



MEMO

Aan: Profextru
t.a.v. Henry Hoekman
Van: Roel van der Zee

KvK: 90082222

Project: Larservaart
Onderwerp: Ontwerp Epsilon scherm
Referentie: Geo-021
Status: 3.0
Datum: 10-12-2024

1 Inleiding

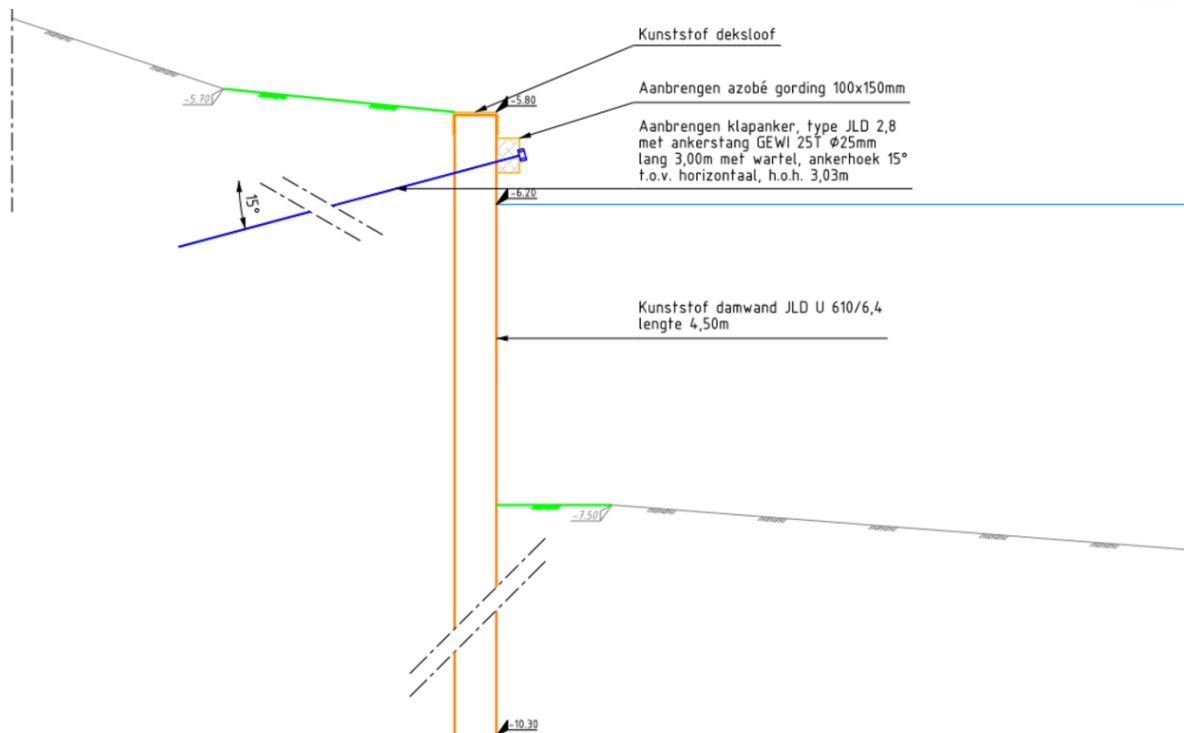
Door Profextru is een uitvraag gedaan om een beknopt ontwerp te maken van een damwandscherm ter plaatse van het kanaal de Lasservaart in Flevoland. Van het Epsilon profiel is een gestaffelde uitvoering berekend.

Er wordt uitgegaan van een verankerde damwand. Omdat er geen sonderingen zijn geleverd zijn de berekeningen indicatief.

2 Uitgangspunten

2.1 Locatie en dwarsprofielen

Het kanaal de Lasservaart ligt in Flevoland. Het aangeleverde dwarsprofiel van de Lasservaart is weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Dwarsprofiel ter plaatse van de Lasservaart

2.2 Veiligheidsklasse en bovenbelastingen

De damwand is ingedeeld in veiligheidsklasse RC0. Als bovenbelasting is 5 kPa aangehouden. Er is uitgegaan van een levensduur van 50 jaar. Er is uitgegaan van een maximale vervormingseis van 50 mm. Omdat er klei in de ondergrond zit, is gerekend met 0,6 mm corrosie rondom de ankerstang.

2.3 Geotechnische uitgangspunten

De berekeningen zijn uitgevoerd conform NEN-9997+C1. Er is gebruik gemaakt van D-Sheet Piling. Er zijn geen sonderingen aangeleverd. Er is gemeld dat de grondslag uit klei bestaat. Daar is vanuit gegaan.

In Tabel 1 is de geschematiseerde grondopbouw weergegeven en in Tabel 2 zijn de aangehouden grondkarakteristieken weergegeven.

Tabel 1 Grondopbouw

Laag	Beschrijving	Bovenkant (m tov NAP)	Onderkant (m tov NAP)
K1	Klei, matig	Maaiveld	Gehele diepte

Tabel 2 Aangehouden grondkarakteristieken op basis van de interpretatie van sondering 1

Laag	γ_{unsat} (kN/m ³)	γ_{sat} (kN/m ³)	c (kPa)	ϕ (°)	δ (°)	$K_{h,1}$ (kN/m ³)	$K_{h,2}$ (kN/m ³)	$K_{h,3}$ (kN/m ³)	Schelp (-)
K1	17	17	2	17,5	8,75	4000	2000	800	1,5

De waterstand is op NAP -6,2 m aangehouden, zoals in Figuur 1 is weergegeven. Aan grondlagen waar het gestaffelde deel aanwezig is, is in D-Sheet Piling een schelpfactor aan toegekend.

2.4 Geometrie en constructie

Voor de kerende wandconstructie is een verankerde damwand doorerekend. Van het Epsilon profiel is een gestaffelde uitvoering berekend.

In Tabel 3 staat de geometrie van de ontworpen damwand weergegeven. De schematisatie van dit paalttype in D-Sheet Piling staan weergegeven in Tabel 4.

Tabel 3 Damwanden geometrie

Profiel	Bovenkant profiel	Onderkant profiel	Paalpunt niveau	Profiel hoogte
	(m tov NAP)	(m tov NAP)	(m tov NAP)	(m)
Epsilon	-5,8	-8,0 / -9,25	n.v.t.	2,2 / 3,45

Tabel 4 Schematisatie gestaffeld epsilon profiel in D-Sheet Piling

Type	EI	Acting width	$M_{r, kar}$	k_{mod}	γ_m	$M_{r, d}$
(-)	(kNm ² /m)	(m)	(kNm/m)	(-)	(-)	(kNm/m)
Epsilon	281	1,00	51,40	0,50	1,20	21,42
Epsilon (gestaffeld)	281	0,50	51,40	0,50	1,20	21,42

In Tabel 5 en Tabel 6 zijn de gording en de verankering weergegeven.

Tabel 5 Gording

Type	Type	Niveau	Dikte (horizontaal)	Hoogte (verticaal)	Kwaliteitsklasse
(-)	(-)	(m tov NAP)	(mm)	(mm)	(-)
Epsilon	Azobé	-5,825	150	150	D70

Tabel 6 Verankering

Type	Klpanker	Ankerstaaf	Ankerstoel	Hoogte	Hoek	h.o.h.	Ankerlengte
(-)	(-)	(-)	(-)	(m tov NAP)	(°)	(m)	(m)
Epsilon	PL 3.2	GEWI 16T	PL 1.1	-5,90	20	3,0	4,5

3 Resultaten

De resultaten en de toetsing van de momenten in de damwand en de toetsing van het anker en de gording zijn weergegeven in bijlage 1. De D-Sheet Piling uitvoer is bijgevoegd in bijlage 2. De damwand, het anker en de gording voldoen.

4 Aandachtspunten en risico's

Hieronder staan enkele aandachtspunten weergegeven.

Bij het installeren van de damwanden zijn er risico's aanwezig bestaande uit (maar niet gelimiteerd tot):

- Aanwezigheid van niet-gesprongen explosieven in de ondergrond;
- Aanwezigheid van kabels, leidingen en rioleringen in de ondergrond;
- Aanwezigheid van puin en funderingsresten van voormalige bebouwing;
- Aanwezigheid van archeologische artefacten;
- Aanwezigheid van verontreinigde grond.

Op alle ankers dienen controleproeven te worden uitgevoerd.

Het is mogelijk dat er slib aanwezig is ter plaatse van de kanaalbodem. In de ontwerpberekeningen is uitgegaan van het niveau van de kanaalbodem (NAP -7,5 m) zoals is weergegeven in Figuur 1. Het wordt geadviseerd om ter plaatse van de kanaalbodem te onderzoeken vanaf welk niveau er een vaste bodem wordt waargenomen. Als blijkt dat er onder het ontwerpniveau van NAP -7,5 m geen vaste bodem aanwezig is, dienen de ontwerpberekeningen te worden herzien.

Er zijn geen sonderingen beschikbaar voor het ontwerp. Daarom is de houdkracht van de ankers indicatief. Als het anker definitief ontworpen wordt, dan moeten er sonderingen beschikbaar zijn.

5 Conclusie

In onderhavige memo is een verankerde gestaffelde Epsilon wand van Prolock berekend. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabellen.

Tabel 7 Damwanden geometrie

Profiel	Bovenkant profiel (m tov NAP)	Onderkant profiel (m tov NAP)	Paalpunt niveau (m tov NAP)	Profiel hoogte (m)
Epsilon	-5,8	-8,0 / -9,25	n.v.t.	2,2 / 3,45

Tabel 8 Gording

Type	Type	Niveau	Dikte (horizontaal)	Hoogte (verticaal)	Kwaliteitsklasse
(-)	(-)	(m tov NAP)	(mm)	(mm)	(-)
Epsilon	Azobé	-5,825	150	150	D70

Tabel 9 Verankering

Type	Klapanker	Ankerstaaf	Ankerstoel	Hoogte	Hoek	h.o.h.	Ankerlengte
(-)	(-)	(-)	(-)	(m tov NAP)	(°)	(m)	(m)
Epsilon	PL 3.2	GEWI 16T	PL 1.1	-5,90	20	3,0	4,5

Bijlage 1: Damwand- en ankertoetsing

Toetsing damwand

Profiel	Epsilon (gestaffeld)		
	Scherf	Gestaffeld	
$f_{m,k}$	60	60	N/mm ²
W	856	428	cm ³ /m
A	127	64	cm ² /m
EI	281	141	kNm ² /m
k_h	n.v.t.	n.v.t.	-
γ_m	1.2	1.2	-

Belasting**Scherf**

	Permanent	Kort	
$M_{r,char}$	51.4	51.4	kNm/m
k_{mod}	0.45	0.5	-
$M_{r,rep}$	23.1	25.7	kNm/m
γ_m	1.2	1.2	-
$M_{r,d}$	19.3	21.4	kNm/m
$M_{s,d}$	3	5.7	kNm/m

Gestaffeld scherf

$M_{r,char}$	25.7	25.7	kNm/m
k_{mod}	0.45	0.5	-
$M_{r,rep}$	11.6	12.9	kNm/m
γ_m	1.2	1.2	-
$M_{r,d}$	9.6	10.7	kNm/m
$M_{s,d}$	1	2	kNm/m

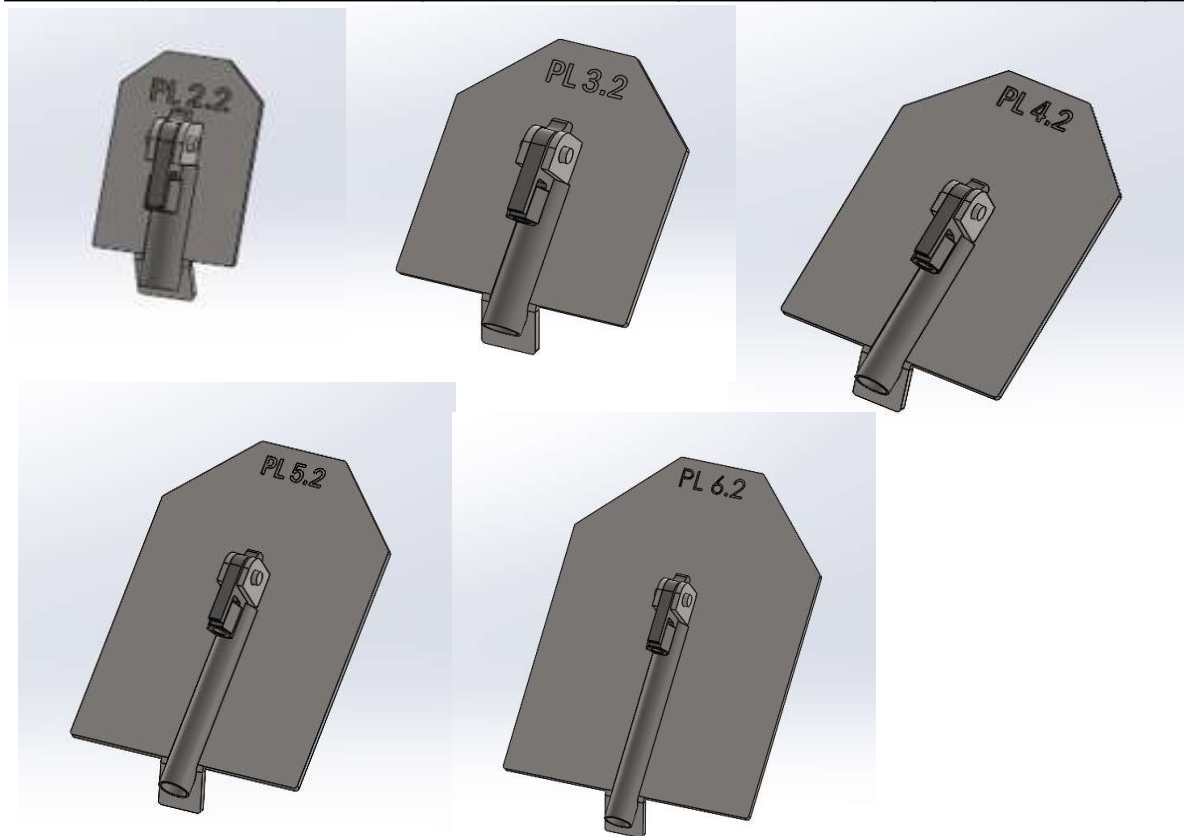
$u_{x,kar}$	4	10	mm
$u_{x,toegestaan}$	50	50	mm

Toets M	Voldoet	Voldoet	-
Toets u_x	Voldoet	Voldoet	-
Toets	Voldoet		-

Projectnummer:	
Projectnaam:	Larservaart
Onderdeel:	
Versie:	
Datum:	
Status:	

PL klapankers

Type PL	Breedte. mm	Lengte. mm	Oppervlakte. mm ²	Brek sterkte. kN	Vloeisterkte KN	Equivalente diameter. mm
PL 2.2	180	275	47000	220	160	245
PL 3.2	300	340	92000	220	160	342
PL 4.2	320	424	125600	220	160	400
PL 5.2	380	514	180864	220	160	480
PL 6.2	450	583	240000	220	160	552



Normen

NEN-EN 1990 Grondslagen van het constructief ontwerp:

NEN-EN 1990+A1+A1/C2 (NL) dec. 2011 + NB dec. 2011.

NEN-EN 1991 Belasting op constructies:

Deel-1-1+C1 (NL) dec. 2011 + NB dec. 2011 - volumieke gewichten;

NEN-EN 1995 Ontwerp en berekening van houtconstructies:

Deel-1-1+C1+A1 (NL) nov. 2011 + NB april 2011 - Algemene regels en regels voor gebouwen;

NEN-EN 9997-1:2005+C1:2015 Algemene regels, Geotechnisch ontwerp van constructies.

CUR 166 Damwanden 6e druk met errata 4-8-2014

PL Klapanker

PL type anker	PL 3.2 klapanker	
Type	GEWI 16T	
PL type ankerstoel	PL 1.1 ankerstoel	Verzinkt
h.o.h. afstand ankers (= hoh afstand anker 1 tot 2)	3.00 m	
Werkende lengte anker 1	4.50 m	
Werkende lengte anker 2	4.50 m	
Niveau bk zandlaag	-5.50 m VP	
Aangrijpniveau anker 1	-5.90 m VP	
Aangrijpniveau anker 2	-5.90 m VP	
Niveau hart voet anker 1	-7.44 m VP	
Niveau hart voet anker 2	-7.44 m VP	
Hoek anker 1 met horizontaal/maaveld	20 graden	
Hoek anker 2 met met horizontaal/maaveld	20 graden	
De maatgevende ankerhoek van 20 graden is gehanteerd		
Ankerstaven metrisch draad thermisch verzinkt? Geen reductie van de staafdoorsnede benodigd.		
geroerde grond	0.6	

Grondonderzoek

Type grondslag waarin het verankerings-element zich bevindt:	cohesief
Ongedraineerde schuifsterkte	30 kPa
Aantal samenwerkende ankers	1 of 2 st
Aantal sonderingen uit dezelfde verdeling	1
Worden op alle ankers controleproeven uitgevoerd?	ja

Belastingen

Invoer belasting	8.1 kN/m
Invoer belasting per anker of per meter:	per meter
Status opgegeven belasting:	rekenwaarde
Richting opgegeven belasting:	axiaal
Resulterende rekenwaarde $P_{\max,axiaal}$ =	24 kN

Unity check

Geen reductie	1.00 Goed
Ankervoet	0.19 Voldoet
Ankerstaaf	0.44 Voldoet
Ankerstoel	0.42 Voldoet
Geotechnisch draagkracht	0.98 Voldoet
Diepte ligging anker onder bk zandlaag	0.88 Voldoet

Ankervoet

Type PL klapanker:	PL 3.2 klapanker
Breuksterkte ankervoet	220 kN
Vloeisterkte ankervoet	169 kN
$R_{t,d,1}$ = Breuksterkte / 1,40 =	157 kN
$R_{t,d,2}$ = Vloeisterkte =	169 kN
$R_{t,d}$ =	157 kN
$P_{d,staal}$ = $P_{\max,axiaal} \times Y_{F,a}$ = $P_{\max,axiaal} \times 1,25$	30 kN $Y_{F,a} = 1,25$
u.c. =	0.19 Ankervoet voldoet
<u>Opmerking:</u>	
Corrosie van de PL klapankervoet wordt geacht verwaarloosbaar te zijn => thermisch verzinkt/ meer dan 2m onder grondwater niveau.	

Ankerstaaf

Type		GEWI 16T
Diameter		16 mm
Oppervlakte	= A =	201 mm ²
Vloeisterkte	= f_y =	500 N/mm ²
Treksterkte	= f_u =	550 N/mm ²
Oppervlakte na 0.6 mm corrosie = A _{ger.}	=	172 mm ²
N _{pl,Rd,1}	= $f_y \times A$ =	86 kN
N _{pl,Rd,2}	= $f_u \times A / 1,40$ =	68 kN
R _{t,d}	=	68 kN
P _{d,staal}	= P _{max,axiaal} × $\gamma_{F,a}$ = P _{max,axiaal} × 1,25	30 kN $\gamma_{F,a} = 1,25$
u.c.	=	0.44 Ankerstaaf voldoet

PL ankerstoelen.

type PL ankerstoel	damwand	Max. ankerstaaf		Dikte assen	Manier van bevestigen	Max belasting kN
PL 1.1	prolock	T16		2xØ16	1x M16 bout 8.8	60
PL 1.2	prolock	T20		2xØ16	1x M20 bout 8.8	94
PL 1.3	prolock	T25		2xØ20	1x M24 bout 8.8	136
PL 1.4	prolock	N.v.t		2xØ20	2x M24 bout 8.8	272

Ankerstoel

PL type ankerstoel		PL 1.1 ankerstoel
Type beschoeiing		prolock
Breedte		230 mm
Lengte		300 mm
Dikte		10 mm
Manier van bevestigen		2x M16 bout 8.8
N _{pl,Rd,1}		100 kN
R _{t,d}	= N _{pl,Rd} / 1,40 =	71 kN
P _{d,staal}	= P _{max,axiaal} × $\gamma_{F,a}$ = P _{max,axiaal} × 1,25	30 kN $\gamma_{F,a} = 1,25$
u.c.	=	0.42 Ankerstoel voldoet
<u>Opmerking:</u>		
Corrosie van de PL ankerstoel wordt geacht verwaarloosbaar te zijn => thermisch verzinkt		

Geotechnische draagkracht

In cohesieve gronden wordt de geotechnische draagkracht als volgt bepaald:

$$F_{A,d} = 10 \times c_{u,d} \times A$$

In niet-cohesieve gronden wordt de geotechnische draagkracht als volgt bepaald:

$$R_{A,min} = 0,4 \times q_c \times A$$

Oppervlakte verankerings-element A

0.092 m²

Partiele materiaalfactor

γ_a

1.20 -

$$R_{A,min} =$$

27.6 kN

$$R_{A,k} =$$

27.6 kN

$$R_{A,d} = R_{A,min}$$

27.6 kN

$$R_{A,d, incl. evt. reductie} =$$

27.6 kN

Toetsing

$$R_{a,d} =$$

27.6 kN

$$P_{d,geo} = P_{max,axiaal} \times \gamma_{F,a} = P_{max,axiaal} \times 1,10$$

27.0 kN $\gamma_{F,a} = 1,10$

$$u.c. =$$

0.98 Draagvermogen voldoet

De geotechnische draagkracht wordt analoog bepaald aan de rekenwijze van een schroefanker.

Er wordt uitgegaan van een zogenoemd 'diep schroefblad' omdat

een uitgangspunt is dat de volgende verhouding geldt: $H/D > 5$

Schets / diepteligging

$$D_{equivalent} =$$

342 mm

$$H_{eis} =$$

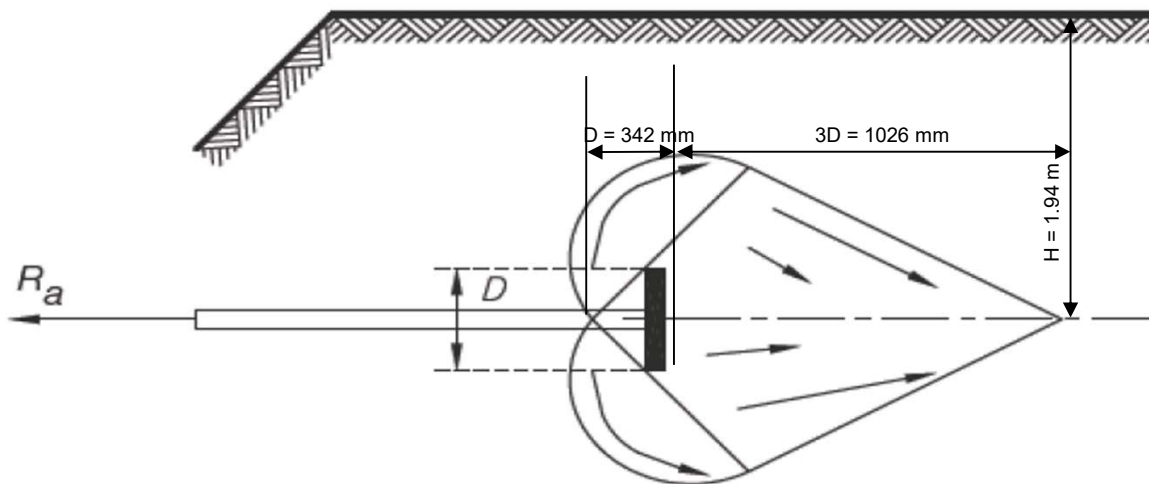
1.71 m

$$H_{aanwezig} =$$

1.94 m

$$u.c. =$$

0.88 Voldoet



* Indien de bladen van de PL klapankers te dicht bij elkaar in de ondergrond zitten wordt de geotechnisch draagvermogen gereduceerd omdat de ankers in elkaars invloedsgebied zitten.

Indien dit optreedt kan men dit optimaliseren door variëren in hoek, hoh, lengte of aangrijpniveau van het anker.

De variatie van de ankers moet logischerwijs dan om en om toegepast worden.



Bijlage 2: D-Sheet piling berekeningen

Report for D-Sheet Piling 23.1

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Date of report: 10-12-2024
Time of report: 23:56:59
Report with version: 23.1.1.40517

Date of calculation: 10-12-2024
Time of calculation: 23:39:19
Calculated with version: 23.1.1.40517

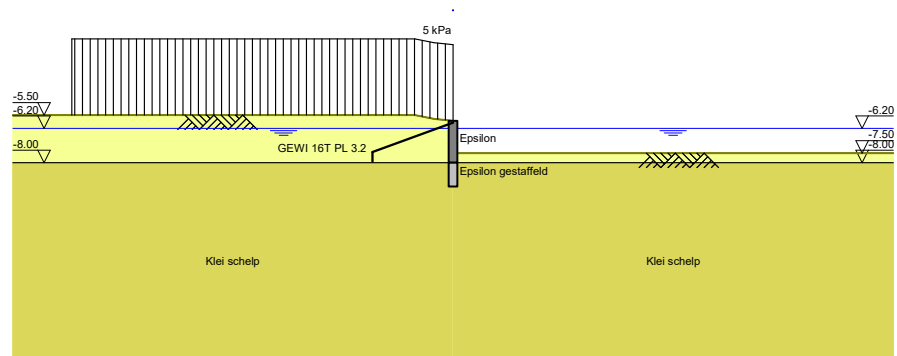
File name: Larservaart Epsilon - gestaffeld

Project identification: Larservaart
Epsilon - gestaffeld

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

1 Outline Stage 2: Bovenbelasting

Outline - Stage 2: Bovenbelasting



2 Step 6.3 Stage 2: Bovenbelasting

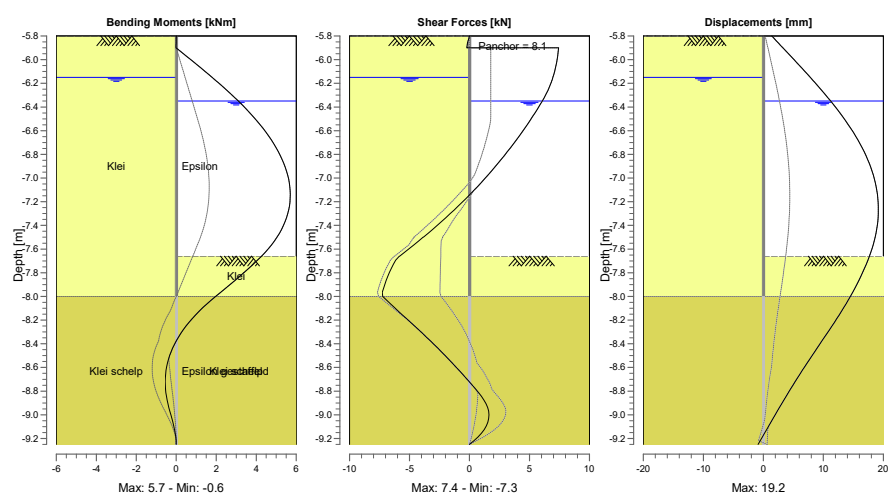
2.1 Calculation Results

Number of iterations: 4

2.1.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 2: Bovenbelasting

Step 6.3 - Partial factor set: RC 0



3 Step 6.4 Stage 2: Bovenbelasting

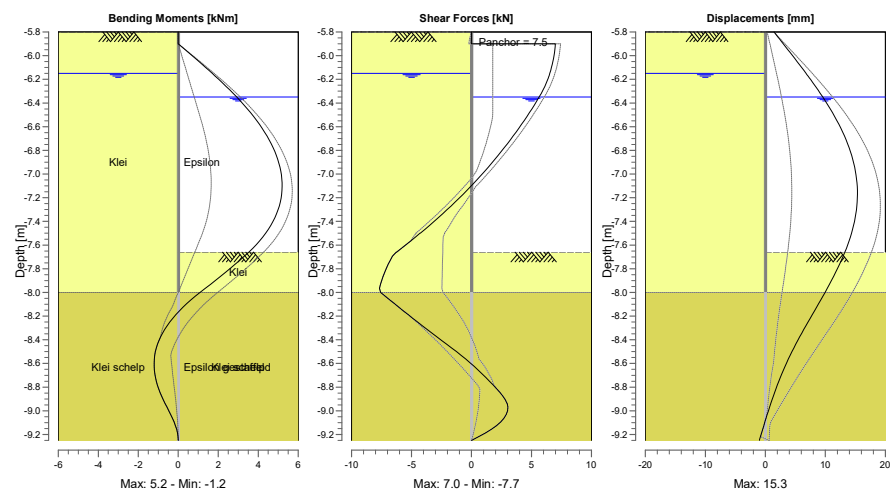
3.1 Calculation Results

Number of iterations: 5

3.1.1 Charts of Moments, Forces and Displacements

Moments/Forces/Displacements - Stage 2: Bovenbelasting

Step 6.4 - Partial factor set: RC 0

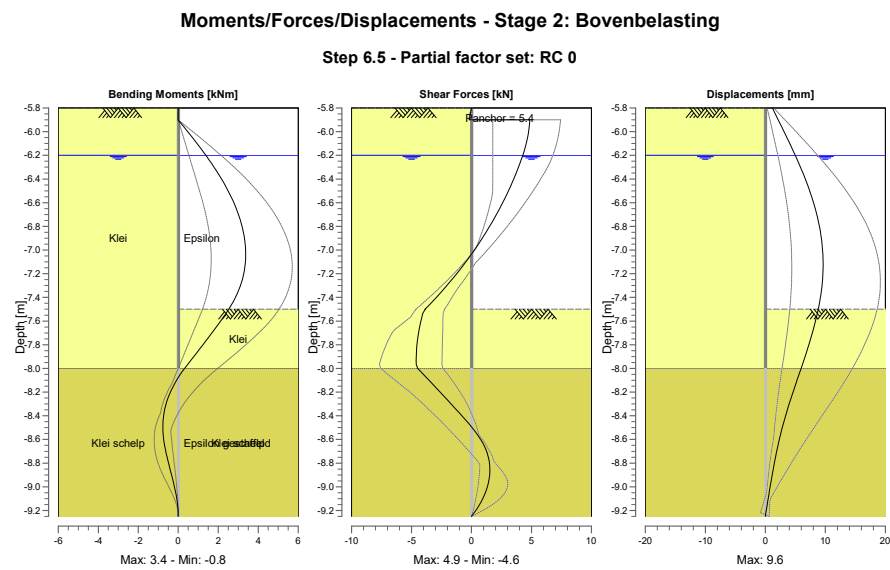


4 Step 6.5 Stage 2: Bovenbelasting

4.1 Calculation Results

Number of iterations: 4

4.1.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



End of Report