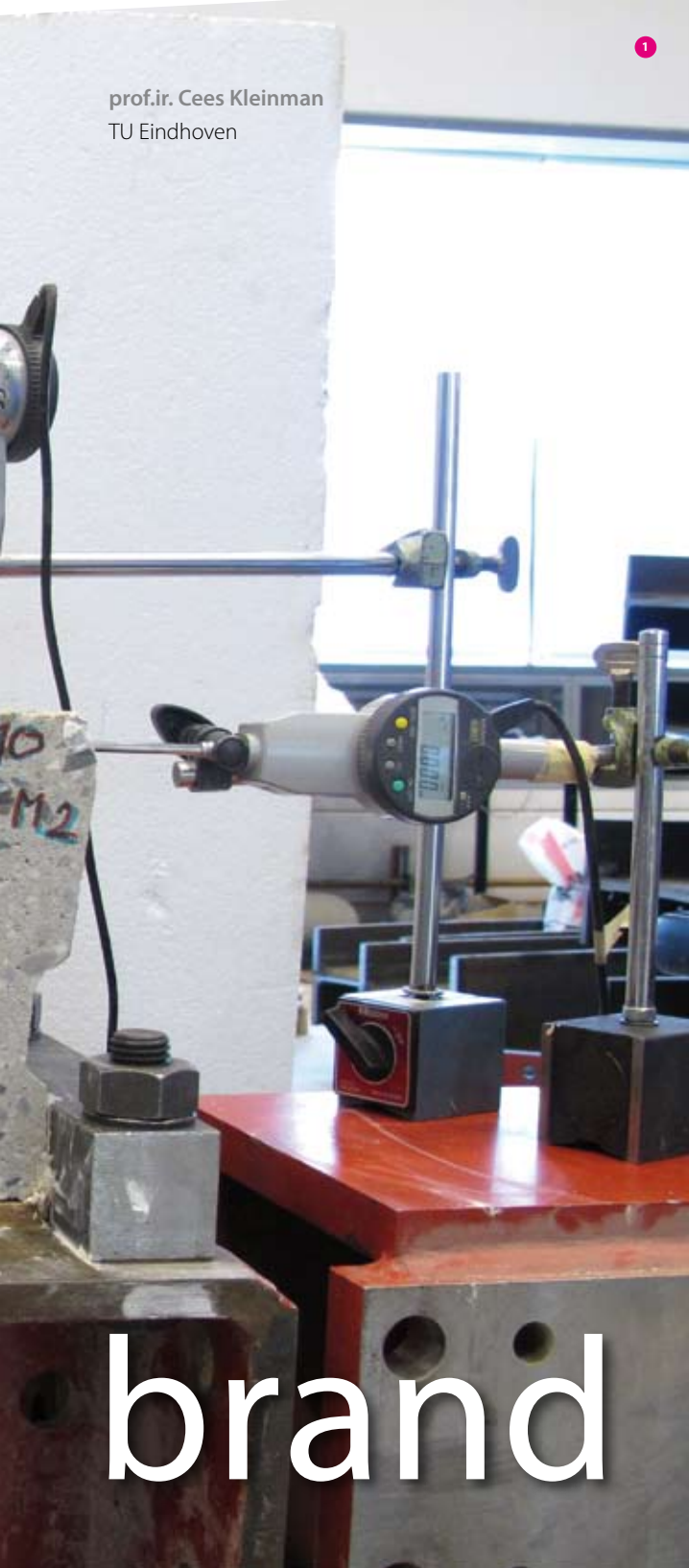




Onderzoek aan de TU Eindhoven

Kanaalplaat in dwarsrichting bij

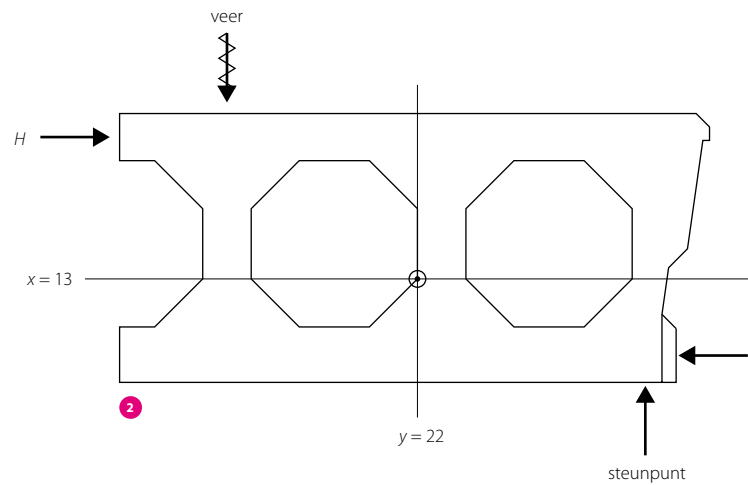
Veel onderzoek naar brand bij kanaalplaten heeft betrekking op het gedrag in lengterichting. Het gedrag in dwarsrichting lijkt echter veel belangrijker. In dit artikel wordt indicatief onderzoek gepresenteerd naar het gedrag van kanaalplaatvloeren in deze dwarsrichting en naar de invloed van een al dan niet doorlopende onderrand. De hoogte van de kanaalplaat en de eventuele druklaag wordt in de beschouwing betrokken. Tot slot wordt een voorzet gegeven tot een mogelijk ander type kanaalplaat.



brand

De voorgespannen kanaalplaatvloer is een veel toegepast product in de woning- en utiliteitsbouw. Het product is eenvoudig te produceren en te monteren en zeer concurrerend ten opzichte van andere vloersystemen. Sinds de brand in de parkeergarage van een appartementencomplex in de Lloydstraat te Rotterdam in oktober 2007, is de brandwerendheid van kanaalplaten onderwerp van onderzoek en gesprek. In het schrijven van de BFBN van 16 november 2009 [1] wordt gesteld: "Ook is uit een analyse van in het verleden uitgevoerde brandproeven duidelijk geworden dat de gangbare wijze waarop met NEN 6071 in de praktijk voor kanaalplaatvloeren wordt omgegaan (alleen toetsing van de

- 1 Opstelling beproeving mootje
- 2 Een deel van een vrij vervormbare kanaalplaat met drie dammetjes is met een schijvenprogramma onderzocht



dekking op het voorspanstaal in verband met momentbreuk) in veel gevallen niet toereikend is. Andere bezwijkvormen, zoals dwarskrachtbreuk, kunnen namelijk bij brand ook maatgevend zijn. Er zijn echter geen geschikte rekenmethoden beschikbaar om andere bezwijkvormen adequaat te toetsen".

De hierboven beschreven dwarskrachtbreuk heeft betrekking op de lengterichting. Er is echter eveneens sprake van dwarskrachtbreuk in de dwarsrichting (in combinatie met moment en normaalkracht). In dit artikel wordt aan de hand van een indicatief onderzoek op dit gedrag ingegaan.

Onderzoeksaanpak

In het onderzoek is allereerst de exacte geometrie van de kanaalplaatvloer onderzocht met behulp van een eindige-elementenmodel (schijvenprogramma). Hiermee is de maatgevende dwarskrachtcapaciteit van de 'dammetjes' bepaald. De gevonden resultaten zijn gebruikt om een staafwerkmodel te creëren dat dezelfde eigenschappen vertoont. Ter controle is de capaciteit van de kanaalplaatdoorsnede in het laboratorium beproefd. Vervolgens is het staafwerkmodel onderworpen aan een enigszins versimpeld temperatuursmodel. In dit model werd uitsluitend de onderflens over de volle dikte aan een gelijkmatige temperatuursverhoging onderworpen.

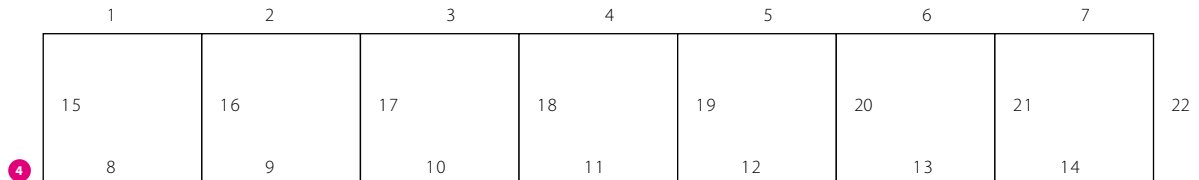
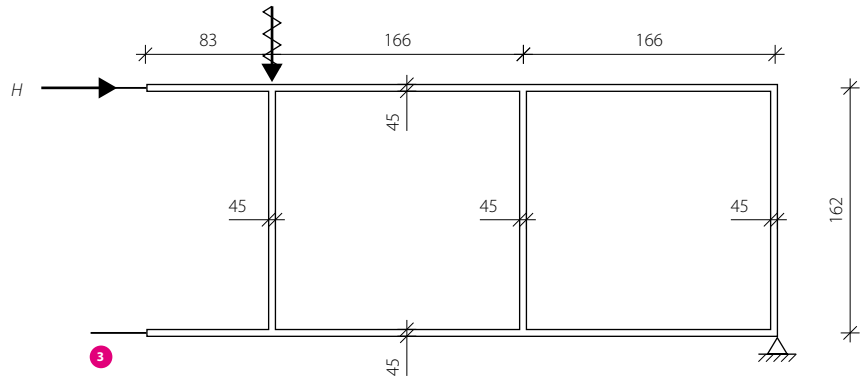
De conclusies die aan het eind worden getrokken hebben als doel de prefab-betonindustrie te helpen in hun onderzoek naar een kanaalplaatvloer met een gepaste brandwerendheid.

Capaciteit kanaalplaat in dwarsrichting

Allereerst werd een deel van een vrij vervormbare kanaalplaat zonder druklaag gemodelleerd met drie dammetjes (fig. 2). Hiertoe werd uitgegaan van een bestaande kanaalplaat, type

- 3 Resultaten van een van de twee beproevingen
- 4 Raamwerkmodel met staafnummers waarmee de invloed van brand op de is onderzocht
- 5 Staafwerkmodel met dimensies
- 6 Dwarskracht in de dammetjes bij een stijging van temperatuur van de onderflens met 300 °C

- 7 Trekkraft in de bovenflens bij een stijging van temperatuur van de onderflens met 300 °C
- 8 Dwarskracht in de dammetjes bij een druklaag van 90 mm bij een temperatuurstijging van de onderflens van 300 °C
- 9 Normaalkracht in de dammetjes bij een druklaag van 90 mm bij een temperatuurstijging van de onderflens van 300 °C



ZVB 200: hoogte 200 mm, breedte tussendammetjes 38 mm, einddammetjes 33 mm (smalste doorsnede), dikte bovenflens 40 mm en onderflens 34 mm (minimale doorsnede).

De dikte van het mootje is 150 mm. Het aldus opgestelde model werd met een schijvenprogramma onderzocht op de maximaal opneembare horizontale kracht. Er werd een bezwijkbelasting gevonden van 12,96 kN. Het bezwijken trad op in element $x = 13$, $y = 22$, gelegen in het middelste dammetje (fig. 2).

Als bezwijkcriterium werd het overschrijden van de maximaal toelaatbare hoofdtrekspanning in de dammetjes aangehouden.

Bij de berekening werd uitgegaan van een betonsterkteklasse van C50/65. Hierbij hoort een maximale trekspanning van $0,9 (1 + 65 / 20) = 3,83 \text{ N/mm}^2$. Na bezwijken van een dammetje, trad voortschrijdende scheurvorming op, waarna ook de rest bezweek. De hoofdtrekspanning is het resultaat van buiging, dwarskracht en normaalkracht. De dwarskracht in het dammetje was daarbij 5,6 kN.

Ter controle werd de capaciteit van de in figuur 2 weergegeven kanaalplaatdoorsnede in het laboratorium beproefd. Er werden twee doorsneden beproefd. Bij de eerste proef vond bezwijken plaats bij 11,4 kN (fig. 5), bij de tweede proef bij 12,4 kN.

Vervolgens werd het resultaat geprojecteerd op een fictief raamwerk als weergegeven in figuur 3. Met behulp van iteratie werden afmetingen gevonden waarbij hetzelfde vervormingsgedrag optrad en in de dammetje globaal dezelfde dwarskrachtverdeling werd vastgesteld. De hoogte van de dammetjes (staven 15 t.m. 22) was 162 mm. De gevonden afmetingen $b = 150 \text{ mm}$ en $d = 45 \text{ mm}$ zijn vervolgens gehandhaafd in de raamwerkmodellen.

Brand op de onderflens

Om de invloed van brand op de onderflens te onderzoeken werd een vrij vervormbare kanaalplaat geschematiseerd als in figuur 4. De systeemplengte van de dammetjes (staven 15 t.m. 22) is 162 mm.

Zonder druklaag

Eerst is een enkele kanaalplaat beschouwd zonder druklaag. Het resultaat is beschouwd bij een stijging van temperatuur van de onderflens met 300 °C. Dit levert een dwarskrachtverloop over de dammetjes als weergegeven in figuur 6. Bezien we de bovenflens, dan vinden we een trekkrachtverloop als in figuur 7.

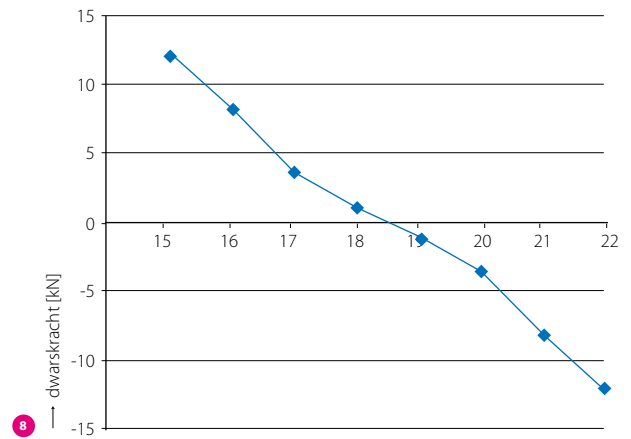
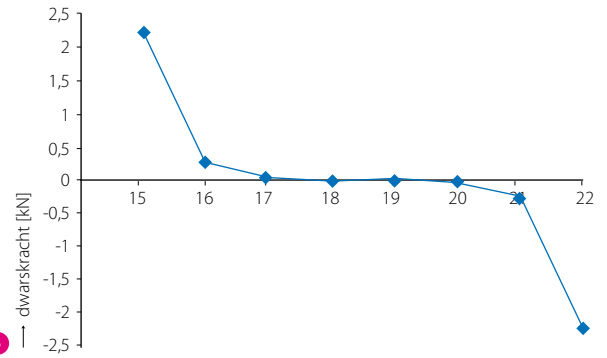
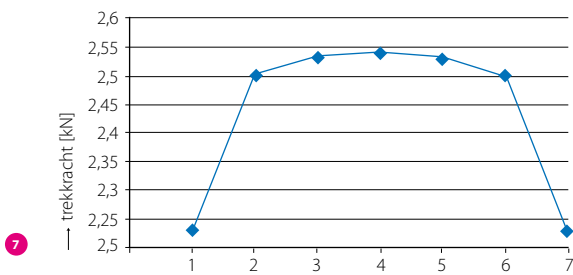
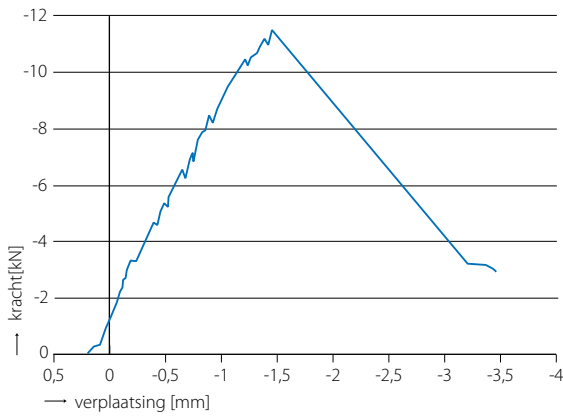
Er werd een maximale trekkracht in de bovenflens gevonden van 2,54 kN. De horizontale trekspanning is $2540 / (150 \times 40) = 0,42 \text{ N/mm}^2$. Hierbij wordt uitgegaan van de daadwerkelijke dikte van 40 mm. De verticale trekkracht in de dammetjes is gelijk aan 0. De maximale dwarskracht is 2,23 kN (fig. 6). Om aan het criterium van maximaal 5,6 kN dwarskracht te voldoen kan worden geconcludeerd dat de maximale gemiddelde temperatuurstijging van de onderflens $5,6 / 2,23 \times 300 = 750 \text{ °C}$ mag zijn.

In werkelijkheid verloopt de temperatuur van pakweg 1000 °C aan de brandzijde tot 500 °C in de keel (na iets meer dan 1 uur standaardbrandkromme). De invloed hiervan op het gedrag van de flenzen (buiging) en de dammetjes (extra trekkracht) wordt in het kader van dit onderzoek niet meegenomen.

Let wel: in het getal voor de dwarskracht is impliciet de bijkomende buiging in het dammetje verdisconteerd. Het bezwijken onder invloed van een dwarskracht van 5,6 kN speelt zich niet af in het hart van de plaat, maar op enige afstand.

Met druklaag

In de huidige bouwpraktijk is het redelijk gebruikelijk een druklaag toe te passen. Gaan we uit van een druklaag van 90 mm, dan vinden we bij een temperatuurstijging van de



onderflens van 300 °C het resultaat als in figuur 8.

Het verloop van de normaalkracht over de dammetjes is in figuur 9 aangegeven. We zien aan het verloop hiervan dat door de druklaag de onderflens als het ware verticaal wordt ondersteund door discrete veren. Hierdoor is in de eerste en de laatste dam sprake van een drukkracht en in de overige dammetjes een trekkracht. De maximale trekkracht in dammetje 2 en 7 bedraagt 4,78 kN, overeenkomend met een trekspanning van $4,78 / (150 \times 40) = 0,8 \text{ N/mm}^2$. (De afmeting in de maatgevende doorsnede is hier 40 mm). Deze trekkracht heeft een ongunstige invloed op de capaciteit van het dammetje. De op te nemen dwarskracht zal dus kleiner zijn dan het uitgangspunt van 5,6 kN. Uitgaande van een maximale trekspanning van $3,83 \text{ N/mm}^2$ bij C50/65 moeten we dus kijken naar $(3,83 - 0,8) / 3,83 \times 5,6 = 4,4 \text{ kN}$.

In tabel 1 zien we dat bij 300 °C de dwarskracht in dammetje 2 (staaf 21) gelijk is aan 8,2 kN. Hiermee wordt de maximale temperatuurstijging: $4,4 / 8,2 \times 300 = 160 \text{ °C}$.

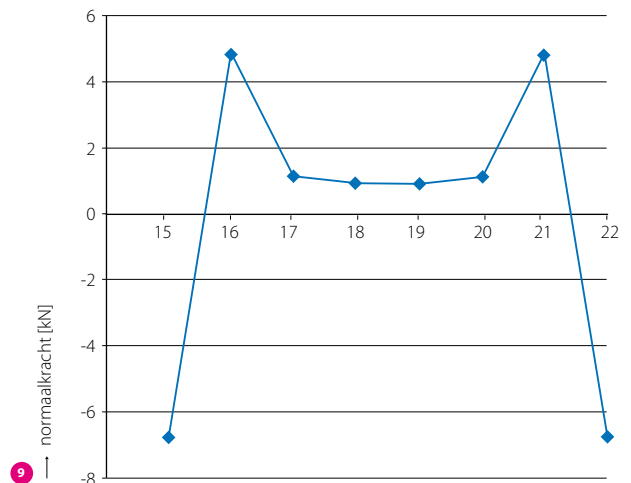
Om na te gaan of de waarde correct is, moet tabel 2 worden beschouwd. Hierin zijn de staafkrachten weergegeven voor de situatie waarbij er een driehoekig temperatuurverloop over de onderflens wordt genomen. Aan de brandzijde een stijging van 600 °C en aan de bovenzijde van de flens een stijging gelijk aan 0 °C.

We zien dan dat de trekkracht in dammetje 2 wordt: $T = 10,66 \text{ kN}$. Dit komt overeen met een trekspanning van $10,66 / (150 \times 40 \text{ mm}) = 1,78 \text{ N/mm}^2$. De dwarskracht wordt iets

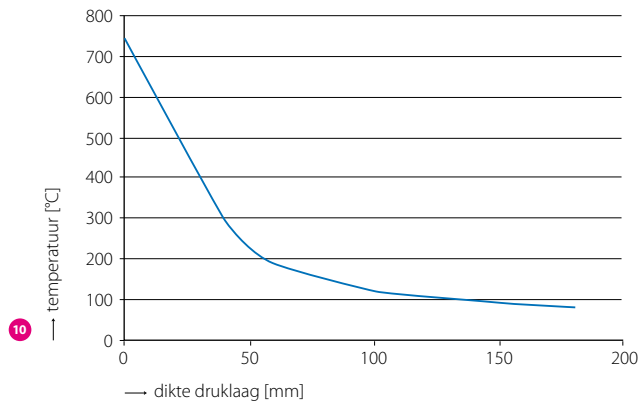
groter, namelijk 8,95 kN. Hiermee zou de maximale dwarskracht niet groter mogen worden dan $(3,83 - 1,78) / 3,83 \times 5,6 = 3,0 \text{ kN}$. Dit komt overeen met een maximaal toegelaten gemiddelde temperatuurstijging van $3,0 / 8,95 \times 300 = 100 \text{ °C}$.

De horizontale trekkracht in de bovenflens, niet in een figuur weergegeven, is 24,86 kN. Bij een doorsnede van $(90 + 45) \times 150 \text{ mm}^2$ komt dit overeen met een trekspanning van $24\,860 / (135 \times 150) = 1,22 \text{ N/mm}^2$ (dikte op die positie 45 mm).

Verwaarlozen we echter de invloed van trek- en drukkracht in de dammetjes en kijken we alleen naar het criterium dwarskracht (= 5,6 kN), dan kunnen we concluderen dat de maximale gemiddelde temperatuurstijging van de onderflens in dit



- 10 Temperatuur versus dikte druklaag bij het bezwijken van een dammetje op dwarskracht van 5,6 kN
- 11 Vergelijk dwarskracht in de dammetjes tussen enkele kanaalplaat en geschakelde kanaalplaat
- 12 Theoretisch maximale stijging van de gemiddelde temperatuur van de onderflens berekend op basis van het dwarskrachtprincipe bij variërende dikte en plaat en druklaag



geval gelijk mag zijn aan $5,6 / 12,07 \times 300 = 139 \text{ °C}$ (uitgaande van een maximale dwarskracht van 12,07 kN, zie. fig. 8). Deze waarde ligt tussen de hierboven gevonden waarden bij respectievelijk driehoekig temperatuurverloop en constante temperatuur met inachtnaeme van de trekspanningen. Hierboven werd 160 °C gevonden in dammetje 2 bij een constante temperatuur over de onderflens en 100 °C bij een temperatuurverschil van 600 °C. De waarheid zal er ergens tussenin liggen.

Aangezien het een kwalitatief onderzoek betreft en alleen tendensen worden gesignaleerd, wordt er in het verdere verloop van deze publicatie geen onderscheid gemaakt tussen de dammetjes met of zonder trek- of drukkkrachten. Het criterium van 5,6 KN wordt steeds gehanteerd.

Extra aandacht wordt gevraagd voor de momenten in de onder- en bovenflens. Beschouwen we in tabel 1 bijvoorbeeld de bovenflens (staaf 4) dan zien we dat het maximum moment

gelijk is aan 3,87 kNm. Betrokken op een doorsnede van 135 mm (90 + 45) levert dit buigspanningen op van $\pm 3,87 \times 10^6 / (1/6 \times 135^2 \times 150) = 8,5 \text{ N/mm}^2$. Scheuren treden op aan de binnenzijde.

In de onderflens (staaf 8 en 14) is de buigspanning $\pm 0,79 \text{ } 10^6 / (1/6 \times 45^2 \times 150) = 15,6 \text{ N/mm}^2$. Ook hier treedt dus scheurvorming op. In tabel 2 zien we dat deze momenten nog eens 10% groter zijn.

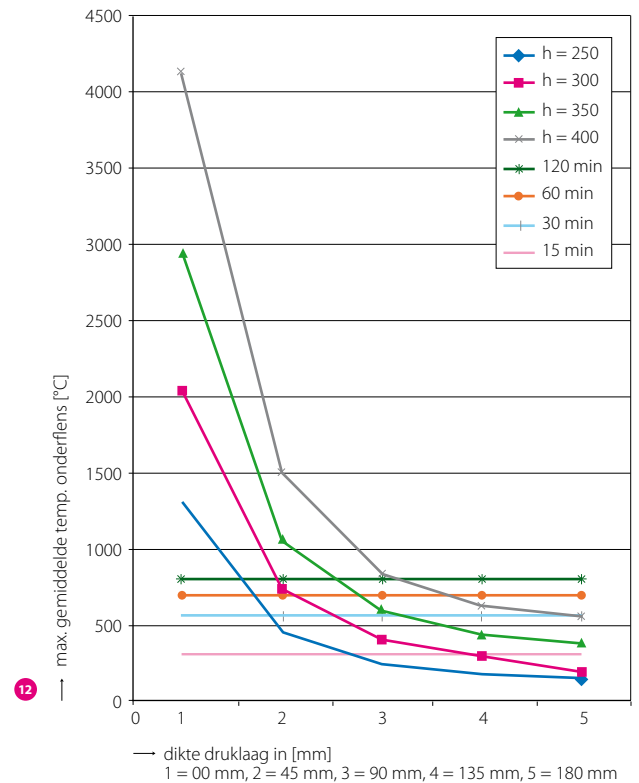
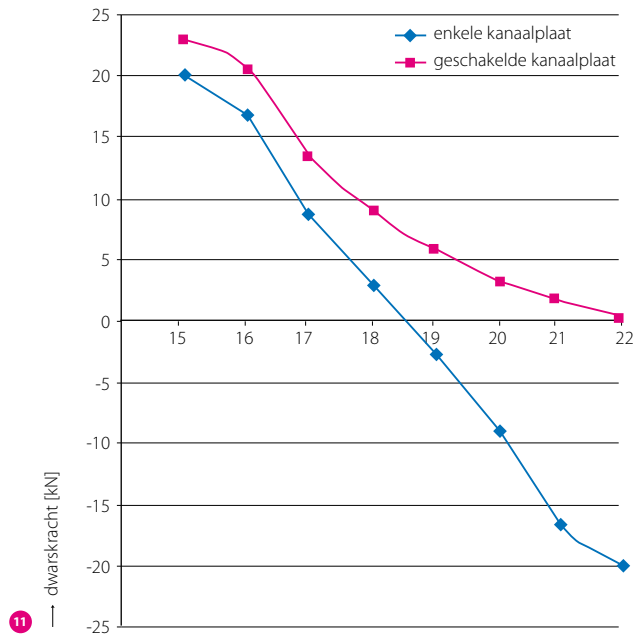
We constateren aldus bij een gemiddelde temperatuurstijging van de onderflens van 300 °C te grote dwarskrachten en te grote buigende momenten in de flenzen ontstaan met, als gevolg scheuren. Ondanks deze constatering zullen de momenten in de onder- en bovenflens niet in de hiernavolgende gevoeligheidsanalyse worden betrokken. Er wordt alleen gekeken naar de dwarskracht in de dammetjes.

Tabel 1 Staafkrachten bij een temperatuurstijging van 300 °C

nr.	normaalkracht		dwarskracht		moment	
	links	rechts	links	rechts	links	rechts
1	12,07	12,07	6,78	6,78	1,17	2,30
2	20,27	20,27	2,00	2,00	2,99	3,32
3	23,82	23,82	0,91	0,91	3,63	3,78
4	24,86	24,86	0,00	0,00	3,87	3,87
5	23,82	23,82	-0,91	-0,91	3,78	3,63
6	20,27	20,27	-2,00	-2,00	3,32	2,99
7	12,07	12,07	-6,78	-6,78	2,30	1,17
8	-12,07	-12,07	-6,78	-6,78	0,79	-0,34
9	-20,27	-20,27	-2,00	-2,00	0,29	-0,04
10	-23,82	-23,82	-0,91	-0,91	0,23	0,08
11	-24,86	-24,86	0,00	0,00	0,15	0,15
12	-23,82	-23,82	0,91	0,91	0,08	0,23
13	-20,27	-20,27	2,00	2,00	-0,04	0,29
14	-12,07	-12,07	6,78	6,78	-0,34	0,79
15	-6,78	-6,78	>12,07	12,07	-1,17	0,79
16	4,78	4,78	8,20	8,20	-0,69	0,63
17	1,09	1,09	3,56	3,56	-0,31	0,27
18	0,91	0,91	1,04	1,04	-0,09	0,08
19	0,91	0,91	-1,04	-1,04	0,09	-0,08
20	1,09	1,09	-3,56	-3,56	0,31	-0,27
21	4,78	4,78	-8,20	-8,20	0,69	-0,63
22	-6,78	-6,78	>-12,07	-12,07	1,17	-0,79

Tabel 2 Staafkrachten bij driehoekig temperatuurverloop

nr.	normaalkracht		dwarskracht		moment	
	links	rechts	links	rechts	links	rechts
1	4,41	4,41	11,92	11,92	0,76	2,74
2	13,36	13,36	1,26	1,26	3,46	3,67
3	16,64	16,64	0,91	0,91	3,95	4,10
4	17,63	17,63	0,00	0,00	4,19	4,19
5	16,64	16,64	-0,91	-0,91	4,10	3,95
6	13,36	13,36	-1,26	-1,26	3,67	3,46
7	4,41	4,41	-11,92	-11,92	2,74	0,76
8	-4,41	-4,41	-11,92	-11,92	-0,05	-2,02
9	-13,36	-13,36	-1,26	-1,26	-1,29	-1,50
10	-16,64	-16,64	-0,91	-0,91	-1,26	-1,41
11	-17,63	-17,63	0,00	0,00	-1,33	-1,33
12	-16,64	-16,64	0,91	0,91	-1,41	-1,26
13	-13,36	-13,36	1,26	1,26	-1,50	-1,29
14	-4,41	-4,41	11,92	11,92	-2,02	-0,05
15	-11,92	-11,92	4,41	4,41	-0,76	-0,05
16	10,66	10,66	8,95	8,95	-0,72	0,73
17	0,34	0,34	3,28	3,28	-0,29	0,24
18	0,91	0,91	0,99	0,99	-0,09	0,07
19	0,91	0,91	-0,99	-0,99	0,09	-0,07
20	0,34	0,34	-3,28	-3,28	0,29	-0,24
21	10,66	10,66	-8,95	-8,95	0,72	-0,73
22	-11,92	-11,92	-4,41	-4,41	0,76	0,05



Invloed van de druklaag

Dezelfde kanaalplaatdoorsnede werd vervolgens doorgerekend met een druklaag van respectievelijk 45, 90, 135 en 180 mm. Steeds werd als criterium genomen het bezwijken van een dammetje op een dwarskracht van 5,6 kN. Alle andere factoren, zoals buiging en normaalkracht, werden buiten beschouwing gelaten. Dit leverde het resultaat als weergegeven in figuur 10. Op de verticale as staat de maximaal toegestane gemiddelde temperatuur in de onderflens en op de horizontale as de dikte van de druklaag.

We zien derhalve een zeer sterke terugval bij het dikker worden van de druklaag. Met andere woorden: hoe meer de vervorming van de bovenflens wordt belemmerd, des te eerder zal scheurvorming optreden.

Gedrag geschakelde kanaalplaat in dwarsrichting

Na de enkele kanaalplaat werd vervolgens een middensectie met een mootdikte van 150 mm en een hoogte van 200 mm loodrecht op de overspanningsrichting van de kanaalplaat onderzocht. Er werden zes kanaalplaten naast elkaar geplaatst en aan elkaar gekoppeld met een druklaag. Aan de onderzijde, tussen de kanaalplaten, zijn twee opties mogelijk:

- 1 Tussen de platen is een opening aanwezig. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de voeg zodanig groot is dat er bij een temperatuurbelasting geen drukkracht wordt doorgegeven.
- 2 De voeg tussen de platen is gevuld zodat drukkrachten kunnen worden doorgegeven.

De opgelegde gemiddelde temperatuurstijging bedraagt wederom 300 °C. De geschakelde kanaalplaat met voeg

gedraagt zich, zoals te verwachten, vrijwel identiek aan de enkele kanaalplaat. Bij de geschakelde kanaalplaat zonder voeg zien we daarentegen dat de dwarskracht zich afspeelt in de twee uiterste platen. Ter illustratie – het gaat om het verschil in gedrag – wordt het resultaat met een (extreme) druklaag van 180 mm in figuur 11 weergegeven.

Opgemerkt moet worden dat aan de waarden van de maximaal optredende dwarskracht geen fysieke betekenis kan worden toegekend. Bij een dwarskracht groter dan 5,6 kN treedt immers bezwijken van de dammetjes op.

Invloed hoogte

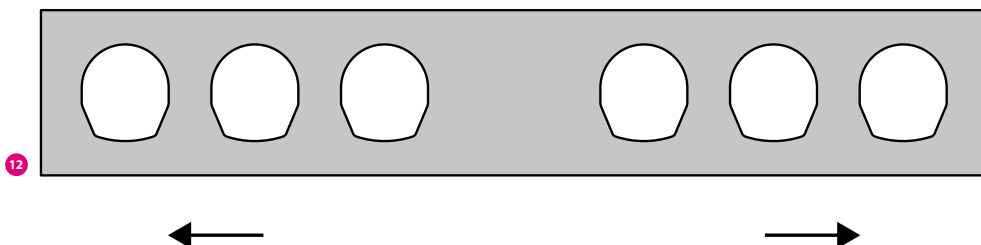
Teneinde de invloed van de hoogte te kunnen beoordelen werd een serie kanaalplaten met variërende hoogte in het rekenmodel onderzocht. De hoogte van de kanaalplaat werd telkens met 50 mm vergroot zodat er typen van 250, 300, 350 en 400 mm ontstonden. De afmetingen van de dammetjes werden constant gehouden. Vervolgens werd voor ieder type de invloed van de druklaag onderzocht, en wel voor druklagen van respectievelijk 0, 45, 90, 135 en 180 mm.

Voor iedere variant werd op identieke wijze de theoretisch maximale stijging van de gemiddelde temperatuur van de onderflens berekend op basis van het dwarskrachtprincipe.

Opgemerkt wordt dat de temperaturen boven 1000 °C in dit kader geen fysieke betekenis hebben. Zij dienen slechts als indicatie voor een beter gedrag bij brand.

Tevens wordt benadrukt dat de grafiek slechts dient ter illustratie van de capaciteit op dwarskracht van de dammetjes. Alle andere factoren zoals momentinvloed op de flenzen, waardoor een ander bezwijkmechanisme kan optreden, en de normaal-

- 13 Oplossing met het midden van de kanaalplaat massief
- 14 Oplossing waarbij de twee uiterste kanalen vervallen, gecombineerd met het aanbrengen van een smeltprofiel in het midden van de onderflens



krachten in de dammetjes, zijn niet in de beschouwing meege-
nomen.

Het resultaat van de analyse staat in figuur 12.

Ter toelichting op de grafiek: voor de waarden in minuten stan-
daardbrandkromme, werden volgende gemiddelde temperatu-
ren voor de onderflens aangehouden:

- voor 120 minuten 800 °C
- voor 60 minuten 680 °C
- voor 30 minuten 550 °C
- voor 15 minuten 400 °C

We kunnen hieruit concluderen dat het toepassen van geen
druklaag en het toepassen van een hoger profiel gunstig zijn
voor het gedrag van de kanaalplaat bij brand.

NB: De grafiek is niet bedoeld om van hieruit de brandweren-
dheid van een kanaalplaat als functie van de druklaag af te lezen.
Het betreft immers fictieve kanaalplaten met een lijf van circa
38 mm. Andere mechanismen, optredend in de flenzen zijn
niet beschouwd. Het dient alleen als indicatie om aan te geven
wat de invloed van hoogte en druklaag kwalitatief op de brand-
werendheid is.

Oplossingsalternatieven

Gezien het bovenstaande moeten vooral de volgende alterna-
tieven nader worden onderzocht.

- Het laten vervallen van een of meer kanalen en handhaving
van de bestaande geometrie van de kanaalplaten.
- Aanbrengen van snede(n) in de lengterichting, waarmee de
uitzetting wordt beperkt. Het aantal sneden is hierbij afhan-
kelijk van de belasting en de vereiste brandwerendheid.

Het laten vervallen van het middelste kanaal

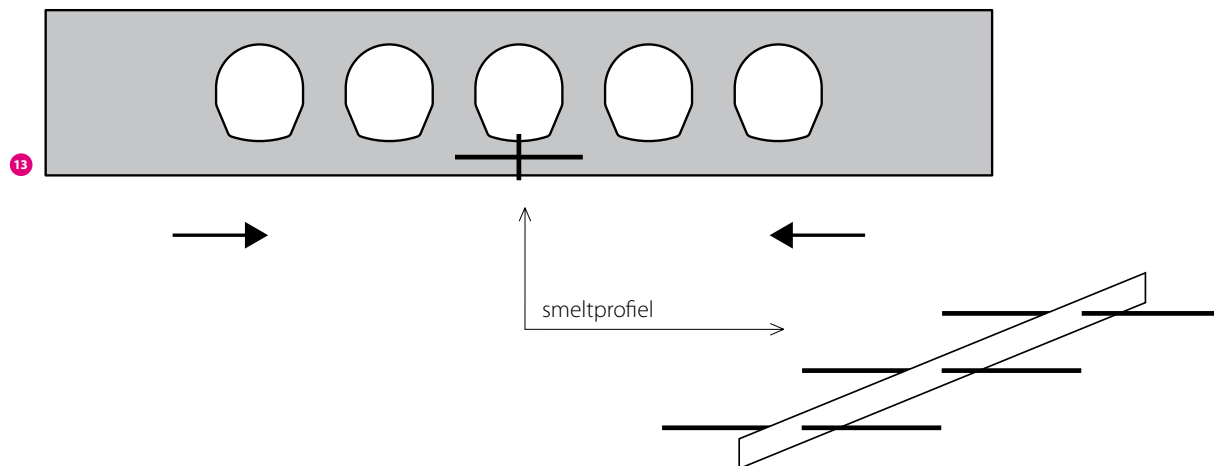
Als we het midden van de kanaalplaat (fig. 13) massief zouden
uitvoeren en de voorspanning hieraan zouden aanpassen,
ontstaat een kanaalplaat die bij uitzetting vanuit het midden
onder invloed van temperatuur, leidt tot bezwijken van de
dammetjes. De overblijvende voorgespannen middenbalk blijft
echter in tact. Door de hoeveelheid voorspanning zodanig te
concentreren dat de momentane belasting kan worden opgeno-
men, daarbij de materiaalfactoren reducerend voor de situatie
brand, blijft er een constructie over die de benodigde brandwe-
rendheid kan geven. De druklaag spant vervolgens van balkje
naar balkje en heeft een gegarandeerde dekking op de wape-
ning van ten minste de dikte van de bovenflens.

Het laten vervallen van de uiterste kanalen en het aanbrengen van een smeltprofiel

Een tweede mogelijkheid bestaat uit het laten vervallen van de
twee uiterste kanalen gecombineerd met het aanbrengen van
een smeltprofiel in het midden van de onderflens (fig. 14).
Deze situatie is doorgerekend. De uitzetting van de onderrand
vindt in dit geval plaats naar het midden vanuit de zijkanten.
De dammetjes van de kanaalplaat bezwijken terwijl het
massieve deel in tact blijft. Door de voorspanning anders te
verdelen dan gebruikelijk, dat wil zeggen meer in het massieve
deel, is het mogelijk bij brandsituaties voorgespannen balken
over te houden. De brandwerendheid van deze balkjes kan
vervolgens volgens reeds bestaande methoden worden bepaald.

Aanbrengen van een snede in lengterichting in de onderflens

Door de onderflens in tweeën te delen is het mogelijk de
brandwerendheid te verhogen. Invoering in het model waarbij
staaf nummer 12 werd verwijderd (fig. 2) gaf als globaal resul-
taat een verdubbeling van de maximaal toegestane tempera-
tuurverhoging. Opgemerkt moet worden dat het aanbrengen
van een snede in verband met de gevoeligheid voor buiging in



de dammetjes zou moeten plaatsvinden met een smeltprofiel dat is verankerd in de onderflens.

Conclusie en aanbeveling

Betrokken op de dwarsrichting heeft de kanaalplaat sec, een redelijk gedrag bij brand, mits er geen druklagen worden aangebracht. De praktijk laat echter zien dat er steeds dikkere druklagen worden aangebracht. Hierdoor is de kanaalplaat onderdeel gaan uitmaken van de hoofddragconstructie. In onderhavig onderzoek wordt met behulp van een raamwerkmodel de gevoeligheid van de kanaalplaat voor deze druklagen beschreven. Tevens is uit de modelleringen af te lezen dat er nog wat parameters overblijven om de brandwerendheid van de kanaalplaatvloer te verhogen. Opgemerkt moet worden dat er de nodige voorzichtigheid moet worden betracht. Het onderzoek heeft immers alleen betrekking op de dwarskrachtcapaciteit van de dammetjes onder verwaarlozing van de optredende normaalkrachten. Daarnaast spelen (als functie van de dikte van de druklaag) andere mechanismen een rol, zoals de optredende momenten in de flenzen. Voor een definitief oordeel is het dan ook noodzakelijk voor alle combinaties gedetailleerde eindige-elementenberekeningen te maken van de daadwerkelijke geometrieën. Dit kan overigens ook geschieden met staafwerkmodellen met verlopende doorsnede, mits gecorreleerd met een aantal eindige-elementenmodellen. Tevens moet er een verificatie plaatsvinden met brandproeven.

Wel kan worden geconcludeerd dat het verhinderen van de vervorming van de bovenflens van de kanaalplaat, bij uitzetting van de onderflens, een zeer negatief effect heeft op de brandwerendheid van de kanaalplaat.

Nabeschuiving

Bovenstaand onderzoek heeft uitsluitend betrekking op het gedrag van de kanaalplaat in dwarsrichting. Dit betekent niet dat daarmee de brandwerendheid van een constructie met

kanaalplaten wordt beschreven. Om conclusies te kunnen trekken over het al dan niet bezwijken moeten veel meer factoren in ogenschouw worden genomen.

Zo moet onder andere de grootte van het brandoppervlak worden beschouwd. Is deze over de hele lengte van de ligger of slechts gedeeltelijk? Over hoeveel platen kan de brand zich uitstrekken? Is dan de gewapende druklaag in staat de belasting naar nabijgelegen platen over te brengen? Wat is de belasting tijdens brand? Kunnen de overblijvende dammetjes deze dragen? Wat is de daadwerkelijke brandbelasting? Wat is de ontruimingstijd van een gebouw waar kanaalplaten zijn toegepast? Hierbij mag men zeker het gedrag van de kanaalplaat in de verankeringszone niet vergeten [2].

Ik hoop met deze publicatie de prefab-betonindustrie een aantal handvatten aangereikt te hebben om hun studie naar de brandwerendheid van kanaalplaatvloeren een nieuwe impuls te geven. ☒

● LITERATUUR

- 1 Nader onderzoek brand Lloydstraat te Rotterdam, BFBN, Woerden 16 november 2009, pag, 1, 3e alinea.
- 2 Fellingner, J.H.H., Shear and Anchorage behavior of Fire Exposed Hollow Core Slabs. Proefschrift dd, 5 april 2004, Delft University Press, ISBN 90-407-2482-2.