



Zegen voor aannemer of zorgen voor constructeur?

# Knooppunt met metalen randkist

*Metalen randkisten zijn ontwikkeld als hulpmiddel voor de aannemer bij het opstorten van bekistingsplaten. Maar er zijn ook zorgen voor de constructeur: Welke mechanische implicaties heeft zo'n vloerconstructie met randkist en nagels voor de wand? En wat is de invloed van de spleet, tussen bekistingsplaat en dragende wand op het mechanisch gedrag?*

Metalen randkisten zijn snel en eenvoudig te monteren met ribnagels en snelspanners, zijn licht in gewicht, geven een strakke vloerrand en garanderen de juiste vloerdikte. De metalen randkist is een 'verloren bekisting', waardoor ontkisten niet meer nodig is. Hierdoor wordt een aanzienlijke tijdsbesparing verkregen.

Indien een bekistingsplaat (breedplaat) met een metalen randkist op een wand wordt gelegd, wijkt de spanningsverdeling in de wand-vloerknoop af van de klassieke situatie zonder randkist. Aangezien de randkist slechts over een deel van de wand-

ir. Gabi Bertram

TU Eindhoven, fac. Bouwkunde

prof.ir.-arch. Dirk Martens

TU Eindhoven, fac. Bouwkunde/

Architectuurbureau Dirk Martens

bvba, Zingem (B)

1 Metalen randkist met snelspanners

2 Spleet

dikte aanwezig is, ontstaat er aan de binnenkant van de wandvloerknoop een spleetje (foto 2) ter grootte van de dikte van de randkist, variërend van 0,7 tot 1,5 mm afhankelijk van de uiteindelijke vloerhoogte. Daarbij komt dat de randkist elke 500 mm wordt verankerd met ribnagels,  $\varnothing 2,7 \times 25$  mm. Ook dit kan effect hebben op de krachtswerking in de wand.

### Randvoorwaarden

Om het mechanisch gedrag van breedplaatvloeren met randbekisting opgelegd op gestapelde wanden te evalueren, werd in opdracht van de Stichting Stapelbouw een oriënterend experimenteel onderzoek uitgevoerd in het Pieter van Musschenbroek Laboratorium van de faculteit Bouwkunde van de Technische Universiteit in Eindhoven. Doel van dit onderzoek was het onderzoeken van de meest kritische situatie, die zich voordoet bij de eindwanden van een gebouw van vijf bouwlagen. De resultaten van de proeven zijn vergeleken met de belastingen (normaalkracht en buigend moment) die optreden in de verschillende knopen, bij een representatief voorbeeldgebouw van vijf bouwlagen met een verdiepingshoogte van 3 m en een vloeroverspanning van 6 m (fig. 9). De vloeren zijn 200 mm dik en de wanddikte bedraagt 150 mm.

In dit onderzoek werden twee situaties bekeken:

1. bij de onderste bouwlaag waar een grote normaalkracht aanwezig is in combinatie met een (relatief klein) buigend moment;

2. bij de knopen op de hogere verdiepingen waar een beperkte normaalkracht met een buigend moment (rotatie) optreedt.

Als uitgangspunt bij NPR 6791 is aangenomen dat de vloerrotatie maximaal gelijk is aan:

$$\varphi_v = 0,6 \cdot 10^{-3} l/h (1 - 12 \eta) = 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 6 / 0,2 = 0,018 \text{ rad} \quad (1)$$

waarin:

$\eta$  is de momentcoëfficiënt bij vloeren op twee steunpunten (inklemmingsmoment);

$l$  is de overspanning van de vloer in m;

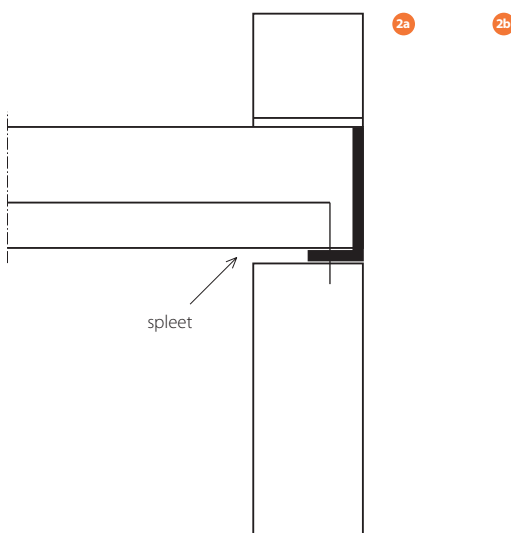
$h$  is de hoogte van de vloer in m.

De bovengrens van de vloerrotatie kan worden berekend met de momentcoëfficiënt ( $\eta$ ) gelijk aan nul. Voor het beschouwde voorbeeldgebouw resulteert dat in  $\varphi_v = 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 6 / 0,2 = 0,018$  rad.

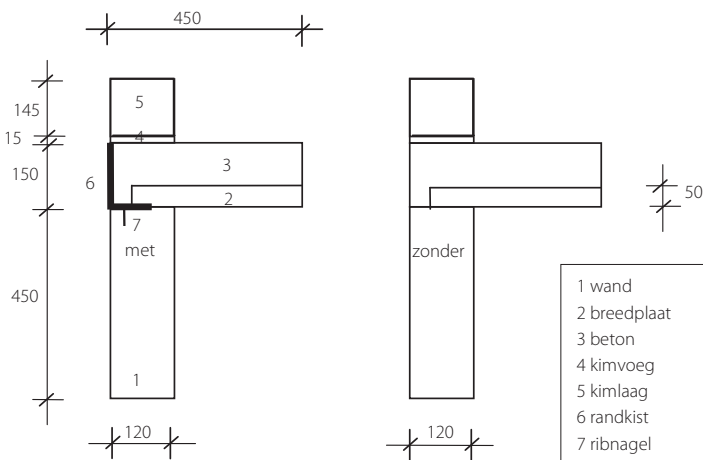
### Proefopstellingen

#### Centrische belasting

De situatie bij de onderste bouwlaag kan het beste worden gesimuleerd door centrische drukproeven. Hierbij worden de ribnagels (fig. 3, nr. 7) maximaal belast.



- 3 Schema van de proefstukken met en zonder randkist (300 mm breed)
- 4 Proefstuk in de bank (centrisch)
- 5 Wand-vloerknoop met randkist (excentrisch) (1200 mm breed)



3

Er werden vier drukproeven uitgevoerd, de helft met en de helft zonder metalen randkist (koud opgelegd). De proefstukken waren 300 mm breed (fig. 3): opgebouwd uit een kalkzandsteen wand, een stukje breedplaatvloer met opstortlaag, een kimvoeg en een kalkzandsteen kim. Bij twee proeven werd ook een metalen randkist met een hoogte van 150 mm en een dikte van 0,7 mm toegepast.

De proeven werden uitgevoerd in de 2,5 MN-drukbank (fig. 4). Tijdens de drukproeven werden de kracht en de verplaatsing van de bank geregistreerd.

### Excentrische belasting

Om de situatie bij de bovenste bouwlagen te simuleren, werden proeven met excentrische belasting uitgevoerd. Bij deze proeven werd, bij constante bovenbelasting, de hoekverdraaiing opgevoerd om te evalueren of de beschouwde knoop in staat was weerstand te bieden aan deze belastingscombinatie.

Er werden twee proeven uitgevoerd, beide met metalen randkist (koud opgelegd).

4

De proefstukken (fig. 5) bestonden uit een wand met gelijmde kalkzandsteenelementen (1200 m hoog), een metalen randkist (150 x 0,7 mm) en bijbehorende metalen ribnagels. Hierop werden de breedplaatvloeren gelegd en 100 mm beton opgestort (sterkteklasse C 28/35, fig. 7). Bovenop de betonvloer werden tot slot een kimvoeg en een kalkzandsteen kimlaag aangebracht.

Het schema van de proefopstelling is weergegeven in figuur 6. De statische belasting (bovenop de wand) en de variabele belasting (in het midden van de vloer) werden met handpompen bediend. De cilinder, op het uiteinde van de vloer, werd computergestuurd en reageerde als verende ondersteuning met veerconstante (7 kN/mm).

Tijdens de proeven zijn de volgende grootheden gemeten:

- statische belasting, variabele belasting en kracht in de verende cilinder;
- verplaatsing van de vloerplaat bij de wand, bij de variabele belasting, op het uiteinde van de vloer en van de verende cilinder (fig. 6a);
- rotatie van de oplegging door middel van 3 LVDT's (fig. 6a en 6c).

### Proefresultaten

#### Centrische belasting

De belangrijkste resultaten van de proeven met centrische belasting zijn samengebracht in tabel 1. Hierin zijn de gemiddelde waarde van de maximale drukkracht  $F$  en de drukspanning  $f$  weergegeven, evenals de hiermee overeenstemmende karakteristieke waarden en rekenwaarden ( $\gamma_M = 1,7$ ). De proef-

Tabel 1 Waarden berekend uit experimenten (centrische belasting)

randkist	$F$ (*) [kN/m]	$f$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$F_k$ (**) [kN/m]	$f_k$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$F_d$ (***) [kN/m]	$f_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]
met	1677	13,97	1397	11,64	822	6,85
zonder	1327	11,06	1106	9,22	650	5,42

(\*) gemiddelde waarde van de maximale drukkracht  
 (\*\*) karakteristieke waarde conform NEN EN 1052-1  
 (\*\*\*) rekenwaarde volgens Nationale Bijlage bij NEN EN 1996-1 (EC6)

Tabel 2 Rotatie, statische en totale belasting

proef	statische belasting [kN/m]	totale belasting in de wand [kN/m]	rotatie [rad]
1	165	186	0,027
2	360	415	0,028

Tabel 3 Vergelijk karakteristieke sterkte en rekenwaarde

	$f_k$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_d$ [N/mm <sup>2</sup> ]
waarden uit experimenten		
- met randkist	11,64	6,85
- zonder randkist	9,22	5,42
theoretische waarden volgens EC6		
	10,20	6,00



5a

resultaten variëren sterk en door het beperkte aantal proeven is een statistische verwerking niet mogelijk. Wel kon worden vastgesteld dat de bezwijklast van de proefstukken met metalen randkist niet lager is dan deze zonder randkist.

### Excentrische belasting

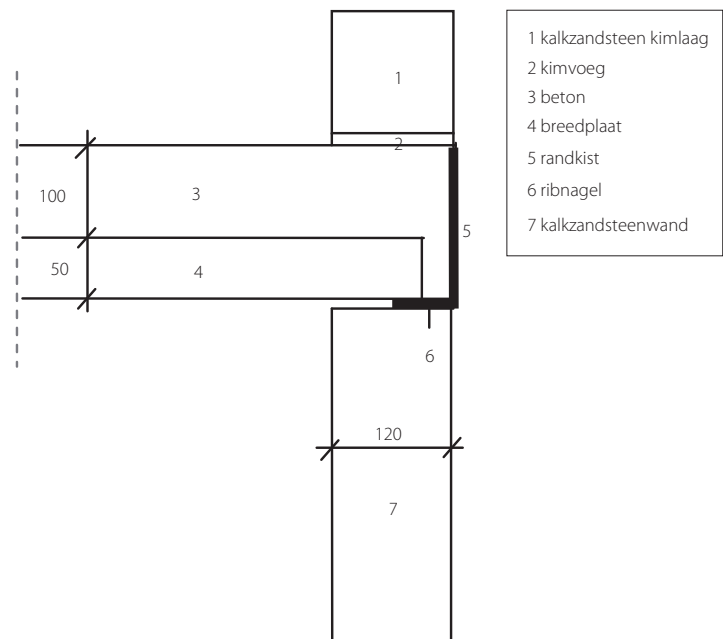
Bij de proeven met excentrische belasting werd de opening tussen wand en vloer dichtgedrukt. Er traden geen scheuren op in de wand. De grootte van de variabele belasting werd begrensd door de draagkracht van de breedplaatvloer. In figuur 8 is het belastingsverloop in functie van de tijd van de eerste proef weergegeven.

De belasting in de wand tijdens de proef is het totaal van de statische belasting, plus de variabele belasting, minus de kracht in de verende cilinder. De grootste geregistreerde belasting tijdens de proeven bedroeg 415 kN/m (bij proef 2).

De belangrijkste resultaten van de proeven met excentrische belasting zijn samengebracht in tabel 2. Hierin is de rotatie van de vloer bij de wand-vloerknoop bij de hoogste belasting van de wand met de bijbehorende statische en totale belasting in de wand gegeven. Deze situatie is in figuur 8 aangegeven met een rode cirkel.

Zowel bij proef 1 als bij proef 2 (waarbij hogere statische belasting) bedraagt de opgelegde rotatie (meer dan) 0,027 rad. Dit is

5b





aanzienlijk groter dan de theoretische bovengrens van de vloerrotatie voor het beschouwde voorbeeldgebouw ( $\varphi_v = 0,018$  rad).

### Evaluatie proefresultaten

#### Muurdruksterkte

Het theoretisch draagvermogen van een centrisc belaste wand opgebouwd uit verlijmd kalkzandsteenelementen met sterkteklasse CS 20 (gem. druksterkte  $20 \text{ N/mm}^2$ ), bedraagt volgens EC6 en de Nationale Bijlage (exclusief tweede-orde-effect):

karacteristieke sterkte:

$$f_k = K \cdot f_b^a = 0,8 \cdot 20^{0,85} = 10,2 \text{ N/mm}^2 \quad (2)$$

rekenwaarde:

$$f_d = f_k / \gamma_m = 10,2 / 1,7 = 6,0 \text{ N/mm}^2 \quad (3)$$

Bij vergelijking met de proefresultaten bij centrisc belasting (tabel 3) blijkt dat de gemeten waarden vrij goed overeenkomen met deze theoretische waarden volgens EC6, ermee rekeninghoudend dat bij de drukproeven de belasting niet perfect centrisc was ten gevolge van de partiële oplegging van de metalen randkist.

6a  
6b



#### Gebouw met vijf bouwlagen

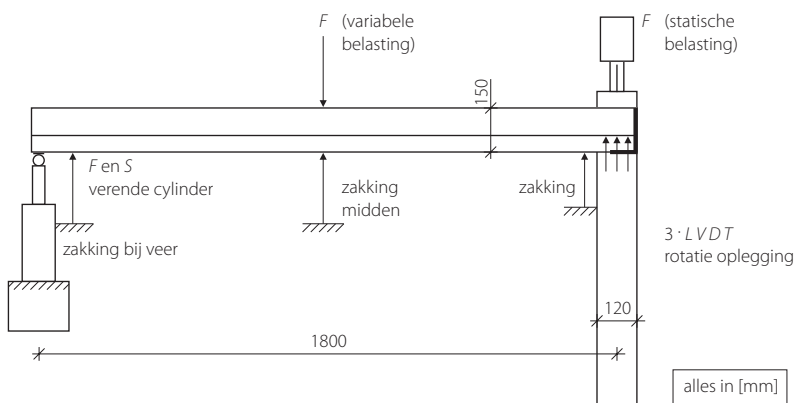
Om een vergelijking te kunnen maken met de werkelijk optredende belastingen bij het voorbeeldgebouw van vijf bouwlagen worden de belastingen op de wanden bepaald met behulp van tabel 4. De rekenwaarde van de centrisc belasting op de onderste wand (wand 1, zie fig. 9) bedraagt:

$$\gamma_g \cdot s_{\text{bouwlaag}} \cdot 5 + \gamma_v \cdot q_1 + \gamma_v \cdot \psi_0 \cdot \sum q_i \quad (4)$$

$$= 1,2 \cdot 28,1 \cdot 5 + 1,5 \cdot 7,5 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 7,5 = 202 \text{ kN/m}$$

Uit de proeven met centrisc belasting werd een rekenwaarde van de opneembare normaalkracht van  $822 \text{ kN/m}$  met randkist en  $650 \text{ kN/m}$  zonder randkist (tabel 1) afgeleid. Hierbij waren er geen scheuren in of vervormingen van de wand waarneembaar. Aangezien de draagkracht ruim een factor 3 groter is dan de rekenwaarde van de centrisc belasting van de onderste wand bij een gebouw van vijf verdiepingen, mag worden aangenomen dat de metalen randkist bij dergelijke gebouwen geen problemen stelt voor de onderste bouwlaag. Op dezelfde wijze als voor de onderste wand (wand 1) worden de rekenwaarden van de centrisc belastingen van de andere wanden in het voorbeeldgebouw berekend. De waarden zijn samengebracht in tabel 5.

6c



- 6 Opstelling excentrische belasting
- 7 Betonvloer doorsnede en wapening
- 8 Grafiek verloop van proef 1
- 9 Onderste wand (1) bij vijf bouwlagen

## Rotatie

Uit vergelijking met de proefresultaten bij excentrische belasting (tabel 2) blijkt dat de totale belastingen in de wand tijdens de proeven hoger waren dan de rekenwaarde van de belasting van de onderste wand bij proef 1 (wand 1 in tabel 5) en van de één na onderste wand bij proef 2 (wand 2 in tabel 5).

Bij deze belastingen was het mogelijk een hoekverdraaiing in de wand-vloerknoop te realiseren van 0,027 rad (tabel 2), die nagenoeg het dubbele is van de rotatie die in de praktijk aanvaardbaar is. Hierbij werd ook geen afname van de draagkracht van de wand vastgesteld. Er mag daarom worden aangenomen dat de metalen randkist bij dergelijke gebouwen met vijf bouwlagen geen problemen stelt voor de onderste en hogere bouwlagen met excentrische belasting.

## Conclusies

In het hier beschreven oriënterend onderzoek werden twee typen opstelling gebruikt om de invloed van het gebruik van metalen randkisten te evalueren bij een gebouw met vijf bouwlagen.

De metalen randkist is een prima hulpmiddel voor het uitvoeren van breedplaatvloeren. Er is geen nadelige invloed vastgesteld op de draagkracht van de kalkzandsteen wand en de breedplaatvloer.

Bij de proeven met excentrische belasting was het bij verschillende groottes van bovenbelastingen mogelijk een hoekverdraaiing in de wand-vloerknoop te realiseren die nagenoeg het dubbele is van de rotatie die in de praktijk maximaal aanvaardbaar is. Ook in deze situatie werd geen afname van de draagkracht van de wand vastgesteld. ☒

Tabel 4 Bepaling belasting conform EC0 en EC1

e.g. vloer: $0,2 \cdot 25 \cdot \frac{1}{2} \cdot 6$	15,0 kN/m
e.g. vloerafwerking: $1,4 \cdot \frac{1}{2} \cdot 6$	4,2 kN/m
e.g. plafond: $0,2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 6$	0,6 kN/m
e.g. wanden: $0,15 \cdot 18,5 \cdot 3$	8,3 kN/m
$g_{\text{bouwlaag}}$	28,1 kN/m
$q: 2,5 \cdot \frac{1}{2} \cdot 6$	7,5 kN/m

Tabel 5 Rekenwaarde van de belasting op de wanden van het voorbeeldgebouw

wand	rekenwaarde van de belasting [kN/m]
5	45
4	84
3	124
2	163
1	202

