

Het alternatieve ontwerp voor de vaste verkeersbrug

door ir. J. Berenbak

Lubbers constructiewerkplaats en machinefabriek Hollandia N.V., Krimpen a/d IJssel.

Ontwerp fabricage en montage

De vaste verkeersbrug bestaat uit twee delen:

- de hoofdbrug, bestaande uit een landoverspanning over een recreatieweg en een hoofdoverspanning met een doorvaartbreedte van 90 m, uitgevoerd als een doorgaande plaatliggerbrug op drie steunpunten;
- de aanbrug, welke een industrieweg overspant en uitgevoerd is als een plaatliggerbrug op twee steunpunten (afb. 1).

Over de verkeersbrug worden een verkeersweg met 2 x 2 rijstroken en een voet- en rijwielpad geleid waardoor een benodigde brugbreedte van 24 meter ontstond.

Afmetingen

hoofdbrug: totale afmeting 153 x 24,12 meter, overspanningen 95,10 en 55,70 meter, constructiehoogte max. 3,20 meter

aanbrug: totale afmeting 43,40 x 24,12 meter, overspanning 40,85 meter, constructiehoogte max. 2,05 meter.

Constructievorm

plaatliggerbrug met twee hoofdliggers en een hooggelegen orthotrope rijvloer.

hoofdliggers: h.o.h. afstand 13.950 mm, standaardlengte 16.000 mm.

dwarsdrager: lengte 13.936 mm, h.o.h. afstand normaal 4.540 mm, t.p.v. middensteunpunt teruglopend naar een h.o.h. afstand van 2800 mm

consoles: lengte onder voet- en rijwielpad 5740 mm, lengte andere zijde 4430 mm.

Gewicht

Totaalgewicht excl. leuningen, vangrail e.d. 1250 ton (d.w.z. $\pm 255 \text{ kg/m}^2$).

Kwaliteit

Hoofdliggers en rijvloer Fe 52-D3 en C3, dwarsdragers en consoles Fe 37 - D3 en C3.

Opleggingen

Eszlinger opleggingen (fabrikant: Gute Hoffnungs Hütte).

Ontwikkeling van het ontwerp

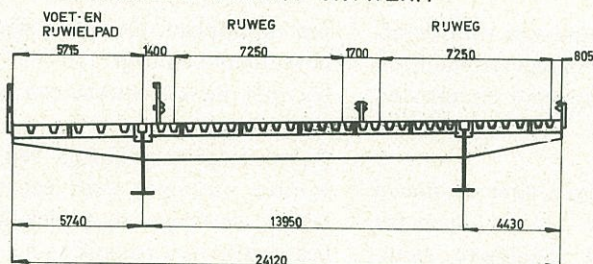
Het ontwerp voor de verkeersbrug dat Gemeentewerken Rotterdam in zijn bestek heeft aangevraagd was gebaseerd op een zeer snelle montage 'in de natte' waarbij de brug in lengte

terichting in drie stroken was verdeeld die elk, met de in dit gebied beschikbaar zijnde zware drijvende bokken, in hun totale lengte konden worden geplaatst.

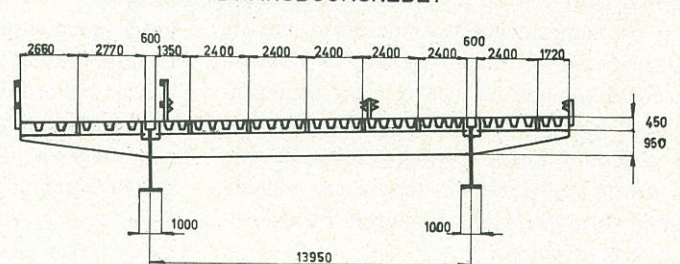
Bij de indiening van het alternatieve ontwerp heeft 'Lubbers' Constructiewerkplaats en machinefabriek "Hollandia" N.V. gebruik gemaakt van een later ontstane mogelijkheid om de brug 'in de droge' te monteren, waardoor een totaal andere constructievorm ontstond, aangepast aan de gekozen montagemethode. Ontstaan is een ontwerp waarbij de constructie van het begin af aan gesplitst is in een aantal betrekkelijk kleine, gelijkvormige onderdelen en wel om de volgende redenen:

- de montage van de brug vindt plaats in de droge met behulp van een mobiele kraan die permanent aanwezig is. Het gewicht van de onderdelen samen met de te geven spreij zijn dan bepalend voor de kraankosten en niet het aantal in te brengen onderdelen.
- wanneer men zich bij de grootte van de onderdelen beperkt tot wat over de weg kan worden aangevoerd dan bereikt men een relatief goedkoop transport (transport uiteraard gerekend inclusief de verladingskosten). Bovendien bereikt men een flexibele aansluiting tussen fabriek en montage waardoor een optimale produktiestroom kan ontstaan.
- de fabricagekosten moesten zo laag moge-

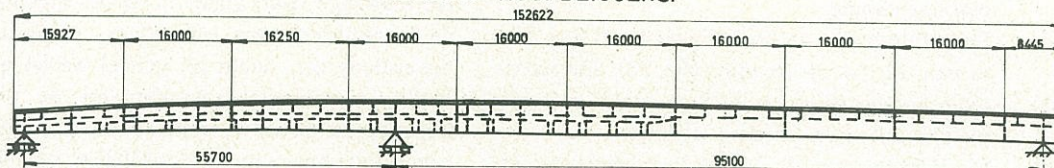
DOORSNEDE VARIANT ONTWERP.



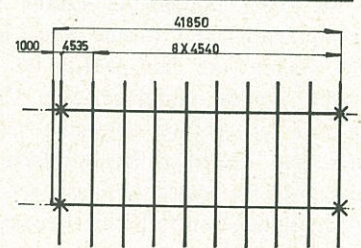
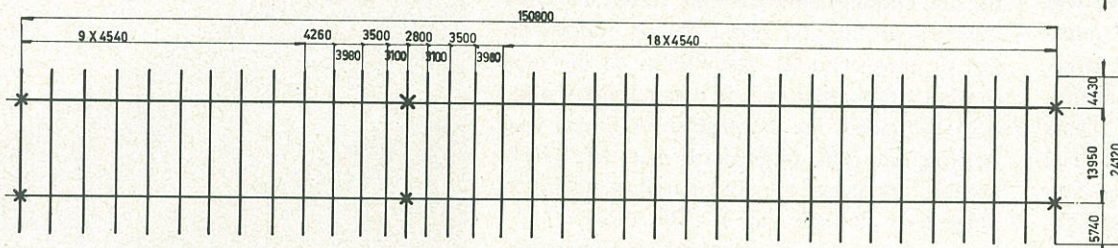
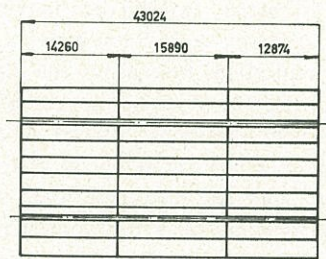
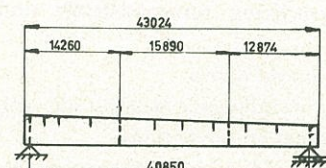
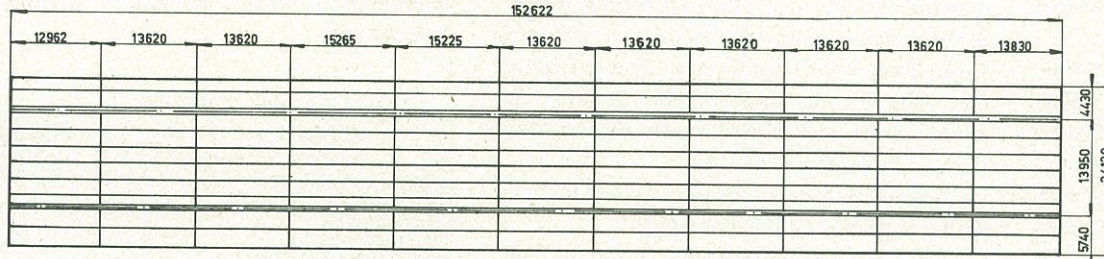
INDELING DWARSDOORSNEDE.



INDELING HOOFDLIGGERS.



INDELING DEKSECTIES.



BALKENROOSTERS VAN HOOFDLIGGERS EN DWARSDRAGERS.

1 Samenstelling verkeersbrug

lijk worden gehouden hetgeen ook leidt tot kleine hanteerbare eenheden om de interne transportkosten zo laag mogelijk te houden en de produktie in hallen met een geringe hijs-capaciteit plaats te kunnen laten vinden.

In afb. 2 zijn de doorsnede van het ontwerp en de samenstellende onderdelen schematisch aangegeven. Een doorsnede wordt gevormd door twee hoofdliggers, waartussen en waarvan de dwarsliggers en de consoles worden gebout (afb. 3).

Op de dwarsdragers en de consoles worden de deksecties geplaatst die, nadat alle naden in het dek zijn afgelast, met een hoeklas schuifvast aan de dwarsdragers en consoles worden verbonden waardoor een plaatligger-brug ontstaat met een orthotrope vloer die meewerkt als hoofdligger, dwarsdrager, langsligger en rijdek.

Bij de verdere uitwerking van deze opzet is gestreefd naar een zo groot mogelijke repetitie in de samenstellende onderdelen om de fabricagekosten zo laag mogelijk te houden, waarbij de eenheid in het systeem belangrijker werd geacht dan de eenheid in maatvoering, omdat bij kleine afwijkingen van de routine weinig verloren gaat, terwijl een volledige gelijkvormigheid niet of slechts zeer geforceerd te bereiken is.

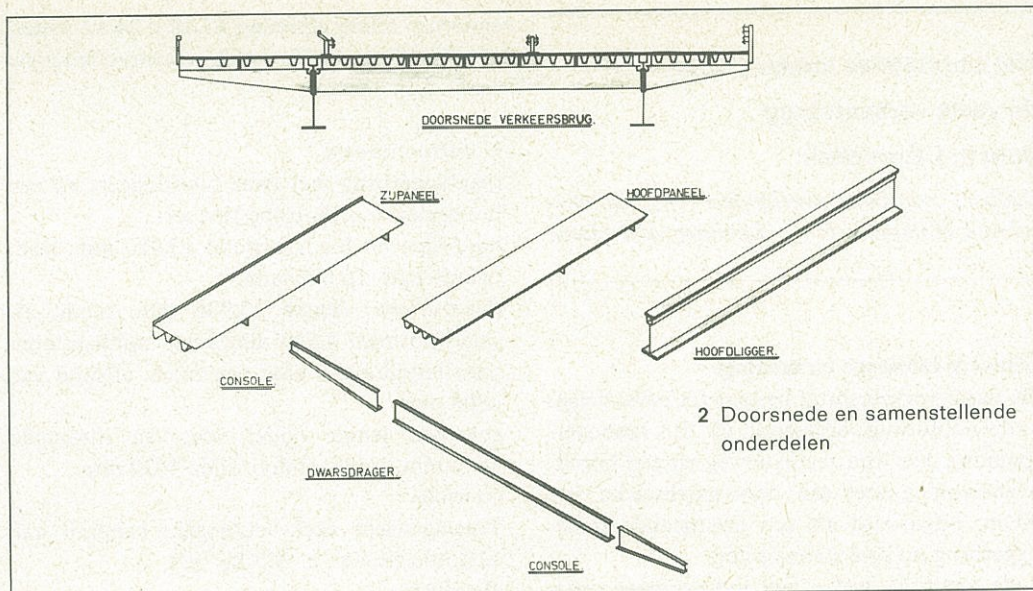
Beschrijving samenstellende onderdelen

De hoofdliggers

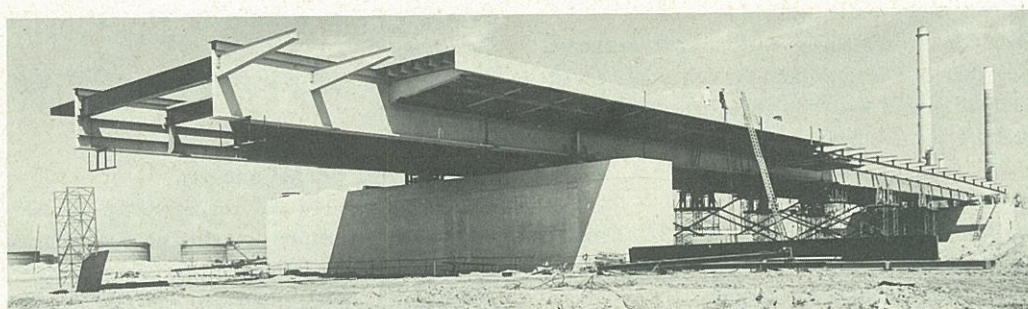
De hoofdliggers bestaan uit een onderflens, lijfplaat en bovenflens.

De hoofdligger is uitgevoerd in lengten van ± 16 meter, waarbij het maximale gewicht van één stuk $\pm 23,5$ ton bedroeg.

De onderflens bestaat uit een plaat van 1000×40 (Fe 52), waar nodig versterkt met oplegstrippen, afwisselend 1030×20 en 1000×20 , waardoor een verspringend platenpakket ontstond met een maximale dikte van 120 mm. Dit platenpakket wordt door een beperkt aantal M27-10.9 bouten bij elkaar gehouden, waarbij flanklassen dienen voor het waterdicht maken van het pakket en het overbrengen van de schuifkrachten. De aansluiting van een nieuwe oplegstrip vindt plaats d.m.v. een volledige krachtsinvoer via een voorspanboutverbinding waardoor een gunstige vermoeingssterkte bereikt wordt. Pas achter deze krachtsinvoer wordt de flanklas aangebracht (afb. 4). De onderflens is d.m.v. hoeklassen verbonden met de lijfplaat waar-



2 Doorsnede en samenstellende onderdelen



3 Opbouw van de verkeersbrug

bij de warmte-input bepalend was voor de afmeting van de las. De montageverbindingen van de onderflens zijn uitgevoerd als liplassen met oplegplaten waarbij M27-10.9 bouten zijn toegepast (afb. 5).

De voorspanning is verkregen door de bouten eerst aan te draaien tot $3/4$ Pv (gemeten d.m.v. een hydraulische Skidmore boutkrachtmeter) waarna de bouten 60° à 90° zijn nagedraaid.

De lijfplaat van de hoofdligger heeft een dikte van 12, 14 of 16 mm. (Fe 52). De maximale hoogte bedraagt 2,75 m, zodat met één plaatbreedte kon worden volstaan.

De lijfplaat van de hoofdbrug heeft aan de binnenzijde over de volle lengte t.p.v. de onderflens van de dwarsdragers een verstijvingsstrip. Daar waar negatieve momenten optreden, dus bij de middenpijler, is nog een tweede strip met bijbehorende dwarsverstijvingen aangebracht (afb. 6).

De lijfplaat van de aanbrug is slechts met één verticale plooiverstijving versterkt.

Bij het middensteunpunt zijn verder de consoles op de lijfplaat gelast die de onderflens van de ligger moeten stabiliseren en die met een boutverbinding aan de dwarsdragers worden verbonden. De montageverbindingen van de lijfplaat zijn uitgevoerd met M24-10.9 bouten, eveneens op voorspanning gebracht volgens de methode van $3/4$ Pv + 90° .

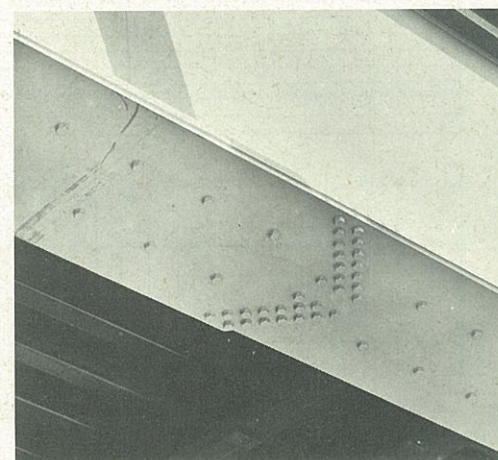
De bovenflens van de hoofdligger bestaat uit een 60 cm brede strook van de dekplaat samen met de 10 mm dikke verstijvgoot bo-

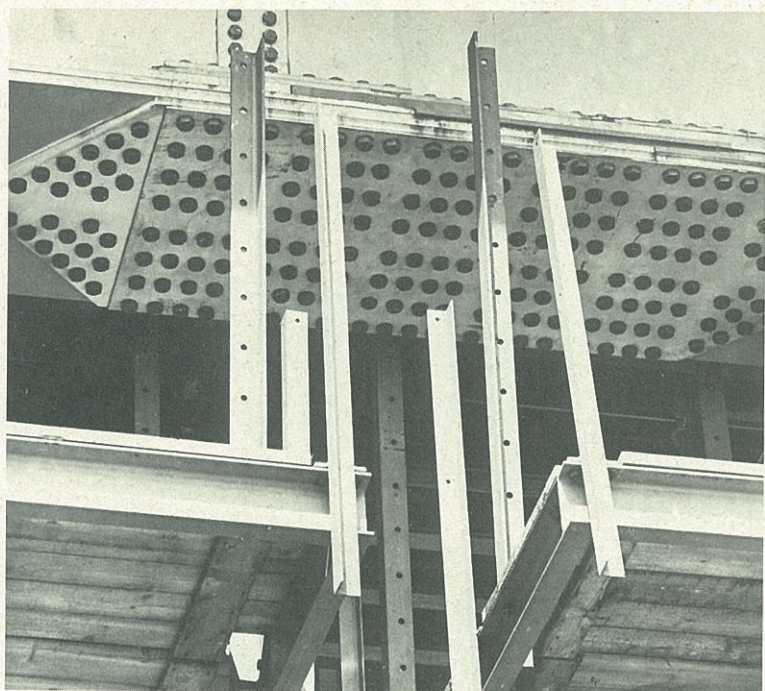
ven de lijfplaat. De totale doorsnede van de bovenflens bedraagt 150 cm^2 (Fe 52) waarbij door de kokervorm een redelijke stabiliteit ontstaat.

De montageverbindingen van de bovenflens worden verkregen door een volledige doorlassing, waarbij eerst de dekplaat wordt afgelast waarna een passtuk in het gootdeel wordt aangebracht (afb. 7).

De fabricage vond plaats in de bovengenoemde onderdelen, dus onderflens, lijfplaat en bovenflens die, nadat zij geheel waren afgewerkt, samengesteld worden tot de totale hoofdligger. In de fabriek worden de montageverbindingen van de hoofdligger op elkaar doorgeboord om het stelwerk op de montage te beperken.

4 Aansluiting van een oplegstrip





5 Montageverbinding onderflens
(bouten M 27-10,9)



6 Aanzicht binnenzijde hoofdliggers

De dwarsdragers en de consoles

De dwarsdragers en consoles bestaan uit een zware onderflens, een lijfplaat, een lichte bovenflens en kopplaten.

De afmeting van de onderflens van de dwarsdragers bedraagt 400 x 16 mm, die van de consoles 300 x 12 mm (afb. 8). De lijfplaat van de dwarsdragers is 12 mm dik bij een hoogte van 930 mm. De lijfplaat van de consoles is 10 mm dik.

De bovenflens van de dwarsdragers en consoles bestaat uit een strip van 100 x 10 die dient om de lijfplaat te verstijven en als stelrand bij het plaatsen van de deksecties (bij de montage wordt de bovenrand van de dwarsdragers tijdelijk gestabiliseerd en versterkt met een I.P.E. 270).

Omdat bij de consoles en de dwarsdragers de stabiliteit maatgevend was zijn zij uitgevoerd in Fe 37.

De montageverbinding van de dwarsdragers en consoles met de hoofdliggers is uitgevoerd d.m.v. doorgestoken M20-8,8 bouten, waarbij om montageredenen de dwarsdrager met meer bouten is bevestigd dan de later te plaatsen

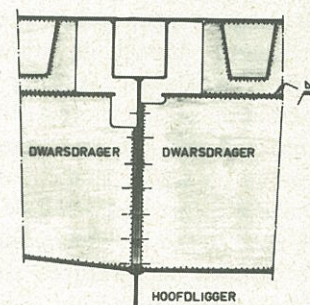
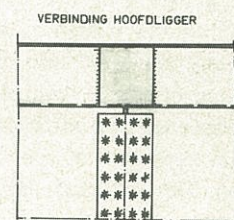
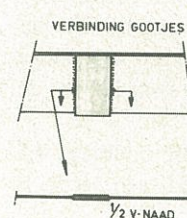
consoles. De montageverbinding met de deksectie vindt plaats door een dubbele hoeklas 4.

De deksecties

In de breedterichting wordt het rijdek gevormd door de bovenflens van de hoofdliggers en tien deksecties.

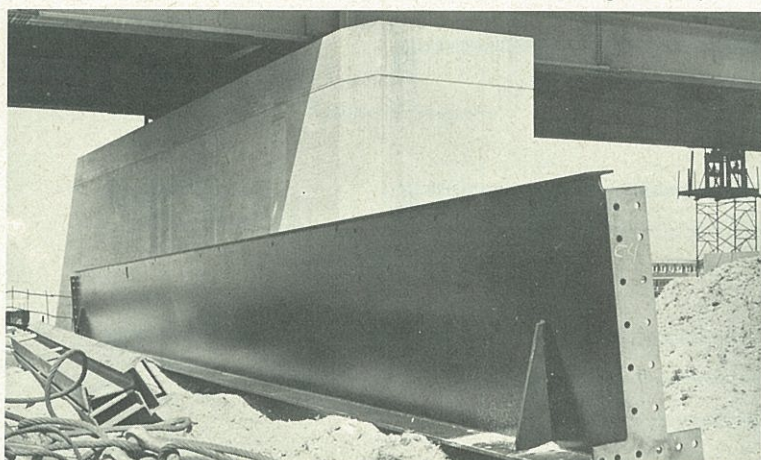
Deze deksecties zijn verdeeld in:

- vijf normale secties met een breedte van 2400 mm en vier langsgoten h.o.h. 600 mm, waarvan vier secties geplaatst tussen de hoofdliggers en op de rijwegconsole.
- een voet- en rijwielpadsectie met een breedte van 2770 mm voorzien van drie langsgoten.
- een zijsectie aan de rijwegzijde met een breedte van 1720 mm voorzien van twee langsgoten (afb. 9).
- een zijsectie aan de voetpadzijde met een breedte van 2660 mm voorzien van twee langsgoten.
- een passectie om het dek tussen de hoofdliggers te sluiten. De theoretische breedte bedraagt 1350 mm en de sectie is voorzien van

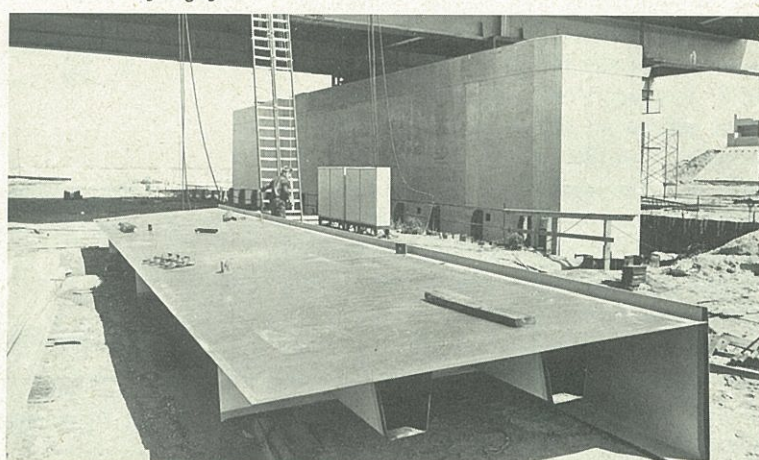


7 Principe van de montageverbindingen

8 Dwarsdrager (hier met verstijvingschotjes i.v.m. aansluiting console)



9 Deksectie rijwegzijde



twee goten. De sectie wordt op de montage pasgemaakt nadat de overige secties zijn samengelasht en de laskrimp bekend is.

De standaardlengte van de secties bedraagt 13.620 mm, d.w.z. drie dwarsdragerafstanden van 4540 mm.

Deze maat komt in de lengterichting zeven maal voor.

De secties van de aanbrug (drie lengten), aan de einden van de hoofdbrug (2 x 1 lengte) en de secties boven de middenpijler (twee lengten) waar een aflopende dwarsdragerafstand wordt toegepast hebben een afwijkende lengte (max. 15.890 mm).

Het teruglopen van de dwarsdragerafstand tot min 2800 mm t.p.v. de middenpijler van de hoofdbrug maakte het mogelijk om over de gehele brug een dekplaat van 10 mm (Fe 52) toe te passen waardoor samen met het overal gelijke, 5 mm dikke en 320 mm diepe trogprofiel een eenheid van systeem in de deksecties kon ontstaan.

Het gewicht van een basissectie bedraagt 4,5 ton. Het maximale gewicht van een sectie is 6 ton.

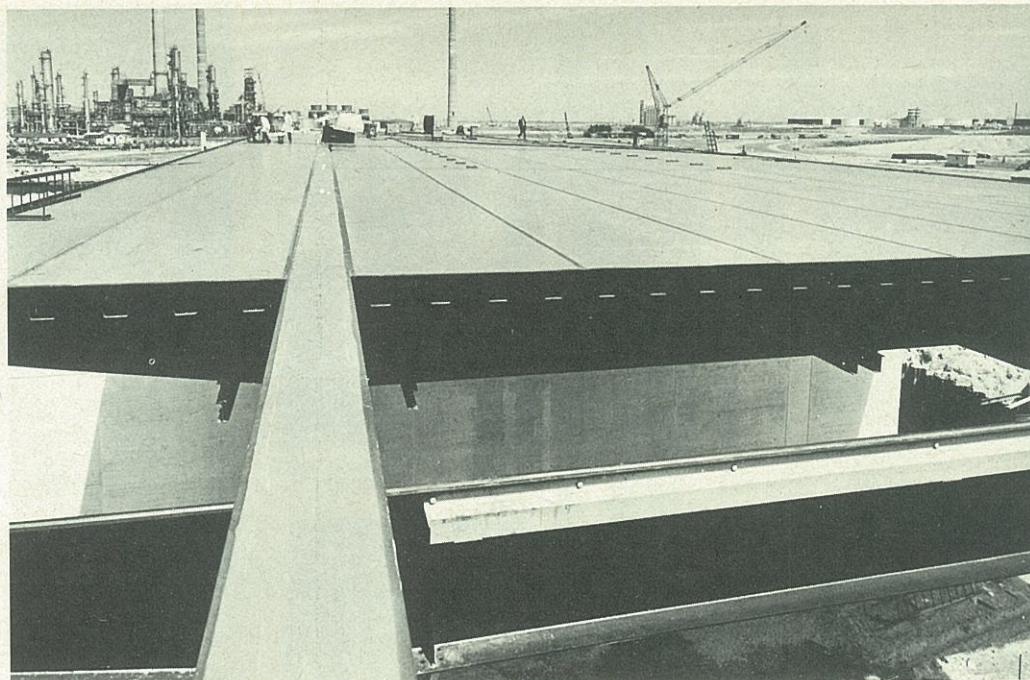
De fabricage van de secties vond plaats door de dekplaat ondersteboven op een stelvloer te leggen, hierop de dwarsdragerschotten m.b.v. hoeklassen volledig vast te lassen waarna de gezette profielen tussen de dwarsdragerschotten worden gesteld. Vervolgens worden de secties volledig afgelasht.

Om een in het bestek vereiste inbranding bij de naad tussen de gootvormige verstijving en de dekplaat te verkrijgen zijn de deksecties CO₂ afgelasht, waardoor een voorbewerking kon vervallen.

De lasvoorbewerking van de montagenaad in de dekplaten bestaat uit een schuine laskant aan de onderzijde van 4 mm (onder 45° d.w.z. een openingshoek 90°), waardoor een staande kant van 6 mm overblijft.

Bij de montage worden de platen stuk tegen elkaar gelegd en aan de bovenzijde gehecht. Vervolgens worden de naden aan de onderzijde in twee lagen afgelasht waardoor voldoende bodem ontstaat om de naad aan de bovenzijde uit te gutsen (inclusief de hechten) waarna de naad m.b.v. een Union-Meltmachine wordt afgelasht (afb. 10).

De montagelas van de trogvormige gootprofielen wordt gevormd door een 200 mm lang pastuk van 10 mm dikte dat tussen de 5 mm dikke goten wordt gelast, waarbij het dikteverschil kleine afwijkingen opvangt.



10 Aanzicht afgelasht dek

De montage

Het bouwterrein bestond uit een opgespoten terrein op de rand van de monding van de oude Brielse Maas. Alleen direct om de kanaalpijlers was het terrein niet berijdbaar omdat de damwand van de bouwput voor de voetplaten van de pijlers nog niet getrokken was en de putten zelf niet werden opgevuld.

Het terrein was goed berijdbaar voor rupskranen en beperkt berijdbaar voor vrachtwagens. Voor ondersteuning behoeft niet geheheid te worden.

De montage bestond in het kort uit het opstellen van de montagetorens, het plaatsen van de hoofdliggers op deze torens, het aanbouwen van de dwarsdragers en de consoles, het opleggen van de deksecties en het afbouwen én aflassen van de brugdelen.

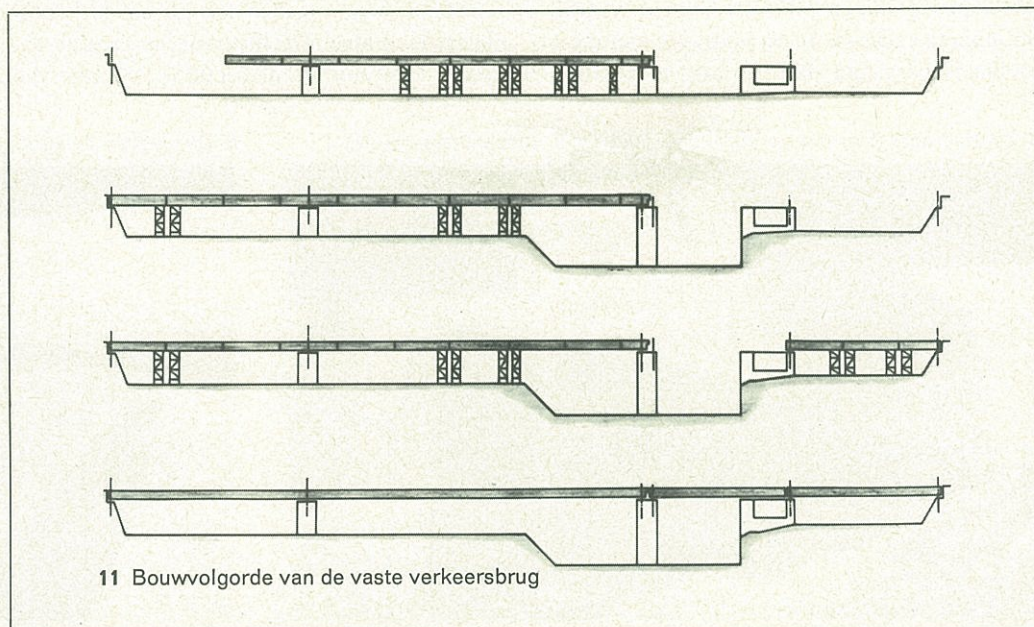
De bouwvolgorde van de brug is aangegeven in afb. 11.

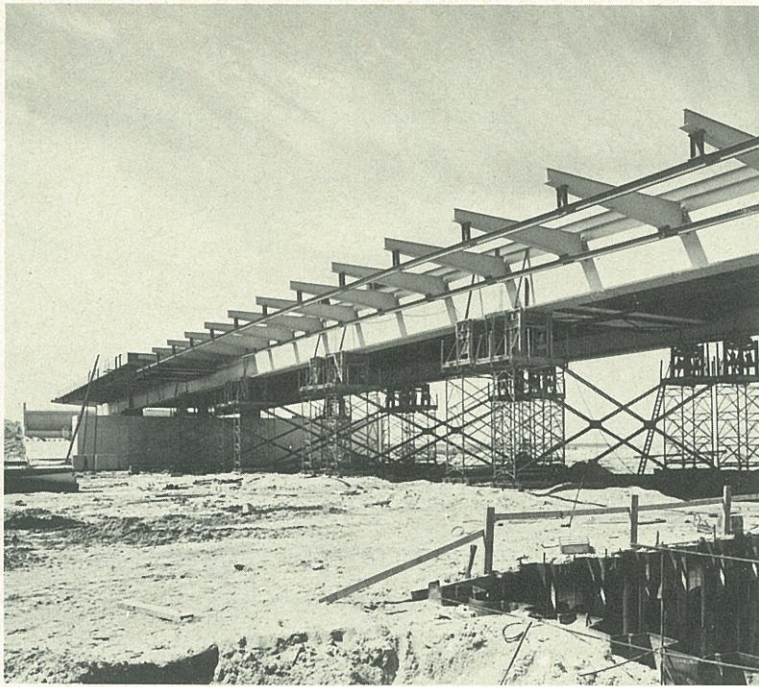
De montage van de hoofdbrug is gestart op

de middenpijler. Vervolgens is naar weerszijden symmetrisch een brugsectie uitgebouwd waardoor een uitgangstelling ontstond om de hoofdo overspanning te monteren, waarna de zijoverspanning volgde. Dit a-symmetrisch uitbouwen was noodzakelijk om de middenoverspanning op tijd vrij te kunnen geven voor het in de droge ontgraven van de doorvaart van de basculebrug, om damwanden te kunnen trekken en om na het inlaten van water een zwaai kom voor de drijvende bok Ajax te krijgen bij het plaatsen van de basculebrug (afb. 12).

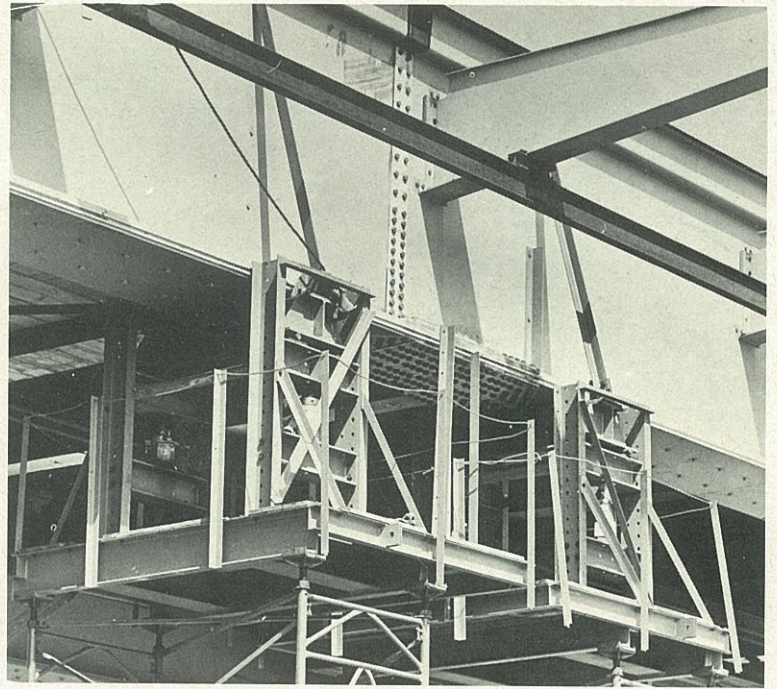
Bij de montage van het deel boven de middenpijler is gebruik gemaakt van een 150-tons mobiele kraan. De verdere brug is gemonteerd m.b.v. een 50-tons rupskraan.

De ondersteuningsconstructies voor de montages werden gevormd door een standaard Acrow-Wolff steiger met een draagvermogen





12 Overzicht montage van de hoofdoverspanning



13 Vrijelborden onder de brug

van 48 ton, dat via een tweetal lichte spreidbalken op Stelconplaten is gefundeerd en waarop een vrijelbordes is geplaatst dat het mogelijk maakt de last, over de hoogte van een volledig steigerelement verstelbaar, op te nemen (afb. 13).

De oplegbalk kon zowel in lengte- als in breedterichting in beperkte mate afgesteld worden, terwijl voor het verwerken van de temperatuurinvloeden een rolplegging op de vrijelconstructie kan worden aangebracht. Gedurende de montage bleef de brug op vrijzels staan, waardoor de torenbelastingen gemakkelijk konden worden gemeten mede om de bouwzeeg te controleren.

Om de windbelastingen tijdens de montage op te kunnen nemen zijn de montagetorens in dwarsrichting door windkruizen gekoppeld.

Om het brugdek aan de onderzijde te kunnen bereiken zijn aan de dwarsdragers en consoles tijdelijke katbanen aangebracht waarlangs een 8-tal werkbordessen over de volle lengte van de brug konden bewegen. Vanaf deze bordessen zijn het dek en de dwarsdragers afgelast en de leidingpijpen aangebracht. De verfwagen kon hier niet voor worden gebruikt omdat deze aan één zijde zal dragen op de nog te bouwen spoorbrug.

Op het dek is bij het aflassen met de Union-Meltmachine gebruik gemaakt van een lastent. Na het aflassen van het dek en het aanbrengen van de primer-laag is direct begonnen met het aanbrengen van een 5 cm dikke laag gietasfalt.

De montage van de vaste verkeersbrug is gestart in maart 1971; de oplevering zal plaats vinden in november 1971 (afb. 14).

Conclusie bij de vaste verkeersbrug

Nu het werk bijna voltooid is kunnen we stellen dat bij de uitwerking van de aanbidding een rationeel bouwsysteem is ontstaan door

een functionele splitsing van de samenstellen-de elementen, waarbij als voornaamste element de opbouw van de dwarsdrager geldt, die gevormd wordt door de samenwerking van de consoles, dwarsdragers en de dwarsdragerschotten op de deksecties.

Door het teruggaan naar kleine eenheden zijn de produktiekosten duidelijk afgenomen, waarbij de montagekosten door een goede uitwerking van de montage-details en door een juiste keuze van montagemethodiek naar onze mening zeker niet zijn gestegen.

Het belang van dit ontwerp is volgens onze mening, dat gezien de resultaten bij deze betrekkelijk geringe overspanning, een duidelijk bewijs is geleverd dat de stalen brug, mits rationeel opgezet en bij een eerlijk vergelijk, de concurrentie met andere materialen bij de huidige economische situatie kan doorstaan, waardoor een belangrijke versterking van de positie van de stalen brug is verkregen.

Met nadruk moeten wij hier stellen dat de realisatie van dit project kon ontstaan door een zeer open samenwerking met de opdrachtgever - afd. 8 staalbouw Gemeentewerken Rotterdam - die de mogelijkheid van het alternatieve ontwerp openliet en de aanne-

mer een grote vrijheid liet bij de verdere uitwerking van het ontwerp, de fabricage en de montage.

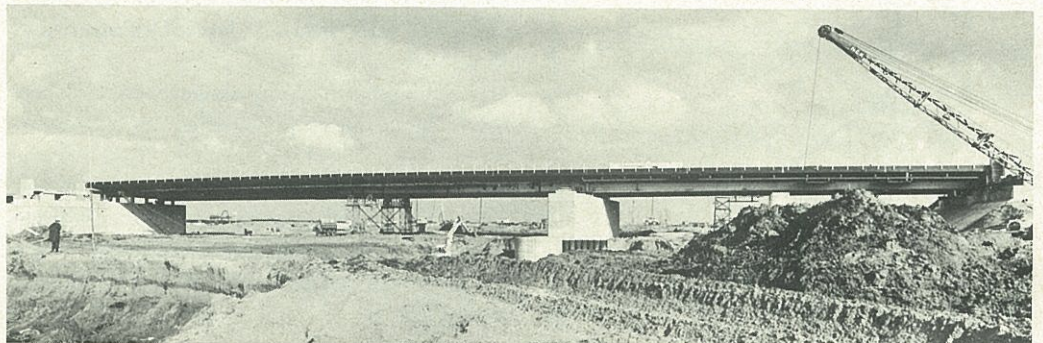
Montage van de verdere delen van de Suurhoffbruggen

Montage van de verkeersbasculebrug:

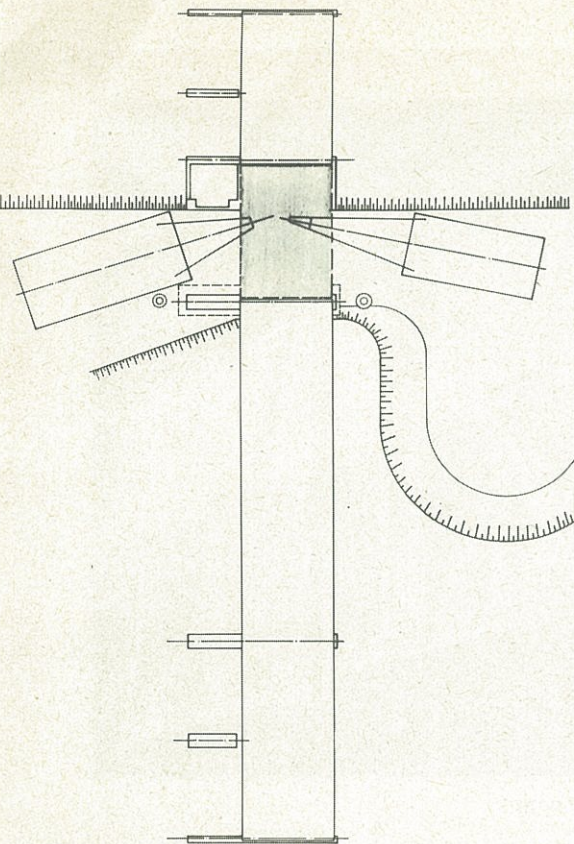
Deze montage zal plaatsvinden in november 1971, dus vlak na de montage van de verkeersbrug die 'in de droge' plaatsvond (afb. 15). Het val van de basculebrug is in het bedrijf in Krimpen a/d IJssel vervaardigd en wordt compleet aangevoerd met een gewicht van ± 380 ton en een afmeting van $\pm 24 \times 40$ meter. (schets nr. 5). Het val wordt geplaatst m.b.v. de 250-tons bok Ajax (in de hoofdtakels) en de 500 tons-bok 'ir. Snip' (in de toptakels).

Na het plaatsen moet als ballast in de staart een 150 ton beton gestort worden om de brug in evenwicht te brengen; wat inhoudt dat de brug pas na enige tijd beweegbaar is. Om de bok Ajax gedurende die tijd niet op te sluiten is al in de droge een zwaairom uitgegraven, waarin de Ajax kan strijken, waarna hij onder de brug door kan vertrekken.

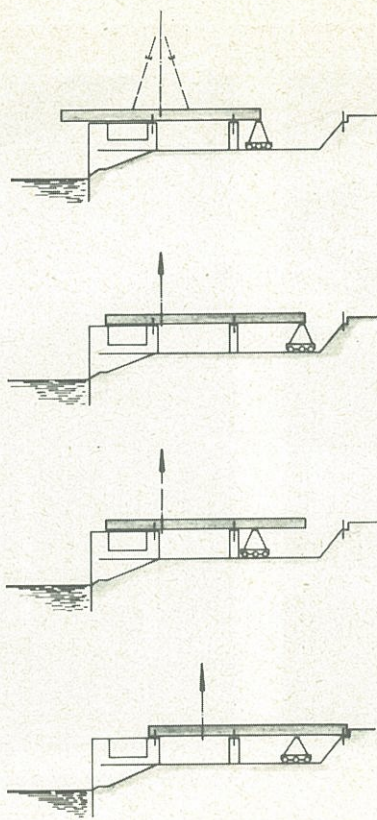
14 Stand van de montage eind september 1971



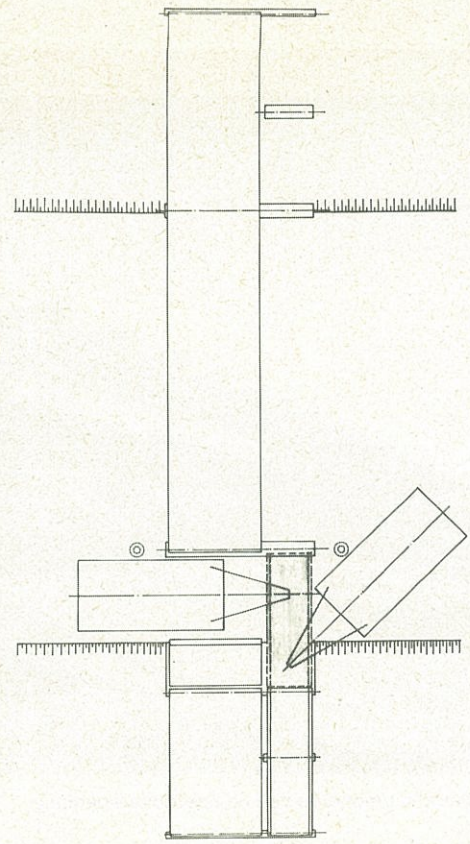
Gemeentewerken Rotterdam; foto's: pag. 5 t/m 10; pag. 11 t/m 16 Fotobureau C. Kramer



15 Montage van de verkeers-basculebrug



16 Montage van de spoor-aanbrug



17 Montage van de spoor-basculebrug

Montage van de spoor-aanbrug:

De montage van de spooraanbrug zal plaatsvinden direct na de montage van de verkeers-basculebrug m.b.v. de 500-tons bok 'ir. Snip'. De brug is eveneens in het bedrijf in Krimpen a/d IJssel vervaardigd en wordt ook in zijn geheel aangevoerd met een gewicht van ± 205 ton en een afmeting van $\pm 12 \times 43$ meter (afb. 16).

De plaatsing van de brug geschiedt in drie etappes nl.:

– de bok 'ir. Snip' neemt de brug in de beide toptakels en plaatst hem zo ver mogelijk

over de basculekelder op een tijdelijke onderstepping.

Het 'landeinde' van de brug steekt dan juist over de middenpijler.

– onder dit overstek wordt een rolwagen geplaatst terwijl de 'ir. Snip' het toptakel aan de landzijde los maakt.

De brug kan nu enige meters worden doorgerold, gedragen door de rolwagen en de enkele toptakel, waarna de brug weer op stoppingen wordt geplaatst.

– Hierna wordt de rolwagen teruggedrold tot de middenpijler, waarna de brug weer wordt overgenomen door de rolwagen en het toptakel, en doorgerold tot boven de definitieve opleggingen.

Montage van de spoor-basculebrug (schets nr 1)

De montage zal plaatsvinden medio 1972. Het val van ± 350 ton zal weer in zijn geheel worden aangevoerd, waarna het weer geplaatst wordt m.b.v. twee grote bokken, waarvan er één in de doorvaart van de verkeersbasculebrug moet gaan liggen (afb. 17).

Montage van de vaste spoorbrug (tuirug)

De montage van de vaste spoorbrug zal medio 1972 aanvangen. De fabricage van de onderdelen zal weer plaatsvinden in Krimpen a/d IJssel (afb. 18).

Het montageprincipe is aangegeven in schets nr. 8 en is onder te verdelen in vijf fasen:

– Het plaatsen van het staartdeel van de tuirug, waarbij het over de pijlers moet worden doorgerold omdat dit stuk gedeeltelijk boven de oever van het kanaal en boven de recreatieweg ligt.

De lengte van dit brugdeel is ± 65 meter, het gewicht bedraagt ± 450 ton.

– Het plaatsen van de twee 25 meter hoge pylonen en het aansluiten van de twee koker-vormige achtertuinen. Dit kan nog juist m.b.v. een drijvende bok worden uitgevoerd.

– het plaatsen van de hoofdoverspanning die, zonder de tuinen, juist zijn eigen gewicht kan dragen.

Dit deel heeft een lengte van ± 85 meter, bij een gewicht van ± 500 ton; het zal in zijn geheel worden aangevoerd. Bij het plaatsen wordt de overspanning aan de basculezijde hoger neergezet om de juiste aansluithoek te bereiken.

– Het plaatsen van de korte tuinen waartoe het uiteinde van de overspanning wat moet worden afgevijseld om de juiste aansluitlengte te bereiken.

– Het plaatsen van de lange tuinen (lengte 56 meter, gewicht 50 ton/stuk) waartoe de brug weer verder moet worden afgevijseld om de juiste aansluitlengte te bereiken. Hierna kan de brug op zijn definitieve opleggingen worden gesteld en worden afgewerkt.

Het totale gewicht van de vaste spoorbrug zal inclusief de constructies voor de bevestiging van de spoorstoelen ± 1400 ton bedragen.

18 Montage van de vaste spoorbrug

