

Ontwerpnota DO/UO

Kunststof Damwanden

Opwaardering Twentekanalen (OTK)



Projectnaam:	Opwaardering Twentekanalen
Opdrachtgever:	Rijkswaterstaat GPO
Zaaknummer:	31142017
Projectnummer:	P154652
Opdrachtnemer:	Combinatie Van Oord, Hakkers, Beens
Documentcode:	OTK-TM-4.1.2.3-RAP-1002
Werkpakketnummer:	4.1.2.4 Definitief Ontwerp Deelgebied 3 – Kunststof Damwanden 4.1.3.4 Uitvoeringsontwerp Deelgebied 3 – Kunststof Damwanden
Status:	Definitief
Revisie en datum:	4.0 – 24-04-2023

Rev. No.	Verificatie	Goedkeuring	
		Initialen	Datum
4.0	Opsteller		24-04-2023
0.2	Hoofdconstructeur		09-12-2022
0.2	Constructability review		09-12-2022
0.2	Composiet review		09-12-2022
4.0	Gecontroleerd door Technisch Manager		24-04-2023
4.0	Geautoriseerd door Projectdirecteur		24-04-2023

Acceptatie			
	Geaccepteerd door OG		

Documenthistorie		
Rev.no.	Datum	Omschrijving
0.1	20-10-2022	Versie voor collegiale review
0.2	09-12-2022	Versie voor Interne Review VOHB
1.0	23-12-2022	Definitieve Versie
1.1	09-02-2023	Verwerking SCB-0467
2.0	15-02-2023	Definitieve versie
2.1	14-03-2023	Toevoegen verduidelijking n.a.v. overleg gemeente Almelo
2.2	20-03-2023	Verwerking SCB-0479
3.0	30-03-2023	Definitieve versie
3.1	18-04-2023	Verwerking SCB-0492
4.0	24-04-2023	Definitieve versie

Versiebeheer

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	5
1.1	PROJECTBESCHRIJVING	5
1.2	DOEL VAN DIT DOCUMENT	6
1.3	OBJECTEN	6
1.4	REFERENTIEDOCUMENTEN	7
1.4.1	ONTWERPNOTA'S EN MEMO'S	7
1.4.2	TEKENINGEN	7
1.4.3	OVERIGE DOCUMENTEN	8
1.5	EISENVERIFICATIE	9
1.5.1	SYSTEEMEISEN EN RBP-BELOFTEN	9
1.5.2	AFWIJKINGEN	9
1.5.3	WIJZIGINGEN EN VTW'S	9
1.6	STAKEHOLDERS & VALIDATIE	9
2	UITGANGSPUNTEN EN RAAKVLAKKEN	10
2.1	UITGANGSPUNTEN	10
2.1.1	TRAJECTEN	10
2.1.2	GEOTECHNISCHE UITGANGSPUNTEN	10
2.1.3	HYDRAULISCHE UITGANGSPUNTEN	11
2.1.4	GEOMETRISCHE UITGANGSPUNTEN	11
2.1.5	BELASTINGEN	13
2.2	RAAKVLAKKEN	14
2.2.1	KABELS EN LEIDINGEN (K&L)	14
2.2.2	FAUNA UITTREDPLAATSEN (FUP)	15
2.2.3	PERSONEN UITTREDPLAATSEN (PUP)	15
2.2.4	VISLOCATIES	15
2.2.5	MIJN- EN BREUKSTEEN	15
2.2.6	WEGEN EN PADEN	15
2.2.7	CONTEXTOBJECTEN	15
3	BESCHRIJVING ONTWERP	17
3.1	ESTHETISCHE VERSCHIJNINGVORM	17
3.2	LANDSCHAP	17
3.3	BESCHRIJVING CONSTRUCTIE	18
3.4	UITVOERINGFASERING	18
3.5	DAMWAND	19
3.6	VERANKERING	20
3.7	GORDING	20
3.8	AANSLUITINGEN	21
3.9	CONSTRUCTABILITY	22
3.10	WEGONTWERP	22
4	ONTWERP	23
4.1	MODELLERING	23
4.1.1	BEREKENINGSSHEMA	23
4.1.2	GEOMETRIE	24
4.1.3	ONTLASTSLEUF	24
4.1.4	GRONDWATER EN WATERSTANDEN	25
4.1.5	PLAXIS MODELLERING EN INVOER	26
4.1.6	FASERING PLAXIS	27
4.2	ANALYSES	28
4.2.1	WATERVEILIGHEID	28
4.2.2	GEOHYDROLOGIE	35
4.3	RESULTATEN	36
4.3.1	BELASTINGEN	36
4.3.2	VEILIGHEIDSFILOSOFIE CAPACITEIT	36
4.3.3	CONTOLE DAMWAND	40

4.3.4	CONTROLE VERANKERING (CUR166 STAP 9).....	41
4.3.5	CONTROLE VERVORMING (CUR166 STAP 10).....	41
4.3.6	CONTROLE OVERIGE MECHANISMEN (CUR166 STAP 11).....	42
4.3.7	CONTROLE STABILITEIT BUITENWAARTS (WATERVEILIGHEID).....	42
4.3.8	CONTROLE STABILITEIT REALISATIEFASE.....	42
4.3.9	ANKERGORDING.....	43
4.3.10	ANKERSCHOT.....	45
5	<u>BEHEER EN ONDERHOUD.....</u>	46
5.1	ALGEMEEN.....	46
5.2	SPECIFIEK VOOR KUNSTSTOF.....	46
5.3	MONITORING.....	47
5.4	FAALMECHANISMEN.....	47
5.4.1	BEZWIJKEN ANKERGORDING.....	47
5.4.2	ANKERUITVAL.....	47
5.4.3	BEZWIJKEN DAMWAND.....	47
6	<u>RISICO'S.....</u>	48
7	<u>RAAKVLAKKEN.....</u>	50
7.1	INTERNE RAAKVLAKKEN.....	50
7.2	EXTERNE RAAKVLAKKEN.....	50
8	<u>AANDACHTSPUNTEN VOOR UITVOERING.....</u>	51
9	<u>INTEGRALE VEILIGHEIDSASPECTEN.....</u>	54
9.1	VEILIGHEIDSDOMEIN.....	54
9.2	VEILIGHEIDSASPECTEN IN ONTWERPFASE.....	54
10	<u>MAATSCHAPPELIJK VERANTWOORD INKOPEN.....</u>	57
11	<u>BIJLAGEN.....</u>	58
	BIJLAGE 1 – GRONDONDERZOEK.....	59
	BIJLAGE 2 – PLAXIS BEREKENING.....	61
	BIJLAGE 3 – INFO CREATIVE COMPOSITE GROUP.....	62
	BIJLAGE 4 – RAPPORTAGE HEIPROEF KUNSTSTOF DAMWANDEN OOSTERVELD.....	63
	BIJLAGE 5 – SCIA MODELLERING – GORDING (SUPER WALE).....	64
	BIJLAGE 6 – BESCHOUWING ZAKKENDE GROND OP ANKERS.....	65
	BIJLAGE 7 – CONSTRUCTIEVE BESCHOUWING ANKERPLAAT.....	66

In de separate map 'Bijlagen zijn aanvullende documenten toegevoegd, in dit document wordt in de betreffende paragraaf specifiek genoemd naar de documenten in deze map.
Het gaat om de volgende documenten:

Bijlagen/Referentiedocumenten:

- Reviewcommentaar Constructability;
- Reviewcommentaar TIS;
- OTK-TM-4.1.2.3-VER-0004-3.0 - Verificatierapport DO DG3 – Kunststof Damwanden;
- OTK-TM-4.1.2.4-VER-0004-3.0 - Verificatierapport DO DG3 – Kunststof Damwanden;
- Documenten afstemming wegontwerp met gemeente Almelo;
- Documenten afstemming K&L;
- Reactie op toets RWS versie 1.0 (SCB-0467);
- Reactie op toets RWS versie 2.0 (SCB-0479);
- Reactie op toets RWS versie 3.0 (SCB-0492);

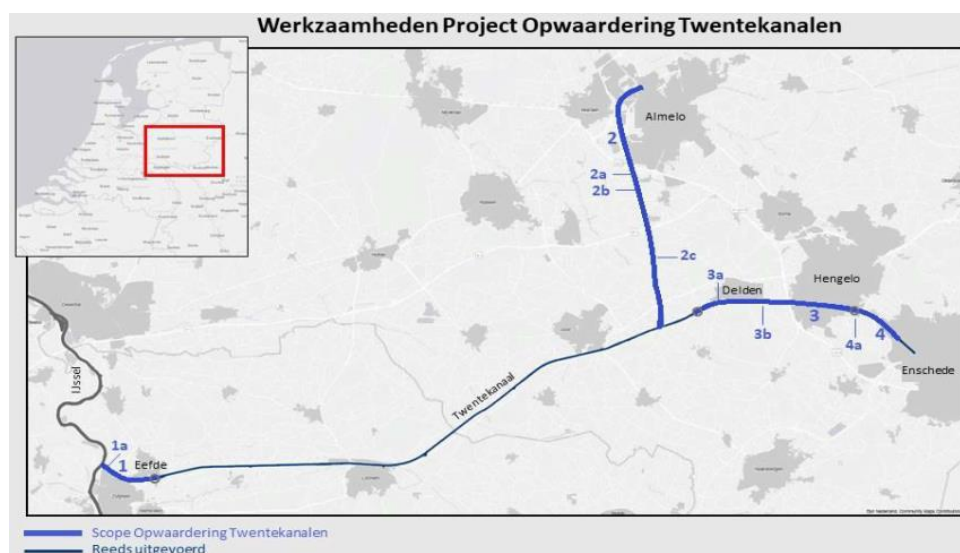
1 Inleiding

1.1 Projectbeschrijving

De Twentekanalen zijn een belangrijke logistieke schakel voor het vervoer van goederen over water naar de havens van Almelo, Hengelo en Enschede. De verwachting is dat de komende jaren het transport over het kanaal toe zal gaan nemen, om deze reden wordt het kanaal verruimd.

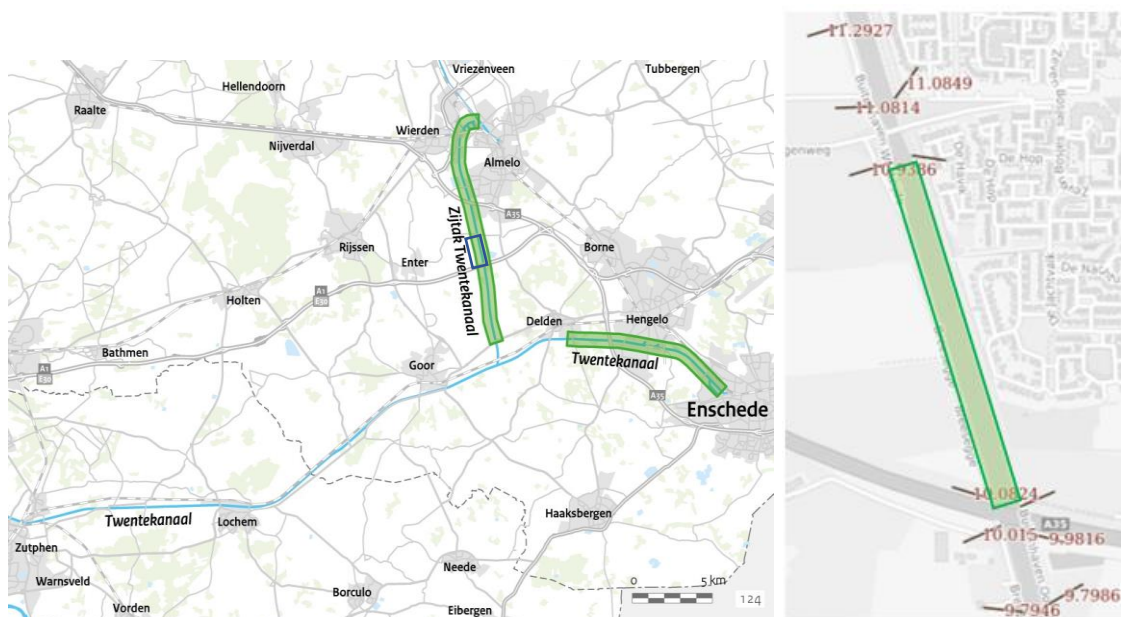
Door het kanaal te verruimen kunnen in de toekomst grotere en zwaarder beladen schepen sneller en veiliger varen op de Twentekanalen, en zullen de havens aan het kanaal beter bereikbaar zijn. Deze verhoogde bereikbaarheid is zowel een stimulans voor de regionale economie als de werkgelegenheid en draagt bij aan een versteviging van de (inter)nationale logistieke positie van de regio Twente.

Reeds is het gedeelte tussen Sluis Eefde en voorbij Lochem al verruimd en verdiept voor klasse Va/M8-schepen met een aflaaddiepte van 2,80 m (verruiming fase 1). In fase 2, 'Opwaardering Twentekanalen', wordt de het resterende gedeelte van de vaarweg geschikt gemaakt voor klasse Va/M8-schepen met een aflaaddiepte van 3,50 m tussen de IJssel en Sluis Eefde (Voorpand). Tussen Delden en Enschede (hoofdtak), en de zijtak naar Almelo, wordt de vaarweg geschikt gemaakt voor klasse Va-schepen met een aflaaddiepte van 2,80 m. Zie onderstaand figuur voor het tracé op hoofdlijnen.



Figuur 1-1 Overzichtskartaal project Opwaardering Twentekanalen

In voorliggende ontwerpnota worden de composieten oeverconstructies van deelgebied 3 behandeld. De kunststof damwanden bevinden zich op de zijtak en loopt van kilometering 10.610 – 10.790. Onderstaand figuur toont de exacte locatie van de kunststofdamwanden (rechts) in vergelijking met het volledige traject (links).



Figuur 1-2 Projectlocatie proefvak

1.2 Doel van dit document

Het doel van dit document is het vastleggen van het definitief ontwerp en uitvoeringsontwerp van de oeverconstructies ter plaatse van deelgebied 3.

Onderliggende werkpakketten zijn:

- WP-4.1.2.3.4 DO Oeverconstructies Kunststof Damwanden DG3;
- WP-4.1.3.3.4 UO Oeverconstructies Kunststof Damwanden DG3.

Het rapport is onderdeel van het definitief ontwerp en uitvoeringsontwerp van Opwaardering Twentekanalen.

1.3 Objecten

Dit rapport heeft betrekking op onderstaande objecten. Met deze opsomming wordt voldaan aan eis SYS-0261.

Tabel 1-1: Objecten

Objecten
OBT-00003 - Damwanden
OBJ-00018 – Damwanden Twentekanalen

1.4 Referentiedocumenten

1.4.1 Ontwerpnota's en Memo's

Onderstaande memo's maken onderdeel uit van het DO/VO van DG3 Kunststof Damwanden en zijn als referentiedocumenten toegevoegd:

Tabel 1-2: Bijbehorende memo's

Ref. nr.	Document nr.	Titel	Versie	Status	Datum
[1]	OTK-TM-4.1.2-UNO-001	Integrale Uitgangspuntennota	4.0	Definitief	16-04-2021
[2]	OTK-TM-4.1.2.3-RAP-1001	DO DG3	10.0	Definitief	20-05-2022
[3]	OTK-TM-4.1.2-UNO-1048	Uitgangspuntennota Compositie Damwanden	2.0	Definitief	21-03-2022
[4]	OTK-TM-4.1.3.2.1-RAP-1001	VO DG3	6.0	Definitief	24-10-2022

1.4.2 Tekeningen

Onderstaande tekeningen maken onderdeel uit van het DO/VO van DG3 Kunststof Damwanden:

Tabel 1-3: Referentie tekeningen

Ref. nr.	Document nr.	Titel	Versie	Status	Datum
[T-1]	OTK-TM-4.1.2-TEK-1011	DO/VO DG3 Kunststof Damwanden - Overzicht	4.0	Definitief	30-03-2023
[T-2]	OTK-TM-4.1.2-TEK-1012	DO/VO DG3 Kunststof Damwanden - Details	5.0	Definitief	24-04-2023
[T-3]	OTK-TM-4.1.2-TEK-1013	DO/VO DG3 Kunststof Damwanden - Uitvoeringsfasering	4.0	Definitief	30-03-2023
[T-4]	OTK-TM-4.1.2-TEK-1014	DO/VO DG3 Kunststof Damwanden - Wegontwerp	4.0	Definitief	19-04-2023

1.4.3 Overige documenten

Onderstaande documenten zijn geraadpleegd voor ontwerpnota DO/UO DG3 – Kunststof Damwanden:

Nr.	Titel	Documentnaam	Auteur(s)	Datum
[A]	VSE (v4.0)	DOC-0486 – Vraagspecificatie eisen	RWS	09-07-2020
[B]	Maatregelenkaart (v12)	DOC-0472 – Maatregelenkaart	RWS	23-06-2020
[C]	Risicobeheersplan	Risicobeheersplan Opwaardering Twentekanalen	Combinatie	31-07-2020
[D]	ROW - Richtlijn Ontwerp Waterbouw, Definitief, Specifieke opgave H2 – Bodem- en oeverbescherming	DOC-0447	RWS/GPO	06-07-2018
[E]	PIANC Nr. 180	Report Nr. 180, Guidelines for protecting berthing structures from scour caused by ships.	PIANC	2015
[F]	Superloc Sheet Pile & Superwale Systems	Technical Specifications	Creative Composites Group	onbekend
[G]	VTV2016	Voorschrift toets op veiligheid regionale waterkeringen Rijkswaterstaat.	Ministerie van Infrastructuur en Milieu	23-08-2016
[H]	LTV2015	Leidraad toetsen op veiligheid regionale keringen.	STOWA	2015
[I]	Toets regionale keringen	Toets op veiligheid van regionale keringen in het beheer van het Rijk.	Ministerie van Infrastructuur en Milieu	26-02-2021
[J]	Inventarisatie damwand Zijtak	RWS-_3057323-v1-inventarisatie_damwanden_perceel_3	RWS	21-02-2020
[K]	CUR-Aanbeveling 96	Vezelversterkte kunststoffen in bouwkundige en civiel-technische draagconstructies	CROW	11-2019
[L]	Pre-standard for LRFD of FRP structures	Pre-Standard for Load and Resistance Factor Design (LRFD) of Pultruded Fiber Reinforced Polymer (FRP) Structures	ASCE	09-11-2010

1.5 Eisenverificatie

1.5.1 Systeemeisen en RBP-Beloften

De systeemeisen en RBP-beloften worden aangetoond in het verificatierapporten DO en UO, nl.:

- OTK-TM-4.1.2.3-VRP-0004-2.0 - Verificatierapport DO DG3 – Kunststof Damwanden.
- OTK-TM-4.1.3.3-VRP-0004-2.0 - Verificatierapport UO DG3 – Kunststof Damwanden.

Deze documenten kunnen gevonden worden bij de referentiedocumenten.

1.5.2 Afwijkingen

Dit ontwerp is onderhavig aan een aantal afwijkingen, deze afwijkingen worden hier kort behandeld.

- AW-01227: De traject lengte van de kunststof damwand is verkleind van 500 meter naar 180 meter. De overige 320 meter is uitgewerkt in het UO van DG3 [4].
- AW-01304: N.a.v. een negatieve bevinding van RWS op versie 1.0 wordt het traject voorzien van een extra houten wrijfgording. Deze wrijfgording wordt ter plaatse van de stalen trajecten voorzien van een houten wig om te zorgen dat er geen uitstekende delen zijn. Afwijking is gekoppeld aan eis SYS-1293 m.b.t. het voorkomen van uitstekende delen op de damwand.

1.5.3 Wijzigingen en VTW's

Op dit ontwerp zijn (vooralnog) geen wijzigingen en/of VTW's van toepassing. De bovenstaande afwijkingen zullen grotendeels in wijzigingen verwerkt worden. Daarnaast is de volgende wijziging van toepassing:

- WZG-0192 Extra maaiveldaanvulling achter damwanden.

1.6 Stakeholders & Validatie

Met onderstaande stakeholders dient validatie plaats te vinden:

- Rijkswaterstaat, Vaarwegmanagement (VWM)
 - Kanaal – Werkvakgrootte (SYS-0110)
- RWS Oost NL
 - Kanaal – Niet primaire waterkeringen: toetsspoor macrostabiliteit buitenwaarts (SYS-0006)
 - Kanaal – Niet-primaire waterkeringen (SYS-0007)
- Gemeente Almelo:
 - Wegontwerp achter de damwand.

De ontwerpnota en bijbehorende tekeningen zijn in week 8-2023 bij de constructeur van de gemeente Almelo per email ingediend door de combinatie VOHB. Op donderdag 2 maart 2023 heeft er een overleg plaats gevonden met de gemeente Almelo, Rijkswaterstaat en de combinatie VOHB. In dit overleg zijn de ingediende documenten met elkaar doorgenomen en heeft er een nadere toelichting plaatsgevonden door Rijkswaterstaat en de combinatie VOHB naar aanleiding van een aantal vragen die door de gemeente Almelo zijn gesteld. De gestelde vragen waren verduidelijkingsvragen en in deze ontwerpnota is één punt als verduidelijking extra toegevoegd inzake het risicoprofiel: "bezwijken kunststof damwand in relatie tot de omgeving zijnde de achterliggende weg en de bovenbelasting hierop". De uitleg van het lage risicoprofiel kunt u teruglezen in hoofdstuk 6 en is in lijn zoals op donderdag 2 maart 2023 tussen de partijen is besproken.

2 Uitgangspunten en Raakvlakken

Voor het traject met de kunststof damwanden is een apart uitgangspuntennota opgesteld, zie [3].

Hieronder worden enkele belangrijke uitgangspunten nogmaals behandeld. Hierbij geldt dat de uitgangspunten genoemd in deze nota leidend zijn boven de uitgangspunten uit de uitgangspuntennota.

2.1 Uitgangspunten

2.1.1 Trajecten

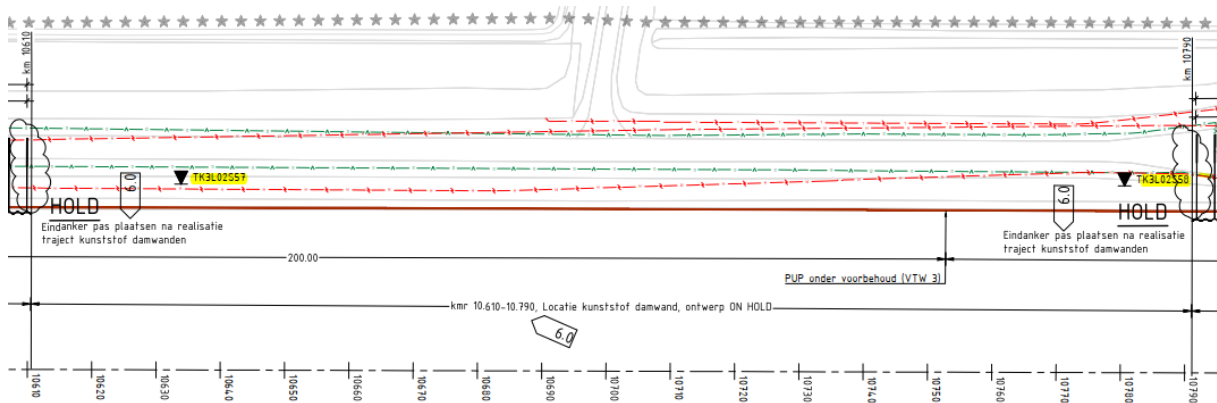
Het traject van de kunststof damwanden loopt van kilometrering 10.610 – 10.790 aan de westzijde van het zijkanaal. Dit traject wordt door middel van één snede getoetst.

2.1.2 Geotechnische Uitgangspunten

Het traject van de kunststof damwanden DG3 bestaat uit 180 meter en bevindt zich in hetzelfde traject als traject van 5 van DG3 regulier constructies [2].

Maatgevende bodemopbouw

Voor de specifieke locatie zijn twee sonderingen beschikbaar, namelijk TK3L02S57 en TK3L02S58, zie onderstaande figuur. De sonderingen zijn ook toegevoegd in bijlage O1. Het proefvak is gesitueerd in de westelijke oever.



Figuur 2-1: Locatie van sonderingen

In onderstaande tabel is de bodemopbouw, welke gehanteerd is in de berekening, weergegeven.

Tabel 2-1: Bodemopbouw o.b.v. sondering TK3L02S57 en TK3L02S58

Grondsoort	B.k. laag [m+NAP]
Zand toplaag	m.v.
Klei, siltig	10,0
Zand, matig	9,0
Zand, vast	5,0

Grondparameters

In [1] wordt de statistische onderbouwing gegeven voor de gehanteerde grondparameters voor het damwandontwerp. In de genoemde memo zijn alle resultaten uit het laboratoriumonderzoek beschouwd. In Tabel 2-2 worden de aangehouden sterkte- en stijfheidsparameters van de voorkomende grondlagen gepresenteerd.

Tabel 2-2: Grondparameters HSS model

Grondsoort	ϕ_k [°]	ψ [°]	c'_k [kPa]	$\gamma_{nat} / \gamma_{sat}$ [kN/m ³]	E_{50}^{ref} [kPa]	E_{oed}^{ref} [kPa]	E_{ur}^{ref} [kPa]	G_0^{ref} [kPa]	$\gamma_{0,7}$ [-]	m [-]	R_{int} [-]
Zand top laag	32,5	6,6	0	17/19,5	25000	25000	100000	120000	1 ^{E-4}	0,5	0,9
Zand los	32,5	6,6	0	15,5/19,5	25000	25000	100000	120000	1 ^{E-4}	0,5	0,9
Zand matig	35,5	9,9	0	16,5/20	35000	35000	140000	168000	1 ^{E-4}	0,5	0,9
Zand vast	38,5	13,3	0	17/20,5	50000	50000	200000	240000	1 ^{E-4}	0,5	0,9
Klei siltig	30	3,8	5	18,6/18,6	6400	3200	25600	30720	1 ^{E-4}	0,8	0,9
Klei matig/vast	18,5	0	14	18,5/18,5	9000	4500	36000	43200	1 ^{E-4}	0,8	0,9
Silt	33	7,1	2	17,1/20,4	7500	7500	30000	36000	1 ^{E-4}	0,5	0,9
Glauc. zand	33	7,1	5	16,7/20,6	16500	16500	66000	79200	1 ^{E-4}	0,5	0,9
Keilleem	31	4,9	6	18/21,2	14000	14000	56000	67200	1 ^{E-4}	0,5	0,9

De aangegeven inwendige hoek van wrijving (ϕ_k) is exclusief de verhoging met factor 9/8 voor de toegepaste plane strain modellen.

2.1.3 Hydraulische Uitgangspunten

In onderstaande tabel zijn de hydraulische uitgangspunten gegeven, voor de bepaling van deze uitgangspunten wordt verwezen naar de integrale uitgangspunten DO [1].

Tabel 2-3: (Ontwerp)waterstanden en toetspeilen

Tracé	Streefpeil [SYS-0286]	Ontwerpwaterstand laag	Peilfluctuatie [SYS-0286]
10.610-10.790	NAP +10,00m	NAP +9,90m	+/- 0,1m

2.1.4 Geometrische Uitgangspunten

Bestaande Constructie

In onderstaande tabel is de informatie over de bestaande constructie weergegeven. De bestaande constructie wordt meegenomen in de modellering van de uitvoeringsfasering. Onderstaande gegevens zijn gebaseerd op de damwandinventarisatie [J].

Tabel 2-4: Bestaande constructie

Van kmr	Tot kmr	Oever	Type	Lengte	Verankering
10.344	11.293	W	LPW 4.0 (staal)	7,00/7,25	geen

Hoogte nieuwe damwand

Onderstaande tabel geeft de minimale hoogte van de nieuwe damwand.

Tabel 2-5: Minimale hoogte damwand

Tracé	Minimale hoogte damwand
10.000-11.308	NAP +10,60m

SYS-0005 schrijft bovenstaande kilometrering voor met betrekking tot niveau bovenkant damwanden.

Ontwerpbodemniveau

Onderstaande ontwerpniveaus worden per genoemd traject aangehouden, voor de bepaling van de niveaus wordt verwezen naar de Algemene uitgangspunten DO [1].

Tabel 2-6: Baggerniveau

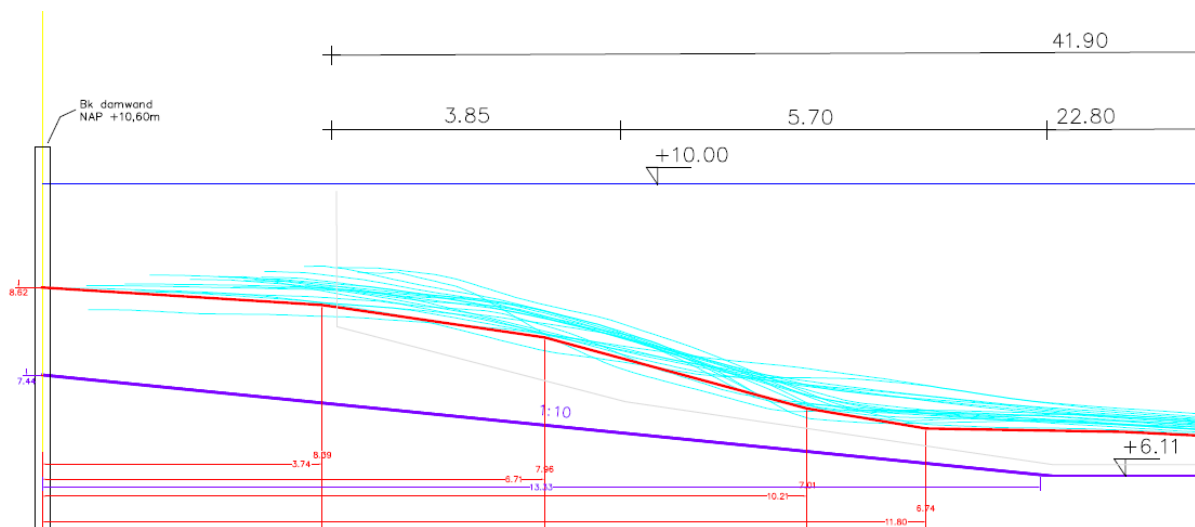
Tracé	Aanlegniveau in vaarweg
6.750-11.308	NAP +6,11m

Bodemverloop (huidig)

In de berekeningen wordt voor de huidige situatie het maatgevende huidige bodemprofiel bepaald aan de hand van dwarsprofielen. Dit profiel wordt bepaald aan de hand van dwarsprofielen waarbij de laagste omhullende lijn als maatgevend wordt beschouwd. Het gehanteerde profiel is dat van de traject 5 van DG3, zie onderstaande tabel. Het huidige bodemprofiel ligt significant hoger dan het 1:10 profiel. Daarom wordt het huidige bodemprofiel niet maatgevend.

Tabel 2-7: Huidig bodemverloop (10.000-11.300 West)

Afstand tot damwand [m]	Bodemniveau [+m NAP]
0	8,62
3,74	8,39
6,71	7,96
10,21	7,01
11,80	6,74
20,44	6,40



Figuur 2-2: Maatgevend huidig bodemprofiel

Ontwerpbodemverloop

Conform eis SYS-1041 wordt uitgegaan van een rekenkundig bodemniveau niet hoger dan het bodemniveau bij aanvangssituatie en niet hoger dan de lijn 1:10 vanaf het snijpunt van de aanlegdiepte en de lijn $0,5 \times W_d$ uit de as van de vaarweg (zie parse lijn in onderstaand figuur). Tevens worden nog de standaard geometrische toeslagen conform CUR166 toegepast. Het ontwerpbodemprofiel is in bovenstaande afbeeldingen in paars weergegeven. Onderstaande tabellen geven de aangehouden waarden weer.

Tabel 2-8: Ontwerpbodemprofiel traject kunststof damwandprofielen

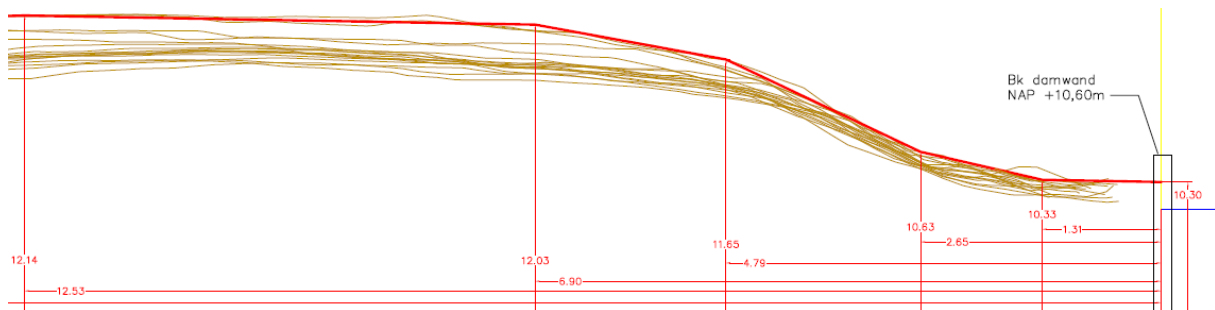
Afstand tot damwand [m]	Maaielndniveau [+m NAP]	Talud
0	7,33	1:10
12,23	6,11	vlak
23,63	6,11	

Maaiveldverloop

Het maatgevend maaiveldverloop wordt weergegeven op basis van AHN3 hoogteprofielen. Ter verificatie is deze data vergeleken met inmetingen uitgevoerd door Kavel10. Voor de bepaling van het maatgevende maaiveldverloop is de omhullende lijn gedefinieerd voor de van toepassing zijnde dwarsprofielen. Onderstaande tabel en figuur geven de te hanteren maaiveldverloop weer.

Tabel 2-9: Maaiveldverloop (10.000-11.300 West)

Afstand tot damwand [m]	Maaiveldniveau [+m NAP]
0	10,30
1,31	10,33
2,65	10,63
4,79	11,65
6,90	12,03
12,53	12,14
17,89	11,98



Figuur 2-3: Maatgevend maaiveldverloop

In de definitieve situatie zal er aangevuld worden tot bovenzijde damwand (NAP +10,6 m).

2.1.5 Belastingen

Permanente Belastingen

De volgende belastingen zijn van toepassing:

- Hydraulische belastingen (hoewel veranderlijk van aard is);
- Grondwaterdrukken;
- Gronddrukken.

Variabele Belastingen

Conform eis SYS-0209 wordt er gerekend met een bovenbelasting van 10 kN/m² op taluds en groenstroken.

Bijzondere Belastingen

Er wordt geen rekening gehouden met ijsbelastingen, stootbelastingen tegen de damwand of extreem laag water of leeglopen kanaalpannd.

2.2 Raakvlakken

In dit hoofdstuk wordt gekeken naar de relevante raakvlakken. Hierbij wordt aandacht besteed aan de volgende objecten:

- Kabels en Leidingen (K&L);
- In- en aflaten;
- Fauna Uitreedplaatsen (FUP's);
- Personen Uitreedplaatsen (PUP's);
- Vislocaties
- Wegen en Paden;
- Mijn- en breuksteen;
- Overige Contextobjecten (zoals bebording, bomen en SVM-antennes).

2.2.1 Kabels en Leidingen (K&L)

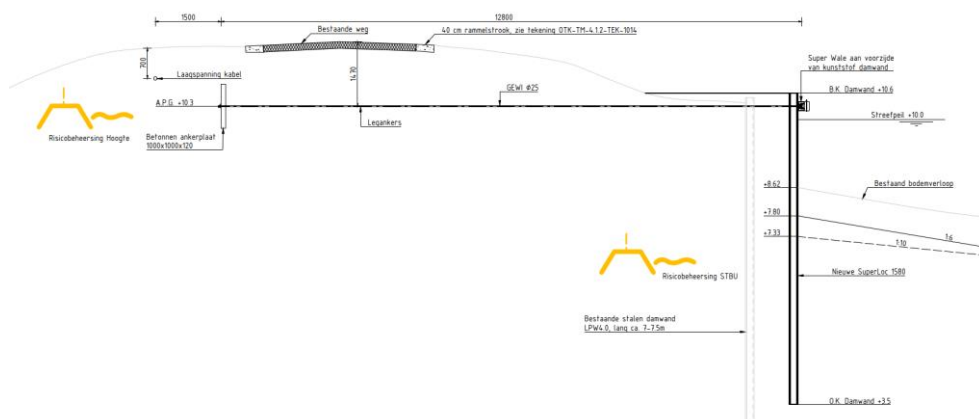
In deze paragraaf worden de kabels en leidingen langs het traject besproken die een raakvlak hebben met de generieke damwandconstructie van de oever. De kabels en leidingen zijn zichtbaar op de ontwerptekeningen [1].

Er is op dit traject geen sprake van kruisende kabels en leidingen met de damwandconstructie. Wel zijn een aantal langsliggende kabels en leidingen aanwezig. Deze vormen een raakvlak bij de graafwerkzaamheden ten behoeve van het aanbrengen van de legverankering. Volgens de KLIC zijn de volgende langsliggende kabels aanwezig:

Naam kabel	Beheerder	Type	Status
Z-50L2	Enexis	Data	Buiten dienst
Z-50L	Ziggo	Data	Buiten dienst
Z-52TL	Ziggo	Data	Buiten dienst
Z-52TL2	Enexis	Data	Buiten dienst
Onbekende	Coteq	Laagspanning	In gebruik

Met betrekking tot de onbekende kabel is contact opgenomen met Coteq. De kabel is langsliggend op het traject km 10,690 – 10,790. De kabel bevindt zich 2 m achter de ankerschotten. Hierdoor kan de 1 m vereiste vrije ruimte worden gerespecteerd, ook in uitvoeringsfase tijdens het graven van de sleuven t.b.v. verankering.

De kabels die buiten dienst zijn mogen worden verwijderd tijdens de werkzaamheden.



Figuur 2-4: Kruisende K&L en Legverankering

2.2.2 Fauna Uittreedplaatsen (FUP)

Conform de maatregelenkaart en systeemdecompositie hoeven geen Fauna Uittreedplaatsen te worden geïnstalleerd ter plaatse van de kunststof damwanden.

2.2.3 Personen Uittreedplaatsen (PUP)

Conform de maatregelenkaart en systeemdecompositie hoeven geen Personen Uittreedplaatsen te worden geïnstalleerd ter plaatse van de kunststof damwanden.

2.2.4 Vislocaties

Conform de maatregelenkaart en systeemdecompositie hoeven geen extra vislocaties gerealiseerd te worden binnen deelgebied 3.

2.2.5 Mijn- en breuksteen

Conform de beschikbare informatie is er op kunststof damwanden traject geen mijnsteen aanwezig.

2.2.6 Wegen en Paden

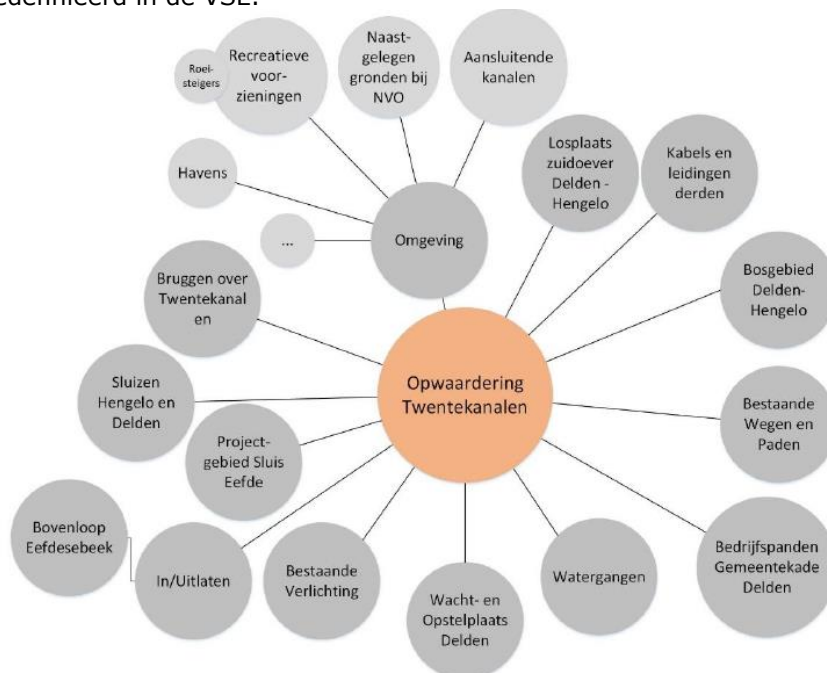
In het algemeen geldt dat wegen en paden die meer dan 5 meter verwijderd liggen vanaf de damwandlijn, geen significante invloed hebben op de damwanden en hierom geen raakvlak kennen. Alleen voor het aanbrengen van de legverankering zal de weg tijdelijk opgebroken dienen te worden.

Om in de toekomst ongewenste zettingen te voorkomen, wordt het ankerscherm niet onder de weg geplaatst. Dit zou namelijk kunnen leiden tot verschil in zettingen. Het ankerscherm wordt achter de weg geplaatst.

2.2.7 Contextobjecten

In deze paragraaf wordt beschreven of zich langs het relevante traject nog andere contextobjecten bevinden die van invloed kunnen zijn op het ontwerp van de damwand, zoals bebording, bomen en SVM-antennes.

In Figuur 2-5 zijn de contextobjecten m.b.t. opwaardering Twentekanalen gegeven. Deze objecten zijn gedefinieerd in de VSE.



Figuur 2-5: Contextobjecten cf. VSE

In onderstaande tabel staat de relatie van het betreffende contextobject met het uitvoeringsontwerp van de oeverconstructies van DG3.

Tabel 2-10: Contextobjecten

Contextobject	Relatie tot DO DG3
Omgeving	Specifieke aansluitingen op de bestaande omgeving worden behandeld in § 3.5.7.
Omgeving – Recreatieve Voorzieningen	Niet relevant voor Kunststof Damwanden DG3
Omgeving – Havens	Niet relevant voor Kunststof Damwanden DG3
Omgeving – Naastgelegen gronden bij NVO	Niet relevant voor Kunststof Damwanden DG3
Omgeving – Aansluitende kanalen	Niet relevant voor Kunststof Damwanden DG3
Losplaats zuidoever Delden-Hengelo	Niet relevant voor Kunststof Damwanden DG3
Kabels en Leidingen Derden	Het raakvlak is in voorgaande paragrafen behandeld.
Bosgebied Delden-Hengelo	Niet relevant voor Kunststof Damwanden DG3
Bestaande Wegen en Paden	Op de tekeningen zijn bestaande wegen en paden opgenomen om de raakvlakken in beeld te brengen.
Bedrijfspanen Gemeentekade Delden	Niet relevant voor Kunststof Damwanden DG3
Watergangen	Niet relevant voor Kunststof Damwanden DG3
Wacht- en opstelplaats Delden	Niet relevant voor Kunststof Damwanden DG3
Bestaande verlichting	Verlichting dient tijdens uitvoering tijdelijk te worden verplaatst en daarna worden teruggeplaatst op de oorspronkelijke locatie. Het raakvlak dient beheerst te worden door realisatie. Op basis van inspectie lijkt er geen verlichting aanwezig te zijn op het traject.
In/Uitlaten	Niet relevant voor Kunststof Damwanden DG3
Projectgebied Sluis Eefde	Niet relevant voor Kunststof Damwanden DG3
Sluizen Hengelo en Delden	Niet relevant voor Kunststof Damwanden DG3
Bruggen over Twentekanalen	Niet relevant voor Kunststof Damwanden DG3

Bebording, bebakening dient tijdens uitvoering tijdelijk te worden verplaatst en daarna te worden teruggeplaatst op de oorspronkelijke locatie.

3 Beschrijving Ontwerp

3.1 Esthetische Verschijningsvorm

Het traject met de kunststof damwanden wijkt af van andere oeverconstructies. De kunststof damwanden hebben een grijze kleur ("grafiet grijs") en een grijze kunststoffen gording aan de voorzijde. Er bevindt zich geen deksloof op de damwand. De kunststof damwanden worden verankerd door middel van legverankering met een ankerscherm. De voorzijde van de kunststof gording wordt uitgelijnd met de voorzijde van de naburige stalen damwand sectie. Aan de kunststof damwand wordt een houten wrijfgording voorzien om de kunststof gording te beschermen.

Er worden twee verschillende materialen gebruikt, namelijk een composieten damwand met polyester en één met vinylester. Beide hebben een minimale levensduur van 30 jaar.

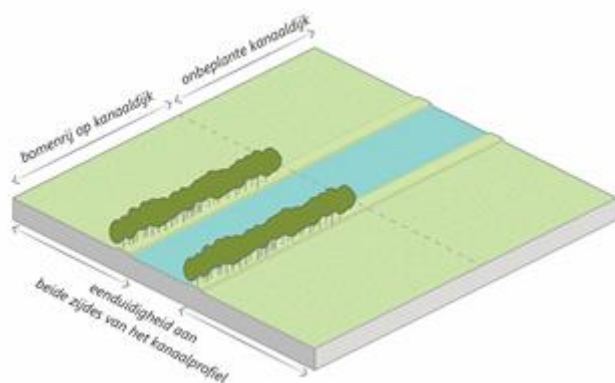
3.2 Landschap

Conform eis SYS-1078 dient het ontwerp landschappelijk waarde te bieden door ingepast te zijn in de omgeving conform "kijk op de ruimtelijk kwaliteit van Rijkskanalen".

Langs het grootste deel van het traject van DG3 wordt de huidige oeverconstructie vervangen voor een soortgelijke constructie waardoor de impact op het landschap beperkt blijft. Op sommige locaties zijn er zeer kleine verschillen in het ontwerp van de oeverconstructie, maar deze verstoren het landschap niet. Het ruimtebeslag blijft beperkt, maar bij de aanleg van de nieuwe constructies zal op sommige delen een sleuf gemaakt worden voor het plaatsen van de verankering. Na het dempen van de sleuf zal deze begroeiing vanzelf terug kunnen groeien.

Daar waar in de aanvangssituatie rietbermen in een plas- en draszone achter de damwand aanwezig zijn, dienen deze in de nieuwe situatie op een gelijk maaiveldniveau terug te komen. Ook hierdoor vindt er geen wijziging plaats in het landschap.

Door de zorgvuldige inpassing van de oeverconstructies wordt de continue lijn van kanaaldijken en oevers zo veel mogelijk behouden waardoor het ontwerp ingepast is in het huidige landschapsbeeld Figuur 3-1.

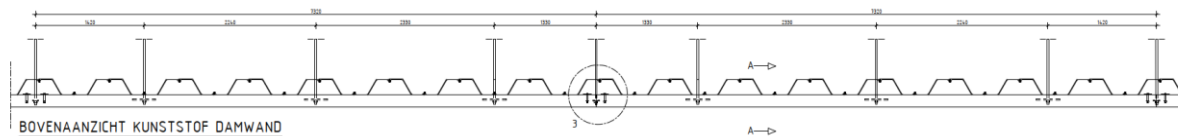


Figuur 3-1 landschappelijk principe - eenduid en continuïteit van het kanaal; continue lijn kanaaldijken en oevers

3.3 Beschrijving Constructie

Het ontwerp van de kunststof damwanden van DG3 is uitgewerkt op tekening [T-1]. Binnen dit deelgebied worden composiet damwandprofielen toegepast. De kunststof profielen worden per dubbele plank ingebracht waarbij geen staffeling wordt aangebracht.

De damwanden worden voorzien van een kunststof gording aan de voorzijde, die ook wordt gebruikt voor de bevestiging van de verankering. Het hart van het ankerniveau wordt 0,3 m boven streefpeil aangehouden op NAP +10,3 m. De verankering wordt met een verspringende hart op hart aangebracht, zie onderstaand figuur. De gemiddelde h.o.h. afstand is 1,828m (om de 4 planken = 4 x 457,2 mm) aangebracht. Voor gedetailleerde informatie zie ook tekening [T-1].



Figuur 3-2: Ankerpatroon

3.4 Uitvoeringsfasering

Voor de verschillende trajecten van de Twentekanalen worden verschillende uitvoeringsfaseringen gehanteerd. Deze faseringen zijn bepaald op basis van de locatie van de nieuwe damwand. Er zijn vier verschillende uitvoeringsfaseringen:

- 1A – Ervoor, bestaande damwand niet verwijderen;
- 1B – Ervoor, bestaande damwand verwijderen;
- 2B – Dezelfde lijn;
- 3B – Erachter (en indien nodig gefaseerd werken).

Voor het traject van de kunststof damwanden, waar reguliere stalen damwanden zijn voorzien, wordt overall fasering 1B toegepast.

Uitvoeringsfasering 1B

Voor uitvoeringsfasering 1B worden de volgende stappen gehanteerd:

1. Aanbrengen ontlastsleuf tot huidig bodemniveau;
2. Bestaande damwand verwijderen;
3. Aanbrengen nieuwe damwand voor bestaande (binnen 24 uur na verwijderen bestaande wand);
4. Sleuven graven ten behoeven van aanbrengen legverankering;
5. Aanbrengen legverankering inclusief ankerschotten;
6. Gording bevestigen;
7. Aanvullen tot bovenstaande damwand (NAP+10,6 m);
8. Verankering afspannen (max 10 kN per anker);
9. Baggeren en (eventueel) aanbrengen ZBM.

Naast bovenstaande stappen dient ook de weg verwijderd te worden en opnieuw aangebracht te worden. Deze stappen vinden plaats aan het begin en einde van bovenstaand stappenplan. Tijdens de gehele uitvoeringsfase zal de weg buiten gebruik zijn.

Op basis van ervaring met eerdere deelgebieden is gekozen om eerste de bestaande wand te verwijderen alvorens de nieuwe damwand wordt aangebracht. Dit om het risico van scheefstand/instabiliteit van de nieuwe damwand als gevolg van het verwijderen van de bestaande damwand te voorkomen. Dit betekent dat er na het verwijderen van de bestaande damwand binnen 24 uur de nieuwe damwand ingebracht moet zijn.

De gording wordt in definitieve situatie bevestigd met behulp van de legverankering. De gording wordt over de legverankering heen geschoven en vervolgens vastgebout.

Voor het bevestigen van de verankering mag de ontlastsleuf gevuld worden tot aan onderzijde verankering NAP +10,0 m. De ontlastsleuf en verdere aanvullingen dienen goed verdicht te worden om grote zettingen te voorkomen.

Voor een visuele uitwerking van deze uitvoeringsfasering wordt verwezen naar tekening fasering variant 1B [T-3]. Bij deze uitvoeringsfasering wordt er voldaan aan eis SYS-0063, er is te allen tijde een functioneerde waterkering aanwezig.

Conform RBP eis 3.6.A worden er twee correctieve maatregelen genomen voor het verwijderen van de stalen bestaande damwanden, dit in verband met de slechte kwaliteit van de damwanden door corrosie. De correctieve maatregelen zijn:

1. Indien de damwand scheurt, wordt er een hydraulisch verlengstuk (75cm) op het trilblok gebruikt waarmee de damwand onder het gescheurede deel vastgepakt kan worden.
2. Indien het verwijderen van een dubbel damwandprofiel met maatregel 1 niet lukt, wordt een enkel damwandprofiel getrokken met behulp van een opgelaste stalen plaat (1000x250x10mm). Deze plaat wordt onder de waterlijn gelast in een bemaalde ontlastsleuf. Onder de waterlijn is de kwaliteit van de damwand beter doordat het minder onderhevig is aan corrosie.

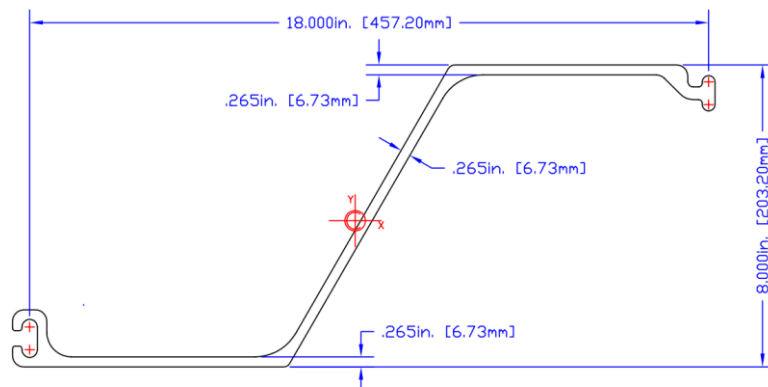
3.5 Damwand

In onderstaande tabel worden de specificaties van de toegepaste nieuwe damwandconstructie gegeven.

Tabel 3-1: Specificaties Damwand

Damwand	
Damwandprofiel	Superloc Sheet Piles – Series 1580
Bovenkant damwand	NAP +10,60 m
Inheidiepte	NAP +3,50 m

Er wordt zowel een damwandtype met polyester resin als met vinylester hars besteld. Onderstaande doorsnede eigenschappen worden gehanteerd.



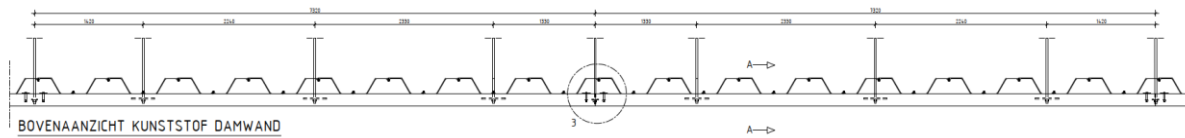
Figuur 3-3: Superloc - Series 1580

Tabel 3-2: Doorsnede-eigenschappen

	Polyester	Vinyl ester
Traagheidsmoment [mm ⁴ /m wand]	7375,52 · 10 ⁴	
Young's modulus sterkte [GPa]	22,96	22,51
Young's modulus stijfheid [GPa]	30,41	31,44
Doorsnede [mm ²]	4794	

3.6 Verankering

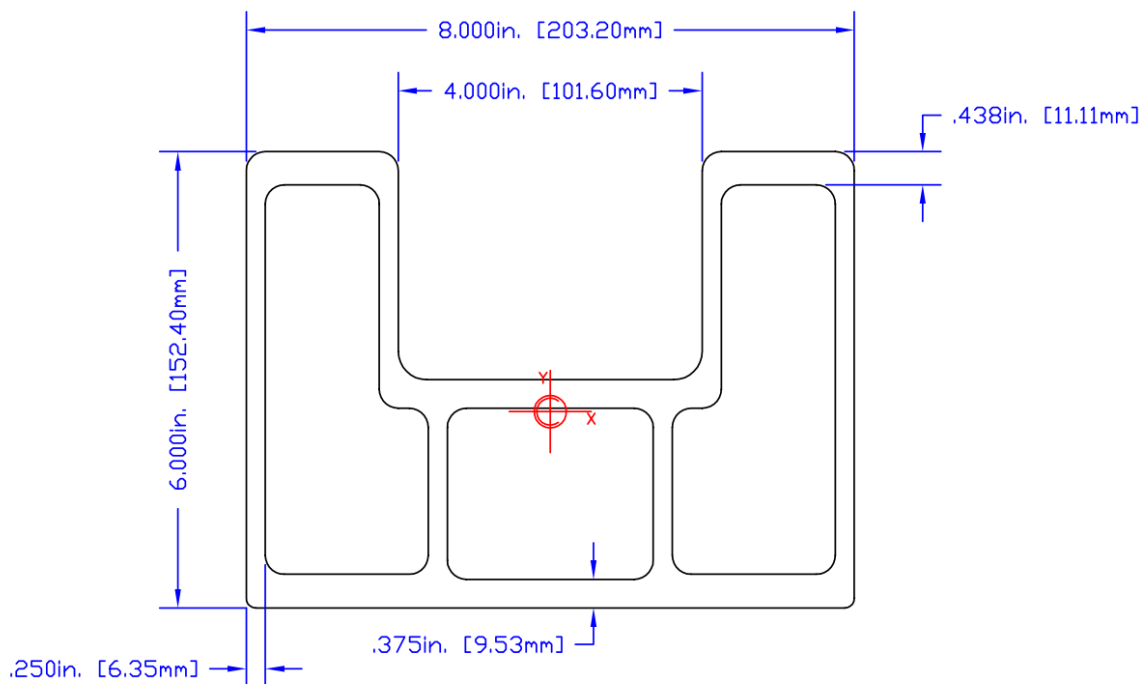
De verankering wordt gerealiseerd door middel van een leganker met ankerplaat. Het leganker is een GEWI staaf \varnothing 25 mm, met een lengte van 12,8 meter. Aan het uiteinde zit een betonnen ankerplaat met de afmetingen 1000 mm x 1000 mm. De dikte van de betonnen ankerplaat wordt bepaald door de leverancier van de ankerplaat. De verankering wordt aan de damwand bevestigd via de gording. De gording fungeert als ankerstoel en wordt dus ook getoetst op krachtsinleiding van het anker. Het GEWI anker wordt aan de voorzijde van de ankergording verbonden door middel van een ankerplaat (washerplate) 82 mm x 305 mm x 19 mm, deze worden standaard toegepast bij de kunststoffen gording. De verankering heeft een verspringende hart op hart afstand. Ter plaatse van de overgang van de gordingelementen zit de verankering om de 3 planken (=1,37 m), Over de doorgaande gording zit de verankering om de 5 planken (=2,29 m). Zie onderstaand figuur. De gemiddelde h.o.h. afstand is 1,83 m (4 planken).



Figuur 3-4: Ankerpatroon

3.7 Gording

Als gording wordt de Polyester SuperWale® zoals geleverd door Creative Composite Group gehanteerd, de doorsnede eigenschappen kunnen in onderstaand worden gevonden.



Figuur 3-5: Superloc SuperWale®

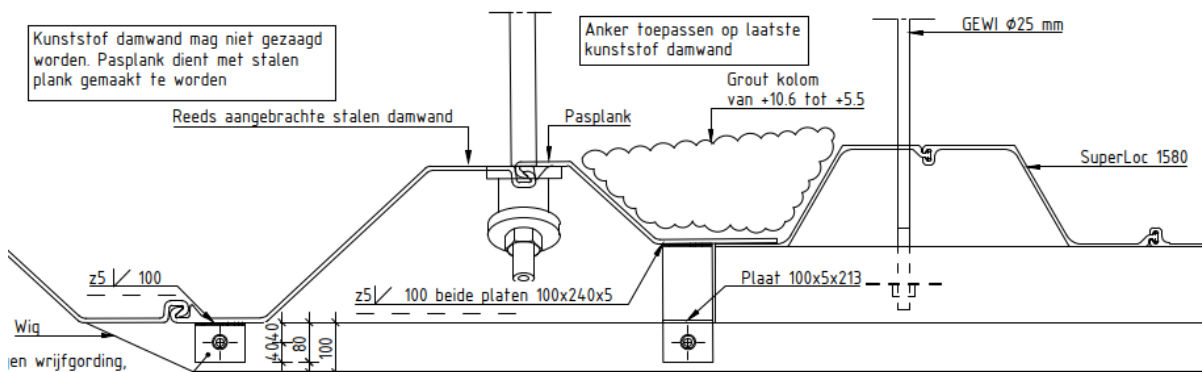
Tabel 3-3 Doorsnede-eigenschappen SuperWale® gording

Eigenschap	Waarde
Traagheidsmoment [mm ⁴ /m]	1,97*10 ⁷
Young's modulus sterkte [GPa]	21,8
Doorsnede [mm ²]	3160

3.8 Aansluitingen

Zowel aan de noord- als zuidzijde dient de kunststof damwand te worden aangesloten op een nieuwe stalen wand. Dit wordt gedaan conform onderstaande details. In het ontwerp van DG3 reguliere constructie is reeds rekening gehouden met de toekomstige aansluiting; het laatste anker van de stalen constructie is nog niet aangebracht. Om de aansluiting te maken wordt het volgende proces aangehouden:

- 1 Trekken stalen wand;
- 2 Plaatsen kunststof wand voor stalen wand;
- 3 Eventueel op maat maken stalen wand en terugplaatsen;
- 4 Aanbrengen verankering in stalen damwand;
- 5 Plaatsen groutkolom.



Figuur 3-6: Aansluiting Kunststof Damwand op Stalen damwand.

i.v.m. de aanwezigheid van de anker Gording aan de voorzijde van de kunststof wand wordt de kunststof wand voor de stalen wand geplaatst. De kunststof wand zal meer vervorming geven (17 mm) dan de stalen wand (4 mm), dit kan opgevangen worden door de grout kolom. Deze keuze is ook gemaakt omdat het ongewenst is als de kunststof damwand steunt op de stalen damwand en lokaal kan bezwijken/scheuren/breken.

Conform eis SYS-0187 dienen de aansluitingen tussen waterdoorlatende objecten ook water-on-doorlatend te zijn. Daarnaast moet er waar dat nodig is een aansluiting gemaakt worden tussen de damwand en het later aan te brengen ZBM. Dit wordt geborgd door middel van RBP-1.4.A.:

1. De damwandkassen schoon te maken. **Dit mag ten alle tijden niet gebeuren met een damwandschraper.** Daarna brengt van Heteren ZBM aan.
2. De ZBM-laagdikte in de proefvakken te inspecteren (met duiker en handboringen). Als blijkt dat ZBM niet betrouwbaar in de damwandkassen aangebracht kan worden, brengen wij vóór het ZBM een waterdichte laag van 10cm bentonietkorrels aan, in de volledige damwandkas tot 50cm uit het hart van de damwand.

In afwijking op RBP-1.4.A worden de composiet damwandkassen niet schoongemaakt met de damwandschraper. Het gebruik van de damwandschraper bij composiet materiaal levert een risico van beschadiging van de composiet planken op.

Het kunststof traject wordt pas geïnstalleerd na het plaatsen van de stalen trajecten. Hierdoor kan meteen de definitieve aansluiting worden gerealiseerd en hoeft er geen tijdelijke situatie te worden beschouwd.

3.9 Constructability

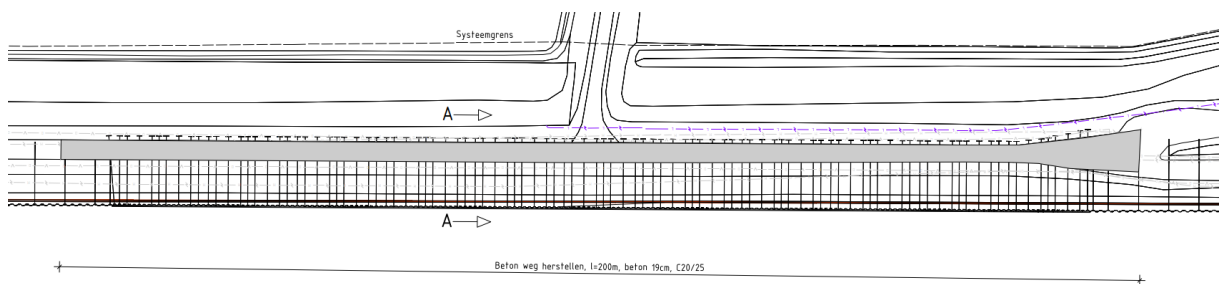
In deze paragraaf worden keuzes beschreven met betrekking tot constructability van het ontwerp. Deze keuzes zijn afgestemd tussen ontwerp en uitvoering tijdens tweewekelijkse constructability overleggen.

- De legverankering wordt aangelegd door middel van het graven van gleuven.
- Aansluiting tussen composiet en stalen damwand wordt gerealiseerd door een stalen pasplank te maken en geen composiet pasplank
- Bestaande damwand wordt eerst getrokken voordat nieuwe wand geplaatst wordt. Door het toepassen van deze fasering wordt voorkomen dat de nieuwe wand verzakt door het trekken van de oude plank.

Een verslag van het uiteindelijke constructability verslag is toegevoegd bij de referentiedocumenten.

3.10 Wegontwerp

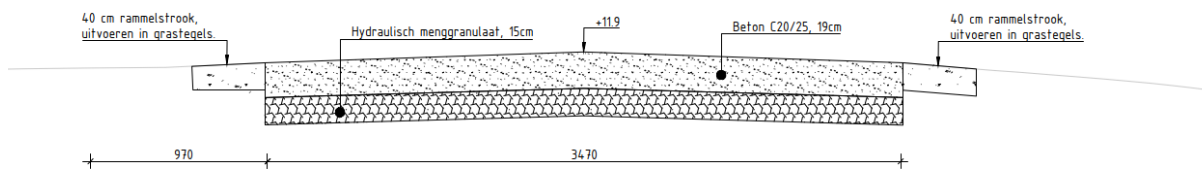
Vanwege de keuze voor het aanleggen van legankers door middel van een open ontgraving, dient de weg achter de damwanden over een lengte van ongeveer 200 meter opengeboken te worden. De nieuw aan te leggen weg is afgestemd/gevalideerd met de gemeente Almelo. De stukken hiervan kunnen worden gevonden in de meegeleverde referentiedocumenten. Voor het ontwerp van de weg is de NEN-EN 13877 van toepassing. De weg moet voorzien worden van een dilatatievoeg om maximaal 75 meter.



Figuur 3-7: Traject openbreken en vernieuwen weg

De wegoopbouw is als volgt:

- 19 cm beton C20/25;
- 15 cm hydraulisch menggranulaat;
- 1,5% afschot richting achterland.



Figuur 3-8: Wegopbouw

De breedte van de weg is 3,60 meter en is aan beide zijde voorzien van 60 cm bermbeton (20 cm glad en 40 cm geribbeld). Over het traject zijn twee snelheidsbeperkende maatregelen voorzien in de vorm van een drempel. Ter plaatse van de drempel is de beton constructie doorgezet over de breedte van 4,80 meter. Het volledige ontwerp is uitgewerkt op tekening OTK-TM-4.1.2-TEK-1014 [T-4].

4 Ontwerp

4.1 Modelling

De oeverconstructie is gemodelleerd in Plaxis 2D. De bestaande situatie met huidige damwanden, de bouwfase en de nieuwe situatie met de nieuwe verankerde damwanden zijn in de modellering en fasering meegenomen. Met de Plaxis berekening is de krachtsverdeling bepaald, de vervormingen gecontroleerd, stabiliteitscontrole en de controle op verticaal draagvermogen uitgevoerd.

Op basis van de bepaalde krachten in damwanden en ankers is de toetsing op capaciteit van damwanden uitgevoerd en de verankering ontworpen. Hierbij is het stappenplan conform CUR 166 aangehouden.

4.1.1 Berekeningsschema

De damwanden worden getoetst conform CUR166, waarbij het stappenplan voor EEM berekeningen wordt gevolgd.

Zowel de bouwfase als de eindfase wordt in de UGT-RC2 getoetst.

Het model wordt conform berekeningsschema B opgesteld. De verschillende rekenfasen worden met karakteristieke waarden (BGT) voor de grondparameters en belastingen doorgerekend. Er worden UGT berekeningen uitgevoerd waarbij een φ -c reductie wordt uitgevoerd met rekenwaarden voor de belasting, lage rekenwaarden voor de stijfheidsparameters en geometrische toeslagen voor deurende hoogte en de waterstanden.

Voor de UGT-situaties wordt rekening gehouden met de rekenwaardes van de parameters conform CUR166-deel 1, stap 3.

Voor de stijfheidsmoduli van de grond wordt conform CUR166 gerekend met:

- $E_{d;laag} = E_{k;laag} / 1,3$ (of $E_{d;laag} = E_{gem} / 2$);
- $E_{d;hoog} = E_{k;hoog} / 1,0$ (of $E_{d;hoog} = E_{gem} \times 1,5$);

De grondparameters zoals gegeven in de integrale uitgangspuntennota [1], bijlage 1 betreffen de laag-karakteristieke waardes van de stijfheden.

De rekenwaarde van de geometrie wordt in paragraaf 2.1.44.1.2 beschreven.

De rekenwaarde van de waterstanden wordt in paragraaf 2.1.34.1.4 beschreven.

Voor de bovenbelasting wordt conform CUR166-deel 1, tabel 3.7 een belastingfactor van 1,1 op de variabele belasting in rekening gebracht.

Voor de **eindfase** geldt:

RC2 conform CUR166: $\beta = 3,80$ (50 jaar)
 φ -c reductie 1,175 bij 50 jaar levensduur
(CUR166-deel 1, paragraaf 4.4)

Voor de kunststof damwanden mag uitgegaan worden van een levensduur van 30 jaar, echter is afgesproken dat dit niet geldt voor de verankering. Daarom is gekozen om hier voor de geotechnische parameters voor de gehele constructie 100 jaar aan te houden.

De kans op falen in 100 jaar is maximaal 2x zo hoog als de kans op falen in 50 jaar. Om veiligheid van de constructie op hetzelfde peil te houden moet voor een referentieperiode van 100 jaar een 2x zo lage kans op overschrijding worden gehanteerd als voor een periode van 50 jaar.

100 jaar levensduur: $\beta = 3,968$ (4,0 afgerond)
correctie op materiaalfactoren:

$$\begin{aligned} C': \quad \gamma_{m;corr,100 \text{ jr}} &= 1,032 \\ \varphi': \quad \gamma_{m;corr,100 \text{ jr}} &= 1,016 \end{aligned}$$

De correctiefactoren op de eindfase worden op de conform CUR166 voorgeschreven φ -c reductie van 1,175 voor RC2 (100 jaar) in rekening gebracht:

$$\varphi\text{-c} = 1,175 \times 1,016 = 1,194$$

Vanwege de onzekerheid m.b.t. het materiaal en inbrengen is gerekend met een φ -c van 1,20.

Voor de **bouwfase** geldt:

De kans op falen in 1 jaar is 50x zo laag als de kans op falen in 50 jaar. Om het gelijke veiligheidsniveau aan te houden kan voor een referentieperiode van 1 jaar een 50x zo hoge kans op overschrijding worden gehanteerd als voor een periode van 50 jaar.

1 jaar levensduur: $\beta = 2,686$

correctie op materiaalfactoren:

$$C': \quad \gamma_{m;corr,1 jr} = 0,84$$

$$\varphi': \quad \gamma_{m;corr,1 jr} = 0,92$$

De correctiefactoren voor de bouwfase worden op de conform CUR166 voorgeschreven φ -c reductie van 1,175 voor RC2 (1 jaar) in rekening gebracht:

$$\varphi-c = 1,175 \times 0,92 = 1,08$$

De stabiliteit in de bouwfase is alleen getoetst in combinatie met belastingsituatie 1. Voor de andere belastingsituaties is de bouwfase identiek.

Daarnaast wordt voor de controle op momenten en krachten in damwand en ankers een minimale waarde van 1,20 x representatieve waarde aangehouden.

4.1.2 Geometrie

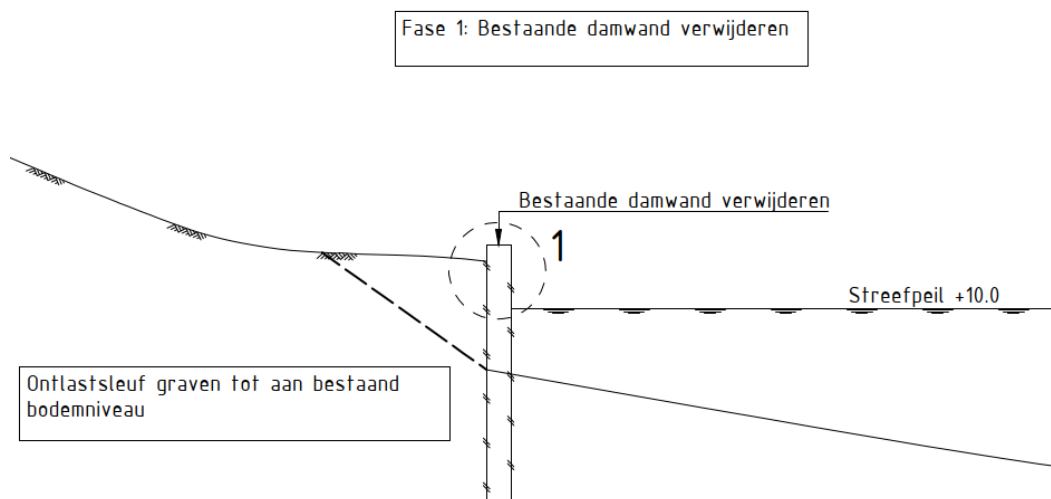
De maatgevende geometrie conform paragraaf 2.1.4 wordt aangehouden. In de UGT-situaties worden de toeslagen conform CUR166-deel 1 stap 3 aangehouden. Het bodemniveau wordt aan de passieve zijde verlaagd met de toeslag Δa op de kerende hoogte:

bij een verankerde wand: $\Delta a = 10\%$ van afstand tussen ankerniveau en het ontgravniveau, met max 0,50m

bij een vrijstaande wand: $\Delta a = 10\%$ van de wandhoogte boven het bodemniveau, met max 0,50m

4.1.3 Ontlastsleuf

Er wordt een ontlastsleuf toegepast om in de bouwfase de bestaande damwand te kunnen ontlasten, de bestaande damwand en verankering te kunnen verwijderen, en nieuwe damwanden, gordingen en verankering aan te kunnen brengen. De ontlastsleuf wordt gegraven tot het bestaand bodemniveau, zie onderstaand figuur.



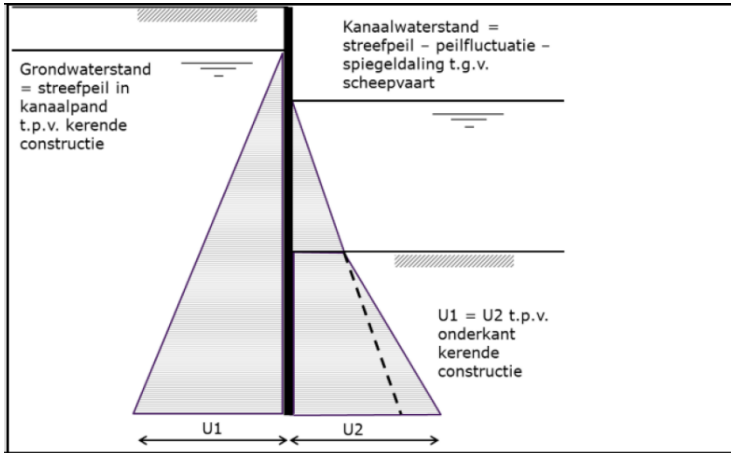
Figuur 4-1: Toepassing ontlastsleuf

De bestaande constructie is onverankerd. In de bouwfase wordt daarom geen doorkoppeling van verankering toegepast. In paragraaf 4.3.8 is aangetoond dat deze doorkoppeling niet benodigd is voor de stabiliteit gedurende de realisatiefase.

4.1.4 Grondwater en Waterstanden

Grondwaterstand

Conform de bij SYS-1041 gevoegde wordt voor de grondwaterstand het streefpeil in het kanaalpand aangehouden.



Figuur 4-2: Figuur bij SYS-1041, waterstandsverloop over kerende constructie, damwanden

In de UGT-situatie worden de toeslagen conform CUR166-deel 1 tabel 3.7 aangehouden. Hierin wordt een verhoging van de grondwaterstand aan de hoge zijde aangeven $\Delta a = +0,05\text{m}$, en een verlaging aan de lage zijde van $\Delta a = -0,25\text{m}$. Dit wordt ter vereenvoudiging in de modellering volledig $\Delta a = -0,30\text{m}$ aan de lage zijde van de damwand in rekening gebracht. Het verloop en nivellering van de waterstand wordt conform Figuur 4-2 volledig aan de passieve zijde in rekening gebracht tot onderzijde kerende constructie.

Tabel 4-1: Grondwaterstanden t.b.v. invoer modelleringen

	DG3
Streefpeil = gws representatief	NAP +10,00m
UGT gws	NAP +10,00m

Kanaalwaterstanden

Conform SYS-1041 geldt dat: de kanaalwaterstand = streefpeil – peilfluctuatie – spiegeldaling t.g.v. scheepvaart.

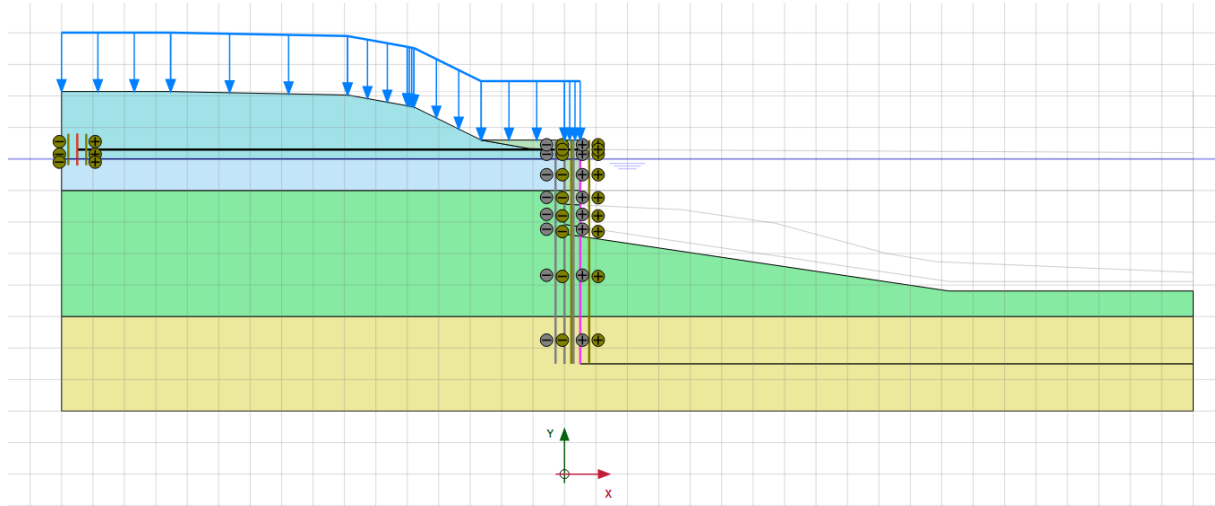
In de UGT-situatie worden de toeslagen conform CUR166-deel 1 tabel 3.7 aangehouden. Hierin wordt een verhoging van de grondwaterstand aan de hoge zijde aangeven $\Delta a = +0,05\text{m}$, en een verlaging aan de lage zijde van $\Delta a = -0,25\text{m}$. Dit wordt ter vereenvoudiging in de modellering volledig aan de lage zijde van de damwand in rekening gebracht als zijnde een verlaging van 0,30m.

Tabel 4-2: Kanaalwaterstanden

	DG3
Streefpeil	NAP +10,00m
Peilfluctuatie	+/- 0,1m
Spiegeldaling tgv scheepvaart	0,31m
Representatieve waarde kanaalwaterstand	NAP +9,59m
UGT kanaalwaterstand	NAP +9,29m

4.1.5 Plaxis Modelling en Invoer

In onderstaand figuur wordt het Plaxis model gepresenteerd voor het traject van de kunststof damwanden.



Figuur 4-3: Plaxis model

Invoergegevens Grondlagen en Parameters

De grondlaagindeling wordt conform paragraaf 2.1.2 2.1.22.1.2 aangehouden. De grondparameters worden beschreven in de geotechnische uitgangspunten, zie bijlage 1 in de Integrale Uitgangspuntennota.

Invoergegevens Damwanden

In onderstaande tabel zijn de invoergegevens van de damwanden in Plaxis gegeven.

Tabel 4-3: Invoergegevens damwanden

Bestaande damwand	DWU5400 ¹
b.k. damwand / puntniveau [m NAP]	+10,60 / +3,60
EA [kN/m]	$1,39 \cdot 10^6$
EI [kN/m ² /m]	8.261
Nieuwe damwand	
b.k. damwand [m NAP]	+10,60
Puntniveau	+3,50
EA [kN/m] ²	$110,3 \cdot 10^3$
EI [kNm ² /m] ²	1.520

¹DWU5400 aangehouden i.p.v. LPW 4.0 waarvan gegevens onbekend zijn

²Conform de documentatie van de leverancier [F] wordt er gerekend met een veiligheidsfactor van 0,9 op de elasticiteit.

Naast bovenstaande wordt gerekend met een R_{inter} van 0,5 op de nieuwe damwanden. Dit vanwege de onzekerheid van het inbrengen van de kunststof damwanden.

Input Ankerstaaf

In onderstaande tabel zijn de invoergegevens van de verankering van de trajecten in Plaxis gegeven.

Tabel 4-4: Invoer Verankeringsparameters Plaxis

Verankering	Traject 4+5
Type/benaming Anchors	GEWI Ø 25 mm
EA [mm]	84,24 · 10 ⁴
A.g.p. [NAP m]	+10,3
H.o.h.-afstand [m]	1,828
Staalkwaliteit	S460
Lengte [m]	12,8
Max. Voorspanning [kN]	10,0
Ankerscherm	
Hoogte [mm]	1000
Breedte [mm]	1000
Dikte [mm]	120
Materiaal	Beton C25/30
B.k. ankerscherm [m NAP]	10,80
A.g.p. [NAP m]	+10,3

4.1.6 Fasering Plaxis

De in Plaxis aangehouden fasering kan in onderstaande tabel worden gevonden.

Tabel 4-5: Aangehouden fasering Plaxis

Nr.	Benaming
0	Initiële situatie
1	Bestaande damwand = huidige situatie
2	Verwijderen bestaande damwand
3	Inbrengen Nieuwe Damwand
3A	Gebruiksfase UGT-E laag
3B	RC2 Controle bouwfase
4	Aanbrengen verankering
5	Aanvullen tot bovenzijde damwand
6	Baggeren
7	Gebruiksfase BGT
8A	Gebruiksfase UGT/E laag
8B	RC2 = phi-c reductie
9A	Gebruiksfase UGT/E hoog
9B	RC2 =phi-c-reductie

Voor de gebruikssituatie is ook een situatie beschouwd met bovenbelasting achter ankerscherm en bovenbelasting op de eerste 5,0 meter achter de damwand. Dit is maatgevend voor de ankerconstructie.

Daarnaast is er gekeken naar een situatie waarbij de anker Gording bezweken is. Hierbij is uitgegaan van een BGT-situatie met een bodemniveau van 1:6 en geen bovenbelasting. De oeverconstructie voldoet.

4.2 Analyses

4.2.1 Waterveiligheid

4.2.1.1 Eisen

Tabel 4-6 en Tabel 4-7 presenteren de eisen voor respectievelijk de gebruiksfase en realisatiefase ten aanzien van waterveiligheid. De bijhorende vigerende normering is het VTV2016 [K] met de leidraad LTV2015. [L]

Tabel 4-6: Eisen waterveiligheid gebruiksfase

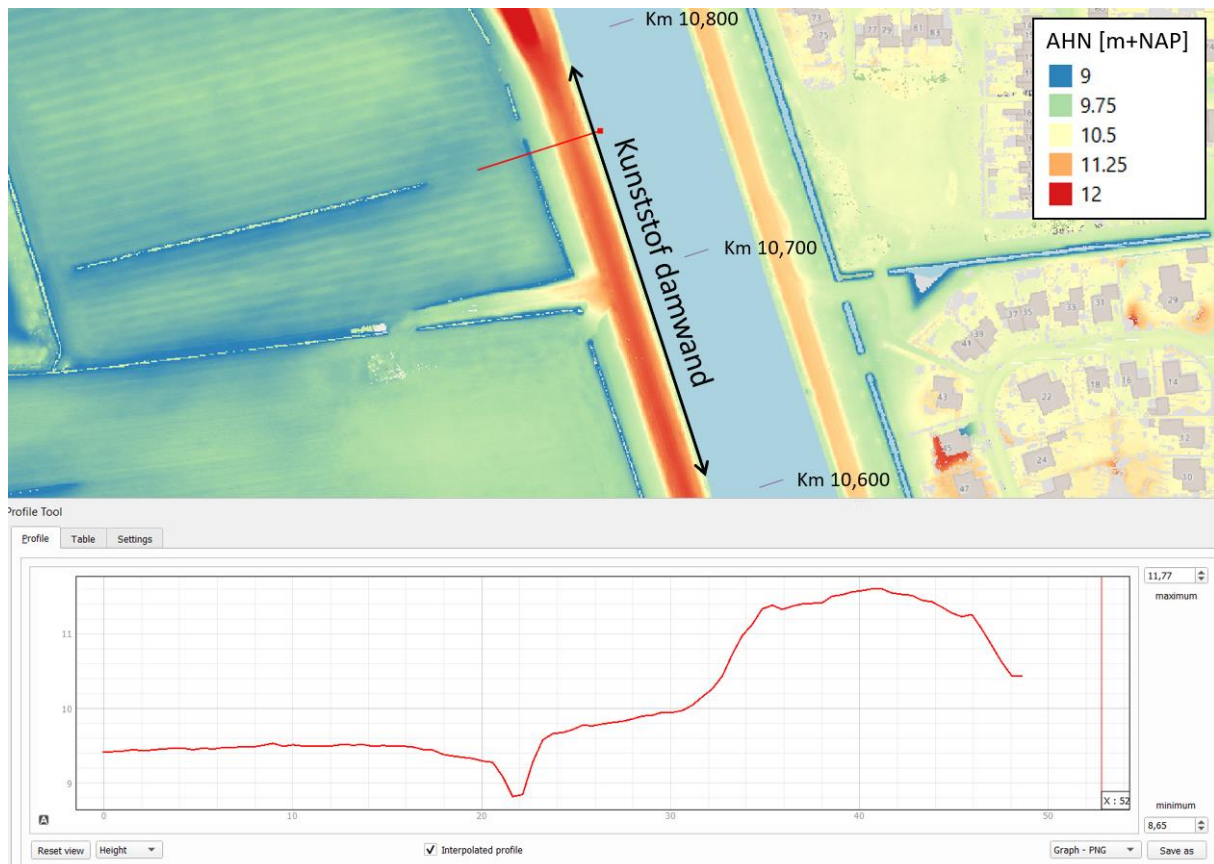
Eis	Eistitel	Eistekst
RBP-3.2A	Eén integraal PLAXIS ontwerp	Wij maken één integraal ontwerp in PLAXIS waarin we de volledige realisatie- en gebruiksfase modelleren en toetsen op waterveiligheid (STBU en STBI). Wij gebruiken de input vanuit M3.1AB om betrouwbaarheid van de berekeningen te garanderen. TP3.1
RBP-3.2B	Herijking n.a.v. toets waterveiligheid	Regionale Keringen Indien de periodieke toets (RWS) waterveiligheid Regionale Keringen zes weken voor eind DO beschikbaar is, voeren wij een herijking uit. Eventuele discrepanties tussen onze analyse en de toets Waterveiligheid maken wij inzichtelijk en bespreekbaar. Indien de toets Waterveiligheid oordeelt dat aanvullende risicogebieden aanwezig zijn, maken wij de toets Waterveiligheid van RWS leidend in ons ontwerp van de bouwfase en nemen hiervoor mitigerende maatregelen (Voorbeeld discrepantie: een ander inzicht in relatie tot de piping gevoelige locaties vanwege de bodemopbouw).
SYS-0006	Kanaal - Niet-primaire waterkeringen: toetsspoor macrostabiliteit buitenwaarts	Het Kanaal dient, ter plaatse van niet-primaire waterkeringen, voor het toetsspoor "macrostabiliteit buitenwaarts" water te keren met veiligheidsnorm 1/100 per jaar.
SYS-0007	Kanaal - Niet-primaire waterkeringen	Het Kanaal dient, ter plaatse van niet-primaire waterkeringen, voor alle sporen anders dan "macrostabiliteit buitenwaarts" ten minste hetzelfde veiligheidsniveau te hebben als in de aanvangssituatie.

Tabel 4-7: Eisen waterveiligheid realisatiefase

Eis	Eistitel	Eistekst
RBP-3.2A	Eén integraal PLAXIS ontwerp	Wij maken één integraal ontwerp in PLAXIS waarin we de volledige realisatie- en gebruiksfase modelleren en toetsen op waterveiligheid (STBU en STBI). Wij gebruiken de input vanuit M3.1AB om betrouwbaarheid van de berekeningen te garanderen. TP3.1
SYS-0098	Kanaal - Waarborgen waterveiligheid realisatiefase	Het Kanaal dient tijdens de realisatie de waterveiligheid te waarborgen bij een waterstand van maximaal NAP +10,1 m voor de Zijtak naar Almelo, NAP+16,1 m voor pand Delden-Hengelo en NAP +25,1 m voor pand Hengelo-Enschede.
SYS-0110	Kanaal - Hoogwater tijdens realisatiefase	Kanaal dient de waterveiligheid te waarborgen door middel van noodmaatregelen in geval van verwacht hoog water.

4.2.1.2 Situatie

Het achterland (westzijde) ter plaatse van de geplande kunststof damwand bevindt zich tussen NAP +9,5 m en NAP +9,75 m, zie Figuur 4-4. Tevens is in Figuur 4-4 het maatgevend dwarsprofiel gegeven waar sprake is van een lokale laagte in kruin en achterland. De kruinbreedte is circa 10 m.



Figuur 4-4: Hoogtes binnen het traject met maatgevend dwarsprofiel

Voor de gebruiksfase is een toename van waterveiligheidsrisico's uitgesloten:

- De geometrie van het grondlichaam blijft gelijk qua hoogte en neemt in buitenwaartse richting toe in breedte (maximaal 0,5 m). Hiermee is de situatie ten aanzien van de waterveiligheid in de gebruiksfase beter dan de aanvangssituatie en wordt er voldaan aan eis SYS-0007 en RBP-3.2B.
- Ten aanzien van de macrostabiliteit buitenwaarts wordt de situatie verbeterd, omdat er nieuwe damwanden worden geïnstalleerd, welke gedimensioneerd zijn op een norm van 1/100. Dit is aangetoond met behulp van een integraal Plaxis model. Hiermee wordt voldaan aan eis SYS-0006 en RBP-3.2A.
- Ten aanzien van de bodemwerkzaamheden blijft het veiligheidsniveau gelijk. Door het toepassen van ZBM wordt de doorlatendheid van de bodem niet groter dan in de aanvangssituatie. Hiermee wordt tevens voldaan aan eis SYS-0007 en RBP-3.2B.

Voor de realisatiefase zijn de risico's en maatregelen hieronder nader uitgewerkt.

4.2.1.3 Fasering

Voor uitvoeringsfasering 1B worden de volgende stappen gehanteerd:

1. Aanbrengen ontlastsleuf tot huidig bodemniveau;
2. Bestaande damwand verwijderen;
3. Aanbrengen nieuwe damwand voor bestaande (binnen 24 uur na verwijderen bestaande wand);
4. Sleuven graven ten behoeven van aanbrengen legverankering;
5. Aanbrengen legverankering inclusief ankerschotten;
6. Gording bevestigen;
7. Aanvullen tot bovenstaande damwand (NAP+10,6 m);
8. Verankering afspannen;
9. Baggeren en (eventueel) aanbrengen ZBM.

4.2.1.4 Analyse waterveiligheid per faseringsstap

1. Aanbrengen ontlastsleuf tot huidig bodemniveau

In deze faseringsstap is het faalmechanisme hoogte relevant. Het aanbrengen van de ontlastsleuf zal niet leiden tot een afname van de kruinhoogte van de waterkering. Hiermee is er geen verslechtering ten aanzien van het faalmechanisme hoogte en dus is de waterveiligheid geborgd in deze faseringsstap.

2. Bestaande damwand verwijderen

In deze faseringsstap zijn de faalmechanismen hoogte, piping en stabiliteit buitenwaarts relevant.

Wat betreft het faalmechanisme hoogte, bij het verwijderen van de damwand wijzigen de dimensies van het grondlichaam van de waterkering niet. Hiermee is er geen verslechtering ten aanzien van het faalmechanisme hoogte.

Wat betreft het faalmechanisme piping, bij het verwijderen van de damwand neemt het risico op piping mogelijk toe tot de nieuwe damwand wordt aangebracht (faseringsstap 3), dit gebeurt binnen 24 uur. Hiervoor zijn beheersmaatregelen voorgeschreven, zie paragraaf 4.2.1.5.

Wat betreft het faalmechanisme stabiliteit buitenwaarts, door de aangebrachte ontlastsleuf is het risico op instabiliteit buitenwaarts geborgd. Dit is aangetoond met een Plaxis berekening (RBP-3.2A). Wel dienen maatregelen te worden getroffen indien vervormingen of scheuren in het dijklichaam tijdens de fasering worden aangetroffen tot de legankers in functie treden (faseringsstap 8), zie paragraaf 4.2.1.5.

3. Aanbrengen nieuwe damwand voor bestaande (binnen 24 uur na verwijderen bestaande wand)

In deze faseringsstap is het faalmechanisme instabiliteit buitenwaarts relevant. Vanwege de aangebrachte ontlastsleuf is de stabiliteit van het buitentalud geborgd. Wel dienen maatregelen te worden getroffen indien vervormingen of scheuren in het dijklichaam tijdens de fasering worden aangetroffen tot de legankers in functie treden (faseringsstap 8), zie paragraaf 4.2.1.5.

4. Sleuven graven ten behoeve van aanbrengen legverankering

In deze faseringsstap is het faalmechanisme hoogte en instabiliteit buitenwaarts relevant.

Wat betreft het faalmechanisme hoogte, voor het aanbrengen van de legankers wordt de waterkering deels ontgraven ten behoeve van een werkplateau/werksleuven. Tijdens de realisatiefase dient de waterveiligheid geborgd te zijn bij maximale kanaalwaterstand van NAP +10,1 m (conform SYS-0098) en in geval van verwacht hoog water door middel van noodmaatregelen (conform SYS-0110). Belangrijker is de vereiste waakhoogte is 0,3 m (conform VTV2016). Samen met de bovenkanthoogte van de nieuwe damwand geeft dit een kritische kanaalwaterstand van $10,6 - 0,3 = 10,3 \text{ m} + \text{NAP}$. Kortom, de nieuwe damwand borgt de kerende hoogte voor kanaalwaterstanden lager dan $10,3 \text{ m} + \text{NAP}$. Indien waterinstroming tussen de planken zorgt voor erosie of in geval van verwacht hoogwater ($>10,3 \text{ m} + \text{NAP}$) dient een maatregel te worden getroffen tot het herstellen van het huidige profiel (faseringsstap 7), zie paragraaf 4.2.1.5.

Wat betreft het faalmechanisme stabiliteit buitenwaarts, vanwege de aangebrachte ontlastsleuf is de stabiliteit van het buitentalud geborgd. Wel dienen maatregelen te worden getroffen indien vervormingen of scheuren in het dijklichaam tijdens de fasering worden aangetroffen tot de legankers in functie treden (faseringsstap 8), zie paragraaf 4.2.1.5.

5. Aanbrengen legverankering inclusief ankerschotten

In deze faseringsstap is geen wijziging in risico ten opzichte van faseringsstap 4.

6. Gording bevestigen

In deze faseringsstap is geen wijziging in risico ten opzichte van faseringsstap 4.

7. Aanvullen tot bovenkant damwand (NAP+10,6 m)

In deze faseringsstap is instabiliteit buitenwaarts relevant. Vanwege de aangebrachte ontlastsleuf is de stabiliteit van het buitentalud geborgd. Wel dienen maatregelen te worden getroffen indien vervormingen of scheuren in het dijklichaam tijdens de fasering worden aangetroffen tot de legankers in functie treden (faseringsstap 8), zie paragraaf 4.2.1.5.

8. Baggeren en aanbrengen ZBM

In deze faseringsstap is het faalmechanisme piping relevant. Het risico op piping neemt toe vanaf het begin van de baggerwerkzaamheden tot en met het aanbrengen van ZBM. De bodemweerstand neemt hier tijdelijk af, waardoor het risico op piping mogelijk toeneemt. Voor deze risicovolle faseringsstap zijn beheersmaatregelen voorgeschreven, zie paragraaf 4.2.1.5.

4.2.1.5 Beheersmaatregelen

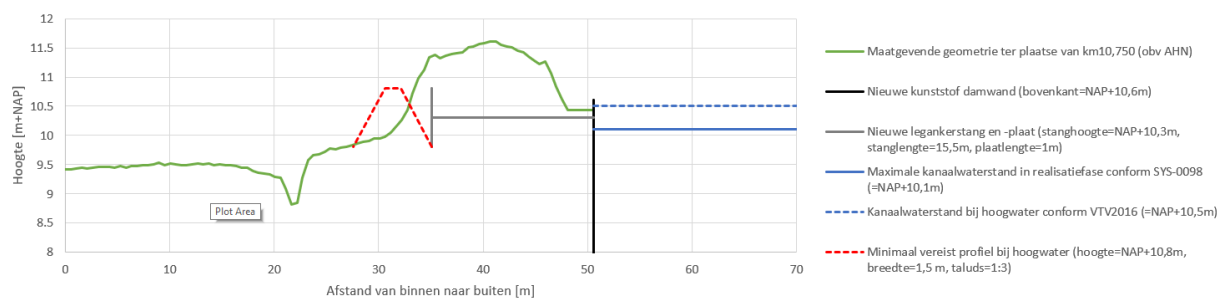
De beheersmaatregelen ten aanzien van de hierboven beschreven risico's bij de faalmechanismen hoogte, piping en buitenwaartse instabiliteit zijn hieronder uitgewerkt.

Hoogte

- **Risico:**
Voor de westoever tussen km 10,610 en km 10,790 (gehele traject) is vanaf het moment van sleuven graven ten behoeve van het aanbrengen legverankering tot het aanvullen (herstellen van het huidige profiel), sprake van risico indien waterinstroming tussen de planken zorgt voor erosie of in geval van verwacht hoogwater (>10,3 m+NAP).
- **Noodmaatregel:**
Indien waterinstroming tussen de planken zorgt voor erosie of in geval van verwacht hoogwater (>10,3 m+NAP) dient de volgende noodmaatregel te worden getroffen bij de hierboven aangegeven risicovolle faseringen en kilometrering, namelijk het borgen van een minimaal vereist profiel met de volgende geometrische eigenschappen:
 - NAP +10,8 m kruinhoogte¹;
 - 1,5 m kruinbreedte;
 - 1:3 taluds.

In Figuur 4-5 is het minimaal vereist profiel tegen de ankerplaat aangezet tot waar de ontgraving zal plaats vinden. Te zien is dat hierbij onvoldoende grondlichaam resteert voor het minimaal vereist profiel. Hiertoe dient voldoende materiaal (grond) en materieel aanwezig te zijn in geval van een verwacht hoogwater om dit minimaal vereist profiel aan te brengen.

¹ = NAP +10,5 m (toetspeil conform VTV2016) + 0,3 m (minimale waakhoogte conform VTV2016)



Figuur 4-5: Maatgevend profiel uit Figuur 4-4 en minimaal vereist profiel ingetekend tegen de ankerplaat

Piping

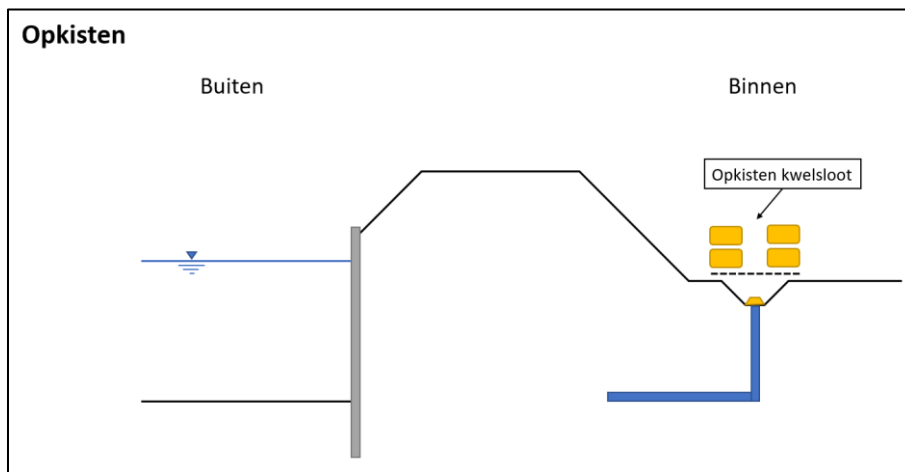
- **Risico:**
 Voor de westoever tussen km 10,610 en km 10,790 (gehele traject) neemt het risico op piping toe:
 - vanaf het moment van verwijderen van de bestaande damwand tot en met het aanbrengen van de nieuwe damwand;
 - vanaf de start van de baggerwerkzaamheden tot en met het aanbrengen van ZBM.

- **Monitoringsactiviteit:**
 Vindt plaats op de hierboven aangegeven risicovolle faseringen en kilometering. Vanuit het RBP wordt het schouwen van de kwel sloten voorgeschreven als monitoringsactiviteit ten aanzien van piping. Deze monitoringsactiviteit wordt behandeld in het monitoringsplan waterveiligheid en hieronder kort toegelicht:
 - De visuele inspectie vindt plaats op de hierboven aangegeven risicovolle faseringen en kilometering. De inspectie vindt plaats ter plaatse van de werkzaamheden tot een afstand van 50 m in de lengterichting van het kanaal. Gedurende de risicovolle werkzaamheden wordt een frequentie van 4 uur voorgeschreven net als bij dijkbewaking tijdens een hoogwater. Praktisch komt dit neer op 's ochtends voor de start van de werkzaamheden, 's middags in de lunchpauze en 's avonds na het stoppen van de werkzaamheden;
 - De visuele inspectie betekent dat een uitvoerder de kwel slot controlleert en visueel inspecteert op zandmeevoerende wellen. Zandmeevoerende wellen zijn gekarakteriseerd als een verticale stroming in de kwel slot die zanddeeltjes meeneemt. In het veld is dit te zien als een rond gat waarin water naar boven stroomt, omringd door een zandlaag.
 - Indien een zandmeevoerende wel is waargenomen rapporteert hij dit schriftelijk door de tijd, locatie, foto's en omschrijving (aantal, afmetingen, waterstroming, zandstroming) van de wel vast te leggen. Tevens worden onderstaande correctieve maatregelen getroffen na afstemming met de teamleider Survey.

- **Correctieve maatregel:**
 De correctieve maatregel is het opkisten van de zandmeevoerende wel met een zandkerend doek verzaamd met zandzakken, zie Figuur 4-6 en Figuur 4-7. De procedure van het opkisten van een zandmeevoerende wel is als volgt. Een zandkerend doek wordt over de wel geplaatst, zodanig dat deze 2 m aan alle randen doorsteekt. Op het zandkerend doek en rond de wel wordt een muur gebouwd van zandzakken, zodanig dat het water kan blijven uitstromen en het zandtransport tot stilstand komt. Hierop dient de opkisting met een frequentie van 4 uur te worden gecontroleerd ('s ochtends, 's middags en 's avonds).



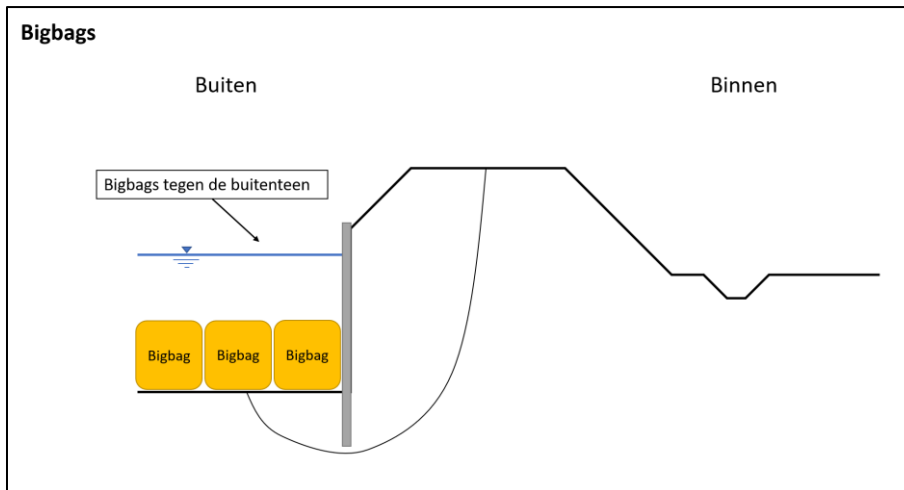
Figuur 4-6: Schematische weergave (links) en praktijkvoorbeeld (rechts) van opkisten van zandmeevoerende wiel (Bron: <https://v-web002.deltares.nl/>)



Figuur 4-7: Toepaslocatie van de correctieve maatregel 'opkisten'

STBU

- 2 Risico:
Vanwege de aangebrachte ontlastsleuf is de stabiliteit van het buitentalud geborgd. Wel dient een correctieve maatregel te worden getroffen indien vervormingen of scheuren in het dijklichaam tijdens de fasering worden aangetroffen tot de legankers in functie treden, zie hieronder. Voor de westoever tussen km 10,610 en km 10,790 (gehele traject) neemt het risico op STBU toe vanaf het moment van verwijderen van de bestaande damwand tot dat de nieuwe verankering de stabiliteit borgt.
- 3 Correctieve maatregel:
De waterkering kan tijdelijk correctief worden versterkt door plaatsing van bigbags tegen de buitenteen van de constructie, zie Figuur 4-8. Er worden drie rijen bigbags aangebracht 5 m en na gemeten vervorming. De rijen liggen tegen elkaar aan.



Figuur 4-8: Toepaslocatie van de correctieve maatregel 'bigbags tegen de buitenteen'

4.2.1.6 Afgeleide eisen

Onderstaande afgeleide eisen zijn een samenvatting van voorgaande analyse.

Tabel 4-8: Afgeleide eisen waterveiligheid

Titel	Eistekst	Bovenliggende eis
Risicobeheersing van hoogte tijdens de realisatiefase bij oeverconstructies in Deelgebied 3 Kunststof Damwanden	<p>Tijdens de realisatie van de oeverconstructies in Deelgebied 3 Kunststof Damwanden dient het risico op hoogte te worden beheerst door een noodmaatregel, conform het monitoringsplan waterveiligheid.</p> <p>Voor de westoever tussen km 10,610 en km 10,790 (gehele traject), vanaf het moment van sleuven graven ten behoeve van het aanbrengen legverankering tot het aanvullen (herstellen van het huidige profiel), dient de volgende noodmaatregel te worden getroffen indien waterinstroming tussen de planken zorgt voor erosie of erhoogwater (>10,3 m+NAP) is verwacht: het aanbrengen/borgen van een minimaal vereist profiel met de volgende geometrische eigenschappen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 4 NAP +10,8 m kruinhoogte ; 5 1,5 m kruinbreedte; 6 1:3 taluds. <p>Er dient voldoende materiaal (grond) en materieel aanwezig te zijn in geval van een verwacht hoogwater om dit minimaal vereist profiel aan te brengen.</p>	RBP-3.2.J; SYS-0095; SYS-0110
Risicobeheersing van piping tijdens de realisatiefase bij oeverconstructies in Deelgebied 3 Kunststof Damwanden	<p>Tijdens de realisatie van de oeverconstructies in Deelgebied 3 Kunststof Damwanden dient het risico op piping te worden beheerst door monitoring en correctieve maatregelen, conform het monitoringsplan waterveiligheid.</p> <p>Monitoring dient plaats te vinden tussen km 10,610 - km 10,790 (westoever):</p> <ul style="list-style-type: none"> • vanaf het moment van verwijderen van de bestaande damwand tot en met het aanbrengen van de nieuwe damwand; • vanaf de start van de baggerwerkzaamheden tot en met het aanbrengen van ZBM. 	RBP-3.2.I; RBP-3.2.J; SYS-0095; SYS-0110

	<p>Verder dient monitoring plaats te vinden ter plaatse van de risicovolle werkzaamheden tot een afstand van 50 m in de lengterichting van het kanaal.</p> <p>De monitoringsactiviteit is het schouwen van de kwel-sloten vanaf het begin van het baggeren tot het na het aanbrengen van bodembescherming. Het schouwen van de kwelsloot dient te worden uitgevoerd met een frequentie van 4u ('s ochtends, 's middags en 's avonds).</p> <p>Indien een zandmeevoerende wel is waargenomen dient de correctieve maatregel opkisten met een zandkerend doek (TenCate Polyfelt TS65 F-6) en zandzakken te worden toegepast. De correctieve maatregel dient te worden gecontroleerd met een frequentie van 4u ('s ochtends, 's middags en 's avonds).</p>	
Risicobeheersing van STBU tijdens de realisatiefase bij oeverconstructies in Deelgebied 3 Kunststof Damwanden	<p>Tijdens de realisatie van de oeverconstructies in Deelgebied 3 Kunststof Damwanden dient het risico op buitenwaartse instabiliteit (STBU) te worden beheerst door correctieve maatregelen.</p> <p>De damwanden dienen ontlast te zijn met een ontlastsleuf. Indien vervormingen en scheuren in het dijklichaam worden waargenomen dienen drie tegen elkaar aanliggende rijen bigbags worden tegen de buitenteen, 5 m voor tot 5 m na de waargenomen vervormingen en scheuren.</p>	RBP-3.2.I; RBP-3.2.J; SYS-0095; SYS-0110

4.2.2 Geohydrologie

Voor de grondwater beïnvloedende werkzaamheden zoals daar waar bodembescherming dient te worden aangelegd en waar damwanden dienen te worden vervangen zijn geohydrologische eisen gesteld. Tijdens de uitvoering van deze werkzaamheden kunnen effecten op de grondwaterstanden in de omgeving optreden door een toename van kwel of infiltratie, omdat de waterkerende functie van de oever of de kanaalbodem tijdelijk wordt verminderd.

Na uitvoering van de werkzaamheden moet de waterkerendheid weer worden hersteld, waarbij de hydraulische weerstand van de afzonderlijke onderdelen minimaal 120 dagen dient te bedragen (SYS-0282).

De verantwoordelijkheid voor de optredende effecten op de grondwaterstanden door de uitvoering van bodemwerkzaamheden (baggeren voor het verkrijgen van het vaarwegprofiel en de aanleg van ZBM) en het vervangen van damwanden ligt bij de OG.

De verantwoordelijkheid voor de optredende effecten op de grondwaterstanden door de uitvoering van oeverwerkzaamheden is vastgelegd in eis SYS-0093. De verwijderde damwanden dienen binnen 5 dagen herplaatst te zijn.

Conform eis SYS-0187 dienen De aansluitingen tussen waterondoorlatende objecten waterondoorlatend te zijn. De aansluitingen zijn beschreven in paragraaf 3.8. De details van de aansluitingen zullen worden uitgewerkt in het uitvoeringsontwerp van dit deelgebied.

4.3 Resultaten

4.3.1 Belastingen

In de onderstaande tabellen wordt een overzicht gegeven van de maatgevende resultaten. Deze resultaten worden in de navolgende paragrafen getoetst.

Tevens is er een beschouwing gemaakt van het mogelijke effect van zakkende grond en bovenbelasting (10 kPa) op de ankers, cf. CUR166, hierbij is uitgegaan van een conservatieve zetting van 5 cm. Er wordt niet opgehoogd t.o.v. de huidige situatie, daarnaast bevindt zich slechts één slappe laag (klei) met een dikte van 1,0 meter. Over 30 jaar treedt hier een kruip op van $0,012 \cdot 1,0 \cdot \text{Log}(30 \cdot 365) = 0,046$ meter. De maximale extra ankerkracht met deze zetting en bovenbelasting bedraagt 2,1 kN/anker of 1,1 kN/m. De volledige beschouwing kan worden gevonden in bijlage 6.

Tabel 4-9: Samenvatting maatgevende resultaten

Traject		BGT	UGT (ϕ -c reductie)	UGT (1,2 x BGT)
M_{\max}	[kNm/m']	10,3	12,3	12,4
V_{\max}	[kN/m']	14,3	18,1	17,2
N_{\max}	[kN/m']	18,5	20,0	22,2
$D_{\text{horizontaal}}$	[mm]	13,0	NVT	NVT
$F_{a, \max}$	[kN/anker]	29,7	41,1	35,6
h.o.h.-afstand ankers	[m]	1,828		

4.3.2 Veiligheidsfilosofie capaciteit

Voor de capaciteit van de kunststof damwanden wordt de informatie zoals aangeleverd door de leverancier gehanteerd (zie bijlage 3). In de brochure worden veelal karakteristieke waarden opgegeven of rekenwaarden die bepaald zijn met behulp van LRFD. Onderstaand wordt de veiligheidsfilosofie van de kunststofcapaciteit behandeld conform LRFD en CUR96. De toetsing zal gedaan worden conform CUR96. De LRFD wordt behandeld zodat duidelijk is hoe vanuit de leverancier opgegeven rekenwaarden worden teruggerekend naar karakteristieke waarden.

Factoren conform LRFD

De voorgeschreven veiligheidsfactoren cf. LRFD zijn:

- Tijdeffectfactor ($\lambda_{\text{permanente belasting}}$) = 0,4 (LRFD, Time effect factor, conform tabel 2.3-1);
- Tijdeffectfactor (variabele belasting) = 0,8 (LRFD, Time effect factor, conform tabel 2.3-1);
- Weerstandsfactor (Φ_1) = 0,65 (LRFD, art 5.2.2, Resistance factor, For failure of members due to rupture of the material in tension or compression in the flanges or webs of members);
- Weerstandsfactor (Φ_2) = 0,8 (LRFD, art 5.2.3, Resistance factor, for failure due to local instability in the flanges or webs of members as a result of buckling due to in-plane compressive stresses);
- Weerstandsfactor (Φ_3) = 0,70 (LRFD, art 5.2.4, Resistance factor, for failure of the entire section due to global lateral-torsional instability due to compressive stresses);
- Weerstandsfactor (Φ_4) = 0,65 (LRFD, art 5.2.2, Resistance factor, for failure of members due to rupture of the material due to shear stresses);
- Weerstandsfactor (Φ_5) = 0,80 (LRFD, art 5.2.3, Resistance factor, for failure of members due to instability of the webs due to shear stresses);
- Vochtigheidsfactor ($C_{M, \text{sterkte}}$) = 0,8 (LRFD: Moisture condition factor, sterkte);
- Vochtigheidsfactor ($C_{M, \text{E-modulus}}$) = 0,9 (LRFD: Moisture condition factor, E-modulus (toe te passen als de stijfheid de sterkte beïnvloed));

Factor conform CUR96

Vezelversterkt kunststof (VVK) kent een afname van sterkte en stijfheid onder invloed van water. De afname van sterkte en stijfheid is een langzaam en deels onomkeerbaar proces. De resistentie van VVK tegen water wordt in eerste instantie bepaald door de hars. Isophtaalzuur gebaseerde polyester en vinylester harsen zijn in het algemeen goed bestand tegen water en gangbare concentraties van in het oppervlaktewater voorkomende stoffen.

Rekenwaarde van de weerstand

CUR96, 2.4.3: De rekenwaarde van de weerstand R_d moet worden berekend uit:

$$R_d = \frac{\eta_c \cdot R_k}{\gamma_M}$$

η_c = Conversiefactor, zie paragraaf 3.21.6
 R_k = De karakteristieke waarde van de specifieke weerstand, bepaald met de karakteristieke waarden van de materiaaleigenschappen en de afmetingen; zie paragraaf 3.19
 γ_M = partiële materiaalfactor, zie paragraaf 3.20

Materiaalfactoren

De materiaalfactoren zijn bepaald met behulp van CUR-aanbeveling 96 "Vezelversterkte kunststoffen in civiele draagconstructies". Deze materiaalfactoren brengen de afwijkingen in geometrie, model-onzekerheden en onzekerheden in de sterkte-eigenschappen in rekening. De totale materiaalfactor welke van toepassing is bij een betreffende toets, is als volgt gedefinieerd.

$$\gamma_m = \gamma_{m,1} \cdot \gamma_{m,2}$$

In deze uitwerking wordt uitgegaan van het volgende:

- 7 de materiaaleigenschappen zijn bepaald aan de hand van testen;
- 8 productieproces en eigenschappen van het VVK met $V_x \leq 0,10$;

Op basis hiervan zijn de materiaalfactoren bepaald. In de volgende tabel zijn de materiaalfactoren weergegeven.

Tabel 4-10 Materiaalfactoren

Toets	Situatie	γ_{m1}	γ_{m2}	γ_m
SLS	alle	1,00	1,00	1,00
ULS sterkte	fundamenteel	1,15	1,20	1,38
	buitengewoon	1,15	1,00	1,15
ULS lokale stabiliteit	fundamenteel	1,15	1,40	1,61
	buitengewoon	1,15	1,20	1,38
ULS globale stabiliteit	fundamenteel	1,15	1,35	1,55
	buitengewoon	1,15	1,15	1,32

Conversiefactoren

De conversiefactoren zijn bepaald met behulp van CUR-aanbeveling 96 "Vezelversterkte kunststoffen in civiele draagconstructies". Deze factoren brengen de verschillende effecten ten gevolge van temperatuur, vocht, kruip en vermoeiing in rekening voor het materiaal.

$$\eta_c = \eta_{ct} \cdot \eta_{cm} \cdot \eta_{cv} \cdot \eta_{cf}$$

η_{ct} = conversiefactor voor temperatuur;
 η_{cm} = conversiefactor voor vocht;
 η_{cv} = conversiefactor voor kruip;
 η_{cf} = conversiefactor voor vermoeiing.

Tabel 4-11 In rekening te brengen conversiefactoren huidige CUR96

Conversiefactor	Sterkte [ULS]	Stabiliteit [ULS]	Vermoeiing [ULS]	Kruip [SLS]	Doorbuiging [SLS]	Comfort/trilling [SLS]	Beschadiging [SLS]
γ_{ct} =temperatuur	X	X	X		X	X	X
γ_{cm} =vocht	X	X	X		X	X	X
γ_{cv} =kruip (1)	X	X			X		X
γ_{cf} =vermoeiing (2)		X			X	X	X

¹ De conversiefactor voor kruipeffecten hoeft alleen voor het langeduur gedeelte van de belasting te worden toegepast.

² De conversiefactor voor vermoeiingseffecten hoeft alleen voor stijfheidgerelateerde grenstoestanden te worden toegepast.

³ De bruikbaarheidsgrenstoestand trillingen moet zowel met als zonder de conversiefactoren voor temperatuuffecten, vochteffecten en vermoeiingseffecten getoetst te worden.

Het volgende is in rekening gebracht voor de conversiefactoren:

- de maximale gebruikstemperatuur tijdens de levensduur van de burg (T_d) heeft de volgende waarde:
 $T_g - 40^\circ\text{C} < T_d < T_g - 20^\circ\text{C}$;
- de VVK-constructie is blootgesteld aan wisselende omstandigheden, waarbij droge en natte periodes elkaar afwisselen;
- minder dan 5.000 wisselingen en het absolute maximum van de cyclische belasting is kleiner dan 40 % van de breuklast;
- UD-lamel.

CUR96, 2.4.5.2: Temperatuur

De conversiefactor voor temperatuuffecten (η_{ct}) in een VVK-laminaat bedraagt:

- 0,9 voor toetsen in de uiterste grenstoestand;
- voor toetsen in de bruikbaarheidsgrenstoestand:
 - 1,0 voor een maximale gebruikstemperatuur $T_d \leq T_g - 40^\circ\text{C}$;

CUR96, 2.4.5.3: Water(damp)

De conversiefactor voor effecten door water(damp) (η_{cm}) in een VVK-laminaat bedraagt:

- 0,7 voor een VVK-constructie die vrijwel voortdurend is blootgesteld aan water(damp), zoals oppervlaktewater, grondwater, zeewater.

Als de invloed van water(damp) aantoonbaar volledig is meegenomen in de testen (o.a. verzadiging, tijdsduur) mag de conversiefactor voor water(damp) gelijk gesteld worden aan 1,0 met gebruik van D7.3 van NEN-EN 1990. Dit is niet het geval.

CUR96, 2.4.5.4: Kruip

Kruip moet bij het toetsen van optredende vervormingen en de sterkte en stabiliteit onder de (quasi-) blijvende belastingcombinatie in rekening worden gebracht door middel van een conversiefactor η_{cv} . Bij langdurige belastingen die leiden tot hoge spanningen kan kruipbreuk optreden. I.o.m. RWS is besloten kruipbreuk niet te toetsen.

Voor kruip wordt conservatief een factor $\eta_{cv} = 0,7$ in rekening gebracht

CUR96, 2.4.5.5: Vermoeiing

N.v.t. $\eta_{cf} = 1.0$

Dit resulteert in de volgende factoren:

Tabel 4-12 Conversie factoren volgens de CUR96

Conversiefactor	Ultimate Limit State				Serviceability Limit State				
	Sterkte Lange duur	Sterkte Korte Duur	Stabiliteit	Vermoeiing	Vervormingen lange duur	Vervormingen korte duur	Comfort Trillingen	Comfort Trillingen	Scheurvorming
$\eta_{ct}=\text{temperatuur}$	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90		0.90
$\eta_{cv}=\text{vocht}$	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70		0.70
$\eta_{ck}=\text{kruip}$	0.70		0.70		0.70				0.70
$\eta_{cf}=\text{vermoeiing}$			1.00		1.00	1.00	1.00		
	0.441	0.630	0.441	0.630	0.441	0.630	0.630	1.00	0.441

4.3.3 Controle Damwand

Capaciteit Damwanden

Bij de controle van de damwanden wordt getoetst op de opneembare capaciteit bij de combinatie van momenten, normaalkracht en dwarskracht. Tevens wordt rekening gehouden met de knik- en plooiemechanismen.

Voor de capaciteit van de kunststof damwanden wordt de informatie zoals aangeleverd door de leverancier gehanteerd (zie bijlage 3). De capaciteit van de damwanden is bepaald conform de Amerikaans LRFD en de CUR 96.

Tabel 4-13 Capaciteit Damwand karakteristieke waarden

Capaciteit karakteristiek damwand	Referentie	Polyester	Vinylester
Moment [kNm/m]	Pg. 13 brochure CCG	66,3	74,7
Dwarskracht [kN/m]	Pg. 13 brochure CCG	384,1	455,4
Plooi capaciteit lijf [kN/m] ¹	Testen CCG	91,2	91,2

¹ Waarde is gebaseerd op later aangeleverde testen van de leverancier. Zie ook bijlage 3. De Polyester plank is maatgevend en wordt daarom in het verdere verloop van deze rapportage getoetst. Dit leidt tot de volgende rekenwaarde:

Rekenwaarde damwand conform LRFD	Polyester	Factoren
Moment [kNm/m]	19,1	0,4 x 0,8 x 0,9
Dwarskracht [kN/m]	98,3	0,4 x 0,8 x 0,8
Plooi capaciteit lijf [kN/m]	26,3	0,4 x 0,8 x 0,9

Rekenwaarde damwand conform CUR96	Polyester	Factoren
Moment [kNm/m]	18,9	/1,55 x 0,441
Dwarskracht [kN/m]	122,7	/1,38 x 0,441
Plooi capaciteit lijf [kN/m]	25,0	/1,61 x 0,441

De toets wordt uitgevoerd conform de CUR96.

Controle Snedekrachten

In onderstaande tabel kan de toets van de damwandprofielen worden gevonden. De maximale dwarskracht bevindt zich ter plaatse van de verankering en daarom wordt daar ook op plooi getoetst.

Tabel 4-14: Toets Damwandprofielen

Toets damwand	
M_{max} [kNm/m']	12,4
Momentcapaciteit [kNm/m']	18,9
U.C.	0,66
V_{max} [kN/m']	18,1
Dwarskrachtcapaciteit [kN/m']	122,7
U.C.	0,15
$F_{a,max}$ [kN/m]	$22,5 + 1,1^* = 23,6$
Plooi capaciteit lijf [kN/m]	25,0
U.C.	0,94

*a.g.v. zakkende grond en bovenbelasting op verankering

4.3.4 Controle Verankering (CUR166 Stap 9)

Als verankering wordt een GEWI staaf met een diameter van 25 mm toegepast. Voor het toetsen wordt rekening gehouden met een levensduur van 100 jaar (corrosie van 4,5 mm) en een belastingfactor van 1,25 op de ankerkracht (UGT). Er wordt uitgegaan van staalkwaliteit S460.

De optredende ankerkracht volgt uit de SCIA-modellering zoals getoond in bijlage 5 en verder uitgelegd in paragraaf 4.3.9.

De stabiliteit van de verankering is getoetst in de Plaxis-modellering.

Tabel 4-15: Toetsing ankerstang

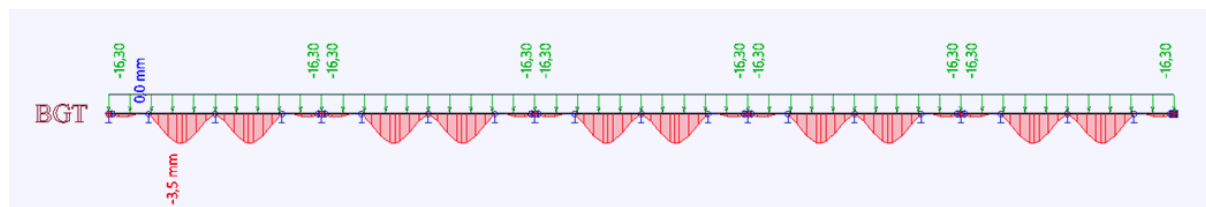
Toets ankerstand	UGT	BGT - Ankeruitval
F_d [kN]	$(59,5 + 2,1^*) \cdot 1,25 = 77,0/$	$66,1 + 2,1 = 68,2$
F_y [N/m]	460	460
\emptyset [mm]	25	25
Capaciteit [kN]	152	152
U.C.	0,51	0,45

*A.g.v. zakkende grond en bovenbelasting op ankers

4.3.5 Controle Vervorming (CUR166 Stap 10)

Conform SYS-0208 dienen de damwanden ten hoogste een doorbuiging in de bruikbaarheidsgrenstoestand te hebben van 5 cm, als gevolg van gronddruk, terreinbelastingen en hydraulische belasting, uitgaande van een rekenkundig bodemniveau niet hoger dan het bodemniveau bij aanvangssituatie, en niet hoger dan de lijn 1:10 vanaf het snijpunt van de aanlegdiepte en de lijn 0,5 * W_d uit de as van de vaarweg.

De maximale horizontale vervorming van de damwand bedraagt 13,0 mm, hier komt nog een vervorming van de anker Gording bij. De anker Gording is gemodelleerd in SCIA, zie ook bijlage 5 en onderstaand figuur. De vervorming van de Gording bedraagt maximaal 3,5 mm. De totale vervorming wordt $13,0 + 3,5 = 16,5$ mm. Hiermee wordt dus voldaan aan SYS-0208 (50 mm doorbuiging in BGT).



Figuur 4-9: Vervorming Super Wale

4.3.6 Controle Overige Mechanismen (CUR166 Stap 11)

Controle Kranz Stabiliteit, Grondbreuk en Totale Stabiliteit

De verankering wordt in de Plaxis berekening gemodelleerd met de werkelijke lengte van de ankerstaaf (Node-to-node anchor) en ankerplaat. Hierdoor wordt de locatie van krachtsafdracht van de ankers op het grondmassief t.b.v. de controle op Kranz Stabiliteit in de modellering meegenomen.

Bij het gebruik van EEM berekeningen worden de mechanismen Kranz Stabiliteit, grondbreuk en totale stabiliteit direct in de berekening meegenomen, en wordt bij het behalen van het vereiste veiligheidsniveau (middels de ϕ -c-reductie bij RC2) voldaan aan de controle op deze mechanismen.

Controle Verticaal Draagvermogen

De damwand wordt getoetst middels een EEM (Plaxis) berekening. In deze berekening worden alle op de constructie werkende belastingen ingevoerd. Het verticaal evenwicht wordt in deze beschouwing meegenomen: in de berekeningen wordt een evenwicht gevonden waarbij de verticale componenten van de actieve en passieve gronddrukken en de puntweerstand op de damwand werken. Indien in de BGT-situatie de verticale verplaatsingen van de damwand beperkt blijven is geen sprake van overschrijding van het verticaal draagvermogen.

De maximale berekende verticale verplaatsing van de damwanden bedraagt 0,4 mm.

Er wordt in de EEM-berekeningen een evenwicht gevonden waarbij zeer beperkte verticale verplaatsingen optreden. Het verticaal draagvermogen voldoet in deze.

Piping, Kwelweglengte

De controle op piping maakt onderdeel uit van de controle op waterveiligheid. Voor de waterveiligheidsaspecten wordt verwezen naar paragraaf 4.2.14.2.1.

4.3.7 Controle Stabiliteit Buitenwaarts (Waterveiligheid)

Oeverconstructies worden beschouwd als onderdeel van de waterkering. Bij het ontwerp van de damwanden wordt een betrouwbaarheidsindex $\beta = 4,0$ aangehouden voor de gebruiksfase, zie paragraaf 4.1.1. Conform tabel 4.2 van LTV2015 geldt:

Tabel 4-16 Toe te passen schadefactor realisatie- en gebruiksfase

IPO-klasse	Norm frequentie	schadefactor	β
III	1/100	0,90	2,85

De betrouwbaarheidsindex die wordt gehanteerd bij het ontwerpen van de damwanden is hoger dan de hierboven genoemde waarde conform LTV2015. Daarom is het uitgangspunt dat als de constructie (damwand) voldoet aan sterkte en stabiliteit, de buitenwaartse stabiliteit automatisch ook voldoet aan de eisen met betrekking tot waterveiligheid.

4.3.8 Controle Stabiliteit Realisatiefase

De bouwfaserings is in de Plaxis berekeningen gemodelleerd, zie hiervoor de beschrijving van de fasering in paragraaf 3.4. In de bouwfases is geen bovenbelasting aanwezig, de werkzaamheden worden vanuit de waterzijde uitgevoerd. In de bouwfaserings is een nieuwe damwand geplaatst op dezelfde plaats als de bestaande wand. De bestaande constructie is onverankerd en de situatie wordt zonder bovenbelasting niet ongunstiger dan voorheen.

4.3.9 Anker Gording

De anker gording is getoetst op basis van de aangeleverde informatie van de leverancier [F]. De capaciteiten kunnen gevonden worden in onderstaande tabellen. De toetsing wordt uitgevoerd conform de CUR96. In de ULS-situatie is een extra veiligheidsfactor van 1,1 meegenomen op de belasting conform CUR166.

Tabel 4-17: Capaciteit Anker gording karakteristieke waarden

Capaciteit gording karakteristiek	Referentie	Polyester
Moment [kNm]	Pg. 21 brochure CCG	56,4
Dwarskracht horizontaal [kN]	Pg. 21 brochure CCG	143
Krachteninleiding anker [kN]	Pg. 25 brochure CCG	216

Tabel 4-18: Capaciteit Anker gording rekenwaarden cf. LRFD

Rekenwaarde Gording conform LRFD	ULS	Factoren
Moment [kNm]	22,6	2,5
Dwarskracht horizontaal [kN]	46,8	3
Krachteninleiding anker [kN]	72	3

Voor het bepalen van de SLS capaciteit van de gording wordt de materiaal factor op 1 gezet conform Tabel 4-10 Materiaalfactoren, conform CUR96.

Tabel 4-19: Capaciteit Anker gording rekenwaarden cf. CUR96

Rekenwaarde Gording conform CUR96	ULS	Factoren	SLS	Factoren
Moment [kNm]	16,0	/1,55 x 0,441	24,9	/0,441
Dwarskracht horizontaal [kN]	45,7	/1,38 x 0,441	63,1	/0,441
Krachteninleiding anker [kN]	59,2	/1,61 x 0,441	95,3	/0,441

De toets wordt uitgevoerd conform de CUR96.

De snedekrachten zijn bepaald met behulp van een SCIA modellering, zie ook bijlage 5. In onderstaand figuur kunnen de optredende momenten worden gevonden. Er zijn 4 situaties voor ankeruitval getoetst:

- Ankeruitval ter plaatse van W-splice;
- Ankeruitval van anker naast W-splice;
- Ankeruitval bij grootste overspanning;
- Ankeruitval eindanker.

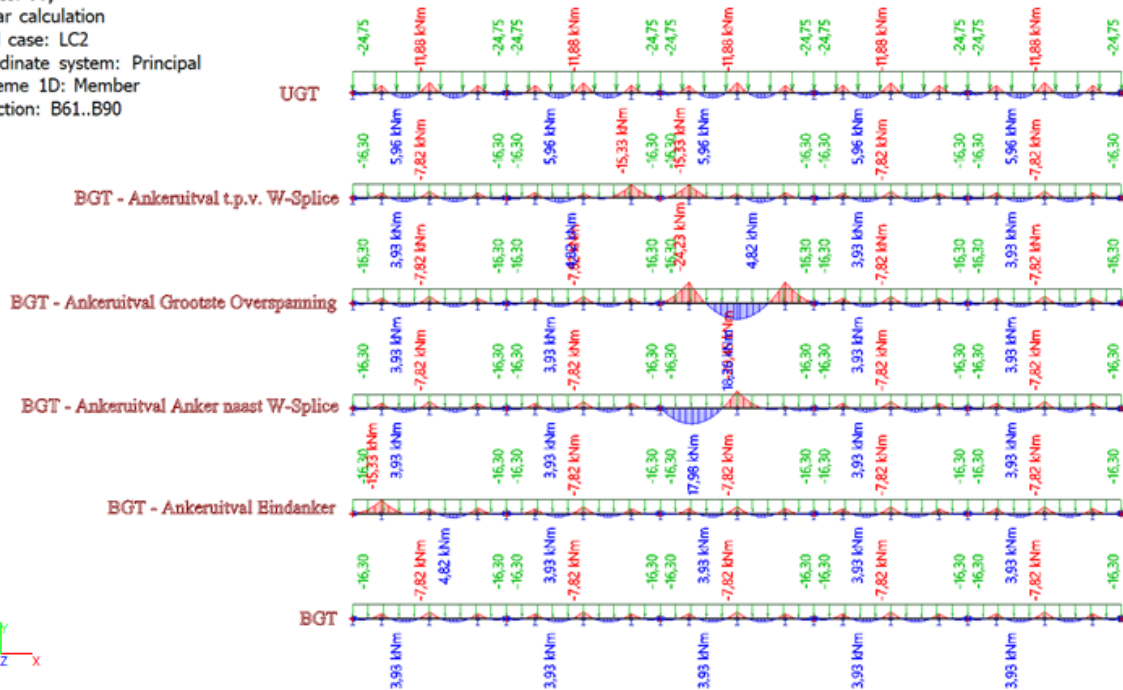
De keuze voor deze situaties is gebaseerd op de functionaliteit van de W-splice, de W-splice heeft geen momentcapaciteit en wordt daarom gezien als een scharnierende verbinding tussen de Super Wale elementen. Daarnaast wordt aangenomen dat bij ankeruitval de W-splice ook zal bezwijken en dus geen dwarskracht kan overdragen tussen de gordingen, hierdoor ontstaat een uitkraging. In onderstaande tabel worden de verschillende snedekrachten voor de verschillende situaties gepresenteerd.

Tabel 4-20: Optredende Snedekrachten cf. SCIA modellering

Situatie	M _{ed} [kNm]	V _{ed} [kN]	F _{ed} [kN]
ULS	11,9	29,7	59,5
Ankeruitval ter plaatse van W-splice;	15,3	23,0	45,4
Ankeruitval bij grootste overspanning;	24,2	37,3	66,1
Ankeruitval van anker naast W-splice;	18,0	35,4	62,2
Ankeruitval eindanker.	15,3	23,0	45,4

De doorkoppeling van de anker gording wordt altijd aangebracht ter plaatse van een anker. Hierdoor wordt de doorkoppeling niet belast met dwarskracht. Omdat de doorkoppeling niet (volledig) rotatiestijf is, zal er ook geen (significant) moment in de doorkoppeling optreden.

Values: M_y
 Linear calculation
 Load case: LC2
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Member
 Selection: B61..B90



Figuur 4-10: Optredende momenten gording

Tabel 4-21: Toets Gording

	ULS	SLS -Ankeruitval
Ankerkracht Model [kN/m]	24,75	16,30
Optredend Moment [kNm]	11,9	24,2
Capaciteit Moment Gording [kNm]	16,0	24,9
U.C.	0,74	0,97
Optredend Dwarskracht [kN]	29,7	37,3
Capaciteit Dwarskracht Gording [kN]	45,7	63,1
U.C.	0,65	0,59
Rekenwaarde Ankerkracht voor krachtsinleiding [kN]	$(59,5 + 2,1^*) = 61,6$	$(66,1 + 2,1^*) = 68,2$
Capaciteit Ankerkracht voor krachtsinleiding Gording [kN]	59,2	95,3
U.C.	1,03	0,72

*a.g.v. zakkende grond op ankers en bovenbelasting.

4.3.10 Ankerschot

In Plaxis is het ankerschot als doorgaande wand gemodelleerd. Om dit te mogen doen moet er voldaan worden aan een aantal voorwaarden zoals gesteld in art 4.9.2. van CUR166 deel 2. Deze voorwaarden zijn:

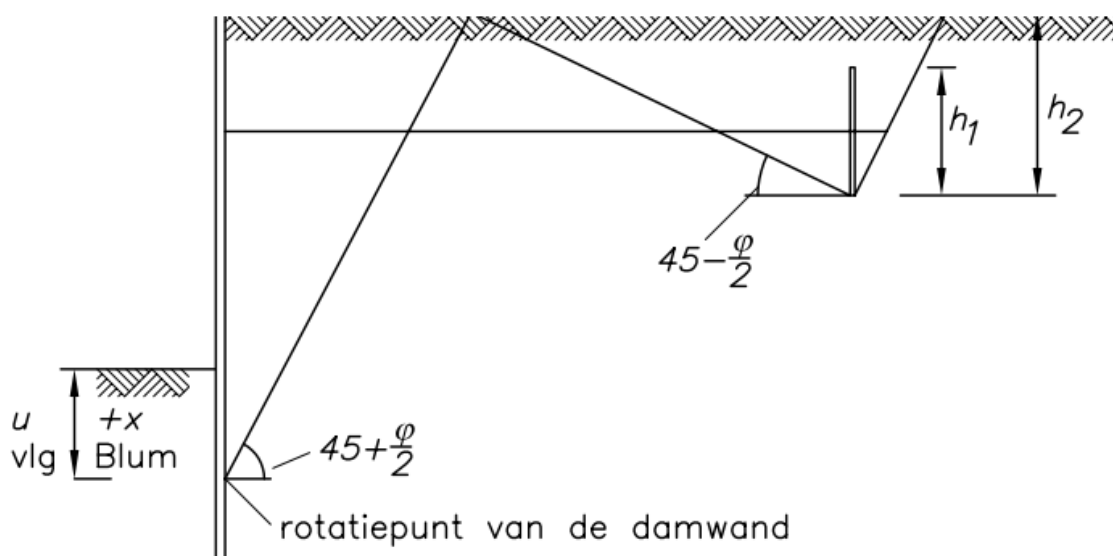
De maximale hart op hart afstand van de ankers(a) $< a_{\max}$, $a_{\max} = \beta \cdot h_1$

$h_1 = 1,0$ meter.

β kan bepaald worden o.b.v. figuur 4.74 uit CUR166 en is gebaseerd op de verhouding tussen h_1 en h_2 . De verhouding h_2/h_1 is $1,8/1,0 = 1,8$. Op basis van deze informatie kan β bepaald worden op 2,3.

De hart op hart van de verankering dus maximaal $\beta \cdot h_1 = 2,3 \cdot 1,0 = 2,3$ meter zijn. Met een maximale hart op hart van $5 \cdot 0,4572 = 2,28$ meter wordt hieraan voldaan. Daarnaast is de gemiddelde hart op hart afstand van de verankering 1,828 (4 planken)

De stabiliteit van het ankerschot wordt getoetst in het Plaxis model.



Figuur 4-11: Glijvlakken damwand en ankerwand cf. artikel 4.9.2. CUR166

Als ankerplaat wordt een standaard betonnen plaat 1000 mm x 1000 mm x 120 mm voorzien. De ankerplaten dienen te worden aangeleverd door een leverancier met de volgende voorwaarde:

- Levensduur 100 jaar;
- Milieuklasse XC2;
- Constructieklasse S3;
- Betondekking 30 mm;
- Belastingen cf. onderstaande tabel, deze zijn verkregen uit het Plaxis model.

De maatgevende ankerkracht op het ankerschot is 76,6 kN. Op basis van deze ankerkracht is in bijlage 7 de geleverde ankertoets getoetst.

Op basis van bovenstaande snedekrachten is de geleverde ankerplaat van de leverancier getoetst. De toets kan worden gevonden in bijlage 7.

5 Beheer en Onderhoud

5.1 Algemeen

Het kanaal dient onderhoudbaar te zijn passend binnen het onderhoudsregime en netwerk van de beheerder cf. SYS-1335. Onderstaand wordt beknopt beschreven hoe beheer en onderhoud gedurende levensduur op nieuw aangebrachte constructies uitgevoerd dient te worden.

De oevers van de Twentekanalen zijn eenvoudig te voet toegankelijk. De visuele inspecties zijn uit te voeren vanaf het land (te voet) of vanaf het water met behulp van een boot. Het is aan te raden om een kleine inspectieboot toe te passen om het vaarverkeer zo min mogelijk te hinderen.

Het is mogelijk om vanaf het land de staat van de oeverconstructie te beoordelen, echter dient de damwand dan wel (voorzien van een zwemvest en niet alleen) tot op de rand te worden betreden om goed zicht te krijgen op de voorzijde en de ankerstoelen. Wanneer de begroeiing erg dicht is, zal inspectie per boot beter resultaat opleveren.

Belangrijk voor de stabiliteit van de damwandconstructie is de bodemdiepte. De damwanden zijn namelijk berekend op basis van de peilingen met een minimale bodemdiepte gelijk aan het theoretisch profiel. Nabij wachtplaatsen en kademuren is een risico op ontgrondingen ten gevolge van schroefbelastingen. Regelmatige peilingen dienen daarom uitgevoerd te worden, waarna de werkelijke bodemniveaus kunnen worden getoetst aan de gehanteerde bodemniveaus in de berekeningen. In DG3 is dit niet van toepassing, omdat dit deelgebied alleen reguliere kanaaltrajecten bevat. Hier zullen schepen bij normaal gebruik niet voldoende dicht bij de oeverconstructie in de buurt komen om ontgrondingskuilen nabij de oeverconstructie te veroorzaken.

De gordingen en ankers wikkelen een groot deel van het krachtenspel van de damwanden af, maar zitten verborgen in de grond en kunnen niet nader geïnspecteerd worden bij een simpele inspectie.

In de beheer- en onderhoudsplannen wordt het beheer en onderhoud tijdens de gebruiksfase nader omschreven. Het omschreven beheer en onderhoud in deze plannen zijn gestoeld op navolgende filosofie: een gedegen en robuust ontwerp garandeert geringe onderhoudsbehoefte bij een constante functionaliteit. Indien het benodigde onderhoud preventief en tijdig wordt uitgevoerd, worden hierdoor de onderhoudskosten tot een minimum beperkt.

De beschikbaarheid van de constructies is gedurende de levensduur 100% (onderhoud aan secundaire constructies uitgezonderd).

5.2 Specifiek voor Kunststof

Blootstelling aan water(damp) leidt tot aangroei van algen (marine-fouling) op de kunststofdamwanden. Dit brengt schade toe aan de coating. Maatregelen hiertegen zijn periodieke reiniging en/of het gebruik van een anti-fouling coating.

Elke constructie van VVK moet vergezeld gaan van een beheer- en onderhoudsplan waarin ten minste is vastgelegd:

- welke onderdelen onderhoud behoeven;
- waaruit dit onderhoud bestaat, met welke middelen en op welke wijze;
- de frequentie waarmee dit onderhoud uitgevoerd moet worden.

5.3 Monitoring

Omdat het kunststof damwanden traject onderdeel uitmaakt van een pilot van RWS zal er voor dit gedeelte een specifiek monitoringsplan opgesteld dienen te worden. Het opstellen van dit monitoringsplan maakt geen deel uit van de werkzaamheden van VOHB. Hier wordt wel een opsomming gegeven van de aandachtspunten:

- Vervorming (over de gehele lengte van de damwand);
- Verkleuring / kleurverschillen;
- Lekkage;
- Scheurvorming, specifiek ter plaatse van:
 - Gaten in materiaal,
 - Rondom verankering, a.g.v. de krachtsinleiding;
 - In hoeken en aansluitingen;
- Visuele inspectie:
 - Delaminatie;
 - Belvorming.

5.4 Faalmechanismen

Er worden een drietal faalmechanismen onderscheiden, namelijk:

- Bezwijken ankergording
- Ankeruitval
- Bezwijken damwand

5.4.1 Bezwijken ankergording

Bij het bezwijken van de ankergording gaat de damwandconstructie functioneren als een onverankerde constructie. Bezwijken van de ankergording ontstaat bijvoorbeeld ten gevolge van een scheepsaanvaring. Er is gecontroleerd bij welke uitgangspunten de constructie zonder verankering blijft staan. Dit is het geval bij de volgende uitgangspunten:

- Bodemprofiel 1:6 talud
- Zonder bovenbelasting
- Zonder waterstandsverschil

In praktijk betekent dit dat met de huidige baggeropgave de constructie onverankerd kan blijven staan. Mocht er in de toekomst verder verdiept worden naar een 1:10 profiel dan is dit niet meer het geval. Daarnaast dient er geen bovenbelasting achter de damwand geplaatst te worden als de ankergording is bezweken. De actieve wig is circa 5 m lang. Er mag dus tot 5 m achter de damwand geen bovenbelasting geplaatst worden. Eventuele reparatie dient dus vanaf water plaats te vinden. Waterstandsverschillen ontstaan op het kanaal voornamelijk door scheepsgolven. Daarom dient bij bezwijken van de ankergording een snelheidsverlaging voor scheepvaart ingesteld te worden om golfbewegingen zoveel mogelijk te beperken.

Dit faalmechanisme is meegenomen in de Plaxis beschouwing, waarvan de resultaten gevonden kunnen worden in bijlage 2.

5.4.2 Ankeruitval

Ankeruitval is beschouwd in paragraaf 4.3.4 en 4.3.9. Hieruit blijkt dat de constructie stabiel blijft bij een BGT-situatie. Dit is conform de veiligheidsfilosofie van CUR166. Er zijn dus geen aanvullende maatregelen nodig bij ankeruitval. Uiteraard is het wel zaak dat een uitgevallen anker zo snel mogelijk hersteld wordt.

5.4.3 Bezwijken damwand

De damwand is op twee locaties kritisch belast. De bovenste 0,5 m van de damwand is nodig om de krachten van de ankergording in te leiden. Vanaf 0,5 m van bovenkant damwand is de volledige sterkte van de damwand noodzakelijk om de optredende momenten op te nemen. Bij scheurvorming of delaminatie dient de damwand verwijderd of ontlast te worden. Kleine beschadigingen aan de bovenkant van de damwand (tot circa 5 cm onder bovenkant) kunnen worden opgelost door de beschadigde delen te repareren met epoxy.

6 Risico's

Teneinde een negatieve beïnvloeding van het project, stagnatie van het bouwproces, extra kosten en/of kwaliteitsverlies en overlast te voorkomen dan wel te beperken, worden gedurende de gehele looptijd van het project risico's in kaart gebracht en geanalyseerd in het risicodossier. In onderstaande tabel worden de relevante risico's beknopt weergegeven.

De heiproef is reeds uitgevoerd, de resultaten kunnen worden gevonden in bijlage 5

Risico-ID ²	Risico	Beheersmaatregel
R-00354	Bij het inbrengen van de damwanden moet mogelijk worden voorgeboord (heikbaarheid).	<ul style="list-style-type: none"> • VOHB gaat een analyse uitvoeren of deze planken vergelijkbaar zijn met de glasvezelversterkte planken die potentieel toegepast gaan worden. Er dient gekeken te worden naar o.a. de lengtes, lijfdiktes, flensdiktes, doorsneden. Hierbij is een 10% afwijking toegestaan. • Heiproef dient uitgevoerd te worden bij de meest kritische locatie, de locatie dient bepaalde te worden op basis van beschikbare sonderingen. • Toepassen stalen voorloper • (Mogelijk) toepassen voorboren
R-00358	Er ontstaat mogelijk schade aan de damwanden tijdens het inbrengen (schade bij installatie).	<ul style="list-style-type: none"> • Heiproef uitvoeren met een kunststof damwand. Eén proef uitgevoerd door JLD op land. Daarnaast zal VOHB zelf een proef vanaf water uitvoeren met de definitieve planken. • Stalen voorloper toepassen. Stalen voorloper is circa 20 mm langer dan kunststof damwand. • 10% extra damwand bestellen om beschadigde damwanden te kunnen vervangen.
	Er ontstaat schade aan kunststof damwand bij verwijderen bestaande damwanden	<ul style="list-style-type: none"> • Proeftraject van circa 20 m bestaande planken trekken nadat nieuwe planken geplaatst zijn. Dit dient te gebeuren voordat rest van nieuwe planken geplaatst wordt. • Fasering aanpassen zodat eerst bestaande plank getrokken kan worden voordat nieuwe plank wordt aangebracht.
R-00359	Er is mogelijk onvoldoende capaciteit slotwerking van de damwanden (capaciteit sloten).	<ul style="list-style-type: none"> • Uitvoeren heiproef • Extra planken bestellen.
R-00362	De damwanden voldoen mogelijk bij oplevering niet aan de criteria (criteria afname- en kwaliteitscontrole van de planken).	<ul style="list-style-type: none"> • Afnamecriteria gezamenlijk vaststellen (OG-ON) en vastleggen.
R-00363	De damwanden worden mogelijk te laat geleverd (gestandsdoening en levertijden).	<ul style="list-style-type: none"> • Nauw contact met leverancier wordt onderhouden • Voldoende buffer in planning opnemen tussen levering en plaatsing
R-00365	Er ontstaat mogelijk schade aan de damwanden door drijvend ijs.	Risico ligt bij OG
	Gording raakt beschadigd bij aanvaarbelasting schip	<ul style="list-style-type: none"> • Vaarwegprofiel ligt op circa 3 m van damwandlijn • Bij eventuele toekomstige verbreding dient tenminste een houten wrijfgording op de kunststof gording worden bevestigd om de impactbelasting te reduceren.
R-00366	Kunststofdamwanden risico: de damwand raakt mogelijk beschadigd door het boren van een gat in de damwand t.b.v. de verankering.	Gat niet groter maken dan Ø 30 mm, conform opgave leverancier.
R-00368	De gemeente verleent geen vergunning voor het aanbrengen van de kunststofdamwanden (acceptatie gemeente kunststof damwand).	<ul style="list-style-type: none"> • Gemeente informeren over nut en noodzaak proeftraject. • Inhoudelijk toelichten welke ontwerpkeuzes gemaakt zijn

² Nummering conform risicodossier

Het is eerder in het project besloten om risico's uit het Risicobeheersplan niet op te nemen in het risicodossier. In deze ontwerpnota worden echter wel de maatregelen uit het RBP opgesomd die middels dit ontwerp uitgevoerd zijn:

- M1.4A en -B
- M1.6B en -C
- M2.9C en -E
- M3.2A-G, -J (R-00013)
- M3.5A
- M3.6A
- M3.7
- M3.9C
- M3.10A, -B (R-00009)
- M3.13A, -B
- M3.14A, -B

Tijdens een overleg met de gemeente Almelo is gesproken over het risico van het bezwijken van de verankering/gording als gevolg van aanvaring en de achterliggende weg. Zoals is aangegeven in paragraaf 4.1.6. is de constructie getoetst in een onverankerde situatie met een bodemniveau 1:6 en geen bovenbelasting. In deze situatie is de constructie stabiel, maar zal er wel z.s.m. actie ondernomen moeten worden om de damwand te herstellen. De weg achter de damwand bevindt zich op 8,0 meter, de damwandlengte is 7,1 meter. De weg bevindt zich daardoor buiten de actieve wig, waardoor de belasting op de damwand te verwaarlozen is.

7 Raakvlakken

De vaarweg dient een werkend systeem te zijn, waarin alle onderdelen op elkaar zijn afgestemd en op elkaar aansluiten, zodanig dat alle prestaties worden geleverd conform alle gestelde eisen. De geïdentificeerde raakvlakken zijn geregistreerd in het raakvlakkendossier en worden beknopt weergegeven in onderstaande tabellen.

7.1 Interne raakvlakken

Tabel 7-1: Interne raakvlakken DG3 - Kunststof Damwanden

ID ³	Object A	Object B	Raakvlak	Beheersmaatregel
	Damwand	Reeds aangebrachte constructies	Bij het begin en eind van het traject zal de nieuwe oeverconstructies aangesloten dienen te worden op een reeds aangebrachte constructie	<ul style="list-style-type: none"> Aansluiting is uitgewerkt op tekening Laatste anker van stalen damwandconstructie is nog niet geboord, zodat laatste plank nog getrokken kan worden Eindcoördinaten zijn na plaatsing stalen damwand in tekening kunststof damwand verwerkt

7.2 Externe raakvlakken

Tabel 7-2: Externe raakvlakken DG3 - Kunststof Damwanden

ID	Object A	Object B	Raakvlak	Beheersmaatregel
RV-00004	Damwand	K&L	Bij het ontwerp en plaatsen van de nieuwe (generieke) damwandconstructie dient rekening te worden gehouden met de reeds aanwezige K&L.	<ul style="list-style-type: none"> Raakvlak met K&L opnemen in het ontwerp (ontwerpnota + tekening) en consequenties en wijze van omgaan met dit raakvlak overzichtelijk maken Oplossing K&L (passeren of overkluisen) uitwerken
RV-00006	Damwand	NGE	Bij het ontwerp en plaatsen van de nieuwe (generieke) damwandconstructie dient rekening te worden gehouden met het risico op aanwezige niet gesprongen explosieven (NGE)	Raakvlak met NGE opnemen in het ontwerp (ontwerpnota + tekening) en consequenties en wijze van omgaan met dit raakvlak overzichtelijk maken
RV-00008	Damwand	Flora & Fauna	Bij het ontwerp en plaatsen van de nieuwe (generieke) damwandconstructie dient rekening te worden gehouden met reeds aanwezige Flora en Fauna	Raakvlak met Flora en Fauna opnemen in het ontwerp (ontwerpnota + tekening)
RV-00013	Oeverconstructies	Waterveiligheid	Bij het ontwerp en plaatsen van de nieuwe (generieke) damwandconstructie dient rekening te worden gehouden met de waterveiligheid van de bestaande, de tijdelijke en de nieuwe situatie.	Toets waterveiligheid uitvoeren voor de oeverconstructies
RV-00015	Ontwerp	Uitvoering	Bij het ontwerp dient reeds rekening te worden gehouden met de uitvoerbaarheid van het ontwerp. Speciale raakvlakken zijn de heikbaarheid en het verwijderen van de bestaande damwanden.	<ul style="list-style-type: none"> Periodieke overleggen tussen ontwerp en de uitvoering Constructability review
	Verticale oeverconstructie	Achterliggende maaiveld	Achterliggende maaiveld kan niet afwateren op kanaal	Achterliggende maaiveld afwerken met minimale helling van 1:20 richting het kanaal.
RV-00011	Oeverconstructie	Scheepvaart	Gording komt in contact met scheepvaart en beschadigd hierbij het schip.	Gording wordt in de damwandkas geplaatst.

³ Nummering conform raakvlakkendossier

8 Aandachtspunten voor uitvoering

Hieronder worden enkele aandachtspunten voor de uitvoering van de generieke oeverconstructies behandeld.

Bovenbelasting

In de bouwfase mag geen bovenbelasting optreden binnen 5,0 meter van de nieuwe wand totdat de verankering is voorgespannen/aangebracht. Hier dient rekening meegehouden te worden tijdens het graven van de sleuven voor het aanleggen van de verankering.

SVM antennes

Het is niet bekend of SVM antennes überhaupt aanwezig zijn bij de Twentekanalen. In het ontwerp wordt daar geen rekening mee gehouden. De veilige werkafstand (cf. SYS-0109) wordt in het veiligheidsplan opgenomen.

Verdichting grond

Conform eis SYS-0133 dient de aangebrachte grond verwerkt te worden conform handboek Dijkenbouw. De procedure voor verdichting van grond dient vooraf te worden vastgelegd in een verdichtingsplan. Extra aandacht dient te zijn voor het verdichten van de ontlastsleuf, zodat zettingen gedurende gebruiksperiode geminimaliseerd worden.

Aanbrengen damwanden

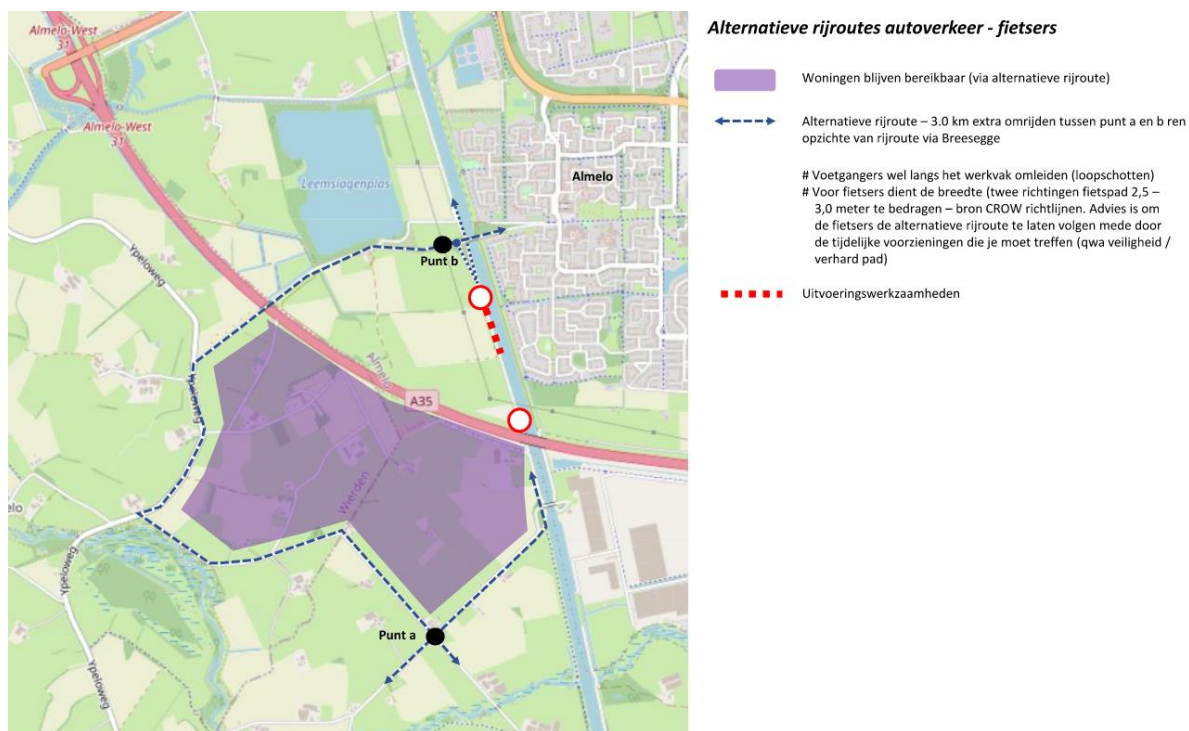
Conform eis SYS-0234 is het niet toegestaan om damwanden aan te brengen met behulp van spuiten. Er dient gebruik te maken van een trilblok met minimaal 20% overcapaciteit t.o.v. het benodigde vermogen volgend uit de heipredictie en heiproef, cf. RBP-3.7.

Indien tijdens uitvoering de damwanden niet op diepte gebracht kunnen worden door bijv. obstakels mag gebruik gemaakt worden van voorboren. Hiertoe dient wel te allen tijde ontwerp geraadpleegd te worden. In het ontwerp dient de gecontroleerd te worden op de toe te passen damwandprofielen nog voldoen (Met aangepaste wandwrijving t.g.v. het voorboren) of dat een zwaarder of langer damwandprofiel toegepast dient te worden.

Er zal gebruik gemaakt worden van een moederplank voor het aanbrengen van de kunststof damwanden. Hier is rekening mee gehouden in het ontwerp.

Alternatieve rijroute fietsers en autoverkeer

Gedurende de uitvoering zal een gedeelte van de Buitenhaven Westzijde en de Breesegge worden afgesloten aangezien de weg wordt opgebroken voor het aanbrengen van de legankers. Het afgesloten gedeelte is in rood weergegeven in onderstaande afbeelding. Een voorstel voor de omleidingsroute is (van noord naar zuid) via de Buitenhaven Westzijde, Leemslagenweg, Ypeleweg, Lemenkampsweg, zomerdijk en Hoeselderdijk (in blauw weergegeven). De omleidingsroute dient nader te worden uitgewerkt door een verkeerskundige partij en bij de APV-aanvraag te worden aangeleverd aan de gemeente. Een alternatieve fietsroute kan via de oostzijde van het kanaal worden uitgezet.



Figuur 8-1: Alternatieve rijroute

Inkoop kleine onderdelen

De W-splices en kunststof gordingen worden meegeleverd met de kunststof damwanden. De overige kleine componenten dienen ingekocht te worden door VOHB.

Fasering

1. Aanbrengen ontlastsleuf tot huidig bodemniveau;
2. Bestaande damwand verwijderen;
3. Aanbrengen nieuwe damwand voor bestaande (binnen 24 uur na verwijderen bestaande wand);
4. Sleuven graven ten behoeven van aanbrengen legverankering;
5. Aanbrengen legverankering inclusief ankerschotten;
6. Gording bevestigen;
7. Aanvullen tot bovenstaande damwand (NAP+10,6 m);
8. Verankering afspannen;
9. Baggeren en (eventueel) aanbrengen ZBM.

Dit houdt concreet het volgende in:

- Ontlastsleuven mogen aangebracht worden nadat kunststof damwand geplaatst is
- 24 uur na verwijderen bestaande, stalen wand dient kunststof wand geplaatst te zijn
- De ankerstangen steken door de kunststof damwand heen. De ankerstangen fungeren als ophangstelsel voor de kunststof gording. Hiervoor hoeft dus geen tijdelijk ophangstelsel gebruikt te worden.

Afwerking zaagsneden en boorgaten

De zaagsneden en boorgaten dienen afgewerkt te worden met een niet-waterdoorlatende coating. NI. Poly lak iso npg.

Bewerking kunststof damwand

De kunststof damwand en gording kan met een betonzag of glasvezelboor bewerkt worden.

Te kappen boom

De boom aan de westzijde van het kanaal tussen km10.660 en km10.680 dient gekapt te worden voor het aanbrengen van de legankers. Hiervoor is de omgevingsvergunning verleend.



Figuur 8-2: Bomenkappen

Aanvullen

Zoals in paragraaf 3.4 aangegeven mag er opgehoogd worden tot onderzijde anker (NAP +10,0 m) in een onverankerde situatie.

9 Integrale Veiligheidsaspecten

Integrale Veiligheid (IV) betekent het transparant beheersen van alle soorten veiligheid tijdens alle fasen van een object. Dus niet alleen de veiligheid van de bouwplaats medewerkers tijdens de bouw van een object, maar ook een veilig ontwerp, veiligheid van de omgeving waarin bouwactiviteiten plaatsvinden en het veilig kunnen gebruiken en onderhouden van een bouwwerk. Integraal veiligheidsmanagement beoogt dat:

- Alle veiligheidseisen uit contract en wet-/regelgeving en (interactie tussen) veiligheidsrisico's binnen het project in samenhang worden geïnventariseerd, beschouwd, georganiseerd, beheerst en geborgd;
- De veiligheidsrisico's, te nemen beheersmaatregelen en te leveren veiligheidsdocumenten die relevant zijn voor het project/object tijdig worden beschreven, geïmplementeerd en opgevolgd;
- Het bouwwerk veilig wordt ontworpen, gerealiseerd, gebruikt en onderhouden.

9.1 Veiligheidsdomein

Rijkswaterstaat onderscheidt diverse veiligheidsdomeinen, welke zijn benoemd in de door opdrachtgever opgestelde risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E).

In onderstaande tabel wordt een overzicht gegeven van maatregelen die getroffen worden t.b.v. integrale veiligheid. Deze maatregelen worden toegepast om een specifiek risico te mitigeren. Deze risico's zijn overgenomen uit het RI&E plan.

9.2 Veiligheidsaspecten in ontwerpfase

Het bewijs dat een bouwwerk veilig wordt ontworpen, veilig wordt gerealiseerd en opgeleverd alsmede veilig wordt beheerd en onderhouden, wordt afhankelijk van de projectfase vastgelegd in verschillende veiligheidsdocumenten. Omdat de veiligheidseisen in de ontwerpfase veel raakvlakken met elkaar hebben, worden deze niet per domein uitgewerkt, maar integraal in genoemde ontwerpdocumenten. In de ontwerpfase zijn de specifieke maatregelen genomen zoals in onderstaande tabel is aangegeven.

Tabel 9-1: Veiligheidsaspecten

No.	Veiligheidsdomein	Omschrijving	Specifieke maatregelen ontwerpfase
3	Arbeidsveiligheid	Medewerkers worden blootgesteld aan te hoge geluidsniveaus	<ul style="list-style-type: none"> • Planklengte wordt zo kort mogelijk ontworpen om te voorkomen dat planken over grotere dieptes in harde lagen aangebracht dienen te worden. Dit voorkomt een langdurig intrilproces.
4		Onderschatting complexiteit en samenloop werkzaamheden	<ul style="list-style-type: none"> • Tijdens ontwerpfase wordt het ontwerp en de beoogde uitvoeringsmethode beoordeelt op maakbaarheid door drie ervaren uitvoerders.
6		Hijsen, heffen, heien en funderen	<ul style="list-style-type: none"> • Planklengte wordt zo kort mogelijk ontworpen om de hijsgewichten en –afmetingen zoveel mogelijk te beperken. • Moederplank wordt toegepast om belastingen op kunststof plank zoveel mogelijk te beperken tijdens hijsen en heien. • In moederplank worden voorzieningen aangebracht, bijv. gat in bovenkant moederplank, zodat kunststof plank tegen moederplank aan gehesen kan worden.
22		Inkalven grond	<ul style="list-style-type: none"> • De legankers worden zo hoog mogelijk in het talud geplaatst om de proefsleuven niet te diep te hoeven graven.
27		Gezondheidsrisico's door contact met gevaarlijke stoffen	<ul style="list-style-type: none"> • De International Agency for Research on Cancer (IARC) heeft kunststof stof zaagdeeltjes geclassificeerd als niet-kankerverwekkend. Desondanks dienen de deeltjes afgevoerd te worden. • Kunststof zaagdeeltjes zijn groter dan 6 micrometer. Deze deeltjes kunnen de bronchiën niet bereiken. Er wordt echter wel een stofmasker voorgeschreven om irritatie van de bovenste luchtwegen te voorkomen. • De glasvezels in gezaagde delen kunnen mechanische irritatie veroorzaken. Daarom wordt aangeraden om te werken met veiligheidsbril, handschoenen en lange mouwen tijdens zagen en boren in het kunststof.

No.	Veiligheidsdomein	Omschrijving	Specifieke maatregelen ontwerpfase
52		Onveilige hulpconstructie	<ul style="list-style-type: none"> Op de heigordingen is een CE-markering toegepast.
53		Overmatig lawaai (geluidsbelasting) voor omgeving	<ul style="list-style-type: none"> Door de beperkte lengte van de damwanden (max. 8,6 m) wordt voorkomen dat planken over grotere diepten in hardere lagen aangebracht dienen te worden
56		De prestaties van contextobjecten worden niet gehandhaafd t.o.v. de aanvangssituatie	<ul style="list-style-type: none"> Oeverconstructies bevinden zich buiten de vrije zone van kabels en leidingen.
57	Constructieve veiligheid Elektrische veiligheid	Bezwijken/instorten nieuwe constructie	<ul style="list-style-type: none"> Eén integraal PLAXIS ontwerp. In dit ontwerp wordt de volledige realisatie- en gebruiksfase gemodelleerd en getoetst op waterveiligheid (STBU en STBI). Periodieke inspecties dienen uitgevoerd te worden. Periodieke dikte-/corrosiemetingen worden aanbevolen om de staat van de damwandplanken vast te stellen. Ook onderzoek naar de staat van de verankering, gordingen en bevestigingen wordt aanbevolen. Kunststof damwanden krijgen specifieke aandacht gedurende de levensduur vanwege ontbrekende kennis en ervaring omtrent kunststof damwanden. <p>Het is noodzakelijk de ontwikkeling van de bodem nabij de oevers te monitoren op erosie, zodat ondermijning en verzakking van bovenliggende bekleding wordt voorkomen. Indien erosie wordt geconstateerd dient de ontgroning opgevuld te worden. Voor een duurzame oplossing kan opvulling met grover materiaal overwogen worden.</p>
58		Bezwijken of verzakken van kades	<ul style="list-style-type: none"> Een ontlastsleuf achter de huidige damwand wordt aangebracht. Dit reduceert de gronddruk aanzienlijk. Op locaties waar bestaande stalen damwanden aanwezig zijn, wordt de nieuwe damwand vóór de bestaande (binnen 1,0 m) geplaatst.
67		Onveilige situaties, diefstal en vernielingen op bouwterrein	<ul style="list-style-type: none"> Constructies bestaan niet uit losse onderdelen of onderdelen die niet eenvoudig met handgereedschap wegneembaar zijn.
70	Nautische veiligheid	Aanvaring schip – object snij- en stootgevaar	<ul style="list-style-type: none"> De anker Gording heeft een specifieke vorm. Hierdoor liggen de ankerdelen verzonken in de damwandconstructie. Ankerstangen worden zodanig afgewerkt zodat ankerstangen niet voor de anker Gording uitsteekt. De doorkoppelingen van de anker Gording worden in dezelfde vorm geleverd als de anker Gording. Hierdoor steekt de doorkoppeling zeer beperkt uit.
76	Sociale veiligheid	Gevaar voor ongevallen door agressie en geweld	<ul style="list-style-type: none"> Oeverconstructies ontworpen met dezelfde uitstraling en conform contract (licht, openheid en doorzicht).
81	Verkeersveiligheid	Aanrijding voertuig/mens	<ul style="list-style-type: none"> Ontwerp houdt rekening met dat werkzaamheden zoveel mogelijk vanaf water plaatsvinden. De weg achter het kunststof damwandtraject wordt tijdens uitvoeringswerkzaamheden afgesloten.
86	Waterveiligheid	Overstroming door falen regionale waterkering	<ul style="list-style-type: none"> Eén integraal PLAXIS ontwerp. In dit ontwerp wordt de volledige realisatie- en gebruiksfase gemodelleerd en getoetst op waterveiligheid (STBU en STBI). Oeverwerkzaamheden worden uitgevoerd voordat gestart wordt met baggeren. Een ontlastsleuf achter de huidige damwand wordt aangebracht. Dit reduceert de gronddruk aanzienlijk. Op locaties waar bestaande stalen damwanden aanwezig zijn, wordt de nieuwe damwand vóór de bestaande (binnen 1,0 m) geplaatst. Een monitoringsplan waterveiligheid wordt opgesteld. Attentie- en interventiewaarden worden vastgesteld. Bij overschrijding van interventiewaarden wordt het werk stilgelegd en worden maatregelen genomen: Er zijn 14 lange, zware damwandprofielen aanwezig in het werkgebied om een bouwkuip te kunnen realiseren. Er zijn 40 bigbags gevuld met grond aanwezig om een oever te kunnen stabiliseren of welvorming in de kwelsloot te blokkeren. In geval van welvorming wordt een zandkerend doek geplaatst.

No.	Veiligheidsdomein	Omschrijving	Specifieke maatregelen ontwerpfase
			<ul style="list-style-type: none"> • De waterkering wordt afgegraven over de volledige breedte t.b.v. het aanbrengen van sleuven voor legverankering. Deze fase is getoetst in paragraaf 4.2.1.
89	Waterveiligheid	Structurele toename van grondwateroverlast	<ul style="list-style-type: none"> • Correctieve maatregelen bij een GWS effect van >8cm (RBP M3.14B). Monitoring op basis van grondwatermeetnetwerk en aanvullende peilbuizen.
	Waterveiligheid		<ul style="list-style-type: none"> • •

Groene tekst: de beheersmaatregelen zijn verwerkt in de ontwerpfase.

Rode tekst: de beheersmaatregelen worden verwerkt in de uitvoeringsfase (overblijvende risico's)

Blauwe tekst: de beheersmaatregelen dienen in het opleverdossier opgenomen te worden (restrisico's)

10 Maatschappelijk Verantwoord Inkopen

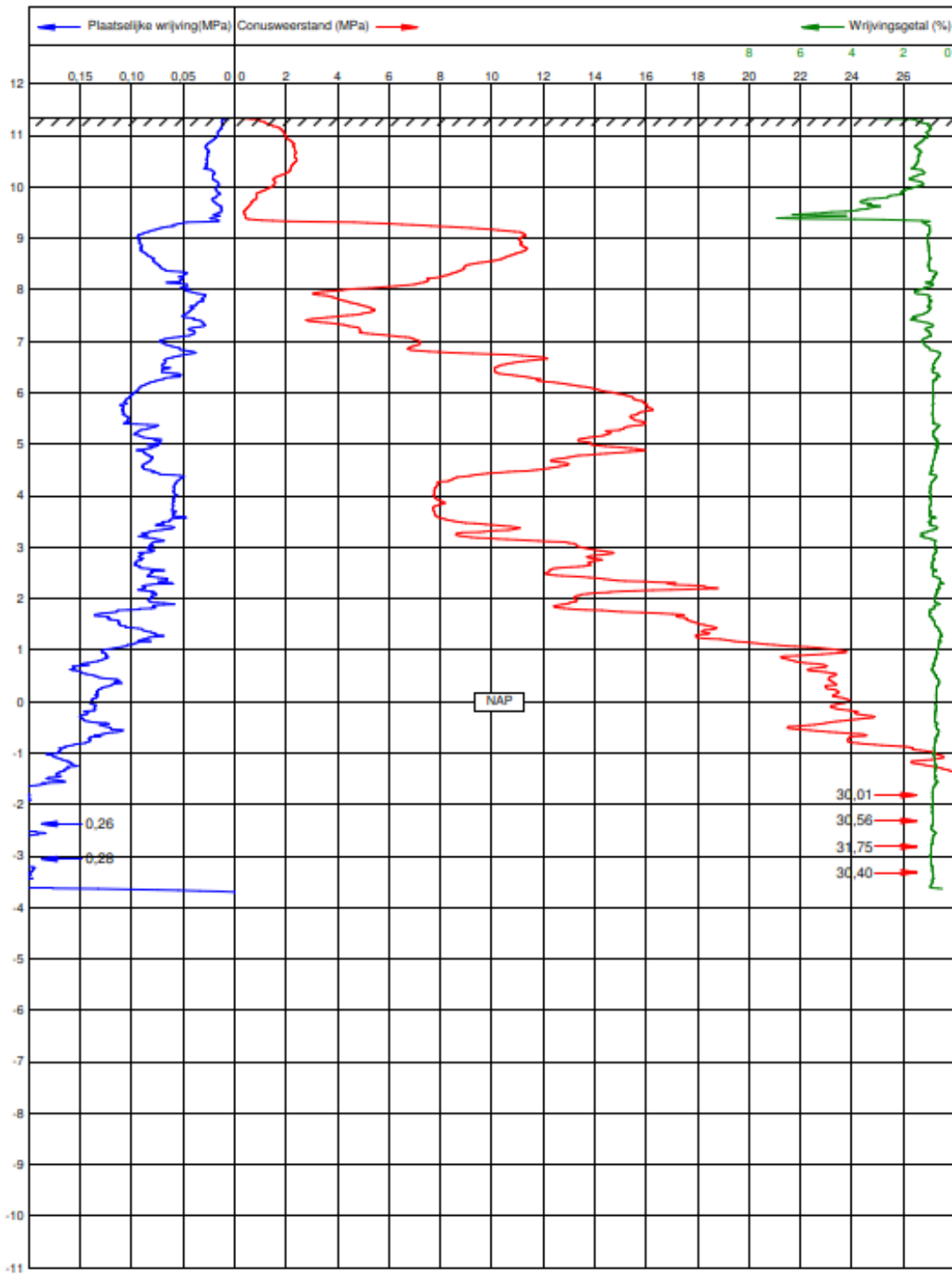
Rijkswaterstaat heeft zich gecommitteerd, in overeenstemming met het Rijksbeleid, om 100% maatschappelijk verantwoord in te kopen. Dit houdt bij dit project in dat bij alle inkopen de minimeisen van het cluster 'Grond-, weg- en waterbouw' van toepassing zijn.

11 Bijlagen

Bijlage 1 – Grondonderzoek

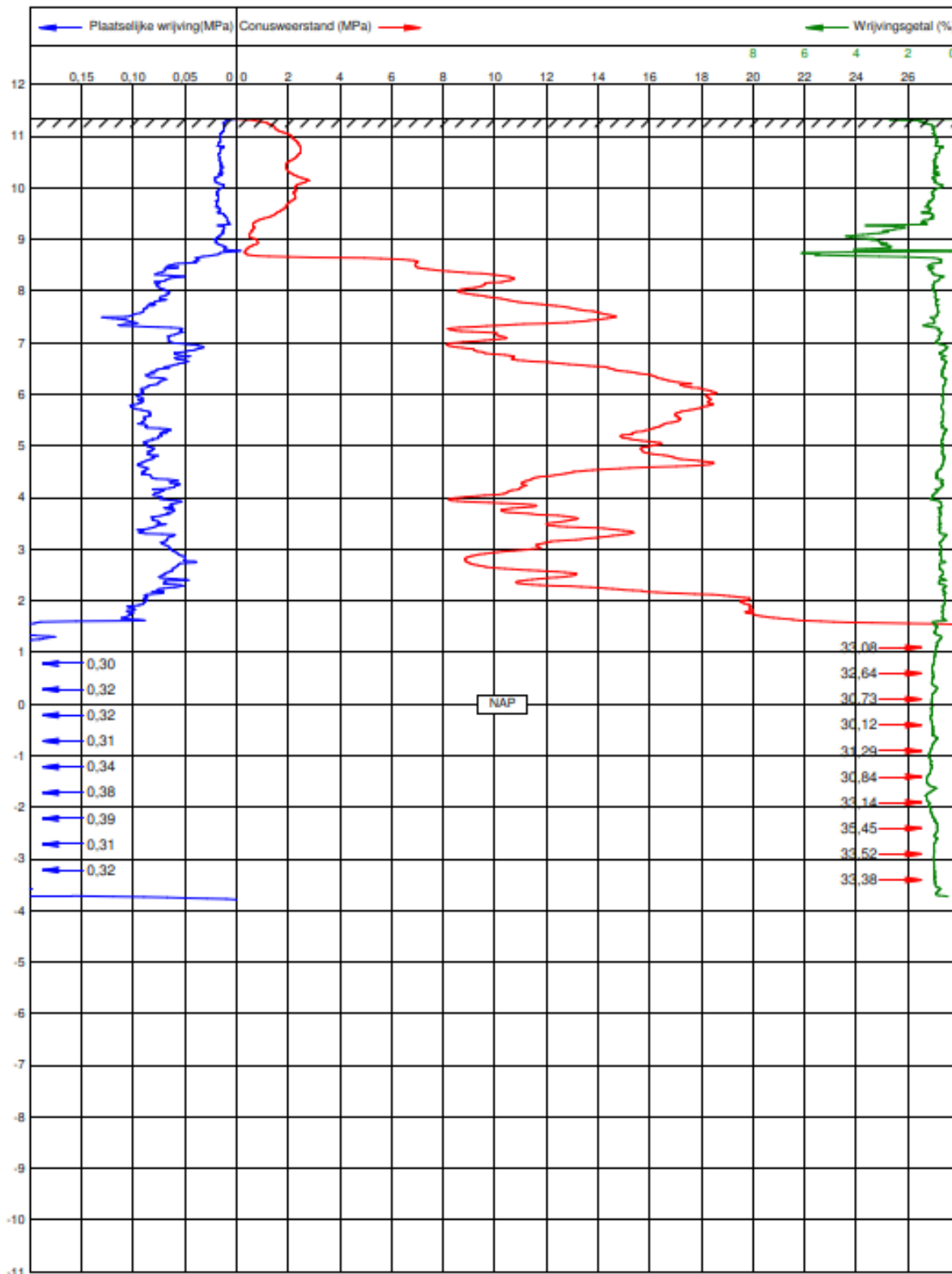


Werknummer	: 203718-10	Conus	: S15-CFII.659
Sondering	: DKMk3L02S57	Opp. punt	: 1500 mm2
Datum	: 05-05-2014	Maalveld	: 11,34 m. t.o.v. NAP
Plaats	: TWENTE	X-coördinaat	: 299377.550
Project omschrijving	: Twentekanalen	Y-coördinaat	: 483303.842
Opdrachtgever	: ARCADIS Nederland BV	Classificatie	: NEN 5140 Klasse 2





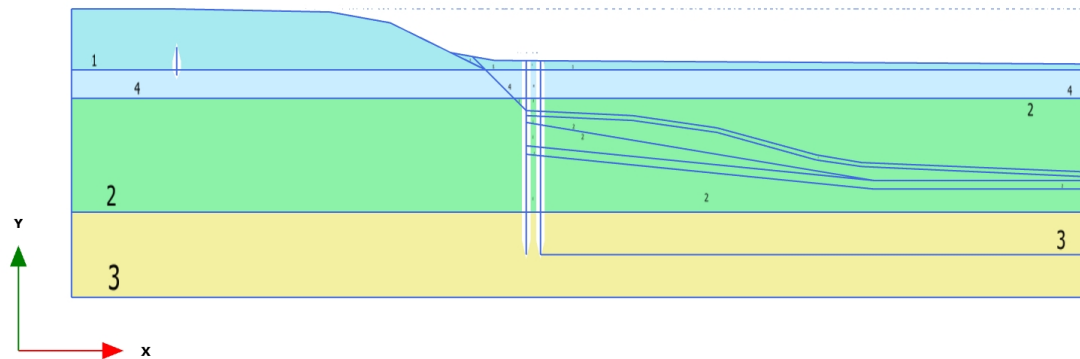
Werknummer	: 203718-10	Conus	: S15-CFII.659
Sondering	: DKMk3L02558	Opp. punt	: 1500 mm2
Datum	: 30-04-2014	Maalveld	: 11,33 m. t.o.v. NAP
Plaats	: TWENTE	X-coördinaat	: 239332.033
Project omschrijving	: Twentekanalen	Y-coördinaat	: 483443.364
Oprachtgever	: ARCADIS Nederland BV	Classificatie	: NEN 5140 Klasse 2



Bijlage 2 – Plaxis Berekening

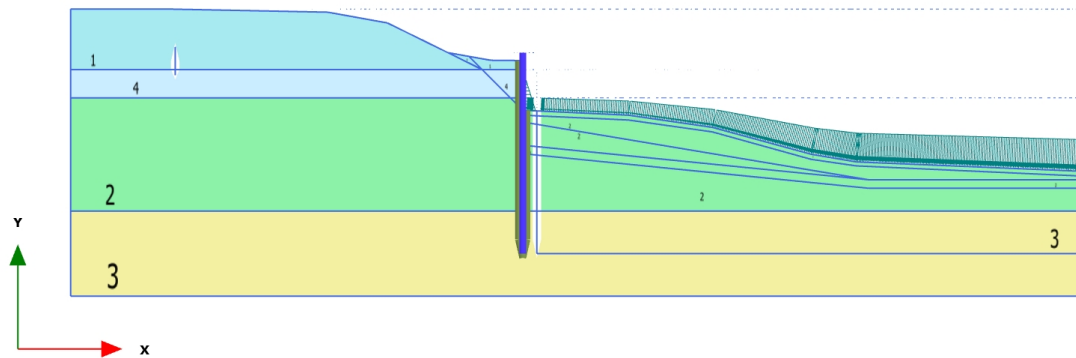
PLAXIS Report

1.1.1.1 Calculation results, 0 - Initial phase [InitialPhase] (0/0), Materials plot



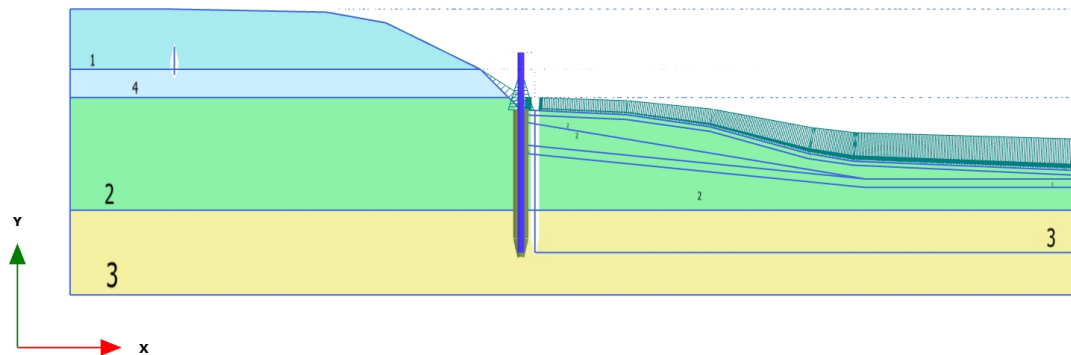
Materials plot

1.1.1.2 Calculation results, 1 - Bestaande damwand [Phase_2] (2/16), Materials plot



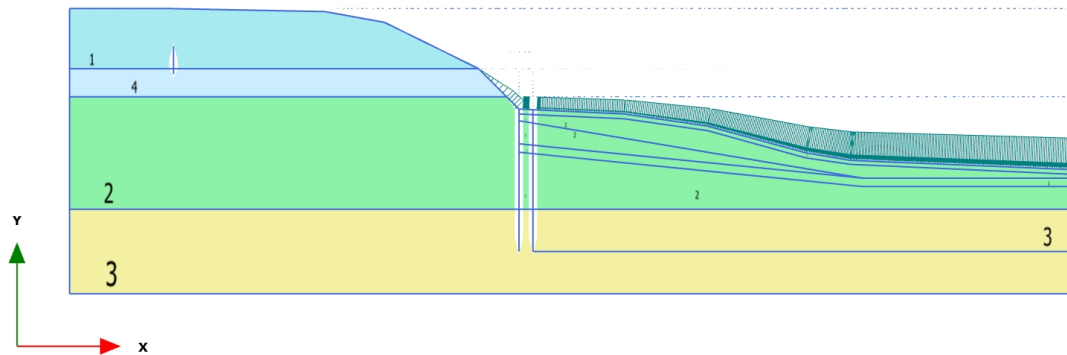
Materials plot

1.1.1.3 Calculation results, 2A - Aanbrengen Ontlastsleuf [Phase_14] (14/22), Materials plot



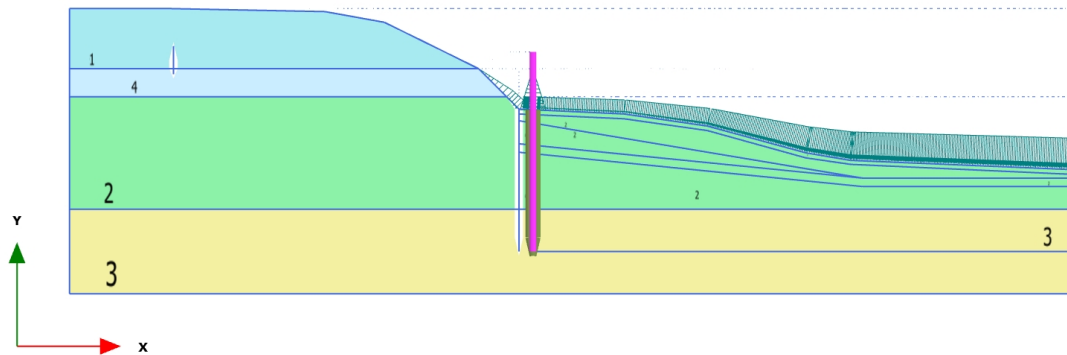
Materials plot

1.1.1.4 Calculation results, 2B - Verwijderen bestaande wand [Phase_6] (6/26), Materials plot



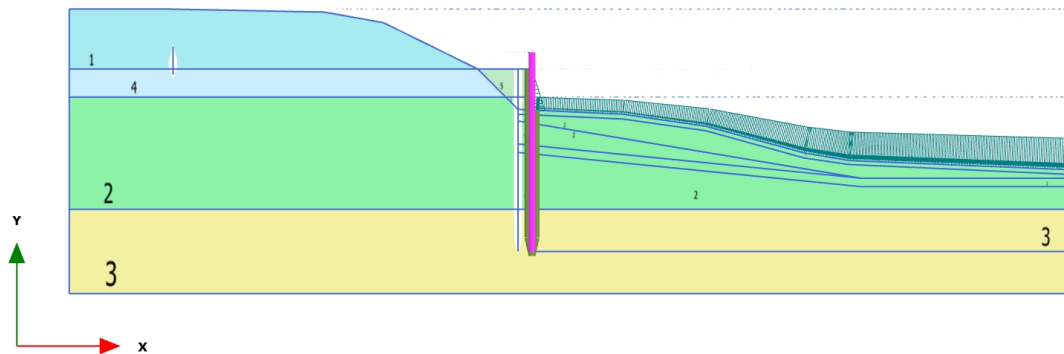
Materials plot

1.1.1.5 Calculation results, 3A - Inbrengen Nieuwe Damwand [Phase_1] (1/33), Materials plot



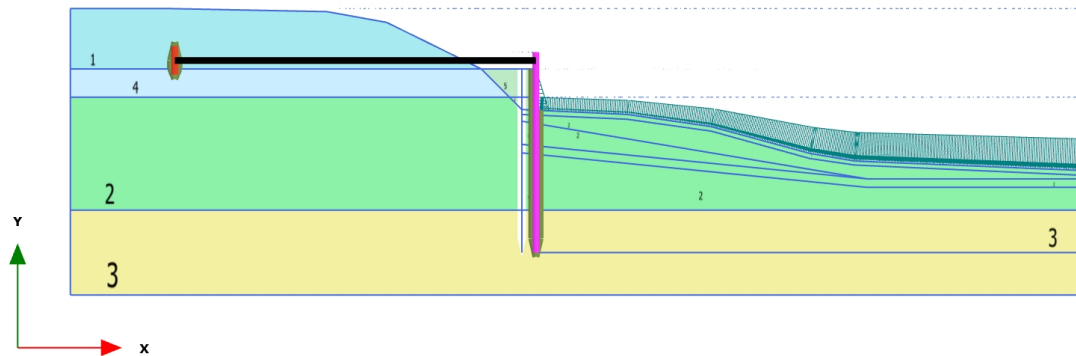
Materials plot

1.1.1.6 Calculation results, 3B - Aanvullen tot onderzijde anker [Phase_15] (15/56), Materials plot



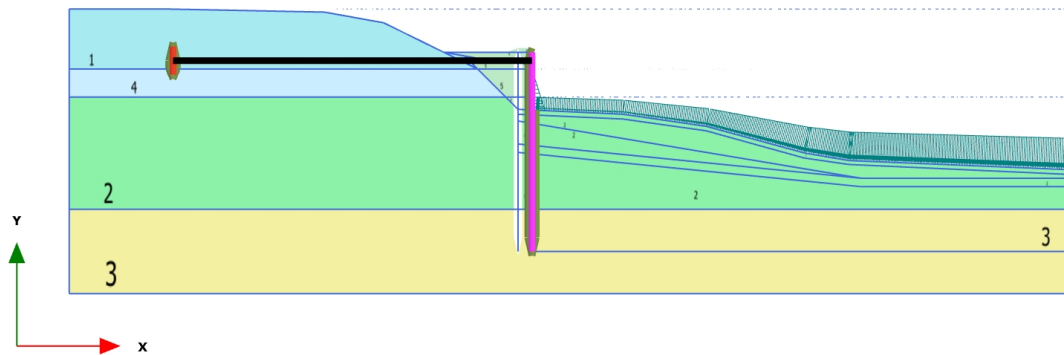
Materials plot

1.1.1.7 Calculation results, 4 - Aanbrengen Verankering [Phase_4] (4/60), Materials plot



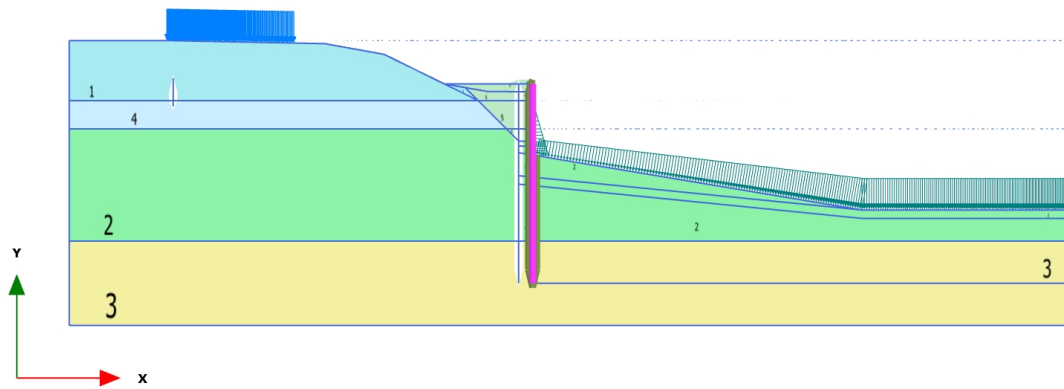
Materials plot

1.1.1.8 Calculation results, 5 - Aanvullen tot bovenkant damwand [Phase_7] (7/73), Materials plot



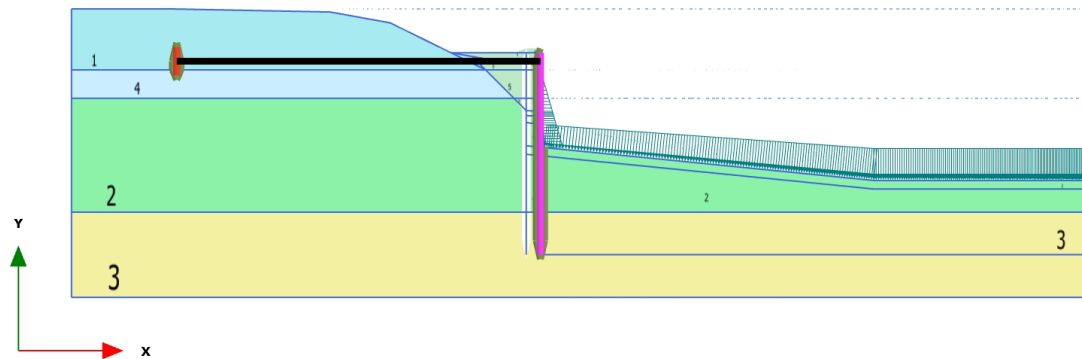
Materials plot

1.1.1.9 Calculation results, ACC - Bodem 1:6 + Bezwijken Anker [Phase_21] (16/135), Materials plot



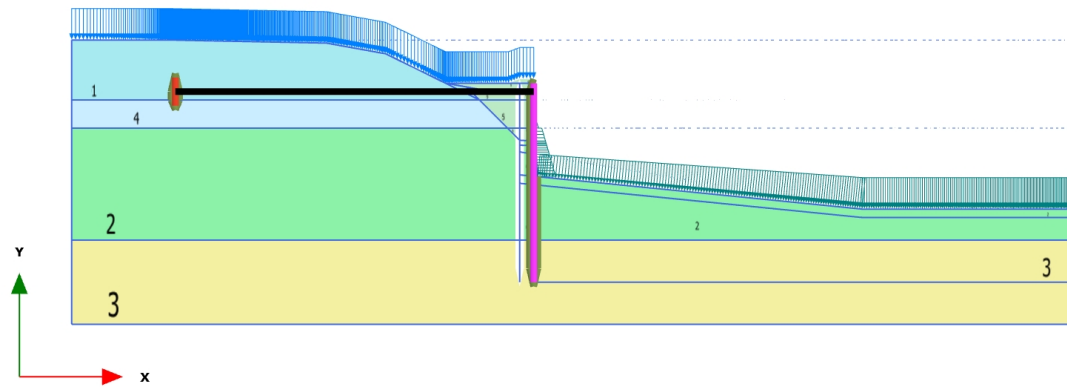
Materials plot

1.1.1.10 Calculation results, 6 - Baggeren [Phase_5] (5/150), Materials plot



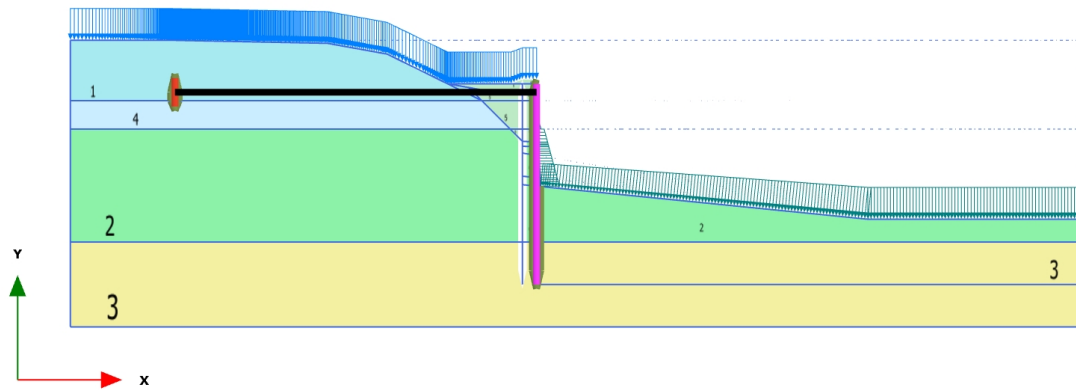
Materials plot

1.1.1.11 Calculation results, 7 - BGT - Bovenbelasting + Waterstand [Phase_8] (8/170), Materials plot



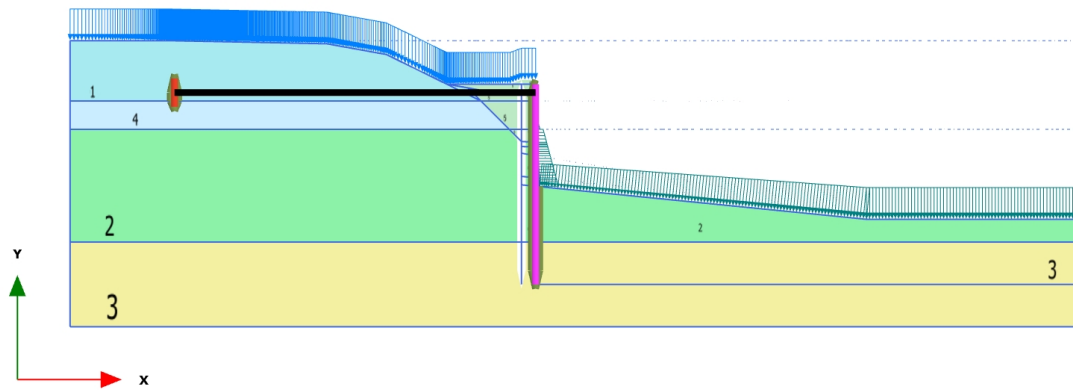
Materials plot

1.1.1.12 Calculation results, 8.1A - UGT - Lage Stijfheid [Phase_9] (9/178), Materials plot



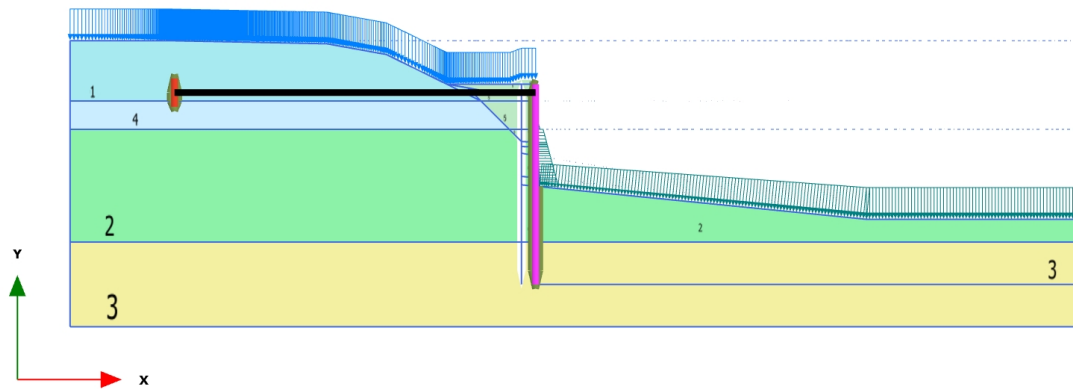
Materials plot

1.1.1.13 Calculation results, 8.1B - UGT - Phi-C Reductie [Phase_10] (10/272), Materials plot



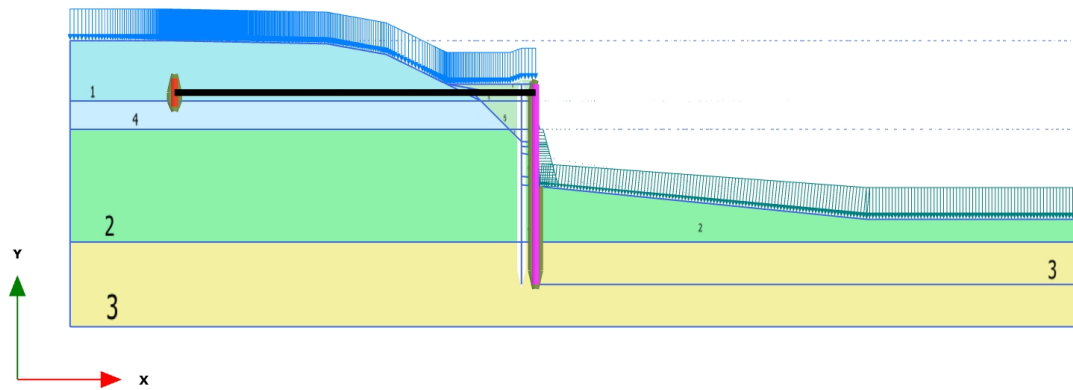
Materials plot

1.1.1.14 Calculation results, 9.1A - UGT - Hoge Stijfheid [Phase_12] (12/301), Materials plot



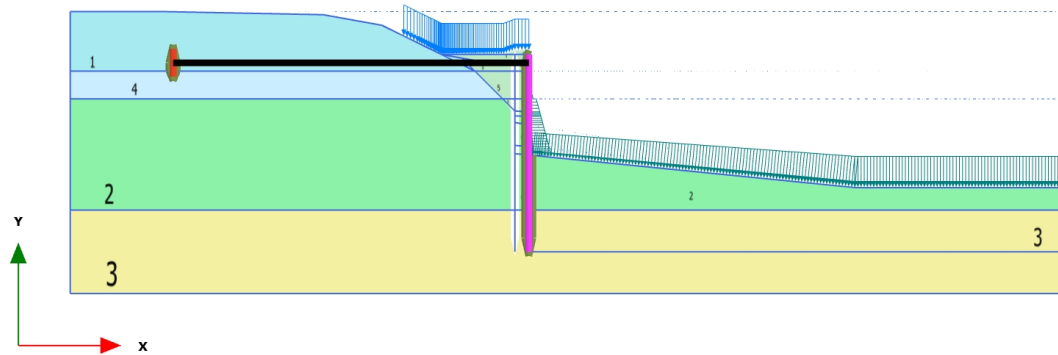
Materials plot

1.1.1.15 Calculation results, 9.1B - UGT - Phi-C Reductie [Phase_13] (13/375), Materials plot



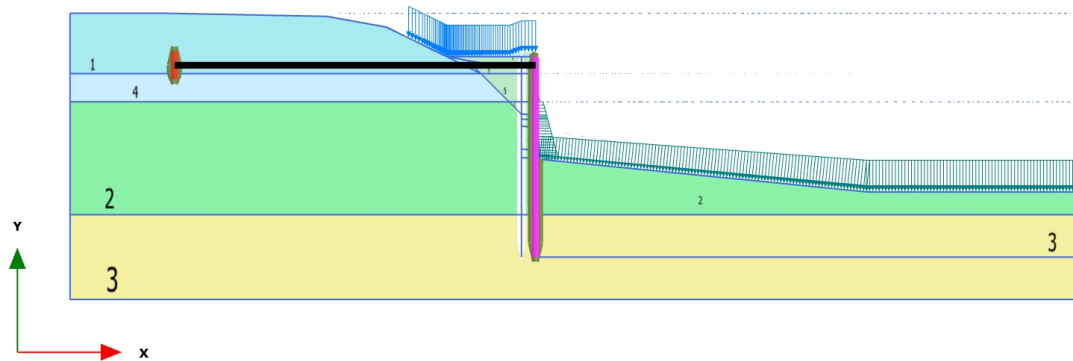
Materials plot

1.1.1.16 Calculation results, 8.2A - UGT - Lage Stijfheid (gedeeltelijke Belasting) [Phase_17] (17/391), Materials plot



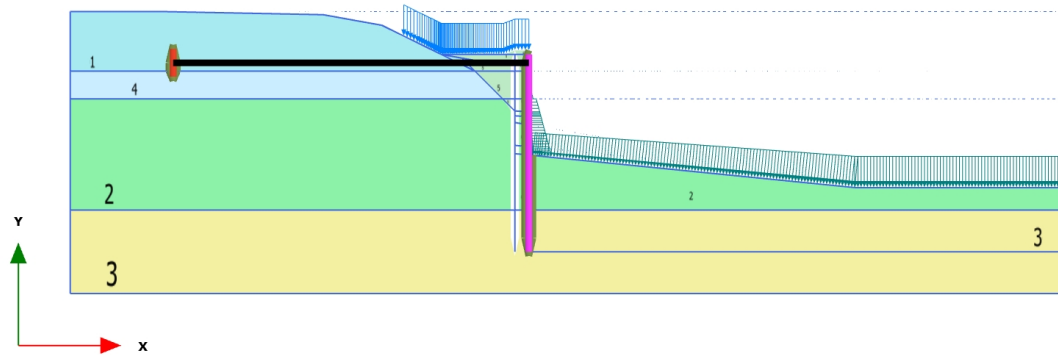
Materials plot

1.1.1.17 Calculation results, 8.2B - UGT - Phi-C reductie [Phase_18] (18/450), Materials plot



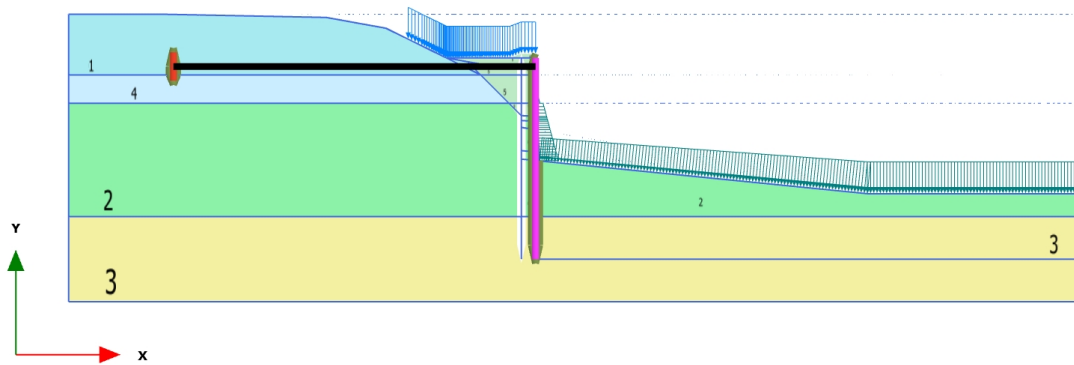
Materials plot

1.1.1.18 Calculation results, 9.2A - UGT - Hoge stijfheid (gedeeltelijke belasting) [Phase_19] (19/477), Materials plot



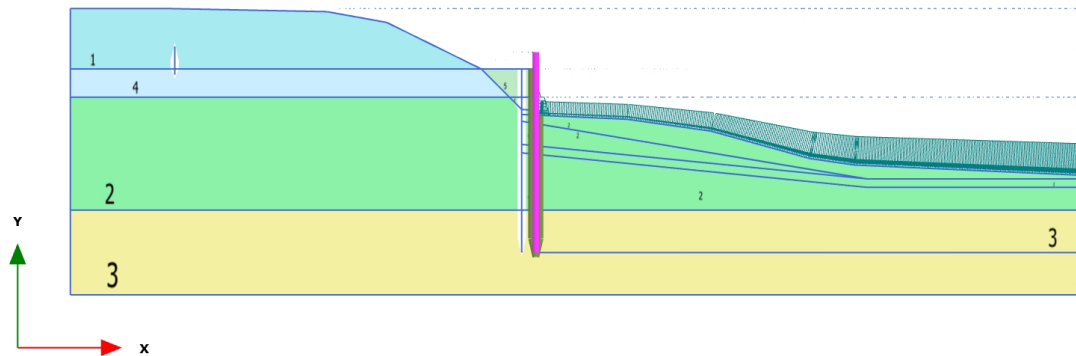
Materials plot

1.1.1.19 Calculation results, 9.2B - UGT - Phi - C [Phase_20] (20/564), Materials plot



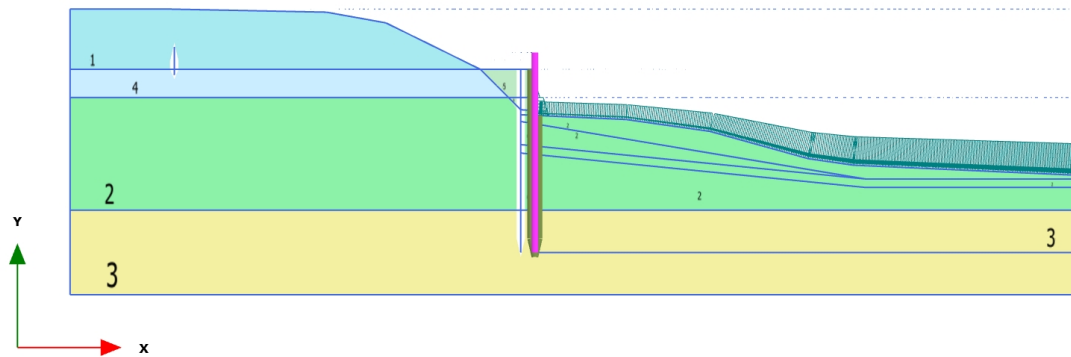
Materials plot

1.1.1.20 Calculation results, 3C - UGT - Lage stijfheid [Phase_3] (3/617), Materials plot













Materials plot











1.1.1.21 Calculation results, 3D - UGT - Phi - C Reductie [Phase_11] (11/669), Materials plot








Materials plot






1.1.2.1.1 Materials - Soil and interfaces - HS small

Identification number		1	2	3	5	6
Identification		Zand toplaag	Zand matig	Zand vast	Aanvulzand	Zand Los
Soil model		HS small	HS small	HS small	HS small	HS small
Drainage type		Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
Colour						
Comments						
_unsat	kN/m ³	17,00	16,50	17,00	18,00	15,50
_sat	kN/m ³	19,50	20,00	20,50	20,00	19,50
e_init		0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000
n_init		0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
Identification number		1	2	3	5	6
Identification		Zand toplaag	Zand matig	Zand vast	Aanvulzand	Zand Los
Soil model		HS small	HS small	HS small	HS small	HS small
Drainage type		Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
Colour						
Comments						
E_50^ref	kN/m ²	25,00E3	35,00E3	50,00E3	30,00E3	25,00E3
E_oed^ref	kN/m ²	25,00E3	35,00E3	50,00E3	30,00E3	25,00E3
E_ur^ref	kN/m ²	100,0E3	140,0E3	200,0E3	120,0E3	100,0E3
_ur		0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
Use defaults		True	True	True	True	True


Identification number	1	2	3	5	6
K_0^{nc}	0,4038	0,3586	0,3142	0,4038	0,3586
R_f	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000	0,9000
Determination	-undrained definition	-undrained definition	-undrained definition	-undrained definition	-undrained definition
u definition method	Direct	Direct	Direct	Direct	Direct
u ,equivalent (nu)	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950	0,4950
Skempton B	0,9866	0,9866	0,9866	0,9866	0,9866
$K_w,ref/n$	kN/m ²				
	4,097E6	5,736E6	8,194E6	4,917E6	4,097E6
Identification number	1	2	3	5	6
Identification	Zand toplaag	Zand matig	Zand vast	Aanvulzand	Zand Los
Soil model	HS small	HS small	HS small	HS small	HS small
Drainage type	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
Colour					
Comments					
Classification type	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
Soil class (Standard)	Coarse	Coarse	Coarse	Coarse	Coarse
< 2 μ m	%	10,00	10,00	10,00	10,00
2 μ m - 50 μ m	%	13,00	13,00	13,00	13,00
50 μ m - 2 mm	%	77,00	77,00	77,00	77,00
Identification number	1	2	3	5	6
Identification	Zand toplaag	Zand matig	Zand vast	Aanvulzand	Zand Los
Soil model	HS small	HS small	HS small	HS small	HS small
Drainage type	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
Colour					
Comments					


Identification number		1	2	3	5	6
c_s	kJ/t/K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
_s	kW/m/K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
_s	t/m ³	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Thermal expansion type		Isotropic	Isotropic	Isotropic	Isotropic	Isotropic
_sv	1/K	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Phase change		False	False	False	False	False
D_v	m ² /day	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
f_Tv		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Identification number		1	2	3	5	6
Identification		Zand toplaag	Zand matig	Zand vast	Aanvulzand	Zand Los
Soil model		HS small	HS small	HS small	HS small	HS small
Drainage type		Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
Colour						
Comments						
Stiffness determination		Derived	Derived	Derived	Derived	Derived
Strength determination		Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
R_inter		0,9000	0,5000	0,5000	0,9000	0,5000
Consider gap closure		True	True	True	True	True
_inter	m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Cross permeability		Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable	Impermeable
Drainage conductivity, dk	m ³ /day/m	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
R_thermal	m ² K/kW	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Identification number		1	2	3	5	6
Identification		Zand toplaag	Zand matig	Zand vast	Aanvulzand	Zand Los

Twente Kunstof damwand onverankerd 22 april 2022



Identification number	1	2	3	5	6
Soil model	HS small	HS small	HS small	HS small	HS small
Drainage type	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
Colour					
Comments					
K ₀ determination	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic
K _{0,x}	0,4038	0,3586	0,3142	0,4038	0,3586
K _{0,z}	0,4038	0,3586	0,3142	0,4038	0,3586
P.O.P	kN/m ²	0,000	0,000	0,000	0,000
OCR	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

1.1.2.1.2 Materials - Soil and interfaces - Hardening Soil

Identification number		4
Identification		Klei
Soil model		Hardening Soil
Drainage type		Drained
Colour		
Comments		
_unsat	kN/m ³	18,60
_sat	kN/m ³	18,60
e_init		0,5000
n_init		0,3333
Identification number		4
Identification		Klei
Soil model		Hardening Soil
Drainage type		Drained
Colour		
Comments		
E_50^ref	kN/m ²	6400










Identification number		4
E _{oed} ^{ref}	kN/m ²	3200
E _{ur} ^{ref}	kN/m ²	25,60E3
_ur		0,2000
Use defaults		True
K ₀ ^{nc}		0,4437
R _f		0,9000
Determination		-undrained definition
_u definition method		Direct
_u,equivalent (nu)		0,4950
Skempton B		0,9866
K _{w,ref/n}	kN/m ²	1,049E6
Identification number		4
Identification		Klei
Soil model		Hardening Soil
Drainage type		Drained
Colour		
Comments		
Classification type		Standard
Soil class (Standard)		Coarse

Identification number		4
< 2 µm	%	10,00
2 µm - 50 µm	%	13,00
50 µm - 2 mm	%	77,00
Identification number		4
Identification		Klei
Soil model		Hardening Soil
Drainage type		Drained
Colour		
Comments		
c_s	kJ/t/K	0,000
_s	kW/m/K	0,000
_s	t/m ³	0,000
Thermal expansion type		Isotropic
_sv	1/K	0,000
Phase change		False
D_v	m ² /day	0,000
f_Tv		0,000
Identification number		4
Identification		Klei

Identification number		4
Soil model		Hardening Soil
Drainage type		Drained
Colour		
Comments		
Stiffness determination		Derived
Strength determination		Manual
R_inter		0,7000
Consider gap closure		True
_inter	m	0,000
Cross permeability		Impermeable
Drainage conductivity, dk	m ³ /day/m	0,000
R_thermal	m ² K/kW	0,000
Identification number		4
Identification		Klei
Soil model		Hardening Soil
Drainage type		Drained
Colour		
Comments		
K_0 determination		Automatic

Identification number		4
K _{0,x}		0,4437
K _{0,z}		0,4437
POP	kN/m ²	0,000
OCR		1,000

1.1.2.2 Materials - Plates

Identification number		1	2	3
Identification		DWU5400	Kunstof1580p	Beton_Ankerschot t=100
Material type		Elastic	Elastic	Elastic
Colour				
Comments				
w	kN/m/m	0,5180	1,000	1,360
Prevent punching		False	False	False
Identification number		1	2	3
Identification		DWU5400	Kunstof1580p	Beton_Ankerschot t=100
Material type		Elastic	Elastic	Elastic
Colour				
Comments				
Isotropic		False	True	True
Identification number		1	2	3
Identification		DWU5400	Kunstof1580p	Beton_Ankerschot t=100
Material type		Elastic	Elastic	Elastic
Colour				

Identification number		1	2	3
Comments				
c	kJ/t/K	0,000	0,000	0,000
	kW/m/K	0,000	0,000	0,000
	t/m ³	0,000	0,000	0,000
	1/K	0,000	0,000	0,000
A_eff,T	m ²	0,000	0,000	0,000

1.1.2.3 Materials - Anchors

Identification number		1
Identification		Anker rond 25
Material type		Elastic
Colour		■
Comments		
Identification number		1
Identification		Anker rond 25
Material type		Elastic
Colour		■
Comments		
L_spacing	m	1,828
Identification number		1
Identification		Anker rond 25
Material type		Elastic
Colour		■
Comments		
c	kJ/t/K	0,000

Identification number		1
	kW/m/K	0,000
	t/m ³	0,000
	1/K	0,000
A_eff,T	m ²	0,000

1.1.3.7 Calculation results, Node-to-node anchor, 4 - Aanbrengen Verankering [Phase_4] (4/60), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor\1\1	3708	1	-12,300	10,300	10,000	0,000	10,000
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	10,000	0,000	10,000

1.1.3.8 Calculation results, Node-to-node anchor, 5 - Aanvullen tot bovenkant damwand [Phase_7] (7/73), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	9,619	0,000	10,000
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	9,619	0,000	10,000

1.1.3.10 Calculation results, Node-to-node anchor, 6 - Baggeren [Phase_5] (5/150), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	16,696	0,000	16,696
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	16,696	0,000	16,696

1.1.3.11 Calculation results, Node-to-node anchor, 7 - BGT - Bovenbelasting + Waterstand [Phase_8] (8/170), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	29,715	0,000	29,715
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	29,715	0,000	29,715

1.1.3.12 Calculation results, Node-to-node anchor, 8.1A - UGT - Lage Stijfheid [Phase_9] (9/178), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	36,435	0,000	36,435
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	36,435	0,000	36,435

1.1.3.13 Calculation results, Node-to-node anchor, 8.1B - UGT - Phi-C Reductie [Phase_10] (10/272), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	41,094	0,000	41,094
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	41,094	0,000	41,094

1.1.3.14 Calculation results, Node-to-node anchor, 9.1A - UGT - Hoge Stijfheid [Phase_12] (12/301), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	33,829	0,000	33,829
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	33,829	0,000	33,829

1.1.3.15 Calculation results, Node-to-node anchor, 9.1B - UGT - Phi-C Reductie [Phase_13] (13/375), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	40,096	0,000	40,096
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	40,096	0,000	40,096

1.1.3.16 Calculation results, Node-to-node anchor, 8.2A - UGT - Lage Stijfheid (gedeeltelijke Belasting) [Phase_17] (17/391), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	37,019	0,000	37,019
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	37,019	0,000	37,019

1.1.3.17 Calculation results, Node-to-node anchor, 8.2B - UGT - Phi-C reductie [Phase_18] (18/450), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	41,091	0,000	41,091
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	41,091	0,000	41,091

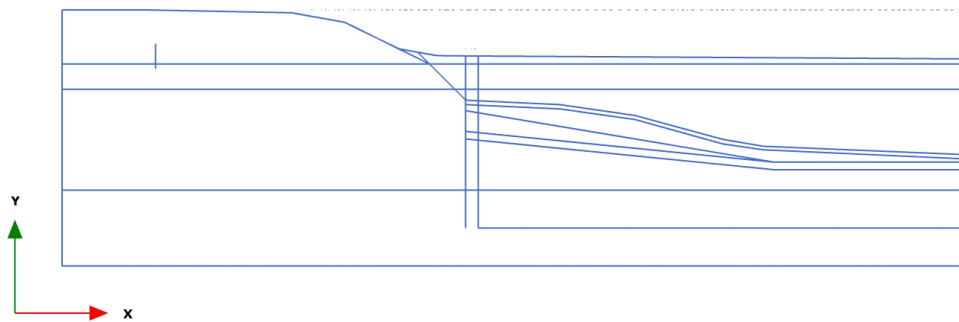
1.1.3.18 Calculation results, Node-to-node anchor, 9.2A - UGT - Hoge stijfheid (gedeeltelijke belasting) [Phase_19] (19/477), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	33,919	0,000	33,919
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	33,919	0,000	33,919

1.1.3.19 Calculation results, Node-to-node anchor, 9.2B - UGT - Phi - C [Phase_20] (20/564), Table of node-to-node anchors

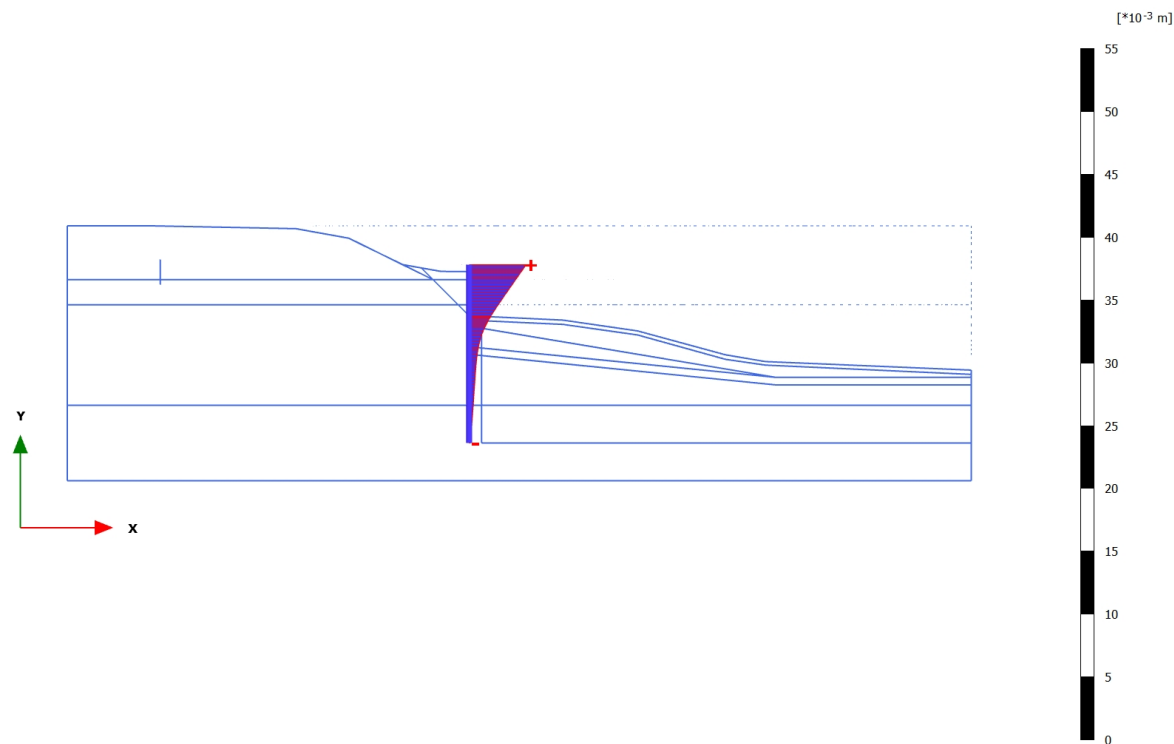
Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	40,731	0,000	40,731
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	40,731	0,000	40,731

3.1.1.1.1 Calculation results, Plate, 0 - Initial phase [InitialPhase] (0/0), Total displacements u_x



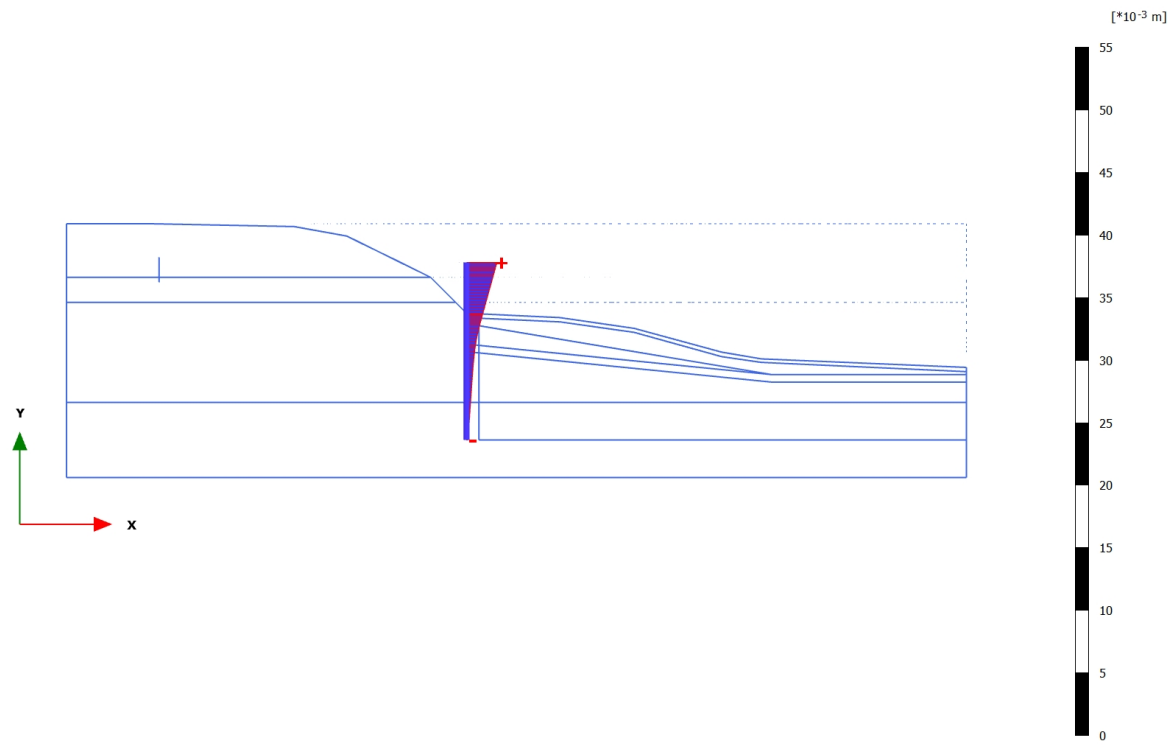
Total displacements u_x (at true scale)
No results

3.1.1.1.2 Calculation results, Plate, 1 - Bestaande damwand [Phase_2] (2/16), Total displacements u_x



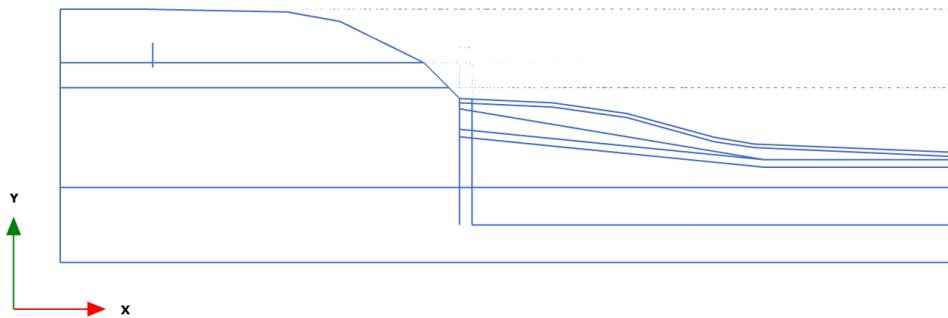
Total displacements u_x (scaled up 500 times)
Maximum value = $4,565 \cdot 10^{-3}$ m (Element 2 at Node 12310)
Minimum value = $0,1221 \cdot 10^{-3}$ m (Element 35 at Node 7189)

3.1.1.1.3 Calculation results, Plate, 2A - Aanbrengen Ontlastsleuf [Phase_14] (14/22), Total displacements u_x



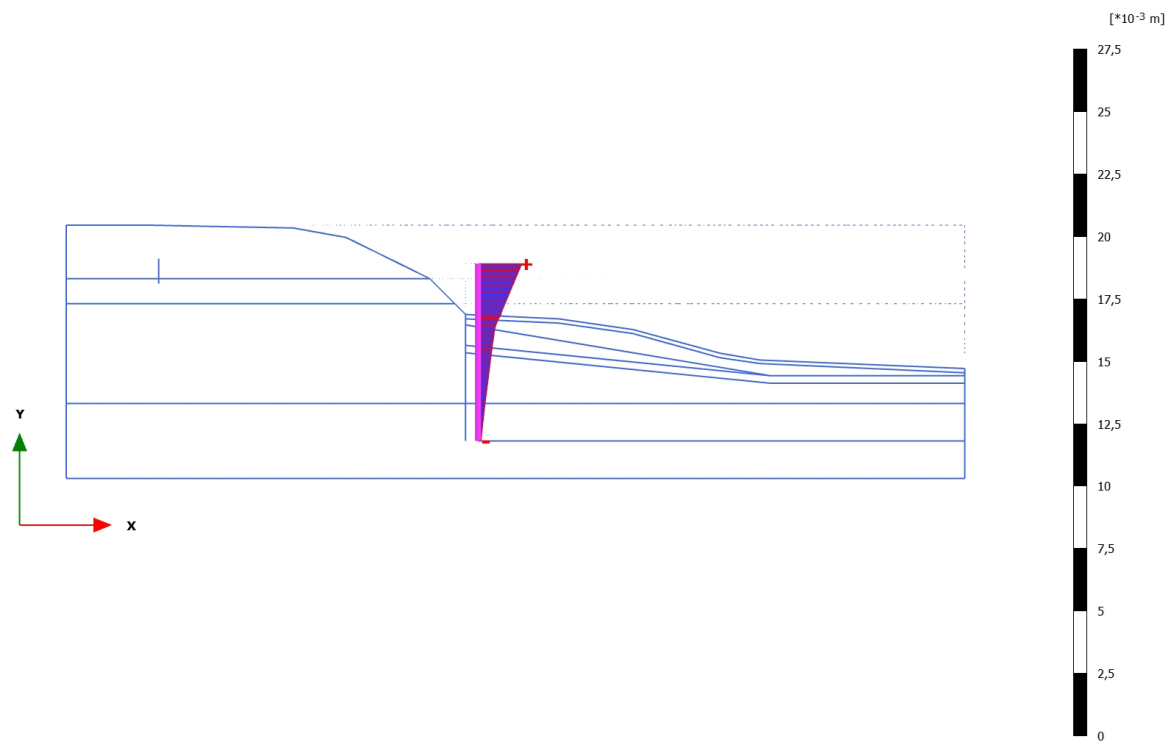
Total displacements u_x (scaled up 500 times)
Maximum value = $2,448 \cdot 10^{-3}$ m (Element 2 at Node 12310)
Minimum value = $0,1231 \cdot 10^{-3}$ m (Element 35 at Node 7189)

3.1.1.1.4 Calculation results, Plate, 2B - Verwijderen bestaande wand [Phase_6] (6/26), Total displacements u_x



Total displacements u_x (at true scale)
No results

3.1.1.1.5 Calculation results, Plate, 3A - Inbrengen Nieuwe Damwand [Phase_1] (1/33), Total displacements u_x

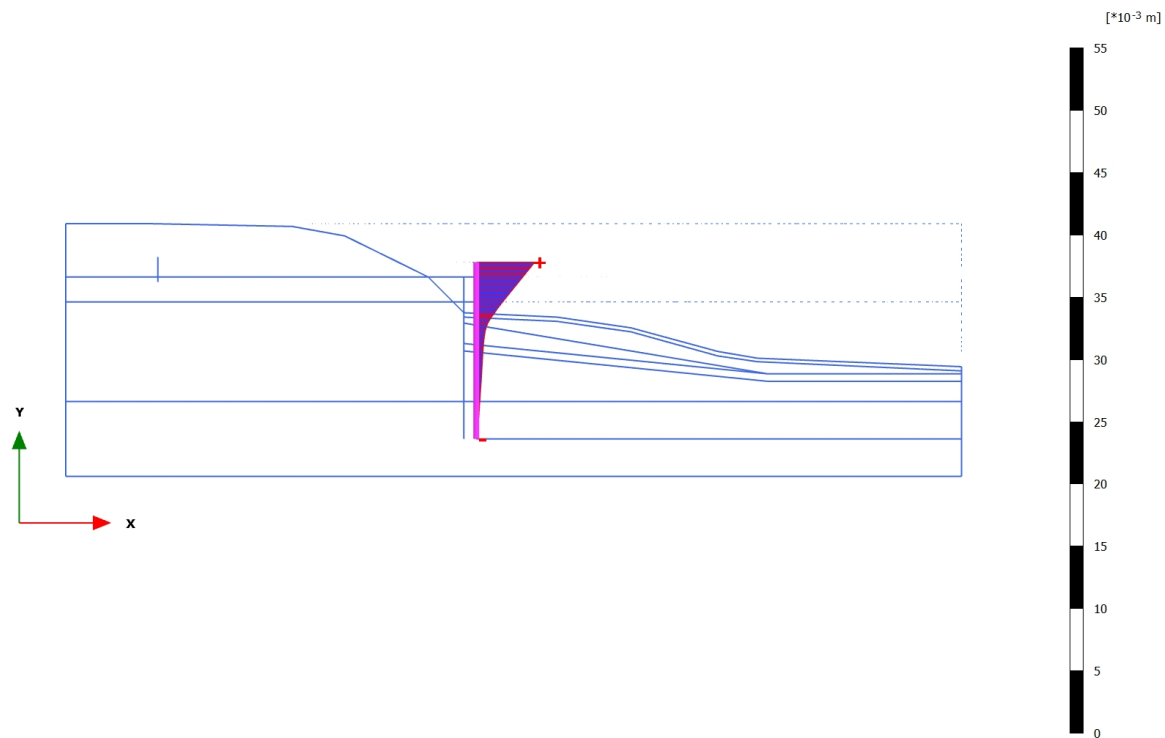


Total displacements u_x (scaled up $1,00 \cdot 10^3$ times)

Maximum value = $1,758 \cdot 10^{-3}$ m (Element 3 at Node 12769)

Minimum value = $0,1237 \cdot 10^{-3}$ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.1.1.6 Calculation results, Plate, 3B - Aanvullen tot onderzijde anker [Phase_15] (15/56), Total displacements u_x

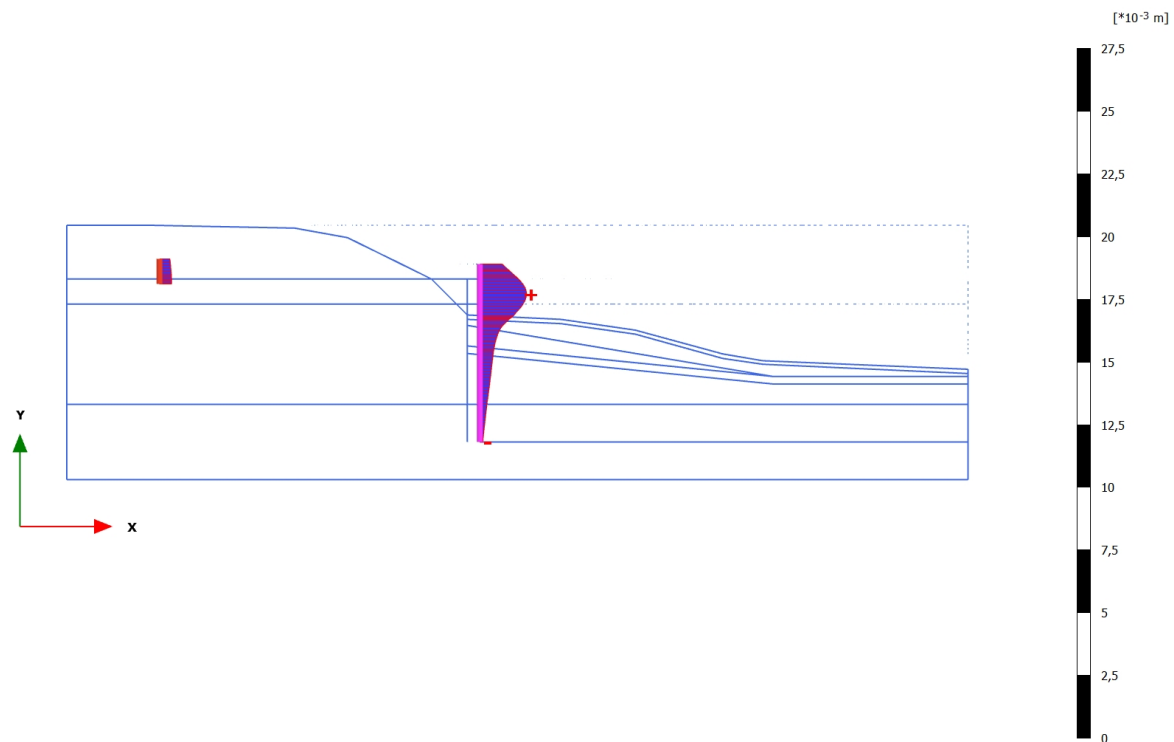


Total displacements u_x (scaled up 500 times)

Maximum value = $4,722 \cdot 10^{-3}$ m (Element 3 at Node 12769)

Minimum value = $0,1240 \cdot 10^{-3}$ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.1.1.7 Calculation results, Plate, 4 - Aanbrengen Verankering [Phase_4] (4/60), Total displacements u_x

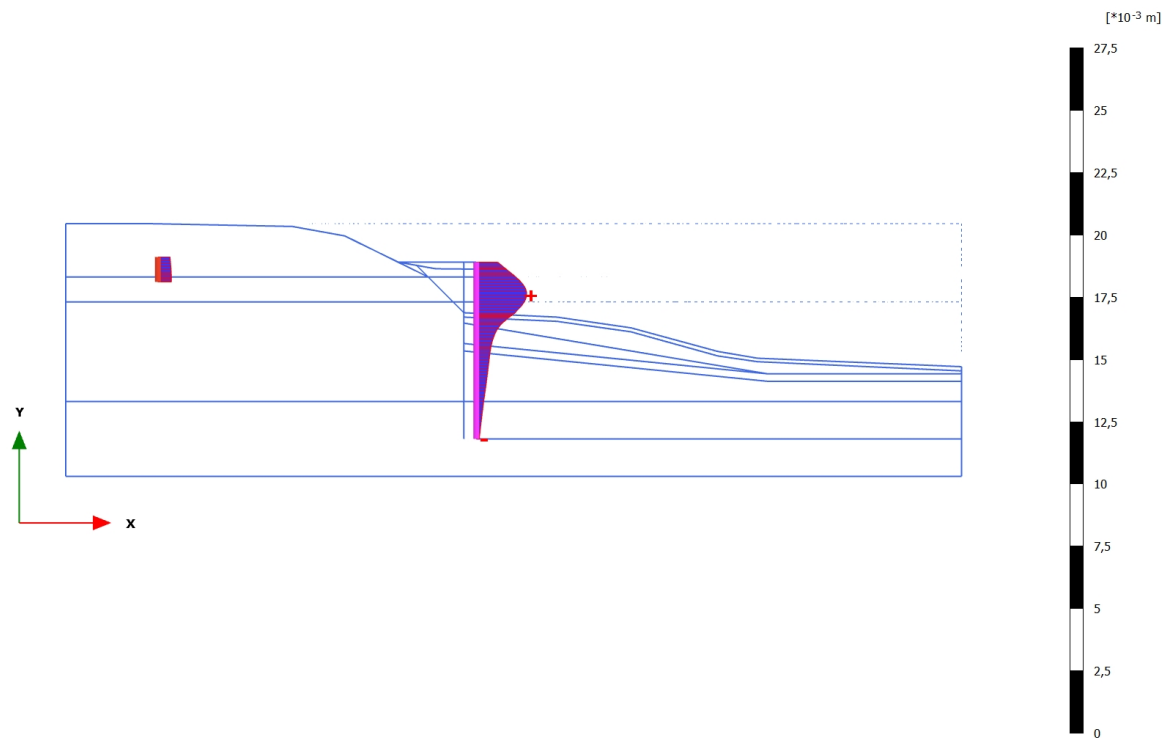


Total displacements u_x (scaled up $1,00 \cdot 10^3$ times)

Maximum value = $1,868 \cdot 10^{-3}$ m (Element 12 at Node 10252)

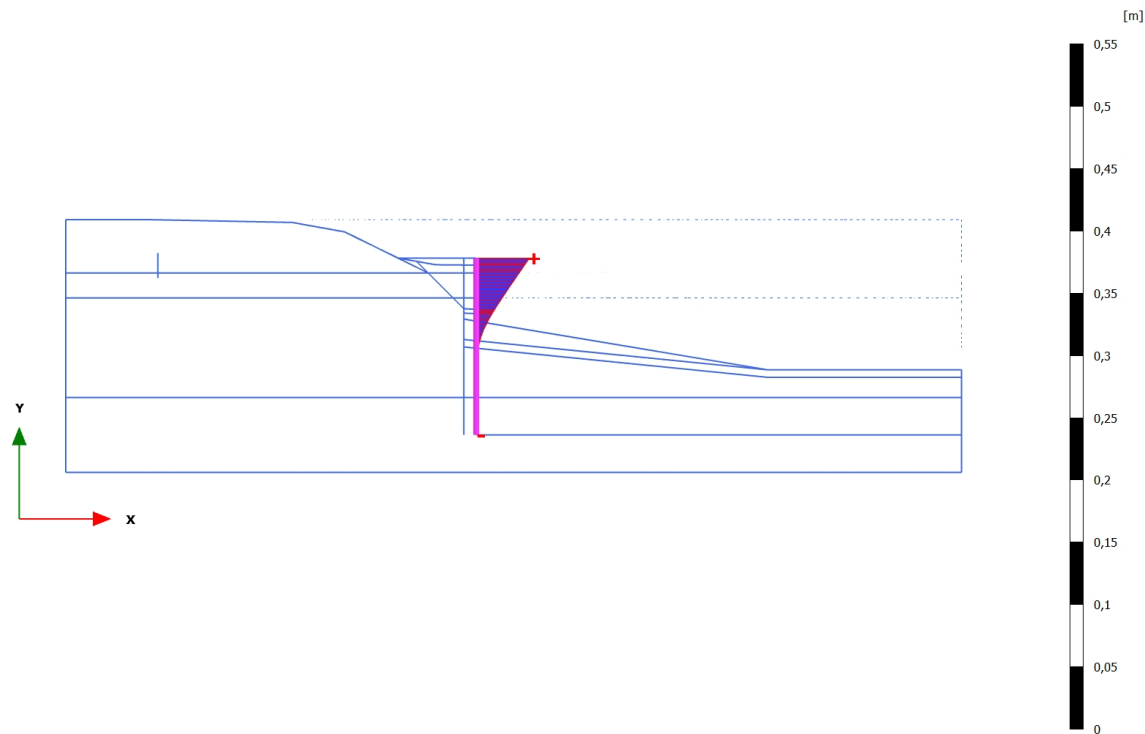
Minimum value = $0,1239 \cdot 10^{-3}$ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.1.1.8 Calculation results, Plate, 5 - Aanvullen tot bovenkant damwand [Phase_7] (7/73), Total displacements u_x



Total displacements u_x (scaled up $1,00 \cdot 10^3$ times)
Maximum value = $2,026 \cdot 10^{-3}$ m (Element 12 at Node 10253)
Minimum value = $0,1260 \cdot 10^{-3}$ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.1.1.9 Calculation results, Plate, ACC - Bodem 1:6 + Bezwijken Anker [Phase_21] (16/135), Total displacements u_x

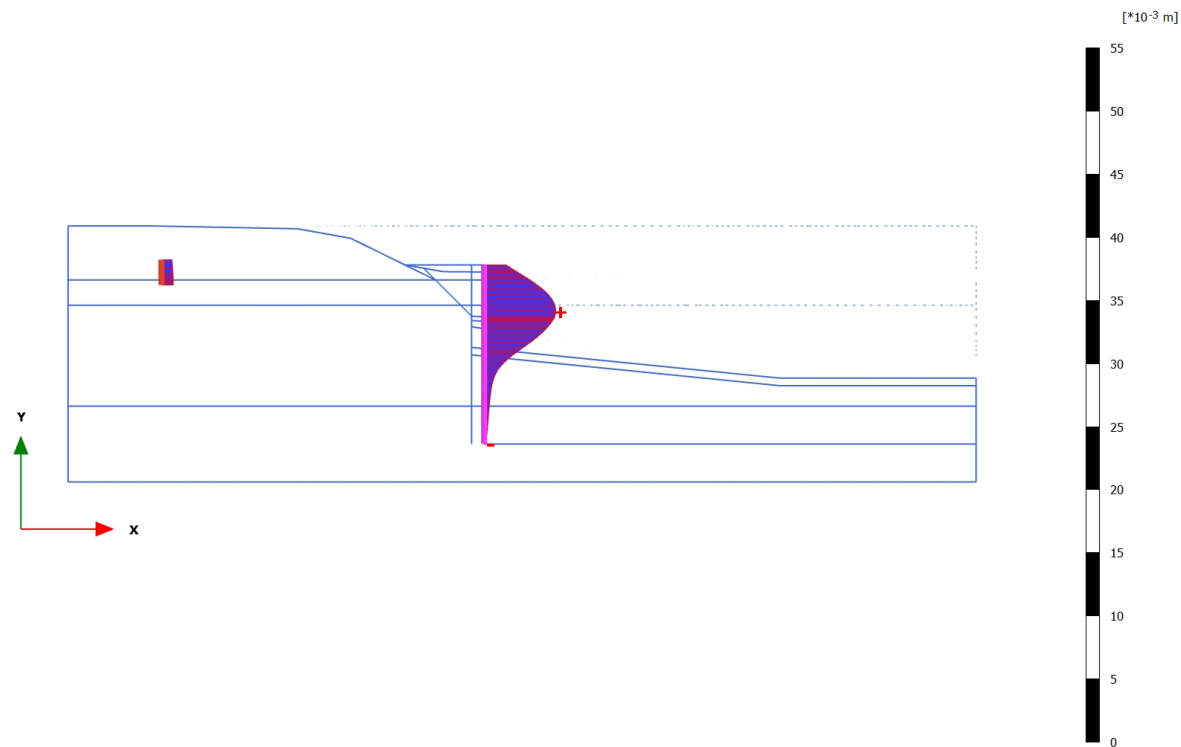


Total displacements u_x (scaled up 50,0 times)

Maximum value = 0,04278 m (Element 3 at Node 12769)

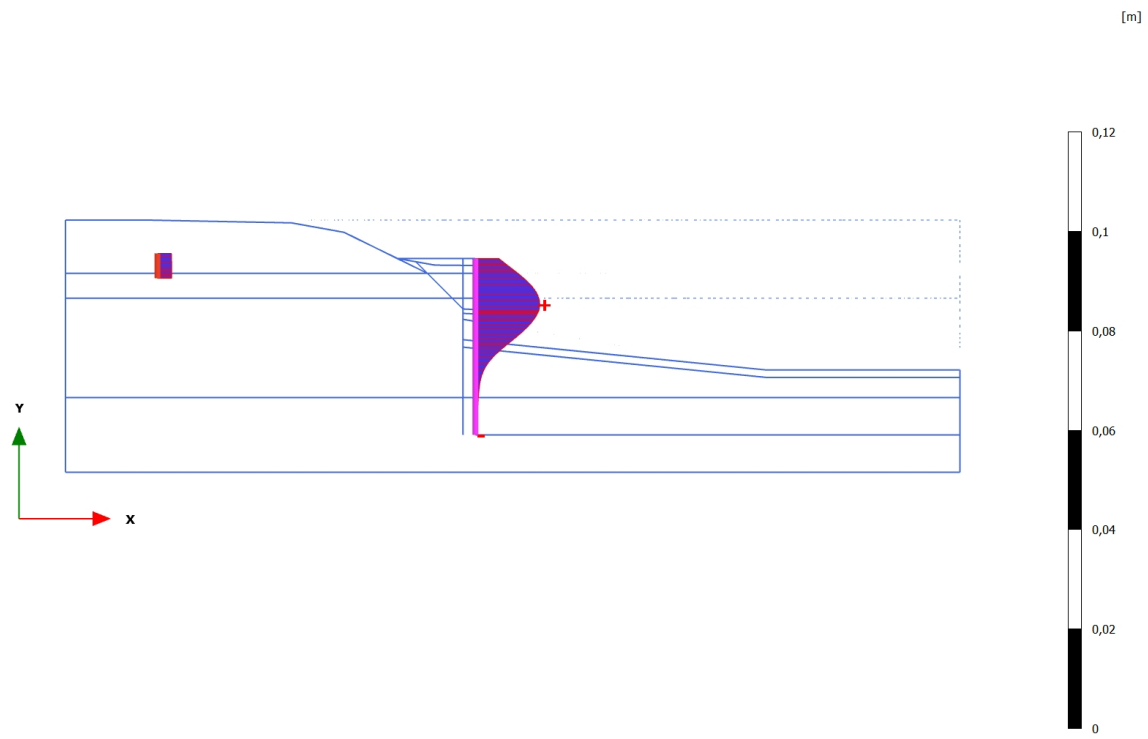
Minimum value = $0,1650 \cdot 10^{-3}$ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.1.1.10 Calculation results, Plate, 6 - Baggeren [Phase_5] (5/150), Total displacements u_x



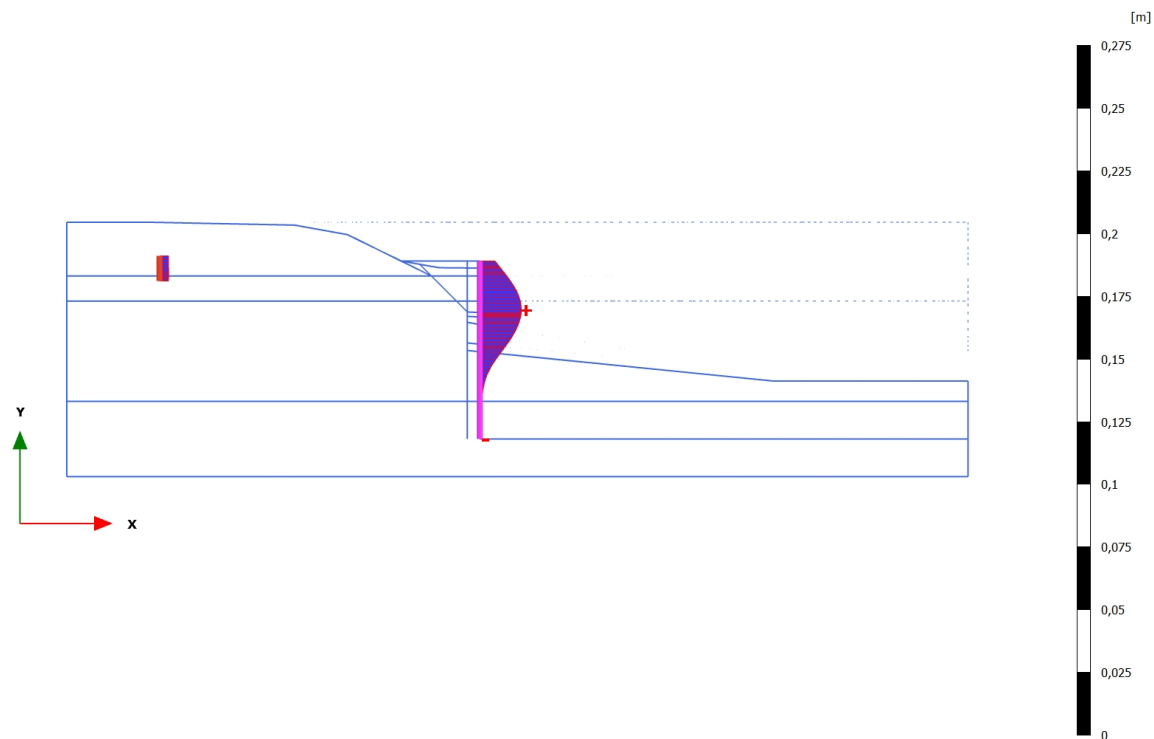
Total displacements u_x (scaled up 500 times)
Maximum value = $5,664 \cdot 10^{-3}$ m (Element 14 at Node 9305)
Minimum value = $0,1666 \cdot 10^{-3}$ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.1.1.11 Calculation results, Plate, 7 - BGT - Bovenbelasting + Waterstand [Phase_8] (8/170), Total displacements u_x



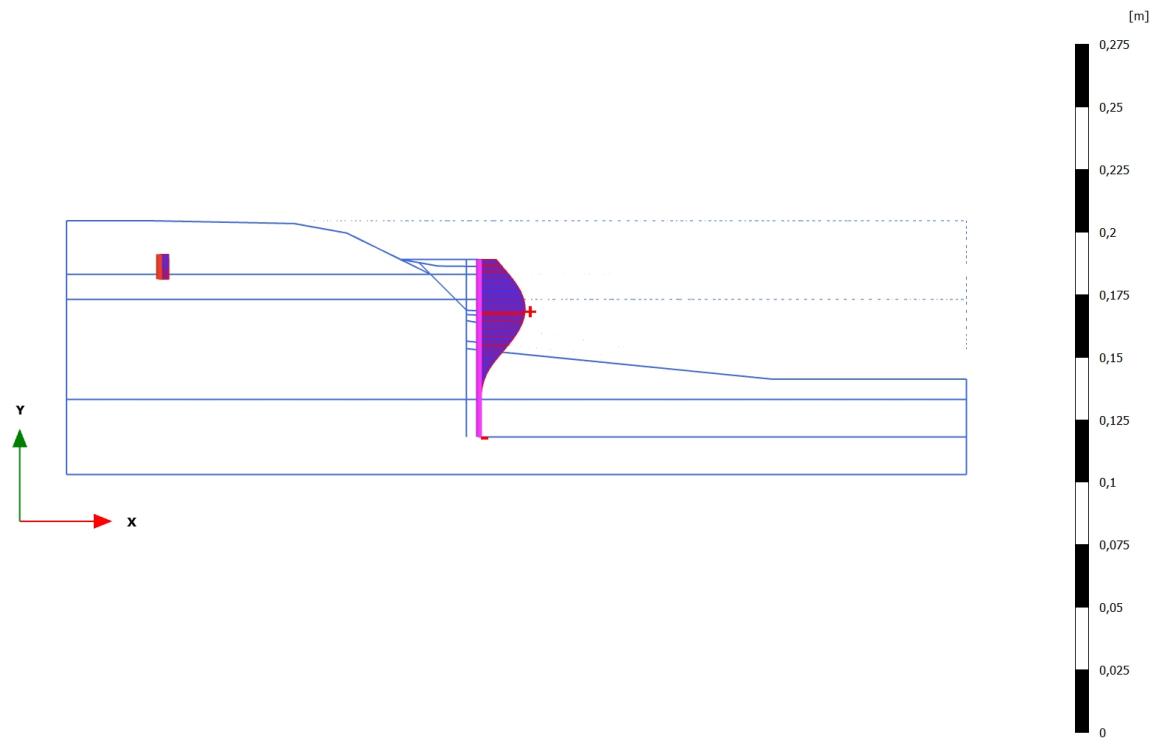
Total displacements u_x (scaled up 200 times)
Maximum value = 0,01295 m (Element 14 at Node 9305)
Minimum value = $0,2409 \cdot 10^{-3}$ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.1.1.12 Calculation results, Plate, 8.1A - UGT - Lage Stijfheid [Phase_9] (9/178), Total displacements u_x



Total displacements u_x (scaled up 100 times)
Maximum value = 0,01657 m (Element 14 at Node 9306)
Minimum value = $0,2662 \cdot 10^{-3}$ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.1.1.13 Calculation results, Plate, 8.1B - UGT - Phi-C Reductie [Phase_10] (10/272), Total displacements u_x

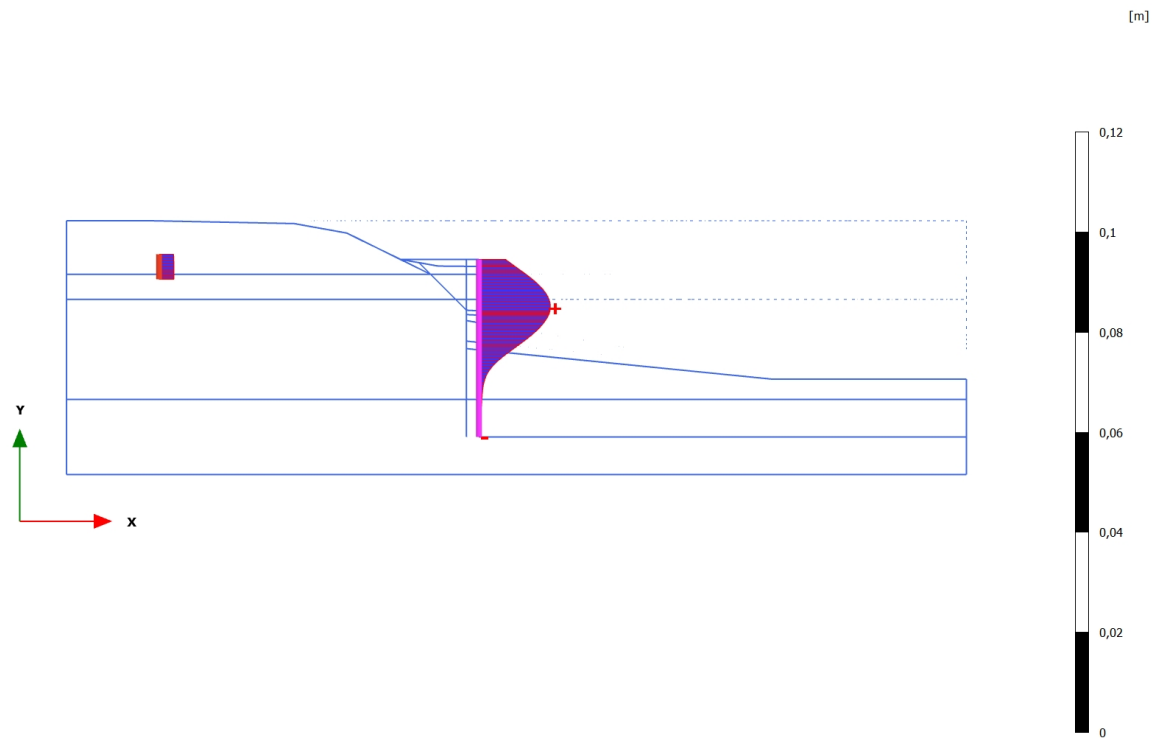


Total displacements u_x (scaled up 100 times)

Maximum value = 0,01853 m (Element 14 at Node 9303)

Minimum value = 0,2597*10⁻³ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.1.1.14 Calculation results, Plate, 9.1A - UGT - Hoge Stijfheid [Phase_12] (12/301), Total displacements u_x

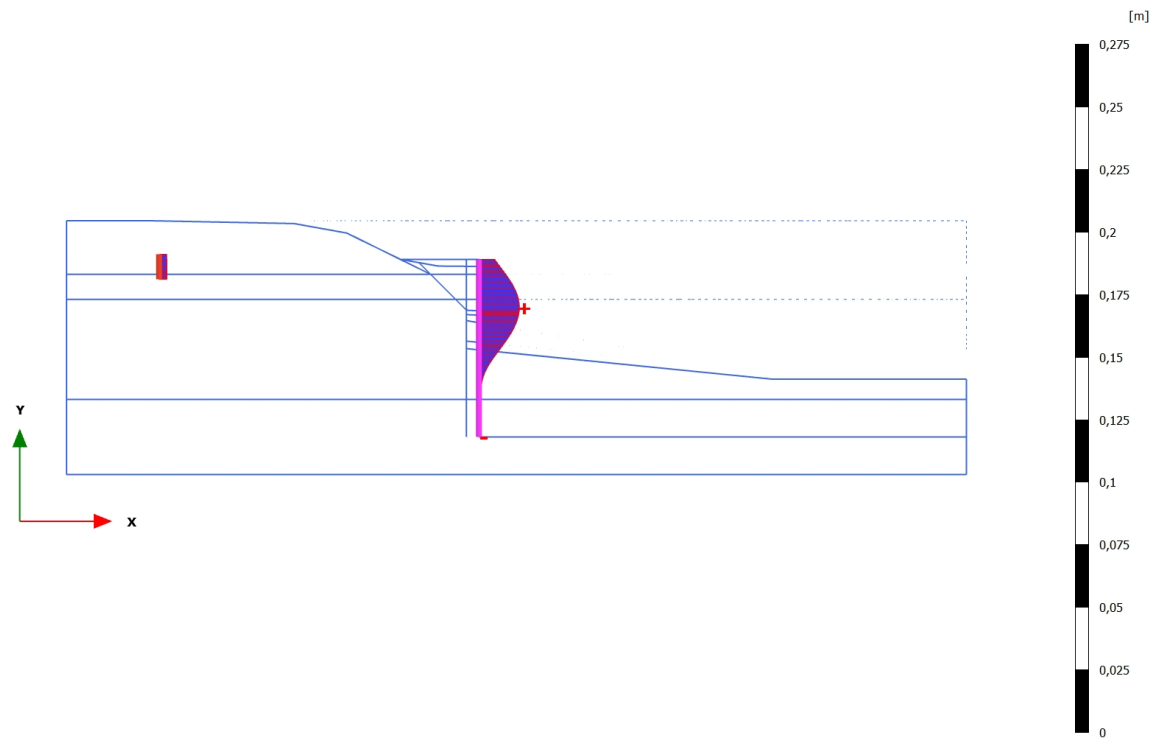


Total displacements u_x (scaled up 200 times)

Maximum value = 0,01429 m (Element 14 at Node 9306)

Minimum value = 0,2413*10⁻³ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.1.1.15 Calculation results, Plate, 9.1B - UGT - Phi-C Reductie [Phase_13] (13/375), Total displacements u_x

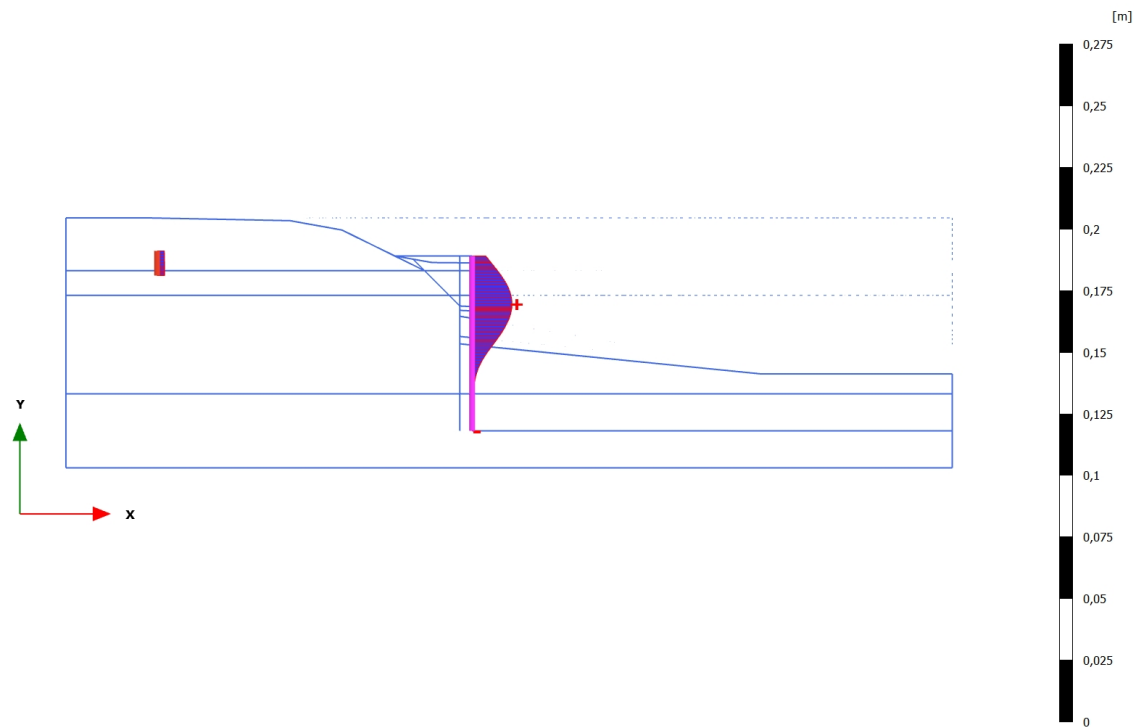


Total displacements u_x (scaled up 100 times)

Maximum value = 0,01619 m (Element 14 at Node 9306)

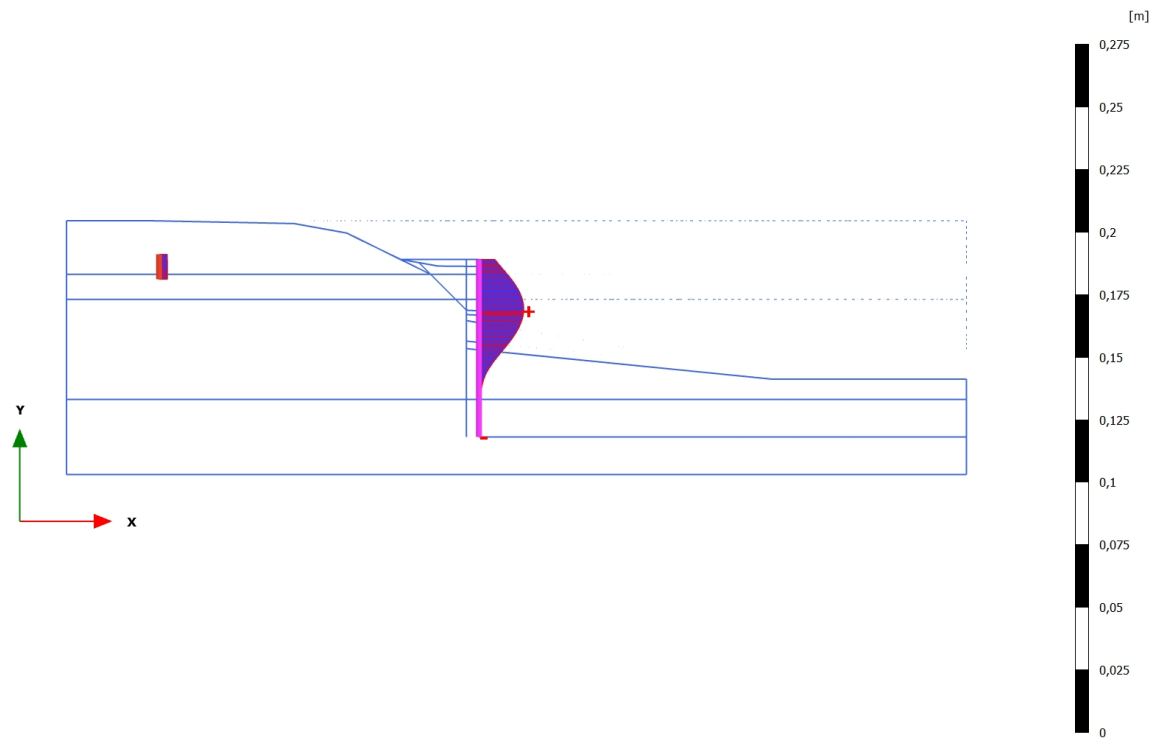
Minimum value = $0,2398 \cdot 10^{-3}$ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.1.1.16 Calculation results, Plate, 8.2A - UGT - Lage Stijfheid (gedeeltelijke Belasting) [Phase_17] (17/391), Total displacements u_x



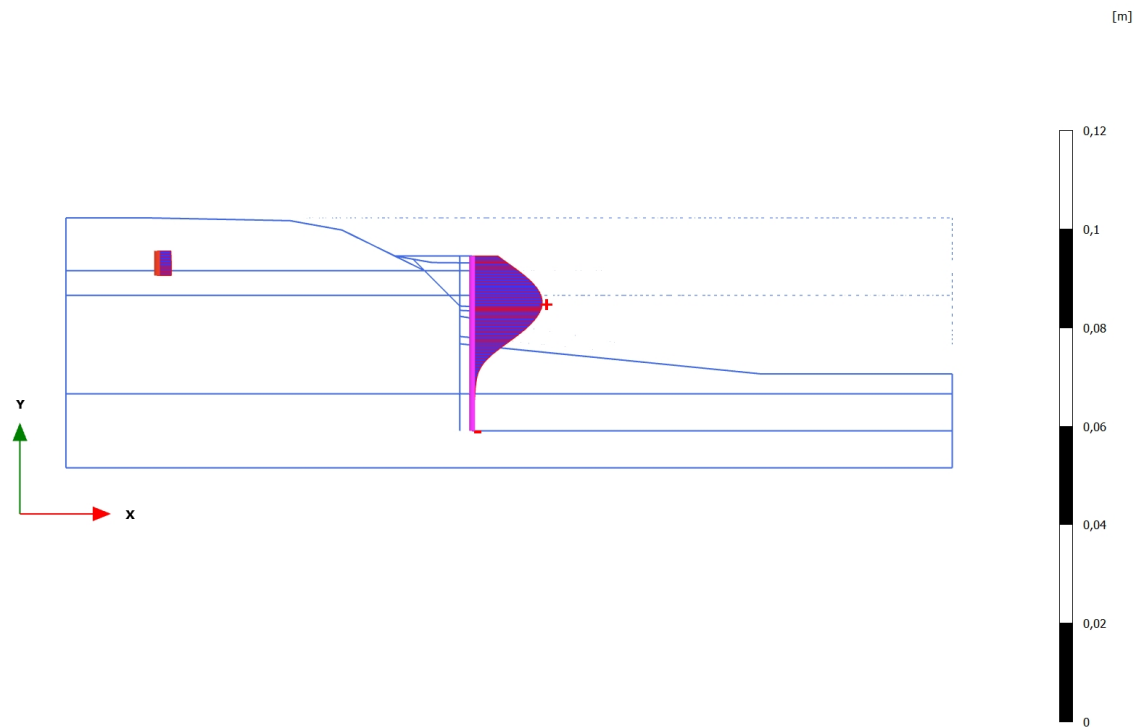
Total displacements u_x (scaled up 100 times)
Maximum value = 0,01621 m (Element 14 at Node 9306)
Minimum value = 0,2320*10⁻³ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.1.1.17 Calculation results, Plate, 8.2B - UGT - Phi-C reductie [Phase_18] (18/450), Total displacements u_x



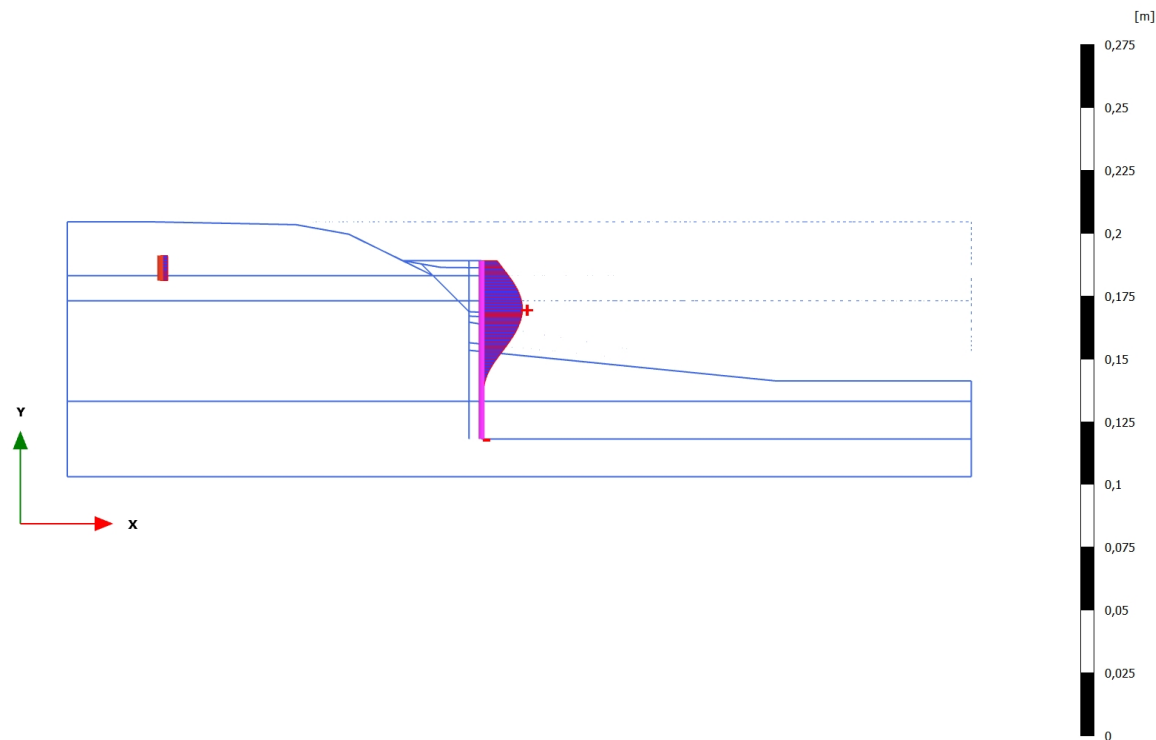
Total displacements u_x (scaled up 100 times)
Maximum value = 0,01798 m (Element 14 at Node 9303)
Minimum value = 0,2231*10⁻³ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.1.1.18 Calculation results, Plate, 9.2A - UGT - Hoge stijfheid (gedeeltelijke belasting) [Phase_19] (19/477), Total displacements u_x



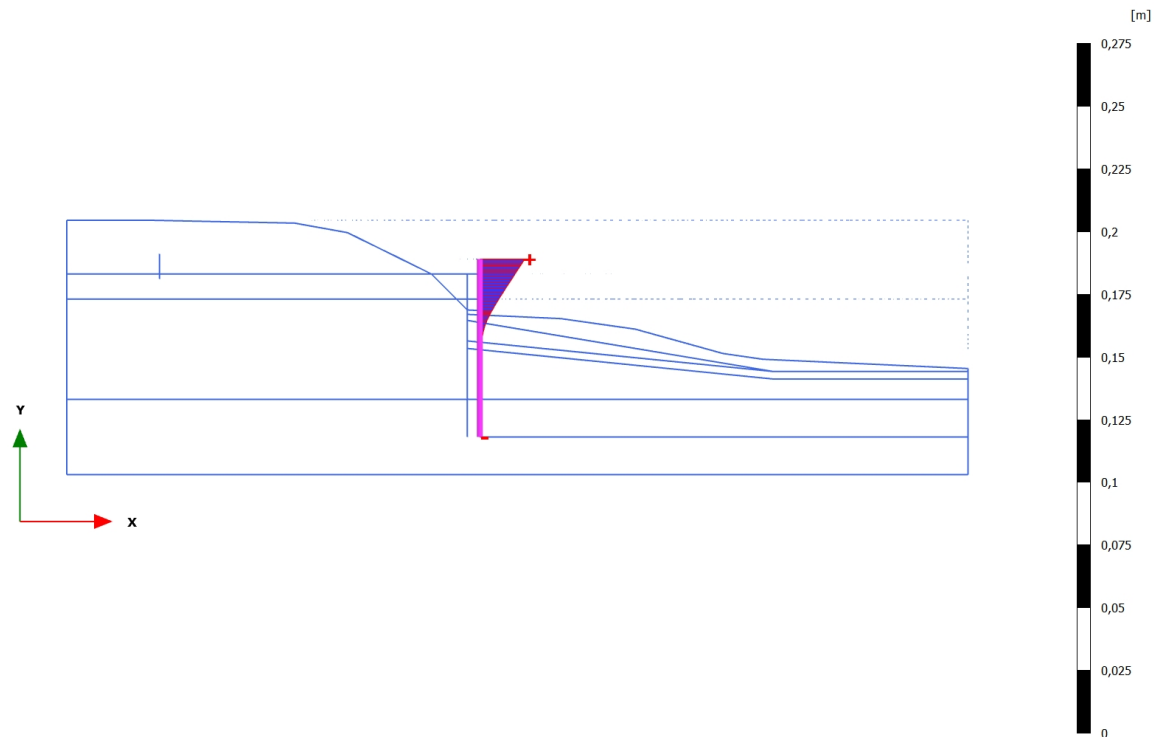
Total displacements u_x (scaled up 200 times)
Maximum value = 0,01424 m (Element 14 at Node 9306)
Minimum value = $0,2378 \cdot 10^{-3}$ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.1.1.19 Calculation results, Plate, 9.2B - UGT - Phi - C [Phase_20] (20/564), Total displacements u_x



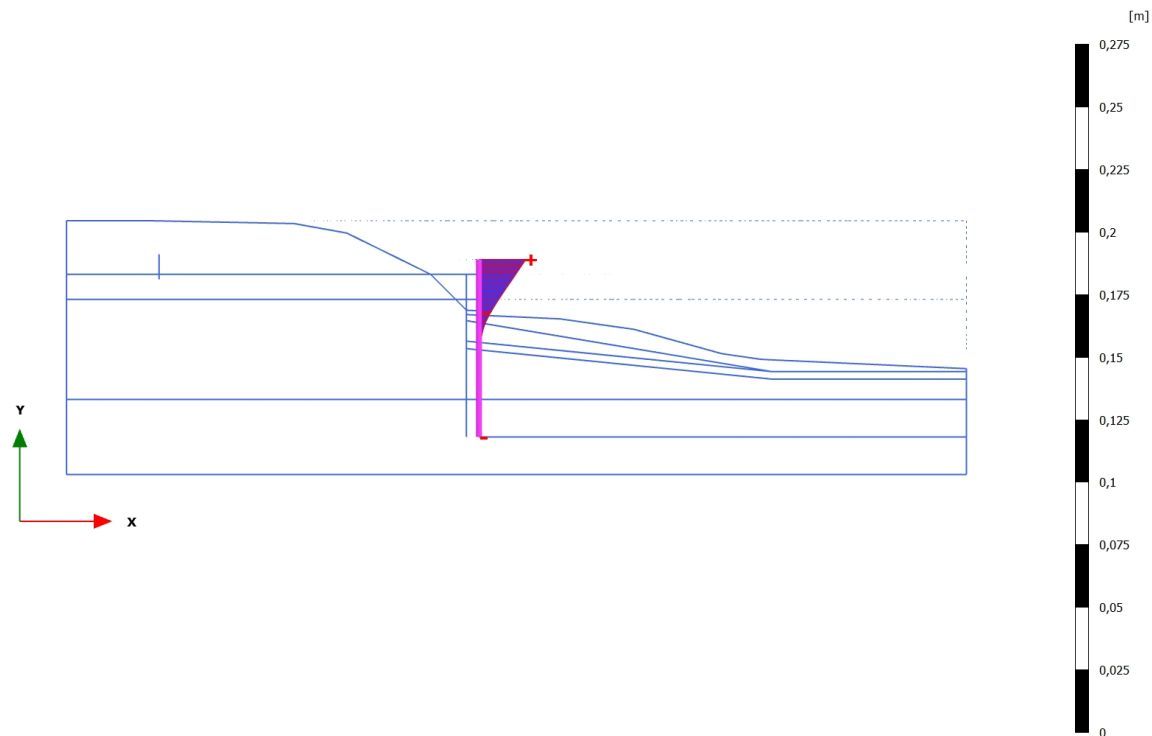
Total displacements u_x (scaled up 100 times)
Maximum value = 0,01630 m (Element 14 at Node 9306)
Minimum value = $0,2342 \cdot 10^{-3}$ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.1.1.20 Calculation results, Plate, 3C - UGT - Lage stijfheid [Phase_3] (3/617), Total displacements u_x



Total displacements u_x (scaled up 100 times)
Maximum value = 0,01800 m (Element 3 at Node 12769)
Minimum value = 0,1309*10⁻³ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.1.1.21 Calculation results, Plate, 3D - UGT - Phi - C Reductie [Phase_11] (11/669), Total displacements u_x

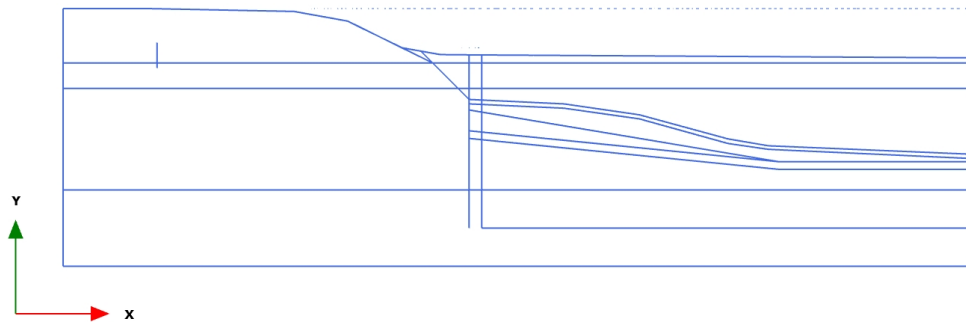


Total displacements u_x (scaled up 100 times)

Maximum value = 0,01884 m (Element 3 at Node 12769)

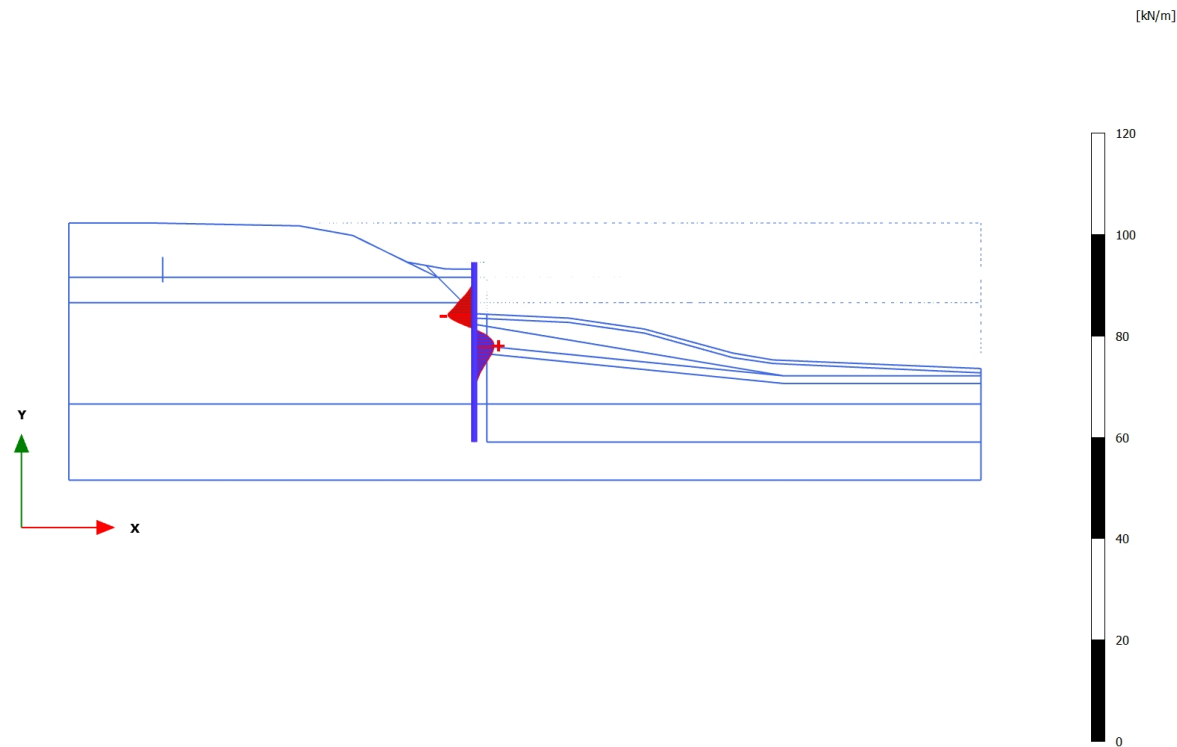
Minimum value = 0,1309*10⁻³ m (Element 38 at Node 7800)

3.1.2.1.1 Calculation results, Plate, 0 - Initial phase [InitialPhase] (0/0), Shear forces Q



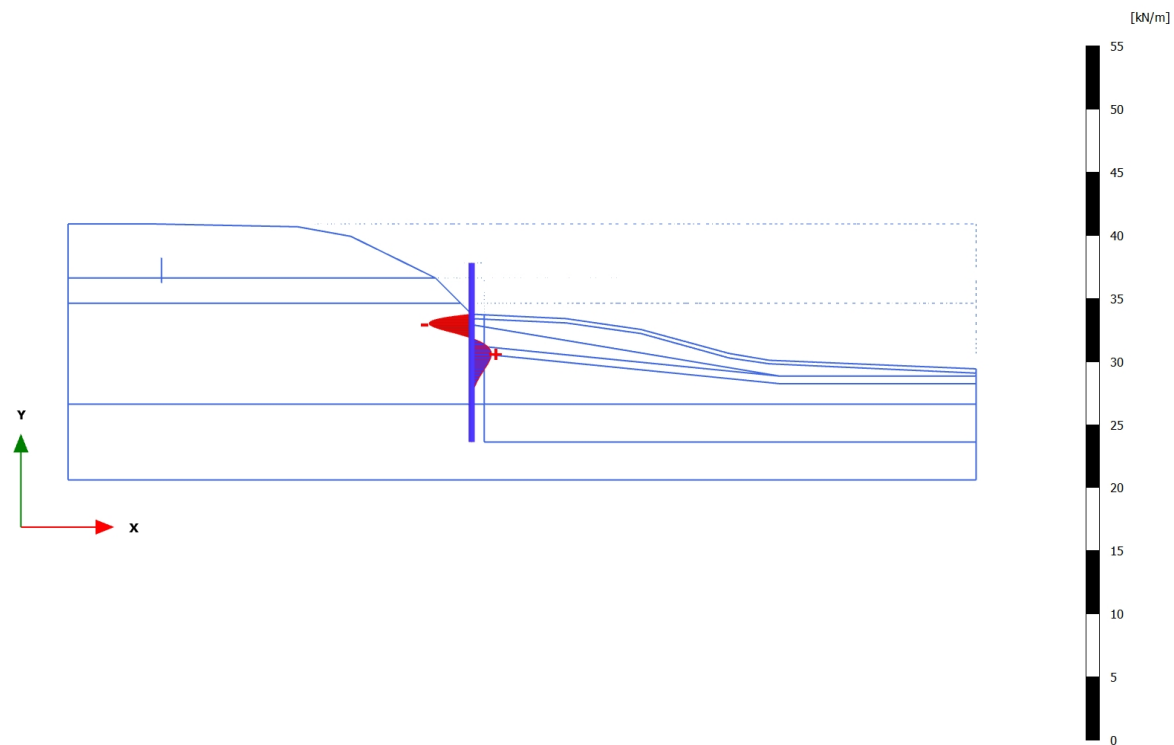
Shear forces Q (scaled up 1,00 times)
No results

3.1.2.1.2 Calculation results, Plate, 1 - Bestaande damwand [Phase_2] (2/16), Shear forces Q



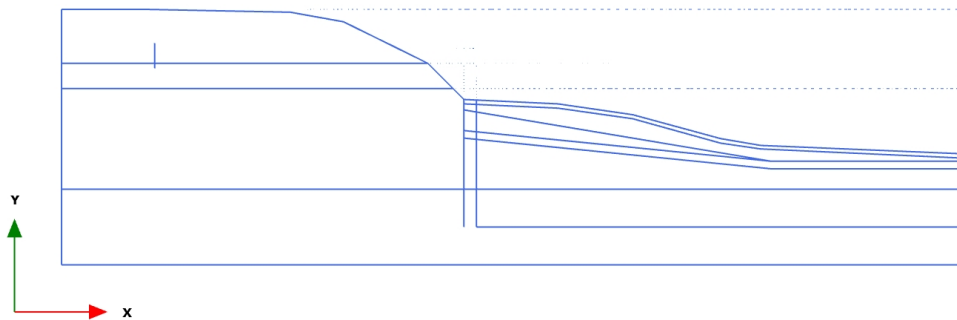
Shear forces Q (scaled up 0,200 times)
Maximum value = 3,931 kN/m (Element 23 at Node 7254)
Minimum value = -5,193 kN/m (Element 15 at Node 8426)

3.1.2.1.3 Calculation results, Plate, 2A - Aanbrengen Ontlastsleuf [Phase_14] (14/22), Shear forces Q



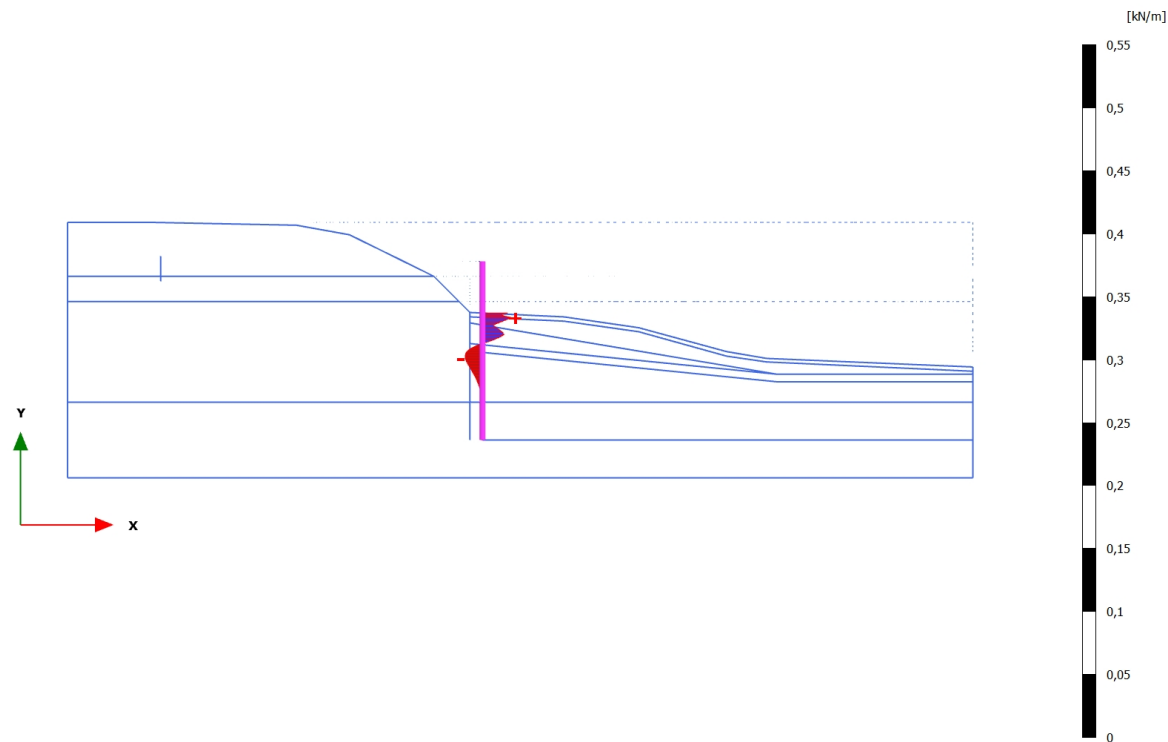
Shear forces Q (scaled up 0,500 times)
Maximum value = 1,571 kN/m (Element 25 at Node 6555)
Minimum value = -3,381 kN/m (Element 17 at Node 7898)

3.1.2.1.4 Calculation results, Plate, 2B - Verwijderen bestaande wand [Phase_6] (6/26), Shear forces Q



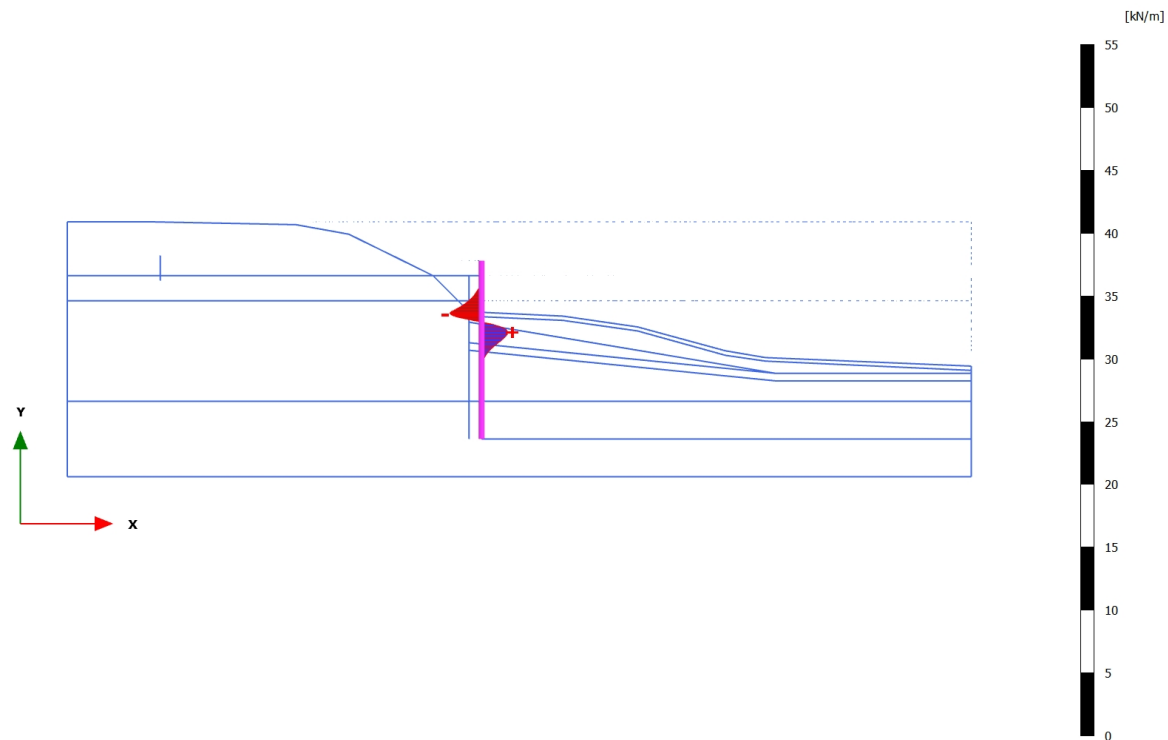
Shear forces Q (scaled up 1,00 times)
No results

3.1.2.1.5 Calculation results, Plate, 3A - Inbrengen Nieuwe Damwand [Phase_1] (1/33), Shear forces Q



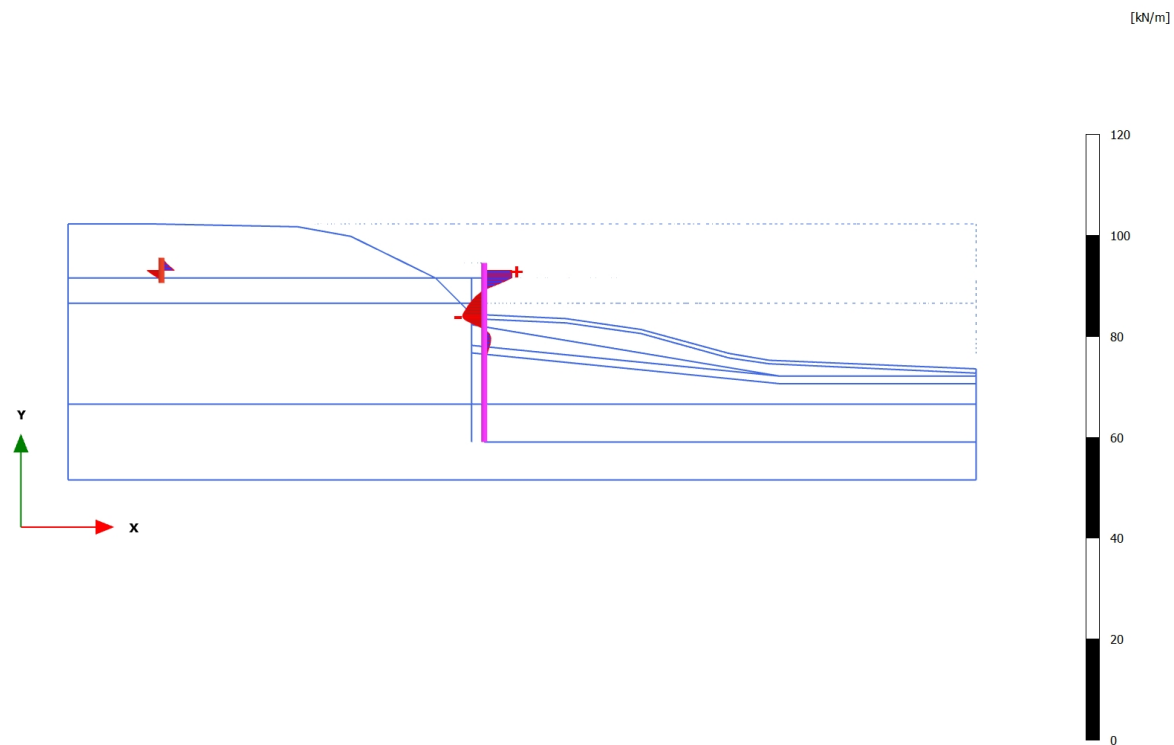
Shear forces Q (scaled up 50,0 times)
Maximum value = 0,02287 kN/m (Element 16 at Node 8465)
Minimum value = -0,01375 kN/m (Element 29 at Node 6343)

3.1.2.1.6 Calculation results, Plate, 3B - Aanvullen tot onderzijde anker [Phase_15] (15/56), Shear forces Q



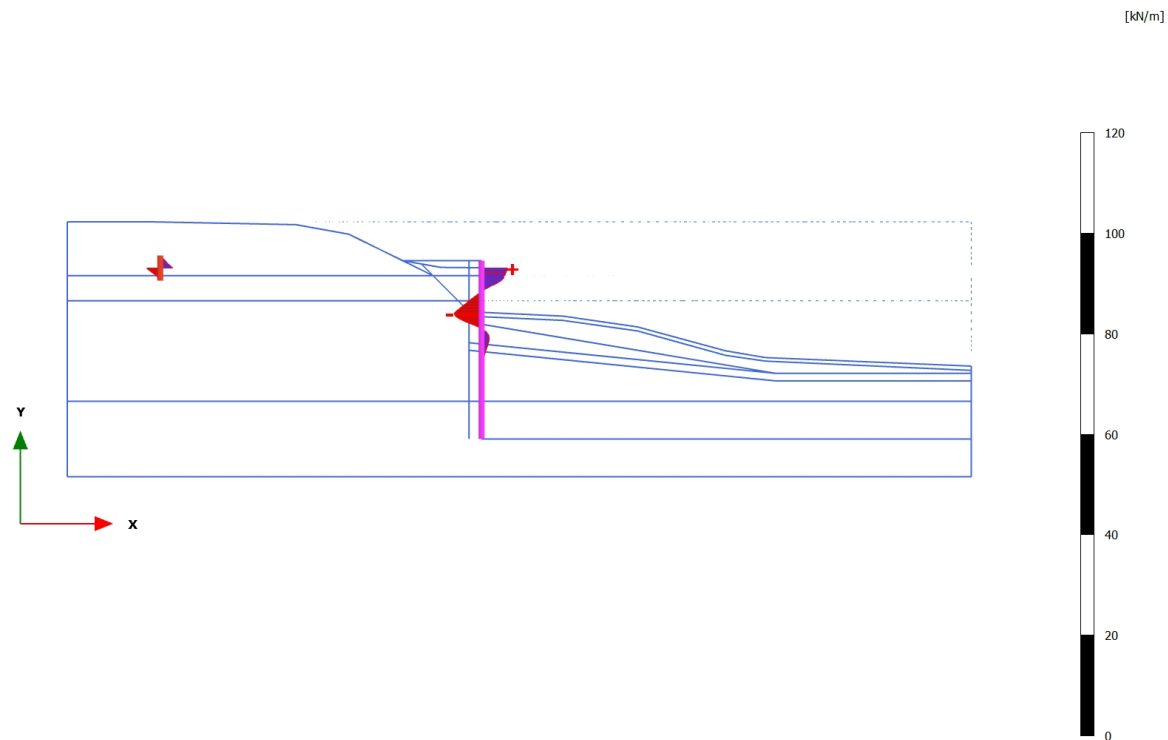
Shear forces Q (scaled up 0,500 times)
Maximum value = 2,099 kN/m (Element 21 at Node 7293)
Minimum value = -2,533 kN/m (Element 16 at Node 8466)

3.1.2.1.7 Calculation results, Plate, 4 - Aanbrengen Verankering [Phase_4] (4/60), Shear forces Q



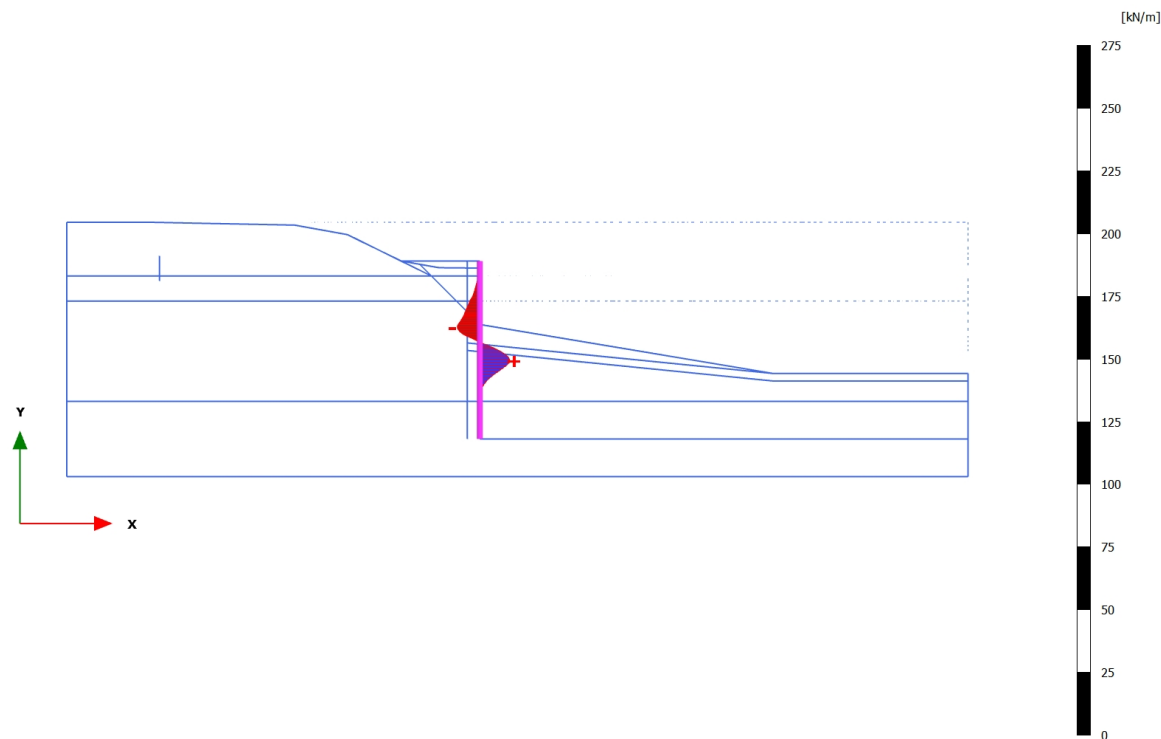
Shear forces Q (scaled up 0,200 times)
Maximum value = 5,470 kN/m (Element 7 at Node 12175)
Minimum value = -4,306 kN/m (Element 16 at Node 8466)

3.1.2.1.8 Calculation results, Plate, 5 - Aanvullen tot bovenkant damwand [Phase_7] (7/73), Shear forces Q



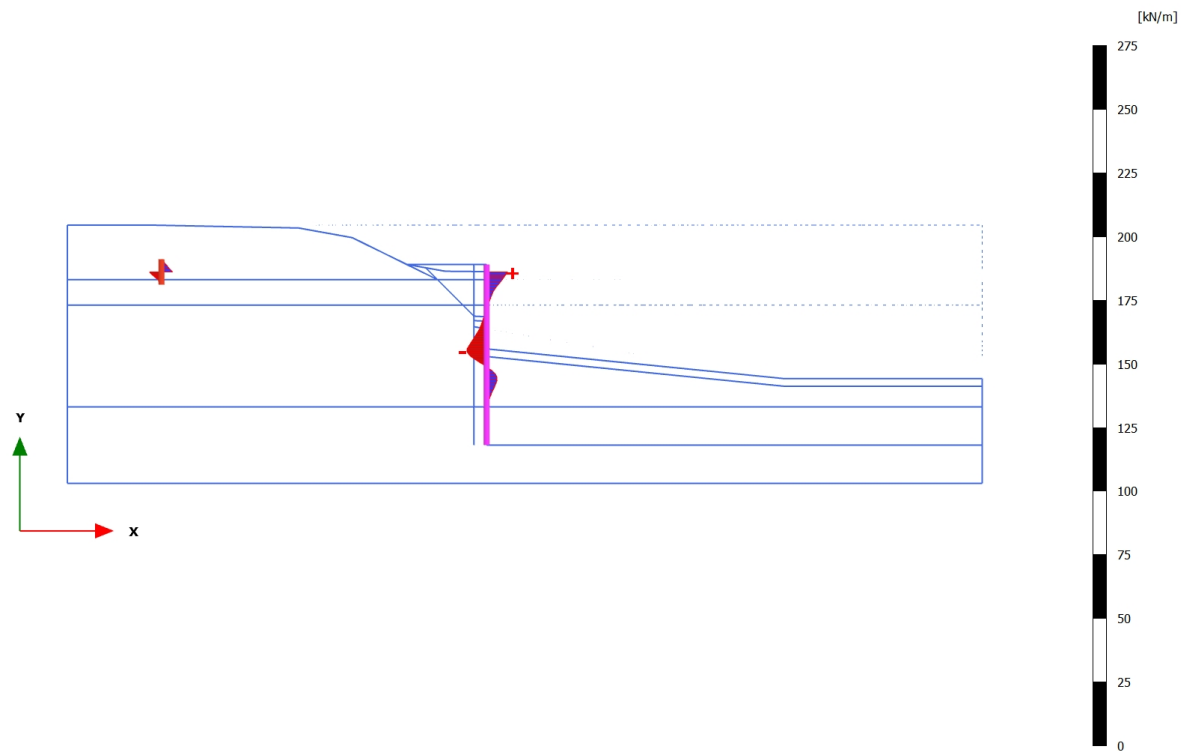
Shear forces Q (scaled up 0,200 times)
Maximum value = 5,137 kN/m (Element 7 at Node 12175)
Minimum value = -5,441 kN/m (Element 16 at Node 8466)

3.1.2.1.9 Calculation results, Plate, ACC - Bodem 1:6 + Bezwijkten Anker [Phase_21] (16/135), Shear forces Q



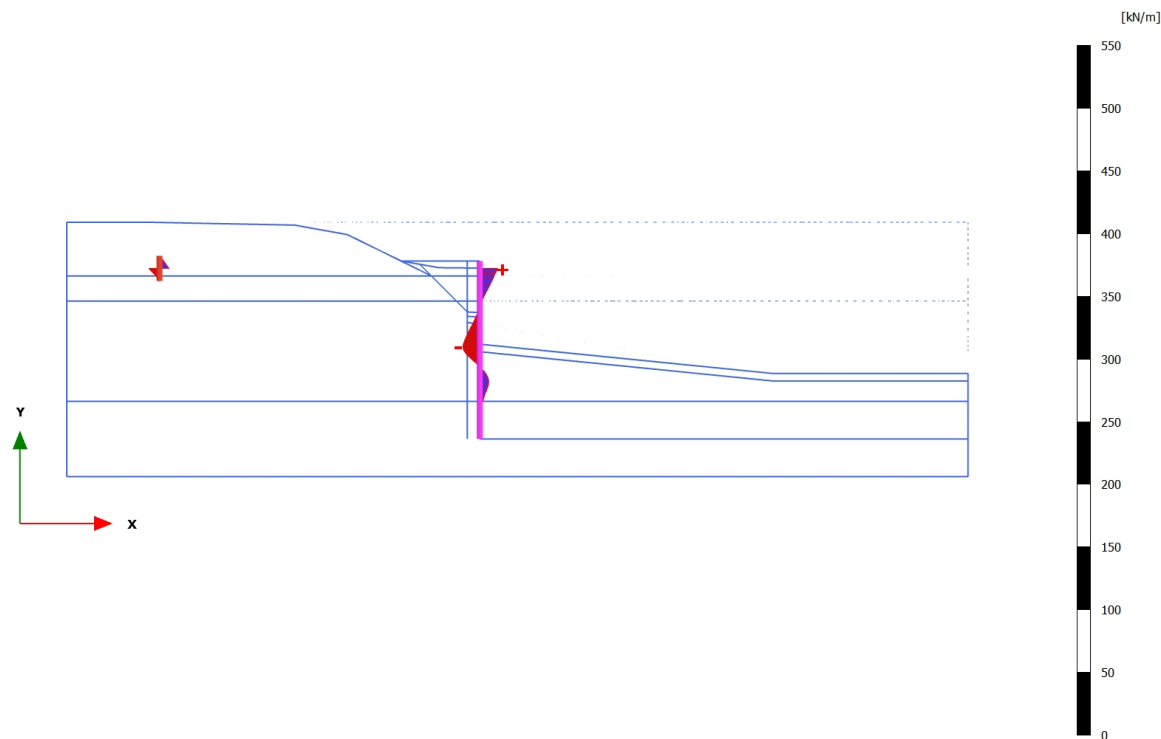
Shear forces Q (scaled up 0,100 times)
Maximum value = 11,94 kN/m (Element 29 at Node 6344)
Minimum value = -9,063 kN/m (Element 21 at Node 7295)

3.1.2.1.10 Calculation results, Plate, 6 - Baggeren [Phase_5] (5/150), Shear forces Q



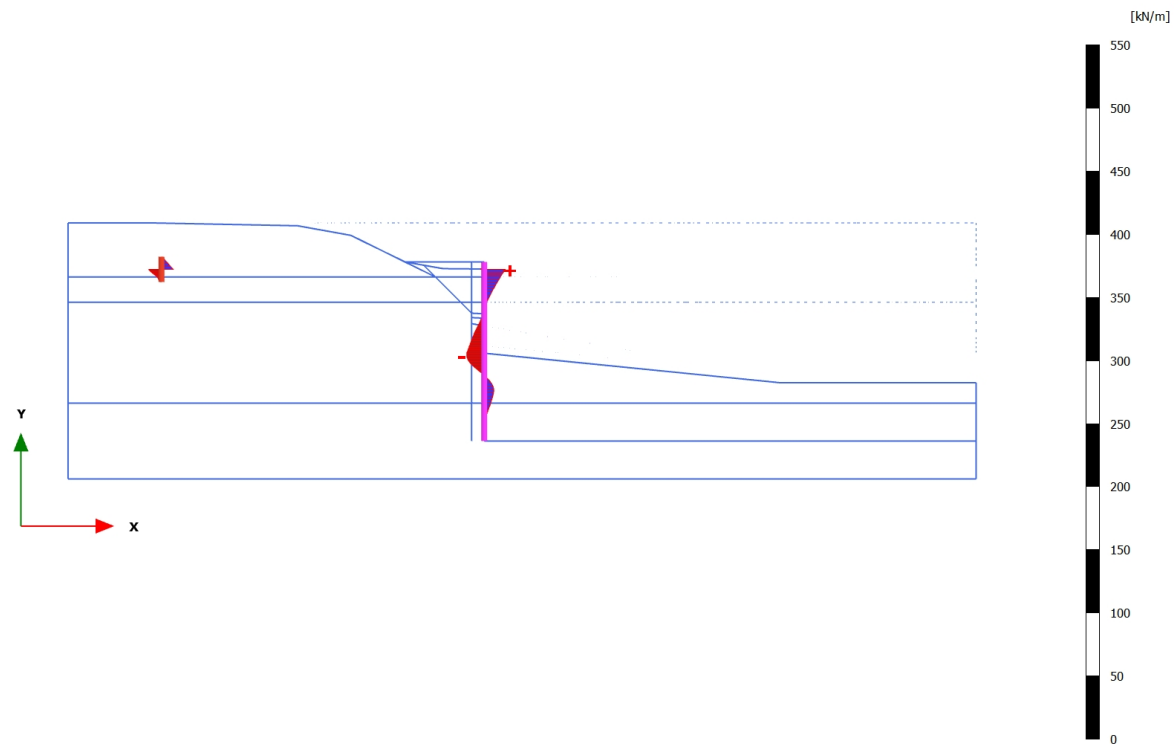
Shear forces Q (scaled up 0,100 times)
Maximum value = 8,201 kN/m (Element 7 at Node 12175)
Minimum value = -7,765 kN/m (Element 24 at Node 6542)

3.1.2.1.11 Calculation results, Plate, 7 - BGT - Bovenbelasting + Waterstand [Phase_8] (8/170), Shear forces Q



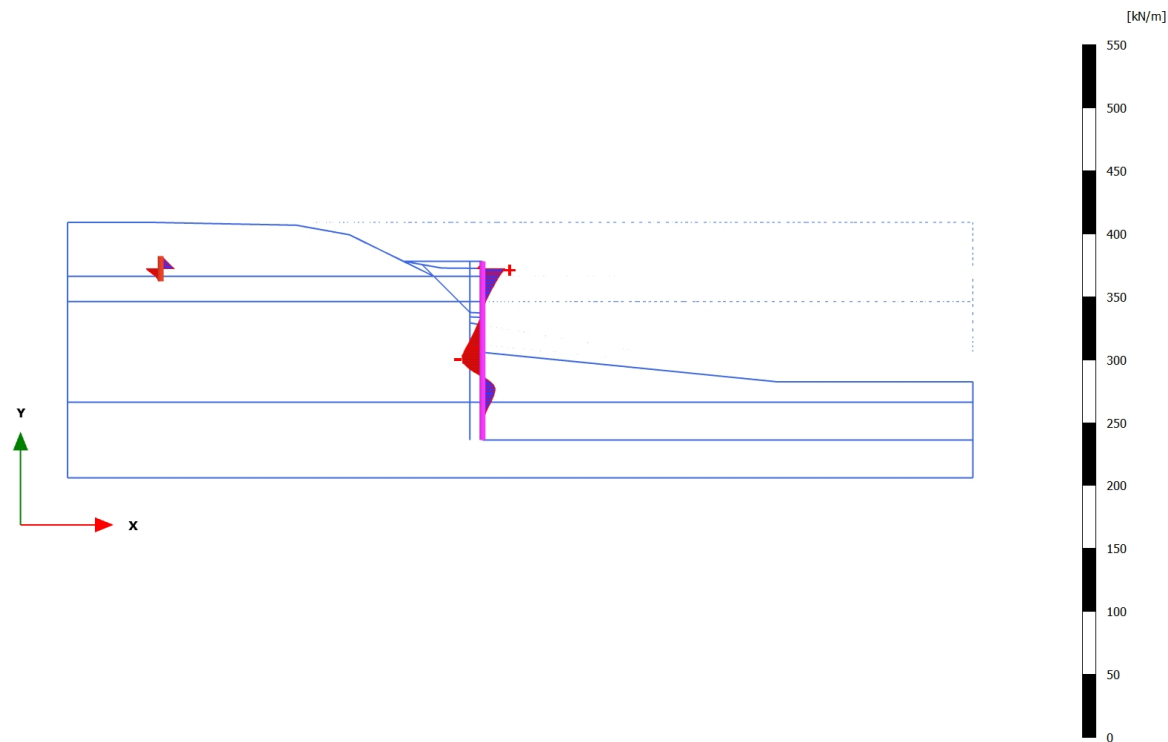
Shear forces Q (scaled up 0,0500 times)
Maximum value = 14,26 kN/m (Element 7 at Node 12175)
Minimum value = -13,57 kN/m (Element 24 at Node 6542)

3.1.2.1.12 Calculation results, Plate, 8.1A - UGT - Lage Stijfheid [Phase_9] (9/178), Shear forces Q



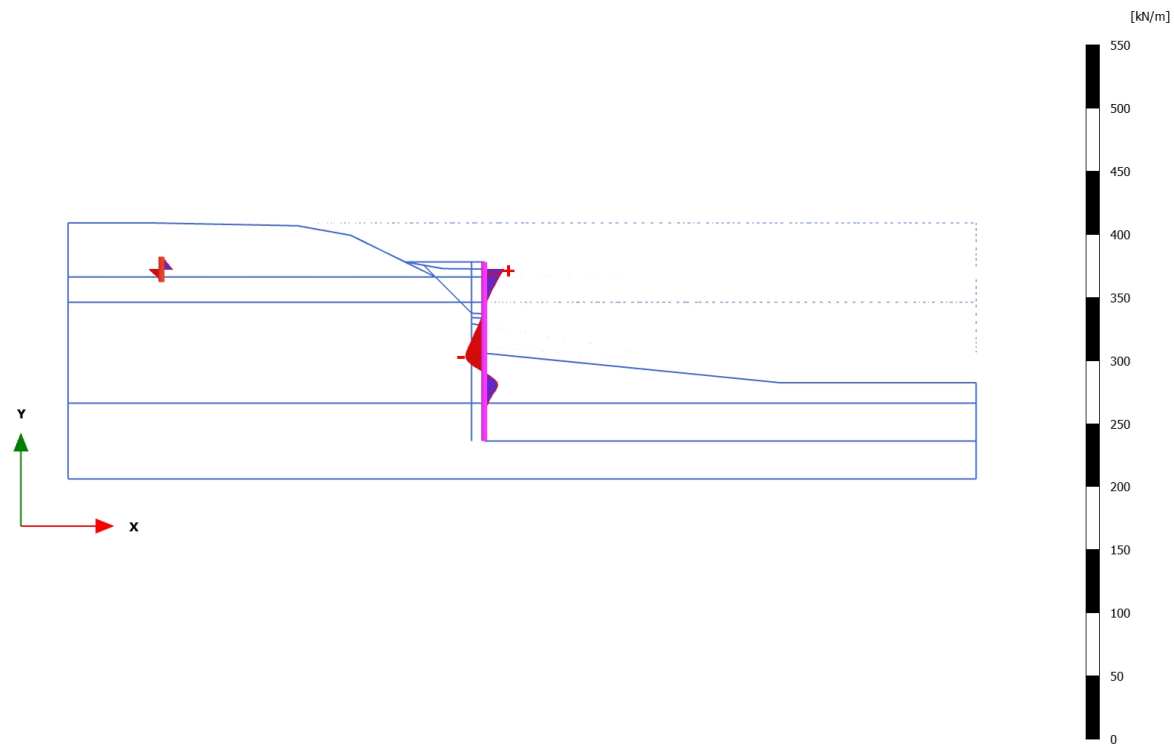
Shear forces Q (scaled up 0,0500 times)
Maximum value = 16,86 kN/m (Element 7 at Node 12175)
Minimum value = -13,97 kN/m (Element 29 at Node 6342)

3.1.2.1.13 Calculation results, Plate, 8.1B - UGT - Phi-C Reductie [Phase_10] (10/272), Shear forces Q



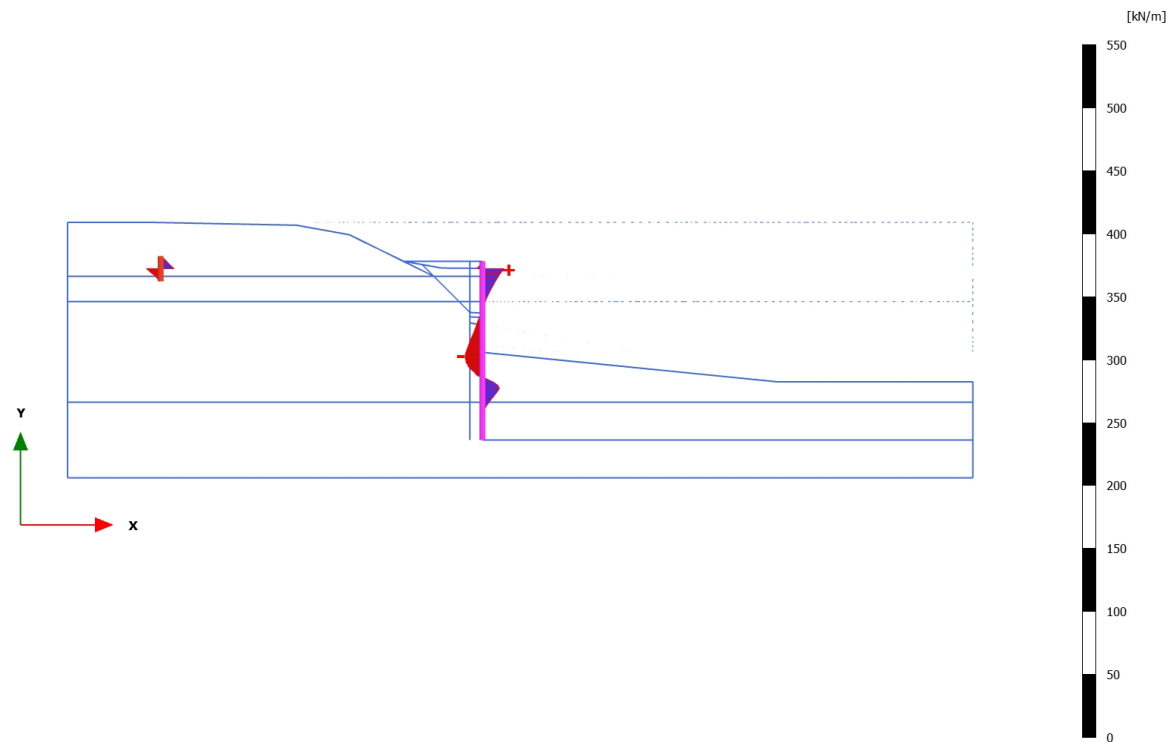
Shear forces Q (scaled up 0,0500 times)
Maximum value = 18,03 kN/m (Element 7 at Node 12175)
Minimum value = -16,17 kN/m (Element 29 at Node 6343)

3.1.2.1.14 Calculation results, Plate, 9.1A - UGT - Hoge Stijfheid [Phase_12] (12/301), Shear forces Q



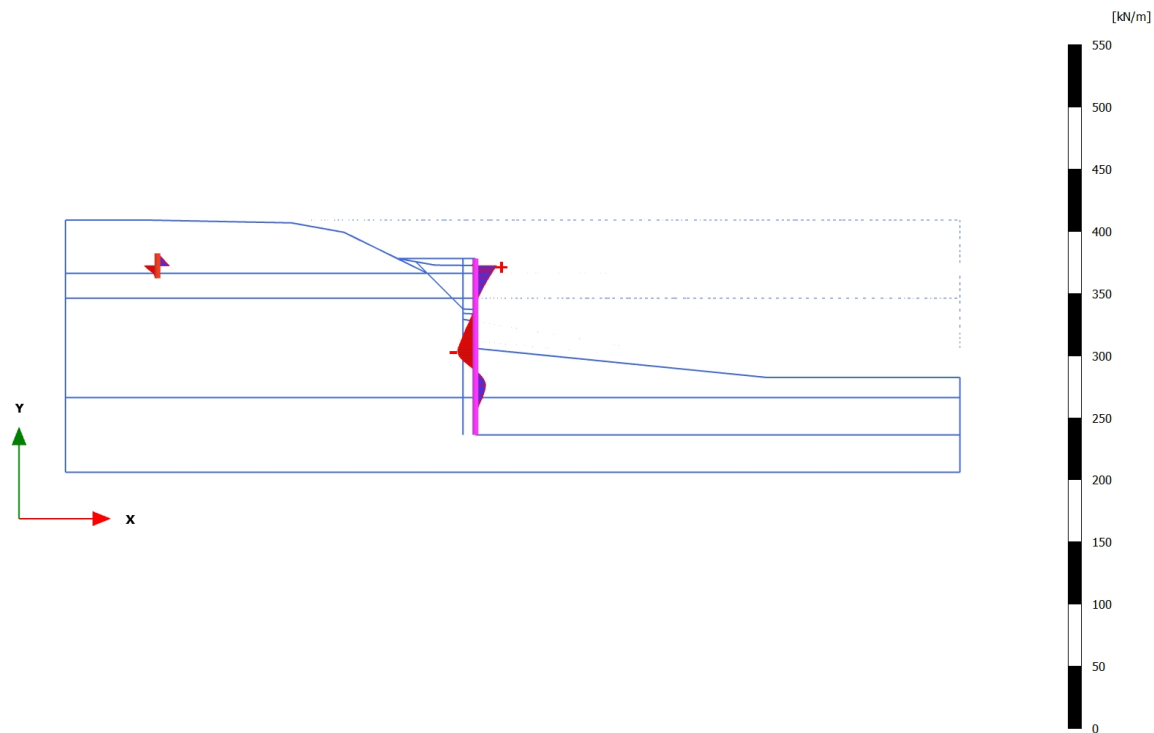
Shear forces Q (scaled up 0,0500 times)
Maximum value = 15,65 kN/m (Element 7 at Node 12175)
Minimum value = -14,81 kN/m (Element 29 at Node 6342)

3.1.2.1.15 Calculation results, Plate, 9.1B - UGT - Phi-C Reductie [Phase_13] (13/375), Shear forces Q



Shear forces Q (scaled up 0,0500 times)
Maximum value = 17,33 kN/m (Element 7 at Node 12175)
Minimum value = -13,82 kN/m (Element 29 at Node 6342)

3.1.2.1.16 Calculation results, Plate, 8.2A - UGT - Lage Stijfheid (gedeeltelijke Belasting) [Phase_17] (17/391), Shear forces Q

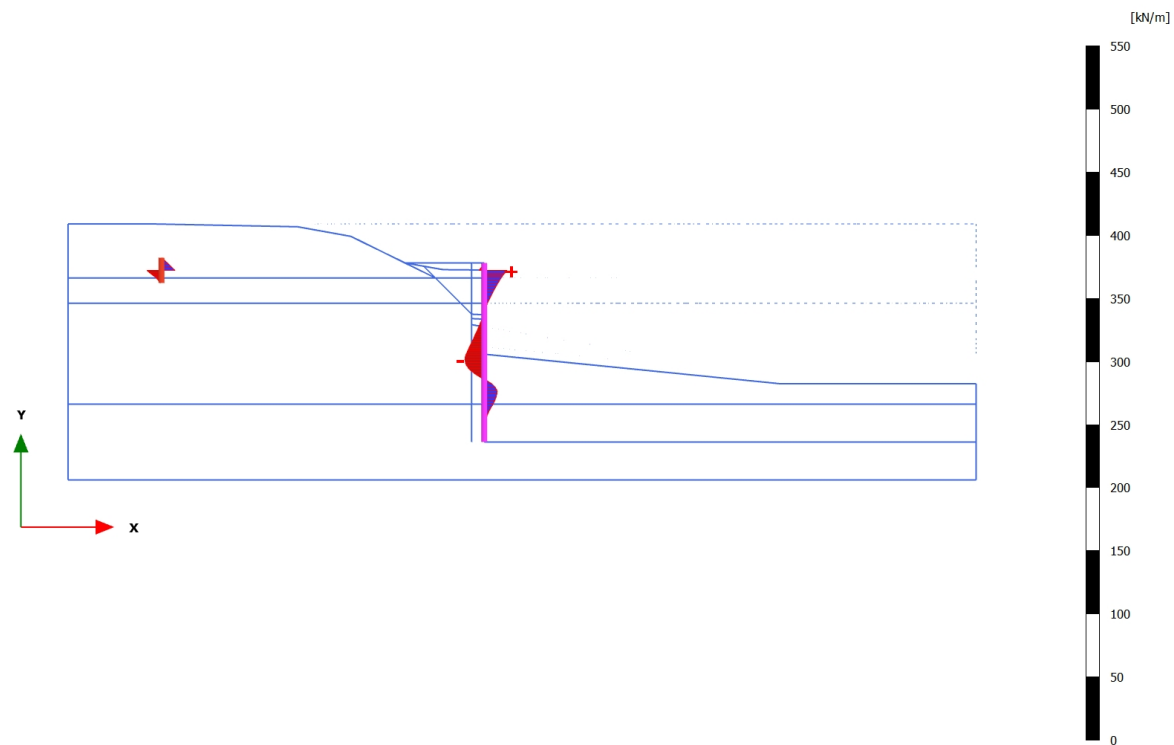


Shear forces Q (scaled up 0,0500 times)

Maximum value = 17,07 kN/m (Element 7 at Node 12175)

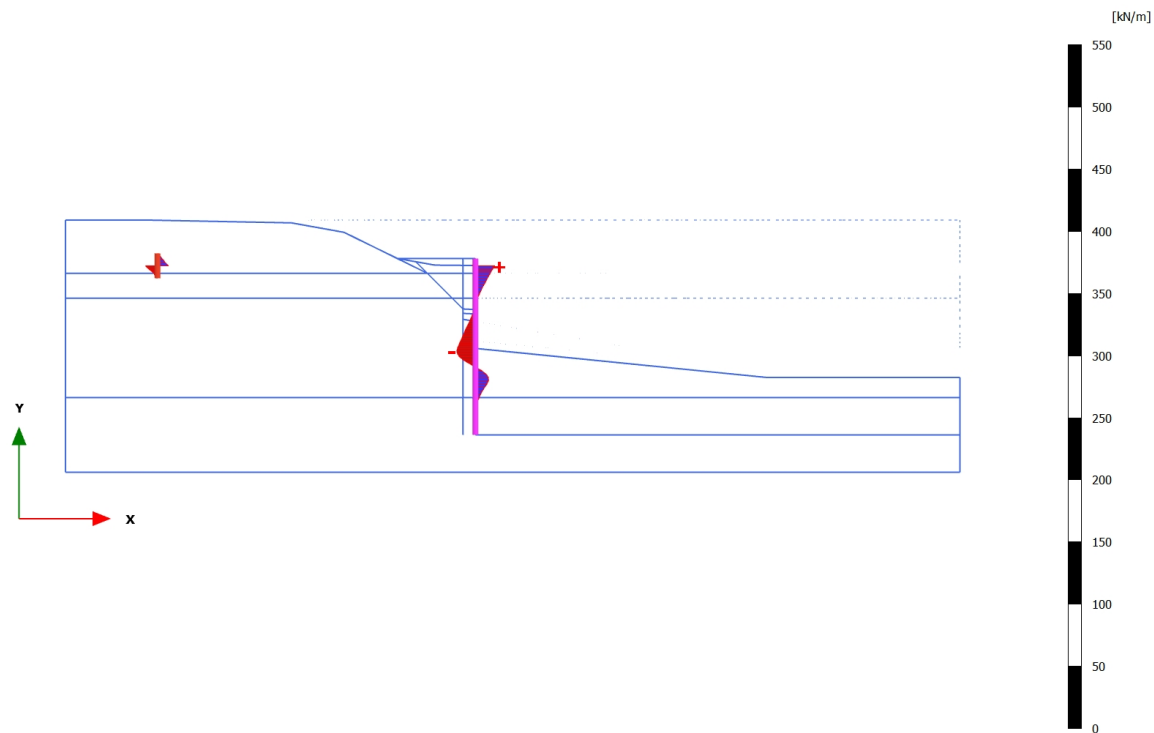
Minimum value = -14,33 kN/m (Element 29 at Node 6342)

3.1.2.1.17 Calculation results, Plate, 8.2B - UGT - Phi-C reductie [Phase_18] (18/450), Shear forces Q



Shear forces Q (scaled up 0,0500 times)
Maximum value = 18,12 kN/m (Element 7 at Node 12175)
Minimum value = -15,31 kN/m (Element 29 at Node 6343)

3.1.2.1.18 Calculation results, Plate, 9.2A - UGT - Hoge stijfheid (gedeeltelijke belasting) [Phase_19] (19/477), Shear forces Q

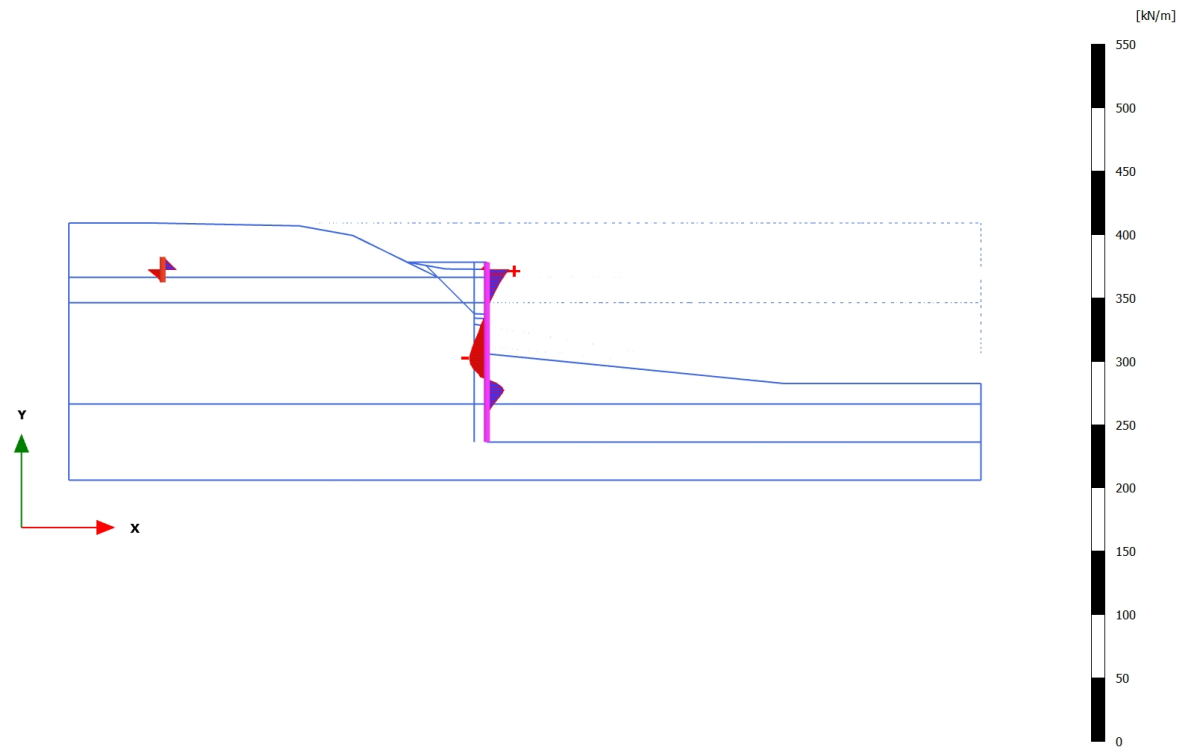


Shear forces Q (scaled up 0,0500 times)

Maximum value = 15,70 kN/m (Element 7 at Node 12175)

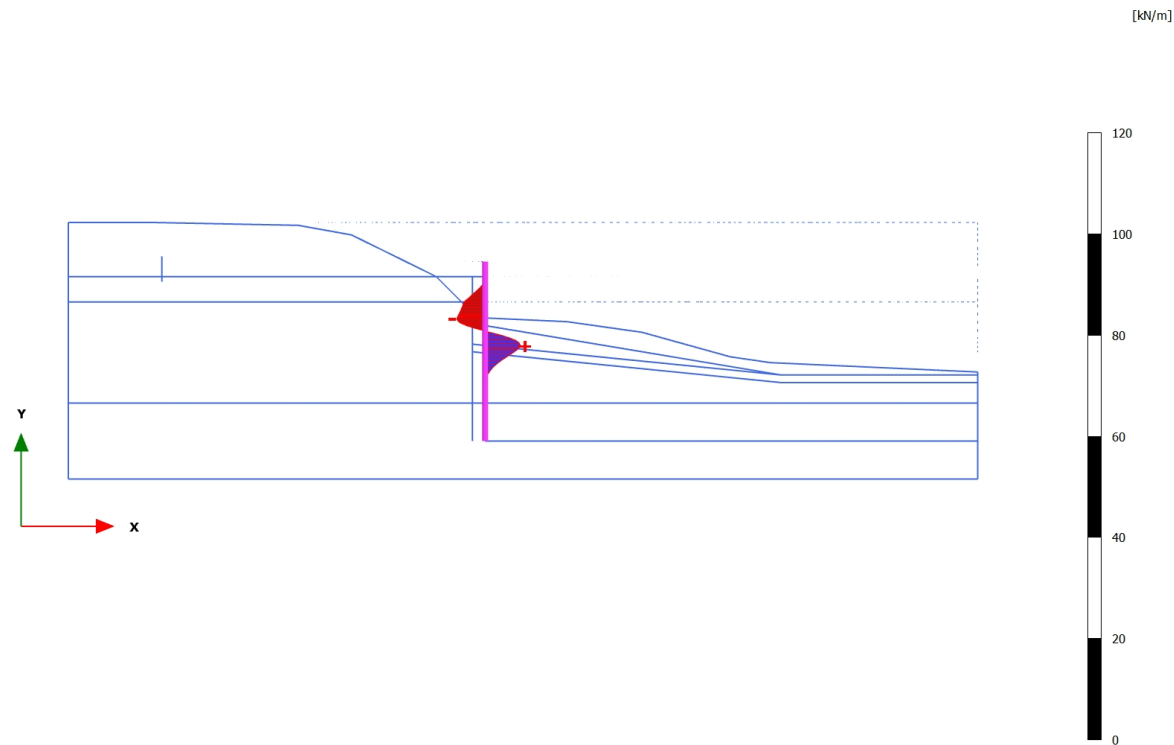
Minimum value = -15,04 kN/m (Element 29 at Node 6342)

3.1.2.1.19 Calculation results, Plate, 9.2B - UGT - Phi - C [Phase_20] (20/564), Shear forces Q



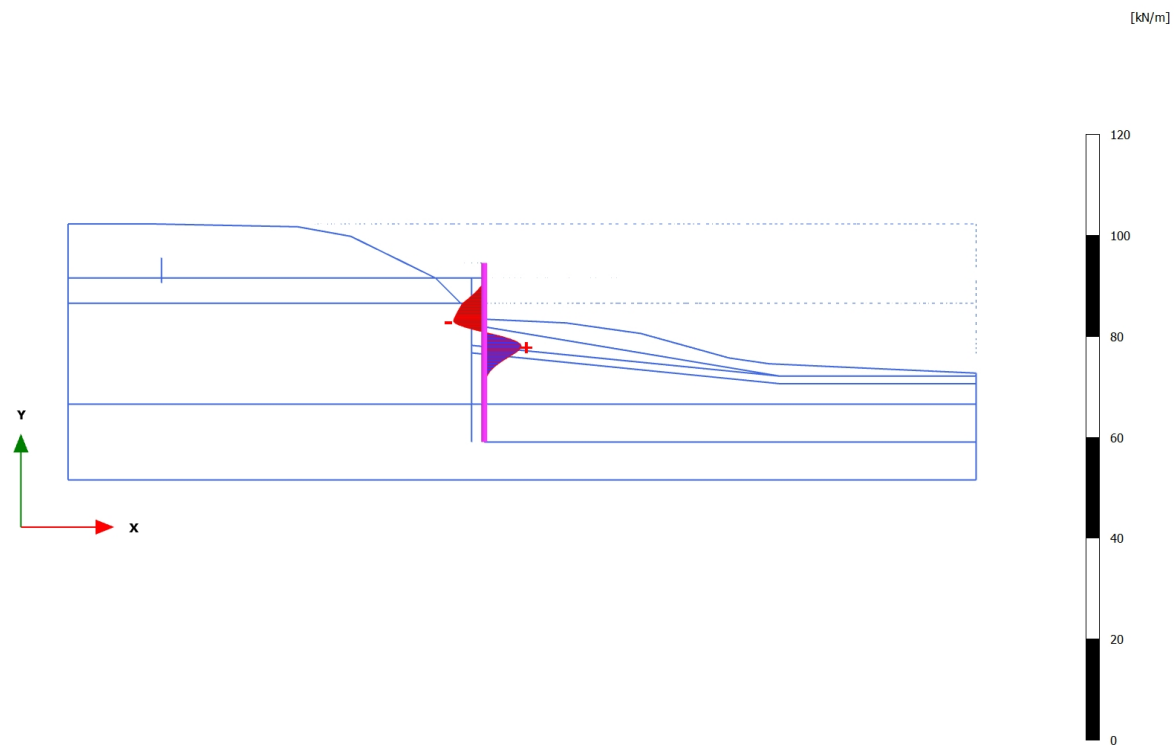
Shear forces Q (scaled up 0,0500 times)
Maximum value = 17,66 kN/m (Element 7 at Node 12175)
Minimum value = -13,63 kN/m (Element 29 at Node 6342)

3.1.2.1.20 Calculation results, Plate, 3C - UGT - Lage stijfheid [Phase_3] (3/617), Shear forces Q



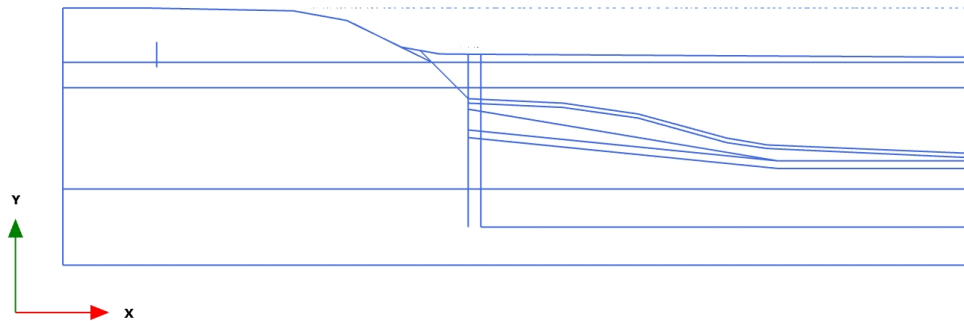
Shear forces Q (scaled up 0,200 times)
Maximum value = 6,988 kN/m (Element 24 at Node 7091)
Minimum value = -5,625 kN/m (Element 18 at Node 8465)

3.1.2.1.21 Calculation results, Plate, 3D - UGT - Phi - C Reductie [Phase_11] (11/669), Shear forces Q



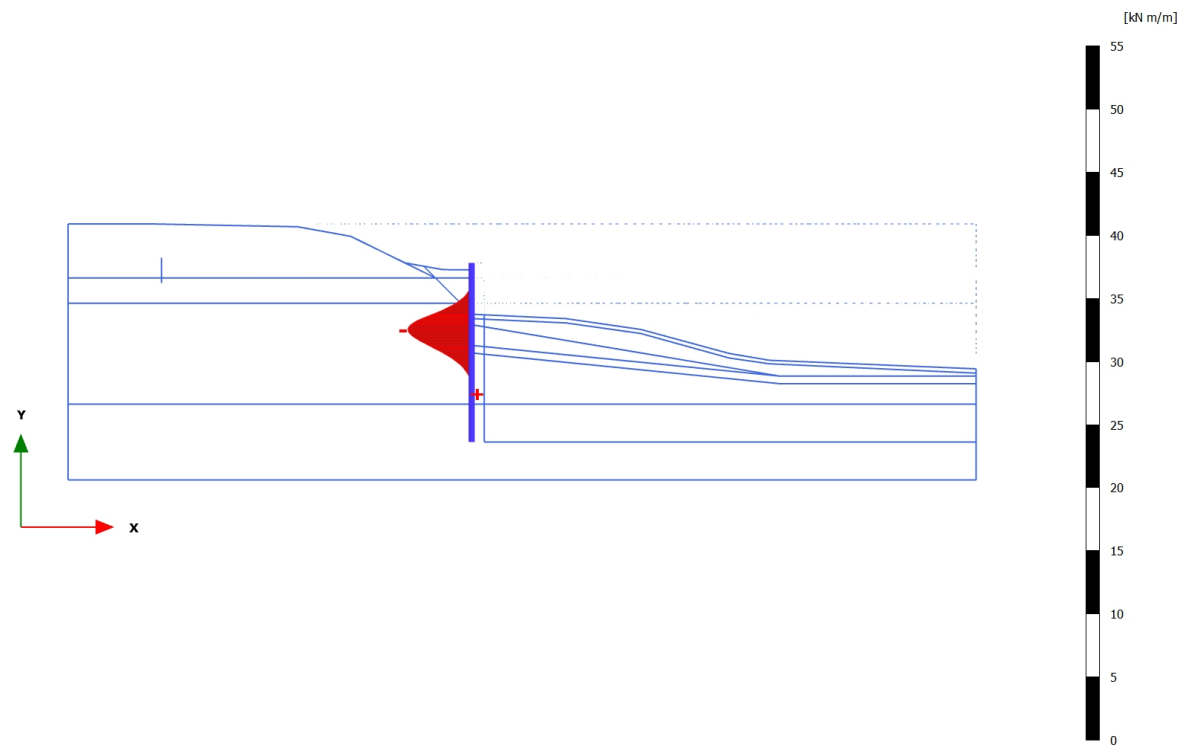
Shear forces Q (scaled up 0,200 times)
Maximum value = 7,374 kN/m (Element 24 at Node 7091)
Minimum value = -6,110 kN/m (Element 18 at Node 7964)

3.1.2.2.1 Calculation results, Plate, 0 - Initial phase [InitialPhase] (0/0), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 1,00 times)
No results

3.1.2.2.2 Calculation results, Plate, 1 - Bestaande damwand [Phase_2] (2/16), Bending moments M

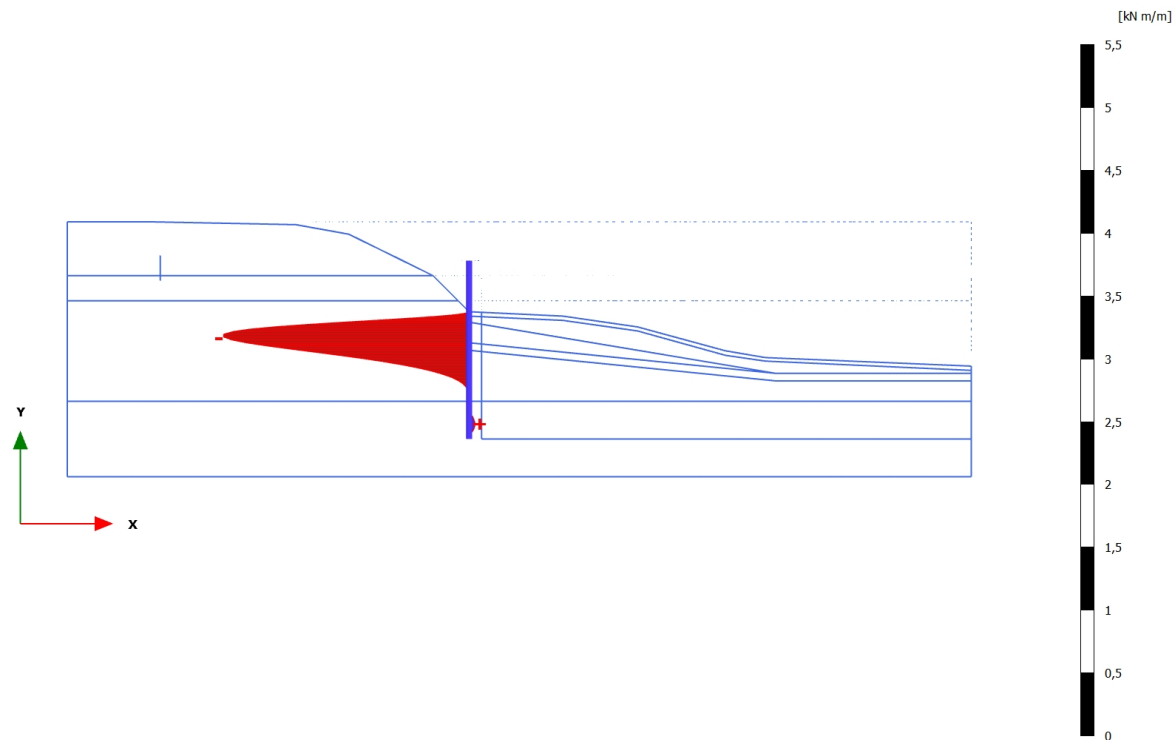


Bending moments M (scaled up 0,500 times)

Maximum value = 0,05185 kN m/m (Element 28 at Node 6234)

Minimum value = -5,051 kN m/m (Element 19 at Node 7280)

3.1.2.2.3 Calculation results, Plate, 2A - Aanbrengen Ontlastsleuf [Phase_14] (14/22), Bending moments M

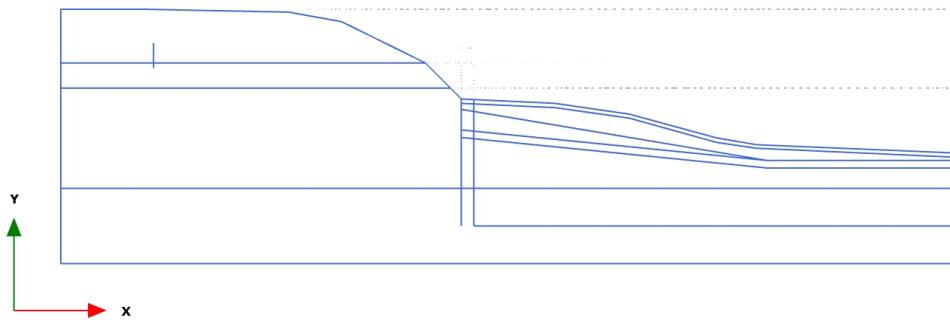


Bending moments M (scaled up 5,00 times)

Maximum value = 0,04823 kN m/m (Element 34 at Node 6992)

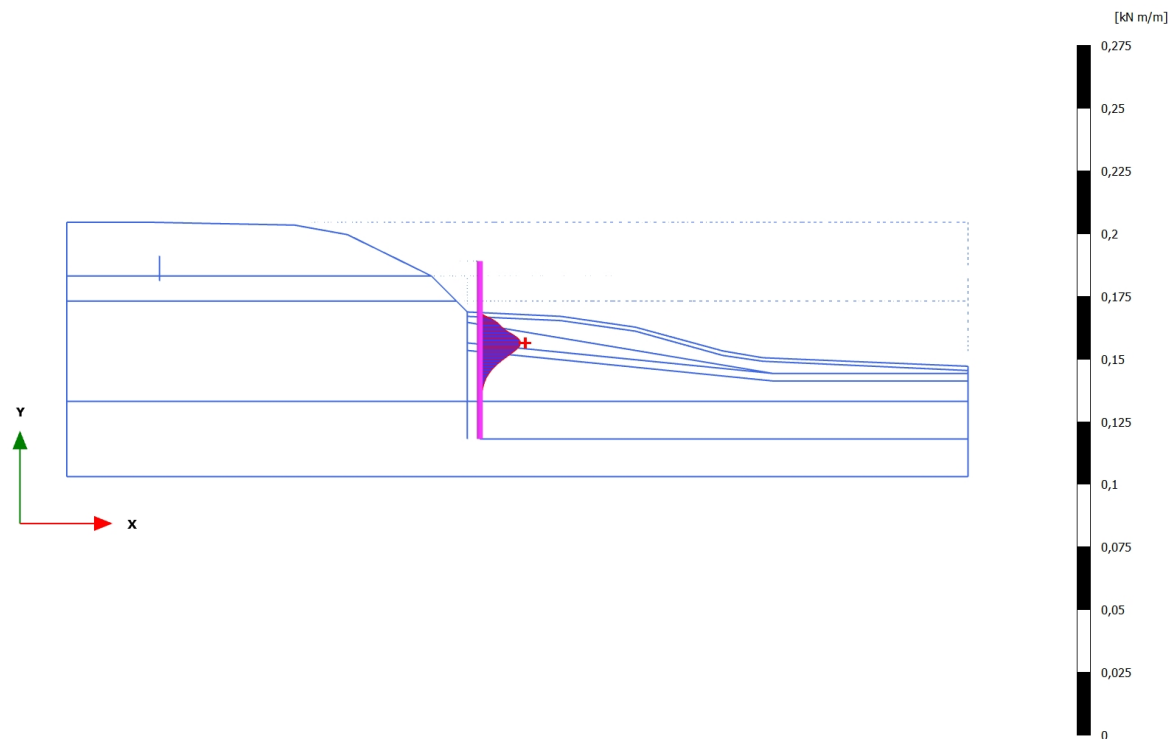
Minimum value = -1,957 kN m/m (Element 20 at Node 7256)

3.1.2.2.4 Calculation results, Plate, 2B - Verwijderen bestaande wand [Phase_6] (6/26), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 1,00 times)
No results

3.1.2.2.5 Calculation results, Plate, 3A - Inbrengen Nieuwe Damwand [Phase_1] (1/33), Bending moments M

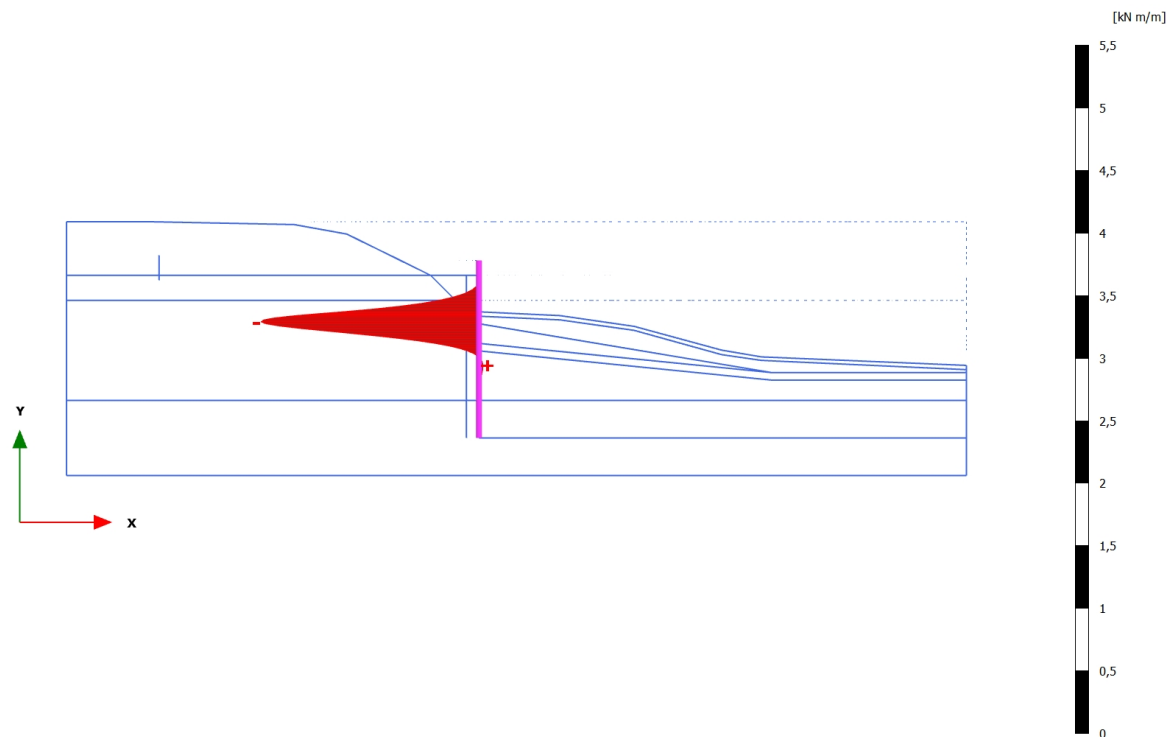


Bending moments M (scaled up 100 times)

Maximum value = 0,01628 kN m/m (Element 22 at Node 7094)

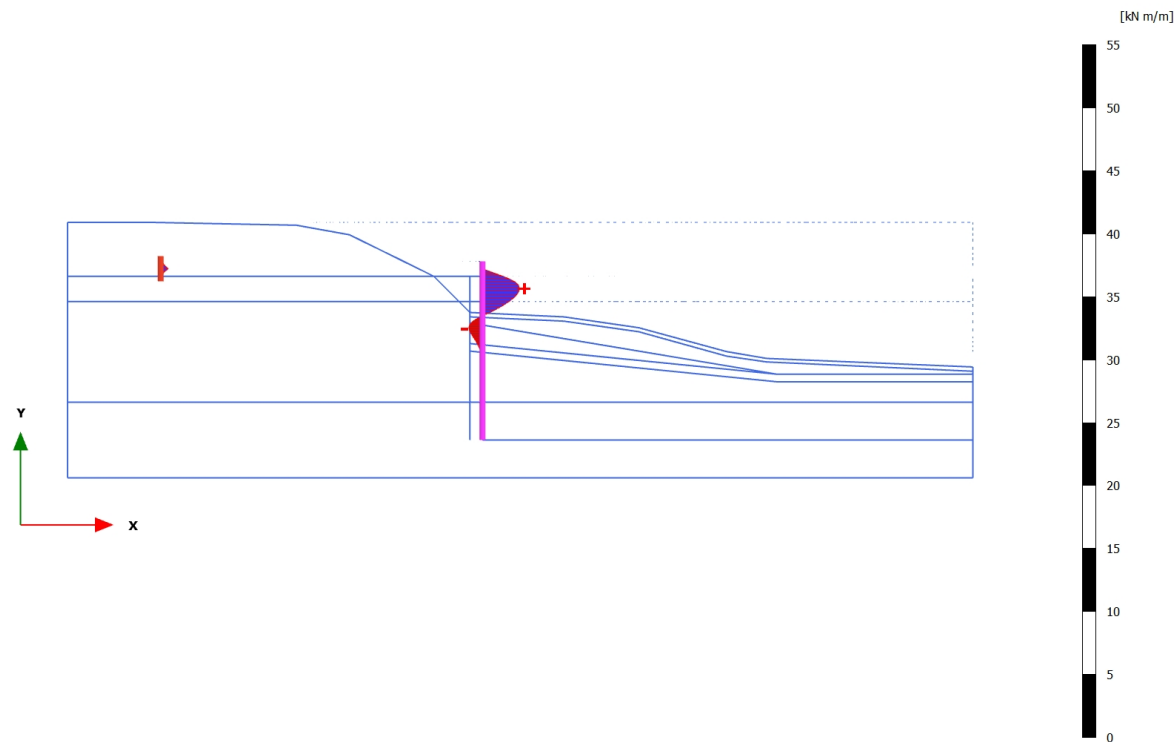
Minimum value = $-0,08902 \cdot 10^{-12}$ kN m/m (Element 4 at Node 12175)

3.1.2.2.6 Calculation results, Plate, 3B - Aanvullen tot onderzijde anker [Phase_15] (15/56), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 5,00 times)
Maximum value = 0,03201 kN m/m (Element 30 at Node 6299)
Minimum value = -1,744 kN m/m (Element 18 at Node 7966)

3.1.2.2.7 Calculation results, Plate, 4 - Aanbrengen Verankering [Phase_4] (4/60), Bending moments M

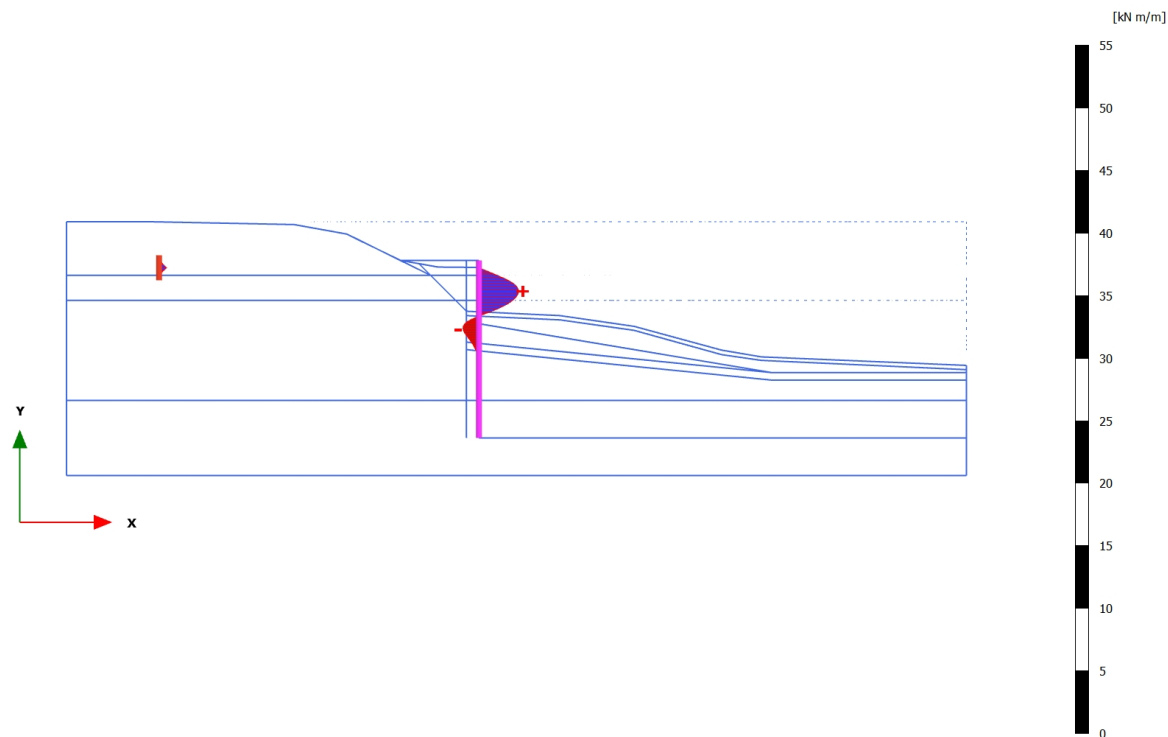


Bending moments M (scaled up 0,500 times)

Maximum value = 2,939 kN m/m (Element 11 at Node 11147)

Minimum value = -1,079 kN m/m (Element 21 at Node 7295)

3.1.2.2.8 Calculation results, Plate, 5 - Aanvullen tot bovenkant damwand [Phase_7] (7/73), Bending moments M

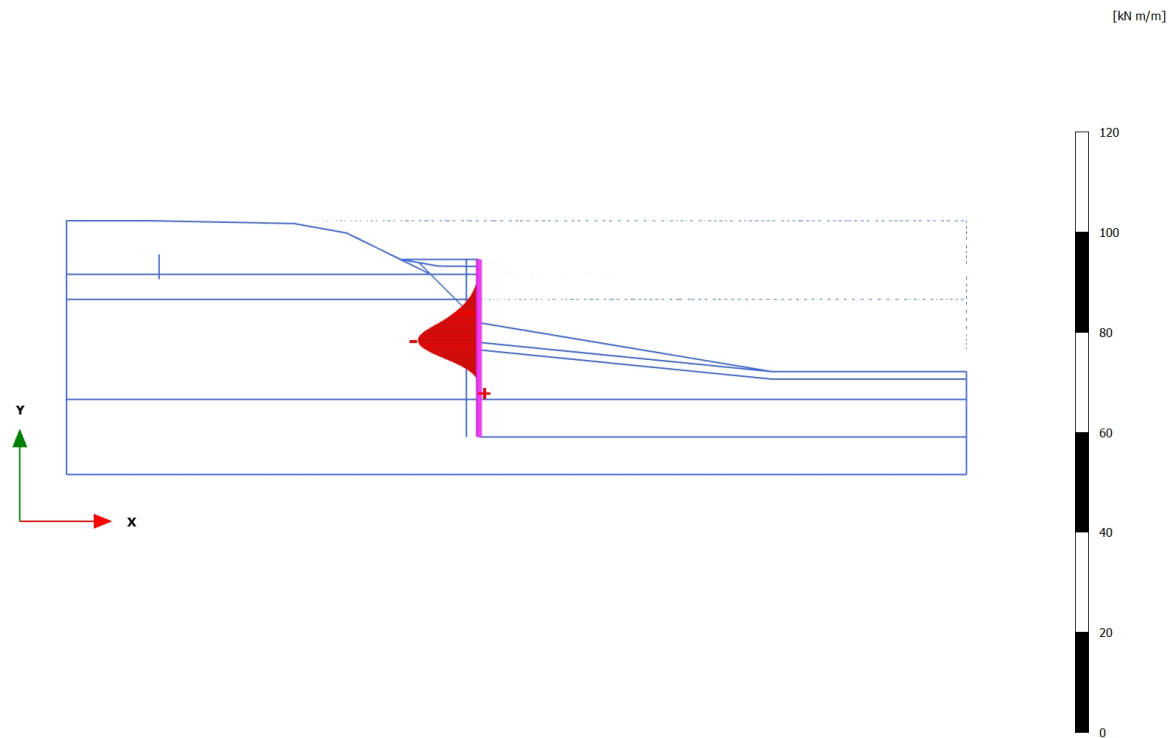


Bending moments M (scaled up 0,500 times)

Maximum value = 3,163 kN m/m (Element 12 at Node 10252)

Minimum value = -1,288 kN m/m (Element 21 at Node 7294)

3.1.2.2.9 Calculation results, Plate, ACC - Bodem 1:6 + Bezwijkten Anker [Phase_21] (16/135), Bending moments M

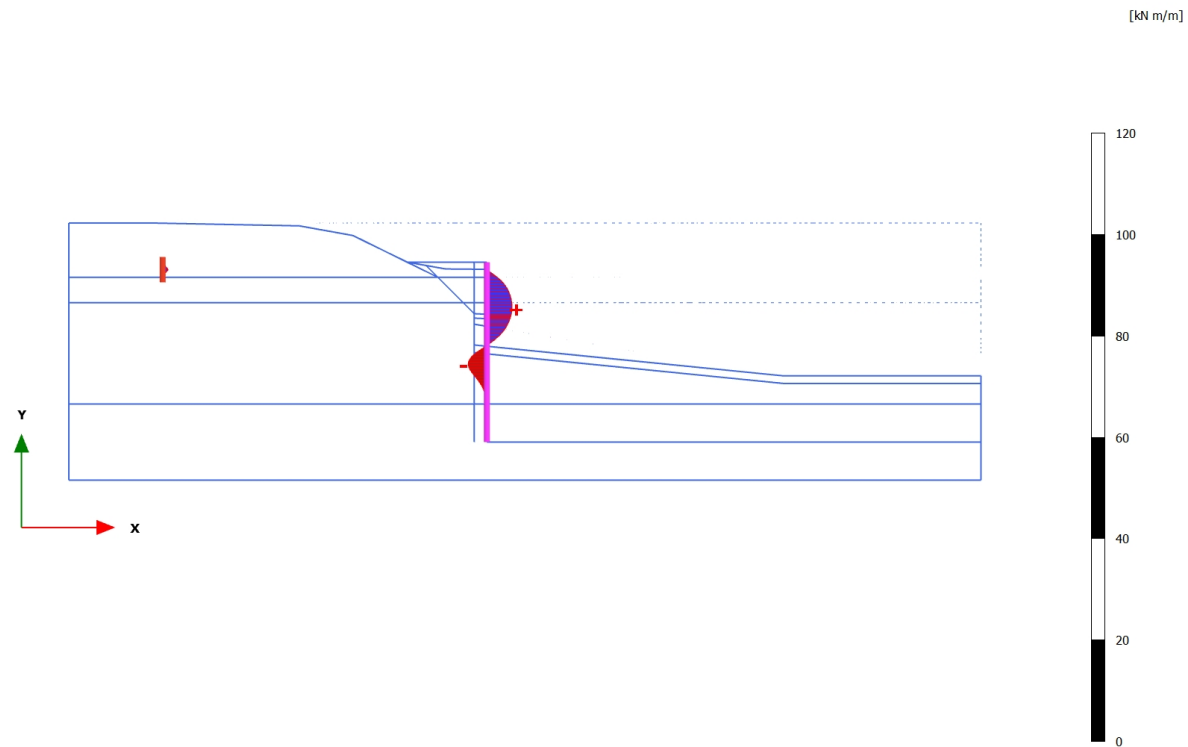


Bending moments M (scaled up 0,200 times)

Maximum value = 0,1985 kN m/m (Element 32 at Node 6329)

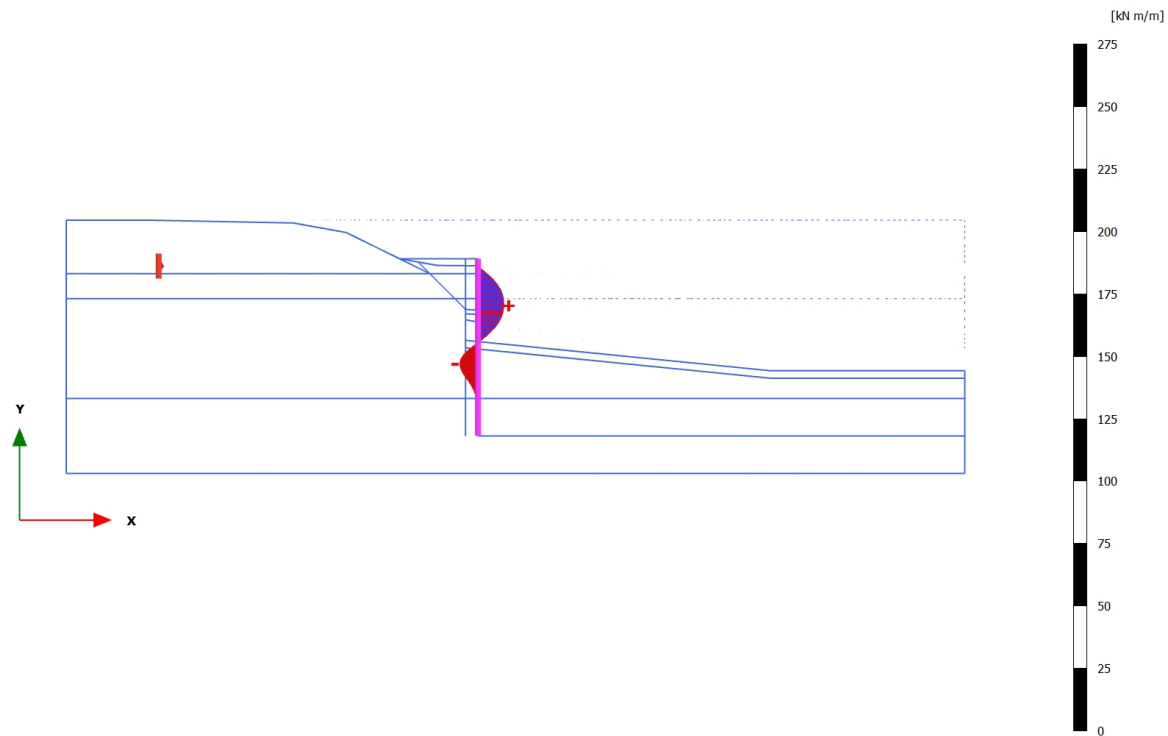
Minimum value = -12,16 kN m/m (Element 22 at Node 7094)

3.1.2.2.10 Calculation results, Plate, 6 - Baggeren [Phase_5] (5/150), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 0,200 times)
Maximum value = 4,969 kN m/m (Element 14 at Node 9305)
Minimum value = -3,691 kN m/m (Element 30 at Node 6341)

3.1.2.2.11 Calculation results, Plate, 7 - BGT - Bovenbelasting + Waterstand [Phase_8] (8/170), Bending moments M

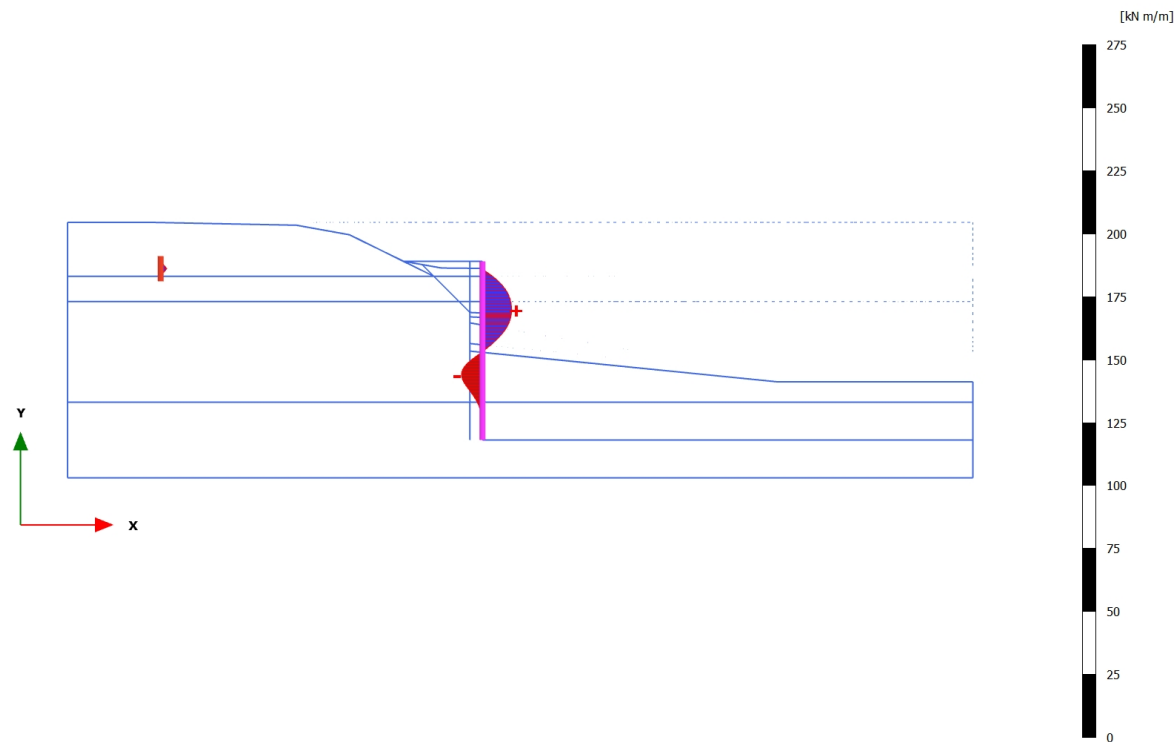


Bending moments M (scaled up 0,100 times)

Maximum value = 10,34 kN m/m (Element 14 at Node 9305)

Minimum value = -7,278 kN m/m (Element 30 at Node 6299)

3.1.2.2.12 Calculation results, Plate, 8.1A - UGT - Lage Stijfheid [Phase_9] (9/178), Bending moments M

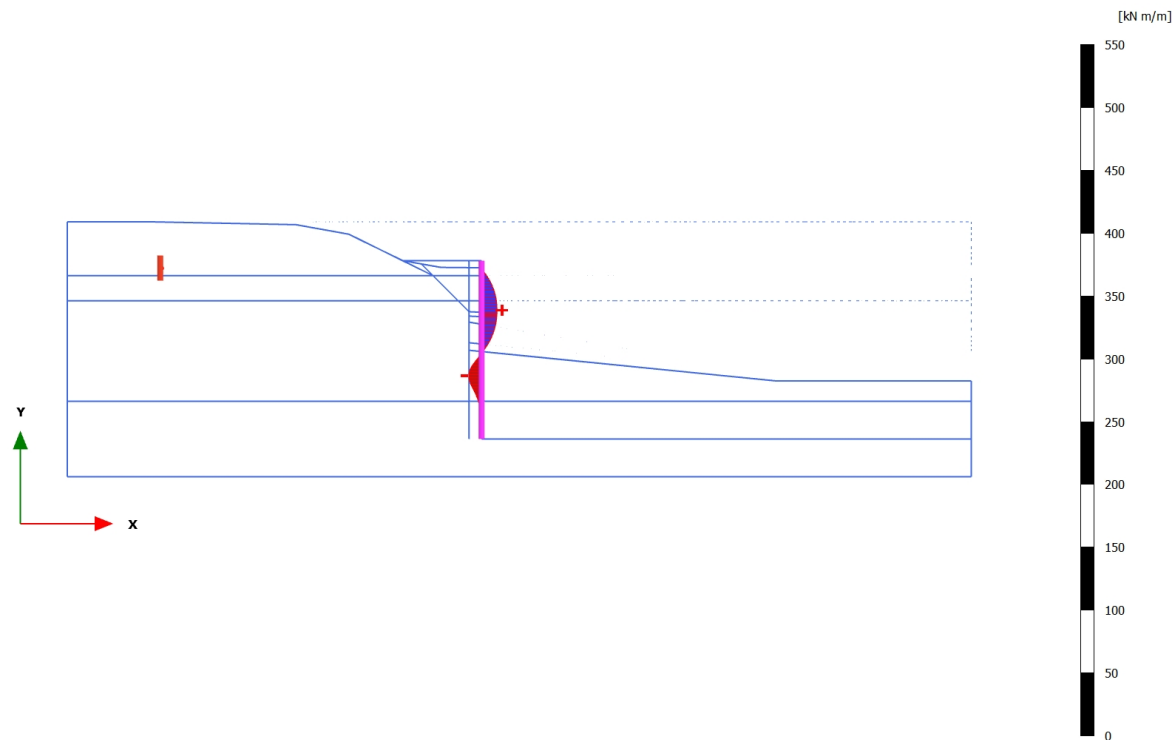


Bending moments M (scaled up 0,100 times)

Maximum value = 11,59 kN m/m (Element 14 at Node 9306)

Minimum value = -8,374 kN m/m (Element 30 at Node 6302)

3.1.2.2.13 Calculation results, Plate, 8.1B - UGT - Phi-C Reductie [Phase_10] (10/272), Bending moments M

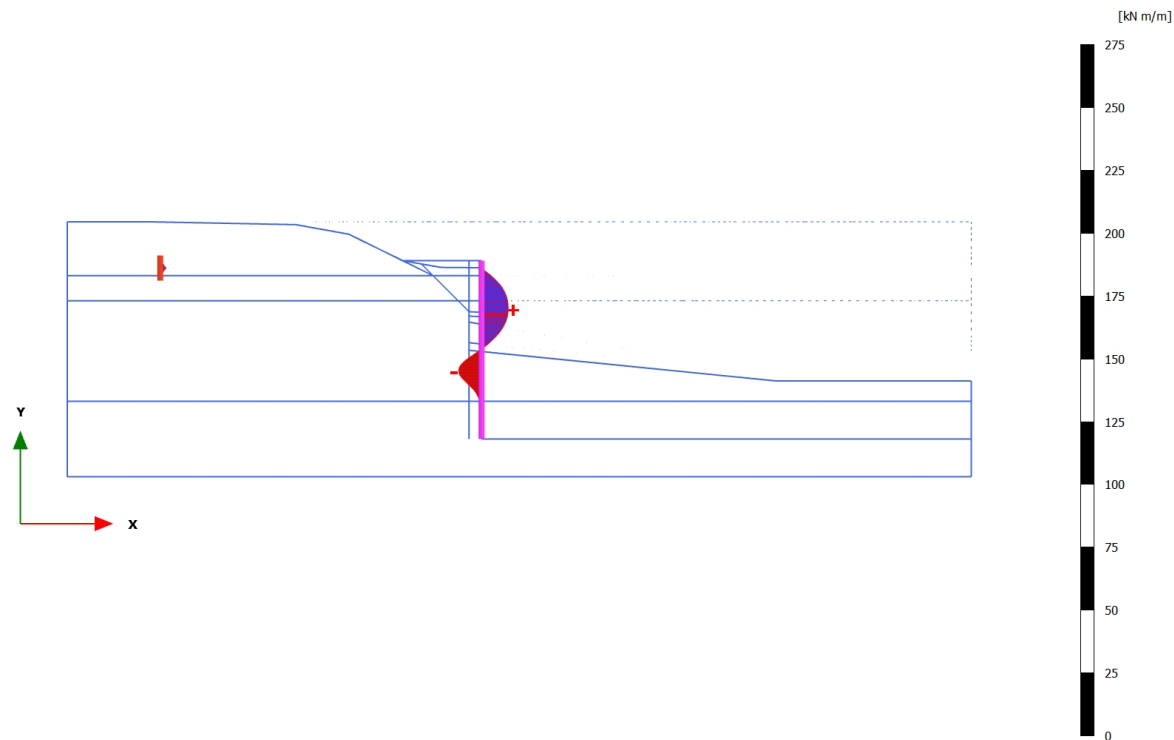


Bending moments M (scaled up 0,0500 times)

Maximum value = 12,32 kN m/m (Element 14 at Node 9306)

Minimum value = -10,29 kN m/m (Element 30 at Node 6302)

3.1.2.2.14 Calculation results, Plate, 9.1A - UGT - Hoge Stijfheid [Phase_12] (12/301), Bending moments M

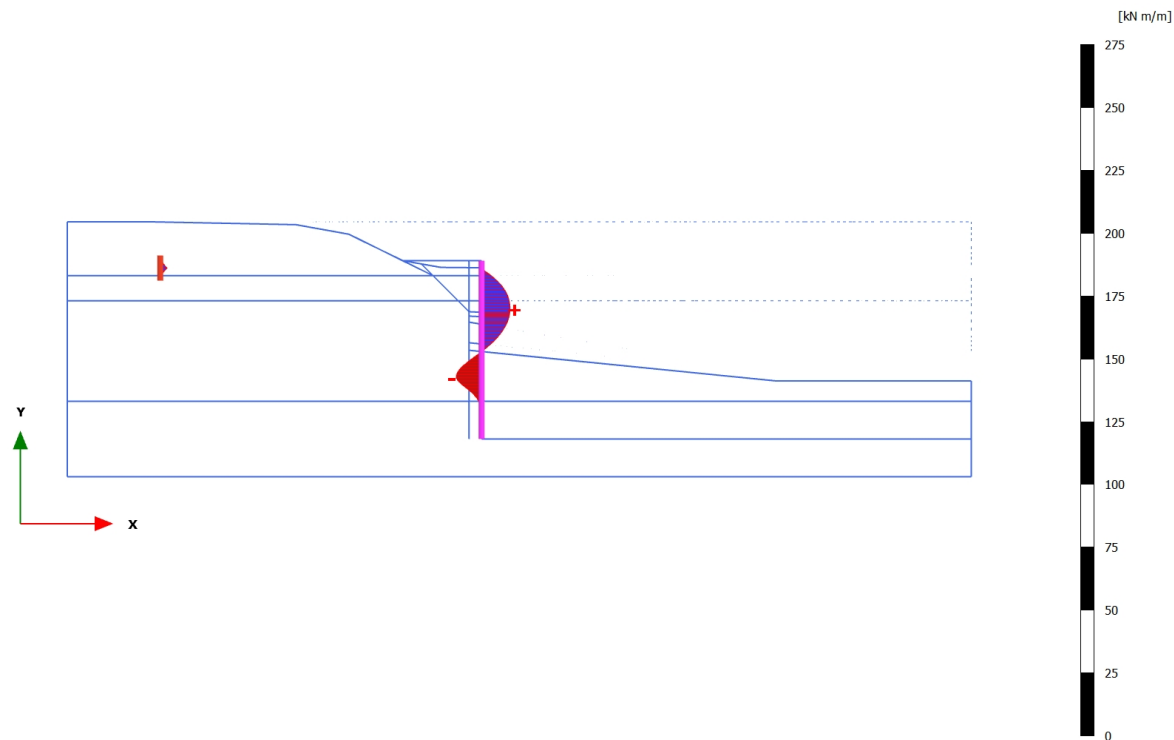


Bending moments M (scaled up 0,100 times)

Maximum value = 10,58 kN m/m (Element 14 at Node 9306)

Minimum value = -9,124 kN m/m (Element 30 at Node 6301)

3.1.2.2.15 Calculation results, Plate, 9.1B - UGT - Phi-C Reductie [Phase_13] (13/375), Bending moments M

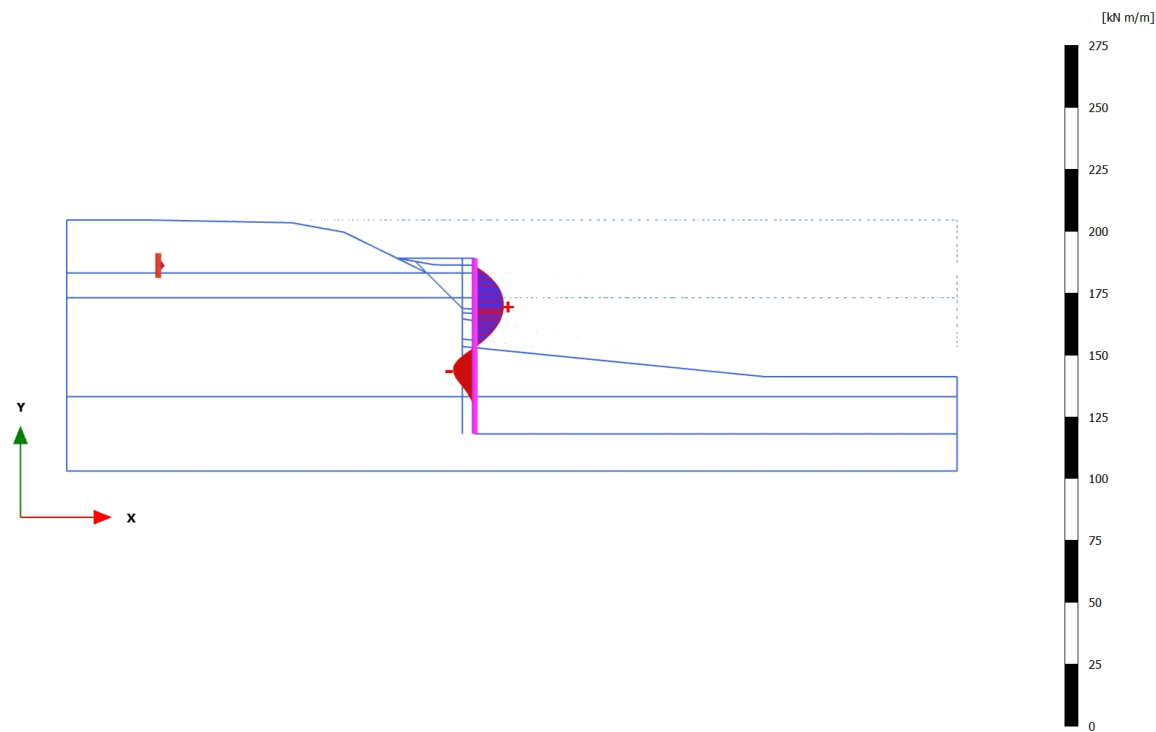


Bending moments M (scaled up 0,100 times)

Maximum value = 11,32 kN m/m (Element 14 at Node 9306)

Minimum value = -10,12 kN m/m (Element 31 at Node 6276)

3.1.2.2.16 Calculation results, Plate, 8.2A - UGT - Lage Stijfheid (gedeeltelijke Belasting) [Phase_17] (17/391), Bending moments M

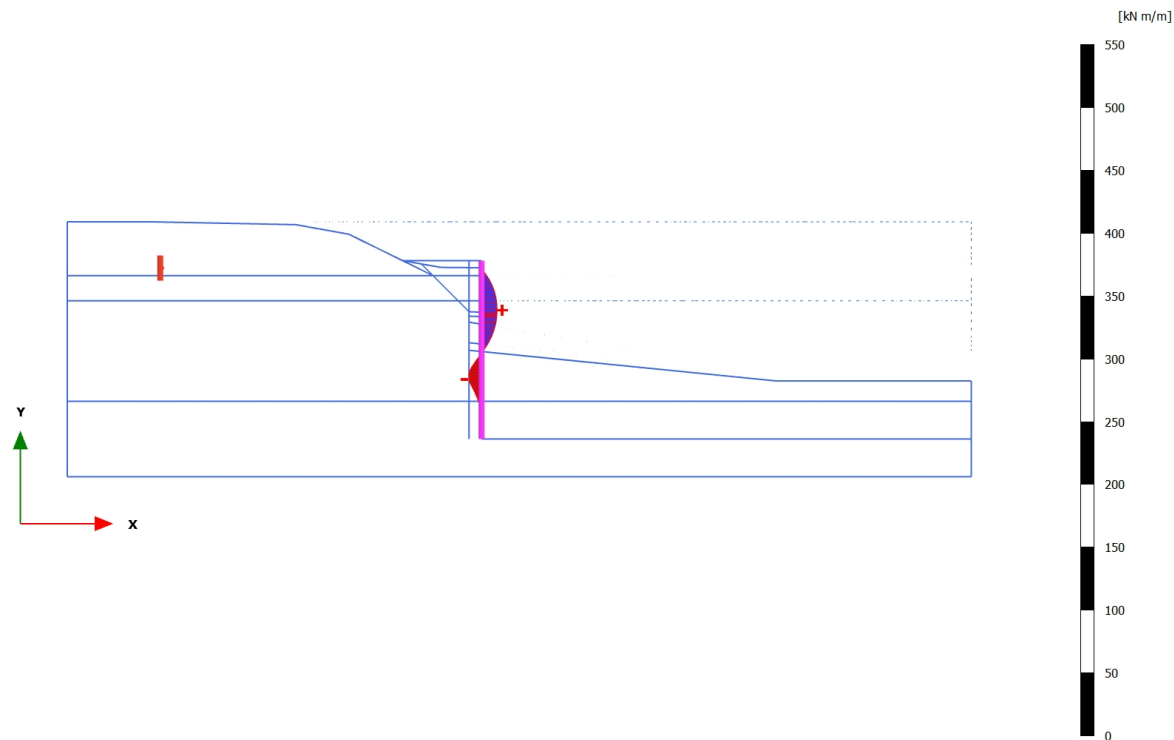


Bending moments M (scaled up 0,100 times)

Maximum value = 11,59 kN m/m (Element 14 at Node 9306)

Minimum value = -8,673 kN m/m (Element 31 at Node 6302)

3.1.2.2.17 Calculation results, Plate, 8.2B - UGT - Phi-C reductie [Phase_18] (18/450), Bending moments M

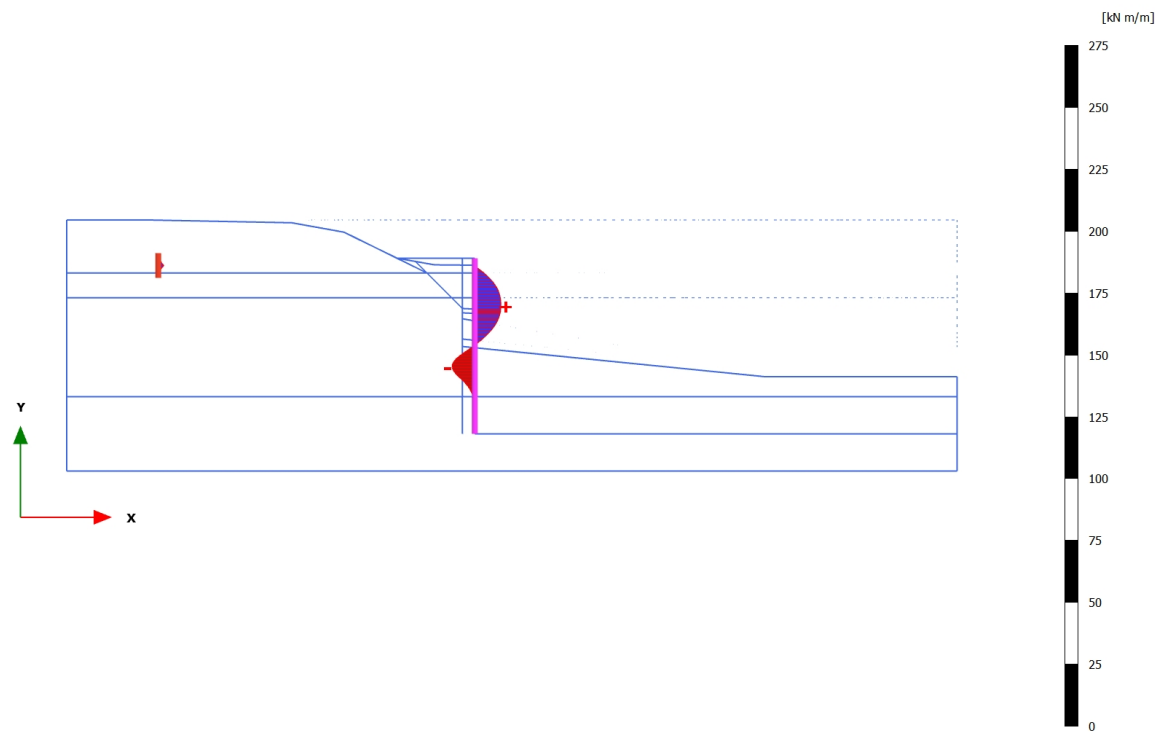


Bending moments M (scaled up 0,0500 times)

Maximum value = 12,30 kN m/m (Element 14 at Node 9306)

Minimum value = -10,22 kN m/m (Element 31 at Node 6276)

3.1.2.2.18 Calculation results, Plate, 9.2A - UGT - Hoge stijfheid (gedeeltelijke belasting) [Phase_19] (19/477), Bending moments M

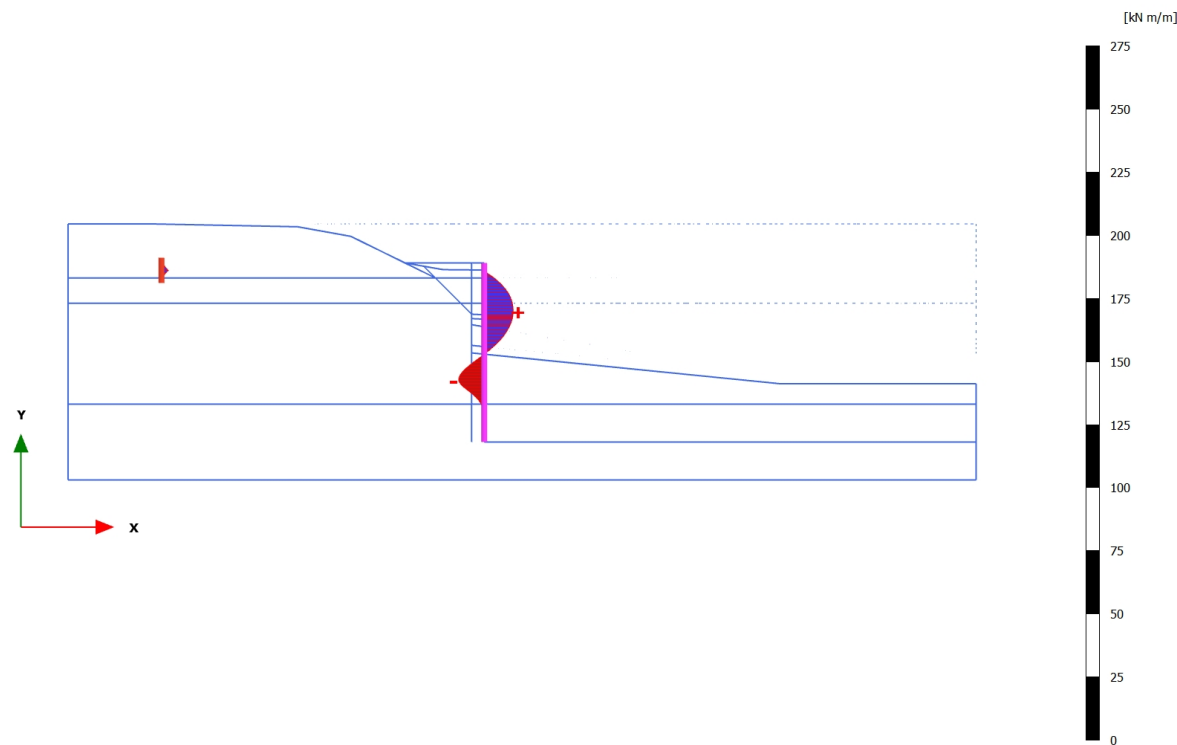


Bending moments M (scaled up 0,100 times)

Maximum value = 10,59 kN m/m (Element 14 at Node 9306)

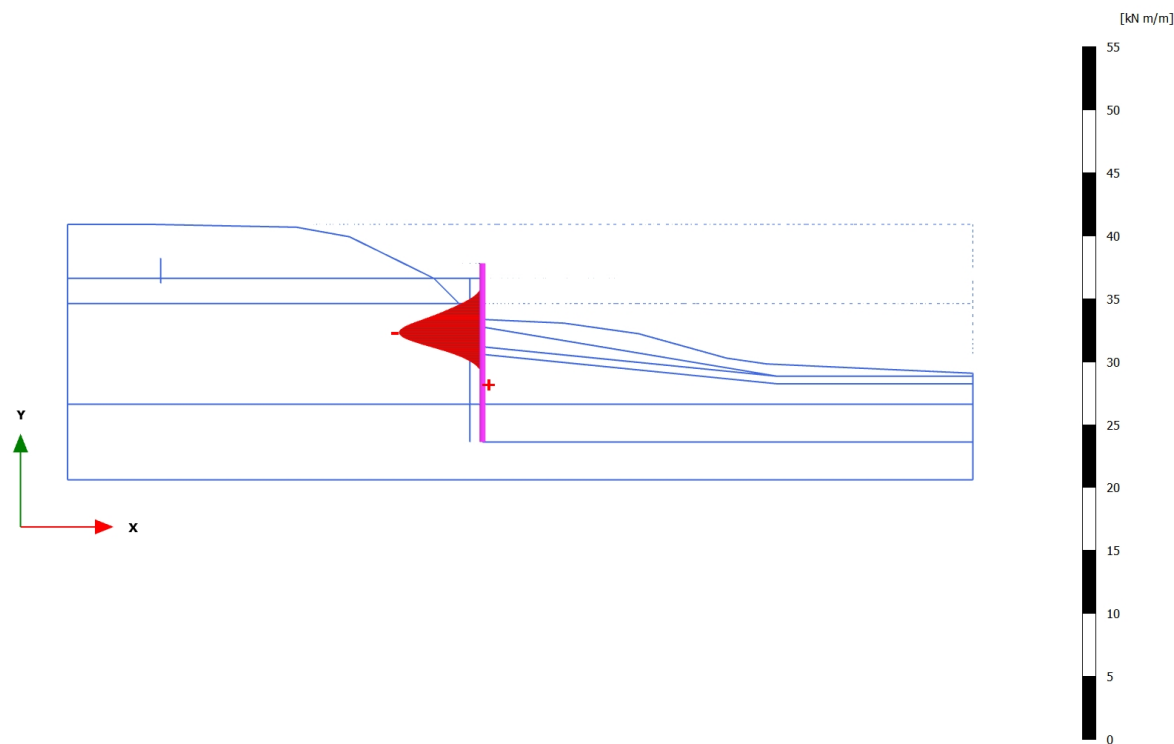
Minimum value = -9,174 kN m/m (Element 30 at Node 6301)

3.1.2.2.19 Calculation results, Plate, 9.2B - UGT - Phi - C [Phase_20] (20/564), Bending moments M



Bending moments M (scaled up 0,100 times)
Maximum value = 11,46 kN m/m (Element 14 at Node 9306)
Minimum value = -10,16 kN m/m (Element 31 at Node 6276)

3.1.2.2.20 Calculation results, Plate, 3C - UGT - Lage stijfheid [Phase_3] (3/617), Bending moments M

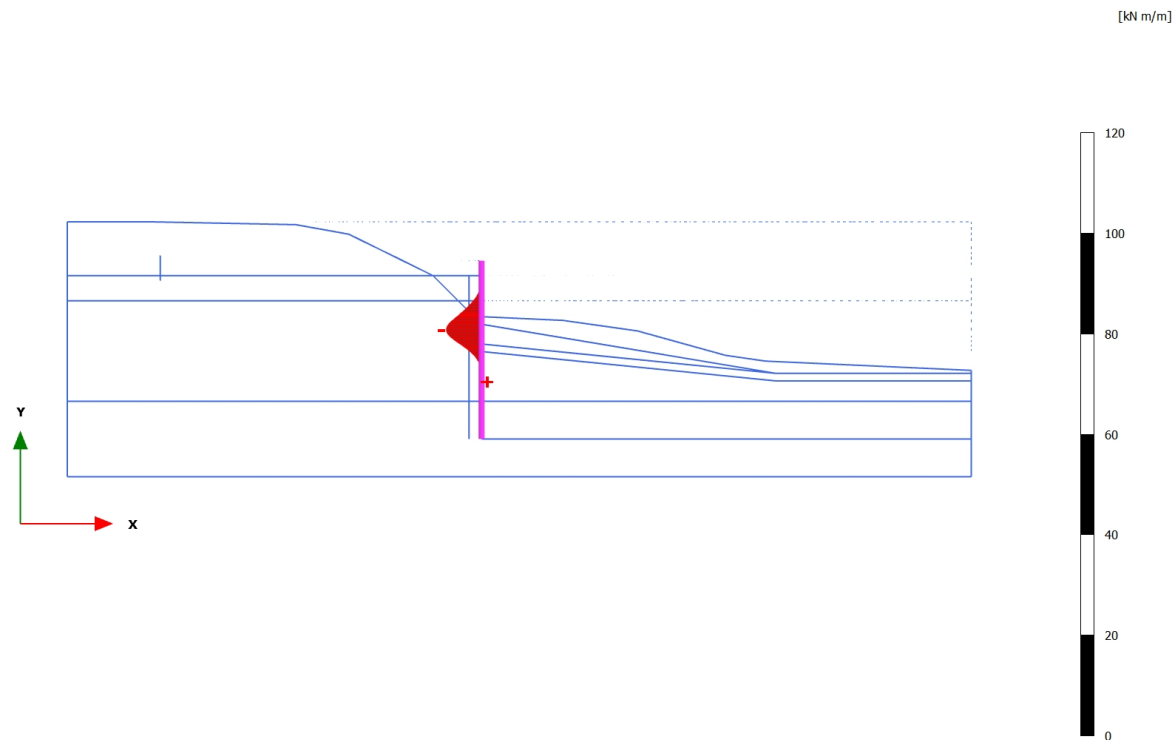


Bending moments M (scaled up 0,500 times)

Maximum value = 0,1203 kN m/m (Element 31 at Node 6277)

Minimum value = -6,624 kN m/m (Element 21 at Node 7294)

3.1.2.2.21 Calculation results, Plate, 3D - UGT - Phi - C Reductie [Phase_11] (11/669), Bending moments M

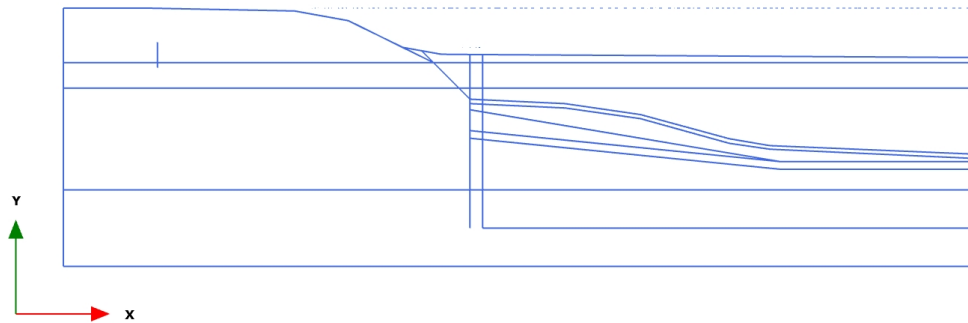


Bending moments M (scaled up 0,200 times)

Maximum value = 0,1275 kN m/m (Element 31 at Node 6277)

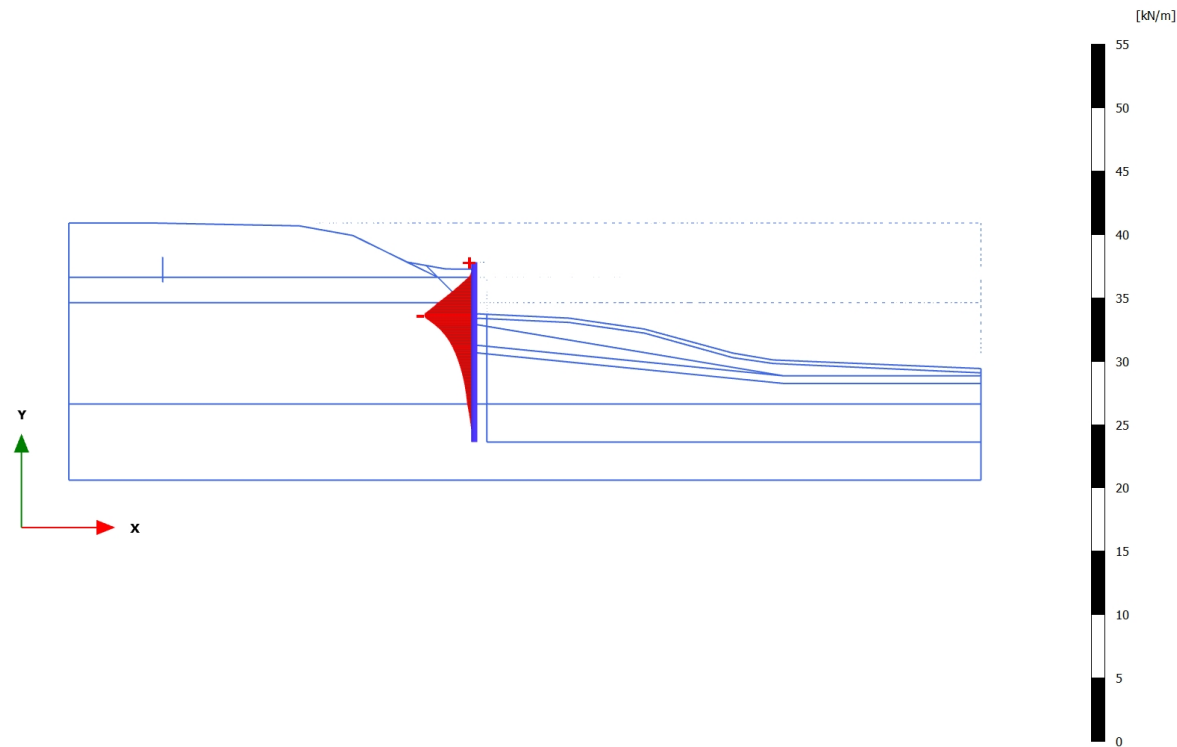
Minimum value = -7,022 kN m/m (Element 21 at Node 7294)

3.1.2.3.1 Calculation results, Plate, 0 - Initial phase [InitialPhase] (0/0), Axial forces N



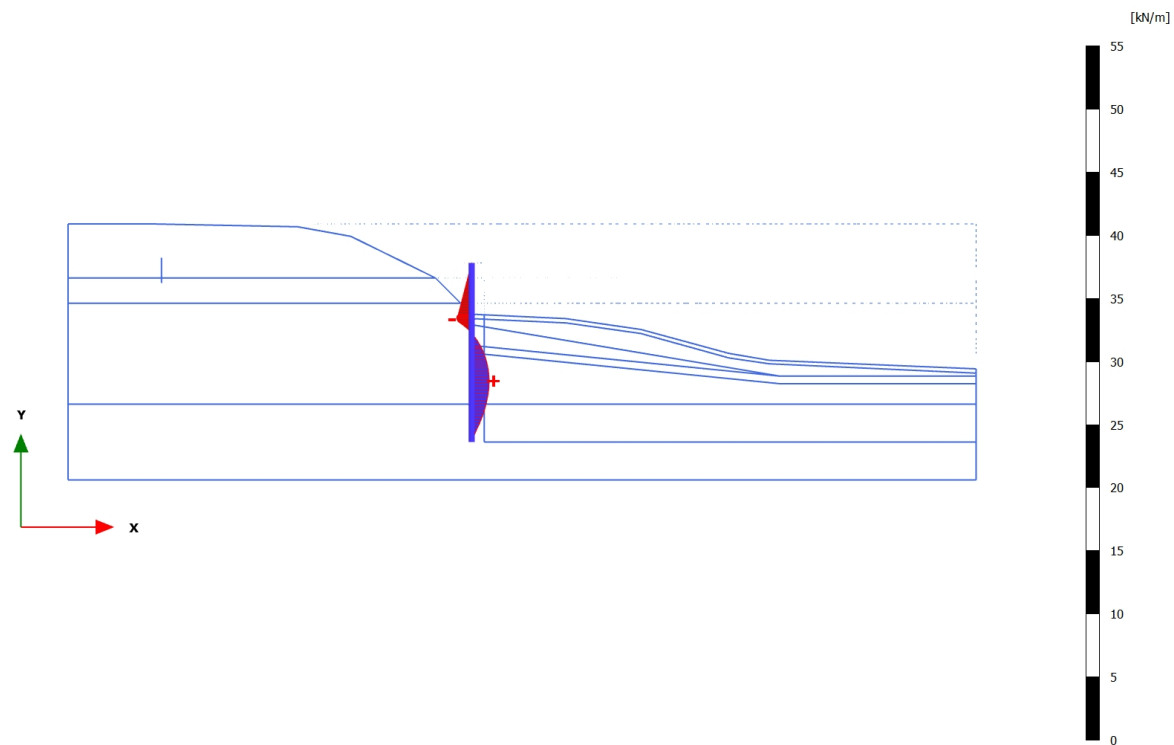
Axial forces N (scaled up 1,00 times)
No results

3.1.2.3.2 Calculation results, Plate, 1 - Bestaande damwand [Phase_2] (2/16), Axial forces N



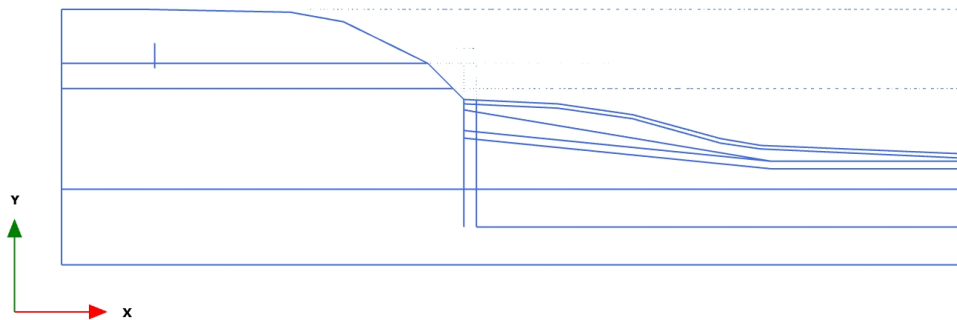
Axial forces N (scaled up 0,500 times)
Maximum value = $-8,812 \cdot 10^{-6}$ kN/m (Element 2 at Node 12310)
Minimum value = $-3,915$ kN/m (Element 15 at Node 8426)

3.1.2.3.3 Calculation results, Plate, 2A - Aanbrengen Ontlastsleuf [Phase_14] (14/22), Axial forces N



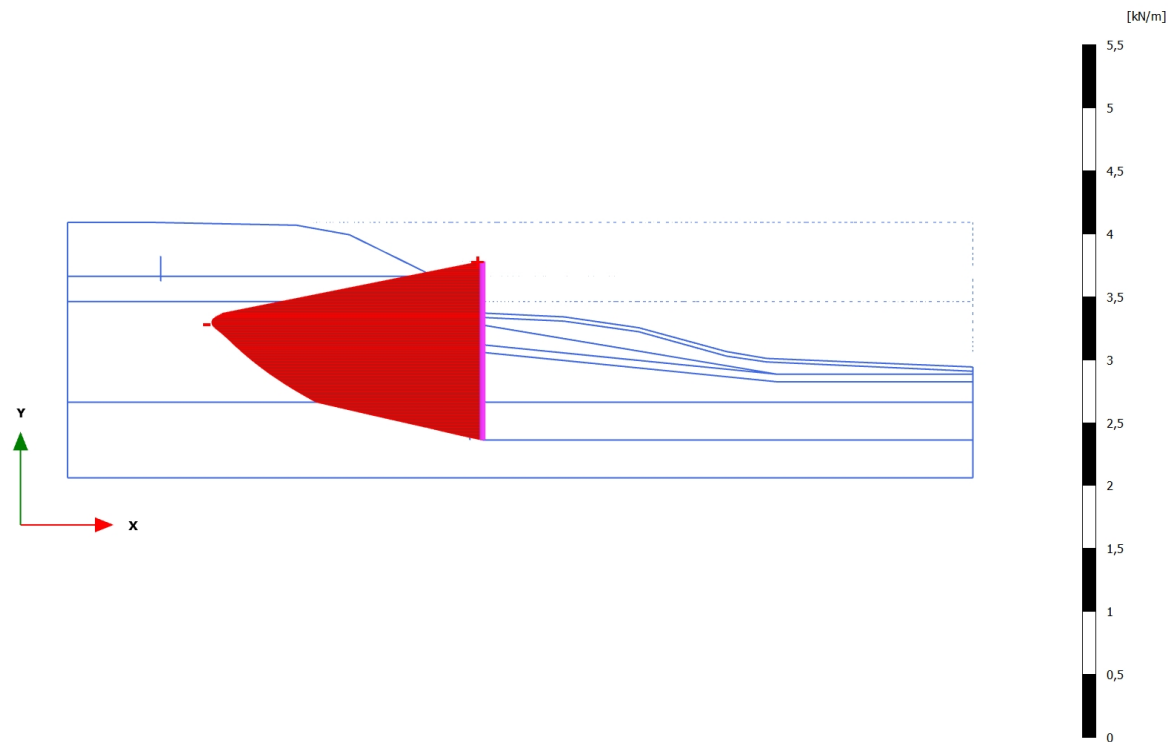
Axial forces N (scaled up 0,500 times)
Maximum value = 1,389 kN/m (Element 27 at Node 6257)
Minimum value = -1,191 kN/m (Element 15 at Node 8425)

3.1.2.3.4 Calculation results, Plate, 2B - Verwijderen bestaande wand [Phase_6] (6/26), Axial forces N



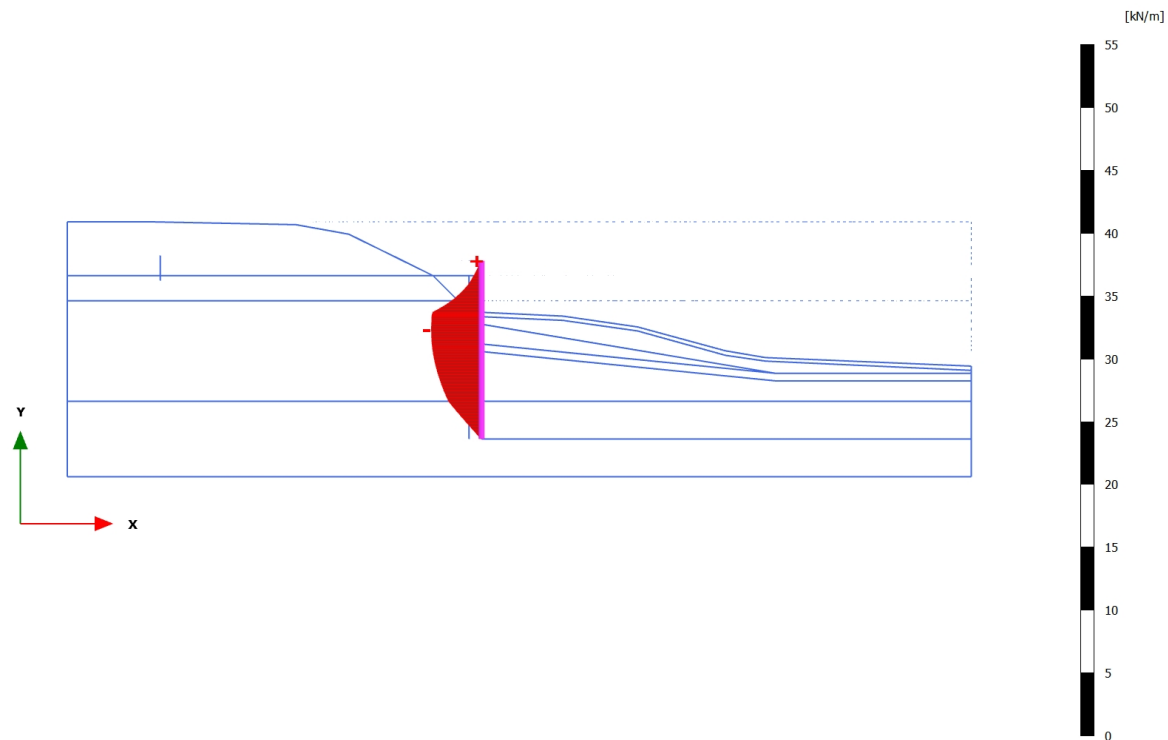
Axial forces N (scaled up 1,00 times)
No results

3.1.2.3.5 Calculation results, Plate, 3A - Inbrengen Nieuwe Damwand [Phase_1] (1/33), Axial forces N



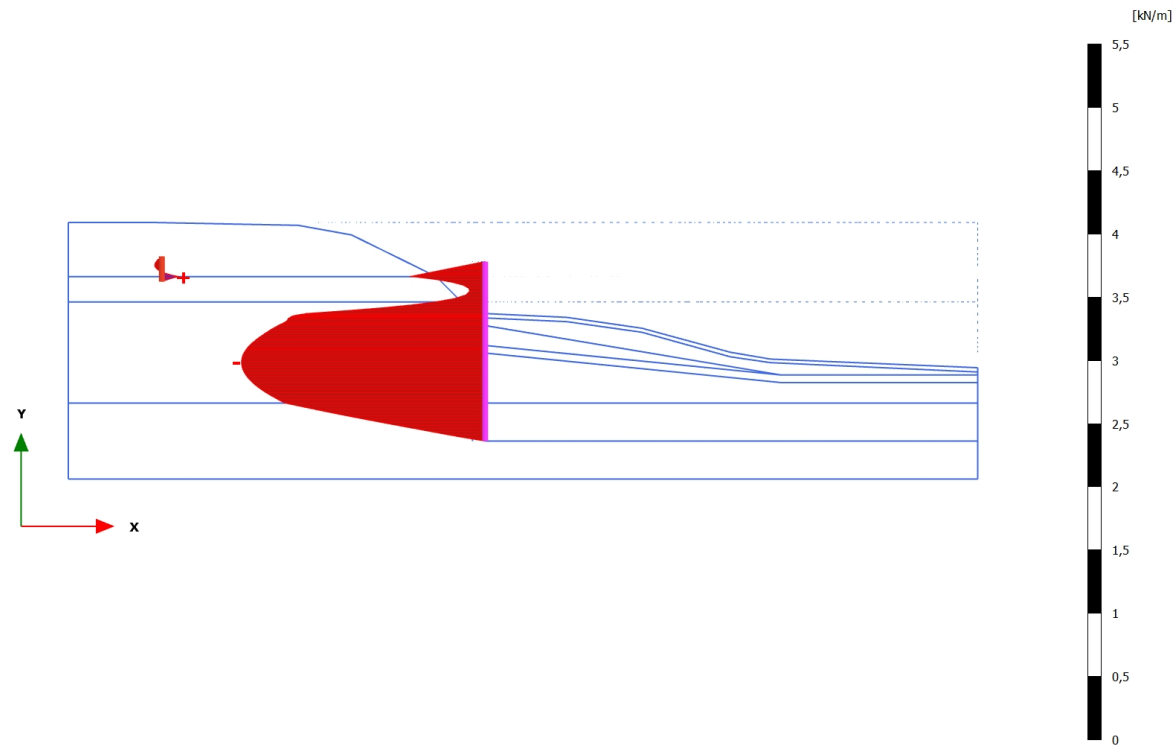
Axial forces N (scaled up 5,00 times)
Maximum value = $-0,01719 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 3 at Node 12769)
Minimum value = $-2,153$ kN/m (Element 18 at Node 7966)

3.1.2.3.6 Calculation results, Plate, 3B - Aanvullen tot onderzijde anker [Phase_15] (15/56), Axial forces N



Axial forces N (scaled up 0,500 times)
Maximum value = $-0,01719 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 3 at Node 12769)
Minimum value = $-3,989$ kN/m (Element 21 at Node 7294)

3.1.2.3.7 Calculation results, Plate, 4 - Aanbrengen Verankering [Phase_4] (4/60), Axial forces N

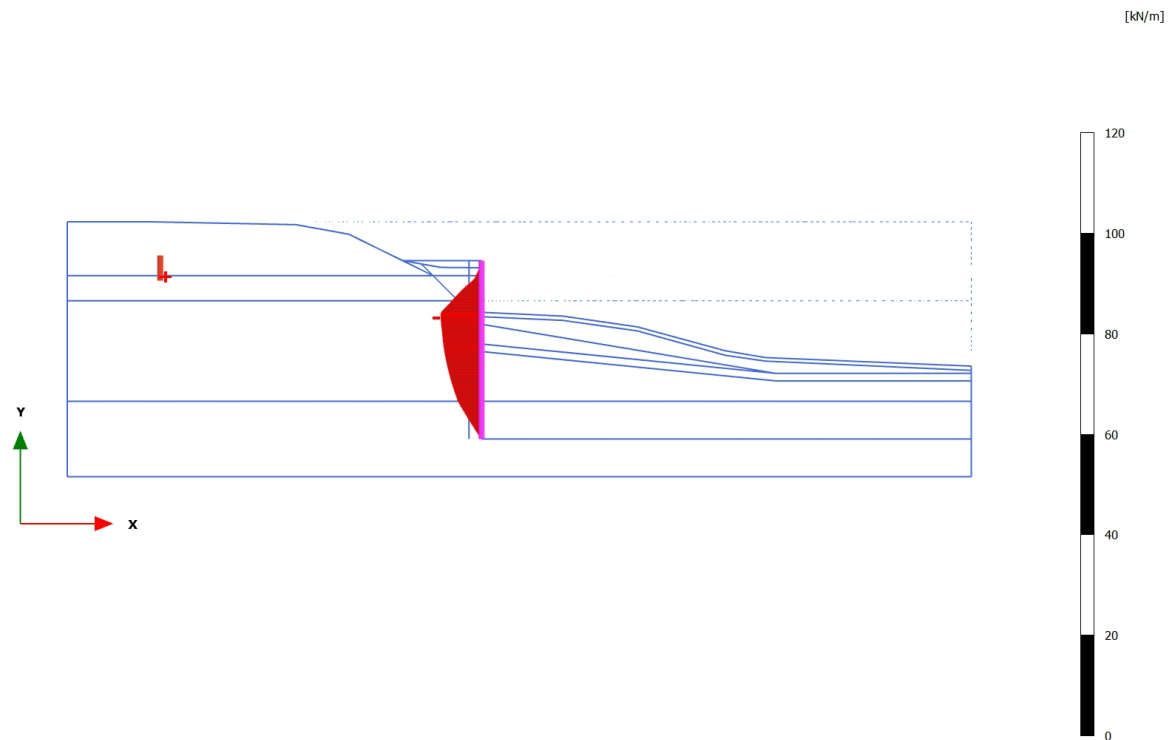


Axial forces N (scaled up 5,00 times)

Maximum value = 0,1363 kN/m (Element 6 at Node 3992)

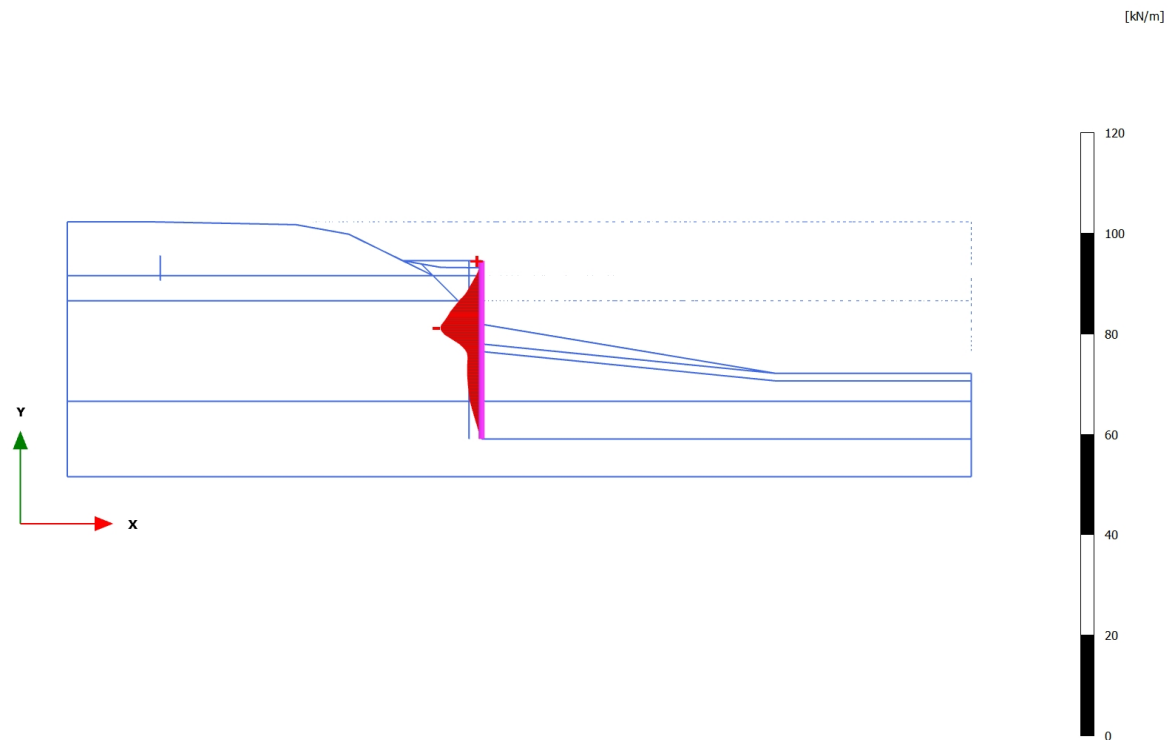
Minimum value = -1,930 kN/m (Element 29 at Node 6344)

3.1.2.3.8 Calculation results, Plate, 5 - Aanvullen tot bovenkant damwand [Phase_7] (7/73), Axial forces N



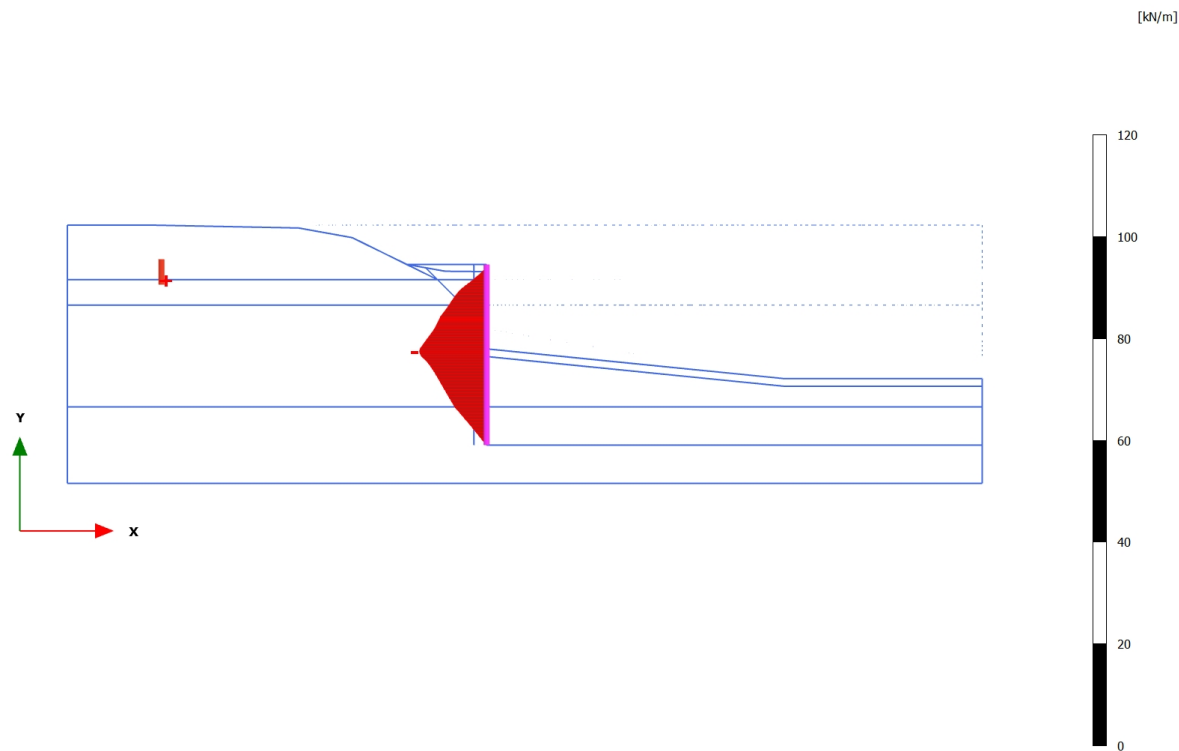
Axial forces N (scaled up 0,200 times)
Maximum value = 0,1011 kN/m (Element 6 at Node 3992)
Minimum value = -8,124 kN/m (Element 18 at Node 8465)

3.1.2.3.9 Calculation results, Plate, ACC - Bodem 1:6 + Bezwijkten Anker [Phase_21] (16/135), Axial forces N



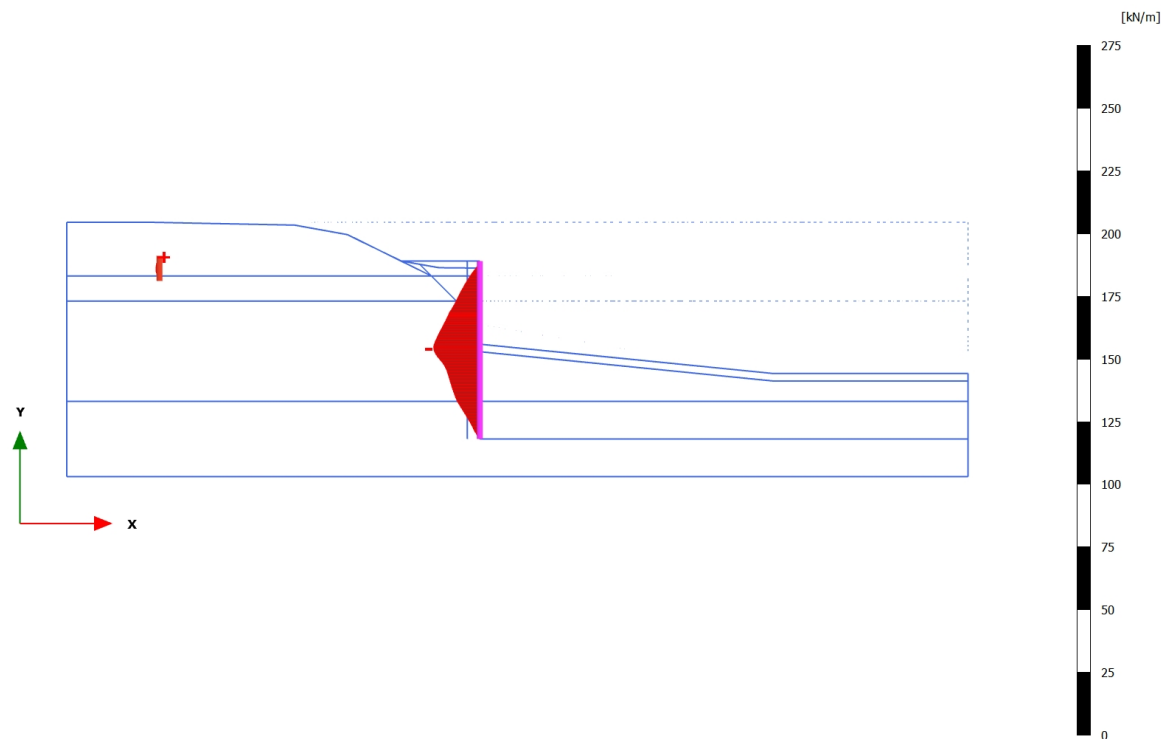
Axial forces N (scaled up 0,200 times)
Maximum value = $-4,943 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 3 at Node 12769)
Minimum value = -8,109 kN/m (Element 21 at Node 7295)

3.1.2.3.10 Calculation results, Plate, 6 - Baggeren [Phase_5] (5/150), Axial forces N



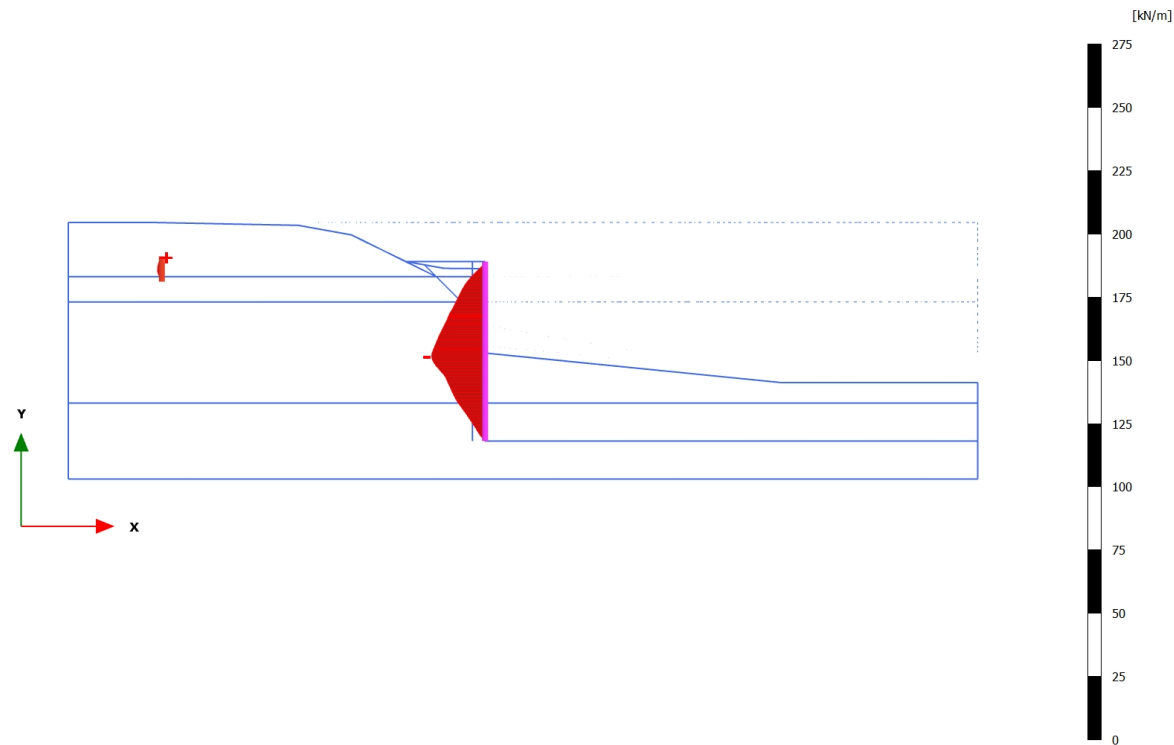
Axial forces N (scaled up 0,200 times)
Maximum value = $7,632 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 6 at Node 3992)
Minimum value = -13,19 kN/m (Element 24 at Node 6542)

3.1.2.3.11 Calculation results, Plate, 7 - BGT - Bovenbelasting + Waterstand [Phase_8] (8/170), Axial forces N



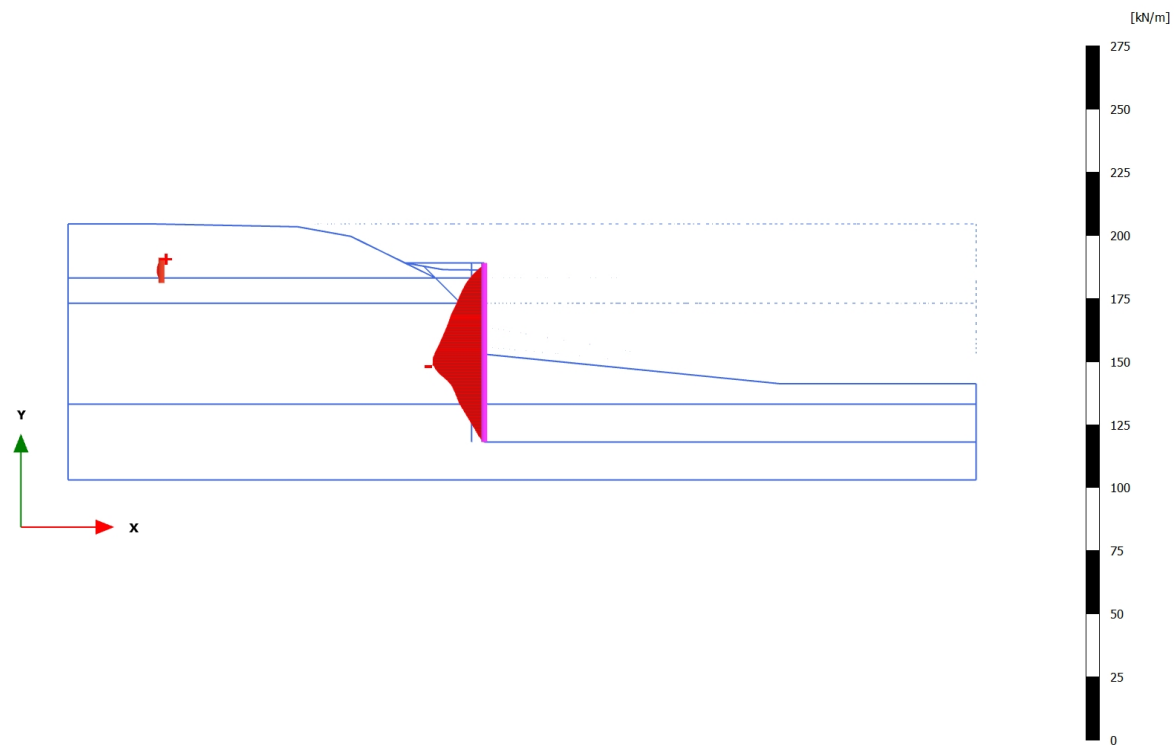
Axial forces N (scaled up 0,100 times)
Maximum value = 0,07927 kN/m (Element 1 at Node 3157)
Minimum value = -18,45 kN/m (Element 24 at Node 6543)

3.1.2.3.12 Calculation results, Plate, 8.1A - UGT - Lage Stijfheid [Phase_9] (9/178), Axial forces N



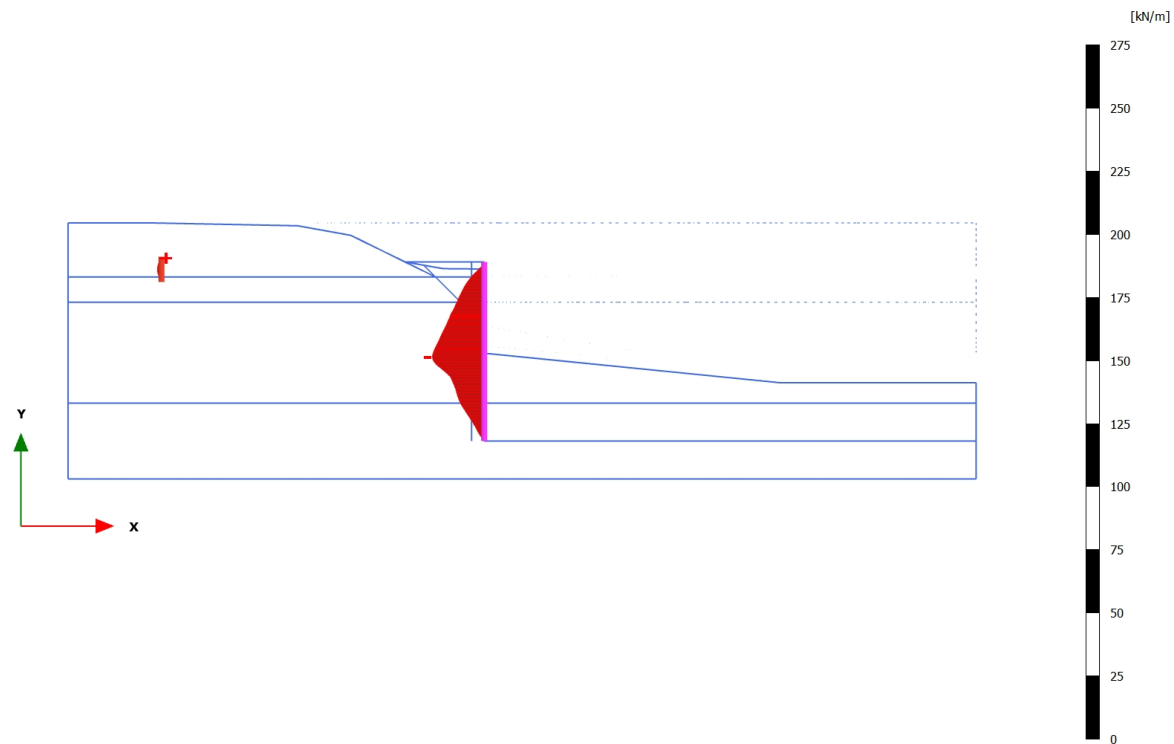
Axial forces N (scaled up 0,100 times)
Maximum value = 0,1043 kN/m (Element 1 at Node 3157)
Minimum value = -21,15 kN/m (Element 29 at Node 6342)

3.1.2.3.13 Calculation results, Plate, 8.1B - UGT - Phi-C Reductie [Phase_10] (10/272), Axial forces N



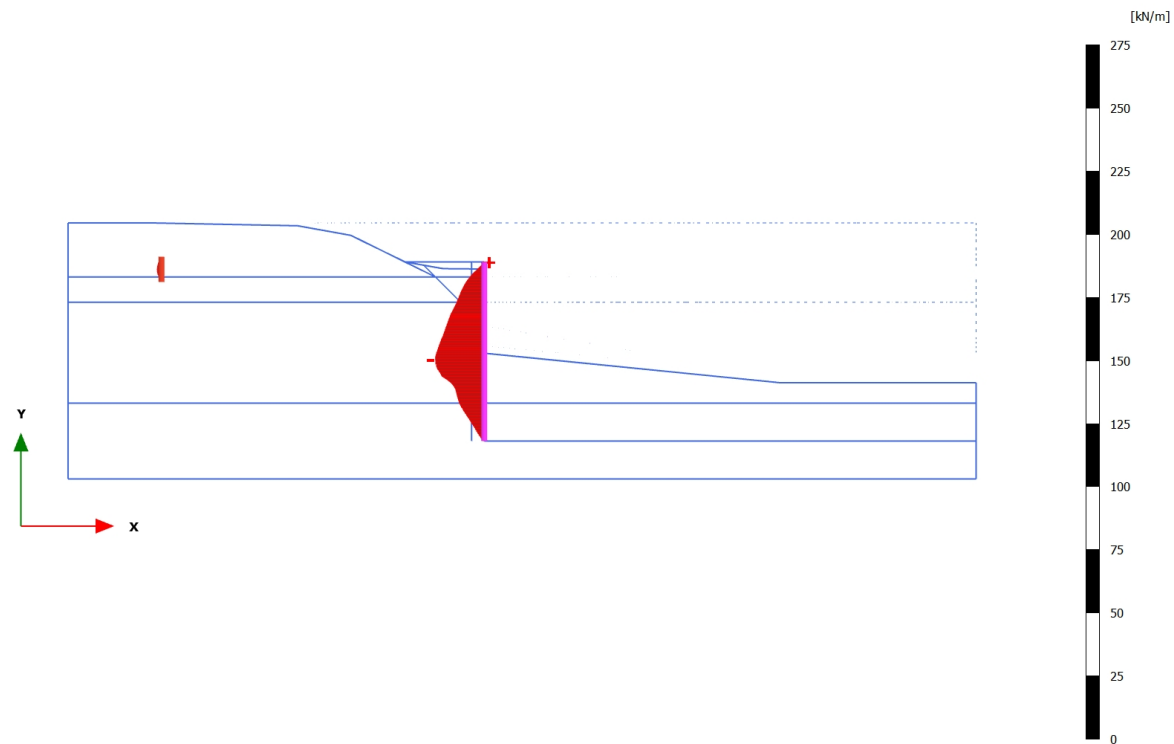
Axial forces N (scaled up 0,100 times)
Maximum value = 0,1025 kN/m (Element 1 at Node 3157)
Minimum value = -20,41 kN/m (Element 29 at Node 6341)

3.1.2.3.14 Calculation results, Plate, 9.1A - UGT - Hoge Stijfheid [Phase_12] (12/301), Axial forces N



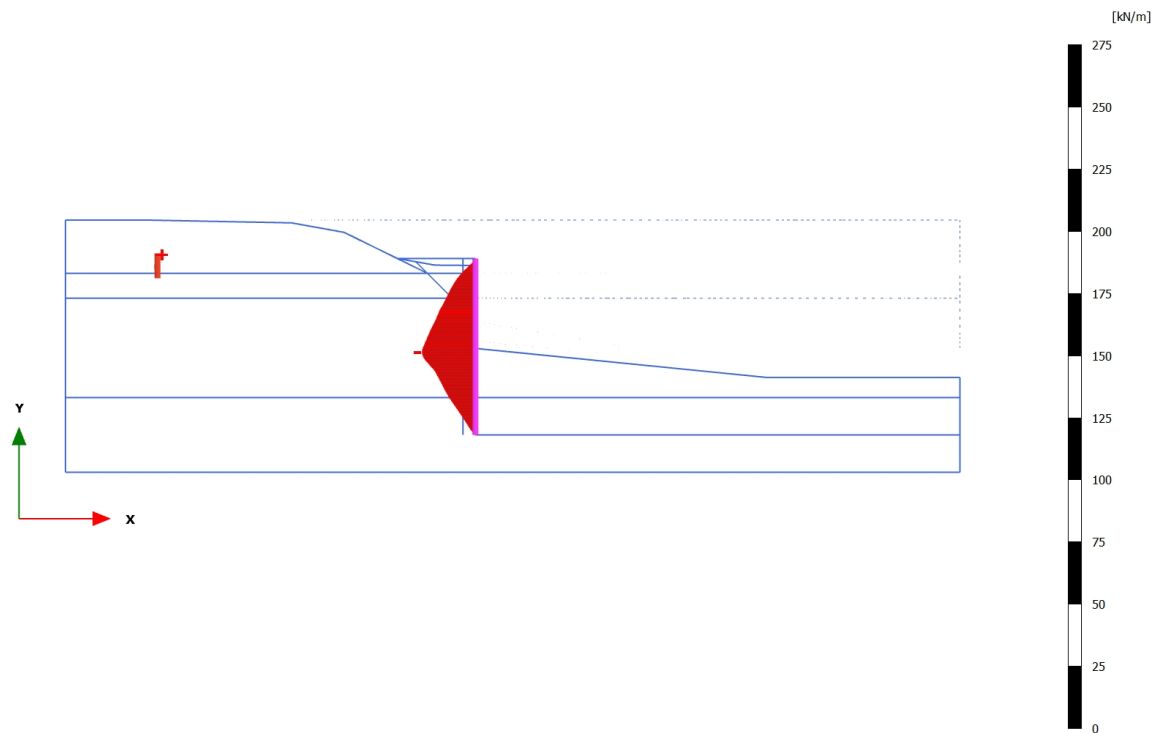
Axial forces N (scaled up 0,100 times)
Maximum value = 0,08975 kN/m (Element 1 at Node 3157)
Minimum value = -20,56 kN/m (Element 29 at Node 6342)

3.1.2.3.15 Calculation results, Plate, 9.1B - UGT - Phi-C Reductie [Phase_13] (13/375), Axial forces N



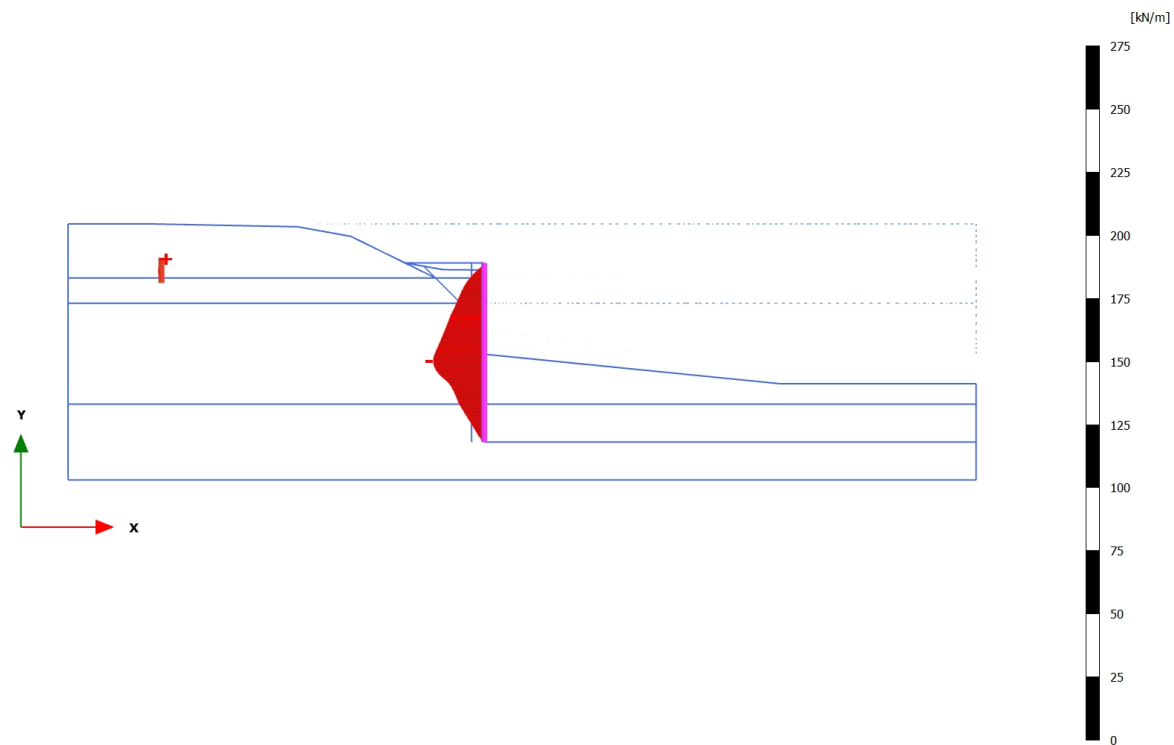
Axial forces N (scaled up 0,100 times)
Maximum value = 0,1030 kN/m (Element 3 at Node 12769)
Minimum value = -19,32 kN/m (Element 29 at Node 6343)

3.1.2.3.16 Calculation results, Plate, 8.2A - UGT - Lage Stijfheid (gedeeltelijke Belasting) [Phase_17] (17/391), Axial forces N



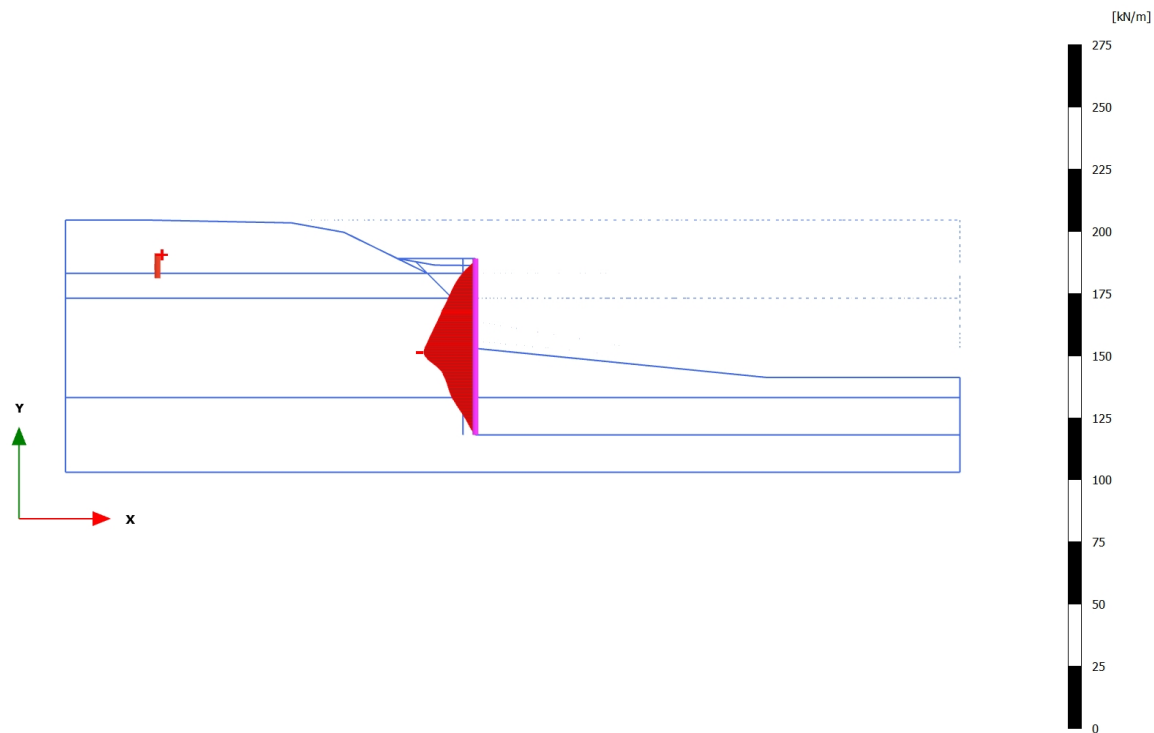
Axial forces N (scaled up 0,100 times)
Maximum value = 0,05507 kN/m (Element 1 at Node 3157)
Minimum value = -21,38 kN/m (Element 29 at Node 6342)

3.1.2.3.17 Calculation results, Plate, 8.2B - UGT - Phi-C reductie [Phase_18] (18/450), Axial forces N



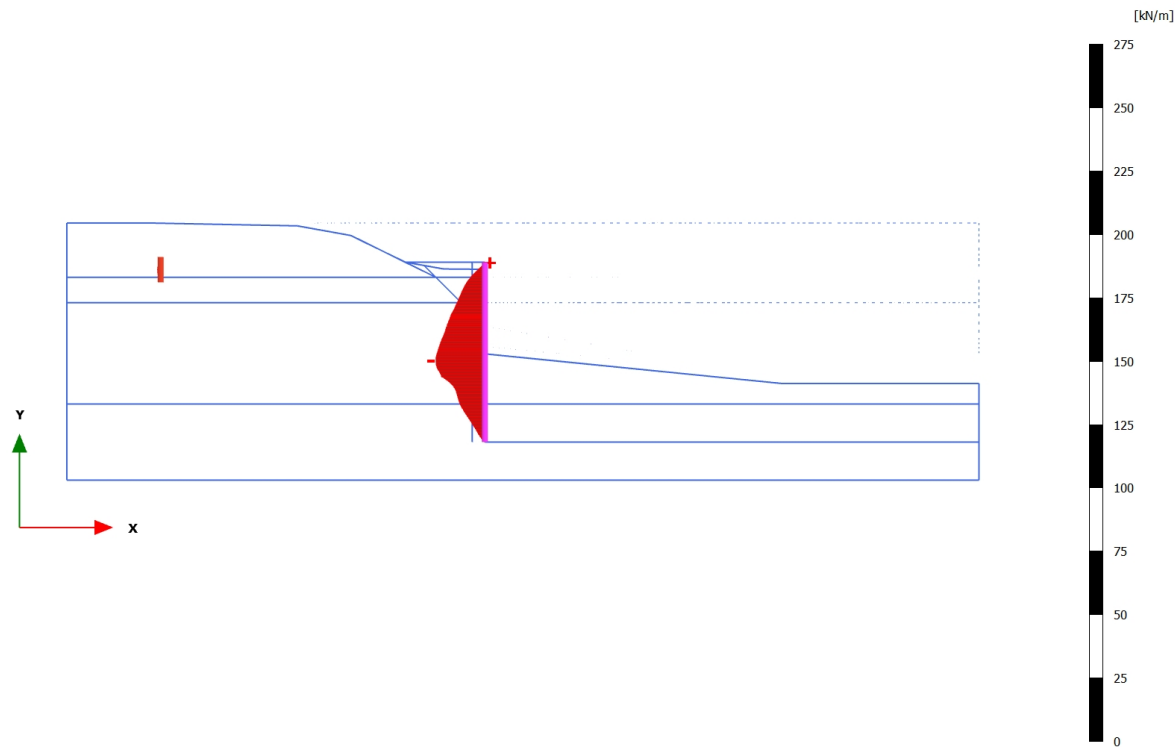
Axial forces N (scaled up 0,100 times)
Maximum value = 0,05725 kN/m (Element 1 at Node 3157)
Minimum value = -20,07 kN/m (Element 29 at Node 6343)

3.1.2.3.18 Calculation results, Plate, 9.2A - UGT - Hoge stijfheid (gedeeltelijke belasting) [Phase_19] (19/477), Axial forces N



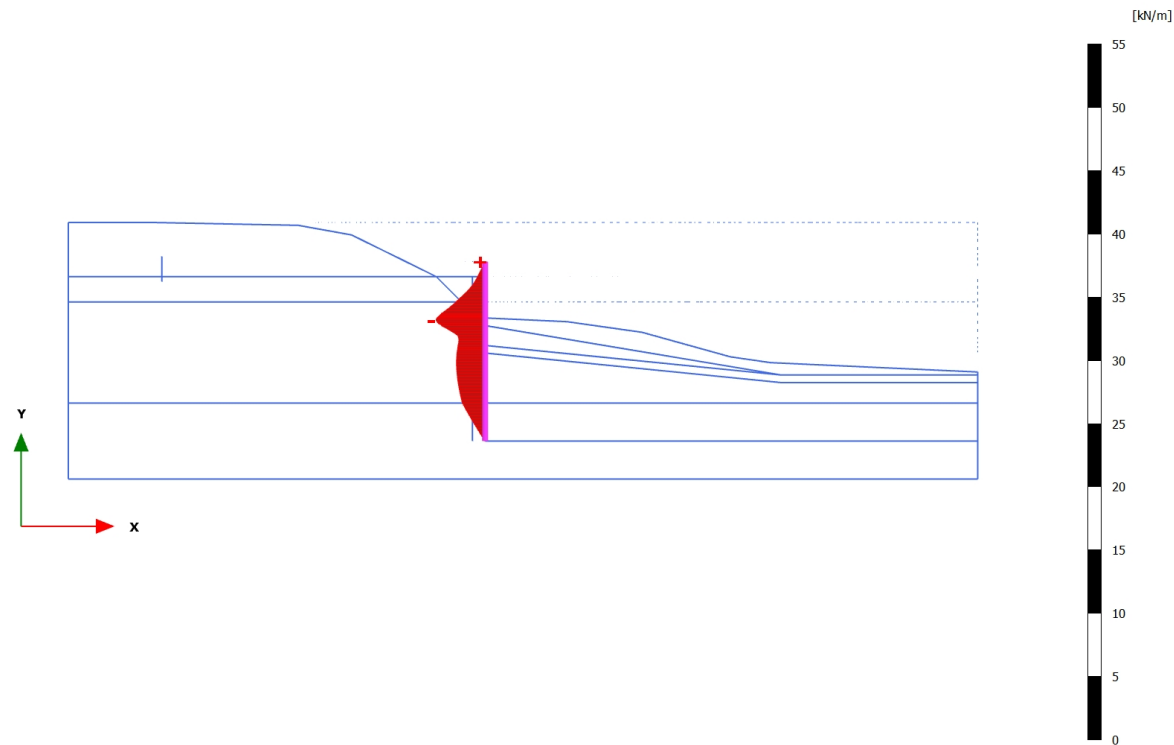
Axial forces N (scaled up 0,100 times)
Maximum value = 0,05403 kN/m (Element 1 at Node 3157)
Minimum value = -20,71 kN/m (Element 29 at Node 6342)

3.1.2.3.19 Calculation results, Plate, 9.2B - UGT - Phi - C [Phase_20] (20/564), Axial forces N



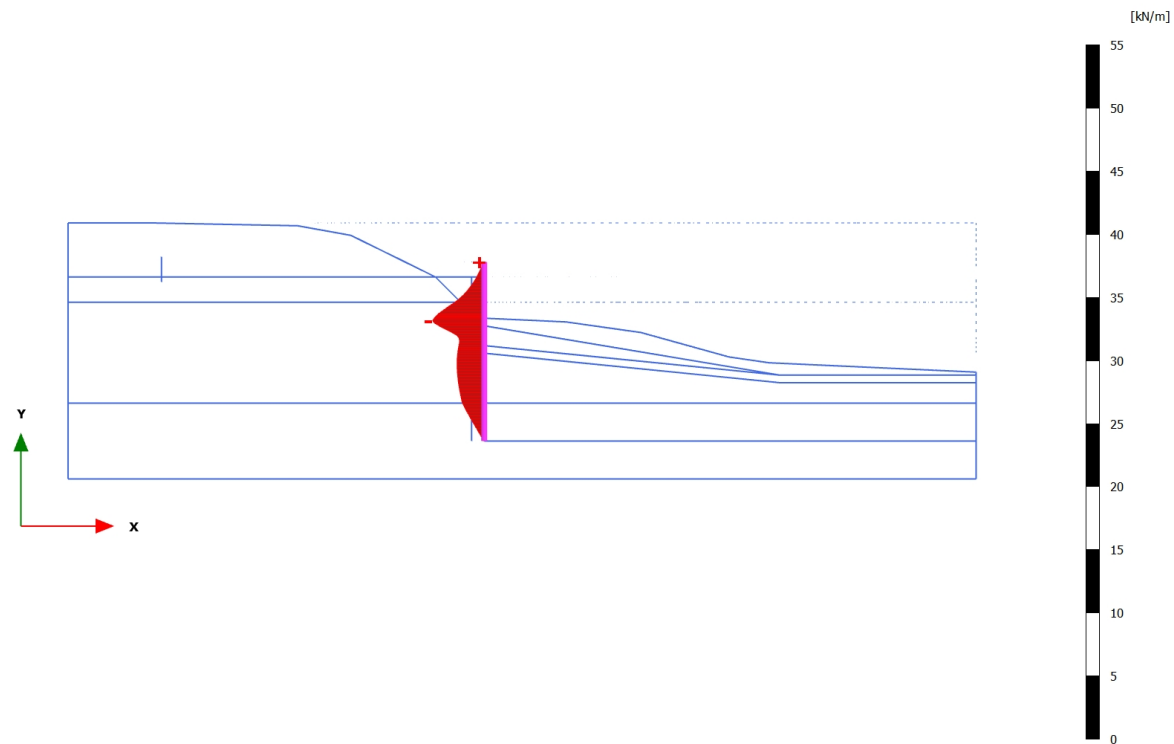
Axial forces N (scaled up 0,100 times)
Maximum value = 0,08094 kN/m (Element 3 at Node 12769)
Minimum value = -19,33 kN/m (Element 29 at Node 6343)

3.1.2.3.20 Calculation results, Plate, 3C - UGT - Lage stijfheid [Phase_3] (3/617), Axial forces N



Axial forces N (scaled up 0,500 times)
Maximum value = $-0,01719 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 3 at Node 12769)
Minimum value = $-3,885$ kN/m (Element 18 at Node 7964)

3.1.2.3.21 Calculation results, Plate, 3D - UGT - Phi - C Reductie [Phase_11] (11/669), Axial forces N



Axial forces N (scaled up 0,500 times)
Maximum value = $-0,01719 \cdot 10^{-3}$ kN/m (Element 3 at Node 12769)
Minimum value = $-4,082$ kN/m (Element 18 at Node 7964)

3.2.1.1.7 Calculation results, Node-to-node anchor, 4 - Aanbrengen Verankering [Phase_4] (4/60), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	10,000	0,000	10,000
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	10,000	0,000	10,000

3.2.1.1.8 Calculation results, Node-to-node anchor, 5 - Aanvullen tot bovenkant damwand [Phase_7] (7/73), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	9,619	0,000	10,000
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	9,619	0,000	10,000

3.2.1.1.10 Calculation results, Node-to-node anchor, 6 - Baggeren [Phase_5] (5/150), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	16,696	0,000	16,696
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	16,696	0,000	16,696

3.2.1.1.11 Calculation results, Node-to-node anchor, 7 - BGT - Bovenbelasting + Waterstand [Phase_8] (8/170), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	29,715	0,000	29,715
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	29,715	0,000	29,715

3.2.1.1.12 Calculation results, Node-to-node anchor, 8.1A - UGT - Lage Stijfheid [Phase_9] (9/178), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	36,435	0,000	36,435
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	36,435	0,000	36,435

3.2.1.1.13 Calculation results, Node-to-node anchor, 8.1B - UGT - Phi-C Reductie [Phase_10] (10/272), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	41,094	0,000	41,094
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	41,094	0,000	41,094

3.2.1.1.14 Calculation results, Node-to-node anchor, 9.1A - UGT - Hoge Stijfheid [Phase_12] (12/301), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N _{min} [kN]	N _{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	33,829	0,000	33,829
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	33,829	0,000	33,829

3.2.1.1.15 Calculation results, Node-to-node anchor, 9.1B - UGT - Phi-C Reductie [Phase_13] (13/375), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	40,096	0,000	40,096
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	40,096	0,000	40,096

3.2.1.1.16 Calculation results, Node-to-node anchor, 8.2A - UGT - Lage Stijfheid (gedeeltelijke Belasting) [Phase_17] (17/391), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	37,019	0,000	37,019
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	37,019	0,000	37,019

3.2.1.1.17 Calculation results, Node-to-node anchor, 8.2B - UGT - Phi-C reductie [Phase_18] (18/450), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	41,091	0,000	41,091
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	41,091	0,000	41,091

3.2.1.1.18 Calculation results, Node-to-node anchor, 9.2A - UGT - Hoge stijfheid (gedeeltelijke belasting) [Phase_19] (19/477), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor\1\1	3708	1	-12,300	10,300	33,919	0,000	33,919
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	33,919	0,000	33,919

3.2.1.1.19 Calculation results, Node-to-node anchor, 9.2B - UGT - Phi - C [Phase_20] (20/564), Table of node-to-node anchors

Structural element	Node [10^3]	Local number	X [m]	Y [m]	N [kN]	N_{min} [kN]	N_{max} [kN]
NodeToNodeAnchor_1_1	3708	1	-12,300	10,300	40,731	0,000	40,731
Element 1-1 (Node-to-node anchor)	12175	2	0,500	10,300	40,731	0,000	40,731

Bijlage 3 – Info Creative Composite Group



Creative Pultrusions, Inc
214 Industrial Lane
Alum Bank, PA 15521
(814) 839-4186
www.creativepultrusions.com

Creative Pultrusions Test Report

Report Name: SS860 Full Section Testing
Test Date: 08-16-2022
Part Tested: SS860
Part Manufactured Date: NA
Performed By: S. Felix & T. Crouse

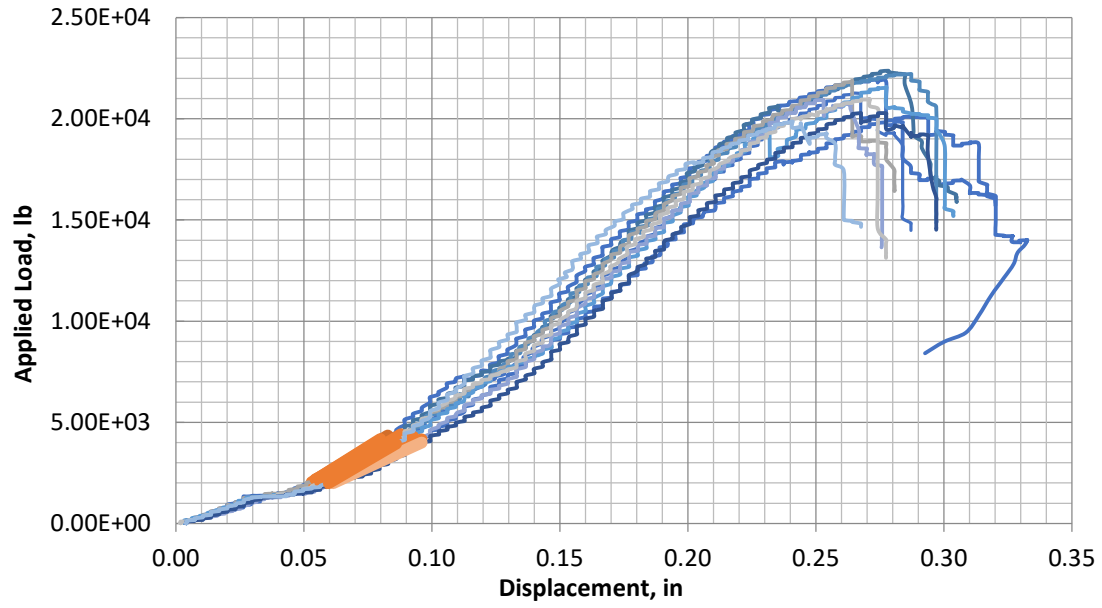
Test Description: A web buckling test was conducted to determine the characteristic values to use in the sheet pile brochure tables. The test was conducted by using a 2" steel bar, 8" wide steel plate and a 48" SS860 sheet pile. The sheet was positioned flat on the 50 kip test machine base and clamped in place with the test fixture. The test fixture and specimen were marked to allow the load cell to be centered on the part for each test. Repetitions of the test were conducted using the same test fixture, steel bar, and plate. The steel bar was used to evenly distribute the load across the steel plate into the sheet.

Test Data:

	Peak Load, lbf	Web Buckling Capacity, lbf/ft
# of Specimens:	12	12
Mean Value:	21204	7068
St. Dev.:	826	275
COV:	0.040	0.040
Characteristic value:	18760	6253



SS860: Load vs. Displacement



SUPERLOC[®] SHEET PILE & SUPERWALE[®] SYSTEMS



BUILD LONG-LASTING SHORELINE AND ASSET PROTECTION WITH STORMSTRONG[®] SHEET PILE SYSTEM



Testing at Creative Composites Group Alum Bank, PA

Mechanical & Physical Properties

Moment Capacity Analysis and Verification

The published moment capacities were derived by utilizing the local buckling equations depicted in the "Pre-Standard for Load & Resistance Factor Design (LRFD) of Pultruded Fiber Reinforced Polymer (FRP) Structures" that has been developed by The American Composites Manufacturing Association (ACMA) in conjunction with the American Society of Civil Engineers (ASCE).

The moment capacity of the sheet pile sections have been validated with Finite Element Analysis (FEA) and full section testing. The analysis and results for the 1580 seawall profile can be scrutinized in the white paper titled Development of Design Properties for the Series 1580 Seawall Profile. The paper describes the equations used to predict the local compression buckling capacity, which is the normal mode of failure for thin walled slender FRP profiles. The predicted results were compared against an FEA and a full section cantilever wall test that was conducted by West Virginia University. CCG's engineering team predicted results that were within $\pm 4\%$ of the full section test conducted on the 1580 cantilever wall.

SuperLoc Sheet Piles

The mechanical and physical data detailed herein is provided for the structural engineer. The mechanical data is published in terms of average and characteristic values. The characteristic values were derived per the requirements as set forth in ASTM D7290-06 "Standard Practice for Evaluating Material Property Characteristic Values for Polymeric Composites for Civil Engineering Structural Applications". The characteristic value is defined as a statistically based material property representing the 80% lower confidence bound on the 5th-percentile value of a specified population. The characteristic value accounts for statistical uncertainty due to a finite sample size. The characteristic value is the reference strength.

In September of 2006, ASTM D7290-06 "Standard Practice for Evaluating Material Property Characteristic Values for Polymeric Composites for Civil Engineering Structural Applications" was published. Until the development of the ASTM D7290-06 Standard, manufacturers of pultruded members, could present their data, in the format of their choice. The standard protects both manufacturers and engineers, as it provides statistical based data that rewards

tight process control. It also gives engineers the comfort that the data was derived per a world-recognized standard. The adoption of the ASTM D7290-06 Standard dictates that every manufacturer must present their data based on a characteristic value. The characteristic values determined using the ASTM D7290-06 Standard can be used to calculate structural member resistance values in design codes for composite civil engineering structures and for establishing limits upon which qualification and acceptance criteria can be based. The data presented in the SuperLoc Data Sheets was developed per the ASTM D7290-06 Standard.

Engineering Your Bulkhead

Creative Composites Group provides both coupon level and full section mechanical and physical properties so the design professional can properly design a bulkhead utilizing the SuperLoc product line. There are two accepted methodologies for designing structures with pultruded profiles. They include Allowable Stress Design (ASD) and Load & Resistance Factor Design (LRFD).

Industry standard ASD safety factors range from 2.0 to 2.5 for flexural stresses and 3.0 for shear and connection stresses.

In terms of LRFD design, the reference strength shall be adjusted for end use conditions by applying the applicable adjustment factors to establish the nominal resistance strength. The design strength shall consist of the nominal resistance strength with the inclusion of a resistance factor and a time effect factor. (For more details into this design approach, please reference the Pre-Standard for Load & Resistance Factor Design (LRFD) of Pultruded Fiber Reinforced Polymer (FRP) Structures.)

The moment capacities published in the property charts are derived utilizing the local compression flange buckling capacity equation in the LRFD pre-standard. These values should be used for both LRFD and ASD analysis approaches.

Serviceability should be checked using realistic loads for the serviceability limit state of concern. The average full section modulus of elasticity should be used for calculating deflections of the sheet pile wall system and components. The average full section modulus of elasticity published in the property charts is based on the lesser value of the average compression or tensile modulus of elasticity derived from coupons extracted from the flange and web sections of the sheet pile. Note that the modulus should be adjusted for long term performance in water by utilizing the modulus reduction factors provided.

Highly Concentrated Loads On Your Bulkhead

Concentrated loads or point loads, applied to composite materials, need to be scrutinized. Specifically, although FRP materials exhibit very high-strengths, the modulus of elasticity is relatively low compared to steel. Therefore, the engineer of record is encouraged to analyze the stresses induced into the sheet pile sections from concentrated loads. A prime example is the stress induced into a FRP bulkhead from the wale. The wale section is essentially concentrating a large amount of the total wall load into the sheet. A highly concentrated wale load could cause the webs to fracture or buckle. CCG publishes the characteristic web buckling capacity for each sheet for the engineer to consider. Appropriate factors must be applied to derive the design capacity.



Coupon Testing, CCG



Full section test of a 1580 sheet pile wall at CCG by WVU. Note: The strain gauge instrumentation.

StormStrong Construction

SuperLoc StormStrong sheet piling is engineered with electrical-grade fiberglass and high-strength resins. The combination of the advanced resin and high-strength glass produces a superior, highly corrosion-resistant sheet pile. SuperLoc has been engineered to withstand storm surges and protect coastal property from extreme weather patterns caused by climate change.

ADVANCED UV PROTECTION

UV rays and heat from solar radiation degrade the molecular structure of most materials. The extent of degradation ranges from mere fading to reduction in strength. Additives in the form of ultraviolet light absorbers and inhibitors greatly increase the performance in long term sunlight exposure. Polyester synthetic veils are applied to the SuperLoc in order to encapsulate the E-glass fibers and provide a resin rich surface.

Results have shown that UV degradation does not affect the modulus of elasticity. Fading of the polymerized resin will occur at various rates over time. Typically, within three years the gloss is eliminated and a visual whitening or yellowing can be observed on the surface. In general, the amount of sunlight and intensity will depend on the geographical location. Therefore, the rate at which composite materials will lighten is variable. The SuperLoc system utilizes the most

advanced resin technology and pigmentation to ensure the best possible aesthetics over time.

CCG's StormStrong sheet piles are shipped standard with two layers of Ultra Violet (UV) protection. First, CCG adds UV light absorbers to each sheet pile. The UV light absorbers are mixed into the thermoset resin, prior to production, and function as long term thermal and light stability promoters. Second, the composite sheet piles are encompassed with a 10 mil polyester surfacing veil. The 10 mil veil creates a resin rich surface and protects the glass reinforcements from fiber blooming.

STORMSTRONG FIBER REINFORCEMENTS

All composite sheet piles are manufactured with electrical-grade E-glass reinforcements in the form of unidirectional roving, Continuous Filament Mat (CFM) and stitched fabric mats. The combination of fiber reinforcements has been engineered for optimal bending strength, as well as superior stiffness. All E-glass reinforcements meet a minimum tensile strength of 290 ksi per ASTM D2343.

ADVANCED RESIN/MATRIX OPTIONS

CCG manufactures the SuperLoc sheet piles and accessories in both isophthalic polyester (Polyester) and vinyl ester (VE) resin formulations. Proper resin selection should be based on the environmental aspects of the site conditions including the soil and water pH and chemical exposure.

Polyester pultrusions are manufactured for corrosion related applications. Polyester resins display excellent structural properties and are resistant to acids, salts, and many dilute chemicals at moderate temperatures. They perform well in acidic environments; however, Polyester pultrusions are not recommended for caustic or alkaline environments. The pH should be kept below 10.5. Oxidizing environments usually present limitations. A long service life can be expected for waterfront environments in salt and fresh water.

VE Resins are based on bisphenol-A epoxy resin. VE resins provide resistance to a wide range of acids, alkalis, bleaches and solvents for use in many chemical environments. They also offer excellent toughness and fatigue resistance. The mechanical properties are typically 10% to 15% higher than polyester properties. A long service life can be expected for waterfront environments in salt and fresh water.

COLOR

SuperLoc and its accessories come standard in graphite gray, the color that has been selected for both its aesthetics and UV performance. Custom colors are available upon request. Minimum quantities and color match charges apply.



StormStrong System Testing

The SuperLoc StormStrong system has undergone extensive testing at Pennsylvania State University, West Virginia University (WVU) and the University of Akron. Testing ranged from full section to coupon to internationally recognized ASTM standards when applicable.



Sheet Pile Design Examples

We are often asked about sheet pile wall design and how we have derived our capacities. In the example(s) below, we will walk you through the design calculations for a sheet pile wall based on several criteria.

Please be advised that history has shown there is some misleading information in the pultruded sheet piling industry. The information pertains to mechanical properties that are published that are not relevant to pultruded sheet pile design. The Engineer of Record (EOR) needs to ensure that you are utilizing the correct information for your design.

For example, most engineers that have bulkhead design experience are accustomed to utilizing yield strength and section modulus for establishing the moment capacity (Typically utilized in steel designs.) Pultruded sheet piles exhibit very high tension and compression strengths as compared to steel. However, the modulus of elasticity is typically 1/6 that of steel...

Given the slenderness ratio in combination with the lower modulus, pultruded sheet pile sections fail in local compression buckling well before the ultimate compression or tension strength has been reached. Therefore, engineers are cautioned to not use the section modulus in combination with the ultimate tension or compression strength, but rather utilize the local compression buckling strength in combination with the section modulus to obtain the UNFACTORED MOMENT CAPACITY.

FOR ALL FRP DESIGNS, your design will generally be dictated by the MAXIMUM MOMENT capacity of the sheet or deflection.

Design Example Parameters

CREATIVE COMPOSITES GROUP SERIES 1580 SHEET PILE

Section Modulus (13.08 in³/ft),
Moment of Inertia (54.01 in⁴/ft),
Average Full Section Modulus of Elasticity 4.41E+06 psi).

Exposed wall height of 5' from mudline to top of the wall

Sheet length = 10' (We typically recommend a 1/2 in and 1/2 out minimum value, so typically the sheet length would be double the distance from the mudline to the top of the wall.) This should ultimately be determined by your geotechnical engineer.

Soils = dense coarse sand
Live Loads = None

Water placement = -1 from top of wall (The water placement is often slid up or down to accommodate the loading capacity on the wall and the maximum load on the wale based on tie-rod spacing, etc.)

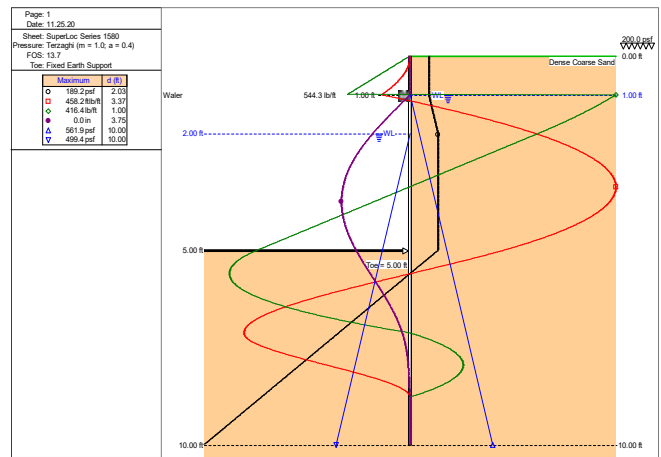
Passive water level = -2 feet below the top of the sheet pile wall.
Active water level = -1 foot below the top of the sheet pile wall.

LRFD/ASD Design Examples

The following LRFD & ASD design example(s) cover the basics of how to utilize the Creative's characteristic design strengths and apply the appropriate safety factors within your calculations.

SPW911 ANALYSIS

We input the aforementioned design parameters into the PileBuck SPW911 program to obtain the applicable shear, moment, and wale force loads.



Page: 1		Date: 11/25/20		Input Data	
Sheet: SuperLoc Series 1580		Depth Of Excavation = 5.00 ft	Depth Of Active Water = 1.00 ft	Water Density = 62.43 pcf	
Pressure: Terzaghi (m = 1.0, a = 0.4)		Surcharge = 200.0 psf	Depth Of Passive Water = 2.00 ft	Minimum Fluid Density = 31.82 pcf	
FOS: 13.7		Soil Profile			
Top: Fixed Earth Support		Depth (ft)	Soil Name	γ (pcf)	γ_{sat} (pcf)
		0.00	Dense Coarse Sand	115.82	68.75
				0.0	0.0
				0.0	0.22
				0.00	4.60
				0.00	0.00
Sheet		Solution			
Sheet Name	I (in ⁴ /ft)	E (psi)	Z (in ³ /ft)	I (psi)	Maximum Bending Moment (ft-k)
SuperLoc Series 1580	54.01	4.41E+06	13.08	13700.0	14933.0
					0.00
					5.00
					10.00
Load Model: Area Distribution		Supports			
Depth (ft)	Type	Linear Load (lb/ft)	Maxima		
1.00	Water	544.3	Bending Moment	Maximum	Depth
			458.2 ft-k	3.37 ft	
			0.0 in	3.75 ft	
			189.2 psf	2.93 ft	
			416.4 lb/ft	1.00 ft	

ASD Solution

Reference the SuperLoc Series 1580 (SS860) made with polyester resin datasheet mechanical properties table.

These tables (pages 16-17) depict the characteristic shear strength, moment capacity, and web buckling capacity from the wale force. The values are:

Characteristic shear strength = 26,321 lbs./ft of wall,
Moment capacity = 14,904 lb.-ft/ft. of wall,
Web buckling capacity from the wale force = 2,376 lbs./ft of wall

**For members in bending, the Pultrusion industry-recognized safety factors are typically 2.0 to 2.5 for flexure and 3.0 for shear.*

To obtain the allowable shear capacity, divide the shear strength characteristic design value by a safety factor of three.

For example:

Allowable shear capacity $\sim 26,321 / 3.0 = 8,774$ lbs.
per ft. of wall.

Factor the moment capacity by applying YOUR SAFETY FACTOR.

Again, the Pultrusion industry recommends a 2.5 safety factor; however, some engineers choose to utilize a 2.0 Factor of Safety. For the design example below, we will illustrate a Factor of Safety of 2.5.

For example:

Moment capacity $\sim 14,904 / 2.5$ safety factor
 $= 5,962$ ft-lb/ft. of wall.

Additionally, you SHOULD APPLY a 2.5 safety factor to the allowable web buckling capacity from the wale force published value for SuperLoc Series 1580.

For example:

Maximum Wale Force $\sim 2,376 / 2.5$ safety factor
 $= 950$ lbs./ft of wall.

Based on the above outputs, the design strength/capacity of the SuperLoc Series 1580 sheet is greater than or equal to the forces calculated in the SPW911 software analysis.

SPW911 PREDICTED THE FOLLOWING

The design shear strength of the SuperLoc Series 1580 sheet is 8,774 lb./ft of wall,

The SPW 911 program predicted a shear force of 416.4 lb./ft of wall

Therefore, the shear capacity is adequate.

The design moment capacity of the SuperLoc Series 1580 sheet is 5,962 ft-lb/ft. of wall.

The SPW 911 program predicted a moment of 458.2 ft-lb/ft of wall.

Therefore, the moment capacity of the SuperLoc Series 1580 sheet is adequate.

The factored web buckling capacity from the wale force published value for SuperLoc Series 1580 is 950 lbs./ft.

The SPW 911 predicted wale force per foot of wale is 544.3 lbs./ft.

Therefore, the SuperLoc Series 1580 sheet is adequate.

LRFD Design example (utilizing PileBuck SPW911)

Per the design parameters above, the SPW911 analysis below shows a cross-section view of a SuperLoc Series 1580 (SS860) sheet pile wall that is 10ft long and driven into dense coarse sand. The wale connecting the sheet pile wall is located one foot below the top of the wall. The active and passive water level are one and two feet below the top of the wall, respectively. From the top of the wall to the mudline, it is assumed to be five feet.

Utilizing the PileBuck program (SPW911) the following loading was predicted:

Applied shear force = 416.4 lb./ft

Bending moment = 458.2 ft-lb/ft

Wale force = 544.3 lb./ft

LRFD Solution

Reference the SuperLoc Series 1580 (SS860) polyester resin datasheet, mechanical properties table.

The characteristic polyester shear strength, moment capacity, and web buckling from the wale force are:

Shear strength is 26,321 lbs. per ft. of wall,

Moment capacity, 14,904 lb.-ft/ft. of wall,

Web buckling from the wale force 2,376 lbs./ft of wall

When determining the allowable moment, shear, and web buckling capacities via the LRFD method, a Time Effect Factor (λ), Resistance Factor (Φ), and Moisture Adjustment Factor (CM) shall be applied according to The Pre-Standard for Load & Resistance Factor Design of Pultruded Fiber Reinforced Polymer Structures.

According to Table 2.3-1 (OF THE LRFD PRE-STANDARD), for a permanent load, a time effect factor ($\lambda=0.4$) shall be applied. Table 2.4-1 (OF THE LRFD PRE-STANDARD) depicts a moisture adjustment factor of 0.80 and 0.90.

These values WILL need to be applied for shear and moment calculations for polyester resin sheet pile sections. The resistance factor ($\Phi=0.80$) is determined by the governing strength design, in this case, (web shear buckling and compression flange buckling).

Using the LRFD design, you should obtain:

Allowable shear strength of:

$26,321 * 0.4 * 0.80 * 0.80 = 6,738$ lbs. per ft. of wall,

Moment capacity of $14,904 * 0.4 * 0.9 * 0.8 = 4,292$ ft-lb/
ft. of wall,

Web buckling capacity from the wale force of
 $2,376 * 0.4 * 0.9 * 0.8 = 684$ lbs./ft of wall.

Again, the design strength of the SuperLoc Series 1580 sheet shall be greater than or equal to the forces calculated in the SPW911 software analysis.

Deflection Calculation

When determining the deflection of a sheet pile wall, the average full section modulus of elasticity or the lesser of the average lengthwise tensile or compression modulus shall be utilized for the modulus of elasticity.

In this example, the SPW911 software analysis predicted a maximum deflection of 0.012 inches.

**SERIES 1432
(SS140)**

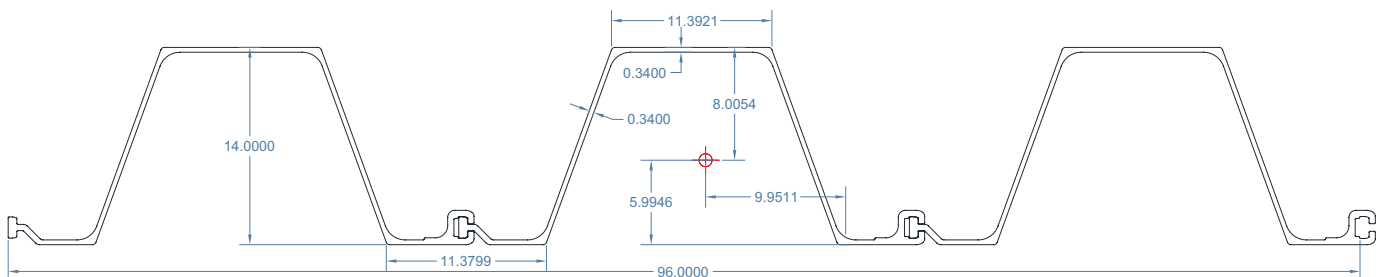
Tampa, FL - Wall shown prior to concrete cap install

SuperLoc Sheet Piles - Series 1432 (SS140)

Part drawings and physical property sheets can be viewed at CreativeCompositesGroup.com

Physical & Mechanical Properties

Series 1432 (SS140) 32" (812.8mm) W x 14" (355.6mm) H Physical Properties	Imperial Value	Units	Metric Value	Units
Section Modulus	30.05	in ³ /ft	1615.54	cm ³ /m
Moment of Inertia	240.54	in ⁴ /ft	32848.18	cm ⁴ /m
Typical Thickness	0.340	in	8.636	mm
Depth of Sheet	14.00	in	355.60	mm
Width of Sheet	32.00	in	812.80	mm
Weight (single pile)	18.04	lb/ft of sheet	27.00	kg/m of sheet
Angle of the web	20	°	20	°
Cross Sectional Area of Sheet	22.1	in ²	142.43	cm ²
Standard Color	Graphite Gray			



SuperLoc Sheet Piles - Series 1432 (SS140)

Physical & Mechanical Properties

Series 1432 (SS140) 32" (812.8mm) W x 14" (355.6mm) H Mechanical Properties	Test Method	ASTM D7290-06 Characteristic Values				Units
		Polyester Resin		Vinyl Ester Resin		
		Imperial	Metric	Imperial	Metric	
Tensile Modulus (LW)	ASTM D638	3.95	27.23	3.95	27.23	Msi / GPa
Tensile Modulus (CW)	ASTM D638	0.60	4.14	0.60	4.14	Msi / GPa
Compression Modulus (LW)	ASTM D6641	3.34	23.03	3.34	23.03	Msi / GPa
Compression Modulus (CW)	ASTM D6641	1.19	8.20	1.19	8.20	Msi / GPa
Tensile Strength (LW)	ASTM D638	69.97	482.43	69.97	482.43	ksi / MPa
Tensile Strength (CW)	ASTM D638	8.37	57.71	8.37	57.71	ksi / MPa
Compression Strength (LW)	ASTM D6641	62.96	434.11	62.96	434.11	ksi / MPa
Compression Strength (CW)	ASTM D6641	19.44	134.06	19.44	134.06	ksi / MPa
Inplane Shear Strength	ASTM D5379	8.75	60.29	8.75	60.29	ksi / MPa
Inplane Shear Modulus	ASTM D5379	0.71	4.90	0.71	4.90	Msi / GPa
Short Beam Shear Strength	ASTM D2344	3.39	23.35	3.39	23.35	ksi / MPa
Series 1432 (SS140) 32" (812.8mm) W x 14" (355.6mm) H Mechanical Properties						
Moment Capacity		Imperial		Metric		
Moment Capacity Polyester ⁽¹⁾		74,165 lb-ft/ft. of wall		329.9 kN-m/meter of wall		
Moment Capacity Vinyl Ester ⁽¹⁾		74,165 lb-ft/ft. of wall		329.9 kN-m/meter of wall		
Shear Strength		Imperial		Metric		
Shear Strength Polyester ⁽¹⁾		18,403 lbs per ft. of wall		268.6 kN/meter of wall		
Shear Strength Vinyl Ester ⁽¹⁾		18,403 lbs per ft. of wall		268.6 kN/meter of wall		
Full Section Modulus of Elasticity		Imperial		Metric		
Average Full Section Modulus of Elasticity ⁽²⁾		4.66 Msi (Polyester) 4.66 Msi (Vinyl Ester)		32.13 GPa (Polyester) 32.13 GPa (Vinyl Ester)		
Web Buckling Capacity from Wale Force (based on 8" wale section)		12,790 lbs/ft of wall		186.7 kN/m of wall		

Design Notes & Considerations:

¹Ultimate Capacity based on ASTM D 7290-06 Characteristic Values

²Utilize Average Full Section Modulus for Deflection Calculations

The EOR when designing by ASD or LRFD methods shall apply the following factors as applicable:

LRFD Design Factors (Not applied to values above):

Time Effect Factor (λ) = 0.40 (Sustained Dead Load)

Resistance Factor (Φ) = 0.80

Polyester Moment Moisture Adjustment Factor = 0.90

Vinyl Ester Moment Moisture Adjustment Factor = 0.95

Polyester Shear Moisture Adjustment Factor = 0.80

Vinyl Ester Shear Moisture Adjustment Factor = 0.85

Polyester Modulus of Elasticity Moisture Adjustment Factor = 0.90

Vinyl Ester Modulus of Elasticity Moisture Adjustment Factor = 0.95

ASD Design Factors (Not applied to values above):

Safety Factors for Moment and Shear Calculations Range from 2.0 - 3.0

Note: All Capacities have been developed based on the equations and design methodologies described in the Pre-Standard Load & Resistance Factor Design (LRFD) of Pultruded Fiber Reinforced Polymer (FRP) Structures (2010).

* Reference design example on pages 6-7 for clarification.

**SERIES 1610
(SS819)**

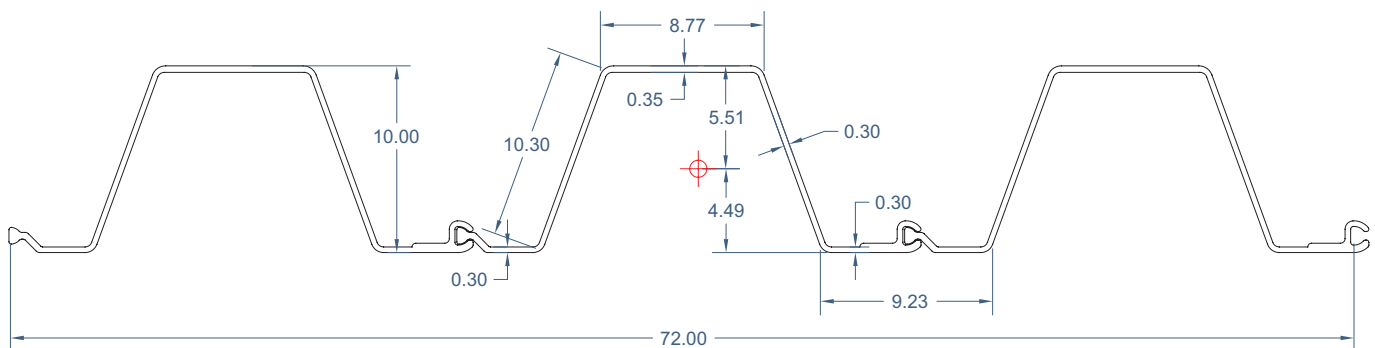
Harbor Island, South Carolina

SuperLoc Sheet Piles - Series 1610 (SS819)

Part drawings and physical property sheets can be viewed at CreativeCompositesGroup.com

Physical & Mechanical Properties

Series 1610 (SS819) 24" (609.6mm) W x 10" (254mm) H Physical Properties	Imperial Value	Units	Metric Value	Units
Section Modulus	18.4	in ³ /ft	989.24	cm ³ /m
Moment of Inertia	101.43	in ⁴ /ft	13851.12	cm ⁴ /m
Typical Thickness	0.3	in	7.62	mm
Depth of Sheet	10	in	254	mm
Width of Sheet	24	in	609.6	mm
Weight (single pile)	11.6	lb/ft of sheet	17.26	kg/m of sheet
Angle of the web	20	°	20	°
Cross Sectional Area of Sheet	13.47	in ²	86.9	cm ²
Standard Color	Graphite Gray			



SuperLoc Sheet Piles - Series 1610 (SS819)

Physical & Mechanical Properties

Series 1610 (SS819) 24" (609.6mm) W x 10" (254mm) H Mechanical Properties	Test Method	ASTM D7290-06 Characteristic Values				Units
		Polyester Resin		Vinyl Ester Resin		
		Imperial	Metric	Imperial	Metric	
Tensile Modulus (LW)	ASTM D638	4.34	29.92	5.24	36.13	Msi / GPa
Tensile Modulus (CW)	ASTM D638	0.53	3.65	0.65	4.48	Msi / GPa
Compression Modulus (LW)	ASTM D6641	4.7	32.41	5.43	37.44	Msi / GPa
Compression Modulus (CW)	ASTM D6641	1.33	9.17	0.97	6.69	Msi / GPa
Tensile Strength (LW)	ASTM D638	79.75	549.85	73.98	510.09	ksi / MPa
Tensile Strength (CW)	ASTM D638	4.39	30.29	8.43	58.14	ksi / MPa
Compression Strength (LW)	ASTM D6641	59.1	407.5	58.4	402.66	ksi / MPa
Compression Strength (CW)	ASTM D6641	12.88	88.78	11.85	81.72	ksi / MPa
Inplane Shear Strength	ASTM D5379	3.9	26.86	5.04	34.76	ksi / MPa
Inplane Shear Modulus	ASTM D5379	0.3	2.07	0.35	2.41	Msi / GPa
Short Beam Shear Strength	ASTM D2344	3.39	23.39	3.93	27.1	ksi / MPa
Series 1610 (SS819) 24" (609.6mm) W x 10" (254mm) H Mechanical Properties						
Moment Capacity		Imperial		Metric		
Moment Capacity Polyester ⁽¹⁾		46,180 lb-ft/ft. of wall		205.4 kN-m/meter of wall		
Moment Capacity Vinyl Ester ⁽¹⁾		55,127 lb-ft/ft. of wall		245.2 kN-m/meter of wall		
Shear Strength		Imperial		Metric		
Shear Strength Polyester ⁽¹⁾		19,678 lbs per ft. of wall		287.2 kN/meter of wall		
Shear Strength Vinyl Ester ⁽¹⁾		23,644 lbs per ft. of wall		345.1 kN/meter of wall		
Full Section Modulus of Elasticity		Imperial		Metric		
Average Full Section Modulus of Elasticity ⁽²⁾		5.40 Msi (Polyester) 6.10 Msi (Vinyl Ester)		40.61 GPa (Polyester) 42.06 GPa (Vinyl Ester)		
Web Buckling Capacity from Wale Force (based on 8" wale section)		8,760 lbs/ft of wall		127.8 kN/m of wall		

Design Notes & Considerations:

¹Ultimate Capacity based on ASTM D 7290-06 Characteristic Values

²Utilize Average Full Section Modulus for Deflection Calculations

The EOR when designing by ASD or LRFD methods shall apply the following factors as applicable:

LRFD Design Factors (Not applied to values above):

Time Effect Factor (λ) = 0.40 (Sustained Dead Load)

Resistance Factor (Φ) = 0.80

Polyester Moment Moisture Adjustment Factor = 0.90

Vinyl Ester Moment Moisture Adjustment Factor = 0.95

Polyester Shear Moisture Adjustment Factor = 0.80

Vinyl Ester Shear Moisture Adjustment Factor = 0.85

Polyester Modulus of Elasticity Moisture Adjustment Factor = 0.90

Vinyl Ester Modulus of Elasticity Moisture Adjustment Factor = 0.95

ASD Design Factors (Not applied to values above):

Safety Factors for Moment and Shear Calculations Range from 2.0 - 3.0

Note: All Capacities have been developed based on the equations and design methodologies described in the Pre-Standard Load & Resistance Factor Design (LRFD) of Pultruded Fiber Reinforced Polymer (FRP) Structures (2010).

* Reference design example on pages 6-7 for clarification.

**SERIES 1580
(SS860)**



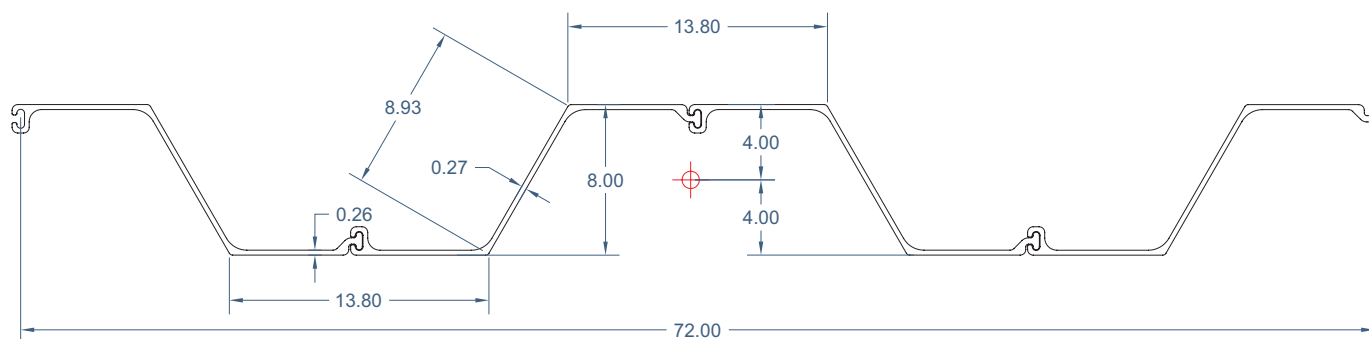
Margate City, NJ

SuperLoc Sheet Piles - Series 1580 (SS860)

Part drawings and physical property sheets can be viewed at CreativeCompositesGroup.com

Physical & Mechanical Properties

Series 1580 (SS860) 18" (457.2mm) W x 8" (203.2mm) H Physical Properties	Imperial Value	Units	Metric Value	Units
Section Modulus	13.08	in ³ /ft	703.22	cm ³ /m
Moment of Inertia	54.01	in ⁴ /ft	7375.52	cm ⁴ /m
Typical Thickness	0.265	in	6.731	mm
Depth of Sheet	8	in	203.2	mm
Width of Sheet	18	in	457.2	mm
Weight (single pile)	6	lb/ft of sheet	8.93	kg/m of sheet
Angle of the web	30	°	30	°
Cross Sectional Area of Sheet	7.43	in ²	47.94	cm ²
Standard Color	Graphite Gray			



SuperLoc Sheet Piles - Series 1580 (SS860)

Physical & Mechanical Properties

Series 1580 (SS860) 18" (457.2mm) W x 8" (203.2mm) H Mechanical Properties	Test Method	ASTM D7290-06 Characteristic Values				Units
		Polyester Resin		Vinyl Ester Resin		
		Imperial	Metric	Imperial	Metric	
Tensile Modulus (LW)	ASTM D638	3.47	22.96	3.41	23.51	Msi / GPa
Tensile Modulus (CW)	ASTM D638	1.22	8.41	1.45	10	Msi / GPa
Compression Modulus (LW)	ASTM D6641	3.6	24.82	3.27	22.55	Msi / GPa
Compression Modulus (CW)	ASTM D6641	0.88	6.07	1.23	8.48	Msi / GPa
Tensile Strength (LW)	ASTM D638	66.68	459.76	73.42	506.21	ksi / MPa
Tensile Strength (CW)	ASTM D638	6.31	43.53	8.81	60.74	ksi / MPa
Compression Strength (LW)	ASTM D6641	48.69	335.68	54.92	378.66	ksi / MPa
Compression Strength (CW)	ASTM D6641	13.87	95.66	15.05	103.77	ksi / MPa
Inplane Shear Strength	ASTM D5379	4.51	31.1	5.72	39.44	ksi / MPa
Inplane Shear Modulus	ASTM D5379	0.5	3.45	0.5	3.45	Msi / GPa
Short Beam Shear Strength	ASTM D2344	3.79	26.1	4.18	28.82	ksi / MPa
Series 1580 (SS860) 18" (457.2mm) W x 8" (203.2mm) H Mechanical Properties						
Moment Capacity		Imperial		Metric		
Moment Capacity Polyester ⁽¹⁾		14,904 lb-ft/ft. of wall		66.3 kN-m/meter of wall		
Moment Capacity Vinyl Ester ⁽¹⁾		16,795 lb-ft/ft. of wall		74.7 kN-m/meter of wall		
Shear Strength		Imperial		Metric		
Shear Strength Polyester ⁽¹⁾		26,321 lbs per ft. of wall		384.1 kN/meter of wall		
Shear Strength Vinyl Ester ⁽¹⁾		31,203 lbs per ft. of wall		455.4 kN/meter of wall		
Full Section Modulus of Elasticity		Imperial		Metric		
Average Full Section Modulus of Elasticity ⁽²⁾		4.41 Msi (Polyester) 4.56 Msi (Vinyl Ester)		30.41 GPa (Polyester) 31.44 GPa (Vinyl Ester)		
Web Buckling Capacity from Wale Force (based on 8" wale section)		2,376 lbs/ft of wall		34.7 kN/m of wall		

Design Notes & Considerations:

¹Ultimate Capacity based on ASTM D 7290-06 Characteristic Values

²Utilize Average Full Section Modulus for Deflection Calculations

The EOR when designing by ASD or LRFD methods shall apply the following factors as applicable:

LRFD Design Factors (Not applied to values above):

Time Effect Factor (λ) = 0.40 (Sustained Dead Load)

Resistance Factor (Φ) = 0.80

Polyester Moment Moisture Adjustment Factor = 0.90

Vinyl Ester Moment Moisture Adjustment Factor = 0.95

Polyester Shear Moisture Adjustment Factor = 0.80

Vinyl Ester Shear Moisture Adjustment Factor = 0.85

Polyester Modulus of Elasticity Moisture Adjustment Factor = 0.90

Vinyl Ester Modulus of Elasticity Moisture Adjustment Factor = 0.95

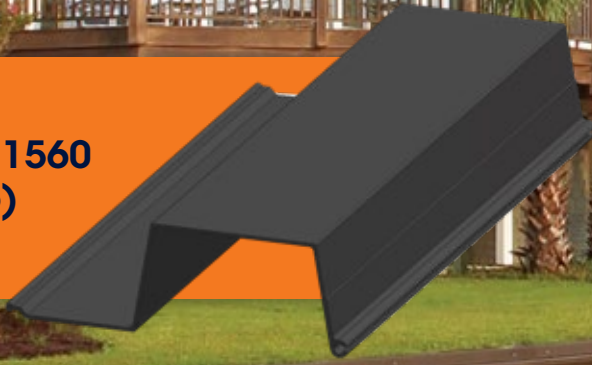
ASD Design Factors (Not applied to values above):

Safety Factors for Moment and Shear Calculations Range from 2.0 - 3.0

Note: All Capacities have been developed based on the equations and design methodologies described in the Pre-Standard Load & Resistance Factor Design (LRFD) of Pultruded Fiber Reinforced Polymer (FRP) Structures (2010).

* Reference design example on pages 6-7 for clarification.

**SERIES 1560
(SS806)**



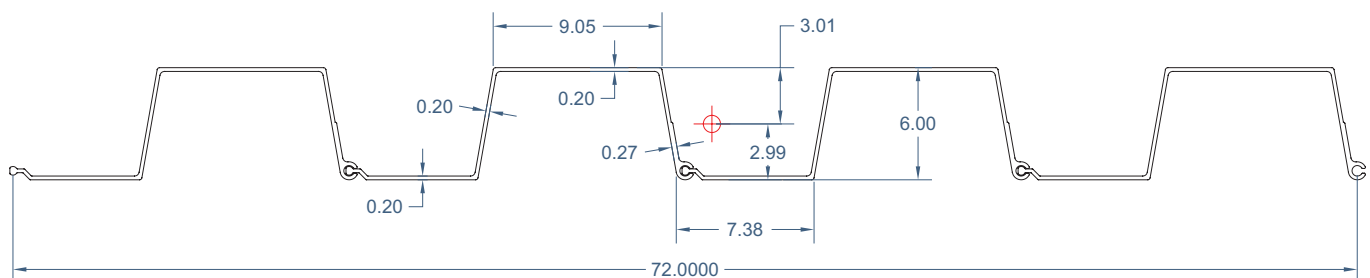
Masonboro Harbour
Wilmington, North Carolina

SuperLoc Sheet Piles - Series 1560 (SS806)

Part drawings and physical property sheets can be viewed at CreativeCompositesGroup.com

Physical & Mechanical Properties

Series 1560 (SS806) 18" (457.2mm) W x 6" (152.4mm) H Physical Properties	Imperial Value	Units	Metric Value	Units
Section Modulus	8.02	in ³ /ft	431.18	cm ³ /m
Moment of Inertia	24.13	in ⁴ /ft	3295.16	cm ⁴ /m
Typical Thickness	0.2	in	5.08	mm
Depth of Sheet	6	in	152.4	mm
Width of Sheet	18	in	457.2	mm
Weight (single pile)	4.82	lb/ft of sheet	7.17	kg/m of sheet
Angle of the web	10	°	10	°
Cross Sectional Area of Sheet	6.17	in ²	39.81	cm ²
Standard Color	Graphite Gray			



SuperLoc Sheet Piles - Series 1560 (SS806)

Physical & Mechanical Properties

Series 1560 (SS806) 18" (457.2mm) W x 6" (152.4mm) H Mechanical Properties	Test Method	ASTM D7290-06 Characteristic Values				Units
		Polyester Resin		Vinyl Ester Resin		
		Imperial	Metric	Imperial	Metric	
Tensile Modulus (LW)	ASTM D638	2.51	17.31	3.26	22.48	Msi / GPa
Tensile Modulus (CW)	ASTM D638	1.22	8.41	1.46	10.07	Msi / GPa
Compression Modulus (LW)	ASTM D6641	3.08	21.24	3.16	21.79	Msi / GPa
Compression Modulus (CW)	ASTM D6641	0.92	6.34	1.23	8.48	Msi / GPa
Tensile Strength (LW)	ASTM D638	52.15	359.54	58.95	406.45	ksi / MPa
Tensile Strength (CW)	ASTM D638	10.44	71.97	10.13	69.84	ksi / MPa
Compression Strength (LW)	ASTM D6641	40.98	282.51	50.98	351.49	ksi / MPa
Compression Strength (CW)	ASTM D6641	14.98	103.25	19.18	132.24	ksi / MPa
Inplane Shear Strength	ASTM D5379	8.8	60.7	11.04	76.12	ksi / MPa
Inplane Shear Modulus	ASTM D5379	0.42	2.9	0.42	2.9	Msi / GPa
Short Beam Shear Strength	ASTM D2344	4.12	28.43	4.58	31.58	ksi / MPa
Series 1560 (SS806) 18" (457.2mm) W x 6" (152.4mm) H Mechanical Properties						
Moment Capacity		Imperial		Metric		
Moment Capacity Polyester ⁽¹⁾		9,052 lb-ft/ft. of wall		40.3 kN-m/meter of wall		
Moment Capacity Vinyl Ester ⁽¹⁾		10,662 lb-ft/ft. of wall		47.4 kN-m/meter of wall		
Shear Strength		Imperial		Metric		
Shear Strength Polyester ⁽¹⁾		21,041 lbs per ft. of wall		307.1 kN/meter of wall		
Shear Strength Vinyl Ester ⁽¹⁾		24,398 lbs per ft. of wall		356.1 kN/meter of wall		
Full Section Modulus of Elasticity		Imperial		Metric		
Average Full Section Modulus of Elasticity ⁽²⁾		3.62 Msi (Polyester) 3.86 Msi (Vinyl Ester)		25.30 GPa (Polyester) 26.61 GPa (Vinyl Ester)		
Web Buckling Capacity from Wale Force (based on 8" wale section)		5,899 lbs/ft of wall		86.1 kN/m of wall		

Design Notes & Considerations:

¹Ultimate Capacity based on ASTM D 7290-06 Characteristic Values

²Utilize Average Full Section Modulus for Deflection Calculations

The EOR when designing by ASD or LRFD methods shall apply the following factors as applicable:

LRFD Design Factors (Not applied to values above):

Time Effect Factor (λ) = 0.40 (Sustained Dead Load)

Resistance Factor (Φ) = 0.80

Polyester Moment Moisture Adjustment Factor = 0.90

Vinyl Ester Moment Moisture Adjustment Factor = 0.95

Polyester Shear Moisture Adjustment Factor = 0.80

Vinyl Ester Shear Moisture Adjustment Factor = 0.85

Polyester Modulus of Elasticity Moisture Adjustment Factor = 0.90

Vinyl Ester Modulus of Elasticity Moisture Adjustment Factor = 0.95

ASD Design Factors (Not applied to values above):

Safety Factors for Moment and Shear Calculations Range from 2.0 - 3.0

Note: All Capacities have been developed based on the equations and design methodologies described in the Pre-Standard Load & Resistance Factor Design (LRFD) of Pultruded Fiber Reinforced Polymer (FRP) Structures (2010).

* Reference design example on pages 6-7 for clarification.

Sheet Pile Caps & Connectors

Each sheet pile profile can be accessorized with FRP caps and connectors. The pultruded channel caps are made of the same durable resins and fiberglass as the sheet pile sections.

CCG recommends that the caps be painted due to the direct UV exposure. Failure to paint the caps will result in fading, loss of gloss and potential fiber blooming over time.

The caps should be secured to the sheet pile sections with stainless steel self drilling screws. The Engineer of Record

(EOR) is encouraged to investigate the uplift forces due to wave action, if present, prior to establishing the connection intervals.

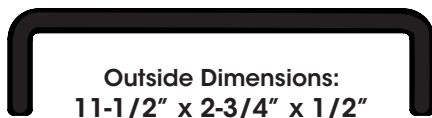
In some situations caps are not recommended due to excessive uplift caused by waves.

Sheet pile connectors are available for each sheet pile section for making 45° and 90° wall alignments. The 1580 sheet pile connector will permit 45°/90° and 180° connections.

Part drawings for the accessories can be viewed at CreativeCompositesGroup.com

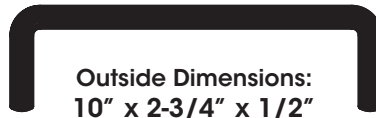
Top Caps:

Note: Consult a professional engineer when concerns of wave loads are involved.



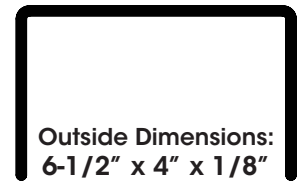
Outside Dimensions:
11-1/2" x 2-3/4" x 1/2"

Fits Series 1610 (CH995)



Outside Dimensions:
10" x 2-3/4" x 1/2"

Fits Series 1580 (CH980)

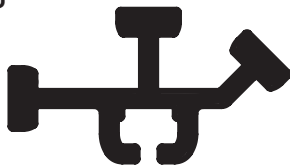


Outside Dimensions:
6-1/2" x 4" x 1/8"

Fits Series 1560 (SS051)

Connectors:

45°/90°/180°



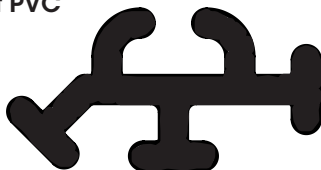
Fits Series 1432 (SS141)

45°/90°



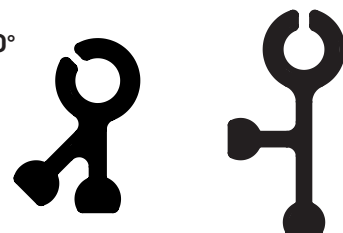
Fits Series 1610 (SS821)

45°/90°/180°
Made of PVC



Fits Series 1580 (PVC001)

45°/90°



90°/180°

Fits Series 1560 (SS804 /SS809)



SuperLoc Specifications

The EOR should specify FRP sheet piling based on the latest standards and codes within the pultrusion industry. The proper specifications will protect the owner, EOR and the manufacturer. The specifications will effectively communicate the manufacturing and material property expectations to all involved.

CCG strongly recommends that the specification mandate that all material properties be characterized per ASTM D7290-06.

The minimum moment, shear and Modulus of Elasticity (MOE) should be specified based on the requirements of your project.

CCG strongly encourages the EOR to scrutinize the safety factors and methods used for determining the moment capacities that have been published by FRP sheet pile manufacturers.

*Contact CCG for AutoCad files, part drawings and specifications.

Part drawings can be viewed at:
CreativeCompositesGroup.com

1.0 SCOPE

This specification applies to the mechanical, physical and visual requirements of FRP sheet piling.

2.0 MECHANICAL PROPERTIES

2.1 The mechanical design properties shall be published as a characteristic value per the requirements of ASTM D7290-06.

2.2 The lengthwise and transverse tensile modulus and strength shall be determined by testing per ASTM D638.

2.3 The lengthwise and transverse compression modulus and strength shall be determined by testing per ASTM D6641.

2.4 The in-plane shear strength and modulus shall be determined by testing per ASTM D5379.

2.5 The fiber reinforcements shall meet the minimum tensile strength of 290 ksi per ASTM D2343.

3.0 VISUAL REQUIREMENTS

3.1 Visual requirements shall be as prescribed in ASTM D4385.

3.2 Sheet pile sections shall contain UV light absorbers and stabilizers and a 3 mil polyester or nylon veil that encapsulates the glass fibers to diminish the possibility of fiber blooming.

4.0 DIMENSIONAL REQUIREMENTS

4.1 Per ASTM D3917.

5.0 QUALITY ASSURANCE

5.1 Quality Assurance shall be performed as described in the manufacturer's quality plan as approved by the EOR.

Installation of SuperLoc

SuperLoc sheet piles are commonly installed with vibratory driver/extractors.

SuperLoc sheet pile sections can be driven to elevation in clean sands and clay that exhibit a blow count N of 20 blows or less per foot as determined by the Standard Penetration Test (SPT). SuperLoc sheets have been driven in soils with blow counts ranging from 20 to 30 with the aid of excavation and or a steel mandrel. The steel mandrel is fabricated to mimic the profile shape of the sheet. The steel mandrel is driven into the soils ahead of the FRP sheets to punch a profile through the stiff soil prior to driving the FRP sheet.

**Blow count:
N<20**



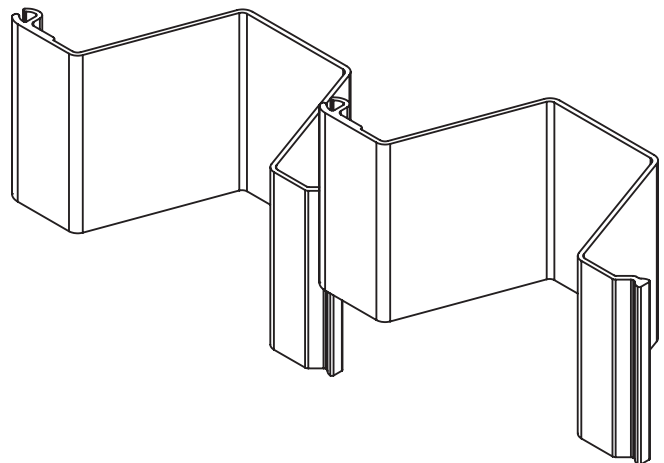
Vibratory Hammer Installation Example

Depending on the drive ability and the hammer type, it is not uncommon for the sheet pile to display some signs of abrasion and mushrooming at the top due to the clamp pressure and vibration of the vibratory hammer. Most contractors will add some length of sheet and cut the sheets to grade after they have been installed.

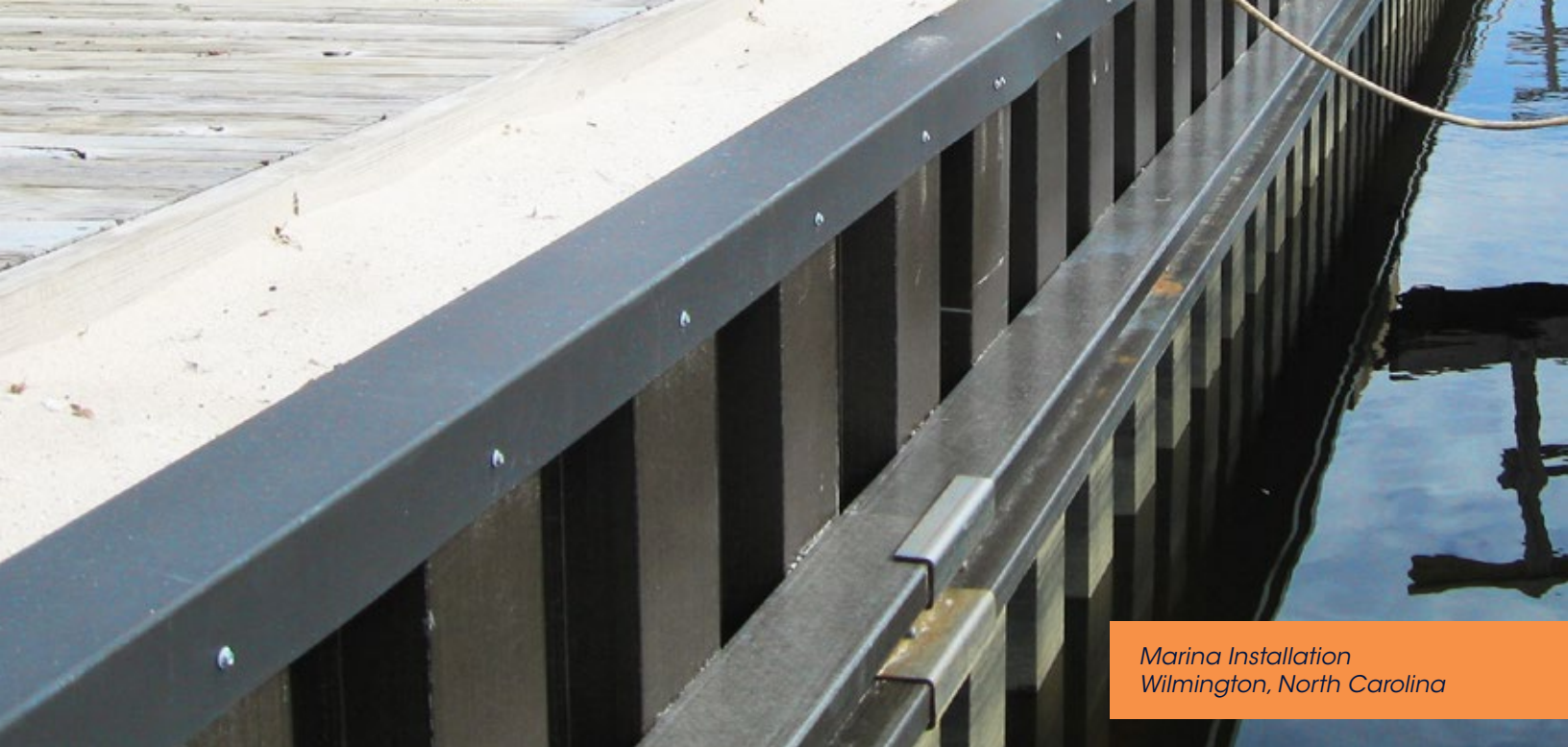


Example of Clamp Pressure

When installing FRP sheet pile, please be sure to always lead with the male end. Leading with the female end will allow a soil plug to build in the groove and potentially damage the sheet pile during installation.



Drawing of Installation Example



Marina Installation
Wilmington, North Carolina

SuperWale Specifications

Extend The Life Of Your Bulkhead By Specifying SuperWale

SuperWale, like the SuperLoc sheet pile system, is manufactured with thermoset resins and high-strength E-glass, via the pultrusion process, making SuperWale the product of choice for the test of time. Engineers, architects, home owner associations and government agencies continue to specify SuperWale where low maintenance, aesthetics, and a superior design life are crucial to their projects. Your structure is only as strong as the weakest member. Extend the life of your bulkhead by specifying SuperWale.

The governing design capacity of SuperWale will be based on either the tie-rod spacing, flexural strength, shear strength, deflection, or washer pull through capacity. In most cases the point load being induced into the SuperWale, through the tie-rod, governs the tie-rod spacing and wale capacity. The designer is encouraged to pay particular attention to the

characteristic tie-rod force permitted on SuperWale in conjunction with the specified steel washer dimension. The characteristic tie-rod force is dependent on the resin selected for the wale section and the dimensions of the washer specified. The characteristic tie rod force applied into the SuperWale through the steel washer can be established by referencing the Characteristic Tie-rod Force on SuperWale with Specified Washers chart. The values are published as characteristic values therefore the appropriate resistance, ϕ , λ or safety factors need to be applied.

Wale splices are made with a galvanized 50 ksi steel section known as the SuperWale W-splice section. Tie-rods should be used in conjunction with the steel W-splice. Corners are fabricated with a 316 stainless steel fabricated section that is cut and fabricated to fit the angle of the corner. 316 stainless steel is utilized to allow for welding the fabricated section. Oversize steel washers must be utilized with every tie-rod in order for the SuperWale to perform to its optimal structural capacity.

Characteristic Tie-rod Force on SuperWale with Specified Washers (Safety Factor Required)		
Vinyl Ester Resin Specified in SuperWale lbs (kg)	Polyester Resin Specified in SuperWale lbs (kg)	Steel Washer Dimensions inches (mm)
45,000 (20,400)	36,000 (16,300)	3.25x6x.5 (82x152x12.7)
47,600 (21,600)	47,600 (21,600)	3.25x12x.75 (82x152x19)

SuperWale Physical & Mechanical Properties

The physical and mechanical property charts are provided so that the EOR can determine the allowable tie rod spacing while considering the bending, shear and serviceability requirements of the wale. The properties have been published as characteristic values per ASTM D7290-06.



Physical Properties	Units
Minor Section Modulus	14.40 in ³ (1.97E+07 mm ³)
Minor Moment of Inertia	49.22 in ⁴ (2.05E+07 mm ⁴)
Depth of Section	6.0 in. (152.4 mm)
Width of Section	8.0 in. (203.2 mm)
Weight	9.70 lb/ft. (14.44 kg/m)
Area of the web	4.9 in ² (3,160 mm ²)
Standard Color	Graphite Gray


Mechanical Properties Of Wale Section Bent About The Minor Axis	Test Method	Units	Polyester Resin Average Values	Vinyl Ester Resin Average Values
Modulus of Elasticity	Lab	Msi (GPa)	3.16 (21.8)	3.56 (24.5)
Shear Modulus	Lab	Msi (GPa)	0.45 (3.1)	0.45 (3.1)
Shear Capacity	Lab/Calculated	lb (kg)	31,600 (14,300)	44,100 (20,200)
Moment Capacity	Lab/Calculated	ft-lb (N-m)	41,600 (56,400)	42,400 (57,400)
Bending Stiffness EI Value	Calculated	lb-in ² (N-m ²)	1.56E8 (4.46E5)	1.75E8 (5.03E5)
In-Plane Shear Strength	ASTM D5379	ksi (MPa)	9.6 (66.2)	13.4 (92.4)

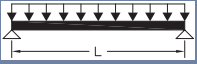
*Note: All values listed in the above table are characteristic values determined in accordance with ASTM D7290-06.

Example of Wale Installation

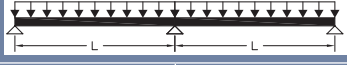


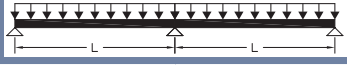
SuperWale Polyester Load Tables

Design Charts for SuperWale Specified with Polyester Resin Simply Supported, Simple Span Load Condition (Imperial Units)							
Tie-rod Spacing (ft)	Load on the wale that produces 0.25" deflection (lbs./ft)	Load on the wale that produces 0.375" deflection (lbs./ft)	Load on the wale that produces 0.5" deflection (lbs./ft)	Allowable Load per foot of wale (Flexure) (lbs/ft)	Allowable Load per foot of wale (Shear) (lbs/ft)	Allowable Load per foot of wale (Tie-rod Pull Force utilizing a 3.25"x6.0"x.50" steel washer) (lbs/ft)	Allowable Load per foot of wale (Tie-rod Pull Force utilizing a 3.25"x12"x.75" steel washer) (lbs/ft)
3	19,233	28,850	38,466	14,802	7,016	8,000	10,578
4	6,085	9,128	12,171	8,326	5,262	6,000	7,933
5	2,493	3,739	4,985	5,329	4,209	4,800	6,347
6	1,202	1,803	2,404	3,701	3,508	4,000	5,289
7	649	973	1,298	2,719	3,007	3,429	4,533
8	380	571	761	2,082	2,631	3,000	3,967
9	237	356	475	1,645	2,339	2,667	3,526
10	156	234	312	1,332	2,105	2,400	3,173

Design Charts for SuperWale Specified with Polyester Resin Simply Supported, Simple Span Load Condition (Metric Units)							
Tie-rod Spacing (m)	Load on the wale that produces 6mm deflection (kN/m)	Load on the wale that produces 10mm deflection (kN/m)	Load on the wale that produces 13mm deflection (kN/m)	Allowable Load per meter of wale (Flexure) (kN/m)	Allowable Load per meter of wale (Shear) (kN/m)	Allowable Load per meter of wale (Tie-rod Pull Force utilizing a 83x152x12.7mm steel washer) (kN/m)	Allowable Load per meter of wale (Tie-rod Pull Force utilizing a 83x305x19mm steel washer) (kN/m)
1.00	185.4	309.0	401.7	180.6	93.6	106.8	141.2
1.25	75.9	126.6	164.5	115.6	74.9	85.4	112.9
1.50	36.6	61.0	79.4	80.3	62.4	71.2	94.1
1.75	19.8	32.9	42.8	59.0	53.5	61.0	80.7
2.00	11.6	19.3	25.1	45.2	46.8	53.4	70.6
2.25	7.2	12.1	15.7	35.7	41.6	47.4	62.7
2.50	4.7	7.9	10.3	28.9	37.4	42.7	56.5
2.75	3.2	5.4	7.0	23.9	34.0	38.8	51.3

Notes: Safety Factors Include: 2.5 for Flexure, 3 for Shear, and 3 for washer pull through strength.

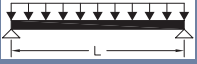
Design Charts for SuperWale Specified with Polyester Resin Simply Supported, Continuous Span Load Condition (Imperial Units)							
Tie-rod Spacing (ft)	Load on the wale that produces 0.25" deflection (lbs./ft)	Load on the wale that produces 0.375" deflection (lbs./ft)	Load on the wale that produces 0.5" deflection (lbs./ft)	Allowable Load per foot of wale (Flexure) (lbs/ft)	Allowable Load per foot of wale (Shear) (lbs/ft)	Allowable Load per foot of wale (Tie-rod Pull Force utilizing a 3.25"x6.0"x.50" steel washer) (lbs/ft)	Allowable Load per foot of wale (Tie-rod Pull Force utilizing a 3.25"x12"x.75" steel washer) (lbs/ft)
3	36,320	54,481	72,641	14,802	5,613	3,200	4,231
4	11,492	17,238	22,984	8,326	4,209	2,400	3,173
5	4,707	7,061	9,414	5,329	3,368	1,920	2,539
6	2,270	3,405	4,540	3,701	2,806	1,600	2,116
7	1,225	1,838	2,451	2,719	2,405	1,371	1,813
8	718	1,077	1,436	2,082	2,105	1,200	1,587
9	448	673	897	1,645	1,871	1,067	1,410
10	294	441	588	1,332	1,684	960	1,269


Design Charts for SuperWale Specified with Polyester Resin Simply Supported, Continuous Span Load Condition (Metric Units)							
Tie-rod Spacing (m)	Load on the wale that produces 6mm deflection (kN/m)	Load on the wale that produces 10mm deflection (kN/m)	Load on the wale that produces 13mm deflection (kN/m)	Allowable Load per meter of wale (Flexure) (kN/m)	Allowable Load per meter of wale (Shear) (kN/m)	Allowable Load per meter of wale (Tie-rod Pull Force utilizing a 83x152x12.7mm steel washer) (kN/m)	Allowable Load per meter of wale (Tie-rod Pull Force utilizing a 83x305x19mm steel washer) (kN/m)
1.00	350.1	583.6	758.6	180.6	74.9	42.7	56.5
1.25	143.4	239.0	310.7	115.6	59.9	34.2	45.2
1.50	69.2	115.3	149.9	80.3	49.9	28.5	37.6
1.75	37.3	62.2	80.9	59.0	42.8	24.4	32.3
2.00	21.9	36.5	47.4	45.2	37.4	21.4	28.2
2.25	13.7	22.8	29.6	35.7	33.3	19.0	25.1
2.50	9.0	14.9	19.4	28.9	30.0	17.1	22.6
2.75	6.1	10.2	13.3	23.9	27.2	15.5	20.5

Notes:

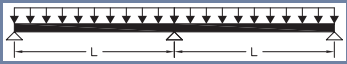
1. Safety Factors Include: 2.5 for Flexure, 3 for Shear, and 3 for washer pull through strength.
2. To ensure conservative values, 3 spans used for deflection calculations, and 2 spans used for strength calculations.

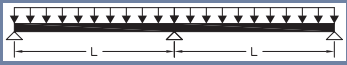
SuperWale Vinyl Ester Load Tables

Design Charts for SuperWale Specified with Vinyl Ester Resin Simply Supported, Simple Span Load Condition (Imperial Units)							
Tie-rod Spacing (ft)	Load on the wale that produces 0.25" deflection (lbs./ft)	Load on the wale that produces 0.375" deflection (lbs./ft)	Load on the wale that produces 0.5" deflection (lbs./ft)	Allowable Load per foot of wale (Flexure) (lbs/ft)	Allowable Load per foot of wale (Shear) (lbs/ft)	Allowable Load per foot of wale (Tie-rod Pull Force utilizing a 3.25"x6.0"x.50" steel washer) (lbs/ft)	Allowable Load per foot of wale (Tie-rod Pull Force utilizing a 3.25"x12"x.75" steel washer) (lbs/ft)
3	21,668	32,501	43,335	15,058	9,793	10,000	10,578
4	6,856	10,284	13,712	8,470	7,345	7,500	7,933
5	2,808	4,212	5,616	5,421	5,876	6,000	6,347
6	1,354	2,031	2,708	3,765	4,896	5,000	5,289
7	731	1,096	1,462	2,766	4,197	4,286	4,533
8	428	643	857	2,118	3,672	3,750	3,967
9	268	401	535	1,673	3,264	3,333	3,526
10	176	263	351	1,355	2,938	3,000	3,173

Design Charts for SuperWale Specified with Vinyl Ester Resin Simply Supported, Simple Span Load Condition (Metric Units)							
Tie-rod Spacing (m)	Load on the wale that produces 6mm deflection (kN/m)	Load on the wale that produces 10mm deflection (kN/m)	Load on the wale that produces 13mm deflection (kN/m)	Allowable Load per meter of wale (Flexure) (kN/m)	Allowable Load per meter of wale (Shear) (kN/m)	Allowable Load per meter of wale (Tie-rod Pull Force utilizing a 83x152x12.7mm steel washer) (kN/m)	Allowable Load per meter of wale (Tie-rod Pull Force utilizing a 83x305x19mm steel washer) (kN/m)
1.00	208.9	348.1	452.6	183.7	130.7	133.4	141.2
1.25	85.6	142.6	185.4	117.6	104.5	106.8	112.9
1.50	41.3	68.8	89.4	81.7	87.1	89.0	94.1
1.75	22.3	37.1	48.3	60.0	74.7	76.3	80.7
2.00	13.1	21.8	28.3	45.9	65.3	66.7	70.6
2.25	8.2	13.6	17.7	36.3	58.1	59.3	62.7
2.50	5.3	8.9	11.6	29.4	52.3	53.4	56.5
2.75	3.7	6.1	7.9	24.3	47.5	48.5	51.3

Notes: Safety Factors Include: 2.5 for Flexure, 3 for Shear, and 3 for washer pull through strength.

Design Charts for SuperWale Specified with Vinyl Ester Resin Simply Supported, Continuous Span Load Condition (Imperial Units)							
Tie-rod Spacing (ft)	Load on the wale that produces 0.25" deflection (lbs./ft)	Load on the wale that produces 0.375" deflection (lbs./ft)	Load on the wale that produces 0.5" deflection (lbs./ft)	Allowable Load per foot of wale (Flexure) (lbs/ft)	Allowable Load per foot of wale (Shear) (lbs/ft)	Allowable Load per foot of wale (Tie-rod Pull Force utilizing a 3.25"x6.0"x.50" steel washer) (lbs/ft)	Allowable Load per foot of wale (Tie-rod Pull Force utilizing a 3.25"x12"x.75" steel washer) (lbs/ft)
3	40,918	61,377	81,836	15,058	7,834	4,000	4,231
4	12,947	19,420	25,893	8,470	5,876	3,000	3,173
5	5,303	7,954	10,606	5,421	4,701	2,400	2,539
6	2,557	3,836	5,115	3,765	3,917	2,000	2,116
7	1,380	2,071	2,761	2,766	3,358	1,714	1,813
8	809	1,214	1,618	2,118	2,938	1,500	1,587
9	505	758	1,010	1,673	2,611	1,333	1,410
10	331	497	663	1,355	2,350	1,200	1,269

Design Charts for SuperWale Specified with Vinyl Ester Resin Simply Supported, Continuous Span Load Condition (Metric Units)							
Tie-rod Spacing (m)	Load on the wale that produces 6mm deflection (kN/m)	Load on the wale that produces 10mm deflection (kN/m)	Load on the wale that produces 13mm deflection (kN/m)	Allowable Load per meter of wale (Flexure) (kN/m)	Allowable Load per meter of wale (Shear) (kN/m)	Allowable Load per meter of wale (Tie-rod Pull Force utilizing a 83x152x12.7mm steel washer) (kN/m)	Allowable Load per meter of wale (Tie-rod Pull Force utilizing a 83x305x19mm steel washer) (kN/m)
1.00	394.5	657.4	854.7	183.7	104.5	53.4	56.5
1.25	161.6	269.3	350.1	117.6	83.6	42.7	45.2
1.50	77.9	129.9	168.8	81.7	69.7	35.6	37.6
1.75	42.1	70.1	91.1	60.0	59.7	30.5	32.3
2.00	24.7	41.1	53.4	45.9	52.3	26.7	28.2
2.25	15.4	25.7	33.3	36.3	46.5	23.7	25.1
2.50	10.1	16.8	21.9	29.4	41.8	21.4	22.6
2.75	6.9	11.5	14.9	24.3	38.0	19.4	20.5

Notes:

1. Safety Factors Include: 2.5 for Flexure, 3 for Shear, and 3 for washer pull through strength.
2. To ensure conservative values, 3 spans used for deflection calculations, and 2 spans used for strength calculations.

Data and Testing Information

The SuperWale was tested in a full section scenario, in independent labs, to determine the full section modulus of elasticity, moment capacity, shear capacity and tie rod punch through strength.

Moment Capacity

The moment capacity was determined by several full section tests configured in a three-point bend scenario. Sufficient data was collected to calculate the characteristic value via ASTM D7290, which provides an 80% lower confidence bound on the 5th percentile value. These values should be used in conjunction with the load combinations, adjustment factors, and phi factors set forth in the Pre-Standard for Load and Resistance Factor Design (LRFD) of Pultruded Fiber Reinforced Polymer (FRP) Structures developed by ASCE.



The wale sections were loaded until failure in a 3-point bend configuration utilizing an 8' span. The average failure load was recorded to be 24,135 lbs. The corresponding moment was determined to be 48,271 ft-lbs. When analyzed in accordance with ASTM D7290 the characteristic moment capacity is calculated to be 41,600 ft-lbs.

Shear Capacity Of The SuperWale

The ultimate shear capacity was determined by the utilization of the following shear equation:

$$\text{Where, } \tau_{xy} = \frac{3}{2} \frac{V}{A_w}$$

$$\tau_{xy} = 9,600 \text{ psi, Shear Stress (psi)}$$

$$V = \text{Shear Load (lbs.)}$$

$$A_w = 4.9 \text{ in}^2, \text{ Area of the web (in}^2\text{)}$$

The ultimate shear load V was calculated to be 31,571 lbs.

The shear values shown in the load tables are calculated using the characteristic shear strength of the webs when tested with ASTM D5379. The resulting data was then analyzed, as specified, by ASTM D7290 to determine the characteristic value of Shear Stress τ_{xy} .

Tie-Rod Capacity

The tie-rod capacity is subject to the tie-rod connection detail. The washer size greatly influences the capacity of the SuperWale system. Punch through tests have been conducted on the SuperWale section with various washer configurations.

The test involved drilling a 1.25" diameter hole in the middle of the wale section and inserting an FRP nut and stud through the hole in the washer as depicted in Figure 1. Various washer sizes were tested to determine the appropriate washer dimensions.

A load was then induced onto the nut utilizing an Instron testing machine. The load and deflection was recorded until a failure occurred. Failure was defined as permanent distortion or when audible/visual cracking was detected.

The following chart reflects the allowable tie-rod force with various washers. CCG only recommends the washer dimensions specified below. Alternative washer dimensions are only to be used at the discretion of the practicing engineer.

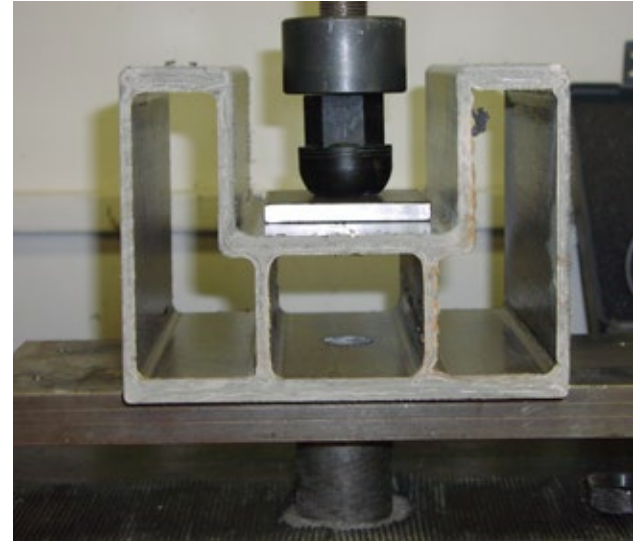


Figure 1. Photo of the Tie-rod push through test conducted in CCG Lab.

Characteristic Tie-rod Force on SuperWale with Specified Washers (Safety Factor Required)		
Vinyl Ester Resin Specified in SuperWale lbs (kg)	Polyester Resin Specified in SuperWale lbs (kg)	Steel Washer Dimensions inches (mm)
45,000 (20,400)	36,000 (16,300)	3.25x6x.5 (82x152x12.7)
47,600 (21,600)	47,600 (21,600)	3.25x12x.75 (82x152x19)

Example of Wale Installation



SuperWale Accessories

Part drawings can be viewed at: CreativeCompositesGroup.com

W-Splice



SuperWale W-Splice

Part Number	Material	Dimension	Weight
FAB383	50 ksi structural steel galvanized per ASTM A123	12L x 8.4W (305x213) in(mm) Hole diameter 1.125 (28.58) in(mm)	11 lbs. (5 kg)

Engineering Notes:

1. Tie-rod must be backed with a 3x3x.25 (83x83x6) in(mm) galvanized per ASTM A123 steel washer.
2. A tie rod should be utilized with each splice.
3. The working load capacity of the wale splice is 20,000 lbs., which includes a service factor.

W-Corner Connector



SuperWale W-Corner Connector

Part Number ¹	Material	Dimension	Weight
FAB093 - 90° FAB094 - 45°	316 Stainless Steel ²	Both sides 12L x 8.4W (304.8x 213.4) in(mm) Hole Diameter drilled at 13/16" (20.64) for a .75x4.5 (19.05x114.3) in(mm) bolt	23 lbs. (10 kg)

Engineering Notes:

1. Special angles are available upon request.
2. Parts can be factory or field welded.

Steel Washers



SuperWale Steel Washers

Part Number	Material	Dimension	Weight
FAB384	50 ksi steel galvanized per ASTM A123	3.25x6x.5 (82x152x12.7) in(mm) Hole diameter 1.125 (28.58) in(mm)	2.75 lbs. (1.25 kg)
FAB385	50 ksi steel galvanized per ASTM A123	3.25x12x.75 (82x305x19) in(mm) Hole diameter 1.125 (28.58) in(mm)	8.35 lbs. (3.79 kg)

Cutting and Drilling Instructions

Cutting Sheets, Wales and Accessories

SuperLoc can be field cut with a concrete, skill or reciprocating saw. An abrasive blade should always be used. Concrete saws work the best and can be utilized with a standard concrete cutting blade.

During drill and sawing operations, dust will be emitted. The dust is considered a nuisance dust, which can irritate your eyes and skin. Therefore, safety glasses, gloves and long sleeve shirts are recommended during the cutting and drilling process.

As documented by OSHA, FRP dust millings have potential to cause eye, skin, and upper respiratory tract irritation.

- Cause - mechanical-irritant properties of the glass fibers.
- FRP particulate is non-hazardous.
- FRP particulate is greater than 6 microns; therefore, it cannot reach the alveoli.
- The International Agency for Research on Cancer (IARC) classified FRP particulate as non-cancer causing in June of 1987.



Example of a Concrete Saw

Drilling Sheets, Wales and Accessories

SuperLoc and its accessories can be drilled with carbide tipped drill bits. CCG recommends fiberglass hollow pole drill bits or carbide tipped drill bits for applications that require multiple holes in a short period of time.



Fiberglass Drill Bit

Choose Creative Composites Group for Comprehensive Project Support

Your Single Source for Innovative Engineered Waterfront Solutions Using StormStrong FRP Composites

Advance your products and projects beyond the limitations of traditional concrete, steel and wood by leveraging the combined strength of Creative Composites Group. We are a leader in technical innovation that is backed by the industry's most comprehensive FRP manufacturing group for infrastructure.

Creative Composites Group can help you engineer and manufacture waterfront infrastructure projects to ensure durability and protection against extreme weather with our StormStrong products.

Other companies commoditize FRP in off-the-shelf shapes and forms; Creative Composites Group does not. We offer comprehensive engineering, design and consultation for shoreline and asset protection. Our manufacturing capabilities include the broadest range of StormStrong FRP solutions to build your ideal projects. That's possible only with our proven engineering processes, end-to-end collaboration, service and support resources. Since StormStrong FRP composites last longer than conventional materials they often have a lower lifetime cost when you consider longer service life and low to no maintenance costs.



Discover Your Custom Engineered FRP Waterfront Infrastructure Provider

Creative Composites Group is committed to becoming a trusted business partner who is keenly interested in your project's success. Creative Composites Group works alongside your team, from facility owners to design engineers and contractors, to help you develop a customized FRP solution that meets the most demanding structural requirements and environmental conditions.

Contact us for your next engineered FRP sea wall or waterfront infrastructure project. We'd be thrilled to discuss it with you.



Creative Composites Group

888-274-7855

214 Industrial Lane
Alum Bank, PA 15521

CreativeCompositesGroup.com

DLR041122R2
©2022 Creative Composites Group Inc.
All Rights Reserved Worldwide

Bijlage 4 – Rapportage heiproef kunststof damwanden Oosterveld

Rapportage heiproef kunststof damwanden Oosterveld

Opwaardering Twentekanalen (OTK)



Projectnaam:	Opwaardering Twentekanalen
Opdrachtgever:	Rijkswaterstaat GPO
Zaaknummer:	31142017
Projectnummer:	P154652
Opdrachtnemer:	Combinatie Van Oord – Hakkers - Beens
Documentcode:	P154652-VOHB-REA-TEC-REP-3298
Werkpakketnummer:	4.2.1
Status:	Voorlopig
Revisie en datum:	1.0- 18-10-2022

Rev. no.	Verificatie en Review		Goedkeuring		
	Revisie	Rol	Naam	Initialen	Datum
V1.0	Opsteller				18-10-2022
	Voor review				06-10-2022
	Voor goedkeuring				18-10-2022
	Review t.b.v. Veiligheid	N.v.t.			

Acceptatie				
	n.v.t			
Vrijgave document				
	Vrijgave			

Documenthistorie		
Rev.no.	Datum	Omschrijving
V0.1	06-10-2022	Concept
V1.0	18-10-2022	Definitieve versie

Inhoudsopgave

1	ALGEMEEN	4
1.1	INLEIDING	4
1.2	DOELSTELLING	4
2	LOCATIE	5
3	INGEZET MATERIEEL	6
4	TOEGEPASTE KUNSTSTOF DAMWANDPROFIELEN	7
5	PROCESBESCHRIJVING UITVOERING	8
6	RESULTATEN HEIPROEF	9
6.1	INBRENGTIJD	9
6.2	BIJZONDERHEDEN	10
7	CONCLUSIE	12
	BIJLAGE A: SONDERING T.P.V. HEIPROEF	13

1 Algemeen

1.1 Inleiding

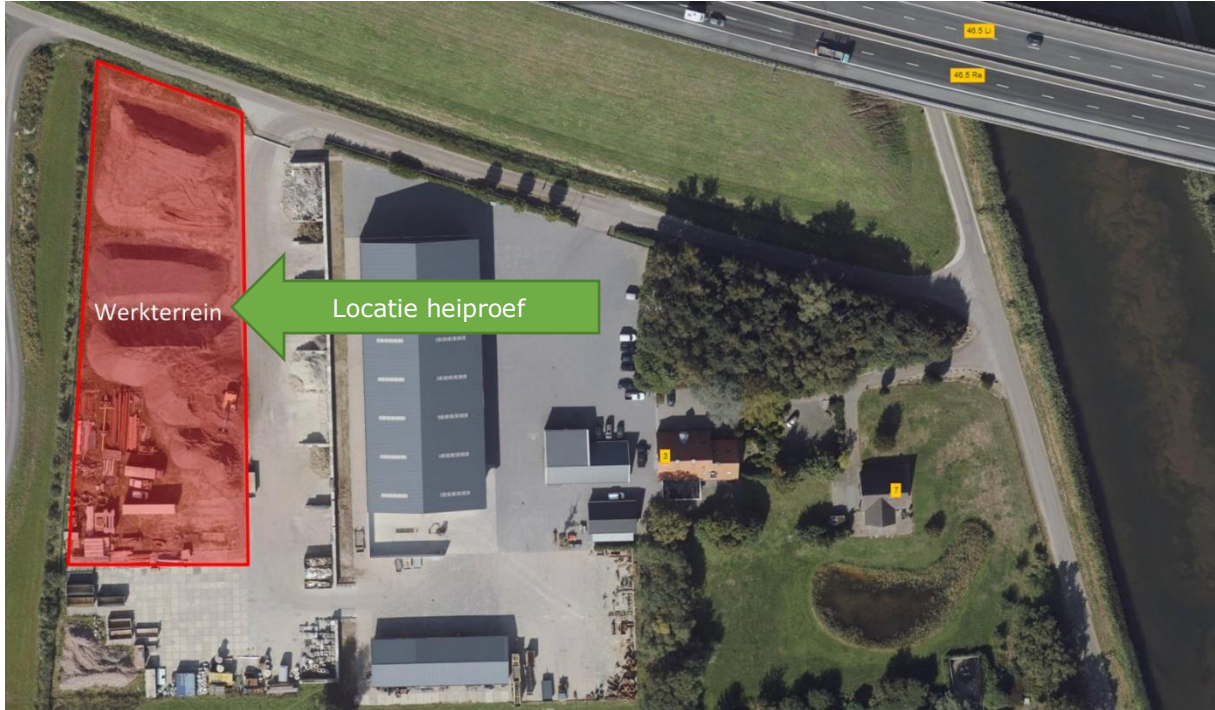
Deze 'Rapportage heiproef kunststof damwanden Oosterveld' is opgesteld door Van Oord-Hakkers-Beens Groep (VOHB) ten behoeve van de uitvoering van het werk 'Opwaardering Twentekanalen.' Met deze heiproef is de heikbaarheid van de in het ontwerp gekozen kunststof damwandprofielen getoetst. De resultaten zullen worden meegenomen bij het aanbrengen van het kunststof damwandtraject t.h.v. km. 10.5 langs Zijtak van het Twentekanaal richting Almelo.

1.2 Doelstelling

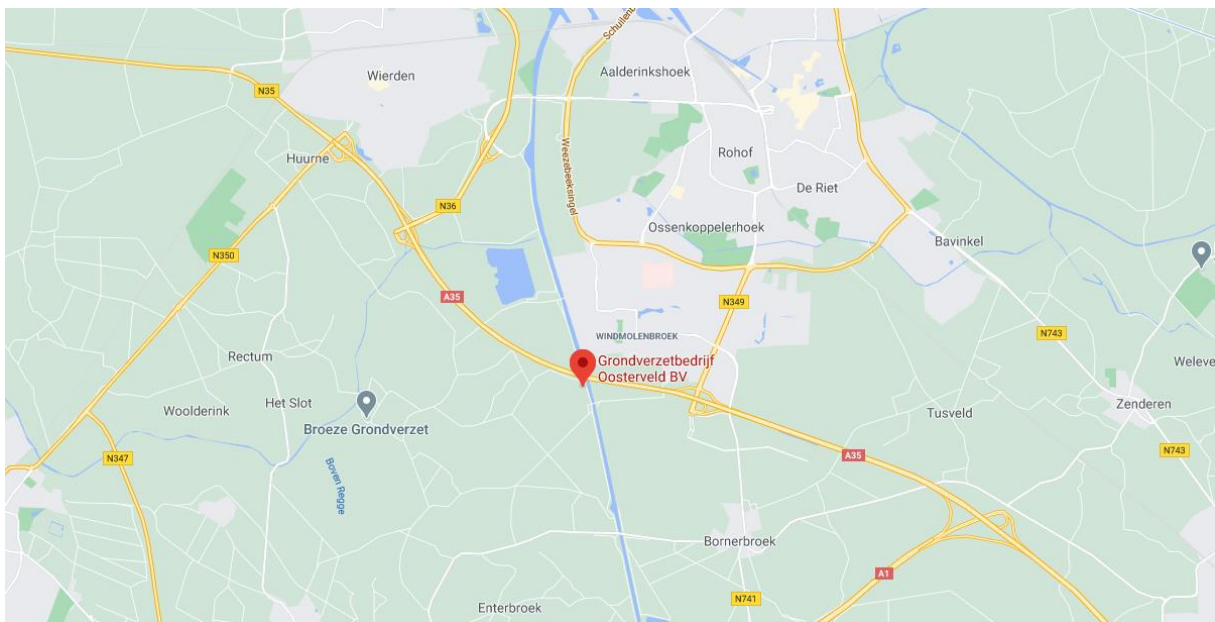
De doelstelling van de heiproef is om te achterhalen of de in het ontwerp gekozen kunststoffen damwandplanken kunnen worden aangebracht middels een hoogfrequent trilblok met behulp van een stalen moederplank, waarbij een zekere verbinding is gemaakt tussen de stalen plank en de kunststof plank, op een locatie met vergelijkbare grondparameters als langs het Twentekanaal.

2 Locatie

Grondverzetbedrijf Oosterveld B.V.
Breesegge 3
7627 LA Bornerbroek
Telnr.: 074 384 1611



Figuur 1 - Werkterrein



Figuur 2 - Locatie heiproef

Hoogte terrein: 9,8m +NAP
Bovenkant aan te brengen damwand Zijtak: 10,5m +NAP

3 Ingezet materieel

Materieel:

- Hydraulische kraan KLEMM KR2522 (30ton)

Trilblokken:

- MOVAX SG-45V

Overig:

- Heigording

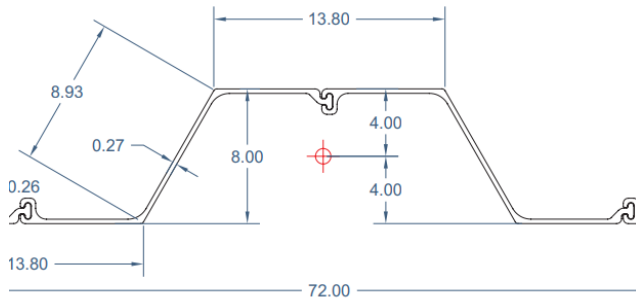


Figuur 3 – KLEMM KR2522 voorzien van makelaar en MOVAX SG-45G

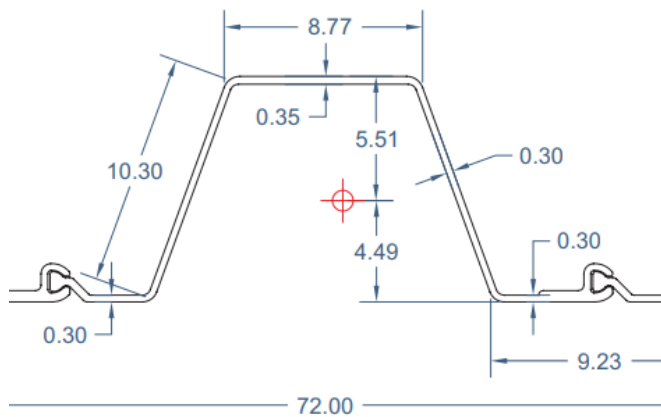
4 Toegepaste kunststof damwandprofielen

Vanuit ontwerp is er gekeken naar twee profielen van de Creative Composites Group:

- Profiel 1580
- Profiel 1610

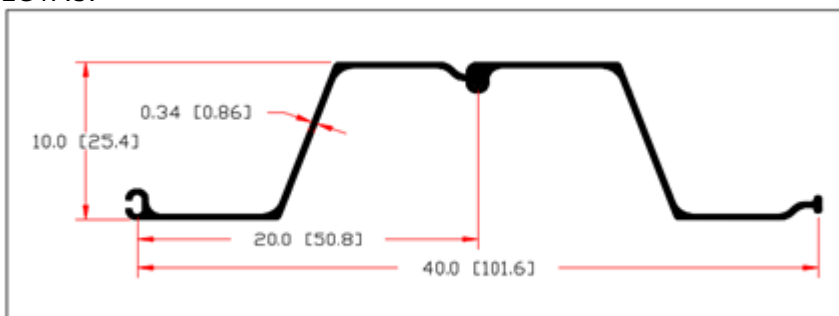


Figuur 4 - Profiel 1580



Figuur 5 - Profiel 1610

Bij deze proef t.b.v. de heikbaarheid is in verband met de beschikbaarheid gekozen voor het profiel EC47.5.



Figuur 6 - Profiel EC47.5

Het profiel EC47.5 is qua vorm vergelijkbaar met het profiel 1580 en qua dikte met de 1610. In onderstaande tabel wordt de vergelijking weergegeven:

	EC 47.5 (inch/mm)	1580 (inch/mm)	1610 (inch/mm)
Dikte	0,34/8,6	0,265/6,7	0,325/8,3
Breedte	20/508	18/457	24/610

5 Procesbeschrijving uitvoering

Maandag week 39 is gestart met de werkzaamheden op het terrein van Grondverzetbedrijf Oosterveld B.V. Materiaal en materieel zijn middels diepladers aangevoerd via de openbare weg. De volgende damwandprofielen zijn geleverd:

Aantal	Type	Lengte
10 stuks	JLD 47.5	8 meter
1 stuk	Stalen moederplank	8 meter

De kunststof damwandplank is door middel van clips bevestigd aan de moederplank (figuur 7). Hiermee wordt voorkomen dat de planken uit elkaar gedrukt worden, wanneer hier grond tussen komt. De planken zijn middels de hydraulische kraan voorzien van een trilblok op diepte getrild in een heiraam. De planken zijn met een constante druk van 10 ton aangebracht.



Figuur 7 - Kunststof damwandplank middels clips bevestigd aan de stalen moederplank



Figuur 8 - Hydraulische kraan met makelaar en trilblok

6 Resultaten heiproef

De heiproef is uitgevoerd op maandag 26 september. De 10 damwandprofielen zijn vooraf door JLD samengesteld tot 5 dubbele planken.

6.1 Inbrentijd

Bij een tweetal dubbele planken is de inbrentijd bijgehouden per meter (aangebracht tot ca. 7m-mv). Hiervoor zijn op de planken maatstrepen aangebracht (figuur 9).

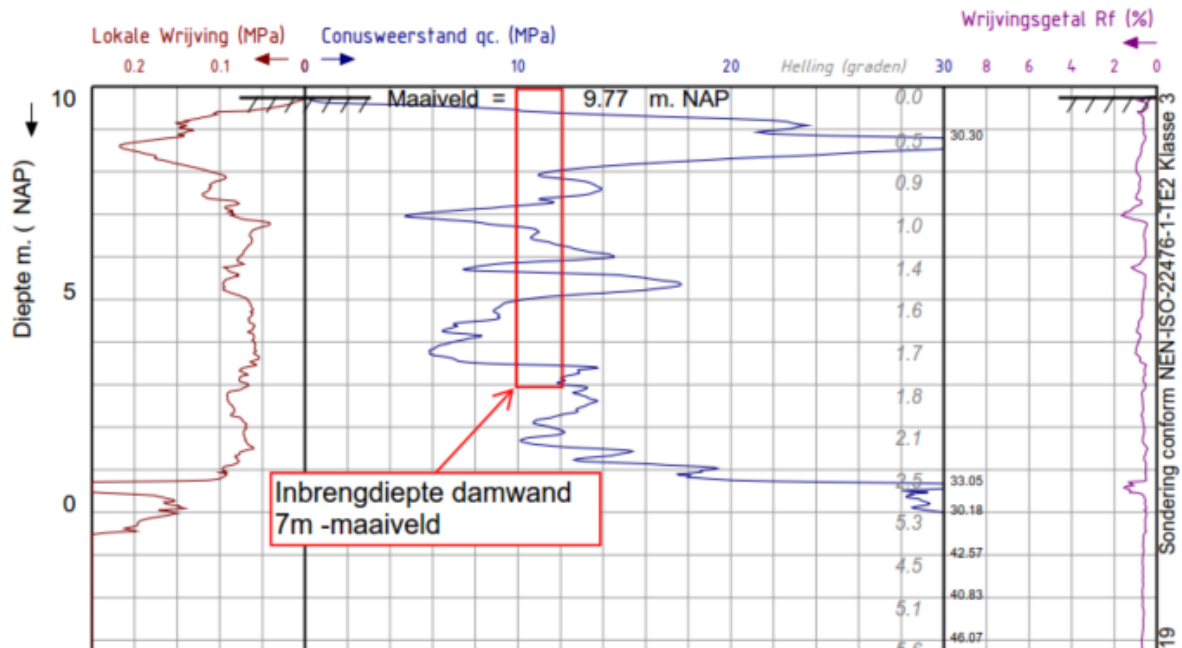


Figuur 9 - Damwandplank voorzien van maatstrepen

De gemeten waarden worden weergegeven in onderstaande tabel

	Plank 2	Plank 5
1m	41 sec	41 sec
2m	31 sec	29 sec
3m	15 sec	20 sec
4m	15 sec	34 sec
5m	20 sec	30 sec
6m	20 sec	28 sec
7m	30 sec	34 sec
Totaal	172 sec	216 sec

Uit de metingen is gebleken dat de eerste 2 meter de meeste tijd kosten om op diepte te krijgen. Ook bij de overige aangebrachte planken was dit beeld aanwezig. Dit is te verklaren door een harde laag in de bodem, welke terug te vinden is op de sondering (zie figuur 10 en bijlage A).



Figuur 10 - Sondering ter plaatse van heiproef

6.2 Bijzonderheden

Door middel van een slotverklikker is bijgehouden of de damwand in het slot blijft. Bij het aanbrengen van de derde plank, bleek de slotverklikker na ca. 1m niet meer mee te zakken. De damwand stond echter nog recht en leek niet uit het slot gelopen. Geprobeerd is de plank te trekken, echter alleen de stalen moederplank kwam omhoog. Daarbij zijn waarschijnlijk de clips eraf gegaan. Daarna is de plank toch op diepte getrild. Hierbij is er waarschijnlijk grond tussen de moederplank en de kunststof damwand gekomen, waardoor de kunststof damwand uit het slot is gescheurd (figuur 11).



Figuur 11 - Gescheurd slot kunststof damwand

Vervolgens zijn de kapotte damwanden getrokken. Hiervoor is de moederplank weer naast de kunststof damwand getrild. De kunststof plank is bevestigd middels bouten aan de moederplank (figuur 12) en naar boven getrild.



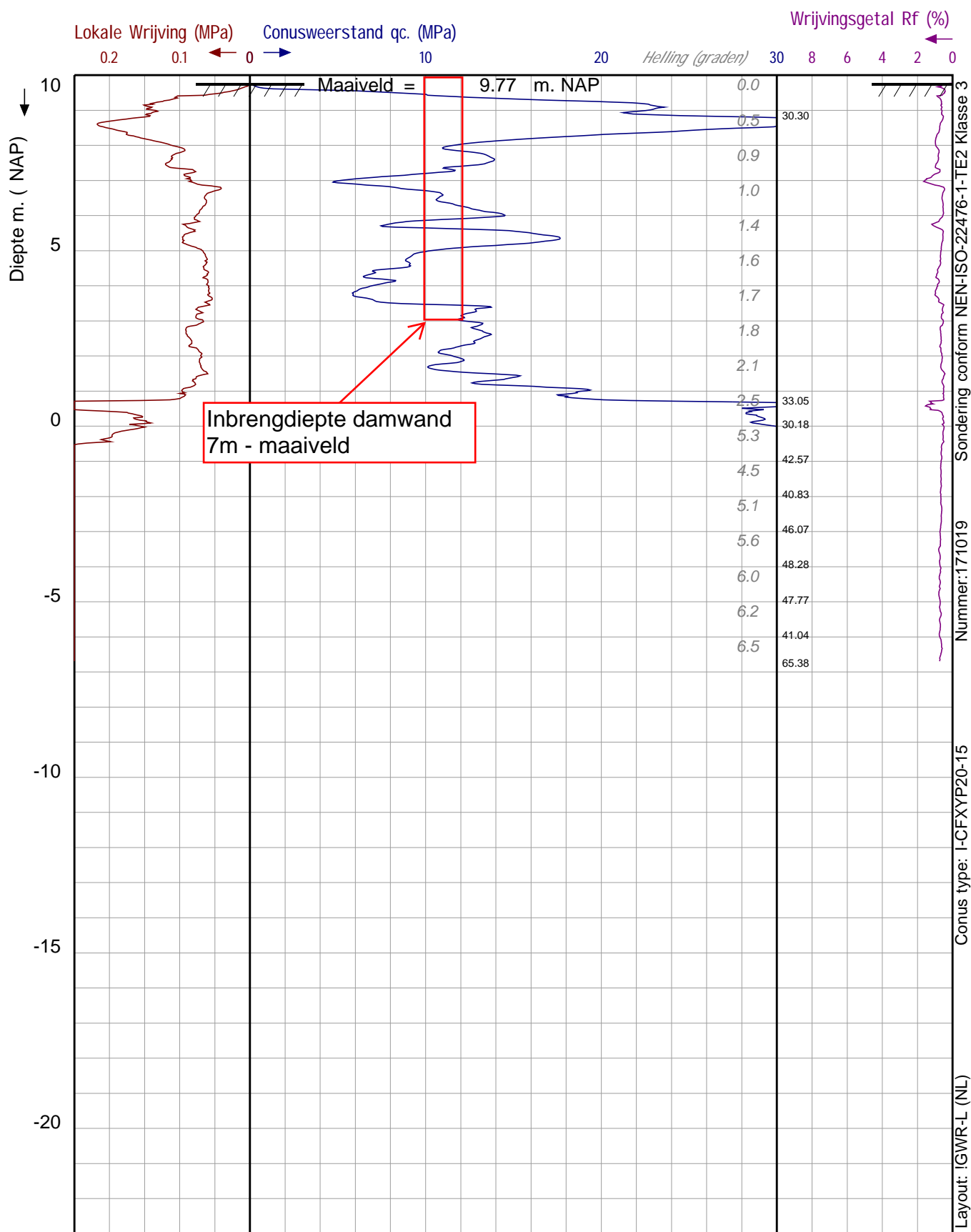
Figuur 12 - Kunststof damwandplank middels bouten bevestigd aan stalen moederplank t.b.v. trekken


7 Conclusie

Uit de heiproef is gebleken dat een kunststof damwandprofiel EC47.5 (of vergelijkbaar) is aan te brengen middels een hoogfrequent trilblok met behulp van een stalen moederplank, op een locatie met vergelijkbare grondparameters als langs het Twentekanaal. Ook in hardere grondlagen is dit goed uitvoerbaar, aangezien de damwanden goed zijn aan te brengen in de harde laag (bovenste 2 meter) ter plaatse van de proeflocatie.

Een belangrijk aandachtspunt bij het aanbrengen met een stalen moederplank is de verbinding tussen de kunststofplank en de moederplank. Gebleken is dat wanneer er grond tussen beide planken komt, de kunststof damwandplank onherstelbaar kan beschadigen.

Bijlage A: Sondering t.p.v. heiproef



Project : Twentekanaal Opwaardering
 Dossier : 20209
 Lokatie : Hengelo e.o.
 Paraaf : 
 Stopcrit. : Conusweerstand

Datum : 2-2-2021
 Maaiveld : 9.77 m. NAP
 coördinaten in RD-stelsel
 X : 239371.44 Y : 482705.13
 Opmerking :

SONDERING:
20209 S3001

Bijlage 5 – SCIA Modelling – Gording (Super Wale)

1. Table of contents

1. Table of contents	1
2. Model Input	1
2.1. Load cases	1
2.2. Cross-sections	1
2.3. Materials	2
2.4. Line force	2
3. Resultaten	4
3.1. Dwarskrachten	4
3.2. Ankerkracht	4
3.3. Optredende momenten	5
3.4. Vervormingen - BGT	5

2. Model Input

2.1. Load cases

Name	Description	Action type	Load group	Direction	Duration	Master load case
	Spec	Load type				
LC1	Self weight	Permanent Self weight	LG1	-Z		
LC2	Ankerkracht Standard	Variable Static	LG2		Short	None

2.2. Cross-sections

Superwale		
Type	General cross-section	
Shape type	Thin-walled	
Item material	Kunststof	
Fabrication	general	
Colour		
A [m ²]	7,5405e-03	
A _y [m ²], A _z [m ²]	4,4812e-03	4,1676e-03
A _L [m ² /m], A _D [m ² /m]	8,6600e-01	1,8637e+00
c _{y,UCS} [mm], c _{z,UCS} [mm]	102	67
α [deg]	0,00	
I _y [m ⁴], I _z [m ⁴]	1,9820e-05	3,4657e-05
i _y [mm], i _z [mm]	51	68
W _{el,y} [m ³], W _{el,z} [m ³]	2,3225e-04	3,4107e-04
W _{pl,y} [m ³], W _{pl,z} [m ³]	3,2640e-04	4,5887e-04
M _{pl,y,+} [Nm], M _{pl,y,-} [Nm]	7,83e+04	7,83e+04
M _{pl,z,+} [Nm], M _{pl,z,-} [Nm]	1,10e+05	1,10e+05
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
I _t [m ⁴], I _w [m ⁶]	2,0245e-06	0,0000e+00
β _y [mm], β _z [mm]	28	0
Picture		

Explanations of symbols	
A	Area
A _y	Shear Area in principal y-direction
A _z	Shear Area in principal z-direction
A _L	Circumference per unit length
A _D	Drying surface per unit length
c _{y,UCS}	Centroid coordinate in Y-direction of Input axis system
c _{z,UCS}	Centroid coordinate in Z-direction of

Explanations of symbols	
	Input axis system
I _{y,LCS}	Second moment of area about the YLCS axis
I _{z,LCS}	Second moment of area about the ZLCS axis
I _{yz,LCS}	Product moment of area in the LCS system
α	Rotation angle of the principal axis

Explanations of symbols	
	system
I_y	Second moment of area about the principal y-axis
I_z	Second moment of area about the principal z-axis
i_y	Radius of gyration about the principal y-axis
i_z	Radius of gyration about the principal z-axis
$W_{el,y}$	Elastic section modulus about the principal y-axis
$W_{el,z}$	Elastic section modulus about the principal z-axis
$W_{pl,y}$	Plastic section modulus about the principal y-axis
$W_{pl,z}$	Plastic section modulus about the principal z-axis

Explanations of symbols	
$M_{pl,y,+}$	Plastic moment about the principal y-axis for a positive M_y moment
$M_{pl,y,-}$	Plastic moment about the principal y-axis for a negative M_y moment
$M_{pl,z,+}$	Plastic moment about the principal z-axis for a positive M_z moment
$M_{pl,z,-}$	Plastic moment about the principal z-axis for a negative M_z moment
d_y	Shear center coordinate in principal y-direction measured from the centroid - Not calculated or simplified
d_z	Shear center coordinate in principal z-direction measured from the centroid - Not calculated or simplified
I_t	Torsional constant - Not calculated or simplified
I_w	Warping constant - Not calculated or simplified
β_y	Mono-symmetry constant about the principal y-axis
β_z	Mono-symmetry constant about the principal z-axis

2.3. Materials

MaterialB

Name	E mod [MPa]	Poisson - nu	Unit mass [kg/m ³]	Log. decrement (non-uniform damping only)	Specific heat [J/gK]
Type	G mod [MPa]				
Kunststof General material	2,1800e+04 9,4783e+03	0.15	910,0	0.15	6,0000e-01

2.4. Line force

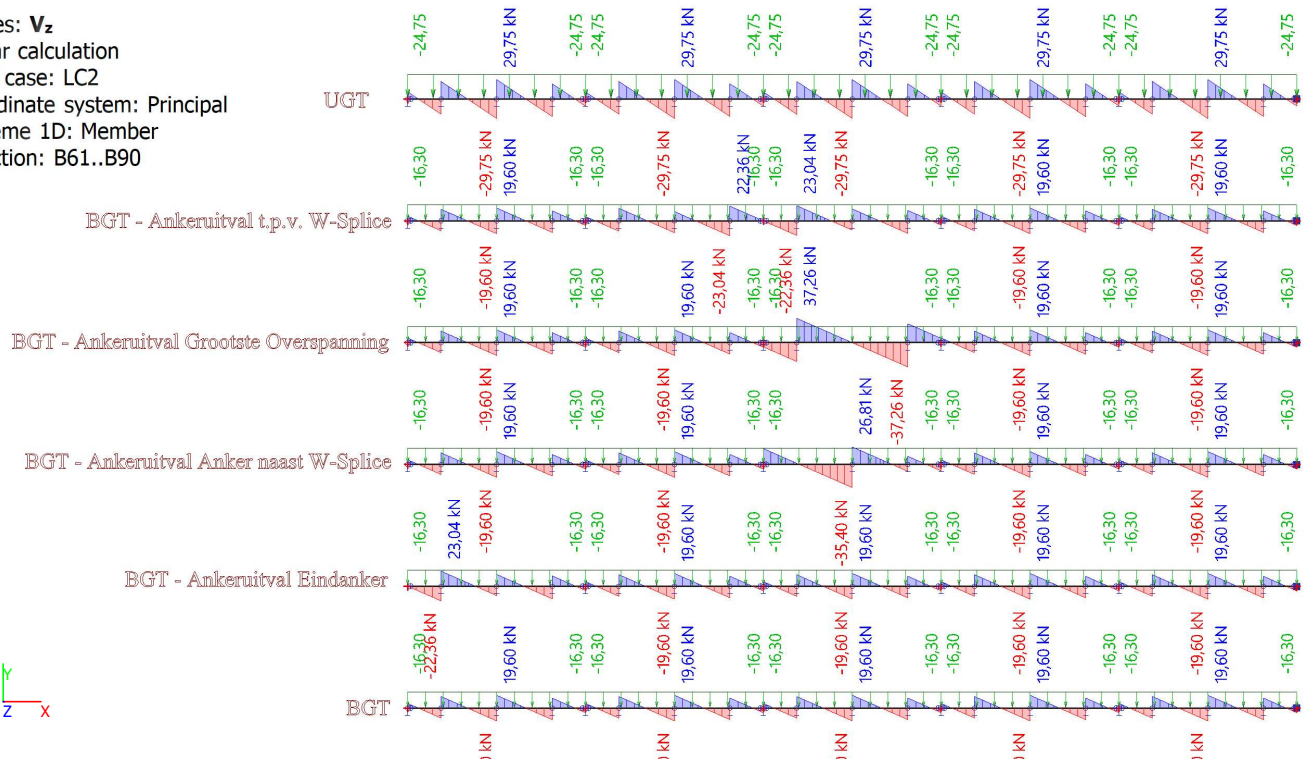
Name	Member	Type	Dir	Value - P ₁	Pos x ₁	Coor	Orig	Ecc ey
				[kN/m]		Loc		[m]
	Load case	System	Distribution	Value - P ₂	Pos x ₂			Ecc ez
				[kN/m]				[m]
LF61	B61	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF62	B62	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF63	B63	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF64	B64	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF65	B65	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF66	B66	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF67	B67	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF68	B68	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF69	B69	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF70	B70	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF71	B71	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF72	B72	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF73	B73	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000

Name	Member	Type	Dir	Value - P ₁ [kN/m]	Pos x ₁	Coor	Orig	Ecc ey [m]
	Load case	System	Distribution	Value - P ₂ [kN/m]	Pos x ₂	Loc		Ecc ez [m]
LF74	B74	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF75	B75	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF76	B76	Force	Z	-24,75	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF77	B77	Force	Z	-24,75	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF78	B78	Force	Z	-24,75	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF79	B79	Force	Z	-24,75	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF80	B80	Force	Z	-24,75	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF81	B81	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF82	B82	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF83	B83	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF84	B84	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF85	B85	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF86	B86	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF87	B87	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF88	B88	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF89	B89	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000
LF90	B90	Force	Z	-16,30	0.000	Rela	From start	0,000
	LC2 - Ankerkracht	LCS	Uniform		1.000	Length		0,000

3. Resultaten

3.1. Dwarskrachten

Values: V_z
 Linear calculation
 Load case: LC2
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Member
 Selection: B61..B90



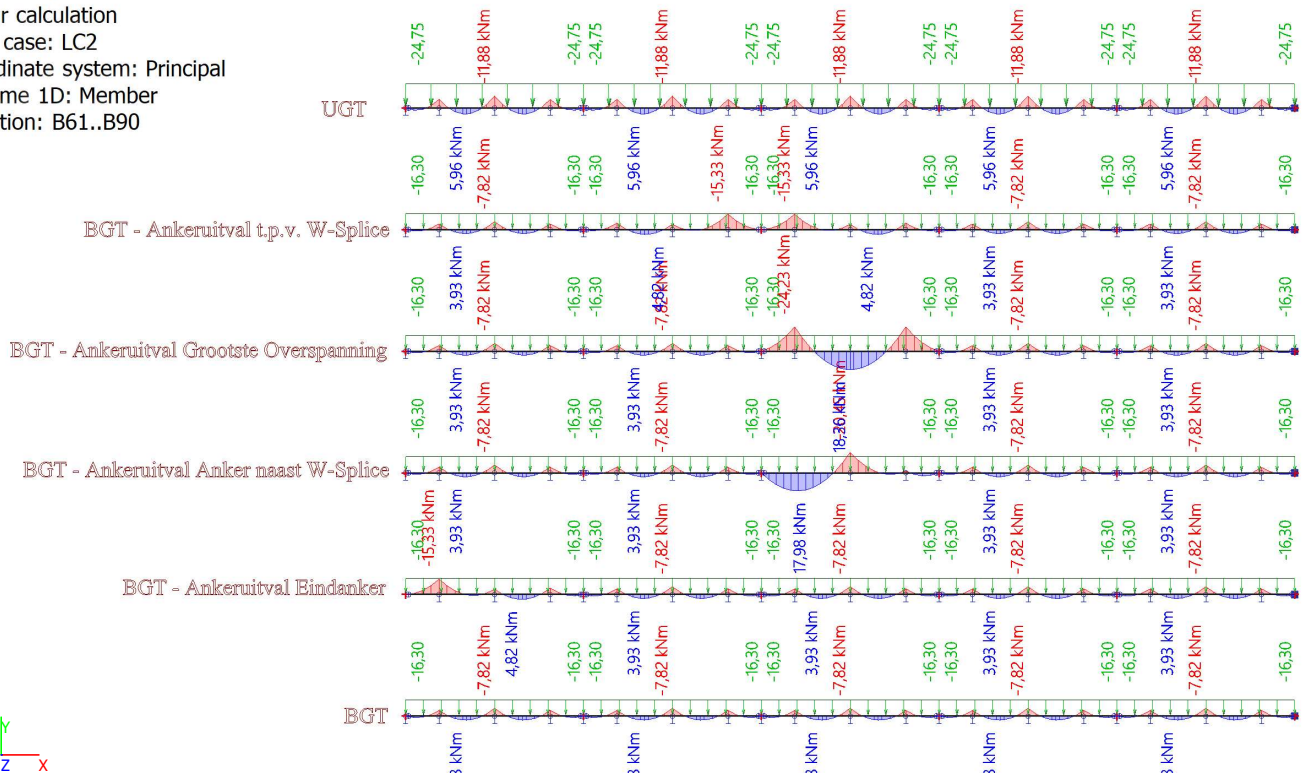
3.2. Ankerkracht

Values: R_y
 Linear calculation
 Load case: LC2
 System: Global
 Extreme: Member
 Selection: Sn70..Sn91, Sn93..Sn104,
 Sb74..Sb94, Sb96..Sb110,
 Sb112..Sb163, B61..B90, N73..N108



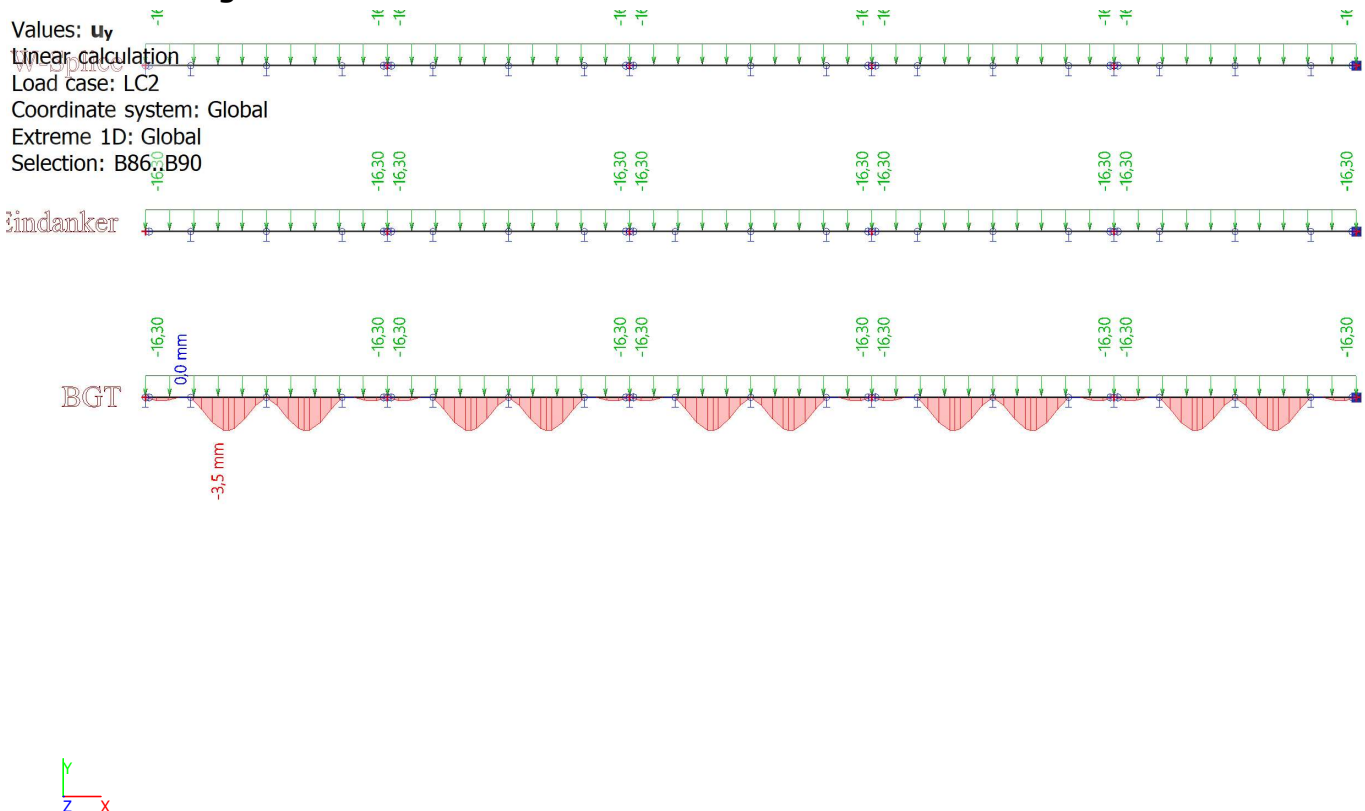
3.3. Optredende momenten

Values: M_y
 Linear calculation
 Load case: LC2
 Coordinate system: Principal
 Extreme 1D: Member
 Selection: B61..B90





3.4. Vervormingen - BGT

Values: u_y
 Linear calculation
 Load case: LC2
 Coordinate system: Global
 Extreme 1D: Global
 Selection: B86..B90



Bijlage 6 - Beschouwing zakkende grond op ankers

 		PROJECT:	Pag.	A-1
		Kunststof Damwanden Legankers	Code	OTK
			Datum	14-02-23
			Door	TKO
Zakkende grond op ankerstang		Cfm. CUR166 6e druk, Deel 2 §4.9.13	versie:	5-7-2013
Grond: soort	zand			
gewicht	$\gamma' = 18$ kN/m ³			
dekking	$h = 0,30$ m	grondwaterstand	0,60 m onder maaiveld	
bovenbelasting	$q = 10$ kPa			
grondspanning	$\sigma'_{v,z} = 15,4$ kPa	ter hoogte van anker		
neutrale gronddruk	$K_0 = 0,50$			
wrijving zand	$\delta' = 23,3$ °	$q_z = 20 * D$	bij zand	
schuifsterkte klei	$c_u = 66,7$ kPa	$q_z = 400 * D$	bij klei	
beddingsconstante	$c = 10000$ kN/m ³	van ankerwand		
zakking grond	$w = 0,05$ m	$q_z = 0,5$ kN/m'		
Ankerstang: diameter	$D = 0,025$ m	$EA = 103084$ kN		
lengte	$L = 12,80$ m	$EI = 4$ kNm ²		
h.o.h. afstand	$a = 1,828$ m	$W_{el} = 1534$ mm ³		
verticale hoek	$\beta = 0$ °	$e.g. = 0,04$ kN/m'		
vloeispanning	$f_y = 460$ MPa	$f_y = 460$ MPa	gereduceerd voor dikte	
ankerkracht zonder boldekracht:				
	$P_{rep} = 59$ kN/stang			
	$P_{max} = 74$ kN/stang	$\sin \beta = 0,000$		
ankerkracht door bolde	$P_{bolde} = 0$ kN/stang	$\cos \beta = 1,000$		
totale ankerkracht	$P_d = 92$ kN/stang	$q_{\perp} = 0,5$ kN/m'	loodrecht op anker	
	$\sigma_{p,d} = 188$ MPa	$q_0 = 0,7$ kN/m'		
Hoofdwand: stijfheid	$\Delta u_x = 0,007$ m t.g.v.	$\Delta P = 16$ kN/m'	uit damwandberekening	
Ankerwand: type	AZ12	$I = 18140$ cm ⁴	$EI = 38094$ kNm ²	
golf lengte	$\lambda = 1,98$		1.5 lambda > h	
schermhoogte	$h_{scherm} = 1,00$ m	van maaiveld tot teen		
Rekenparameters:	Gebruik voor het bepalen van ΔP : P_{max}			
	Gebruik voor het bepalen van ΣP_d : $1,25 * P_{max} + \max(P_{bolde}; 1,00 * \Delta P)$			
stijfheidsparameter	$k'_{hoofdwand} = 4476$ kN/m'			
	$k'_{ankerwand} = 18280$ kN/m' \Rightarrow	$\Sigma k' = 3595$ kN/m'		
Geval 1:	Loodrecht belast	Twee vaste scharnieren, grond zakt meer dan stang		
	$\alpha * (1 + \alpha)^2 = 0,151$	$\Rightarrow \alpha = 12,1\%$	extra ankerkracht	
verhoging ankerkracht	$\Delta P = 9$ kN	$\Sigma P_d = 101$ kN		
max. doorbuiging	$y_0 = 0,14$ m	> w; geval 1 is niet van toepassing		
bolderkracht	$P_{bolde} < 0,01 * \Delta P$	$\sigma_{p,d} = 206$ MPa		
buigend moment	$M_0 = 0,03$ kNm	$\sigma_{M,d} = 0$ MPa	zit in factor 1.25	
		$\sigma_d = 206$ MPa		
Geval 2:	Gehinderd loodrecht belast	Twee vaste scharnieren, stang zakt in het midden evenveel als grond		
	$n = 2,73$			
	$\alpha_n^2 * (1 + \alpha_n) = 0,001$	$\Rightarrow \alpha_n = 2,8\%$	extra ankerkracht	
	$\beta = 42\%$			
verhoging ankerkracht	$\Delta P = 2,1$ kN	$\Sigma P_d = 94$ kN		
bolderkracht	$P_{bolde} < 0,01 * \Delta P$	$\sigma_{p,d} = 192$ MPa		
buigend moment	$M_0 = 0,04$ kNm	$\sigma_{M,d} = 0$ MPa		
		$\sigma_d = 192$ MPa		
Geval 3:	Loodrecht belast met meezakkend ankerschot	Eén vast en één zakkend scharnier		
zakking scharnier	$z_q = 0,05$ m			
afstand scharnieren	$L = 12,80$ m			
	$\alpha_m^2 * (1 + \alpha_m) = 0,000$	$\Rightarrow \alpha_m = 1,2\%$	extra ankerkracht	
verhoging ankerkracht	$\Delta P = 1$ kN	$\Sigma P_d = 93$ kN		
bolderkracht	$P_{bolde} < 0,01 * \Delta P$	$\sigma_{p,d} = 190$ MPa		
buigend moment	$M_0 = 0,04$ kNm	$\sigma_{M,d} = 0$ MPa		
		$\sigma_d = 190$ MPa		

Bijlage 7 – Constructieve beschouwing ankerplaat

Memo **OTK-TM-4.1.3-MEM-9013 –
Memo ankerplaten (beton) kunststof traject DG3**

Aan Joel Sinke, Tom Korevaar
Kopie -
Van Thom van Doremaele
Onderwerp DO/VO DG3 – Kunststof Damwanden
Datum 18-04-2023
Versie 1.0

1 Inleiding en doel

Ten behoeve van het reguliere traject kunststof damwanden, onderdeel van DO/VO DG3, wordt in deze memo een berekening en toetsing gemaakt t.b.v. de betonnen ankerschermen die toegepast worden als verankering voor de kunststof damwandconstructie tussen km10.610 – 10.790.

Tekeningen:

- OTK-TM-4.1.2-TEK-1011 v4.0
- OTK-TM-4.1.2-TEK-1012 v4.0
- OTK-TM-4.1.2-TEK-1013 v4.0
- OTK-TM-4.1.2-TEK-1014 v4.0

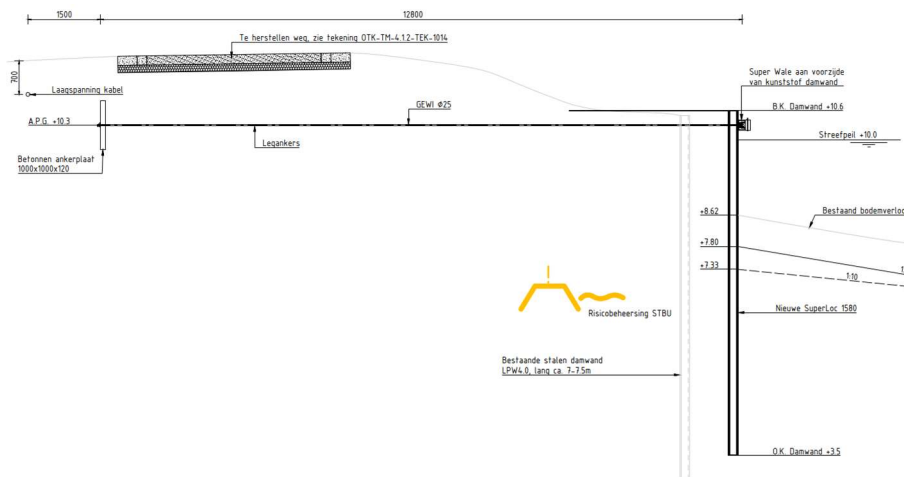
Documenten:

- OTK-TM-4.1.3-RAP-1002 – DOVO Kunststof damwanden (DG3)

2 Uitgangspunten

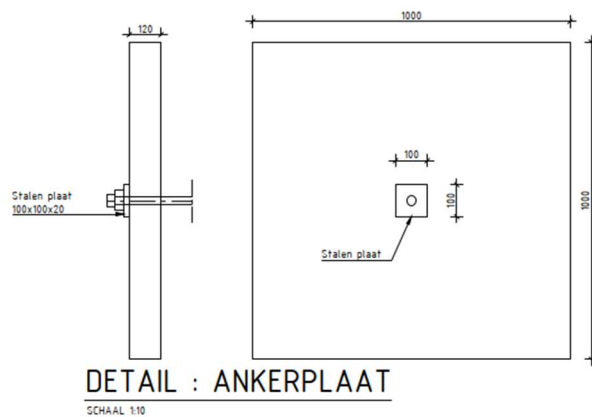
2.1 Situatie en geometrie

Onderstaand wordt een (standaard) doorsnede weergeven van het kunststof damwandtraject. De constructie is verankerd d.m.v. legankers (GEWI Ø25) en een betonnen ankerscherm. De ankerhoek is gelijk aan 0 graden.



Figuur 1 Doorsnede

De ankerplaat heeft een oppervlakte van 1m x 1m, en een dikte van 120mm. Er wordt wapening Ø8-100 in twee richtingen toegepast.



Figuur 2 Detail t.p.v. ankerplaat

2.2 Constructieve uitgangspunten

2.2.1 Levensduur

De ontwerp levensduur van de betonnen ankerschermen wordt gelijk gehouden aan de (hoofd) constructie van 100 jaar.

2.2.2 Belastingen

De belasting op de ankers is conform paragraaf 4.3.4/4.3.10 in berekeningsnota gelijk aan 77 kN (ULS incl. 1,25 belastingfactor conform CUR166).

NB:

In feite mag hier voor het ankerschot gerekend worden met een factor van 1,1, waarmee de ankerkracht gelijk gehouden mag worden met $77\text{kN} / 1,25 \times 1,1 = 68 \text{ kN}$.

2.2.3 Duurzaamheid (milieuklassen)

Conform EC2-1-1 worden de volgende eisen m.b.t. duurzaamheid (milieuklassen en betondekking) aangehouden:

Onderdeel	Milieuklasse(n)	constructie klasse	C_{min} [mm]	ΔC_{dev} [mm]	C_{nom} [mm]	C_{toeg} [mm]
Ankerscherm - Alle zijden	XC2	S3 ¹⁾	20 ²⁾	5	25	30

- 1) $S_4 = S_4$ (start) + 2 (100 jaar levensduur) - 1 (sterkteklasse \geq C35/45) - 1 (kwaliteitsbeheersing) - 1 (plaat) = S3
- 2) 25mm = 25mm (tabel 4.4N)

In onderstaande tabel zijn per onderdeel conform EC2-1-1 paragraaf 7.3.1 tabel 7.1N de maximale scheurwijdtes getoond:

Onderdeel	Zijde	Milieuklasse(n)	w_{max}	k_x
Ankerscherm	Rondom	XC2	$\leq 0,3$	$30/25=1,20$

(*) Grenswaarden voor w_{max} mogen verhoogd worden met factor $k_x = C_{toegepast} / C_{nom} \leq 2$.

2.2.4 Materiaal

De volgende materiaaleigenschappen worden voor betonklassen aangehouden conform EC2-1:

Tabel 2-1 Eigenschappen betonsterkteklasse(n)

Klasse	f_{ck} [N/mm ²]	f_{cd} [N/mm ²]	f_{ctm} [N/mm ²]	f_{ctd} [N/mm ²]	E_{cm} (*) [N/mm ²]	ϵ_{c1} [‰]
C45/55	45	30	3,8	1,77	36 000	3,5

(*) Indien met gescheurd beton wordt gerekend, wordt uitgegaan van $1/3 \times E_{cm}$

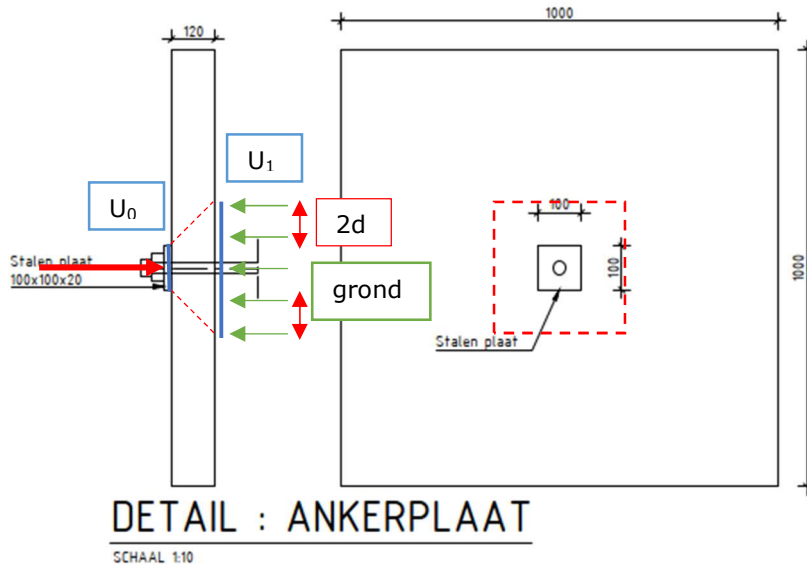
Als wapeningsstaal wordt B500A toegepast:

Tabel 2-2 Eigenschappen wapeningsstaal

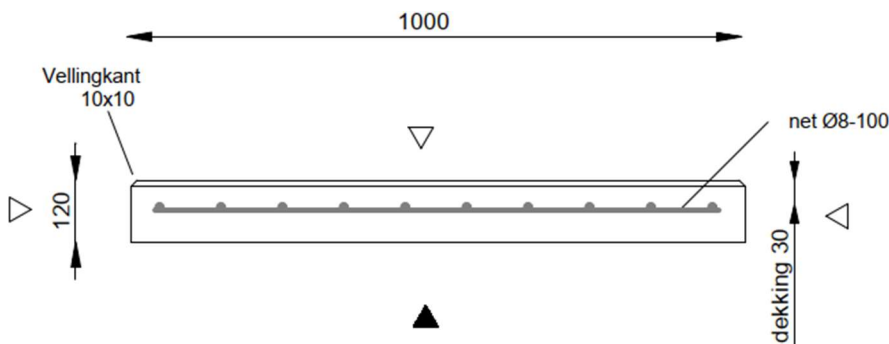
Betonstaal	f_{yk} [N/mm ²]	f_{yd} [N/mm ²]	E_s [N/mm ²]
B500A	500	435	200.000

3 Berekening en toetsing

Het ankerscherm is onderhevig aan krachtsinleiding t.g.v. het aangrijpen van de ankerkracht d.m.v. de ankerstang en wordt via een stalen plaat (100 x 100 x 20) ingeleid in het betonnen ankerscherm.



Figuur 3 Detail t.p.v. ankerplaat



Figuur 4 Wapening in ankerplaat

3.1.1 Pons

De plaat wordt getoetst o.b.v. pons a.g.v. de krachtsinleiding van 77kN.

Voor de toetsing van de minimaal omsluitende omtrek (u_0) wordt de afmeting van de stalen plaat (100mm x 100mm) aangehouden, de plaatdikte is 20mm, opdat de ankerkracht voldoende gespreid kan worden door de plaat.

De toetsing van de ponsbelasting mag gereduceerd worden met de gronddruk die binnen de eerste omtrek (u_1) valt, zie ook Figuur 3. Dit geldt enkel voor de toetsing van de eerste controle omtrek:

$$Q_{ed,grond} = 77\text{kN} / (1,0\text{m} \times 1,0\text{m}) = 77 \text{ kN/m}^2$$

$$F_{red} = A_1 \times Q_{ed,grond} = 0,16\text{m}^2 \times 77 \text{ kN} = 12,3 \text{ kN}$$

Voor herleiding van A_1 zie 0, hierbij wordt uitgegaan van de gemiddelde nuttige hoogte d_{eff} in x- en y-richting, gelijk aan 82mm.

De plaat voldoet o.b.v. ponsspanning:

- De unity check van de minimaal omsluitende omtrek (controle drukdiagonaal u_0) is gelijk aan 0,46.
- De unity check van de eerste control-omtrek u_1 (zonder ponswapening) is gelijk aan 0,87.

3.1.2 Doorsnedetoets

De plaat wordt getoetst o.b.v. moment en dwarskracht. Het moment en de dwarskracht wordt bepaald als gevolg van de resulterende gronddruk die werkt op het ankerscherm, geschematiseerd als een uitkragende ligger (met halve plaatlengte van $\frac{1}{2} \times 1,0\text{m} = 0,5\text{m}$):

De snedekrachten zijn als volgt:

$$M_{ed} = \frac{1}{2} \times Q_{Ed,grond} \times L^2 = \frac{1}{2} \times (77 \text{ kN/m}^2 \times 1,0\text{m}) \times 0,5\text{m}^2 = 9,63\text{kNm}$$

$$V_{ed} = Q_{Ed,grond} \times L = (77 \text{ kN/m}^2 \times 1,0\text{m}) \times 0,5\text{m} = 38,5\text{kN}$$

O.b.v. deze snedekrachten is middels een spreadsheet de benodigde wapening bepaald en de doorsnedecapaciteit getoetst, zie Bijlage 2. Hieruit volgt dat wapening **Ø8-100 (twee richtingen)** voldoet. Hieronder volgende unity checks:

Toetsing	U.C.
ULS - Bezwijktoestand	0,53
SLS - Scheurwijdtebeheersing	0,00 - Beton ongescheurd
ULS - Dwarskracht (geen beugels nodig)	0,64

Bijlage 1 Ponscapaciteit

Bijlage 2 Wapeningsberekening (M+V)

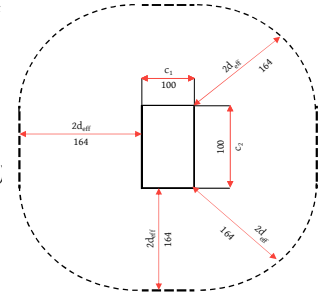


Project	Twentekanalen
Onderdeel	Ankerscherm kunststof damwanden
Doc.nr.	-
Bijlage	Bijlage 1

Projectnr.	HWOT
Datum	18-4-2023
Auteur	TDO

Gegevens paal/kolom en plaat

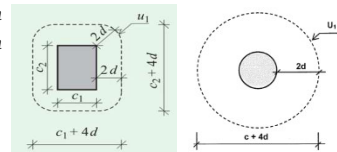
Breedte	c_1	100	mm	rechthoek	
Hoogte	c_2	100	mm	γ_c	1,5
Betonsterkte		C45/55		f_{ck}	45 MPa
Breedte	b	1.000	mm	f_{cd}	30,0 MPa
Hoogte	h	120	mm	v	0,49 - $v = 0,6 (1 - f_{ck}/250)$
Dekking	c	30	mm	cf. art. 6.4.4 (1) gemiddelde wapening binnen 3d aan elke zijde	
Wapening x-richting	$\emptyset_x - s_x$	$\emptyset 8 - 100$	mm	$A_{s,x}$	503 mm ²
Wapening y-richting	$\emptyset_y - s_y$	$\emptyset 8 - 100$	mm	$A_{s,y}$	503 mm ²
Nuttige hoogte x	d_x	78	mm	$d_x = h - c - \emptyset_y - 0,5 \times \emptyset_x$	
Nuttige hoogte y	d_y	86	mm	$d_y = h - c - 0,5 \times \emptyset_y$	
Effectieve nuttige hoogte	d_{eff}	82	mm	$d_{eff} = (d_x + d_y) / 2$	
Factor	k	2,00	-	$k = 1 + \sqrt{200 / d_{eff}}$	
Wapeningsverhouding x	ρ_{lx}	0,00644	-	$\rho_{lx} = A_{s,x} / (b \times d_x)$	
Wapeningsverhouding y	ρ_{ly}	0,00584	-	$\rho_{ly} = A_{s,y} / (b \times d_y)$	
Wapeningsverhouding longitud.	ρ_l	0,00614	-	$\rho_l = \min(\sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}}; 0,02)$	
Middenkolom	β	1,15	-		
Randafstand 1					
Randafstand 2					



Belastingen

Ponskracht	$V_{Ed,pons}$	77	kN
Normaalkracht x-richting	N_{cx}	0	kN
Normaalkracht y-richting	N_{cy}	0	kN
Normaalspanning x-richting	σ_{cx}	0,00	MPa
Normaalspanning y-richting	σ_{cy}	0,00	MPa
Normaalspanning t.p.v. pons	σ_{cp}	0,00	MPa
Factor normaalkracht	k_1	0,5	-

trek negatief invoeren
 trek negatief invoeren
 $\sigma_{cx} = N_{cx} / (b \times h)$
 $\sigma_{cy} = N_{cy} / (b \times h)$
 $\sigma_{cp} = (\sigma_{cx} + \sigma_{cy}) / 2$
 factor voor trek



Controle ponsspanning minimaal omsluitende omtrek (art. 6.4.5 (3))

Minimaal omsluitende omtrek	u_0	400	mm	$u_0 = c_1 \pi ; u_0 = 2(c_1 + c_2)$
Ponsspanning	$v_{Ed,0}$	2,70	MPa	$v_{Ed,0} = \beta \times V_{Ed,pons} / (u_0 \times d_{eff})$
Maximale ponsspanningsweerstand	$v_{Rd,max}$	5,90	MPa	$v_{Rd,max} = 0,4 \times v \times f_{cd}$
Controle	U.C.	0,46	voldoet	U.C. = $v_{Ed,0} / v_{Rd,max}$

Controle ponsspanning eerste controle-omtrek zonder ponswapening (art. 6.4.4 (1))

Eerste controleomtrek	u_1	1.430	mm	$u_1 = (c_1 + 4d) \pi ; u_1 = 2(c_1 + c_2) + 4 \pi d$
Oppervlakte eerste omtrek	A_1	0,16	m ²	$A_1 = 1/4 \pi (4d + c_1)^2 ; A_1 = 1/4 \pi (4d)^2 + 4d c_1 + 4d c_2 + c_1 c_2$
Belasting binnen eerste omtrek	$F_{Ed,red}$	12,3	kN	
Ponsspanning	$v_{Ed,1}$	0,63	MPa	$v_{Ed,1} = \beta \times V_{Ed,pons} / (u_1 \times d_{eff})$
Ponsspanningsweerstand	$v_{Rd,c}$	0,73	MPa	$v_{Rd,c} = \max[0,18 / \gamma_c k (100 \rho_l f_{ck})^{1/3}; 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}] + k_1 \sigma_{cp}$
Controle	U.C.	0,87	voldoet	U.C. = $v_{Ed,1} / v_{Rd,c}$

Betonberekening conform NEN-EN 1992-1-1+A1:2015/NB:2016+A1:2020 (sheet "Beton controle EC" versie 2.2)

Gegevens

Project	Onderdeel	Twentekanalen	Constructeur	TDO	Datum	18-4-2023
Betonkwaliteit	C45/55	γ_c 1,5	M_{Ed} 9,625 kNm	T_{Ed} 0 kNm		
Ontwerplevensduur	100 jaar	γ_s 1,15	M_{freq} 0 kNm	V_{Ed} 38,5 kN		
Milieuklassen	XC2			C_{buiten} 30 mm		
Constructieklasse	S3 -			ondergrond	bekisting	
Element met plaat geometrie	ja			langs	dwars	
specifieke kwal. Beheersing	ja			k_1 30 mm	30 mm	
h	120 mm			k_2 70 mm	70 mm	
b	1000 mm			$c_{min,b}$ 8 mm	0 mm	
d	86 mm			$c_{min,dur}$ 20 mm	20 mm	
Wapening	B 500 B			$\Delta c_{dur,\gamma}$ 0 mm	0 mm	
Hoofdwapening in de 1e laag?	nee			$\Delta c_{dur,st+add}$ 0 mm	0 mm	
Diameter hoofdwapening	\varnothing 8 mm	2e laag		c_{min} 20 mm	20 mm	
aantal	10 st.	100,0 mm (fictieve h.o.h.)		Δc_{dev} 5 mm	5 mm	
Diameter bijlegwapening	mm		$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$	25 mm	25 mm	
aantal	st.	mm (fictieve h.o.h.)		$c_{toegepast}$ 30 mm	30 mm	
Dwarswapening/beugels	\varnothing 0 mm	1e laag	$c_{toegepast,maatgevend}$	30 mm	\geq 25 mm (c_{nom})	
h.o.h.	0 mm					

Controle gedrongenheid (conform EC2 art. 5.3 (3))

controle gedrongenheid uitvoeren? **nee**

Controle ULS berekening (conform EC2 art. 6.1)

$x_u = A_s \times f_{yd} / (3/4 \times f_{cd} \times b)$	10 mm			f_{ctm} 3,80 MPa	
$x_u / d \leq 500 / (500 + f_{yd})$	0,11 <	0,53 -	Voldoet	f_{cd} 30,0 MPa	
$Z_{slank} = d - 7/18 \times x_u$	82 mm			f_{yd} 435 MPa	
$Z_{maatgevend}$	82 mm				
$M_{Ed} < M_{Rd} = A_s \times f_{yd} \times z$	9,625 <	18 kNm	Voldoet		
$A_s = M_{Ed} / (f_{yd} \times z)$	269 mm ²			$\eta = e \times A_c / W$ 4813 -	
$A_{s,min1} = M_{E,min} / (f_{yd} \times z)$	255 mm ²			$M_{E,min} = f_{ctm} \times W$ 9,1 kNm	
$A_{s,min2} = 1,25 \times A_s$	337 mm ²			$A_{s,max} = 0,04 \times A_c$ 4800 mm ²	
$A_{s,ben} = \max[A_s; \min(A_{s,min1}; A_{s,min2})]$	269 mm ²	<	$A_{s,aanw}$ 503 mm ²		Voldoet

Controle beton ongescheurd of gescheurd

$x_{ong} = (A_c \times x_c + A_s \times x_s \times n) / (A_c + A_s \times n)$	61 mm		$I_0 = 1/12 \times b \times h^3 + A_c \times (1/2 \times h - x_{ong})^2 + A_s \times (d - x_{ong})^2$	
$n = E_s / E_c - 1$	11 -		$I_0 = 1E+08 \text{ mm}^4$	
$E_c = f_{cd} / 1,75 \text{ ‰}$	17143 MPa		$Z_0 = 59 \text{ mm}$	
$M_{freq} < M_r = f_{ctm} \times I_0 / Z_0$	0 kNm <	10 kNm		Beton ongescheurd

Scheurbeheersing minimale wapening (conform EC2 art. 7.3.2)

$k_c = 0,4 \times (1 - (\sigma_c / (k_1 \times h/h^* \times f_{ct,eff})))$	0,40 -	σ_c 0,0 MPa	$f_{ct,eff} = f_{ctm}$ 3,80 MPa	
A_{ct}	60000 mm ²	$\sigma_s = f_{yk}$ 500 MPa	h^* 120 mm	
$A_{s,min} / \sigma_s = k_c \times k \times f_{ct,eff} \times A_{ct}$	91 kN	k_1 0,67 - (trekkracht)	k 1,00	
$A_{s,min}$	182 mm ²	<	$A_{s,aanw}$ 503 mm ²	Voldoet

Scheurwijdte controle SLS (conform EC2 art. 7.3.4)

E_s	200000 N/mm ²	E_{cm}	36283 N/mm ²	
$\alpha_e = E_s / E_{cm}$	5,51 -	k_1	0,8 - (hoge aanhechting)	
$\rho = A_s / (b \times d)$	0,006 -	k_2	0,5 - (0,5 voor buiging / 1,0 voor zuivere trek)	
$x_e = (-\alpha_e \times \rho + \sqrt{(\alpha_e \times \rho)^2 + 2 \times \alpha_e \times \rho}) \times d$	19 mm	k_3	3,4 -	
$Z_{slank} = d - 1/3 \times x_e$	80 mm	k_4	0,425 -	
$Z_{maatgevend}$	80 mm	K_f	0,4 - (langdurende belasting)	
$\sigma_s = M_{freq} / (A_s \times Z)$	0 MPa	k_x	1,2 = ($c_{toegepast} / c_{nom}$) \leq 2	
$h_{eff} = \min[2,5 \times (h - d); (h - x_e) / 3; h / 2]$	34 mm			
$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff}$	0,01 -			
$s_{r,max} = k_3 \times c + k_1 \times k_2 \times k_4 \times \varnothing / \rho_{p,eff} \leq \max[(50 - 0,8 \times f_{ck}) \times \varnothing; 15 \times \varnothing]$	193 mm	>	120 mm	

$(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = (\sigma_s - K_t \times f_{ct,eff} / \rho_{p,eff} \times (1 + \alpha_e \times \rho_{p,eff})) / E_s$	-0,55 ‰	<	$0,6 \times \sigma_s / E_s$	0,00 ‰
$w_k = s_{r,max} \times (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	0,00 mm			
$w_k < w_{max} \times k_x$	0,00 mm	<	0,36 mm	Voldoet
Dwarskracht controle ULS (conform EC2 art. 6.2)				
$V_{Rd,c1} = [C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d$	61 kN		k_1 0,15 -	
$k = 1 + \sqrt{(200 / d)} \leq 2,0$	2,00 -		σ_{cp} 0,00 MPa	< $0,2 \times f_{cd}$ 6,00 MPa
$\rho_l = A_{sl} / (b_w \times d) \leq 0,02$	0,006		α_{cw} 1,00 -	
$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C$	0,12 -			
$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2}$	0,66 MPa		$\Delta F_{td} = 0,5 \times V_{Ed} \times (\cot \theta - \cot \alpha)$	0 kN
$V_{Rd,c2} = (v_{min} + k_1 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$	57 kN			
$V_{Ed} < \max [V_{Rd,c1}; V_{Rd,c2}]$	39 <	61 kN	Voldoet, geen dwarskrachtwapening nodig	
$V_{Rd,s} = A_{sw} / s \times z \times f_{ywd} \times (\cot \theta + \cot \alpha) \times \sin \alpha$	##### kN		α 90 ° (hoek dwarskrachtwapening)	
$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} (\cot \theta + \cot \alpha) / (1 + \cot^2 \theta)$	607 kN		θ 45 ° (drukdiagonaal)	
$v_1 = v = 0,6 \times [1 - f_{ck} / 250]$	0,49 -		n 2 aantal snedes	
$V_{Ed} < \min [V_{Rd,s}; V_{Rd,max}]$	39 #####	##### kN		###