

MEMO

Aan : Wouter Porton – DHV Zuid
Van : Ilse Hergarden - Geotechniek
Kopie : Frans Damstra (Soeters Van Eldonk Ponec Architecten)
Dossier : X0395-01-001
Project : Koninginnedijk te Grave
Betreft : Beoordelingsprofiel dijk tbv stedenbouwkundig ontwerp

Ons kenmerk : WG-SE20060505
Datum : 12 oktober 2006

DEFINITIEF

Inleiding

In de gemeente Grave zal een voormalig bedrijventerrein worden ingericht als woonwijk. Het terrein is ten noordwesten van de kern van Grave gelegen, direct achter de Koninginnedijk. Het bureau Soeters Van Eldonk Ponec Architecten maakt een stedenbouwkundig plan waarbij nabij de dijk, over een lengte van ca. 1 km, zowel binnendijs als buitendijs, woningen zijn voorzien. Voor dit ontwerp is het van belang te weten tot op welke afstand van de dijk en tot welk niveau bebouwing is toegestaan.

In 2003 is door Grontmij een rapport opgesteld waarin een profiel van vrije ruimte voor de Koninginnedijk is bepaald. Buiten dit (denkbeeldige) profiel is bebouwing toegestaan.

Aan DHV Geotechniek is het volgende gevraagd:

- Controle van de bepaling van het profiel van vrije ruimte zoals vastgesteld door Grontmij (én eventueel aanpassen als dit profiel niet voldoet);
- Controle van het voorlopig ontwerp van de architect (binnendijsgebied) ten opzichte van het (nieuwe) profiel van vrije ruimte;
- Rapportage van bevindingen in memo, zodanig dat deze in een overleg met het waterschap Aa en Maas als uitgangspunt kan worden gebruikt.

Op 27 april 2006 heeft overleg plaatsgevonden met het waterschap. Tijdens dit overleg is versie V2 van deze memo (d.d. 18 april 2006) besproken en zijn enkele aandachtspunten geformuleerd. Op basis van dit overleg is de memo aangepast. Versie V4 van deze memo (d.d. 26 juli 2006) is wederom met het waterschap besproken. Onderhavige aangepaste memo bevat het definitieve profiel van vrije ruimte zoals afgesproken in het overleg op 31 augustus 2006 en telefonisch contact met het waterschap.

Uitgangspunten

De uitgangspunten voor het controleren / bepalen van het profiel van vrije ruimte zijn afkomstig uit de volgende ter beschikking gestelde documenten:

- Rapport: Geotechnische berekening theoretisch profiel – Grave Koninginnedijk, Grontmij, oktober 2003;
- Tekeningen Stedenbouwkundig plan: situatietekening en dwarsprofielen.

Daarnaast is overleg geweest met Dhr. A. van Hal van het waterschap betreffende de door het WS gewenste geometrie en te hanteren randvoorwaarden.

De volgende uitgangspunten zijn gebruikt bij de bepaling van het theoretisch profiel:

1. Kruinhoogte:
Bij het bepalen van de kruinhoogte van de dijk dient rekening te worden gehouden met een waterstand die 1 m hoger ligt dan de huidige MHW. De huidige MHW is NAP +11,65 m, er wordt dus gerekend met een (toekomstige) MHW van NAP +12,65 m. De kruinhoogte van NAP +13,20 m is overgenomen uit de rapportage van Grontmij.
2. Kruinbreedte:
Door het waterschap is aangegeven dat voor de waterkerende functie van de dijk een kruinbreedte van minimaal 4,5 m nodig is. Om eventuele andere functies te vervullen zal wellicht een bredere kruin noodzakelijk zijn.
3. Voorland:
Er zijn 2 situaties te onderscheiden:
 - a. Groene dijk: Het noordelijk gedeelte van de dijk blijft "groen" en heeft een breed en hooggelegen voorland (NAP +9 m);
 - b. Haven: Het waterschap accepteert geen nieuwe kade constructies in dit deel van de dijk. Bij aanpassing van de haven zal buiten het profiel van vrije ruimte gewerkt moeten worden. Om het profiel vast te stellen is uitgegaan van een talud tot een niveau van NAP +4,5 m, gelijk aan de bodem van de haven. Een harde bekleding op het buitentalud is toegestaan, onderhoud hiervan is taak van gemeente. Aandachtspunt hierbij is de opsluiting van de steenzetting.
4. Achterland:
Uit het stedenbouwkundig plan blijkt dat het laagste maaiveldniveau of de laagst gelegen onderzijde van bebouwing een niveau van NAP +10 m heeft. De onderzijde van bijvoorbeeld liftschachten (lokaal) komt op een niveau van NAP +9,1 m.
5. Bodemopbouw:
Uit de rapportage van Grontmij volgt dat er 2 sonderingen in de omgeving van de dijk zijn uitgevoerd. Hieruit blijkt dat de bodem bestaat uit een samendrukbare deklaag op een zandondergrond. De onderzijde van de deklaag van klei heeft een niveau van NAP +2,5 à -0,5 m. Hieronder is het vaste zand aangetroffen. Vanwege het geringe aantal sonderingen en de grote variatie in bodemopbouw, wordt verificatie hiervan in een volgende fase, uitvoeren van sonderingen en boringen, sterk aanbevolen.
6. Grondparameters:
In onderstaande tabel zijn de door Grontmij bepaalde rekenwaarden van de grondparameters opgenomen.

Grondsoort	Volumiek gewicht $\gamma_{\text{nat.vocht/nat}}$	Eff.hoek van inwendige Wrijving ϕ'	Eff. Cohesie c'
Verharding	20/20	35	0
Bekleding (klei)	17,5/18,5	19	2,5
Zand (dijk)	18/20	26,7	0
Klei (ondergrond)	18,5/19,2	24,1	1,2
Zand (ondergrond)	18/20	31,3	0

7. (Grond)waterstanden:
De te hanteren MHW bedraagt NAP +12,65 m. Voor de controle van de binnenwaartse stabiliteit is uitgegaan van een grondwaterstand gelijk aan het achterliggende maaiveld van NAP +8,15 m. Voor de controle van de buitenwaartse stabiliteit is er vanuit gegaan dat de grondwaterstand in de dijk hoog blijft en dat het buitenwater valt naar een niveau gelijk aan het maaiveld (bij de groene dijk) óf naar het zomerpeil in de rivier (NAP +7,50 m¹, bij de haven, zeer conservatieve aanname). Daarnaast is, op verzoek van het

¹ In verband met de bevaarbaarheid van de Maas zal in de toekomst het peil in de Maas nabij Grave worden opgezet tot NAP +8,0 m. Het in de berekeningen aangehouden niveau van NAP +7,50 m is conservatiever.

waterschap, gekeken naar het effect op de berekende veiligheidsfactor indien de buitenwaterstand valt naar een peil van NAP +5 m, gelijk aan het peil indien de stuw/sluis van Grave niet meer functioneert. De stijghoogte van het grondwater in de zandondergrond is in deze situatie aangenomen op een niveau 2 m hoger dan de waterstand in de rivier na val.

8. Overige belastingen:
Er is rekening gehouden met een verkeersbelasting op de kruin van de dijk ter grootte van 13 kN/m^2 over een breedte van 2,5 m.
9. Veiligheidsfactoren:
Bij de berekeningen is gebruik gemaakt van rekenwaarden van grondparameters. De stabiliteit van het binnentalud dient te worden getoetst aan een schadefactor van 1,1 (boven rivierengebied). Voor het buitentalud is een schadefactor van 1,0 voldoende.
Voor de controle op opbarsten is rekening gehouden met een veiligheidsfactor van 1,2. Bij piping is uitgegaan van een factor 18 in de formule van Bligh.
10. Voor verhoging en verbreding van het dijkprofiel dient binnenwaarts ruimte te worden gereserveerd. Uitzondering hierop is een stuk bij de haven en de betoncentrale (aansluiting op de groene dijk), hier is verzwaring buitenwaarts mogelijk.

Berekeningen

Het waterkerend vermogen van een dijk wordt bepaald door de kruinhoogte en de sterkte van de dijk.

Bij een te lage kruinhoogte kan door overloop of golfoverslag te veel water in het achterliggende land komen of kunnen kruin en binnentalud door erosie of verweking worden aangetast.

Als de kruin wel hoog genoeg is kan de stabiliteit van de dijk worden aangetast door verschillende mechanismen.

Onderstaand is per faalmechanisme de grens van het profiel van vrije ruimte vastgesteld. Hierbij zijn "interacties" van de verschillende mechanismen al meegenomen (bijvoorbeeld: hoogte achterland uit piping berekening is invoer voor controle macrostabiliteit binnenwaarts). Figuren met resultaten van de berekeningen zijn opgenomen in de bijlage.

Het profiel van vrije ruimte van de dijk is als volgt bepaald:

- Controle piping (gehele traject, zowel groene dijk als t.p.v. haven):
Uitgangspunt is dat het intredepunt aan de buitenteen op een niveau van NAP +9 m is, dus geen kleilaag in het voorland. De stijghoogte in het watervoerend pakket wordt bepaald door de waterstand in de rivier. De dikte van de kleilaag in het achterland bedraagt minimaal 6,5 m. Bij een MHW van NAP +12,65 m treedt opbarsten van het achterland op zodra het maaiveld lager is dan NAP +9,1 m. In dit geval, bij een ontwerpniveau van het achterland van ten minste NAP +10 m en lokale diepere ontgravingen tot NAP +9,1 m, is opbarsten geen probleem. Piping zal dan ook niet optreden.
Diepere ontgravingen dan NAP +9,1 m zijn mogelijk, maar dan moet wél op piping worden gecontroleerd. Om voldoende kwelweglengte te hebben mag vanaf een afstand van 35 m vanaf de binnenteen dieper ontgraven worden, het maaiveld mag vanaf daar onder een helling van 1:18 lager worden (zie figuur in bijlage). De lengte van de kwelweg is afgeleid volgens de formule: $L=18 \cdot H$, waarbij H staat voor de afstand tussen het MHW en het niveau van het achterland. Het intredepunt (begin kwelweglengte) bevindt zich aan de buitenteen van de dijk.
- Binnentalud (gehele traject, zowel groene dijk als t.p.v. haven):
Met behulp van MStab is de macrostabiliteit van het binnentalud gecontroleerd. Een talud 1:3 is stabiel tot een niveau van NAP +9 m. Afvoer van grondwater bij verticale elementen op een niveau van NAP +11 m (of dieper) wordt aanbevolen, maar dit is niet noodzakelijk;
- Buitentalud:
Met behulp van MStab is de macrostabiliteit van het buitentalud gecontroleerd:

- *Groene dijk*: Een talud 1:3 is stabiel, tot op een niveau van NAP +9 m. Het uittredepunt van de glijcirkel bevindt zich op 16 m uit de buitenkruinlijn.
- *Haven*: Een talud 1:3 is eveneens stabiel indien rekening wordt gehouden met de haven. Het uittredepunt van de glijcirkel bevindt zich op 30 m uit de buitenkruinlijn. Ter plaatse van haven dient een eventuele kadeconstructie dusdanig ontworpen te worden dat deze buiten het profiel van vrije ruimte staat. Eventuele paalfundering is toegestaan buiten de buitenteen van de dijk. Het buitentalud dient dusdanig aangelegd te worden, met erosiebestendige en waterdichte materialen, dat de dijk ook na falen van de kadeconstructie als waterkering voldoet. Locale glijvlakken bij falen van de kadeconstructie dienen buiten het dijksprofiel te vallen.

Resultaten

De berekeningen van Grontmij zijn grotendeels uitgevoerd conform gangbare richtlijnen. De rapportage is echter zeer summier zodat controle van de afleiding van een aantal uitgangspunten niet mogelijk is (grondparameters, bepaling kruinhoogte, etc.).

Het profiel van vrije ruimte zoals Grontmij het heeft opgesteld komt nagenoeg overeen met dat van DHV.

Het profiel van vrije ruimte zoals bepaald door DHV is schematisch aangegeven in bijlage 1.

Buiten het opgegeven profiel van vrije ruimte is bebouwing mogelijk, deze zal de waterkerende functie van de dijk niet aantasten. Opgemerkt wordt dat er vanuit is gegaan dat er geen kleilaag in het voorland aanwezig is en dat op het buitentalud een gesloten bekleding tot minimaal een niveau van NAP +9 m aanwezig is.

Activiteiten in het achterland zijn mogelijk mits:

- Boven een niveau van NAP +10 m;
- Boven een niveau van NAP +9,1 m voor lokale, diepere constructies (liftschachten, etc);
- Óf tenminste 35 m uit de buitenteen, waarbij een lijn van 1:18 moet worden gehanteerd vanaf een niveau van NAP +9,1 m.

Activiteiten in het voorland zijn mogelijk mits:

- Groene kade:
 - Boven een niveau van NAP +9 m;
 - Óf tenminste 25 m vanaf de buitenkruinlijn, waarbij een lijn van 1:10 moet worden gehanteerd vanaf NAP +9 m.
- Haven:
 - Boven een niveau van NAP +4,5 m;
 - Óf tenminste 30 m vanaf de buitenkruinlijn, waarbij een lijn van 1:10 moet worden gehanteerd vanaf NAP +4,5 m.

Opgemerkt wordt dat buiten de kernzone², maar binnen het profiel van vrije ruimte gelegen geheel door grondomsloten dichte funderingselementen op staal (geen kelderconstructies en kruipruimtes) of grondverdringende funderingspalen wél zijn toegestaan, echter altijd in overleg met het waterschap. Bezwijkvlakken of cirkels van constructies moeten buiten dit profiel blijven.

In bijlage 2 zijn de profielen inclusief toekomstige bebouwing aangegeven. Het betreft de profielen:

- Havendijk 01;
- Betoncentrale dijk 02;
- Groene dijk 03.

² Kernzone van Koninginnedijk: buitentalud vanaf NAP +9,0 m, kruin en binnentalud tot NAP +10 m.

Aandachtspunten bij deze profielen ten opzichte van eerdere schetsen zijn:

1. Oranje Bastion (havendijk 01):

Dijkverzwarende aan de rivierzijde. Langs dit tracé ligt aan de buitenzijde van de dijk een verlaagd terrein. De kruinbreedte van het theoretisch profiel is 4,50m terwijl de wegbreedte 6,00m blijft. Dit is mogelijk omdat het maaiveld aan de landzijde op kruinhoogte ligt. De rooilijn van de nieuwbouw blijft aansluiten bij de bestaande bouw. Het is stedenbouwkundig niet gewenst om hier een sprong naar achteren te maken. De fundering van de nieuwbouw ligt iets verder van de dijk, zodat deze buiten het profiel valt. De buitenzijde van de dijk is bekleedt met kinderkopjes. Langs de buitenzijde komt eventueel een inspectiesteiger c.q. flaneersteiger.

2. Betoncentrale dijk 02:

Ook hier dijkverzwarende aan de rivierzijde. De as van de weg blijft gehandhaafd. De binnenteen is getekend o.b.v. een talud van 1:3 en een ontgravingsniveau van 10,00m NAP. De paalfundering valt op deze manier buiten het profiel. De liftput is wel op 9,10m NAP ingetekend, want lokaal dieper ontgraven tot NAP +9,1 m is mogelijk.

3. Groene dijk 03;

De dijkverzwarende zal hier aan de binnenzijde worden gerealiseerd. De geplande bebouwing valt buiten het profiel van vrije ruimte.

Conclusie

Het ontwerp van de bebouwing zoals het nu op tekening is aangegeven door de architect valt buiten het profiel van vrije ruimte. Aandachtspunt is dat ter plaatse van de haven en de betoncentrale, over een beperkte lengte, dijkverzwarende aan de buitenzijde nodig is. In het overleg is door het waterschap aangegeven dat dit zeer waarschijnlijk geen probleem zal zijn. Dit dient echter wel bij RWS te worden nagegaan.

Controle: H. van Hemert

Bijlage 1: schets profiel van vrije ruimte (separate PDF)

Bijlage 2: profielen inclusief voorziene bebouwing (separate PDF)

Bijlage 3: figuren met resultaten stabiliteitsberekeningen

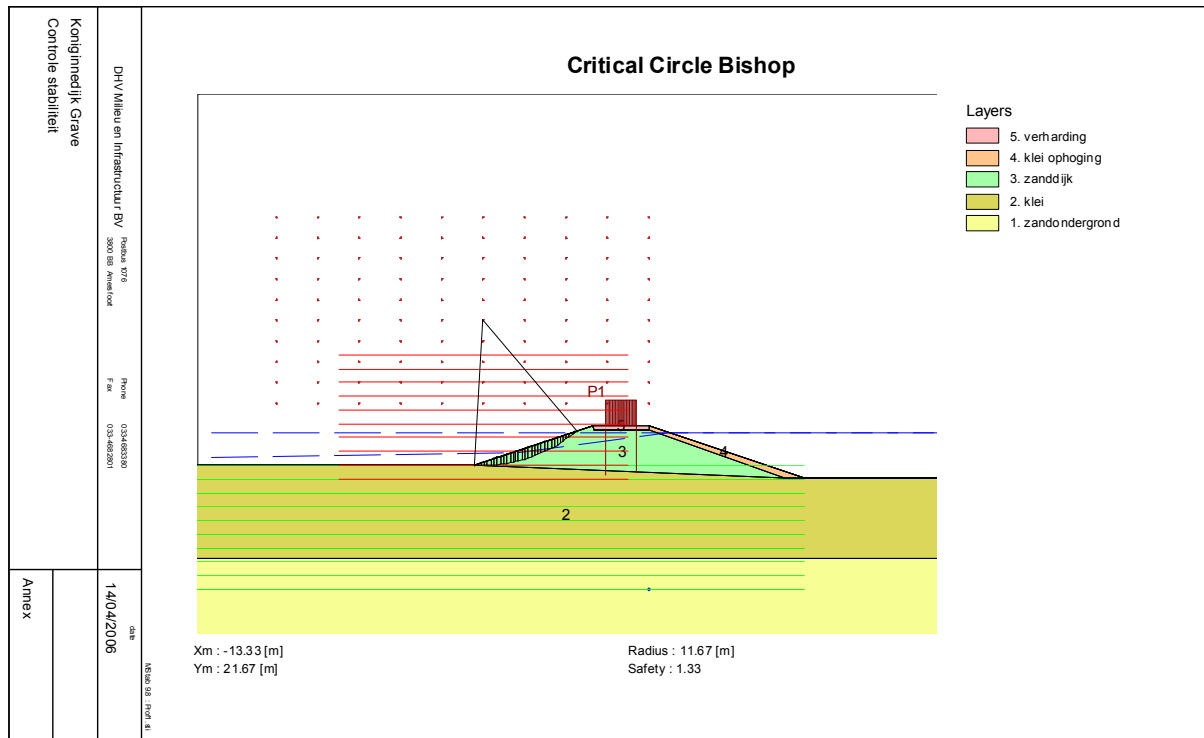
Bijlage 1: Profiel van vrije ruimte

DHV B.V.

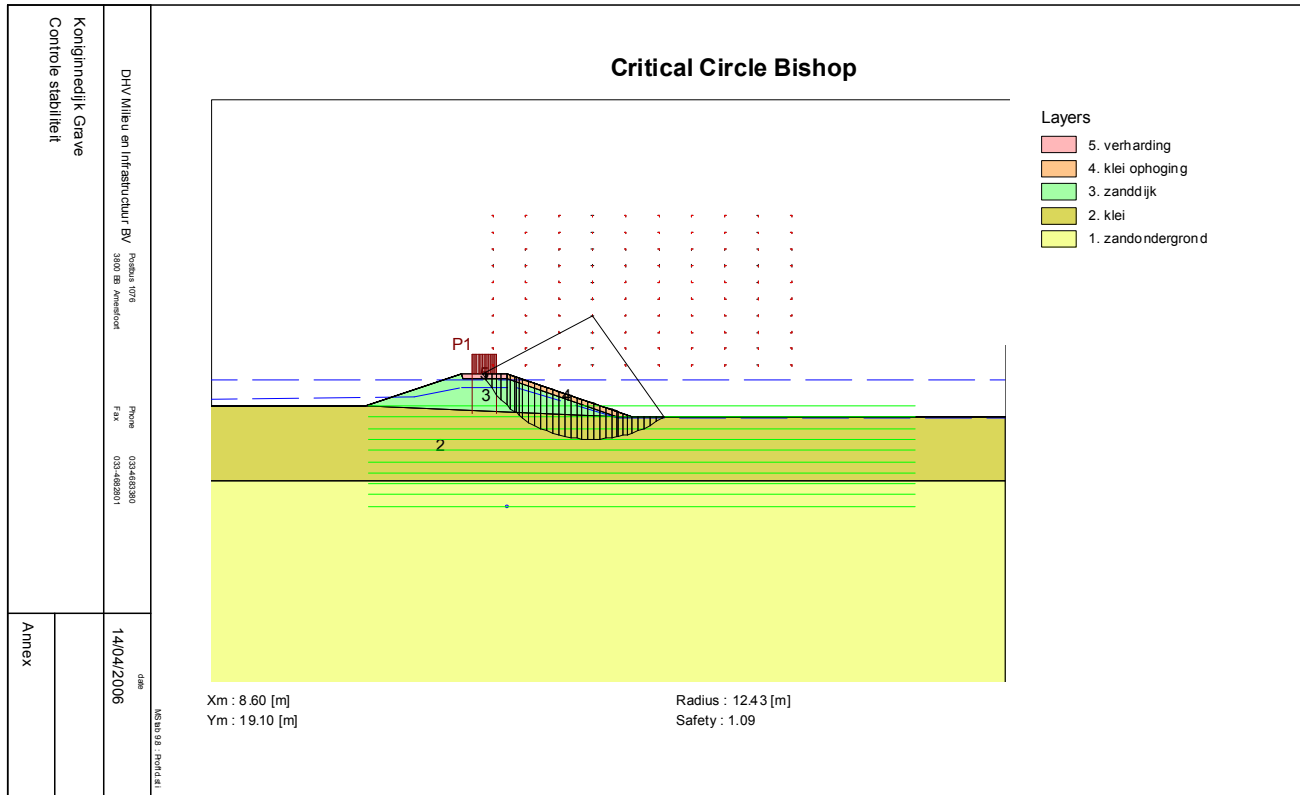
RM - Waterbouw en Geotechniek

Bijlage 2: profielen met bebouwing

Bijlage 3: Resultaten stabiliteitsberekeningen
 Binnentalud:



Buitentalud – groene dijk:



Buitentalud – haven:

