

Van Mourik Broekmanweg
P.O. Box 49
2600 AA Delft
The Netherlands

TNO-rapport

TNO-034-DTM-2010-04905

Belastingproeven PVC stellingkasten

www.tno.nl

T +31 88 866 30 00

F +31 88 866 30 10

wegwijzer@tno.nl

Datum	14 december 2010
Auteur(s)	B. Bosman
Opdrachtgever	Basic Construct B.V.
Projectnummer	034.23676

Aantal pagina's	13 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	0

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke 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 onderzoeksopdrachten 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.

Samenvatting

Een stellingkast type 'Marry' met een breedte van 1000 mm en een diepte van 500 mm is beproefd.

Bij geen van de uitgevoerde testen is een stellingkast ingestort of gebroken.

De gebruiksbelasting is bepaald op 60 kg per legbord.

Het verstijven van de liggers zal resulteren in een hogere gebruiksbelasting.

De horizontaal uitgeoefende kracht bij een geschoorde stellingkast met 4 legborden waarbij een hoekverdraaiing van 3,5 graden optrad bedroeg 638 N (65 kgf).

Bij temperaturen boven 25 °C wordt de doorbuiging ontoelaatbaar hoog.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	4
2	Beproevingplan	5
3	Testresultaten	6
3.1	Test 1	6
3.2	Gebruiksbelasting	7
3.3	Test 2	9
3.4	Test 3	10
4	Conclusies	12
5	Ondertekening	13

1 Inleiding

Basic Construct B.V. is producent van kunststof stellingkasten.
Op stellingkast type 'Marry' zijn verschillende belastingproeven uitgevoerd.

De stellingkasten bestaan uit legborden waarvan de liggers, door middel van een innovatief kliksysteem, vastgezet worden aan de staanders.

Een standaardopstelling met een breedte van 1000 mm en een diepte van 500 mm is beproefd.

De staanders zijn kokerprofiel van 40x40x2,5 mm.
De liggers zijn gemaakt van kokerprofiel van 40x35 mm.
Het effectieve legoppervlak is 925mm bij 497 mm.

Figuur 1 geeft een beeld van de geteste stellingkast.

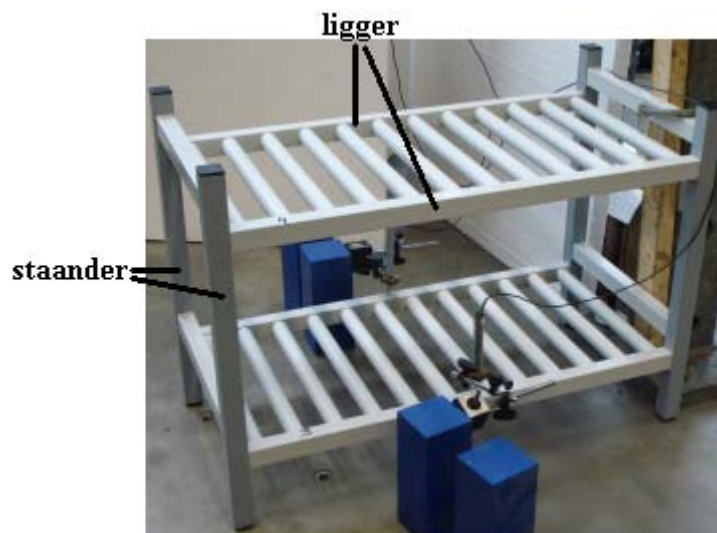


Fig.1. Geteste stellingkast, type 'Marry'

2 Beproevingenplan

Van PVC stellingkast 'Marry' wordt de belastbaarheid onder verschillende omstandigheden bepaald. De stellingkasten kunnen in verschillende configuraties uitgevoerd worden en maken gebruik van een innovatief kliksysteem. Volgens een opgesteld beproevingsplan worden belastingen aangebracht en de gemeten doorbuiging wordt vertaald naar de toelaatbare belasting.

Een drietal testen zijn voorzien:

Test 1

Een legbord wordt steeds zwaarder belast, totdat deze bezwijkt. Deze proef wordt 3 keer uitgevoerd.

Test 2

Vier legborden worden belast met anderhalf maal de gebruiksbelasting. Hierna wordt in de lengterichting een horizontale kracht aangebracht op het hoogste punt van de stellingkast. Voor deze test zullen schoren worden aangebracht.

De horizontale kracht die kan worden aangebracht zonder dat de stelling bezwijkt, is een maat voor de stabiliteit van de stelling.

Test 3

Duurproef. De legborden worden belast met anderhalf maal de gebruiksbelasting. De stellingkast zal voor deze duurproef aan de volgende temperaturen blootgesteld worden:

- 7 dagen op een temperatuur van + 19 °C
- 3 dagen op een temperatuur van -28 °C
- 3 dagen op een temperatuur van +38 °C
- 1 dag op een temperatuur van + 19 °C
- 1 dag op een temperatuur van -39 °C
- 2 dagen op een temperatuur van +19 °C

3 Testresultaten

De testresultaten worden per test gepresenteerd.

3.1 Test 1

Een legbord wordt steeds zwaarder belast, totdat deze bezwijkt. Deze proef wordt 3 keer uitgevoerd.

De belasting wordt aangebracht met stalen gewichten, terwijl de doorbuiging gemeten wordt met LVDT opnemers en MGCplus acquisitieapparatuur.

Bij deze test is de belasting niet hoger opgevoerd dan 225 kg omdat daarbij een dusdanig hoge doorbuiging optreedt dat verder belasten zeker geen zin heeft.

Opgemerkt wordt dat het legbord van de stellingkast bij deze extreme belasting ver doorbuigt maar dat de stellingkast niet breekt of instort.

In de figuren 2 en 3 wordt de testopstelling getoond.

De figuren 4 en 5 tonen de verbinding tussen legbord en staander bij een legbordbelasting van 225 kg.



Fig.2. Legbord belast met 75 kg



Fig.3. Legbord belast met 225 kg



Fig.4. Legbord belast met 225 kg



Fig.5. Legbord belast met 225 kg

Figuur 6 is een grafiek van de gemeten doorbuiging tegen de aangebrachte belasting voor de 3 geteste stellingkasten.

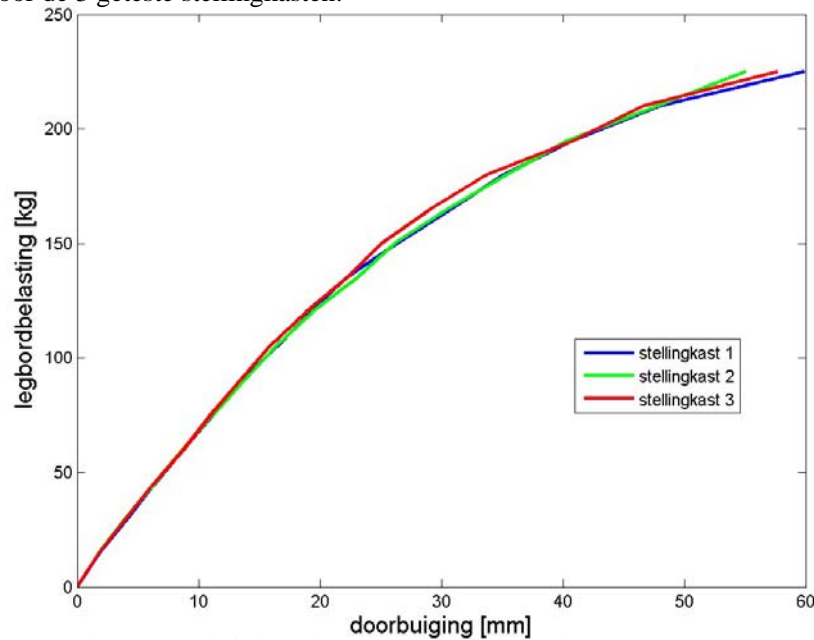


Fig.6. Doorbuiging uitgezet tegen de belasting

3.2 Gebruiksbelasting

Een doorbuiging van 1/100 van de overspanning wordt acceptabel geacht. Omdat de overspanning 925 mm bedraagt wordt een doorbuiging van ongeveer 9 mm acceptabel geacht en daarmee wordt de gebruiksbelasting bepaald op 60 kg per legbord.

De verbinding tussen legbord en standers zal bij lage belastingen min of meer beschouwd kunnen worden als een inklemming. Bij hogere belastingen zal deze verbinding zich steeds meer als oplegging gaan gedragen. In de figuren 7 en 8 worden oplegging en inklemming schematisch weergegeven.

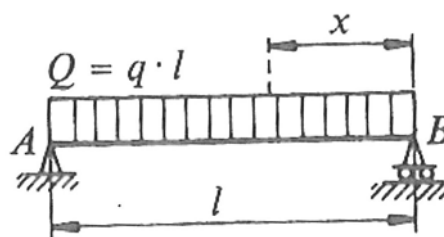


Fig.7. Oplegging

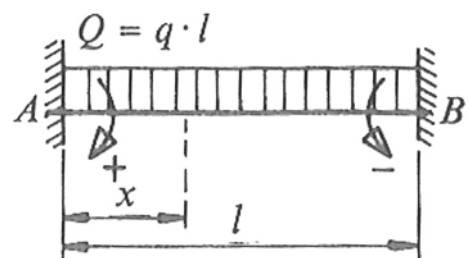


Fig.8. Inklemming

Voor een zuivere oplegging geldt voor de maximale doorbuiging de volgende formule:

$$\delta_{\max} = \frac{5.Q.l^3}{384.E.I}$$

Waarbij Q de belasting is, E de elasticiteitsmodulus, I het traagheidsmoment en l de lengte van de overspanning.

De maximale doorbuiging voor een zuivere inklemming is een factor 5 kleiner dan voor een zuivere oplegging.

Formule voor de maximale doorbuiging bij een zuivere inklemming:

$$\delta_{\max} = \frac{Q.l^3}{384.E.I}$$

Als criterium geldt dat de doorbuiging niet groter mag zijn dan 1/100.

$$\delta_{\max} = \frac{l}{100}$$

Voor een zuivere oplegging geldt dus:

$$\delta_{\max} = \frac{l}{100} = \frac{5.Q.l^3}{384.E.I}$$

en daarom:

$$Q = 0,768 \cdot \frac{EI}{l^2}$$

Als het materiaal en de doorsnede van de liggers niet gewijzigd worden zullen de elasticiteitsmodulus en het traagheidsmoment ook niet wijzigen.

Er geldt dan:

$$Q = \frac{\text{constante}}{l^2}$$

Bij een kleinere overspanning zal daarom een grotere gebruiksbelasting verkregen worden.

In tabel 1 wordt de te verwachten gebruiksbelasting gegeven voor een aantal overspanningen, ervan uitgaande dat de verbinding tussen legbord en staanders zich hetzelfde gedragen, dat het materiaal en de doorsnede van de liggers niet gewijzigd worden en dat de staanders niet bezwijken.

Tabel 1. Te verwachten gebruiksbelasting als de verbindingen zich hetzelfde gedragen en het materiaal en de doorsnede van de liggers niet gewijzigd worden.

Lengte van de overspanning [mm]	825	725	625	525	425
Breedte van de stellingkast [mm]	900	800	700	600	500
Te verwachten gebruiksbelasting [kg] ¹⁾	75	95	130	185	280

¹⁾ Hierbij wordt opgemerkt dat de staanders deze belasting wel moeten kunnen opnemen. De maximale belasting die de staanders kunnen verdragen is niet getest. Tijdens de duurtests (test3 met 3 legborden en 90 kg per legbord) is het onderste deel van de staanders belast geweest met 270 kg (dus 67,5 kg per staander) zonder te bezwijken. Gedurende test 2 (4 legborden met 90 kg per legbord) is het onderste deel van de staanders kortdurend belast geweest met 360 kg (dus 90 kg per staander) zonder te bezwijken.

Het verstijven van de liggers zal resulteren in een hogere gebruiksbelasting.

3.3 Test 2

Voor deze test zijn schoren aangebracht. Deze schoren dienen aan de staanders vastgezet te worden. Figuur 9 geeft een beeld van de geschoorde stellingkast.

Vier legborden worden belast met 90 kg per legbord (anderhalf maal de vastgestelde gebruiksbelasting). Vervolgens is op het hoogste punt van de stellingkast, in lengterichting, een horizontale kracht aangebracht. Figuur 10 geeft een beeld van deze test in figuur 11 is de uitgeoefende kracht tegen de hoekverdraaiing uitgezet.



Fig.9. Test 2, Stellingkast met schoren



Fig.10. Testopstelling van test 2

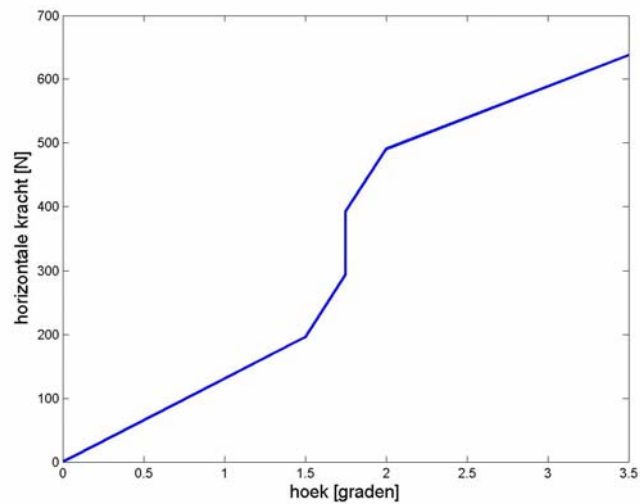


Fig.11. Uitgeoefende kracht tegen de hoekverdraaiing

Een hoekverdraaiing groter dan 3,5 graden wordt als ontoelaatbaar beschouwd. De stellingkast was bij deze hoekverdraaiing nog niet bezwaken.

De uitgeoefende kracht bij een hoekverdraaiing van 3,5 graden bedroeg 638 N (65 kgf).

3.4 Test 3

Duurproef. De legborden zijn belast met 90 kg per legbord (anderhalf maal de vastgestelde gebruiksbelasting). De stellingkast is voor deze duurproef aan de volgende temperaturen blootgesteld:

7 dagen op een temperatuur van + 19 °C
3 dagen op een temperatuur van -28 °C
3 dagen op een temperatuur van +38 °C
1 dag op een temperatuur van + 19 °C
1 dag op een temperatuur van -39 °C
2 dagen op een temperatuur van +19 °C

Deze proef is uitgevoerd met een stellingkast bestaande uit 3 legborden. De verticale verplaatsing van het onderste en middelste legbord zijn gemeten. Figuur 12 geeft een beeld van de testopstelling en in figuur 13 worden de doorbuiging en temperatuur tegen de tijd gepresenteerd.



Fig.12. Testopstelling van test 3

Duidelijk zichtbaar is dat de doorbuiging bij hoge temperatuur sterk toeneemt. De doorbuiging was acceptabel bij 19 °C en -28 °C. Toen de temperatuur boven 25 °C kwam nam de doorbuiging sterk toe. Nadat de temperatuur weer teruggebracht was naar 19 °C bleef de doorbuiging constant en ook de temperatuur van -38 °C was geen enkel probleem.

Geconcludeerd moet worden dat bij temperaturen boven 25 °C de doorbuiging te groot wordt.

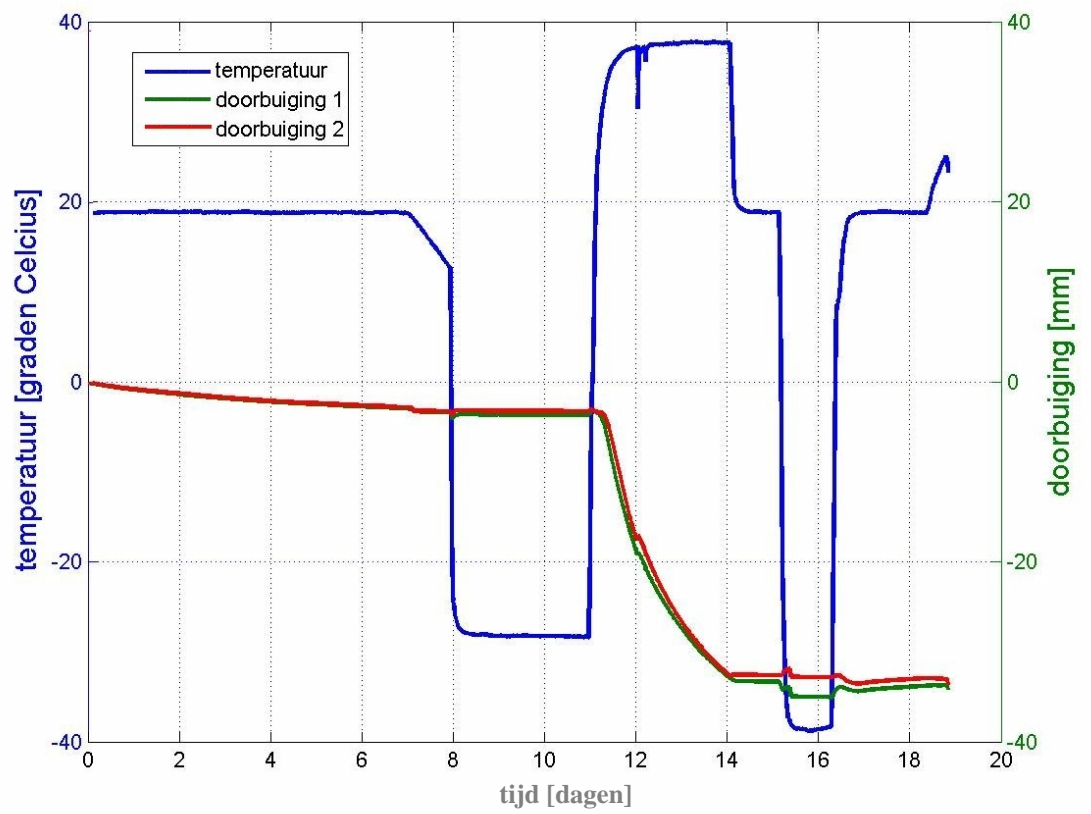


Fig.13. Doorbuiging en temperatuur tegen de tijd (bij belasting van 90 kg per legbord)

4 Conclusies

Bij geen van de uitgevoerde testen is een stellingkast ingestort of gebroken.

Een doorbuiging van 1/100 van de overspanning is als criterium gehanteerd.
De gebruiksbelasting is bepaald op 60 kg per legbord.

In tabel 1 op pagina 8 wordt de te verwachten gebruiksbelasting gegeven voor een aantal overspanningen, ervan uitgaande dat de verbinding tussen legbord en staanders zich hetzelfde gedragen, dat het materiaal en de doorsnede van de liggers niet gewijzigd worden en dat de staanders niet bezwijken.

Het verstijven van de liggers zal resulteren in een hogere gebruiksbelasting.

Bij het toepassen van schoren dienen deze aan de staanders vastgezet te worden.
Een hoekverdraaiing groter dan 3,5 graden wordt als ontoelaatbaar beschouwd.
De horizontaal uitgeoefende kracht bij een geschoorde stellingkast met 4 legborden waarbij een hoekverdraaiing van 3,5 graden optrad bedroeg 638 N (65 kgf).

Bij temperaturen boven 25 °C wordt de doorbuiging ontoelaatbaar hoog.

5 Ondertekening

Naam en adres van de opdrachtgever:

Basic Construct B.V.
Beethovenlaan 105b
3335BE Zwijndrecht

Namen en functies van de projectmedewerkers:

C.G.M. van Gemert
B. Bosman

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed:
n.v.t.

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaats gehad:
Oktober 2010 - december 2010

Naam en paraaf tweede lezer:

ba 

C.J. van de Beld

Ondertekening:


Ing. B. Bosman
Auteur

Goedgekeurd door:


Ir. P.D. Boersma
Manager CMC