

MEMO

Onderwerp:
Stabiliteitsberekening kade project 'Grensmeander
in de Vecht'

Apeldoorn,
6 november 2014

Van:
Rimmer Koopmans

Afdeling:
Divisie Water & Milieu Apeldoorn

Aan:
Waterschap Vechtstromen

Projectnummer:
C01021.200862.0100

Opgesteld door:
Jacoline van Loon

Ons kenmerk:
078125719:A

Kopieën aan:
Martin Winkel
Nico Bakker

DIVISIE WATER & MILIEU

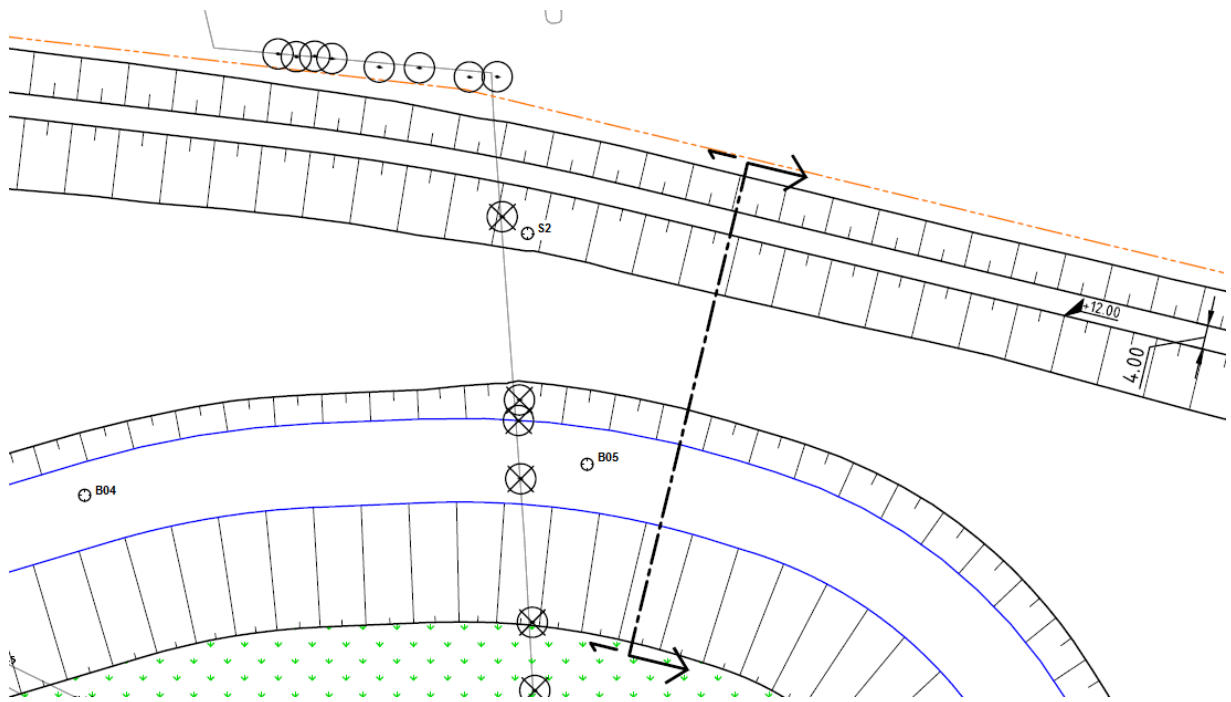
Inleiding

Het projectgebied van de grensmeander (de Vecht) ligt dicht bij de Duitse grens tussen de dorpen Gramsbergen en het Duitse Laar. Het doel is om de Vecht weer te laten meanderen. In verband hiermee moet de dijk worden verlegd. Onderhavige memo behandelt het dijkontwerp.

Grondonderzoek

In september 2014 zijn er boringen en sonderingen uitgevoerd door MOS Grondmechanica (kenmerk: R1401677-RY_1). De boringen en sonderingen zijn uitgevoerd op de plaats waar de nieuwe dijk en meander worden gerealiseerd.

De boringen laten zien dat er rond NAP + 8,80 m een leemlaag aanwezig is. De leemlaag is vrijwel overal waargenomen. Voor dwarsprofiel 1 (Figuur 1: uitsnede VO (078077934:7)) betreft het sondering S02 (bijlage 1) en boring B05 (bijlage 2).

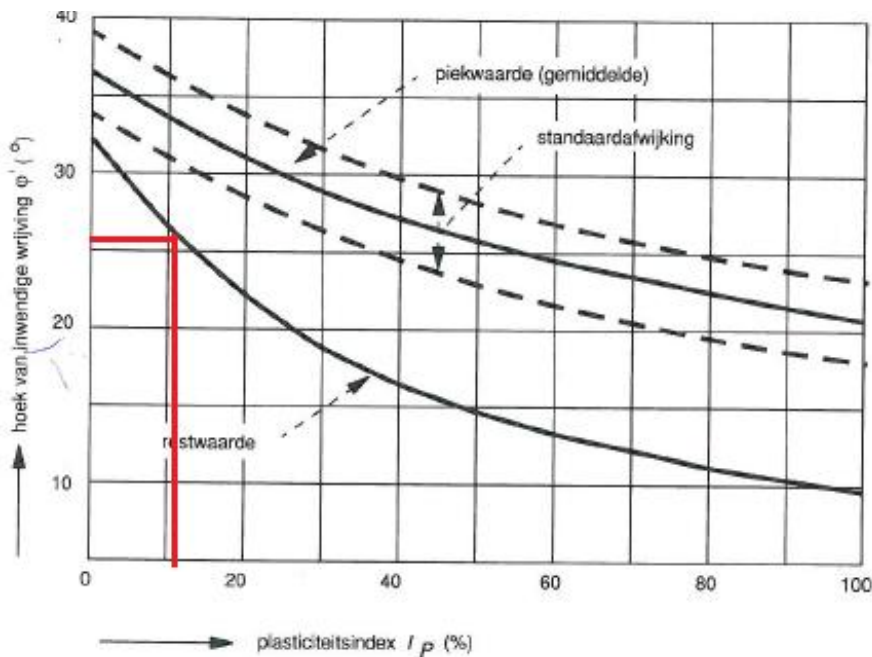


Figuur 1: Uitsnede voorontwerp incl. boringen en sonderingen

De sondering die ter plaatse van het dwarsprofiel is uitgevoerd heeft de code S2. De sondering laat net als de boringen een leemlaag zien, gevolgd door een zandlaag van 8,5 m dik. Een kleilaag sluit het zandpakket aan de onderzijde af.

In het laboratoriumonderzoek zijn de Atterbergse grenzen onderzocht van de leemlaag. Gemiddeld is de plasticiteitsindex 11%, daarbij zijn een sterk zandig monster en een monster van vette klei buiten beschouwing gelaten.

Hieruit volgt dat de hoek van inwendige wrijving (ϕ') 26° is, zie *Figuur* (bron: CUR162).



Figuur 2: Verband tussen de plasticiteitsindex en de hoek van inwendige wrijving.

Bodemschematisatie en grondparameters

Voor de geotechnische analyse zijn de parameters bepaald aan de hand van tabel 2b uit EUROCODE 7 en figuur A.4 uit CUR162. De parameters van de dijk en de leemlaag zijn hetzelfde, omdat de te ontgraven leem wordt gebruikt voor de dijk.

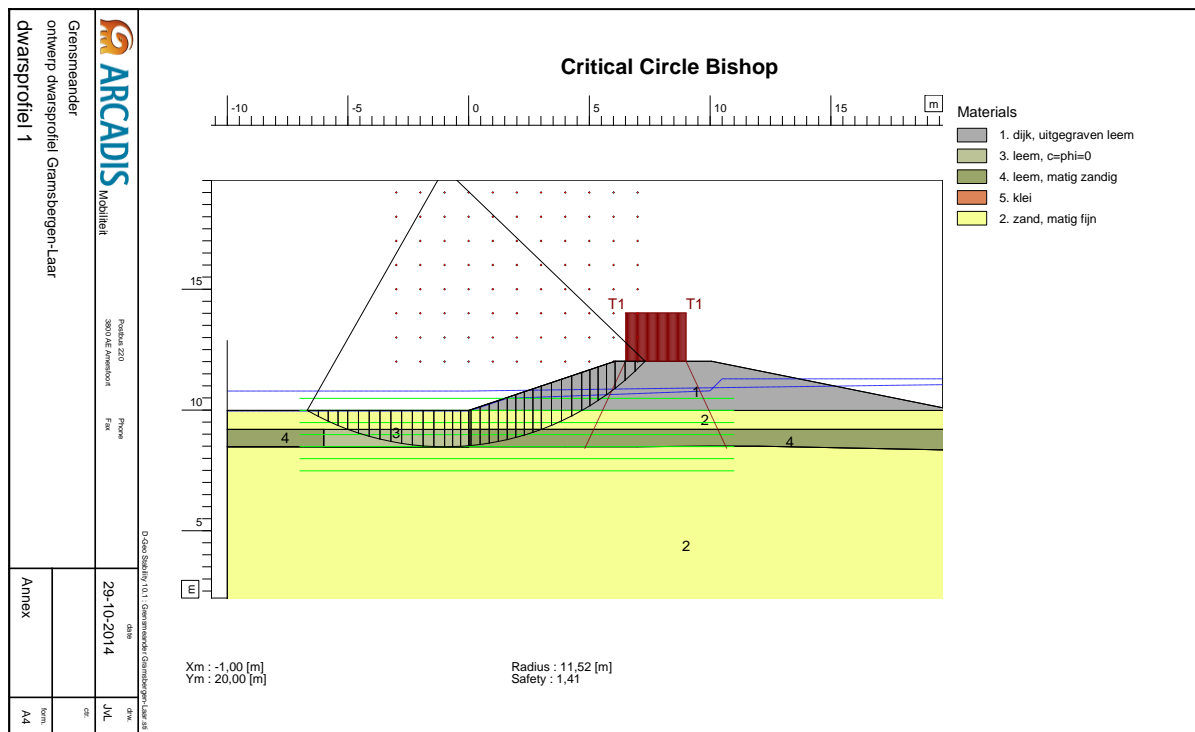
grondlaag	γ_{vv} [kN/m ³]	γ_n [kN/m ³]	ϕ_{rep} [°]	c'_{rep} [kN/m ²]
Dijk, ontgraven leem	19	20	26	1,5
Leem, matig zandig	19	20	26	1,5
Klei	16	18	22,5	5
Zand, matig fijn	18	20	27	0

Tabel 1: Grondparameters

Ontwerp

De minimale kadehoogte is: NAP +12,02 m (conform rapport HKV, kenmerk: PR2726.10). Het maatgevend hoog water (MHW) is vastgesteld op NAP +11,29 m, inclusief een klimaattoeslag van 12%. De minimale waakhoogte die aanwezig moet zijn is 0,3 m volgens LTV (Stowa 22). Een waakhoogte van 0,5 m wordt aangehouden om enige robuustheid in het ontwerp aan te brengen. De ontwerphoogte van de dijk (NAP +12,02 m) voldoet aan deze eis.

De stabiliteit is getoetst door middel van een Bishop berekening (figuur 3). De gebruikte grondparameters zijn opgenomen in Tabel 1. Er is gerekend met representatieve waarden waardoor er een eis van 1,3 geldt, zie Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen (Stowa 2007- 02). De aanwezige veiligheid is 1,41 en voldoet aan de eis van 1,3.



Figuur 3: Bishop berekening

Piping

De volgende uitgangspunten zijn gebruikt voor de pipingberekening. Deze uitgangspunten zijn gebaseerd op de boorprofielen en expert judgement.

- D70: 200 μ m (rekenwaarde);
- k-waarde: 30 m/dag (rekenwaarde);
- dikte pakket: 10 m (rekenwaarde).

De eis waaraan voldaan moet worden kan op twee manieren worden geïnterpreteerd, namelijk:

- $FoS = \Delta H_{crit};d / \Delta h \geq 1$
- $FoS = \Delta H_{crit};d / (\Delta h - 0,3d) \geq 1$

In het tweede geval wordt het gunstige effect van de deklaag in rekening gesteld. Bij dunne deklagen (< 2 m) wordt in de dagelijkse adviespraktijk de deklaag over het algemeen verwaarloosd.

FoS = aanwezigheid
 $\Delta H_{crit};d$ = kritische waterkerende hoogte
 Δh = kerende hoogte
d = deklaagdikte

De FoS bedraagt, afhankelijk van het wel of niet meenemen van de deklaag:

- $FoS = \Delta H_{crit};d / \Delta h$
- $1,95/1,32 = 1,47$
- $FoS = \Delta H_{crit};d / \Delta h - 0,3 d$
- $1,95 / 1,32 - (0,3 * 1,5) = 2,24$

→ De dijk voldoet.

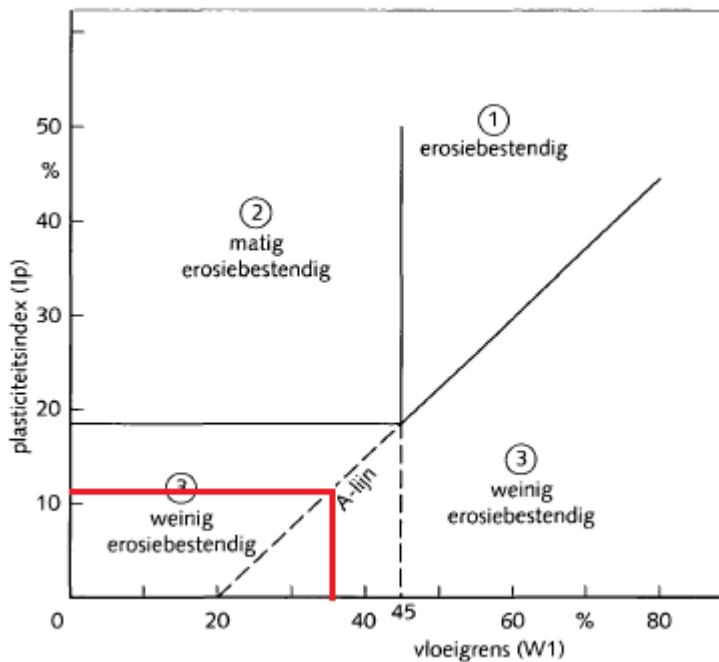
Samenstelling kade

Uit de berekeningen is gebleken dat de vrijkomende leem gebruikt kan worden voor de nieuwe dijk.

→ De stabiliteit voldoet.

De leem is weinig erosie bestendig. Dit is af te leiden aan de hand van de plasticiteitsindex en de vloeigrens. *Figuur* is afkomstig uit het technische rapport klei voor dijken (TR klei voor dijken figuur 5.1). De gemiddelde vloeigrens is 35,6 %. Net als bij de berekening van de plasticiteitsindex is een sterk zandig monster en een monster van vette klei buiten beschouwing gelaten.

Als substraat voor een grasmat is de leem geschikt, maar er is geen sprake van reststerkte indien de grasmat afwezig is door beschadiging of slecht onderhouden is.



Figuur 4: erosiebestendigheid uitgezet in het plasticiteitsdiagram.

Talud bekleding

De kades worden alleen in extreme gevallen belast door enige golfslag. De kans dat hoogwater samenvalt met harde wind is statistisch gezien klein. Normale windkracht van 6 Beaufort, zoals ook in het bovenriviereengebied wordt aangehouden, is waarschijnlijker. Een grasmat in combinatie met een talud van 1:2,5 of flauwer volstaat derhalve.

Daarnaast dient er aan de volgende voorwaarden te worden voldaan:

- op de kades mag geen opgaande beplanting (bomen en struiken) aanwezig zijn;
- de grasmat dient gesloten en goed onderhouden te zijn;
- de onderlaag waarop het gras groeit, dient van cohesief en colloïdaal materiaal te zijn (bijvoorbeeld leem zoals dat hier wordt aangetroffen) en een beetje organische stof te bevatten (circa 3%). Gelet op de boorbeschrijvingen (geen organische stof) wordt geadviseerd verse compost toe te voegen, zodat er micro-organismen terecht komen in het substraat voor het gras en de grasmat goed aanslaat;
- overgangen van talud naar vlak maaiveld of kruin dienen tonrond te worden uitgevoerd.

Overhoogte

In verband met zetting van de stevige leemlaag (5% van 0,5 m) en klink van de ophoging (5% van ca. 2,0 m) dient een overhoogte te worden aangebracht van 125 mm. Bij oplevering dient een minimale overhoogte van 0,1 m aanwezig te zijn.

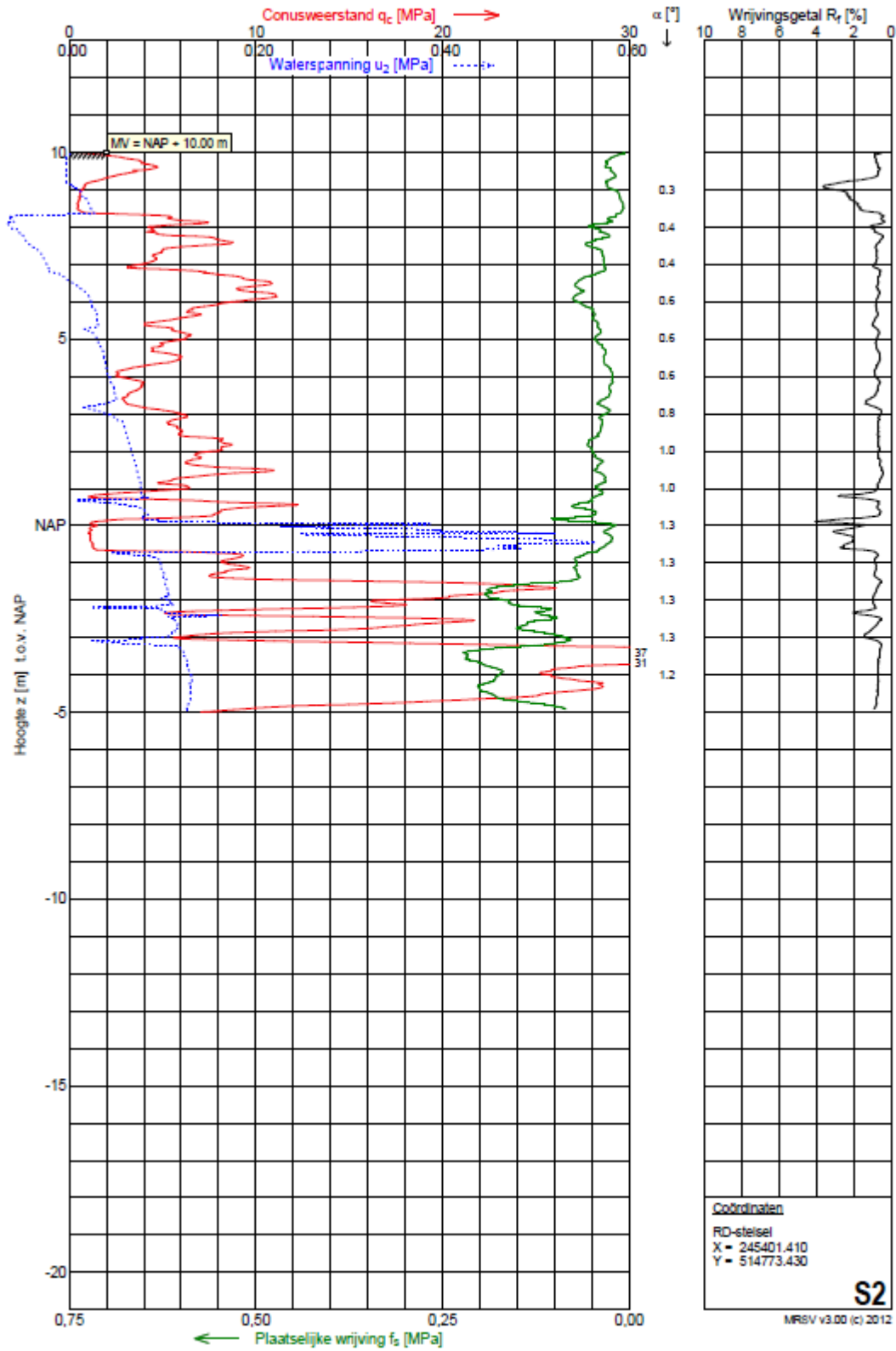
Bijlage 1: Sondering S02

Sondering S2

Opdracht : 1401677
 Plaats : Holthema
 Datum : 29-08-2014
 Project : Grensmeander Vecht

Conus nummer : C10-CFIP.416
 Soort conus : Elektrisch²
 Opp. conuspunt : 1000 mm²

NEN-EN-ISO-22476-1
 Klasse 3, type TE2
 Sondeerunit : SR7
 Blad : 1 van 1



MOS GRONDMECHANICA



Bijlage 2: Boring B05

BORING : B05

Datum : 29-08-2014 X : 245411.190 Boormeester : R. Drenth
 GWS : NAP +9.25 m Y : 514733.970 Beschrijver :
 Maaiveld : NAP +10.10 m Norm : NEN5104
 Opmerking :

Boorprofiel	Laag nr.	Diepte [m t.o.v. NAP]		Omschrijving grondlaag weiland	Kleur
		van	tot		
	1	+10.10	+9.60	Zand, matig fijn, zwak siltig, matig humeus	donkerbruin
	2	+9.60	+9.35	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak oerhoudend	bruin licht
	3	+9.35	+8.95	Leem, matig zandig, sterk oerhoudend	bruin
	4	+8.95	+8.60	Zand, matig fijn, zwak siltig	bruin licht
	5	+8.60	+8.10	Leem, matig zandig, zwak oerhoudend	bruin licht
	6	+8.10	+7.10	Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak kleiig	bruin licht
	7	+7.10	+6.10	Zand, matig fijn, zwak siltig	bruinoranje