

Berekening Staalplaat-betonvloer ComFlor 95



Projectgegevens

Project : Breitner - Amsterdam
Omschrijving : Sparing verdieping 15/16
Opdrachtgever : Nifra Constructiewerken
Contactpersoon : De heer 5.1, 2, e
Telefoon : -
Email : -

Dutch Engineering Raadgevend Ingenieursbureau BV
Zoeterwoude - Tel: 5.1, 2, e

D25-2945 -
Datum: 16 juni 2025
Ber.: W. Wind

Algemeen:

Overspanning - stramienmaat	$L_i =$	Veld 1	Veld 2	Veld 3
Vloerdikte		1900	3600	1900 mm
Staalplaat over Vu velden in uitvoeringsfase			$H_t =$	150 mm
Staalplaat-betonvloeren over Vsb velden in gerede toestand			$V_u =$	1 veld
Aantal stempelrijen per veld in uitvoeringsfase			$V_{sb} =$	3 velden
			$N =$	0 stempelrijen

Belasting:

Aangehouden gebruiksklasse: *B - Kantoorruimten*
Gevolgklasse: *CC2 - Kantoorgebouwen*

Eigengewicht vloer $q_{eg} = 2,89 \text{ kN/m}^2$
Rustende belasting $q_{rb} = 1,70 \text{ kN/m}^2$

Rustende belasting

Afwerklaag 50 mm $1,00 \text{ kN/m}^2$
Plafond en leidingen $0,70 \text{ kN/m}^2$
Equivalente belasting $0,00 \text{ kN/m}^2$

Veranderlijke belasting

Combinatiefactor v/h momentaanfactor $q_{nb} = 3,00 \text{ kN/m}^2$
Netto veranderlijke belasting $\Psi_0 = 0,50$
Lichte scheidingswanden $3,00 \text{ kN/m}^2$
Equivalente veranderlijke belasting $0,00 \text{ kN/m}^2$

Puntlasten

Puntlast 3,0 kN (Opp.: 50x50mm) in plaats van veranderlijke belasting (belastinggeval 5 =BG5).

Geen punt- of lijnlasten op veld 1 (BG4)

Geen punt- of lijnlasten op veld 2 (BG4)

Voor grootte en locatie puntlasten zie ook Gerede toestand (BG4 en BG5 op blad 5/10).

Brandwerendheid

60 minuten

Staalplaat:

ComFlor 95 / 0,90 mm - S350

Beton

C20/25 - XC1

Soortelijk gewicht $G_b = 2400 \text{ kg/m}^3$
Totaal betonvolume = 120 l/m^2

Wapening:

Staalsoort	B 500 B	diameter - h.o.h. [mm - mm]	lengte [mm]	dekking [mm]
Bovenwapening - kruisnet		#Ø8-150	kruisnet	24 op bovenzijde
Extra kruisnet boven staalplaat		geen		
Afstand tussen kruisnet en staalplaat				15 mm
Bovenwapening steunpunten bijleg wap.		geen	nvt	nvt
Onderwapening eindvelden		Ø8-300	2250	30 op staalplaat
Onderwapening tussenvelden		Ø8-300	3600	30 op staalplaat
Afstand hart onderwapening tot onderzijde				34 mm
Extra onderwapening eindsteunpunt		ΠØ8-500*96		Haarspelden (d*L*H) langs onderwapening
Extra onderwapening tussensteunpunt		nvt		
Verdeelwapening		geen	-	
Gewicht wapening	= ca. 8 kg/m ²			

Sparingen:

Geen sparings met een grootste afmeting groter dan 200mm beschouwd in berekening.

Resultaat

	Ontwerpfactor	Blad
Beloopbaarheid Staalplaat	0,37	Voldoet 2/11
Uitvoeringsfase	0,81	Voldoet 3-4/11
Gerede toestand	0,67	Voldoet 5-8/11
Brandwerendheid	0,50	Voldoet 9-10/11

Beloopbaarheid Staalplaat

De staalplaat moet tijdens de uitvoering, voor het plaatsen van eventueel aan te brengen stempels, beloopbaar zijn.

Vaststellen Effectieve overspanning voor de beoordeling van de beloopbaarheid

De staalplaten worden enkelvelds gelegd. Voor de beloopbaarheid worden 3 overspanningen beschouwd.

De overspanningen voor de beoordeling van de beloopbaarheid (Lb1-Lb2-Lb3) zijn gebaseerd op de overspanningen voor de gereede toestand (L1-L2-L3).

Eind- resp. tussenoplegging van dagmaat tot stramien

	Veld 1	Veld 2	Veld 3	
Overspanning - stramienmaat	1900	3600	1900	mm
Vrije overspanning	1600	3300	1600	mm
Basis voor overspanning beloopbaarheid	L1	L2	L3	
Effectieve overspanning = vrije overspanning + 50 mm	1650	3350	1650	mm

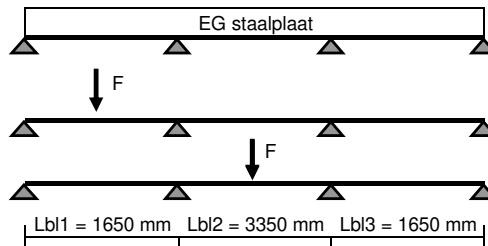
Belastinggevallen

BG1 EG staalplaat factor 1,20 belasting $q_{EGs} = 0,11 \text{ kN/m}^2$ BG1

BG2 Montagebelasting factor 1,50 $F = 3,0 \text{ kN/m}$ BG2a

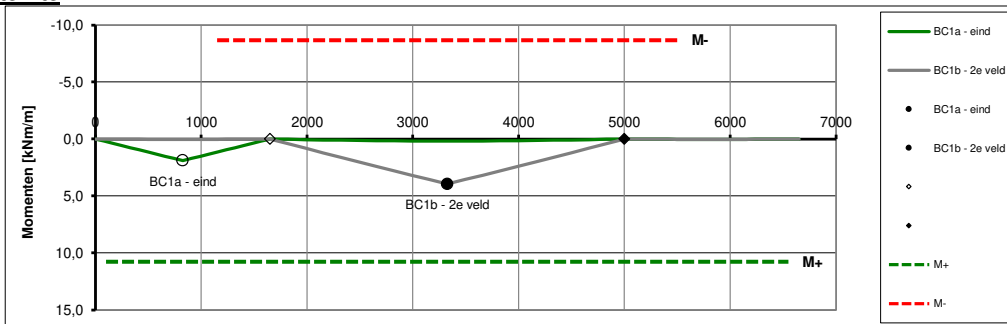
Standaard: Lijnlast van 3.0 kN/m1 dwars op de ribben.

Indien de uitvoeringswijze hertoe aanleiding geeft kan van BG2b de gegeven waarde worden afgeweken.



Belastingcombinaties		BG1	BG2a	BG2b
Sterkte	BC1a - eindveld	1,20	1,50	
	BC1b - 2e veld	1,20		1,50
Stijfheid	BC2a - eindveld	1,00	1,00	
	BC2b - 2e veld	1,00		1,00

Sterkte



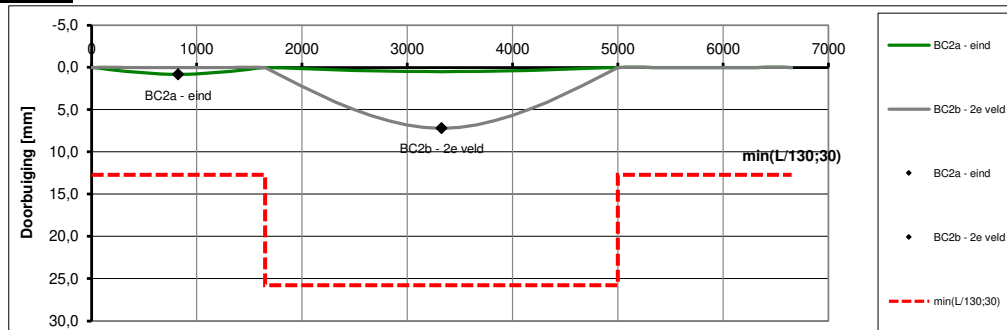
BL1. Positief buigend moment

Maximaal positief moment	BC1b - 2e veld	3,95	kNm/m
Positief momentweerstand staalplaat		10,76	kNm/m
Controle		0,37	< 1,00 OK

BL2. Negatief buigend moment

Maximaal negatief moment	-	0,00	kNm/m
Negatief momentweerstand staalplaat		-8,68	kNm/m
Controle		0,00	< 1,00 OK

Stijfheid



BL3. Doorbuiging

	Veld 1	Veld 2	
Maximale doorbuiging	0,83	7,21	mm
Maximaal toelaatbare doorbuiging	min(L/130;30)	12,69	25,77 mm
Controle	0,07	0,28	< 1,00 OK

Uitvoeringsfase

De vloervelden dienen tijdens het aanbrengen van het beton rondom ondersteund te worden. Elke staalplaat dient boven alle opleggingen in elk dal bevestigd te worden. De langsoverlap tussen de staalplaten en de langsijde van vloervelden dient h.o.h. 500 mm te worden bevestigd.

Belasting - Eigen gewicht

Eigen gewicht staalplaat	G_s	0,11	kN/m ²	3,7%
Netto gewicht beton (nat+wapening) - excl. doorbuiging staalplaat	$G_{b-netto}$	2,68	kN/m ²	89,4%
Extra gewicht beton door doorbuigen staalplaat tijdens uitvoering (13,1 mm)	$G_{b-extra}$	0,21	kN/m ²	6,9%
Totaal eigen gewicht (nat beton)	$G_{sb-uitv}$	2,99	kN/m ²	100,0%

Vaststellen effectieve overspanningen tijdens uitvoering

De staalplaten worden enkelvelds gelegd. De vloer wordt ongestempeld uitgevoerd. De overspanningen voor de beoordeling van de uitvoeringsfase (Luit1-Luit2-Luit3) zijn gebaseerd op de overspanningen voor de gereede toestand (L1-L2-L3). Voor de uitvoeringsfase worden 3 overspanningen beschouwd.

Eind- resp. tussenoplegging van dagmaat tot stramien	150	150	mm
Minimale breedte stempels		100	mm
	Veld 1	Veld 2	Veld 3
Overspanning - stramienmaat - L1-L2-L3	1900	3600	1900 mm
Vrije overspanning	1600	3300	1600 mm
Basis voor overspanning uitvoeringsfase	L1	L2	L3
Effectieve overspanning = vrije overspanning + 50 mm	1650	3350	1650 mm

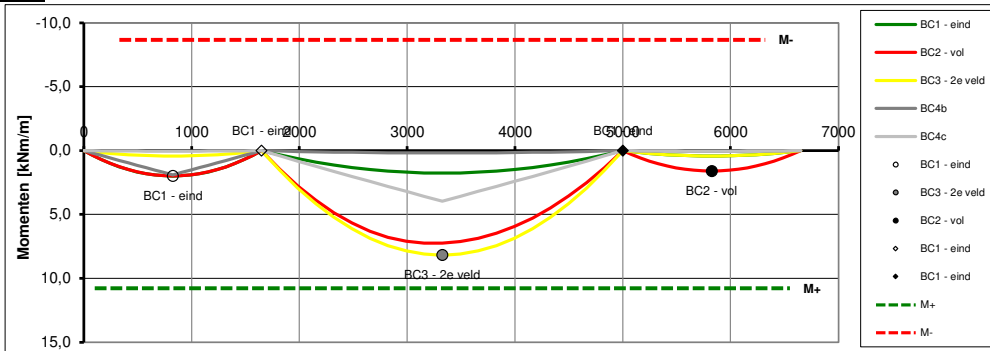
Belastinggevallen

	factor	belasting	
BG1 EG staalplaat	1,20	$q_{EGs} = 0,11$ kN/m ²	BG1
BG2 EG beton	1,20	$q_{EGb} = 2,88$ kN/m ²	BG2a
<i>Gewicht beton = incl. accumulatie</i>			
			BG2b
			BG2c
BG3 Montagebelasting	1,50	$q_{max} = 1,50$ kN/m ² $q_{min} = 0,75$ kN/m ²	BG3a
<i>Gelijkmatig verdeelde belasting van 1.50 kN/m2 over een oppervlak van 3*3 m in de meest ongunstige situatie en een gelijkmatig verdeelde belasting van 0.75 kN/m2 over het resterend oppervlak. Deze waarden zijn niet toereikend voor gevallen waarbij grote opeenhoping van beton ontstaat of grote stootbelastingen optreden, zoals onder meer op kan treden bij onoordeelkundig aanbrengen van het beton. Indien de uitvoeringswijze hiertoe aanleiding geeft kan van de gegeven waarden worden afgeweken.</i>			
			BG3b
			BG3c
BG4 Montagebelasting	1,50	$F = 3,0$ kN/m	BG4a
<i>Standaard: Lijnlast van 3.0 kN/m1 dwars op de ribben, aangebracht op de meest ongunstige positie. Indien de uitvoeringswijze hiertoe aanleiding geeft kan van de gegeven waarde worden afgeweken.</i>			
			BG4b
			BG4c

Effectieve overspanning Luit*i* $i=1..3$
 Luit1 = 1650 mm Luit2 = 3350 mm Luit3 = 1650 mm

Belastingcombinaties		BG1	BG2a	BG2b	BG2c	BG3a	BG3b	BG3c	BG4a	BG4b	BG4c
Sterkte	BC1 - eindveld maximaal belast	1,20	1,20			1,50					
	BC2 - tussensteunpunt maximaal belast	1,20	1,20			1,50					
	BC3 - 2e veld maximaal belast	1,20		1,20			1,50				
	BC4a - montage	1,20							1,50		
	BC4b - montage	1,20								1,50	
BC4c - montage	1,20									1,50	
Stijfheid	BC5 - eigen gewicht - eindveld	1,00	1,00								
	BC6 - eigen gewicht - vol	1,00	1,00								
	BC7 - eigen gewicht - 2e veld	1,00		1,00							
	BC8 - uitvoering - eindveld	1,00	1,00			1,00					
	BC9 - uitvoering - 2e veld	1,00		1,00			1,00				

Sterkte



Uit1. Positief buigend moment

Maximaal positief moment

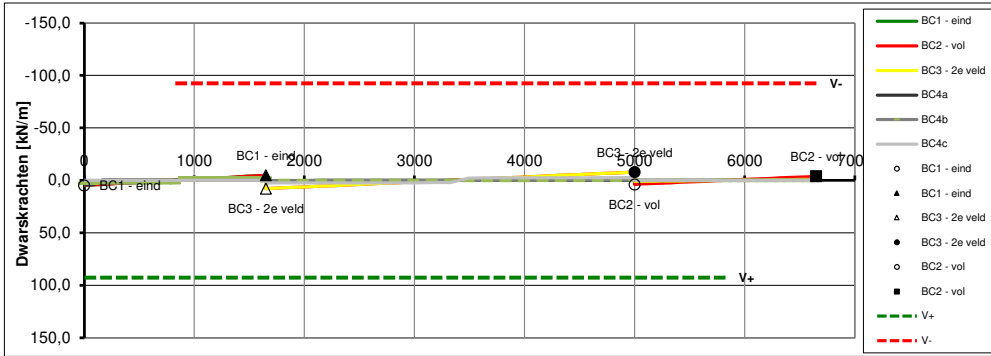
BC3 - 2e veld

8,18 kNm/m

Positief momentweerstand staalplaat 10,76 kNm/m
 Controle 0,76 < 1,00 OK

Uit2. Negatief buigend moment

Maximaal negatief moment BC1 - eind 0,00 kNm/m
 Negatief momentweerstand staalplaat -8,68 kNm/m
 Controle 0,00 < 1,00 OK



Uit3. Dwarskracht

Maximale dwarskracht BC3 - 2e veld BC3 - 2e veld 7,90 -7,90 kN/m
 Dwarskrachtweerstand staalplaat 92,60 -92,60 kN/m
 Controle 0,09 0,09 < 1,00 OK

Uit4. Oplegreactie eindoplegging

Maximale oplegreactie 7,90 kN/m
 Oplegweerstand eindoplegging 81,40 kN/m
 Controle 0,10 < 1,00 OK

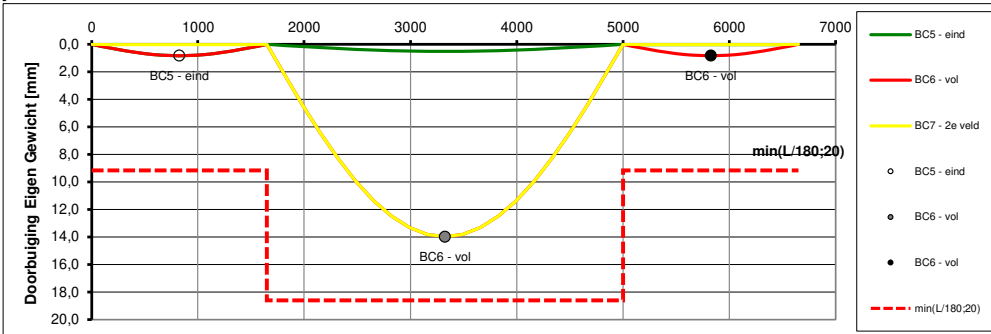
Uit5. Oplegreactie tussenoplegging

Maximale oplegreactie nvt kN/m
 Oplegweerstand tussenoplegging nvt kN/m

Uit6. Oplegreactie + Negatief moment

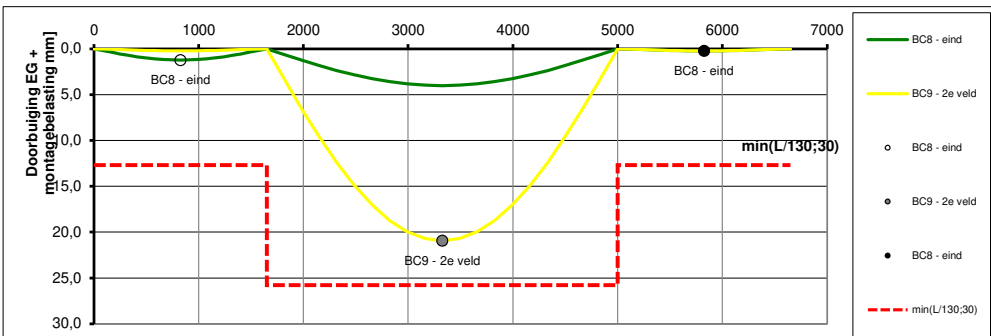
Maximale oplegreactie / negatief moment BC2 - Steunpunt 1 nvt kN/m
 Oplegweerstand tussenoplegging / negatief moment nvt kN/m

Stijfheid



Uit7. Doorbuiging Eigen Gewicht

	Veld 1	Veld 2	Veld 3	
Maximale doorbuiging	0,82	13,98	0,82	mm
Maximaal toelaatbare doorbuiging	9,17	18,61	9,17	mm
Controle	0,09	0,75	0,09	< 1,00 OK



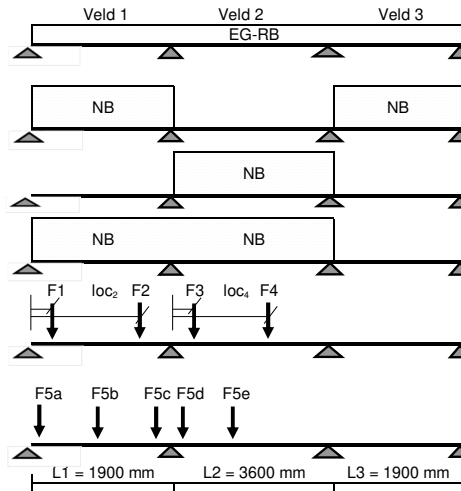
Uit8. Doorbuiging Eigen Gewicht + Montagebelasting

	Veld 1	Veld 2	Veld 3	
Maximale doorbuiging	1,24	20,95	0,24	mm
Maximaal toelaatbare doorbuiging	12,69	25,77	12,69	mm
Controle	0,10	0,81	0,02	< 1,00 OK

Gerede toestand

Belastinggevallen

		factor	belasting
BG1	EG = Eigen Gewicht	1,20	$q_{EG} = 2,89 \text{ kN/m}^2$ BG1
BG2	RB = Rustende belasting	1,20	$q_{RB} = 1,70 \text{ kN/m}^2$ BG2
BG3	Nuttige belasting	1,50	$q_{NB} = 3,00 \text{ kN/m}^2$ BG3a
<i>Belast of onbelast</i>			
	BG3a = veld 1 & 3 belast		
	BG3b = veld 2 belast		
	BG3c = veld 1 & 2 belast		
BG4	Puntlasten	1,50	$F_1 = 0,0 \text{ kN}$ BG4
	Nuttige belasting		$F_2 = 0,0 \text{ kN}$
			$F_3 = 0,0 \text{ kN}$
			$F_4 = 0,0 \text{ kN}$
BG5	Puntlast i.p.v. nuttige belasting	1,50	$F_5 = 3,0 \text{ kN}$ BG5a-e
	Moment: be =		$708 - 1460 \text{ mm}$
	Dwarskracht: be =		$561 - 1160 \text{ mm}$



Check: Belasting combinatie $1,35 \cdot (EG+RB) + 1,5 \cdot \psi \cdot NB$ is niet maatgevend

		Belastingcombinaties										
		BG1	BG2	BG3a	BG3b	BG3c	BG4	BG5a	BG5b	BG5c	BG5d	BG5e
Sterkte	BC1	veld 1 & 3 belast	1,20	1,20	1,50			1,50				
	BC2	veld 2 belast	1,20	1,20		1,50		1,50				
	BC3	veld 1 & 2 belast	1,20	1,20			1,50	1,50				
	BC4a	Puntlast ipv NB - loc 1	1,20	1,20				1,50				
	BC4b	Puntlast ipv NB - loc 2	1,20	1,20					1,50			
Stijfheid	Totaal	BC4c	Puntlast ipv NB - loc 3	1,20	1,20					1,50		
		BC4d	Puntlast ipv NB - loc 4	1,20	1,20						1,50	
		BC4e	Puntlast ipv NB - loc 5	1,20	1,20							1,50
		BC5	veld 1 & 3 belast	1,00	1,00	1,00		1,00				
		BC6	veld 2 belast	1,00	1,00		1,00	1,00				
	Bijkomend	BC7	veld 1 & 2 belast	1,00	1,00			1,00				
		BC8a	Puntlast ipv NB - loc 2	1,00	1,00					1,00		
		BC8b	Puntlast ipv NB - loc 5	1,00	1,00							1,00
		BC9	veld 1 & 3 belast	0,00		1,00		1,00				
		BC10	veld 2 belast	0,00			1,00	1,00				
		BC11	veld 1 & 2 belast	0,00				1,00				
		BC12a	Puntlast ipv NB - loc 2	0,00						1,00		
BC12b	Puntlast ipv NB - loc 5	0,00								1,00		

$\alpha = \text{bijdrage verwijderen stempels aan bijkomende doorbuiging (BG1)} = (Elkort-EI)/Elkort = 0$

Equivalente lijnlasten bij puntlasten BG4 en BG5

Voor puntlasten BG4 en BG5 is per locatie een meewerkende breedte be bepaald. be is voor momenten/doorbuiging in eind- en tussenvelden en voor dwarskrachten verschillend.

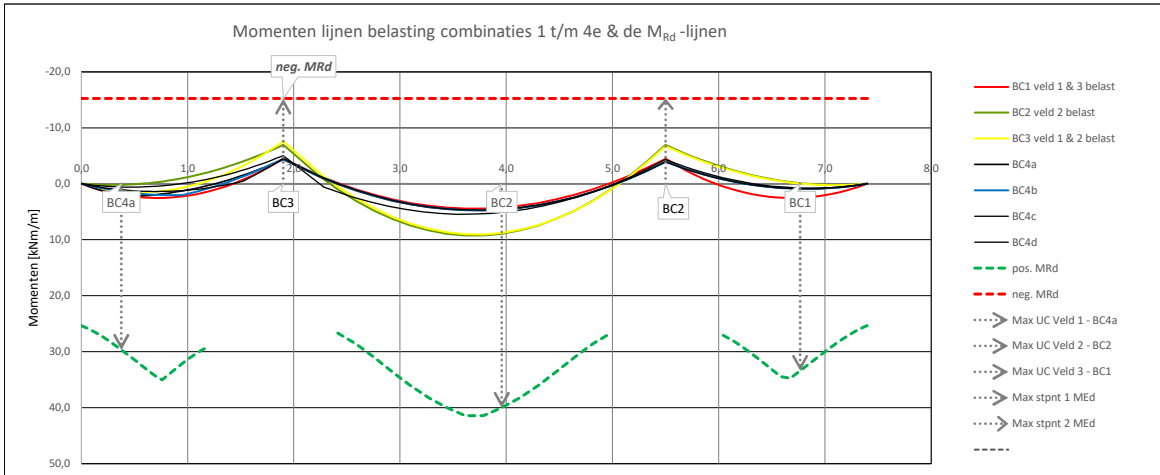
Momenten & Doorbuiging

	F1	F2	F3	F4	F5a	F5b	F5c	F5d	F5e	
$F_i =$	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	kN
$loc_i =$	475	0	0	0	375	950	1525	375	1800	mm
$b_{av} =$	310	0	0	0	862	1210	862	708	1460	mm
$F_{eq,M} =$	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	2,5	3,5	4,2	2,1	kN/m

Dwarskrachten

	F1	F2	F3	F4	F5a	F5b	F5c	F5d	F5e	
$F_i =$	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	kN
$b_{av} =$	310	0	0	0	561	735	561	596	1160	mm
$F_{eq,V} =$	0,0	0,0	0,0	0,0	5,3	4,1	5,3	5,0	2,6	kN/m

Sterkte



G1-2. Positief buigend moment eind- en tussenvelden

		Eind veld	Tussen veld	
Vloerdikte	H_f	150	150	mm
Effectief oppervlak staalplaat	A_{se}	1307,0	1307,0	mm ² /m
Onderwapening	d-c/c	Ø8-300	Ø8-300	mm-mm
	A_{roev} / A_{rov}	167,6	167,6	mm ² /m
Afstand zwpt staalplaat tot bovenzijde vloer	$h_s = H_f - e$	102,4	102,4	mm
Afstand hart onderwap. tot bovenzijde vloer	$h_r = H_f - d_{ov}$	116,0	116,0	mm
Maximale trekkracht staalplaat	$A_{se} \cdot f_y$	457,5	457,5	kN/m
Maximale trekkracht onderwapening	$A_{roev} / rotv \cdot f_a$	72,8	72,8	kN/m
Maximale trekkracht		530,3	530,3	kN/m
Maximale dikte betonplaat boven staalplaat	$h_b + d_{bit}$	70,8	84,0	mm
Hoogte betondrukzone	X_b	46,8	46,8	mm
Controle hoogte betondrukzone door onderwapening:	$X_{ij} / (h_b + d_{bit})$	0,66	0,56	< 1,00 OK
Momentweerstand	$M_{Rd+} = A_s \cdot f_y \cdot (h_r - X_{ij}/2) + A_s' \cdot f_a \cdot (h_r - X_{ij}/2)$	42,89	42,89	kNm/m
Maximaal moment eind/tussenvelden	BC1 veld 1 & 3 belast / BC2 veld 2 belast	2,55	9,23	kNm/m

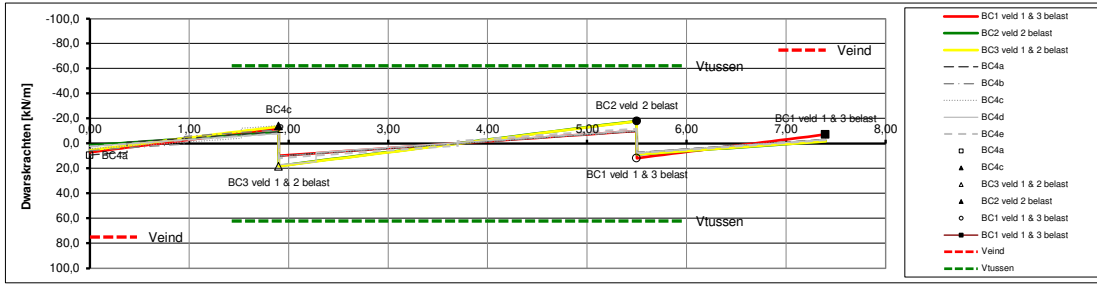
Controle positief buigend moment volgens de tu-methode:
 De moment weerstand is bepaald als functie van x voor alle combinaties als volgt:
 $M_{Rd}(x) = N_c(x) \cdot z(x) + N_{as} \cdot z_s + M_{pr}(x)$ met hierin: $M_{pr} = 1,25 \cdot M_{pa} \cdot (1 - \eta(x)) \leq M_{pa}$.
 Per belasting combinatie en veld wordt bepaald wat de kortste afstand is tussen de Med-lijn en de MRd-lijn.

		Eind veld	Tussen veld	
Schuifweerstand tau_Rd waarde	$\tau_{u,Rd}$		0,26	N/mm2
Plastische weerstandsmoment van staalplaat	$M_{pa,pos}$		10,76	kNm/m
Maatgevende belasting combinatie		BC4a	BC2	
Momentweerstand tu-methode ter plaatsen van max UC	M_{Rd}	29,66	40,03	kNm/m
Rekenwaarde buigende moment	M_{Ed}	2,29	8,94	kNm/m
Controle positief buigend moment voor max tU-methode	MEd/MRd	0,08	0,22	< 1,00 OK

G3. Negatief buigend moment

		kruisnet	totaal	
Kruisnet loopt door over tussensteunpunten	d-c/c	#Ø8-150	#Ø8-150	mm-mm
Extra bovenwapening tussensteunpunten	d-c/c	-	Ø0-150	mm-mm
Totaal bovenwapening	A_{st}	335,1	335,1	mm ² /m
Effectieve onderwapening tussensteunpunt	A_{roev}	86,4	86,4	mm ² /m
Afstand zwaartepunt bovenwap. tot onderzijde	h_{bit}	122,0	122,0	mm
Maximale hoogte betondrukzone in betonrib	X_{su}	61,0	61,0	mm
Maximale trekkracht bovenwapening	$N_{s,max}$	145,7	145,7	kN/m
Maximale drukkracht onderwapening	$N_{o,max}$	-37,6	-37,6	kN/m
Maximale drukkracht betonrib	$N_{b,max}$	-305,1	-305,1	kN/m
Maximale trek/drukkracht wapening/wapening maatgevend	N_{max}	145,7	145,7	kN/m
Drukkracht in beton	N_b	-108,1	-108,1	kN/m
Hoogte betondrukzone	X	23,0	23,0	mm
Momentweerstand	M_{Rd}	-15,24	-15,24	kNm/m
Maximaal moment	M_{Sd}	-7,57	-7,57	kNm/m
Controle negatief moment	M_{Sd} / M_{Rd+}		0,50	< 1,00 OK

5.1, 2, e



G5. Dwarskracht

Weerstand zonder dwarskrachtwap. : $VRd = VRd;c1 + VRd;c2 + \beta \cdot VRd,p$ met: $VRd;c1 = bw1 \cdot d \cdot \max(vc;vmin)$ en $VRd;c2 = bw2 \cdot d \cdot \max(vc;vmin)$

G5a. Weerstand eindoplegging

	betonrib	betonspiegel	
Gemiddelde breedte betonrib / breedte bovenflens	$b_w / b_{w2} : 454,17$	0,00	mm/m
Onderwapening	$\varnothing 8-300$	geen 2e net	mm-mm
Afstand hart wapening tot bovenzijde vloer	$d = h_r : 116,0$	-	mm
Effectiviteit onderwapening gebaseerd op verankeringslengte	volledige/aanwezige verankering	291 500	mm-mm
		193,2%	0,0%
Effectiviteit extra onderwapening	volledige/aanwezige verankering	291 562	mm-mm
		1766 530	mm-mm
Effectiviteit staalplaat als onderwapening gebaseerd op TauRd		30,0%	
Effectiviteit staalplaat door wrijving boven oplegging en bevestiging staalplaat		457 15	kN- kN
		3,2%	
Asl-rib = $171,8\% \cdot A_{roev} + 193,2\% \cdot A_{retra} + 33,2\% \cdot A_{se}$	Asl-plaat = $0\% \cdot A_{rk2}$	$A_{sl} : 1045,7$	0,0 mm ² /m
		$D : 0,0198$	0,000 -
		$k : 1 + (200/d)^{1/2}$	2,000 -
Schuifspanning beton $vc = 0,12 \cdot k \cdot (100 \cdot p \cdot f_{ck})^{1/3}$		$v_c : 0,819$	0,000 N/mm ²
Minimale schuifspanning $vmin = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$		$v_{min} : 0,443$	0,000 N/mm ²
Dwarskrachtweerstand beton zonder dwarskrachtwapening		$V_{Rd;c1} \cdot V_{Rd;c2} = 43,1$	0,0 kN/m
Bijdrage staalplaat gebaseerd op onderzoeksrapport:		$VRd,p = 63,5$	kN/m
T09.161/R3 "Vertical shear resistance of composite floors with ComFlor 60" Stark Partners		$k_v : 50\%$	
Dwarskracht weerstand staalplaat $VRd,p = 2/Bd \cdot \cos(\alpha_{lijf}) \cdot (h_{lijf} \cdot t_p \cdot f_y / \sqrt{3})$		$k_v \cdot VRd,p = 31,7$	- kN/m
Dwarskrachtweerstand betonrib, betonspiegel, staalplaat:	58% 0%	$V_{Rd} = 74,86$	kN/m
Extern bepaalde dwarskrachtweerstand eindoplegging		$V_{Rd,ext} = -$	kN/m
Maximale dwarskracht eindoplegging BC4a		$V_{sd} = 9,30$	kNm/m
Controle dwarskracht eindoplegging		$VSd/VRd = 0,12$	< 1.00 OK

G5b. Weerstand tussenoplegging

	betonrib	betonspiegel	
Gemiddelde breedte betonrib / breedte bovenflens	$b_w / b_{w2} : 454,17$	0,00	mm/m
Afstand hart bovenwapening tot onderzijde vloer/spiegel	$d = h_r : 122,0$	27,0	mm
Verdeling bovenwapening Arbtot over rib en spiegel naar rato $bw \cdot d$	100,0%	0,0%	
Effectief deel bovenwapening rib-plaat	$A_{sl} : 335,1$	0,0	mm ² /m
	$D : 0,006$	0,000	-
	$k : 1 + (200/d)^{1/2}$	2,000	-
Schuifspanning beton $vc = 0,12 \cdot k \cdot (100 \cdot p \cdot f_{ck})^{1/3}$		$v_c : 0,551$	0,000 N/mm ²
Minimale schuifspanning $vmin = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$		$v_{min} : 0,443$	0,443 N/mm ²
Dwarskrachtweerstand beton zonder dwarskrachtwapening		$V_{Rd;c1} \cdot V_{Rd;c2} = 30,5$	0,0 kN/m
Bijdrage staalplaat aan dwarskrachtcapaciteit		$k_v \cdot VRd,p = 31,7$	- kN/m
Dwarskrachtweerstand betonrib, betonspiegel, staalplaat:	49% 0%	$V_{Rd} = 62,26$	kN/m
Extern bepaalde dwarskrachtweerstand tussenoplegging		$V_{Rd,ext} = -$	kN/m
Maximale dwarskracht tussenoplegging BC3		$V_{sd} = 18,23$	kNm/m
Controle dwarskracht tussenoplegging		$VSd/VRd = 0,29$	< 1.00 OK

G6. Pons

Weerstand pons zonder ponswapening:	v_c	:	0,819		N/mm ²
Schuifspanning door pons: $v_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{u_{eff}}$				BG4	BG5
Puntlast: $V_{Ed} = (F \cdot F = \text{maximale puntlast uit BG4 en BG5})$	V_{Ed}	:	0,00	4,5	kN
Bij puntlasten op vloeren geen effect buigende momenten	β	:	1,0		-
Afstand bovenzijde afgewerkte vloer tot (onderste) kruisnet	d_k	:	78,0		mm
Gemiddelde dikte vloer onder puntlast	$d_{eff} = (d_k + (h_s + h_b)) / 2$:	90,2		mm
Perimeter rond puntlast	$u = 4 \cdot (b_F + (h_s - h_c) + \pi/2 \cdot h_c)$:	935	735	mm
Schuifspanning rond puntlast	$v_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{u_{eff}}$		0,000	0,068	N/mm ²
Controle pons	v_{Ed}/v_c	=	0,00	0,08	< 1.00 OK

G7. Verdeelwapening

Minimaal wapeningspercentage verdeelwapening	ω_{min}	=	0,20%
Verhouding vloerhoogte tot staalplaathoogte	hp/h	=	0,63 incorrecte verhouding !
Aanwezige puntlast	F	=	3,00 kN

De totale verdeelde belasting is kleiner dan 5 kN/m² en de maximale puntlast is kleiner dan 7.5 kN dus minimum wapeningspercentage voldoet.

Uniforme tegendruk:	$p_{fi} = \gamma \cdot F / b_{em}$	=	-	kN/m
Moment in plaat	$M = 1/2 \cdot p_{fi} \cdot (b_{em}/2)^2$	=	-	kNm
Nuttige hoogte	$d = c + 1.5 \cdot \emptyset$	=	-	mm
Maat relatieve drukspanning bij buiging	$K = M / b \cdot d^2 \cdot f_{ck}$	=	-	
Hefbooms arm snede	$z = d / 2 + v \cdot (1 - 3 \cdot K)$	=	-	mm
Benodigde wapening	As	=	-	mm ²

Minimaal benodigde verdeelwapening per meter		$A_{verdeel,min}$	=	140	mm ² /m
Aanwezige verdeelwapening	Kruisnet 1	#8-150	=	335	mm ² /m
	Totaal	$A_{verdeel}$	=	335	mm ² /m

Min. afstand in overspanningsrichting waarover min. verdeelwapening aanwezig moet zijn t.p.v.grootste Puntlast = - mm
 Min. afstand dwars op overspanningsrichting waarover min. verdeelwapening aanwezig moet zijn t.p.v.grootste Puntlast = - mm

Controle verdeelwapening	$A_{verdeel,min}/A_{verdeel}$	=	0,42	< 1.00 OK
--------------------------	-------------------------------	---	------	-----------

Stijfheid

Bepaling buigstijfheid gescheurde doorsnede El_{g+} / El_{g-} - korte en lange duur

Afstand uiterste vezel drukzone tot hart wapening	h	:	103,9	122,0	103,9	122,0	mm
Verhouding rekstijfheid staal/beton - incl. correctie drukzone El	n^+ / n^-	:	14,0	30,8	7,0	15,4	-
$n_p^+ = n^+ \cdot (A_{sb} + A_{roer}) / (bh)$ $n_p^- = n^- \cdot A_{ro} / (bh)$	n_p^+ / n_p^-	:	0,199	0,085	0,099	0,042	-
Hoogte betondrukzone $X^* = h^* / ((n_p \cdot 2 + 2n_p) \cdot n_p)$	X^*	:	48,04	40,93	37,14	30,71	mm
Buigstijfheid gescheurde doorsnede	El_{g+}^+ / El_{g-}^-	=	1,873	0,618	2,245	0,718	$\cdot 10^{12}$ Nmm ² /m

Bepaling buigstijfheid ongescheurde doorsnede $Elog_+ / Elog_-$ - korte en lange duur

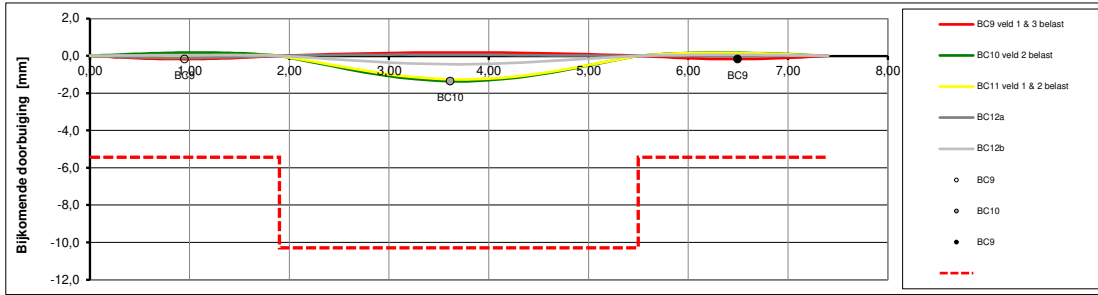
Elog	Stijfheid eindveld						
	EA $\cdot 10^{16}$ N/m	Z mm	ES = EA ² Z $\cdot 10^{16}$ Nmm/m	a = Z - Z _{sb} mm	El ₁ = EA ³ a ² $\cdot 10^{12}$ Nmm ² /m	El ₂ = El _{aggen}	
Beton	1595	89,9	143417	7,1	0,081	+	2,651
Wapening eindveld	35,2	34,0	1196	-48,8	0,084	+	0,000
Staalplaat	274,5	47,6	13065	-35,2	0,340	+	0,351
Totaal	1904,7		157678				3,507
			Z _{sb} = ES/EA = 82,8 mm				100,0%

Elog	Stijfheid tussenveld						
	EA $\cdot 10^{16}$ N/m	Z mm	ES = EA ² Z $\cdot 10^{16}$ Nmm/m	a = Z - Z _{sb} mm	El ₁ = EA ³ a ² $\cdot 10^{12}$ Nmm ² /m	El ₂ = El _{aggen}	
Beton	1595	89,9	143417	7,1	0,081	+	2,651
Wapening eindveld	35,2	34,0	1196	-48,8	0,084	+	0,000
Staalplaat	274,5	47,6	13065	-35,2	0,340	+	0,351
Totaal	1904,7		157678				3,507
			Z _{sb} = ES/EA = 82,8 mm				100,0%

Buigstijfheid ongescheurde betondorsnede	El _b	:	2,651	5,303	$\cdot 10^{12}$ Nmm ² /m
Buigstijfheid ongescheurde doorsnede staalplaat-betonvloer - Eindveld	El _{og}	=	3,507	6,203	$\cdot 10^{12}$ Nmm ² /m
Buigstijfheid ongescheurde doorsnede staalplaat-betonvloer - Tussenveld	El _{og}	=	3,507	6,203	$\cdot 10^{12}$ Nmm ² /m
Buigstijfheid positieve en negatieve buiging - Eindveld	El ^{nc} = (El _g ^{nc} + El _{og} ^{nc})/2		2,690	2,063	4,224
Buigstijfheid positieve en negatieve buiging - Tussenveld			2,690	2,063	4,224
			El - Lange duur	El - Korte duur	
Buigstijfheid staalplaat-betonvloer - Eindveld	El _{sb} = 75% El ⁺ + 25% El ⁻		2,533	4,033	$\cdot 10^{12}$ Nmm ² /m
Buigstijfheid staalplaat-betonvloer - Tussenveld			2,533	4,033	$\cdot 10^{12}$ Nmm ² /m

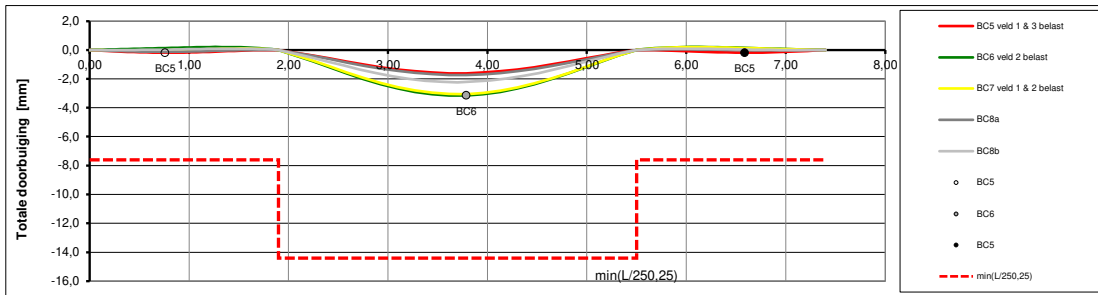
Totale doorbuiging door verwijderen stempels	-	mm
Direct optredende doorbuiging bij verwijderen stempels	-	mm
Bijkomende doorbuiging na verwijderen stempels	-	mm

G8. Bijkomende doorbuiging



Maximale doorbuiging	Veld 1	Veld 2	Veld 3	mm
Maximaal toelaatbare doorbuiging	0,18	1,35	0,18	mm
Controle bijkomende doorbuiging	5,43	10,29	5,43	mm
	0,03	0,13	0,03	< 1.00 OK

G9. Totale doorbuiging



Maximale doorbuiging	Veld 1	Veld 2	Veld 3	mm
Maximaal toelaatbare doorbuiging	0,19	3,14	0,19	mm
Controle totale doorbuiging	7,60	14,40	7,60	mm
	0,03	0,22	0,03	< 1.00 OK

G10. Eigenfrequentie

def gebaseerd op $q_{eg} + q_{rb} + 10\% \cdot q_{nb}$ en korte duur buigstijfheid

Eigenfrequentie $f = 18 / l \cdot e_t$

Minimale eigenfrequentie

Controle eigenfrequentie

e_t	:	1,77	mm
f	:	13,51	Hz
f_{min}	:	3,00	Hz
f_{min}/f	=	0,22	< 1.00 OK

G11. Controle scheurwijde

Maximaal moment gebruikstoestand

Kromming bij maximaal moment

$$P_{st} = M_{gr} / EI_{gr}$$

Staalspanning bovenwapening

$$F_s = E_a \cdot P_{st} \cdot (h^* - X^*)$$

Maximale scheurwijde

Equivalente diameter bovenwapening

Maximale staafdiameter bovenwapening gebaseerd op FS- Tabel 7.2N EN1992-1-1:2004

11a. Controle staafdiameter

Equivalente staafafstand bovenwapening

Maximale staafafstand bovenwapening gebaseerd op FS- Tabel 7.3N EN1992-1-1:2004

11b. Controle staafafstand

M_{st}	:	-5,72	kNm/m
P_{st}	:	-9,26E-06	1/mm
F_s	:	157,6	N/mm ²
s_{wmax}	:	0,40	mm
i_{eq}	:	8,0	mm
i_{max}	:	12,0	mm
i_{eq}/i_{max}	=	0,67	< 1.00 OK
s_{eq}	:	150,0	mm
s_{max}	:	300,0	mm
s_{eq}/s_{max}	=	0,50	< 1.00 OK

Brand

Achtergrond berekening staalplaat-betonvloer bij brand

De vloer is berekend conform Eurocode 4: EN1994-1-2. Daarbij worden de thermische isolatie en de sterkte van de vloer bij brand getoetst.

Voor de thermische isolatie geldt dat bij de gegeven brandwerendheid de maximale temperatuursverhoging aan de bovenzijde van de vloer niet groter dan 180 °en de gemiddelde verhoging niet groter dan 140° mag zijn.

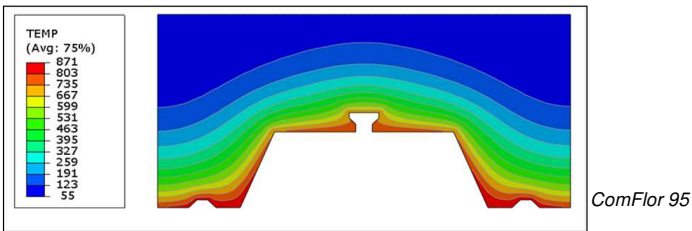
Voor de sterkte geldt, dat bij de gegeven brandwerendheid de door de verhoogde temperaturen in de doorsnede gereduceerde weerstand, voldoende moet zijn om de bij brand gereduceerde belasting te dragen.

De EN1994-1-2 staat toe bij de berekening van de vloeren gebruik te maken van resultaten uit eindige elementen berekeningen of experimentele resultaten uit ware grootte brandproeven. Bij de onderstaande brandwerendheid berekeningen voor thermische isolatie en mechanisch weerstand is gebruik gemaakt van eindige elementen berekeningen.

Voor de ComFlor 210+ zijn experimentele resultaten beschikbaar die ook gebruikt kunnen worden voor de Comflor 225 (conservatieve benadering).

De berekeningen zoals hieronder gepresenteerd zijn gebaseerd op de eindige elementen analyses zoals vastgelegd in:

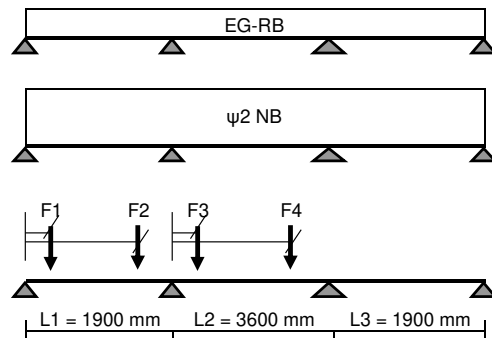
Calculation of the thermal response to standard fire conditions of the ComFlor 95 composite steel concrete floor - rapport: 3055.304 -Juli 2013



Resultaat FE-berekening: contourplot temperaturen in doorsnede.

Belastinggevallen

	factor	belasting	
BG1 EG = Eigen Gewicht	1,00	$q_{EG} = 2,89 \text{ kN/m}^2$	BG1
BG2 RB = Rustende belasting	1,00	$q_{RB} = 1,70 \text{ kN/m}^2$	BG2
BG3 Nuttige belasting		$q_{NB} = 3,00 \text{ kN/m}^2$	BG3
Bij brand nuttige belasting gereduceerd tot $\psi_2 \cdot q_{NB}$	1,00	$\psi_2 = 0,30$ $\psi_2 \cdot q_{NB} = 0,90 \text{ kN/m}^2$	
BG4 Puntlasten	1,00	$F_1 = 0,00 \text{ kN}$ $F_2 = 0,00 \text{ kN}$ $F_3 = 0,00 \text{ kN}$ $F_4 = 0,00 \text{ kN}$	BG4



Belastingcombinatie

	BG1	BG2	BG3	BG4
BC1 brand	1,00	1,00	1,00	1,00

Equivalenten lijnlasten bij puntlasten BG4

Momenten	F1	F2	F3	F4	
$F_i =$	0,0	0,0	0,0	0,0	kN
$l_{oc_i} =$	475	0	0	0	mm
$b_{eM} =$	310	0	0	0	mm
$F_{eq.m.} =$	0,0	0,0	0,0	0,0	kN/m

Basis parameters voor brand berekening

Basis	Vereiste brandwerendheid		60 minuten
	Totale verdeelde belasting BC1		5,5 kN/m ²
	Betonsort in berekening brand:		NWC
	Grindbeton=NWC Lichtbeton=LWC		
Materiaal	Vloei spanning staal	fab	500 N/mm ²
	Beton drukspanning:	fcdb	20 N/mm ²
Geometrie	totale vloer dikte (Ht)		150 mm
	hoogte beton (htfl)		70 mm
	Werkende breedte		300 mm

B1. Thermische isolatie

Temperatuurstijging boven zijde van de vloer voor 30/60/90/120 min:

Norm waarden	30	60	90	120	Norm waarden ΔT in °C	Brandwerendheid bij norm waarden
	min.	min.	min.	min.		
Gemiddelde vloer ΔT in °C	0	42	69	96	140	≥ 120 min.
Maximale vloer ΔT in °C	1	58	86	137	180	≥ 120 min.

Thermische isolatie gebaseerd op thermische respons analyse

t_i : 120 minuten

B1. Controle thermische isolatie

$t_i / F60 = 0,50 < 1,00$ OK

Notitie: Langeduur brandtesten uitgevoerd en vastgelegd in "SCI - RT1067 - Fire Engineering assesment of fiber reinforced composite slabs using CF80 Steel decking"

B2. Sterkte

Voor de controle van de sterkte bij verhoogde brandwerendheid, wordt eerst de door de verhoogde temperaturen gereduceerde momentweerstand bepaald (positief en negatief moment). Op basis van mogelijke plastische bezwijkmechanismen voor 1-velds vloeren en eind- en tussenvelden van meervelds vloeren, wordt de sterkte getoetst.

Gereduceerde positief momentweerstand bij brand - gebaseerd op numerieke resultaten:

Staalplaat: T Temperatuur en gereduceerde vloeispanning

	FE analysis	A/Ase
Onderflens	7,5%	26,3%
Lijf	15,7%	35,8%
Bovenflens	22,1%	37,9%
Totaal	16,0%	100,0%
	99,8%	

Wapening: Temperatuur en ger. Vloeispanning

Maximale trekkracht staalplaat

$N_{s,2}$: 73,2 kN/m

Maximale trekkracht onderwapening

A_{roev} / A_{rotv} : 167,6 167,6 mm²/m

Maximale trekkracht staalplaat+wapening

$N_{a,2}$: 83,6 kN/m

Hoogte betondrukzone

$N_{tot,2}$: 156,8 kN/m

Gereduceerde momentweerstand eind- en tussenvelden

X_b : 9,2 mm

Gereduceerde momentweerstand t.o.v. gere. toestand

$M_{Rev+,2} / M_{Rtv+,2}$: 15,9 kNm/m

37,0%

Gereduceerde negatief momentweerstand bij brand - gebaseerd op numerieke resultaten:

Maximale trekkracht bovenwapening

$N_{a,2}^+$: 167,6 kN/m

Maximale drukkracht onderwapening bij steunpunt - door brand gereduceerd

A_{rost} : 86,4 mm²/m

Door beton op te nemen drukkracht

$N_{ast,2}^-$: 99,8% -43,1 kN/m

$N_{b,2}^-$: -124,5 kN/m

Zwaartepunt betondrukzone incl. wapening tot onderzijde vloer

X'_b : 28,0 mm

Hefboomsarm trek-druk

z : 94,0 mm

Gereduceerde negatief momentweerstand tussen steunpunten

$M_{Rd-,2}$: -15,75 kNm/m

B2. Controle eindveld meervelds vloer

Mechanisme Plastische Scharnieren Arbeid verricht door belasting

q F1 F2

A = 5,2 kNm/m

S1 S2 S3

100% 0% 0%

Mech ev 1/4 Lv1/2 Support none Energie in plastische scharnieren

$M_{Rev+,2} / M_{Rd-,2}$

E = 49,9 kNm/m

67% 33%

B2. Sterkte - Controle eindveld meervelds vloer

A/E = 0,10 < 1,00 OK

B3. Controle tussenveld meervelds vloer

Mechanisme Plastische Scharnieren Arbeid verricht door belasting

q F3 F4

A = 9,9 kNm/m

S1 S2 S3

100% 0% 0%

Mech tv 1/3 Lv2/2 Support1 Support2 Energie in plastische scharnieren

$M_{Rtv+,2} / M_{Rd-,2}$

E = 35,1 kNm/m

50% 50%

B3. Controle tussenveld meervelds vloer

A/E = 0,28 < 1,00 OK

Details Overzicht

Terminologie:

Eindveld:

Alle veldvelden die niet zijn ingesloten door staalplaat-betonvloer velden in de overspanning richting, waar kruisnet over steunpunten kan doorlopen.

Eindsteunpunt:

Steunpunten met aan een zijde een staalplaat-beton vloerveld

Kruisnet:

Kruisnet over alle velden en tussensteunpunten tenzij anders aangegeven

Extra kruisnet:

Kruisnet vlak boven de staalplaat

Bovenwapening:

Losse staven wapening over tussensteunpunten

Onderwapening:

Losse staven wapening in de ribben van staalplaten

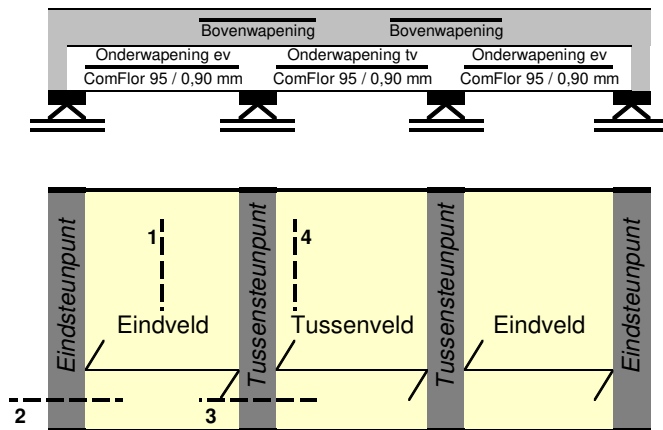
Tussensteunpunt:

Steunpunten met aan beide zijden een staalplaat-beton vloerveld

Tussenveld:

Alle veldvelden die wel zijn ingesloten door staalplaat-betonvloer velden in de overspanning richting, waar kruisnet over steunpunten kan doorlopen.

Vloervelden en steunpunten:



Wapening: B 500 B

Schatting gewicht wapening ca. 8 kg/m²

N.B.: Gewicht wapening gebaseerd op gegeven overspanning en aantal veldvelden

Beton: C20/25 - XC1

Vloerdikte 150 l/m²

Reductie door profielvorm -44 l/m²

Extra beton door doorbuiging staalplaat 9 l/m²

Betonvulling tussensteunpunten 0 l/m²

Totaal betonvolume (naar boven afgerond op 5 l/m²) 120 l/m²

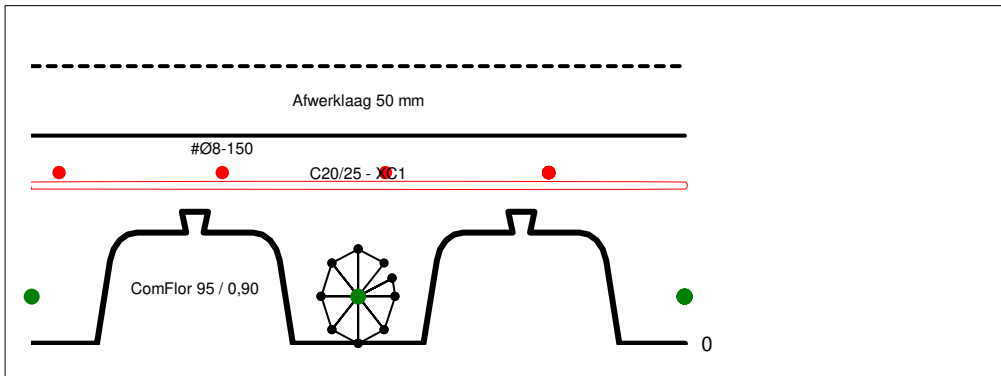
N.B.: Exclusief doorbuiging liggers en betonvulling in projectgebonden (rand)details

Maximale kracht op stempelrij:

Aantal stempels per overspanning: 0 stempels

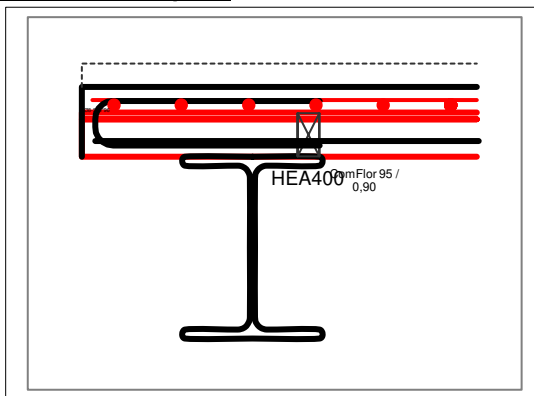
Maximale belasting per stempelrij: 0 kN /m¹

Detail 1: Dwarsdoorsnede eindveld.



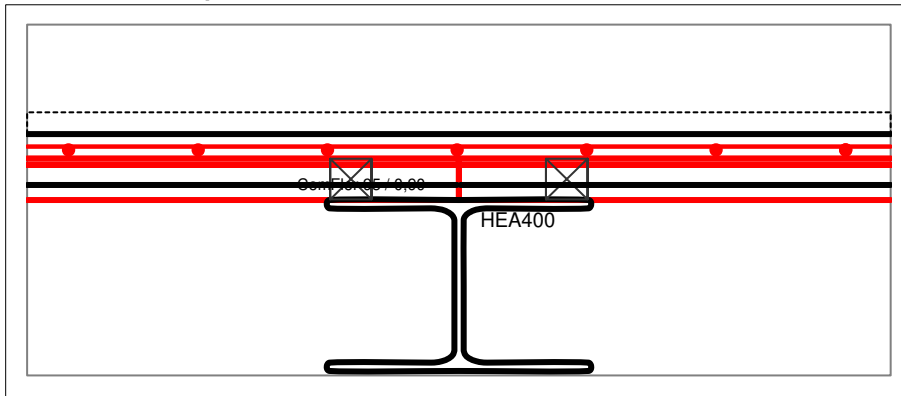
- Kruisnet:* #Ø8-150 mm - dekking 24 mm op bovenzijde - doorgaand over tussensteunpunten.
Extra kruisnet: geen
Afstand tussen kruisnet en staalplaat 15 mm.
Onderwapening: Ø8-300 mm - 1 staaf in elke rib - L = 2250 mm.
Dekking op staalplaat 30 mm - afstand hart onderwapening-onderzijde 34 mm

Detail 2: Eindsteunpunt.



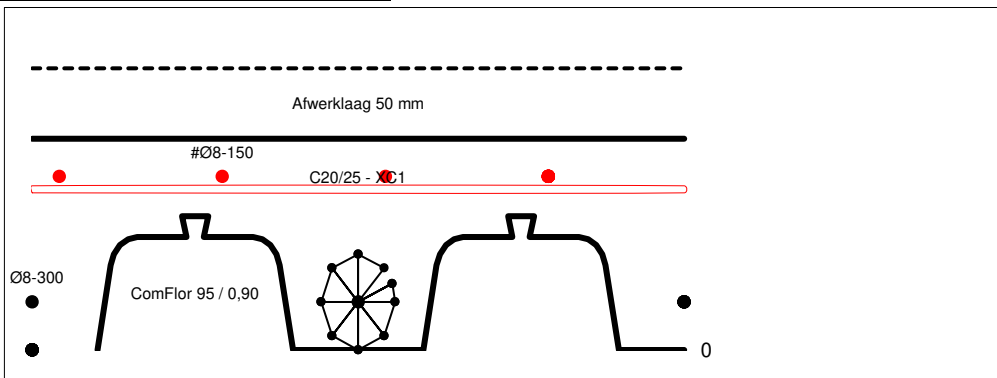
- Kruisnet:* #Ø8-150 mm - dekking 24 mm op bovenzijde - doorgaand over tussensteunpunten.
Extra kruisnet: geen
Oplegging: HEA400
Onderwapening: Ø8-300 mm. Staven lopen 500 mm door over dagmaat oplegging.
Extra onderwapening: Haarspelden langs onderwapening: ΠØ8-500*96 mm.
Deuvels: geen

Detail 3: Tussensteunpunt.



Kruisnet: #Ø8-150 mm - dekking 24 mm op bovenzijde - doorgaand over tussensteunpunten.
Extra kruisnet: geen
Oplegging: HEA400
Onderwapening: Ø8/8-300mm . Staven lopen 150 mm door over dagmaat oplegging.
Extra onderwapening: geen
Bovenwapening: geen
Deuvels: geen

Detail 4: Dwarsdoorsnede tussenveld.



Kruisnet: #Ø8-150 mm - dekking 24 mm op bovenzijde - doorgaand over tussensteunpunten.
Extra kruisnet: geen
Afstand tussen kruisnet en staalplaat 15 mm.
Onderwapening: Ø8-300 mm - 1 staaf in elke rib - L = 3600 mm.
Bovenwapening: geen