

Aan : (Volker Wessels Infra Competence Centre)
Van : (Qumax2 BV)
Project : Opslagtank diesel Joontjes Meppel
Document nr. : 20.059.23 BER001
Betreft : Vloerconstructie

In dit document wordt de vloerconstructie uitgewerkt voor het project Opslagtank diesel Joontjes Meppel.

Bijbehorende documenten:

TE-16983-DO-RAP-001 - DO berekening fundering tank_2.0, 26-06-2020

[1]

MEMO Uitgangspunten berekening v2.0, 14-10-2020

[2]

5051 Tek B01 RevC AW Tekening depot Joontjes

[a]

Voorschriften, rapporten en bepalingen

NEN-EN 1990+C2:2011/ NB:2011

Grondslagen van het constructief ontwerp

NEN-EN 1991-1-1+C1:2011/ NB:2011

Algemene belastingen

NEN-EN 1992-1-1+C2:2011/ NB:2011

Algemene regels

CUR Aanbeveling 36 Ontwerpen van elastisch ondersteunde betonvloeren en -verhardingen

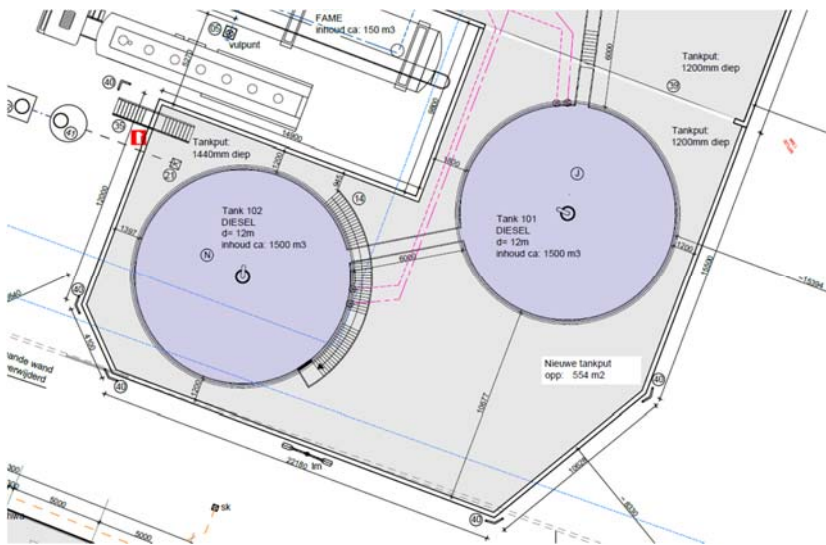
CUR Aanbeveling 65 Vloestofdichte vloer

Omschrijving de vloerconstructie:

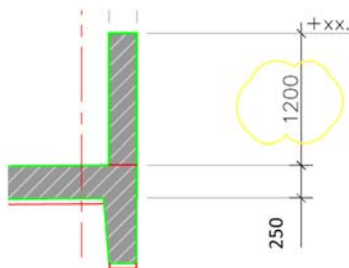
De vloerconstructie betreft de uitbreiding van de opvangconstructie ten behoeven van de dieselopslag van de firma Joontjes te Meppel.



De vloerconstructie voorziet van een onregelmatige veelhoek vorming met de maximale afmetingen van 30,4m x 24,7m, dikte van de vloer is 250 mm. Rondom de vloerconstructie zijn wanden op gestort. De wandhoogte is 1,2 tot 1,44 m en moet aansluiten op hoogte bestaande constructie. Midden op de vloer staan er twee opslagtanks. De tanks zijn op een aparte vloer gefundeerd en er is geen krachtoverdracht tussen de vloer tpv de tanks en de opvangconstructie. Vloerfundering van de tanks valt buiten de scope van deze opdracht.



Bovenaanzicht



Doorsnede

Constructieve uitgangspunten:

- Er is geen constructieve verbinding tussen de vloerconstructie (opvangconstructie) en de fundering van de tanks, dus geen invloed op elkaar geacht.
- De vloerconstructie is op staal gefundeerd.
- Constructie dient vloeistofkerend te zijn, vloeistofdichtheidsklasse 1 aanhouden

Geotechnische gegevens

Conform [2] is uitgaande van verticale beddingsconstante van 3,5 MN/m³.

Materialen:

Betonkwaliteit
Betonstaal

C30/37
B500

Overige gegevens:

Milieuklasse: XC4/XF3 conform [1]

Dekking-eisen: [mm] $C_{min,dur} + \Delta C_{dev} = C_{nom}$ C_{toe}
25 + 5 = 30 30

Toelaatbare doorgaande scheurwijdte: 0,196 mm

Ontwerplevensduur: 50Jaar conform [1]

Gevolklasse: CC3 conform [1]

Belastingen en belastingsfactoren:

Permanente belastingen:

- Eigen gewicht betonvloer = $25 \times 0,3 = 7,5$ kN/m²

- Krimp/kruip

Conform NEN-EN 1992-1-1 art. 3.1.4 wordt krimp/kruip bepaald.

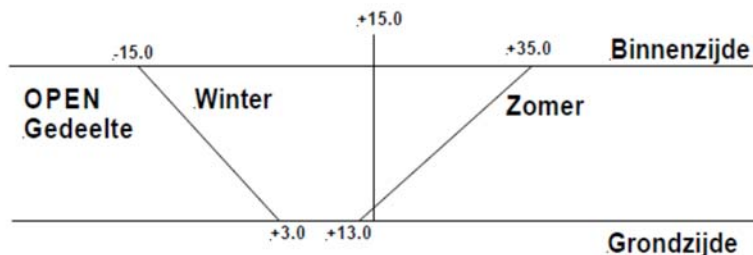
Veranderlijke belastingen:

- Wind = 1,288 kN/m² (niet maatgevend)

- Vloeistof (maximaal) = $10,0 \times 1,44 = 14,4$ kN/m²

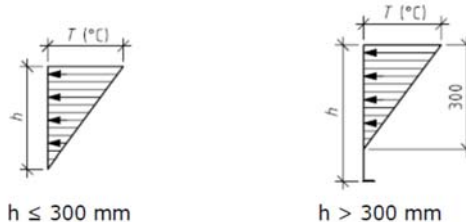
- Temperatuurbelasting:

Jaarlijkse temperatuurswisselingen



Referentie temperatuur	=	15 °C
Winter: bovenzijde	=	-15 °C
onderzijde	=	3 °C
temperatuurverschil	=	18 °C
Zomer: bovenzijde	=	35 °C
onderzijde	=	13 °C
temperatuurverschil	=	-22 °C

Dagelijkse temperatuurswisselingen



Zonder dekking

T_{min}	=	-8 °C
T_{max}	=	20 °C

Belastingsfactoren:	γ_G		γ_Q	
	ongunstig	gunstig	ongunstig	gunstig
6.10a	1,50	0,9	1,65 ψ_0	0
6.10b	1,30	0,9	1,65	0

Toets en wapening vloer:

De vloer is op staal gefundeerd. Door verhinderde vervorming ontstaat er een belemmerde rek in de vloer in beide richtingen. Om scheurwijdte te beperken wordt hier wapening toegepast. Deze wapening wordt getoetst, conform NEN-EN 1992-1-1 art. 7.3.4.

Voor belasting krimp en temperatuurswisselingen wordt hierbij onderscheid gemaakt tussen de gemiddelde waarde in de vloer en de gradiënten over de hoogte van de vloer.
Door de gradiënt ontstaat er momenten in de doorsneden.

Moment tgv krimp en temperatuur (CUR 36, art. 6.4.3)

Krimp:

De krimpverktorting bedraagt: (bijlage A1)

$$\epsilon_{cs} = 0,27 \text{ ‰}$$

Conform CUR 36, art.6.4.1 dient er de krimpgradiënt aangehouden te worden.

$$\text{Bovenzijde van de vloer} \quad 0,9\epsilon_{cs} = 0,243 \text{ ‰}$$

$$\text{Onderzijde van de vloer} \quad 0,6\epsilon_{cs} = 0,162 \text{ ‰}$$

$$\text{Verkortingsverschil tussen onderzijde en bovenzijde:} = 0,081 \text{ ‰}$$

Equivalent temperatuurverschil van de krimpverktorting:

$$\Delta T = \Delta \epsilon_{cs} / \alpha = 8,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$M_{r\Delta T} = \kappa_{r\Delta T} E_c h^3 / 12(1-\nu) = 2,0 \text{ kNm}$$

met:

$$\text{elasticiteitsmodulus} \quad E_c = 9443 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{vloerdikte} \quad h = 250 \text{ mm}$$

$$\text{dwarscontractiecoëfficiënt} \quad \nu = 0,2$$

$$\text{kromming} \quad \kappa_{r\Delta T} = \alpha \cdot \Delta T / 2h = 0,000162 \text{ m}^{-1}$$

Winter:

Temperatuurverschil tussen onderzijde en bovenzijde betonvloer (Jaarlijkse + Dagelijkse):

$$\Delta T = 18 + 8 = 26 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$M_{r\Delta T} = \kappa_{r\Delta T} E_c h^3 / 12(1-\nu) = 6,5 \text{ kNm}$$

met:

$$\text{elasticiteitsmodulus} \quad E_c = 9443 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{vloerdikte} \quad h = 250 \text{ mm}$$

$$\text{dwarscontractiecoëfficiënt} \quad \nu = 0,2$$

$$\text{kromming} \quad \kappa_{r\Delta T} = \alpha \cdot \Delta T / 2h = 0,00052 \text{ m}^{-1}$$

Totaal moment tgv krimp en temperatuur:

$$M_{\text{krimp+temp.}} = 2 + 6,5 = 8,5 \text{ kNm}$$

Bijbehorende staalspanning:

$$\sigma_s = 36,3 \text{ N/mm}^2 \text{ (2e laagwapening, bijlage B1)}$$

$$33,5 \text{ N/mm}^2 \text{ (1e laagwapening, bijlage B2)}$$

Zomer:

Temperatuurverschil tussen onderzijde en bovenzijde betonvloer (Jaarlijkse + Dagelijkse):

$$\Delta T = -22 + -20 = -42 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$M_{r\Delta t} = \kappa_{r\Delta t} E_c h^3 / 12(1-\nu) = -10,5 \text{ kNm}$$

met:

$$\text{elasticiteitsmodulus } E_c = 9443 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{vloerdikte } h = 250 \text{ mm}$$

$$\text{dwarscontractiecoëfficiënt } \nu = 0,2$$

$$\text{kromming } \kappa_{r\Delta t} = \alpha \cdot \Delta T / 2h = -0,00084 \text{ m}^{-1}$$

Totaal moment tgv krimp en temperatuur:

$$M_{\text{krimp+temp.}} = 2 + -10,5 = -8,5 \text{ kNm}$$

(niet maatgevend)

Door verkortingen of verlengingen van de vloer ten gevolge van de opgelegde vervorming krimp en temperatuur worden schuifspanning tussen de vloer en de ondergrond opgewerkt. De interne krachten in de vloer worden bepaald conform CUR Aanbeveling 36.

Dikte Vloer: 250 mm
Krimpverkorting: 0,27‰ (bijlage A1)
Kruipcoëfficiënt: 2,54 (bijlage A2)
Normaalkracht: 185/228 kN/m (bijlage A3/A4)
Toelaatbare scheurwijdte: 0,196 mm

Toegepaste wapening:

In richting 24,7 m, $\phi 16-150(2^{\circ}$ laag, b/o), $A_s=1340\text{mm}^2/\text{m}$, scheurwijdte 0,180 mm. (bijlage 5)

In richting 30,4 m, $\phi 16-150(1^{\circ}$ laag, b/o), $A_s=1340\text{mm}^2/\text{m}$, scheurwijdte 0,173 mm. (bijlage 6)

Toets en wapening wanden:

Dikte wanden: 250 mm

In de verticale richting zijn de maatgevende krachten:

$$M_{SLS} = 1/6 \times 14,4 \times 1,44^2 = 5,0 \text{ kNm/m}$$

$$M_{ULS} = 1,65 \times 1/6 \times 14,4 \times 1,44^2 = 8,3 \text{ kNm/m}$$

Gezien de geringe krachten wordt praktische wapening $\phi 12-200$, $A_s= 565\text{mm}^2/\text{m}$, $M_{Rd}=48\text{kNm/m}$ (bijlage 7)

Als gevolg van het gefaseerde storten, de wanden worden in de later fase op de vloer gestort, ontstaat er een belemmerde rek in de wanden, evenwijdig aan de te storten wand. Om scheurwijdte te beperken wordt hier horizontale wapening toegepast. Deze wapening wordt getoetst, conform NEN-EN 1992-1-1 art. 7.3.4.

Conform PGS29 versie 2016 1.1 dient de opvangconstructie vloeistofkerend te zijn. Dat betekent dat dichtheidsklasse 1 aangehouden is. Voor dichtheidsklasse 1 is de toelaatbare scheurwijdte $wk1$ bepaald door de verhouding van hoogte constructie h_D en de dikte van de wand h . Voor $h_D/h \leq 5$, $wk1 = 0,2 \text{ mm}$ en voor $h_D/h \geq 35$, $wk1 = 0,05 \text{ mm}$.

$$h_D/h = 1440/250 = 5,76 \rightarrow wk1 = 0,196 \text{ mm}$$

Voor wanden:

Uitgangspunten:

Toetsing na t = 3 dgn

Basis wapening	Ø12 - 125	$A_{s,1}$	=	905 mm ²
Aanvullende wapening	Ø0 - 125	$A_{s,2}$	=	0 mm ²
Gelijkwaardige wapening	Ø12 - 125	$A_{s,tot}$	=	905 mm ²
> Asmin, akkoord!				

Cilinder druksterkte	f_{ck}	=	30 N/mm ²
Gemiddelde druksterkte	f_{cm}	=	38 N/mm ²
Gemiddelde treksterkte	f_{ctm}	=	2,90 N/mm ²
Elasticiteitsmodulus	E_{cm}	=	32837 N/mm ²
Betondekking	c_{toeg}	=	30 mm
	c_{nom}	=	30 mm
Breedte beschouwde strook	b	=	1000 mm
Dikte beschouwde strook	h	=	250 mm
hoogte zwaartepunt trekwapening	h - d	=	36 mm
effectieve trekzone	$h_{c,eff}$	=	90 mm
effectief trekgebied	$A_{c,eff}$	=	90000 mm ²
effectief wapeningverhouding	$\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff}$	=	1,01 %
coëfficiënt van ouderdom t	$\beta_{cc}(t)$	=	0,60 -
Gemiddelde treksterkte bij t	$f_{ct,eff}$	=	1,73 N/mm ²
Invloed belastingduur	α	=	0,60 -
Betonpanning bij scheuren	$\sigma_{cr} = \alpha \cdot f_{ct,eff}$	=	1,04 N/mm ²
Optredende trekspanning	$\sigma_s = \sigma_{cr} \cdot A_{ct} / A_s$	=	144 N/mm ²
Minimumwapening (7.1)	$A_{s,min} = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_s$	=	433 mm ²
waarin:	k_c (zuivere trek)	=	1,0 -
	k (1,0 voor h<300mm, 0,65 voor h>800mm)	=	1,00 -
verhouding	$\alpha_e = E_s / E_{cm}$	=	7,1 -
conform NEN-EN 1992-1-1 (7.9)	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$	=	0,43 ‰
conform NEN-EN 1991-1-2 (7.11)	$s_{r,max}$	=	508 mm
(VARCE 10)		=	428 mm
Grenswaarde scheurwijdte	w_{max} (doorgaande scheuren)	=	0,196 mm
Optredende scheurwijdte	$w_k = s_{r,max} (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$	=	0,184 mm
U.C.	w_k / w_{max}	=	0,94 < 1,0

Voldoet !

Voegbeweging

Hieronder worde de voegbeweging getoetst gebaseerd de conservatieve benadering.

Voor voegtype 6 is de toelaatbare voegbeweging bedraagt: conform CUR 65 . Art. 4.6.4.

$$\Delta L_{toe} = 20 - 8 = 12,0 \text{ mm}$$

De verkorting en/of verlenging van de vloer is uitgegaan van het gemiddelde temperatuursverschil.

De maatgevende voeging vindt plaats tussen de nieuwe en bestaande vloer. De afmeting van de nieuwe vloerconstructie in die richting bedraagt 24,7 m.

$$\text{Uitzettingscoëfficiënt } \alpha = 0,00001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{Afstand voegen } L = 24,7 \text{ m}^*$$

$$\text{Afkoeling } \Delta T_{\min} = (-15+3)/2 + -8/2 - 15 = -25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Opwarming } \Delta T_{\max} = (35+13)/2 + 20/2 - 15 = 19 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Verkorting } \Delta L_{\min} = \alpha \cdot \Delta T_{\min} \cdot L = -6,2 \text{ mm}$$

$$\text{Verlenging } \Delta L_{\max} = \alpha \cdot \Delta T_{\max} \cdot L = 4,7 \text{ mm}$$

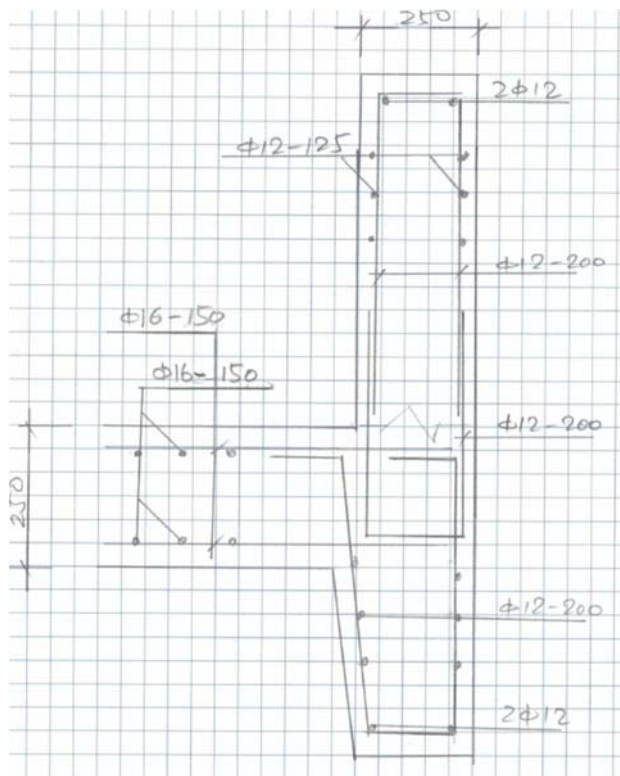
$$\text{Voegbeweging } \Delta L_{\text{voeg}} = |\Delta L_{\min}| + |\Delta L_{\max}| = 10,9 \text{ mm}$$

$$\text{u.c. } \Delta L_{\text{voeg}} / \Delta L_{toe} = 0,91 < 1 \text{ akkoord.}$$

***) Onder de voorwaarde dat de voegafstand in de bestaande vloer niet maatgevend is.**

Opdrachtgever dient deze voorwaarde te controleren/afstemmen.

Wapeningsschetsen



Bijlagen:

- A1 Krimpverktoring
- A2 Kruipcoëfficiënt
- A3 Wrijving op vloer_24,7m
- A4 Wrijving op vloer_30,4m
- A5 Scheurwijdte_24,7m
- A6 Scheurwijdte_30,4m
- A7 Verticale wapening wand

- B1 Staalspanning tgv M_24.7m
- B2 Staalspanning tgv M_30,4m

Project : Opslagtank diesel Joontjes Meppel
Onderdeel : Vloerconstructie
Documentcode : 20.059.23 BER001
Versie : 1.0
Blad :

A1 Krimpverktoring_vloer
 conform NEN-EN 1992-1-1+C2:2011 art. 3.1.4.(6)

Invoer

Betonkwaliteit

C30/37 ▼

Cement soorten

N ▼

Relatieve vochtigheid

RH = 75 %

Fictieve dikte $h_0 = 2A_c / u$

h_0 = 500 mm

Ouderdom van beton op het beschouwde tijdstip

t = 18250 dagen

Ouderdom van beton aan het begin van uitdrogingskorting

t_s = 1 dagen

Berekening

Basisverktoring:

$$\epsilon_{cd,0} = 0,85[(220+110\alpha_{ds1}\exp(-\alpha_{ds2}f_{cm}/f_{cmo}))10^{-6}\beta_{RH}]$$

$\epsilon_{cd,0}$ = 0,32 ‰

$$\beta_{RH} = 1,55[1-(RH/RH_0)^3]$$

β_{RH} = 0,90 -

Uitdrogingskrimpverktoring

$$\beta_{ds}(t,t_s) = \frac{(t-t_s)}{(t-t_s)+0,04\sqrt{h_0^3}}$$

$\beta_{ds}(t,t_s)$ = 0,98 -

coëfficiënt dikte

k_h = 0,70 -

$$\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t,t_s)k_h\epsilon_{cd,0}$$

$\epsilon_{cd}(t)$ = 0,218 ‰

Autogene krimpverktoring

$$\epsilon_{ca}(\infty) = 2,5(f_{ck} - 10)10^{-6}$$

$\epsilon_{ca}(\infty)$ = 0,05 ‰

$$\beta_{as}(t) = 1-\exp(-0,2t^{0,5})$$

$\beta_{as}(t)$ = 1,00 -

$$\epsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t)\epsilon_{ca}(\infty)$$

$\epsilon_{ca}(t)$ = 0,050 ‰

Totale krimpverktoring:

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$$

ϵ_{cs} = 0,27 ‰

A2 **Kruipcoëfficiënt** - conform NEN-EN 1992-1-1+C2:2011 Bijlage B

- Gegevens:

Betonkwaliteit			C30/37	▼
Cementsoort			N	▼
Relatieve vochtigheid	RH	=	75	%
Theoretische dikte element	h_0	=	500	mm
Ouderdom bij belasten	t_0	=	3	dagen (aannname)
Ouderdom beshouwde tijdstip	t	=	18250	dagen

- Theoretische kruipcoëfficiënt:

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) = 2,585 -$$

Waarin:

φ_{RH}	factor rekening houdt met relatieve vochtigheid	=	1,28	-
$\beta(f_{cm})$	factor van betonsterkte	=	2,73	-
$\beta(t_0)$	effect ouderdom bij belasten	=	0,7	-

- Coëfficiënt van ontwikkeling kruip na belasten:

$$\beta_c(t, t_0) = [(t - t_0) / (\beta_H + t - t_0)]^{0,3} = 0,983 -$$

Waarin:

β_H	coëfficiënt van relatieve vochtigheid	=	1102	-
$\beta_H = 1,5[1 + (0,012RH)^{18}]h_0 + 250 \leq 1500$ voor $f_{cm} \leq 35$				
$\beta_H = 1,5[1 + (0,012RH)^{18}]h_0 + 250\alpha_3 \leq 1500\alpha_3$ voor $f_{cm} \geq 35$				
$\alpha_{1/2/3}$	coëfficiënt van betonsterkte	α_1	=	0,944 -
		α_2	=	0,984 -
		α_3	=	0,960 -

- Gecorrigeerde ouderdom t_0 i.v.m. cementsoort:

$$t_0 = t_{0,T} \cdot (9 / (2 + t_{0,T}^{1,2}) + 1)^\alpha \geq 0,5 = 3,0 \text{ dagen}$$

Waarin:

α	een macht die afhangt van cementsoort	=	0	-
$t_{0,T}$	gecorrigeerde ouderdom ivm de temperatuur van verharden beton	=	3,0	dagen

De kruipcoëfficiënt:

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) = 2,54 -$$

Project : Opslagtank diesel Joontjes Meppel
Onderdeel : Vloerconstructie
Documentcode : 20.059.23 BER001
Versie : 1.0
Blad :

A3 Wrijving tussen vloer en grond_24,7 m
Conform CUR-Aanbeveling 36:2011 art. 4.4

Uitgangspunten en gegevens:

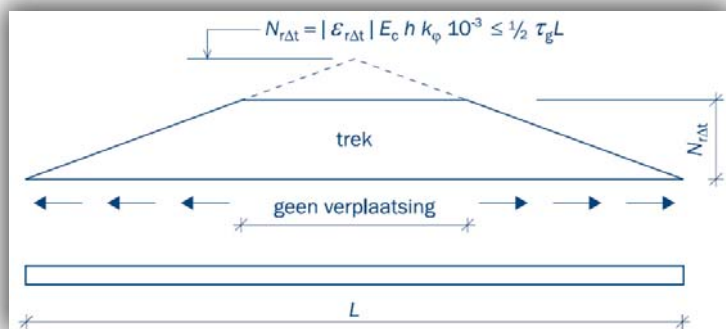
Lengte beschouwde doorsnede	L	=	24,7 m
Hoogte beschouwde doorsnede	H	=	0,25 m
Elasticiteitsmodulus beton (gescheurd)	E'_b	=	10000 N/mm ²
Ondergrond	zand (zonder folie) ▼		
initiële schuifspanning	τ_0	=	10 kN/m ²
wrijvingsfactor	μ_0	=	0,8 -
Belasting:			
eigen gewicht	q_{eg}	=	6,3 kN/m ²
rustende belasting			
$q_{rb} = 0$		=	0,0 kN/m ²
veranderlijke belasting	$q_{qb} = \psi_2 \psi_t q_k$	=	0,0 kN/m ²
met: quasi-blijvende factor	ψ_2	=	0,4 -
ontwerplevensduur	t	=	50 jaar
reductiefactor	$\psi_t = 1 + (1 - \psi_0) / 9 \ln(t/t_0)$	=	1,00 -
karateristieke waarde	q_k	=	0,0 kN/m ²

Berekening:

Schuifspanning:	$\tau_g = \tau_0 + \mu_0(q_{eg} + q_{rb} + q_{qb})$	=	15,0 kN/m ²
Maximaalnormaalkracht	$N_r = 0,5 \tau_g L$	=	185 kN
spanning beton	$\sigma_r = N_r / A_b$	=	0,7 N/mm ²
verkorting	$\varepsilon_r = \sigma_r / E'_b$	=	0,074 ‰

Normaalkracht t.g.v. krimp en temperatuur, conform CUR-Aanbeveling 36:2011 art. 6.4.3

$N_{r\Delta t} = \varepsilon_{r\Delta t} E_c h k_\phi 10^{-3} \leq 0,5 \tau_g L$	=	185 kN
waarin:		
$\varepsilon_{r\Delta t}$	verkorting tgv krimp en temp.	= 0,53 ‰
E_c	elasticiteitsmodulus beton	= 10000 N/mm ²
h	plaatdikte	= 250 mm
$k_\phi = (1 - e^{-\phi}) / \phi$	relaxatiecoëfficiënt conform 5.7	= 0,36 -
ϕ	kruipcoëfficiënt	= 2,54 -



Project : Opslagtank diesel Joontjes Meppel
Onderdeel : Vloerconstructie
Documentcode : 20.059.23 BER001
Versie : 1.0
Blad :

A4 Wrijving tussen vloer en grond_30,4 m
 Conform CUR-Aanbeveling 36:2011 art. 4.4

Uitgangspunten en gegevens:

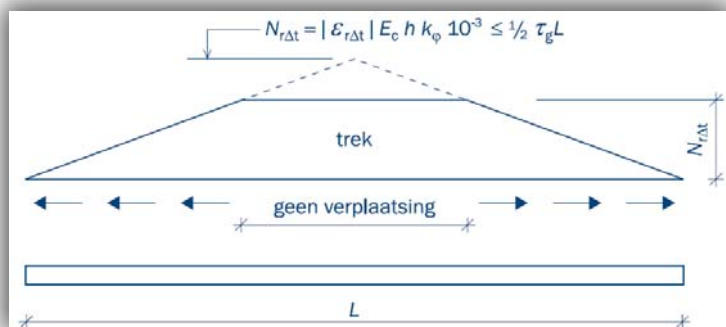
Lengte beschouwde doorsnede	L	=	30,4 m
Hoogte beschouwde doorsnede	H	=	0,25 m
Elasticiteitsmodulus beton (gescheurd)	E'_b	=	10000 N/mm ²
Ondergrond	<div> <div>zand (zonder folie)</div> <div>▼</div> </div>		
initiële schuifspanning	τ_0	=	10 kN/m ²
wrijvingsfactor	μ_0	=	0,8 -
Belasting:			
eigen gewicht	q_{eg}	=	6,3 kN/m ²
rustende belasting			
$q_{rb} = 0$		=	0,0 kN/m ²
veranderlijke belasting	$q_{qb} = \psi_2 \psi_t q_k$	=	0,0 kN/m ²
met: quasi-blijvende factor	ψ_2	=	0,4 -
ontwerplevensduur	t	=	50 jaar
reductiefactor	$\psi_t = 1 + (1 - \psi_0) / 9 \ln(t/t_0)$	=	1,00 -
karateristieke waarde	q_k	=	0,0 kN/m ²

Berekening:

Schuifspanning:	$\tau_g = \tau_0 + \mu_0(q_{eg} + q_{rb} + q_{qb})$	=	15,0 kN/m ²
Maximaalnormaalkracht	$N_r = 0,5 \tau_g L$	=	228 kN
spanning beton	$\sigma_r = N_r / A_b$	=	0,9 N/mm ²
verkorting	$\varepsilon_r = \sigma_r / E'_b$	=	0,091 ‰

Normaalkracht t.g.v. krimp en temperatuur, conform CUR-Aanbeveling 36:2011 art. 6.4.3

$N_{r\Delta t} = \varepsilon_{r\Delta t} E_c h k_\phi 10^{-3} \leq 0,5 \tau_g L$	=	228 kN
waarin:		
$\varepsilon_{r\Delta t}$	verkorting tgv krimp en temp.	= 0,53 ‰
E_c	elasticiteitsmodulus beton	= 10000 N/mm ²
h	plaatdikte	= 250 mm
$k_\phi = (1 - e^{-\phi}) / \phi$	relaxatiecoëfficiënt conform 5.7	= 0,36 -
ϕ	kruipcoëfficiënt	= 2,54 -



A5 **Toets scheurwijdte conform NEN-EN 1992-1-1+C2:2011, art.7.3.4**

Gegevens

- *Materiaaleigenschappen:*

Beton kwaliteit	C30/37	f_{ck}	=	30 MPa
Cilinderdruksterkte		f_{ctm}	=	2,90 MPa
Gemiddelde treksterkte		E_{cm}	=	32837 MPa
Elasticiteitsmodulus		t	=	3 dagen
Ouderdom van scheurvorming		s	=	0,25 -
Soort cement	Klasse N	β_{cc}	=	0,60 -
		$f_{ctm}(t)$	=	1,73 MPa
		$E_{cm}(t)$	=	28146 MPa
Elasticiteitsmodulus staal		E_s	=	200000 MPa

- *Doorsnede:*

Breedte beschouwde doorsnede	b	=	1000 mm
Hoogte beschouwde doorsnede	h	=	250 mm
Beton dekking	c	=	46 mm
Effectieve hoogte	$h_{c,eff}$	=	125 mm
Effectieve oppervlak	$A_{c,eff}$	=	125000 mm ²

- *Wapening:*

Wapening 1	Ø16 -150	A_{s1}	=	1340 mm ²
Wapening 2	Ø0 -150	A_{s2}	=	0 mm ²
Totaal oppervlak trekwapening (per zijde)		$A_{s,tot}$	=	1340 mm ²
		$> A_{smin}$	=	373 mm ²
Equivalent diameter		ϕ_{eq}	=	16,0 mm

- *Normaal kracht in de doorsnede:*

N	=	185 kN
-----	---	--------

Rekverschil:

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,000316 -$$

$\sigma_{s,M}$	staalspanning tgv M	=	36,3 MPa
$\sigma_{s,N}$	staalspanning tgv N	=	69,0 MPa
σ_s	Totale staalspanning	=	105 MPa
$\alpha_e = E_s / E_{cm}$		=	7,1 -
$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1 A'_p) / A_{c,eff}$		=	0,011 -
k_t		=	0,4 -
		=	$f_{ct,eff} = 1,73 \text{ MPa}$

Maximale scheurafstand:

$$s_{r,max} = k_3 C + k_1 k_2 k_4 \sigma / \rho_{p,eff}$$

$$\text{VARCE } 10 s_{r,max} \leq \max((50 - 0,8 f_{ck}) \sigma; 15 \sigma)$$

$$s_{r,max} = 570 \text{ mm}$$

k_1	=	0,8 -
k_2	=	1,0 -
k_3	=	3,4 - (NB)
k_4	=	0,425 - (NB)

Toetsing scheurwijdte:

Toelaatbare scheurwijdte

Optredende scheurwijdte

$$w_{k,max} = 0,196 \text{ mm}$$

$$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 0,180 \text{ mm}$$

$$U.C. = 0,92 -$$

Voldoet!

A6 Toets scheurwijdte conform NEN-EN 1992-1-1+C2:2011, art.7.3.4

Gegevens

- Materiaaleigenschappen:

Beton kwaliteit	C30/37	f_{ck}	=	30 MPa
Cilinderdruksterkte		f_{ctm}	=	2,90 MPa
Gemiddelde treksterkte		E_{cm}	=	32837 MPa
Elasticiteitsmodulus		t	=	3 dagen
Ouderdom van scheurvorming		s	=	0,25 -
Soort cement	Klasse N	β_{cc}	=	0,60 -
		$f_{ctm}(t)$	=	1,73 MPa
		$E_{cm}(t)$	=	28146 MPa
Elasticiteitsmodulus staal		E_s	=	200000 MPa

- Doorsnede:

Breedte beschouwde doorsnede	b	=	1000 mm
Hoogte beschouwde doorsnede	h	=	250 mm
Beton dekking	c	=	30 mm
Effectieve hoogte	$h_{c,eff}$	=	95 mm
Effectieve oppervlak	$A_{c,eff}$	=	95000 mm ²

- Wapening:

Wapening 1	Ø16 -150	A_{s1}	=	1340 mm ²
Wapening 2	Ø0 -150	A_{s2}	=	0 mm ²
Totaal oppervlak trekwapening (per zijde)		$A_{s,tot}$	=	1340 mm ²
		$> A_{smin}$	=	373 mm ²
Equivalent diameter		ϕ_{eq}	=	16,0 mm

- Normaal kracht in de doorsnede:

N	=	228 kN
-----	---	--------

Rekverschil:

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} (1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0,6 \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = 0,000356 -$$

$\sigma_{s,M}$	staalspanning tgv M	=	33,5 MPa
$\sigma_{s,N}$	staalspanning tgv N	=	85,0 MPa
σ_s	Totale staalspanning	=	119 MPa
$\alpha_e = E_s / E_{cm}$		=	7,1 -
$\rho_{p,eff} = (A_s + \xi_1 A'_p) / A_{c,eff}$		=	0,014 -
k_t		=	0,4 -
		=	1,73 MPa

Maximale scheurafstand:

$$s_{r,max} = k_3 C + k_1 k_2 k_4 \sigma / \rho_{p,eff} \quad s_{r,max} = 488 \text{ mm}$$

$$\text{VARCE } 10 s_{r,max} \leq \max((50 - 0,8 f_{ck}) \sigma; 15 \sigma)$$

k_1	=	0,8 -
k_2	=	1,0 -
k_3	=	3,4 - (NB)
k_4	=	0,425 - (NB)

Toetsing scheurwijdte:

Toelaatbare scheurwijdte

Optredende scheurwijdte

$w_{k,max}$	=	0,196 mm
$w_k = s_{r,max} (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$	=	0,173 mm
U.C.	=	0,88 -

Voldoet!

A7 Verticale wapening wand

Buiging en Normaalkracht; Conform NEN-EN 1992-1-1 en NEN-EN 1992-2+C1

A7.1 Uitgangspunten en gegevens

Rekenresultaten

Buigend moment UGT	M_{Ed}	=	8,3	kNm
Bijbehorende normaalkracht UGT	N_{Ed}	=	0,0	kN
Buigend moment BGT (Frequent)	M_{Efreq}	=	5,0	kNm
Bijbehorende normaalkracht BGT (Frequent)	N_{Efreq}	=	0,0	kN

Materiaalkarakteristieken

Karakteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	=	30	N/mm ²
Rekenwaarde van de druksterkte	f_{cd}	=	20	N/mm ²
Gemiddelde treksterkte	f_{ctm}	=	2,90	N/mm ²
Rekenwaarde treksterkte van betonstaal	f_{yd}	=	435	N/mm ²

Overige gegevens

Milieuklasse (t.b.v. bepaling scheurwijdte)		=	XD, XS	
Belastingduur	k_t	=	0,40	(Lang)
Maximale scheurwijdte	w_{max}	=	0,20	mm

A7.2 Dimensionering buigwapening

Geometrie

Breedte beschouwde doorsnede	b	=	1000	mm
Hoogte beschouwde doorsnede	h	=	250	mm
Dekking op buitenste staaf	$c_{applied}$	=	30	mm
Voorgeschreven dekking	c_{nom}	=	30	mm

Wapening

Kenmiddellijn en staafafstand buigwapening (hoofdwapening)			Ø12 - 200	
			Ø -	
Gemiddelde kenmiddellijn buigwapening	$\phi_{km,buig_gem}$	=	12,0	mm
Kenmiddellijn beugelwapening	$\phi_{km,bgl}$	=	12	mm
Kenmiddellijn extra verdeelwapening	$\phi_{vd,extra}$	=	0	mm
Aantal staven	n	=	5,0	stuks
Hoeveelheid toegepaste wapening	$A_{s,toeg}$	=	565	mm ²
Staafafstand	s	=	200	mm

Berekening benodigde wapening

Nuttige hoogte	d	=	202	mm
Betondrukzonehoogte x_u in mm	x_u	=	16	mm
Maximale betondrukzonehoogte $x_{u,max}$ in mm	$x_{u,max}$	=	108	mm ✓
Benodigde (minimale) wapening	$A_{s,min}$	=	350	mm ² ✓
Breukmoment conform EC2, art. 6.1	M_{Rd}	=	48,1	kNm
U.C: $M_{Ed} / M_{Rd} \leq 1,0$	u.c.	=	0,17	✓

Toetsing scheurvorming

Staalspanning	σ_s	=	47,3	N/mm ²
Maximale scheurwijdte	$s_{r,max}$	=	266	mm
Gemiddelde rek in de wapening minus de gemiddelde $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$		=	0,14	‰
Optredende scheurwijdte	w_k	=	0,038	mm
Maximale scheurwijdte	w_{max}	=	0,196	mm
u.c.		=	0,19	✓

Project : Opslagtank diesel Joontjes Meppel
Onderdeel : Vloerconstructie
Document : 20.059.23 BER001
Versie : 1.0

B1 Staalspanning tgv moment_24,7m

Buiging en Normaalkracht; Conform NEN-EN 1992-1-1

B1.1 Uitgangspunten en gegevens

Rekenresultaten

Buigend moment BGT (Frequent)	M_{Efreq}	=	8,5	kNm
-------------------------------	-------------	---	-----	-----

Materiaalkarakteristieken

Karakteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	=	30	N/mm ²
Rekenwaarde van de druksterkte	f_{cd}	=	20	N/mm ²
Gemiddelde treksterkte	f_{ctm}	=	2,90	N/mm ²
Rekenwaarde treksterkte van betonstaal	f_{yd}	=	435	N/mm ²

B1.2 Dimensionering buigwapening

Geometrie

Breedte beschouwde doorsnede	b	=	1000	mm
Hoogte beschouwde doorsnede	h	=	250	mm
Dekking op buitenste staaf	$C_{applied}$	=	46	mm
Voorgeschreven dekking	C_{nom}	=	30	mm

Wapening

Kenmiddellijn en staafafstand buigwapening (hoofdwapening)			Ø16 - 150	
			Ø -	
Gemiddelde kenmiddellijn buigwapening	$\emptyset_{km,buig_gem}$	=	16,0	mm
Kenmiddellijn beugelwapening	$\emptyset_{km,bgl}$	=	0	mm
Kenmiddellijn extra verdeelwapening	$\emptyset_{vd,extra}$	=	0	mm
Aantal staven	n	=	6,7	stuks
Hoeveelheid toegepaste wapening	$A_{s,toeg}$	=	1340	mm ²
Staafafstand	s	=	150	mm

Berekening benodigde wapening

Nuttige hoogte	d	=	196	mm
Betondrukzonehoogte x_u in mm	x_u	=	39	mm
Maximale betondrukzonehoogte $x_{u,max}$ in mm	$x_{u,max}$	=	105	mm
Benodigde (minimale) wapening	$A_{s,min}$	=	333	mm ²

✓

✓

Staalspanning

Staalspanning	σ_s	=	36,3	N/mm ²
---------------	------------	---	------	-------------------

Project : Opslagtank diesel Joontjes Meppel
 Onderdeel : Vloerconstructie
 Document : 20.059.23 BER001
 Versie : 1.0

B2 Staalspanning tgv moment_30,4m

Buiging en Normaalkracht; Conform NEN-EN 1992-1-1

B2.1 Uitgangspunten en gegevens

Rekenresultaten

Buigend moment BGT (Frequent)	M_{Efreq}	=	8,5	kNm
-------------------------------	-------------	---	-----	-----

Materiaalkarakteristieken

Karakteristieke cilinderdruksterkte	f_{ck}	=	30	N/mm ²
Rekenwaarde van de druksterkte	f_{cd}	=	20	N/mm ²
Gemiddelde treksterkte	f_{ctm}	=	2,90	N/mm ²
Rekenwaarde treksterkte van betonstaal	f_{yd}	=	435	N/mm ²

B2.2 Dimensionering buigwapening

Geometrie

Breedte beschouwde doorsnede	b	=	1000	mm
Hoogte beschouwde doorsnede	h	=	250	mm
Dekking op buitenste staaf	$c_{applied}$	=	30	mm
Voorgeschreven dekking	c_{nom}	=	30	mm

Wapening

Kenmiddellijn en staafafstand buigwapening (hoofdwapening)			Ø16 - 150	
			Ø -	
Gemiddelde kenmiddellijn buigwapening	$\emptyset_{km,buig_gem}$	=	16,0	mm
Kenmiddellijn beugelwapening	$\emptyset_{km,bgl}$	=	0	mm
Kenmiddellijn extra verdeelwapening	$\emptyset_{vd,extra}$	=	0	mm
Aantal staven	n	=	6,7	stuks
Hoeveelheid toegepaste wapening	$A_{s,toeg}$	=	1340	mm ²
Staafafstand	s	=	150	mm

Berekening benodigde wapening

Nuttige hoogte	d	=	212	mm
Betondrukzonehoogte x_u in mm	x_u	=	39	mm
Maximale betondrukzonehoogte $x_{u,max}$ in mm	$x_{u,max}$	=	113	mm
Benodigde (minimale) wapening	$A_{s,min}$	=	333	mm ²

✓

✓

Staalspanning

Staalspanning	σ_s	=	33,5	N/mm ²
---------------	------------	---	------	-------------------