

101

Van: [REDACTED]@adviesbureau-hageman.nl>
Verzonden: zondag 1 oktober 2017 01:40
Aan: [REDACTED]
Onderwerp: Conceptversie van de aangepaste notitie onderzoek breedplaten
Bijlagen: n-171002_conceptA.docx

Beste [REDACTED]

Hierbij een conceptversie van de aangepaste notitie. Ik heb daarin zoveel mogelijk de opmerkingen verwerkt die we op onze eerdere notitie hebben ontvangen. Sommige opmerkingen heb ik bewust niet verwerkt. Zo vroeg [REDACTED] of we kunnen aangeven wie primair verantwoordelijk is en wat de rol van iedereen is. Persoonlijk vind ik niet dat dit in onze notitie thuis hoort, maar wellicht denken jullie daar anders over.

Maandag werk ik in principe niet en daarom heb ik met [REDACTED] afgesproken dat hij het stuk afrondt. Mochten er dringen de vragen hebben, dan kunnen jullie me bellen.

Met vriendelijke groet,

[REDACTED]

Aanwezig op dinsdag t/m vrijdag.



Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.

[REDACTED]
Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.
Polakweg 14e 2288 GG
Postbus 26 2280 AA
RIJSWIJK

M [REDACTED]
www.adviesbureau-hageman.nl

De informatie, verzonden in of met dit e-mailbericht, is afkomstig van Adviesbureau Hageman en uitsluitend bestemd voor de geadresseerde. Indien dit e-mailbericht niet voor u bestemd is, wordt u vriendelijk verzocht per e-mail of telefoon contact op te nemen met de verzender van dit bericht



Notitie 02-10-2017

Dossier 9780

Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren Beoordeling van bestaande vloeren uitgevoerd met breedplaten van zelfverdichtend beton zonder opruwing

1 Inleiding

Op 27 mei 2017 is een deel van een in aanbouw zijnde parkeergarage van Eindhoven Airport ingestort. Uit onderzoek naar de oorzaak van die instorting blijkt, dat vloeren die zijn uitgevoerd met breedplaten van zelfverdichtend beton zonder opruwing in bepaalde gevallen onveilig kunnen zijn¹. Naar verwachting zal op korte termijn voor verschillende configuraties aanvullend onderzoek naar de afschuifsterkte tussen breedplaat en ter plaatse gestorte betonnen druklaag worden uitgevoerd. Tot het beschikbaar komen van resultaten van dat aanvullend onderzoek en een daarop gebaseerd, nader uitgewerkte onderzoeksmethodiek, kan het voorliggende document door constructeurs worden gebruikt om te bepalen of voor een breedplaatvloer maatregelen moeten worden getroffen om de constructieve veiligheid te vergroten.

Het voorliggende document kan worden beschouwd als een eerste screening waarbij breedplaatvloeren met een acuut veiligheidsrisico uit de populatie van alle breedplaatvloeren worden gefilterd. Dit is de reden dat voor breedplaatvloeren die zijn vervaardigd met normaal grindbeton of met opgeruwd zelfverdichtend beton voorsnog geen nader onderzoek noodzakelijk wordt geacht. In hoofdstuk 2 is dit nader toegelicht.

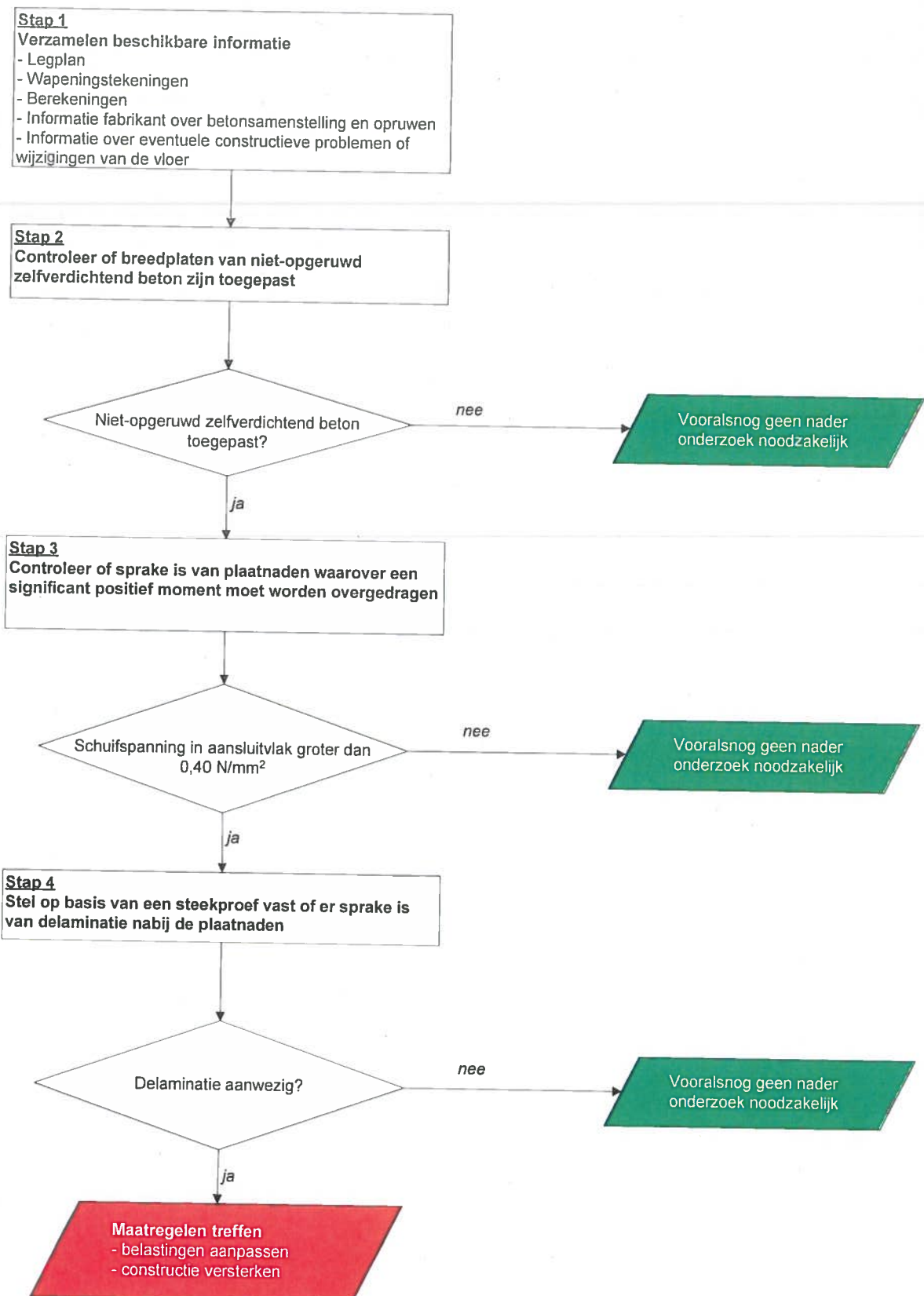
In hoofdstuk 3 is op hoofdlijnen ingegaan op welke maatregelen kunnen worden getroffen als uit onderzoek blijkt dat dit noodzakelijk is.

2 Stappenplan verkenning bestaande constructies

2.1 Algemeen

Voor het beoordelen van de constructieve veiligheid van breedplaatvloeren is een stappenplan opgesteld. Dit stappenplan is weergegeven in figuur 1. Met dit stappenplan kan worden bepaald voor welke breedplaatvloeren maatregelen voor het verkrijgen van een voldoende mate van constructieve veiligheid moeten worden getroffen. In paragraaf 2.2 is het stappenplan toegelicht.

¹ Het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport is uitgevoerd in opdracht van BAM en is beschreven in Hageman rapport 9663-1-0. Voor een toelichting op de problematiek wordt verwezen naar dat rapport. Het rapport is door BAM openbaar gemaakt.



figuur 1 Stappenplan voor het onderzoek naar constructieve veiligheid van breedplaatvloeren.

Zelfverdichtend beton wordt ongeveer sinds het jaar 2000 toegepast. Aanbevolen wordt om het onderzoek in eerste instantie te richten op breedplaatvloeren van na 2007 en op breedplaatvloeren die na 2007 constructief zijn gewijzigd. Deze vloeren hebben naar verwachting een groter veiligheidsrisico dan oudere vloeren omdat de laatstgenoemde vloeren al een lange tijd belast zijn geweest, zonder dat dit heeft geleid tot het bezwijken van de vloer. Anders gezegd, de vloeren van voor 2007 hebben zich reeds langere tijd “in de praktijk bewezen”. Bovendien zijn de betonmengsels voor zelfverdichtend beton in de loop der tijd gewijzigd. De verwachting is dat de samenstelling van het betonmengsel een significante rol heeft gespeeld bij de instorting bij Eindhoven Airport.

Het onderzoek heeft betrekking op bestaande breedplaatvloeren met of zonder gewichtsbeparende elementen.

2.2 Beschrijving en toelichting stappenplan

Hierna is het stappenplan beschreven en toegelicht.

Stap 1:

Verzamel de beschikbare informatie van de breedplaatvloer, zoals het legplan, wapeningstekeningen, berekeningen en eventuele gegevens over constructieve problemen of aanpassingen die in het verleden hebben plaatsgevonden. Of zelfverdichtend beton is toegepast en of dat is opgeruwd, is waarschijnlijk niet terug te vinden op de tekeningen van de vloer. De fabrikant van de toegepaste breedplaten kan hierover mogelijk wel nadere informatie verstrekken of publiceren. Aangezien het onderzoek zich richt op relatief jonge breedplaatvloeren, is de kans groot dat bij de fabrikant van de breedplaatvloeren, de gemeente, de (hoofd)constructeur en/of de (hoofd)aannemer informatie over de vloerconstructie aanwezig is.

Aanbevolen wordt de beschikbaar gekomen informatie van de breedplaatvloeren zodanig te archiveren, dat dit in de toekomst snel kan worden geraadpleegd als uit aanvullend onderzoek blijkt dat ook andere situaties dan genoemd in het voorliggende document, kritisch zijn met betrekking tot constructieve veiligheid.

Stap 2:

Controleer met de beschikbare informatie of de vloer is uitgevoerd met zelfverdichtend beton zonder opruwing. Op het moment dat niet kan worden uitgesloten dat zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, moet ervan worden uitgegaan dat dit is toegepast. Als geen zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, wordt vooralsnog geen nader onderzoek noodzakelijk geacht. Voor een definitief oordeel of voldaan wordt aan het Bouwbesluit 2012 moet worden gewacht tot het hiervoor genoemde aanvullend onderzoek naar de daadwerkelijke schuifsterke is afgerond (zie ook toelichting bij stap 3).

11.1

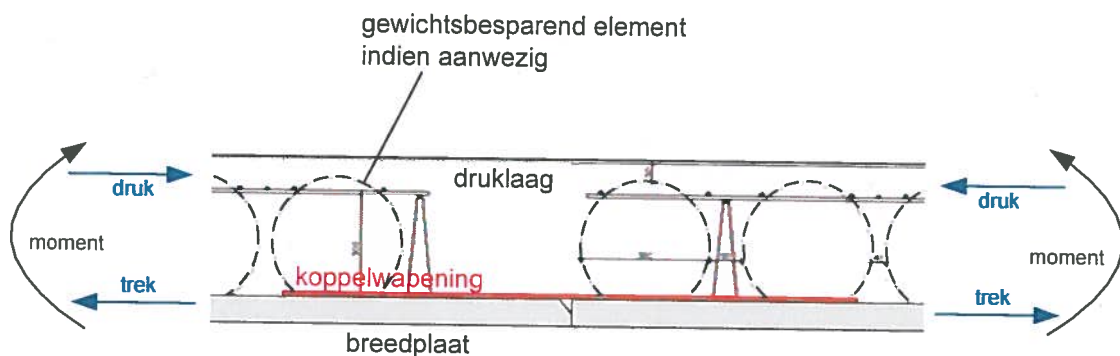
De keuze voor het onderscheid tussen breedplaatvloeren van zelfverdichtend beton zonder opruwing en overige situaties is hierna kort toegelicht.

De instorting van de parkeergarage bij Eindhoven Airport betrof een oplossing met breedplaten vervaardigd met zelf verdichtend beton. Deze oplossing is door middel van onderzoek in het laboratorium van de TU Eindhoven onderzocht en hieruit kwam naar voren dat de schuifsterkte van het aansluitvlak relatief laag was. Aangenomen wordt dat dit mede veroorzaakt is door de toepassing van zelfverdichtend beton voor de breedplaten en het achterwege laten van enige vorm van nabewerken (opruwen) van het stortvlak van de breedplaten. Eerdere proeven met breedplaten van normaal grindbeton die niet zijn nabewerkt en dus glad zijn, leidden tot 2,5 à 3 maal hogere schuifsterkten in het aansluitvlak. Deze schuifsterkten zijn significant hoger dan de in Eurocode 2 beschreven rekenwaarde van de schuifsterkte.

Het wordt mede daarom aangeraden het onderzoek vooralsnog te beperken tot de genoemde groep breedplaatconstructies namelijk breedplaten van zelf verdichtend beton zonder opruwing. Aanbevolen wordt de beoordeling van andere situaties uit te stellen totdat uit aanvullend onderzoek waarden voor de afschuifsterkte in die situaties bekend zijn.

Stap 3:

Controleer of er sprake is van plaatnaden waarover een significant positief moment moet worden overgedragen. In dat geval moet het trekkracht, die door het positieve moment in de wapening van de breedplaat ontstaat, via koppelwapening die op de plaat ligt naar de wapening in de breedplaat aan de andere zijde van de naad worden overgebracht. Dit is voor een langsnaad toegelicht in figuur 2. Een vergelijkbare situatie kan ook optreden bij een kopnaad tussen twee breedplaten. De tralieliggers die de breedplaat en de opstort met elkaar verbinden zullen in dat geval in de andere richting lopen en zich ook dichterbij de plaatnaad bevinden. Naar verwachting is deze situatie minder kritisch, maar omdat hierover nog maar weinig bekend is, wordt vooralsnog geen onderscheid gemaakt tussen langsnaaden en kopnaaden.

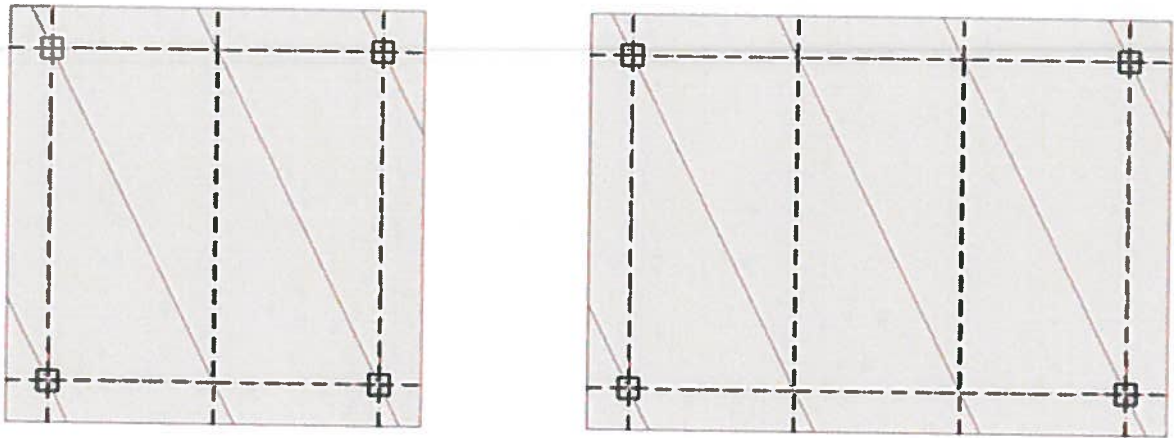


figuur 2 Een door een positief moment veroorzaakte trekkracht in de breedplaten die via koppelwapening op de breedplaten moet worden overgebracht.

Voorbeelden van breedplaatvloeren waarbij een significant positief moment bij een plaatnaad kan optreden, zijn:

- Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij geen sprake is van een overheersende krachtsafdracht in één van de twee loodrechte richtingen (figuur 3);

- Lijnvormig ondersteunde vloeren met een naad in het midden van de overspanning, waarbij de naad evenwijdig aan de lijnvormige ondersteuning loopt;
- Speciale situaties, bijvoorbeeld in de buurt van een grote sparing in de vloer.



figuur 3 Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij een significant positief moment bij een plaatnaad kan optreden.

In de beschouwde vloer moet het positieve moment ter plaatse van de naad worden bepaald bij de maatgevende fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700 niveau bestaande bouw. Vooralsnog wordt geadviseerd hierbij geen herverdeling waarbij de negatieve momenten toenemen en de veldmomenten afnemen, toe te passen. Op basis van het bepaalde moment kan de trekkracht in de koppelwapening die op de breedplaat is aangebracht, worden bepaald

Als in het aansluitvlak tussen het ter plaatse gestorte beton en de breedplaat, ter plaatse van het oppervlak tussen de koppelwapening en de wapening in de breedplaat bij de bovengenoemde belastingscombinatie de gemiddelde schuifspanning ten gevolge van de overdracht van de trekkracht naar de wapening in de breedplaat, groter is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ is de constructieve veiligheid niet zonder meer gewaarborgd. Dit wil niet zeggen dat er per definitie sprake is van een gevaarlijke situatie. In dat geval is echter wel spoedig uitgevoerd aanvullend onderzoek is op zijn plaats (stap 4 van het onderzoek). Totdat het hiervoor genoemde aanvullend onderzoek naar de daadwerkelijke schuifsterkte is afgerond, moet het gebruik van de vloeren waarvan de schuifspanning in het aansluitvlak groter is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ worden beperkt tot het gebruik zoals dat tot dan toe is geweest. Dat wil zeggen dat er geen toename van de belasting op de vloer moet zijn. Ook mag de vloerconstructie niet worden gewijzigd.

De gemiddelde schuifspanning kan worden bepaald door de kracht die benodigd is in de koppelwapening te delen door een oppervlak dat gelijk is aan het product van de verankeringslengte en de breedte waarover de koppelwapening beschouwd is. Hierbij hoeft verder geen reductie voor eventueel aanwezige gewichtsbeparende elementen in rekening te zijn gebracht als de koppelwapening tussen de gewichtsbeparende elementen ligt:

$$v_{\text{Ed, gem}} = F_{\text{Esd}} / A_v$$

waarin:

- $v_{Ed, gem}$ is de schuifspanning die gemiddeld in het oppervlak van het aansluitvlak aanwezig is;
- F_{Esd} is de trekkracht in de koppelwapening ten gevolge van het beschouwde moment;
- A_v is het oppervlak van het aansluitvlak;
 $= l_b b$
- l_b is de aanwezige verankeringslengte van de koppelwapening boven de beschouwde breedplaat, maar niet groter dan de $50\varnothing$;
- b is de breedte waarover de beschouwde koppelwapening aanwezig is.

Als de schuifspanning de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ niet overschrijdt, wordt vooralsnog geen nader onderzoek noodzakelijk geacht. Dit geldt uiteraard ook voor breedplaatvloeren waar geen sprake is van een positief moment bij een plaatnaad. De grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ is gebaseerd op de schuifsterkte die werd gevonden bij het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport. Op dit moment wordt ervan uitgegaan dat het een conservatieve waarde betreft. Het is gewenst dat de komende tijd door producenten van breedplaatvloeren laboratoriumonderzoek wordt uitgevoerd om de daadwerkelijk schuifsterkte van verschillende configuraties van vloertype en betonmengsel te bepalen. Als uit dat onderzoek blijkt, dat de rekenwaarde van de schuifsterkte daadwerkelijk hoger is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan kan definitief worden geconcludeerd dat de vloeren veilig zijn. Een vloer is veilig als deze voldoet aan het veiligheidsniveau uit NEN 8700. Deze norm is van toepassing in het Bouwbesluit 2012 voor de constructieve veiligheid van bestaande gebouwen. Als de schuifsterkte lager blijkt te zijn dan de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$, dan moet de vloer mogelijk alsnog worden versterkt.

Stap 4:

Het aanvullend onderzoek in stap 4 bestaat uit het vaststellen of er daadwerkelijk sprake is van delaminatie tussen de breedplaat en de druklaag op kritische plaatsen langs de plaatnaad. Of te wel om na te gaan of de scheurvorming die in het experimentele onderzoek bij Eindhoven Airport is geconstateerd, reeds aan het beginnen is. Het betreft een onderzoek “in het werk”. Geadviseerd wordt het onderzoek naar delaminatie middels een selecte steekproef uit te voeren, waarbij de onderzoeklocaties als volgt worden geselecteerd:

- Ter plaatse waar rekenkundig de grootste schuifspanningen in het aansluitvlak optreden;
- In vloervelden met “verdachte omstandigheden”, zoals overmatige scheurvorming of overmatige doorbuiging van de vloer en het openstaan van plaatnaden.

Voor het opsporen van delaminaties zijn niet-destructieve technieken beschikbaar, zoals een ultrasoon scanner (Proceq Pundit of gelijkwaardig). Op basis van op dit moment bij Adviesbureau Hageman bekende informatie over die techniek, wordt aangenomen dat met die techniek ook een dunne spleet tussen breedplaat en druklaag kan worden gedetecteerd. Dat zal waarschijnlijk niet het geval zijn bij het bekloppen van de breedplaat met een bankhamer. Bij een wijde spleet tussen breedplaat en druklaag kan op die manier echter wel delaminatie worden opgespoord. Als tijdens het bekloppen een doffe klank wordt gehoord, dan kan worden geconcludeerd dat er sprake is van delaminatie. Als geen doffe klank wordt gehoord, dan wil dat nog niet zeggen dat er geen sprake is van delaminatie. Het bekloppen met een bankhamer kan daarom alleen worden beschouwd als een eerste, snelle test.

Een destructieve methode voor onderzoek naar delaminatie is het maken van boorgaten om te kijken of er een spleet zichtbaar is tussen breedplaat en druklaag. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van een endoscoop. Bij een dunne spleet tussen breedplaat en druklaag kan de spleet moeilijk zichtbaar zijn. Het beoordelen van de boorkernen is ook een mogelijkheid, maar door trillingen tijdens het boren kan de breedplaat los komen van de druklaag. In dat geval kan onterecht worden geconcludeerd dat de breedplaat was gedelamineerd.

3 Maatregelen

In figuur 4 schematisch weergegeven in welke gevallen geen en in welke gevallen wel maatregelen noodzakelijk worden geacht. De deelverzameling van breedplaatvloeren waarvoor maatregelen noodzakelijk worden geacht, is in rood weergegeven. De overige breedplaatvloeren vallen in het groene gebied.



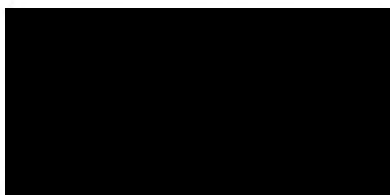
figuur 4 Schematische weergave van de deelverzamelingen van breedplaatvloeren waarvoor geen en wel maatregelen noodzakelijk worden geacht (respectievelijk in groen en rood).

Er moet onderscheid worden gemaakt tussen tijdelijke maatregelen en definitieve maatregelen. Tijdelijke maatregelen moeten zo spoedig mogelijk worden genomen als uit stap 4 blijkt dat sprake is van delaminatie. Tijdelijke maatregelen kunnen zijn:

- Het tijdelijk verlagen van belastingen op de vloer. In de praktijk zal dit betekenen dat de ruimte onder en boven de onveilige vloer moet worden ontruimt;
- Het (plaatselijk) stempelen van de vloer.

Nadat tijdelijke maatregelen zijn genomen, zijn definitieve maatregelen noodzakelijk. Aangezien al sprake is van delaminatie, zal met de kennis die op dit moment beschikbaar is, altijd een versterking noodzakelijk zijn. Versterkingsmaatregelen voor deze specifieke situatie zijn nog in ontwikkeling. Tot nu toe zijn positieve resultaten bereikt met lijmmankers die vanaf de onderzijde van de vloer door het oppervlak van het kritische deel van het aansluitvlak worden aangebracht en die voldoende zijn verankerd in de ter plaatse gestorte druklaag en middels een moer en een volgplaat voldoende zijn verankerd onder de breedplaat.

Rijswijk, 2 oktober 2017



103

11.1

Van: [REDACTED]
Verzonden: zondag 1 oktober 2017 20:41
Aan: [REDACTED]
Onderwerp: RE: Conceptversie van de aangepaste notitie onderzoek breedplaten
Bijlagen: n-171002_conceptA.docx

Dag [REDACTED]
Hierbij mijn opmerkingen in document.
Vriendelijke groet,
[REDACTED]

Van: [REDACTED]
Verzonden: zondag 1 oktober 2017 8:30
Aan: [REDACTED]
Onderwerp: RE: Conceptversie van de aangepaste notitie onderzoek breedplaten

Dag [REDACTED]
Dank voor dit late nachtwerk. 1.40 uur !

Ik wil het vanmiddag/avond beter lezen. Nu alvast een eerste reactie.

11.1 [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

11.1 [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Vriendelijke groet,
[REDACTED]

Van: [REDACTED] [\[REDACTED\]@adviesbureau-hageman.nl](mailto:[REDACTED]@adviesbureau-hageman.nl)
Verzonden: zondag 1 oktober 2017 1:40
Aan: [REDACTED]
Onderwerp: Conceptversie van de aangepaste notitie onderzoek breedplaten

Beste [REDACTED] en [REDACTED]

11.1 [REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]
[REDACTED]

Maandag werk ik in principe niet en daarom heb ik met [REDACTED] afgesproken dat hij het stuk afrondt. Mochten er dringen de vragen hebben, dan kunnen jullie me bellen.

Met vriendelijke groet,

[REDACTED]

Aanwezig op dinsdag t/m vrijdag.



Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.

[REDACTED]
Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.

Polakweg 14e 2288 GG

Postbus 26 2280 AA

RIJSWIJK

T [REDACTED]

M [REDACTED]

www.adviesbureau-hageman.nl

De informatie, verzonden in of met dit e-mailbericht, is afkomstig van Adviesbureau Hageman en uitsluitend bestemd voor de geadresseerde. Indien dit e-mailbericht niet voor u bestemd is, wordt u vriendelijk verzocht per e-mail of telefoon contact op te nemen met de verzender van dit bericht

104



Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.

Notitie 02-10-2017

Dossier 9780

11.1

1 Inleiding

Op 27 mei 2017 is een deel van een in aanbouw zijnde parkeergarage van Eindhoven Airport ingestort. Uit onderzoek naar de oorzaak van die instorting blijkt, dat vloeren die zijn uitgevoerd met breedplaten

11.1

11.1

11.1

¹ Het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport is uitgevoerd in opdracht van BAM en is beschreven in Hageman rapport 9663-1-0. Voor een toelichting op de problematiek wordt verwezen naar dat rapport. Het rapport is door BAM openbaar gemaakt.

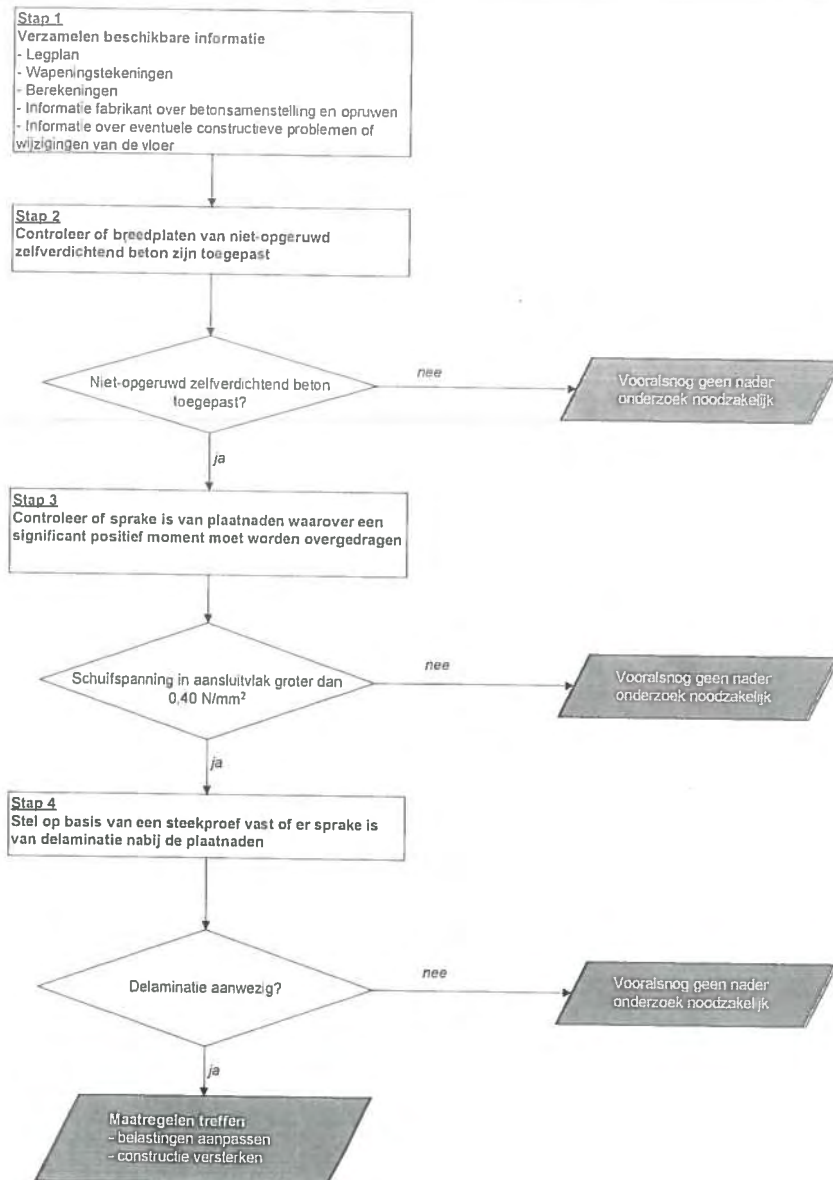
2

11.1

2.1

Algemeen

11.1



figuur 1 Stappenplan voor het onderzoek naar constructieve veiligheid van breedplaatvloeren.

11.1



2.2 Beschrijving en toelichting stappenplan

11.1



Stap 1:

Verzamel de beschikbare informatie van de breedplaatvloer, zoals het legplan, wapeningstekeningen, berekeningen en eventuele gegevens over constructieve problemen of aanpassingen die in het verleden hebben plaatsgevonden. Of zelfverdichtend beton is toegepast en of dat is opgeruwd, is waarschijnlijk niet terug te vinden op de tekeningen van de vloer. De fabrikant van de toegepaste breedplaten kan hierover mogelijk wel nadere informatie verstrekken of publiceren. Aangezien het onderzoek zich richt op relatief jonge breedplaatvloeren, is de kans groot dat bij de fabrikant van de breedplaatvloeren, de gemeente, de (hoofd)constructeur en/of de (hoofd)aannemer informatie over de vloerconstructie aanwezig is.

Aanbevolen wordt de beschikbaar gekomen informatie van de breedplaatvloeren zodanig te archiveren, dat dit in de toekomst snel kan worden geraadpleegd als uit aanvullend onderzoek blijkt dat ook andere situaties dan genoemd in het voorliggende document, kritisch zijn met betrekking tot constructieve veiligheid.

Stap 2:

Controleer met de beschikbare informatie of de vloer is uitgevoerd met zelfverdichtend beton zonder opruwing. Op het moment dat niet kan worden uitgesloten dat zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, moet ervan worden uitgegaan dat dit is toegepast. Als geen zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, wordt vooralsnog geen nader onderzoek noodzakelijk geacht. Voor een definitief oordeel of voldaan wordt aan het Bouwbesluit 2012 moet worden gewacht tot het hiervoor genoemde aanvullend onderzoek naar de daadwerkelijke schuifsterke is afgerond (zie ook toelichting bij stap 3).

11.1

11.1

De keuze voor het onderscheid tussen breedplaatvloeren van zelfverdichtend beton zonder opruwing en overige situaties is hierna kort toegelicht.

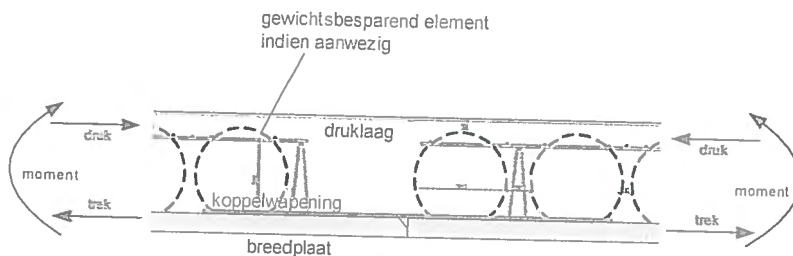
De instorting van de parkeergarage bij Eindhoven Airport betrof een oplossing met breedplaten vervaardigd met zelf verdichtend beton. Deze oplossing is door middel van onderzoek in het laboratorium van de TU Eindhoven onderzocht en hieruit kwam naar voren dat de schuifsterkte van het aansluitvlak relatief laag was. Aangenomen wordt dat dit mede veroorzaakt is door de toepassing van zelfverdichtend beton voor de breedplaten en het achterwege laten van enige vorm van nabewerken (opruwen) van het stortvlak van de breedplaten. Eerdere proeven met breedplaten van normaal grindbeton die niet zijn nabewerkt en dus glad zijn, leidden tot 2,5 à 3 maal hogere schuifsterkten in het aansluitvlak. Deze schuifsterkten zijn significant hoger dan de in Eurocode 2 beschreven rekenwaarde van de schuifsterkte.

11.1

Stap 3:

Controleer of er sprake is van plaatnaden waarover een significant positief moment moet worden overgedragen. In dat geval moet het trekkracht, die door het positieve moment in de wapening van de breedplaat ontstaat, via koppelwapening die op de plaat ligt naar de wapening in de breedplaat aan de andere zijde van de naad worden overgebracht. Dit is voor een langснаad toegelicht in figuur 2. Een vergelijkbare situatie kan ook optreden bij een kopnaad tussen twee breedplaten. De tralieliggers die de breedplaat en de opstort met elkaar verbinden zullen in dat geval in de andere richting lopen en zich ook dicht bij de plaatnaad bevinden. Naar verwachting is deze situatie minder kritisch, maar omdat hierover nog maar weinig bekend is, wordt vooralsnog geen onderscheid gemaakt tussen langsnaden en kopnaden.

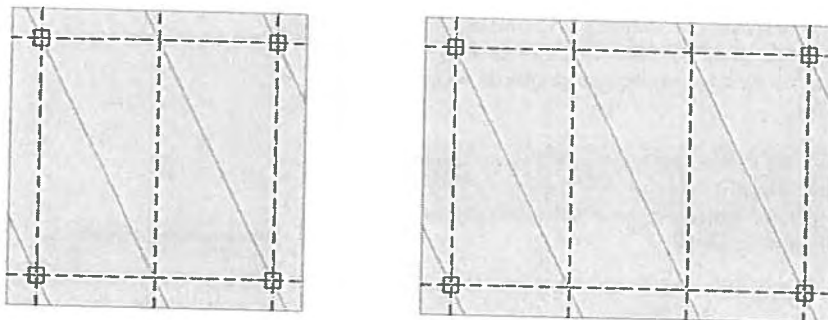
11.1



figuur 2 Een door een positief moment veroorzaakte trekkracht in de breedplaten die via koppelwapening op de breedplaten moet worden overgebracht.

Voorbeelden van breedplaatvloeren waarbij een significant positief moment bij een plaatnaad kan optreden, zijn:

- Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij geen sprake is van een overheersende krachtsafdracht in één van de twee loodrechte richtingen (figuur 3);
- Lijnvormig ondersteunde vloeren met een naad in het midden van de overspanning, waarbij de naad evenwijdig aan de lijnvormige ondersteuningen loopt;
- Speciale situaties, bijvoorbeeld in de buurt van een grote sparing in de vloer.



figuur 3 Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij een significant positief moment bij een plaatnaad kan optreden.

In de beschouwde vloer moet het positieve moment ter plaatse van de naad worden bepaald bij de maatgevende fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700 niveau bestaande bouw. Vooralsnog wordt geadviseerd hierbij geen herverdeling waarbij de negatieve momenten toenemen en de veldmomenten afnemen, toe te passen. Op basis van het bepaalde moment kan de trekkracht in de koppelwapening die op de breedplaat is aangebracht, worden bepaald

Als in het aansluitvlak tussen het ter plaatse gestorte beton en de breedplaat, ter plaatse van het oppervlak tussen de koppelwapening en de wapening in de breedplaat bij de bovengenoemde belastingscombinatie de gemiddelde schuifspanning ten gevolge van de overdracht van de trekkracht naar de wapening in de breedplaat, groter is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ is de constructieve veiligheid

11.1

11.1

De gemiddelde schuifspanning kan worden bepaald door de kracht die benodigd is in de koppelwapening te delen door een oppervlak dat gelijk is aan het product van de verankeringslengte en de breedte waarover de koppelwapening beschouwd is. Hierbij hoeft verder geen reductie voor eventueel aanwezige gewichtsbeparende elementen in rekening te zijn gebracht als de koppelwapening tussen de gewichtsbeparende elementen ligt:

$$v_{Ed,gem} = F_{Ed} / A_v$$

waarin:

$v_{Ed,gem}$ is de schuifspanning die gemiddeld in het oppervlak van het aansluitvlak aanwezig is;

F_{Ed} is de trekkracht in de koppelwapening ten gevolge van het beschouwde moment;

A_v is het oppervlak van het aansluitvlak;

$$= l_b \cdot b$$

l_b is de aanwezige verankeringslengte van de koppelwapening boven de beschouwde breedplaat, maar niet groter dan de 50ϕ ;

b is de breedte waarover de beschouwde koppelwapening aanwezig is.

Als de schuifspanning de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ niet overschrijdt, wordt vooralsnog geen nader onderzoek noodzakelijk geacht. Dit geldt uiteraard ook voor breedplaatvloeren waar geen sprake is van een positief moment bij een plaatnaad. De grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ is gebaseerd op de schuifsterkte die werd gevonden bij het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport. Op dit moment wordt ervan uitgegaan dat het een conservatieve waarde betreft. Het is gewenst dat de komende tijd door producenten van breedplaatvloeren laboratoriumonderzoek wordt uitgevoerd om de daadwerkelijk schuifsterkte van verschillende configuraties van vloertype en betonmengsel te bepalen. Als uit dat onderzoek blijkt, dat de rekenwaarde van de schuifsterkte daadwerkelijk hoger is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan kan definitief worden geconcludeerd dat de vloeren veilig zijn. Een vloer is veilig als deze voldoet aan het veiligheidsniveau uit NEN 8700. Deze norm is van toepassing in het Bouwbesluit 2012 voor de constructieve veiligheid van bestaande gebouwen. Als de schuifsterkte lager blijkt te zijn dan de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$, dan moet de vloer mogelijk alsnog worden versterkt.

11.1

Stap 4:

11.1

Het aanvullend onderzoek in stap 4 bestaat uit het vaststellen of er daadwerkelijk sprake is van delaminatie tussen de breedplaat en de druklaag op kritische plaatsen langs de plaatnaad. Of te wel om na te gaan of de scheurvorming die in het experimentele onderzoek bij Eindhoven Airport is geconstateerd, reeds aan het beginnen is. Het betreft een onderzoek "in het werk". Geadviseerd wordt het onderzoek naar delaminatie middels een selecte steekproef uit te voeren, waarbij de onderzoeklocaties als volgt worden geselecteerd:

- Ter plaatse waar rekenkundig de grootste schuifspanningen in het aansluitvlak optreden;
- In vloervelden met "verdachte omstandigheden", zoals overmatige scheurvorming of overmatige doorbuiging van de vloer en het openstaan van plaatnaden.

11.1

11.1

Met opmaak: Standaard, Inspringing: Links: 1,63 cm, Verkeerd-om: 0,63 cm, Geen opsommingstekens of nummering

Met opmaak: Standaard, Geen opsommingstekens of nummering

Met opmaak: Standaard, Inspringing: Links: 1,63 cm, Verkeerd-om: 0,63 cm, Geen opsommingstekens of nummering

Voor het opsporen van delaminaties zijn niet-destructieve technieken beschikbaar, zoals een ultrasoon scanner (Proceq Pundit of gelijkwaardig). Op basis van op dit moment bij Adviesbureau Hageman bekende informatie over die techniek, wordt aangenomen dat met die techniek ook een dunne spleet tussen breedplaat en druklaag kan worden gedetecteerd. Dat zal waarschijnlijk niet het geval zijn bij het bekloppen van de breedplaat met een bankhamer. Bij een wijde spleet tussen breedplaat en druklaag kan op die manier echter wel delaminatie worden opgespoord. Als tijdens het bekloppen een doffe klank wordt gehoord, dan kan worden geconcludeerd dat er sprake is van delaminatie. Als geen doffe klank wordt gehoord, dan wil dat nog niet zeggen dat er geen sprake is van delaminatie. Het bekloppen met een bankhamer kan daarom alleen worden beschouwd als een eerste, snelle test.

Een destructieve methode voor onderzoek naar delaminatie is het maken van boorgaten om te kijken of er een spleet zichtbaar is tussen breedplaat en druklaag. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van een endoscoop. Bij een dunne spleet tussen breedplaat en druklaag kan de spleet moeilijk zichtbaar zijn. Het beoordelen van de boorkernen is ook een mogelijkheid, maar door trillingen tijdens het boren kan de breedplaat los komen van de druklaag. In dat geval kan onterecht worden geconcludeerd dat de breedplaat was gedelamineerd.

11.1

11.1

3 Maatregelen

In **figuur 4** schematisch weergegeven in welke gevallen geen en in welke gevallen wel maatregelen noodzakelijk worden geacht. De deelverzameling van breedplaatvloeren waarvoor maatregelen noodzakelijk worden geacht, is in rood weergegeven. De overige breedplaatvloeren vallen in het groene gebied.



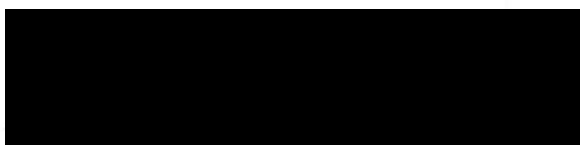
figuur 4 Schematische weergave van de deelverzamelingen van breedplaatvloeren waarvoor geen en wel maatregelen noodzakelijk worden geacht (respectievelijk in groen en rood).

Er moet onderscheid worden gemaakt tussen tijdelijke maatregelen en definitieve maatregelen. Tijdelijke maatregelen moeten zo spoedig mogelijk worden genomen als uit stap 4 blijkt dat sprake is van delaminatie. Tijdelijke maatregelen kunnen zijn:

- Het tijdelijk verlagen van belastingen op de vloer. In de praktijk zal dit betekenen dat de ruimte onder en boven de onveilige vloer moet worden ontruimd.
- Of Het (plaatselijk) stempelen van de vloer.

Nadat tijdelijke maatregelen zijn genomen, zijn definitieve maatregelen noodzakelijk. Aangezien al sprake is van delaminatie, zal met de kennis die op dit moment beschikbaar is, altijd een versterking noodzakelijk zijn. Versterkingsmaatregelen voor deze specifieke situatie zijn nog in ontwikkeling. Tot nu toe zijn positieve resultaten bereikt met lijmmankers die vanaf de onderzijde van de vloer door het oppervlak van het kritische deel van het aansluitvlak worden aangebracht en die voldoende zijn verankerd in de ter plaatse gestorte druklaag en middels een moer en een volgplaat voldoende zijn verankerd onder de breedplaat.

Rijswijk, 2 oktober 2017



105

Van: [REDACTED] [REDACTED]@adviesbureau-hageman.nl>
Verzonden: maandag 2 oktober 2017 12:47
Aan: [REDACTED]
CC: [REDACTED] TNO; [REDACTED]
Onderwerp: Concept A - notitie Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren in
bestaan-de gebouwen
Bijlagen: n-171002_concept A.docx

Beste [REDACTED]

Naar aanleiding van alle reacties, het concept van [REDACTED] van dit weekeinde en jouw reactie daarop, heb ik bijgevoegde notitie opgesteld. Het betreft nog een concept waarop je nog kunt reageren alvorens e.e.a. definitief te maken en naar de overige werkgroepleden te zenden of te publiceren.

Graag verneem ik jouw mening hierover.

Met vriendelijke groet,

[REDACTED]



Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.

[REDACTED]
Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.

Polakweg 14e 2288 GG

Postbus 26 2280 AA

RIJSWIJK

T [REDACTED]

M [REDACTED]

www.adviesbureau-hageman.nl

De informatie, verzonden in of met dit e-mailbericht, is afkomstig van Adviesbureau Hageman en uitsluitend bestemd voor de geadresseerde. Indien dit e-mailbericht niet voor u bestemd is, wordt u vriendelijk verzocht per e-mail of telefoon contact op te nemen met de verzender van dit bericht.



Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren in bestaande gebouwen

1 Inleiding

Op 27 mei 2017 is een deel van een 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 onveilig kunnen zijn¹. Hierdoor is de vraag ontstaan of bestaande gebouwen met breedplaten wel voldoende veilig zijn. Het voorliggende document geeft een methode om van een afzonderlijk gebouw het veiligheidsrisico te bepalen. Door middel van een stappenplan in hoofdstuk 2 kan van een gebouw worden bepaald dat:

- (1) er geen veiligheidsrisico is;
- (2) er een mogelijk veiligheidsrisico is maar vooralsnog geen direct nader onderzoek nodig, of
- (3) er een urgent veiligheidsrisico is waarbij direct aanvullend onderzoek noodzakelijk is.

Voor het mogelijk nadere onderzoek bij resultaat (2) geeft dit document nog geen methode. Daarvoor moet namelijk nog voor verschillende configuraties aanvullend experimenteel onderzoek worden uitgevoerd naar de afschuifsterkte tussen breedplaat en ter plaatse gestorte betonnen druklaag. Naar verwachting wordt dit op korte termijn uitgevoerd. Na afronding van dat onderzoek zal dit document worden aangepast en kan ook voor die situaties een definitieve beoordeling plaatsvinden.

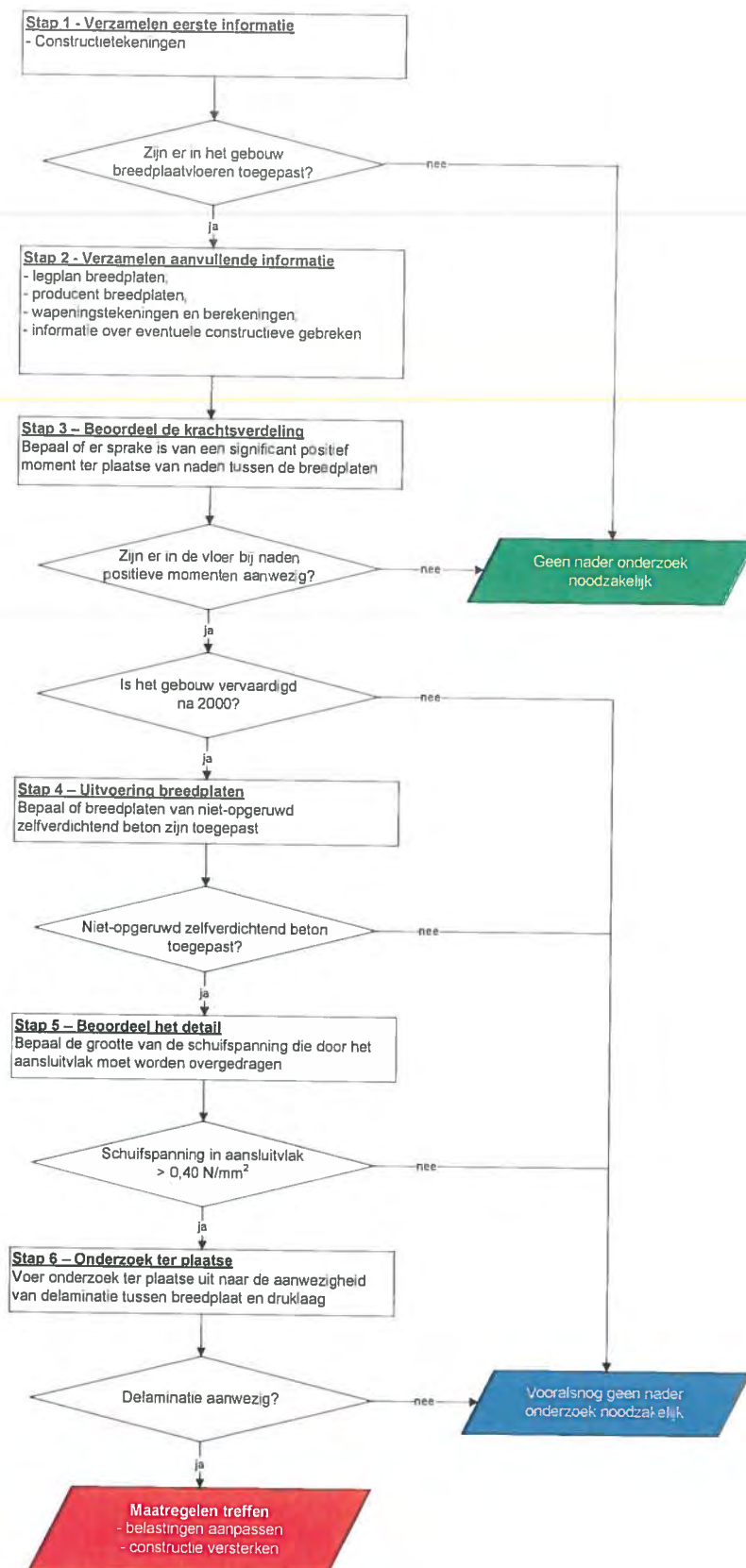
In hoofdstuk 3 is op hoofdlijnen ingegaan op de maatregelen die kunnen worden getroffen als uit onderzoek bij een gebouw blijkt dat er sprake is van een urgent veiligheidsrisico..

2 Stappenplan onderzoek breedplaatvloeren in bestaande gebouwen

2.1 Algemeen

Voor het beoordelen van de constructieve veiligheid van constructies waarin breedplaatvloeren zijn toegepast, is een stappenplan opgesteld. Dit stappenplan is weergegeven in figuur 1. In paragraaf 2.2 is het stappenplan toegelicht.

¹ Het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport is beschreven in Hageman rapport 9663-1-0 en TNO-rapport TNO 2017 R11127.



figuur 1 Stappenplan voor het onderzoek naar constructieve veiligheid van breedplaatvloeren.

2.2 Beschrijving en toelichting stappenplan

Hierna is het stappenplan nader beschreven en zijn de keuzes toegelicht.

Stap 1 – Verzamelen eerste informatie

Informatie over het bouwjaar van het gebouw en over het eventueel toepassen van breedplaatvloeren in het gebouw kan worden ontleend aan de tekeningen van de constructie. Als deze tekeningen niet in het bezit zijn van de eigenaar van het gebouw, kunnen zij mogelijk worden gevonden in het archief van de afdeling Bouw- en Woningtoezicht van de Gemeente of van de constructeur.

Of breedplaatvloeren zijn toegepast, kan ook worden bepaald met een observatie in het gebouw. Bij het gebruik van breedplaatvloeren is aan de onderzijde van de vloer vaak een naad zichtbaar die zich op een hart-op-hart-afstand van 2,4 meter of meer bevindt. Bij een hart-op-hart-afstand tussen de naden van 1,2 meter is er in het algemeen sprake van een kanaalplaatvloer. Als er geen naden zijn, is de vloer geheel ter plaatse gestort.



foto 1 Voegen tussen breedplaten aan de onderzijde van een breedplaatvloer

De schade bij de parkeergarage van Eindhoven Airport is ontstaan bij een vloer met gewichtsbesparende maatregelen. De oorzaak van deze schade kan ook aanwezig zijn bij breedplaatvloeren zonder gewichtsbesparende maatregelen, oftewel een normale breedplaatvloer.

Stap 2 – Verzamelen van aanvullende informatie

Verzamel de beschikbare, aanvullende informatie van de breedplaatvloer, zoals het legplan, wapeningstekeningen, berekeningen en eventuele gegevens over constructieve gebreken of aanpassingen die in het verleden hebben plaatsgevonden.

Aangezien het onderzoek zich richt op relatief jonge constructies, is de kans groot dat bij de producent van de breedplaatvloeren, de gemeente, de (hoofd)constructeur en/of de (hoofd)aannemer informatie over de vloerconstructie aanwezig is.

Aanbevolen wordt de beschikbaar gekomen informatie van de breedplaatvloeren zodanig te archiveren, dat dit in de toekomst snel kan worden geraadpleegd als uit aanvullend onderzoek blijkt dat

ook andere situaties dan genoemd in het voorliggende document, kritisch zijn met betrekking tot constructieve veiligheid.

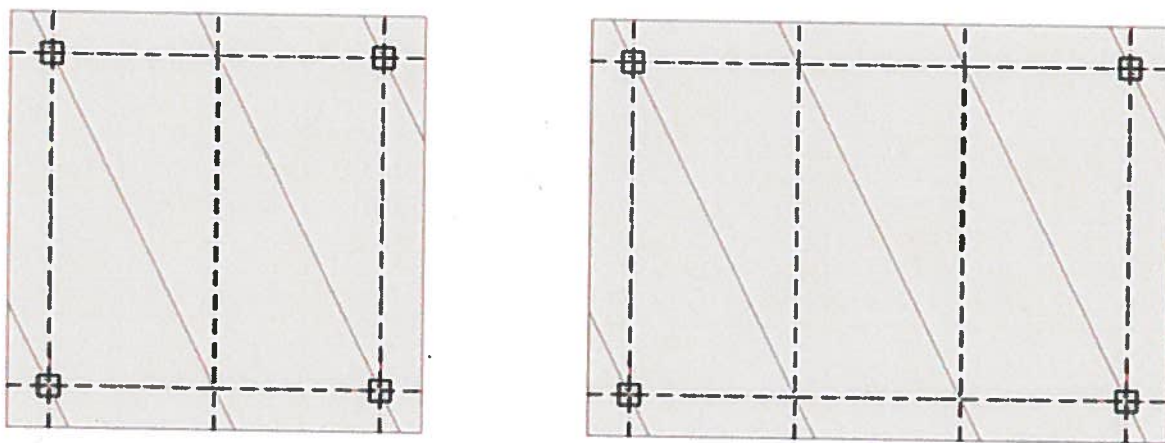
Stap 3 – Beoordeel de krachtsverdeling

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

In het algemeen geen sprake bij van constructies van grondgebonden woningen en woongebouwen met dragende wanden. In andere gevallen wordt geadviseerd een constructeur te laten bepalen of er sprake is van een significant positief moment.

Met de aanwezigheid van een primaire krachtsafdracht wordt bedoeld dat de grootte van de momentensom in de beschouwde richting niet kan worden verkleind door een herverdeling van de belastingsafdracht zodat de momenten som in de andere richting zal toenemen. Voorbeelden van breedplaatvloeren waarbij een significant positief moment bij een naad tussen twee breedplaten kan optreden, zijn:

- Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij geen sprake is van een primaire krachtsafdracht in twee richtingen (figuur 2);
- Lijnvormig ondersteunde vloeren met een naad in het midden van de overspanning, waarbij de naad evenwijdig aan de lijnvormige ondersteuning loopt;
- Speciale situaties, bijvoorbeeld in de buurt van een grote sparing in de vloer.



figuur 2 Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij een significant positief moment bij een plaatnaad kan optreden.

Het materiaal zelfverdichtend beton wordt sinds 2000 bij de productie van breedplaten toegepast. Bij gebouwen die voor die tijd vervaardigd zijn, zullen geen breedplaten van zelfverdichtend beton zijn toegepast. Die gebouwen behoren dan ook niet tot de categorie waarvoor direct aanvullend onderzoek noodzakelijk is.

Toelichting:

Uit het uitgevoerde onderzoek voor de parkeergarage bij Eindhoven Airport, blijkt dat een breedplaatvloer constructieve problemen kan bezitten in het geval er ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten, ten gevolge van de primaire krachtsafdracht, een positief moment aanwezig is.

Stap 4 – Uitvoering breedplaten

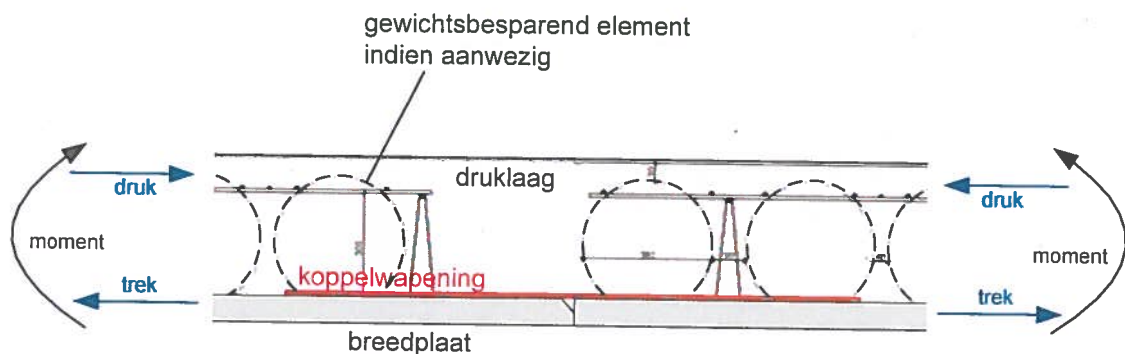
Controleer met de beschikbare informatie of de vloer is uitgevoerd met zelfverdichtend beton zonder opruwing. Of zelfverdichtend beton is toegepast en of dat is opgeruwd, is waarschijnlijk niet terug te vinden op de tekeningen van de vloer. De producent van de toegepaste breedplaten kan hierover mogelijk wel nadere informatie verstrekken of publiceren. Informatie hierover kan worden ingewonnen bij de producent of bij de AB-FAB (www.ab-fab.nl). Op het moment dat niet kan worden uitgesloten dat zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, moet ervan worden uitgegaan dat dit is toegepast.

Toelichting:

De instorting van de parkeergarage bij Eindhoven Airport betrof een oplossing met breedplaten vervaardigd met zelfverdichtend beton. Deze oplossing is door middel van onderzoek in het Structures Laboratory van de TU/e onderzocht. Hieruit kwam naar voren dat de schuifsterkte van het aansluitvlak relatief laag was. Aangenomen wordt dat dit veroorzaakt is door de toepassing van zelfverdichtend beton voor de breedplaten en het achterwege laten van enige vorm van opruwen van de bovenzijde van de breedplaten. Eerdere proeven met breedplaten van normaal grindbeton die niet zijn opgeruwd, leidden tot 2,5 à 3 maal hogere schuifsterkten in het aansluitvlak. Deze schuifsterkten zijn significant hoger dan de in Eurocode 2 beschreven rekenwaarde van de schuifsterkte. Uit het in hoofdstuk 1 beschreven nadere onderzoek zal een meer uitgebreide beschrijving van de constructieve eigenschappen van het aansluitvlak bij diverse configuraties volgen.

Stap 5 – Beoordeel het detail

In het geval een significant positief moment ter plaatse van een breedplaatnaad moet worden voergedragen dan moet de trekkracht, die in de wapening van de breedplaat aanwezig is, via koppelwapening die op de breedplaat ligt, naar de wapening in de breedplaat aan de andere zijde van de naad worden overgebracht. Dit is voor een langsnaad toegelicht in figuur 3.



figuur 3 Een door een positief moment veroorzaakte trekkracht in de breedplaten die via koppelwapening op de breedplaten moet worden overgebracht.

Toelichting:

Een vergelijkbare situatie kan ook optreden bij een kopnaad tussen twee breedplaten. De tralieliggers die de breedplaat en de opstort met elkaar verbinden zullen in dat geval in de andere richting lopen en zich ook dichterbij de plaatnaad bevinden. Naar verwachting is deze situatie minder kritisch, maar omdat hierover nog maar weinig bekend is, wordt vooralsnog geen onderscheid gemaakt tussen langsnaden en kopnaden.

In de beschouwde vloer moet het positieve moment ter plaatse van de naad worden bepaald bij de maatgevende fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700, niveau bestaande bouw. Vooralsnog wordt geadviseerd hierbij geen herverdeling waarbij de negatieve momenten toenemen en de veldmomenten afnemen, toe te passen. Uit dit moment kan de trekkracht in de koppelwapening die op de breedplaat is aangebracht, worden bepaald.

Als in het aansluitvlak tussen het ter plaatse gestorte beton en de breedplaat, ter plaatse van het oppervlak tussen de koppelwapening en de wapening in de breedplaat bij de bovengenoemde belastingscombinatie de gemiddelde schuifspanning ten gevolge van de overdracht van de trekkracht naar de wapening in de breedplaat, groter is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan is de constructieve veiligheid niet zonder meer gewaarborgd. Dit wil niet zeggen dat er mogelijk sprake is van een gevaarlijke situatie, maar er moet dan wel zo spoedig mogelijk onderzoek worden uitgevoerd volgens stap 6.

De gemiddelde schuifspanning in het beschreven deel van het aansluitvlak kan worden bepaald door de kracht die benodigd is in de koppelwapening te delen door een oppervlak dat gelijk is aan het product van de verankeringslengte en de breedte waarover de koppelwapening beschouwd is. Hierbij hoeft verder geen reductie voor eventueel aanwezige gewichtsbesparende elementen in rekening te zijn gebracht, als de koppelwapening tussen de gewichtsbesparende elementen ligt:

$$v_{\text{Ed,gem}} = F_{\text{Esd}} / A_v$$

waarin:

$v_{\text{Ed,gem}}$ is de schuifspanning die gemiddeld in het oppervlak van het aansluitvlak aanwezig is;

F_{Esd} is de trekkracht in de koppelwapening ten gevolge van het beschouwde moment;

A_v is het oppervlak van het aansluitvlak;
 $= l_b b$

l_b is de aanwezige verankeringslengte van de koppelwapening boven de beschouwde breedplaat, maar niet groter dan de 50ϕ ;

b is de breedte waarover de beschouwde koppelwapening aanwezig is.

Als de schuifspanning de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ niet overschrijdt, wordt geen direct nader onderzoek noodzakelijk geacht.

Toelichting:

De grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ is gebaseerd op de schuifsterkte die is gevonden bij het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport. Op dit moment wordt ervan uitgegaan dat het een conservatieve waarde betreft. Bij andere samenstellingen van beton – dus ook bij andere mengsels voor zelfverdichtend beton – zouden mogelijk hogere waarden gevonden kunnen worden. De komende tijd zal experimenteel onderzoek worden uitgevoerd om de daadwerkelijke schuifsterkte van verschillende configuraties van betonmengsels en afwerking van de bovenzijde van de breedplaten te bepalen. Als uit dat onderzoek blijkt, dat de rekenwaarde

van de schuifsterkte daadwerkelijk hoger is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan kan definitief worden geconcludeerd dat de vloeren veilig zijn. Een vloer is voldoende veilig als deze voldoet aan het veiligheidsniveau uit NEN 8700 voor bestaande bouw. Als de rekenwaarde van de schuifsterkte lager blijkt te zijn dan de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$, dan moet de vloer mogelijk alsnog worden versterkt.

Stap 6 – Onderzoek ter plaatse:

Het onderzoek ter plaatse bestaat uit het vaststellen of er daadwerkelijk sprake is van delaminatie tussen de breedplaat en de druklaag op kritische plaatsen nabij de naad tussen twee breedplaten. Het betreft een onderzoek “in het werk”. Geadviseerd wordt het onderzoek naar delaminatie middels een selecte steekproef uit te voeren, waarbij de onderzoeklocaties als volgt worden geselecteerd:

- Ter plaatse waar rekenkundig de grootste schuifspanningen in het aansluitvlak optreden;
- In vloervelden met “verdachte omstandigheden”, zoals overmatige scheurvorming of overmatige doorbuiging van de vloer en het openstaan van plaatnaden.

Voor het opsporen van delaminaties zijn niet-destructieve technieken beschikbaar, zoals een ultrasoon scanner (Proceq Pundit of gelijkwaardig). Op basis van op dit moment bekende informatie over die techniek, wordt aangenomen dat met die techniek ook de aanwezigheid van een dunne spleet tussen breedplaat en druklaag kan worden gedetecteerd. Dat zal waarschijnlijk niet het geval zijn bij het bekloppen van de breedplaat met een bankhamer. Het bekloppen met een bankhamer kan alleen worden beschouwd als een eerste, snelle test.

Een destructieve methode voor onderzoek naar delaminatie is het maken van boorgaten om te kijken of er een spleet zichtbaar is tussen breedplaat en druklaag. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van een endoscoop. Bij een dunne spleet tussen breedplaat en druklaag kan de spleet echter moeilijk zichtbaar zijn. Het beoordelen van de boorkernen is ook een mogelijkheid, maar door trillingen tijdens het boren kan de breedplaat los komen van de druklaag. In dat geval zou dan onterecht worden geconcludeerd dat de breedplaat was gedelamineerd.

Als er geen delaminatie is geconstateerd dan wordt geadviseerd totdat het hiervoor genoemde aanvullend onderzoek naar de daadwerkelijke schuifsterkte is afgerond, het gebruik van de vloeren te beperken tot het gebruik zoals dat tot dan toe is geweest. Dat wil zeggen dat er geen toename van de belasting op de vloer moet zijn. Ook mag de vloerconstructie niet worden gewijzigd

Toelichting:

Uit het uitgevoerde onderzoek voor de parkeergarage bij Eindhoven Airport, blijkt dat er voordat bezwijken optreedt, een scheur ontstaat in het aansluitvlak tussen de breedplaat en de ter plaatse gestorte druklaag. De scheurwijdte is het grootste het dichtst bij de naad tussen de twee aansluitende breedplaten.

3 Maatregelen

In figuur 4 schematisch weergegeven in welke gevallen geen en in welke gevallen wel maatregelen noodzakelijk worden geacht. De deelverzameling van breedplaatvloeren waarvoor maatregelen noodzakelijk worden geacht, is in rood weergegeven. De overige breedplaatvloeren vallen in het groene gebied.



figuur 4 Schematische weergave van de deelverzamelingen van breedplaatvloeren waarvoor geen en wel maatregelen noodzakelijk worden geacht (respectievelijk in groen en rood).

Er moet onderscheid worden gemaakt tussen tijdelijke maatregelen en definitieve maatregelen. Tijdelijke maatregelen moeten zo spoedig mogelijk worden genomen als uit stap 4 blijkt dat sprake is van delaminatie. Tijdelijke maatregelen kunnen zijn:

- Het tijdelijk verlagen van belastingen op de vloer. In de praktijk zal dit betekenen dat de ruimte onder en boven de onveilige vloer moet worden ontruimd;
- Of het (plaatselijk) stempelen van de vloer.

Nadat tijdelijke maatregelen zijn genomen, zijn definitieve maatregelen noodzakelijk. Aangezien al sprake is van delaminatie, zal met de kennis die op dit moment beschikbaar is, altijd een versterking noodzakelijk zijn. Versterkingsmaatregelen voor deze specifieke situatie zijn nog in ontwikkeling. Er zijn reeds positieve resultaten bereikt met lijmankeers die vanaf de onderzijde van de vloer door het oppervlak van het kritische deel van het aansluitvlak worden aangebracht en die voldoende zijn verankerd in de ter plaatse gestorte druklaag en middels een moer en een volgplaat voldoende zijn verankerd onder de breedplaat.

Rijswijk, 2 oktober 2017



107

Van: [REDACTED]@adviesbureau-hageman.nl>
Verzonden: maandag 2 oktober 2017 15:05
Aan: [REDACTED]
CC: [REDACTED] NO: [REDACTED]
Onderwerp: Concept B - notitie Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren in
bestaan-de utiliteitsgebouwen van na 1999
Bijlagen: n-171002_concept B.docx

Beste [REDACTED]

Naar aanleiding van ons telefoongesprek van deze middag heb ik concept B opgesteld.
Graag verneem ik jouw mening hierover.

Met vriendelijke groet,

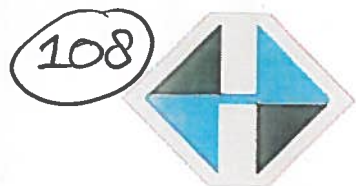
[REDACTED]



Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.

[REDACTED]
Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.
Polakweg 14e 2288 GG
Postbus 26 2280 AA
RIJSWIJK
T [REDACTED]
M [REDACTED]
www.adviesbureau-hageman.nl

De informatie, verzonden in of met dit e-mailbericht, is afkomstig van Adviesbureau Hageman en uitsluitend bestemd voor de geadresseerde.
Indien dit e-mailbericht niet voor u bestemd is, wordt u vriendelijk verzocht per e-mail of telefoon contact op te nemen met de verzender van
dit bericht.



Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren in bestaande utiliteitsgebouwen van na 1999.

1 Inleiding

Op 27 mei 2017 is een deel van een 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 onveilig kunnen zijn¹. Hierdoor is de vraag ontstaan of bestaande gebouwen met breedplaten wel voldoende veilig zijn. Het voorliggende document geeft een methode om van een afzonderlijk gebouw het veiligheidsrisico te bepalen.

De toepassing van de methode is beperkt tot breedplaatvloeren toegepast in utiliteitsgebouwen van na 1999. Deze beperking is gebaseerd op een aantal argumenten. Ten eerste blijkt uit het geval Eindhoven dat het probleem optreedt als er sprake is van een primaire krachtsafdracht in de richting loodrecht op de overspanningsrichting van de breedplaten en als daarbij sprake is van een positief buigend moment in de breedplaatvloer ter plaatse van de naad tussen twee breedplaten. Dit constructiegedrag komt in het algemeen niet voor bij grondgebonden woningen en woongebouwen waarbij dragende wanden worden toegepast. Bij toepassing in utiliteitsgebouwen, waarbij bijvoorbeeld vaak sprake is van door kolommen ondersteunde vloeren kan de krachtsverdeling over de voeg tussen de breedplaten wel primair zijn. Ten tweede worden alleen gebouwen van na 1999 beschouwd omdat de prefab betonindustrie vanaf 2000 gebruik is gaan maken van zelfverdichtend beton en omdat kan worden aangenomen dat constructies gebouwd voor 2000 hun constructieve veiligheid ten aanzien van dit punt, middels het langdurige gebruik reeds groot deels bewezen hebben.

Door middel van het stappenplan in hoofdstuk 2 kan van een gebouw worden bepaald dat:

- (1) er geen veiligheidsrisico is;
- (2) er een mogelijk veiligheidsrisico is maar vooralsnog geen direct maatregelen nodig zijn, of
- (3) er een urgent veiligheidsrisico is waarbij direct maatregelen genomen moeten worden.

Voor situatie (2) geeft dit document nog geen methode omdat daarvoor een voldoende inzicht in de constructieve eigenschappen nog onvoldoende is. Daarvoor moet namelijk voor verschillende configuraties nog aanvullend experimenteel onderzoek worden uitgevoerd naar de afschuifsterkte tussen breedplaat en ter plaatse gestorte betonnen druklaag. Naar verwachting wordt dit op korte termijn uitgevoerd. Na afronding van dat onderzoek zal dit document worden aangepast en kan ook voor die situaties een definitieve beoordeling plaatsvinden.

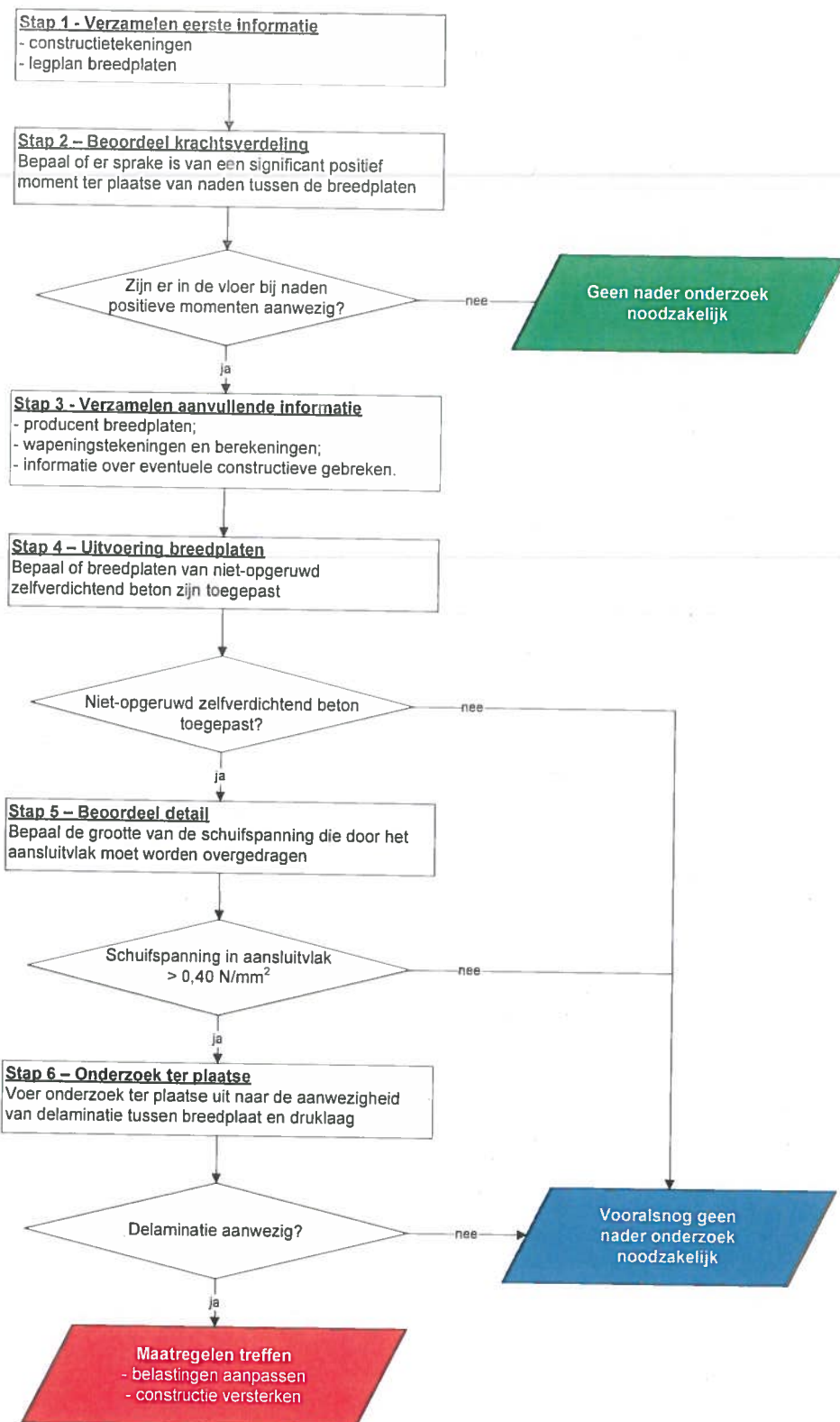
¹ Het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport is beschreven in Hageman rapport 9663-1-0 en TNO-rapport TNO 2017 R11127.

In hoofdstuk 3 is op hoofdlijnen ingegaan op de maatregelen die kunnen worden getroffen als uit onderzoek bij een gebouw blijkt dat er sprake is van een urgent veiligheidsrisico..

2 Stappenplan onderzoek breedplaatvloeren in bestaande gebouwen

2.1 Algemeen

Voor het beoordelen van de constructieve veiligheid van constructies waarin breedplaatvloeren zijn toegepast, is een stappenplan opgesteld. Dit stappenplan is weergegeven in figuur 1. In paragraaf 2.2 is het stappenplan toegelicht.



figuur 1 Stappenplan voor het onderzoek naar constructieve veiligheid van breedplaatvloeren.

2.2 Beschrijving en toelichting stappenplan

Hierna is het stappenplan nader beschreven en zijn de keuzes toegelicht.

Stap 1 – Verzamelen eerste informatie

Informatie over het bouwjaar van het gebouw en over het eventueel toepassen van breedplaatvloeren in het gebouw kan worden ontleend aan de tekeningen van de constructie en meer specifiek het legplan van de breedplaten. Als deze tekeningen niet in het bezit zijn van de eigenaar van het gebouw, kunnen zij mogelijk worden gevonden in het archief van de afdeling Bouw- en Woningtoezicht van de Gemeente of van de constructeur.

Of breedplaatvloeren zijn toegepast en de wijze waarop, kan ook worden bepaald met een observatie in het gebouw. Bij het gebruik van breedplaatvloeren is aan de onderzijde van de vloer vaak een naad zichtbaar die zich op een hart-op-hart-afstand van 2,4 meter of meer bevindt. Bij een hart-op-hart-afstand tussen de naden van 1,2 meter is er in het algemeen sprake van een kanaalplaatvloer. Als er geen naden zijn, is de vloer geheel ter plaatse gestort.



foto 1 Voegen tussen breedplaten aan de onderzijde van een breedplaatvloer

De schade bij de parkeergarage van Eindhoven Airport is ontstaan bij een vloer met gewichtsbeparende maatregelen. De oorzaak van deze schade kan ook aanwezig zijn bij breedplaatvloeren zonder gewichtsbeparende maatregelen, oftewel een normale breedplaatvloer.

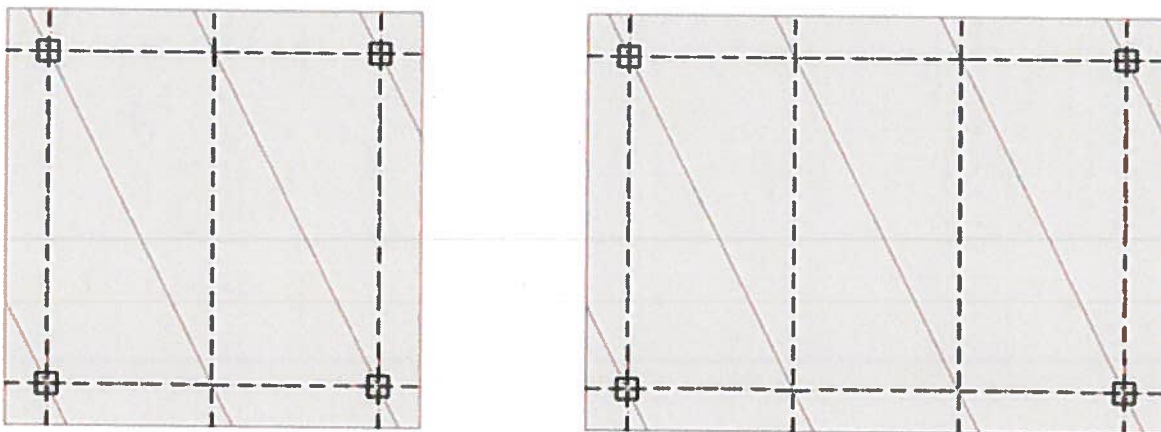
Stap 2 – Beoordeel de krachtsverdeling

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

In het algemeen geen sprake bij van constructies van grondgebonden woningen en woongebouwen met dragende wanden. In andere gevallen wordt geadviseerd een constructeur te laten bepalen of er sprake is van een significant positief moment.

Met de aanwezigheid van een primaire krachtsafdracht wordt bedoeld dat de grootte van de momentensom in de beschouwde richting niet kan worden verkleind door een herverdeling van de belastingafdracht zodat de momenten som in de andere richting zal toenemen. Voorbeelden van breedplaatvloeren waarbij een significant positief moment bij een naad tussen twee breedplaten kan optreden, zijn:

- Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij geen sprake is van een primaire krachtsafdracht in twee richtingen (figuur 2);
- Lijnvormig ondersteunde vloeren met een naad in het midden van de overspanning, waarbij de naad evenwijdig aan de lijnvormige ondersteuning loopt;
- Speciale situaties, bijvoorbeeld in de buurt van een grote sparing in de vloer.



figuur 2 Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij een significant positief moment bij een plaatnaad kan optreden.

Toelichting:

Uit het uitgevoerde onderzoek voor de parkeergarage bij Eindhoven Airport, blijkt dat een breedplaatvloer constructieve problemen kan bezitten in het geval er ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten, ten gevolge van de primaire krachtsafdracht, een positief moment aanwezig is.

Stap 3 – Verzamelen van aanvullende informatie

Verzamel de beschikbare, aanvullende informatie van de breedplaatvloer, zoals wapeningstekeningen, berekeningen en eventuele gegevens over constructieve gebreken of aanpassingen die in het verleden hebben plaatsgevonden.

Aangezien het onderzoek zich richt op relatief jonge constructies, is de kans groot dat bij de producent van de breedplaatvloeren, de gemeente, de (hoofd)constructeur en/of de (hoofd)aannemer informatie over de vloerconstructie aanwezig is.

Aanbevolen wordt de beschikbaar gekomen informatie van de breedplaatvloeren zodanig te archiveren, dat dit in de toekomst snel kan worden geraadpleegd als uit aanvullend onderzoek blijkt dat ook andere situaties dan genoemd in het voorliggende document, kritisch zijn met betrekking tot constructieve veiligheid.

Stap 4 – Uitvoering breedplaten

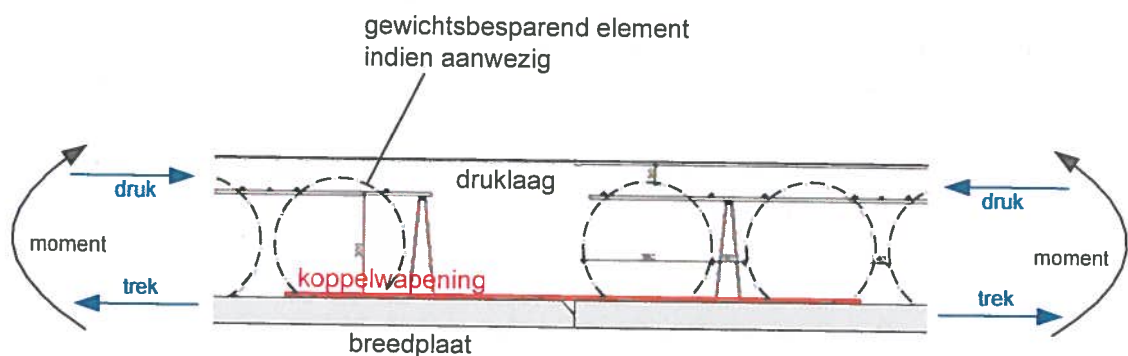
Controleer met de beschikbare informatie of de vloer is uitgevoerd met zelfverdichtend beton zonder opruwing. Of zelfverdichtend beton is toegepast en of dat is opgeruwd, is waarschijnlijk niet terug te vinden op de tekeningen van de vloer. De producent van de toegepaste breedplaten kan hierover mogelijk wel nadere informatie verstrekken of publiceren. Informatie hierover kan worden ingewonnen bij de producent of bij de AB-FAB (www.ab-fab.nl). Op het moment dat niet kan worden uitgesloten dat zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, moet ervan worden uitgegaan dat dit is toegepast.

Toelichting:

De instorting van de parkeergarage bij Eindhoven Airport betrof een oplossing met breedplaten vervaardigd met zelfverdichtend beton. Deze oplossing is door middel van onderzoek in het Structures Laboratory van de TU/e onderzocht. Hieruit kwam naar voren dat de schuifsterkte van het aansluitvlak relatief laag was. Aangenomen wordt dat dit veroorzaakt is door de toepassing van zelfverdichtend beton voor de breedplaten en het achterwege laten van enige vorm van opruwen van de bovenzijde van de breedplaten. Eerdere proeven met breedplaten van normaal grindbeton die niet zijn opgeruwd, leidden tot 2,5 à 3 maal hogere schuifsterkten in het aansluitvlak. Deze schuifsterkten zijn significant hoger dan de in Eurocode 2 beschreven rekenwaarde van de schuifsterkte. Uit het in hoofdstuk 1 beschreven nadere onderzoek zal een meer uitgebreide beschrijving van de constructieve eigenschappen van het aansluitvlak bij diverse configuraties volgen.

Stap 5 – Beoordeel het detail

In het geval een significant positief moment ter plaatse van een breedplaatnaad moet worden voer-
gedragen dan moet de trekkracht, die in de wapening van de breedplaat aanwezig is, via koppelwa-
pening die op de breedplaat ligt, naar de wapening in de breedplaat aan de andere zijde van de naad
worden overgebracht. Dit is voor een langsnaad toegelicht in figuur 3.



figuur 3 Een door een positief moment veroorzaakte trekkracht in de breedplaten die via koppelwapening op de breedplaten moet worden overgebracht.

Toelichting:

Een vergelijkbare situatie kan ook optreden bij een kopnaad tussen twee breedplaten. De tralieliggers die de breedplaat en de opstort met elkaar verbinden zullen in dat geval in de andere richting lopen en zich ook

dichter bij de plaatnaad bevinden. Naar verwachting is deze situatie minder kritisch, maar omdat hierover nog maar weinig bekend is, wordt voorsnog geen onderscheid gemaakt tussen langsnaden en kopnaden.

In de beschouwde vloer moet het positieve moment ter plaatse van de naad worden bepaald bij de maatgevende fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700, niveau bestaande bouw. Voorsnog wordt geadviseerd hierbij geen herverdeling waarbij de negatieve momenten toenemen en de veldmomenten afnemen, toe te passen. Uit dit moment kan de trekkracht in de koppelwapening die op de breedplaat is aangebracht, worden bepaald.

Als in het aansluitvlak tussen het ter plaatse gestorte beton en de breedplaat, ter plaatse van het oppervlak tussen de koppelwapening en de wapening in de breedplaat bij de bovengenoemde belastingscombinatie de gemiddelde schuifspanning ten gevolge van de overdracht van de trekkracht naar de wapening in de breedplaat, groter is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan is de constructieve veiligheid niet zonder meer gewaarborgd. Dit wil niet zeggen dat er mogelijk sprake is van een gevaarlijke situatie, maar er moet dan wel zo spoedig mogelijk onderzoek worden uitgevoerd volgens stap 6.

De gemiddelde schuifspanning in het beschreven deel van het aansluitvlak kan worden bepaald door de kracht die benodigd is in de koppelwapening te delen door een oppervlak dat gelijk is aan het product van de verankeringslengte en de breedte waarover de koppelwapening beschouwd is. Hierbij hoeft verder geen reductie voor eventueel aanwezige gewichtsbesparende elementen in rekening te zijn gebracht, als de koppelwapening tussen de gewichtsbesparende elementen ligt:

$$v_{\text{Ed,gem}} = F_{\text{Esd}} / A_v$$

waarin:

$v_{\text{Ed,gem}}$ is de schuifspanning die gemiddeld in het oppervlak van het aansluitvlak aanwezig is;

F_{Esd} is de trekkracht in de koppelwapening ten gevolge van het beschouwde moment;

A_v is het oppervlak van het aansluitvlak;
 $= l_b b$

l_b is de aanwezige verankeringslengte van de koppelwapening boven de beschouwde breedplaat, maar niet groter dan de 50ϕ ;

b is de breedte waarover de beschouwde koppelwapening aanwezig is.

Als de schuifspanning de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ niet overschrijdt, wordt geen direct nader onderzoek noodzakelijk geacht.

Toelichting:

De grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ is gebaseerd op de schuifsterkte die is gevonden bij het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport. Op dit moment wordt ervan uitgegaan dat het een conservatieve waarde betreft. Bij andere samenstellingen van beton – dus ook bij andere mengsels voor zelfverdichtend beton – zouden mogelijk hogere waarden gevonden kunnen worden. De komende tijd zal experimenteel onderzoek worden uitgevoerd om de daadwerkelijke schuifsterkte van verschillende configuraties van betonmengsels en afwerking van de bovenzijde van de breedplaten te bepalen. Als uit dat onderzoek blijkt, dat de rekenwaarde van de schuifsterkte daadwerkelijk hoger is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan kan definitief worden geconcludeerd dat de vloeren veilig zijn. Een vloer is voldoende veilig als deze voldoet aan het veiligheidsniveau uit NEN 8700

voor bestaande bouw. Als de rekenwaarde van de schuifsterkte lager blijkt te zijn dan de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$, dan moet de vloer mogelijk alsnog worden versterkt.

Stap 6 – Onderzoek ter plaatse:

Het onderzoek ter plaatse bestaat uit het vaststellen of er daadwerkelijk sprake is van delaminatie tussen de breedplaat en de druklaag op kritische plaatsen nabij de naad tussen twee breedplaten. Het betreft een onderzoek “in het werk”. Geadviseerd wordt het onderzoek naar delaminatie middels een selecte steekproef uit te voeren, waarbij de onderzoeklocaties als volgt worden geselecteerd:

- Ter plaatse waar rekenkundig de grootste schuifspanningen in het aansluitvlak optreden;
- In vloervelden met “verdachte omstandigheden”, zoals overmatige scheurvorming of overmatige doorbuiging van de vloer en het openstaan van plaatnaden.

Voor het opsporen van delaminaties zijn niet-destructieve technieken beschikbaar, zoals een ultrasoon scanner (Proceq Pundit of gelijkwaardig). Op basis van op dit moment bekende informatie over die techniek, wordt aangenomen dat met die techniek ook de aanwezigheid van een dunne spleet tussen breedplaat en druklaag kan worden gedetecteerd. Dat zal waarschijnlijk niet het geval zijn bij het bekloppen van de breedplaat met een bankhamer. Het bekloppen met een bankhamer kan alleen worden beschouwd als een eerste, snelle test.

Een destructieve methode voor onderzoek naar delaminatie is het maken van boorgaten om te kijken of er een spleet zichtbaar is tussen breedplaat en druklaag. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van een endoscoop. Bij een dunne spleet tussen breedplaat en druklaag kan de spleet echter moeilijk zichtbaar zijn. Het beoordelen van de boorkernen is ook een mogelijkheid, maar door trillingen tijdens het boren kan de breedplaat los komen van de druklaag. In dat geval zou dan onterecht worden geconcludeerd dat de breedplaat was gedelamineerd.

Als er geen delaminatie is geconstateerd dan wordt geadviseerd totdat het hiervoor genoemde aanvullend onderzoek naar de daadwerkelijke schuifsterkte is afgerond, het gebruik van de vloeren te beperken tot het gebruik zoals dat tot dan toe is geweest. Dat wil zeggen dat er geen toename van de belasting op de vloer moet zijn. Ook mag de vloerconstructie niet worden gewijzigd

Toelichting:

Uit het uitgevoerde onderzoek voor de parkeergarage bij Eindhoven Airport, blijkt dat er voordat bezwijken optreedt, een scheur ontstaat in het aansluitvlak tussen de breedplaat en de ter plaatse gestorte druklaag. De scheurwijdte is het grootste het dichtst bij de naad tussen de twee aansluitende breedplaten.

3 Maatregelen

In figuur 4 schematisch weergegeven in welke gevallen geen en in welke gevallen wel maatregelen noodzakelijk worden geacht. De deelverzameling van breedplaatvloeren waarvoor maatregelen noodzakelijk worden geacht, is in rood weergegeven. De overige breedplaatvloeren vallen in het groene gebied.



figuur 4 Schematische weergave van de deelverzamelingen van breedplaatvloeren waarvoor geen en wel maatregelen noodzakelijk worden geacht (respectievelijk in groen en rood).

Er moet onderscheid worden gemaakt tussen tijdelijke maatregelen en definitieve maatregelen. Tijdelijke maatregelen moeten zo spoedig mogelijk worden genomen als uit stap 4 blijkt dat sprake is van delaminatie. Tijdelijke maatregelen kunnen zijn:

- Het tijdelijk verlagen van belastingen op de vloer. In de praktijk zal dit betekenen dat de ruimte onder en boven de onveilige vloer moet worden ontruimd;
- Of het (plaatselijk) stempelen van de vloer.

Nadat tijdelijke maatregelen zijn genomen, zijn definitieve maatregelen noodzakelijk. Aangezien al sprake is van delaminatie, zal met de kennis die op dit moment beschikbaar is, altijd een versterking noodzakelijk zijn. Versterkingsmaatregelen voor deze specifieke situatie zijn nog in ontwikkeling. Er zijn reeds positieve resultaten bereikt met lijmmankers die vanaf de onderzijde van de vloer door het oppervlak van het kritische deel van het aansluitvlak worden aangebracht en die voldoende zijn verankerd in de ter plaatse gestorte druklaag en middels een moer en een volgplaat voldoende zijn verankerd onder de breedplaat.

Rijswijk, 2 oktober 2017

[Redacted signature]

[Redacted signature]

109

Van: [REDACTED]
Verzonden: maandag 2 oktober 2017 15:49
Aan: [REDACTED]
Onderwerp: RE: Concept B - notitie Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren in bestaan-de utiliteitsgebouwen van na 1999
Bijlagen: n-171002_concept B.docx

Dag [REDACTED]

Ik heb nog wat zitten wijzigen/toevoegen. Ik stel voor dat we even bellen.

Van: [REDACTED] adviesbureau-hageman.nl]
Verzonden: maandag 2 oktober 2017 15:05
Aan: [REDACTED]
CC: [REDACTED]; TNO'; [REDACTED]
Onderwerp: Concept B - notitie Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren in bestaan-de utiliteitsgebouwen van na 1999

Beste [REDACTED]

Naar aanleiding van ons telefoongesprek van deze middag heb ik concept B opgesteld.
Graag verneem ik jouw mening hierover.

Met vriendelijke groet,

[REDACTED]



Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.

[REDACTED]
Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.

Polakweg 14e 2288 GG

Postbus 26 2280 AA

RIJSWIJK

T [REDACTED]

[REDACTED]
www.adviesbureau-hageman.nl

De informatie, verzonden in of met dit e-mailbericht, is afkomstig van Adviesbureau Hageman en uitsluitend bestemd voor de geadresseerde. Indien dit e-mailbericht niet voor u bestemd is, wordt u vriendelijk verzocht per e-mail of telefoon contact op te nemen met de verzender van dit bericht.



Notitie 02-10-2017 Concept B

Dossier 9780

Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren in bestaande utiliteitsgebouwen van na 1999.

1 Inleiding

Op 27 mei 2017 is een deel van een 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 onveilig kunnen zijn¹. Hierdoor is de vraag ontstaan of bestaande gebouwen met breedplaten wel voldoende veilig zijn. Het voorliggende document geeft een methode om van een afzonderlijk gebouw het veiligheidsrisico te bepalen.

11.1

Ten eerste blijkt uit het geval Eindhoven dat het probleem optreedt als er sprake is van een primaire krachtsafdracht in de richting loodrecht op de overspanningsrichting van de breedplaten en als daarbij sprake is van een positief buigend moment in de breedplaatvloer ter plaatse van de naad tussen twee breedplaten. Dit constructiegedrag komt in het algemeen niet voor bij grondgebonden woningen en woongebouwen waarbij dragende wanden worden toegepast. Bij toepassing in utiliteitsgebouwen, waarbij bijvoorbeeld vaak sprake is van door kolommen ondersteunde vloeren kan de krachtsverdeling over de voeg tussen de breedplaten wel primair zijn. Ten tweede worden alleen gebouwen van na 1999 beschouwd omdat de prefab betonindustrie vanaf 2000 gebruik is gaan maken van zelfverdichtend beton en omdat kan worden aangenomen dat constructies gebouwd voor 2000 hun constructieve veiligheid ten aanzien van dit punt, middels het langdurige gebruik reeds groot deels bewezen hebben.

11.1

11.1

- (1) er geen veiligheidsrisico is;
- (2) er een mogelijk veiligheidsrisico is maar vooralsnog geen direct maatregelen nodig zijn, of
- (3) er een urgent veiligheidsrisico is waarbij direct maatregelen genomen moeten worden.

Voor situatie (2) geeft dit document nog geen methode omdat daarvoor een voldoende inzicht in de constructieve eigenschappen nog onvoldoende is. Daarvoor moet namelijk voor verschillende configuraties nog aanvullend experimenteel onderzoek worden uitgevoerd naar de afschuifsterkte tussen breedplaat en ter plaatse gestorte betonnen druklaag. Naar verwachting wordt dit op korte

¹ Het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport is beschreven in Hageman rapport 9663-1-0 en TNO-rapport TNO 2017 R11127.

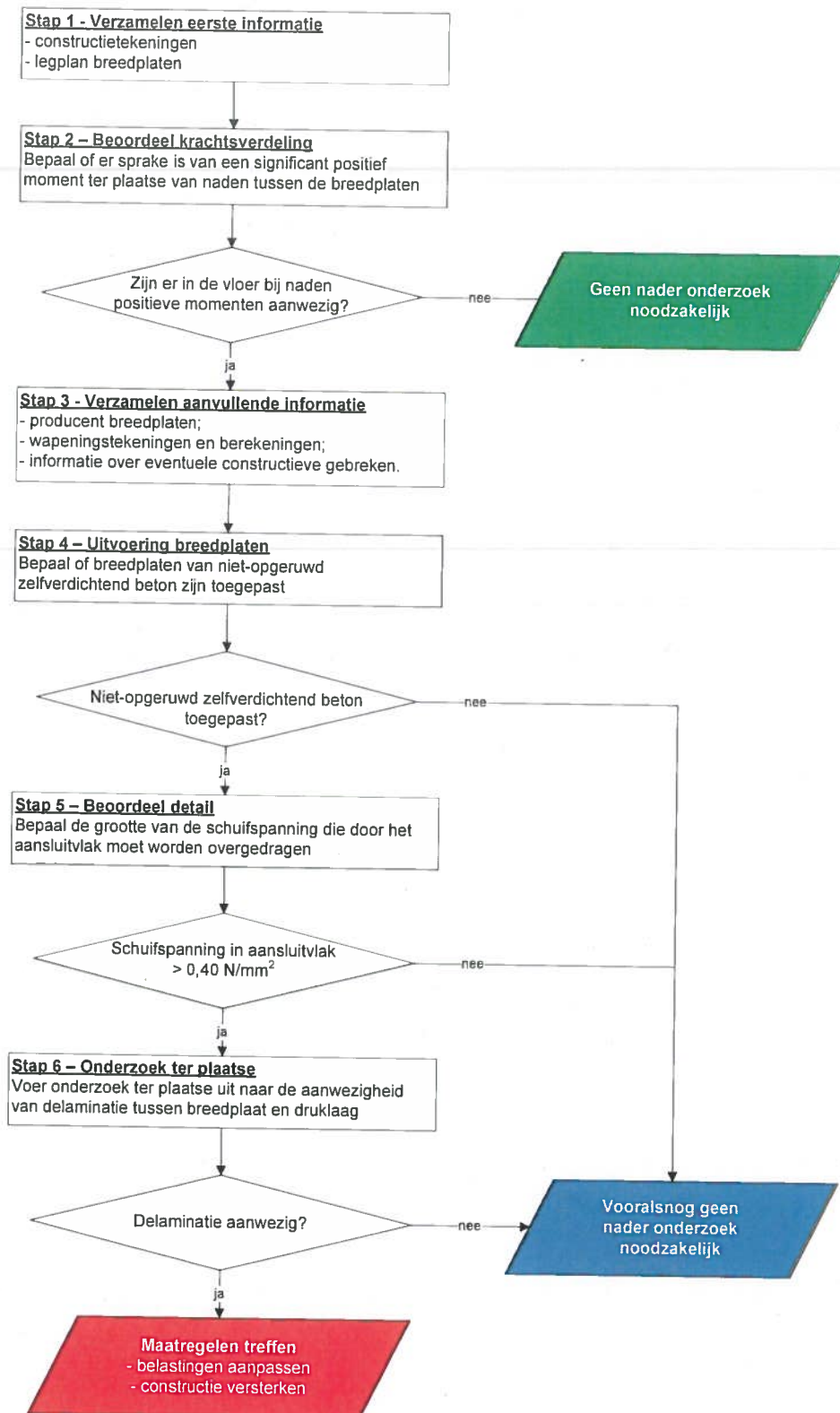
termijn uitgevoerd. Na afronding van dat onderzoek zal dit document worden aangepast en kan ook voor die situaties een definitieve beoordeling plaatsvinden.

In hoofdstuk 3 is op hoofdlijnen ingegaan op de maatregelen die kunnen worden getroffen als uit onderzoek bij een gebouw blijkt dat er sprake is van een urgent veiligheidsrisico..

2 Stappenplan onderzoek breedplaatvloeren in bestaande gebouwen

2.1 Algemeen

Voor het beoordelen van de constructieve veiligheid van constructies waarin breedplaatvloeren zijn toegepast, is een stappenplan opgesteld. Dit stappenplan is weergegeven in [figuur 1](#)~~figuur 1~~. In paragraaf 2.2 is het stappenplan toegelicht.



figuur 1 Stappenplan voor het onderzoek naar constructieve veiligheid van breedplaatvloeren.

2.2 Beschrijving en toelichting stappenplan

Hierna is het stappenplan nader beschreven en zijn de keuzes toegelicht.

Stap 1 – Verzamelen eerste informatie

Informatie over het bouwjaar van het gebouw en over het eventueel toepassen van breedplaatvloeren in het gebouw kan worden ontleend aan de tekeningen van de constructie en meer specifiek het legplan van de breedplaten. Als deze tekeningen niet in het bezit zijn van de eigenaar van het gebouw, kunnen zij mogelijk worden gevonden in het archief van de afdeling Bouw- en Woningtoezicht van de Gemeente of van de constructeur.

Of breedplaatvloeren zijn toegepast en de wijze waarop, kan ook worden bepaald met een observatie in het gebouw. Bij het gebruik van breedplaatvloeren is aan de onderzijde van de vloer vaak een naad zichtbaar die zich op een hart-op-hart-afstand van 2,4 meter of meer bevindt. Bij een hart-op-hart-afstand tussen de naden van 1,2 meter is er in het algemeen sprake van een kanaalplaatvloer. Als er geen naden zijn, is de vloer geheel ter plaatse gestort.



foto 1 Voegen tussen breedplaten aan de onderzijde van een breedplaatvloer

De schade bij de parkeergarage van Eindhoven Airport is ontstaan bij een vloer met gewichtsbesparende maatregelen. De oorzaak van deze schade kan echter ook aanwezig zijn bij breedplaatvloeren zonder gewichtsbesparende maatregelen, oftewel een normale breedplaatvloer.

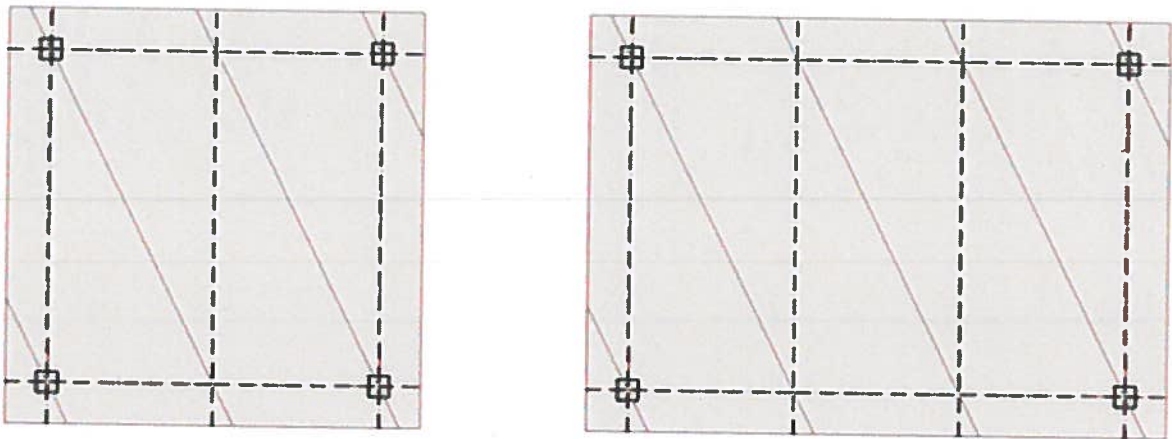
Stap 2 – Beoordeel de krachtsverdeling

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

11.1

Met de aanwezigheid van een primaire krachtsafdracht wordt bedoeld dat de grootte van de momentensom in de beschouwde richting niet kan worden verkleind door een herverdeling van de belastingsafdracht zodat de momenten som in de andere richting zal toenemen. Voorbeelden van breedplaatvloeren waarbij een significant positief moment bij een naad tussen twee breedplaten kan optreden, zijn:

- Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij geen sprake is van een primaire krachtsafdracht in twee richtingen (figuur 2);
- Lijnvormig ondersteunde vloeren met een naad in het midden van de overspanning, waarbij de naad evenwijdig aan de lijnvormige ondersteuning loopt;
- Speciale situaties, bijvoorbeeld in de buurt van een grote sparing in de vloer.



figuur 2 Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij een significant positief moment bij een plaatnaad kan optreden.

Toelichting:

Uit het uitgevoerde onderzoek voor de parkeergarage bij Eindhoven Airport, blijkt dat een breedplaatvloer constructieve problemen kan bezitten in het geval er ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten, ten gevolge van de primaire krachtsafdracht, een positief moment aanwezig is.

Stap 3 – Verzamelen van aanvullende informatie

Verzamel de beschikbare, aanvullende informatie van de breedplaatvloer, zoals wapeningstekeningen, berekeningen en eventuele gegevens over constructieve gebreken of aanpassingen die in het verleden hebben plaatsgevonden.

Aangezien het onderzoek zich richt op relatief jonge constructies, is de kans groot dat bij de producent van de breedplaatvloeren, de gemeente, de (hoofd)constructeur en/of de (hoofd)aannemer informatie over de vloerconstructie aanwezig is.

Aanbevolen wordt de beschikbaar gekomen informatie van de breedplaatvloeren zodanig te archiveren, dat dit in de toekomst snel kan worden geraadpleegd als uit aanvullend onderzoek blijkt dat ook andere situaties dan genoemd in het voorliggende document, kritisch zijn met betrekking tot constructieve veiligheid.

Stap 4 – Uitvoering breedplaten

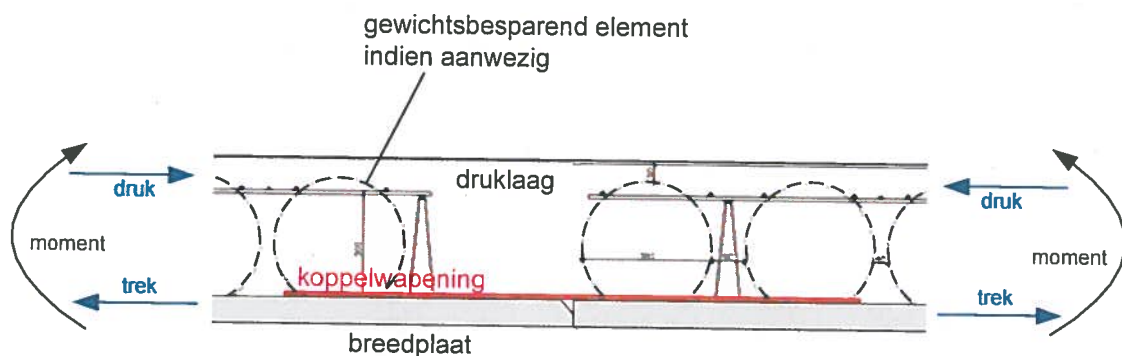
Controleer met de beschikbare informatie of de vloer is uitgevoerd met zelfverdichtend beton zonder opruwing. Of zelfverdichtend beton is toegepast en of dat is opgeruwd, is waarschijnlijk niet terug te vinden op de tekeningen van de vloer. De producent van de toegepaste breedplaten kan hierover mogelijk wel nadere informatie verstrekken of publiceren. Informatie hierover kan worden ingewonnen bij de producent of bij de AB-FAB (www.ab-fab.nl). Op het moment dat niet kan worden uitgesloten dat zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, moet ervan worden uitgegaan dat dit is toegepast.

Toelichting:

De instorting van de parkeergarage bij Eindhoven Airport betrof een oplossing met breedplaten vervaardigd met zelfverdichtend beton. Deze oplossing is door middel van onderzoek in het Structures Laboratory van de TU/e onderzocht. Hieruit kwam naar voren dat de schuifsterkte van het aansluitvlak relatief laag was. Aangenomen wordt dat dit veroorzaakt is door de toepassing van zelfverdichtend beton voor de breedplaten en het achterwege laten van enige vorm van opruwen van de bovenzijde van de breedplaten. Eerdere proeven met breedplaten van normaal grindbeton die niet zijn opgeruwd, leidden tot 2,5 à 3 maal hogere schuifsterkten in het aansluitvlak. Deze schuifsterkten zijn significant hoger dan de in Eurocode 2 beschreven rekenwaarde van de schuifsterkte. Uit het in hoofdstuk 1 beschreven nadere onderzoek zal een meer uitgebreide beschrijving van de constructieve eigenschappen van het aansluitvlak bij diverse configuraties volgen.

Stap 5 – Beoordeel het detail

In het geval een significant positief moment ter plaatse van een breedplaatnaad moet worden **over**voerd, dan moet de trekkracht, die in de wapening van de breedplaat aanwezig is, via koppelwapening die op de breedplaat ligt, naar de wapening in de breedplaat aan de andere zijde van de naad worden overgebracht. Dit is voor een langsnaad toegelicht in figuur 3.



figuur 3 Een door een positief moment veroorzaakte trekkracht in de breedplaten die via koppelwapening op de breedplaten moet worden overgebracht.

Toelichting:

Een vergelijkbare situatie kan ook optreden bij een kopnaad tussen twee breedplaten. De tralieliggers die de breedplaat en de opstort met elkaar verbinden zullen in dat geval in de andere richting lopen en zich ook dichterbij de plaatnaad bevinden. Naar verwachting is deze situatie minder kritisch, maar omdat hierover nog maar weinig bekend is, wordt vooralsnog geen onderscheid gemaakt tussen langsnaden en kopnaden.

11.1

Vooralsnog wordt geadviseerd hierbij geen herverdeling waarbij de negatieve momenten toenemen en de veldmomenten afnemen, toe te passen. Uit dit moment kan de trekkracht in de koppelwapening die op de breedplaat is aangebracht, worden bepaald.

Als in het aansluitvlak tussen het ter plaatse gestorte beton en de breedplaat, ter plaatse van het oppervlak tussen de koppelwapening en de wapening in de breedplaat bij de bovengenoemde belastingscombinatie de gemiddelde schuifspanning ten gevolge van de overdracht van de trekkracht naar de wapening in de breedplaat, groter is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan is de constructieve veiligheid niet zonder meer gewaarborgd. Dit wil niet zeggen dat er mogelijk sprake is van een gevaarlijke situatie, maar er moet dan wel zo spoedig mogelijk onderzoek worden uitgevoerd volgens stap 6.

De gemiddelde schuifspanning in het beschreven deel van het aansluitvlak kan worden bepaald door de kracht die benodigd is in de koppelwapening te delen door een oppervlak dat gelijk is aan het product van de verankeringslengte en de breedte waarover de koppelwapening beschouwd is. Hierbij hoeft verder geen reductie voor eventueel aanwezige gewichtsbesparende elementen in rekening te zijn gebracht, als de koppelwapening tussen de gewichtsbesparende elementen ligt:

$$v_{\text{Ed,gem}} = F_{\text{Esd}} / A_v$$

waarin:

$v_{\text{Ed,gem}}$ is de schuifspanning die gemiddeld in het oppervlak van het aansluitvlak aanwezig is;

F_{Esd} is de trekkracht in de koppelwapening ten gevolge van het beschouwde moment;

A_v is het oppervlak van het aansluitvlak;

$$= l_b \cdot b$$

l_b is de aanwezige verankeringslengte van de koppelwapening boven de beschouwde breedplaat, maar niet groter dan de 50ϕ ;

b is de breedte waarover de beschouwde koppelwapening aanwezig is.

Als de schuifspanning de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ niet overschrijdt, wordt geen direct nader onderzoek noodzakelijk geacht.

Toelichting:

De grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ is gebaseerd op de schuifsterkte die is gevonden bij het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport. Op dit moment wordt ervan uitgegaan dat het een conservatieve waarde betreft. Bij andere samenstellingen van beton – dus ook bij andere mengsels voor zelfverdichtend beton – zouden mogelijk hogere waarden gevonden kunnen worden. De komende tijd zal experimenteel onderzoek worden uitgevoerd om de daadwerkelijke schuifsterkte van verschillende configuraties van betonmengsels en afwerking van de bovenzijde van de breedplaten te bepalen. Als uit dat onderzoek blijkt, dat de rekenwaarde

van de schuifsterkte daadwerkelijk hoger is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan kan definitief worden geconcludeerd dat de vloeren veilig zijn. Een vloer is voldoende veilig als deze voldoet aan het veiligheidsniveau uit NEN 8700 voor bestaande bouw. Als de rekenwaarde van de schuifsterkte lager blijkt te zijn dan de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$, dan moet de vloer mogelijk alsnog worden versterkt.

Stap 6 – Onderzoek ter plaatse:

Het onderzoek ter plaatse bestaat uit het vaststellen of er daadwerkelijk sprake is van delaminatie tussen de breedplaat en de druklaag op kritische plaatsen nabij de naad tussen twee breedplaten.

11.1

Geadviseerd wordt het onderzoek naar delaminatie middels een selecte steekproef uit te voeren, waarbij de onderzoeklocaties als volgt worden geselecteerd:

- Ter plaatse waar rekenkundig de grootste schuifspanningen in het aansluitvlak optreden;
- In vloervelden met “verdachte omstandigheden”, zoals overmatige scheurvorming of overmatige doorbuiging van de vloer en het openstaan van plaatnaden.

Voor het opsporen van delaminaties zijn niet-destructieve technieken beschikbaar, zoals een ultrasoon scanner (Proceq Pundit of gelijkwaardig). Op basis van op dit moment bekende informatie over die techniek, wordt aangenomen dat met die techniek ook de aanwezigheid van een dunne spleet tussen breedplaat en druklaag kan worden gedetecteerd. Dat zal waarschijnlijk niet het geval zijn bij het bekloppen van de breedplaat met een bankhamer. Het bekloppen met een bankhamer kan alleen worden beschouwd als een eerste, snelle test.

Een destructieve methode voor onderzoek naar delaminatie is het maken van boorgaten om te kijken of er een spleet zichtbaar is tussen breedplaat en druklaag. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van een endoscoop. Bij een dunne spleet tussen breedplaat en druklaag kan de spleet echter moeilijk zichtbaar zijn. Het beoordelen van de boorkernen is ook een mogelijkheid, maar door trillingen tijdens het boren kan de breedplaat los komen van de druklaag. In dat geval zou dan onterecht worden geconcludeerd dat de breedplaat was gedelamineerd.

Als er geen delaminatie is geconstateerd dan wordt geadviseerd totdat het hiervoor genoemde aanvullend onderzoek naar de daadwerkelijke schuifsterkte is afgerond, het gebruik van de vloeren te beperken tot het gebruik zoals dat tot dan toe is geweest. Dat wil zeggen dat er geen toename van de belasting op de vloer moet zijn. Ook mag de vloerconstructie niet worden gewijzigd.

Toelichting:

Uit het uitgevoerde onderzoek voor de parkeergarage bij Eindhoven Airport, blijkt dat er voordat bezwijken optreedt, een scheur ontstaat in het aansluitvlak tussen de breedplaat en de ter plaatse gestorte druklaag. De scheurwijdte is het grootste het dichtst bij de naad tussen de twee aansluitende breedplaten.

3 Maatregelen

In figuur 4 schematisch weergegeven in welke gevallen geen en in welke gevallen wel maatregelen noodzakelijk worden geacht. De deelverzameling van breedplaatvloeren waarvoor maatregelen noodzakelijk worden geacht, is in rood weergegeven. De overige breedplaatvloeren vallen in het groene gebied.



figuur 4 Schematische weergave van de deelverzamelingen van breedplaatvloeren waarvoor geen en wel maatregelen noodzakelijk worden geacht (respectievelijk in groen en rood).

Er moet onderscheid worden gemaakt tussen tijdelijke maatregelen en definitieve maatregelen. Tijdelijke maatregelen moeten zo spoedig mogelijk worden genomen als uit stap 4 blijkt dat sprake is van delaminatie. Tijdelijke maatregelen kunnen zijn:

- Het tijdelijk verlagen van belastingen op de vloer. In de praktijk zal dit betekenen dat de ruimte onder en boven de onveilige vloer moet worden ontruimd;
- Of het (plaatselijk) stempelen van de vloer.

Nadat tijdelijke maatregelen zijn genomen, zijn definitieve maatregelen noodzakelijk. Aangezien al sprake is van delaminatie, zal met de kennis die op dit moment beschikbaar is, altijd een versterking noodzakelijk zijn. Versterkingsmaatregelen voor deze specifieke situatie zijn nog in ontwikkeling. Er zijn reeds positieve resultaten bereikt met lijmankeers die vanaf de onderzijde van de vloer door het oppervlak van het kritische deel van het aansluitvlak worden aangebracht en die voldoende zijn verankerd in de ter plaatse gestorte druklaag en middels een moer en een volgplaat voldoende zijn verankerd onder de breedplaat.

Rijswijk, 2 oktober 2017



111

Van: [REDACTED]@adviesbureau-hageman.nl>
Verzonden: maandag 2 oktober 2017 16:27
Aan: [REDACTED]
CC: [REDACTED] NO; [REDACTED]
Onderwerp: Notitie Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren in bestaande utiliteitsgebouwen van na 1999
Bijlagen: n-171002.pdf

Beste [REDACTED]

Gerelateerd aan de problematiek van de parkeergarage bij Eindhoven Airport, ontvang je hierbij onze notitie met een stappenplan voor het uitvoeren van een onderzoek naar de constructieve veiligheid bij de bestaande utiliteitsgebouwen, gebouwd na 1999.

Als je naar aanleiding hiervan nog vragen en/of opmerkingen hebt, vernemen wij dat graag.

Met vriendelijke groet,

[REDACTED]



Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.

[REDACTED]
Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.
Polakweg 14e 2288 GG
Postbus 26 2280 AA
RIJSWIJK

T [REDACTED]
M [REDACTED]
www.adviesbureau-hageman.nl

De informatie, verzonden in of met dit e-mailbericht, is afkomstig van Adviesbureau Hageman en uitsluitend bestemd voor de geadresseerde. Indien dit e-mailbericht niet voor u bestemd is, wordt u vriendelijk verzocht per e-mail of telefoon contact op te nemen met de verzender van dit bericht.

**Notitie 02-10-2017****Dossier 9780**

Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren in bestaande utiliteitsgebouwen van na 1999.

1 Inleiding

Op 27 mei 2017 is een deel van een 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 onveilig kunnen zijn¹. Hierdoor is de vraag ontstaan of bestaande gebouwen met breedplaten wel voldoende veilig zijn. Het voorliggende document geeft een methode om van een afzonderlijk gebouw het veiligheidsrisico te bepalen.

De reikwijdte van dit document is beperkt tot breedplaatvloeren toegepast in utiliteitsgebouwen van na 1999 omdat bij deze categorie gebouwen veiligheidsrisico's het meest aannemelijk zijn. Deze beperking is gebaseerd op een aantal argumenten. Ten eerste blijkt uit het geval Eindhoven dat het probleem optreedt als er sprake is van een primaire krachtsafdracht in de richting loodrecht op de overspanningsrichting van de breedplaten en als daarbij sprake is van een positief buigend moment in de breedplaatvloer ter plaatse van de naad tussen twee breedplaten. Dit constructiegedrag komt in het algemeen niet voor bij grondgebonden woningen en woongebouwen waarbij dragende wanden worden toegepast. Bij toepassing in utiliteitsgebouwen, waarbij bijvoorbeeld vaak sprake is van door kolommen ondersteunde vloeren kan de krachtsverdeling over de voeg tussen de breedplaten wel primair zijn. Ten tweede worden alleen gebouwen van na 1999 beschouwd omdat de prefab betonindustrie vanaf 2000 gebruik is gaan maken van zelfverdichtend beton en omdat kan worden aangenomen dat constructies gebouwd voor 2000 hun constructieve veiligheid ten aanzien van dit punt, middels het langdurige gebruik reeds groot deels bewezen hebben. Door de onderzoeken te beperken tot utiliteitsgebouwen van na 1999 wordt bewerkstelligd dat de onderzoeks- en toezichtcapaciteit zich kan richten op de gebouwen waar de meeste veiligheidswinst is te behalen. Door middel van het stappenplan in hoofdstuk 2 kan van een utiliteitsgebouw worden bepaald dat:

- (1) er geen veiligheidsrisico is;
- (2) er een mogelijk veiligheidsrisico is maar vooralsnog geen direct maatregelen nodig zijn, of
- (3) er een urgent veiligheidsrisico is waarbij direct maatregelen genomen moeten worden.

Voor situatie (2) geeft dit document nog geen methode omdat daarvoor een voldoende inzicht in de constructieve eigenschappen nog onvoldoende is. Daarvoor moet namelijk voor verschillende configuraties nog aanvullend experimenteel onderzoek worden uitgevoerd naar de afschuifsterkte tussen breedplaat en ter plaatse gestorte betonnen druklaag. Naar verwachting wordt dit op korte termijn uitgevoerd. Na afronding van dat onderzoek zal dit document worden aangepast en kan ook voor die situaties een definitieve beoordeling plaatsvinden.

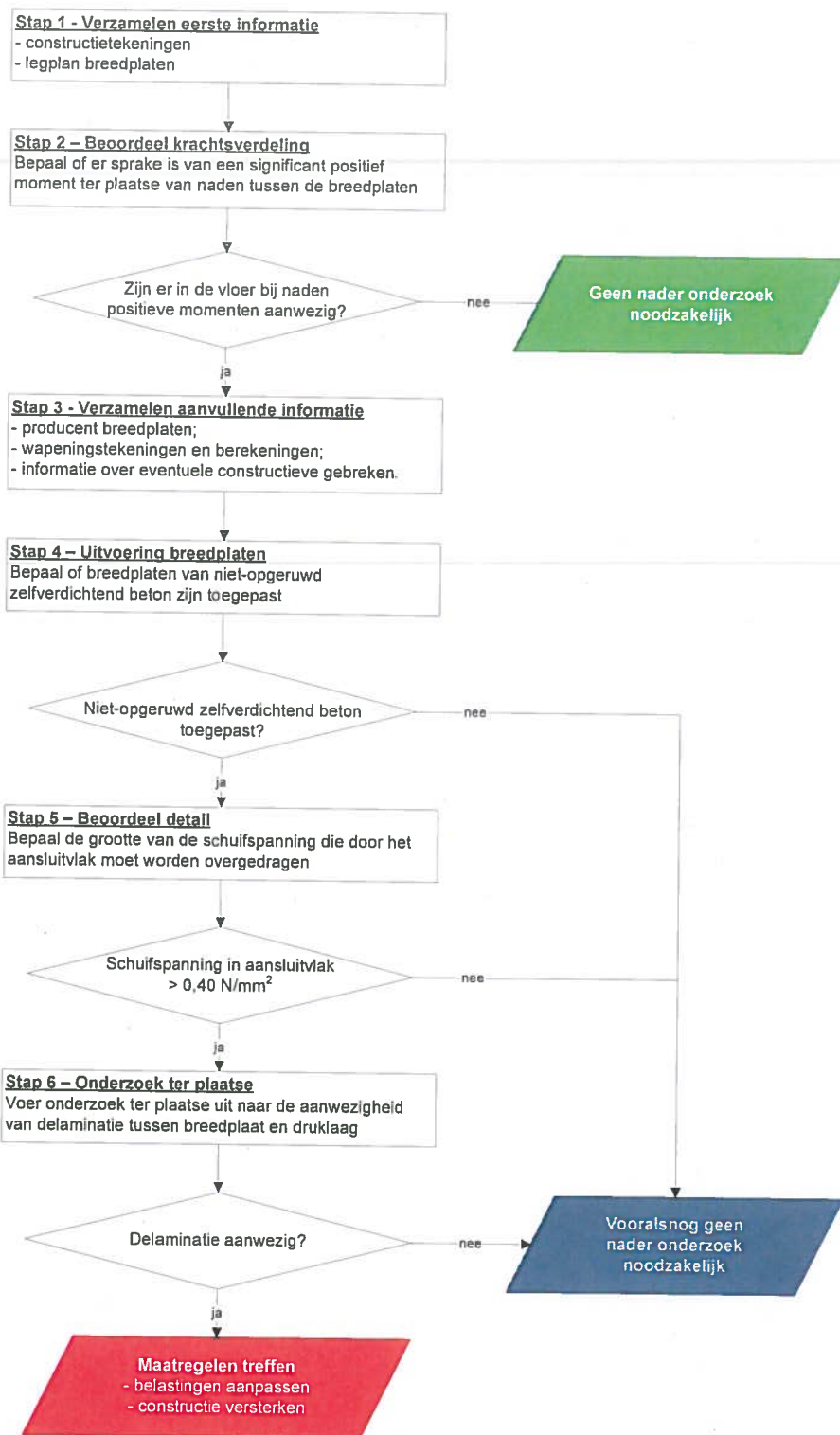
¹ Het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport is beschreven in Hageman rapport 9663-1-0 en TNO-rapport TNO 2017 R11127.

In hoofdstuk 3 is op hoofdlijnen ingegaan op de maatregelen die kunnen worden getroffen als uit onderzoek bij een gebouw blijkt dat er sprake is van een urgent veiligheidsrisico..

2 Stappenplan onderzoek breedplaatvloeren in bestaande gebouwen

2.1 Algemeen

Voor het beoordelen van de constructieve veiligheid van constructies waarin breedplaatvloeren zijn toegepast, is een stappenplan opgesteld. Dit stappenplan is weergegeven in figuur 1. In paragraaf 2.2 is het stappenplan toegelicht.



figuur 1 Stappenplan voor het onderzoek naar constructieve veiligheid van breedplaatvloeren.

2.2 Beschrijving en toelichting stappenplan

Hierna is het stappenplan nader beschreven en zijn de keuzes toegelicht.

Stap 1 – Verzamelen eerste informatie

Informatie over het bouwjaar van het gebouw en over het eventueel toepassen van breedplaatvloeren in het gebouw kan worden ontleend aan de tekeningen van de constructie en meer specifiek het legplan van de breedplaten. Als deze tekeningen niet in het bezit zijn van de eigenaar van het gebouw, kunnen zij mogelijk worden gevonden in het archief van de afdeling Bouw- en Woningtoezicht van de Gemeente of van de constructeur.

Of breedplaatvloeren zijn toegepast en de wijze waarop, kan ook worden bepaald met een observatie in het gebouw. Bij het gebruik van breedplaatvloeren is aan de onderzijde van de vloer vaak een naad zichtbaar die zich op een hart-op-hart-afstand van 2,4 meter of meer bevindt. Bij een hart-op-hart-afstand tussen de naden van 1,2 meter is er in het algemeen sprake van een kanaalplaatvloer. Als er geen naden zijn, is de vloer geheel ter plaatse gestort.



foto 1 Voegen tussen breedplaten aan de onderzijde van een breedplaatvloer

De schade bij de parkeergarage van Eindhoven Airport is ontstaan bij een vloer met gewichtsbesparende maatregelen. De oorzaak van deze schade kan echter ook aanwezig zijn bij breedplaatvloeren zonder gewichtsbesparende maatregelen, oftewel een normale breedplaatvloer.

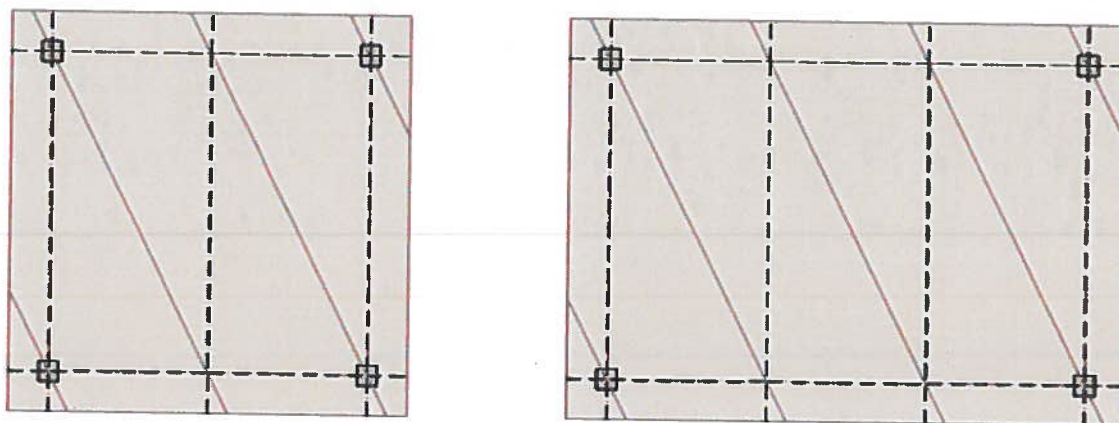
Stap 2 – Beoordeel de krachtsverdeling

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

In het geval de afzonderlijke breedplaten aan beide uiteinden direct dragen op dragende wanden, betonnen liggers of voldoende stijve verstijfde vloerstroken of stalen liggers zal geen sprake van significante positieve momenten ter plaatsen van naden. In alle andere gevallen moet een constructeur bepalen of er sprake is van een significant positief moment.

Met de aanwezigheid van een primaire krachtsafdracht wordt bedoeld dat de grootte van de momentensom in de beschouwde richting niet kan worden verkleind door een herverdeling van de belastingafdracht zodat de momenten som in de andere richting zal toenemen. Voorbeelden van breedplaatvloeren waarbij een significant positief moment bij een naad tussen twee breedplaten kan optreden, zijn:

- Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij geen sprake is van een primaire krachtsafdracht in twee richtingen (figuur 2);
- Lijnvormig ondersteunde vloeren met een naad in het midden van de overspanning, waarbij de naad evenwijdig aan de lijnvormige ondersteuning loopt;
- Speciale situaties, bijvoorbeeld in de buurt van een grote sparing in de vloer.



figuur 2 Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij een significant positief moment bij een plaatnaad kan optreden.

Toelichting:

Uit het uitgevoerde onderzoek voor de parkeergarage bij Eindhoven Airport, blijkt dat een breedplaatvloer constructieve problemen kan bezitten in het geval er ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten, ten gevolge van de primaire krachtsafdracht, een positief moment aanwezig is.

Stap 3 – Verzamelen van aanvullende informatie

Verzamel de beschikbare, aanvullende informatie van de breedplaatvloer, zoals wapeningstekeningen, berekeningen en eventuele gegevens over constructieve gebreken of aanpassingen die in het verleden hebben plaatsgevonden.

Aangezien het onderzoek zich richt op relatief jonge constructies, is de kans groot dat bij de producent van de breedplaatvloeren, de gemeente, de (hoofd)constructeur en/of de (hoofd)aannemer informatie over de vloerconstructie aanwezig is.

Aanbevolen wordt de beschikbaar gekomen informatie van de breedplaatvloeren zodanig te archiveren, dat dit in de toekomst snel kan worden geraadpleegd als uit aanvullend onderzoek blijkt dat ook andere situaties dan genoemd in het voorliggende document, kritisch zijn met betrekking tot constructieve veiligheid.

Stap 4 – Uitvoering breedplaten

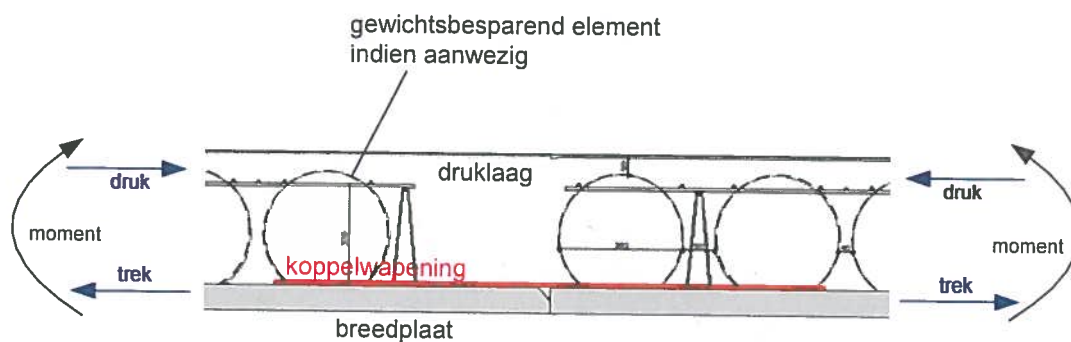
Controleer met de beschikbare informatie of de vloer is uitgevoerd met zelfverdichtend beton zonder opruwing. Of zelfverdichtend beton is toegepast en of dat is opgeruwd, is waarschijnlijk niet terug te vinden op de tekeningen van de vloer. De producent van de toegepaste breedplaten kan hierover mogelijk wel nadere informatie verstrekken of publiceren. Informatie hierover kan worden ingewonnen bij de producent of bij de AB-FAB (www.ab-fab.nl). Op het moment dat niet kan worden uitgesloten dat zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, moet ervan worden uitgegaan dat dit is toegepast.

Toelichting:

De instorting van de parkeergarage bij Eindhoven Airport betrof een oplossing met breedplaten vervaardigd met zelfverdichtend beton. Deze oplossing is door middel van onderzoek in het Structures Laboratory van de TU/e onderzocht. Hieruit kwam naar voren dat de schuifsterkte van het aansluitvlak relatief laag was. Aangenomen wordt dat dit veroorzaakt is door de toepassing van zelfverdichtend beton voor de breedplaten en het achterwege laten van enige vorm van opruwen van de bovenzijde van de breedplaten. Eerdere proeven met breedplaten van normaal grindbeton die niet zijn opgeruwd, leidden tot 2,5 à 3 maal hogere schuifsterkten in het aansluitvlak. Deze schuifsterkten zijn significant hoger dan de in Eurocode 2 beschreven rekenwaarde van de schuifsterkte. Uit het in hoofdstuk 1 beschreven nadere onderzoek zal een meer uitgebreide beschrijving van de constructieve eigenschappen van het aansluitvlak bij diverse configuraties volgen.

Stap 5 – Beoordeel het detail

In het geval een significant positief moment ter plaatse van een breedplaatnaad moet worden overgedragen dan moet de trekkracht, die in de wapening van de breedplaat aanwezig is, via koppelwapening die op de breedplaat ligt, naar de wapening in de breedplaat aan de andere zijde van de naad worden overgebracht. Dit is voor een langsnaad toegelicht in figuur 3.



figuur 3 Een door een positief moment veroorzaakte trekkracht in de breedplaten die via koppelwapening op de breedplaten moet worden overgebracht.

Toelichting:

Een vergelijkbare situatie kan ook optreden bij een kopnaad tussen twee breedplaten. De tralieliggers die de breedplaat en de opstort met elkaar verbinden zullen in dat geval in de andere richting lopen en zich ook

dichter bij de plaatnaad bevinden. Naar verwachting is deze situatie minder kritisch, maar omdat hierover nog maar weinig bekend is, wordt vooralsnog geen onderscheid gemaakt tussen langsnaden en kopnaden.

In de beschouwde vloer moet het positieve moment ter plaatse van de naad door een constructeur worden bepaald bij de maatgevende fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700, niveau bestaande bouw. Vooralsnog wordt geadviseerd hierbij geen herverdeling waarbij de negatieve momenten toenemen en de veldmomenten afnemen, toe te passen. Uit dit moment kan de trekkracht in de koppelwapening die op de breedplaat is aangebracht, worden bepaald.

Als in het aansluitvlak tussen het ter plaatse gestorte beton en de breedplaat, ter plaatse van het oppervlak tussen de koppelwapening en de wapening in de breedplaat bij de bovengenoemde belastingscombinatie de gemiddelde schuifspanning ten gevolge van de overdracht van de trekkracht naar de wapening in de breedplaat, groter is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan is de constructieve veiligheid niet zonder meer gewaarborgd. Dit wil niet zeggen dat er mogelijk sprake is van een gevaarlijke situatie, maar er moet dan wel zo spoedig mogelijk onderzoek worden uitgevoerd volgens stap 6.

De gemiddelde schuifspanning in het beschreven deel van het aansluitvlak kan worden bepaald door de kracht die benodigd is in de koppelwapening te delen door een oppervlak dat gelijk is aan het product van de verankeringslengte en de breedte waarover de koppelwapening beschouwd is. Hierbij hoeft verder geen reductie voor eventueel aanwezige gewichtsbeparende elementen in rekening te zijn gebracht, als de koppelwapening tussen de gewichtsbeparende elementen ligt:

$$v_{\text{Ed,gem}} = F_{\text{Esd}} / A_v$$

waarin:

$v_{\text{Ed,gem}}$ is de schuifspanning die gemiddeld in het oppervlak van het aansluitvlak aanwezig is;

F_{Esd} is de trekkracht in de koppelwapening ten gevolge van het beschouwde moment;

A_v is het oppervlak van het aansluitvlak;
 $= l_b b$

l_b is de aanwezige verankeringslengte van de koppelwapening boven de beschouwde breedplaat, maar niet groter dan de $50\varnothing$;

b is de breedte waarover de beschouwde koppelwapening aanwezig is.

Als de schuifspanning de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ niet overschrijdt, wordt geen direct nader onderzoek noodzakelijk geacht.

Toelichting:

De grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ is gebaseerd op de schuifsterkte die is gevonden bij het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport. Op dit moment wordt ervan uitgegaan dat het een conservatieve waarde betreft. Bij andere samenstellingen van beton – dus ook bij andere mengsels voor zelfverdichtend beton – zouden mogelijk hogere waarden gevonden kunnen worden. De komende tijd zal experimenteel onderzoek worden uitgevoerd om de daadwerkelijke schuifsterkte van verschillende configuraties van betonmengsels en afwerking van de bovenzijde van de breedplaten te bepalen. Als uit dat onderzoek blijkt, dat de rekenwaarde van de schuifsterkte daadwerkelijk hoger is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan kan definitief worden geconcludeerd dat de vloeren veilig zijn. Een vloer is voldoende veilig als deze voldoet aan het veiligheidsniveau uit NEN 8700

voor bestaande bouw. Als de rekenwaarde van de schuifsterkte lager blijkt te zijn dan de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$, dan moet de vloer mogelijk alsnog worden versterkt.

Stap 6 – Onderzoek ter plaatse:

Het onderzoek ter plaatse bestaat uit het vaststellen of er daadwerkelijk sprake is van delaminatie tussen de breedplaat en de druklaag op kritische plaatsen nabij de naad tussen twee breedplaten. Het betreft een onderzoek “in het werk”. Het onderzoek moet worden uitgevoerd door een deskundige op het gebied van betonconstructies. Geadviseerd wordt het onderzoek naar delaminatie middels een selecte steekproef uit te voeren, waarbij de onderzoeklocaties als volgt worden geselecteerd:

- Ter plaatse waar rekenkundig de grootste schuifspanningen in het aansluitvlak optreden;
- In vloervelden met “verdachte omstandigheden”, zoals overmatige scheurvorming of overmatige doorbuiging van de vloer en het ontstaan van plaatnaden.

Voor het opsporen van delaminaties zijn niet-destructieve technieken beschikbaar, zoals een ultrasoon scanner (Proceq Pundit of gelijkwaardig). Op basis van op dit moment bekende informatie over die techniek, wordt aangenomen dat met die techniek ook de aanwezigheid van een dunne spleet tussen breedplaat en druklaag kan worden gedetecteerd. Dat zal waarschijnlijk niet het geval zijn bij het bekloppen van de breedplaat met een bankhamer. Het bekloppen met een bankhamer kan alleen worden beschouwd als een eerste, snelle test.

Een destructieve methode voor onderzoek naar delaminatie is het maken van boorgaten om te kijken of er een spleet zichtbaar is tussen breedplaat en druklaag. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van een endoscoop. Bij een dunne spleet tussen breedplaat en druklaag kan de spleet echter moeilijk zichtbaar zijn. Het beoordelen van de boorkernen is ook een mogelijkheid, maar door trillingen tijdens het boren kan de breedplaat los komen van de druklaag. In dat geval zou dan onterecht worden geconcludeerd dat de breedplaat was gedelamineerd.

Als er geen delaminatie is geconstateerd dan wordt geadviseerd totdat het hiervoor genoemde aanvullend onderzoek naar de daadwerkelijke schuifsterkte is afgerond, het gebruik van de vloeren te beperken tot het gebruik zoals dat tot dan toe is geweest. Dat wil zeggen dat er geen toename van de belasting op de vloer moet zijn. Ook mag de vloerconstructie niet worden gewijzigd.

Toelichting:

Uit het uitgevoerde onderzoek voor de parkeergarage bij Eindhoven Airport, blijkt dat er voordat bezwijken optreedt, een scheur ontstaat in het aansluitvlak tussen de breedplaat en de ter plaatse gestorte druklaag. De scheurwijdte is het grootste het dichtst bij de naad tussen de twee aansluitende breedplaten.

3 Maatregelen

In figuur 4 schematisch weergegeven in welke gevallen geen en in welke gevallen wel maatregelen noodzakelijk worden geacht. De deelverzameling van breedplaatvloeren waarvoor maatregelen noodzakelijk worden geacht, is in rood weergegeven. De overige breedplaatvloeren vallen in het groene gebied.



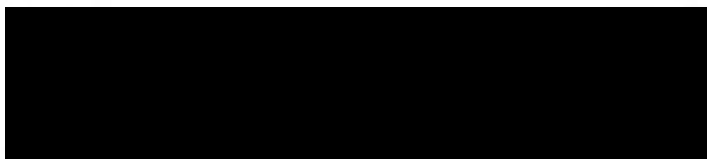
figuur 4 Schematische weergave van de deelverzamelingen van breedplaatvloeren waarvoor geen en wel maatregelen noodzakelijk worden geacht (respectievelijk in groen en rood).

Er moet onderscheid worden gemaakt tussen tijdelijke maatregelen en definitieve maatregelen. Tijdelijke maatregelen moeten zo spoedig mogelijk worden genomen als uit stap 4 blijkt dat sprake is van delaminatie. Tijdelijke maatregelen kunnen zijn:

- Het tijdelijk verlagen van belastingen op de vloer. In de praktijk zal dit betekenen dat de ruimte onder en boven de onveilige vloer moet worden ontruimt;
- Of het (plaatselijk) stempelen van de vloer.

Nadat tijdelijke maatregelen zijn genomen, zijn definitieve maatregelen noodzakelijk. Aangezien al sprake is van delaminatie, zal met de kennis die op dit moment beschikbaar is, altijd een versterking noodzakelijk zijn. Versterkingsmaatregelen voor deze specifieke situatie zijn nog in ontwikkeling. Er zijn reeds positieve resultaten bereikt met lijmmankers die vanaf de onderzijde van de vloer door het oppervlak van het kritische deel van het aansluitvlak worden aangebracht en die voldoende zijn verankerd in de ter plaatse gestorte druklaag en middels een moer en een volgplaat voldoende zijn verankerd onder de breedplaat.

Rijswijk, 2 oktober 2017



Van: [REDACTED]
Verzonden: dinsdag 3 oktober 2017 10:55
Aan: [REDACTED]
Onderwerp: woningbouw

Beste [REDACTED]

11.1 [REDACTED]

Graag daarom alvast nadenken hoe we dit anders kunnen opschrijven. Onderstaand zou mogelijk een oplossing zijn?

Vriendelijke groet,
[REDACTED]

Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren in bestaande gebouwen van na 1999.

Inleiding

11.1

[1] Het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport is beschreven in Hageman rapport 9663-1-0 en TNO-rapport TNO 2017 R11127.

114

Van: [redacted]@adviesbureau-hageman.nl>
Verzonden: donderdag 5 oktober 2017 08:11
Aan: [redacted]
CC: [redacted]; [redacted] TNO
Onderwerp: Concept B van notitie 5-10-2017
Bijlagen: n-171005_concept B.docx

Beste [redacted]

Hierbij stuur ik je concept B van onze notitie. Tot half elf geef ik college. Daarna kan ik je eventuele opmerkingen verwerken en de notitie definitief maken.

Met vriendelijke groet,
[redacted]



Notitie 05-10-2017 Concept B

Dossier 9780

Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren in bestaande utiliteitsgebouwen opgeleverd na 1999.

1 Inleiding

Op 27 mei 2017 is een deel van een 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 onveilig kunnen zijn¹. Hierdoor is de vraag ontstaan of bestaande bouwwerken met breedplaten wel voldoende veilig zijn. Het voorliggende document geeft een methode om van een afzonderlijk bouwwerk het veiligheidsrisico te bepalen.

De reikwijdte van dit document is beperkt tot bouwwerken waarbij het grootste veiligheidsrisico wordt gezien. Dit betreft bouwwerken die zijn opgeleverd na 1999. Woningen en woongebouwen vallen hier buiten. Dit geldt niet voor parkeergarages, winkels en dergelijke onder een woongebouw.

Door middel van het stappenplan in hoofdstuk 2 kan van een bouwwerk worden bepaald dat:

- (1) er geen veiligheidsrisico is;
- (2) er een mogelijk veiligheidsrisico is maar vooralsnog geen directe maatregelen nodig zijn, of
- (3) er een urgent veiligheidsrisico is waarbij direct maatregelen genomen moeten worden.

Voor situatie (2) geeft dit document nog geen methode om tot een definitief oordeel te komen omdat het inzicht in de constructieve eigenschappen nog onvoldoende is. Daarvoor moet namelijk voor verschillende configuraties nog aanvullend experimenteel onderzoek worden uitgevoerd naar de afschuifsterkte tussen breedplaat en ter plaatse gestorte betonnen druklaag. Na verwachting wordt dit onderzoek op korte termijn uitgevoerd. Na afronding hiervan zal dit document worden aangepast en kan ook voor die situaties een definitieve beoordeling plaatsvinden.

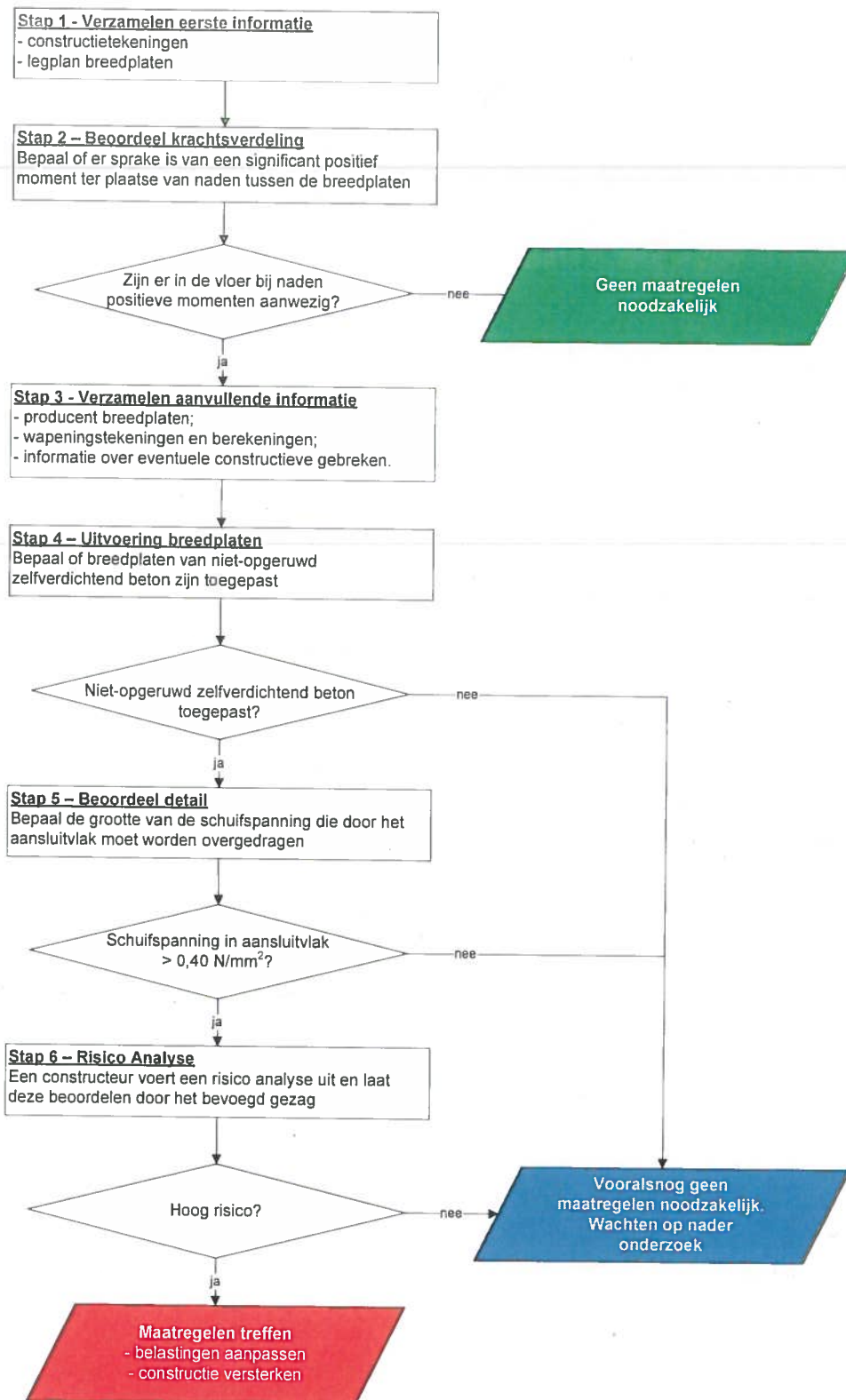
In hoofdstuk 3 is op hoofdlijnen ingegaan op de maatregelen die kunnen worden getroffen als uit onderzoek bij een gebouw blijkt dat er sprake is van een urgent veiligheidsrisico.

¹ Het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport is beschreven in Hageman rapport 9663-1-0 en TNO-rapport TNO 2017 R11127.

2 Stappenplan onderzoek breedplaatvloeren in bestaande gebouwen

2.1 Algemeen

Voor het beoordelen van de constructieve veiligheid van constructies waarin breedplaatvloeren zijn toegepast, is een stappenplan opgesteld. Dit stappenplan is weergegeven in figuur 1. In paragraaf 2.2 is het stappenplan toegelicht. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen breedplaatvloeren met en zonder gewichtsbesparende elementen.



figuur 1 Stappenplan voor het onderzoek naar constructieve veiligheid van breedplaatvloeren.

2.2 Beschrijving en toelichting stappenplan

Hierna is het stappenplan nader beschreven en zijn de keuzes toegelicht.

Stap 1 – Verzamelen eerste informatie

Informatie over het bouwjaar van het gebouw en over het eventueel toepassen van breedplaatvloeren in het gebouw kan worden ontleend aan de tekeningen van de constructie en meer specifiek het legplan van de breedplaten. Als deze tekeningen niet in het bezit zijn van de eigenaar van het gebouw, kunnen zij mogelijk worden gevonden in het archief van de gemeente, aannemer of constructeur.

Of breedplaatvloeren zijn toegepast en de wijze waarop, kan ook worden bepaald met een observatie in het gebouw. Bij het gebruik van breedplaatvloeren is aan de onderzijde van de vloer vaak een naad zichtbaar die zich op een hart-op-hart-afstand van 2,4 meter of meer bevindt. Bij een hart-op-hart-afstand tussen de naden van 1,2 meter is er in het algemeen sprake van een kanaalplaatvloer. Als er geen naden zijn en de vloer is aan de onderzijde niet voorzien van stucwerk, is de vloer geheel ter plaatse gestort.



foto 1 Voegen tussen breedplaten aan de onderzijde van een breedplaatvloer

Stap 2 – Beoordeel de krachtsverdeling

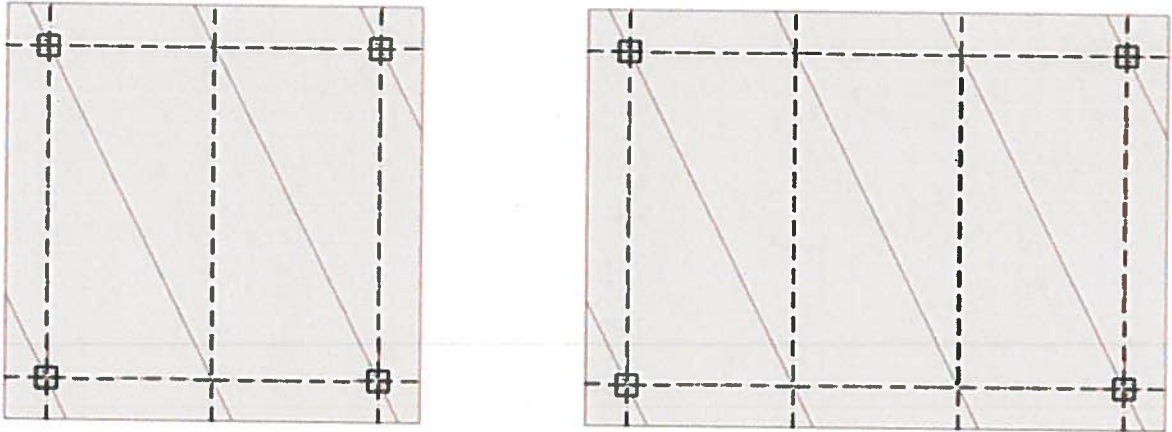
Nagegaan moet worden of er in de breedplaatvloeren, ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten sprake is van een positief moment dat veroorzaakt wordt door de primaire krachtsafracht.

In het geval de afzonderlijke breedplaten aan beide uiteinden direct dragen op dragende wanden of betonnen liggers zal geen sprake zijn van positieve momenten ter plaatse van naden. 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 en eventueel de grootte ervan bepalen.

Met de aanwezigheid van een primaire krachtsafracht wordt bedoeld dat de grootte van de momentensom in de beschouwde richting niet kan worden verkleind door een herverdeling van de belastingsafracht zodat de momenten som in de andere richting zal toenemen. Voorbeelden van

breedplaatvloeren waarbij een positief moment bij een naad tussen twee breedplaten kan optreden, zijn:

- Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij sprake is van een primaire krachtsafdracht in twee richtingen (figuur 2);
- Lijnvormig ondersteunde vloeren met een naad in het midden van de overspanning, waarbij de naad evenwijdig aan de lijnvormige ondersteuning loopt;
- Speciale situaties, bijvoorbeeld in de buurt van een grote sparing in de vloer.



figuur 2 Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij een significant positief moment bij een plaatnaad kan optreden.

Toelichting:

Uit het uitgevoerde onderzoek voor de parkeergarage bij Eindhoven Airport, blijkt dat een breedplaatvloer constructieve problemen kan bezitten in het geval er ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten, ten gevolge van de primaire krachtsafdracht, een positief moment aanwezig is.

Stap 3 – Verzamelen van aanvullende informatie

Verzamel de beschikbare, aanvullende informatie van de breedplaatvloer, zoals wapeningstekeningen, berekeningen en eventuele gegevens over constructieve gebreken of aanpassingen die in het verleden hebben plaatsgevonden.

Aangezien het onderzoek zich richt op relatief jonge constructies, is de kans groot dat bij de producent van de breedplaatvloeren, de gemeente, de (hoofd)constructeur en/of de (hoofd)aannemer informatie over de vloerconstructie aanwezig is.

Aanbevolen wordt de beschikbaar gekomen informatie van de breedplaatvloeren zodanig te archiveren, dat dit in de toekomst snel kan worden geraadpleegd als uit aanvullend onderzoek blijkt dat ook andere situaties dan genoemd in het voorliggende document, kritisch kunnen zijn met betrekking tot de constructieve veiligheid.

Stap 4 – Uitvoering breedplaten

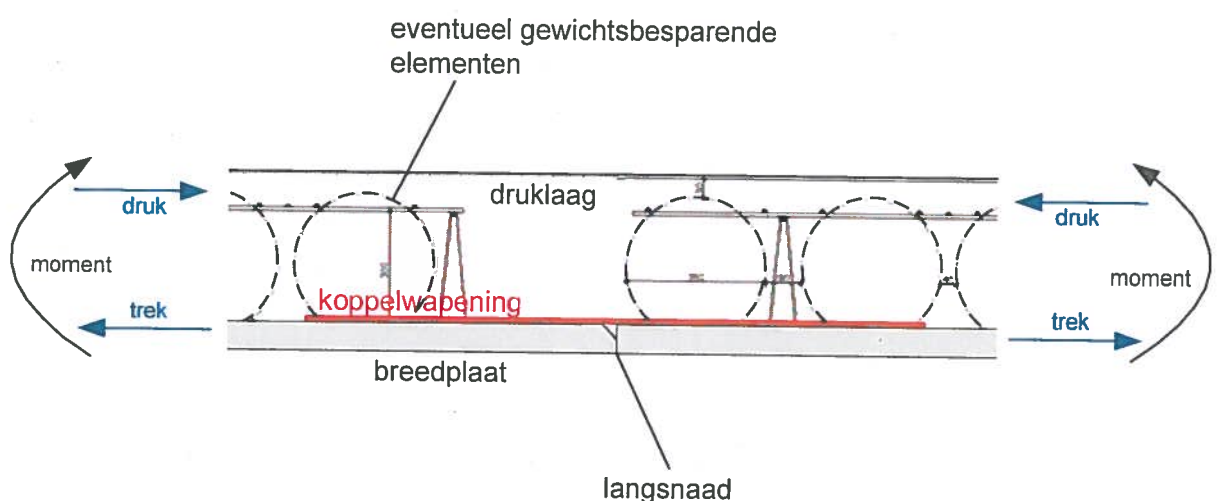
Controleer met de beschikbare informatie of de vloer is uitgevoerd met zelfverdichtend beton zonder opruwing. Of zelfverdichtend beton is toegepast en of dat is opgeruwd, is waarschijnlijk niet terug te vinden op de tekeningen van de vloer. De producent van de toegepaste breedplaten kan hierover mogelijk wel nadere informatie verstrekken. Hierover kan contact worden opgenomen met de producent of de aannemer. Op het moment dat niet kan worden uitgesloten dat zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, moet ervan worden uitgegaan dat dit is toegepast. Als geen zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, worden voorsnogen geen constructieve maatregelen noodzakelijk geacht.

Toelichting:

De instorting van de parkeergarage bij Eindhoven Airport betrof een vloerconstructie met breedplaten vervaardigd met zelfverdichtend beton. Deze vloerconstructie is door middel van onderzoek in het Structures Laboratory van de TU/e onderzocht. Hieruit kwam naar voren dat de schuifsterkte van het aansluitvlak tussen de breedplaat en de ter plaatse gestorte druklaag relatief laag was. Aangenomen wordt dat dit veroorzaakt is door de toepassing van zelfverdichtend beton voor de breedplaten en het achterwege laten van enige vorm van opruwen van de bovenzijde van de breedplaten. Eerdere proeven met breedplaten van normaal grindbeton die niet zijn opgeruwd, leidden tot 2,5 à 3 maal hogere schuifsterkten in het aansluitvlak. Uit het in hoofdstuk 1 genoemde experimenteel onderzoek zal een meer uitgebreide beschrijving van de constructieve eigenschappen van het aansluitvlak bij diverse configuraties volgen.

Stap 5 – Beoordeel het detail

In het geval een positief moment ter plaatse van een breedplaatnaad moet worden overgedragen, moet worden beoordeeld of de trekkracht, die in de wapening van de breedplaat aanwezig is, via koppelwapening die op de breedplaat ligt, naar de wapening in de breedplaat aan de andere zijde van de naad kan worden overgebracht. Daarbij moet worden getoetst of de schuifspanning in het aansluitvlak tussen de breedplaat en de druklaag niet een bepaalde grenswaarde overschrijdt. In een breedplaatvloer kan sprake zijn van langsnaden en kopnaden. De situatie voor een langснаad toelicht in figuur 3.



figuur 3 Een door een positief moment veroorzaakte trekkracht in de breedplaten die via koppelwapening op de breedplaten moet worden overgebracht.

Toelichting:

Een vergelijkbare situatie als bij een langснаad kan ook optreden bij een kopnaad tussen twee breedplaten. De tralieliggers die de breedplaat en de opstort met elkaar verbinden zullen in dat geval in de andere richting lopen en zich ook dicht bij de plaatnaad bevinden. Naar verwachting is deze situatie minder kritisch, maar omdat hierover nog maar weinig bekend is, wordt bij stap 5 vooralsnog geen onderscheid gemaakt tussen langsnaden en kopnaden.

In de beschouwde vloer moet het positieve moment ter plaatse van de naad door een constructeur worden bepaald bij de maatgevende fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700, niveau bestaande bouw. Vooralsnog wordt geadviseerd hierbij geen herverdeling toe te passen waarbij de negatieve momenten toenemen en de veldmomenten afnemen. Uit dit moment kan de trekkracht in de koppelwapening die op de breedplaat is aangebracht, worden bepaald.

De gemiddelde schuifspanning in het beschreven deel van het aansluitvlak kan worden bepaald door de kracht die benodigd is in de koppelwapening te delen door een oppervlak dat gelijk is aan het product van de verankeringslengte en de breedte waarover de koppelwapening beschouwd is. Hierbij hoeft verder geen reductie voor eventueel aanwezige gewichtsbesparende elementen in rekening te zijn gebracht als de reductie van het aansluitvlak hierdoor niet groter is dan 30%. In andere gevallen zal moeten worden nagegaan of een reductie toegepast moet worden, waarbij het een veilige benadering is door de breedte b te baseren op de breedte van het beton tussen de gewichtsbesparende elementen ter hoogte van het aansluitvlak.

$$v_{Ed,gem} = F_{Esd} / A_v$$

waarin:

- $v_{Ed,gem}$ is de schuifspanning die gemiddeld in het oppervlak van het aansluitvlak aanwezig is;
- F_{Esd} is de trekkracht in de koppelwapening ten gevolge van het beschouwde moment;
- A_v is het oppervlak van het aansluitvlak;
 $= l_b \cdot b$
- l_b is de aanwezige verankeringslengte van de koppelwapening boven de beschouwde breedplaat, maar niet groter dan de $50\varnothing$;
- b is de breedte waarover de beschouwde koppelwapening aanwezig is.

Als in het aansluitvlak tussen het ter plaatse gestorte beton en de breedplaat, ter plaatse van het oppervlak tussen de koppelwapening en de wapening in de breedplaat bij de bovengenoemde belastingscombinatie de gemiddelde schuifspanning ten gevolge van de overdracht van de trekkracht naar de wapening in de breedplaat, groter is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan is de constructieve veiligheid niet zonder meer gewaarborgd. Dit wil niet zeggen dat er mogelijk sprake is van een gevaarlijke situatie, maar er moet dan wel zo spoedig mogelijk een risico analyse worden uitgevoerd volgens stap 6. Als de schuifspanning de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ niet overschrijdt, worden vooralsnog geen constructieve maatregelen noodzakelijk geacht. Aanvullend onderzoek moet nog aantonen of hiermee uiteindelijk het veiligheidsniveau voor bestaande bouw wordt gehaald.

Toelichting:

De grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ is gebaseerd op de schuifsterkte die is gevonden bij het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport. Op dit moment wordt ervan uitgegaan dat het een conservatieve waarde betreft. Bij andere samenstellingen van beton – dus ook bij andere mengsels voor zelfverdichtend beton – zouden mogelijk hogere waarden gevonden kunnen worden. De komende tijd zal experimenteel onderzoek worden uitgevoerd om de daadwerkelijke schuifsterkte van verschillende configuraties van betonmengsels en afwerking van de bovenzijde van de breedplaten te bepalen. Als uit dat onderzoek blijkt, dat de rekenwaarde van de schuifsterkte daadwerkelijk hoger is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan kan definitief worden geconcludeerd dat de vloeren veilig zijn. Een vloer is voldoende veilig als deze voldoet aan het veiligheidsniveau uit NEN 8700 voor bestaande bouw. Als de rekenwaarde van de schuifsterkte lager blijkt te zijn dan de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$, dan moet de vloer mogelijk worden versterkt.

Bij de onderzochte vloer was door het toepassen van gewichtsbesparende elementen sprake van een reductie van het effectieve aansluitvlak van 26%. Bij de onderzochte variaties is geen invloed gevonden van het wel of niet aanwezig zijn van gewichtsbesparende elementen in het aansluitvlak.

Stap 6 – Risico analyse:

Het uitvoeren van een risico analyse is maatwerk. Het maatwerk betreft vooral het waarderen van de diverse zaken en argumenten die hierin worden beschouwd. Deze waardering zal per situatie en per constructeur anders kunnen zijn. De risico analyse moet worden uitgevoerd en gerapporteerd door een ter zake kundig constructeur en kan vervolgens door het bevoegd gezag worden beoordeeld.

Bij het uitvoeren van een risico analyse kunnen onder andere de volgende zaken worden beschouwd:

- Wat is het niveau van de schuifspanningen als de quasi permanente belastingscombinatie volgens NEN-EN 1990 wordt beschouwd in de situatie waarbij de veranderlijke belastingen bij de daadwerkelijke gebruiksfunctie worden beschouwd. Als de gemiddelde schuifspanningen hoger zijn dan $0,4 \text{ N/mm}^2$ is er sprake van een hoger risico;
- Is er sprake van een dynamische of een quasi statische veranderlijke belasting. Bij een dynamische belasting, zoals in een parkeergarage, is sprake van een hoger risico;
- Wat is de belastingshistorie van de beschouwde vloer/constructie. Zijn er in het verleden, bijvoorbeeld tijdens de bouw, al hogere belastingen op de vloer uitgeoefend. Als dat het geval is, is er sprake van een lager risico;
- Is bekend met welk beton de breedplaten zijn vervaardigd. Als dit dezelfde betonmortel betreft als waarmee de platen voor de parkeergarage in Eindhoven betreft, is sprake van een hoger risico;
- Als ter plaatse van de naad scheurvorming optreedt zal de verdeling van de momentensom tussen veld- en steunpuntsmomenten wijzigen. Als de constructie de capaciteit heeft om deze herverdeling op te nemen is er sprake van een lager risico;
- Beschouw bij een observatie ter plaatse of er sprake is van overmatige scheurvorming bij de steunpunten, een relatief grote doorbuiging bij de beschouwde overspanningen en/of een openstaande naad bij of een verticale verschuiving tussen twee aansluitende breedplaten, dit kan duiden op een hoger risico;
- Is de kritische naad een kopnaad of een langsnaad. Bij een kopnaad is er vanwege de verwachte aanwezigheid van de tralieliggers sprake van een lager risico;
- Bepaal nabij een kritische naad of er sprake is van delaminatie tussen de breedplaat en de ter plaatse gestorte druklaag. Dit is mogelijk middels niet-destructief onderzoek of het maken van een boorgat in combinatie met een observatie via een endoscoop. Als er sprake is van delaminatie is er sprake van een hoger risico;
- Is het mogelijk om regelmatig observaties uit te voeren om na te gaan of er wijzigingen in het constructief gedrag optreden. Als dit goed mogelijk is en daadwerkelijk wordt gedaan, is er sprake van een lager risico;
- Is het mogelijk om een proefbelasting uit te voeren. Na het uitvoeren van een voldoende hoge proefbelasting is er sprake van een lager risico;
- Bepaal hoe de constructie zich zal gedragen in het geval de weerstand ter plaatse van de naad geheel terugvalt naar 0. Als er een alternatieve belastingsafdracht mogelijk is, bijvoorbeeld via toename van steunpuntsmomenten (let op voldoende lengte bovenwapening) of membraamwerking, is er sprake van een lager risico.

3 Maatregelen

In figuur 4 is schematisch weergegeven in welke gevallen geen, voorlopig geen wel maatregelen noodzakelijk worden geacht. De deelverzameling van breedplaatvloeren waarvoor maatregelen noodzakelijk worden geacht, is in rood weergegeven.



figuur 4 Schematische weergave van de (deel)verzamelingen van breedplaatvloeren waarvoor geen, voorlopig geen en wel maatregelen noodzakelijk worden geacht (respectievelijk in groen, blauw en rood).

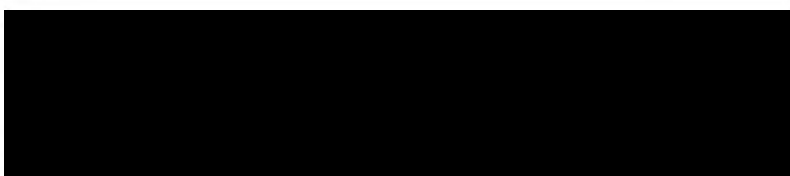
Er moet onderscheid worden gemaakt tussen tijdelijke maatregelen en definitieve maatregelen. Tijdelijke maatregelen moeten zo spoedig mogelijk worden genomen als uit stap 6 blijkt dat sprake is van delaminatie. Tijdelijke maatregelen kunnen zijn:

- Het tijdelijk verlagen van belastingen op de vloer. In de praktijk kan dit betekenen dat de ruimte onder en/of op de onveilige vloer moet worden ontruimd;

- Of het (plaatselijk) stempelen van de vloer. Als daarbij op een eronder aanwezige vloer wordt gestempeld, moet worden nagegaan of die vloer in staat is de stempelbelasting te dragen.

Nadat tijdelijke maatregelen zijn genomen, zijn definitieve maatregelen waarmee wordt voldaan aan het veiligheidsniveau in NEN 8700 noodzakelijk. Aangezien al sprake is van delaminatie, zal met de kennis die op dit moment beschikbaar is, altijd een versterking noodzakelijk zijn. Versterkingsmaatregelen voor deze specifieke situatie zijn nog in ontwikkeling. Er zijn reeds positieve resultaten bereikt met lijmanen die vanaf de onderzijde van de vloer door het oppervlak van het kritische deel van het aansluitvlak worden aangebracht en die voldoende zijn verankerd in de ter plaatse gestorte druklaag en middels een moer en een volgplaat voldoende zijn verankerd onder de breedplaat.

Rijswijk, 5 oktober 2017



116

Van: [REDACTED]
Verzonden: donderdag 5 oktober 2017 11:28
Aan: [REDACTED]
CC: [REDACTED]
Onderwerp: RE: Concept B van notitie 5-10-2017
Bijlagen: n-171005_concept B [REDACTED].docx

Heren,
Hierbij mijn reactie.

Van: [REDACTED]@adviesbureau-hageman.nl]
Verzonden: donderdag 5 oktober 2017 8:11
Aan: [REDACTED]
CC: [REDACTED]; TNO'
Onderwerp: Concept B van notitie 5-10-2017

Beste [REDACTED]

Hierbij stuur ik je concept B van onze notitie. Tot half elf geef ik college. Daarna kan ik je eventuele opmerkingen verwerken en de notitie definitief maken.

Met vriendelijke groet,

**Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.**

11.1

Dossier 9780

11.1

1 Inleiding

Op 27 mei 2017 is een deel van een 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 onveilig kunnen zijn¹. Hierdoor is de vraag ontstaan of bestaande bouwwerken met breedplaten wel voldoende veilig zijn. Het voorliggende document geeft een methode om van een afzonderlijk bouwwerk het veiligheidsrisico te bepalen.

De reikwijdte van dit document is beperkt tot bouwwerken waarbij het grootste veiligheidsrisico wordt gezien. Dit betreft bouwwerken die zijn opgeleverd na 1999. Woningen en woongebouwen vallen hier buiten. Dit geldt niet voor parkeergarages, winkels en dergelijke onder een woongebouw.

Door middel van het stappenplan in hoofdstuk 2 kan van een bouwwerk worden bepaald dat:

- (1) er geen veiligheidsrisico is;
- (2) er een mogelijk veiligheidsrisico is maar vooralsnog geen directe maatregelen nodig zijn, of
- (3) er een urgent veiligheidsrisico is waarbij direct maatregelen genomen moeten worden.

Voor situatie (2) geeft dit document nog geen methode om tot een definitief oordeel te komen omdat het inzicht in de constructieve eigenschappen nog onvoldoende is. Daarvoor moet namelijk voor verschillende configuraties nog aanvullend experimenteel onderzoek worden uitgevoerd naar de afschuifsterkte tussen breedplaat en ter plaatse gestorte betonnen druklaag. Naar verwachting wordt dit onderzoek op korte termijn uitgevoerd. Na afronding hiervan zal dit document worden aangepast en kan ook voor die situaties een definitieve beoordeling plaatsvinden.

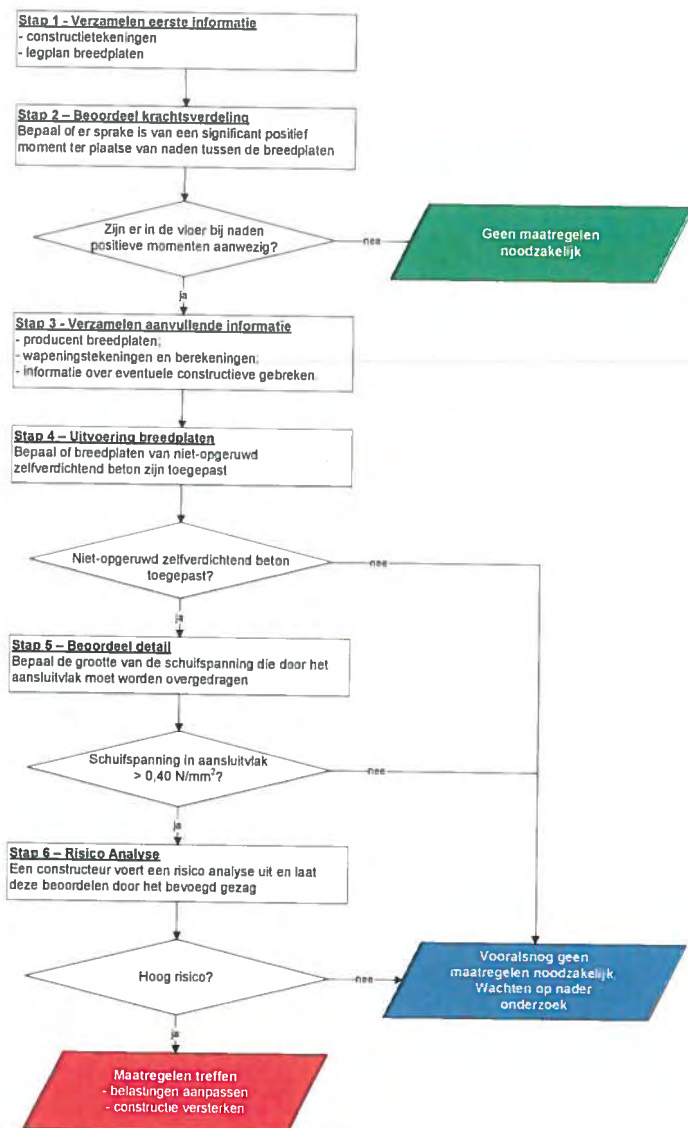
In hoofdstuk 3 is op hoofdlijnen ingegaan op de maatregelen die kunnen worden getroffen als uit onderzoek bij een gebouw blijkt dat er sprake is van een urgent veiligheidsrisico.

¹ Het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport is beschreven in Hageman rapport 9663-1-0 en TNO-rapport TNO 2017 R11127.

2 Stappenplan onderzoek breedplaatvloeren in bestaande gebouwen

2.1 Algemeen

Voor het beoordelen van de constructieve veiligheid van constructies waarin breedplaatvloeren zijn toegepast, is een stappenplan opgesteld. Dit stappenplan is weergegeven in [figuur 1](#). In paragraaf 2.2 is het stappenplan toegelicht. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen breedplaatvloeren met en zonder gewichtsbeparende elementen.



11.1

2.2 Beschrijving en toelichting stappenplan

Hierna is het stappenplan nader beschreven en zijn de keuzes toegelicht.

Stap 1 – Verzamelen eerste informatie

Informatie over het bouwjaar van het gebouw en over het eventueel toepassen van breedplaatvloeren in het gebouw kan worden ontleend aan de tekeningen van de constructie en meer specifiek het legplan van de breedplaten. Als deze tekeningen niet in het bezit zijn van de eigenaar van het gebouw, kunnen zij mogelijk worden gevonden in het archief van de gemeente, aannemer of constructeur.

Of breedplaatvloeren zijn toegepast en de wijze waarop, kan ook worden bepaald met een observatie in het gebouw. Bij het gebruik van breedplaatvloeren is aan de onderzijde van de vloer vaak een naad zichtbaar die zich op een hart-op-hart-afstand van 2,4 meter of meer bevindt (zie foto 1). Bij een hart-op-hart-afstand tussen de naden van 1,2 meter is er in het algemeen sprake van een kanaalplaatvloer. Als er geen naden zijn en de vloer is aan de onderzijde niet voorzien van stucwerk, is de vloer geheel ter plaatse gestort.



foto 1 Voorbeeld van de vloegen h.o.h. 2,4 m. tussen breedplaten aan de onderzijde van een breedplaatvloer

11.1

Stap 2 – Beoordeel de krachtsverdeling

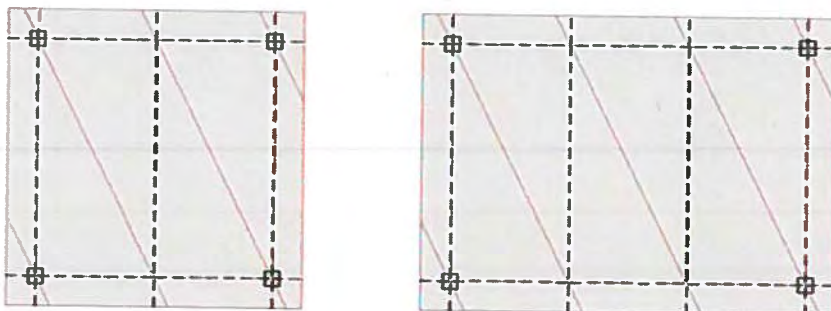
Nagegaan moet worden of er in de breedplaatvloeren, ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten sprake is van een positief moment dat veroorzaakt wordt door de primaire krachtsafdracht.

In het geval de afzonderlijke breedplaten aan beide uiteinden direct dragen op dragende wanden of betonnen liggers zal geen sprake zijn van positieve momenten ter plaatse van naden. 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 en eventueel de grootte ervan bepalen.

Met de aanwezigheid van een primaire krachtsafdracht wordt bedoeld dat de grootte van de momentensom in de beschouwde richting niet kan worden verkleind door een herverdeling van de

belastingsafdracht zodat de momenten som in de andere richting zal toenemen. Voorbeelden van breedplaatvloeren waarbij een positief moment bij een naad tussen twee breedplaten kan optreden, zijn:

- Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij sprake is van een primaire krachtsafdracht in twee richtingen (figuur 2);
- Lijnvormig ondersteunde vloeren met een naad in het midden van de overspanning, waarbij de naad evenwijdig aan de lijnvormige ondersteuning loopt;
- Speciale situaties, bijvoorbeeld in de buurt van een grote sparing in de vloer.



11.1

Toelichting:

Uit het uitgevoerde onderzoek voor de parkeergarage bij Eindhoven Airport, blijkt dat een breedplaatvloer constructieve problemen kan bezitten in het geval er ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten, ten gevolge van de primaire krachtsafdracht, een positief moment aanwezig is.

Stap 3 – Verzamelen van aanvullende informatie

Verzamel de beschikbare, aanvullende informatie van de breedplaatvloer, zoals wapeningstekeningen, berekeningen en eventuele gegevens over constructieve gebreken of aanpassingen die in het verleden hebben plaatsgevonden.

Aangezien het onderzoek zich richt op relatief jonge constructies, is de kans groot dat bij de producent van de breedplaatvloeren, de gemeente, de (hoofd)constructeur en/of de (hoofd)aannemer informatie over de vloerconstructie aanwezig is.

Aanbevolen wordt de beschikbaar gekomen informatie van de breedplaatvloeren zodanig te archiveren, dat dit in de toekomst snel kan worden geraadpleegd als uit aanvullend onderzoek blijkt dat ook andere situaties dan genoemd in het voorliggende document, kritisch kunnen zijn met betrekking tot de constructieve veiligheid.

Stap 4 – Uitvoering breedplaten

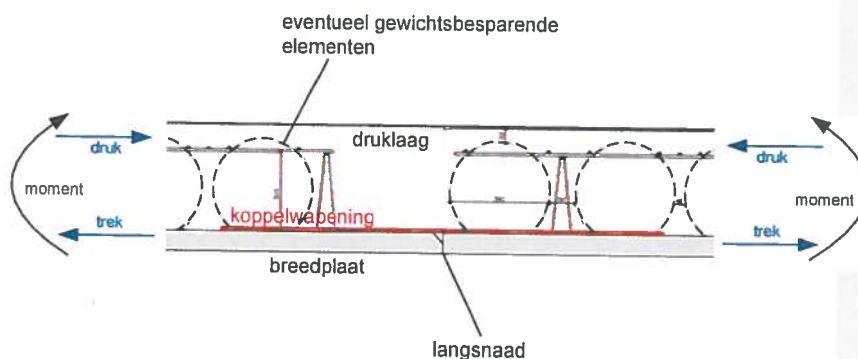
Controleer met de beschikbare informatie of de vloer is uitgevoerd met zelfverdichtend beton zonder opruwing. Of zelfverdichtend beton is toegepast en of dat is opgeruwd, is waarschijnlijk niet terug te vinden op de tekeningen van de vloer. De producent van de toegepaste breedplaten kan hierover mogelijk wel nadere informatie verstrekken. Hierover kan contact worden opgenomen met de producent of de aannemer. Op het moment dat niet kan worden uitgesloten dat zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, moet ervan worden uitgegaan dat dit is toegepast. Als geen zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, worden voornamelijk geen constructieve maatregelen noodzakelijk geacht.

Toelichting:

De instorting van de parkeergarage bij Eindhoven Airport betrof een vloerconstructie met breedplaten vervaardigd met zelfverdichtend beton. Deze vloerconstructie is door middel van onderzoek in het Structures Laboratory van de TU/e onderzocht. Hieruit kwam naar voren dat de schuifsterkte van het aansluitvlak tussen de breedplaat en de ter plaatse gestorte druklaag relatief laag was. Aangenomen wordt dat dit veroorzaakt is door de toepassing van zelfverdichtend beton voor de breedplaten en het achterwege laten van enige vorm van opruwen van de bovenzijde van de breedplaten. Eerdere proeven met breedplaten van normaal grindbeton die niet zijn opgeruwd, leidden tot 2,5 à 3 maal hogere schuifsterkten in het aansluitvlak. Uit het in hoofdstuk 1 genoemde experimenteel onderzoek zal een meer uitgebreide beschrijving van de constructieve eigenschappen van het aansluitvlak bij diverse configuraties volgen.

Stap 5 – Beoordeel het detail

In het geval een positief moment ter plaatse van een breedplaatnaad moet worden overgedragen, moet worden beoordeeld of de trekkracht, die in de wapening van de breedplaat aanwezig is, via koppelwapening die op de breedplaat ligt, naar de wapening in de breedplaat aan de andere zijde van de naad kan worden overgebracht. Daarbij moet worden getoetst of de schuifspanning in het aansluitvlak tussen de breedplaat en de druklaag niet een bepaalde grenswaarde overschrijdt. In een breedplaatvloer kan sprake zijn van langsnaden en kopnaden. De situatie voor een langснаad is toegelicht in figuur 3.



figuur 3 Een door een positief moment veroorzaakte trekkracht in de breedplaten die via koppelwapening op de breedplaten moet worden overgebracht.

Toelichting:

Een vergelijkbare situatie als bij een langsnaad kan ook optreden bij een kopnaad tussen twee breedplaten. De tralieliggers die de breedplaat en de opstort met elkaar verbinden zullen in dat geval in de andere richting lopen en zich ook dichterbij de plaatnaad bevinden. Naar verwachting is deze situatie minder kritisch, maar omdat hierover nog maar weinig bekend is, wordt bij stap 5 vooralsnog geen onderscheid gemaakt tussen langsnaaden en kopnaden.

In de beschouwde vloer moet het positieve moment ter plaatse van de naad door een constructeur worden bepaald bij de maatgevende fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700, niveau bestaande bouw. Vooralsnog wordt geadviseerd hierbij geen herverdeling toe te passen waarbij de negatieve momenten toenemen en de veldmomenten afnemen. Uit dit moment kan de trekkracht in de koppelwapening die op de breedplaat is aangebracht, worden bepaald.

De gemiddelde schuifspanning in het beschreven deel van het aansluitvlak kan worden bepaald door de kracht die benodigd is in de koppelwapening te delen door een oppervlak dat gelijk is aan het product van de verankeringslengte en de breedte waarover de koppelwapening beschouwd is. Hierbij hoeft verder geen reductie voor eventueel aanwezige gewichtsbesparende elementen in rekening te zijn gebracht als de reductie van het aansluitvlak hierdoor niet groter is dan 30%. In andere gevallen zal moeten worden nagegaan of een reductie toegepast moet worden, waarbij het een veilige benadering is door de breedte b te baseren op de breedte van het beton tussen de gewichtsbesparende elementen ter hoogte van het aansluitvlak.

$$v_{\text{Ed, gem}} = F_{\text{Ed}} / A_v$$

11.1

- F_{Ed} is de trekkracht in de koppelwapening ten gevolge van het beschouwde moment;
- A_v is het oppervlak van het aansluitvlak;
 $= l_b \cdot b$
- l_b is de aanwezige verankeringslengte van de koppelwapening boven de beschouwde breedplaat, maar niet groter dan de $50\varnothing$;
- b is de breedte waarover de beschouwde koppelwapening aanwezig is.

Als in het aansluitvlak tussen het ter plaatse gestorte beton en de breedplaat, ter plaatse van het oppervlak tussen de koppelwapening en de wapening in de breedplaat bij de bovengenoemde belastingscombinatie de gemiddelde schuifspanning ten gevolge van de overdracht van de trekkracht naar de wapening in de breedplaat, groter is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan is de constructieve veiligheid niet zonder meer gewaarborgd. Dit wil niet zeggen dat er mogelijk sprake is van een gevaarlijke situatie, maar er moet dan wel zo spoedig mogelijk een risico analyse worden uitgevoerd volgens stap 6. Als de schuifspanning de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ niet overschrijdt, worden vooralsnog geen constructieve maatregelen noodzakelijk geacht. Aanvullend onderzoek moet nog aantonen of hiermee uiteindelijk het veiligheidsniveau voor bestaande bouw wordt gehaald.

11.1

Toelichting:

De grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ is gebaseerd op de schuifsterkte die is gevonden bij het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport. Op dit moment wordt ervan uitgegaan dat het een conservatieve waarde betreft. Bij andere samenstellingen van beton – dus ook bij andere mengsels voor zelfverdichtend beton – zouden mogelijk hogere waarden gevonden kunnen worden. De komende tijd zal experimenteel onderzoek worden uitgevoerd om de daadwerkelijke schuifsterkte van verschillende configuraties van betonmengsels en afwerking van de bovenzijde van de breedplaten te bepalen. Als uit dat onderzoek blijkt, dat de rekenwaarde van de schuifsterkte daadwerkelijk hoger is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan kan definitief worden geconcludeerd dat de vloeren veilig zijn. Een vloer is voldoende veilig als deze voldoet aan het veiligheidsniveau uit NEN 8700 voor bestaande bouw. Als de rekenwaarde van de schuifsterkte lager blijkt te zijn dan de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$, dan moet de vloer mogelijk worden versterkt.

Bij de onderzochte vloer was door het toepassen van gewichtsbesparende elementen sprake van een reductie van het effectieve aansluitvlak van 26%. Bij de onderzochte variaties is geen invloed gevonden van het wel of niet aanwezig zijn van gewichtsbesparende elementen in het aansluitvlak.

11.1

Stap 6 – Risico analyse:

Het uitvoeren van een risico analyse is maatwerk. Het maatwerk betreft vooral het waarden van de diverse zaken en argumenten die hierin worden beschouwd. Deze waardering zal per situatie en per constructeur anders kunnen zijn. De risico analyse moet worden uitgevoerd en gerapporteerd door een ter zake kundig constructeur.

11.1

Bij het uitvoeren van een risico analyse kunnen onder andere de volgende zaken worden beschouwd:

11.1

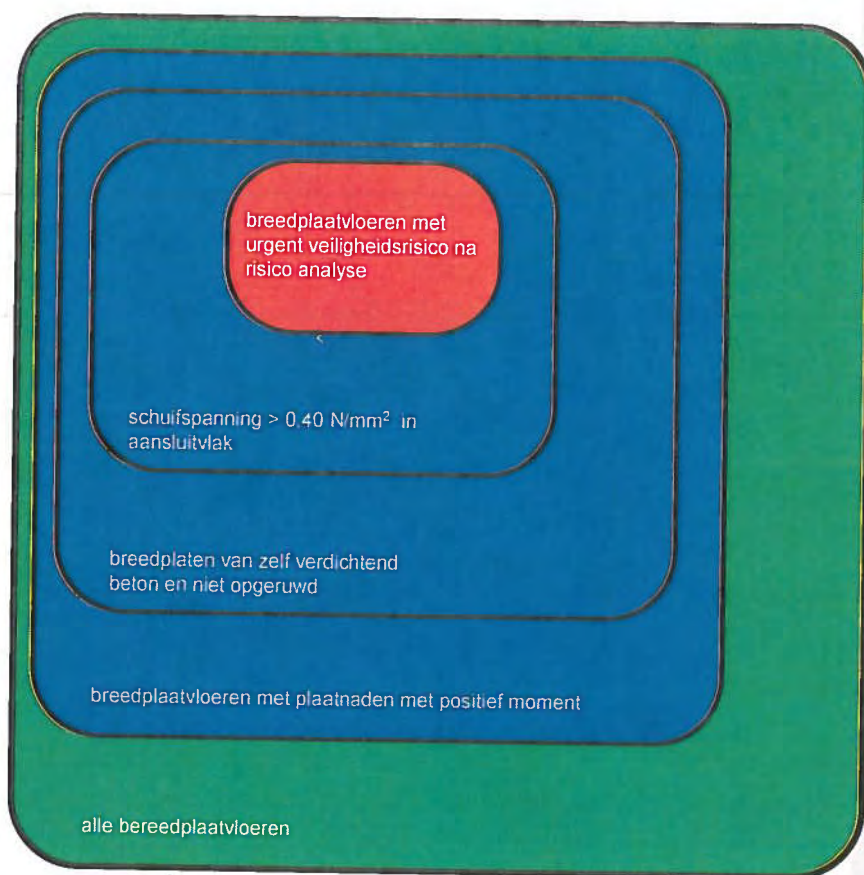
de gemiddelde

- schuifspanningen hoger zijn dan $0,4 \text{ N/mm}^2$ is er sprake van een hoger risico;
- Is er sprake van een dynamische of een quasi statische veranderlijke belasting. Bij een dynamische belasting, zoals in een parkeergarage, is sprake van een hoger risico;
- Wat is de belastingshistorie van de beschouwde vloer/constructie. Zijn er in het verleden, bijvoorbeeld tijdens de bouw, al hogere belastingen op de vloer uitgeoefend. Als dat het geval is, is er sprake van een lager risico;
- Is bekend met welk beton de breedplaten zijn vervaardigd. Als dit dezelfde betonmortel betreft als waarmee de platen voor de parkeergarage in Eindhoven betreft, is sprake van een hoger risico;
- Als ter plaatse van de naad scheurvorming optreedt zal de verdeling van de momentensom tussen veld- en steunpuntmomenten wijzigen. Als de constructie de capaciteit heeft om deze herverdeling op te nemen is er sprake van een lager risico;
- Beschouw bij een observatie ter plaatse of er sprake is van overmatige scheurvorming bij de steunpunten, een relatief grote doorbuiging bij de beschouwde overspanningen en/of een openstaande naad bij of een verticale verschuiving tussen twee aansluitende breedplaten, dit kan duiden op een hoger risico;
- Is de kritische naad een kopnaad of een langснаad. Bij een kopnaad is er vanwege de verwachte aanwezigheid van de tralieliggers sprake van een lager risico;
- Bepaal nabij een kritische naad of er sprake is van delaminatie tussen de breedplaat en de ter plaatse gestorte druklaag. Dit is mogelijk middels niet-destructief onderzoek of het maken van een boorgat in combinatie met een observatie via een endoscoop. Als er sprake is van delaminatie is er sprake van een hoger risico;
- Is het mogelijk om regelmatig observaties uit te voeren om na te gaan of er wijzigingen in het constructief gedrag optreden. Als dit goed mogelijk is en daadwerkelijk wordt gedaan, is er sprake van een lager risico;
- Is het mogelijk om een proefbelasting uit te voeren. Na het uitvoeren van een voldoende hoge proefbelasting is er sprake van een lager risico;
- Bepaal hoe de constructie zich zal gedragen in het geval de weerstand ter plaatse van de naad geheel terugvalt naar 0. Als er een alternatieve belastingsafdracht mogelijk is, bijvoorbeeld via toename van steunpuntmomenten (let op voldoende lengte bovenwapening) of membraamwerking, is er sprake van een lager risico.

11.1

3 Maatregelen

In figuur 4 is schematisch weergegeven in welke gevallen geen, voorlopig geen wel maatregelen noodzakelijk worden geacht. De deelverzameling van breedplaatvloeren waarvoor maatregelen noodzakelijk worden geacht, is in rood weergegeven. 11.1



figuur 4 Schematische weergave van de (deel)verzamelingen van breedplaatvloeren waarvoor geen, voorlopig geen en wel maatregelen noodzakelijk worden geacht (respectievelijk in groen, blauw en rood).

Er moet onderscheid worden gemaakt tussen tijdelijke maatregelen en definitieve maatregelen.

11.1 Tijdelijke maatregelen kunnen zijn:

- Het tijdelijk verlagen van belastingen op de vloer. In de praktijk kan dit betekenen dat de ruimte onder en/of op de onveilige vloer moet worden ontruimd;
- Of het (plaatselijk) stempelen van de vloer. Als daarbij op een eronder aanwezige vloer wordt gestempeld, moet worden nagegaan of die vloer in staat is de stempelbelasting te dragen.

11.1 Versterkingsmaatregelen voor deze specifieke situatie zijn nog in ontwikkeling.

Er zijn reeds positieve resultaten bereikt met lijmanen die vanaf de onderzijde van de vloer door het oppervlak van het kritische deel van het aansluitvlak worden aangebracht en die voldoende zijn verankerd in de ter plaatse gestorte druklaag en middels een moer en een volgplaat voldoende zijn verankerd onder de breedplaat.

Rijswijk, 5 oktober 2017

Van: [REDACTED]
Verzonden: donderdag 5 oktober 2017 12:01
Aan: [REDACTED]
CC: [REDACTED]
Onderwerp: RE: Concept B van notitie 5-10-2017

11.1

Van: [REDACTED]
Verzonden: donderdag 5 oktober 2017 11:28
Aan: [REDACTED]
CC: [REDACTED]
Onderwerp: RE: Concept B van notitie 5-10-2017

Heren,
Hierbij mijn reactie.

Van: [REDACTED] [\[REDACTED\]@adviesbureau-hageman.nl](mailto:[REDACTED]@adviesbureau-hageman.nl)
Verzonden: donderdag 5 oktober 2017 8:11
Aan: [REDACTED]
[REDACTED] TNO'
Onderwerp: Concept B van notitie 5-10-2017

Beste [REDACTED]

Hierbij stuur ik je concept B van onze notitie. Tot half elf geef ik college. Daarna kan ik je eventuele opmerkingen verwerken en de notitie definitief maken.

Met vriendelijke groet,

120

Van: [REDACTED]@adviesbureau-hageman.nl>
Verzonden: donderdag 5 oktober 2017 15:44
Aan: [REDACTED]
Onderwerp: 9780 notitie 5-10-2017
Bijlagen: n-171005_concept B reactie TNO reactie SW.docx; n-171005.pdf

Beste [REDACTED]

Hierbij ontvang je een pdf met onze notitie van 5-10-2017. Tevens stuur ik je een Word bestand van concept B van deze ochtend met daarbij het commentaar van TNO en onze reactie daarbij, ter informatie. Als je naar aanleiding hiervan nog vragen en/of opmerkingen hebt, verneem ik dat graag.

Met vriendelijke groet,



Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.

[REDACTED]
Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.
Polakweg 14e 2288 GG
Postbus 26 2280 AA
RIJSWIJK
T [REDACTED]
M [REDACTED]
www.adviesbureau-hageman.nl

De informatie, verzonden in of met dit e-mailbericht, is afkomstig van Adviesbureau Hageman en uitsluitend bestemd voor de geadresseerde. Indien dit e-mailbericht niet voor u bestemd is, wordt u vriendelijk verzocht per e-mail of telefoon contact op te nemen met de verzender van dit bericht.



Notitie 05-10-2017

Dossier 9780

Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren in bestaande bouwwerken opgeleverd na 1999

1 Inleiding

Op 27 mei 2017 is een deel van een 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 onveilig kunnen zijn¹. Hierdoor is de vraag ontstaan of bestaande bouwwerken met breedplaten wel voldoende veilig zijn. Het voorliggende document geeft een methode om van een afzonderlijk bouwwerk het veiligheidsrisico te bepalen.

De reikwijdte van dit document is beperkt tot bouwwerken waarbij het grootste veiligheidsrisico wordt gezien. Dit betreft bouwwerken die zijn opgeleverd na 1999. Woningen en woongebouwen vallen vanwege de opbouw van de constructie hier buiten. Dit geldt niet voor meerlaagse constructies voor parkeergarages, winkels en dergelijke onder een woongebouw.

Door middel van het stappenplan in hoofdstuk 2 kan van een bouwwerk worden bepaald dat:

- (1) er geen veiligheidsrisico is;
- (2) er een mogelijk veiligheidsrisico is maar vooralsnog geen directe maatregelen nodig zijn, of
- (3) er een urgent veiligheidsrisico is waarbij direct maatregelen genomen moeten worden.

Voor situatie (2) geeft dit document nog geen methode om tot een definitief oordeel te komen omdat het inzicht in de constructieve eigenschappen nog onvoldoende is. Daarvoor moet namelijk voor verschillende configuraties nog aanvullend experimenteel onderzoek worden uitgevoerd naar de afschuifsterkte tussen breedplaat en ter plaatse gestorte betonnen druklaag. Naar verwachting wordt dit onderzoek op korte termijn uitgevoerd. Na afronding hiervan zal dit document worden aangepast en kan ook voor die situaties een definitieve beoordeling plaatsvinden.

In hoofdstuk 3 is op hoofdlijnen ingegaan op de maatregelen die kunnen worden getroffen als uit onderzoek bij een gebouw blijkt dat er sprake is van een urgent veiligheidsrisico.²

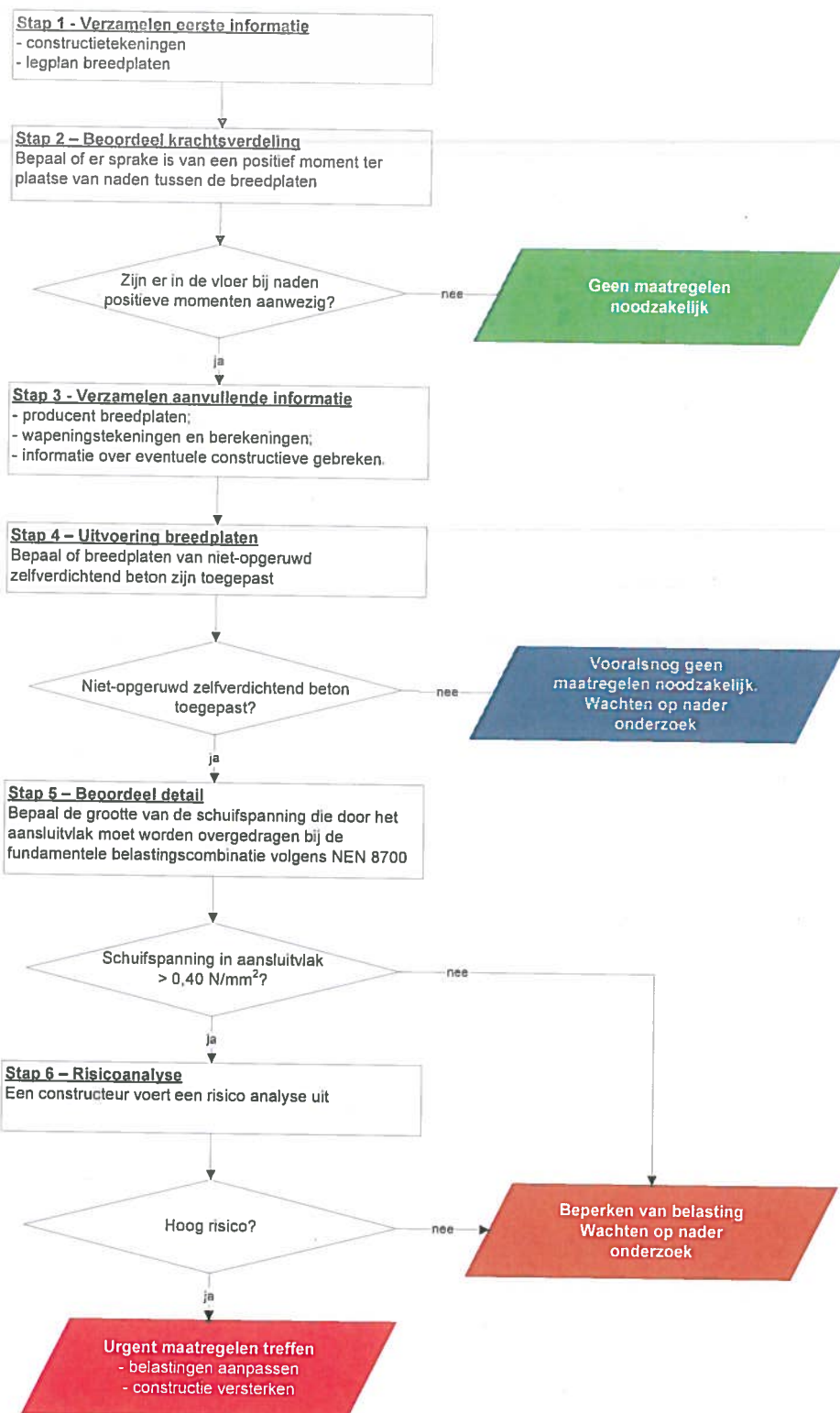
¹ Het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport is beschreven in Hageman rapport 9663-1-0 en TNO-rapport TNO 2017 R11127.

² Deze notitie tot stand is gekomen na ruggespraak met vertegenwoordigers van COBC, TNO, AB-FAB, het Rijksvastgoedbedrijf, VN-Constructeurs en Bouwend Nederland

2 Stappenplan onderzoek breedplaatvloeren in bestaande gebouwen

2.1 Algemeen

Voor het beoordelen van de constructieve veiligheid van constructies waarin breedplaatvloeren zijn toegepast, is een stappenplan opgesteld. Dit stappenplan is weergegeven in figuur 1. In paragraaf 2.2 is het stappenplan toegelicht. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen breedplaatvloeren met en zonder gewichtsbeparende elementen.



figuur 1 Stappenplan voor het onderzoek naar constructieve veiligheid van breedplaatvloeren.

2.2 Beschrijving en toelichting stappenplan

Hierna is het stappenplan nader beschreven en zijn de keuzes toegelicht.

Stap 1 – Verzamelen eerste informatie

Informatie over 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 en meer specifiek het legplan van de breedplaten. Als deze tekeningen niet in het bezit zijn van de eigenaar van het gebouw, kunnen zij mogelijk worden gevonden in het archief van de gemeente, aannemer of constructeur.

Of breedplaatvloeren zijn toegepast en de wijze waarop, kan ook worden bepaald met een observatie in het gebouw. Bij het gebruik van breedplaatvloeren is aan de onderzijde van de vloer vaak een naad zichtbaar die zich op een hart-op-hart-afstand van 2,4 meter of meer bevindt (zie foto 1). Bij een hart-op-hart-afstand tussen de naden van 1,2 meter is er in het algemeen sprake van een kanaalplaatvloer. Als er geen naden zichtbaar zijn en de vloer is aan de onderzijde niet voorzien van stucwerk, dan is de vloer geheel ter plaatse gestort.



foto 1 Voorbeeld van de voegen h.o.h. 2,4 m. tussen breedplaten aan de onderzijde van een breedplaatvloer

Stap 2 – Beoordeel de krachtsverdeling

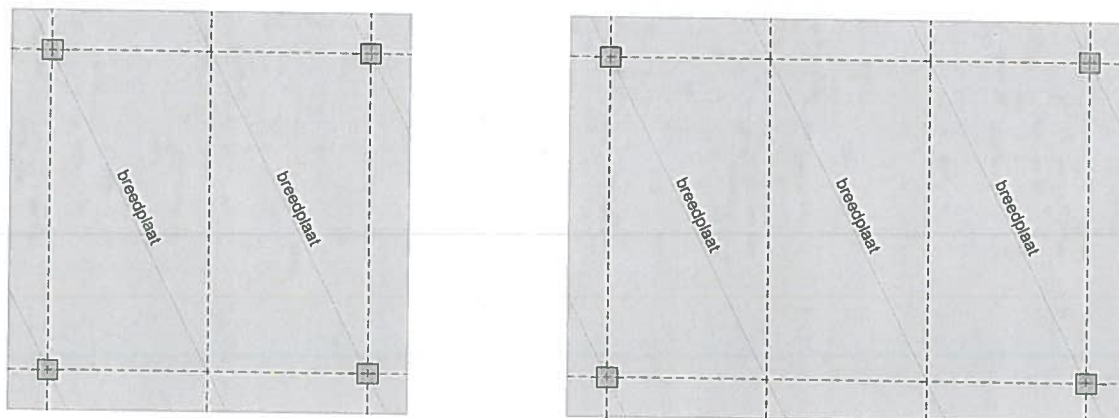
Nagegaan moet worden of er in de breedplaatvloeren, ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten sprake is van een positief moment dat veroorzaakt wordt door de primaire krachtsafdracht. Met de aanwezigheid van een primaire krachtsafdracht wordt bedoeld dat de grootte van de momentensom in de beschouwde richting niet kan worden verkleind door een herverdeling van de belastingsafdracht zodat de momentensom in de andere richting zal toenemen.

In het geval de afzonderlijke breedplaten aan beide uiteinden direct dragen op dragende wanden of betonnen liggers zal geen sprake zijn van positieve momenten ter plaatse van naden 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 en eventueel de grootte ervan bepalen.

Voorbeelden van breedplaatvloeren waarbij een positief moment bij een naad tussen twee breedplaten kan optreden, zijn:

- Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij sprake is van een primaire krachtsafdracht in twee richtingen (figuur 2);
- Lijnvormig ondersteunde vloeren met een naad in het midden van de overspanning, waarbij de naad evenwijdig aan de lijnvormige ondersteuning loopt;
- Speciale situaties, bijvoorbeeld in de buurt van een grote sparing in de vloer.



figuur 2 Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij een significant positief moment bij een plaatnaad kan optreden. De stippellijnen geven de naden weer tussen de afzonderlijke breedplaten.

Toelichting:

Uit het uitgevoerde onderzoek voor de parkeergarage bij Eindhoven Airport, blijkt dat bij een breedplaatvloer onvoldoende constructieve veiligheid aanwezig kan zijn als er ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten, ten gevolge van de primaire krachtsafdracht, een positief moment aanwezig is.

Stap 3 – Verzamelen van aanvullende informatie

Verzamel de beschikbare, aanvullende informatie van de breedplaatvloer, zoals wapeningstekeningen, berekeningen en eventuele gegevens over constructieve gebreken of aanpassingen die in het verleden hebben plaatsgevonden.

Aangezien het onderzoek zich richt op relatief jonge constructies, is de kans groot dat bij de producent van de breedplaatvloeren, de gemeente, de (hoofd)constructeur en/of de (hoofd)aannemer informatie over de vloerconstructie aanwezig is.

Aanbevolen wordt de beschikbaar gekomen informatie van de breedplaatvloeren zodanig te archiveren, dat dit in de toekomst snel kan worden geraadpleegd als uit aanvullend onderzoek blijkt dat ook andere situaties dan genoemd in het voorliggende document, kritisch kunnen zijn met betrekking tot de constructieve veiligheid.

Stap 4 – Uitvoering breedplaten

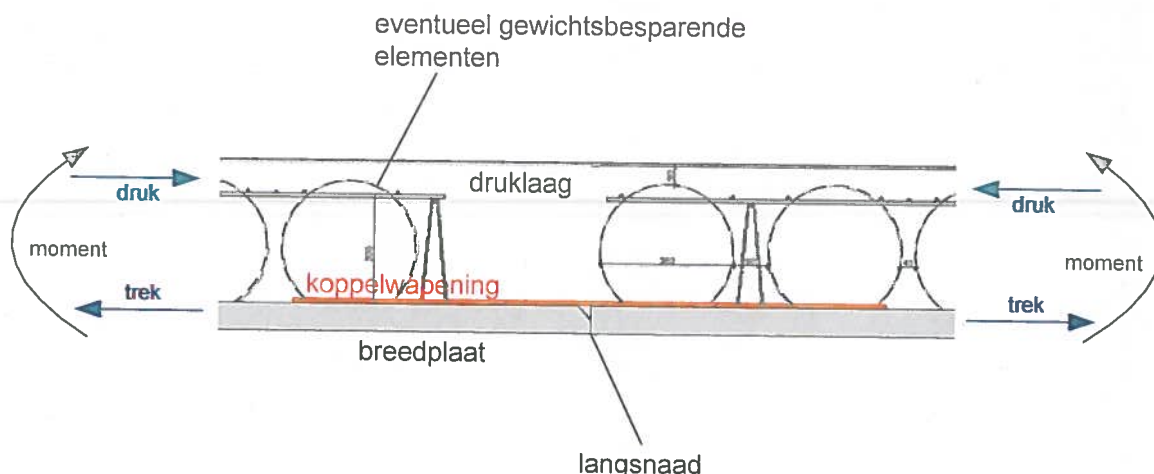
Controleer met de beschikbare informatie of de vloer is uitgevoerd met zelfverdichtend beton zonder opruwing. Of zelfverdichtend beton is toegepast en of dat is opgeruwd, is waarschijnlijk niet terug te vinden op de tekeningen van de vloer. De producent van de toegepaste breedplaten kan hierover mogelijk wel nadere informatie verstrekken. Hierover kan contact worden opgenomen met de producent of de aannemer. Op het moment dat niet kan worden uitgesloten dat zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, moet ervan worden uitgegaan dat dit is toegepast. Als geen zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, worden vooralsnog geen constructieve maatregelen noodzakelijk geacht.

Toelichting:

De instorting van de parkeergarage bij Eindhoven Airport betrof een vloerconstructie met breedplaten vervaardigd met zelfverdichtend beton. Deze vloerconstructie is door middel van onderzoek in het Structures Laboratory van de TU/e onderzocht. Hieruit kwam naar voren dat de schuifsterkte van het aansluitvlak tussen de breedplaat en de ter plaatse gestorte druklaag relatief laag was. Aangenomen wordt dat dit veroorzaakt is door de toepassing van zelfverdichtend beton voor de breedplaten en het achterwege laten van enige vorm van opruwen van de bovenzijde van de breedplaten. Eerdere proeven met breedplaten van normaal grindbeton die niet zijn opgeruwd, leidden tot 2,5 à 3 maal hogere schuifsterkten in het aansluitvlak. Uit het in hoofdstuk 1 genoemde nog uit te voeren experimentele onderzoek zal een meer uitgebreide beschrijving van de constructieve eigenschappen van het aansluitvlak bij diverse configuraties volgen.

Stap 5 – Beoordeel het detail

In het geval een positief moment ter plaatse van een breedplaatnaad moet worden overgedragen, moet worden beoordeeld of de trekkracht, die in de wapening van de breedplaat aanwezig is, via koppelwapening die op de breedplaat ligt, naar de wapening in de breedplaat aan de andere zijde van de naad kan worden overgebracht. Daarbij moet worden getoetst of de schuifspanning in het aansluitvlak tussen de breedplaat en de druklaag niet een bepaalde grenswaarde overschrijdt. In een breedplaatvloer kan sprake zijn van langsnaden en kopnaden. De situatie voor een langснаad is toegelicht in figuur 3.



figuur 3 Een door een positief moment veroorzaakte trekkracht in de breedplaten die via in de druklaag opgenomen koppelwapening moet worden overgebracht.

Toelichting:

Een vergelijkbare situatie als bij een langsnaad kan ook optreden bij een kopnaad tussen twee breedplaten. De tralieliggers die de breedplaat en de opstort met elkaar verbinden zullen in dat geval in de andere richting lopen en zich ook dicht bij de plaatnaad bevinden. Naar verwachting is deze situatie minder kritisch, maar omdat hierover nog maar weinig bekend is, wordt bij stap 5 vooralsnog geen onderscheid gemaakt tussen langsnaaden en kopnaden.

In de beschouwde vloer moet het positieve moment ter plaatse van de naad door een constructeur worden bepaald bij de maatgevende fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700, niveau bestaande bouw. Vooralsnog wordt geadviseerd hierbij geen herverdeling toe te passen waarbij de negatieve momenten toenemen en de veldmomenten afnemen. Uit dit moment kan de trekkracht in de koppelwapening die op de breedplaat is aangebracht, worden bepaald.

De gemiddelde schuifspanning in het beschreven deel van het aansluitvlak kan worden bepaald door de kracht die benodigd is in de koppelwapening te delen door een oppervlak dat gelijk is aan het product van de verankeringslengte en de breedte waarover de koppelwapening beschouwd is. Hierbij hoeft verder geen reductie voor eventueel aanwezige gewichtsbesparende elementen in rekening te zijn gebracht als de reductie van het aansluitvlak hierdoor niet groter is dan 20%. In andere gevallen zal moeten worden nagegaan of een reductie toegepast moet worden, waarbij het een veilige benadering is door de breedte b te baseren op de breedte van het beton tussen de gewichtsbesparende elementen ter hoogte van het aansluitvlak.

$$v_{Ed,gem} = F_{Ed} / A_v$$

waarin:

- $v_{Ed,gem}$ is de gemiddelde schuifspanning die in het oppervlak van het aansluitvlak aanwezig is;
- F_{Ed} is de trekkracht in de koppelwapening ten gevolge van het beschouwde moment;
- A_v is het oppervlak van het aansluitvlak;
 $= l_b \cdot b$
- l_b is de aanwezige verankeringslengte van de koppelwapening boven de beschouwde breedplaat, maar niet groter dan de 50ϕ ;

b is de breedte waarover de beschouwde koppelwapening aanwezig is.

Als in het aansluitvlak tussen het ter plaatse gestorte beton en de breedplaat, ter plaatse van het oppervlak tussen de koppelwapening en de wapening in de breedplaat bij de bovengenoemde belastingcombinatie de gemiddelde schuifspanning ten gevolge van de overdracht van de trekkracht naar de wapening in de breedplaat, groter is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan is de constructieve veiligheid niet zonder meer gewaarborgd. Dit wil niet zeggen dat er mogelijk sprake is van een gevaarlijke situatie, maar er moet dan wel zo spoedig mogelijk een risicoanalyse worden uitgevoerd volgens stap 6. Als de schuifspanning de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ niet overschrijdt, worden vooralsnog geen constructieve maatregelen noodzakelijk geacht. Aanvullend onderzoek moet nog aantonen of hiermee uiteindelijk het veiligheidsniveau voor bestaande bouw wordt aangetoond.

Geadviseerd wordt wel om bij niet overschrijden van voornoemde grenswaarde bij breedplaten met zelfverdichtend beton en niet nabewerkt oppervlak vooralsnog een toename van de belasting onder dagelijks gebruik te vermijden.

Toelichting:

De grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ is gebaseerd op de schuifsterkte die is gevonden bij het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport. Op dit moment wordt ervan uitgegaan dat het een conservatieve waarde betreft. Bij andere samenstellingen van beton – dus ook bij andere mengsels voor zelfverdichtend beton – zouden mogelijk hogere waarden gevonden kunnen worden. De komende tijd zal experimenteel onderzoek worden uitgevoerd om de daadwerkelijke schuifsterkte van verschillende configuraties van betonmengsels en afwerking van de bovenzijde van de breedplaten te bepalen. Als uit dat onderzoek blijkt, dat de rekenwaarde van de schuifsterkte daadwerkelijk hoger is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan kan definitief worden geconcludeerd dat de vloeren veilig zijn. Een vloer is voldoende veilig als deze voldoet aan het veiligheidsniveau uit NEN 8700 voor bestaande bouw. Als de rekenwaarde van de schuifsterkte lager blijkt te zijn dan de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$, dan moet de vloer mogelijk worden versterkt.

Bij de onderzochte vloer was door het toepassen van gewichtsbesparende elementen sprake van een reductie van het effectieve aansluitvlak van circa 20%. Bij de onderzochte variaties is geen invloed gevonden van het wel of niet aanwezig zijn van gewichtsbesparende elementen in het aansluitvlak.

Stap 6 – Risicoanalyse:

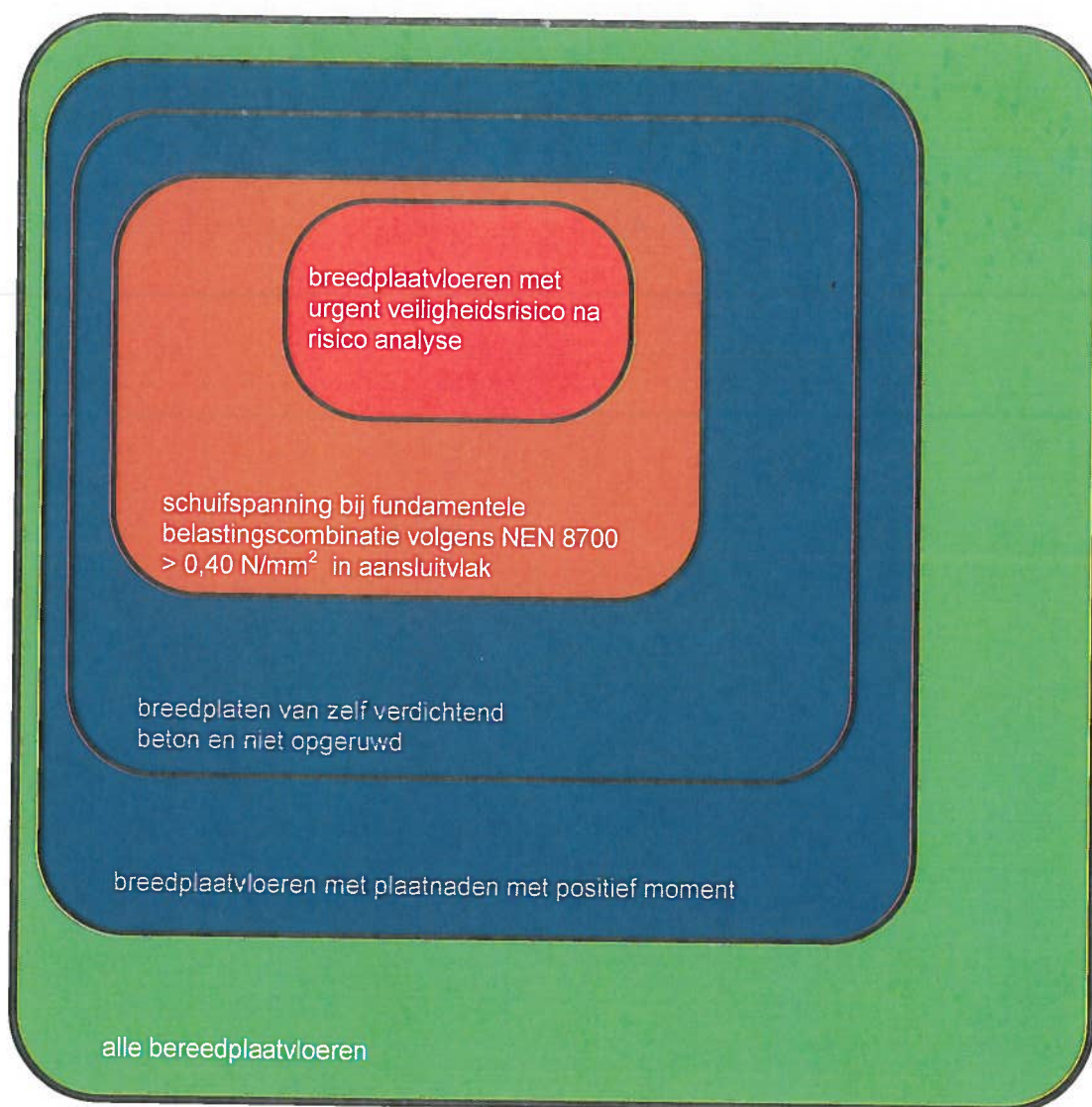
Het uitvoeren van een risicoanalyse is maatwerk. Het maatwerk betreft vooral het waarderen van de diverse zaken en argumenten die hierin worden beschouwd. Deze waardering zal per situatie en per constructeur anders kunnen zijn. De risicoanalyse moet worden uitgevoerd en gerapporteerd door een ter zake kundig constructeur. Als deze op basis van de risicoanalyse concludeert dat er sprake is van een hoog risico moeten er urgent maatregelen worden genomen zoals staan in hoofdstuk 3.

Bij het uitvoeren van een risicoanalyse kunnen onder andere de volgende zaken worden beschouwd:

- Wat is het niveau van de schuifspanningen als de quasi permanente belastingscombinatie volgens NEN-EN 1990 wordt beschouwd in de situatie waarbij de veranderlijke belastingen bij de daadwerkelijke gebruiksfunctie worden beschouwd. Als de gemiddelde schuifspanningen hoger zijn dan $0,4 \text{ N/mm}^2$ is er sprake van een hoger risico;
- Is er sprake van een dynamische of een quasi statische veranderlijke belasting. Bij een dynamische belasting, zoals in een parkeergarage of een evenementruimte, is sprake van een hoger risico;
- Wat is de belastingshistorie van de beschouwde vloer/constructie. Zijn er in het verleden, bijvoorbeeld tijdens de bouw, al hogere belastingen op de vloer uitgeoefend. Als dat het geval is en het gebruik is zodanig beperkt dat dat belastingsniveau niet wordt overschreden, is er sprake van een lager risico;
- Is bekend met welk beton de breedplaten zijn vervaardigd. Als dit dezelfde betonmortel betreft als waarmee de platen voor de parkeergarage in Eindhoven betreft, is sprake van een hoger risico;
- Als ter plaatse van de naad scheurvorming optreedt zal de verdeling van de momentensom tussen veld- en steunpuntsmomenten wijzigen. Als de constructie de capaciteit heeft om deze herverdeling op te nemen is er sprake van een lager risico;
- Beschouw bij een observatie ter plaatse of er sprake is van overmatige scheurvorming bij de steunpunten, een relatief grote doorbuiging bij de beschouwde overspanningen en/of een openstaande naad bij of een verticale verschuiving tussen twee aansluitende breedplaten, dit kan duiden op een hoger risico;
- Is de kritische naad een kopnaad of een langsnaad. Bij een kopnaad is er vanwege de verwachte aanwezigheid van de tralieliggers sprake van een lager risico;
- Bepaal binnen 200 mm vanaf een kritische naad of er sprake is van delaminatie tussen de breedplaat en de ter plaatse gestorte druklaag. Dit is mogelijk middels niet-destructief onderzoek of door het maken van een boorgat in combinatie met een observatie via een endoscoop. Als er sprake is van delaminatie is er sprake van een hoger risico;
- Is het mogelijk om regelmatig observaties uit te voeren om na te gaan of er wijzigingen in het constructief gedrag optreden. Als dit goed mogelijk is en daadwerkelijk wordt gedaan, is er sprake van een lager risico;
- Is het mogelijk om een proefbelasting uit te voeren. Na het uitvoeren van een proefbelasting volgens NEN 8700 is er sprake van een lager risico;
- Bepaal hoe de constructie zich zal gedragen in het geval de weerstand ter plaatse van de naad geheel terugvalt naar 0. Als de stabiliteit gewaarborgd blijft en er een alternatieve belastingsafdracht mogelijk is, bijvoorbeeld via toename van steunpuntsmomenten (let op voldoende lengte bovenwapening) of membraamwerking, is er sprake van een lager risico.

3 Maatregelen

In figuur 4 is schematisch weergegeven in welke gevallen geen (groen) of voorlopig geen maatregelen (blauw) noodzakelijk worden geacht. De deelverzameling van breedplaatvloeren waarvoor urgent maatregelen noodzakelijk worden geacht, is in rood weergegeven. Daar waar ten minste belastingsbeperking moet worden toegepast, is als oranje weergegeven.



figuur 4 Schematische weergave van de (deel)verzamelingen van breedplaatvloeren waarvoor geen maatregelen, voorlopig geen maatregelen, belastingsbeperking en urgent maatregelen noodzakelijk worden geacht (respectievelijk in groen, blauw, oranje en rood).

Er moet onderscheid worden gemaakt tussen tijdelijke maatregelen en definitieve maatregelen. Tijdelijke maatregelen moeten zo spoedig mogelijk worden genomen als uit stap 6 blijkt dat sprake is van een hoog risico. Tijdelijke maatregelen kunnen zijn:

- Het tijdelijk verlagen van belastingen op de vloer. In de praktijk kan dit betekenen dat de ruimte onder en/of op de onveilige vloer moet worden ontruimd;
- Of het (plaatselijk) stempelen van de vloer. Als daarbij op een eronder aanwezige vloer wordt gestempeld, moet worden nagegaan of die vloer in staat is de stempelbelasting te dragen.

Nadat tijdelijke maatregelen zijn genomen, zijn definitieve maatregelen waarmee wordt voldaan aan het veiligheidsniveau in NEN 8700 noodzakelijk. Omdat al sprake is van een hoog risico, zal op basis van de kennis die op dit moment beschikbaar is, altijd een versterking noodzakelijk zijn. Versterkingsmaatregelen voor deze specifieke situatie zijn nog in ontwikkeling. Er zijn reeds positieve resultaten bereikt met lijmanen die vanaf de onderzijde van de vloer door het oppervlak van het kritische deel van het aansluitvlak worden aangebracht en die voldoende zijn verankerd in de ter plaatse gestorte druklaag en middels een moer en een volgplaat voldoende zijn verankerd onder de breedplaat.

Rijswijk, 5 oktober 2017





Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.

Notitie 05-10-2017 **Concept B**

Dossier 9780

Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren in bestaande utiliteitsgebouwen opgeleverd na 1999.

1 Inleiding

Op 27 mei 2017 is een deel van een in aanbouw zijnde parkeergarage van Eindhoven Airport ingestort.

Het voorliggende document geeft een methode om van een afzonderlijk bouwwerk het veiligheidsrisico te bepalen.

De reikwijdte van dit document is beperkt tot bouwwerken waarbij het grootste veiligheidsrisico wordt gezien. Dit betreft bouwwerken die zijn opgeleverd na 1999. Woningen en woongebouwen vallen hier buiten. Dit geldt niet voor parkeergarages, winkels en dergelijke onder een woongebouw.

Door middel van het stappenplan in hoofdstuk 2 kan van een bouwwerk worden bepaald dat:

- (1) er geen veiligheidsrisico is;
- (2) er een mogelijk veiligheidsrisico is maar vooralsnog geen directe maatregelen nodig zijn, of
- (3) er een urgent veiligheidsrisico is waarbij direct maatregelen genomen moeten worden.

Voor situatie (2) geeft dit document nog geen methode om tot een definitief oordeel te komen omdat het inzicht in de constructieve eigenschappen nog onvoldoende is. Daarvoor moet namelijk voor verschillende configuraties nog aanvullend experimenteel onderzoek worden uitgevoerd naar de afschuifsterkte tussen breedplaat en ter plaatse gestorte betonnen druklaag. Naar verwachting wordt dit onderzoek op korte termijn uitgevoerd. Na afronding hiervan zal dit document worden aangepast en kan ook voor die situaties een definitieve beoordeling plaatsvinden.

In hoofdstuk 3 is op hoofdlijnen ingegaan op de maatregelen die kunnen worden getroffen als uit onderzoek bij een gebouw blijkt dat er sprake is van een urgent veiligheidsrisico.

¹ Het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport is beschreven in Hageman rapport 9663-1-0 en TNO-rapport TNO 2017 R11127.

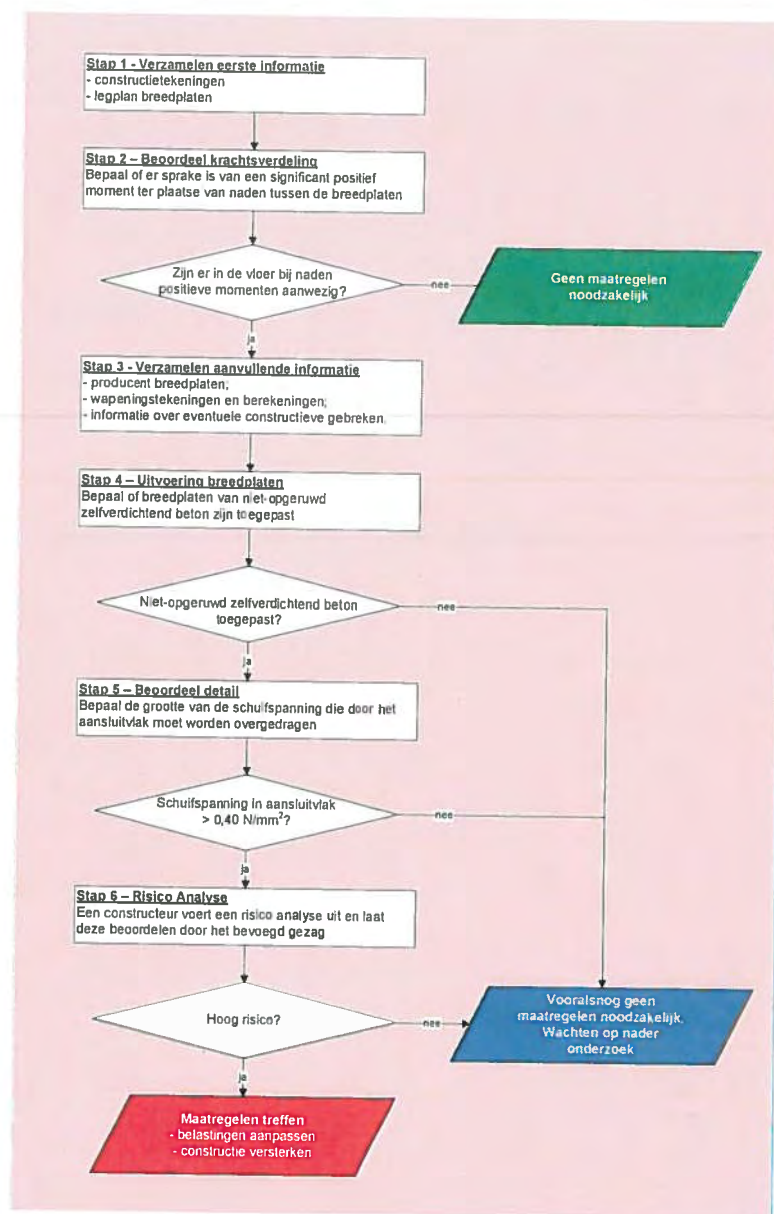
11.1

11.1

2 Stappenplan onderzoek breedplaatvloeren in bestaande gebouwen

2.1 Algemeen

Voor het beoordelen van de constructieve veiligheid van constructies waarin breedplaatvloeren zijn toegepast, is een stappenplan opgesteld. Dit stappenplan is weergegeven in ~~figuur 1~~ ~~figuur 1~~ ~~figuur 1~~. In paragraaf 2.2 is het stappenplan toegelicht. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen breedplaatvloeren met en zonder gewichtsbesparende elementen.



figuur 1 Stappenplan voor het onderzoek naar constructieve veiligheid van breedplaatvloeren.

2.2 Beschrijving en toelichting stappenplan

Hierna is het stappenplan nader beschreven en zijn de keuzes toegelicht.

Stap 1 – Verzamelen eerste informatie

11.1
Als deze tekeningen niet in het bezit zijn van de eigenaar van het gebouw, kunnen zij mogelijk worden gevonden in het archief van de gemeente, aannemer of constructeur.

Of breedplaatvloeren zijn toegepast en de wijze waarop, kan ook worden bepaald met een observatie in het gebouw. Bij het gebruik van breedplaatvloeren is aan de onderzijde van de vloer vaak een naad zichtbaar die zich op een hart-op-hart-afstand van 2,4 meter of meer bevindt. Bij een hart-op-hart-afstand tussen de naden van 1,2 meter is er in het algemeen sprake van een kanaalplaatvloer.

11.1



foto 1 Voegen tussen breedplaten aan de onderzijde van een breedplaatvloer

Stap 2 – Beoordeel de 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.

11.1

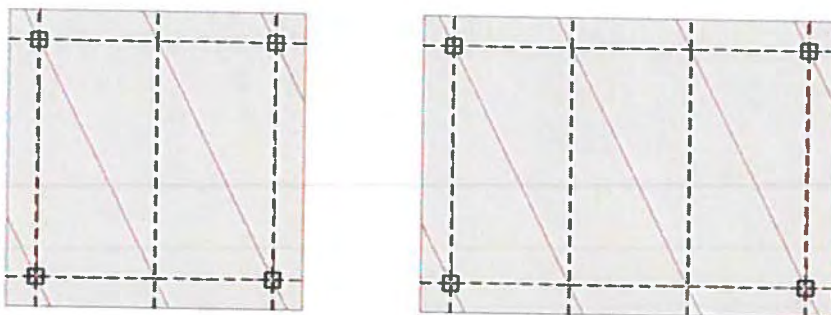
alle andere gevallen, bijvoorbeeld wanneer de breedplaten afdragen op kolommen, eventueel via verstijfde vloerstroken of stalen liggers, moet een constructeur bepalen of er sprake is van positieve momenten ter plaatse van naden en eventueel de grootte ervan bepalen.

11.1

11.1

11.1

- Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij sprake is van een primaire krachtsafdracht in twee richtingen (figuur 2);
- Lijnvormig ondersteunde vloeren met een naad in het midden van de overspanning, waarbij de naad evenwijdig aan de lijnvormige ondersteuning loopt;
- Speciale situaties, bijvoorbeeld in de buurt van een grote sparing in de vloer.



figuur 2 Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij een significant positief moment bij een plaatnaad kan optreden.

Toelichting:

11.1

een naad tussen twee breedplaten, ten gevolge van de primaire krachtsafdracht, een positief moment aanwezig is.

Stap 3 – Verzamelen van aanvullende informatie

Verzamel de beschikbare, aanvullende informatie van de breedplaatvloer, zoals wapeningstekeningen, berekeningen en eventuele gegevens over constructieve gebreken of aanpassingen die in het verleden hebben plaatsgevonden.

Aangezien het onderzoek zich richt op relatief jonge constructies, is de kans groot dat bij de producent van de breedplaatvloeren, de gemeente, de (hoofd)constructeur en/of de (hoofd)aannemer informatie over de vloerconstructie aanwezig is.

Aanbevolen wordt de beschikbaar gekomen informatie van de breedplaatvloeren zodanig te archiveren, dat dit in de toekomst snel kan worden geraadpleegd als uit aanvullend onderzoek blijkt dat ook andere situaties dan genoemd in het voorliggende document, kritisch kunnen zijn met betrekking tot de constructieve veiligheid.

Stap 4 – Uitvoering breedplaten

Controleer met de beschikbare informatie of de vloer is uitgevoerd met zelfverdichtend beton zonder opruwing. Of zelfverdichtend beton is toegepast en of dat is opgeruwd, is waarschijnlijk niet terug te vinden op de tekeningen van de vloer. De producent van de toegepaste breedplaten kan hierover mogelijk wel nadere informatie verstrekken. Hierover kan contact worden opgenomen met de producent of de aannemer. Op het moment dat niet kan worden uitgesloten dat zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, moet ervan worden uitgegaan dat dit is toegepast. Als geen zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, worden vooralsnog geen constructieve maatregelen noodzakelijk geacht.

Toelichting:

De instorting van de parkeergarage bij Eindhoven Airport betrof een vloerconstructie met breedplaten vervaardigd met zelfverdichtend beton. Deze vloerconstructie is door middel van onderzoek in het Structures Laboratory van de TU/e onderzocht. Hieruit kwam naar voren dat de schuifsterkte van het aansluitvlak tussen de breedplaat en de ter plaatse gestorte druklaag relatief laag was. Aangenomen wordt dat dit veroorzaakt is door de toepassing van zelfverdichtend beton voor de breedplaten en het achterwege laten van enige vorm van opruwen van de bovenzijde van de breedplaten. Eerdere proeven met breedplaten van normaal grindbeton die niet zijn opgeruwd, leidden tot 2,5 à 3 maal hogere schuifsterkten in het aansluitvlak.

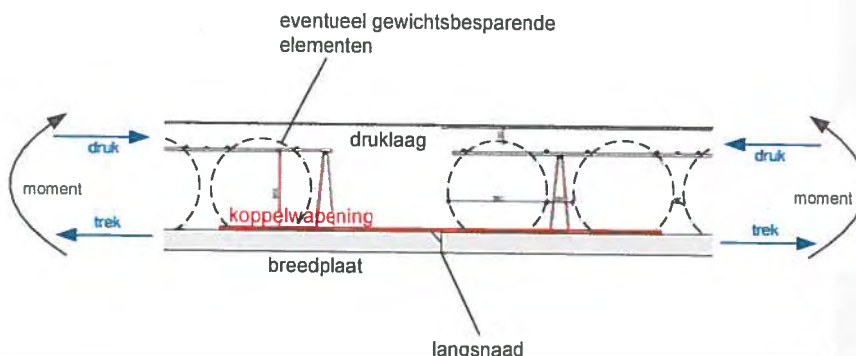
11.1

van de constructieve eigenschappen van het aansluitvlak bij diverse configuraties volgen

11.1

Stap 5 – Beoordeel het detail

In het geval een positief moment ter plaatse van een breedplaatnaad moet worden overgedragen, moet worden beoordeeld of de trekkracht, die in de wapening van de breedplaat aanwezig is, via koppelwapening die op de breedplaat ligt, naar de wapening in de breedplaat aan de andere zijde van de naad kan worden overgebracht. Daarbij moet worden getoetst of de schuifspanning in het aansluitvlak tussen de breedplaat en de druklaag niet een bepaalde grenswaarde overschrijdt. In een breedplaatvloer kan sprake zijn van langsnaden en kopnaden. De situatie voor een langснаad toegelicht in figuur 3.



11.1

Toelichting:

Een vergelijkbare situatie als bij een langsnaad kan ook optreden bij een kopnaad tussen twee breedplaten. De tralieliggers die de breedplaat en de opstort met elkaar verbinden zullen in dat geval in de andere richting lopen en zich ook dichterbij de plaatnaad bevinden. Naar verwachting is deze situatie minder kritisch, maar omdat hierover nog maar weinig bekend is, wordt bij stap 5 vooralsnog geen onderscheid gemaakt tussen langsnaaden en kopnaaden.

In de beschouwde vloer moet het positieve moment ter plaatse van de naad door een constructeur worden bepaald bij de maatgevende fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700, niveau bestaande bouw. Vooralsnog wordt geadviseerd hierbij geen herverdeling toe te passen waarbij de negatieve momenten toenemen en de veldmomenten afnemen. Uit dit moment kan de trekkracht in de koppelwapening die op de breedplaat is aangebracht, worden bepaald.

De gemiddelde schuifspanning in het beschreven deel van het aansluitvlak kan worden bepaald door de kracht die benodigd is in de koppelwapening te delen door een oppervlak dat gelijk is aan het product van de verankeringslengte en de breedte waarover de koppelwapening beschouwd is.

11.1

deze gevallen zal moeten worden nagegaan of een reductie toegepast moet worden, waarbij het een veilige benadering is door de breedte b te baseren op de breedte van het beton tussen de gewichtsbeparende elementen ter hoogte van het aansluitvlak.

$$v_{\text{Ed,gem}} = F_{\text{Ed}} / A_v$$

waarin:

$v_{\text{Ed,gem}}$ is de schuifspanning die gemiddeld in het oppervlak van het aansluitvlak aanwezig is;

F_{Ed}

A_v is het oppervlak van het aansluitvlak;

$$= l_b \cdot b$$

l_b is de aanwezige verankeringslengte van de koppelwapening boven de beschouwde breedplaat, maar niet groter dan de 50ϕ ;

b is de breedte waarover de beschouwde koppelwapening aanwezig is.

Als in het aansluitvlak tussen het ter plaatse gestorte beton en de breedplaat, ter plaatse van het oppervlak tussen de koppelwapening en de wapening in de breedplaat bij de bovengenoemde belastingscombinatie de gemiddelde schuifspanning ten gevolge van de overdracht van de trekkracht naar de wapening in de breedplaat, groter is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan is de constructieve veiligheid niet zonder meer gewaarborgd.

situatie, maar er moet dan wel zo spoedig mogelijk een risico analyse worden uitgevoerd volgens stap 6. Als de schuifspanning de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ niet overschrijdt, worden vooralsnog geen constructieve maatregelen noodzakelijk geacht.

11.1

11.1

11.1

11.1

Toelichting:

De grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ is gebaseerd op de schuifsterkte die is gevonden bij het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport. Op dit moment wordt ervan uitgegaan dat het een conservatieve waarde betreft. Bij andere samenstellingen van beton – dus ook bij andere mengsels voor zelfverdichtend beton – zouden mogelijk hogere waarden gevonden kunnen worden. De komende tijd zal experimenteel onderzoek worden uitgevoerd om de daadwerkelijke schuifsterkte van verschillende configuraties van betonmengsels en afwerking van de bovenzijde van de breedplaten te bepalen. Als uit dat onderzoek blijkt, dat de rekenwaarde van de schuifsterkte daadwerkelijk hoger is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan kan definitief worden geconcludeerd dat de vloeren veilig zijn. Een vloer is voldoende veilig als deze voldoet aan het veiligheidsniveau uit NEN 8700 voor bestaande bouw. Als de rekenwaarde van de schuifsterkte lager blijkt te zijn dan de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$, dan moet de vloer mogelijk worden versterkt.

11.1

Bij de onderzochte variaties is geen invloed gevonden van het wel of niet aanwezig zijn van gewichtsbesparende elementen in het aansluitvlak.

11.1

11.1

Stap 6 – Risico analyse:

Het uitvoeren van een risico analyse is maatwerk. Het maatwerk betreft vooral het waarderen van de diverse zaken en argumenten die hierin worden beschouwd. Deze waardering zal per situatie en per constructeur anders kunnen zijn. De risico analyse moet worden uitgevoerd en gerapporteerd door een ter zake kundig constructeur.

11.1

Bij het uitvoeren van een risico analyse de volgende zaken worden beschouwd:

11.1

11.1

11.1

- o Is het mogelijk om regelmatig observaties uit te voeren om na te gaan of er wijzigingen in het constructief gedrag optreden. Als dit goed mogelijk is en daadwerkelijk wordt gedaan, is er sprake van een lager risico;

11.1

3 Maatregelen

In figuur 4 is schematisch weergegeven in welke gevallen geen, voorlopig geen wel maatregelen noodzakelijk worden geacht. De deelverzameling van breedplaatvloeren waarvoor maatregelen

11.1



figuur 4 Schematische weergave van de (deel)verzamelingen van breedplaatvloeren waarvoor geen, voorlopig geen en wel maatregelen noodzakelijk worden geacht (respectievelijk in groen, blauw en rood).

11.1

Tijdelijke maatregelen kunnen zijn:

- Het tijdelijk verlagen van belastingen op de vloer. In de praktijk kan dit betekenen dat de ruimte onder en/of op de onveilige vloer moet worden ontruimd;
- Of het (plaatselijk) stempelen van de vloer. Als daarbij op een eronder aanwezige vloer wordt gestempeld, moet worden nagegaan of die vloer in staat is de stempelbelasting te dragen.

11.1

Versterkingsmaatregelen voor deze specifieke situatie zijn nog in ontwikkeling. Er zijn reeds positieve resultaten bereikt met lijmmankers die vanaf de onderzijde van de vloer door het oppervlak van het kritische deel van het aansluitvlak worden aangebracht en die voldoende zijn verankerd in de ter plaatse gestorte druklaag en middels een moer en een volgplaat voldoende zijn verankerd onder de breedplaat.

Rijswijk, 5 oktober 2017

123

Van: [redacted]@adviesbureau-hageman.nl>
Verzonden: donderdag 5 oktober 2017 16:13
Aan: [redacted]
CC: [redacted]; [redacted]
Onderwerp: 9780 notitie 5-10-2017 (2)
Bijlagen: n-171005.pdf

Beste [redacted]

Bij deze de op detail gereviseerde versie met dezelfde naam.

Met vriendelijke groet,

[redacted]

Van: [redacted]
Verzonden: donderdag 5 oktober 2017 15:44
Aan: [redacted]@minbzk.nl>
CC: [redacted]@tno.nl>; [redacted]@adviesbureau-hageman.nl>
Onderwerp: 9780 notitie 5-10-2017

Beste [redacted]

Hierbij ontvang je een pdf met onze notitie van 5-10-2017. Tevens stuur ik je een Word bestand van concept B van deze ochtend met daarbij het commentaar van TNO en onze reactie daarbij, ter informatie. Als je naar aanleiding hiervan nog vragen en/of opmerkingen hebt, verneem ik dat graag.

Met vriendelijke groet,

[redacted]



Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.

[redacted]
Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.
Polakweg 14e 2288 GG
Postbus 26 2280 AA
RIJSWIJK
T [redacted]
M [redacted]
www.adviesbureau-hageman.nl

De informatie, verzonden in of met dit e-mailbericht, is afkomstig van Adviesbureau Hageman en uitsluitend bestemd voor de geadresseerde. Indien dit e-mailbericht niet voor u bestemd is, wordt u vriendelijk verzocht per e-mail of telefoon contact op te nemen met de verzender van dit bericht.



Notitie 05-10-2017

Dossier 9780

Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren in bestaande bouwwerken opgeleverd na 1999

1 Inleiding

Op 27 mei 2017 is een deel van een 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 onveilig kunnen zijn¹. Hierdoor is de vraag ontstaan of bestaande bouwwerken met breedplaten wel voldoende veilig zijn. Het voorliggende document geeft een methode om van een afzonderlijk bouwwerk het veiligheidsrisico te bepalen.

De reikwijdte van dit document is beperkt tot bouwwerken waarbij het grootste veiligheidsrisico wordt gezien. Dit betreft bouwwerken die zijn opgeleverd na 1999. Woningen en woongebouwen vallen vanwege de opbouw van de constructie hier buiten. Dit geldt niet voor meerlaagse constructies voor parkeergarages, winkels en dergelijke onder een woongebouw.

Door middel van het stappenplan in hoofdstuk 2 kan van een bouwwerk worden bepaald dat:

- (1) er geen veiligheidsrisico is;
- (2) er een mogelijk veiligheidsrisico is maar vooralsnog geen directe maatregelen nodig zijn, of
- (3) er een urgent veiligheidsrisico is waarbij direct maatregelen genomen moeten worden.

Voor situatie (2) geeft dit document nog geen methode om tot een definitief oordeel te komen omdat het inzicht in de constructieve eigenschappen nog onvoldoende is. Daarvoor moet namelijk voor verschillende configuraties nog aanvullend experimenteel onderzoek worden uitgevoerd naar de afschuifsterkte tussen breedplaat en ter plaatse gestorte betonnen druklaag. Naar verwachting wordt dit onderzoek op korte termijn uitgevoerd. Na afronding hiervan zal dit document worden aangepast en kan ook voor die situaties een definitieve beoordeling plaatsvinden.

In hoofdstuk 3 is op hoofdlijnen ingegaan op de maatregelen die kunnen worden getroffen als uit onderzoek bij een gebouw blijkt dat er sprake is van een urgent veiligheidsrisico.²

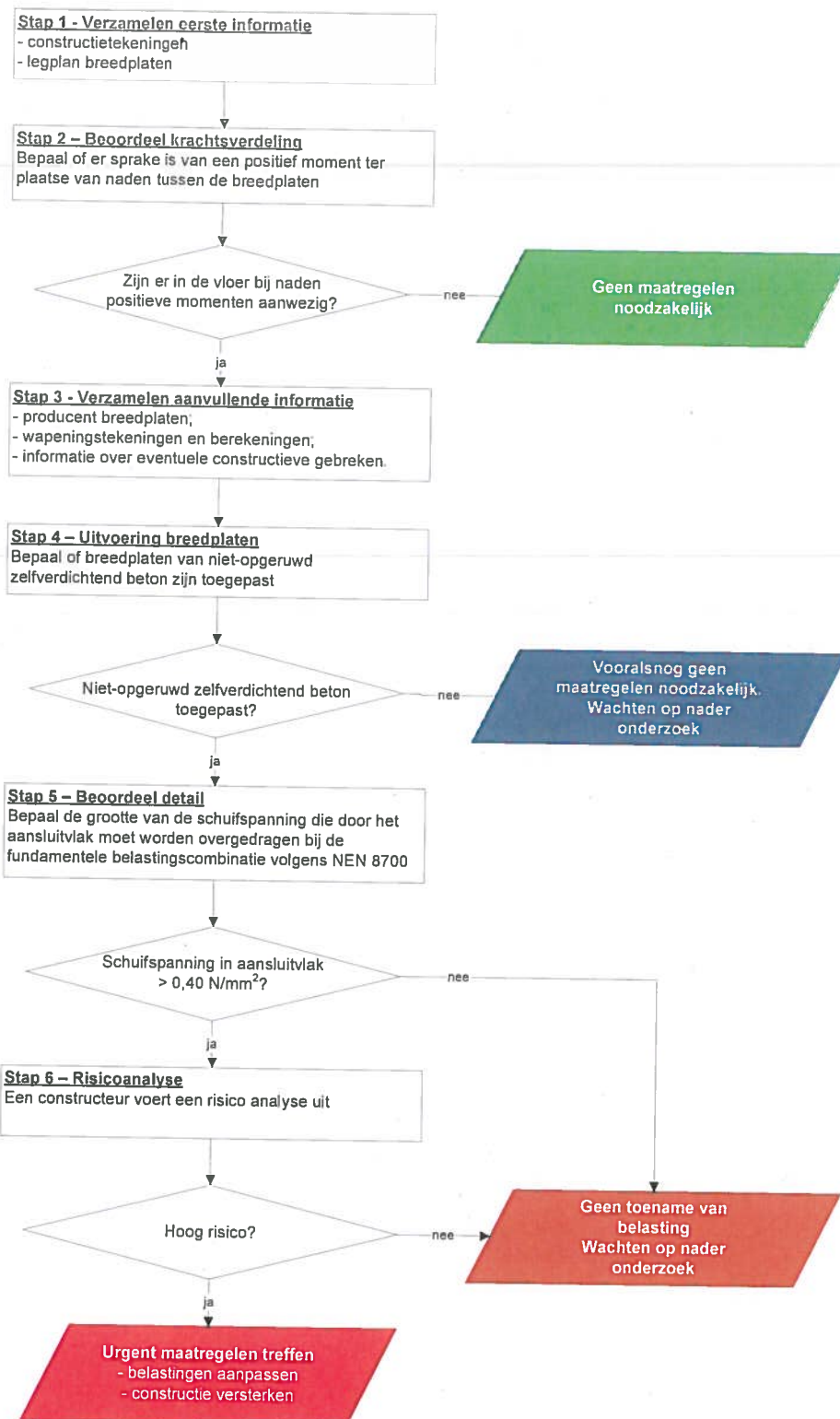
¹ Het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport is beschreven in Hageman rapport 9663-1-0 en TNO-rapport TNO 2017 R11127.

² Deze notitie tot stand is gekomen na ruggespraak met vertegenwoordigers van COBC, TNO, AB-FAB, het Rijksvastgoedbedrijf, VN-Constructeurs en Bouwend Nederland

2 Stappenplan onderzoek breedplaatvloeren in bestaande gebouwen

2.1 Algemeen

Voor het beoordelen van de constructieve veiligheid van constructies waarin breedplaatvloeren zijn toegepast, is een stappenplan opgesteld. Dit stappenplan is weergegeven in figuur 1. In paragraaf 2.2 is het stappenplan toegelicht. Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen breedplaatvloeren met en zonder gewichtsbesparende elementen.



figuur 1 Stappenplan voor het onderzoek naar constructieve veiligheid van breedplaatvloeren.

2.2 Beschrijving en toelichting stappenplan

Hierna is het stappenplan nader beschreven en zijn de keuzes toegelicht.

Stap 1 – Verzamelen eerste informatie

Informatie over 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 en meer specifiek het legplan van de breedplaten. Als deze tekeningen niet in het bezit zijn van de eigenaar van het gebouw, kunnen zij mogelijk worden gevonden in het archief van de gemeente, aannemer of constructeur.

Of breedplaatvloeren zijn toegepast en de wijze waarop, kan ook worden bepaald met een observatie in het gebouw. Bij het gebruik van breedplaatvloeren is aan de onderzijde van de vloer vaak een naad zichtbaar die zich op een hart-op-hart-afstand van 2,4 meter of meer bevindt (zie foto 1). Bij een hart-op-hart-afstand tussen de naden van 1,2 meter is er in het algemeen sprake van een kanaalplaatvloer. Als er geen naden zichtbaar zijn en de vloer is aan de onderzijde niet voorzien van stucwerk, dan is de vloer geheel ter plaatse gestort.



foto 1 Voorbeeld van de voegen h.o.h. 2,4 m. tussen breedplaten aan de onderzijde van een breedplaatvloer

Stap 2 – Beoordeel de krachtsverdeling

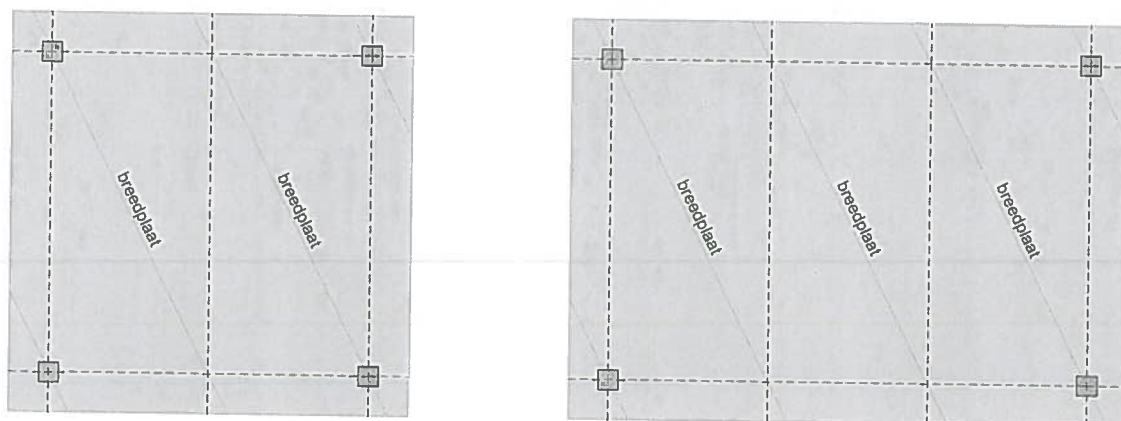
Nagegaan moet worden of er in de breedplaatvloeren, ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten sprake is van een positief moment dat veroorzaakt wordt door de primaire krachtsafdracht. Met de aanwezigheid van een primaire krachtsafdracht wordt bedoeld dat de grootte van de momentensom in de beschouwde richting niet kan worden verkleind door een herverdeling van de belastingsafdracht zodat de momentensom in de andere richting zal toenemen.

In het geval de afzonderlijke breedplaten aan beide uiteinden direct dragen op dragende wanden of betonnen liggers zal geen sprake zijn van positieve momenten ter plaatse van naden 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 en eventueel de grootte ervan bepalen.

Voorbeelden van breedplaatvloeren waarbij een positief moment bij een naad tussen twee breedplaten kan optreden, zijn:

- Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij sprake is van een primaire krachtsafdracht in twee richtingen (figuur 2);
- Lijnvormig ondersteunde vloeren met een naad in het midden van de overspanning, waarbij de naad evenwijdig aan de lijnvormige ondersteuning loopt;
- Speciale situaties, bijvoorbeeld in de buurt van een grote sparing in de vloer.



figuur 2 Puntvormig ondersteunde vloeren waarbij een significant positief moment bij een plaatnaad kan optreden. De stippellijnen geven de naden weer tussen de afzonderlijke breedplaten.

Toelichting:

Uit het uitgevoerde onderzoek voor de parkeergarage bij Eindhoven Airport, blijkt dat bij een breedplaatvloer onvoldoende constructieve veiligheid aanwezig kan zijn als er ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten, ten gevolge van de primaire krachtsafdracht, een positief moment aanwezig is.

Stap 3 – Verzamelen van aanvullende informatie

Verzamel de beschikbare, aanvullende informatie van de breedplaatvloer, zoals wapeningstekeningen, berekeningen en eventuele gegevens over constructieve gebreken of aanpassingen die in het verleden hebben plaatsgevonden.

Aangezien het onderzoek zich richt op relatief jonge constructies, is de kans groot dat bij de producent van de breedplaatvloeren, de gemeente, de (hoofd)constructeur en/of de (hoofd)aannemer informatie over de vloerconstructie aanwezig is.

Aanbevolen wordt de beschikbaar gekomen informatie van de breedplaatvloeren zodanig te archiveren, dat dit in de toekomst snel kan worden geraadpleegd als uit aanvullend onderzoek blijkt dat ook andere situaties dan genoemd in het voorliggende document, kritisch kunnen zijn met betrekking tot de constructieve veiligheid.

Stap 4 – Uitvoering breedplaten

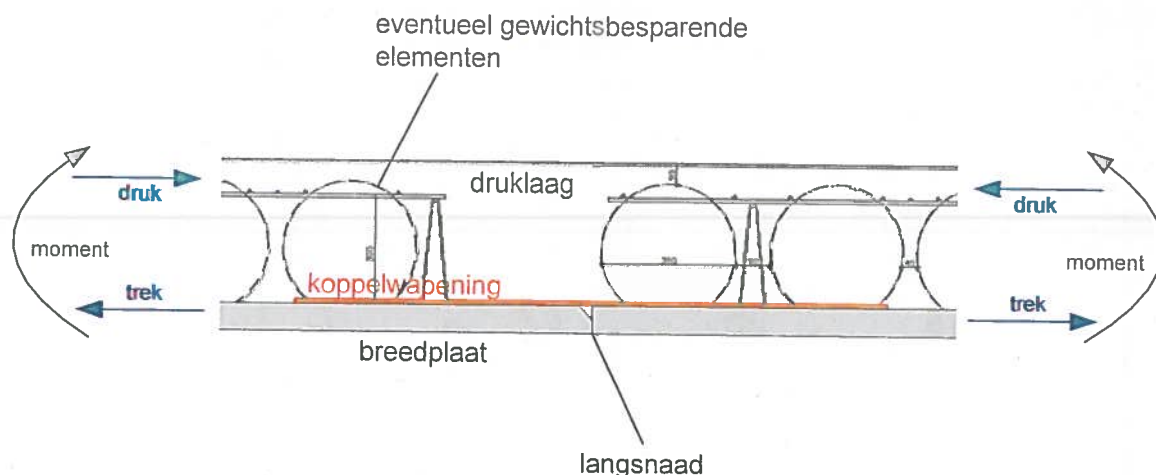
Controleer met de beschikbare informatie of de vloer is uitgevoerd met zelfverdichtend beton zonder opruwing. Of zelfverdichtend beton is toegepast en of dat is opgeruwd, is waarschijnlijk niet terug te vinden op de tekeningen van de vloer. De producent van de toegepaste breedplaten kan hierover mogelijk wel nadere informatie verstrekken. Hierover kan contact worden opgenomen met de producent of de aannemer. Op het moment dat niet kan worden uitgesloten dat zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, moet ervan worden uitgegaan dat dit is toegepast. Als geen zelfverdichtend beton zonder opruwing is toegepast, worden vooralsnog geen constructieve maatregelen noodzakelijk geacht.

Toelichting:

De instorting van de parkeergarage bij Eindhoven Airport betrof een vloerconstructie met breedplaten vervaardigd met zelfverdichtend beton. Deze vloerconstructie is door middel van onderzoek in het Structures Laboratory van de TU/e onderzocht. Hieruit kwam naar voren dat de schuifsterkte van het aansluitvlak tussen de breedplaat en de ter plaatse gestorte druklaag relatief laag was. Aangenomen wordt dat dit veroorzaakt is door de toepassing van zelfverdichtend beton voor de breedplaten en het achterwege laten van enige vorm van opruwen van de bovenzijde van de breedplaten. Eerdere proeven met breedplaten van normaal grindbeton die niet zijn opgeruwd, leidden tot 2,5 à 3 maal hogere schuifsterkten in het aansluitvlak. Uit het in hoofdstuk 1 genoemde nog uit te voeren experimentele onderzoek zal een meer uitgebreide beschrijving van de constructieve eigenschappen van het aansluitvlak bij diverse configuraties volgen.

Stap 5 – Beoordeel het detail

In het geval een positief moment ter plaatse van een breedplaatnaad moet worden overgedragen, moet worden beoordeeld of de trekkracht, die in de wapening van de breedplaat aanwezig is, via koppelwapening die op de breedplaat ligt, naar de wapening in de breedplaat aan de andere zijde van de naad kan worden overgebracht. Daarbij moet worden getoetst of de schuifspanning in het aansluitvlak tussen de breedplaat en de druklaag niet een bepaalde grenswaarde overschrijdt. In een breedplaatvloer kan sprake zijn van langsnaden en kopnaden. De situatie voor een langснаad is toegelicht in figuur 3.



figuur 3 Een door een positief moment veroorzaakte trekkracht in de breedplaten die via in de druklaag opgenomen koppelwapening moet worden overgebracht.

Toelichting:

Een vergelijkbare situatie als bij een langsnaad kan ook optreden bij een kopnaad tussen twee breedplaten. De tralieliggers die de breedplaat en de opstort met elkaar verbinden zullen in dat geval in de andere richting lopen en zich ook dichterbij de plaatnaad bevinden. Naar verwachting is deze situatie minder kritisch, maar omdat hierover nog maar weinig bekend is, wordt bij stap 5 vooralsnog geen onderscheid gemaakt tussen langsnaaden en kopnaaden.

In de beschouwde vloer moet het positieve moment ter plaatse van de naad door een constructeur worden bepaald bij de maatgevende fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700, niveau bestaande bouw. Vooralsnog wordt geadviseerd hierbij geen herverdeling toe te passen waarbij de negatieve momenten toenemen en de veldmomenten afnemen. Uit dit moment kan de trekkracht in de koppelwapening die op de breedplaat is aangebracht, worden bepaald.

De gemiddelde schuifspanning in het beschreven deel van het aansluitvlak kan worden bepaald door de kracht die benodigd is in de koppelwapening te delen door een oppervlak dat gelijk is aan het product van de verankeringslengte en de breedte waarover de koppelwapening beschouwd is. Hierbij hoeft verder geen reductie voor eventueel aanwezige gewichtsbesparende elementen in rekening te zijn gebracht als de reductie van het aansluitvlak hierdoor niet groter is dan 20%. In andere gevallen zal moeten worden nagegaan of een reductie toegepast moet worden, waarbij het een veilige benadering is door de breedte b te baseren op de breedte van het beton tussen de gewichtsbesparende elementen ter hoogte van het aansluitvlak.

$$v_{Ed,gem} = F_{Ed} / A_v$$

waarin:

- $v_{Ed,gem}$ is de gemiddelde schuifspanning die in het oppervlak van het aansluitvlak aanwezig is;
- F_{Ed} is de trekkracht in de koppelwapening ten gevolge van het beschouwde moment;
- A_v is het oppervlak van het aansluitvlak;
 $= l_b b$
- l_b is de aanwezige verankeringslengte van de koppelwapening boven de beschouwde breedplaat, maar niet groter dan de 50ϕ ;

b is de breedte waarover de beschouwde koppelwapening aanwezig is.

Als in het aansluitvlak tussen het ter plaatse gestorte beton en de breedplaat, ter plaatse van het oppervlak tussen de koppelwapening en de wapening in de breedplaat bij de bovengenoemde belastingcombinatie de gemiddelde schuifspanning ten gevolge van de overdracht van de trekkracht naar de wapening in de breedplaat, groter is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan is de constructieve veiligheid niet zonder meer gewaarborgd. Dit wil niet zeggen dat er mogelijk sprake is van een gevaarlijke situatie, maar er moet dan wel zo spoedig mogelijk een risicoanalyse worden uitgevoerd volgens stap 6. Als de schuifspanning de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ niet overschrijdt, worden voorsnog geen constructieve maatregelen noodzakelijk geacht. Aanvullend onderzoek moet nog aantonen of hiermee uiteindelijk het veiligheidsniveau voor bestaande bouw wordt aangetoond.

Geadviseerd wordt om ook bij niet overschrijden van voornoemde grenswaarde bij breedplaten met zelfverdichtend beton en niet nabewerkt oppervlak voorsnog een toename van de belasting onder dagelijks gebruik te vermijden.

Toelichting:

De grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ is gebaseerd op de schuifsterkte die is gevonden bij het onderzoek naar de instorting bij Eindhoven Airport. Op dit moment wordt ervan uitgegaan dat het een conservatieve waarde betreft. Bij andere samenstellingen van beton – dus ook bij andere mengsels voor zelfverdichtend beton – zouden mogelijk hogere waarden gevonden kunnen worden. De komende tijd zal experimenteel onderzoek worden uitgevoerd om de daadwerkelijke schuifsterkte van verschillende configuraties van betonmengsels en afwerking van de bovenzijde van de breedplaten te bepalen. Als uit dat onderzoek blijkt, dat de rekenwaarde van de schuifsterkte daadwerkelijk hoger is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$ dan kan definitief worden geconcludeerd dat de vloeren veilig zijn. Een vloer is voldoende veilig als deze voldoet aan het veiligheidsniveau uit NEN 8700 voor bestaande bouw. Als de rekenwaarde van de schuifsterkte lager blijkt te zijn dan de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$, dan moet de vloer mogelijk worden versterkt.

Bij de onderzochte vloer was door het toepassen van gewichtsbesparende elementen sprake van een reductie van het effectieve aansluitvlak van circa 20%. Bij de onderzochte variaties is geen invloed gevonden van het wel of niet aanwezig zijn van gewichtsbesparende elementen in het aansluitvlak.

Stap 6 – Risicoanalyse:

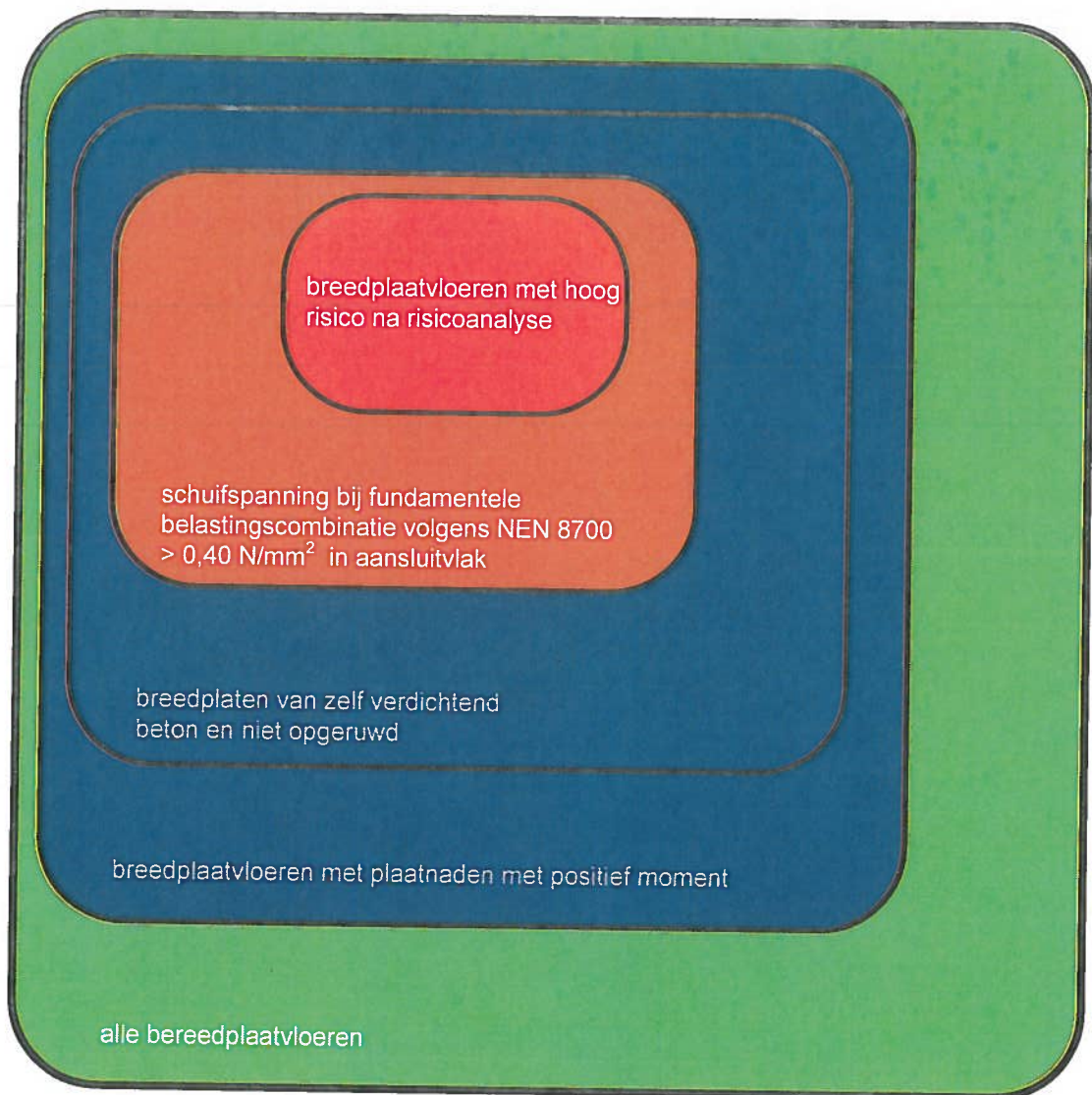
Het uitvoeren van een risicoanalyse is maatwerk. Het maatwerk betreft vooral het waarden van de diverse zaken en argumenten die hierin worden beschouwd. Deze waardering zal per situatie en per constructeur anders kunnen zijn. De risicoanalyse moet worden uitgevoerd en gerapporteerd door een ter zake kundig constructeur. Als deze op basis van de risicoanalyse concludeert dat er sprake is van een hoog risico moeten er urgent maatregelen worden genomen zoals staan in hoofdstuk 3.

Bij het uitvoeren van een risicoanalyse kunnen onder andere de volgende zaken worden beschouwd:

- Wat is het niveau van de schuifspanningen als de quasi permanente belastingscombinatie volgens NEN-EN 1990 wordt beschouwd in de situatie waarbij de veranderlijke belastingen bij de daadwerkelijke gebruiksfunctie worden beschouwd. Als de gemiddelde schuifspanningen hoger zijn dan $0,4 \text{ N/mm}^2$ is er sprake van een hoger risico;
- Is er sprake van een dynamische of een quasi statische veranderlijke belasting. Bij een dynamische belasting, zoals in een parkeergarage of een evenementruimte, is sprake van een hoger risico;
- Wat is de belastingshistorie van de beschouwde vloer/constructie. Zijn er in het verleden, bijvoorbeeld tijdens de bouw, al hogere belastingen op de vloer uitgeoefend. Als dat het geval is en het gebruik is zodanig beperkt dat dat belastingsniveau niet wordt overschreden, is er sprake van een lager risico;
- Is bekend met welk beton de breedplaten zijn vervaardigd. Als dit dezelfde betonmortel betreft als waarmee de platen voor de parkeergarage in Eindhoven betreft, is sprake van een hoger risico;
- Als ter plaatse van de naad scheurvorming optreedt zal de verdeling van de momentensom tussen veld- en steunpuntsmomenten wijzigen. Als de constructie de capaciteit heeft om deze herverdeling op te nemen is er sprake van een lager risico;
- Beschouw bij een observatie ter plaatse of er sprake is van overmatige scheurvorming bij de steunpunten, een relatief grote doorbuiging bij de beschouwde overspanningen en/of een openstaande naad bij of een verticale verschuiving tussen twee aansluitende breedplaten, dit kan duiden op een hoger risico;
- Is de kritische naad een kopnaad of een langsnaad. Bij een kopnaad is er vanwege de verwachte aanwezigheid van de tralieliggers sprake van een lager risico;
- Bepaal binnen 200 mm vanaf een kritische naad of er sprake is van delaminatie tussen de breedplaat en de ter plaatse gestorte druklaag. Dit is mogelijk middels niet-destructief onderzoek of door het maken van een boorgat in combinatie met een observatie via een endoscoop. Als er sprake is van delaminatie is er sprake van een hoger risico;
- Is het mogelijk om regelmatig observaties uit te voeren om na te gaan of er wijzigingen in het constructief gedrag optreden. Als dit goed mogelijk is en daadwerkelijk wordt gedaan, is er sprake van een lager risico;
- Is het mogelijk om een proefbelasting uit te voeren. Na het uitvoeren van een proefbelasting volgens NEN 8700 is er sprake van een lager risico;
- Bepaal hoe de constructie zich zal gedragen in het geval de weerstand ter plaatse van de naad geheel terugvalt naar 0. Als de stabiliteit gewaarborgd blijft en er een alternatieve belastingsafdracht mogelijk is, bijvoorbeeld via toename van steunpuntsmomenten (let op voldoende lengte bovenwapening) of membraamwerking, is er sprake van een lager risico.

3 Maatregelen

In figuur 4 is schematisch weergegeven in welke gevallen geen (groen) of voorlopig geen maatregelen (blauw) noodzakelijk worden geacht. De deelverzameling van breedplaatvloeren waarvoor urgent maatregelen noodzakelijk worden geacht, is in rood weergegeven. Daar waar geen toename van belasting moet worden aangehouden, is als oranje weergegeven.



figuur 4 Schematische weergave van de (deel)verzamelingen van breedplaatvloeren waarvoor geen maatregelen, voorlopig geen maatregelen, belastingsbeperking en urgent maatregelen noodzakelijk worden geacht (respectievelijk in groen, blauw, oranje en rood).

Er moet onderscheid worden gemaakt tussen tijdelijke maatregelen en definitieve maatregelen. Tijdelijke maatregelen moeten zo spoedig mogelijk worden genomen als uit stap 6 blijkt dat sprake is van een hoog risico. Tijdelijke maatregelen kunnen zijn:

- Het tijdelijk verlagen van belastingen op de vloer. In de praktijk kan dit betekenen dat de ruimte onder en/of op de onveilige vloer moet worden ontruimd;
- Of het (plaatselijk) stempelen van de vloer. Als daarbij op een eronder aanwezige vloer wordt gestempeld, moet worden nagegaan of die vloer in staat is de stempelbelasting te dragen.

Nadat tijdelijke maatregelen zijn genomen, zijn definitieve maatregelen waarmee wordt voldaan aan het veiligheidsniveau in NEN 8700 noodzakelijk. Omdat al sprake is van een hoog risico, zal op basis van de kennis die op dit moment beschikbaar is, altijd een versterking noodzakelijk zijn. Versterkingsmaatregelen voor deze specifieke situatie zijn nog in ontwikkeling. Er zijn reeds positieve resultaten bereikt met lijmanen die vanaf de onderzijde van de vloer door het oppervlak van het kritische deel van het aansluitvlak worden aangebracht en die voldoende zijn verankerd in de ter plaatse gestorte druklaag en middels een moer en een volgplaat voldoende zijn verankerd onder de breedplaat.

Rijswijk, 5 oktober 2017



125

Van: [redacted]@adviesbureau-hageman.nl>
Verzonden: donderdag 5 oktober 2017 17:57
Aan: [redacted]
CC: [redacted]
Onderwerp: Re: 9780 notitie 5-10-2017 (2)

Beste [redacted]

Dank, dat is goed nieuw. Nu snel op naar de volgende stap. Maandag is er overleg bij Ab-fab [redacted] is daarbij om uitleg en toelichting te geven.

Met vriendelijke groet,
[redacted]

Op 5 okt. 2017 om 17:48 heeft [redacted] het volgende geschreven:

Dag [redacted]
Ik heb [redacted] mee kunnen krijgen met deze tekst. Ligt nu hier bij onze DG en
morgenochtend tekent onze minister. Morgenmiddag dan waarschijnlijk publiciteit.

Aan [redacted] wel toegezegd dat we als klankbord snel weer bij elkaar komen, zodat partijen
ervaringen kunnen uitwisselen over het werken met stap 6.

Ik wil hierover morgenochtend een mail sturen aan klankbordgroep. Ik stel voor
woensdagochtend over twee weken. Ok? Ook kunnen we dan het "nader onderzoek"
bespreken.

Misschien goed om nog even te bellen straks.
Groet,
[redacted]

Verzonden met BlackBerry Work
(www.blackberry.com)

Van: [redacted]@adviesbureau-
[hageman.nl](mailto:[redacted]@adviesbureau-hageman.nl)>>
Datum: donderdag 05 okt. 2017 4:13 PM
Aan: [redacted]@minbzk.nl<[mailto:\[redacted\]@minbzk.nl](mailto:[redacted]@minbzk.nl)>>
Kopie: [redacted]@tno.nl<[mailto:\[redacted\]@tno.nl](mailto:[redacted]@tno.nl)>>, [redacted]@adviesbureau-hageman.nl<[mailto:\[redacted\]@adviesbureau-hageman.nl](mailto:[redacted]@adviesbureau-hageman.nl)>>, [redacted]@adviesbureau-
[hageman.nl](mailto:[redacted]@adviesbureau-hageman.nl)>>
Onderwerp: 9780 notitie 5-10-2017 (2)

Beste [redacted]

Bij deze de op detail gereviseerde versie met dezelfde naam.

Met vriendelijke groet,
[redacted]

Van: [REDACTED]
Verzonden: donderdag 5 oktober 2017 15:44
Aan: [REDACTED] <[\[REDACTED\]@minbzk.nl](mailto:[REDACTED]@minbzk.nl)>
CC: [REDACTED] <[\[REDACTED\]@tno.nl](mailto:[REDACTED]@tno.nl)>; [REDACTED]
[REDACTED] <[\[REDACTED\]@adviesbureau-hageman.nl](mailto:[REDACTED]@adviesbureau-hageman.nl)>
Onderwerp: 9780 notitie 5-10-2017

Beste [REDACTED]

Hierbij ontvang je een pdf met onze notitie van 5-10-2017. Tevens stuur ik je een Word bestand van concept B van deze ochtend met daarbij het commentaar van TNO en onze reactie daarbij, ter informatie. Als je naar aanleiding hiervan nog vragen en/of opmerkingen hebt, verneem ik dat graag.

Met vriendelijke groet,

[REDACTED]

[Logo RGB klein]

[REDACTED]

Adviesbureau ir. J.G. Hageman B.V.

Polakweg 14e 2288 GG

Postbus 26 2280 AA

RIJSWIJK

T [REDACTED]

M [REDACTED]

www.adviesbureau-hageman.nl

De informatie, verzonden in of met dit e-mailbericht, is afkomstig van Adviesbureau Hageman en uitsluitend bestemd voor de geadresseerde. Indien dit e-mailbericht niet voor u bestemd is, wordt u vriendelijk verzocht per e-mail of telefoon contact op te nemen met de verzender van dit bericht.

Dit bericht kan informatie bevatten die niet voor u is bestemd. Indien u niet de geadresseerde bent of dit bericht abusievelijk aan u is toegezonden, wordt u verzocht dat aan de afzender te melden en het bericht te verwijderen. De Staat aanvaardt geen aansprakelijkheid voor schade, van welke aard ook, die verband houdt met risico's verbonden aan het elektronisch verzenden van berichten.

This message may contain information that is not intended for you. If you are not the addressee or if this message was sent to you by mistake, you are requested to inform the sender and delete the message. The State accepts no liability for damage of any kind resulting from the risks inherent in the electronic transmission of messages.