
Rekenregels beoordeling bestaande breedplaatvloeren

Resultaten onderzoek constructieve veiligheid in bestaande utiliteitsgebouwen



Resultaten van onderzoek naar het gedrag van breedplaatvloeren zijn recent bekend geworden [1]. Het onderzoek heeft geresulteerd in rekenregels die gebruikt kunnen worden voor de beoordeling van bestaande breedplaatvloeren waarbij sprake is van primaire krachtsafdracht over een doorsnede ter plaatse van de naad tussen twee breedplaten. Dit artikel geeft een samenvatting van het rapport.



Naar aanleiding van de gedeeltelijke instorting van de in aanbouw zijnde parkeergarage bij Eindhoven Airport in 2017 is een onderzoek uitgevoerd naar de constructieve veiligheid van bestaande breedplaatvloerconstructies,

waarbij in de richting haaks op de naden tussen twee breedplaten sprake is van een primaire krachtsoverdracht. Er ontstaat hierbij een kritisch vloerdetail (fig. 1) als aan beide volgende voorwaarden wordt voldaan:

- 1 Er ontstaat een positief moment en een eventuele dwarskracht bij de naad ten gevolge van de primaire krachtsafdracht.
- 2 De weerstand tegen dat moment wordt ontleend aan koppelwapening die haar krachten over moet dragen op in de breedplaten opgenomen wapening.

Mede door de eigenschappen van het aansluitvlak tussen de breedplaat en de druklaag, kan de beoogde overdracht van trekkrachten tussen de koppelwapening en de in de breedplaat opgenomen wapening niet altijd goed plaatsvinden. In die gevallen zal vloeien van de wapening niet worden bereikt. Het bezwijken ontstaat nadat in het aansluitvlak, tussen beide lagen wapening (koppelwapening en breedplaatwapening), een horizontale scheur ontstaat. Het niveau van de bezwijklast van dit mechanisme kan significant lager zijn dan de weerstand benodigd voor vloeien, waarvan tijdens het ontwerp van de vloer is uitgegaan.

Experimenteel onderzoek in de literatuur

In de literatuur zijn verscheidene publicaties bekend waarin de momentweerstand van het eerder beschreven kritische detail is

auteurs



PROF. IR. SIMON WIJTE

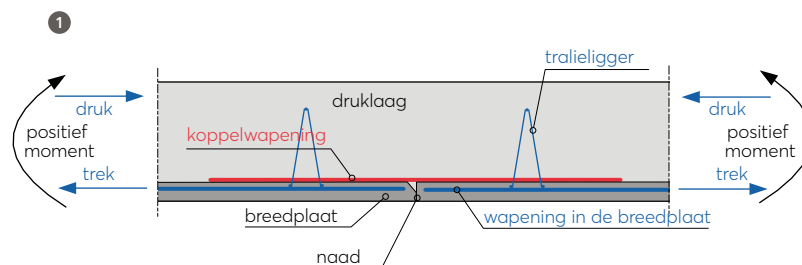
Directeur
Adviesbureau Hageman
TU/e



IR. GERRIE DIETEREN

Senior Adviseur
Constructieve Veiligheid
TNO

onderzocht. Hieruit blijkt dat het bezwijkmechanisme dat bij de parkeergarage Eindhoven Airport is opgetreden, eerder al bij experimenten is gevonden. Het eerste onderzoek uit 2003, uitgevoerd op de Technische Universiteit van Denemarken [2] [3], is uitgevoerd op breedplaten met gewichtsbeparende elementen van het type Bubble-Deck. Hierbij zijn tien proefstukken van een vloer met een hoogte van 280 mm, voorzien van koppelwapening $\varnothing 8-150$, met een lengte van 700 mm, beproefd in een vierpuntsbuigproef. Van de vloer zijn twee typen beproefd: één waarbij op 250 mm vanaf de naad een ladderligger de breedplaat en de druklaag verbindt en één waarbij deze ladderligger wel aanwezig is maar buiten het gebied van de koppelstaven is geplaatst. Bij beide typen haalt één van de vijf proefstukken een niveau dat overeenkomt met het bereik van de vloegrens van de wapening. Bij de overige proefstukken wordt dat niveau niet gehaald. Bij alle proefstukken ontbreekt het aan voldoende ductiel bezwijkgedrag. Bij de proefstukken met een ladderligger in het gebied van de koppelstaven, kan na de terugval van de weerstand nog wel een sterk gereduceerd niveau worden vastgehouden (fig. 2). Dit niveau is echter zo laag dat in de regel dit onvoldoende is om de voorgeschreven belastingen te weerstaan.



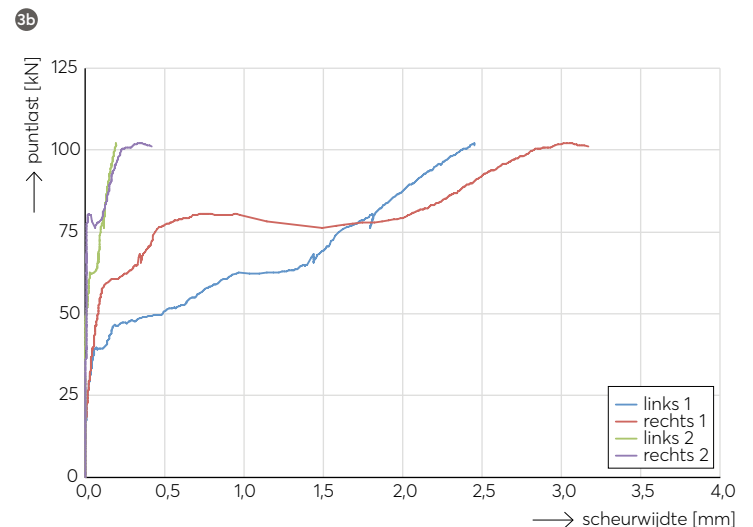
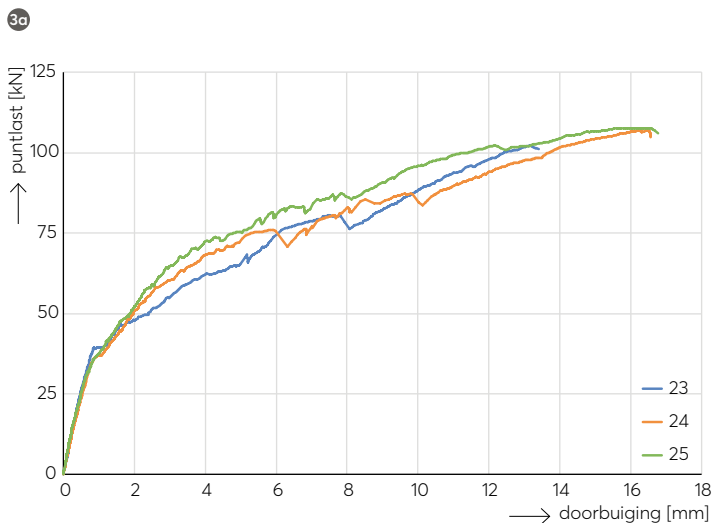
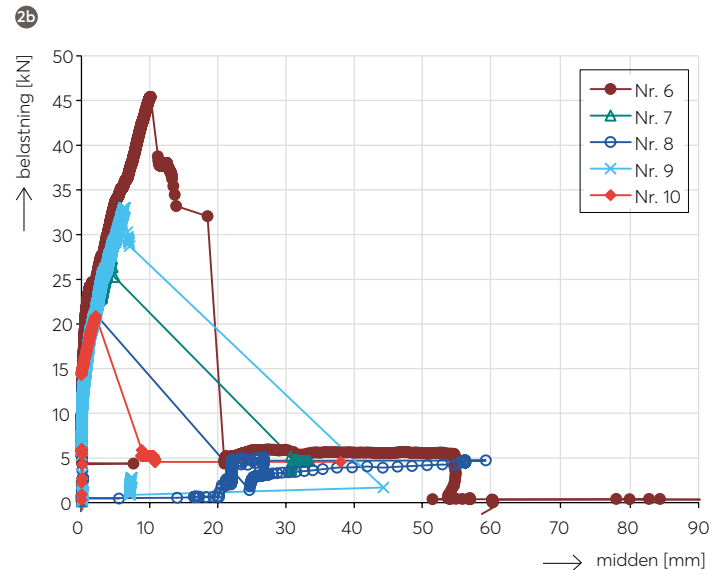
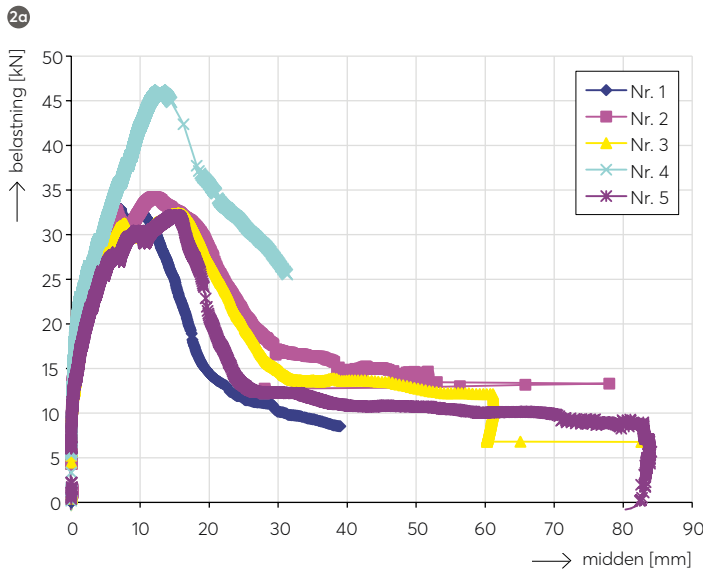
Er is ook literatuur beschikbaar, bijvoorbeeld van Lundgren [4], waarbij wel het beoogde bezwijkmechanisme (vloeien koppelwapening) wordt gevonden. Het toegepaste wapeningspercentage was in dat geval wel lager dan in Nederland in de praktijk wordt toegepast. Andere onderzoekers onderzochten ook elementen waarbij tralieliggers nabij de naad aanwezig waren. Het bezwijkgedrag was hierbij in het algemeen meer ductiel.

Geconcludeerd moet worden dat de wijze waarop het kritische detail in Nederland is uitgevoerd, bijvoorbeeld met relatief veel koppelwapening maar met tralieliggers op een grote afstand vanaf de naad, nog maar beperkt is onderzocht.

Aanvullend experimenteel onderzoek

Om te komen tot voldoende onderbouwde rekenregels waarmee bestaande constructies in Nederland kunnen worden beoordeeld, was aanvullend experimenteel onderzoek nodig. Uiteindelijk zijn uit vijf onderzoeken, waarbij testen zijn uitgevoerd, resultaten voor nadere analyse beschikbaar gekomen. Het eerste van deze vijf is al in 2017 uitgevoerd. De overige onderzoeken zijn allemaal in 2018 uitgevoerd. De vijf onderzoeken waren:

- onderzoek naar de oorzaak van de gedeeltelijke instorting van de parkeergarage [5];
- onderzoek naar het gedrag van Cobiax-vloeren [6];



- onderzoek naar het gedrag van massieve breedplaten met traditioneel beton [7];
- onderzoek naar het gedrag van massieve breedplaten met zelfverdichtend beton [8];
- onderzoek naar het gedrag van versterkte breedplaten [9].

Er zijn dus verschillende soorten breedplaatvloeren onderzocht. In [1] is gerefereerd aan 51 proefstukken die aanvullend op de beschikbare literatuur zijn beproefd. Hierbij zijn diverse zaken gevarieerd, zoals:

- diameter, hoeveelheid en lengte van de koppelwapening;
- positie en diepte van de tralieligger;
- vloerhoogte en dikte van de breedplaat;
- druksterkte van het beton (breedplaat en druklaag);
- gebruik van gewichtsbesparende elementen;
- soort beton (traditioneel of zelfverdichtend);
- afwerking van de breedplaat (wel of niet bewerkt).

BEZWIJKVORMEN Bij de experimenten zijn twee bezwijkvormen waargenomen:

- 1 bezwijken van het aansluitvlak tussen de breedplaat en de druklaag, waarbij uiteindelijk de tralieligger uit de breedplaat wordt getrokken;
- 2 vloeï van de koppelwapening.

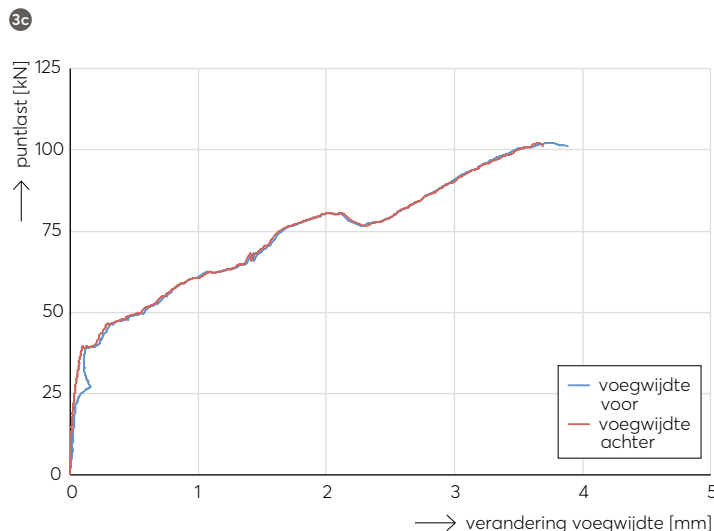
De proefstukken zijn zo ontworpen dat vloeï van de koppelwapening maatgevend is boven vloeï van de wapening die in de breedplaten is opgenomen. Als vloeï van de koppelwapening wordt bereikt, gaat ook dit vaak gepaard met het optreden van scheurvorming in het aansluitvlak maar wordt de tralieligger niet uit de breedplaat getrokken.

**GEDRAG PROEFSTUK 23:
UITTREKKEN TRALIELIGGER UIT
BREEDPLAAT**

Het verloop van de proeven is met enige nuance, voor een groot deel gelijk. Voor het representatieve proefstuk 23 zijn in figuur 3 grafieken gegeven die het gedrag van het proefstuk tonen.

Uit het last-vervormingsgedrag (fig. 3a) blijkt dat het lineaire gedrag van het proefstuk eindigt als een belasting van 40 kN is bereikt. Het proefstuk bezwijkt bij een vjzellast van 102 kN. Het bezwijkmoment is circa 78% van het bezwijkmoment waarbij het vloeïen van de koppelwapening wordt bereikt. In de grafiek met het last-vervormingsgedrag zijn ook de vervormingen van de identieke proeven 24 en 25 beschreven. Het blijkt dat het vervormingsgedrag van de drie proefstukken goed overeenkomt.

Bij het opvoeren van de belasting ontstaat bij de naad tussen de breedplaten al snel een scheur in het aansluitvlak. Dit blijkt



Er zijn twee bezwijkvormen: 1) het bezwijken van het aansluitvlak tussen de breedplaat en de druklaag, waarbij de tralieligger uit de breedplaat wordt getrokken, of 2) vloeï van de koppelwapening

Op basis van de beschikbare experimentele resultaten zijn voor beide bezwijkmechanismen rekenregels afgeleid

uit de toename van de scheurwijdte in het aansluitvlak dat in figuur 3b zichtbaar is. Het ontstaan van de scheur valt samen met de eerste afwijking van het lineaire vervormingsgedrag. Bij het toenemen van de belasting neemt de wijdte en de lengte van de scheur toe. De scheurwijdte is bij de experimenten op twee locaties gemeten, dicht bij de naad (positie 1) en op een afstand van circa 400 mm vanaf de naad (positie 2) (foto 4). Deze laatste locatie is nabij de eerste tralieligger. Het blijkt dat tijdens de toename van de belasting uiteindelijk ook daar een scheur in het aansluitvlak ontstaat. Proefstuk 23 is uiteindelijk aan de rechterzijde bezweken, hetgeen mede blijkt uit de toename van de scheurwijdte bij rechts 2, de opnemer op 400 mm vanaf de naad, nabij de tralieligger.

De verandering van de wijdte van de naad tussen de twee breedplaten vertoont een gedrag dat vergelijkbaar is met de toename van de scheurwijdte (fig. 3c). Net vóór het bezwijken van het proefstuk is de wijdte van de naad met bijna 4 mm toegenomen. Het proefstuk bezwijkt als de tralieligger uit de breedplaat wordt getrokken en de scheur in het aansluitvlak zich doorzet tot het einde van de koppelwapening en daarna verticaal omhoogloopt.

GEDRAG PROEFSTUK 50: TWEE MECHANISMEN BIJ BEZWIJKEN AANSLUITVLAK

Bij proefstuk 50 is een specifiek gedrag zichtbaar dat meer aanwijzingen geeft over het bezwijkgedrag van het aansluitvlak. Proefstuk 50 is een proefstuk dat wat betreft geometrie gelijk is aan de proefstukken die in het kader van het 'Eindhoven Airport onderzoek' zijn beproefd.

Het last-vervormingsgedrag van de proef is getoond in figuur 5a. Het blijkt dat het proefstuk zich stijf gedraagt en eerst relatief veel weerstand heeft. Na het bereiken van de maximale last van 227 kN, valt de weerstand terug tot een niveau van circa 122 kN, het niveau dat ook bij het 'Eindhoven Airport onderzoek' werd gevonden. Als naar het scheurgedrag van het proefstuk wordt gekeken (fig. 5b), valt op dat de scheurwijdte tot het bereiken van de maxi-

male weerstand, vergeleken met veel andere proeven, beperkt is. Aan de linkerzijde van het proefstuk blijft de scheurwijdte zelfs nagenoeg gelijk aan nul. De scheurontwikkeling aan de rechterzijde van het proefstuk is op enige afstand van de naad (rechts 2 in fig. 5b) ook beperkt. Het terugvallen van de weerstand gaat gepaard met een toename van de scheurwijdte in het aansluitvlak. Foto 6 toont het proefstuk ná het terugvallen van de weerstand maar vóór het feitelijke bezwijken. Het blijkt dat de scheur in het aansluitvlak al doorloopt tot voorbij de tralieligger, die op 375 mm vanaf de naad is aangebracht, en aan het einde van de koppelwapening zelfs al iets omhoogloopt. In deze situatie is evenwicht uitsluitend nog mogelijk als de tralieligger de druklaag en de breedplaat met elkaar verbindt. Uiteindelijk bezwijkt het proefstuk volledig als de tralieligger uit de breedplaat wordt getrokken.

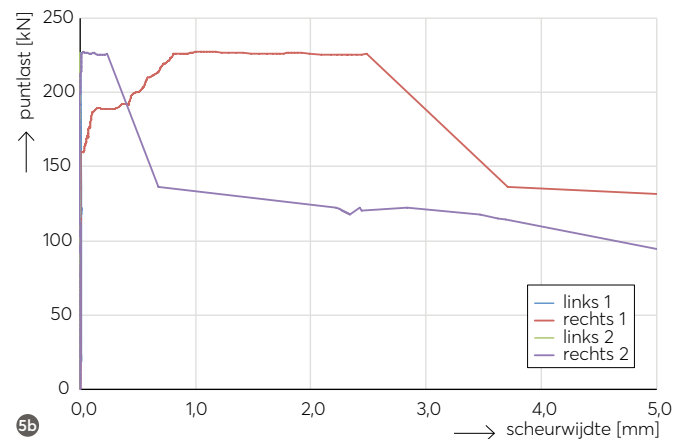
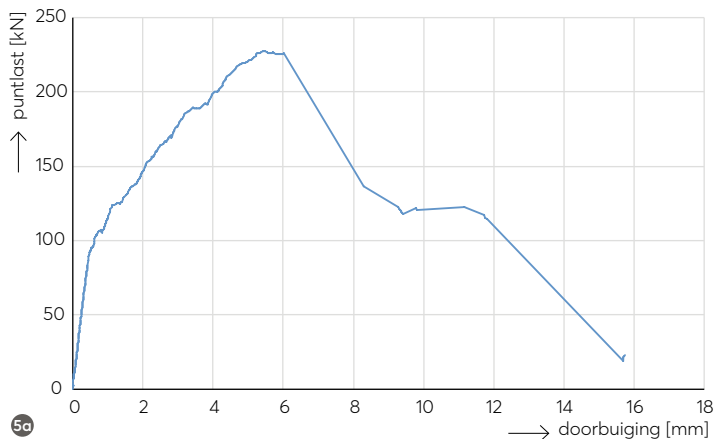
Uit het gedrag bij dit proefstuk is te herleiden dat er twee mechanismen zijn die opgetreden moeten zijn voordat het uiteindelijke bezwijken plaatsvindt, namelijk:

- de schuifsterkte van het aansluitvlak wordt overschreden;
- de uittreksterkte van de tralieliggers wordt overschreden.

Rekenregels

Op basis van de beschikbare experimentele resultaten zijn voor beide mechanismen rekenregels afgeleid. Deze rekenregels zijn zo opgesteld dat een bovengrens voor de trekkracht in de koppelwapening, die bepalend is voor de momentweerstand van de beschouwde doorsnede, wordt gevonden.

Bij de uitgevoerde proeven, waarbij de bovenzijde van de breedplaten vaak niet bewerkt en dus glad was, is het afschuiven van het aansluitvlak vaak opgetreden vóórdat uiteindelijk de tralieliggers uit de breedplaat werden getrokken. Het bereiken van de schuifsterkte van het aansluitvlak is bij de interpretatie van de proefresultaten gekoppeld aan het plotseling toenemen van de scheurwijdte van het aansluitvlak en ligt bij de niet-bewerkte breedplaten in het algemeen lager dan de uiteindelijke bezwijklast.



CONTROLE SCHUIFSTERKTE AANSLUITVLAKE Voor de schuifsterkte van het aansluitvlak zijn de rekenregels (1) en (2) opgesteld. Deze zijn gebaseerd op de vergelijking voor de schuifsterkte van een aansluitvlak volgens een draft van de op dit moment in ontwikkeling zijnde Eurocode. Uit de analyse van de proeven bleek dat voor de bepaling van de weerstand, het aansluitvlak gedefinieerd moet worden als het oppervlak waarover de koppelwapening achter de eerste tralieligger doorloopt. Dit omdat, zoals

eerder beschreven bij proefstuk 23, er al bij een laag belastingsniveau een scheur tussen breedplaat en druklaag ontstaat. De tralie zorgt ervoor dat nabij en achter de tralie de scheurwijdte beperkt blijft. Met dit gereduceerde gebied bleek dat de proeven met de vermelde Eurocode-rekenregel goed voorspeld konden worden. Het niveau van de rekenwaarde van de weerstand bij deze rekenregel is vervolgens afgeleid uit de proefresultaten. De maximale trekkracht in de koppelwapening gebaseerd op de schuif-

STAPPENPLAN

Als leidraad bij de beoordeling van de constructieve veiligheid van bestaande breedplaatvloerconstructies is een nieuw stappenplan gemaakt [11]. Daarin is aangegeven hoe breedplaatvloeren kunnen worden beoordeeld. Dit zogenaamde Stappenplan 2019 vervangt het stappenplan uit 2017. Meer informatie staat op www.cementonline.nl/nieuw-stappenplan-voor-beoordeling-breedplaatvloeren

sterkte van het aansluitvlak volgt uit:

$$F_{R,kop,a,d} = v_{Rd,i} A_{eff} \quad (1)$$

waarin:

$F_{R,kop,a,d}$ is de maximale trekkracht in de koppelwapening gebaseerd op de schuifsterkte van het aansluitvlak per breedte b

$$v_{Rd,i} = k_i \left[c_{v1} \frac{\sqrt{f_{ek}}}{\gamma_c} + \rho f_{yd} \mu_v \sin \alpha \right] \quad (2)$$

$$A_{eff} = b l_{eff}$$

bij aanwezigheid van gewichtsbesparende elementen moet het deel van het oppervlak dat hierdoor niet effectief kan zijn, op A_{eff} in mindering zijn gebracht

b is de breedte van de beschouwde doorsnede [in mm]

l_{eff} is de grootste lengte van de aanwezige koppelwapening vanaf het hart van de eerste tralieligger of andere aansluitvlak doorkruisende wapening, gezien vanaf de naad [in mm]

$k_1 = 1,1$ voor zelfverdichtend beton
 $= 1,2$ voor traditioneel beton

c_{v1} is een factor afhankelijk van het wel of niet bewerkt zijn van het oppervlak van de breedplaat, volgens tabel 1

f_{ek} is de kleinste waarde van de karakteristieke betondruksterkte van de breedplaat en de druklaag [in MPa]

γ_c partiële factor voor beton

$\rho = A_s / A_{eff}$

A_s is het oppervlak van de doorsnede van de aansluitvlak doorkruisende wapening

f_{yd} is de rekenwaarde van de vloeigrens van de aansluitvlak doorkruisende wapening [in MPa]

μ_v is een factor afhankelijk van de ruwheid, volgens tabel 1

α is de kleinste hoek tussen de beschouwde aansluitvlak doorkruisende wapening en het vlak van het aansluitvlak (fig. 7)
 $\geq 45^\circ$
 $\leq 135^\circ$

Als de aansluitvlak doorkruisende wapening uitsluitend wordt gevormd door de diagonalen van de tralieligger, is A_s gelijk aan het product van het aantal diagonalen in het beschouwde oppervlak en het oppervlak van de doorsnede van een enkele diagonaal-draad.

De reductie van het oppervlak van het aansluitvlak in de vergelijking heeft geen gevolgen voor de bijdrage van de wapening, omdat als het oppervlak kleiner wordt ρ evenredig toeneemt.

Een vergelijking met NEN-EN 1992-1-1 (vergelijking 6.25) leert dat de term $\cos \alpha$ niet in vergelijking (1) is opgenomen. Deze term heeft betrekking op de horizontaal, evenwijdig aan het aansluitvlak, ontbondene van de trekkracht in de diagonalen van de tralieligger. Bij symmetrische tralieliggers heffen deze krachten in de twee benen van de tralieligger elkaar op.

Tabel 1

oppervlakteruwheid	c_{v1}	μ_v
ruw (bewerkt)	0,15	0,7
glad (niet bewerkt)	0,075	0,6

CONTROLE UITTREKSTERKTE TRALIELIGGERS Uit de analyse van de proefresultaten bleek een verband tussen de diepte van de tralieliggers en de treksterkte van het beton van de breedplaat enerzijds en de bezwijklast waarbij de tralieliggers uit de breedplaat werden getrokken anderzijds. Dit verband is door middel van curvefitting verder uitgewerkt. Daarbij bleek dat naast de genoemde variabelen ook de lengte van de koppelwapening achter de tralieligger en de diameter van de koppelwapening relevante variabelen zijn. Andere variabelen zoals de wapeningsverhouding van de koppelwapening, de druksterkte van de druklaag en de hoogte van de druklaag hebben hierop geen invloed. Na het statistisch werken van de gevonden variatie resulteerde dit uiteindelijk in vergelijking (3) voor de maximale rekenwaarde van de trekkracht in de koppelwapening in het geval uittrekken van de tralieligger bepalend is.



$$F_{R,kop,b,d} = 2 f_{ctd,breedplaat} \text{ diepte}^{1.5} k_2 k_3 \quad (3)$$

waarin:

$F_{R,kop,b,d}$ is de maximale trekkracht in de koppelwapening gebaseerd op het uittrekken van de tralieligger [in kN/m]

$f_{ctd,breedplaat}$ is de rekenwaarde van de treksterkte van het beton van de breedplaat [in MPa]

diepte is de diepte van de onderzijde van de tralieligger in de breedplaat [in mm]

$$k_2 = \frac{l_{eff}}{600 \text{ mm}} \leq 1,0$$

$$k_3 = \frac{56 - \emptyset_{koppel}}{40} \geq 0,9 \text{ en } \leq 1,1$$

\emptyset_{koppel} is de diameter van de koppelwapening die bepalend is voor l_{eff} [in mm]

De diepte van de tralieligger is te bepalen uit de dikte van de breedplaat, verminderd met

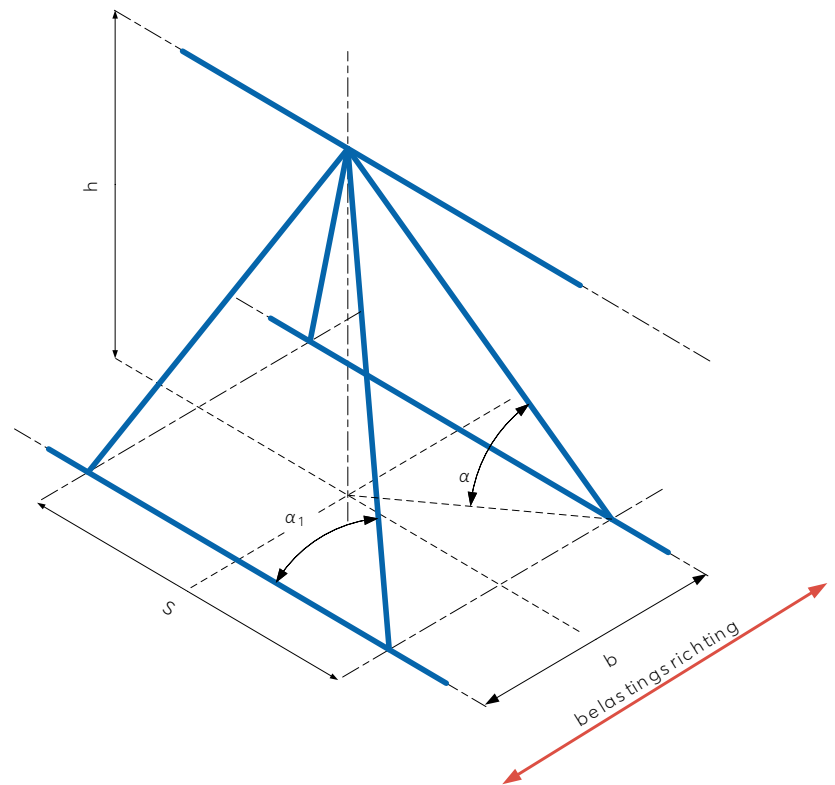
de dekking op de wapening en de diameter(s) van de wapeningsstaven waarop de tralieligger is geplaatst. Uit de proeven blijkt dat bij kleine diepten, de tralieliggers snel uit het beton worden getrokken en onbedoeld voortijdig bezwijken kan optreden.

MAATGEVENDE WAARDE Omdat het voor het bezwijken van het kritische detail noodzakelijk is dat beide eerder beschreven mechanismen optreden, mag voor het bepalen van de weerstand van het kritische detail worden uitgegaan van de hoogste van de twee gevonden waarden, echter niet hoger dan de vloeikracht van de koppelwapening. Als de maximale trekkracht in de koppelwapening bekend is, kan de momentweerstand van het detail worden bepaald met de regels van Eurocode 2, dus uitgaande van een uiterste stuk aan de bovenzijde van de doorsnede.

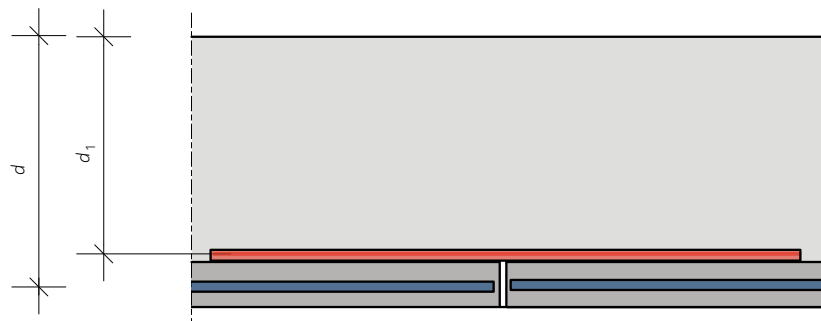
Dwarskracht

De in de vermelde literatuur beschreven experimenten en de in het Structures Laboratory uitgevoerde experimenten zijn nage-

Geconcludeerd moet worden dat in het verleden vaak het aansluitvlak onterecht niet is getoetst



7



8

noeg allemaal vierpuntsbuigproeven waarbij het kritische detail is opgenomen in het gebied met een constant moment waar dus geen dwarskracht is. In de praktijk zal het kritische detail ook aanwezig kunnen zijn bij doorsneden waarin wel een dwarskracht aanwezig is. Dit heeft twee consequenties voor het toetsen van het detail. Ten eerste moet de momentenlijn, zoals voorgeschreven in NEN-EN 1992-1-1, over de voorgeschreven afstand zijn verschoven. Bij vloerplaten zonder dwarskrachtwapening is dat de afstand d . Ten tweede moet de dwarskrachtweerstand worden bepaald op basis van de beschouwde doorsnede bij de naad en is de effectieve hoogte dus gelijk aan d_1 (fig. 7).

Verder onderzoek

Uit het voorgaande, waar rekenregels voor het beoordelen van bestaande breedplaatvloeren zijn beschreven, is duidelijk dat de uitvoeringswijze van het kritieke detail ook bij nieuwbouw meer aandacht behoeft. Er wordt op dit moment gewerkt aan het opstellen van duidelijke aanwijzingen voor nieuwbouw. Het is nadrukkelijk niet de bedoeling dat de in dit artikel beschreven rekenregels voor het ontwerpen van nieuwe vloerconstructies worden gebruikt.

Het uitgevoerde experimentele onderzoek heeft zich vooral gericht op koppelwapening met een diameter $\text{Ø}12$ of zwaarder. Bij veel naden zijn vaak kleinere diameters

LITERATUUR

- 1 Adviesbureau Hageman, Rapport 9780-1-0, Voorstellen voor en achtergronden bij rekenregels voor beoordeling van bestaande bouw, Rijswijk, 2019.
- 2 T. Gudmand-Høyer, Forsøh vedr. momentcapaciteiten af en samling i BubbleDeck (vrij vertaald: Experimenten voor het bepalen van de momentcapaciteit van Bubbledeck platen) BYG-DTU SR-03-20, Technische Universiteit van Denemarken, december 2003.
- 3 T. Gudmand-Høyer, Forsøh vedr. momentcapaciteiten af en samling i BubbleDeck (vrij vertaald: Experimenten voor het bepalen van de momentcapaciteit van Bubbledeck platen) BYG-DTU SR-03-21, Technische Universiteit Denemarken, december 2003.
- 4 K. Lundgren, Lap splice over a grouted joint in a lattice girder system, *Magazine of concrete research no. 10*, pp. 713-727, december 2007.
- 5 Adviesbureau Hageman, Rapport 9663-1-0, Bezuiden parkeergarage Eindhoven Airport, Analyse naar de oorzaak, Rijswijk, 25-9-2017.
- 6 TU/e Bouwkunde – Structures Laboratory Eindhoven, Meetrapport betreffende 4-puntsbuigproeven van BAM-Cobiax breedplaatproefstukken, Eindhoven, 2018.
- 7 TU/e Bouwkunde – Structures Laboratory Eindhoven, Meetrapport 4-puntsbuigproeven voor het Betonhuis – Test breedplaatproefstukken, Eindhoven, 2018.
- 8 Adviesbureau Hageman, Onderzoek constructieve breedplaatvloeren – Meetrapport 4-puntsbuigproeven op proefstukken met breedplaten van zelfverdichtend beton – Rapport 9780-2-0, Rijswijk, 2018.
- 9 D. Hordijk, V. v.d. Wal en M. Vos-Pols, Versterking breedplaatvloeren onderzocht, Onderzoek naar versterkingen met ingeboorde korte ankers, *Cement* 2019/1.
- 10 CUR, CUR-Aanbeveling 99 'Strokenvloer', Gouda, 2012.
- 11 Adviesbureau Hageman, Notitie 20-5-2019 'Stappenplan beoordeling bestaande gebouwen met breedplaatvloeren', Rijswijk, 2019.

en dus kortere staven toegepast. Nadat de afgeleide rekenregels zijn vergeleken met proefresultaten bij kleine diameters uit de literatuur, is geconcludeerd dat deze ook hierbij toegepast kunnen worden. Het is echter mogelijk dat bij die situaties een relatief hogere weerstand kan worden aangetoond. Om dit na te gaan, zal in de komende periode aanvullend onderzoek worden gedaan. Getracht wordt deze resultaten voor het einde van 2019 beschikbaar te maken.

Tot slot is er bij de beschouwing van het gedrag van breedplaatvloeren die puntvormig worden ondersteund ook gesproken over het gedrag bij negatieve momenten eventueel in combinatie met dwarskracht. Op dit moment loopt op de TU/e al een onderzoek naar de reductie van de dwarskrachtweerstand bij breedplaatvloeren die in CUR-Aanbeveling 99 'Strokenvloeren' [10] is beschreven en waarvoor een experimentele onderbouwing nog ontbreekt.

Ervaringen delen

De eerder beschreven rekenregels zijn onderdeel van het aangepaste stappenplan voor beoordeling van breedplaatvloeren in bestaande gebouwen [11]. In de komende periode zal de nodige ervaring met de nieuwe rekenregels worden opgedaan en zal duidelijker worden bij hoeveel constructies maatregelen genomen moeten worden. Het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) heeft daarom besloten dat de klankbordgroep die het eerder beschreven onderzoek heeft begeleid en beoordeeld, ook de komende periode actief blijft. Dit mede om de ervaringen te kunnen delen en evalueren. Het is daarom nuttig als ervaringen met het toepassen van de rekenregels in de komende periode met branchegenoten worden gedeeld, zodat ze door de klankbordgroep kunnen worden geëvalueerd.

Leerpunten

Uit het uitgevoerde onderzoek en uit met de praktijk gevoerde discussies blijkt dat het in oorsprong goed doordachte breedplaatvloersysteem door verdere uitbreiding van het toepassingsgebied, deels werd toegepast op een wijze waarbij niet alle maatgevende

mechanismen meer werden onderkend. Alhoewel dit niet meer is te achterhalen, is het goed mogelijk dat het aansluitvlak in eerste instantie wel werd getoetst. Omdat bij de oorspronkelijk toepassing de hierin optredende krachten beperkt waren, leidde dit vermoedelijk nooit tot een maatgevende situatie en is de toetsing zodoende mogelijk op de achtergrond geraakt.

Echter leren de uitgevoerde proeven ook dat met de in de geldende normen beschikbare rekenregels men op basis van een verondersteld groter effectief oppervlak de aanwezige weerstand overschat. Het beoordelen op basisprincipes voor ontwerp van betonconstructies, bijvoorbeeld dat een mogelijke scheur altijd doorsneden moet worden door wapening, had een waarschuwing moeten zijn dat het aanbrengen van een tralieligger op een grote afstand zou leiden tot een constructief ontwerp van onvoldoende kwaliteit.

Samenvattend

Het heeft betrekkelijk lang geduurd voordat na het incident met de parkeergarage in Eindhoven een goed onderbouwde beoordelingsmethode beschikbaar kwam. Dit kwam mede doordat er meer onderzoek is uitgevoerd dan vooraf voorzien en de evaluatie van de resultaten meer tijd vergde. Op basis van het uitgevoerde onderzoek moet worden geconcludeerd dat daar waar sprake is van een primaire krachtoverdracht over de doorsnede bij een naad tussen twee breedplaten die resulteert in een positief moment, in het verleden het aansluitvlak onterecht niet is getoetst. En er mag niet zonder meer worden aangenomen dat breedplaatvloeren met breedplaten vervaardigd van traditioneel beton en breedplaten die aan de bovenzijde zijn bewerkt, zullen voldoen aan het vereiste niveau van constructieve veiligheid. De daaruit volgende noodzakelijke beoordelingen van bestaande constructies zullen de komende jaren de nodige inzet van constructeurs, aannemers en producenten van breedplaatvloeren vergen. ●