

$$x_b = P \frac{2r_c z}{4r_a r_c(z+1) + z(r_a + r_c)}$$

$$x_c = -P \frac{r_c z}{4r_a r_c(z+1) + z(r_a + r_c)} = x_a - P$$

Bæreren A's influenslinjeordinater (tverrfordelingstallene) blir:

$$\mu_{aa} = \frac{\delta_{a_p=1}}{\delta_{a_{x_a}=1}} = \frac{4r_a r_c(z+1) + r_a z}{4r_a r_c(z+1) + z(r_a + r_c)} = \frac{4\varepsilon(z+1) + r_a z}{4\varepsilon(z+1) + z\Phi}$$

$$\mu_{ba} = \frac{\delta_{b_p=1}}{\delta_{a_{x_a}=1}} = \frac{2r_a r_c z}{4r_a r_c(z+1) + z(r_a + r_c)} = \frac{2\varepsilon z}{4\varepsilon(z+1) + z\Phi}$$

$$\mu_{ca} = \frac{\delta_{c_p=1}}{\delta_{a_{x_a}=1}} = \frac{-r_a z}{4r_a r_c(z+1) + z(r_a + r_c)} = \left(\mu_{aa} - 1\right) \frac{r_a}{r_c}$$

hvor $\varepsilon = r_a \cdot r_c$; $\Phi = r_a + r_c$

For bæreren C blir formelene lik de ovenforstående når en bare bytter om r_a med r_c og omvendt.

Meget alminnelig er det å benytte flere enn en tverrbærer, idet flere tverrbærere fordeler lasten bedre enn en med samme treghetsmoment. Tverrfordelingen på hver tverrbærer blir forskjellig og ved like stive tverrbærere blir de midtre sterkest påkjent, men forskjellen er

liten i det vanlige variasjonsområde for stivhetsgraden, slik at vi kan se bort fra den. Vi regner altså med en antatt midlere tverrfordeling for alle tverrbærerne.

Virkningen av flere tverrbærere med en antatt midlere tverrfordeling kan erstattes av én tenkt tverrbærer i midten, idet en tenker seg alle ytre tverrbærere fjernet og den midtre tverrbæreren forsterket til treghetsmomentet iI_Q . Verdien av i har Leonhart funnet empirisk på grunn av tallrike målinger (ved vanlige stivhetsgrader er $z = 5 - 20$) til (når tverrbæreravstandene er like store:)

to tverrbærere	$i = 1,0$
tre »	$i = 1,6$
fire »	$i = 1,6$
fem »	$i = 2,0$
seks »	$i = 2,0$

Formlene som er utledet for tverrfordelingstallene gjelder tilnærmet også for flere tverrbærere når en setter den midtre tverrbærerens treghetsmoment lik iI_Q . Stivhetsgraden blir da:

$$z = \frac{ic}{n^3}$$

I en senere artikkel vil en behandle systemer med flere hovedbærere (4 og 5), samt vise anvendelsen av beregningsmåten ved et par eksempler.

KONGSVINGER BRU

Av overingeniør Gunnar Slungaard.

A. Historikk.

1. Den gamle bru.

Etter andragende fra Vinger formannskap i 1852 ble det utarbeidet planer for ny veg mellom Boger i Vinger til Brenna i Eidskog til avløsning av den gamle kongeveg om Vinger kirke, Tråstad sund, Lier, Åbogen, Kongetorp og Malmer som var meget bakket. I planen inngikk også ny bru over Glomma ved Kongsvinger. Ingeniørkaptein Bergh, som da var assistent for Indredepartementet i vegspørsmål — fra 1864 landets første vegdirektør — utarbeidet planer for brua og Stortinget bevilget i 1854 de nødvendige midler til vegomleggingen. Brua var da beregnet å koste kr. 62 800,—.

Arbeidet ble bortsatt til herr I. C. Bredesen, Odals verk, og arbeidet med oppførelsen tok til vinteren 1854—55. Byggmester C. Malling var antatt som statens kontrollør.

Brua, som er en Wiebekingsk buebru, ble bygd på 4 temmelig brede pillarer av stein ute i elveløpet, og med to mindre landspenn som steinvelv og tre spenn på vel 30 m hver som buebru av tre. «Buene» var 4 st. plankebuer i hvert spenn med 14 st. planker av 3" × 9" og på disse buer var bygd opp en tømmerkonstruksjon som bar brubanen. Brubanen var 4,25 m mellom rekkverkene og var av 2½ planker på strøved av 2" over- og underligger som igjen lå på 3" × 8" langbærere.

Brua ble ferdig 1856. Byggmester I. C. Bredesen som hadde påtatt seg arbeidet for kr. 52 500 beregnet da at planforandringer m. m. hadde økt kostnaden til kr. 102 500,—. Departementet godkjente ikke dette og etter endel prosedyre ble det enighet om at Bredesen skulle få kr. 81 700,—. Tillagt andre utgifter ved oppførelsen ble kostnaden kr. 86 400,— som i sin helhet ble utredet av staten.

Byggverket, som var 100 % norsk arbeid, må betegnes som flott og tjener så vel konstruktør som byggmester til ære.

Bru av liknende type ble i de samme år bygd over Stjørdalselva ved Hell i Nord-Trøndelag.

Da Kongsvinger fikk byutvidelse i 1875 så stasjons-siden kom inn i byen ble det i lov om denne i § 3 bestemt at utgiftene til vedlikehold av brua skulle påhvile Hedmark fylke. I 1903, 1904 og 1905 ble forhandlet med Kongsvinger by om overdragelse av vedlikeholdet til byen, men disse forhandlinger bragte ikke noe resultat, og forannevnte lovbestemmelse gjelder således fremdeles. Ved statens overtagelse av riksvegene i 1927 ble Kongsvinger bru endel av disse, og vedlikeholdes således nå av staten.

Som så meget annet av den eldre veg- og brubygging var heller ikke Kongsvinger bru beregnet for tung trafikk, og allerede omkring 1920 begynte den tillatte belastning på brua å bli en hemske for trafikken.



Fig. 1. Kongsvinger gamle bru etter sprengningen 16. april 1940. Foto tatt 17. april. Bemerkt (hvis reproduksjonen gjør det mulig) de tyske tropper på pillaren.

Det var dog ikke mulig å få plass til Kongsvinger bru blant de anlegg som ble tatt opp i 1920-årene, og den ble derfor søkt forsterket på flere måter og tillatt akseltrykk ble høynet til 4000 kg. I 1930-årene kom de første planer for ny bru under diskusjon, nemlig ombygging på det gamle brusted. Resultatet av overveielserne førte til at Kongsvinger formannskap den 8. mars 1940 ga sin fulle tilslutning til et forslag om at den nye bru bygges nedenfor den gamle. Det passet også for de vassdragsinteresserte som ønsket de gamle brupillarer fjernet for å få mest mulig fritt gjennomløp. Da brua ble sprengt under krigsoperasjonene den 15. april 1940 slik at de gamle pillarer var verdiløse og det måtte hel ombygging til, måtte løsningen bli å reparere den gamle så den kunne gjøres tjenlig for trafikken inntil en kunne få bygd den nye. Reparasjonen ble utført provisorisk. Den bergogdalanbanefasong den fikk ved sprengningen lot seg ikke endre og i defekt stand har den gamle brua voldt sine trafikanter både ergrelse og besvær i de årene som den måtte gjøre tjeneste til ny bru ble ferdig.

2. Den nye bru.

Forslaget om at den nye bru skulle ligge på nedsiden av den gamle fikk tilslutning av alle som var interessert i saken og det første forslag til brutype ble utarbeidet av Vegdirektørens brukontor i 1940. Forslaget var omtrent slik som brua er bygd, men noe mindre bredde. Omkostningene ble dengang beregnet til kr. 845 000,— + utgifter til grunn og flytting av hus anslått til kr. 62 000,—.

Bevilgning til dette arbeid ble ikke gitt på ordinær måte under krigen, men en fikk tillatelse til å nytte kr. 200 000,— som ble stilt til disposisjon av bevilgningen til krigsskadede bruer. Arbeidet ble påbegynt i januar 1943 med fundamenteringen av søndre pillar. Diskusjonen om planen foregikk ennå, men en var klar over at det ikke ble foregrepet noe om en begynte arbeidet. Etter at flere alternativ var prøvd samlet diskusjonen seg til slutt om to alternativ, nemlig hengebru med to pillarer ute i elva og fagverksbru med overliggende brubane og tre pillarer ute i elva. Kostnaden var beregnet å bli den samme ved begge. Da to pillarer og begge landkar var felles for begge alternativ, fortsatte

arbeidet på disse slik at da krigen sluttet, var søndre landkar på det nærmeste ferdig, og begge pillarer var ferdigmuret.

De faktorer som nå ble bestemmende for valg av alternativ var følgende:

1. De interesserte. (Trafikanter, vassdragsinteresserte og Kongsvinger by.)
2. Tiden. (Den gamle brus levealder var begrenset.)
3. Materialleveranse (vesentlig stål).

Av førstnevnte gikk trafikkinteressenten og de estetiske hensyn som ble forfektet av Kongsvinger by inn for fagverksbru, mens vassdragsinteressentene anbefalte størst mulig fritt løp, altså hengebru. Imidlertid viste det seg at fagverksbru ble atskillig ugunstigere så vel med hensyn til byggetid som til leveranse av stål fra utlandet, og da det ikke var noen som ville ta ansvaret for avbrudd i trafikken fordi den gamle bru måtte stenges, bestemte Vegdirektøren i 1946 at hengebru skulle legges til grunn for utførelsen.

Det ble satt opp en arbeidsplan og etter denne mente en å få brua ferdig i 1948. Kongsvinger bystyre syntes imidlertid ikke å kunne godta planen, bl. a. var også plassering av det nye rådhus nå kastet inn i diskusjonen. Etter fornyede overveielser fant dog bystyret i april 1947 at det kunne godta planen for hengebru.

Arbeidet ble gjenopptatt i august 1947, og brua ble ferdig så den kunne åpnes for trafikk 25. juni 1949.

B. Utførelsen.

Den vedtatte plan var hengebru med avstand 104 m mellom tårnene, 1 sidespenn på nordre land 16,7 m t.sp.v. og 2 sidespenn på søndre land med t.sp.v. 14,5 og 11,05 m. Det sistnevnte er over jernbanen og gir plass til dobbelt spor. Bredden av kjørebane 7,0 m og bredden av hvert fortau 2,8 m. Avstanden mellom rekkverkene 12,7 m. Tårnhøyden 12,2 m.

Begge pillarer er fundamentert på fjell. Fjellet som lå fra 2,0 til 5,0 m under lavvannstand var meget ujevnt

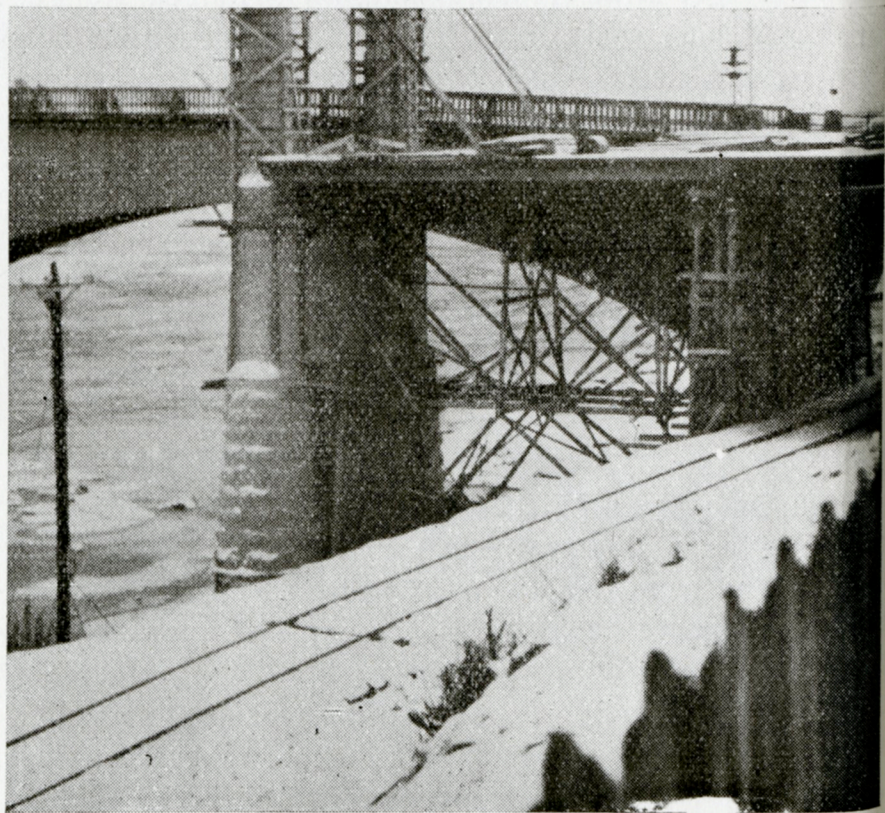


Fig. 2. Pillar.

og fullt av store sprekker. For å få tørr byggegruve ble det satt opp dobbell spunsvegg i avstand 20 cm mellom veggene som var festet til 8" × 8" stolper. Disse ble igjen festet til fjellet ved hjelp av dykker. Mellomrommet mellom veggene ble fylt med mørtel. Meningen var at mørtelen skulle trenge ned i alle sprekker i fjellet og gjøre veggen tett i bunnen og dette holdt stikk.

brønnen var 30 kvm. og disponibel utgangsflate i planum var ca. 45 kvm. så veggene ble temmelig steile. Gravingen lyktes uten vesentlige ulemper. Brønn nr. 2 på samme land måtte graves i tiden mai—juni av hensyn til forsering av byggingen, og her måtte en stemple atskillig for å unngå ras, delvis gjøre om igjen. Begge forankringsklossers frontflate ligger mot urørte jordmasser.

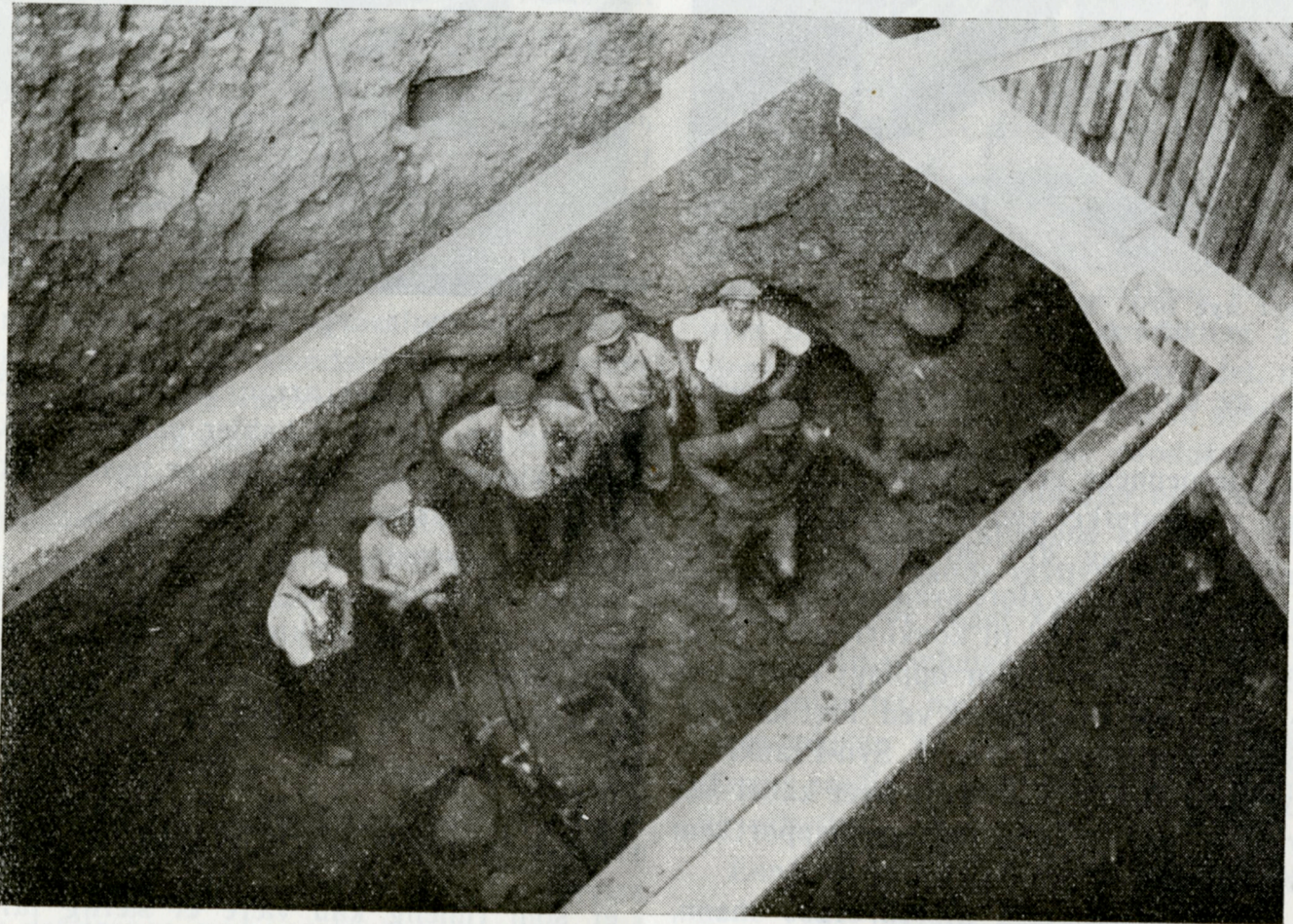


Fig. 3. Graving av sjakt.

Byggegruvens flate var 90 kvm. Pillarene opp til 1,0 m over høyeste vannstand er bygd av hogd granittstein helt igjennom. Bredde og lengde på toppen er 2,0 × 13,0 m. Pendelpillaren ved jernbanesporet er gitt fundament som går ned til fjell. Nordre landkar står likeledes på fjell mens søndre har fundamentsokkel av betong.

Øvre del av pillarene er av armert betong, likeledes tårnene. Ved tårnfoten er det ikke brukt lager i vanlig forstand. Underflaten av betongen i tårnet er gitt en avrundet form og forsterket med en stålplate. Dette står så på en plan flate av betong på pillartoppen som også er forsterket med en stålplate. Det krevdes en trykkstyrke i betongen på minst 500 kg/cm² i en dybde 1,0 m ned i pillartoppen og 600 kg/cm² 1,0 m opp i tårnet over leddet. Dette oppnådde en ved å bruke spesialsementen Citadur. Tårnene er malt med lys mineralitmaling.

Forankringen av kablene er av armerte betongklosser. Av hensyn til utførelsen ble valgt en kloss for hver kabelside, og hver kloss er på vel 100 kbm. Underkant av klossene ligger 9—10 m under planum. Graving av brønnene bød på endel vanskeligheter på søndre land da de lå i en gate hvor det var vann- og kloakkledninger m. m. og like ved hus. Grunnen er leirsand med god friksjon og da klimaet kan påregnes å være stabilt med tildels sterk kulde i tiden januar—mars valgte en å grave den første brønn der for at veggene skulle fryse til etter hvert som en kom ned. Nødvendig flate i bunnen av

På nordre land hvor gravingen var noe enklere ble de lette sandmasser skiftet ut foran en av klossene i ca. 6 m lengde og erstattet med grus som ble stampet omhyggelig, mens det ved den andre ble brukt plankevegg som ble slått ned i forkant av klossens plass før nederste del av brønnen ble gravd. Veggen tjente som forskaling mot klossens forkant. Da klossen var herdnet ble veggen dradd opp igjen forsiktig for ikke å få utras av jordmasse i spalten, som så med forsiktighet ble fylt med betong. Derved oppnådde en å få urørte jordmasser foran klossen. Stagene fra klossene og opp til planum er innstøpt i mager betong. Ved 3 av staggatene lå betongen an mot urørte masser, mens den lå på oppfylte masser ved den 4., og her fikk en en mindre setning under støpingen ved øvre del av stagene. Denne ble rettet opp, og for å hindre senere setninger ble støpt en bæresøyle under innstøpingen helt ned til fast bakke.

K-punktet er også helt innstøpt. For å få lavest mulig høyde er det gitt en takket form, og dette ble oppnådd ved at de 3 øverste kabler er noe lengre enn de 3 nederste. De tilsvarende stag er tilsvarende kortere og lengere. For å hindre gnissing av kabelen det korte stykke ved kabelhodet hvor den kommer inn i betongen ble holdt åpen en klaring på 3 cm mellom kabel og betong og i denne åpning ble det stampet fiberfett.

For overbygningen ble først begge sidespenn gjort ferdig så en kunne nytte brubanen her som «arbeids-

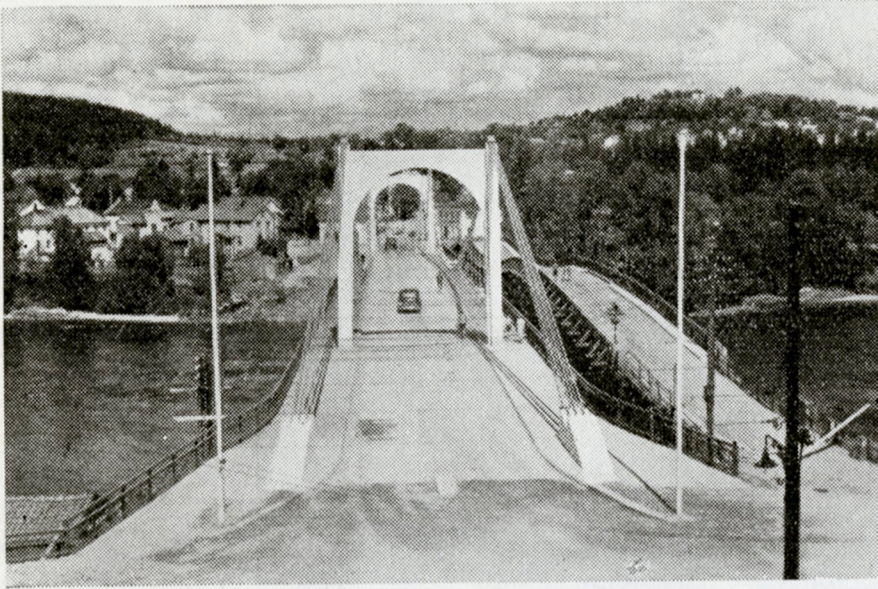


Fig. 4. Kongsvinger nye bru. Fortau med rekkverk på land ikke ferdig.

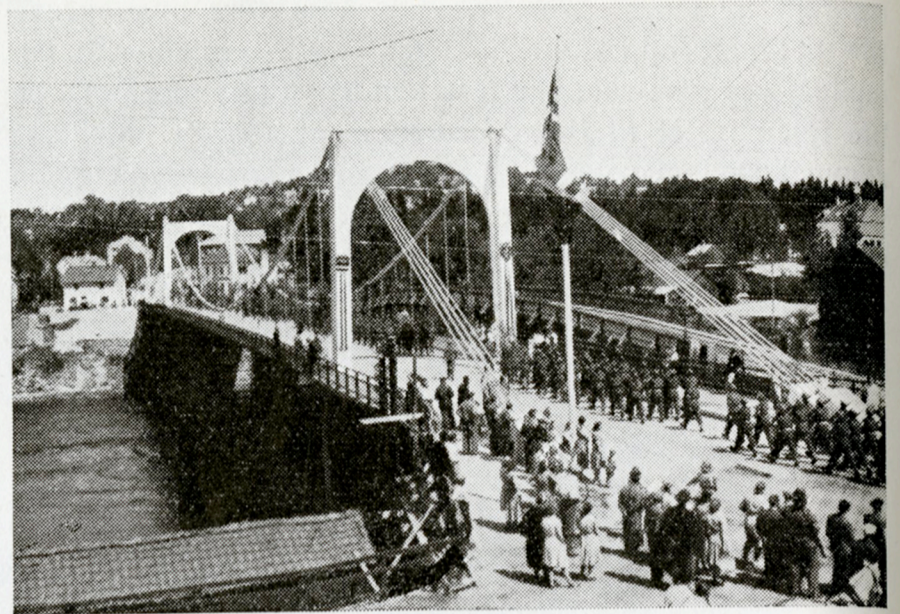


Fig. 5. Fra åpningen av den nye bru.

gulv» ved støping av fårnene og montering av ståloverbbygningen.

Hovedbærere i sidespennene er stålbjelker Dip. 100 og Dip. 42½ og disse er forsterket ved påsveising av plater på undergurten og lasker av 30 × 30 firkantjern tvers over overgurten. Dette temmelig store sveisearbeid ble utført på vegvesenets eget verksted til konkurrerende pris.

Kablene har 68 mm diameter og er opplagt i to lag à 3 kabler på hver side. De er spunnet ved Trefilerie og Cablerie De Bourg kabelfabrik i Ain i Syd-Frankrike. Kablene er av typen hellukkete kabler og hver kabel har 254 tråder. Av overingeniør Ingebrigtsens rapport om kontrollprøvingen siteres:

«Kabelverket som beskjeftiget i alt ca. 1200 mann, var i drift hele døgnet og hadde store leveranser av vanlig ståltau. Verket var sterkt interessert i leveranse av hellukkete brukabler som var deres spesialitet. For tiden hadde de bare leveranse til Norge av den slags kabler, idet brukabler til franske hengebruer i alminnelighet ble utført som spiralslåtte kabler med runde tråder beskyttet med et asfaltbelegg ytterst. Disse kabler er billigere i utførelse og har tidligere i mindre utstrekning vært benyttet her.»

«Det ble i fabrikkens skåret av et prøvestykke av de ferdige kabler til Kongsvinger bru og kontrollprøve av dimensjoner, strekkstyrke, vridnings- og bøye-fasthet samt forlengelse ble foretatt med hver enkelt tråd.»

«Strekkprøve av stykket av de ferdige kabler ble foretatt ved materialprøveanstalt i Belgia.»

«Resultatene tilfredsstillende de i kontrakten oppstilte krav.»

«For Kongsvinger bru var den på prøveanstalten i Bryssel målte bruddlast 393 tonn eller ca. 83 % av den samlede trådbruddstyrke som gjennomsnitt av 2 prøver er 476,3 tonn. I kontrakten er foreskrevet en kabelbruddfasthet på 385 tonn.»

All armert betong ble vibrert og det ble i alt sendt 88 prøver av betongen til Vegvesenets laboratorium.

Kostnad av brua uten tilstøtende veg blir ca. 1,5 mill. kr.

Brudekket for kjørebanelen er av armert betong og likeledes fortau i sidespennene, mens fortau i hovedspenn er av tre.

Det er anordnet arrangement for opplegg av vannledning og elektriske kabler på begge sider.

Ståldelene i hovedspennet er bearbejdet og montert av Alfred Andersens Mek. Verksted og Støberi A/S, Larvik, etter vegvesenets tegninger.

Alle konstruksjoner, beregninger og tegninger samt avslutning av kontrakter om større leveranser er utført ved Bruavdelingen hos Vegdirektøren.

Byggearbeidet er utført av Hedmark fylkes vegvesen.

VEGKRYSS MED JERNBANE

er som rimelig kan være et særlig faremoment. Den beste løsning er selvfølgelig over- eller undergang, men det faller meget dyrt, og da skarpe kurver oftest følger med denslags anordninger, medfører dette et nytt faremoment av slett ikke underordnet betydning.

I svært mange tilfelle må man imidlertid bibeholde plankryssingen, og det gjelder da å finne de beste løsninger.

Et av de store amerikanske jernbaneselskaper Wabash, har nå offentliggjort sine erfaringer med forskjellige slags beskyttelser av planoverganger for tiden 1929—48, med følgende resultater (finale accident quotient):

Automatiske grunder	0,10
Ikke automatiske grunder, betjent hele døgnet	0,15
Blinklys foran et spor	0,17
Wig-vags, et bevegelig signal som svinger fram og tilbake på tvers av vegretningen	0,30
Grunder, betjent bare over en del av døgnet	0,35
Vaktmann	0,36
Automatisk ringeapparat	0,39
Reflekterende lyssignal	0,45—0,80

Tallene gjelder for 321 planoverganger, hvor beskyttelsen ble forandret fra en til en annen form i løpet av 20 år. I 20 av overgangene var der 2 forandringer i samme tid. I alt representerer tallene 6300 plankryssningsår.

(Highway Research Abstracts, mai 1949.) O. K.