



BRUG OVER HET VERBINDINGSDOK IN ZEEBRUGGE

Jorus Meersschaert | SBE

Begin 2019 is er door MBZ (De Maatschappij van Brugse Zeevaartdiensten, nu Port of Antwerp-Bruges) een DBM project uitgeschreven voor het vervangen van de tijdelijke brug over het 400 m brede Verbindingsdok in de haven van Zeebrugge via een concurrentiegerichte dialoogprocedure. De nieuwe brug wordt 370 m verder naar het oosten ingepast om aan te sluiten op de J. Verschaeveweg in het noorden en de verlengde Koffieweg in het zuiden (zie fig.1).

HET PROJECT

Deze brug moet de verbinding verzorgen tussen de Achterhaven Noord en Zeebrugge Dorp met de Achterhaven Zuid en zijn ontsluiting via de A11.

De aanbestedingsprocedure was een concurrentiegerichte dialoog met 65 punten

op de prijs en 35 punten op de functionele kwaliteit. Dit laatste had vooral betrekking op *'de technische elegantie, de minimale functioneringstijd, het minimaal onderhoud en het gemak van onderhoudbaarheid'*.

Na drie dialoogrondes is ons aannemersconsortium verkozen, bestaande uit Artes Depret voor de waterbouwkundige en civiele werken, staalbouwer Victor Buyck voor de stalen draaibrug en Besix Unitec voor alle



1 Inpassingsplan brug over het Verbindingsdok

elektromechanische werken. Deze laatste werd dan nog eens bijgestaan door Demako voor het hef- en draaimechanisme en de opleggingen en door Vameco voor de vizzels. Het consortium is bijgestaan door twee ingenieursbureaus: SBE en Stendess. SBE verzorgt het algemeen ontwerp en concept van zowel de draaibrug als de vaste bruggen, de omgevingsvergunning, de algehele BIM-coördinatie en de uitvoeringsstudie van alle waterbouwkundige en civiele werken. Stendess is verantwoordelijk voor de berekeningen en uitvoeringsstudie van de staalconstructie van de draaibrug. Er diende een zeer strakke planning te worden aangehouden. De eerste dialoofphase startte in januari 2019 en eind 2019 al werd het aannemersconsortium gekozen. Onmiddellijk werd dan gestart met de opmaak van de Omgevingsvergunningsaanvraag welke in maart 2020 werd ingediend en eind september 2020 reeds werd goedgekeurd. In oktober 2020 zijn de werken gestart om deze 15 maanden later te beëindigen: een huzarenstuk dat alleen maar mogelijk was door een perfecte samenwerking tussen opdrachtgever, aannemersconsortium en ingenieursbureaus.

CONCEPT EN ONTWERP

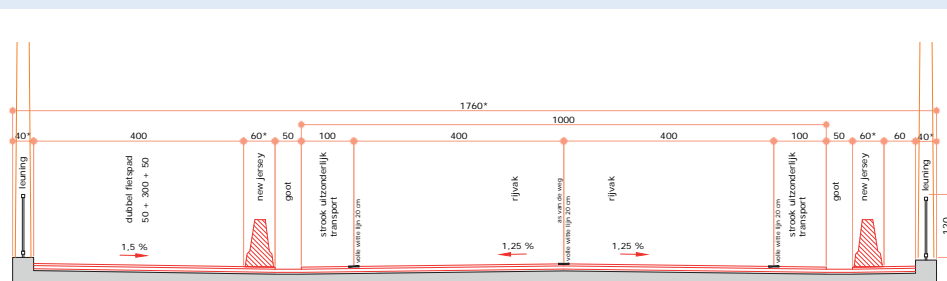
De voornaamste functionele eisen zijn een wegdek met een nuttige breedte van 10 m om de oversteek van een havenkraan type Gottwald met een massa van 500 ton toe te laten. (twee rijstroken van 4 m met twee randstroken van 1 m breed voor het uitzonderlijk transport van de havenkraan). De doorrijhoogte dient onbeperkt te zijn. Ook moest er in een vrijliggend fietspad van 4 m breed worden voorzien.

De ontwerp levensduur van de brug is 100 jaar en de ontwerp snelheid voor het wegverkeer is 70 km/u. De brug moest tot windkracht 9

normaal bruikbaar zijn en tot windkracht 10 met verminderde openingssnelheid. Bij een noodstop moet het beweegbaar deel van de brug binnen 6 seconden stil staan, wat een enorm torsiemoment van meer dan 19.000 kNm veroorzaakt!

Het bewegingsmechanisme dient ten allen tijde bereikbaar te zijn zonder de noodzaak van varende materieel. Het besturingsgedeelte dient zich minstens 1,5 m boven het normaal dokpeil te bevinden.

De geometrische eisen zijn ook zeer uitdagend: een doorvaartbreedte van 55 m, een onbeperkte doorvaarthoogte bij de brug in open stand en dit bij een waterdiepte van 18,5 m! Verder moest de brug aansluiten op het bestaand maaiveld (3 m boven normaal dokpeil) en mocht de langshelling niet meer dan 3% bedragen.



Sned A-A
schaal: 1/50

* = afstanden mogen vermindert worden door inschrijver
Typedoorsnede afwerking brug

2 Vereist dwarsprofiel van de brug



3 De brug in aanbouw in de werkplaats met de hoofdliggers, dwarsdragers en orthotroop dek.

Na vele brainstormsessies en opmaak van verschillende 'trade-off matrices' kwamen we als uiteindelijke oplossing voor het beweegbaar gedeelte tot een symmetrische draaibrug met een totale lengte van 130 m. De vaste aanbruggen bestaan uit klassieke betonnen bruggen met voorgespannen liggers die opgelegd worden op pijlerbalken en stalen buispalen.

Omwille van het criterium 'technische elegantie' wordt er geopteerd voor een draaibrug waarvan het val bestaat uit twee massieve, stalen hoofdliggers met daartussen dwarsdragers en een orthotroop dek met

trogprofielen. De hoofdliggers zitten volledig onder het dek en variëren in hoogte tussen 3,3 m en 4,3 m met onderflenzen van 1,5 m breed en variërend in dikte tussen 50 en 150 mm (fig.3).

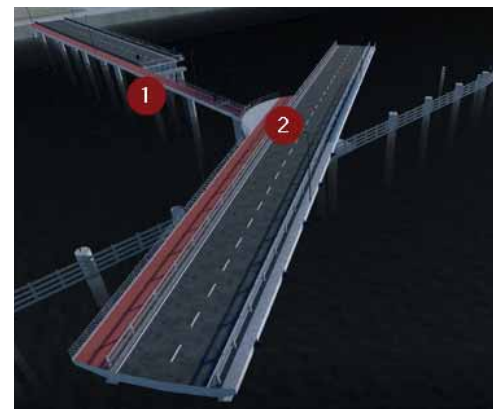
Het bijkomende voordeel van deze constructie zonder boven het dek uit stekende hoofdliggers, is dat ook het vervoer van brede 'specials' mogelijk is (na demontage van enkele lichtmasten) en de constructie veel minder aanvaargevoelig is voor de overhangende brug van passerende schepen.

Omwille van dezelfde vormgevingseisen wordt ook de draai- en hefinrichting volledig tussen de beide hoofdliggers in gebouwd zodat het geheel een slanke en cleane look heeft en steeds, zowel in gesloten als in open stand, volledig in de omgeving opgaat. Er werd in het bestek absoluut geen landmark gevraagd, integendeel.

Omwille van het criterium *onderhoudbaarheid* wordt het vaste fietspad aan de noordzijde doorgetrokken tot aan de ronde, centrale uitbouw aan de fietsbrug. Deze uitbouw vormt niet alleen een aantrekkelijk verpozingspunt voor de fietsers en voetgangers, maar zorgt er tevens voor dat, ook in open stand, de brug en zijn bewegingsmechanisme steeds bereikbaar is, zelfs voor een 40 tons-kraan. Vanop het uiteinde van de fietsersbrug kun je ook via een trap naar het middeneiland om zodoende toegang te krijgen tot de draaicarroussel en de elektrische kasten die daar staan opgesteld. Alles staat dus in het teken van een maximale bereikbaarheid en gemak van onderhoud en inspectie.



4 Het hef- en draaimechanisme dat tussen de hoofdliggers opgesloten is

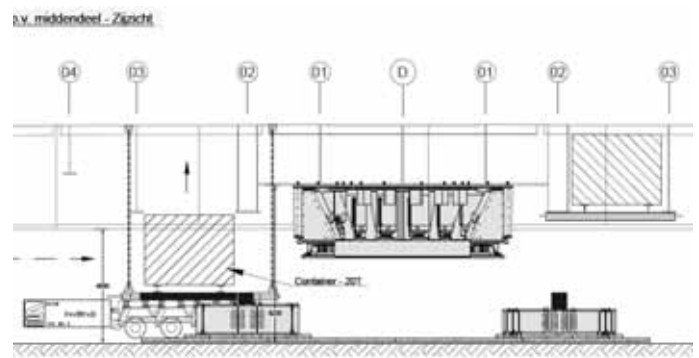
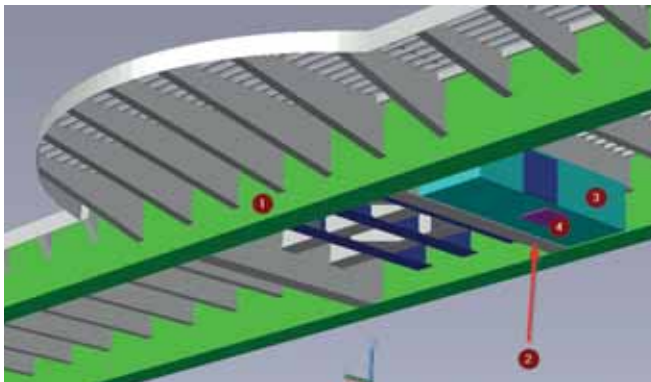


↑ ↓ 5 Onbeperkte toegang tot de draaibrug en het middeneiland

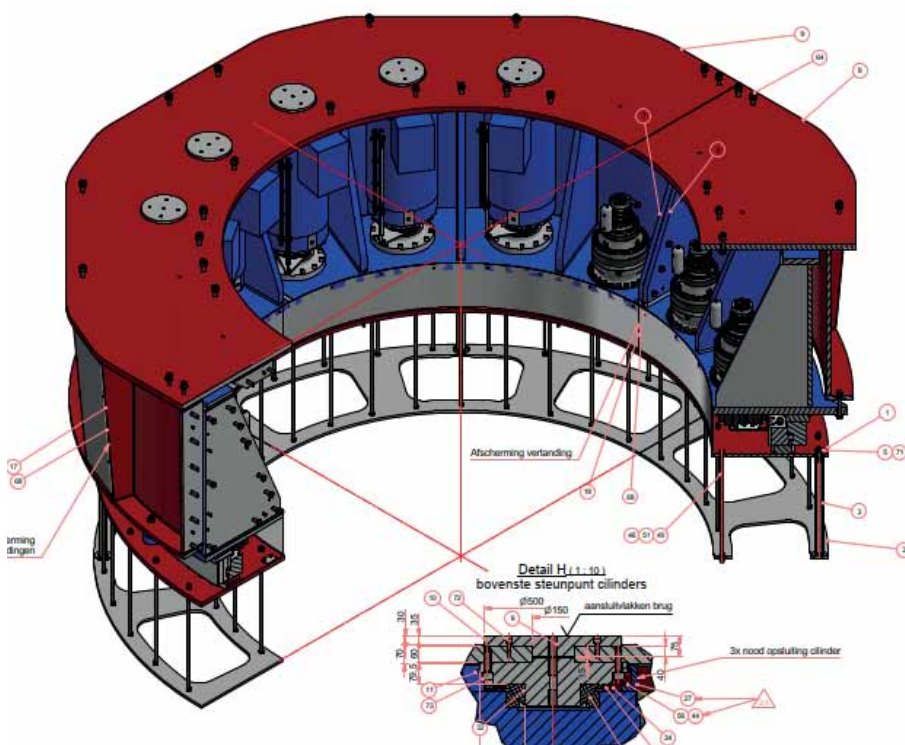


6 Zijaanzicht van de brug (zijde zonder fietsbrug)





7 Inbouw EMU container onder de draaibrug



8 De carousel – hef- en draaimechanisme - patent Demako

Ook de technische ruimtes met de motoren en hydrauliegroepen zijn volledig ingebouwd in de draaibrug. Ze zitten daar zeer beschermd en vanop het middeneiland zijn ze via een laddertje gemakkelijk bereikbaar. Omwille van de redundantie en verhoogde beschikbaarheid, wordt deze technische container volledig in spiegelbeeld uitgevoerd. Dit laat bijvoorbeeld toe om onderdelen en software te vervangen terwijl de draaibrug toch gewoon in dienst blijft.

Omwille van het criterium *minimale functioneringstijd* is gekozen voor een bewegingsmechanisme (de gepatenteerde draaicarrousel van de firma Demako) dat toelaat om, centraal, de brug zowel te liften als te draaien. Om los te komen van zijn V-vormige opleggingen, dient de brug immers eerst over 800 mm gelift te worden om dan pas gedraaid te worden. Bij klassieke draaibruggen wordt de brug niet in zijn geheel gelift, maar wordt er onder de opleggingen op de bruguiteinden een

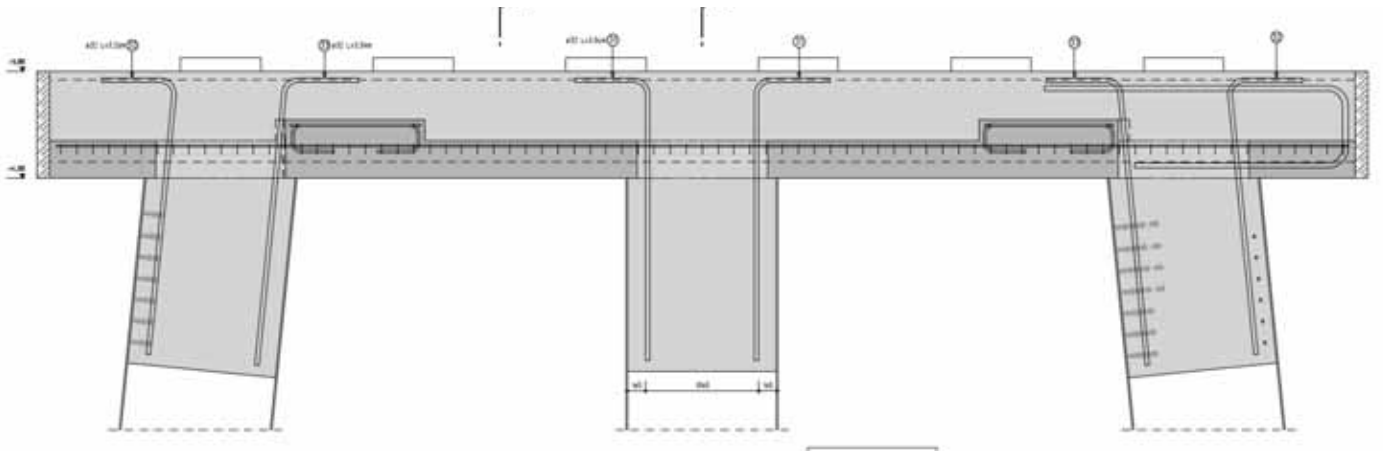
spiegvormig blok onder de opleggingen geschoven. Daarvoor dient er dan, in tegenstelling tot bij ons ontwerp, uiteraard ook in een elektromechanische uitrusting ter plaatse van de bruguiteinden te worden voorzien. Dit komt de onderhoudbaarheid en het gebruiksgemak uiteraard niet ten goede. De hefbeweging duurt ongeveer 60 seconden, de draaibeweging 90 s.

Er is ook nagedacht over de fase 'einde levensduur'. De brug is zo gebouwd dat alle elementen op een eenvoudige manier kunnen worden verwijderd. Bijvoorbeeld geen betonconstructies onder water maar wel buispalen die relatief gemakkelijk te verwijderen en te recyclen zijn. Bijvoorbeeld ook de isostatische (statisch bepaalde) kunststof fietsbruggen die heel gemakkelijk te demonteren en te hergebruiken zijn.

UITVOERING

Zoals iedereen weet, is bouwen op het water duur en tijdrovend. Van in den beginne was iedereen binnen het consortium erover eens dat het werk zoveel mogelijk vooraf, op het land, moest kunnen worden uitgevoerd. Dit heeft geleid tot volgende slimme keuzes bij het uitvoeringsontwerp.

Eerst bespreken we *de vaste aanbruggen* die gebouwd zijn door Artes Depret uit Zeebrugge. Een thuismatch dus voor hen en met enorme logistieke voordelen bovendien. Er is een noordelijke aanbrug van 100 m lang en een zuidelijke van 170 m lang. Omdat we gebonden waren aan een eis om de onderkant van de brugliggers op minimaal 1,50 m boven het wateroppervlak te plaatsen, om golfimpact te vermijden, dienden we de hoogte van de prefab H-iggers en dus ook de overspanningen aan de landzijde te beperken.



9 Doorsnede en plaatsing van de prefab pijlerbalken



10 Plaatsing middeneiland

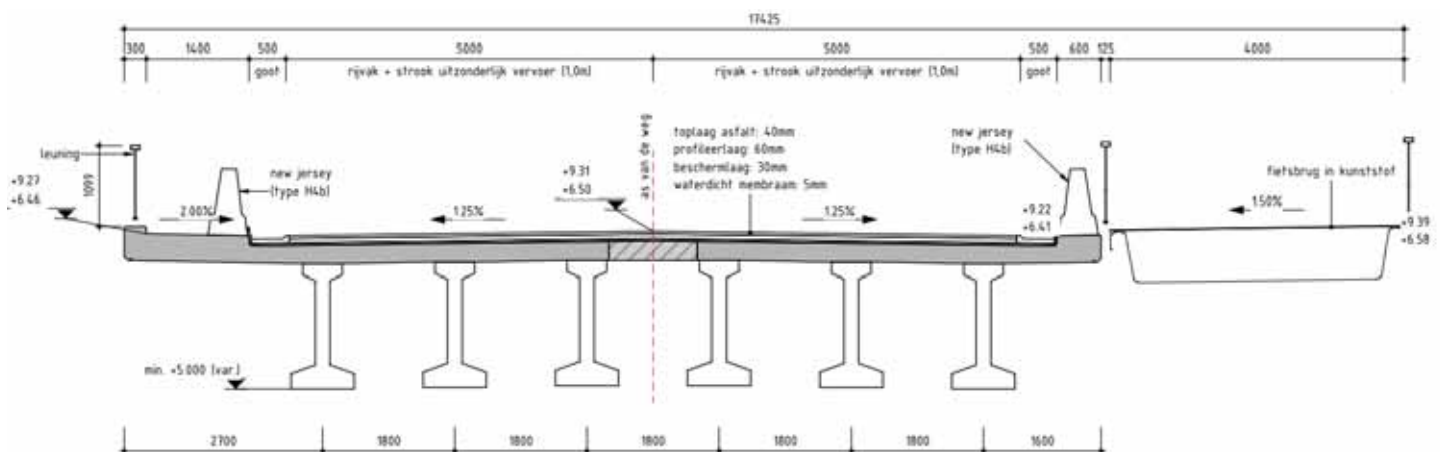
Naargelang het brugdek opliep naar het midden van het dok konden we met hogere Higgers en grotere overspanningen werken. De grootste overspanningen zijn 33 m lang met I-liggers van 1,90 m hoog.

- 1 Voor de pijlerbalken waar de I-liggers op afdragen, wordt er gewerkt met klassieke prefabbalken welke ter plaatse worden opgestort om zo een momentvaste knoop te maken met de buispalen.
- 2 Het middeneiland is in feite een grote betonsokkel van ongeveer 15 m bij 15 m en 1,50 m dik, die op 8 buispalen met een diameter van 2 m rust. Op deze sokkel komt dan later het hef- en draaimechanisme van de draaibrug. Deze plaat heeft

een massa van ongeveer 850 ton! Dit was te veel voor het hijsmateriaal van de aannemer en daarom is deze deels in prefab op het land uitgevoerd met een dikte van gemiddeld 600 mm maar wel met alle wapening erin geplaatst, evenals de bekistingspanelen voor de latere opstort op het water. Dit stuk woog dan nog altijd 4 MN.

- 3 De brugdekken bestaan uit zes prefab I-liggers met een brugdek erop met een dikte van 250 à 300 mm dik. De totale breedte van het dek is 13,30 m en de lengte van de langste dekken is 33 m. Om hier ook de massa te beperken tot 400 ton werd er voor geopteerd om

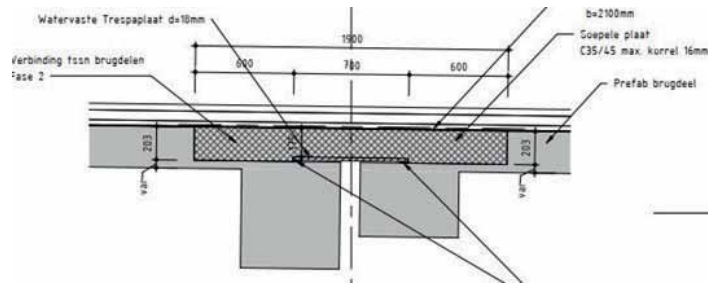
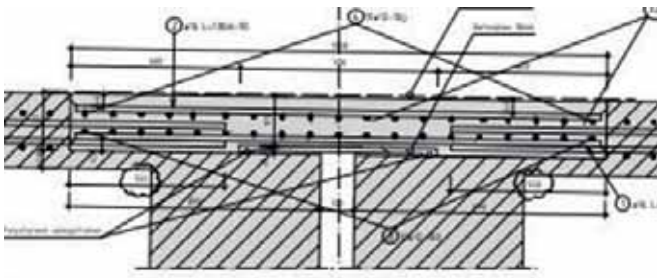
telkens twee halve brugdelen te maken op het land. Het is te zeggen, telkens drie Higgers met een 'half' betondek erop van 6,30 m breed. Deze halve brugdelen zijn dan op een ponton naar de bouwplaats van de nieuwe brug gesleept en op de pijlerbakken geplaatst. De middenzone tussen de twee bruggedelen is ongeveer 1 m breed om de dwarswapening te kunnen overlappen en deze werd dan ter plaatste gestort op een verloren bekisting die al op het land was aangebracht onder één van de twee brughelften.



11 Dwarsdoorsnede van de brug



12 De constructie en plaatsing van de brugdelen, voor het opstorten van de voegen



13 Detail en foto van de soepele plaatverbinding.



Om deze kolos van 1800 ton goed op zijn plaats te krijgen, was nog een hele uitdaging

Omdat het bestek voorschreef dat er enkel een voegovergang mocht zijn ter plaatse van de landhoofden en ter plaatse van de overgang tussen vaste en beweegbare brug enerzijds en, omdat we isostatische (statisch bepaalde) dekken wilden behouden, werd er geopteerd voor een 'soepele plaatverbinding' ter plaatse van de kopse voegen tussen de verschillende brugdelen.

Wat betreft de stalen draaibrug werd geopteerd om de gehele brug samen te stellen in de werkplaatsen van de staalconstructeur Victor Buyck te Eeklo en

Gent. De draaibrug is 130 m lang, 4,5 m hoog en op zijn breedst bijna 25 m. De brug weegt 18 MN. De opzet was om een ponton met de brug over water via de Ringvaart en het Kanaal Gent-Terneuzen en dan verder via de Westerschelde naar Zeebrugge te slepen.

Omdat we verschillende bruggen dienden te passeren, was de hoogte van de brug in afgewerkte toestand beperkt. Dit is ook één van de redenen om niet voor een hoge vakwerkbrug maar voor een lage liggerbrug te kiezen. Alle afwerkingselementen, zoals de dekbekleding van ingestrooid epoxyhars en

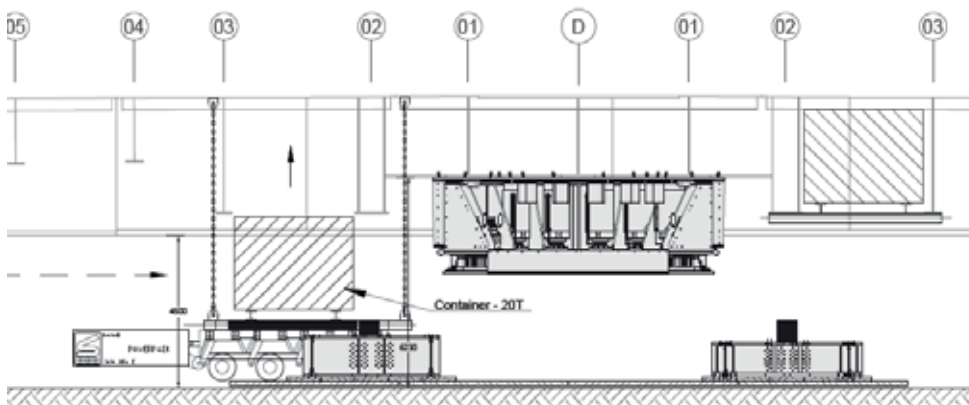
de opleggingen, zijn vooraf in de werkplaats aangebracht. Ook alle onderdelen van het bewegingsmechanisme en de twee technische ruimtes, waarin de motoren en hydraulische groepen staan opgesteld, zijn vooraf geïnstalleerd en getest in de werkplaats.

MONTAGE VAN DE BRUG

Zoals al eerder vermeld, is de draaibrug in zijn geheel over water naar de haven van Zeebrugge vervoerd. Om deze kolos van 1800 ton mooi op zijn plaats te krijgen, was



detail t.p.v. middeneiland - Zijzicht



↖ ↙ 14 Technische ruimte met motoren en hydraulische groepen en inbouw in de brug

nog een hele uitdaging. Eerst werd de brug van één groot zeewaardig ponton op twee kleinere pontons overgeplaatst door middel van SPMT's. Dit was nodig om de brug over het remmingswerk en het middeneiland te kunnen krijgen (zie fig.16). Geleid via het remmingswerk en via kabels en lieren werd

het geheel voetje voor voetje verplaatst om uiteindelijk met het draaimechanisme boven het middeneiland te komen.

Om de draaikrans perfect op zijn onderplaat te krijgen, zijn er voor de grove positionering eerst vier grote tijdelijke geleidingsstoelen op

het middeneiland verankerd (in donkerblauw, zie fig. 18). Om de uiteindelijke, exacte positionering te verzorgen, zijn er centreerpennen aangebracht op de onderplaat.

↓ 15 De draaibrug op reis van Gent naar Zeebrugge





16 De draaibrug liggend op twee pontons afgemeerd aan het remmingswerk



17 Centreerpen en geleidingsstoelen voor de exacte positionering



18 En zo is het uiteindelijk geworden...