

Notitie 01-11-2022

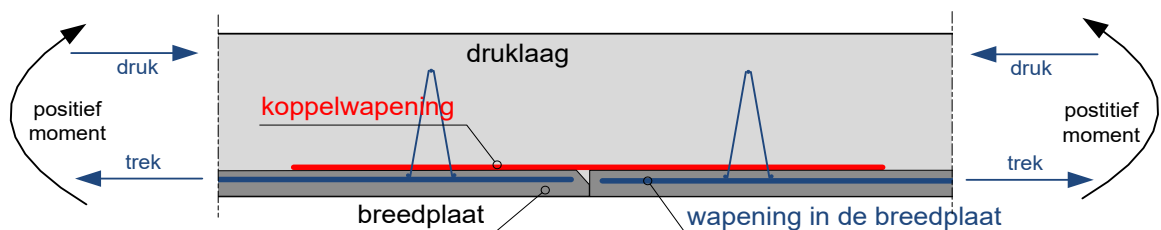
Dossier 10590/TNO 2022 10034506

Stappenplan beoordeling bestaande gebouwen met breedplaatvloeren 2022

1 Inleiding

Op 27 mei 2017 is een deel van de in aanbouw zijnde parkeergarage van Eindhoven Airport ingestort. Uit onderzoek naar de oorzaak van die instorting blijkt dat vloeren die zijn uitgevoerd met breedplaten in bepaalde gevallen onvoldoende veilig kunnen zijn. Verslagen van de diverse onderzoeken, waarin deze conclusie wordt onderbouwd, zijn opgenomen in [1], [2] en [3].

Het betreft breedplaatvloeren waarbij in de richting haaks op de naden tussen twee breedplaten sprake is van een primaire krachtsoverdracht die ter plaatse van de doorsnede bij de naad resulteert in een significant positief moment, eventueel in combinatie met een dwarskracht, en die geborgd wordt door koppelwapening die op de breedplaten is aangebracht, en die zijn krachten over moet dragen naar in de breedplaten opgenomen wapening. Het detail ter plaatse van deze doorsnede wordt hierna aangeduid als het kritische detail, zie figuur 1. Een primaire krachtsoverdracht is een krachtsoverdracht die noodzakelijk is voor het bereiken van een evenwichtssituatie.



figuur 1 Kritisch vloerdetail over de aansluiting ter plaatse van de langsnaden van een breedplaatvloer met de effecten van een positief buigend moment

Naar aanleiding hiervan is door het ministerie van BZK in de Regeling Bouwbesluit artikel 5.13 een onderzoeksplicht afgekondigd voor CC3 constructies waarin dit type vloeren is toegepast. Een nadere uitwerking van rekenregels die bij dit onderzoek dienen te worden toegepast, is beschreven in [4]. Een bijbehorend stappenplan – stappenplan 2019 – is beschikbaar [5].

Door TNO is een onderzoek uitgevoerd naar de constructieve veiligheid van bestaande CC2 constructies met breedplaatvloeren. Dit onderzoek is beschreven in [6]. Uit dit onderzoek volgt dat het

Directie:

Dr.ir. D.A. Hordijk

Prof.ir. S.N.M. Wijte

Ir. J.J. Meester

Ir. S. van der Vossen

Polakweg 14e

Postbus 26

2280 AA Rijswijk ZH

Telefoon 070 - 399 03 03

mail@adviesbureau-hageman.nl

www.adviesbureau-hageman.nl

Bank ABN-AMRO Rijswijk

Rek.nr. NL09 ABNA 0481 3001 39

KvK 's-Gravenhage nr. 27149272

nader beoordelen van de constructieve veiligheid van dit type vloeren, toegepast in een CC2 constructie, in een aantal situaties noodzakelijk is maar tevens dat in een aantal situaties van een nadere beoordeling kan worden afgezien daar met de in [6] uitgevoerde studie, de benodigde constructieve veiligheid is aangetoond. Hiertoe is in het onderzoek voor veel voorkomende typologieën van breedplaatvloeren een probabilistische analyse uitgevoerd waarbij rekening gehouden is met alle relevante beschikbare informatie. Dit betreft informatie met betrekking tot de constructieve sterkte bekend uit experimenten, het presteren van de bestaande voorraad vloeren zoals in de praktijk bewezen sterkte en het doorstaan van proefbelastingen.

In deze notitie is, door Adviesbureau Hageman en TNO, een revisie van het stappenplan 2019 gegeven die geschikt is voor de beoordeling van breedplaatvloeren bij een toepassing in bestaande CC1, CC2 en CC3 constructies, waarin de recente bevindingen van TNO, beschreven in [6], zijn verwerkt.

Voor het beoordelen van de constructieve veiligheid van bestaande constructies zijn in het Bouwbesluit eisen opgenomen, die verwijzen naar NEN 8700 ‘Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Grondslagen’. Vergelijkbaar met het ontwerpen van nieuwe constructies, is het uitgangspunt bij het beoordelen van bestaande constructies dat slechts een zeer kleine kans op bezwijken wordt toegestaan. Het afkeurniveau zoals gedefinieerd in NEN 8700 is de basis van [6] en ook van de toetsregels in het onderhavige stappenplan.

Als constructies worden versterkt, moet de gewijzigde constructie ten minste voldoen aan het veiligheidsniveau dat in NEN 8700 is beschreven voor de verbouwsituatie.

Het stappenplan 2022 is hierna in hoofdstuk 2 opgenomen. In hoofdstuk 3 zijn enkele aanvullende constructieve aspecten nader toegelicht. Met name voor gebouwen bedoeld voor een groep minder- of niet-zelfredzame personen, wordt gewezen op de inhoud van paragraaf 3.4.

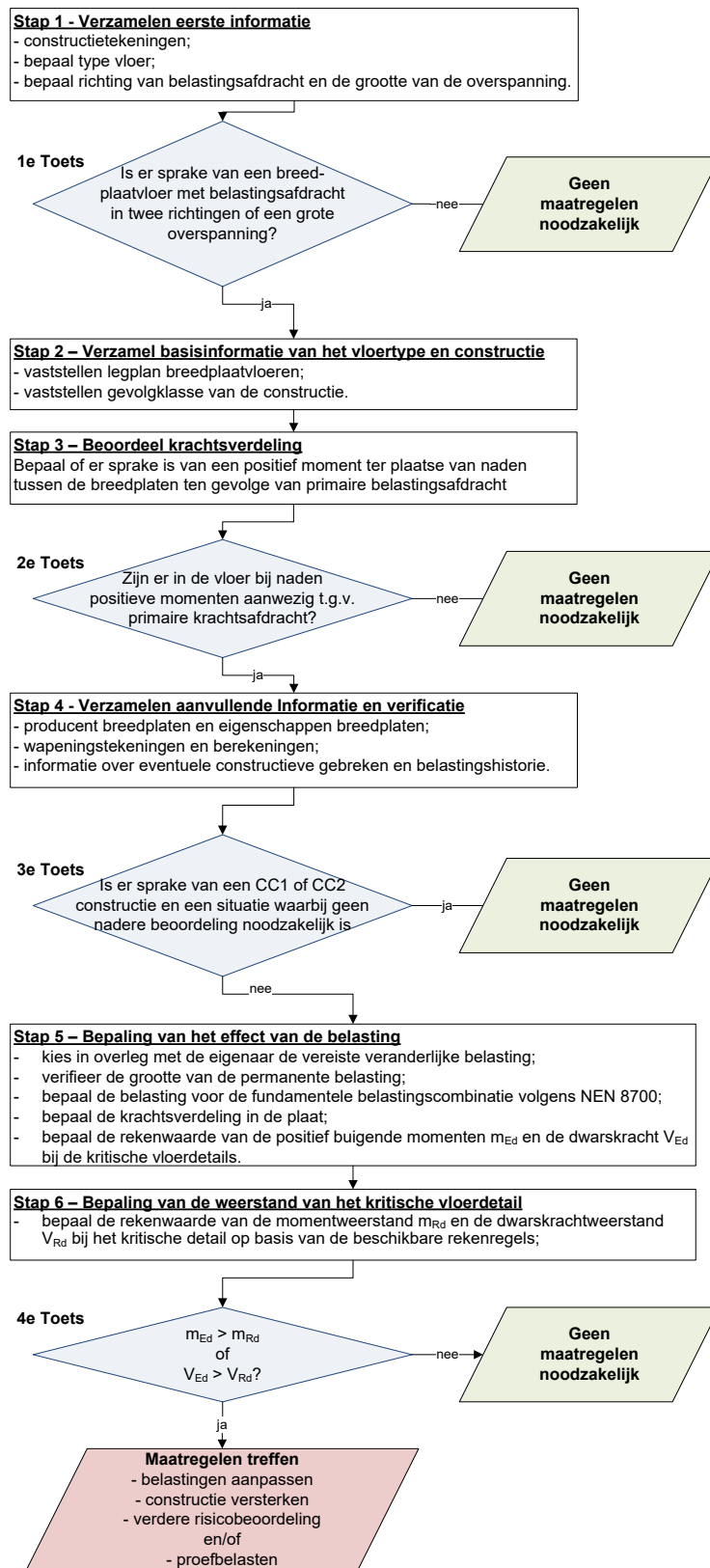
Nadrukkelijk wordt gesteld dat de voorliggende rekenregels uitsluitend bedoeld zijn voor het beoordelen van bestaande constructies en niet geschikt zijn voor het ontwerpen van nieuwe constructies. Voor dit laatste wordt verwezen naar [7] en NEN 6726 waarvan de laatste op het moment van opstellen van dit stappenplan in voorbereiding is en aanvullingen geeft op de productnorm voor breedplaatvloeren, NEN-EN 13747.

2 Stappenplan, bepalingmethoden en rekenregels

De toepassing van breedplaatvloeren heeft in de afgelopen decennia een aantal ontwikkelingen doorgemaakt. Een aantal van die ontwikkelingen zijn bepalend voor het aanwezig zijn van het kritische detail in een vloerconstructie, dit zijn::

- het toepassen van primaire krachtsafdracht in twee richtingen;
- het gebruik van ‘moderne’ betonmengsels bij de productie van breedplaten;
- het achterwege laten van het opruwen van de breedplaten;
- het gebouwtype waarin deze constructies worden toegepast.

Bovenstaande in acht nemend en kijkend naar de ontwikkeling in de tijd wordt met name geadviseerd bestaande breedplaatvloerconstructies in utiliteitsgebouwen die zijn opgeleverd na 1999, te beoordelen. Voorbeelden van utiliteitsgebouwen zijn kantoren, ziekenhuizen, schoolgebouwen en parkeergarages.



figuur 2 Stappenplan voor het onderzoek naar constructieve veiligheid van breedplaatvloeren (versie 2022)

Bij de risicobeoordeling wordt een stappenplan gebruikt. Dit stappenplan (versie 2022) is geschetst in figuur 2. Het stappenplan is een procedure om op een gestructureerde manier de beoordeling van bestaande breedplaatvloerconstructies uit te voeren. Het toetsen van deze constructies volgens een andere procedure, maar met in achtname van de bepalingmethoden en rekenregels beschreven in respectievelijk stap 5 en stap 6, is toegestaan. Evenzo is de volgorde van de stappen ter keuze aan de beoordelaar. Omdat er in de 3^e toets bepaalde vloerconstructies zonder nadere rekenkundige analyse als voldoende veilig kunnen worden gezien, kunnen daar de stappen 2-4 grotendeels worden overgeslagen.

De opzet van het stappenplan is zo dat de inspanning die benodigd is om relevante informatie te verzamelen, gefaseerd is en dat tussen de verschillende fasen beoordelingspunten zijn ingevoegd om na te gaan of een vervolg van het onderzoek noodzakelijk is. Tot en met de eerste toets kunnen de werkzaamheden worden uitgevoerd door een bouwtechnisch adviseur. Bij het verder doorlopen van het stappenplan is het noodzakelijk dat een constructeur wordt ingeschakeld.

Hierna wordt een toelichting gegeven bij het stappenplan.

Stap 1 - Verzamelen van eerste informatie

Om inzicht te krijgen in de constructieve opzet, het type vloer dat is toegepast en te kunnen beoordelen of in de vloer het kritische vloerdetail aanwezig kan zijn, moet eerst relevante informatie worden verzameld.

De meeste relevante informatie zal zijn opgenomen in tekeningen van de vloerconstructie. Informatie over de constructieve opzet, het bouwjaar van het gebouw en over het eventueel aanwezig zijn van breedplaatvloeren in het gebouw kan worden ontleend aan de tekeningen van de constructie die door de constructeur zijn vervaardigd. Het verdient aanbeveling om de conclusies op basis van de tekeningen te verifiëren middels, indien mogelijk, een observatie in het gebouw. Het is namelijk mogelijk dat in een late fase van het ontwerp alsnog gekozen is voor een ander vloersysteem dan bijvoorbeeld op de besteks- of DO-tekeningen is getekend.

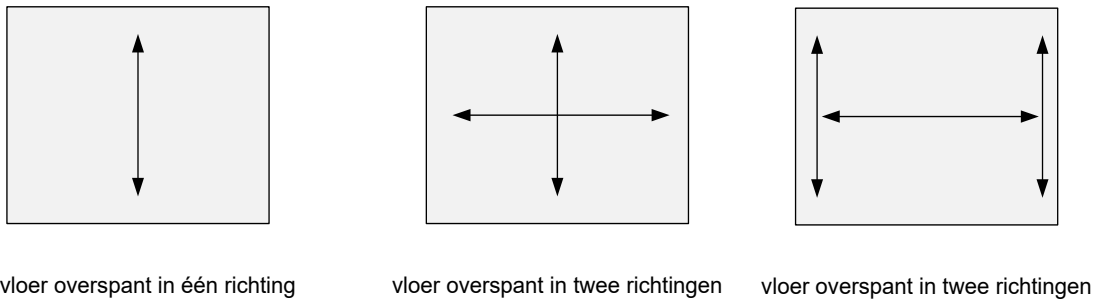
Als de tekeningen niet in het bezit zijn van de eigenaar van het gebouw, kunnen zij mogelijk worden gevonden in het archief van de gemeentelijke dienst van Bouw- en Woningtoezicht, bij de aannemer of de constructeur.

Of breedplaatvloeren zijn toegepast en de wijze waarop, kan ook worden bepaald door een observatie in het gebouw uit te voeren. Bij het gebruik van breedplaatvloeren zijn aan de onderzijde van de vloer vaak naden zichtbaar met een hart-op-hart-afstand van 2,4 meter of meer. Bij een hart-op-hart-afstand tussen de naden van 1,2 meter is er in het algemeen sprake van een kanaalplaatvloer. Als de onderzijde van de constructieve vloer duidelijk zichtbaar is (de vloer aan de onderzijde dus niet is voorzien van stucwerk of een andere afwerking) en er geen naden zichtbaar zijn, dan is de vloer geheel ter plaatse gestort.

Het kritische vloerdetail komt voor daar waar in breedplaatvloeren ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten sprake is van een primaire krachtoverdracht. Dit kan het geval zijn bij breedplaatvloeren die in twee richtingen de belasting afdragen of bij vloeren die in één richting dragen en waarbij de overspanning groter is dan de lengte van de toegepaste breedplaat zodat er aan het kopse einde van de breedplaat krachten in de breedplaatvloer overgedragen moeten worden.

Verwacht mag worden dat bij breedplaatvloeren die in één richting overspannen en waarbij de overspanning korter is dan 10 meter, de toegepaste breedplaten voldoende lang zijn. Bij deze vloeren zal geen naad aanwezig zijn waarover een primaire krachtsafdracht plaatsvindt.

Of er sprake is van vloerconstructies die door de constructeur zijn beoogd in twee richtingen af te dragen, kan worden ontleend aan op constructietekeningen van de vloeren aangegeven overspanningsrichtingen, zie figuur 3. Bij twijfel over dit aspect wordt geadviseerd advies in te winnen bij een constructeur.



figuur 3 Indicatie van overspanningsrichting van een vloer op constructietekening

1e Toets

De eerste toets is bedoeld om na te gaan of de beschouwde vloer een breedplaatvloer betreft waarin ter plaatse van de naden tussen de breedplaten een primaire krachtsafdracht aanwezig kan zijn. Dit kan het geval zijn bij breedplaatvloeren die zijn ontworpen om in twee richtingen af te dragen of waarbij de overspanning groter is dan 10 meter; dit laatste omdat in dat geval sprake zou kunnen zijn van de aanwezigheid van kopvoegen.

Deze toets wordt gebruikt om vloeren van een ander type en breedplaatvloeren waarbij evident geen sprake is van een belastingsafdracht ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten, uit te sluiten.

Stap 2 - Verzamelen van basisinformatie van de breedplaatvloer en de constructie

Nadat duidelijk is dat de vloer ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten mogelijk krachten moet overdragen, moet dit nader worden beschouwd. Hierbij moet worden nagegaan of de beschouwde primaire krachtsafdracht leidt tot positieve momenten ter plaatse van naden tussen twee breedplaten.

Met de primaire krachtsafdracht wordt bedoeld de krachtsafdracht die benodigd is om evenwicht te verkrijgen. Bij puntvormig ondersteunde vloeren betekent dit dat de grootte van de momentensom in de beschouwde richting niet kan worden verkleind door een herverdeling van de belastingsafdracht zodat de momentensom in de andere richting zal toenemen. Het kunnen weerstaan van de momentensom in de beschouwde richting is dus van essentieel belang voor het kunnen verkrijgen van een evenwichtssituatie.

Om te kunnen nagaan of er bij de naden sprake is van positieve momenten is het noodzakelijk dat de locaties van de naden tussen de breedplaten bekend zijn. Deze locaties kunnen worden afgeleid uit het zogenaamde legplan. Dit is een tekening van de plattegrond van de vloer waarop de indeling

van de breedplaten is weergegeven. Als deze tekening niet beschikbaar is, kan het legplan worden bepaald door het uitvoeren van een observatie ter plaatse.

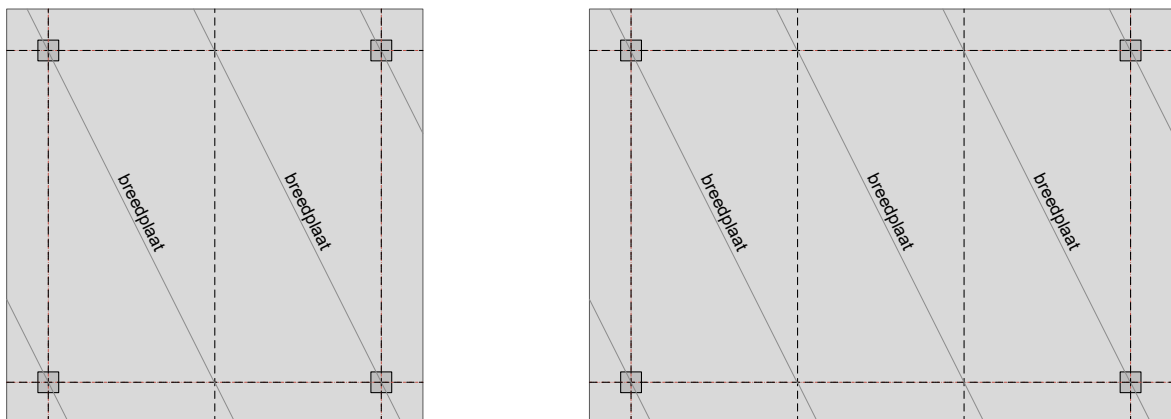
Stap 3 – Beoordeel krachtsverdeling

Nagegaan moet worden of er in de breedplaatvloeren ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten sprake is van een positief moment dat veroorzaakt wordt door de primaire krachtsafdracht.

In het geval de afzonderlijke breedplaten aan beide uiteinden direct dragen op dragende wanden of betonnen liggers zal er geen sprake zijn van positieve momenten ter plaatse van langsnaden ten gevolge van de primaire krachtsafdracht. In alle andere gevallen, bijvoorbeeld wanneer de breedplaten afdragen op kolommen, eventueel via verstijfde vloerstroken of stalen liggers, moet een constructeur bepalen of er sprake is van positieve momenten ter plaatse van naden.

Voorbeelden van breedplaatvloeren waarbij een positief moment, in het algemeen in combinatie met een dwarskracht, bij een naad tussen twee breedplaten kan optreden, zijn:

- Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij sprake is van een primaire krachtsafdracht in twee richtingen (figuur 4);
- Lijnvormig ondersteunde vloeren met een naad tussen twee breedplaten die evenwijdig aan de lijnvormige ondersteuning loopt;
- Speciale situaties, bijvoorbeeld in de buurt van een grote sparing in de vloer.

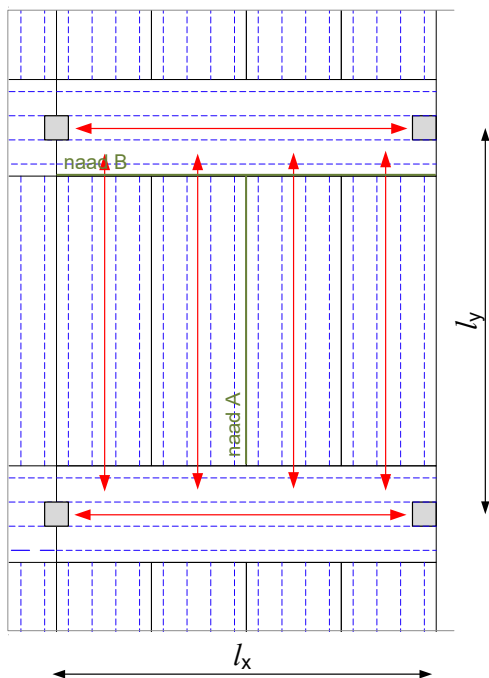


figuur 4 Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij een significant positief moment bij een plaatnaad kan optreden. De stippellijnen geven de naden weer tussen de afzonderlijke breedplaten.

Bepalend of er sprake is van een kritisch detail, is de situatie waarbij de momentweerstand ter plaatse van de naad tussen de breedplaatvloeren wordt ontleend aan koppelwapening die op de breedplaten is aangebracht en die vervolgens zijn kracht afdraagt aan in de breedplaat opgenomen wapening. Deze naden kunnen langsnaden dan wel kopnaden zijn. Bij een langснаad loopt de tralieligger evenwijdig aan de naad terwijl bij kopnaden, de tralieliggers haaks op de plaatnaad staan. Het hier beschreven stappenplan is geldig voor de beoordeling van langsnaden belast door een positief moment. Voor een beoordeling van kopnaden waar een positief moment aanwezig is als resultaat van de primaire krachtsafdracht, wordt verwezen naar paragraaf 3.3.

Van een kritisch vloerdetail is bijvoorbeeld geen sprake in situaties bij een trapgat waarbij de op de breedplaat aangebrachte wapening op zichzelf voldoende weerstand geeft en niet middels een overlapping hoeft te zijn 'gelast' aan wapening in de breedplaat en situaties waarbij in een breedplaatvloer een verzwaarde strook wordt gecreëerd doordat op de breedplaten een strook met doorgaande wapeningsstaven is aangebracht.

Tot slot wordt gewezen op het volgende. Op basis van de normen, zoals NEN-EN 1992-1-1, verdient het de voorkeur om de krachtsverdeling in een vloer te bepalen conform de lineaire-elasticiteitstheorie. Er zijn echter vloeren ontworpen op basis van een evenwichtssysteem volgens het kinderbint-moerbint principe, zie figuur 5. De breedplaatvloer wordt daarbij gezien als een verzameling balken die de belasting maar in één richting – evenwijdig aan de langsnaden van de breedplaten - afdragen. Deze benadering komt regelmatig voor bij strokenvloeren. Dit zijn vloeren waarbij in één richting een vloerstrook, die over de kolommen doorloopt, dikker is uitgevoerd dan de overige delen van de vloer. In figuur 5 is dit bijvoorbeeld de strook die in de richting van l_x overspant. Als de krachtsverdeling op deze wijze is bepaald, dan vindt er tussen de langsnaden van de breedplaten die in de richting van l_y overspannen, naad A, geen primaire krachtsoverdracht plaats. Bij naad B, de naad tussen het kopse einde van de breedplaten en de langснаad van de strook, is wel sprake van een primaire krachsafracht. Daar moet de weerstand tegen zowel het moment en als de dwarskracht worden getoetst. De grootte van het positieve moment bij naad B zal vaak beperkt zijn. Dit laatste hoeft niet het geval te zijn bij eindvelden, daar kan het moment bij naad B van een significante grootte zijn. Aanvullend wordt opgemerkt dat de overige wapening in de breedplaatvloer voldoende moet zijn, zodat de uit deze schematisering volgende momenten en dwarskrachten door de constructie kunnen worden weerstaan.



figuur 5 Breedplaatvloer met krachtsverdeling op basis van kinderbint-moerbint principe

2e Toets

De tweede toets is bedoeld om na te gaan of het kritische vloerdetail, zoals beschreven in dit stappenplan, in de beschouwde vloerconstructie aanwezig is. De definitie voor een dergelijke

constructie luidt als volgt: ‘Een bestaande breedplaatvloerconstructie waarbij in de richting haaks op de voegen tussen twee breedplaten sprake is van een primaire krachtsoverdracht, die geborgd wordt door koppelwapening die op de breedplaten is aangebracht en die zijn krachten middels een overlapping moet overdragen op in de breedplaten opgenomen wapening’.

Stap 4 – Verzamelen van aanvullende informatie en verificatie

Als er sprake is van een vloer met het kritische detail dan is het noodzakelijk om meer informatie te verzamelen. Dit kan via de constructeur van het beschouwde werk, de producent van de toegepaste breedplaatvloeren en/of de aannemer. Een deel van de informatie van diverse producenten is vindbaar via: <https://betonhuis.nl/constructief-prefab/breedplaatvloeren-anno-2019>.

Bronnen voor aanvullende informatie zijn bijvoorbeeld de wapeningstekeningen, de berekening van de constructie, specifieke informatie over de breedplaten zoals of de bovenzijde van de breedplaten is nabewerkt, de sterkte van het beton, de toegepaste betonsoort en of de breedplaten gewapend zijn met betonstaal of dat ze voorgespannen zijn. Men dient er op bedacht te zijn dat deze zaken in de praktijk anders kunnen zijn dan in de berekening is aangehouden of op tekeningen is weergegeven. De betonsterkte van de breedplaten is bijvoorbeeld regelmatig hoger dan in de berekening is aangehouden om de productie van de breedplaten te vereenvoudigen. Niet meenemen van deze informatie bij een rekenkundige beoordeling kan leiden tot onderschatting van de aanwezige weerstand in stap 6.

Bij de aannemer kan mogelijk informatie worden verkregen over het uitvoeringsproces en of zich daarbij afwijkende situaties of omstandigheden hebben voorgedaan. Relevante informatie is bijvoorbeeld de wijze waarop de verschillende vloeren tijdelijk zijn ondersteund tijdens de uitvoering en of er sprake is geweest van exceptionele weercondities.

Ook de in de druklaag van de breedplaatvloer opgenomen leidingen en kanalen kunnen een invloed hebben op de constructieve kwaliteit van de vloer. Als er in de vloer leidingen en kanalen zijn opgenomen, moet zijn nagegaan of zij eventueel een nadelige invloed hebben op de verankering van de koppelwapening in het beton van de druklaag.

Tot slot moet ook bij de eigenaar worden nagegaan of en wanneer en hoe er eventuele aanpassingen van de constructie, verbouwingen, wijzigingen van functie hebben plaatsgevonden.

Aanbevolen wordt de beschikbaar gekomen informatie van de breedplaatvloeren zodanig te archiveren, dat dit in de toekomst weer eenvoudig beschikbaar kan zijn. Zo blijft ook in de toekomst duidelijk hoe met het onderhavige probleem is omgegaan en tot welke consequenties dit eventueel heeft geleid.

Er wordt geadviseerd om bij constructies middels een observatie ter plaatse de juistheid van de ontvangen informatie nader te beoordelen. Hierbij kan tevens worden gekeken of het feitelijke gebruik van de constructie overeenkomt met de uitgangspunten die in de berekening van de constructie zijn gehanteerd en of er eventueel sprake is van grote vervormingen of niet verklaarbare scheurvorming. Ook kan daarbij worden nagegaan of er conflicterende gegevens van dezelfde constructie beschikbaar zijn en welke dan de juiste zijn.

Daar een grote vervorming of niet verklaarbare scheurvorming niet altijd waarneembaar is zonder verwijderen van afwerking etc. zal in deze fase van het onderzoek dit in de regel alleen bekeken kunnen worden als er geen afwerking aanwezig is. Aanvullend wordt opgemerkt dat het aanwezig zijn van delaminatie in het gebied tussen de naad en de eerste aansluitvlak doorkruisende wapening enerzijds een signaal is dat het detail wordt aangesproken op zijn weerstand, doch dit heeft geen reducerend effect op de aan het detail toegekende weerstand. Bij de bepaling van de weerstand is met de aanwezigheid van delaminatie rekening gehouden.

Indien uit onderstaande 3^e toets volgt dat de constructie nader moet worden beoordeeld, verdient het ook aanbeveling om de aanwezige permanente belasting, veroorzaakt door het eigen gewicht van de constructie, de afwerking van de vloer, het plafond, aanwezige installaties en eventuele scheidingswanden te verifiëren. Scheidingswanden die in het reguliere gebruik van de constructie niet verplaatst kunnen worden, moeten beschouwd worden als permanente last. Scheidingswanden die tijdens het reguliere gebruik wel verplaatst kunnen worden, moeten zijn beschouwd als een veranderlijke last.

Het is toegestaan om bij constructies die moeten zijn ingedeeld in een hoge gevolgklasse, bij het beschouwen van een enkel constructie-element, wanneer de gevolgen bij het bezwijken van dit element beperkt zijn, het betreffende element in een lagere gevolgklasse in te delen. Dit is bijvoorbeeld gangbaar bij het toetsen van gevelementen die geen verticale belasting dragen. Voor de hier beschouwde breedplaatvloeren is een verlaging van de gevolgklasse in de regel niet mogelijk. Dit omdat niet aan de voorwaarden van Tabel NB.25-A en NB.25-B van NEN-EN 1990/NB kan worden voldaan.

Gebouwen die zijn vergund voor april 2012 zijn ontworpen op basis van een andere veiligheidsbeoordeling dan die nu bij het ontwerp volgens NEN-EN 1990 of beoordeling volgens NEN 8700, wordt gebruikt. Constructies ontworpen volgens de TGB 1990 (NEN 6702) zijn wel ingedeeld in veiligheidsklassen, echter de indeling hiervan wijkt af van de indeling die nu in NEN 8700 wordt gebruikt. In dat kader wordt er op gewezen dat constructies die ontworpen zijn voor veiligheidsklasse 3 van NEN 6702 op basis van de eisen in NEN-EN 1990 ingedeeld moeten worden in CC2 of CC3. In het laatste geval is de marge tussen de tijdens het ontwerp aangehouden rekenwaarde van de belastingen en de nu, bij de beoordeling van de bestaande constructie aan te houden rekenwaarde van de belastingen beperkt.

3e Toets

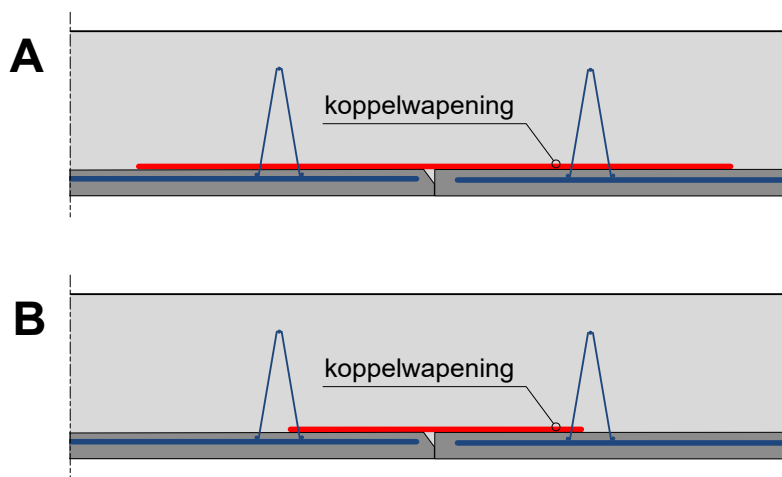
Bij de 3^e toets wordt nagegaan of voor CC1 en CC2 constructies er op basis van typologische criteria, die betrekking hebben op het type vloer (verdieping- of dakvloer), de grootte van de overspanning en nadere detailleringaspecten zonder nadere analyse gesteld kan worden dat de constructieve veiligheid voldoende is. Een stroomschema voor de 3^e toets is opgenomen in figuur 7. De bij deze toets aangehouden voorwaarden zijn ontleend aan [6] en kunnen als volgt worden samengevat:

- a) statisch onbepaalde constructie;
- b) koppelwapening met detailleringwijze A (zie Figuur 6);
- c) 3D tralieliggers;
- d) breedplaten met tralieliggers over de gehele lengte;
- e) het gebruik van de vloerconstructie is in de afgelopen periode niet veranderd
- f) geen significante verhinderde vervormingen in axiale richting.

Hierna wordt eerst een korte toelichting gegeven bij deze voorwaarden .

Ad a) De eis aan het statisch systeem wordt gesteld omdat het bezwijken van het kritische detail zich kenmerkt door zijn beperkte vervormingscapaciteit. Bij een statisch bepaalde constructie zal deze geen waarschuwend gedrag vertonen voordat het kritische detail bezwijkt. Als strikt naar de eisen in NEN 8700 wordt gekeken is goedkeuring van een statisch bepaalde constructie niet onmogelijk. In [6] wordt echter geadviseerd om niet voorbij te gaan aan de gebruikelijke eisen van inherent veilig construeren. Voor nadere informatie wordt verwezen naar par. 9.3 van [6].

Ad b) In de 3^e toets wordt onderscheid gemaakt tussen twee verschillende wijzen waarop de koppelwapening in het kritische detail aanwezig kan zijn. Deze twee wijzen, detaillering A en detaillering B zijn aangegeven in Figuur 6. Detail B kenmerkt zich doordat in die situatie de koppelwapening niet voorbij het hart van de tralieligger is doorgezet.



Figuur 6 Detailleringwijzen A en B van de koppelwapening bij een langснаad

Bij toepassing van detailleringwijze B ontbreekt de vervormingscapaciteit en is er sprake van onwenselijk constructief gedrag. Als strikt naar de eisen in NEN 8700 wordt gekeken is goedkeuring van een constructie met detailleringwijze B niet onmogelijk. In [6] wordt echter geadviseerd om niet voorbij te gaan aan de gebruikelijke eisen van inherent veilig construeren. Voor nadere informatie wordt verwezen naar 2.2 en 10 van [6].

Ad c) De in [6] gerapporteerde analyses maken o.a. gebruik van de onder stap 6 gegeven rekenmodellen voor de capaciteitsbepaling van het aansluitvlak. Zoals in stap 6 ook aangegeven, is bij toepassing van 2D tralieliggers het model voor de uittrekweerstand van de aanwezige tralieligger niet van toepassing (zie stap 6).

Ad d) Indien een tralieligger niet over de volledige lengte van de breedplaat aanwezig is, is er over een deel van de rand sprake van detailleringwijze B waardoor hier lokaal niet aan criterium b (de aanwezigheid van detailleringwijze A) wordt voldaan. Bij breedplaten met voorspanstaal is het waarschijnlijk dat geen tralieliggers zijn aangebracht over de volledige lengte van de breedplaat en dat zodoende ter plaatse van een groot deel van de langснаad detailleringwijze B aanwezig is. Bij voorgespannen breedplaten zal men bij ontbreken van detailinformatie over de wijze waarop de tralieliggers zijn aangebracht, uit moeten gaan van niet voldoen aan dit criterium.

Ad e) Als uitgangspunt van het onderzoek [6] is aangenomen dat het gebruik in de afgelopen 5 jaar niet is gewijzigd. Dit is daarom een voorwaarde voor het toepassen van de toets. Indien het gebruik wijzigt, dient een beoordeling zoals gegeven onder stap 5 en 6 te worden uitgevoerd. Als uit de 3^e toets volgt dat een nadere beoordeling niet nodig is, dient de beheerder/gebruiker van de constructie er dus op gewezen te worden dat wijziging in het gebruik niet zondermeer mogelijk is.

Ad f) Indien er sprake is van een significante belemmering van de axiale vervorming in eindvelden in de richting haaks op de vloerrand, zal de capaciteit van het kritische detail fors beperkt kunnen zijn. Een significante belemmering is een belemmering die stijver is dan de belemmering die veroorzaakt wordt door loodrecht op zijn vlak belaste wanden. Gedacht kan bijvoorbeeld worden aan de belemmering die wordt veroorzaakt door een in zijn vlak belaste wand. De gevolgen van belemmeringen bij een middenveld zijn minder relevant. In [4] is reeds aangetoond dat een middenveld ook bij het volledig falen van het kritische detail in staat is met voldoende weerstand de voorgeschreven belastingen te weerstaan.

Als bij het doorlopen van de toets geconcludeerd wordt dat een nadere beoordeling niet nodig is, mag zijn aangenomen dat de breedplaatvloer in de beschouwde bestaande constructie aan de geldende constructieve eisen voldoet. Er is daarin een onderscheid gemaakt tussen enerzijds het voldoen aan de wettelijke eisen voor bestaande bouw zoals gekwantificeerd in het NEN 8700 CC2 afkeurniveau en anderzijds eisen zoals die gesteld zijn vanuit constructief oogpunt, zie daarvoor ook hoofdstuk 10 van [6].

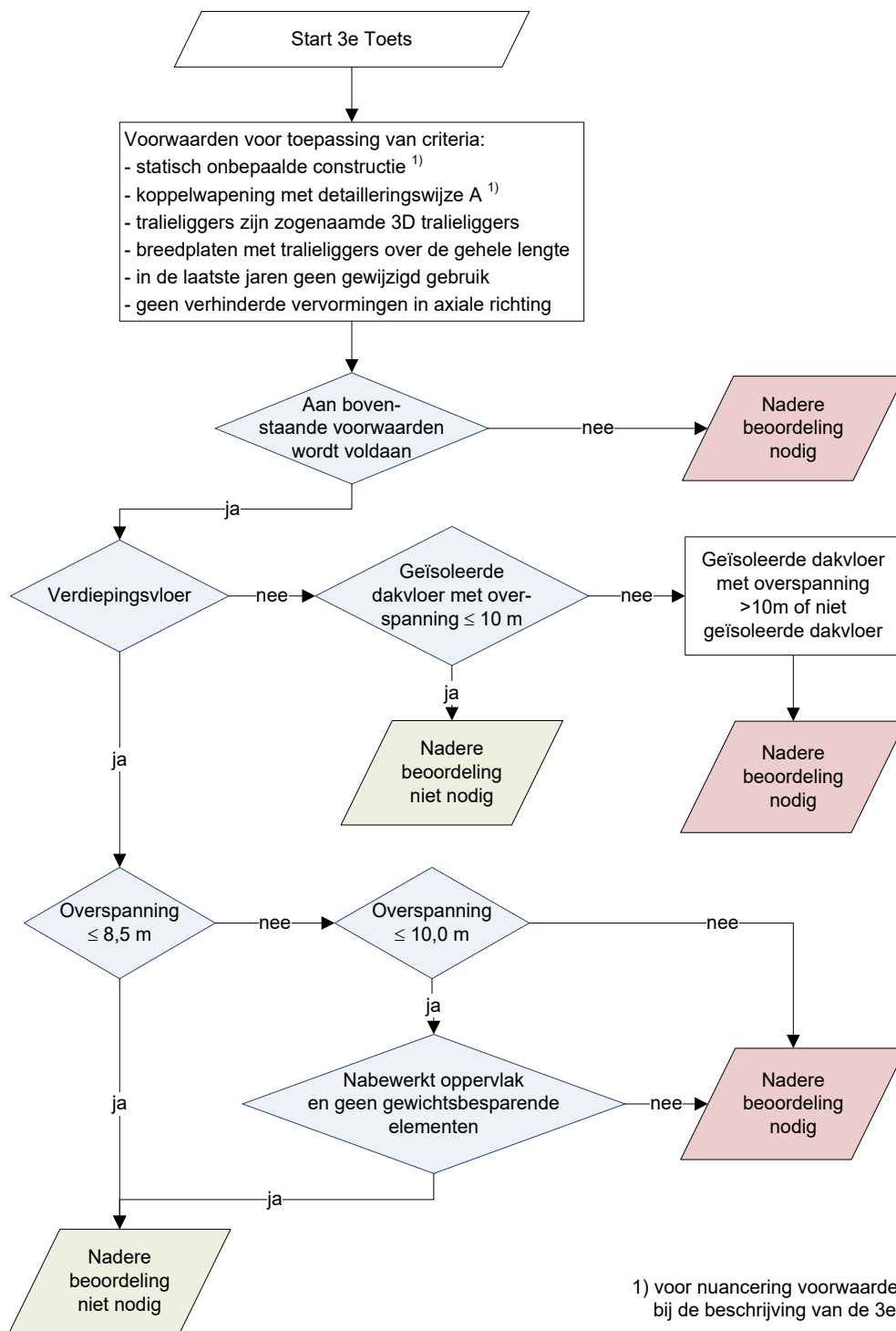
Als niet aan de voorwaarden a t/m f of de in figuur 7 aangegeven criteria is voldaan, is een beoordeling nodig en moet het stappenplan worden vervolgd met een bepaling van het effect van de belasting volgens stap 5. In het geval detailleringwijze B aanwezig is, is een rekenkundige toets met dit stappenplan niet mogelijk. In die situatie wordt voor meer informatie verwezen naar [6].

De in het stroomschema aangegeven “niet geïsoleerde dakvloeren” betreffen vloeren waar de betonconstructie door zonlicht bestraald kan worden zonder dat dit effect gedempt wordt door een isolatielaag. Dit is bijvoorbeeld het geval bij een parkeerdek op de bovenste vloer van een parkeergarage zonder dak.

Er geldt dat het gebruik van de vloerconstructie in de afgelopen periode (minimaal 5 jaar) niet gewijzigd mag zijn en ook in de toekomst niet significant wijzigt. Indien het gebruik wijzigt dient een beoordeling zoals gegeven onder stap 5 en 6 te worden uitgevoerd.

Bij breedplaatvloeren welke ontworpen zijn op hoge veranderlijke belastingen (8 à 12 kN/m²) zoals in installatie-, ICT- en archiefruimten, maar welke wel voldoen aan de voorwaarden voor toepassing zoals gegeven in figuur 7, is het generieke advies de veranderlijke belasting niet hoger te later worden dan de belasting die reeds is opgetreden. In dat geval mag zijn aangenomen dat ook deze vloeren aan de afkeureisen voor CC2 voldoen.

Als uit de 3^e toets volgt dat een nadere beoordeling niet nodig is, dient de beheerder/gebruiker van de constructie er op gewezen te worden dat wijziging in het gebruik niet zondermeer mogelijk is. In de regel zal dan eerst een beoordeling volgens stap 5 en 6 moeten worden uitgevoerd. De constructeur dient deze voorwaarde duidelijk in zijn rapportage te vermelden.



figuur 7 Stroomschema voor de 3^e toets.

Scheve plaatnaden

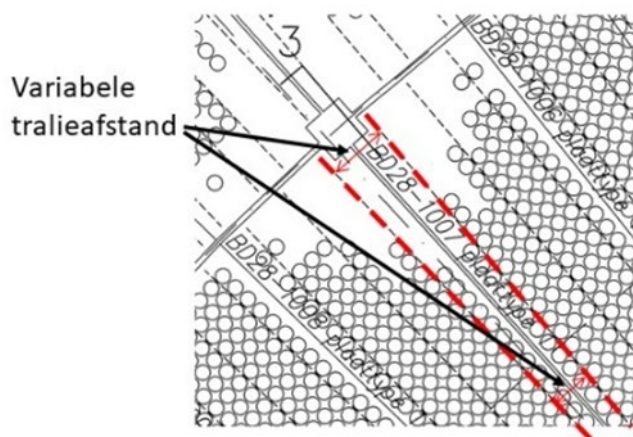
De aansluiting tussen twee breedplaten kan zodanig vormgegeven zijn dat er sprake is van een scheve plaatnaad aan één of beide zijden van de voeg.

Bij scheve plaatnaden zal de situatie ontstaan dat de afstand van de tralie tot de voeg variabel is.

Indien de koppelwapening toch altijd doorsteekt tot voorbij de tralie is er overal sprake van detailleringwijze A en kan de aansluiting beschouwd worden volgens het stroomschema in figuur 7.

In het algemeen zal een scheve plaatnaad ertoe leiden dat over een deel van de voeg de koppelwapening niet doorloopt tot voorbij de tralieligger, zie figuur 8. Daar is dan lokaal sprake van detailleringwijze B hetgeen een beschouwing volgens het stroomschema in figuur 7 niet mogelijk maakt.

Indien de gebieden met detailleringwijze B orde grootte 1/3 van de totale plaatnaad lengte betreffen, zal er toch sprake zijn van enige mate van ductiel gedrag daar het grootste deel van de voeg voldoet aan detailleringwijze A. Een beoordeling volgens figuur 7 wordt dan verantwoord geacht. Indien er een rekenkundige beschouwing van de voegaansluiting nodig is, wordt erop gewezen dat de delen met detailleringwijze B niet meegenomen kunnen worden in de bepaling van de aanwezige weerstand met de in stap 6 gegeven rekenregels.



figuur 8 Voorbeeld van een plattegrond bij scheve naad

Stap 5 – Bepaling van het effect van de belasting

Als de belastingen bekend zijn, moet de fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700 worden bepaald. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van de partiële factoren bij afkeur. De veranderlijke belasting kan verder worden gereduceerd als rekening wordt gehouden met de voorgeschreven minimale referentieperiode, gelijk aan 1 jaar voor constructies in CC1a en 15 jaar in de andere gevallen, en de combinatiefactor ψ_0 die voor de betreffende veranderlijke belasting is voorgeschreven in bijlage A van NEN 8700. De grootte van de reductie kan bepaald worden volgens A.1.1(2) van de NB bij NEN-EN 1990. Voor een kantoorfunctie ($\psi_0 = 0,5$) is deze reductiefactor in de regel gelijk aan 0,93.

De krachtsverdeling kan worden bepaald op basis van de lineaire elasticiteitstheorie. De bepalingsmethode van eindige elementenprogramma's is in het algemeen gebaseerd op deze theorie. Ook kan gebruik gemaakt worden van tabellen. Ook deze zijn in het algemeen gebaseerd op de lineaire elasticiteitstheorie. Bij het bepalen van de krachtsverdeling dienen de aansluitingen van de vloer met andere constructieve elementen middels de juiste randvoorwaarden voor het beschouwde

model te zijn beschouwd. Een voorbeeld van tabellen die kunnen worden gebruikt, zijn de tabellen 19 tot en met tabel 26 in NEN 6720 (VBC 1995). De resultaten van eindige elementenprogramma's mogen worden gemiddeld over de breedte van de middenstroken en de breedte van kolomstroken. Voor de definitie van midden- en kolomstroken wordt verwezen naar artikel 7.1.5.2 van NEN 6720.

Herverdeling van de krachtsverdeling waarbij de grootte van de positieve momenten wordt beperkt door de steunpuntsmomenten hoger aan te nemen dan uit een lineaire berekening volgt, is niet toegestaan. De reden hiervoor is dat de vervormingscapaciteit van het kritische detail beperkt kan zijn. Analyses waarbij een bepaalde mate van deze herverdeling wordt toegepast, kunnen daarom leiden tot een niet reële krachtsverdeling in de beschouwde vloer.

Als alternatief is het bepalen van een krachtsverdeling op basis van een kinderbint-moerbint principe toegestaan, als daarbij op een correcte wijze rekening is gehouden met de invloed van de randvoorwaarden voor het betreffende vloerveld.

Voor het bepalen van de maatgevende momenten ter plaatse van de naden tussen de breedplaten moet rekening zijn gehouden met het grootste optredende moment tussen de links en rechts van de naad aanwezige aansluitvlak doorkruisende wapening.

Stap 6 – Bepaling van de weerstand van het kritische vloerdetail

Momentweerstand

De rekenwaarde van de momentweerstand van een breedplaatvloer ter plaatse van de langснаad tussen twee breedplaten in het geval van positieve buiging moet bepaald worden volgens de uitgangspunten van artikel 6.1 van NEN-EN 1992-1-1 waarbij de grootte van de trekkracht in de koppelwapening wordt begrenst door:

- I. de rekenwaarde van de vloeigrens: $f_{yd} A_{s,kop}$
- II. de rekenwaarde van de capaciteit van het aansluitvlak om de trekkracht in de koppelwapening over te dragen aan de wapening in de breedplaat; hiervoor mag de grootste waarde van de volgende twee modellen worden gehanteerd:
 - a. een model dat de schuifsterkte van het aansluitvlak beschrijft;
 - b. een model dat de uittrekweerstand van de aanwezige tralieliggers beschrijft.

De beschreven rekenmethoden zijn uitsluitend toepasbaar voor langsnaden en in het geval de diepte van de onderzijde van de eventuele tralieligger in de breedplaat ten minste gelijk is aan 15 mm. Voor kopsnaden wordt verwezen naar 3.3.

Ad IIa) De maximale trekkracht in de koppelwapening gebaseerd op de schuifsterkte van het aansluitvlak in het geval van detailleringwijze A, 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 ;

$$v_{Rd,i} = k_{\gamma} k_1 \left[c_{v1} \frac{\sqrt{f_{ck}}}{\gamma_C} + \rho_{\alpha} f_{yd} \mu_v \right]$$

is de schuifsterkte van het effectieve aansluitvlak in MPa

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

A_{gbe} is het deel van het binnen $b l_{eff}$ gelegen oppervlak waar door de aanwezigheid van gewichtsbesparende elementen de druklaag niet op de breedplaat aansluit;

$k_{\gamma} = 1,2$ in het geval het beschouwde gebouw is ingedeeld in CC1 of CC2 waarbij de te beoordelen vloerconstructie minimaal 5 jaar functioneert onder de betreffende gebruikscondities

$= 1,0$ in de overige gevallen;

$k_1 = 1,1$ 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_{ck} is de kleinste waarde van de karakteristieke betondruksterkte van de breedplaat en de druklaag, in MPa;

$$\gamma_C = 1,5$$

$$\rho_{\alpha} = A_{svd,\alpha} / A_{eff}$$

$$A_{svd,\alpha} = A_{sv} \sin \alpha \leq A_{sv,\alpha,max};$$

A_{sv} is het oppervlak van de doorsnede van de aansluitvlak doorkruisende wapening;

α is de kleinste hoek tussen de beschouwde aansluitvlak doorkruisende wapening en het vlak van het aansluitvlak, figuur 9,

$$\geq 45^{\circ}$$

$$\leq 135^{\circ}$$

$$A_{sv,\alpha,max} = 271 + 0,85 l_{eff} \text{ [mm}^2\text{/m]} \text{ met } l_{eff} \text{ in [mm];}$$

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

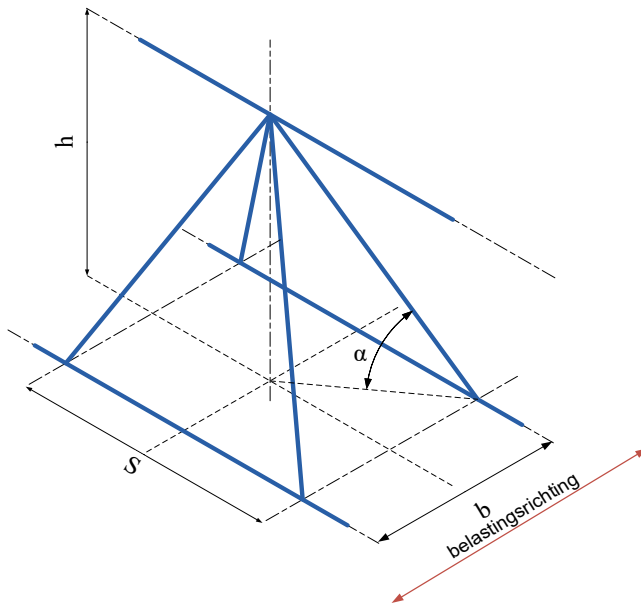
μ_v is een factor afhankelijk van de ruwheid, volgens tabel 1;

b is de breedte van de beschouwde doorsnede;

l_{eff} is de grootste lengte van de aanwezige koppelwapening vanaf het hart van de eerste tra-lieligger of andere aansluitvlak doorkruisende wapening, gezien vanaf de naad, zie figuur 10.

tabel 1 Coëfficiënten voor de oppervlakte

Oppervlakte ruwheid	c_{v1}	m_v
ruw (nabewerkt)	0,15	0,7
glad (niet nabewerkt)	0,075	0,6



figuur 9 Hoek α bij een 3D-tralieligger

Ad IIb) De maximale trekkracht in de koppelwapening gebaseerd op het uittrekken van tralieliggers met twee onderdraden en één bovendraad (3D-tralie) waarbij l_{eff} ten minste gelijk is aan 250 mm, zie figuur 9, volgt uit:

$$F_{R,kop,b,d} = 2 k_\gamma f_{ctd,bp} d_t^{1,5} k_2 k_3 \quad [2]$$

waarin:

$F_{R,kop,b,d}$ is de maximale trekkracht in de koppelwapening gebaseerd op het uittrekken van de 3D-tralieligger, in kN/m;

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

d_t is de diepte van de onderzijde van de tralieligger ten opzichte van de bovenzijde van de breedplaat in mm, zie figuur 10;

$$\leq \left(\frac{350}{f_{ctd,bp}} \right)^{2/3}$$

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

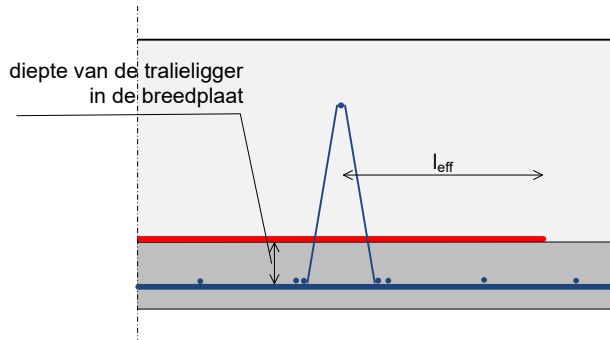
$$k_3 = \frac{56 - \varnothing_{\text{koppel}}}{40} \geq 0,9 \text{ en } \leq 1,1$$

$k_\gamma = 1,2$ in het geval het beschouwde gebouw is ingedeeld in CC1 of CC2 waarbij de te beoordelen vloerconstructie minimaal 5 jaar functioneert onder de betreffende gebruikscondities

$= 1,0$ in de overige gevallen;

l_{eff} is de grootste lengte van de aanwezige koppelwapening vanaf het hart van de eerste 3D-tralieligger, in mm, zie Figuur 10;

$\varnothing_{\text{koppel}}$ is de diameter van de koppelwapening die bepalend is voor l_{eff} , in mm.



figuur 10 Diepte van de tralieligger en effectieve lengte van de koppelwapening

De diepte van de 3D tralieligger, d_t , mag zijn bepaald uit de dikte de breedplaat minus de som van de toegepaste dekking aan de onderzijde van de breedplaat en de dikte van de wapening in de breedplaat waarop de tralieliggers zijn geplaatst.

Tot slot wordt opgemerkt dat de hier beschouwde situatie van positieve momenten ter plaatse van de naad tussen twee breedplaten ten gevolge van een primaire krachtafdracht niet uitsluitend bij de langsvogen tussen twee breedplaten aanwezig hoeft te zijn. Het is ook mogelijk dat dit optreedt bij een naad tussen twee kopse zijden of ter plaatse van een naad tussen een langszijde en een kopse zijde van de breedplaten. Voor het beoordelen van de weerstand van de koppelwapening boven een kopse zijde van een breedplaat wordt verwezen naar paragraaf 3.3 van deze notitie.

Dwarskrachtweerstand

De rekenwaarde van de dwarskrachtweerstand van een breedplaatvloer ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten moet worden getoetst volgens NEN-EN 1992-1-1, artikel 6.2.2. of 6.2.3, uitgaande van de geometrie ter plaatse van de naad. De effectieve hoogte van de doorsnede moet daarbij dus betrokken zijn op de koppelwapening die in de druklaag is aangebracht, zie d_1 in figuur 13, en de eigenschappen van het beton zijn de eigenschappen van het beton dat in de druklaag is toegepast. Aanvullend wordt opgemerkt dat voor het toetsen van de dwarskrachtcapaciteit van breedplaatvloeren ter plaatse van de naad tussen twee breedplaten in CUR-Aanbeveling 99 Strokvloeren aanvullende rekenregels zijn opgenomen. Zie verder ook paragraaf 3.2 van deze notitie.

4e Toets

Bij deze toets wordt voor alle te beschouwen locaties nagegaan of de rekenwaarde van het effect van de belasting, uitgedrukt in een moment M_{Ed} en een dwarskracht V_{Ed} kleiner is dan of gelijk is aan de rekenwaarde van de weerstand van de doorsneden, uitgedrukt in M_{Rd} en V_{Rd} .

Als hieraan wordt voldaan, zijn geen maatregelen noodzakelijk. De constructie voldoet aan de eisen van NEN 8700 voor bestaande bouw.

Maatregelen treffen

Indien niet aan de vierde toets wordt voldaan, dienen maatregelen te worden genomen. Deze maatregelen kunnen bestaan uit:

- het aanpassen van de belastingen of
- het versterken van de constructie of
- een nadere risico-analyse of
- een proefbelasting.

De urgentie van de maatregelen moet worden vastgesteld door de constructeur en met de eigenaar worden besproken. De urgentie is afhankelijk van de mate waarin de constructie niet aan de geldende eisen voldoet. Bij het bepalen van de urgentie kan ook rekening gehouden worden met de mate van delaminatie die tijdens observaties is waargenomen achter de eerste aansluitvlak doorlopende wapening.

Het aanpassen van de belasting is mogelijk als de ontwerpwaarde van de belasting hoger is dan het niveau dat in NEN 8701 is voorgeschreven voor de betreffende functie. Wel dient dan duidelijk zijn vastgelegd dat de toelaatbare belasting tot een lagere waarde dan de ontwerpwaarde is gereduceerd. Het verlagen tot een belastingsniveau lager dan in NEN 8701 is beschreven, is uitsluitend toegestaan als dat gepaard gaat met beheersmaatregelen. Met die combinatie kan ook dan aan de eisen van het Bouwbesluit zijn voldaan.

Eventueel kan in combinatie met een tijdelijk verlaging van de belasting als alternatief een risicoanalyse worden uitgewerkt waarbij overeenkomstig hoofdstuk 8 van het achtergrondrapport [4] wordt nagegaan hoe de constructie zich gedraagt bij het falen van het kritische detail en in welke mate er nog een alternatieve belastingsafdracht mogelijk is. Het doel van deze risicoanalyse is om op basis van gelijkwaardigheid aan te tonen dat aan het in het Bouwbesluit beschreven veiligheidsniveau wordt voldaan. Als dat lukt is, als de vloer overeenkomstig de eventuele aanwijzingen die volgen uit de risicoanalyse wordt gebruikt, geen versterking van de vloer noodzakelijk.

Een tweede alternatief is het uitvoeren van een proefbelasting op basis van de uitgangspunten van NEN 8700. Een toelichting over de wijze waarop dit moet worden uitgevoerd, is opgenomen in bijlage G van het achtergrondrapport [4].

3 Enkele andere aspecten bij de constructieve beoordeling

3.1 Inleiding

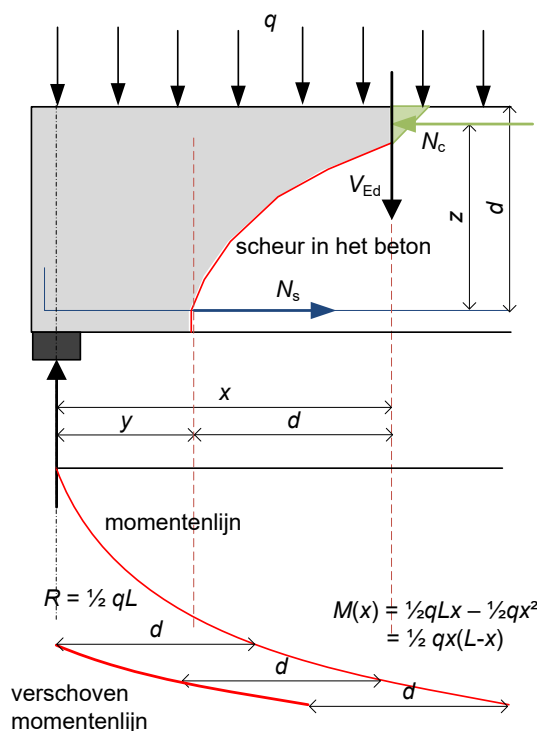
In het onderzoek dat in [4] is beschreven, is de focus vooral gericht op de situatie waarbij de langsnad tussen twee breedplaten gelegen is nabij de plaats waar de buigende momenten maximaal zijn. De dwarskracht in de beschouwde doorsnede is dan verwaarloosbaar klein. Vaak zijn langsnaden echter te vinden op posities waar sprake is van een combinatie van moment en dwarskracht. In paragraaf 3.2 wordt ingegaan op de invloed van de dwarskracht op de toets van de momentweerstand ter plaatse van de naad en de wijze waarop de dwarskrachtweerstand bij de naad tussen de breedplaten moet zijn bepaald.

Ook is aangenomen dat positieve momenten optreden bij langsnaden tussen twee breedplaten. Het is echter mogelijk dat ook aan de kopse zijde van de breedplaat sprake is van een positief moment. Een kopse zijde van een breedplaat kan aansluiten op de kopse zijde van de aansluitende breedplaat maar ook op de langs zijde van een aansluitende breedplaat. Het bepalen van de momentweerstand ter plaatse van een kopnaad is beschreven in paragraaf 3.3.

Tot slot is in paragraaf 3.4 ingegaan op de situatie in het geval van brand.

3.2 Invloed van dwarskracht

Om de invloed van de dwarskracht op de krachtsoverdracht in het aansluitvlak te beschouwen, kan gebruik worden gemaakt van de bekende theorie waarbij de evenwichtssituatie na het ontstaan van een mede door de dwarskracht veroorzaakte diagonale scheur in de ligger wordt beschouwd, zie figuur 11.



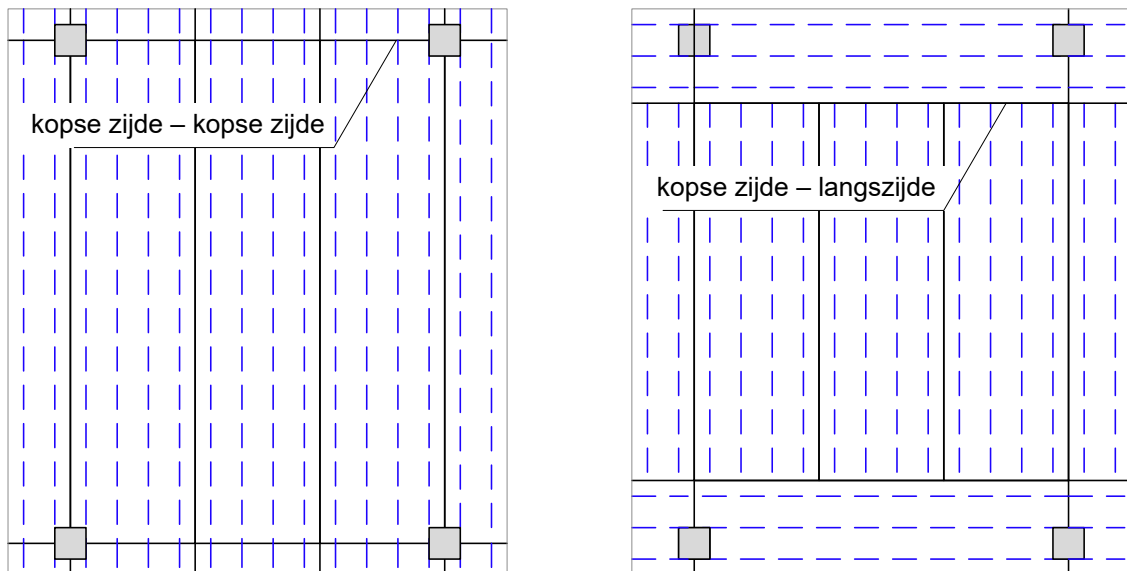
figuur 11 Achtergronden verschoven momentenlijn

Hieruit volgt dat de kracht in de wapening op een afstand y vanaf de oplegging bepaald wordt door het moment dat wordt bepaald op een afstand x vanaf de oplegging. Uitgaande van een scheur onder circa 45° is de afstand tussen beide posities gelijk aan d . De momentenlijn dient, als geen dwarskrachtwapening is toegepast, over een afstand d te zijn verschoven.

De schuifspanningen ten gevolge van de dwarskracht bevinden zich, als geen dwarskrachtwapening is toegepast, vooral in de drukzone en middels aggregate interlock in de scheur en hebben geen directe invloed op de grootte van de kracht in de koppelwapening. Hieruit kan worden afgeleid dat de invloed van de dwarskracht op de krachten en spanningen in het aansluitvlak tussen de koppelwapening en de wapening in de breedplaat voldoende wordt beschouwd als bij het toetsen van de weerstand van de koppelwapening rekening wordt gehouden met de voorgeschreven verschuiving van de momentenlijn. Evident dient de doorsnede ter plaatse van de naad, rekening houdend met de gereduceerde nuttige hoogte, ook te worden getoetst op de weerstand tegen dwarskracht.

3.3 Kopnaden

Zoals gesteld, kan er bij kopvoegen sprake zijn van verschillende configuraties, zie figuur 12. Dit heeft vooral invloed op de positie en oriëntatie van de tralieliggers in de breedplaten en bij de voeg. Bij een naad tussen twee kopse zijden van een breedplaat lopen aan beide zijde van de naad de tralieliggers door tot nabij het einde van de plaat. Bij een naad waarbij een kopse zijde aansluit op een langszijde van een andere breedplaat is er aan één zijde van de naad sprake van een tralieligger die doorloopt tot nabij de naad en kan aan de andere zijde de tralie, geplaatst parallel aan de naad, op een relatief grote afstand van de naad aanwezig zijn.

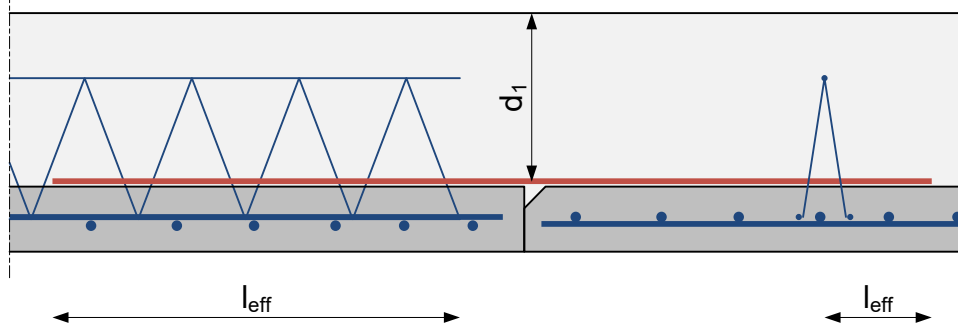


figuur 12 Breedplaat indelingen met verschillende aansluitingsconfiguraties

Voor het toetsen van momentweerstand van ter plaatse van een naad moet aan beide zijde van de naad, de verankering van de koppelwapening en de overdracht van de kracht in de koppelwapening aan de in de breedplaten opgenomen wapening worden gecontroleerd. Als de beschouwde zijde een langszijde betreft, moeten hiervoor de regels zoals beschreven in hoofdstuk 2 worden gehanteerd.

Er wordt op gewezen dat de plaatsing van de tralieliggers ten opzichte van de kopse zijde per project kan verschillen. De minimale afstand tot de rand volgens NVN 6725:2008 art. 6.7.9.2 e)

bedraagt 67,5 mm (uitgaande van tralies met knoopafstand van 210 mm). Dit is de tralielengte waarbij volgens NVN 6725 men zowel bij de knoop in de bovendraad als in de onderrand de tralie mag afkorten. De maximale afstand van de eerste aansluitvlak doorkruisende wapening tot de rand kan zodoende orde grootte 170mm zijn. De exacte afstand is in het werk echter moeilijk te bepalen.



figuur 13 Effectief oppervlak bij een aansluiting bij de kopse zijde van de breedplaat

Voor het toetsen van de kopse zijde van de breedplaat moet de verankering als volgt worden getoetst:

de verankeringslengte van de koppelwapeningstaven moet voldoen aan:

$$l_{b,kop} = 1,2 l_{b,rqd} + 150 \text{ mm}$$

- waarin:

$l_{b,rqd}$ is de verankeringslengte volgens 8.4.3 van NEN-EN 1992-1-1

- het aansluitvlak tussen de druklaag en de breedplaat moet worden getoetst volgens 6.2.5 van NEN-EN 1992-1-1, waarbij:

$$\sigma_{Edi} = \frac{F_{s,koppel,d}}{A_{eff}}$$

waarin:

$F_{s,koppel,d}$ is de rekenwaarde van de trekkracht in de koppelwapening;

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

verminderd met het oppervlak van eventueel aanwezige gewichtsbesparende elementen;

b is de breedte van de beschouwde doorsnede;

l_{eff} is de lengte van de koppelwapening gemeten vanaf de naad verminderd met de afstand van het einde van de breedplaat tot het begin van de tralieligger, zie figuur 13.

- A_s wordt bepaald door de doorsneden van alle diagonalen van de tralieliggers en andere het aansluitvlak doorkruisende wapening die zich in het beschouwde oppervlak A_{eff} bevinden;
- de hoek α moet liggen tussen 45° en 135° , zie figuur 9.

- de verankeringslengte van de wapeningsstaven die zijn opgenomen in de breedplaat moet voldoen aan de eisen in 8.4.3 van NEN-EN 1992-1-1.

In afwijking van het gestelde in 6.2.5 van NEN-EN 1992-1-1 is de grootte van de hoek α aangepast. Opgemerkt moet worden dat de term $\cos \alpha$ in vergelijking 6.25 van het betreffende artikel bij

een hoek groter dan 90° negatief wordt. Indien de wapening door het aansluitvlak uitsluitend bestaat uit diagonale, symmetrische tralieliggers, dan kan vergelijking 6.25 worden herschreven als:

$$v_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \rho f_{yd} \sin \alpha \leq 0,5 v f_{cd}$$

De variabelen en factoren in bovenstaande vergelijking moeten zijn bepaald zoals in 6.2.5 van NEN-EN 1992-1-1 is beschreven.

3.4 Omstandigheden bij de belastingssituatie brand

Opgemerkt wordt dat door het ontbreken van resultaten van brandproeven op constructies met het kritische detail of resultaten uit de praktijk er slechts beperkt inzicht is in het bezwijkgedrag van het kritisch detail in het geval van brand. Er is daardoor een verschil met de standaardpraktijk in Nederland.

In [6] is beschreven dat voor CC2 constructies de betrouwbaarheid van de breedplaatvloerconstructies bij de belastingssituatie brand, gekoppeld aan het individueel risico, van dezelfde orde van grootte is als die onder andere belastingen. Vanuit dat oogpunt wordt een nadere beoordeling niet noodzakelijk geacht. Dit wordt ondersteund doordat studies laten zien dat de temperatuurontwikkeling in breedplaatwapening maatgevend is ten opzichte van die in de koppelwapening.

In geval van het constateren van detaillering B dient hoe dan ook versterkt te worden voor de reguliere belastingen (zie stal 4, 3^e toets in onderhavig document) en daarbij dient dan natuurlijk ook voldaan te worden aan de eisen uit het Bouwbesluit voor verbouw inclusief de eisen voor de sterkte bij brand. Tot het moment van versterken dient aandacht te zijn voor de veiligheid van brandweertlieden die mogelijk het gebouw gaan betreden.

In het achtergrondrapport [6], hoofdstuk 10 zijn enkele aanbevelingen opgenomen voor de belastingssituatie brand met betrekking tot gebouwen waarin zich minder- of niet-zelfredzame personen bevinden.

Wellicht ten overvloede wordt aanvullend opgemerkt dat de regels die zijn opgesteld voor de beoordeling van de bestaande breedplaatvloeren om verschillende redenen niet algemeen toepasbaar zijn. Er is met behulp van een groot aantal deskundigen een voor deze toepassing specifieke afweging gemaakt tussen inspanningen en risico. Er is dus geen aanleiding de standaardpraktijk voor andere gebouwen te wijzigen.

4 Vergelijking met het Stappenplan 2019

In [5] is het stappenplan 2019 beschreven dat geschikt was om de in de Regeling Bouwbesluit beschreven onderzoeksplicht voor breedplaatvloerconstructies in CC3 gebouwen uit te voeren. Het voorliggende stappenplan is een revisie van dat stappenplan op basis van onderzoek [6] waarin aanvullende experimenteel bepaalde eigenschappen van het kritische detail zijn beschouwd en het feit is beschouwd dat veel vloeren in de praktijk voldoende functioneren. Op basis van beide is voor diverse typologieën van breedplaatvloeren waarin het kritische detail aanwezig is, middels een probabilistische beschouwing nagegaan welke typologieën aan de eisen voor constructieve veiligheid voor bestaande CC2 gebouwen voldoen. De hieruit volgende criteria zijn beschreven in de 3^e toets in het stappenplan. Deze 3^e toets vervangt de toets met de eisen aan de hart-op-hart-afstand van de koppelwapeningsstaven met een diameter van 8 en 10 mm. Dit mede omdat situaties met de beschreven beperkte hoeveelheid koppelwapening nu worden gevangen via de typologische criteria, zoals bijvoorbeeld verdiepingsvloeren met een overspanning kleiner dan 8,5 m.

Bij deze beschouwing is ook aandacht besteed aan situaties waarbij de koppelwapening niet of slechts beperkt doorsteekt voorbij de aansluitvlak kruisende wapening. Naar aanleiding van dit laatste zijn beperkte aanpassingen aangebracht in de rekenregels voor het bepalen van de rekenwaarde van de weerstand van de koppelwapening. Het is niet nodig dat eerder met het stappenplan 2019 uitgevoerde beoordelingen opnieuw moeten worden gedaan.

01-11 2022

Simon Wijte / Raphaël Steenbergen / Gerrie Dieteren

Referenties

- [1] TNO, “Onderzoek naar de technische oorzaak van de gedeeltelijke instorting van de in aanbouw zijnde parkeergarage P1 Eindhoven Airport, 2017 R11127,” Delft, 2017.
- [2] Adviesbureau Hageman, “Rapport 9663-1-0, Bezwijken parkeergarage Eindhoven Airport, Analyse naar de oorzaak,” Rijswijk, 25-9-2017.
- [3] Onderzoeksraad voor Veiligheid, “Bouwen aan constructieve veiligheid – Lessen uit instorting parkeergebouw Eindhoven Airport,” Den Haag, 2018.
- [4] Adviesbureau Hageman, “Rapport 9780-1-0, Voorstellen voor en achtergronden bij rekenregels voor beoordeling van bestaande bouw,” Rijswijk, 20-5-2019.
- [5] Adviesbureau Hageman, “Notitie 20-5-2019, Rekenregels voor de beoordeling van breedplaatvloeren in bestaande gebouwen,” Rijswijk, 2019.
- [6] TNO, “Probabilistische kwantificering van de veiligheid van bestaande breedplaatvloeren; 2022 R10122,” Delft, 2022.
- [7] S. Wijte and G. Dieteren, “Achtergronden nieuwbouwregels detaillering breedplaatvloeren,” *Cement*, no. 4, pp. 60-71, 2020.