

Schouder eronder



Momentvast in x- en y-richting.

Voor een netwerk van inland-containerterminals voor de Nederlandse binnenvaart is een containerkraan ontworpen op twee miljoen cycli. Standplaats is Alblasserdam. Verwacht wordt dat de containerkraan eind dit jaar wordt opgeleverd. De dynamische belasting uit versnellingen heeft diepe impact op het ontwerp. De containerkraan is volledig opgebouwd uit stalen doosconstructies met gezette staalplaten.

Van de redactie, met dank aan Xander Verseveldt en Marcel van Es, respectievelijk afdelingshoofd/projectmanager Mechanical Department en Structural Designer, beiden bij Iv-Consult in Papendrecht.

De BCTN-terminal in Alblasserdam is uitgerust voor 20-, 40- en 45-feet containers, die samen met de scheepsgrootte bepalend zijn voor de hoofdmaatvoering van de containerkraan (95,5x27,5x24 m). De kraan is ontworpen op twee miljoen cycli (full service (24-7), over twintig jaar), dus 100.000 per jaar, ofwel drie minuten per cyclus over 81 m. Een cyclus is een gemiddelde los- en laadbeweging van het vrachtschip naar het midden van de stack en terug. Concreter: een container oppakken uit het schip, naar landzijde vervoeren en daar lossen en dan met een lege trolley terug naar het schip. De containerkraan is uitgelegd op een parallelstelling met twee containerschepen naast elkaar, waardoor een relatief groot overstek nodig is aan de waterzijde: 27,5 m, gemeten vanaf de rail waterzijde tot maximaal bereik van de trolley ('kat'). De container wordt uit het

schip gehesen waarna de kat het rijdt naar de 'stack', een (tijdelijke) opstelruimte tussen de 'poten' van de kraanconstructie. De vrachtwagens aan de landzijde worden aan de buitenzijde van de kraan geladen vanuit een overstek, kleiner dan aan waterzijde.

Berekening

In de kranenbouwnorm EN 13001 zijn de belastingen, veiligheidscoëfficiënten en belastingfactoren opgegeven voor de sterkteberekening en -controle, maar ook extreme condities, zoals bufferen tegen een eindstop (hier hydraulisch). Een andere extreme belasting is harde wind, dat gevolgen heeft op het relatief groot windoppervlak van de constructie. De stabiliteit wordt verzorgd door de momentvaste verbindingen tussen de poten en de liggers (zie hierna). Vermoeiing is een dominante factor, ofwel

de dynamische belasting heeft diepe impact op het ontwerp. De invloedslijnen door de rijdende kat (voor bepaling maatgevende positie(s)), ofwel loadcases zijn vertaald naar een equivalente vermoeiingslast gebaseerd op data van de containerterminal. Verschillende (gewogen gemiddelde) belastingcycli zijn evenwel gesimuleerd in het rekenmodel, met verschillende tijdvakken, voor een realistische benadering van de effecten. De hijskabels zijn zo gepositioneerd dat het hijsdradensysteem een zekere stijfheid heeft (kabelinschering), waardoor er minder slingeren optreden (vooral van belang voor de machinist).

Poten

Het ontwerp is afgestemd op de kade (ondergrond) met een relatief zware fundering aan waterzijde (met schoorpalen) vanwege de hoge krachten door het gewicht van een beladen container aan het overstek. De kraan heeft daardoor een 'stijve poot' aan waterzijde, die de stabiliteit verzorgt, en een slanke poot aan landzijde. De 'poten' van de kraanconstructie zijn aan waterzijde naar buiten toe verdikt richting de hoofdliggers voor meer massa om de wind- en stootbelasting op te nemen met een momentvaste verbinding. De kolomdoorsnede verloopt conisch (onderin 800 mm breed en naar boven toe naar ~ 2 m), en is asymmetrisch. De buitenhuid van de uit staalplaat samengestelde poot is aan stackzijde strak verticaal voor een optimaal stackvolume (vrij ruimteprofiel), namelijk rechthoekig met maximaal vier containers gestapeld.

Voorgeschiedenis

De werktuigbouwkundige afdeling van Iv-Consult in Papendrecht is onder andere actief in (zee)containerkranen, voorheen vooral via opdrachtgever Kalmar, een Finse producent van overslagkranen en -voertuigen met een Rotterdamse vestiging. Bij een reorganisatie in 2002 is een groot deel van de engineering (26 werknemers) overgegaan naar Iv-Consult. In de jaren daaropvolgend waren er nog veel projecten in opdracht, maar de markt werd geleidelijk aan overgenomen door geduchte concurrenten, met name vanuit China met 'monopolist' ZPMC (leverancier). Daardoor is de afdeling meer gaan werken voor de terminals zelf, voor aankoopbegeleiding bij bestekken (RFQ's, Request for quotation) en restlevensduurberekeningen aan bestaande kranen.

Een ander kansrijk marktsegment zijn de 'inlandterminals', voor binnenvaart. Hier is de markt juist minder interessant voor de Chinese maakindustrie door het geringere volume, waardoor de transportkosten te hoog worden. Europa kent twee dominante aanbieders: de Oostenrijkse kranenbouwer Hans Künz en in Duitsland de firma Kocks.

De BCTN-terminal Alblasserdam bestelde in 2020 bij Kocks twee nieuwe kranen, maar die leverde door omstandigheden de laatste kraan niet.



Via een samenwerking tussen Iv-Consult en offshore-bedrijf (fabrikant) Lagedijk (LWC) uit Wemeldinge kon daar evenwel een passende aanbidding, door meerdere optimalisaties in het ontwerp, voor worden afgegeven. Voor twee kranen zelfs, de ontbrekende in Alblas-

serdam en een in Roermond, met grote gelijkenis. De maatgevende, met grootste overstek boven het water, is als eerste geëngineerd en momenteel in productie. LWC, tevens hoofdaannemer, plaatst de kraan naast de bestaande (zie foto boven).

De hoofdliggers zijn ten opzichte van de poot naar binnen toe geplaatst met een consoleconstructie (de 'schouder'), eveneens voor een efficiënte stapeling van de containers maar ook voor een risicoloos katverloop. De 3 m hoge consoles zijn in twee richtingen momentvast.

Het verplaatsen van de oplegging van de hoofdliggers dient ook om de overspanning van de trolley te optimaliseren (krachtsafdracht). De grove 'schouders' wegen op tegen de winst van een kortere overspanning van de trolley.

Liggers

De hoofdliggers zijn samengesteld uit staalplaat en voorzien van langsvorstijvers en dwarsschotten voor (torsie)stabiliteit met mangaten voor conservering en inspectie. Beide hoofd draagliggers verjongen naar de uiteinden, de aansluitende dwars- of kopliggers van slechts 1,4 m hoog zijn luchtdicht gelaste onderdelen voor een gewaarborgde corrosiebescherming ('afboxen'). Inspectie in zo'n kleine ruimte is immers geen sinecu-

re. De hoofdliggers zijn na stralen voorzien van een meerlaags verfsysteem.

Kraanbanen zijn meestal opgebouwd uit samengestelde profielen met een rechthoekige doorsnede (vlakke lijfplaten en boven- en onderplaat). Hier zijn de doorsnedes meerzijdig waarbij het plaatmateriaal over de hoek is (door)gezet, om laswerk op de gevoolge hoeken te vermijden.

Het oogt ook fraaier, maar een ander praktisch voordeel is een robuuste conservering door eveneens minder scherpe hoeken. Sterktetechnisch geeft een zetting extra sterkte waardoor minder dwarsplaten nodig zijn. En het windoppervlak is weliswaar groter, maar de vorm heeft een gunstig windcoëfficiënt waardoor de windbelasting lager is. In de engineering vraagt een meerzijdige ligger wel meer aandacht en meer analyses. De verjonging van de liggerhoogte (3,2 m in het midden en naar de koppen toe tot 1,4 m) reduceert gewicht met inherente kostenbesparing. Om dezelfde reden zijn verschillende plaatdiktes toegepast. Bij kritische punten, zoals de oplegging op de poten, is de

onderplaat dikker dan bij de posities met minder belasting, zoals het in het midden van de ligger.

Kat

De kat rijdt op rails boven op de hoofdliggers. Hierdoor ontstaan lokaal sterke effecten wanneer de wielbelasting passeert. Voor een juiste lastverdeling zijn schotten tussen rails en liggers (h.o.h. ± 2 m) ingezet, ook om de 'overspanning' optimaal te ondersteunen. De rails worden bevestigd aan gietstaalen railklemmen die aan de bovenzijde van de liggers zijn gelast. Na montage van de rails worden de koppelingen geborgd met een mechanische (bout)verbinding. De kat is zwenkbaar. Met andere woorden: de cabine met spreader en container kan om zijn verticale as roteren (met een zwenklager) tot maximaal 190 graden om de containers op de juiste manier te positioneren in de stack of te laden op de vrachtwagens. Een speciale trap geeft de machinist toegang tot de bedieningscabine met een ontkoppeld bordes dat 'loshangt' aan het trolleyframe



Hoofdliggerdelen, schouder aan schouder (gestraald, meervoudig verfsysteem).



Dankzij meerzijdig profiel minder dwarschotten dan bij rechthoekige doorsnede.



Gewichtsreductie door verjongde hoofdliggers en lage eindliggers.



Randliggers afboxen voor zekere corrosiebescherming.

met een diagonaal. Rondom de cabine is een walkway aangebracht, tevens vluchtweg.

Voeding

De kraan onttrekt zijn voeding aan een hoogspanningskabel die op de kade ligt (al of niet in een goot), en via een haspel aan de stijve poot wordt opgewikkeld als buffer tijdens de kraanbewegingen. De voedingskabels worden door de kraanbaan heen verder gebracht naar de verschillende onderdelen, zoals de kat, met sleepleidingen aan de binnenzijde van de bovenliggers waar de stroomoverdracht plaatsvindt, via sleecontact dus (fysiek contact tussen voeding en apparatuur). Digitaal datatransport verloopt op soortgelijke manier.

Aandrijving

De kraan rijdt over de kade op speciale rails met een kraanrijwerk ('bogiewielstel') via speciale draaipunten en een evenaar per

wielset voor een gelijkmatige wielbelasting en daarmee gelijkmatige krachtsafdracht naar de kade. Een bogiewielstel heeft in aanzicht een opvallende gelijkenis met een skeeler of inline skate, in uiterlijk, maar ook in krachtswerking. De kraan wordt met twaalf bogiewielstellen (zes aan landzijde en zes aan waterzijde) voortbewogen waarbij minimaal de helft elektrisch worden aangedreven. De wielen zijn niet voorzien van schokbrekers, want dat veroorzaakt ongewenste (dynamische) bewegingen. Het dynamische effect (schokken of stoten) is wel in het gehele ontwerp meegenomen.

Tekla en Inventor

In Inventor zijn alle werktuigbouwkundige elementen gemodelleerd. Denk aan rijwerken en aandrijvingen. De Inventor-modellen zijn als uitgekleeft volume ingelezen in Tekla voor passende aansluitingen en verdere uitwerking van de stalen knooppunten. Uit het

Tekla-model zijn plusminus driehonderd-twintig 2D-tekeningen geproduceerd, bijvoorbeeld lastekeningen. De snijtekeningen zijn wel digitaal aangeleverd waarmee de snijapparatuur direct (digitaal) zijn aangestuurd.

Montage

Vanuit Wemeldinge worden de pootsegmenten per schip naar de terminal getransporteerd en op de kade opgebouwd. De liggers gaan vervolgens (totaal 180 m lang) op transport en worden daar op de poten geplaatst via de schouders, waarna de kopliggers worden aangebracht en successievelijk de andere segmenten, zoals de cabines, die inclusief apparatuur door derden worden aangeleverd. Naar verwachting wordt de containerkraan eind dit jaar opgeleverd. •