

**Om Sandcement. Foredrag ved Dansk Ingeniørforenings Møde den 26.
september**

A. Foss

Tidsskrifter

Ingeniøren. 1893. 7 oktober

1893

Stockholm og i Kjøbenhavn er automatiske Modstands-Regulatorer i de enkelte fra Stationen udgaaende Fødeledninger, har man i Kristiania ment at kunne undvære disse Modstande og at kunne nøjes med en Regulering af Nettet's Middelspænding. Erfaringen vil afgøre, hvorvidt Normændene have Ret i denne Antagelse, der jo betyder en stor Simplifikation i Stationens Reguleringsbrædt.

Kjøbenhavns elektriske Station er den største af de tre; den kan med fuld Reserve forsyne

12000 samtidig brændende Lamper, uden Reserve 18000 samtidig brændende Lamper à 0.5 Amprée.

Kristiania kan med og uden Reserve forsyne resp. ca. 6000 og 10000 samtidig brændende Lamper à 0.5 Ampères.

Stockholm kan ligeledes med fuld Reserve forsyne 6000, uden Reserve over 9000 samtidig brændende Lamper à 0.5 Ampère.

Om Sandcement.

Foredrag ved Dansk Ingeniørforenings Møde den 26. September.

Af Ingeniør A. Foss, M. Ing. F.

Mine Herrer!

Den Opfindelse, som jeg i Aften skal have den Ære at gøre Rede for, vil allerede for flere af de Herrer ikke være helt ukendt, fordi Forsøgene med den allerede nu have udstrakt sig over et Tidsrum af 2 Aar og ved sine Resultater dels i Laboratoriet, dels i Praksis allerede vakt ikke ringe Interesse. Dertil kommer, at den Metode til Udnyttelsen af Portland-Cement, som betegnes ved Navnet Sandcement, er saa uhyre simpel, at man fristes til at sige: Men det er jo slet ingen Opfindelse! At blande Cement og Sand og dernæst formale denne Blanding til et fint Pulver synes ikke at love noget stort eller ejendommeligt Resultat. Men da Metodens Betydning maa bedømmes efter dens Resultater, skal det nærmest være min Opgave at forelægge Resultaterne af de hidtil foretagne Undersøgelser for saaledes at give Tilhorerne Materialet til en foreløbig Dom.

Det turde ikke være uden Interesse først at gengive den Tankerække, som førte Opfinderen, Ingeniør F. L. Smidth, ind paa den nye Metode. Han sluttede saaledes: Vi have i vort Portland-Cement, saaledes som den nu er at faa i Handelen, et Mortelemne, som i mangfoldige Tilfælde giver en Mørtel af langt større Styrke, end vi have Brug for. Det gaar ikke an at spare paa Cementen ved at bruge meget magre Blandinger 1:6, 1:8 etc., dels fordi Styrken synker i et langt hurtigere Forhold end Cementmængden, dels fordi den praktiske Anvendelse af saadanne Mørtler er vanskelig, idet der kræves megen Omhu til at fordele saa smaa Mængder Cement i den store Masse Sand, og en saa mager Mørtel desuden hefter daarligt ved Stenene. Derfor nødes man til i mange Tilfælde at bruge en uforholdsmæssig dyr Cementmørtel, hvis man ikke vil gøre et Spring lige over til Kalken, hvis mange Ulemper vi kende: den ringe Styrke, den langsomme Afbinding, Hærdning og Udtorrning etc. Ganske vist have vi Bastardmørtlen, Blanding af Kalk og Cement, ved hvilken der kan opnaas fortrinlige Resultater, men ogsaa denne Metode kræver stor Omhu, hvoraf Følgen atter er, at man tvinges til at bruge langt mere Cement end egentlig nødvendigt, saa at heller ikke denne Metode er tilstrækkelig økonomisk.

Der er altsaa et Hul at udfylde mellem Portlandcemen-ten og Kalken.

Men hvad er Grunden til, at de magre Cementmørtler ikke kunne udfylde dette Hul? Lad os tage f. Eks. en Mørtel bestaaende af 1 C. + 6 S. Sandets samlede Hulrum kan sættes til ca. 50 pCt. Naar der regnes en Liter vægt af 1,4 Kg. saavel for Cement som for jordfugtigt Sand, saa vil altsaa Cementen kun udfylde $\frac{1}{6}$ af Hulrummene. Der bliver aabenbart mange og relativt store Porer og mange Sandkorn, som slet ikke komme i Berøring med Cementen, men ligge løse i Massen. Dertil kommer Vanskeligheden ved at fordele den ringe Cementmængde jævnt i den store Sandmasse; der kommer øjensynlig let Partier, som slet ikke indeholde Cement. Kunde man forøge Cementens Finhed i en saadan Grad, at Antallet af Korn blev 6-doblet, vilde der aabenbart vindes meget, men i Praksis er dette vanskeligt, saa meget mere

som en fin Cement lettelig bliver grovere ved Henliggen og naturligvis yderst let klumper sig ved under Blandingen at optage Vand fra det fugtige Sand.

Fra denne Betragtning og til Sandcementen er Skridtet ikke stort. Ved at sammenmale en Del af Sandet f. Eks. 1 eller 2 Dele af de 6 med Cementen, indtil denne Blanding har Cementfinhed, og derefter blande Pulveret med det resterende grove Sand, altsaa i Forholdet 2:5 eller 3:4, faar man en Mørtel, i hvilken

1. det samlede Rumfang af Hulheder er formindsket,
2. disse Hulrum ere ligesom i alm. Cementmørtel tilstrækkelig fyldte med Pulver, i hvilken al Cementen findes omhyggelig fordelt.

Saaledes skulde den magre Mørtel blive stærkere og de praktiske Vanskeligheder, som den omhyggelige Blanding medførte, bortfalde, idet Forholdet i Mørtelen mellem Pulveret eller »Sandcementen« og det grove Sand reduceres til det for Mørtelblandinger sædvanlige.

De Forsøg, som denne Tanke ledte til, bekræftede Forventningen og gav yderligere Resultater, som ikke lidet overstege det ventede.

Undersøgelserne ere udførte ved at fremstille Sandcement i forskellige Blandingsforhold ligefra 1 Cement + 1 Sand til 1 C. + 24 S. paa en alm. diskontinuerlig Kuglemølle og prøve denne Cement efter Normerne for Portland-Cement, dog saaledes at der til Mørtelblanding som Regel ikke anvendtes Normalsand, men derimod dels kjøbenhavnsk Søsand, dels Bakkesand. — Ogsaa det Sand, som benyttedes i selve Sandcementen, var kjøbenhavnsk Søsand eller Bakkesand.

Undersøgelserne ere foretagne dels af Hr. Ingeniør N. P. Nielsen paa den polytekniske Læreanstalts Forsøgs-laboratorium, dels af Hr. Dr. L. Erdmenger, Hannover, Hr. Cand. polyt. Chr. Buch paa Aalborg Cementsfabrik og Hr. Carlsson paa Skånska Cement Aktiebolagets Laboratorium paa Limhamns Fabrikken.

Desuden ere Undersøgelser foretagne i Helsingfors, og der paagaa Undersøgelser i St. Petersburg paa den militære Ingeniørskoles Laboratorium for Undersøgelse af Bygningsmaterialier (Prof. Belebubski) og i Berlin paa Kgl. Prüfungsanstalt für Baumaterialien (Prof. Böhme).

Af de mange Forsøgsrækker skal jeg henvisse til Ingeniør N. P. Nielsens, som ere gengivne paa den vedføjede Tavle. Forsøgene omfatte saavel Hærdning i Vand som i Luft samt saavel Sønderrivning som Knusning, og strække sig for en Del af Provernes Vedkommende over 1 Aar; der er ialt fremstillet og prøvet ca. 1300 Provelegemer.

Paa Tabellen angive de 2 første Rubriker (efter Nr.) Blandingsforholdet i selve Sandcementen og den tredje Rubrik Sandmængden i Mørtlen for 1 Del Sandcement. 1:3:2 betegner altsaa 1 Del Cement, 3 Dele med Cementen sammenblandet Sand og 8 Dele groft Sand. Skrives det 1:3:8 henledes Tanken uvilkaarlig paa Beton, og hvad er Sandcementmørtlen andet end formindsket Beton, hvor Skærverne ere blevne til Sandkorn, Sandet er blevet fint som alm. Cement, og Cementen er endnu langt finere.

(Fortsættes).

Den til Forsøgene anvendte Cement:
Aalborg Portland Cement.

Bindetid 8 à 9 Timer.
 Rest paa 900 Masker = 0,0 %
 " " 4900 " = 20,2 %

Blanding i Vægtdele.			Blandingen indeholder Vægtdele ialt:		Styrke for Tryk (Knusning) Kg. pr. Kvadratcentim.										Sigterest etc.	Styrke for Træk (Sønderrivning). Kg. pr. Kvadratcentim.										Anmærkninger.				
Cement	Sand	umaltet Sand	Cement	Sand	I Vand.					I Luft.						I Vand.	I Luft.													
					7 D.	V. 28 D.	90 D.	6 M.	12 M.	a x V	7 D.	L. 28 D.	90 D.	6 M.			12 M.	a x L	7 D.	L. 28 D.	90 D.	6 M.	12 M.	a x L						
1	3	1	3	112	166	240		356	498	115	176	222		262	526		18	23	29		35	67	19	26	32		43	77	Normalsand Uvasket københavnsk Mursand 9 % do. do. 9 % do. do. 9 %	
1	6	1	6	82	113	151		209	339	90	131	169		232	393		15	20	25		25	60	20	26	30		41	76		
1	2	1	8	76	126	151	181	237	1011	79	151	110	234 ⁴	205	1208	900 Masker = 1,05 % 4,900 " = 13,15 %	10	17	21	27	28	137	13	25	25	37 ⁴	37	198	Uvasket københavnsk Mursand. + do. do. Skælsand. 9 1/2 %	
1	3	1	11	35	76	115	141	175	836	43	112	99	142	249 ³	232	4,900 " = 1,5 % 4,900 " = 21,1 % 900 " = 1,2 % 4,900 " = 25,0 %	8	13	16	19	23	143	9	18	18	22	31 ³	202		
1	6	1	20	23	39	72	82	96	774	28	62	68	85	91	1240	900 " = 1,1 % 4,900 " = 16,15 % 900 " = 1,0 1/2 % 4,900 " = 20,25 %	5	9	13	16	17	176	8	17	17	17	17	344	Uvasket københavnsk Mursand. + do. do. Skælsand. 9 1/2 %	
1	12	1	38	12	27	51	56	61	1014	18	43	46	54	54	1642	900 " = 1,1 % 4,900 " = 16,15 % 900 " = 1,0 1/2 % 4,900 " = 20,25 %	3	8	9	11	10	311	6	11	10	10,4	11	403		
1	24	1	74	9	19	26	26	27	1398	7	21	17,5	19	15	1554	900 " = 1,0 1/2 % 4,900 " = 20,25 %	2	4	4	4	4	259	3	5	4	4	4	363	Uvasket københavnsk Mursand. + do. do. Skælsand. 9 1/2 %	
1	6	1	6	36	63	97		166	380	42	79	103		159	475		6	8	13		22	50	8	13	13		15	79		
1	6	1 1/2	16,5	26	38	60		111	622	31	66	68		108	1086		5	8	13		21	135	7	14	14		15	233	Uvasket københavnsk Mursand. + do. do. Skælsand. 9 1/2 %	
1	6	2	20	14	27	47		74	536	18	48	51		76	962		4	8	11		15,5	176	6	12	12		11	238		
1	6	2 1/2	23,5	10	20	38		52	468	13	40	41		50	947		3	6	9		9	129	6	9	8		8	209	Uvasket københavnsk Mursand. + do. do. Skælsand. 9 1/2 %	
1	6	3	27	8	16	30		41	443	12	32	33		43	856		3	5	8		10	138	5	6	6		7	170		
1	3	1	11	35	76	115	141	175	836	43	112	99	142	249 ³	1232		8	13	16	19	23	143	9	18	18	22	31 ³	202	No. 5. Vasket kbh. Mursand. + Uvasket kbh. Skælsand. Vasket Aalborg Sand. + Uvasket kbh. Skælsand. Uvasket kbh. Mursand. + Uvasket kbh. Skælsand.	
1	3	1	11	45	105	150	190	217	1156	44	125	134	222	217	1375		10	17	19,7	23	25	183	11	23	26	32	33	253		
1	3	1	11	47	86	116	173	188	940	51	72	117	197	202	786		10	15	18,6	23	26,5	165	14	22	26	31,5	35	241	No. 7. Uvasket kbh. Mursand. + Uvasket kbh. Skælsand.	
Fugeprøve 10 m.m.	3	1	11							55	121	127	146		1334															
1	12	1	38	12	27				1014	18	43	46	54		1642		3	8			311	6	11					403	No. 8. Uvasket københ. Mursand. + do. Skælsand.	
1	12	1	38							24	42	50	52		1611															
1	24	1	74							7	21	17,5	19		1554															do. do.
1	24	1	74							15	29	26	32																	
Fugeprøve 10 m.m.	24	1	74							74	140	177	190			900 Masker = 0,75 %														Kalkmørtel indeholdende 8 % Hydrat (pCt. af den tørre Mørtels Vægt), tilberedt af Faxe Kalk og Berliner Normalsand, 10 % Vand.
alm. Prøve. Fugeprøve 10 m.m.	1									0,8	4,6	12,8	20			4,900 " = 22 %														

¹ 525 Gram Sandcem. + 1050 Gram groft Sand blandet med 180 Kubikcentimeter Kalkmælk. ² 525 Gram Sandcem. + 1050 Gram groft Sand blandet med 160 Kubikcentim. Kalkmælk.
 Anm. Kalkmælken indeh. 20 % Kalkhydrat efter Vægt, og bestod af 1 Volumen alm. Kulekalk tilsat med meget nært 1 Volumen Vand. Efter 1 Times Henstand afsatte den kun lidt Bundfald.

³ Disse Prøvelegemer have siden 29. November 1892 været mættede med Vand 25 Gang.

⁴ Disse Prøvelegemer bleve i de sidste 2 Maaneder 8 Gange mættede med Vand.

Til § 4.

Inspektoren, der ifølge Lærestaltens Reglement af 10de Maj 1884 II. § 4 tillige er Lærestaltens Sekretær, Bogholder og Regnskabsfører, lønnes for Tiden med 2,400 Kr. af Medhjælpssummen, hvilken Løn ikke mere svarer til det betydelige Arbejde, der efterhaanden er bleven paalagt ham. Ved Overflytningen til Lærestaltens ny Bygning er dette Arbejde yderligere blevet forøget i væsentlig Grad. En Forhøjelse af Inspektørens Lønning maa derfor anses for nødvendig, men tillige er det af Vigtighed for Lærestalten, at han knyttes fast til samme. Man har derfor foreslaaet, at han udnævnes af Kongen, samt at Lønningen for Inspektørstillingen fastsættes til 2,400 Kr. aarlig, stigende hvert 5te Aar med 400 Kr. indtil 3,600 Kr. Da den nuværende Inspektør allerede i 33 Aar med Nidkærlighed og Dygtighed har røgtet sit Hverv, agter man paa Finansloven at søge Bevilling til, at Tjenestetiden for hans Vedkommende beregnes fra et Tidspunkt, der ligger et passende Tidsrum forud for Lærestaltens Indflytning i sin ny Bygning, ikke blot i Henseende til Lønningens Fastsættelse, men ogsaa i Henseende til Pensionsret, idet man med Hensyn til det sidstnævnte Punkt skal henlede Opmærksomheden paa, at Inspektøren allerede nu som lønnet af den samlede Lønningssum har al Udsigt til en eventuel Understøttelse, beregnet paa Grundlag af hans Tjenestetid. Desuden vil der være at tillægge Inspektøren den for ham indrettede Fribolig i Lærestaltens ny Bygning.

Til § 5.

Det opførte Beløb 19,604 Kr. udkommer saaledes:

- | | |
|---|-----------|
| 1. Portneren | 1,000 Kr. |
| (Som hidtil Fribolig og Brændsel). | |
| 2. Betjent ved det fysiske Laboratorium . . | 1,000 — |
| (Som hidtil Fribolig og Brændsel). | |
| 3. Biblioteksbudet | 204 — |
| 4. Fyrbøderen | 1,000 — |
| (Som hidtil Fribolig og Brændsel). | |

- | | |
|--|------------|
| 5. Kontorbud og Betjent til Pasning af Auditorier og Tegnestuer | 900 Kr. |
| (Intet Emolument). | |
| 6. 1ste Assistent i det kemiske Laboratorium | 1,800 — |
| 7. 2den Assistent i det kemiske Laboratorium (I Forbindelse med den foreslaaede Lønningens Indtræden bortfalder den tidligere Udgiftspost 1. e., hvorunder der har været opført 750 Kr. til 2den Assistent ved Laboratoriet (Hjælpeassistenten). | 1,500 — |
| 8. Assistenten i det fysiske Laboratorium . | 1,600 — |
| 9. Assistenten ved den fysiske Samling . . . | 1,000 — |
| 10. 1ste Assistent ved Tegneundervisningen . | 1,400 — |
| 11. 2den Assistent ved Tegneundervisningen . | 1,200 — |
| 12. 3dje Assistent ved Tegneundervisningen . | 600 — |
| 13. 1ste Assistent ved Konstruktionsøvelserne | 1,400 — |
| 14. 2den Assistent ved Konstruktionsøvelserne | 1,200 — |
| 15. Medhjælper ved Landmaaling ialt | 1,000 — |
| 16. Konservator ved den fysiske Samling . . | 1,000 — |
| 17. Betjent ved det kemiske Laboratorium . . | 1,000 — |
| (Som hidtil Fribolig og Brændsel.) | |
| 18. En Kontorassistent | 800 — |
| | <hr/> |
| | 19,604 Kr. |

Der er foreslaaet Lønninger til 2 ny Assisterter, nemlig en ved Konstruktionsøvelserne og en ved Tegneøvelserne (særlig i Frihaandstegning), hvilke Ansættelser ere fornødne dels paa Grund af Undervisnings og Undervisningstidens Udvidelse, dels paa Grund af det stedse stigende Antal Studerende ved Lærestalten.

Forøgelsen af Lønnen for Assisterterne i Fysik er en Følge af Optagelsen af Undervisning i Elektroteknik, som vil lægge Beslag paa disse Assisterter hele Tid, og Lønnen for de to Assisterter ved Tegneundervisningen søges forøget paa Grund af Tjenestetidens Udvidelse til 3 Timer daglig.

Om Sandcement.

Foredrag ved Dansk Ingeniørforenings Møde den 26. September.

Af Ingeniør A. Foss, M. Ing. F.

(Slutning).

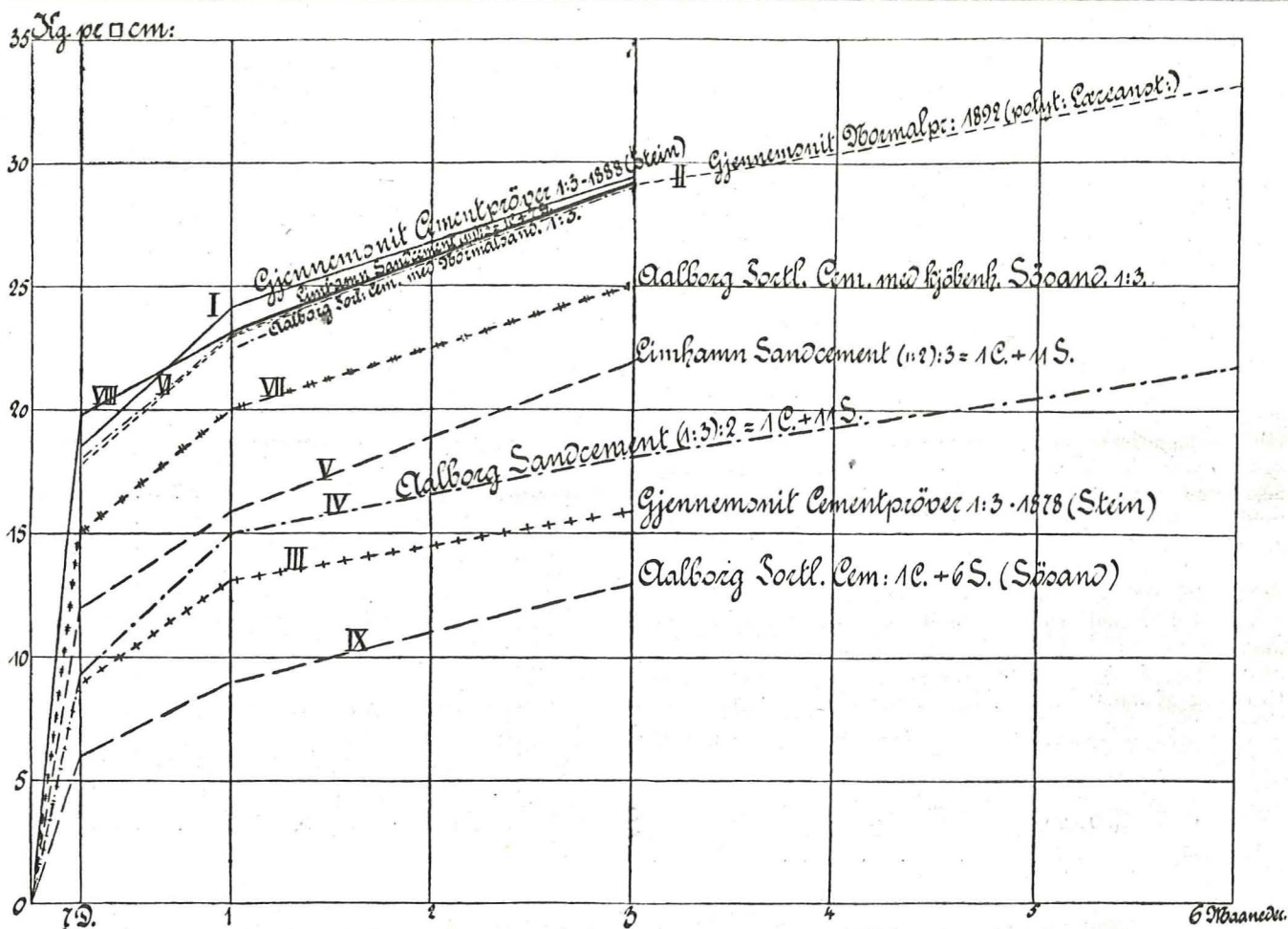
Paa Tegningerne har jeg grafisk fremstillet nogle af de Resultater, som Ing. Niensens Tabel giver, hvorved man langt hurtigere faar et Overblik over Forholdene.

Plan A. viser 9 Kurver. Ordinatorerne ere Brudbelastningen pr. □ cm. i Kg. og Abscisserne ere Prøvestykkernes Alder. Kurven I viser en Gennemsnitskurve for alle de Portland-Cementer, som i 1888 bleve prøvede paa Prof. V. Steins Laboratorium (jvnfr. Tekn. Tidssk. 13 Aarg. 5. Hæfte). Kurven II viser en Gennemsnitskurve for de paa polyt. Lærestalt i de sidste Aar undersøgte Cementer, dog med Udelukkelse af en af Proverne, der ved sin kolossale Finhed viste sig ikke at svare til, hvad der kan faas i Praksis.

Nr. III viser dernæst en Gennemsnitskurve for de i 1878 af Prof. Stein undersøgte Cementer. Det er paa-faldende, hvor stort Springet er mellem disse. Det viser Finhedens Indflydelse, idet denne gennemsnitlig i 1878 var 16 pCt. Rest paa 900 Masker pr. Kvadratcentimeter og 25 pCt. Rest paa 5000 Masker mod i 1887 1,6 pCt. Rest paa 900 Masker og 19 pCt. paa 5000 Masker. Tillige er

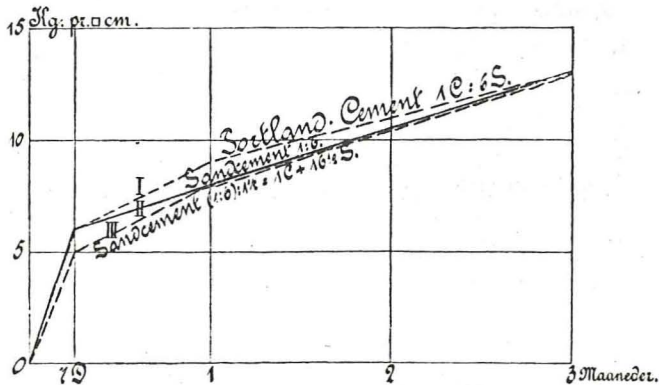
i dette Tidsrum sikkert ogsaa den øvrige Del af Fabrikationen skreden fremad, men rigtignok ikke i samme Forhold.

Imellem Kurverne Nr. I og II og Nr. III ligger Kurve Nr. IV, som er Gennemsnitsprøver med Sandcement (1 : 3) : 2 eller efter Betonformlen 1 : 3 : 8 altsaa i Virkeligheden 1 C. + 11 S. Det ses, at denne Mørtels Styrke ligger ikke lidet over Gennemsnittet i 1878. Men den vilde sikkert ligge endnu højere, hvis Sandcementen var prøvet med Normalsand i Stedet for med kjøbenhavnsk Søsand. Dette fremgaar af Kurverne Nr. VI og VII. Den første viser Styrken af den til Fremstilling af Sandcementen anvendte Aalborgcement, prøvet efter Normerne og med Berliner Normalsand, og den anden viser det samme dog med kjøbenhavnsk Søsand i Stedet for Normalsandet. Det vil ses, at kjøbenhavnsk Søsand ikke giver saa stor Styrke som Berliner Normalsandet. Mellem Nr. I og II og Nr. III ligger ogsaa Kurven Nr. V, som er Limhamns Sandcement 1 : 2 med 3 Sand, altsaa efter Betonformlen 1 : 2 : 9 eller 1 C + 11 S. Denne Prøve er imidlertid fremstillet med Normalsand og bekræfter saaledes det ovenfor fremsatte.



Pl. A.

Plan B. viser 3 Kurver, men disse faldte næsten fuldstændig sammen. Nr. I fremstiller Styrken af alm. Cementmortel 1 : 6, Nr. II af Sandcement 1 : 6. Det ses, at disse, som venteligt var, praktisk talt faldt sammen. Men Nr. III, som er Mortel (1 : 6) : 1½ eller efter Betonformlen 1 : 6 : 10½ altsaa 1 C. + 16½ S. viser samme Styrke.



Pl. B.

Det ses altsaa, at der ved Sandcementmetoden er opnaaet samme Styrke, skønt Cementmængden i Mortelen er sunket fra 15⅔ pCt. til 6 pCt.

Plan C. illustrerer egentlig det samme som A. Kurven I angiver den af vore Normer indtil 1887 krævede Styrke af Portland Cement. Disse fordrede 5 Kg. efter 7 Dage og 8 Kg. efter 28 Dage. Kurverne I og II vise Sandcementmortel henholdsvis (1 : 6) : 2 og (1 : 12) : 2 eller efter Betonformlen 1 : 6 : 14 og 1 : 12 : 26 altsaa henholdsvis 1 C. + 20 S. og 1 C. + 38 S. Det ses, at den sidste

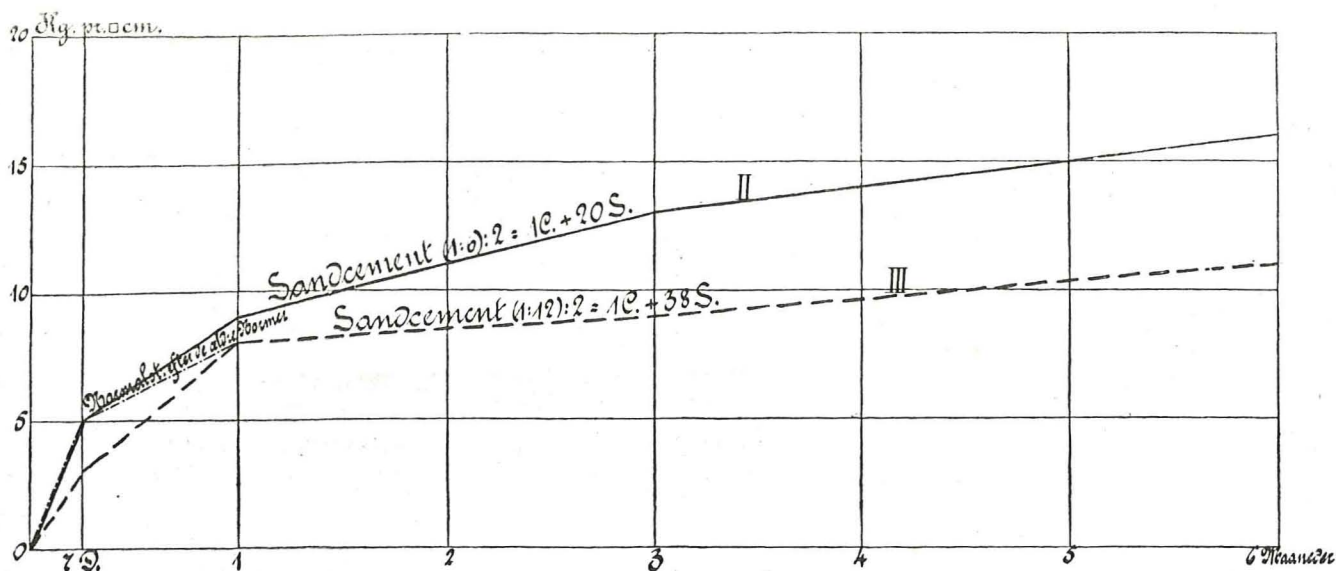
af disse tilfredsstillende gamle Normer for 28 Dages Proven og den første for begge Prøverne. At Kurven III ikke stiger saa stærkt i Begyndelsen svarer til den langsomme Hærdning, som karakteriserer en Mortel med saa lidt Bindemiddel. Det er dog ejendommeligt, at den af Normerne i sin Tid krævede Styrke af Mortel 1 : 3 her opnaas med ca. 13 Gange saa meget Sand.

Endelig viser Plan D, hvorledes Sandcementmortel forholder sig i almindelig Fuge ved Paavirkning til Knusning, — Fugen var 10 mm. tyk. Kurve I er Prøve for Kalkmortel af Faxe Kalk og Berliner Normalsand med 8 pCt. Kalkhydrat. Kurverne II og IV ere henholdsvis (1 : 3) : 2 og (1 : 24) : 2 eller 1 C. + 11 S. og 1 C. + 74 S. Selv denne sidste Mortel med kun 1⅓ pCt. Cement er stærkere end Kalkmortel.

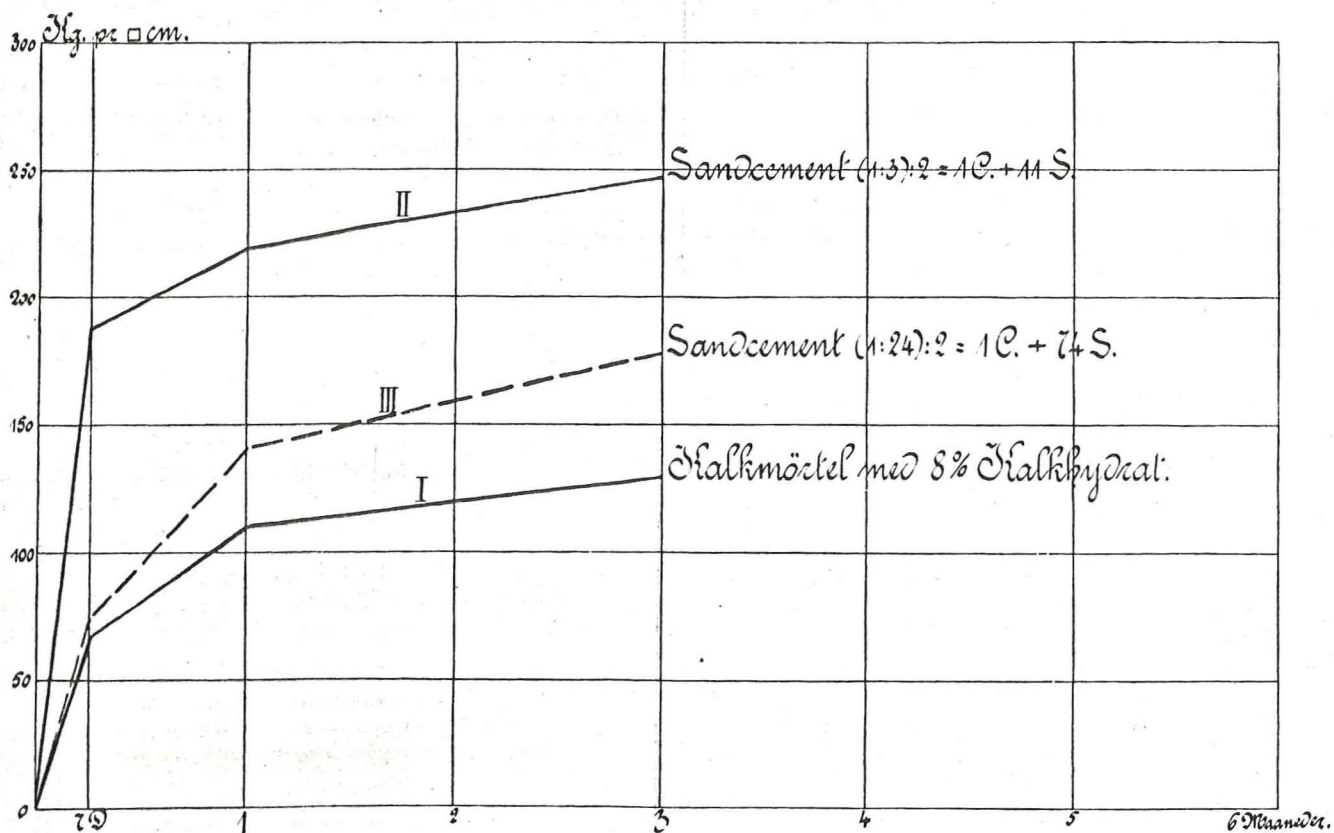
Forsøgsrækkerne kunne give Anledning til endnu flere interessante Sammenstillinger, men jeg skal ikke trætte dHrr. dermed, og det anførte vil vistnok tilstrækkelig vise, at den Vej, som Sandcementen har betraadt, frembyder interessante Perspektiver.

Det næste Spørgsmaal, der frembyder sig, er dette: Bekræfter disse Laboratoriumsresultater sig i Praksis, og hvilken Betydning kan der tillægges dem?

Til Besvarelse af disse Spørgsmaal er Materialet ikke nær saa righoldigt, og adskilligt maa derfor endnu henstaa uafgjort. Men nogle Erfaringer og Forsøg foreligge dog. For imidlertid at holde de forskellige Opgaver, som Cementen har at løse, ud fra hverandre, vil jeg tillade mig at omtale Sandcementens Forhold til almindeligt Luftmurværk, til Fundamenter og til egentlige Ingeniørarbejder, hver for sig.



Pl. C.



Pl. D.

1. Sandcementen som almindelig Luftmörtel. Efter ovenstaaende Resultater maatte det ligge nær at anvende Sandcementmörtelen til almindeligt Murværk. Naar der opnaas større Styrke end med Kalkmörtelen, og man dertil lægger Fordelen ved den hurtige Udtørring, saa synes meget at være vundet ved at lade Sandcementen afløse Kalken. Tilmed viste en Række praktiske Forsøg til stor Forbavselse, at Sandcementmörtelen bliver ligesaa smidig som alm. Kalkmörtel, forudsat, at Sandcementen blot er tilstrækkelig fin. Kalkmörtelens Smidighed har altsaa intet at gøre med egentlig plastiske Egenskaber, men maa snarere tilskrives Kalkens stærke Findeling, omend Kalkens Evne til at optage og fastholde Vand ogsaa spiller en stor Rolle. Til Formuring er brugt meget forskellige Sorter Sandcement,

lige fra Sandcement 1:12 med 3 Gange Sand (altsaa 1 C. + 5, S.) til (1:6): 1½ (1 C. + 16½ S.). Med den første Blanding er med gode Resultater muret en Laboratoriumsbygning paa Limhamn Cementfabrik. — Murmester Lythans-Petersen anvendte forrige Vinter Sandcement 1:12 med 2 Dele groft Sand, altsaa 1:38 til Muring af en Gavl ved Klampenborg tæt ved Søen vendende mod Øst umiddelbart for indtrædende Frostevej. Efter 2 Maaneders Forløb, da Murværket undersøgte, fandtes det trods Frosten fortrinligt og langt stærkere og haardere end den 2 Maaneder tidligere formurede Kalkmörtel.

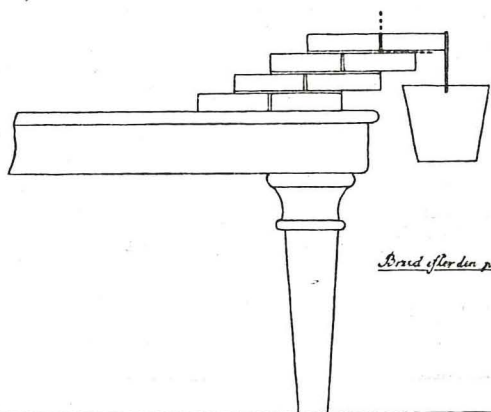
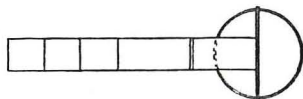
Til den nye Kloakpumpestation i Frihavnen er der til selve Bygningens Mure udelukkende anvendt Sandcementmörtel af Sandcement 1:6 med 1½, 1¾, 2 & 2½

Gange saameget Mursand. Arbejdet blev udført i Juli og August i den allervarmeste Sommertid. Nu efter nogle Maaneders Forløb er det umuligt at slaa et Som ind i en af Fugerne.

For Tiden anvendes Sandcementmørtel til Kælderetagen i to nye Skolebygninger, som opfores af Kjøbenhavns Kommune under Ledelse af Stadsarkitekt Prof. Fenger.

Der er et stort Fortrin ved Sandcementmørtelen, som synes at veje ikke lidt til Fordel for den, nemlig den hurtige Hærdning. Det er bekendt, at nye Huse murede med Kalk egentlig ikke kunne regnes for beboelige og sunde, forinden de ere ca. 2 Aar gamle. Dette skyldes jo Kalkhydratets langsomme Omdannelse til kulsur Kalk under Afgivelse af Vand, en Omdannelse, som i det Indre af tykke Mure ikke engang naar at finde Sted. Cementens Hærdning fortsættes vel ogsaa igennem et til to Aar, men er praktisk talt allerede afsluttet efter 2—3 Maaneders Forløb, og medens Kalken som sagt afgiver Vand ved Omdannelsen til kulsur Kalk, finder noget saadant slet ikke Sted for Cementens Vedkommende. Naar nye Huse kunne blive tidligere skikkede til Beboelse, spares der betydelig i Renter af Byggekapitalen, og det aarlige Beløb, der paa denne Maade kan indvindes i en By af Kjøbenhavns Størrelse vil sikkert være ret betydeligt.

For at danne sig en Forestilling om Sandcementens praktiske Styrke i Sammenligning med Kalk og Bastardmørtel har Ingeniør G. Kähler og jeg foretaget nogle smaa Brudprover af alm. Murværk. Dette var udført ganske som de fremlagte Prover, altsaa som en $\frac{1}{2}$ Stens Udkrøgning (sé hosst. Fig.). Den yderst udkragede Sten belastedes med en Spand, i hvilken der hældtes Sand og Kugler. Stenen hindredes i at vippe, af Mørtelen i Liggefugen, som havde en Størrelse af $\frac{1}{2}$ Sten, og af Mørtelen i Stødfugen, som havde Størrelse som en af Stenens Kopender.



Brød af floden punkteret Linie.

Proverne vare alle formurede den 13de Septbr. og Arbejdet udført af en Murer paa almindelig Murervis og selvfølgelig saaledes, at alle Fuger vare omhyggelig fyldte. Undersøgelsen skete den 23de Septbr., altsaa efter 10 Dages Forløb. Af Proverne vare Nr. I formurede i almindelig Kalkmørtel, Nr. II i Bestardmørtel $\frac{1}{6}$ Cement +

$\frac{5}{6}$ Kalk og de øvrige i Sandcementmørtel, nemlig Nr. III $\frac{1}{8} : 2\frac{1}{4}$ (= $1 : 28\frac{1}{4}$), Nr. IV $\frac{1}{8} : 3$ ($1 : 35$) og Nr. V $\frac{1}{12} : 2$ ($1 : 38$).

Brudbelastningen var som følger:

Nr. I	16 $\frac{1}{2}$ Kg.
— II	50 $\frac{1}{2}$ —
— III	53 $\frac{1}{2}$ —
— IV	45 —
— V	30 $\frac{1}{2}$ —

Med Hensyn til Bastardmørtelen maa det særlig bemærkes, at denne kunde og blev udført langt omhyggeligere end Reglen er og kan være paa en almindelig Bygning.

2. Puds & Fugning. For Anvendelse af Sandcement til Puds og Fugning foreligger endnu for liden praktisk Erfaring til at der derpaa kan bygges nogen Dom. Man er paa Forhaand berettiget til at antage, at man med Letted kan erstatte Cementpuds med Sandcementpuds, hvor den sidstes Styrke er tilstrækkelig. Man kunde antage, at Sandcementmørtelen endogsaa vilde vise sig bedre end Cementmørtelen, idet Ridserne skulde falde bort, og at Sandcementmørtelen saaledes skulde træde i Stedet for saavel Bastardmørtel som almindelig Kalkmørtel til Pudsning, hvortil den betydelige Styrke, hurtige Hærdning og sikre Blanding indbyder.

Men til at afgøre dette Spørgsmaal kræves endnu omfattende praktiske Prover.

Noget lignende gælder om Sandcementmörtelens Anvendelse til Fugning.

3. Fundamenter. Til almindelige Bygningsfundamenter bruge vi jo i stor Omfang Beton og vel oftest $1 : 4 : 7$ eller $1 : 4 : 8$. Men saafremt Udførelsen er nogenlunde omhyggelig, faa vi da i mangfoldige Tilfælde en større Styrke end nødvendig. Navnlig gælder vel dette i Tilfælde, hvor Byggegrunden i og for sig har fornødent Bæreevne, og hvor Fundamenterne væsentlig har den Betydning at være Bygningens Fod. Hvis i saadan Beton Mørtelen $1 : 4$ f. Eks. erstattes med $(1 : 3) : 3\frac{1}{2}$, altsaa $1 C + 17 S$, vil man sandsynligvis opnaa fuld fornøden Styrke. Hertil kommer endnu en anden Omstændighed. Den første Fabrik for Sandcement, som alt er i Gang her i Byen, (den tilhører Aktieselskabet Aalborg Portland Cement Fabrik), er saaledes indrettet, at den til Forbrugerne leverer ikke alene Sandcement, men ogsaa den færdigblandede tørre Mørtel. Men i saa Fald bortfalder det store Styrketab, som ligger ved den mangelfulde Tilberedning paa Byggepladsen. Enhver kender det Sjuskeri, som i den Retning finder Sted fra de sædvanlige Arbejderes Side, og som Murermestre og Entreprenører lader passere. — Det vil efter de hidtil foreliggende Erfaringer sikkert ikke være for meget sagt, at der med den maskinblandede Mørtel $(1 : 3) : 3$ opnaas ligesaa stor Styrke som nu med Mørtel $1 : 4$ under alm. Forhold. Prisbesparelsen ved denne Ombytning fremgaar af følgende:

Almindelig Cementmørtel $1 : 4$ —

1 Td. Cement paa Byggepl.	ca. 6 Kr.
16 Kbkfod = 3,55 Td. Sand do.	- 1,42
15,2 Kbkfod Mørtel	7,42
1 Cubikfod Mørtel	ca. 50 Øre.

Til 1 Kubikfod Sandcementmørtel $(1 : 3) : 3\frac{1}{2}$ behøves
100 $\bar{\pi}$ som koste frit Byggepl. 40 —

Besparelse 10 Ø = 25%

Ved den praktiske Anvendelse af Sandcementen til

Betonarbejder maa man — for at opnaa det bedste Resultat — bruge saa lidt Vand som muligt og altsaa stampe Betonen. Jeg behøver neppe at fremhæve, at det samme i Virkeligheden gælder for almindelig Beton. I »der Portland-Cement und seine Anwendungen im Bauwesen«, som er anmeldt af Ingeniør F. Johannsen i Ingeniørens Nr. 25 (1893), findes anført nogle Forsøg, som ogsaa ere gengivne i nævnte Anmeldelse, men som ere af saa stor praktisk Betydning, at de ikke tidt nok kunne gentages. Forsøgene vise, at ved at forøge Mortelens Vandmængde fra 10 pCt. til 12 pCt. synker Brudstyken for Tryk efter 28 Dage med 40 pCt. og ved en Forøgelse til 15 pCt. Vand endog med 65 pC. (fra 285 Kg. til 100 Kg.) Da 10 pCt. kun svarer til Jordfugtighed og absolut kræver Stampning, vil det ses, hvor ødselt man handler med Cementen ved at tillave Beton paa den almindelige Maade, hvor Mortelens Vandmængde ikke engang indskrænkes til 15 pCt.

I almindelig Cementmørtel behøves der imidlertid en vis Mængde Vand til selve den kemiske Proces, men i Cementmørtel, hvis Cementmængde er sunket til $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{6}$ eller $\frac{1}{10}$ af den normale, behøves der langt mindre Vand, og hvad der altsaa for Cementmørtel er galt, bliver for Sandcement endnu værre.

Altsaa for Sandcementens rigtige Anvendelse til Beton gælder det i særlig Grad: Brug saa lidt Vand som muligt, men stamp dygtig. *)

Af de fremlagte Prover tillader jeg mig at henlede Opmærksomheden paa 3 smaa Betonklodser i Tærninger med 1 Fods Sidelinie. Det er Beton, støbt den 13 Septbr., altsaa i Dag netop 2 Uger gamle. Blandingen er for den med

I	mærkede;	1	Cement	4	Sand	8	Skjærver,	altsaa	alm.	Beton,
II	—	$\frac{1}{3}$	»	4	»	8	»	} Sandcementbeton.		
III	—	$\frac{1}{3}$	»	3	»	6	»			

Cementmængden er altsaa formindsket til $\frac{1}{3}$ af det normale. Vandmængden er med Villie ikke gjort saa lille som den kan, og Stampningen har heller ikke været synderlig stærk. Den er kun sket ved Klapning med et Skovleblad, ikke med Støder. Blokkene vise altsaa paa ingen Maade den absolut største Styrke, som Sandcement-Betonen kan opnaa, ligesom Hærdningen jo langtfra er afsluttet. Men netop saaledes som Proverne ere gjorte: Forholdsvis frisk Beton, ikke udført efter alle Kunstens Regler, kunde Proverne maaske frembyde Interesse for denne Forsamling.

3. Ingeniørarbejder. Hvad der allerede er anført om almindeligt Murværk og Beton, gælder til en vis Grad ogsaa om de særlige Ingeniørarbejder. Paa den anden Side maa det jo ikke glemmes, at Ingeniørerne som Regel kræve netop stor Styrke, just saadan som opnaas med de stærke Mortelblandinger, som 1:3. Og det er en Selvfølge, at i saa Fald er der neppe meget for Sandcementen at udrette.

Hvor det imidlertid mere gælder om at fylde end om at skaffe lette og stærke Konstruktioner, eller hvor Fordringerne til Styrken ikke ere saa store, vil der sand-

synligvis kunne opnaas en god Økonomi med Sandcementen. Just i denne Sammenhæng har det sin Interesse at mindes de grafiske Fremstillinger, som vise, at hvad man her i Landet ansaa for god Styrke af Mortel 1 C + 3 S for 15 Aar siden nu faktisk opnaas med Sandcementmørtel (1:3): 2 eller 1 C + 11 S.

Der er imidlertid en særlig Opgave, hvor Sandcementen muligens kan bevirke et teknisk Fremskridt, nemlig ved Bygninger i Havet. Vi kunne jo ikke ret vel undvære Betonen til Vandbygningsarbejder, især hvor Omstændighederne kræve Anvendelse af store Blokke. Men Havvandets Magniumsalte destruere Cementen. Dennes Kalkaluminat omsætter sig med Klormagnium og Magniumsulfat, saa at der dannes Klorkalcium og svovlsur Kalk, som opløses i Vandet medens der udfældes Magnesiahydrat og Lerjordhydrat i Pulverform. Hvis nu Vandet har Adgang til at skylle disse Stoffer bort, saa blottes nye Lag Cement, der udsættes for Angrebene, og Oplosningen fortsættes.

Det eneste Middel til at imødegaa Angrebet er at gøre Mortelen saa tæt som muligt. Hvis Porerne er fine, saa kan den skyllende Virkning paa Grund af Bolgeslaget ikke trænge ret langt ind, og de fine Porer lukkes let, maaske forinden Oplosningen er begyndt. Men hvorledes skal man da opnaa en tæt Mortel? Man kan ved hensigtsmæssig Blanding af Sten, Grus og Sand, med alle Kornstørrelser repræsenteret i Mortelen, komme temmelig vidt, forsaavidt hensigtsmæssige Raamaterialier ere til Stede, men til Slut staar der dog ikke andet tilbage end at fylde de tilbageblevne Mellemrum med Cement. Da først Mortlen 1 C: 1 S er absolut vandtæt, er det en dyr Metode.

Til Belysning af Tætningsspørgsmaalet skal jeg anføre et Forsøg, foretaget af Dyckerhoff (1882). Han fremstillede 15 mm. tykke Mortelplader og fandt, at absolut Tæthed opnaas med:

1	C	+	1	S			
1	C	+	2	S	+	$\frac{1}{2}$	Kalkdejg.
1	C	+	3	S	+	1	do.
1	C	+	5	S	+	$1\frac{1}{2}$	do.
1	C	+	6	S	+	2	do.

At anvende Kalkdej til at bevirke Tætheden gaar imidlertid ikke an i Søvand, thi just Kalken angribes jo af Magnesiumsiltene.

Tænke vi os nu Kalkdejen erstattet af det fint formalede Sand og Formalingen af dette foretaget sammen med Cementen for at sikre Blandingens Ensartethed og for yderligere at findele Cementen, saa have vi Sandcementen. Vælg vi den sidste Blanding til Udgangspunkt, kunne vi antage at f. Eks. en Mortel (1:2): 2 eller efter Betonformlen 1:2:6 altsaa 1 C + 8 S kan give vandtæt Mortel. Dette maa jo nærmere fastsættes ved Forsøg. — Skulde den saaledes fremstillede Beton da ikke være stærk nok, vil man ogsaa kunde tænke sig en Anvendelse af Sandcement plus alm. Cement. Der er saa mange Kombinationer mulige, at det skulde synes underligt, om ikke Maalet at fremstille en for Søvand tilstrækkelig tæt Mortel til betydelig billigere Pris end hidtil, skulde naas.

Egentlig Forsøg i denne Retning ere ikke anstillede. Derimod har Havnevæsenet ifjor Efteraar støbt nogle Cementblokke (Laasestykker til Bolgebryderen ved Frihavnen). Disse ere fremstillede af og udførte under Ledelse af Ingeniør Beck og bleve udlagte paa Bolgebryderens

*) Ved Tilberedningen af Murermørtel kan man jo ikke spare paa Vandet, men Murerne ville i de tynde Fuger opsuge Vandoverskudet, medens Belastningen af Murværket over Fugen erstatter Stampningen. Saaledes kan man forklare sig, at det store Vandoverskud i Murermørtlen ikke virker svækkende i Praksis.

udvendige Side under Vandet paa Stenkastningen. Sammensætningen var 1 Sandcement : 2 $\frac{1}{2}$ Sand : 4 Skærver og Sandcementen var atter henholdsvis 1 : 2, 1 : 3 og 1 : 4. Imidlertid vare disse Prøver mere udsatte for mekanisk Paavirkning end for kemisk; thi Havvandets opløsende Virkning gør sig ikke gældende i Løbet af saa kort Tid som $\frac{1}{2}$ Aar. Et Par af Laasestykkerne vare ved Optagningen ogsaa knækkede, sandsynligvis ved Isens Virkning, da der just her var stærke Skruninger. — Afhuggede Stykker af de omhandlede Blokke findes fremlagt og vise en respektabel Styrke.

Der er endnu en Side af Sagen tilbage, som fortjener Omtale, nemlig Fabrikationen af Sandcementen. Denne er jo i sine Hovedtræk meget simpel, nemlig Tørring af Sandet, Blanding af dette med Cement og fælles Formaling i en særlig hertil konstrueret Mølle. Finheden af det færdige Produkt maa være ret betydelig, idet det kun bør have 10 pCt. Rest paa 5000 Masker pr. □ cm. — Fabrikationen bør saavidt muligt finde Sted i Nærheden af Forbrugsstedet, da en saa stor Del af de behandlede Masser er Sand, som ikke taale lange Transporter, hvis ikke Fordelen skal opluges af Transportudgifterne.

For en større By som Kjøbenhavns Vedkommende er Losningen givet. Sandcementfabrikerne, som skal forsyne Byen, maa ligge umiddelbart ved denne og paa en af de Linier, som Sandet følger fra Findested til Byggeplads. Altsaa for Kjøbenhavns Vedkommende helst ved Havnen. Det skal dermed ikke være sagt, at Sandcement ikke kan bære Forsendelsesomkostninger, men det er indlysende, at den anførte Beliggenhed er den, der tillader den billigste

Fabrikation. — Og Fabrikation af Sandcement maa som Regel tænkes som egentlig Industri. En Etablering af et mindre Mølleri for at skaffe Materialet til enkelte større Arbejder vil der næppe kunne blive Tale om undtagen i ganske enkelte Tilfælde, fordi Fabrikationen dog ikke er saa aldeles primitiv, altsaa kræver en ikke helt ubetydelig Anlægskapital, som ikke kan ventes indvundet ved en kortvarig Produktion. — Sandcementen er jo et Materiale, som tilsyneladende indbyder til Forfalskning. Det maa derfor være en vigtig Opgave at lede Fabrikationen af den ind i et Spor, hvor et saadant Misbrug er udelukket; kun derved kan Opfindelsen blive til Gavn og virkelig bringe et teknisk og økonomisk Fremskridt, medens den i modsat Fald jo kun vil bringe Forvirring og virke skadelig. Af stor Betydning vilde det selvfølgelig være, om man kunde finde en bekvem Metode til hurtig at kontrollere Sandcementens Sammensætning. Der er imidlertid i denne Henseende endnu ikke naaet noget tilfredsstillende Resultat. Paa den anden Side maa det ikke glemmes, at man heller ikke i Praksis kontrollerer Portland-Cement ad analytisk Vej, men lader sig nøje med de rent mekaniske Styrkeprøver, som jo ogsaa staa aabne for Sand-Cementen.

Til Slut skal jeg tillade mig at henlede de Herrers Opmærksomhed paa Prøver af Cementstøbningsarbejder af Sandcement, udførte paa Skånska Cementgjuteriet i Malmö, som findes fremlagte. Det er Vægfliser til Ydermur, og de ere delvis egentlig udførte til Chicagoudstillingen, hvor et Hjørne af den smukke og originale svenske Udstillingsbygning, af hvilken jeg er saa heldig tillige at kunne forevise nogle Fotografier, er beklædt med disse Fliser.

Nymindegabs Lukning.

Af Ingeniør N. J. Muus, M. Ing. F.

Maa jeg udbede mig Plads for et Par korte — fra min Side afsluttende — Bemærkninger om denne Sag.

Mit første Indlæg fremkom i den Hensigt ved en kort Fremstilling af Forholdene at imødegaa endel Misforstaaelser og løst henkastede Paastande i Hr. Ingeniør Rosenstand Woldikes Udtalelser altsaa ikke som »supplerende Oplysninger«, skønt jeg jo godt kan være enig med ham paa nogle Punkter.

Hr. R. W.s Teorier finder jeg derimod ingen Anledning til at komme nærmere ind paa, da de synes mig at savne det nødvendige Fundament i indgaaende Kendskab til de Forhold, som de skulle tjene til klagore, tilmed da han synes at modificere dem i betænkelig Grad, efterhaanden som jeg giver ham det nødvendige Materiale i i Hænde.

Jeg skal derfor ogsaa nu indskrænke mig til at bringe nogle — tildels væsentlige — Punkter i Hr. R. W.s sidste Artikel.

Kammerraad Reimert antog ganske vist i 1879, at Fjordens ordinære Sommervandstand laa i Niveau med daglig Højvande i Havet, men han, og ligesaa Etatsraad Carlsen, udtale sig herom med stor Forsigtighed. Efter fost at have bemærket, at man savner Observationer, fortsatte i et længere Tidsrum til Bestemmelse af Middelvandstanden, siger han »man vil maaske ikke tage meget Fejl« o. s. v. Dette lyder anderledes end, »at det ved gentagne

Maalinger er konstateret.« Vandstandsagttagelser ere jo nu anstillede gennem flere Aar og have, som det fremgaar af den meddelte Tabel, giver det Resultat, at Fjordvandstanden ligger ca. 0,6 Fod lavere end Højvande i Havet. At Hr. R. W. anfører, at Middelvandstanden for hele Aaret kun ligger 3 $\frac{1}{2}$ Tomme under Højvande passer ikke ind i Sammenhængen, da det er Fjordens Middelsommervandstand, der er Tale om.

Efter Ordlyden i Hr. R. W.s første Artikel maatte jeg nødvendigvis antage, at han havde tænkt sig Lukningen foraarsaget ved en Barredannelse noget indenfor Mundingen, f. Eks. der hvor Kanalen gennem Tangen udmunder i Nymindestrom. Denne danner her en Bredning, hvor det af Bolgeslaget oprodede og af Strømmen medførte Sand kan komme til Ro, og der er da ogsaa paa dette Sted grundet noget op, hvad dog endnu ikke volder større Ulempe. Det var i Modsætning hertil jeg fremhævede, at det langs Kysten vandrende Land havde skudt sig frem foran Mundingen og dannet en Sandvold, der tilsidst lukkede Udlobet ligesom, for at bruge et Billede, et med Hængsel forsynet Laag lukker sig over et Krus.

Naar jeg mener, at Fjordvandspejlet kan sænkes om end kun lidt, ved at Fjordens Aflob til Havet forkortes, saa er dette naturligvis under Forudsætning af, at der bliver tilvejebragt et stabilt, mod slige Eventualiteter beskyttet Udlob. Jeg kender nok det Forsøg, der blev gjort