BRUG
by

HI - AMBACHT

OMSCHRIJVING
OBJECT

RIJKSDIENST VOOR DE MONUMENTENZORG

Broederplein 41 · 3703 CD Zeist
Postbus 1001 · 3700 BA Zeist
030 · 69 83 211
030 · 69 16 189
info@monumentenzorg.nl
www.monumentenzorg.nl
Rabobank 19.23.21.757

Aan het bestuur van de
Stichting Boogbrug Vianen
Walkade 15
3401 DR IJSSELSTEIN

11.1
7.1
11.1

uw brief datum	uw kenmerk		
29 september 2005			
ons nummer	**behandeld door**		**doorkiesnummer**
MS-2005-4338	P.M. Schreuders		384
onderwerp		**bijlagen**	**datum**
aanwijzingsverzoek bruggen		Geen	13 OKT. 2005

Geacht bestuur,

Naar aanleiding van uw bovenvermelde brief deel ik u mede dat de brug over de IJssel bij Zwolle, de brug over de Waal bij Nijmegen en de brug over de Noord bij Hendrik-Ido-Ambacht al beschermde rijksmonumenten zijn en dat ik om die reden uw verzoek buiten behandeling laat voor zover het deze bruggen betreft.

Met vriendelijke groet,

De Staatssecretaris van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap,
mr. Medy C. van der Laan,
namens deze,
de Directeur van de Rijksdienst voor de Monumentenzorg,
voor deze,

(mr. M.P. Otten, hoofd Monumentenregistratie en Subsidies)

11.2

BRUG BIJ HENDRIK IDO AMBACHT **1939**

Uw kenmerk: MS-2005-4338

Plaatselijke aanduiding: bij u bekend

Kadastrale aanduiding: bij u bekend

Exacte omvang: bij u bekend

DE OVERBRUGGING VAN DE NOORD TE HENDRIK-IDO-AMBACHT, 1939

Deze overbrugging is gelegen in de rijksweg van Rotterdam naar de Betuwe en verving een pontveer.

Van de zijde van de scheepvaart was er de eis dat het zomerbed in een keer zou worden overspannen en dat de volle breedte ervan, 175 m, vrij zou zijn. Omdat de overbrugging de rivier onder een hoek van 85° kruiste betekende dit een wijdte tussen de pijlers van 178 m.

De doorvaarthoogte was 9,4 m boven de hoogste waterstand, een ruime maat want de normale eis was 9,1 m terwijl bij een tijrivier als de Noord de hoogste stand zich slechts gedurende korte tijd handhaaft. Niettemin kwam er aan de oostzijde nog een beweegbare brug, een rolbasculebrug met een doorvaartwijdte van 42 m. Deze was alleen bestemd voor het passeren van bijzondere schepen zoals baggermolens, bokken, zeeschepen op weg naar een sloperij en dergelijke. Zij behoefde dus slechts zelden te worden geopend. Aan de westzijde was eigenlijk geen behoefte aan een aanbrug omdat de uiterwaard hier hoog lag en er bij hoog water slechts weinig afvoer was. De grondgesteldheid aan de rand van het zomerbed was echter dermate slecht dat het bouwen van een landhoofd (dat immers aan een grote horizontale gronddruk onderhevig is) niet wenselijk was. Daarom kwam hier toch een aanbrug met een opening van ongeveer 45 m en een landhoofd op een plaats waar de grondslag beter was. Bovendien werd de overbrugging hierdoor symmetrisch (een middenbrug met twee gelijkwaardige zijbruggen) hetgeen de totaalvorm verbeterde.

Het rijdek kreeg een breedte van 12 m met, bij de middenbrug, twee schampkanten van 0,5 m binnen de hoofdliggers en daarbuiten zijpaden met een breedte van 2,5 m.

De middenbrug, met een overspanning van 184,8 m en hoofdliggers hart op hart 14,0 m, kreeg om economische, maar ook om esthetische redenen een boogbrug met trekbanden. De bogen werden uitgevoerd als vakwerken waarvan de bovenkant in het midden van de brug ruim 33 m boven het brugdek lag. De hangers lagen hart op hart 8,8 m. Zij droegen de geconstrueerde dwarsdragers, de langsdragers en het betonnen brugdek. De staalconstructies waren geklonken, behalve de hangers die werden uitgevoerd in gelaste constructie hetgeen toen bij Rijkswaterstaat nog uitzondering was. Bijzonder was verder dat men de langsdragers de verlenging van de trekband door de verkeersbelasting liet meemaken door ze via de betonvloer met zogenoemde alfa-spiralen aan de trekband te koppelen. Daardoor hoefde de trekband slechts te worden berekend op de helft van de verkeersbelasting terwijl ongewenste zijdelingse buiging van de dwarsdragers in de buurt van de trekband werd vermeden. Tussen de bovenranden van de vakwerkbogen was een stabiliteitsverband in K-vorm. De onderranden van de bogen werden aan de bovenrand gekoppeld met verticale dwarsverbanden.

De aanbrug aan de westzijde, met een overspanning van 48 m, kreeg vakwerkhoofdliggers in V-patroon met een hooggelegen brugdek. De systeemhoogte was hier evenals de veldlengte 6 m. Samen met de dwars- en langsdragers droegen zij de betonnen vloer. Ook hier was er samenwerking tussen de langsdragers en de bovenrand van de vakwerkliggers via de betonvloer.

Wat de staalkwaliteit betreft werd bij de middenbrug St.52 gebruikt voor de randen van de vakwerkbogen, de diagonalen daarvan in het middenveld en de trekbanden. Bij de aanbrug werden de randen van de vakwerkliggers ook uitgevoerd in St.52. De overige brugdelen waren van St.37.

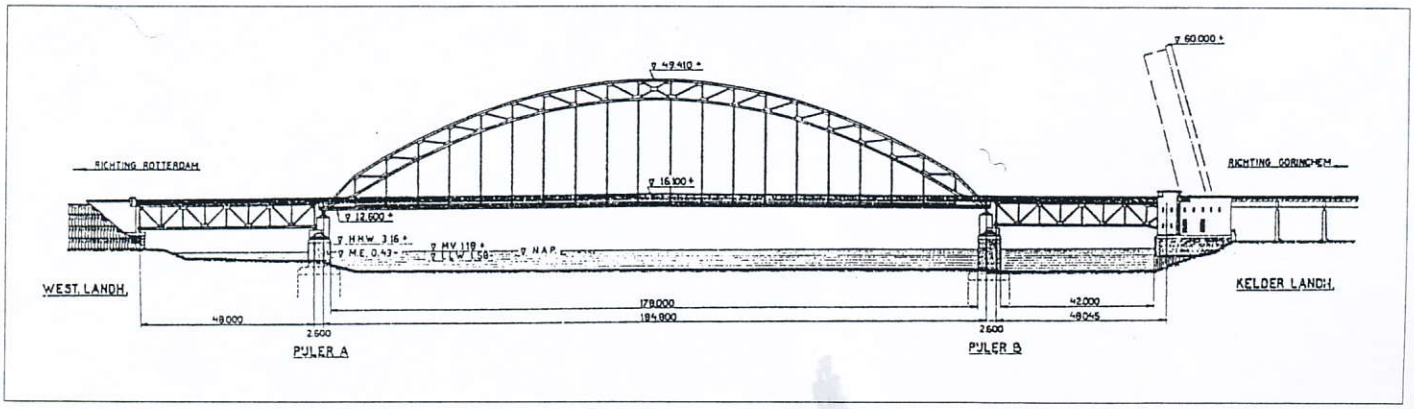
Op 14 november 1939 werd de brug voor het verkeer opengesteld, op sobere wijze want inmiddels was het leger reeds gemobiliseerd in het eerste jaar van de Tweede Wereldoorlog.

Van de bovenbouw was Werkspoor te Amsterdam de aannemer voor de grote brug en F. Kloos en Zonen te Kinderdijk die voor de aanbrug. Zij werden bijgestaan door een aantal andere constructiewerkplaatsen. De montage werd verricht door de NV Bijker te Gorinchem.

Bij de montage moest ten behoeve van de scheepvaart worden gerekend met een doorvaartopening van minstens 50 m met beperkte doorvaarthoogte en met een opening van 30 m met onbeperkte doorvaarthoogte. Voor de laatste werd de opening van het beweegbaar gedeelte gebruikt dat pas later zou worden gebouwd. De grote opening werd overspannen door de montagebruggen van Rijkswaterstaat die ook al in Arnhem en Vianen waren gebruikt. Verder werd voor de montagesteigers alleen gebruik gemaakt van paaljukken in de rivier. Op de steigers werden eerst de trekbanden en de vloerconstructie gemonteerd terwijl de bogen tijdens de montage steunden op de hangers die hiertoe tegen uitknikken waren verstijfd. Evenals bij de andere boogbruggen werden ook hier de bogen gemonteerd als driescharnierbogen waarvan het topscharnier eerst werd gesloten na het verwijderen van de ondersteuningen.

In 1945 vonden er door oorlogshandelingen vernielingen plaats. De brug is thans nog hoofdzakelijk in de oorspronkelijke vorm aanwezig.

Bronnen: Harmsen 1939 II; Roggeveen 1939 I.



Directie BRUGGEN
Rijkswaterstaat
BV. 25.
wordt 30-11

RIJKSWATERSTAAT DIR. BRUGGEN - TECHN. BIBLIOTHEEK -

Brug over de Noord te Hendrik-Ido-Ambacht.

Inleidingen tot de excursie van de Afdeeling voor Bouw- en Waterbouwkunde van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, op 23 Mei 1939.

I. Situatie en hoofdafmetingen

door

ir. W. J. H. HARMSEN.

De brug over de Noord maakt onderdeel uit van weg no. 15 van het Rijkswegenplan. Deze takt bij Ridderkerk tusschen Rotterdam en Dordrecht af van weg no. 16 en loopt in oostwaartsche richting. Na even benoorden de kom van Hendrik-Ido-Ambacht de Noord te hebben gekruist (fig. 1), loopt weg no. 15 verder tusschen Nederrijn en Lek eenerzijds en Waal en Merwede anderzijds in de lengterichting van de Betuwe tot de aansluiting aan den geprojecteerden weg no. 52 tusschen Arnhem en Nijmegen.

De Noord is een der drukst bevaren rivieren van ons land; de binnenscheepvaart tusschen Rotterdam en den Rijn, Rotterdam en Amsterdam met het Zuiden van ons land en Antwerpen volgt deze rivier. Voorts heeft zich langs haar oevers een, met de scheepvaart verband houdende, belangrijke industrie gevestigd. Het is derhalve niet verwonderlijk, dat ten behoeve van de scheepvaart hooge eischen aan de overbrugging zijn gesteld.

De Noord is een tijrivier. In fig. 2 zijn de waterstanden ter plaatse aangegeven, die voor het ontwerp van belang zijn.

Ten behoeve van de scheepvaart werd nu in de eerste plaats de eisch gesteld, dat de volle breedte van het zomerbed, welke hier 175 m bedraagt, voor de normale binnenvaart moest worden vrij gehouden. Daar de hoek van kruising van de brug met de rivieras 85° bedraagt, volgde hieruit een wijdte tusschen de pijlers der hoofdoverspanning van 178 m en een theoretische lengte van die overspanning van 184,80 m. Het laagste gedeelte van de constructie van deze overspanning is gelegen op 12,60 m + N.A.P., zoodat boven den hoogsten waterstand nog een doorvaarthoogte van ruim 9,40 m aanwezig is. Wanneer in aanmerking wordt genomen, dat op den conventioneelen Rijn als gewenschte vrije hoogte 9,10 m boven de hoogste standen, waarbij wordt gevaren, is aan-

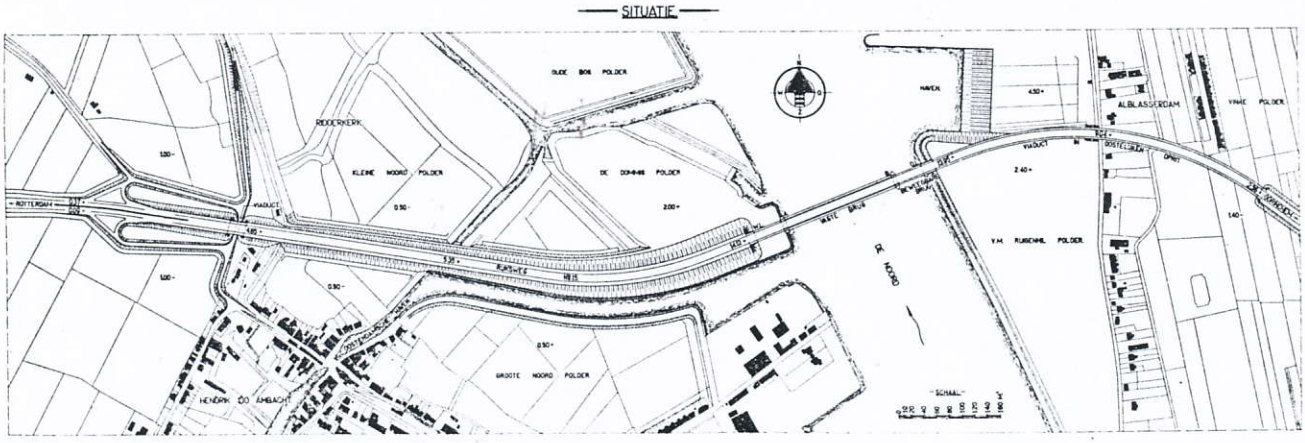


Fig. 1. Situatie.

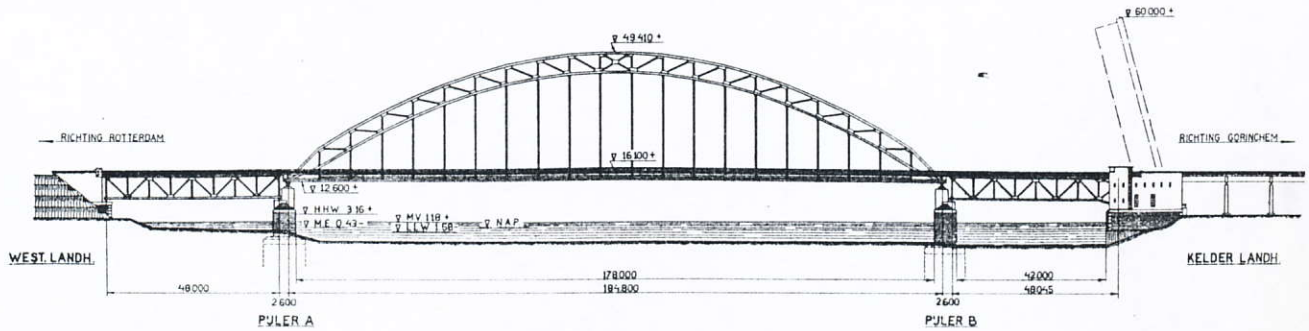


Fig. 2. Overzichtsschema rivieroverbrugging.

genomen, terwijl op een tijrivier als de Noord de hoogste waterstanden gedurende veel kortere perioden optreden dan bij een bovenrivier, dan blijkt wel, dat hier een zeer ruime maat is aangehouden. Naast deze vaste hoofdoverspanning is nog een beweegbare opening met onbeperkte doorvaarthoogte vereischt van 40 m haaks op de rivieras gemeten; de doorvaartwijdte hiervan is, langs de brugas gemeten, 42 m geworden. Deze opening is bestemd voor baggermolens, bokken, zeeschepen, die naar een slooperij gaan, e.d. Het aantal malen, dat deze brug geopend moet worden, zal slechts gering zijn.

Voor toegang naar de opening van dit beweegbare gedeelte moest de Noord plaatselijk worden verbreed. Aangezien deze verbreeding het eenvoudigst op den oostelijken oever kon geschieden, is de beweegbare brug aan de oostzijde van de vaste brug gelegd. Dit bracht tevens het voordeel mede, dat het kelderlandhoofd op den oostelijken oever in den droge kon worden gebouwd.

Daar de buiten den bandijk gelegen gronden alleen als waterberging bij stormvloedstanden beteekenis voor de rivier hebben, kon, wat het rivierbelang betreft, worden volstaan met overbrugging van het zomerbed. Toch is aan de westzijde naast de hoofdoverspanning nog een vaste overspanning van 48 m theoretische lengte gelegd, deels omdat in verband met den slechten fundeeringsgrondslag ter plaatse van den westelijken rivierpijler het maken van een landhoofd, dat een belangrijken gronddruk moest keeren, op deze plaats moeilijkheden medebracht en meer westwaarts de grondslag beter werd, deels omdat op deze wijze een meer symmetrisch brugbeeld werd verkregen.

Dat aan de beweegbare opening van de rivierbrug oostwaarts een viaduct aansluit, heeft niet met de rivierbelangen te maken, doch is het gevolg daarvan, dat deze oplossing, in verband met den slechten grondslag, economischer is dan een gronddam.

Wanneer nog wordt medegedeeld, dat in het scheepvaartbelang bepaald is, dat gedurende de montage in de steigerwerken steeds een opening breed 50 m en hoog ten minste 8,80 m + M.V. beschikbaar moest zijn en tevens een opening, wijd 30 m, met onbeperkte doorvaarthoogte, terwijl tusschen 1 December en 1 Maart geen steigerwerken in de rivier mochten voorkomen, dan zijn alle eischen, die in het rivierbelang zijn gesteld, opgesomd.

De breedte van den rijweg op deze brug is bepaald op 12 m, bedoeld voor 4 verkeersstrooken. Aan weerszijden van den rijweg is een verhoogd pad aanwezig. Bij de hoofdoverspanning zijn deze paden buiten de hoofdliggers aangebracht. Langs den rijweg bevindt zich naast de hoofdliggers dan nog aan weerszijden een schampkant, breed 0,50 m; de paden zijn hier 2,50 m breed. Op de westelijke kleine vaste overspanning en op de beweegbare brug, waar de hoofdliggers onder het dek liggen, hebben deze paden een breedte van 3 m (2,50 m + 0,50 m schampkant). Een der paden is bestemd voor voetgangers, het andere voor wielrijders.

De westelijke oprit naar de brug kruist even boven kruinshoogte den westelijken bandijk van de Noord. De op dezen dijk gelegen weg wordt hier afgesloten. Even westwaarts van den dijk wordt een viaduct gebouwd voor kruising met den verlegden dijkweg. Bij den teen van den oprit wordt aansluiting verkregen voor het plaatselijke wegennet. De hellingen in dezen oprit zijn normaal 1 : 50.

De viaduct in den oostelijken oprit kruist den oostelijken bandijk op zoodanige hoogte, dat de op de dijkskruin gelegen weg doorgevoerd kan worden. Hier ter plaatse wordt alleen door trappen verbinding tusschen den weg op den dijk en de viaduct verkregen.

Aan den voet van den oostelijken oprit wordt weder aansluiting aan het locale wegennet verkregen (op fig. 1 niet meer aangegeven).

De westelijke oprit kruist den toegang naar de Oostendamsche haven. Een nieuwe toegang bezuiden langs den oprit is hiertoe gemaakt.

Op den oostelijken oever werd door de rivierverbreeding een haven van de even beneden de brug gelegen scheepswerf „de Noord" belangrijk verkleind. Als compensatie is onmiddellijk benoorden de brug een nieuwe afbouwhaven voor deze werf gemaakt.

II. Onderbouw rivieroverbrugging en viaducten in toegangswegen

door

ir. G. C. BOONSTRA.

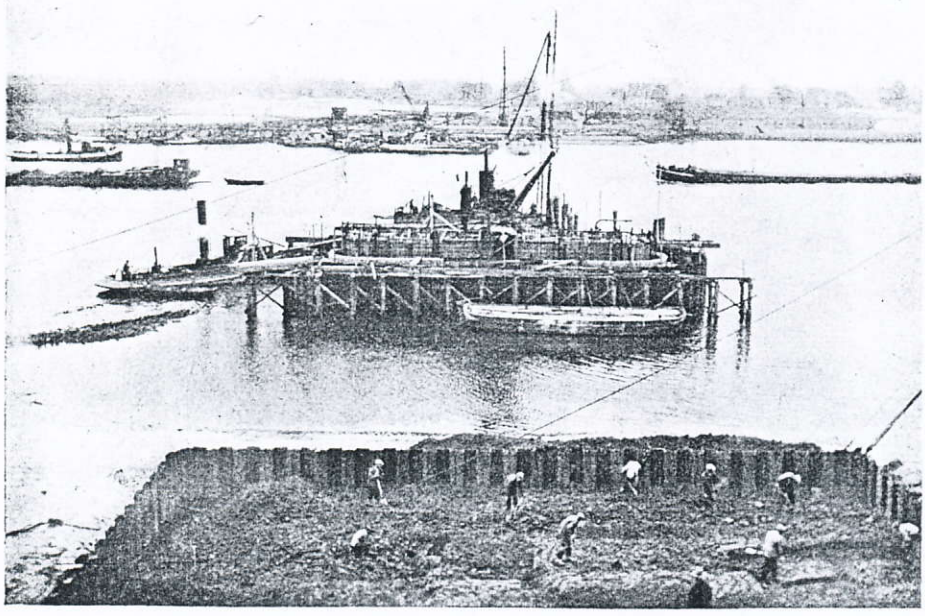


Fig. 3. Opbouw pijler B en bouwput kelderlandhoofd op voorgrond.

Onderbouw.

De onderbouw omvat, blijkens het overzichtsschema van fig. 2, een westelijk landhoofd, twee stroompijlers A en B en een, als kelder voor de rolbasculebrug ingericht, oostelijk (kelder)-landhoofd. De beide landhoofden zijn in den droge gebouwd vanaf de oeverterreinen, de pijlers op de gebruikelijke wijze binnen stalen bouwkuipen, met behulp van een onder water gestorte, als afdichting en stempeling dienende betonplaat.

Ten behoeve van de uitvoering der pijlers en de bescherming tegen aanvaring van de ter plaatse zeer drukke scheepvaart zijn, ter weerszijden daarvan, zware houten hulpsteigers aangebracht, waarvan fig. 3 een beeld geeft; op den voorgrond de groote bouwput voor het kelderlandhoofd.

Landhoofden en pijlers zijn gefundeerd op palen van gewapend beton.

De verrichte grondboringen voor den onderbouw gaven geen duidelijke aanwijzing omtrent de diepte, waarop de gewapend betonpalen moesten worden geheid, terwijl op grond van de ervaring, opgedaan met werken in de naaste omgeving van de brug, evenmin kon worden verwacht, dat proefheiingen alleen tot het beoogde doel zouden leiden.

Langs beide oevers zijn daartoe uitgebreide onderzoekingen verricht, bestaande in proefbelastingen op palen, welke met de punt op verschillende diepten zijn geheid, en diepsondeeringen. Van de resultaten hiervan is door schrijver mededeeling gedaan in de voordracht, gehouden tijdens de vergadering van de Afdeeling voor Bouw- en Waterbouwkunde van het Instituut op 15 Maart jl.

Betreffende de constructie van landhoofden en pijlers kan het volgende worden medegedeeld.

Het *westelijk landhoofd* is volledig grondkeerend over ruim 12 m hoogte. De ligging vlak op den rivieroever, waarin op betrekkelijk geringe diepte slappe kleilagen voorkwamen, maakte het noodzakelijk maatregelen te treffen om het gevaar van schadelijke zettingen voor het landhoofd bij de aanaarding van den zeer hoogen gronddam zooveel mogelijk te voorkomen.

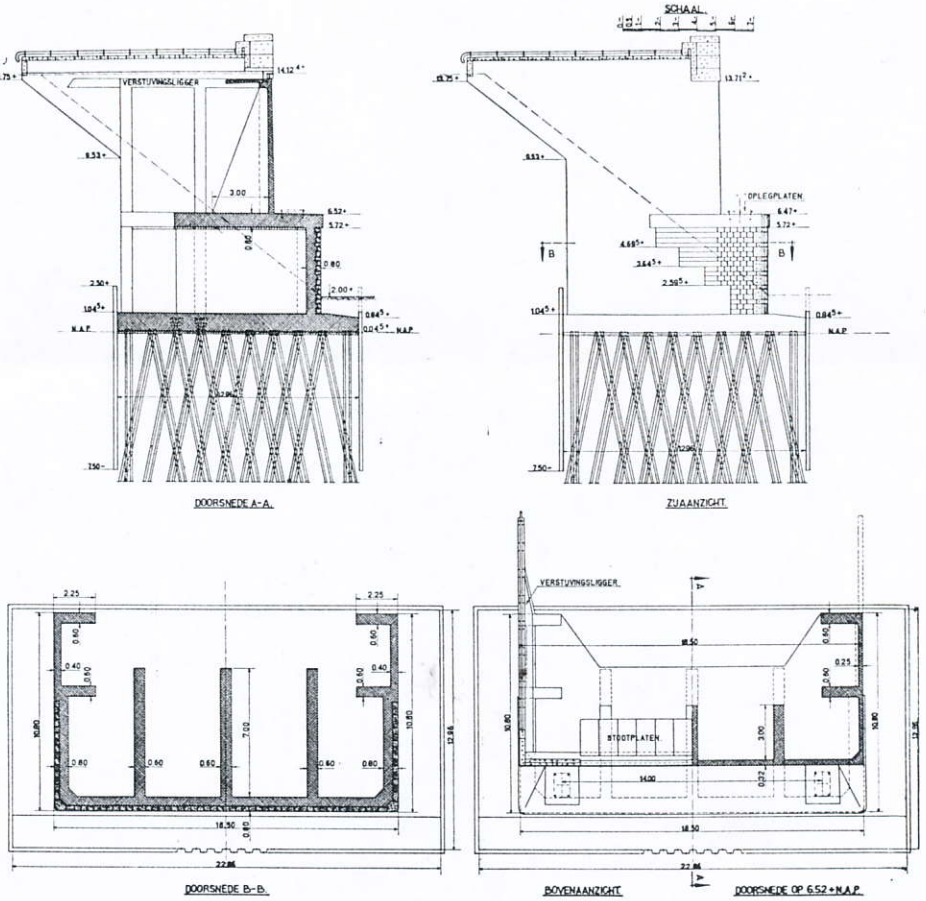


Fig. 4. Westelijk landhoofd.

Daartoe is de kop van den gronddam geruimen tijd vóór den bouw van dit landhoofd, en zich uitstrekkende tot even rivierwaarts daarvan, met overhoogte aangelegd, zoodat de onderlagen zich eenigermate hebben kunnen aanpassen aan de gewijzigde omstandigheden.

Ter plaatse is daarna de kop van den oprit ontgraven tot terreinshoogte en werd met den bouw van het landhoofd aangevangen.

Het landhoofd zelf (fig. 4) heeft, als gevolg van de daarop werkende belastingen en de uitvoeringswijze, een paalfundeering van in bokvorm geplaatste schoorrijen met omsluitingsdamwand verkregen.

De opbouw van het landhoofd is nagenoeg geheel van gewapend beton samengesteld, met een granietbemetseling aan de buitenzijde onder de horizontale, tevens voor de brugopleggingen bestemde, koppelplaat.

Voor afsluiting van de granietbemetseling en de bekroning van borstweringen e.d. is overigens een spaarzaam gebruik van vlak bewerkt, in de zichtvlakken gespitst graniet gemaakt.

Onder de koppelplaat, dienende tevens ter ontlasting van den gronddruk op den frontwand, zijn steunwanden aangebracht, welke naar boven voortgezet zijn in de driehoekige versterkingsruggen van den bovenfrontwand.

De vleugelwanden zijn eveneens van versterkingsruggen voorzien, terwijl de achterste gedeelten over $\pm$ 5,50 m lengte vrij uitkragend zijn geconstrueerd.

Op de hoogte van den kop van den boven-frontwand en daarbij aansluitende zijn de vleugelwanden van een doorloopenden, zich geleidelijk versmallenden, horizontalen verstijvingsligger voorzien.

De *pijlers* zijn nagenoeg van dezelfde constructie als die van de bruggen te Moerdijk en Dordrecht, zoodat een nadere omschrijving hier achterwege kan blijven. De constructie van deze pijlers moge blijken uit fig. 1 op blz. B. 42 van *De Ingenieur* no. 15 van 14 April 1939 (Artikel over Bruggenbouw van ir. HARMSEN).

Het *oostelijk landhoofd* is slechts grondkeerend tot het peil van $\pm$ 3 m + N.A.P., op welke hoogte het achterliggende terrein aansluit.

Dit landhoofd is als kelder voor de rolbasculebrug ingericht, zoodat de vormgeving hiervan nagenoeg geheel beheerscht is door de eischen van opstelling en beweging van de rolkwadranten met ballastkist. De hoofdvorm (fig. 5) bestaat uit een aan de boven- en voorzijde gedeeltelijk open, doch overigens gesloten bakconstructie van gewapend beton. De voorwand is over $\pm$ 15 m breedte tot het peil van 5,80 m + N.A.P. opgetrokken; langs de doorvaartzijde is tegen dien voorwand een beschermingswerk van tropisch hardhout aangebracht. De zijwanden en achterwand zijn tot het peil van 4,52 m + N.A.P. van een bekleeding met graniet voorzien. De fundeeringsplaat wordt langs de voorzijde en langs een gedeelte der zijwanden omsloten door een stalen damwand, welke verankerd wordt in den vooruitspringenden neus van die plaat.

Het landhoofd vormt tevens de eindoplegging van de nader te beschrijven viaduct in den oostelijken oprit, waartoe aan de bovenzijde van den achterwand een inkassing is gemaakt voor plaatsing van de stalen opleggingen van die viaduct.

Ten behoeve van de ondersteuning van de zware geconstrueerde liggers, waarop de kwadranten van de basculebrug rollen, is de fundeeringsplaat ter plaatse tot het peil van 1,88 m + N.A.P. (doorsn. B-B met hooge ruggen versterkt, waardoor onder de loopvlakken der kwadranten zware vloerliggers, A, met de aansluitende fundeeringsplaatstrooken als flenzen, zijn gevormd. Ter verhooging van de stijfheid van de fundeering, ter plaatse van het middengedeelte van den kelder, zijn deze liggers onderling door een koppelligger B verbonden.

Vermelding verdient nog, dat het totale rollende ge-

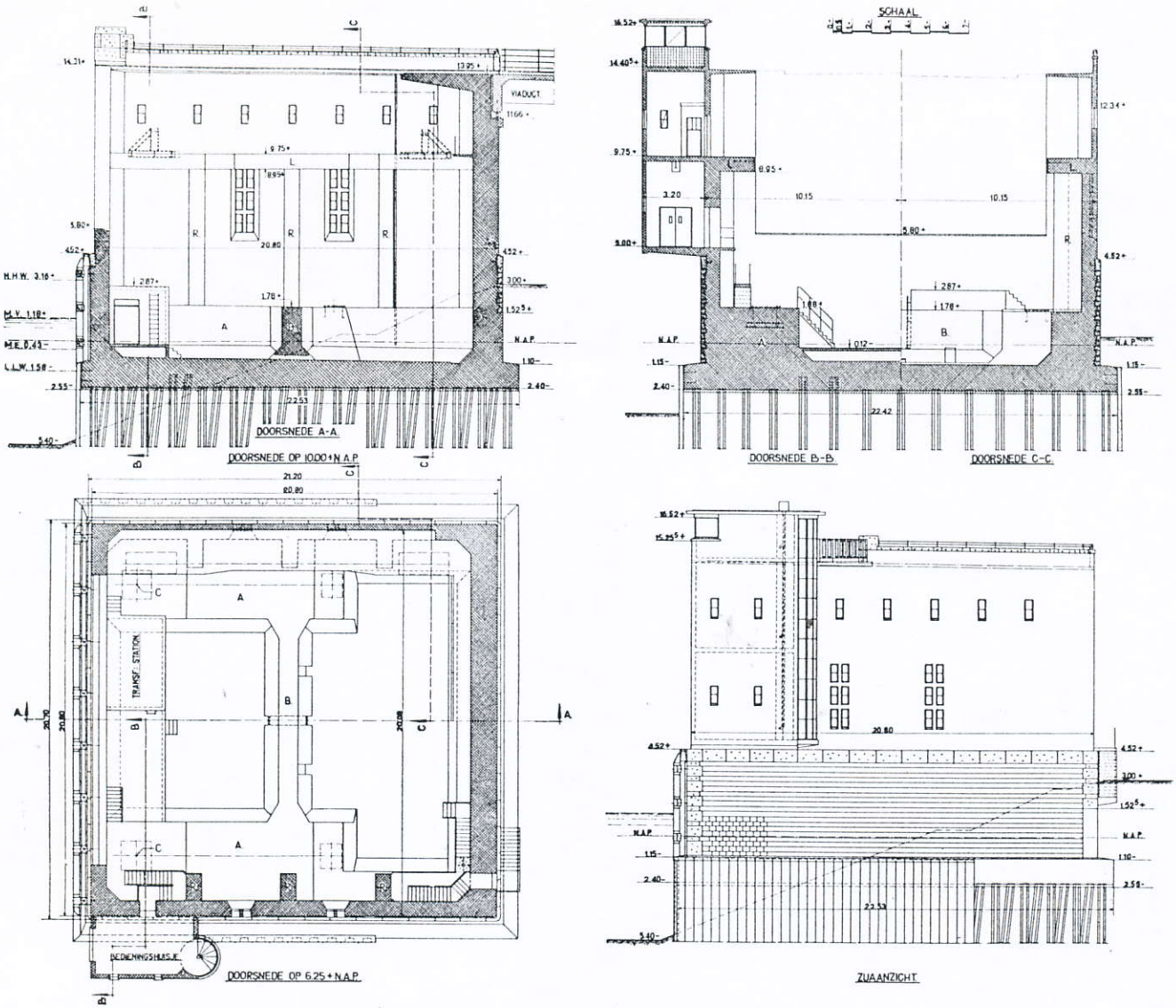


Fig. 5. Oostelijk (kelder)landhoofd.

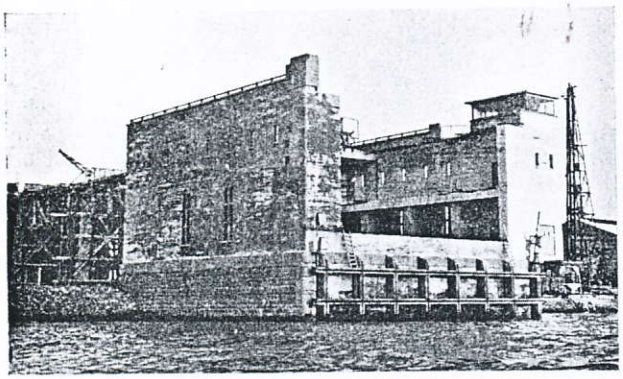


Fig. 6. Oostelijk landhoofd, gezien van doorvaartopening af.

wicht van de basculebrug ongeveer 1400 t bedraagt; in gesloten stand is de totale verticale belasting in punt C van de basculebrug (dus inclusief mobielen last) 1800 t.

Voor de ondersteuning van de loopvlakken van de locomotieven voor de aandrijving van de basculebrug zijn op het peil van 9,75 m + N.A.P., in aansluiting aan de zijwanden, langsbalken L aangebracht.

Ter verstijving van de kelderzijwanden en ter ondersteuning van de vorengenoemde langsbalken zijn verticale steunbeeren R aangebracht, welke mede tot taak hebben de ten gevolge van de aandrijving ontstane krachten naar beneden te leiden.

In aansluiting aan den rijweg en de trottoirs van de rolbasculebrug is van den achterwand uit een gedeelte van het kelderdek en zijn van de zijwanden uit trottoirs uitgebouwd.

Tusschen eenige der steunbeeren van de zijwanden in zijn lichtopeningen met stalen ramen geplaatst.

De voor de brugbediening en opstelling van aggregaten benoodigde ruimten zijn ondergebracht in een, van den zuidelijken zijwand uitgebouwd, aan de doorvaartzijde grenzend, bedieningshuis. Hierin bevinden zich 3 ruimten; de bovenste, waarvan de vloer voor het betere uitzicht een weinig verhoogd ten opzichte van het aansluitende trottoir is gelegen en nagenoeg geheel van glaswanden voorziene zijwanden voor het uitzicht van den brugwachter heeft, bevat de bedieningsapparaten; de onderste zijn bestemd voor berging van de electrische aggregaten, enz.

De ruimten staan aan het oostelijk einde onderling met elkaar in verbinding door een electrisch gelaschte stalen spiltrap, welke is ondergebracht in een trappenhuis met over de volle hoogte doorloopenden glaswand langs de halfcirkelvormige oostelijke begrenzing. Vanuit de onderste ruimte wordt door middel van een stelsel trapjes toegang verkregen tot de rolkwadranten, tot den keldervloer en verder over de vloerliggers A door openingen in de steunbeeren langs de zijwanden naar een uitgang in den achterwand.

Binnen in den kelder is in aansluiting tegen den voorwand een transformatorruimte gebouwd.

In het inwendige van den kelder bevindt zich uiteraard tevens een groot aantal kabels en waterafvoerleidingen, terwijl een tegen den achterwand geplaatst electrisch pompje voor drooghouding van den keldervloer dient.

Fig. 6 geeft een beeld van het kelderlandhoofd, gezien van de doorvaartopening af.

Ten einde het gevaar van krimpscheuren, welke voor de waterdichtheid hinderlijk zijn, zooveel mogelijk te voorkomen, is het gewapend betonwerk van het kelderlandhoofd met 350 kg cement per m³, klasse A, samengesteld. Dergelijke scheuren hebben zich, ondanks de vrij groote afmetingen van het landhoofd, tot op heden niet voorgedaan.

De werken van den onderbouw zijn krachtens bestek no. 234 Verkeersfonds dienst 1937—1939, na gehouden openbare aanbesteding, opgedragen aan de N.V. Christiani & Nielsen's Gewapend Beton-Maatschappij te 's-Gravenhage.

De granietlevering is, krachtens bestek no. 168 Verkeersfonds dienst 1937, na gehouden openbare aanbesteding, uitgevoerd door JAN B. PETIT & Zoon te Breda in Zweedsch graniet.

Langs de doorvaartopening der beweegbare overspanningen zullen, ter bescherming van en aan weerszijden van pijler B en het kelderlandhoofd, ducdalven van tropisch hardhout, al naar de plaats elk bestaande uit 9 of 6 loodpalen met kruisversterkingen, worden aangebracht.

Viaducten

Oostelijke viaduct.

In aansluiting aan het kelderlandhoofd van de rolbasculebrug wordt in den oostelijken toegangsweg over een lengte van ongeveer 615 m een viaduct van gewapend beton gebouwd.

Als gevolg van de hooge ligging van den rijweg boven het terrein en de slechte bodemgesteldheid, waarbij tot een diepte van 13 m —N.A.P. zeer slappe klei- en veenlagen worden aangetroffen, is de bouw van een viaduct om tal van redenen de aangewezen oplossing.

Het punt van aansluiting aan de aardebaan van weg no. 15 is o.m. vastgesteld op grond van economische en aesthetische overwegingen; het grondlichaam van de aansluitende aardebaan kan, in verband met de zeer slechte bodemgesteldheid, slechts over geringe hoogte worden opgetrokken zonder in groote moeilijkheden bij de uitvoering en in hooge kosten te vervallen, terwijl de viaduct, zonder het uiterlijk aanzien te veel te schaden, niet tot een te geringe hoogte boven het terrein kan worden doorgetrokken.

De bovengenoemde eischen, voorts de kruising van twee wegen met de vereischte doorrijhoogten van 4 m e[illegible] aatbare hellingen hebben geleid tot het *lengteprofiel*, afgebeeld in fig. 7 rechts boven.

RIJKSWATERSTAAT DIR. BRUGGEN – TECHN. BIBLIOTHEEK –

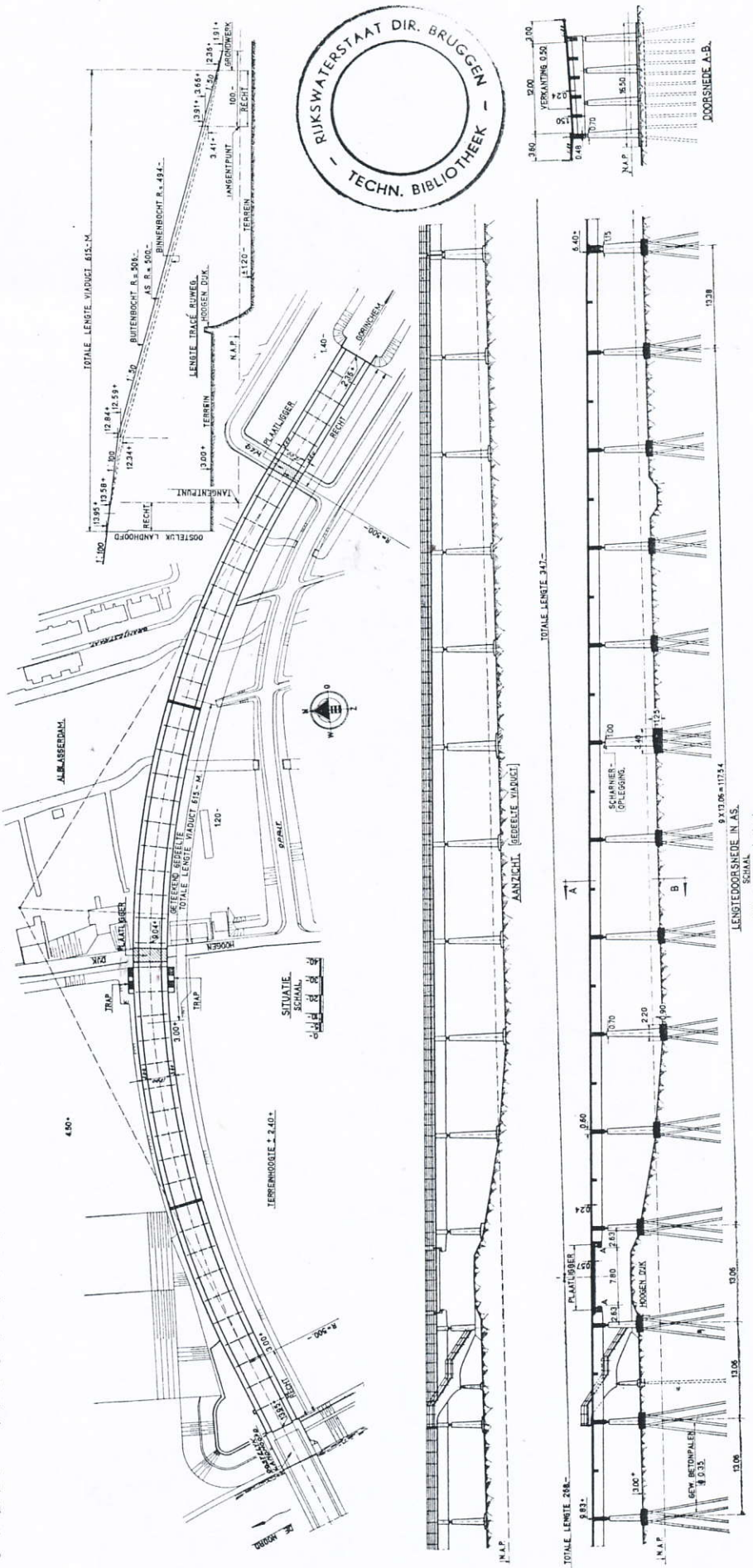


Fig. 7. Viaduct in oostelijken oprit.

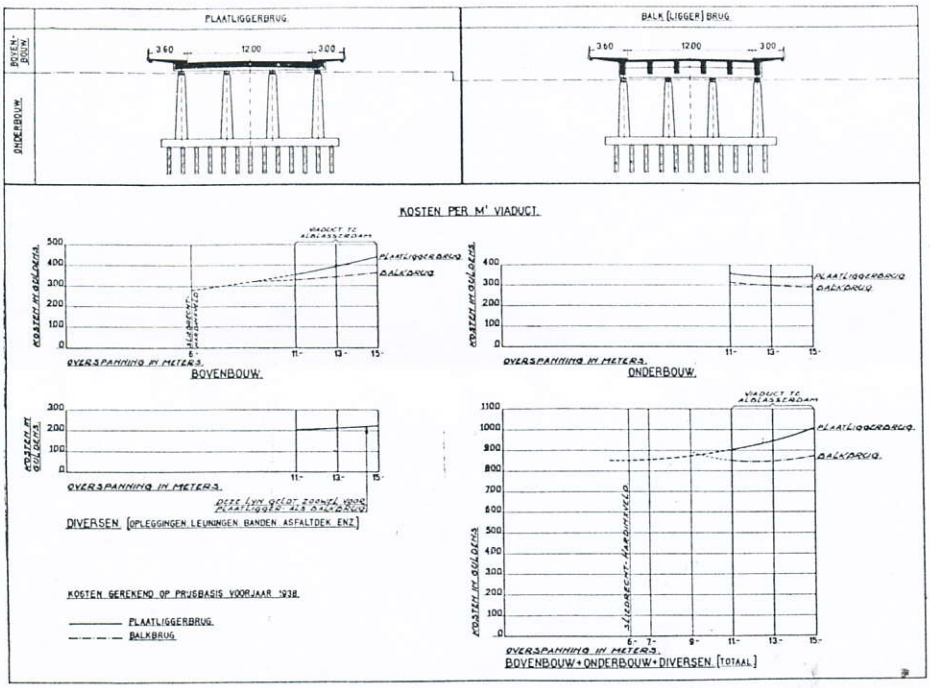


Fig. 8. Kostenvergelijking viaductontwerpen oostelijken oprit.

Behalve een kort gedeelte, aansluitende aan de beweegbare brug, verkrijgt de viaduct in lengterichting een helling van 1 : 50, welke is aangehouden voor de buitenbocht.

Bij het punt van aansluiting aan de aardebaan is onder de viaduct nog een vrije hoogte van $\pm$ 2,30 m beschikbaar.

In *plattegrond* (fig. 7) ligt de viaduct over ruim 500 m lengte in een cirkelboog met een straal van 500 m; de aansluitende gedeelten aan kelderlandhoofd en aardebaan zijn recht. Over het gebogen gedeelte verkrijgt de viaduct een verkanting over 0,50 m hoogte; de overgangen naar het normale profiel zijn zooveel mogelijk in de rechte gedeelten verwerkt.

Het dwarsprofiel van de viaduct wordt gevormd door een rijweg van 12 m breedte, waarop als slijtlaag een asfaltdek wordt aangebracht en 2 verhoogde trottoirs, waarvan het zuidelijke 3,60 m, het noordelijke 3 m breedte verkrijgt, beide trottoirs met een slijtlaag van steenslagbeton en een ijzeren leuning langs den buitenrand. Het zuidelijke pad wordt bestemd voor rijwielverkeer in twee richtingen, het noordelijke voor voetgangers.

Ter wille van de veiligheid der wielrijders is op de verhoogde schampstrook langs het zuidelijke pad een leuning geplaatst.

In de trottoirbanden zullen op de afscheiding van rijweg en verhoogde trottoirs op regelmatige afstanden reflectoren worden aangebracht.

Op de constructie van de viaduct, in het bijzonder op den bovenbouw, moge hier, in verband met de bij het ontwerpen gemaakte voorstudies, wat nader worden ingegaan.

De groote lengte van de viaduct en de overigens vrije constructiehoogte (behoudens de 2 wegkruisingen) wettigden een nader onderzoek naar de voor het onderwerpelijke doel meest economische oplossing.

Door de hooge ligging van de viaduct boven het terrein (zie het lengteprofiel) vorderde het uiterlijk aanzien een indeeling met niet te kleine overspanningen, zoo mogelijk geen overspanningen, kleiner dan de grootste hoogte boven het terrein, welke onmiddellijk achter het kelderlandhoofd en achter den Hoogen Dijk ongeveer 11 m bedraagt.

Te groote overspanningen, b.v. boven 15 m, zouden blijkens de bij soortgelijke projecten opgedane ervaring geen economische oplossing meer geven, zoodat een onderzoek is ingesteld naar de kosten van een viaduct met overspanningen van 11, 13 en 15 m.

Voor den bovenbouw zijn voor deze 3 overspanningen vóórontwerpen gemaakt voor een *plaatligger*-brug, d.w.z. een over de geheele lengte als massieve plaat uitgevoerden rijvloer met daarvan uitkragende trottoirs en voor een *balkbrug*, waarbij dus het rijdek op langsliggers komt te rusten, terwijl de trottoirs van de buitenste liggers zijn uitgebouwd.

De plaatliggerbrug heeft het voordeel van een eenvoudige uitvoering, hetgeen vooral in het onderwerpelijke geval, waarbij het rijdek in het gebogen gedeelte onder verkanting en in de overgangen met scheluwe bovenvlakken ligt, voor de bekisting van belang is.

Daarentegen is de plaatliggerbrug bij de in aanmerking komende overspanningen door het grootere gewicht en de belangrijk kleinere constructiehoogte met hoog wapeningsijzerpercentage niet economisch meer.

Voor de balkbrugoplossingen konden in dit geval voor de langsliggers de meest economische hoogte en liggerafstand worden gekozen.

De resultaten van de kostenvergelijkingen der uitgewerkte projecten, gebaseerd op ramingen in het voorjaar van 1938, zijn grafisch weergegeven in fig. 8; de kosten der in aanmerking komende viaducttypen zijn hierbij vergeleken per m¹ viaduct.

Voor de balkbrug is voor 13 m overspanning nog onderzocht een oplossing met 4 hoofdliggers, waarbij het rijdek als 4-zijdig ondersteunde plaat tusschen de hoofdliggers en daartusschen gespannen secundaire dwarsdragers wordt geconstrueerd; deze oplossing was duurder dan de afgebeelde constructie met 6 hoofdliggers.

Uit de figuur moge blijken, dat voor de onderzochte overspanningen de balkbrug met 6 hoofdliggers de goedkoopste oplossing biedt: de overspanningen van 13 m geven nog een iets goedkoopere oplossing dan die van 11 m, hoewel het verschil practisch is te verwaarloozen, zoodat mede uit aesthetische overwegingen overspanningen van rondweg 13 m (theoretisch 13,06) zijn gekozen.

Door de slechte bodemgesteldheid ter plaatse zijn de kosten van den onderbouw uiteraard in verhouding tot de totale kosten vrij hoog. In het onderwerpelijke geval zijn gewapend betonpalen van 18—20 m lengte toegepast, 8-zijdig, inwendig 0,35 m, waarop krachtens de resultaten uit verrichte proefbelastingen en diepsondeeringen, verdeeld over de lengte van de viaduct, maximum 40 ton is toegelaten. Hierin is wel de reden te zoeken, dat verkleining van de overspanningen niet van merkbaren invloed op de kostenverlaging was. Boven 13 m nemen de kosten echter geleidelijk aan weer toe. Uit de kostengrafiek moge tevens blijken, dat bij kleinere overspanningen het verschil tusschen balk- en plaatliggerbruggen geringer wordt om bij ruim 9 m ongeveer te verdwijnen; in de grafiek zijn nog opgenomen de totaalkosten van in 1936 gebouwde, met 6 m overspanningen geconstrueerde, plaatliggerviaducten te Sliedrecht en Hardinxveld, in hetzelfde weggedeelte gelegen, onder inachtneming van de prijsverhouding tusschen 1936 en 1938.

Bij overspanningen van *ruim 9 m* ligt dus ongeveer de *grens*, waarboven in soortgelijke omstandigheden de *balkliggerbrug economisch* in het voordeel *komt*.

Onder soortgelijke omstandigheden dan te verstaan zoodanige, waarbij de bodemomstandigheden overeenstemming met de onderwerpelijke viaduct vertoonen en er geen andere factoren dan zuiver constructieve zijn, welke de keuze van een bepaald viaducttype beïnvloeden, b.v. beperking constructiehoogte tot het minimum, vlakke onderzijde, enz.

Voor de hier beschreven viaduct was alleen beperking van de constructiehoogte ter plaatse van de beide wegkruisingen geboden; hieraan is tegemoetgekomen door aldaar over korte lengten plaatliggers toe te passen van kleinere overspanningen, vrij opgelegd op uitkragingen van de wederzijds aansluitende balkbruggen (zie A A in het aanzicht fig. 7).

Van de constructie van de viaduct valt nog te vermelden, dat de onderbouw gevormd wordt door jukken, elk samengesteld uit een op gewapend betonpalen dragende fundeeringsplaat, waaruit kolommen zijn opgetrokken. Op de kolommen rusten de stalen opleggingen.

Ter plaatse van de kruising met den Hoogen Dijk worden ter weerszijden van de viaduct trapopgangen gemaakt.

Het oostelijk landhoofd bij de aansluiting aan de aardebaan is op volledige, in verband met de lage ligging betrekkelijk geringe grondkeering geconstrueerd, met een paalfundeering van schoorrijen en achterliggenden afschermenden damwand, een en ander met het oog op de gevaren van schadelijke zettingen door niet volledige doorpersing van de aardebaan ter plaatse (zeer diepe ligging der vaste lagen!)

De bovenbouw van de viaduct bestaat in lengterichting uit 4 afzonderlijke viaductgedeelten van elk 10 overspanningen van 13,06 m lengte, het 5e meest oostelijke gedeelte bevat 5 overspanningen van 13,06 m lengte.

De vaste opleggingen bevinden zich voor de ruim 130 m lange gedeelten in het midden; de jukken onder deze opleggingen zijn, in verband met de groote horizontale krachten, zwaarder geconstrueerd.

De jukken zijn radiaalgewijs geplaatst, de lengteassen der opleggingen eveneens.

In dwarsdoorsnede bevat de bovenbouw, zooals reeds vermeld, 6 hoofdliggers met daarop dragend rijdek en wederzijds uitkragende trottoirs; boven de jukken zijn zware dwarsdragers, in het midden der overspanningen lichte dwarsdragers aangebracht, bestemd voor koppeling en betere lastspreiding van de geconcentreerde mobiele belasting.

In het gebogen viaductgedeelte is de lengteas van de langsliggers niet gekromd, doch tusschen de jukken in recht gehouden.

In den bovenbouw is gemiddeld 133 kg, in den onderbouw gemiddeld 95 kg rondijzer per m³ beton verwerkt.

Uitvoering.

De bovenbouwen der afzonderlijke viaductgedeelten worden, al naar de weersomstandigheden of stand der uitvoering, over de volle lengte of in twee gedeelten met een stortvoeg boven het vaste steunpunt zonder onderbreking gestort.

Het betonstorten heeft plaats met een pompinstallatie, capaciteit ± 25 m³ per uur met dubbelen molen, pomp en persleiding, welke centraal opgesteld is op het terrein en van daaruit naar weerszijden ongeveer 200 m viaductlengte kan bestrijken; de installatie wordt eenmaal buitendijks en eenmaal binnendijks opgesteld. Fig. 9 geeft een beeld van de uitmondingen A en B der beide persleidingen op de stortplaats.

De verwerkte beton van den bovenbouw is van plastische, vrij stijve consistentie (zie uitlaat bij B!), met een watercementfactor van omstreeks 0,52.

In den bovenbouw is verwerkt 350 kg Encielite-cement per m³ beton. Hoogwaardig P.C. is hier gekozen i.v.m. uitvoering in den winter.

De tot op heden verkregen gemiddelde vastheidscijfers zijn als volgt:

Bovenbouw 350 kg Encielite	14 dagen	28 dagen	
drukvastheid-kuben 30/30/30	268	373	kg/cm²
buigvastheid-balkjes 30/10/10	46	54	kg/cm²

De maximum betondrukspanning in den bovenbouw boven de steunpunten bedraagt 80 kg/cm². Betoncontrôle wordt regelmatig toegepast.

In den onderbouw is per m³ beton verwerkt 330 kg

Fig. 9. Betonstorten met pompinstallatie.

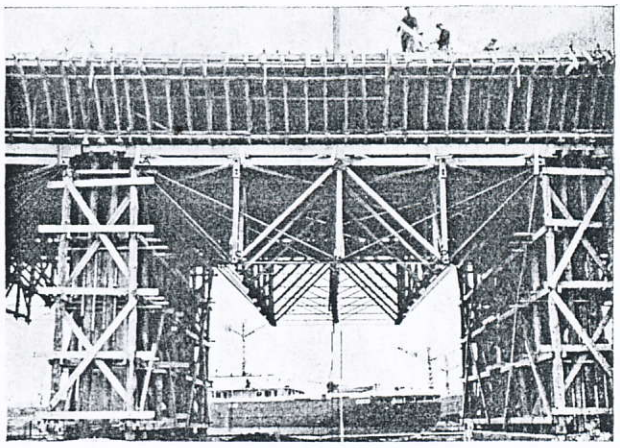


Fig. 10. Spantconstructie steigerwerk viaduct.

Enci-cement. Blijkens de met de pompinstallatie verkregen ervaring is een dergelijk cementgehalte voor deze stortwijze wat aan den lagen kant; de grens voor een goede verwerkbaarheid ligt bij het pompen over grootere afstanden ongeveer tusschen 340 en 350 kg per m³. De vastheidscijfers voor den onderbouw waren 40—45 % lager dan die van den bovenbouw; max. σ_b bedraagt hier 60 kg/cm².

Voor het steigerwerk van den bovenbouw is door de aanneemster van het werk een interessante, voor het onderwerpelijke doel uiterst doelmatige constructie ontworpen. Deze constructie, afgebeeld in fig.10, bestaat uit spanten A, B, C, D, waarvan er onder elke overspanning steeds 8 zijn aangebracht. De spanten, opgelegd op ter weerszijden van de kolommen geplaatste stutten van rondhout, bestaan uit lichte vakwerkjes in den vorm van naar onderen verstijfde liggers, waarvan de gedrukte staven uit hout, de getrokken staven uit rondstaafijzer zijn samengesteld. In de knooppunten zijn de rondijzeren staven met een electrisch gelaschten naad in de aldaar aangebrachte knoopplaten verbonden.

De maximum doorbuiging dezer spanten bij de volle belasting in het werk bedraagt 1,5—2 cm in het midden. Het voordeel van deze volkomen gelijke, zeer licht geconstrueerde spanten, waarvan er totaal 120 in gebruik zijn, tegenover de voor soortgelijke constructies veelal gebruikelijke springwerken, dragende op de fundeeringsslooven, bestaat in de gemakkelijke hanteerbaarheid en de gelijkheid van alle steigervelden, hetgeen bij springwerken door het groote hoogteverloop van deze viaduct niet mogelijk was geweest.

Ten tijde van de excursie zal ongeveer 400 m viaductlengte gereed zijn; de verwachting is, dat het geheele werk tegen het einde van a.s. Juli gereed komt, na een totalen bouwtijd van omstreeks 54 weken.

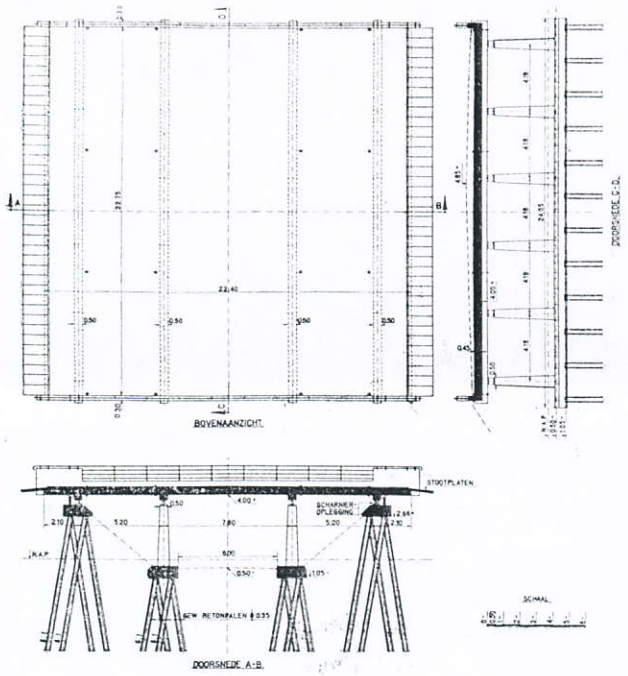


Fig. 11. Viaduct in westelijken oprit.

Fig. 12. Gedeelte viaduct gereed.

Westelijke viaduct.

In den westelijken oprit wordt ten behoeve van de onderdoorvoering van den omgelegden weg Zwijndrecht-Ridderkerk nog een kleine viaduct van gewapend beton gebouwd, waarvan de constructie uif fig. 11 blijkt.

De viaduct bestaat uit een plaatligger, dragende op 4 jukken, welke op gewapend betonpalen zijn gefundeerd; de constructie is overigens van eenvoudigen aard en van

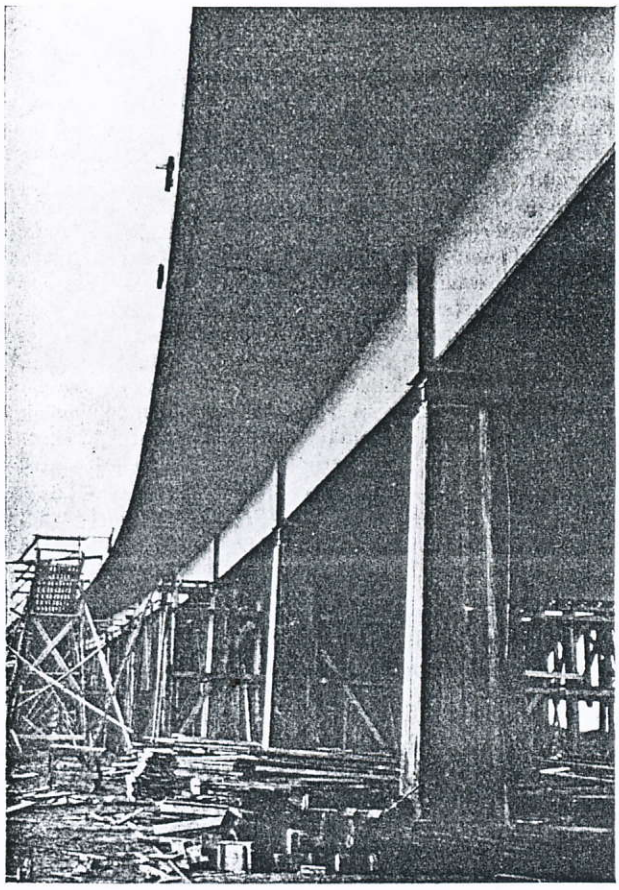


Fig. 13. Onderaanzicht gedeelte viaduct.

nagenoeg gelijken vorm als die van eenige, de laatste jaren uitgevoerde, soortgelijke viaducten.

De bouw van de vorenbeschreven viaducten krachtens bestek no. 174 Verkeersfonds dienst 1937—1938 is, na gehouden openbare aanbesteding, opgedragen aan de N.V. Nederlandsche Beton-Maatschappij „Bato" v/h. H. Butzer's Beton- en Waterbouw te 's-Gravenhage.

Voor de lange viaduct kunnen de werkelijke totale bouwkosten per m¹ lengte op gemiddeld ruim *f* 850,— worden gesteld.

De figuren 12 en 13 geven nog een duidelijk beeld van de constructie van de viaduct in den oostelijken oprit.

III. Bovenbouw rivieroverbrugging

door

ir. A. ROGGEVEEN.

I. Vakwerkbrug met een overspanning van 48 m.

A. Ontwerp.

Daar onder deze overspanning geen scheepvaart plaats vindt en met het oog op de waterstanden hiertegen geen bezwaar bestond, werden de hoofdliggers van deze brug geheel onder den rijvloer aangebracht. Dit heeft als voordeelen een beter uitzicht op de rivier vanaf den rijvloer en een rustiger zij-aanzicht van de brug, daar de hoofdliggers, of althans een gedeelte ervan, in de schaduw van de uitgebouwde voetpaden komen.

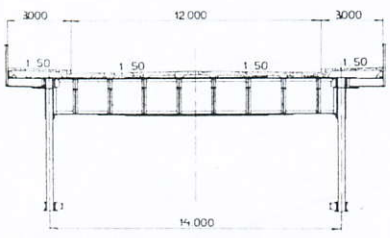


Fig. 14. Normale dwarsdoorsnede vakwerkbrug van 48 m.

De systeemhoogte en de veldlengte zijn beide 6 m. Er zijn 8 velden, zoodat de systeemhoogte $^1/_8$ van de overspanning bedraagt. De hoogte van den bovenrand en die van den onderrand zijn beide 450 mm of $^1/_{107}$ van de overspanning.

De hoofdliggers hebben, evenals bij de overige overspanningen, een onderlingen afstand van 14 m hart op hart.

De vloerconstructie is geheel normaal en bestaat uit tusschen de hoofdliggers aangebrachte geconstrueerde dwarsdragers. Daartusschen zijn de langsdragers aangebracht en over het geheel komt een vloer van gewapend beton (fig. 14).

Deze vloer ligt op ongeveer dezelfde hoogte als de bovenrand van de hoofdliggers, welke door de belastingen drukspanningen krijgt. Hiervan is gebruik gemaakt om, althans voor het opnemen van spanningen ten gevolge van de mobiele belasting op de brug, den betonvloer en de langsdragers met den hoofdliggerbovenrand te doen samenwerken en wel op de volgende wijze.

Op alle bovenrandknooppunten zijn groote horizontaal liggende knoopplaten aangebracht, die de bovenranden, de

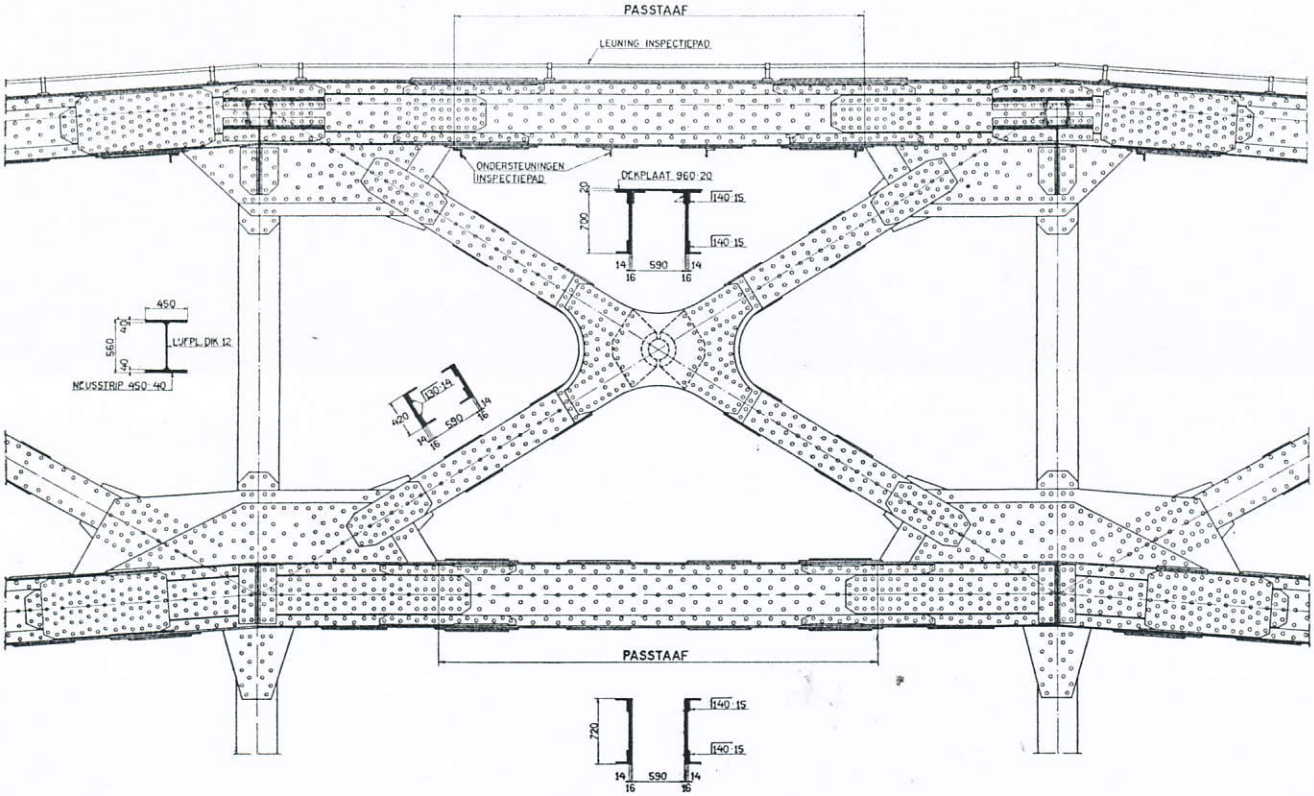


Fig. 15. Middenveld van den boog met hulpscharnier.

buitenste langsliggers en de dwarsdragers met elkaar verbinden.

Op ieder dezer knoopplaten zijn zgn. „α" spiralen aangebracht. Dit zijn tot spiralen gewonden stukken rondijzer; zij zijn door middel van electrisch lasschen op de knoopplaten bevestigd. Deze spiralen liggen geheel in den betonvloer en geven een goede verankering van dezen vloer op de knoopplaten.

De vloer en de langsdragers moeten dus de verkorting van de bovenranden door de mobiele belasting meemaken en nemen daarbij krachten uit deze randen over; de bovenranden zijn daarom berekend voor het geheele eigen gewicht, doch slechts voor een gedeelte van de mobiele belasting.

Tusschen de getrokken onderranden is geen verband aangebracht, daar de portalen, welke worden gevormd door de dwarsdragers en de verticalen van de hoofdliggers, voldoende verstijving in zijdelingsche richting geven. Alleen boven de opleggingen zijn onder de dwarsdragers dwarsverbanden aangebracht, die de op de brug werkende horizontale krachten naar de opleggingen moeten overbrengen.

De geheele overspanning werd uitgevoerd in staal St. 37, behalve de boven- en onderranden van de hoofdliggers, die in staal St. 52 werden uitgevoerd.

B. Montage.

De montage geschiedde als volgt.

Op een aan de rivier grenzend gedeelte van het fabrieksterrein van de N.V. F. Kloos & Zonen's Werkplaatsen te Kinderdijk werden de hoofdliggers geheel samengebouwd en geklonken. De bovenranden werden vervolgens door het aanbrengen van een spanwerk in zijdelingsche richting knikzeker gemaakt.

Nadat de opleggingen op de juiste plaats waren afgesteld en ondersabeld, werden de hoofdliggers één voor één, hangende in drijvende bokken, naar de plaats van bestemming gebracht en op de opleggingen gesteld, waarop tijdelijke schoren werden aangebracht om de liggers tegen omvallen te behoeden. Beide liggers konden op denzelfden dag worden aangevoerd en opgesteld. Het zooeven genoemde spanwerk diende nu om uitknikken van den bovenrand door de belasting door eigen gewicht te voorkomen.

Vervolgens werden, eveneens met behulp van een drijvenden bok, de dwarsdragers, langsdragers en de dwarsverbanden in de eindvlakken ingebouwd.

II Boogbrug met een overspanning van 184,80 m.

A. Ontwerp.

De breedte van de rivier de Noord ter plaatse van de brug bedraagt 175 m tusschen de normaallijnen. Daar de brug de rivier kruist onder een hoek van 85° en ook de pijlers geheel buiten de normaallijnen moesten vallen, werd de theoretische lengte van de overspanning bepaald op 184,80 m

Voor het hoofdliggersysteem kwamen, in verband met den ondergrond en met het feit, dat de aangrenzende overspanning beweegbaar moest zijn, slechts uitwendig statisch bepaalde systemen met uitsluitend verticale oplegdrukken in aanmerking en hiervan met het oog op de afmetingen slechts de volgende typen:

1. Vakwerkligger.
2. Verstijfde staafboog.
3. Boogligger met trekband.

Zoowel type 2 als type 3 kan dan nog worden uitgevoerd:

a. met een vakwerk-verstijvings- of boogligger;
b met een volwandigen verstijvings- of boogligger.

Economisch beschouwd, is de vakwerkligger niet in het voordeel. Van een vakwerkligger van deze afmetingen worden de wandstaven bovendien zeer zwaar, waardoor het uitzicht vanaf den rijvloer minder goed wordt. Voorts worden bij deze afmetingen de primaire veldlengten zeer groot, wat ter verkrijging van een lichteren en meer economischen vloer leidt tot het aanbrengen van onderverdeelingen in het vakwerk, die het uitwendige aanzicht minder fraai maken.

Wat de kosten van de overige genoemde typen betreft, komen achtereenvolgens die, genoemd onder 2 a en 3 a, welke onderling weinig in prijs verschillen, type 2 b en, als duurste, type 3 b, de volwandige boogligger met trekband, in aanmerking. Hoewel het gewicht van laatstgenoemd type niet veel verschilt van dat van den staafboog met volwandigen verstijvingsligger, is het type 3 b toch belangrijk duurder, daar de boog, in tegenstelling met den staafboog, geheel rond moet worden bewerkt en bovendien bij de montage de zware boogstukken op groote hoogte moeten

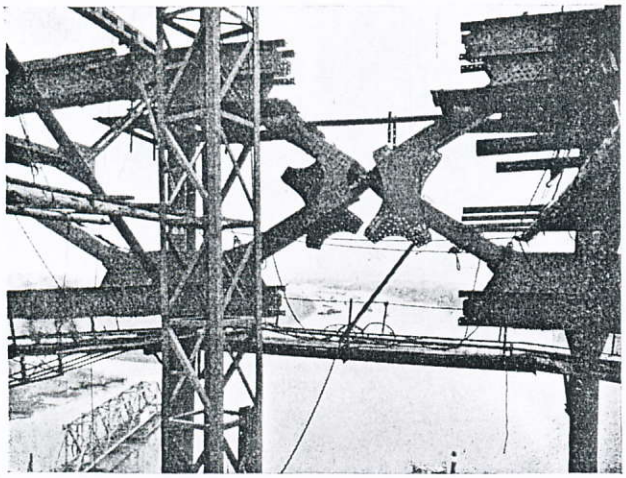


Fig. 16. Scharnier in het middenveld nà afvijzelen van de brug.

worden aangebracht. Voorts is de staafboog nog in het voordeel, doordat de verstijvingsligger bij de montage het maken van minder hulpsteunpunten mogelijk maakt.

Op aesthetische en economische gronden is ten slotte de voorkeur gegeven aan oplossing 3 a, den vakwerkboogligger met trekband.

Bij het bepalen van den algemeenen vorm van de boogliggers is ernaar gestreefd de krachten in de boven- en onderranden, ten gevolge van gelijkmatig over de geheele brug verdeelde belastingen, zooveel mogelijk gelijk te houden, met andere woorden de druklijn voor deze belastingen midden tusschen de randen te doen verloopen. De staafkrachten in de opeenvolgende randstaven verloopen daardoor regelmatiger, zoodat de profielen onderling weinig behoeven te verschillen. Bovendien is in het kruispunt van de diagonalen van het middenveld een hulpscharnier aangebracht (fig. 15), dat eerst is gesloten, nadat de steunpunten op de montagesteigers waren weggenomen en de hoofdliggers het geheele ijzergewicht van de brug moesten dragen. De brug is dus gemonteerd als drie-scharnierboog (fig. 16).

Over de constructie van de boogliggers en van de trekbanden zijn weinig bijzonderheden te vermelden. De boven- en onderranden, de diagonalen van het middenveld en de trekbanden werden van St. 52, de overige wandstaven van St. 37 vervaardigd; de boogliggers wegen 925 t en de trekbanden 368 t.

In de formule van prof. KIST:

$$f = \frac{Q\,t}{(Q + P_v + 9\frac{M}{l})\,l}$$

is $Q = 1.460$ t (incl. 167 t hangers).
$P_v = 2.754$ t $M = 40.900$ t/m.
$t = 2.000$ kg/cm² $l = 184{,}80$;
hieruit volgt $f = 2{,}55$.

De schemahoogte van de boogliggers is 5,40 of $^1/_{34}$ van de overspanning; de hoogte van de randstaven is ongeveer $^1/_{250}$ van de overspanning. De hoogte van het hulpscharnier in den top van den boog boven den trekband is 33 m of $^1/_{5,6}$ van de overspanning.

Het knooppunt boven de opleggingen (fig. 17), waar de boven- en de onderrand van den boog en den trekband tezamen komen, eischte bijzondere zorg. De maximum staafkrachten, waarop dit punt berekend is, zijn:

Bovenrand	boog	1.557 t.
Onderrand	boog	1.223 t.
Trekband		2.026 t.

Tusschen de bovenranden van de boogliggers is een windverband aangebracht; de onderranden worden door portaalvormige dwarsverbanden tegen uitknikken beschermd.

Nabij de uiteinden van de brug worden de windkrachten langs twee wegen naar de opleggingen geleid, n.l. door een portaal, bestaande uit een zwaren bovenregel en de bovenranden van de hoofdliggers en door een portaal, bestaande uit de verticalen en den dwarsdrager in knooppunt 1 van den hoofdligger en het onderwindverband in het eerste veld.

Ook de vloer, bestaande uit dwarsdragers, daartusschen aangebrachte langsdragers en een gewapend betonvloer, vertoont geen bijzonderheden (fig. 18). Wel bijzonder is echter de wijze, waarop samenwerking tusschen den vloer en den daarnaast liggenden trekband tot het opnemen van door de mobiele belasting opgewekte spanningen wordt bereikt.

Deze samenwerking is noodzakelijk om de volgende reden.

De krachten in den trekband, ten gevolge van het eigen gewicht van de geheele brug en van de mobiele belasting, zijn respectievelijk ongeveer 1.400 en 600 t, dus een verhouding 7 : 3.

Bij toepassing van staal St. 52 en een toegelaten spanning van 2.100 kg/cm² zou dus de spanning, ten gevolge van de mobiele belasting, $\frac{3}{10} \times 2.100 = 630$ kg/cm² bedragen, hetgeen een verlenging van den trekband van 5,5 cm zou veroorzaken. De dwarsdragers, die de verbinding vormen tusschen de trekbanden en den tegen uitrekking zeer stijven tusschengelegen vloer, zijn niet in staat dezen vloer ertoe te bewegen met den trekband mee uit te rekken.

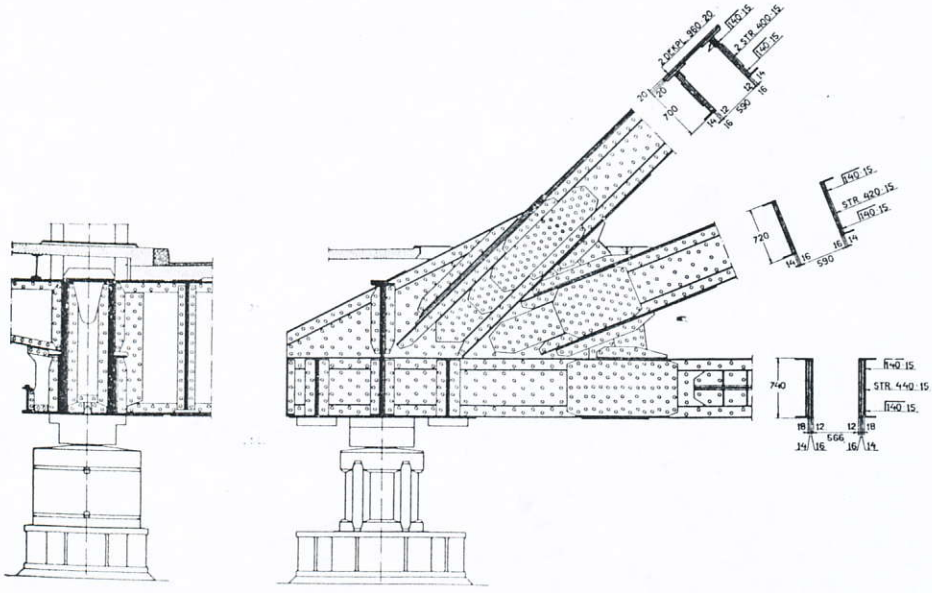


Fig. 17. Knooppunt boven de opleggingen.

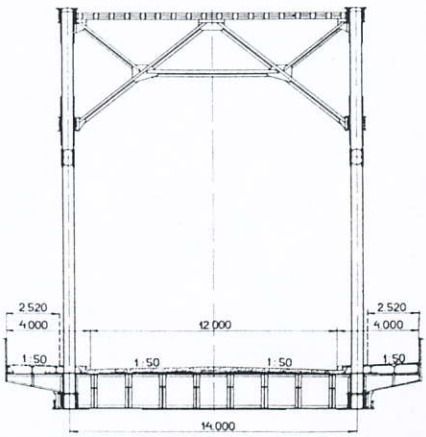


Fig. 18. Normale dwarsdoorsnede boogbrug.

Fig. 21. Montagesteiger met nagenoeg voltooide brug.

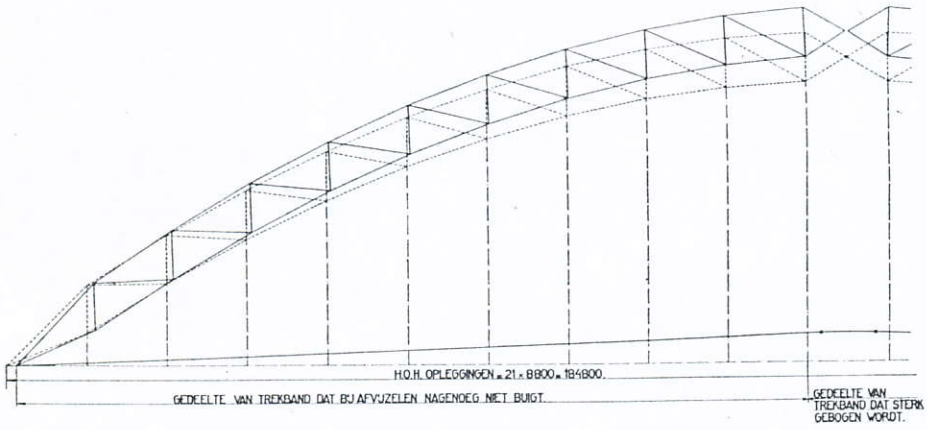


Fig. 22. Stand hoofdliggers vóór en nà afvijzelen.

gemaakt van de opening voor de beweegbare brug, die pas later zou worden gebouwd (fig. 20).

Voor de montagesteigers werd, behalve van de reeds genoemde montagebrug, vrijwel uitsluitend gebruik gemaakt van jukken, welke reeds bij de montage van andere bruggen hadden gediend. Zij werden ondersteund op in de rivier geheide paaljukken (fig. 21).

Ondertusschen werden de opleggingen op de juiste plaats op de pijlers opgesteld. De hiervoor bij de directie Bruggen gebruikelijke methode is die, met behulp van een meetdraad, waaraan te voren, bij bekende temperatuur en spanning, op de juiste plaats busjes worden gesoldeerd, die van een merk worden voorzien.

Nadat de montagesteiger voltooid was, werden hierop de trekbanden en de vloerliggers uitgelegd en met elkaar verbonden, waarbij met het volgende rekening is gehouden.

Zooals reeds is medegedeeld, is de doorbuigingslijn van den drie-scharnierboog nagenoeg driehoekig; hierdoor blijven bij het afvijzelen de twee helften van den trekband nagenoeg recht, doch het middenveld wordt daarbij sterk naar beneden doorgebogen, wat buigspanningen van ongeveer 500 kg per cm² ten gevolge heeft (fig. 22). Ten einde te voorkomen, dat deze spanningen in de voltooide constructie aanwezig zouden zijn, is bij de montage, overeenkomstig fig. 23, een vak ter lengte van bijna 7 velden in het midden van de overspanning aanvankelijk los gehouden van de rest en geheel gereed gemaakt. Vervolgens is het midden zoodanig opgevijzeld en hierdoor gebogen, dat de daardoor ontstane buigspanningen gelijk, doch tegengesteld waren aan die, welke later bij het afvijzelen zouden ontstaan. Daarna is het middenvak met de aangrenzende vakken verbonden.

Nadat de vloer was voltooid, werd hierop een torendraaikraan gemonteerd, met behulp waarvan de hangers, de hoofdliggers, de dwarsverbanden en het bovenwindverband werden aangebracht.

De hoofdliggers rustten bij de montage op de, daartoe in de langsrichting van de brug door middel van op halve hoogte aangebrachte buizen, verstijfde hangers (fig. 21). Verstijving in dwarsrichting was niet noodig, daar hiertoe het bovenwindverband reeds dadelijk dienst kon doen.

De montage geschiedde dan per veld op de volgende wijze. Eerst werden de hangers met ondersteuningen voor steigerwerken aangebracht en aan de onderzijde aan den trekband en dwarsdragers bevestigd. Vervolgens werden de steigers aangebracht en dan achtereenvolgens de onderrand, de diagonaal en de bovenrand van de hoofdliggers, het dwarsverband en ten slotte de bovenwindverbandstaven.

Nadat vanaf de westelijke oplegging de ééne helft van den boog tot aan het middenveld was gemonteerd, werd de torenkraan naar het andere einde gereden en de tweede helft gemonteerd.

Ondertusschen kon worden begonnen met het klinkwerk van het reeds gemonteerde gedeelte.

Ter bespoediging werd hierin voorloopig slechts in iedere verbinding de helft van het aantal nagels geklonken en de rest met niet-passende bouten bevestigd.

Na beëindiging van deze eerste helft van het klinkwerk kon de brug worden afgevijzeld.

Nadat dit was geschied, kon met het klinkwerk worden doorgegaan en konden ook de juiste lengten van de sluitstaven worden bepaald (fig. 15).

Het topscharnier werd gesloten, nadat het geheele staalgewicht was aangebracht, dus voor dezen belastingstoestand werken de hoofdliggers als driescharnierbogen. Voor het gewicht van den gewapend betonvloer functionneeren de hoofdliggers als twee-scharnierbogen, doch de langsdragers

Directie B...
Rijkswaterstaat

Het gevolg hiervan zou zijn, dat vanuit het midden iedere opvolgende dwarsdrager, over den korten afstand tusschen trekband en aangrenzenden langsdrager, een grootere buiging zou ondergaan, tot de laatste dwarsdrager een bedrag, gelijk aan de helft van de zoo-even genoemde verlenging van den trekband, of 2,75 cm zou moeten buigen. Dit wordt niet toelaatbaar geacht en om deze reden is in de eindvelden, zooals bij vele groote bruggen, een constructie aangebracht, die de langsdragers van den vloer dwingt de verlengingen van de trekbanden mede te maken.

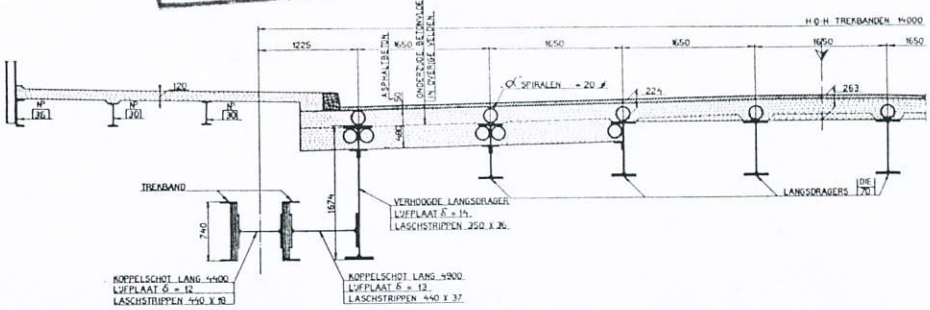


Fig. 19. Dwarsdoorsnede door het eindveld van de boogbrug.

Het bijzondere van bedoelde constructie bij deze brug is, dat hiervoor de daartoe verzwaarde gewapend beton-vloerplaat van de eindvelden is gebruikt (fig. 19). De langsdragers zijn in deze plaat verankerd en ter weerszijden is de plaat, door middel van een verzwaarden langsdrager en horizontale schotten, met de trekbanden verbonden. De hechte verbinding tusschen beton en ijzer is hier wederom tot stand gebracht door het oplasschen van „α"-spiralen.

De trekband is, in verband met deze constructie, slechts geschikt gemaakt voor het opnemen van ongeveer de helft van de mobiele belasting; de andere helft wordt door den vloer opgenomen.

Bijzondere aandacht is ook besteed aan de hangers, die de verbinding vormen tusschen de boogliggers en den vloer. Hadden deze n.l. bij de groote overspanning van de brug te Nijmegen al een grootste vrije lengte van 25 m, bij deze brug is de grootste vrije lengte bijna 30 m, hoewel de brug 60 m korter is dan die te Nijmegen. Dit is een gevolg van het feit, dat hier de boogliggers bij de opleggingen op gelijke hoogte met den vloer beginnen, terwijl in Nijmegen de hoofdliggers op 11 m beneden den vloer beginnen.

Nu bestaat bij dergelijke lange staven het gevaar, dat zij bij heftigen wind in slingering geraken, waarop in een artikel van mijn hand in *De Ingenieur* van 1931, No. 16 reeds de aandacht werd gevestigd.

De hangers van de brug te Nijmegen, die werden samengesteld volgens het recept de slankheid niet grooter dan 300 te maken, vertoonen bij hevigen wind een weliswaar duidelijk waarneembare slingering, doch deze is van dien aard, dat van schadelijken invloed op de constructie geen sprake kan zijn.

Toch werd het niet raadzaam geoordeeld den hangers voor deze brug een grootere slankheid te geven dan 300, waarom, hoewel het eigenlijk voor de hand zou liggen voor deze onderdeelen breedflenzige gewalste balken te gebruiken, hiervan moest worden afgezien, daar hiermede de slankheid niet kleiner dan ± 400 zou kunnen worden. Uiterlijk werd echter hetzelfde effect verkregen door de toepassing van een electrisch gelascht profiel, bestaande uit een lijfplaat en randstrippen met laschrib. De slankheid van den langsten hanger is nu 263.

Een moeilijkheid bij het ontwerpen van lange bruggen van dit type in autosnelwegen is het beramen van de middelen om te geraken tot de juiste zeeg van de brug in voltooiden toestand.

Nemen wij eenvoudigheidshalve als voorbeeld een brug met een overspanning van 200 m. Bijna alle bruggen in ons land liggen in ophooging en ter vermindering van de hieraan verbonden kosten worden de hellingen zoover mogelijk in de eigenlijke brug doorgezet en in de hoofdoverspanning door een verticalen boog verbonden. Het auto-snelverkeer maakt het echter veiligheidshalve noodig den straal van dezen boog zeer groot te maken, liefst zelfs 13.000 m. Neemt men nu bij de genoemde brug van 200 m lengte ter weerszijden opritten onder een helling van 1 : 100 aan, dan heeft men de volle bruglengte noodig om een straal van 10.000 m te verkrijgen. De totale blijvende zeeg van de brug wordt dan 0,50 m of slechts $^1/_{400}$ van de lengte van de brug.

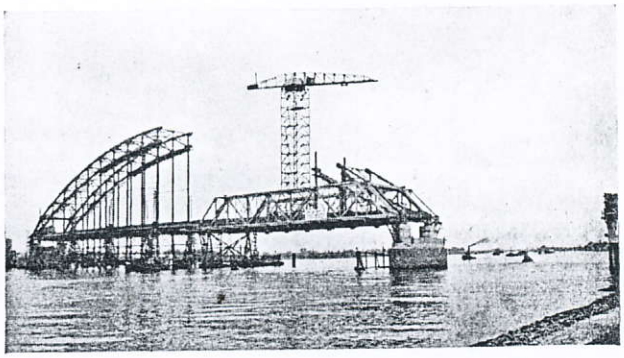


Fig. 20. Doorvaartopeningen gedurende de montage.

Nu heeft een drie-scharnierboog de eigenschap een ongeveer driehoekige zakkingslijn te vertoonen, terwijl de doorbuigingslijn van den twee-scharnierboog meer op een parabool lijkt. Bij de genoemde flauwe zeeg, die b.v. over de middelste 30 m van de brug slechts 10 mm bedraagt, is de kans niet uitgesloten, dat na de verschillende doorbuigingen de zeeg in dit middenstuk niet positief, maar negatief blijkt te zijn, met andere woorden, dat de brug daar ter plaatse een kleinen zak vertoont, hetgeen natuurlijk minder fraai zou zijn. Deze kans is des te grooter bij gebruik van staal St. 52, dat, zooals bekend is, denzelfden elasticiteitsmodulus heeft als St. 37, zoodat, waar de toegelaten spanningen voor dit materiaal 50 % hooger zijn, ook de verlengingen en verkortingen van de staven en dus de doorbuigingen van de hoofdliggers ongeveer anderhalf maal zoo groot zijn als bij gebruik van staal St. 37.

Hiermede wordt rekening gehouden door alle drukstaven langer en alle trekstaven korter te maken dan de theoretische lengte. Zoo zijn de trekbanden per veld van 8.800 mm lengte 6 mm korter en de boogstaven 4 mm langer gemaakt, terwijl de vloerliggers, die voor eigen gewichtbelasting niet met den trekband kunnen medewerken, op de juiste lengte zijn aangemaakt. Voor de geheele bruglengte van 21 velden beteekent dit dus, dat de trekband 126 mm korter en de boogliggers 84 mm langer zijn gemaakt dan uit het schema van de brug volgde. Hierop zal bij de behandeling van de montage van de brug nog nader worden teruggekomen.

B. Montage.

Ten behoeve van de scheepvaart moest bij de montage worden gerekend op een doorvaart van minstens 50 m wijdte, waarvan de doorvaarthoogte mocht worden beperkt, en één van 30 m wijdte met onbeperkte doorvaarthoogte.

Voor de eerste opening werd gebruik gemaakt van de montagebrug met een schemalengte van 68 m, welke eigendom van het Rijk is en die reeds werd toegepast voor de montage van de bruggen te Arnhem en te Vianen, terwijl voor die met onbeperkte doorvaarthoogte gebruik werd

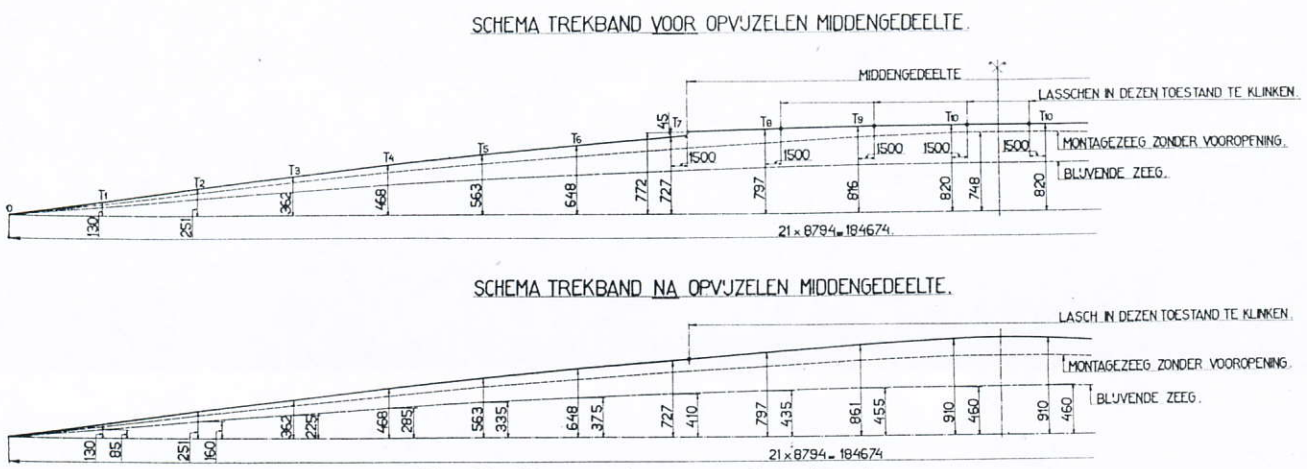


Fig. 23. Montageschema voor de trekbanden.

werken niet mede met den trekband, daar hierin om de twee velden de doorgaande verbindingen zijn weggelaten. Ten slotte werken ook voor de mobiele belasting uiteraard de hoofdliggers als twee-scharnierbogen, maar voor deze belasting werken trekband en vloer als één geheel.

Omtrent den duur van de montage kan het volgende worden medegedeeld.

Het heien van de paaljukken geschiedde tusschen 29 April en 23 Mei 1938. Tusschen 23 Mei en 12 Juli werden de montagebrug en de jukken met koppelingen aangebracht. De montage van den vloer en den trekband, 1.140 t, geschiedde van 12 Juli tot 20 Augustus, in ongeveer 35 werkdagen, dus gemiddeld omstreeks 33 t per dag. De hoofdliggers, de verbanden en de hangers, 1.260 t, werden gemonteerd tusschen 1 September en 14 October, in 38 werkdagen, hetgeen eveneens neerkomt op gemiddeld 33 t per dag. In de laatste periode werd echter veel last van storm ondervonden, waardoor de normale dag-prestatie veel hooger was; op dagen met goed werkbaar weer werd vaak een geheel veld gemonteerd of ongeveer 60 t. Het afvijzelen, hetgeen geschiedde door eenige ploegen met hydraulische vijzels vanaf de opleggingen naar het midden toe, punt voor punt, een weinig te doen zakken en dit eenige keeren te doen herhalen, nam drie dagen in beslag en op 12 November was de brug geheel vrij van de steigerwerken.

Het gewicht van de betonvloeren bedraagt ongeveer 1.800 t, dat van het staal 2.400 t. Het betongewicht is hier dus ongeveer 43 % van het totale gewicht, hetgeen natuurlijk gunstiger is dan bij korte bruggen. Voor de overspanningen van 100 m van de brug over het Hollandsch Diep bij Moerdijk b.v. is het betongewicht reeds 53 % van het totale gewicht.

III. Beweegbare brug met een overspanning tusschen de steunpunten op den kelderpijler en de voorop leggingen van 48 m.

A. Ontwerp.

1. Keuze van het type.

De opgave was het construeeren van een beweegbare brug voor een vrije doorvaartwijdte van 40 m, hetgeen door de reeds vermelde eenigszins schuine ligging van de brug, in de as van de brug gemeten, een opening van ongeveer 42 m noodzakelijk maakte.

Hiervoor kwamen practisch slechts in aanmerking:

a. een hefbrug;
b. een dubbele klapbrug;
c. een enkele klapbrug.

Een in aesthetisch opzicht bevredigende oplossing voor een hefbrug kon, in verband met de aangrenzende boogbrug, niet worden gevonden. Daar voorts bij deze brug de rijvloer op ongeveer 14 m boven N.A.P. ligt en dus bij een basculebrug de zgn. „kelder" nagenoeg geheel boven water

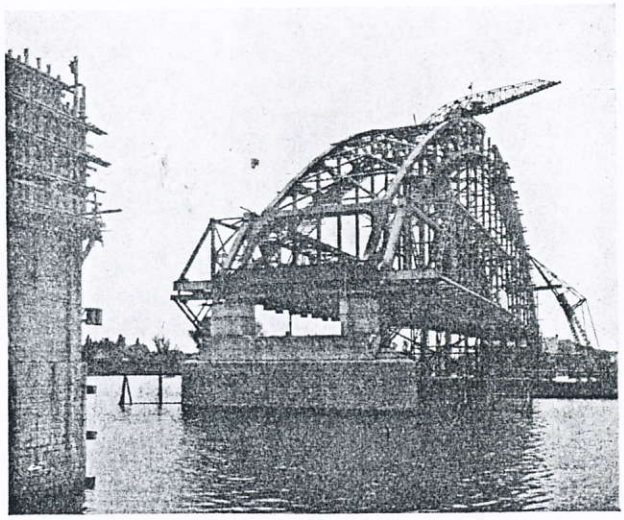


Fig. 24. Oplegging montagebruggen op den stroompijler.

ligt en daardoor in verhouding minder kostbaar wordt dan voor een laaggelegen brug, zou een hefbrug zeker niet goedkooper uitvallen dan een basculebrug, zoodat deze oplossing kon worden uitgeschakeld.

Van de twee resteerende oplossingen, de dubbele en de enkele klapbrug, bleek de laatste goedkooper te zijn dan de eerste, waartoe bijdroeg:

1. dat een normale stroompijler plus één groote kelderpijler goedkooper is dan twee kleinere kelderpijlers;
2. dat de bewegingsinrichting plus de electrische installatie voor één groote klap goedkooper is dan die voor twee kleinere klappen;
3. dat, waar de brug grootendeels in een te maken verbreeding van de rivier de Noord kwam te liggen, deze verbreeding bij één klap, door het vervangen van den breeden kelderpijler in de rivier door een normalen smallen stroompijler, belangrijk kleiner kon worden.

Het laatste punt had nog een bijkomend voordeel, doordat de te onteigenen strook van aangrenzende terreinen smaller kon zijn.

Ten slotte is een brug met één klap voor mobiele belasting, waarvoor de brug dan als ligger op twee steunpunten werkt, een gunstiger constructievorm dan een brug met twee uitkragende armen, welke alleen dwarskracht op elkaar kunnen overdragen. Weliswaar is het ook hierbij mogelijk een constructie te maken, waardoor ook momenten van de ééne klap op de andere kunnen worden overgedragen, doch deze heeft het nadeel, dat de klappen steeds in een bepaalde volgorde na elkaar moeten worden geopend en gesloten. Bij nacht of mist bestaat daarbij gevaar voor min of meer ernstige beschadigingen.

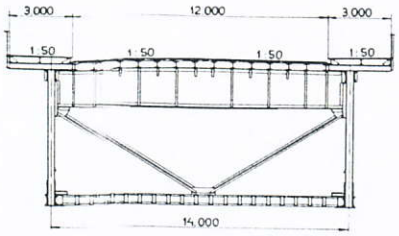


Fig. 25. Normale dwarsdoorsnede van de klap.

Op deze gronden kon worden beslotan tot den bouw van een brug met één klap, waarbij dan van den aanvang af ook aan een rolbasculebrug werd gedacht.

Uiteraard werden de bekende aan dit type verbonden moeilijkheden, n.l. de wisselende belastingen op de fundeering door het heen en weer rollen van de brug en de constructie van de daarvoor benoodigde rolbanen aan een nauwkeurig onderzoek onderworpen, doch deze werden kleiner geacht dan die, verbonden aan de constructie van de voor een gewone basculebrug van deze groote afmetingen benoodigde zeer zware assen en kussenblokken. Ook de kelderpijler van een rolbasculebrug kan eenvoudiger worden uitgevoerd.

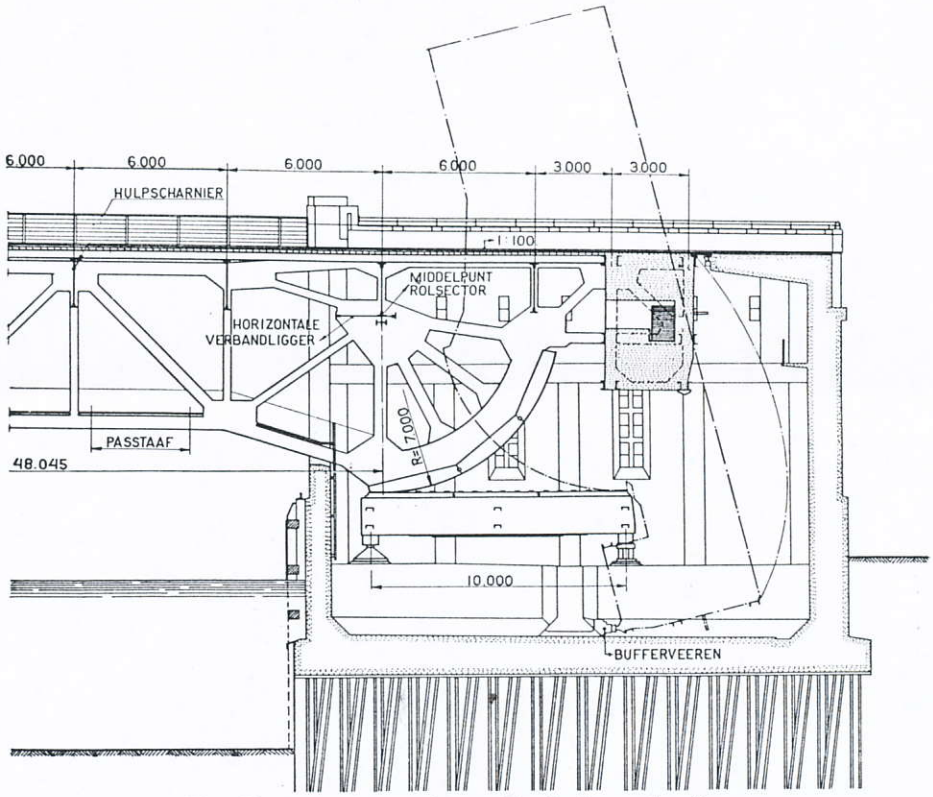


Fig. 26. Langsdoorsnede staartgedeelte met rolbanen.

2. Constructie van de brug.

De constructie van de brug kan worden verdeeld in twee gedeelten, welke geheel verschillend van elkaar zijn, n.l.

a. De klap.
b. De staart.

a. De klap.

De constructie van dit gedeelte is zooveel mogelijk gelijk gemaakt aan die van de vaste vakwerkbrug. De schema's van de hoofdliggers zijn geheel gelijk aan elkaar en de verschillen bestaan alleen daarin, dat ter besparing van gewicht de betonvloer is vervangen door een houten vloer, afgedekt met asfaltplanken, terwijl, met het oog op grootere stijfheid bij het bewegen, dwarsverbanden en een windverband tusschen de onderranden werden aangebracht (fig. 25).

b. De staart.

Bij dit gedeelte onderscheidt men den rolsector en de ballastkist (fig. 26).

De rolsectoren zijn gevormd als een gedeelte van een wiel, hetwelk één geheel vormt met de hoofdliggers van den staart. In het middelpunt van den sector is tegen den buitenkant een gietstalen stoel bevestigd, waarin een tap is aangebracht, waarvan de as overeenkomt met de as van de cylindervlakken, waarvan de loopvlakken van de rolsectoren een deel vormen. Op dezen tap grijpt een stang aan, waarmede de brug is verbonden met het nader te noemen bewegingswerk. Daar de as van bovenbedoelde cylindervlakken de eenige lijn van de brug is, die bij bewegen geen beweging in verticalen zin heeft en de rolbaan horizontaal is, moet uiteraard ook het zwaartepunt van de geheele brug, inclusief ballast, ongeveer op deze lijn worden gebracht.

De gietstalen stoel is met trekplaten verbonden met twee verbandliggers, welke een rechten hoek met elkaar vormen. Een dezer liggers doet tevens dienst als dwarsdrager. De momenten, welke ontstaan doordat de bewegingswerken ter weerszijden van de brug op een afstand van 1,10 m buiten het hart van de hoofdliggers aangrijpen en waarvan de as een hoek, gelijk aan den openingshoek, in het vlak van den hoofdligger kan draaien, kunnen door deze twee verbandliggers tezamen steeds worden opgenomen.

De loopvlakken bestaan uit drie zware gietstalen segmenten, die tot taak hebben den zwaren plaatselijken druk, welke per rolsector gedurende het bewegen ongeveer 710 t bedraagt, te verdeelen. De segmenten rusten met geschaafde vlakken tegen de eveneens geschaafde onderkanten van de lijf- en versterkingsplaten van het geconstrueerde deel van den sector (fig. 27). De segmenten vervangen de vroeger gebruikelijke gebogen rolplaten, die door te geringe dikte aan uitwalsen onderhevig waren, waardoor de bouten of klinknagels, waarmede deze platen aan de rolsectoren werden verbonden, werden vernield.

Op den overgang tusschen twee segmentstukken worden in de eindvlakken groeven geschaafd. In de daardoor ontstane opening worden twee wiggen geslagen, die, wanneer de belasting de voeg passeert, den druk geleidelijk van het ééne stuk op het andere over moeten brengen.

De sectoren kunnen rollen over de rolbaanliggers. Dit zijn twee zware kokerliggers, één onder iederen hoofdligger. Zij zijn 10 m lang en opgelegd op normale rol- en scharnieropleggingen (fig. 26). Tusschen de twee rolbaanliggers zijn verbanden aangebracht (fig. 28).

De reden, dat hier werd afgeweken van de gebruikelijke werkwijze de liggers over de volle lengte op de beton van den onderbouw op te leggen, is tweeërlei. De voornaamste is wel de onzekerheid omtrent de drukverdeeling van de over de volle lengte opgelegde rolbaan op de onderliggende beton, hetwelk bij eenige buitenlandsche bruggen heeft bijgedragen tot verbrijzeling van deze beton. Bij gebruik van een oplegging aan beide einden bestaat deze onzekerheid niet, daar men hier werkt met volkomen bekende constructiedeelen, die slechts aan geleidelijk toe- en afnemenden druk worden onderworpen.

Een bijkomend voordeel is, dat de rolbaanliggers door het aanbrengen van een taatsconstructie bij iedere oplegging, nu niet star worden vastgehouden. Weliswaar zijn tusschen de liggers verbanden aangebracht, doch deze zijn 13 m lang en tamelijk licht uitgevoerd, zoodat de rolbaanliggers zich geheel kunnen aanpassen aan den stand van de rolsectoren, waardoor een gelijkmatige verdeeling van den druk over de volle lengte van de lijn van aanraking beter verzekerd is.