



Toelichting op Stubeco-rapport A06 – Doorstempeling vloeren

Wanneer mogen de stempels weg?

¹
Stempels onder een vloer dragen de stortbelasting af naar de ondergelegen vloer

Bij in beton uitgevoerde utiliteits- of woningbouwprojecten blijkt dat het doorstempelen van de vloeren een tijdsbepalende factor is voor het opstarten van de ruwe afbouw. Helaas is niet altijd even duidelijk wanneer de stempels kunnen worden verwijderd. Om hier meer inzicht in te krijgen, heeft Stubeco recent het rapport 'A06 – Doorstempeling vloeren' gepubliceerd.

Het rapport is opgesteld door een Stubeco-studiecommissie (zie kader 'Commissie'). Deze commissie heeft geprobeerd zowel voor de uitvoerende als de ontwerpende partijen duidelijk herkenbare punten te formuleren. Het gaat daarbij om diverse aspecten: doorstempelen, herstempelen, schrikken en volgorde van ontkisten.

Door- en herstempelen

Het primaire doel van een ondersteuning is het dragen van het stortgewicht van een te realiseren betonvloer.

De stortbelasting van deze te storten vloer is over het algemeen hoger dan de ontwerpbelasting waarop de ondergelegen (=dragende) vloer is berekend. Bovendien heeft de dragende vloer op het moment dat hij wordt belast zijn eindsterkte nog niet bereikt. Hierdoor kan het nodig zijn dat onder deze vloer stempels blijven staan, die de optredende extra stortbelasting afdragen naar de daar weer ondergelegen vloer. Dit aspect heet doorstempelen. Om ervoor te zorgen dat de vloer zijn eigen stortfasebelasting opneemt, kan het nodig zijn om de vloer te laten 'schrikken'. Hierbij worden de stempels tijdelijk losgedraaid en vervolgens weer handvast aangedraaid of teruggezet. Dit heet ook wel herstempelen. Omdat de stempels door het losdraaien spanningsloos worden gemaakt, wordt voorkomen dat de stempels worden overbelast. Het is hierbij noodzakelijk om eerst alle staanders te lossen en vervolgens weer handvast aan te draaien. Alleen dan heeft de vloer de vrijheid om te kunnen vervormen en zodoende de belasting volledig op te nemen. Aandachtgebied bij door- of herstempelen is het 'star' of 'verend' zijn van de ondergelegen vloer of ondergrond. Zo verdient de beganegrondvloer extra aandacht. Deze kan immers niet worden doorgestempeld en moet de volledige stortbelasting van de eerste verdieping kunnen dragen. Verdere aandachtspunten zijn de verkorting van de stempels van de ondersteuning en de vervorming ten gevolge van kruip. In het Stubeco-rapport zijn enkele rekenvoorbeelden opgenomen waarin de elastische verkorting van de stempels en de vervorming van de vloeren is meegenomen. Gezien de invloed van bouwbelastingen op de vloeren, moet er interactie zijn tussen constructeur of ontwerper van het gebouw enerzijds, en aannemer en uitvoerende partij van de hulpconstructies anderzijds. Momenteel ligt de interpretatie van het constructieve gedrag tijdens de uit-

voering te veel bij de ontwerper van de hulpconstructies of bij de uitvoerende partij. De hoofdconstructeur zou ook een rol moeten vervullen bij de uitvoering van het project. Deze heeft immers meer inzicht in de draagkracht van de vloer, terwijl de aannemer de sterkteontwikkeling van de vers gestorte vloer kan volgen. Gezamenlijk kunnen zij vaststellen wanneer een vloer voldoende draagkracht bezit om het gewicht van een volgende vloer te kunnen dragen.

Sterkteontwikkeling

Om de eigen belasting of die van bovenliggende vloeren te kunnen dragen, heeft een vloer een minimale sterkte nodig. Deze sterkte wordt door een constructieve berekening bepaald. De absoluut laagste waarde van de druksterkte waarbij volgens de inmiddels achterhaalde NEN 6722 (zie kader 'VBU ingetrokken') mag worden ontkist, bedraagt 14 N/mm². Indien de druksterkte niet wordt berekend, mag volgens deze norm worden ontkist bij een druksterkte van 20 N/mm². Voor de bouwplanning is het wenselijk om vooraf een prognose van de duur van de sterkteontwikkeling te kunnen maken. Hoe lang het beton erover doet om die 14 of 20 N/mm² te bereiken, staat in de VBU niet aangegeven en moet met andere methodes worden bepaald. Volgens Eurocode 2, art. 3.1.2 laat de sterke- en stijfheidsontwikkeling van verhardend beton zich vrij eenvoudig berekenen voor een verhardingstijd van 3 tot 28 dagen. Deze ontwikkeling is afhankelijk van:

- verhardingstijd;
- type cement:
 - klasse S(low), CEM 32.5 N;
 - klasse N(ormal), CEM 32.5 R en 42.5 N;
 - klasse R(apid), CEM 42.5 R, CEM 52.5 N en CEM 52.5 R;
- betontemperatuur tijdens de verhardingsperiode;
- nabehandlingsomstandigheden (NEN-EN 13670).

Voor een gemiddelde temperatuur van 20 °C en nabehandeling in overeenstemming met NEN-EN 13670, mag de druksterkte van beton bij verschillende ouderdommen worden geschat met de formules 3.1 en 3.2 van Eurocode 2. In het Stubeco-rapport zijn tabellen opgenomen met de sterkte- en stijfheidsontwikkeling van vers gestort beton voor verschillende gemiddelde temperaturen tijdens de verhardingsperiode, op basis van de formules van Eurocode 2. De tabellen gelden voor:

- alle betonsterkteklassen;
- cementklassen S, N en R (S-waarde: 0,38, 0,28 en 0,20);
- verhardingstemperatuur van 5, 10, 15, 20, 25 °C;
- verhardingstijden van 3, 4, 5, 6, 7, 14, 21 en 28 dagen.

Minder door te stempelen vloeren

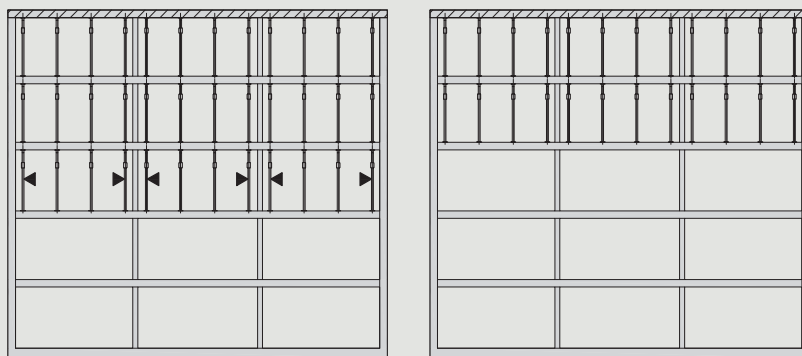
Gewoonlijk wordt de stortfasebelasting verdeeld over drie onderliggende vloeren. In het rapport wordt een analyse gedaan, waaruit blijkt dat de stortbelasting met slechts twee onderliggende vloeren is op te vangen (fig. 2). Hierbij is overigens geen rekening gehouden met kruipvervorming van de vloeren. In de uitvoering zal voldoende tegengeg voor doorbuiging moeten worden gegeven. Uit de analyse blijkt dat een vloer bij een betondruksterkte f_{cm} van 14 N/mm² (de gebruikelijke ontkistingssterkte) meer dan 80% kan opnemen van de rekenwaarde van het buigend moment bij sterkteklasse C25/30. Omdat de bouwphasebelasting (bestaande uit eigen gewicht + 0,50 kN/m²

VBU ingetrokken

Met het verschijnen van de Europese norm NEN-EN 13670 'Vervaardigen van betonconstructies' is een gedeeltelijke overlap ontstaan met de nationale norm NEN 6722 'Vorschriften beton – Uitvoering'. De praktijk heeft uitgewezen dat het naast elkaar hanteren van een Europese norm en een (deel van een) nationale norm niet werkt. Daarom is besloten om NEN 6722 per direct in te trekken. Over de gevolgen hiervan verschijnt binnenkort een artikel in *Betoniek Vakblad*.

2

De stortbelasting kan met slechts twee onderliggende vloeren worden opgevangen; gangbare methode (links) en economische methode (rechts)



► Deze stempels kunnen al eerder weggehaald worden

veranderlijke belasting) altijd minder is dan 80% van de belasting in de gebruiksfase, kan een vloer die bouwfasebelasting bij de genoemde druksterkte van 14 N/mm^2 dus volledig zelf opnemen. Zowel in de zomer ($15 \text{ }^\circ\text{C}$) als in de winter ($5 \text{ }^\circ\text{C}$) kan de sterkte van 14 N/mm^2 al na drie dagen worden bereikt, eventueel door het kiezen van een andere cementklasse. Dit blijkt ook uit de in het rapport opgenomen tabellen. De gemiddelde dag- en nachttemperatuur moet wel worden geregistreerd en bewaakt. Men kan dus de vloer al na drie dagen laten schrikken waardoor de dragende vloer in ieder geval zijn eigen gewicht gaat dragen. Hierdoor kan het aantal stempels worden verminderd. In het rapport is een aantal rekenschema's opgenomen, waaruit blijkt dat bij doorstempeling op twee onderliggende vloeren de belasting 155% tot 165% wordt van de bouwfasebelasting. Deze belasting kan worden opgenomen bij een betondruksterkte f_{cm} van 20 N/mm^2 . Het al of niet maatgevend zijn van deze fase is sterk afhankelijk van de vloerdikte en de uiteindelijke veranderlijke belasting. Bij dünnere vloeren is eerder de eindfase maatgevend. Vooral bij wat dükkere vloeren kan het zijn dat de benodigde sterkte op dat moment maatgevend is

ten opzichte van de eindsterkte. En dan nog is het economischer het mengsel of de wapeningshoeveelheid hierop aan te passen, dan een extra verdieplingslaag stempels te laten staan. De sterkte van 20 N/mm^2 kan zowel in de zomer als in de winter al na zeven dagen worden bereikt. Alleen bij een toegepaste sterkteklasse C20/25 blijkt die sterkte pas na negen dagen haalbaar. Lagere betonsterkten dan C20/25 zijn af te raden. De sterkte- en stijfheidontwikkeling gaat dan te langzaam. Het effect van het toepassen van beton met hogere sterkteklassen, is door de studiecömmisöie nader bekeken. De conclusie is dat het toepassen van een betonsoort met hogere sterkte nauwelijks van invloed is op de bouwsnelheid. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de geringe toename van het opneembaar buigend moment bij verhoging van de sterkteklasse. De sterkte- en stijfheidontwikkeling van hogere sterkteklassen gaat wel sneller, maar met de gebruikelijke betonsoorten kan ook al binnen respectievelijk drie à zeven verhardingsdagen een ontkistingssterkte van respectievelijk 14 en 20 N/mm^2 worden bereikt. Daardoor wordt met snellere verharding geen winst geboekt.

Technologische aspecten

Zoals in het voorgaande is aangeduid, is de betonsterkte op het moment van verwijderen van de stempels belangrijk. Daarbij geldt: hoe korter de cyclustijd hoe eerder de sterkte moet worden be-

reikt. Wanneer de sterkte daadwerkelijk wordt bereikt, is sterk afhankelijk van betonsoort en temperatuur. De sterkteontwikkeling kan door de leverancier van de mortel of door betontechnologen vooraf worden bepaald. De sterkte- en stijfheidontwikkeling van het beton wordt verder beïnvloed door verwarming of gebruik van toeslagstoffen. Hiermee is in het rapport geen rekening gehouden. Ook de wind heeft grote invloed op de verharding van het nog jonge beton. Het verdampen van vocht kan leiden tot verlaging van de oppervlaktetemperatuur. Voor verdampen is warmte nodig, die wordt gehaald uit de component die de hoogste temperatuur heeft. Dat is de betonconstructie. Hiermee moet dus bij de nabehandeling van het verse beton rekening worden gehouden. Te veel uitdroging duidt erop dat er iets mis is met de nabehandeling. In de in het rapport weergegeven voorbeelden wordt ervan uitgegaan dat de temperatuur van de constructie gelijk is aan de luchttemperatuur. Reden hiervoor is dat de temperatuur van een betonmassa nooit lager wordt dan de atmosferische temperatuur. Dus verkoeling door wind van bijvoorbeeld $10 \text{ }^\circ\text{C}$, kan verhardend beton dat door hydratatie warmte naar $20 \text{ }^\circ\text{C}$ is opgelopen, niet lager doen afkoelen dan $10 \text{ }^\circ\text{C}$. Bovendien is de hydratatieopwarming hooguit gedurende de eerste 24 uur aanwezig, terwijl de minimum ontkistingssterkte pas na drie dagen wordt bereikt.

Balkons en galerijen

Het verwijderen van onderstempeling bij boven elkaar geplaatste uitkragende balkons met koudebrugonderbrekingen, moet met zorg en overleg gebeuren, maar is bovenal sterk afhankelijk van de gekozen stempelmethode. Als er twee of meer balkons boven elkaar liggen, is het niet aan te raden de stempels allemaal tegelijk weg te halen. Door het ontbreken van de doorstempeling kan de sterkte van de koudebrugonderbreking nog onvoldoende

Rapport verkrijgbaar

Het Stubeco-rapport A06 is vanaf eind maart 2014 te downloaden via www.stubeco.nl.



zijn. Een optie is het verwijderen van de stempels aan de gevelzijde, terwijl de stempels aan de buitenzijde van de balkons blijven staan (fig. 3). Afhankelijk van de balkonafmetingen, kan worden berekend over hoeveel bouwlagen dit principe kan worden gehanteerd. Dit biedt voor afbouw aan de gevelzijde duidelijk voordelen in de tijdplanning. Bij ondersteuning met behulp van een uitkragende hulppligger of een andere tijdelijke hulpconstructie die afsteunt op de onderliggende verdiepingvloer of wand, worden de balkonbelastingen per verdieping direct afgedragen (fig. 4 en 5). Daardoor kunnen de stempels tijdens de bouw al per verdieping worden verwijderd. Dit is voor de bouwfasering de meest gunstige situatie, maar brengt extra kosten met zich. In de praktijk wordt het dan ook niet veel toegepast. In andere gevallen geldt dus dat de stempels onder de balkons pas definitief ná het aanbrengen van alle balkonplaten en het verharden van de vloeren mogen worden verwijderd, en wel van boven naar beneden.

Commissie

De commissie die het Stubeco-rapport A06 heeft samengesteld, bestaat uit: R. Bekhof, P. Bruineberg, R. Cornelis, A.J. Jeurdink, G. Joordens, H. Kleijer, L. Verboom (coördinator) en L. Zwetheul.

Conclusies

Uit het rapport en zoals in bovenstaande is onderbouwd, kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De vereiste druksterkte om te kunnen ontkisten kan al na drie dagen worden bereikt.
- Bij het bereiken van de vereiste druksterkte van 14 N/mm² kunnen de stempels al worden gelost en weer worden aangedraaid (zgn. schrikken).
- Door het nauwgezet controleren van de buitentemperatuur kunnen het verhardingsproces en de sterkteontwikkeling van vers gestort beton goed worden bepaald.
- door het laten schrikken van een stempel neemt de belasting erop af.

Zou men dit niet doen, dan wordt de belasting uit de nog te storten bovenliggende vloeren erbij opgeteld. Daardoor kan de stempel overbelast raken.

- In overleg met de hoofdconstructeur behoeft er slechts over twee vloeren te worden doorgestempeld.
- Het gunstige effect van het eerder weghalen van stempels, laat zich door de grotere repetitiefactor meer gelden bij hoogbouw dan bij een bouwwerk met weinig verdiepingvloeren.

Tot slot

De commissie wil benadrukken dat de rol van de hoofdconstructeur in een vroeg stadium belangrijk is voor het verkrijgen van sterktegegevens voor de keuze van de bouwmethode. Ook bij de controle tijdens de uitvoering speelt de hoofdconstructeur een belangrijke rol. Volgorde en tijdstip van het laten schrikken, ontkisten en weghalen van ondersteuning moet geschieden in overleg met de hoofdconstructeur. ■

