

**Undersøgelser vedrørende Styrkeprøver for Portlandcement**

**A.F Andersen**

**Tidsskrifter**

**Den Tekniske Forenings Tidsskrift. 1880-81**

**1881**

1880-81

## B. Bolværk med Træankre.

Tømmer, Planker . . . . .	Kr. 54.79
Bolte . . . . .	— 7.80
Søm, Ringe, Tjære m. m. . . . .	— 1.60
Arbejdsløn . . . . .	— 10.97

eller pr. lbd. Alen Kr. 75.16

Det vil ses heraf, at Anvendelsen af Jærnforankring i det foreliggende Tilfælde har medført en Besparelse af c: 17<sup>o</sup>/<sub>o</sub>.

Foruden den her omtalte større Konstruktion have vi haft Lejlighed til samme Steds at anvende en mindre paa 7 Fod Vand. Her er, som Fig. 2 viser, det forreste Stræktømmer lagt udvendig, og Boltene førte igjennem

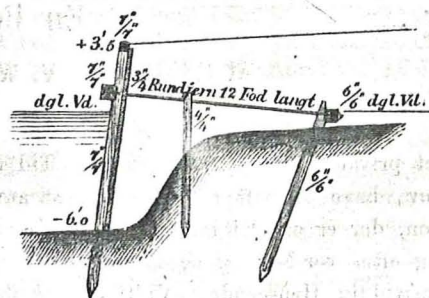


Fig. 2.

Hjærtepælene og dette Tømmer, idet de tillige tjene til at holde dette paa sin Plads. I øvrigt er Konstruktionen væsentlig den samme.

## Undersøgelser vedrørende Styrkeprøver for Portlandcement.

Af Premierlieutenant i Ingeniørkorpset A. F. Andersen.

Efter at den tekniske Forening i Foraaret 1878 havde vedtaget Bestemmelser for ensartet Levering og Undersøgelse af Portlandcement, blev der ved Ingeniørkorpset indrettet de fornødne Lokaler og anskaffet Apparater til Udførelse af Undersøgelserne efter de nye Regler.

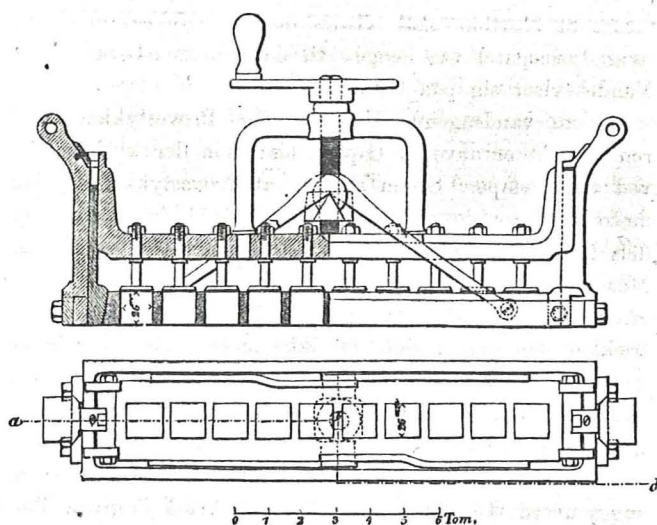
For at man kunde være sikker paa, at de ved Styrkeprøverne indvundne Resultater egnede sig til Maalestok for Cementens Godhed, blev det imidlertid anset for nødvendigt at anstille en Række Forsøg, der skulde konstatere, dels hvorvidt de nye Apparater vare paalidelige, dels om de i Bestemmelserne indeholdte Regler vare tilstrækkelig udtømmende, og endelig om Reglerne fastsatte den absolut bedste Fremgangsmaade. Det maa her erindres, at samtlige Bestemmelser for Anstillelsen af Knusningsprøver vare vedtagne, uden at det havde været muligt forud at undersøge Methodens Brugbarhed. Det er Resultatet af disse Undersøgelser — som have omfattet Prøvning af c. 13 000 Prøvestykker —, der i det efterfølgende skal gives Meddelelse om.

### Prøvestykkernes Forarbejdelse.

Tærningerne til Knusningsprøven ere dannede i et Apparat af den Form, som er angivet i dette Tidsskrifts 1ste Aargang Pag. 99. Apparatet havde oprindelig ganske den Konstruktion, som er fremstillet der; men det viste sig temmelig hurtig, at nogle mindre Forandringer maatte foretages. Naar Formhullerne vare

fyldte med sandblandet Mørtel, var det nødvendigt at udføre en temmelig betydelig Kraft paa Vægtstængerne, som løftede Formklodsens, indtil Stemplerne havde faaet knust de enkelte Sandkorn, som trængte sig ind mellem Stemplet og Formhullets Kanter, medens Bevægelsen blev meget let, saa snart den nævnte Hindring var overvunden. Paa Grund heraf blev Bevægelsen ujævn, hvorved Apparatet dels fik Tilbøjelighed til at forskyde sig paa Underlaget, hvad der bevirkede, at Tærningerne bleve skæve, dels fremstod der en Rystelse, naar Formklodsens med Fart naaede sin øverste Stilling, hvor den pludselig stoppede, og denne Rystelse indvirkede skadelig paa Sammenhængen af Mørtelmassen i Tærningerne. I Stedet for Vægtstængerne er der derfor blevet anvendt en Skrue for at tilvejebringe Bevægelsen. Som hosstaaende Tegning viser, er Skruen anbragt oven paa Stempelbæreren med et Fodleje i denne, medens den støttes for oven ved at gaa igjennem et Hul i Bærerens Haandtag. Paa Skruen findes en Vingemøtrik. Omkring Møtrikkens Vinger kunne 4 Kroge gribe, som ere anbragte ved Formklodsens Ender. Naar Skruen drejes rundt, løftes Vingemøtrikken i Vejret og tager derved Formklodsens med. Saasnart Krogene, efter at Formen er taget bort fra Tærningerne, bringes ud af Indgribning med Møtrikken, kan Stempelbæreren løftes af.

Samtidig med denne Forandring bleve de to smaa Stilleskruer fjærnedes, som, for at tilvejebringe en passende



Stilling for Stemplernes Underflader over Mørteltærningerne, vare anbragte ved Stempelbærerens Ender, og i Stedet derfor blev det indrettet saaledes, at Bæreren altid maa staa i samme Højde. Det viste sig nemlig, at det frembød uovervindelige Vanskeligheder, at faa Manden, som dannede Prøvestykkerne, til at have sin Opmærksomhed tilstrækkelig henvendt paa disse Skruer, og var Stemplernes Stilling for lav, bleve Tærningerne trykkede sammen, saa at de bulnede ud paa den Del, som først blev fri af Formen, var Stillingen for høj, bleve Tærningerne i tilsvarende Grad forlængede.

Ved de oven for beskrevne Forandringer er det opnaaet, at saa at sige aldrig nogen Formning mislykkes. At faa Tærninger, der havde alle Flader fejlfri, lykkedes dog først, efter at det var bleven indført at anbringe en Strimmel olieret, tyndt Avispapir mellem Tærningernes Overflade og Stemplerne. Naar da Formen løftes, skjærer Stemplets Kanter Papiret i Stykker, saa at Stemplets Underflade nøjagtig dækkes deraf, og det olierede Papir forhindrer Mørtelen i at hænge ved, hvad der ellers er vanskeligt at undgaa.

Efter at Formen er borttaget, maa Prøvestykkerne behandles meget varsomt. De dannede Tærninger have nemlig paa Grund af det til Mørtelen anvendte grove Sand saa ringe Sammenhængskraft, at det mindste Stød, eller blot det, at man skyder Pladen, hvorpaa de staa, ind paa en Hylde, er tilstrækkeligt til at bringe dem til at synke sammen, saa de bulne ud for nedden. Jo magrere Mørtelen er, desto mindre er Sammenhængskraften. Tærninger af 1 C. + 3 S. ere ikke saa vanskelige at behandle, men de af 1 C. + 6 S. og 1 C. + 9 S. maa med den største Omhu fries for Stød og Rystelser.

Tærningerne af sandblandet Mørtel bleve i Begyndelsen dannede ganske paa den i Bestemmelserne angivne Maade; ved at trykke Mørtelen først svagt, senere stærkere i Formen. Det varede dog ikke længe, før Resultaterne af Styrkeprøverne henlede Opmærksomheden paa, at de to yderste Tærninger af hver Formning vare paafaldende svagere end de øvrige, og det antoges, at Grunden dertil var den, at Manden, som dannede Tærningerne, havde større Vanskelighed ved at komme til at udøve Trykket paa disse, end paa de øvrige Tærninger, fordi Formens Opstandere vare ham til Hinder. Efter at han var bleven underrettet om den gjorte Iagttagelse, bleve de yderste Tærninger lige saa meget stærkere, som de før havde været svagere end de øvrige.

For nærmere at undersøge, hvilken Indflydelse Indvidet kan faa paa Prøvestykkernes Styrke, naar Mørtelen presses med Haanden, blev der af 1 C. + 3 S. dannet Tærninger af 2 forskellige Mænd. Ved Prøven efter 28 Dages Forløb beholdtes som Middeltal af henholdsvis 100 og 70 Prøvestykker 94.1 og 75.4 Kgr. pr.  $\square$  cm.

Det var hermed givet, at Trykket med Haanden ikke burde anvendes ved Forarbejdelsen af Tærningerne, og der blev derfor indrettet et Vægtstangsapparat til at besørge denne Del af Fabrikationen. — Apparatet bestaar af en 40" lang enarmet Vægtstang, der drejer sig om en 14" lang Bolt, langs hvilken den kan forskydes. Paa Vægtstangens yderste Ende findes en Krog til Paahængning af et Lod, og 4" fra Omdrejningsaxen er anbragt en Klods — af en Legering af Bly og Zink —, som passer efter Formens Huller. Formen stilles, naar den er fyldt med Mørtel, saaledes, at Vægtstangens Trykklods, efterhaanden som Stangen forskydes paa Boltens, kan komme til at trykke paa Mørtelen i de forskellige Formhuller.

Hvilken Indflydelse det udøvede Tryk har paa Tærningernes Styrke, vil ses af neden staaende Tabel, hvor Middeltallene af Forsøgsresultaterne ere angivne for udførte 7 Dages Prøver med Tærninger af 1 C. + 6 S.

Trykkets Størrelse.	Kgr. pr. $\square$ cm.
800 $\bar{a}$	22.5 (50)
250 —	17.9 (50)
200 —	15.4 (100)
100 —	13.8 (40)

Her som i det følgende er Antallet af Prøvestykker, hvormed Forsøget er udført, angivet ved det i Parenthes opførte Tal.

Ved Fortsættelsen af Forsøgene, efter at Trykapparatet var bleven prøvet, er der stadig bleven anvendt 200  $\bar{a}$

Tryk paa hver Tærning, dels fordi der opnaas tilstrækkelig Easartethed med dette Tryk, dels fordi Apparatet er mindre let at arbejde med, naar Vægten bliver altfor stor. Tærningerne udsættes kun et Øjeblik for Trykket.

Den Maade, paa hvilken Mørtelen er anbragt i Formen, inden den komprimeres, spiller ogsaa en vis Rolle. Presses Mørtelen i Formhullerne med Haandens Tryk, inden Vægtstangen kommer til at virke, blive Tærningerne stærkere, end om Mørtelen fyldes løst i. Ved 7 Dages Prøver for Tærninger af 1 C. + 6 S. have de, der vare fremstillede paa først nævnte Maade, givet som Middeltal af 150 Prøver 26.9 Kgr. pr.  $\square$  cm., de andre derimod kun 21.7. Dette er saa meget mærkeligere, som det ikke har nogen Indflydelse paa Styrken, om man, først naar Formen er halvfylt, og dernæst igjen naar den er helfylt, komprimerer Mørtelen med 200  $\mathcal{N}$  Tryk, som jo langt maa overgaa det, der kan tilvebringes med Haanden. Imidlertid have de anstillede Forsøg stadig faaet et saa overensstemmende Udfald, at der ingen Tvivl kan næres.

Stenene til Sønderrivningsprøven ere dannede i de af Dr. Michaelis konstruerede Former, som i enhver Henseende have vist sig særdeles praktiske; der behøves forholdsvis kun ringe Øvelse for at kunne fremstille brugbare Sten.

Fremgangsmaaden ved Forarbejdelsen af Stenene af sandblandet Mørtel synes dog at være mindre heldig, da Prøvestykkernes Styrke for en Del er afhængig af den Kraft, hvormed Mørtelen presses i Formen, og dette ikke sker ved mekaniske Hjælpemidler. Herved faar den Person, som danner Prøvestykkerne, en saadan Indflydelse paa deres Styrke, at man næppe vil kunne drage Paralleler mellem Forsøg anstillede paa forskellige Forsøgstationer.

Ved Stenenes Dannelse kan man ikke, som ved Tærningerne, med Udsigt til noget gunstigt Resultat, anvende Kompression ved Vægtstangsapparat, idet Overfladen er for stor i Forhold til Stenens Højde, til at man kan sikre sig imod, at Stemplet ikke hovedsagelig kommer til at hvile paa enkelte Punkter, saa at andre Partier kun faa et svagt Tryk.

Heldigere vilde det muligvis være at komprimere Mørtelen ved en Valse, der blev ført hen over Formen med et konstant Tryk, men der er ikke i saa Henseende anstillet nogen Undersøgelse.

Vil man blive staaende ved at komprimere Mørtelen uden Hjælp af mekaniske Midler, kan man i alt Fald ikke nøjes med at trykke den i Formen saaledes som forlangt i de af den tekniske Forening vedtagne Regler, men man bør følge de tyske Bestemmelser, som

fordre at Mørtelen skal slaas med en 150—200 Gram tung Jærnspatel saa længe, til den bliver elastisk og Vandet viser sig paa Overfladen.

Som vandsugende Underlag for Prøvestykkerne af ren Cement er anvendt Gipsplader; men der klæber herved en Ulæmpe. Sagen er den, at Prøvestykkerne blive desto stærkere, jo mere vandsugende Underlaget er; men dels have Gipsplader højst forskellig Sugeevne efter den Maade, de ere dannede paa, dels aftager denne Evne efterhaanden, og naar Gipspladen er anvendt i nogen Tid, trækker den saa at sige slet ikke mere, selv om den er ganske tør. Hvor er nu Grænsen, til hvilken man maa gaa ved Anvendelsen af en saadan Plade? Skal man have Ensartethed i Undersøgelsen af ren Cements Styrke, maa der fastsættes, hvilket Kvantum Vand der skal opuges af en Gipsplade paa et givet Areal i given Tid, for at den skal være brugbar; men da Pladens Sugeevne forandrer sig fra Øjeblik til Øjeblik under Brugen, vil en saadan Undersøgelse være meget omstændelig at anstille, og i alt Fald i højeste Grad upraktisk.

At Underlagspladens Sugeevne spiller en stor Rolle med Hensyn til Prøvestykkernes Styrke er godtgjort ved et Forsøg med 50 Stkr. Tærninger, dannede paa tørre Gipsplader, og 50 Stkr. paa Gipsplader, der vare benyttede et Par Gange, men som for øvrigt endnu vare godt vandsugende. De først nævnte Tærninger have som Middeltal givet 228 Kgr. pr.  $\square$  cm., de sidste kun 183.

Paa Grund af den anførte Ulæmpe ved at anvende Gipsplader som vandsugende Underlag, er det blevet forsøgt at danne Prøvestykkerne paa svagt fugtet Sand, anbragt i en lav Trækasse. Sandet blev presset haardt i Kassen ved Hjælp af en Valse, som førtes hen over det flere Gange. — De saaledes fremstillede Prøvestykker have afvekslende været stærkere og svagere end de, der vare dannede paa Gipsplader, alt efter som disse have været mere eller mindre vandsugende, og opnaar man end ikke samme Styrke for Prøvelegemerne som ved Anvendelsen af gode Gipsplader, er der dog den Fordel ved Sandunderlaget, at det stadig har den samme vandsugende Evne, og at det er langt lettere at skaffe til Veje end Gipsplader.

Endnu skal det bemærkes, at hvorvel Beskaffenheden af det ikke vandsugende Underlag, hvorpaa Prøvestykkerne af sandblandet Mørtel dannes, efter de anstillede Forsøg ikke kan antages direkte at have nogen Indflydelse paa Styrken, vil dog den større eller mindre Vedhængning, som Mørtelen har til forskellige Overflader, selv om de ere dækkede med Papir, indvirke paa en saadan Maade paa Prøvestykkerne, naar de skulle fjernes fra Underlaget, at der ikke kan ses bort fra dette Forhold. Jo lettere Mørtelen slipper Underlaget, desto stær-

kere blive Prøvelegemerne. Af de ved Forsøgene anvendte Underlag har Mørtelen vist mindst Vedhængning ved polerede Marmorplader, større ved Skiferplader, og endnu større ved Jærnplader, saa vel galvaniserede som ikke galvaniserede. Kan man lade Prøvelegemerne i længere Tid henstaa paa Underlaget, faar dette Forhold mindre Indflydelse. At det ikke er ganske uden Betydning vil fremgaa af, at 50 Stkr. Tærninger af 1 C. + 6 S, som vare forblevne paa Pladerne (Jærn) 4 Dage efter Forarbejdelsen, ved 7 Dages Prøver gave som Middeltal 30.3 Kgr. pr.  $\square$  cm, medens 50 Stkr., der vare tagne af Pladerne 2 Dage efter Forarbejdelsen, kun gave 26.0.

Med Hensyn til Dannelsen af Prøvelegemer af hurtig hærtnende Cement, er det ved Forsøgene oplyst, at man for Mørtelen af ren Cement ikke kan nøjes med at tilsætte den i Bestemmelserne fastsatte Vandmængde af  $33\frac{1}{8}\%$  — som for øvrigt ogsaa ved langsomt hærtnende Cement, naar den er godt findelt er for ringe —, men at man maa tage 40 á 45 % Vand for at faa en Mørtel af passende Konsistens. — Paa Grund af den Hurtighed, hvormed Mørtelen afbinder, kan det ved Dannelsen af Sten af ren Cement ikke anses for hensigtsmæssig at borttage Formen paa den ellers mest praktiske Maade, ved at løfte den op, idet den gives en svag vibrerende Bevægelse. Der hængaar nemlig i alt Fald et Par Minutter efter Støbningen, inden Formen kan fjærnes, saa at Hærtningen forinden allerede er temmelig vidt fremskreden. En Rystning af Mørtelmassen maa under disse Forhold foraarsage en Forringelse af Styrken, og det vil derfor være bedst, at lade Mørtelen først hærde og derefter borttage Formen ved at aabne den. — For Prøvestykker af sandblandet Mørtel maa det selvfølgelig ogsaa iagttages, at Mørtelen ikke omrøres for længe, efter at Vandet er tilsat, og man kan ikke som ved langsomt hærtnende Cement paa én Gang sammenrøre Mørtelen til 2 Formninger. Et Forsøg, der er anstillet for at konstatere dette, har ved en 7 Dages Prøve for Tærninger af 1 C. + 6 S. vist, at naar der tilberedtes Mørtel paa én Gang til 2 Formninger, var Middeltallet af 50 Prøver 21.7 Kgr. pr.  $\square$  cm, medens det, naar Mørtelen tilberedtes for hver Formning, blev 23.4. Den anvendte Cement hærtnede endda først i Løbet af 75 Minutter.

### Sandets og Vandets Indflydelse.

Medens Normalsandets Anvendelse i Blandingsforholdet 1 C. + 3 S. i Følge de i Tyskland indvundne Erfaringer maa betragtes som heldig, kunde det for de magrere Mørtelblandingers Vedkommende være tænkeligt, at Anvendelsen af et noget mere finkornet Sand, hvorved Mørtelen fik større Sammenhængskraft, vilde være hen-

sigsmæssig, og der er derfor anstillet en Række Forsøg til Undersøgelse heraf. Til Prøverne er anvendt Sand af 4 forskellige Finhedsgrader.

	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.	Nr. 4.
Passeret Sigte med Antal Masker pr. $\square$ cm.	360	240	120	60
Forblevet i do. . . . .	„	360	240	120

Samtlige Prøver ere anstillede med 50 Prøvestykker. Resultaterne udtrykte i Kgr. pr.  $\square$  cm. have været:

	1 C. + 6 S.				1 C. + 9 S.			
	Sand Nr. 1.	Sand Nr. 2.	Sand Nr. 3.	Sand Nr. 4.	Sand Nr. 1.	Sand Nr. 2.	Sand Nr. 3.	Sand Nr. 4.
Knusningsprøve efter 7 Dage . .	19.8	19.3	20.8	17.5	8.7	9.6	11.2	10.2
Knusningsprøve efter 28 Dage .	38.2	39.5	47.7	39.0	15.0	19.8	19.4	16.0

Af de anførte Tal vil ses, at Sand Nr. 3 har givet de stærkeste Resultater for de 2 nævnte Blandingsforhold, men det synes, som om Prøvestykkernes Ensartethed er noget mindre, end naar Normalsandet anvendes. Det er derfor tvivlsomt, hvor vidt der vil være nogen Fordel ved at benytte det finere Sand.

Mørtel, der var tilberedt med ikke udvasket og med kalkholdigt Sand, har ved en enkelt anstillet Prøve ikke vist nogen Afvigelse i Styrken fra den, hvortil der var anvendt Sand, som var befriet for fremmede Indblandinger. At man alligevel altid bør anvende saa rent Sand som muligt, er indlysende.

I Følge andet Steds anstillet Forsøg maa det anses for tilstrækkelig konstateret, at det mest skarptkantede Sand vil give Mørtelen størst Styrke.

Vandet, som er bleven anvendt ved Forsøgene, har været Kjøbenhavns Drikkevand, som formenes at indeholde en temmelig konstant Mængde af indblandede Stoffer. Det er derfor antaget, at den eneste Indflydelse, Vandet kunde have paa Mørtelens Styrke, var dets forskellige Temperatur, som kan vexe mellem + 2 og + 14° R. Undersøgelser have imidlertid vist, at en saadan Forskjel i Varmegraden ingen Betydning har.

### Prøvestykkernes Opbevaring.

Til Opbevaring af Prøvestykkerne haves ved Ingeniørkorpsets Forsøgsstation et særligt Lokale, hvor de strax efter Forarbejdelsen hensættes. Ved Lokalets Indretning er der tilstræbt saa meget som muligt at undgaa Indvirkningen af den ydre Lufts vekslede Temperatur. Daglige Iagttagelser i Løbet af et Aar have vist,

at medens Luftens Temperatur udenfor har været mellem  $\div 9$  og  $+ 19^{\circ}$  R., har den i Lokalet kun varieret mellem  $+ 5$  og  $+ 16^{\circ}$  R. I Lokalet er anbragt en, med de fornødne Til- og Afledninger for Vandet forsynet, c. 12' lang,  $2\frac{1}{2}'$  høj og bred Vandbeholder af Jærn, i hvilken Prøvestykkerne af ren Cement og 1 C. + 3 S. opbevares. Hvert Sæt Prøver (200 Stkr. Sten og 200 Stkr. Tærninger) er indesluttet i en særlig Kasse, der er aaben paa de 2 Sider.

Da Overfladen af Vandet i Beholderen havde et Areal af 29 til 30  $\square'$  eller c.  $\frac{1}{5}$  af Lokalets Gulvareal, antoges det, at Luften i Opbevaringsrummet vilde blive saa fugtig, at Bestemmelsen om, at Prøvestykkerne af 1 C. + 6 S. og 1 C. + 9 S. skulle opbevares i meget fugtig Luft, derved var sket Fyldest, uden at der blev truffet særlige Foranstaltninger. Dette har dog saa langt fra været Tilfælde, at Prøvelegemerne i Løbet af 2 til 3 Dage bleve fuldstændig udtørrede.

At det er nødvendigt, at Prøvestykkerne holdes fugtige under Opbevaringen, fremgaar tilstrækkelig af den Kjendsgjerning, at ved 7 Dages Prøver for Tærninger af 1 C. + 6 S., dannede af samme Tønde Cement, er der som Middeltal af 50 Prøver erholdt 6.2, 16.0, 22., 25.2 Kgr. pr.  $\square$  cm., alt efter den større eller mindre Fugtighed af Luften, hvori Prøvestykkerne havde henstaaet.

For at finde en heldig Opbevaringsmaade er der anstillet Prøver med Tærninger af 1 C. + 6 S., dels opbevarede i en Kasse med Forhæng, som jævnlig blev vædet, dels paa en Reols Hylder, over hvilke der var udbredt Træpapir, som ved en Vandstrøm holdtes fugtigt, og hvorfra Tærningerne sugede Fugtigheden op, dels endelig med Tærninger nedsænkede helt under Vand. De sidst nævnte have givet c. 14% svagere Resultater, end de andre, og da magre Mørtelblandinger af flere Cementsorter ikke kunne taale at nedsænkes under Vand, er denne Fremgangsmaade mindre anvendelig. De to andre Opbevaringsmaader have med Hensyn til Styrken givet ens Resultater, men Prøvestykkernes Ensartethed synes at være bedst ved den først nævnte.

Da det kunde have sin Interesse at se, hvor vidt Temperaturen af Luft og Vand, hvori Prøvestykkerne opbevaredes, havde nogen Indflydelse paa Styrkeforholdene, er der ogsaa anstillet Forsøg derover.

1. Tærninger af 1 C. + 3 S. og 1 C. + 6 S. bleve henstillede til Opbevaring dels i Opbevaringsrummet, hvor Temperaturen af Luft og Vand den Gang var c.  $8^{\circ}$  R., dels i fri Luft, hvor Temperaturen, som i Løbet af den 1ste Maaned sjældent naaede over Frysepunktet, gik ned indtil  $\div 8^{\circ}$  R.

Der opnaaedes følgende Resultater.

	7 Dages Prøve			28 Dages Prøve			3 Maaneders Prøve		
	Prøvestykkerne opbevarede i			Prøvestykkerne opbevarede i			Prøvestykkerne opbevarede i		
	Vand + $8^{\circ}$ R.	Luft + $8^{\circ}$ R.	Fri Luft.	Vand + $8^{\circ}$ R.	Luft + $8^{\circ}$ R.	Fri Luft.	Vand + $8^{\circ}$ R.	Luft + $8^{\circ}$ R.	Fri Luft.
1 C. + 3 S. . . . .	60.7 (20)	43.3 (20)	31.4 (20)	87.6 (20)	52.1 (20)	78.9 (20)	129.0 (50)	51.3 (30)	151.2 (30)
1 C. + 6 S. . . . .		8.6 (30)	4.5 (30)		13.6 (30)	16.6 (20)		" *	" *

\*) Ved et Uheld vare Tærningerne blevne ødelagte.

Forsøget er blevet gjentaget med Tærninger af 1 C. + 3 S., 1 C. + 6 S. og 1 C. + 9 S. i en Periode, som udmærkede sig ved afvexlende Tøvejr og svag Frost.

	7 Dages Prøve			28 Dages Prøve		
	Prøvestykkerne opbevarede i			Prøvestykkerne opbevarede i		
	Vand eller fugtig Luft + $8^{\circ}$ R.	Tør Luft + $8^{\circ}$ R.	Fri Luft.	Vand eller fugtig Luft + $8^{\circ}$ R.	Tør Luft + $8^{\circ}$ R.	Fri Luft.
1 C. + 3 S.	71.2 (50)		44.5 (50)	125.4 (50)		125.4 (50)
1 C. + 6 S.	21.7 (50)		24.4 (50)	39.6 (50)		47.5 (50)
1 C. + 9 S.	10.2 (50)	7.3 (50)	5.2 (50)	16.0 (50)	9.1 (50)	8.0 (50)

Til Tærningerne er ved det første Forsøg anvendt Betongrus, ved det sidste Normalsand.

De i fri Luft opbevarende Prøvestykker ere blevne udsatte for Frosten umiddelbart efter Forarbejdelsen.

2. Tærningerne af ren Cement og af 1 C. + 3 S. bleve nedsatte dels i Vand, hvis Temperatur omtrent var  $+ 8^{\circ}$  R., dels i Isvand.

Resultaterne vare:

	7 Dages Prøve		28 Dages Prøve	
	Prøvestykkerne opbevarede i Vand med Temperatur		Prøvestykkerne opbevarede i Vand med Temperatur	
	+ $8^{\circ}$ R.	$0^{\circ}$	+ $8^{\circ}$ R.	$0^{\circ}$
Ren Cement . . . . .	380.7 (30)	338.8 (40)	548.6 (50)	510.0 (40)
1 C. + 3 S. . . . .	67.9 (40)	56.9 (30)	117.4 (30)	106.5 (30)

Som det vil ses af de anførte Tal, skrider Hærdningsprocessen langsommere frem ved den lavere Varmegrad, men det synes at fremgaa, at den endelige Styrke af Mørtelen — muligvis dog med Undtagelse af meget magre Mørtelblandinger — ikke derved vil blive forringet, og navnlig er det opnaaede Resultat ved det første Forsøgs 3 Maaneders Prøve for Blandingsforholdet 1 C. + 3 S. i særlig Grad overraskende, idet Prøvestykkerne, der vare opbevarede i fri Luft, vise over 17% større Styrke end de, der vare opbevarede i c. + 8° varmt Vand.

### Styrkeprøvernes Udførelse.

Til Foretagelsen af Styrkeprøverne er anvendt det i dette Tidsskrifts 1ste Aarg. Side 24 beskrevne Apparat, ved hvilket der dog er foretaget nogle enkelte Forandringer under Udførelsen.

Den væsentligste Afvigelse er, at der i Stedet for Kontravægten paa selve Vægtstangen er anbragt en særlig Kontrabalanceringsvægtstang, hvorved der er opnaaet, at man med stor Lethed kan manøvrere hele Apparatet, og at den ustadige Ligevægt, som ellers vilde findes i Systemet, er bleven hævet. Idet Kontrabalanceringsvægtstangens Omdrejningsaxe kan hæves eller sænkes, er det gjort muligt at indstille den saaledes, at Apparatet kommer til at staa paa Grænsen mellem stadig og ustadig Ligevægt, hvad der maa anses for heldigt, naar man skal maale meget nøjagtig ved de svage Prøvestykker.

Vægtstangen, hvorpaa Skydevægten bevæger sig, har kun faaet en Inddeling i Centimeter, medens der paa Vognen, som fører Vægten, er anbragt en Millimeterinddeling. — Til Sønderrivningsprøven anvendes Vægte paa 50 og 100 Kgr., og da Tængernes Afstand fra Omdrejningsaxen er 20 cm., medens Prøvestykkets Tværnsnitareal er 5 cm<sup>2</sup>, vil Kraftpaavirkningen paa Prøvestykket blive forøget med henholdsvis 1/2 og 1 Kgr. pr. cm<sup>2</sup>, for hver Centimeter Vægtlodet føres hen ad Vægtstangen.

Til Knusning af Tærningerne, hvis Sideflader have et Areal af 6.76 cm<sup>2</sup> anvendes Vægtlodder af 10, 20 og 25 Gange 6.76 Kgrs. Vægt, og da Tærningerne kunne anbringes i 5, 10 og 20 Centimeters Afstand fra Omdrejningsaxen, kan der altsaa, til hver Centimeter Vægtlodet er forskudt, svare en Kraftforøgelse af 0.5, 1, (1.25), 2, (2.5), 4 og 5 Kgr. pr. cm<sup>2</sup>. De Kombinationer, som give 1.25 og 2.5 Kgr. pr. cm<sup>2</sup>, anvendes ikke. Ved denne Ordning er man bedre sikret mod fejl Afæsning, end om der var anbragt flere Skalaer paa Vægtstangen til direkte Afæsning af den udøvede Kraftpaavirkning, og Arbejdet er ikke bleven forøget; man noterer nemlig

i Forsøgsprotokollen de aflæste Størrelser, og først efter at Middeltallet er beregnet multipliceres det med Koefficienten, som giver Kgr. pr. cm<sup>2</sup>.

Med Apparatet kan der som Maximum ved Sønderrivningsprøven udøves et Træk af c. 127 Kgr. pr. cm<sup>2</sup>, eller c. 1270 N paa Prøvestykket, og ved Knusningsprøven et Tryk af c. 735.5 Kgr. pr. cm<sup>2</sup>, eller c. 10 150 N paa Prøvestykket. Denne betydelige Kraftpaavirkning er dog kun opnaaet ved at ophænge en konstant Vægt ved Vægtstangens yderste Ende; med Skydevægten alene kan kun tilvejebringes 635.5 Kgr. pr. cm<sup>2</sup>.

For at Vægten kan forskydes et betydeligt Stykke inden Brud indtræder, anbringes Prøvestykkerne saa langt fra Axen og anvendes en saa ringe Vægt som muligt, uden at et andet Hensyn tilsidesættes, nemlig at man maa være sikker paa at kunne bringe Forsøget til Ende under de én Gang valgte Kraftpaavirkningsforhold, da det giver højst upaalidelige Resultater, om man bliver nødt til at gjøre Prøven om, efter at Prøvelegemet først har været udsat for en betydelig Kraftpaavirkning. Som Regel har der ved Forsøgene været truffet den Anordning, at Afæsningerne for Vægtlodets Forskydning ved Sønderrivningsprøven blev at multiplicere med 0.5 for at faa Kgr. pr. cm<sup>2</sup>, ved Knusningsprøven for 1 C. + 9 S. med 0.5, for 1 C. + 6 S. med 1, for 1 C. + 3 S. med 2 og for ren Cement med 4 eller 5.

Til Undersøgelse af, hvor vidt det vilde influere paa Resultaterne, om Kraftpaavirkningen tiltog mere eller mindre hurtig, er der blevet anstillet en Del Forsøg med i alt 700 Stk. Sten og Tærninger. Forsøgene have givet det Resultat, at Prøvestykkerne saa vel ved Knusnings- som Sønderrivningsprøven vise størst Styrke, naar Kraftpaavirkningen tiltager hurtigst, og naar den i det ene Tilfælde tiltager dobbelt saa hurtig som i det andet, har Forsøgelsen i Styrkeresultaterne naaet op til c. 30%. Det er derfor af Vigtighed, at Kraftpaavirkningens Tilvæxt i Tidsenhed er temmelig nær ens ved de forskellige Forsøg, hvis Resultater skulle sammenlignes. Da Kraftforøgelsen ved Michaelis Apparat, som jo baade er indført her og i Tyskland til Foretagelse af Sønderrivningsprøven, er c. 1.5 Kgr. pr. cm<sup>2</sup> i Sekundet, naar det bruges paa normal Maade, vil det vel være rigtigst at bibeholde dette Forhold for Sønderrivningsprøven, og fastsatte man da, at Knusningsprøven for ren Cement skulde udføres med 8 til 10 Gange saa stor en Kraftforøgelse, for 1 C. + 3 S. med 4 Gange saa stor, for 1 C. + 6 S. med 2 Gange saa stor og for 1 C. + 9 S. med samme Forøgelse i Tidsenhed som ved Sønderrivningsprøven, vilde man ved det andet Apparat stadig kunne føre Vægten frem med samme Hastighed ved alle Forsøg,

hvad der vilde være en Fordel. Man behøvede saa kun én Gang for alle at vænne Haanden til en bestemt Omdrejningshastighed for det Sving, hvorved Bevægelsen overføres til Vægten, idet den forskellige Kraftforøgelse tilvejebringes ved de tidligere omtalte forskellige Lodder, og ved at stille Prøvestykkerne i forskjellig Afstand fra Axen. Bestemmelsen i de vedtagne Regler om at Forsøgets Varighed skal være omtrent 1 Minut, maa efter de indvundne Erfaringer anses for mindre praktisk, da den leder til, at man maa anvende en stadig vexlende Omdrejningshastighed for Svinget ved det ene Apparat og en forskjellig Tilledning af Hagl ved det andet, Forhold der ikke ere lette at afpasse, og Bestemmelsens Gjennemførelse vil i alt Fald foraarsage, at man ved hvert Forsøg forud maa undersøge Prøvestykkernes omtrentlige Styrke.

For at erfare, om Sønderrivningsprøver anstillede med de 2 forskjellige Apparater vilde give sammene Resultat, er der forarbejdet Prøvestykker af samme Mand, og hvert andet blev da prøvet i Michaelis Apparat — med velvillig Assistance af Steins kemiske Laboratorium, hvor det nævnte Apparat benyttes —, og hvert andet i det ved Ingeniørkorpset anvendte. Udfaldet af Prøverne har været

	7 Dages Prøve.		28 Dages Prøve.	
	Ren C.	1 C. + 3 S.	Ren C.	1 C. + 3 S.
Michaelis Apparat . .	26.9 (50)	8.9 (50)	37.7 (50)	12.9 (50)
Det ved Ingk. anvendte Apparat . .	32.2 (40)	9.7 (50)	46.8 (50)	14.0 (50)

De anførte Tal vise, at Michaelis Apparat stadig har givet de laveste Styrkeresultater.

Forinden Forsøgene foretoges, vare Apparaterne justerede ved Vægte, der ophængtes i Tængerne, og det fremgik heraf, at der ikke var 0.1 Kgr. Fejl pr.  $\square^{\text{cm}}$ . — Da Kraftforøgelsen i Tidsenheden var den samme ved begge Apparater, og da Tængerne ere af ganske samme Form, maa det antages, at det Stød, der ved Michaelis Apparat fremkommer ved, at Haglene falde ned i Skaalen, og hvis Intensitet 50 Gange forstørret overføres paa Prøvestykkerne, maa være Grunden til denne Forskjel i Forsøgsresultaterne. Denne Anskuelse bestyrkes ogsaa derved, at ved Prøven for 1 C. + 3 S., hvor Haglene med saa stor Varsomhed og saa ringe Fald som muligt bleve bragte i Skaalen, er Afgivelsen mindst.

Ved den Diskussion, der gik forud for Vedtagelsen af Bestemmelserne for Cementundersøgelser, blev det anbefalet, at der ved Knusningsprøven skulde anbringes riflede Blyplader mellem Tærningerne og de trykkende

Flader. Denne Forsøgsmaade er gjort til Gjenstand for Undersøgelse. Der anvendtes  $\frac{1}{2}$  tykke Blyplader, som ved et Stempel bleve riflede paa den ene Side, men Forsøget er ogsaa udstrakt til Anvendelse af uriflede Blyplader af samme Tykkelse. De erholdte Resultater have været:

	Uden Blyplader.	Riflede Blyplader.	Glatte Blyplader.
1 C. + 3 S.			
7 Dages Prøve . . . . .	72.8 (40)	66.6 (40)	
28 — — — — —	87.8 (50)	82.1 (50)	
Ren Cement			
6 Dages Prøve . . . . .	255.0 (10)	215.9 (10)	
7 — — — — —	343.5 (20)	261.1 (20)	
28 — — — — —	556.1 (40)	390.1 (40)	
28 — — — — —	563.7 (30)	415.4 (30)	396.8 (30)
2 Maaneders Prøve . . . . .	680.1 (40)	479.2 (40)	470.8 (40)

Af de anførte Tal, som betegne Kgr. pr.  $\square^{\text{cm}}$ , vil det ses, at Styrkeresultaterne blive i væsentlig Grad forringede ved at der anvendes Blyplader, hvorimod det ikke har videre Betydning, om Blypladerne ere riflede eller ikke. At Blypladernes Indskydelse mellem de trykkende og trykkede Flader foraarsager en ringere Modstandsevne af Prøvestykket ligger simpelt hen deri, at Pladen, idet den trykkes sammen, udvider sig til Siderne, og paa Grund af den stærke Vedhængning, der er mellem Tærningens Flader og Blypladen, som presses ned i Porerne, bliver Tærningen samtidig med Trykket udsat for en Kraftpaavirkning, der søger at skyde Massen ud til Siden. Denne Kombination af Kræfter lod sig da ogsaa tydelig paavise i den Maade, hvorpaa Brudet indtraadte. Medens den sønderdelte Tærning, naar den havde været anbragt mellem Staalflader, viste det ved Knusning almindelig fremtrædende Fænomen, at der danner sig 2 Pyramider, med de trykkede Flader som Grundflader, og Toppene, der vende mod Tærningens Centrum, liggende lidt forskudte til Siden for hinanden, viste de Tærninger, der vare anbragte mellem Blyplader, at Sønderdelingen var foregaaet efter Flader, der laa parallelt med Trykaxen. Middelfejlen paa Forsøgsresultaterne er ved begge Forsøgsmethoder omtrent lige stor, og der er derfor ingen Fordel ved at anvende Blyplader. Dog er der en anden Grund, som taler for at benytte dem ved Knusningsprøven for ren Cement.

Ved de tidligere her i Landet anstillede Forsøg, hvor Fremgangsmaaden ved Dannelsen af Prøvestykkerne og hvor de til Knusningen anvendte Apparater vare andre end de, der nu benyttes, brødes alle, selv flere Aar gamle Tærninger for et Tryk, der var mindre end 4200  $\frac{\text{Kgr}}{\text{cm}^2}$  pr.  $\square^{\text{cm}}$ . Da det nu anvendte Apparat blev projekteret,



antoges det derfor, at naar det kunde frembringe et Tryk af 6 à 7 000  $\bar{N}$ , maatte man absolut være paa den sikre Side. Af Hensyn til, at Cementerne, efterhaanden som Fabrikationen udvikledes, muligvis vilde faa større Styrke, blev det dog beregnet til at kunne udøve en noget større Virkning. Men allerede ved 3 Maaneders Prøven for den Cement, hvormed Forsøgene ere anstillede, viste det sig, at man maatte anvende det største Tryk, som Apparatet kan udøve, nemlig c. 10 150  $\bar{N}$  (svarer til et Tryk af 735.5 Kgr. pr.  $\square^{cm}$ ), og 6 Maaneders Prøven kunde kun udføres paa en temmelig ufuldstændig Maade, idet man maatte lade Tærningerne i længere Tid være udsatte for det største Tryk, inden Knusningen indtraadte; men Anvendelsen af en saadan Fremgangsmaade strider ligefrem mod det ved Styrkeprøverne ellers etablerede Princip. Skal Apparatet benyttes i den foreliggende Form, kan Vægten ikke forøges, uden at det bliver uhandeligt, og vil man undgaa at anvende større og mere komplicerede Apparater, uden at give Afkald paa at anstille Knusningsprøve for ren Cement, kunde der altsaa være Grund til at foretage den nævnte Prøve med Tærningerne anbragte mellem Blyplader. Af det saaledes erholdte Resultat vil man ved Beregning kunne finde, hvor stor Kraft der skulde have været anvendt for at tilvejebringe Knusningen, saafremt Blypladerne ikke havde været anvendte. Betegnes den Kraft (udtrykt i Kgr. pr.  $\square^{cm}$ ), der har hidført Knusning med Anvendelse af Blyplader, ved  $B$ , og Kraften, som skulde have været anvendt for at tilvejebringe Knusning mellem Staalplader ved  $S$ , vil Formlen

$$S = B + 0.001 B^2$$

give et nogenlunde rigtigt Resultat, hvad man bedst vil danne sig et Begreb om ved at se den anvendt paa de tidlige anførte Forsøgsresultater.

Med Blyplader.	Uden Blyplader.		
	Observeret.	Beregnet.	Differens.
67	73	71	- 2
82	88	89	+ 1
216	255	263	+ 8
261	344	329	- 15
390	556	542	- 14
415	564	587	+ 23
479	680	708	+ 28

Den for  $B^2$  angivne Koefficient er muligvis lidt for stor, men den giver dog et brugbart Resultat, og den er simpel at regne med. Differensen mellem det observerede

og beregnede Resultat er størst ved de 2 sidst anførte Forsøg. Havde man her taget de Resultater, som ere opnaaede ved Anvendelsen af glatte Blyplader, nemlig 397 og 471, vilde man som beregnede Værdier have faaet henholdsvis 555 og 693 i Stedet for de observerede 564 og 680, hvad der formentlig tør siges at være en særdeles god Tilnærmelse.

Under Forudsætning af, at Formlen ogsaa er gjældende for højere Værdier, vil man, da Apparatet kan anvendes til Anstillelse af Forsøg, hvis Middelresultat er c. 700 Kgr. pr.  $\square^{cm}$ , ved Brugen af Blyplader kunne prøve Tærninger med en Middelstyrke af c. 1 190 Kgr. pr.  $\square^{cm}$ , og selv Tærninger, der anbragte mellem Staalplader kunne taale et Tryk af c. 1 260 Kgr. pr.  $\square^{cm}$ , eller c. 17 240  $\bar{N}$  pr.  $\square''$ , ville kunne særdeles.

Hvor vidt det har Indflydelse paa Resultaterne, om Tærningerne trykkes paa de samme Flader, som have vendt op og ned ved Formningen, eller paa et Fladepar, som har vendt ind mod Formens Sider, har været Gjenstand for temmelig vidtløftige Undersøgelser. For at bruge et kort Udtryk, betegnes Tærninger, anbragte paa den først nævnte Maade, som staaende Tærninger, de andre som liggende. Anførelsen af nogle af Forsøgsresultaterne vil bedst belyse dette Forhold.

	Staaende Tærninger.	Liggende Tærninger.
Ren Cement 7 Dages Prøve . . .	264.5 (40)	270.6 (40)
— — — — — . . .	323.3 (20)	343.5 (20)
— — 28 Dages Prøve . . .	491.9 (30)	582.1 (30)
1 C. + 3 S. 7 Dages Prøve . . .	71.3 (50)	77.3 (50)
1 C. + 6 S. — — — . . .	17.5 (50)	18.0 (50)
— — — — — . . .	21.7 (50)	22.0 (50)
1 C. + 9 S. — — — . . .	10.3 (50)	8.5 (50)

Tabellen viser, at liggende Tærninger af ren Cement og af 1 C. + 3 S. ere stærkere end de staaende, at det omvendte er Tilfældet ved Blandingsforholdet 1 C. + 9 S., og endelig, at for 1 C. + 6 S. er Styrken omtrent ens i begge Tilfælde. Dette Forhold kan formentlig forklares derved, at ved Tærninger af fede Mørtler, ere Sidefladerne mere regelmæssige end Over- og Underfladerne, hvorimod den ringe Sammenhængskraft, som de magrere Mørtler har, kan foraarsage, at Sidefladerne muligvis faa en svag Krumning, hvilken, selv om den er umærkelig for Øjet, dog maa gjøre sig gjældende ved Prøverne.

Tærningerne af ren Cement faa undertiden lidt uregelmæssige Over- og Underflader, og det maa derfor anses for heldigst, at de prøves liggende. For Tærninger af sandblandet Mørtel viser Middelfejlen for Resultaterne sig at være omtrent ens, enten man prøver Tærningerne

staaende eller liggende; men da der kan finde den omtalte Udbulning af Sidefladerne Sted, naar Prøvestykkerne ikke behandles meget omhyggelig, synes der at være Grund til at prøve Tærninger af sandblandet Mørtel staaende.

### Styrkeprøvernes Nøjagtighed.

I det tidligere anførte er hovedsagelig paavist, hvilke Forhold der have Indflydelse paa Prøvestykkernes Styrke, men det bliver endnu nærmere at undersøge, hvor vidt Resultaterne blive overensstemmende for Prøvelegemer, der ere forarbejdede og prøvede under samme Forhold, med andre Ord hvilken Indflydelse Tilfældigheder kunne komme til at udøve paa Forsøgsresultaterne.

Til Bedømmelse af dette Forhold skal her først i extenso anføres de ved nogle af de foretagne Prøver fremkomne Forsøgsresultater. I neden staaende Tabeller ere Aflæsningerne af Vægtloddets Stilling i Brudøjeblikket opførte i den Orden, hvori de ere fremkomne ved Forsøget, og af hver 10 Resultater er Middeltallet beregnet. Dernæst er Middeltallet af samtlige Prøver — 50 i Tallet — beregnet tilligemed Middelfejlen, det vil sige den Værdi, som faas ved at sammenlægge de enkelte Forsøgsresultaters saa vel positive som negative Afgivelser fra Middeltallet, uden Hensyn til Fortegnet, og dividere med Prøvernes Antal. Endelig er Fejlens Grænser angivne, det vil for Sønderrivningsprøvens Vedkommende sige de Resultater, som fremkomme ved at tage Middeltallet af de 10 stærkeste eller 10 svageste af de 50 Prøver og derfra subtrahere Middeltallet af samtlige Prøver.

For Sønderrivningsprøven er ganske vilkaarlig taget en 28 Dages Prøve, som blev anstillet til Sammenligning mellem det ved Ingeniørkorpset anvendte og Michaelis Apparat.

### Sønderrivningsprøve for ren Cement.

Aflæsninger paa Vægtstangen.					Max.	Min.	
111.4	87.3	77.0	95.6	87.6	116.5	61.1	
104.5	90.9	93.7	93.0	71.3	114.1	64.1	
105.6	98.7	104.9	100.8	97.8	112.6	65.3	
101.3	97.7	83.0	92.7	79.2	111.5	71.3	
83.0	87.2	78.8	65.3	92.8	111.4	73.8	
102.7	102.0	116.5	89.1	97.7	111.2	77.0	
91.4	79.8	89.4	61.1	89.3	110.1	78.8	
112.6	101.3	114.1	95.3	111.5	105.6	79.2	
101.8	110.1	91.3	91.2	64.1	104.0	79.8	
111.2	92.5	89.1	93.7	73.8	104.5	83.0	
Middeltal	103.05	94.75	93.38	88.37	86.46	110.24	73.34
Middeltal af alle Prøver	93.202 = 46.6 Kgr. pr. □ <sup>cm</sup>						
Middelfejl	9.884 = 10.6 % af Middeltallet.						
Grænsen for Fejlene	opad 16.048 = 18.2 % -						
	nedad 19.952 = 21.4 % -						

Da Stenene ere prøvede i ganske vilkaarlig Orden, ere de Middeltal, som faas ved at sammenholde 10 og 10 af Prøverne, selvfølgelig tilfældige, og de kunne variere inden for Maximums- og Minimumsgrænsen, som henholdsvis er 18.2 og 21.4 % afvigende fra Middeltallet.

Det vil saaledes ses, at Prøven er meget upaalidelig, og hvorvel Sandsynligheden for, at man ved en Prøve med kun 10 Prøvestykker udtagne af 50 skulde faa netop Maximums- eller Minimumsresultatet, er overordenlig ringe (c. 1 Femtusenmilliontedel), vil der dog kunne komme betydelige Afvigelser i Middeltallene, hvad der jo ogsaa tydelig fremgaar af de i oven staaende Tabel anførte Resultater.

For øvrigt har hverken Sønderrivnings- eller Knusningsprøven for ren Cement nogen Betydning for Bedømmelsen af en Cements Godhed, idet Styrken for ren Cement ikke staar i nogen Forbindelse med den Styrke, som opnaas ved sandblandet Mørtel. Prøven for ren Cement kan derfor kun have Interesse, for saa vidt den giver Oplysning om, hvad Styrke der kan paaregnes, naar man under ganske særlige Forhold vil anvende Cementen ublandet.

Sønderrivningsprøven for 1 C. + 3 S. gav følgende Resultater.

Aflæsninger paa Vægtstangen.					Max.	Min.	
34.4	33.8	24.2	25.2	30.5	34.4	20.6	
30.6	21.2	29.0	26.5	26.4	33.8	21.2	
25.6	25.8	25.8	30.8	23.2	33.1	23.2	
25.6	30.2	31.0	24.0	31.5	31.5	23.6	
27.9	30.3	29.6	23.5	27.7	31.3	24.0	
29.3	25.7	26.1	28.3	31.3	31.0	24.4	
29.2	30.3	25.2	23.9	30.8	31.0	25.2	
29.6	29.6	27.7	25.8	28.8	30.8	25.2	
33.1	28.3	31.0	20.6	27.3	30.8	25.6	
30.0	28.1	29.8	28.5	27.5	30.6	25.6	
Middeltal	29.59	28.33	27.04	25.70	28.50	31.83	23.86

Middeltal af alle Prøver 28.012 = 14.0 Kgr. pr. □<sup>cm</sup>.

Middelfejl - - - 2.8788 = 10.3 % af Middeltallet.

Grænsen for Fejlene { opad 3.818 = 13.6 % -  
nedad 4.152 = 14.8 % -

Maximums- og Minimumsresultatet afvige her henholdsvis 13.6 og 14.8 % fra Middeltallet af samtlige Prøver; men hvorvel Fejlen er betydelig mindre end ved Sønderrivningsprøven for ren Cement, maa dog det Resultat, som man faar ved en enkelt Prøve med 10 Stkr. Sten af 1 C. + 3 S., anses for utilfredsstillende, da det ganske kommer til at bero paa Tilfældigheder, hvor vidt Resultatet bliver 20 à 30 %, muligvis endnu mere, stærkere

eller svagere\*). Naar en saadan Forskjel kan fremkomme ved Prøvestykker, der ere dannede, opbevarede og prøvede under fuldstændig samme Forhold, hvilke Afvigelser vil der da ikke kunne findes ved Sønderrivningsprøver, foretagne paa forskellige Steder, og med Prøvestykker, dannede af forskellige Folk?

Ved en foretaget 7 Dages Prøve for Sten af ren Cement og 1 C. + 3 S., 50 Stkr. af hver Slags, dannede af samme Tønne Cement, dels i Steins kemiske Laboratorium, hvor Prøven foretoges med Michaelis Apparat, dels ved Ingeniørkorpset, er der erholdt neden staaende Resultat, udtrykt i Kgr. pr. □<sup>cm</sup>.

	Ren Cement.	1 C. + 3 S.
I Steins kemiske Laboratorium . . .	39.5	17.2
Ved Ingeniørkorpset . . . . .	23.8	10.9

Tages Hensyn til de tidligere anførte Forsøgsresultater, i Følge hvilke det ved Ingeniørkorpset anvendte Apparat giver de højeste Tal, bliver Forskjellen mellem Prøvernes Udfald endnu større. Denne betydelige Afvigelse i Styrketallene antages for Stenene af ren Cement at hidrøre fra de anvendte Gipspladers forskellige Sugeevne. For Stenene af 1 C. + 3 S. maa Grunden til Afvigelsen formentlig søges i en forskellig Kompression af Mørtelen.

Til Bedømmelse af den ved Knusningsprøven opnaede Nøjagtighed ansføres den — da dette blev nedskrevet — senest foretagne 7 Dages Prøve for 50 Stkr Tærninger af ren Cement, 1 C. + 3 S., 1 C. + 6 S. og 1 C. + 9 S.

Ren Cement.

Aflæsninger paa Vægtstangen.							Max.	Min.
75.3	76.0	76.0	69.0	70.1	76.9	69.0		
69.6	72.1	73.5	71.2	73.7	73.7	69.6		
65.3	69.5	74.6	72.8	70.1	74.6	65.3		
87.1	89.6	86.0	83.0	92.6	92.6	83.0		
84.0	86.5	72.7	79.0	82.1	86.5	72.7		
73.5	68.3	76.1	73.2	68.2	76.1	68.2		
74.3	71.5	77.6	75.3	78.2	78.2	71.5		
69.1	71.6	75.4	69.3	64.7	75.4	64.7		
92.8	81.2	90.7	84.1	98.1	98.1	81.2		
87.5	79.7	79.0	68.6	85.4	87.5	68.6		

Middeltal | 77.85 | 76.69 | 78.34 | 74.55 | 78.32 | 81.06 | 71.38  
 Middeltal af alle Prøver 77.15 = 308.6 Kgr. pr. □<sup>cm</sup>.  
 Middelfejl - - - 6.484 = 8.4 % af Middeltallet.  
 Grænsen for Fejlene { opad 4.81 = 6.2 % -  
 nedad 5.77 = 7.5 % -

\*) Af de anstillede Sønderrivningsprøver for 1 C. + 3 S. har den, der har vist størst Ensartethed med Hensyn til Prøvestykkernes Styrke, givet en Middelfejl af 5.2 %, og Fejlernes Grænser have tilsammen haft en Afvigelse af 21.7 % fra Middeltallet. Prøven blev udført med 50 Prøvelegemer.

1 C. + 3 S.

Aflæsninger paa Vægtstangen.					Max.	Min.
35.9	33.6	36.6	34.6	34.0	36.6	33.6
35.6	36.8	35.2	35.6	36.7	36.8	35.2
33.1	36.7	36.1	35.1	38.2	38.2	33.1
37.6	35.0	37.2	36.6	38.4	38.4	35.0
37.2	35.7	38.3	38.2	36.6	38.3	35.7
35.7	34.0	37.0	39.2	40.4	40.4	34.0
34.5	35.0	33.0	32.3	31.2	35.0	31.2
36.2	30.0	32.2	28.2	30.3	36.2	28.2
35.0	41.7	34.2	34.0	30.5	41.7	30.5
35.5	36.2	40.0	38.7	39.8	40.0	35.5

Middeltal | 35.60 | 35.46 | 35.08 | 35.30 | 35.67 | 38.16 | 33.19  
 Middeltal af alle Prøver 35.002 = 71.2 Kgr. pr. □<sup>cm</sup>.  
 Middelfejl - - - 2.0819 = 5.85 % af Middeltallet.  
 Grænsen for Fejlene { opad 2.558 = 7.2 % -  
 nedad 2.412 = 6.8 % -

1 C. + 6 S.

Aflæsninger paa Vægtstangen.					Max.	Min.
24.2	27.0	25.0	23.7	23.0	27.0	23.6
23.0	23.7	23.7	21.5	22.3	23.7	21.5
27.0	26.2	23.4	22.0	22.8	27.0	22.3
23.6	22.8	22.7	21.2	20.2	23.6	20.2
20.7	24.0	23.5	23.0	23.4	24.0	20.7
26.7	25.0	25.0	26.0	25.2	26.7	25.0
22.0	22.4	23.5	22.8	22.6	23.5	22.0
23.4	23.6	25.0	25.0	24.5	25.0	23.4
22.7	21.2	23.8	23.0	22.3	23.8	21.2
21.4	23.0	21.3	22.6	23.8	23.8	21.3

Middeltal | 23.47 | 23.89 | 23.69 | 23.17 | 23.02 | 24.81 | 22.12  
 Middeltal af alle Prøver 23.448 = 23.4 Kgr. pr. □<sup>cm</sup>.  
 Middelfejl - - - 1.182 = 5.0 % af Middeltallet.  
 Grænsen for Fejlene { opad 1.37 = 5.8 % -  
 nedad 1.33 = 5.6 % -

1 C. + 9 S.

Aflæsninger paa Vægtstangen.					Max.	Min.
17.9	18.4	20.1	19.4	19.8	20.1	17.9
18.4	21.0	22.0	20.0	19.1	22.0	18.4
20.4	18.1	21.8	21.0	21.3	21.8	18.1
19.4	18.8	20.4	20.2	21.4	21.4	18.8
20.3	20.4	19.8	20.0	22.1	22.1	19.8
17.6	20.9	21.5	20.4	21.5	21.5	17.6
20.5	20.2	21.1	20.0	20.5	21.1	20.0
21.5	20.0	20.5	20.6	20.3	21.5	20.3
19.6	21.0	21.7	21.2	20.2	21.7	19.6
20.0	20.3	21.8	20.0	21.8	21.8	20.3

Middeltal | 19.85 | 20.00 | 21.02 | 20.37 | 20.80 | 21.60 | 19.08  
 Middeltal af alle Prøver 20.368 = 10.2 Kgr. pr. □<sup>cm</sup>.  
 Middelfejl - - - 0.853 = 4.2 % af Middeltallet.  
 Grænsen for Fejlene { opad 1.132 = 5.6 % -  
 nedad 1.288 = 6.3 % -

Da der ved Dannelsen af Tærningerne kan fremkomme smaa Afvigelser i Styrken for Prøvestykkerne af de forskellige Formninger, er der, for at udjævne Afvigelserne, ved Forsøgene til hver Forsøgsrække à 10 Prøver taget Tærninger af 10 forskellige Formninger, og de Tal, som i de ovenfor staaende Tabeller for Knusningsprøven staa i samme vandrette Linje, ere Resultater for Prøvestykker af samme Formning. Afvigelserne, der kunne finde Sted, maa derfor fremstaa ved, at Tallene i samme Linje komme til at staa i en forskellig Kolonne. Heraf følger, at der i Maximums- og Minimums Rubrikkerne kun er opført henholdsvis det højeste og laveste Tal i hver vandret Linje, men ikke som med Sønderrivningsprøven de 10 højeste og 10 laveste Resultater af samtlige 50 Prøver. Fejlgrænserne ved Knusningsprøven blive herved noget mindre, end man ellers vilde have faaet dem.

Sammenligner man Resultaterne for Sønderrivnings- og Knusningsprøven, vil det strax ses, at Middelfejlen, som ved begge Slags Prøver er beregnet paa ganske samme Maade, er mindst ved Knusningsprøven, at Grænsen for Fejlene ogsaa er betydelig mindre, og at Resultaterne for 10 og 10 Prøver ere ganske anderledes ensartede ved Knusningsprøven end ved Sønderrivningsprøven.

For nærmere at undersøge, hvilken Overensstemmelse i Styrketallene der faas ved gjentagne Prøver, er der af Forsøgsprotokollen uddraget Resultaterne for de paa forskellige Dage dannede Prøvestykker af samme Tønde Cement, der ere prøvede paa normal Maade. For Sønderrivningsprøven findes saadanne ensartede Forsøg i større Antal for 1 C. + 3 S., og for Knusningsprøven for Blandingsforholdene 1 C. + 6 S. og 1 C. + 9 S.

Resultaterne ere opførte i neden staaende Tabel:

	Antal Prøver à 10 Prøvestykker.		Prøver à 10 Prøvestykker, som afvige fra Middeltallet										Bemærkninger.
			0—2 %		2—4 %		4—6 %		6—8 %		8—10 %		
			Antal.	Procent- vis.	Antal.	Procent- vis.	Antal.	Procent- vis.	Antal.	Procent- vis.	Antal.	Procent- vis.	
Sønderrivningsprøven													
7 Dages Prøve for 1 C. + 3 S.	13	0	3	23.1 %	4	30.8 %	3	23.1 %	1	7.7 %	1 afveg 15 % og 1—16 %.		
28 — — — — —	14	3 21.4 %	1	7.1 %	4	28.6 %	3	21.4 %	1	7.1 %	1 afveg 10.4 % og 1—12 %.		
Knusningsprøven													
7 Dages Prøve for 1 C. + 6 S.	65	34 52.3 %	21	32.3 %	7	10.8 %	3	4.6 %	"	0	Ingen afveg over 7.5 %.		
— — — — — 1 C. + 9 S.	35	11 31.4 %	8	22.9 %	11	31.4 %	4	11.4 %	"	0	1 afveg c. 11 %.		

Tabellen viser paa en slaaende Maade, hvor meget mere ensartede Resultater man ved Knusningsprøven — endog for Blandingsforholdene 1 C. + 6 S. og 1 C. + 9 S. — faar i Sammenligning med ved Sønderrivningsprøven for 1 C. + 3 S.; eksempelvis anføres kun, at af Prøver, hvis Afvigelser fra Middeltallet ligge mellem 0 og 4 %, findes ved Sønderrivningsprøven kun 23.1 og 28.5 % mod henholdsvis 84.6 og 54.3 % for de to forskellige Slags Tærninger, hvormed Knusningsprøven er udført.

Parallelforsøg ved forskellige Forsøgsstationer have ikke kunnet anstilles for Knusningsprøvens Vedkommende paa Grund af, at der ikke andet Steds foretages Prøver med Anvendelse af samme Apparater; men da Individets Indflydelse ved Dannelsen af Prøvestykkerne kan indskrænkes til et Minimum, maa det antages, at Forsøgene ville falde temmelig ens ud, hvor de saa foretages, under Forudsætning af, at Fremgangsmaaden ved Prøvestykkernes Forarbejdelse er ens.

Tages alle de anførte Forhold i Betragtning, maa det vistnok anses for givet, at Knusningsprøven er den,

der giver det paalideligste Resultat for Styrkeprøverne. Hertil kommer, at man i samme Tid kan fremstille 5 à 6 Gange saa mange Prøvestykker til Knusningsprøven som til Sønderrivningsprøven, at der til Dannelsen af Tærninger kun medgaar  $\frac{1}{5}$  af det Materiale, som bruges til Stenene, at Tærningerne til Opbevaringen kræve mindst Plads, og endelig at Tærningerne lettere og hurtigere end Stenene lade sig anbringe i Forsøgsapparatet, medens selve Forsøget ved begge Slags Prøvelegemer tager lige lang Tid. Det synes heraf at fremgaa, at Knusningsprøven i enhver Henseende er at foretrække for Sønderrivningsprøven.

Sønderrivningsprøven alene maa efter de foreliggende Resultater anses for mindre vel egnet til Foretagelse af sammenlignende Forsøg mellem forskellige Cementsorters Styrke; men, hvor Knusningsprøven ikke kan anstilles, vil den som Kontrolprøve ikke være uden Betydning, naar man kun erindrer, at mindre Afvigelser i Styrkeresultaterne ikke behøve at hidrøre fra Cementens Beskaffenhed.

At der ogsaa ved Knusningsprøven kan indtræde

tilfældige Afvigelser, er indlysende; men efter hvad der foreligger, ville de være betydelig mindre, og naar der anstilles Forsøg med 3 forskellige Mørtelblandinger, maa det antages, at eventuelle Fejl ville blive udjævned.

Som Følge af de ved de oven for omhandlede Undersøgelser indvundne Erfaringer er det for de Cementprøver, som foretages ved Ingeniørkorpset, blevet bestemt, at:

1. I Stedet for Gipspladen anvendes et Sandunderlag ved Dannelsen af Prøvestykkerne af ren Cement.

2. Bestemmelsen om, at der til Mørtel af ren Cement skal anvendes  $\frac{1}{3}$  Vægtdeel Vand til hver Vægtdeel Cement, udgaar, da den ikke kan bringes til Anvendelse.

3. Som Underlag ved Dannelsen af Prøvestykker af sandblandet Mørtel anvendes udelukkende Marmorplader.

4. Ved Fremstillingen af Tærninger af sandblandet Mørtel fyldes Mørtelen løst i Formen og derefter underkastes den et Tryk af 200  $\bar{n}$  paa hver Tærning.

5. Knusningsprøven for ren Cement udføres med Tærningerne anbragte mellem  $\frac{1}{8}$ " tykke urifledede Blyplader og med et Par Flader, som ved Formningerne have vendt ind mod Formens Sider som Lejeflader, medens Tærningerne af sandblandet Mørtel anbringes i Prøveapparatet uden Anvendelse af Blyplader og trykkes paa det samme Fladepar, som ved Formningen har vendt op og ned.

6. Prøvestykkerne udsættes ved Forsøgene for en for de forskellige Prøvestykker konstant Kraftforøgelse i Tidsenheden, nemlig:

Ved Sønderrivningsprøven

Ren Cement	1.5	Kgr.	pr.	$\square$ cm.	i Sekundet
1 C. + 3 S.	1.5	—	—	—	—

Ved Knusningsprøven

Ren Cement	12 til 15	—	—	—	—
1 C. + 3 S.	6	—	—	—	—
1 C. + 6 S.	3	—	—	—	—
1 C. + 9 S.	1.5	—	—	—	—

Undersøgelserne have vist, at der maa anvendes en høj Grad af Omhu paa Prøvestykkernes Forarbejdelse, og

at der saa vel herfor som for Styrkeprøvernes Foretagelse maa fastsættes meget detaillerede Bestemmelser, saafremt man vil opnaa den tilsigtede Ensartethed. Men selv om disse Regler følges, vil det første Forsøg næppe give noget gunstigt Resultat, lidt Erfaring vil ogsaa vise sig at være nødvendig. Da Prøverne efter de nye Regler paabegyndtes ved Ingeniørkorpset, var Udfaldet kun lidt tilfredsstillende; at Middeltallet af 10 og 10 Prøver, der burde have givet samme Resultat, i det ene Tilfælde blev 2 til 3 Gange saa stort som i det andet, var ikke ualmindeligt ved Knusningsprøven. Først lidt efter lidt lykkedes det at bringe Afvigelserne til at forsvinde, efterhaanden som Fejlkilderne blev opdagede, og det tør nu antages, at Fejlen kun meget sjældent vil naa over 10 %.

At enhver vil kunne erhverve sig den til Anstillelse af Cementprøver nødvendige Færdighed er en Selvfølge, og Udfaldet af Styrkeprøverne vil snart vise, med hvilken Nøjagtighed man arbejder; men hvor der er let Adgang til at lade Prøverne foretage ved en Forsøgsstation, vil det upaatvivlelig være at foretrække.

Mærkelig er det, hvor liden Opmærksomhed man i Praxis hidtil har skjænket Cementundersøgelserne her tillands, og dog skulde det synes, at de ikke blot for Bygningsværkernes Soliditet, men ogsaa med Hensyn til Økonomien, maatte have nogen Betydning. Det maa dog vistnok være indlysende, at saafremt man ved at anvende en Slags Cement blandet med 6 Dele Sand kan opnaa samme Styrke som med en anden blandet med 3 Dele Sand, vil der, ved at benytte den først nævnte, kunne spares det halve Kvantum Cement. Og i Virkeligheden er der saa stor Forskjel mellem de forskellige Cementsorters Styrke, som ingen aner, der ikke har ladet foretage Forsøg til Sammenligning. Af 5 Cementsorter, der i den senere Tid ere blevne undersøgte ved Ingeniørkorpset, har den bedste endog været c. 6 Gange saa stærk som den svageste.

Sluttelig skal endnu kun bemærkes, at da der saa vel ved Undersøgelserne i Steins Laboratorium som ved Ingeniørkorpset er forefunden Tilbøjelighed til Udbulning ved flere Cementsorter, synes der at være Grund til ikke at gaa altfor sorgløst til Værks ved Valget af den Cement, man vil anvende.