Ringersbrug

Vervanging remmingwerk 8507 Zuidzijde

Opdrachtgever:	Stadswerk 072 N.V.
Referentie:	INFR210413
Revisie:	0
Datum:	16 mei 2022

Iv-Infra b.v.

Ingenieursbureau met Passie voor Techniek

Titel document:	Ringersbrug
Ondertitel document:	Vervanging remmingwerk 8507 Zuidzijde
Referentie:	INFR210413
Revisie:	0
Datum:	16 mei 2022
Opdrachtgever:	Stadswerk 072 N.V.
Projectnummer opdrachtgever:	Bestek 2021-07
Project:	

Opgesteld door:	M.Q. Huisman
Gecontroleerd door:	B. van Aken
Goedgekeurd door:	M. Zewald

© Iv-Infra b.v., Alle rechten voorbehouden, Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Iv-Infra b.v.

Inhoudsopgave

1	**Projectomschrijving en achtergrond**	**5**
1.1.	Project	5
1.2.	Doel ontwerpberekening	5
2	**Ontwerp**	**6**
2.1.	Vormgeving	6
2.2.	Opbouw remmingwerken	6
3	**Uitgangspunten**	**8**
3.1.	Documenten opdrachtgever	8
3.2.	Documenten derden	8
3.3.	Documenten Iv-Infra	8
3.4.	Normen en richtlijnen	8
3.5.	Software	8
3.6.	Scheepvaart	9
3.7.	Materialen	10
3.8.	Peilen	10
3.9.	Levensduur, betrouwbaarheidsklasse en corrosie	10
3.10.	Uitgangspunten ontwerp remmingwerk	10
3.10.1.	Maatvoering	10
3.10.2.	Vervorming	10
4	**Modellering**	**11**
4.1.	Berekeningswijze remmingwerk	11
4.2.	Berekeningswijze dukdalf	12
4.3.	Bodemopbouw en parameters	13
5	**Belastingen, factoren en combinaties**	**15**
5.1.	Belastingen	15
5.1.1.	EG/RB – Eigen gewicht en rustende belasting	15
5.1.2.	AV – Aanvaring	15
6	**Berekeningsresultaten**	**17**
6.1.	Hoofdberekening	17
6.1.1.	Buispalen	17
6.1.2.	Gordingen	18
6.1.3.	Dukdalf	18
6.2.	Vervormingen	18
6.3.	Detailberekeningen	19
6.3.1.	Paaldraagkracht	19

6.3.2. Klemconstructie 20

BIJLAGEN **21**

A. Energieberekening 21
B. SCIA-uitvoer 22
C. D-Sheet Piling-uitvoer 23
D. Paaldraagkracht 24
E. Klemconstructie 25

1 Projectomschrijving en achtergrond

1.1. Project

Het zuidelijk remmingwerk van de Ringersbrug in het Noordhollandsch kanaal te Alkmaar verkeert in slechte staat. Dit is voor de gemeente Alkmaar aanleiding te besluiten het zuidelijk remmingwerk te vervangen. Recent is het noordelijk remmingwerk vervangen. Iv-Infra heeft destijds hiervoor het ontwerp gemaakt.

Iv-Infra heeft opdracht gekregen voor de engineering van het remmingwerk. Dit rapport beschrijft de uitgangspunten en randvoorwaarden, de aanpak en resultaten van de ontwerpberekening van het DO.

1.2. Doel ontwerpberekening

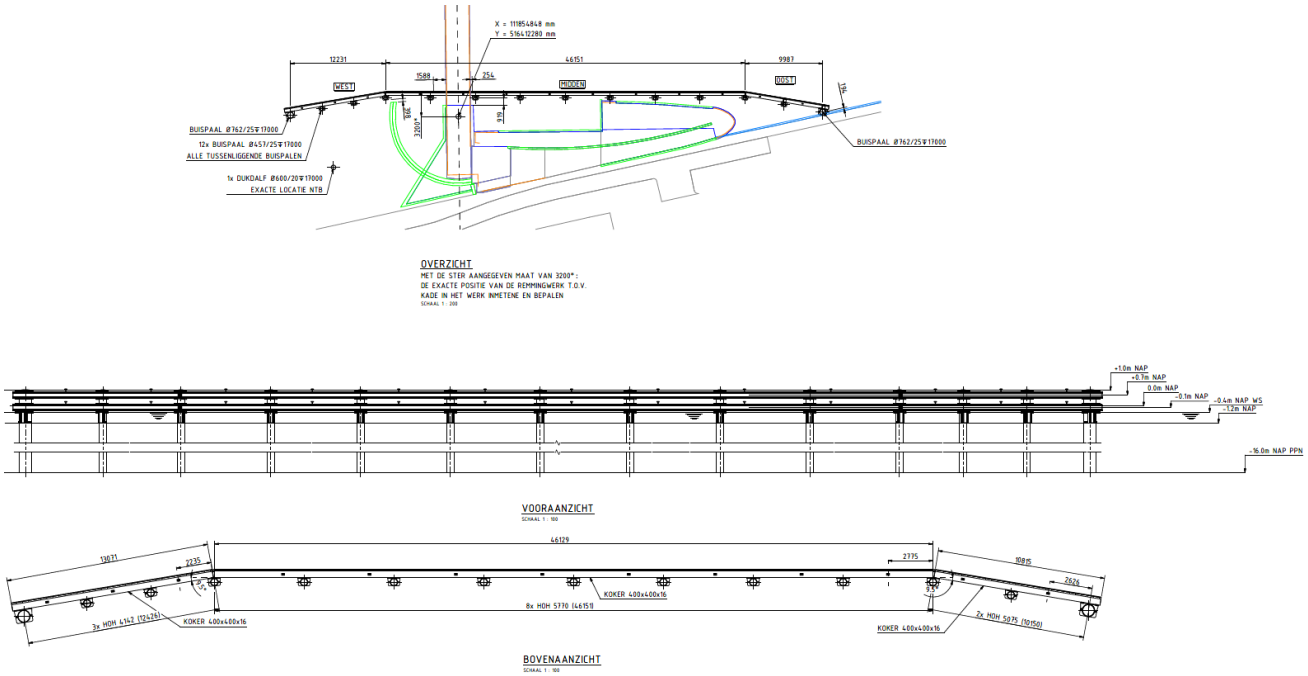
De ontwerpberekening is opgesteld om het definitief ontwerp vast te stellen en te onderbouwen. Op basis van de ontwerpberekening zijn de dimensies en detaillering van het remmingwerk bepaald.

De toekomstplannen m.b.t. het onderhoud of het vervangen van de Ringersbrug is nog onbekend. In het ontwerp van het remmingwerk is daarom rekening gehouden met het hergebruik van de constructie op deze locatie.

2 Ontwerp

2.1. Vormgeving

De bestaande remmingwerken aan de zuidzijde van de Ringersbrug bestaan uit houten palen en een dukdalf. De nieuwe constructie zal volledig worden vervaardigd in staal, zie Figuur 2-1.



Figuur 2-1 Ontwerp remmingwerk Ringersbrug zuidzijde

2.2. Opbouw remmingwerken

Het remmingwerk is opgebouwd uit buispalen met twee gordingen. Op de gordingen wordt hakorit toegepast. Het remmingswerk heeft aan weerszijden een buispaal met diameter Ø762 mm en een wanddikte van 25 mm. Daar tussenin hebben de buispalen een diameter van Ø457 mm en een wanddikte van 25 mm. Alle buispalen hebben sterkteklasse X65/S450.

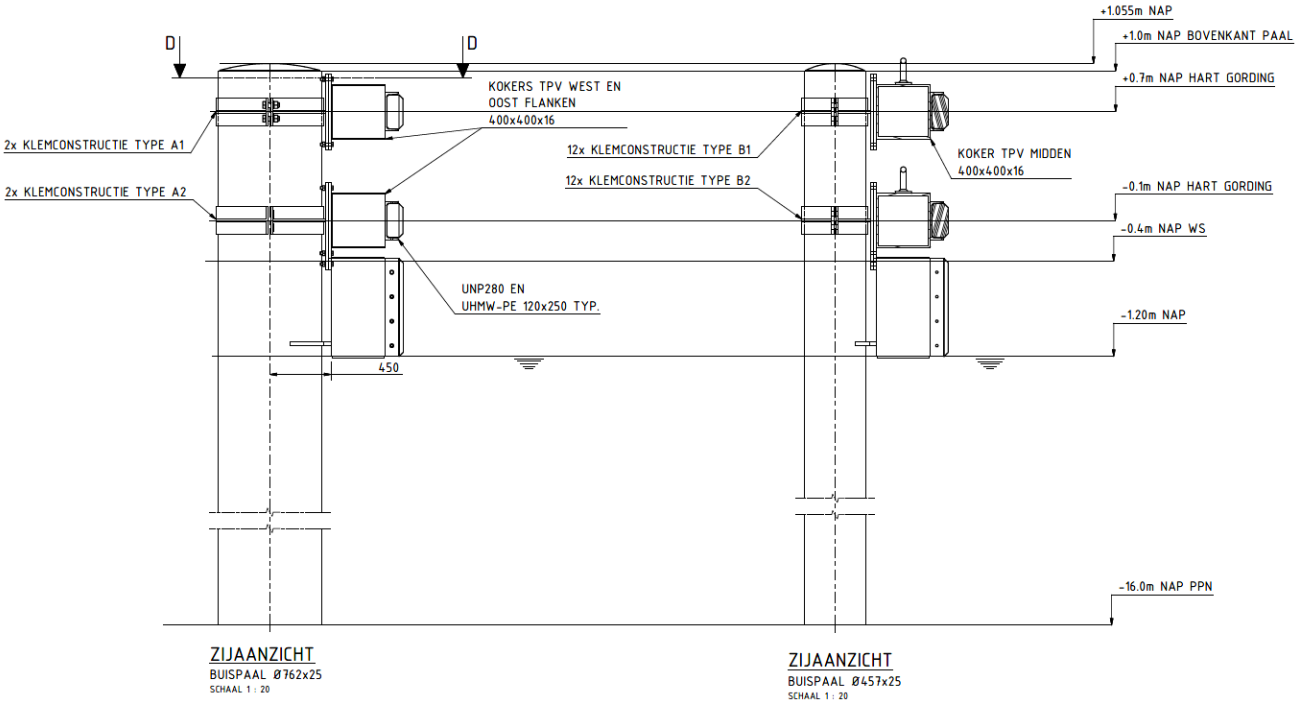
De h-o-h. afstand varieert. Aan de westzijde waar het remmingwerk onder een helling van 1:6 staat is de h-o-h. afstand 4,142 m. Aan de oostzijde van het remmingwerk dat onder een helling van 1:6 staat is de h-o-h. afstand 5.075 m. De tussenliggende palen hebben een h-o-h. afstand van 5,769 m.

De lengte van het remmingwerk bedraagt circa 65,6 m.

Het remmingwerk heeft 2 gordingen. De h-o-h afstand tussen de gordingen bedraagt 800 mm.

De NAP hoogtes van het hart van de gordingen bedragen NAP -0,10 m en NAP +0,70 m. De gordingen bestaan uit kokerprofielen 400x400x16. De kokerprofielen hebben sterkteklasse S355. Op alle kokerprofielen worden UNP280 profielen in sterkteklasse S355 aangebracht.

Afbeelding Figuur 2-1 geeft het ontwerp van het remmingwerk weer. Het paalkopniveau komt op NAP + 1,00 m. Het paalpuntniveau komt op NAP -15,50 m. De lengte van de buizen bedraagt 16,50 m. De palen krijgen in de uitvoering een overlengte van 0,50 m. Dit is t.b.v. hergebruik van de palen. De aan te brengen palen hebben een lengte van 17,0 m. Bij hergebruik kan 0,50 m aan de bovenzijde worden afgesneden wanneer er beschadigingen ontstaan tijdens de werkzaamheden.



Figuur 2-2 Remmingwerk Ringersbrug zuidzijde

Aan de westzijde van het remmingwerk komt tussen het remmingwerk en de kade een dukdalf. De dukdalf bestaat uit een buispaal met een diameter van Ø660 mm en een wanddikte van 20 mm. De buispaal heeft sterkteklasse X65/S450. De top van de buispaal is op NAP +1,00 m en het paalpuntniveau ligt op NAP -18,00 m. De lengte van de buispaal bedraagt 19,00 m.

3 Uitgangspunten

3.1. Documenten opdrachtgever

De onderstaande documenten zijn gebruikt als uitgangspunt voor het ontwerp van het remmingwerk.

- Tekening Ringersbrug geleidewerken, meerstoel en details, tekening nr. 86806 (1996);

3.2. Documenten derden

- Sondering ten behoeve van het vervangen van remmingwerken Noordhollandsch kanaal te Almaar, 30-10-2014, BAM Nelis De Ruiter.

3.3. Documenten Iv-Infra

- Vervangen remmingwerken Zuidzijde Ringersbrug – startnotitie rev1a 12-08-2021;
- Remmingswerk Ringersbrug – Inspectierapportage rev1.0 27-05-2021.

3.4. Normen en richtlijnen

In

Tabel 3-1 staan de normen en richtlijnen die van toepassing zijn op het ontwerp van het remmingswerk.

Tabel 3-1 – Normen en richtlijnen

Nr.	Document	Titel
1	NEN-EN 1990+A1+A1/C2:2019 nl	Eurocode: Grondslagen voor het constructief ontwerp
2	NEN-EN 1991-1-1+C1+C11:2019 nl	Eurocode 1: Belastingen op constructies
3	NEN-EN 1991-1-1+C1+C11:2019/NB:2019 nl	Nationale bijlage bij NEN-EN 1991-1-1+C1+C11:2019 nl
4	NEN-EN 1993-1-1+C2+A1:2016 nl	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies
5	NEN-EN 1993-1-1+C2+A1/NB:2016 nl	Nationale bijlage bij NEN-EN 1993-1-1+C2+A1:2016 nl
6	NEN-EN 1997-1+C1+A1:2016 nl	Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp
7	NEN-EN 1997-1+C1+A1/NB:2016 nl	Nationale bijlage bij NEN-EN 1997-1+C1+A1:2016 nl
8	CUR166	Damwandconstructies, 6e herziene druk
9	RVW 2020	Richtlijnen Vaarwegen 2020
10	EAU2012	Recommendations of the Committee for Waterfront Structures Harbours and Waterways EAU2012

3.5. Software

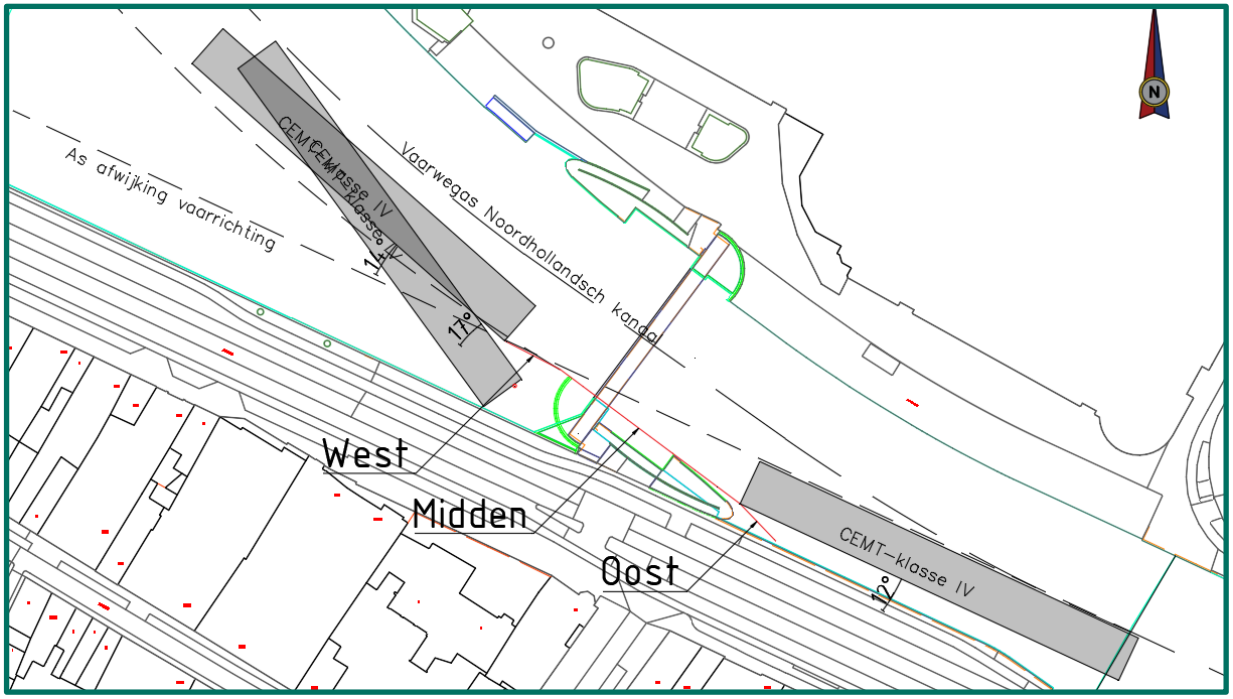
- SCIA Engineer 20.0.3019
- Microsoft Excel
- D-Sheet-Piling 19.3.2.282346

3.6. Scheepvaart

Het Noordhollandsch kanaal is een vaarweg voor scheepvaart met CEMT-klasse IV. Op basis van de eigenschappen van onderstaand maatgevend binnenvaartschip wordt het remmingwerk ontworpen:

- Lengte schip: l_s = 86 m
- Breedte schip: b_s = 9,6 m
- Massa: m_s = max 1500 ton (waterverplaatsing)
- Diepgang: d_s = 3,0 m
- Maximale aanvaarsnelheid: v_y = 1,67 m/s

Het remmingwerk wordt onder een helling van 1:6 en evenwijdig uitgevoerd met de vaarwegas. Voor de botskracht op het remmingwerk wordt uitgegaan van een CEMT-IV schip. Vanuit westelijke richting heeft het scheepvaartverkeer een aanvaarhoek van 14° en vanuit oostelijke richting een hoek van 12° t.o.v. het remmingwerk, zie Figuur 3-1. In het figuur staat een as van een afwijkende vaarrichting. Het wordt onwaarschijnlijk geacht dat een CEMT-klasse IV vanuit oostelijke richting op het oostelijk deel van het remmingwerk botst.
De dukdalf aan de westzijde wordt berekend op een aanvaarhoek van 17°. Het is onwaarschijnlijk dat de dukdalf door CEMT-klasse IV wordt aangevaren aangezien de hoekafwijking aanzienlijk is t.o.v. de vaarwegas. Wanneer een schip toch op deze wijze afwijkt zal het ook de kadeconstructie raken. Wanneer er een rekening wordt gehouden met een frontale aanvaring met de dukdalf zal er een dusdanige constructie komen die niet in verhouding staat met de functie van de dukdalf; het waarschuwen van scheepvaart voor aanvaring met constructie van de Ringersbrug.



Figuur 3-1 Vaarwegas Noordhollandsch kanaal

3.7. Materialen

In de berekeningen wordt uitgegaan van staalkwaliteit S450J0H/J2H voor de buispalen en S355J0/J2 voor de gordingen en overige stalen onderdelen. De materiaaleigenschappen van de sterkteklassen staan in Tabel 3-2.

Tabel 3-2 – Materiaaleigenschappen staal (bron: NEN-EN 1993-1-1+C2:2016, tabel 3.1)

Nr.	Sterkteklasse	E [N/mm^2]	f_y [N/mm^2]	f_u [N/mm^2]
1	S355	$2{,}1 \cdot 10^5$	355	490
2	S450	$2{,}1 \cdot 10^5$	440	550

3.8. Peilen

De waterstand in het Noordhollandsch kanaal is NAP -0,4 m. De waterbodem varieert tussen NAP -3,8 m en NAP -4,8 m .

3.9. Levensduur, betrouwbaarheidsklasse en corrosie

De staalconstructie van het remmingswerk worden ontworpen met minimaal een levensduur van 60 jaar.

De betrouwbaarheidsklasse van het remmingswerk is CC3 volgens de NEN-EN 1990:2019.

De constructie komt in het water te staan. Dit betekent dat er corrosie kan optreden. Volgens de CUR 166, deel 2, art. 5.2.2 Corrosie van staal, bedraagt de corrosie 0,012 mm/jaar. Ervan uitgaande dat de conservering de eerste 15 jaar van voldoende kwaliteit is kan er maximaal 45 jaar corrosie optreden. De wandreductie bedraagt 0,54 mm per zijde over 45 jaar. Er is in de berekening rekening gehouden met een totale wanddiktereductie door corrosie van 1,08 mm.

3.10. Uitgangspunten ontwerp remmingwerk

3.10.1. Maatvoering

Volgens de RVW 2020 dienen geleide- en remmingwerken de volgende eigenschappen te hebben:

- Helling gording met vaarweg: 1:6
- Hoogte van bovenkant bovenste gording: 2,5 m boven MHWS (4.9.1)
- Ruimte tussen gordingen: ± 0,5 m (4.9.1)
- Doorzetten gording onder MLWS: tot 0,5 m onder MLWS (4.9.1)

De bovenkant van de bovenste gording van de remmingwerken komt op 1,3 m (NAP + 0,9 m) boven het gemiddeld waterpeil i.v.m. benodigde vrije ruimte zodat de beweegbare brug kan openen en sluiten.

3.10.2. Vervorming

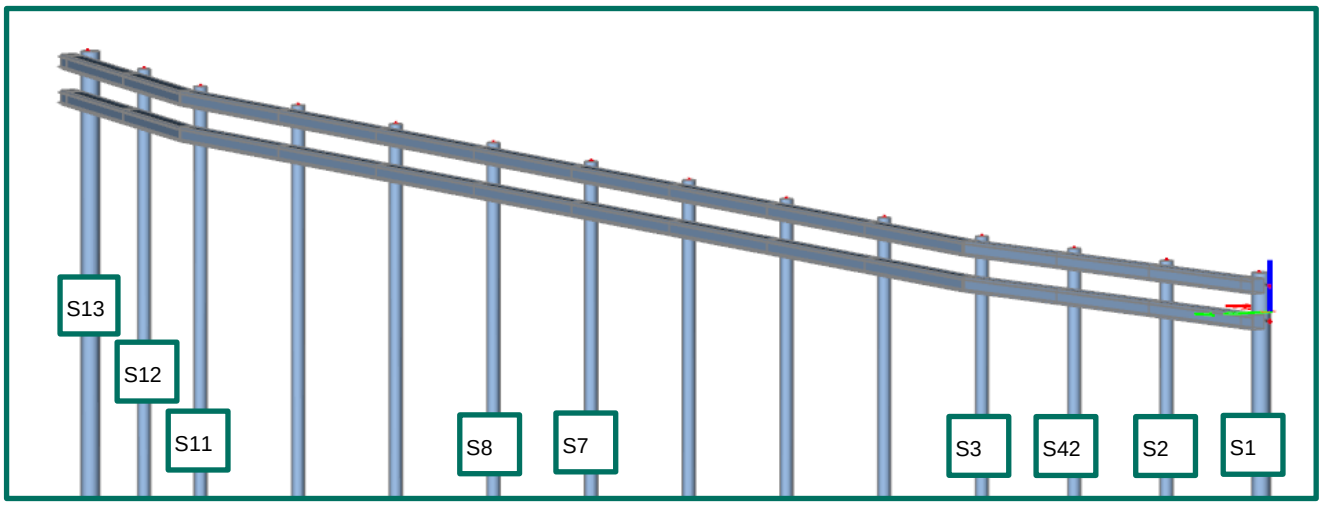
Er zijn geen afspraken gemaakt m.b.t. maximaal toelaatbare vervorming, behalve dat het bestaande ontwerp van het remmingwerk aan de noordzijde van de Ringersbrug als voorbeeld gebruik dient te worden. De maximaal toelaatbare vervorming bij het remmingwerk aan de noordzijde van de Ringersbrug is 250 mm.

4 Modellering

4.1. Berekeningswijze remmingwerk

De berekening is al volgt uitgevoerd. In het programma SCIA Engineer 2020 is het gehele remmingwerk gemodelleerd als staaf constructie. Voor het paaldeel in de bodem is per grondlaag een verende lijnoplegging ingevoerd, waarbij de veerstijfheid afkomstig is uit Tabel 4-2 en Tabel 4-3. Met behulp van Excel wordt de aanvaarbelasting en de verplaatsing bepaald. De aanvaarbelasting wordt op zijn beurt ingevoerd in het SCIA-model. Dit levert een verplaatsing op in het SCIA-model. Door een iteratief proces toe te passen tussen Excel en SCIA, worden uiteindelijk waardes gevonden welke gelijk zijn aan elkaar. Met de resultaten uit SCIA wordt het remmingwerk getoetst op sterkte en vervorming.

In D-sheet wordt een controleslag uitgevoerd, waarbij de bodem gecontroleerd wordt op bezwijken. De grondparameters zijn in D-sheet ingevoerd. De waardes hiervoor zijn afkomstig uit de genoemde sonderingen. Echter, in D-sheet wordt uitgegaan van één te dimensioneren buispaal. Dit in tegentelling tot in SCIA waar een compleet model bestaande uit meerdere buispalen gekoppeld door de gordingen gedimensioneerd wordt. Net als in SCIA wordt met Excel de aanvaarbelasting en verplaatsing bepaald aan de hand van de energiesom. Door een belasting in te voeren in D-sheet levert dit een verplaatsing op in het model. Door een iteratief proces toe te passen tussen Excel en D-sheet, worden uiteindelijk waardes gevonden welke gelijk zijn aan elkaar. Met de resultaten uit D-sheet wordt de bodem getoetst op bezwijken. In D-sheet wordt geen controle gedaan op sterkte en vervorming van de buispaal.



Figuur 4-1 SCIA-model remmingwerk 8607 zuidzijde

In Figuur 4-1 is het rekenmodel in SCIA weergegeven. Alle buispalen hebben een sterkteklasse van S450 en de gordingen van S355. In

Tabel 4-1 staan de belastingsgevallen waarbij een botsbelasting als puntlast is aangebracht in het model.

Tabel 4-1 Belastingsgevallen

Belastingsgeval	Locatie
AV1	Ter plaatse van buispaal S1, bovenste regel uitkraging
AV2	Ter plaatse van buispaal S1, onderste regel
AV3	Ter plaatse van buispaal S2, onderste regel
AV4	Tussen buispaal S1 en S2, onderste regel
AV5	Tussen buispaal S3 en S42, onderste regel
AV6	Tussen buispaal S7 en S8, onderste regel
AV7	Ter plaatse van buispaal S3, bovenste regel
AV8	Ter plaatse van buispaal S8, onderste regel
AV9	Ter plaatse van buispaal S8, bovenste regel
AV10	Ter plaatse van buispaal S11 bovenste regel
AV11	Tussen buispaal S11 en S12, onderste regel
AV12	Ter plaatse van buispaal S12, onderste regel
AV13	Tussen buispaal S12 en S13, onderste regel
AV14	Ter plaatse van buispaal S13, onderste regel
AV15	Ter plaatse van buispaal S13, bovenste regel uitkraging

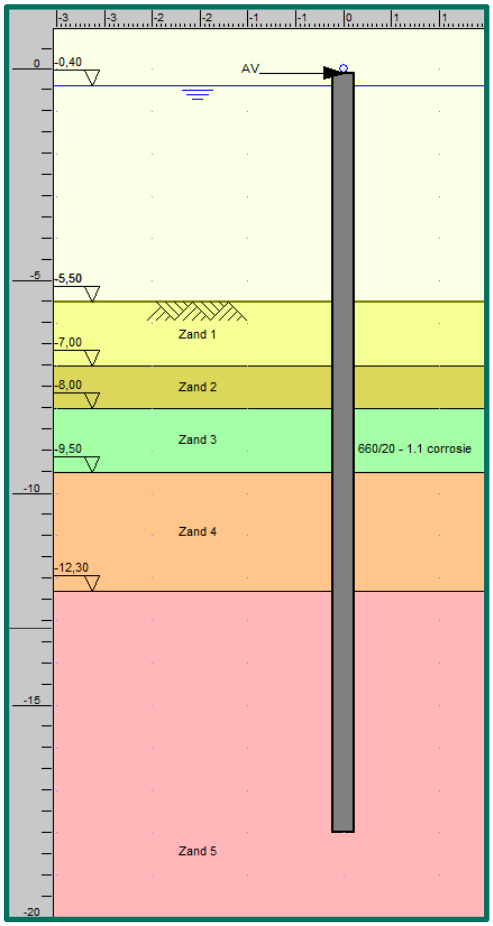
Doorgaans treedt de maximale aanvaarbelasting op bij de onderste regel, omdat de veerstijfheid, en dus ook de aanvaarkracht, ten opzichte van bovenste regel hier het grootst wordt is de belasting op de onderste gording maatgevend om te toetsen op sterkte.
Voor het toetsen van de maximale vervorming is de bovenste regel maatgevend.
Elke energieberekening geeft een unieke botskracht die in het rekenmodel is gebracht. Dit betekent voor het remmingwerk dat er in het rekenmodel meerdere belastinggevallen voor aanvaring zijn verwerkt, zie paragraaf 5.1.2. De energieberekening is met de energiemethode uit het boek ‘Recommandations of the Committee for Waterfront Structures Harbours and Waterways EAU 2012’ volgens paragraaf 6.15.4 uitgevoerd.

4.2. Berekeningswijze dukdalf

De berekening is als volgt uitgevoerd. In D-Sheet Piling is een enkele buispaal gemodelleerd. Voor het paaldeel in de bodem is per grondlaag een elasticiteitsmodules toegekend afkomstig uit Tabel 4-4. De waarden in de tabel zijn gebaseerd op gegevens van de sondering. Met behulp van Excel wordt de aanvaarbelasting en de verplaatsing bepaald. De aanvaarbelasting wordt op zijn beurt ingevoerd in het model in D-Sheet Piling. Dit levert een verplaatsing op in het D-Sheet Piling-model. Door een iteratief proces toe te passen tussen Excel en D-Sheet Piling, worden uiteindelijk waardes gevonden welke gelijk zijn aan

elkaar. Met de resultaten uit D-Sheet Piling wordt de dukdalf getoetst op sterkte en vervorming en de bodem op bezwijken.

In Figuur 4-2 is het rekenmodel in D-Sheet Piling weergegeven. De buispaal wordt uitgevoerd in sterkteklasse S450. In Tabel 5-2 staat het belastingsgeval waarbij een botsbelasting als puntlast is aangebracht in het model.



Figuur 4-2 D-Sheet Piling-model dukdalf

4.3. Bodemopbouw en parameters

De bodemopbouw is aan de hand van de sonderingen bepaald. Er zijn 2 sonderingen gemaakt, S17 en S18, nabij de Ringersbrug zuidzijde. In Tabel 4-2 en Tabel 4-3 staan de rekenparameters per paaldiameter. Sondering S17 is maatgevend.

Tabel 4-2 Grondparameters sondering S17 t.b.v. veerconstante voor buispaal Ø457

Grondsoort	Van [NAP]	Tot [NAP]	Yn/Yd [kN/m3]	φ' [°]	δ [°]	c' [kN/m2]	qc MPa	Em MPa	alpha -	Beddingconstante* [kN/m3]	Deq [m]	kh** [kN/m]
slib	bodem	-5,5	-	-	-		-	-	-	-	-	-
zand	-5,5	-7,0	18/20	32,5	21,7	0	8,0	6,80	0,33	40983	0,46	18729
zand	-7,0	-8,0	18/20	30	20	0	7,0	5,95	0,33	35860	0,46	16388
zand	-8,0	-9,5	18/20	30	20	0	1,0	0,85	0,33	5123	0,46	2341
zand	-9,5	-12,3	18/20	30	20	0	3,0	2,55	0,33	15368	0,46	7023
zand	-12,3	-15,5	18/20	32,5	21,7	0	15,0	12,75	0,33	76842	0,46	35117
zand	-15,5		18/20	32,5	21,7	0	15,0	12,75	0,33	76842	0,46	35117

Tabel 4-3 Grondparameters sondering S17 t.b.v. veerconstante voor buispaal Ø762

Grondsoort	Van [NAP]	Tot [NAP]	Yn/Yd [kN/m3]	φ' [°]	δ [°]	c' [kN/m2]	qc MPa	Em MPa	alpha -	Beddingconstante* [kN/m3]	Deq [m]	kh** [kN/m]
slib	bodem	-5,5	-	-	-		-	-	-	-	-	-
zand	-5,5	-7,0	18/20	32,5	21,7	0	8,0	6,80	0,33	28674	0,76	21849
zand	-7,0	-8,0	18/20	30	20	0	7,0	5,95	0,33	25090	0,76	19118
zand	-8,0	-9,5	18/20	30	20	0	1,0	0,85	0,33	3584	0,76	2731
zand	-9,5	-12,3	18/20	30	20	0	3,0	2,55	0,33	10753	0,76	8194
zand	-12,3	-15,5	18/20	32,5	21,7	0	15,0	12,75	0,33	53763	0,76	40968
zand	-15,5		18/20	32,5	21,7	0	15,0	12,75	0,33	53763	0,76	40968

Tabel 4-4 Grondparameters sondering S17 t.b.v. veerconstante voor buispaal Ø660

Grondsoort	Van [NAP]	Tot [NAP]	Yn/Yd [kN/m3]	φ' [°]	δ [°]	c' [kN/m2]	qc MPa	Em MPa	alpha -	Beddingconstante* [kN/m3]	Deq [m]	kh** [kN/m]
Slib	bodem	-5,5	-	-	-		-	-	-	-	-	-
zand	-5,5	-7,0	18/20	32,5	21,7	0	8,0	6,80	0,33	30579	0,66	20182
zand	-7,0	-8,0	18/20	30	20	0	7,0	5,95	0,33	26757	0,66	17660
zand	-8,0	-9,5	18/20	30	20	0	1,0	0,85	0,33	3822	0,66	2523
zand	-9,5	-12,3	18/20	30	20	0	3,0	2,55	0,33	11467	0,66	7568
zand	-12,3	-15,5	18/20	32,5	21,7	0	15,0	12,75	0,33	57337	0,66	37842
zand	-15,5		18/20	32,5	21,7	0	15,0	12,75	0,33	57337	0,66	37842

5 Belastingen, factoren en combinaties

5.1. Belastingen

5.1.1. EG/RB – Eigen gewicht en rustende belasting

Eigen gewicht en rustende belastingen (bevestigingsmiddelen, UHMWPE-fender, et cetera) zijn niet in de SCIA-rekenmodellen in rekening gebracht daar zij een verwaarloosbaar klein aandeel hebben in de spanningen en vervormingen van de constructie. Voor de berekening van de klemconstructie en de paalpuntweerstand is het eigengewicht handmatig bepaald, zie paragraaf 6.2.

5.1.2. AV – Aanvaring

Er is gewerkt met een botsbelasting afkomstig van de energieberekening. In SCIA wordt het remmingwerk belast met een eenheidlast. Door de verhouding tussen de eenheidslast en de vervorming kan de constructie een bepaalde hoeveelheid energie opnemen. In Tabel 5-1 staan de botsbelasting en vervorming per belastinggeval. In bijlage 0 staat de energieberekening.

Tabel 5-1 Belastingsgevallen, vervorming, veerstijfheid t.p.v. botspunt en energie schip op remmingwerk

Belasting door afmeren, afmeerenergie Remmingwerk 8507 Zuidzijde (west)	F [kN]	u_{totaal} [mm]	k [kN/m]	E [kNm]
AV1 - Ter plaatse van buispaal S1, bovenste regel uitkraging	626	227	2.758	71
AV2 - Ter plaatse van buispaal S1, onderste regel	750	190	3.954	71
AV3 - Ter plaatse van buispaal S2, onderste regel	875	162	5.388	71
AV4 - Tussen buispaal S1 en S2, onderste regel	859	166	5.190	71
AV5 - Tussen buispaal S3 en S42, onderste regel	770	184	4.178	71
AV6 - Ter plaatse van buispaal S3, bovenste regel	657	216	3.039	71
AV7 - Tussen buispaal S7 en S8, onderste regel	548	169	3.252	46
AV8 - Ter plaatse van buispaal S8, onderste regel	555	166	3.335	46
AV9 - Ter plaatse van buispaal S8, bovenste regel	482	192	2.512	46
AV10 - Ter plaatse van buispaal S11, bovenste regel	517	178	2.898	46
AV11 - Tussen buispaal S11 en S12, onderste regel	616	150	4.115	46
AV12 - Ter plaatse van buispaal S12, onderste regel	663	139	4.763	46
AV13 - Tussen buispaal S12 en S13, onderste regel	674	137	4.920	46
AV14 - Ter plaatse van buispaal S13, onderste regel	593	155	3.816	46
AV15 - Ter plaatse van buispaal S13, bovenste regel uitkraging	497	186	2.673	46

De botsbelasting op de dukdalf is afkomstig van de energieberekening. In D-Sheet Piling wordt de paal belast met een eenheidlast. Door een verhouding tussen de eenheidslast en de vervorming kan de constructie een bepaalde hoeveelheid energie opnemen. In Tabel 5-1 staan de botsbelasting en vervorming per belastinggeval. In bijlage 0 staat de energieberekening.

Tabel 5-2 Belastingsgevallen, vervorming, veerstijfheid t.p.v. botspunt en energie schip op dukdalf

Belasting door afmeren, afmeerenergie Remmingwerk 8507 Zuidzijde (west)	F [kN]	u_{totaal} [mm]	k [kN/m]	E [kNm]
AV – Ter hoogte van NAP -0,10 m op buispaal	386	555	696	107

6 Berekeningsresultaten

6.1. Hoofdberekening

6.1.1. Buispalen

De buispalen zijn ontworpen op sterkte. De SCIA-uitvoer is te vinden in bijlage B. De berekeningsresultaten zijn als volgt. De waarden $M_{u,pl,d}$ en $V_{u,pl,d}$ zijn bepaald middels NEN-EN 1993-1-1 en berekend met wanddikteafname na 45 jaar.
In Tabel 6-1 staan de toetsresultaten van de buispalen. Hierbij is bij elke paal een reductie op de paaldikte van 1,08 mm meegenomen i.v.m. corrosie over 45 jaar.
De palen vallen in doorsnedeklasse 1 en 2, de palen zijn plastisch getoetst.

Tabel 6-1 Toetsing buispalen

Belastings-geval	Maatgevend profiel	$M_{max,d}$ [kNm]	$M_{u.pl,d}$ [kNm]	$V_{max,d}$ [kN]	$V_{u,pl,d}$ [kN]	UC_M [-]	UC_v [-]	U_{max} [mm]
AV1	Ø762 x 25, paal 1	3460	5727	561	8963	0,60	0,06	223
AV2	Ø762 x 25, paal 1	3498	5727	625	8963	0,61	0,07	223
AV3	Ø457 x 25, paal 2	894	1964	312	5236	0,46	0,06	191
AV4	Ø762 x 25, paal 1	3154	5727	552	8963	0,55	0,06	199
AV5	Ø457 x 25, paal 3	953	1964	212	5236	0,49	0,04	212
AV6	Ø457 x 25, paal 3	975	1964	241	5236	0,50	0,05	228
AV7	Ø457 x 25, paal 7	818	1964	182	5236	0,42	0,03	183
AV8	Ø457 x 25, paal 8	902	1964	200	5236	0,46	0,04	198
AV9	Ø457 x 25, paal 8	866	1964	257	5236	0,44	0,05	202
AV10	Ø457 x 25, paal 11	804	1964	216	5236	0,41	0,04	188
AV11	Ø457 x 25, paal 11	768	1964	171	5236	0,39	0,03	171
AV12	Ø457 x 25, paal 12	766	1964	226	5236	0,39	0,04	164
AV13	Ø762 x 25, paal 13	2471	5727	435	8963	0,43	0,05	155
AV14	Ø762 x 25, paal 13	2874	5727	513	8963	0,50	0,06	183
AV15	Ø762 x 25, paal 13	2849	5727	462	8963	0,50	0,05	183

Alle UC's zijn kleiner dan 1,00. Volgens de SCIA-berekening voldoen de buispalen op sterkte. Voor het bepalen van het paalpunt niveau zijn botsbelastingen welke omschreven zijn in paragraaf 5.1.2 ingevoerd in D-Sheet. De buispalen Ø762 x 25 en Ø457 x 25 voldoen bij een sterkteklasse van S450 en het paalpuntniveau op NAP -15,50 m (zie bijlage C).

6.1.2. Gordingen

De gordingen zijn ontworpen op sterkte. De SCIA-uitvoer is te vinden in bijlage B. De berekeningsresultaten zijn als volgt. De waarden $M_{u,pl,d}$ en $V_{u,pl,d}$ zijn bepaald middels NEN-EN 1993-1-1.
In Tabel 6-2 staan de toetsresultaten van de gordingen.

Tabel 6-2 Toetsing gordingen

Belasting-geval	Maatgevend profiel	$M_{max,d}$ [kNm]	$M_{u.pl,d}$ [kNm]	$V_{max,d}$ [kN]	$V_{u,pl,d}$ [kN]	UC_M [-]	UC_V [-]
AV4	CHSCF400/16 – UNP280	786	1526	503	3387	0,52	0,15
AV5	CHSCF400/16 – UNP280	1072	1526	412	3387	0,70	0,12
AV7	CHSCF400/16 – UNP280	856	1526	274	3387	0,56	0,08
AV11	CHSCF400/16 – UNP280	944	1526	328	3387	0,62	0,10
AV12	CHSCF400/16 – UNP280	746	1526	381	3387	0,49	0,11

6.1.3. Dukdalf

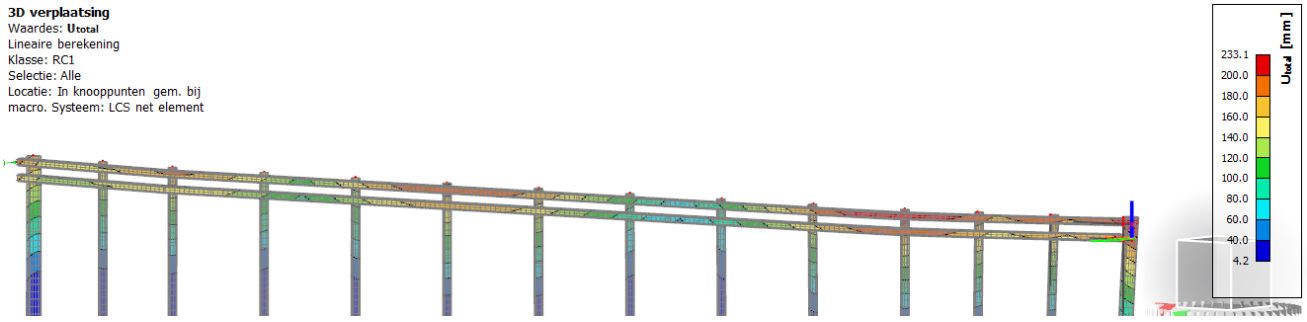
De dukdalf is ontworpen op sterkte. De D-Sheet Piling-uitvoer is te vinden in bijlage C. Het optredend moment in D-Sheet Piling wordt getoetst aan de hand van het elastisch weerstandsmoment. Het buisprofiel valt in doorsnedeklasse 2 en mag plastisch worden getoetst. De berekeningsresultaten zijn als volgt. De waarden $M_{u,pl,d}$ en $V_{u,pl,d}$ zijn bepaald middels NEN-EN 1993-1-1.
In Tabel 6-3 staan de toetsresultaten van de dukdalf.

Tabel 6-3 Toetsing dukdalf

Belastings-geval	Maatgevend profiel	$M_{max,d}$ [kNm]	$M_{u.pl,d}$ [kNm]	$V_{max,d}$ [kN]	$V_{u,pl,d}$ [kN]	UC_M [-]	UC_v [-]	U_{max} [mm]
AV	Ø660 x 20	3059	3494	617	6297	0,88	0,10	555

6.2. Vervormingen

De maximale vervorming in de constructie bedraagt 233 mm. Deze treedt op bij in meest westelijke buispaal (S1). De maximaal toelaatbare vervorming wordt gebaseerd op de door de opdrachtgever gestelde eisen naan het noordelijk remmingwerk van de Ringersbrug. Dit bedraagt een maximaal toelaatbare vervorming van 250 mm. Hier wordt aan voldaan, zie Figuur 6-1.



Figuur 6-1 SCIA Engineer resultaat 3D verplaatsing; U_{totaal}

6.3. Detailberekeningen

6.3.1. Paaldraagkracht

In bijlage D zijn de berekeningen van de verticale draagkracht van de buispalen in het remmingwerk opgenomen. Hierbij is rekening gehouden met wanddikteafname door corrosie na 45 jaar. Buispalen met afmeting Ø762 x 25 en Ø457 x 25 zijn getoetst.
De berekeningen tonen aan dat de buispalen in staat zijn het remmingwerk te dragen. Het te dragen eigen gewicht is als volgt bepaald.

Tabel 6-4 Buispaalbelasting Ø762 x 25

Onderdeel	Eigen gewicht per m[1] [kN/m]	Lengte of h-o-h afstand [m]	G [kN]
Buispaal Ø762 x 25	4,458	16,500	73,55
Koker 400x400x16 (2x)	1,883	2,534	9,54
Gording UNP 280 (2x)	0,418	2,534	2,12
UHMWPE (2x)	0,283	2,534	1,43
Eigen gewicht klemconstructie (2x)	-	-	2,00
SUBTOTAAL	-	-	*88,64*
Bevestigingsmiddelen, lassen en conservering 5%	-	-	4,43
TOTAAL	-	-	*93,07*

De combinatie 1,35 x [EG /RB] is maatgevend voor de berekening. De rekenwaarde van de buispaalbelasting is 1,35 x 93,07 = 125,65 kN.
Uit de berekening volgt UC = 0,10 < 1,00. De paaldraagkracht is voldoende.

Tabel 6-5 Buispaalbelasting Ø457 x 25

Onderdeel	Eigen gewicht per m[1] [kN/m]	Lengte of h-o-h afstand [m]	G [kN]
Buispaal Ø457 x 25	2,663	16,500	43,94
Koker 400x400x16 (2x)	1,883	5,769	21,73
Gording UNP 280 (2x)	0,418	5,769	4,82
UHMWPE (2x)	0,283	5,769	3,27
Eigen gewicht klemconstructie (2x)	-	-	2,00
SUBTOTAAL	-	-	*75,76*
Bevestigingsmiddelen, lassen en conservering 5%	-	-	3,79

Onderdeel	Eigen gewicht per m¹ [kN/m]	Lengte of h-o-h afstand [m]	G [kN]
TOTAAL	-	-	*79,55*

De combinatie 1,35 x [EG /RB] is maatgevend voor de berekening. De rekenwaarde van de buispaalbelasting is 1,35 x 79,55 = 107,39 kN.
Uit de berekening volgt UC = 0,14 < 1,00. De paaldraagkracht is voldoende.

6.3.2. Klemconstructie

De klemconstructie om de buispaal moet in staat zijn om het eigen gewicht van de gordingen te dragen. De krachten door aanvaring te weerstaan en deze krachten over te dragen naar de rest van de constructie.

De volgende onderdelen van de klemconstructie zijn berekend:

- Klemplaat;
- Koppeling klemplaat (bout M30).

De te dragen verticale belasting is bepaald in Tabel 6-6. Uit de SCIA-berekening volgt een maximale horizontale kracht op de klemconstructie van 875 kN (zie de uitvoer van belastinggeval AV3). De belastingcombinatie 1,00 [EG/RB] + 1,00 [AV] (bijzondere combinatie) is maatgevend voor het ontwerp.

Tabel 6-6 Belasting klemconstructie

Onderdeel	Eigen gewicht per m¹ [kN/m]	Lengte of h-o-h afstand [m]	G [kN]
Koker 400x400x16	1,883	5,769	10,86
Gording UNP 280	0,418	5,769	2,41
UHMWPE	0,283	5,769	1,63
Eigen gewicht klemconstructie	-	-	2,00
SUBTOTAAL	-	-	*16,90*
Bevestigingsmiddelen, lassen en conservering 5%	-	-	0,85
TOTAAL	-	-	*17,75*

Uit de berekening in bijlage E volgen de volgende UC's:

- Sterkte klemplaat: UC = 0,23 < 1,00 → voldoet
- M30-bout: UC = 0,75 < 1,00 → voldoet

Uit de berekening volgt ook de benodigde voorspankracht om de vereiste klemspanning te realiseren. Deze voorspankracht bedraagt 25 kN per bout. Het is ook mogelijk de klemconstructie op een praktische nokje op te leggen.

BIJLAGEN

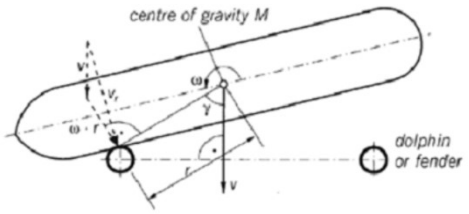
A. Energieberekening

Geleidewerk Ringersbrug Zuidzijde

Berekening energie bij aanvaring op een paal conform EAU 2012 par. 6.15.4

Opsteller: M.Q. Huisman
Datum: 16-5-2022
Revisie: 0
Revisiedatum: 16-5-2022

Locatie Ringersbrug
Onderdeel Geleidewerken zuid (west)



Gegevens

Lengte schip	l_s		=	86	m	
Breedte schip	b_s		=	9,6	m	
Diepgang schip	d_s		=	3	m	
Block factor geladen	$C_{b\ geladen}$			nvt	-	
Massa schip	m_s		=	1.500	ton	
Waterdiepte	h		=	3,75	m	
Snelheid parallel aan geleidewerk	v	6,0 km/h	=	1,67	m/s	
aanvaarhoek				14,46	°	
hoek t.o.v. as vaarweg	°			5	°	
hoek geleidewerk	°	1: 6		9,46	°	
Dwarssnelheid (drift en giersnelheid)	v_x	0,00		0,00	°	
Snelheid schip op botspunt loodrecht op remmingwerk	v_y		=	0,416	m/s	
Afstand van boeg tot parallele deel schip	r			4,8	m	uitgangspunt 1/2 maal de breedte van het schip

Algemene rekenparameters

	b	= b_s / 2	=	4,8	m	
Diepte onder het schip	c	= h - d_s	=	0,75	m	

Bepaling massa factor

Massa factor	c_m		=	1,69	-	

Bepaling stijfheidsfactor

Stijfheidsfactor	c_s		=	0,95	-	Een waarde voor Cs = 0.90 tot 1.0 mag worden aangenomen. Voor de hoge waarde geldt voor zachtere ducdalfen en kleinere schepen met stijvere zijkanten, de lagere waarde geldt voor stijvere ducdalfen en grotere schepen met relatief slappere wanden.

Bepaling excentriciteitsfactor

Massatraagheidsradius	k_r	= 0,25 * ls	=	21,50	m	
Loodrechte afstand massazwaartepunt schip tot paal						
Afstand massazwaartepunt schip tot paal	r	$= \sqrt{(\frac{L_s}{2} - x)^2 + (\frac{B}{2})^2}$	=	38,5	m	
hoek tussen massazwaartepunt en aanvaarhoek	γ	$= 90 - \alpha - \mathrm{asin}(B/(2 * R)$	=	68,4	°	Richtinggevende waarden voor Ce voor diverse vormen van afmeren: ● eind afmeren (roro): Ce˜ 1.00 ● middenscheeps afmeren: Ce˜ 1.00 ● 1/3 afmeren: Ce˜ 0.70 ● 1/5 afmeren: Ce˜ 0.45
Excentriciteitsfactor	c_e	$= k^2 + r^2 * cos^2\gamma/(k^2 + r^2)$	=	0,34	-	

Bepaling waterkantstructuurdempingfactor

waterkantstructuurdempingfactor	c_c		=	1,00	-	Een waarde voor Cc voor open kadestructuren = 1,0. Waarden kunnen variëren afhankelijk van: bodemverschil; diepte onder schip; aanmeersnelheid; aanmeerhoek; diepte van spatbordsysteem; dwarsdoorsnede schip. Minimale waarde is 0,9.

Berekening energie

Energie schip	E	$= \frac{M_s * C_m * C_s * C_c}{2 * (k^2 + r^2} * (v^2 * (k^2 + r^2 * cos^2\gamma)$	=	71	kNm	$= \frac{M_s * C_m * C_s * C_c}{2 * (k^2 + r^2} * (v^2 * (k^2 + r^2 * cos^2\gamma) + 2 * v * \omega * r * k^2 * \sin\gamma + \omega^2 * k^2 * r^2)$

Berekening reactiekracht bij aanvaring op een paal

Bepaling reactiekracht (afhankelijk van veerstijfheid bodem en paal)

Eenheidslast (in SCIA/D-sheet ingevoerd)	F_{eenh}		=	626	kN	
Vervorming door eenheidslast t.p.v. botspunt	δ		=	227	mm	
Veerstijfheid t.p.v. botspunt	k_d	= F_{eenh} / δ	=	2758	kN/m	
Optredende reactiekracht	F_{optr}	= √(E * 2*k_d)	=	626	kN	
Optredende vervorming	u_{optr}	= F_{optr} / k_d	=	227	mm	
Controle opgenomen energie	E_{opg}	= 0,5 * F_{optr} * u_{optr}	=	71	kNm	

In tabelvorm per locatie

Belasting door afmeren, afmeerenergie Geleidewerk 8507 Zuidzijde (west)	F_{eenh} (kN)	δ (mm)	k_d (kN/m)	F_{optr} (kN)	u_{optr} (mm)	E_{opg} (kNm)
AV1 - Ter plaatse van buispaal S1, bovenste regel uitkr	626	227	2.758	**626**	227	*71*
AV2 - Ter plaatse van buispaal S1, onderste regel	750	190	3.954	**750**	190	*71*
AV3 - Ter plaatse van buispaal S2, onderste regel	875	162	5.388	**875**	162	*71*
AV4 - Tussen buispaal S1 en S2, onderste regel	859	166	5.190	**859**	165	*71*
AV5 - Tussen buispaal S3 en S42, onderste regel	770	184	4.178	**771**	184	*71*
AV6 - Ter plaatse van buispaal S3, bovenste regel	657	216	3.039	**657**	216	*71*

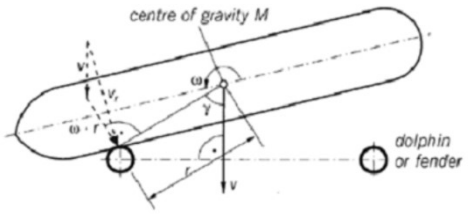
AV Dsheet - 762x25	390	365	1.069	**390**	365	*71*
AV Dsheet - 457x25	219	650	337	**219**	650	*71*

Geleidewerk Ringersbrug Zuidzijde

Berekening energie bij aanvaring op een paal conform EAU 2012 par. 6.15.4

Opsteller: M.Q. Huisman
Datum: 16-5-2022
Revisie: 0
Revisiedatum: 16-5-2022

Locatie Ringersbrug
Onderdeel Geleidewerken zuid (midden en oost)



Gegevens

Lengte schip	l_s		=	86	m	
Breedte schip	b_s		=	9,6	m	
Diepgang schip	d_s		=	3	m	
Block factor geladen	$C_{b\ geladen}$			nvt	-	
Massa schip	m_s		=	1.500	ton	
Waterdiepte	h		=	3,75	m	
Snelheid parallel aan geleidewerk	v	6,0 km/h	=	1,67	m/s	
aanvaarhoek				12,00	°	
hoek t.o.v. as vaarweg	°			12	°	
hoek geleidewerk	°	1: 0		0,00	°	
Dwarssnelheid (drift en giersnelheid)	v_x	0,00		0,00	°	
Snelheid schip op botspunt loodrecht op remmingwerk	v_y		=	0,347	m/s	
Afstand van boeg tot parallele deel schip	r			4,8	m	uitgangspunt 1/2 maal de breedte van het schip

Algemene rekenparameters

	b	= b_s / 2	=	4,8	m	
Diepte onder het schip	c	= h - d_s	=	0,75	m	

Bepaling massa factor

Massa factor	c_m		=	1,69	-	

Bepaling stijfheidsfactor

Stijfheidsfactor	c_s		=	0,95	-	Een waarde voor Cs = 0.90 tot 1.0 mag worden aangenomen. Voor de hoge waarde geldt voor zachtere ducdalfen en kleinere schepen met stijvere zijkanten, de lagere waarde geldt voor stijvere ducdalfen en grotere schepen met relatief slappere wanden.

Bepaling excentriciteitsfactor

Massatraagheidsradius	k_r	= 0,25 * ls	=	21,50	m	
Loodrechte afstand massazwaartepunt schip tot paal						
Afstand massazwaartepunt schip tot paal	r	$= \sqrt{(\frac{L_s}{2} - x)^2 + (\frac{B}{2})^2}$	=	38,5	m	
hoek tussen massazwaartepunt en aanvaarhoek	γ	$= 90 - \alpha - \mathrm{asin}(B/(2 * R)$	=	70,9	°	Richtinggevende waarden voor Ce voor diverse vormen van afmeren: ● eind afmeren (roro): Ce˜ 1.00 ● middenscheeps afmeren: Ce˜ 1.00 ● 1/3 afmeren: Ce˜ 0.70 ● 1/5 afmeren: Ce˜ 0.45
Excentriciteitsfactor	c_e	$= k^2 + r^2 * cos^2\gamma/(k^2 + r^2)$	=	0,32	-	

Bepaling waterkantstructuurdempingfactor

waterkantstructuurdempingfactor	c_c		=	1,00	-	Een waarde voor Cc voor open kadestructuren = 1,0. Waarden kunnen variëren afhankelijk van: bodemverschil; diepte onder schip; aanmeersnelheid; aanmeerhoek; diepte van spatbordsysteem; dwarsdoorsnede schip. Minimale waarde is 0,9.

Berekening energie

Energie schip	E	$= \frac{M_s * C_m * C_s * C_c}{2 * (k^2 + r^2} * (v^2 * (k^2 + r^2 * cos^2\gamma)$	=	46	kNm	$= \frac{M_s * C_m * C_s * C_c}{2 * (k^2 + r^2} * (v^2 * (k^2 + r^2 * cos^2\gamma) + 2 * v * \omega * r * k^2 * \sin\gamma + \omega^2 * k^2 * r^2)$

Berekening reactiekracht bij aanvaring op een paal

Bepaling reactiekracht (afhankelijk van veerstijfheid bodem en paal)

Eenheidslast (in SCIA/D-sheet ingevoerd)	F_{eenh}		=	548	kN	
Vervorming door eenheidslast t.p.v. botspunt	δ		=	169	mm	
Veerstijfheid t.p.v. botspunt	k_d	= F_{eenh} / δ	=	3252	kN/m	
Optredende reactiekracht	F_{optr}	= √(E * 2*k_d)	=	548	kN	
Optredende vervorming	u_{optr}	= F_{optr} / k_d	=	168	mm	
Controle opgenomen energie	E_{opg}	= 0,5 * F_{optr} * u_{optr}	=	46	kNm	

In tabelvorm per locatie

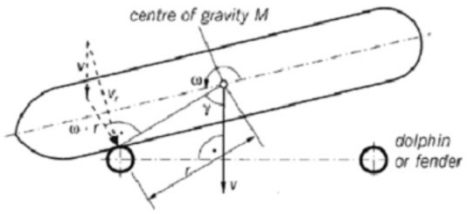
Belasting door afmeren, afmeerenergie Geleidewerk Noord(oost)	F_{eenh} (kN)	δ (mm)	k_d (kN/m)	F_{optr} (kN)	u_{optr} (mm)	E_{opg} (kNm)
AV7 - Tussen buispaal S7 en S8, onderste regel	548	169	3.252	**548**	168	*46*
AV8 - Ter plaatse van buispaal S8, onderste regel	555	166	3.335	**555**	166	*46*
AV9 - Ter plaatse van buispaal S8, bovenste regel	482	192	2.512	**482**	192	*46*
AV10 - Ter plaatse van buispaal S11, bovenste regel	517	178	2.898	**517**	178	*46*
AV11 - Tussen buispaal S11 en S12, onderste regel	616	150	4.115	**616**	150	*46*
AV12 - Ter plaatse van buispaal S12, onderste regel	663	139	4.763	**663**	139	*46*
AV13 - Tussen buispaal S12 en S13, onderste regel	674	137	4.920	**674**	137	*46*
AV14 - Ter plaatse van buispaal S13, onderste regel	593	155	3.816	**594**	156	*46*
AV15 - Ter plaatse van buispaal S13, bovenste regel ui	497	186	2.673	**497**	186	*46*

Geleidewerk Ringersbrug Zuidzijde

Berekening energie bij aanvaring op een paal conform EAU 2012 par. 6.15.4

Opsteller: M.Q. Huisman
Datum: 16-5-2022
Revisie: 0
Revisiedatum: 16-5-2022

Locatie Ringersbrug
Onderdeel Geleidewerken zuid - Dukdalf



Gegevens

Lengte schip	l_s		=	86	m	
Breedte schip	b_s		=	9,6	m	
Diepgang schip	d_s		=	3	m	
Block factor geladen	$C_{b\ geladen}$			nvt	-	
Massa schip	m_s		=	1.500	ton	
Waterdiepte	h		=	3,75	m	
Snelheid parallel aan geleidewerk	v	6,0 km/h	=	1,67	m/s	
aanvaarhoek				17,20	º	
hoek t.o.v. as vaarweg	o			17,2	º	
hoek geleidewerk	º	1:	-		º	
Dwarssnelheid (drift en giersnelheid)	v_x	0,00		0,00	º	
Snelheid schip op botspunt loodrecht op remmingwerk	v_y		=	0,493	m/s	
Afstand van boeg tot parallele deel schip	r			4,8	m	uitgangspunt 1/2 maal de breedte van het schip

Algemene rekenparameters

	b	= b_s / 2	=	4,8	m	
Diepte onder het schip	c	= h - d_s	=	0,75	m	

Bepaling massa factor

Massa factor	c_m		=	1,69	-	

Bepaling stijfheidsfactor

Stijfheidsfactor	c_s		=	0,95	-	Een waarde voor Cs = 0.90 tot 1.0 mag worden aangenomen. Voor de hoge waarde geldt voor zachtere ducdalfen en kleinere schepen met stijvere zijkanten, de lagere waarde geldt voor stijvere ducdalfen en grotere schepen met relatief slappere wanden.

Bepaling excentriciteitsfactor

Massatraagheidsradius	k_r	= 0,25 * ls	=	21,50	m	
Loodrechte afstand massazwaartepunt schip tot paal						
Afstand massazwaartepunt schip tot paal	r	$= \sqrt{(\frac{L_s}{2} - x)^2 + (\frac{B}{2})^2}$	=	38,5	m	
hoek tussen massazwaartepunt en aanvaarhoek	γ	$= 90 - \alpha - \mathrm{asin}(B/(2 * R)$	=	65,7	º	Richtinggevende waarden voor Ce voor diverse vormen van afmeren: ● eind afmeren (roro): Ce˜ 1.00 ● middenscheeps afmeren: Ce˜ 1.00 ● 1/3 afmeren: Ce˜ 0.70 ● 1/5 afmeren: Ce˜ 0.45
Excentriciteitsfactor	c_e	$= k^2 + r^2 * cos^2\gamma/(k^2 + r^2)$	=	0,37	-	

Bepaling waterkantstructuurdempingfactor

waterkantstructuurdempingfactor	c_c		=	1,00	-	Een waarde voor Cc voor open kadestructuren = 1,0. Waarden kunnen variëren afhankelijk van: bodemverschil; diepte onder schip; aanmeersnelheid; aanmeerhoek; diepte van spatbordsysteem; dwarsdoorsnede schip. Minimale waarde is 0,9.

Berekening energie

Energie schip	E	$= \frac{M_s * C_m * C_s * C_c}{2*(k^2+r^2} * (v^2 * (k^2 + r^2 * cos^2\gamma)$	=	107	kNm	$= \frac{M_s * C_m * C_s * C_c}{2*(k^2+r^2} * (v^2 * (k^2 + r^2 * cos^2\gamma) + 2 * v * \omega * r * k^2 * \mathrm{sin}\gamma + \omega^2 * k^2 * r^2)$

Berekening reactiekracht bij aanvaring op een paal

Bepaling reactiekracht (afhankelijk van veerstijfheid bodem en paal)

Eenheidslast (in D-Sheet ingevoerd)	F_{eenh}		=	386	kN	
Vervorming door eenheidslast t.p.v. botspunt	δ		=	555	mm	
Veerstijfheid t.p.v. botspunt	k_d	= F_{eenh} / δ	=	696	kN/m	
Optredende reactiekracht	F_{optr}	= √(E * 2*k_d)	=	386	kN	
Optredende vervorming	u_{optr}	= F_{optr} / k_d	=	555	mm	
Controle opgenomen energie	E_{opg}	= 0,5 * F_{optr} * u_{optr}	=	107	kNm	

In tabelvorm per locatie

	1309	352				
Belasting door afmeren, afmeerenergie	F_{eenh}	δ	k_d	F_{optr}	u_{optr}	E_{opg}
Geleidewerk 8507 Zuidzijde (west)	(kN)	(mm)	(kN/m)	(kN)	(mm)	(kNm)
AV1 - Ter plaatse van buispaal S1, bovenste regel uitkr	386	555	696	**386**	555	*107*

B. SCIA-uitvoer

1. Inhoudsopgave

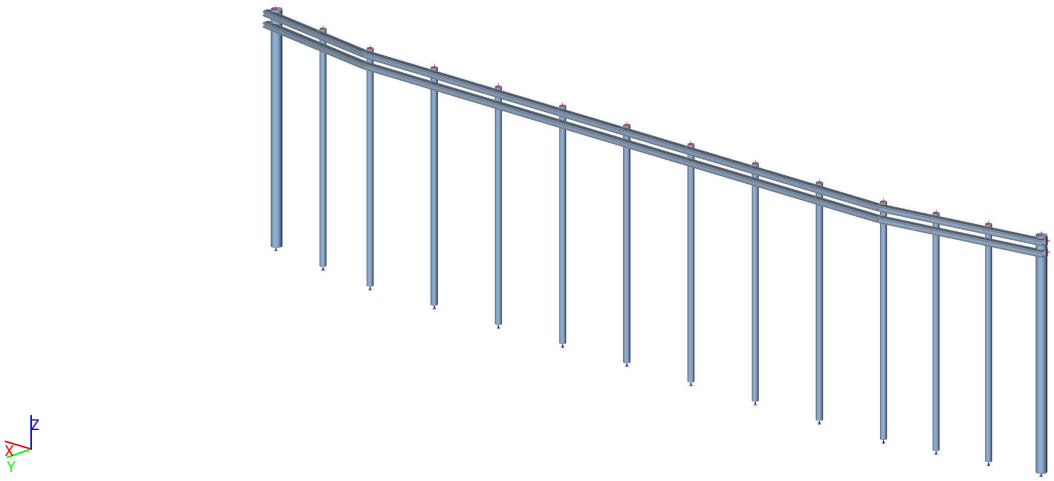
1. Inhoudsopgave **1**
2. Project **2**
3. Rekenmodel **3**
3.1. 3D model 3
3.2. Materialen 3
3.3. Doorsneden 4
3.4. Staven 7
3.5. Ondersteuningen 8
3.5.1. Ondersteuningen - S1 8
3.5.1.1. Ondersteuningen 8
3.5.2. Ondersteuningen - S2 9
3.5.2.1. Ondersteuningen 9
4. Belastinggevallen en combinaties **11**
4.1. Belastingsgevallen 11
4.2. Resultaatklasses 27
5. Resultaten **28**
5.1. Interne krachten in staaf 28
5.2. EC-EN 1993 UGT: staalcontrole 33
5.3. Reacties 34
5.4. 3D stress 36
5.5. 3D verplaatsing 38
6. Staven **41**

2. Project

Licentienaam	Iv-Groep
Project	Ringersbrug
Onderdeel	Vervangen Remmingwerk 8507 Zuidzijde
Omschrijving	-
Auteur	Iv-Groep
Datum	03. 09. 2021
Constructie	Algemeen XYZ
Aantal knopen :	60
Aantal staven :	44
Aantal platen :	0
Aantal vaste lichamen :	0
Aantal gebruikte doorsneden :	3
Aantal belastingsgevallen :	16
Aantal gebruikte materialen :	2
Gravitatieversnelling [m/s^2]	9,810
Nationale norm	EC - EN

3. Rekenmodel

3.1. 3D model



3.2. Materialen

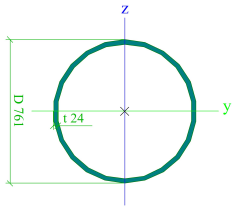
Staal EC3

Staal EC3

Naam	Massa eenheid [kg/m³]	E-mod [MPa]	Poisson - nu	Fy [MPa]	Fu [MPa]	Onderlimiet [mm]	Bovenlimiet [mm]	Fu (bereik) [MPa]	Fy (bereik) [MPa]
		G-mod [MPa]	Thermisch uitz. [m/mK]						
S 355	7850,0	2,1000e+05 8,0769e+04	0,3 0,00	355,0	490,0	0 40	40 80	490,0 470,0	355,0 335,0
S 450	7850,0	2,1000e+05 8,0769e+04	0,3 0,00	440,0	550,0	0 40	40 80	550,0 550,0	440,0 410,0

3.3. Doorsneden

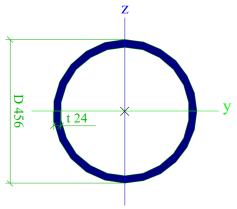
Ø762/25 - 1.1 mm corrosie		
Type	Buis	
Uitgebreid	761; 24	
Vorm type	Dikke wanden	
Onderdeelmateriaal	S 450	
Bouwwijze	Algemeen	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	d	d
A [m^2]	5,5424e-02	
A_y [m^2], A_z [m^2]	3,6996e-02	3,6996e-02
A_L [m^2/m], A_D [m^2/m]	2,3921e+00	4,6339e+00
$c_{Y.UCS}$ [mm], $c_{Z.UCS}$ [mm]	381	381
α [deg]	0,00	
I_y [m^4], I_z [m^4]	3,7725e-03	3,7725e-03
i_y [mm], i_z [mm]	261	261
$W_{el.y}$ [m^3], $W_{el.z}$ [m^3]	9,9087e-03	9,9087e-03
$W_{pl.y}$ [m^3], $W_{pl.z}$ [m^3]	1,3016e-02	1,3016e-02
$M_{pl.y.+}$ [Nm], $M_{pl.y.-}$ [Nm]	5,73e+06	5,73e+06
$M_{pl.z.+}$ [Nm], $M_{pl.z.-}$ [Nm]	5,73e+06	5,73e+06
d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m^4], I_w [m^6]	7,3845e-03	1,0040e-18
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Afbeelding		



Verklaring van symbolen	
A	Gebied
A_y	Afschuifoppervlak in hoofd y-richting - Berekend door 2D EEM analyse
A_z	Afschuifoppervlak in hoofd z-richting - Berekend door 2D EEM analyse
A_L	Omtrek per eenheidslengte
A_D	Uithardingsoppervlakte per eenheidslengte
$c_{Y.UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Y-richting van het invoer assen systeem
$c_{Z.UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Z-richting van het invoer assen systeem
$I_{Y.LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de YLCS as
$I_{Z.LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de ZLCS as
$I_{YZ.LCS}$	Product moment van het gebied in het LCS systeem

Verklaring van symbolen	
α	Rotatiehoek van het hoofd assen systeem
I_y	Tweede moment van het gebied rond de hoofd y-as
I_z	Tweede moment van het gebied rond de hoofd z-as
i_y	Traagheidsstraal rond de hoofd y-as
i_z	Traagheidsstraal rond de hoofd z-as
$W_{el.y}$	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
$W_{el.z}$	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
$W_{pl.y}$	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
$W_{pl.z}$	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
$M_{pl.y.+}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een positief My moment

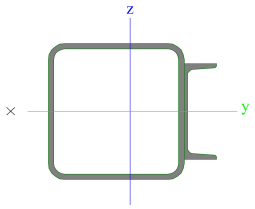
Verklaring van symbolen	
$M_{pl.y.-}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een negatief My moment
$M_{pl.z.+}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een positief Mz moment
$M_{pl.z.-}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een negatief Mz moment
d_y	Afschuif middencoordinaat in hoofd y-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Berekend door 2D EEM analyse
d_z	Afschuif middencoordinaat in hoofd z-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Berekend door 2D EEM analyse
I_t	Torsie constante - Berekend door 2D EEM analyse
I_w	Welvings constante - Berekend door 2D EEM analyse
β_y	Mono-symmetrische constante rond de hoofd y-as
β_z	Mono-symmetrische constante rond de hoofd z-as

Ø457/25 - 1.1 mm corrosie		
Type	Buis	
Uitgebreid	456; 24	
Vorm type	Dikke wanden	
Onderdeelmateriaal	S 450	
Bouwwijze	Algemeen	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	d	d
A [m^2]	3,2504e-02	
A_y [m^2], A_z [m^2]	2,1808e-02	2,1808e-02
A_L [m^2/m], A_D [m^2/m]	1,4339e+00	2,7176e+00
$c_{Y.UCS}$ [mm], $c_{Z.UCS}$ [mm]	228	228
α [deg]	0,00	
I_y [m^4], I_z [m^4]	7,6248e-04	7,6248e-04
i_y [mm], i_z [mm]	153	153
$W_{el.y}$ [m^3], $W_{el.z}$ [m^3]	3,3408e-03	3,3408e-03
$W_{pl.y}$ [m^3], $W_{pl.z}$ [m^3]	4,4798e-03	4,4798e-03
$M_{pl.y.+}$ [Nm], $M_{pl.y.-}$ [Nm]	1,97e+06	1,97e+06
$M_{pl.z.+}$ [Nm], $M_{pl.z.-}$ [Nm]	1,97e+06	1,97e+06
d_y [mm], d_z [mm]	0	0
I_t [m^4], I_w [m^6]	1,5006e-03	1,1138e-20
β_y [mm], β_z [mm]	0	0
Afbeelding		

Verklaring van symbolen	
A	Gebied
A_y	Afschuifoppervlak in hoofd y-richting - Berekend door 2D EEM analyse
A_z	Afschuifoppervlak in hoofd z-richting - Berekend door 2D EEM analyse
A_L	Omtrek per eenheidslengte
A_D	Uithardingsoppervlakte per eenheidslengte
$c_{Y.UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Y-richting van het invoer assen systeem
$c_{Z.UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Z-richting van het invoer assen systeem
$I_{Y.LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de YLCS as
$I_{Z.LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de ZLCS as
$I_{YZ.LCS}$	Product moment van het gebied in het LCS systeem

Verklaring van symbolen	
α	Rotatiehoek van het hoofd assen systeem
I_y	Tweede moment van het gebied rond de hoofd y-as
I_z	Tweede moment van het gebied rond de hoofd z-as
i_y	Traagheidsstraal rond de hoofd y-as
i_z	Traagheidsstraal rond de hoofd z-as
$W_{el.y}$	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
$W_{el.z}$	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
$W_{pl.y}$	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
$W_{pl.z}$	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
$M_{pl.y.+}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een positief My moment

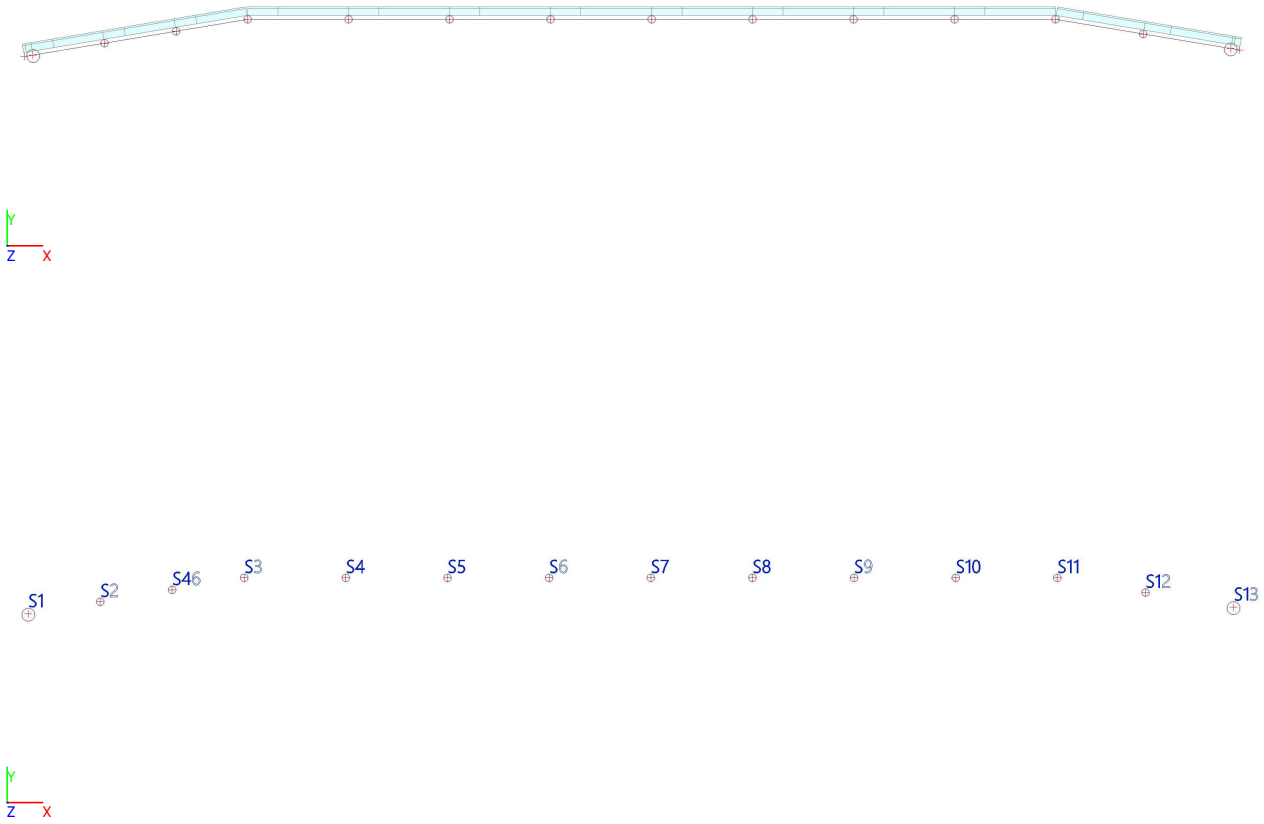
Verklaring van symbolen	
$M_{pl.y.-}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een negatief My moment
$M_{pl.z.+}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een positief Mz moment
$M_{pl.z.-}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een negatief Mz moment
d_y	Afschuif middencoordinaat in hoofd y-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Berekend door 2D EEM analyse
d_z	Afschuif middencoordinaat in hoofd z-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Berekend door 2D EEM analyse
I_t	Torsie constante - Berekend door 2D EEM analyse
I_w	Welvings constante - Berekend door 2D EEM analyse
β_y	Mono-symmetrische constante rond de hoofd y-as
β_z	Mono-symmetrische constante rond de hoofd z-as

CHSCF400/16-UNP280		
Type	Grafische doorsnede	
Vorm type	Dunwandig	
Onderdeelmateriaal	S 355	
Bouwwijze	Algemeen	
Kleur		
Knik y-y, Knik z-z	d	d
A [m^2]	2,8800e-02	
A_y [m^2], A_z [m^2]	1,3902e-02	1,6523e-02
A_L [m^2/m], A_D [m^2/m]	1,8481e+00	3,2649e+00
$c_{Y.UCS}$ [mm], $c_{Z.UCS}$ [mm]	42	0
α [deg]	0,00	
I_y [m^4], I_z [m^4]	6,2357e-04	7,8571e-04
i_y [mm], i_z [mm]	147	165
$W_{el.y}$ [m^3], $W_{el.z}$ [m^3]	3,1178e-03	3,1032e-03
$W_{pl.y}$ [m^3], $W_{pl.z}$ [m^3]	3,8503e-03	4,2991e-03
$M_{pl.y.+}$ [Nm], $M_{pl.y.-}$ [Nm]	1,37e+06	1,37e+06
$M_{pl.z.+}$ [Nm], $M_{pl.z.-}$ [Nm]	1,53e+06	1,53e+06
d_y [mm], d_z [mm]	-352	0
I_t [m^4], I_w [m^6]	1,2266e-05	3,7012e-05
β_y [mm], β_z [mm]	0	642
Afbeelding		

Verklaring van symbolen	
A	Gebied
A_y	Afschuifoppervlak in hoofd y-richting
A_z	Afschuifoppervlak in hoofd z-richting
A_L	Omtrek per eenheidslengte
A_D	Uithardingsoppervlakte per eenheidslengte
$c_{Y.UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Y-richting van het invoer assen systeem
$c_{Z.UCS}$	Zwaartepunt coordinaten in Z-richting van het invoer assen systeem
$I_{Y.LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de YLCS as
$I_{Z.LCS}$	Tweede moment van het gebied rond de ZLCS as
$I_{YZ.LCS}$	Product moment van het gebied in het LCS systeem

Verklaring van symbolen	
α	Rotatiehoek van het hoofd assen systeem
I_y	Tweede moment van het gebied rond de hoofd y-as
I_z	Tweede moment van het gebied rond de hoofd z-as
i_y	Traagheidsstraal rond de hoofd y-as
i_z	Traagheidsstraal rond de hoofd z-as
$W_{el.y}$	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
$W_{el.z}$	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
$W_{pl.y}$	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
$W_{pl.z}$	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
$M_{pl.y.+}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een positief My moment

Verklaring van symbolen	
$M_{pl.y.-}$	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een negatief My moment
$M_{pl.z.+}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een positief Mz moment
$M_{pl.z.-}$	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een negatief Mz moment
d_y	Afschuif middencoordinaat in hoofd y-richting gemeten vanaf het zwaartepunt
d_z	Afschuif middencoordinaat in hoofd z-richting gemeten vanaf het zwaartepunt
I_t	Torsie constante
I_w	Welvings constante
β_y	Mono-symmetrische constante rond de hoofd y-as
β_z	Mono-symmetrische constante rond de hoofd z-as



3.4. Staven

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S1	Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (761; 24)	S 450	16,500	K1	K2	Algemeen (0)
S2	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K3	K4	Algemeen (0)
S3	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K5	K6	Algemeen (0)
S4	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K7	K8	Algemeen (0)
S5	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K9	K10	Algemeen (0)
S6	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K11	K12	Algemeen (0)
S7	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K13	K14	Algemeen (0)
S8	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K15	K16	Algemeen (0)
S9	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K17	K18	Algemeen (0)
S10	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K19	K20	Algemeen (0)
S11	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K21	K22	Algemeen (0)
S12	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K23	K24	Algemeen (0)
S13	Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (761; 24)	S 450	16,500	K25	K26	Algemeen (0)
S14	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	0,500	K27	K28	Algemeen (0)
S15	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	4,142	K28	K29	Algemeen (0)
S16	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	4,142	K29	K66	Algemeen (0)
S17	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K30	K31	Algemeen (0)
S18	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K31	K32	Algemeen (0)

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S19	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K32	K33	Algemeen (0)
S20	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K33	K34	Algemeen (0)
S21	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K34	K35	Algemeen (0)
S22	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K35	K36	Algemeen (0)
S23	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K36	K37	Algemeen (0)
S24	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,767	K37	K38	Algemeen (0)
S25	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,075	K38	K39	Algemeen (0)
S26	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,075	K39	K40	Algemeen (0)
S27	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	0,500	K40	K41	Algemeen (0)
S28	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	0,500	K42	K43	Algemeen (0)
S29	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	4,142	K43	K44	Algemeen (0)
S30	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	4,142	K44	K65	Algemeen (0)
S31	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K45	K46	Algemeen (0)
S32	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K46	K47	Algemeen (0)
S33	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K47	K48	Algemeen (0)
S34	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K48	K49	Algemeen (0)
S35	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K49	K50	Algemeen (0)
S36	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K50	K51	Algemeen (0)
S37	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K51	K52	Algemeen (0)
S38	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,767	K52	K53	Algemeen (0)
S39	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,075	K53	K54	Algemeen (0)
S40	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,075	K54	K55	Algemeen (0)
S41	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	0,500	K55	K56	Algemeen (0)
S46	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K63	K64	Algemeen (0)
S47	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	4,142	K66	K30	Algemeen (0)
S48	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	4,142	K65	K45	Algemeen (0)

3.5. Ondersteuningen

3.5.1. Ondersteuningen - S1

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S1	Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (761; 24)	S 450	16,500	K1	K2	Algemeen (0)

3.5.1.1. Ondersteuningen

Slb1			
Staaf, Systeem, Type	S1	GCS	Lijn
Pos x_1 [m], Pos x_2 [m]	6,500	8,000	
Coör, Oors	Abso	Vanaf einde	
X, Stijfheid X [MN/m²], Funktie X	Verend	2,1849e+01	
Y, Stijfheid Y [MN/m²], Funktie Y	Verend	2,1849e+01	
Z, Stijfheid Z [MN/m²], Funktie Z	Vrij		
Rx, Stijfheid Rx [MNm/m/rad], Funktie Rx	Vrij		
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Funktie Ry	Vrij		
Rz, Stijfheid Rz [MNm/m/rad], Funktie Rz	Vrij		
Slb2			
Staaf, Systeem, Type	S1	GCS	Lijn
Pos x_1 [m], Pos x_2 [m]	8,000	9,000	
Coör, Oors	Abso	Vanaf einde	
X, Stijfheid X [MN/m²], Funktie X	Verend	1,9118e+01	
Y, Stijfheid Y [MN/m²], Funktie Y	Verend	1,9118e+01	
Z, Stijfheid Z [MN/m²], Funktie Z	Vrij		
Rx, Stijfheid Rx [MNm/m/rad], Funktie Rx	Vrij		
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Funktie Ry	Vrij		
Rz, Stijfheid Rz [MNm/m/rad], Funktie Rz	Vrij		
Slb3			
Staaf, Systeem, Type	S1	GCS	Lijn
Pos x_1 [m], Pos x_2 [m]	9,000	10,500	
Coör, Oors	Abso	Vanaf einde	
X, Stijfheid X [MN/m²], Funktie X	Verend	2,7310e+00	
Y, Stijfheid Y [MN/m²], Funktie Y	Verend	2,7310e+00	
Z, Stijfheid Z [MN/m²], Funktie Z	Vrij		
Rx, Stijfheid Rx [MNm/m/rad], Funktie Rx	Vrij		
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Funktie Ry	Vrij		
Rz, Stijfheid Rz [MNm/m/rad], Funktie Rz	Vrij		

Slb4			
Staaf, Systeem, Type	S1	GCS	Lijn
Pos x_1 [m], Pos x_2 [m]	10,500	13,300	
Coör, Oors	Abso	Vanaf einde	
X, Stijfheid X [MN/m²], Funktie X	Verend	8,1940e+00	
Y, Stijfheid Y [MN/m²], Funktie Y	Verend	8,1940e+00	
Z, Stijfheid Z [MN/m²], Funktie Z	Vrij		
Rx, Stijfheid Rx [MNm/m/rad], Funktie Rx	Vrij		
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Funktie Ry	Vrij		
Rz, Stijfheid Rz [MNm/m/rad], Funktie Rz	Vrij		

Slb5			
Staaf, Systeem, Type	S1	GCS	Lijn
Pos x_1 [m], Pos x_2 [m]	13,300	16,500	
Coör, Oors	Abso	Vanaf einde	
X, Stijfheid X [MN/m²], Funktie X	Verend	4,0968e+01	
Y, Stijfheid Y [MN/m²], Funktie Y	Verend	4,0968e+01	
Z, Stijfheid Z [MN/m²], Funktie Z	Vrij		
Rx, Stijfheid Rx [MNm/m/rad], Funktie Rx	Vrij		
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Funktie Ry	Vrij		
Rz, Stijfheid Rz [MNm/m/rad], Funktie Rz	Vrij		

3.5.2. Ondersteuningen - S2

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S2	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K3	K4	Algemeen (0)

3.5.2.1. Ondersteuningen

Slb101			
Staaf, Systeem, Type	S2	GCS	Lijn
Pos x_1 [m], Pos x_2 [m]	6,500	8,000	
Coör, Oors	Abso	Vanaf einde	
X, Stijfheid X [MN/m²], Funktie X	Verend	1,8729e+01	
Y, Stijfheid Y [MN/m²], Funktie Y	Verend	1,8729e+01	
Z, Stijfheid Z [MN/m²], Funktie Z	Vrij		
Rx, Stijfheid Rx [MNm/m/rad], Funktie Rx	Vrij		
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Funktie Ry	Vrij		
Rz, Stijfheid Rz [MNm/m/rad], Funktie Rz	Vrij		

Slb102			
Staaf, Systeem, Type	S2	GCS	Lijn
Pos x_1 [m], Pos x_2 [m]	8,000	9,000	
Coör, Oors	Abso	Vanaf einde	
X, Stijfheid X [MN/m²], Funktie X	Verend	1,6388e+01	
Y, Stijfheid Y [MN/m²], Funktie Y	Verend	1,6388e+01	
Z, Stijfheid Z [MN/m²], Funktie Z	Vrij		
Rx, Stijfheid Rx [MNm/m/rad], Funktie Rx	Vrij		
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Funktie Ry	Vrij		
Rz, Stijfheid Rz [MNm/m/rad], Funktie Rz	Vrij		

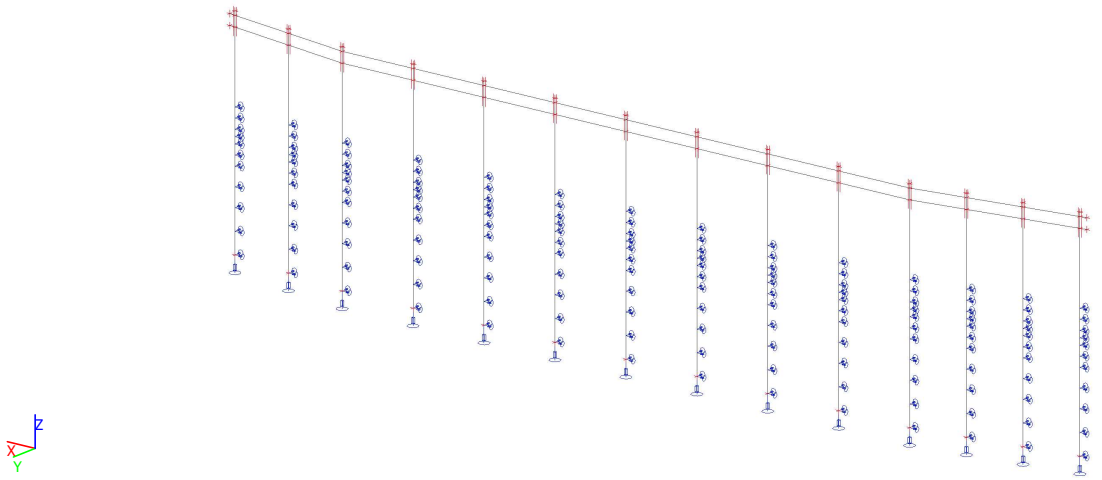
Slb103			
Staaf, Systeem, Type	S2	GCS	Lijn
Pos x_1 [m], Pos x_2 [m]	9,000	10,500	
Coör, Oors	Abso	Vanaf einde	
X, Stijfheid X [MN/m²], Funktie X	Verend	2,3410e+00	
Y, Stijfheid Y [MN/m²], Funktie Y	Verend	2,3410e+00	
Z, Stijfheid Z [MN/m²], Funktie Z	Vrij		
Rx, Stijfheid Rx [MNm/m/rad], Funktie Rx	Vrij		
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Funktie Ry	Vrij		
Rz, Stijfheid Rz [MNm/m/rad], Funktie Rz	Vrij		

Slb104			
Staaf, Systeem, Type	S2	GCS	Lijn
Pos x_1 [m], Pos x_2 [m]	10,500	13,300	
Coör, Oors	Abso	Vanaf einde	
X, Stijfheid X [MN/m²], Funktie X	Verend	7,0230e+00	
Y, Stijfheid Y [MN/m²], Funktie Y	Verend	7,0230e+00	
Z, Stijfheid Z [MN/m²], Funktie Z	Vrij		
Rx, Stijfheid Rx [MNm/m/rad], Funktie Rx	Vrij		
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Funktie Ry	Vrij		
Rz, Stijfheid Rz [MNm/m/rad], Funktie Rz	Vrij		

Slb105			
Staaf, Systeem, Type	S2	GCS	Lijn
Pos x_1 [m], Pos x_2 [m]	13,300	16,500	
Coör, Oors	Abso	Vanaf einde	
X, Stijfheid X [MN/m²], Funktie X	Verend	3,5117e+01	
Y, Stijfheid Y [MN/m²], Funktie Y	Verend	3,5117e+01	
Z, Stijfheid Z [MN/m²], Funktie Z	Vrij		

Rx, Stijfheid Rx [MNm/m/rad], Funktie Rx	Vrij		
Ry, Stijfheid Ry [MNm/m/rad], Funktie Ry	Vrij		
Rz, Stijfheid Rz [MNm/m/rad], Funktie Rz	Vrij		

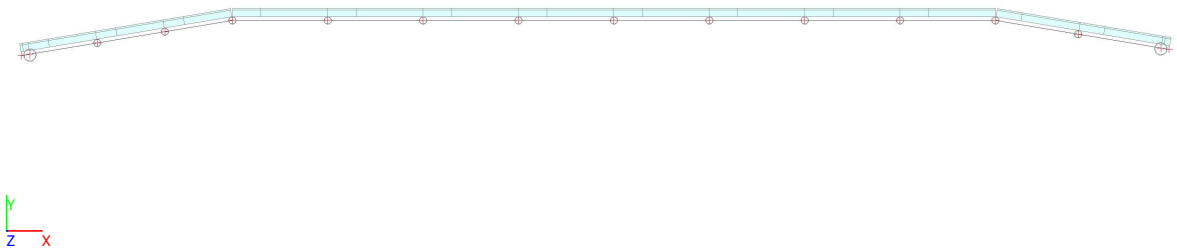
Naam Knoop	Systeem UCS	Type Hoek [deg]	X Stijfheid X [MN/m]	Y Stijfheid Y [MN/m]	Z Stijfheid Z [MN/m]	Rx Stijfheid Rx [MNm/rad]	Ry Stijfheid Ry [MNm/rad]	Rz Stijfheid Rz [MNm/rad]
Sn1 K1	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend 1,5000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn2 K25	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend 1,5000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn4 K5	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend 1,5000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn5 K7	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend 1,5000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn6 K9	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend 1,5000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn7 K11	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend 1,5000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn8 K13	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend 1,5000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn9 K15	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend 1,5000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn10 K17	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend 1,5000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn11 K19	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend 1,5000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn12 K21	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend 1,5000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn13 K23	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend 1,5000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn15 K3	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend 1,5000e+01	Vrij	Vrij	Vrij
Sn16 K63	GCS	Standaard	Vrij	Vrij	Verend 1,5000e+01	Vrij	Vrij	Vrij



4. Belastinggevallen en combinaties

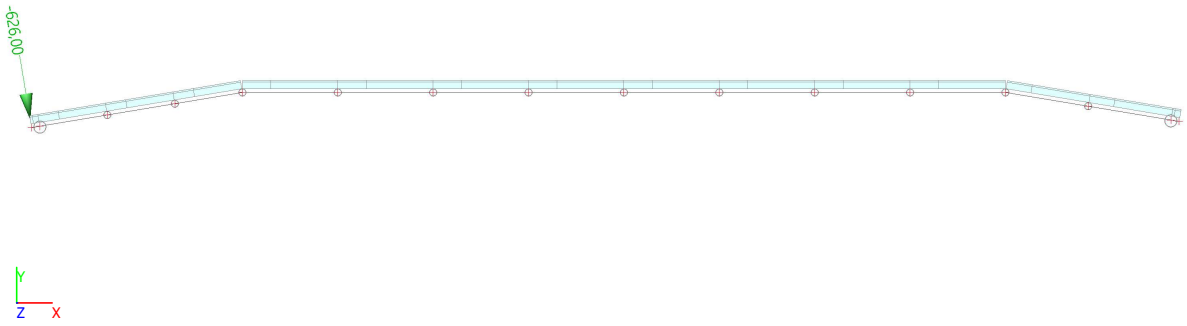
4.1. Belastingsgevallen

Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Richting
	Spec	Belastingtype		
E.G.	EG - Eigen gewicht	Permanent Eigen gewicht	LG1	-Z



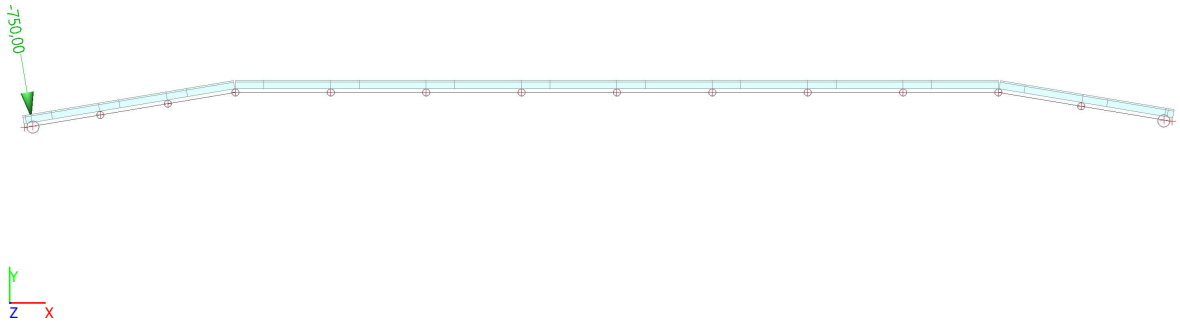
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
AV1	Aanvaring Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x [m]	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb4	S14 AV1 - Aanvaring	LCS Y	-626,00 Kracht	0,000	Abso Vanaf begin	1



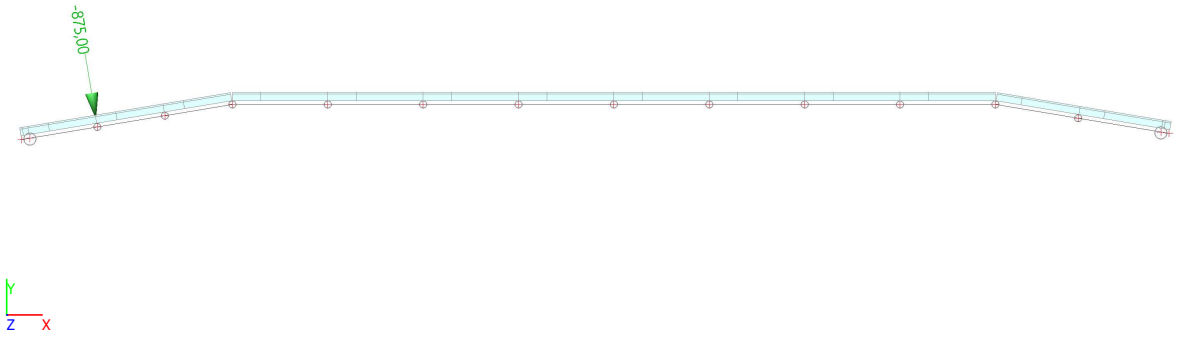
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
AV2	Aanvaring Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x [m]	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb6	S29 AV2 - Aanvaring	LCS Y	-750,00 Kracht	0,000	Abso Vanaf begin	1



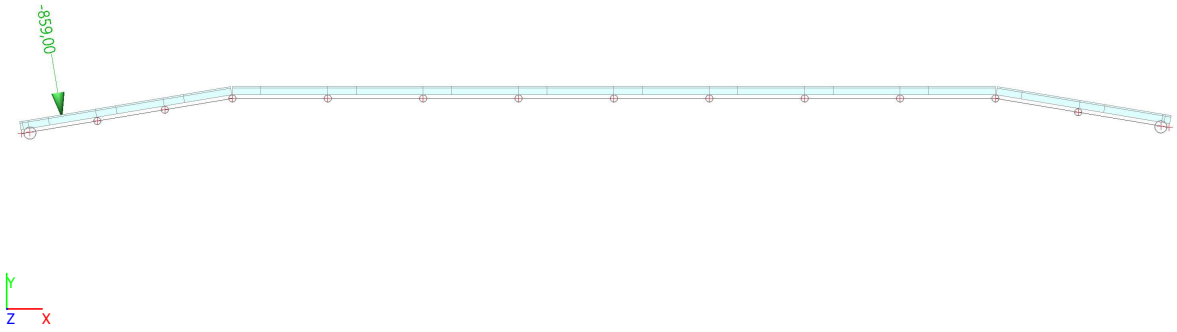
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
AV3	Aanvaring Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb14	S29 AV3 - Aanvaring	LCS Y	-875,00 Kracht	0,000	Rela Vanaf einde	1



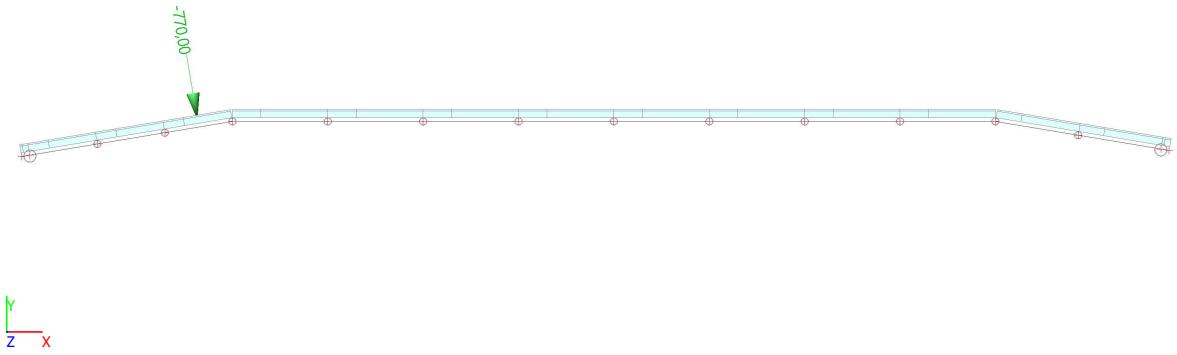
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
AV4	Aanvaring Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb7	S29 AV4 - Aanvaring	LCS Y	-859,00 Kracht	0,500	Rela Vanaf begin	1



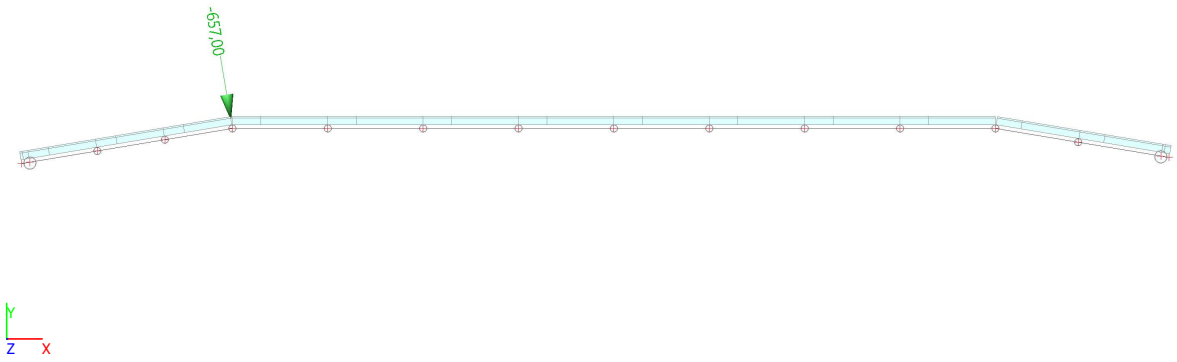
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
AV5	Aanvaring Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb31	S48 AV5 - Aanvaring	LCS Y	-770,00 Kracht	0,500	Rela Vanaf einde	1



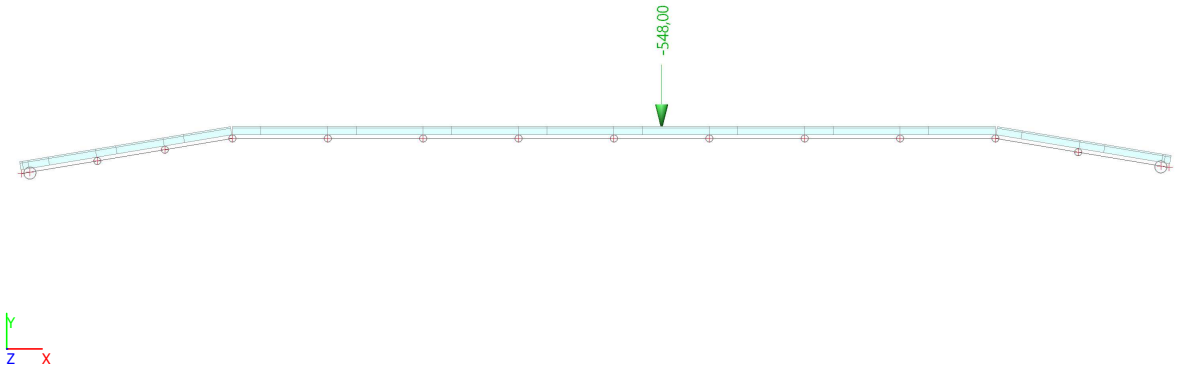
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
AV6	Aanvaring Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb46	S47 AV6 - Aanvaring	LCS Y	-657,00 Kracht	0,000	Rela Vanaf einde	1



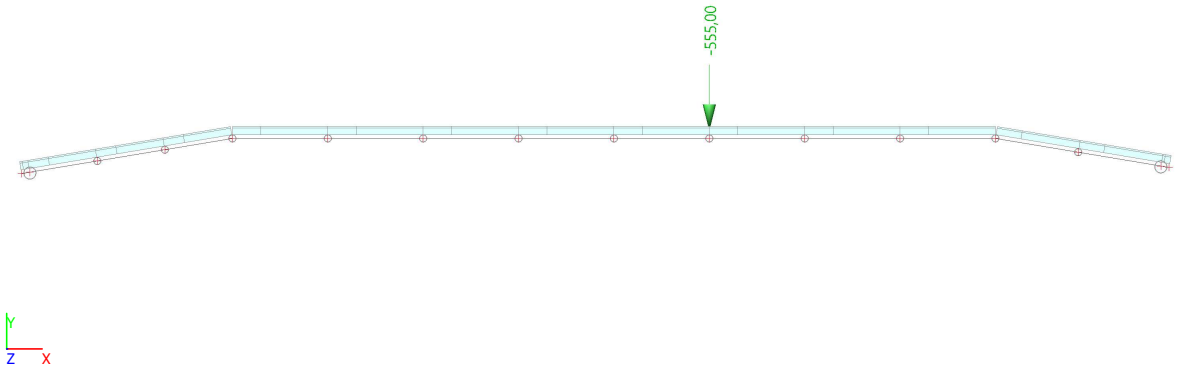
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
AV7	Aanvaring Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb29	S35 AV7 - Aanvaring	LCS Y	-548,00 Kracht	0,500	Rela Vanaf einde	1



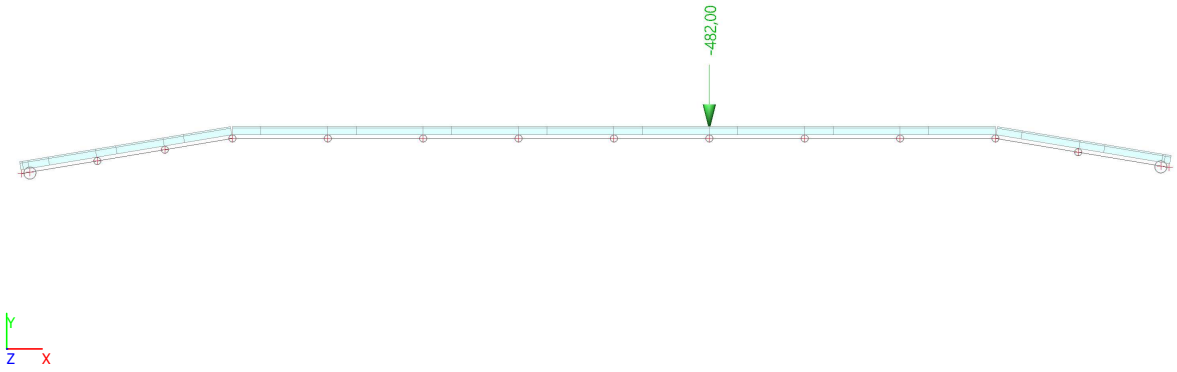
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
AV8	Aanvaring Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb10	S36 AV8 - Aanvaring	LCS Y	-555,00 Kracht	0,000	Rela Vanaf begin	1



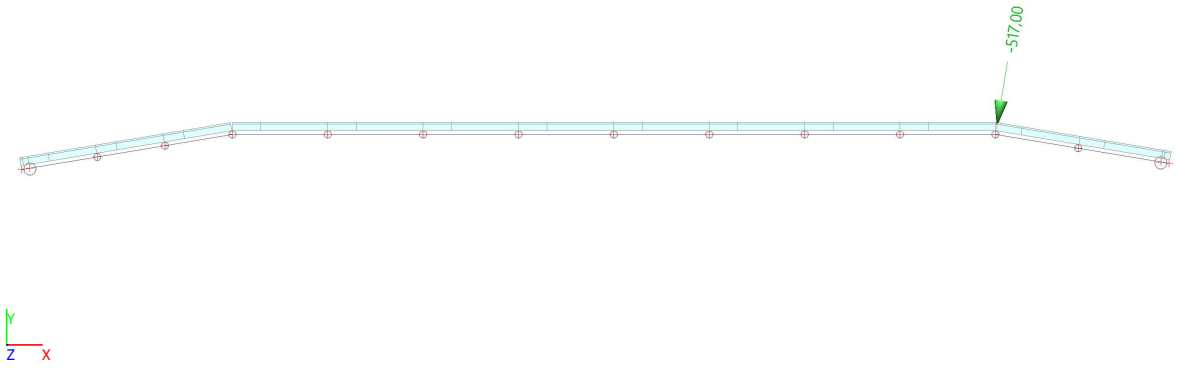
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
AV9	Aanvaring Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb43	S21 AV9 - Aanvaring	LCS Y	-482,00 Kracht	0,000	Rela Vanaf einde	1



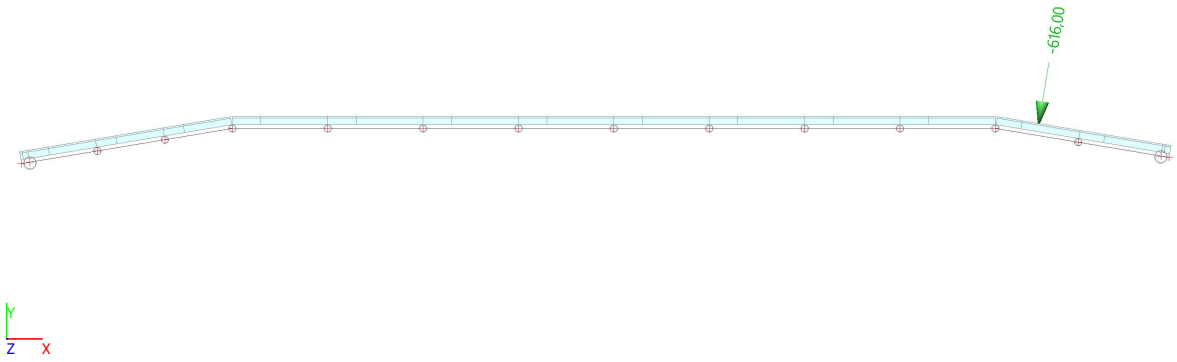
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
AV10	Aanvaring Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb45	S25 AV10 - Aanvaring	LCS Y	-517,00 Kracht	0,000	Rela Vanaf begin	1



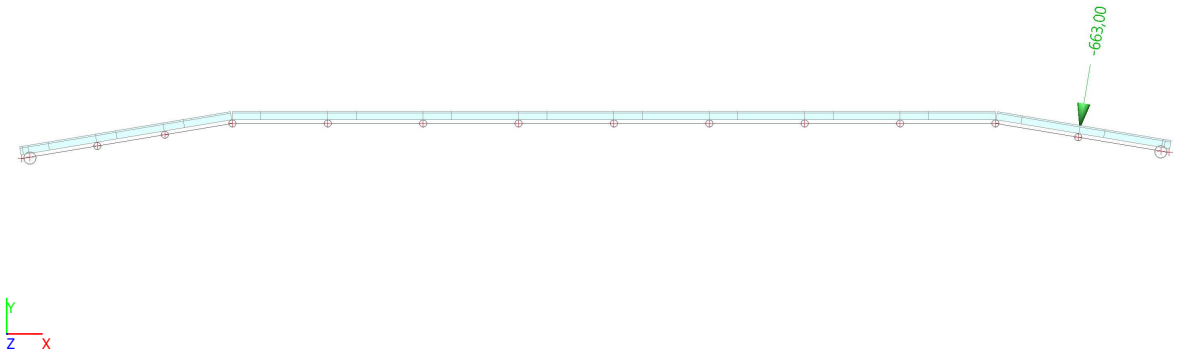
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
AV11	Aanvaring Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb39	S39 AV11 - Aanvaring	LCS Y	-616,00 Kracht	0,500	Rela Vanaf einde	1



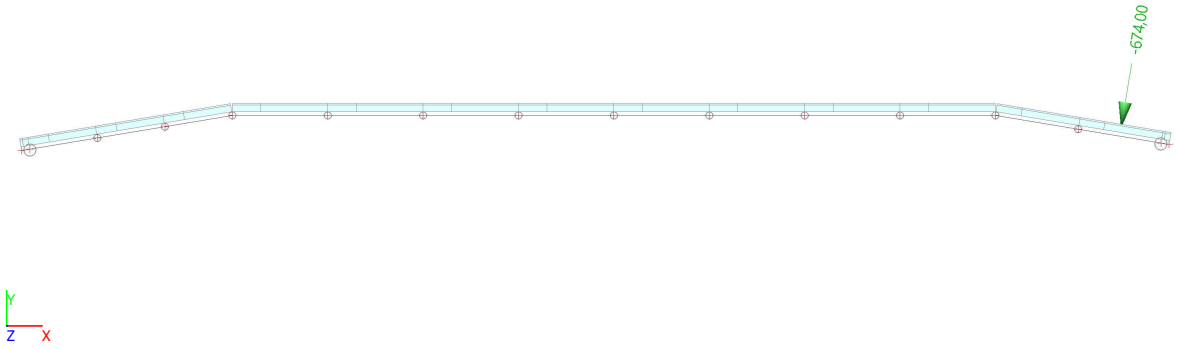
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
AV12	Aanvaring Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb41	S39 AV12 - Aanvaring	LCS Y	-663,00 Kracht	0,000	Rela Vanaf einde	1



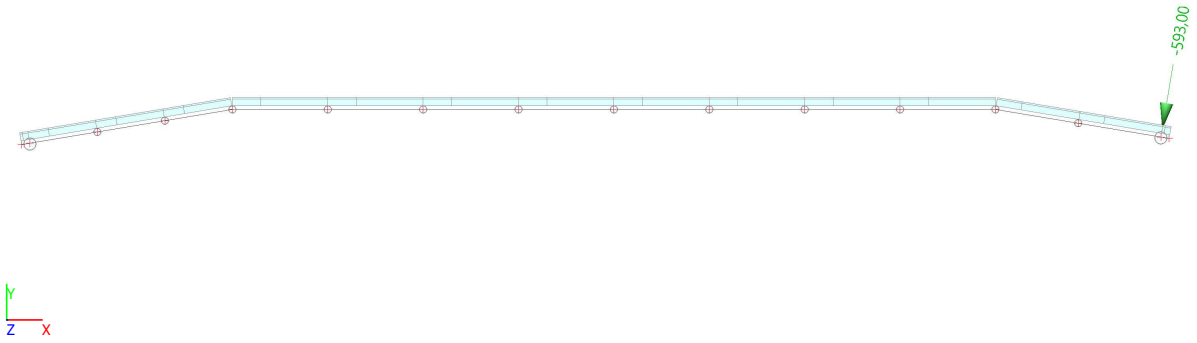
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
AV13	Aanvaring Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb40	S40 AV13 - Aanvaring	LCS Y	-674,00 Kracht	0,500	Rela Vanaf einde	1



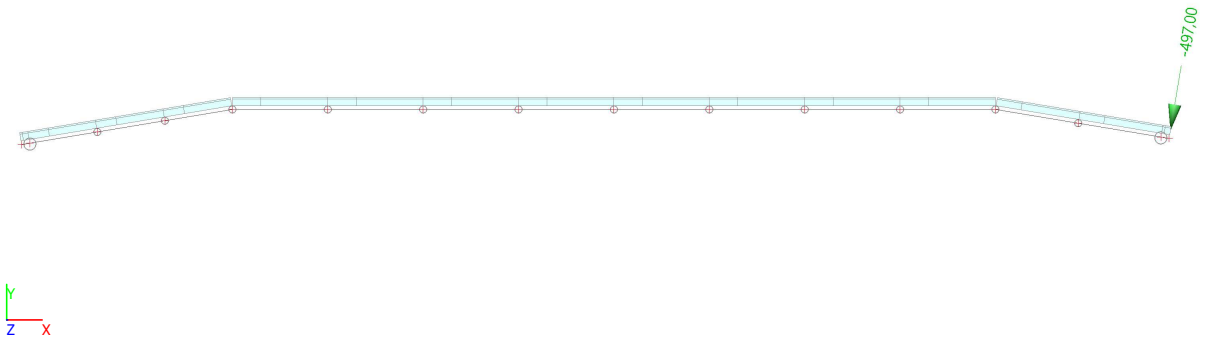
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
AV14	Aanvaring Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb1	S40 AV14 - Aanvaring	LCS Y	-593,00 Kracht	0,000	Rela Vanaf einde	1



Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Duur	'Master' belastingsgeval
	Spec	Belastingtype			
AV15	Aanvaring Standaard	Variabel Statisch	LG2	Kort	Geen

Naam	Staaf	Systeem	Waarde - F [kN]	Pos x	Coör	Herh (n)
	Belastingsgeval	Rich	Type		Oors	Regelmatig
Fb37	S27 AV15 - Aanvaring	LCS Y	-497,00 Kracht	0,000	Rela Vanaf einde	1



4.2. Resultaatklasses

Naam	Omschrijving	Lijst
RC1	RC1	E.G. AV1 AV2 AV3 AV4 AV5 AV6 AV7 AV8 AV9 AV10 AV11 AV12 AV13 AV14 AV15

5. Resultaten

5.1. Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
Selectie : Alle
Klasse : RC1
Doorsnede : Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (761; 24)

Staaf	css	dx [m]	Belasting	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
S1	Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	0,000	AV6	**-99,27**	-2,83	5,98	0,32	0,83	4,97
S13	Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	0,000	AV1	**3,18**	0,07	0,24	0,01	0,03	-0,16
S1	Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	6,000	AV2	-14,79	**-564,31**	-114,64	-1,03	-416,82	-2036,78
S1	Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	10,000	AV2	-14,79	**625,04**	133,04	1,45	-663,29	-3283,32
S1	Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	10,000	AV6	-99,27	57,99	**-146,80**	-7,84	427,90	-295,38
S1	Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	15,400	AV5	-35,18	108,49	**228,58**	**375,41**	-268,13	-57,59
S1	Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	15,400	AV1	-7,35	527,98	-41,41	**-405,23**	12,02	-411,95
S1	Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	9,250	AV1	-14,16	-210,98	-39,72	-0,23	**-753,98**	-3462,27
S13	Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	9,250	AV15	-20,86	-173,46	32,75	0,19	**574,53**	-2850,74
S1	Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	9,250	AV2	-14,79	-175,08	-32,78	-0,18	-710,54	**-3498,01**
S13	Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	9,250	AV9	-15,69	8,24	-3,35	-0,10	-92,74	**137,61**

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd
Selectie : Alle
Klasse : RC1
Doorsnede : Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)

Staaf	css	dx [m]	Belasting	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
S12	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	0,000	E.G.	**-68,12**	-0,09	-0,03	0,00	0,00	0,00
S3	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	0,000	AV6	**126,86**	19,12	0,79	0,00	0,00	0,00
S2	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	15,400	AV3	-1,48	**-312,37**	-257,96	20,43	100,67	269,32
S8	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	15,400	AV9	-12,35	**256,90**	-11,17	-1,98	0,65	-196,52
S2	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	15,400	AV6	-11,10	77,60	**-328,39**	184,77	84,05	-26,90
S12	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	15,400	AV10	-0,27	83,92	**322,54**	-126,09	-88,69	-37,91
S2	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	15,400	AV1	4,54	61,00	30,16	**-225,76**	-23,43	-51,26
S2	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	15,400	AV5	-12,36	73,80	-317,22	**186,45**	77,50	-22,55
S2	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	16,200	AV6	-11,10	77,60	-328,39	184,77	**-178,66**	35,18
S12	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	16,200	AV10	-0,27	83,92	322,54	-126,09	**169,34**	29,22
S3	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	10,000	AV6	126,86	-19,29	-10,30	0,00	-44,82	**-974,60**
S2	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis	15,400	AV3	-13,86	215,43	5,99	0,00	-44,26	**300,85**

Lineaire berekening
Klasse: RC1
Assenstelsel: Hoofd
Extreme 1D: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Doorsnede = Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (761; 24)

EN 1993-1-1 Normcontrole
Nationale bijlage: Standaard EN

Element S1	**9,250 / 16,500 m**	**Buis (761; 24)**	**S 450**	**RC1**	**0,97 -**

Combinatiesleutel
RC1 / AV1

Partiële veiligheidsfactoren	
γ_{M0} voor weerstand van doorsneden	1,00
γ_{M1} voor weerstand tegen instabiliteit	1,00
γ_{M2} voor weerstand van netto-doorsneden	1,25

Materiaal			
Vloeisterkte	f_y	440,0	MPa
Treksterkte	f_u	550,0	MPa
Bouwwijze		Algemeen	

Waarschuwing: Sterktereductie gerelateerd aan de dikte wordt niet ondersteund voor dit type doorsnede.

...::DOORSNEDECONTROLE::...

De kritische controle is op positie 9,250 m

Interne krachten		**Berekende**	**Eenheid**
Normaalkracht	N_{Ed}	-14,16	kN
Dwarskracht	$V_{y,Ed}$	-210,98	kN
Dwarskracht	$V_{z,Ed}$	-39,72	kN
Torsie	T_{Ed}	-0,23	kNm
Buigend moment	$M_{y,Ed}$	-753,98	kNm
Buigend moment	$M_{z,Ed}$	-3462,27	kNm

Classificatie voor doorsnede-ontwerp
Waarschuwing: Classificatie wordt niet ondersteund voor dit type doorsnede.
De doorsnede wordt gecontroleerd als elastisch, klasse 3.

Drukcontrole
Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.2.4 en formule (6.9)

Oppervlakte van de doorsnede	A	5,5424e-02	m^2
Drukweerstand	$N_{c,Rd}$	24386,49	kN
Eenheidscontrole		0,00	-

Controle buigend moment voor M_y
Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.2.5 en formule (6.12),(6.14)

Elastische doorsnedemodulus	$W_{el,y,min}$	9,9087e-03	m^3
Elastisch buigend moment	$M_{el,y,Rd}$	4359,83	kNm
Eenheidscontrole		0,17	-

Controle buigend moment voor M_z
Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.2.5 en formule (6.12),(6.14)

Elastische doorsnedemodulus	$W_{el,z,min}$	9,9087e-03	m^3
Elastisch buigend moment	$M_{el,z,Rd}$	4359,83	kNm
Eenheidscontrole		0,79	-

Dwarskrachtcontrole voor V_y
Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.2.6 en formule (6.17)

Correctiefactor voor dwarskracht	η	1,20	
Afschuifoppervlak	A_v	3,6996e-02	m^2
Plastische dwarskrachtweerstand voor V_y	$V_{pl,y,Rd}$	9398,15	kN
Eenheidscontrole		0,02	-

Opmerking: Het dwarskrachtoppervlak is afkomstig van de doorsnede-eigenschappen.

Dwarskrachtcontrole voor V_z

Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.2.6 en formule (6.17)

Correctiefactor voor dwarskracht	η	1,20	
Afschuifoppervlak	A_v	3,6996e-02	m^2
Plastische dwarskrachtweerstand voor V_z	$V_{pl,z,Rd}$	9398,15	kN
Eenheidscontrole		0,00	-

Opmerking: Het dwarskrachtoppervlak is afkomstig van de doorsnede-eigenschappen.

Torsiecontrole

Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.2.7 en formule (6.23)

Vezelindex	Vezel	10	
Totaal torsiemoment	τ_{Ed}	0,0	MPa
Elastische dwarskrachtweerstand	τ_{Rd}	254,0	MPa
Eenheidscontrole		0,00	-

Opmerking: De eenheidscontrole voor torsie is lager dan de grenswaarde van 0,05. Hierdoor wordt torsie beschouwd als niet-significant en wordt deze genegeerd in de gecombineerde controles.

Controle voor gecombineerde buiging, axiale kracht en Dwarskracht

Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.2.9.2 en formule (6.42)

Normaalspanningen			
Vezelindex	Vezel	7	
Normaalspanning ten gevolge van de normaalkracht N	$\sigma_{N,Ed}$	0,3	MPa
Normaalspanning ten gevolge van het buigend moment M_y	$\sigma_{My,Ed}$	13,2	MPa
Normaalspanning ten gevolge van het buigend moment M_z	$\sigma_{Mz,Ed}$	344,1	MPa
Totale longitudinale spanning	$\sigma_{tot,Ed}$	357,6	MPa
Eenheidscontrole		0,81	-

De staaf voldoet aan de doorsnedecontrole.

...::STABILITEITSCONTROLE::...

Buigingsknikcontrole

Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.3.1.1 en formule (6.46)

Knikparameters		yy	zz	
Zijd. flex. type		Zijdelings flexibel	Zijdelings stijf	
Systeemlengte	L	15,400	16,500	m
Knikfactor	k	2,36	0,89	
Kniklengte	l_{cr}	36,397	14,746	m
Kritische Euler last	N_{cr}	5902,16	35958,05	kN
Slankheid	λ	139,52	56,53	
Relatieve slankheid	λ_{rel}	2,03	0,82	
Limietslankheid	$\lambda_{rel,0}$	0,20	0,20	

Opmerking: De slankheid of compressie kracht is zodanig dat Buigknik effecten kunnen worden genegeerd volgens EN 1993-1-1 artikel 6.3.1.2(4).

Torsieknikcontrole

Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.3.1.1 en formule (6.46)

Torsieknik lengte	l_{cr}	16,500	m
Elastische kritische last	$N_{cr,T}$	4382125,60	kN
Elastische kritische last	$N_{cr,TF}$	5902,16	kN
Relatieve slankheid	$\lambda_{rel,T}$	2,03	
Limietslankheid	$\lambda_{rel,0}$	0,20	

Opmerking: De slankheid of de drukkracht is zo dat de buigknikeffecten kunnen worden genegeerd volgens de EN 1993-1-1 artikel 6.3.1.2(4).

Kipcontrole

Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.3.2.1 & 6.3.2.2 en formule (6.54)

Kip parameters			
Methode voor Kipcurve		Algemeen geval	
Elastische doorsnedemodulus	$W_{el,y}$	9,9087e-03	m^3
Elastisch kritisch moment	M_{cr}	176426,91	kNm
Relatieve slankheid	$\lambda_{rel,LT}$	0,16	
Limietslankheid	$\lambda_{rel,LT,0}$	0,20	

Opmerking: De slankheid of het buigend moment is zo dat de kipeffecten genegeerd kunnen worden volgens EN 1993-1-1 artikel 6.3.2.2(4).

Mcr parameters			
LTB lengte	l_{LT}	16,500	m
Invloed van lastpositie		geen invloed	
Correctiefactor	k	1,00	
Correctiefactor	k_w	1,00	
Kip moment factor	C_1	1,35	
Kip moment factor	C_2	0,63	
Kip moment factor	C_3	0,41	
Afschuifmiddelpuntafstand	d_z	0	mm
Afstand tot lastoepassing	z_g	0	mm
Mono-symmetrische constante	β_y	0	mm
Mono-symmetrische constante	z_j	0	mm

Opmerking: C parameters zijn bepaald volgens de ECCS 119 2006 / Galea 2002.

Gecombineerde buig- en axiale drukcontrole
Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.3.3 en formule (6.61),(6.62)

Buig- en axiale drukcontrole paramaters			
Interactie methode		alternatieve methode 1	
Oppervlakte van de doorsnede	A	5,5424e-02	m^2
Elastische doorsnedemodulus	$W_{el,y}$	9,9087e-03	m^3
Elastische doorsnedemodulus	$W_{el,z}$	9,9087e-03	m^3
Ontwerpdrukkracht	N_{Ed}	14,16	kN
Ontwerp buigend moment (maximum)	$M_{y,Ed}$	-753,98	kNm
Ontwerp buigend moment (maximum)	$M_{z,Ed}$	-3462,27	kNm
Karakteristieke drukweerstand	N_{Rk}	24386,49	kN
Karakteristieke momentweerstand	$M_{y,Rk}$	4359,83	kNm
Karakteristieke momentweerstand	$M_{z,Rk}$	4359,83	kNm
Reductie factor	χ_y	1,00	
Reductie factor	χ_z	1,00	
Reductie factor	χ_{LT}	1,00	
Interactiefactor	k_{yy}	1,00	
Interactiefactor	k_{yz}	1,00	
Interactiefactor	k_{zy}	1,00	
Interactiefactor	k_{zz}	1,00	

Maximum moment $M_{y,Ed}$ is afgeleid van balk S1 positie 9,250 m.
Maximum moment $M_{z,Ed}$ is afgeleid van balk S1 positie 9,250 m.

Interactie methode 1 parameters			
Kritische Euler last	$N_{cr,y}$	5902,16	kN
Kritische Euler last	$N_{cr,z}$	35958,05	kN
Elastische kritische last	$N_{cr,T}$	4382125,60	kN
Elastische doorsnedemodulus	$W_{el,y}$	9,9087e-03	m^3
Traagheidsmoment	I_y	3,7725e-03	m^4
Traagheidsmoment	I_z	3,7725e-03	m^4
Torsie constante	I_t	7,3845e-03	m^4
Methode voor equivalente moment factor $C_{my,0}$		Tabel A.2 Lijn 2 (Algemeen)	
Ontwerp buigend moment (maximum)	$M_{y,Ed}$	-753,98	kNm
Maximale relatieve doorbuiging	δ_z	41,1	mm
Equivalente moment factor	$C_{my,0}$	1,00	
Methode voor equivalente moment factor $C_{mz,0}$		Tabel A.2 Lijn 2 (Algemeen)	
Ontwerp buigend moment (maximum)	$M_{z,Ed}$	-3462,27	kNm

Interactie methode 1 parameters			
Maximale relatieve doorbuiging	δ_y	95,6	mm
Equivalente moment factor	$C_{mz,0}$	1,00	
Factor	μ_y	1,00	
Factor	μ_z	1,00	
Factor	ε_y	297,78	
Factor	a_{LT}	0,00	
Kritisch moment voor uniforme buiging	$M_{cr,0}$	130880,50	kNm
Relatieve slankheid	$\lambda_{rel,0}$	0,18	
Limiet relatieve slankheid	$\lambda_{rel,0,lim}$	0,23	
Equivalente moment factor	C_{my}	1,00	
Equivalente moment factor	C_{mz}	1,00	
Equivalente moment factor	C_{mLT}	1,00	

Eenheidscontrole (6.61) = 0,00 + 0,17 + 0,79 = 0,97 -
Eenheidscontrole (6.62) = 0,00 + 0,17 + 0,79 = 0,97 -

De staaf voldoet aan de stabiliteitscontrole.

5.2. EC-EN 1993 UGT: staalcontrole

Lineaire berekening
Klasse: RC1
Assenstelsel: Hoofd
Extreme 1D: Globaal
Selectie: Alle
Filter: Doorsnede = Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)

EN 1993-1-1 Normcontrole
Nationale bijlage: Standaard EN

Element S3	**10,000 / 16,500 m**	**Buis (456; 24)**	**S 450**	**RC1**	**0,67 -**

Combinatiesleutel
RC1 / AV6

Partiële veiligheidsfactoren	
γ_{M0} voor weerstand van doorsneden	1,00
γ_{M1} voor weerstand tegen instabiliteit	1,00
γ_{M2} voor weerstand van netto-doorsneden	1,25

Materiaal			
Vloeisterkte	f_y	440,0	MPa
Treksterkte	f_u	550,0	MPa
Bouwwijze		Algemeen	

Waarschuwing: Sterktereductie gerelateerd aan de dikte wordt niet ondersteund voor dit type doorsnede.

...::DOORSNEDECONTROLE::...

De kritische controle is op positie 10,000 m

Interne krachten		**Berekende**	**Eenheid**
Normaalkracht	N_{Ed}	126,86	kN
Dwarskracht	$V_{y,Ed}$	-19,29	kN
Dwarskracht	$V_{z,Ed}$	-10,30	kN
Torsie	T_{Ed}	0,00	kNm
Buigend moment	$M_{y,Ed}$	-44,82	kNm
Buigend moment	$M_{z,Ed}$	-974,60	kNm

Classificatie voor doorsnede-ontwerp
Waarschuwing: Classificatie wordt niet ondersteund voor dit type doorsnede.
De doorsnede wordt gecontroleerd als elastisch, klasse 3.

Trekcontrole
Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.2.3 en formule (6.5)

Oppervlakte van de doorsnede	A	3,2504e-02	m^2
Plastische trekweerstand	$N_{pl,Rd}$	14301,78	kN
Uiterste trekweerstand	$N_{u,Rd}$	12871,60	kN
Trekweerstand	$N_{t,Rd}$	12871,60	kN
Eenheidscontrole		0,01	-

Controle buigend moment voor M_y
Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.2.5 en formule (6.12),(6.14)

Elastische doorsnedemodulus	$W_{el,y,min}$	3,3408e-03	m^3
Elastisch buigend moment	$M_{el,y,Rd}$	1469,96	kNm
Eenheidscontrole		0,03	-

Controle buigend moment voor M_z
Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.2.5 en formule (6.12),(6.14)

Elastische doorsnedemodulus	$W_{el,z,min}$	3,3408e-03	m^3
Elastisch buigend moment	$M_{el,z,Rd}$	1469,96	kNm
Eenheidscontrole		0,66	-

Dwarskrachtcontrole voor V_y
Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.2.6 en formule (6.17)

Correctiefactor voor dwarskracht	η	1,20	
Afschuifoppervlak	A_v	2,1808e-02	m^2
Plastische dwarskrachtweerstand voor V_y	$V_{pl,y,Rd}$	5539,86	kN
Eenheidscontrole		0,00	-

Opmerking: Het dwarskrachtoppervlak is afkomstig van de doorsnede-eigenschappen.
Dwarskrachtcontrole voor V_z
Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.2.6 en formule (6.17)

Correctiefactor voor dwarskracht	η	1,20	
Afschuifoppervlak	A_v	2,1808e-02	m^2
Plastische dwarskrachtweerstand voor V_z	$V_{pl,z,Rd}$	5539,86	kN
Eenheidscontrole		0,00	-

Opmerking: Het dwarskrachtoppervlak is afkomstig van de doorsnede-eigenschappen.

Controle voor gecombineerde buiging, axiale kracht en Dwarskracht
Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.2.9.2 en formule (6.42)

Normaalspanningen			
Vezelindex	Vezel	16	
Normaalspanning ten gevolge van de normaalkracht N	$\sigma_{N,Ed}$	-3,9	MPa
Normaalspanning ten gevolge van het buigend moment M_y	$\sigma_{My,Ed}$	0,0	MPa
Normaalspanning ten gevolge van het buigend moment M_z	$\sigma_{Mz,Ed}$	-291,7	MPa
Totale longitudinale spanning	$\sigma_{tot,Ed}$	-295,6	MPa
Eenheidscontrole		0,67	-

De staaf voldoet aan de doorsnedecontrole.

...::STABILITEITSCONTROLE::...

Kipcontrole
Volgens EN 1993-1-1 artikel 6.3.2.1 & 6.3.2.2 en formule (6.54)

Kip parameters			
Methode voor Kipcurve		Algemeen geval	
Elastische doorsnedemodulus	$W_{el,y}$	3,3408e-03	m^3
Elastisch kritisch moment	M_{cr}	35754,34	kNm
Relatieve slankheid	$\lambda_{rel,LT}$	0,20	
Limietslankheid	$\lambda_{rel,LT,0}$	0,20	

Opmerking: De slankheid of het buigend moment is zo dat de kipeffecten genegeerd kunnen worden volgens EN 1993-1-1 artikel 6.3.2.2(4).

Mcr parameters			
LTB lengte	l_{LT}	16,500	m
Invloed van lastpositie		geen invloed	
Correctiefactor	k	1,00	
Correctiefactor	k_w	1,00	
Kip moment factor	C_1	1,35	
Kip moment factor	C_2	0,63	
Kip moment factor	C_3	0,41	
Afschuifmiddelpuntafstand	d_z	0	mm
Afstand tot lastoepassing	z_g	0	mm
Mono-symmetrische constante	β_y	0	mm
Mono-symmetrische constante	z_j	0	mm

Opmerking: C parameters zijn bepaald volgens de ECCS 119 2006 / Galea 2002.

De staaf voldoet aan de stabiliteitscontrole.

5.3. Reacties

Lineaire berekening
Belastingsgeval: AV1
Systeem: Globaal
Extreem: Globaal
Selectie: Alle

Knoopreacties

Naam	Belasting	R_x [kN]	R_y [kN]	R_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	e_x [mm]	e_y [mm]
Sn15/K3	AV1	**-2,34**	**10,02**	-5,68	**0,00**	**0,00**	**0,00**	0,0	0,0
Sn16/K63	AV1	-0,94	3,84	**-6,02**	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0
Sn1/K1	AV1	**5,35**	**-21,98**	**14,16**	0,00	0,00	**0,00**	0,0	0,0

Lineaire intensiteit

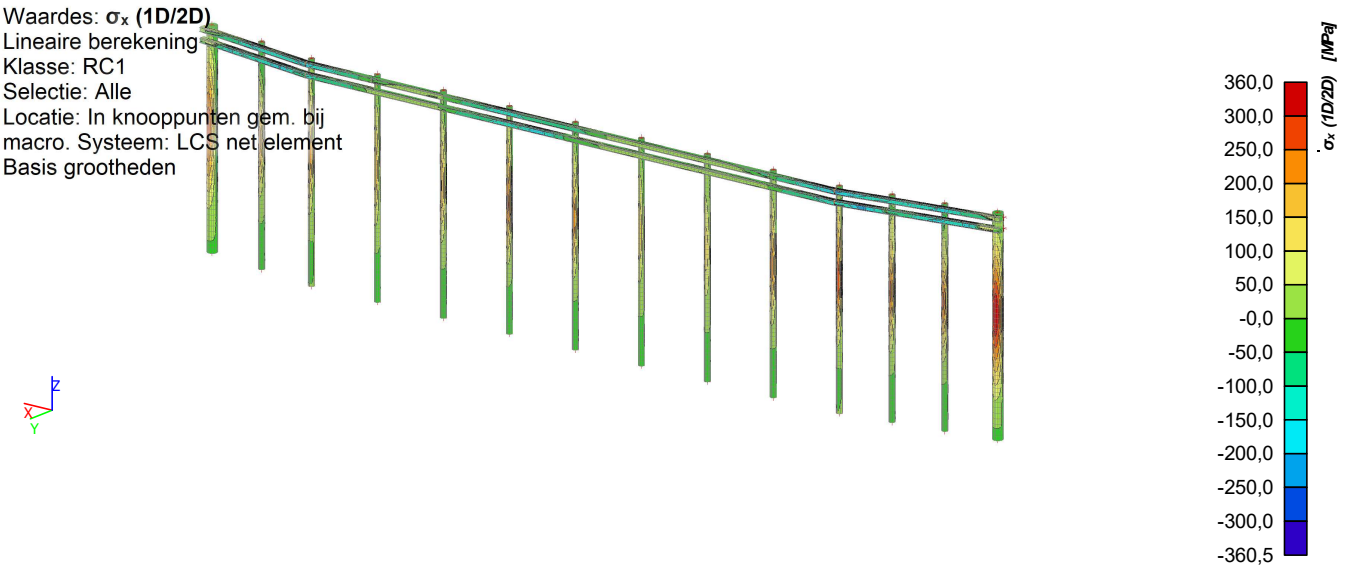
Naam	dx [m]	Belasting	R_x [kN/m]	R_y [kN/m]	R_z [kN/m]	M_x [kNm/m]	M_y [kNm/m]	M_z [kNm/m]
Slb1/S1	10,000	AV1	**-192,43**	**850,22**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
Slb5/S1	3,200	AV1	**46,15**	**-214,98**	0,00	0,00	0,00	0,00

Reacties op lijnondersteuningen

Naam	dx [m]	Belasting	R_x [kN]	R_y [kN]	R_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	e [mm]
Slb1/S1	9,250	AV1	**-97,97**	**428,59**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Slb5/S1	2,400	AV1	**31,69**	**-145,73**	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0
Slb100/S46	0,000	AV1	-0,94	3,84	**-6,02**	0,00	0,00	0,00	0,0
Slb5/S1	0,000	AV1	5,35	-21,98	**14,16**	**0,00**	**0,00**	**0,00**	0,0

5.4. 3D stress

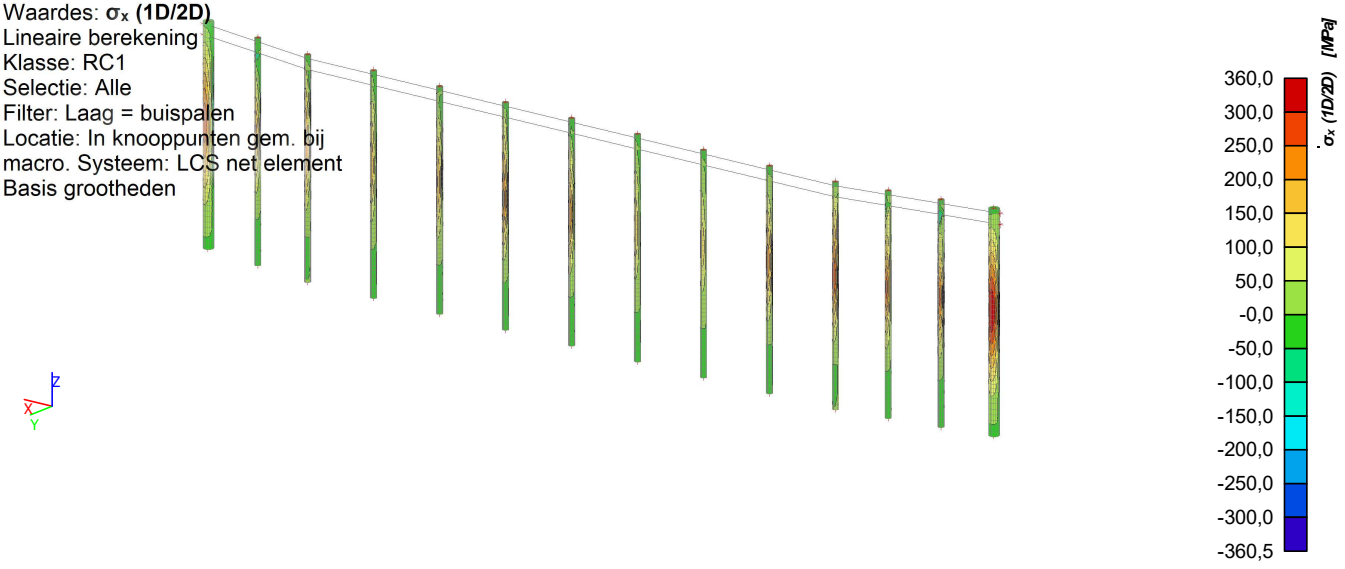
Waardes: σ_x **(1D/2D)**
Lineaire berekening
Klasse: RC1
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem. bij macro. Systeem: LCS net element
Basis grootheden



Lineaire berekening
Klasse: RC1
Selectie: Alle
Filter: Laag = buispalen
Locatie: In knooppunten gem. bij macro. Systeem: LCS net element
Basis grootheden
Resultaten op 1D-element
Extreme 1D: Globaal

Naam	dx [m]	Vezel	Belasting	σ_x [MPa]	τ_{xy} [MPa]	τ_{xz} [MPa]	τ_{tor} [MPa]
S1	9,250-	7	AV2	**-360,5**	-0,1	-1,1	0,0
S1	9,250-	17	AV2	**360,0**	-0,1	-1,1	0,0

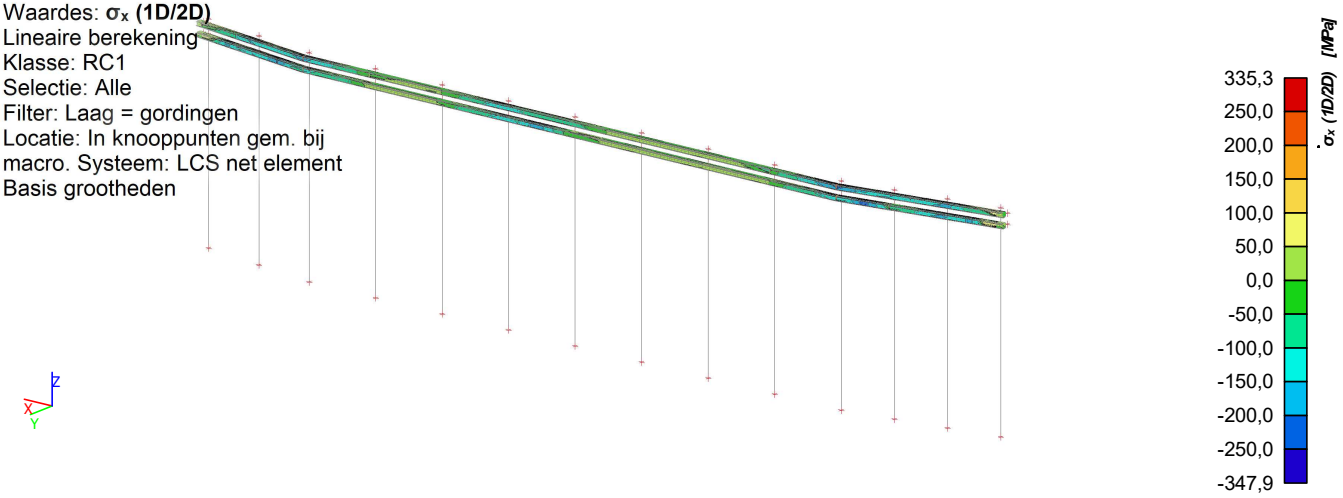
Waardes: σ_x **(1D/2D)**
Lineaire berekening
Klasse: RC1
Selectie: Alle
Filter: Laag = buispalen
Locatie: In knooppunten gem. bij macro. Systeem: LCS net element
Basis grootheden



Lineaire berekening
Klasse: RC1
Selectie: Alle
Filter: Laag = gordingen
Locatie: In knooppunten gem. bij macro. Systeem: LCS net element
Basis grootheden
Resultaten op 1D-element
Extreme 1D: Globaal

Naam	dx [m]	Vezel	Belasting	σ_x [MPa]	τ_{xy} [MPa]	τ_{xz} [MPa]	τ_{tor} [MPa]
S48	2,071-	34	AV5	**-347,9**	0,0	0,0	23,3
S48	2,071-	15	AV5	**335,3**	15,1	7,5	27,7

Waardes: σ_x **(1D/2D)**
Lineaire berekening
Klasse: RC1
Selectie: Alle
Filter: Laag = gordingen
Locatie: In knooppunten gem. bij macro. Systeem: LCS net element
Basis grootheden



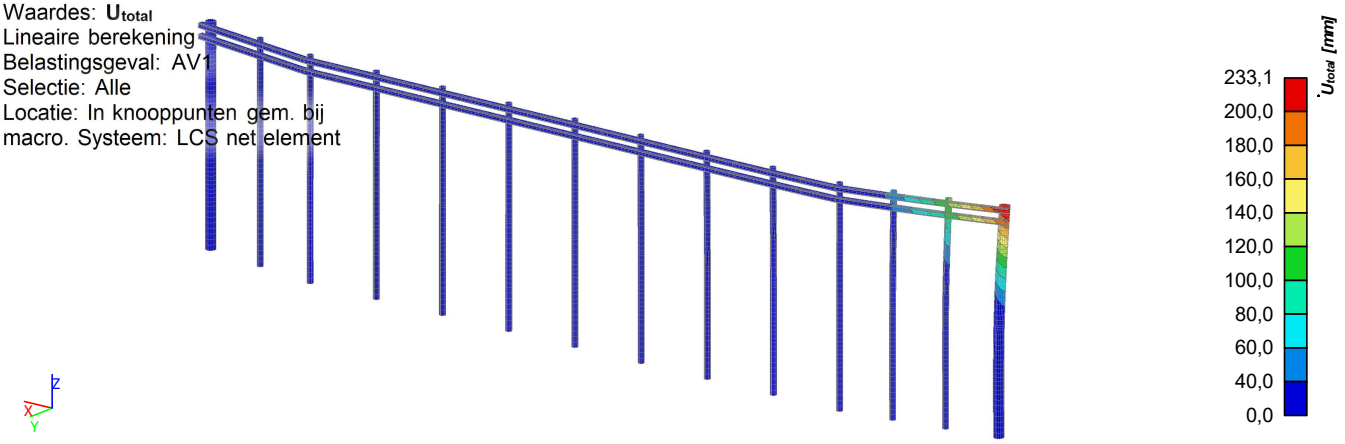
5.5. 3D verplaatsing

Naam	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	ter' belastingsg	Omschrijving	3D Wind
AV1	Variabel	LG2	Statisch	Standaard	Kort	Geen	Aanvaring	Nee

Lineaire berekening
Belastingsgeval: AV1
Extreem: Globaal
Selectie: Alle

Naam	Belasting	U_x [mm]	U_y [mm]	U_z [mm]	Φ_x [mrad]	Φ_y [mrad]	Φ_z [mrad]	U_{total} [mm]
K27	AV1	**47,5**	**-220,9**	1,4	**31,3**	**6,5**	**25,8**	**226,0**
K42	AV1	41,9	-195,1	**1,4**	31,1	6,5	24,8	199,6
K10	AV1	-1,6	**17,1**	-0,1	**-2,7**	0,0	-0,8	17,1
K1	AV1	-0,3	1,3	**-0,9**	-1,3	**-0,3**	24,8	1,7
K12	AV1	**-1,8**	10,5	-0,1	-1,7	-0,1	**-1,1**	10,7

Waardes: U_{total}
Lineaire berekening
Belastingsgeval: AV1
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element

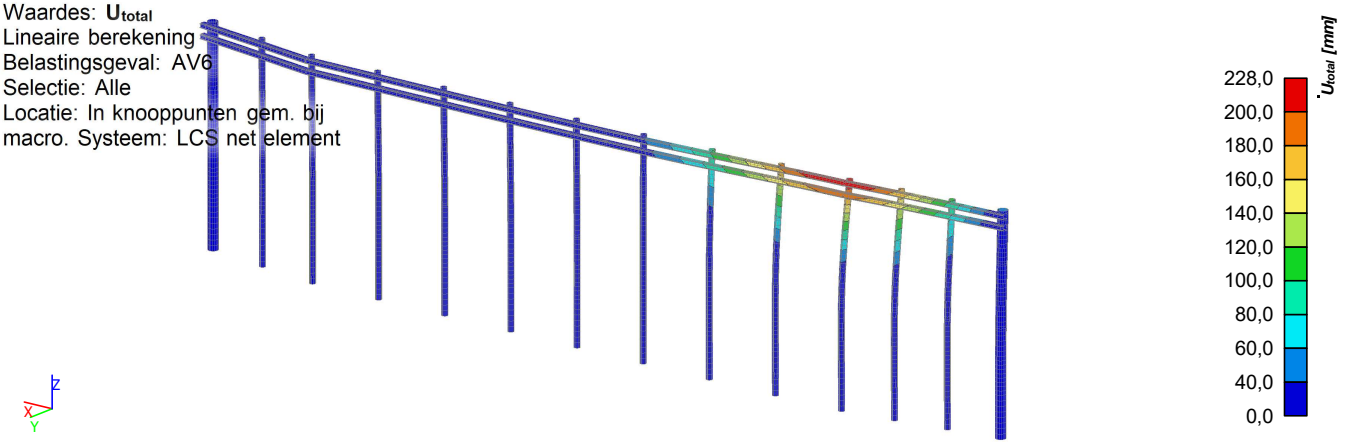


Naam	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	ter' belastingsg	Omschrijving	3D Wind
AV6	Variabel	LG2	Statisch	Standaard	Kort	Geen	Aanvaring	Nee

Lineaire berekening
Belastingsgeval: AV6
Extreem: Globaal
Selectie: Alle

Naam	Belasting	U_x [mm]	U_y [mm]	U_z [mm]	Φ_x [mrad]	Φ_y [mrad]	Φ_z [mrad]	U_{total} [mm]
K27	AV6	**-30,4**	-9,9	-8,3	2,7	-3,0	-18,3	33,0
K6	AV6	11,9	**-226,7**	**8,7**	**38,2**	**2,9**	-2,4	**227,2**
K18	AV6	10,4	**10,7**	0,0	**-1,7**	0,2	-0,1	15,0
K42	AV6	-28,0	-7,9	**-8,4**	2,7	**-3,2**	-17,8	30,3
K4	AV6	-15,8	-103,5	-1,7	16,0	-0,4	**-18,7**	104,7
K8	AV6	**18,1**	-180,8	0,8	29,1	2,0	**12,5**	181,7

Waardes: U_{total}
Lineaire berekening
Belastingsgeval: AV6
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element

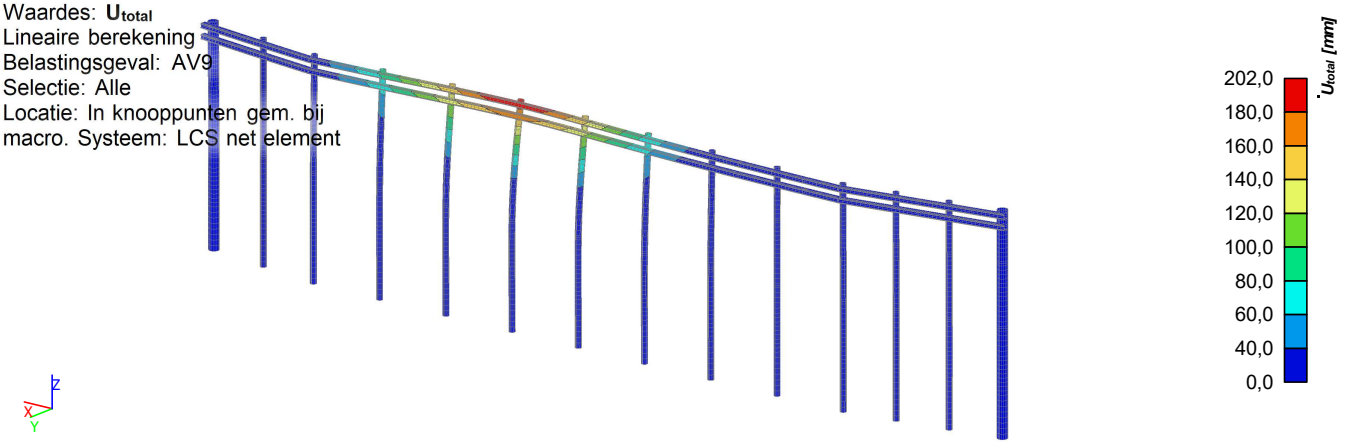


Naam	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	ter' belastingsc	Omschrijving	3D Wind
AV9	Variabel	LG2	Statisch	Standaard	Kort	Geen	Aanvaring	Nee

Lineaire berekening
Belastingsgeval: AV9
Extreem: Globaal
Selectie: Alle

Naam	Belasting	U_x [mm]	U_y [mm]	U_z [mm]	Φ_x [mrad]	Φ_y [mrad]	Φ_z [mrad]	U_{total} [mm]
K41	AV9	5,7	**9,2**	-1,4	-1,2	0,7	1,9	10,9
K16	AV9	-1,1	**-201,7**	**-1,5**	**34,0**	0,0	0,0	**201,7**
K22	AV9	1,8	-28,6	**1,5**	4,6	0,2	6,2	28,7
K26	AV9	**5,7**	8,6	-1,1	**-1,2**	0,7	1,9	10,4
K48	AV9	-5,6	-66,4	0,4	13,0	**-0,8**	-9,8	66,6
K55	AV9	4,9	7,3	-1,1	-1,2	**0,7**	1,9	8,9
K14	AV9	**-6,9**	-153,9	0,0	24,7	-0,8	**-11,6**	154,0
K18	AV9	4,6	-154,0	-0,1	24,8	0,7	**11,6**	154,1

Waardes: U_{total}
Lineaire berekening
Belastingsgeval: AV9
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



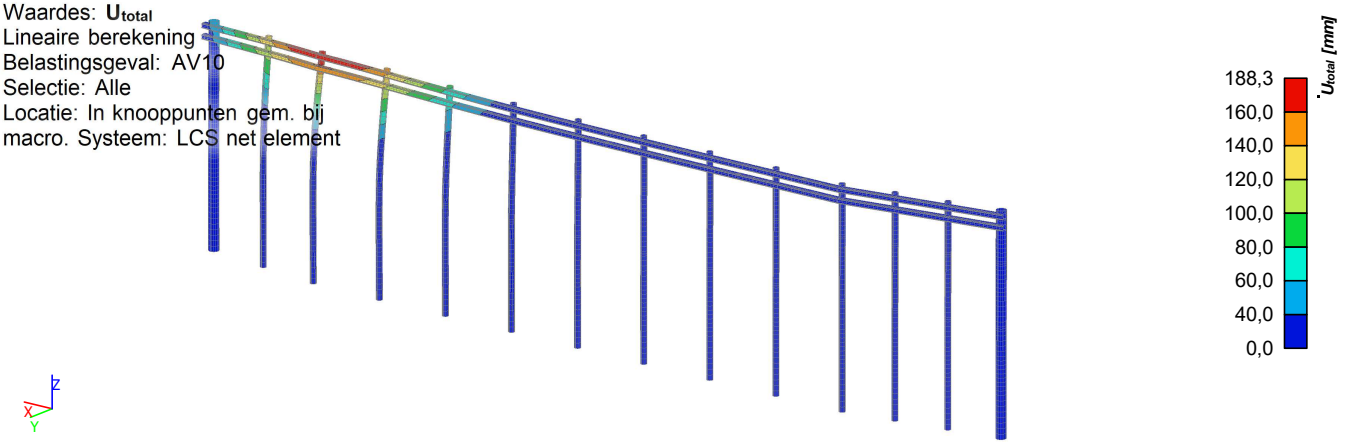
Naam	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	ter' belastingsc	Omschrijving	3D Wind
AV10	Variabel	LG2	Statisch	Standaard	Kort	Geen	Aanvaring	Nee

Lineaire berekening
Belastingsgeval: AV10
Extreem: Globaal

Selectie: Alle

Naam	Belasting	U_x [mm]	U_y [mm]	U_z [mm]	Φ_x [mrad]	Φ_y [mrad]	Φ_z [mrad]	U_{total} [mm]
K41	AV10	**25,0**	-27,6	-7,0	5,2	2,5	**17,3**	37,9
K56	AV10	22,9	-23,5	**-7,1**	5,2	**2,6**	16,9	33,6
K10	AV10	-6,9	**8,7**	0,0	**-1,4**	-0,1	0,1	11,1
K22	AV10	-7,6	**-187,3**	**6,8**	**31,6**	**-2,1**	2,5	**187,6**
K20	AV10	**-13,0**	-151,0	0,7	24,3	-1,5	**-10,3**	151,5

Waardes: U_{total}
Lineaire berekening
Belastingsgeval: AV10
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element

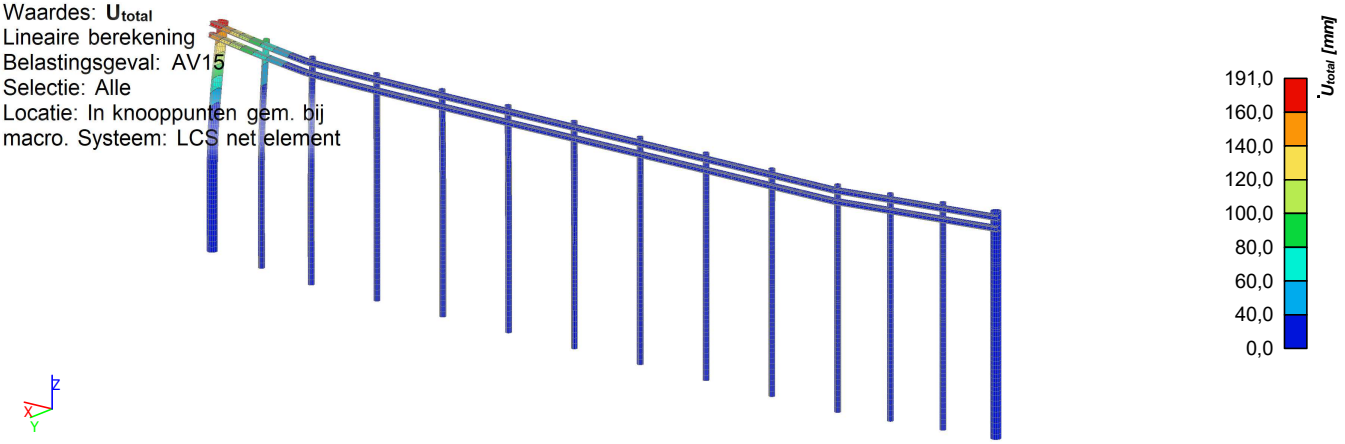


Naam	Actie type	Lastgroep	Belastingtype	Spec	Duur	ter' belastingsg	Omschrijving	3D Wind
AV15	Variabel	LG2	Statisch	Standaard	Kort	Geen	Aanvaring	Nee

Lineaire berekening
Belastingsgeval: AV15
Extreem: Globaal
Selectie: Alle

Naam	Belasting	U_x [mm]	U_y [mm]	U_z [mm]	Φ_x [mrad]	Φ_y [mrad]	Φ_z [mrad]	U_{total} [mm]
K25	AV15	0,2	1,1	**-1,4**	-1,1	**0,2**	-19,6	1,8
K22	AV15	-3,9	-23,0	**1,3**	3,7	-1,0	-8,0	23,4
K18	AV15	0,3	**14,4**	-0,2	**-2,3**	-0,1	0,1	14,5
K41	AV15	**-36,3**	**-181,4**	0,4	**25,8**	**-5,1**	**-20,3**	**185,0**
K16	AV15	**0,8**	10,9	-0,2	-1,7	0,0	**0,9**	10,9

Waardes: U_{total}
Lineaire berekening
Belastingsgeval: AV15
Selectie: Alle
Locatie: In knooppunten gem. bij
macro. Systeem: LCS net element



6. Staven

Naam	Doorsnede	Materiaal	Lengte [m]	Beginknoop	Eindknoop	Type
S1	Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (761; 24)	S 450	16,500	K1	K2	Algemeen (0)
S2	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K3	K4	Algemeen (0)
S3	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K5	K6	Algemeen (0)
S4	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K7	K8	Algemeen (0)
S5	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K9	K10	Algemeen (0)
S6	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K11	K12	Algemeen (0)
S7	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K13	K14	Algemeen (0)
S8	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K15	K16	Algemeen (0)
S9	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K17	K18	Algemeen (0)
S10	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K19	K20	Algemeen (0)
S11	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K21	K22	Algemeen (0)
S12	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K23	K24	Algemeen (0)
S13	Ø762/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (761; 24)	S 450	16,500	K25	K26	Algemeen (0)
S14	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	0,500	K27	K28	Algemeen (0)
S15	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	4,142	K28	K29	Algemeen (0)
S16	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	4,142	K29	K66	Algemeen (0)
S17	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K30	K31	Algemeen (0)
S18	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K31	K32	Algemeen (0)
S19	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K32	K33	Algemeen (0)
S20	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K33	K34	Algemeen (0)
S21	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K34	K35	Algemeen (0)
S22	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K35	K36	Algemeen (0)
S23	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K36	K37	Algemeen (0)
S24	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,767	K37	K38	Algemeen (0)
S25	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,075	K38	K39	Algemeen (0)
S26	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,075	K39	K40	Algemeen (0)
S27	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	0,500	K40	K41	Algemeen (0)
S28	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	0,500	K42	K43	Algemeen (0)
S29	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	4,142	K43	K44	Algemeen (0)
S30	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	4,142	K44	K65	Algemeen (0)
S31	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K45	K46	Algemeen (0)
S32	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K46	K47	Algemeen (0)
S33	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K47	K48	Algemeen (0)
S34	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K48	K49	Algemeen (0)
S35	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K49	K50	Algemeen (0)
S36	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K50	K51	Algemeen (0)
S37	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,769	K51	K52	Algemeen (0)
S38	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,767	K52	K53	Algemeen (0)
S39	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,075	K53	K54	Algemeen (0)
S40	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	5,075	K54	K55	Algemeen (0)
S41	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	0,500	K55	K56	Algemeen (0)
S46	Ø457/25 - 1.1 mm corrosie - Buis (456; 24)	S 450	16,500	K63	K64	Algemeen (0)
S47	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	4,142	K66	K30	Algemeen (0)
S48	CHSCF400/16-UNP280 - Grafische doorsnede	S 355	4,142	K65	K45	Algemeen (0)

C. D-Sheet Piling-uitvoer

Report for D-Sheet Piling 19.3

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Date of report:	5/16/2022
Time of report:	9:40:38 AM
Report with version:	19.3.2.28346
Date of calculation:	10/15/2021
Time of calculation:	10:28:08 AM
Calculated with version:	19.3.2.28346
File name:	INFR210413 - Ringersbrug_remmingwerk zuidzijde_S17_762x25_S450
Project identification:	Stadswerk 072 N.V. Ringersbrug Remmingwerk zuidzijde 8507 S17 762x25

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Summary 3
2.1 Overview of Maxima 3
3 Input Data 4
3.1 General Input Data 4
3.2 Pile Properties 4
3.2.1 General Properties 4
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour) 4
3.2.3 Maximum Allowable Moments 4
3.3 Outline 5
3.4 Horizontal Forces 5
3.5 Water Level 5
3.6 Surface 5
3.7 Soil Material Properties 5
3.8 Soil Material Properties Calculated Using Brinch Hansen 6
3.9 Modulus of Subgrade Reaction 6
4 Calculation Results 7
4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements 7
4.2 Moments, Forces and Displacements 7
4.3 Charts of Stresses 10
4.4 Stresses 10

2 Summary

2.1 Overview of Maxima

Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]
364,8	-3061,57	799,22	0,0	24,6

3 Input Data

3.1 General Input Data

Model	Single pile; Pile loaded by forces
Unit weight of water	9,81 kN/m³
Elastic calculation	Yes

3.2 Pile Properties

Length	15,40 m
Level top side	-0,10 m
Number of sections	1

3.2.1 General Properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Diameter [m]
762x25	-15,50	-0,10	User defined	0,76

3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

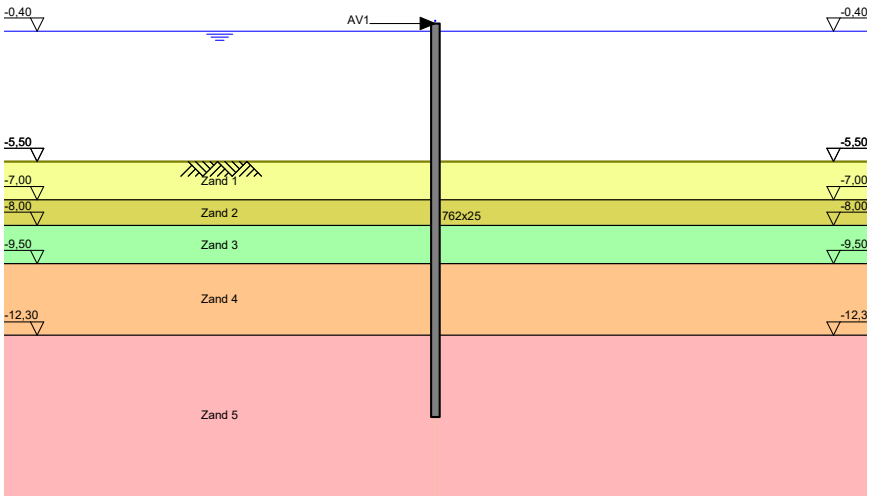
Section name	Elastic stiffness EI [kNm²]	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm²]	Note to reduction factor
762x25	7,8173E+05	1,00	7,8173E+05	

3.2.3 Maximum Allowable Moments

Section name	Mr;char;el [kNm]	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
762x25	4360,00	1,00	1,00	1,00	4360,00

3.3 Outline

Outline



3.4 Horizontal Forces

Name	Level [m]	Load [kN]
AV1	-0,10	391,00

3.5 Water Level

Water level: -0,40 [m]

3.6 Surface

Surface level: -5,50 [m]

3.7 Soil Material Properties

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [°]	Brinch Hansen used
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]			
Zand 1	-5,50	18,00	20,00	0,00	32,50	Yes
Zand 2	-7,00	18,00	20,00	0,00	30,00	Yes
Zand 3	-8,00	18,00	20,00	0,00	30,00	Yes
Zand 4	-9,50	18,00	20,00	0,00	30,00	Yes
Zand 5	-12,30	18,00	20,00	0,00	32,50	Yes

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m²]	Bottom [kN/m²]
Zand 1	-5,50	0,00	0,00	7,24	0,00	0,00
Zand 2	-7,00	0,00	0,00	7,58	0,00	0,00
Zand 3	-8,00	0,00	0,00	8,79	0,00	0,00
Zand 4	-9,50	0,00	0,00	10,31	0,00	0,00
Zand 5	-12,30	0,00	0,00	14,97	0,00	0,00

3.8 Soil Material Properties Calculated Using Brinch Hansen

Layer name	Level [m]	Fictive cohesion [kN/m²]
Zand 1	-5,50	0,00
Zand 2	-7,00	0,00
Zand 3	-8,00	0,00
Zand 4	-9,50	0,00
Zand 5	-12,30	0,00

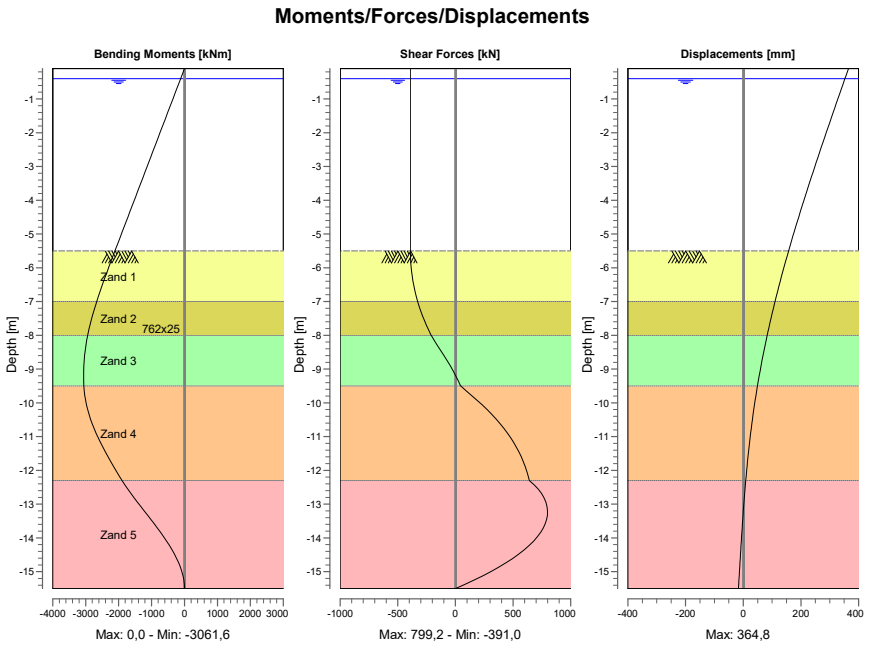
3.9 Modulus of Subgrade Reaction

Layer name	Level [m]	Ménard used	E-Mod Ménard [kN/m²]	Soil type Ménard	Branch 1	
					Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]
Zand 1	-5,50	Yes	6800,00	Sand	28707,91	28707,91
Zand 2	-7,00	Yes	5950,00	Sand	25119,42	25119,42
Zand 3	-8,00	Yes	850,00	Sand	3588,49	3588,49
Zand 4	-9,50	Yes	2550,00	Sand	10765,47	10765,47
Zand 5	-12,30	Yes	12750,00	Sand	53827,34	53827,34

4 Calculation Results

Number of iterations: 4

4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



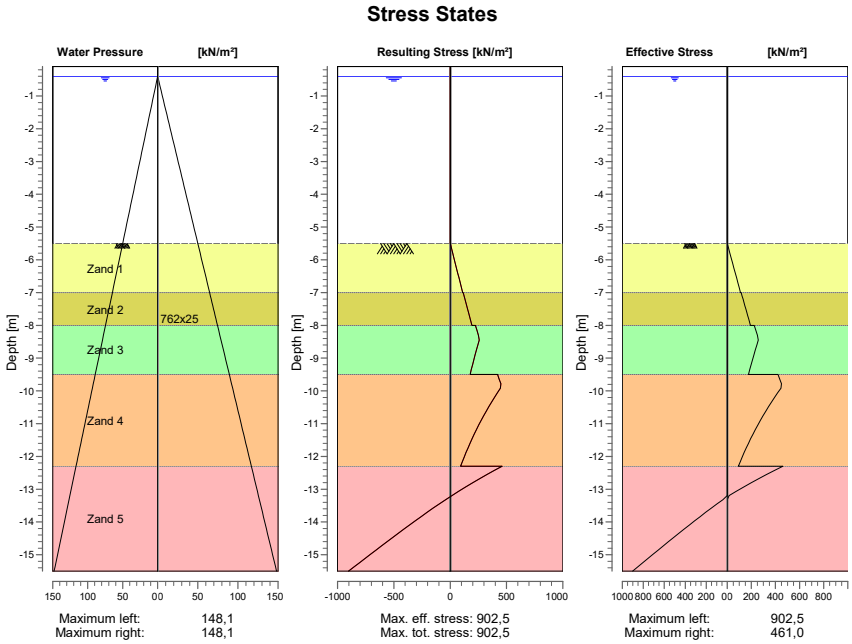
4.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	-0,10	0,00	-391,00	**364,8**
	-0,16	-23,46	-391,00	362,3
	-0,22	-46,92	-391,00	359,8
	-0,28	-70,38	-391,00	357,4
	-0,34	-93,84	-391,00	354,9
2	-0,40	-117,30	-391,00	352,5
2	-0,40	-117,30	-391,00	352,5
	-0,55	-174,27	-391,00	346,5
	-0,69	-231,25	-391,00	340,6
	-0,84	-288,22	-391,00	334,7
	-0,98	-345,20	-391,00	328,7
3	-1,13	-402,17	-391,00	322,8
3	-1,13	-402,17	-391,00	322,8
	-1,27	-459,15	-391,00	316,9
	-1,42	-516,12	-391,00	311,0
	-1,57	-573,09	-391,00	305,1
	-1,71	-630,07	-391,00	299,2
4	-1,86	-687,04	-391,00	293,4
4	-1,86	-687,04	-391,00	293,4

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
	-2,00	-744,02	-391,00	287,6
	-2,15	-800,99	-391,00	281,8
	-2,29	-857,97	-391,00	276,0
	-2,44	-914,94	-391,00	270,2
5	-2,59	-971,91	-391,00	264,5
5	-2,59	-971,91	-391,00	264,5
	-2,73	-1028,89	-391,00	258,7
	-2,88	-1085,86	-391,00	253,0
	-3,02	-1142,84	-391,00	247,4
	-3,17	-1199,81	-391,00	241,8
6	-3,31	-1256,79	-391,00	236,2
6	-3,31	-1256,79	-391,00	236,2
	-3,46	-1313,76	-391,00	230,6
	-3,61	-1370,73	-391,00	225,1
	-3,75	-1427,71	-391,00	219,6
	-3,90	-1484,68	-391,00	214,1
7	-4,04	-1541,66	-391,00	208,7
7	-4,04	-1541,66	-391,00	208,7
	-4,19	-1598,63	-391,00	203,4
	-4,33	-1655,61	-391,00	198,0
	-4,48	-1712,58	-391,00	192,8
	-4,63	-1769,55	-391,00	187,5
8	-4,77	-1826,53	-391,00	182,3
8	-4,77	-1826,53	-391,00	182,3
	-4,92	-1883,50	-391,00	177,2
	-5,06	-1940,48	-391,00	172,1
	-5,21	-1997,45	-391,00	167,1
	-5,35	-2054,43	-391,00	162,1
9	-5,50	-2111,40	-391,00	157,2
9	-5,50	-2111,40	-391,00	157,2
	-5,65	-2170,02	-390,37	152,2
	-5,80	-2228,45	-388,48	147,3
	-5,95	-2286,50	-385,32	142,4
	-6,10	-2343,98	-380,90	137,6
10	-6,25	-2400,71	-375,23	132,8
10	-6,25	-2400,71	-375,23	132,8
	-6,40	-2456,49	-368,28	128,1
	-6,55	-2511,13	-360,08	123,5
	-6,70	-2564,45	-350,62	119,0
	-6,85	-2616,25	-339,89	114,5
11	-7,00	-2666,35	-327,90	110,2
11	-7,00	-2666,35	-327,90	110,2
	-7,10	-2698,69	-318,81	107,3
	-7,20	-2730,09	-309,13	104,4
	-7,30	-2760,50	-298,86	101,6
	-7,40	-2789,85	-288,00	98,8
12	-7,50	-2818,08	-276,56	96,1
12	-7,50	-2818,08	-276,56	96,1
	-7,60	-2845,14	-264,53	93,4
	-7,70	-2870,97	-251,92	90,7
	-7,80	-2895,50	-238,72	88,1
	-7,90	-2918,69	-224,93	85,5
13	-8,00	-2940,47	-210,55	83,0
13	-8,00	-2940,49	-210,43	83,0
	-8,15	-2970,10	-184,14	79,2
	-8,30	-2995,66	-156,31	75,5
	-8,45	-3016,94	-127,30	71,9
	-8,60	-3033,86	-98,60	68,4
14	-8,75	-3046,59	-71,31	65,0
14	-8,75	-3046,56	-71,20	65,0

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
	-8,90	-3055,28	-45,29	61,7
	-9,05	-3060,22	-20,73	58,4
	-9,20	**-3061,57**	2,53	55,3
	-9,35	-3059,52	24,51	52,2
15	-9,50	-3054,28	45,26	49,2
15	-9,50	-3054,32	45,49	49,2
	-9,64	-3044,78	91,00	46,5
	-9,78	-3028,76	138,08	43,9
	-9,92	-3006,09	185,70	41,4
	-10,06	-2976,85	231,65	38,9
16	-10,20	-2941,36	274,81	36,5
16	-10,20	-2941,32	275,02	36,5
	-10,34	-2899,95	315,48	34,2
	-10,48	-2853,11	353,31	31,9
	-10,62	-2801,14	388,61	29,7
	-10,76	-2744,41	421,45	27,6
17	-10,90	-2683,25	451,91	25,6
17	-10,90	-2683,25	451,88	25,6
	-11,04	-2617,99	480,04	23,6
	-11,18	-2548,94	505,98	21,7
	-11,32	-2476,41	529,77	19,8
	-11,46	-2400,70	551,49	18,1
18	-11,60	-2322,09	571,19	16,3
18	-11,60	-2322,09	571,16	16,3
	-11,74	-2240,86	588,93	14,7
	-11,88	-2157,28	604,82	13,1
	-12,02	-2071,59	618,91	11,5
	-12,16	-1984,06	631,24	10,0
19	-12,30	-1894,93	641,88	8,6
19	-12,30	-1894,92	641,83	8,6
	-12,43	-1810,04	683,31	7,3
	-12,56	-1720,28	718,15	6,0
	-12,68	-1626,47	746,56	4,8
	-12,81	-1529,43	768,71	3,6
20	-12,94	-1429,94	784,77	2,5
20	-12,94	-1429,94	784,71	2,5
	-13,07	-1328,79	794,85	1,4
	-13,20	-1226,71	**799,22**	0,3
	-13,32	-1124,43	797,97	-0,8
	-13,45	-1022,66	791,21	-1,8
21	-13,58	-922,11	779,08	-2,8
21	-13,58	-922,11	779,03	-2,8
	-13,71	-823,45	761,62	-3,8
	-13,84	-727,35	739,03	-4,8
	-13,96	-634,48	711,34	-5,8
	-14,09	-545,46	678,63	-6,7
22	-14,22	-460,96	640,97	-7,7
22	-14,22	-460,96	640,94	-7,7
	-14,35	-381,59	598,38	-8,6
	-14,48	-307,98	550,96	-9,5
	-14,60	-240,75	498,73	-10,4
	-14,73	-180,51	441,71	-11,3
23	-14,86	-127,87	379,93	-12,3
23	-14,86	-127,88	379,92	-12,3
	-14,99	-83,45	313,39	-13,2
	-15,12	-47,85	242,13	-14,1
	-15,24	-21,67	166,14	-15,0
	-15,37	-5,52	85,43	-15,9
24	-15,50	0,00	0,00	-16,8
Max		**-3061,57**	**799,22**	**364,8**

4.3 Charts of Stresses



4.4 Stresses

Node number	Level	Left				Right			
	[m]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
1	-0,10	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,16	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,22	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,28	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,34	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	-0,40	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	-0,40	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,55	0,00	1,43	-		0,00	1,43	-	
	-0,69	0,00	2,86	-		0,00	2,86	-	
	-0,84	0,00	4,29	-		0,00	4,29	-	
	-0,98	0,00	5,72	-		0,00	5,72	-	
3	-1,13	0,00	7,15	-		0,00	7,15	-	
3	-1,13	0,00	7,15	-		0,00	7,15	-	
	-1,27	0,00	8,58	-		0,00	8,58	-	
	-1,42	0,00	10,01	-		0,00	10,01	-	
	-1,57	0,00	11,44	-		0,00	11,44	-	
	-1,71	0,00	12,87	-		0,00	12,87	-	
4	-1,86	0,00	14,29	-		0,00	14,29	-	
4	-1,86	0,00	14,29	-		0,00	14,29	-	
	-2,00	0,00	15,72	-		0,00	15,72	-	
	-2,15	0,00	17,15	-		0,00	17,15	-	
	-2,29	0,00	18,58	-		0,00	18,58	-	

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
	-2,44	0,00	20,01	-		0,00	20,01	-	
5	-2,59	0,00	21,44	-		0,00	21,44	-	
5	-2,59	0,00	21,44	-		0,00	21,44	-	
	-2,73	0,00	22,87	-		0,00	22,87	-	
	-2,88	0,00	24,30	-		0,00	24,30	-	
	-3,02	0,00	25,73	-		0,00	25,73	-	
	-3,17	0,00	27,16	-		0,00	27,16	-	
6	-3,31	0,00	28,59	-		0,00	28,59	-	
6	-3,31	0,00	28,59	-		0,00	28,59	-	
	-3,46	0,00	30,02	-		0,00	30,02	-	
	-3,61	0,00	31,45	-		0,00	31,45	-	
	-3,75	0,00	32,88	-		0,00	32,88	-	
	-3,90	0,00	34,31	-		0,00	34,31	-	
7	-4,04	0,00	35,74	-		0,00	35,74	-	
7	-4,04	0,00	35,74	-		0,00	35,74	-	
	-4,19	0,00	37,17	-		0,00	37,17	-	
	-4,33	0,00	38,60	-		0,00	38,60	-	
	-4,48	0,00	40,02	-		0,00	40,02	-	
	-4,63	0,00	41,45	-		0,00	41,45	-	
8	-4,77	0,00	42,88	-		0,00	42,88	-	
8	-4,77	0,00	42,88	-		0,00	42,88	-	
	-4,92	0,00	44,31	-		0,00	44,31	-	
	-5,06	0,00	45,74	-		0,00	45,74	-	
	-5,21	0,00	47,17	-		0,00	47,17	-	
	-5,35	0,00	48,60	-		0,00	48,60	-	
9	-5,50	0,00	50,03	-		0,00	50,03	-	
9	-5,50	0,00	50,03	A		0,00	50,03	P	
	-5,65	0,00	51,50	A		11,07	51,50	P	
	-5,80	0,00	52,97	A		22,14	52,97	P	
	-5,95	0,00	54,45	A		33,21	54,45	P	
	-6,10	0,00	55,92	A		44,28	55,92	P	
10	-6,25	0,00	57,39	A		55,35	57,39	P	
10	-6,25	0,00	57,39	A		55,35	57,39	P	
	-6,40	0,00	58,86	A		66,42	58,86	P	
	-6,55	0,00	60,33	A		77,49	60,33	P	
	-6,70	0,00	61,80	A		88,56	61,80	P	
	-6,85	0,00	63,27	A		99,63	63,27	P	
11	-7,00	0,00	64,75	A		110,70	64,75	P	
11	-7,00	0,00	64,75	A		115,81	64,75	P	
	-7,10	0,00	65,73	A		123,53	65,73	P	
	-7,20	0,00	66,71	A		131,25	66,71	P	
	-7,30	0,00	67,69	A		138,97	67,69	P	
	-7,40	0,00	68,67	A		146,69	68,67	P	
12	-7,50	0,00	69,65	A		154,41	69,65	P	
12	-7,50	0,00	69,65	A		154,41	69,65	P	
	-7,60	0,00	70,63	A		162,13	70,63	P	
	-7,70	0,00	71,61	A		169,85	71,61	P	
	-7,80	0,00	72,59	A		177,57	72,59	P	
	-7,90	0,00	73,58	A		185,29	73,58	P	
13	-8,00	0,00	74,56	A		193,01	74,56	P	
13	-8,00	0,00	74,56	A		223,95	74,56	P	
	-8,15	0,00	76,03	A		237,38	76,03	P	
	-8,30	0,00	77,50	A		250,82	77,50	P	
	-8,45	0,00	78,97	A		258,08	78,97	-	98
	-8,60	0,00	80,44	A		245,50	80,44	-	88
14	-8,75	0,00	81,91	A		233,24	81,91	-	80
14	-8,75	0,00	81,91	A		233,24	81,91	-	80
	-8,90	0,00	83,39	A		221,29	83,39	-	73
	-9,05	0,00	84,86	A		209,65	84,86	-	66

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
	-9,20	0,00	86,33	A		198,33	86,33	-	60
	-9,35	0,00	87,80	A		187,33	87,80	-	54
15	-9,50	0,00	89,27	A		176,64	89,27	-	49
15	-9,50	0,00	89,27	A		420,42	89,27	P	
	-9,64	0,00	90,64	A		435,14	90,64	P	
	-9,78	0,00	92,02	A		449,85	92,02	P	
	-9,92	0,00	93,39	A		445,17	93,39	-	96
	-10,06	0,00	94,76	A		418,55	94,76	-	87
16	-10,20	0,00	96,14	A		392,73	96,14	-	80
16	-10,20	0,00	96,14	A		392,73	96,14	-	80
	-10,34	0,00	97,51	A		367,71	97,51	-	72
	-10,48	0,00	98,88	A		343,47	98,88	-	66
	-10,62	0,00	100,26	A		320,00	100,26	-	59
	-10,76	0,00	101,63	A		297,29	101,63	-	54
17	-10,90	0,00	103,00	A		275,31	103,00	-	49
17	-10,90	0,00	103,00	A		275,31	103,00	-	49
	-11,04	0,00	104,38	A		254,06	104,38	-	44
	-11,18	0,00	105,75	A		233,52	105,75	-	39
	-11,32	0,00	107,13	A		213,67	107,13	-	35
	-11,46	0,00	108,50	A		194,48	108,50	-	31
18	-11,60	0,00	109,87	A		175,94	109,87	-	27
18	-11,60	0,00	109,87	A		175,94	109,87	-	27
	-11,74	0,00	111,25	A		158,03	111,25	-	24
	-11,88	0,00	112,62	A		140,72	112,62	-	21
	-12,02	0,00	113,99	A		123,99	113,99	-	18
	-12,16	0,00	115,37	A		107,83	115,37	-	15
19	-12,30	0,00	116,74	A		92,20	116,74	-	13
19	-12,30	0,00	116,74	A		460,99	116,74	-	44
	-12,43	0,00	117,99	A		391,78	117,99	-	37
	-12,56	0,00	119,25	A		324,61	119,25	-	30
	-12,68	0,00	120,51	A		259,38	120,51	-	24
	-12,81	0,00	121,76	A		195,98	121,76	-	18
20	-12,94	0,00	123,02	A		134,30	123,02	-	12
20	-12,94	0,00	123,02	A		134,30	123,02	-	12
	-13,07	0,00	124,27	A		74,25	124,27	-	6
	-13,20	0,00	125,53	A		15,69	125,53	-	1
	-13,32	41,49	126,78	-	3	0,00	126,78	A	
	-13,45	97,40	128,04	-	8	0,00	128,04	A	
21	-13,58	152,15	129,30	-	12	0,00	129,30	A	
21	-13,58	152,15	129,30	-	12	0,00	129,30	A	
	-13,71	205,86	130,55	-	16	0,00	130,55	A	
	-13,84	258,65	131,81	-	20	0,00	131,81	A	
	-13,96	310,61	133,06	-	24	0,00	133,06	A	
	-14,09	361,85	134,32	-	28	0,00	134,32	A	
22	-14,22	412,48	135,57	-	31	0,00	135,57	A	
22	-14,22	412,48	135,57	-	31	0,00	135,57	A	
	-14,35	462,60	136,83	-	34	0,00	136,83	A	
	-14,48	512,28	138,09	-	37	0,00	138,09	A	
	-14,60	561,61	139,34	-	40	0,00	139,34	A	
	-14,73	610,67	140,60	-	43	0,00	140,60	A	
23	-14,86	659,51	141,85	-	46	0,00	141,85	A	
23	-14,86	659,51	141,85	-	46	0,00	141,85	A	
	-14,99	708,23	143,11	-	49	0,00	143,11	A	
	-15,12	756,85	144,36	-	52	0,00	144,36	A	
	-15,24	805,41	145,62	-	54	0,00	145,62	A	
	-15,37	853,94	146,88	-	57	0,00	146,88	A	
24	-15,50	902,46	148,13	-	59	0,00	148,13	A	

Stat*	Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
Mob**	Percentage passive mobilized

End of Report

Report for D-Sheet Piling 19.3

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Date of report:	5/16/2022
Time of report:	9:38:32 AM
Report with version:	19.3.2.28346
Date of calculation:	10/15/2021
Time of calculation:	10:37:43 AM
Calculated with version:	19.3.2.28346
File name:	INFR210413 - Ringersbrug_remmingwerk zuidzijde_S17_457x25_S450
Project identification:	Stadswerk 072 N.V. Ringersbrug Remmingwerk zuidzijde 8507 S17 457x25

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Summary 3
2.1 Overview of Maxima 3
2.2 Calculation Errors 3
3 Input Data 4
3.1 General Input Data 4
3.2 Pile Properties 4
3.2.1 General Properties 4
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour) 4
3.2.3 Maximum Allowable Moments 4
3.3 Outline 5
3.4 Horizontal Forces 5
3.5 Water Level 5
3.6 Surface 5
3.7 Soil Material Properties 5
3.8 Soil Material Properties Calculated Using Brinch Hansen 6
3.9 Modulus of Subgrade Reaction 6
4 Calculation Results 7
4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements 7
4.2 Moments, Forces and Displacements 7
4.3 Charts of Stresses 10
4.4 Stresses 10

2 Summary

2.1 Overview of Maxima

Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]
650,2	-1660,94	397,28	0,0	18,2

2.2 Calculation Errors

Error
The maximum calculated moment exceeds the maximum allowable elastic moment in one or more stages.

3 Input Data

3.1 General Input Data

Model	Single pile; Pile loaded by forces
Unit weight of water	9,81 kN/m³
Elastic calculation	Yes

3.2 Pile Properties

Length	15,40 m
Level top side	-0,10 m
Number of sections	1

3.2.1 General Properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Diameter [m]
457x25	-15,50	-0,10	User defined	0,46

3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

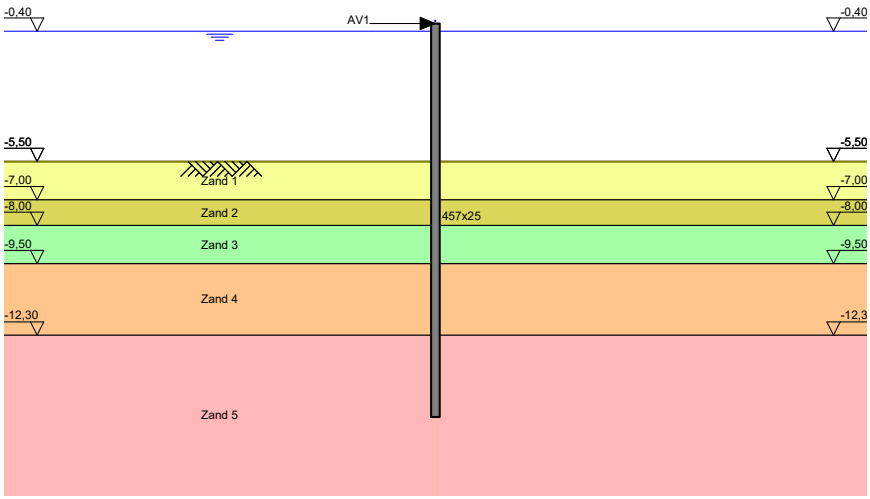
Section name	Elastic stiffness EI [kNm²]	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm²]	Note to reduction factor
457x25	1,6012E+05	1,00	1,6012E+05	

3.2.3 Maximum Allowable Moments

Section name	Mr;char;el [kNm]	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
457x25	1465,00	1,00	1,00	1,00	1465,00

3.3 Outline

Outline



3.4 Horizontal Forces

Name	Level [m]	Load [kN]
AV1	-0,10	219,00

3.5 Water Level

Water level: -0,40 [m]

3.6 Surface

Surface level: -5,50 [m]

3.7 Soil Material Properties

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [°]	Brinch Hansen used
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]			
Zand 1	-5,50	18,00	20,00	0,00	32,50	Yes
Zand 2	-7,00	18,00	20,00	0,00	30,00	Yes
Zand 3	-8,00	18,00	20,00	0,00	30,00	Yes
Zand 4	-9,50	18,00	20,00	0,00	30,00	Yes
Zand 5	-12,30	18,00	20,00	0,00	32,50	Yes

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m²]	Bottom [kN/m²]
Zand 1	-5,50	0,00	0,00	8,09	0,00	0,00
Zand 2	-7,00	0,00	0,00	8,84	0,00	0,00
Zand 3	-8,00	0,00	0,00	10,30	0,00	0,00
Zand 4	-9,50	0,00	0,00	11,93	0,00	0,00
Zand 5	-12,30	0,00	0,00	17,30	0,00	0,00

3.8 Soil Material Properties Calculated Using Brinch Hansen

Layer name	Level [m]	Fictive cohesion [kN/m²]
Zand 1	-5,50	0,00
Zand 2	-7,00	0,00
Zand 3	-8,00	0,00
Zand 4	-9,50	0,00
Zand 5	-12,30	0,00

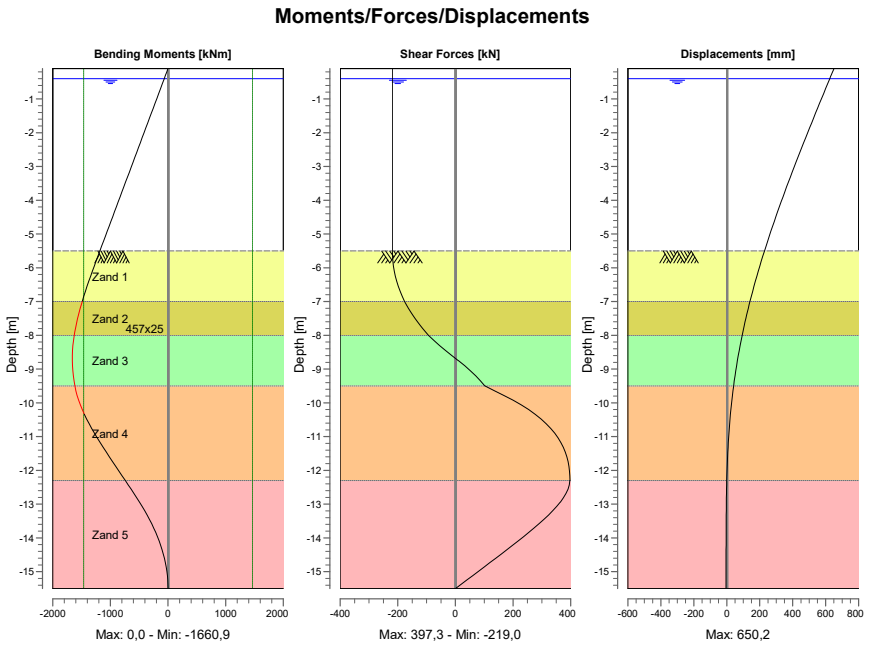
3.9 Modulus of Subgrade Reaction

Layer name	Level [m]	Ménard used	E-Mod Ménard [kN/m²]	Soil type Ménard	Branch 1	
					Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]
Zand 1	-5,50	Yes	6800,00	Sand	40715,28	40715,28
Zand 2	-7,00	Yes	5950,00	Sand	35625,87	35625,87
Zand 3	-8,00	Yes	850,00	Sand	5089,41	5089,41
Zand 4	-9,50	Yes	2550,00	Sand	15268,23	15268,23
Zand 5	-12,30	Yes	12750,00	Sand	76341,14	76341,14

4 Calculation Results

Number of iterations: 4

4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



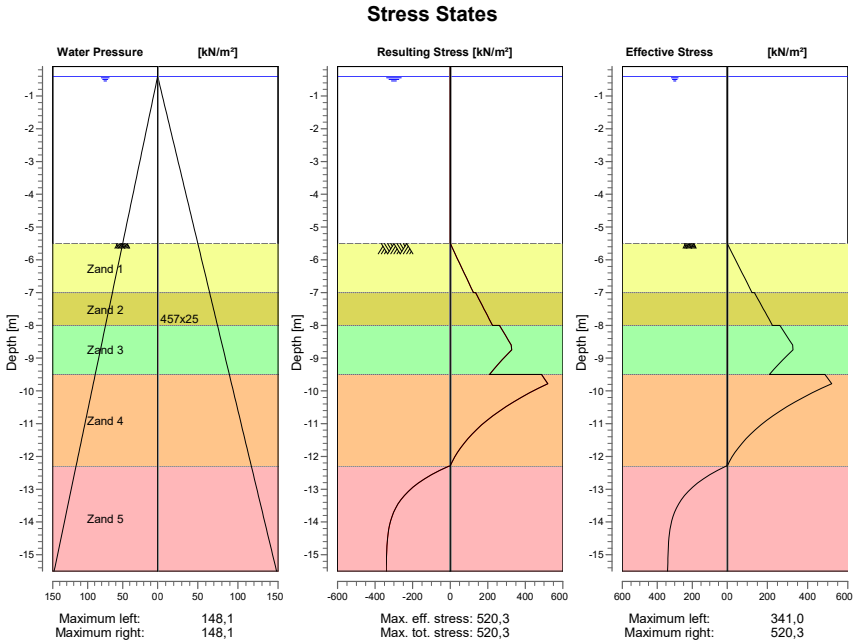
4.2 Moments, Forces and Displacements

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	-0,10	0,00	-219,00	**650,2**
	-0,16	-13,14	-219,00	645,1
	-0,22	-26,28	-219,00	640,0
	-0,28	-39,42	-219,00	634,9
	-0,34	-52,56	-219,00	629,8
2	-0,40	-65,70	-219,00	624,8
2	-0,40	-65,70	-219,00	624,8
	-0,55	-97,61	-219,00	612,4
	-0,69	-129,52	-219,00	600,1
	-0,84	-161,43	-219,00	587,8
	-0,98	-193,35	-219,00	575,5
3	-1,13	-225,26	-219,00	563,3
3	-1,13	-225,26	-219,00	563,3
	-1,27	-257,17	-219,00	551,1
	-1,42	-289,08	-219,00	538,9
	-1,57	-320,99	-219,00	526,7
	-1,71	-352,90	-219,00	514,6
4	-1,86	-384,81	-219,00	502,6
4	-1,86	-384,81	-219,00	502,6

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
	-2,00	-416,73	-219,00	490,6
	-2,15	-448,64	-219,00	478,6
	-2,29	-480,55	-219,00	466,7
	-2,44	-512,46	-219,00	454,9
5	-2,59	-544,37	-219,00	443,1
5	-2,59	-544,37	-219,00	443,1
	-2,73	-576,28	-219,00	431,4
	-2,88	-608,19	-219,00	419,8
	-3,02	-640,11	-219,00	408,3
	-3,17	-672,02	-219,00	396,8
6	-3,31	-703,93	-219,00	385,5
6	-3,31	-703,93	-219,00	385,5
	-3,46	-735,84	-219,00	374,2
	-3,61	-767,75	-219,00	363,1
	-3,75	-799,66	-219,00	352,0
	-3,90	-831,57	-219,00	341,0
7	-4,04	-863,49	-219,00	330,2
7	-4,04	-863,49	-219,00	330,2
	-4,19	-895,40	-219,00	319,5
	-4,33	-927,31	-219,00	308,8
	-4,48	-959,22	-219,00	298,3
	-4,63	-991,13	-219,00	288,0
8	-4,77	-1023,04	-219,00	277,7
8	-4,77	-1023,04	-219,00	277,7
	-4,92	-1054,95	-219,00	267,6
	-5,06	-1086,87	-219,00	257,7
	-5,21	-1118,78	-219,00	247,9
	-5,35	-1150,69	-219,00	238,2
9	-5,50	-1182,60	-219,00	228,7
9	-5,50	-1182,60	-219,00	228,7
	-5,65	-1215,43	-218,57	219,1
	-5,80	-1248,13	-217,29	209,6
	-5,95	-1280,57	-215,16	200,3
	-6,10	-1312,63	-212,17	191,2
10	-6,25	-1344,18	-208,33	182,3
10	-6,25	-1344,18	-208,33	182,3
	-6,40	-1375,09	-203,64	173,6
	-6,55	-1405,23	-198,10	165,0
	-6,70	-1434,48	-191,70	156,7
	-6,85	-1462,70	-184,44	148,6
11	-7,00	-1489,77	-176,34	140,6
11	-7,00	-1489,77	-176,34	140,6
	-7,10	-1507,08	-169,92	135,5
	-7,20	-1523,74	-163,08	130,4
	-7,30	-1539,69	-155,83	125,4
	-7,40	-1554,89	-148,17	120,5
12	-7,50	-1569,31	-140,09	115,7
12	-7,50	-1569,31	-140,09	115,7
	-7,60	-1582,90	-131,60	111,0
	-7,70	-1595,61	-122,69	106,4
	-7,80	-1607,42	-113,37	101,9
	-7,90	-1618,27	-103,64	97,5
13	-8,00	-1628,13	-93,49	93,3
13	-8,00	-1628,14	-93,48	93,3
	-8,15	-1640,77	-74,84	87,0
	-8,30	-1650,53	-55,11	81,0
	-8,45	-1657,25	-34,30	75,2
	-8,60	-1660,77	-12,40	69,7
14	-8,75	**-1660,94**	10,12	64,3
14	-8,75	-1660,92	10,40	64,3

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
	-8,90	-1657,71	32,10	59,3
	-9,05	-1651,38	52,06	54,4
	-9,20	-1642,18	70,35	49,8
	-9,35	-1630,35	87,06	45,4
15	-9,50	-1616,13	102,28	41,2
15	-9,50	-1616,19	102,69	41,2
	-9,64	-1599,60	134,55	37,6
	-9,78	-1578,46	167,51	34,1
	-9,92	-1552,74	199,40	30,8
	-10,06	-1522,78	228,15	27,7
16	-10,20	-1489,00	253,94	24,8
16	-10,20	-1488,97	253,99	24,8
	-10,34	-1451,77	277,01	22,0
	-10,48	-1411,53	297,43	19,5
	-10,62	-1368,60	315,43	17,1
	-10,76	-1323,32	331,17	14,9
17	-10,90	-1275,98	344,81	12,8
17	-10,90	-1275,98	344,75	12,8
	-11,04	-1226,87	356,45	11,0
	-11,18	-1176,25	366,37	9,2
	-11,32	-1124,37	374,64	7,6
	-11,46	-1071,43	381,40	6,1
18	-11,60	-1017,64	386,80	4,8
18	-11,60	-1017,64	386,74	4,8
	-11,74	-963,19	390,89	3,6
	-11,88	-908,24	393,91	2,5
	-12,02	-852,94	395,91	1,5
	-12,16	-797,43	397,00	0,7
19	-12,30	-741,82	**397,28**	-0,1
19	-12,30	-741,82	397,19	-0,1
	-12,43	-691,07	395,31	-0,7
	-12,56	-640,73	390,77	-1,3
	-12,68	-591,13	383,85	-1,8
	-12,81	-542,55	374,86	-2,2
20	-12,94	-495,24	364,05	-2,6
20	-12,94	-495,25	363,95	-2,6
	-13,07	-449,44	351,56	-2,9
	-13,20	-405,31	337,80	-3,2
	-13,32	-363,01	322,88	-3,4
	-13,45	-322,69	306,96	-3,6
21	-13,58	-284,46	290,21	-3,8
21	-13,58	-284,47	290,16	-3,8
	-13,71	-248,44	272,72	-4,0
	-13,84	-214,68	254,70	-4,1
	-13,96	-183,25	236,23	-4,2
	-14,09	-154,22	217,38	-4,2
22	-14,22	-127,61	198,24	-4,3
22	-14,22	-127,62	198,21	-4,3
	-14,35	-103,48	178,84	-4,3
	-14,48	-81,84	159,29	-4,4
	-14,60	-62,71	139,61	-4,4
	-14,73	-46,10	119,83	-4,4
23	-14,86	-32,04	99,97	-4,4
23	-14,86	-32,04	99,96	-4,4
	-14,99	-20,52	80,05	-4,4
	-15,12	-11,55	60,09	-4,4
	-15,24	-5,13	40,09	-4,5
	-15,37	-1,28	20,06	-4,5
24	-15,50	0,00	0,00	-4,5
Max		**-1660,94**	**397,28**	**650,2**

4.3 Charts of Stresses



4.4 Stresses

Node number	Level	Left				Right			
	[m]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
1	-0,10	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,16	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,22	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,28	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,34	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	-0,40	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	-0,40	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,55	0,00	1,43	-		0,00	1,43	-	
	-0,69	0,00	2,86	-		0,00	2,86	-	
	-0,84	0,00	4,29	-		0,00	4,29	-	
	-0,98	0,00	5,72	-		0,00	5,72	-	
3	-1,13	0,00	7,15	-		0,00	7,15	-	
3	-1,13	0,00	7,15	-		0,00	7,15	-	
	-1,27	0,00	8,58	-		0,00	8,58	-	
	-1,42	0,00	10,01	-		0,00	10,01	-	
	-1,57	0,00	11,44	-		0,00	11,44	-	
	-1,71	0,00	12,87	-		0,00	12,87	-	
4	-1,86	0,00	14,29	-		0,00	14,29	-	
4	-1,86	0,00	14,29	-		0,00	14,29	-	
	-2,00	0,00	15,72	-		0,00	15,72	-	
	-2,15	0,00	17,15	-		0,00	17,15	-	
	-2,29	0,00	18,58	-		0,00	18,58	-	

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
	-2,44	0,00	20,01	-		0,00	20,01	-	
5	-2,59	0,00	21,44	-		0,00	21,44	-	
5	-2,59	0,00	21,44	-		0,00	21,44	-	
	-2,73	0,00	22,87	-		0,00	22,87	-	
	-2,88	0,00	24,30	-		0,00	24,30	-	
	-3,02	0,00	25,73	-		0,00	25,73	-	
	-3,17	0,00	27,16	-		0,00	27,16	-	
6	-3,31	0,00	28,59	-		0,00	28,59	-	
6	-3,31	0,00	28,59	-		0,00	28,59	-	
	-3,46	0,00	30,02	-		0,00	30,02	-	
	-3,61	0,00	31,45	-		0,00	31,45	-	
	-3,75	0,00	32,88	-		0,00	32,88	-	
	-3,90	0,00	34,31	-		0,00	34,31	-	
7	-4,04	0,00	35,74	-		0,00	35,74	-	
7	-4,04	0,00	35,74	-		0,00	35,74	-	
	-4,19	0,00	37,17	-		0,00	37,17	-	
	-4,33	0,00	38,60	-		0,00	38,60	-	
	-4,48	0,00	40,02	-		0,00	40,02	-	
	-4,63	0,00	41,45	-		0,00	41,45	-	
8	-4,77	0,00	42,88	-		0,00	42,88	-	
8	-4,77	0,00	42,88	-		0,00	42,88	-	
	-4,92	0,00	44,31	-		0,00	44,31	-	
	-5,06	0,00	45,74	-		0,00	45,74	-	
	-5,21	0,00	47,17	-		0,00	47,17	-	
	-5,35	0,00	48,60	-		0,00	48,60	-	
9	-5,50	0,00	50,03	-		0,00	50,03	-	
9	-5,50	0,00	50,03	A		0,00	50,03	P	
	-5,65	0,00	51,50	A		12,37	51,50	P	
	-5,80	0,00	52,97	A		24,73	52,97	P	
	-5,95	0,00	54,45	A		37,10	54,45	P	
	-6,10	0,00	55,92	A		49,46	55,92	P	
10	-6,25	0,00	57,39	A		61,83	57,39	P	
10	-6,25	0,00	57,39	A		61,83	57,39	P	
	-6,40	0,00	58,86	A		74,20	58,86	P	
	-6,55	0,00	60,33	A		86,56	60,33	P	
	-6,70	0,00	61,80	A		98,93	61,80	P	
	-6,85	0,00	63,27	A		111,29	63,27	P	
11	-7,00	0,00	64,75	A		123,66	64,75	P	
11	-7,00	0,00	64,75	A		135,07	64,75	P	
	-7,10	0,00	65,73	A		144,08	65,73	P	
	-7,20	0,00	66,71	A		153,08	66,71	P	
	-7,30	0,00	67,69	A		162,09	67,69	P	
	-7,40	0,00	68,67	A		171,09	68,67	P	
12	-7,50	0,00	69,65	A		180,10	69,65	P	
12	-7,50	0,00	69,65	A		180,10	69,65	P	
	-7,60	0,00	70,63	A		189,10	70,63	P	
	-7,70	0,00	71,61	A		198,11	71,61	P	
	-7,80	0,00	72,59	A		207,11	72,59	P	
	-7,90	0,00	73,58	A		216,12	73,58	P	
13	-8,00	0,00	74,56	A		225,12	74,56	P	
13	-8,00	0,00	74,56	A		262,31	74,56	P	
	-8,15	0,00	76,03	A		278,05	76,03	P	
	-8,30	0,00	77,50	A		293,78	77,50	P	
	-8,45	0,00	78,97	A		309,52	78,97	P	
	-8,60	0,00	80,44	A		325,26	80,44	P	
14	-8,75	0,00	81,91	A		327,45	81,91	-	96
14	-8,75	0,00	81,91	A		327,45	81,91	-	96
	-8,90	0,00	83,39	A		301,57	83,39	-	85
	-9,05	0,00	84,86	A		276,88	84,86	-	74

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
	-9,20	0,00	86,33	A		253,37	86,33	-	65
	-9,35	0,00	87,80	A		231,03	87,80	-	57
15	-9,50	0,00	89,27	A		209,86	89,27	-	50
15	-9,50	0,00	89,27	A		486,30	89,27	P	
	-9,64	0,00	90,64	A		503,32	90,64	P	
	-9,78	0,00	92,02	A		520,27	92,02	-	99
	-9,92	0,00	93,39	A		470,05	93,39	-	87
	-10,06	0,00	94,76	A		422,74	94,76	-	76
16	-10,20	0,00	96,14	A		378,26	96,14	-	66
16	-10,20	0,00	96,14	A		378,26	96,14	-	66
	-10,34	0,00	97,51	A		336,58	97,51	-	57
	-10,48	0,00	98,88	A		297,62	98,88	-	49
	-10,62	0,00	100,26	A		261,28	100,26	-	42
	-10,76	0,00	101,63	A		227,50	101,63	-	36
17	-10,90	0,00	103,00	A		196,19	103,00	-	30
17	-10,90	0,00	103,00	A		196,19	103,00	-	30
	-11,04	0,00	104,38	A		167,28	104,38	-	25
	-11,18	0,00	105,75	A		140,65	105,75	-	20
	-11,32	0,00	107,13	A		116,22	107,13	-	16
	-11,46	0,00	108,50	A		93,90	108,50	-	13
18	-11,60	0,00	109,87	A		73,57	109,87	-	10
18	-11,60	0,00	109,87	A		73,57	109,87	-	10
	-11,74	0,00	111,25	A		55,15	111,25	-	7
	-11,88	0,00	112,62	A		38,53	112,62	-	5
	-12,02	0,00	113,99	A		23,60	113,99	-	3
	-12,16	0,00	115,37	A		10,27	115,37	-	1
19	-12,30	1,57	116,74	-		0,00	116,74	A	
19	-12,30	7,86	116,74	-	1	0,00	116,74	A	
	-12,43	55,92	117,99	-	5	0,00	117,99	A	
	-12,56	98,57	119,25	-	8	0,00	119,25	A	
	-12,68	136,22	120,51	-	11	0,00	120,51	A	
	-12,81	169,24	121,76	-	13	0,00	121,76	A	
20	-12,94	198,03	123,02	-	15	0,00	123,02	A	
20	-12,94	198,03	123,02	-	15	0,00	123,02	A	
	-13,07	222,95	124,27	-	17	0,00	124,27	A	
	-13,20	244,37	125,53	-	18	0,00	125,53	A	
	-13,32	262,62	126,78	-	19	0,00	126,78	A	
	-13,45	278,01	128,04	-	20	0,00	128,04	A	
21	-13,58	290,88	129,30	-	20	0,00	129,30	A	
21	-13,58	290,88	129,30	-	20	0,00	129,30	A	
	-13,71	301,55	130,55	-	21	0,00	130,55	A	
	-13,84	310,28	131,81	-	21	0,00	131,81	A	
	-13,96	317,32	133,06	-	21	0,00	133,06	A	
	-14,09	322,91	134,32	-	21	0,00	134,32	A	
22	-14,22	327,29	135,57	-	21	0,00	135,57	A	
22	-14,22	327,29	135,57	-	21	0,00	135,57	A	
	-14,35	330,70	136,83	-	21	0,00	136,83	A	
	-14,48	333,31	138,09	-	21	0,00	138,09	A	
	-14,60	335,26	139,34	-	21	0,00	139,34	A	
	-14,73	336,70	140,60	-	21	0,00	140,60	A	
23	-14,86	337,78	141,85	-	20	0,00	141,85	A	
23	-14,86	337,78	141,85	-	20	0,00	141,85	A	
	-14,99	338,64	143,11	-	20	0,00	143,11	A	
	-15,12	339,34	144,36	-	20	0,00	144,36	A	
	-15,24	339,93	145,62	-	20	0,00	145,62	A	
	-15,37	340,46	146,88	-	20	0,00	146,88	A	
24	-15,50	340,98	148,13	-	19	0,00	148,13	A	

Stat*	Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
Mob**	Percentage passive mobilized

End of Report

Report for D-Sheet Piling 19.3

Design of Diaphragm and Sheet Pile Walls
Developed by Deltares

Date of report:	5/16/2022
Time of report:	9:36:45 AM
Report with version:	19.3.2.28346
Date of calculation:	27-9-2021
Time of calculation:	11:25:03
Calculated with version:	19.3.2.28346
File name:	INFR210413 - Ringersbrug_remmingwerk zuidzijde_dukdalf_S17_S450_660x20
Project identification:	Stadswerk 072 N.V. Ringersbrug Remmingwerk zuidzijde 8507 762/25 S17 - Dukdalf

1 Table of Contents

1 Table of Contents 2
2 Summary 3
2.1 Overview of Maxima 3
2.2 Calculation Errors 3
3 Input Data 4
3.1 General Input Data 4
3.2 Pile Properties 4
3.2.1 General Properties 4
3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour) 4
3.2.3 Maximum Allowable Moments 4
3.3 Outline 5
3.4 Horizontal Forces 5
3.5 Water Level 5
3.6 Surface 5
3.7 Soil Material Properties 5
3.8 Soil Material Properties Calculated Using Brinch Hansen 6
3.9 Modulus of Subgrade Reaction 6
4 Calculation Results 7
4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements 7
4.2 Moments, Forces and Displacements 7
4.3 Charts of Stresses 10
4.4 Stresses 10

2 Summary

2.1 Overview of Maxima

Displacement [mm]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Mob. perc. moment [%]	Mob. perc. resistance [%]
554,6	-3058,68	617,02	0,0	13,2

2.2 Calculation Errors

Error
The maximum calculated moment exceeds the maximum allowable elastic moment in one or more stages.

3 Input Data

3.1 General Input Data

Model	Single pile; Pile loaded by forces
Unit weight of water	9,81 kN/m³
Elastic calculation	Yes

3.2 Pile Properties

Length	17,90 m
Level top side	-0,10 m
Number of sections	1

3.2.1 General Properties

Section name	From [m]	To [m]	Material type	Diameter [m]
660/20 - 1.1 cor...	-18,00	-0,10	User defined	0,66

3.2.2 Stiffness EI (elastic behaviour)

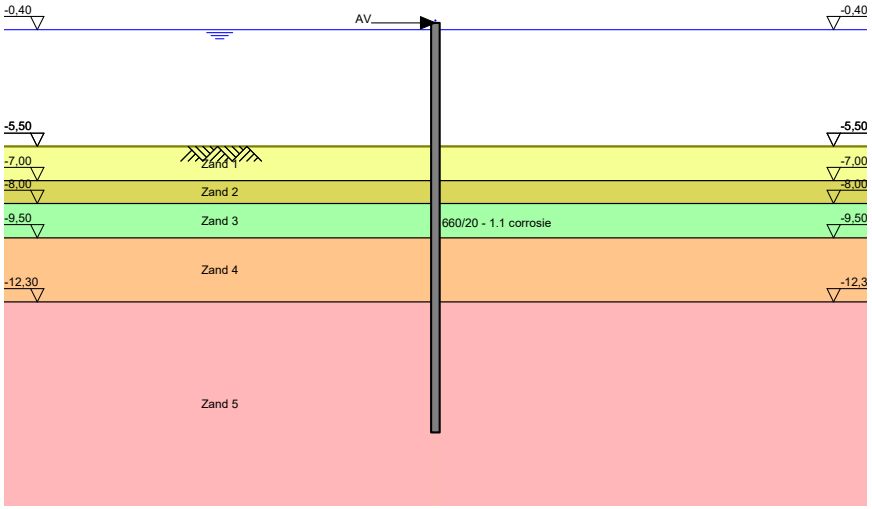
Section name	Elastic stiffness EI [kNm²]	Red. factor on EI [-]	Corrected elas. stiffness EI [kNm²]	Note to reduction factor
660/20 - 1.1 cor...	4,1034E+05	1,00	4,1034E+05	

3.2.3 Maximum Allowable Moments

Section name	Mr;char;el [kNm]	Modification factor [-]	Material factor [-]	Red. factor allow. moment [-]	Mr;d;el [kNm]
660/20 - 1.1 cor...	2667,00	1,00	1,00	1,00	2667,00

3.3 Outline

Outline



3.4 Horizontal Forces

Name	Level [m]	Load [kN]
AV	-0,10	386,00

3.5 Water Level

Water level: -0,40 [m]

3.6 Surface

Surface level: -5,50 [m]

3.7 Soil Material Properties

Layer name	Level [m]	Unit weight		Cohesion [kN/m²]	Friction angle phi [°]	Brinch Hansen used
		Unsat [kN/m³]	Sat. [kN/m³]			
Zand 1	-5,50	18,00	20,00	0,00	32,50	Yes
Zand 2	-7,00	18,00	20,00	0,00	30,00	Yes
Zand 3	-8,00	18,00	20,00	0,00	30,00	Yes
Zand 4	-9,50	18,00	20,00	0,00	30,00	Yes
Zand 5	-12,30	18,00	20,00	0,00	32,50	Yes

Layer name	Level [m]	Earth pressure coefficients			Additional pore pressure	
		Active [-]	Neutral [-]	Passive [-]	Top [kN/m²]	Bottom [kN/m²]
Zand 1	-5,50	0,00	0,00	7,45	0,00	0,00
Zand 2	-7,00	0,00	0,00	7,90	0,00	0,00
Zand 3	-8,00	0,00	0,00	9,19	0,00	0,00
Zand 4	-9,50	0,00	0,00	10,77	0,00	0,00
Zand 5	-12,30	0,00	0,00	16,29	0,00	0,00

3.8 Soil Material Properties Calculated Using Brinch Hansen

Layer name	Level [m]	Fictive cohesion [kN/m²]
Zand 1	-5,50	0,00
Zand 2	-7,00	0,00
Zand 3	-8,00	0,00
Zand 4	-9,50	0,00
Zand 5	-12,30	0,00

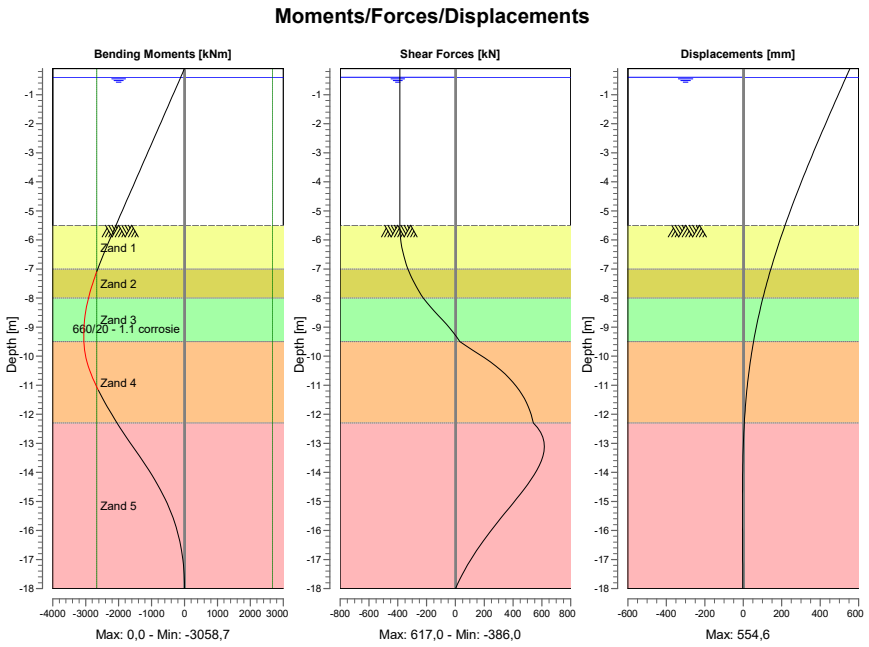
3.9 Modulus of Subgrade Reaction

Layer name	Level [m]	Ménard used	E-Mod Ménard [kN/m²]	Soil type Ménard	Branch 1	
					Top [kN/m³]	Bottom [kN/m³]
Zand 1	-5,50	Yes	6800,00	Sand	30579,48	30579,48
Zand 2	-7,00	Yes	5950,00	Sand	26757,04	26757,04
Zand 3	-8,00	Yes	850,00	Sand	3822,43	3822,43
Zand 4	-9,50	Yes	2550,00	Sand	11467,30	11467,30
Zand 5	-12,30	Yes	12750,00	Sand	57336,52	57336,52

4 Calculation Results

Number of iterations: 5

4.1 Charts of Moments, Forces and Displacements



4.2 Moments, Forces and Displacements

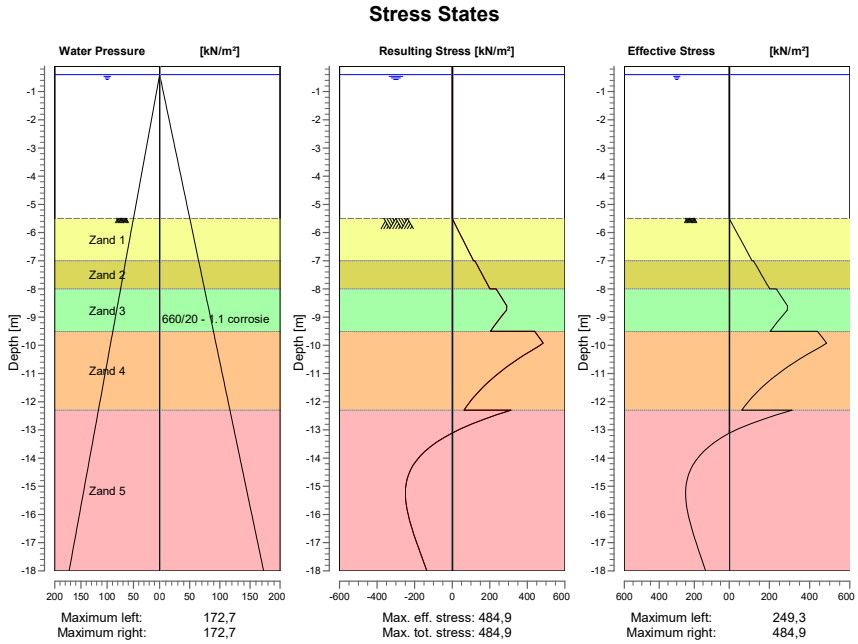
Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
1	-0,10	0,00	-386,00	**554,6**
	-0,16	-23,16	-386,00	550,6
	-0,22	-46,32	-386,00	546,5
	-0,28	-69,48	-386,00	542,5
	-0,34	-92,64	-386,00	538,5
2	-0,40	-115,80	-386,00	534,5
2	-0,40	-115,80	-386,00	534,5
	-0,57	-181,42	-386,00	523,1
	-0,74	-247,04	-386,00	511,7
	-0,91	-312,66	-386,00	500,4
	-1,08	-378,28	-386,00	489,0
3	-1,25	-443,90	-386,00	477,7
3	-1,25	-443,90	-386,00	477,7
	-1,42	-509,52	-386,00	466,4
	-1,59	-575,14	-386,00	455,2
	-1,76	-640,76	-386,00	444,0
	-1,93	-706,38	-386,00	432,9
4	-2,10	-772,00	-386,00	421,7
4	-2,10	-772,00	-386,00	421,7

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
	-2,27	-837,62	-386,00	410,7
	-2,44	-903,24	-386,00	399,7
	-2,61	-968,86	-386,00	388,8
	-2,78	-1034,48	-386,00	377,9
5	-2,95	-1100,10	-386,00	367,1
5	-2,95	-1100,10	-386,00	367,1
	-3,12	-1165,72	-386,00	356,4
	-3,29	-1231,34	-386,00	345,8
	-3,46	-1296,96	-386,00	335,3
	-3,63	-1362,58	-386,00	324,8
6	-3,80	-1428,20	-386,00	314,5
6	-3,80	-1428,20	-386,00	314,5
	-3,97	-1493,82	-386,00	304,2
	-4,14	-1559,44	-386,00	294,1
	-4,31	-1625,06	-386,00	284,0
	-4,48	-1690,68	-386,00	274,1
7	-4,65	-1756,30	-386,00	264,3
7	-4,65	-1756,30	-386,00	264,3
	-4,82	-1821,92	-386,00	254,6
	-4,99	-1887,54	-386,00	245,1
	-5,16	-1953,16	-386,00	235,6
	-5,33	-2018,78	-386,00	226,4
8	-5,50	-2084,40	-386,00	217,2
8	-5,50	-2084,40	-386,00	217,2
	-5,65	-2142,27	-385,44	209,3
	-5,80	-2199,97	-383,75	201,5
	-5,95	-2257,34	-380,93	193,7
	-6,10	-2314,20	-376,98	186,2
9	-6,25	-2370,38	-371,91	178,7
9	-6,25	-2370,38	-371,91	178,7
	-6,40	-2425,71	-365,72	171,4
	-6,55	-2480,04	-358,39	164,2
	-6,70	-2533,18	-349,94	157,1
	-6,85	-2584,96	-340,36	150,2
10	-7,00	-2635,23	-329,66	143,5
10	-7,00	-2635,23	-329,66	143,5
	-7,10	-2667,79	-321,42	139,0
	-7,20	-2699,49	-312,65	134,7
	-7,30	-2730,30	-303,36	130,3
	-7,40	-2760,15	-293,53	126,1
11	-7,50	-2788,99	-283,17	121,9
11	-7,50	-2788,99	-283,17	121,9
	-7,60	-2816,76	-272,27	117,8
	-7,70	-2843,42	-260,85	113,8
	-7,80	-2868,92	-248,89	109,8
	-7,90	-2893,18	-236,41	105,9
12	-8,00	-2916,18	-223,39	102,1
12	-8,00	-2916,18	-223,38	102,1
	-8,15	-2947,92	-199,50	96,5
	-8,30	-2975,96	-174,23	91,1
	-8,45	-3000,12	-147,57	85,8
	-8,60	-3020,16	-119,52	80,7
13	-8,75	-3035,94	-90,81	75,7
13	-8,75	-3035,92	-90,53	75,7
	-8,90	-3047,39	-62,78	70,9
	-9,05	-3054,84	-36,80	66,3
	-9,20	-3058,52	-12,55	61,9
	-9,35	**-3058,68**	10,06	57,6
14	-9,50	-3055,58	31,08	53,5
14	-9,50	-3055,61	31,19	53,5

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
	-9,64	-3048,37	72,44	49,8
	-9,78	-3035,26	115,12	46,3
	-9,92	-3016,07	159,21	42,9
	-10,06	-2990,71	202,60	39,6
15	-10,20	-2959,48	242,92	36,5
15	-10,20	-2959,42	243,32	36,5
	-10,34	-2922,72	280,42	33,5
	-10,48	-2881,05	314,45	30,7
	-10,62	-2834,82	345,55	28,0
	-10,76	-2784,43	373,87	25,5
16	-10,90	-2730,26	399,55	23,0
16	-10,90	-2730,26	399,50	23,0
	-11,04	-2672,68	422,68	20,7
	-11,18	-2612,02	443,51	18,6
	-11,32	-2548,60	462,10	16,5
	-11,46	-2482,72	478,60	14,6
17	-11,60	-2414,68	493,13	12,8
17	-11,60	-2414,68	493,08	12,8
	-11,74	-2344,74	505,76	11,1
	-11,88	-2273,15	516,72	9,6
	-12,02	-2200,13	526,07	8,1
	-12,16	-2125,92	533,92	6,7
18	-12,30	-2050,70	540,39	5,5
18	-12,30	-2050,68	540,21	5,5
	-12,46	-1960,18	569,82	4,1
	-12,63	-1865,51	591,56	2,9
	-12,79	-1767,89	606,20	1,8
	-12,95	-1668,41	614,46	0,9
19	-13,11	-1568,06	**617,02**	0,0
19	-13,11	-1568,06	616,76	0,0
	-13,28	-1467,76	614,27	-0,8
	-13,44	-1368,23	607,33	-1,5
	-13,60	-1270,15	596,51	-2,0
	-13,77	-1174,12	582,34	-2,6
20	-13,93	-1080,63	565,29	-3,0
20	-13,93	-1080,64	565,11	-3,0
	-14,09	-990,16	545,64	-3,3
	-14,25	-903,02	524,17	-3,6
	-14,42	-819,52	501,06	-3,9
	-14,58	-739,89	476,66	-4,0
21	-14,74	-664,32	451,29	-4,2
21	-14,74	-664,32	451,18	-4,2
	-14,91	-592,96	425,11	-4,3
	-15,07	-525,88	398,60	-4,3
	-15,23	-463,14	371,85	-4,3
	-15,39	-404,76	345,09	-4,3
22	-15,56	-350,73	318,47	-4,3
22	-15,56	-350,73	318,41	-4,3
	-15,72	-301,03	292,09	-4,2
	-15,88	-255,57	266,19	-4,2
	-16,05	-214,30	240,83	-4,1
	-16,21	-177,10	216,11	-4,0
23	-16,37	-143,87	192,09	-3,8
23	-16,37	-143,87	192,07	-3,8
	-16,53	-114,49	168,82	-3,7
	-16,70	-88,84	146,41	-3,6
	-16,86	-66,76	124,86	-3,4
	-17,02	-48,12	104,20	-3,3
24	-17,19	-32,77	84,47	-3,1
24	-17,19	-32,77	84,46	-3,1

Segment number	Level [m]	Moment [kNm]	Shear force [kN]	Displacement [mm]
	-17,35	-20,56	65,67	-3,0
	-17,51	-11,33	47,82	-2,8
	-17,67	-4,93	30,92	-2,7
	-17,84	-1,21	14,98	-2,5
25	-18,00	0,00	0,00	-2,4
Max		**-3058,68**	**617,02**	**554,6**

4.3 Charts of Stresses



4.4 Stresses

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
1	-0,10	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,16	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,22	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,28	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,34	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	-0,40	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
2	-0,40	0,00	0,00	-		0,00	0,00	-	
	-0,57	0,00	1,67	-		0,00	1,67	-	
	-0,74	0,00	3,34	-		0,00	3,34	-	
	-0,91	0,00	5,00	-		0,00	5,00	-	
	-1,08	0,00	6,67	-		0,00	6,67	-	
3	-1,25	0,00	8,34	-		0,00	8,34	-	
3	-1,25	0,00	8,34	-		0,00	8,34	-	
	-1,42	0,00	10,01	-		0,00	10,01	-	

Node number	Level	Left				Right			
	[m]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
	-1,59	0,00	11,67	-		0,00	11,67	-	
	-1,76	0,00	13,34	-		0,00	13,34	-	
	-1,93	0,00	15,01	-		0,00	15,01	-	
4	-2,10	0,00	16,68	-		0,00	16,68	-	
4	-2,10	0,00	16,68	-		0,00	16,68	-	
	-2,27	0,00	18,34	-		0,00	18,34	-	
	-2,44	0,00	20,01	-		0,00	20,01	-	
	-2,61	0,00	21,68	-		0,00	21,68	-	
	-2,78	0,00	23,35	-		0,00	23,35	-	
5	-2,95	0,00	25,02	-		0,00	25,02	-	
5	-2,95	0,00	25,02	-		0,00	25,02	-	
	-3,12	0,00	26,68	-		0,00	26,68	-	
	-3,29	0,00	28,35	-		0,00	28,35	-	
	-3,46	0,00	30,02	-		0,00	30,02	-	
	-3,63	0,00	31,69	-		0,00	31,69	-	
6	-3,80	0,00	33,35	-		0,00	33,35	-	
6	-3,80	0,00	33,35	-		0,00	33,35	-	
	-3,97	0,00	35,02	-		0,00	35,02	-	
	-4,14	0,00	36,69	-		0,00	36,69	-	
	-4,31	0,00	38,36	-		0,00	38,36	-	
	-4,48	0,00	40,02	-		0,00	40,02	-	
7	-4,65	0,00	41,69	-		0,00	41,69	-	
7	-4,65	0,00	41,69	-		0,00	41,69	-	
	-4,82	0,00	43,36	-		0,00	43,36	-	
	-4,99	0,00	45,03	-		0,00	45,03	-	
	-5,16	0,00	46,70	-		0,00	46,70	-	
	-5,33	0,00	48,36	-		0,00	48,36	-	
8	-5,50	0,00	50,03	-		0,00	50,03	-	
8	-5,50	0,00	50,03	A		0,00	50,03	P	
	-5,65	0,00	51,50	A		11,38	51,50	P	
	-5,80	0,00	52,97	A		22,77	52,97	P	
	-5,95	0,00	54,45	A		34,15	54,45	P	
	-6,10	0,00	55,92	A		45,53	55,92	P	
9	-6,25	0,00	57,39	A		56,91	57,39	P	
9	-6,25	0,00	57,39	A		56,91	57,39	P	
	-6,40	0,00	58,86	A		68,30	58,86	P	
	-6,55	0,00	60,33	A		79,68	60,33	P	
	-6,70	0,00	61,80	A		91,06	61,80	P	
	-6,85	0,00	63,27	A		102,44	63,27	P	
10	-7,00	0,00	64,75	A		113,83	64,75	P	
10	-7,00	0,00	64,75	A		120,76	64,75	P	
	-7,10	0,00	65,73	A		128,81	65,73	P	
	-7,20	0,00	66,71	A		136,86	66,71	P	
	-7,30	0,00	67,69	A		144,91	67,69	P	
	-7,40	0,00	68,67	A		152,96	68,67	P	
11	-7,50	0,00	69,65	A		161,01	69,65	P	
11	-7,50	0,00	69,65	A		161,01	69,65	P	
	-7,60	0,00	70,63	A		169,06	70,63	P	
	-7,70	0,00	71,61	A		177,11	71,61	P	
	-7,80	0,00	72,59	A		185,16	72,59	P	
	-7,90	0,00	73,58	A		193,21	73,58	P	
12	-8,00	0,00	74,56	A		201,26	74,56	P	
12	-8,00	0,00	74,56	A		234,19	74,56	P	
	-8,15	0,00	76,03	A		248,24	76,03	P	
	-8,30	0,00	77,50	A		262,29	77,50	P	
	-8,45	0,00	78,97	A		276,34	78,97	P	
	-8,60	0,00	80,44	A		290,39	80,44	P	
13	-8,75	0,00	81,91	A		289,45	81,91	-	95
13	-8,75	0,00	81,91	A		289,45	81,91	-	95

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
	-8,90	0,00	83,39	A		271,17	83,39	-	85
	-9,05	0,00	84,86	A		253,53	84,86	-	76
	-9,20	0,00	86,33	A		236,53	86,33	-	68
	-9,35	0,00	87,80	A		220,16	87,80	-	61
14	-9,50	0,00	89,27	A		204,44	89,27	-	55
14	-9,50	0,00	89,27	A		438,82	89,27	P	
	-9,64	0,00	90,64	A		454,18	90,64	P	
	-9,78	0,00	92,02	A		469,53	92,02	P	
	-9,92	0,00	93,39	A		484,89	93,39	P	
	-10,06	0,00	94,76	A		454,18	94,76	-	91
15	-10,20	0,00	96,14	A		418,52	96,14	-	81
15	-10,20	0,00	96,14	A		418,52	96,14	-	81
	-10,34	0,00	97,51	A		384,48	97,51	-	72
	-10,48	0,00	98,88	A		352,04	98,88	-	64
	-10,62	0,00	100,26	A		321,17	100,26	-	57
	-10,76	0,00	101,63	A		291,86	101,63	-	51
16	-10,90	0,00	103,00	A		264,07	103,00	-	45
16	-10,90	0,00	103,00	A		264,07	103,00	-	45
	-11,04	0,00	104,38	A		237,78	104,38	-	39
	-11,18	0,00	105,75	A		212,96	105,75	-	34
	-11,32	0,00	107,13	A		189,56	107,13	-	30
	-11,46	0,00	108,50	A		167,56	108,50	-	26
17	-11,60	0,00	109,87	A		146,92	109,87	-	22
17	-11,60	0,00	109,87	A		146,92	109,87	-	22
	-11,74	0,00	111,25	A		127,60	111,25	-	19
	-11,88	0,00	112,62	A		109,57	112,62	-	16
	-12,02	0,00	113,99	A		92,78	113,99	-	13
	-12,16	0,00	115,37	A		77,20	115,37	-	11
18	-12,30	0,00	116,74	A		62,78	116,74	-	8
18	-12,30	0,00	116,74	A		313,88	116,74	-	28
	-12,46	0,00	118,34	A		237,07	118,34	-	21
	-12,63	0,00	119,93	A		167,53	119,93	-	14
	-12,79	0,00	121,53	A		104,89	121,53	-	9
	-12,95	0,00	123,13	A		48,79	123,13	-	4
19	-13,11	1,12	124,73	-		0,00	124,73	A	
19	-13,11	1,12	124,73	-		0,00	124,73	A	
	-13,28	45,22	126,32	-	4	0,00	126,32	A	
	-13,44	83,88	127,92	-	6	0,00	127,92	A	
	-13,60	117,46	129,52	-	9	0,00	129,52	A	
	-13,77	146,33	131,12	-	11	0,00	131,12	A	
20	-13,93	170,85	132,72	-	12	0,00	132,72	A	
20	-13,93	170,85	132,72	-	12	0,00	132,72	A	
	-14,09	191,38	134,31	-	13	0,00	134,31	A	
	-14,25	208,24	135,91	-	14	0,00	135,91	A	
	-14,42	221,74	137,51	-	15	0,00	137,51	A	
	-14,58	232,19	139,11	-	15	0,00	139,11	A	
21	-14,74	239,90	140,70	-	16	0,00	140,70	A	
21	-14,74	239,90	140,70	-	16	0,00	140,70	A	
	-14,91	245,16	142,30	-	16	0,00	142,30	A	
	-15,07	248,23	143,90	-	16	0,00	143,90	A	
	-15,23	249,34	145,50	-	15	0,00	145,50	A	
	-15,39	248,71	147,09	-	15	0,00	147,09	A	
22	-15,56	246,59	148,69	-	15	0,00	148,69	A	
22	-15,56	246,59	148,69	-	15	0,00	148,69	A	
	-15,72	243,19	150,29	-	14	0,00	150,29	A	
	-15,88	238,67	151,89	-	14	0,00	151,89	A	
	-16,05	233,19	153,48	-	13	0,00	153,48	A	
	-16,21	226,90	155,08	-	13	0,00	155,08	A	
23	-16,37	219,96	156,68	-	12	0,00	156,68	A	

Node number	Level [m]	Left				Right			
		Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]	Effective Stress [kN/m²]	Water stress [kN/m²]	Stat*	Mob** [%]
23	-16,37	219,96	156,68	-	12	0,00	156,68	A	
	-16,53	212,50	158,28	-	12	0,00	158,28	A	
	-16,70	204,62	159,87	-	11	0,00	159,87	A	
	-16,86	196,40	161,47	-	10	0,00	161,47	A	
	-17,02	187,91	163,07	-	10	0,00	163,07	A	
24	-17,19	179,25	164,67	-	9	0,00	164,67	A	
24	-17,19	179,25	164,67	-	9	0,00	164,67	A	
	-17,35	170,49	166,27	-	9	0,00	166,27	A	
	-17,51	161,65	167,86	-	8	0,00	167,86	A	
	-17,67	152,75	169,46	-	8	0,00	169,46	A	
	-17,84	143,83	171,06	-	7	0,00	171,06	A	
25	-18,00	134,91	172,66	-	7	0,00	172,66	A	

Stat* Status (A=active, P=passive, Number is branche, 0 is unloading)
Mob** Percentage passive mobilized

End of Report

D. Paaldraagkracht

Project : INFR210413 Remmingwerk 8507 Ringersbrug zuidzijde

Onderdeel : Berekening draagvermogen open buispaal

Volgens NEN1997-1 en CUR166 6e druk

Auteur:	M.Q. Huisman
Datum:	15-10-2021
Onderdeel:	Buispaal Ø762x25 remmingwerk

Invoergegevens

$Q_{c;gem} = 0,5*(0,5*(I+II)+III) =$	8,6	Mpa	Gem. conusweerstand volgens NEN-EN 1997-1 NB 7.6.2.3
$h_1 =$	1	m	Topniveau buispaal t.o.v. NAP
$h_2 =$	-15,5	m	Inheiniveau buispaal t.o.v. NAP
$D_b =$	762	mm	Buitendiameter buispaal
$d_b =$	25	mm	Dikte buiswand
$h_3 =$	-5,5	m	Niveau draagkrachtige zandlaag t.o.v. NAP
$\alpha_s =$	0,006		Paalschachtfactor volgens NEN-EN 1997-1 NB Tabel 7.c
$\alpha_p =$	0,63		Paalklassefactor volgens NEN-EN 1997-1 NB Tabel 7.c
$\beta =$	1		Voetvormfactor NEN-EN 1997-1 NB 7.6.2.3
$s =$	1		Paalvoetfactor NEN-EN 1997-1 NB 7.6.2.3
$x_{m;n} =$	0,72		Paal- en sonderingfactor volgens NEN-EN 1997-1 NB Tabel A.10a
$g_m =$	1,20		Materiaalfactor (NEN-EN 1997-1 NB Tabel A.7)
$F_{s;d} =$	126	kN	Rekenwaarde buispaalbelasting

Draagvermogen paalpunt

$l_b = h_1 - h_2 =$	16,5	m	Totale buislengte
$Ab = (1/4)*p*(Db^2 - (D_b - 2*d_b)^2) =$	57884	mm^2	Oppervlakte buisdoorsnede
$F_{r;paalpunt} = a_p*b*s*Q_{c;gem}*Av/1000 =$	313,4	kN	Representatieve waarde paalpuntdraagverm.

Draagvermogen paalschacht

$Os;\Delta L;gem = p*D_b =$	2394	mm	Buisomtrek
$A_b = O_b*(h_3 - h_2) =$	23938936	mm^2	Buisoppervlakte aan buitenzijde in zandlaag
$F_{r;schacht} = (3/2)*a_s*A_b*Q_{c;gem}/1000$	1851,4	kN	Representatieve waarde schachtdraagverm.

Toetsing veiligheid op draagvermogen

$F_{r;d} = x_{m;n}*(F_{r;schacht}+F_{r;punt})/g_m =$	1297,8	kN	Rekenwaarde punt- en schachtdraagverm.
$F_{s;d}$	126	kN	Rekenwaarde buispaalbelasting
$F_{s;d}/F_{r;d} =$	0,10		Toetsing veiligheid: **Voldoet**

Opmerking: $F_{r;schacht}$ berekend met wrijving op zowel de binnen- als buitenoppervlakte van de buispaal door de buitenoppervlakte met 3/2 te vermenigvuldigen.

Project : INFR210413 Remmingwerk 8507 Ringersbrug zuidzijde

Onderdeel : Berekening draagvermogen open buispaal

Volgens NEN1997-1 en CUR166 6e druk

Auteur:	M.Q. Huisman
Datum:	15-10-2021
Onderdeel:	Buispaal Ø457x25 remmingwerk

Invoergegevens

$Q_{c;gem} = 0,5*(0,5*(I+II)+III) =$	8,6	Mpa	Gem. conusweerstand volgens NEN-EN 1997-1 NB 7.6.2.3
$h_1 =$	1	m	Topniveau buispaal t.o.v. NAP
$h_2 =$	-15,5	m	Inheiniveau buispaal t.o.v. NAP
$D_b =$	457	mm	Buitendiameter buispaal
$d_b =$	25	mm	Dikte buiswand
$h_3 =$	-5,5	m	Niveau draagkrachtige zandlaag t.o.v. NAP
$\alpha_s =$	0,006		Paalschachtfactor volgens NEN-EN 1997-1 NB Tabel 7.c
$\alpha_p =$	0,63		Paalklassefactor volgens NEN-EN 1997-1 NB Tabel 7.c
$\beta =$	1		Voetvormfactor NEN-EN 1997-1 NB 7.6.2.3
$s =$	1		Paalvoetfactor NEN-EN 1997-1 NB 7.6.2.3
$x_{m;n} =$	0,72		Paal- en sonderingfactor volgens NEN-EN 1997-1 NB Tabel A.10a
$g_m =$	1,20		Materiaalfactor (NEN-EN 1997-1 NB Tabel A.7)
$F_{s;d} =$	107	kN	Rekenwaarde buispaalbelasting

Draagvermogen paalpunt

$l_b = h_1 - h_2 =$	16,5	m	Totale buislengte
$A_b = (1/4)*p*(D_b^2 - (D_b - 2*d_b)^2) =$	33929	mm^2	Oppervlakte buisdoorsnede
$F_{r;paalpunt} = a_p*b*s*Q_{c;gem}*A_v/1000 =$	183,7	kN	Representatieve waarde paalpuntdraagverm.

Draagvermogen paalschacht

$O_{s;\Delta L;gem} = p*D_b =$	1436	mm	Buisomtrek
$A_b = O_b*(h_3 - h_2) =$	14357078	mm^2	Buisoppervlakte aan buitenzijde in zandlaag
$F_{r;schacht} = (3/2)*a_s*A_b*Q_{c;gem}/1000$	1110,4	kN	Representatieve waarde schachtdraagverm.

Toetsing veiligheid op draagvermogen

$F_{r;d} = x_{m;n}*(F_{r;schacht}+F_{r;punt})/g_m =$	775,8	kN	Rekenwaarde punt- en schachtdraagverm.
$F_{s;d}$	107	kN	Rekenwaarde buispaalbelasting
$F_{s;d}/F_{r;d} =$	0,14		Toetsing veiligheid: **Voldoet**

Opmerking: $F_{r;schacht}$ berekend met wrijving op zowel de binnen- als buitenoppervlakte van de buispaal door de buitenoppervlakte met 3/2 te vermenigvuldigen.

E. Klemconstructie

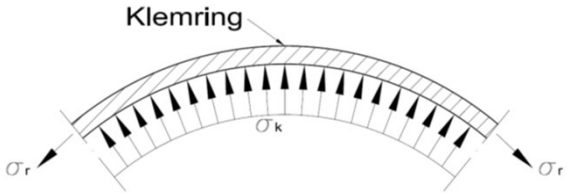
Project: **INFR 210413 Remmingwerk 8507 Ringersbrug zuidzijde**

Onderdeel: **Berekening klemconstructie remmingwerk 8507**

Invoer

D_b =	457	mm	Buitendiameter buispaal
t_r =	15	mm	Dikte klemring
h_r =	400	mm	Hoogte klemring
$f_{y,d}$ =	355	N/mm^2	Vloeisterkte materiaal klemring
μ =	0,10	-	Wrijfingsfactor klem - buispaal
$F_{v,totaal,Ed}$ =	17,8	kN	Verticale belasting op de klemconstructie
$F_{t,totaal,Ed}$ =	875,0	kN	Horizontale belasting op de klemconstructie
Type bout	M30	-	Bout klemring
Boutsterkteklasse	8.8	-	
n =	2	-	Aantal bouten per zijde klemring
γ_{M7} =	1,1	-	Materiaalfactor

Berekening minimaal benodigde klemspanning voor opname $F_{v,totaal,Ed}$



Uitgangspunt:
Berekening klemringspanning o.b.v. ketelformule (bron: Toegepaste Mechanica - 1 Evenwicht, C. Hartsuijker)

$\sigma_{k,min} = F_{v,totaal,Ed} / (\mu \cdot h_r \cdot \pi \cdot D_b)$ =	0,3	N/mm^2	Benodigde klemspanning voor genereren wrijving
$\sigma_{r,min} = \sigma_{k,min} \cdot D_b / (2 \cdot t_r)$ =	4,7	N/mm^2	Benodigde spanning in klemring
$F_{t,b,min,d} = \sigma_{r,min} \cdot h_r \cdot t_r / n$ =	14,1	kN	Benodigde bouttrekkracht per bout

Berekening benodigde voorspankracht per bout (NEN-EN-1993-1-8+C2:2011+NB)

A_s =	561	mm^2	Spanningsdoorsnede bout
$F_{p,Cd} = 0,50 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M7}$ =	204,0	kN	Rekenwaarde voorspankracht (NB, 3.6.1)
F_p =	25,0	kN	Toe te passen voorspankracht per bout: grootste waarde van 1,1 x $F_{t,b,min,d}$ en 0,1 x $F_{p,Cd}$
$F_p / F_{p,Cd}$ =	0,12		UC toelaatbare voorspankracht

Controleberekening capaciteit klemring

$\sigma_k = (2 \cdot n \cdot F_p + F_{t,totaal,Ed}) / (D_b \cdot h_r)$ =	5,3	N/mm^2	Klemspanning tussen buis en ring
$\sigma_r = \sigma_k \cdot D_b / (2 \cdot t_r)$ =	81,3	N/mm^2	Spanning in klemring
Toetsing klemring:			
$\sigma_r / f_{y,d}$ =	0,23	-	UC Sterkte klemring

Berekening bout bij gelijktijdig optreden $F_{v,totaal,Ed}$ en $F_{t,totaal,Ed}$

$F_{t,Ed} = (2 \cdot n \cdot F_p + F_{t,totaal,Ed}) / (2 \cdot n)$ =	244	kN	Trekkracht per bout
$F_{v,Ed} = F_{v,totaal,Ed} / (2 \cdot n)$ =	4,4	kN	Afschuifkracht per bout
$F_{t,Rd}$ =	323	kN	Rekenwaarde treksterkte per bout
$F_{v,Rd}$ =	215	kN	Rekenwaarde afschuifsterkte per bout
Toetsing verbindingsmiddel volgens Tabel 3.4:			
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd}$ =	0,02	-	UC Afschuifsterkte
$F_{t,Ed} / F_{t,Rd}$ =	0,75	-	UC Treksterkte
$F_{v,Ed} / F_{v,Rd} + F_{t,Ed} / 1,4 \cdot F_{t,Rd}$ =	0,56	-	UC Sterkte combinatie trek en afschuiving

Iv-Infra b.v.
Trapezium 322
3364 DL Sliedrecht
Nederland

Nevelgaarde 10
3436 ZZ Nieuwegein
Nederland

Pettelaarpark 10-15
5216 PD 's-Hertogenbosch
Nederland

Waarderweg 40
2031 BP Haarlem
Nederland

www.iv-infra.nl
Telefoon +31 88 943 3200
Postbus 135
3360 AC Sliedrecht
officemanagement@iv-infra.nl

Westervoortsedijk 73
Gebouw CB
6827 AV Arnhem
Nederland

Trompstraat 36a
9190 Stekene
België