

Molengraaffsingel 8  
2629 JD DELFT  
Postbus 155  
2600 AD DELFT

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 88 866 20 00

## TNO-rapport

**TNO 2022 R12219**

# Aanvullende achtergrondinformatie bij stappenplan beoordeling breedplaatvloeren

Datum	14 november 2022
Auteur(s)	Prof.dr.ir. R.D.J.M. Steenberg Ir. G.G.A. Dieteren Ir. R. de Vries Prof.ir. A.C.W.M. Vrouwenvelder
	Met bijdragen van Prof.ir. S.N.M. Wijte (Adviesbureau Hageman)
Exemplaarnummer	
Oplage	
Aantal pagina's	18 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	0
Opdrachtgever	Ministerie van Binnenlandse Zaken
Projectnaam	Onderzoek bewezen sterkte breedplaatvloeren
Projectnummer	060.44415

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2022 TNO

# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Correctiefactor semi-probabilistische beoordeling .....</b>	<b>3</b>
2.1	Beschrijving .....	3
2.2	Correctiefactor semi-probabilistisch .....	3
2.3	Controle maatgevend mechanisme .....	5
<b>3</b>	<b>Invloed 2D-tralieligger .....</b>	<b>8</b>
3.1	Beschrijving .....	8
3.2	Resultaten .....	8
<b>4</b>	<b>Bovengrens bij afschuifmodel .....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>Prioritering .....</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Samenvatting .....</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>Referenties .....</b>	<b>16</b>
<b>8</b>	<b>Ondertekening .....</b>	<b>17</b>
	<b>Bijlage(n)</b>	
	Geen	

# 1 Inleiding

In TNO rapport TNO 2022 R10122 heeft TNO, in opdracht van het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, voor constructies welke conform het Bouwbesluit in gevolgklasse 2 (CC2) vallen, vastgesteld wat de betrouwbaarheid (of de faalkans) van de bestaande breedplaatvloeren is. Hierbij is rekening gehouden met alle relevante informatie: informatie uit experimenten, presteren bestaande voorraad vloeren op basis van bewezen sterkte en doorstaan van een eventuele proefbelasting.

Als schakel tussen het genoemde rapport en de praktijk is een stappenplan 2022 [Hageman, TNO, 2022] ontwikkeld op basis waarvan de constructeur in de praktijk een beoordeling kan uitvoeren.

Enkele aspecten welke niet in het genoemde TNO rapport TNO 2022 R10122 zijn toegelicht maar wel van belang zijn voor het stappenplan, zijn opgenomen in het onderhavige rapport.

Dit betreft de kalibratie van partiële factoren voor een semi-probabilistische beoordeling (hoofdstuk 2), de beschouwing van een geval met 2D tralieliggers (hoofdstuk 3) en een risico-gestuurde prioritering (hoofdstuk 4).

Ook in het onderhavige rapport zijn de principes en uitgangspunten uit TNO rapport TNO 2022 R10122 gebruikt en daarmee zijn de twee rapporten geheel in lijn met elkaar. Het onderhavige rapport kan dus niet gelezen worden zonder het genoemde hoofd rapport.

## 2 Correctiefactor semi-probabilistische beoordeling

### 2.1 Beschrijving

In de semi-probabilistische beoordeling van de bestaande voorraad breedplaatvloeren wordt op basis van NEN8700 gebruik gemaakt van een gereduceerde representatieve waarde van de belasting (ten opzichte van nieuwbouw via de  $\psi_t$ ) alsmede van gereduceerde partiële factoren. De partiële factoren voor bestaande bouw gevolgsklasse CC2 zijn in dit rapport aangehouden. Volgens NEN 8700 tabel A1.2(B) en (C) geldt  $\gamma_G = 1,20$  en  $\gamma_Q = 1,15$ . De verminderingfactor is  $\xi = 0,92$  zodat  $\xi\gamma_G = 1,10$ . De waarden van de combinatiefactor zijn ongewijzigd:  $\psi_0 = 0,5$  voor gebouwen en  $0,7$  voor parkeergarages.

Bij de berekening van de weerstand van de voeg worden er formules en/of waarden gebruikt behorende bij de rekenwaarden van de weerstand voor de verschillende faalmechanismen. In deze beschouwing wordt faalmechanisme 1 (aanhechting) niet beschouwd: de rekenwaarde voor de weerstand is hiervoor gelijk aan nul verondersteld.

De rekenwaarde van de afschuifweerstand van het gewapende aansluitvlak zoals beschouwd in faalmechanisme 2, is:

$$\tau_{R2} = \alpha_2 [C_{v1} \sqrt{f_{ck}} / \gamma_c + \rho f_{yd} \mu_v \sin(\theta)] \quad (2.1)$$

waarin  $\alpha_2 = 1,2$  voor traditioneel beton en  $1,1$  voor zelfverdichtend beton en de ruwheidsconstanten  $C_{v1}$ ,  $\mu_v$  afhankelijk zijn van de nabewerking van de breedplaat. Indien de breedplaat is nabewerkt geldt  $C_{v1} = 0,15$ ,  $\mu_v = 0,7$ , anders geldt  $C_{v1} = 0,075$ ,  $\mu_v = 0,6$ . De kracht in het afschuifvlak volgt uit:

$$F = \tau_{R2} A_{\text{eff}}. \quad (2.2)$$

De rekenwaarde van de opneembare verankeringskracht van de koppelwapening achter de eerste tralieligger, zoals beschouwd in faalmechanisme 3, is:

$$F = \alpha_3 f_{ctd,bp} d_t^{1.5} k_2 k_3 \quad (2.3)$$

waarin  $\alpha_3 = 2,0$  en de rekenwaarde van de treksterkte van de breedplaat wordt berekend als  $f_{ctd,bp} = 0,7 f_{ctm,bp} / \gamma_c$  met gemiddelde treksterkte  $f_{ctm,bp}$  en partiële factor  $\gamma_c = 1,5$ . De gemiddelde treksterkte volgt uit  $f_{ctm,bp} = 0,3 f_{ck,bp}^{2/3}$  (een benadering geldig tot maximale betonsterkteklasse van C50/60).

Voor het berekenen van de rekenwaarde van de momentweerstand wordt hier gebruik gemaakt van een blokvormige drukverdeling:

$$M_{Rd} = F \left( d - \frac{F}{2\alpha_{cc} f_{cd,is} b} \right) \quad (2.4)$$

waarin  $f_{cd,is}$  de rekenwaarde is van de druksterkte van de in-situ druklaag. De arm van het krachtenkoppel in het beschouwde faalmechanisme volgt indirect uit de vergelijking ( $z = M_{Rd} / F$ ).

### 2.2 Correctiefactor semi-probabilistisch

In rapport TNO-2022-R10122 worden 12 gevallen beschouwd om de populatie van veelvoorkomende breedplaatvloeren te beschrijven. Voor deze gevallen is een

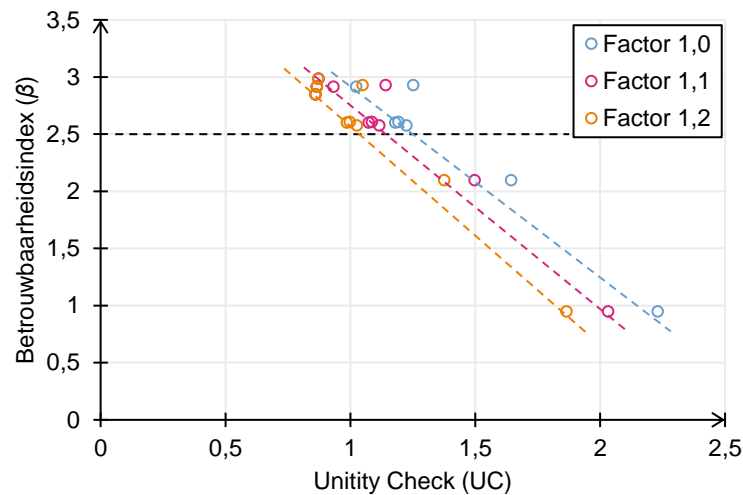
semi-probabilistische beoordeling uitgevoerd, resulterend in de Unity Check (UC) berekend als  $UC = M_{Ed}/M_{Rd}$ .

Met het doel om de semi-probabilistische toets volgens NEN 8700 voor de onderhavige toepassing beter aan te laten sluiten op het bijbehorend probabilistische resultaat kan een correctiefactor worden toegepast op de berekende sterkte. Deze correctiefactor wordt toegepast op de factoren  $\alpha_2$  en  $\alpha_3$ : deze waarden worden vermenigvuldigd met de correctiefactor. Om een geschikte waarde van de factor te bepalen wordt de betrouwbaarheid in periode 5-20 jaar en 10-25 jaar (zie voor de betekenis TNO rapport TNO 2022 R10122) beschouwd ten opzichte van de berekende Unity Check (UC) waarden, zie tabel 2.1.

Tabel 2.1: Waarden van de Unity Check (UC) en betrouwbaarheidsindex voor de beschouwde gevallen inclusief correctiefactor.

Geval	Semi-probabilistisch (UC)			Probabilistisch ( $\beta$ )				Min.
	Correctiefactor			Periode 5-20 jaar ( $n = 0$ )		Periode 10-25 jaar ( $n = 1$ )		
	1,0	1,1	1,2	Verdiep. vloer	Dak-vloer	Verdiep. vloer	Dak-vloer	
1	0,86	0,86	0,86	3,0	2,8	3,3	4,5	2,8
2	1,22	1,12	1,03	2,6	2,7	2,9	4,9	2,6
3	0,87	0,87	0,87	3,0	2,9	3,4	4,8	2,9
4	-	-	-	2,6	2,8	2,9	4,6	2,6
5	-	-	-	2,2	2,5	2,5	5,0	2,2
6	1,18	1,07	0,99	2,8	2,6	3,1	5,0	2,6
7	1,02	0,93	0,87	3,0	2,9	3,3	4,9	2,9
8	1,19	1,09	1,00	3,1	2,6	3,3	5,0	2,6
9	1,25	1,14	1,05	2,9	3,2	3,3	4,6	2,9
10	1,64	1,50	1,38	2,1	2,7	2,4	5,0	2,1
11	0,87	0,87	0,87	3,0	3,1	3,3	5,0	3,0
12	2,23	2,03	1,87	1,9	0,9	2,4	1,4	0,9

De Unity Check (UC) en de minimum betrouwbaarheid in tabel 2.1 kunnen ook visueel weergegeven worden, zie figuur 2.1. De gestreepte rechte lijnen geven hierbij een indicatieve ondergrens. Aan de hand hiervan kan geconcludeerd worden dat met een correctiefactor van 1,2 er een betrouwbaarheid van ongeveer  $\beta = 2,5$  gevonden wordt bij een Unity Check (UC) = 1,0.



Figuur 2.1: Betrouwbaarheid versus de Unity Check voor verschillende waarden van de correctiefactor.

### 2.3 Controle maatgevend mechanisme

Aangezien er verschillende mechanismen kunnen optreden, dient er gecontroleerd te worden of de correctiefactor algemeen toepasbaar is. Ten eerste wordt hier nagegaan welke mechanismen een rol spelen voor ieder geval, zowel in het semi-probabilistische als in het probabilistische geval. Een overzicht van de bevindingen is gegeven in tabel 2.2. De notatie '→ 4' in kolom 'Maatgevend mechanisme' geeft aan dat uiteindelijk mechanisme 4 (vloeien koppelwapening) de maximale weerstand bepaalt. In de Monte Carlo analyse kan ieder mechanisme maatgevend zijn (afhankelijk van de willekeurige trekking), zodoende zijn de meest frequente mechanismen aangegeven. Er is niet onderzocht welk mechanisme dominant is in de probabilistische analyse (ontwerp punt).

Tabel 2.2: Waarden van de Unity Check (UC) voor de beschouwde gevallen.

Geval	Semi-probabilistisch		Probabilistisch		
	Unity Check (UC)	Maatgevend mechanisme	Betrouw. 0-15 jaar	Betrouw. 10-25 jaar	Meest frequent maatg. mech.
1	0,86	2 → 4	2,8	3,3	4
2	1,22	2	2,6	2,9	2, 4
3	0,87	2 → 4	2,9	3,4	4
4	*	*	2,6	2,9	1, 4
5	*	*	2,2	2,5	1
6	1,18	2	2,6	3,1	2, 4
7	1,02	2	2,9	3,3	2, 4
8	1,19	2	2,6	3,3	2, 4
9	1,25	2	2,9	3,3	2, 4
10	1,64	2	2,1	2,4	2
11	0,87	2 → 4	3,0	3,3	2, 4
12	2,23	2	0,9	1,4	2

\* Alleen krachtoverdracht mogelijk via mechanisme 1 (aanhechting).

Uit tabel 2.2 komt naar voren dat in geen van de beschouwde gevallen mechanisme 3 maatgevend is. Om te controleren of de correctiefactor (indien

relevant) ook hier mag worden toegepast is er een vergelijking gemaakt tussen twee nieuwe gevallen die volgens het semi-probabilistische voorschrift gelijkwaardig zouden zijn. De vloeren zijn daartoe zo ontworpen dat er geldt  $UC = 1$  (zonder correctiefactor).

In het eerste nieuwe geval is de detaillering zo gekozen dat semi-probabilistisch afschuiven (mechanisme 2) maatgevend is – oftewel, groter is dan de weerstand volgens uittrekken (mechanisme 3). Er wordt hier een randveld beschouwd met overspanning 10 m, totale hoogte vloer 360 mm, koppelwapeningdiameter 16 mm, afstand voeg-eerste tralie 340 mm en een iets afwijkende tralie (ten opzichte van de 12 eerder beschouwde gevallen). De tralie heeft diameter 5 mm, diepte in de breedplaat 29 mm en hoek  $70^\circ$ . Er zijn geen gewichtsbesparende elementen in de vloer aanwezig. De vloer is uitgevoerd in traditioneel beton, waarbij de bovenkant is nabewerkt (opgeruwd).

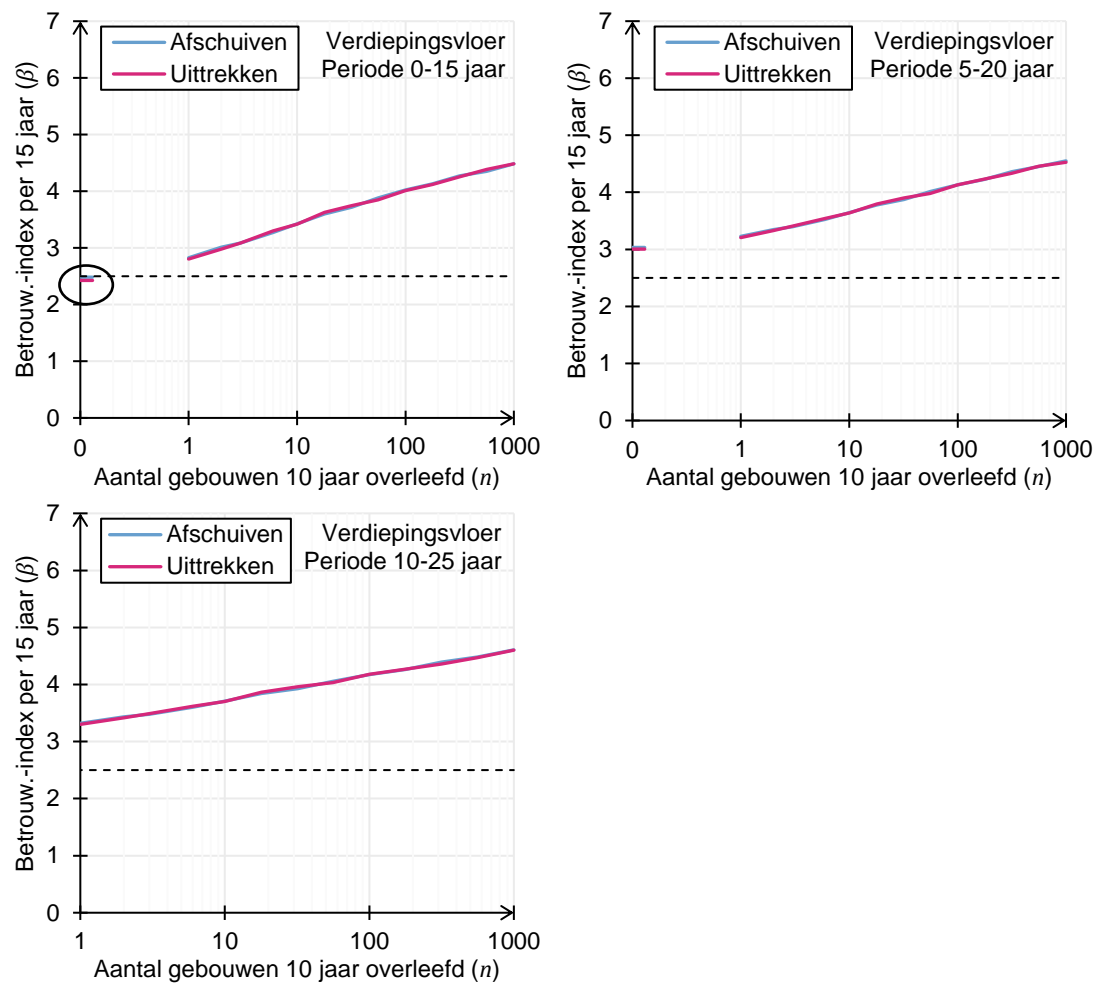
In het tweede nieuwe geval is detaillering zo gekozen dat semi-probabilistisch uittrekken (mechanisme 3) maatgevend is – oftewel, groter is dan de weerstand volgens afschuiven (mechanisme 2). Het geval volgt bijna dezelfde detaillering als het eerste geval, echter hier is de afstand voeg-eerste tralie 235 mm en is er geen sprake van nabewerking (glad).

In tabel 2.3 zijn de rekenwaarden en gemiddelden van de weerstand voor de verschillende mechanismen aangegeven. Ondanks dat de detaillering zo gekozen is dat volgens de semi-probabilistische berekening mechanisme 2 of 3 maatgevend is, blijkt dat op basis van de gemiddelden dat mechanisme 4 (vloeien koppelwapening) frequent zal optreden. Echter, door het willekeurige karakter hoeft dit niet noodzakelijk het mechanisme te zijn dat het meeste bijdraagt aan de faalkans (hoge variatiecoëfficiënten).

Tabel 2.3: Verhouding van weerstand in de verschillende mechanismen.

Geval	Mechanisme	Weerstand semi-probabilistische analyse	Weerstand probabilistische analyse	Weerstand probabilistische analyse
		Rekenwaarde [kNm]	Gemiddelde [kNm]	Variatiecoëf. [-]
Afschuiven	1	0	81,9	0,46
	2	<b>114</b>	<b>214</b>	0,18
	3	92,8	167	0,19
	4	132	<b>169</b>	0,05
Uittrekken	1	0	28,6	0,46
	2	80,5	151	0,18
	3	<b>114</b>	<b>205</b>	0,19
	4	132	<b>169</b>	0,05

Er is voor deze nieuwe gevallen een volledig probabilistische analyse uitgevoerd, zoals ook voor de eerdere 12 gevallen. Hierin is het geval als zijnde een verdiepingvloer (niet een dakvloer) beschouwd. Uit het resultaat (figuur 2.2) komt naar voren dat de betrouwbaarheid van de gevallen ongeveer gelijk is. In de periode 0-15 jaar is betrouwbaarheidsindex voor beide gevallen ongeveer gelijk aan 2,4 indien er geen andere gebouwen zijn met hetzelfde vloertype welke 10 jaar aan belasting hebben overleefd. Naarmate er meerdere gebouwen kunnen worden geïdentificeerd met hetzelfde vloertype en de vloer zichzelf bewijst in de tijd, wordt de betrouwbaarheidsindex hoger.



Figuur 2.2: Resultaat van de extra gevallen waarbij er net wordt voldaan afschuiven of uittrekken.

Uit bovenstaande probabilistische analyse kan worden geconcludeerd dat twee volgens het semi-probabilistische voorschrift gelijkwaardige vloeren ook in een volledig probabilistische berekening zeer vergelijkbaar presteren. Daarom kan worden geconcludeerd dat wanneer een correctiefactor wordt toegepast dit voor beide mechanismen dezelfde invloed op de betrouwbaarheid zal hebben.



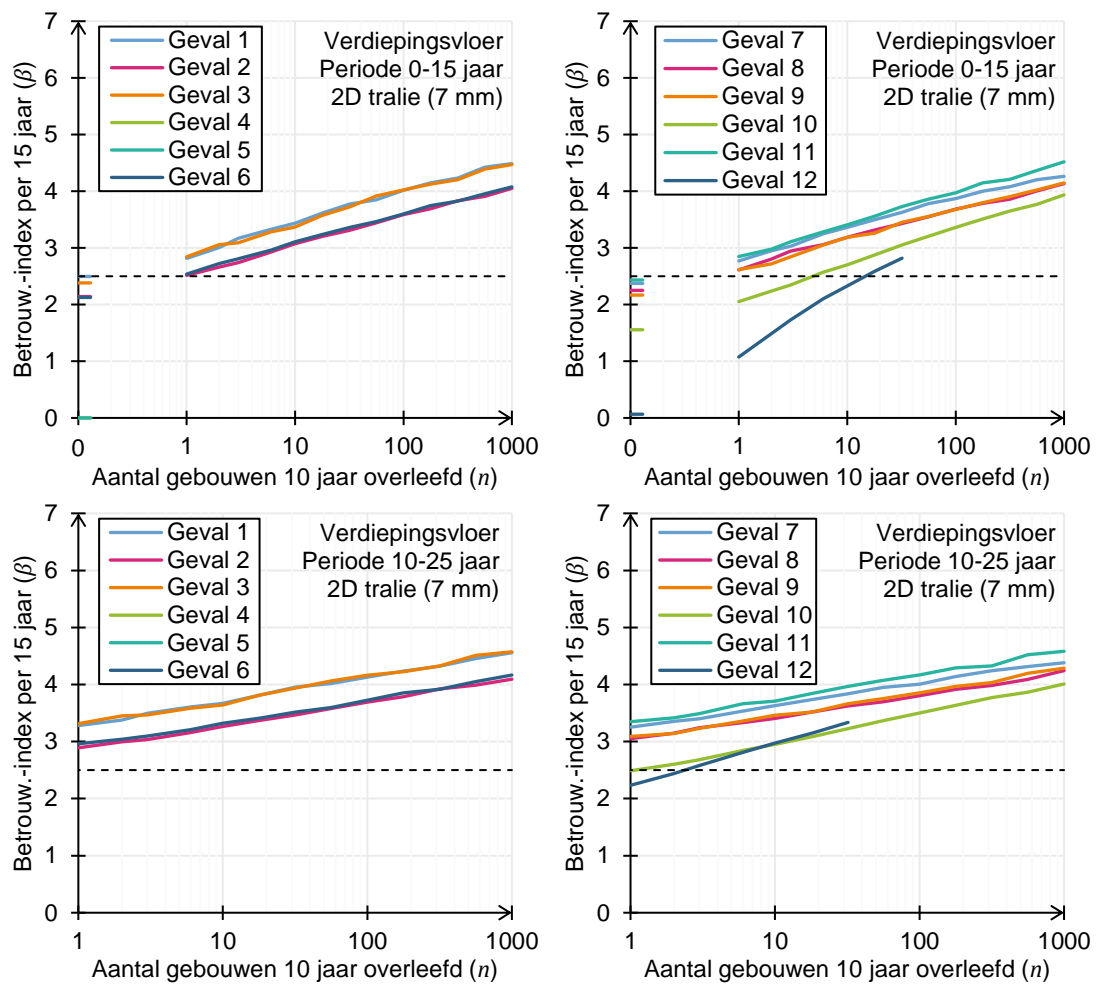
## 3 Invloed 2D-tralieligger

### 3.1 Beschrijving

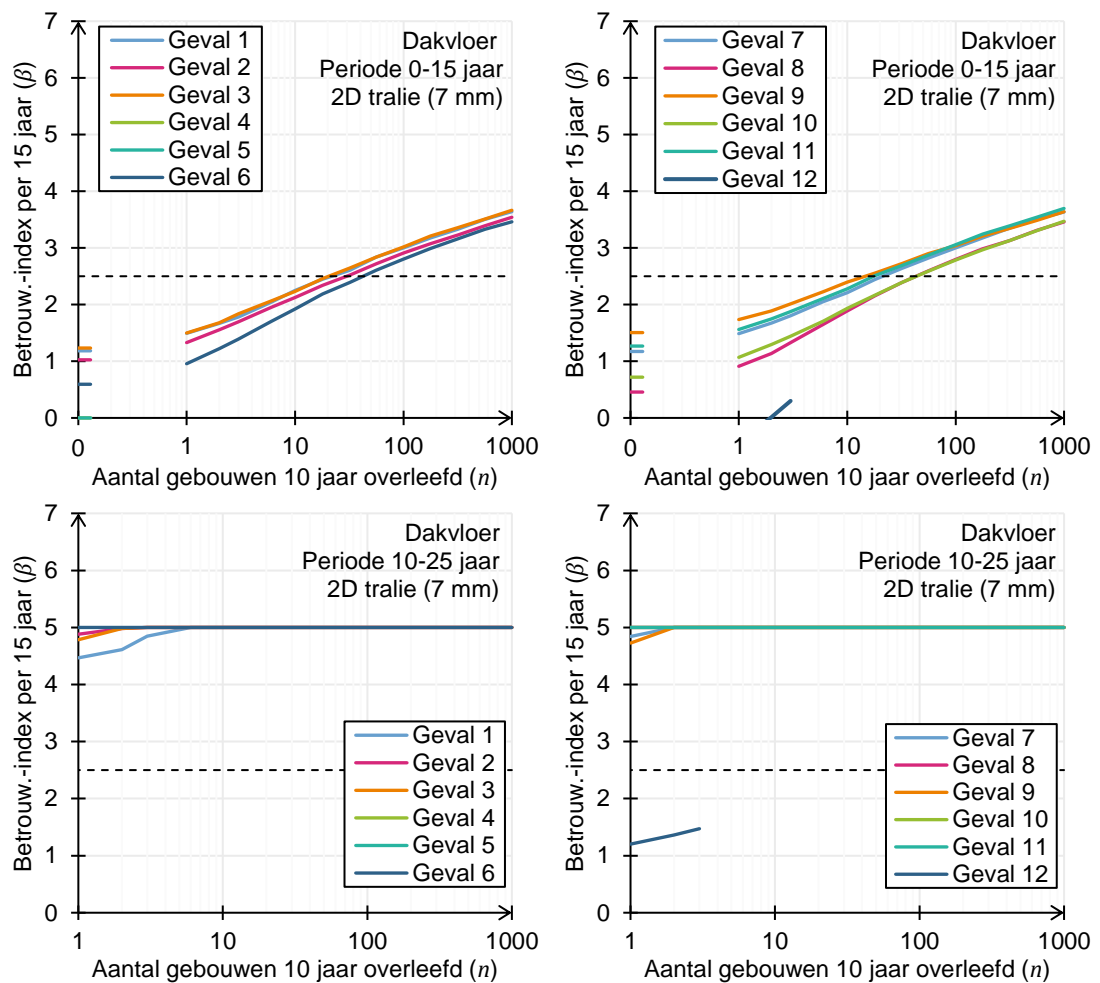
Er is vanuit gegaan dat alle 2D tralieliggers 10 pootjes met een diameter van 7 mm per meter hebben. Er is ook een geval gevonden waarbij een diameter van 8 mm is aangegeven op de tekening. Echter, er wordt verwacht dat de diameter van 7 mm ongunstiger is en deze wordt zodoende hier aangehouden. 2D tralieliggers zijn vooral zijn toegepast in de periode 2000- 2005.

### 3.2 Resultaten

Dezelfde gevallen 1-12 als in TNO rapport TNO 2022 R10122 worden beschouwd, met uitzondering van de gevallen 4 en 5 omdat het type tralie hier geen invloed heeft. In de beschrijving van de gevallen is het aantal verticale pootjes van de tralie per meter aangepast van 20 naar 10. Het type beton is voor alle beschouwde gevallen nu traditioneel (was ZVB voor gevallen 2, 5, 6, 10 en 12). Voor de capaciteit van mechanisme 3 (uittrekken tralie) is in deze gevoeligheidsstudie 0 aangehouden. Om deze reden is de diepte van de tralie in de breedplaat  $z_{tra}$  (alleen van belang voor mechanisme 3), niet aangepast. De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in Figuur 3.1 voor een verdiepingsvloer en in Figuur 3.2 voor een dakvloer.



Figuur 3.1: Resultaat gevoeligheidsstudie naar de invloed van een 2D tralie (7 mm) in een verdiepingsvloer.



Figuur 3.2: Resultaat gevoeligheidsstudie naar de invloed van een 2D tralie (7 mm) in een dakvloer.

De verdiepingvloer van gevallen 8 en 9 (tralieligger met 20 pootjes) presteren iets slechter ten opzichte van de originele beschrijving (tralieligger met 10 pootjes zoals beschouwd in TNO rapport TNO 2022 R10122). Dit leidt alleen in de periode 0-15 tot betrouwbaarheidswaarden die onder 2,5 uitkomen in geval er geen gebouwen zijn welke reeds 10 jaar overleefd hebben. Bij de dakvloeren lijkt geval 10 iets beter te presteren en geval 12 nog slechter dan voorheen. In de periode 10-25 jaar treden er uiteindelijk geen wijzigingen op omtrent het wel of niet halen van betrouwbaarheidsindex 2,5.

## 4 Bovengrens bij afschuifmodel

De rekenwaarde van de weerstand bij het mechanisme voor het afschuiven van het aansluitvlak, zie TNO rapport TNO 2022 R10122, kan als volgt worden beschreven:

$$F_{R,a} = v_{Rd} A_{eff} \quad (4.1)$$

Waarin:

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

is de schuifsterkte van het effectieve aansluitvlak in MPa

$$A_{eff} = b l_{eff} (1 - red)$$

red is de verhouding tussen het oppervlak waar door de aanwezigheid van gewichtsbeparende elementen de druklaag niet op de breedplaat aansluit en het gehele oppervlak van het aansluitvlak;

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

= 1,0 in de overige gevallen;

$k_1$  = 1,1 voor zelfverdichtend beton

= 1,2 voor traditioneel beton;

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

= 0,075 voor onbewerkte oppervlakken,

= 0,15 voor bewerkte oppervlakken;

$f_{ck}$  is de kleinste waarde van de karakteristieke betondruksterkte van de breedplaat en de druklaag, in MPa;

$\gamma_C$  = 1,5

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

$A_{sv,\alpha}$  =  $A_{sv} \sin \alpha$

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

$\alpha$  is de kleinste hoek tussen de beschouwde aansluitvlak doorkruisende wapening en het vlak van het aansluitvlak;

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

$\mu_v$  is een factor afhankelijk van de ruwheid,

= 0,6 voor onbewerkte oppervlakken,

= 0,7 voor bewerkte oppervlakken;

- b is de breedte van de beschouwde doorsnede;
- $l_{eff}$  is de grootste lengte van de aanwezige koppelwapening vanaf het hart van de eerste tralieligger of andere aansluitvlak doorkruisende wapening, gezien vanaf de naad.

Bij de beschrijving van dit mechanisme wordt geen bovengrens aan de hoeveelheid verbindingswapening (de aansluitvlak doorkruisende wapening  $A_{sv}$ ) beschouwd. Ten gevolge daarvan zou in het geval van een onbeperkte hoeveelheid verbindingswapening de weerstand van het mechanisme onbeperkt kunnen worden opgevoerd. Binnen de beschouwing van het mechanisme van het afschuiven van het aansluitvlak zit echter impliciet ook het mechanisme van de verankering van de koppelwapening achter de verbindingswapening. Dit mechanisme van verankering is bij de beproevingen impliciet meegenomen. Bedacht moet echter worden dat indien de gevonden relatie voor de afschuifsterkte wordt toegepast buiten het domein van de bij de experimenten beschouwde toegepaste variabelen, zoals de hoeveelheid verbindingswapening, andere mechanismen bepalend kunnen worden. Daarom is onderstaand een bovengrens bepaald voor de bijdrage van aansluitvlak kruisende wapening in de afschuifweerstand.

In dit kader is het tevens nuttig om op te merken dat de bijdrage van de verbindingswapening aan de afschuifweerstand,  $F_{R,a,s}$ , onafhankelijk is van de grootte van het effectieve aansluitvlak:

$$F_{R,a,s} = A_{eff} v_{Rds} = k_{\gamma} k_1 f_{yd} \mu_v A_{sv,\alpha}$$

Waarin:

$$v_{Rds} = k_{\gamma} k_1 \rho_{\alpha} f_{yd} \mu_v$$

De experimenten met een beperkte verankeringslengte van de koppelwapening achter de tralieligger, 100 mm, zijn uitgevoerd met 3D tralieliggers met diagonalen met 4Ø5 diagonalen per 200 mm en een hoek  $\alpha$  gelijk aan 65°. De effectieve wapeningshoeveelheid van de diagonalen per meter lengte van de proefstukken is daarmee gelijk aan:

$$A_{sv,\alpha} = \frac{4}{0,2} \cdot \frac{\pi 5^2}{4} \sin(65^\circ) = 356 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Op basis van een praktijkvoorbeeld is geconstateerd dat de hoeveelheid verbindingswapening groter kan zijn dan de hiervoor bepaalde waarde. Dit is bijvoorbeeld het geval bij een 2D tralieligger met Ø8 diagonalen, een type tralieligger dat relatief weinig is toegepast. Voor de betreffende situatie is vastgesteld dat ten minste een verankeringslengte van 250 mm van de koppelwapening nodig is om de voor het mechanisme bepaalde weerstand via de koppelwapening te kunnen verankeren.

Uit deze constatering is vervolgens een bovengrens afgeleid voor de effectieve hoeveelheid verbindingswapening die in de vergelijking voor het afschuifmechanisme mag worden toegepast.

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

met  $l_{eff}$  in mm.

Opgemerkt wordt dat de situatie waarbij deze bovengrens bepalend is voor de weerstand volgens het afschuifmodel slechts zelden voor zal komen. Het betreffen situaties waarbij relatief zware tralieliggers (2D zowel als 3D) gecombineerd worden met koppelwapening met slechts een beperkte doorsteeklengte achter de tralieligger.

## 5 Prioritering

Bij de beoordeling van CC2 gebouwen zou een risico gestuurde gefaseerde uitvoering toegepast kunnen worden.

Daarbij wordt dus begonnen met de vloeren waar de geschatte faalkans het grootst is of mogelijk zelfs niet voldoet. Gebaseerd op de resultaten van het in TNO rapport TNO 2022 R10122 beschreven onderzoek, wordt voorgesteld eerst niet-geïsoleerde dakvloeren welke onderhevig zijn aan directe zonbestraling te onderzoeken alsmede breedplaatvloeren met een overspanning groter dan 10 meter haaks op de naden (bij toepassing van niet-opgeruwde breedplaten). Vervolgens zouden constructies met een overspanning groter dan 8,5 meter beschouwd kunnen worden. Voor praktische en eenduidige uitvoering kan direct gekozen worden voor de overspanningen groter dan 8,5 m.

Statisch bepaalde vloerdelen komen in de regel alleen voor in specifieke delen van gebouwen welke voor het overige ingedeeld kunnen worden in statisch onbepaalde constructies. Dit is zodoende geen logische parameter voor een prioriteringswijze bij de beoordeling.

Daar naar verwachting constructies met detailleringwijze B niet veel voorkomen lijkt bijzondere aandacht voor dergelijke constructies in de prioritering niet voor de hand liggend. Mede daar hierbij geen onderscheid naar overspanning gemaakt kan worden en zodoende hiervoor altijd een diepgaande studie van constructiegegevens benodigd is.

Risico-gestuurd houdt ook in dat men naar de gevolgen van bezwijken kijkt. Dit lijkt in grote lijnen niet strijdig met de hierboven aangegeven prioritering. Binnen de categorieën kan men op basis van hoogte of gebruik van de gebouwen een verdere prioritering voor de gevolgen doorvoeren.

## 6 Samenvatting

In TNO rapport TNO 2022 R10122 heeft TNO, in opdracht van het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, voor constructies welke conform het Bouwbesluit in gevolgklasse 2 (CC2) vallen, vastgesteld wat de betrouwbaarheid (of de faalkans) van de bestaande breedplaatvloeren is. Hierbij is rekening gehouden met alle relevante informatie: informatie uit experimenten, presteren bestaande voorraad vloeren op basis van bewezen sterkte en doorstaan van een eventuele proefbelasting.

Enkele aspecten welke niet in het genoemde TNO rapport TNO 2022 R10122 zijn toegelicht maar wel van belang zijn voor een door de constructeur te gebruiken stappenplan, zijn opgenomen in het onderhavige rapport. Dit betreft onderstaande vier punten.

Er zijn partiële factoren voor de weerstand in een semi-probabilistische beoordeling afgeleid; deze mogen zijn verkleind met een factor 1,2 in geval van het in rekening brengen van bewezen sterkte.

Er zijn extra analyses uitgevoerd voor het geval er 2D tralieliggers zijn toegepast. Dit betreft vooral de periode 2000- 2005. De resultaten zijn vergelijkbaar met de resultaten in het TNO rapport TNO 2022 R10122.

Er is ten behoeve van de berekeningen van de constructeur een bovengrens afgeleid voor de effectieve hoeveelheid verbindingswapening die in de vergelijking voor het afschuifmechanisme mag zijn toegepast.

In hoofdstuk 5 is een risico-gestuurde prioritering voorgesteld voor de beoordeling van CC2 gebouwen.



## 7 Referenties

NEN. (2020). *NEN 8700: Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren - Grondslagen*. Nederlandse Norm.

TNO. (2022). *Probabilistische kwantificering van de veiligheid van bestaande breedplaatvloeren*. TNO-rapport TNO-2022-R10122, 18 april 2022.

Hageman, TNO (2022), Dossier 10590/TNO 2022 10034506, Stappenplan beoordeling bestaande gebouwen met breedplaatvloeren 2022.

## 8 Ondertekening

Delft, 14 november 2022

TNO

J.M.A. van Kilsdonk MSc  
Project Manager

Ir. A.D. Pikaart  
Research Manager Structural Reliability