


NOTITIE

Onderwerp	Definitief Ontwerp Betonsloof en prefab betonschort
Project	Kademuurvervanging Oostenburgereiland
Opdrachtgever	Oostenburg SGN
Projectcode	106040
Status	Definitief
Datum	26 oktober 2018
Referentie	106040/18-016.353
Auteur(s)	ir. M. Bakker

Gecontroleerd door	ing. L.T.A. Schoot Uiterkamp MSEng
Goedgekeurd door	A. Pouwe
Paraaf	

Bijlage(n)	I Milieuklasse en dekking
	II Berekening prefab betonschort
	III Scia uitvoer betonsloof
	IV Wapening betonsloof

Aan	Oostenburg SGN	T. Holscher
Kopie	-	

1 INLEIDING

1.1 Projectbeschrijving

Oostenburg SGN B.V. is in een vergevorderd stadium om Oostenburg te Amsterdam te gaan herontwikkelen. Uit een inspectie in 2016 is gebleken, dat een deel van de kademuren groot onderhoud nodig heeft en een gedeelte vervangen dient te worden. Een aantal kademuren zijn in het verleden al vervangen.

De werkzaamheden aan de kademuren zijn van belang voor de ontwikkeling van woningbouw, kantoren, horeca en om de koper van de Van Gendthallen een robuuste uitgangssituatie te bieden wanneer deze partij dit Rijksmonument gaat opknappen en exploiteren.

Om de kademuren te realiseren is een bouwteam geformeerd bestaande uit aannemer KWS infra/Hollandscherm en Witteveen+Bos. De eerste fase van het bouwteam bestond uit het identificeren van een voorkeursvariant voor de uitvoering. Na besluitvorming door de opdrachtgever is de voorkeursvariant tot een DO uitgewerkt. In deze notitie wordt het constructieve ontwerp van de voorkeursvariant uitgewerkt (betonsloof + prefab betonschort).

Afbeelding 1.1 Overzichtstekening Oostenburg met aanduiding kademuren

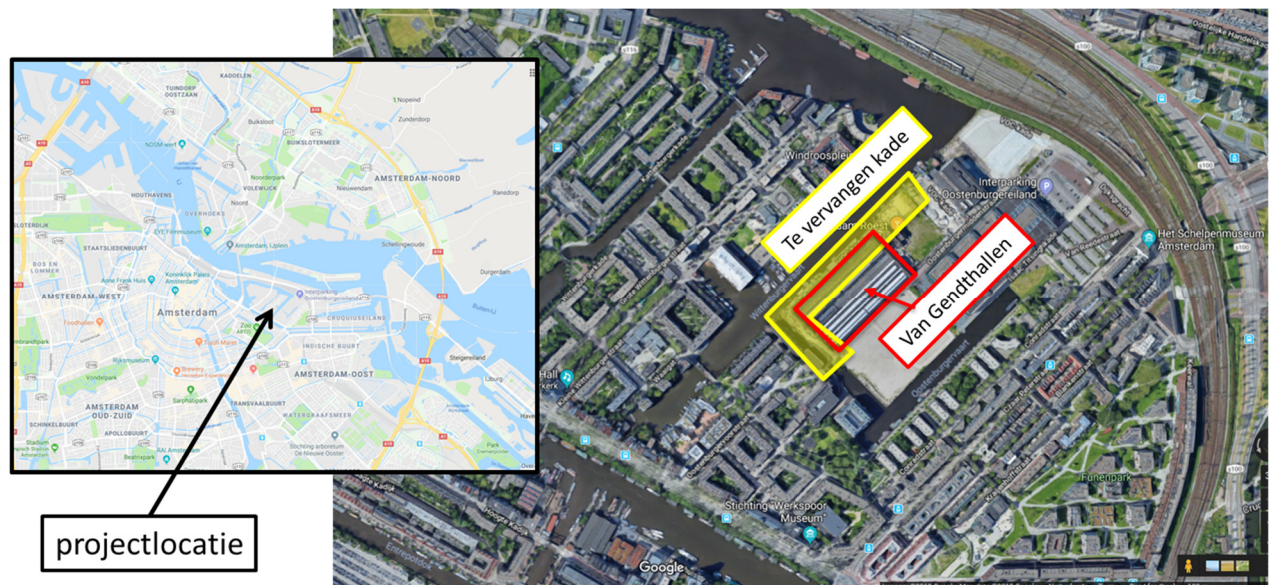


2 HUIDIGE SITUATIE

2.1 Ligging en omgeving

Oostenburgereiland ligt ten oosten van het centrum van Amsterdam, nabij het scheepvaartmuseum. Dit eiland maakt deel uit van een reeks kunstmatige eilanden die zijn aangelegd in de tweede helft van de 17^e eeuw, voorheen onderdeel van het IJ. Op het Oostenburgereiland waren scheepswerven van de VOC gevestigd, en elders zijn pakhuizen gebouwd. In de 19^e eeuw zijn de Van Gendthallen op dit eiland gebouwd, een aaneenschakeling van 5 hallen die werden gebruikt als onderdeel van de Werktuigen en Spoorwegmaterieel fabriek. De Van Gendthallen hebben recentelijk een nieuwe bestemming als bedrijfshallen gekregen met inpandige parkeermogelijkheden.

Afbeelding 2.1 Projectlocatie

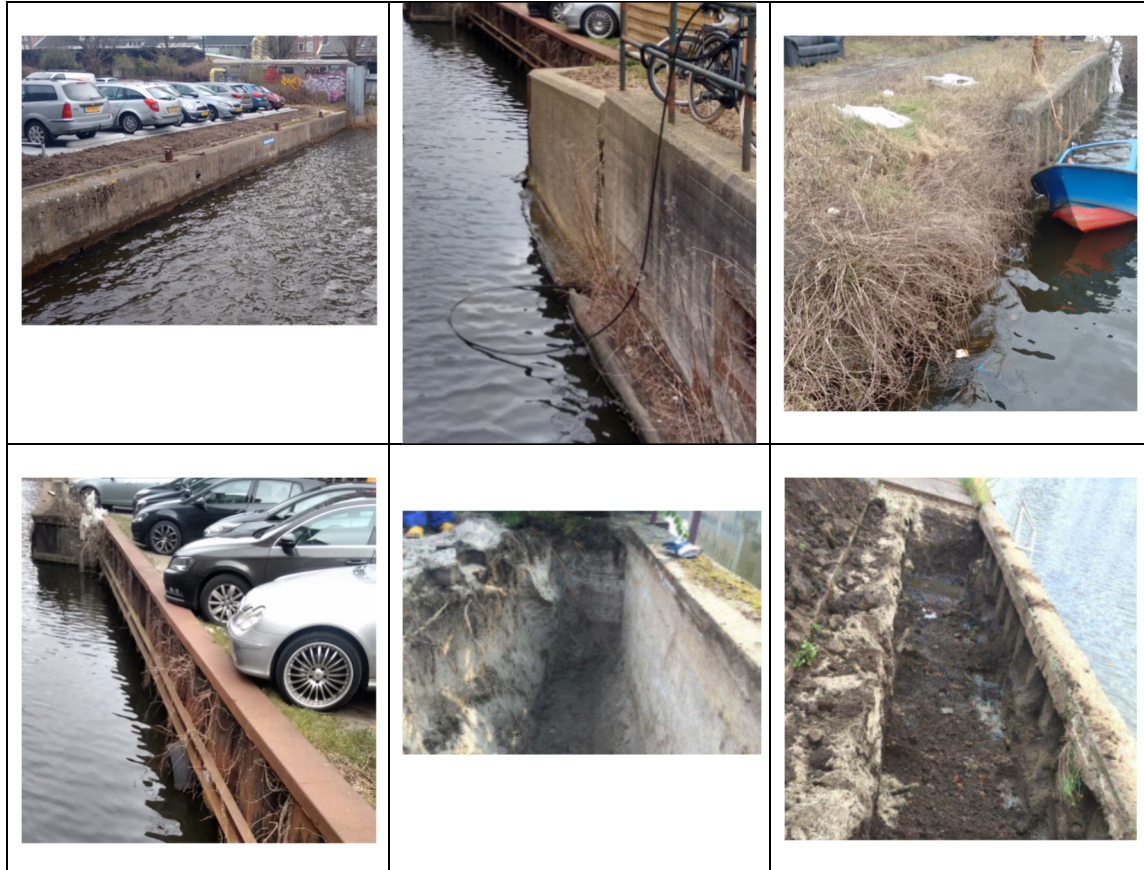


2.2 Bestaande kade

De kadeconstructies die vervangen worden bestaan uit 9 secties met verschillende ontwerpen variërend in lengte van 10 m tot 60 m. De kadeconstructies zijn onafhankelijk van elkaar ontworpen en gebouwd. Deze variëren van verankerde damwanden, L-muren op palen (al dan niet verankerd) en een dek op palen.

Een visuele inspectie heeft uitgewezen dat de kadeconstructies in slechte staat verkeren. Bij overgangen tussen secties met verschillende ontwerpen zijn scheuren gevonden en daar waar ankers worden verwacht blijken deze soms afwezig- c.q. niet gekoppeld te zijn. Afbeelding 2.2 geeft een impressie van de bestaande kadeconstructies op de projectlocatie.

Afbeelding 2.2 Impressie van de bestaande kademuren



3 UITGANGSPUNTEN

3.1 Referenties

Normen en richtlijnen

- [ref. 1.] NEN-EN 1990 Eurocode: Grondslagen van het constructief ontwerp.
- [ref. 2.] NEN-EN 1991 Eurocode 1: Belastingen op constructies.
- [ref. 3.] NEN-EN 1992 Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies
- [ref. 4.] NEN-EN 1993 Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies.
- [ref. 5.] NEN-EN 1997 Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp.
- [ref. 6.] NEN 9997-1: Geotechnisch ontwerp van constructies.
- [ref. 7.] CUR 166: Damwandconstructies; 2012; Stichting CURNET; Gouda.
- [ref. 8.] RVW 2011: Richtlijnen Vaarwegen 2011.

Rapporten

- [ref. 9.] DO vervanging kademuren, geotechnische beschouwing, 106040/18-016.304, Witteveen+Bos.

3.2 Veiligheidsfilosofie

De constructie is ingedeeld in veiligheidsklasse II (RC2) als een normale kademuur. Er wordt rekening gehouden met een ontwerplevensduur van de constructie van 100 jaar.

3.3 Geotechnische uitgangspunten

De combiwand en schroefinjectiepaal zijn in het geotechnisch ontwerp (rapport met referentie 106040/18-016.304) bepaald. De grondopbouw van Oostenburgereiland is op basis van sonderingen bepaald en is weergegeven in tabel 2.1. De waterstand in Amsterdam is NAP -0,40 m.

Tabel 3.1 Grondprofiel o.b.v. sondering 8

Naam	BK laag [m NAP]
Aanvulling	maaiveld
Oude zeeklei	-2,2
Hollandveen	-3,3
Hydrobiaklei	-5,5
1 ^e Zandlaag	-12,8
Alleröd	-16,2
2 ^e Zandlaag	-20,5

3.4 Materiaaleigenschappen

3.4.1 Betonconstructies

In het werk gestort:

- beton C30/37;
 - e-modulus (ongescheurd) 33.000 N/mm²;
 - e-modulus (gescheurd) 10.000 N/mm²;
 - uitzettingscoëfficiënt 10⁻⁵ K⁻¹;
- betonstaal B500B.

Prefab betonschort:

- beton C35/45;
 - e-modulus (ongescheurd) 34.000 N/mm²;
 - e-modulus (gescheurd) 11.000 N/mm²;
 - uitzettingscoëfficiënt 10⁻⁵ K⁻¹;
- betonstaal B500B.

De milieuklassen voor de constructie zijn:

- in het werk gestort: XC4, XD3 en XF4;
- prefab betonschort: XC4 en XF3.

3.4.2 Staalconstructies

Staalkwaliteit

- constructiestaal S355;
- damwand staal S355;
- buispaal staal S355.

Corrosie

In de constructieve berekeningen wordt rekening gehouden met een corrosie van 0,012 mm per jaar per zijde voor alle staalsoorten. In de geotechnische berekeningen geldt deze waarde ook, enkel voor corrosie van funderingselementen in veenlagen geldt een hogere waarde. Voor een zure bodem wordt, conform CUR 166, een corrosiesnelheid van 0,0325 mm per jaar per zijde aangehouden.

4 GEOMETRIE EN SCHEMATISERING

4.1 Geometrie

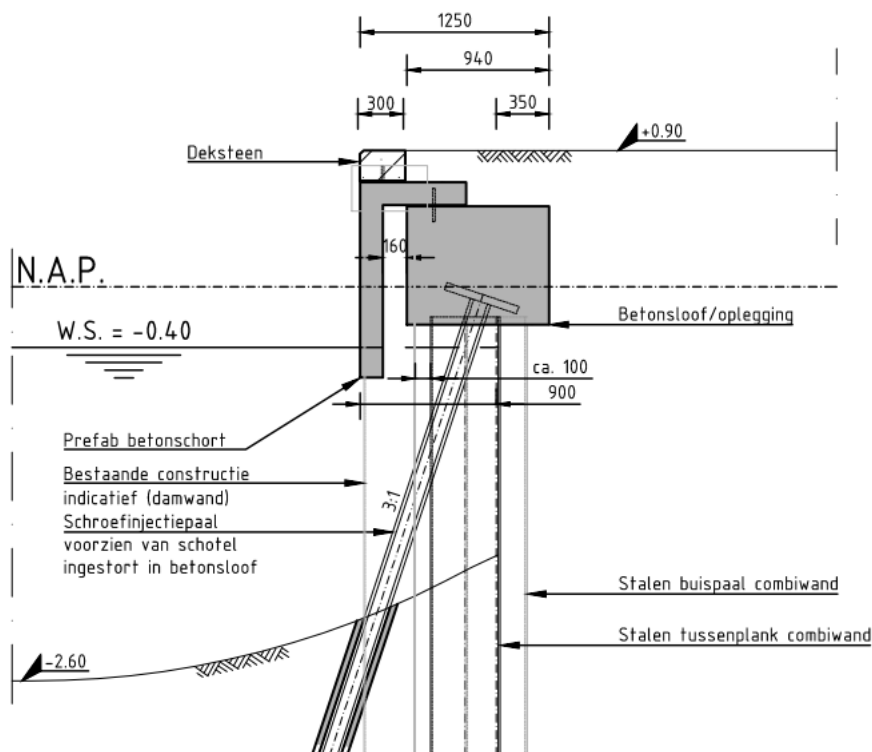
Het ontwerp van de nieuwe kademuur is een variant op een ontwerp dat al eerder succesvol is toegepast bij de vervanging van kademuuren elders in Amsterdam zoals de Prinsengracht, Krom Boomssloot en momenteel is de Recht Boomssloot in uitvoering.

Het betreft een ontwerp met een combiwand bestaande uit stalen buispalen en damwanden. Als steunpunt wordt een schroefinjectiepaal toegepast aan de voorzijde van de damwand met een beperkte schoorstand (afbeelding 4.1). Zodoende is er bij dit ontwerp geen verankering aan achterzijde nodig, hierdoor kan dit ontwerp toegepast worden in bebouwde omgeving, ook bij kwetsbare paalfunderingen.

Deze constructie maakt het mogelijk om binnen een zeer beperkte ruimte een bestaande kademuur te vervangen zonder dat hiervoor een bouwkuip benodigd is.

De eigenschappen van de geotechnische elementen staan beschreven in tabel 3.1.

Afbeelding 4.1 Dwarsdoorsnede ontwerp kademuur



Tabel 4.1 Geometrie constructie

Onderdeel		
combiwand	buispaal diameter en puntniveau	406 mm (12,5 mm) tot -23,0 m NAP
	tussenplanken en puntniveau	4x AZ26-700 tot NAP -6,5 m
schoorpalen (verankering)	schroefinjectiepaal diameter	219 mm (22,5 mm, met 350mm groutschil)
	paalpunctniveau	-23,0 m NAP
	schoorstand	3:1
	h.o.h. afstand	3,2 m
betonsloof	afmeting b x h	950 x 800
prefab voorhangschort	dikte 150mm, hoogte en lengte variabel	

5 BELASTINGEN

De belastingen worden per m¹ kademuur beschouwd. De betonconstructie is getoetst op de belasting die optreedt vanuit de schroefinjectiepalen. Het prefab betonschort wordt getoetst op verkeersbelasting en een scheepvaartbelasting.

5.1 Belasting op het prefab schort

Verkeersbelasting

Vrachtverkeer tot 7,5 ton kan zonder ontheffing op het Oostenburgereiland komen. Theoretisch kan een voertuig tot 7,5 ton op de deksteen staan. Er wordt rekening gehouden met een geparkeerd voertuig (maximaal 7,5 ton). De belasting op het prefab schort is conform NEN1991-1-1, tabel NB.3 6.8:

- $q_{rep} = 5 \text{ kN/m}^2$;
- $q_{rep, \text{vert}} = 40 \text{ kN}$;
- $q_{rep, \text{hor}} = m \cdot a = 7.500 \text{ kg} \cdot 4 \text{ m/s}^2 = 30 \text{ kN}$ (hierbij is a de horizontale versnelling door rembelasting).

Scheepvaartbelasting

- de schorten worden niet gedimensioneerd op aanvaarbelasting (omdat haaks aanvaren ruimtelijk niet mogelijk is);
- kracht op de haalkom: $Q_{rep} = 40 \text{ kN}$, conform ontwerpuitgangspunten recreatievaart 'Richtlijn Vaarwegen 2011'.

5.2 Belasting op de betonsloof

Conform CUR 166, veiligheidsklasse II, wordt er een integrale variabele maaiveldbelasting van 20 kPa in de definitieve situatie gehanteerd. In het geotechnisch rapport is een berekening gemaakt van de combiwand met schroefinjectiepalen. Uit het geotechnisch ontwerp zijn de optredende ankerkrachten bepaald. In tabel 5.1 staan de optredende ankerkrachten.

Tabel 5.1 Optredende ankerkracht

	BGT	UGT
F_{anker} (kN)	102	286
M_{anker} (kNm)	7	25

De ankerkracht kan worden ontbonden in een verticale en een horizontale component. Deze beide componenten moeten worden opgenomen door de betonsloof. De schroefinjectiepaal staat onder een schoorstand van 3:1.

Tabel 5.2 Ankerkrachten

	BGT	UGT
horizontaal (kN)	33	90
verticaal (kN)	107	302

6 RESULTATEN

6.1 Prefab betonschort

Uitgangspunten

De betonnen schorten worden geprefabriceerd. De betonschorten hebben een lengte van maximaal 5 m. Het prefab betonschort heeft een dikte van 150 mm ter plaatse van het verticale deel. De hoogte van het betonschort is afhankelijk van de hoogte van het maaiveld. De schorten worden niet gedimensioneerd op aanvaarbelasting, maar op een troskracht. Wanneer een schort beschadigd raakt door een aanvaring, zal dit schort vervangen moeten worden.

Wapening

De wapening is bepaald aan de hand van snedekrachten ten gevolge van het eigengewicht en de veranderlijke belasting. Omdat de prefab schorten liggend getransporteerd worden, is er ook gekeken naar de benodigde wapening in liggende stand. De berekening van de prefab betonschorten staat in bijlage II.

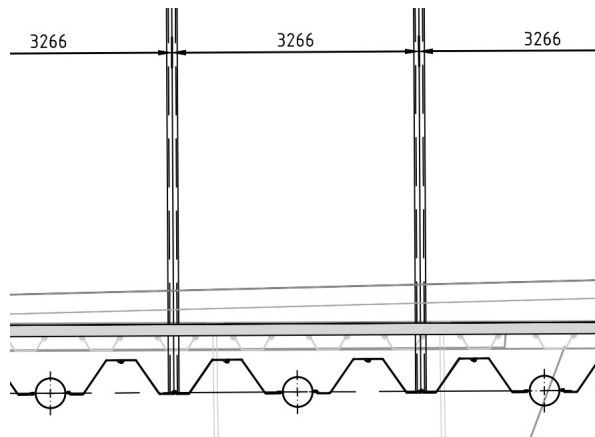
Toegepast worden beugels en horizontale staven van Ø 8-100. Verticaal zijn staven Ø 8-100 benodigd. Onderin het prefab schort worden plaatselijk wapeningsstaven Ø8 bijgelegd. In bijlage II is een schets opgenomen van de wapening.

6.2 Betonsloof

Uitgangspunt

De betonsloof moet de krachten vanuit de schroefinjectiepaal opnemen. De betonsloof is in Scia gemodelleerd als doorgaande ligger op verende steunpunten (verticale beddingconstante). De buispalen van de combiwand zijn als de verende steunpunten beschouwd. In afbeelding 6.1 is een bovenaanzicht van de combiwand en schroefinjectiepaal weergegeven. De belasting van de schroefinjectiepaal werkt als verticale en horizontale lijnlast. Daarnaast is het optredende kopmoment van de schroefinjectiepaal als moment op de ligger gezet.

Afbeelding 6.1 Boven aanzicht combiwand + schroefinjectiepaal



Verticale beddingconstante

De verticale beddingconstante $k_{v, \text{rep}}$ wordt in het model een keer als stijve bedding en een keer als slappe bedding ingevoerd.

$$k_{v, \text{rep}} = 50 \text{ MN/m}$$

$$k_{v, \text{hoog}} = k_{v, \text{rep}} \cdot \sqrt{2} = 70,7 \text{ MN/m}$$

$$k_{v, \text{laag}} = k_{v, \text{rep}} / \sqrt{2} = 35,3 \text{ MN/m}$$

Uit de geotechnische beschouwing blijkt dat de aanname van 50 MN/m een representatieve beddingconstante is.

Resultaten

In bijlage III is de uitvoer van de Scia modellen van de betonsloof weergegeven. In tabel 6.1 zijn de snedekrachten van de betonsloof weergegeven. De maatgevende waarden zijn vetgedrukt. Voor de toetsing van de wapening wordt vanuit onderstaande tabellen de maatgevende krachswerking gecombineerd. Verdere detaillering van de wapening wordt in het UO gedaan.

Tabel 6.1 Maatgevende snedekrachten betonsloof

	BGT _{hoog}	BGT _{laag}	UGT _{hoog}	UGT _{laag}
V_{hor} (kN)	61	61	166	167
V_{ver} (kN)	144	144	457	457
M_{boven} (kNm)	39	39	124	124
M_{onder} (kNm)	79	79	249	249
$M_{\text{grondzijde}}$ (kNm)	46	52	125	143
$M_{\text{waterzijde}}$ (kNm)	31	32	84	90
M_{wringing} (kNm)	4	4	13	13

Wapening

In bijlage IV wordt de wapening bepaald voor de maatgevende snedekrachten in de betonsloof. De volgende wapening wordt toegepast, tevens is een wapeningschets toegevoegd:

- wapening onderzijde: Ø16-150;
- wapening bovenzijde: Ø16-150;
- wapening landzijde: Ø16-150;
- wapening waterzijde: Ø16-150;
- dwarskracht + wringing verticaal: bgls Ø16-150 (binnen 2-snedig).

7 WERKZAAMHEDEN UO-(ONTWERP) FASE

De volgende onderdelen behoeven aandacht en nadere uitwerking in het UO:

- detaillering (UO-niveau) wapening betonsloof;
- detaillering aangrijppunt Schroefinjectiepaal;
- ophangwapening Schroefinjectiepaal.

I

BIJLAGE: MILIEUKLASSE EN DEKKING

project: Kademuur Oostenburg
projectcode: 106040
onderdeel: Betonsloof

opgemaakt door: M. Bakker
datum opmaak: 15 oktober 2018

CONSTRUCTIEKLASSE, MILIEUKLASSEN EN DEKKING BETON VOLGENS EUROCODE 2

Dit rekenblad dient ter bepaling van de constructieklasse, milieuklassen en minimale betondekking op wapenings- en voorspanstaal voor een betonnen element. De bepaling is uitgevoerd volgens NEN-EN 1992-1-1:2011 met NB:2011.

CONSTRUCTIEKLASSE

invloedsfactor	modificatie constructieklasse		
ontwerplevensduur	=	100 jaar	6
sterkteklasse beton	=	C30/37	0
toepassing >4% luchtinsluiting	=	nee NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.3N	
element met plaatgeometrie	=	nee NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.3N	
kwaliteitsbeheersing gewaarborgd	=	nee NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.3N	
aanbevolen constructieklasse	=	S6 NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.3N	6
gekozen constructieklasse	=	S6	

MILIEUKLASSE

oorzaak corrosie/betonschade	invloed	milieu	milieuklasse
carbonatatie	= ja	matige vochtigheid	XC3
chloriden anders dan uit zeewater	= nee		
chloriden afkomstig uit zeewater	= nee		
vorst/dooi wisselingen	= ja	onverzadigd, geen zouten	XF1
chemicaliën	= nee		
milieuklassen constructiedeel	=	XC3 XF1	

MINIMALE DEKKING

aanvullende normen

OVS van toepassing	=	nee
ROK van toepassing	=	nee

toeslag op minimale dekking

type stortvlak	=	normaal stortvlak
toeslag m.b.t. duurzaamheid	$\Delta c_{dur,y}$	= 0 mm NEN-EN 1992-1-1/NB artikel 4.4.1
toeslag m.b.t. uitvoeringstoleranties	Δc_{dev}	= 5 mm NEN-EN 1992-1-1/NB artikel 4.4.1.3

nominale dekking op constructiestaal

diameter beschouwde staaf	\emptyset	= 16 mm (of nominale diameter staafbundel)
min. dekking m.b.t. aanhechting	$c_{min;b}$	= 16 mm = \emptyset
min. dekking m.b.t. duurzaamheid	$c_{min;dur}$	= 35 mm NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.4N
nominale dekking constructiestaal	c_{nom}	= 40 mm = $\max\{c_{min;b}; c_{min;dur} + \Delta c_{dur,y}; 10\} + \Delta c_{dev}$

nominale dekking op voorspanstaal

type voorspanning	=	
vorm voorspankanaal	=	
...		
min. dekking m.b.t. aanhechting	$c_{min;b}$	= 50 mm NEN-EN 1992-1-1/NB artikel 4.4.1.2 (3)
min. dekking m.b.t. duurzaamheid	$c_{min;dur}$	= 40 mm NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.5N
nominale dekking voorspanstaal	c_{nom}	= 55 mm = $\max\{c_{min;b}; c_{min;dur} + \Delta c_{dur,y}; 10\} + \Delta c_{dev}$

SCHEURWIJDTE-EIS

min. scheurwijdte op wapening	$w_{max;dur}$	= 0,3 mm
min. scheurwijdte op voorspanning	$w_{max;dur}$	= 0,2 mm (voorspanstaal op minder dan 200 mm dekking)
waterdichtheid vereist	=	nee

project: Kademuur Oostenburg
 projectcode: 106040
 onderdeel: Prefab betonschort

 opgemaakt door: M. Bakker
 datum opmaak: 25 oktober 2018

CONSTRUCTIEKLASSE, MILIEUKLASSEN EN DEKKING BETON VOLGENS EUROCODE 2

Dit rekenblad dient ter bepaling van de constructieklasse, milieuklassen en minimale betondekking op wapenings- en voorspanstaal voor een betonnen element. De bepaling is uitgevoerd volgens NEN-EN 1992-1-1:2011 met NB:2011.

CONSTRUCTIEKLASSE

invloedsfactor			modificatie constructieklasse
ontwerplevensduur	=	100 jaar	6
sterkteklasse beton	=	C35/45	0
toepassing >4% luchtinsluiting	=	nee NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.3N	
element met plaatgeometrie	=	nee NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.3N	
kwaliteitsbeheersing gewaarborgd	=	ja NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.3N	-1
aanbevolen constructieklasse	=	S5 NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.3N	5
gekozen constructieklasse	=	S5	

MILIEUKLASSE

oorzaak corrosie/betonschade	invloed	milieu	milieuklasse
carbonatatie	= ja	wisselend nat en droog	XC4
chloriden anders dan uit zeewater	= nee		
chloriden afkomstig uit zeewater	= nee		
vorst/dooi wisselingen	= ja	verzadigd met water, geen zouten	XF3
chemicaliën	= nee		
milieuklassen constructiedeel	=	XC4 XF3	

MINIMALE DEKKING

aanvullende normen

 OVS van toepassing = nee
 ROK van toepassing = nee

toeslag op minimale dekking

 type stortvlak = normaal stortvlak
 toeslag m.b.t. duurzaamheid $\Delta c_{dur,y}$ = 0 mm NEN-EN 1992-1-1/NB artikel 4.4.1
 toeslag m.b.t. uitvoeringstoleranties Δc_{dev} = 5 mm NEN-EN 1992-1-1/NB artikel 4.4.1.3

nominale dekking op constructiestaal

 diameter beschouwde staaf \emptyset = 16 mm (of nominale diameter staafbundel)
 min. dekking m.b.t. aanhechting $c_{min;b}$ = 16 mm = \emptyset
 min. dekking m.b.t. duurzaamheid $c_{min;dur}$ = 35 mm NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.4N
 nominale dekking constructiestaal c_{nom} = 40 mm = $\max\{c_{min;b}; c_{min;dur} + \Delta c_{dur,y}; 10\} + \Delta c_{dev}$

nominale dekking op voorspanstaal

 type voorspanning =
 vorm voorspankanaal =
 = 77 mm
 ...
 min. dekking m.b.t. aanhechting $c_{min;b}$ = 50 mm NEN-EN 1992-1-1/NB artikel 4.4.1.2 (3)
 min. dekking m.b.t. duurzaamheid $c_{min;dur}$ = 40 mm NEN-EN 1992-1-1/NB tabel 4.5N
 nominale dekking voorspanstaal c_{nom} = 55 mm = $\max\{c_{min;b}; c_{min;dur} + \Delta c_{dur,y}; 10\} + \Delta c_{dev}$

SCHEURWIJDTE-EIS

 min. scheurwijdte op wapening $w_{max;dur}$ = 0,3 mm
 min. scheurwijdte op voorspanning $w_{max;dur}$ = 0,2 mm (voorspanstaal op minder dan 200 mm dekking)
 waterdichtheid vereist = nee

II

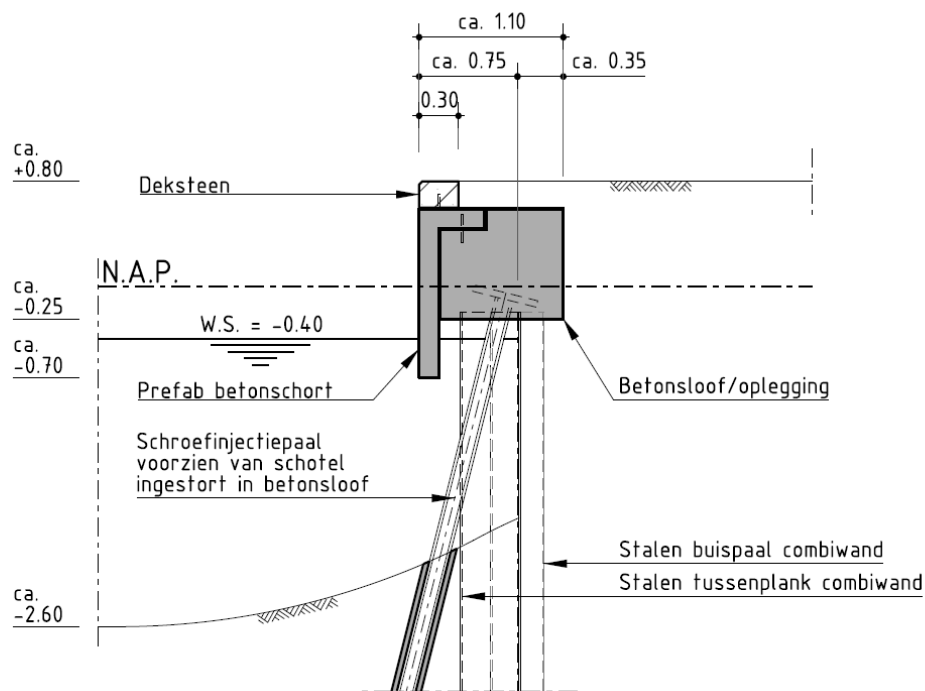
BIJLAGE: BEREKENING PREFAB BETONSCHORT

Kademuurvervanging Oostenburgereiland

Berekening Prefab betonschort

De betonnen schorten worden geprefabriceerd. De betonschorten hebben een lengte van maximaal 5 m. Het prefab betonschort heeft een dikte van 150 mm ter plaatse van het verticale deel. De hoogte van het betonschort is afhankelijk van de hoogte van het maaiveld. Er wordt rekening gehouden met een lengte van maximaal 5 meter. De schorten worden niet gedimensioneerd op aanvaarbelasting, maar op een troskracht. Wanneer een schort beschadigd raakt door een aanvaring, zal dit schort vervangen moeten worden. In het prefab schort is in het midden een haalkom gepositioneerd op een hoogte van NAP +0,145m.

Afbeelding 1 Doorsnede Prefab betonschort NAP + 0,80 m



Uitgangspunten

- Doorsnede: maaiveld NAP +0,80 m, lengte 5 m;
- ontwerplevensduur van 100 jaar.

Materiaal:

- beton C35/45:
 - e-modulus (ongescheurd) 34.000 N/mm²;
 - e-modulus (gescheurd) 11.000 N/mm²;
 - uitzettingscoëfficiënt 10⁻⁵ K⁻¹;
- betonstaal B500B;
- milieuklasse XC4 en XF3.

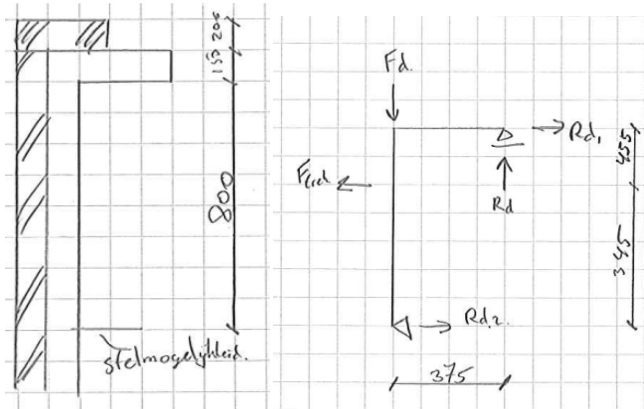
Belasting:

- soortelijk gewicht:
 - graniet: $\gamma = 28,5 \text{ kN/m}^3$;
 - beton $\gamma = 25,0 \text{ kN/m}^3$;
- de schorten worden niet gedimensioneerd op aanvaarbelasting;
- kracht op de haalkom: $Q_{\text{rep}} = 40 \text{ kN}$;
- er wordt rekening gehouden met een geparkeerd voertuig (max. 7,5 ton) (NEN1991-1-1, tabel NB.3 6.8.):
 - $q_{\text{rep}} = 5 \text{ kN/m}^2$;
 - $Q_{\text{rep, vert}} = 40 \text{ kN}$ (dit is de aslast)
 - $Q_{\text{rep, hor}} = m \cdot a = 7500 \cdot 4 = 30 \text{ kN}$, remvertraging $a=4 \text{ m/s}^2$

Doorsnede: NAP +0,80 m

Dwarsdoorsnede

Schematisatie



Belasting

De belasting wordt meegenomen over de breedte van het metselwerk en de betonwand.

Beton	F_{rep}	$= l * h * b * \gamma_{bet} = 0,15 * 0,25 * 1,0 * 25,0$	$= 0,94 \text{ kN}$
		$= l * h * b * \gamma_{bet} = 0,15 * 1,30 * 1,0 * 25,0$	$= 4,9 \text{ kN}$
Graniet	F_{rep}	$= l * b * h * \gamma_{gra} = 0,11 * 1,0 * 0,2 * 28,5$	$= 0,63 \text{ kN}$

Veranderlijk	q_{rep}	$= l * b * q_{gra} = 0,26 * 1,0 * 5,0$	$= 1,3 \text{ kN}$
	F_{rep}	$= Q_k / 2 = 40 / 2$	$= 20 \text{ kN}$
	F_{trek}	$=$	$= 40 \text{ kN}$

F_{rep}	$= 0,93 + 4,9 + 0,63 + 1,3 + 20$	$= 27,8 \text{ kN}$
F_d	$= 1,2 * (0,94 + 4,9 + 0,63) + 1,5 * (1,3 + 20)$	$= 40 \text{ kN}$
$F_{d, trek}$	$= 1,5 * 40$	$= 60 \text{ kN}$

Snedekrachten

$$V_d = F_d = 40,0 \text{ kN}$$

$$R_d = V_d = 40,0 \text{ kN}$$

Het moment in punt A uit bovenstaand afbeelding is:

$M_{A,rep}$	$= 0,375 * R = 0,375 * 27,8$	$= 10,43 \text{ kNm}$
$M_{A,d}$	$= 0,375 * R_d = 0,375 * 40,0$	$= 15,0 \text{ kNm}$

Reactiekracht $R_{d,2}$ kan uitgerekend worden door momentensom om A te nemen:

$$M|_A = 0$$

$$-R_d * 0,375 + F_{d,trek} * 0,455 - R_{d,2} * 0,800 = 0$$

$$R_{d,2} = 4 \text{ kN}$$

$$R_{d,1} = F_{d, trek} - R_{d,2} = 60,0 - 4 = 56 \text{ kN}$$

Maximaal moment in betonwand:

$$M_{max} = R_{d,1} * 0,345 = 56 * 0,345 = 19,32 \text{ kNm}$$

Resultaten

In navolgende rekensheets is te zien dat wapening Ø8-100 voldoet. Er is geen dwarskrachtwapening benodigd.

project: **Kademuur Oostenburgereiland**
projectcode: **106040**
onderdeel: **Prefab betonschort**

gevalideerd: ja rapport: ja
opgesteld door: **M. Bakker**
datum opmaak: 25-10-2018

WAPENINGSBEREKENING RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE VOOR BUIGING MET NORMAALKRACHT

De onderstaande berekening is uitgevoerd volgens de norm NEN-EN 1992-1-1:2011, inclusief NB:2011 en C2:2011.

INVOER

materiaal

keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**
ductiliteitsklasse staal = **B**
karakteristieke sterkte f_{yk} = **500 N/mm²**

ontwerpsituatie:
blijvend/tijdelijk

geometrie

hoogte doorsnede = **150 mm**
breedte doorsnede = **1000 mm**

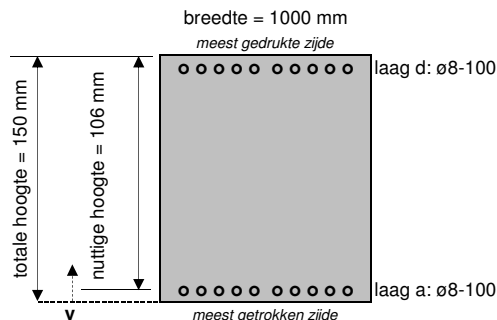
constructietype:
plaat

belastingen

duur van de belasting = **langdurend**
normaalkracht N = **28 kN (trek)**
normaalkracht N_{Ed} = **40 kN (trek)**
buigend moment M = **10 kNm**
buigend moment M_{Ed} = **15 kNm** } $\delta = 1,00$ (t.b.v. herverdeling moment: $0,7 < \delta < 1,0$)

wapening

constructietype = **S5**
milieuklasse trekzijde = **XC4**
profillering wapening = **geribd**
nominale dekking c_{nom} = **40 mm**
gekozen dekking c_{app} = **40 mm**
 $k_x = c_{app} / c_{nom}$ = **1,00 [-]**



	σ_{km} [mm]	s [mm]	σ_{km} [mm]	s [mm]	A_s [mm ²]	y [mm]	d_s [mm]
laag a	ø8	- 100			503	44	106
laag b							
laag c							
laag d	ø8	- 100			503	106	44

gemiddelde waarden buitenste trekwapening: $\sigma_{km} = 8,0$ mm

$s_r = 100$ mm

gemiddelde waarde totale trekwapening: $d_{s,gem} = 106$ mm

opgelegde vervorming

In rekening te brengen spanning ten gevolge van opgelegde vervorming.
additionele spanning $\Delta\sigma_s$ = **0 N/mm²**

gegevens beton

cilinderdruksterkte f_{cd} = **23 N/mm²**
secans-elast.mod. E_{cm} = **34000 N/mm²**
elast.mod $E_c = f_{ck} / \epsilon_{c3}$ = **20000 N/mm²**
buigtreksterkte f_{ctm} = **3,2 N/mm²**
rek beton ϵ_{c3} = **0,175 %**
rek beton ϵ_{cu3} = **0,350 %**

gegevens staal

Er wordt geen rekening gehouden met een hellende tak van het σ - ϵ diagram.
vloei grens staal $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ = **435 N/mm²**
elasticiteitsmodulus E_s = **200000 N/mm²**
karakteristieke rek ϵ_{uk} = **5,000 %**
rekenwaarde rek $\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$ = **4,500 %**
rek bij vloeien staal ϵ_{spl} = **0,217 %**

UITERSTE GRENSTOESTAND

buigend moment - artikel 6.1

betondrukzone x_u = **22 mm**
breukmoment M_{Rd} = **26 kNm**
aanwezig moment M_{Ed} = **15 kNm**

interactie

maatgevende u.c. interactie M + N = **0,74 < 1,0 → OK**
toets: $\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{15 \text{ kNm}}{26 \text{ kNm}} = 0,57 < 1,00 \rightarrow OK$

drukhoogte - artikel 5.5(4) en 5.6.3

gekozen herverdeling δ = **1,00 ≥ 0,7 → OK**

rotatiecapaciteit - artikel 5.6.3

toets: $\frac{x}{d} = \frac{22 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 0,21 < 0,53 \rightarrow OK$

minimum wapening - art. 9.2.1.1/NB

minimum wapening $A_{s,min}$ = **350 mm² → OK**

BRIJKBAARHEIDSGRENSTOESTAND

berekening scheurmoment M_r

betondrukzone x_r = **71 mm**
scheurmoment M_r = **12 kNm, ongescheurd**

berekening staalspanning bij M_{rep}

betondrukzone x_{rep} = **28 mm**
max. staal sp. σ_s = **225 N/mm²**
additioneel $\Delta\sigma_s$ = **0 N/mm²**

spanningsbeperking - artikel 7.2

(2) langsscheuren; σ_b = **7,76 N/mm²** < $k_1 \times f_{ck}$ = **21 N/mm²** Er zullen geen langsscheuren optreden.
(3) lin./niet-lin. kruip; σ_b = **7,76 N/mm²** < $k_2 \times f_{ck}$ = **16 N/mm²** Er mag rekening gehouden worden met lin. kruip.
(5) treksp. wap.; $\sigma_s + \Delta\sigma_s$ = **225 N/mm²** < $k_3 \times f_{yk}$ = **400 N/mm²** Onaanvaardbare scheurvorming is vermeden.

scheurbeheersing - conform §4.3.3 'Betonconstructies onder Temperatuur- en Krimpvervormingen', prof. dr. ir. K. van Breugel.

scheurwijdte w_k = **0,11 mm** (onvoltooid scheurenpatroon)
max. scheurafstand $s_{r,max}$ = **246 mm**
tabel 7.1N → w_{max} = **0,30 mm** ≥ $\frac{w_k}{k_x} = \frac{0,11 \text{ mm}}{1,00} = 0,11 \text{ mm} \rightarrow OK$

minimum wapening - art. 7.3.2

minimum wapening $A_{s,min}$ = **221 mm² → OK**

CONCLUSIE

► toets UGT: OK
► toets BGT: OK

project: **Kademuur Oostenburgereiland**
projectcode: **106040**
onderdeel: **Prefab betonschort**

opgesteld door: **M. Bakker**
datum opmaak: 25-10-2018
versie sheet: 1.7

CONTROLE OP DWARSKRACHT RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE

De berekening is uitgevoerd volgens NEN-EN 1992-1-1 + C2:2011, met NB:2011. Deze spreadsheet is niet geldig voor gedrongen constructies.

INVOER

algemeen

ontwerpsituatie = **blijvend/tijdelijk**
constructietype = **balk**

materiaal

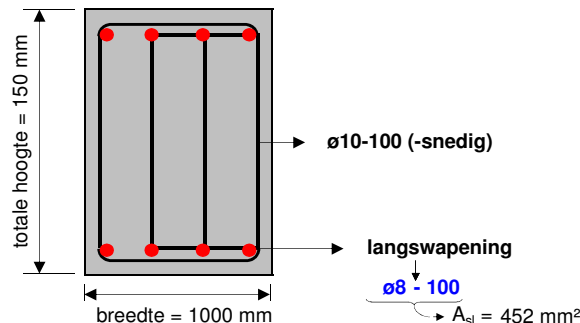
keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**
karakteristieke sterkte f_{yk} = **500 N/mm²**

geometrie

hoogte doorsnede h = **150 mm**
breedte doorsnede b = **1000 mm**
nuttige hoogte d = **96 mm**

belastingen

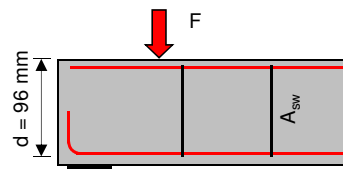
normaalkracht N_{Ed} = **40 kN (trek)**
dwarsskracht V_{Ed} = **40 kN**



Staat een belasting F binnen een afstand van $0,5d < a < 2,0d$ van de rand van de oplegging? → **nee**

beugelwapening

aantal sneden beugel n =
diameter beugel ϕ_{bgl} = **ø10 mm** → $A_{sw} = 0 \text{ mm}^2$
beugelafstand s_{bgl} = **100 mm** → **Let op!**
dekking op de beugel c = **40 mm**
→ $A_{bgl,s} = 0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}$



gegevens beton

cilinderdruksterkte f_{cd} = **23 N/mm²**
betontreksterkte f_{ctd} = **1,50 N/mm² (met $\alpha_{ct} = 1$)**

gegevens staal

rekenwaarde vloeigrens f_{ywd} = **435 N/mm²**
langswap. verhouding ρ_l = **0,0047**
helling van de beugel α = **90° (verticale beugels)**

UITVOER

capaciteit beton

coëfficiënt $C_{Rd,c}$ = **0,12 (met $\gamma_c = 1,5$)**
coëfficiënt k_1 = **0,15 (artikel 6.2.2)**
coëfficiënt $v_1 = v$ = **0,52 (artikel 6.2.3)**

capaciteit staal

inwendige hefboomsarm z = **86 mm**
min. vereiste beugelwap. = **0,95 mm²/mm (balk) → Let op!**
hoek drukdiagonaal θ_{sw} = **21,8° (van de gekozen beugelwap.)**
gekozen drukdiagonaal θ_n = **45,0° (21,8° ≤ θ ≤ 45°)**

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 2,00$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,59$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{b \times h} = 0,27 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \alpha_{cw} = 1,00$$

$$V_{Rd,s} = z \times f_{ywd} \times \cot \theta \times \frac{A_{sw}}{s} = 0 \text{ kN}$$

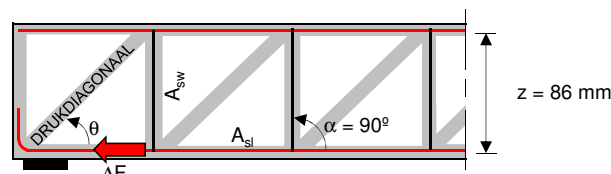
De capaciteit van het beton wordt berekend conform artikel 6.2.2.

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 55 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 52 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} = 518 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 55 \text{ kN}$$



$$\text{benodigde beugels } A_{ben} = \frac{V_{Ed}}{z \times f_{ywd} \times \cot \theta} = \frac{40 \text{ kN}}{86 \text{ mm} \times 435 \text{ N/mm}^2 \times \cot(45^\circ)} = 1,07 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Voor de ongescheurde delen is de dwarskrachtcapaciteit begrensd door de treksterkte van het beton. Hierbij geldt $\alpha_t = 1$.

$$V_{Rd,c,ongescheurd} = \frac{I_y \times b_w}{S} \times \sqrt{f_{ctd}^2 + \alpha_t \times \sigma_{cp} \times f_{ctd}} = 163 \text{ kN}$$

CONCLUSIE

capaciteit beton van $V_{Rd,c}$ = **55 kN > 40 kN** → Voldoet, beugels zijn niet strikt noodzakelijk.

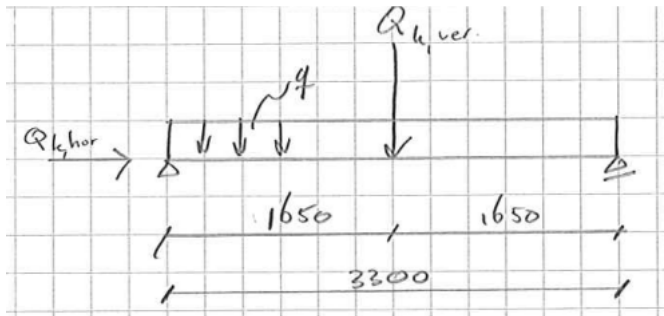
$$\text{capaciteit beugels } \frac{A_{ben}}{A_{bgl,s}} = \frac{n.v.t.}{0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} = \frac{40 \text{ kN}}{n.v.t.}$$

$$\text{bijkomende trekkracht } \Delta F_{td} = 0,5 \times V_{Ed} \times [\cot \theta - \cot \alpha] = 0 \text{ kN}$$

Langsrichting

Schematisatie



Belasting

De belasting wordt meegenomen over de breedte van het metselwerk en de betonwand.

Permanent

Beton	$G_{rep} = b * h * l * \gamma_{bet} = 0,15 * 0,60 * 3,3 * 25,0$	$= 7,4 \text{ kN}$
	$= b * h * l * \gamma_{bet} = 0,15 * 1,45 * 3,3 * 25,0$	$= 17,9 \text{ kN}$
Graniet	$G_{rep} = b * h * l * \gamma_{gra} = 0,3 * 0,2 * 3,3 * 28,5$	$= 5,64 \text{ kN}$

$$q_{rep} = (G_{rep,bet} + G_{rep,gra}) / 3,3 = 9,4 \text{ kN/m}$$

Veranderlijk	$q_{Q, rep} = 5,0 * 1,0$	$= 5,0 \text{ kN/m}$
	$F_{rep} = Q_{rep, vert} / 2 = 40 / 2$	$= 20 \text{ kN}$
Remkracht	$F_{rep, hor} = Q_{rep, hor}$	$= 30 \text{ kN}$

$$q_{rep} = q_{G, rep} + q_{Q, rep} = 9,4 + 5,0 = 14,4 \text{ kN/m}$$
$$q_d = 1,2 * q_{G, rep} + 1,5 * q_{Q, rep} = 1,2 * 9,4 + 1,5 * 5,0 = 18,8 \text{ kN/m}$$

$$F_{rep} = 20 \text{ kN}$$
$$F_{d, ver} = 1,5 * F_{rep} = 1,5 * 20 = 30 \text{ kN}$$
$$F_{d, hor} = 1,5 * F_{rep, hor} = 1,5 * 30 = 45 \text{ kN}$$

Snedekrachten

$$V_{rep} = (q_{rep} * l + F_{rep}) / 2 = (14,4 * 3,3 + 20) / 2 = 33,8 \text{ kN}$$
$$V_d = (q_d * l + F_d) / 2 = (18,8 * 3,3 + 30) / 2 = 46,0 \text{ kN}$$

$$M_{rep} = \frac{1}{8} * q_{rep} * l^2 + \frac{1}{4} * F_{rep} * l = \frac{1}{8} * 33,8 * 3,3^2 + \frac{1}{4} * 20 * 3,3 = 62,5 \text{ kNm}$$
$$M_d = \frac{1}{8} * q_d * l^2 + \frac{1}{4} * F_d * l = \frac{1}{8} * 46 * 3,3^2 + \frac{1}{4} * 30 * 3,3 = 87,4 \text{ kNm}$$

Resultaten

In navolgende rekensheets is te zien dat wapening Ø8-100 niet voldoet aan de UGT en BGT controle. Er wordt gekozen om wapening bij te leggen. Er worden in totaal 8 staven Ø8 in het onderste gedeelte gelegd. Waarbij 6 staven meewerken aan de UGT: $A_s = 300 \text{ mm} > 281 \text{ mm}$. Er is wel dwarskrachtwapening benodigd, Ø8-100 wordt toegepast.

project: **Recht Boomssloot**
projectcode: **ASD1515-2**
onderdeel: **NAP 0,80_prefab schort, langsrichting**

opgesteld door: **M. Bakker**
datum opmaak: 25-10-2018
versie sheet: 1.7

CONTROLE OP DWARSKRACHT RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE

De berekening is uitgevoerd volgens NEN-EN 1992-1-1 + C2:2011, met NB:2011. Deze spreadsheet is niet geldig voor gedrongen constructies.

INVOER

algemeen

ontwerpsituatie = **blijvend/tijdelijk**
constructietype: = **plaat**

materiaal

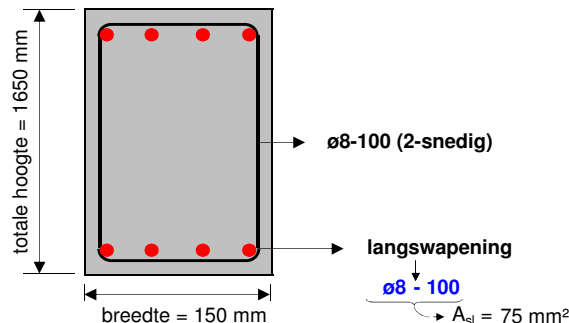
keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**
karakteristieke sterkte f_{yk} = **500 N/mm²**

geometrie

hoogte doorsnede h = **1650 mm**
breedte doorsnede b = **150 mm**
nuttige hoogte d = **1598 mm**

belastingen

normaalkracht N_{Ed} = **45 kN (trek)**
dwarsskracht V_{Ed} = **46 kN**

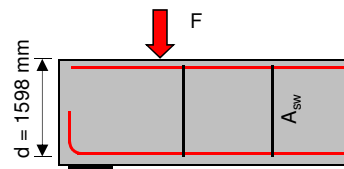


Staat een belasting F binnen een afstand van $0,5d < a < 2,0d$ van de rand van de oplegging? → **nee**

beugelwapening

aantal sneden beugel n = **2**
diameter beugel ϕ_{bgl} = **ø8 mm**
beugelafstand s_{bgl} = **100 mm**
dekking op de beugel c = **40 mm**

→ $A_{sw} = 101 \text{ mm}^2$
 $A_{bgl/s} = 1,01 \text{ mm}^2/\text{mm}$



gegevens beton

cilinderdruksterkte f_{cd} = **23 N/mm²**
betontreksterkte f_{ctd} = **1,50 N/mm² (met $\alpha_{ct} = 1$)**

gegevens staal

rekenwaarde vloeigrens f_{ywd} = **435 N/mm²**
langswap. verhouding ρ_l = **0,0003**
helling van de beugel α = **90° (verticale beugels)**

UITVOER

capaciteit beton

coëfficiënt $C_{Rd,c}$ = **0,12 (met $\gamma_c = 1,5$)**
coëfficiënt k_1 = **0,15 (artikel 6.2.2)**
coëfficiënt $v_1 = v$ = **0,52 (artikel 6.2.3)**

capaciteit staal

inwendige hefboomsarm z = **1438 mm**
min. vereiste beugelwap. = **0,00 mm²/mm (plaat)**
hoek drukdiagonaal θ_{sw} = **29,5° (van de gekozen beugelwap.)**
gekozen drukdiagonaal θ_h = **45,0° (21,8° ≤ θ ≤ 45°)**

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,35$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,33$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{b \times h} = 0,18 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \alpha_{cw} = 1,00$$

$$V_{Rd,s} = z \times f_{ywd} \times \cot \theta \times \frac{A_{sw}}{s} = 629 \text{ kN}$$

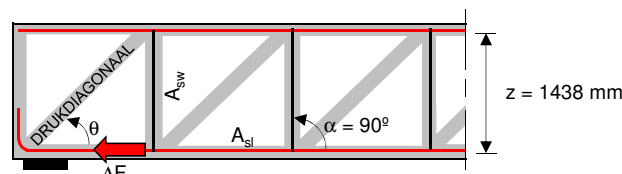
De capaciteit van het beton wordt berekend conform artikel 6.2.2.

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 34 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 72 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{ctd}}{\cot \theta + \tan \theta} = 1299 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 72 \text{ kN}$$



$$\text{benodigde beugels } A_{ben} = \frac{V_{Ed}}{z \times f_{ywd} \times \cot \theta} = \frac{46 \text{ kN}}{1438 \text{ mm} \times 435 \text{ N/mm}^2 \times \cot(45^\circ)} = 0,07 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Voor de ongescheurde delen is de dwarskrachtcapaciteit begrensd door de treksterkte van het beton. Hierbij geldt $\alpha_i = 1$.

$$V_{Rd,c,ongescheurd} = \frac{I_y \times b_w}{S} \times \sqrt{f_{ctd}^2 + \alpha_i \times \sigma_{cp} \times f_{ctd}} = 262 \text{ kN}$$

CONCLUSIE

capaciteit beton van $V_{Rd,c}$ = **72 kN > 46 kN → Voldoet, beugels zijn niet strikt noodzakelijk.**

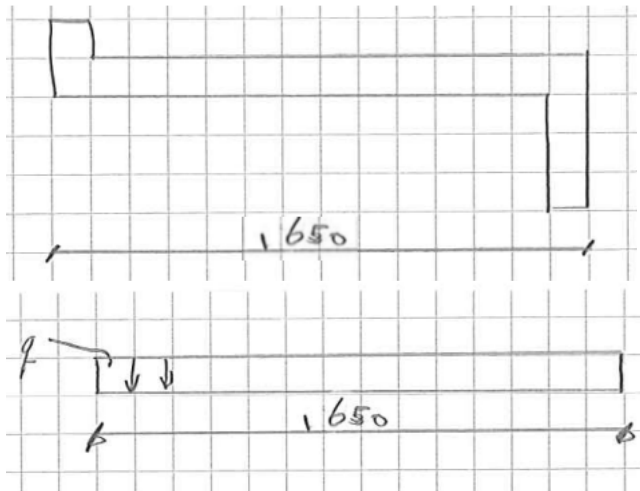
$$\text{capaciteit beugels } \frac{A_{ben}}{A_{bgl/s}} = \frac{n.v.t.}{1,01 \text{ mm}^2/\text{mm}}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} = \frac{46 \text{ kN}}{629 \text{ kN}} = 0,07 < 1,00 \rightarrow \text{voldoet}$$

$$\text{bijkomende trekkracht } \Delta F_{td} = 0,5 \times V_{Ed} \times [\cot \theta - \cot \alpha] = 0 \text{ kN}$$

Transport

Schematisatie



Belasting

Belasting per strekkende meter

Eigen gewicht

Beton, hoogte 0,2m conservatief

$$\begin{aligned} q_{rep} &= 0,2 * 1,0 * 25,0 &= 5,0 \text{ kN/m} \\ q_d &= 1,35 * q_{G,rep} &= 1,35 * 5 &= 6,75 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Snedekrachten

$$\begin{aligned} V_{rep} &= (q_{rep} * l) / 2 &= (5,0 * 1,65) / 2 &= 4,1 \text{ kN} \\ V_d &= (q_d * l) / 2 &= (6,75 * 1,65) / 2 &= 5,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{rep} &= \frac{1}{8} * q_{rep} * l^2 &= \frac{1}{8} * 5,0 * 1,65^2 &= 1,7 \text{ kNm} \\ M_d &= \frac{1}{8} * q_d * l^2 &= \frac{1}{8} * 6,75 * 1,65^2 &= 2,3 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Resultaten

In navolgende rekensheets is te zien dat wapening Ø8-100 voldoet. Er is geen dwarskrachtwapening benodigd.

project: **Kademuur Oostenburgereiland**
projectcode: **106040**
onderdeel: **Prefab betonschort, transport**

gevalideerd: ja rapport: ja
opgesteld door: **M. Bakker**
datum opmaak: 25-10-2018

WAPENINGSBEREKENING RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE VOOR BUIGING MET NORMAALKRACHT

De onderstaande berekening is uitgevoerd volgens de norm NEN-EN 1992-1-1:2011, inclusief NB:2011 en C2:2011.

INVOER

materiaal

keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**
ductiliteitsklasse staal = **B**
karakteristieke sterkte f_{yk} = **500 N/mm²**

ontwerpsituatie:
blijvend/tijdelijk

geometrie

hoogte doorsnede = **150 mm**
breedte doorsnede = **1000 mm**

constructietype:
plaat

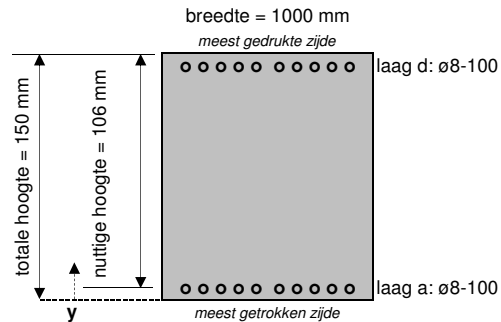
belastingen

duur van de belasting = **langdurend**
normaalkracht N = **0 kN**
normaalkracht N_{Ed} = **0 kN**
buigend moment M = **2 kNm**
buigend moment M_{Ed} = **2 kNm**

$\delta = 1,00$ (t.b.v. herverdeling moment: $0,7 < \delta < 1,0$)

wapening

constructietype = **S5**
milieuklasse trekzijde = **XC4**
profillering wapening = **geribd**
nominale dekking c_{nom} = **40 mm**
gekozen dekking c_{app} = **40 mm**
 $k_x = c_{app} / c_{nom}$ = **1,00 [-]**



	σ_{km} [mm]	s [mm]	σ_{km} [mm]	s [mm]	A_s [mm ²]	y [mm]	d_s [mm]
laag a	ø8	- 100			503	44	106
laag b							
laag c							
laag d	ø8	- 100			503	106	44

gemiddelde waarden buitenste trekwapening: $\sigma_{km} = 8,0$ mm

$s_r = 100$ mm

gemiddelde waarde totale trekwapening: $d_{s, gem} = 106$ mm

opgelegde vervorming

In rekening te brengen spanning ten gevolge van opgelegde vervorming.
additionele spanning $\Delta\sigma_s$ = **0 N/mm²**

gegevens beton

cilinderdruksterkte f_{cd} = **23 N/mm²**
secans-elast.mod. E_{cm} = **34000 N/mm²**
elast.mod $E_c = f_{ck} / \epsilon_{c3}$ = **20000 N/mm²**
buigtreksterkte f_{ctm} = **3,2 N/mm²**
rek beton ϵ_{c3} = **0,175 %**
rek beton ϵ_{cu3} = **0,350 %**

gegevens staal

Er wordt geen rekening gehouden met een hellende tak van het σ - ϵ diagram.
vloei grens staal $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ = **435 N/mm²**
elasticiteitsmodulus E_s = **200000 N/mm²**
karakteristieke rek ϵ_{uk} = **5,000 %**
rekenwaarde rek $\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$ = **4,500 %**
rek bij vloeien staal ϵ_{spl} = **0,217 %**

UITERSTE GRENSTOESTAND

buigend moment - artikel 6.1

betondrukzone x_u = **24 mm**
breukmoment M_{Rd} = **29 kNm**
aanwezig moment M_{Ed} = **2 kNm**

interactie

maatgevende u.c. interactie M + N = **0,1 < 1,0 → OK**
toets: $\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{2 \text{ kNm}}{29 \text{ kNm}} = 0,08 < 1,00 \rightarrow OK$

drukhoogte - artikel 5.5(4) en 5.6.3

gekozen herverdeling δ = **1,00 \geq 0,7 → OK**

rotatiecapaciteit - artikel 5.6.3

toets: $\frac{x}{d} = \frac{24 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 0,23 < 0,53 \rightarrow OK$

minimum wapening - art. 9.2.1.1/NB

minimum wapening $A_{s, min}$ = **75 mm² → OK**

BRIJKBAARHEIDSGRENSTOESTAND

berekening scheurmoment M_r

betondrukzone x_r = **75 mm**
scheurmoment M_r = **12 kNm, ongescheurd**

berekening staalspanning bij M_{rep}

betondrukzone x_{rep} = **30 mm**
max. staal sp. σ_s = **33 N/mm²**
additioneel $\Delta\sigma_s$ = **0 N/mm²**

spanningsbeperking - artikel 7.2

(2) langsscheuren; σ_b = **1,28 N/mm²** < $k_1 \times f_{ck}$ = **21 N/mm²** Er zullen geen langsscheuren optreden.
(3) lin./niet-lin. kruip; σ_b = **1,28 N/mm²** < $k_2 \times f_{ck}$ = **16 N/mm²** Er mag rekening gehouden worden met lin. kruip.
(5) treksp. wap.; $\sigma_s + \Delta\sigma_s$ = **33 N/mm²** < $k_3 \times f_{yk}$ = **400 N/mm²** Onaanvaardbare scheurvorming is vermeden.

scheurbeheersing - conform §4.3.3 'Betonconstructies onder Temperatuur- en Krimpvervormingen', prof. dr. ir. K. van Breugel.

scheurwijdte w_k = **0,00 mm** (onvoltooid scheurenpatroon)
max. scheurafstand $s_{r, max}$ = **244 mm**
tabel 7.1N $\rightarrow w_{max}$ = **0,30 mm $\geq \frac{w_k}{k_x} = \frac{0 \text{ mm}}{1,00} = 0,00 \text{ mm} \rightarrow OK$**

minimum wapening - art. 7.3.2

minimum wapening $A_{s, min}$ = **193 mm² → OK**

CONCLUSIE

► toets UGT: OK
► toets BGT: OK

project: **Kademuur Oostenburgereiland**
projectcode: **106040**
onderdeel: **Prefab betonschort, transport**

opgesteld door: **M. Bakker**
datum opmaak: 25-10-2018
versie sheet: 1.7

CONTROLE OP DWARSKRACHT RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE

De berekening is uitgevoerd volgens NEN-EN 1992-1-1 + C2:2011, met NB:2011. Deze spreadsheet is niet geldig voor gedrongen constructies.

INVOER

algemeen

ontwerpsituatie = **blijvend/tijdelijk**
constructietype = **balk**

materiaal

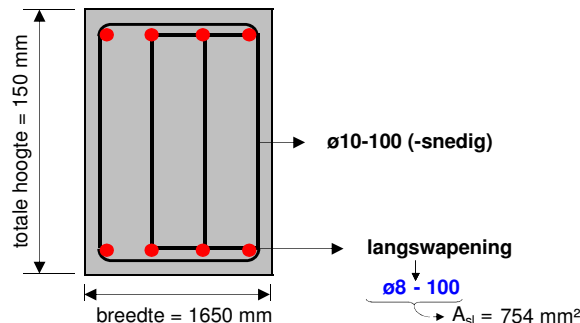
keuze betonkwaliteit = **C 35 / 45**
karakteristieke sterkte f_{yk} = **500 N/mm²**

geometrie

hoogte doorsnede h = **150 mm**
breedte doorsnede b = **1650 mm**
nuttige hoogte d = **91 mm**

belastingen

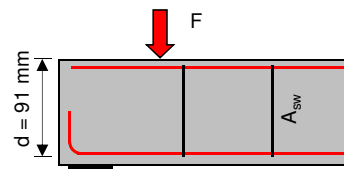
normaalkracht N_{Ed} = **0 kN**
dwarsskracht V_{Ed} = **6 kN**



Staat een belasting F binnen een afstand van $0,5d < a < 2,0d$ van de rand van de oplegging? → **nee**

beugelwapening

aantal sneden beugel n =
diameter beugel ϕ_{bgl} = **ø10 mm** → $A_{sw} = 0 \text{ mm}^2$
beugelafstand s_{bgl} = **100 mm** → **Let op!**
dekking op de beugel c = **45 mm**
 $A_{bgl/s} = 0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}$



gegevens beton

cilinderdruksterkte f_{cd} = **23 N/mm²**
betontreksterkte f_{ctd} = **1,50 N/mm² (met $\alpha_{ct} = 1$)**

gegevens staal

rekenwaarde vloeigrens f_{ywd} = **435 N/mm²**
langswap. verhouding ρ_l = **0,0050**
helling van de beugel α = **90° (verticale beugels)**

UITVOER

capaciteit beton

coëfficiënt $C_{Rd,c}$ = **0,12 (met $\gamma_c = 1,5$)**
coëfficiënt k_1 = **0,15 (artikel 6.2.2)**
coëfficiënt $v_1 = v$ = **0,52 (artikel 6.2.3)**

capaciteit staal

inwendige hefboomsarm z = **82 mm**
min. vereiste beugelwap. = **1,56 mm²/mm (balk) → Let op!**
hoek drukdiagonaal θ_{sw} = **21,8° (van de gekozen beugelwap.)**
gekozen drukdiagonaal θ_n = **45,0° (21,8° ≤ θ ≤ 45°)**

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 2,00$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,59$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{b \times h} = 0,00 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \alpha_{cw} = 1,00$$

$$V_{Rd,s} = z \times f_{ywd} \times \cot \theta \times \frac{A_{sw}}{s} = 0 \text{ kN}$$

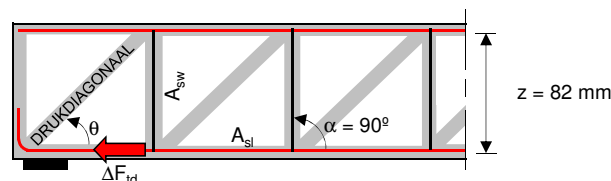
De capaciteit van het beton wordt berekend conform artikel 6.2.2.

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 94 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 88 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} = 815 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 94 \text{ kN}$$



$$\text{benodigde beugels } A_{ben} = \frac{V_{Ed}}{z \times f_{ywd} \times \cot \theta} = \frac{6 \text{ kN}}{82 \text{ mm} \times 435 \text{ N/mm}^2 \times \cot(45^\circ)} = 0,16 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

Voor de ongescheurde delen is de dwarskrachtcapaciteit begrensd door de treksterkte van het beton. Hierbij geldt $\alpha_t = 1$.

$$V_{Rd,c,ongescheurd} = \frac{I_y \times b_w}{S} \times \sqrt{f_{ctd}^2 + \alpha_l \times \sigma_{cp} \times f_{ctd}} = 247 \text{ kN}$$

CONCLUSIE

capaciteit beton van $V_{Rd,c}$ = **94 kN > 5,6 kN → Voldoet, beugels zijn niet strikt noodzakelijk.**

$$\text{capaciteit beugels } \frac{A_{ben}}{A_{bgl/s}} = \frac{n.v.t.}{0,00 \text{ mm}^2/\text{mm}}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd,s}} = \frac{6 \text{ kN}}{n.v.t.}$$

$$\text{bijkomende trekkracht } \Delta F_{td} = 0,5 \times V_{Ed} \times [\cot \theta - \cot \alpha] = 0 \text{ kN}$$

III

BIJLAGE: SCIA UITVOER BETONSLOOF

1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave	1
2. Rekenmodel	1
3. Materialen	1
4. Doorsneden	1
5. Knoopondersteuning	3
6. Belastingsgevallen	3
7. Lijnlast	3
8. Interne krachten in staaf; Vz	5
9. Interne krachten in staaf; Vy	5
10. Interne krachten in staaf; Mz	6
11. Interne krachten in staaf; My	6
12. Interne krachten in staaf; Mx	7
13. Interne krachten in staaf; Vz	7
14. Interne krachten in staaf; Vy	8
15. Interne krachten in staaf; Mz	8
16. Interne krachten in staaf; My	9
17. Interne krachten in staaf; Mx	9
18. Interne krachten in staaf_BGT	9
19. Interne krachten in staaf_UGT	10
20. Berekeningsverslag	11

2. Rekenmodel



3. Materialen

Beton EC2

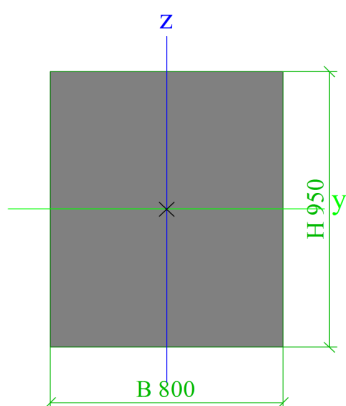
Naam	Type	Massa eenheid [kg/m³]	E-mod [MPa]	Poisson - nu	Thermisch uitz. [m/mK]	Karakteristieke cilinderdruksterkte fck(28) [MPa]
C30/37	Beton	2500,0	1,2000e+04	0.2	0,00	30,00

4. Doorsneden

CS1		
Type	Rechthoek	

Uitgebreid	950; 800	
Vorm type	Dikke wanden	
Onderdeelmateriaal	C30/37	
Bouwwijze	beton	
A [m ²]	7,6000e-01	
Ay [m ²], Az [m ²]	6,3333e-01	6,3333e-01
AL [m ² /m], AD [m ² /m]	3,5000e+00	3,5000e+00
cYUCS [mm], cZUCS [mm]	400	475
α [deg]	0,00	
Iy [m ⁴], Iz [m ⁴]	5,7158e-02	4,0533e-02
iy [mm], iz [mm]	274	231
Wely [m ³], Welz [m ³]	1,2033e-01	1,0133e-01
Wply [m ³], Wplz [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00
Mply+ [Nm], Mply- [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
Mplz+ [Nm], Mplz- [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
dy [mm], dz [mm]	0	0
It [m ⁴], Iw [m ⁶]	8,0146e-02	0,0000e+00
β_y [mm], β_z [mm]	0	0

Afbeelding



Verklaring van symbolen	
A	Gebied
Ay	Afschuifoppervlak in hoofd y-richting
Az	Afschuifoppervlak in hoofd z-richting
AL	Omtrek per eenheidslengte
AD	Uithardingsoppervlakte per eenheidslengte
cYUCS	Zwaartepunt coördinaten in Y-richting van het invoer assen systeem
cZUCS	Zwaartepunt coördinaten in Z-richting van het invoer assen systeem
IYLCs	Tweede moment van het gebied rond de YLCS as
IZLCS	Tweede moment van het gebied rond de ZLCS as
IYZLCS	Product moment van het gebied in het LCS systeem
α	Rotatiehoek van het hoofd assen systeem
Iy	Tweede moment van het gebied rond de hoofd y-as
Iz	Tweede moment van het gebied rond de hoofd z-as
iy	Traagheidsstraal rond de hoofd y-as
iz	Traagheidsstraal rond de hoofd z-as

Verklaring van symbolen	
Wely	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
Welz	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
Wply	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
Wplz	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
Mply+	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een positief My moment
Mply-	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een negatief My moment
Mplz+	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een positief Mz moment
Mplz-	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een negatief Mz moment
dy	Afschuif middencoördinaat in hoofd y-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Niet berekend of vereenvoudigd
dz	Afschuif middencoördinaat in hoofd z-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Niet berekend of vereenvoudigd
It	Torsie constante - Niet berekend of vereenvoudigd
Iw	Welvings constante - Niet berekend of vereenvoudigd
β_y	Mono-symmetrische constante rond

Verklaring van symbolen

	de hoofd y-as
βz	Mono-symmetrische constante rond de hoofd z-as

5. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
Sn1	K1	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn2	K2	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn3	K3	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn4	K4	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn5	K5	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn6	K6	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn7	K7	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn8	K8	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn9	K9	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn10	K10	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn11	K11	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast

6. Belastingsgevallen

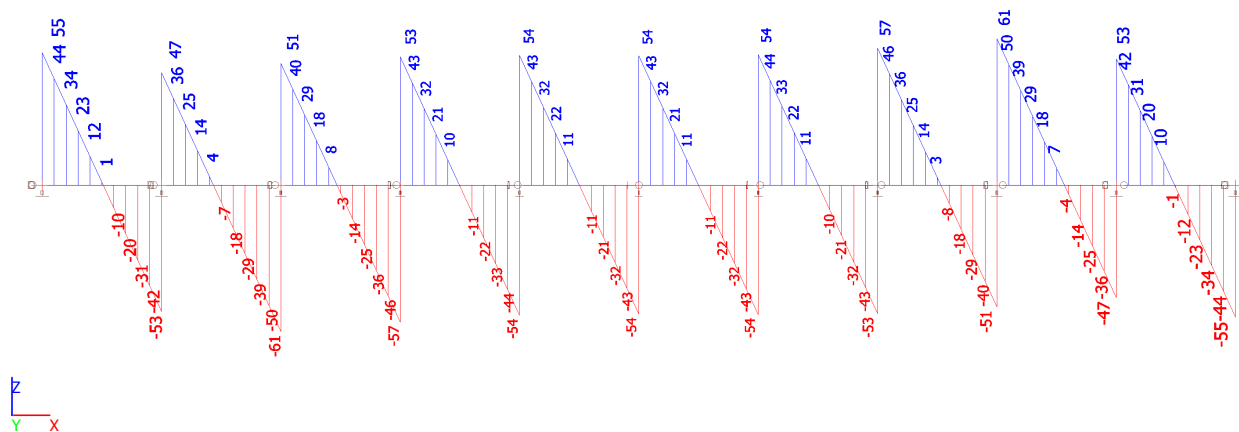
Naam	Omschrijving Spec	Actie type Belastingtype	Lastgroep	Richting
BG1		Permanent Eigen gewicht	LG1	-Y
BG2	BGT	Permanent Standaard	LG1	
BG3	UGT	Permanent Standaard	LG1	

7. Lijnlast

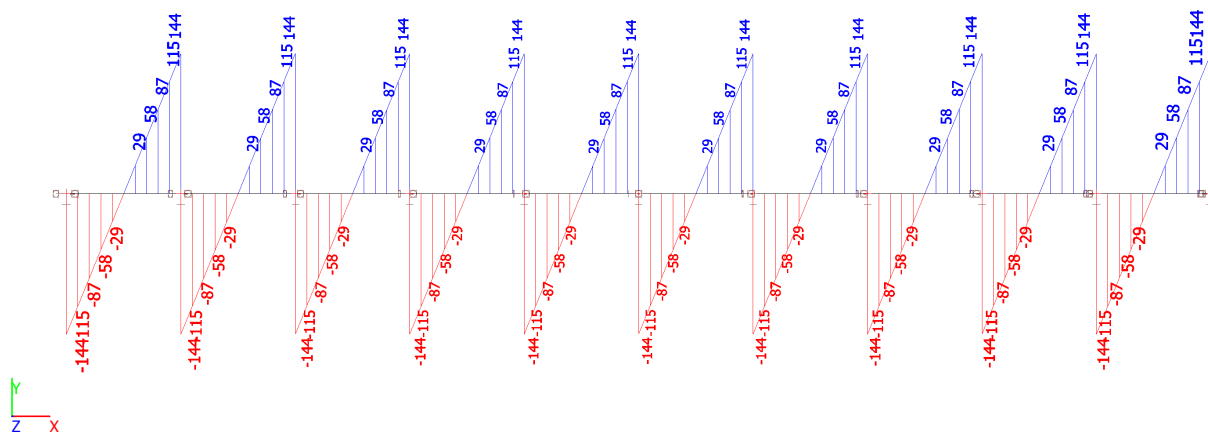
Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P ₁ [kN/m]	Pos x ₁	Coör	Oors	Exc ey [m]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P ₂ [kN/m]	Pos x ₂	Loc		Exc ez [m]
BGT	S1	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht4	S2	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht5	S3	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht6	S4	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht8	S5	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht9	S6	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht10	S7	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht11	S8	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht12	S9	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht13	S10	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht14	S1	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht15	S2	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht16	S3	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht17	S4	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht18	S5	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P ₁ [kN/m]	Pos x ₁	Coör	Oors	Exc ey [m]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P ₂ [kN/m]	Pos x ₂	Loc		Exc ez [m]
UGT t.g.v ankerkracht19	S6	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht20	S7	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht21	S8	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht22	S9	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht23	S10	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht24	S1	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht25	S2	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht26	S3	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht27	S5	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht28	S4	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht29	S6	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht30	S7	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht31	S8	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht32	S9	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht33	S10	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht	S10	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht0	S9	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht1	S8	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht2	S7	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht3	S6	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht4	S5	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht5	S4	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht6	S3	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht7	S2	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht8	S1	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000

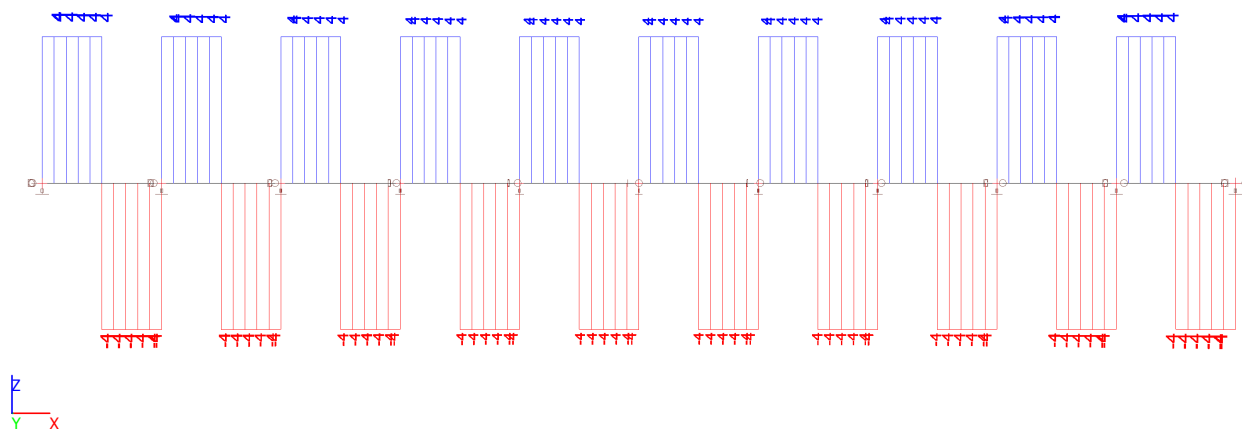
8. Interne krachten in staaf; Vz



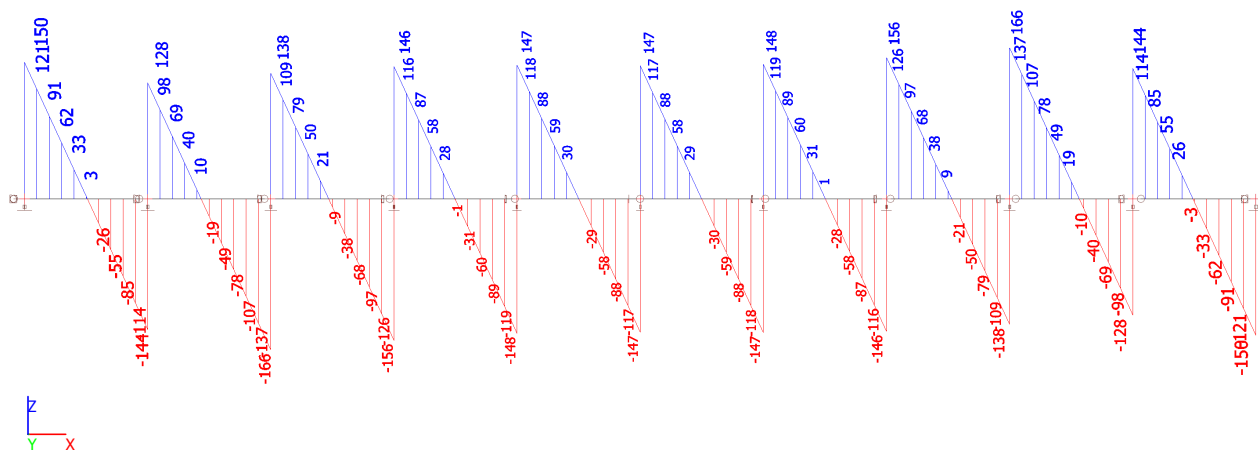
9. Interne krachten in staaf; Vy



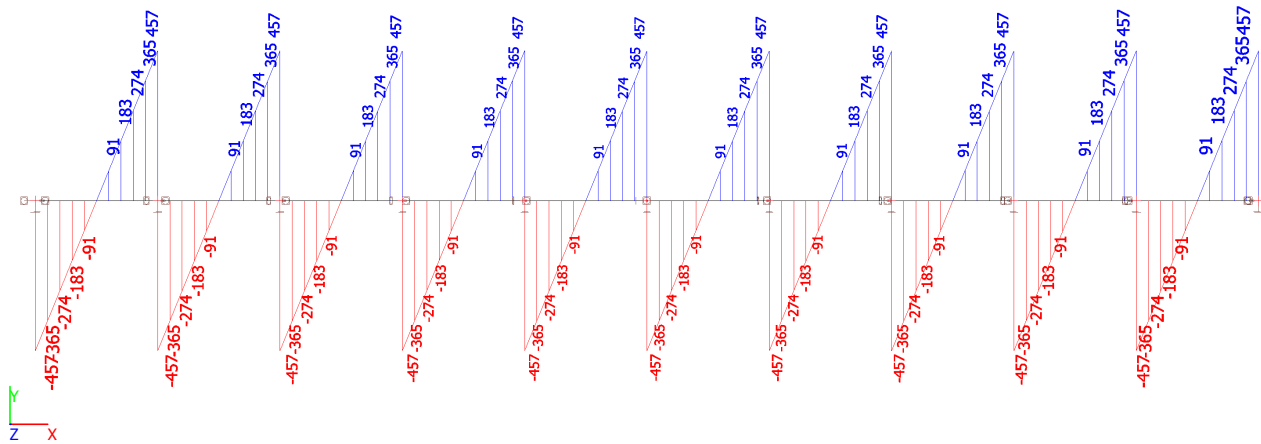
12. Interne krachten in staaf; Mx



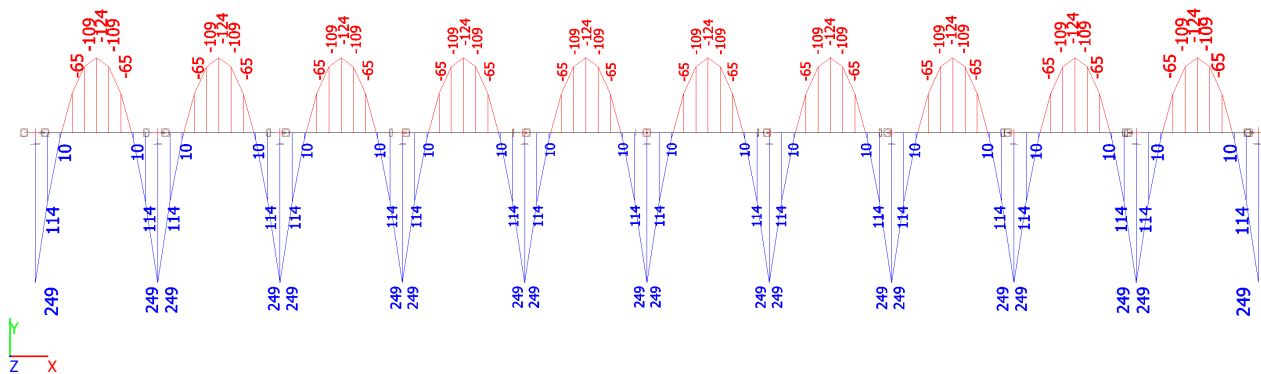
13. Interne krachten in staaf; Vz



14. Interne krachten in staaf; Vy



15. Interne krachten in staaf; Mz



Staaft	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
S3	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	-3	-4	20	-39
S3	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	-3	4	20	-39
S4	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	53	4	-30	79
S4	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-54	-4	-31	79
S4	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	0	-4	14	-39
S4	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	0	4	14	-39
S5	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	54	4	-31	79
S5	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-54	-4	-31	79
S5	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	0	-4	13	-39
S5	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	0	4	13	-39
S6	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	54	4	-31	79
S6	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-54	-4	-31	79
S6	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	0	-4	13	-39
S6	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	0	4	13	-39
S7	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	54	4	-31	79
S7	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-53	-4	-30	79
S7	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	0	-4	14	-39
S7	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	0	4	14	-39
S8	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	57	4	-30	79
S8	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-51	-4	-19	79
S8	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	3	-4	20	-39
S8	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	3	4	20	-39
S9	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	61	4	-19	79
S9	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-47	-4	4	79
S9	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	7	-4	36	-39
S9	CS1 - Rechthoek	1,960	BGT/1	0	29	-4	-4	37	-35
S9	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	7	4	36	-39
S10	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	53	4	4	79
S10	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-55	-4	0	79
S10	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	-1	-4	46	-39
S10	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	-1	4	46	-39

19. Interne krachten in staaf_UGT

Lineaire berekening, Extreem : Staaf, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Combinaties : UGT

Staaft	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
S1	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	150	13	0	249
S1	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-144	-13	11	249
S1	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	3	-13	125	-124
S1	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	3	13	125	-124
S2	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	128	13	11	249
S2	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-166	-13	-52	249
S2	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-19	-13	99	-124
S2	CS1 - Rechthoek	1,306	UGT/2	0	-91	10	13	101	-109
S2	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-19	13	99	-124
S3	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	138	13	-52	249
S3	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-156	-13	-81	249
S3	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-9	-13	54	-124
S3	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-9	13	54	-124
S4	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	146	13	-81	249
S4	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-148	-13	-84	249
S4	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-1	-13	37	-124
S4	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-1	13	37	-124
S5	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	147	13	-84	249
S5	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-147	-13	-83	249
S5	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	0	-13	36	-124
S5	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	0	13	36	-124
S6	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	147	13	-83	249
S6	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-147	-13	-84	249
S6	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	0	-13	36	-124
S6	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	0	13	36	-124
S7	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	148	13	-84	249

Staaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
S7	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-146	-13	-81	249
S7	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	1	-13	37	-124
S7	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	1	13	37	-124
S8	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	156	13	-81	249
S8	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-138	-13	-52	249
S8	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	9	-13	54	-124
S8	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	9	13	54	-124
S9	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	166	13	-52	249
S9	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-128	-13	11	249
S9	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	19	-13	99	-124
S9	CS1 - Rechthoek	1,960	UGT/2	0	91	-10	-13	101	-109
S9	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	19	13	99	-124
S10	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	144	13	11	249
S10	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-150	-13	0	249
S10	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-3	-13	125	-124
S10	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-3	13	125	-124

20. Berekeningsverslag

Lineaire berekening

Aantal 2D elementen	0
Aantal 1D elementen	100
Aantal netknoten	101
Aantal vergelijkingen	606
Belastinggevallen	BG1
	BG2
	BG3
Buigtheorie	Mindlin
Start berekening	25.10.2018 07:39
Einde berekening	25.10.2018 07:39

Som van lasten en reacties.

	[kN]	X	Y	Z
BG BG1	last	0.0	-608.7	0.0
	knoopreacties	0.0	608.7	0.0
	lijnreacties	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG2	last	0.0	3494.6	-1077.8
	knoopreacties	0.0	-3494.6	1077.8
	lijnreacties	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG3	last	0.0	9863.3	-2939.4
	knoopreacties	0.0	-9863.3	2939.4
	lijnreacties	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0

1. Inhoudsopgave

1. Inhoudsopgave	1
2. Rekenmodel	1
3. Materialen	1
4. Doorsneden	1
5. Knoopondersteuning	3
6. Belastingsgevallen	3
7. Lijnlast	3
8. Interne krachten in staaf; Vz	5
9. Interne krachten in staaf; Vy	5
10. Interne krachten in staaf; Mz	6
11. Interne krachten in staaf; My	6
12. Interne krachten in staaf; Mx	7
13. Interne krachten in staaf; Vz	7
14. Interne krachten in staaf; Vy	8
15. Interne krachten in staaf; Mz	8
16. Interne krachten in staaf; My	9
17. Interne krachten in staaf; Mx	9
18. Interne krachten in staaf_BGT	9
19. Interne krachten in staaf_UGT	10
20. Berekeningsverslag	11

2. Rekenmodel



3. Materialen

Beton EC2

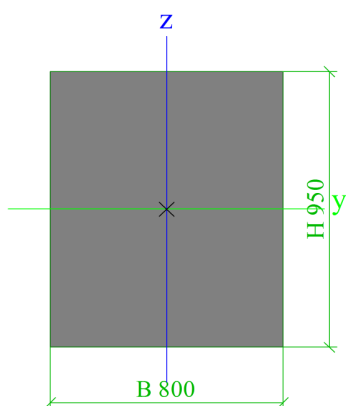
Naam	Type	Massa eenheid [kg/m ³]	E-mod [MPa]	Poisson - nu	Thermisch uitz. [m/mK]	Karakteristieke cilinderdruksterkte fck(28) [MPa]
C30/37	Beton	2500,0	1,2000e+04	0.2	0,00	30,00

4. Doorsneden

CS1
Type
Rechthoek

Uitgebreid	950; 800	
Vorm type	Dikke wanden	
Onderdeelmateriaal	C30/37	
Bouwwijze	beton	
A [m ²]	7,6000e-01	
Ay [m ²], Az [m ²]	6,3333e-01	6,3333e-01
AL [m ² /m], AD [m ² /m]	3,5000e+00	3,5000e+00
cYUCS [mm], cZUCS [mm]	400	475
α [deg]	0,00	
Iy [m ⁴], Iz [m ⁴]	5,7158e-02	4,0533e-02
iy [mm], iz [mm]	274	231
Wely [m ³], Welz [m ³]	1,2033e-01	1,0133e-01
Wply [m ³], Wplz [m ³]	0,0000e+00	0,0000e+00
Mply+ [Nm], Mply- [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
Mplz+ [Nm], Mplz- [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
dy [mm], dz [mm]	0	0
It [m ⁴], Iw [m ⁶]	8,0146e-02	0,0000e+00
β_y [mm], β_z [mm]	0	0

Afbeelding



Verklaring van symbolen	
A	Gebied
Ay	Afschuifoppervlak in hoofd y-richting
Az	Afschuifoppervlak in hoofd z-richting
AL	Omtrek per eenheidslengte
AD	Uithardingsoppervlakte per eenheidslengte
cYUCS	Zwaartepunt coördinaten in Y-richting van het invoer assen systeem
cZUCS	Zwaartepunt coördinaten in Z-richting van het invoer assen systeem
IYLCs	Tweede moment van het gebied rond de YLCS as
IZLCS	Tweede moment van het gebied rond de ZLCS as
IYZLCS	Product moment van het gebied in het LCS systeem
α	Rotatiehoek van het hoofd assen systeem
Iy	Tweede moment van het gebied rond de hoofd y-as
Iz	Tweede moment van het gebied rond de hoofd z-as
iy	Traagheidsstraal rond de hoofd y-as
iz	Traagheidsstraal rond de hoofd z-as

Verklaring van symbolen	
Wely	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
Welz	Elastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
Wply	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd y-as
Wplz	Plastische doorsnede modulus rond de hoofd z-as
Mply+	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een positief My moment
Mply-	Plastisch moment rond de hoofd y-as voor een negatief My moment
Mplz+	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een positief Mz moment
Mplz-	Plastisch moment rond de hoofd z-as voor een negatief Mz moment
dy	Afschuif middencoördinaat in hoofd y-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Niet berekend of vereenvoudigd
dz	Afschuif middencoördinaat in hoofd z-richting gemeten vanaf het zwaartepunt - Niet berekend of vereenvoudigd
It	Torsie constante - Niet berekend of vereenvoudigd
Iw	Welvings constante - Niet berekend of vereenvoudigd
β_y	Mono-symmetrische constante rond

Verklaring van symbolen

	de hoofd y-as
βz	Mono-symmetrische constante rond de hoofd z-as

5. Knoopondersteuningen

Naam	Knoop	Systeem	Type	X	Y	Z	Rx	Ry	Rz
Sn1	K1	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn2	K2	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn3	K3	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn4	K4	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn5	K5	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn6	K6	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn7	K7	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn8	K8	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn9	K9	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn10	K10	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast
Sn11	K11	GCS	Standaard	Vast	Vast	Verend	Vast	Vrij	Vast

6. Belastingsgevallen

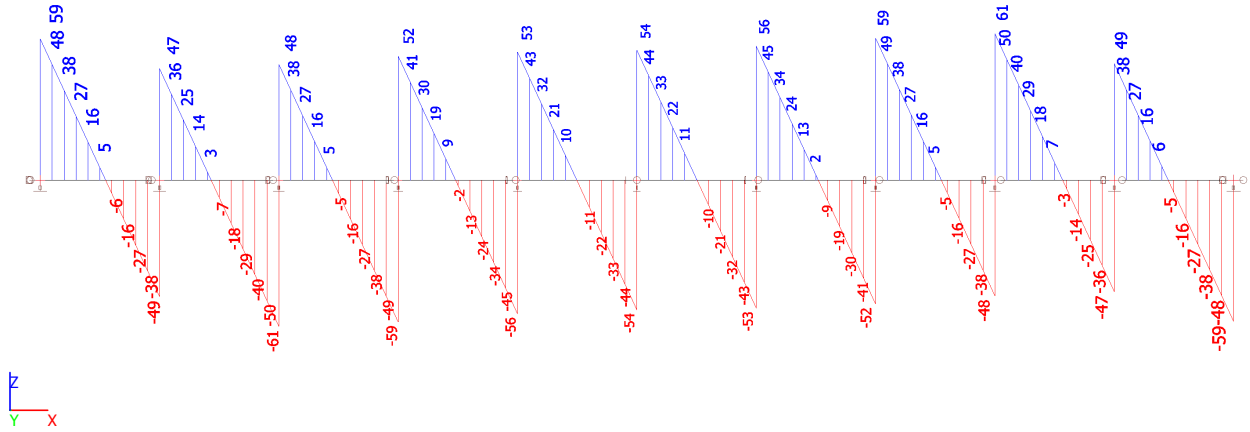
Naam	Omschrijving	Actie type	Lastgroep	Richting
	Spec	Belastingtype		
BG1		Permanent Eigen gewicht	LG1	-Y
BG2	BGT	Permanent Standaard	LG1	
BG3	UGT	Permanent Standaard	LG1	

7. Lijnlast

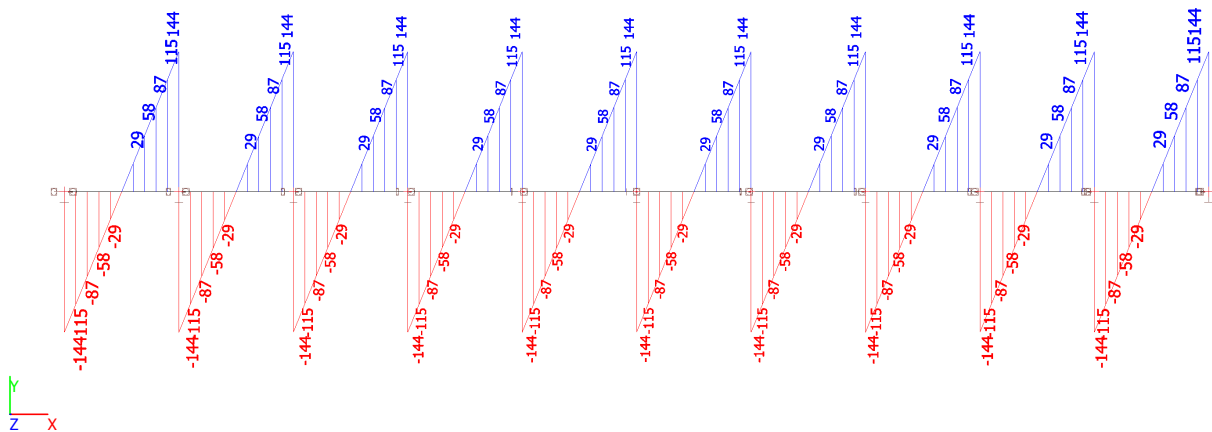
Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P ₁ [kN/m]	Pos x ₁	Coör	Oors	Exc ey [m]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P ₂ [kN/m]	Pos x ₂	Loc		Exc ez [m]
BGT	S1	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht4	S2	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht5	S3	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht6	S4	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht8	S5	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht9	S6	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht10	S7	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht11	S8	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht12	S9	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht13	S10	Kracht	Z	-33	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht14	S1	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht15	S2	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht16	S3	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht17	S4	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht18	S5	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000

Naam	Staaf	Type	Rich	Waarde - P ₁ [kN/m]	Pos x ₁	Coör	Oors	Exc ey [m]
	Belastingsgeval	Systeem	Verdeling	Waarde - P ₂ [kN/m]	Pos x ₂	Loc		Exc ez [m]
UGT t.g.v ankerkracht19	S6	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht20	S7	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht21	S8	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht22	S9	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht23	S10	Kracht	Z	-90	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht24	S1	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht25	S2	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht26	S3	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht27	S5	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht28	S4	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht29	S6	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht30	S7	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht31	S8	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht32	S9	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht33	S10	Kracht	Y	107	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG2 - BGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht	S10	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht0	S9	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht1	S8	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht2	S7	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht3	S6	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht4	S5	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht5	S4	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht6	S3	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht7	S2	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000
UGT t.g.v ankerkracht8	S1	Kracht	Y	302	0.000	Rela	Vanaf begin	0,000
	BG3 - UGT	LCS	Gelijkmatig		1.000	Lengte		0,000

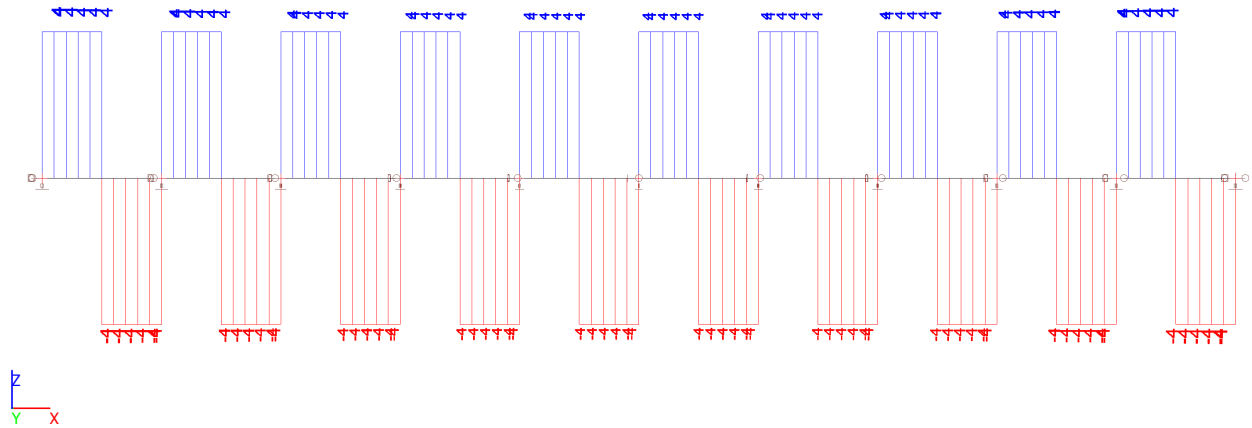
8. Interne krachten in staaf; Vz



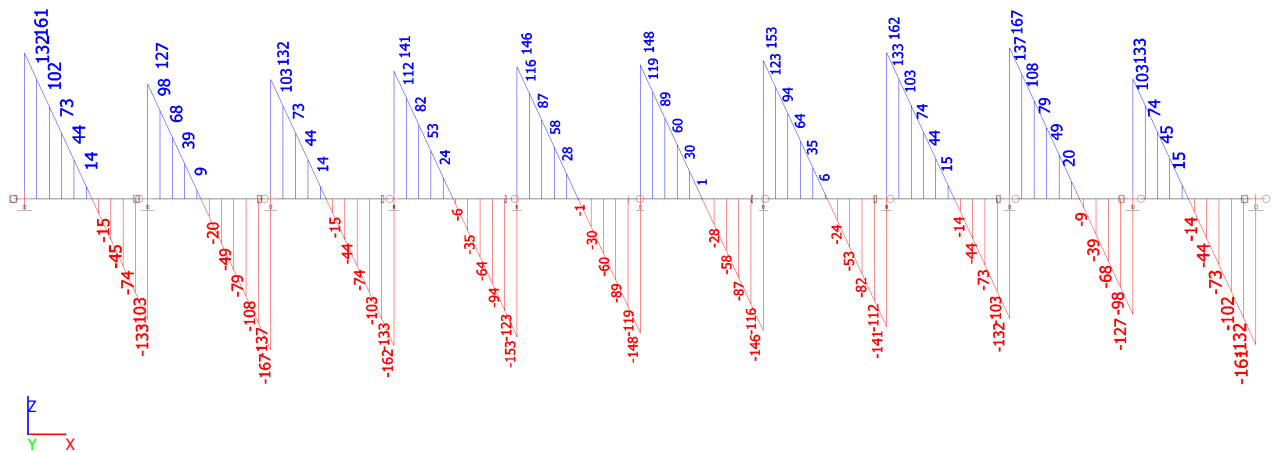
9. Interne krachten in staaf; Vy



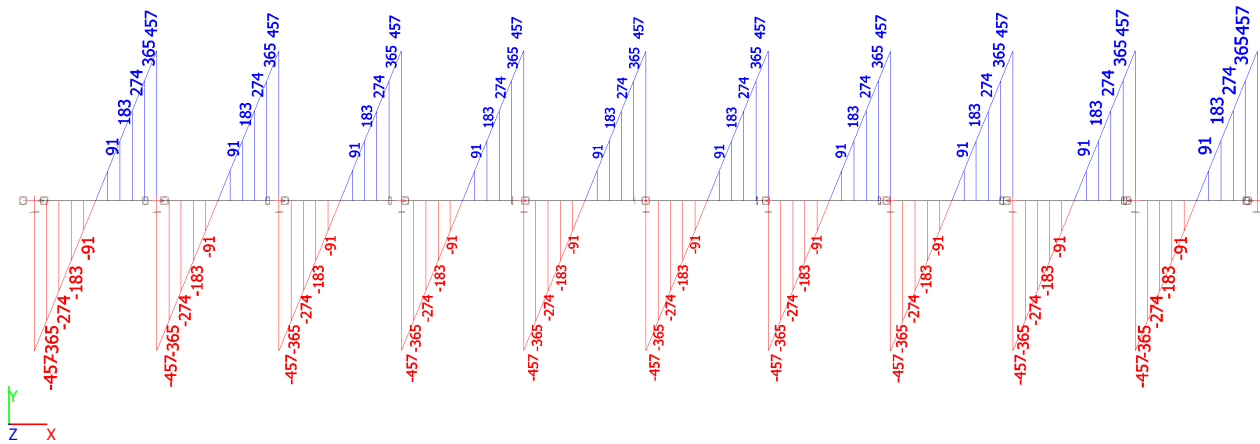
12. Interne krachten in staaf; Mx



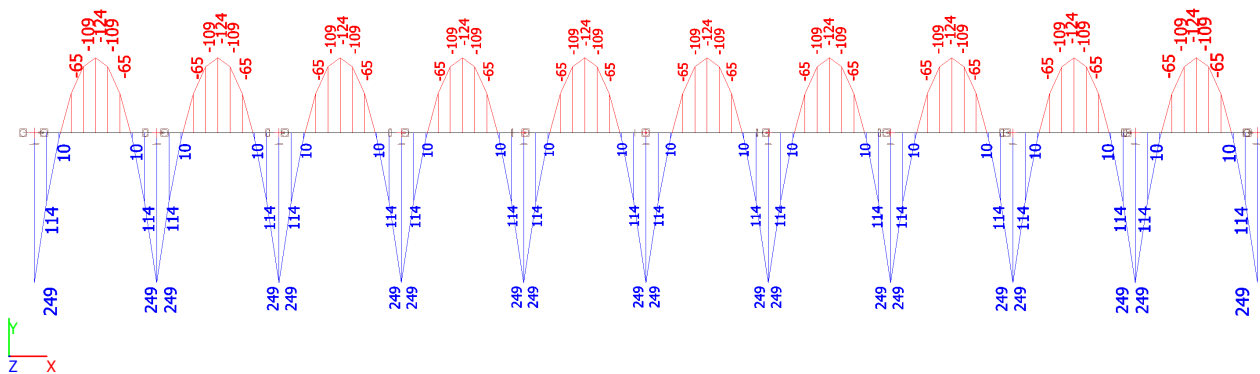
13. Interne krachten in staaf; Vz



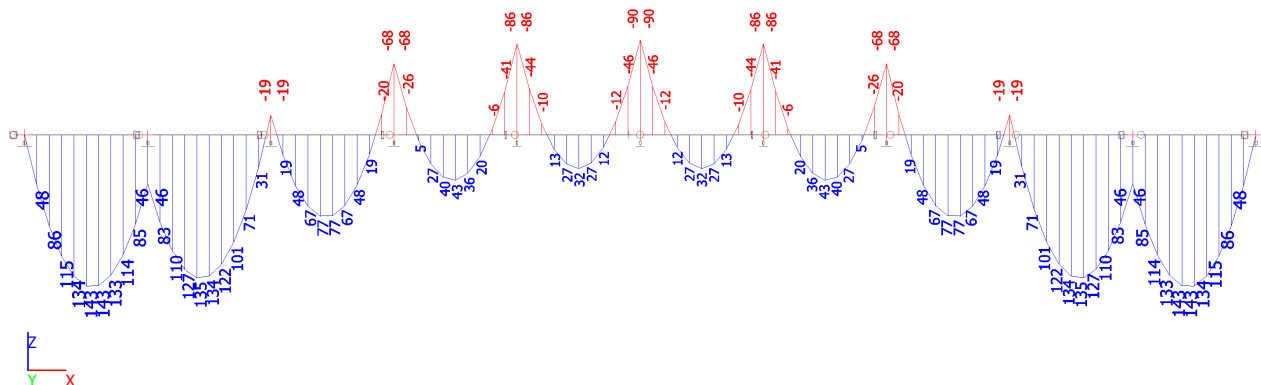
14. Interne krachten in staaf; Vy



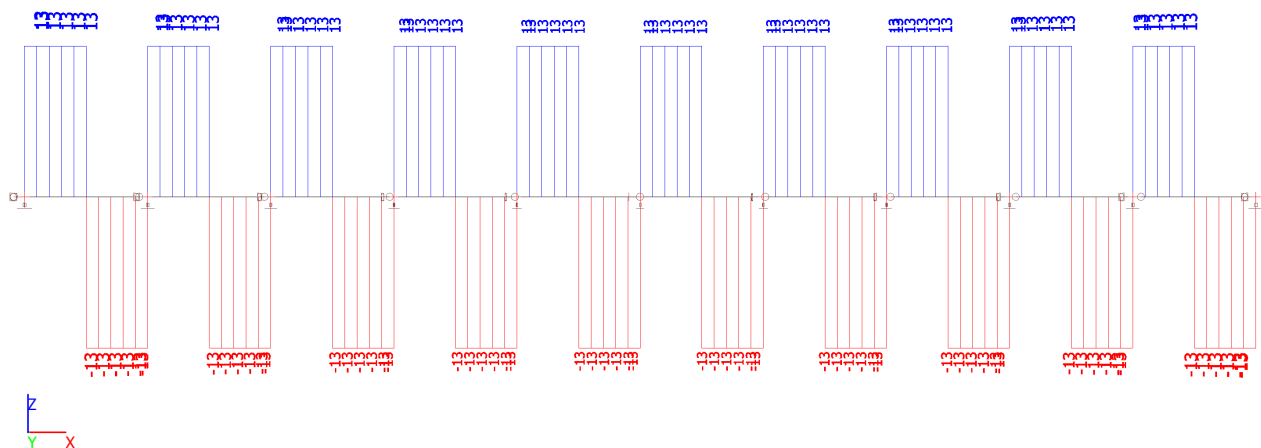
15. Interne krachten in staaf; Mz



16. Interne krachten in staaf; My



17. Interne krachten in staaf; Mx



18. Interne krachten in staaf_BGT

Lineaire berekening, Extreem : Staaf, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Combinaties : BGT

Staaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
S1	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	59	4	0	79
S1	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-49	-4	17	79
S1	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	5	-4	52	-39
S1	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	5	4	52	-39
S2	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	47	4	17	79
S2	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-61	-4	-7	79
S2	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	-7	-4	49	-39
S2	CS1 - Rechthoek	1,306	BGT/1	0	-29	3	4	50	-35
S2	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	-7	4	49	-39
S3	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	48	4	-7	79
S3	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-59	-4	-25	79

Staaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
S3	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	-5	-4	28	-39
S3	CS1 - Rechthoek	1,306	BGT/1	0	-29	5	4	28	-35
S3	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	-5	4	28	-39
S4	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	52	4	-25	79
S4	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-56	-4	-32	79
S4	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	-2	-4	16	-39
S4	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	-2	4	16	-39
S5	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	53	4	-32	79
S5	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-54	-4	-33	79
S5	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	0	-4	12	-39
S5	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	0	4	12	-39
S6	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	54	4	-33	79
S6	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-53	-4	-32	79
S6	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	0	-4	12	-39
S6	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	0	4	12	-39
S7	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	56	4	-32	79
S7	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-52	-4	-25	79
S7	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	2	-4	16	-39
S7	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	2	4	16	-39
S8	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	59	4	-25	79
S8	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-48	-4	-7	79
S8	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	5	-4	28	-39
S8	CS1 - Rechthoek	1,960	BGT/1	0	29	-5	-4	28	-35
S8	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	5	4	28	-39
S9	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	61	4	-7	79
S9	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-47	-4	17	79
S9	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	7	-4	49	-39
S9	CS1 - Rechthoek	1,960	BGT/1	0	29	-3	-4	50	-35
S9	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	7	4	49	-39
S10	CS1 - Rechthoek	0,000	BGT/1	0	-144	49	4	17	79
S10	CS1 - Rechthoek	3,266	BGT/1	0	144	-59	-4	0	79
S10	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	-5	-4	52	-39
S10	CS1 - Rechthoek	1,633	BGT/1	0	0	-5	4	52	-39

19. Interne krachten in staaf_UGT

Lineaire berekening, Extreem : Staaf, Systeem : Hoofd

Selectie : Alle

Combinaties : UGT

Staaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
S1	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	161	13	0	249
S1	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-133	-13	46	249
S1	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	14	-13	143	-124
S1	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	14	13	143	-124
S2	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	127	13	46	249
S2	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-167	-13	-19	249
S2	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-20	-13	134	-124
S2	CS1 - Rechthoek	1,306	UGT/2	0	-91	9	13	135	-109
S2	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-20	13	134	-124
S3	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	132	13	-19	249
S3	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-162	-13	-68	249
S3	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-15	-13	77	-124
S3	CS1 - Rechthoek	1,306	UGT/2	0	-91	14	13	77	-109
S3	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-15	13	77	-124
S4	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	141	13	-68	249
S4	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-153	-13	-86	249
S4	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-6	-13	43	-124
S4	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-6	13	43	-124
S5	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	146	13	-86	249
S5	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-148	-13	-90	249
S5	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-1	-13	32	-124
S5	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-1	13	32	-124
S6	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	148	13	-90	249
S6	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-146	-13	-86	249

Staaf	css	dx [m]	BG	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
S6	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	1	-13	32	-124
S6	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	1	13	32	-124
S7	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	153	13	-86	249
S7	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-141	-13	-68	249
S7	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	6	-13	43	-124
S7	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	6	13	43	-124
S8	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	162	13	-68	249
S8	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-132	-13	-19	249
S8	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	15	-13	77	-124
S8	CS1 - Rechthoek	1,960	UGT/2	0	91	-14	-13	77	-109
S8	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	15	13	77	-124
S9	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	167	13	-19	249
S9	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-127	-13	46	249
S9	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	20	-13	134	-124
S9	CS1 - Rechthoek	1,960	UGT/2	0	91	-9	-13	135	-109
S9	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	20	13	134	-124
S10	CS1 - Rechthoek	0,000	UGT/2	0	-457	133	13	46	249
S10	CS1 - Rechthoek	3,266	UGT/2	0	457	-161	-13	0	249
S10	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-14	-13	143	-124
S10	CS1 - Rechthoek	1,633	UGT/2	0	0	-14	13	143	-124

20. Berekeningsverslag

Lineaire berekening

Aantal 2D elementen	0
Aantal 1D elementen	100
Aantal netknoten	101
Aantal vergelijkingen	606
Belastinggevallen	BG1
	BG2
	BG3
Buigtheorie	Mindlin
Start berekening	25.10.2018 07:53
Einde berekening	25.10.2018 07:53

Som van lasten en reacties.

	[kN]	X	Y	Z
BG BG1	last	0.0	-608.7	0.0
	knoopreacties	0.0	608.7	0.0
	lijnreacties	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG2	last	0.0	3494.6	-1077.8
	knoopreacties	0.0	-3494.6	1077.8
	lijnreacties	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0
BG BG3	last	0.0	9863.3	-2939.4
	knoopreacties	0.0	-9863.3	2939.4
	lijnreacties	0.0	0.0	0.0
	contact 1D	0.0	0.0	0.0
	contact 2D	0.0	0.0	0.0

IV

BIJLAGE: WAPENING BETONSLOOF

project: **kademuren Oostenburg**
projectcode: **106040**
onderdeel: **betonsloof, horizontaal**

gevalideerd: ja rapport: ja
opgesteld door: **M. Bakker**
datum opmaak: 25-10-2018

WAPENINGSBEREKENING RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE VOOR BUIGING MET NORMAALKRACHT

De onderstaande berekening is uitgevoerd volgens de norm NEN-EN 1992-1-1:2011, inclusief NB:2011 en C2:2011.

INVOER

materiaal

keuze betonkwaliteit = **C 30 / 37**
ductiliteitsklasse staal = **B**
karakteristieke sterkte f_{yk} = **500 N/mm²**

ontwerpsituatie:
blijvend/tijdelijk

geometrie

hoogte doorsnede = **950 mm**
breedte doorsnede = **850 mm**

constructietype:
plaat

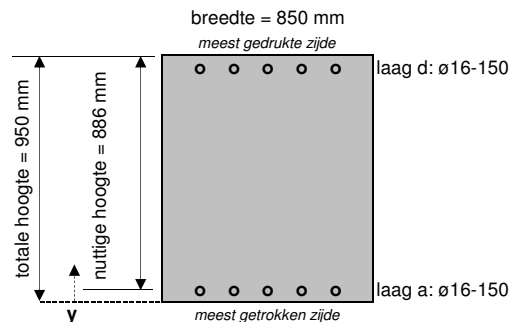
belastingen

duur van de belasting = **langdurend**
normaalkracht N = **0 kN**
normaalkracht N_{Ed} = **0 kN**
buigend moment M = **52 kNm**
buigend moment M_{Ed} = **143 kNm**

$\delta = 1,00$ (t.b.v. herverdeling moment: $0,7 < \delta < 1,0$)

wapening

constructietype = **S6**
milieuklasse trekzijde = **XC3**
profillering wapening = **geribd**
nominale dekking c_{nom} = **40 mm**
gekozen dekking c_{app} = **40 mm**
 $k_x = c_{app} / c_{nom}$ = **1,00 [-]**



	σ_{km} [mm]	s [mm]	σ_{km} [mm]	s [mm]	A_s [mm ²]	y [mm]	d_s [mm]
laag a	ø16	- 150			1139	64	886
laag b							
laag c							
laag d	ø16	- 150			1139	886	64

gemiddelde waarden buitenste trekwapening: $\sigma_{km} = 16,0$ mm

$s_r = 150$ mm

gemiddelde waarde totale trekwapening: $d_{s, gem} = 886$ mm

opgelegde vervorming

In rekening te brengen spanning ten gevolge van opgelegde vervorming.
additionele spanning $\Delta\sigma_s$ = **0 N/mm²**

gegevens beton

cilinderdruksterkte f_{cd} = **20 N/mm²**
secans-elast.mod. E_{cm} = **33000 N/mm²**
elast.mod $E_c = f_{ck} / \epsilon_{c3}$ = **17143 N/mm²**
buigtreksterkte f_{ctm} = **2,9 N/mm²**
rek beton ϵ_{c3} = **0,175 %**
rek beton ϵ_{cu3} = **0,350 %**

gegevens staal

Er wordt geen rekening gehouden met een hellende tak van het σ - ϵ diagram.
vloei grens staal $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ = **435 N/mm²**
elasticiteitsmodulus E_s = **200000 N/mm²**
karakteristieke rek ϵ_{uk} = **5,000 %**
rekenwaarde rek $\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$ = **4,500 %**
rek bij vloeien staal ϵ_{spl} = **0,217 %**

UITERSTE GRENSTOESTAND

buigend moment - artikel 6.1

betondrukzone x_u = **52 mm**
breukmoment M_{Rd} = **437 kNm**
aanwezig moment M_{Ed} = **143 kNm**

interactie

maatgevende u.c. interactie M + N = **0,33 < 1,0 → OK**
toets: $\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{143 \text{ kNm}}{437 \text{ kNm}} = 0,33 < 1,00 \rightarrow OK$

drukhoogte - artikel 5.5(4) en 5.6.3

gekozen herverdeling δ = **1,00 \geq 0,7 → OK**

rotatiecapaciteit - artikel 5.6.3

toets: $\frac{x}{d} = \frac{52 \text{ mm}}{950 \text{ mm}} = 0,06 < 0,53 \rightarrow OK$

minimum wapening - art. 9.2.1.1/NB

minimum wapening $A_{s, min}$ = **496 mm² → OK**

BRIJKBAARHEIDSGRENSTOESTAND

berekening scheurmoment M_r

betondrukzone x_r = **475 mm**
scheurmoment M_r = **398 kNm, ongescheurd**

berekening staalspanning bij M_{rep}

betondrukzone x_{rep} = **144 mm**
max. staal sp. σ_s = **55 N/mm²**
additioneel $\Delta\sigma_s$ = **0 N/mm²**

spanningsbeperking - artikel 7.2

(2) langsscheuren; σ_b = **0,90 N/mm²** < $k_1 \times f_{ck}$ = **18 N/mm²** Er zullen geen langsscheuren optreden.
(3) lin./niet-lin. kruip; σ_b = **0,90 N/mm²** < $k_2 \times f_{ck}$ = **14 N/mm²** Er mag rekening gehouden worden met lin. kruip.
(5) treksp. wap.; $\sigma_s + \Delta\sigma_s$ = **55 N/mm²** < $k_3 \times f_{yk}$ = **400 N/mm²** Onaanvaardbare scheurvorming is vermeden.

scheurbeheersing - conform §4.3.3 'Betonconstructies onder Temperatuur- en Krimpvervormingen', prof. dr. ir. K. van Breugel.

scheurwijdte w_k = **0,02 mm** (onvoltooid scheurenpatroon)
max. scheurafstand $s_{r, max}$ = **515 mm**
tabel 7.1N $\rightarrow w_{max}$ = **0,30 mm $\geq \frac{w_k}{k_x} = \frac{0,02 \text{ mm}}{1,00} = 0,02 \text{ mm} \rightarrow OK$**

minimum wapening - art. 7.3.2

minimum wapening $A_{s, min}$ = **608 mm² → OK**

CONCLUSIE

► toets UGT: OK
► toets BGT: OK

project: **kademuren Oostenburg**
projectcode: **106040**
onderdeel: **betonsloof, verticaal**

gevalideerd: ja rapport: ja
opgesteld door: **M. Bakker**
datum opmaak: 25-10-2018

WAPENINGSBEREKENING RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE VOOR BUIGING MET NORMAALKRACHT

De onderstaande berekening is uitgevoerd volgens de norm NEN-EN 1992-1-1:2011, inclusief NB:2011 en C2:2011.

INVOER

materiaal

keuze betonkwaliteit = **C 30 / 37**
ductiliteitsklasse staal = **B**
karakteristieke sterkte f_{yk} = **500 N/mm²**

ontwerpsituatie:
blijvend/tijdelijk

geometrie

hoogte doorsnede = **850 mm**
breedte doorsnede = **950 mm**

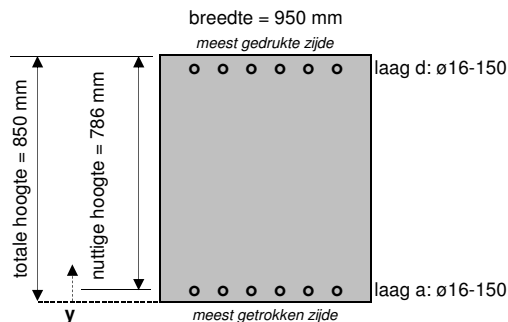
constructietype:
plaat

belastingen

duur van de belasting = **langdurend**
normaalkracht N = **0 kN**
normaalkracht N_{Ed} = **0 kN**
buigend moment M = **79 kNm**
buigend moment M_{Ed} = **249 kNm** } $\delta = 1,00$ (t.b.v. herverdeling moment: $0,7 < \delta < 1,0$)

wapening

constructietype = **S6**
milieuklasse trekzijde = **XC3**
profillering wapening = **geribd**
nominale dekking c_{nom} = **40 mm**
gekozen dekking c_{app} = **40 mm**
 $k_x = c_{app} / c_{nom}$ = **1,00 [-]**



	σ_{km} [mm]	s [mm]	σ_{km} [mm]	s [mm]	A_s [mm ²]	y [mm]	d_s [mm]
laag a	ø16	- 150			1273	64	786
laag b							
laag c							
laag d	ø16	- 150			1273	786	64

gemiddelde waarden buitenste trekwapening: $\sigma_{km} = 16,0$ mm

$s_r = 150$ mm

gemiddelde waarde totale trekwapening: $d_{s, gem} = 786$ mm

opgelegde vervorming

In rekening te brengen spanning ten gevolge van opgelegde vervorming.
additionele spanning $\Delta\sigma_s$ = **0 N/mm²**

gegevens beton

cilinderdruksterkte f_{cd} = **20 N/mm²**
secans-elast.mod. E_{cm} = **33000 N/mm²**
elast.mod $E_c = f_{ck} / \epsilon_{c3}$ = **17143 N/mm²**
buigtreksterkte f_{ctm} = **2,9 N/mm²**
rek beton ϵ_{c3} = **0,175 %**
rek beton ϵ_{cu3} = **0,350 %**

gegevens staal

Er wordt geen rekening gehouden met een hellende tak van het σ - ϵ diagram.
vloeigrens staal $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ = **435 N/mm²**
elasticiteitsmodulus E_s = **200000 N/mm²**
karakteristieke rek ϵ_{uk} = **5,000 %**
rekenwaarde rek $\epsilon_{ud} = 0,9 \times \epsilon_{uk}$ = **4,500 %**
rek bij vloeien staal ϵ_{spl} = **0,217 %**

UITERSTE GRENSTOESTAND

buigend moment - artikel 6.1

betondrukzone x_u = **52 mm**
breukmoment M_{Rd} = **433 kNm**
aanwezig moment M_{Ed} = **249 kNm**

interactie

maatgevende u.c. interactie M + N = **0,57 < 1,0 → OK**
toets: $\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{249 \text{ kNm}}{433 \text{ kNm}} = 0,58 < 1,00 \rightarrow \text{OK}$

drukhoogte - artikel 5.5(4) en 5.6.3

gekozen herverdeling δ = **1,00 \geq 0,7 → OK**

rotatiecapaciteit - artikel 5.6.3

toets: $\frac{x}{d} = \frac{52 \text{ mm}}{850 \text{ mm}} = 0,07 < 0,53 \rightarrow \text{OK}$

minimum wapening - art. 9.2.1.1/NB

minimum wapening $A_{s, min}$ = **978 mm² → OK**

BRIJKBAARHEIDSGRENSTOESTAND

berekening scheurmoment M_r

betondrukzone x_r = **425 mm**
scheurmoment M_r = **358 kNm, ongescheurd**

berekening staalspanning bij M_{rep}

betondrukzone x_{rep} = **135 mm**
max. staalspanning σ_s = **84 N/mm²**
additioneel $\Delta\sigma_s$ = **0 N/mm²**

spanningsbeperking - artikel 7.2

(2) langsscheuren; σ_b = **1,48 N/mm²** < $k_1 \times f_{ck}$ = **18 N/mm²** Er zullen geen langsscheuren optreden.
(3) lin./niet-lin. kruip; σ_b = **1,48 N/mm²** < $k_2 \times f_{ck}$ = **14 N/mm²** Er mag rekening gehouden worden met lin. kruip.
(5) treksp. wap.; $\sigma_s + \Delta\sigma_s$ = **84 N/mm²** < $k_3 \times f_{yk}$ = **400 N/mm²** Onaanvaardbare scheurvorming is vermeden.

scheurbeheersing - conform §4.3.3 'Betonconstructies onder Temperatuur- en Krimpvervormingen', prof. dr. ir. K. van Breugel.

scheurwijdte w_k = **0,04 mm (onvoltooid scheurenpatroon)**
max. scheurafstand $s_{r, max}$ = **515 mm**
tabel 7.1N $\rightarrow w_{max}$ = **0,30 mm $\geq \frac{w_k}{k_x} = \frac{0,04 \text{ mm}}{1,00} = 0,04 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$**

minimum wapening - art. 7.3.2

minimum wapening $A_{s, min}$ = **608 mm² → OK**

CONCLUSIE

► toets UGT: OK
► toets BGT: OK

project: **kademuren Oostenburg**
projectcode: **106040**
onderdeel: **betonsloof, horizontaal**

opgesteld door: **M. Bakker**
datum opmaak: **25-10-2018**
versie sheet: **1.8**

CONTROLE OP DWARSKRACHT EN TORSIE RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE

De berekening is uitgevoerd volgens NEN-EN 1992-1-1 + C2:2011, met NB:2011. Deze spreadsheet is niet geldig voor gedrongen constructies.

INVOER

materialen

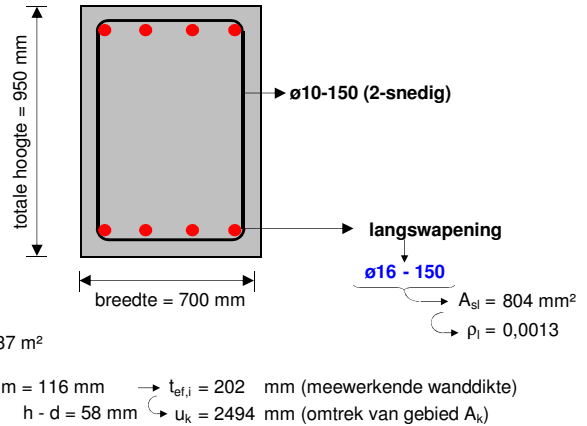
keuze betonkwaliteit = **C 30 / 37**
karakteristieke sterkte f_{yk} = **500 N/mm²**
cilinderdruksterkte f_{cd} = **20 N/mm²**
betontreksterkte f_{ctd} = **1,35 N/mm² ($\alpha_{ct} = 1$)**
rekenwaarde vloeigrens f_{ywd} = **435 N/mm²**

ontwerpsituatie:
blijvend/tijdelijk

constructietype:
balk

geometrie

hoogte doorsnede h = **950 mm**
breedte doorsnede b = **700 mm**
dekking op de beugel c = **40 mm**
nuttige hoogte d = **892 mm**
oppervlakte doorsnede A = **0,67 mm²**
omtrek doorsnede u = **3,30 mm**



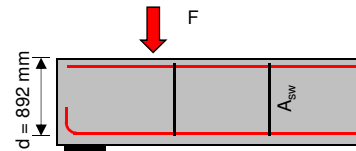
belastingen

normaalkracht N_{Ed} = **0 kN**
dwarsskracht V_{Ed} = **167 kN**
torsiemoment T_{Ed} = **13 kNm**

Staat een belasting F binnen een afstand van $0,5d < a < 2,0d$ van de rand van de oplegging? → **nee**

beugelwapening

$\alpha = 90^\circ$ (verticale beugels)	aantal sneden	\emptyset_{bgl} [mm]	A_{sw} [mm ²]	s_{bgl} [mm]	A_{bglis} [mm ² /mm]
buitenste beugel(s)	2	10	157	150	1,05
binnenste beugel(s)			0		0
	2	10	157	150	1,05



UITVOER

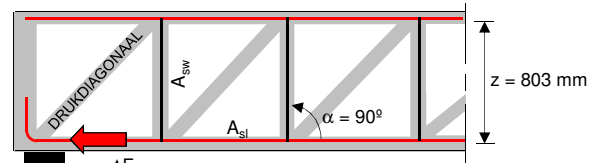
capaciteit beton

coëfficiënt $C_{Rd,c}$ = 0,12 (met $\gamma_c = 1,5$)
coëfficiënt k_1 = 0,15 (artikel 6.2.2)
coëfficiënt $v_1 = v$ = 0,53 (artikel 6.2.3)
 $k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}$ = 1,47
 $v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2}$ = 0,34
 $\sigma_{cp} = N_{Ed} / [b \times h]$ = 0,00 N/mm² → $\alpha_{cw} = 1,00$
 $\sigma_{cp,afgeperkt} = 0,2 \times f_{cd}$ = 4,00 N/mm²
 $T_{Rd,c} = f_{ctd} \times t_{ef,i} \times 2 \times A_k$ = 202 kNm
 $T_{Rd,max} = A_k \times v \times f_{cd} \times t_{ef,i}$ = 787 kNm

capaciteit beugels

inwendige hefboomsarm z = 803 mm
min. vereiste beugelwap. = 0,61 mm²/mm (balk)
hoek drukdiagonaal θ_{sw} = 21,8° (van de gekozen beugelwap.)
gekozen drukdiagonaal θ_h = **45,0°** ($21,8^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$)

$$V_{Rd,s} = z \times f_{ywd} \times \cot \theta \times \frac{A_{sw}}{s} = 366 \text{ kN}$$



$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 173 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 214 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} = 2968 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 214 \text{ kN}$$

voorwaarde conform artikel 6.3.2 (4), vergelijking (6.29):

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{13 \text{ kNm}}{787 \text{ kNm}} + \frac{167 \text{ kN}}{2968 \text{ kN}} = 0,07 < 1,00$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = \frac{13 \text{ kNm}}{202 \text{ kNm}} + \frac{167 \text{ kN}}{214 \text{ kN}} = 0,84 < 1,00$$

voorwaarde conform artikel 6.3.2 (5), vergelijking (6.31):

benodigde beugels $A_{ben,V}$ = $\frac{V_{Ed}}{z \times f_{ywd} \times \cot \theta}$ → beugelwapening niet strikt noodzakelijk t.b.v. dwarskracht

benodigde beugels $A_{ben,T}$ = $\frac{T_{Ed}}{2 \times A_k \times f_{ywd} \times \cot \theta}$ = beugelwapening niet strikt noodzakelijk t.b.v. wrijving

totaal benodigd $A_{ben,max}$ = $A_{ben,V} + 2 \times A_{ben,T}$ = $2 \times 0,04 \text{ mm}^2/\text{mm} = 0,08 \text{ mm}^2/\text{mm}$

Minimum wap.
toegestaan.

CONCLUSIE

toets van buitenste beugel = $\frac{A_{ben,T}}{1/2 \times A_{bglis,buiten}} = \frac{0,04 \text{ mm}^2/\text{mm}}{0,53 \text{ mm}^2/\text{mm}} = 0,08 < 1,00 \rightarrow \text{voldoet}$

toets van alle beugels = $\frac{A_{ben,max}}{A_{bglis,buiten+binnen}} = \frac{0,08 \text{ mm}^2/\text{mm}}{1,05 \text{ mm}^2/\text{mm}} = 0,08 < 1,00 \rightarrow \text{voldoet}$

bijkomende trekkracht door dwarskracht ΔF_{Id} = $0,5 \times V_{Ed} \times [\cot \theta - \cot \alpha] = 0 \text{ kN}$

benodigde langswapening door torsie A_{sl} = $\frac{T_{Ed} \times \cot \theta}{f_{ywd} \times 2 \times A_k} = \frac{13 \text{ kNm} \times \cot(45^\circ)}{435 \text{ N/mm}^2 \times 2 \times 0,37 \text{ m}^2} = 40 \text{ mm}^2/\text{m} \rightarrow A_{sl} \times u_k = 101 \text{ mm}^2$

project: **kademuren Oostenburg**
projectcode: **106040**
onderdeel: **betonsloof, verticaal**

opgesteld door: **M. Bakker**
datum opmaak: **25-10-2018**
versie sheet: **1.8**

CONTROLE OP DWARSKRACHT EN TORSIE RECHTHOEKIGE BETONDOORSNEDE

De berekening is uitgevoerd volgens NEN-EN 1992-1-1 + C2:2011, met NB:2011. Deze spreadsheet is niet geldig voor gedrongen constructies.

INVOER

materialen

keuze betonkwaliteit = **C 30 / 37**
karakteristieke sterkte f_{yk} = **500 N/mm²**
cilinderdruksterkte f_{cd} = **20 N/mm²**
betontreksterkte f_{ctd} = **1,35 N/mm² ($\alpha_{ct} = 1$)**
rekenwaarde vloeigrens f_{ywd} = **435 N/mm²**

ontwerpsituatie:
blijvend/tijdelijk

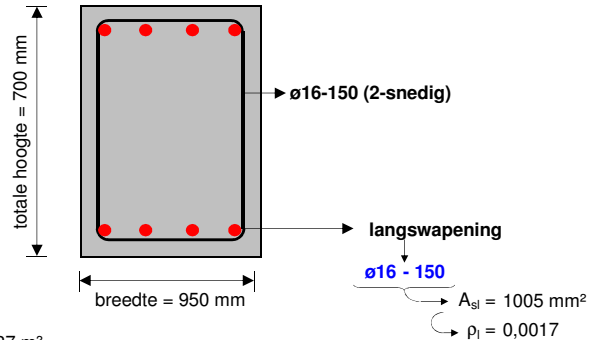
constructietype:
balk

geometrie

hoogte doorsnede h = **700 mm**
breedte doorsnede b = **950 mm**
dekking op de beugel c = **40 mm**
nuttige hoogte d = **636 mm**
oppervlakte doorsnede A = **0,67 m²**
omtrek doorsnede u = **3,30 mm**

$t_{ef} = \frac{A}{u} = 202 \text{ mm} \rightarrow A_k = 0,37 \text{ m}^2$

$> 2 \times 64 \text{ mm} = 128 \text{ mm} \rightarrow t_{ef,j} = 202 \text{ mm}$ (meewerkende wanddikte)
 $h - d = 64 \text{ mm} \rightarrow u_k = 2494 \text{ mm}$ (omtrek van gebied A_k)



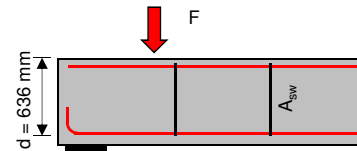
belastingen

normaalkracht N_{Ed} = **0 kN**
dwarsskracht V_{Ed} = **457 kN**
torsiemoment T_{Ed} = **13 kNm**

Staat een belasting F binnen een afstand van $0,5d < a < 2,0d$ van de rand van de oplegging? → **nee**

beugelwapening

$\alpha = 90^\circ$ (verticale beugels)	aantal sneden	\emptyset_{bgl} [mm]	A_{sw} [mm ²]	s_{bgl} [mm]	$A_{bgl,s}$ [mm ² /mm]
buitenste beugel(s)	2	16	402	150	2,68
binnenste beugel(s)			0		0
	2	16	402	150	2,68



UITVOER

capaciteit beton

coëfficiënt $C_{Rd,c}$ = 0,12 (met $\gamma_c = 1,5$)
coëfficiënt k_1 = 0,15 (artikel 6.2.2)
coëfficiënt $v_1 = v$ = 0,53 (artikel 6.2.3)

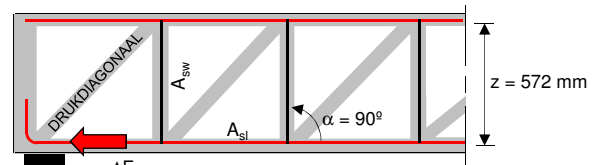
$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1,56$
 $v_{min} = 0,035 \times k^{3/2} \times f_{ck}^{1/2} = 0,37$
 $\sigma_{cp} = N_{Ed} / [b \times h] = 0,00 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \alpha_{cw} = 1,00$
 $\sigma_{cp,afgeperkt} = 0,2 \times f_{cd} = 4,00 \text{ N/mm}^2$

$T_{Rd,c} = f_{ctd} \times t_{ef,i} \times 2 \times A_k = 202 \text{ kNm}$
 $T_{Rd,max} = A_k \times v \times f_{cd} \times t_{ef,i} = 787 \text{ kNm}$

capaciteit beugels

inwendige hefboomsarm z = 572 mm
min. vereiste beugelwap. = 0,83 mm²/mm (balk)
hoek drukdiagonaal θ_{sw} = 21,8° (van de gekozen beugelwap.)
gekozen drukdiagonaal θ_h = **45,0°** ($21,8^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$)

$$V_{Rd,s} = z \times f_{ywd} \times \cot \theta \times \frac{A_{sw}}{s} = 667 \text{ kN}$$



$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} \times k \times (100 \times \rho_l \times f_{ck})^{1/3} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 193 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = [v_{min} + k_1 \times \sigma_{cp}] \times b_w \times d = 226 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,max} = \frac{\alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd}}{\cot \theta + \tan \theta} = 2869 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c} = 226 \text{ kN}$$

voorwaarde conform artikel 6.3.2 (4), vergelijking (6.29):

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c,max}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,max}} = \frac{13 \text{ kNm}}{787 \text{ kNm}} + \frac{457 \text{ kN}}{2869 \text{ kN}} = 0,18 < 1,00$$

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,c}} + \frac{V_{Ed}}{V_{Rd,c}} = \frac{13 \text{ kNm}}{202 \text{ kNm}} + \frac{457 \text{ kN}}{226 \text{ kN}} = 2,09 > 1,00$$

voorwaarde conform artikel 6.3.2 (5), vergelijking (6.31):

benodigde beugels $A_{ben,V}$ = $\frac{V_{Ed}}{z \times f_{ywd} \times \cot \theta} = \frac{457 \text{ kN}}{572 \text{ mm} \times 435 \text{ N/mm}^2 \times \cot(45^\circ)} = 1,84 \text{ mm}^2/\text{mm}$ (n-snedig)

benodigde beugels $A_{ben,T}$ = $\frac{T_{Ed}}{2 \times A_k \times f_{ywd} \times \cot \theta} = \frac{13 \text{ kNm}}{2 \times 0,37 \text{ m}^2 \times 435 \text{ N/mm}^2 \times \cot(45^\circ)} = 0,04 \text{ mm}^2/\text{mm}$ (n-snedig)

totaal benodigd $A_{ben,max}$ = $A_{ben,V} + 2 \times A_{ben,T} = 1,84 \text{ mm}^2/\text{mm} + 2 \times 0,04 \text{ mm}^2/\text{mm} = 1,92 \text{ mm}^2/\text{mm}$

↓
Minimum
wap. niet
toegestaan.

CONCLUSIE

toets van buitenste beugel = $\frac{A_{ben,T}}{1/2 \times A_{bgl,s;buiten}} = \frac{0,04 \text{ mm}^2/\text{mm}}{1,34 \text{ mm}^2/\text{mm}} = 0,03 < 1,00 \rightarrow$ voldoet

toets van alle beugels = $\frac{A_{ben,max}}{A_{bgl,s;buiten+binnen}} = \frac{1,92 \text{ mm}^2/\text{mm}}{2,68 \text{ mm}^2/\text{mm}} = 0,72 < 1,00 \rightarrow$ voldoet

bijkomende trekkracht door dwarskracht ΔF_{td} = $0,5 \times V_{Ed} \times [\cot \theta - \cot \alpha] = 0,5 \times 457 \text{ kN} \times [\cot(45^\circ) - \cot(90^\circ)] = 229 \text{ kN}$ (in de langswapening)

benodigde langswapening door torsie A_{sl} = $\frac{T_{Ed} \times \cot \theta}{f_{ywd} \times 2 \times A_k} = \frac{13 \text{ kNm} \times \cot(45^\circ)}{435 \text{ N/mm}^2 \times 2 \times 0,37 \text{ m}^2} = 40 \text{ mm}^2/\text{m} \rightarrow A_{sl} \times u_k = 101 \text{ mm}^2$