



CAE NEDERLAND BV
ADVISEURS VOOR BOUWTECHNIEK

Rapportnr 17-011_002
Datum 15-06-2017

Wapening fundering

Project Voetgangersbrug Golfbaan Cromvoirt
Plaats Cromvoirt

Opdrachtgever Golfclub Cromvoirt
Documentnummer M02859-105-012

Architect REDD

Opgesteld door

Ir. T. Pierik RC
Mobiel: 06-10272177

Gecontroleerd

Ir. S. Kieffe

Inhoud

1.	ALGEMENE UITGANGSPUNTEN.....	3
1.1.	Toegepaste normen	3
1.2.	Toegepaste rekenprogrammatuur	4
1.3.	Korte projectomschrijving	4
1.4.	Uitgangspunten	4
1.5.	Voorgaande berekeningen en rapporten	4
2.	FUNDERINGSBALK AS A	5
2.1.	Overzicht omhullende krachten	5
2.2.	Beugels gele zone	6
2.3.	Beschouwing dwarskrachtpiek bij schoorpaal 2	7
2.4.	Langswapening gele zone.....	8
2.5.	Bijlegwapening verbinding balkeinde	10
2.6.	Wapening rondom kluftverbinding	11
2.7.	Beugels en langswapening blauwe zone	12
3.	FUNDERINGSBALK AS B	14
3.1.	Overzicht omhullende krachten	14
3.2.	Beugels gele zone.....	15
3.3.	Langswapening gele zone.....	16
3.4.	Bijlegwapening verbinding balkeinde	19
3.5.	Beugels en langswapening blauwe zone	20
4.	VERANKERINGEN	21
4.1.	Oplegdetail 1 – Verticale oplegging	21
4.2.	Oplegdetail 2 – Horizontale oplegging met Willemsanker	22
4.3.	Oplegdetail 3 – Horizontale oplegging middels kluft	23
	BIJLAGEN	100-112
	Bijlage 1. Balk as A belast op dubbele buiging.....	100
	Bijlage 2. Balk as B, schema 2 (met paalveerstijfheid = 90.000 kN per m ¹ zakking)	104
	Bijlage 3. Balk as B belast op dubbele buiging	109

Revisies

Datum	Wijzigingen	Initialen
Revisie A		
Revisie B		
Revisie C		
Aanvulling 1		
Aanvulling 2		

1. ALGEMENE UITGANGSPUNTEN

1.1. Toegepaste normen

NEN-EN 1990 Eurocode - Grondslagen voor het constructief ontwerp

Eurocode 1: Belastingen op constructies

NEN-EN 1991-1-1 Deel 1-1: Volumieke gewichten, eigen gewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen
NEN-EN 1991-1-2 Deel 1-2: Algemene belastingen - Belasting bij brand
NEN-EN 1991-1-3 Deel 1-3: Algemene belastingen - Sneeuwbelasting
NEN-EN 1991-1-4 Deel 1-4: Algemene belastingen - Windbelasting
NEN-EN 1991-1-5 Deel 1-5: Algemene belastingen - Thermische belasting
NEN-EN 1991-1-7 Deel 1-7: Algemene belastingen - Buitengewone belastingen

Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies

NEN-EN 1992-1-1 Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1992-1-2 Deel 1-2: Algemene regels - Ontwerp en berekening van constructies bij brand

Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies

NEN-EN 1993-1-1 Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen
NEN-EN 1993-1-2 Deel 1-2: Algemene regels - Ontwerp en berekening van constructies bij brand
NEN-EN 1993-1-8 Deel 1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen

Alle telkens inclusief de bijbehorende Nationale Bijlage

1.2. Toegepaste rekenprogrammatuur

TS Raamwerken versie 6.11

TS Balkroosters versie 6.06

TS Liggers versie 6.24

1.3. Korte projectomschrijving

Werknummer : 17-011
Project : Voetgangersbrug Golfclub Cromvoirt
Opdrachtgever : Jos van den Bersselaar Constructie B.V.
Projectfase : Uitvoering
Afdruk : 15-6-2017

In Cromvoirt wordt een compleet nieuwe golfbaan gerealiseerd. De betonfundering die in onderliggend rapport wordt gewapend, draagt een stalen brug welke onderdeel is van de golfbaan. De stalen brug zelf wordt door derden uitgewerkt.

In hoofdstuk 2 wordt de wapening van de balk op as A uitgewerkt. De balk op as B komt in hoofdstuk 3 aan de orde. Hoofdstuk 4 omvat de uitwerking van de verankeringen van de stalen brug aan de betonbalken.

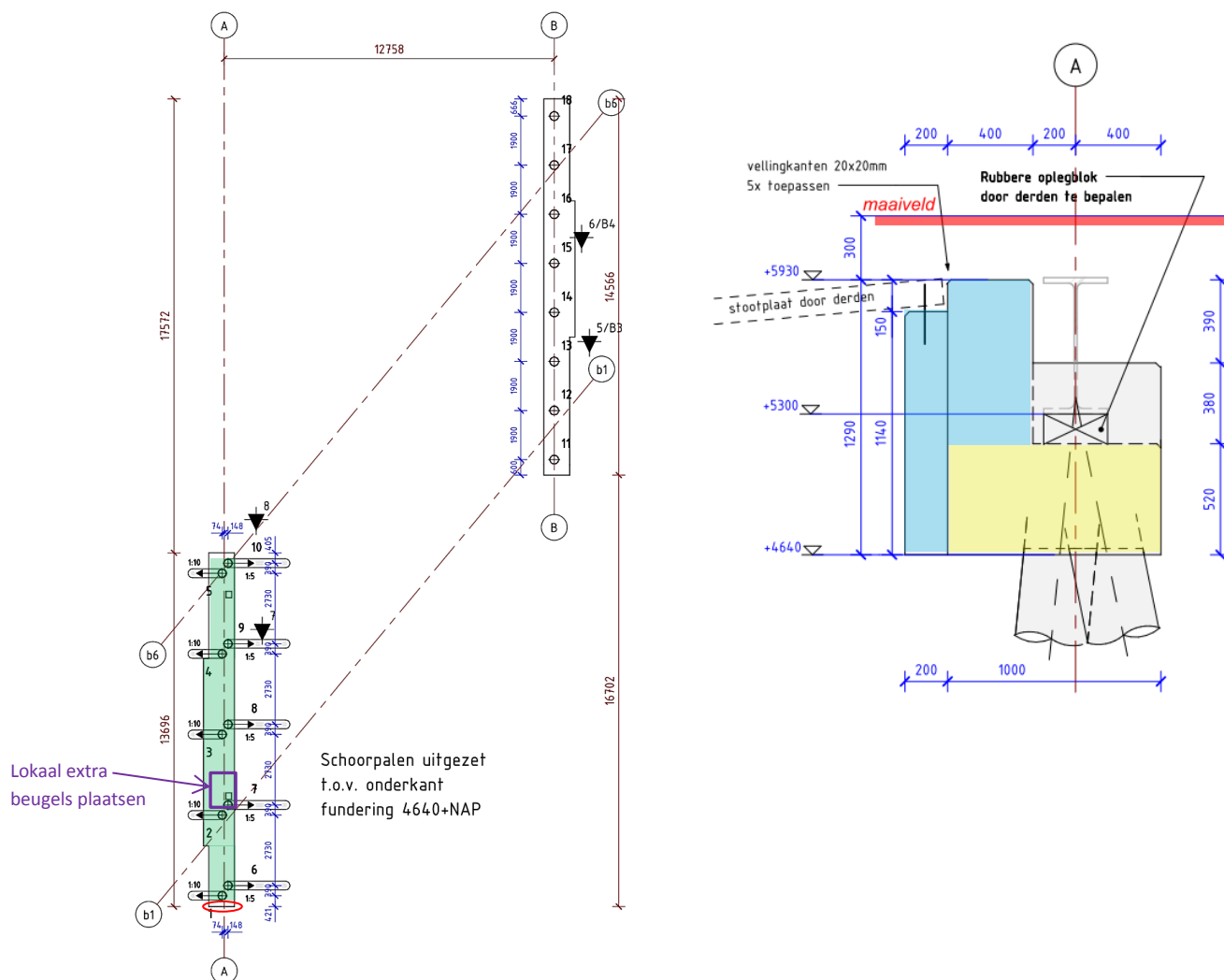
1.4. Uitgangspunten

Betrouwbaarheidsklasse	CC 2
Belastingfactoren (tabel NB.13 – A2.4(B))	G: 0,9 / 1,2 / 1,3 Q: 1,5
Momentaanfactoren (tabel NB.10 – A2.2)	ψ_0 opgelegd: 0,4 $\psi_{0\text{ wind}}$: 0,3 $\psi_{0\text{ temp.}}$: 0,3
Referentieperiode	50 jaar
Windgebied	III, onbebouwd
Betonkwaliteit	C30/37
Wapeningsstaalkwaliteit	B500

1.5. Voorgaande berekeningen en rapporten

17-011_001	Funderingsconstructie	CAE	dd. 08-06-2017
Rapport M02859-105-008	Basis of Design	PT Structural	dd. 06-06-2017
Rapport M02859-105-009	Stat. Berek. Staalconstructie loopbrug	PT Structural	dd. 06-06-2017
Funderingsrapport	R1701470-01	MOS	dd. 18-05-2017

2. FUNDERINGSBALK AS A

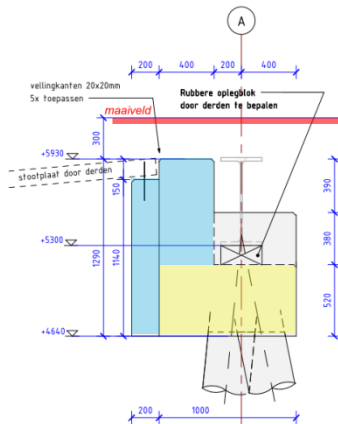


2.1. Overzicht omhullende krachten

Uit rapport 001, par. 2.3 en 2.4 volgen de onderstaande omhullende krachten en momenten (incl. correctiefactoren). Tenzij anders vermeld, treden deze krachten en momenten op tussen de uiterste palen (hierboven groen gemarkeerd).

$N_{c,Ed} \leftarrow \rightarrow$	= 140 kN (over de gehele balklengte)	
$N_{t,Ed} \rightarrow \leftarrow$	= 140 kN (over de gehele balklengte)	
$V_{y,Ed}$ (schema 1) $\rightleftarrows$	= 215 kN (in de paars omkaderde zone)	(= $1,8_k$ correctie $V_y \cdot 120$)
$V_{y,Ed}$ (schema 1) $\rightleftarrows$	= 150 kN	(= $1,8_k$ correctie $V_y \cdot 83$)
$V_{z,Ed}$ (schema 2) $\updownarrow$	= 845 kN (bij schoorpaal 2)	(= $1,2_k$ correctie $V_z \cdot 703$)
$V_{z,Ed}$ (schema 2) $\updownarrow$	= 380 kN	(= $1,2_k$ correctie $V_z \cdot 315$)
$M_{x,Ed}$ (schema 1) $\curvearrowright$	= 65 kNm (in de paars omkaderde zone)	(= $1,0_k$ correctie $M_x \cdot 65$)
$M_{x,Ed}$ (schema 1) $\curvearrowright$	= 63 kNm	(= $1,0_k$ correctie $M_x \cdot 65$)
$M_{z,Ed}$ (schema 1) $\curvearrowright$	= 390 kNm	(= $2,3_k$ correctie $M_z \cdot 170$)
$M_{y,veld,Ed}$ (schema 2) $\curvearrowright$	= 370 kNm	(= $1,5_k$ correctie $M_y \cdot 248$)
$M_{y,steunpunt,Ed}$ (schema 2) $\curvearrowright$	= 205 kNm	(= $1,5_k$ correctie $M_y \cdot 135$)
$M_{y,Ed}$ (schema 2) $\curvearrowright$	= ∓ 115 kNm (tussen paal 1 en het rood omcirkelde balkeinde)	(= $1,5_k$ correctie $M_y \cdot 75$)

2.2. Beugels gele zone



Uitgangspunten

Omdat torsie en dwarskracht gecombineerd optreden, wordt θ gelijkgesteld aan $45^\circ \rightarrow \cot \theta = 1$.

Er worden 4-snedige beugels toegepast, waarbij (tenzij anders aangegeven):

- de binnenste beugel de verticale dwarskracht opneemt.
- de buitenste beugel de horizontale dwarskracht en de torsie opneemt.

Keuze binnenste beugels : Ø12-100 (in de paars omkaderde zone)
: Ø12-150 (overige zone's)

Keuze buitenste beugels : Ø12-100 (in de paars omkaderde zone)
: Ø12-150 (overige zone's)

Toetsing buitenste beugels paars omkaderde zone

40% van de staalspanning wordt gereserveerd voor de opname van $V_{y,Ed}$.

40% van de staalspanning wordt gereserveerd voor de opname van $M_{x,Ed}$.

De resterende 20% is beschikbaar voor de opname van $V_{z,Ed} \rightarrow$ zie toetsing binnenste beugels.

$$V_{y,Rd,s} = 2 \cdot 1,131 \cdot 850_z \cdot 40\% \cdot 435$$

$$= 335 \text{ kN}$$

$$UC = \frac{215}{335}$$

$$= 0,64 < 1 \rightarrow \text{voldoet}$$

$$t_{ef} = 171 \text{ mm} \quad (= (520 \cdot 1000)_A / (2 \cdot 520 + 2 \cdot 1000)_{uk} \geq 2 \cdot (40_{c \text{ op bgls bij XD3}} + 12\phi_{bgls} + 10_{0,5\phi_{HW}}))$$

$$A_k = 289^{E3} \text{ mm}^2 \quad (= (520 - 171_{t_{ef}}) \cdot (1000 - 171_{t_{ef}}))$$

$$T_{Rd,s} = A_{sw \text{ enkelsnedig}} \cdot 2 \cdot A_k \cdot f_{yw}$$

$$= 1,131 \cdot 2 \cdot 289^{E3} \cdot 40\% \cdot 435$$

$$= 114 \text{ kNm}$$

$$UC = \frac{65}{114}$$

$$= 0,57 < 1 \rightarrow \text{voldoet}$$

Toetsing binnenste beugels paars omkaderde zone

$$V_{z,Rd,s} = 2 \cdot 1,131_{\text{binnenste beugels}} \cdot 400_z \cdot 435 + 2 \cdot 1,131_{\text{buitenste beugels}} \cdot 400_z \cdot 20\% \cdot 435$$

$$= 394 + 79$$

$$= 473 \text{ kN}$$

$$UC = \frac{380}{473}$$

$$= 0,80 < 1 \rightarrow \text{voldoet}$$

Toetsing buitenste beugels overige zone's

27% van de staalspanning wordt gereserveerd voor de opname van $V_{y,Ed}$.

33% van de staalspanning wordt gereserveerd voor de opname van $M_{x,Ed}$.

De resterende 40% is beschikbaar voor de opname van $V_{z,Ed}$ → zie toetsing binnenste beugels.

$$\begin{aligned} V_{y,Rd,s} &= 2 \cdot 0,754 \cdot 850_z \cdot 27\% \cdot 435 \\ &= 153 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC &= 150/153 \\ &= 0,98 < 1 \rightarrow \text{voldoet} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{ef} &= 171 \text{ mm} & (= (520 \cdot 1000)_A / (2 \cdot 520 + 2 \cdot 1000)_{uk} \geq 2 \cdot (40_{c \text{ op bgls bij XD3}} + 12_{\emptyset \text{ bgls}} + 10_{0,5\emptyset HW})) \\ A_k &= 289^{E3} \text{ mm}^2 & (= (520 - 171_{t_{ef}}) \cdot (1000 - 171_{t_{ef}})) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{Rd,s} &= A_{sw} \text{ enkelsnedig} \cdot 2 \cdot A_k \cdot f_{yw} \\ &= 0,754 \cdot 2 \cdot 289 \text{ E}^3 \cdot 33\% \cdot 435 \\ &= 63 \text{ kNm} \end{aligned}$$

UC $= \frac{63}{63}$
 $= 1,0 \rightarrow$ voldoet

Toetsing binnenste beugels overige zone's

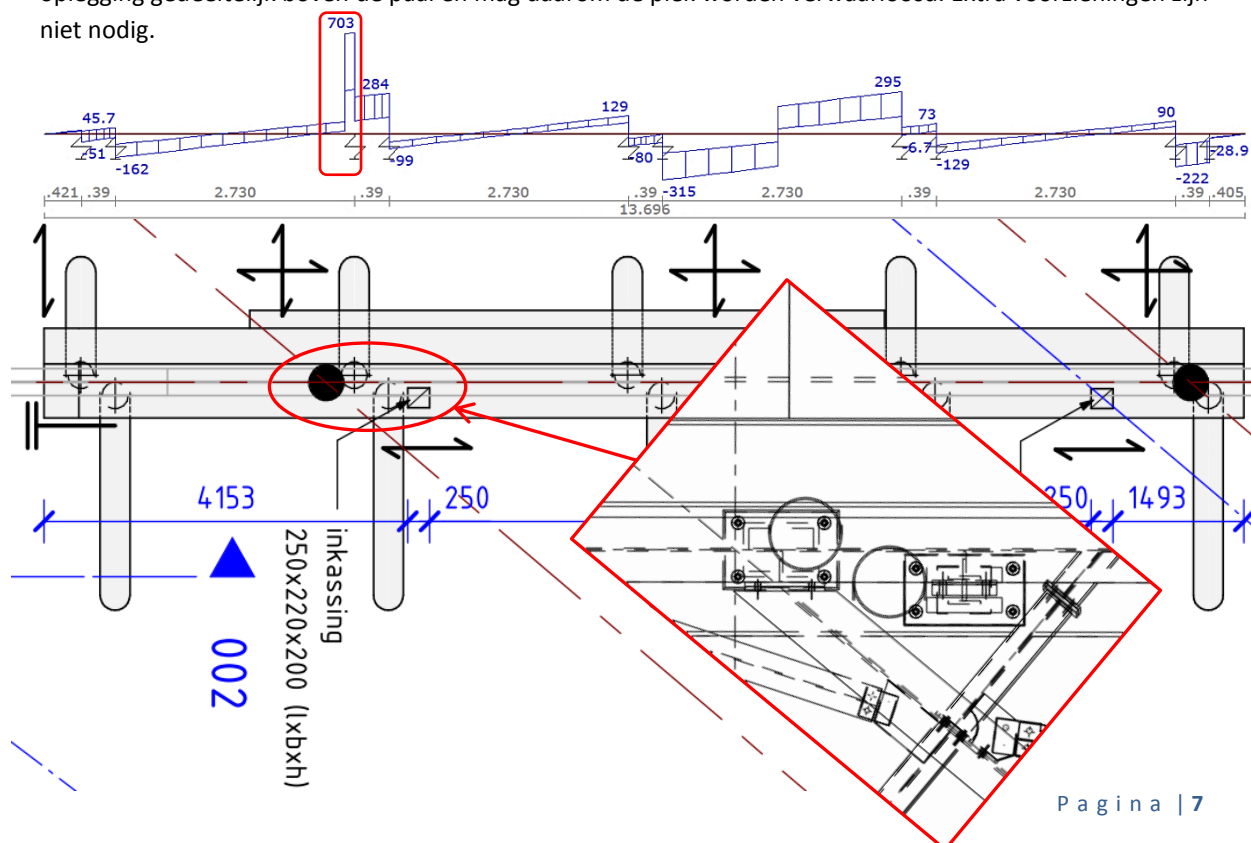
$$\begin{aligned} V_{z,Rd,s} &= 2 \cdot 0,754_{\text{binnenste beugels}} \cdot 400_z \cdot 435 + 2 \cdot 0,754_{\text{buitenste beugels}} \cdot 400_z \cdot 40\% \cdot 435 \\ &= 262 + 105 \\ &= 367 \text{ kN} \end{aligned}$$

UC $= \frac{380}{367}$
 $= 1,03$ → voldoet met inachtnaam dat $V_{y,Ed}$, $V_{z,Ed}$ en $M_{x,Ed}$ niet op dezelfde locatie optreden.

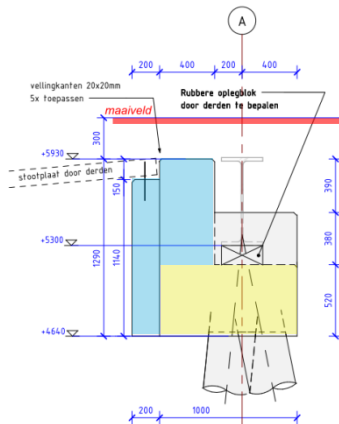
2.3. Beschouwing dwarskrachtpiek bij schoorpaal 2

Bij schoorpaal 2 bereikt $V_{z,Ed}$ een piekwaarde van 845 kN ($= 1,2_{k\text{ correctie } V_z} \cdot 703_{\text{zie rapport 001, par. 2.4, schema 2}}$).

Deze piek wordt veroorzaakt door de nabijheid van de opleggingen van de brug; in werkelijkheid staat de oplegging gedeeltelijk boven de paal en mag daarom de piek worden verwaarloosd. Extra voorzieningen zijn niet nodig.



2.4. Langswapening gele zone



Uitgangspunten

Milieuklasse	: XC4, XD3, XF4
Constructieklasse	: S4
Dekking op de beugels	: 40mm
Keuze buigwapening verticaal	: 4Ø25-130 (incl. hoekstaven)
Keuze buigwapening horizontaal boven	: 7Ø20-110 (excl. hoekstaven)
Keuze buigwapening horizontaal onder	: 7Ø25-110 (excl. hoekstaven)
Verankering langswapening	: hrspØ16
	Laslengte = 1100mm (= 1,5 _{α6} · 1100 _{Lv Ø25 bovenstaaf} · 0,65 _{UC,par. 2.4})

Langswapening rondom ten gevolge van torsie

De hieronder berekende wapening moet worden gesuperponeerd op de buigwapening.

$$\begin{aligned}
 t_{ef} &= 171 \text{ mm} & (= (520 \cdot 1000)_A / (2 \cdot 520 + 2 \cdot 1000)_{uk} \geq 2 \cdot (40_{c \text{ op bgls bij XD3}} + 12_{\phi_{bgls}} + 10_{0,5\phi_{HW}})) \\
 A_k &= 289^{E3} \text{ mm}^2 & (= (520 - 171_{t_{ef}}) \cdot (1000 - 171_{t_{ef}})) \\
 T_{Rd,s} &= \Sigma A_{sL} / u_k \cdot 2 \cdot A_k \cdot f_{yw} \\
 \Sigma A_{sL} / u_k &= T_{Rd,s} / (2 \cdot A_k \cdot f_{yd}) \\
 &= 65^{E6} / (2 \cdot 289^{E3} \cdot 435) \\
 &= 0,259 \text{ mm}^2 / \text{mm}^1 \\
 &= 259 \text{ mm}^2 / \text{m}^1 \text{ gelijkmatig rondom aan te brengen}
 \end{aligned}$$

Langswapening rondom ten gevolge van normaalkrachten

$N_{c,Ed}$ levert drukspanningen in de betondoorsnede en mag worden verwaarloosd.

$N_{t,Ed}$ vraagt trekwapening welke moet worden gesuperponeerd op de buigwapening.

$$\begin{aligned}
 A_{ben} &= 140^{E3} / 435 \\
 &= 322 \text{ mm}^2 \\
 A_{ben} / u_k &= 322 / (2 \cdot 0,520 + 2 \cdot 1,000)_{uk} \\
 &= 106 \text{ mm}^2 / \text{m}^1 \text{ gelijkmatig rondom aan te brengen}
 \end{aligned}$$

Toetsing capaciteit langswapening verticaal

$$\begin{aligned}
 \sigma_{s, \text{door buiging}} &= 390^{E6}_{Mz, Ed} / (4 \cdot 491_{\phi 25} \cdot 850_z) \\
 &= 233 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{s, \text{door torsie}} &= A_{ben} / A_{aanwezig} \cdot 435_{fyd} \\
 &= 259 \cdot (0,520 + 2 \cdot 0,110/2) / (4 \cdot 491_{\phi 25}) \cdot 435 \\
 &= 36 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{s, \text{door normaalkracht}} &= A_{ben} / A_{aanwezig} \cdot 435_{fyd}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 106 \cdot (0,520 + 2 \cdot 0,110/2) / (4 \cdot 491_{\phi 25}) \cdot 435 \\
 &= 15 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{UC} &= \frac{233+36+15}{435} \\
 &= 0,65 < 1 \rightarrow \text{voldoet}
 \end{aligned}$$

Toetsing capaciteit langswaopening horizontaal

$$\begin{aligned}
 \sigma_{s, \text{boven tgv. buiging}} &= 205 \frac{E^6_{My, Ed}}{(7 \cdot 314_{\phi 20} \cdot 400_z)} \\
 &= 233 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{s, \text{onder tgv. torsie}} &= A_{ben}/A_{aanwezig} \cdot 435_{fyd} \\
 &= 259 \cdot (1,00 - 2 \cdot 0,110/2) / (7 \cdot 314_{\phi 20}) \cdot 435 \\
 &= 46 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{s, \text{onder tgv. N-kracht}} &= A_{ben}/A_{aanwezig} \cdot 435_{fyd} \\
 &= 106 \cdot (1,00 - 2 \cdot 0,110/2) / (7 \cdot 314_{\phi 20}) \cdot 435 \\
 &= 19 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{UC} &= \frac{233+46+19}{435} \\
 &= 0,69 < 1 \rightarrow \text{voldoet}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{s, \text{onder tgv. buiging}} &= 370 \frac{E^6_{My, Ed}}{(7 \cdot 491_{\phi 25} \cdot 400_z)} \\
 &= 269 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{s, \text{onder tgv. torsie}} &= A_{ben}/A_{aanwezig} \cdot 435_{fyd} \\
 &= 259 \cdot (1,00 - 2 \cdot 0,110/2) / (7 \cdot 491_{\phi 25}) \cdot 435 \\
 &= 29 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{s, \text{onder tgv. N-kracht}} &= A_{ben}/A_{aanwezig} \cdot 435_{fyd} \\
 &= 106 \cdot (1,00 - 2 \cdot 0,110/2) / (7 \cdot 491_{\phi 25}) \cdot 435 \\
 &= 12 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{UC} &= \frac{269+29+12}{435} \\
 &= 0,71 < 1 \rightarrow \text{voldoet}
 \end{aligned}$$

Toetsing capaciteit langswaopening horizontaal tussen paal 1 en het balkeinde

In de beschouwde zone treden geen torsiemomenten op.

Er wordt gerekend met de toegepaste haarspelden/verankeringen.

$$\begin{aligned}
 \sigma_{s, \text{tgv. buiging}} &= 115 \frac{E^6_{My, Ed}}{(9 \cdot 201_{\phi 16} \cdot 400_z)} \\
 &= 159 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{s, \text{tgv. N-kracht}} &= A_{ben}/A_{aanwezig} \cdot 435_{fyd} \\
 &= 106 / (9 \cdot 201_{\phi 16}) \cdot 435 \\
 &= 25 \text{ N/mm}^2 \\
 \text{UC} &= \frac{159+25}{435} \\
 &= 0,42 < 1 \rightarrow \text{voldoet}
 \end{aligned}$$

Beschouwing scheurvorming langswaopening

Op basis van de volgende uitgangspunten wordt een beschouwing van de scheurvorming gedaan:

- $N_{t, Ek} = 93 \text{ kN}$ ($= 140 / 1,5_{Y \text{ wind}}$)
- $M_{z, Ek} = 289 \text{ kNm}$ ($= 390 / 1,35_{Y \text{ gemiddeld}}$)
- $M_{y, Ek} = 274 \text{ kNm}$ ($= 370 / 1,35_{Y \text{ gemiddeld}}$)
- $M_{\text{totaal}, Ek} = 398 \text{ kNm}$ ($= \sqrt{(289^2 + 274^2)}$)
- Torsiemomenten worden niet meegenomen in de beschouwing van de scheurvorming.
- $W_{\text{max}, XD3} = 0,2 \text{ mm}$

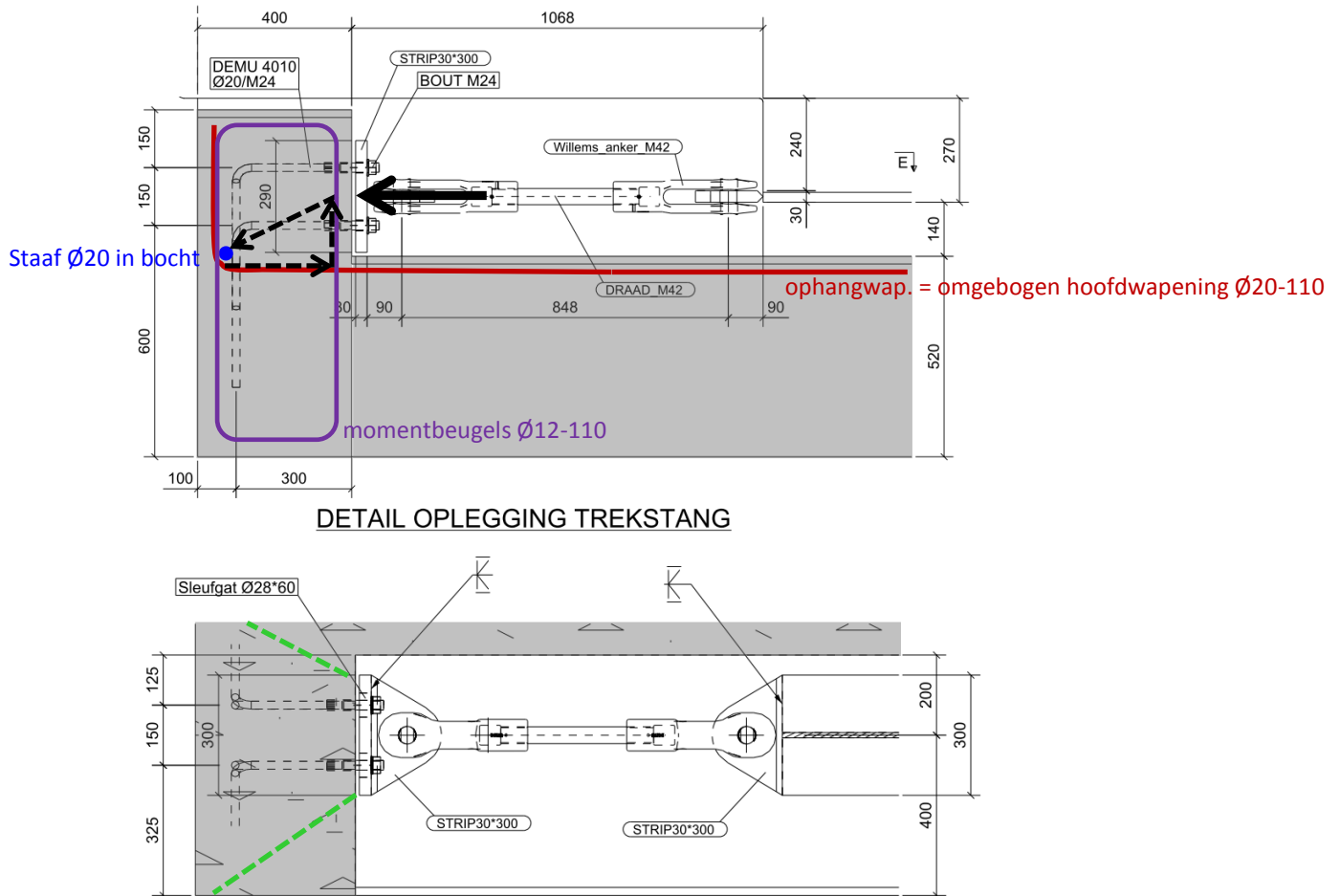
In bijlage 1 is de uitvoer opgenomen van een op dubbele buiging belaste balk.

$$\begin{aligned}
 \sigma_{s, \text{max bijl. 1, punt 5}} &= 199 \text{ N/mm}^2 \\
 s_{\text{max NEN-EN 1992-1-1 tabel 7.3N}} &= 150 \text{ mm} > 130 \text{ mm}_{s \text{ optredend max}} \rightarrow \text{optredende scheurwijdte is akkoord.}
 \end{aligned}$$

2.5. Bijlegwapening verbinding balkeinde

Bij druk in het Willemsanker blijven de ankers spanningsloos.

Er dient buigwapening en ophangwapening volgens onderstaand staafwerk te worden toegepast.



Door spreiding zijn slechts een bepaald aantal bovenstaven effectief als ophangwapening.

Effectieve breedte = $2 \cdot (325 + 150/2)$

= 800mm → slechts 6 bovenstaven Ø20-110 zijn effectief als ophangwapening.

Nacontrole capaciteit bovenwapening horizontaal

In de beschouwde zone treden geen torsiemomenten op.

$$\sigma_{s, \text{boven tgv. buiging}} = 115 \frac{E^6}{M_z, Ed \text{ balkeinde}} / (7 \cdot 314 \cdot \phi_{20} \cdot 400_z)$$

$$= 131 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{s, \text{onder tgv. N-kracht}} = N_{c, Ed} / A_{s, \text{effectief aanwezige ophangwap.}}$$

$$= 140 \frac{E^3}{(6 \cdot 314)} A_{s, \text{effectief aanwezige ophangwap.}}$$

$$= 74 \text{ N/mm}^2$$

$$UC = \frac{131 + 74}{435}$$

$$= 0,47 < 1 \rightarrow \text{voldoet}$$

Toetsing verankeringslengte en buigdoorn ophangwapening na bocht

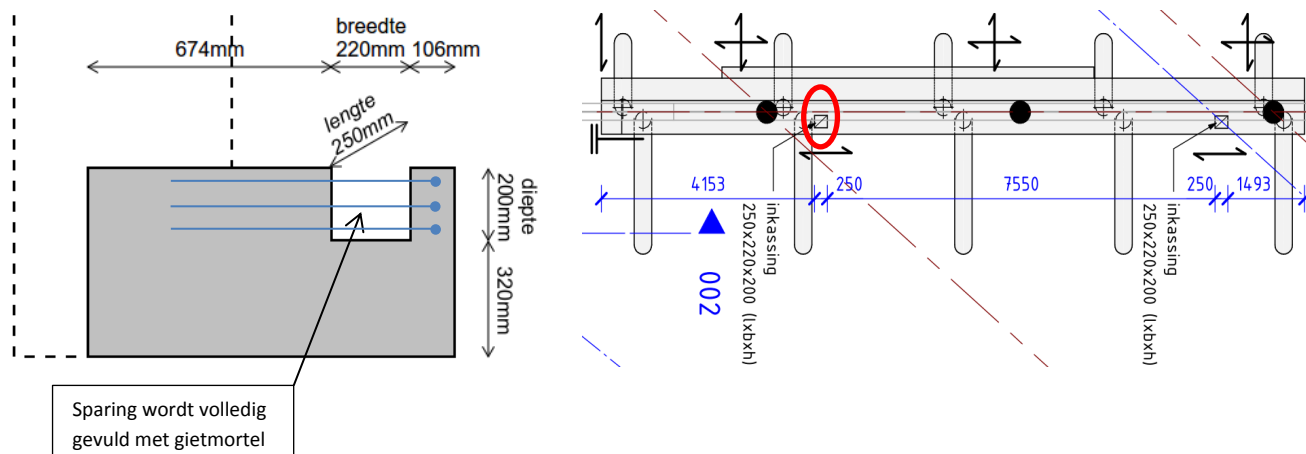
In het verticale deel na de bocht is slechts de ophangkracht à 140 kN (rekenwaarde) aanwezig.

Balk as B is maatgevend → zie par. 3.4.

Toetsing momentbeugel

Balk as B is maatgevend → zie par. 3.4.

2.6. Wapening rondom kluftverbinding



Krachten en momenten

De hierboven omcirkelde sparing is maatgevend voor de doorsnedetoets.

Maatgevende krachten en momenten in de gespaarde doorsnede:

$N_{t,Ed} \rightarrow \leftarrow$	= 140 kN	
$F_{Ed,opleg\ kluft}$	= 155 kN	
$V_{y,Ed} \text{ (schema 1)} \rightleftharpoons$	= 215 kN	(= $1,8_k$ correctie $V_y \cdot 120$)
$V_{z,Ed} \text{ (schema 2)} \updownarrow$	= 119 kN	(= $1,2_k$ correctie $V_z \cdot 99$)
$M_{x,Ed} \text{ (schema 1)} \curvearrowright$	= 65 kNm	(= $1,0_k$ correctie $M_x \cdot 65$)
$M_{z,Ed} \text{ (schema 1)} \curvearrowright$	= 390 kNm	(= $2,3_k$ correctie $M_z \cdot 170$)
$M_{y,veld,Ed} \text{ (schema 2)} \curvearrowright$	= nihil	(i.p.v. 370 kNm bij par. 2.4)
$M_{y,steunpunt,Ed} \text{ (schema 2)} \curvearrowright$	= 116 kNm	(i.p.v. 205 kNm bij par. 2.4) (= $1,5_k$ correctie $M_y \cdot 77$)

Opname normaalkracht en buigende momenten

De buigende momenten ten behoeve van de boven- en onderwapening zijn meer dan 40% kleiner dan waarop deze wapening in par. 2.4 is gedimensioneerd; een nacontrole op de buigwapening is niet nodig. Een nacontrole op de normaalkracht is hierdoor eveneens overbodig geworden.

De wapening ten gevolge van $M_{z,Ed}$ wordt niet beïnvloed door de sparing; een nacontrole op deze buigwapening is niet nodig

De invloed van de sparing op de torsieweerstand is nihil, zeker omdat het positieve effect van het gestippeld aangegeven doorsnededeel buiten beschouwing is gebleven bij de bepaling van de torsiewapening.

Opname dwarskrachten

De binnenste beugel ondervindt geen invloed van de sparing.

$$\begin{aligned}
 V_{z,Rd,s} &= 2 \cdot 1,131_{\text{binnenste beugel}} \cdot 400_z \cdot 435 \\
 &= 394 \text{ kN} \\
 UC &= \frac{119}{394} \\
 &= 0,30 < 1 \rightarrow \text{voldoet}
 \end{aligned}$$

Voor de buitenste beugels geldt:

- 40% van de staalspanning wordt gereserveerd voor de opname van $M_{x,Ed}$ (overeenkomstig par. 2.2).
- De resterende 60% is beschikbaar voor de opname van $V_{y,Ed}$

Ter hoogte van de sparing wordt aangenomen dat de horizontaal gerichte dwarskrachten worden opgenomen door het 674mm brede balkdeel.

$$\begin{aligned} V_{y,Rd,s} &= 2 \cdot 1,131 \cdot 520_z \cdot 60\% \cdot 435 \\ &= 307 \text{ kN} \\ UC &= \frac{215}{307} \\ &= 0,70 < 1 \rightarrow \text{voldoet} \end{aligned}$$

Horizontale ophangwapening ten behoeve van krachtsinleiding

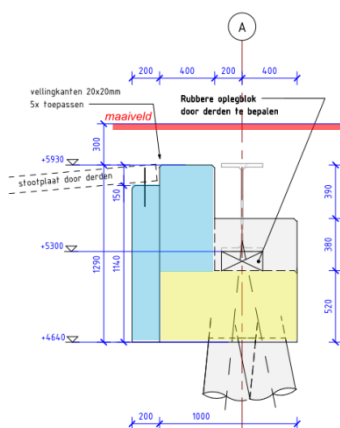
In verband met ongelijke krachtsafdracht, wordt de horizontale ophangwapening getoetst op 160% van

$$F_{Ed,opleg \text{ kluft}} (> 2 \cdot \frac{120}{155})$$

toegepaste ophangwap.: 3hrspØ16-50 (schematisch aangegeven in bovenstaande doorsnede) alleen de 2 hoogste hrsp worden meegerekend.

$$\begin{aligned} F_{Rd} &= 4 \cdot 201 \cdot 435 \\ &= 350 \text{ kN} \\ UC &= \frac{160\% \cdot 155}{350} \\ &= 0,71 < 1 \rightarrow \text{voldoet} \end{aligned}$$

2.7. Beugels en langswapening blauwe zone



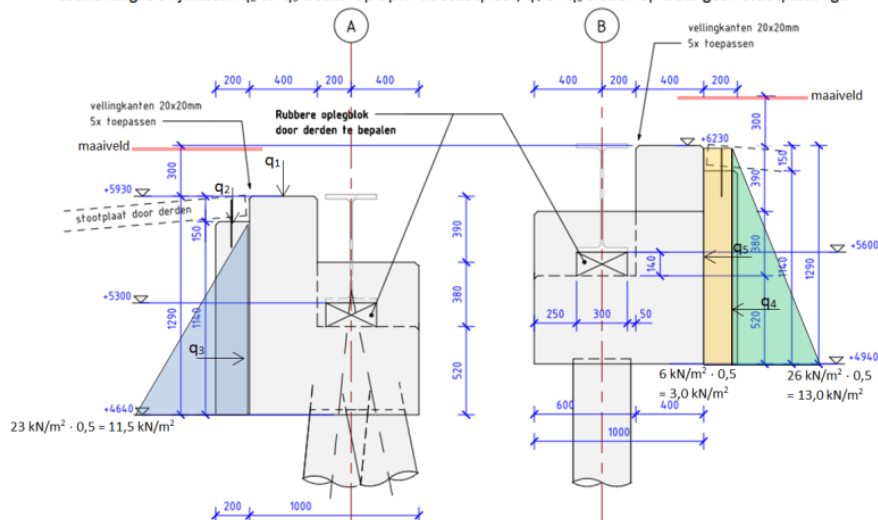
De krachten op de blauwe zone kunnen in 2 categorieën worden gesplitst:

1. Krachten ten gevolge van de horizontale gronddruk
2. Krachten als gevolg van compatibiliteit met de gele zone.

Krachten ten gevolge van horizontale gronddruk

Uit rapport 001 par. 2.2 volgt:

Let op: de belastingen q_1 t/m q_5 treden op beide assen op; onderstaande figuur is slechts ter grafische toelichting. De lijnlasten q_2 en q_3 treden op t.p.v. de stootplaat, q_4 en q_5 treden op waar geen stootplaat ligt.



De lijnlasten q_1 en q_2 hebben geen invloed op de blauwe zone.

$m_{T,Ed}$ t.g.v. q_3 = 1,0 kNm/m¹ ter plaatse van de stootplaten

$m_{T,Ed}$ t.g.v. $q_4 + q_5$ = 5,4 kNm/m¹ in overige balkdelen → maatgevend (= 1,9 + 3.5)

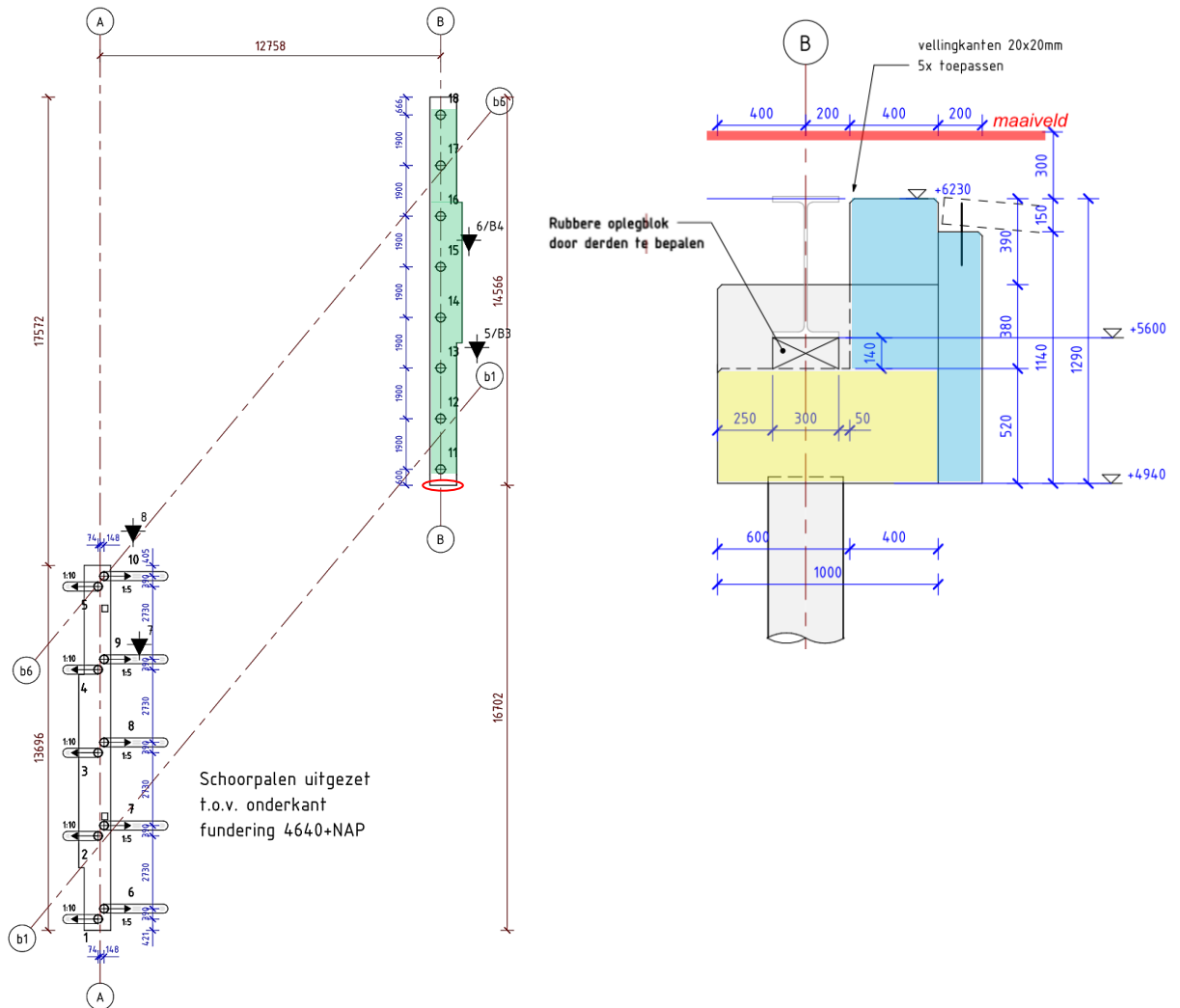
$A_{ben,bgls}$ = 5,4^{E6} / (300_z · 435_{fyd})
= 41 mm²/m¹

Praktische wapening is voldoende : hrspØ10-300
langstaven Ø12
hoekstaven Ø16

Krachten als gevolg van compatibiliteit met de gele zone

De aangegeven praktische wapening is afdoende.

3. FUNDERINGSBALK AS B

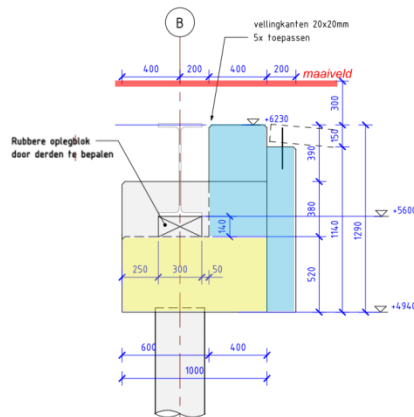


3.1. Overzicht omhullende krachten

Uit rapport 001, par. 2.3 en 2.4 volgen de onderstaande omhullende krachten en momenten (incl. correctiefactoren). Tenzij anders vermeld, treden deze krachten en momenten op tussen de uiterste palen (hierboven groen gemarkeerd).

$N_{c,Ed} \leftarrow$	= 222 kN (over de gehele balklengte)	
$N_{t,Ed} \rightarrow$	= 222 kN (over de gehele balklengte)	
$V_{y,Ed}$ (schema 1) $\leftrightarrow$	= 48 kN	(= $1,8_k$ correctie $V_y \cdot 26,7$)
$V_{z,Ed}$ (schema 2) $\uparrow$	= 625 kN (tussen de palen 11-12, 14-15 en 16-17)	(= $1,2_k$ correctie $V_z \cdot 522$)
$V_{z,Ed}$ (schema 2) $\downarrow$	= 164 kN (overige zone's)	(= $1,2_k$ correctie $V_z \cdot 137$)
$M_{x,Ed}$ (schema 1) $\curvearrowright$	= 36 kNm	(= $1,0_k$ correctie $M_x \cdot 36$)
$M_{z,Ed}$ (schema 1) $\curvearrowright$	= 115 kNm	(= $2,3_k$ correctie $M_z \cdot 49,2$)
$M_{y,veld,Ed}$ (schema 2) $\curvearrowright$	= 480 kNm	(= $1,5_k$ correctie $M_y \cdot 319$)
$M_{y,steunpunt,Ed}$ (schema 2) $\curvearrowright$	= 185 kNm	(= $1,5_k$ correctie $M_y \cdot 122$)
$M_{y,Ed}$ (schema 2) $\curvearrowright$	= ∓ 185 kNm (tussen paal 11 en het rood omcirkelde balkeinde)	(= $1,5_k$ correctie $M_y \cdot 122$)

3.2. Beugels gele zone



Uitgangspunten

Omdat torsie en dwarskracht gecombineerd optreden, wordt θ gelijkgesteld aan $45^\circ \rightarrow \cot \theta = 1$.

Er worden 4-snedige beugels toegepast, waarbij (tenzij anders aangegeven):

- de binnenste beugel de verticale dwarskracht opneemt.
- de buitenste beugel de horizontale dwarskracht en de torsie opneemt.

Keuze binnenste beugels : $\emptyset 12-100$ (tussen de palen 11-12, 14-15 en 16-17)
: $\emptyset 10-150$ (overige zone's)

Keuze buitenste beugels : $\emptyset 12-100$ (tussen de palen 11-12, 14-15 en 16-17)
: $\emptyset 10-150$ (overige zone's)

Toetsing buitenste beugels tussen de palen 11-12, 14-15 en 16-17

10% van de staalspanning wordt gereserveerd voor de opname van $V_{y,Ed}$.

20% van de staalspanning wordt gereserveerd voor de opname van $M_{x,Ed}$.

De resterende 70% is beschikbaar voor de opname van $V_{z,Ed} \rightarrow$ zie toetsing binnenste beugels.

$$V_{y,Rd,s} = 2 \cdot 1,131 \cdot 850_z \cdot 10\% \cdot 435$$

$$= 84 \text{ kN}$$

$$UC = \frac{48}{84}$$

$$= 0,57 < 1 \rightarrow \text{voldoet}$$

$$t_{ef} = 171 \text{ mm} \quad (= (520 \cdot 1000)_A / (2 \cdot 520 + 2 \cdot 1000)_{uk} \geq 2 \cdot (40_{c \text{ op bgls bij XD3}} + 12\phi_{bgls} + 10_{0,5\phi_{HW}}))$$

$$A_k = 289^{E3} \text{ mm}^2 \quad (= (520 - 171_{t_{ef}}) \cdot (1000 - 171_{t_{ef}}))$$

$$T_{Rd,s} = A_{sw \text{ enkelsnedig}} \cdot 2 \cdot A_k \cdot f_{yw}$$

$$= 1,131 \cdot 2 \cdot 289^{E3} \cdot 20\% \cdot 435 / 1$$

$$= 57 \text{ kNm}$$

$$UC = \frac{36}{57}$$

$$= 0,63 < 1 \rightarrow \text{voldoet}$$

Toetsing binnenste beugels tussen de palen 11-12, 14-15 en 16-17

$$V_{z,Rd,s} = 2 \cdot 1,131_{\text{binnenste beugels}} \cdot 400_z \cdot 435 + 2 \cdot 1,131_{\text{buitenste beugels}} \cdot 400_z \cdot 70\% \cdot 435$$

$$= 394 + 276$$

$$= 670 \text{ kN}$$

$$UC = \frac{625}{670}$$

$$= 0,90 < 1 \rightarrow \text{voldoet}$$

Toetsing buitenste beugels overige zone's

30% van de staalspanning wordt gereserveerd voor de opname van $V_{y,Ed}$.

De resterende 70% is beschikbaar voor de opname van $M_{x,Ed}$.

$$V_{y,Rd,s} = 2 \cdot 0,524 \cdot 850_z \cdot 30\% \cdot 435$$

$$= 116 \text{ kN}$$

$$UC = \frac{48}{116}$$

$$= 0,41 < 1 \rightarrow \text{voldoet}$$

$$t_{ef} = 171 \text{ mm} \quad (= (520 \cdot 1000)_A / (2 \cdot 520 + 2 \cdot 1000)_{uk} \geq 2 \cdot (40_{c \text{ op bgls bij XD3}} + 10_{\phi \text{ bgls}} + 10_{0,5 \phi HW}))$$

$$A_k = 289^{E3} \text{ mm}^2 \quad (= (520 - 171_{t_{ef}}) \cdot (1000 - 171_{t_{ef}}))$$

$$T_{Rd,s} = A_{sw \text{ enkelsnedig}} \cdot 2 \cdot A_k \cdot f_{yw} / \cot \theta$$

$$= 0,524 \cdot 2 \cdot 289^{E3} \cdot 70\% \cdot 435$$

$$= 92 \text{ kNm}$$

$$UC = \frac{36}{92}$$

$$= 0,39 < 1 \rightarrow \text{voldoet}$$

Toetsing binnenste beugels overige zone's

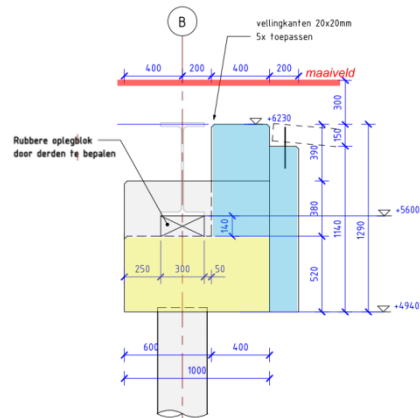
$$V_{z,Rd,s} = 2 \cdot 0,524 \cdot 400_z \cdot 435$$

$$= 182 \text{ kN}$$

$$UC = \frac{164}{182}$$

$$= 0,90 < 1 \rightarrow \text{voldoet}$$

3.3. Langswapening gele zone



Uitgangspunten

Milieuklasse	: XC4, XD3, XF4
Constructieklasse	: S4
Dekking op de beugels	: 40mm
Keuze buigwapening verticaal	: 2Ø20-130 (excl. hoekstaven)
Keuze buigwapening horizontaal boven	: 9Ø20-110 (incl. hoekstaven)
Keuze buigwapening horizontaal onder	: 9Ø25-110 (incl. hoekstaven)
Verankering langswapening	: hrspØ16
	Laslengte = 900mm $(= 1,5_{a6} \cdot 800_{Lv \text{ Ø20 bovenstaaf}} \cdot 0,69_{UC, par. 3.3})$

Langswapening rondom ten gevolge van torsie

De hieronder berekende wapening moet worden gesuperponeerd op de buigwapening.

$$t_{ef} = 171 \text{ mm} \quad (= (520 \cdot 1000)_A / (2 \cdot 520 + 2 \cdot 1000)_{uk} \geq 2 \cdot (40_{c \text{ op bgls bij XD3}} + 12_{\phi \text{ bgls}} + 10_{0,5 \phi HW}))$$

$$\begin{aligned}
 A_k &= 289^{E3} \text{ mm}^2 & (= (520 - 171_{t\text{ef}}) \cdot (1000 - 171_{t\text{ef}})) \\
 T_{Rd,s} &= \Sigma A_{sL} / u_k \cdot 2 \cdot A_k \cdot f_{yw} \\
 \Sigma A_{sL} / u_k &= T_{Rd,s} / (2 \cdot A_k \cdot f_{yd}) \\
 &= 36^{E6} / (2 \cdot 289^{E3} \cdot 435) \\
 &= 0,143 \text{ mm}^2/\text{mm}^1 \\
 &= 143 \text{ mm}^2/\text{m}^1 \text{ gelijkmatig rondom aan te brengen}
 \end{aligned}$$

Langswapening rondom ten gevolge van normaalkrachten

$N_{c,Ed}$ levert drukspanningen in de betondoorsnede en mag worden verwaarloosd.

$N_{t,Ed}$ vraagt trekwapening welke moet worden gesuperponeerd op de buigwapening.

$$\begin{aligned}
 A_{ben} &= 222^{E3} / 435 \\
 &= 510 \text{ mm}^2 \\
 A_{ben}/u_k &= 510 / (2 \cdot 0,520 + 2 \cdot 1,000)_{uk} \\
 &= 168 \text{ mm}^2/\text{m}^1 \text{ gelijkmatig rondom aan te brengen}
 \end{aligned}$$

Toetsing capaciteit langswapening verticaal

$$\begin{aligned}
 \sigma_{s,door \text{ buiging}} &= 115^{E6}_{Mz,Ed} / (2 \cdot 314_{\phi 20} \cdot 850_z) \\
 &= 215 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{s,door \text{ torsie}} &= A_{ben}/A_{aanwezig} \cdot 435_{fyd} \\
 &= 143 \cdot (0,520 - 2 \cdot 0,130/2) / (2 \cdot 314_{\phi 20}) \cdot 435 \\
 &= 39 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{s,door \text{ normaalkracht}} &= A_{ben}/A_{aanwezig} \cdot 435_{fyd} \\
 &= 168 \cdot (0,520 - 2 \cdot 0,130/2) / (2 \cdot 314_{\phi 20}) \cdot 435 \\
 &= 45 \text{ N/mm}^2 \\
 UC &= \frac{215+39+45}{435} \\
 &= 0,69 < 1 \rightarrow \text{voldoet}
 \end{aligned}$$

Toetsing capaciteit langswapening horizontaal

$$\begin{aligned}
 \sigma_{s,boven \text{ tgv. buiging}} &= 185^{E6}_{My,Ed} / (9 \cdot 314_{\phi 20} \cdot 400_z) \\
 &= 163 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{s,onder \text{ tgv. torsie}} &= A_{ben}/A_{aanwezig} \cdot 435_{fyd} \\
 &= 143 \cdot (1,00 + 2 \cdot 0,130/2) / (9 \cdot 314_{\phi 20}) \cdot 435 \\
 &= 25 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{s,onder \text{ tgv. N-kracht}} &= A_{ben}/A_{aanwezig} \cdot 435_{fyd} \\
 &= 168 \cdot (1,00 + 2 \cdot 0,130/2) / (9 \cdot 314_{\phi 20}) \cdot 435 \\
 &= 29 \text{ N/mm}^2 \\
 UC &= \frac{163+25+29}{435} \\
 &= 0,50 < 1 \rightarrow \text{voldoet} \\
 \sigma_{s,onder \text{ tgv. buiging}} &= 480^{E6}_{My,Ed} / (9 \cdot 491_{\phi 25} \cdot 400_z) \\
 &= 271 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{s,onder \text{ tgv. torsie}} &= A_{ben}/A_{aanwezig} \cdot 435_{fyd} \\
 &= 143 \cdot (1,00 + 2 \cdot 0,130/2) / (9 \cdot 491_{\phi 25}) \cdot 435 \\
 &= 16 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{s,onder \text{ tgv. N-kracht}} &= A_{ben}/A_{aanwezig} \cdot 435_{fyd} \\
 &= 168 \cdot (1,00 + 2 \cdot 0,130/2) / (9 \cdot 491_{\phi 25}) \cdot 435 \\
 &= 19 \text{ N/mm}^2 \\
 UC &= \frac{271+16+19}{435} \\
 &= 0,70 < 1 \rightarrow \text{voldoet}
 \end{aligned}$$

Toetsing capaciteit langswapening horizontaal tussen paal 1 en het balkeinde

In de beschouwde zone treden geen torsiemomenten op.

Er wordt gerekend met de toegepaste haarspelden/verankeringen.

$$\begin{aligned}
 \sigma_{s, \text{tgv. buiging}} &= 185 \frac{E^6}{M_{y, Ed}} / (9 \cdot 201 \phi_{16} \cdot 400_z) \\
 &= 256 \text{ N/mm}^2 \\
 \sigma_{s, \text{tgv. N-kracht}} &= A_{\text{ben}} / A_{\text{aanwezig}} \cdot 435_{fyd} \\
 &= 168 / (9 \cdot 201 \phi_{16}) \cdot 435 \\
 &= 40 \text{ N/mm}^2 \\
 UC &= \frac{256+40}{435} \\
 &= 0,68 < 1 \rightarrow \text{voldoet}
 \end{aligned}$$

Beschouwing scheurvorming langswapening

Op basis van de volgende uitgangspunten wordt een beschouwing van de scheurvorming gedaan:

- $N_{t, Ek} = 148 \text{ kN}$ ($= 222 / 1,5_{\gamma \text{ wind}}$)
- $M_{z, Ek} = 85 \text{ kNm}$ ($= 115 / 1,35_{\gamma \text{ gemiddeld}}$)
- In bijlage 2 is de krachtswerking van schema 2 herberekend met $k_{\text{paal}} = 90000 \text{ kN per m}^1 \text{ zakkings}$.
- $M_{y, Ek} = 254 \text{ kNm}$ ($= 343_{\text{zie bijlage 2}} / 1,35_{\gamma \text{ gemiddeld}}$)
- $M_{\text{totaal}, Ek} = 267 \text{ kNm}$ ($= \sqrt{(85^2 + 254^2)}$)
- Torsiemomenten worden niet meegenomen in de beschouwing van de scheurvorming.
- $W_{\text{max}, XD3} = 0,2 \text{ mm}$

In bijlage 3 is de uitvoer opgenomen van een op dubbele buiging belaste balk.

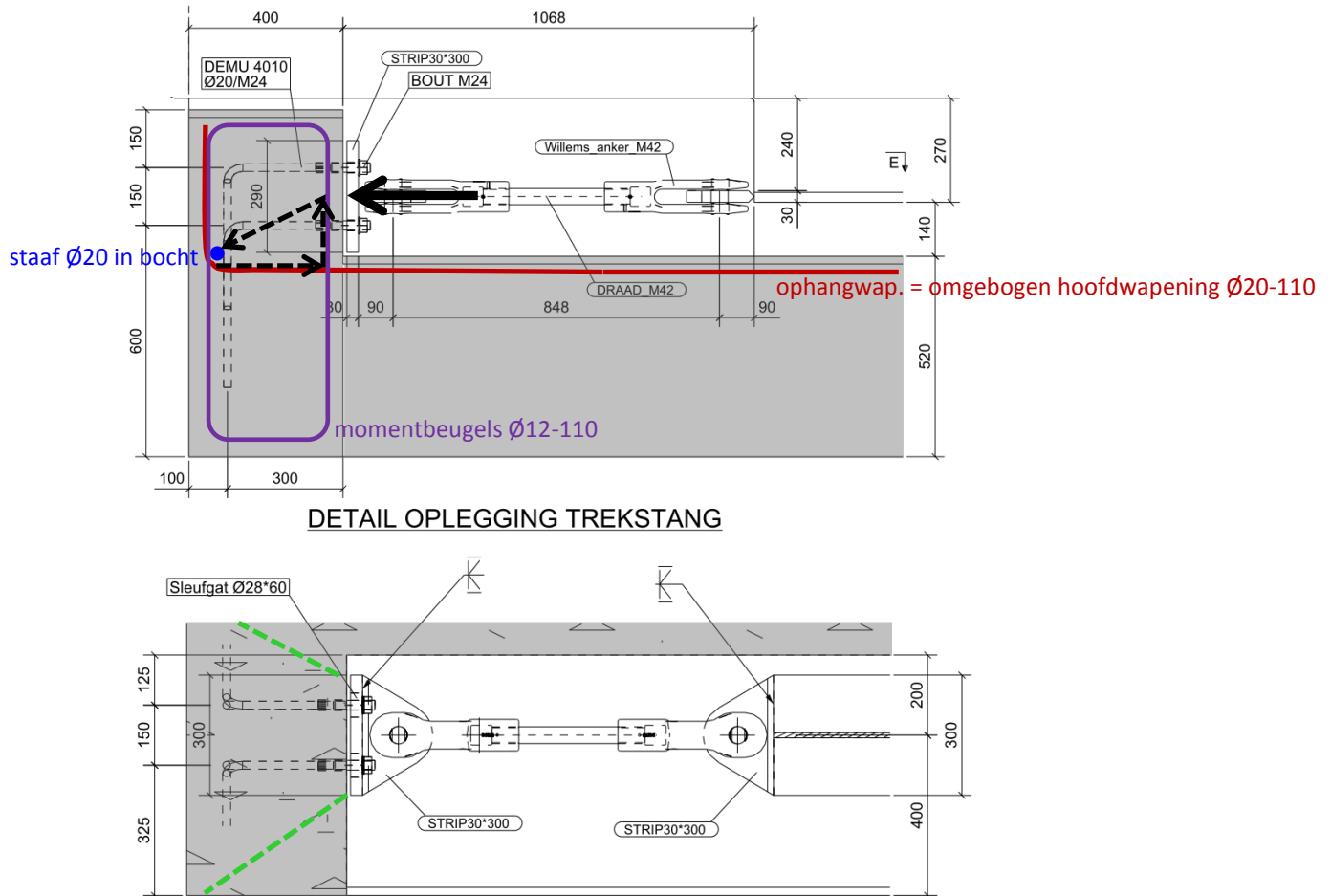
$$\sigma_{s, \text{max}} \text{ bijl. 3, punt 5} = 186 \text{ N/mm}^2$$

$$s_{\text{max}} \text{ NEN-EN 1992-1-1 tabel 7.3N} = 165 \text{ mm} > 130 \text{ mm}_{s \text{ optredend max}} \rightarrow \text{optredende scheurwijdte is akkoord.}$$

3.4. Bijlegwapening verbinding balkeinde

Bij druk in het Willemsanker blijven de ankers spanningsloos.

Er dient buigwapening en ophangwapening volgens onderstaand staafwerk te worden toegepast.



Door spreiding zijn slechts een bepaald aantal bovenstaven effectief als ophangwapening.

Effectieve breedte = $2 \cdot (325 + 150/2)$

= 800mm → slechts 7 bovenstaven Ø20-110 zijn effectief als ophangwapening.

Nacontrole capaciteit bovenwapening horizontaal

In de beschouwde zone treden geen torsiemomenten op.

$$\sigma_{s, \text{boven tgv. buiging}} = 185 \frac{E^6}{M_z, Ed} / (9 \cdot 314 \phi_{20} \cdot 400_z) \\ = 163 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{s, \text{onder tgv. N-kracht}} = N_{c, Ed} / A_{s, \text{effectief aanwezige ophangwap.}} \\ = 222 \frac{E^3}{(7 \cdot 314)_{A_s \text{ effectief aanwezige ophangwap.}}} \\ = 101 \text{ N/mm}^2$$

$$UC = \frac{163 + 101}{435} \\ = 0,61 < 1 \rightarrow \text{voldoet}$$

Toetsing verankeringslengte en buigdoorn ophangwapening na bocht

In het verticale deel na de bocht is slechts de ophangkracht à 222 kN (rekenwaarde) aanwezig.

$$\sigma_{s, \text{ophangwap.}} = 101 \text{ N/mm}^2 \text{ in 7 verticale staven } \phi_{20-110} \\ L_{vr \text{ bij 40mm dekking}} = 608_{L_v} \cdot \frac{101}{435} \\ = 141 \text{ mm}$$

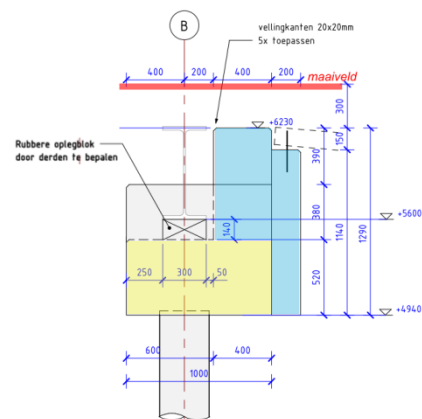
$$\begin{aligned}
 L_v \text{ aanwezig} &= \text{ca. 300mm} \rightarrow \text{verankeringslengte voldoet.} \\
 \varnothing_{m, \text{toegepast}} &= 5 \cdot 20 \varnothing_{\text{ophangwapening}} \\
 &= 100\text{mm} \\
 \varnothing_{m, \text{min}} &= F_{bt} \cdot \left(\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2\varnothing} \right) / f_{cd} \\
 &= 222^{E3} / 7 \cdot \left(\frac{1}{110/2} + \frac{1}{2 \cdot 20} \right) / 20 \\
 &= 68\text{mm} < \varnothing_{m, \text{toegepast}} \rightarrow \text{de toegepast buigdoorn voldoet} \\
 &\quad \text{in de bocht praktisch een staaf } \varnothing 20 \text{ toepassen}
 \end{aligned}$$

Toetsing momentbeugel

$$\begin{aligned}
 M_{Ed} &= N_{c,Ed} \cdot (140 + 30/2 + 30_{\text{tolerantie}})_{\text{arm}}' \\
 &= 222^{E3} \cdot 185_{\text{arm}}' \\
 &= 41 \text{ kNm} \\
 \text{effectieve bgls} &: 7\varnothing 12-110 \\
 M_{Rd} &= 7 \cdot 113 \cdot 300_z \cdot 435_{fyd} \\
 &= 103 \text{ kNm} \\
 UC &= \frac{41}{107} \\
 &= 0,38 < 1 \rightarrow \text{voldoet}
 \end{aligned}$$

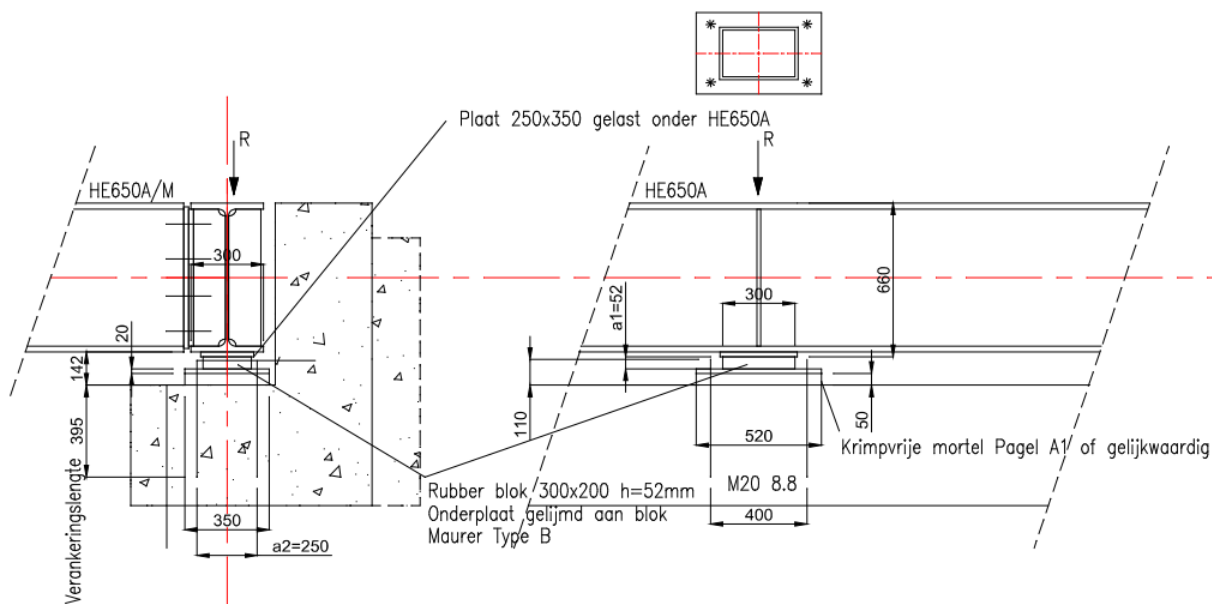
3.5. Beuglen en langswapening blauwe zone

Zie par. 2.7.



4. VERANKERINGEN

4.1. Oplegdetail 1 – Verticale oplegging



Krachten op verbinding

$F_{\text{verticaal, opleg, Ed, max}} = 679 \text{ kN}$

(zie rapport 17-011_001, Sn4 bijlage 3)

In rapport M02859-105-009 (PT Structural) is voor oplegging 1 een reactiekracht van 672 kN aangehouden.

$V_{\text{Ed, anker}} = 67 \text{ kN per 4 ankers}$

(zie rapport M02859-105-009, pag. D 4.1-1)

Op de voetplaat van de verbinding treedt ook nog een moment op van 35 kNm, maar door de hoge verticale oplegreactie blijft verbinding onder druk.

Ankerkeuze

Keuze : Demu 4010 M20Ø16 ($L \geq 400 \text{ mm}$)

$V_{\text{Rd}} = 50 \text{ kN}$

($= 201 \cdot 435 / \sqrt{3}$)

UC $= \frac{17}{50}$

$= 0,34 < 1 \rightarrow \text{voldoet}$

$L_{\text{v benodigd}} = 0,34_{\text{UC}} \cdot 400_{\text{Lv Ø16}}$

$= 136 \text{ mm} < 400 \text{ mm beschikbare laslengte} \rightarrow \text{voldoet}$

Ophangwapening

Om de ankers worden 2 platte bgl's Ø12-50 gelegd.

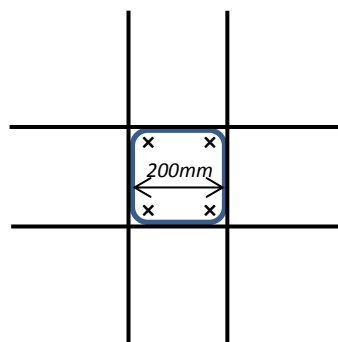
Langs elke beugelzijde wordt 1 staaf Ø12 gelegd ($L = 1 \text{ m}$).

$A_{\text{s, ophang}} = 2 \cdot 113 \cdot 435$

$= 98 \text{ kN (1 bgl gerekend)}$

UC $= \frac{67}{98}$

$= 0,68 < 1 \rightarrow \text{voldoet}$

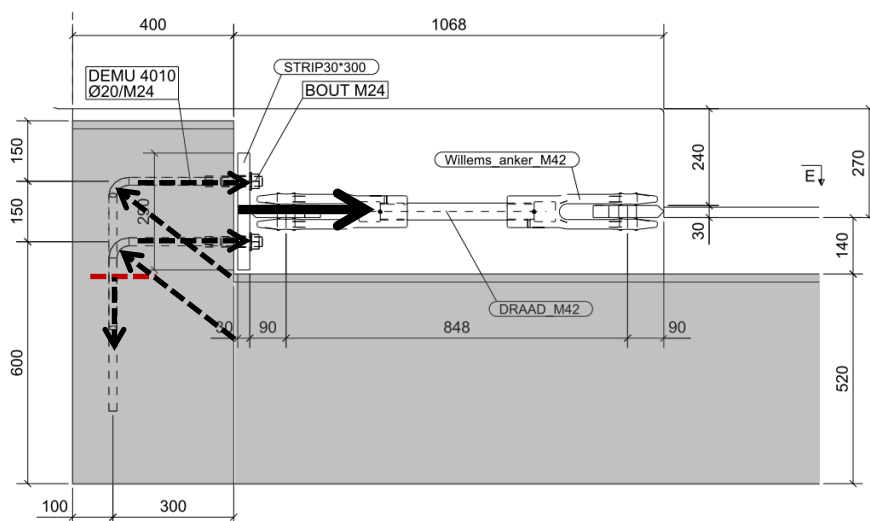


Laslengte ophangwapening

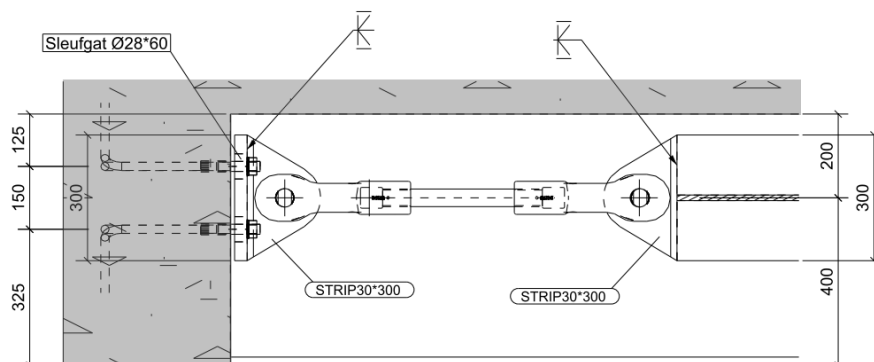
$L_{\text{las}} = 0,68_{\text{UC}} \cdot 300_{\text{Lv Ø12 bij 40mm dekking}}$

$= 204 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm beschikbare laslengte} \rightarrow \text{voldoet}$

4.2. Oplegdetail 2 – Horizontale oplegging met Willemsanker



DETAIL OPLEGGING TREKSTANG



Krachten op verbinding

$$F_{hor.,opleg,Ed,max} = 222 \text{ kN op 4 ankers}$$

(zie rapport 17-011_001, Sn11 bijlage 3)

$$N_{Ed,anker} = 56 \text{ kN per anker}$$

Ankerkeuze

Keuze : Demu 4010 M24Ø20 ($L \geq 1005 \text{ mm}$)

$$N_{Rd} = 137 \text{ kN}$$

(= $314 \cdot 435$)

$$UC = \frac{56}{137}$$

$$= 0,41 < 1 \rightarrow \text{voldoet}$$

Toetsing buigdoorn verankering

In het verticale deel na de bocht is in elk anker 56 kN aanwezig.

$$\phi_{m,toegepast} = 5 \cdot 20 \phi_{anker}$$

$$= 100 \text{ mm}$$

$$\phi_{m,min} = F_{bt} \cdot \left(\frac{1}{a_b} + \frac{1}{2\phi} \right) / f_{cd}$$

$$= 56^{E3} \cdot \left(\frac{1}{150/2} + \frac{1}{2 \cdot 20} \right) / 20$$

$$= 107 \text{ mm} \approx \phi_{m,toegepast}$$

→ de toegepast buigdoorn voldoet

in de bocht praktisch een staaf Ø20 toepassen

Verankeringslengte ankers

Ter hoogte van de rode streeplijn bevindt zich de maatgevende snede.

$$N_{Ed} = 56 \text{ kN per anker}$$

$$M_{Ed \text{ verbinding}} = N_{t,Ed} \cdot (140 + 30/2)_{arm'} \\ = 222^{E3} \cdot 155_{arm'}$$

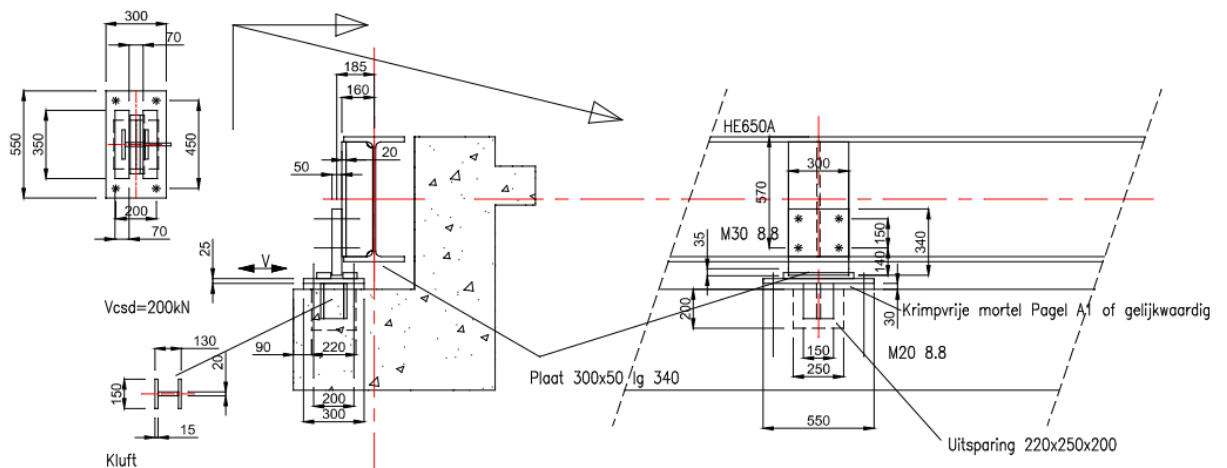
$$= 34 \text{ kNm}$$

$$\sigma_s = 56^{E3} / 314_{\phi 20} + 34^{E6} / 250_z / (4 \cdot 314_{\phi 20}) \\ = 286 \text{ N/mm}^2$$

$$UC = 286 / 435 \\ = 0,66 < 1 \rightarrow \text{voldoet}$$

$$L_v \text{ benodigd} = 0,66_{UC} \cdot 608_{L_v \text{ bij } 100 \text{ mm dekking en } s = 100 \text{ mm}} \\ = 400 \text{ mm} < 420 \text{ mm beschikbare laslengte} \rightarrow \text{voldoet}$$

4.3. Oplegdetail 3 – Horizontale oplegging middels kluft



Krachten op verbinding

$$F_{hor.,opleg,Ed,max} = 155 \text{ kN}$$

(zie rapport 17-011_001, Sn9 bijlage 3)

Bovenstaande kracht wordt door de kluft overgedragen. De hierbij benodigde wapening is in par. 2.6 bepaald.

Zolang de aangegoten kluftverbinding niet is uitgehard, is de verbindingssplaat met 4 ankers aan het beton verbonden met praktische ankers Demu 4010 M20Ø16 ($L \geq 400 \text{ mm}$).

BIJLAGEN

Bijlage 1. Balk as A belast op dubbele buiging

TS/MN-Kappa
Rel: 6.00 15 jun 2017

Project : 17-011 - Voetgangersbrug golfbaan Cromvoirt
 Onderdeel : Balk as A
 Dimensies : kN;m;rad (tenzij anders aangegeven)
 Datum : 13/06/2017
 Bestand : K:\17-011\RekFiles\002 Wapening fundering\17-011 Balk as A.mnk
 Referentieperiode: 50 jaar

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Beton NEN-EN 1992-1-1:2011 (nl) C2:2011 (nl) NB:2011 (nl)

Invoer

Geometrie

Elementtype : Balk
 Scheve buiging : Nee
 Treksterkte $f_{ctm,fl}$: Nee
 Doorsnede vorm : 0:Rechthoek
 Breedte : 1000 Hoogte : 520
 Betonkwaliteit : C30/37 (kruipfactor=2.47)

Doorsnedegrootheden

Grootheden exclusief wapening

A_b = 520000 mm²
 z_z = 260.0 mm y_z = 500.0 mm
 I_y = 11717333333 mm⁴ I_z = 43333333333 mm⁴

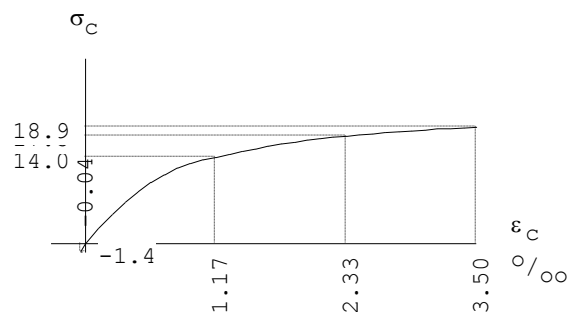
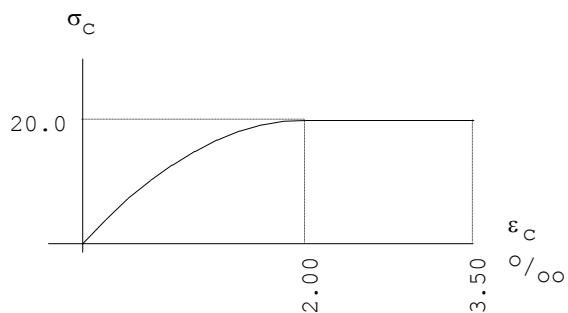
Wapening

nr.	y-coörd. [mm]	z-coörd. [mm]	Diameter [mm]	As/Ap [mm ²]	Perc. [%]	Staalkwaliteit	Voorspanning [N/mm ²]
1	171.5	458.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
2	281.0	458.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
3	390.5	458.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
4	500.0	458.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
5	609.5	458.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
6	719.0	458.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
7	828.5	458.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
8	64.5	455.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
9	64.5	325.2	25.0	490.9	100	B500A	0.0
10	64.5	194.8	25.0	490.9	100	B500A	0.0
11	935.5	455.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
12	935.5	325.2	25.0	490.9	100	B500A	0.0
13	935.5	194.8	25.0	490.9	100	B500A	0.0
14	64.5	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
15	173.4	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
16	282.3	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
17	391.1	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
18	500.0	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
19	608.9	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
20	717.8	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
21	826.6	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
22	935.5	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0

Materiaal: C30/37 (kruipfactor=2.47)

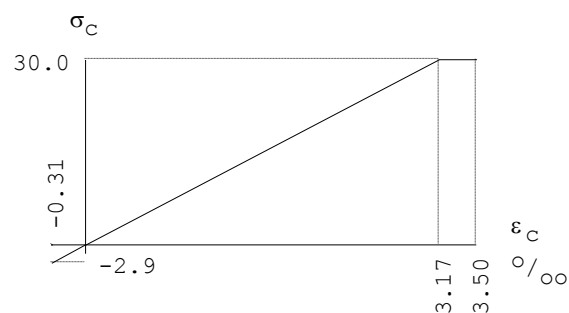
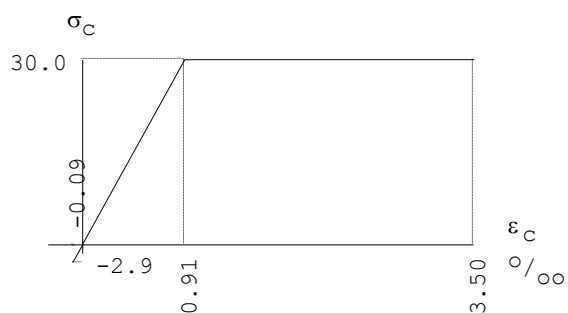
Spanningsrekdiagrammen
Sterkte

Uiterste Grenstoestand



Kortdurende belasting

Langdurende belasting

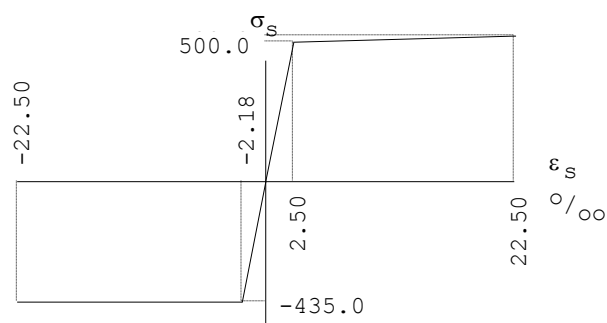
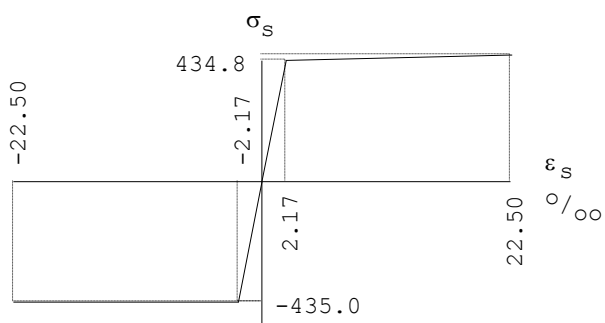


Materiaal: B500A

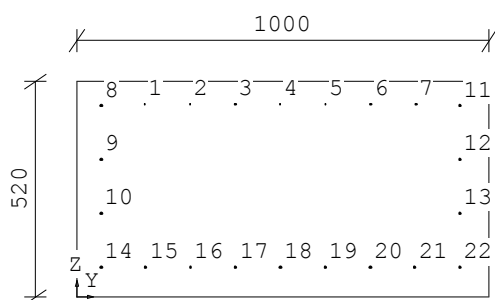
Spanningsrekdiagrammen

Sterkte

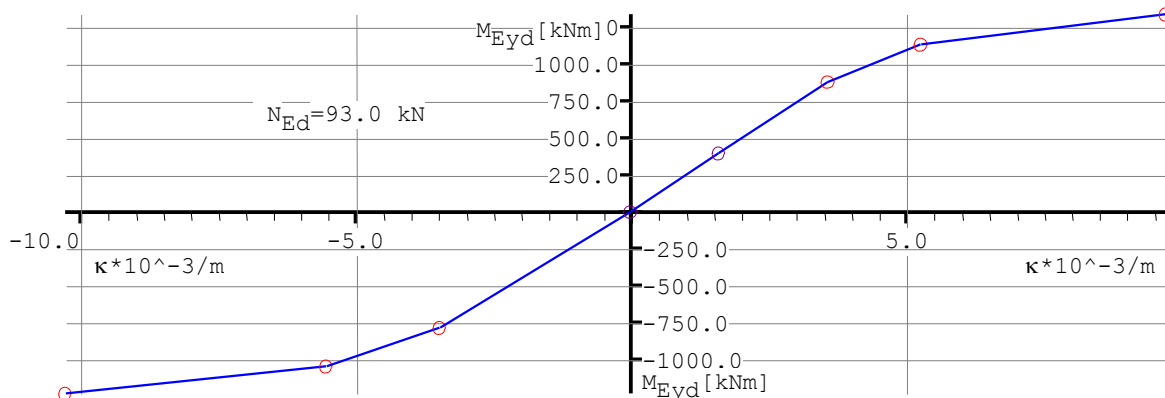
Gebruik



Invoer Grafisch



MN-Kappa-diagram -Sterkte-



$N_{Ed} = 93.000 \text{ kN}$ hoek = -133.5 graden

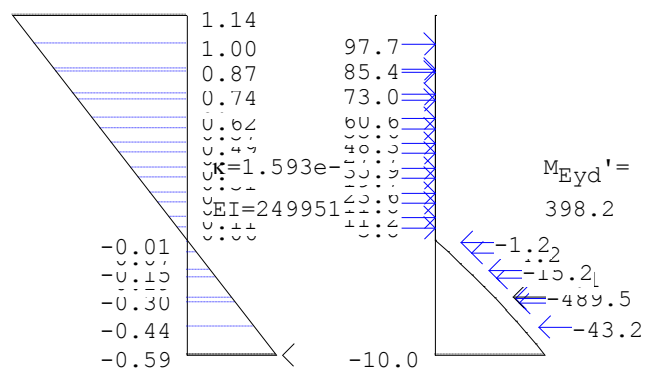
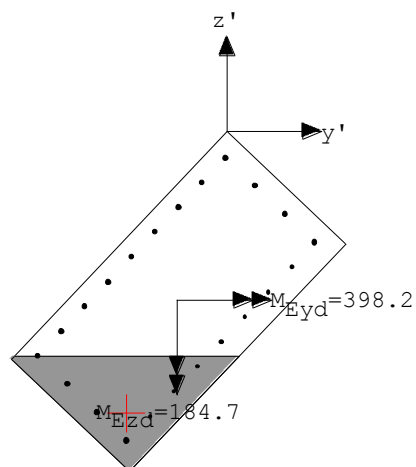
Punt	z' [mm]	$\Delta\epsilon$ [o/oo]	σ [N/mm ²]	x [mm]	ϵ t.p.v. bovenkant [o/oo]	ϵ t.p.v. onderkant [o/oo]
1: C30/37 breekt	-0.0	-3.500	-20.0	341.0	-3.50000	7.62219
2: C30/37 vloeit	-0.0	-2.000	-20.0	361.5	-2.00000	3.99474
3: B500A vloeit	-992.3	2.174	434.8	366.4	-1.27247	2.49062
4: $M_{Ed}=0.000 \text{ kNm}$	-1083.5	0.055	0.0	0.0	0.04247	0.05519
5: $M_{Ed}=398.242 \text{ kNm}$	-1083.5	-0.586	0.0	367.6	1.14063	-0.58562
6: B500A vloeit	-91.2	2.174	434.8	382.8	2.49914	-1.36527
7: C30/37 vloeit	-1083.5	-2.000	-20.0	380.5	3.69477	-2.00000
8: C30/37 breekt	-1083.5	-3.500	-20.0	360.2	7.02805	-3.50000

Punt	$M_{y,d}$ [kNm]	κ [10 ⁻³ /m]	EI [kNm ²]	d [mm]	z [mm]	Voorwaarde
1: C30/37 breekt	-1230.7	-10.265	119886	716.7	530.1	$\epsilon_c = \epsilon_{cu,2}$
2: C30/37 vloeit	-1047.1	-5.533	189252	762.6	574.7	$\epsilon_c = \epsilon_{c,2}$
3: B500A vloeit	-786.9	-3.473	226576	788.2	601.3	$\epsilon_s = \epsilon_{y,d,t}$
4: $M_{Ed}=0.000 \text{ kNm}$	0.0	-0.012	0	0.0	0.0	Normaalkracht
5: $M_{Ed}=398.242 \text{ kNm}$	398.2	1.593	249951	793.4	609.9	Fundamenteel
6: B500A vloeit	879.9	3.567	246698	797.8	603.4	$\epsilon_s = \epsilon_{y,d,t}$
7: C30/37 vloeit	1132.0	5.256	215370	780.2	583.6	$\epsilon_c = \epsilon_{c,2}$
8: C30/37 breekt	1338.5	9.717	137751	739.2	543.7	$\epsilon_c = \epsilon_{cu,2}$

$M_{y,d} = 398.242 \text{ kNm}$ $E = EI_d / I_{ong.} = 249951 \cdot 10^9 / 28367080403 = 8811 \text{ N/mm}^2$

Punt 5 - Sterkte

Voorwaarde $M_{Ed}=398.242 \text{ kNm}$ op de vezel $z'=-1083.5 \text{ mm}$



Hoek tussen buigingsas en neutrale lijn ($\alpha = 0.000$)

Plaats zwaartepunt op $y'=-155.3$ $z'=-541.7$ ($y=-155.3$ $z=-541.7$)

z' Wapening [mm]	Perc. [o/o]	A _s / A _p [mm ²]	Δε [o/oo]	σ _b [N/mm ²]	Δσ _s [N/mm ²]
-992.3 1025	100	490.9	-0.4403400	-	-88.068
-916.3 1020	100	314.2	-0.3193644	-	-63.873
-902.6 1025	100	490.9	-0.2975033	-	-59.501
-1083.5			-0.5856224	-9.998	-
-836.9 1020	100	314.2	-0.1927576	-	-38.552
-812.9 1025	100	490.9	-0.1545570	-	-30.911
-757.4 1020	100	314.2	-0.0661509	-	-13.230
-723.3 1025	100	490.9	-0.0117203	-	-2.344
-678.0 1020	100	314.2	0.0604558	-	12.091
-644.2 1025	100	490.9	0.1141927	-	22.839
-598.5 1020	100	314.2	0.1870626	-	37.413
-565.3 1025	100	490.9	0.2399901	-	47.998
-519.0 1020	100	314.2	0.3136693	-	62.734
-486.2 1025	100	490.9	0.3659031	-	73.181
-439.6 1020	100	314.2	0.4402761	-	88.055
-407.2 1025	100	490.9	0.4918161	-	98.363
-360.2 1025	100	490.9	0.5667328	-	113.347
-328.2 1025	100	490.9	0.6177291	-	123.546
-270.6 1025	100	490.9	0.7095695	-	141.914
-249.2 1025	100	490.9	0.7435265	-	148.705
-180.8 1025	100	490.9	0.8525158	-	170.503
-170.2 1025	100	490.9	0.8694395	-	173.888
-91.2 1025	100	490.9	0.9953525	-	199.070

Inwendige krachten

y' [mm]	z' [mm]	N _{E c} [kN]	N _{E s} / ΔN _{E p} [kN]	dy' [mm]	dz' [mm]	N _{E d} [kN]	N _{E d} * dy' [kNm]	N _{E d} * dz' [kNm]
-313.1	-992.3		-43.230	-157.8	-450.5	-43.230	6.820	19.477
-237.7	-916.3		-20.066	-82.3	-374.6	-20.066	1.652	7.517
-407.7	-902.6		-29.207	-252.3	-360.9	-29.207	7.370	10.541
-320.6	-896.8	-489.519		-165.3	-355.1	-489.519	80.908	173.805
-162.3	-836.9		-12.111	-7.0	-295.2	-12.111	0.085	3.575
-502.3	-812.9		-15.174	-346.9	-271.2	-15.174	5.264	4.115
-87.0	-757.4		-4.156	68.3	-215.7	-4.156	-0.284	0.896
-596.8	-723.3		-1.151	-441.5	-181.5	-1.151	0.508	0.209
-11.6	-678.0		3.799	143.7	-136.2	3.799	0.546	-0.517
-521.9	-644.2		11.211	-366.6	-102.5	11.211	-4.110	-1.149
63.7	-598.5		11.753	219.0	-56.8	11.753	2.574	-0.667
-447.1	-565.3		23.561	-291.7	-23.5	23.561	-6.873	-0.555
139.0	-519.0		19.708	294.4	22.7	19.708	5.801	0.447
-372.1	-486.2		35.922	-216.8	55.5	35.922	-7.788	1.993
214.4	-439.6		27.663	369.7	102.2	27.663	10.227	2.826
-297.2	-407.2		48.284	-141.9	134.5	48.284	-6.850	6.495
286.2	-360.2		55.639	441.5	181.5	55.639	24.565	10.100
-222.3	-328.2		60.645	-66.9	213.5	60.645	-4.060	12.950
191.6	-270.6		69.662	346.9	271.2	69.662	24.169	18.891
-147.4	-249.2		72.996	7.9	292.5	72.996	0.577	21.351
97.0	-180.8		83.696	252.3	360.9	83.696	21.118	30.205
-72.5	-170.2		85.357	82.8	371.5	85.357	7.071	31.712
2.4	-91.2		97.719	157.8	450.5	97.719	15.416	44.027
totaal inwendig						93.000	184.706	398.242

Hoogte betondrukzone x = 367.6 mm

Nuttige hoogte d = 793.4 mm

Inwendige hefboomsarm z = 609.9 mm

$$M_{E y} = M_{E y} \cdot \cos(\alpha) - M_{E z} \cdot \sin(\alpha) = (398.24 \cdot 1.000) - (184.71 \cdot 0.000) = 398.242$$

$$M_{E z} = M_{E y} \cdot \sin(\alpha) + M_{E z} \cdot \cos(\alpha) = (398.24 \cdot 0.000) + (184.71 \cdot 1.000) = 184.706$$

Bijlage 2. Balk as B, schema 2 (met paalveerstijfheid = 90.000 kN per m¹ zakkings)

TS/Liggers

Rel: 6.24 15 jun 2017

Project.....: 17-011 - Brug Cromvoirt
 Onderdeel.....: Funderingsbalk as B schema 2 (met k_{paal} = 90.000 kN per m)
 Constructeur.: T. Pierik
 Dimensies.....: kN/m/rad
 Datum.....: 02/06/2017
 Bestand.....: k:\17-011\rekfiles\002 wapening fundering\funderingsbalk as b schema 2
 (met k_{veer} = 90.000 kn per m).dlw

Betrouwbaarheidsklasse : 2 Referentieperiode : 50
 Toevallige inklemmingen begin : geen Toevallige inklemming eind : geen
 Hervordelen van momenten : nee Maximale deellengte : 0.000
 Ouderdom bij belasten : 28 Relatieve vochtigheid : 50%
 Doorbuigingen(beton) zijn dmv gecorrigeerde stijfheden berekend.

Fysisch lineair : Er is gerekend met de e-modulus uit de materiaaltabel.
 Fys.NLE.kort : Er is gerekend met een gecorrigeerde e-modulus (korte duur).
 Deze e-mod. is berekend mbv de krachten uit de fysisch lineair berekening.

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

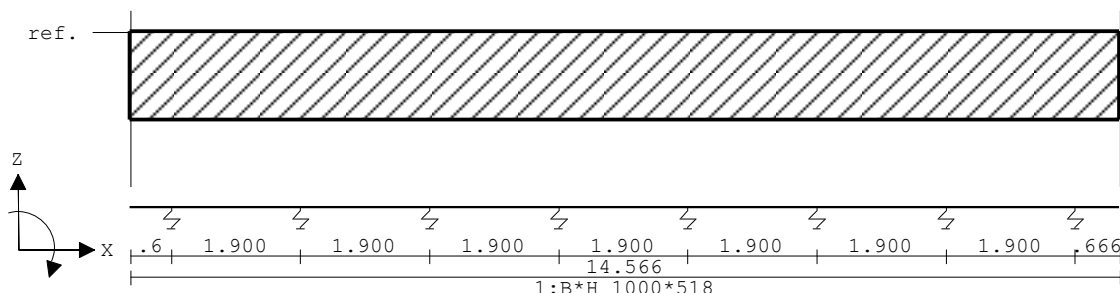
Belastingen	NEN-EN 1990:2002	C2:2010	NB:2011(nl)
	NEN-EN 1991-1-1:2002	C1:2009	NB:2011(nl)
Beton	NEN-EN 1992-1-1:2011(nl)	C2/A1:2015(nl)	NB:2016(nl)



K82509

GEOMETRIE

Ligger:1



VELDLENGTEN

Ligger:1

Veld	Vanaf	Tot	Lengte	Veld	Vanaf	Tot	Lengte
1	0.000	0.600	0.600	6	8.200	10.100	1.900
2	0.600	2.500	1.900	7	10.100	12.000	1.900
3	2.500	4.400	1.900	8	12.000	13.900	1.900
4	4.400	6.300	1.900	9	13.900	14.566	0.666
5	6.300	8.200	1.900				

MATERIALEN

Mt Omschrijving	E-modulus[N/mm ²]	S.M.	Pois.	Uitz.	coëff
1 C30/37	9465	25.0	0.20	1.0000e-05	

MATERIALEN vervolg

Mt Omschrijving	Cement	Kruipfac.
1 C30/37	N	2.47

PROFIELEN [mm]

Prof. Omschrijving	Materiaal	Oppervlak	Traagheid	Vormf.
1 B*H 1000*518	1:C30/37	5.1800e+05	1.1583e+10	1.20

PROFIELEN vervolg [mm]

Prof. Staaf-type	Breedte	Hoogte	e	Type	b1	h1	b2	h2
1 0:Normaal	1000	518	259.0	0:RH				

PROFIELVORMEN [mm]

1 B*H 1000*518



VEREN						Ligger:1	
Veer	Steunpunt	Richting	Veerwaarde	Type	Ondergrens	Bovengrens	
1	1	2:Z-transl.	9.000e+04	Normaal	-1.000e+10	1.000e+10	
2	2	2:Z-transl.	9.000e+04	Normaal	-1.000e+10	1.000e+10	
3	3	2:Z-transl.	9.000e+04	Normaal	-1.000e+10	1.000e+10	
4	4	2:Z-transl.	9.000e+04	Normaal	-1.000e+10	1.000e+10	
5	5	2:Z-transl.	9.000e+04	Normaal	-1.000e+10	1.000e+10	
6	6	2:Z-transl.	9.000e+05	Normaal	-1.000e+10	1.000e+10	
7	7	2:Z-transl.	9.000e+04	Normaal	-1.000e+10	1.000e+10	
8	8	2:Z-transl.	9.000e+04	Normaal	-1.000e+10	1.000e+10	

BELASTINGGEVALLEN

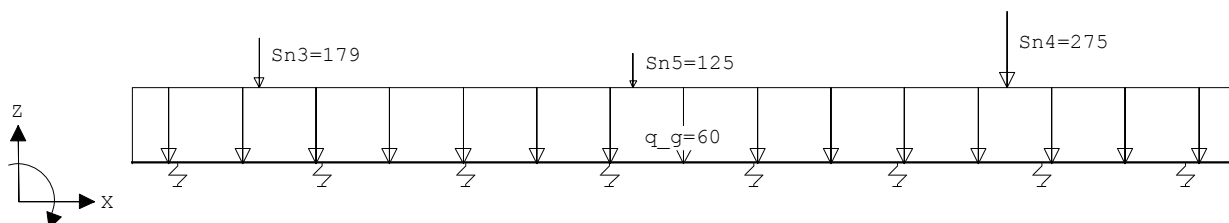
B.G.	Omschrijving	Belast/onbelast	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	e.g.
1	Blijvend	2:Permanent EN1991				0.00
2	Opgelegd	1:Schaakbord EN1991	0.40	0.50	0.30	0.00
3	Opgelegd kopmoment u	0:Alles tegelijk	0.40	0.50	0.30	0.00

BELASTINGGEVALLEN

B.G.	Omschrijving	Type
1	Blijvend	1 Permanente belasting
2	Opgelegd	2 Ver. bel. pers. ed. (p_rep)
3	Opgelegd kopmoment uit Sn11	2 Ver. bel. pers. ed. (p_rep)

VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:1 Blijvend

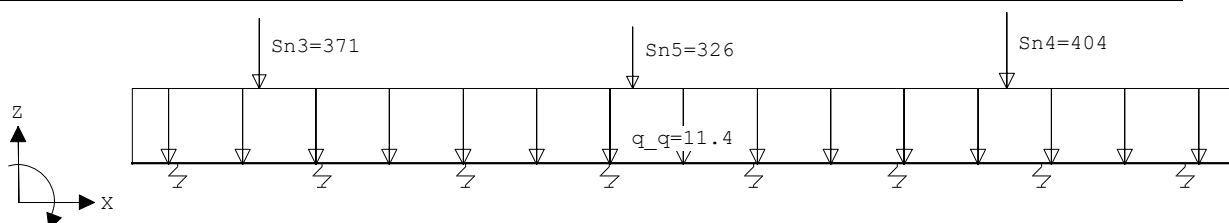

VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:1 Blijvend

Last Ref.	Type	Omschrijving	q1/p/m	q2	psi	Afstand	Lengte
1	1:q-last	q_g	-60.000	-60.000		0.000	14.566
2	8:Puntlast	Sn3	-179.000			1.678	
3	8:Puntlast	Sn5	-125.000			6.612	
4	8:Puntlast	Sn4	-275.000			11.546	

VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:2 Opgelegd

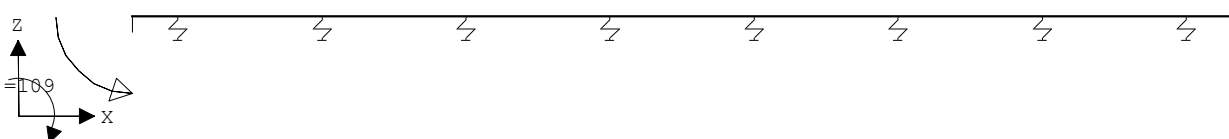

VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:2 Opgelegd

Last Ref.	Type	Omschrijving	q1/p/m	q2	psi	Afstand	Lengte
1	1:q-last	q_q	-11.400	-11.400		0.000	14.566
2	8:Puntlast	Sn3	-371.000			1.678	
3	8:Puntlast	Sn5	-326.000			6.612	
4	8:Puntlast	Sn4	-404.000			11.546	

VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:3 Opgelegd kopmoment uit Sn11


VELDBELASTINGEN

Ligger:1 B.G:3 Opgelegd kopmoment uit Sn11

Last Ref.	Type	Omschrijving	q1/p/m	q2	psi	Afstand	Lengte
1	12:Moment	M tgv. Sn11	-109.000			0.000	

BELASTINGCOMBINATIES

BC Type	BG Gen.	Factor	BG Gen.	Factor	BG Gen.	Factor	BG Gen.	Factor
1 Fund.	1 Perm	1.00	2 Extr	1.00				
2 Fund.	1 Perm	1.00	2 Extr	1.00	3 Extr	1.00		
3 Fund.	1 Perm	1.00	2 Extr	1.00	3 Extr	-1.00		
4 Freq.	1 Perm	0.74	2 Extr	0.74				
5 Freq.	1 Perm	0.74	2 Extr	0.74	3 Extr	0.74		
6 Freq.	1 Perm	0.74	2 Extr	0.74	3 Extr	-0.74		
7 Quas.	1 Perm	0.74						
8 Blij.	1 Perm	0.74						

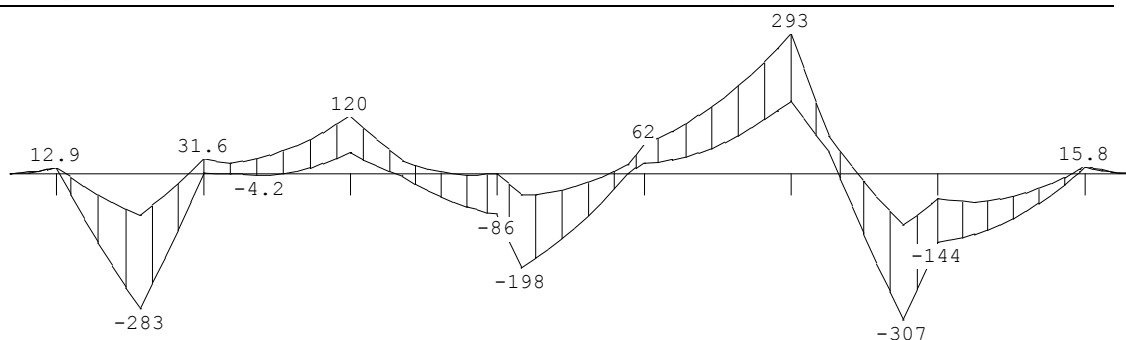
GUNSTIGE WERKING PERMANENTE BELASTINGEN

BC Velden met gunstige werking

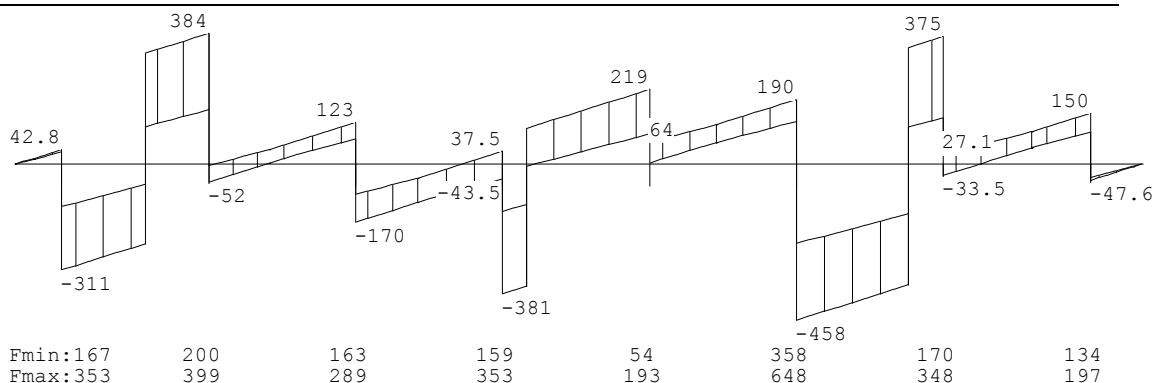
- 1 Alle velden de factor:1.00
- 2 Alle velden de factor:1.00
- 3 Alle velden de factor:1.00

MOMENTEN Fysisch lineair

Ligger:1 B.C:1 Fundamenteel 1


DWARSKRACHTEN Fysisch lineair

Ligger:1 B.C:1 Fundamenteel 1

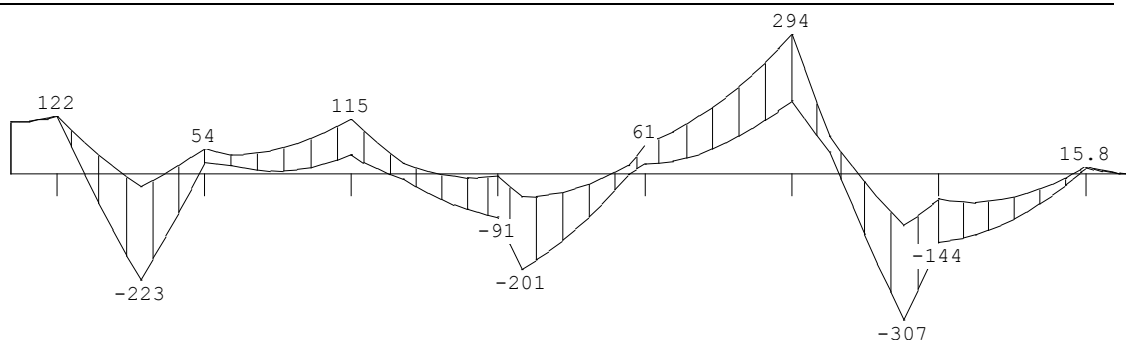

REACTIES Fysisch lineair

Ligger:1 B.C:1 Fundamenteel 1

Stp	Fmin	Fmax	Mmin	Mmax
1	167.44	353.47	0.00	0.00
2	199.53	398.56	0.00	0.00
3	163.21	288.96	0.00	0.00
4	158.69	353.23	0.00	0.00
5	54.49	193.14	0.00	0.00
6	358.48	648.04	0.00	0.00
7	170.32	347.72	0.00	0.00
8	133.99	197.18	0.00	0.00

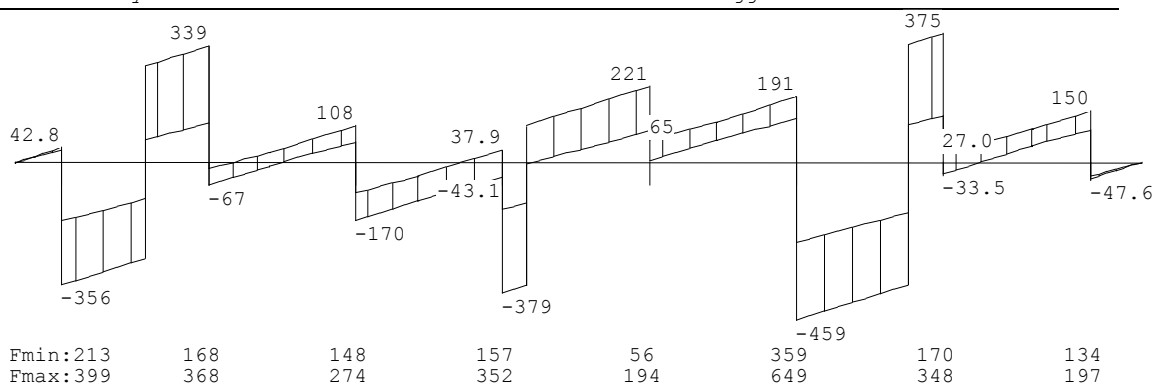
MOMENTEN Fysisch lineair

Ligger:1 B.C:2 Fundamenteel 2



DWARSKRACHTEN Fysisch lineair

Ligger:1 B.C:2 Fundamenteel 2



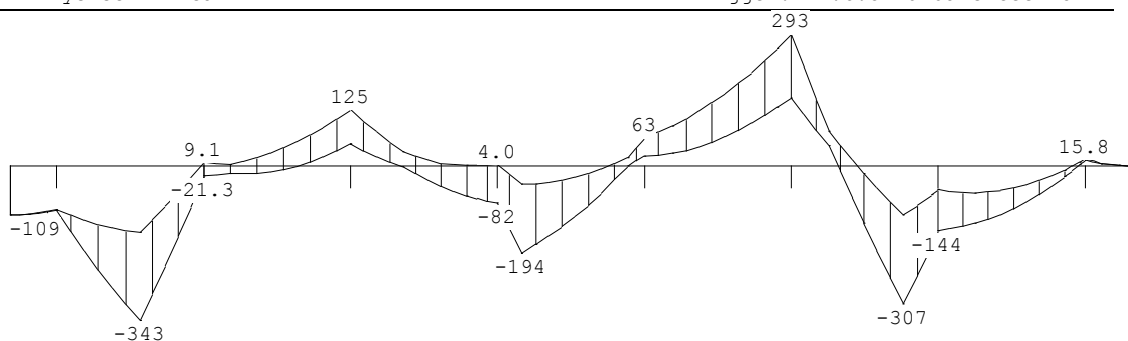
REACTIES Fysisch lineair

Ligger:1 B.C:2 Fundamenteel 2

Stp	Fmin	Fmax	Mmin	Mmax
1	212.97	399.01	0.00	0.00
2	168.49	367.52	0.00	0.00
3	148.26	274.01	0.00	0.00
4	157.38	351.93	0.00	0.00
5	55.56	194.20	0.00	0.00
6	359.39	648.96	0.00	0.00
7	170.15	347.55	0.00	0.00
8	133.94	197.14	0.00	0.00

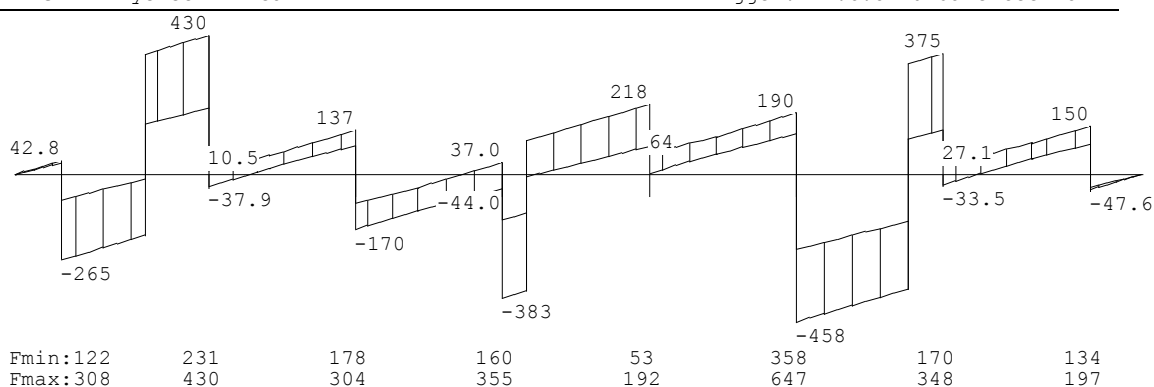
MOMENTEN Fysisch lineair

Ligger:1 B.C:3 Fundamenteel 3



DWARSKRACHTEN Fysisch lineair

Ligger:1 B.C:3 Fundamenteel 3



REACTIES Fysisch lineair

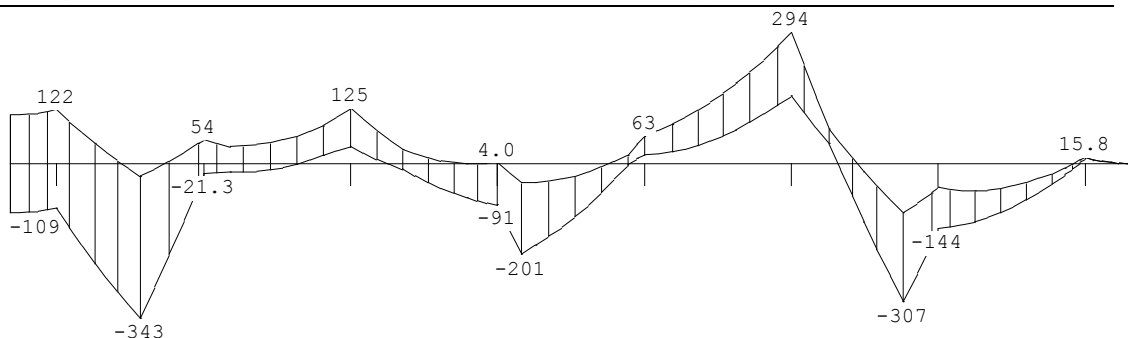
Ligger:1 B.C:3 Fundamenteel 3

Stp	Fmin	Fmax	Mmin	Mmax
1	121.91	307.94	0.00	0.00
2	230.56	429.60	0.00	0.00
3	178.17	303.92	0.00	0.00
4	159.99	354.53	0.00	0.00
5	53.42	192.07	0.00	0.00
6	357.56	647.13	0.00	0.00
7	170.50	347.89	0.00	0.00
8	134.03	197.23	0.00	0.00

OMHULLENDE VAN DE FUNDAMENTELE COMBINATIES

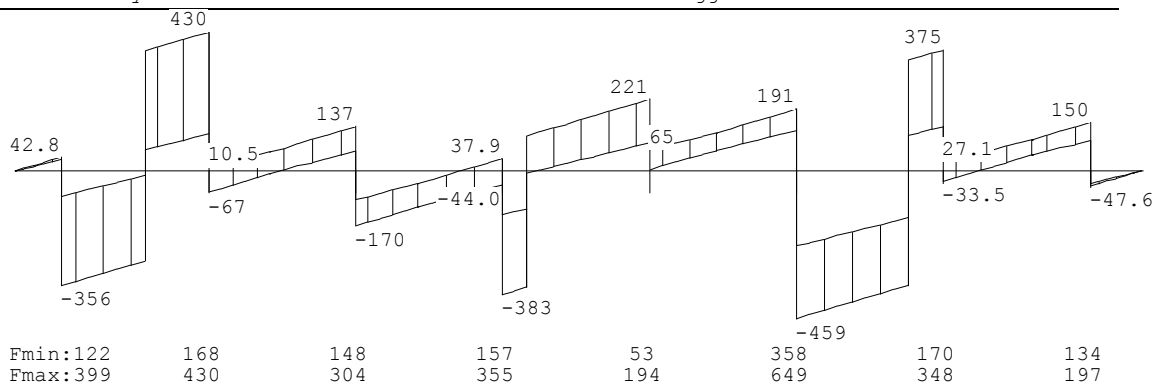
MOMENTEN Fysisch lineair

Ligger:1 Fundamentele combinatie



DWARSKRACHTEN Fysisch lineair

Ligger:1 Fundamentele combinatie



REACTIES Fysisch lineair

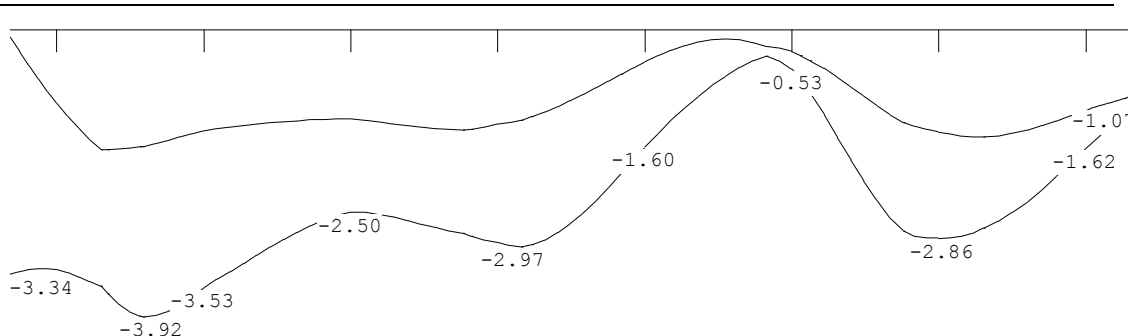
Ligger:1 Fundamentele combinatie

Stp	Fmin	Fmax	Mmin	Mmax
1	121.91	399.01	0.00	0.00
2	168.49	429.60	0.00	0.00
3	148.26	303.92	0.00	0.00
4	157.38	354.53	0.00	0.00
5	53.42	194.20	0.00	0.00
6	357.56	648.96	0.00	0.00
7	170.15	347.89	0.00	0.00
8	133.94	197.23	0.00	0.00

OMHULLENDE VAN DE FREQUENTE COMBINATIES

VERPLAATSINGEN [mm] Fysisch lineair

Ligger:1 Frequente combinatie



N.B. In deze verplaatsingen is de kruipvervorming (w2) niet verwerkt!

Bijlage 3. Balk as B belast op dubbele buiging

TS/MN-Kappa
Rel: 6.00 15 jun 2017

Project : 17-011 - Voetgangersbrug golfbaan Cromvoirt
 Onderdeel : Balk as B
 Dimensies : kN;m;rad (tenzij anders aangegeven)
 Datum : 13/06/2017
 Bestand : K:\17-011\RekFiles\002 Wapening fundering\17-011 Balk as B.mnk
 Referentieperiode: 50 jaar

Toegepaste normen volgens Eurocode met Nederlandse NB

Beton	NEN-EN 1992-1-1:2011 (nl)	C2:2011 (nl)	NB:2011 (nl)
-------	---------------------------	--------------	--------------

Invoer
Geometrie

Elementtype : Balk
 Scheve buiging : Nee
 Treksterkte $f_{ctm,fl}$: Nee
 Doorsnede vorm : 0:Rechthoek
 Breedte : 1000 Hoogte : 520
 Betonkwaliteit : C30/37 (kruipfactor=2.47)

Doorsnede grootheden

Grootheden exclusief wapening

A_b	=	520000	mm ²		
z_z	=	260.0	mm	y_z	= 500.0 mm
I_y	=	11717333333	mm ⁴	I_z	= 43333333333 mm ⁴

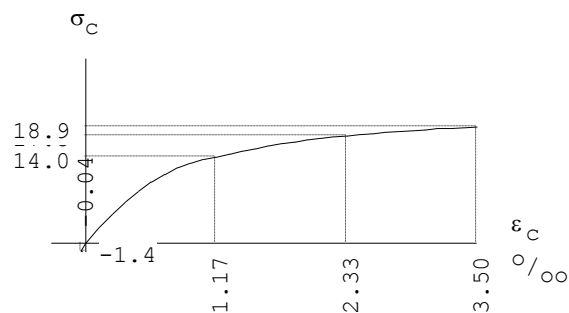
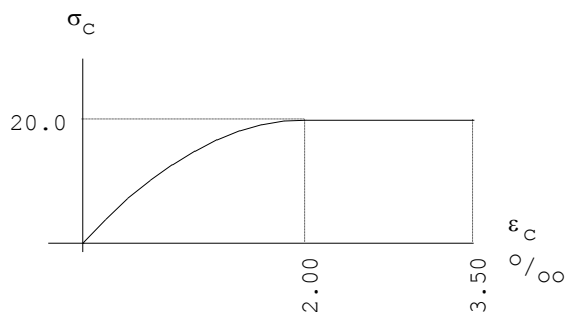
Wapening

nr.	y-coörd. [mm]	z-coörd. [mm]	Diameter [mm]	As/Ap [mm ²]	Perc. [%]	Staalkwaliteit	Voorspanning [N/mm ²]
1	62.0	326.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
2	62.0	194.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
3	938.0	326.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
4	938.0	194.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
5	62.0	458.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
6	171.5	458.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
7	281.0	458.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
8	390.5	458.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
9	500.0	458.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
10	609.5	458.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
11	719.0	458.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
12	828.5	458.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
13	938.0	458.0	20.0	314.2	100	B500A	0.0
14	64.5	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
15	173.4	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
16	282.3	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
17	391.1	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
18	500.0	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
19	608.9	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
20	717.8	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
21	826.6	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0
22	935.5	64.5	25.0	490.9	100	B500A	0.0

Materiaal: C30/37 (kruipfactor=2.47)

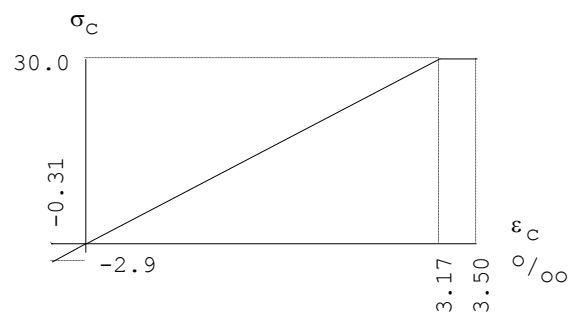
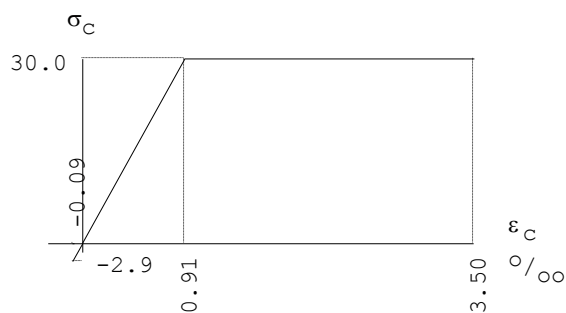
Spanningsrekdiagrammen
Sterkte

Uiterste Grenstoestand



Kortdurende belasting

Langdurende belasting

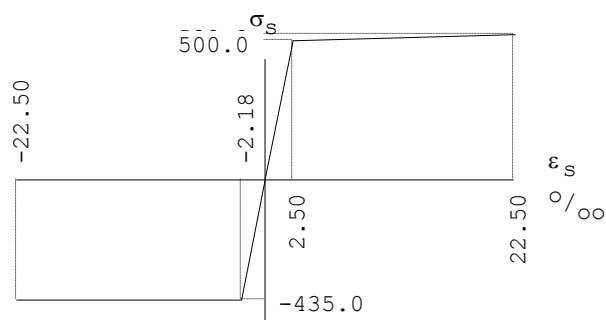
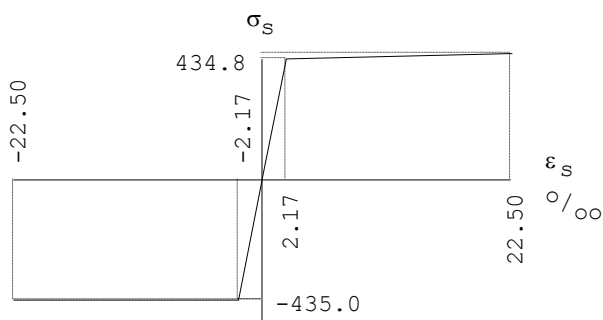


Materiaal: B500A

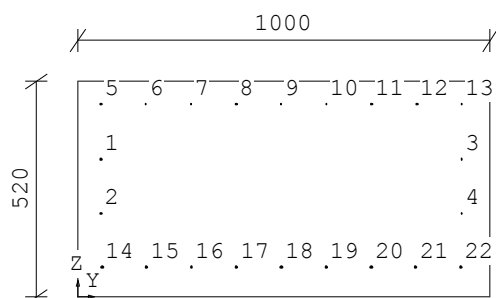
Spanningsrekdiagrammen

Sterkte

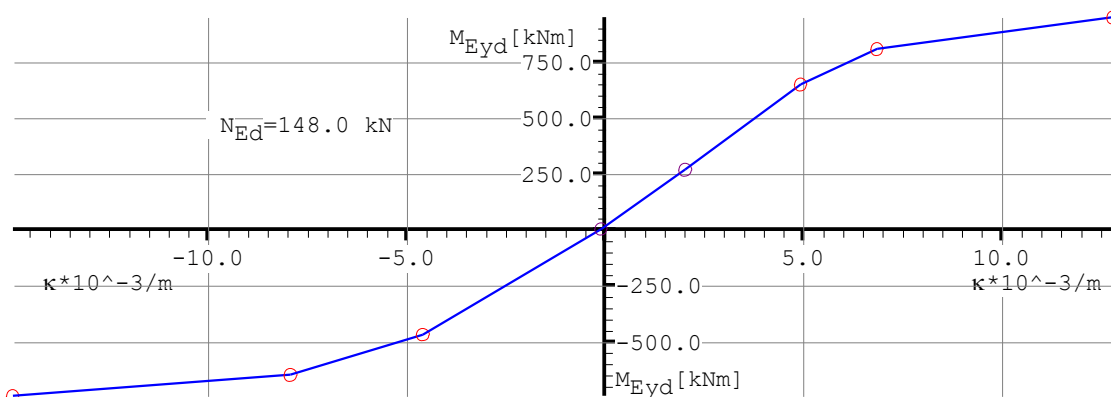
Gebruik



Invoer Grafisch



MN-Kappa-diagram -Sterkte-



$N_{Ed} = 148.000 \text{ kN}$ hoek = -161.5 graden

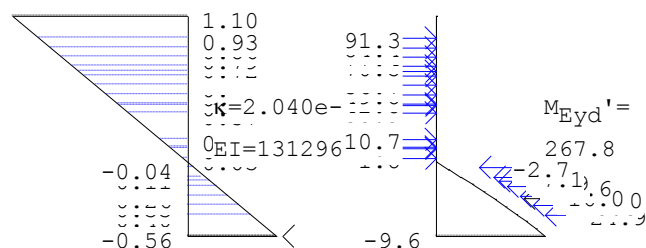
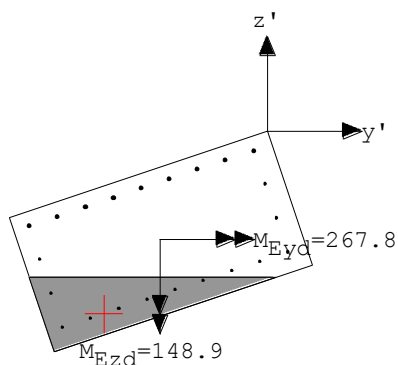
Punt	z' [mm]	$\Delta\epsilon$ [o/oo]	σ [N/mm ²]	x [mm]	ϵ t.p.v. bovenkant [o/oo]	ϵ t.p.v. onderkant [o/oo]
1: C30/37 breekt	-0.0	-3.500	-20.0	234.9	-3.50000	8.57409
2: C30/37 vloeit	-0.0	-2.000	-20.0	252.6	-2.00000	4.41611
3: B500A vloeit	-732.0	2.174	434.8	257.5	-1.17984	2.53344
4: $M_{Ed}=0.000 \text{ kNm}$	-810.5	0.121	0.0	0.0	0.05872	0.12052
5: $M_{Ed}=267.845 \text{ kNm}$	-810.5	-0.557	0.0	273.1	1.09631	-0.55706
6: B500A vloeit	-81.6	2.174	434.8	290.6	2.57884	-1.44128
7: C30/37 vloeit	-810.5	-2.000	-20.0	290.5	3.58056	-2.00000
8: C30/37 breekt	-810.5	-3.500	-20.0	272.7	6.90329	-3.50000

Punt	$M_{y,d}$ [kNm]	κ [10 ⁻³ /m]	EI [kNm ²]	d [mm]	z [mm]	Voorwaarde
1: C30/37 breekt	-744.1	-14.898	49949	520.1	389.0	$\epsilon_c = \epsilon_{cu,2}$
2: C30/37 vloeit	-651.0	-7.917	82233	558.2	424.4	$\epsilon_c = \epsilon_{c,2}$
3: B500A vloeit	-472.3	-4.582	103080	581.4	448.1	$\epsilon_s = \epsilon_{y,d,t}$
4: $M_{Ed}=0.000 \text{ kNm}$	0.0	-0.076	0	0.0	0.0	Normaalkracht
5: $M_{Ed}=267.845 \text{ kNm}$	267.8	2.040	131296	598.9	460.2	Fundamenteel
6: B500A vloeit	648.9	4.960	130824	603.5	453.1	$\epsilon_s = \epsilon_{y,d,t}$
7: C30/37 vloeit	806.9	6.886	117188	594.0	441.2	$\epsilon_c = \epsilon_{c,2}$
8: C30/37 breekt	947.8	12.836	73841	567.8	416.3	$\epsilon_c = \epsilon_{cu,2}$

$$M_{Eyd} = 267.845 \text{ kNm} \quad E = EI_d / I_{ong.} = 131296 \cdot 109 / 14901364780 = 8811 \text{ N/mm}^2$$

Punt 5 - Sterkte

Voorwaarde $M_{Ed}=267.845 \text{ kNm}$ op de vezel $z'=-810.5 \text{ mm}$



Hoek tussen buigingsas en neutrale lijn ($\alpha = 0.000$)

Plaats zwaartepunt op $y'=-391.6 \text{ z}'=-405.2$ ($y=-391.6 \text{ z}=-405.2$)

z' Wapening [mm]	Perc. [o/o]	A _s /A _p [mm ²]	Δε [o/oo]	σ _b [N/mm ²]	Δσ _s [N/mm ²]
-732.0 1020	100	314.2	-0.3969739	-	-79.395
-697.2 1020	100	314.2	-0.3260843	-	-65.217
-810.5			-0.5570552	-9.590	-
-662.5 1020	100	314.2	-0.2551948	-	-51.039
-627.7 1020	100	314.2	-0.1843052	-	-36.861
-606.8 1020	100	314.2	-0.1416115	-	-28.322
-593.0 1020	100	314.2	-0.1134157	-	-22.683
-558.2 1020	100	314.2	-0.0425261	-	-8.505
-523.5 1020	100	314.2	0.0283634	-	5.673
-488.8 1020	100	314.2	0.0992530	-	19.851
-481.6 1020	100	314.2	0.1137508	-	22.750
-454.0 1020	100	314.2	0.1701426	-	34.029
-358.0 1025	100	490.9	0.3658952	-	73.179
-328.8 1020	100	314.2	0.4255049	-	85.101
-323.5 1025	100	490.9	0.4363964	-	87.279
-289.0 1025	100	490.9	0.5068327	-	101.367
-254.4 1025	100	490.9	0.5773339	-	115.467
-219.8 1025	100	490.9	0.6478350	-	129.567
-203.6 1020	100	314.2	0.6808673	-	136.173
-185.3 1025	100	490.9	0.7183361	-	143.667
-150.8 1025	100	490.9	0.7887725	-	157.754
-116.2 1025	100	490.9	0.8592736	-	171.855
-81.6 1025	100	490.9	0.9297747	-	185.955

Inwendige krachten

y' [mm]	z' [mm]	N _{E c} [kN]	N _{E s} /ΔN _{E p} [kN]	dy' [mm]	dz' [mm]	N _{E d} [kN]	N _{E d} *dy' [kNm]	N _{E d} *dz' [kNm]
-744.2	-732.0		-24.943	-352.5	-326.8	-24.943	8.793	8.150
-640.3	-697.2		-20.488	-248.7	-292.0	-20.488	5.095	5.983
-599.4	-671.9	-428.033		-207.8	-266.7	-428.033	88.938	114.139
-536.5	-662.5		-16.034	-144.8	-257.3	-16.034	2.322	4.125
-432.6	-627.7		-11.580	-41.0	-222.5	-11.580	0.475	2.577
-786.1	-606.8		-8.898	-394.4	-201.6	-8.898	3.509	1.794
-328.8	-593.0		-7.126	62.8	-187.8	-7.126	-0.448	1.338
-225.0	-558.2		-2.672	166.7	-153.0	-2.672	-0.445	0.409
-121.1	-523.5		1.782	270.5	-118.3	1.782	0.482	-0.211
-17.3	-488.8		6.236	374.4	-83.5	6.236	2.335	-0.521
-827.9	-481.6		7.147	-436.3	-76.4	7.147	-3.118	-0.546
86.6	-454.0		10.690	478.2	-48.8	10.690	5.112	-0.521
-866.7	-358.0		35.922	-475.0	47.2	35.922	-17.064	1.695
44.7	-328.8		26.735	436.3	76.4	26.735	11.665	2.043
-763.4	-323.5		42.843	-371.8	81.7	42.843	-15.927	3.502
-660.2	-289.0		49.758	-268.6	116.3	49.758	-13.364	5.786
-557.0	-254.4		56.680	-165.3	150.8	56.680	-9.370	8.549
-453.7	-219.8		63.601	-62.0	185.4	63.601	-3.946	11.791
2.8	-203.6		42.780	394.4	201.6	42.780	16.873	8.624
-350.4	-185.3		70.522	41.2	220.0	70.522	2.908	15.512
-247.2	-150.8		77.438	144.4	254.5	77.438	11.182	19.706
-144.0	-116.2		84.359	247.7	289.0	84.359	20.894	24.383
-40.7	-81.6		91.280	350.9	323.6	91.280	32.035	29.538
totaal inwendig						148.000	148.935	267.845

Hoogte betondrukzone x = 273.1 mm
 Nuttige hoogte d = 598.9 mm
 Inwendige hefboomsarm z = 460.2 mm

$$\begin{aligned}
 M_{E y} &= M_{E y} \cdot \cos(\alpha) - M_{E z} \cdot \sin(\alpha) = (267.85 \cdot 1.000) - (148.93 \cdot 0.000) = 267.845 \\
 M_{E z} &= M_{E y} \cdot \sin(\alpha) + M_{E z} \cdot \cos(\alpha) = (267.85 \cdot 0.000) + (148.93 \cdot 1.000) = 148.935
 \end{aligned}$$