



Praktijkvoorbeeld proefbelastingen nieuwbouw met vizels

Proefbelastingen breedplaatvloeren 2

De vereiste sterkte van een bouwconstructie mag volgens NEN-EN 1990 met berekeningen of met proeven worden aangetoond, of met een combinatie van beide. Dit is ook van toepassing op de beoordeling van breedplaatvloeren. In dit artikel worden de ervaringen met het proefbelasten van een schoolgebouw in aanbouw beschreven. De proefbelasting is uitgevoerd door middel van vizels.

Beschrijving project

Op het moment dat in Eindhoven een deel van de parkeergarage instortte, bouwde Bouwgroep Dijkstra Draisma in Amsterdam-Noord aan een nieuwe school. De verdiepingvloeren in dat gebouw zijn met hetzelfde vloersysteem gerealiseerd als de vloeren van de parkeergarage in Eindhoven. Het schoolgebouw heeft vijf verdiepingen en is ontworpen als flexibel gebouw waarbinnen vrije indeling mogelijk is. Zodoende zijn er behalve een enkele stabiliteitswand geen dragende binnenwanden aanwezig. Door de verscheidene atria en grote trappen op verschillende posities (fig. 1) hebben de verdiepingvloeren allemaal een afwijkende, bijzonder



ir. Maarten Koekoek
Pieters Bouwtechniek

1 Impressie van het schoolgebouw in Amsterdam-Noord, afkomstig uit het VO
bron: Ector Hoogstad Architecten

Tweeluik

Dit artikel is onderdeel van een tweeluik over proefbelasten van breedplaatvloeren. In het eerste deel (Proefbelastingen breedplaatvloeren 1), elders in dit nummer) wordt ingegaan op wanneer een proefbelasting kan worden overwogen, op de algemene aandachtspunten die hierbij komen kijken en op een praktijkvoorbeeld van proefbelasten met watertanks.

Omdat de vloeren niet overal voldeden aan de grenswaarde van de schuifspanning zoals genoemd in het informatiedocument van het ministerie van BZK [3] ($0,40 \text{ N/mm}^2$), is er een aanvullende risicoanalyse gedaan en zijn er nieuwe berekeningen gemaakt waarbij ook herverdeling is meegenomen. Uit de risicoanalyse en nieuwe berekeningen volgde dat er voor diverse plaatnaden herverdeling mogelijk was. Echter op verscheidene posities, ter plaatse van eindvelden, was onvoldoende herverdeling mogelijk. Deze posities konden op basis van berekeningen niet als veilig worden aangemerkt bij het toenemen van veranderlijke belastingen.

gevormde plattegrond. De verdiepingsvloeren zijn uitgevoerd als 280 mm dikke, in twee richtingen dragende vlakke breedplaatvloeren met gewichtsbesparende elementen. Deze bollenplaatvloeren worden gedragen door ronde kolommen in een raster van hoofdzakelijk $7,2 \text{ m} \times 7,2 \text{ m}$. Het uitgangspunt is dat de vloeren volledig in het zicht blijven. Er komt geen afwerkvloer op de betonvloer en geen plafond eronder.

Beoordeling breedplaatvloeren

De start van de bouw was eind 2016 en de eerste bollenplaatvloeren, van dezelfde leverancier als de Eindhovense vloeren, werden gerealiseerd in het voorjaar van 2017. Enkele maanden na het gereedkomen van de laatste verdiepingsvloeren volgden de rapportages van TNO [1] en Hageman [2]. Hieruit kon worden geconcludeerd dat breedplaatvloeren in bepaalde situaties onveilig kunnen zijn. De betrokken constructeurs hebben onmiddellijk de berekeningen en tekeningen van de vloeren nagelopen en aanvullende berekeningen gemaakt. Hieruit bleek dat op verscheidene posities de schuifspanning ter plaatse van de plaatnaden de kritische waarde van $0,40 \text{ N/mm}^2$ [2, 3] overschrijdt, zowel bij belasting volgens nieuwbouweisen als bij afkeurniveau conform NEN 8700 [5]. Vervolgens is er een rondgang gemaakt waarbij de maatgevend geachte plaatnaden visueel zijn beoordeeld. Tijdens deze observatie zijn er geen grote scheurvorming, openstaande plaatnaden of grote doorbuigingen geconstateerd.

Keuze voor proefbelasten

Alle betrokken partijen, inclusief de opdrachtgever en de gemeente, wensten dat het gebouw aan nieuwbouweisen zou gaan voldoen. Omdat niets doen geen optie was, resulteerde dit feitelijk in twee opties: versterken of proefbelasten.

Hoofdconstructeur Pieters Bouwtechniek heeft vervolgens geadviseerd op de drie meest kritische posities een proefbelasting uit te voeren. Hierbij is uitgebreid besproken dat er kosten en risico's aan het proefbelasten zitten en dat er een kans bestaat dat er meer proefbelastingen nodig zouden zijn, of er alsnog versterkingsmaatregelen nodig zouden blijken. De inschatting was echter dat er een zeer goede kans bestond dat met proefbelasten versterkingsmaatregelen niet nodig zouden blijken, of dat de hoeveelheid maatregelen hiermee in ieder geval sterk zou kunnen worden beperkt. Zodoende zou met proefbelasten veel tijd en geld kunnen worden bespaard. Voor de algemene aandachtspunten met betrekking tot proefbelasten en het bepalen van de grootte van de proefbelasting wordt verwezen naar het artikel 'Proefbelastingen breedplaatvloeren 1', elders in dit nummer.

Keuze voor vijzels

Er is gekozen de proefbelasting uit te voeren door middel van hydraulische vijzels. Hierbij worden grote vijzels tussen de te



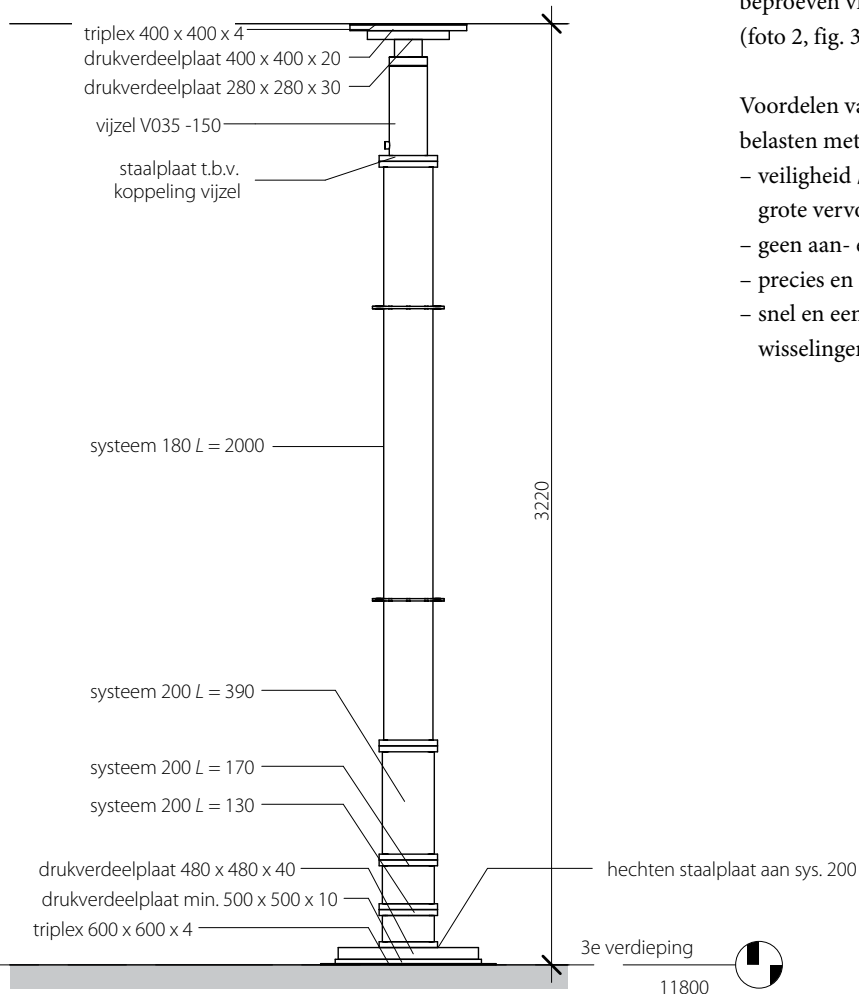
2

beproeven vloer en de bovenliggende vloer aangebracht (foto 2, fig. 3).

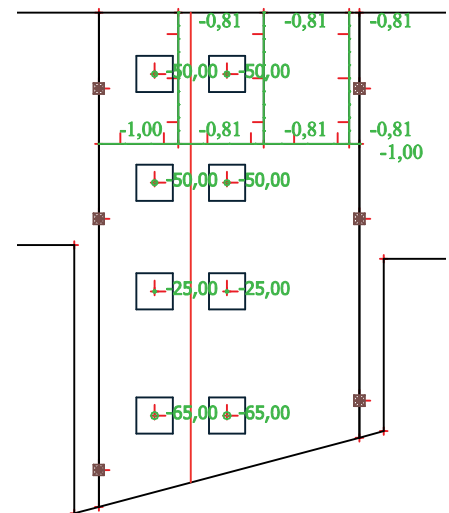
Voordelen van proefbelasten met vijzels ten opzichte van belasten met ballast:

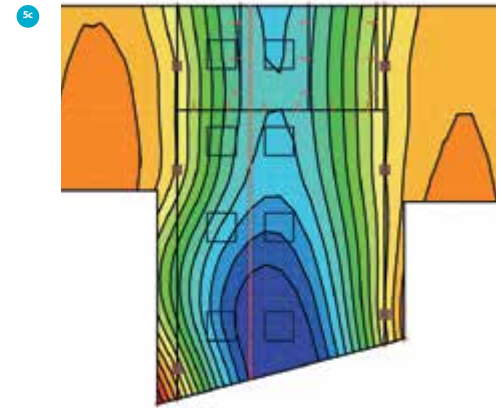
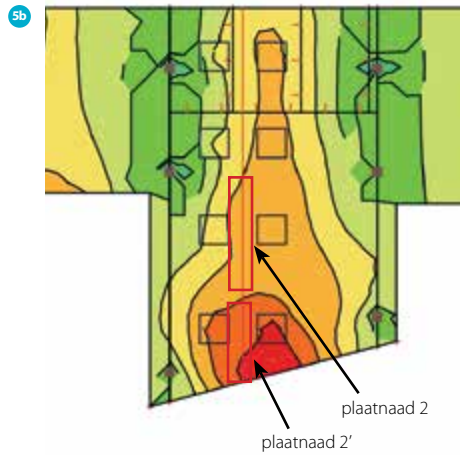
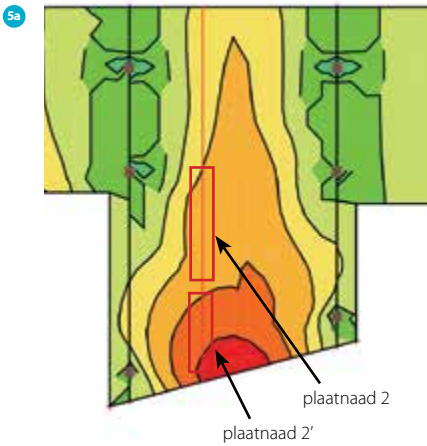
- veiligheid / beperken schade: de belasting valt weg bij grote vervormingen;
- geen aan- en afvoer van veel belastingsmateriaal / water;
- precies en nauwkeurig aan te sturen en af te lezen;
- snel en eenvoudig meer en minder belasting: belastingswisselingen mogelijk.

3



4





Een nadeel van proefbelasten met vijzels is dat het meer voorbereiding vergt dan het proefbelasten met ballast. Bij proefbelasten met vijzels zijn er uitgebreide berekeningen en beschouwingen nodig om de posities en de grootte van de vijzelkrachten te bepalen, opdat een gelijk krachten spel als met een gelijkmatig verdeelde belasting ontstaat (fig. 4). Daarbij moet ook op pons worden gecontroleerd. Hierbij moet rekening worden gehouden met de invloed van de eventuele bollen. Daarnaast wordt ook de bovenliggende vloer opwaarts belast, waardoor het kan zijn dat deze moet worden geballast. Dit was ook het geval bij het proefbelasten van de derde verdiepingvloer van het schoolgebouw in Amsterdam (foto 6). De hoeveelheid ballast is in dit geval aanzienlijk minder dan de proefbelasting.

Uitwerking proefbelasten

Het vijzelen werd uitgevoerd door Civiele Technieken deBoer. Onder de te belasten vloer is in het kader van de veiligheid een complete steigerconstructie opgesteld. In het uiterste geval, dat de vloer zou bezwijken onder de proefbelasting, zou deze constructie de vloer kunnen opvangen.

De drie te beproeven vloeren werden op drie verschillende dagen getest, zodat er tussendoor kon worden omgebouwd. Per test werden de vijzels in vier groepen opgedeeld, waardoor er vier van elkaar verschillende vijzelkrachten mogelijk waren (foto 7a en b en fig. 8). De proefbelasting werd in drie stappen naar de 100% gebracht om vervolgens minimaal 15 minuten op dit niveau te blijven. Vervolgens werd de belasting terug naar 10% gebracht en vervolgens weer in twee stappen naar 100%. Deze wisseling in de belasting werd toegepast om te kunnen beoordelen of de eerste proefbelasting de vloer had verzwakt.

- 2 Vijzels tijdens proefbelasting
- 3 Zijaanzicht van vijzel tussen twee vloeren, met drukverdeelplaten
bron: Civiele technieken deBoer bv
- 4 Belasting vijzels
- 5 Momentenverloop zonder vijzels (a), met vijzels (b) en vervorming door vijzels (c)
- 6 Ballast op vierde verdiepingvloer (contragewicht voor opwaartse vijzelkracht)

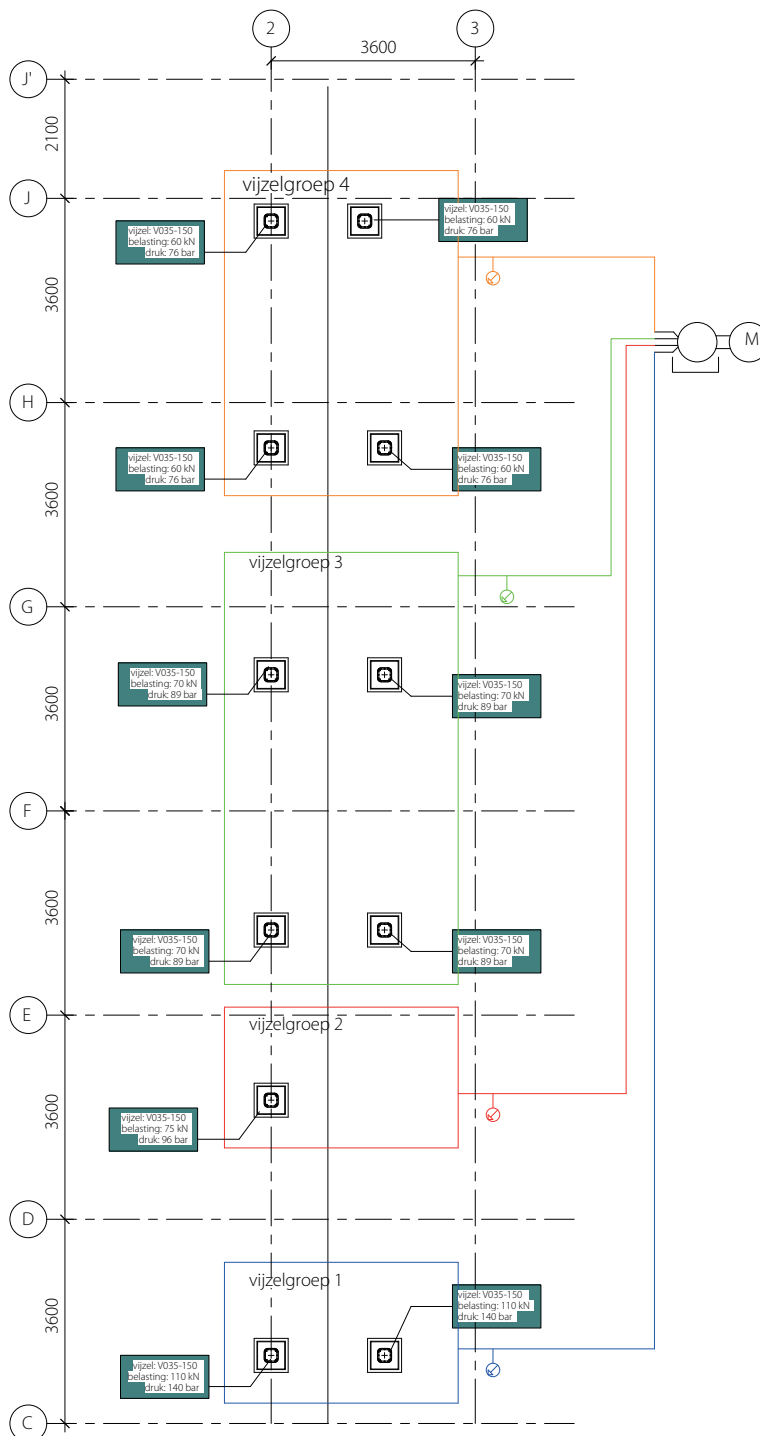




7a

7b

8



Metingen

Vooraf en tijdens het proefbelasten werden er zeer uitgebreide metingen verricht:

- delaminatie: d.m.v. kloppen met hamer, vooraf en na de belastingstappen;
- doorbuiging vloer: d.m.v. draadopnemers op vijzels, theodoliet en 'LLS' t.p.v. plaatnaden;
- wijdte in plaatnaad: d.m.v. inductiescheurmeter (foto 9);
- scheurlengte en -wijdten (indien aanwezig).

Ten behoeve van deze metingen werd Nebest bij het project betrokken.

In het algemeen was er sprake van een beperkte hoeveelheid delaminatie naast de plaatnaden. Het ging veelal om een doorgaande delaminatie van een breedte van circa 80 tot 100 mm. Deze delaminatie was meestal slechts aan één zijde van de plaatnaad aanwezig, een enkele keer versprong dit per zijde. Ter plaatse van de hoeken van de platen was er plaatselijk meer delaminatie aanwezig en op een enkele positie was de delaminatie beperkt groter dan 100 mm met een enkele uitschieter naar 150 mm.

Pieters Bouwtechniek, regisseur van de proefbelasting, wilde tijdens het belasten realtime de doorbuigingen en de breedten van de belaste plaatnaden kunnen zien, om eventueel (foto 7b) op elk moment de proefbelasting te kunnen stoppen. Daartoe zijn de gegevens doorgestuurd naar een computer om er later belastings-/vervormingsdiagrammen van te kunnen maken (fig. 11).

Een van de meetmethodieken voor de doorbuiging was zoals gezegd het LLS-systeem (foto 10). 'LLS' staat voor 'Liquid Level System', een meetmethodiek dat door middel van waterhoogten in met elkaar gekoppelde opnemers de hoogte bepaald. Dit systeem bleek niet bruikbaar doordat het zeer sterk fluctuerende hoogten liet zien, vanwege trillingen door het heien op de naastgelegen bouwplaats en vanwege aanrakingen. Alle overige metingen gaven tijdens de beproevingen goede en bruikbare data.



9



10

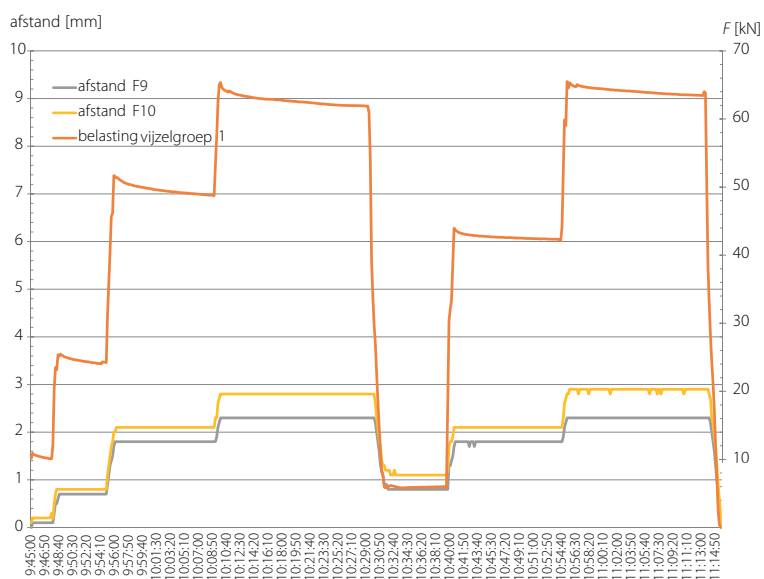
- 7 Vijzelpompen (a) en afleesscherm vijzelkrachten (b)
bron foto 7b: *Civiele technieken deBoer bv*
- 8 Schema met vijzelposities en indeling vijzels in vier verschillende groepen
bron: *Civiele technieken deBoer bv*
- 9 Inductiescheurmeter en tape waarmee delaminatie is aangegeven
bron: *Nebest B.V.*
- 10 LLS-sensor (bleek niet geschikt) en richtpunt theodoliet
bron: *Nebest B.V.*
- 11 Last-verplaatsingsdiagram: vijzelkracht (oranje lijn) en vervormingen uitgezet in de tijd
bron: *Civiele technieken deBoer bv*

Resultaten

Tijdens de proefbelasting vertoonden de vloeren slechts een zeer beperkte vervorming van maximaal 2 tot 3 mm. Dit was aanzienlijk minder dan de doorbuiging die vooraf was berekend met een gereduceerde E-modulus. De werkelijk optredende vervorming kwam in de buurt van de vervorming die gevonden wordt als de vloeren worden berekend met een E-modulus van ongescheurd beton. Tevens kwamen de betonvloeren zo goed als volledig terug naar hun initiële vorm zodra de belasting van de vloer werd afgehaald. Ze vertoonden bij de tweede belastingscyclus zo goed als dezelfde vervorming (fig. 11). De vloeren reageerden dus elastisch. Verder zijn de plaatnaden niet of nauwelijks aanvullend open gaan staan (maximaal ca. 0,08 mm), is de delaminatie niet of nauwelijks toegenomen en is er geen scheurvorming ontstaan.

Feestelijke opening

Zodoende kon worden geconcludeerd dat de vloeren de proefbelasting glansrijk hebben doorstaan en dat aanvullende proefbelastingen en versterkingen niet nodig waren. De school is vervolgens in de herfst van 2018 feestelijk geopend. Uit dit praktijkvoorbeeld kan worden geconcludeerd dat proefbelasten met alles wat hierbij komt kijken, afhankelijk van de situatie, een geschikte methode kan zijn om onzekerheid over de sterkte weg te nemen. ☒



11

LITERATUUR

- 1 Rapport 2017 R11127, Onderzoek naar de technische oorzaak van de gedeeltelijke instorting van de in aanbouw zijnde parkeergarage P1 Eindhoven Airport. Delft: TNO, 22 september 2017.
- 2 Rapport 9663-1-0, Bezijden parkeergarage Eindhoven Airport – Analyse naar de oorzaak. Rijswijk: Adviesbureau ir. J.G. Hageman, 25 september 2017.
- 3 Informatiedocument Onderzoek constructieve veiligheid breedplaatvloeren in bestaande bouwwerken opgeleverd na 1999. Rijswijk: Adviesbureau ir. J.G. Hageman, 5 oktober 2017.
- 4 Toelichting op informatiedocument beoordeling constructieve veiligheid breedplaatvloeren. Rijswijk: Adviesbureau ir. J.G. Hageman, 21 december 2017.
- 5 NEN 8700:2011 Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren – Grondslagen.