

Handvatten voor een constructief veilig ontwerp breedplaatvloeren bij nieuwbouw

Detailengineering plaatnaden breedplaatvloeren

Tot op heden wordt er in de praktijk onvoldoende eenduidigheid ervaren bij het ontwerpen van breedplaatvloeren met een positief moment bij de plaatnaad. Aan de hand van beschikbare voorschriften en kennis geeft dit artikel handvatten om tot een constructief veilig ontwerp te komen. Dit vooruitlopend op toekomstige onderzoeksresultaten.

Bezwijkmechanisme

Een positief moment bij een plaatnaad in een breedplaatvloer leidt tot een afschuifkracht in het aansluitvlak tussen breedplaat-schil en druklaag (fig. 1). Daarnaast ontstaat een intern moment in de vloer als gevolg van de excentriciteit tussen de wapening in de schil en de koppelwapening. Dit interne moment heeft een trekcomponent bij de plaatnaad. Verder geldt dat het krommen van de vloer leidt tot trekspanningen bij de plaatnaad, doordat de twee vloeronderdelen – breedplaat-schil en druklaag – een gelijke kromming moeten ondergaan maar verschillen in stijfheid. Deze trekspanningen in het aansluitvlak kunnen tot delaminatie leiden. Delaminatie van het aansluitvlak verlaagt de afschuifcapaciteit van het aansluitvlak en kan zodoende tot onvoldoende momentcapaciteit leiden.

De capaciteit van het aansluitvlak wordt bepaald door een wapeningsdeel en een betondeel. De ruwheid van het stortvlak bepaalt in belangrijke mate het door het beton opneembare aandeel. Er zijn verschillende onzekerheden omtrent de toe te kennen capaciteit:

- In de praktijk is de mate van ruwheid lastig vast te stellen of goed voor te schrijven, omdat niet altijd de juiste definitie wordt toegepast. Hierdoor hoeft de in de berekening gehanteerde ruwheid niet daadwerkelijk aanwezig te zijn in de gerealiseerde constructie.
- De uitkomst van het productieproces komt niet altijd overeen met de gekozen uitgangspunten. Zo is bij gewichtsbesparende elementen het stortvlak veelal niet volledig ruw te maken.
- Tijdens onderzoeken die momenteel nog in uitvoering zijn, bestaat nog veel onduidelijkheid over welke aspecten van de productie van de breedplaten impact hebben op de ruwheid.
- Indien delaminatie optreedt, heeft dit invloed op de capaciteit van het afschuifvlak.

Desondanks zal in nieuw te realiseren breedplaatvloeren (met eventueel gewichtsbesparende elementen) de momentcapaciteit bij de plaatnaad moeten worden vastgesteld. Het heeft sterk de voorkeur de vloer zo te ontwerpen dat na realisatie geen sprake is van afhankelijkheid van toekomstige onderzoeksresultaten. Bij twijfel is het dus logisch conservatieve aannamen te doen, zodat toekomstige herstelmaatregelen worden voorkomen.

Regelgeving afschuifvlak

In NEN-EN 1992-1-1 paragraaf 6.2.5 wordt ingegaan op de afschuiving in het aansluitvlak van op verschillende tijdstippen gestort beton. De afschuifspanning moet worden getoetst met de volgende formule.

$$v_{Rdi} = c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n + \rho \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha + \cos \alpha) < 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

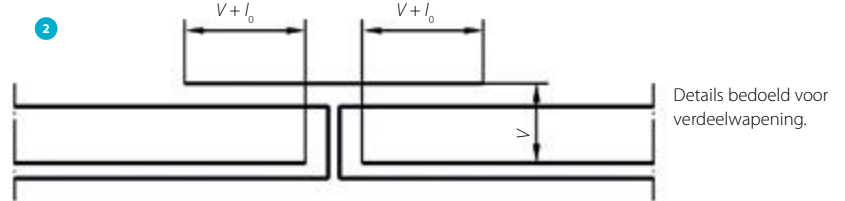
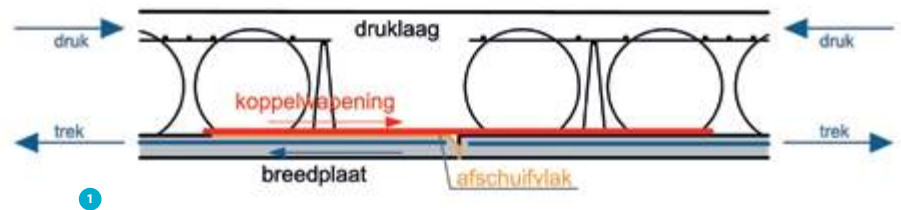
waarin:

- f_{ctd} is de rekenwaarde van de treksterkte van beton
- σ_n is de spanning veroorzaakt door de minimale uitwendige normaalkracht loodrecht op het aansluitvlak die tegelijk met de dwarskracht kan optreden, positief voor druk, waarbij $\sigma_n < 0,6 \cdot f_{cd}$, en negatief voor trek. Als σ_n een trekspanning is, behoort $c \cdot f_{ctd}$ gelijk aan 0 te worden genomen
- ρ is de verhouding tussen oppervlakte van de wapening die het aansluitvlak doorkruist (A_s) en de oppervlakte van de verbinding (A_i); A_s/A_i
- f_{yd} is de rekenwaarde van de vloeispanning van het wapeningsstaal
- v is de sterktereductiefactor voor beton gescheurd door dwarskracht: $0,6 [1 - f_{ck}/250]$
- c en μ zijn factoren die afhangen van de ruwheid van het aansluitvlak; de in de norm omschreven classificaties zijn:
 - zeer glad: een oppervlak gestort tegen een bekisting in staal, kunststof of speciaal bewerkt hout: $c = 0,025$ tot $0,10$ en $\mu = 0,5$
 - glad: door een glijbekisting of extrusie gevormd oppervlak, of een vrij oppervlak zonder verdere behandeling na het trillen: $c = 0,20$ en $\mu = 0,6$
 - ruw: een oppervlak met ruwheden van ten minste 3 mm en tussenafstanden van ongeveer 40 mm, verkregen door harken, zichtbaar zijn van toeslagmateriaal of andere methoden die een soortgelijk gedrag opleveren: $c = 0,40$ en $\mu = 0,7$
 - geprofileerd: een oppervlak met vertandingen volgens figuur 6.9: $c = 0,50$ en $\mu = 0,9$

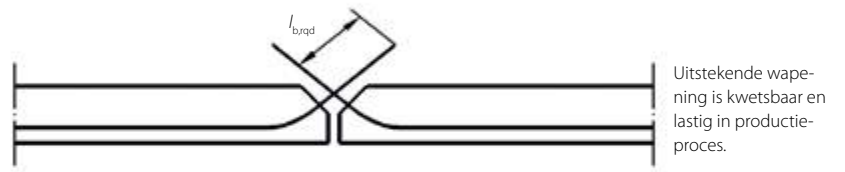
In de formule uit paragraaf 6.2.5 en de specificatie voor de classificatie van de ruwheid van het aansluitvlak is geen rekening gehouden met de delaminatie en excentrische ligging van de wapening. Om hier op in te spelen, wordt in VARCE-vraag 39 (beschikbaar op *Cementonline*) voorlopig geadviseerd de classificatie van het beton één klasse lager in te schatten en bij zelfverdichtend beton voor de classificatie voor het aansluitvlak van 'zeer glad' uit te gaan.

¹⁾ Mark Verbaten heeft het artikel namens VNconstructeurs gereviewd.

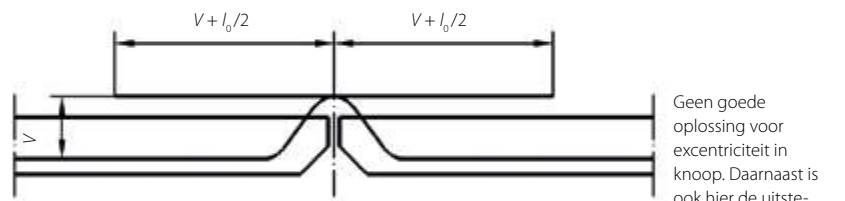
- 1 Krachten ter plaatse van de plaatnaad van een breedplaatvloer
- 2 Mogelijke details bij de plaatnaad



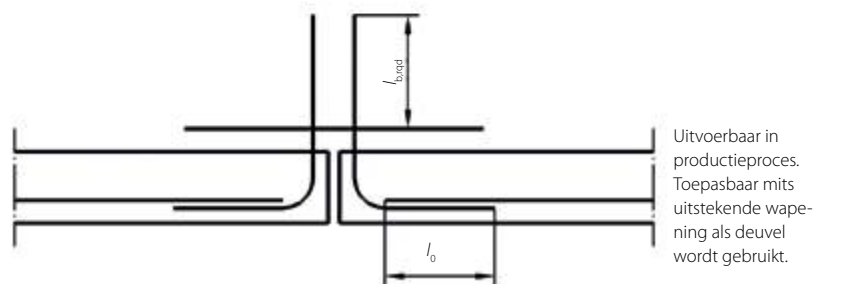
a) met extra wapeningsstaven opgenomen in het ter plaatse gestorte beton



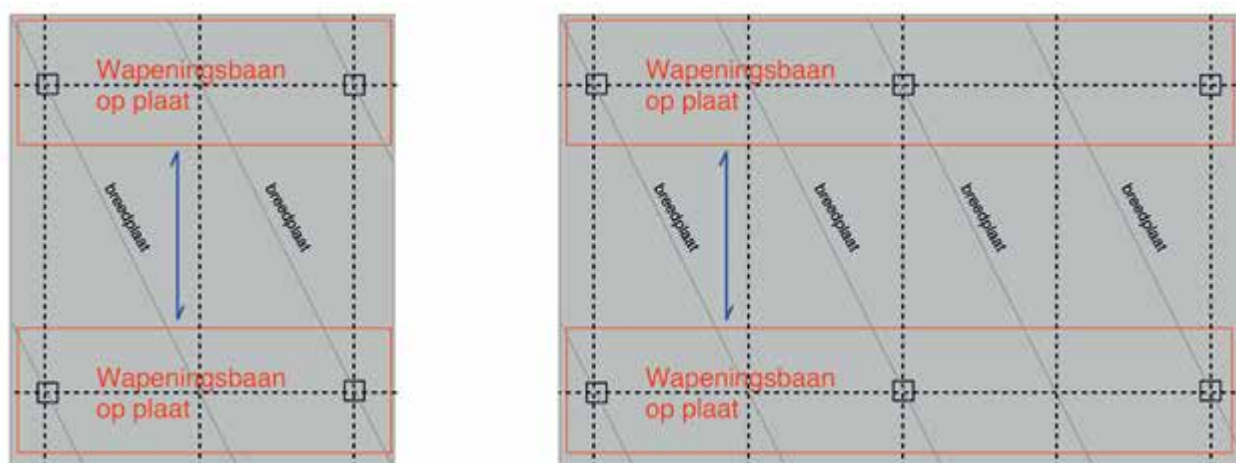
b) met wapeningsstaven die uitsteken uit de breedplaten



c) met gebogen wapeningsstaven die uitsteken uit de breedplaten



d) met extra, in de breedplaten verankerde wapeningsstaven



Detailtering plaatnaden

In bijlage F van NEN 13747 worden de mogelijke details bij de plaatnaad behandeld (fig. 2). Het in Nederland gebruikelijke detail a wordt, in dit informatieve deel van de norm, omschreven als enkel toepasbaar voor partiële verbindingen. Dit zijn verbindingen waaraan geen hoofdkrachtenwerking kan worden ontleend. Hieruit volgt dat de standaardtoepassing van detail a niet zou moeten worden toegepast bij breedplaatvloeren met positieve momenten bij de plaatnaad.

Zoals in VARCE wordt benoemd, moet voor volledig constructieve verbindingen gebruik worden gemaakt van details b, c of d. Ervaring uit de praktijk leert dat details b en c lastig toepasbaar zijn in het normale productieproces van de breedplaat. Detail d lijkt daarom het meest voor de hand te liggen indien een afschuifkracht moet worden overgebracht bij de plaatnaad.

Ontwerpstrategieën

Als naar het artikel 6.2.5 (NEN-EN 1992-1-1) wordt gekeken, lijkt het logisch de capaciteit van het stortvlak te verhogen door de vloer volledig ruw uit te voeren. Zoals eerder beschreven, biedt dat echter geen oplossing. Er wordt dan namelijk voorbijgegaan aan het interne moment als gevolg van de excentriciteit tussen de plaatwapening en koppelwapening. Dit interne moment moet eveneens worden ondervangen om delaminatie en aldus een reductie van de afschuifcapaciteit te voorkomen.

Om tot een constructief veilige vloer te komen, kan aan de volgende oplossingsrichtingen worden gedacht:

1. Het voorkomen van veldmomenten ter plaatse van plaatnaden door een slim gekozen plaatindeling. Let wel, hierbij moet worden gekeken naar de positie van de plaatnaad in relatie tot de dwarskracht. Vanzelfsprekend is het niet voor elk project mogelijk om hiermee positieve momenten bij plaatnaden te voorkomen.
2. Het toevoegen van wapening op de plaat zodat positieve momenten bij plaatnaden volledig door deze wapening

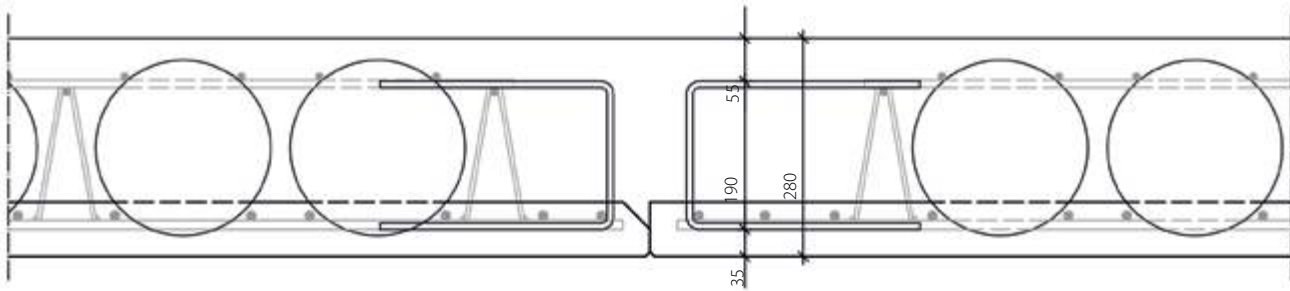
kunnen worden opgenomen. Hiervoor zal de wapening op de plaat tot voorbij de momentennulpunten moeten doorlopen. Nadeel bij deze benadering is de geringere hefboomsarm. Dit heeft tot gevolg meer benodigde wapening en een afname van stijfheid. De breedplaat wordt eigenlijk als een verloren bekistingsplaat toegepast.

Een voorbeeld hiervan is het ontwerpen analoog aan een strokenvloer (fig. 3). Door wapeningsbanen over steunpunten aan te brengen op de plaat kunnen plaatindelingen van breedplaten zo worden gekozen dat deze van strook naar strook overspannen. Bij deze benadering moet onderschatting van pons en ongewenste scheurvorming worden voorkomen. CUR-Aanbeveling 99 'Strokenvloeren' geeft aanbevelingen hoe hier rekening mee kan worden gehouden.

3. Het gebruik van artikel 6.2.5 (NEN-EN1992-1-1) in combinatie met verticale wapening (haarspelden) conform detail d, zorgt ervoor dat de trekcomponent uit het interne moment – die tot delaminatie kan leiden – wordt opgenomen (fig. 4). Deze uitstekende wapening bij de plaatnaad kan ook een aandeel hebben in de afschuifcapaciteit. De ruwheid en classificatie van het aansluitvlak die moet worden aangehouden, is uiteraard nog steeds punt van discussie en nader onderzoek. Nadenken over de mogelijke impact van toekomstige onderzoeksresultaten en een conservatieve benadering van de afschuifcapaciteit van het beton is daarom een must. Voor de wapening gelden de volgende aandachtspunten.

- a. De tralieligger moet voldoende diep en goed verankerd zijn in de schil. Om de tralieligger tot de vloeispanning te kunnen belasten, zou deze op volledige sterkte moeten zijn gelast. Veelal worden tralieliggers niet op basis van deze vereisten gedetailleerd en uitgevoerd. Het is daarom de vraag of de tralieliggers echt een significante constructieve bijdrage kunnen leveren. De verankeringslengte van de koppelwapening moet worden afgestemd op de meegenomen componenten die de afschuifkracht overbrengen. Concreet houdt dit in: verankeren na de uitstekende wapening.

- 3 Ontwerp volgens strokenvloeren
- 4 Principe doorsnede met extra haarspelden



- b. De verankeringslengte van de koppelwapening moet beginnen achter het gebied waar het interne moment wordt opgenomen.
- c. Detail d laat een verticale verankering van een schenkel zien. Beperkte vloerdikten kunnen ertoe leiden dat de benodigde verankeringslengte enkel met een haarspeld kan worden behaald.

Controle momentcapaciteit met toevoeging verticale wapening

Om de veiligheid van de vloeren te kunnen beoordelen, moet de momentcapaciteit bij de plaatnaad worden gecontroleerd.

Hiervoor moeten de volgende zaken worden bepaald:

1. het optredende moment bij de plaatnaad;
2. de optredende afschuifkracht tussen druklaag en schil;
3. de koppelwapening voor deze afschuifkracht;
4. de afschuifkracht geleverd door het beton;
5. de haarspelden ten behoeve van het interne moment;
6. de wapening die het afschuifvlak doorkruist ten behoeve van de resterende afschuifkracht;
7. de totaal benodigde haarspelden;
8. toetsing robuustheid.

1. Bepaal het optredende moment bij de plaatnaad

Het optredende moment ter plaatse van de plaatnaad kan op verschillende manieren worden berekend. Later in dit artikel wordt de benadering met een FEM-plaatberekening toegelicht.

2. Bepaal de optredende afschuifkracht tussen druklaag en schil

In het aansluitvlak van de schil en druklaag moet een kracht worden overgebracht. De over te brengen kracht mag gelijk worden gesteld aan de kracht die in de wapening in de breedplaatschil aanwezig is ²⁾.

$$V_{Ed, \text{afschuifvlak}} = M_{Ed} / z$$

²⁾ Als het momenten- en krachteenwicht van een mootje nabij de voeg wordt beschouwd, resulteert dat de horizontale kracht in het aansluitvlak wordt bepaald door de kracht in de wapening in de breedplaat (dus niet door de kracht in de koppelwapening).

3. Bepaal de koppelwapening voor deze afschuifkracht

Op basis van de eerder afgeleide afschuifkracht, kan de benodigde koppelwapening worden bepaald:

$$A_s = V_{Ed, \text{afschuifvlak}} / f_{yd}$$

Bij het berekenen van de verankeringslengte van de koppelwapening gelden de volgende aandachtspunten.

- Om tot een goede aanhechting van de wapeningsstaaf te komen, moet de koppelwapening op dwarsstaven worden gelegd.
- Bij meerdere componenten (tralie en haarspeld) die de afschuifkracht overbrengen, zal de verankeringslengte, naast een toets van de totale verankeringslengte, per component naar ratio van het aandeel van de afschuifkracht moeten worden bepaald.
- Ten behoeve van het interne evenwicht zal de verankeringslengte beginnen bij de drukcomponent van het interne moment.

4. Bepaal de afschuifkracht geleverd door het beton

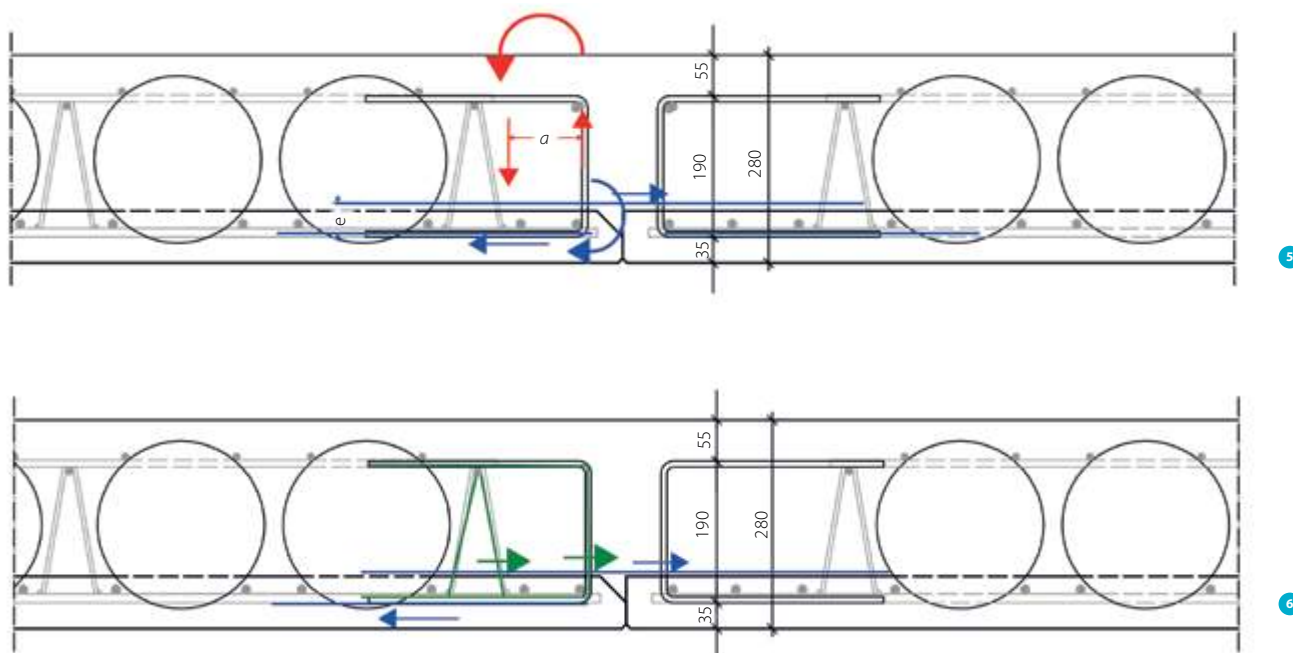
Op basis van een (evt. conservatieve) aanname voor de factor c (gekoppeld aan de classificatie van het beton), is de afschuifcapaciteit van het beton te bepalen:

$$V_{Rd, c, \text{afschuifvlak}} = c \cdot f_{ctd} \cdot b \cdot l$$

In VARCE-vraag 39 wordt aanbevolen om bij het bepalen van het oppervlakte van het aansluitvlak voor de verankeringslengte geen grotere lengte te hanteren dan de overlappingslengte l volgens 8.7.3 van NEN-EN 1992-1-1 met $\sigma_{sd} = f_{yd}$. In het informatiedocument wordt aangegeven de te rekenen lengte te begrenzen op $50\emptyset$ ³⁾.

Op basis hiervan is te adviseren niet meer dan $l \leq 50\emptyset$ aan meewerkende lengte mee te nemen.

³⁾ De waarde van $50\emptyset$ is genoemd omdat er op dat moment geen proefresultaten met meer dan $50\emptyset$ bekend waren en er op dat moment minder kennis van de werking van het detail was. Er is een kans dat in de toekomst bij het beoordelen van het detail deze grenswaarde wijzigt.



Op basis van het betondeel wordt voor de benodigde capaciteit van het wapeningsdeel gevonden:

$$V_{Rd.s.afschuifvlak} = V_{Ed.afschuifvlak} - V_{Rd.c.afschuifvlak}$$

5. Bepaal de haarspelden t.b.v. het interne moment
De excentriciteit tussen de wapening in de schil en de koppelwapening zorgt voor een intern moment dat evenwicht maakt met een verticaal koppel (fig. 5). De exacte afstand tussen de

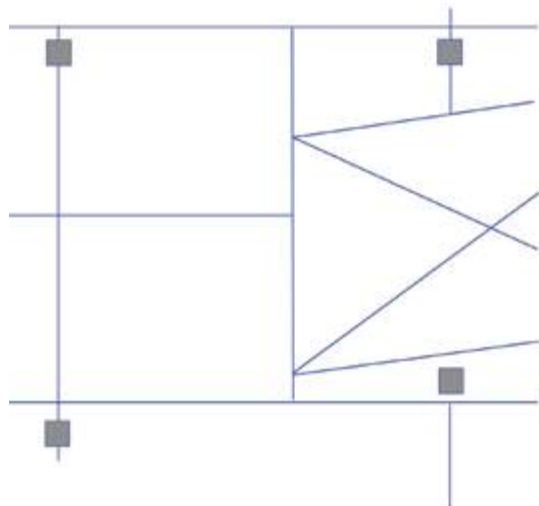
trek- en drukcomponent van dit verticale koppel is afhankelijk van een aantal factoren en vraagt nader onderzoek.

Door voor het verticale koppel een arm aan te nemen, kan de benodigde wapening voor de trekcomponent worden bepaald. Geadviseerd wordt de hefboom a niet te groot aan te nemen om een onrealistische (gunstige) krachtswerking te voorkomen. Gedacht kan worden aan een maximale a ter grootte van de nuttige hoogte (d) van de vloer.

$$V_{Ed.afschuifvlak} \cdot e = F_{Ed.plaatnaad} \cdot a$$

$$A_{s.plaatnaad} = \frac{V_{Ed.afschuifvlak} \cdot e}{a \cdot f_{yd}}$$

7



Tevens moet rekening worden gehouden met de trekcomponent die ontstaat vanuit de kromming van de vloer. Om dit te doen is het te adviseren voldoende zware haarspelden te kiezen, zodat de samenhang tussen druklaag en breedplaatschil is gewaarborgd. Het is de vraag of een tralieligger langs de vloerrand hier voldoende in voorziet gezien de vaak beperkte verankering in de breedplaatschil. Indien de wapening in de breedplaatschil $> \varnothing 20$ moet conform NEN-EN-1992-1-1 8.7.4.1 lid 3, de hoeveelheid haarspelden gelijk zijn aan de wapening in de schil. Overwogen kan worden ook bij kleinere staafdiameters deze richtlijn aan te houden.

Beton en wapeningskwaliteit		Betondeel afschuifkracht	
f_{ck}	30 N/mm ²	Betondeel afschuifkracht	0,00 kN
f_{cm}	38 N/mm ²	Wapeningsdeel afschuifkracht	
f_{ctm}	2,90 N/mm ²	A_{tralie}	282,8 mm ²
f_{ctd}	1,35 N/mm ²	hoek α	60 graden
f_{yd}	435 N/mm ²	$A_{hrsp \text{ afschuif}}$	495,0 mm ²
Geometrie		hoek α	90 graden
vloer dikte	280 mm	Opneembare afschuifkracht	
schilhoogte	70 mm	beton deel	0,00 kN
breedte	1000 mm	tralie deel EC	68,04 kN
verankeringslengte koppelstaaf	600 mm	hrsp deel	150,73 kN
diameter koppelstaaf	12 mm	totaal	218,77 kN
diameter hrsp	10 mm	Intern moment	
d	204 mm	$A_{hrsp \text{ intern moment}}$	130,7 mm ²
excentriciteit koppelwap	53 mm	$A_{hrsp \text{ totaal}}$	625,7 mm ²
arm intern moment	204 mm	Resultaat	
Factoren afschuifvlak		$M_{opneembaar}$	40,17 kNm/m
classificatie	opgeruwd	benodigde hrsp	Ø10-125
c	0	benodigde koppelwapening	Ø12-220
u	0,7		

- 5 Excentriciteit tussen de wapening in de schil en de koppelwapening zorgt voor een intern moment dat evenwicht maakt met een verticaal koppel
- 6 Wapening die het afschuifvlak doorkruist moet de resterende afschuifkracht opnemen
- 7 Fragment plaatindeling rekenvoorbeeld FEM-plaatberekening
- 8 Voorbeeld van spreadsheet-berekening momentcapaciteit tralieligger en haarspeld Ø10-125

8

6. Bepaal de wapening die het afschuifvlak doorkruist t.b.v. de resterende afschuifkracht

In de formule uit 6.2.5 (NEN-EN-1992-1-1) fungeren de traliebene als elementen die door de normaalkracht in de benen een afschuifsterkte hebben. De haarspeld langs de plaatnaad heeft op dezelfde manier een aandeel (fig. 6). Omdat de haarspeld een hoek van 90° maakt, wordt de afschuifcapaciteit van tralieligger en haarspeld als volgt bepaald:

$$V_{Rd,s,afschuifvlak} = A_{st} \cdot f_{yd} \cdot (\mu \cdot \sin \alpha_t + \cos \alpha_t) + A_{sh} \cdot f_{yd} \cdot \mu$$

De index t verwijst naar de tralieligger en h naar de haarspeld.

Let wel, CUR-Aanbeveling 086 voor bollenplaatvloeren schrijft slechts het gebruik van één van de twee traliebene voor. Vraag is of deze traliebene tot de maximale capaciteit kunnen worden belast of dat de (las)verbinding tussen diagonaal en langsstaaft eerder bezwijkt (zie ook de overweging ten aanzien van de verankering van de tralieligger in het voorgaande).

7. Bepaal de totaal benodigde haarspelden

De totale hoeveelheid benodigde haarspelden wordt gevonden uit:

$$A_{s,haarspeld} = A_{s,plaatnaad} + A_{sh}$$

8. Toetsing robuustheid

Het is aan te bevelen om na bepaling van de afschuifcapaciteit met een risicoanalyse, de robuustheid van de gekozen uitwerking van het afschuifvlak te toetsen. Concreet kan dit inhouden het beschouwen van het aandeel dat de afzonderlijke componenten aan de totale afschuifcapaciteit bijdraagt. Deze controle heeft als doel te voorkomen dat één component (aandeel afschuifvlak, tralieligger en haarspeld) overheersend is in de totale afschuifcapaciteit. Indien een van de componenten overheersend is, moet kritisch worden gekeken naar de aannamen die zijn gedaan en de impact indien deze aanname ongunstiger uitvalt.

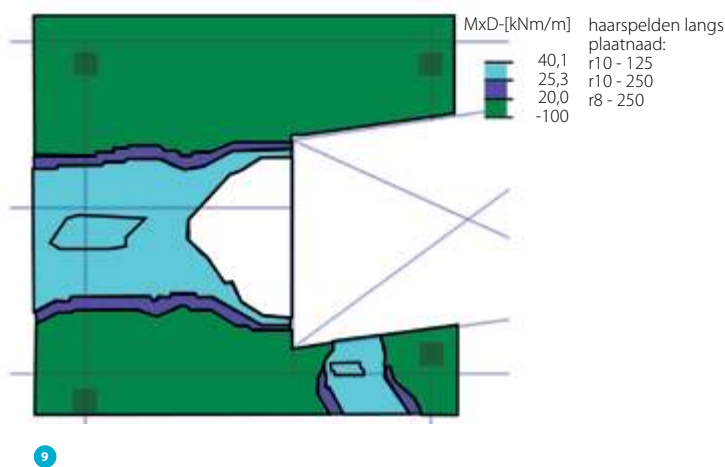
Voorbeeldberekening in FEM

Met een rekenvoorbeeld wordt toegelicht hoe de controle van een breedplaatvloer middels een FEM-plaatberekening in zijn werk kan gaan.

Het eerder beschreven stappenplan is verwerkt in een spreadsheet om de momentcapaciteit bij vooraf bepaalde configuraties voor de haarspeld te bepalen (fig. 8). Deze momentcapaciteiten zijn de in de FEM-plaatberekening gebruikte waarde voor de isolijnen.

Van de tralieligger zijn beide benen meegenomen waarbij de capaciteit beperkt is tot 50% van de vloeispanning.

In dit voorbeeld is gekozen de factor c op 0 te stellen. Er is dus geen afschuifcapaciteit tussen de betonnen stortvlakken gere-



in figuur 9 is het optredende moment groter dan opneembaar met het gekozen maximum van de haarspelden. De plaatnaden in dit gebied vragen daarom een andere ontwerpstrategie. Het optredende moment wordt hier bijvoorbeeld opgenomen door wapening op de schil van momentennulpunt naar momentennulpunt.

Conservatieve houding

Het optredende bezwijkmechanisme voor positieve momenten bij de plaatnaad van breedplaatvloeren vereist meer controles dan in het verleden. Rondom deze controles bestaan echter nog de nodige onzekerheden. In dit artikel zijn de onzekerheden en overwegingen benoemd om meer inzicht te geven in de materie. In afwachting van de resultaten uit lopend onderzoek (en eventuele vervolgonderzoeken), moet bij de detailengineering van breedplaatvloeren een conservatieve houding in acht worden genomen en aandacht worden behouden voor de robuustheid. Dit is nodig om ervoor te zorgen dat de constructieve veiligheid gewaarborgd blijft en uitgebreide herstelmaatregelen in de toekomst worden voorkomen. ☒

kend. Deze keuze is gemaakt met het oog op robuustheid en ingegeven door het volgende:

1. Het interne moment zorgt voor een trekspanning loodrecht op het aansluitvlak. Opgemerkt wordt dat dit een lokale trekspanning is, in tegenstelling tot de resulterende trekspanning zoals bedoeld in de toelichting van artikel 6.2.5 om $c f_{ctd}$ op 0 te stellen.
2. De keuze voor de hefboomsarm van het interne moment is niet onderbouwd met onderzoek.
3. De bijdrage van de trekspanningen als gevolg van het krommen van de vloer worden niet meegenomen in het ontwerp van het afschuifvlak.

Berekende momentcapaciteit

De opneembare momentcapaciteit is berekend aan de hand van een spreadsheet (fig. 8). De uitgangspunten voor de spreadsheet zijn:

- diameter koppelwapening $\varnothing 12$
- betonsterkteklasse C30/37
- vloerdikte 280 mm

Bij variatie van de haarspelden wordt aan momentcapaciteit gevonden:

1. tralieligger met haarspeld $\varnothing 8-250 \rightarrow 20,0$ kNm/m
2. tralieligger met haarspeld $\varnothing 10-250 \rightarrow 25,3$ kNm/m
3. tralieligger met haarspeld $\varnothing 10-125 \rightarrow 40,1$ kNm/m

Uitvoer plaatmodel

De uitvoer van de FEM-plaatberekening met de eerder berekende momenten als isolijnen geeft het resultaat van figuur 9.

Interpretatie

Het kan zijn dat er vanuit productie en/of uitvoering een maximum bestaat voor de diameter en hart-op-hartafstand van de haarspelden bij de plaatnaad. In dit voorbeeld zijn haarspelden $\varnothing 10-125$ als maximum gesteld. In het witte gebied

● GERAADPLEEGDE BRONNEN

- Informatiedocument Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren in bestaande bouwwerken opgeleverd na 1999. Rijswijk: Adviesbureau ir. J.G. Hageman, 5 oktober 2017.
- Rapport 2017 R11127, Onderzoek naar de technische oorzaak van de gedeeltelijke instorting van de in aanbouw zijnde parkeergarage P1 Eindhoven Airport. Delft: TNO, 22 september 2017.
- Rapport 9663-1-0, Bezwijken parkeergarage Eindhoven Airport – Analyse naar de oorzaak. Rijswijk: Adviesbureau ir. J.G. Hageman, 25 september 2017.
- Bouwen aan constructieve veiligheid - Lessen uit instorting parkeergebouw Eindhoven Airport. Den Haag: Onderzoeksraad voor Veiligheid, oktober 2018.
- Varce 12 Detaillering aansluitvlak breedplaatvloeren, Vraag 39 aansluitvlak breedplaatvloeren. *Cement* 2017/7.
- NEN-EN 1992-1-1:2005 - Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies - Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen.
- NEN 13747:2005 - Vooraf vervaardigde betonproducten - Breedplaatvloeren.