

Beschouwing ontwerp kade FMT te Vlissingen

9P5171

25 maart 2004
Definitief



ROYAL HASKONING

thinking in
all dimensions

A MEMBER OF

**ROYAL HASKONING****HASKONING NEDERLAND BV
MARITIME**

Heer Bokelweg 145

Postbus 705

3000 AS Rotterdam

010 44 33 666 Telefoon

010 44 33 688 Fax

info@rotterdam.royalhaskoning.com E-mail

www.royalhaskoning.com Internet

Amhem 09122561 KvK

Documenttitel Beschouwing ontwerp kade FMT te Vlissingen

Verkorte documenttitel

Status Definitief

Datum 25 maart 2004

Projectnaam Kade FMT Vlissingen

Projectnummer 9P5161

Opdrachtgever Havenbedrijf Rotterdam

Referentie 9P5161/R001/abv/Rott2

Auteur(s) A.B. Vermeer

Collegiale toets H. Pals

Datum/paraaf 24-03-04.....

Vrijgegeven door A.B. Vermeer

Datum/paraaf 24. mrt 2004.....



SAMENVATTING

1. Combiwand en verankering

- In de bouwfase is de combiwand ongebruikelijk veel verplaatst over een berekende afstand van 40 à 50 cm.
- Gelet op de corrosie voldoet de combiwand niet aan de vereiste levensduur van 40 jaar. De optredende corrosie dient te worden gemonitord en te zijner tijd dient kathodische bescherming en of coating te worden toegepast.
- Het bevestigingspunt van de verankering ligt, gelet op onderhoud, onpraktisch kort onder het verhardingsniveau, hier door dreigt ook overbelasting van het anker.
- Ter voorkoming van wateroverdruk achter de combiwand dienen een 10-tal tussenplanken tot onder de laagwaterlijn te worden afgebrand

Voor verdere conclusies zie 1.6.

2. Taludstabiliteit

Bij een terreinbelasting van 4 ton/m² is talud onder de kade voldoende stabiel.

3. Paalfundatie

Het draagvermogen van de betonpalen voldoet en dat van de combiwand is ruim voldoende.

4. Betonconstructie

De afmetingen van het dek en de langs balken voldoen. Door het ontbreken van extra kopwapening zijn de palen zeer gevoelig voor horizontale grondverplaatsingen.

Door het ontbreken van een overgangsconstructie zullen er zettingsverschillen ontstaan ter plaatse van de terreinaansluiting op het kade dek.

5. Bodembescherming

Gelet op de minimale inheidiepte van de tussenplanken van de combiwand moet er een schroefstraalbestendige bodembescherming worden aangebracht.

Ook moeten aan de oost- en de westzijde voor de kade taludkegels worden gemaakt met zinkstukken en bestorting. De nuttige kadelengte wordt ca. 260 m.

Fenderconstructie

De aanwezige fenderconstructie bestaat uit een horizontaal wrijfhout op het betonnedek en verticale wrijfhouten welke met een relatief lichte staalconstructie aan de combiwand is bevestigd.

Deze fenderconstructie is te licht geconstrueerd gelet op de schepen welke, gezien de waterdiepte zullen afmeren.

**INHOUDSOPGAVE**

		Blz.
1	CONTROLE COMBIWAND EN VERANKERING KADEMUUR	1
1.1	Inleiding	1
1.2	Randvoorwaarden en uitgangspunten	1
1.2.1	Overall dimensies kadeconstructie	1
1.2.2	Grondgegevens	2
1.2.3	Eigenschappen combiwand	2
1.2.4	Belastingen	3
1.3	Fasering	4
1.4	Controle berekeningen sterkte combiwand	4
1.5	Controle berekeningen sterkte verankering	5
1.6	Conclusies	6
1.6.1	Combiwand	6
1.6.2.	Verankering	6
2	TALUDSTABILITEIT	8
3	PAALFUNDATIE	9
4	BETONCONSTRUCTIE	10
5	BODEMBESCHERMING	11



1 CONTROLE COMBIWAND EN VERANKERING KADEMUUR

1.1 Inleiding

De combiwand vormt het grondkerende deel van de kadeconstructie. De voornamelijk horizontale belasting van de grond achter de kade wordt via de combiwand afgedragen naar de ondergrond en naar het betondek. Het betondek draagt de horizontale belasting af naar de verankeringsconstructie aan de achterzijde van het dek. Naast de horizontale belasting uit de combiwand, is het betondek onderhevig aan de volgende belastingen:

- Bolderbelasting (horizontaal)
- Fenderbelasting (horizontaal)
- Kraanbelasting (horizontaal en verticaal)
- Terreinbelasting (verticaal)
- Eigen gewicht (verticaal)

De horizontale belastingen in de richting van de haven (bolderbelasting en kraanbelasting) zullen voor een groot deel direct naar de verankeringsconstructie afgedragen worden. De horizontale belastingen in de richting van het land (fenderbelasting en kraanbelasting) zullen de horizontale belastingen uit de grond deels compenseren, met een reductie van de belasting op de verankeringsconstructie tot gevolg.

De verticale belastingen op het betondek zullen door de buispalen van de combiwand en door de betonpalen afgedragen worden naar de ondergrond. De buispalen ontleen hun draagvermogen voor het grootste deel aan schachtwrijving. Bij de controle van het draagvermogen van de buispalen dient rekening gehouden te worden met zowel actieve als passieve gronddruk op de palen. De verticale belasting levert een verhoging op van de staalspanning in de buispalen

De controle van de combiwand en verankering, zoals in dit hoofdstuk gepresenteerd is, is gericht op de controle van de sterkte van de constructie op basis van de beschikbaar gestelde gegevens van de oorspronkelijke ontwerpberekeningen van Mabuwat. De beschikbaar gestelde gegevens zijn echter zeer beperkt en in veel gevallen zullen aannamen gedaan worden. In de volgende paragrafen zullen de volgende zaken aan de orde komen:

- Vaststellen van de randvoorwaarden en uitgangspunten
- Vaststellen van de fasering
- Controle sterkte combiwand
- Controle sterkte verankering
- Conclusies

1.2 Randvoorwaarden en uitgangspunten

1.2.1 Overall dimensies kadeconstructie

De volgende overall dimensies en niveaus zijn van toepassing op de kadeconstructie:

- Breedte betondek: 18,76 m
- Sectiebreedte dek: 36,00 m
- Bovenzijde betondek: NAP +5,0 m

- Bodemniveau: NAP -16.0 m – 0.3 m reserve = NAP -16.3 m
- Talud achter kade: NAP -6.0 m, helling 30° tot 18.5 m achter de kade
- Waterstand hoog: NAP +2.0 m, geen waterstandverschil over kade
- Waterstand laag: NAP -2.0 m, geen waterstandverschil over kade

1.2.2 Grondgegevens

Op basis van de beschikbaar gestelde sonderingen kan vastgesteld worden dat de ondergrond uit hoofdzakelijk zand met wat variërende eigenschappen bestaat; resulterend in het volgende karakteristieke grondprofiel:

	Niveaus (m NAP)	Droog en nat gewicht	Stoof- eigenschappen	Horizontale bedding
Laag 1	+5.0 m → -6.0 m	18 / 20 kN/m ³	$\phi = 30^\circ$ / $c = 0$ kPa	5000 kN/m ³
Laag 2	-6.0 m → -13.0 m	18 / 20 kN/m ³	$\phi = 30^\circ$ / $c = 0$ kPa	10000 kN/m ³
Laag 3	-13.0 m → -18.5 m	18 / 20 kN/m ³	$\phi = 32.5^\circ$ / $c = 0$ kPa	15000 kN/m ³
Laag 4	-18.5 m → -21.0 m	18 / 20 kN/m ³	$\phi = 30^\circ$ / $c = 0$ kPa	10000 kN/m ³
Laag 5	-21.0 m → -24.0 m	18 / 20 kN/m ³	$\phi = 32.5^\circ$ / $c = 0$ kPa	15000 kN/m ³

1.2.3 Eigenschappen combiwand

De tekening van de dwarsdoorsnede van de kadeconstructie geeft de opbouw van de combiwand weer. De combiwand bestaat uit een samengestelde wand van Ø1016-buispalen met dubbele PU20 tussenplanken. De levensduur van de constructie is vastgesteld op 40 jaar en overeenkomstig met de oorspronkelijke ontwerpberekeningen wordt gerekend met de volgende corrosietoeslagen:

- Splash zone: 8 mm in 40 jaar
- Onder water: 2 mm in 40 jaar
- In bodem: 0 mm in 40 jaar

Ongecorrodeerde situatie:

Sectie	Beschrijving	Eigenschappen combiwand
Sectie 1	Ø1016 – 15.4 mm X60 staalkwaliteit NAP +5.0 m tot NAP -6.0 m	$EI = 561463 \text{ kNm}^2/\text{m}$ $W = 5263 \text{ cm}^3/\text{m}$ $\sigma_{\text{vloel}} = 412 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{\text{plaat}} = 1067 \text{ N/mm}^2$ $A_{\text{st}} = 21363 \text{ mm}^2/\text{m}$
Sectie 2	Ø1016 – 12.5 mm X60 staalkwaliteit NAP -6.0 m tot NAP -18.0 m	$EI = 459707 \text{ kNm}^2/\text{m}$ $W = 4309 \text{ cm}^3/\text{m}$ $\sigma_{\text{vloel}} = 412 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{\text{plaat}} = 767 \text{ N/mm}^2$ $A_{\text{st}} = 17391 \text{ mm}^2/\text{m}$
Sectie 3	Ø1016 – 11.0 mm X60 staalkwaliteit NAP -18.0 m tot NAP -24.0 m	$EI = 406359 \text{ kNm}^2/\text{m}$ $W = 3809 \text{ cm}^3/\text{m}$ $\sigma_{\text{vloel}} = 412 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{\text{plaat}} = 612 \text{ N/mm}^2$ $A_{\text{st}} = 15327 \text{ mm}^2/\text{m}$
Tussenplanken	2x PU20 S240 staalkwaliteit NAP +3.0 tot NAP -19.7 m	n.v.t. in bepaling eigenschappen combiwand

Gecorrodeerde situatie:

Sectie/deel	Beschrijving	Relevante eigenschappen
Sectie 1a	Ø1016 – 15.4 mm + 8 mm corr. X60 staalkwaliteit NAP +5.0 m tot NAP -3.0 m	$EI = 276317 \text{ kNm}^2/\text{m}$ $W = 2590 \text{ cm}^3/\text{m}$ $\sigma_{vloei} = 412 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{ploo} = 240 \text{ N/mm}^2$ $A_{st} = 10348 \text{ mm}^2/\text{m}$
Sectie 1b	Ø1016 – 15.4 mm + 2 mm corr. X60 staalkwaliteit NAP -3.0 m tot NAP -6.0 m	$EI = 491481 \text{ kNm}^2/\text{m}$ $W = 4607 \text{ cm}^3/\text{m}$ $\sigma_{vloei} = 860 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{ploo} = 412 \text{ N/mm}^2$ $A_{st} = 18626 \text{ mm}^2/\text{m}$
Sectie 2	Ø1016 – 12.5 mm + 2 mm corr. X60 staalkwaliteit NAP -6.0 m tot NAP -18.0 m	$EI = 388468 \text{ kNm}^2/\text{m}$ $W = 3641 \text{ cm}^3/\text{m}$ $\sigma_{vloei} = 560 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{ploo} = 412 \text{ N/mm}^2$ $A_{st} = 14637 \text{ mm}^2/\text{m}$
Sectie 3	Ø1016 – 11.0 mm + 0 mm corr. X60 staalkwaliteit NAP -18.0 m tot NAP -24.0 m	$EI = 406359 \text{ kNm}^2/\text{m}$ $W = 3809 \text{ cm}^3/\text{m}$ $\sigma_{vloei} = 412 \text{ N/mm}^2$ $\sigma_{ploo} = 612 \text{ N/mm}^2$ $A_{st} = 15327 \text{ mm}^2/\text{m}$
Tussenplanken	2x PU20 S240 staalkwaliteit NAP +3.0 tot NAP -19.7 m	n.v.t. in bepaling eigenschappen combiwand, planken dienen wel zanddicht te blijven

1.2.4 Belastingen

De volgende belastingen zijn van toepassing op het ontwerp van de combiwand:

- **Bolderbelasting**
Het betondek is voorzien van 600 kN bolders. Per deksectie is één bolder toegepast. De breedte van het dek is voldoende om de bolderbelasting over de gehele sectie te verdelen, wat overeenkomt met een lijnlast op de kade van $600/36 = 16.67 \text{ kN/m}$ (richting haven; de werking van de deuvels tussen de sectiedelen wordt verwaarloosd).
- **Fenderbelasting**
Volgens de oorspronkelijke ontwerp notitie zal de kadeconstructie worden voorzien van fenders. De definitieve keuze van de fenders komt niet naar voren in de notitie en het blijkt ook dat in de praktijk alleen wrijfhout toegepast is. Aangezien de afmeerbelasting echter alleen een gunstig effect heeft op de krachtswerking in de combiwand, wordt deze verder niet meegenomen.
- **Kraanbelasting**
Op basis van de beschikbaar gestelde gegevens met betrekking tot de kraaneigenschappen, zijn de volgende belastingen aangenomen:
 - Kraan in vol bedrijf: lijnlast 360 kN/m op as A
 - Kraan buiten bedrijf en in storm: lijnlast 280 kN/m op as A, horizontaal 20 kN/m



- **Terreinbelasting**

Voor de controle van de stabiliteit van de combiwand wordt alleen uitgegaan van een gelijkmatig verdeelde terreinbelasting en niet van lokale verkeersbelasting, wel wordt onderscheidt gemaakt tussen de locatie van de belastingen:

- o Terreinbelasting onder kranen: maximaal 20 kN/m^2
- o Terreinbelasting achter kranen: maximaal 40 kN/m^2 (n.v.t.)
- o Terreinbelasting achter betondek: maximaal 40 kN/m^2

De volgende belastingcombinaties zullen meegenomen worden:

	Bodembelasting	Kraanbelasting	Terreinbelasting
Combinatie 1	$\Psi = 0.5$ $0.5 \cdot 16.67 = 8.3 \text{ kN/m}$	$\Psi = 1.0$ op kranen in bedrijf 360 kN/m verticaal 0 kN/m horizontaal	$\Psi = 0.5$ op alle terreinbelastingen 10 kN/m ² tussen kraan 20 kN/m ² achter dek
Combinatie 2	$\Psi = 0.5$ $0.5 \cdot 16.67 = 8.3 \text{ kN/m}$	$\Psi = 0.67$ op kranen in bedrijf 243 kN/m verticaal 0 kN/m horizontaal	$\Psi = 1.0$ op alle terreinbelastingen 20 kN/m ² tussen kraan 40 kN/m ² achter dek
Combinatie 3	$\Psi = 1.0$ 16.67 kN/m	$\Psi = 1.0$ op kranen buiten bedrijf 280 kN/m verticaal 20 kN/m horizontaal	$\Psi = 0.5$ op alle terreinbelastingen 10 kN/m ² tussen kraan 20 kN/m ² achter dek

1.3

Fasering

De combiwand is in het oorspronkelijke talud vanaf het water geplaatst. Na plaatsing van de wand heeft er achter de wand een aanvulling plaatsgevonden, waardoor de betonpalen in het droge geplaatst konden worden. Vervolgens is de aanvulling achter de wand verwijderd en is het talud achter de wand gestabiliseerd. Na het plaatsen van het dek en de verankeringsconstructie is de havenbodem op diepte gebracht.

- Fase 1: Plaatsen wand in talud op diepte NAP -6.0 m
- Fase 2: Tijdelijk aanvullen tot NAP +4.0 m
- Fase 3: Herstellen talud tot NAP -6.0 m, helling 30°
- Fase 4: Aanbrengen (en voorspannen) verankering (+ aanbrengen dek)
- Fase 5: Baggeren havenbodem tot NAP -16.3 m (eindsituatie)
- Fase 6: belastingcombinatie 1
- Fase 7: belastingcombinatie 2
- Fase 8: belastingcombinatie 3

1.4

Controle berekeningen sterkte combiwand

Berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van de rekenprogrammatuur van GeoDelft, MSheet. De berekeningen zijn uitgevoerd met invoering van representatieve waarden van de parameters, rekening houdend met overall veiligheidsfactoren op de vloeispanning en de plooispanning. De volgende overall veiligheidsfactoren dienen van toepassing te zijn (volgens EAU 1990):

- $\gamma = 1.5$ op de vloeispanning voor Lastfall 1
- $\gamma = 1.3$ op de vloeispanning voor Lastfall 2
- $\gamma = 1.15$ op de vloeispanning voor Lastfall 3
- $\gamma = 2.0$ op de kritische plooispanning



Door de toepassing van momentaanfactoren in de verschillen belastingcombinaties kan van Lastfall 1 uitgegaan worden en is een minimale veiligheidsfactor van 1.5 vereist.

De plooispanning wordt berekend aan de hand van het criterium van Heron:

$$\sigma_{plooikrit.} = E * \left(\frac{t}{2 * D} - 0.0025 \right)$$

met E = de elasticiteitsmodulus van staal
t = de wanddikte van de buispaal
D = de buisdiameter

Op basis van de MSheet berekeningen kunnen de volgende resultaten vastgesteld worden:

	M _{max}	F _{max}	U _{max}
Bouwfase	1693 kNm/m		548 mm
Belastingcombinatie 1	1040 kNm/m	98 kN/m	420 mm
Belastingcombinatie 2	1161 kNm/m	107 kN/m	425 mm
Belastingcombinatie 3	1159 kNm/m	144 kN/m	425 mm

Verdere analyse van de momentenverdeling over de hoogte van de wand en het in rekening brengen van normaalspanningen als gevolg van de verticale belastingen uit het dek (eigen gewicht beton, kraanbelasting en terreinbelasting), levert de volgende overall veiligheidsfactoren voor de combipalen op:

	Ongerodeerd (t = 0 jaar)	Gesoldeerd (t = 40 jaar)	Versluis
Bouwfase	γ = 1.05 op vloei γ = 1.95 op ploo		γ = 1.50 op vloei γ = 2.00 op ploo
Wandsectie 1	γ = 2.17 op vloei γ = 5.61 op ploo	γ = 1.50 op vloei γ = 0.87 op ploo	γ = 1.50 op vloei γ = 2.00 op ploo
Wandsectie 2	γ = 1.38 op vloei γ = 2.57 op ploo	γ = 1.16 op vloei γ = 1.59 op ploo	γ = 1.50 op vloei γ = 2.00 op ploo
Wandsectie 3	γ = 1.84 op vloei γ = 2.74 op ploo	γ = 1.84 op vloei γ = 2.74 op ploo	γ = 1.50 op vloei γ = 2.00 op ploo

In de maatgevende berekening wordt 61% van de maximale passieve weerstand aan de voet van de combiwand geactiveerd.

1.5 Controle berekeningen sterkte verankering

De verankering is onder te verdelen in de ankerstangen en het ankerscherm.

Bij het oorspronkelijke ontwerp is uitgegaan van ankerstangen met een vloeispanning van 550 N/mm². Voor verankeringen is dit relatief hoogwaardig staal, terwijl het gebruikelijker is te kiezen voor een lagere staalkwaliteit. Het voordeel van een lagere staalkwaliteit is de wat geringere invloed van corrosie en kerfwerking op de reductie van de sterkte van de ankers.



De normen zijn niet geheel eenduidig in de aan te houden veiligheidsfactoren voor hogere staalkwaliteiten. De insteek bij deze controle is de bepaling van de aanwezige veiligheid en de vergelijking ervan met wat de normen voorschrijven voor de lagere staalkwaliteit.

In de voorgaande paragraaf is de maatgevende ankerkracht als gevolg van belasting op de combiwand en horizontale belastingen op het dek gegeven: 144 kN/m wand. Aan de achterzijde van het betondek is over een hoogte van 1.5 m actieve gronddruk aanwezig welke direct een extra horizontale belasting op het dek geeft. Indien deze belasting meegenomen wordt, rekening houdend met een terreinbelasting van 20 kN/m² (belastingcombinatie 3), dan wordt de totale horizontale belasting op de ankers 158 kN/m, ofwel $158 * 2.8 = 442$ kN/anker.

Op basis van de oorspronkelijk gekozen ankers (Ø57 mm) en op basis van 2 mm corrosie op de straal van de ankerstangen kunnen de volgende veiligheidsfactoren bepaald worden:

- Schacht: $A_{\text{schacht}} * \sigma_{\text{vloei}} = 1360 * 550 = 748000 \text{ N} \rightarrow 748/442 = 1.69$, minimaal vereist is 1.69 voor S355 staalkwaliteit.
- Kern: $A_{\text{schacht}} * \sigma_{\text{vloei}} = 1689 * 550 = 929000 \text{ N} \rightarrow 929/442 = 2.10$, minimaal vereist is 2.37 voor S355 staalkwaliteit.

Bij de controle van het ankerscherm dient het minimale inheinniveau bepaald te worden waarbij nog voldoende passieve weerstand vóór het scherm ontwikkeld wordt. Hierbij wordt rekening gehouden met een terreinbelasting van 40 kN/m² aan de actieve zijde van het scherm. De controle is zowel handmatig als met MSheet uitgevoerd en het minimale inheinniveau van het ankerscherm dient op NAP +1.35 m te liggen. Bovendien wordt daarbij voldaan aan het verticale evenwicht van het scherm. De controle van de sterkte van het ankerscherm is eveneens handmatig en met MSheet uitgevoerd en de toegepaste LN3 planken voldoen ruimschoots.

1.6 Conclusies

1.6.1 Combiwand

- In de bouwfase is de wand tot nabij de vloeispanning belast geweest.
- Aan het begin van de levensduur wordt niet voldaan aan de gestelde veiligheid tegen vloeien van het staal. Echter met een veiligheid van 1.38 zal niet verwacht worden dat de veiligheid in het geding is.
- Aan het begin van de levensduur wordt wel voldaan aan de gestelde veiligheid tegen plooien van de het staal.
- Aan het eind van de levensduur (na 40 jaar) is de veiligheid tegen vloeien van het staal gereduceerd tot slechts 1.16.
- Aan het eind van de levensduur is de veiligheid tegen plooien van het staal gereduceerd tot 0.87 wat in bezwijken van de wand impliceert. De kritische plooispanning wordt in de splash zone overschreden en een herhaalde conservering van de buispalen in de splash zone kan voorkomen dat de combiwand bezwijkt vóór het eind van de levensduur. Aangezien de splash zone tot onder laag water doorloopt, is conservering van dat deel van de combiwand een kostbare ingreep. Indien niet gebruik gemaakt wordt van conservering van de buispalen is de levensduur van 40 jaar niet gegarandeerd.



- De verplaatsingen van de combiwand zijn in de orde van 40-50 cm, wat voor een kademuur een aanzienlijke waarde is. Deze grote verplaatsing is het gevolg van de bouwfase en wordt verder niet als kritisch gezien in de huidige situatie.
- Het inheinniveau van de buispalen levert een veiligheid van 1.65 tegen bezwijken van de passieve 'wig' aan de voet van de combiwand.
- Het inheinniveau van de tussenplanken is circa 3.5 m onder het bodemniveau. Bij ontgroning bestaat het risico dat er zandverlies van achter de combiwand optreedt. Geadviseerd wordt een bodembescherming toe te passen. De bodembescherming zal er bovendien voor zorgen dat de veiligheid tegen bezwijken van de passieve 'wig' aan de voet van de wand niet in het geding komt.
- Bij de berekeningen is geen rekening gehouden met een waterstandverschil over de kade. Hiertoe dient op een aantal plaatsen over de kademuur (of ter plaatse van de vleugelwanden) de tussenplanken verwijderd te worden tot een laag water niveau.

1.6.2 Verankering

- Er is gebruik gemaakt van ankerstangen met een hoge staalkwaliteit. Over het algemeen is het niet erg gebruikelijk een hoge staalkwaliteit toe te passen voor dergelijke ankers omdat een kleine reductie van de staaldoorsnede (door corrosie, kerfwerking, etc.) een relatief grote reductie van de capaciteit van de ankerstangen met zich meebrengt.
- De normen zijn niet duidelijk in de aan te houden veiligheidsfactoren voor hogere staalkwaliteiten en aangenomen wordt dat de vereiste veiligheidsfactoren minimaal de waarden dienen te hebben behorende bij S355 staal. Op basis van de berekening blijkt dat de veiligheidsfactoren wat lager liggen dan de vereiste waarden bij S355 staal. Daarmee wordt niet voldaan aan de gestelde eis met betrekking tot de veiligheidsfactoren. De veiligheidsfactoren van 1.69 en 2.10 aan het eind van de levensduur leveren echter niet direct een aanleiding om beperkingen op te leggen aan het gebruik van de kade.
- Het ankerscherm heeft een inheidiepte waarmee voldoende passieve grondweerstand gemobiliseerd wordt om de horizontale belastingen uit de kade op te kunnen nemen. Ondanks het hoge niveau van aansluiting van de ankers aan het ankerscherm lijkt de rotatiestabiliteit van het eveneens voldoende te zijn.
- Het ankerscherm is sterk genoeg om de belastingen op het scherm op te kunnen nemen (inclusief gatverzwakking voor de doorvoer van de ankers en corrosie).

**2****TALUDSTABILITEIT**

De helling van het talud bedraagt circa 1:1,74. Het talud is gestabiliseerd. Ervan uitgaande dat boven NAP+0,0 m matig vastgepakt zand en onder NAP+0,0 m los gepakt zand is aangebracht, zal bij een belasting van 40 kN/m² de veiligheid tegen macrostabiliteit voldoende zijn.

Onduidelijk is of de taludbescherming zelf en de aansluiting van de taludbescherming op de combiwand en de palen voldoende zanddicht is.

Verwacht wordt dat het zandpakket onder water los gepakt is. Zettingsvloeiing na trillingen is hierdoor niet uit te sluiten.

Tevens is niet uit te sluiten dat door ontgroningen voor de combiwand, door gebrek aan bodembescherming en relatief korte tussenplanken, de taludstabiliteit negatief wordt beïnvloed.

**3****PAALFUNDATIE**

De rekenwaarde van het draagvermogen van de palenrij C (vierkant 320 mm) bedraagt circa 1400 kN/paal. Dit ligt in de buurt van de rekenwaarde van de paalbelasting en is dus akkoord.

De rekenwaarde van het draagvermogen van de palenrij B (vierkant 420 mm) bedraagt circa 2100 kN/paal. Dit ligt in de buurt van de rekenwaarde van de paalbelasting en is dus akkoord.

De rekenwaarde van het draagvermogen van de palenrij A (combiwand) bedraagt circa 2900 kN/buispaal. Dit ligt ruim boven de rekenwaarde van de belasting (circa 1100 kN/buispaal) zodat nog reserve aanwezig is.



4 BETONCONSTRUCTIE

Het dek van de kade is een betonnen vloerconstructie welke aan de waterzijde is ondersteund door de grondkerende combiwand en in het midden en aan de landzijde door prefab betonnen palen. Ter plaatse van de combiwand en de middenpalen is op het dek een kraanbaan voorzien. Aan de landzijde van het dek is als grondkering een prefab betonnen schot aangebracht.

Het dek is ontworpen op de volgende belastingen:

- Los- en laadkraan.
- Tussen de beide rails op de assen A en B een nuttige belasting 2ton/m².
- Tussen de assen B en C een nuttige belasting van 4ton/m².
- Verkeersklasse 60.
- Het doorgeven van de scheepsbelastingen.

De verticale belastingen op de combiwand en de palen zijn berekend en komen overeen met de ontwerpbelastingen en voldoen aan de toelaatbare belastingen. De verticale belasting op de combiwand ligt ruim onder de toelaatbare.

De afmetingen van het dek en de ondersteunende langsbalken voldoen, de wapeningshoeveelheid is niet gecontroleerd.

De prefab betonnen palen zijn in de bovenliggende vloer verankerd met de aanwezige voorspanwapening in de palen, de eventuele noodzakelijkheid van extra kopwapening is niet gecontroleerd.

De kadesecties zijn ca. 36m lang en ter plaatse van de voegen onderling gekoppeld met deuvels, dit detail is niet gecontroleerd.



5

BODEMBESCHERMING

De tussenplanken van de combiwand zijn ingeheid tot een diepte van NAP -19,7 m. Dit is minimaal, gezien de waterdiepte van NAP -16,0 m. Om te voorkomen dat er erosiekuilen in de bodem ontstaan ten gevolge van de schroefstraal van afmerende en vertrekkende schepen waardoor instabiliteit van de damwand kan optreden, wordt aangeraden een bodembescherming te plaatsen voor de damwand.

Een eerste indicatie voor de afmetingen van deze bodembescherming zijn gebaseerd op een Multi Purpose Schip met de volgende afmetingen:

LOA	:	185	m
LBP	:	175	m
B	:	32,2	m
d	:	12	m
D _{screw}	:	8,4	m
P _{main screw}	:	11400	kW

De kielspeling voor dit schip bedraagt minimaal 1,0 m, bij GLW op NAP -3,0 m.

Op basis van ontwerpregels van Blokland (1997) is berekend wat het gemiddelde steengewicht moet zijn voor de bodembescherming. Hierbij is uitgegaan van een toegepast motorvermogen van maximaal 25% van het maximale motorvermogen aangezien de kade relatief beschut ligt en afmeren en wegvaren niet extra wordt bemoeilijkt door golven, wind of stroming.

Indien (vrijwel) geen bewegen van de stenen wordt toegestaan ($\beta_{ls,cr} = 3,0$) dient de toplaag te bestaan uit steenklasse 60-300 kg. Indien wel enig bewegen van de stenen wordt toegestaan ($\beta_{ls,cr} = 2,5$) omdat de kans dat schepen op exact dezelfde plaats liggen klein is, of omdat voldoende reserve in de steenlaag is opgenomen, kan worden volstaan met een toplaag bestaande uit steenklasse 10-60 kg.

Omdat niet bekend is door welke schepen en met welke frequentie de kade exact gebruikt zal gaan worden, wordt vooralsnog aangeraden om een steenbestorting toe te passen, bestaande uit een geodoek (zinkstuk), waarop minimaal 3 lagen 10-60 kg steen worden gestort, wat overeenkomt met 1200 kg/m².

Deze bodembescherming heeft een dikte van 75 cm. Vóór aanbrengen van de bodembescherming dient de bodem te worden uitgediept en afgevlakt tot NAP -16,75 m zodat een contractdiepte van NAP -16,0 m kan worden gegarandeerd.