

Rapport

Projectnummer: 359675

Referentienummer: SWNL0235334

Datum: 28-11-2018

Toetsing primaire keringen Buitenhaven Waalwijk

Definitief 1.0

Opdrachtgever:
Gemeente Waalwijk
Taxandriaweg 6
5141 PA Waalwijk

Verantwoording

Titel Toetsing primaire keringen Buitenhaven
Waalwijk

Subtitel

Projectnummer 359675

Referentienummer SWNL0235334

Revisie D1.0

Datum 28-11-2018

Auteur(s) Maurits Kampen en Henrike Maris

E-mailadres waterbouw@sweco.nl

Gecontroleerd door Jana Steenbergen en Erik Kwast

Paraaf gecontroleerd

Goedgekeurd door

Nico van der Schuit

Paraaf goedgekeurd



Inhoudsopgave

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Inleiding | 4 |
| 1.1 | Doel rapportage | 5 |
| 1.2 | Leeswijzer | 5 |
| 2 | Toetsing | 6 |
| 2.1 | Toetsing westelijke dijk | 6 |
| 2.1.1 | Toetsing faalmechanismes | 6 |
| 2.1.2 | Waterstaatswerk | 11 |
| 2.1.3 | Zonering | 11 |
| 2.1.4 | Profiel van Vrije Ruimte | 11 |
| 2.2 | Toetsing zuidelijke en oostelijke kades | 12 |
| 2.2.1 | Toetsing faalmechanismes | 12 |
| 2.2.2 | Waterstaatswerk | 15 |
| 2.2.3 | Zonering | 15 |
| 2.2.4 | Profiel van Vrije Ruimte | 15 |
| 3 | Uitvoeringsaspecten | 16 |
| 4 | Referenties | 17 |

Bijlage 1. PvVR en beschermingszones westelijke dijk

Bijlage 2. PvVR en beschermingszones zuidelijke en oostelijke kade

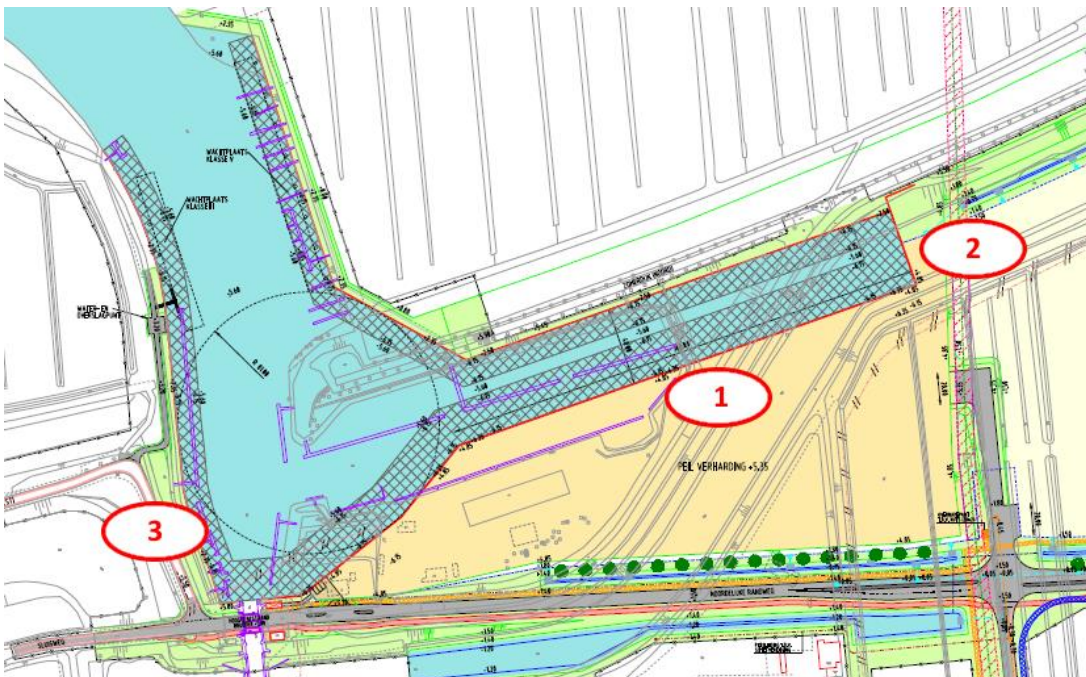
1 Inleiding

De gemeente Waalwijk is bezig met de ontwikkeling van een nieuwe overslaghaven geschikt voor scheepvaart CEMT klasse V. Deze nieuwe overslaghaven is gesitueerd ter plaatse van de bestaande jachthaven en ligt buitendijks van de primaire waterkering (de Zomerdijk geheten) langs de Bergsche Maas. De nieuwe overslaghaven, hierna tevens aangeduid als buitenhaven of buitenhaven Waalwijk, is via een bestaande schutsluis in de primaire kering verbonden met de Waalwijkse Haven.

Sweco heeft van de gemeente Waalwijk opdracht gekregen voor het opstellen van het Voorontwerp (VO), definitief ontwerp (DO) en bestek met betrekking tot de realisatie van deze nieuwe buitenhaven. Onderdeel van deze opdracht is het toetsen van de bestaande primaire waterkering, in beheer van waterschap Brabantse Delta, die in verband met de realisatie van dit plan op twee locaties wordt aangepast/verlegd. Het gaat hierbij om de primaire kering die momenteel ten zuiden langs de bestaande jachthaven loopt. Deze primaire kering maakt deel uit van het dijktraject 35-1 met een signaleringwaarde van 1:10.000 jaar.

Het eerste deel van de primaire kering die wordt aangepast ligt ten oosten van de bestaande sluis. Hier wordt een deel van de dijk vervangen door een kadeconstructie langs de nieuwe buitenhaven. Deze kadeconstructie, tezamen met het verhoogde haventerrein daarachter vormt de nieuwe primaire kering. Deze kadeconstructie bestaat uit twee delen, te weten de zuidelijke kade en de oostelijke kade. Dit zijn locaties 1 en 2 in Figuur 1-1.

Het tweede deel van de primaire kering die wordt aangepast ligt aan de westkant van de sluis. Hier wordt een verankerde damwand in het buitentalud van de dijk geplaatst zodat een deel van het buitentalud kan worden afgegraven om zo het vaarwegprofiel en de haven te vergroten en te verdiepen. Deze locatie, aangeduid als westelijke dijk ligt op locatie 3 in Figuur 1-1.



Figuur 1-1: Overzichtstekening locaties primaire keringen buitenhaven Waalwijk

1.1 Doel rapportage

Doel van deze rapportage is het aantonen dat de ingrepen aan de primaire kering geen negatief effecten hebben op de waterveiligheid. Door het uitbreiden van de haven nemen de zuidelijke en oostelijke kade de functie over van primaire kering. De zuidelijke en oostelijke kade moeten daarom voldoen aan de vereiste waterveiligheid en deze kades worden derhalve als zodanig getoetst. De westelijke dijk wordt aangepast en hier moet worden aangetoond dat bij de nieuwe constructie de waterveiligheid niet negatief wordt beïnvloed.

In dit rapport worden bij de toetsingen de relevante faalmechanismes voor een primaire waterkering beschouwd. Hierbij wordt, waar relevant, gebruik gemaakt van het Ontwerpinstrumentarium (OI2014v4) [1]. Deze toetsing wordt gedaan in opdracht van de gemeente Waalwijk en wordt voorgelegd aan het bevoegd gezag en beheerder, waterschap Brabantse Delta.

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft de toetsing van de westelijke dijk en de zuidelijke en oostelijke kades weer. Hierbij worden ook het profiel van vrije ruimte (PvVR) en de verschillende zoneringen bepaald. Hoofdstuk 3 geeft de uitvoeringsaspecten weer die nodig zijn om te voldoen aan de faalmechanismen. In de bijlagen zijn figuren opgenomen van de locaties inclusief PvVR en zoneringen die in het VO en DO in detail verder zijn uitgewerkt.

2 Toetsing

De toetsing is opgedeeld in twee delen. Het eerste deel betreft het traject ten westen van de sluis, de westelijke dijk. De toetsing hiervan is opgenomen in paragraaf 2.1. Het tweede deel betreft het traject ten oosten van de sluis. Dit traject is geografisch onderverdeeld in de zuidelijke en oostelijke kade. Deze worden echter wel in één paragraaf behandeld omdat de oplossing voor beide delen hetzelfde is. Paragraaf 2.2 geeft de toetsing voor het traject ten oosten van de sluis.

2.1 Toetsing westelijke dijk

De locatie van de westelijke dijk is weergegeven in Figuur 2-1 en vormt dijkvak P 51-1.



Figuur 2-1: Locatie westelijke dijk (bron: legger WSBD [9])

Langs de westelijke dijk wordt in het talud van het huidige grondlichaam een verankerde damwand geplaatst. Het talud aan de waterzijde van de damwand wordt hierna afgegraven tot de toekomstige bodem van de buitenhaven. Op de bodem wordt een bodembescherming geplaatst. Voor het detail ontwerp wordt verwezen naar het Definitief Ontwerp Buitenhaven Waalwijk.

De toetsing vindt voornamelijk plaats om aan te tonen dat de huidige veiligheid van de bestaande situatie niet afneemt.

2.1.1 Toetsing faalmechanismes

2.1.1.1 Hoogte

De te plaatsen damwand in de westelijke dijk voorziet niet in de hoogtefunctie van de kering, deze wordt verzorgd door het overblijvende bestaande grondlichaam, de kruin van de huidige kering. Binnen het huidige OI2014v4 bestaat de hoogtetoets van een grondlichaam uit een analyse van de erosie van de kruin en het binnentalud [1]. Hiervoor wordt het kritieke overslagdebiet vergeleken met het optredende overslagdebiet. De hoogte van de kering verandert niet omdat de kering in het bestaande talud geplaatst wordt.

Nadat het talud is afgegraven, kunnen de golven niet meer op dat deel van het talud breken. Door het plaatsen van de damwand kan de golfwerking wel veranderen. Dit effect op de golfhoogtes zal echter vooral bij waterstanden net boven het niveau van de damwand

optreden. Golven bij een hogere waterstand breken op hetzelfde (huidige) talud en zullen hierdoor dus niet anders zijn in het nieuwe ontwerp. Gezien de orde van grootte van de golfhoogtes van 1 m, zie rapport Uitgangspunten Buitenhaven Waalwijk [4], zal een veranderende golfoploop bij een waterstand ter hoogte van het niveau van de damwand niet of nauwelijks bijdragen aan het optredende overslagdebiet. Het ontwerp heeft daarom geen negatief effect op dit faalmechanisme.

2.1.1.2 Sterkte en stabiliteit

In het Uitgangspuntenrapport [4] is er vastgelegd dat er aangetoond moet worden dat door de ingreep de veiligheid niet afneemt ten opzichte van de huidige situatie.

Recent is in de Grondslagen voor de waterkeringen van ENW vastgelegd dat damwanden in de waterkering moeten voldoen aan het Bouwbesluit en hiermee ontworpen dienen te worden volgens NEN-EN 1990. Voor constructief falen worden in het OI2014 v4.0 (nog) geen ontwerpregels voorgesteld. Binnen de POV Macrostabiliteit wordt wel gewerkt aan een Technisch Rapport en zijn enkele bruikbare rapporten beschikbaar om langsconstructies te ontwerpen met de eindige-elementenmethode (EEM). Bij het ontbreken van harde regels is volgens het OI2014 de verwachting “dat een constructief ontwerp op basis van gevolgklasse 3 uit de Eurocode NEN-EN1990 bij een levensduur van 50 of 100 jaar in de praktijk een voldoende zwaar ontwerp oplevert, ongeacht de normklasse” [1]. De westelijke dijk is onderdeel van de primaire waterkering en de damwand is ontworpen met de gevolgklasse RC3. De huidige stabiliteit van de kering is niet in beeld, maar gesteld wordt dat doordat de damwand voldoende zwaar is ontworpen en het resterende grondlichaam aan de binnenzijde van de damwand niet wijzigt de kering voldoende stabiel blijft.

2.1.1.3 Piping

Het faalmechanisme piping kan zowel voorkomen bij de damwand als onder het grondlichaam van de westkade. Piping bij de damwand kan zich voordoen in de vorm van onderloopsheid en achterloopsheid van de damwand. Bij onderloopsheid ontstaan er holle ruimtes onder het kunstwerk en bij achterloopsheid naast het kunstwerk, ten gevolge van grondwaterstroming die gronddeeltjes meevoert. Bij piping onder de waterkering door wordt het grondlichaam ondermijnt door de gevormde ‘pipes’. Zowel de toetsing op piping van de damwand als het grondlichaam worden hieronder besproken.

Piping grondlichaam

Het grondonderzoek ter plaatse van de westkade geeft een wisselende bodemopbouw weer, met afwisselend een siltige klei- of zandkern van de waterkering op een ondergrond van zand. Een zandkern op een zandige ondergrond is ongevoelig voor piping onder het dijklichaam door. Een potentiële pipe zal zich vormen in de zandlaag onder het klei van de kering, door een waterstandsverschil tussen de haven en het waterlichaam aan de andere kant van de kering. Door de ingrepen aan de westkade wordt een deel van de teen van de dijk aan de havenzijde verwijderd. De horizontale kwelweglengte neemt hiermee circa 15 m af. Tegelijkertijd wordt door het plaatsen van de damwand een verticale kwelweg verlengd. Wanneer de totale kwelweglengte conform de rekenregel van Lane niet afneemt ten opzichte van de huidige situatie, heeft het ontwerp van de westkade geen negatieve invloed op de veiligheid met betrekking tot piping onder het grondlichaam.

In deze beschouwing is uitgegaan van de grondopbouw die ook gebruikt is voor de damwandberekening van de westzijde [12]. Hier ligt de onderkant van de kleilaag op NAP - 2,60 m. De onderkant van de damwand ligt op NAP -15,50 m en de bodem in de haven op NAP -6,30 m. De onderkant van de bestorting ligt op NAP -6,90 m. De bestorting wordt meegenomen in de kwelweglengte, waardoor gerekend wordt met een bodem van de haven

van NAP -6,30 m. In het ontwerp van de westkade wordt de huidige teen over een breedte van circa 15 m afgegraven. Conform de rekenregel van Lane telt het horizontale deel van de kwelweg voor een derde mee in de totale kwelweglengte [6]. De kwelweglengte neemt door het weghalen van de teen daarom met $15/3 = 5$ m af. Dit wordt ruimschoots gecompenseerd door het plaatsen van de damwand. De damwand zorgt voor een verticale kwelweg van $(15,50-2,60)+(15,50-6,30) = 22,1$ m. (Zie Figuur 2-2 voor een visualisatie van de verticale kwelweg als som van L1 en L2). De gevoeligheid voor het optreden van piping onder het grondlichaam wordt dus niet negatief beïnvloed door het ontwerp en zal door het vergroten van de kwelweglengte zelfs verbeteren.

Onderloopsheid damwand

Het optreden van piping in de vorm van onderloopsheid bestaat uit de deelmechanismes piping en heave. Beide mechanismes moeten optreden om de kering te laten falen op onderloopsheid. Dit betekent dat de kering voldoet als één van de twee mechanismes voldoet. Onderloopsheid onder de damwand door zou zowel kunnen optreden door een grondwaterstroming vanuit de haven richting het grondlichaam, als vanuit het grondlichaam richting de haven. In het eerste geval is de waterstand in de haven hoger dan in het grondlichaam, in het tweede geval is de waterstand in de haven lager dan in het grondlichaam.

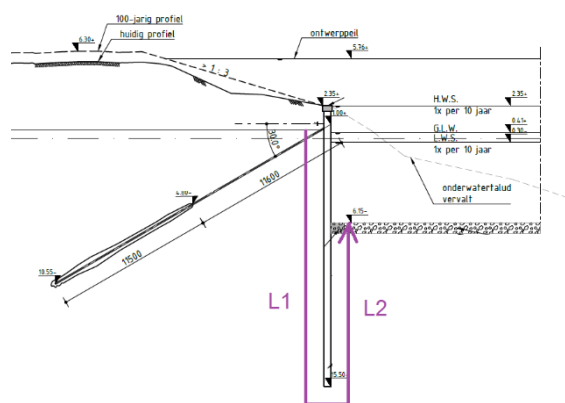
Als eerste wordt de hoogwatersituatie in de haven beschouwd, gecombineerd met een lagere grondwaterstand in het grondlichaam. Hierdoor ontstaat een stroming vanaf de haven richting het grondlichaam, onder de damwand door. Een hoogwater kan hier in principe niet tot het uitstromen van gronddeeltjes leiden zolang de grondwaterstand niet boven het maaiveld uitkomt. Wanneer de grondwaterstand wel stijgt tot aan het maaiveld en dus onderloopsheid theoretisch kan optreden, is de grondwaterstand hoger dan de deksloof van de damwand. Hierdoor is er geen waterstandsverschil meer tussen grondlichaam en haven en zal er dus geen stroming ontstaan onder de damwand door die gronddeeltjes kan meevoeren.

Onderloopsheid kan hier dus alleen optreden in het geval van laagwater in de haven en een hoge grondwaterstand. Hierbij ontstaat een stroming vanuit het grondlichaam richting de haven, onder de damwanden door. Zie de paarse lijn in Figuur 2-2 voor een visualisatie van de kwelweg.

Deelmechanisme piping damwand

Voor het deelmechanisme piping (onderen achterloopsheid) kan voor kwelwegen met verticale delen volgens het OI2014 gebruikgemaakt worden van de rekenregel van Lane. Hierbij wordt geen normafhankelijke veiligheidsfactor genoemd. De Eurocode doet dat wel en hanteert een veiligheidsfactor van 2,00 voor RC3, die volgens het OI2014 zou moeten leiden tot een voldoende stabiel ontwerp. De rekenregel van Lane is als volgt [5]:

$$L1 + L2 \geq \gamma_{piping} \times C_w \times \Delta H$$



Figuur 2-2: Kwelweg westelijke dijk

Waarbij:

| | |
|--------------------------|--|
| ΔH | <i>Optredend verhang</i> |
| $L1$ | <i>Damwandlengte beneden de grondwaterstand</i> |
| $L2$ | <i>Damwandlengte van insteekdiepte tot lage maaiveld</i> |
| C_w | <i>Creep factor (Lane)</i> |
| γ_{piping} | <i>Veiligheidsfactor</i> |

Deelmechanisme heave damwand

Voor het optreden van heave moet een verticaal pad ontstaan door het aanwezige zand. Hier is fluïdisatie van het zandpakket aan de havenzijde van de damwand voor nodig, waarvoor het benodigde verhang circa 1 is [2]. Met een veiligheidsfactor van 2,0 resulteert dit in een kritiek verhang van 0,5 [2]. Voor heave wordt hier de volgende vergelijking voor gebruikt [6]:

$$i_{\text{optr}} = \left(\frac{\varphi_0 - h}{x} \right) \leq 0,5$$

Waarbij:

| | |
|-------------------|--|
| i_{optr} | <i>Optredend verhang</i> |
| φ_0 | <i>Stijghoogte ter plaatse van de onderkant van het kwelscherm</i> |
| h | <i>Vrije waterspiegel</i> |
| x | <i>Afstand waar het uittredeverhang maximaal is; de afstand vanaf het maaiveld tot de onderkant van de damwand</i> |

Doordat de ondergrond vrijwel geheel uit zand bestaat zonder afsluitende deklaag wordt als stijghoogte ter plaatse van de onderkant van de damwand de grondwaterstand aangehouden.

Op piping en heave wordt getoetst op de twee laagwatersituaties, conform paragraaf 4.2.4.2. van het Uitgangspuntenrapport [3]: de laagste waterstand met bijbehorende grondwaterstand en de waterstand na val van hoogwater met een hoge grondwaterstand door overslag. Als creep factor wordt een waarde van 7 aangehouden, overeenkomend met fijn zand uit de Boringen 901 t/m 903 in 'Nader (water) bodemonderzoek', d.d. 6 april 2017 [3]. De onderkant van de damwand ligt op NAP -15,50 m en de bodem in de haven op NAP -6,30 m. De onderkant van de bestorting ligt op NAP -6,90 m. De bestorting wordt meegenomen in de kwelweglengte, waardoor gerekend wordt met een bodem van de haven van NAP -6,30 m.

Laagwatersituatie 1

Bij de eerste laagwatersituatie bedraagt het verval tussen het buitenwater en het grondwater 1,56 m. De grondwaterstand ligt namelijk op NAP +0,94 m en het laagst bekende laagwater ter plaatse van Keizersveer op een hoogte van NAP -0,62 m. De waterstandsverlaging van 0,8 m door de binnenvaart hoeft niet te worden meegenomen, omdat dit een tijdelijk voorbijtrekkende golf is. De rekenregel van Lane uit zich als volgt: de verticale kwelweglengte $L1+L2$ bedraagt hier $(15,50+0,94)+(15,50-6,30) = 25,64$ m. Het kritieke verhang bedraagt hiermee $(25,64/7)/2,0 = 1,83$ m en is dus 0,27 m groter dan het optredende verhang. Volgens Lane kan hier dus geen piping optreden. Het heavecriterium geeft $(0,94 - (-0,62))/(15,50-6,30) = 0,17$. Dit is kleiner dan het toelaatbare verhang van 0,5. Zowel met Lane als het heavecriterium kan piping hier niet optreden.

Laagwatersituatie 2

Bij de tweede laagwatersituatie bedraagt het verval 0,89 m. De grondwaterstand is hier NAP +1,30 m en het gemiddelde laagwater ter plaatse van Keizersveer NAP +0,41 m. De waterstandsverlaging van 0,8 m door de binnenvaart hoeft hier wederom niet te worden meegenomen. De verticale kwelweglengte L1+L2 voor de rekenregel van Lane bedraagt hier $(15,50+1,30)+(15,50-6,30) = 26,00$ m. Het kritieke verhang van Lane bedraagt hiermee $(26,00/7)/2,0 = 1,86$ m en is dus 0,97 m groter dan het optredende verhang. Het heavecriterium geeft $(1,30-0,41)/(15,50-6,30) = 0,10$ en is dus kleiner dan het toelaatbare verhang. Zowel met Lane als het heavecriterium kan piping hier niet optreden.

Conclusie onderloopsheid damwand westelijke dijk

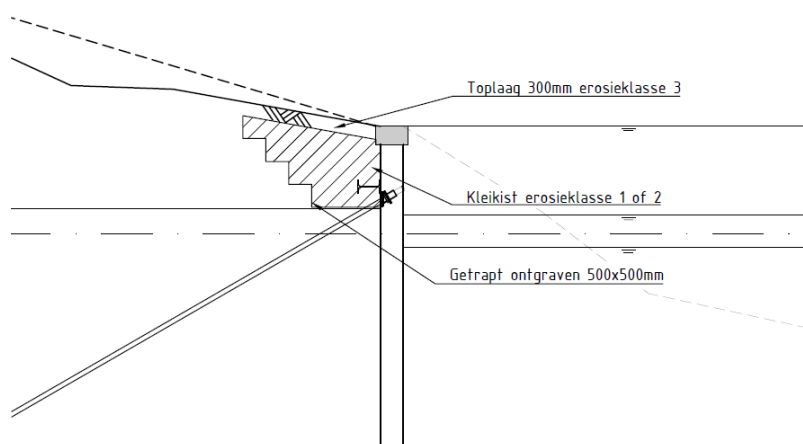
Met alleen een beschouwing van de verticale kwelweglengte is voor beide laagwatersituaties het kritieke verhang groter dan het optredende verhang met de rekenregel van Lane. Ook wordt voldaan aan het heavecriterium. Onderloopsheid zal hier dus niet optreden. Bovenstaande analyse geldt echter alleen als over de lengte van de damwand geen gaten aanwezig zijn, bijvoorbeeld bij de aansluiting van de verankering, waar zand kan uitspoelen tijdens een hoge grondwaterstand.

Achterloopsheid damwand

De aansluiting tussen de westelijke dijk en de bestaande damwanden van de sluis wordt waterdicht gemaakt zodat hier geen achterloopsheid kan optreden. De damwand van de westelijke dijk loopt zo'n 160 m verder langs de haven en sluit aan op de damwand in het vervolg van de dijk langs de entree van de haven, zodat eventuele achterloopsheid geen negatief effect kan hebben op de waterveiligheid.

2.1.1.4 Overige toetssporen

Voor de westelijke dijk is ook de buitenwaartse bekleding op het grondlichaam nog een relevant toetsspoor. Door het plaatsen van een verticaal element kunnen de golfklappen en golfploop veranderd zijn. Dit zal, zoals al omschreven in paragraaf 2.1.1.1, voornamelijk het geval zijn bij waterstanden ter hoogte van de bovenkant van de damwand. Het is hierdoor belangrijk dat de overgang tussen damwand en grondlichaam goed aangesloten wordt. Met behulp van een kleikist aan de binnenzijde van de damwand ter hoogte van de deksloof dient een waterdichte afsluiting te worden gerealiseerd. Hiermee wordt de kans op het uitspoelen van de achterliggende grond verminderd. De schets van de kleikist is nader uitgewerkt in Figuur 2-1.



Figuur 2-3: Kleikist westkade

Wat betreft opdrukken van de bekleding bij een hoge grondwaterstand en laagwater is de situatie niet veranderd: de opwaartse druk vanuit het grondwater ter hoogte van het achtergebleven talud is lager dan op het deel van het talud dat afgegraven wordt.

2.1.2 Waterstaatswerk

Het waterstaatswerk van de westelijke dijk bestaat uit de afstand vanaf de buitenzijde van de deksloof tot de teen van het binnentalud van het grondlichaam.

2.1.3 Zonering

Aan beide zijden van het waterstaatswerk wordt een beschermingszone ingesteld. Deze bestaat uit beschermingszone A en beschermingszone B. De Legger [8] geeft standaardwaarden voor deze beschermingszones voor als er geen waarden uit de Leggerkaarten [9] gehaald kunnen worden. Voor de westelijke dijk worden de waarden uit de leggerkaarten aangehouden, deze zijn anders dan de standaardwaarden uit de Legger.

Uit de leggerkaarten van Waterschap Brabantse Delta [9] volgt dat de westelijke dijk in dijkvak P51-1 valt. Uit het dwarsprofiel volgt dat aan de binnenzijde van de waterkering de beschermingszone A 10 meter is en beschermingszone B 20 meter. Aan de buitenzijde van de waterkering is beschermingszone A gelijk aan de passieve wig en bedraagt 16,5 meter, zie hiervoor Ontwerprapportage Civiele Constructies [12]. Beschermingszone B bedraagt 20 meter.

2.1.4 Profiel van Vrije Ruimte

Het profiel van vrije ruimte is het gebied dat nodig is om toekomstige verbeteringen aan de waterkering te kunnen realiseren. Het profiel van vrije ruimte is aangegeven in de Keur artikel 5.3 lid 5.d: “Het profiel van vrije ruimte ligt boven het ontwerpprofiel en wordt in horizontale richting begrensd door het waterstaatswerk en beschermingszones A. Voor primaire keringen ligt het profiel van vrije ruimte 1 meter boven het ontwerpprofiel.” [7]

Het profiel van vrije ruimte verloopt als volgt voor de westelijke kade [11]:

- Vanaf de buitenzijde van de deksloof over de bovenkant van de deksloof.
- Vanaf de binnenzijde van de deksloof 1:3 omhoog tot de kruinhoogte behorend bij de hoogte van het profiel met hydraulische randvoorwaarde voor 2067.
- De kruin van het profiel waarbij de hartlijn van de weg niet verplaatst wordt met minimale breedte van 5 m; indien deze breedte niet gerealiseerd kan worden zonder de as-verschuiving, zal de as van de kruin binnenwaarts geschoven worden.
- Vanaf de binnenzijde van de kruin wordt de geometrie van het huidige talud gevolgd met minimaal een talud van 1:3 of flauwer als dit het geval is in de huidige geometrie. De breedte van de eventueel aanwezige bermen zal ook gelijk gehouden worden in het profiel van vrije ruimte.
- In horizontale richting wordt het PvVR begrensd door het waterstaatswerk en de beide beschermingszones A.

In Bijlage 1 is een schets opgenomen waarin het waterstaatswerk, de beschermingszones en profiel van vrije ruimte indicatief zijn weergegeven. Voor de zonering en het PvVR wordt tevens verwezen naar de notitie SWNL0228213 Buitenhaven Waalwijk – Beschermingszones en Profiel van Vrije Ruimte versie D2.0 d.d. 16-11-2018 [11].

2.2 Toetsing zuidelijke en oostelijke kades

De zuidelijke en oostelijke kades zijn weergegeven in Figuur 2-4 en vervangen dijkvakken P51-3 en P51-4.



Figuur 2-4: Locaties zuidelijke kade en oostelijke kade (bron legger WSBD [9])

Voor de zuidelijke- en oostelijke kade is een verankerde combiwand ontworpen, bestaande uit buispalen en damwanden (tussenplanken). De damwanden zijn korter dan de buispalen. Op maaiveld komt een verharding van asfalt. De oostkade wordt aangesloten op de primaire kering door een overlap van de combiwand in de kering van 5 m. Voor het detailontwerp wordt verwezen naar de Ontwerprapportage Civiele Constructies [12].

2.2.1 Toetsing faalmechanismes

2.2.1.1 Hoogte

In hoofdstuk 4.2.3 van het uitgangspuntenrapport [4] is het ontwerppeil afgeleid. De vereiste hoogte van de kade is overeenkomstig het hydraulisch belasting niveau (HBN) bepaald. Hiervoor is het HBN berekend op basis van het kritieke overslagdebiet, rekening houdend met klimaatscenario's (scenario 'Stoom en Warm') het zichtjaar van het ontwerp. De bovenkant van de kade is zodoende gekozen dat tijdens maatgevende omstandigheden maximaal het kritieke overslagdebiet over de kade optreedt. Ook de aansluiting van de oostelijke kade in de Zomerdijk heeft dit niveau. Hierdoor wordt voldaan aan het faalmechanisme Hoogte.

2.2.1.2 Sterkte en stabiliteit

Net als de westelijke dijk zijn de zuidelijke kade en de oostelijke kade ontworpen voor Gevolgklasse 3/RC3 van de Eurocode. Conform het OI2014 leidt dit tot een voldoende zwaar ontwerp, ongeacht de normklasse. Hierdoor voldoen de zuidkade en de oostkade aan de vereiste sterkte en stabiliteit.

2.2.1.3 Piping

Het faalmechanisme piping kan voorkomen in de vorm van onderloopsheid en achterloopsheid van de combiwand. Bij onderloopsheid kunnen holle ruimtes ontstaan

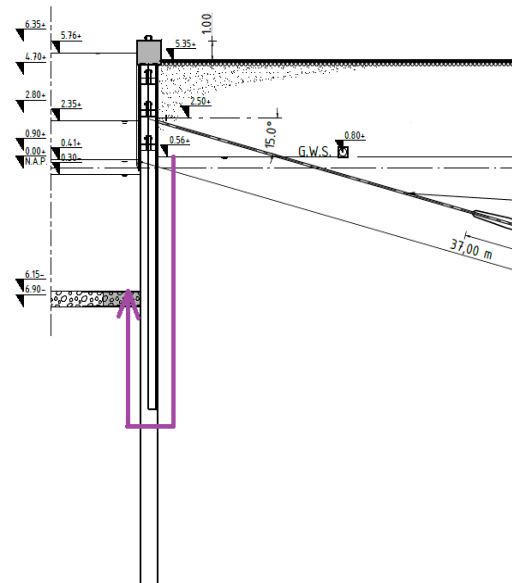
onder het kunstwerk en bij achterloopsheid naast het kunstwerk. Piping van het grondlichaam achter de combiwand is aan de zuidkade niet relevant vanwege het ontbrekende uittredepunt bij het haventerrein, aan de oostkade is dit niet relevant omdat hier geen kleilaag in de ondergrond zit waaronder zich een 'pipe' zou kunnen vormen. Onderloopsheid en achterloopsheid van de combiwand worden hieronder besproken.

Onderloopsheid

De ondergrond bestaat hier grotendeels uit zand, langs de zuidkade zit in de bovenste meters siltige klei. Lokaal aan de westzijde bevindt zich op grotere diepte een zandige kleilaag. Deze bevindt zich onder het puntniveau van de tussenplanken. Bij de zuid- en oostkade zal geen onderloopsheid optreden bij hoogwater in de haven richting een lagere grondwaterstand, doordat het maaiveld achter de kade is afgedekt met verharding. Bovendien zal door de drainage de waterstand niet hoger komen te liggen dan het maaiveld. Hierdoor kan de grondwaterstroming vanuit de haven onder de wand door nooit tot uitstroming van gronddeeltjes leiden. Onderloopsheid kan hier dus wederom alleen optreden in het geval van laagwater in de haven en een hoge grondwaterstand. Hierbij ontstaat een stroming vanuit het grondlichaam richting de haven, onder de damwanden door. Zie de parse lijn in Figuur 2-5 voor een visualisatie van de kwelweg van de zuid- en oostkade. Met dezelfde parameters voor de formule van Lane en dezelfde laagwatersituaties wordt getoetst op piping en heave. De onderkant van de damwand ligt op NAP -11,65 m.

Laagwatersituatie 1

De grondwaterstand ligt in deze situatie op NAP +0,94 m en het laagst bekende laagwater ter plaatse van Keizersveer op een hoogte van NAP -0,62 m. Dit geeft een verval van 1,56 m. De verticale kwelweglengte bedraagt hier $(11,65+0,94)+(11,65-6,30) = 17,94$ m. Het kritieke verhang van Lane bedraagt hiermee $(17,94/7)/2,0 = 1,28$ m en is dus kleiner dan het optredende verhang. Het deelfaalmecanisme piping kan hier dus volgens de regel van Lane optreden. Daarom wordt vervolgd met een analyse van het mechanisme heave. Dit resulteert in een optredend verhang langs de havenzijde van de wand van $(0,94 - (-0,62))/(11,65-6,30) = 0,29$. Dit is kleiner dan het kritieke verhang van 0,5, dus heave zal niet optreden.



Figuur 2-5: Kwelweg zuidkade

Laagwatersituatie 2

Bij de tweede laagwatersituatie bedraagt het verval 0,89 m. De grondwaterstand is hier NAP +1,30 m en het gemiddelde laagwater ter plaatse van Keizersveer NAP +0,41 m. De verticale kwelweglengte bedraagt hier $(11,65+1,30)+(11,65-6,30) = 18,30$ m. Het kritieke verhang van Lane bedraagt hiermee $(18,30/7)/2,0 = 1,31$ m en is dus 0,43 m groter dan het optredende verhang. Het heavecriterium geeft $(1,30-0,41)/(11,65-6,30) = 0,17$. Dit is kleiner dan het kritieke verhang van 0,5, dus heave zal niet optreden.

Conclusie onderloopsheid zuidelijke- en oostelijke kade

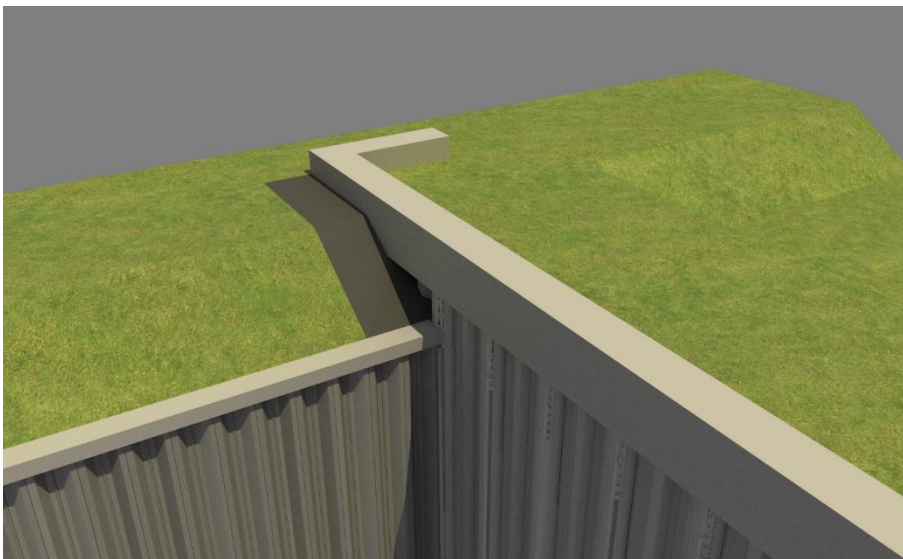
In Laagwatersituatie 1 kan het deelmechanisme piping volgens de regel van Lane optreden, maar wordt wel voldaan aan het heavecriterium.

Bij laagwatersituatie 2 is het kritieke verhang van Lane groter dan het optredende verhang en wordt voldaan aan het heavecriterium. Bij beide situaties zal onderloopsheid dus niet optreden.

Achterloopsheid

De aansluiting van de zuidelijke kade met de (kwelschermen van de) sluis wordt waterdicht gemaakt door middel van een groutinjectie, zodat hier geen achterloopsheid kan ontstaan. De waterdichtheid van de aansluiting van de noordkade met de oostkade wordt geborgd door het direct op elkaar aansluiten van de damwanden (door middel van het toepassen van een pasplank). Dit wordt nader uitgewerkt in de besteksfase.

De oostelijke kade sluit aan op de primaire kering (de Zomerdijk). Doordat de damwand langs de noordkade lager is dan de kruin van de oostkade zelf, is achterloopsheid van deze aansluiting alleen mogelijk bij waterstanden hoger dan het kopniveau van de noordelijke damwand. De noordelijke kering bestaat tot ongeveer NAP ± 0 m uit klei en de combiwand loopt 5 m door in het talud van de kering. Hierdoor is de aansluiting van de oostelijke kade op de Zomerdijk omsloten door de aanwezige klei van de kering en kan geen achterloopsheid en erosie optreden. Zie Figuur 2-6 voor een visualisatie van deze aansluiting.



Figuur 2-6: Visualisatie aansluiting oostkade, noordkade en Zomerdijk

2.2.1.4 Overige mechanismes

De aansluiting van de noord- en oostkade in de Zomerdijk dient erosiebestendig te zijn om gronduitspoeling ter plaatse van de aansluiting te voorkomen. Op het talud op de noordkade ter plaatse van de aansluiting zal waarschijnlijk geen goede grasmat kunnen groeien: het stuk ligt in de beschutting van de hogere noordkade en het is bovendien lastig te onderhouden. Om een erosiebestendige aansluiting te verkrijgen wordt een strook van 2,0 m steenbekleding toegepast, zie Figuur 2-6. Hiervan wordt de laatste 0,50 m tegen de damwandkassen en deksloof ingegoten met bitumen. De steenbekleding kan worden uitgevoerd met Basaltonblokken (kleinste variant, 15 cm hoog). De blokken liggen op een

filterlaag van geotextiel met daarop een 10 cm dikke laag van 20-40 mm steenslag. De Basaltonblokken die niet worden ingegoten met bitumen worden ingewassen met een split van 16-32 mm. De strook steenbekleding dient aan de zijkant met een band ingesloten te worden.

2.2.2 Waterstaatswerk

Het waterstaatswerk loopt van de buitenkant van de deksloof tot één meter achter de ankers. Aan de westkant van de zuidzijde is de horizontale lengte van het anker 43,5 m. Het waterstaatswerk bedraagt daar dus 44,5 m. Aan de oostkant van de zuidzijde bedraagt de horizontale lengte 28,0 m, het waterstaatswerk bedraagt dus 29,0 m. Aan de oostzijde is de horizontale lengte 24,0 m, het waterstaatswerk is dus 25,0 m.

2.2.3 Zonering

De zoneringen grenzen aan het waterstaatswerk. Uit de leggerkaarten van Waterschap Brabantse Delta [9] volgt dat de zuidelijke kade gedeeltelijk bij dijkvak P51-3 en gedeeltelijk bij P51-4 hoort. De oostelijke kade hoort voornamelijk bij dijkvak P51-4. Doordat de binnenwaartse stabiliteit van de combiwand binnen het waterstaatswerk gewaarborgd wordt heeft beschermingszone A een theoretische breedte van nul meter. Uit oogpunt van uniformiteit en weergave in de legger wordt een breedte van één meter aangehouden voor beschermingszone A. Beschermingszone B bedraagt 20 meter. Aan de buitenzijde van de waterkering is beschermingszone A gelijk aan de passieve wig en bedraagt 24 meter, zie hiervoor de Ontwerprapportage Civiele Constructies [12]. Beschermingszone B bedraagt 20 meter.

2.2.4 Profiel van Vrije Ruimte

De zuidelijke en oostelijke kades vormen de nieuwe primaire kering. Vanuit de Keur [7] volgt dat het profiel van vrije ruimte 1,0 m boven het ontwerpprofiel moet liggen.

Het profiel van vrije ruimte wordt als volgt bepaald [11]:

- De grens aan de waterzijde ligt op de grens van Beschermingszones A en B, zie paragraaf 2.1.4.
- De grens aan de landzijde wordt bepaald als volgt:
 - Breedte van de kruin van minimaal 5 m op het kruinniveau (tevens inspectiestrook) behorend bij de benodigde hoogte voor doorkijkjaar van 2067, gemeten vanaf de rand van de kraanbaanstrook die circa 3 m vanaf de deksloof bedraagt;
 - Vanaf de binnenrand van de kruin loopt een fictief profiel 1:3 (fictief binnentalud) naar beneden tot aan het snijpunt met het toekomstig maaiveld (havenplateau).
 - De breedte van het PvVR is het ruimtebeslag van het waterstaatswerk en Beschermingszone A.

In Bijlage 1 is een schets opgenomen waarin het waterstaatswerk, de beschermingszones en het profiel van vrije ruimte indicatief zijn weergegeven. Voor de zonering en PvVR wordt tevens verwezen naar de notitie SWNL0228213 Buitenhaven Waalwijk – Beschermingszones en Profiel van Vrije Ruimte versie D2.0 d.d. 16-11-2018 [11]

3 Uitvoeringsaspecten

De beschouwing van de waterveiligheid van de westelijke dijk en de zuidelijke en oostelijke kade is alleen correct als in de uitvoering bepaalde eisen nageleefd worden.

Westelijke dijk

- Bij het toetsspoor Hoogte wordt verondersteld dat de kruin van het huidige grondlichaam niet zakt. Indien verlaging van de kering optreedt ten gevolge van de werkzaamheden dient dit gecompenseerd te worden.
- Voor het toetsspoor Piping mogen er geen gaten over de lengte van de damwand aanwezig zijn. Dit betekent onder andere dat de aansluiting met de verankering waterdicht dient te zijn.
- De overgang tussen damwand en grondlichaam moet goed aangesloten worden om geen aangrijpingspunten voor erosie te creëren. Hiervoor wordt een kleikist achter de damwand toegepast ter hoogte van de deksloof, waar dit nodig is vanwege de aanwezige bodemopbouw en/of gekozen uitvoeringswijze.
- De stabiliteit van de bestaande kade dient tijdens het aanbrengen (intrillen/heien) van de damwanden gewaarborgd te blijven (monitoring).

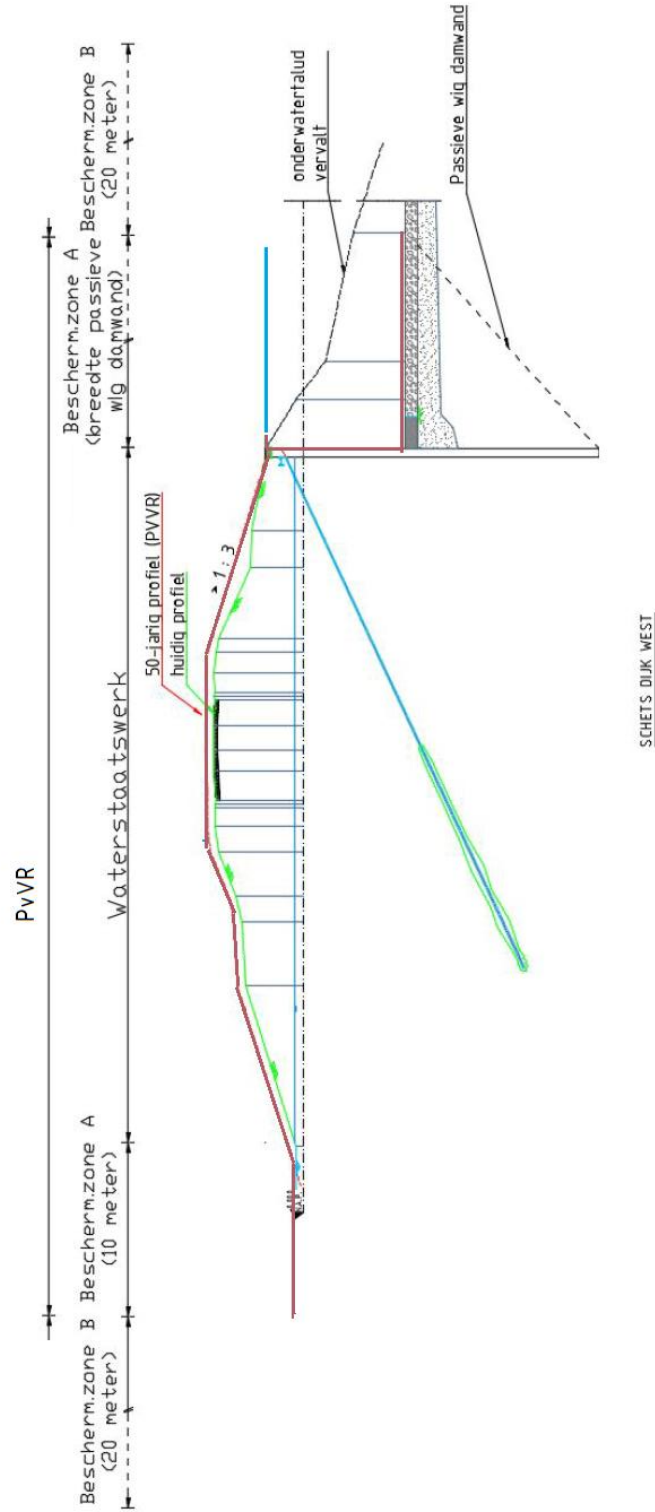
Zuid- en oostkade

- Voor het toetsspoor piping mogen er geen gaten over de lengte van de damwand aanwezig zijn. Dit betekent onder andere dat de aansluiting met de verankering waterdicht dient te zijn.
- De stabiliteit van de bestaande kade dient tijdens het aanbrengen (intrillen/heien) van de combiwanden gewaarborgd te blijven (monitoring).

4 Referenties

- [1] Handreiking ontwerpen met overstromingskansen OI2014v4. Rijkswaterstaat, februari 2017.
- [2] Achtergrondrapport Ontwerpinstrumentarium 2014. Rijkswaterstaat, december 2016.
- [3] Nader (water)bodem- en asbestonderzoek toekomstige Insteekhaven Waalwijk. Antea Group, projectnummer 414764, van 6 april 2017.
- [4] Uitgangspuntenrapport Buitenhaven Waalwijk. Sweco Nederland, SWNL0222491 - RAP-UITGANGSPNT-D1.0 d.d. 16-03-2018.
- [5] NEN9997-1 Geotechnisch ontwerp van constructies Deel 1: Algemene regels.
- [6] Onderzoeksrapport Zandmeevoerende wellen. Rijkswaterstaat, maart 2012.
- [7] Keur Waterschap Brabantse Delta 2015:
http://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/xhtmloutput/Historie/Waterschap%20Brabantse%20Delta/358653/358653_1.html
- [8] Legger Primaire Waterkeringen Waterschap Brabantse Delta 2017:
https://www.brabantsedelta.nl/cvdr/CVDR454943_1/Legger+primaire+waterkeringen+2017.html
- [9] Leggerkaarten Waterschap Brabantse Delta:
http://brabantsedelta.webgispublisher.nl/Viewer.aspx?map=Leggers_Brabantsedelta
- [10] Legger Regionale Keringen Waterschap Brabantse Delta:
http://decentrale.regelgeving.overheid.nl/cvdr/xhtmloutput/Historie/Waterschap%20Brabantse%20Delta/CVDR300361/CVDR300361_1.html
- [11] Buitenhaven Waalwijk – Beschermingszones en Profiel van Vrije Ruimte D2.0, SWNL0228213, Sweco, 16-11-2018.
- [12] Ontwerprapportage Civiele Constructies D1.0. Sweco, november 2018

Bijlage 1. PvVR en beschermingszones westelijke dijk



Bijlage 2. PvVR en beschermingszones zuidelijke en oostelijke kade

