

Notitie 21-12-2017

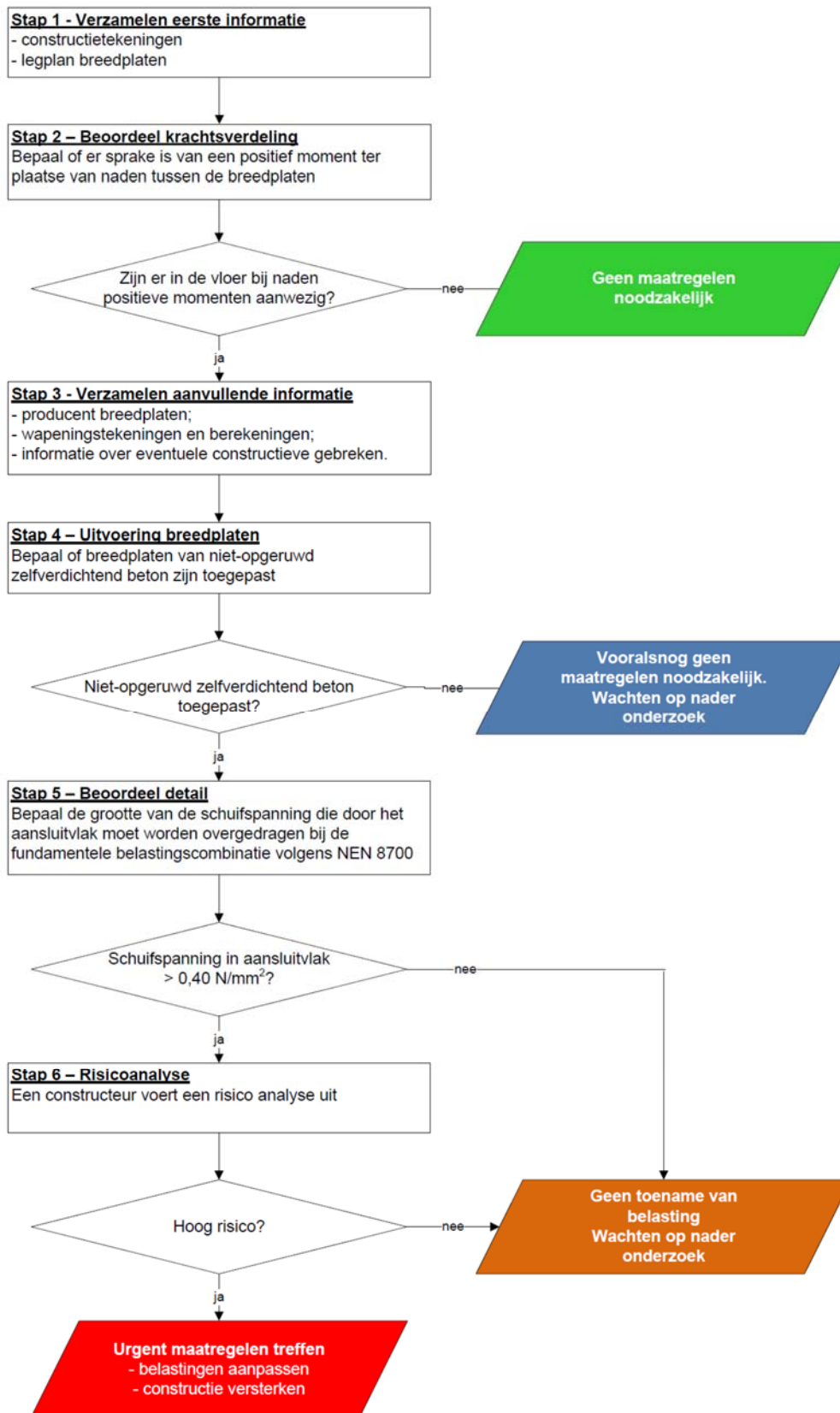
Dossier 9780

Toelichting op informatiedocument beoordeling constructieve veiligheid breedplaatvloeren

1 Inleiding

Voor de beoordeling van de constructieve veiligheid van breedplaatvloeren is door Adviesbureau Hageman in opdracht van het ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (BZK) een informatiedocument opgesteld (Hageman notitie 05-10-2017). Dit informatiedocument is tot stand gekomen na ruggespraak met vertegenwoordigers van COBC, TNO, AB-FAB, het Rijksvastgoedbedrijf, VN-Constructeurs en Bouwend Nederland. Inmiddels wordt de beoordelingsmethodiek die in het informatiedocument is beschreven, door veel partijen gebruikt.

In het informatiedocument is een stappenplan voor de beoordeling opgenomen (figuur 1). Naar aanleiding van vragen vanuit de praktijk, is op verzoek van het ministerie BZK door Adviesbureau Hageman in het voorliggende document een toelichting op onderdelen van dit stappenplan gegeven. Deze toelichting is tot stand gekomen in overleg met vertegenwoordigers van de eerder genoemde partijen.



figuur 1 Stappenplan uit het informatiedocument.

2 Algemene toelichting op het stappenplan

Algemene toelichting op het stappenplan:

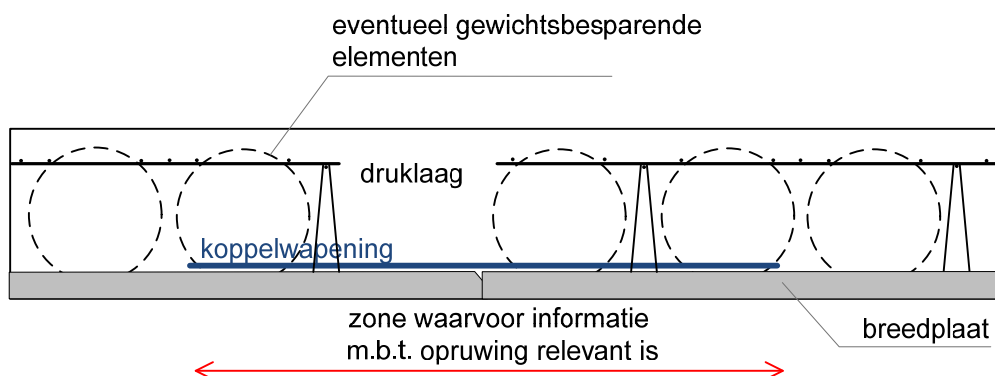
- Het doel van het stappenplan is om de meest kritische vloerconstructies te vinden;
- Voordat conclusies worden getrokken, dient het stappenplan geheel doorlopen te worden.
- Woningen of woongebouwen hoeven niet te worden onderzocht. Parkeergarages of winkels etc. die zich onder een woongebouw bevinden, moeten wel worden onderzocht;
- Constructies van normaal grindbeton of opgeruwd zelfverdichtend beton worden voorlopig voldoende veilig geacht (deze constructies vallen in het groene of blauwe vak van het stappenplan). Dit wil overigens nog niet zeggen dat die constructies per definitie aan het afkeurniveau dat in NEN 8700 voor bestaande bouw is beschreven, zullen voldoen;
- Uiteindelijk zullen voor de verschillende typen breedplaatvloeren rekenregels worden opgesteld om te kunnen toetsen of een vloerconstructie van een bestaand gebouw aan het afkeurniveau voldoet. Deze rekenregels zullen worden gebaseerd op het nog uit te voeren landelijke nader onderzoek dat in het informatiedocument is vermeld. Zie hiervoor ook de tekst in het blauwe en oranje vak in figuur 1. Naar verwachting zullen deze rekenregels voor eind 2018 beschikbaar komen. Als dan niet aan het afkeurniveau wordt voldaan, zullen maatregelen, zoals bijvoorbeeld het aanbrengen van versterkingen, moeten worden genomen.

3 Toelichting op stap 4

In stap 4 wordt bepaald of de breedplaten zijn gemaakt van niet-opgeruwd zelfverdichtend beton. Deze informatie staat meestal niet op de tekeningen die door de fabrikant zijn gemaakt. Via de volgende URL kan informatie van een aantal fabrikanten ten aanzien van de toegepaste betonsoort en het al dan niet opruwen van de bovenkant van de breedplaat worden gevonden:

<http://www.ab-fab.nl/algemeen-prefab/breedplaat---zelfverdichtend-beton>

Het onderzoek heeft betrekking op de overdracht van positieve buigende momenten ter plaatse van een naad tussen twee breedplaten. Daarom is in het kader van dit onderzoek van belang dat de informatie over opruwing geldt voor het oppervlak in de nabijheid van de naad, over de zone waar de koppelstaven op de breedplaat liggen (figuur 2), dus langs de randen van de breedplaat. Door de aanwezigheid van gewichtsbesparende elementen is het mogelijk dat een breedplaat juist daar niet is opgeruwd, terwijl de rest van de breedplaat dit wel is.



figuur 2 Zone waarvoor informatie over opruwing noodzakelijk is

Van een opgeruwd oppervlak mag in ieder geval worden uitgegaan als het oppervlak voldoet aan de eisen die gelden voor klasse “ruw” in art. 6.2.5 van NEN-EN 1992-1-1.

4 Toelichting op stap 5

De toets in stap 5 dient te worden uitgevoerd voor het niveau bestaande bouw uit het Bouwbesluit 2012. Dit niveau is beschreven in NEN 8700 als het afkeurniveau voor bestaande bouwconstructies.

Het is niet de bedoeling van het stappenplan dat, als de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ bij stap 5 is overschreden, al conclusies ten aanzien van de constructieve veiligheid worden getrokken. In dat geval kan pas na het doorlopen van stap 6 een eindconclusie voor de beoordeling volgens het stappenplan worden getrokken. Dan is immer pas duidelijk of een vloer ingedeeld moet worden in het oranje of het rode vak in figuur 4 van de notitie. Geadviseerd wordt om maatregelen zoals ontruimen van een gebouw(deel) of plaatsen van stempels in gebouw(delen) pas toe te passen als uit stap 6 volgt dat het gebouw of gebouwdelen ingedeeld worden in het rode vak. Wel wordt aangeraden om zodra bekend is dat breedplaten met zelfverdichtend beton zonder opruwing toegepast zijn, een toename van de belasting onder dagelijks gebruik te voorkomen.

Met “Geen toename van de belasting onder dagelijks gebruik” wordt bedoeld, dat de huidige functie en het huidige gebruik van de betreffende vloer(en) niet mogen worden veranderd als dit zou kunnen leiden tot een verhoging van de optredende krachten en spanningen in de vloer. Meer specifiek betekent het in dit geval dat geen toename van de optredende spanningen in de voegen tussen twee breedplaten mag optreden. Een wijziging van de plaats van belastingen onder gelijkblijvend gebruik is wel toegestaan. Bijvoorbeeld het bijplaatsen van extra tafels in een klaslokaal. Anderzijds kan het creëren van een tijdelijke opslag van schoolmeubilair in de desbetreffende ruimte niet worden beschouwd als een beperkte wijziging. Geadviseerd wordt regelmatig te controleren of er geen sprake is van een toename van de belasting onder dagelijks gebruik. Dit kan bijvoorbeeld door een medewerker van een technische dienst worden uitgevoerd.

5 Toelichting op stap 6

Bij het beoordelen van de vloeren door het uitvoeren van een risicoanalyse dienen alle aspecten in de risicoanalyse te zijn beschouwd. Het is niet de bedoeling dat nadat bij één aspect een positief oordeel wordt gevonden, gelijk de conclusie geen hoog risico wordt getrokken. Bij het trekken van deze conclusie dienen de bevindingen bij alle aspecten te worden betrokken.

Quasi permanente belastingsituatie

De aanvullende toets aan de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ bij stap 6 wordt uitgevoerd voor de quasi permanente belastingscombinatie. Deze belastingscombinatie is beschreven middels, vergelijking 6.16b, van NEN-EN 1990. Deze belastingscombinatie wordt normaliter bij de toets van de bruikbaarheidsgrenstoestand gebruikt. Met deze belastingscombinatie wordt een spanningstoestand in de voeg bepaald die met grote waarschijnlijkheid in het dagelijks gebruik ook op zal treden. Hierbij moet ook uitgegaan worden van het gebruik van elke ruimte zoals die nu werkelijk plaatsvindt. De gebruiksfunctie volgens het ontwerp kan anders zijn dan het werkelijk gebruik. In het ontwerp kan bijvoorbeeld een hogere waarde van de gebruiksbelasting worden aangehouden om de toepassingsmogelijkheden voor een gebouw flexibel te houden. De aanvullende toets op dit niveau is in de risicoanalyse opgenomen om na te gaan hoe hoog het risico is bij het werkelijke gebruik van het gebouw. Nogmaals wordt opgemerkt dat het resultaat van de toets op zich niet bepalend is voor de conclusie van de risicoanalyse, maar één van de overwegingen is die in de afweging wordt meegenomen.

Als na overleg tussen partijen tijdelijk wordt uitgegaan van een lagere veranderlijke belasting dan volgens NEN-EN 1991-1-1 voor de beschouwde functie moet worden gebruikt, mag bij het bepalen van de bijdrage van de veranderlijke belasting aan de quasi-permanente belastingscombinatie geen lagere waarde worden aangehouden dan $\frac{1}{2}$ maal de in NEN-EN 1991-1-1 beschreven karakteristieke waarde van de veranderlijke belasting voor die functie.

Tijdens de uitgevoerde laboratoriumproeven voor het schadegeval Eindhoven Airport werd reeds bij een laag belastingsniveau (t.o.v. het bezwijkniveau) onthechting tussen de bovenzijde van de breedplaat en de druklaag waargenomen. Ondanks deze onthechting kon de belasting nog worden verhoogd. Het is daarom niet nodig om bij de toetsing aan de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$, die is afgeleid uit diezelfde proeven, een reductie ten gevolge van een mogelijke onthechting in rekening te brengen door bijvoorbeeld van een kleiner aansluitvlak uit te gaan.

Herverdeling

Uit een analyse van in het buitenland uitgevoerde proeven op breedplaatvloeren is gebleken dat het bezwijkgedrag onder andere afhankelijk lijkt te zijn van de locatie van de aanwezige tralieliggers. Indien de tralieliggers niet aanwezig zijn in het verankeringsgebied van de koppelstaven wordt een duidelijk bros gedrag waargenomen. Er is dan dus geen sprake van herverdelingscapaciteit. In die gevallen waar er wel tralieliggers aanwezig zijn in het verankeringsgebied is er mogelijk wel herverdelingscapaciteit aanwezig. In welke mate dit bij een beoordeling kan worden gebruikt is onderwerp van nadere studie.

Vaststellen delaminatie

Er is inmiddels ervaring opgedaan met het vaststellen van de mogelijke delaminatie tussen de breedplaat en druklaag in de nabijheid van plaatnaden. Een snelle en betrouwbare methode blijkt het bekloppen van de onderzijde van de vloer met een (licht) hamertje te zijn. Hierbij duidt een

doffe klank op de aanwezigheid van delaminatie. Met deze methode kan ook een indruk worden gekregen over de afstand vanaf de naad, waarover de delaminatie zich voortzet. Voor het bepalen van de mate van delaminatie kan worden afgezien van de methode met een boorgat zoals in het informatiedocument is beschreven.

Uit ervaring is inmiddels ook bekend dat het vaak voorkomt dat over de eerste 10 à 15 cm naast de plaatnaad een doffe klank bij bekloppen wordt gehoord. Ook op locaties zonder positief buigendmoment bij een plaatnaad is dit waargenomen. Een dergelijke onthechting kan zijn veroorzaakt door spanningen als gevolg van verhinderde krimpvervorming van het ter plaatse gestorte beton van de druklaag. Tijdens de proeven die voor het schadegeval Eindhoven Airport zijn uitgevoerd, is waargenomen dat bij een relatief laag belastingsniveau reeds onthechting optreedt. Dit betekent dat, in afwijking van hetgeen in het stappenplan is vermeld, een beperkte onthechting van 10 cm met zo nu en dan een uitschieter tot 15 à 20 cm niet direct leidt tot een hoger risico. Wordt meer onthechting vastgesteld dan is wel sprake van een hoger risico. Als geen onthechting wordt vastgesteld dan is sprake van een lager risico.

Als voor één of meerdere vloervelden de conclusie van stap 6 is dat urgent maatregelen moeten worden genomen (rode vak), betekent dit niet dat het gehele gebouw in het rode vlak moet worden geplaatst. Er kunnen lokale maatregelen worden getroffen, zoals het stempelen of buiten gebruik stellen van de betreffende vloervelden. Dit moet zodanig gebeuren, dat er geen veiligheidsrisico's zijn voor de delen van het gebouw die in gebruik blijven. Ten aanzien van het stempelen van een vloerveld wordt opgemerkt dat er rekening mee moet worden gehouden, dat mogelijk over meerdere verdiepingen naar beneden toe moet worden doorgestempeld. Indien het aanbrengen van stemfels of het deels buiten gebruik stellen van het gebouw het gebruik van het gebouw te veel beperken, kan worden overwogen het gebouw (toch) tijdelijk te sluiten. Met urgent wordt in dit geval bedoeld, dat de maatregelen beheerst op korte termijn worden uitgevoerd. Gelet op de reeds langere gebruiksduur van de betreffende constructie hoeven, in tegenstelling tot bijvoorbeeld bij brand, ruimten niet per direct te worden ontruimd. Gebruikers dienen de gelegenheid te krijgen om belangrijke spullen uit het gebouw mee te nemen.

Belastingshistorie tijdens de bouw

Vaak is tijdens de uitvoering de stortbelasting doorgestempeld naar twee of drie ondergelegen vloeren. In dat geval hebben de ondergelegen vloeren de helft of een derde van de stortbelasting in het verleden gedragen. De bouwbelasting op een vloerveld kan in de risicoanalyse worden gebruikt bij een beschouwing van de bewezen sterkte van een vloerveld.

Als een vloer nog niet in gebruik is geweest, kan de waarde van de bouwbelasting worden aangehouden als waarde voor de belasting tijdens dagelijks gebruik van de vloer. Dan dient de bouwbelasting als proefbelasting te worden beschouwd. Het is dan noodzakelijk dat de aanwijzingen uit het volgende hoofdstuk worden opgevolgd en dat met voldoende betrouwbaarheid de waarde van de bouwbelasting op een vloerveld kan worden bepaald. De hoofdaannemer van het project kan mogelijk informatie verschaffen over de waarde van de belasting op de vloer tijdens de bouw.

Maatregelen

Als bij een project op basis van de risicoanalyse de conclusie is getrokken dat een aantal vloervelden een hoog risico hebben en dat daar blijvende maatregelen, zoals bijvoorbeeld het aanbrengen van versterkingen, moeten worden uitgevoerd, dient het volgende bedacht te zijn. Het is redelijk

aannemelijk dat andere soortgelijke vloervelden in het project waarbij juist tot de conclusie gekomen wordt dat er geen hoog risico is (oranje) ook na het uitvoeren van het landelijke nader onderzoek en het opstellen van de benodigde rekenregels niet zullen voldoen aan het afkeurniveau voor bestaande bouw volgens NEN 8700. Deze vloervelden dienen dan na het bekend worden van de rekenregels alsnog versterkt te worden.

6 Toelichting op het uitvoeren van een proefbelasting

Bij vloeren waarvoor urgent maatregelen noodzakelijk zijn (ingedeeld in het rode vak), kan na het treffen van maatregelen worden overwogen om een proefbelasting uit te voeren. Dat wil zeggen dat de proefbelasting niet in plaats van maatregelen komt, maar om de maatregelen weer te kunnen laten vervallen. Als de vloer bij een vooraf bepaalde grootte van de proefbelasting niet bezwijkt en/of geen schade vertoont die het draagvermogen kan beïnvloeden, kan de vloer alsnog worden ingedeeld in het oranje vak (geen toename belasting, wachten op nader onderzoek).

Bij het beproeven van de vloer is het belangrijk dat door betrokken partijen van te voren een afspraak wordt gemaakt over de grootte van de proefbelasting en dat voor alle partijen duidelijk is wat de mogelijke consequenties van een proefbelasting kunnen zijn. Het is mogelijk dat de schade die bij een proefbelasting ontstaat, zodanig kan zijn dat de proefbelaste delen en eventueel andere delen van het gebouw niet meer gebruikt kunnen worden.

Vooraf aan een proefbelasting moet een plan worden opgesteld waarin onder andere aandacht wordt besteed aan:

- Maatregelen om gevolgen bij falen te beperken;
- De persoonlijke veiligheid tijdens het uitvoeren van de proef;
- Grootte van de aan te brengen proefbelasting;
- Wijze van aanbrengen van de proefbelasting;
- Uit te voeren metingen tijdens de proefbelasting;
- Grenswaarden voor de verschillende criteria.

Maatregelen om gevolgen van falen te beperken

Om de gevolgen van falen te beperken, is er bij eerdere proefbelastingen op breedplaatvloeren gewerkt met een onderstempeling van het belaste vloerveld en de onderliggende vloervelden. Het uitgangspunt bij het ontwerp van het stempelplan is, dat de volledige proefbelasting door de stempels kan worden overgebracht naar de eronder aanwezige vloer(en) en dat de proefbelasting, in het geval de vloer tijdens de belastingsproef is bezwaken, veilig kan worden verwijderd. Het aantal verdiepingen waarover naar beneden toe moet worden doorgestempeld, moet op basis van een berekening worden bepaald. De ondersteuning van het te belasten vloerveld moet enkele centimeters worden vrij gehouden van de onderzijde van de vloer zodat het te beproeven vloerveld niet wordt ondersteund maar wel bij eventueel bezwijken voldoende snel wordt opgevangen door de onderstempeling.

Persoonlijke veiligheid

Tijdens het uitvoeren van een proefbelasting is er te allen tijde een verhoogde kans aanwezig dat het beproefde deel bezwijkt. De capaciteit van de constructie is immers niet bekend. Daarom wordt geadviseerd de belasting in stappen aan te brengen. Tijdens het aanbrengen van de belasting gedurende een belastingsstap mogen er geen personen onder het beproefde vloerveld aanwezig zijn. Als

een belastingsstap enige tijd (ca. 10 min.) aanwezig is en de constructie dit zonder problemen lijkt te kunnen dragen, kan een persoon metingen verrichten onder het belaste vloerveld. Met klem wordt geadviseerd altijd een waarnemer naast het belaste veld te hebben die tijdig kan waarschuwen als er bijkomende schade lijkt te ontstaan waardoor de aanwezigheid onder het vloerveld niet meer verantwoord is. Als een kortere pauze tussen belastingsstappen gewenst is, dan is het noodzakelijk dat waarnemingen vanaf afstand worden uitgevoerd. Bijvoorbeeld door op afstand afleesbare verplaatsingsopnemers aan te brengen.

Grootte van de aan te brengen proefbelasting

De grootte van de belasting moet zodanig worden gekozen, dat de vloer met voldoende zekerheid in het oranje vak kan worden ingedeeld. Enerzijds is daarbij het minimaal voorgeschreven veiligheidsniveau van belang en anderzijds de grootte van de belastingen bij het huidige gebruik. Bij de bepaling van de grootte van de proefbelasting moet onderscheid worden gemaakt tussen de volgende situaties:

1. Beproeving van alle vloervelden die zijn ingedeeld in het rode vak
2. Beproeving van een deel van de vloervelden die zijn ingedeeld in het rode vak

Het is bekend dat de sterkte van beton bij een langdurige belasting terug kan lopen. Daarom moet bij de karakteristieke belastingscombinatie, het effect van de belasting met een factor 1,05 te vergroten.

Ad 1, alle “rode” vloervelden beproeven

Indien op alle velden die zijn ingedeeld in het rode vak een proefbelasting wordt uitgevoerd, kan de grootte van de proefbelasting als volgt worden bepaald (zie ook Bijlage E.8 van NEN8700). Bij de proefbelasting hoort men aan te tonen dat de vloerconstructie bestand is tegen alle belastingsgevallen en belastingscombinaties. Als vertrekpunt voor de proeven wordt de veranderlijke belasting onder huidig werkelijk gebruik gehanteerd. Dit kan betekenen dat mag worden uitgegaan van een lagere belasting van de vloeren dan waarop de vloeren oorspronkelijk zijn ontworpen. Een dergelijke tijdelijke belastingsreductie is, bij toetsing aan het afkeurniveau, toegestaan volgens NEN 8700. Hierbij moet dan natuurlijk wel worden gewaarborgd dat een ander gebruik van het betreffende vloerveld ook wordt voorkomen. Met veranderlijke belasting onder huidig werkelijk gebruik wordt een reëel ingeschatte belasting op basis van het gebruik zoals dat op dit moment aan de orde is, bedoeld. Dit kan afwijken van de momentane waarde van de belasting die behoort bij de gebruiksklasse uit NEN-EN 1991-1-1.

De grootte van de proefbelasting is in dit geval de gereduceerde, veranderlijke belasting vermenigvuldigd met de bijbehorende belastingsfactor, bij het afkeurniveau volgens NEN 8700 (tabel A1.2). Volgens bijlage E.8 van NEN 8700 geldt in beginsel dat geen belastingsfactor voor het eigen gewicht meegenomen hoeft te worden. De achtergrond hiervan is dat bij het ontwerp aangehouden onzekerheden in het eigen gewicht niet aanwezig zijn, omdat in het werk de werkelijke constructie wordt beproefd. Het daadwerkelijke eigen gewicht is in de proef aanwezig. Tevens geldt dat geen materiaalfactor voor onzekerheden in de sterkte hoeft te worden meegenomen in de proefbelasting, omdat de daadwerkelijke sterkte van het vloerveld wordt beproefd en alleen conclusies worden getrokken voor het betreffende vloerveld.

Voorbeeld:

belastingen:

veranderlijk onder werkelijk gebruik:

2,2 kN/m²

permanent:

7,0 kN/m²

belastingsfactoren (CC2, referentieperiode 15 jaar):

veranderlijke belasting:

$\gamma_Q = 1,15$

permanente belasting:

$\gamma_G = 1,0^a$

^a De belastingsfactor voor de permanente belasting is hier gelijk aan 1,0 omdat alle vloeren worden belast.

Inclusief een correctie voor het lange-duur effect komt de aan te brengen proefbelasting dan op:

$$Q = 1,05(1,15 \cdot 2,2 + 1,0 \cdot 7,0) - 1,0 \cdot 7,0 = 3,0 \text{ kN/m}^2$$

Ad 2, een deel van de “rode” vloervelden beproeven

Indien niet alle vloervelden worden beproefd en het doel van de proef is om wel een conclusie te kunnen trekken voor alle vloervelden, is de vereiste proefbelasting hoger dan onder ad 1 is beschreven. In dit geval dient namelijk rekening te worden gehouden met spreiding in gewicht en capaciteit van de verschillende vloervelden. In bijlage E.6 van NEN 8700 zijn aanwijzingen gegeven hoe hiermee moet worden omgegaan. Voor de variatie in sterkte wordt geadviseerd uit te gaan van een variatiecoëfficiënt (V) met een waarde van 0,13. Een nadere uitwerking hiervan voor een specifiek geval is gegeven in bijlage B.

Wijze van aanbrengen van de proefbelasting

Bij voorkeur wordt er bij een proefbelasting gebruik gemaakt van een systeem waarbij de last snel automatisch gereduceerd kan worden. Dit gebeurt in laboratoria in de regel door het gebruik van een belastingsframe en aanbrengen van krachten door toepassen van vijzels. Bij de tot nu toe bekende praktijkgevallen voor breedplaatvloeren is er gekozen voor watercontainers en een ondersteuning van de constructie om de consequenties van een mogelijk falen te beperken tot het geteste deel van de constructie (figuur 3). Een voordeel van deze wijze van het aanbrengen van de proefbelasting is dat de proef met eenvoudige middelen te realiseren is. Een nadeel is, dat het een systeem is waarbij de last niet heel snel kan worden verwijderd. Alle betrokken partijen moeten het eens zijn over deze aanpak en de eventuele gevolgen hiervan.



figuur 3 Voorbeeld van uitvoering van proefbelasting met water.

Metingen tijdens beproeving

Bij voorkeur moet er tijdens een proef continu gemeten worden. Stoppen tijdens een belastingstap kan dan op basis van vooraf vastgestelde grenswaarden op elke moment gebeuren. Zonder continue meting kan tijdens het doorlopen van een belastingstap alleen op basis van een visuele waarneming worden ingegrepen, hetgeen erg beperkt zal zijn. Er zijn verschillende eenvoudige meetmethoden beschikbaar zoals laseropnemers en draadopnemers om tijdens de proeven op enkele plaatsen de doorbuiging van de breedplaten en de voegwijdte tussen de breedplaten te meten.

Voor een proefbelasting van een breedplaatvloer worden minimaal de volgende metingen geadviseerd:

1. Onthechting direct naast plaatnaden in het veld door middel van afkloppen;
Dit kan alleen ter plaatse en dus niet op afstand worden gedaan.
2. Voegwijdte in plaatnaad (grenswaarde zal wat betreft orde grootte in tienden van mm zijn);
3. Wijdte van aanwezige scheuren, ontstaan van nieuwe scheuren (grenswaarde zal wat betreft orde grootte in tienden van mm zijn);
4. Doorbuiging van de vloer ten opzichte van de bovenzijde stempels of een ander vast punt (grenswaarde zal wat betreft orde grootte in mm zijn).

Na bereiken van een bepaalde laststap moet enige tijd gewacht worden alvorens te gaan meten om zeker te zijn dat de constructie onder die last stabiel is. Indien er na een stap een significante toename van een meetwaarde (bijvoorbeeld onthechting) wordt geconstateerd, kan worden besloten de proef te staken. Aanbevolen wordt dat betrokken partijen vooraf afspreken bij welke schade de

proef wordt afgebroken. Als de proef voortijdig wordt afgebroken, is sprake van een negatief resultaat. Het betreffende vloerveld blijft dan in het rode vak (maatregelen vereist).

Als de vloer in het betreffende veld in staat is de vooraf bepaalde belasting te dragen is het betreffende vloerveld veilig te gebruiken en valt het in het oranje vak (geen toename van belasting, wachten op nader onderzoek). Indien een deel van de vloervelden is beproefd en het blijkt dat deze vloervelden in staat zijn de vooraf afgesproken proefbelasting te dragen dan zijn alle vloervelden waarop de beproeving betrekking heeft, veilig te gebruiken met de bij de oranje categorie behorende beperking van de belasting.

7 Gebouwen in aanbouw

Op dit moment zijn diverse gebouwen in aanbouw waarin breedplaten zijn of worden verwerkt. Hierbij zijn twee situaties te onderscheiden:

1. De breedplaatvloeren zijn al gemaakt;
2. De breedplaatvloeren zijn nog niet gemaakt.

Opmerking: Een breedplaatvloer is de vervaardigde samenstelling van een geprefabriceerde breedplaat en de ter plaatse gestorte druklaag.

Situatie 1:

Er wordt geadviseerd om voor gebouwen die nu in aanbouw zijn en die vanuit het stappenplan komen in de zone “wachten op nader onderzoek” het volgende:

Maak bij gereed melding schriftelijke afspraken met de gebouweigenaar.

Na gereed melding geeft de gemeente hierin aan dat niet is aangetoond dat voldaan wordt aan het Bouwbesluit (nieuwbouw) en gedooft het gebruik onder de voorwaarde dat de eigenaar het gebouw nog laat onderzoeken op het moment dat het “nadere onderzoek volgens Hageman” gereed is (of bijvoorbeeld binnen een jaar) en dat de eigenaar alsnog maatregelen neemt als dan blijkt dat niet wordt voldaan aan nieuwbouw.

Als uit stap 5 volgt dat de beschouwde vloer in het oranje vak valt, is geen toename van de belasting mogelijk. In het geval de bouwbelasting gering is geweest, is de vloer in dat geval praktisch onbruikbaar. Als die uitkomst niet gewenst is, kan door middel van een proefbelasting volgens stap 6 worden nagegaan welke belasting verantwoord is.

Situatie 2:

In situatie 2 dienen de breedplaatvloeren te voldoen aan de eisen die gelden voor nieuwbouw.

Rijswijk, 21 december 2017

prof. ir. S.N.M. Wijte

ir. J.J. Meester

Bijlage A: voorbeeld 1

Beschrijving van het gebouw

Het betreft een kantoorgebouw met meerdere verdiepingen waarin breedplaatvloeren zijn toegepast. Het gebouw heeft een betonnen stabiliteitskern. De breedplaatvloeren dragen af op de kernwanden en op betonnen kolommen. Het gebouw is oorspronkelijk ontworpen met de voorschriften-serie TGB 1990 (o.a. het voorschrift NEN 6702). Het gebouw is ongeveer 8 jaar in gebruik. De verdiepingsvloeren worden in dit voorbeeld beschouwd.

Vloeropbouw

De breedplaatvloeren zijn uitgevoerd met gewichtsbesparende elementen. Er bevindt zich een tralieligger evenwijdig aan de langsnaden op ongeveer 300 mm vanaf de naad.

Vloerbelasting

De permanente belasting van de vloer bedraagt $8,5 \text{ kN/m}^2$. De veranderlijke vloerbelasting waarvan in het ontwerp is uitgegaan, bedraagt $3,0 \text{ kN/m}^2$. De ψ -factoren zijn gelijk aan: $\psi_0 = 0,5$ en $\psi_2 = 0,3$

Stappen 1 t/m 4

De tekeningen en de berekeningen van de breedplaatvloeren zijn beschikbaar. Er is geconstateerd dat er sprake is van positieve momenten bij de plaatnaden. Met de gegevens op de tekeningen kon de fabrikant van de breedplaatvloeren worden benaderd. Op basis van navraag bij de fabrikant van de breedplaatvloeren is geconcludeerd dat de breedplaten zijn vervaardigd van niet-opgeruwd zelfverdichtend beton. Het uitvoeren van Stap 5 is daarom noodzakelijk.

Stap 5

In stap 5 moet de grootte van de gemiddelde schuifspanning in het aansluitvlak bij de fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700 worden getoetst aan een grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$.

De grootte van de schuifspanning in het aansluitvlak volgt uit:

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

waarin:

$v_{\text{Ed,gem}}$	is de gemiddelde schuifspanning in het aansluitvlak
F_{Esd}	is de trekkracht in de wapening ten gevolge van het moment ter plaatse van de plaatnaad door de fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700
A_v	is het oppervlak van het aansluitvlak $= l_b b$
l_b	is de aanwezige verankeringslengte van de koppelwapening op de breedplaat, maar niet groter dan $50 \varnothing$, waarbij \varnothing de diameter van de koppelstaven is
b	is de breedte waarover de beschouwde koppelwapening aanwezig is

Uit bestudering van de oorspronkelijke vloerberekeningen en tekeningen blijkt dat de koppelwapening op de breedplaten in een vloerveld niet is verjongd, maar is gedimensioneerd op het de grootste waarde van het veld moment in de kolomstrook dat met een lineair elastische berekening is bepaald.

Om de trekkracht F_{Esd} bij de fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700 uit te rekenen, wordt uitgegaan van de vloeikracht van de aanwezige koppelwapening, vermenigvuldigd met reductiefactoren in verband met het feit dat:

1. de koppelwapening niet volledig is uitgenut in het ontwerp;
2. de rekenwaarde van de belasting voor de fundamentele combinatie volgens NEN 8700 lager is dan bij het ontwerp volgens NEN 6702.

De rekenwaarde van de vloeigrens van de wapening is in dit geval:

$$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$$

Ad. 1, Benutting van de wapening

Voor diverse locaties is in de ontwerpberekeningen nagegaan in hoeverre de koppelwapening is benut ter plaatse van de kolomstroken. De koppelwapening is gedimensioneerd op een piekmoment, de grootste waarde van het veldmoment, in de kolomstrook. De benutting ter plaatse van het piekmoment blijkt nergens 100% te zijn, maar te variëren van ongeveer 75 tot 90%. Voor de beoordeling is uitgegaan van een benutting van 85%, dat wil zeggen dat de reductiefactor in dit geval de waarde 0,85 heeft.

Ad. 2, Reductie vanwege lagere belastingsfactoren NEN 8700

De beoordeling wordt uitgevoerd bij het afkeurniveau volgens NEN 8700. Hiervoor gelden lagere belastingsfactoren dan voor nieuwbouw en een kortere referentieperiode:

ontwerp NEN 6702	belastingsfactor permanente belasting	$\gamma_G = 1,2$
	belastingsfactor veranderlijke belasting	$\gamma_Q = 1,5$
	referentieperiode	50 jaar
bestaand NEN 8700	belastingsfactor permanente belasting	$\gamma_G = 1,1$
	belastingsfactor veranderlijke belasting	$\gamma_Q = 1,15$
	referentieperiode	15 jaar

Belastingsreductie i.v.m. kortere referentieperiode:

De reductie in verband met de kortere referentieperiode kan worden bepaald met art. 2.3.2 van NEN 8700. Aangezien het een verdiepingvloer betreft, is de reductie in verband met de kortere referentieperiode te bepalen met:

$$F_t = F_{t_0} \left\{ 1 + \frac{1 - \psi_0}{9} \ln \left(\frac{t}{t_0} \right) \right\}$$

Met:

$$\psi_0 = 0,5$$

$$t = 15 \text{ jaar (referentieperiode)}$$

$$t_0 = 50 \text{ jaar (basis referentieperiode)}$$

De reductiefactor op de veranderlijke belasting in verband met de kortere referentieperiode is dan:
 $(1 + ((1-0,5)/9) \ln(15/50)) = 0,93$

Totale reductiefactor i.v.m. lagere rekenwaarde belastingen:

De reductiefactor is afhankelijk van de verhouding tussen permanente en veranderlijke belasting. In de oorspronkelijke berekening volgens NEN 6702 was de rekenwaarde van de belasting:

$$p_d = 1,2 \cdot 8,5 + 1,5 \cdot 3 = 14,7 \text{ kN/m}^2$$

In de berekening volgens NEN 8700, afkeurniveau bedraagt de rekenwaarde van de belasting (incl. reductiefactor van 0,93 i.v.m. referentieperiode van 15 jaar):

$$p_{Ed} = 1,1 \cdot 8,5 + 1,15 \cdot 0,93 \cdot 3,0 = 12,6 \text{ kN/m}^2$$

De totale reductiefactor is dan $p_{Ed}/p_d = 12,6/14,7 = 0,85$

In de breedplaatvloeren van het gebouw zijn in verschillende vloervelden verschillende configuraties koppelwapening toegepast, variërend van circa Ø10-150 tot 2Ø20-350 + Ø16-350. In tabel A-1 is per configuratie de schuifspanning in het aansluitvlak gegeven. Niet alle tussengelegen configuraties zijn beschouwd, maar wel voldoende configuraties om een indruk te krijgen van de grootte van de schuifspanning in het aansluitvlak bij de verschillende hoeveelheden koppelwapening. Voor de wapening Ø10-150 is de schuifspanningsberekening toegelicht:

$$A_s = 524 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$l_b = 1150/2 = 575 \text{ mm} > 50\phi = 50 \cdot 10 = 500 \text{ mm} \rightarrow l_b = 500 \text{ mm}$$

$$A_v = 500 \cdot 1000 = 500 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$F_{Esd} = 0,85 \cdot 0,85 A_s f_{yd} = 0,85 \cdot 0,85 \cdot 524 \cdot 435 = 165 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$V_{Ed,gem} = F_{Esd} / A_v = 165 \cdot 10^3 / 500 \cdot 10^3 = 0,33 \text{ N/mm}^2$$

Uit de tabel volgt dat vanaf koppelwapening waarbij staven Ø16 zijn toegepast, sprake is van een overschrijding van de grenswaarde van 0,40 N/mm². Voor vloervelden waar minimaal deze voegwapening aanwezig is, geldt dat stap 6 (risicobeoordeling) moet worden uitgevoerd. Geschat wordt dat dit ongeveer 30 tot 40% van de oppervlakte van alle vloeren betreft. Voor de overige vloeren geldt dat vooralsnog geen maatregelen noodzakelijk zijn, maar dat er voorlopig geen sprake mag zijn van een toename van de belasting op de vloeren.

Tabel A-1 Gemiddelde schuifspanning bij de fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700.

wapening	lengte [mm]	A_s [mm ² /m]	l_b [mm]	50 Ø [mm]	A_v (x1000) [mm ² /m]	F_{Esd} [kN/m]	$V_{Ed,gem}$ [N/mm ²]
Ø10-150	1150	524	575	500	500	165	0,33
Ø12-150	1250	754	625	600	600	237	0,39
Ø16-300 + Ø12-300	1550	1047	775	800	775	329	0,42
Ø16-350 + 2Ø12-350	1950	1220	975	800	800	383	0,48
Ø16-150	1550	1340	775	800	775	421	0,54
Ø20-175	1950	1794	975	1000	975	564	0,58
Ø16-350 + 2Ø20-350	1950	2369	975	1000	975	745	0,76

Stap 6

In stap 6 worden verschillende risico's afgewogen om na te gaan of urgent maatregelen noodzakelijk zijn (rode vak). Voor het gebouw van dit voorbeeld geldt dat de schuifspanning bij de fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700 bij enkele vloeren groter is dan $0,40 \text{ N/mm}^2$. Het betreft locaties waar relatief veel voegwapening aanwezig is. Hierna is voor de vloeren waar de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ is overschreden, de risicoanalyse toegelicht.

Observatie ter plaatse

Een belangrijk aspect bij de risicobeoordeling is dat ter plaatse wordt nagegaan of aanwijzingen aanwezig zijn dat de constructie zich te dicht bij het bezwijktraject bevindt, dat wil zeggen dat bijvoorbeeld ernstige scheurvorming, grote doorbuigingen of ver openstaande plaatnaden worden waargenomen. In het betreffende gebouw is een inspectie uitgevoerd, waaruit blijkt dat daarvan geen sprake is.

Bepaling delaminatie

Een ander belangrijk punt bij de risicobeoordeling is dat nagegaan moet worden of, bij het huidige gebruik, er bij de plaatnaden sprake is van delaminatie tussen de breedplaat en de druklaag. Door middel van afkloppen met een hamer is bij het betreffende gebouw vastgesteld dat op veel locaties sprake is van delaminatie over een strookbreedte van 5 à 10 cm langs de plaatnaden met uitschietters tot circa 15 cm. Uit ervaring met andere gebouwen is bekend dat een dergelijke onthechting veel voorkomt. Tijdens de uitgevoerde laboratoriumproeven voor het schadegeval Eindhoven Airport werd reeds bij een laag belastingsniveau (t.o.v. het bezwijkniveau) beperkte delaminatie waargenomen, ondanks deze delaminatie kon de belasting nog worden verhoogd. Het is daarom niet nodig om bij de toetsing aan de grenswaarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$, die is afgeleid uit dezelfde proeven, de mogelijke delaminatie in rekening te brengen door bijvoorbeeld van een kleiner aansluitvlak uit te gaan.

Uit de proeven voor Eindhoven Airport volgt dat daar reeds bij circa een kwart van de bezwijkbelasting onthechting optreedt. Hieruit kan worden afgeleid dat bij de waargenomen onthechting bij de breedplaten van het betreffende gebouw de bezwijkbelasting nog niet hoeft te zijn bereikt.

Controle gemiddelde schuifspanning bij verder gereduceerde belasting

Aangezien uit de inspectie geen zaken volgen die leiden tot een hoger risico en omdat het gebouw inmiddels circa 8 jaar in gebruik is ("bewezen sterkte"), wordt het verantwoord geacht om de berekende schuifspanning in stap 5 verder te reduceren volgens de aanwijzingen in het stappenplan. Voor de locaties waar een risicobeoordeling moet worden uitgevoerd, is nagegaan hoe groot de schuifspanning wordt indien wordt uitgegaan van de quasi permanente belastingscombinatie.

Quasi permanente belastingscombinatie

De quasi permanente belastingscombinatie geeft een redelijk beeld van de werkelijke belastingen op de vloer. In het gebouw geldt daarbij een veranderlijke belasting van $0,3 \cdot 3,0 = 0,9 \text{ kN/m}^2$. Ten opzichte van de gehanteerde belastingscombinatie volgens NEN 8700 die in stap 5 is bepaald, kan ook voor de quasi permanente belastingscombinatie een reductiefactor worden bepaald. In dit geval is de berekening als volgt (met $\gamma_G = \gamma_Q = 1,0$):

$$p_{E_{gem}} = 1,0 \cdot 8,5 + 1,0 \cdot 0,9 = 9,4 \text{ kN/m}^2$$

De reductiefactor berekend ten opzichte van de gehanteerde fundamentele belastingscombinatie volgens NEN 8700 bij stap 5 bedraagt dan $p_{E_{gem}}/p_{Ed} = 10,0/12,6 = 9,4/12,6 = 0,75$

Met de genoemde reductiefactoren zijn de schuifspanningen uit stap 5 nogmaals bepaald. Indien de schuifspanning vervolgens nog steeds de grenswaarde van 0,40 N/mm² overschrijdt, zijn de betreffende locaties (vloervelden) in het rode vak ingedeeld (urgent maatregelen treffen). De overige zijn ingedeeld in het oranje vak (geen toename belasting, wachten op nader onderzoek).

In tabel A-2 zijn de resultaten de schuifspanningsberekeningen opgenomen. Voor koppelwapening Ø10-150 is de schuifspanningsberekening toegelicht:

$$A_s = 524 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$l_b = 1150/2 = 575 \text{ mm} > 50\varnothing = 50 \cdot 10 = 500 \text{ mm} \rightarrow l_b = 500 \text{ mm}$$

$$A_v = 500 \cdot 1000 = 500 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$$

$$F_{Esd} = 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,85 A_s f_{yd} = 0,750,85 \cdot 0,85 \cdot 524 \cdot 435 = 124 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$V_{Ed,gem} = F_{Esd} / A_v = 124 \cdot 10^3 / 500 \cdot 10^3 = 0,25 \text{ N/mm}^2$$

Tabel A-2 Gemiddelde schuifspanning bij de quasi permante.

wapening	lengte [mm]	A _s [mm ² /m]	l _b [mm]	50 Ø [mm]	A _v (x1000) [mm ² /m]	F _{Esd} [kN/m]	V _{Ed,gem} [N/mm ²]
Ø10-150	1150	524	575	500	500	124	0,25
Ø12-150	1250	754	625	600	600	178	0,30
Ø16-300 + Ø12-300	1550	1047	775	800	775	247	0,32
Ø16-350 + 2Ø12-350	1950	1220	975	800	800	288	0,36
Ø16-150	1550	1340	775	800	775	315	0,40
Ø20-175	1950	1794	975	1000	975	423	0,43
Ø16-350 + 2Ø20-350	1950	2369	975	1000	975	559	0,57

Voor twee vloervelden geldt dat de schuifspanningen ook na reductie nog hoger zijn dan 0,40 N/mm².

Mede op basis van andere afwegingen bij de risico-analyse is in dit geval geconcludeerd dat slechts voor een deel van de vloeren urgent maatregelen noodzakelijk zijn, bijvoorbeeld het onderstempen of buiten gebruik stellen van de betreffende vloervelden. In het geval van onderstempen wordt opgemerkt dat er rekening mee moet worden gehouden, dat over meerdere verdiepingen naar beneden toe moet worden doorgestempeld. Door de eigenaar van het gebouw is besloten het gebouw tijdelijk te sluiten.

Nadat het gebouw tijdelijk is gesloten, is een proefbelasting uitgevoerd. De beproefde vloeren bleken voldoende draagkracht te hebben om de vooraf afgesproken proefbelasting naar de kolommen af te kunnen dragen. Hierna is het gebouw weer geopend onder de beperkingen die gelden voor het oranje vak (geen toename belasting, wachten op nader onderzoek).

Bijlage B: Bepalen aan te houden last voor een proefbelasting

Inleiding

In deze bijlage is een voorbeeld gegeven van de bepaling van de proefbelasting voor het geval niet alle vloervelden worden proefbelast. Feitelijk moet worden aangetoond dat de kans op bezwijken van een niet belast veld, gegeven het met succes doorstaan van de proefbelastingen, kleiner of gelijk is dan de kans die hoort bij de vereiste betrouwbaarheid volgens NEN 8700. Dit normblad vereist voor afkeuren van een gebouw in CC2 een minimale β van 2,5 voor een referentieperiode van 15 jaar (tabel B.2 van NEN 8700). Onderstaande geeft een vereenvoudigde berekening met partiele factoren waarbij ervan uitgegaan is dat een drietal representatieve velden worden belast ($n = 3$).

Uitgangspunten

Gevolgklasse: CC2

Referentieperiode: 15 jaar

Eigen gewicht van de vloer (gemiddeld): 8,5 kN/m²

Karakteristieke waarde nuttige belasting (referentieperiode 15 jaar): 2,0 kN/m²

De karakteristieke waarde van de nuttige belasting is bepaald bij het huidige gebruik van de vloer in dit voorbeeld. Daarnaast moet een extra factor toegepast om een reductie van de sterkte ten gevolge van het lange duur effect in rekening te brengen: 1,05.

Eigen gewicht

In beginsel is het eigengewicht aanwezig in de proef, maar als een veld wordt beproefd en conclusies getrokken moeten worden over een ander veld moet rekening worden gehouden met onderlinge spreiding. Deze is niet zo groot als de spreiding van gebouw tot gebouw. Daarom wordt voor veld tot veld een variatiecoëfficiënt $V = 0,05$ aangehouden. De partiele factor die gehanteerd moet worden is dan:

$$\gamma = 1 + \alpha\beta V \sqrt{(1+1/n)} = 1 + 0,3 \cdot 2,5 \cdot 0,05 \sqrt{(1+1/3)} = 1,04$$

Waarbij $\beta = 2,5$, $V = 0,05$ en $n = 3$ (aantal beproefde velden). Bij de beschouwing van het eigen gewicht mag worden aangehouden: $\alpha = 0,3$

Bij een gemiddeld eigen gewicht van de vloer van 8,5 kN/m² wordt de rekenwaarde $1,04 \cdot 8,5 = 8,9$ kN/m².

Nuttige belasting

Voor de nuttige belasting wordt als karakteristieke (gemiddelde) waarde voor een referentieperiode van 15 jaar de waarde 2 kN/m² voorgesteld. De partiele factor volgens NEN8700 is $\gamma = 1,15$. Daarmee volgt als rekenwaarde van de nuttige belasting: $2,0 \cdot 1,15 = 2,3$ kN/m²

Sterkte

Voor de variatiecoëfficiënt wordt uitgegaan van $V = 0,13$. Bij de beschouwing van de sterkte mag worden aangehouden: $\alpha = 0,8$. Met $\beta = 2,5$ en $n = 3$ (aantal beproefde velden) volgt voor de te hanteren partiele factor:

$$\gamma = 1 + \alpha\beta V \sqrt{(1+1/n)} = 1 + 0,8 \cdot 2,5 \cdot 0,13 \sqrt{(1+1/3)} = 1,30$$

Grootte proefbelasting:

De rekenwaarde voor het totaal van de belastingcombinatie eigen gewicht plus nuttige belasting komt uit op:

$$8,9 + 2,3 = 11,2 \text{ kN/m}^2$$

Rekening houdend met de onzekerheid in de sterkte en het lange-duur effect volgt dan:

$$1,05 \cdot 1,30 \cdot 11,2 = 15,3 \text{ kN/m}^2$$

De aan te brengen proefbelasting komt daarmee op:

$$Q = 15,3 - 8,5 = 6,8 \text{ kN/m}^2$$