

Meddelelser fra Veidirektøren.

No. 1.

Erfaringsrapporter, Afhandlinger m. v. trykkes paa denne
Maade saa ofte, som dertil bliver Anledning.

20de April.

1903

- Indhold: 1) Erfaringsrapport for Mærk Bro i Søndre Trondhjems Amt.
2) Erfaringsrapport for Sporran Bro i Buskeruds Amt.

Erfaringsrapport

for

Mærk Bro

i Hovedveisanlægget Storaas—Reberg i Søndre Trondhjems Amt.

Idet nedenfor meddeles en fra Afdelingsingeniør Astrup modtagen Rapport af 12. Decbr. 1902 angaaende *Mærk Bro*, forudskikkes følgende orienterende Bemærkninger:

Saavel Broens Planlæggelse i Marken som dens Udførelse er foretaget af Ingeniør Astrup, først som Afdelingsingeniør Sommerschild's Assistent og senere som Arbeidets Leder.

Broens Detaljekonstruktion er udført ved Veidirektørkontoret.

I Rapporten er først forklaret, hvorledes Murverket udførtes af den forhaandenværende Smaasten paa en Maade, som egnede sig for Tilfældet. Dernæst udtaler Forfatteren sig om Mørtel-Murverk i sin Almindelighed og hævder herunder bl. a., at den benyttede Methode med *smaa uregelmæssig Sten og forholdsvis megen Mørtel* saavel med Hensyn til Murverkets Styrke som med Hensyn til den Hurtighed, hvormed saadant Murverk kan udføres, frembyder store Fordele. I denne Forbindelse vil Veidirektøren ikke undlade at nævne en anden Fremgangsmaade, som i den senere Tid flere Gange er benyttet i Veivæsenet, nemlig at udføre Murverket af større Sten, der sættes tørt paa Stilladset, medens Fugerne senere og i Sammenhæng istampes Cementmørtel. Denne Methode, der baade med Hensyn til hurtigt Arbeide og Styrke antages at burde foretrækkes, hvor Stenforekomsten tillader det, vil iøvrigt senere blive nærmere omhandlet i andre Erfaringsrapporter.

Forfatteren udtaler endvidere, at den anvendte *Afdækningsmethode* vistnok ikke er absolut paalidelig. Heri er Veidirektøren enig, men skulde dog tro,

at det i Rapporten omhandlede Forslag til Afdækning med 6—8 cm. tykt Cementmørtellag heller ikke vil være fuldt hensigtsmæssigt.

Forsøg med at finde et for vore Forhold heldigt Afdækningsmateriale bør derfor fortsættes, og Veidirektøren antager, at Stoffe, der tillader elastiske Formforandringer uden at sprække, bør prøves.

Antydningssvis kan nævnes forlænget Cementmørtel i Forbindelse med Tjære eller ogsaa en Blanding af Tjære, Sand og Grus.

I samme Forbindelse bemærkes ogsaa, at Overmure, udførte i Mørtel, synes at have let for at sprække og derved foraarsage, at Vand kan komme ned til og endog ned i Hvælvet. Der, hvor Tørmur kan benyttes, bør saadan, særlig ved større Broer, derfor muligens foretrækkes til Overmure.

Astrups Rapport.

Hvælvbroen over Orkla ved Mærk i Rennebu er bygget i Aarene 1898 og 1899. Den ligger paa Veianlægget Storaas—Reberg, en Parcel af det ca. 71 Km. lange Hovedveisanlæg gennem Orklas Dalføre fra Farve i Ørkedalen til Bjerkaker i Rennebu, der er bygget af Statens Veivæsen i Aarene 1863—1871 og 1889—1901 for et samlet Beløb af ca. Kr. 780 000,00.

Veien krydser paa denne Strækning flere Gange Orkla, hvorfor det har været nødvendigt at opføre flere større Broer over denne Elv. Af disse er 2 af Træ, 2 Fagverksbroer af Jern og 1 Hvælvbro af Sten. Desuden er der bygget 2 større Broer over Sideelvene Reisa og Grana, hvoraf den sidste er en Stenbro.

Ved Mærk laa tidligere en gammel Sprængverksbro af Træ, der støttede sig til udkragede Lafteverkskar, fyldte med Sten. Denne Bro havde en Lysaabning af 27 m.

Den nye Bro blev lagt lige nedenfor den gamle. Man havde her et heldigt Brosted med høie Bredder paa begge Sider af Elven, paa nordre Side Fjeld og paa Sydsiden god Byggegrund af Sand og Sten. Elven havde ovenfor Broen et stabilt Løb, og paa selve Byggestedet var der ved den gamle Bro frembragt fuldstændig Ligevægt ligeoverfor Indsnevring af det naturlige Profil.

Efter foretagne Undersøgelser og sammenlignende Overslag for en Fagverksbro af Jern og en Hvælvbro af Brudsten i Cementmørtel bestemte man sig for Valget af sidstnævnte Alternativ, idet dette, naar Hensyn tages til Vedligeholdelsesomkostningerne, blev det billigste.

Mærk Bro har en Spændvidde af 30 m., Pillhøiden er 4,4 m., Pilforholdet $\frac{1}{6,8}$, Kjørebredden er 3,4 m.

Der var egentlig forudsat enkel, 2,6 m. Kjørebredde. Da Hvælvet imidlertid af statiske Hensyn maatte gjøres 3,5 m. bredt, kunde man uden synderlig Merudgift ved en hensigtsmæssig Anordning af Rækverket udnytte den givne Brobredde saaledes, at Kjørebredden øgedes til 3,4 m. Herved opnaaedes, at Kjøretøier med nogen Forsigtighed kan passere hinanden paa Broen, og at almindelig Sneplog kan kjøres over samme.

Høieste Flomvandstand gaar 2 m. over Kæmpfer.

Fundamenteringsarbejderne.

Fundamentet for Vederlagerne udførtes i Juni og Juli Maaned 1898. Disse Arbejder var forudsat udførte efter Flommen. Da Elven imidlertid holdt sig stor langt udover Sommeren, maatte Fundamenteringen foregaa under forholdsvis vanskelige Forhold, oftere afbrudt af sterke Stigninger i Vandstanden.

Nordre Vederlager staar paa en i Elveløbet noget fremspringende Fjeldspids. Fjeldet var skifrigt og vanskeligt at sprænge og planere efter den forudsatte Form. Der bortplaneredes 15 m.³ à ca. Kr. 6,40 for Kr. 96,82 — alt over Vand. Paakjending paa Fjeldet i Fundamentfugen er i ugunstigste Fald beregnet til 14,5 kg. pr. cm.²

Søndre Vederlager. Grunden bestaar her indtil en Dybde af 4—5 m. af fast Sand med en Mængde stor og smaa Sten. Ved Grundundersøgelserne lykkedes det ikke, tiltrods for en Række Forsøg, ved Boringer at trænge dybere ned, da Borret satte sig fast mellem Stenene. Sandsynligvis er dog Grundens Beskaffenhed den samme indtil en Dybde af 8—10 m. under den oprindelige Elvebund, hvor man formodentlig vilde naa ned paa Fjeld.

Vederlageret er fundamenteret direkte paa Fundamentgrubens Bund, der kun er afjevnet med et Betonlag af ca. 70 cm. Tykkelse.

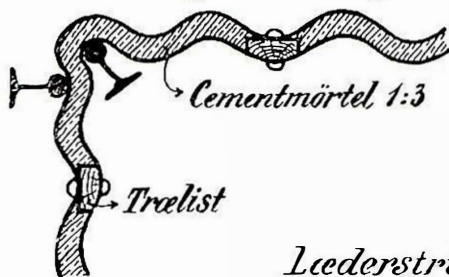
Anvendelse af Pillotage ansaaes ikke paakrævet. Det maatte antages, at Grunden i sig selv havde fuldt tilstrækkelig Bæreevne og desuden var saa opfyldt af store Stene, at Pælene ikke vilde kunne trænge ned, men blot stukes op til en Kost.

Ved Fundamentets Konstruktion blev der gaet ud fra som *tilladelig Paakjending paa Grunden* under sædvanlige Belastningsforhold 4 kg. pr. cm.² eller en tilladelig Belastningshøide af 16,7 m. Mur og under uheldigste Forhold af 5 kg. pr. cm.² eller en Belastningshøide af 20,8 m. Mur. Fundamentet blev anordnet saaledes, at Paakjendingen paa Grunden under de midlere og sædvanlige Belastningsforhold fordelte sig *jevnt* over Fundamentfladen, samtidig som der var fuld Sikkerhed for Sideforskyvning af Vederlageret. Ved en saadan Anordning opnaaes samtidig med den mindste Anstrengelse af Grunden den mindste Murmasse.

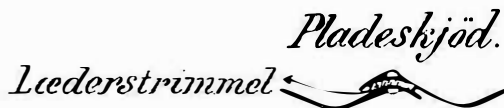
De beregnede høieste Paakjendinger under ugunstigste Omstændigheder er 4,9 og 3,8 kg. pr. cm.² i søndre resp. nordre Kant. For Egenvægt + Jordtryk er Paakjendingen 3,35 kg. pr. cm.² jevnt fordelt.

For at reducere den skadelige Indflydelse paa Hvælvet af Sætninger og Sammentrykninger i Fundamentet blev Murene paa Vederlagerne og al Fyld mellem disse saavel som den tilstødende Fyldning udført, før Hvælvtrykket overførtes paa Vederlageret. Man har under Arbeidets Udførelse ikke kunnet iagttage nogen Sætning i Fundamentet, og ved Hvælvtrykkets Overførelse paa dette, efterat Broen var færdig, kunde der ikke observeres nogen Bevægelse af Vederlagerne hverken i horisontal eller vertikal Retning. Man tør derfor antage, at Fundamenteringsmaaden har været tilstrækkelig solid.

Ydre Hjørne af Spundvæg.



Skjød af Pladevægge.

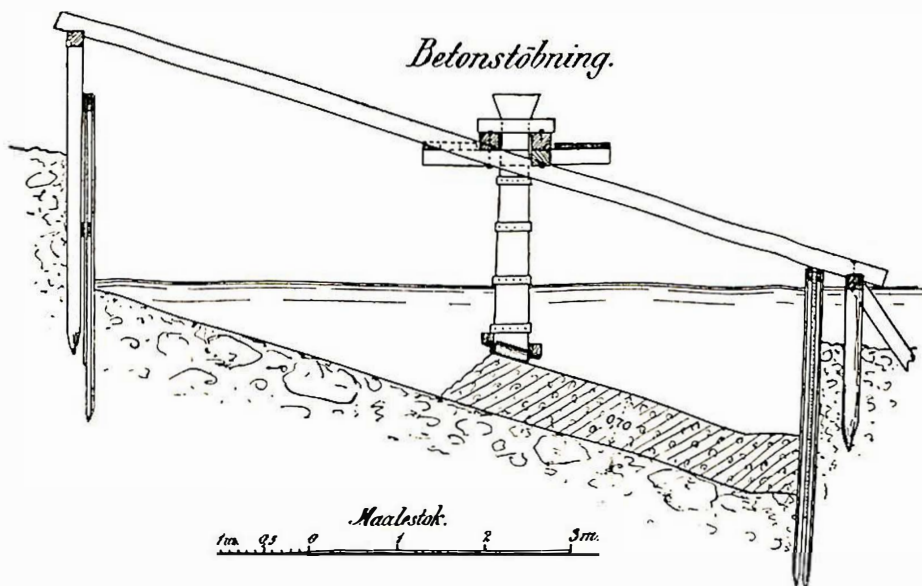


Fundamentgrubens Bund har en Heldning af ca. 18° med Horisontalen og ligger paa det dybeste 2 m. under Lavvand. Den blev omsluttet med en Spundvæg af galvaniseret Bølgeblik. Da Spundplanker maatte haandhøves paa Stedet, vilde de falde temmelig kostbare, og da det desuden i den storstenede Grund maatte antages at falde vanskeligt at faa drevet Plankerne ned og end mere at faa Spundvæggen tæt, bestemte man sig for at gjøre Forsøg med Anvendelse af Spundvæg af Bølgeblik. Materialerne til denne var noget billigere end Planker.

De enkelte Plader blev klinkede sammen til større Vægge, idet der lagdes en Læderstrimmel mellem Pladerne i Skjøden for at faa denne tæt. Den Del af Spundvæggen, som vendte ud mod Elven, gjordes, for at forøge Modstandsevnen mod Vandtrykket, dobbelt; i Afstande af ca. 0,5 m. fæstedes Trælister mellem Pladerne for at holde dem i bestemt Afstand fra hinanden, og Mellenrummet mellem Pladerne støbtes fuldt med Cementmørtel. De enkelte Pladevægge skjødtedes sammen ved Falser, der greb ind i hinanden. Til Føring for Spundvæggen nedrammedes gamle Decaavilleskinner, der havdes i Beholdning. Den blev desuden afstivet under Nedramningen med et Stillads af Tømmer og Planker.

Efterat Bunden var afplaneret til Vandstanden, nedrammedes Pladevæggene saa langt dette med Lempe lod sig gjøre, hvorefter Fundamentgruben dels ved Gravning (under Anvendelse af Dykkerdragt uden Hjelm) og dels ved Mudderske udmudredes til den forønskede Dybde, medens Spundvæggen efterhvert rammedes efter saa langt som gjørligt. Enkelte større Stene voldte herunder adskilligt Bryderi.

Bunden blev derefter overstøbt med et ca. 70 cm. tykt Betonlag. Støbningen foregik under Vand ved Hjælp af Støbelur, hvis Bund var skraat afskaaret efter Fundamentets Heldning. Luren bevægedes i Broens Tverretning



paa en horisontal Ramme af firkanthugne Stokke; denne Ramme kunde atter ved Hjælp af Kran forflyttes i Broens Længderetning paa et fast Stillads, der laa med samme Heldning som Fundamentfladen. Luren var i nedre Ende forsynet med Ruller for at glide lettere og give Betonlaget en glat Overflade. Støbningen udførtes kontinuerligt i Løbet af et Døgn med vekslende Arbejds-skift à 8 Mand.

Efterat Betonen havde ligget 14 Dage, pumpedes Gruben læns. Betonen var da saa fast, at den kun med Vanskelighed kunde løsnes med Hakke. Det viste sig imidlertid, at den ikke sluttede tæt til Spundvæggene i Hjørnerne og tildels heller ikke i Bølgerne. Dette er en Ulempe ved disse Spundvægge, som ved et Arbejde af et større Omfang end dette vistnok vilde voldt meget Bryderi. Spundvæggens Skjøder var ogsaa vauskelige at holde tætte; det samme var Tilfældet med de dobbelte Plader, idet Cementmørtelen, som var støbt mellem disse, ikke vilde fæstne sig ordentlig til Jernet.

For at faa Gruben tæt blev Blikvæggen omgivet med en simpel Bordvæg, idet Materialet mellem denne og Blikket mudredes bort. Mellemrummet blev derefter udfyldt med stampet Myrtoiv. Endvidere blev der foretaget nogen Efterstøbning af Beton langs Væggens Inderside.

Efter ca. 1 Uges Forløb blev Gruben atter pumpet læns og holdt nu nogenlunde tæt, saa Muringen af Vederlageret kunde udføres uden Ulempe.

Udgifterne ved Fundamentering af søndre Vederlager fordeler sig saaledes:

Gravning og Mudring 46 m.³ à ca. 4.90, ialt Kr. 220.20

Spundvæg med Tætning m. v. 52 m.² - - 5.41, - - 281.44

heraf Materialer Kr. 169.54 og Arbejdsløn Kr. 111.90.

Vandpumpning 37.80.

For Betonen fordeler Materialforbrug og Arbejdsudgifter sig saaledes som fremgaar af nedenstaaende Sammenstilling:

Materialer	Cement	Sand, vasket	Puk	Arbejdsløn for Beton	Sum	Anm.
Blandingsforhold	1	3	6			
Medgaaet pr. m ³ Beton	160 l. Kr. 13.53	470 l. Kr. 2.83	870 l. Kr. 4.84	2,2 Dagsverk		Daglig Fortjeneste pr. 10 Timer
	Kr. 21.20			Kr. 8.28	Kr. 29.48	Kr. 3.84
Ialt 19,3 m ³ Beton	Kr. 409.10			Kr. 160.00	Kr. 569.10	

Muringsarbejderne.

Byggematerialerne. Saavel Vederlagerne som Hvalvet og Overmurene er udført som uregelmæssig Mur af smaa Brudsten i Cementmørtel 1:3 med delvis Forblænding af noget større og bedre Sten.

Murstenen ved Mærk Bro blev taget fra en Ur ca. 300 m. fra Brostedet. Al bedre Sten blev sprængt af enkelte store Blokke, medens den øvrige for største Delen benyttedes i den Form, hvori den fandtes i Uren. Stenarten var haard, slettefuld Gneis, tildels adskillig søndersprængt af Vand; den havde oftest en laglig Form og passende Størrelse, men var vanskelig at bearbejde. Brydning, Læsning m. v. af bedre Sten til Yderflader kostede Kr. 4.65, Kjøring af samme Kr. 0.85, tilsammen Kr. 5.50 pr. m.³ fremskaffet Sten. Nedvæltning fra Uren, Læsning, Opsætning, Veihold m. v. af al anden Sten til det indre af Muren og til Stenfyld kostede Kr. 1.60, Kjøring Kr. 0.60, tilsammen Kr. 2.20 pr. m.³ fremskaffet Sten.

Ved Murstenen forudsattes 20 pCt. Svind, hvilket omtrent viste sig at slaa til.

Sand til Mørtelen toges fra en Bakke ca. 2 km. fra Broen; den fremkjørtes paa Vinterføre. Afdækning af Sandgrube, Læsning, Veihold m. v. kostede Kr. 0.72, Kjøring Kr. 0.90, tilsammen Kr. 1.62 pr. m.³ fremskaffet Sand. Svind ved Spild og Vaskning ca. 25 0/0.

Da Sanden indeholdt adskillig Jordpartikler, blev den vasket før Anvendelsen. Vaskningen udførtes paa et skraatliggende Bret, hvor Sanden udbredtes og gjennemspylede med en kraftig Straale fra en Suge- og Trykpumpe. Denne Fremgangsmaade faldt ganske kostbar, idet Vaskningen kom paa Kr. 3.75 (ca. 1.3 Dagsværk) pr. m.³ Sand, men fandtes dog at være den efter Omstændighederne billigste og hensigtsmæssigste Maade at ordne sig paa.

Sanden kom i vasket Stand paa Kr. 6.02 pr. m.³ og var af ren og god Kvalitet. En af Ingeniør O. Carlsen og Dr. Morris foretagen Undersøgelse af en Prøve vasket Sand gav følgende Resultater:

Undersøgelsens Art	Sand til Mærk Bro	Berliner Normalsand	Anm.
1. Specifik Vægt	2.77	2.63	
2. Vægt pr. Liter	1.52	1.49	
3. <i>Finhedsgrad</i>			
a. Grov Sand (Rest paa 60 Masker pr. cm ²)	18 0/0	—	
b. Normalsand (mellem 60 og 225 Masker pr. cm ²)	39.4 0/0	100 0/0 ^{*)}	*) Alt mellem 60 og 130 Mask. pr. cm ²
c. Fin Sand (mell. 225 og 900 Mask. pr. cm ²)	36.6 0/0	—	
d. Støvsand (gjennem 900 Mask. pr. cm ²)	6.0 0/0	—	
Forhold $\frac{a + b}{c + d}$	1.35 ^{**)}		***) $\frac{a + b}{c + d} = 2$ vilde maaske været et heldigere Forhold, uden at dog dette ansees definitivt fastslaaet ¹⁾
4. Strækfasthed efter 28 Døgn med stampet Mørtel 1:3	21.1 kg. pr. cm. ²	21.7 kg. pr. cm. ²	
5. Sandens Bestanddele	Hovedsl. Kvarts	Ren Kvarts	
6. Sandens Renhed	Temmelig ren	Fuldstændig ren	

Cementen leveredes af Kristiania Portland Cementfabrik, Slemmestad, for en Pris af Kr. 6.75 pr. 170 kg. frit paa Ørkedalsøen. Med Kjørsel (ca. 60 km.), Lagring, Brækage m. v. blev dens Kostende paa Brostedet Kr. 10.45 pr. 170 kg. Cementen viste sig i enhver Henseende tilfredsstillende baade ved de foretagne Prøver som under Arbeidet.

Saa vel ved Transport som Lagring blev udvist al mulig Forsigtighed for at beskytte mod Fugtighed og Træk; men Omstændighederne var alligevel

1) Gjort til Gjenstand for fortsat Studium.

forholdsvis ugunstige. Cementen sendtes med Dampskib fra Slemmestad til Ørkedalsøren, hvor den paa Grund af Føreforholdene maatte lagres en Maanedes Tid; den blev derefter paa Vinterføre kjørt ca. 60 km. til Brostedet, hvor den lagredes 4—5 Maaneder, før den anvendtes. For at vinde Erfaring for Indflydelsen af Lagring og Transport paa Cementen blev der ved Afsendelsen fra Slemmestad af en Tønne udtaget en Prøve, der blev opbevaret paa en forsegleet Flaske. Af den samme Tønne blev der paa Brostedet efter 7 Maaneders Forløb udtaget 2 Prøver, en fra Midten og en fra Bunden af Tønden. Disse 3 Prøver blev underkastet en sammenlignende Undersøgelse af Dr. Morris og Ingeniør Carlsen med følgende Resultat:

Undersøgelsens Art	Frisk Cement	Cement paa forsegleet Fl.	Cement fra Brostedet		Anm.
			Fra Midten af Tønden	Fra Bunden af Tønden	
1. Prøvning paabegyndtes	25 $\frac{1}{2}$ 98	22 $\frac{1}{9}$ 98	21 $\frac{1}{9}$ 98	20 $\frac{1}{9}$ 98	
2. Temperatur v. Lavningen					
a. Luft	17.0 ⁰	15.75 ⁰	15.5 ⁰	15.0 ⁰	
b. Vand	16.5 ⁰	15.25 ⁰	15.0 ⁰	15.5 ⁰	
c. Cement	17.0 ⁰	16.0 ⁰	15.5 ⁰	15.75 ⁰	
3. Finkhedsgrad: Rest paa 900 Masker pr. cm ²	0.1 %				Småklumper, som let gnedes istykker
Rest paa 5000 M. pr. cm ²	14.0 %				
4. Vægt og Glødetab:					
a. Vægt pr. Ltr., løst ifyldt	1.21 kg.	1.18 kg.	1.10 kg.	1.06 kg.	
b. Specifik Vægt	3.14	3.11	3.09	3.07	
c. Glødetab	0.96 %	1.28 %	1.63 %	2.70 %	
5. Bindetidsprøver med Vandgehalt	25.5 %	25.5 %	25.0 %	26 %	
a. Begyndteat binde efter	55 Min.	10 Min.	10—15 M.	1 Time	
b. Afbundet efter (Bindetid)	5 Timer	27 "	30 Min.	2 Timer	
6. Volumbestandighedsprøver med en Vandgehalt af	27 %	27 %	27 %	27 %	Ved Koge- og Damptrykprøve viste Cement paa forsegleet Flaske et Net af Smaasprækker, Cement fra Brostedet ingen Forandring.
a. 28 Døgns Koldt vandsprøve					
b. 1 Døgns Tørring i 3 Timer 110 ⁰	Bestaaet	Bestaaet	Bestaaet	Bestaaet	
7. Strækfasthed: Blanding 1:3 med Vandgehalt	9 %	8.5 %	8.5 %	8.5 %	Fasthedsprøve for frisk Cement udført paa et andet Sted end for de øvrige Prøver.
a. Strækfasthed efter 7 Døgn	"	18.9 kg. pr. cm. ²	17.7 kg. pr. cm. ²	18.8 kg. pr. cm. ²	
b. Do. efter 28 Døgn	25.2 kg. pr. cm. ²	21.4 —	22.3 —	24.2 —	
c. Vægt af Prøvestykke efter 28 Døgn	"	161.6 gr.	161.6 gr.	161.0 gr.	

Undersøgelsen viser, at Transport og Lagring efter 7 Maaneders Forløb saa langt fra havde havt nogen skadelig Indflydelse paa Cementen, at denne meget mere maatte betragtes som bedre end den friske og den paa forseglede Glasflasker opbevarede.

Foruden nævnte Prøve blev der ogsaa foretaget flere andre Prøver til Bestemmelse af Cementens Kvalitet. Resultatet af Strækfasthedsprøverne hidsættes:

Tidsrum	3 Døgn	7 Døgn	28 Døgn	56 Døgn	Blandingsforhold 1:3
Gjennemsnitlig Strækfasthed, kg. pr. cm. ²	14.9	19.2	25.1	33.44	

Mørtelen anvendtes ved Mærk Bro overalt i et Blandingsforhold 1:3. I nedenstaaende Tabel (se Pag. 10) er fremstillet forskellige Erfaringer vedkommende Materialmængder og Omkostninger ved Mørtelen.

De anvendte Folk var fra først af helt uøvede i dette Slags Arbeide, hvorfor det i Begyndelsen faldt noget dyrt. I de i Tabellen opførte Omkostninger for Forarbeidelse og Transport af Mørtelen er foruden Bæring af denne fra Blandingsstedet ud paa Muren ogsaa medtaget Transport af Cement fra Lagerhuset, Vandpumpning m. v., hvilke Arbeider blev forholdsvis dyre, da Arbeidspladsen var noksaa ubekvem. Til selve Forarbeidelsen medgik ca. 1.0 Dagsverk pr. m.³ Mørtel.

Byggemaaden.

Til de Yderflader af Muren, som man ønskede at give et kraftigt og iøjnefaldende Udseende, som f. Ex. Hvelvbuen, Pilastre og Gesims paa Overmuren m. v. er anvendt større, noget tilhuggede Stene, men forøvrigt er al Mur udført af smaa, uregelmæssige Stene paa ikke over 2 Mands Løft. Stenene søgtes passede sammen og lagt i Skikt og Forband saavidt gjørligt, men blev forøvrigt ikke bearbejdede anderledes, end at enkelte Kanter o. lign. blev afjevned med Murhammeren. Denne Muringsmaade forudsætter en rigelig Anvendelse af god Mørtel. Alle Mellemlum maa udfyldes, og hver enkelt Sten helt omhylles af Mørtel, saaledes at hele Muren sammenstøbes til en eneste fast Masse.

Ved denne Bygningsmaade kan man selvsagt ikke opnaa samme Styrke og Soliditet som ved en god sammenhugget Kvadermur. Forskjellen i Styrke er dog i Almindelighed ikke saa særdeles stor. Alle Forsøg, som er udførte for at komme til Kundskab om Fasthedsforholdene ved Murverk, viser nemlig tydelig, at det er Mørtelens Holdfasthed, som er afgjørende for Murens Styrke. Ved de af den østerrikske Ingeniør- og Arkitektforening i 1893

Cementmørtel. 1 Del Cement: 3 Dele Sand.

Murens Art	Materialmængder pr. m ³ Mur			Kostende af Mørtel pr. m ³ Mur					Til 1 m ³ Mørtel medgik						
	Cem. l.	Sand l.	Færd. Mørtel	Cem. Kr.	Sand Kr.	Forarb., Transp.		Sum Kr.	Cement		Sand		Forarb., Transp.		Sum Kr.
						Dagsv.	Kr.		l.	Kr.	Dagsv.	Kr.			
Nordre Vederlager	101	303	315	8.55	1.82	1.21	3.45	13.82					3.8	10.92	
Søndre —	107	320	330	9.25	1.93	0.78	2.36	13.54					2.4	7.15	
Overmur paa —	112	336	350	9.72	2.01	1.02	2.91	14.64					2.9	8.30	
Hvælvet	86	256	265	7.38	1.54	0.86	2.44	11.36					3.2	9.18	
Overmur paa Hvælv	107	302	330	9.23	1.93	0.58	1.68	12.84					1.8	5.08	
I Gjennemsnit	101	303	315	8.75	1.82	0.83	2.39	12.96	322	27.84	966	5.80	2.6	7.62	41.26

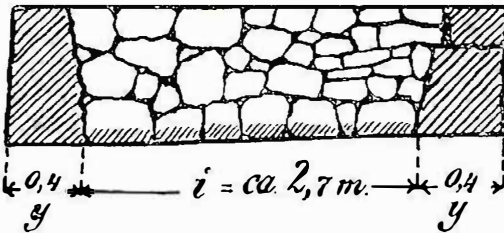
Omkostninger pr. m³ Hvælvmur (Stentransport til Brosted excl.)

Anlæg	Murens Art	Stenens Art	Brydning og Læsning		Muring		Stentransport paa Brostedet		Tilbered. og Tr.p. af Mørtel		Sum Arbejdsudgift		Cem. og Sand	Sum Kr. pr. m ³
			Dagsv.	Kr.	Dagsv.	Kr.	Dagsv.	Kr.	Dagsv.	Kr.	Dagsv.	Kr.		
Mærk Bro	1) i: uregelmæssig Mur af smaa Sten i Cementmørtel	Gneis, haard	0.80	2.56	1.55	4.95	0.36	1.15	0.96	3.07	3.67	11.73	10.00	21.73
	2) y: regelmæssig Mur af tugtet større Sten i Cementmørtel	og slettefuld	1.77	5.66	3.82	12.22	0.50	1.60	0.54	1.73	6.63	21.23	5.67	26.90
Grana Bro	3) Kvadermur uden Mørtel	Gneis, haard og seig	1.80	5.76	14.5	46.40			„	„	16.30	52.16	„	52.16

udførte Forsøg med Hvælv, viste det sig, at det var Overvindelsen af Murens Strækmodstand eller rettere Adhæsionen mellem Mørtel og Sten i Fugerne, som frembragte Hvælvets Brud. Denne Adhæsionsfasthed maa i Almindelighed antages at være større ved et uregelmæssig sammenfoiet Hvælv end ved en Kvadermur, hvor de helt gjennemgaaende Fuger danner en sammenhængende Svaghedsflade.

Mörtelens Trykfasthed er til en vis Grænse omvendt proportional med Fugernes Tykkelse — jo tyndere Fuger, jo større er deres Modstandsevne mod Trykket fra det sterkere Stenmaterial. Vil man i en Mur udnytte Stenens Styrke, maa den altsaa hugges nøiagtig sammen. Dette bliver i Almindelighed ved vore Stenarter meget kostbart, og man vil for at reducere Omkostningerne ved Hugningen heller benytte mere Mørtel. Man faar da til Gjengjæld ikke udnyttet den kostbare Stens Fasthed, og man kan lige godt anvende en tarveligere og billigere Sten, om en saadan forefindes, uden at Murverkets Styrke derved forringes. Stenen maa kun være veirbestandig og af mindst lige stor Fasthed som god Cementmørtel.

Hvor man, som ved Mærk Bro, har vanskeligt for at skaffe stor og god Sten, der er skikket til huggen Mur, og hvor derimod anden tarveligere, men brugbar Sten er let tilgængelig, vil man ved denne Bygningsmaade med smaa Sten i rigelig Mørtel kunne opnaa et godt Murværk med væsentlige Besparelser baade ved Brydning, Transport og Muring, ligesom man har den Fordel, at der kan anvendes flere billige og mindre specialkyndige Folk, og at Arbejdet gaar betydelig hurtigere. Redskabsforbruget er ogsaa mindre.



I foranstaaende Tabel (se Pag. 10) er til Belysning af dette Forhold givet en Sammenstilling af Udgifter m. v. pr. m.³ Hvælvmur ved Mærk Bro 1) i Hvælvets indre Del i , hvor Muren er udført næsten udelukkende af smaa, ubearbejdet Sten, og 2) i dets ydre Del y , hvor den be-

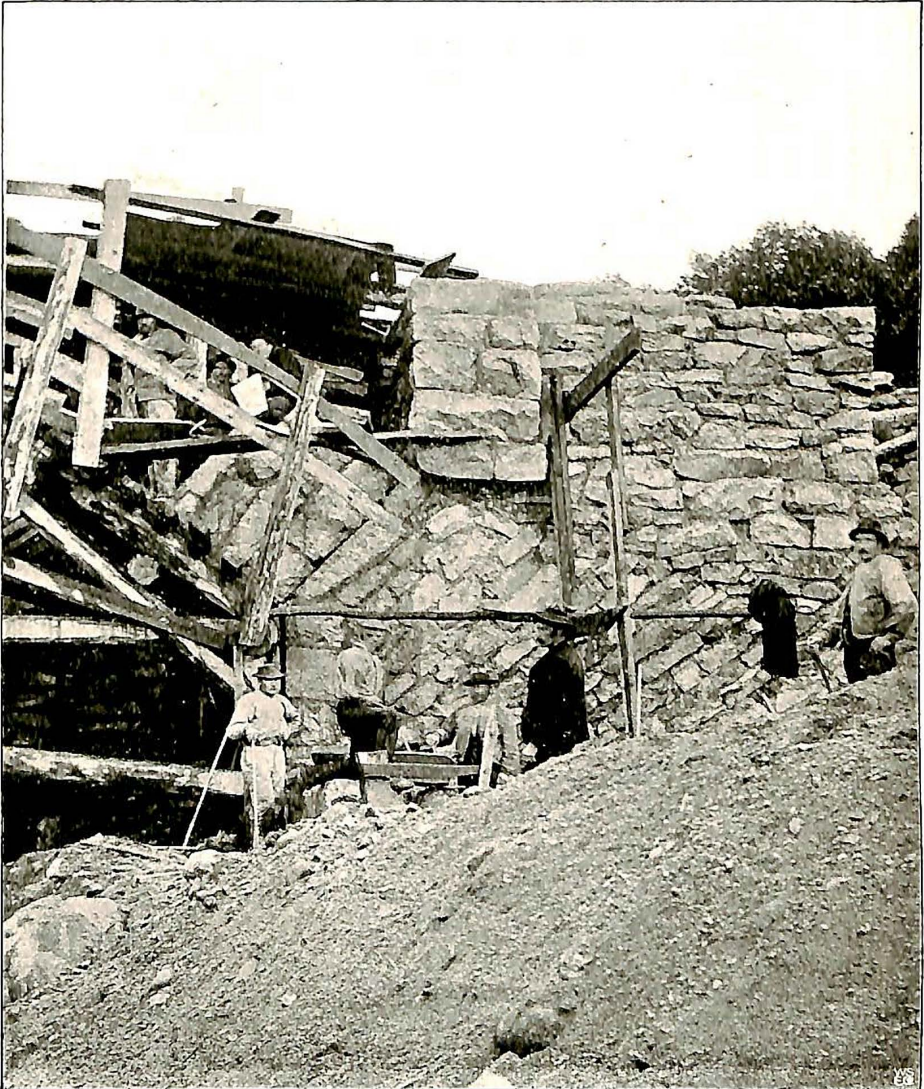
staar af større Sten, godt tugtet sammen med regelmæssige Fuger, (disse Dele af Hvælvet er forøvrigt bundet sammen ved Bindere og muret i *et*) og 3) ved den nærliggende *Grana Bro* (14 m. Spænd), hvor Hvælvet er kvaderhugget og muret sammen som Tørmur uden Anvendelse af Mørtel. De opførte Arbejdspriser i Tabellen er ombereguede efter en ensartet Dagsfortjeneste af Kr. 3.20.

Hvor Stenen maa sprænges eller kiles af fast Fjeld eller af store Blokke, vil det ikke lønne sig at sønderdele den til Løftestørrelse. Det hensigtsmæssigste vil da være at udføre Muren væsentlig som under Rubrik 2) oven-

Del af Broen	Arbejdets Art	Antal	Enhed	Udført			Enhedspris						Gjør	Sum
				i Antal Dage	med Antal Mand.	Antal Dags- verk	Materialer			Arbejds-løn		Sum		
							Sten	Sand	Cem.	Dagsv.	Kr.			
Nordre Vederlager	Mur i Cementmørtel Fugning og Pudsnng Afdækning	25	m ³	10	11	105.3	3.79	1.82	8.55	4. 2	13.35	27.50	687.50	711.30
		20	m ²			2.8		0.02	0.11	0.14	0.42	0.55	11.00	
		4	—			1.0		0.45	2.15	0.25	0.80	3.20	12.80	
	Sum	25	m ³			109.1						28.53	711.30	
Søndre Vederlager	Mur i Cementmørtel Fugning og Pudsnng Afdækning	69	m ³	12	10	111.9	3.63	1.93	9.25	1.62	5.12	19.93	1374.88	1423.88
		34	m ²			4.6		0.02	0.11	0.14	0.42	0.55	18.60	
		8	—			2.0		0.52	2.48	0.25	0.80	3.80	30.40	
	Sum	69	m ³			118.5						20.64	1423.88	
Overmur paa Vederlager	Mur i Cementmørtel Fugning og Pudsnng	103	m ³	31	10	317.8	3.87	2.01	9.72	3.08	9.64	25.24	2600.04	2739.14
		250	m ²			34.0		0.02	0.11	0.14	0.42	0.55	139.10	
		Sum	103	m ³			351.8						26.59	
Hvælv	Mur i Cementmørtel Fugning og Pudsnng Provisorisk Charnière Afdækning med Cementmørtel	136	m ³	14	27	441.0	4.65	1.54	7.38	3.25	9.97	23.54	3201.20	3663.49
		113	m ²			15.4		0.02	0.11	0.14	0.42	0.55	62.55	
						9.0							83.10	
	Sum	136	m ³			494.9		0.24	1.69	0.25	0.78	2.71	316.64	
Overmur paa Hvælvet	Mur i Cementmørtel Fugning og Pudsnng Dilatationsfuge	113	m ³	16	16	265.7	3.93	1.93	9.23	2.34	7.33	22.42	2533.78	2676.54
		228	m ²			31.0		0.02	0.11	0.14	0.42	0.55	126.90	
		Sum	113	m ³			296.7						23.69	
I Gjennemnit for Mærk Bro	Mur i Cementmørtel Fugning og Pudsnng Provisorisk Charnière m. v. Cementafdækning paa Hvælv og Vederlager	446	m ³	60	21	1241.7	4.07	1.82	8.75	2.78	8.67	23.31	10397.40	11214.35
		645	m ²			87.8		0.02	0.11	0.14	0.42	0.55	358.15	
						9.0							98.96	
	129	m ²			32.5		0.24	1.76	0.25	0.78	2.78	359.84		
Sum	446	m ³			1371.0						25.14	11214.35		

for anført af middelsstor, tugtet Sten, idet dog ogsaa mindre Affaldssten søges udnyttet til Skorer og Udfyldning af Mellemrum. —

I hosstaaende Tabel er angivet Priser m. v. for Muringen af de Dele af Broen, der er udførte i Cementmørtel. I de opførte Arbejdspriser pr. m.³

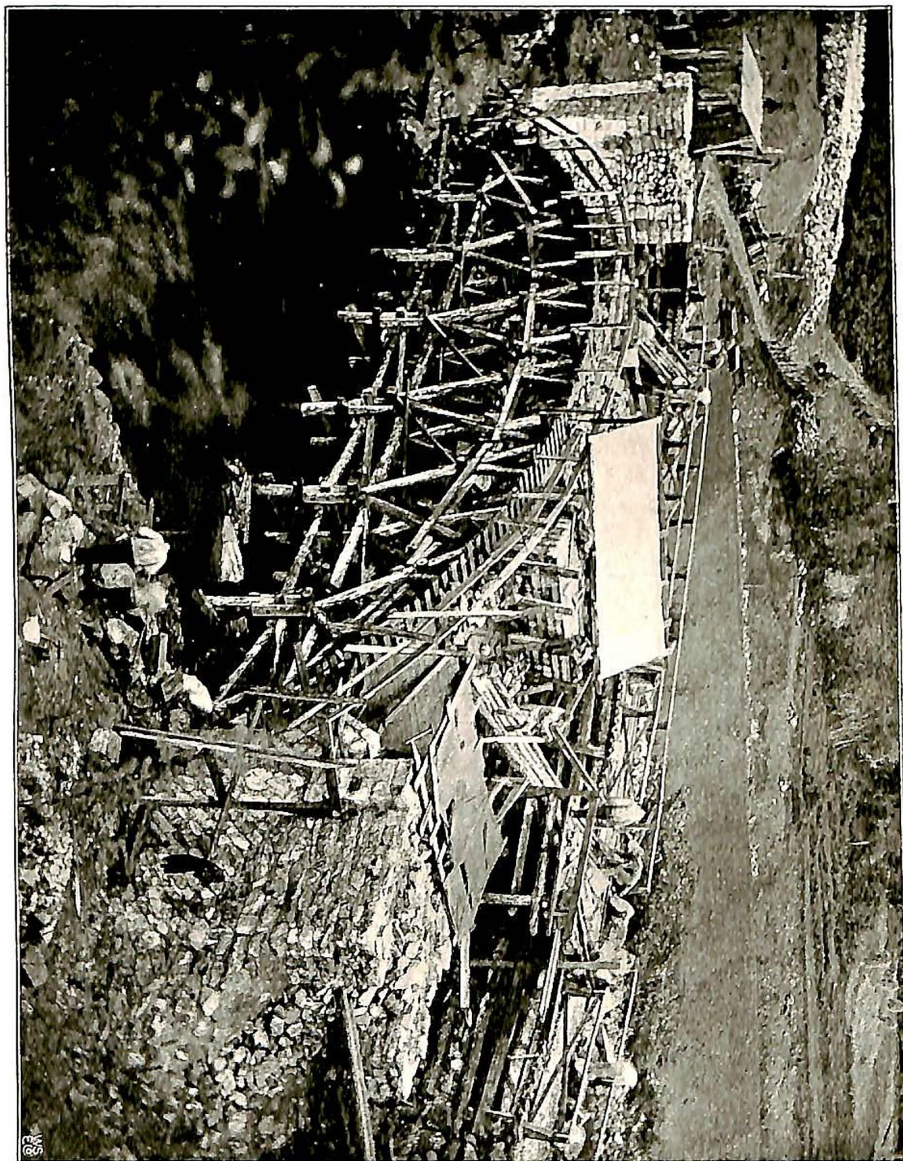


Ved søndre Vederlager.

Mur er indbefattet Muring, Transport af Sten paa Brostedet samt Forarbejdelse og Transport af Mørtel. Al Sten blev vasket med Børster, før den nedlagdes i Muren, ligesom det blev paaseet, at den var godt fugtet. Brydning, Læsning

og Kjørsel af Sten til Brostelet samt Fremskaffelse og Vaskning af Sand er iregnet de opførte Materialpriser.

Arbejderne havde fra Begyndelsen af ingen Øvelse i denne Maade at



Iværkset under Udførelse.

mure paa. De egentlige Murere var imidlertid meget dygtige Folk med længere Tids Erfaring i almindelige Tørmurararbejder og lærte snart at behandle Sten og Mørtel paa en skjønnsom Maade.

Vederlagerne

muredes med skraatliggende Fuger, lodrette paa Tryklinjen.

Ved nordre Vederlager blev Arbeidet i Begyndelsen et Par Gange afbrudt og delvis ødelagt ved indtrædende Høivand.

Paakjendingerne er i ugunstigste Fald ved nordre Vederlager, der staar paa Fjeld, i Middel ca. 10 kg. pr. cm.² og ved søndre Vederlager i Middel 7,9 kg. pr. cm.². Ved søndre Vederlager, der for at opnaa tilstrækkelig Trykflade i Fundamentet er konstrueret forholdsvis langt og tyndt, er Overmuren forlænget bagover som Afstivningsribber for at hindre en mulig Afbrydning af Muren paa dette Sted.

Vederlagernes Rygflade mellem Overmurene er afpudset med et ca. 8 cm. tykt Lag Cementmørtel 1:3.

Hvælvet.

Muringen af Hvælvet udførtes paa 4 Steder samtidig, dels for at vinde Tid og dels for at faa Stilladset belastet paa heldigste Maade.

Nogen Extrabelastning af Stilladset for at faa dette til at sætte sig, saaledes som ofte er brugeligt ved Bygning af store Stenbroer, blev ikke foretaget og viste sig ikke nødvendig. Muringen paabegyndtes ved Kæmpfer samt ved Stilladsets 2det Støttestpunkt. Ved sidstnævnte Sted blev Muren midlertidig støttet ved en afstivet Plankevæg.

I Midten af de aabne Kæmpferfuger blev der indlagt som midlertidig Charnière et 15 × 2 cm. Fladjern, for at Hvælmuren under Stilladsets Nedsenkning skulde kunne bevæge sig frit, uden at derved overførtes noget excentrisk Tryk paa den. Før Stilladset løstes fra Hvælvet, blev Fugen spylet ren og støbt fuld med Cementmørtel.

Under Muringen blev der ved hvert af Stilladsets Støttestpunkter sat igjen en aaben Fuge. Efterat hele Hvælvet var opmuret, blev disse Fuger sluttede samtidig. Ved denne Fremgangsmaade undgaaes, at Muren faar Sprækker over Støttestpunkterne, idet Stilladsets Kransbjelker bøier sig ned under Belastningen, eftersom Muringen skrider frem fra det ene Felt til det andet. For at undersøge dette Forhold blev der ved to af Støttestpunkterne muret i Sammenhæng. Der opstod imidlertid snart gennemgaaende Sprækker tværs over Hvælvet. Disse blev meislet op og igjenstøbt med flydende Cement.

Hvælvet muredes færdigt i 16 Dage med 27 Mand.

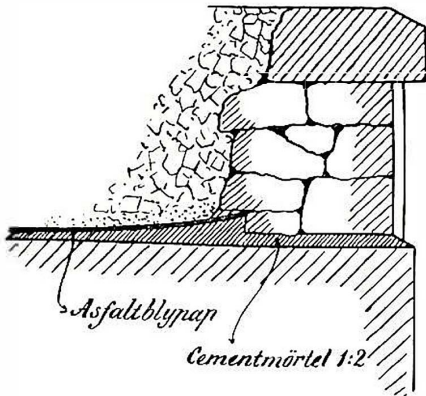
Buen har en fri Spændvidde af 30 m. og Pålhoide 4,4 m. Tykkelsen i Toppen er 1,0 m., ved Kæmpfer 1,5 m. Bredden er 3,5 m. — Buens Form er tilnærmet elliptisk, svarende til Tryklinjen ved en jævnt fordelt Belastning, Halvdelen saa stor som den forudsatte Maximalbelastning 600 kg. pr. m.².

De største Paakjendinger, beregnede ved Hjælp af den elastiske Tryklinje, er følgende:

Beregnete Paakjendinger i kg. pr. cm ² i Hvælvet under Belastning af Broens ene Side med 600 kg. pr. m ²						
	Ved Kæmpferne		I Brudfugerne		I Toppen	Anm.
	Belastet Side	Ubelastet Side	Belastet Side	Ubelastet Side		
I Fugens Overkant	0	+ 6.0	÷ 1.5	+ 0.8	+ 23.0	+ ang. Tryk
— Underkant	+ 23.3	+ 16.9	+ 25.0	+ 22.9	+ 4.4	÷ „ Stræk

Afdækningen af Hvælvet er udført over hele Bredden med et gennemsnitlig ca. 6 cm. tykt Lag af Cementmørtel 1:2. Cementafdækningen kostede Kr. 2,71 pr. m².

Ovenpaa dette Cementdække blev der lagt et Lag *Asfaltblypap* — dobbelt Asfaltpap med indlagt tyndvalset Blyplade. — Pappen, der leveredes i 1 m.



brede Ruller, paalagdes tværs over Hvælvet, idet Kanterne falsedes ind i hinanden, og Enderne blev stukket ind under en Fuge ved Foden af Overmuren, hvorefter Fugen blev pakket godt med Cementmørtel. Paa denne Maade haabede man at undgaa, at Vandet trængte ned under Pappen langs Overmuren.

Hvorvidt man ved en Afdækning med Pap selv med den største Omhyggelighed ved Udførelsen alligevel opnaar at hindre Vandets Nedtrængen

i Hvælmuren, tør være tvilsomt. Ved Mærk Bro lykkedes det ikke fuldstændig, idet der Vaaren efter Udførelsen viste sig Vanddryp paa et enkelt Sted under Hvælvet. Mellemfylden blev da revet op omkring dette Sted, men det var ikke muligt at opdage nogen Feil i Afdækningen. Sandsynligvis har Vandet fundet sig Vei et Sted inde i Overmuren og er derved kommet ind under Pappen. Forholdene var forøvrigt særlig ugunstige, idet man Høsten 1898 ikke fik Veidækket lagt paa Broen, før Vinterens Komme. I Løbet af denne lagde der sig derfor fuldt af Is og Sne i Stenfylden mellem Overmurene. Muligt er det, at der ved Isen kan være blevet dæmmet op for Vandets Afløb, saaledes at det har trængt sig ind gennem Falsene i Pappen. Efterat Veidækket er lagt paa, vil dette i Almindelighed kunne beskytte mod Isdannelse mellem Overmurene, og man tør haabe, at den omtalte Feil da ikke vil være af nogen Betydning.

Efter den ved Mærk Bro gjorde Erfaring har jeg faaet det Indtryk, at man ikke helt ud tør stole paa Pappen som Afdækningsmiddel. En kraftig — 6—8 cm. — Afdækning med fed Cementmørtel 1:1—1:1,5, der gaar ind under Overmuren og har god Heldning ind mod Midten af Hvælvet, vil efter min Opfatning yde en enklere og tryggere Beskyttelse — ogsaa derved at Feil er lettere at opdage — og blive adskillig billigere. Det er derimod forkasteligt at lægge ovenpaa hinanden Lag af Cementmørtel af forskjellig Blanding. Disse Lag har forskjellig Udvidelsesevne saavel ved Temperaturforandringer som ved Formforandringer af Hvælvet og derfor en Tendens til at løsne fra hinanden.

Pappen, der leveredes af Bau-Artikel Fabrik A. Siebel, Düsseldorf, kostede i Tyskland 3,00 Mark pr. m.², men kom med Fragt, Told, Kjørsel m. v. ialt paa Kr. 4,23 pr. m.² paa Brostedet. Nedlægning m. v. kostede Kr. 1,46 pr. m.², tilsammen altsaa Kr. 5,96 pr. m.².

Overmure.

Overmurene paa Vederlagerne er, for at skaffe Plads til de paa disse anbragte tilhugne Stabbestene uden at gjøre nogen Indskrænkning i Kjørebredden, forsynede med fremspringende Pilastre. For Udseendets Skyld er lignende Pilastre ogsaa anbragt paa Overmurene paa Hvælvet, idet man frygtede for, at de store ubrudte Flader af smaa og uregelmæssig Sten ellers vilde virke uheldigt. De med Pilastrene forbundne Udgifter var ganske uvæsentlige.

For saavidt muligt at hindre ovenfra nedtrængende Vand fra at rende langs Overmuren er denne paa Indsiden forsynet med en simpel Vandnæse. Paa denne er der ikke lagt videre Arbeide, idet Stenene ikke er specielt tilhugne.

For at tillade en fri Bevægelse af Overmuren under Belastningens og Temperaturen's Indflydelse blev der mellem Overmurene paa Hvælvet og paa Vederlagerne udført en vertikal Dilatationsfuge. Paa denne Maade antog man at kunne undgaa, at der dannede sig Sprækker i Overmuren, hvori Vand og Is kunde trænge ned og i Længden virke ødelæggende ogsaa paa Hvælvets Murverk. Vederlagerets Gesims er anordnet saaledes, at den dækker over den aabne Fuge og hindrer Vand fra at rende ned.

Efter Broens Fuldførelse viser der sig under Temperaturvekslinger en stadig Bevægelse i denne Fuge. Imidlertid har denne Anordning ikke været tiltrækkelig til at hindre, at der opstaar Sprækker i Overmuren. Ved de yderste Pilastre paa Hvælvet (i en Afstand fra Vederlageret af ca. 4.4 m.) viste der sig straks efter Fuldførelsen af Broen vertikale Sprækker, der dog ikke gik helt ned til Hvælvet. Det blev forsøgt at tætte dem med flydende Cement, men de kom stadig igjen ved Temperaturvekslinger.

Ved en Række udenlandske Stenbroer med massive Overmure har jeg iagttaget det samme Fænomen. Foruden over Kæmpferne opstaar der ogsaa Sprækker i Nærheden af Hvælvets „Brudfuge“. Over denne faar man nemlig betydelige Strækpaakjendinger i Overmuren saavel under Belastninger som Temperatur og Fugtighedsvekslinger, idet Overmuren er fastmuret til Hvælvet og virker afstivende paa dette.

For at undgaa den skadelige Indfyldelse af disse Sprækker maatte man enten indlægge aaben Fuge i Overmuren i Nærheden af Brudfugen eller udføre Overmuren som Tørmur, hvorved denne Vanskelighed helt vilde kunne undgaaes.

I nogen Grad kan Hvælvets Deformation reduceres (og dermed ogsaa den omhandlede Ulempe) ved Buens Form, idet en parabolisk Bue viser mindre Formforandring end de særlig ved smaa Pilforhold og lav Overmuring elliptisk formede Tryklinjebuer med stor Krumningsradius i Toppen. Der kan derfor være Grund til ved Hvælvets Konstruktion ikke at holde sig for strengt til den sædvanlige Tryklinjeform, men heller vælge Cirkelen eller en tilnærmet Parabel som Hvælvbue.

Gesimsen.

Ovenpaa Overmuren er lagt en Gesims af profilhuggen Sten. Stenen bestod af en haard og meget vanskelig bearbejdelig Gneis, hvorfor Tilhugningen faldt noksaa kostbar. Omkostningerne var følgende:

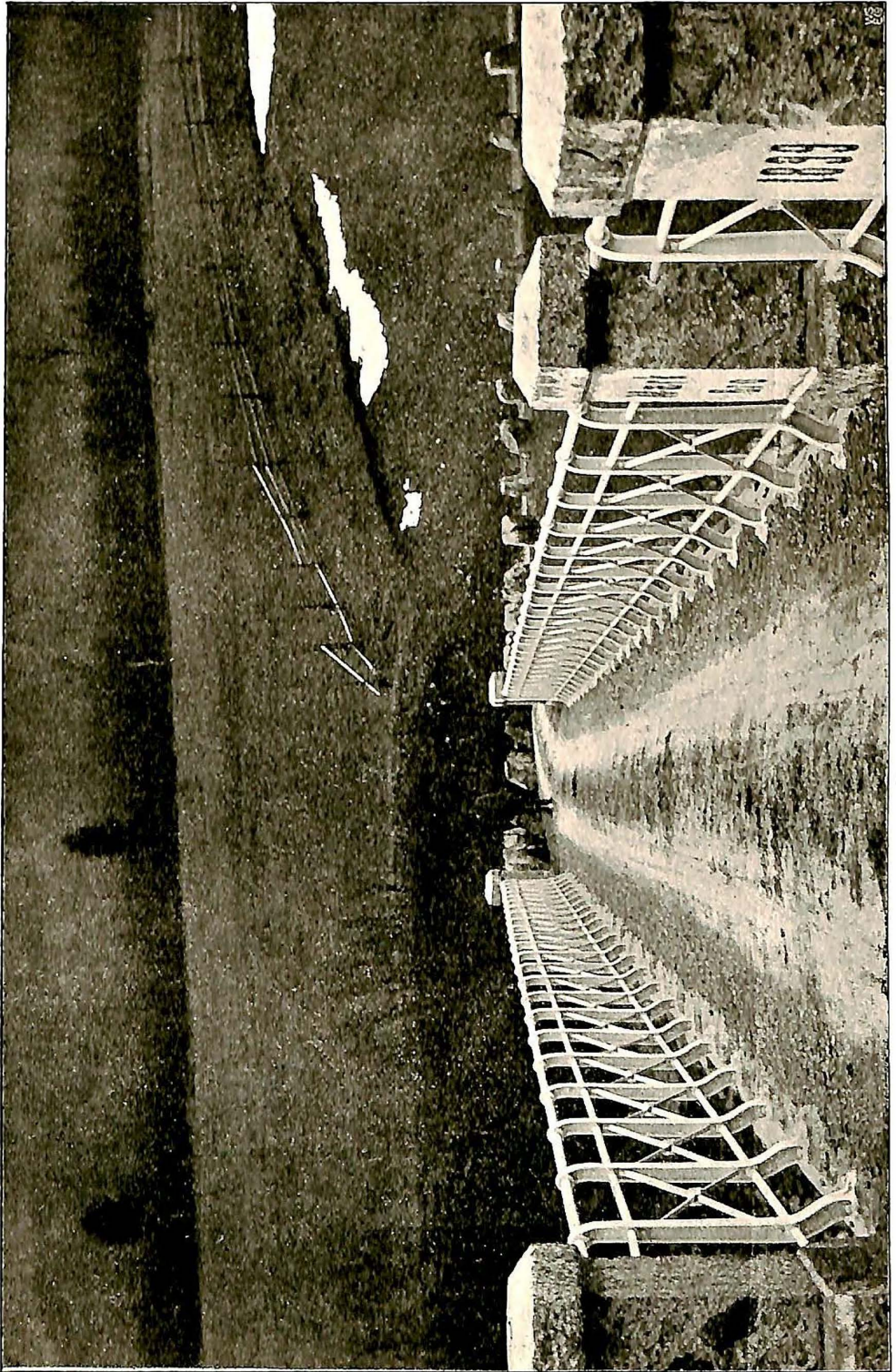
	Enhedspris pr. løb. m.					Sum Kr.	
	Sten	Sand	Cement	Hugning, Nedlægn.			Sum
				Dagsv.	Kr.		
81 løb. m. Gesims.	2.25	0.10	0.55	3.7	14.35	17.25	1396.95

Pr. m.³ kostede Gesimsen Kr. 69,85.

Hvælvets Brobane var forudsat horisontal. Ved Gesimsens Anbringelse, der først foregik, efterat Stilladset var borttaget, blev denne imidlertid lagt med en Overhøide paa Midten af ca. 7 cm. med Stigninger 1:200 fra Vederlagerne. Man gik nemlig ud fra, at en virkelig horisontal Gesimslinje paa Grund af den convergerende Buelinje vilde virke, som den havde en Sænkning paa Midten, hvilket vilde se stygt ud, medens den derimod udført med passende Overhøide vilde virke horisontal. Dette har ogsaa vist sig at være Tilfældet.

Som *Fyld mellem Overmurene* er benyttet Sten.

Paa Vederlagerne er anbragt 8 profilhugne, sammenmurede *Stabbestene*. De er udførte af den samme vanskeligt bearbejdelige Sten som Gesimsen og kostede med Fremskaffelse, Tilhugning, Sammenmuring i Cementmørtel og Indhugning af Navn Kr. 50,45 pr. Stk.



Rækverket er udført med Støbejernsstøtter og Rækker af $1\frac{1}{4}'' \times 1''$ Rør samt Krydsbaand af Fladtjern. Støbejernsstøtterne veier 26.3 kg. pr. Stk. og kostede leveret i Trondhjem Kr. 0,22 pr. kg. eller Kr. 5,80 pr. Stk. For at vinde Kjørebredde er Støtterne ved Foden givet en udadbøiet Form, saaledes at Rækverkets indre Flugtlinje falder sammen med Overmurens Yderflade. Ved denne Anordning er vundet 20 cm. fri Bredde. Rækverket gjør et fuldstændig stabilt Indtryk tiltrods for den udsvaiede Form. Rækverket kostede, Jern, Opsætning, Maling m. v. iregnet, Kr. 18,15 pr. løb. m.

Broens Veibane er udført som almindeligt Puk og Grusdække.

Paa begge Sider af Vederlagerne er der i Høide med Broens Kæmpfere bygget *Varemure* af simpel Tørmur. Nærmest Karrene har de samme Docering som disse, lodrette, men gaar lidt efter lidt med en vindskjæv Flade over til en almindelig Stenskraaning 3:4.

Ovenpaa Varemurøene er opført *Stenkegler* til Støtte for den tilstødende Jordfyldning.

Stilladser.

Hvælstilladset er bygget som et Overstillads af Bukke paa Understillads af Pæleaag.

Opførelsen af Understilladset var forbundet med adskillige Vanskeligheder. Der var den hele Tid Flom og sterk Strøm i Elven. Elvebunden bestod dels af Fjeld, dels af store Stene og Sand og var kun paa Sydsiden nogenlunde pælbar. Paa Fjeld, og hvor man stødte paa Sten, maatte der bores Hul og Pælen forsynes med Jerntap med Splint, som da blev anbragt i Hullet. Aagene maatte tildels belastes med Sten og forankres for at kunne staa i Strømmen. Pæling foregik fra en Tøndeflaade. Denne Flaade viste sig meget hensigtsmæssig.

Overstilladset er konstrueret som et stivt Hovedsystem af Triangler for mest muligt at undgaa Vridninger og Bøininger, der vilde indvirke skadeligt paa Murverket. Kransbjælkerne er understøttede med et sekundært Strævesystem.

Som Regulerings- og Nedsænkningssystem blev benyttet særlig til dette Brug forarbejdede Skruer. At benytte Sandsække vovede man ikke, da det kunde befrygtes, at Flommen kunde gaa op i dem, hvorved de vilde blive ubrugelige.

Saa vel Stilladset som disse Skruer viste sig hensigtsmæssige i enhver Henseende. Nogen Regulering med Skruerne under Arbeidet var ikke nødvendig. Tegning af disse Skruer er indtaget i Normalerne Side 38.

Omkostninger m. v. er angivet i nedenstaaende Tabel. I denne er ogsaa indført Omkostningerne pr. m.³ overbygget Rum, d. e. Arealet mellem

	Materialer					Opførelse				Nedrivning				Sum					
	Indkjøb			Solgt for Kr.	Udgift Kr.	Dags- verk	l. m.	å	Gjør Kr.	Dags- verk	l. m.	å	Gjør Kr.	Over- bygget Rum m. ³	å	Gjør Kr.			
	Antal	å	Gjør Kr.																
<i>a. Understillads.</i>																			
Tømmer l. m. . . .	320	0.80	256.00	48.00	208.00	107.0	390	0.85	334.00	10.4	390	0.08	31.20						
Planker — . . .	70	0.25	17.50	10.50	7.00														
Bolter, Jern kg. . .	200	0.35	70.00	51.00	19.00														
Nedsænkningsskruer	32	23.49	751.52	550.00	201.52												8.2	24.60	
Flaade til Pæling .			38.10	10.00	28.10												8.0	25.20	
Sum			1133.12	669.50	463.62	115.0		359.20	18.6			55.80	375	2.34	878.62				
<i>b. Overstillads.</i>																			
Tømmer l. m. . . .	780	0.78	610.50	106.46	504.04	149.1	780	0.35	275.45	33.7	2117	0.05	101.10						
Planker — . . .	1337	0.23	306.47	199.50	106.97												497	0.25	124.15
Bolter, Jern kg. . .	617	0.35	212.84	96.00	116.84												840	0.05	42.00
Andre Materialer .			24.96		24.96														
Sum			1154.77	401.96	752.81	149.1		441.70	33.7			101.10	392	3.30	1295.00				
Sum Hvælvstillads					1216.43			800.90				156.90	767	2.83	2173.62				

Buen og Elvebunden \times Hvælvsbredden. Delelinjen mellem Overstillads og Understillads er regnet 0.5 m. under Kæmpfer.

Som *Transportstillads* benyttedes væsentlig den gamle Bro, der laa ved Siden af den nye. Udgifter hermed, nogen Afstivning af den gamle Bro iregnet, beløb sig til Kr. 67,60.

Arbejdsstillads for Fundamenteringen af søndre Vederlager kostede Kr. 158,83, hvoraf Materialer Kr. 74,83 og Arbejdsløn Kr. 84,00. Arbejdsstilladser for Muringen udenfor Hvælvet kostede ialt Kr. 108,04, hvoraf Materialer Kr. 48,79 og Arbejdsløn Kr. 59,25.

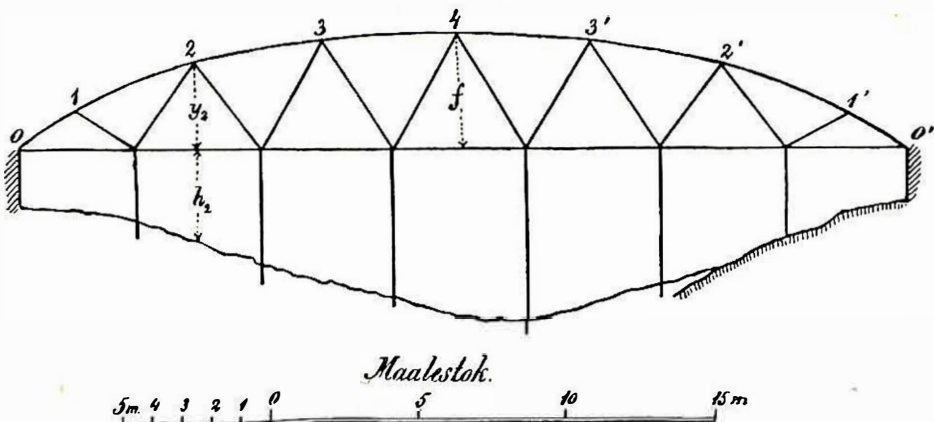
Anbringelse af Lændser eller lign. var ikke nødvendigt, da alt Tømmer blev flødet, før Stilladset opførtes.

Hvælvstilladset blev bygget med *Overhøide*, idet man gik ud fra, at Hvælvet efter Stilladsets Fjernelse, og efterat Belastningen var overført paa det, burde have den i Beregningen forudsatte Form. De Formler for Overhøide af Stilladser, der findes i de tekniske Haandbøger, syntes at give for store Værdier, hvorfor man gennem en Beregning under Hensyntagen til de Faktorer, som kunde indvirke paa Sænkningen, søgte at finde den Overhøide, som burde anvendes. I nedenstaaende Tabel er angivet saavel de udførte Overhøider som de virkelige Nedsænkninger af Stilladset ved Mærk Bro.

Paa Grundlag af de i Tabellen anførte Resultater, sammenholdt med Erfaringer fra en Del udenlandske Stenbroer, er opkonstrueret følgende empiriske Formel for Beregning af Overhøiden ved Hvælvstilladser af lignende Type som det ved Mærk Bro anvendte:

$$o = \frac{l + h}{20 f} \cdot y^2$$

Schematisk Rids af Stilladset.



hvor 0 er Overhøiden for vedkommende Sted paa Stilladset i cm., l Spændvidden i m., f Pilhøiden i m., y Hvælbuens Høide i m. over Kæmpfer paa vedkommende Sted og h Høiden i m. af Stilladset under Kæmpferlinjen paa samme Sted.

Knudepunkt		1	2	3	4	3'	2'	1'
Udførte Overhøider i m/m.	Opsiden	25	47	56	69	48	47	25
	Nedsiden	25	45	51	67	48	42	25
	Middel	25	46	54	68	48	44	25
Nedsænkning af Stilladset under Arbeidet	Opsiden	8	38	48	47	60	37	7
	Nedsiden	5	20	45	53	49	22	3
	Middel	6	29	47	51	54	29	5
Hvælbuens Nedsænkning ved Stilladsets Fjernelse	Opsiden		3		9.6		5	
	Nedsiden		4		7.6		2	
	Middel		3,5		8.6		3.5	
Nedsænkning ialt i m/m.	Opsiden		41		58		42	
	Nedsiden		24		61		24	
	Middel		33		59		33	

Høiderne er angivne i Millimeter.

Som det fremgaar af ovenstaaende, bliver den nødvendige Overhøide ved en omhyggelig Udførelse af Stilladset meget liden, og det har i Almindelighed ikke synderlig Betydning, om man ganske bortser fra den. Ved Mærk Bro vilde Paakjendingerne i Hvælvet vokset med ca. 2⁰/₀, om ingen Overhøide var bleven udført.

Hvælvet fuldførtes 26de Septbr. 1898. For at Murverket skulde faa størst mulig Fasthed, før Belastningen overførtes paa det, blev Stilladset først skruet ned og fjernet ca. 5 Maaneder efter, i Februar 1899. Som bekjendt vokser Cementmørtelens Holdfasthed sterkt i de første Maaneder. Som oftest borttages Stilladset allerede efter 4—6 Ugers Forløb. Da Mørtelens Fasthed fra den 1ste til 5te Maaned tiltager med ca. 40 ⁰/₀, synes det imidlertid at være Grund til at lade Hvælvet hvile paa Stilladset henimod denne Tid, saafremt Omstændighederne tillader det.

Hvælvets Elasticitets- og Fasthedsforhold.

En nøjagtig Indsigtning af Hvælvets Deformation, efterat Stilladset er nedskruet og Broens Egenvægt overført paa det, har sin Betydning, idet man derved faar Oversigt over Broens Bæreevne og Fasthedsforhold.

Den i ovenstaaende Tabel anførte Nedbøining maalttes Dagen efter, at Stilladset var skruet ned. Paa Midten af Broen var den kun 8,6 m/m. Nogen Bevægelse af Vederlagerne kunde ikke iagttages hverken i vertikal eller horisontal Retning. Der har ikke vist sig nogen uregelmæssige Sætninger eller Forrykkelser i Bygverket; de iagttagne Deformationer er kun at betragte som de elastiske Formforandringer, som maatte finde Sted, idet Belastningen overførtes paa Hvælvet.

Dette Resultat viser, at den anvendte Bygningsmaade saavel for Fundament som Mur har været fuldt ud solid og de beregnede Dimensioner tilstrækkelige.

Hvælvets elastiske Nedbøining paa Midten kan tilnærmelsesvis sættes, idet man med en Del forenklende Forudsætninger gaar ud fra en parabolisk Bue :

$$v = \frac{H}{E F} (f + 2 r)$$

hvor H er Horisontalkraften, E Murverkets Elasticitetskoefficient, F Hvælvets midlere Tværsnit i 1 m. Dybde, f Pilhøjden af Midtlinjen og r sammes Krumningsradius i Toppen.

Elasticitetskoefficienten kan da beregnes, idet v indføres med den indsigtede Værdi :

$$E = \frac{H}{v F} (f + 2 r) = \frac{*) 115\ 000}{0.86 \times 116 \times 100} (4.30 + 2 \times 3710) = \frac{\text{ca. } 90\ 500 \text{ kg. pr. cm}^2}{}$$

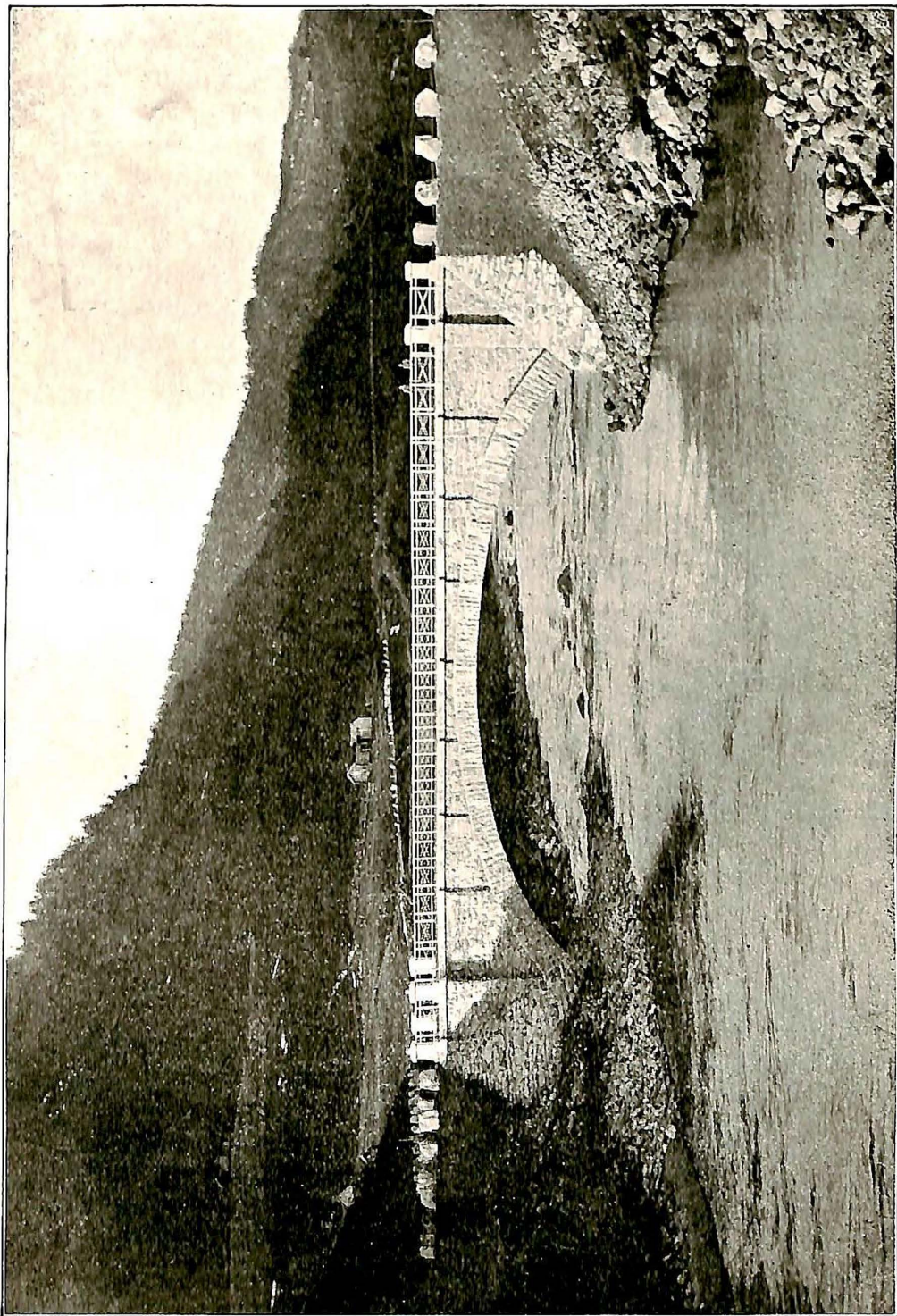
Dette er en forholdsvis høi Værdi for Murverk. Ved det i 1893 af den Østerrigske Ing.- og Ark. Forening udførte Forsøgshvælv paa 23 m. Spænd af Brudsten i Cementmørtel 1 : 2.6 blev E beregnet til 60 400 kg./cm.².

Da Brudfastheden i Almindelighed ved Materialer af samme Art vokser i lignende Forhold som E, tør man derfor antage, at Hvælvemurens Brudfasthed ved Mærk Bro er forholdsvis stor.

Nedenstaaende gives en Oversigt over samtlige Udgifter m. v. vedkommende Broanlægget. Paa denne er ogsaa opført Udgifter til *Materialer og Redskaber, Tilfældige Udgifter* (Grundundersøgelser, Syge, Ulykkesforsikring) samt til *Administration*.

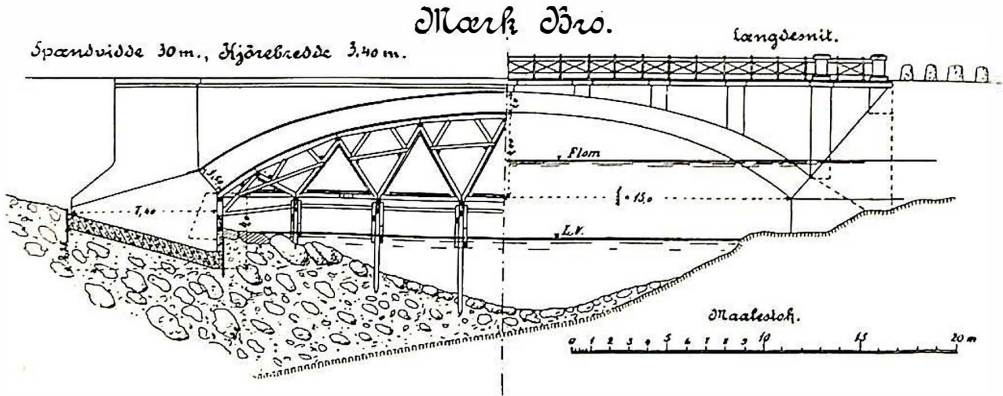
Da Broanlægget ikke var noget selvstændigt Anlæg, men administreredes og bevilgedes under *et* med Veianlægget Storaas—Reberg, er disse Udgifter

*) For Egenvægt uden Gesims og Mellemfyld mellem Gesimsene.



Den færdige nye Bro.

delvis kun skjønsmæssigt ansatte. Saavidt muligt er der dog for at vinde Erfaring ført Regnskab med alt, som specielt vedkom Broen. De opførte Beløb tør derfor antages nogenlunde at tilsvare, hvad der vilde medgaaet, om Broen var udført som selvstændigt Anlæg.



Oversigt

over Udgifter ved Mærk Bro.

I. Underbygning.

a. Fundamentering.

Sprængn. og Plan. ved nordre Vederlager	15 m ³ à 6.40 =	96.82.
Gravn. og Mudring „ søndre	— „ — 45 „ - 4.90 =	220.20.
Spundvæg af Bølgeblik med Afstivning	52 m ² - 5.41 =	281.44.
Beton 1:3:6, støbt under Vand	19.3 m ³ - 29.48 =	569.10.
Vandpumpning		37.80.
Plastring ved søndre Vederlager	48 m ² - 1.00 =	48.00.
	Sum Fundament	Kr. 1253.36.

b. Vederlagene.

Vederlagermur: Brudst. i Cementm.	94 m ³ à 22.67 =	2135.18.
Overmur paa Vederlagene	— „ — 103 „ - 26.59 =	2739.14.
Gæs. paa Overm.: Kvader i	— „ — 171. m - 17.25 =	293.25.
Stenfyld mellem Overmurene	88 m ³ - 3.01 =	264.57.
Profilhugne Stabbestene	8 Stk. - 50.45 =	403.57.
Rækverk af Jern mellem Stabbene	10 l. m - 18.15 =	181.50.
Varemure — Tørmur	— . . . 118 m ³ - 9.27 =	1096.97.
Stenkegler 231 „ - 2.57 =	594.20.
	Sum Vederlagere	Kr. 7708.38.

Sum I. Underbygning Kr. 8961.74.

Overført I Kr. 8961.74.

II. Overbygning.

Hvælv: Brudsten i Cementm. 1:3.

afdækket med —,,— 1:2.	136 m ³ à 26.20 =	3663.49.
Afdækning med Asfaltblypap	59 m ² - 5.69 =	336.06.
Overm. paa Hv., Brudst. i Cementm.	113 m ³ - 23.69 =	2676.54.
Gesims paa Overm., Kvader i —,,—	641. m. - 17.25 =	1103.70.
Stenfyld mellem Overmurene	96 m ³ - 2.76 =	264.20.
Rækverk af Jern	641. m. - 18.15 =	1159.55.
Veidække — Puk og Grus	40 - - - 1.08 =	43.04.

Sum II. Overbygning Kr. 9246.58.

III. Stilladser.

Hvælvstillads: 767 m ³ overbygget Rum à 2.83 =	2173.62.
Transport- og Arbejdsstilladser	340.47.
Rivning af gammel Bro	139.25.

Sum III. Stilladser. Kr. 2653.34.

Sum I—III. Arbejdsudgifter.

1285 m³ udbygget Rum à 16.23 = 20861.66.

IV. Material og Redskaber.

ca. 8.4 % af I + II =	Kr. 1523.69.	
„ 5 % - III =	„ 132.00.	1655.69.

V. Tilfældige Udgifter.

Grundundersøgelser	Kr. 57.95.
Syge	Kr. 167.20.
Ulykkesforsikring (2 %) „ 313.94. „ 481.14.	
Sum V: 2.4 % af I—IV	539.09.

VI. Administration.

Konstruktion og Materialprøvning	448.40.
Arbejdsledelse, Opsyn m. v.	2497.10.
Sum VI. 12.8 % af I—V	2945.50.

Sum for Mærk Bro: 1285 m³ udbygget Rum à 20.23. 26001.94.

Til Broanlægget, der i det væsentlige blev udført i Maanederne Juli—
Oktober 1898 med en Arbeidsstyrke af ca. 30 Mand og for en Del afslut-
tende Arbeiders vedkommende i Løbet af Vinteren og Forsommeren 1899, er
der ialt medgaaet 4138.7 Folkedagsverk med en gjennemsnitlig Fortjeneste
pr. 10 Timers Dag af Kr. 3.21 og 133.2 Dagsverk Hest og Kjører med en
Fortjeneste af Kr. 5.64.

Stenkjær 12te December 1902.

Emil Astrup.

Sporran Bro

i

Buskeruds Amt.

Angaaende dette Broanlæg meddeles følgende Oplysninger, der væsentlig er et Uddrag af en af konstitueret Amtsingeniør i Buskerud Amt, Afdelingsingeniør Bugge, under 21. 2. 03 indsendt Erfaringsrapport.

I Veiruten Kongsberg—Numedal—Ustedalen blev der i Tidsrummet 1857 til 1862 foretaget en Ombygning af Sporran Bro med tilstødende Veiparti. Broen blev bygget som Sprængverksbro med 22.0 m. Lysaabning paa Landkar af Sten, og nævnte Veiparti blev bygget med flade Stigninger ca. 1:30 til 1:50., men med meget uheldige Kurveforhold (se hosføiede Kart), idet de to Slyng lige syd for Broen har en Radius af ca. 5 m.

Da der til den gamle Sprængverksbros Ombygning ikke lykkedes at erholde de fornødne hertil egnede Træmaterialer, og da det udspringende Fjeldparti, hvorpaa nordre Landkar hvilede, i Tidens Løb var blevet saa ødelagt, at det ikke længer kunde ansees tilstrækkelig sterkt til at bære Landkarret, samt endelig for paa en forholdsvis billig Maade at faa omlagt de to nævnte Slyng, der viste sig at være overmaade generende ikke alene for lange Læs, men endog for almindelige Varelæs, — besluttede man at omlægge hele dette Veiparti efter den paa Kartet angivne Linie. Man fandt det betydelig heldigere her at anvende en kort Stigning af 1:15 end at bibeholde den flade Linie med Slyngene.

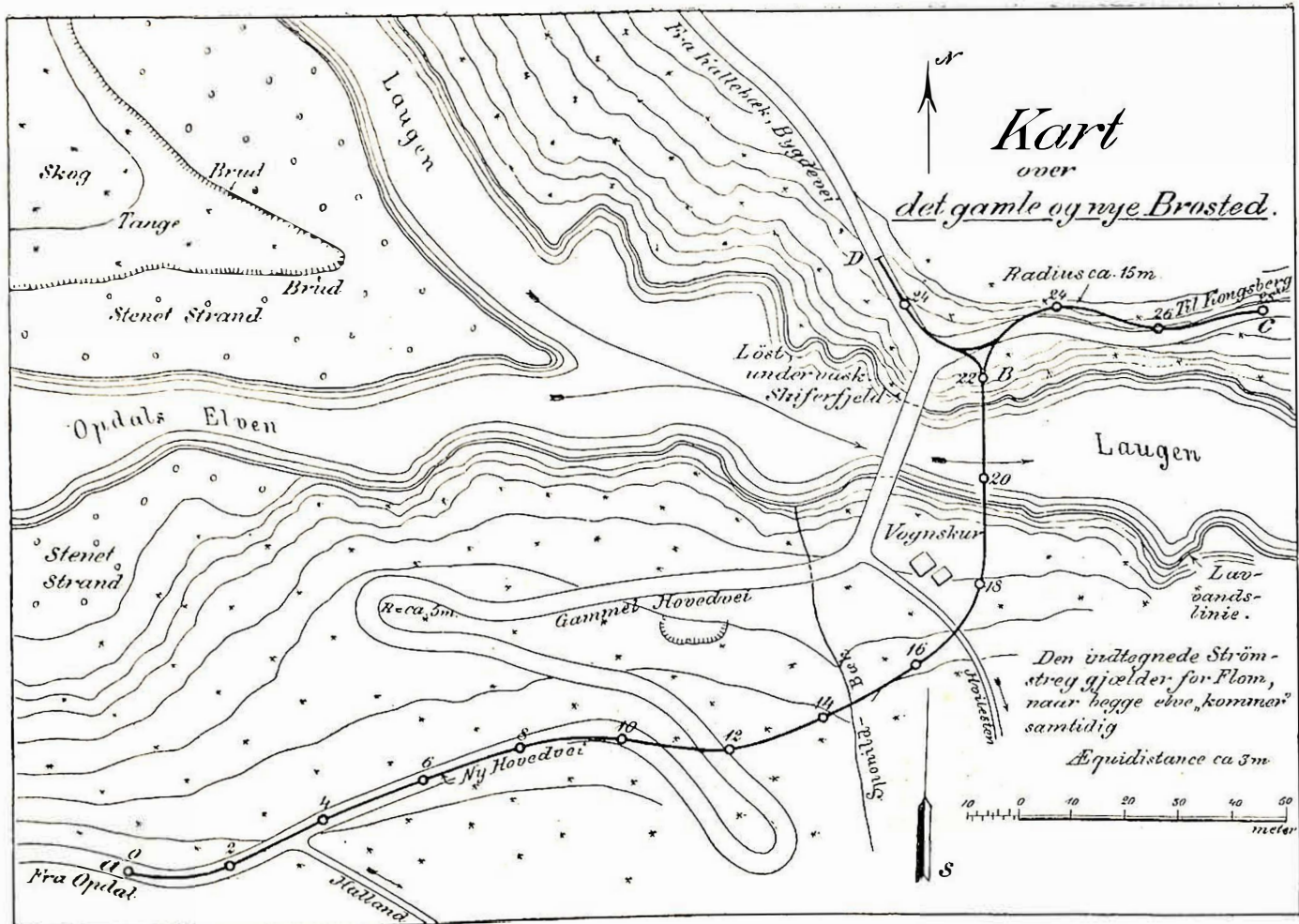
Ved Planlæggelse af Broens Ombygning havde man under Overveielse to Alternativer:

1. Jernkonstruktion paa Landkar af Sten og
2. Hvælvbro af Brudstensmur i Cement.

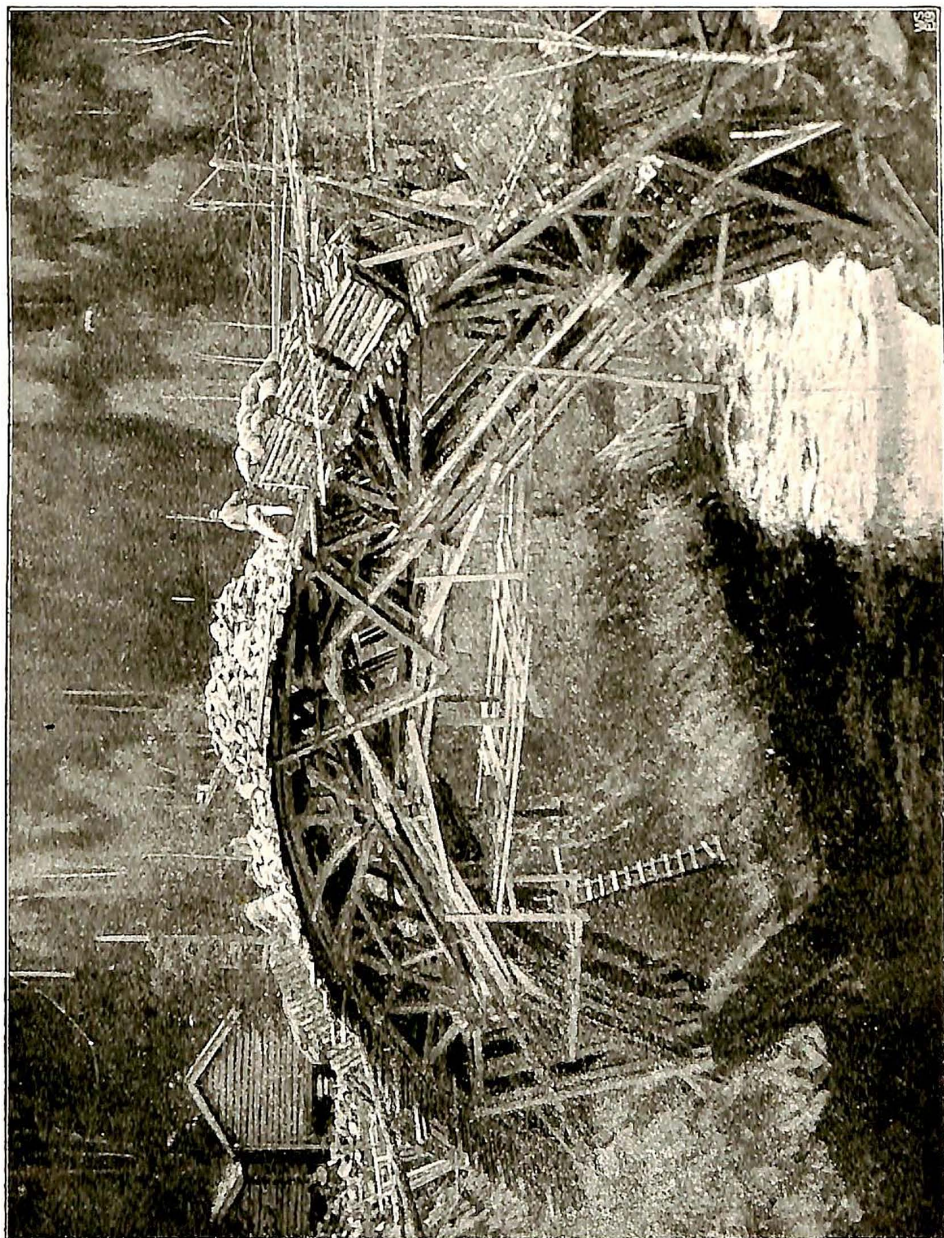
For disse to Alternativer stillede Omkostningerne sig nogenlunde ens, hvorfor Hvælvbro blev valgt.

Broens Konstruktion blev udført ved Veidirektørkontoret. Arbeidets Udførelse er under Amtsingeniør Hansens Overledelse forestaaet først af Afdelingsingeniør Baalsrud indtil Vaaren 1900 og siden af Afdelingsingeniør Særen.

Angaaende Udførelsen af de forskjellige Dele af Anlægget henvises til den skematiske Rapport samt Tegninger og Fotografier, idet tilføies følgende Oplysninger:



Hvælvets Murverk er udført af smaa Sten — en Mands Loft — i Cementmørtel. Den Sten, som er anvendt i Hvælvets Sider og undre Flade,



Sporran Bro: Muring af Hvælv. 1899.

blev kilet af Vandreblokke og Granit og fik saaledes en nogenlunde regelmæssig Form. Det viste sig imidlertid meget kostbart at kile Sten til saa liden Størrelse. Sten til Hvælvets indre Del er derimod taget fra den paa

nordre Bred værende Fjeldskjæring og bestaar af en meget uregelmæssig Skiferart. Ogsaa denne Sten faldt meget kostbar, da Sprængningen i den nævnte Fjeldskjæring maatte udføres overmaade forsigtig for ikke at genere Færdselen paa Veien og Arbeidet paa selve Brostedet.

Murverkets Udførelse var nærmest en Efterligning af den i Schweiz benyttede Arbeidsmethode for Kalksten i hydraulisk Kalk. Erfaringer fra Sporran Bro synes imidlertid at vise, at denne Fremgangsmaade blev for kostbar under de forhaandenværende Stenforholde. Hvælvet kunde sandsynligvis været billigere udført, om man havde:

1. enten benyttet udelukkende den Sten, der udsprængtes fra Skjæringen paa nordre Side, samt rigelig Anvendelse af Cementmørtel eller
2. benyttet stor Sten (omtrent som almindelig god Landkarmursten), sat denne tørt paa Stilladset og derpaa stampet Cementmørtel i Fugerne.

I sidstnævnte Tilfælde antages Hvælvet Dimensioner at kunne være indskrænket endel, da Mørtelens Kvalitet og derved Murverkets Styrke paa denne Maade vilde være blevet bedre.

Under Arbeidets Udførelse viste det sig, at Anbringelse af Stenene i Nærheden af Hvælvet Top frembød Vanskeligheder, idet Fugerne her blev omtrent vertikale, saa Sten og Mørtel havde Tilbøjelighed til at falde ned. Da alle Arbeidere var uøvede, var særlig dette Aarsag til megen Spild af Tid, ligesom meget Cementmørtel derved ogsaa gik tabt. Den Mørtel, der paa denne Maade anbragtes, kunde ikke komprimeres. Den forblev saaledes vistnok temmelig løs, helt til Hærdning fandt Sted.

Til Belysning af dette Forhold blev der paa Brostedet udført en Række Strækprøver med Cementmørtel, taget direkte fra Arbejdsstedet.

Enkelte Prøver blev stampet i Formerne, medens andre blev udlagt løse, idet man mest mulig søgte at opnaa et lignende Forhold som for Mørtelen i selve Hvælvet. Prøvestykkerne afreves paa Brostedet efter 28 Dages Forløb; men da saavel de anvendte Former som den ved egen Hjælp udførte Strækmaskine var meget primitive, blev Resultaterne ikke saa paalidelige, som ønskeligt kunde være. Det konstateredes imidlertid, at Forskjellen i Brudfasthed for de to Sorter Mørtel var meget stor.

Om den anvendte *Sand* bemærkes følgende:

En af Afdelingsingeniør Carlsen foretagen Undersøgelse gav nedenstaaende Resultat:

Sandens Bestanddele var Kvarts, Feldspat og Hornblende i omtrent lige store Mængder foruden endel Glimmer og skiferagtige Bergarter. Kornene var hovedsagelig kantede — nogle mere eller mindre flade.

Lergehalten 1 %.

Kornstørrelsen var følgende:

	Uvasket	Vasket
Grov Sand, som blev tilbage paa 38 Masker	52.3 %	40.3 %
Middelsgrov Do. „ — „ — 38—400 Masker	41.3 „	49.8 „
Fin Do., som gik gjennem 400 Masker	6.4 „	9.9 „

At den vaskede Sand havde mere fine Korn end den uvaskede antoges at komme af Knusning ved Vaskningen.

Den spec. Vægt var for uvasket Sand 2.74, for vasket Sand 2.75.

Trykfastheden syntes ikke at blive forøget ved Vaskning.

I den Tid, Hvælvet blev muret, var Temperaturen om Natten jævnlig umd 0°, og for at beskytte Murverket anvendtes ovenpaa Hvælvet store Dynner af gamle Sække og Mos; disse lagdes om Aftenen over det netop udførte Murverk. Hvælvet's Sider og undre Flade tildækkedes ligeledes med Sække, Trælemmer og Mos. (Se Fig., Side 30).

Stillads.

Det vanskeligste Arbejde var Stilladset. For det første maatte hele Løbet af Hensyn til den store Høide overspændes med ét Spænd. Og dernæst maatte alle Træmaterialer hugges og fremskaffes af Veivæsenets Folk, idet dette Arbejde i de daværende gode Tider ikke paa rimelige Vilkaar kunde udsættes til Bygdens Folk. Skaarne Træmaterialer maatte enten kjøres 93 Km. fra Kongsberg eller skjæres for Haanden paa Stedet.

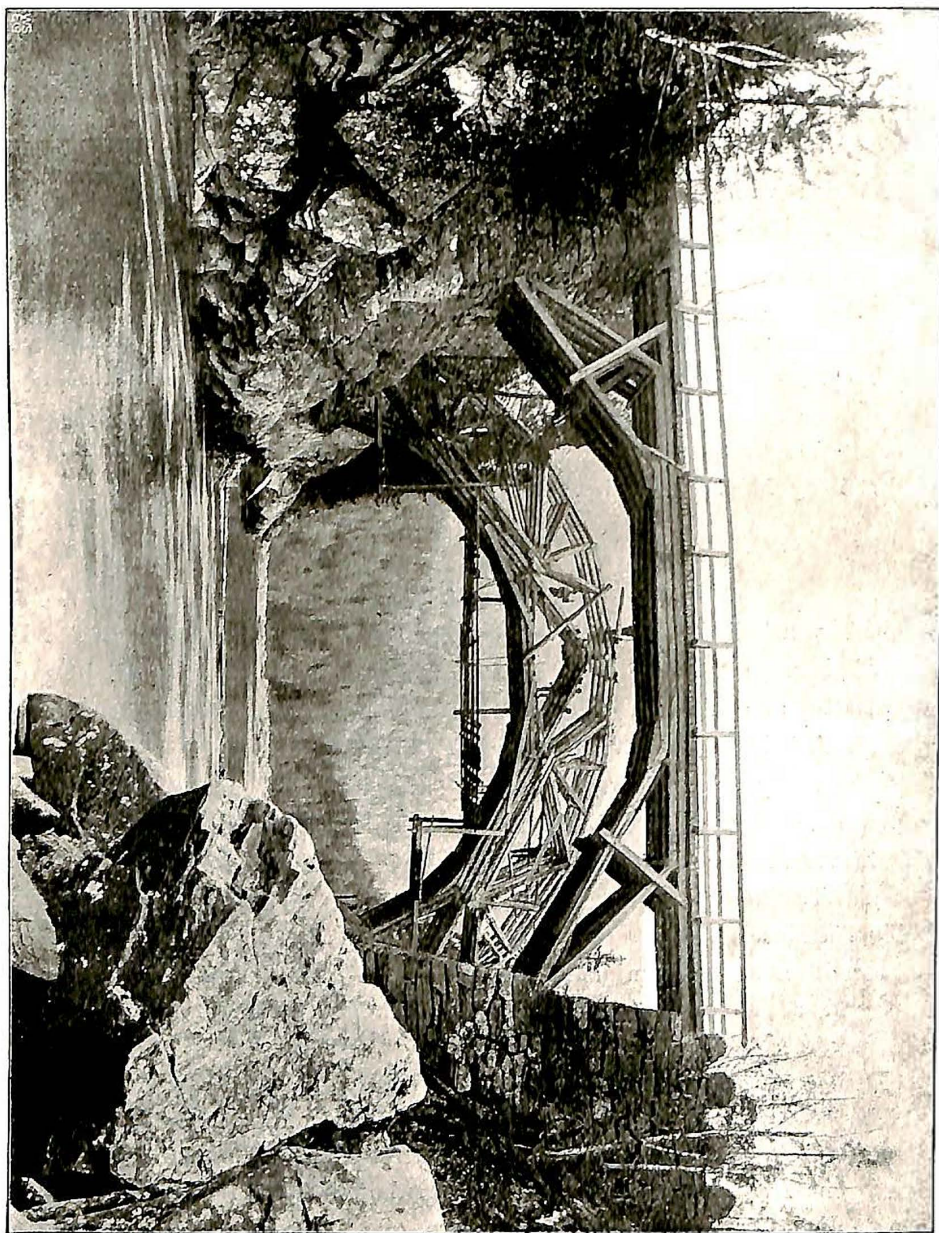
Endvidere var de aldeles lodrette Fjeldvægge paa begge Sider af Brostedet og Trafiken paa den gamle ca. 2 m. brede Vei til betydelig Gene for Arbeidets Udførelse.

Hertil kom — som kanske den væsentligste Ulempe — at Arbeidet paa Grund af de daværende vanskelige Arbeidsforholde maatte drives overmaade forceret.

Den 28de August 1899 begyndte man at hugge Tømmer til Stilladsmaterialer, og i Slutten af Oktober samme Aar var Hvælvet færdigmuret.

Stilladsets bærende Dele blev sammenarbejdet i horisontal Stilling paa en særegen Arbejdsplads, medens der samtidig i Fjeldet paa Brostedet blev udhugget Fod for alle Stilladsets Strævere. Ved Hjælp af et 13 mm. Staaltraadtoug, der var anbragt over Brostedet i Broens Længdeaxe, og 2 paa dette Toug løbende Taljer blev Stilladsets enkelte Dele heiset ud paa sin Plads, hvor de foreløbig fæstedes med Barduner. Paa denne Maade arbejdede man sig fra begge Land mod Broens Midte. Denne Arbejds metode viste sig

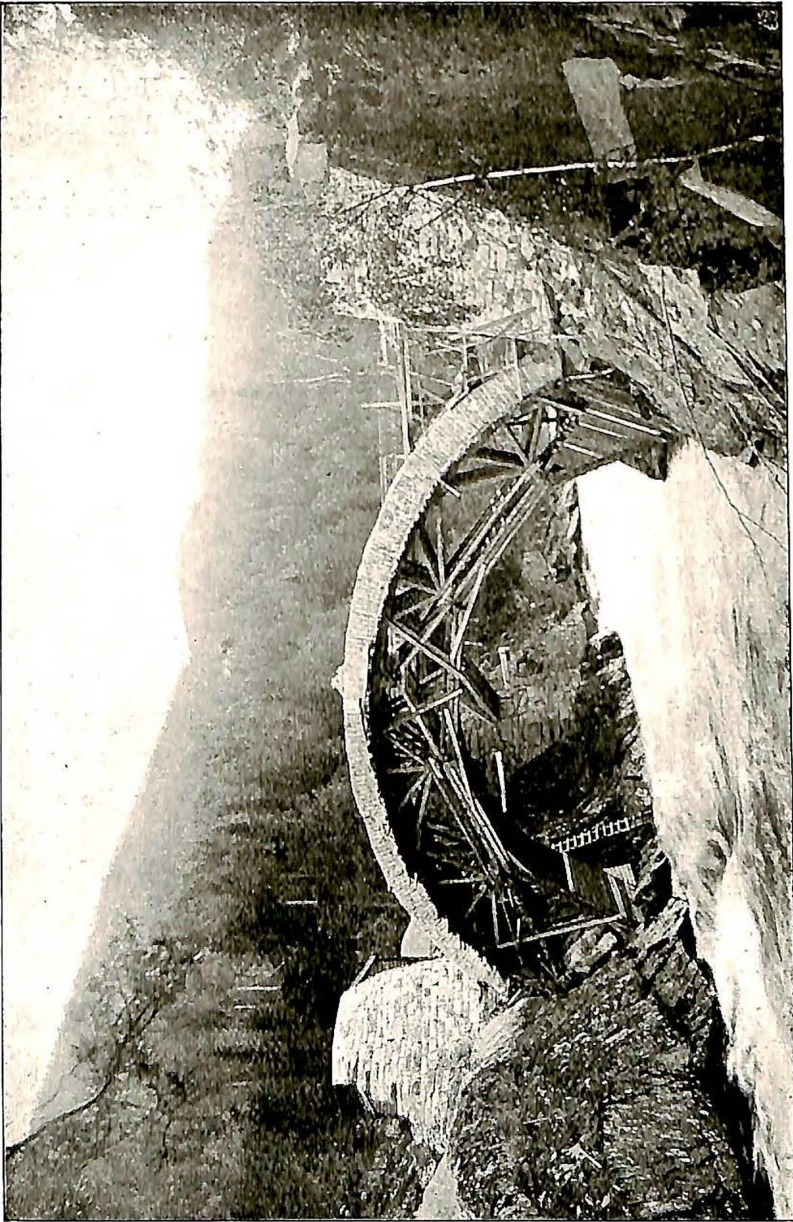
meget bekvem til Stilladsets Anbringelse; til Transport af Sten, hvortil Touget ogsaa blev benyttet, viste det sig dog mindre skikket.



Spornan Bro: Bygning af Hvalvsællads, 1899.

Alt Tømmer i Stilladsets bærende Dele havde 15 cm. Topdimension og blev tælget paa 2 Sider.

Til Overstilladsets Sænkning efter Hvalvets Udførelse havde man først



tænkt at anskaffe Skruer, saaledes som ved Mærk Bro; men man fandt, at Stilladset var lettere at faa tilstrækkelig støt, om man brugte Trækiler istedet for Skruer. Af denne Grund som ogsaa af Hensyn til Omkostningerne valgte man Kiler af Birk. Hvis Stilladset skulde været fjernet nogenlunde snart efter Udførelsen, vilde man neppe have kunnet slaa Kilerne ud. Man tænkte sig derimod at hugge dem istykker Flis for Flis med Huggjern og Hammer, alle Kiler samtidig, hvorved Overstilladsets Sænkning med Erfaring fra andre Steder kunde foregaa aldeles jevnt.

Da Stilladset imidlertid først blev fjernet Sommeren 1900, var alt Trævirke saa sammenkrøbet, at Kilerne stod ganske løse.

Almindelige Bemærkninger.

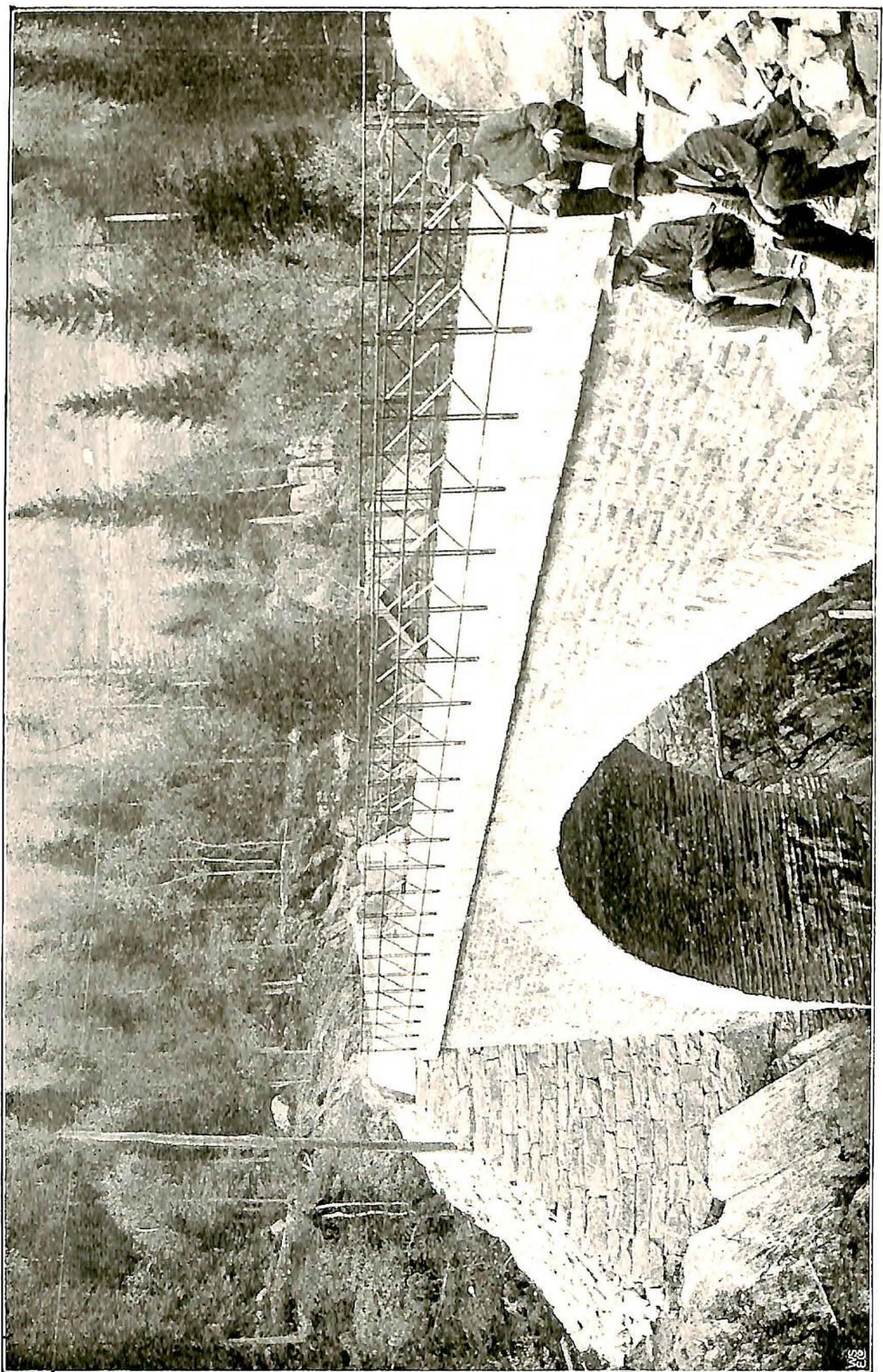
Dette Broanlæg blev udført under særdeles ugunstige Arbeidsforholde, idet det viste sig omtrent umuligt at erholde brugbare og duelige Arbeidere til et saa afsidesliggende Arbejdssted. Specielt var dette Tilfældet 1899 og 1900. Følgen heraf var, at Anlægget ikke saaledes, som man havde tænkt sig, kunde fuldføres i Løbet af 1900, men først det følgende Aar, samt at man, forat beholde de faa dygtige Arbeidere, man havde, maatte benytte høje Arbejdspriser.

Cementpriserne paa den Tid var ogsaa meget høie, idet Indkjøbsprisen 1899 var Kr. 7.70 og i 1900 Kr. 7.50 pr. Foustage. Hertil kom Jernbane-fragt samt Kjøring fra Kongsberg til Brøstedet 92 Km., hvilket kostede Kr. 5.50 pr. Foustage. Prisen pr. Cementfoustage ved Brøstedet blev saaledes henholdsvis Kr. 13.20 og Kr. 13.00. Anlægget maatte saaledes blive noget dyrt.

Alt Arbejde Høsten 1899, d. v. s. Opførelsen af Stillads, Fundament-sprængning, Fundamentklodse, Hvælmur og Bagmur, blev paa Grund af Forholdene udført paa Dagløn. Senere blev der omtrent udelukkende anvendt Akkordarbejde.

Der blev ialt udført 1896.8 Dagsverk Akkordarbejde med en gennemsnitlig Fortjeneste af Kr. 4.41 og 2899.2 Dagsverk Dagarbejde med Gennemsnitsfortjeneste af Kr. 3.32.

Til Akkordkøring blev anvendt 863.1 Dagsverk Dagkøring à Kr. 4.66 i Gjennemsnit.



	Enhed	à Kr.	Gjør Kr.	Sum Kr.	Tils. Kr.
I. Underbygning.					
<i>a. Fundamentering.</i>					
Sprængning	89 m ³ .	4.94	439.45		
Sum	89 m ³ .		439.45	439.45	
<i>b. Opførelse af Landkar m. v.</i>					
Fundamentklodse	27 m ³ .	65.23	1761.08		
Vingemure	288 „	5.54	1594.80		
Sum	315 m ³ .		3355.88	3355.88	3795.33
II. Overbygning.					
Hvælmur og Bagmur	186 m ³ .	42.80	7962.07		
Overmure	174 „	27.48	4781.34		
Sum	360 m ³ .		12743.41	12743.41	
Afdækning af Hvælvet	80 m ² .	6.45	516.54		
Stenfyldning paa Hvælvet	136 m ³ .	1.73	235.20		
Kantstene	61 l. m.	11.57	706.60		
Rækverk	61 „	20.90	1274.60		
Veidække	32 „	1.50	48.00		
Sum	„		2780.94	2780.94	15524.35
III. Tilstødende Vei.					
Gravning	724 m ³ .				
Sprængning	906 „	2.90	2627.40		
Fyldning	1200 „	0.60	720.00		
Stabbestene	148 Stk.	1.30	192.40		
Stikrender	2 „	55.00	110.00		
Ramheller	50 l. m.	0.60	30.00		
Veidække	308 „	1.50	462.00		
Broer: Sponild Bro			1222.16		
Diverse			215.43		
Sum	„		5579.39	5579.39	5579.39
IV. Stillads					3023.50
V. Redskab					2269.49
VI. Tilfældige Udgifter					874.75
VII. Administration og Opsyn					4016.23
<i>Broanlæggets samlede Kostende</i>					35093.04

Arbejdet bestod i Bortsprængning af uheldt Fjeld samt Sprængning af Fod for Murene. — Dagarbejde.

Fundamentklodse: Brudstensmur i Cementmørtel 1:3.

Medgik:	Til Cementanskaffelse	Kr.	728.08
	„ Sand- „	„	187.00
	„ Sten- „	„	347.50
	„ Muring	„	498.50

Vingemure: Tørmur af Sten fra Fjeldskjæringen ved nordre Ende af Broen. Skiferfjeld.

Hvælvmur: Brudstensmur i Cementmørtel 1:3. Ydre Skal af Granit, kilet af Vandreblokke.

Medgik:	Til Cementanskaffelse	Kr.	3343.00
	„ Sand- „	„	950.40
	„ Sten- „	„	1689.55
	„ Muring m. v.	„	1979.12

Overmure: Brudstensmur i Cementmørtel 1:4.

Medgik:	Til Cementanskaffelse	Kr.	2733.33
	„ Sand- „	„	571.00
	„ Sten- „	„	348.00
	„ Muring m. v.	„	1129.01

Aflækning: Cementmørtel 1:3, derpaa Asfaltblypap.

Stenfyld: Sten fra Fjeldskjæringen ved nordre Ende af Broen.

Kantstene: Kilet af Vandreblokke og tillugne.

Rækverk: Smedet ved Anlægget. Medgik ca. 1800 Kg. Jern. Koster opsat ca. Kr. 0.71 pr. Kg., hvoraf ca. Kr. 0.28 til Indkjøb af Jern og ca. Kr. 0.43 pr. Kg. til Arbejds løn m. v.

Sponild Bro:

Spændvidde 6.0 m., Kjørebredde 4.0 m. Hvælvet, 0.4 m. tykt, er bygget af Brudsten fra Fjeldskjæringen ved nordre Ende af Sporran Bro og Cementmørtel 1:3.

Omkostninger:

Fundamentsprængning	Kr.	81.50
Fundamentklods 14 m ³ . à Kr. 8.00 =	„	112.00
Hvælvmur 15 „ - „ 28.60 =	„	429.00
Side- og Overmure (Tørmur) 36 „ - „ 8.00 =	„	288.00
Stenkegler 10 „ - „ 5.00 =	„	50.00
Bagfyld 50 „ - „ 1.00 =	„	50.00
Vingemure 10 „ - „ 6.00 =	„	60.00

	Overført Kr. 1070.50
Afdækning og Fugning	43.00
Stabbestene	40.00
Stillads m. v.	68.66
	<u>Sum Kr. 1222.16</u>

Stillads: Anskaffet: 2379 l. m. Stilladstømmer.
 912 - „ Forskalingstømmer.
 270 - „ Tømmer til Mur- og Transportstillads.
 2230 Kg. Jern og Bolte.

Fortegnelse over ældre Rapporter og Brochurer.

1) *Stipendierapporter, Brochurer.*

a) **Trykte.**

1. Kaptein *Krag*: Rapport fra Reise i Schweiz angaaende Veibygning m. v. 1863. (Intet Oplag).
2. Ingeniør *Hugo Swenson*: Kortfattet Fremstilling af Veibroers Konstruktion og Kostende. 1883. (Intet Oplag).
3. Ingeniør *Fenger Krog*: Indberetning fra Stipendiereise 1884. Ter-tiære Baner, Sporveie m. v.
4. Ingeniør *Fenger Krog*: Oplysninger om Veivedligehold i Udlandet. Indberetning fra Reise i 1884. (Intet Oplag).
5. Ingeniør *Svenningsen*: Uddrag af Stipendierapport efter en i 1888 foretagen Reise til Frankrige angaaende Administration af den offentlige Veibygning og Vedligeholdet.
6. Ingeniør *Bassøe*: Uddrag af Rapport om Stipendiereise 1888. Afd. I: Træbroer. Væsentlig Prøvning af Materialet og om Imprægnering.
7. Ingeniør *Fenger Krog*: Uddrag af Rapport fra Reise til Pariserudstillingen 1889. Om Prøvning af Cement.
8. Ingeniør *Stenberg*: Uddrag af Rapport fra Reise til Pariserudstillingen 1889. Forskjellige Oplysninger om specielle Jernbrokonstruktioner.
9. Ingeniør *Hugo Swenson*: Uddrag af Rapport fra Reise i 1889. Om Arbeidsledning i Udlandet.
10. Ingeniør *Grøndahl*: Uddrag af Stipendieberetning fra Reise i Tyskland, Østerrige og Schweiz 1898. Om Murverk og Stenbroer.

11. Ingeniør *Stenberg*: Anordning og Beregning af Fagverkskonstruktioner for nyere Veibroer i Norge. Særaftryk af Norsk Tekn. Tidsskrift 1897.
12. Ingeniør *Stenberg*: Jernpillerer for Broer i Schweitz. Særaftryk af Norsk Tekn. Tidsskrift 1893.
13. Overingeniør *Skougaard*: Vedligeholdets nationaløkonomiske Betydning for Norge. Særaftryk af Tekn. Ugeblad 1894.
14. Overingeniør *Skougaard*: Det Norske Veivæsens Historie i Tidrummet 1820—1896.
15. Overingeniør *Skougaard*: Nogle Oplysninger om Veivedligehold. 1900.
16. — „ — — „ — Kort Uddrag af Oplysninger om Veivedligehold. 1900.
17. Overingeniør *Skougaard*: Nogle Momenter om Veidækket. 1900.
18. — „ — — „ — Nogle Momenter til Belysning af Spørgsmaalet om „Eensartet Veiplakat for det hele Land“. 1900.
19. Ingeniør *Landmark*: Resultater af Mineringsarbejder paa Veianlægget „Langs Eidfjordvand“ i 1887—88.
20. Elveforbygninger i Surendalen og ved Veianlægget Aarlidvold—Storaas.

b) **Ikke trykte.**

1. Ingeniør *Stenberg*: Arbejdsledning i Udlandet. Stipendierapport 1887.
2. Ingeniør *Bassøe*: Stipendierapport fra 1888.
Afd. II. Veibygning og Arbejdsdrift.
„ III. Jernbroer.
3. Ingeniør *Kr. Bugge*: Stipendierapport om Reise i Belgien og Frankrige for at studere Fremgangsmaaden ved Fabrikation af og Kontrollen med Materiel til Jernkonstruktioner. 1889.
4. Ingeniør *Svenson*: Stipendieberetning fra 1889 om flere større Ingeniørarbejder i Sverige, Danmark og Tyskland.
5. Amtssingeniør *Thoresen*: Beretning fra Stipendiereise 1890 angaaende Veiadministration, Vedligehold og Nybygning.
6. Amtssingeniør *Werenskiold*: Stipendieberetning fra Reise 1890 ang. særlig Sprængteknik. Desuden Oplysninger om flere større Ingeniørarbejder i Udlandet.
7. Amtssingeniør *Conradi*: Stipendieberetning fra Mai 1892 for i Udlandet at studere de ved større offentlige Arbejder brugelige Arbejds-metoder.
8. Ingeniør *Holst*: Stipendieberetning fra Reise i 1893 for at studere de i Udlandet ved større offentlige Arbejder brugelige Arbejds-metoder.

9. Overingeniør *Skougaard*: Indberetning ang. Stipendiereise til Frankrige i 1896. Indeholder:
 - I. Veivæsenets Administration.
 - II. Cementens Anvendelse i det civile Bygningsvæsen.
 - III. Andre Oplysninger vedk. Kommunikationsvæsenet.
10. Ingeniør *Særen*: Veivedligehold, Arbejderforhold. Rapport fra en Reise i Danmark m. v. i 1899.
11. Ingeniør *Sundt*: Rapport fra Reise til Paris i 1900. Stenpukkemaskiner m. v.
12. Amtsingeniør *Aubert*: Rapport fra Stipendiereise til England i 1899. Motorvogne.
13. Ingeniør *Knudsen*: Rapport fra Stipendiereise til Paris 1900. Instrumenter.
14. Ingeniør *Conradi*: Rapport fra Stipendiereise til Paris 1900. Væsentlig Stenpukkemaskiner.
15. Ingeniør *Pedersen*: Rapport fra Stipendiereise til Paris 1900. Motorvogne.
16. Ingeniør *Nicolaisen*: Rapport fra Stipendiereise til Paris i 1900. Motorvogne.
17. Overingeniør *Skougaard*: Indberetning ang. Materialprøvningskongressen i Paris 1900.
18. Amtsingeniør *Aubert*: Indberetning ang. Reise til Automobiludstillingen i Leipzig 1901.
19. Ingeniør *Crøger*: Stipendierapport fra Reise i Udlandet 1902 forat studere Fundamenteringsarbejder m. v.

2) *Trykte Erfaringsrapporter fra Broanlæg m. v.*

1. *Eftelød Bro* i Buskeruds Amt. Fagverksbro og Mastebro af Træ. Bygget 1881.
2. *Lyngdalsbroen ved Faret* i Lister og Mandals Amt. 2 Jernfagverks-spænd à 31 m. Bygget 1884.
3. *Renabroen* i Hedemarkens Amt. Bygget 1889. (Intet Oplag.)
4. Anordning og Beregning af Fagverkskonstruktioner for *nyere Veibroer* i Norge (1887). (Intet Oplag.)
5. *Fosse Hvælvbro* i Stavanger Amt. Bygget 1898. Spændvidde 14 m.
6. *Søbodbroen* i Bratsberg Amt. Fagverksbro af Jern i 3 Spænd à 25 m. paa Landkar af Sten og 2 Jernpillarer. Bygget 1898.

7. Indberetning ang. *Malebekledninger* ved Veianlægget „Elvebakken—Nordelv“ i Alten—Finnmarkens Amt 1898—1899.
 8. *Storelven og Lillelven*. Hvelvbroer i Nordlands Amt. Bygget 1899. Spændvidde respektive 10.8 og 7 m.
 9. *Rage Hvelvbro* i Stavanger Amt. Spændvidde 14 m. Bygget 1900.
 10. *Myre Bro* i Kristians Amt. Fagverksbro af Jern i 2 Spænd à 70 m. og 50 m. paa Landkar og Pillar af Sten. Bygget færdig 1900.
-

