

## Meddelelser fra Veidirektøren.

Nr. 9.

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

Febr. 1908.

Indhold:	1) Skaiden bro . . . . .	Side 1.
	2) Lette utkragede jernbjelkebroer . . . . .	» 14.
	3) Svanfos bro . . . . .	» 25.
	4) Veidirektørens bemerkninger:	
	a) Om Svanfosbroen . . . . .	» 32.
	b) Om sprængverksbroer og forsterkede bjelkebroer . . . . .	» 34.
	c) Bemærkning om dimensionering etc. . . . .	» 36.

## Skaiden bro

i veianlægget Balsfjord—Lyngen, Tromsø amt.

Erfaringsrapport avgit under 22de april 1907 av amtsingeniør Saxegaard, der har ledet arbeidets utførelse.

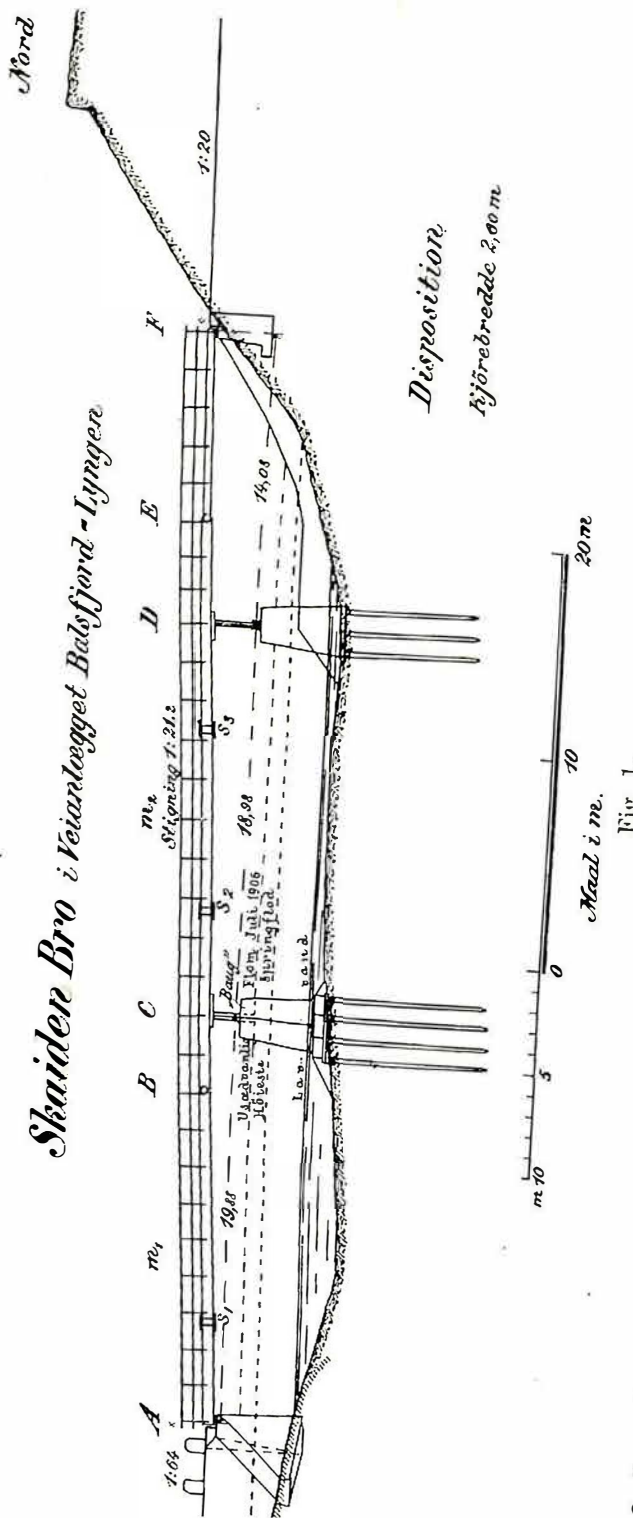
Veianlægget Balsfjord—Lyngen krydser ved bunden av Lyngenfjorden en ikke ubetydelig elv, *Signalelven*<sup>1</sup>, der har sine utspring ved den svenske og finske grænse (bl. a. ved den bekjendte Treriks-ros). Ved *Skaiden*, hvor elven passeres, er landet paa sydsiden lavt med en liten fjeld-odde, som stikker ut i elven; paa nordsiden er der en ca. 14 meter høi aapen sandmæl.

Ifølge den oprindelige plan av 1901 skulde der til broovergangen benyttes 1 spænd jernfagverk, 36 meter th. spændvidde, med kjørebredde 2,60 meter og beregnet efter færdsellast 350 kg/m<sup>2</sup>. Ved broens nordre ende skulde veien svinge skarpt vestover og med 1 : 20 stige opover langs sandmælen. For et parti 480 m. langt var omkostningerne anslaat til kr. 31 900,00, derav underbygning og veidække kr. 6 500,00, broen kr. 19 100,00 og de øvrige konti tils. kr. 6 300,00.

I mars 1905 bragte amtsingeniør Saxegaard, der ogsaa hadde utarbeidet det oprindelige forslag, paa bane en *ny plan*, hvorefter linjen skulde gaa — i broaksens forlængelse — *ret paa mælen* med stor skjæring et stykke indover paa nordsiden. Derved forkortedes linjen paa det

<sup>1</sup> »Signal« (uttales med tonen paa første stavelse) er forvanskning av et lappisk ord, som betyr »dyp«. Signaldalen altsaa = Djupdalen.

# Skaiden Bro i Veianlægget Balsfjord-Lyngen



omhandlede parti fra 480 til 280 meter eller med 200 meter. Broen foreslo- ges git 3 aapninger à 19,90, 19,00 og 14,10 m. regnet fra søndre land. (Se fig. 1). Det var nemlig bragt paa det rene, at isgang av nævneværdig betydning ikke forekommer ved brostedet. Broen forutsattes fort helt ind til skjæringens begyndelse og lagt i en stigning av 1:21,2 for derved at lette planum mest mulig i skjæringen. Til overbygningen var tænkt anvendt halvvalde, utkragede hjelker med hængsler (charnièrer), lagret over pillarerne paa pendelaak.

Broens kjørebredde var som oprindelig sat til 2,60 m. Veidirektøren bifaldt denne plan med etpar mindre modifikationer, hvoriblandt forøkelse av den paaregnede færdsellast fra 350 til 400 kg/m<sup>2</sup>. Under hensyntagen til disse modifikationer var omkostningerne anslaaet til kr. 22 000,00, hvorav underbygning og veidække kr. 4 150,00, broen kr. 13 500,00 og de øvrige konti kr. 4 350,00.

Den nye plan viste sig altsaa i forhold til den ældre at ville medføre den ganske betragtelige bespa-

relse av kr. 9900,00, derav paa under bygning og veidække kr. 2 350,00 og paa broen kr. 5 600,00. Skjønt planen i enkelte henseender, saasom med broen liggende i sterk stigning, kanskje kunde synes mindre tiltalende, blev den dog — i betragtning av den relativt store besparelse samt fordi den med hensyn til eventuel gravning langs nordre bredd antoges at ville fremby større sikkerhet — lagt til grund for arbeidets utførelse.

Efterat endel stenutvinding paa tidligere tidspunkt var iverksat, paabegyndtes arbeidet i november 1905. I sidste halvdel av september 1906 var broen fuldt færdig og blev prøvebelastet. Efter en ganske usedvanlig stor flom somneren 1906 har det dog vist sig paakrævet at anbringe endel yderligere stenfylding og beklædning ved pillarerne og nordre bredd, hvilket arbeide endnu ikke er helt avsluttet.

### I. Underbygning.

Denne frembyr intet av særlig interesse og vil derfor ganske kortelig bli omtalt.

#### a) Fundamentering.

Søndre landkar er fundamentert paa fjeld, de to pillarer paa vanlig pælerost og nordre landkar (om det saa kan benævnes) direkte paa nogenlunde fast sandgrund i frostfri dybde. Bunden i elvelopet bestaar av sand og smaasten overst med middels haard lere i dybden. Ved søndre pillar naaddes fjeld (eller større sten) paa 5—6 meters dybde.

Paa nordsiden er bredden og skraaningen opover beklædd med dobbelt, sterk torv og derefter med sten. Ved søndre pillar er anbragt et »pælegjærde« mot søndre løp.

*Utgifterne* til fundamenteringen stiller sig saaledes (iberegnet overslagssum for de mindre betydelige restarbeider vedkommende stenfylding):

Gravning, delvis mudring og tælehugning . . . . .	41 m <sup>3</sup> à kr. 1,15 =	kr. 47,00
Sprængning med planering . . . . .	12 - — 3,83 =	46,00
Puk . . . . .	10 - — 4,80 =	48,00
Stenfylding med beklædning . . . . .	120 - — 5,19 =	622,95
Pæler, ca. 6 m lange . . . . .	44 stk. — 5,99 =	263,70
Pæleramning (iberegnet kapning med almindelig ramme-sag) . . . . .	254 l. m — 1,05 =	267,95
Flaate, holmer med 11,5 cm's sideskaaret tømmer, iberegnet anbringelse . . . . .	29 m <sup>2</sup> — 7,13 =	206,95
Ishugning, pælegjærde ved søndre pillar, ekstra stenfylding m. v. . . . .		434,24

Tilsammen kr. 1 936,79  
1<sup>st</sup>

## b) Muring m. v.

Søndre landkar er forsynt med vingemur paa opstrømsiden, paa nedre side med retvinklet indovergaaende sidemur i tilslutning til veimur. Der er anvendt litt boltning og klamring, især paa hjørnerne.

Søndre pillar har retvinklet spids mot strømmen og er utstyrt med en 75 cm hoi, muret »bang« til beskyttelse av pendelaaket mot de mindre isflak, som i enkelte tilfælder kan komme drivende. Paa nedstrømsiden har pillaren retvinklede hjørner. I murverket er benyttet ikke saa litet av boltning (med 3,8 cm's bolter) og klamring.

Nordre pillar, som er svært litet utsat, har rektangulært horisontaltversnit. Ogsaa her er anvendt boltning og klamring, dog forholdsvis ubetydelig.

Al mur er utført som tormur, dog er pillarenes overflater cementert. Da den anvendte sten er særdeles haard og seig, er murpriserne blit ganske høie, endda der er lagt litet an paa finere bearbeidelse av yterflaterne.

Da man kun hadde med liten vanddybde at gjøre (ved fjære sjo), nedlagdes samtlige bundskifter uten ekstra foranstaltninger.

Omkostningerne ved murarbeidet er følgende:

## 1. Landkar:

Front-, side- og vinge-

mur . . . . . 66,5 m<sup>3</sup> à kr. 23,61 = kr. 1 569,67

Stenfyld . . . . . 8,0 - — 4,40 = » 35,23

Stabbesten . . . . . 4,0 - — 4,00 = » 16,00

————— kr. 1 621,00

## 2. Pillarer:

Mur med cementering

av overflater etc. . 68,5 - — 39,04 = » 2 673,91

————— Tilsammen kr. 4 294,91

I priserne indgaar som nævnt boltning og klamring.

De samlede utgifter paa *underbygningsskontoen* blir altsaa  $(a + b) =$  kr. 6 231,70.

Den midlere daglige fortjeneste for de herhenhørende arbeider har utgjort kr. 3,30 paa akkord (ca. 75% av samtlige arbeider) og kr. 2,75 daa dagløn.

## II. Overbygning.

Denne er i flere henseender avvikende fra de vanlige konstruktioner, hvorfor den her skal gjøres til gjenstand for noget mere indgaaende behandling end underbygningen.

Der blev gaat ut fra, at man ikke burde ha mindre aapning nærmest søndre land end 20 meter (th. spændvidde). Denne del av løpet er nemlig uten sammenligning den mest vandførende. For at muliggjøre anvendelsen av en enkel konstruktion med store helvalsede bjelker blev der benyttet et statisk bestemt system med *utkragede bjelker*. Disse er altsaa kontinuerlige over pendelaakene (hvorved lagringen her blir ganske enkel) og har hængsler (charnières) ved B og E i nogen avstand fra aakene. Aapningen CD samt de utkragede stykker BC og DE er saaledes avpasset, at de maksimale — positive eller negative — boiemomenter i punkterne  $m_1$ , C,  $m_2$  og D er omtrent likestore. Som følge herav er bjelke-tversnittet konstant fra A til E, mens der til bjelken EF, der har en spændvidde av blot 8,90 m, er anvendt et betydelig svakere og lavere profil.

I denne forbindelse bemerkes, at det for utseendets skyld vilde været heldigere, om bjelkehoiden hadde været ens overalt. En spændviddeinndeling basert paa konstant profil i broens hele længde vilde imidlertid git mindre aapning AC end den, man efter ovenstaaende fandt nødvendig. Maaske kunde man benyttet en let, men forholdsvis hoi gitterbærer for stykket EF istedenfor en lavere massiv bjelke.

Besparelsen ved utkragede bjelker i sammenligning med vanlige bjelker er ikke uvæsentlig. I det foreliggende tilfælde vilde det maksimale boiemoment mellem A og C for en almindelig bjelke, frit oplagret i disse punkter, altsaa med en spændvidde af 19,9 meter, bli omtrent 60 procent større end ved den benyttede konstruktion. Man hadde isaa-fald antagelig været henvist til en omstændeligere konstruktion med plate- eller fagverksbærer eller en tung Differdinger helvalset bjelke.

Der er anvendt 2 hovedbærere, paa partiet AE et I-profil 550 mm høit (nr.  $\frac{550}{130}$ ), der veier ca. 148 kg pr. l. m., og for EF I nr. 34, vegt pr. l. m. ca. 68 kg.

Mellem hovedbærerne er indlagt *tverrbærere* av  $\square$  nr. 18, ansluttet til hovedbærerne ved store ulikebenede vinkeljern. Feltvidden er fra 1,81 til 1,90 m. Mellom A og E er indlagt *vindfagverk*. Rækverket er ansluttet til hovedbærerne paa deres ytre side. Alle disse forbindelser kræver nagler eller skruer kun i profilets steg; svækning av de for bæreevnen ulike viktigere flenser er altsaa undgaat. Alene over pendel-

aakene (foruten ved skjotningerne) har det været nødvendig at anbringe huller i de nedre flenser. Her er derfor profilet forsterket med et  $\square$ -jern nr. 22, som samtidig tjener til at dække lageret.

De store bjelker er skjott paa 3 steder med dobbelt laskning av steg og flenser. Skjotningen  $s_2$  og  $s_3$  er lagt paa de partier, hvor bjelken er mindst anstrengt. Ved jevn belastning over hele broen vil boiemomentet i disse punkter være omtrent = 0. I den stærkest belastede skjøt er den største paakjending for det svækkede profil ca. 90 % av den maksimale forøvrig, som er 836 kg/cm<sup>2</sup> fra vertikal belastning og 40 kg/cm<sup>2</sup> fra vindtryk, tilsammen 876 kg/cm<sup>2</sup>. Hertil kommer en ganske liten paakjending, ca. 3 à 4 kg/cm<sup>2</sup>, som hitrører fra at broen ligger i stigning. Da jo pendelaakene — fraset de smaa vinkelforandringer, som hitrører fra temperaturvekslinger — staar i lodret stilling, blir lengdekomponenten av vertikalbelastningen ikke saa stor som man ved første øiekast skulde formode.

Som ovenfor berørt er broens kjørebredde 2,60 m og den forutsatte færdsellast 400 kg/m<sup>2</sup>. Et 6 tons lokomotiv trukket av 6 heste gir ikke paa noget punkt større maksimalpaakjending end nævnte jevnt fordelte belastning. Tverbærere og andre sekundære dele er beregnet under forutsætning av hjultryk 1,5 ton. Vindtryk er indført som vanlig med 150 og 250 kg/m<sup>2</sup> henholdsvis for belastet og ubelastet bro.

Det største i en længde bestilte stykke av hovedbærerne (si B) var 13,30 meter med vekt henved 2 ton. Den ene av disse bjelker var under dampskibstransporten bøiet krum (i flensernes plan) med en pilhoide av 27 cm. Da det vilde ta for lang tid at skaffe en ny, var man henvist til at forsøke *retning av bjelken* ved brostedet med de primitive midler, som der stod til raadighet. Arbeidet foregik paa følgende maate:

Bjelken lagredes som vist paa fig. 2, saaledes at de frie ender medvirket ved sin egenvegt til retningen. Ved hjelp av 2 korte, store jernbjelker og 4 mindre samt 2 stk. 1" skruebolter istandbragtes en presseindretning, som efterhaanden forskjøves henover bjelken og bragtes i aktion med stor forsigtighet, indtil bjelken var fuldkommen ret.

Den saaledes rettede bjelke blev derefter *prøvebelastet*. Med utgangspunkt i den største forutsatte paakjending i bjelken utregnedes dens nedadbøining for en enkellast i midten, hvilken fandtes = 23 mm. Derpaa lagdes bjelken paa flatsiden ved siden av par-bjelken av samme længde og i nogen avstand fra samme, med mellemlæg ved enderne. Begge bjelker lagredes paa jernplater og ruller i avstand  $\frac{1}{4}$  fra enderne, hvorved paakjendingen av egenvegt i midten blev = 0. Derpaa pressesdes de med lignende apparater som ovenfor mot hinanden saa meget som til-

sammen det dobbelte av ovennævnte nedboining eller avrundet 50 mm. Ved at strække en tynd snor midt efter mellemrummet konstateredes, at begge bjelker boiede sig like meget. Derpaa løsnedes pressen, hvorefter *begge* bjelker gik helt tilbake i sin oprindelige stilling. Retning og prøvebelastning kostet kr. 17,00 eller ca. kr. 8,50 pr. ton.

Ved senere prøvebelastning av den færdige bro viste den her omtalte bjelke intetsomhelst tegn til svakhet.

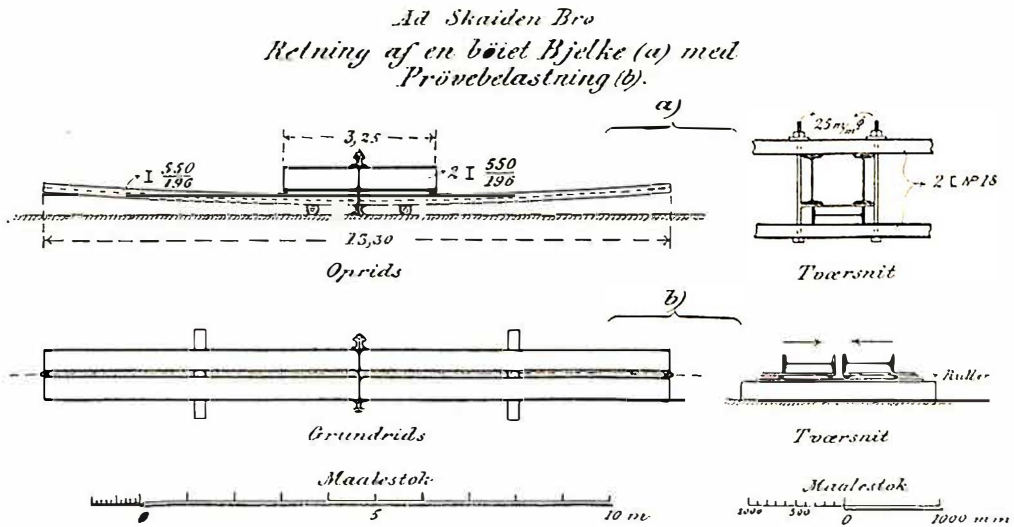


Fig. 2.

Foruten som nævnt tverbærere er der indlagt *sekundære langbærere* (I nr. 14 og 15), 4 i bredden, som danner understøttelsen for den meget lette brobane, hvorom nærmere nedenfor. Disse langbærere er lagret mellem, ikke ovenpaa, tverbærerne ved hjælp av vinkler og en lagerbolt. Blandt fordelene ved denne tversnitsanordning kan nævnes, at broens konstruktionshøide blir liten, samt at de over brobanen ragende hovedbærere hindrer sneen fra at fyke bort. Se detaljer fig. 3.

Ved punkt A (fast) samt ved pendelaakene oppe og nede er der anvendt enkle *kiplagere* av smiejern. Ved F, nordre ende, er der bevægelig lager, nemlig en enkel smiejernsrul 76 mm ø.

Overbygningens beregning og konstruktion er utført av amtsingeniør Saxegaard. Dens *forarbeidelse* foregik ved anlegget med egne folk (paa dagløn) og uten andre særlige hjelpemidler end en haandboremaskine, der indkjøptes for nogle aar siden og som har været til stor nytte. Arbeidet lededes av en erfaren og indsigtfuld smed, som gjennom længere tid har erholdt øvelse paa dette felt, omend i noget mindre

# Skaiden Bro.

## Oplager C (og D) med Pendelaug.

### Længderids.

### Tværsnit a-b.

### Lager.

### Charniere B

### Snit c-d

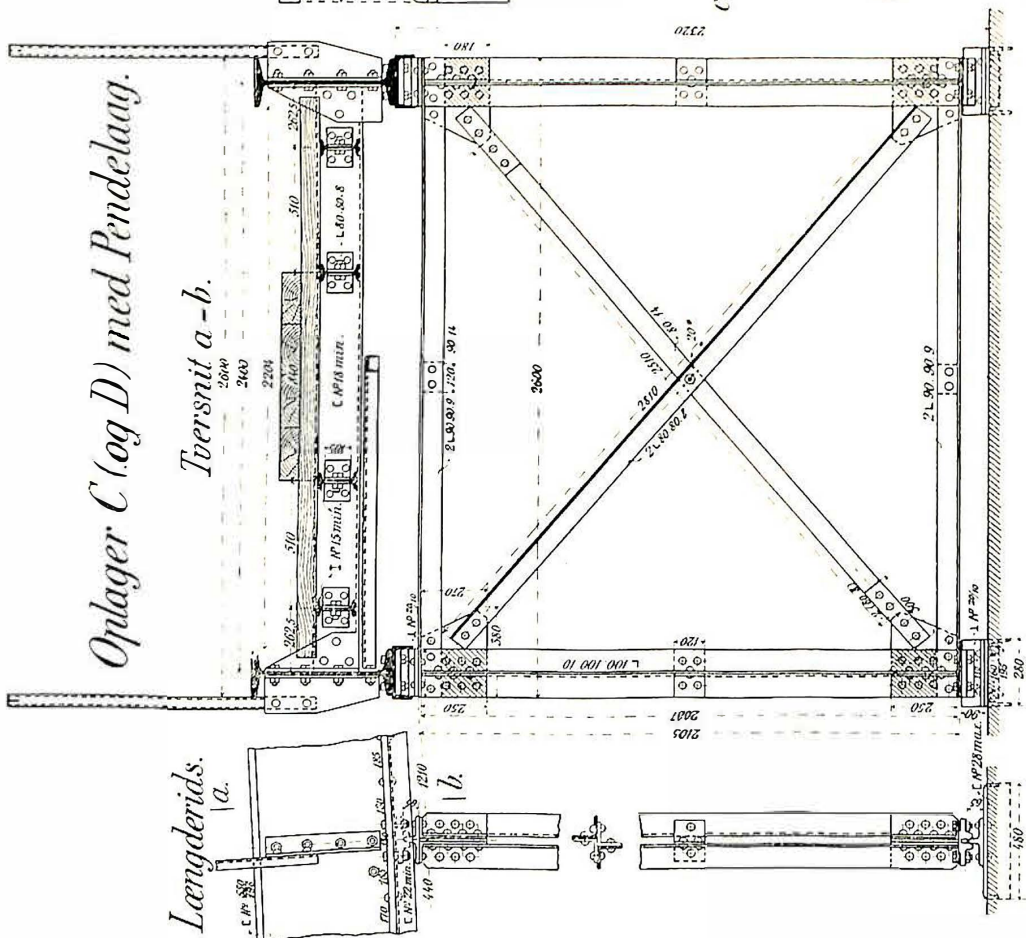


Fig. 3.



stil. Skruerbolter samt de hovlede overlagere bestiltes færdige fra verksted.

Arbeidet kan betegnes som »solid og haandverksmessig« og tor hvad angaar f. eks. klinkning m. v. godt taale sammenligning med det bedste verkstedsarbeide.

Paa en større arbeidsplan ved søndre bredd blev hovedbærerne anbragt paa kubbelagere og lasket sammen. Al boring i hovedbærerne foregik med borsmelle og krævede derfor, særlig i de tykke flenser, nogen tid. Samtlige brodele blev noiagtig sammenpasset paa arbeidsplanen og forsynt med merkning, forinden de blev tat fra hinanden.

Da alle forbindelser mellem hovedbærere og tverbærere m. v. er utført med skruer, gik *monteringen* let og hurtig. Fast stillas anvendtes ikke, hvorimot der ved pillarerne anbragtes heisetaarne med kran paa toppen. De ca. 27,50 m lange, sammenskjotte hovedbærere B—E (mellem begge hængsler) av vekt ca. 4 ton pr. stk., baksedes paa arbeidsplanen forsigtig ned paa isen, hvor de blev anbragt paa stenslæder og trukket hen til brostedet. Ved hjælp av kranerne (med tilhørende kjettinger og taljer) heistes nu bjelkerne op samtidig i C og D. Etpar smurte ledestokker med brat skraaning holdt dem fri av pillaren og heisetaarrene. Kommet i fuld høide anbragtes bjelkerne forelobig paa sandsækker, hvorved de senere sunkedes ned paa pendelaakene.

De langt kortere og lettere bjelker AB droges ut over søndre landkar og bragtes i stilling ved hjælp av skraa heisebommer utgaaende fra og befæstet til nærmeste heisetaarne. De smaa bjelker EF heistes op med rambukken.

Monteringen foregik i første halvdel av april 1906. Rækverket forarbeidedes og opsattes noget senere.

Jerndelene rensedes og kittedes omhyggelig og gaves et grundingsstrøk med blymonje samt 2 dækstrøk blyhvidt; paa de indre sider av hovedbærerne og paa alt, som ligger under brobanen, er der ogsaa til dækstrøkene anvendt blymonje.

*Brobanen* er, som det vil sees av fig. 3, dannet av 3" × 9" planker paatværs, med en smal hestebane av 4 stk. 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub>" × 6<sup>1</sup>/<sub>2</sub>" planker paa langs efter midten. Tverplankerne er befæstet med klemplater og holzskruer, der begge er galvanisert. Til befæstelse av hestebanen er benyttet galvanisert spiker. Tverplankerne blev helt dykket i carbolinum Thrane.

Som en eiendommelighet kan nævnes, at de hermed beskæftigede arbeidere blev syke under symptomer paa en svak forgiftning. Under-

søkelse angaaende dette forhold (carbolineumets mulige giftige egenskap) paagaar endnu.

En brobane som denne, i det væsentlige kun bestaaende av et tyndt lag træ lagt paa tværs, antas at ville vise sig varig, baade fordi den tørker hurtig og fordi plankerne ikke saa let flises op. Der kunde maaske være spørsmål om under forhold med sterk trafik, at lægge en 3 mm tyk og 200—250 mm bred jernplate i hjulgangene til beskyttelse mot slitage. Brobanens egenvegt er liten, hvilket i mange tilfælde kan spille nogen rolle. En smule ubekvem er en saadan bane for hestene, naar der kjøres med tospand, hvilket imidlertid yderst sjelden forekommer heroppe.

Erfaringerne angaaende de vanlige slitobaner med planker *paa-langs* gaar vistnok omtrent overalt i retning av, at de er forholdsvis uvarige.

Broens *prøvebelastning* med den i beregningen forutsatte færdsellast foregik som ovenfor nævnt i slutningen av september 1906 og gav tilfredsstillende resultater. De observerte nedbøininger svarte meget, noiaagtig til de paa forhaand beregnede. Der benyttedes to belastningstilfælder, nemlig hele broen belastet og aapningen CD alene. I sidste fald optræder maksimalpaakjending i tversnittet  $m_2$ . Permanente sænkninger kunde ikke paavises.

Det er klart, at de elastiske nedbøininger ved en bro som denne — med liten bjelkehøide i forhold til spændvidden — maa bli betragtelig større end ved en høiere plate- eller fagverksbærer. Denne omstændighet kan dog ikke være særlig betænkelig, ialfald hvor færdselen er moderat, og heller ikke under andre forhold, forsaavidt broen ikke let kan sættes i svingninger, hvad der efter erfaringerne hittil angaaende denne bro ikke er grund til at anta. Der er saaledes kjørt to tætt paa hinanden følgende lastede tipvogner paa ujevn skinnegang med noksaa stor fart ut paa broen (førend brobanen var paalagt), uten at man har observert særlig fremtrædende bevægelser. I en nær fremtid vil de ved en vandrende større enkellast (veivalse) fremkaldte rystelser bli maalt<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Ved skrivelse til veidirektøren av 11te mai d. a. har amtsingeniøren meddelt, at prøvning er foretat med en  $2\frac{1}{2}$  tons veivalse, der kjørtes over broen i sterkest mulig fart. De vertikale bevægelser viste sig da at være:

for punkt	$m_1$ :	11 mm ned	og	6,5 mm	•p,
—»—	$m_2$ :	13 »	»	- 7 »	»
—»—	E:	10 »	»	- 12 »	»

Utgifterne paa overbygningskontoen stiller sig saaledes:

**a) Jerndelev:**

1. Leverance, fragt m. v.:			
Hovedbærere . . . . .	14,405 tons à kr. 162,39 =	kr. 2 339,28	
Ovrige dele . . . . .	10,810 —»— 149,15 = »	1 612,34	
Skruer og nagler . . . . .	0,613 —»— 420,88 = »	258,00	
Smijerns overlagere . . . . .	0,084 —»— 1 430,36 = »	120,15	
	<hr/>		
	Sum 25,912 tons à kr. 167,09 =		kr. 4 329,77

Det bemerkes, at fragten til et saavidt avsidesliggende sted er forholdsvis hoi.

2. Ilandbringelse og transport . . . . . »	211,29
Førsel pr. baad ca. 3 km og kjøring 2—3 km, delvis kjøring alene 5 km. Pr. ton kr. 8,15.	
3. Forarbeidelse og montering . . . . . »	1 852,02
Heri iberegnet kr. 52,00 til planering av arbeidsplan og kr. 44,35 til reiseutgifter for arbeidere.	
Pr. ton, ekskl. nagler, skruer og overlagere, kr. 73,45.	
Daglig fortjeneste kr. 3,13.	
4. Nedhugning av lagerplater . . . . . »	79,15
5. Skrapning, rensning og maling . . . . . »	441,11
Herav arbeidsløn kr. 249,30.	
Daglig fortjeneste kr. 3,35.	
Pr. ton kr. 17,02.	

---

Sum kr. 6 913,34

Jernoverbygningen i fuldt færdig stand koster pr. ton kr. 266,80.

**b) Brobane:**

1. Træmaterialer kr. 453,85 (furuplanker 3" × 9": 512 m à 0,70, 2 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " × 6 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> " : 212 m à 0,45), carbolineum kr. 32,00, klemplater og skruer samt spiker kr. 83,00, tils. . . . .	kr. 568,85
2. Arbeidsløn . . . . . »	136,60
	<hr/>
	» 705,45

---

Overføres kr. 7 618,79

Overført kr. 7 618,79

Pr. l. m. brobane kr. 2,58.

Daglig fortjeneste kr. 2,64.

Ialt pr. l. m. brobane kr. 13,31.

c) Prøvebelastning . . . . . » 30,15

Sum overbygning kr. 7 648,94

**III. Tilstøtende vei**

indgaar ikke i brooverslaget. Den store sandskjering paa nordsiden (henved 8 000 m<sup>3</sup>) toges ut for kr. 0,22—0,35 pr. m<sup>3</sup>.

**IV. Stillaser,**

væsentlig heisetaarn, kostet ialt kr. 399,34, hvorav falder paa materialer (netto) kr. 142,10 og paa arbeidsløn kr. 257,24. Daglig fortjeneste kr. 2,85.

**Sammendrag:**

I. Underbygning . . . . .	kr. 6 231,70
II. Overbygning . . . . .	» 7 648,94
III. Tilstøtende vei . . . . .	» —
IV. Stillaser . . . . .	» 399,34

Tilsammen kr. 14 279,98

Overslagssummen var som foran anført kr. 13 500,00.

Der er saaledes en overskridelse av kr. 779,98, som for den aller væsentligste del falder paa underbygningskontoen, kfr. ovenfor.

Regnes til ovenstaaende sum skjønsmæssig efter veianlæggets regnskaper som særskilt vedkommende broen:

V. Material og redskap . . . . .	kr. 1 000,00
VI. Arbeiderforpleining m. v. . . . .	» 400,00
VII. Opsyn og regnskap . . . . .	» 1 300,00
	» 2 700,00

— blir broanlæggets totale kostende . . . . . kr. 16 979,98  
eller avrundet kr. 17 000,00.

Uten hensyn til kontierne V, VI og VII blir utgifterne pr. m<sup>3</sup> av overdækket, flate  $\times$  kjørebredde, kr.18,30. Nævnte flate indbefatter da det areal, som begrenses av planiumslinjen, den naturlige elvebund og landkarrenes bakside. Pr. l. m. bro blir omkostningerne kr. 269,00.

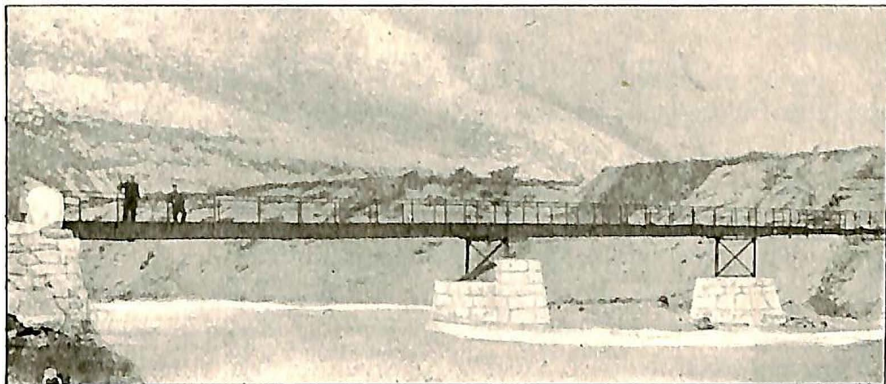


Fig. 4.

## Lette utkragede jernbjelkebroer.

Rapport fra ingeniør Hørgen til amtsingeniøren i Nedenes amt.

Efter konferanse med veidirektøren blev der i Nedenes amt for et par aar siden forsøksvis utført en jernbro, Haukaas bro i Froland, hvor *systemet med utkragede jernbjelker* blev anvendt (fig. 6). Da denne konstruktion viste sig at bli meget billig, blev den anvendt ved bygning av 2 sprængverksbroer av jern, nemlig Gjervoldso bro i Hisø herred med 26,1 m's spændvidde og Træsnes bro i Froland med 32,87 m's spændvidde (fig. 8).

Broernes underbygning frembyr intet specielt av interesse, hvorfor nærværende indberetning væsentlig vil omhandle *overbygningens konstruktion, utførelse og kostende*.

### Overbygningens konstruktion.

Da de bygdeveisanlæg, hvori broerne indgaar, er av udelukkende lokal betydning, og det var av største vigtighet for anlæggenes fremme, at omkostningerne blev mest mulig reducert, bestemte man sig for:

Kjørebredde 2,25 m (Haukaasbroen 2,0 m).

Mobillast 300 kg pr. m<sup>2</sup>.

Hjultryk 1 ton.

Dog blev det av hensyn til brodækkets vedlikehold forbudt uten særskilt tillatelse at kjøre større læs end 2 ton over broerne. Dette er tydelig anmerket paa de opsatte brotavler.

*Masterne* er utført av valsede I-jerns bjelker nr. 40 (Haukaasbroens av nr. 38).

*Stræverne* er av bredflensede Differdinger bjelker nr.  $\frac{1}{4} \frac{3}{8} \frac{5}{8}$  min. og  $\frac{2}{3} \frac{3}{4}$ , steg 10 mm, avstivet ved flatjerns- og vinkeljernskryds i begge retninger (se fig. 8). De er fæstet til fjeldet ved specielle kilebolter<sup>1</sup> (fig. 5),

<sup>1</sup> Boltens nedre ende er omvendt kileformig tildannet og 2 smaa kiler tilpasset i de derved opstaaede skraaflater. Under indsætningen maa kilerne holdes i stilling ved en tynd traad, der efterpaa under opskruingen let rives over.

en i hvert ben, og under stræverens fot er der anbragt en blyplate til fordeling av trykket.

Stræverne blev fæstet til masterne ved paaklinkede, boiede vinkeljerns lasker (fig. 7), hvilke viste sig meget vanskelig at faa noiagtig utført, hvorfor tilpasningen maatte ske, efterat mast og stræver var utlagt i rigtig stilling ved verkstedet.

Forbindelsen mellem masterne (charnièrpunkterne) er utført av to paa den utkragede mastende fastklinkede skjøtlasker, der er fæstet til midtmasten ved skruer, saaledes at skjøten faar nogen bevægelighet i vertikalplanet. Som det vil sees av detaljerne fig. 7 er dette søkt opnaadd ved at la midtmasten hvile paa den noget avrundede overkant av laskerne og paa en  $1\frac{1}{4}$ " skrue. Til yderligere sikkerhet og for at holde platerne sammen er der videre paa samme side av skjøten anbragt 4 st.  $\frac{3}{4}$ " skruer, der gaar gjennom 1" huller i masten. Disse huller vil ogsaa kunne benyttes ved mulig senere eftersyn av skjøten, idet midtmasten herigjennem kan dores op. Skjøten er avdækket med en boiet jernplate. Den ene skjøt er desuten av hensyn til temperaturutvidelsen forsynt med avlange huller.

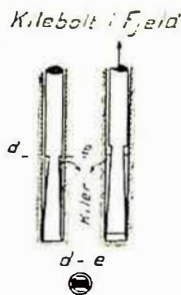


Fig. 5.

*Forankringerne* tilveiebragtes for Haukaasbroens vedkommende ved direkte at fæste den utkragede mast til fjeldet ved 4 med cement faststopte bolter, hvorav 2 st.  $1\frac{1}{2}$ " øiebolter gaar paa skraa og ligger an mot de nedre bjelkeflenser, medens de to andre er lodrette kilebolte, der gaar gjennom en over masten anbragt vinkeljernslap. Øiebolterne er fæstet til masten ved 1" skrue, og det hele er indstopt i cementmortel og paastøket petroleumbek. For at ha let anledning til senere at efterse forankringen er brodækket ret over denne anordnet som en lem, der kan løftes op, kfr. fig. 6.

Ved sprængverksbroerne maatte derimot horisontalkraften ved hjælp av 2 flatjern overføres fra masten til en forankringsplate, fæstet til fjeldet ved 4 dobbelte jernbolter, idet den ene del av hver bolt av hensyn til befæstigelsen er kileformig tildannet. Forankringsgruben er igjenstopt med beton og avdækket med cementmortel og petroleumbek.

Flatjernene blev omgitt med 6" kloakror, fyldt med cementmortel (se fig. 7). Rundt forankringsgruben blev desuten muret en rummelig stikrende, saa denne til enhver tid kan eftersees, kfr. dispositionstegningerne.

*Tveravstivningen* av masterne bestaar ved Haukaasbroen av 4 st.

11" × 3" *ekeplanker* med en  $\frac{3}{4}$ " skruestang ved nedre flens, ved de andre broer av vinkeljernskryds, 60 × 40 × 7 mm.

*Vindforbandet* kan ved disse broer utføres forholdsvis lettere end ved fagverksbroerne, da baade vind- og knækningskræfter her blir mindre. Det er anordnet av flatjernskryds, 60 × 8 mm, fæstet til øvre bjelkeflens ved skruer og dobbelte lasker og opheftet i midten med en skrue i strøveden.

Transversalerne dannes dels av tveravstivningerne, dels av tvervinkeljernene i

*rækverket*, der ogsaa er adskillig lettere konstruert end veivæsenets normaler for hovedveier, idet vegten pr. l. m. er reducert fra 32 kg til 17—19 kg. Dimensioner: Tvervinkeljern 65 × 65 × 8, stænder og øvre række 60 × 40 × 7, stræver 60 × 10 mm og mellemrækker av  $\frac{3}{4}$ " gasrør med bukkeavstand 2—3 m. Ved 2,5 à 3,0 m's avstand anvendes dog en mellemstænder av 50 × 8 mm's flatjern til støtte for rørene. Omkostningerne har variert fra kr. 5,25 til 6,07 pr. l. m., hvilket antages at utgjøre omtrent halvparten av normalernes.

Befæstigelsen til masterne er utført med en skrue gjennom ytre og en hakeskrue indenfor indre mastflens.

*Lagerne* er dannet av en over flenserne ombøiet plate, hvorigjennem gaar 2 st.  $\frac{3}{4}$ " kilebolter ned i landkarmuren, saaledes at temperaturutvidelsen kan foregaa uhindret.

*Brodækket* er utført av ekematerialer, 6" strøved og 2" × 6" planker med undtagelse av de to ytterste bredder paa hver side; hvor der er anvendt  $\frac{5}{4}$ " bord, da der her hverken kommer slitage eller belastning. Der er lagt 4 $\frac{1}{2}$  strøved pr. l. m., men kun hver fjerde strøved er saa lang, at den gaar utenfor kjørebredden og bærer vandbordet, mens de mellemliggende tre stykker knapt rækker kantplankens indre kant. Prisen pr. l. m. er herved og ved kjørebreddens indskrænkning normalt reducert fra kr. 28,00 (almindelig pris her for 2,6 m's ekebrodække) til kr. 18,50 og 16,60 eller med 34 og 41 %, henholdsvis for 2,25 m og 2,00 m's kjørebredde. Ved 2,6 m's kjørebredde utgjør besparelsen 24 %.

### ●verbygningens utførelse.

Ved veidirektørens medvirkning blev jernmaterialerne levert i Arendal direkte fra valseverket.

*Jerndelenes bearbejdelse* blev utført i et litet verksted, som Nedenes amt har latt indrette i nærheten av amtsingeniørens kontor paa Hisøen — en ordning som under herværende forhold har vist sig baade hensigtsmæssig og økonomisk for enkle konstruktioners vedkommende.



Der er saaledes nar om andet indspart ikke ubetydelige belop paa forarbeidelsen av jerndelene til de i antet byggede smaabroer, idet man ogsaa derved har lat let for at avpasse broernes utstyr efter de stedlige behov.

Verkstedsarbeidet utfortes av en anlagssmed med haandlangere, hvilke arbeidere ogsaa har foretat

*broernes opsætning.* Denne foregik uten fast stillas og for sprængverksbroernes vedkommende i den nedenfor angivne rækkefølge, idet bemerkes, at jerndelene blev mest mulig sammenklinket paa land og derfra paa en færge bragt hen til brostedet.

1. Indsætning av forankringerne.
2. Opsætning av stræverne, hængende i taljer.
3. De korte master trækkes fra landkarrene ut over spændene og fastskrues til disse og forankringerne.
4. Ophæisning av midtmasterne, hvorefter det resterende sammensætnings- og klinkningsarbeide utføres og brodækket paalægges.
5. Avstivningerne fra stræverens midte op under masterne bores og fastskrues.

Av hensyn til dampskibs- og lægtertrafiken fra Frolands verk blev søndre stræver for Træsnes bro beskyttet ved to ekestokker, som nede ved fjeldet staar noget foran og ut fra stræverne, og hvorpaa der anbragtes en indklædning av ekeplanker.

*Prøvebelastning* blev utført for Træsnes bro med den i beregningen forutsatte mobillast, og resultatet herav var tilfredsstillende, idet nedboiningerne faldt nogenlunde jevnt og indenfor den beregnede størrelse. Største nedboining paa midten med totalbelastet bro var 13 mm. Den permanente sænkning utgjorde over søndre spænd 0,5 mm paa begge sider, ved nordre spænd 0 paa opsidens og 3 mm paa nedsiden. Nogen permanent formindskelse av spillerummet mellem masterne kunde ikke iagttages.

### Broernes kostende.

Foruten hvad der foran er anført herom, hitsættes en oversigt over de til broernes bygning medgaaede omkostninger.

### Haukaas bro

over Uvandet, 18 km ovenfor Arendal. Spændvidde 15,8 m, kjørebredde 2,0 m, jernvegt 3,9 ton, brooverslag pæl 1—4 = 30 m. Bygget 1904—05.

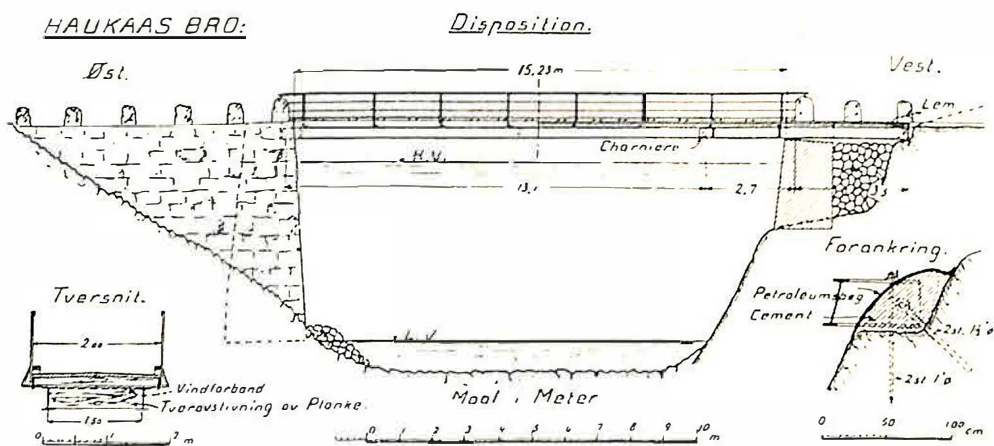


Fig. 6.

**I. Underbygning:**

Landkar 3,5 og 7,0 m høie med tilhørende fundament,  
sidemur, fyllning, stabber og veidække . . . . . kr. 914,99

**II. Overbygning:**

Master, lasker, vindforband, tveravstivning,

lager og brotavle 3,375 ton à kr. 150,75 . kr. 508,80

Rækverk, 32 m kr. 6,07; 0,52 ton à kr. 373,30 » 194,15

Forankring, bolter med cement og

anbringelse . . . . . kr. 47,00

Brodække over landkar . . . . . » 66,72

» 113,72

Brodække, 16 m à kr. 19,19 . . . . . » 307,00

» 1123,67

**III. Tilstøtende vei, 390 m à kr. 3,77 . . . . . » 1468,99**

**V—VII. Redskap, arbeiderforpleining og administration 16,7% » 588,96**

Anlæggets kostende kr. 4 096,61

Overslag av 1902 kr. 4 200,00

Besparelse kr. 103,39

Gjennemsnittlig daglig fortjeneste for folk paa akkord og dagløn har været kr. 3,88.

Det bemerkes, at brodækket over vestre landkar muligens helst burde været sloifet og erstattet med murede kanaler langs masterne, dækket av planker.

**Gjervoldsø bro**

over en arm av Nidelven, like ved Vippha bro, ca. 6 km vestenfor Arendal. Spændvidde 26,1 m, kjørebredde 2,25 m, jernvegt 8,7 ton, brooverslag pæl 16,5—21 = 45 m. Bygget 1905—06.

Detaljer ved Gjervoldsø Bro.

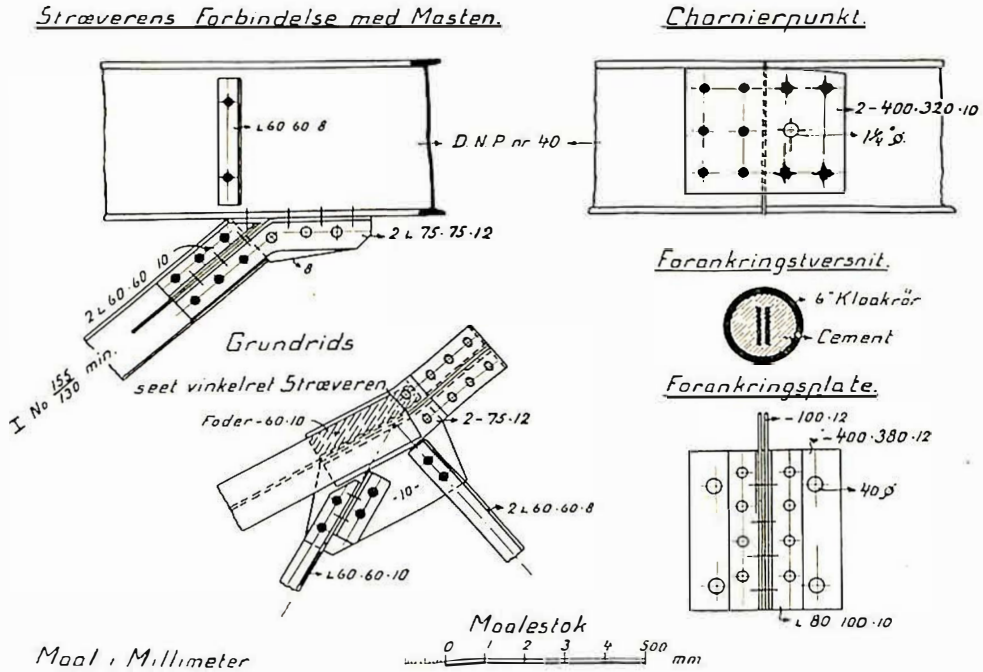


Fig. 7.

**I. Underbygning :**

Landkar, 2,5 og 3,5 m høie, med fundament, sidemur, fyllning, stabber og veidække, pæl 16,5—21 = 45 m kr. 805,81

**II. Overbygning :**

Master, strævere, tveravstivning, vindforband,

lagere, brotavle etc., 7,88 tons à kr. 203,74 kr. 1 605,48

Rækverk, 51 m à kr. 5,25, 0,87 ton à kr.

307,76 . . . . . » 267,75

Befæstigelse av forankringer . . . . . » 275,60

— strævere, lagere og brotavle » 29,60

Brodække, 26,5 m à kr. 19,81 . . . . . » 525,02

» 2 703,45

Overføres kr. 3 509,26

2\*

	Overført kr. 3 509,26
<b>III. Tilstøtende vei:</b>	
245 l. m. vei à kr. 4,44 . . . . .	kr. 1087,64
En 10 m's jernbro, underbygning . . . . . »	135,00
overbygning . . . . . »	499,02
	1 721,66
IV. Stillas . . . . . »	50,00
V—VII. Redskap, arbeiderforpleining og administration 14,4 % »	761,85
	<u>Anlæggets kostende kr. 6 042,77</u>
	Overslag av 1904 kr. 6 000,00
	Overskridelse kr. 42,77

Gjennemsnittlig fortjeneste kr. 3,18 pr. dag.

### Træsnes bro

over Træelven, 15 km ovenfor Arendal. Spændvidde 32,87 m, kjørebredde 2,25 m, jernvegt 11,6 ton, brooverslag pæl 5—12 = 70 m. Bygget 1905—06.

#### I. Underbygning:

Landkar, 0,5 og 5,2 m høie, med side- og vingemur, sprængning, fyldning, stabber og veidække . . . . . kr. 1390,20

#### II. Overbygning:

Master, strævere, tveravstivning, vindforband, lagere og brotavle etc., 10,44 ton à kr. 199,82 . . . . . kr. 2 086,12

Rækverk, 68 m à kr. 5,50, 1,16 ton à kr. 322,41 . . . . . » 374,00

Befæstigelse av forankringer . . . . . » 415,15

— - spænd, lagere og brotavle . . . . . » 167,64

Brodække, 34 m à kr. 17,49 . . . . . » 594,89

» 3 637,80

<b>III. Tilstøtende vei, 650 m à kr. 1,43 . . . . . »</b>	<b>933,48</b>
IV. Stillas . . . . . »	49,71
V—VII. Redskap, arbeiderforpleining og administration 15,9 % »	957,60
	<u>Anlæggets kostende kr. 6 968,79</u>
	Overslag av 1900 kr. 6 800,00
	Overskridelse kr. 168,79

Den midlere daglige fortjeneste har været kr. 3,21.

TRÆSNES BRØ.

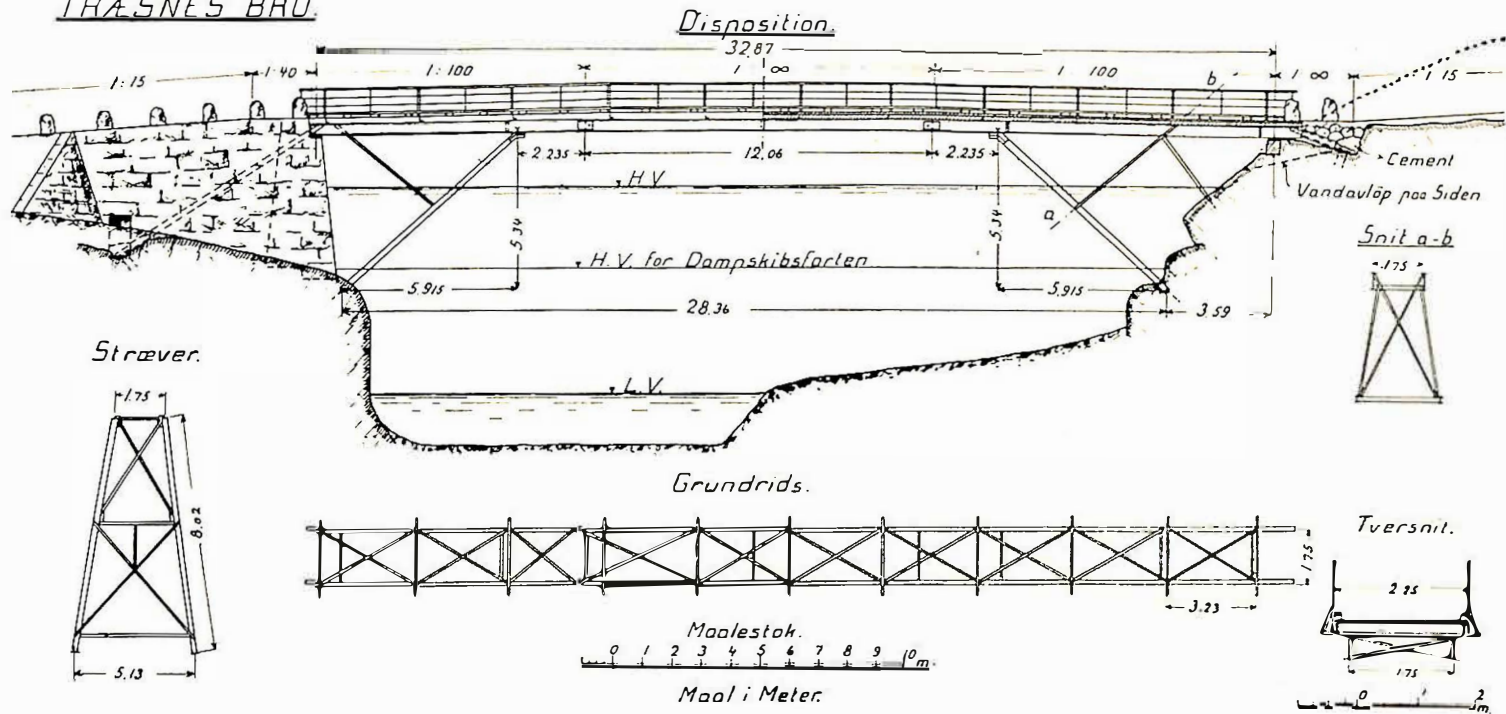


Fig. 8.

Omkostningerne pr. ton fordeler sig saaledes:

	Haukaas.	Gjervoldsø.	Træsnes.
Indkjøb av jernmaterialer . . . kr.	91,00	113,40	113,80
Arbeide paa verksted og brosted »	57,54	84,00	79,60
Transport og maling . . . . »	24,00	14,90	18,60
Befæstigelse av forankring, stræ- vere etc. . . . . »	29,16	36,60	50,30
Sum kr.	201,70	248,90	262,30

Haukaasbroen blev malt to gange med *Ferrubron*, de to andre broer med møjje og blyhvitt paa almindelig maate.

Midlerne blev utredet av amt, herred og private, for amtskommunens vedkommende med  $\frac{1}{3}$  av de medgaaede omkostninger.

### Erfaringsresultater.

Ved det anvendte system opnaaes følgende fordele i forhold til fagverksbroer:

1. Mindre jernvegt og verkstedsarbeide.
2. Let montering uten fast stillas.
3. Billigere maling.
4. Enkel beregning og litet tegnearbeide.

For at faa en oversigt over prisbilligheten er foretat en sammenlignende beregning av omkostningerne for lignende *broer av fagverk med samme bredde og bæreevne*, og de herved fremkomne procentvise besparelser er sammenstillet i hosstaaende tabel, idet bemerkes, at den endelige besparelse er fordelt paa de forskjellige konti efter overslagene.

Konto.	Besparelse i pct. ved broerne.			
	Haukaas.	Gjervoldsø.	Træsnes.	Middel.
Jernmaterial, indkjøb og transport	2,1	5,0	11,0	6,0
Arbeide paa verksted og brosted	16,0	9,9	14,2	13,4
Maling . . . . .	0,8	1,4	1,6	1,3
Stillas . . . . .	11,6	8,5	9,7	9,9
Brodække (jernlangbærere) . . . .	6,7	5,7	4,5	5,6
Tilsammen	37,2	30,5	41,0	36,2

Som det herav vil sees, er der ved de benyttede konstruktioner opnaadd betydelige besparelser, — i middel *ca.* 36 % — for overbygningens vedkommende. Herav kan antagelig i almindelighet *ca.* 20 % tilskrives *utkragesystemet*, mens resten fordeles sig paa dispositionerne forøvrig, som lettere rækverk, kun 2 master, jernarbeidets utførelse etc.

Det maa dog bemerkes, at de utførte broer vistnok er noget mere elastiske end lignende broer av fagverk, hvilket her væsentlig har sin grund i midtmastens lille konstruktionshøide. Dette forhold er dog ikke til nogensomhelst ulempe for trafikken, og det antages ved lignende broer,

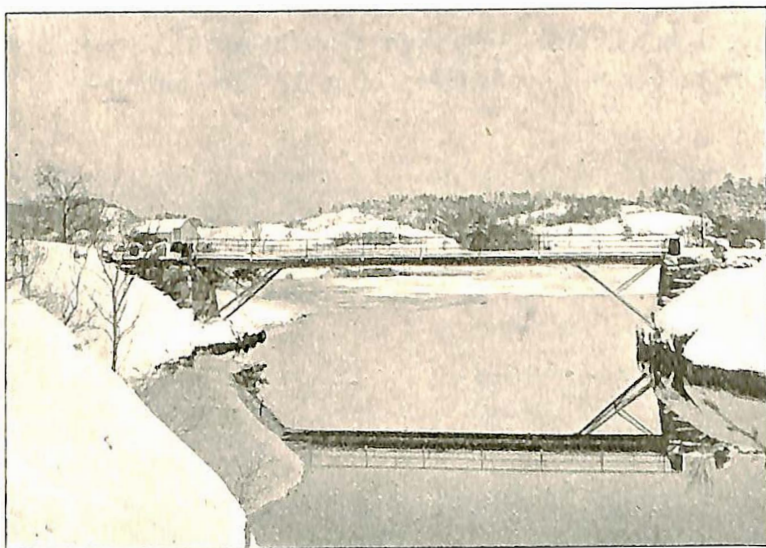


Fig. 9.

konstruerte for større belastninger, ikke væsentlig at avvike fra det ved enkle jernmastebroer almindelige.

Det antages derfor, at saadanne utkragede konstruktioner av valsede jernbjelker med fordel vil kunne anvendes til veibroer for spændvidder *fra 14 til 19 m* under forhold, hvor en passende forankring ikke falder for kostbar.

I forbindelse med sprængverk vil imidlertid systemet kunne anvendes for spændvidder op til *ca. 40 m*, men dette forutsætter jo, at der er eller let faaes adgang til tilstrækkelig fri høide samt helst fjeld paa begge sider til befæstigelse av strævere og forankringer.

Tilslut hitsættes en sammenstilling av de beregnede omkostninger for omhandlede 3 broers overbygning under forutsætning av følgende konstruktion og utstyr:

Konstruktion	Bro- dække	Kjøre- bredde m	Mobil- last kg	Hjul- tryk ton	Jern- vegt ton	Omkost- ninger kr. (avrundet)	Besparelse i pct.
Fagverk . . .	alm.	2,60	400	1,5	39,50	15 700	} 23,5
Fagverk . . .	let	2,25	300	1,0	30,40	12 000	
Utkragede jern- bjelker, forank- ret sprængverk	let	2,25	300	1,0	24,25	7 600	} 36,5
							} 51,5

Besparelsen vil altsaa efter en rentefot av 4% være tilstrækkelig til hel ombygning som hovedveisbro efter 17 aars forlop.



## Svanfos bro i Akershus amt

Ved avdelingsingeniør Olsen.

Hosten 1904 blev sporsmaalet om bro over Vormen ved Svanfos for alvor aktuelt, idet der fra et firma i *Kristiania* fremkom tilbud om at levere en av de lettere amerikanske gangbroer med anledning til enkeltvis at fore hest og læs over særskilt — for et beløb av ialt kr. 4 000.



Fig. 10.

Summen blev samlet privat, og man hadde videre til hensigt at andra kommunen om at bekoste den nødvendige veiforbindelse paa begge sider. Imidlertid androg man veibestyrelsen om, at veien i tilfælde maatte bli optat som offentlig. Som ventelig kunde dette kun anbefales paa betingelse av, at broforbindelsen opfyldte de fordringer, som man stiller til de offentlige kjørebroer med hensyn til bæreevne etc. Efter denne avgjørelse trak vedkommende firma sig tilbake.

Amtsingeniøren foreslog nu for *Nes kommune*, at der byggedes en hængebro av system *Ordisch*. Terrænget var særlig gunstig herfor, idet de faste fjeldvægger paa begge elvesider gav forholdsvis god anledning

## Bro over Varmen ved Svanfossen.

Disposition.

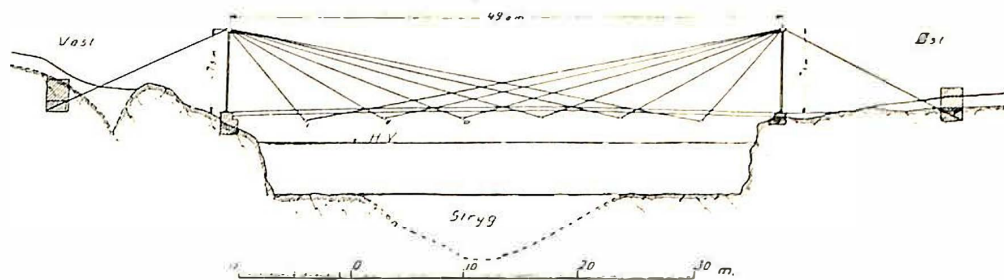


Fig. 11.

til forankring, se profilet fig. 11. En lignende bro — bygget av amtsingeniøren — ved *Bulken st. i Søndre Bergenhus* — hadde vist sig at bli ret billig. Hovedplannæssig ansloges omkostningerne ved Svanfos-



Fig. 12.

broen til kr. 9 000 — eller kr. 12 000 — eftersom man valgte træ- eller monierdække. I januar 1905 besluttet *Nes kommunestyre* enstemmig at stille til disposition de fornødne midler til veianlæg og bro efter amtsingeniørens forslag: *Ordisch* hengebro med træbrodække, forutsat, at de privat tegnede bidrag, ca. kr. 4 000, blev indbetalt herredskassen. Amtsingeniøren lot da utføre beregninger og tegninger til en bro av følgende

dimensioner: Afstanden mellem taarnene = 49 m eller 7 felter à 7 m, taarnenes hoide = 7,6 m og kjørebrødd = 2,6 m.

For den statiske beregning antoges en mobillast av 400 kg pr. m<sup>2</sup> eller en 6 tons lokomobil. Desuten 50 kg pr. m<sup>2</sup> snebelastning og horisontalt vindtryk 150 kg pr. m<sup>2</sup> for belastet bro. Broens system er følgende: Man har en kontinuerlig brobane, baaret av stræktauger — et i hver retning fra hvert knutepunkt til landkarrenes soiler, der har bakstag og forankring. Betragtet som et system er broen ikke statisk bestemt.

Hvis man i hvert knutepunkt tænker sig anbragt charnièrer, kan imidlertid konstruktionen opfattes som bestaaende av flere systemer, nemlig for hvert felt en mastebro ophængt i stræktauger, i hvilke knutepunktbelastningen vil fordele sig. Av praktiske hensyn er brobanen som nævnt

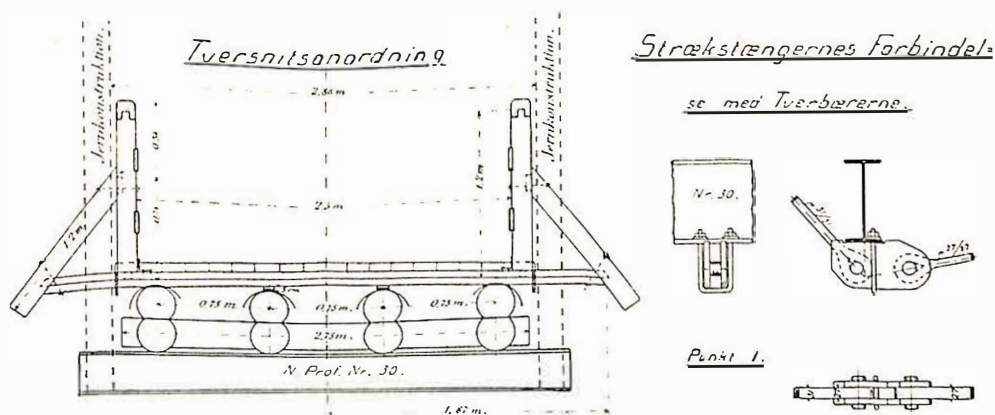


Fig. 13.

kontinuerlig, men da masterne for hvert felt er forbundet med sadeltræerne ved boltning uten fordybling, vil man paa grund av træets boielighed praktisk talt opnaa det samme som ved charnièrer. Anordning av brobanen vil sees av fig. 13.

For belastet bro fandt man kræfterne i stræktaugene at være fra 4,8 til 10,4 ton og størst i de midtre stræktaug. Stræktaugene er utført av firkantjern med led i passende afstande. Længden av stræktaugene er bestemt ved ubelastet bro, idet man regner, at stræktaugene paa grund av sin egen vegt tilnærmet nedboies efter en kjædelinje, hvorefter man har subtraheret elasticitetsforlængelsen. Broens overhoide er paa midten 0,5 m, og pilhoiden for de længste stræktauger blir ca. 0,5 m. For dimensioneringen er gaat ut fra en tilladelig paakjending av 750 kg pr. cm<sup>2</sup>. De 4 soiler er hver utført av 2 st. dobb. T-jern, se fig. 14. Knækningskraften i samme blir efter den grafiske beregning ca. 47 ton. Da

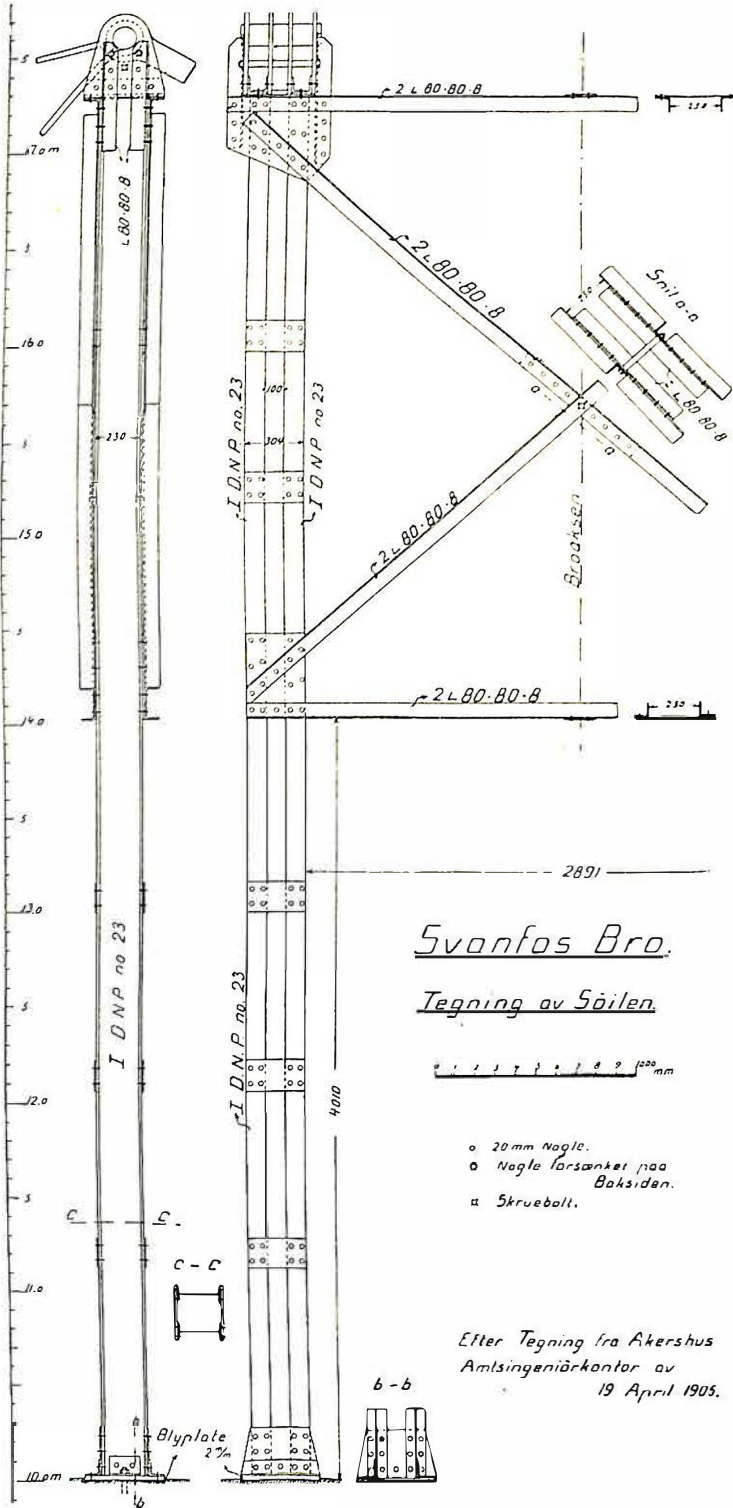


Fig. 14.

soilen er utført med fast fotlager, maa den ogsaa opta boiningspaakjending fra horisontalkraften i toppen. Idet der er forutsat, at bakstaget ved belastning av broen ikke vil bli ganske utstrakt, har man regnet med en utboining av soilen i toppen av ca. 7 mm, hvortil svarer en paakjending av 84 kg pr. cm<sup>2</sup>. Hertil kommer en paakjending av 50 kg pr. cm<sup>2</sup> av det boiemoment, der fremkaldes av vertikalkomponenten i soilen paa grund av dennes utboining. Charnièrerne i soiletoppen er utført av

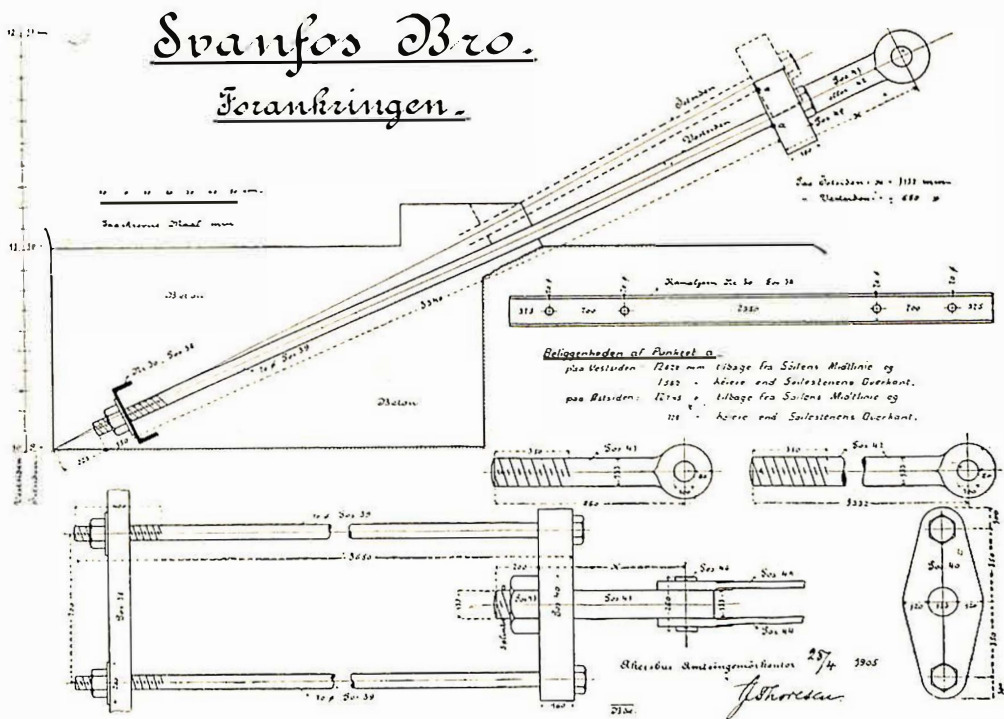


Fig. 15.

staa og beregnet efter en tilladelig paakjending av 1 200 kg pr. cm<sup>2</sup>. Tverbererne er utført av dobb. T-jern og oplagt labilt paa stræktauge-nes forbindelsesled (se fig. 13). Bakstaget er utført av 2 st. flatjern i passende længder. Efter den grafiske beregning blir strækraften for en vinkel av 60° = ca. 54 ton. Tilladelig paakjending er antat til 900 kg pr. cm<sup>2</sup>. I fjeldet er nedsprængt kamre, hvori ankerboltene er nedstøpt i beton, kfr. fig. 15. Betonblokkene, som er støpt i ett paa hver side av broen, er 1 m. høie, 2 m. brede og 5 m. lange. Fornoden paamuring maa finde sted for at gjøre ankerklodsens vegt større end vertikalkomponenten av strækraften. For vindavstivning er anbragt strandfæste av staalkabler samt vindkors av træ.

Utførelsen av jernoverbygningen med montering bortsattes til »Vulkan«.

Strækstængernes oine skulde ifølge kontrakten smies. Det kostet meget arbeide at avpasse lengderne nøiagtig (man kunde først maale efter at den opvarmede stang var blit helt avkjolet), likesom oinenes anlægsflater blev mindre fuldkomme, end om de hadde været boret.

Det fornødne underbygningsarbeide utfortes i det væsentlige vaaren 1905. Paa grund av forsinket jernleveranse fandt broens montering først sted utpaa vinteren 1906. Brostedet var av den beskaffenhet, at stillas vanskelig lot sig opsette. Man utspændte derfor to staalkabler tvers

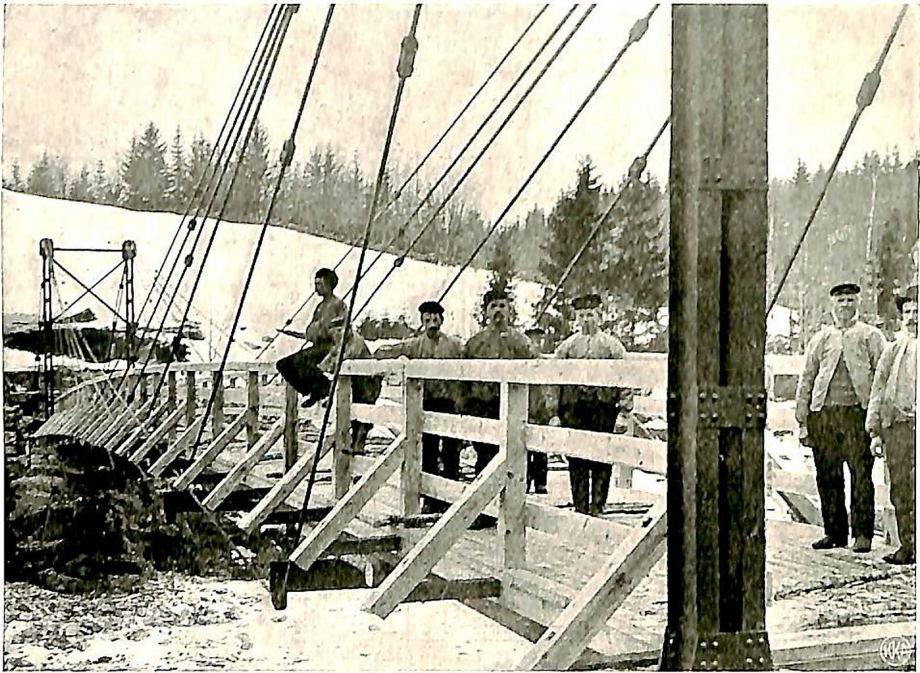


Fig. 16.

over elven paa bukker. Over kablerne fæstedes ved klemskruer tverstokker, og over disse spikredes igjen det fornødne antal planker paa hver side. Kablerne var beregnet paa at skulle taale en belastning utenom stillasmaterialet av 1000 kg. Efterhvert som man fik stræktaugene over og forbundet, ophængtes stillaset i disse. Staalkablerne benyttedes senere som strandfæste. Det øvrige stillasmateriale var altsammen saadant, som var bestemt til broens overbygning. Monteringens utfortes paa 14 dage. Efterat saa træarbeidet var utført, anbragtes strandfæsterne og broen fik 3 anstrøk almindelig bromaling – blyhvitt og olje med tilsætning.

Omkostningerne ved arbeidet — kr. 12 500 — har paa grund av forskjellige omstændigheter, bl. a. forhøiet jernpris, faldt adskillig større end oprindelig antat, hvad der vil fremgaa av nedenstaaende sammenstilling.

## Hovedplanmessig overslag for Svanfos bro:

### I. Underbygning:

2 landkar, ca. 15 m <sup>3</sup> à kr. 20,00 . . . . .	kr. 300,00
Sprængning i fundament, ca. 5 m <sup>3</sup> à kr. 5,00 . . . . .	» 25,00
Sprængning av forankringskamre, ca. 20 m <sup>3</sup> à kr. 10,00 »	200,00
Betonklodser, ca. 20 m <sup>3</sup> à kr. 20,00 . . . . .	» 400,00
Div. gravning m. v., ant. . . . .	» 75,00

Sum I kr. 1000,00

### II. Overbygning:

Leveranse, montering og maling samt transport av 19 ton jern à kr. 300,00 . . . . .	kr. 5700,00
Master og sadeltrær med avbinding, 264 l. m. à kr. 2,00 »	528,00
Skrubolter, 500 kg à kr. 0,30 »	150,00
Brodække, 48 l. m. à kr. 20,00 »	960,00
Rækverk, 96 m à kr. 3,00 . . . . .	» 288,00
Div. transport m. v. . . . .	» 54,00

Sum II » 7680,00

III. Stillas m. v., skjønsmæssig . . . . . » 320,00

Sum kr. 9000,00

## Medgaaede utgifter ved Svanfos bro:

### I. Underbygning:

Murarbeider, delvis anvendt granit fra Grorud . . . . .	kr. 410,80
Sprængningsarbeider, med ammunition . . . . .	» 634,28
Betonklodser med paamuring »	635,50
Is- og tælehugning samt gravningsarbeider . . . . .	» 428,08
Indstilling av forankring . . . . .	» 60,00

Sum I kr. 2198,66

### II. Overbygning:

Leveranse og montering av 19 ton jern . . . . .	kr. 7000,00
Div. transport . . . . .	» 250,51
Træmaterialer . . . . .	» 1415,91
Skrubolter, tjærepap og carbolineum . . . . .	» 267,36
Strandfæste . . . . .	» 98,80
Avbinding av tommer og planker . . . . .	» 550,00
Malerverer og malerarbeide »	215,79
Materialer og redskaper . . . . .	» 181,87

Sum II » 9979,64

III. Stillas m. v. . . . . » 359,50

Sum kr. 12537,80

## Veidirektørens bemerkninger.

### A. Om Svanfosbroen.

En beregning av broen er utført ved veidirektørkontoret. Herunder er tatt hensyn til hovedbjelkens kontinuitet over knutepunktene samt til disses bevægelser under belastningen.

Knutepunkternes bevægelser kommer dels av bæretaugenes elastiske forlængelser, dels av, at de lange bæretaug faar en betydelig nedboining av sin egenvegt og at denne pil forandres under de forskjellige belastninger, samt endelig for endel av temperaturvekslinger.

De vertikale bevægelser er fundet ialt for knutepunkt fra oplageret

	(1.)	(2.)	(3.)
av bæretaugenes elastiske forlængelser . . . . .	0,957 cm.	1,691 cm.	2,113 cm.
av pilforandringen for mobillasten . . . . .	1,631 »	1,485 »	1,039 »
av temperaturvektling 30 <sup>0</sup> Celsius . . . . .	2,060 »	3,430 »	4,150 »
Ialt i cm.	4,648	6,606	7,302

Herav er temperaturbevægelserne omtrent betydningsløse, idet de virker rolig og kun fremkaller etpar kg,s paakjending paa cm.<sup>2</sup> i masterne.

Bevægelserne under mobilbelastningen har større, men ingen farlig indflydelse paa momenterne.

I virkeligheten blir intet sted i bjelken momenterne større end de oprindelig beregnede for frit oplagte bjelker fra knutepunkt til knutepunkt.

Knutepunkternes horisontale bevægelser (imot oplagerne) er fundet for punkt

	(1.)	(2.)	(3.)
av taugenes elastiske forlængelser . . . . .	0,168 cm.	0,454 cm.	0,174 cm.
av pilforandring under mobilbelastning . . . . .	1,896 »	0,794 »	0,198 »
av temperaturveksling . . . . .	1,610 »	0,990 »	0,350 »
Ialt i cm.	4,184	2,238	0,722

Disse bevægelser virker uheldig paa tverbærerne, der maa stille sig skjævt under belastningen.

Man faar for tverbæreren i punkt 1 med uopstøttede bæretaug en



vinkel =  $1/7$  mellem det utboiede I-jerns staalplate og kraftretningen, se fig. 17.

Herved opstaar boiningspaakjendinger i sideretningen og vridningspaakjendinger, som er meget betydelige. Ved beregningen, som dog ikke kan siges at være fuldt eksakt i dette punkt, idet resultatet er avhaengig av, hvor meget kanten  $a$  kan tænkes at trykke sig ind i langbæerveden, er ekstrapaakjendingerne herav fundet ialt = ca. 2120 kg/cm.<sup>2</sup> og tverbærerens samlede paakjending = ca. 3100 kg/cm.<sup>2</sup>. Saameget synes ialfald at fremgaa av denne regning, at understøttelsespunkternes horisontalbevægelser og de skadelige virkninger herav bør søkes reduceret mest mulig. Man bør vistnok støtte op bæretaugene, saa de kun faar en meget liten nedboining av sin egen vegt. Desuten bør man som paa fig. 17 antydnet ved paalægning av en avrundet underlagsplate under støkkene sørge for, at trykket fra sadeltrærne ikke kan komme saa langt ut paa flensskanten. Man kan paa denne maate antagelig reducere ekstrapaakjendingen til ca. 280 kg/cm.<sup>2</sup>.

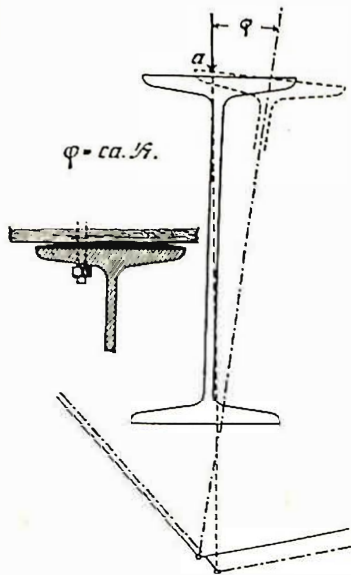


Fig. 17.

Pillarernes anordning med fastboltede bæretauge oventil og forankring uten led nedentil synes at være heldig, idet ekstrapaakjendingerne paa grund av pillartoppens bevægelser er smaa for den forholdsvis smale og boielige pillar, mens paa den anden side knækningssikkerheten er tilstrækkelig for utknækning i broens længderetning. I broens tverretning hadde det dog været ønskelig, om stivheten hadde været noget større, hvilket let vilde været opnaadd ved at sætte I-bjelkerne noget længere fra hinanden.

Knækningssikkerheten er i sideretningen fundet kun ca. 3, naar vindtryk paa pillar og hængestænger medregnes eller ca. 2,5, naar hensyn tages til, at brobanen under vindtrykket boier sig ut til siden og forarsaker sidekræfter paa pillartoppen.

Vindavstivningen, som er utført med vindkabler og enkelte andreas-kors under masterne, er tilstrækkelig sterk til at motstaa vindtrykket. Den store toielighet, som baade vindkablerne og trækorsene har, vil forarsake betydelige sidebevægelser under sterk vind og store belastninger.

Da denne bro imidlertid ikke er tænkt at faa stor trafik, og da

hele broens anordning er saadan, at disse bevægelser ikke vil overanstrengte de enkelte konstruktionsdele, kan man i det foreliggende tilfælde ikke nære nogen betænkelighed ved den valgte horisontalavstivning.

*Hængestængerne* er, efter konference med verkstedet, utført av firkant-jern; øierne for boltene er tildannet direkte ved ombøining av stængerne og sveising. Dette arbeide er vanskelig at utføre, da avstanden mellem øierne for boltene maa være nøiagtig efter maal og vil fremtidig falde kostbarere end ved denne bro.

Det er desuten sandsynlig, at man ikke faar den beregnede sikkerhet i sveisen.

Ved den i sin tid foretagne beregning av Bulken bro i Søndre Bergenhus amt, hvilken bro er bygget efter samme system som nærværende, fik voidirektøren det indtryk, at systemet ialfald ikke egnet sig for hovedveisbroer. Denne opfatning stemte ogsaa overens med den i andre lande gjældende (ifølge Handbuch der Ingenieurwissenschaften).

Efter det nu foreliggende skulde voidirektøren tro, at systemet med enkelte detaljeforandringer maa siges at være anvendelig ved broer med liten trafik; den ved Svanfosbroen benyttede kombination av jern og træ, der taaler forholdsvis store bevægelser, bør vistnok i tilfælde være betingelse for systemets anvendelse.

## B. Om sprængverksbroer og forsterkede bjælkebroer.

I forbindelse med de nævnte lette broer i Tromsø og Nedenes amt, udført væsentlig av helvalsede bjelker for smaa spændvidder, er der ved voidirektørkontoret gjennomregnet et par eksempler paa smaa broer konstruert som sprængverk og forsterkede bjelker, nemlig:

- 1) En sprængverksbro med samme spændvidde, belastninger og kjørebredde m. v. som for den ovenfor omtalte utkragebro ved Træsnes i Nedenes og
- 2) En forsterket bjelkebro med 20 m spændvidde, kjørebredde 2,60 m og belastninger m. v. som almindelig for fagverksbroer.

Som resultat anføres for sprængverksbroens vedkommende, at denne kræver omtrent samme jernvegt som utkragebroen, idet man med samme belastninger og paakjendinger kan bruke samme profilnummere overalt i konstruktionen kun med den forandring, at der maa paaklinkes forsterkningslasker paa I-jernflenserne i længder av ca. 3 m ved de punkter, hvor stræverne fæstes til hovedbjelkerne, og hvor disse faar sine maksi-

momenter. Til denne forsterkning medgaar noget mindre end den jernvegt, som ved Træsnes bro er brukt til forankringer.

Omkostningerne antages at stille sig nogenlunde likt for de to systemer, og valget mellem dem maa avgjøres efter, hvilken vejt man paa den ene side lægger paa at faa et statisk bestemt system og paa den anden side paa at undgaa de vanskelige kontrollerbare og derfor i længden noget utrygge forankringer.

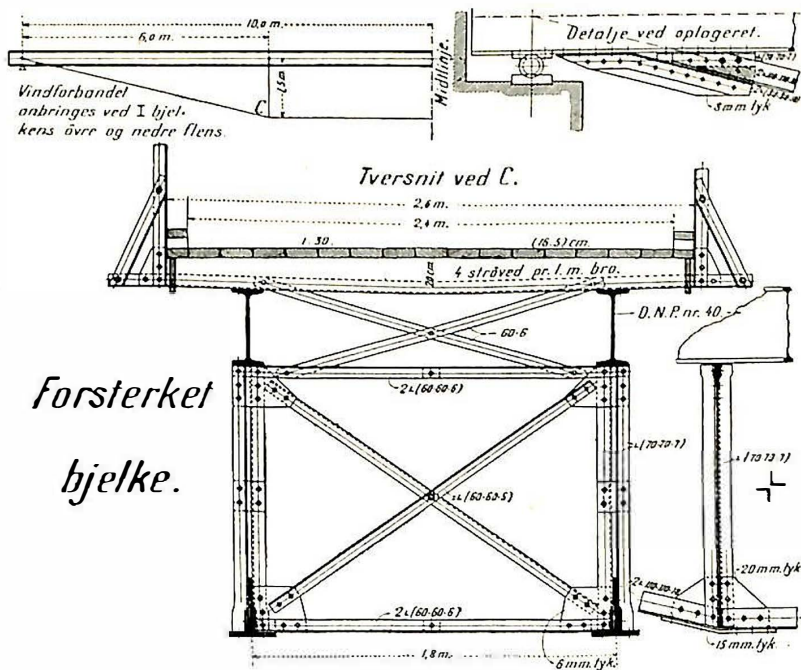


Fig. 18.

Angaaende detaljekonstruktionen af strævertoppens befæstigelse til hovedbjælkerne, likegyldigt om det gjælder en utkragebro eller en sprængverksbro, anføres, at det formentlig af hensyn til de her optrædende momenter vilde være rigtigere at gjøre denne noget sterkere end utført ved Træsnes bro, idet ogsaa strævernes flenser bør ansluttes til hovedbjælkerne.

Man kunde vistnok ogsaa ha anvendt et fuldstændigt led her, men der vilde ikke opnaaes noget dermed.

Angaaende den forsterkede bjelkebro anføres, at den efter den valgte disposition og med maksimale paakjendinger i bjælkerne = ca. 850 kg/cm. kan udføres med dimensioner som sees af figuren.

Jernvegten blir ialt ca. 7,6 ton eller ca. 2,25 ton mindre end for en

tilsvarende fagverksbro med jernlangbærere og konstruert for 400 kg mobil last.

Besparelsen ved den mindre jernvegt og paaregnelige billigere enhedspris antages at andrage til ca. kr. 1500. Systemet synes derfor at maatte kunne anvendes i enkelte tilfælde, hvor man har tilstrækkelig konstruktionshøide. Det vil antagelig kunne komme i betragtning for spændvidder mellem ca. 13 og 25 m.

Avskrifter av de utførte beregninger kan i tilfælde faaes ved veidirektørkontoret.

### C. Bemerkninger om dimmensionering etc.

Med hensyn til nævnte broers detaljekonstruktioner i det hele tat kan veidirektøren forøvrig ikke undlate at gjøre opmerksom paa, at der i flere tilfælder synes at være gaat for vidt i bestræbelsen for at finde det mindst mulige tversnit.

Dette har medført benyttelse av særegne og lidet gangbare valseprofiler, som ofte blot har kunnet faaes fra et enkelt verk, og som selv dette nødig leverer.

Man vil som oftest være utsat for fordyrelse og forsinkelse i leveransen av saadanne profiler.

Ved de smaa leveranser, som der ved saadanne broer er spørsmal om, vil det som regel lønne sig bedre at lægge særlig vinn paa at benytte faa og gjængse profilnummere, selvom jernvegten derved skulde økes litt.

Forøvrig bør det ogsaa fremhæves, at der i forbindelser, som skal være faste og ikke skal gi efter, som f. eks. i vindforbandets knutepunkter, saa meget som mulig bør benyttes nagler istedetfor skruebolte, der aldrig fylder sit hul til fuldkommenhet, og som desuten let forruster. Flere av de anvendte detaljer kan derfor vistnok forbedres.