



INTERPRETATIE RESULTATEN MET EEM-REKENMODEL

Arny Lengkeek
(Witteveen+Bos)

Pilot-cursus
Langsconstructies
27 oktober 2016



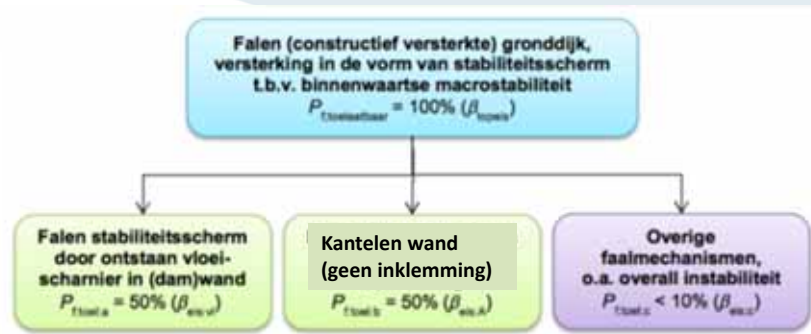
Onderwerpen

- Partiële factoren, veiligheidsfilosofie (case)
- Resultaten en toetsing (case)

Partiële factoren, veiligheidsfilosofie

Veiligheidsfilosofie

- ⇒ Uitgangspunt is dat bij een met constructieve elementen versterkte waterkering voor de totale constructie eenzelfde faalkansruimte beschikbaar is als voor een klassieke gronddijk.
- ⇒ Case: faalkansverdeling bij een onverankerde wand.



Figuur 3.1 Mogelijke uitwerking van faalkansverdeling verankerd stabiliteits scherm ontleend aan [BOK 2003]

[Ref: WTI2017 Toetsregels Kunstwerken (2015)]

Ontwerp zelfstandige waterkerende constructies (type I, voorbeeld KIS)]

Partiële factoren, veiligheidsfilosofie

- ⇒ Stabiliteitsfactor tegen afschuiven binnentalud grondlichaam inclusief langsconstructie
- ⇒ Bepalen stabiliteitsfactor ($Y_{EEM;g}$):

$$Y_{EEM;g} = Y_n \cdot Y_{d;g} \cdot Y_{b;g} \cdot Y_s$$

Waarin:

Y_n = schadefactor

$Y_{d;g}$ = modelfactor

$Y_{b;g}$ = schematiseringsfactor

Y_s = opschaalfactor

Partiële factoren, veiligheidsfilosofie

⇒ *Schadefactor* (γ_n):
Onderscheid maken naar vereiste betrouwbaarheidsniveau (β_{nodig}) en basisbetrouwbaarheidsniveau van $\beta = 4,0$ voor materiaalfactoren

⇒ Betrouwbaarheidsindex volgt uit verdeling van totale faalkansruimte over faalmechanismen

⇒ Voor een constructief versterkt dijklichaam:

$$\gamma_n = 1,0 + 0,13 \cdot (\beta_{nodig} - 4,0)$$

$$\beta_{nodig} = 5,06 \rightarrow \gamma_n = 1,14$$

[Ref: Addendum bij het technisch rapport waterkerende grondconstructies (2007), WTI2017 Toetsregels Kunstwerken (2015)]

Partiële factoren, veiligheidsfilosofie

⇒ *Modelfactor* ($\gamma_{d;g}$):

⇒ Wel/geen opdrijven

⇒ Modelfactor bestaat uit twee deelfactoren:

⇒ Beperingen rekenmethode (onzekerheden rekenmodel)

⇒ Onnauwkeurigheden gevolg van schematisering (3D-effecten in 2D model)

[Ref: Ontwerp stabiliteitsschermen (groene versie) (2013), WTI2017 Toetsregels Kunstwerken (2015)]

Opdrijven	Rekenmodel	Onzekerheden rekenmodel	3D-effect	Totale modelfactor
Nee	EEM	1,10 (fine tuning 1,05)	0,90	1,00 (fine tuning 0,95)
Ja	EEM	1,05 (fine tuning 1,00)	1,00	1,05 (fine tuning 1,00)

Partiële factoren, veiligheidsfilosofie

⇒ Schematiseringsfactor ($\gamma_{b;g}$)

- ⇒ Schematiseringsfactor is eerder behandeld, hieruit volgde:
 - ⇒ Wanneer schematiseringsfactor van basisschematisatie kleiner is dan 1,07, kan dit als een veilige basisschematisatie worden beschouwd
 - ⇒ Schematiseringsfactor moet daarentegen minimaal 1,10 zijn wanneer veiligheid tegen geotechnisch bezwijken wordt getoetst

[Ref: WT2017 Toetsregels Kunstwerken (2015)]

Partiële factoren, veiligheidsfilosofie

⇒ Materiaalfactor (γ_m)

Karakteristieke waarde grondsterkte vermenigvuldigd met materiaalfactor levert rekenwaarde grondsterkte

Tabel 3.3.1 - Materiaalfactoren

Grondsoort en parameter		Verticale coëfficiënt γ	γ_m
voluümek bezwaart/dringing	gr		1,0
klei	(TP-CU-5%)		
	- cohesie (c)	0,45	1,25
	- inwendige wrijving ($\tan \phi$)	0,20	1,25
veen	(TP-CU-0%)		
	- cohesie (c)	0,80	1,30
	- inwendige wrijving ($\tan \phi$)	0,25	1,25
zand	(TP-C0)		
	- cohesie (c)	0,41	0,41
	- inwendige wrijving ($\tan \phi$)	0,15	1,25
samenbuikkingsconstructies	- Torsie (C, A)		1,1
	- Kubus-Roepjen (C ₀ , C ₁)		1,1

TP-CU-5% = tusschenaf, gesomdiseerd en organisch, met 2 à 5% vermenig.
 TP-C0 = tusschenaf, gesomdiseerd en gedraaid.
 Bij samenbuikende lagen worden de factoren voor cohesie en inwendige wrijving kunnen aangepaste materiaalfactoren worden afgeleid. Bijvoorbeeld in het geval van tusschenaf met organische klei, wanneer is aangegeven dat de samenbuikkenden voor cohesie en inwendige wrijving kleiner of gelijk zijn aan respectievelijk $\gamma_c \leq 0,75$ en $\gamma_w \leq 0,15$, geldt $\gamma_{c,act} = 1,15$ en $\gamma_{w,act} = 1,15$.

[Ref: Addendum bij het technisch rapport waterkerende grondconstructies (2007), WT2017 Toetsregels Kunstwerken (2015)]

Partiële factoren, veiligheidsfilosofie

➤ Opschaalfactor (γ_s):

➤ Uit de procedure volgt dat een waarde van 1,3 voor de opschaalfactor een bovengrens is van de te benodigde opschaalfactor i.p.v. 1,5

➤ Het heeft de voorkeur om helemaal geen opschaalfactor toe te passen, controleer wel of er geen ander (locaal) glijvlak ontstaat.

Partiële factoren, veiligheidsfilosofie - Case

➤ Bepalen stabiliteitsfactor ($\gamma_{EEM;g}$) van basisschematisatie

➤
$$\gamma_{EEM;g} = \gamma_n \cdot \gamma_{d;g} \cdot \gamma_{b;g} \cdot \gamma_s = 1,14 \cdot 1,00 \cdot 1,10 \cdot 1,3$$
= 1,63

➤ Later in model checken of aan deze stabiliteitsfactor wordt voldaan

Partiële factoren, veiligheidsfilosofie

- ⇒ Stabiliteitsfactor voor het deelfaalmecanisme bezwijken van constructie(onderdelen) langconstructie
- ⇒ Bepalen stabiliteitsfactor ($Y_{EEM;c}$):

$$Y_{EEM;c} = Y_n \cdot Y_{d;c} \cdot Y_{b;c} \cdot Y_s$$

Waarin:

Y_n = schadefactor

$Y_{d;c}$ = modelfactor

$Y_{b;c}$ = schematiseringsfactor

Y_s = opschaalfactor

Partiële factoren, veiligheidsfilosofie

- ⇒ *Schadefactor* (Y_n):
- ⇒ Latere veiligheidsfactoren brengen betrouwbaarheidsindex constructieve elementen naar gewenste niveau, daarom $\beta_{nodig} = 4,6$

- ⇒ Voor constructieve elementen:

$$Y_n = 1,0 + 0,13 \cdot (\beta_{nodig} - 4,0)$$

$$\beta_{nodig} = 4,6 \rightarrow Y_n = 1,08$$

Partiële factoren, veiligheidsfilosofie

- ⇒ *Modelfactor* ($\gamma_{d;c}$)
- ⇒ Bij geotechnisch bezwijken dekt de modelfactor de onzekerheden in sterkte-reductie fase af
- ⇒ Voor constructief bezwijken $\gamma_{d;c} = 1,0$ aanhouden

[Ref: Ontwerp stabiliteitsschermen (groene versie) (2013), WTI2017 Toetsregels Kunstwerken (2015)]

Partiële factoren, veiligheidsfilosofie

- ⇒ *Schematiseringsfactor* ($\gamma_{b;c}$)
- ⇒ Bij beschouwen van veiligheid tegen bezwijken van constructieve elementen bij een voldoende veilige schematisatie ($\gamma_{b;c} \leq 1,07$) mag de schematiseringsfactor ($\gamma_{b;c}$) op 1,0 worden gesteld

[Ref: Ontwerp stabiliteitsschermen (2013), WTI2017 Toetsregels Kunstwerken (2015)]

Partiële factoren, veiligheidsfilosofie

- ⇒ Opschaalfactor (γ_s)
- ⇒ Zelfde als in geotechnische toets

[Ref: Analyse macrostabiliteit dijken met de EEM (2011), WTI 2017 Toetsregels Kunstwerken (2015)]

Partiële factoren, veiligheidsfilosofie - Case

- ⇒ Bepalen stabiliteitsfactor ($\gamma_{EEM;c}$) van basisschematisatie
- ⇒ $\gamma_{EEM;c} = \gamma_n \cdot \gamma_{d;c} \cdot \gamma_{b;c} \cdot \gamma_s = 1,08 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,3 =$
1,40
- ⇒ Later op basis van deze target stabiliteitsfactor $\gamma_{EEM;c}$ de buigende momenten en krachten in elementen aflezen uit het model

Resultaten en toetsing - Case

Veiligheidsfilosofie (1)

- Toets geotechnisch bezwijken



[R
On

Resultaten en toetsing

- U4a: Geotechnische toets overall stabiliteit uit fase U3c
- U4b: Constructieve toets snedekrachten en draagvermogen uit fase U3c
- U5: Check of UGT vervormingen constructie voldoen in U3c.
- Kantelen (onvoldoende inklemming) controleren in U4b

fase	Omschrijving	type	
U1	a	Initiële fase: bouw het oorspronkelijke grondlichaam op zonder eigen gewicht, met een horizontale freatische lijn gelijk aan het polderpeil (PL0)	DR
	b	Breng het eigen gewicht van het oorspronkelijke grondlichaam aan ⁷ .	DR
	c	Breng de freatische lijn onder normale omstandigheden (PL1), inclusief eventuele opbolling, in alle grondlagen aan.	DR
	d	Breng in de watervoerende laag en indringingslaag de potentiaal onder normale omstandigheden (PL3) aan. Waterspanning boven indringingslaag tussen PL1 en PL3 interpoleren, rekening houdende met de mogelijk afwijkende PL-niveaus in eventueel aanwezige tussenzandlagen.	DR
U2	a	Activeer de constructieve elementen (damwand, verankering). Bij een instabiel binnentalud in de spanningsopbouw t/m fase U2c dient deze in lijn met bijlage F te worden gedeactiveerd. <i>N.B.</i> Ook als het binnentalud in de spanningsopbouw t/m fase U2c stabiel blijft, kan het verloop van de sterkte-reductie aanleiding geven tot het deactiveren van dit stabiele binnentalud in deze fase (zie opmerking na deze tabel).	DR
	b	Breng buitenwaterstand (MHW) aan en breng de freatische lijn bij MHW (PL2) aan. Breng in de watervoerende laag de (opdrif)potentiaal onder extreme omstandigheden (PL4), dus bij optreden MHW, aan. Waterspanning in indringingslaag tussen PL3 (bovenkant) en PL4 interpoleren, en waterspanning boven indringingslaag tussen PL2 en PL3 interpoleren. Wederom rekening houdende met de mogelijk afwijkende PL-niveaus in eventueel aanwezige tussenzandlagen.	DR
	c	Breng de bovenbelasting op grondlichaam aan (verkeersbelasting).	UNDR
U3	a	Voor de sterkte-reductie berekening met parametersets M1 uit.	UNDR
	b	Wissel van niet-associatieve (M1) naar associatieve parametersets (M2).	DR
	c	Voor de sterkte-reductie berekening met parametersets M2 tot $\Delta MSF \geq \gamma_{EEM,3}$ uit.	DR
U4	a	Resultaten toets geotechnisch bezwijken: $\Delta MSF \geq \gamma_{EEM,3}$ uit fase U3c (zie verder §5).	
	b	Resultaten toets constructief bezwijken bij $\Delta MSF = \gamma_{EEM,3}$ uit fase U3c (zie verder §6).	
U5	Resultaten toets vervormingen bij constructief bezwijken: $\Delta MSF = \gamma_{EEM,3}$ uit fase U3c (voor de verificatie van vervormingen zie §6.3).		

Tabel 4.3 Globale aanpak rekenfasering EEM-stabiliteitsanalyse (DR = gedraineerd, UNDR = ongedraineerd)

Resultaten en toetsing - Case

- Globale veiligheid tegen geotechnisch falen

- *Stabiliteitsnorm macrostabiliteit;*

- Minimaal vereiste waarde stabiliteitsfactor: **1,63**

- ΣM_{sf} doorgaand bezwijken $\geq Y_{EEM;g}$

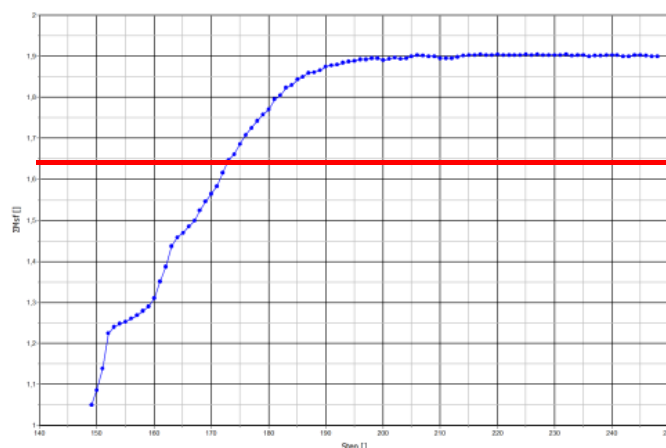
- ΣM_{sf} doorgaand bezwijken volgt uit gedraineerde sterkte-reductie berekening in PLAXIS

[Ref: Ontwerp stabiliteitsschermen (groene versie) sectie 2.3.1 (2013), WTI 2017 Toetsregels Kunstwerken sectie 5.1.1 (2015)]

Resultaten en toetsing - Case

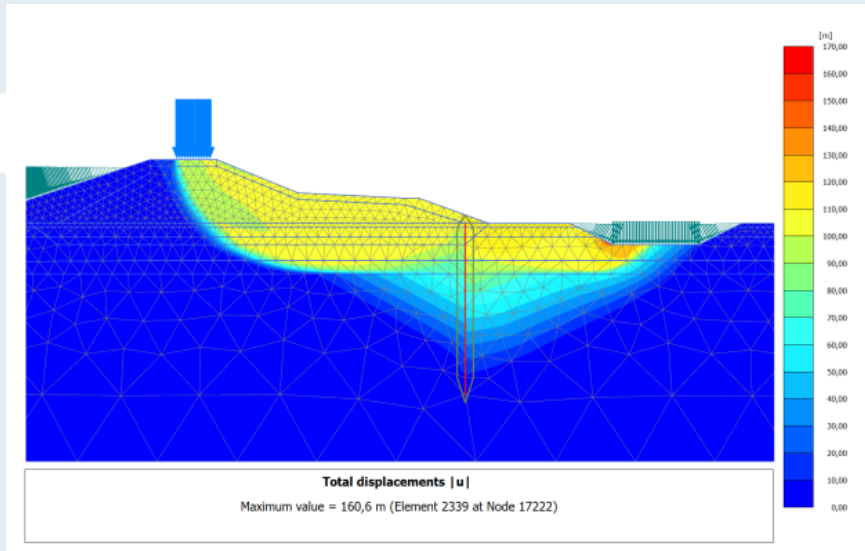
- Globale veiligheid tegen geotechnisch bezwijken

- ΣM_{sf} doorgaand bezwijken $\geq Y_{EEM;g} \rightarrow 1,90 \geq 1,63 \rightarrow$ Voldoet



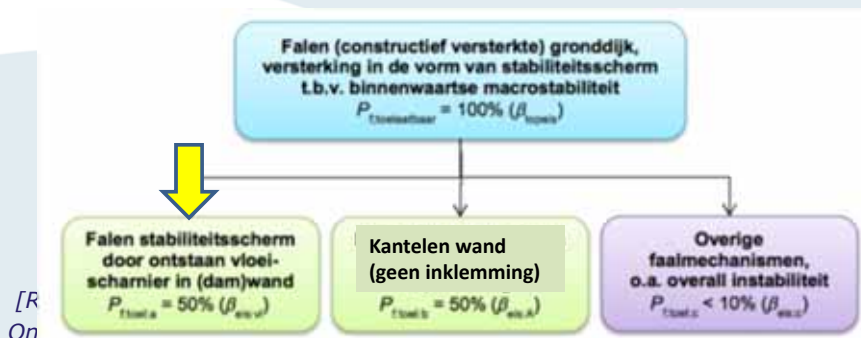
Resultaten en toetsing - Case

- Globale veiligheid tegen geotechnisch bezwijken
 - $\Sigma Msf_{\text{doorgaand bezwijken}} \geq Y_{EEM;g} \rightarrow 1,90 \geq 1,63 \rightarrow \text{Voldoet}$



Resultaten en toetsing - Case

- Veiligheidsfilosofie (2)
- Toets constructief bezwijken



[R
On

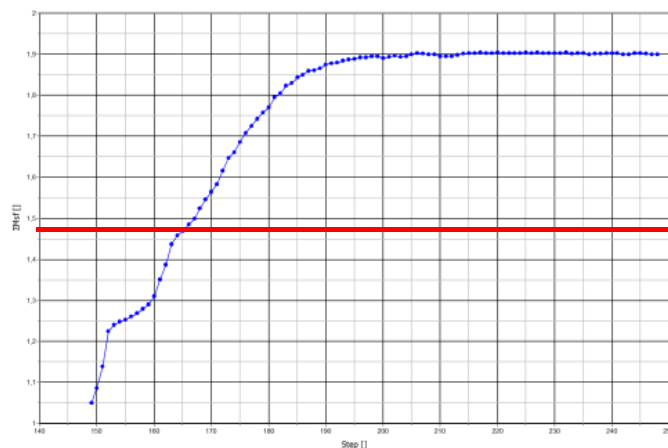
Figuur 3.1 Mogelijke uitwerking van faalkansverdeling verankerd stabiliteits scherm ontleend aan [BDK 2003]

Resultaten en toetsing - Case

- Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen
 - Sterkte-reductie berekening uitvoeren naar target stabiliteitsfactor:
 - $\Sigma Msf_{\text{constructief bezwijken}} = Y_{EEM;c} = 1,40$
 - Snedekrachten uitlezen bij bereiken target stabiliteitsfactor

Resultaten en toetsing - Case

- Globale veiligheid bij toets constructief bezwijken
 - $\Sigma Msf_{\text{constructief bezwijken}} = Y_{EEM;c} = 1,40$



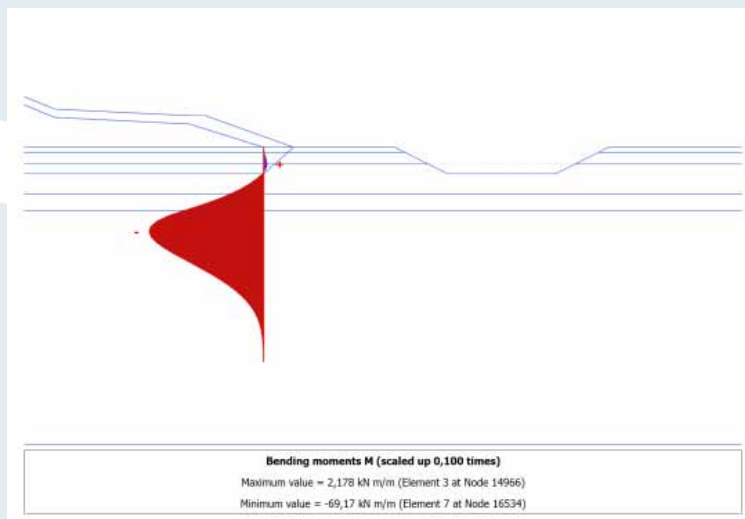
Resultaten en toetsing - Case

- Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen
 - *Output EEM-analyse PLAXIS;*

Snedekracht uit PLAXIS	Eenheid	Waarde
Maximum bending moment	[kNm/m']	69,2
Maximum dwarskracht	[kN/m']	34,4
Maximum normaalkracht	[kN/m']	-6,8

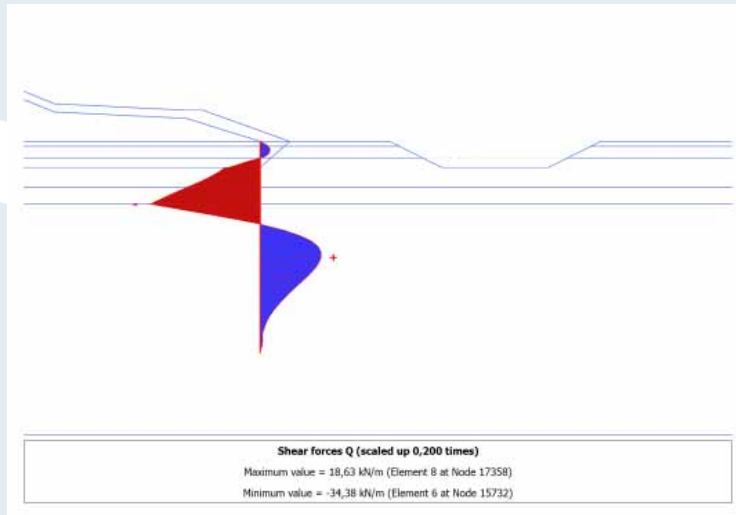
Resultaten en toetsing

- Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen
 - *Output EEM-analyse PLAXIS; Buigende momenten*



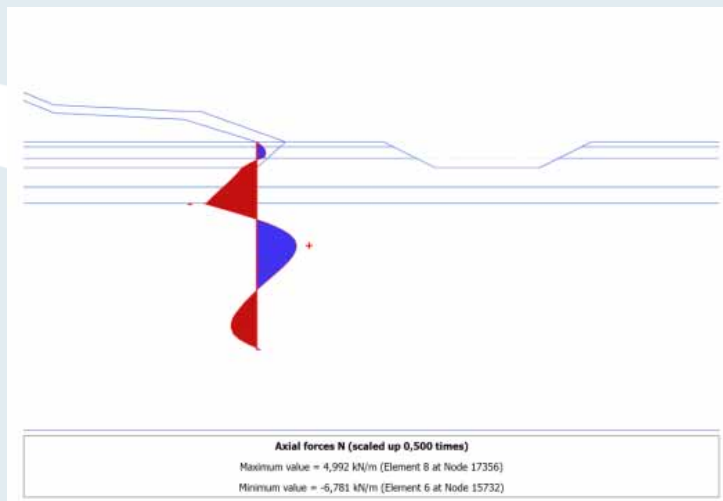
Resultaten en toetsing

- Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen
 - *Output EEM-analyse PLAXIS; Dwarskrachten*



Resultaten en toetsing

- Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen
 - *Output EEM-analyse PLAXIS; Normaalkrachten*



Resultaten en toetsing

⊕ Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen

⊕ Rekenwaarden buigend moment in damwand;

$$M_{s;d} = f_{\text{open}} \cdot \gamma_z \cdot \gamma_{\text{add};M} \cdot M_{s;\text{max};\text{EEM}}$$

waarin:

$M_{s;d}$	rekenwaarde van buigende moment [kNm/m'].
f_{open}	factor openingspercentage, zie paragraaf 5.1.1 [-].
γ_z	factor voor invloed ankerkrachttoename op moment, zie hieronder [-].
$\gamma_{\text{add};M}$	additionele veiligheidsfactor voor het moment = 1,15 [-].
$M_{s;\text{max};\text{EEM}}$	maximum buigend moment EEM-analyse in wand bij ΣMSF_c [kNm/m'].

⊕ Extra toename van het moment als gevolg van invloed van zakkende grond op ankers is op basis van ontwerpstudies vastgesteld op 10% ($\gamma_z = 1,10$ als eerste inschatting, later procedure beschreven)

[Ref: Ontwerp stabiliteitsschermen (groene versie) sectie 5.2.1 (2013), WTI 2017 Toetsregels Kunstwerken sectie 5.2.1 (2015)]

Resultaten en toetsing - Case

⊕ Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen

⊕ Rekenwaarden buigend moment in damwand;

$$\text{⊕ } M_{s;d} = 1,25 \cdot 1,00 \cdot 1,15 \cdot 69,2 = \mathbf{109,4 \text{ kNm/m'}}$$

⊕ Onverankerde damwand beschouwd in deze case

⊕ In geval van verankerde damwand levert de verandering van de ankerkracht een bijdrage aan de momentverdeling in de wand, nu $\gamma_z = 0$

Resultaten en toetsing

⊕ Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen

⊕ *Rekenwaarden normaalkracht in damwand;*

$$N_{s,d} = f_{open} \cdot (\gamma_{nk} \cdot \cos(\alpha) \cdot F_{s,A,k} + F_{nk,d})$$

waarin:

$N_{s,d}$ rekenwaarde van normaalkracht in wand [kN/m'].

f_{open} factor openingspercentage, zie paragraaf 5.1.1 [-].

γ_{nk} additionele veiligheidsfactor voor de normaalkracht = 1,15 [-].

α helling ankerstang t.o.v. verticaal [°].

$F_{s,A,k}$ karakteristieke waarde van de totale ankerkracht (inclusief invloed zakkende grond, exclusief additionele veiligheidsfactoren), zie paragraaf 5.2.1 [kN].

$F_{nk,d}$ rekenwaarde van negatieve kleef conform paragraaf 7.3.2.2 van [NEN 9997-1] [kN].

[Ref: Ontwerp stabiliteitsschermen (groene versie) sectie 5.2.1 (2013), WTI 2017 Toetsregels Kunstwerken sectie 5.2.1 (2015)]

Resultaten en toetsing - Case

⊕ Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen

⊕ *Rekenwaarden normaalkracht in damwand;*

$$\oplus N_{s,d} = 1,25 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot (0 + 22,2) = \mathbf{27,7 \text{ kN/m'}}$$

⊕ Onverankerde damwand beschouwd in deze case

⊕ In geval van verankerde damwand levert de ankerkracht, mits onder een hoek ongelijk aan 90°, een bijdrage aan de normaalkrachtverdeling in de wand

Resultaten en toetsing - Case

- Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen
 - *Toets constructieve sterkte damwand;*

$$\sigma_{s,dw;d} = \frac{M_{s;d}}{W_{corr}} + \frac{N_{s;d}}{A_{corr}} \leq f_{y,dw;d}$$

waarin:

$\sigma_{s,dw;d}$	rekenwaarde spanning in de uiterste vezel van wanddoorsnede [kN/m ²].
$M_{s;d}$	rekenwaarde van buigend moment in wand [kNm/m].
W_{corr}	weerstandsmoment wanddoorsnede na corrosie op basis van [ENW 2014] [m ³].
$N_{s;d}$	rekenwaarde van de normaalkracht in wand [kN/m].
A_{corr}	oppervlakte wanddoorsnede na corrosie op basis van [ENW 2014] [m ²].
$f_{y,dw;d}$	rekenwaarde vloeispanning damwandstaal conform Eurocode 3 [kN/m ²].

$$\sigma_{s;d;w;d} = (109,4 / 1867 \cdot 10^3) + (27,7 / 136 \cdot 10^2) \leq f_{y;d;w;d}$$

$$62 \text{ N/mm}^2 \leq 240 \text{ N/mm}^2$$

[Ref: Ontwerp stabiliteitsschermen (groene versie) sectie 5.2.2 (2013), WTI 2017 Toetsregels Kunstwerken sectie 5.2.2 (2015)]

Resultaten en toetsing

- Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen

- *Toets constructieve sterkte damwand;*

- Additionele toetsen:

- draagvermogen
 - Controle op knik [Ref: CUR116-2 (2012), sectie 2.4.8]
 - Controle op dwarskracht [Ref: CUR116-2 (2012), sectie 2.4.4]

[Ref: Ontwerp stabiliteitsschermen (groene versie) sectie 5.2.2 (2013), WTI 2017 Toetsregels Kunstwerken sectie 5.2.3 & 5.3.4 (2015)]

Resultaten en toetsing

⇒ Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen

⇒ Verticale draagkracht;

$$(F_{r,drkr;punt} + F_{r,drkr;schacht}) \geq q_{eg} + f_{open} \cdot \gamma_n \cdot \cos(\alpha) \cdot F_{s,A;drkr} + F_{s,nk;drkr} \quad (5.2)$$

waarin:

$F_{r,drkr;punt}$	rekenwaarde puntweerstand conform artikel 7.6 van NEN-EN 1997-1 [kN/m']
$F_{r,drkr;schacht}$	rekenwaarde schachtweerstand conform artikel 7.6 van NEN-EN 1997-1 [kN/m']
q_{eg}	eigen gewicht [kN/m']
f_{open}	factor m.b.t. openingspercentage stabiliteitsscherm [-]
γ_n	additionele veiligheidsfactor voor draagkracht = 1,25 [-]
α	helling ankerstang ten opzichte van de verticaal [°]
$F_{s,A;drkr}$	maatgevende ankerkracht onder extreme omstandigheden [kN/m]
$F_{s,nk;drkr}$	rekenwaarde negatieve kleefbelasting conform artikel 7.3.2.2 van NEN-EN 1997-1 [kN/m']

[Ref: Ontwerp stabiliteitsschermen (groene versie) sectie 5.1.2 (2013), WTI 2017 Toetsregels Kunstwerken sectie 5.1.2 (2015)]

Resultaten en toetsing - Case

⇒ Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen

⇒ Voor puntweerstand geldt:

$$\begin{aligned} F_{r,drkr;punt} &= A_{punt} \cdot q_{b,max;red} = A_{punt} \cdot (\alpha_p \cdot \beta \cdot s \cdot q_{c;punt;red}) \\ &= 0.0198 \cdot (1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,62 \cdot 5000) \\ &= 61 \text{ kN/m}' \end{aligned}$$

Resultaten en toetsing - Case

➤ Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen

➤ Rekenwaarde schachtdraagkracht op basis van conusweerstand; [Ref: NEN 9997-1:2016, artikel 7.6]

$$F_{r;drkr;schacht} = A_{dw} \cdot \int (q_{c;d;red} \cdot \alpha_s) dz$$

Met:

$$A_{dw} = 2 \cdot A_{coating} = 2 \cdot 1,41 = 2,82 \text{ m}^2$$

$$\alpha_s = 0,006 [-]$$

$$q_{c;z;a} = 5 \text{ MPa (aanname)}$$

$$z = 9,1 \text{ m inbeddingdiepte damwand in Pleistocene zandlaag}$$

➤ $F_{r;drkr;schacht} = 2 \cdot 1,41 \cdot 9,1 \cdot (5 \cdot 10^3 \cdot 0,006) = 770 \text{ kN/m}'$

Resultaten en toetsing - Case

➤ Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen

➤ Rekenwaarde negatieve kleefbelasting ($F_{nk;d}$)

Laag	Bovenkant [m NAP]	γ_{eff} [kN/m ³]	$\sigma'_{v;gem}$ [kN/m ²]	$\Phi_{j;k}$ [°]	K0 [-]	$\delta_{j;k}$ [°]	$K_{0;j;k} \cdot \tan(\delta_{j;k})$ [-]	$F_{nk;rep}$ [kN/m']
Klei, cat. 1	1,4	17,0	2,6	25,0	0,58	18,75	0,20 → 0,25	2,08
Klei, cat. 1	1,1	7,0	11,1	25,0	0,58	18,75	0,20 → 0,25	15,74
Klei organisch	-0,6	5,1	21,6	18,6	0,70	13,13	0,16 → 0,25	19,16
Zand Pleistoceen	-2,4	/	/	/	/	/	/	/

$$F_{nk;d} = 1,0 \cdot (2,08 + 15,74 + 19,16) = 37,0 \text{ kN/m}'$$

[Ref: NEN 9997-1:2016, artikel 7.3.2.2(d)]

Resultaten en toetsing - Case

- ⊕ Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen
 - ⊕ Freatische lijn niet beïnvloed door stabiliteitsscherm
 - ⊕ Aanname: openingspercentage (P) 20%

$$f_{\text{open}} = \frac{100\%}{(100\% - P)} \quad (5.4)$$

waarin:

f_{open} factor m.b.t. openingspercentage stabiliteitsscherm [-]
 P openingspercentage [%]

$$\oplus f_{\text{open}} = 100 / (100 - 20) = 1,25 [-]$$

[Ref: Ontwerp stabiliteitsschermen (groene versie) sectie 5.1.2 (2013), WTI 2017 Toetsregels Kunstwerken sectie 5.1.2 (2015)]

Resultaten en toetsing - Case

- ⊕ Vereiste veiligheid bezwijken constructieve elementen
 - ⊕ Eigen gewicht damwand (AZ26):
 - ⊕ $q_{\text{eg}} = w \cdot L = 1,554 \cdot 12,9 = 20,0 \text{ kN/m'}$

$$(F_{r,\text{drkr;punt}} + F_{r,\text{drkr;schacht}}) \geq q_{\text{eg}} + f_{\text{open}} \cdot \gamma_n \cdot \cos(\alpha) \cdot F_{s;\text{A;drkr}} + F_{s;\text{nk;drkr}}$$

$$62 + 770 \geq 20,0 + 1,25 \cdot 1,25 \cdot 1 \cdot 0 + 37,0$$

$$\mathbf{832 \geq 57 \rightarrow \text{Voldoet}}$$

Resultaten en toetsing

- Toetsing maximale vervorming
 - *Vervormingseisen (BGT);*
 - Vervorming toetsen met karakteristieke sterkteparameters in aparte berekening
 - **Alternatief, toets o.b.v. bestaande som in fase U2c**

- Eisen bij maatgevende belasting (BGT):
 - Kruinzakking $\leq 0,10$ m
 - Voor een onverankerde damwand geldt:
Horizontale verplaatsing constructie $\leq 0,10$ m
(Bij een open constructie geldt de vervormingseis zowel voor damwand als grond tussen constructieve elementen)

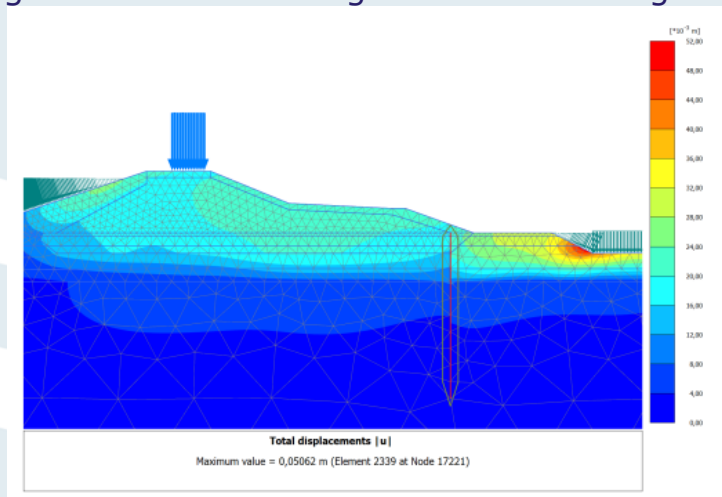
[Ref: Ontwerp stabiliteitsschermen (groene versie) (2013), sectie 5.1.3]

Resultaten en toetsing - Case

- Toetsing maximale vervorming
 - *Vervormingseisen (BGT);*
 - Resultaten vervormingen BGT na aanbrengen bovenbelasting

- Kruinzakking:
 - $u_{y;\max} = 0,010$ m
 - ➔ **Voldoet**

- Verplaatsing damwand:
 - $u_{x;\max} = 0,020$ m
 - ➔ **Voldoet**



[Ref: Ontwerp stabiliteitsschermen (groene versie) (2013), sectie 5.1.3]

Resultaten en toetsing

➤ Toetsing maximale vervorming

➤ Vervormingseisen (UGT) in fase U3c constructieve toets;

➤ Eisen bij maatgevende belasting (UGT):

➤ Voor verankerde damwand geen vervormingseisen

➤ Voor onverankerde damwand geldt:

horizontale verplaatsing constructie $\leq 2\%$ wandlengte met maximaal 0,50 m (Bij een open constructie geldt de vervormingseis zowel voor damwand als grond tussen constructieve elementen)

[Ref: Ontwerp stabiliteitsschermen (groene versie) sectie 5.1.3 (2013), WTI 2017 Toetsregels Kunstwerken sectie 5.3 (2015)]

Resultaten en toetsing - Case

➤ Toetsing maximale vervorming

➤ Vervormingseisen (UGT);

Eisen:

➤ 2% wandlengte:

$$0,02 \cdot 12,9 = 0,258 \text{ m}$$

➤ Maximaal 0,500 m

➤ Vervorming maximaal 0,027 m → **Voldoet**



Resultaten en toetsing - Case

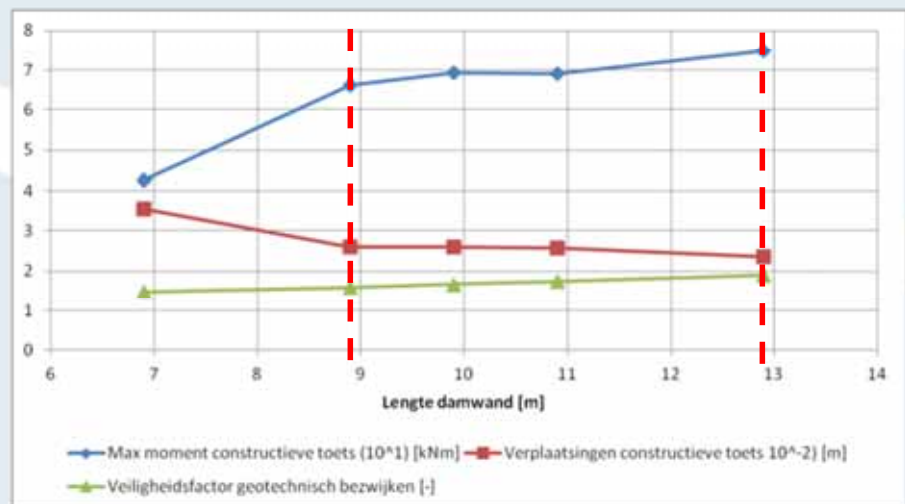
Veiligheidsfilosofie (3)

- Toets kantelen wand



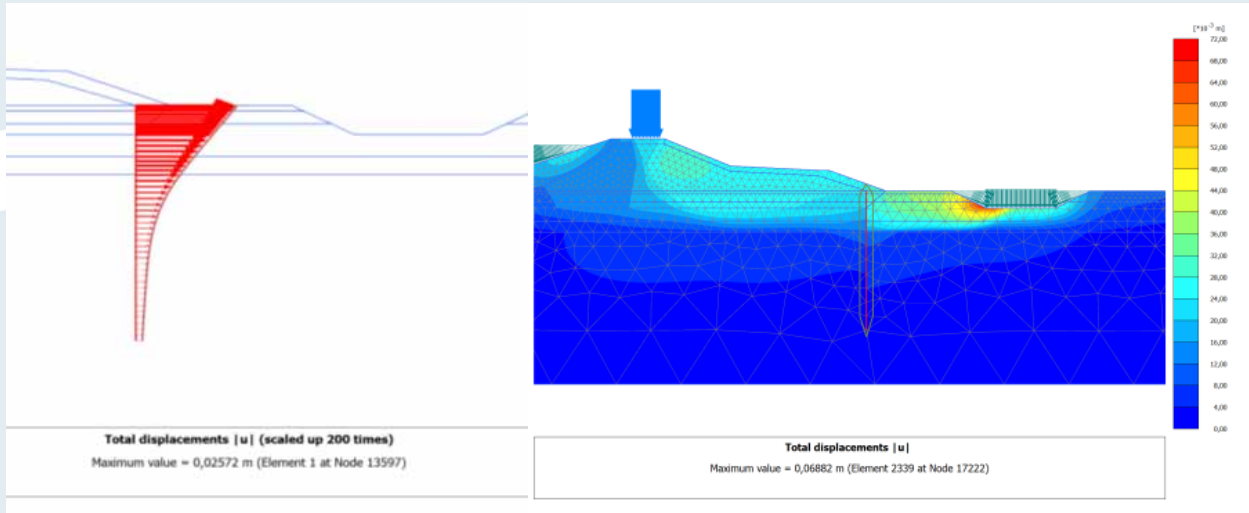
Resultaten en toetsing - Case

- Toetsing kantelen (onvoldoende inklemming)
 - 13m voldoet, onder de 9m snelle toename vervorming en afname inklemming



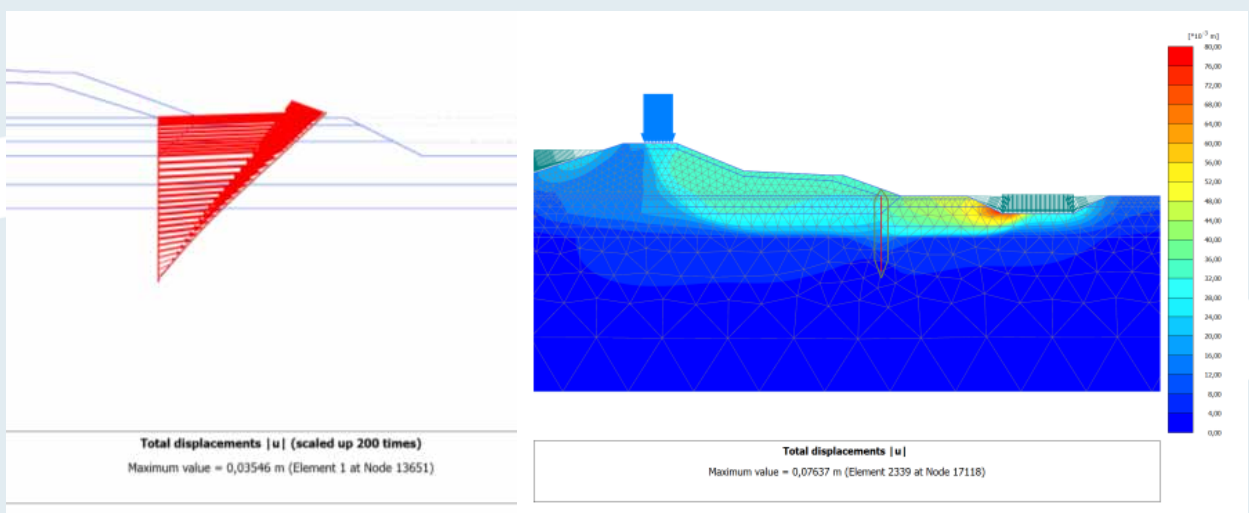
Resultaten en toetsing - Case

- Vervormingen damwand en dijk; Lengte damwand: 13,0 m



Resultaten en toetsing - Case

- Vervormingen damwand en dijk; Lengte damwand: 7,0 m



Meer informatie

- ⊕ Algemeen: www.opleidingen.stowa.nl
- ⊕ Cursusmateriaal: Presentaties, video's en oefenbestanden staan op ww.wbigebruikers.deltares.nl (zie onder 'opleidingen WBI')

Presentaties ook beschikbaar via www.opleidingen.stowa.nl

Video's ook beschikbaar via http://www.stowavideo.nl/pdf/INNW/modulen_overzicht_videos.pdf
- ⊕ Vragen over cursussen: opleidingen@stowa.nl
- ⊕ Vragen over WBI-software en Generale repetitie: helpdeskGR@deltares.nl