

**Techniske Meddelelser. Prøver med Portland-Cement, foretaget ved
Kjøbenhavns Søbefæstning**

Chr. Keyper

Tidsskrifter

Maanedsskrift, udgivet af Industriforeningen. 1873. Ottende Aargang

1873

Tusinder af Aar har været udsat for, kan ganske vist ikke i Menneskealdrer oprettes, og de Arealer, som ere sunkne i Havet, kunne aldrig vindes tilbage. Men at sætte en Grændse for Havets videre Indvirkning og skadelige Indflydelse, at dæmpe den gamle og forebygge den nye Klitdannelse, tilintetgøre Ahlen ved Overrisling og Draining, omdanne de ufrugtbare Strækninger til Skov og Agerland, forøge Communicationsmidlerne, gjøre Kysten tilgængelig for Skibsfarten paa flere Punkter, og derved atter at bibringe denne Landsdeel dens tidligere Værd, Tillokkelse og Skjønhed, saa at det atter befolkes rigeligt og bringes i levende Samkvem med Østkysten og Landene vesterover, er en Opgave som væsentlig er forbeholdt fremtidige Slægter. Naar man iagttager den Stræben, der i vor Tid spores hos Nationen efter at overvinde den ligesom dæmoniske Magt, hvormed Naturen har lambundet Vestkysten, naar man Aar for Aar seer, hvorledes Heden viger tilbage og omdannes til Agerjord, naar der lægges Mærke til det begyndende Liv, som Chauseerne have fremkaldt og som Jernbanerne ville forøge endnu mere, saa udfordres der ikke stort Fremsyn til at forudsige, at om Hundreder af Aar vil Vestkysten ikke væsentlig staae tilbage for de øvrige Provindser, hvad Cultur, Virksomhed og Befolkning angaaer. Det er vor Tids store Fortjeneste, at den ikke er vegen tilbage for det Mistrøstende, som Forholdene paa Vestkysten uvilkaarlig indgyde, men at have gjort det første Spadestik i Hederne og Klitterne, at have lagt Veie henover de ubeboede Strækninger, at have forberedt Skovavlæg og Vandenes frugtbargjørende Benyttelse og endelig ogsaa at have forberedt Anlæg af Jernbaner og Havne.

Men som et Led, og maaskee det vigtigste, i dette store nationale Arbejde staaer ogsaa Kysternes Beskyttelse og Forebyggelsen af Sandets Vandring langs Forstranden; thi herfra er Ødelæggelsen opstaaet, og her maa ogsaa Grændsen for denne sættes. Hver Høfd, som lægges paa Vestkysten, er en Arm, der kuer Havets Fremskriden og holder Sandet fast. Naar man kun vil begynde med at beskytte de vigtigste Yderpunkter, saasom Blaavandshuk, Bovbjerg, Hanstholm og Bulbjerg, saa vil Erfaringen snart vise, at Arbejdet ikke er uoverkommeligt og Virkningerne ville i Tidens Løb mærkes paa hele Kysten. Gjør man Intet i saa Henseende, saa vil der ikke hengaae en lang Aarrække, inden flere af disse Høidedrag, der staae som Forposter for Jyllands Vestkyst, kun kjendes af Navn. Den Mindestøtte, der sættes om Frederik den syvendes Besøg paa Bovbjerg, vil snart styrte i Havet. Havde man den Gang forherliget hans Minde paa dette Sted ved istedenfor at reise en Støtte at anlægge nogle Høider foran Bjerget, saa vilde Folkesagnet muligviis i Tidens Løb have talt om den Konge, der, skuende over mod den engelske Kyst, hvor Knud den store veg tilbage for Vesterhavet, paa Jyllands Kyst satte en Grændse for dets Overmagt.

Techniske Meddelelser.

Prøver med Portland-Cement, foretagne ved Kjøbenhavns Søbefæstning*).

(Ved Ingenieurcaptain Chr. Keyper).

Da der sjeldnere gives Leilighed til igjennem en lang Aarrække stadig at foretage Prøver med forskjellige Bygningsmaterialier, og der ved oven nævnte større Arbejde i henvend 16 Aar uafbrudt er anstillet Prøver, der navnlig angaae forskjellige Cementsorter, et Arbejde, der fordrer ikke ringe Anvendelse af Tid og Taalmodighed og foraarsager en Deel Bekostning, troe vi, at det kan have Interesse for en Deel af Maanedsskriftets Læsekreds at erfare nogle af de Resultater, hvortil man er kommen. Der er i det anførte Tidsrum til Arbejderne forbrugt 82 til 83,000 Tdr. Portland-Cement, hvoraf over Halvdelen, omtr. 42,000 Tdr., fra Stettiner-Portland-Cement-Fabrikken (under Directeur Lossius), 24 til 25,000 Tdr. fra White & Brothers i London og omtr. 16,000 Tdr. fra andre Portland-Cement-Fabrikker, navnlig fra Fredens Mølle paa Amager og fra Johnson & Cp. i London og Newcastle, saa at dette store Forbrug har givet megen Anledning til Foretagelse af Prøver. Hvor stort et Antal Prøver der imidlertid end anstilles, kan det dog ikke i Almindelighed siges, at herved Anvendelsen af mangelfuld eller mindre stærk Cement ganske maa kunne forebygges. Deels er man jo ikke i Stand til at prøve samtlige Tønder af en Levering, men maa — som ved alle andre lignende Undersøgelser — indskrænke sig til enkelte vilkaarlig valgte Stykker, deels erfarer man ikke det vigtige Resultat om den Styrke, Cementen endelig opnaaer, før efter lang Tids Forløb, i Almindelighed først længe efter, at Cementen er forbrugt. Den største Værdi af Prøver, foretagne gjennem en lang Aarrække, maa derfor søges i det nøie

*) Opmærksomheden henledes paa tvende Aftandlinger om Cement i Industriforeningens Maanedsskrift, 2den Aargang S. 297 og 4de Aargang S. 19, hvilke i flere Henseender kunne tjene til at supplere denne.

Kjendskab, som derved erhverves til de paagjældende Fabrikker, til deres Fabrikats Eensformighed, endelige Styrke under forskellige Forhold og Evne til at taale Sandtilsætning i større Mængder, til hvis Bedømmelse selve Anvendelsen ved Arbejderne kun tildeels kan yde veiledende Momenter, medens Forsøgsrækkerne fremstille Resultaterne med klare Tal. Sammenholdes dernæst Erfaringerne fra de udførte Arbejder med, hvad Prøverne udvise, haves den bedste Rettesnor ved Valget imellem forskellige Fabrikker. At det ikke er tilstrækkeligt alene at støtte sig til Forsøgsrækkerne, der jo stedse maae foretages med smaa Partier, men at det er nødvendigt ogsaa at tage Hensyn til Cementens Forhold ved Anvendelsen i det Store, har ogsaa stadfæstet sig ved de omhandlede Arbejder. Ved en større Cementlevering havde saaledes Prøverne, som endog vare udførte i et betydeligt Antal, givet tilfredsstillende Resultater, medens der ved Arbejderne indtraf ikke ringe Uheld. Efter Anvendelsen af en Deel af denne Cement til Beton i tykke Mure forefandtes Betonen ved Træformernes Borttagelse, 1 til 2 Uger efter Betonforfærdigelsen, rævnet i alle Retninger. Rævnerne tiltog efterhaanden i Antal og Størrelse, en kjendelig Udvidelse eller Udbulning i de store Masser gjorde sig mere og mere gjældende, og tilsidst tiltog den saa meget, at man nødsagedes til at bryde Murene ned og opføre nye i Stedet. Med et andet Parti af samme Cementsort viste der sig en lignende Udbulning med Rævner i alle Retninger, men den blev først iagttaget over 9 Maaneder efter Cementens Anvendelse, hvornæst Rævnerne' vedbleve at tage til i Størrelse. Disse Exempler, som i Øvrigt ere enestaaende i den lange Række af Betonarbejder ved Søbefæstningen, vise noksom, at Prøvernes heldige Udfald alene ikke er tilstrækkeligt til at begrunde en gunstig Dom over den paagjældende Cement.

Ved Undersøgelserne af Cementen ere selvfølgelig Prøverne over Boniteten, navnlig Styrken, de væsentligste. Man har dog tillige ved Siden af disse ved de nævnte Arbejder foretaget Undersøgelser med Hensyn til **Rumfang** og **Vægt** af Cementtønderne, hvad der ogsaa har Betydning ved Valget mellem forskellige Fabrikker eller ved Controllen med betydeligere Leverancer. Man har da gjort sig det til Regel hyppigt at udtage af de ankommende Skibsladninger 10 vilkaarligt valgte

Tønder, [og veie dem saavel fyldte som tomme, hvorved selve Cementens Vægt blev bragt i Erfaring. Ved samme Leilighed skaffede man sig Begreb om Tøndernes Rumfang, idet Cementen under Tømningen forsigtigt østes med Skovl over i Rummaal. Saaledes erfarede Rumfanget af Cementen i den Tæthedstilstand, hvori den anvendtes paa Arbejdsstedet. Efterfølgende Tabel giver en Oversigt over udførte Maalinger og Veininger af forskellige Sorter Portland-Cement.

	Maalingerne og Veiningerne foretagne i Aarene.	Antal af Leveringer, af hvilke stedse 10 Tønder ere maalte og veiede.	Middeltal af de foretagne		Den heraf beregnede Vægtfylde, udtrykt som Vægten af 1 Cblfd. Cement.
			Maalinger.	Veiningen.	
			Tønden indeh. Cblfd. Cement maalt i løs Tilstand.	Tønden indeh. Pd. Cement.	
Stettiner Portland Cement-Fabrik (Lossius)	1860—69 og 1872	57	4,21	381,4	90,6
White & brothers	1860—66	20	3,98	355,1	89,2
Fredens Mølle.....	1860 og 1862—65	11	3,73	367,5	98,5
Johnson & Cp.....	1862, 1867 og 1870	7	3,72	369,7	99,4
Knight, Bevan & Sturge	1862—63	2	3,81	366,2	96,1

Det fremgaaer heraf, at Undersøgelsen er foretaget i et temmelig betydeligt Omfang, idet der i Aarenes Løb er veiet og maalt henved 1000 Tønder. Den noget omstændelige Maaling er stedse foretaget med megen Omhu, og, for at faae den saa eensformig som muligt, er den næsten altid udført af den samme Mand. Afvigelserne af Gjennemsnitstallene for 10 Tdr. fra de anførte Middeltal have i Regelen ikke været betydelige, kun nogle faa Procent. Den største Afvigelse fra Middeltallene saavel ved Maalingen som ved Veiningen har udgjort 9 Procent.

Stettiner-Cementen staaer ubetinget høiest baade hvad Rumfang og Vægt angaaer. Foruden at dette ligefrem beroer paa Foustagernes større Indhold, er det ogsaa, skjønt i langt mindre Grad, begrundet i disses større Godhed. Tønderne fra Stettiner-Fabrikken ere solidere og tættere end de engelske,

ved hvis Indladning, Losning og Transport der er et Spild, som natürligviis udøver sin Indflydelse paa Resultaterne af Maalingen og Veiningen.

Vægtfylden af de 2 først nævnte Sorter er en Deel ringere end af de 3 efterfølgende. Om en større Vægtfylde er en Dyd, formaae vi ikke med Bestemthed at udsige, men maae dog antage, at dette Spørgsmaal nærmest maa besvares bekræftende. Den kan være afhængig saavel af Raaproducternes Vægtfylde som af Cementens Evne til at leire sig tæt ved den under Maalingen foretagne Øsning fra Tønderne til Rummaalene eller ogsaa heroe paa andre Omstændigheder. Vi skulle blot anføre, at de Bestemmelser for Vægtfylden, som vi have seet nævnte i udenlandske Contracter om store Cementleveringer, ikke tjene til at belyse dette Spørgsmaal. I en med den franske Regering afsluttet Contract, der rigtig nok er fra 1858, er saaledes alene anført en Vægtfylde, som ikke maa overskrides; i en engelsk Contract om store offentlige Arbejder findes derimod kun anført Bestemmelser for den ringeste Vægtfylde, som Cementen bør have.

Da Resultater af den omhandlede Art have større Interesse, jo nyere de ere, skulle vi anføre dem for de 2 sidste Aar 1871 og 1872, i hvilke to Aar Leveringerne have haft større Omfang, medens de i de nærmest foregaaende Aar ikke vare meget betydelige.

I 1871 forbrugtes 8000 Tdr. af Johnsons Cement, i hvilket Aar Cementen undtagelsesviis modtoges efter Vægt. Middeltallet for Veiningen af 450 Tdr. gav 367,7 Pd. Cement i hver Tønde. Der foretoges ingen Maalinger.

I 1872 forbrugtes 2500 til 3000 Tønder fra Stettiner-Portland-Cement-Fabrikken. Der foretoges 10 Maalinger og Veininger (100 Tdr.), hvilke gave som Middeltal et Indhold af 4,08 Cbfd. og en Vægt af 385,4 Pd. Disse nyere Resultater sees kun at afvige lidet fra de oven anførte for de længere Tidsperioder.

For Vægten af de tomme Cementfoustager skulle vi anføre følgende Gjennemsnitstal som Resultat af de udførte Veininger:

Stettiner-Portland-Cement-Fabrik (Lossius) Tøndens Vægt 18,4 Pd.
Whithe & brothers 19,7 -

Fredens Mølle Cement-Fabrik, Tøndens Vægt 22,0 Pd.
Johnson & Cp. 21,5 -
Knight, Bevan & Sturge 21,6 -

De foreløbige Undersøgelser med Hensyn til Cementens Bonitet have gaaet ud paa, om Stoffet overhovedet vilde hærde saavel i Luft som i Vand, samt Hærdningens — eller om man vil benævne Hærdningens første Stadium »Størkning« — dennes Hurtighed. Man har da udtaget af en Deel vilkaarligt valgte Tønder mindre Mængder af Cementen, formet dem i Smaaprøver og iagttaget disses Forhold under Størkningen. Naar Intet herved fandtes at bemærke, og de dernæst, uden at modtage noget Indtryk, kunde bære en paasat Jernstift med kvadratisk Endeflade, hvis Sidelinje var $\frac{2}{3}$ ''' og Vægt 2,7 Pd. (Maalet og Vægten valgte efter fransk Mønster), bleve de sænkede i Vand, og deres videre Forhold iagttaget, om de vilde rævne, udbulne og adskilles, eller om de fremdeles toge til i Styrke.

Prøverne med Stiften over Størkningen ere tillige udførte med de senere omhandlede formede Steen til Styrkeprøver, og man har derved iagttaget meget vide Grændser for Størkningen. Fordi en Cement bruger lang Tid til Størkningen, eller er, som det kaldes, »langsomt bindende«, kan den dog, som bekjendt, lige fuldt opnaae en stor endelig Styrke, og Prøverne have noksom viist, at man ikke behøver at nære Frygt for Cementens Godhed, selv om Størkningen er foregaaet overordentlig langsomt. For den rene Portland-Cementmørtel, der i Almindelighed bruger nogle faa Timer til Størkningen, har man iagttaget som Grændser for denne 1 Minut og $19\frac{1}{4}$ Timer; for Mørtel af 1 Maal Portland-Cement og 4 Maal Sand, der i Almindelighed bruger $\frac{1}{2}$ til 1 Døgn, have de iagttagne Grændser været $1\frac{1}{4}$ Time og 56 Timer. Hvis man efter et Arbeides Natur ønsker enten en meget hurtig eller en meget langsomt bindende Cement, angiver Prøven med Stiften paa en let og sikker Maade Cementens Egenskab i denne Henseende. (See i Øvrigt for nævnte Afhandling 4de Aargang S. 25).

De egentlige Styrkeprøver med Cementen ville vi dele i Prøverne fra Tidsrummet 1859 til 1867 og dem fra 1867 til 1872.

I Tidsrummet 1859—67 bestode Undersøgelserne næsten udelukkende i Sønderrivningsprøver. Man udtog af en Ladning eller Levering en vilkaarlig Tønde og formede Mørtelsteen af Cementen, deels med reen Cementmørtel, deels med en Blanding af 1 Maal Cement og 4 Maal Sand ($1^{\circ} + 4^s$). Undtagelsesviis udvidedes Prøverne til flere andre Forhold mellem Cementen og Sandet. Hver almindelig Prøve bestod af 60 Cementsteen og 100 Steen af $1^{\circ} + 4^s$. Halvdelen af hver Sort Steen opbevaredes i Luften, og den anden Halvdeel sankedes i Vand, efter at Stenene havde været i Stand til uden at modtage Indtryk at bære den omtalte Stift. Efter Forløb af 5 Dage, 1 Maaned og 6 Maaneder efter Forfærdigelsen blev Cementstenene sønderrevne, hver Gang 20 Steen, hvoraf Halvdelen havde været opbevarede i Luften, Halvdelen i Vandet, og efter Forløb af 5 Dage, $1\frac{1}{2}$ Maaned, 3 Maaneder, 6 Maaneder og 1 Aar prøvedes de 100 sandblandede Cementsteen, ligeledes hver Gang 20 Steen. Af hver 10 eensartede Prøver toges Middeltallet, og man var saaledes efter 1 Aars Forløb i Besiddelse af en Talrække med 16 Resultater, svarende til den bestemte Cementladning.

Formen og Dimensionerne af Stenene ere omtalte S. 26 i 4de Aargang. Vi skulle derfor her blot anføre, at Stenene paa det Sted, hvor Sønderrivningen skeer, have et Tværnit paa $2\frac{1}{2}$ □", nemlig et Kvadrat med $1\frac{1}{2}$ " i Siden. I de første Aaringer bevirkedes Prøvestenenes Sønderrivning ved ligefrem at paahænge en Vægtskaal i Bøile om Stenens nedre Deel, medens en fast anbragt Bøile omfattede Stenen foroven, hvornæst Lodder paasattes, indtil Sønderrivning fandt Sted. Naar man betænker, at den Vægt, der udfordres til at sønderrive Steen af reen Cement, ikke sjelden overstiger 1000 Pd., og at denne Vægt kun fremkom ved en gradeviis Forøgelse af Belastningen, der tilmed maatte udføres forsigtigt for at undgaae Stød ved Loddernes Anbringelse paa Vægtskaalen, er det indlysende, at de saaledes vundne Resultater have krævet megen Tid og Taalmodighed. Det var derfor til betydelig Lettelse, da et eget Apparat, indrettet efter Bismersprincipet, kom i Brug i 1862. Til Mønster for dette har et noget lignende tjent, som vi under et Ophold i London i 1861

have seet anvendt ved Cementprøverne ved et stort offentligt Arbejde*).

Apparatet, som er fremstillet i Fig. 15, bestaaer af en uligearmet Vægtstang, der har sit Omdreingspunkt i et

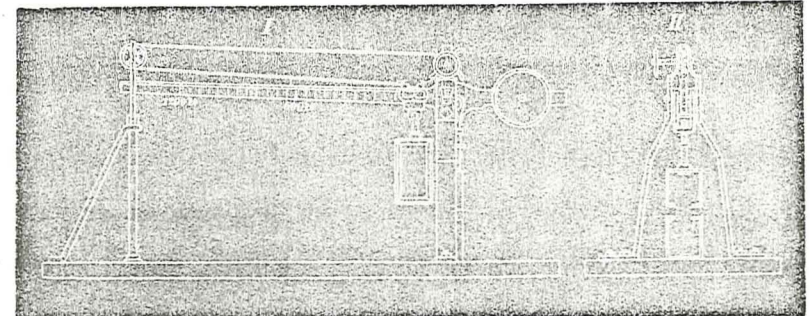


Fig. 15. Apparat til Sønderrivning af Cementprøver ($\frac{1}{2}$ af sand Størrelse).
I seet fra Siden, II seet fra Enden.

Tappeleie, som bæres af et stærkt Jernstativ, der er fastskruet paa et Træunderlag. Langs Stangen, der er forsynet med Inddeling, bevæges et Vægtlod ved Hjælp af en Snor, som over en Tridse fører hen til et Spil. Naar Vægtloddet er paa Inddelingens Nulpunkt, er det contrabalanceret af Modvægten paa den korte Arm, og der udøves da ingen trækkende Kraft paa Stenen, som indsættes i de tvende fiirkantede Bøiler. Af disse er den nederste fast, hvorimod den øverste, som bæres af Vægtstangen, kan løftes og sænkes ved Hjælp af en Skruer saaledes, at den indsatte Steen kan faae en sikker Stilling. Naar denne havés, trækkes Loddet ud ad Stangen, indtil Sønderrivning finder Sted. Apparatet er saaledes meget simpelt at bruge; Trækket forøges paa en jævn Maade og med den Hurtighed, som man maatte ønske.

Man vil faae den bedste Oversigt over Forsøgenes Resultater, naar disse fremstilles grafisk. Middeltallet af de til Sønderrivning nødvendige Vægte er udregnet for hver Cement-sort og hver Art af Prøver (efter Opbevaringsmaaden og den

*) Apparatet blev udført her af Smedemester Riedel, der nogen Tid efter fik Leilighed til at forfærdige et lignende til Fabrikken i Stettin, hvor man ønskede at anstille Prøver paa samme Maade som her.

fra Forfærdigelsen til Styrkeprøven forløbne Tid), og de til de saaledes udfundne Tal svarende Længder ere afsatte paa de lodrette Linier i den følgende Fremstilling (Fig. 16). Afstandene paa den horizontale Grundlinie mellem de lodrette Linier svarer til de forløbne Tider; Curver gennem de lodrette Liniers Endepunkter vise Cementens tiltagende Styrke. Fremstillingen viser Resultaterne af Prøverne for Stettiner-Portland-Cementen, White & brothers og Fredens Møllens, der næsten udelukkende anvendtes ved Arbejderne i den omhandlede Periode 1859—67. De fuldt optrukne Curver gjælde for de i Luften opbevarede Prøver, de stregede Curver for de i Vand opbevarede Prøver.

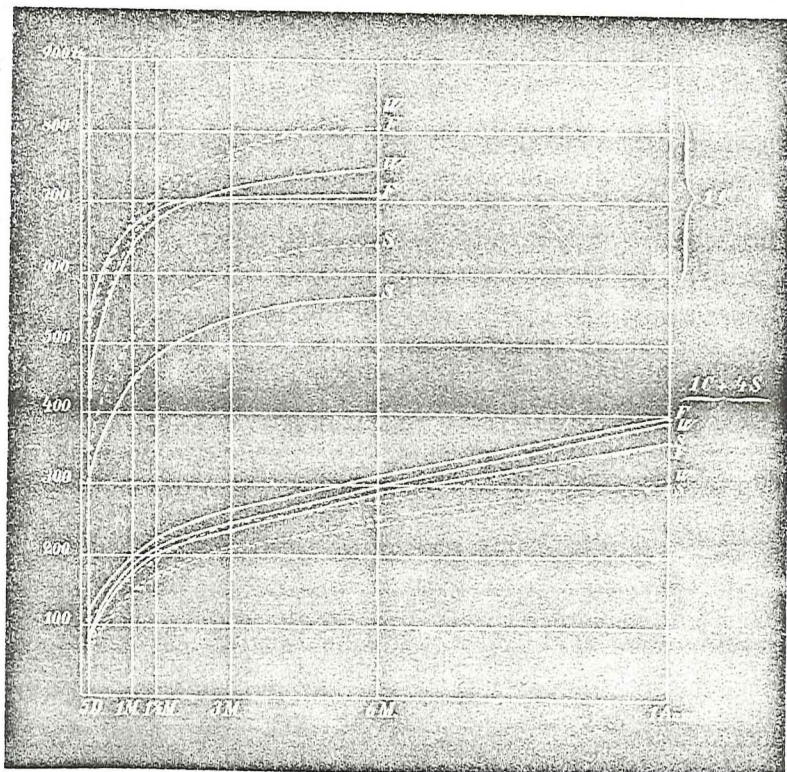


Fig. 16. Grafisk Fremstilling af Sønderrivningsprøver med Stettiner Portland-Cementmørtler (S), udførte i 1859—67, White & brothers do. (W), — 1859—66, Fredens Møllens do. (F), — 1860—65.

Det sønderrevne Areal $2\frac{1}{2}$ Quadrattomme.

De i de lodrette Linier viste Punkter, hvorefter Curverne ere bestemte, findes angivne i Tal i den vedføjede tabellariske Oversigt og da iethvert af disse Punkter i Curverne angiver et Middelresultat af en Mængde Prøver, nemlig for

Stettiner-Portland-Cementen,	et Middeltal af 750 til 800 Prøver,
White & brothers	» — » omtr. 300 »
Fredens Mølle	» — » » 150 »

sees det, at Prøverne have haft et meget betydeligt Omfang. Af Stettiner-Cementen er saaledes forfærdiget og prøvet omtr. 12,000 Steen, af White & brothers 5000 og af Fredens Møllens 2500, i Alt omtr. 20,000 Prøver, saa at Resultaterne kunne siges at give paalidelige Billeder af de forskjellige Fabrikaters Gjennemsnitsstyrke. Prøverne med den ublandede Cement have givet de bedste Resultater for Whites og Fredens Møllens Cement; Stettiner-Cementen staaer i denne Henseende en Deel lavere. Da Cementen imidlertid saare sjelden anvendes i ublandet Tilstand, have disse Resultater langt fra den Betydning for Praxis som de for de sandblandede Prøver. Ved disse viser der sig en mærkelig Overensstemmelse imellem alle 3 Sorter, idet Curverne noget nær falde sammen. Man erindre vel, at Curverne svare til Middelværdier af samtlige Prøver, hvis enkelte Udfald (selv Middeltallene for 10 Steen) ofte variere meget betydeligt fra de i den meddeelte Oversigt anførte Hovedmiddeltal. Der vilde derfor stilles alt for strænge Fordringer til en Cement, naar man forlangte, at Prøvernes Resultater alle skulde ligge Hovedmiddeltallene nær. For at give en Forestilling om, hvor store Afvigelserne i Prøvernes Resultater have været, og i hvad Grad de gruppere sig om Middeltallene, have vi i denne Oversigt angivet, hvor mange Procent af Prøverne, hver paa 10 Steen, der falde paa Vægte fra; 1—100, 101—200, 201—300 Pd. osv.

Oversigten viser en ret god Overensstemmelse mellem de 3 Cementsorter, hvilke alle kunne siges at være fortrinlige Fabrikater, og den giver altsaa en god Rettesnor til Bedømmelsen af andre paa lignende Maade udførte Forsøgsrækker med andre Cementsorter.

Den grafiske Fremstilling viser endelig med den fuldstændigste Overensstemmelse,

at den rene Cement opnaaer en noget større Styrke ved at opbevares i Vandet end i Luften, medens det Modsatte er Tilfældet med den sandblandede Cement, samt

at Hærdningen ikke er tilendebragt med Forløbet af $\frac{1}{2}$ Aar for den rene Cement og 1 Aar for den sandblandede, men synes at maatte fortsætte sig her udover, idet samtlige Curver stige imod deres Endepunkter.

Med disse Erfaringer for Øie har man i **Perioden 1867—72** søgt at forøge Udbyttet af Prøverne, dels igjennem Maaden, hvorpaa de udførtes, dels ved Forøgelse af Antallet af de Forhold, i hvilke Sand indblandedes i Cementen, og endelig ved Forlængelse af Tidsperioderne, hvorigjennem Forsøgene strakte sig. Paa den anden Side indskrænkedes Opbevaringen af Prøverne til alene at finde Sted i Luften, hvorved man kunde holde Forsøgenes Omfang indenfor rimelige Grændser. Forskjellen i Cementens Forhold, eftersom den opbevaredes i Luften eller Vandet, havde tilfulde viist sig ved de tidligere Forsøg, og ved at udelade Prøvernes Opbevaring i Vand undgik man en Foranstaltning, som krævede megen Plads og som tilmed Vinteren igjennem paa Grund af Frostens var forbunden med en Deel Vanskeligheder.

Da Cementen i Bygningsværker langt hyppigere er udsat for en Kraftpaavirkning, der gaaer ud paa Materialets Knusning end paa dets Sønderrivning, føiedes til Sønderrivningsprøverne en Række af **Knusningsprøver**. Paa Grund af Materialets store Modstand mod Knusning maatte Prøvestenene gjøres meget smaa, hvilket atter gav god Leilighed til at udføre et større Antal Prøver. Man formede da disse Prøvestene som Terninger med 1" Sidelinie paa den Maade, som nærmere er angivet S. 27 i 4de Aargang.

Da det er af stor Interesse, at erfare Cementens Styrke ved flere forskellige Tilsætninger af Sand, samt at vide, hvor meget man i Praxis kan forøge denne Sandtilsætning, anvendtes ved Prøverne foruden reen Cement Blandingsforholdene $1^c + 1^s$, $1^c + 2^s$, $1^c + 3^s$, $1^c + 4^s$, $1^c + 6^s$ og $1^c + 8^s$, og saavel Knusningsprøverne med alle disse Sorter som Sønderrivningsprøverne med Steen, dels af reen Cement, dels af $1^c + 4^s$,

udstraktes nu indtil Forløb af 2 Aar efter Forfærdigelsen. Til den Ende forfærdigedes af hver Sort af de nævnte sandblandede Terninger 40 Stk., af dem med $1^c + 4^s$ endog 50 Stk., ligesom der ogsaa forfærdigedes 50 Terninger af reen Cement, og et saadant Sæt Terninger tilligemed det sædvanlige Antal Steen til Sønderrivningsprøver (til at opbevare i Luften) udførtes da for hver modtagen Skibsladning.

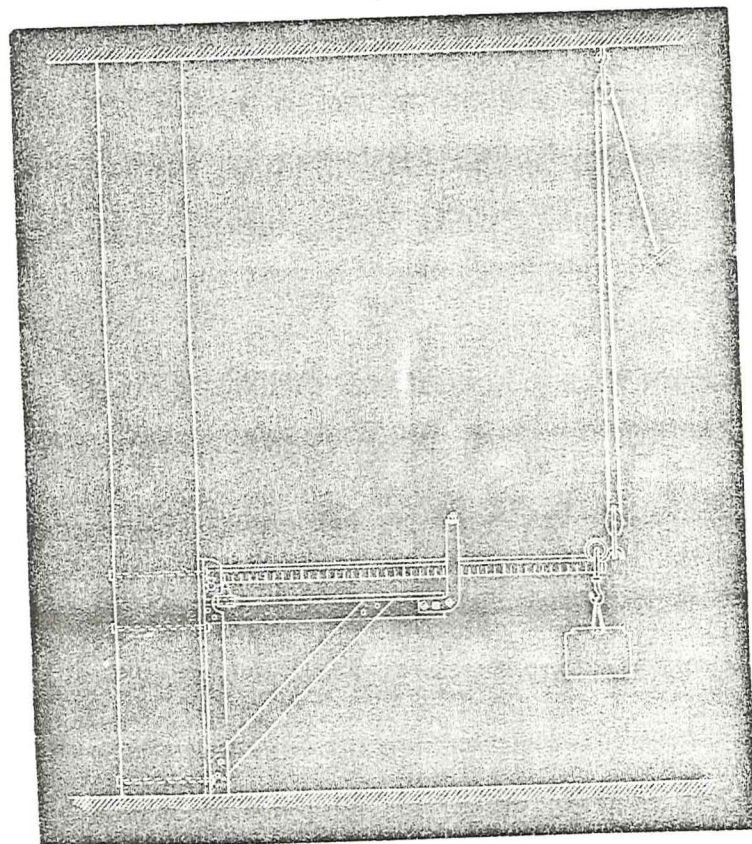


Fig. 17. Apparat til Knusning af Cementprøver ($\frac{1}{4}$ af sand Størrelse).

For Apparatet, hvormed Knusningen udførtes, ligger ligesom ved Sønderrivningsapparatet Bismmerprincippet til Grund, dog saaledes modificeret, at Loddet under Prøven forbliver i samme Afstand fra Omdreiningpunktet, medens Angrebepunktet kan flyttes ud og ind paa Vægtstangen. Ovenstaaende Skizze viser det, bestaaende af et fast Underlag, dannet af et 3" bredt T-Jern. Paa dette hvilede en Skyder, der afgav Underlag for den Terning, som skulde prøves. Paa den ydre Ende af den inddeelte Vægtstang

blev efter Omstændighederne anbragt enten et 5- eller et 10 Lpds. Lod og ved Hjælp af Tailen kunde Prøven let frigjøres eller udsættes for Trykket, der virkede gennem et paa Prøven hensat 3 sidet Prisme. Ved Forsøget flyttedes Terningen efterhaanden ind imod Omdreiningspunktet, indtil Knusning fandt Sted, og gennem en kort Beregning fik man da Størrelsen af den Vægt, som ved umiddelbar Indvirkning vilde have tilveiebragt Knusningen.

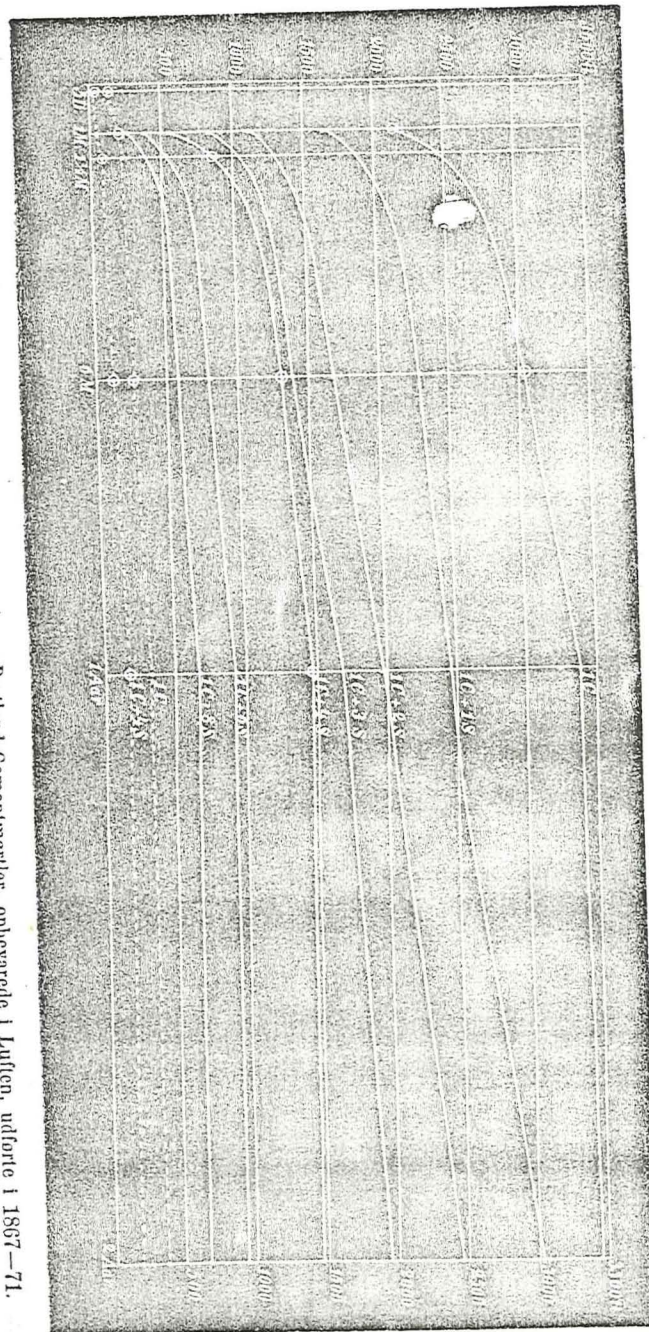
Tidspunkterne for Prøverne, der hver Gang udførtes med 10 Terninger, og af hvilke Resultater man tog Middeltallet, fastsattes til 1 Maaned, 6 Maaneder, 1 Aar og 2 Aar efter Forfærdigelsen — for Terningerne af reen Cement og af $1^c + 4^s$ tillige til $1\frac{1}{2}$ Maaned efter Forfærdigelsen. Sønderrivningsprøverne udførtes ligeledes efter $1\frac{1}{2}$ Maanedes Forløb, ligesom ogsaa 5 Dages Prøven bibeholdtes for disse.

Fra de sidste Aars Forsøg skulle vi her fremsætte Resultaterne af Prøver med Stettiner-Portland-Cement, modtaget i 1867—70, og med Johnsons Cement, modtaget i 1871. De fremstilles nedenfor grafisk paa lignende Maade som ved Sønderrivningsprøverne og omfatte Prøver med henved 10,000 store og smaa Prøvestene. Vægtene for Sønderrivningerne, der jo udførtes ved Arealer paa $2\frac{1}{2}$ □", ere her — for at lette Sammenligningen ved Regning med Knusningsprøverne — reducerede til et Areal af 1 Kvadrattomme.

Middel-Talresultaterne i Pd., hvorefter Curverne i den grafiske Fremstilling (Fig. 18) for Stettiner-Portland-Cementen ere afsatte, ere

Prove efter Forløb af	5 D.	1 M.	$1\frac{1}{2}$ M.	6 M.	1 Aar.	2 Aar.
Knusning	1^c	2138	2448	3031	3380	3439
	$1^c + 1^s$	1629		2291	2460	3035
	$1^c + 2^s$	1107		1677	1963	2467
	$1^c + 3^s$	818		1397	1680	1949
	$1^c + 4^s$	551	864	1317	1493	1446
	$1^c + 6^s$	375		795	912	940
	$1^c + 8^s$	226		563	661	665
Sønderrivning	1^c	136	196	218	259	312
	$1^c + 4^s$	29	48	95	138	171

Fig. 18. Grafisk Fremstilling af Sykkoprøver med Stettiner-Portland-Cementmørler, opbevarede i Luften, udførte i 1867—71.



De faldtræne Linier angive Vægte, der knuse 1 Cubiktomme.
De punkterede linier angive Resultater af 100 Prøver.
De enkelte Trykter angive Resultater af 200 Prøver.
De indtrukne Linier angive Resultater af 1000 Prøver.

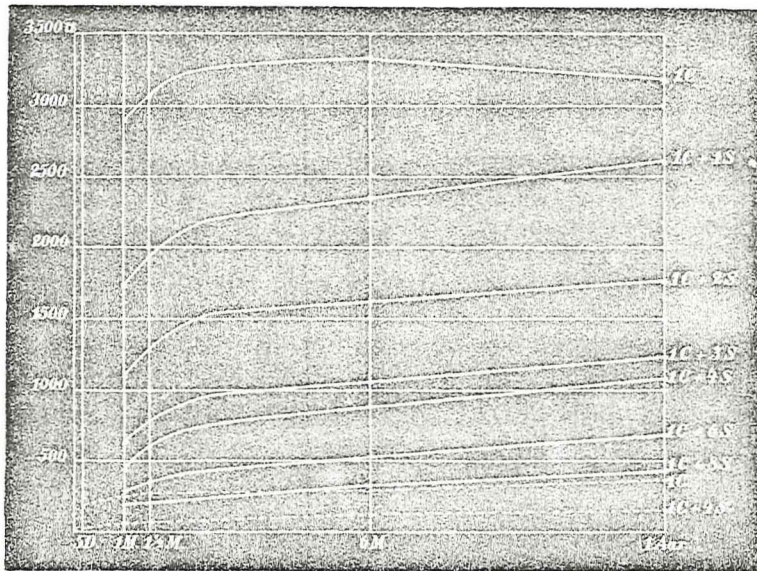


Fig. 19. Styrkeprøver med Portland-Cementmørtler fra Johnson & Co., opbevarede i Luften, udførte i 1871 og 72.

De fuldrukne Linier angive Vægte, der knuse 1 Cubiktomme.
De punkterede do. — do., der sønderrive 1 Quadrattommers Areal.
Hver Prik angiver Resultatet af 130 Prøver.

Middel Talresultaterne i Pd., hvorefter ovenstaaende Curver ere afsatte, ere

Prøve efter Forløb af		5 D.	1 M.	1½ M.	6 M.	1 Aar.
Knusning	1c		2920	3089	3331	3195
	1c + 1 ^s		1713		2342	2608
	1c + 2 ^s		1099		1644	1780
	1c + 3 ^s		636		1055	1243
	1c + 4 ^s		438	604	887	1077
	1c + 6 ^s		269		519	675
	1c + 8 ^s		191		322	422
Sønderrivning	1c	170	246	276	296	356
	1c + 4 ^s	21	60	66	109	136

Fremstillingen for Stettiner-Cementen viser, at Hærdningen fortsætter sig ud over det første Aar, hvad der ogsaa er bekræftet ved en anden Forsøgsrække, samt at Mørtlerne

med de mindre Sandtilsætninger endog tiltage ikke ubetydeligt i Løbet af det andet Aar. 2-Aars Prøverne for Johnsons Cement ere endnu ikke udførte.

Materialets Evne til at taale Sandtilsætning viser sig at være meget betydelig. Sammenlignes Styrken af Mørtlerne med Styrken af Muursteen, hvilke i Regelen knuses ved en Belastning af 800 Pd. paa 1 □", vil det sees, at af Prøverne med Stettiner-Cementen ligge efter 1 Aars Forløb kun de med en Tilsætning af 8 Dele Sand under det anførte Tal, ved Johnsons Cement dog ogsaa de med 6 Dele Sand; alle de øvrige Mørtelblandinger have en meget betydeligere Styrke, voksende op imod den rene Cementmørtel. Man lægge dog vel Mærke til, at alle Prøverne med Mørtlerne kun angaa meget smaa Partier af Stoffet, der er bleven underkastet en meget omhyggelig Behandling; ved Anvendelsen i det Store kan der derfor næppe gjøres Regning paa, at der i Gjennemsnit opnaaes saa stor en Styrke, som Prøverne udvise, og skrider man til Anvendelse af saa store Tilsætninger af Sand som 1^c + 8^s, er et meget skarpt Tilsyn med Mørteltilberedningen fornøden, for at ikke Dele af Mørtelen skulle komme til at bestaae af ublandet Sand. Ved Søbefæstningsarbejderne er man ikke gaaet ud over en Tilsætning af 6 Dele Sand, der imidlertid hyppigt har fundet Anvendelse, navnlig i Fundamenter.

Ved Sammenligning af Aars-Resultaterne for de tvende Cementsorter vil det sees, at medens de stærkere Mørtler omtrent staae paa samme Punkt, staae gennemgaaende de med de større Sandblandinger (1 Deel Cement med 3—4—6 og 8 Dele Sand) ikke lidet høiere for Stettiner-Cementen, hvilket viser denne Cements store Evne til at kunne taale Sandtilsætning.

Den betydelige Forskjel i Materialets Modstand mod Knusning og Sønderrivning fremgaaer ligeledes af de grafiske Fremstillinger, og man kan vel efter disse for den endelige Styrke gennemsnitlig sætte Modstanden mod Knusning til 10 Gange saa stor som Modstanden mod Sønderrivning for den rene Cement og til 8 Gange for 1^c + 4^s.

Alt, hvad vi hidtil have anført, angaaer Portland-Cementer fra udenlandske Fabrikker, alene med Undtagelse af Cementen fra Fredens Mølle; dennes Fabrikat staaer, som vi have seet,

fuldkommen saa høit som de udenlandske, men det er ogsaa væsentlig forfærdiget af Raastoffer, modtagne fra Udlandet. Vi skulle nu ogsaa fremsætte nogle Resultater af Prøver, foretagne paa ganske samme Maade som beskrevet i det Foregaaende, men med Cementer fra enkelte mere bekendte nyere indenlandske Fabrikker, hvilket vil give en Idee om, hvor vidt man er naaet her til Lands i sine Bestræbelser for at tilvirke Cement af Raastoffer, som — efter hvad vi antage — i det Væsentlige vælges af, hvad der forefindes her i Landet. Forinden vi gaae over hertil, skulle vi dog endnu bemærke, at Udfaldet af Forsøgsrækkerne med udenlandske Cementer i Forbindelse med Erfaringerne fra de store udførte Arbejder have ført til det Resultat, at ligesom man hidtil ved disse Arbejder har anvendt Stettiner-Portland-Cementen i størst Udstrækning, saaledes vil man vist nok ogsaa i Fremtiden foretrække denne Cement, da den igjennem en lang Aarrække altid har viist sig i Besiddelse af fortrinlige Egenskaber, og da der under de mange forskjellige Anvendelser af den aldrig er indtruffet noget som helst Uheld*).

Af indenlandske Cementer er der 2 Gange prøvet Portland-Cement fra »Hertha« i Ringsted, modtaget i 1869, 1 Gang graa Cement fra Frandsen & Meyer, modtaget i 1871, og 2 Gange Portland-Cement fra Rødvig Fabrik, ligeledes modtaget i 1871. Vi foretrække at samle Resultaterne af de udførte Prøver under Eet, da de paagældende Cementer staae hverandre temmelig nær, og for at forhindre, at man af disse Prøvers Udfald skulde forledes til at rangere Godheden af de forskjellige Fabrikater i en bestemt Følgeorden. Dertil ansee vi nemlig det udførte Antal af Prøver for at være for ringe, og da maatte ogsaa de Tønder, hvoraf Prøverne ere forfærdigede, have været udtagne vilkaarligt af større Leverancer, hvad der ikke har været Tilfældet.

Da Rækken af Sønderrivningsprøver for »Hertha« ikke er fuldstændig, angives ved Sønderrivningsprøverne kun Middeltallene for Frandsen & Meyers Cement og for Rødvig, og

*) Da der i Stettin forefindes flere Cementfabrikker, skulle vi her bemærke, at Alt, hvad vi have anført om Stettiner-Cement, angaaer Fabrikken under Directeur Lossius, hvis Firmabenevnelse er Stettiner-Portland-Cement-Fabrikken.

da 2 Aars Prøverne kun ere afsluttede for »Hertha« og først ville finde Sted i Løbet af indeværende Aar for de 2 andre Cementer, afslutte vi efterfølgende Oversigt over Resultaterne med 1 Aars Prøverne.

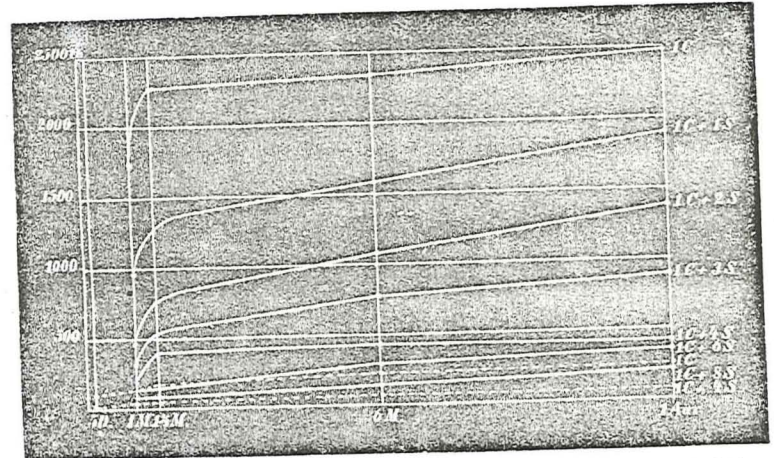


Fig. 20 Styrkeprøver med Mørtler af indenlandske Cementer fra Rødvig, Frandsen & Meyer og »Hertha«, opbevarede i Luften, udførte i 1869—72, med Prøver leverede fra de nævnte Fabrikker.

De fuldrtrukne Linier angive Vægte, der knuse 1 Cubiktoemme.
De punkterede do. — do., der sonderrive 1 Quadrattømmes Areal.
Hver Priik i Curverne for Knusning angiver Resultatet af 50 Prøver.
— — — — — Sønderrivning — — — — — 30 do.

Middel Talresultaterne i Pd., hvorefter ovenstaaende Curver ere afsatte, ere

Prøve efter Forløb af	5 D.	1 M.	1 1/2 M.	6 M.	1 Aar	
Knusning	1c		1725	2286	2335	2473
	1c + 1s		946		1594	1898
	1c + 2s		462		1089	1391
	1c + 3s		319		783	884
	1c + 4s		198	383	428	422
	1c + 6s		144		239	366
	1c + 8s		85		143	209
Sønderrivning	1c	122	143	182	207	253
	1c + 4s	20	44	45	73	98

Sammenholdes denne grafiske Fremstilling med de foranstaaende, navnlig med den for Stettiner-Cementen, vil man

see en ikke ringe Forskjel, baade ved at sammenligne den for eensartede Blandinger opnaaede Styrke til de forskjellige Tider og under de forskjellige Paavirkninger. Man vil saaledes for Knusningen finde, at

Curven for reen Cement for de indenlandske Fabrikker omtrent falder sammen med Curven for $1^c + 1^s$ for Johnsons og Stettiner-Cement;

og at ligeledes af Curverne for Sandblandingerne stedse de for de indenlandske Fabrikker omtrent falde sammen med dem for Cementen fra Johnson eller den fra Stettin, hvori der er en større Tilsætning af Sand, omtrent som angivet i nedenstaaende Tabel

Prøver for	1^c	$1^c + 1^s$	$1^c + 2^s$	$1^c + 3^s$	$\left. \begin{matrix} 1^c + 4^s \\ 1^c + 6^s \end{matrix} \right\}$	fra indenlandske Fabrikker
falde sammen med Prøver for	$1^c + 1^s$	$1^c + 2^s$	$\left. \begin{matrix} 1^c + 3^s \\ 1^c + 4^s \end{matrix} \right\}$	$\left. \begin{matrix} 1^c + 4^s \\ 1^c + 6^s \end{matrix} \right\}$	$1^c + 8^s$	fra Johnson og fra Stettin.

Forskjellen i Styrke er altsaa især stor ved de større Sandblandinger. Fordi nu de indenlandske Cementer staae tilbage for de udenlandske i Henseende til Styrken, viser Fremstillingen af Forsøgene med dem lige fuldt et smukt Resultat, nemlig en jævn Gang i Prøverne efter de forskjellige Sandblandinger og de forløbne Tider, og en betydelig endelig Styrke, som jo sikkerlig vil stige, efterhaanden som der indføres flere og flere Forbedringer i Fabrikationen. Paa ikke faa af de trykte Anbefalinger, der fra forskjellige Teknikere ere givne de indenlandske Cementer, findes anført, at disse kunne stilles lige med de udenlandske; med Hensyn til Styrken modsiges dette af de oven anførte Forsøgs-Resultater; men det skal villigt indrømmes, at hvor man ikke har de rene Tal at holde sig til, men kun kan støtte sin Bedømmelse paa Iagttagelser og Undersøgelser af udførte Arbejder, der mangler man en bestemt Maalestok til Veiledning, og der kan Dommen let falde ud som ovenfor anført.

(Februar 1873).

Techniske Meddelelser.

Project til en Liimfjordscanal og en Havn paa Jyllands Vestkyst.

Som bekjendt, bliver Liimfjorden ikkun befaret af Skibe med et temmelig ringe Dybgaaende. I hele den betydelige Deel af Fjorden, der ligger Vest for Løgstør, er der dog Vand nok for alle større Handelsskibe, men de Farvande, ved hvilke den dybere Deel af Fjorden staaer i Forbindelse med Kattegattet paa den ene, og med Vesterhavet paa den anden Side, ere ikke af den Beskaffenhed, at den større Vanddybde i Fjordens Indre kan komme Skibsfarten til Nytte. Farvandet til Kattegattet er spærret af ikke mindre end 4 paa hinanden følgende Grunde. Paa den Grund, der ligger nærmest Løgstør, er Vanddybden kun 5 Fod, og paa den østligste Grund, hvor Dybden er størst, er der dog kun 9 til 10 Fod Vand. Farvandet til Vesterhavet har i det høieste en Vanddybde af 6 til 8 Fod.

Den indre Deel af Liimfjorden er omgivet af frugtbar Landstrækninger, og der ligger ikke mindre end 6 Byer, der alle drive større eller mindre Handel, i Nærheden af Fjorden. Deres Handel er imidlertid i en væsentlig Grad forulempet af de Vanskeligheder, der stille sig imod Skibsfarten paa Fjorden, og man har derfor længe tænkt paa at foretage en Gjennemskæring af Landet Nord for Fjorden imellem denne og Vigsø Bugten for, som man haabede, paa denne Maade at tilveiebringe en lettere Forbindelse med Havet end den, de naturlige Farvande afgive. Den samme Tanke fandt for nogle Aar siden et Udtryk derved, at der dannede sig en Comitee, bestaaende af Delegerede fra de tre Byer Viborg, Holstebro og Thisted, til Sagens Fremme. Efter at Vandbygningsdirecteuren, Etatsraad Carlsen, havde tiltraadt denne Comitee, vedtog den, at der skulde foretages en nøiagtig Undersøgelse af Terrainforholdene og, hvad der ellers maatte staae i Forbindelse med Anlægget af en saadan Vandvei, samt at der skulde udarbejdes et nogen-