

Meddelelser fra veidirektøren

Nr. 29.

Erfaringsrapporter, avhandlinger m. v. trykkes paa denne maate saa ofte som dertil er anledning.

juni 1919.

BROANLÆGGET VED SKODJESTRØMMEN.

Av amtsingeniør Nils Hovdenak.

(Særtryk av Teknisk Ukeblad.)

I slutningen av august f. a. rettet redaktøren en anmodning til mig om at indsende til »Teknisk Ukeblad« en artikel om broanlægget over Skodjestrømmen i Søndmør. Jeg imøtekommer gjerne denne anmodning, idet jeg gaar ut fra at det for tidsskriftets læsere vil være av interesse at se noget om dette broarbeide, som sikkerlig hører blandt de mest betydelige stenbroanlæg. Naar jeg ikke før har etterkommet denne anmodning, saa beror det væsentlig paa den omsiggrípene mangel paa ingeniører. Den ingeniør som hadde det specielle tilsyn med bygningen av broens største spænd, er traadt ut av veivæsenets tjeneste, og av de gjenværende ingeniører har kun jeg selv hat anledning til at følge fuldstændig med i broarbeidets gang. Jeg skal derfor paa grundlag av det foreliggende materiale og mit personlige kjendskap til saken herved avgi en fremstilling av nævnte broanlæg. Jeg maa forutskikke den bemerkning at fremstillingen ikke kan bli saa ganske kort, da det vil være nødvendig at behandle spørsmålet nogenlunde utførlig saafremt man skal kunne faa et indblik i de problemer som forelaa til overveielse.

Broen over Skodjestrømmen er et ledd i det store hovedveianlæg Rødset—Søholt i ruten Aalesund—Vestnes. Spørsmålet om at føre veien over Skodjestrømmen istedenfor at følge den gamle veis retning, blev reist for ca. 30 aar siden av veidirektør Krag, som la væsentlig vekt paa at man paa den maate fik trukket det betydelige Skodje herred effektivt ind i hovedveiforbindelsen og at linjen over Strømmen gir anledning til at forkorte distansen mellem Aalesund og Vestnes med hele 7 km naar veinettet engang blir utbygget. Det stod fra først av klart,

at broen over Skodjestrømmen vilde bli en ganske kostbar affære; det tok derfor ogsaa mange aar at arbeide denne sak frem gjennem strid og motbør til en endelig løsning.

Oprindelig var broen beregnet som almindelig fagverksbro av jern. Av hensyn til vedlikeholdet viste distriktet sig litet tilbøielig til at gaa med paa dette kostbare anlæg. Der blev derfor utarbeidet planer og overslag for broanlæg av sten. Dette syntes ogsaa at vinde bifald. Men der reiste sig snart en ny vanskelighet, idet der inden det engere distrikt reistes alvorlig indvending mot at broen skulde lægge hindringer iveien for færsel med dampskib ind paa Skodjeviken. Av hensyn til denne indvending blev planene omarbeidet, saaledes at der i Storestrømmen blev en fri høide av 18 m. fra almindelig høivand til hvælvet underkant, og paa grundlag av disse omarbejdede planer blev anlægget efterhaanden besluttet i herredsstyre, amtsting og Storting, og i det væsentlige er disse planer befulgt ved utførelsen.

Skodjestrømmen bestaar av 3 strømløp. Den sydligste (Grønstrømmen) er forholdsvis grund og blev næsten helt igjenfyldt, idet der kun blev bygget en ganske liten hvælvbro for gjennomfart med smaabaater. Veilinjen gaar fra Grønstrømmen tvers igjennem en høi holme med en tunnel paa 100,8 m længde. Saa kommer man til Eggestrømmen, hvor man faar en hvælvbro paa 40 m. spændvidde i lyset. Derefter har man en svær opfylding over »Storholmen« og kommer saa til strømmens hovedløp *Storestrømmen*. Over denne har man en hvælvbro paa 57 m. i lyset og 2 sidespænd, hvert paa 9 m.

Om dimensionene av dette broanlæg vil man faa en forestilling ved at betragte sammenstillingen (fig. 1) i samme maalestok av tegningene til broene over Eggestrommen og Storestrommen med tegningen til den nylig utførte jernbanebro over Orkla, som blev betegnet som Skandinaviens største stenhvælvbro (av jernbeton har man ialfald i Sverige et betydelig større spænd). Orklabroen som spænder over en fjeldkløft med en forholdsvis mindre elv i bunden, har et 3 m. længere spænd end hovedspændet paa Storestrombroen.

Veianlægget Rødset—Søholt blev paa-begyndt høsten 1911. Broarbeidet blev paabegyndt noget senere med nogen faa mand. Da broen ikke kunde bli til nogen nævneværdig nytte før veianlægget naadde frem ialfald til Skodje, gav man sig god tid med broarbeidet, som derfor er drevet paralelt med veiarbeidet med en forholdsvis mindre styrke av utvalgte arbeider. Til en begyndelse var disse væsentlig beskæftiget med undersøkelse av stenbrudd, som jo spiller en særdeles vigtig rolle for saadanne arbeider. Man bestemte sig tilslut for et stenbrudd som laa ganske i nærheten av broen og i saadan høide at man bekvemt kunne lægge skinnegang i høide med brohvelvets top. Det bestod av en meget solid bergart, som vistnok var noget tung at bearbeide ved hugging. Fra dette stenbrudd er det allervæsentligste av materialet til murarbeidet hentet, idet man dog til selve hvælvne for den største del sjøværts har tilbragt sten av lettere huggbar bergart.

Spørsmålet om transporten av de betydelige masser av byggematerialer saavel til selve broen som til stillaset var gjenstand for omhyggelige overveielser. Paa et tidlig stadium bestemte man sig for at bygge en kabelbane paa 135 m. spænd tvers over strømmen i broens akse. Et tysk specialfirma forlangte imidlertid en saa drøi betaling at man bestemte sig for at indkjøpe de nødvendige kabler og forøvrig indrette sig med mer hjemlige konstruktioner, hvis utførelse blev overdrat et i nærheten av brostedet beliggende motorverksted. Til drift av kabelkranen installertes en motor paa 6 HK, som dog i enkelte tilfælder viste

sig noget for svak, hvorfor den senere ombyttedes med en paa 12 HK.

Stillaskonstruktionen er jo ved alle større hvælvbroer et av de viktigste spørsmåal; og i det foreliggende tilfælde frembød dette spørsmåal særlige vanskeligheter og blev derfor gjort til gjenstand for omhyggelige drøftelser og overveielser. Vanddybden var meget betydelig (indtil 11 m. ved almindelig høivand) og vandstanden stadig vekslende. Strømmen er særlig ved springtider temmelig voldsom, hvilket i høi grad vanskeliggjorde dykkerarbeide. Man blev tilslut staaende ved en stillaskonstruktion, som tydeligst vil fremgaa av fig. 2 som viser den for jubelæumsutstillingen i 1914 arbeidete model av broen med stillas.

Den underste del av stillaset bestaar av 6 jernaak, sammenføiet av svære differdingerbjelker. Disse aak stod alt-saa i vandet, idet de kun saavidt naadde over høivand. Hvert av disse aak som blev sammenføiet paa tørt land, hadde en ganske anseelig vekt — op til 5,6 ton. At faa disse aak anbragt paa sin plass i aldeles nøiagtig stilling i det dype vand som kun korte stunder ad gangen er nogenlunde strømfrit, var i grunden den opgave som paa forhaand voldte os mest bekymringer. Efterat flere metoder var overveiet, bestemte man sig for at ta aakene med kabelkranen, ved hjælp av hvilken man baade skulde kunne transportere dem ut til bestemt plass og sænke dem nøiagtig ned til den foreskrevne dybde. For at kunne benytte kabelkranen til saadanne belastninger, maatte man imidlertid sænke kablet, saa denne fik betydelig større pil end under stentransporten, hvor lasten sjelden naadde henimot 3 ton.

Paa denne maate gik utkjøringen og nedsænkningen av jernaakene over forventning godt. Naar de var passende nedsænket, stod dykkerne som paa forhaand hadde avrenset fjeldbunden¹, færdige til at støpe betonsokler under aakene. Under hver søile anbragtes en stor sæk som avstivedes ved jernribber, saa den fik form av en avstumpet pyramide, og denne sæk eller form blev saa fylt med betonmasse. Massen blev fra

¹ Ved et av aakene maatte man arbeide sig 1,5 m ned for at naa absolut fast grund.

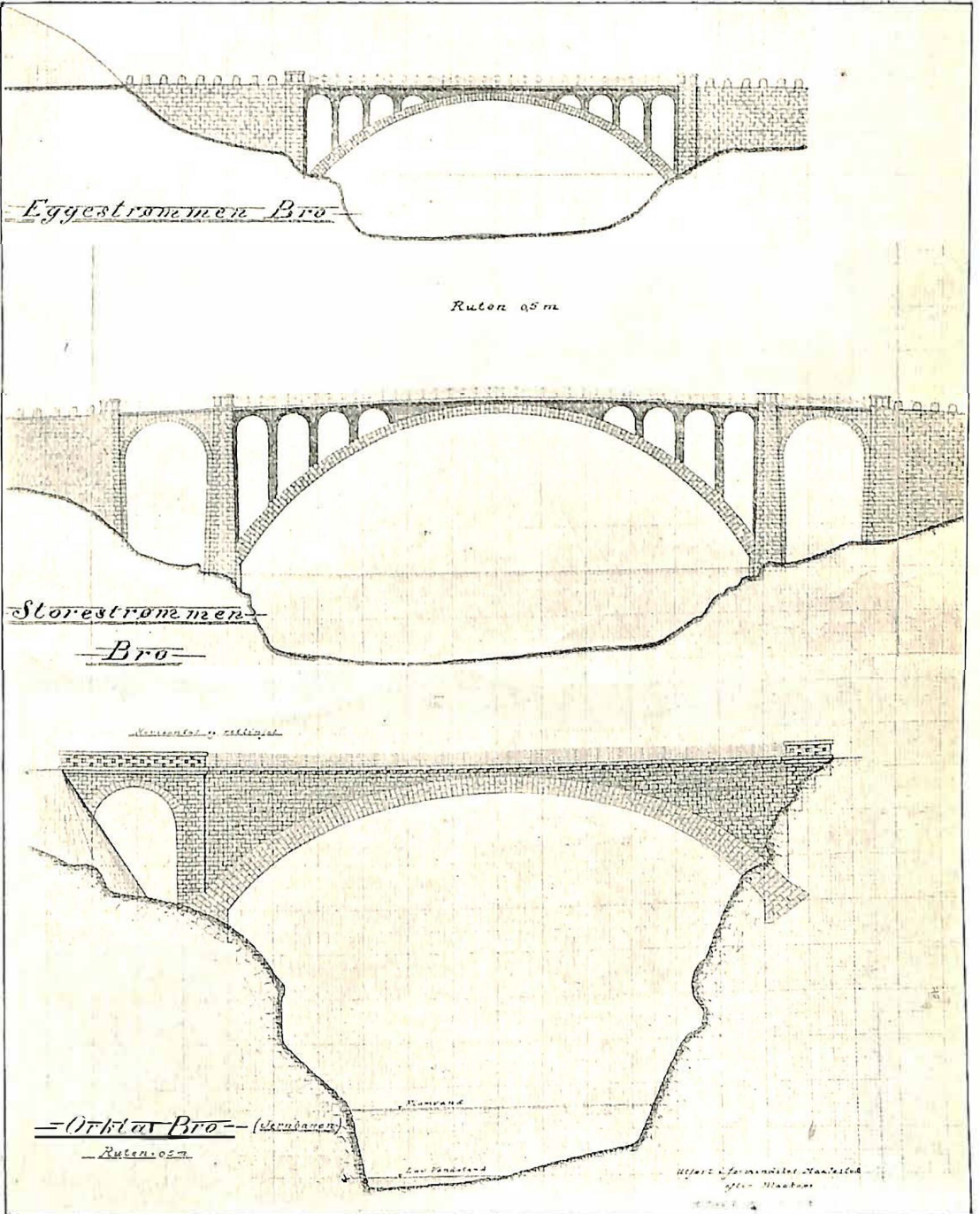


Fig. I.

en stor flaate som var indrettet til arbeidsplass, sænket ned i smaa sækker der blev mottat av dykkerne og styrtet ind i formen. At man ved utførelsen støpte særskilt sokkel for hver søile istedenfor en sammenhengende sokkel i hele aakets bredde, er i grunden den eneste avvikelse fra modellen.

De omhandlede jernaak hadde en betydelig bredde, 10 m., dels av hensyn til stabiliteten av det meget høie stillas som foruten et betydelig vindtryk ogsaa

akse og efter omstændighetene hæve eller sænke lasten. Bortset fra nogen mindre reparationer samt en ombygning av motoren for at kunne bringe større belastninger helt ut til bæresøilen paa den motsatte bredd, har den nu i flere aar fungert helt tilfredsstillende og faktisk transportert alle byggematerialer til Storestrømbroen. Efterat denne vaaren 1917 var omtrent færdig, blev banen flyttet til Eggestrømbroen, som blev paa det nærmeste færdig hosten 1918, idet der da

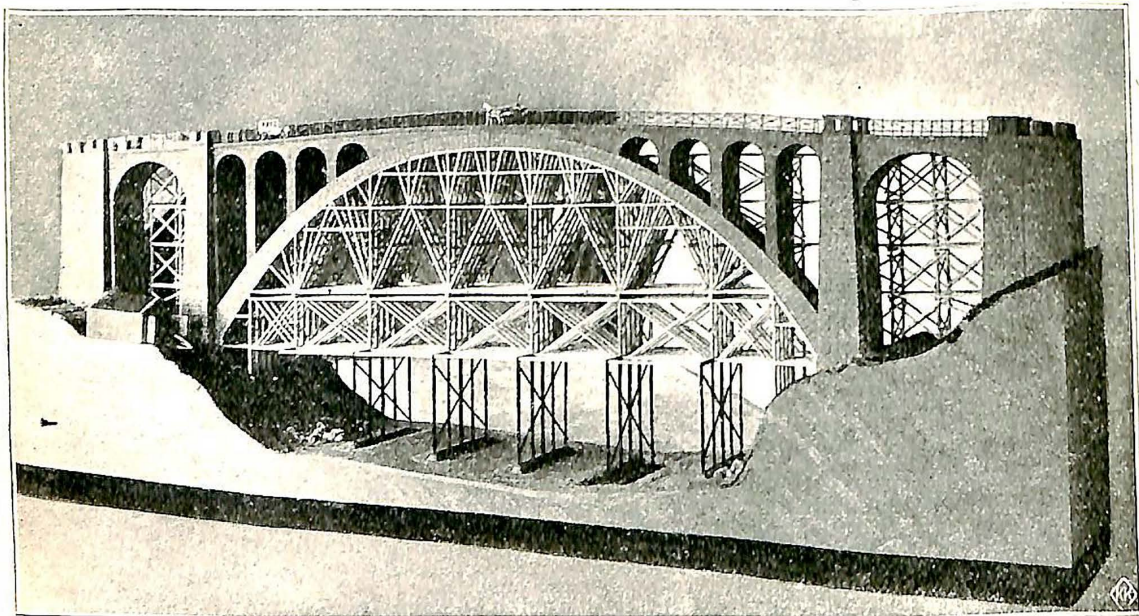


Fig. 2. Model av Storestrømbroen, jubileumsutstillingen 1914.

maatte motstaa et voldsomt press av strømmen, og dels av den grund at man behøvet en saadan bredde hvis man ved siden av det egentlige hvælvstillas skulde faa et stillas for skinnegang paa hver side av broen i høide med hvælvtoppen — saaledes som det fra først av var planlagt. Man hadde nemlig nogen tvil om hvorvidt kabelbanen vilde magte al den transport som skulde føres utover brostedet i løpet av flere aar. Ialfald vovet man ikke at indrette sig slik at man blev helt avhengig av at kabelbanen funktionerte tilfredsstillende. Det viste sig imidlertid at denne kabelbane blev en overmaate nyttig og arbeidsbesparende indretning — ja nærsagt uundværlig. Fra maskinhuset kunde den dirigeres til hvilketsomhelst punkt i broens

kun gjenstod endel av overmurene, hvis fullførelse maatte utstaa til vaaren. Om kabelkranens hensigtsmæssighet for saadanne arbeider er der samstemmighet blandt de ingeniører og arbeidere som har benyttet den.

Fig. 3 viser et av jernaakene hængende i kabelkranen paa vei ut til sin plass. Tilhøre sees dykkerbaaten med dykkerne som staar færdige til at gaa ned og motta aaket, og ytterst tilhøre ser man det første aak, som allerede er anbragt og avstivet.

Fig. 4 viser kabelbanens anvendelse til stentransporten samt maskinhuset.

Understillaset blev utført sommeren 1914, mens overstillaset først blev reist og fullført sommeren 1915.

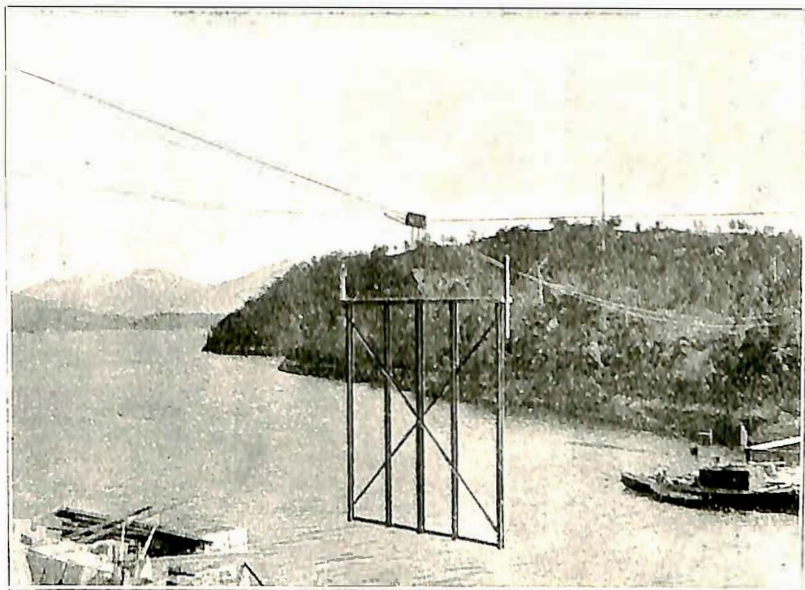


Fig. 3. Et av jernaakene ferdig til nedsenkning paa plass.

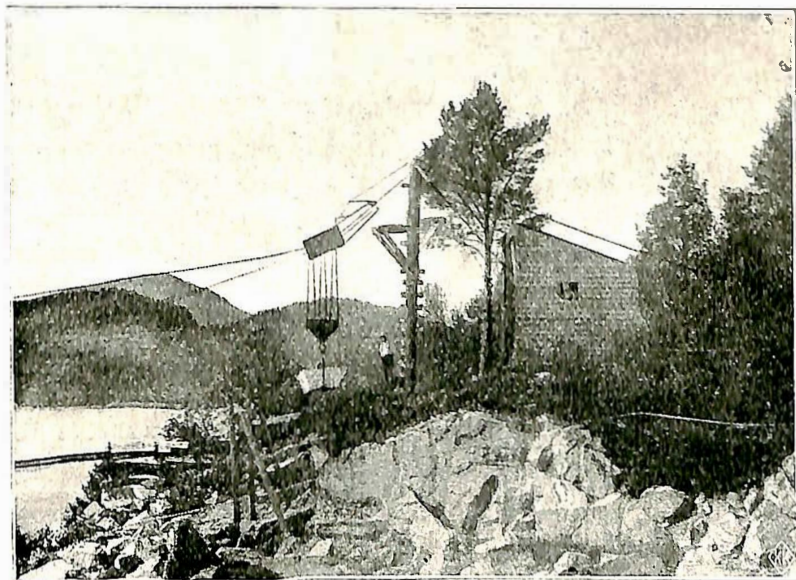


Fig. 4. Maskinhuset og stentransport med kabelbanen.

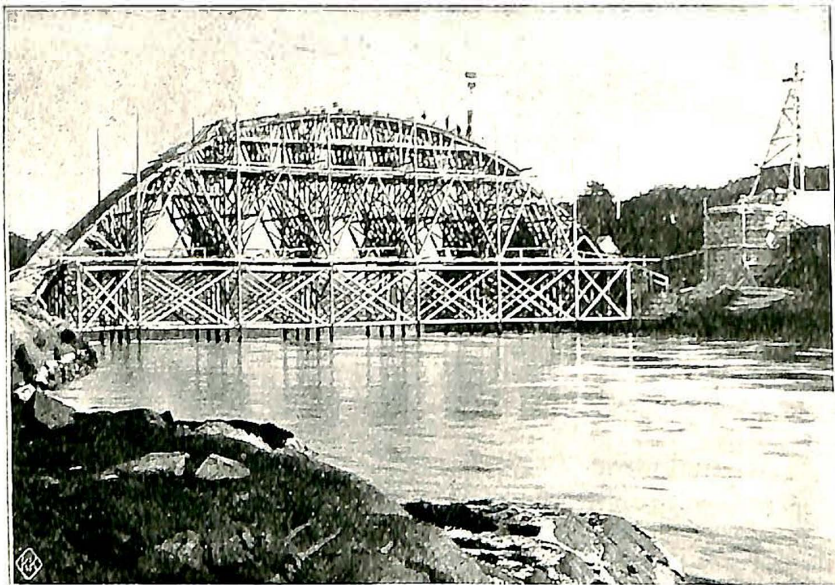


Fig. 5. Det færdige stillas.

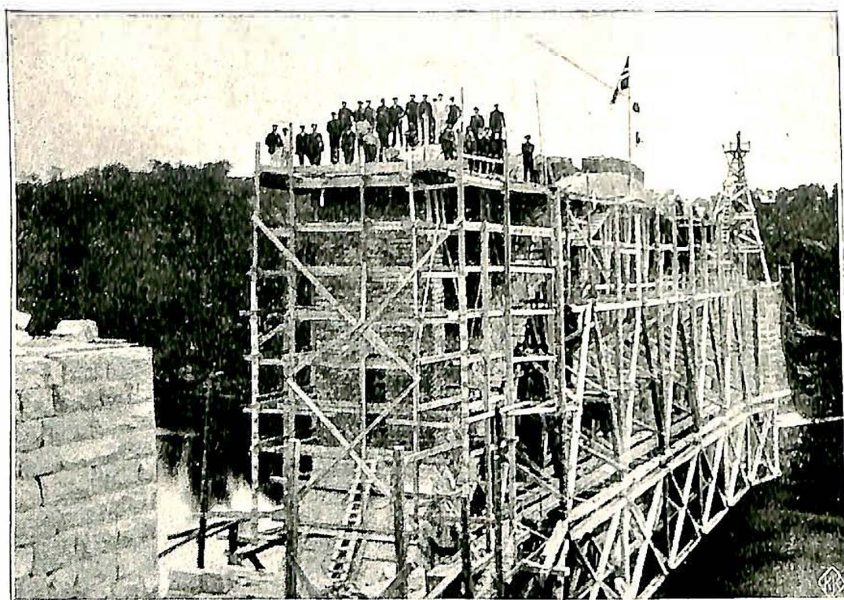


Fig. 6. Anlægget paa den dag da sænkningen av stillaset fandt sted.

Fig. 5 viser det færdige stillas.

Hovedhvælvet hvis nederste skifter blev nedlagt i 1915, blev utført paa ganske kort tid vaaren 1916, idet stenen da var færdighugget paa forhaand. Hvælvet blev muret i flere særskilte avsnit med aapne fuger mellem disse. Disse fuger blev først utfyldt efterat hele hvælvbelastningen var kommet paa. Efterat sparepilarene var opført og hvælvet forøvrig passende belastet, blev stillaset sænket i midten av august 1916.

Fig. 6 viser anlægget paa den dag sænkningen fandt sted. Med hensyn til sænkingsanordningen kan det bemerkes at man oprindelig var mest stemt for at anvende skruer, men efter at ha gjort sig nærmere bekendt med den ved flere store broer (specielt den i de senere aar saa bekendte mægtige Isonzobro) med held anvendte sagsnitmetode, som skyldes hofrat, ingeniør Zuffer, bestemte man sig for denne langt billigere metode, som ogsaa ved denne anledning viste sig fuldt brukbar.

Metoden som er antydet i fig. 7, er jo ganske enkel, og med tilstrækkelig mandskap til sagningen gaar sænkningen nogenlunde rakst. De ytterste snit (1) blev saget symetrisk fra kämpfer indover mot midten, de næste snit (2) blev saget den omvendte vei fra midten og utover. Den væsentligste del av klossens bæreevne var nu brutt og der kunde iagttas en merkbar elastisk utvidelse eller forlængelse av stillasets bærende deler. De siste snit (3) løste stillaset helt fra hvælvet. Nogen absolut synkning av selve hvælvet kunde knapt merkes; den oversteg ialfald neppe 1 mm. Der medgik omtrent 8 timer til arbeidet med sænkningen. Hvælvet var og er fremdeles frit for sprækkedannelser.

Efterat hvælvstillaset var sænket, blev arbeidet med overmurene, de høie vederlagspilare og landkarrene fortsat med størst mulig styrke, og paa forsommeren 1917 stod broen i den stand som fig. 9 viser. Med undtagelse av rækverket hvis anskaffelse man har utsat av hensyn til de enorme priser, var broen da omtrent færdig.

Som det vil fremgaa av billedet, er overmuren med sparepilarene utført av klinker. Det var væsentlig omkostningsspørsmålet som var bestemmende for

valg av dette materiale, idet man forøvrig ogsaa antok at broens utseende helst vilde vinde derved. Imidlertid blev det i krisetiden omtrent umulig at skaffe nok klinker, hvorfor man kun anvendte en ydre skal eller forblending av klinker og forøvrig benyttet beton. Hovedhvælvet blev mellem sparepilarene avdækket med fet cementmortel, som efter hærdeningen blev grundig oversmurt med varm tjære. Samme slags avdækning er anvendt paa sparehvælvne og overmurene. Der er anbragt vandavlop ved

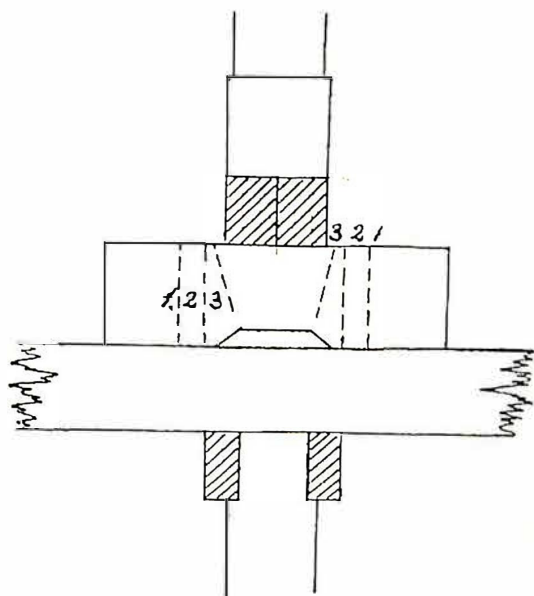


Fig. 7. Sagsnitmetoden.

sparehvælvenes vederlag; men forøvrig antas disse kun foreløpig at faa nogen væsentlig betydning, idet den overliggende fyldning som delvis blir av beton og blir belagt med et tykt lag tjæremakadam, neppe vil faa noget vaudtislisig.

Fig. 8 gir et godt indtryk av broens dimensioner. Billedet er tatt da den første dampbaat passerte under broen kort tid efterat stillaset var fjernet.

Eggestrømbroen er av samme konstruktion som Storestrømbroen, og jeg skal derfor ikke opholde mig nærmere ved den. Kun forsaavidt stillasbygningen angaar blev der en adskillig forskjellig fremgangsmaate, hvorfor jeg skal anføre noget om denne. Stillaset for Eggestrømbroen utførtes av trømmaterialer helt

til bunden. Materialene blev tat fra Storestrømbroens stillas, som imidlertid var nedrevet.

Bunden var tidligere nøiagtig undersøkt ved hjelp av dykker. Den bestod av fast fjeld og befandtes at være nogenlunde jevn. Der skulde anbringes ialt 8 aak. De 2 ytterste aak nærmest breddene stod paa grundt vand — indtil 2 m vanddybde ved lavvand. Hver enkelt pæl blev nedsat paa utsprængt avsats i fjeldskraaningen.

Man bestemte sig for at anbringe hver enkelt pæl for sig og midlertidig avstive den, idet man jo ikke kunde gjøre sikker regning paa at bunden var absolut jevn, hvorfor det vilde være meget vanskelig at sammensætte aakene før nedsænkningen — bortset fra at de vilde bli tunge at manøvrere. Paa pælens nedre (tykke) ende fæstet man 2 smaa tverbjelker, til hvilke der blev bundet en sæk med betonsmasse. Denne betonsæk skulde altsaa bli hvilende paa bunden, og

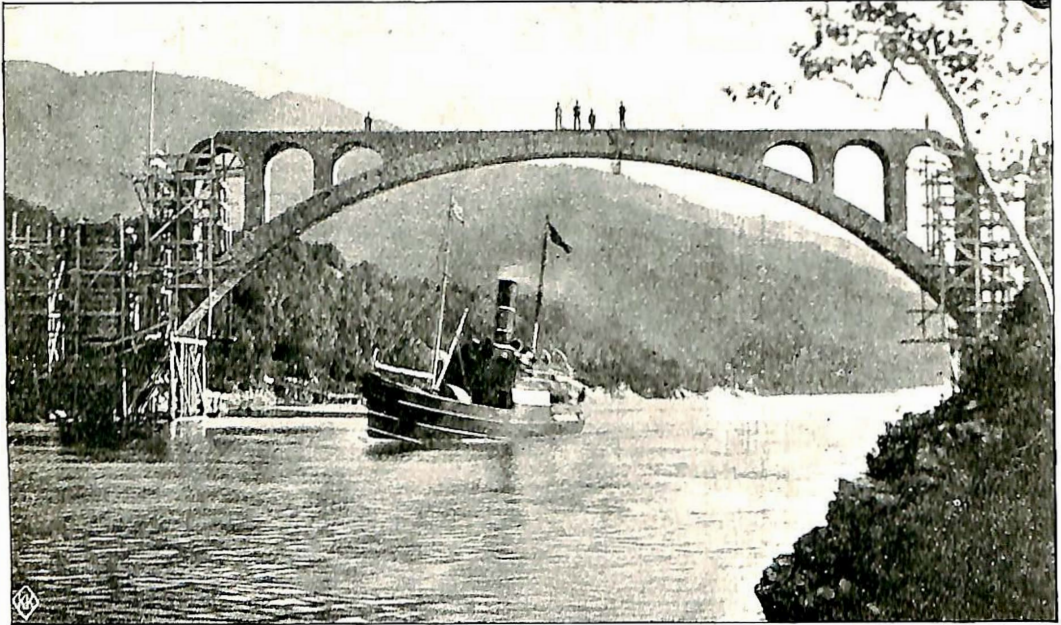


Fig. 8. Den første dampbaat gaar under Storestrømbroen.

De øvrige 6 aaks anbringelse var forbundet med adskillige vanskeligheter og overveielser. Vanddybden var stor (indtil 6 m ved lavvand og 7 m ved niplod), og strømmen var yderst voldsom undtagen de korte stunder ved tideskifte.

For at faa pælene ut paa rigtig plass betjente man sig av en skyvbar plating med 2 svære differdingerbjelker paa 10 m. længde. Paa den ytre ende av platingen anbragtes en heisebuk og paa den anden ende anbragtes en krabbekran samt nogen belastning. Paa smaa ruller skjøv man saa platingen saa langt ut over det tidligere anbragte aak at heisebukken naadde netop til neste aaks plass. Dette arrangement viste sig helt ut praktisk.

naar den var hærdnet danne en solid basis for pælen. Ovenpaa nævnte tverbjelker og rundt pælen arrangertes en kasse som ved nedsænkningen fyldtes med sten, tilstrækkelig til at trykke betonsækken flat (hvad man ved undersøkelse fik konstatert). Desuten blev en del av platingens vekt overført paa pælen naar denne var bragt i rigtig stilling. Et svakt punkt ved denne byggemaate (uten dykker) var anbringelsen av vindkors. Dettets nederste ende maatte fæstes til pælen før nedsænkningen, og denne befæstigelse blev jo ikke godt tiltrukket.

Man hadde haapet paa denne maate at faa fundamentert stillaset uten dykker eller ialfald uten at ha dykker paa ste

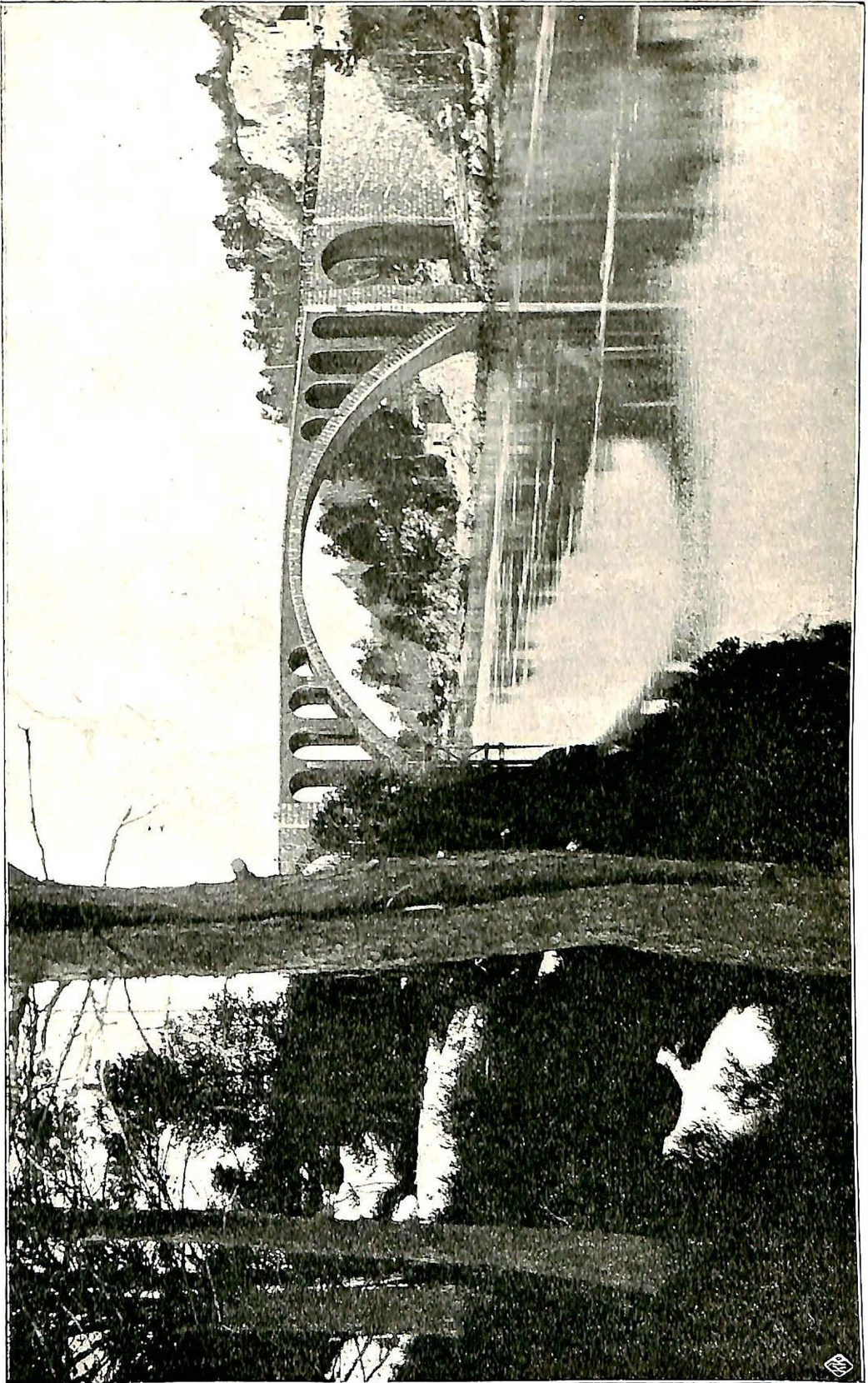


Fig. 9. Storostrømbroen, forsommeren 1917.



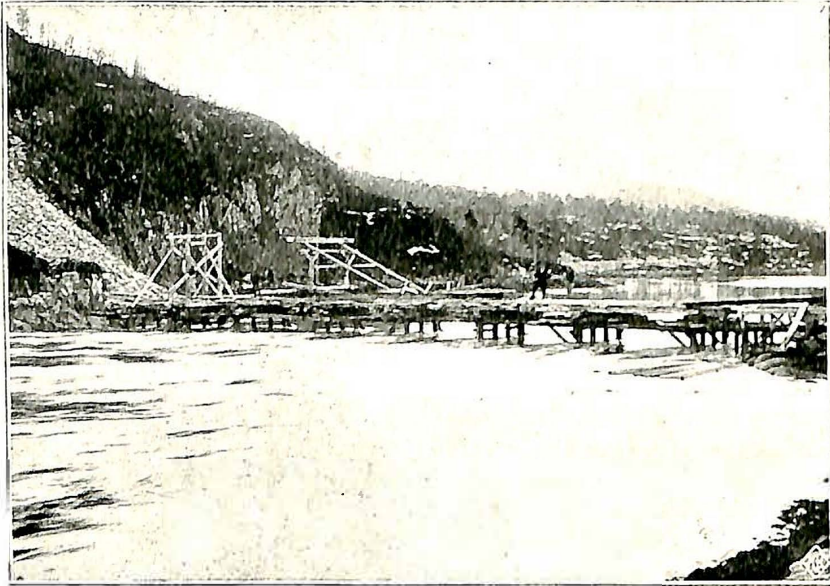


Fig. 10. Stillaset for Eggestrømbroen under arbejde.

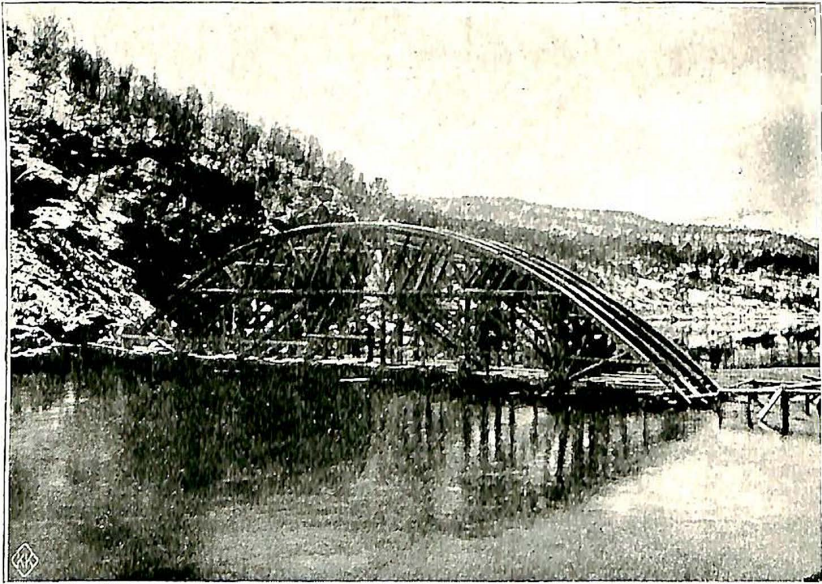


Fig. 11. Det færdige stillas for Eggestrømbroen.

det til stadighet. Efterat det første aak paa dypere vand saaledes var nedsat, fandt man det imidlertid raadeligst at faa dykker paa stedet for at undersøke hvorledes det var lykket. Det viste sig da at 3 av aakets 4 bærepæler var helt vellykket anbragt. Den 4de derimot stod ikke godt, idet der var en ujevnhed i fjeldbunden. En opstaaende bergspiss hadde naadd op under stenkassen og hindret pælen fra at øve noget tryk paa betonsækken. For at faa godt leie for pælen, maatte dykkeren derfor drive smaa cement-sækker ind i aapningene.

Av hensyn til strømmens voldsomhet og det svære vindtryk som stillaset er utsat for, bestemte man sig til foruten vindkors ogsaa at anbringe skraapæler paa begge sider. Dette lod sig nu forholdsvis let gjøre naar man hadde dykker; og for at binde aakene desto fastere sammen, anbragtes en tang nede ved bunden i hele aakets bredde og med skruer i saavel bærepæler som skraapæler.

Fig. 10, 11 og 12 viser arbeidet paa Eggestrømbroen i forskjellige stadier.

Der vil formentlig endnu hengaa et

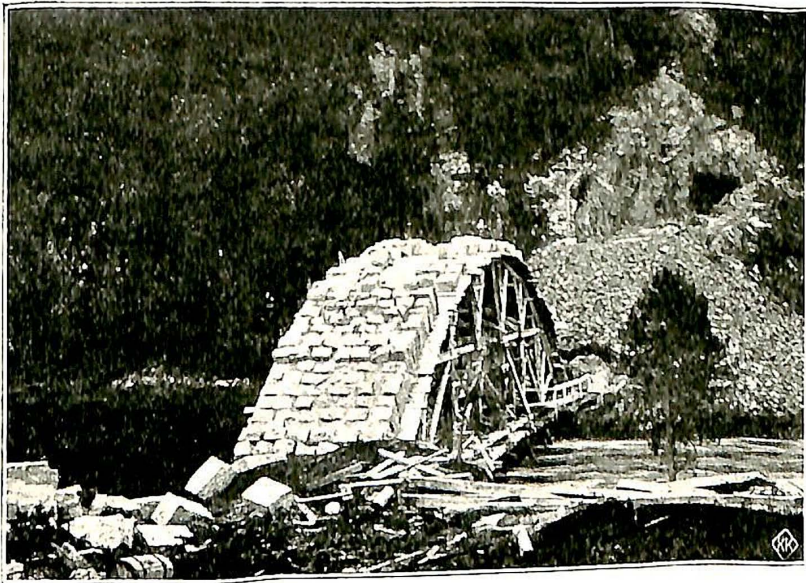


Fig. 12. Eggestrømbroen under bygning.

Efter dette resultat besluttet man sig til at benytte dykkeren ved anbringelsen av de øvrige aak. Dette blev saa meget mer nødvendig fordi det viste sig at bunden i stor utstrækning var besat med et flere tommer tykt lag skjæl, og disse levende skjæl hadde selvfølgelig forliten bæreevne. Tildels var der ogsaa noget grus over fjeldet i dettes forsænkninger. Dykkeren maatte derfor utføre et grundig rydningsarbeide for hvert aak —, et arbeide som var saa meget besværligere som der var en sand skog av tare. Denne var av mandshøide og saa tyk ved roten, at dykkeren efter mindre vellykkete forsøk med kniven maatte faa en tømmerøks til at fælde denne underjordiske skog med.

par aar før de tilstøtende veier er saapas istand at broen kan bli benyttet for kjøretrafik. De senere aars vanskelige arbeidsforhold og sterkt opskrudde priser har jo i høi grad hemmet og forsinket arbeidet.

Der har naturligvis ved et saadant anlæg været adskillige interessante detalj-spørsmaal at løse, likesom der tildels har været ganske spændende situationer; men det vilde føre for vidt at opholde sig derved. Kun skal jeg notere at der hitil ikke har forekommet noget nævneværdig uheld eller ulykkestilfælde ved anlægget. Dette beror utvilsomt for en stor del paa at arbeidsstokken har bestaaet av ældre, erfarne, tænsomme og samvittighetsfulde arbeidere.

Tilslut skal jeg anføre nogen tal. Hoveddimensionene for hvælvene stiller sig saaledes:

Storestrømbroen: Hvælvbredde 4.20 m. Tykkelse i top 1.10 m og ved kæmpfer 1.996 m. Pilhøide 17 m.

Eggestrømbroen: Hvælvbredde 4.20 m. Tykkelse i top 0.80 m og ved kæmpfer 1.30 m. Pilhøide 9.85 m.

Med hensyn til omkostningsspørsmålet saa har jo dette anlæg delt skjæbne med de mange andre som er drevet under dyrtidsperioden. Det hele anlæg inkl. broen var da den første bevilgning blev gitt, beregnet til ikke fuldt en halv million, men antas nu at komme paa 1 million. I de første aar av anlæggets drift var jo prisene meget lave i sammenligning med hvad de nu er. Ogsaa for broarbeidets vedkommende gjælder det at det for endel blev utført før den voldsomme prisstigning begyndte. Bl. a. blev de ganske betydelige anskaffelser av træmaterialer og jern til stillasbygningen besørget under nogenlunde normale forhold, saaledes at materialene som delvis er solgt igjen, efter flere aars bruk har langt større værdi end da de blev indkjøpt som nye. I det heletat er broar-

beidet utført i en periode med sterkt stigende priser, som i de siste par aar har naadd det 3—4-dobbelte av hvad de var ved arbeidets begyndelse. Av denne grund vil det ogsaa være mer misvisende end veiledende at angi hvad de forskjellige deler av broen har kostet. Jeg skal kun anføre at utvinding og hugging av hvælvsten blev betalt med kr. 70 pr. m³ paa den tid dagsfortjenesten dreiet sig omkring kr. 12. Det væsentlige av hvælvstenen til den største bro var dog gjort færdig for en langt billigere pris. Transporten til brostedet varierte meget sterkt, idet stenen hentedes sjøverts fra forskjellige brudd. Til anbringelsen av hvælvstenene medgik almindelig 1.3 dagsverk pr. m³ ekskl. cement og maskinist til kabelkranen.

Paa brokontoen er hittil ialt medgaat ca. kr. 260 000, naar indtægten av solgte materialer fratrækkes.

Anlægget av kabelkranen som utførtes i den billige tid, kostet ca. kr. 4500 iberegnet en motor paa 6 HK.

Den 100.8 m. lange tunnel hvis tverrsnit er 15 m², kostet kr. 13730 med en dagsfortjeneste av kr. 6.26. Der medgik til denne 1275 kg. dynamit.