


POVM Kennisdocument

Verticaal evenwicht bij verankerde stabiliteitsverhogende langsconstructies

POV

MACRO
STABILITEIT



maart 2020

Versie: 1.0
Status: Definitief

De publicaties van de Projectoverstijgende Verkenning Macrostabieliteit (POVM) geven aanwijzingen en voorbeelden voor het ontwerp, de toepassing en het beheer van verschillende stabiliteitsverhogende technieken, evenals voor het scherper bepalen van de 'actuele sterkte'. Alle POVM-publicaties gaan vergezeld van een positief ENW advies.

In enkele aanvullende kennisdocumenten - waaronder ook het voorliggende document - vindt u uitwerkingen en/of toelichtingen voor onderwerpen:

1. die in de POVM-publicaties nog onvoldoende worden behandeld;
2. waarvoor sinds het opstellen van de publicaties nieuwe inzichten of rekenmogelijkheden beschikbaar zijn gekomen.

Elk kennisdocument is met zorg samengesteld en gecontroleerd, gevolgd door formele vaststelling door de redactieraad van het POVM-gebruikersplatform. Toch kan niet worden uitgesloten dat bij toepassing nog kennislacunes of onvolkomenheden worden ontdekt. Gebruik van de kennisdocumenten is vrij, maar het is aan de gebruiker zelf om te beoordelen of de kennis de project-specifieke toepassing dekt, en hoe de in elk document beschreven kennis wordt toegepast.

Een kennisdocument kan in de toekomst wijzigen wanneer inzichten veranderen of groeien. De meest recente versies zijn steeds te vinden op het POVM-gebruikersplatform (<https://publicwiki.deltares.nl/display/POVM/POVM+Gebruikersplatform>). Op dit platform vinden gebruikers van de POVM-publicaties ook aanvullende ondersteunende informatie.

Nijmegen, februari 2021,

(handtekening)

Ir. J. van der Schrier

Voorzitter Redactieraad POVM-gebruikersplatform

KENNISDOCUMENT

Onderwerp	Verticaal evenwicht bij verankerde stabiliteitsverhogende langsconstructies
Project	POVM - Witte vlekken
Opdrachtgever	POVM
Projectcode	118949
Status	Definitief
Datum	28 Maart 2020
Referentie	-
Auteur(s)	T. Naves (W+B) M. Post (Deltares)
Gecontroleerd door	H.J. Lengkeek (W+B) B. Rijneveld (Fugro)

Bijlage(n) Vergelijkende berekening voor 4 gevallen

Aan POVM Rekencluster
Kopie

1 INLEIDING

In de voorloper van de POVM publicatie eindige elementen (PPE), de ontwerprichtlijn stabiliteitsschermen primaire waterkering (OSPW), stond een expliciete eis opgenomen aan het verticaal evenwicht van stabiliteitsschermen. De belasting en het draagvermogen dienden 'buiten het EEM model' te worden bepaald. In de praktijk kwam dit neer op een toets waarbij diende te worden uitgaan van de belastingcombinatie van maximaal ontwikkelde negatieve kleef en maximale ankerkracht. Deze aanpak werd als te conservatief ervaren en leidde tot onnodig grote inbeddingen van het scherm in het diepe zand. Het conservatisme werd ervaren omdat deze aanpak geen recht doet aan de interactie tussen grond en constructie.

In de concept versie PPE v1.1 is daarom een minder strenge eis voorgesteld, namelijk een verticale evenwichtsbeschouwing binnen het EEM model. Voordeel van deze aanpak is dat als gevolg van de interactieberekening geen volledige negatieve kleef ontwikkeling optreedt en dat een minder ongunstige combinatie van negatieve kleef en maximale ankerkracht optreedt. Gedachte hierbij is dat de fysica mild is, bij onverhoopte overschrijding van het verticaal evenwicht treedt, bij enige verticale vervorming, snel een nieuw verticaal evenwicht op. In een later stadium van schrijven van de PPE v1.1 is aanvullend echter besloten dat een "veiligheidsklep" nodig was om excessieve verticale vervormingen te voorkomen welke mogelijk in uitzonderlijke gevallen voort kunnen komen uit de in de PPE voorgestelde methode. Er bestaat

namelijk geen vertrouwen dat het EEM model bij excessieve verticale vervormingen de werkelijkheid voldoende betrouwbaar kan beschrijven.

In de concept versie van de PPE v1.1 van Juli 2019 bestaat de "veiligheidsklep" uit de eis van een maximale toegestane verticale vervorming van de wand van 2 cm. Deze eis is gebaseerd op de gedachte dat bij 2 cm verticale (verschil) vervorming tussen constructie en grond de schachtwrijving maximaal gemobiliseerd is (en daarmee feitelijk ook het verticale draagvermogen maximaal is gemobiliseerd). Verwachting bij het definiëren van deze eis was dat deze niet maatgevend zou zijn en deze is dus bewust conservatief ingestoken. Vanuit meerdere lopende projecten is nu echter teruggegeven dat deze vervormingseis van 2 cm sterk maatgevend is geworden voor het ontwerp. Hierbij speelt mee dat, met de PLAXIS default instellingen, er in de interface tussen grond en constructie al relatief grote schuifvervormingen worden berekend welke als onrealistisch worden gezien. Dat de eis aan verticale vervorming nu maatgevend wordt is ongewenst omdat deze als "veiligheidsklep" is opgenomen en slechts in uitzonderlijke gevallen maatgevend zou moeten zijn.

Vanuit de praktijk komen verder signalen dat er onduidelijkheden bestaan hoe en wanneer deze verticale vervormingseis precies toe te passen danwel uit te rekenen, o.a.:

- vanaf welke fase dienen de vervormingen te worden opgeteld, oftewel op welke moment dient een reset displacements te worden toegepast?
- (van welke) partiele factoren op de berekende verticale vervorming?
- hoe om te gaan met de PLAXIS defaults rondom de interfaces (o.a. virtual interface thickness)?
Noot: nu worden hier geen randvoorwaarden opgelegd in de PPE v1.1. Een gebruiker kan feitelijk dus al b.v. de virtual interface thickness aanpassen om verticale vervormingen te verminderen.
- geldt de verticale vervormingseis voor zowel verankerde als onverankerde constructies?
- Is een toets op maat toegestaan voor de verticaal evenwicht beschouwing?

Het doel van dit kennisdocument is om een herziene aanpak voor het toetsen op verticaal evenwicht te bepalen die eenduidig toepasbaar is maar niet onnodig lange constructies oplevert met extra kosten en problemen met inbrengbaarheid tot gevolg.

Deze herziene aanpak dient te worden opgenomen in de definitieve versie van de PPE en dient daarbij de hiervoor benoemde onduidelijkheden (waar mogelijk) weg te nemen.

2 AANLEIDING EN DOEL TOETS OP VERTICAAL EVENWICHT

Belangrijke vraag is of en zo ja waarom een toets op verticaal evenwicht dient te worden uitgevoerd? Vanuit de scope hoogwaterveiligheid kan de vraag als volgt worden geformuleerd: kunnen te grote verticale vervormingen van de wandconstructie aanleiding geven tot een verhoogde kans op overstroming? In het geval van een stabiliteitsverhogende constructie geldt:

- Bij onverankerde wanden zijn er geen directe argumenten om een eis te stellen aan het verticaal evenwicht omdat er geen directe relatie is met hoogwaterveiligheid;
- Bij verankerde wanden zijn er wel argumenten om een eis te stellen aan verticaal evenwicht.

Het principe verschil tussen onverankerde en verankerde wanden ten aanzien van het verticaal evenwicht wordt in de navolgende paragraaf verder uitgewerkt. Bij deze uitwerking wordt opgemerkt dat andere en/of aanvullende eisen kunnen worden gesteld aan de (on)verankerde wand in geval:

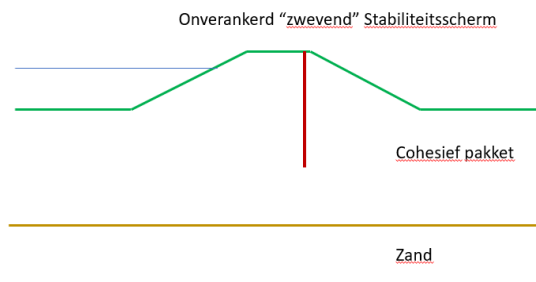
- de wand een functie anders dan waterveiligheid dient te vervullen (bijvoorbeeld aanvullende eisen conform bouwbesluit);
- bij zelfstandige waterkerende wanden (denk daarbij aan de relatie met de hoogte toets en mogelijk een hogere betrouwbaarheid aan het verticaal evenwicht).

2.1 Onverankerd stabiliteitsscherm

Vanuit waterveiligheid zijn er geen directe argumenten om een eis te stellen aan het verticaal evenwicht voor een onverankerd stabiliteitsscherm. Dit ook in analogie met bijvoorbeeld vernagelingstechnieken of keermuren op de dijk. Deze constructies mogen mee vervormen met het dijklichaam mits aangetoond is dat voldaan wordt aan de constructieve en geotechnische toets conform de PPE en PPL en in de hoogte toets rekening is gehouden met de mogelijke zakking van de kruin.

Er zijn zelfs gevallen denkbaar waarbij een zwevende constructie (zie Afbeelding 2.1) gewenst is. Denk daarbij aan het voorkomen van verschil vervormingen in het dijklichaam, aansluiting van bekleding op de constructie of het voorkomen van ongewenste krachtsontwikkeling.

Afbeelding 2.1: Schets "zwevend" onverankerd stabiliteitsscherm



Voor onverankerde stabiliteitsschermen wordt er geen eis gesteld aan het verticaal evenwicht, de constructie hoeft dus niet persé ingebed te worden in het zand.

Wanneer er voor gekozen wordt om een "zwevende" constructie toe te passen dient men zich er van bewust te zijn dat het niet mogelijk is om de constructie in de toekomst uit te breiden met een verankering. Op dit moment wordt in de POVM publicatie langsconstructies (PPL v1.1) daarom aanbevolen om minimaal 2m inbedding aan te houden voor een onverankerde wand maar de PPL laat het aan de opdrachtgever over om hierin keuzes te maken. Voorstel is om dit zo te laten en het niet als harde eis te gaan opnemen.

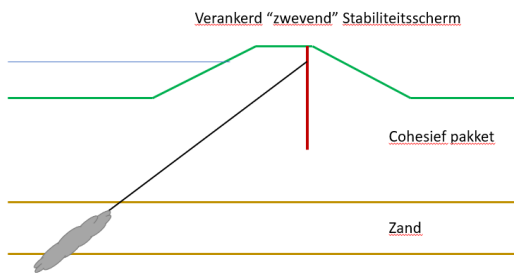
2.2 Verankerd stabiliteitsscherm

Bij een verankerd stabiliteitsscherm zijn er wel argumenten om een eis te stellen aan het verticaal evenwicht. De potentiële verticale vervormingen van een "zwevend" verankerd stabiliteitsscherm, en daarmee de impact op het verankeringssysteem, zijn dusdanig dat er onvoldoende vertrouwen is dat deze nog goed zijn te voorspellen. Uitgangspunt is daarmee dat een verankerd stabiliteitsscherm met de voet in het diepe zand dient te staan om te grote vervormingen te voorkomen.

Hiermee wordt duidelijk dat de afweging van de mate van inbedding van de verankerde wand in het diepe zand een balans dient te zijn tussen enerzijds (1) voldoende inbedding zodat er met voldoende zekerheid voldoende kleine verticale vervormingen optreden, en (2) geen overmatige inbedding om daarmee de uitvoeringskosten en risico's te beperken.

Op dit moment wordt in de POVM publicatie langsconstructies (PPL v1.1) aanbevolen om minimaal 2m inbedding aan te houden voor een verankerde damwand. Deze aanbeveling houdt ook relatie met de mate van grondonderzoekspunten in lengterichting van de constructie en daarmee de zekerheid over de ligging van de bovenkant van het diepe zand.

Afbeelding 2.2: Schets "zwevend" verankerd stabiliteitsscherm



Voor verankerde stabiliteitsschermen wordt er wel een eis gesteld aan het verticaal evenwicht, dit betekent in praktijk dat de constructie dus wel ingebed dient te worden in het zand.

3 AANGEPASTE TOETS OP VERTICAAL EVENWICHT

Zoals in §2.2 beschreven dient de verankerde constructie getoetst te worden op verticaal evenwicht met als doel het waarborgen van het verticaal evenwicht bij voldoende kleine (betrouwbaar te analyseren) verticale vervormingen van de constructie.

Diverse opties zijn overwogen en besproken in een PPE werkgroep bijeenkomst (Marcel Visschedijk, Army Lengkeek, Ben Rijnveld, Thomas Naves, Mark Post) d.d. 24 januari 2020. Vervolgens zijn deze opties voor een 4-tal cases beschouwd, zie resultaten in Bijlage I. De resultaten van deze cases zijn besproken in de POVM rekenclusterbijeenkomst op d.d. 5 februari 2020.

Op basis van de genoemde overleggen en met de opgedane ervaring uit de cases is gezamenlijk vastgesteld dat de meest geschikte aanpak de methode is waarbij de verticale belasting wordt bepaald in de Plaxis berekening en de verticale draagkracht buiten Plaxis wordt bepaald op basis van de conusweerstand conform de NEN-EN 1997-1 ("qc-methode").

3.1 Aangepaste toets: qc-methode

De voordelen van deze qc-methode zijn:

- De methode doet recht aan (lokale) hoge conusweerstand in het diepe zand. In het Plaxis model wordt de werkelijke sterkte van deze lagen maar heel beperkt meegenomen, met name ook door het toepassen van de CSSM theorie op de sterkte eigenschappen van de zandlaag.
- Het puntdraagvermogen is eenduidig en goed mee te nemen. Met name voor betonnen wanden en buispalen kan het puntdraagvermogen een significante bijdrage leveren aan het verticaal evenwicht.
- Robuuste methode met een lage gevoeligheid voor numerieke instellingen. Uitgangspunt hierbij is dat de rekenwaarde van de normaalkracht wordt overgenomen uit de constructieve toets fase. In deze fase is er nog een puntveer aanwezig onder de constructie en wordt er een bovengrens waarde gevonden van de normaalkracht.
- Bijkomend voordeel is dat het ontwerp proces efficiënter wordt. Waar voor een toets op vervorming een iteratief proces nodig is om tot een optimaal ontwerp te komen, zijn voor deze qc-methode in principe maar 2 berekeningen nodig. Eerst dient er een inschatting te worden gedaan van de dimensies van de constructie. De normaalkracht kan vervolgens worden uitgelezen in de constructieve toets fase en op basis van de analytische qc-methode wordt de vereiste inbedding van de damwand bepaald. Vervolgens wordt de berekening geupdate. Door de aanwezigheid van de puntveer in de constructieve toets fase zal de berekende normaalkracht nauwelijks veranderen (zie ook resultaten in de bijlage I) als gevolg van de aangepaste inbedding en zijn er dus geen extra iteratieve berekeningen nodig.
- Deze qc-methode geeft in de meeste gevallen een optimalisatie ten opzichte van de huidige 20mm eis waardoor de toets op verticaal evenwicht minder maatgevend wordt.

3.2 Uitwerking: qc-methode

Voor verankerde stabiliteitsverhogende constructies dient de verticale draagkracht in de hoogwatersituatie groter te zijn dan de verticale belasting:

$$N_{S;d} \leq R_{b;d} + R_{S;d} = \frac{R_{b;k}}{\gamma_b} + \frac{R_{S;k}}{\gamma_s}$$

Waarin:

- $N_{S;d}$ rekenwaarde van de normaalkracht in de damwand ter plaatse van het aangrijppunt van de verankering(*) [kN/m];
- $R_{b;d}$ rekenwaarde van het puntdraagvermogen [kN/m];
- $R_{S;d}$ rekenwaarde van het schachtdraagvermogen [kN/m];
- $R_{b;k}$ karakteristieke waarde van het puntdraagvermogen conform art. 7.6 NEN-EN 1997-1 [kN/m];
- $R_{S;k}$ karakteristieke waarde van het schachtdraagvermogen conform art. 7.6 NEN-EN 1997-1 [kN/m];
- $\gamma_{b;EC}, \gamma_{s;EC}$ ¹ Partiële weerstandsfactor = 1,2 [-],

(*)Voor de uitwerking van de cases zijn 2 opties beschouwd voor de rekenwaarde van de normaalkracht: de maximale normaalkracht of de normaalkracht ter plaatse van het aangrijppunt van de verankering. In Bijlage I zijn beide opties met elkaar vergeleken. Mede naar aanleiding van een overleg met em. prof. Frits van Tol, verantwoordelijk voor de eind review van de PPL v1.1, is gekozen om de draagkracht te toetsen aan de normaalkracht ter plaatse van de verankering. Idee is dat deze aanpak het beste recht doet aan wat de controle wil borgen, namelijk het opnemen van de verticale component van de ankerkracht door het zand met voldoende veiligheid. Negatieve kleef hoeft dus niet meegenomen te worden omdat er slechts een beperkte verticale verplaatsing nodig zal zijn om deze negatieve kleef weer te neutraliseren, zonder dat daardoor de krachtwerking in de wand wezenlijk verandert.

Toelichting correctie conusweerstand bij trillend ingebrachte damwanden

Bij de uitwerking van de voorbeelden bleek er verschil van interpretatie te zijn met betrekking tot artikel 7.6.2.3(i) NEN 9997-1. Hierbij gaat het specifiek om de vraag of je in het geval van fijner zand ($d_{50} < 600 \mu\text{m}$) een reductie tot 70% moet toepassen op de conusweerstand voor trillend ingebrachte damwanden.

Uiteindelijk is geconcludeerd dat de reductie tot 70% altijd toegepast moet worden voor trillend ingebrachte wanden, voor het afsnuiten van de conusweerstand.

Invloed qc-reductie op punt- en schatweerstand [tekst overgenomen uit OSPW]

De punt- en schatweerstand dienen conform artikel 7.6.2.3 van NEN-EN 1997-1 op basis van de gemeten conusweerstand (q_c) uit de maatgevende sondering te worden bepaald. Hierbij dient met een qc-reductie als gevolg van de hoge grondwaterstand onder extreme omstandigheden rekening te worden gehouden. Deze qc-reductie dient volgens [CUR2001-4 2003] te worden bepaald:

$$\gamma_{qc} = \sqrt{\frac{\sigma'_d}{\sigma'_i}}$$

Waarin:

- γ_{qc} correctiefactor voor conusweerstand q_c [-]
- σ'_i initiële korrelspanning waarbij de sondering is gemaakt [kN/m²]
- σ'_d korrelspanning onder extreme omstandigheden [kN/m²]

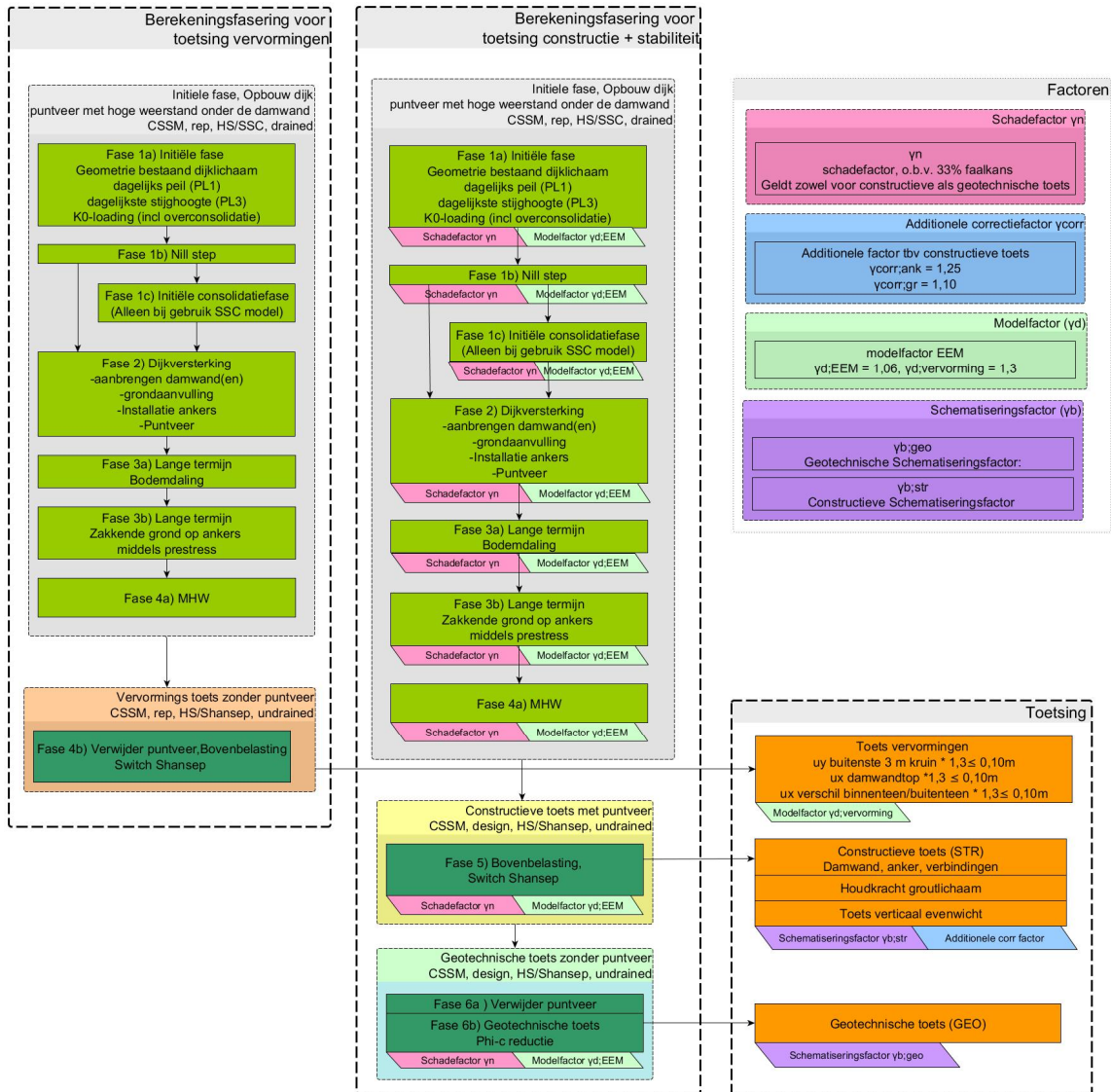
¹ De hier getoonde symbolen betreffen weerstandsfactoren conform de NEN-EN 1997-1. Dezelfde symbolen worden voor het ontwerp van waterkeringen ook gebruikt voor respectievelijk de schematiseringsfactor en schadefactor. Om verwarring te voorkomen is daarom het subscript EC (Eurocode) toegevoegd.

Indien fluïderen of voorboren wordt toegepast bij het inbrengen van de wandelementen, dan dient rekening te worden gehouden met een reductie van de conusweerstand.

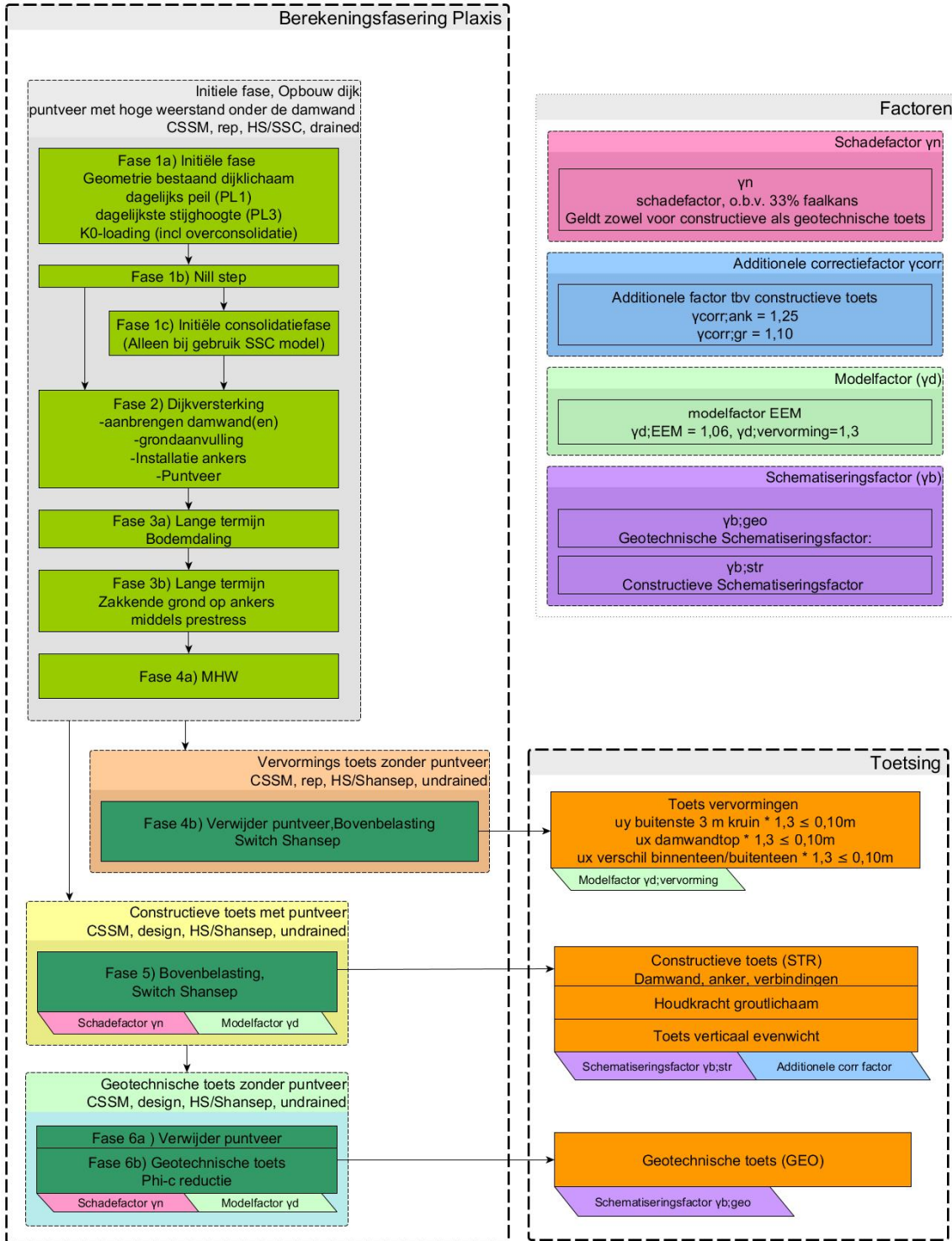
3.3 Aangepast rekenschema

Aangezien voor de toets van het verticaal evenwicht nu uitgegaan kan worden van de normaalkracht uit de constructieve toets fase zal ook het rekenschema iets veranderen. De vervormingstoets bij verwijderen puntweer (onder GEO toets) komt te vervallen. Toets op verticaal evenwicht is toegevoegd onder de constructieve toets, zie ook Afbeelding 3.1 en Afbeelding 3.2 voor het geüpdatet rekenschema.

Afbeelding 3.1 Geüpdatet rekenschema A



Afbeelding 3.2 Geüpdatet rekenschema B



4 CONCLUSIES EN AANDACHTSPUNTEN

4.1 Conclusies

Voor onverankerde stabiliteitsschermen wordt aanbevolen om vanuit de PPE/PPL geen eis aan verticaal evenwicht te stellen uitgaande van de scope waterveiligheid. De verticale vervormingen dienen, waar relevant, wel meegenomen te worden in de toets op Hoogte. Vanuit toekomstige uitbreidbaarheid zouden mogelijk wel aanvullende eisen aan het verticaal evenwicht kunnen worden gesteld door de beheerder van de waterkering.

Voor verankerde stabiliteitsschermen wordt aanbevolen het verticaal evenwicht wel te toetsen vanuit de PPE/PPL. Daarvoor is een, ten opzichte van de huidige PPL v1.1, aangepaste methodiek uitgewerkt waarbij de belasting wordt bepaald middels de Plaxis berekening en de weerstand wordt analytisch bepaald op basis van de conusweerstand, dit is nader uitgewerkt in hoofdstuk 3.

Met de hier voorgestelde aanpak kan de verticale vervormingstoets uit de huidige versie van de PPL v1.1 komen te vervallen en wordt er geen expliciete verticale vervormingstoets meer gemaakt waardoor ook de in hoofdstuk 1 vastgestelde onduidelijkheden worden weggenomen.

4.2 Aandachtspunten

Op basis van een aantal gevoeligheidsberekeningen is gebleken dat de optie Prevent Punching in Plaxis een significant effect kan hebben op de berekende stabiliteit factor. Met deze optie wordt "punching" van de damwand voorkomen door een elastische zone rondom de punt van het plaalement. Hierdoor kan er geen glijvlak direct onder de damwand door optreden waardoor deze dieper komt te liggen. Hierdoor kan de stabiliteitsfactor overschat worden.

Om dit te voorkomen dient de optie prevent punching altijd uit te staan in de toets van de geotechnische stabiliteit.

BIJLAGE: VERGELIJKENDE BEREKENINGEN VOOR VIER GEVALLEN

Ten behoeve van de uitwerking en keuze voor toets op het verticaal evenwicht zijn voor een 4-tal cases vergelijkende berekeningen gemaakt. De resultaten van deze berekeningen zijn in deze bijlage gepresenteerd.

In de berekeningen zijn voor de cases voor verschillende puntniveau 's de vervormingen van de damwand, krachten en stabiliteitsfactoren met elkaar vergeleken. Daarnaast is per case de minimale inbedding, op basis van de in dit kennisdocument voorgestelde qc-methode, bepaald voor de volgende 4 situaties:

- Drukkend aanbrengen, op basis van normaalkracht ter plaatse van de verankering;
- Drukkend aanbrengen, op basis van maximale normaalkracht;
- Trillend aanbrengen (reductie qc tot 70%), op basis van normaalkracht ter plaatse van de verankering;
- Trillend aanbrengen (reductie qc tot 70%), op basis van maximale normaalkracht.

Aanvullend is er per case een gevoeligheidsberekening gedaan met de optie prevent punching aan en een berekening met een aangepaste virtual interface thickness.

Opgemerkt wordt dat voor de berekening van de weerstand conform de qc methode voor alle cases een factor $\xi=1,3$ is aangehouden ($n=3$).

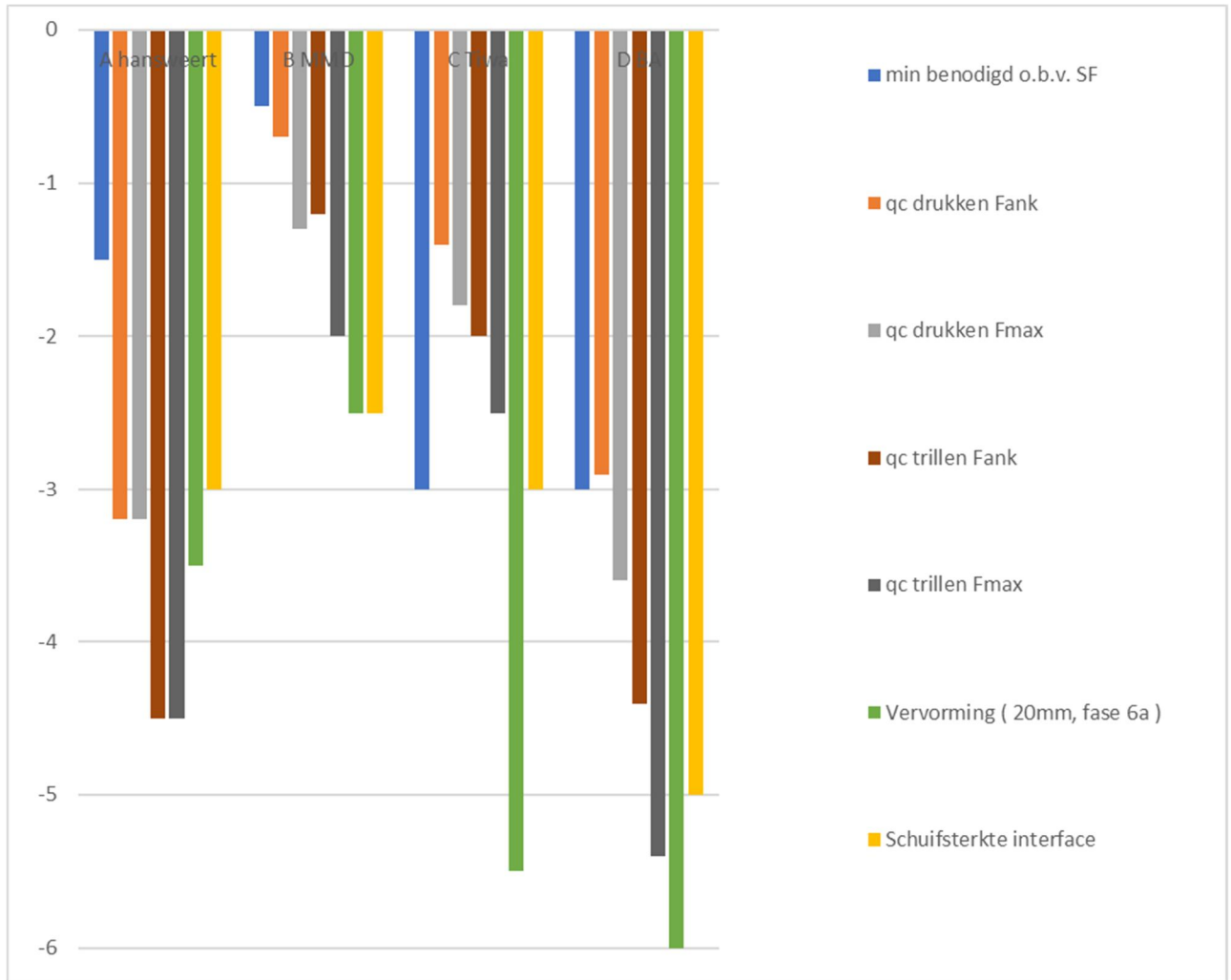
In Afbeelding I.1 zijn de resultaten van de benodigde inbeddingen voor alle cases voor de genoemde 4 situaties grafisch weergegeven.

Resultaten van vergelijkende berekeningen

Op basis van de resultaten wordt het volgende vastgesteld:

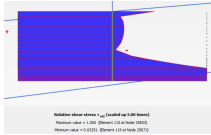
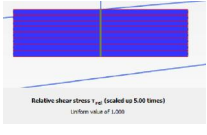
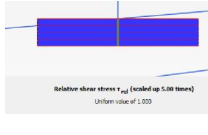

- Verticaal evenwicht blijft voor tenminste 2 van de 4 cases maatgevend. Voor case C is de lengte benodigd voor stabiliteit maatgevend. Voor case D is het afhankelijk van de inbrengmethode.
- Toets op verticale vervorming van 20 mm geeft aanzienlijk langere inbeddingen.
- Voor 3 van de 4 cases levert het uitgaan van de normaalkracht ter plaatse van de verankering een afname van de benodigde lengte in vergelijking met de maximale normaalkracht in de wand.
- De gemodelleerde inbedding heeft nauwelijks effect op de berekende krachten in de constructieve toets fase. Dit is een logisch gevolg van de puntveer die in de constructieve toetsfase nog onder de damwand zit waardoor grote verticale vervorming wordt voorkomen.
- Het korter maken van de damwand heeft logischerwijs wel een impact op de berekende stabiliteitsfactor. Hierbij zijn geen opvallende zaken geconstateerd.
- Aanpassing van de virtual interface thickness kan een significante impact hebben op de berekende verticale vervorming van de damwand. Dit heeft verder geen impact op de berekende krachten en stabiliteitsfactor.
- De optie prevent punching heeft een significante impact op de berekende verticale vervormingen en in sommige gevallen ook op de berekende stabiliteitsfactor.

Afbeelding I.1 Grafische weergave benodigde inbedding per case



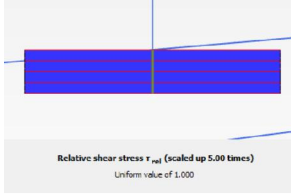
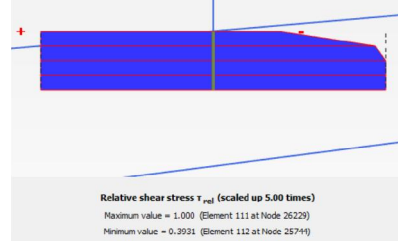
1 RESULTATEN CASE A (HANSWEERT)

Minimale inbedding benodigd om aan de stabiliteitsfactor (GEO) te voldoen: ca. 1,5m

Puntniveau [m+NAP]	NAP-13,0	NAP-12,0	NAP-11,0	NAP-10,0*
inbedding	3,5	2,5	1,5	0,5
uv (fase 3b) zakkende grond	9,9 mm	10,2 mm	10,7 mm	11,2 mm
uy (fase 6a) verwijderen puntveer	10,9 mm	36,7 mm	59,4 mm	120,7 mm
N (fase 5) constructieve toets	451 kN/m	459 kN/m	454 kN/m	452 kN/m
N (fase 5) ankerkracht constructieve toets	721 kN/m	733 kN/m	725 kN/m	798 kN/m
M (fase 5) constructieve toets	649 kNm/m	678 kNm/m	669 kNm/m	667 kNm/m
Inbedding conform EC				
Drukken/ N_{Anker}	3,2			
Drukken/ N_{max}	3,2			
Trillen/ N_{Anker}	4,5			
Trillen/ N_{max}	4,5			
SF	1,08	1,09	1,1	1,04
Shear stress interface				

*Voldoet niet aan GEO toets.

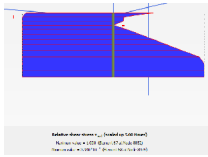
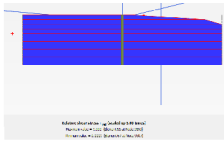
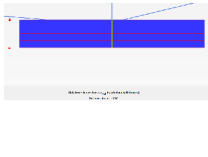
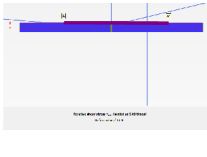
1.1 Gevoeligheidsberekening

Puntniveau [m+NAP]	NAP-11,0	NAP-11,0
	interface dikte factor 10 lager (0.01)	prevent punching aan
inbedding	1,5m	1,5m
(fase 3b)	9,1 mm	10,7 mm
uy (fase 6a)	25,9 mm	22 mm
N	442 kN/m	453 kN/m
N (fase 5) ankerkracht constructieve toets	707 kN/m	724 kN/m
M (fase 5) constructieve toets	659 kNm/m	673 kNm/m
Shear stress interface		

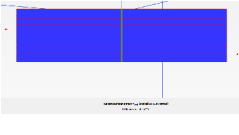
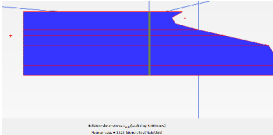
Puntniveau [m+NAP]	NAP-11,0	NAP-11,0
SF	1,1	1.1

2 RESULTATEN CASE B (MMD)

Minimale inbedding benodigd om aan de stabiliteitsfactor (GEO) te voldoen: ca. 0,5m.

Puntniveau [m+NAP]	NAP-15,5	NAP-14,5	NAP-13,5	NAP -12,5
inbedding	3,5m	2,5	1,5m	0,5m
uy (fase 3b)	5,4 mm	6,4 mm	7,7 mm	9,5 mm
uy (fase 6a)	10 mm	20 mm	64 mm	216 mm
N damwand (constructieve fase)	140 kN/m	141 kN/m	144 kN/m	143 kN/m
N anker (constructieve fase)	134 kN/m	136 kN/m	138 kN/m	138 kN/m
M damwand (constructieve fase)	185 kNm/m	185 kNm/m	192 kNm/m	204 kNm/m
Inbedding conform EC Drukken/ N_{Anker} Drukken/ N_{max} Trillen/ N_{Anker} Trillen/ N_{max}	0.7 1.3 1.2 2			
SF	1.22 (Sf min = 1,1)	1,22 (Sf min = 1,1)	1.21 (Sf min = 1,1)	1.19 (Sf min = 1,1)
Shear stress interface				

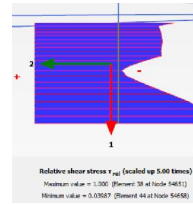
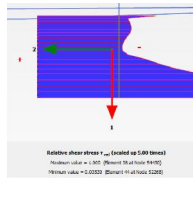
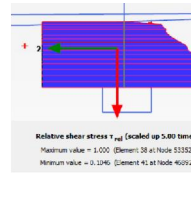
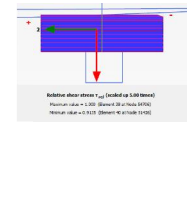
2.1 Gevoeligheidsberekening

Puntniveau [m+NAP]	NAP-14,5	NAP-14,5
	interface dikte factor 10 lager (0.01)	Prevent punching aan
inbedding	2,5 m	2,5 m
uy (fase 3b)	4,9 mm	6,2 mm
uy (fase 6a)	17 mm	13,6 mm
N damwand (constructieve fase)	146 kN/m	140 kN/m
N anker (constructieve fase)	128 kN/m	135 kN/m
M damwand (constructieve fase)	178 kNm/m	189 kNm/m
Shear stress interface		
SF	1,22 (Sf min = 1,1)	1,22 (Sf min = 1,1)

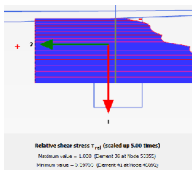
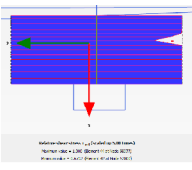
3 RESULTATEN CASE C (TIWA)

Minimale inbedding benodigd om aan de stabiliteitsfactor (GEO) te voldoen: ca. 3,0m

Ten opzichte van originele berekeningen zijn aangepaste stijfheids eigenschappen aangehouden voor het zand (E50_ref/Eoed_ref/Eur_ref vervangen voor 30/30/90 MPa).

Puntniveau [m+NAP]	-8.5	-7,5	-6.5	-5.5
inbedding	6m	5m	4m	3m
uy fase 3b	-10mm	-11mm	-14mm	-15mm
uy (fase 6a)	-7mm	-14mm	-36mm	-81mm
N	262 kN/m	268 kN/m	277 kN/m	295 kN/n
M	391 kNm/m	404 kNm/m	428 kNm/m	457 kNm/m
F ank	307 kN/m	314 kN/m	324 kN/m	332 kN/m
Inbedding conform EC				
Drukken/N _{Anker}	1.4			
Drukken/N _{max}	1.8			
Trillen/N _{Anker}	2,0			
Trillen/N _{max}	2.5			
SF	1.39	1.32	1.19	1.10
Shear stress interface				

3.1 Gevoeligheidsberekening

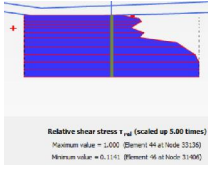
Puntniveau	NAP-6,5	NAP-6,5
	interface dikte factor 10 lager (0.01)	prevent punching aan
inbedding	4	4
uy (fase 3B)	-10mm	-13mm
uy (fase 6a)	-26mm	-16mm
N	270	357
M	401	433
F ank	898	908
Shear stress interface		
SF	1.19	1.38

4 RESULTATEN CASE D (BA)

Minimale inbedding benodigd om aan de stabiliteitsfactor (GEO) te voldoen: ca. 3,0m

Puntniveau[m+NAP]	-18,3	-17,3	-16,3
inbedding	5,5 m	4,5m	3,5m
uy fase 3b	7,6 mm	9,4 mm	13,3 mm
uy (fase 6a)	25,2 mm	98,2 mm	333 mm
N	339 kN/m	338 kN/m	339 kN/m
M	629 kNm/m	655 kNm/m	664 kNm/m
F ank	433 kN	434 kN	437 kN/m
Inbedding conform EC			
Drukken/ N_{Anker}	2.9		
Drukken/ N_{max}	3.6		
Trillen/ N_{Anker}	4.4		
Trillen/ N_{max}	5.4		
SF	1,30	1,27	1,19
Shear stress interface			

4.1 Gevoeligheidsberekening

Puntniveau [m+NAP]	NAP -16,3	NAP-16,3
	interface dikte factor 10 lager (0.01)	prevent punching aan
inbedding	3,5 m	3,5 m
uy (fase 3B)		11,5mm
uy (fase 6a)		24,8 mm
N		344 kN/m
M		650 kNm/m
F ank		439 kN/m
Shear stress interface		
SF	Berekening niet gelukt ivm numerieke problemen.	1.26