

# Undersøkelser av Slemmestad Murcement

Av laboratoriesjef SVEN D. SVENDSEN  
Norges byggforskningsinstitutt

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



---

OSLO 1966

sg 691.54

S  
34

# Undersøkelser av Slemmestad Murcement



Sivilingeniør MNIF, Sven D. Svendsen, B.ing. 1947. Vit. ass. NTH 1947—49. Driftsing. v/ NBI's laboratorium i Trondheim 1949—59. Laboratoriesjef samme sted fra 1959.

De undersøkelser som er beskrevet i det følgende er utført av Norges Byggeforskningsinstitutt, Trondheim, for A/S Christiania Portland Cementfabrik. En generell orientering om murcement er tidligere offentliggjort i Betongen Idag, nr. 4, 1965, ss. 199—202.

## 1. Innledning.

De forsøkene som er beskrevet i denne rapporten, danner slutfasen i et større oppdrag NBI har utført for A/S Christiania Portland Cementfabrik. Hensikten med undersøkelsen har vært å klassifisere Slemmestad Murcement i forhold til de standardmørtler som er gitt i den norske standarden, NS 422A. På grunnlag av undersøkelsens første del har oppdragsgiver søkt om og fått departementets godkjenning til å bruke sin murcement i visse blandingsforhold i mørtler for muring og innvendig pussarbeid. Den primære hensikt med den siste del av undersøkelsen var å finne frem til blandingsforhold som egner seg i forbindelse med utvendig puss.

Forsøksprogrammet ble diskutert på et møte i Trondheim 6. jan. i fjor hvor laboratoriesjef O. P. Strand og murmester Antonsen var til stede. Under dette møtet ble det pekt på at de tidligere forsøk med Slemmestad Murcement tydet på at dette bindemidlet er av en bedre kvalitet enn de øvrige typer murcement som er på markedet i dag og at den langt overstiger de fasthetskrav som er foreslått i forbindelse med den norske murcemenstandarden. Som kjent godkjennes i dag en ren murcementmøtel M 1:4 (volumforhold) som likeverdig med standardmørtelen KC 50/50. Skal murcemennten brukes i mørtler som er likeverdig med de mer cementrike mørtlene, må man sette til vanlig portlandcement, altså operere med såkalte MC-mørtler. Dette gjelder også de godkjenninger oppdragsgiver har i dag for mørtler til muring og innvendig puss.

Man var på møtet enig om at den høyere kvaliteten

som Slemmestad Murcement viser, peker i retning av at M 1:4 med dette spesielle produktet kanskje måtte kunne rykkes en klasse opp i forhold til standardmørtlene og at denne mørtelen i så fall kunne likestilles med KC 35/65. For å bringe dette nærmere på det rene, måtte imidlertid forsøkene utvides betraktelig i forhold til hva man opprinnelig hadde tenkt seg. Utvidelsen gjaldt spesielt murverksforsøk. Man ble enig om et slikt program, og dette ble da senere bekreftet fra laboratoriets side i et brev av 11. januar d. å.

Det ble bestemt at man i alt skulle undersøke 5 ulike mørtler med disse blandingsforholdene:

M 1:4	som i forsøkene er kalt mørtel A.
MC 2:1:12	» » » » » B.
MC 1:1:7	» » » » » C.
MC 1:2:10	» » » » » D.
KC 35/65/520	» » » » » E.

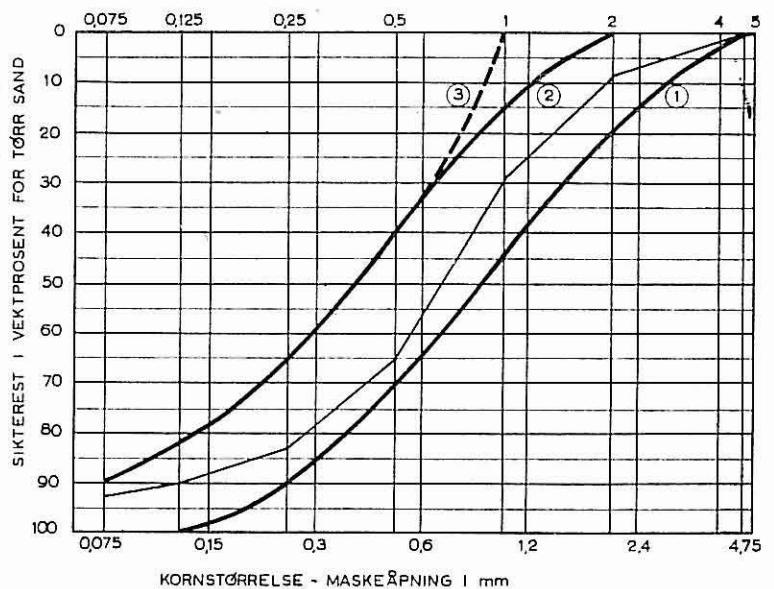


Fig. 1.

For de 4 første mørtlene er blandingsforholdet gitt i volumdel, mens mørtel E er gitt i vektdele. KC 35/65 var egentlig ikke med i programmet som ble stilt opp, men ved senere telefonsamtaler mellom laboratoriesjef Strand og NBI var det enighet om at denne mørtelen burde komme med som et sammenlikningsgrunnlag. Til gjengjeld skulle man sløyfe svinmålinger for mørtlene fordi verdien av slike målinger er temmelig tvilsom. Man regnet med at disse endringene arbeidsmessig sett ville gå opp i opp, slik at den avtalte pris fremdeles kunne holdes.

Forsøkene ble gjennomført i tidsrommet 15. januar—20. mars 1965.

## 2. Materialer brukt under forsøkene.

Det var opprinnelig meningen at man til forsøkene skulle ha brukt cement fra Christiania Portland Cementfabrik. Slik cement fantes imidlertid ikke i Trondheim da forsøkene tok til, og dette punktet ble ikke regnet for å være så viktig at man spesielt forsøkte å skaffe slik cement. I stedet ble det på det åpne marked kjøpt cement fra Nordland Portland Cementfabrik. Som tilslagsmateriale ble det brukt tørr, fraksjonert sand levert av Trondheim Mørtelverk. Disse fraksjonene ble satt sammen slik at man fikk siktekurvene som er vist i fig. 1, og som tilfredsstillte kravene i NS 422A.

Det er alltid visse vanskeligheter når man skal sammenlikne mørtler med blandingsforholdet gitt i volumdel med standardens mørtler som jo bygger på vektmåling. Dette blir gjort på laboratoriet ved at alle blandingsforhold blir regnet om til vektforhold etter følgende prinsipp: Bindemidlenes romvekter blir bestemt ved løs ifylling i kar som rommer ca. 50 liter. Ifyllingen blir utført på nøyaktig samme måte hver gang, og overskuddsmaterialer blir trukket av i plan med karetts overkant uten noen som helst form for komprimering. En tilsvarende romvektsbestemmelse kan ikke gjøres for sand fordi romvekten for dette materiale varierer enormt med vanninnholdet. Den tørre sanden som brukes på laboratoriet har f. eks. en romvekt på over 1,7 kg/dm<sup>3</sup>, og dette er selvsagt langt høyere enn de faktiske verdier man har ved naturfuktig sand. I stedet blir det på grunnlag av tidligere erfaringer antatt at 100 liter naturfuktig sand gjennomsnittlig inneholder 140 kg tørr sand. Dette er praktisk talt de samme tall som er brukt ved utregningen av tabellen i NS 422A. Til sammenlikning kan nevnes at de tilsvarende tall som brukes i de øvrige nordiske land, ligger noe lavere og varierer mellom 130 og 135 kg tørr sand pr. hl fuktig sand.

På grunnlag av dette kommer man frem til følgende verdier for delmaterialene:

Romvekt for murcement	1,15 kg/dm <sup>3</sup>
» » portlandcement	1,25 »
» » naturfuktig sand	1,40 »

Sammensetningen av de forskjellige mørtler ble regnet ut ved hjelp av disse verdiene slik det er vist i tabell I.

Som underlagsmaterialer ble det brukt gassbetongplater, betongplater og to typer teglstein. Gassbetongen hadde en romvekt på 0,5 kg/dm<sup>3</sup> og et fuktinnhold på ca. 2 vektprosent. Materialene hadde ligget lagret på laboratoriet i mer enn ett år. Platenes dimensjoner var dels 100x50x10 cm (brukt til slagregnforsøk og heftfasthetsmålinger) og 25x25x2½ cm (brukt til diffusjonsmålinger).

Betongplatene var fortausheller av kvalitet B 250 og dimensjon 80x50x4 cm, levert av et Trondheimsfirma. Den ene siden var støpt mot høvlet forskaling, og den ble brukt som heftflate under forsøkene. Betongens tørre romvekt var ca. 2,2 kg/dm<sup>3</sup>. Halvparten av platene hadde ligget lagret tørt i laboratoriet gjennom ca. 2 måneder, og deres gjennomsnittlige fuktinnhold var 1,6 vektprosent, — altså svært tørr betong. Den andre halvparten ble holdt neddykket i vann i 2 døgn og fikk deretter tørke i 2—3 timer. Fuktinnholdet var da 5,1 vektprosent.

Begge typer teglstein var massiv fasadestein levert av Strinden Teglverk, den ene klassifisert av verket som hardbrent og den andre som mellombrent. Undersøkelser som ble gjort, viste at begge typer hadde nokså store variasjoner i dimensjoner, romvekt og porøsitet. Deres minuttsuging ble bestemt som middel for 5 stein og var 20 g/dm<sup>2</sup> for mørk og 31 g/dm<sup>2</sup> for lys type. Etter norske forhold må begge typer regnes for å være sterkt sugende.

## 3. Den ferske mørtel.

Samtlige mørtler ble blandet i de satsstørrelser som er gitt i tabell I, altså med en konstant sandmengde på 80 kg. Blandemaskinen var en frittfallsblander av type Lescha, som i forhold til størrelse og blandingsprinsipp må sies å være meget god. Stivheten for samtlige mørtler ble justert ved hjelp av en Mo-måler, og kravet var at ingen mørtel fikk brukes utenfor området 15 Moslag ±2 (se fig. 2).

Etter at alle delmaterialer var satt til maskinen, ble det først blandet i 3 minutter. Deretter fikk mørtelen stå i ro i 15 minutter, og den ble så blandet i nye to minutter samtidig med at stivheten ble justert. Motall, luftinnhold, romvekt, vanntapstall og separasjon ble bestemt umiddelbart etter blandingen, og 1 time senere ble det foretatt en ny Mo-måling for å kontrollere om mørtelen hadde noen spesiell tendens til å stivne. Med denne mørtelsatsen ble alt pussarbeid utført.





Fig. 2. Bestemmelse av mørtelens stivhet (konsistens) ved hjelp av Mo-måler.

Ca. to timer etter første blanding ble det laget en ny sats med nøyaktig samme sammensetning (inkl. vannmengde) som den første, og også denne mørtelen ble kontrollert med Mo-måler. Denne satsen ble brukt til murung av pillarer og til heftforsøk med tegl.

Luftinnhold og vannutskillelse ble bestemt i henhold til reglene i den svenske murcementnormen. Vanntapstallet er et uttrykk for hvor lett mørtelen mister sitt vann ved avsuging med normerte trekk-papir i 2 minutter. Romvekten ble bestemt ved løst ifylling i et 10 l målekar av type Thaulow.

Etter at mur- og pussarbeidet var avsluttet, ble den enkelte mørtels bearbeidbarhetsegenskaper diskutert

Tabell I  
Oversikt over mørtler brukt under forsøkene.

Mørtel	Sammensetning i vektforhold	Sammensetning i volumforhold	Delmatr. pr. sats		
			M kg	C kg	S kg
A	M 100/510	M 1:4	15,6	—	80
B	MC 65/35/470	MC 2:1:12	11,0	6,0	80
C	MC 48/52/410	MC 1:1:7	9,4	10,2	80
D	MC 32/68/380	MC 1:2:10	6,6	14,3	80
E	KC 35/65/520	KC 1:1:7	5,4	10,0	80

med murer og laboratoriepersonalet ellers. På grunnlag av dette ble mørtlene gitt «karakter» i henhold til følgende tabell:

- 1— 2: Ubrukelige eller meget dårlige mørtler.
- 3— 4: Dårlige, men brukbare mørtler
- 5— 6: Middels gode mørtler
- 7— 8: Meget gode mørtler
- 9—10: Mørtler med spesielt god bearbeidbarhet

Forsøksresultatene er samlet i tabellene II og III. De taler i grunnen for seg selv. Det mest interes-

sante ved dem er vel at mørtel A, den rene murcementmørtelen, viser ualminnelig gode bearbeidbarhetsegenskaper. Murers bedømmelse er 10 — altså beste oppnåelige resultat — og det ble, da også uttalt at dette var en eksepsjonelt behagelig mørtel å arbeide med. Vannutskillelsen er meget liten, og vanntapstallet ligger på et meget rimelig nivå. Det er også grunn til å merke seg at ingen av mørtlene hadde tendens til å stivne i løpet av den første timen. Dette er ellers en svakhet som ikke er sjelden ved murcementmørtler.

Selv en meget moderat innblanding av cement har imidlertid fått mørtelen til å skifte karakter ganske sterkt. Dette kommer først og fremst til uttrykk i murerens bedømmelse som faller fra 10 til 7 og i separasjonstallet som nesten firedobles. Den vesentlige årsak til dette ligger nok i det forhold at cement-

Tabell II  
Egenskaper ved den ferske mørtel.

Mørteltype	Mo-tall	v/b-tall	Luft %	Romvekt
A	15	0,83	17,5	1,93
B	14	0,81	12,0	2,01
C	15	0,71	12,5	2,05
D	16	0,68	10,5	2,07
E	14	1,07	5,0	2,14

Tabell III  
Mørtelens bearbeidbarhet

Mørteltype	Økning i Mo-tall	Vanntapstall i g	Separasjon i ml	Murers bedømmelse
A	5	6,4	1,7	10
B	6	6,8	6,3	7
C	4	6,9	4,4	7
D	5	6,2	3,2	6
E	4	9,2	9,5	5

tilsetningen fører med seg en ganske radikal reduksjon i luftinnholdet. Dette er en helt annen utvikling enn den en er vant til fra svenske murcement. Der er det funnet relativt konstante luftmengder selv om cementtilsetningen blir ganske stor, og bearbeidbarhetsmessig er ofte svenske MC-mørtler vel så gode som M-mørtler.

Alt dette peker i retning av at det er ønskelig å utnytte Slemmestad Murcement så langt det lar seg gjøre i rene M-mørtler.

#### 4. Mørtelens tetthet mot slagregn.

Som tidligere nevnt ble slagregnforsøkene utført på prøvestykker av gassbetong med dimensjon 100x50x10 cm. For hver mørtel ble det pusset to plater. Platene sto fastspent i vertikale stativ, og dagen før pussing ble de børstet, fuktet og grunnet med mørtel C 100/250. Mørtelen hadde konsistens som tykk velling og ble påført med kost. Pussmørtelen

ble kastet på med skje, trukket av etter lirer slik at tykkelsen ble nærmest konstant og lik 10 mm, og brettskurt.

Neste morgen ble pussen grundig vannet, og slik vanning ble senere foretatt to ganger pr. dag i de første 4 døgn. Mørtelen fikk ellers — slik det er vanlig ved den slags forsøk — herdne i vanlig laboratorieluft med temperatur ca. 20°C. Akkurat i den første herdetiden ble det imidlertid en kraftig kuldebølge som førte til at luftens R.F. innendørs sank helt ned i 25 %. Dette er ikke normale herdningsbetingelser, og det er ingen tvil om at pussen fikk en alt for rask og sterk uttørring, men forholdet ble dessverre ikke oppdaget før det var for sent. Resultatet var at det ble dannet ganske kraftige svinnriss i platene B II og C II, og en må gå ut fra at all pussmørtel ble noe mer porøs enn den skulle ha vært.

Etter 28 døgns herdning ble platene kantbehandlet med asfalt og satt på plass i laboratoriets slagregnskap. De ble der utsatt for påkjenninger i henhold til følgende skjema:

1. 5 timer med full slagregnpåkjening, dvs. overtrykk 75 mm VS og påsprøytet vannmengde ca. 10 l/m<sup>2</sup>h.
2. 5 timer kraftig uttørring med tørr luftstrøm langs pussflatene.
3. 36 timers kontinuerlig kjøring som i pkt. 1.

Før og etter kjøring ble platene veiet, slik at inn-trengt vannmengde kunne måles. Etter at forsøket var ferdig, ble de dessuten delt i vannrette striper slik at fuktfronten kunne kartlegges. Resultatene er gitt i tabell IV og i figurene 3—12.

Tabell IV  
Mørtelens slagregntetthet.

Mørteltype	Prøvest. vektøkning i %			Inntrengn. i cm
	I	II	Middel	
A (M 100/510)	17,2	19,2	18,2	4,5
B (MC 65/35/470)	6,6	14,5	10,5	2,5
C (MC 48/52/410)	16,3	22,4	19,4	5,0
D (MC 32/68/380)	20,6	17,7	19,2	4,5
E (KC 35/65/520)	28,2	29,2	28,7	7,0

Resultatene må betegnes som endel dårligere enn ventet, noe som ganske sikkert skyldes de uheldige herdebetingelsene. Ved å sammenlikne med resultatene for mørtel E, som er meget godt kjent fra tidligere forsøk, kan man allikevel trekke visse konklusjoner. Hverken mørtel A eller mørtel E hadde noen synlige svinnriss, og de ble herdnet og prøvet under helt like forhold. Man kan derfor trygt slå fast at den rene murcementmørtelen er betydelig tettere enn KC 35/65, — noe som er ganske overraskende. Det er også tydelig at mørtel B er enda en god del tettere. Selv etter den uheldige herdningen og til tross for at en av B-platene hadde svinnriss,

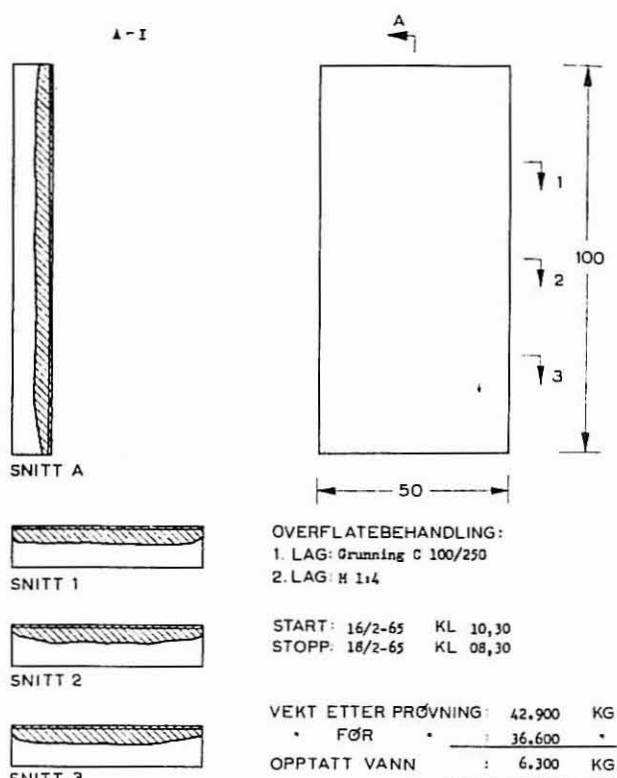


Fig. 3.

viste denne mørtelen en tetthet som bare er ubetydelig dårligere enn man normalt kan vente av en uaktivert C 100/330 etter NS 422A.

Mørtlene C og D ga praktisk talt samme resultater som mørtel A. Disse to mørteltypene har relativt høyt cementsinnhold, og det er derfor naturlig at de har lidt mer under den tørre herdeluften enn

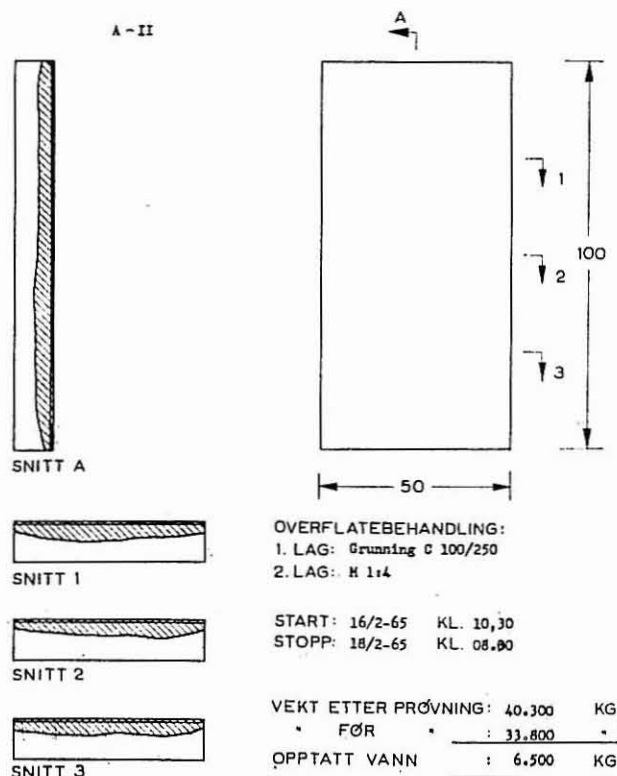


Fig. 4.

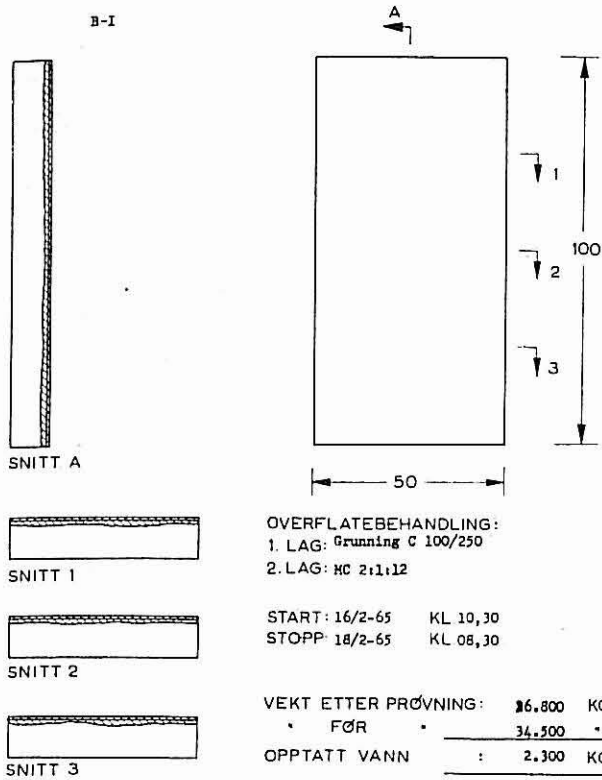


Fig. 5.

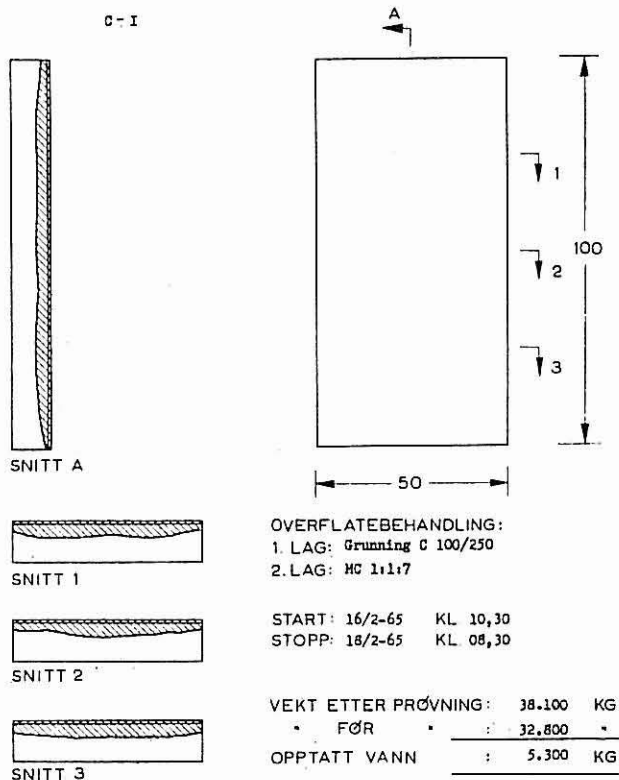


Fig. 7.

de øvrige mørtlene. Det er imidlertid liten grunn til å tro at de, selv med god herdning, ville vist større tetthet enn mørtel B.

Alt i alt må man kunne konkludere med at slagregnforsøkene ga positive resultater for murcemen-ten, og de synes å tyde på muligheter for den rene M-mørtel som er bedre enn det man på forhånd hadde trodd.

### 5. Mørtelens diffusjonsegenskaper.

Før diffusjonsforsøkene ble brukt de små yting-platene med dimensjon 25x25x2,5 cm. Prøvestykkene ble børstet, fuktet, grunnet, pusset og lagret samtidig med og på nøyaktig samme måte som slagregnfeltene. Før forsøkene tok til, ble det av hver plate skåret ut en sirkulær skive med diameter 17 cm.

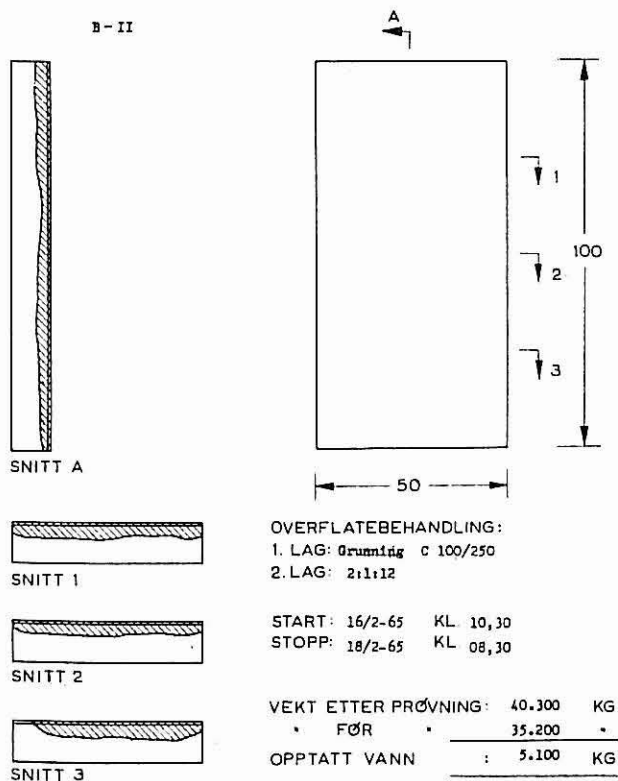


Fig. 6.

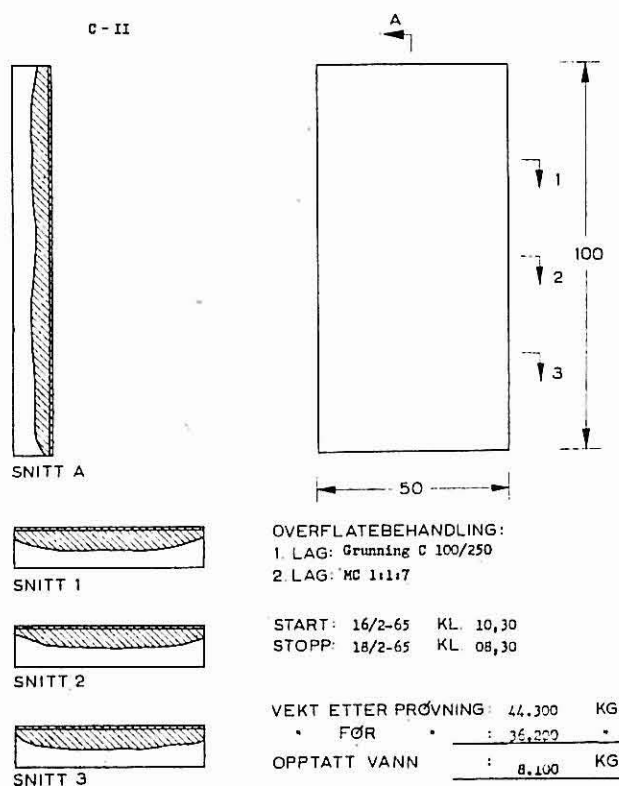


Fig. 8.

Dette fjernet eventuelle feil i pussen, som lett kan oppstå langs platekanten under pussarbeidet.

Vandampgjennomgangen ble undersøkt ved boksmetoden under konstante temperatur- og fuktforhold. Etter denne metoden blir prøvestykkene lagt som lokk på åpne bokser og forseglet damp tett mot bokskanten. I bunnen av boksen er det anbrakt en overmettet saltløsning som holder damptrykket inne i boksen på et bestemt, konstant nivå så lenge temperaturen er konstant. Boksene med prøvestykkene ble plassert i et klimarom hvor luftens temperatur og relative fuktighet var holdt konstant på henholdsvis 21,7°C og 76 % R.F.

Under forsøkene var R.F. over saltløsningen ca. 33 %, slik at damptrykkforskjellen over prøvestykket ble omkring 8,3 mm Hg. Damp fra romluften difunderte derfor gjennom prøvestykkene og inn i boksene slik at vekten øket. Boksene ble veiet regelmessig og vektkurven tegnet opp avhengig av tiden. Resultatene er satt opp i tabell V, og det er her regnet ut omtrentlige diffusjonstall for pusslaget uten gassbetong og grunning. Dette er mulig fordi det ble kjørt blindprøver med henholdsvis ubehandlet og grunnet gassbetong. Den ubehandlede gassbetongen hadde en diffusjonsmotstand på ca. 1,0 m<sup>2</sup>h mmHg/g.

Resultatene er ganske normale og stemmer godt med tidligere forsøk. Diffusjonstallene er imidlertid en tanke høyere enn hva man gjennomsnittlig pleier å få, og dette tyder også på at porositeten har vært

Tabell V  
Mortelens diffusjonstetthet.

Morteltype	Diff.motstand m <sup>2</sup> h mmHg/g		Diff.tall g/m <sup>2</sup> h mmHg	
	I	II	III	IV
A (M 100/510)	4,60	3,60	0,28	0,33
B (MC 65/35/470)	4,60	3,60	0,28	0,33
C (MC 48/52/410)	4,36	3,36	0,30	0,36
D (MC 32/68/380)	4,58	3,58	0,28	0,33
E (KC 35/65/520)	2,92	1,92	0,52	0,74
Grunning (C 100/250)	1,57	0,57	0,18	—

Kolonne I:

Midlere diff.motstand for gassbetong, grunning og puss.  
Kolonne II: Midlere diff.motstand for grunning og puss.  
Kolonne III: Midlere diffusjonstall for grunning og puss.  
Kolonne IV: Midlere diffusjonstall for puss alene.

relativt stor. Dette vil imidlertid ikke gi på langt nær så sterke utslag ved diffusjonsforsøk som ved slagregnforsøk.

### 6. Mortelens hefffasthet.

Hefffastheten ble undersøkt i forbindelse med gassbetong, grunnet og ugrunnet tørr og våt betong samt mørk og lys fasadestein. For gassbetongens vedkommende ble målingene gjort på slagregnplatene etter at de var kjørt, veiet og oppdelt.

Av betongplatene ble det for hver mørtel brukt to tørre og to våte plater. Halvparten av hver plate ble grunnet med C 100/100, mens den annen halvpart fikk stå ubehandlet. Mellom grunning og pus-

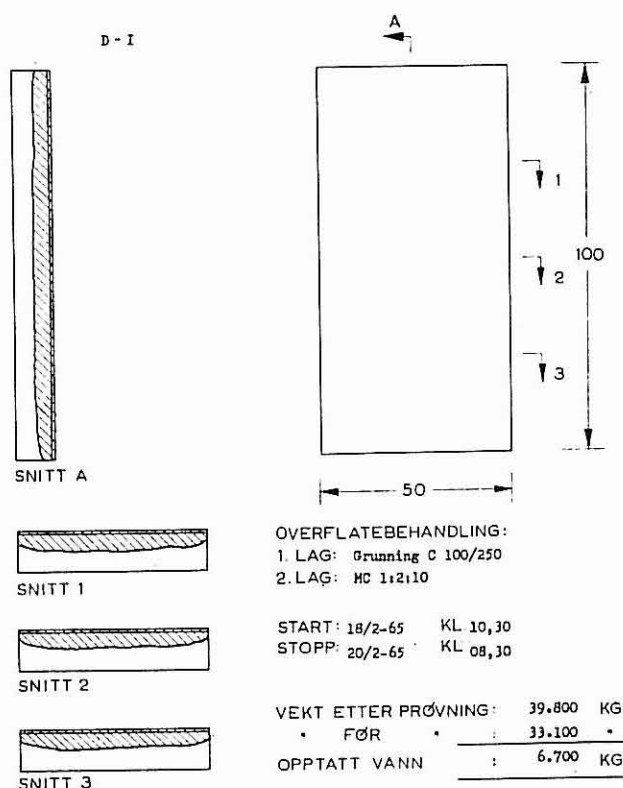


Fig. 9.

Fig. 10.



sing gikk det 20 timer, og i denne tiden var de våte platene dekket med plastfolie. Pussarbeidet ble ellers gjennomført nøyaktig slik det er beskrevet for gassbetongplatene.

Teglforsøkene ble utført på en annen måte. En teglstein ble lagt på gulvet, og et gasbind ble anbrakt på den øvre liggeflaten. Deretter ble mørtelen lagt på i vanlig fugetykkelse (ca. 12 mm) nøyaktig som ved vanlig muring, og på denne ble det lagt en stein i direkte kontakt med mørtelen. Dette gjentok seg til pillaren hadde 5 mørtelfuger (6 skift). Til slutt ble det anbrakt en belastning på 3 stein på «pillaren». Steinen ble ikke fuktet før muring eller i herdetiden, og pillaren sto i samme rom som slagregnplatene.

Gassjiktets oppgave var å bryte forbindelsen mellom mørtelen og underliggende stein, og pillarene kunne derfor lett plukkes fra hverandre før prøvning. Av hver steintype og hver mørtel fikk man på den måten 5 teglstein med et mørtellag på den ene siden.

Ved samtlige heftfasthetsprover ble det først boret sirkulære spor med diameter 8 cm gjennom puss og eventuelt grunning og et lite stykke inn i underlagsmaterialet. På de utskårede mørtelflatene ble det deretter limt aluminiumsbrikker med samme diameter, og disse ble så strukket til brudd med et rent sentrisk strekk (fig. 13). Heftfastheten i  $\text{kp/cm}^2$  ble notert og bruddets karakter angitt etter følgende nøkkel:

- A: Brudd i underlagsmaterialet.
- B: Brudd i puss eller grunning.
- C: Rent heftbrudd mellom puss og grunning.
- D: Rent heftbrudd mellom mørtel og underlag.

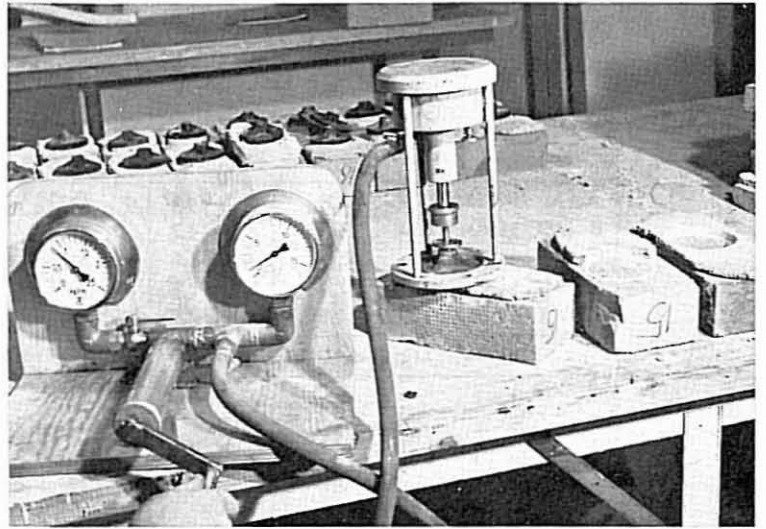


Fig. 13. Heftfasthetsprobe.

Resultatene er samlet i tabellene VI og VII og gir gjennomsnitt av 6 enkeltprøver på gassbetong, 4 på betong og 5 på tegl. Ved forsøkene med tegl er det tatt hensyn til de store påkjenninger boringen fører med seg. Der prøven løsnet mens den ble boret ut, er det anført heftfasthet  $0,5 \text{ kp/cm}^2$ . Erfaring viser nemlig at man ved disse forsøkene alltid finner heftfasthet høyere enn dette hvis prøven holder under sporfresingen.

På ugrunnet betong er resultatene overraskende gode. Dette er regnet for et vanskelig underlag hvor nettopp murcementmørtler ofte gir særlig dårlige resultater. Både på tørt og vått underlag har imidlertid mørtel A høyere heftfasthet enn mørtel E. Det er

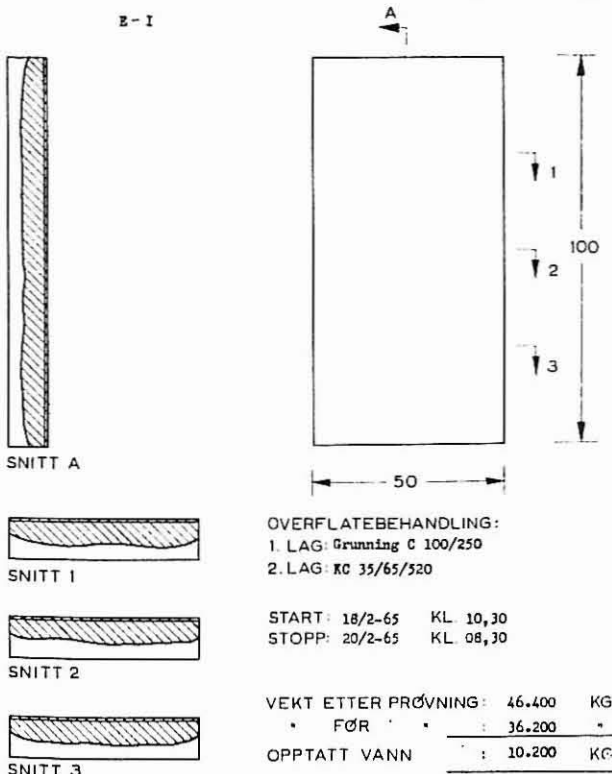


Fig. 11.

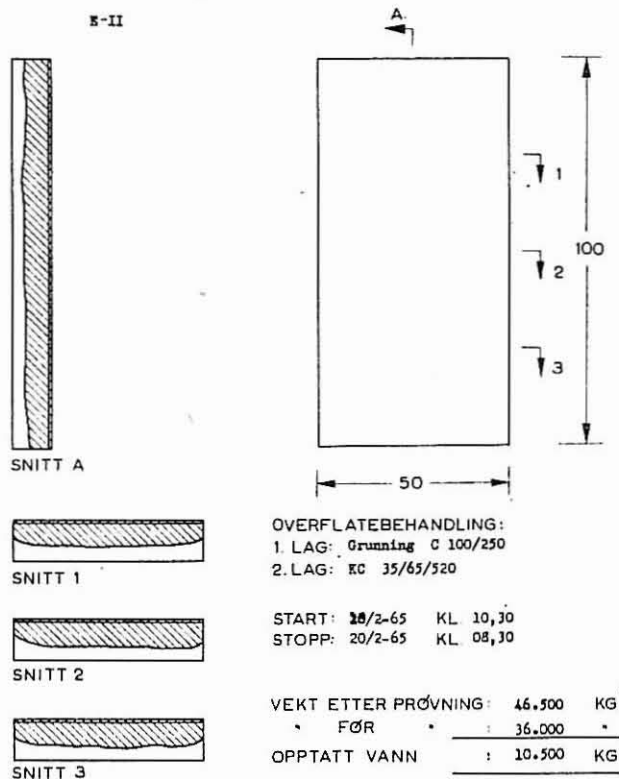


Fig. 12.

Tabell VI  
Heftfasthet til betong.

Mørtel	Heftfasthet, kp/cm <sup>2</sup>		Bruddtype
	Middel	«Range»	
Ugrunnet, tørr betong			
A (M 100/510)	2,8	0,7—4,4	D
B (MC 35/65/470)	3,5	2,4—4,7	»
C (MC 48/52/410)	2,5	0,2—4,7	»
D (MC 32/68/380)	2,4	1,9—2,8	»
E (KC 35/65/520)	1,8	0,4—2,9	»
Ugrunnet, våt betong			
A	1,6	0,5—2,8	D
B	0,7	0,4—1,0	»
C	3,1	2,3—4,2	»
D	3,9	0,3—7,7	»
E	1,4	0,9—2,2	»
Grunnet, tørr betong			
A	7,6	5,5—10,7	B
B	10,8	9,1—14,8	»
C	7,8	4,7—10,6	»
D	4,1	1,7— 5,4	B og C
E	2,9	2,7— 3,3	B
Grunnet, våt betong			
A	6,5	5,2— 8,4	B
B	8,7	6,7—10,2	»
C	7,8	5,0—10,4	»
D	8,7	5,8—12,7	»
E	2,8	2,4— 3,5	»

imidlertid karakteristisk at man ved samtlige prøver på dette underlaget fikk helt rene brudd, dvs. mørtelen glapp fra betongen lenge før dens strekkfasthet var nådd.

På grunnet betong og på gassbetong ble det så å si uten unntak brudd i selve mørtelen, og tallene gir derfor i virkeligheten mørtelens strekkstyrke. Her er det en forbausende stor forskjell på mørtlene A og E. Resultatene tyder faktisk på at M-mørtelen har en enda større «praktisk» fasthet enn den man finner ved undersøkelse av prismet.

På teglstein ble det imidlertid et negativt utslag for mørtel A, og det ser ut som om denne mørtelen, i likhet med annen murcementmørtel, har vanskelig for å få god heftfasthet i sterkt sugende underlag.

#### 7. Mørtelens fasthet.

Forsøkene ble gjennomført etter de regler som er gitt i den svenske murcementnormen, altså med prismet 2,5 · 2,5 · 17 cm, trekkpapir over og under formen og avforming etter 3 timer. Det ble undersøkt to parallelle serier, en herdnet over vann ved ca. 96 % R.F. og en herdnet sammen med de øvrige prøvestykkene. Fastheten ble bestemt etter 28 døgn i en 500 kg trykkmaskin type Frank og i et Houndsfield Tensometer. I tillegg til trykk- og bøyestrek-

Tabell VII  
Heftfasthet til gassbetong og tegl.

Mørtel	Heftfasthet, kp/cm <sup>2</sup>		Bruddtype
	Middel	«Range»	
Grunnet gassbetong			
A (M 100/510)	7,0	6,2—7,5	A
B (MC 35/65/470)	6,8	6,0—7,7	»
C (MC 48/52/410)	7,1	6,4—7,5	»
D (MC 32/68/380)	7,0	6,7—7,4	»
E (KC 35/65/520)	3,9	3,7—4,3	B
Lys tegl			
A	0,5	0,5—0,5	D
B	0,5	0,5—0,5	»
C	0,5	0,5—0,5	»
D	0,5	0,5—0,5	»
E	0,5	0,5—0,5	»
Mørk tegl			
A	0,5	0,5—0,5	D
B	1,1	0,5—2,0	»
C	1,2	0,5—2,4	»
D	2,6	0,5—4,3	»
E	2,1	1,5—2,7	»

fasthet ble også spaltestrekfastheten bestemt. Resultatene er samlet i tabell VIII.

Fasthetene er meget høye, og det forbausende er at dette også gjelder for de prismene som ble herdnet i den tørre luften. Tabellen viser også at mørtel A ligger et godt stykke høyere enn mørtel E ved samtlige forsøk.

Overensstemmelsen med de forsøk som er gjort på Slemmestad med samme parti murcement og med normalsand, er meget god.

#### 8. Murverksfasthet.

Av hver mørteltype ble det murt to pillarer i mørk fasadestein med dimensjoner 1-stein x 1-stein x 100 cm. Muringen foregikk på en planslipt stålplate, og det første skift ble lagt på platen i cementmørtel C 100/300. På toppen ble pillaren rettet av med den samme mørtelen, og den ble deretter lagret i vanlig laboratorieluft i 28 døgn.

Prøvningen foregikk på NTH's Materialprøvningsanstalt i en 500<sup>c</sup> presse med innstilling 100<sup>c</sup>. Deformasjonene under belastning ble bestemt med måleur på begge sider av pillarene (se fig. 14), og samtlige søyler ble kjørt til brudd. Resultatene som gjennomsnitt av sammenhørende pillarer er gitt i tabell IX og i fig. 15.

Også ved disse forsøkene viste M- og MC-mørtlene atskillig høyere heftfasthet enn mørtel E. Forskjellen var antakelig blitt enda større dersom ikke murcementmørtlene hadde fått heftbrudd på et betydelig tidligere stadium enn KC-mørtelen. Dette har nok i særlig sterk grad gått ut over B-pillarene.

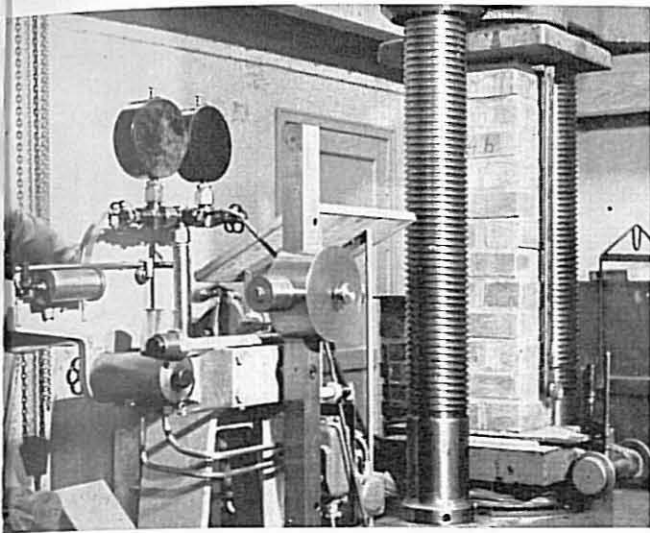


Fig. 14. Måling av deformasjonene under belastning.

Bruddtypen var ellers den samme ved alle pillarer og kom på grunn av strekkbrudd i steinen.

### 9. Konklusjon.

Forsøkene har vist at Slemmestad Murcement i likhet med annen murcement har et svakt punkt: heftfastheten mellom mørtel og sugende underlag går ned. Dette skyldes sannsynligvis luftporemengden som både reduserer aktiv kontaktflate, og som fører til at fukttransporten inne i den ferske mørtel går tregere. Dersom det i KC-mørtelen var blitt brukt kalk tilsatt et luftporedannende stoff — noe som blir mer og mer alminnelig, — ville ganske sikkert også denne mørtelen hatt den samme svakheten.

På alle andre punkter viste imidlertid Slemmestad Murcement betydelig bedre egenskaper enn den murcement som er på markedet i dag. Den rene M-mørtel var også kvalitetsmessig bedre enn KC 35/65, —

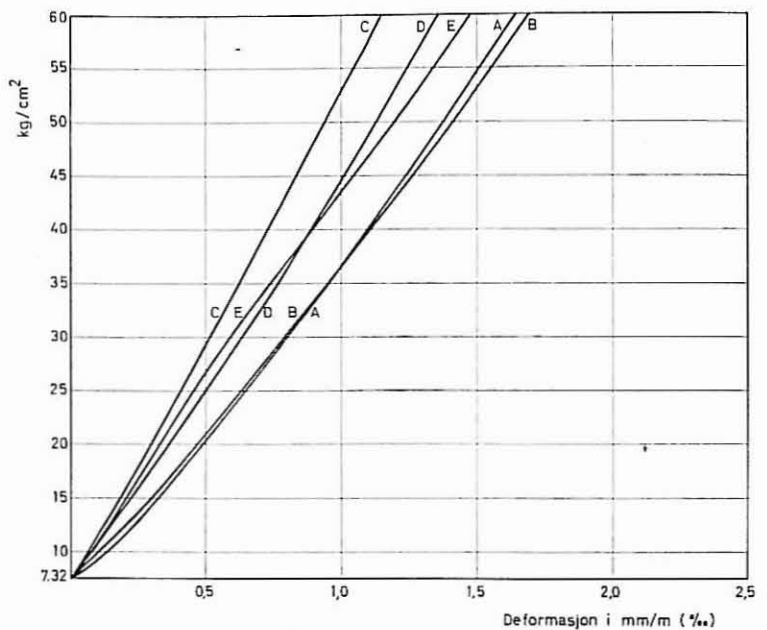


Fig. 15.

og til tross for lavere heftfasthet ga den høyere murverksfasthet. Det er derfor liten tvil om at den, både som mur- og pussmørtel, minst bør sidestilles med denne standardmørtelen.

På grunnlag av forsøkene mener NBI at følgende sammenlikning mellom standardmørtler og mørtler med Slemmestad Murcement er rimelig:

K 100 og KC 50/50 må kunne erstattes med M 1:5  
 KC 35/65 » » » » M 1:4  
 KC 20/80 og C 100 » » » » MC 1:1:7

Denne sammenlikningen skulle holde stikk både når det gjelder muring og pussing.

Ved pussarbeider, og i et hvert fall ved all utvendig puss, må det forutsettes tynngrunning. Etter instituttets mening er dette et krav som *alltid* burde stilles i forbindelse med mur- og pussmørtler.

Tabell VIII  
 Mørtelens bøystrekkfasthet, spaltstrekkfasthet og trykkfasthet.

Mørteltype og lagring	Bøystrekkfasthet kp/cm <sup>2</sup>		Spaltstrekkfasthet kp/cm <sup>2</sup>		Trykkfasthet kp/cm <sup>2</sup>	
	Middel	«Range»	Middel	«Range»	Middel	«Range»
A — 96 %	39,6	36,6—43,3	46,3	44—50	173	155—204
» — Lab.luft	44,3	42,7—47,0	40,5	38—47	153	134—178
B — 96 %	45,0	41,7—47,5	51,7	46—56	208	200—211
» — Lab.luft	45,8	41,7—49,0	46,4	44—50	178	174—187
C — 96 %	52,1	49,0—55,0	69,8	66—73	246	183—288
» — Lab.luft	57,4	53,2—60,4	58,0	52—62	225	216—240
D — 96 %	50,0	47,5—54,7	74,5	72—76	313	298—320
» — Lab.luft	57,6	55,8—60,5	59,4	54—64	228	205—253
E — 96 %	35,5	34,8—36,6	37,3	34—46	134	126—149
» — Lab.luft	36,9	35,2—39,4	31,3	28—36	119	94—134

Tabell IX  
 Trykkforsøk med pillarer.

Pillar mrk.	Bruddfasthet i kp/cm <sup>2</sup>	Sammentrykning i mm/m ved kp/cm <sup>2</sup>										
		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
A	125,1	0,14	0,32	0,49	0,65	0,81	0,96	1,00	1,24	1,38	1,51	1,65
B	119,5	0,11	0,30	0,48	0,65	0,81	0,96	1,10	1,26	1,40	1,55	1,69
C	143,0	0,07	0,18	0,30	0,41	0,53	0,63	0,73	0,83	0,93	1,02	1,14
D	146,5	0,08	0,22	0,36	0,50	0,63	0,77	0,90	1,02	1,13	1,23	1,36
E	106,5	0,08	0,21	0,33	0,46	0,59	0,74	0,90	1,05	1,19	1,34	1,47