der henvises til hovedteksten i afsnit III, side 50. Hvor det drejer sig om egentlige sprøjtemørtelforstærkningsarbejder eller/og pudsearbejder i *den koldere årstid* kan *Rapid-cement* formentlig komme i betragtning, idet det ved sådanne arbejder kan være afgørende at opnå den ønskede styrke hurtigt.

*Alkalikiselsistent cement* (der jo som bekendt er opbygget på basis af Rapid-cement) samt lavalkali-sulfatbestandig cement kan formentlig komme til anvendelse ved et sprøjtepuddningsarbejde, hvis man nærer ængstelse for, at det benyttede sand vil kunne reagere på skadelig måde med alkalien i den normale cement. Det må dog fremhæves, at dette vistnok endnu ikke er prøvet og derfor kræver undersøgelser og forsøg før anvendelse i større omfang.

Den såkaldte *havvands-cement* (sulfatbestandig cement) er anvendelig til sprøjtemørtel, idet det i denne cementart indeholdte moler bidrager til, at sprøjtemørtelen bliver meget plastisk og let lader sig anbringe i hjørner og udhugninger. Endvidere giver denne lidt langsommere hærdnende cementart også anledning til mindre varmeudvikling, hvilket i tilfælde af udførelsen af puds i sommertiden kan være en fordel. På den anden side medfører den langsomme hærdning, at pudsen først noget senere opnår fornøden styrke, hvorfor man – som sagt – må drage omsorg for en særlig omhyggelig vanding. Man skal være opmærksom på, at mørtel, til hvilken der anvendes havvands-cement, får en fra den almindelige cementpuds afvigende, brunlig farve. Det samme gælder iøvrigt også den alkalikiselsistente cement. Lavalkali-sulfatbestandig cement er lidt mørkere end den almindelige Portland-cement.

*Hurtigt afbindende cement*, fremkommet ved tilsætninger, bør ikke komme i betragtning ved udførelse af sprøjtemørtel, da en af sådanne cementer udført mørtelblanding – selv om den i selve maskineriet og slangerne er relativt tør – må befrygtes at kunne give anledning til forstoppelser.

Dette vil naturligvis ikke sige, at man ved istandsættelsesarbejder som de her omhandlede ikke kan få brug for hurtigt bindende cementer til hurtig stopning af lokale utætheder, men sådant arbejde må da udføres med håndpuds.

### Sand

Med hensyn til sandets kornsammensætning stemmer danske og f. eks. amerikanske erfaringer overens.

På fig. 52, side 51 er således med fuld streg vist de korngrænscområder A-B, der i de danske jernbetonnormer [49 - 97] anbefales til brug i beton. På tilsvarende måde er med punktering vist det område for kornstørrelsesfordelingen, der anbefales af de ofte nævnte amerikanske normer for sprøjtemørtel [51 - 17]. Man ser, at overensstemmelsen er god, og at den danske idealkurve C helt forløber gennem begge områder.

På fig. 53 er angivet nogle sigtekurver af sand, der gennem årene er anvendt til sprøjtemørtel. Til disse kurver skal man vende tilbage senere under drøftelsen af sprøjtemørtelens blandingsforhold. Her skal blot bemærkes, at nr. 4 (anvendt på Storstrømsbroen i årene 1951-57) ligger ret nær idealkurven undtagen for de allerfineste partiklers vedkommende. Dette sand er fremstillet ved en blanding af 1 rumfang perlgrus (1-4 mm) og 2 rumfang almindeligt fint strandsand.

I den almindelige danske praksis arbejder man med sand, der har passeret en sigte med 4 mm □-huller, mens man i udlandet ofte bruger sand op til 8 mm (ja endnu mere, da der i den senere tid er fremkommet materiel, der muliggør anvendelse af kornstørrelser op til 20 mm). Hertil er at sige, at det i og for sig er en fordel at anvende sand indeholdende nogle korn af størrelsen 4-8 mm, men at dette selvsagt ikke lader sig gøre i egentlige sprøjtepuddslag, hvis tykkelse andrager ca. 1,5 cm. Drejer det sig derimod om påførelse af tykkere sprøjtemørtellag, kan man med fordel anvende disse noget større korn i sandet. Med en materialdysse på 3/4" indvendig diameter kan anvendes kornstørrelser op til ca. 10 mm. Det skal gentages, at praksis viser, at et fugtighedsindhold på 3-5 pct. i sprøjtesandet er gunstigt. Stiger fugtighedsindholdet over 5 pct., må derimod kunstig tørring (eventuelt ved at udbrede sandet i tynde lag i solen) finde sted.

Endvidere stilles de almindelige i normerne anførte krav til kvalitet og renhed af sandet, men pladsen tillader ikke, at man her går nærmere ind på detaljer i disse forhold. Jfr. desangående f. eks. de amerikanske normer [51 - 17]. Hertil kommer da, at sandet må være egnet til at modstå skadelige alkalikiselsreaktioner jfr. [60 P 1].

Måske kan der dog være anledning til at nævne, at man – i hvert fald til nærmere undersøgelser er gennemført – skal være noget tilbageholdende med anvendelsen af nedknuste materialer som f. eks. nedknust granit. Det synes nemlig, som om der til sådanne materialers anvendelse – efter en enkelt erfaring – kan knytte sig en form for visse mindre (formentlig af vekslende frost og tø fremkaldte) afskalninger, hvilket jo i givet fald vil være så meget desto mere beklageligt, som man netop gerne vil anvende sådanne granitmaterialer, hvor man vil være helt sikker på at undgå følgerne af skadelige alkalikiselsreaktioner. Nærmere undersøgelser af disse forhold bør gennemføres snarest muligt.

### Vand

De amerikanske normer [51 - 17] angiver kort og godt, at vandet til sprøjtepudd skal være af drikkelig kvalitet, og man gør utvivlsomt klogt i til så omtålelig en konstruktionsdel, som et pudslag o. lign. er, at være omhyggelig ved valg af egnet (rent) vand, selv om der måske i den anledning fremkommer nogle merudgifter til transport.

### Tilsætningsmidler

En *behersket* tilsætning af smidiggørende og poredannende midler vil *formentlig* vise sig at kunne være hensigtsmæssig af samme grunde, som disse stoffer med fordel kan anvendes



des i almindelig beton og mørtel. Man må dog stadig huske, at mørtelens vedhæftnings-  
evne og styrke nedsættes noget, hvorfor man skal være tilbageholdende med doseringen  
og føre nøje kontrol med, at den fastsatte mængde af tilsætningsmiddel ikke overskrides.

Forsigtighed med anvendelse af sådanne tilsætningsstoffer må dog tilrådes indtil rig-  
holdigere erfaringer måtte komme til at foreligge.

Vedrørende nærmere oplysninger om tilsætning af poredannende midler til beton hen-  
vises til [54 - 13].

### *Blandingsforhold*

Som omtalt under beskrivelsen af cementkanonens indretning og brug blandes cement og  
sand tørt i denne og transporteres ved hjælp af trykluft gennem materialslangen til  
dysen, i hvilken vandet så tilsættes. Den således færdigblandede sprøjtemørtel skal da for  
at opnå et tilfredsstillende resultat forlade dysen med en hastighed på ca. 100 m/sek. i  
en afstand af 60-80 cm fra den overflade, på hvilken sprøjtepuksen skal placeres.

Sprøjtemørtelen slynges således med stor kraft mod den pågældende flade, hvilket med-  
fører, at en betydelig del af sandet - og naturligvis fortrinsvis dets groveste korn - kastes  
tilbage, således at der inderst mod fladen dannes et »fedt« lag af cement og fint sand, der  
sikrer den gode vedhæftning mellem sprøjtepuksen og underlaget.

Under den fortsatte påsprøjtning fastholdes da flere og flere sandkorn i den allerede  
påførte fede mørtel, og den store kraft, hvormed disse grovere sandkorn slynges mod fla-  
den, forklarer den store tæthed og styrke, der opnås ved en rigtigt udført sprøjtemørtel.

Der vil imidlertid under hele påsprøjtningen finde tilbageslag sted overvejende af sand,  
som dog er forurenset noget af cement, og dette tilbageslag kan i alt blive meget betydeligt.  
Størrelsen varierer stærkt med arbejdsforholdene, således f. eks. med arbejdsstrykket i  
cementkanonen, dysens afstand fra betonoverfladen, sprøjtemørtelens blandingsforhold,  
vandtilsætningen, sandets kornkurve, den større eller mindre regelmæssighed, hvormed  
luften og materialet forlader dysen osv.

Opgivelserne af dette tilbageslags størrelse varierer en del fra land til land. De ameri-  
kanske normer angiver således 20-40 pct., fra tysk side anføres 25-35 pct., mens svenske  
oplysninger går ud på, at man kan regne med ca. 30 pct. for sprøjtning mod en lodret  
væg, det halve, når der sprøjtes lodret ned mod en vandret flade, og endelig ca. 50 pct.,  
hvis man sprøjter lodret op.

I Danmark har man navnlig i begyndelsen (1928-30) konstateret temmelig høje til-  
bageslagsprocenter helt op til 50 pct. på lodret væg eller endog somme tider lidt mere og  
dette uanset, at man her i landet ofte fristes til at arbejde med meget finkornede sand-  
materialer, således som det fremgår af fig. 53, side 51. Sandsynligvis skyldes den høje  
tilbageslagsprocent, at man måske har været tilbøjelig til at arbejde med for høje tryk på  
cementkanonen samt har holdt dysen temmelig tæt ind mod betonoverfladen.

Hvorom alting er, der vil fremkomme et betydeligt tilbageslag, som man vel som gen-  
snit kan ansætte til ca. 33 pct.

Dette forhold medfører så igen, at man må blande cement og sand tørt i et væsentlig  
magrere forhold end det, man ønsker at opnå i den færdige sprøjtemørtel.

Man er i så henseende her i landet som nævnt - alle forhold taget i betragtning - nået  
frem til ved almindelige istandsættelsesarbejder at anvende et tørt blandingsforhold på  
1:4-1:5 (svarende til et færdigt blandingsforhold på ca. 2,7-3,5).

Hvor det drejer sig om specielle opgaver såsom fremstillingen af særlig vandtæt sprøjte-  
puds f. eks. som indvendig beklædning i en vandbeholder, kan man gøre blandingen noget

federe og anvende 1:3,5; men da skal man være særlig omhyggelig med vanding og for-  
hindre hurtig udtørring ved afdækning mod sol og udtørring af vind osv.

Drejer det sig om at påføre en temmelig mager beton (f. eks. 1:4:7) et sprøjtemørtellag,  
kan man med fordel benytte et blandingsforhold 1:5-1:6.

Alle disse blandingsforhold er angivet efter rumfang, idet man som oftest ved mindre  
istandsættelsesarbejder blander efter rumfang, men kan som bekendt med de her i landet  
forekommende sandsorter uden større unøjagtighed også anvendes som udtryk for vægt-  
blandingsforhold, hvis man benytter sand med et vandindhold på 3-5 pct.

Det skal i øvrigt i denne forbindelse bemærkes, at man i regelen ved sådanne mindre  
arbejder gennem tiden har blandet tørt for hånden for at undgå transport fra arbejdssted  
til arbejdssted af blandingsmaskine, og at man ikke har konstateret ulemper herved, når  
blot blandingsarbejdet udføres omhyggeligt.

Ved større arbejder derimod, hvor flere cementkanoner er i brug samtidig, er det nød-  
vendigt at anvende maskinblanding.

### *Praktiske anvisninger*

Opbygges et sprøjtemørtellag af flere tyndere lag, skal sprøjtemesteren drage omsorg for  
at et nyt lag ikke påføres, for det sidst påsprøjtede lag har den fornødne bæreevne, og det  
vil igen sige, efter at dets afbinding er påbegyndt, men før den er afsluttet. Hvornår dette  
tidspunkt indtræffer, må af sprøjtemesteren afgøres under hensyntagen til vejr- og tempe-  
raturforholdene på stedet, idet almindelige regler ikke kan gives.

For at undgå »sandreder« er det som oftest hensigtsmæssigt først at opsprøjte indad-  
gående hjørner. Er en sådan sandrede fremkommet, skal den omhyggeligt udrensnes og  
istandsættes med varsomhed, således at tilbageslag ikke sætter sig fast på de eventuelt  
omgivende partier af frisk puds. Om fornødent må en let afbørstning af sådanne flader  
finde sted.

På tilsvarende måde må man, hvis man sprøjter lodret ned på en vandret flade, drage  
nøje omsorg for at foretage en omhyggelig - men varsom - affejning med en ikke for hård  
kost af overflodigt løst sandmateriale.

Opmærksomheden skal henledes på, at nedfaldet tilbageslag på grund af dets omend  
svage forurening med cement ikke må genanvendes - således som tilfældet var det med  
blæsesandet - men skal fjernes af en af medhjælperne.

Når dagsarbejdet afsluttes, skal kanterne af det påsprøjtede område afskæres skarpt  
(helst under 45°), således at man får et rent og skarpt »støbeskel« med fuld lagtykkelse,  
når arbejdet den næste dag videreføres.

Det bemærkes, at opblandet materiale ikke må henstå ubenyttet mere end ca. 45  
minutter. Genopblanding må ikke finde sted.

Der må drages nøje omsorg for, at sprøjtemørtelarbejde kun bringes til udførelse under  
egne vejrforhold. Således bør man ikke udføre sådant arbejde i stærk vind og heller  
ikke, når det regner for meget (eller når stærkere regn kan forventes inden for ét døgn),  
hvorimod en fin støvregn ikke skader.

Sprøjtemørtel må ikke påføres ved for lave temperaturer (så vidt muligt ikke < +5°C)  
og under ingen omstændigheder i frostvejr og/eller på frosne betonflader, samt ikke heller,  
når der er risiko for, at frost indtræder inden for nogle døgn efter, at sprøjtemørtelen er  
påført, medmindre man da helt kan indbygge arbejdsstedet og opvarme.



### Efterbehandling

Tidspunktet for den første vanding kan være vanskeligt at fastsætte og kræver derfor stor erfaring hos sprøjtemesteren, der i det enkelte tilfælde må træffe afgørelsen, idet dette tidspunkt afhænger så meget af de rent lokale forhold, derunder vejret, fladernes retning i rummet (solbestråling), temperaturforhold, vindforhold osv.

Hovedregelen er den, at den påsprøjtede flade skal vandes så hurtigt, som dette kan lade sig gøre uden at beskadige (udvaske) den påførte sprøjtepuds, og dette vil sige *senest*, når de første tørre pletter viser sig på overfladen. Som en ganske omtrentlig regel kan man måske sige, at man med forsigtighed vil kunne vande en sådan flade ca. 8–10 timer efter dens påsprøjtning.

Hvis der er fare for hurtig udtørring, f. eks. som følge af stærk solbestråling og/eller påvirkning fra tør og varm blæst, bør der foretages fornøden, skærmende afdækning.

Drager man ikke nøje omsorg for en omhyggelig gennemførelse af disse foranstaltninger, vil pudsen meget ofte tørre for tidligt op under dannelsen af svindrevner.

Nægtes kan det ikke, at det ofte – selv ved omhyggelig udførelse af sprøjtepuds – er vanskeligt helt at undgå svindrevner, der da ofte fremkommer som en krakclering af fine ridser.

Heldigvis viser det sig imidlertid som oftest, at sådanne fine svindridser kan holde sig ret uforandrede i lange årrækker, jfr. således fig. 28, side 31, i forbindelse med hvilken dette forhold er omtalt.

## Bilag 3

### Forstærkningsarbejder med sprøjtemørtel og injektion

#### 5,0 m vejoverføring ved Ejby på Fyn

Arbejdet er lidt mere indgående beskrevet i [29 N 1], hvortil særligt interesserede henvises. Her må man indskrænke sig til følgende, idet det bemærkes, at billedmaterialet til dels er det samme som i ovennævnte artikel.

Den pågældende bro er en jernbetonbjælkebro i tre fag. Broen var oprindelig beregnet for en 5 t tromle + menneskebelastning, men ønskedes i 1928 forstærket til at kunne bære en 8 t tromle foruden menneskebelastningen.

Broen var i øvrigt udført af præfabrikerede elementer og havde et tværsnit som skitseret i fig. 64 (øverst), side 62, hvor kun armeringen i jernbetonbjælkernes nederste flanger er angivet.

Konstruktionerne var en del beskadigede og forvitrede, således at broen trængte til en hovedreparation, og i forbindelse med denne udførtes så den nævnte forstærkning som skitseret på fig. 64 (nederst) ved fornøden borthugning af beton (specielt af de eksisterende bjælkers nederste flanger), pikhugning og sandblæsning af alle flader og derefter ophængning af den fornødne supplerende armering, hvorefter påsprøjtningen foretoges lag efter lag, indtil det ønskede nye tværsnit var til stede.

På ganske tilsvarende måde blev broens andre konstruktionselementer, tværbjælker og søjler m. v. forstærkede.

Man skal – som anført i III – drage nøje omsorg for, at den nye armering befæstes sikkert og fast, således at den ikke forskubber sig under det fortsatte arbejde. Derfor blev der foruden de viste  $\varnothing$  3 mm ophængningsbøjler forskellige steder indhugget og faststøbt dorne til yderligere sikring af det i øvrigt ret svære, nye jernnet.

På samme måde bør der indhugges et sæt dorne, f. eks.  $\varnothing$  10 mm, i undersiden af en sådan brobaneplyade, dels til bæring af den nye armering, dels til yderligere sikring af forbindelsen mellem den gamle beton og sprøjtemørtelen.

Fig. 65–67 viser stadier af arbejdets udførelse.

Arbejdet lykkedes fuldt ud, og konstruktionen har holdt sig fortræffeligt, hvad et i 1958 gennemført eftersyn viste – jfr. fig. 28, side 31.

Omkostningerne var ret store, men lå dog noget under, hvad en fuldstændig ombygning af broen ville have kostet.

#### Mellempiller i overføring ved Østerport Station

I forbindelse med gennemførelsen af en række betydelige istandsættelsesarbejder vedrørende jernbetonkonstruktioner på banestrækningen København H–Østerport foretog man også eftersyn af overføringen for Østerbrogade og fandt, at dens brodæk var således medtaget af gennemsvivende vand samt af røgen fra lokomotiverne – jfr. fig. 22 og 23, side 27 – at en fornyelse af dette brodæk var en nødvendighed og det så meget desto mere, som trafikken over broen, der er bygget i det første tiår af dette århundrede, nu er meget kraftigere og tungere end den, broen oprindelig er beregnet for.

Imidlertid ville den særdeles intensive trafik – såvel over som under broen – i høj grad vanskeliggøre en fornyelse af broens piller, og da et eftersyn viste, at disse pillers vedligeholdelsestilstand samt funderingsforhold dog var sådanne, at en istandsættelse og for-



stærkning ved hjælp af sprøjtemørtel (og injektion) var mulig, besluttede man – efter et foretaget eftersyn af Ejby-broen – at istandsætte og forstærke ende- og mellempiller i Østerbrogade-viadukten efter de her omhandlede metoder.

Dette meget betydelige og omfattende forstærkningsarbejde gennemførtes da i årene 1954–57.

At gå i enkeltheder er her ikke muligt og formentlig heller ikke nødvendigt, da arbejds-metoderne er beskrevet nøje i afsnit III. Man skal derfor indskrænke sig til at henvide til fig. 68, 69 og 70, side 63, der kan give et indtryk af arbejdets gang.

Der blev udført en omfattende injektion af revner.

Arbejdet lykkedes i det store og hele godt, selv om det var meget vanskeligt og bekosteligt. Imidlertid er der senere fremkommet en del krakeleringssvindrevner, der formentlig skyldes store temperaturvariationer under arbejdets udførelse (vinterarbejde under kunstig opvarmning) samt endvidere den omstændighed, at den store sammenhæng i dette omfattende bygværk hæmmer de enkelte konstruktionsdele i at »ånde« i fornøden grad.

Med hensyn til den statiske beregning af sådanne forstærkningsarbejder skal her blot bemærkes, at de må udføres efter reglerne for beregning af melankonstruktioner.

Den omstændighed, at den gamle del af konstruktionen ikke kan gøres spændingsløs, mens den nye sprøjtepuds påføres og hærdner, bevirker, at man ikke kan opstille de statiske beregninger på sædvanlig måde, men må henføre spændingsberegningerne til brudstadiet.

For at formindske forskellen mellem spændingsforholdene i den gamle og den nye del af konstruktionen understøtter man den første så hensigtsmæssigt som muligt. Samtidig virker da denne afstivning som en sikring af den gamle efter borthugningen af dårlig beton yderligere svækkede konstruktion.

Det skal afsluttende bemærkes, at man ved arbejder som disse sidstnævnte bør gøre kornstørrelsen på gruset så stor som muligt, f. eks. 6–8 mm, for at nedsætte svindet til det mindst mulige.

## Bilag 4

### Proportionering af vandtæt beton

Ved udførelsen af de i afsnit IV omtalte armerede kapper af almindelig beton og andre påstøbninger lagde man stor vægt på at fremstille en så tæt og vejrbestandig beton som muligt og fandt efter en række undersøgelser og prøvestøbninger frem til følgende blandingsforhold, der skal hidstilles her som proportioneringseksempler.

#### Meget spinkle og relativt kraftigt armerede konstruktioner

For at undgå enhver fare for skadelige alkaliske reaktioner anvendte man *udelukkende granitmaterialer\** som tilslagsstoffer. Der benyttes 3 komponenter med kornkurver som angivet på fig. 108. Følgende blandingsforhold benyttedes:

Havvandscement . . . . .	42,5 kg	Boasit . . . . .	7,3 g
Granit 0–2 mm } sand . . . . .	80,0 kg	v/c . . . . .	ca. 0,5
Granit 2–5 mm } . . . . .	40,0 kg	Sætmål . . . . .	ca. 3,5 cm
Granit 5–10 mm sten . . . . .	80,0 kg	Indhold af luft . . . . .	ca. 2,6 pct.
Vand . . . . .	21,8 kg	Cementforbrug . . . . .	ca. 350 kg/m <sup>3</sup>

Som man vil se, er betonen meget stenfattig og den største stenstørrelse lille, hvilket skyldtes, at betonen skulle anvendes i meget spinkle og relativt kraftigt armerede konstruktioner.

Normalt må man tilstræbe et væsentlig større tilslag af sten samt anvendelse af større sten.

Sumkurven ses kun at indeholde ca. 15 pct. af korn mindre end 0,25 mm, medens man som bekendt tilstræber ca. 20 pct. [59 M 4]. Imidlertid opnåedes god bearbejdelse ved det forholdsvis rigelige cementforbrug samt tilsætningen af det poredannede stof Boasit.

#### Kraftigt armerede ca. 25 cm tykke betonkapper

Ligeledes her anvendtes udelukkende granit-materialer som tilslagsstoffer. Der benyttes 3 komponenter med kornkurver som angivet på fig. 109. Følgende blandingsforhold benyttedes:

Havvandscement . . . . .	42,5 kg	Boasit . . . . .	9,0 g
Granit 0–2 mm . . . . .	69,0 kg	v/c . . . . .	0,66
Granit 2–5 mm . . . . .	49,0 kg	Sætmål . . . . .	3–5 cm
Granit 10–20 mm . . . . .	122,0 kg	Indhold af luft . . . . .	ca. 3 pct.
Vand . . . . .	28,0 kg	Cementforbrug . . . . .	ca. 315 kg/m <sup>3</sup>

\* Der kan i sådanne tilfælde meget vel være tale om sely ved anvendelse af granitmaterialer at benytte alkalikisleresistent cement. Hvis den indre kerne, der ønskes beskyttet ved omstøbning med en kappe, er modtagelig for skadelige alkalikislangreb, kan det være af betydning, at den omsluttende kappe overhovedet ikke indeholder alkaliske stoffer, der kan befrygtes at kunne vandre ind i den indre kerne af konstruktionen.



Tilbageholdenheden med hensyn til stentilsætningen skyldes her tilstedeværelsen af en ret kraftig armering.

Man bemærker her den ringe mængde af fint tilslag (< 0,25 mm). Betonen blev tilfredsstillende, men man bør nok drage omsorg for en passende forøgelse af det finkornede tilslag (se nedenfor).

### Kraftigt armerede ca. 30 cm tykke betonkapper

Her anvendtes 3 fraktioner af tilslagsstoffer, således som det nærmere fremgår af fig. 110. Blandingsforholdet var følgende:

Havvandscement . . . . .	42,5 kg	Vand . . . . .	27,0 kg
Granit 0-2 mm . . . . .	99,5 kg	v/c . . . . .	0,63
Granit 5-10 mm . . . . .	66,3 kg	Cementforbrug . . . . .	350 kg/m <sup>3</sup>
Granit 10-30 mm . . . . .	55,3 kg		

Det skal dog bemærkes, at det under støbningen på grund af den særdeles kraftige armering blev nødvendigt at forøge vandtilsætningen til 30,6 (v/c = 0,72).

Man er imidlertid i D.S.B. ved gennemførelsen af nogle meget omfattende støbninger af vandtæt beton gået over til at anvende 4 tilslagsfraktioner i stedet for 3, som det fremgår af det følgende.

### Vandtætte, almindelige jernbetonkonstruktioner i lagerkældre

De 4 tilslagsfraktioner fremgår af fig. 111. Det benyttede blandingsforhold var:

Rapid-cement . . . . .	42,5 kg	Vand . . . . .	18 kg
Fint strandsand 0-0,25 mm	25 kg	Sika . . . . .	0,425 kg
Bakkesand 0,25-4 mm . . . .	62 kg	v/c . . . . .	0,42
Sten } sosten 5-10 mm . . . .	36 kg	Sætmål . . . . .	4
Sten } 10-30 mm . . . . .	119 kg	Cementforbrug . . . . .	340 kg/m <sup>3</sup>

Fig. 108. Kornkurver for tilslag anvendt til meget spinkle og relativt kraftigt armerede konstruktioner.

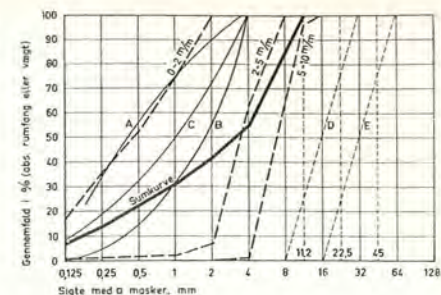


Fig. 109. Kornkurver for tilslagsmateriale anvendt til kraftigt armerede ca. 25 cm tykke betonkapper.

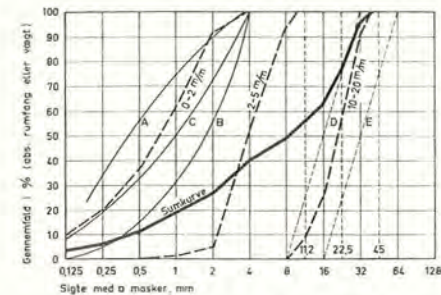


Fig. 110. Kornkurver for tilslagsmateriale anvendt til kraftigt armerede ca. 30 cm tykke betonkapper.

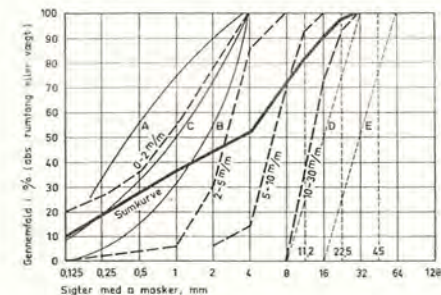
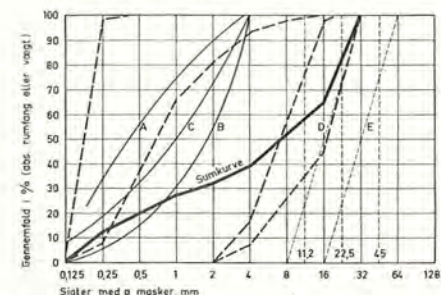


Fig. 111. Kornkurver for tilslagsmateriale anvendt til vandtætte, almindelige jernbetonkonstruktioner i lagerkældre.





## Bilag 5

### Colcrete-, Prepakt- og Vacuum-metode

#### Colcrete-metode

Af hensyn til styrken af den færdige beton er det vigtigt, at stenmaterialet er rent, hvorfor det ofte er nødvendigt at foretage en skylning med rent vand af det leverede stenmateriale, forinden dette anbringes i formen.

Ved grovere stenstørrelser (> 40 mm) kan benyttes sand med korn < 5 mm.

Gør man stenene mindre, må kornstørrelsen i sandet også reduceres, f. eks. til < ca. 1 mm.

Eventuelt bliver da en behersket tilsætning (dvs. ca. 1 pct. af cementens vægt) af et plastificeringsmiddel hensigtsmæssig, selv om en sådan tilsætning i og for sig ikke hører med til metoden.

På tilsvarende måde kan man, hvor det drejer sig om konstruktioner, der må forventes i særlig grad at blive udsat for vekslende frost og tø under uheldige omstændigheder (f. eks. havnekonstruktioner i nærheden af vandlinien), med fordel tilsætte et poredannende middel.

Man må da samtidig påse, at der anvendes sten, som i sig selv er frostsikre.

Ved udstøbning af almindelig mørtel går man som bekendt af hensyn til svindet nødig til federe blandinger end 1:2,5-1:3,0 (efter vægt).

I Colcrete-beton, hvor der, når den udføres rigtigt, er *punktkontakt* mellem stenene i det grove tilslag, kan man anvende federe mørtelblandingsforhold og endda reducere svindet betydeligt i forhold til det almindelige, hvorved man opnår en *smidigere mørtel* og en *stærkere beton*.

Udstøbningen *kan* i visse tilfælde finde sted ved simpelthen at tilføre mørtelen til overfladen af det grove tilslag, en fremgangsmåde, der både er billig og hurtig, men som kun kan anvendes ved små *betonhøjder*, f. eks. udstøbning af jernbetonplader.

Endvidere *kan* man i visse – formentlig sjældne – tilfælde først fylde formen delvis med flydende mørtel og derefter tilsætte stenene.

Som ovenfor anført (jvnf. afsnit IV) har man med fordel i visse tilfælde anvendt *colcrete-mørtel som sprøjtemørtel*. Man kan ikke her komme nærmere ind på enkeltheder men skal dog kort anføre visse hovedtræk ved metodens benyttelse:

Fremgangsmåden kan opfattes som en variant af den almindelige i afsnit III nærmere omtalte sprøjtemørtel-metode, men medens man ved denne sidste blander cement og sand tørt i en cementkanon, hvorefter den tørre blanding ved hjælp af trykluft føres gennem materialslangen til dysen, i hvilken der da ved udsprøjtningen tilsættes vand, blander man ved colcrete-sprøjtemetoden mørtelen *vådt* ved anvendelse af det sædvanlige colcrete-materiel.

Den således vådt blandede colcrete-mørtel føres så ved hjælp af trykluft gennem materialslangen til dysen, hvor der da tilsættes *luft*, hvorved mørtelmassen findeles og derefter kan påsprøjtes på sædvanlig måde.

Metoden er endnu ikke anvendt meget her i landet, men *angives* at have følgende fordele frem for den almindelige sprøjtemørtel-metode, som den ikke erstatter, men i visse tilfælde med fordel supplerer.

1. Tilbageslaget af sand (og cement) er meget mindre, hvilket forbedrer metodens økonomi samt gør den velegnet på steder, hvor tilbageslaget af sand er særlig skadeligt f. eks., hvor det drejer sig om påsprøjtning af oversiden af vandret betonflade.

2. Overfladen af den påsprøjtede colcrete-mørtel er fri for overskud af sand og derfor lettere at efterbehandle.

3. Blandingen, der jo foregår ved anvendelse af det sædvanlige colcrete-materiel, bliver meget effektiv.

4. Kravene til arbejdernes særlige dygtighed og erfaring er mindre.

5. Den færdigsprøjtede overflade er mindre følsom overfor regn.

Colcrete-sprøjtemørtelen har særdeles stor adhæsion til underlaget, men opnår ikke den almindelige sprøjtemørtels store styrke, hvilket imidlertid ikke vil sige, at den ikke kan opnå den i almindelighed fornødne styrke.

Sliddet i materialslangerne er større end ved den almindelige metode.

#### Prepakt-metode

Prepakt-beton fremstilles (jfr. bl. a. rapport nr. 100, Intrusion-Prepakt, I N G [57 – 15]) ved udfyldning af hulrummene i forud anbragte grove tilslagsmaterialer med injiceringsmørtel.

Derved opnås, at disse tilslagsmaterialer sammen med mørtelen udgør en monolitisk beton.

Som grove tilslagsmaterialer til Prepakt-beton kan anvendes enten ral eller skærver, som – bortset fra gradueringen efter størrelse – er af samme slags, som almindeligvis anvendes til betonstøbning.

For at muliggøre injiceringsmørtelens indtrængen og fordeling må mindste diameter af de enkelte sten være  $\frac{1}{2}$ " (se dog nærmere proportioneringseksemplerne senere).

Den største diameter er bestemt af anskaffelsespris og praktiske hensyn ved transporten og placeringen og kan muligvis være begrænset på grund af afstandene mellem armeringsjern og pladsforholdene i forskallingen eller på anden måde begrænsede rum.

Efter at de grove tilslagsmaterialer er anbragt i forskallingen, injiceres der mørtel i hulrummene mellem stenene gennem rør, der er stukket ind i tilslagsmaterialet eller gennem mundstykker i forskallingens sidevægge.

Når tilslagsmaterialets hulrum er udfyldt med mørtel, bliver rørene som oftest trukket ud.

Injiceringsmørtel består som regel af cement, sand og vand samt to forskellige tilsætningsstoffer, her kaldt A og B.

*Tilsætningsstoffet A* angives at bestå af fintkornede, pulveriserede, kiselholdige materialer, som angives at tillade indtil 50 pct. reduktion af cementtilsætningen.

*Tilsætningsstoffet B* er et patenteret tilsætningsmiddel, som angives at bevirke dannelse af luftporer, langsommere afbinding, hæmme nedsynkning af tunge bestanddele, forbedre modstand mod forvitring, tillade lavt v/c-tal, samt modvirke svind ved afbindingen.

Som ovenfor nævnt er Prepakt-metoden anvendt ved en række arbejder i Norge. Pladsen tillader ikke en nærmere beskrivelse af disse, hvorfor man skal indskrænke sig til at oplyse, at følgende blandingsforhold med held blev anvendt til udførelsen efter Prepakt-metoden (dog med colcrete-maskineri) af jernbetonkonstruktionerne i en bygning i Oslo. Mørtelen bestod af: 50 kg cement, 4 kg filler (fintmalet kaolin i stedet for tilsætningsstoffet A), 46 kg sand (max. 3-4 mm), 0,5 pct. (vægt af cement) tilsætningsstoffet B, v/c = 0,46. Medregnes filler til sand, får man altså blandingsforholdet 1:1 efter vægt.



(Ved nogle andre arbejder er der dog anvendt et noget magrere blandingsforhold såsom 1:1,3 og 1:1,8 (efter vægt)).

Ved arbejdet i Oslo havde man uden tilsætning af tilsætningsstoffet B konstateret lidt vandseparation, med 0,5 pct. en meget ringe og med 1,0 pct. ingen vandseparation.

Det grove tilslag bestod af mindre støsten med størrelser fra 22–38 mm, og disse sten pakkedes i formene ved vibrering. Stenpakningens hulrums-procent androg ca. 40–41 pct.

Som man ser, er den mindste stenstørrelse *en del større end den i den amerikanske rapport angivne (13 mm)*. Man havde i Oslo forsøgt at anvende mindre sten, men det var ikke muligt at pumpe mørtelen ind imellem disse mindre sten.

Stenene blev vasket fri for støv for at sikre en god adhæsion mellem mørtel og sten og dermed forøget styrke af betonen. Stenene skal imidlertid ikke være våde ved mørtelindpumpningen, da dette ligesom tilstedeværelsen af støv på stenene nedsætter betonens styrke ret betydeligt (f. eks. ca. 10–12 pct.).

På den anden side var det i Oslo anvendte sand (max. 3–4 mm) grovere, end det anbefales af Prepakt-repræsentanterne, der havde angivet sandets max.-kornstørrelse til 1,2 mm.

Der er således – meget naturligt – et sammenspil mellem det grove tilslagsmateriales mindste kornstørrelse og mørtelsandets største kornstørrelse, og man bør utvivlsomt – i hvert fald til metoden måtte blive mere gennemprøvet under danske forhold – foretage *proveudstøbninger* med de her til rådighed værende, bedst egnede materialer.

Mørtelens konsistens angives at være af stor betydning for den fuldstændige udfyldning af stenmaterialets hulrum.

Det har i Norge vist sig, at man ved sandblæsning af vel udført pak-beton har kunnet opnå meget gode resultater med hensyn til de pågældende fladers udseende.

Det almindelige blandingsforhold angives således: Til 100 ltr. sten anvendes 400 ltr. mørtel, der sammensættes på følgende måde: 50 kg cement + 20,4 kg tilsætningsstof A + 0,66 kg tilsætningsstof B + 87,5 kg sand + 37,4 kg vand ( $v/c = 0,73$ ).

## Vacuum-metode

D.S.B. har i to tilfælde anvendt den pågældende metode:

- 1) ved istandsættelse og forsyning med slidlag af en kvægrampe i Padbog.
- 2) ved istandsættelse af en beskadiget kørebaneplade af jernbeton på Lillebæltsbroen.

Fig. 112 viser en principskitse af vacuumbehandling af betonplader. Man ser de forskellige stadier i arbejdet [57 M 6]. På figuren er endvidere vist et skematisk tværsnit af en *vacuum-matte*, der igennem et stykke tæt lærred nederst mod betonfladen, tillader at vand men ikke cement og sand suges bort af det etablerede delvise vacuum.

Fig. 113 og 114 viser forskellige trin i arbejdet i Padborg. Erfaringerne fra kvægrampen i Padborg er gode. Brobanepladens istandsættelse er endnu ikke afsluttet. Se dog fig. 115 og 116.

Man kan ikke komme ind på en definitiv bedømmelse af metoden samt enkeltheder ved dens udførelse men må henvise til at søge særlig sagkyndig hjælp, se også litteraturfortegnelsen [56 M 6] og [57 N 3].

Følgende bemærkninger skal dog gøres:

Ved udførelse af slidlag på gammel beton eller reparationer af sådan beton bør overfladen renses *meget omhyggeligt* ved sandblæsning.

Laget vacuumbehandles i ca. 1 minut pr. cm af slidlagets tykkelse og glittes derefter med maskin-glitter.

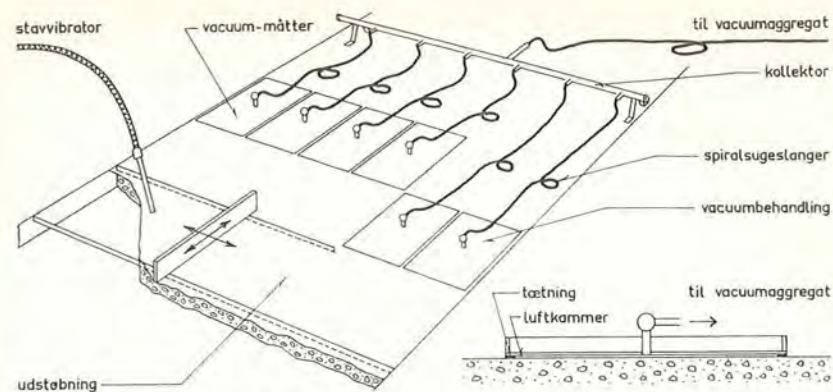


Fig. 112. Vacuumbehandling af betonplader. Nederst et skematisk tværsnit af en vacuum-matte.



Fig. 113. Vacuum-måtter i brug. Øverst på billedet ses et allerede færdiggjort stykke af pudslaget. Nederst et stykke, der endnu ikke er vacuumbehandlet.

Fig. 114. Maskinel glitning af den vacuumbehandlede overflade, der straks efter behandlingen er så hård, at man kan gå på den og således begynde glittearbejdet hurtigt efter vacuumbehandlingen.

Slidlaget beskyttes mod udtørring og holdes gennemfugtet i *mindst 5 døgn*.

Der stilles visse særlige krav til mørtelens blandingsforhold for at opnå fuld effekt af vacuumbehandling. Se fig. 117, der angiver idealkurve for vacuum-beton med max. kornstørrelse 16 mm og 300 kg cement pr. m<sup>3</sup>.

Vedrørende det anvendte specielle materiel må man her nøjes med at henvise til den ovenfor omtalte principskitse.





Fig. 115. Et ødelagt parti af kørebanen på Lillebæltsbroen. Beskadigelserne er søgt midlertidigt afhjulpet ved udlægning af asfalt, der imidlertid ikke viste sig holdbar men snarere fremmende for den videre nedbrydning af den underliggende beton. Den venstre side af kørebanen er istandsat ved hjælp af vacuumbeton og har været i brug nogen tid.

Fig. 116. Udførelse af vacuumbeton på Lillebæltsbroens vej kørebane. Nederst i billedet ses vacuummålter med tilhørende slanger, gennem hvilke det overflodige vand i betonen fjernes sammen med udsugning af luften. Umiddelbart ovenover ses et parti straks efter at vacuumbehandlingen har fundet sted. Resten af billedets højre side viser færdiggjort vacuumbeton efter foretaget overfladeglætning med den på billedet viste glittemaskine.

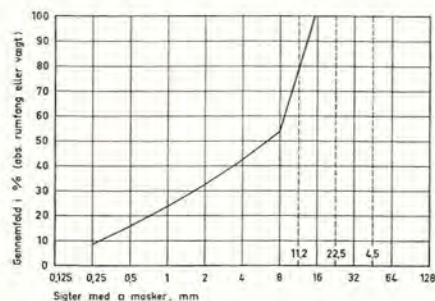


Fig. 117. Idealkurve for vacuumbeton med max. kornstørrelse 16 mm og 300 kg cement pr. m<sup>3</sup>.

## Bilag 6

### Isolationsmaterialer

Det er en kendt sag, at der på markedet, såvel i ud- som i indland, forefindes en mangfoldighed af isolationsmaterialer, og det vil her blive ganske uoverkommeligt at foretage en gennemgang af dem alle.

Dette skulle imidlertid ikke heller være nødvendigt, idet disse stoffer naturligt kan inddeles i visse hovedgrupper, og man kan derfor i en oversigt som denne indskrænke sig til at give en kort karakteristik af disse hovedgrupper inden for isolationsmaterialernes område.

Da Danske Statsbaner – der formentlig er landets største forbruger af isolationsmaterialer – i den sidste menneskealder har arbejdet indgående med *udvælgelse og prøvning* af de bedst egnede isolationsmaterialer, og da danske leverandører er indstillet på at opfylde de af D.S.B. opstillede, *temmelig strenge, men rationelt udformede* leveringsbetingelser, vil det formentlig i en vejledning der først og fremmest tager sigte på arbejder udført her i landet, være hensigtsmæssigt at lægge de af D.S.B. foreskrevne isolationsmaterialer til grund for nærværende beskrivelse, naturligvis under behørig hensyntagen til andre anerkendte materialer og metoder.

D.S.B.'s forskrifter for levering af isolationspræparater forefindes i »Betingelser for levering af materialer til isolering af beton- og jernbetonkonstruktioner mod vandgennemtrængning«, mens reglerne for de pågældende arbejders udførelse er indeholdt i et »Tillæg« af maj 1940 til »Fælles betingelser for udførelse af under- og overbygning m. m. ved anlæg af statsbaner«.

Ingen af disse publikationer er i handelen. Imidlertid har afdelingsingeniør Chr. Broen Christensen i »Ingeniøren« 4. februar 1955 [55 C 5] givet en kort, instruktiv oversigt over disse forhold, ligesom man kan henvise særligt interesserede til Deutsche Bundesbahns normer (A)JB 1953 [53 – 18], der i visse henseender danner grundlaget for de danske forskrifter, og som giver en særdeles grundig indføring i hele dette område.

Pladsen tillader ikke en fyldig gennemgang af disse leveringsbetingelser, men med forfatterens tilladelse gengiver man her i en noget revideret form et skema (fig. 118) fra den ovennævnte artikel i »Ingeniøren«, hvilket skema giver et overblik over de hovedkrav, der stilles til de pågældende materialer.

I øvrigt kan der med hensyn til afprøvning af sådanne materialer henvises til Dansk Vejlaboratorium (der afprøver D.S.B.'s isolationsmaterialer) samt til de tyske DIN-normer.

Det skal fremhæves, at der ved anvendelse (specielt ved påsprøjtning) af de ovennævnte isolationsmaterialer på grund af faren for *forgasning* med deraf følgende risiko for *forgiftning* og *eksplosion* skal udvises stor forsigtighed. I lukkede rum og tunneler bør påsprøjtning ikke finde sted. Materialer af den omhandlede art findes på det frie marked.

#### Plader af termoplastiske kunststoffer

Den her givne, særdeles kortfattede beskrivelse hviler hovedsageligt på oplysninger fra laboratorieundersøgelser, og på andres beskrivelse fra deres praktiske anvendelse andet sted.

Det angives således, at disse plader har været i praktisk anvendelse i ca. 20 år med tilfredsstillende resultater. Det oplyses, at plader udført af et af disse præparater (Rhepanol BA-folie – udført på polyisobutylbasis) bl. a. er anvendt ved Semmering-tunnelen i



Fig. 118. Oversigt over anvendelse, sammensætning og egenskaber af de af D.S.B. anvendte bituminose isolationsmaterialer.

	Bituminose isolationsmaterialer			Bitumenplader med juteindlæg
	Nr. 0	Nr. 2	Nr. 3	
Anvendelse	Grundning	Isolering i tynde lag	Isolering i tykkere lag (vandtryk)	Pladeisolering (vandtryk)
Bestanddele	Bitumen + opløsningsmiddel	Asbestfibre 5-10 vægtprocent	Asbestfibre 15-25 vægtprocent	Blæst bitumen. Pladetykkelse mindst 4 mm. Vægt mindst 4200 g/m <sup>2</sup>
		Blæst bitumen		
	Opløsningsmiddel: Ren solvent nafta, evt. mineralsk terpentin			
Vægtprocent asfaltbitumen	30-50	55-70	50-70	
Smeltepunkt*	55-70°C		60-80°C	
Brudpunkt* v. bojn. (Fraass)	Under ÷ 10°C		Under ÷ 25°C	
Penetration*	Ved 25°C og 100 g belastning: Mellem 50-150			
Strækkelighed*	Ved ÷ 15°C: Mindst 2 cm			
Viskositet	»Tyndtflydende« ved 20°C højst 15 englergrader	»Tyktflydende« med tjerekonsistometret ved 30°C mindst 200 sek.	Plastisk konsistens	
Optorringsid**	Højst 3 timer	Højst 12 timer	Højst 72 timer	
Bojelighed	Undersøges ved påstrykning henholdsvis påspartling på messingstrimmel og bøjning af denne om dorne. Prøve under forskellige temperaturforhold			Undersøges ved forskellige temperaturer ved bøjning om rundstokke
Modstand mod kemisk påvirkning	Undersøges ved 20°C for 48 timers neddykning i følgende opløsninger: 5% saltsyre, 1% svovlsyre, 5% salpetersyre, 20% eddikesyre, 5% natronlud og 5% ammoniak. Materialet må ikke vise sig påvirket heraf			Undersøgelse som nr. 2-3 med bitumen taget fra pladerne
Udstrykelighed	Undersøges ved påstrykning henholdsvis påspartling på grundet betonflade			
Dækkeevne	Undersøges ved neddykning af normeret messingtrådvæv			
Modstand mod vandgennemtrængning	1 mm tykt lag skal kunne modstå et vandtryk på mindst 0,3 kg/cm <sup>2</sup> i 24 timer uden gennemsvivning		2 mm tykt lag skal kunne modstå et vandtryk på mindst 2 kg/cm <sup>2</sup> i 24 timer uden gennemsvivning	Pladen skal kunne modstå et vandtryk på mindst 2 kg/cm <sup>2</sup> i 24 timer uden gennemsvivning eller brud
Sammentrykkelighed				Højst halvdelen af oprindelig tykkelse (ca. 4 mm) under et tryk på 1 kg/cm <sup>2</sup> i 24 timer

Fig. 118. Oversigt over anvendelse, sammensætning og egenskaber af de af D.S.B. anvendte bituminose isolationsmaterialer.

Bitumenimpr. jute	Bitumenimpr. uldfiltpap	Bitumenklæbemasse	Bitumenfugemasse	
			Nr. 1	Nr. 2
Indlæg i isolationslag	Blyfolieplader og beskyttelse af isolationslag	Fastklæbning af bitumenpl. og blyfoliepl. m. m.	Tæt fyldning af fuger	Udfyldning af hulrum o. lign.
Vægt mindst 500 g/m <sup>2</sup> . Bitumenindhold mindst 200 g/m <sup>2</sup>	Vægt mindst 720 g/m <sup>2</sup> . Bitumenindhold mindst 387 g/m <sup>2</sup>	Alm. bitumen (ikke blæst)	40-70% bitumen. Resten stenmel eller asbestfibre	Mindst 12% bitumen. Resten stenmel eller sand
35-50°C		45-75°C	50-85°C	
		Under ÷ 10°C		
Endvidere undersøges: For isolation nr. 3: Adhæsionsevne. Dels ved direkte måling af adhæsionskraft mellem beton og isolation dels ved indtrængning af trykvand mellem beton og isolation. Sejghed. Brudforlængelsen i 2 mm tykt snit skal ved 15°, 0° og ÷ 15° mindst være henholdsvis 0,5, 0,4 og 0,3 mm. For jute til indlæg: Trækstyrke og forlængelse. Blyfolieplader nr. 1: Bestående af 0,26 mm blyfolie, vægt mindst 3 kg/m <sup>2</sup> , indklæbet mellem 21 ag i impr. uldfiltpap. Samlet pladetykkelse mindst 3,5 mm. Samlet vægt mindst 5,5 kg/m <sup>2</sup> . Blyfolieplader nr. 2: Bestående af blyfolie og uldfiltpap som nr. 1 og yderligere bitumenovertræk (mindst 1 kg/m <sup>2</sup> ) på de udvendige sider. Samlet pladetykkelse mindst 5,5 mm. Samlet vægt mindst 7,5 kg/m <sup>2</sup> . Enkeltheder angående materialprøvnings frengår iøvrigt af D.S.B.'s tekniske leveringsbetingelser.				
* Gældende for genindvundet asfaltbitumen. ** Ved ca. 20°C på mørtelprovelegemer.				



Alperne, ved en række af brokonstruktioner på de tyske baners strækninger samt ved opførelse af Stockholms nye undergrundsbane.

Herhjemme er de nævnte Rhepanol BA-folie plader, indtil dato med tilfredsstillende resultat, anvendt i en række af tilfælde, derunder ved isolering af brodækket, der bærer den hævede vej ved Lyngby station.

Angående disse pladers hovedegenskaber kan oplyses følgende [56 L 11].

For en umiddelbar betragtning – ved direkte at bøje og trække i en sådan plade – får man indtryk af, at dette materiale besidder en i forhold til de almindelige bituminøse isolationsplader overlegen stor bøjelighed og strækkelighed.

Dette direkte indtryk bekræftes af resultaterne fra laboratorieundersøgelserne, der viser, at pladerne er *meget smidige og strækbare* – jfr. arbejdskurverne på fig. 119, der viser, at f. eks. brudforlængelsen for træk i temperaturintervallet  $\div 30^{\circ}$  til  $+ 70^{\circ}$  C er større end 100 pct. (i intervallet  $\div 10^{\circ}$  til  $+ 60^{\circ}$  C større end 200 pct.). Brugbarhedsområdet er således meget stort.

Folien tåler endvidere *ret høje tryk* ( $50 \text{ kg/cm}^2$ ) *uden at flyde ud*, hvilket under visse forhold i praksis kan være af stor betydning (se senere).

Stoffets diffusionskonstant er ca. 3 gange mindre end for bituminøse materialers vedkommende, og det er *elektrisk isolerende* samt angribes ikke af vagabonderende strømme.

Pladerne angribes heller ikke af råddenskab og påvirkes ikke af *luftens ilt*. De viser ingen *ældningsfænomener* inden for de ca. 20 års forsøg og undersøgelser, der har fundet sted.

Foliens kemiske modstandsdygtighed angives at være »betydelig«, men den opløses dog af *benzin, brændselsolie, petroleum, benzol og visse lakopløsningsmidler samt fede olier*.

Rhepanol BA-folie leveres i sorte, gummiagtige baner à 1 m bredde og 12 m længde og i tykkelserne 1, 1,5 og 2 mm; materialets vægtfylde er ca. 1,65.

Der forefindes flere forskellige typer af isolationsplader af denne art, – alle i øvrigt baseret på det tyske handelsprodukt »Oppanol B 200«, der er det fælles udgangsstof for fremstilling af termoplastiske plader. Pladsen tillader imidlertid ikke, at man her beskriver flere eksempler.

Ved udlægningen samles Oppanol-banerne efter overlappingsprincippet (mindst 5 cm overlæg), hvilket kan praktiseres som en »*væskesvejsning*«.

Udlægningen må ikke finde sted i frost og helst i temperaturer større end  $3^{\circ}$  C. Stærkt solskin skal undgås på nysvejste samlinger.

Forstrygning på vandrette flader, der ønskes afdækket, angives ikke at være nødvendig.

Ved lodrette eller stærkt skrånende flader klæbes med specielt klæbemiddel (Rhepanol-klæber).

Det er dog vist overvejelse værd også at benytte påklæbning på vandrette og let skrånende flader. Dette vil formentlig være den bedste metode (se bilag 7).

Fig. 120, 121 og 122 viser nogle situationer fra udførelsen af Rhepanol BA-folie isolering.

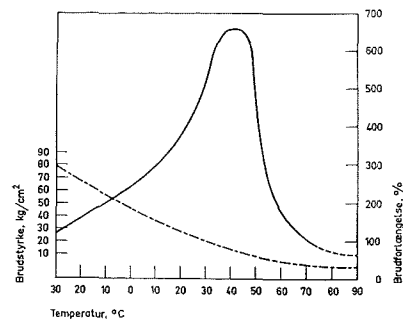


Fig. 119. Arbejdskurver for en termoplastisk plade.

Fig. 120. Fastklæbning af termoplastiske isolationsplader. Ved overlappingskerne er udlagt papirstrimler for at undgå forurening af disse af hensyn til deres senere sammensvejsning (væskesvejsning).

Fig. 121. Sammensvejsning af overlægning på termoplastiske plader ved »væskesvejsning«.

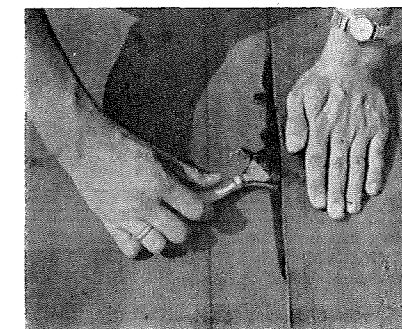


Fig. 122. Isolering af lodrette vægge og hulkebler med termoplastiske plader.





## Bilag 7

### Isolationsformer

Selv denne korte gennemgang af foreliggende isoleringstyper har vist en så temmelig stor mangfoldighed af sådanne, at det formentlig vil være hensigtsmæssigt, så vidt det er muligt, at fremhæve, i hvilke henseender de forskellige isoleringsformer eventuelt måtte have deres særlige berettigelse.

De »tynde« isolationer udføres altid ved hjælp af påstrygningsmidler som ovenfor beskrevet, ligesom der også foran er redegjort tilstrækkeligt for deres anvendelsesområde.

Man må ikke stille for store krav til en sådan tynd isolations vandstandsende evne og kun anvende denne isolationsform, hvor faren for vandgennemsvivning er meget ringe.

Den her foretagne sammenligning omfatter derfor kun en omtale af anvendelsesområderne for de forskellige svære isolationsformer: *Tyk isolation* (udført ved anvendelse af påsmøringsmidler), *bitumenplader*, *blyfolie-plader* og den ovenfor valgte repræsentant for termoplastiske stoffer, *Rhepanol BA-folie*.

I denne forbindelse må det da straks fremhæves, at den »tykke isolation« har den meget store fordel, at man ved denne får en særdeles *intim forbindelse* mellem den påsmurte eller påspartlede isolationsmasse og den overflade, hvorpå den anbringes.

Skulle et sådant isolationslag punktvis blive gennembrudt, får man derfor kun vandindtrængning på dette sted, hvorimod det er umuligt for vandet at brede sig *ind under isolationslaget* og der finde et svagt punkt i betonkonstruktionen eventuelt beliggende langt fra isolationslagets gennembrudspunkt.

En sådan udbredelse af vandet mellem isolationslag og betonoverflade er derimod ikke så helt sjældent iagttaget ved plade-isolationerne og naturligvis først og fremmest, når pladerne ikke fastklæbes på *hele* betonoverfladen, hvorfor det ofte kan være særdeles vanskeligt at finde frem til det beskadigede sted på isolationen. Det er derfor, man ovenfor har anbefalet at foretage denne fastklæbning særlig omhyggeligt.

Den »tykke isolation« er endvidere let at forme efter den pågældende betonoverflade og holder sig *godt plastisk gennem lange tider*.

Rigtigt udført må denne isolationsform siges at give god beskyttelse selv mod kraftig vandpåvirkning. Under grundvandsoverfladen bør den udføres som dobbelt-tyk isolation som tidligere beskrevet.

Opmærksomheden skal i øvrigt henledes på, at de bituminøse isolationsstoffer fortrinsvis bør anvendes på steder, hvor det pågældende isolationslag er udsat for et varigt tryk på  $0,4 \text{ kg/cm}^2$  (allermindst  $0,2 \text{ kg/cm}^2$ ), da de i modsat fald kan udvise tilbøjelighed til at »kvælle«.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at den tykke isolation på grund af dens plasticitet, hvor den påvirkes af større, stødgivende enkeltkræfter, foruden det tidligere beskrevne armerede pudslag, så vidt muligt bør forsynes med *kraftfordelende mellemlag*.

På sporbærende broer anvendes således et ballastlag og på vejbroer et fordelingslag af beton.

For vejbroernes vedkommende er man ofte tilbøjelig til at gøre dette fordelingslag for tyndt, hvorfor man med den nuværende svære og stødgivende vejbelastning risikerer, at den påsmurte, bløde, tykke isolation beskadiges ved udtværing, navnlig hvis de svære påvirkninger stadig kommer på de samme steder.

I sådanne tilfælde må pladeisolationerne (bitumenplader, blyfolie-plader og Rhepanol-plader) siges at være bedre egnede end den tykke isolation.

Beton-fordelingslaget over en »tyk isolation« bør i de omhandlede tilfælde formentlig ikke gores tyndere end ca. 8–10 cm, selv om det er armeret. Over en pladeisolation kan tykkelsen tilsvarende reduceres til 5–7 cm.

I ældre tid havde *bitumenpladerne* tilbøjelighed til at »ælde«, dvs. til at omdannes gennem tiden og blive sprøde og usammenhængende, og under de to store og langvarige krige lod bitumenpladernes kvalitet også meget tilbage at ønske.

Dette forhold er imidlertid ved fremstillingen af moderne bitumenplader ændret afgørende og et isoleringslag af bitumenplader, *specielt hvis påklæbes (-brændes) på hele betonoverfladen* (hvilket normalt altid bør finde sted), yder en god beskyttelse selv mod kraftig vandpåvirkning, selv om man vil være tilbøjelig til at mene, at den »tykke isolation« udviser en større bestandighed over for »ældning« end bitumenpladerne.

Under vand bør bitumenpladerne påføres i to lag.

*Blyfoliepladerne* anvendes – så vidt vides – ikke mere så meget, idet de er meget følsomme over for punktvis, mekaniske påvirkninger og derfor *let perforeres*. De benyttes formentlig fortrinsvis på steder, hvor pladsforholdene ikke tillader anbringelsen af tykkere isolationslag.

På grund af blyfoliens ovennævnte sårbarhed bør man formentlig fortrinsvis anvende blyfolieplader, der er *indsældet i bitumen*, og *da påklæbe pladerne på hele betonoverfladen*.

Om anvendelsen af isolationsplader udført af *termoplastiske stoffer*, her repræsenteret af Rhepanol BA-folie, er det som allerede anført måske for tidligt definitivt at udtale sig.

Dog har man efterhånden såvel i ud- som i indland indhøstet en del gode erfaringer med denne isolationsform, og der kan næppe være tvivl om, at man, hvor det drejer sig om at fremstille en *varigt tæt pladeisolation*, skal have opmærksomheden henledt på disse stoffer, der som anført netop er karakteriseret ved *plasticitet, tæthed, styrke over for tryk* samt sidst men ikke mindst ved deres *ældningsbestandighed*. I denne forbindelse skal dog bemærkes, at de pågældende plader er opløselige i en række i praksis ofte forekommende stoffer, jfr. det i bilag 6 anførte.



## Litteraturfortegnelse

De i litteraturlisten foran artiklen stående numre refererer til Statens Byggeforskningsinstituts kartotek over betonlitteratur.

- [07 S 1] Jærnbeton. E. Suenson. København 1907. 1. udgave.
- [16-1] Om spræk- og rustdannelse ved jærnbetonbroer. Teknisk Ukeblad. Oslo 1916. 63. årg. Nr. 26.
- [18 H 1] Concrete Engineers Handbook. Data for the Design and Construction of Plain and Reinforced Concrete Structures. George Albert Hool and Nathan Clarke Johnson. New York, 1918.
- [22 N 1] Cementsprutan, ett värdefullt redskap för byggnads- och reparationsarbete. Sven Nycander. Teknisk Tidskrift. Stockholm 1922. Årg. 52. Nr. 52.
- [25 S 2] Das Torkretverfahren und seine technischen Probleme. Adalbert Szilard. Berlin 1925.
- [26 W 2] Några tillämpningar av cementinpressningsmetoden vid Statens Vattenfallsverks Byggnadsföretag. G. Westerberg. Tekniska meddelanden från Kungl. Vattenfallsstyrelsen. Stockholm 1926. Serie B, nr. 7.
- [29-1] Om cementinjektering och arbeten med sprutbeton samt därav föranledda provningar vid Statens Järnvägar. Kungl. Järnvägsstyrelsens banbyrå. Statens Järnvägars publikationer. Utredningar m. m. Stockholm 1929. (Nr.) 15.
- [29 N 1] Anvendelse af Sprøjtebeton ved Istandsættelse og Overfladebehandling af Jærnbetonbroer. Fr. Nielsen. Ingeniøren. København 1929. 38. Årgang. Nr. 43.
- [30 N 1] Istandsættelse af Sten- og Betonbroer m. m. ved de svenske Statsbaner. Fr. Nielsen. Ingeniøren. København 1930. 39. Årgang. Nr. 15.
- [31-11] Vorläufige Anweisung für Abdichtung von Ingenieurbauwerken (AJB). Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft. Berlin 1931.
- [31 S 3] Jærnbeton. E. Suenson. København 1931. (P. E. Bluhme). 4. udg.
- [33 K 2] Cementmörtelinjektion. P. Kern-Jespersen. Bygningsstatistiske Meddelelser. København 1933. Årg. V. Nr. 2. p. 28.
- [33 K 3] Overfladebehandling af beton. P. Kern-Jespersen. Bygningsstatistiske Meddelelser. København 1933. Årg. V. Nr. 2. p. 15.
- [33 K 4] Grundforstærkning ved Indpresning af kemiske Vædsker. P. Kern-Jespersen. Bygningsstatistiske Meddelelser. København 1933. Årg. V. Nr. 2.
- [40-19] Tillæg til »Fælles betingelser for udførelse af under- og overbygning m. m. ved anlæg af statsbaner (Januar 1920)«. Danske Statsbaner. (København) 1940.
- [43 K 5] Temperaturrevner i betonkonstruktioner. Chr. L. Knudsen. Ingeniøren. København 1943. B. 57. 52. Årg. Nr. 28. (Bygningsteknik Nr. 5).
- [43 R 2] Pumpen zum Fördern von Beton und Zement. Fr. Riedig. Fördertechnik. Wittenberg 1943. XXXVI. Jahrgang. Nr. 19/20.
- [43 S 6] Fundering. G. Schönweller. København 1943.



- [46 L 14] Forvitringsskader i betong. Inge Lyse. Betongen idag. Oslo 1946. 11. årg. nr. 3, og Meddelelser fra Veidirektøren. Oslo 1947. Nr. 6.
- [48 E 11] Elementær Jernbeton. A. Efsen. København 1948. Gjellerup. 304 pp.
- [48 L 2] Betong i vannbygging. Inge Lyse. Teknisk Ukeblad. Oslo April 1948. Vol. 95. Nr. 15. pp. 189-196.
- [49-150] Recommended Practice for the Application of Portland Cement Paint to Concrete Surfaces (ACI 616-49). Reported by ACI Committee 616. Proc. ACI. Detroit September 1949. Vol. 46. pp. 1-16.
- [49-97] DS 411. Dansk Ingeniørforenings Normer for Bygningskonstruktioner. 2. Beton- og Jernbetonkonstruktioner. Dansk Ingeniørforening. København 1949. 1. udg. 60 pp. Med midlertidigt tillæg af 1. 11. 1949.
- [49-200] Instandsetzung beschädigter Stahlbetonhochbauten. Richtlinien für Ausführung und Berechnung. Deutsche Normen. DIN 4231. Berlin 1949.
- [50-96] The Aeroem Concrete Spraying Process. The Industrial Chemist. New York 1950. Bd. 26.
- [50-97] Betingelser for levering af materialer til isolering af beton- og jernbetonkonstruktioner mod vandgennemtrængning. (Danske Statsbaner. Baneafdelingen. København) 1950.
- [50-98] Bilag til Betingelser for levering af materialer til isolering af beton- og jernbetonkonstruktioner mod vandgennemtrængning. (Danske Statsbaner. Baneafdelingen. København) 1950.
- [50 M 6] Valg og sammensætning af betonmaterialer. Erik V. Meyer. Betonproportionering. Bind II. DIF's arbejdsgruppe for beton og jernbeton. København 1950. pp. 59-72.
- [50 P 2] The Predetermination of Water Requirement and Optimum Grading of Concrete under Various Conditions. Niels M. Plum. The Danish National Institute of Building Research. Building Research Studies No. 3. Copenhagen 1950. 93 pp.
- [50 P 7] Betonegenskabernes afhængighed af materialernes sammensætning. Niels M. Plum. Beton-Proportionering. Bind III. DIF's arbejdsgruppe for Beton og Jernbeton. København 1950. pp. 13-58.
- [51-17] ACI Standard. Recommended Practice for the Application of Mortar by Pneumatic Pressure. (ACI 805-51) Reported by ACI Committee 805. Proc. ACI. Detroit 1951. Vol. 47. pp. 709-719. Discussion by J. M. Crom, R. M. Doull and Committee see Journ. of the ACI, Part 2, Dec. 1951, pp. 720-1 to 720-8.
- [51-54] Altaner. Byggelovens paragraf 61. Meddelelser fra Københavns Bygningsvæsen. København 1951. 12. årg. Nr. 1.
- [52 O 2] Skador och reparationer på betongkonstruktioner i broar. Justus Ostermann. Betong. Stockholm 1952. Bd. 38. Nr. 3.
- [53-18] Anweisung für Abdichtung von Ingenieurbauwerken. Deutsche Bundesbahn. Centralamt. München 1953. 2. Ausg.

- [53-19] Beretning fra Betonslidlagsudvalget. Akademiet for de tekniske Videnskaber. København 1953. Beretning Nr. 19.
- [53 G 2] Improved Portland Cement Mortars with Polyvinyl Acetate Emulsions. Jacob M. Geist, Servo V. Amagna and Brian B. Mellor. Industrial and Engineering Chemistry. Easton, Pa. 1953. Vol. 45. No. 4.
- [53 P 8] Betonkontrol. Kort oversigt over den teoretiske og økonomiske baggrund, samt gennemgang af mulighederne for at anvende kontrollen til produktionsregulering. Niels Munk Plum. Statens Byggeforskningsinstitut. København 1953. Særtryk nr. 32. 81 pp. Diskussion pp. 41-81. Særtryk af »Beton og Jernbeton« 1953, nr. 1.
- [54-13] Foreløbige retningslinier for fremstilling af luftindblandet beton. Dansk Ingeniørforening. København 1954. 80 pp.
- [54 L 4] Erfahrungen mit thermoplastischen Kunststoff-Folien auf Basis Oppanol B in der Bau- und Abdichtungstechnik. Heinz Lange. Mitteilung aus dem Kunststoff-Rohstoff-Laboratorium der Badischen Anilin- & Soda-Fabrik AG. Ludwigshafen am Rhein 1954. Sonderdruck aus Z. »Der Bauingenieur«, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1954. 29. Jahrgang, Heft 6.
- [55 C 5] Vandtæt isolering af betonbroer. Chr. Broen Christensen. Ingeniøren. København 1955. 64. årg. Nr. 6.
- [55 S 4] Fuger og fugematerialer i betongkonstruksjoner. Trygg Saxegaard og Øystein Sjøtveit. Teknisk Ukeblad. Oslo 1955. Nr. 24. 102. årg. pp. 495-504.
- [56-25] The Durability of Reinforced Concrete in Buildings. Department of Scientific and Industrial Research (Building Research Station). London 1956. National Building Studies. Special Report No. 25. 27 pp.
- [56 J 3] Oppanol Ba-folie. G. Boni Jensen. Bygmesteren. København 1956. 49. årg. Nr. 5.
- [56 L 11] Die Eigenschaften von Oppanol Ba-Folie im Hinblick auf ihre Verarbeitung zu Bauwerksabdichtungen. Heinz Lange. Mitteilung aus dem Kunststoff-Rohstoff-Laboratorium der Badischen Anilin- & Soda-Fabrik AG. Ludwigshafen am Rhein 1956. Sonderdruck aus der Zeitschrift »Der Plastverarbeiter«. (Edenkoben/Pfalz) 1955. (Jg. 6 H) 2.
- [56 M 6] Vacuum Beton. E. Phaff Mørck og M. M. Nielsen. Byggeindustrien. København, 25. november 1956. Særtryk. pp. 1-4. 6 litteraturhenvvisninger.
- [56 S 6] Intrusion prepakt processes. A. Sémelas. De Ingenieur. 's-Gravenhage Juni 1956. Jaargang 68. Nr. 26. Bt. 55-61.
- [57-15] General Applications. Intrusion-Prepakt. Intrusion-Prepakt, Inc. Cleveland, Ohio 1957. General Report No. 100.
- [57 B 8] Colerete-Verfahren für Instandsetzungen von Stützmauern, Durchlässen und Tunneln. Gunther Brux. Der Eisenbahningenieur. Frankfurt a. M. 1957. Jg. 8, H. 7.
- [57 I 1] Rational betonkontrol. 2. Krav til betonen. G. M. Idorn. Betonteknik. København 1957. Årg. 23. Nr. 1. pp. 9-22. SBI-Særtryk nr. 85.



- [57 I 6] Markstabilisering genom injektering. Soil Stabilization by Injection. Kjell Ingberk, Fredrik Schütz och Erik Vretblad. Statens Nämnd för Byggnadsforskning. Norrköping 1957. Handlingar. Transactions. Nr. 30.
- [57 I 7] Foreløbige retningslinier for injektion af kabelgange i kabelbeton. Tilrettelagt af Jannik Ipsen. Dansk Ingeniørforenings udvalg vedrørende forspændt beton. København 1957.
- [57 L 6] The Corrosion of Reinforcing Steel in Concrete in Marine Atmospheres. D. A. Lewis and W. J. Copenhagen. National Building Research Institute. South African Council for Scientific and Industrial Research. Pretoria. Reprinted from S. A. Industrial Chemist. Vol. 11. No. 10. October 1957.
- [57 M 6] Vacuumbehandling af gulve. E. P. Mørck. A/S Vacuum Concrete D. N. F. Pedershaab Maskinfabrik A/S. 1957. Brochure. 4 pp.
- [57 N 3] Frostbeständighet och avnötningshållfasthet hos vakuumbehandlad betong. Resistance of Vacuum-Treated Concrete to Frost and Wear. Johan Nygårds. Nordisk Betong. Stockholm 1957. Nr. 3. pp. 251-262. English summary.
- [57 P 2] Foreløbig oversigt over alkalireaktioner i beton i Danmark. Niels Munk Plum, Ervin Poulsen og G. M. Idorn. Statens Byggeforskningsinstitut. København 1957. Særtryk nr. 91. »Ingeniøren« nr. 27 og 28. 1957. 24 pp.
- [58-35] Colcrete beton. C. T. Winkel A/S. København 1958.
- [58 D 2] Reparation af skadad fasadputs. H. Dührkop. Byggmästaren. Stockholm 1958. B 7. pp. 154-156. Tegl 2. 61. årg. 1958, pp. 42-44.
- [58 J 8] Durability and Maintenance of Concrete Structures on Danish Railways. Arne Jeppesen. The Danish National Institute of Building Research and The Academy of Technical Sciences. Committee on Alkali Reactions in Concrete. Copenhagen 1958. 75 pp. Dansk resumé.
- [58 K 9] Bewegungsfugen im Beton- und Stahlbetonbau. Adolf Kleinlogel. Berlin 1958.
- [58 N 4] Betonstøbning om vinteren. P. Nerenst, E. Rastrup og G. M. Idorn. Statens Byggeforskningsinstitut. København 1958. Anvisning nr. 17. 89 pp. 2. reviderede udgave.
- [58 S 12] Nordiske Pudsproblemer. Scandinavian Rendering Problems. Vitold Saretok. Beton-Teknik. København 1958. Årg. 24. Nr. 1.
- [58 S 13] Die Instandsetzung der Fahrbahndecken auf den Bundesautobahn mit bituminösen Bauweisen. H. Schnabel. Strasse und Autobahn. Bielefeld 1958. Jahrgang IX. Heft 6.
- [58 W 14] Über den Einfluss der Silicon-Imprägnierung auf die Luftdurchlässigkeit. Wasseraufnahme und -abgabe von Kalksandsteinen. H. Weissbach. Zement-Kalk-Gips. Wiesbaden 1958. 11. Jahrgang (47. Jahrgang »Zement«), Heft 8.
- [59 L 6] Petrografisk undersøgelse af betongrus. - Hvorfor og hvordan. Gunnar Larsen. Statens Byggeforskningsinstitut. København 1959. Særtryk nr. 111. »Beton-Teknik« nr. 3. 1959. pp. 73-103.
- [59 M 4] Betonbogen. Fra Cement til Beton. Erik V. Meyer, C. S. Forum og H. Krenchel. Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor. København 1959. 108 pp.
- [59 P 3] Betongsprutning och sprutbetong - synpunkter och användningsområden -. Kai Precht. Cement och Betong. Malmö 1959. Årg. 34. Nr. 2.
- [59 T 2] Jerndetektor lokaliserer armeringsjern i beton. Erik Trudsø. Statens Byggeforskningsinstitut. København 1959. Særtryk Nr. 106. 4 pp. Ingeniøren's Ugeblad nr. 24, 1959.
- [61 P 1] Foreløbig vejledning i forebyggelse af skadelige alkalikiselreaktioner i beton. Alkaliudvalgets vejledning 1. Niels Munk Plum. København 1961. The Effects of Calcium Chloride on Portland Cement. Solvay Sales Division. Allied Chemical & Dye Corporation. New York. u. å.



## Progress Reports

Udgives af Akademiet for de Tekniske Videnskaber og Statens Byggeforskningsinstitut. Ialt vil udkomme 21 rapporter, der kan bestilles enkeltvis til en pris af kr. 12,- hos sekretariatet, c/o SBI, Borgergade 20, København K. Der kan opnås en rabat på 25 0/0 ved bestilling af hele serien.

- A1 *Alment om alkalireaktioner i beton* – Alkali Reactions in Concrete – General. P. Nerenst. 1957. 47 p. A4. Danish text with an English summary.
- B1 *Concrete on the West Coast of Jutland, Part I.* G. M. Idorn. 1958. 57 p. A4. English text with a Danish summary.
- B2 *Concrete on the West Coast of Jutland, Part II.* G. M. Idorn. 1958. 54 p. A4. English text with a Danish summary.
- B3 *Durability and Maintenance of Concrete Structures on Danish Railways.* Arne Jepsen. 1958. 75 p. A4. English text with a Danish summary.
- D1 *A Classification of Danish Flints etc. Based on X-Ray Diffractometry.* A. Tovborg Jensen, C. J. Wøhlk, K. Drenck, E. Krogh Andersen and G. M. Idorn. 1957. 37 p. A4. In English.
- D2 *Flintforekomster i Danmark* – The Occuring Flints in Denmark. H. Gry and B. Sondergaard. 1958. 63 p. A4. Danish text with an English summary.
- E1 *Petrografisk undersøgelse af danske kvartære grusaflejringer* – Petrographic Investigation of Quaternary Danish Gravel Deposits. B. Sondergaard. 1959. 74 p. A4. Danish text with an English summary.
- F123 *The Alkali Content of Danish Cements – A New Danish Alkali-Resistant Cement – Methods for the Determinations of Alkalies in Aggregate and Concrete.* Erik V. Meyer, L. Ditlevsen and Johs. Andersen. 1958. 21 p. A4. In English.
- H1 *Evaluation of Alkali Reactions in Concrete by the Chemical Test.* K. E. Haulund Christensen. 1958. 58 p. A4. English text with a Danish summary.
- I1 *Investigation of Danish Aggregates at Building Research Station.* F. E. Jones. 1958. 62 p. A4. In English.
- K1 *Experiments on Concrete Bars, Expansions During Storage in Climate Room.* Axel Efsen and Ole Glarbo. 1960. 38 p. A4. In English with a Danish translation.
- K2 *Experiments on Concrete Bars. Freezing and Thawing Tests.* Erik Trudsø. 1958. 39 p. A4. English text with a Danish summary.
- L1 *Investigation of the Effect of Some Pozzolans on Alkali Reactions in Concrete.* A. H. M. Andreasen, K. E. Haulund Christensen and P. Bredsdorff. 1957. 88 p. A4. English text with a Danish summary.
- M1 *Preparation of Samples for Microscopic Investigation.* Ervin Poulsen. 1958. 46 p. A4. English text with a Danish summary.
- N1 *Disintegration of Field Concrete.* G. M. Idorn. 1956. 39 p. A4. English text with a Danish summary.
- N2 *Studies of Disintegrated Concrete, Part I.* G. M. Idorn. 1961. 77 p. A4. In English.



## SBI-anvisninger

- 39: *Byggefejl*, billedsamling ved *Børge T. Lorentzen*. 1957. 20 blade i samlemappe. A5. Kr. 4,-.
- 40: *Gulve direkte på jord*, *Poul Becher* og *Harry W. Petersen*. 1958. 20 p. A5. Kr. 4,-.
- 41: *Jernbetondæk i boligbyggeri*. 1958. 56 p. A5. Kr. 8,-.
- 42: *Vinduer, forbedring og vedligeholdelse*, *Klaus Blach*, *Preben Ankerstjerne* og *Johannes Brixen*. 1958. 16 p. A5. Kr. 4,-.
- 43: *Normalrum og normalspændvidder for etagebyggeri*, *Aage Dalgas Rasmussen* og *Finn Vedel-Petersen*. 1958. 64 p. A5. Kr. 8,-.
- 44: *Overfalsede skabslåger, normalmål og normaldetaljer*, *Klaus Blach*, *Johannes Brixen* og *Preben Ankerstjerne*. 1958. 16 p. A5. Kr. 4,-.
- 45: *Enfamiliehusets arbejdsplan – en vejledning for arkitekter og håndværksmestre*, udarbejdet i samarbejde med Håndværksrådet. 1959. 16 + 8 p. A5. Kr. 4,-.  
SBI-skemaer til arbejdsplan, 20 stk. A3, kan købes særskilt for kr. 8,-.  
*SBI-datostokke 1961-65*. 1960. 5 ark i omslag. Kan købes særskilt for kr. 4,-.
- 46: *Plan i køkkenet*, *Finn Vedel-Petersen*. 1959. 36 p. A5. Kr. 4,-.
- 47: *Modulprojektering*. Foreløbig vejledning fra SBI's modulkomité ved *Mogens Frisendal*. 1959. 32 p. A5. Kr. 4,-.
- 48: *Byggeri hele året 1. Planlægning og materiel*. 1959. 64 p. A5. Kr. 8,-.
- 49: *Byggeri hele året 2. Arbejdets udførelse*. 1959. 52 p. A5. Kr. 8,-.
- 50: *Før De bygger eget hus*. 1960. 32 p. A5. Kr. 4,-.
- 51: *Små oliefyr – valg, installation, drift*, *Ib Gregersen*. 1960. 33 p. A5. Kr. 4,-.
- 52: *Luftvarmeanlæg for småhuse*. 1960. 59 p. A5. Kr. 4,-.
- 53: *Planlægning af byggeprisen ved enfamiliehuse*, *Erik Allin* og *Fleming Nielsen*. 1961. 28 p. A 5. Kr. 4,-.

Foruden SBI-anvisninger udsendes andre publikationsserier, bl. a. Rapporter, Landbrugsbyggeri, Nyt Skolebyggeri og Særtryk.  
*Alle instituttets publikationer* kan købes gennem boghandlerne eller hos Teknisk Forlag, Vester Farimagsgade 31, København V. BY 9288. Samme sted fås SBI-publikationsliste, der er bestillingsseddel med en kort omtale af hver publikation.

TEGN ET SBI-ABONNEMENT for 24 kr. om året.

De får da hvert år tilsendt alle ny SBI-anvisninger og andre udvalgte SBI-publikationer til en samlet bogladepris af mindst 32 kr. og De bliver holdt orienteret om alt, hvad SBI udsender.

De bliver SBI-ABONNENT ved at indsende 24 kr. til TEKNISK FORLAG, V. Farimagsgade 31, giro 20490.



Denne vejledning giver praktiske anvisninger på rationel udførelse af vedligeholdelsesarbejder ved beton- og jernbetonkonstruktioner. Hovedvægten lægges på en detaljeret beskrivelse af de metoder – anvendelse af trykluftsværktøj, sprøjtebeton, injektion med cement og kemikalier, isole-ring mod vandgennemsvivning – der med tilfredsstillende resultat er an-vendt her i landet. Samtidig gøres der rede for, hvorledes disse metoder i de senere år er blevet modificerede under hensyn til en mere dybtgående erkendelse af årsagerne – deriblandt også skadelige alkalikiselreaktioner – til betons beskadigelse og forvitring. Vandgennemsvivningers dominerende betydning for denne forvitring fremhæves.

I videst muligt omfang er omtalt de senest tilkomne fremgangsmåder vedrørende sådanne istandsættelsesarbejder (Colcrete-, Prepakt- og Va-cuum-metoderne), selv om disse endnu kun i begrænset omfang er an-vendt her i landet.