

Onderzoek naar het in-het-vlak afschuifgedrag van structurele hybride hout-glaswandelementen

Jasper van Berlo

Ruben Wagemans

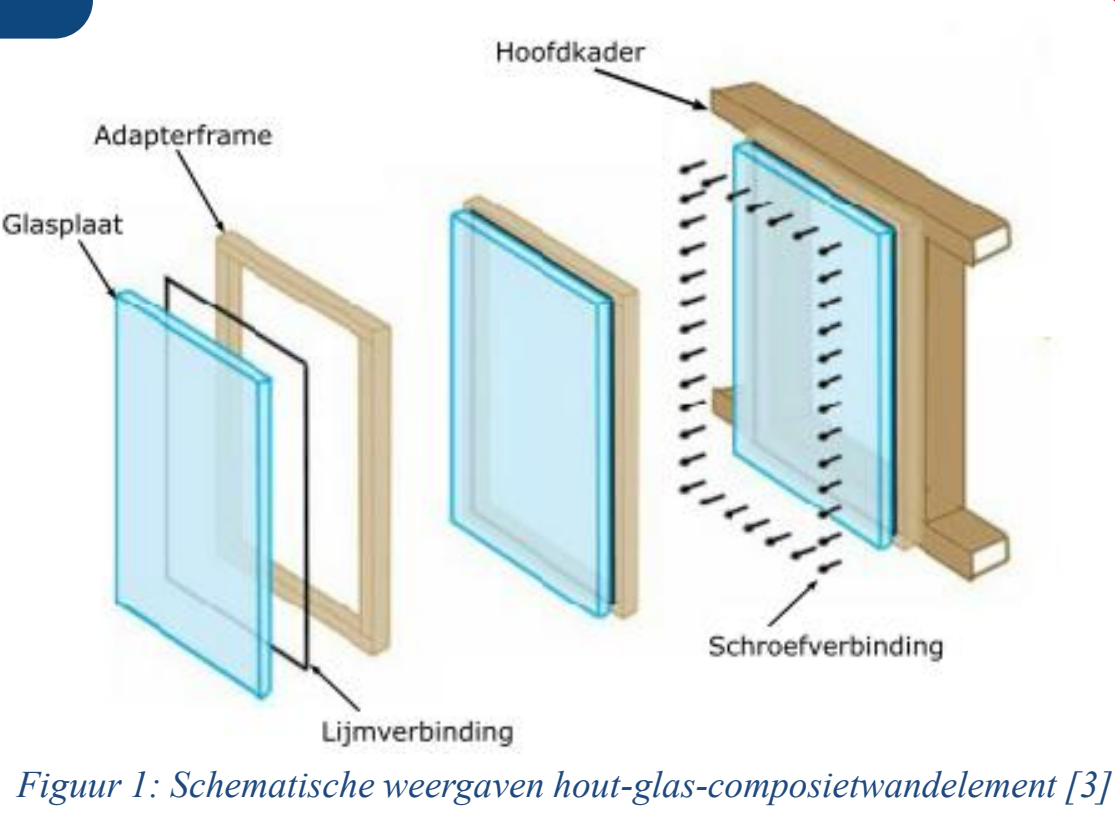
master IW Bouwkunde

master IW Bouwkunde

Introductie

De bouwsector was in 2019 verantwoordelijk voor 40% van de CO₂-uitstoot [1]. Net als andere sectoren zal de bouwsector moeten verduurzamen. Hout-glas-composietstructuren kunnen hier een bijdrage bieden. In tegenstelling tot andere bouwmaterialen heeft hout de mogelijkheid om CO₂ op te slaan tijdens zijn levensduur [2]. Naast de voordelen van het hout zal in deze structuren ook optimaler gebruik worden gemaakt van de structurele eigenschappen van het glas. De problemstelling bij hout-glas-composietwanden is het gebrek aan een ontwerpmethode. Deze masterproef wil bijdragen aan dit onderzoeksveld door het onderzoeken van een analytisch en numeriek model en de resultaten hiervan te valideren met experimentele resultaten.

Figuur 1 geeft de schematische opbouw van een wandelement weer, waarbij in dit onderzoek voor de lijmverbinding gebruik is gemaakt van DowsilTM993 en Kömmerling Ködiglaze S lijmen.



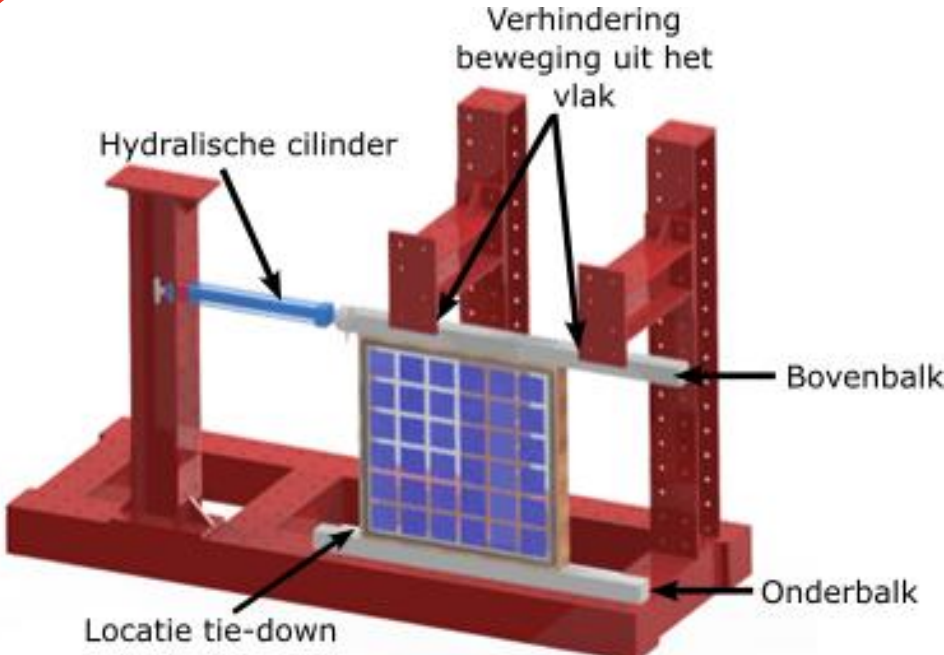
Figuur 1: Schematische weergave hout-glas-composietwandelement [3]

Voor het behalen van deze doelstelling werden volgende fases doorlopen:

- 1) Het uitvoeren van een literatuurstudie om inzicht te krijgen in hout-glaswandelementen en faalmechanismen;
- 2) Het uitvoeren van experimentele testen;
- 3) Het opstellen van een analytische methode en verifiëren met de experimentele resultaten;
- 4) Het modelleren van een numeriek model en verifiëren met de experimentele resultaten.

Experimentele studie

De eerste fase van dit onderzoek is het uitvoeren van de schrankweerstandproeven. Figuur 2 geeft de proefopstelling van deze proeven weer. Bij deze opstelling kan vermeld worden dat de onderbalk vast verbonden is aan de hoofdconstructie. Daarentegen kan de bovenbalk vrij bewegen in het vlak. Daarnaast toont Figuur 2 de locatie van de tie-down. Bij vier van de zeven geteste proefstukken werd deze verankering geplaatst om het kantelen van het frame te verhinderen.



Figuur 2: Schematische weergave testopstelling

Volgende faalmechanismen traden op tijdens het uitvoeren van de schrankweerstandproeven:

- a) Cohesief falen → overschrijden sterkte lijmverbinding;
- b) Adhesief falen → falen van hechting tussen lijm en oppervlak;
- c) Falen Schroefverbinding → overschrijden van de treksterkte van de verbinding.

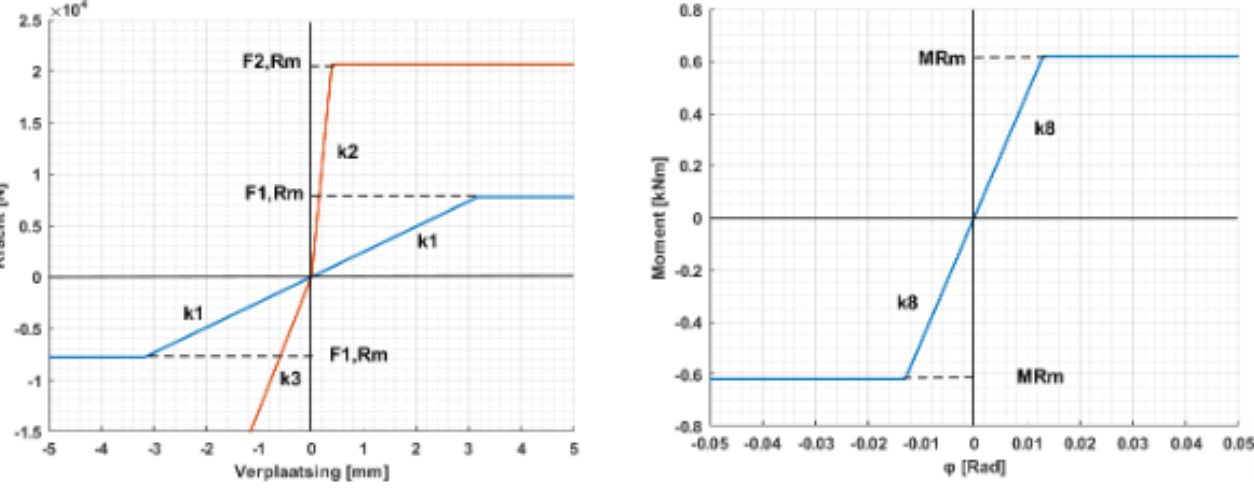
In Figuur 3 worden deze faalmechanismen weergegeven.



Figuur 3: Faalmechanismen proefstukken

Numeriek model

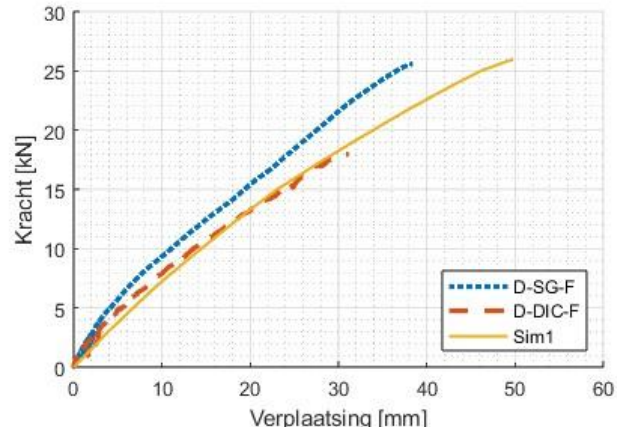
Figuur 7 toont het numeriek model in BuildSoft Diamonds. Figuur 8 illustreert het kracht-verplaatsings- en moment-rotatieverband van de schroeven in het kader. Deze zijn bepaald aan de hand van pr EN 1995-1-1 [4] en de methode besproken door Kuai [6]. De translatiestijftheden staan voor: slip modulus k_1 , axiale slipmodulus k_2 en de samendrukking van het hout k_3 . De rotatiestijftheid k_8 is toegepast rond de lokale y-as zoals weergegeven in figuur 9.



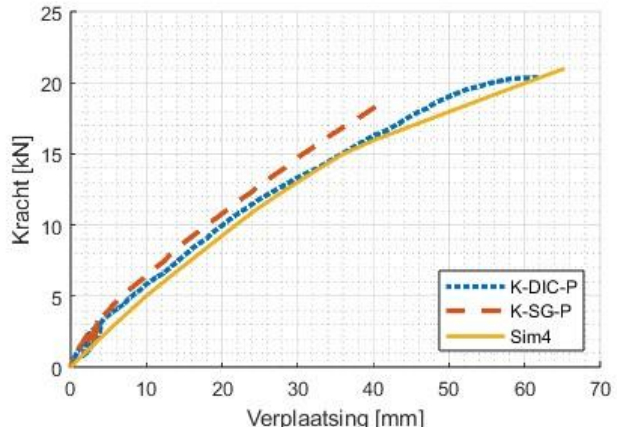
Figuur 8: Stijftheden schroeven kader in Buildsoft Diamonds

Figuur 9: Lokale assen schroeven kader

In figuur 10 en 11 zijn twee vergelijkingen weergegeven voor de totale horizontale verplaatsing tussen de experimentele waarden en de bijhorende simulatie in Buildsoft Diamonds. Hieruit kan afgeleid worden dat de niet-lineaire eigenschappen in rekening zijn gebracht bij de simulaties van het numerieke model.

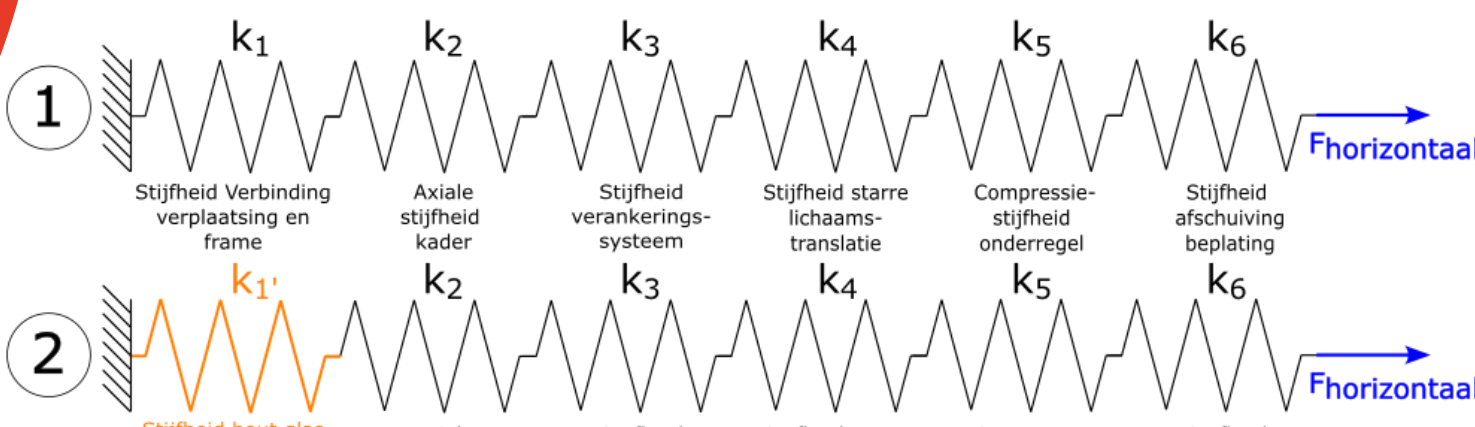


Figuur 10: Vergelijking volledige verankering Dowsil TM 993 met het numeriek model



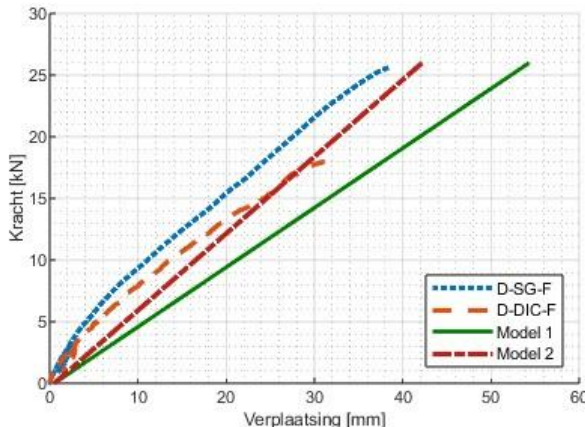
Figuur 11: Vergelijking gedeeltelijke verankering Kömmerling Ködiglaze S met het numeriek model

Analytisch model

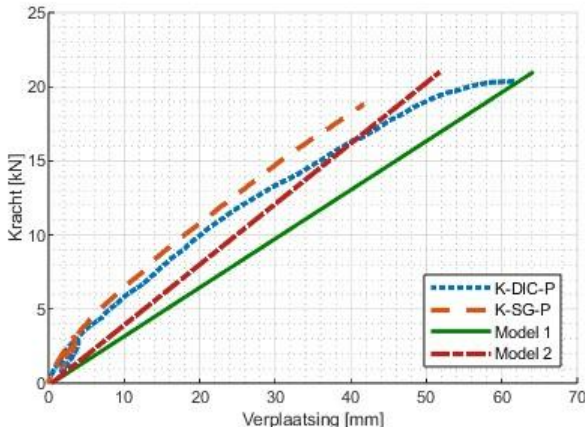


Figuur 4: Schematische weergave analytische modellen

Figuur 4 toont een schematische weergave van het analytisch model. Het analytisch model is gebaseerd op de methode besproken in sectie 12.3.3 in pr EN 1995-1-1 [4] en een methode besproken door Hochhauser [5]. Figuur 5 en 6 geven de vergelijking van de analytische modellen weer met de experimentele resultaten. Uit figuur 5 en 6 kan afgeleid worden dat model 2 in beide gevallen een betere benadering geeft van de werkelijkheid dan model 1. Daarnaast kan ook opgemerkt worden dat er een significante afwijking van de stijfheid is voor het interval 0 tot 5 kN. Dit is voornamelijk te verklaren doordat het analytisch model een lineair model is en geen rekening houdt met niet-lineaire materiaaleigenschappen.



Figuur 5: Vergelijking volledige verankering Dowsil TM 993 met analytische modellen



Figuur 6: Vergelijking gedeeltelijke verankering Kömmerling Ködiglaze S met analytische modellen

Conclusie

Enkele beperkingen van dit onderzoek zijn:

- Enkel onderzoek uitgevoerd met twee type lijmen;
- Bijkomende proeven uitgevoerd om het numeriek model te kunnen opbouwen ;
- Het analytisch model is lineair en houdt geen rekening met de niet-lineariteit van de schroeven en de lijm.

Ondanks de onderschatting van de experimentele resultaten, kunnen het analytisch model en het numeriek model gebruikt worden voor het ontwerpen van de stijfheid van een hybride hout-glaswandelement.

Mogelijkheden voor vervolgonderzoek zijn:

- Toevoegen van de niet-lineariteit van de materialen in analytisch model;
- Verder onderzoek naar de sterkte van het systeem.