



Niet-star ondersteunde kanaalplaatvloeren NEN 6726-2 bijlage A

Ronald Klein-Holte

Inhoud

Niet-star ondersteunde kanaalplaatvloeren NEN 6726-2 bijlage A

Normen en semi-regelgeving

Stufib

CONSOLIS
VBI

Kanaalplaat

Constructieve eigenschappen van de kanaalplaat

Stufib

CONSOLIS
VBI

Onderzoek jaren 90

Onderzoek flexibel ondersteunde kanaalplaatvloer

Stufib

CONSOLIS
VBI

Rekenmodel

Stufib

CONSOLIS
VBI

Schuifspanning τ_2

Stufib

CONSOLIS
VBI

Ontwerpinformatie

Stufib

CONSOLIS
VBI

Samenvatting

Stufib

CONSOLIS
VBI

Normen en semi-regelgeving



Stufib

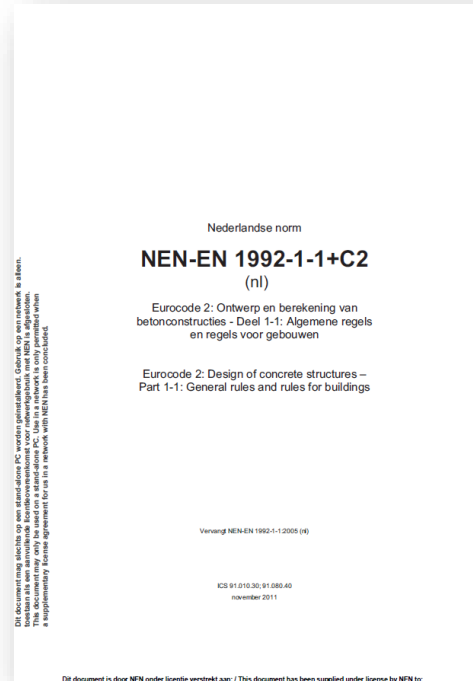
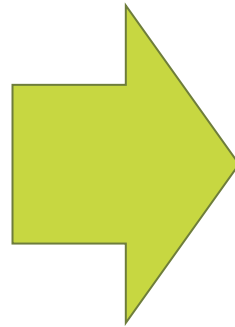
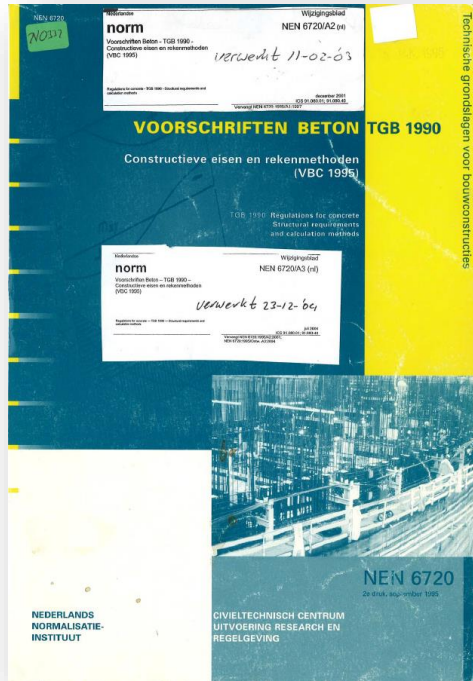
Studievereniging *fib*-Nederland

CONSOLIS

VBI

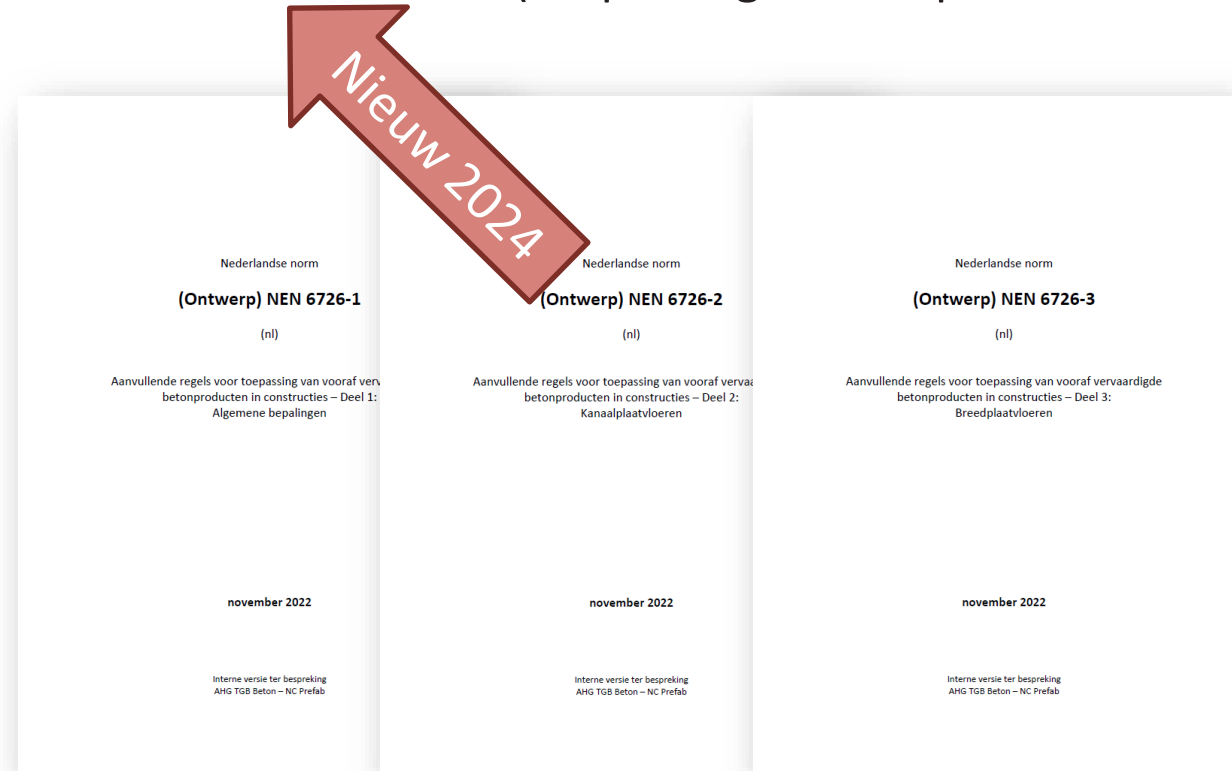
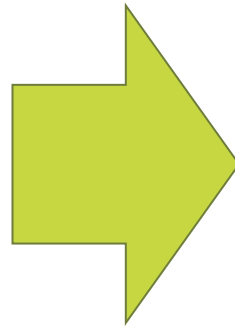
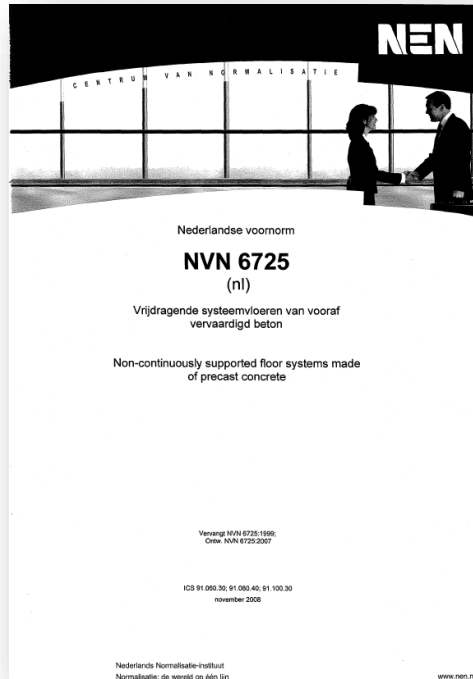
Normen en (semi) regelgeving – ontwerp betonconstructies

- Van TGB 1990 / NEN 6720 (VBC) naar NEN-EN 1992-1-1 (Eurocode 2)



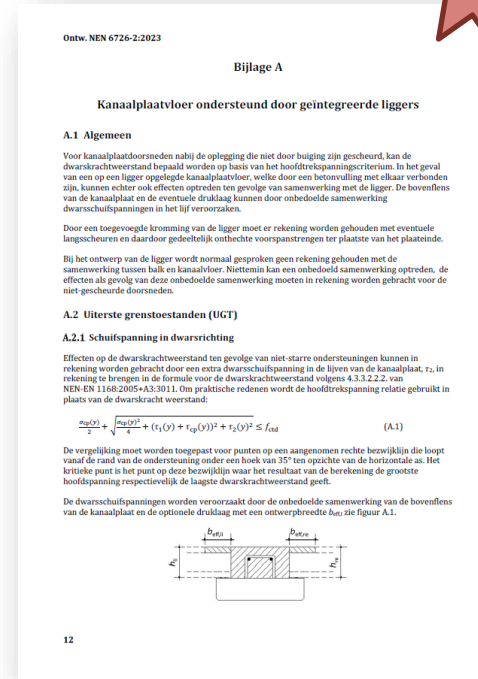
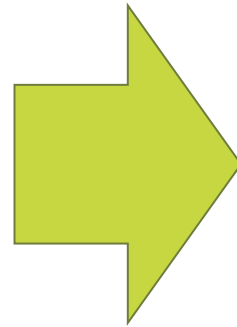
Normen en (semi) regelgeving- vrijdragende prefab beton vloeren

- Van NVN 6725 (gebaseerd op TGB1990) naar NEN 6726-serie (toepassing van EN productnormen)



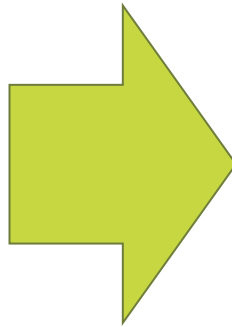
Normen en (semi) regelgeving - niet-star ondersteunde kanaalplaatvloer

- Van CUR/BmS Aanbeveling 104 (gebaseerd op VBC) naar NEN 6726-2 Bijlage A



Normen en (semi) regelgeving- vrijdragende prefab beton vloeren

- Van KOMO attest-met-productcertificaat naar Erkend BB-Aansluitdocument



Normen en (semi) regelgeving - niet-star ondersteunde kanaalplaatvloer

Europese regelgeving:

- CPR en geharmoniseerde productnormen
- NEN-EN 1168 Hollow core slabs (kanaalplaten)

NEN-EN 1168:2005+A3:2011

EN 1168:2005+A3:2011 (E)

In case of flexible supports, the reducing effect of transversal shear stresses on the shear resistance shall be taken into account.

For hollow-core slabs deeper than 450 mm the shear strength, both for regions cracked and uncracked by bending, shall be reduced by 10 % with respect to the equations and procedures quoted above.

4.3.3.2.2 Shear resistance in uncracked regions

Regions uncracked by bending are defined by a flexural tensile stress smaller than $f_{ctk0,05}/\gamma_C$. Here, the shear resistance shall be calculated with the following equation:

$$V_{Rdc} = \frac{I b_w(y)}{S_c(y)} \left(\sqrt{(f_{ctd})^2 + \sigma_{cp}(y) f_{ctd}} - \tau_{cp}(y) \right)$$

Nederlandse norm
NEN-EN 1168+A3
(en)
Vooraf vervaardigde betonproducten -
Kanaalplaatvloeren
Precast concrete products - Hollow core slabs

Vervangt NEN-EN 1168:2005+A2:2009/Ortwe. A3:2011;
NEN-EN 1168:2005+A2:2009

ICS 91.060.30; 91.100.30
oktober 2011

Kanaalplaat



Constructieve eigenschappen van de kanaalplaat

Stufib

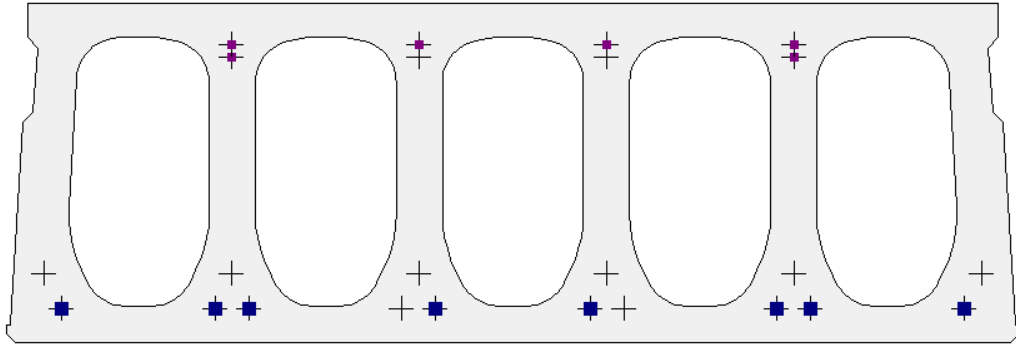
Studievereniging *fib*-Nederland

CONSOLIS

VBI

Voorgespannen kanaalplaat

- Productie op lange baan d.m.v. extrusie of glijbekisting

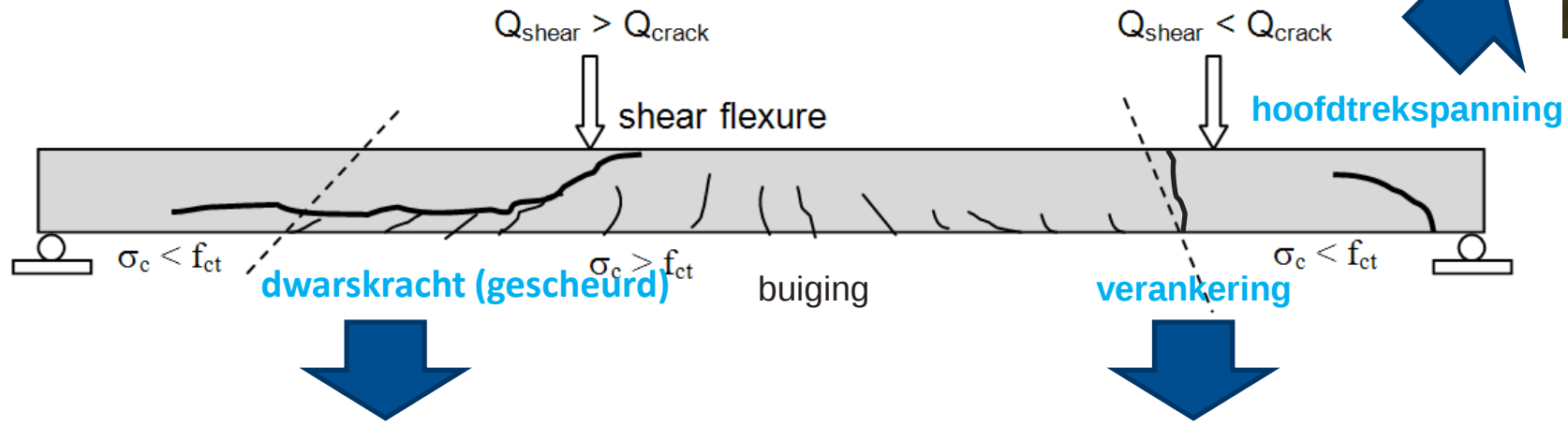


- Voorspanning d.m.v. voorgerekt voorspanstaal, alleen in langs richting...
 - Geen dwarswapening
 - Geen dwarskracht wapening
 - Geen spleetwapening
- **Betontreksterkte is belangrijke eigenschap van het beton!**



Voorgespannen kanaalplaat

- Bezwijk mechanismes

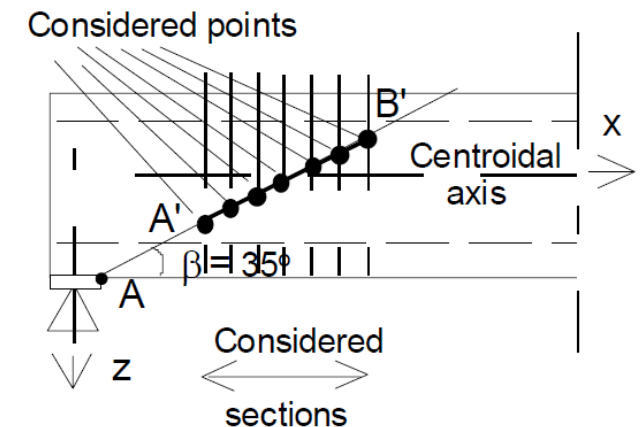
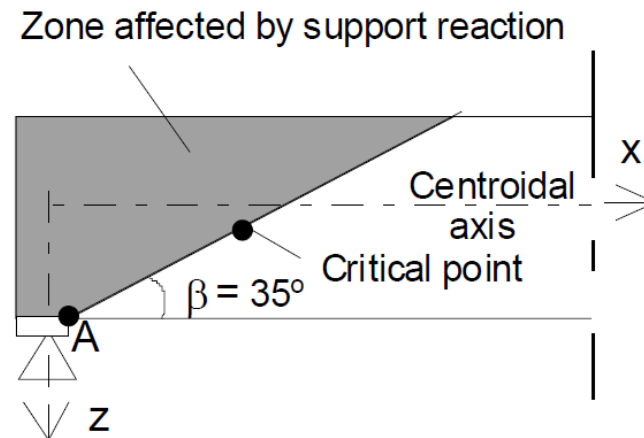


Voorgespannen kanaalplaat

Hoofdtrekspanning (Afschuiftrekbreuk)

- Vrij opgelegde elementen
- NEN-EN 1992-1-1 formule 6.4
(spanning t.p.v. zwaarte lijn)
- Uitgebreide methode in NEN-EN 1168
 - schuifspanningen t.g.v. de inleiding van de voorspanning
 - positie met grootste hoofdtrekspanning moet bepaald worden.

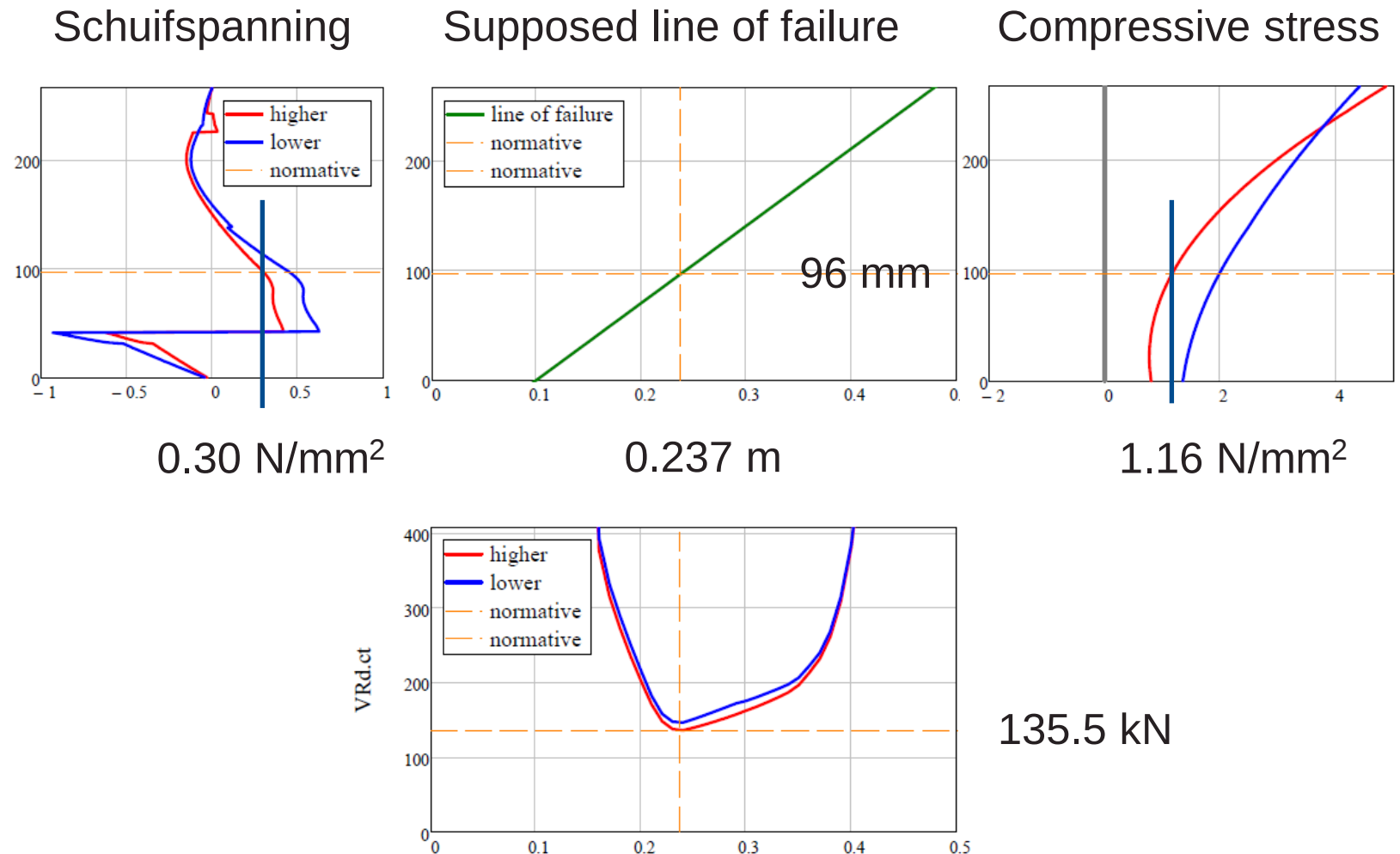
$$V_{Rd,c} = \frac{I \cdot b_w}{S} \sqrt{(f_{ctd})^2 + \alpha_I \sigma_{cp} f_{ctd}}$$



Hoofdtrekspanning (Afschuiftrekbreuk)

volgens NEN-EN 1168

- Bepaal de positie van de grootste hoofdtrekspanning op een denkbeeldige bezwijklijn onder een hoek van 35 graden:



Onderzoek jaren 90



Onderzoek flexibel ondersteunde kanaalplaatvloer

Stufib

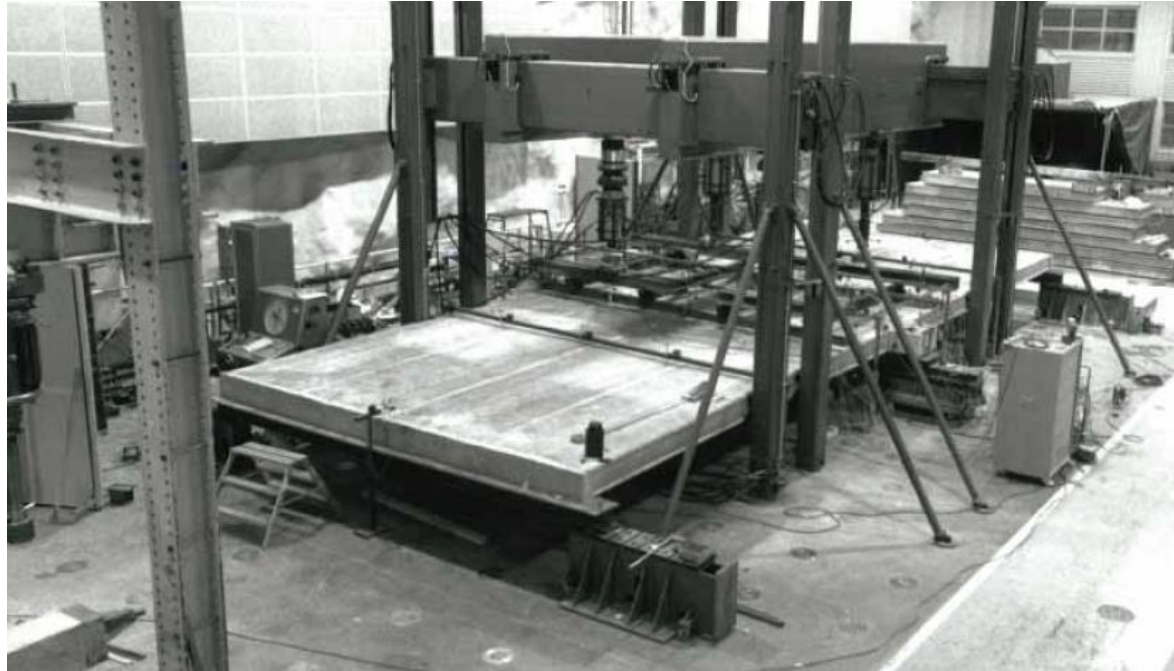
Studievereniging *fib*-Nederland

CONSOLIS

VBI

Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

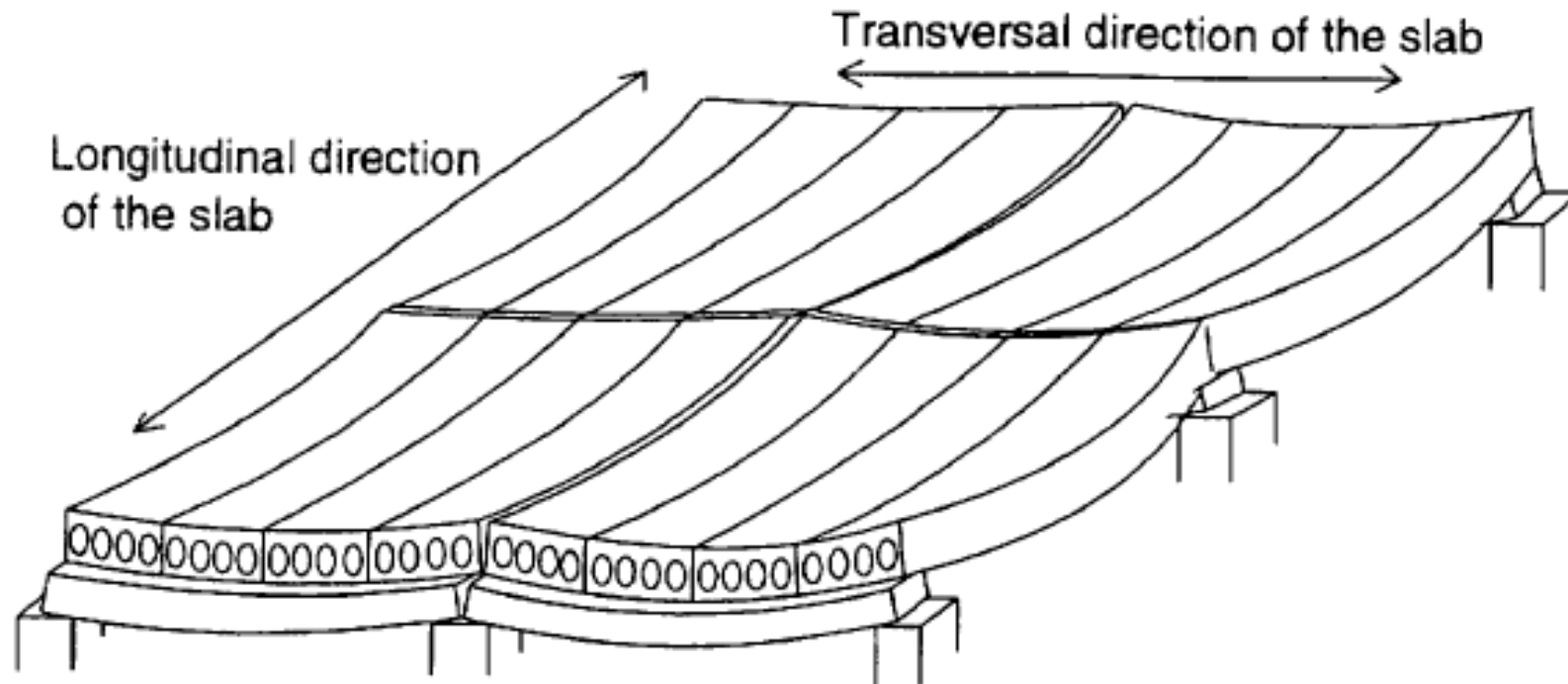
vloer met geïntegreerde liggers



Verkennde proeven lieten zien dat de
dwarskrachtweerstand werd beïnvloed
door het gedrag van de geïntegreerde ligger

Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

Buiging in twee richtingen

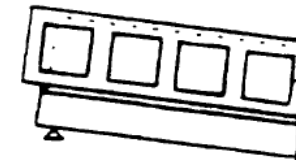
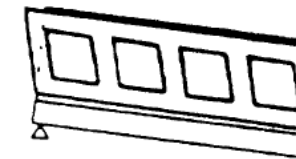
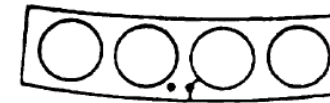
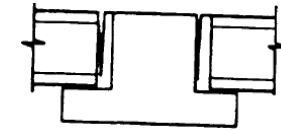
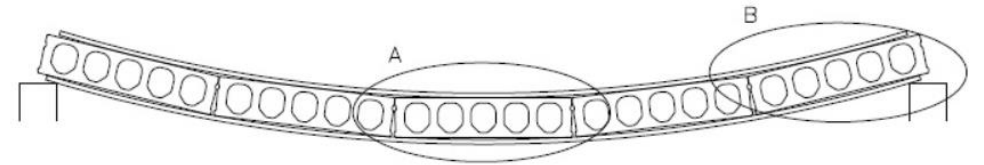


Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

Buiging in twee richtingen

- Buiging van de vloer en de balk door belasting
- Scheuren in de langsvoeg tussen balk en vloer
- Kans op scheurvorming bij de voorspanwapening (A)
- Vervorming van de kanaalplaatdoorsnede (B) en/of
- Verschuiven van de kanaalplaat over de oplegging (B)

=> onbedoelde samenwerking



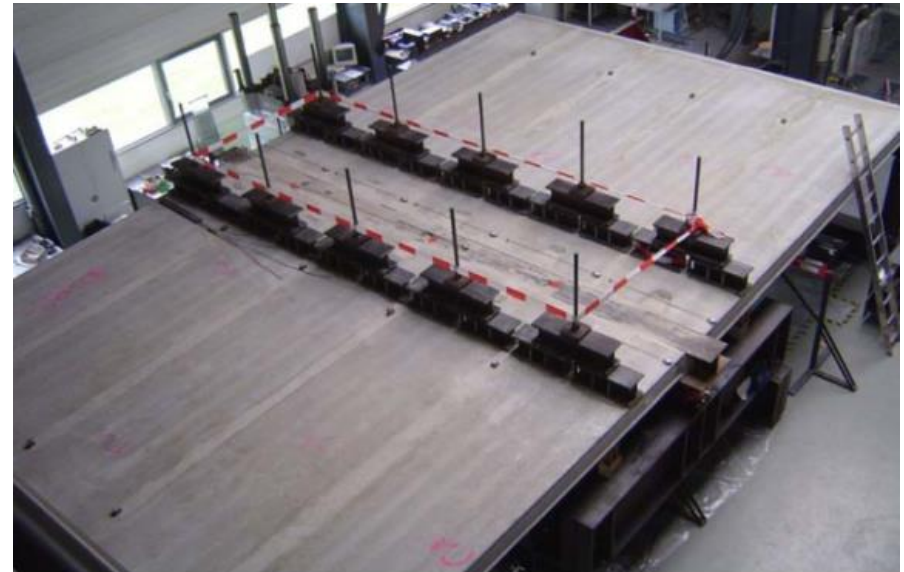
Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

testen in de 1990's en 2000's

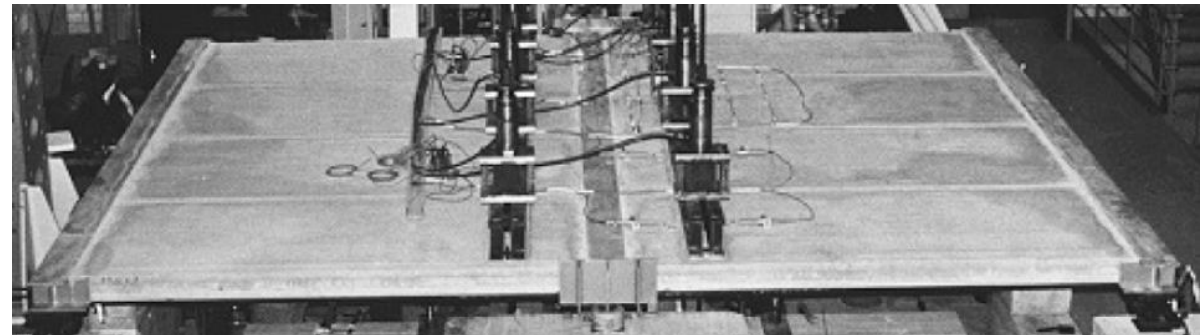


Finland

Approx. deflection at failure:
Concrete beams: $L/700$ to $L/1000$
Steel beams: $L/400$ to $L/600$

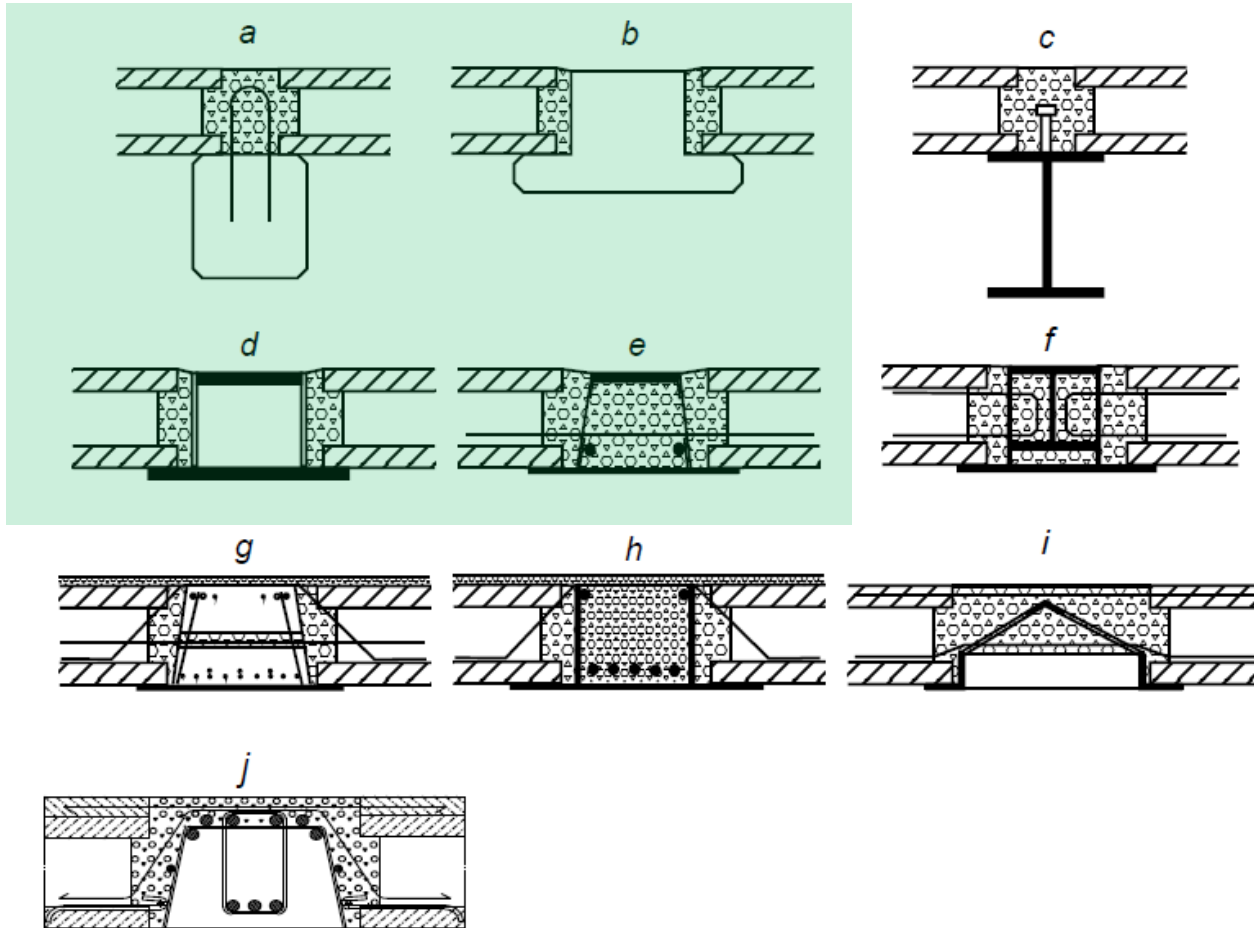


Duitsland



Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

varianten geïntegreerde liggers



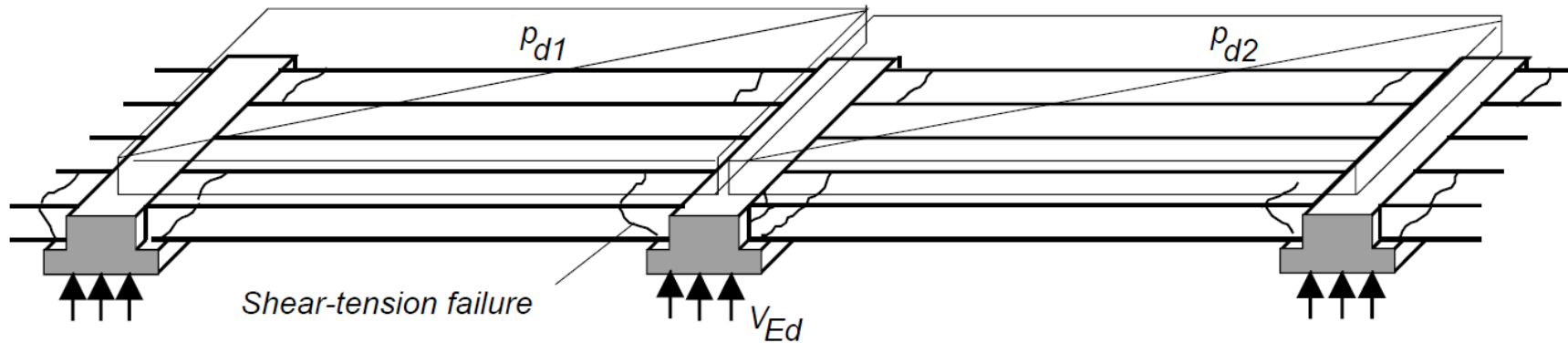
Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

testen in de 1990's en 2000's

#	Test		Hollow core slab	length of slab	Beam	Length of beam	V_{pu} [kN]
1	DE265	VTT	h=265	6000	Delta beam	5000	114.6
2	WQ265	VTT	h=265	6000	Steel beam	5000	166.1
3	PC265	VTT	h=265	6000	Prestressed concrete	5000	103.4
4	PC400	VTT	h=400	7200	Prestressed concrete	5000	252.1
5	WQ400	VTT	h=400	7200	WQ-beam	5000	293.6
6	PC265E	VTT	h=265	6000	Prestressed concrete with filled cores	5000	147.6
7	PC265T	VTT	h=265	6000	Prestressed concrete with topping	5000	140.3
8	PC265N	VTT	h=265	6000	Prestressed concrete	5000	163.8
9	PC265C	VTT	h=265	6000	Prestressed concrete continues beam	5000	191.4
10	MEK265	VTT	h=265	6000	MEK-beam	5000	148.2
11	RC265N	VTT	h=265	6000	Prestressed concrete	7200	106.7
12	LBL320	VTT	h=320	7200	LBL-beam	5000	161.9
13	DE400	VTT	h=400	8500	Delta beam	5000	222.0
14	SUP320	VTT	h=320	10000	Superbeam	4800	106.2
15	LB320	VTT	h=320	7200	LB-beam	5000	149.2
16	WQ500	VTT	h=500	10000	WQ-beam	7200	269.6
17	PC500	VTT	h=500	10000	Prestressed concrete	7200	336.4
18	DE500	VTT	h=500	10000	Delta beam	7200	366.9
19	PC400U	VTT	h=400	9000	Prestressed concrete	4800	282.4
20	A320	VTT	h=320	7900	A-beam	4800	183.3
21	IFB265	RWTH	h=265	5000	IFB-beam	6000	192.0
22	IFB265B	RWTH	h=265	5000	IFB-beam	6000	189.6
23	IFB250	RWTH	h=250	5000	IFB-beam	6000	194.4
24	IFB250B	RWTH	h=250	5000	IFB-beam	6000	194.4
25	IFB265M	RWTH	h=265	5000	IFB-beam	6000	218.4
26	IFB265RD	RWTH	h=265	5000	IFB-beam	6000	218.4
27	IFB250M	RWTH	h=250	5000	IFB-beam	6000	201.6
28	IFB250RD	RWTH	h=250	5000	IFB-beam	6000	201.6
29	PC270BI	TUKL	h=270	4300	Prestressed concrete	6000	196.0
30	IFB150	TUKL	h=150	4200	IFB-beam	3600	63.7
31	IFB150T	TUKL	h=150	4200	IFB-beam	3600	108.7

Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

Bezwijken: afschuiftrekbreuk





Rekenmodel

Stufib

Studievereniging *fib*-Nederland

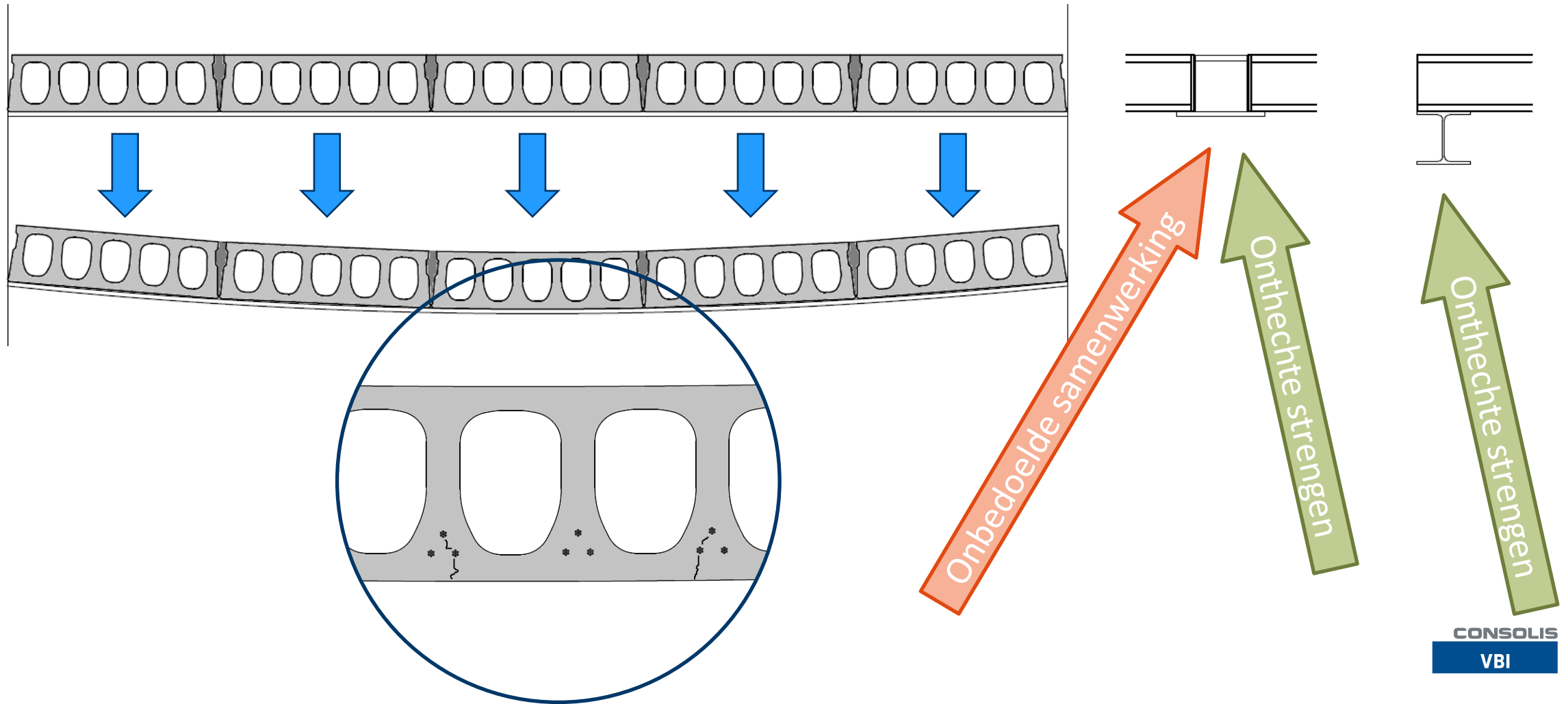
CONSOLIS

VBI

Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

Rekenmodel UGT-A

- Buiging van de ligger → kans op buigscheuren langs de voorspanwapening

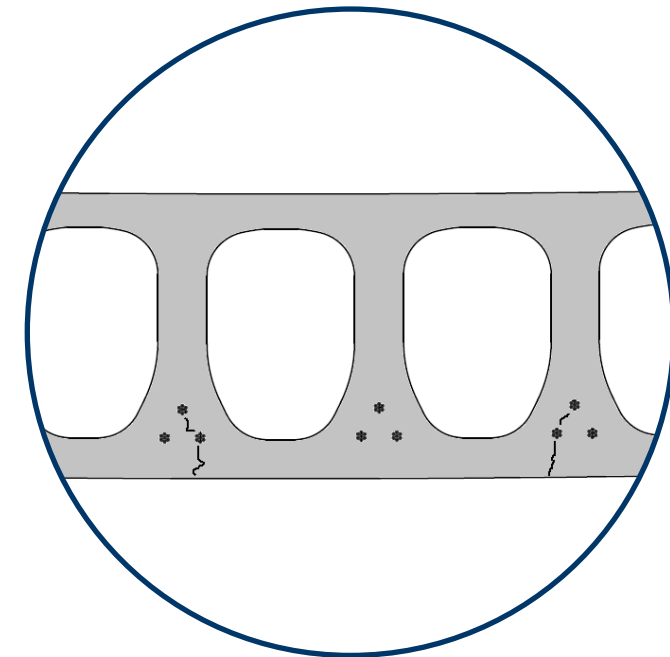


Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

Rekenmodel UGT-A

- In midden van balk overspanning (grootste kromming):
Onthechte voorspanelementen als in de uiterste grenstoestand f_{ctd} wordt overschreden.

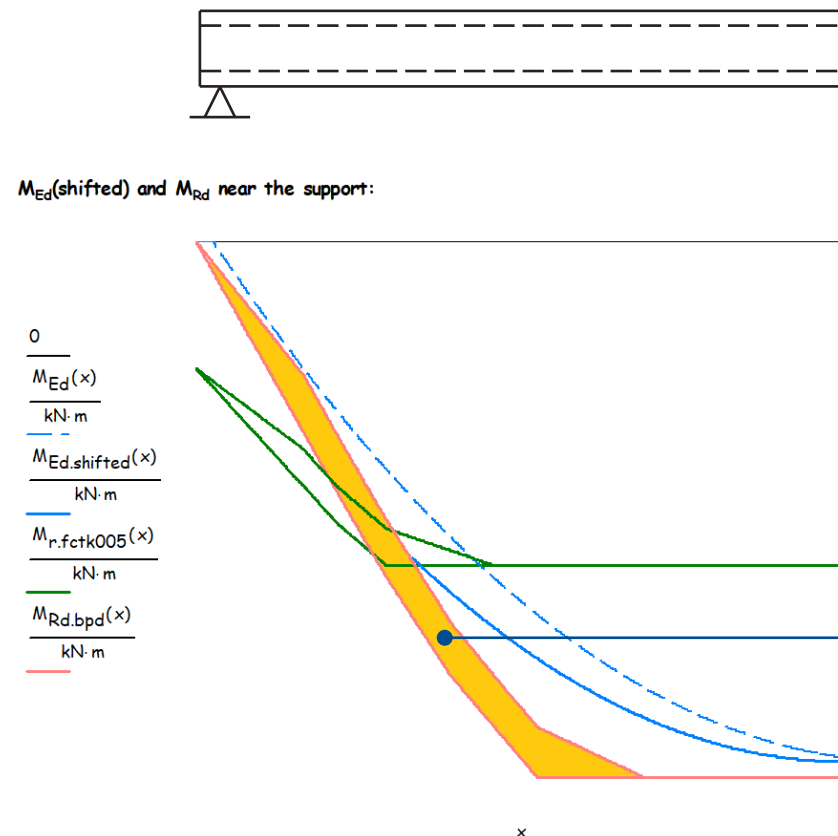
Strands per web	1	>1
Number of debonded strands per slab unit	1	
Number of debonded strands per web		0.5
Length of debonding (mm)	500	500



Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

Rekenmodel UGT-A

- Berekening kanaalplaat met een aantal gedeeltelijk onthechte voorspanelementen
Belangrijkste invloeden: inleiding voorspanning en verankering in UGT



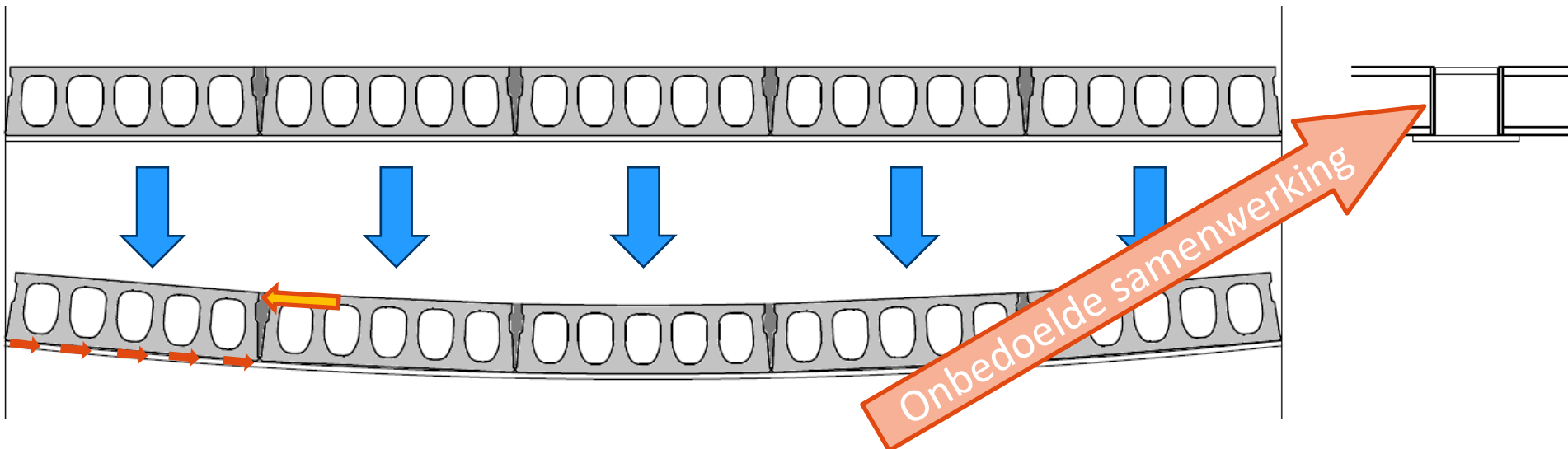
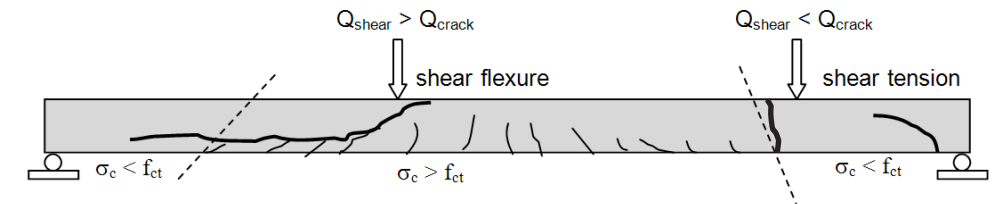
Verminderde verankeringscapaciteit door gedeeltelijk onthechte voorspanelementen

Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

Rekenmodel UGT-B

- Bij momentennulpunt van de balk (grootste dwarskracht):
Door onbedoelde samenwerking:
Schuifspanningen in het lijf t.g.v. de niet-starre ondersteuning.

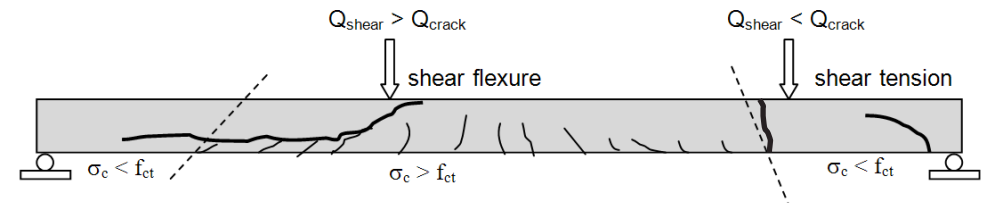
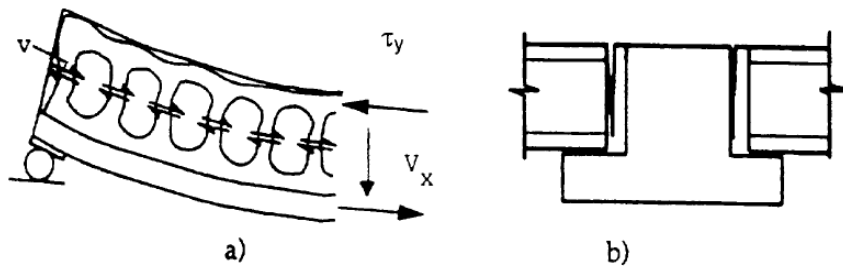
Algemeen model:



Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

- Bij momentennulpunt van de balk (grootste dwarskracht):
Schuifspanningen in het lijf t.g.v. de niet-starre ondersteuning.

Algemeen model:



Schubkräften können nicht overgedragen worden naar de langsvoeg (buigscheuren) en moeten dus via de lijven van de kanaalplaten worden afgedragen:

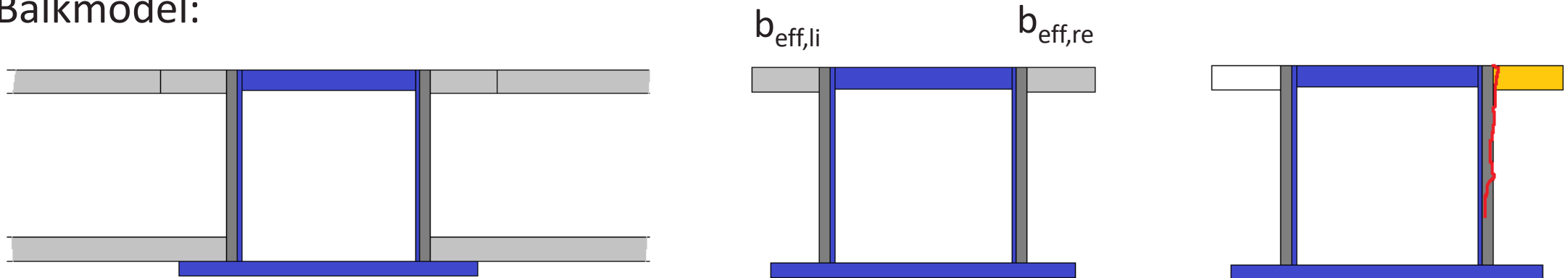
Breng dwarse schuifspanning in rekening als extra spanningscomponent bij de bepaling van de hoofdtrekspanning !

Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

Rekenmodel UGT-B

- Bij zakkende momenten ontstaan drukkrachten in de bovenflens van de kanaalplaat;
- Bij de momentennulpunten van de ligger/balk (grootste dwarskracht):
Schuifspanningen in het lijf t.g.v. de niet-starre ondersteuning.

Balkmodel:



Hoofdtrekspanning:

$$\sigma_{\text{Ed.v}} = \frac{\sigma_{\text{cp}}(y)}{2} + \sqrt{\frac{\sigma_{\text{cp}}(y)^2}{4} + (\tau_1(y) + \tau_{\text{cp}}(y))^2 + \tau_2(y)^2}$$

$$\tau_2(y) = \frac{3 \cdot v_{yd} \cdot b_{\text{slab}}}{2 \cdot b_{\text{cr}}(y) \cdot b_w(y)}$$

Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

De voorwaarde in BGT is: $\varepsilon_2 < \varepsilon_{cr}$

De relatie tussen de kritische rek ε_{cr} en de toelaatbare scheurwijdte w_k is:

w_k	ε_{cr}
0,1	$0,4 \times 10^{-3}$
0,2	$0,7 \times 10^{-3}$
0,3	$1,0 \times 10^{-3}$
0,4	$1,3 \times 10^{-3}$

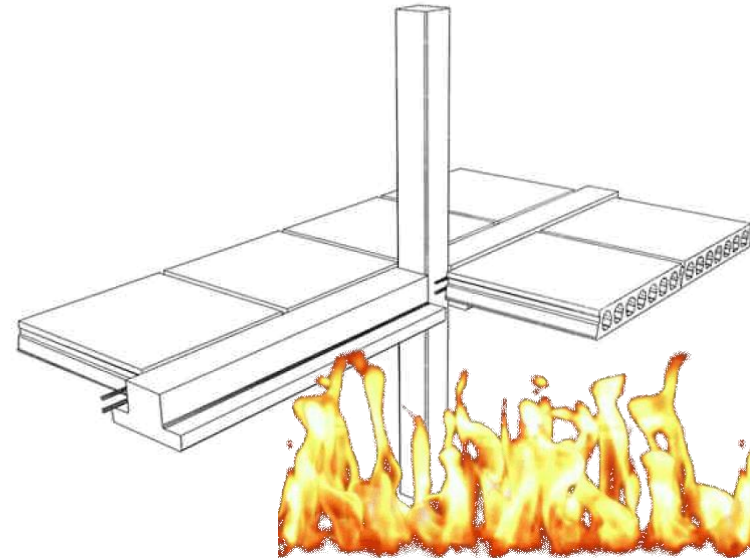
$$\varepsilon_2 = \frac{M_{Edadd} \cdot Z}{EI}$$

Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

- Dwarskracht draagvermogen in brandomstandigheden:

“Valt terug” tot het nivo van het dwarskracht draagvermogen in de gescheurde toestand bij brand volgens Bijlage G van NEN-EN 1168:

$$V_{Rd,c,fi} = [C_{\theta.1} + \alpha_k \cdot C_{\theta.2}] \cdot b_w \cdot d$$



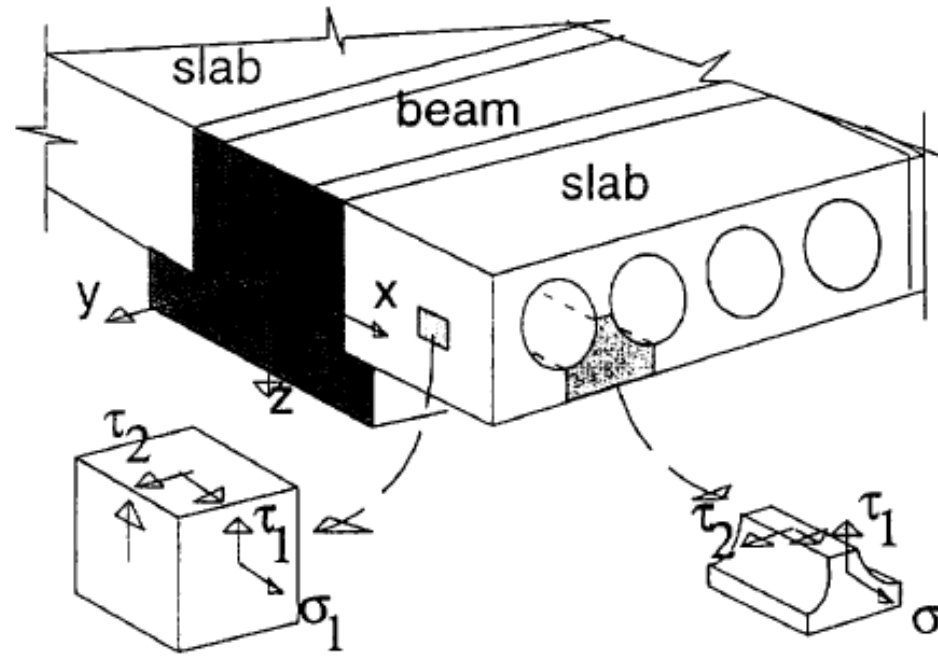


Schuifspanning τ_2

Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

Rekenmodel UGT-B

- Hoofdtrekspanning volgens spanningstoestand van Mohr.
- De hoofdtrekspanning wordt begrensd door de betontreksterkte.



Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

Rekenmodel UGT-B

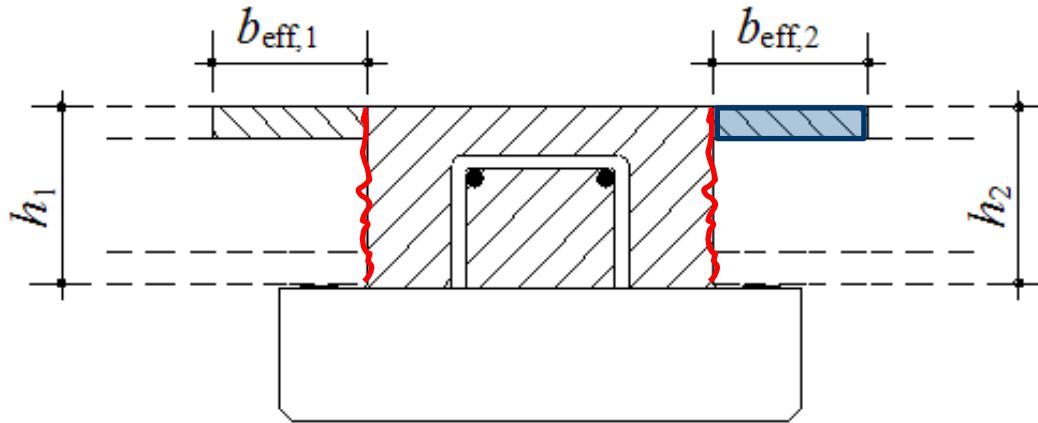
$$\sigma_I = f_{ct} = \frac{\sigma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau_1^2 + \tau_2^2}$$

τ_2 is de schuifspanning ten gevolge van de onbedoelde samenwerking in dwarsrichting van de kanaalplaat.

Uitdaging: hoe komen we aan τ_2 ?

Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

Rekenmodel UGT-B



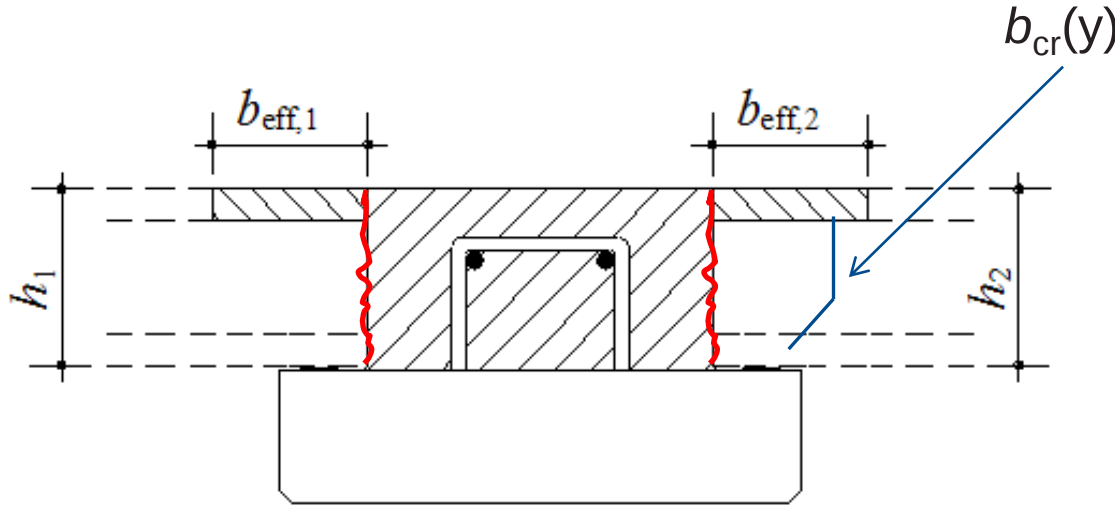
De horizontale schuifstroom door onbedoelde samenwerking is:

$$\tau = V \cdot \frac{S}{b \cdot I}$$

$$v_{yd} = V_{balk} \cdot \frac{ES_{flens}}{EI_{balk}}$$

Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

Rekenmodel UGT-B



De schuifspanning in dwarsrichting van de kanaalplaat door onbedoelde samenwerking is:

Verticale verdeling:

$$b_{cr}(y) = 2 \cdot y \neq h$$

$$\tau_2(y) = \frac{3 \cdot v_{yd} \cdot b_{slab}}{2 \cdot b_{cr}(y) \cdot b_w(y)}$$

Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

De hoofdtrekspanning incl. de schuifspanning in dwarsrichting t.g.v. niet starre oplegging:

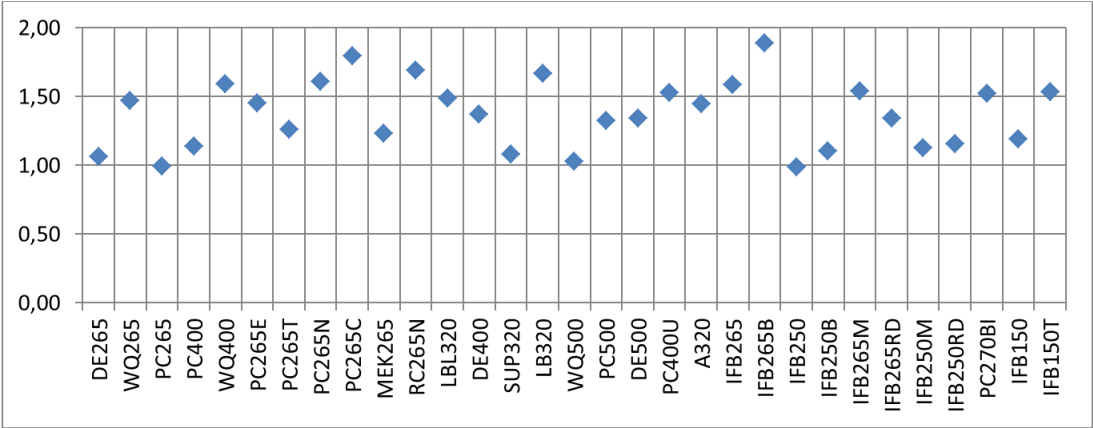
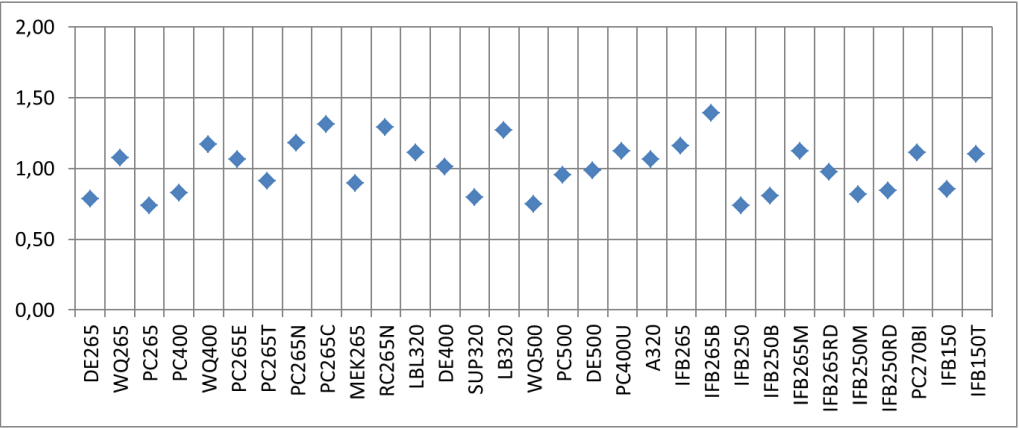
$$\sigma_I = f_{ct} = \frac{\sigma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau_1^2 + \tau_2^2}$$

τ_2 is een functie van ES_{flens} ; respectievelijk een functie van b_{eff} .

Hoe komen we aan b_{eff} ?

Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

- Kalibreer op de bekende “full scale” testen



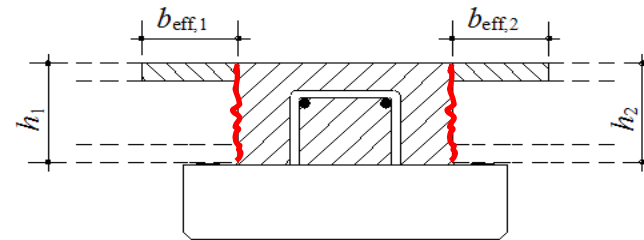
Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

Rekenmodel UGT-B

Coëfficiënt k_{cd}

k_{cd} coëfficiënt voor de definitie van de medewerkende breedte van de gedrukte flens.
 $= \frac{h_{sl}}{50000} + \frac{1}{75}$; waarbij h_{sl} de dikte van de kanaalplaat in mm is.

Effectieve breedte: $b_{eff} = L \cdot k_{cd}$



waarbij

L is de effectieve overspanningslengte van de ligger (de afstand tussen moment-nulpunten)

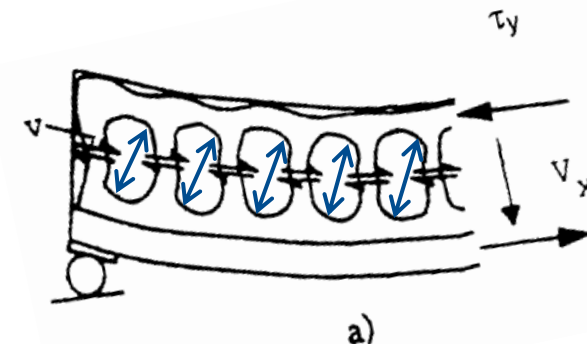
Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

Rekenmodel UGT-B

Gevulde kanalen verhinderen de vervorming van de kanaalplaat doorsnede. De schuifspanning in dwarsrichting τ_2 kan worden gereduceerd met een factor β :

De reductiefactor van de horizontale schuifspanning in de lijven, β_f , is:

Dikte van de kanaalplaat [mm]	200	265	320	400
Vuldiepte < 50 mm	1,0	1,0	1,0	1,0
Vuldiepte $\geq$ hoogte kanaal (alle kanalen zijn gevuld)	0,7	0,7	0,5	0,5





Ontwerpinformatie

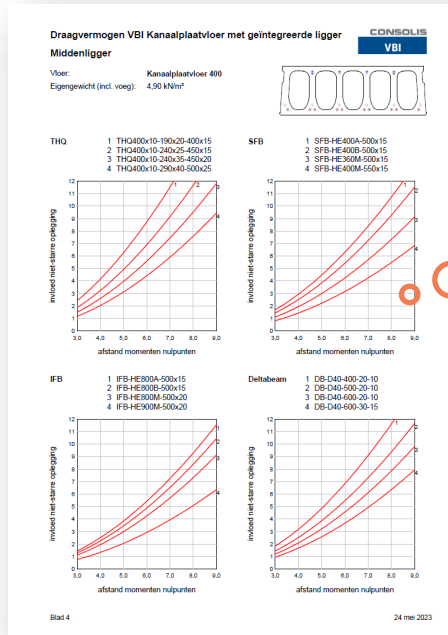
Stufib

Studievereniging *fib*-Nederland

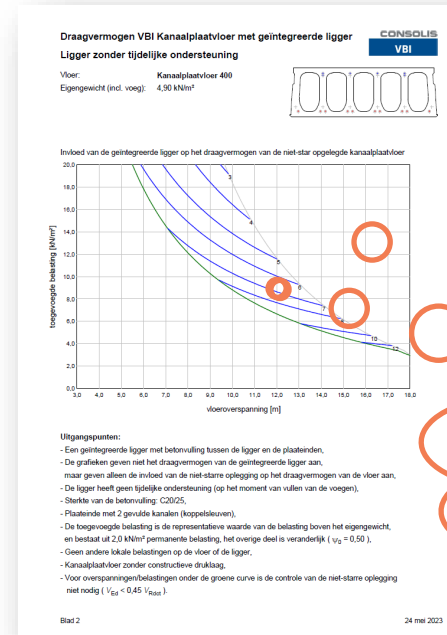
CONSOLIS

VBI

Ontwerp grafieken



$$v_{yd} = V_{balk} \cdot \frac{ES_{flens}}{EI_{balk}}$$



$$\tau_2(y) = \frac{3 \cdot v_{yd} \cdot b_{slab}}{2 \cdot b_{cr}(y) \cdot b_w(y)}$$

$$\sigma_I = f_{ct} = \frac{\sigma}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau_1^2 + \tau_2^2}$$

Invloedsgetal van niet-starre oplegging (v_{yd} per eenheidsbelasting)

Parameters:

- Kanaalplaattype
- Liggertype
- Afstand tussen de momentnulpunten

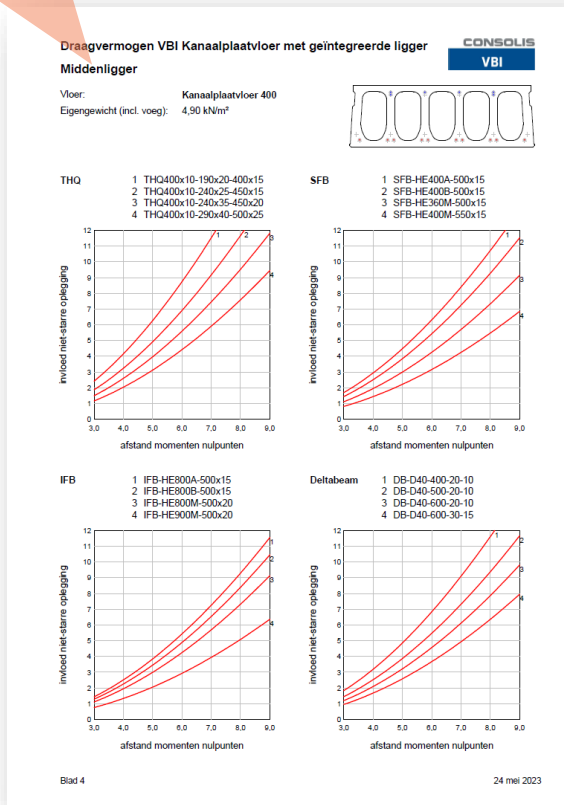
Draagvermogen kanaalplaatvloer met invloed van niet-starre oplegging

Parameters:

- Kanaalplaattype
- Invloed niet-starre oplegging (v_{yd})
- Met/zonder tijdelijke ondersteuning

Ontwerp grafieken

Grafiek:
Middenligger
of
Randligger

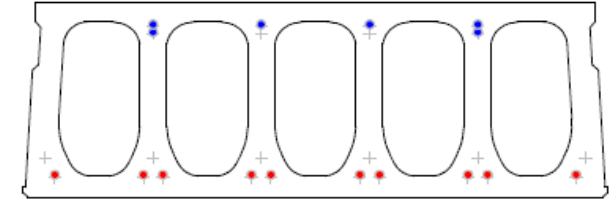


Middenligger

Vloer:

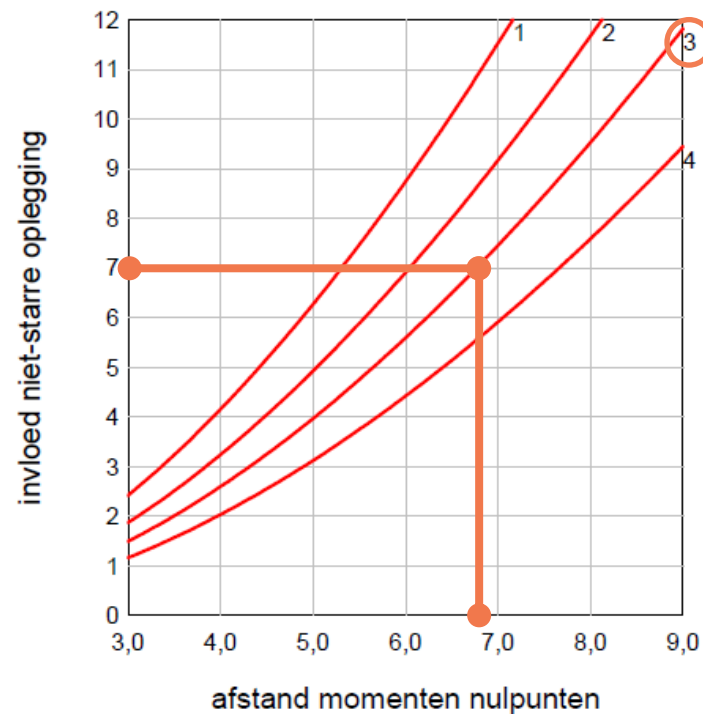
Kanaalplaatvloer 400

Eigengewicht (incl. voeg): 4,90 kN/m²



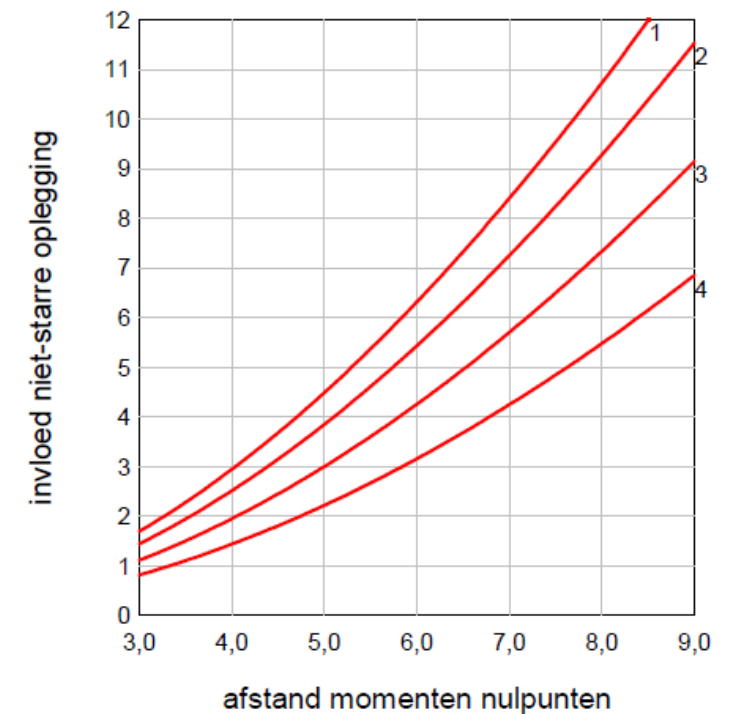
THQ

- 1 THQ400x10-190x20-400x15
- 2 THQ400x10-240x25-450x15
- 3 THQ400x10-240x35-450x20
- 4 THQ400x10-290x40-500x25



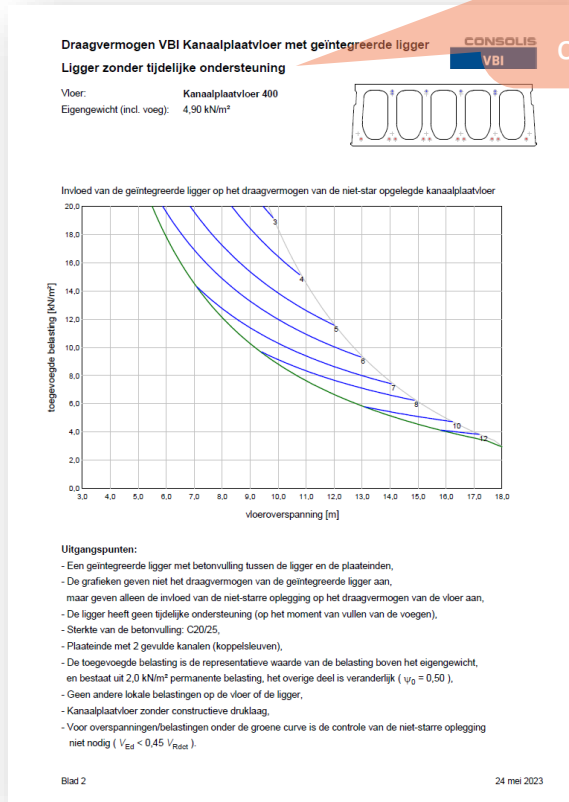
SFB

- 1 SFB-HE400A-500x15
- 2 SFB-HE400B-500x15
- 3 SFB-HE360M-500x15
- 4 SFB-HE400M-550x15



Ontwerp grafieken

Grafiek van de
ligger met of zonder
tijdelijke
ondersteuning



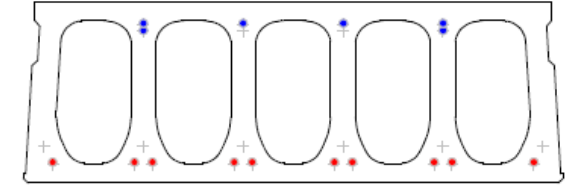
Ligger zonder tijdelijke ondersteuning

Vloer:

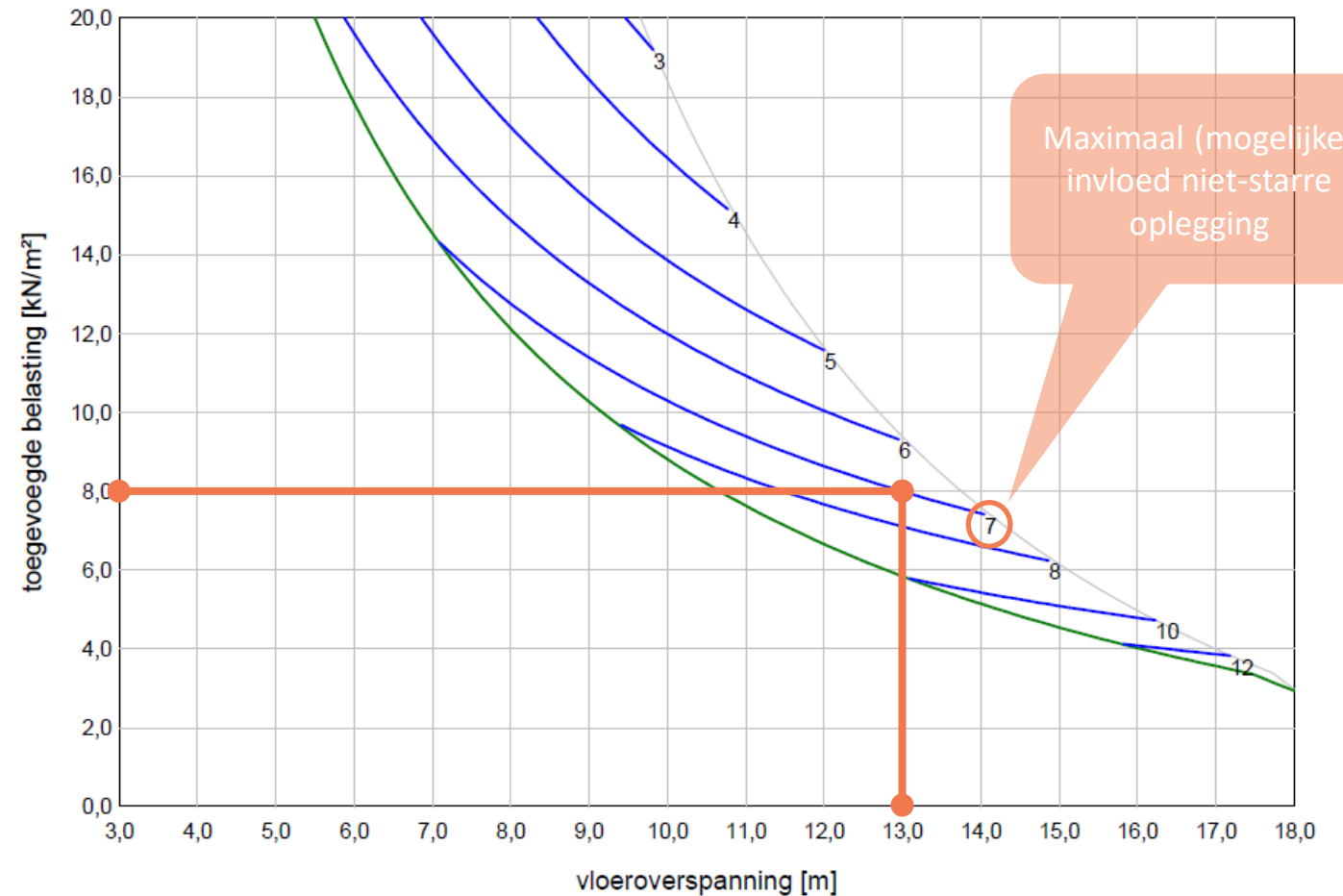
Kanaalplaatvloer 400

Eigengewicht (incl. voeg):

4,90 kN/m²



Invloed van de geïntegreerde ligger op het draagvermogen van de niet-star opgelegde kanaalplaatvloer



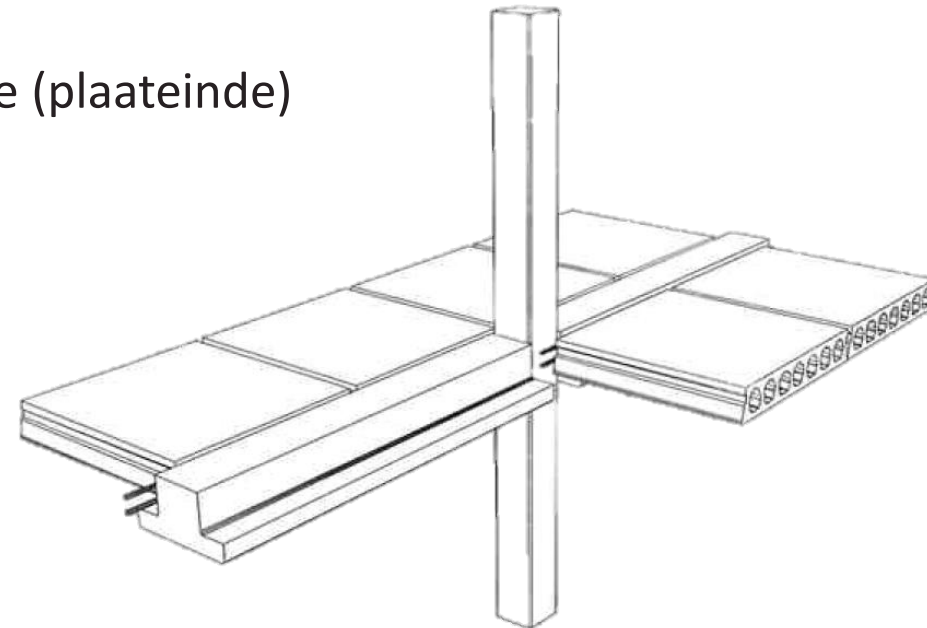


Samenvatting

Niet-star opgelegde kanaalplaatvloer

Samenvatting

- Er kan een onbedoelde samenwerking tussen de ondersteunende ligger en de kanaalplaatvloer ontstaan;
- Het dwarskracht draagvermogen van de niet-gescheurde doorsnede (plaatende) wordt dan beïnvloed door de eigenschappen van de balk;
- Voor de gescheurde doorsneden zijn de bekende (EC2) formules voor de dwarskracht (eq (6.2a) en eq(6.2b)) van toepassing;
- Dwarskracht draagvermogen bij brand: geen onderscheid tussen starre of niet-starre ondersteuning.

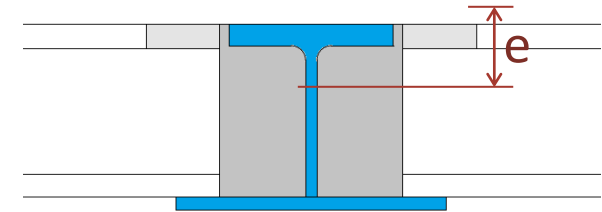
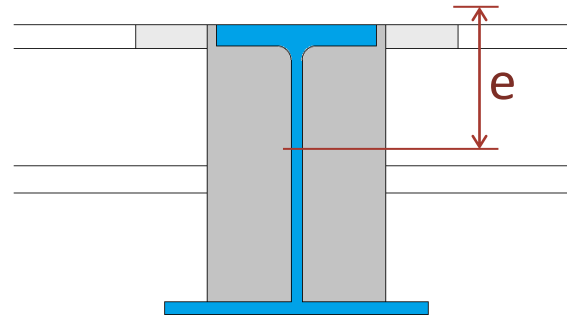


Ontwerp van niet-star ondersteunde kanaalplaatvloeren

Belangrijkste parameters voor de bepaling van τ_2 :

- Stijfheid ES / EI

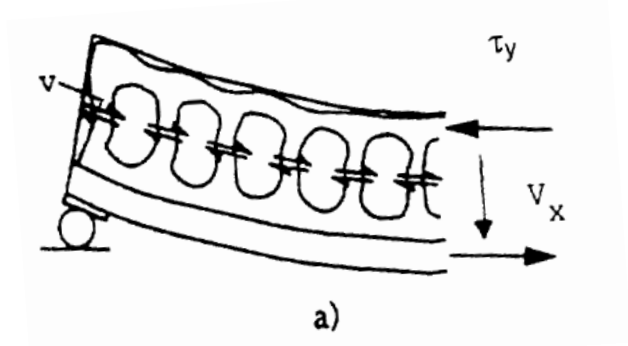
$$v_{yd} = V_{balk} \cdot \frac{ES_{flens}}{EI_{balk}}$$



- Dwarskracht V_{balk} :
 - afstand momenten nulpunten;
 - doorgaande ligger of enkel veld overspanning;
 - belastingen, al dan niet direct op de ligger.

Welke gegevens zijn nodig voor de kanaalplaat berekening

- Kanaalplaat: doorsnede, lijfbreedte en voorspanning;
- **Hoofdberekening van de balk: afstand tussen de momenten nulpunten;**
- **Balk gegevens: Vorm, materiaal, statische grootheden;**
- **Onderstempeling (volgorde plaatsen stempels);**
- **Belastingen op het vloerveld, belastingen direct op ligger**
- Evt. kanaalvullingen (resp. sleufsparingen).



AVU40 L=5130	AVU40 L=10260
AVU40 L=5130	AVU40 L=10260
AVU40 L=5130	AVU40 L=10260
AVU40 L=5130	AVU40 L=10260
AVU40 L=5130	AVU40 L=10260
AVU40 L=5130	AVU40 L=10260
AVU40 L=5130	AVU40 L=10260
AVU40 L=5130	AVU40 L=10260
AVU40 L=5130	AVU40 L=10260
AVU40 L=5130	AVU40 L=10260

Ontwerp van niet-star ondersteunde kanaalplaatvloeren

- NEN-EN 1168 geeft aan dat de effecten door niet-starre ondersteuning in beschouwing moeten worden genomen.
- Kanaalplaten + geïntegreerde ligger = Geïntegreerd ontwerp ?
KIWA Categorie 4a: CC levert berekening + eigenschappen van de ligger. CH kan hiermee de berekening van de voorgespannen kanaalplaat maken;
- Toepassingsnorm NEN 6726 is in aantocht, in deel 2 over kanaalplaatvloeren staan rekenregels voor niet-star opgelegde kanaalplaatvloeren!
Producenten kunnen al informatie voorbereiden t.b.v. het voorontwerp.
- Grootste overspanning met de kanaalplaatvloer, kleinere overspanning met de ligger.



Vragen

Niet-star ondersteunde kanaalplaatvloeren



Ronald Klein-Holte



r.klein-holte@vbi.nl



0610 938 985

