

Vloedbeltverbinding

KW 4 – Viaduct Bloksteegweg

Geotechnisch SO



Lijst met aanpassingen

Versie	Datum	Beschrijving van de wijziging	Herzien	Vrijgegeven door
C1.0	12-07-2024	Opstellen geotechnische SO-rapportage		Marc Everaars

Sweco Nederland B.V.
Onderwerp
Projectnummer
Klant
Auteur

Datum

Versie
Documentnummer

Handelsregister 30129769
Vloedbelt kunstwerken
51017557
Provincie Overijssel
Lex Verbrugh MSc & ir. Niels van Leeuwen

12-07-2024

C1.0
NL24-648800269-93822

Gecontroleerd door
Vrijgegeven door

Ir. Erik van der Putte
Ir. Marc Everaars

Inhoud

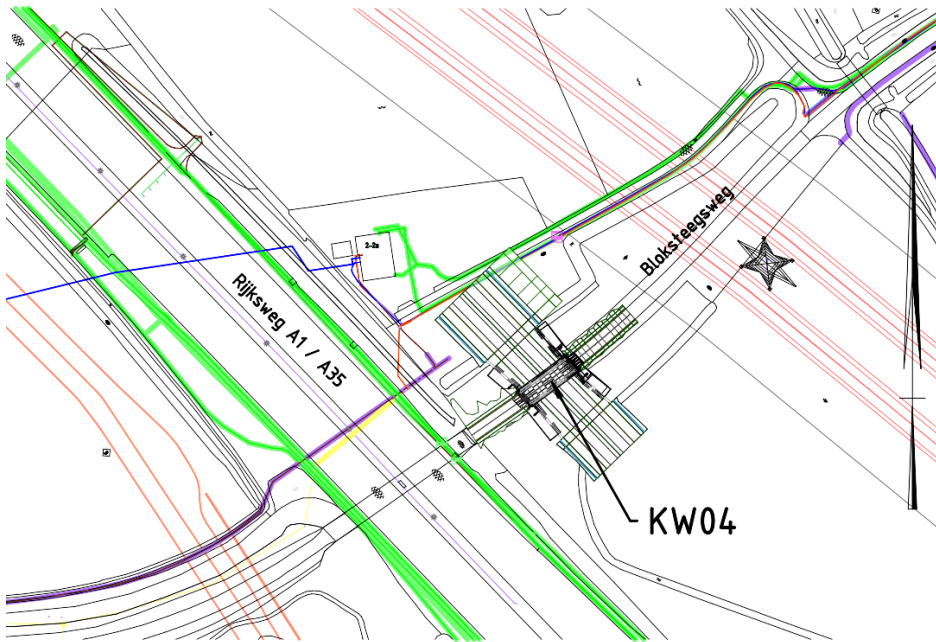
1	Inleiding	4
1.1	Algemeen	4
1.2	Doel	4
1.3	Leeswijzer	5
2	Uitgangspunten	6
2.1	Algemeen	6
2.2	Brondocumenten	6
2.3	Veiligheidsfilosofie	6
2.3.1	Normen en richtlijnen	6
2.3.2	Veiligheidsklasse	6
2.3.3	Partiële factoren	7
2.4	Situatie	7
2.5	Belastingen	8
2.6	Funderingsanalyse	8
2.7	Macrostabieliteit	9
3	Bodemopbouw	10
3.1	Grondonderzoek	10
3.2	Geohydrologische uitgangspunten	11
4	Resultaten en analyses	12
4.1	Algemeen	12
4.2	Funderingswijze	12
4.3	Stabiliteit landhoofd in aardebaan	13
4.4	Bouwwijze	13
5	Conclusies en Aanbevelingen	15

1 Inleiding

1.1 Algemeen

De Provincie Overijssel heeft aan Sweco Nederland B.V. opdracht gegeven voor het op schetsontwerpniveau uitwerken van een aantal kunstwerken voor de nieuw aan te leggen Vloedbeltverbinding. De Vloedbeltverbinding, die deels parallel aan het tracé A1/A35 zal komen te liggen, heeft als doel het verminderen van het lokale verkeer op de A1/A35 en in de bebouwde kom van Borne en Zenderen.

In voorliggend rapport staat het geotechnisch advies voor kunstwerk 4. Het betreft een viaduct op de kruising van de Vloedbeltverbinding met de Bloksteegweg.



Figuur 1-1: Overzichtsschets situatie

1.2 Doel

Het doel van het geotechnisch SO is om inzicht te verkrijgen in de haalbaarheid, de geotechnische risico's en input te geven in de op te stellen kostenraming.

Hiertoe worden in voorliggend rapport ingegaan op de volgende aspecten;

- bodemopbouw;
- funderingswijze;
- globale dimensies fundering;
- bouwwijze.

1.3 Leeswijzer

Deze rapportage bestaat uit de volgende hoofdstukken:

- Hoofdstuk 2: Algemene uitgangspunten.
- Hoofdstuk 3: Bodemopbouw.
- Hoofdstuk 4: Resultaten en analyses.
- Hoofdstuk 5: Conclusies en aanbevelingen.

2 Uitgangspunten

2.1 Algemeen

In dit hoofdstuk zijn de gehanteerde gegevens en uitgangspunten beschreven.

2.2 Brondocumenten

Bij het opstellen van deze rapportage zijn de volgende brondocumenten geraadpleegd:

- Sweco Nederland B.V., 2023, Tekening: 'N743 Hengelo – Almelo; Inpassing Vloedbelt, Overzicht kunstwerken', ref. SWE-ZZ-XX-DR-C00049, d.d. 14-09-2023.
- Sweco Nederland B.V., 2023a, Tekening: 'N743 Hengelo – Almelo; Inpassing Vloedbelt, KW04 Viaduct Bloksteegweg', ref. 51017557-W502-04-XX-DR-KW, d.d. 11-03-2024.
- Veldwerkbureau 2023, Grondonderzoeksrapportage: 'Spoortrace Middenvlier, Bornerbroek', d.d. 11-10-2022.
- Sweco Nederland B.V., 2023b, 'Notitie Grondwaterstanden kunstwerken vloedbeltverbinding', d.d. 05-02-2024.

2.3 Veiligheidsfilosofie

2.3.1 Normen en richtlijnen

De gebruikte normen en richtlijnen voor de geotechnische berekeningen zijn weergegeven in Tabel 2-1.

Tabel 2-1: Gebruikte normen en richtlijnen

Kenmerk	Titel	Datum
NEN 9997-1	Geotechnisch ontwerp van constructies - Samenstelling van NEN-EN 1997-1, NEN-EN 1997-1/NB en NEN 9097-1 Aanvullingsnorm	2017
NEN-EN 1990-1	Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp van constructies	2017

2.3.2 Veiligheidsklasse

In NEN-EN 1990 wordt onderscheid gemaakt in veiligheidsklassen (NEN-EN: reliability classes). Voor de beschouwde constructie is uitgegaan van betrouwbaarheidsklasse RC2 en gevolgklasse CC2. Voor de taludstabiliteit in

de bouwphase is uitgegaan van betrouwbaarheidsklasse RC1 en gevolgklasse CC1.

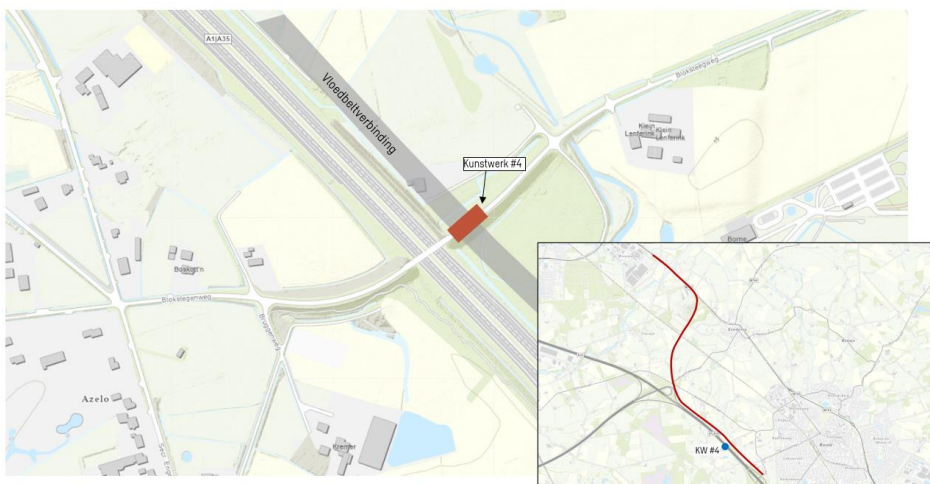
De veiligheidsklasse is gebaseerd op een referentie ontwerplevensduur van 50 jaar, conform ontwerplevensduurklasse 3.

2.3.3 Partiële factoren

Voor de stabiliteitsberekening zijn partiële factoren voor grondparameters handmatig toegepast conform tabel A.4a van NEN 9997-1 (2017). Het betreft een waarde van $\gamma_{\phi'} = 1,2$ voor de hoek van inwendige wrijving en een waarde van $\gamma_{c'} = 1,3$ voor de cohesie voor RC1. De partiële factoren voor de overige berekeningen worden automatisch toegepast in de software.

2.4 Situatie

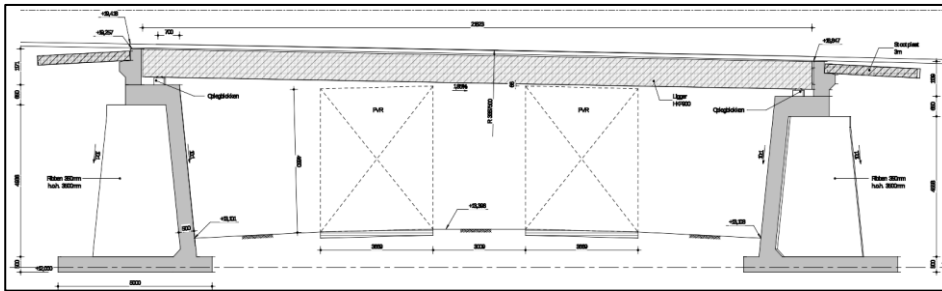
Kunstwerk 4, weergegeven in Figuur 2-1, betreft een viaduct over de voorziene Vloedbeltverbinding ter plaatse van de kruising met de Bloksteegweg. In de huidige situatie ligt de Bloksteegweg op een aardebaan die leidt naar een viaduct over de A1/A35.



Figuur 2-1: Overzichtskartaal Vloedbeltverbinding.

Kunstwerk 4 betreft een viaduct, vormgegeven als een betonnen dek op landhoofden. De overspanning bedraagt circa 21 m. De landhoofden zijn L-wanden.

Het kunstwerk sluit aan weerszijden aan op de bestaande aardebanen. Het wegpeil ter plaatse van het dek is vastgelegd op NAP +19,2 m. Het wegpeil van de onderliggende kruisende weg is vastgelegd op circa NAP +13,1 m. De breedte van de landhoofden (afstand dwars op de aardebaan) bedraagt circa 10 m.



Figuur 2-2: Langsdoorsnede viaduct Bloksteegweg

Een tekening van het kunstwerk is bijgevoegd in Bijlage 1. Gezien de grondslag wordt uitgegaan van een fundering op staal.

2.5 Belastingen

Voor de uiterste grenstoestand en de bruikbaarheidsgrenstoestand zijn in Tabel 2-2 de verticale en horizontale belastingen op de L-wand weergegeven. Deze zijn opgegeven door de constructeur. Er is daarbij onderscheid gemaakt tussen belasting op de L-wanden onder het viaduct en de grondkerende L-wanden naast het viaduct. De optredende belastingen zijn weergegeven in Tabel 2-2.

Tabel 2-2: Rekenwaarden opgegeven belastingen en excentriciteit.

Afmetingen (B) [m]	Grenstoestand	Verticale belasting $F_{v;G;Ed}$ [kN]	Horizontale belasting $F_{h;G;Ed}$ [kN]	Excentriciteit verticale belasting e_v	Excentriciteit horizontale belasting e_H
5,50	BGT	1110	282	-0,10	2,86
	UGT	1448	363	-0,03	2,77
6,00	BGT	1110	282	-0,35	2,86
	UGT	1448	363	-0,28	2,77
6,50	BGT	1110	282	-0,60	2,86
	UGT	1448	363	-0,43	2,77
4,50*	BGT	494	107	-0,19	1,63
	UGT	642	145	-0,19	1,63

*De opgegeven belasting in deze rij geldt voor de grondkerende L-wanden aan weerszijden van het viaduct.

2.6 Funderingsanalyse

Voor het beschouwen van het draagvermogen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Gezien de grondopbouw zullen de landhoofden worden gefundeerd op staal.
- De L-wanden zullen worden aangelegd op een niveau van NAP +12,0 m.
- Voor de berekening van de funderingen is gebruik gemaakt van het programma D-Foundations versie 21.1.
- Het minimale funderingsniveau bedraagt 1,1 m-mv.

2.7 Macrostabiliteit

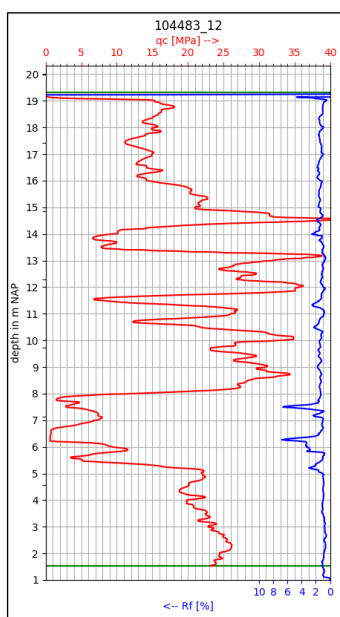
Voor de bouw van de landhoofden wordt uitgegaan van een open ontgraving, waarvoor de maximaal aan te houden taludhelling is bepaald. Daarnaast is de stabiliteit van de L-wand in het landhoofd getoetst voor de gebruiksfase. Bij het uitvoeren van de stabiliteitsberekeningen is uitgegaan van de volgende uitgangspunten:

- Voor de berekening van de taludstabiliteit is gebruik gemaakt van het programma D-Geo Stability.
- In de bouwfase dient de veiligheid tegen afschuiven (FS) tenminste $FS = 0,90$ te bedragen.
- In de gebruiksfase dient de veiligheid tegen afschuiven (FS) tenminste $FS = 1,00$ te bedragen.
- De L-wanden zijn in de stabiliteitsberekening gemodelleerd met 'forbidden lines'.
- In zowel de bouw- als gebruiksfase is een verkeersbelasting van $20,0 \text{ kN/m}^2$ (rekenwaarde) aangehouden met een belastingspreiding van 30 graden.

3 Bodemopbouw

3.1 Grondonderzoek

Ten behoeve van het funderingsadvies is grondonderzoek uitgevoerd door het Veldwerkbureau. Ter plaatse van kunstwerk 4 is een sondering uitgevoerd tot circa 19 m-mv, weergegeven in Figuur 3-1.



Figuur 3-1: Sondering 12.

De locatie kenmerkt zich door de aanwezigheid van een antropogeen zandpakket in de bovenste circa 7 m van de sonderingen. Dit is het aangebrachte zand voor de aardebaan van de Kuipersweg.

Vanaf circa NAP +8,0 m worden lagen aangetroffen met conusweerstand lager dan 2 MPa en wrijvingsgetallen tot 6%. Deze lagen zijn geclassificeerd als vastgepakte klei. Vanaf een niveau van NAP +5,5 m wordt vastgepakt zand aangetroffen.

De aangehouden ondergrondschematisatie is weergegeven in Tabel 3-1.

Tabel 3-1: Grondschematisatie

Materiaal	Niveau b.k. laag [m NAP]
Zand, matig gepakt	+19,3
Zand, vastgepakt	+15,0
Zand, los gepakt	+14,3
Zand, vastgepakt	+13,3
Klei, schoon, vast	+8,0

Zand, los gepakt	+7,6
Klei, schoon, vast	+6,8
Zand schoon, los	+6,2
Zand, vastgepakt	+5,5

Aan de hand van tabel 2.b uit NEN 9997-1 (2017) zijn grondparameters vastgesteld. De karakteristieke waarden zijn weergegeven in Tabel 3-2. Voor de stabiliteitsberekening zijn voor RC1 de rekenwaarden bepaald op basis van partiële factoren voor grondparameters conform tabel A.4a van NEN 9997-1 (2017).

Tabel 3-2: Karakteristieke waarden grondparameters

Grondlaag	γ_d [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]
Zand, los gepakt	17	19	30,0	0,0	-
Zand, vastgepakt	20	21	35,0	0,0	-
Klei, vast	19	19	17,5	13,0	100

waarbij geldt:

γ_d	volumegewicht bij natuurlijk watergehalte;
γ_{sat}	verzadigde volumegewicht;
ϕ'	karakteristieke waarde effectieve hoek van inwendige wrijving;
c'	karakteristieke waarde effectieve cohesie;
c_u	ongedraineerde cohesie.

3.2 Geohydrologische uitgangspunten

In deze rapportage is de GHG aangehouden die bepaald is op basis van de peilbuis ter plaatse van de Kuipersweg. De vastgestelde GHG bedraagt NAP +12,15 m (Sweco, 2023b). Deze waarde is aangehouden in de berekeningen.

4 Resultaten en analyses

4.1 Algemeen

In voorliggend hoofdstuk zijn de resultaten van de analyses weergegeven met betrekking tot het verwachte draagvermogen van de L-wanden op het voorziene funderingsniveau. Verder zijn berekeningen gemaakt van de macrostabiliteit van het landhoofd in de aardebaan en van een talud in een open ontgraving.

4.2 Funderingswijze

Gezien het overwegend zandige karakter van de grondopbouw is voor de fundering van de landhoofden een fundering op staal beschouwd. De berekeningen zijn uitgevoerd voor L-wanden met een voet van wisselende breedtes met een strekking van 10 m. De resultaten van de funderingsberekeningen zijn samengevat in Tabel 4-1 (verticale draagkracht) en Tabel 4-2 (horizontale draagkracht) en tevens opgenomen in bijlage 4.

Tabel 4-1: Toetsing verticale draagkracht uiterste grenstoestand.

Situatie	B [m]	Fundering [m+NAP]	$F_{v,dr;Ed}$ [kN]	$F_{v,undr;Ed}$ [kN]	$R_{v,dr;d}$ [kN]	$R_{v,undr;d}$ [kN]	Voldoet? (ja/nee)
Landhoofd	5,50	+12,0	14480	18383	17335	11481	Nee
	6,00	+12,0	14480	18695	22232	17937	Nee
	6,50	+12,0	14480	19008	26145	23921	Ja
Naast Landhoofd	5,00	+12,0	6420	10010	18480	23584	Ja

waarbij geldt:

B breedte funderingsoppervlak;
 $F_{v,Ed}$ rekenwaarde verticale belasting;
 $R_{v,dr;d}$ rekenwaarde verticale draagkracht gedraineerde situatie;
 $R_{v,undr;d}$ rekenwaarde verticale draagkracht ongedraineerde situatie;
 $u.c.$ unity check ($u.c. = F_{v,Ed}/R_{v,d}$) uit maatgevende situatie, voldoet als $u.c. \leq 1,0$.

Tabel 4-2: Toetsing horizontale draagkracht uiterste grenstoestand.

Situatie	B [m]	Invloed talud	Fundering [m+NAP]	$F_{h;Ed}$ [kN]	$R_{h,dr;d}$ [kN]	$R_{h,undr;d}$ [kN]	Voldoet? (ja/nee)	Stabiliteit voldoet?
Landhoofd	5,50	nee	+12,0	3630	2434	1864	Nee	Nee
	6,00	nee	+12,0	3630	2485	2764	Nee	Nee
	6,50	nee	+12,0	3630	2536	3492	Nee	Nee
Naast Landhoofd	5,00	nee	+12,0	1450	2748	1384	Nee	Ja

waarbij geldt:

B breedte funderingsoppervlak;
 $F_{h;Ed}$ rekenwaarde horizontale belasting;
 $R_{h,dr;d}$ rekenwaarde horizontale draagkracht gedraineerde situatie;
 $R_{h,undr;d}$ rekenwaarde horizontale draagkracht ongedraineerde situatie;
 $u.c.$ unity check ($u.c. = F_{h;Ed}/R_{h,d}$) uit maatgevende situatie, voldoet als $u.c. \leq 1,0$.

De berekeningsresultaten laten zien dat een landhoofd met een breedte van 6,5 m voldoende verticaal draagvermogen mobiliseert (zowel gedraineerd als

ongedraineerd). Door de hoge excentriciteit dient het landhoofd voor nu een teen met een lengte van circa 1,5 m te hebben. In een volgend ontwerpstadium kan het landhoofd mogelijk nader geoptimaliseerd te worden.

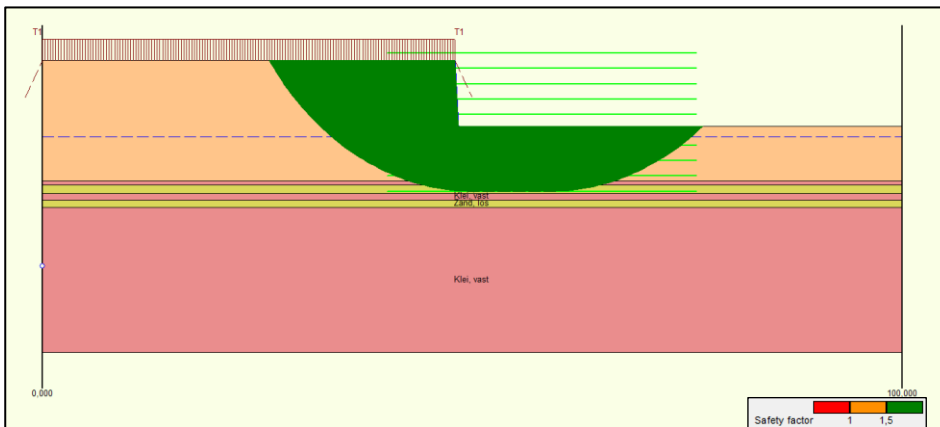
Op basis van de berekeningsresultaten uit D-Foundations wordt onvoldoende horizontaal draagvermogen ($3.630 \text{ kN} > 2.536 \text{ kN}$) gemobiliseerd, wegens horizontaal schuiven over de kleilaag rond NAP +6,7 m. In D-Foundations wordt echter geen rekening gehouden met de passieve gronddruk. De passieve gronddruk op NAP +6,7 m (ca. 6,4 m-mv) is echter aanzienlijk ($0,5 \cdot 10 \cdot 6,5^2 \cdot 3 \approx 600 \text{ kN/m}$) en is over de strekking van het landhoofd van circa 10 m ruim voldoende (ca. 6.000 kN) om het tekort aan horizontale belasting (ca. 1.100 kN) op te nemen.

Er is geen rekening gehouden met een ontgraving aan de voorzijde van de L-wand. Dit betekent dat er in geval reconstructiewerkzaamheden rekening moet worden gehouden met een gefaseerde aanleg en/of een lagere veiligheid.

Naast het landhoofd zullen ook L-wanden worden geplaatst. Hier is de belasting lager en zodoende volstaat een funderingsbreedte van 5,0 m. De teen bedraagt dan slechts 0,5 m en het landhoofd is ook 0,5 m minder lang aan de achterkant.

4.3 Stabiliteit landhoofd in aardebaan

De macrostabiliteit van het landhoofd in de aardebaan is getoetst. Uit een berekening van de maatgevende situatie blijkt dat wordt voldaan aan de vereiste veiligheidsfactor tegen afschuiven, met een veiligheidsfactor van $FS=1,67$. Het berekeningsresultaat is weergegeven in Figuur 4-1.



Figuur 4-1: Stabiliteit talud onder viaduct met wegbelasting

4.4 Bouwwijze

Voor aanleg van de landhoofden wordt uitgegaan van een open ontgraving. Hierbij dient de aardebaan van de Bloksteegweg en een deel van de daaronder liggende grond ontgraven te worden tot een niveau van circa NAP +11,7 m. Hierin is rekening gehouden met het aanbrengen van 0,3 m zandcementstabilisatie onder de L-wanden.

Met een waterpeil van NAP +12,15 m kan niet volledig in den droge worden ontgraven zonder beheersmaatregelen. Er wordt uitgegaan van het toepassen van een tijdelijke bemaling gedurende de bouwphase.

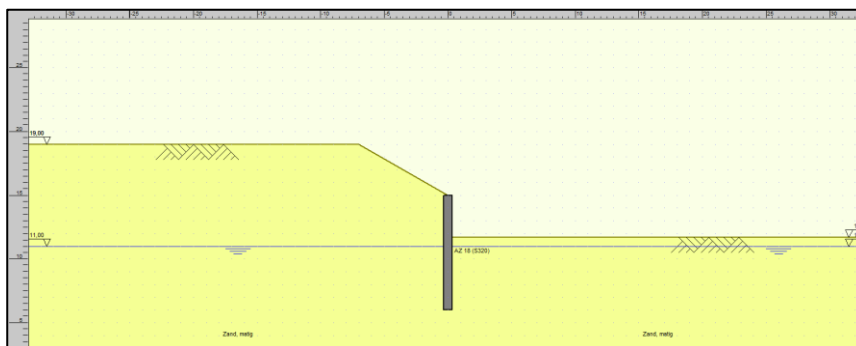
Aan de noordoostelijke zijde van het kunstwerk is er voldoende ruimte beschikbaar voor een open ontgraving. Aan de zuidwestelijke zijde is het viaduct over de A1/A35 aanwezig. De afstand tussen het voorziene landhoofd van het te realiseren viaduct, en het landhoofd van het bestaande viaduct over de A1/A35 bedraagt circa 10 m. De situatie is weergegeven in Figuur 4-2.



Figuur 4-2: Ruimte voor open ontgraving in aardebaan

Aan de noordoostelijke zijde kan een talud van 1:1,5 m worden aangebracht. Door de beperkte ruimte kan aan de zuidwestelijke zijde geen open ontgraving worden gerealiseerd. Dit kan worden opgelost door halverwege het talud een damwand aan te brengen vanaf een niveau van NAP +15,0 m, zie Figuur 4-3. Daarboven kan een talud van circa 1:1,5 worden aangebracht. In een volgend ontwerpstadium dient dit nader beschouwd te worden. Dan dient eveneens beschouwd te worden of de damwand invloed kan hebben op de fundering van het bestaande viaduct.

Een berekening laat zien dat een damwand met een lengte van 12 m type AZ-18-700 haalbaar is. De berekende situatie is weergegeven in Figuur 4-3. De insteek van het talud ligt op 1 m van het landhoofd van het viaduct over de A1/A35. De damwand ligt op een afstand van 2 m van het te realiseren landhoofd gezien de mogelijk invloed op de bestaande L-wand tijdens het verwijderen van de damwand. In een volgende fase van het ontwerp dient de damwand nader beschouwd te worden.



Figuur 4-3: Ontgraving aardebaan zuidwestzijde

5 Conclusies en Aanbevelingen

Als onderdeel van het ontwerp van meerdere kunstwerken aan de Vloedbeltverbinding is in opdracht van de Provincie Overijssel een funderingsadvies opgesteld voor een viaduct aan de Bloksteegweg (KW 4).

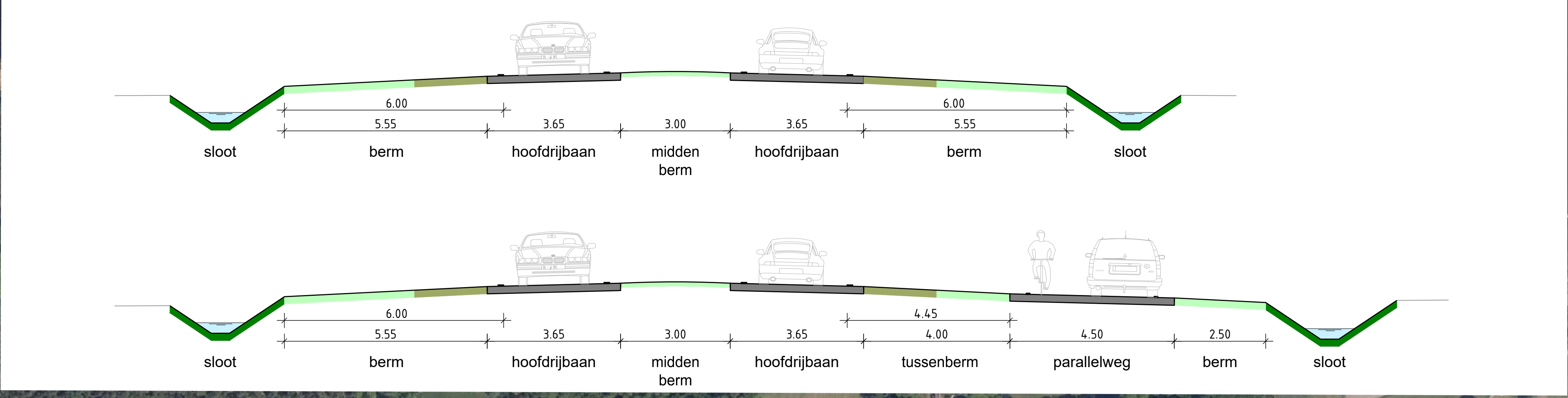
Op basis van de overwegend zandige grondslag is uitgegaan van een fundering op staal. Om voldoende verticaal draagvermogen te mobiliseren dient de funderingsbreedte minimaal 6,5 m (met een teen van 1,5 m) te bedragen bij een funderingsniveau van NAP +12,0 m.

Naast het landhoofd wordt ook een L-wand geplaatst, als kerende muur. Hier volstaat een funderingsbreedte van 5,0 m met een teen van 0,5 m. De macrostabiliteit van het landhoofd in de aardebaan is getoetst voor de gebruiksfase. Deze voldoet aan de vereiste veiligheidsfactor.

Bij de aanleg van het landhoofd dient de bestaande aardebaan van de Kuipersweg ontgraven te worden. Aan de noordoostelijke zijde van de aardebaan kan een open ontgraving gerealiseerd worden. Bij een talud van 1:1,5 wordt voldaan aan de vereiste veiligheidsfactor tegen afschuiven van FS = 0,9. Aan de zuidwestelijke zijde van het talud is echter onvoldoende ruimte. Er is hier halverwege het talud (vanaf NAP +15 m) een damwand, type AZ18-700 van 12 m, voorzien om voldoende ruimte te creëren.

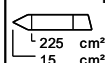
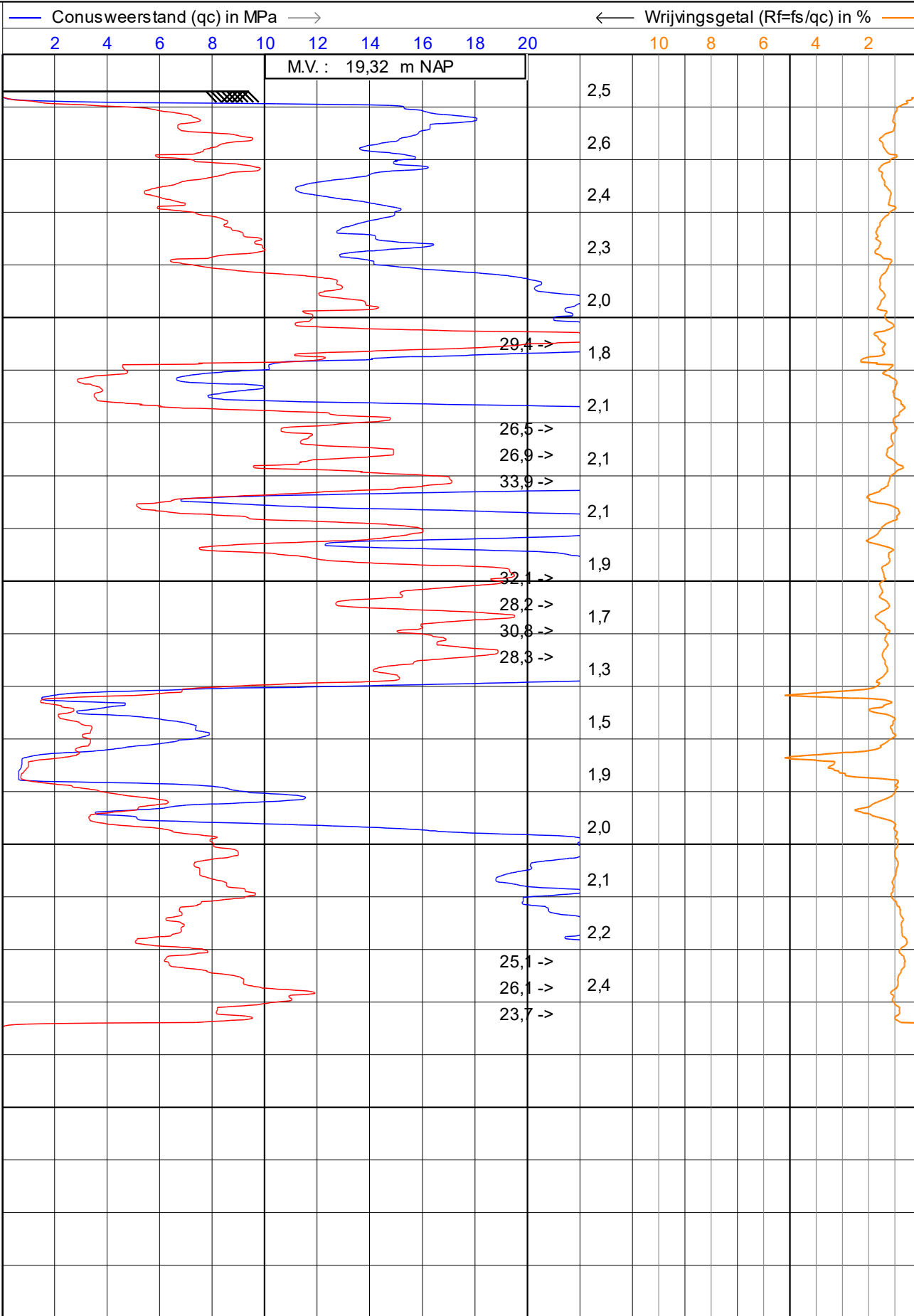
De analyses zijn uitgevoerd op een SO-niveau. De resultaten zijn dan ook voorlopig. In een volgend ontwerpstadium is aanvullend grondonderzoek benodigd en dienen de belastingen en belastingcombinaties nader te worden beschouwd/uitgewerkt. Voorts dienen de geotechnisch risico's beter worden gekwantificeerd.

Bijlage 1 – Tekeningen



Bijlage 2 – Grondonderzoek

↓ Diepte in m ten opzichte van referentieniveau (NAP)



0,1 0,2 0,3 0,4 0,5

— Wrijvingsweerstand (fs) in MPa —> ☒ Helling (I) in graden

	ISO 22476-1 Application class 3		Datum : 11-10-2022	
	Project : Spoortrace Middenvlier		Conusnr. : DP15-CFPTxy.71066	
	Lokatie : Bornerbroek		Projectnr. : 104483	
	Positie : 245937,833, 479928,636 RD		Sondeernr.: 12	1/1

Bijlage 3 – Draagvermogens- berekeningen

Report for D-Foundations 23.1

Design and Verification according to Eurocode 7 of Bearing/Tension Piles and Shallow Foundations
Developed by Deltares

Date of report: 12-7-2024
Time of report: 09:17:34
Report with version: 23.1.1.40340

Date of calculation: 9-7-2024
Time of calculation: 13:04:53
Calculated with version: 23.1.1.40340

File name: 310124_Kunstwerk #4

Project identification: Vloedbeltverbinding
Kunstwerk #4 / #5
D-Foundations 310124_Kunstwerk #4

1 Table of Contents

1 Table of Contents	2
2 Input Data	3
2.1 General Input Data	3
2.2 General Report Data	3
2.3 Application Area Model Shallow Foundations	3
2.4 Superstructure	3
2.5 General CPT Data	3
2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan	3
2.6 Soil Data	4
2.6.1 Soil Profile 12	4
2.6.2 Soil Profile 12 (1)	5
2.6.3 Soil Profile 12 kantel	5
2.7 Foundation Data	6
2.8 Foundation Plan	6
2.8.1 View of Foundation Plan	7
2.9 Load Data	7
2.9.1 Vertical Loads	7
2.9.2 Horizontal Loads	7
2.10 Requirements	8
2.11 Overruled Parameters	8
2.12 Model Options	8
3 Shallow Foundations (EC7-NL): Results of Verification	9
3.1 Errors and Warnings	9
3.2 Verification of Limit State EQU	9
3.2.1 Vertical Bearing Capacity, Undrained Situation	9
3.2.2 Vertical Bearing Capacity, Drained Situation	9
3.2.3 Horizontal Bearing Capacity	9
3.2.4 Stability	9
3.3 Verification of Limit State STR/GEO	10
3.3.1 Verification of Settlement at Limit State STR/GEO	10
3.4 Verification of Serviceability Limit State	10
3.4.1 Verification of the Serviceability Limit State	10
3.5 Additional Information	11

2 Input Data

2.1 General Input Data

Model Shallow Foundations (EC7-NL)

2.2 General Report Data

Geotechnical consultant :

Design engineer superstructure :

Principal :

Title 1 : Vloedbeltverbinding

Title 2 : Kunstwerk #4 / #5

Title 3 : D-Foundations 310124_Kunstwerk #4

Number of project :

-

Location of project :

2.3 Application Area Model Shallow Foundations

The verifications performed by the model Shallow Foundation of D-FOUNDATIONS concern shallow foundations on which only static or quasi-static loads work. The foundation surface must be practically level and should not exceed an angle of 2.5 degrees with the horizon.

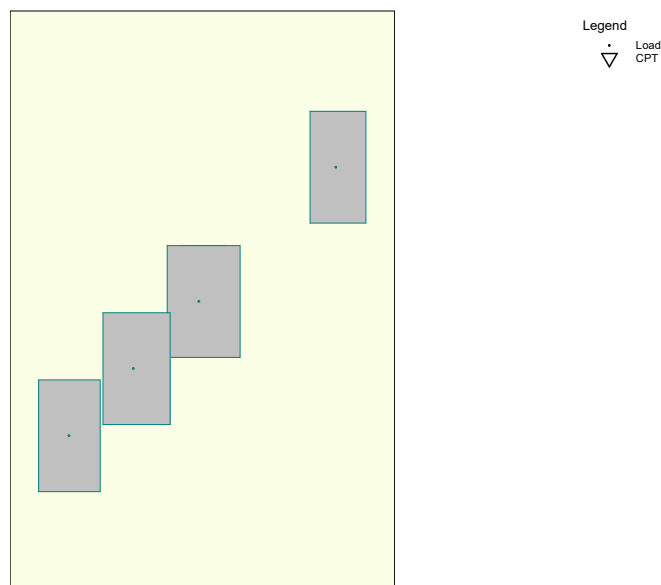
2.4 Superstructure

Rigidity of the superstructure : Non-Rigid

2.5 General CPT Data

Number of CPT's : 3

2.5.1 View of CPT's in Foundation Plan



Name CPT	X-coor- dinate [m]	Y-coor- dinate [m]
12	245938,00	479929,00
12 (1)	245938,00	479929,00
12 kantel	245938,00	479929,00

2.6 Soil Data

Number of soilprofiles: 3

2.6.1 Soil Profile 12

Belonging to CPT

Surface level in [m. reference level] :

Phreatic level in [m. reference level] :

Placement depth of foundation element in [m R.L.] =

Concentration value according to Frohlich [-] =

Number of layers in profile :

12

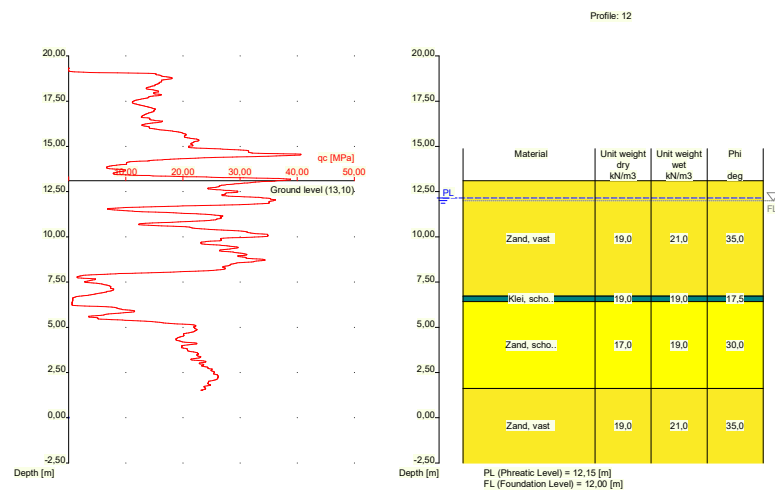
13,10

12,15

12,00

3

4



Number layer	Level top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Phi [deg]	Cohesion [kPa]	f _{undr} [kPa]	Cc [-]	Ca [-]
1	13,100	19,00	21,00	35,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	6,720	19,00	19,00	17,50	13,00	100,00	0,03	0,00
3	6,420	17,00	19,00	30,00	0,00	0,00	0,01	0,00
4	1,620	19,00	21,00	35,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Number layer	Level top layer [m R.L.]	e0 [-]	Material type
1	13,100	0,26	Sand
2	6,720	0,00	Clay
3	6,420	0,26	Sand
4	1,620	0,26	Sand

2.6.2 Soil Profile 12 (1)

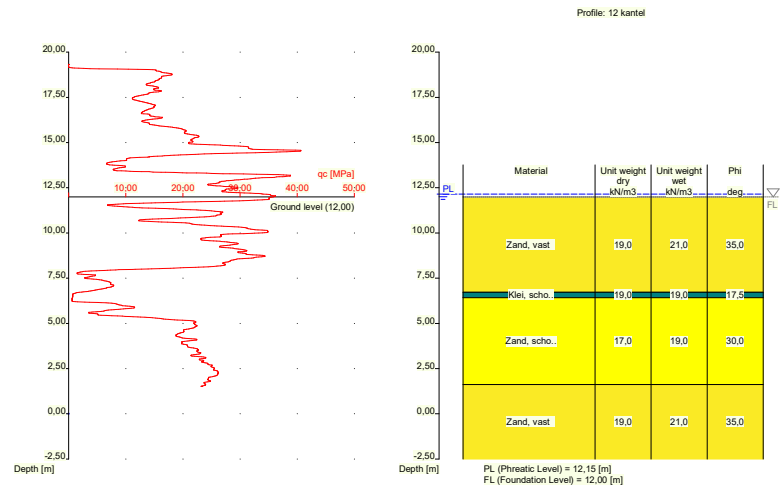
Belonging to CPT	12 (1)
Surface level in [m. reference level] :	13,10
Phreatic level in [m. reference level] :	12,15
Placement depth of foundation element in [m R.L.] =	12,00
Concentration value according to Frohlich [-] =	3
Number of layers in profile :	4

Number layer	Level top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Phi [deg]	Cohesion [kPa]	f _{undr} [kPa]	Cc [-]	Ca [-]
1	13,100	19,00	21,00	35,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	6,720	18,00	20,00	32,50	0,00	0,00	0,00	0,00
3	6,420	17,00	19,00	30,00	0,00	0,00	0,01	0,00
4	1,620	19,00	21,00	35,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Number layer	Level top layer [m R.L.]	e0 [-]	Material type
1	13,100	0,26	Sand
2	6,720	0,00	Sand
3	6,420	0,26	Sand
4	1,620	0,26	Sand

2.6.3 Soil Profile 12 kantel

Belonging to CPT	12 kantel
Surface level in [m. reference level] :	12,00
Phreatic level in [m. reference level] :	12,15
Placement depth of foundation element in [m R.L.] =	12,00
Concentration value according to Frohlich [-] =	3
Number of layers in profile :	4



Number layer	Level top layer [m R.L.]	Gamma [kN/m3]	Gamma sat [kN/m3]	Phi [deg]	Cohesion [kPa]	f _{undr} [kPa]	Cc [-]	Ca [-]
1	12,000	19,00	21,00	35,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	6,720	19,00	19,00	17,50	13,00	100,00	0,03	0,00
3	6,420	17,00	19,00	30,00	0,00	0,00	0,01	0,00
4	1,620	19,00	21,00	35,00	0,00	0,00	0,00	0,00

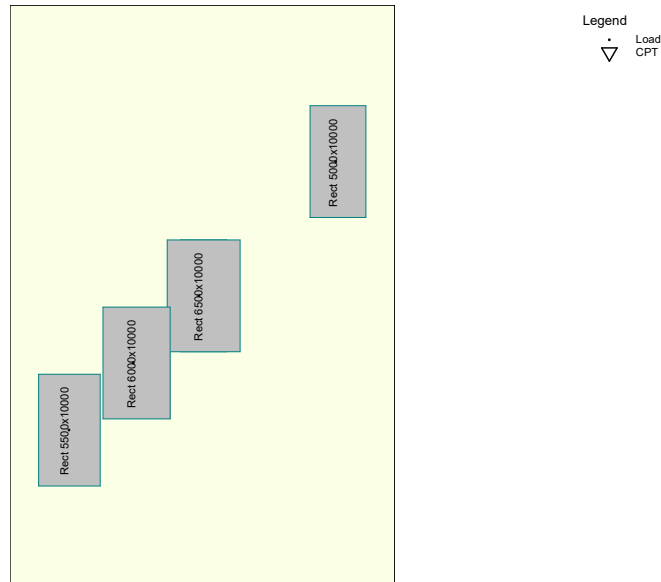
Number layer	Level top layer [m R.L.]	e0 [-]	Material type
1	12,000	0,26	Sand
2	6,720	0,00	Clay
3	6,420	0,26	Sand
4	1,620	0,26	Sand

2.7 Foundation Data

Element name	Element shape	Width [m]	Length [m]	Diameter [m]	Type
Rect 5500x10000 ...	Rectangular elem.	5,50	10,00	n.a.	Prefab
Rect 6000x10000 ...	Rectangular elem.	6,00	10,00	n.a.	Prefab
Rect 6500x10000 ...	Rectangular elem.	6,50	10,00	n.a.	Prefab
Rect 5000x10000 ...	Rectangular elem.	5,00	10,00	n.a.	Prefab
Rect 4110x10000 ...	Rectangular elem.	4,11	10,00	n.a.	Prefab

2.8 Foundation Plan

2.8.1 View of Foundation Plan



Element number/ name	Xm [m]	Ym [m]	angle [deg]	Matching type name	Matching profile name	Matching load name	Nearby slope
1: 5500	0,00	0,00	0,00	Rect 5500x10000	12	Landhoofd..	None
2: 6000	6,00	6,00	0,00	Rect 6000x10000	12	Landhoofd..	None
3: 6500	12,00	12,00	0,00	Rect 6500x10000	12	Landhoofd..	None
4: naast lan...	24,00	24,00	0,00	Rect 5000x10000	12	Naast la..	None
5: 6500 (1)	12,00	12,00	0,00	Rect 6500x10000	12 (1) ...	Landhoofd..	None
6: kantel	12,00	12,00	0,00	Rect 4110x10000	12 kantel...	Landhoofd..	None

2.9 Load Data

2.9.1 Vertical Loads

Load	LS EQU/STR/GEO			SLS		
	eLat. [m]	eLong. [m]	Vd [kN]	eLat. [m]	eLong. [m]	Vd [kN]
Landhoofd..	-0,03	0,00	14480,00	-0,10	0,00	11100,00
Naast land..	-0,19	0,00	6420,00	-0,19	0,00	4940,00
Landhoofd..	-0,28	0,00	14480,00	-0,35	0,00	11100,00
Landhoofd..	-0,43	0,00	14480,00	-0,60	0,00	11100,00
Landhoofd..	0,00	0,00	14480,00	0,00	0,00	11100,00

2.9.2 Horizontal Loads

Load	LS EQU/STR/GEO		SLS		Kappa [deg]
	eH [m]	Hd [kN]	eH [m]	Hd [kN]	
Landhoofd..	2,77	3630,00	2,86	2820,00	90,00
Naast land..	1,63	1450,00	1,63	1070,00	90,00
Landhoofd..	2,77	3630,00	2,86	2820,00	90,00
Landhoofd..	2,77	3630,00	2,86	2820,00	90,00
Landhoofd..	0,00	0,00	0,00	0,00	90,00

2.10 Requirements

Limit state STR/GEO

Maximum allowed settlement in [m] : 0,150

Maximum allowed (relative) rotation : 1 / 0

Serviceability Limit State

Maximum allowed settlement in [m] : 0,150

Maximum allowed (relative) rotation : 1 / 0

2.11 Overruled Parameters

All parameters according to standard.

2.12 Model Options

Create intermediate results file

Do not use the interaction model.

3 Shallow Foundations (EC7-NL): Results of Verification

3.1 Errors and Warnings

The placement depth of the element does not comply with NEN 9997-1+C2:2017 6.4(c). This level should be at least 0.6 m below the surface level. Note: for elements placed alongside other buildings, this demand is 0.8 m.

The input does not comply with the demands of the NEN, however a calculation can be performed. The results of this calculation are at best indicative.

3.2 Verification of Limit State EQU

Required by NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.8: $E_d \leq C_d$.

3.2.1 Vertical Bearing Capacity, Undrained Situation

Found elem. name	Calc. case	Vd [kN]	Rd [kN]	Vd (Squeeze) [kN]	Rd (Squeeze) [kN]	Fpull [kN]	Result of verification
5500	Case C	18383,...	11481,...	14480,...	32666,...	154,49	FAILED
6000	Case C	18695,...	17937,...	14480,...	44754,...	191,52	FAILED
6500	Case C	19008,...	23921,...	14480,...	55609,...	221,15	PASSED
naast land	Case C	10010,...	23584,...	6420,00	38173,...	171,99	PASSED
6500 (1)	NONE						
kantel	Case C	17514,...	30582,...	14480,...	31250,...	152,22	PASSED

- the verification checks both $V_d \leq R_d$ and, if applicable, $V_d/sq \leq R_d/sq$!

- $F_{pull} (0.5 * w' * c_u/d)$ is the tension force in the element per meter

which should be handled by the element in case of squeeze

(see art. 6.5.2.2 (s) NEN 9997-1+C2:2017).

3.2.2 Vertical Bearing Capacity, Drained Situation

Found elem. name	Calc. case	Vd [kN]	Rd [kN]	Vd (Punch) [kN]	Rd (Punch) [kN]	Result of verification
5500	Case C	14480,00	17335,30	18383,45	28212,08	PASSED
6000	Case C	14480,00	22232,96	18695,83	40369,86	PASSED
6500	Case C	14480,00	26145,26	19008,12	52745,72	PASSED
naast land	Case C	6420,00	21114,30	10010,94	45871,40	PASSED
6500 (1)	Case B	14480,00	27099,83	0,00	0,00	PASSED
kantel	Case C	14480,00	15037,62	17514,26	73515,22	PASSED

Note: both the situation with and without punch through are checked!

3.2.3 Horizontal Bearing Capacity

Found elem. name	Hd [kN]	Rd undrained [kN]	Rd drained [kN]	Result of verification undrained	Result of verification drained
5500	3630,00	1864,90	2434,81	FAILED	FAILED
6000	3630,00	2764,83	2485,51	FAILED	FAILED
6500	3630,00	3492,65	2536,19	FAILED	FAILED
naast land	1450,00	3238,18	1384,43	PASSED	FAILED
6500 (1)	3630,00	0,00	3812,98	n.a.	PASSED
kantel	0,00	0,00	0,00	PASSED	PASSED

3.2.4 Stability

Found elem. name	Minimum l' [m]	Minimum w' [m]	Phi`d [deg]	Tip over stability	Total stability
------------------	-------------------	-------------------	----------------	--------------------	-----------------

Found elem. name	Minimum l' [m]	Minimum w' [m]	Phi`d [deg]	Tip over stability	Total stability
5500	10,00	2,19	25,21	FAILED	PASSED
6000	10,00	3,25	25,64	FAILED	PASSED
6500	10,00	4,11	26,10	FAILED	PASSED
naast land	10,00	3,81	25,68	PASSED	PASSED
6500 (1)	10,00	5,97	30,56	PASSED	PASSED
kantel	10,00	4,11	26,76	PASSED	PASSED

Note: When the check on the tip over stability failed, additional calculations taking into account a crack between foundation and subsoil are needed.

When the check on the total stability failed, additional calculations according to NEN 9997-1+C2:2017 chapter 11 are needed.

3.3 Verification of Limit State STR/GEO

Required by NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.9: $S_d \leq S_{req}$, $S_{req} = 0,000$ [m] $S_d = s_1; d + s_2; d$

Note: The user-defined S_{req} differs from the proposed value (0.15 m) as provided by NEN 9997-1+C2:2017. Less strict values should be reviewed carefully.

3.3.1 Verification of Settlement at Limit State STR/GEO

Found elem. name	s1 (20%) [m]	s1;gd (5%) [m]	s2 [m]	Result of verification (20%)	Result of verification (5%)
5500	0,033	0,033	0,002	PASSED	PASSED
6000	0,031	0,031	0,002	PASSED	PASSED
6500	0,031	0,031	0,002	PASSED	PASSED
naast land	0,019	0,019	0,002	PASSED	PASSED
6500 (1)	0,025	0,025	0,000	PASSED	PASSED
kantel	0,041	0,041	0,002	PASSED	PASSED

Note: the verification at 20% is demanded by the NEN, at 5% is recommended by Deltares!

The maximum increase in soil tension found while calculating the settlement, is 100 % of the effective foundation pressure.

The interaction model is not used. Hence a comparison at individual level of the different (types of) foundation elements is performed. Rotation is therefore not an issue.

3.4 Verification of Serviceability Limit State

Required by NEN 9997-1+C2:2017 art. 2.4.9: $S_d \leq S_{req}$.

For houses, the requirement is : $S_{req} = 0.05$ m. For other types of superstructures a different (well considered) requirement can be specified.

$S_{eq} = 0,000$ $S_d = s_1; d + s_2; d$

Note: The user-defined S_{req} differs from the imposed value (0.05 m) as provided by NEN 9997-1+C2:2017.

3.4.1 Verification of the Serviceability Limit State

Found elem. name	s1 (20%) [m]	s1;gd (5%) [m]	s2 [m]	Result of verification (20%)	Result of verification (5%)
5500	0,020	0,020	0,001	PASSED	PASSED
6000	0,019	0,019	0,001	PASSED	PASSED
6500	0,018	0,018	0,001	PASSED	PASSED
naast land	0,011	0,011	0,001	PASSED	PASSED
6500 (1)	0,015	0,015	0,000	PASSED	PASSED
kantel	0,025	0,025	0,001	PASSED	PASSED

Note: the verification at 20% is demanded by the NEN, at 5% is recommended by Deltares!

The maximum increase in soil tension found while calculating the settlement, is 100 % of the effective foundation pressure.

The interaction model is not used. Hence a comparison at individual level of the different (types of) foundation elements is performed. Rotation is therefore not an issue.

3.5 Additional Information

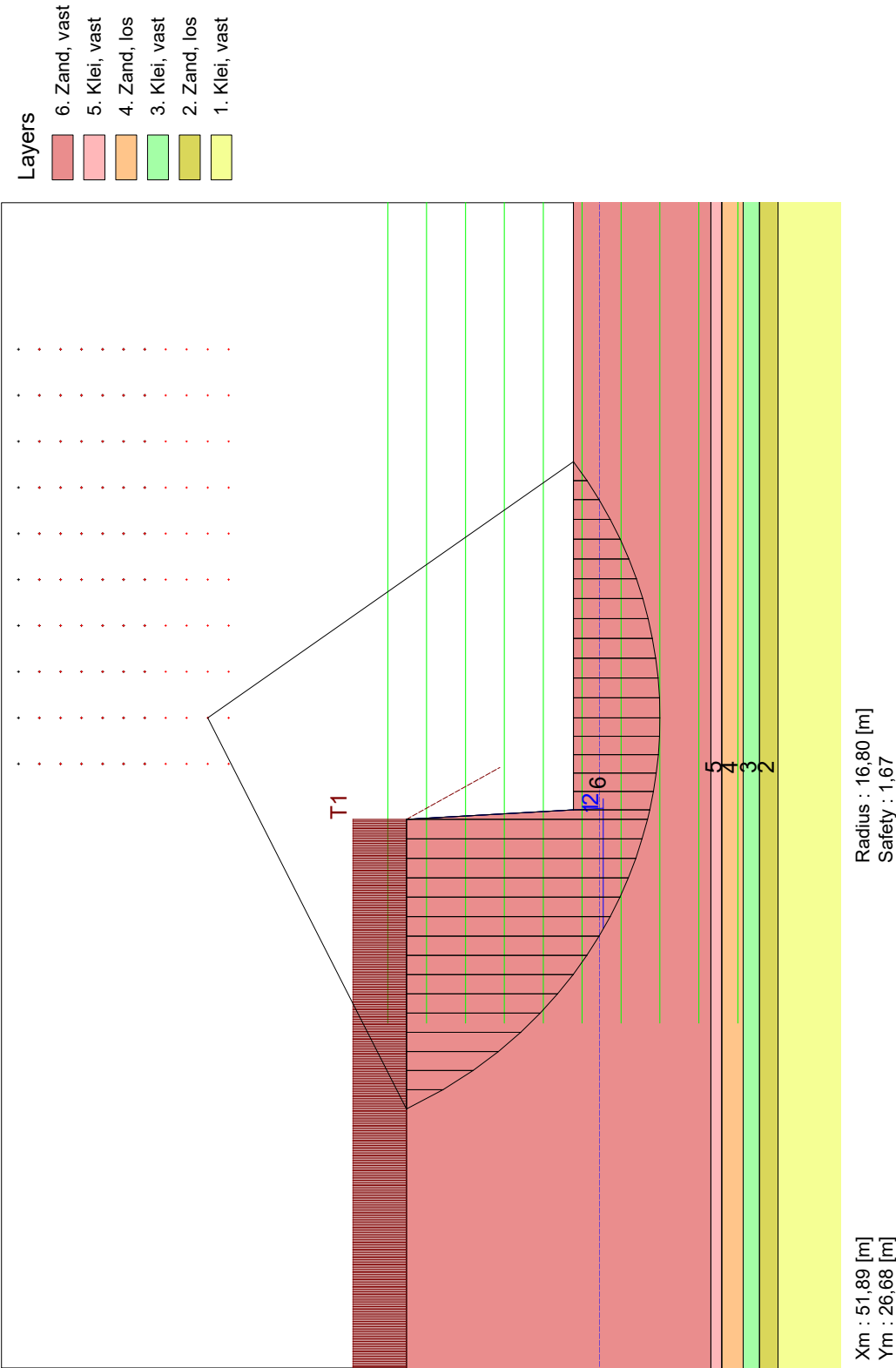
The maximum settlement at limit state STR/GEO is 0,042 meter and has been found at foundation element kantel

The maximum settlement at the Serviceability Limit State is 0,026 meter and has been found at foundation element kantel

End of Report

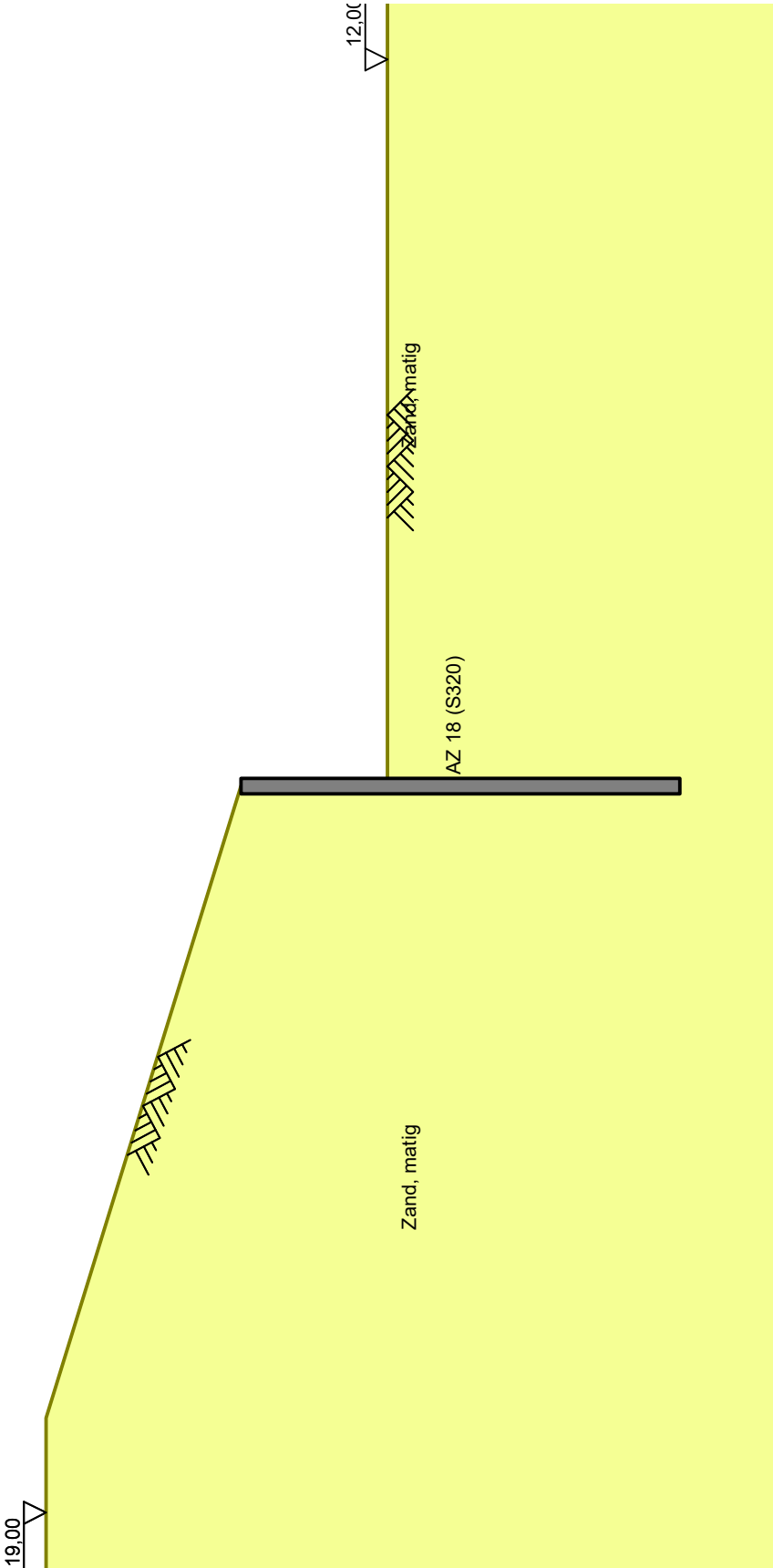
Bijlage 4 – Macrostabiliteit

Critical Circle Bishop



<Not Registered> <Not Registered>				date	drw.
				12-7-2024	-
				-	ctr.
				Annex -	form. A4

Outline - Stage 2: ontgraven tot +12



D-Sheet Piling 22.2 : KW4 ontgraving.shi

Phone
Email

date

14-6-2024

Annex

Report for D-Sheet Piling 22.2

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Date of report: 15-7-2024
Time of report: 09:07:58
Report with version: 22.2.1.38119

Date of calculation: 14-6-2024
Time of calculation: 13:37:27
Calculated with version: 22.2.1.38119

File name: KW4 ontgraving

Verification according to National Annex of Eurocode 7 in the Netherlands (NEN 9997-1:2016)

1 Summary

1.1 Overview per Stage and Test

Stage nr.	Verification type	Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]	Status
1	EC7(NL)-Step 6.1		4,10	2,85	0,0	14,2	
1	EC7(NL)-Step 6.2		2,27	1,90	0,0	14,2	
1	EC7(NL)-Step 6.3		4,43	2,72	0,0	14,3	
1	EC7(NL)-Step 6.4		2,16	1,75	0,0	14,3	
1	EC7(NL)-Step 6.5	0,8	3,75	2,67	0,0	12,0	
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200		4,50	3,20			
2	EC7(NL)-Step 6.1		-166,61	74,19	0,0	36,5	
2	EC7(NL)-Step 6.2		-163,03	72,29	0,0	36,6	
2	EC7(NL)-Step 6.3		-159,57	67,87	0,0	34,8	
2	EC7(NL)-Step 6.4		-154,37	66,61	0,0	34,8	
2	EC7(NL)-Step 6.5	20,3	-83,37	-41,76	0,0	23,3	
2	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200		-100,04	-50,11			

Max		20,3	-166,61	74,19	0,0	36,6	
-----	--	------	---------	-------	-----	------	--

Stage nr.	Verification type	Vertical balance
1	EC7(NL)-Step 6.1	Sufficient
1	EC7(NL)-Step 6.2	Sufficient
1	EC7(NL)-Step 6.3	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.4	Upwards
1	EC7(NL)-Step 6.5	Sufficient
1	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200	
2	EC7(NL)-Step 6.1	Sufficient
2	EC7(NL)-Step 6.2	Sufficient
2	EC7(NL)-Step 6.3	Upwards
2	EC7(NL)-Step 6.4	Upwards
2	EC7(NL)-Step 6.5	Sufficient
2	EC7(NL)-Step 6.5 x 1,200	

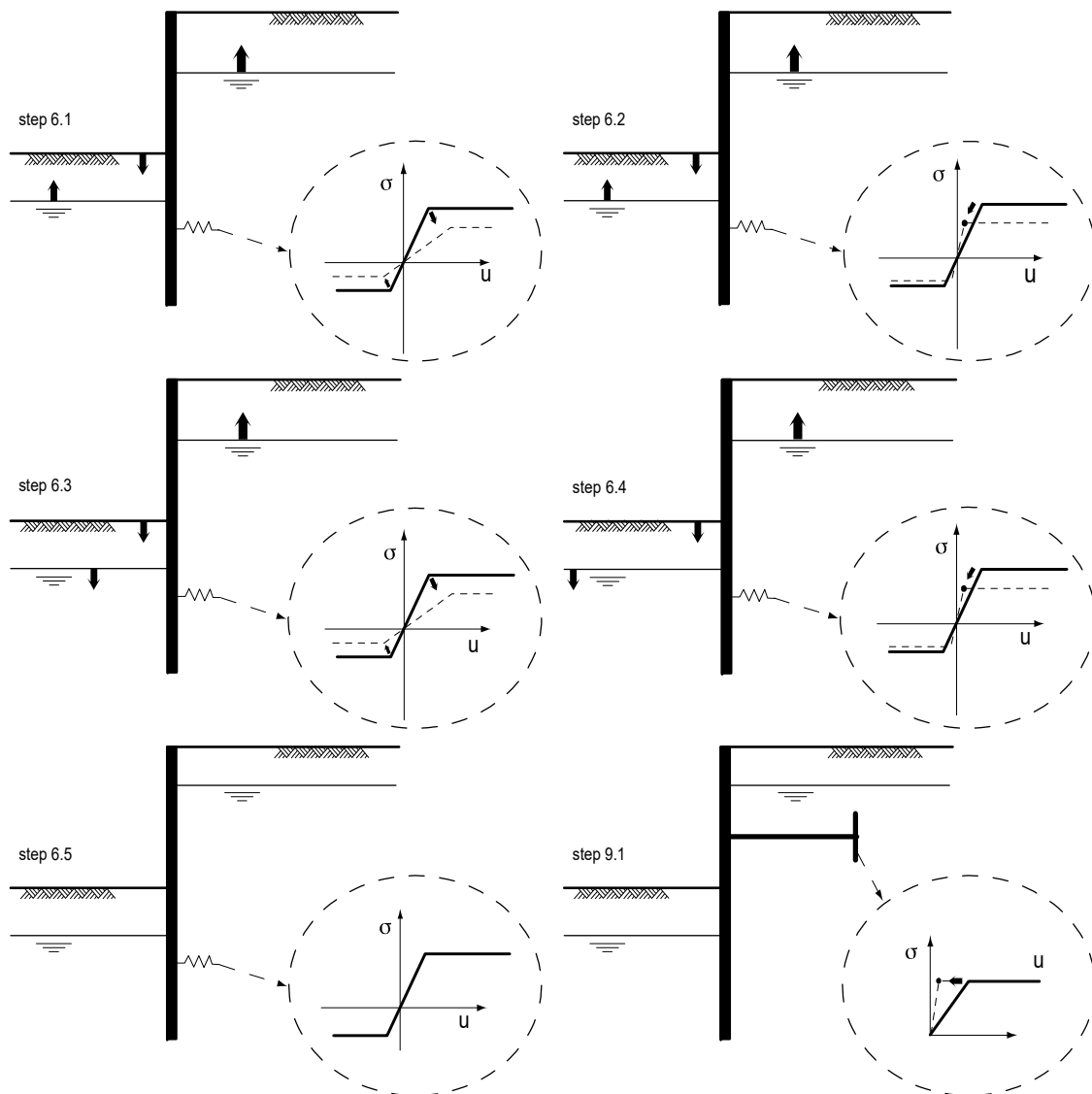
Summary		Upwards/Sufficient
---------	--	--------------------

1.2 Warnings

Vertical balance:

The resultant vertical friction force is directed upward in stage 1,2 because the friction force on the passive side exceeds that on the active side. This might be prevented by reducing the friction angle Delta on the passive side.

1.3 CUR Verification Steps



End of Report