

# Mjøstårnet

- Hoogste gebouw met houten constructie
- Case study van duurzaam bouwen
- Vakwerk met gelamineerd houten stiftverbindingen



Woodify AS, VJUS AS

# Aardbevingen

- Dempen van effecten
- Ductiliteit/taaiheid
- Houtverbindingen



*Moelven*

# Oversterkte

- Voorkomen van bros bezwijken
- Verzekeren van taai gedrag

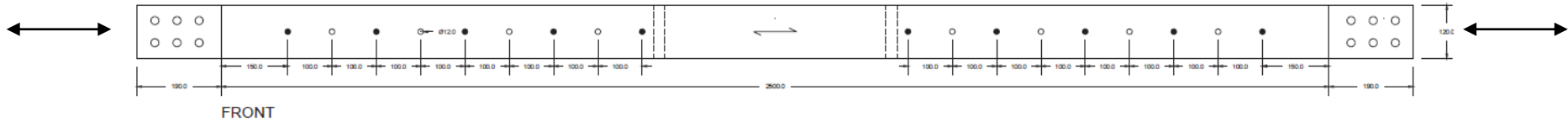
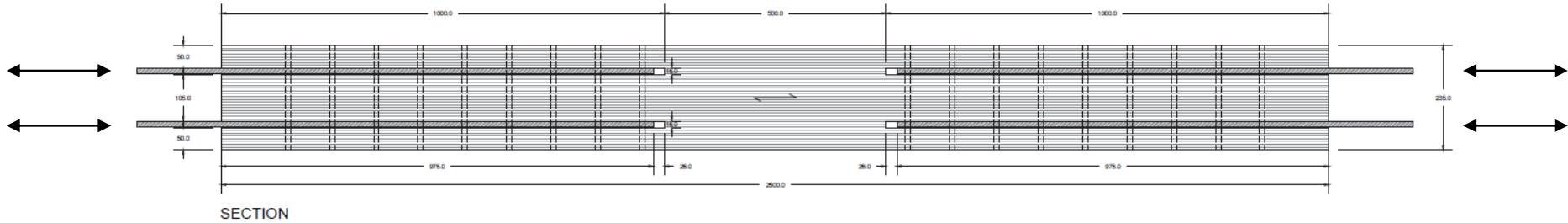
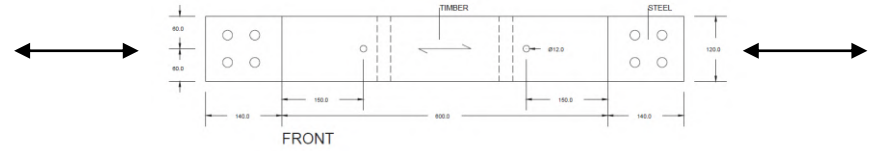
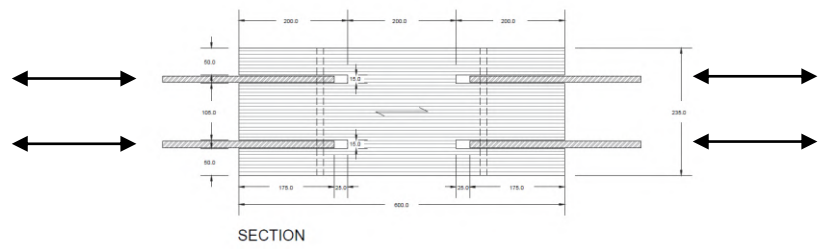


Moelven



*‘Hoe reageert een hoog gelamineerd houten vakwerkconstructie op de dynamische effecten van aardbevingen, afgeleid van het gedrag van de stiftverbindingen met ingelaten staalplaten, zoals bepaald met experimenteel onderzoek?’*

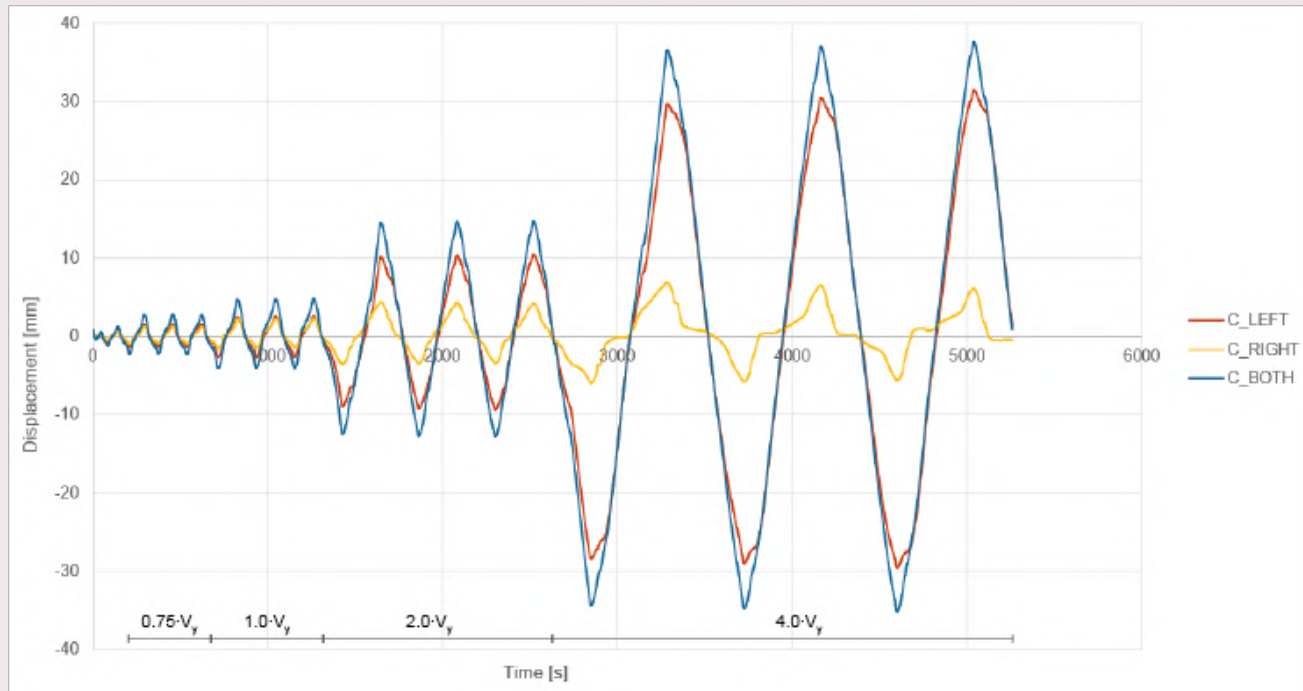
# Experimenteel onderzoek



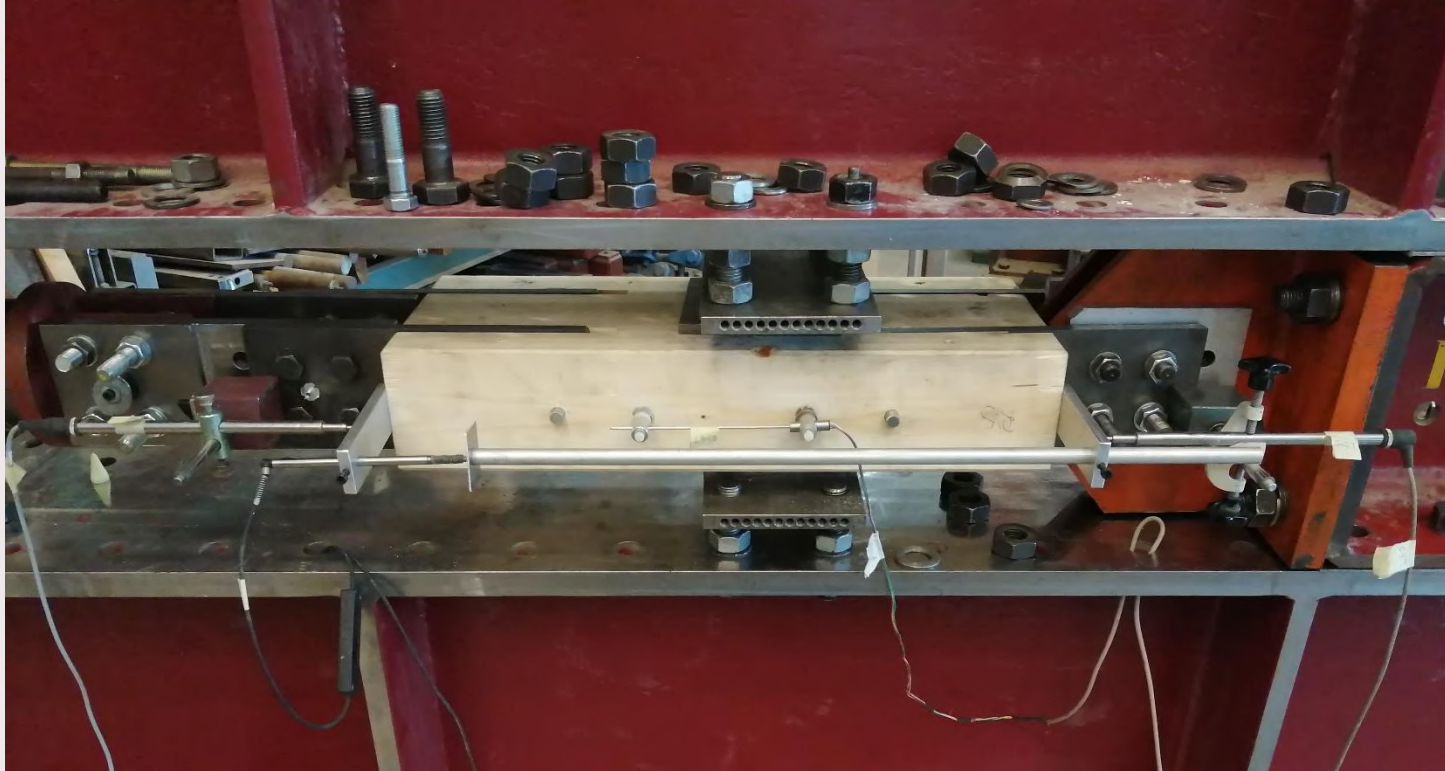
# De Groot Vroomshoop



# Experimenteel onderzoek

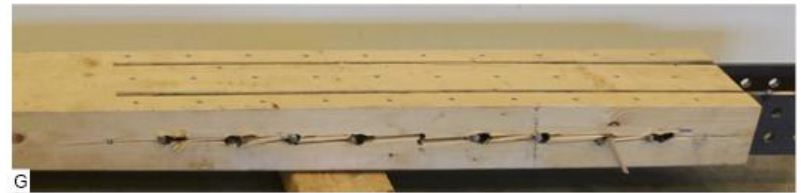


# Experimenteel onderzoek

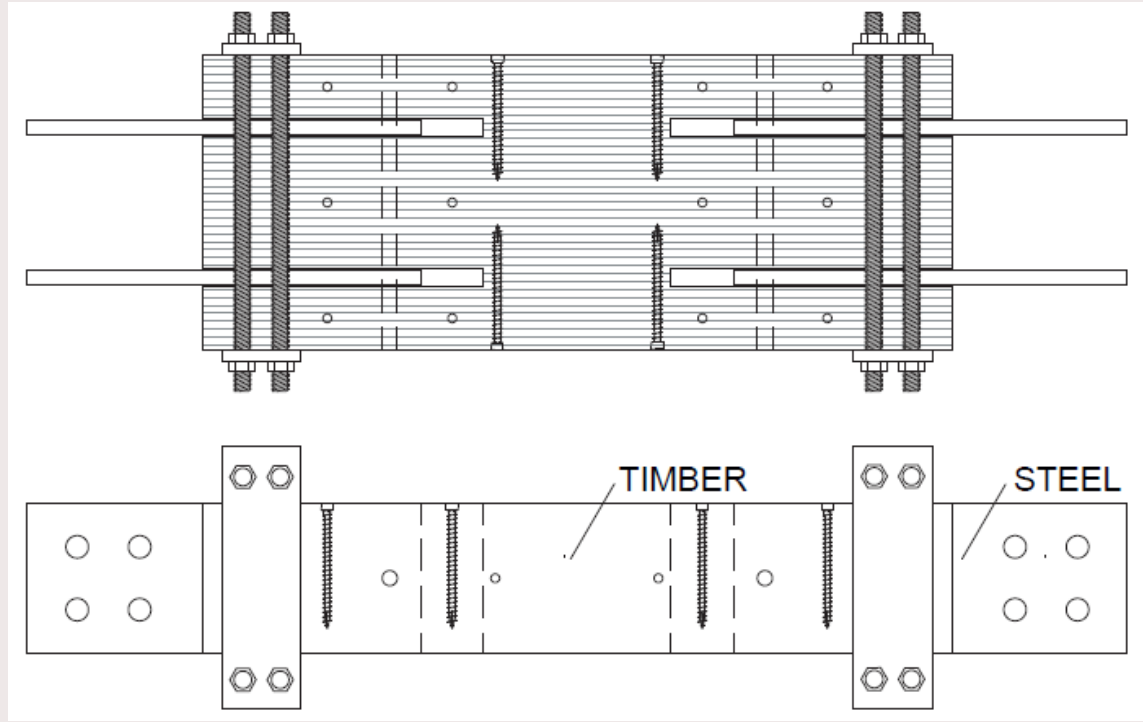




# Bros bezwijken



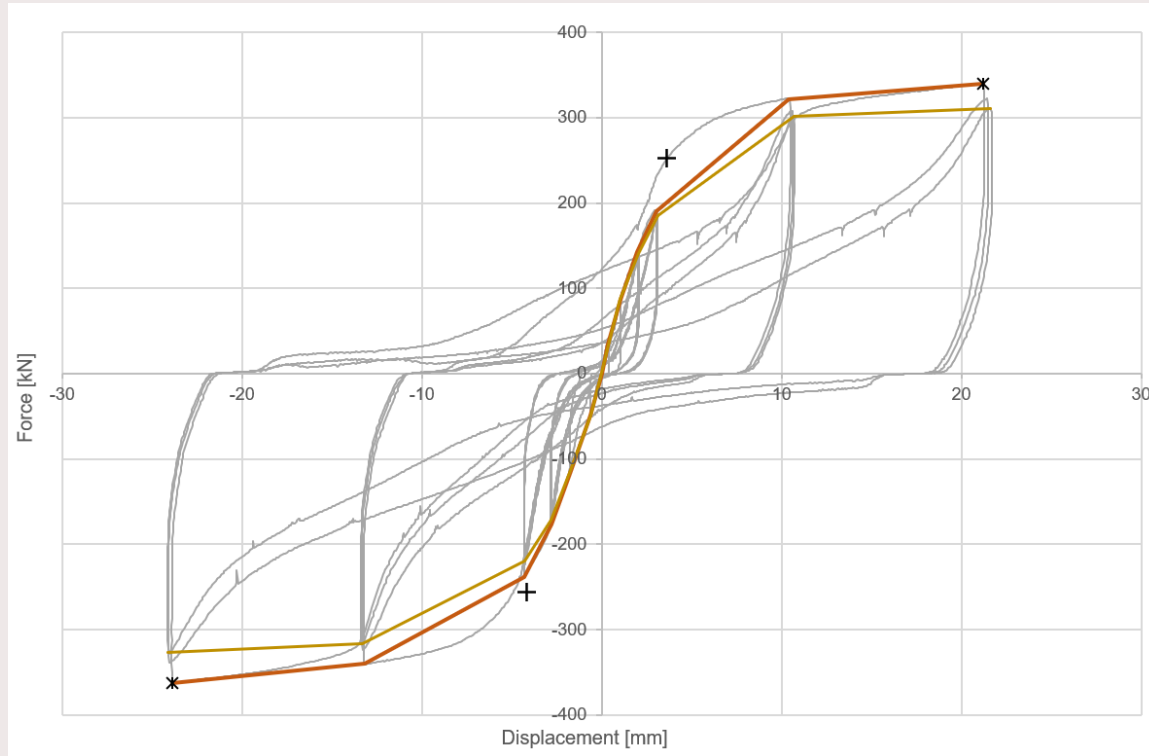
# Versterken van de verbinding



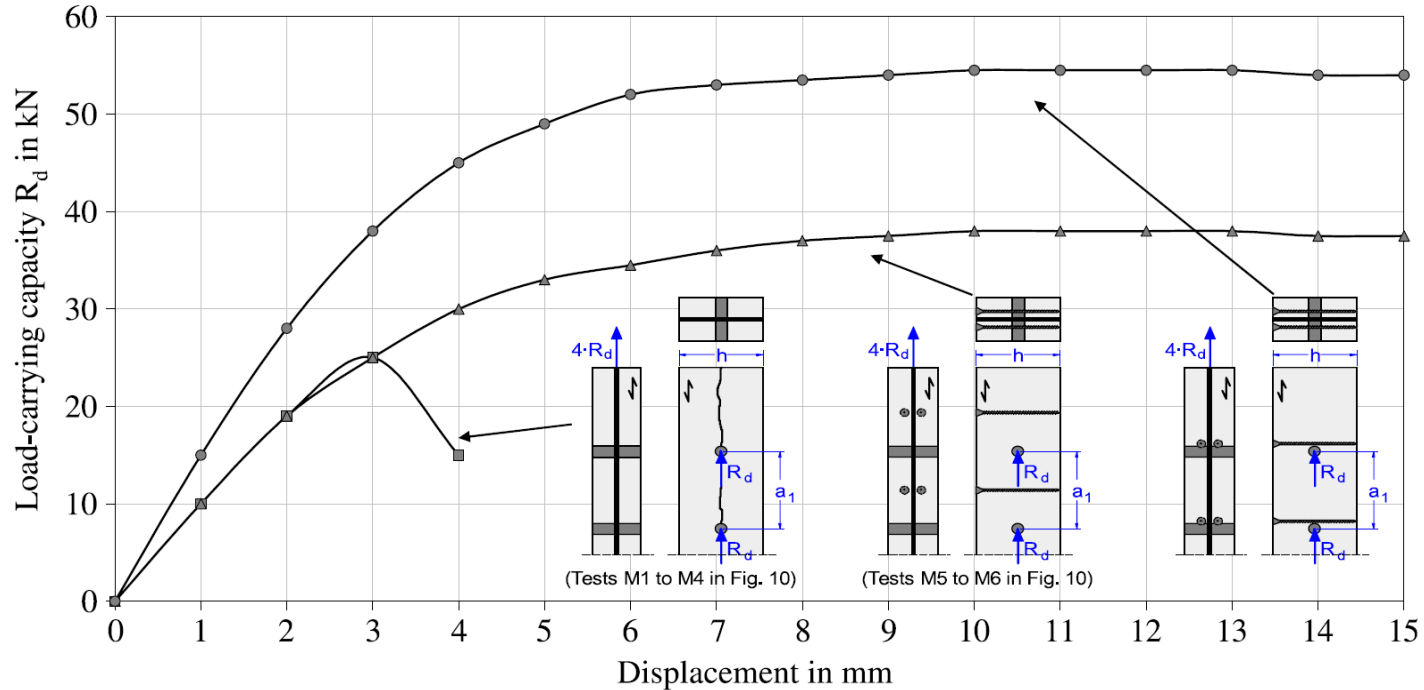
# Bezwijken stiften



# Data analyse

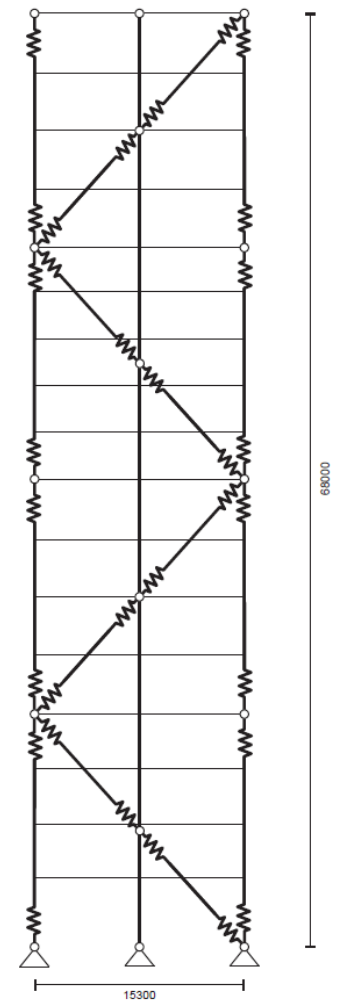
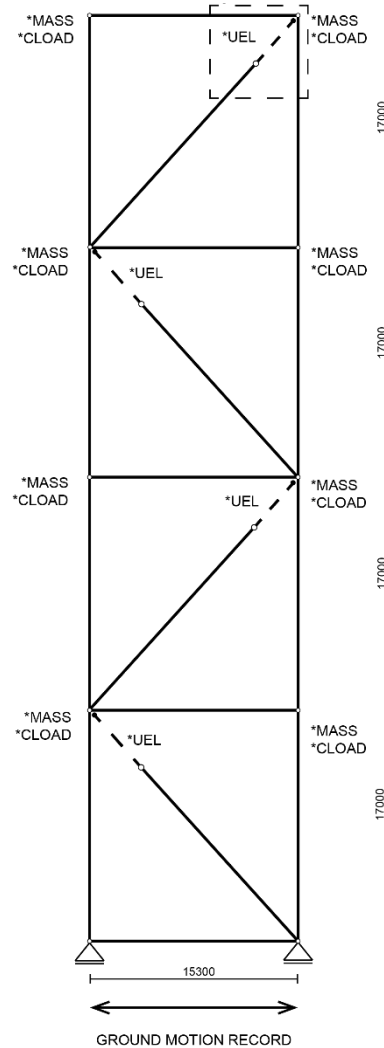


# Het versterkingseffect



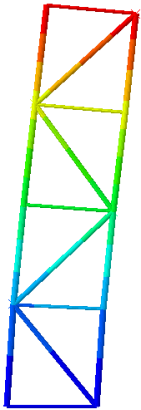
Blaß and Schädle (2011)

# Numeriek model (Abaqus)

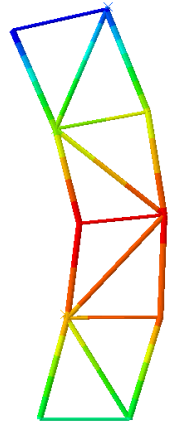


# Numerieke resultaten

1<sup>e</sup> eigenmode

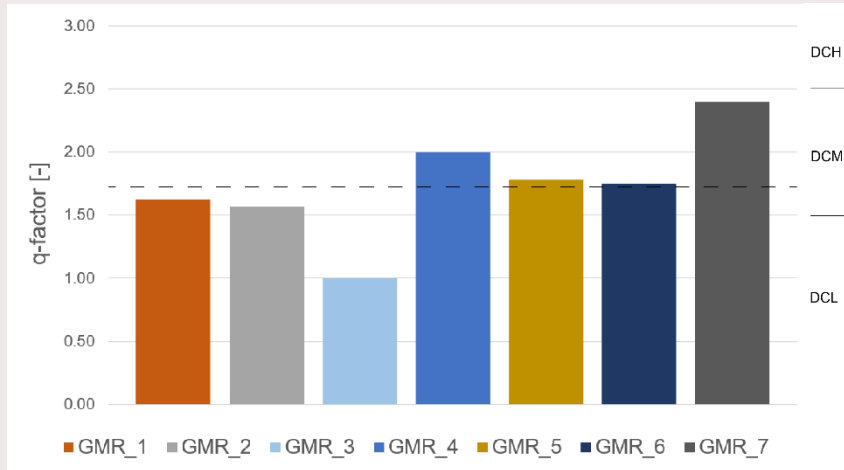


2<sup>e</sup> eigenmode

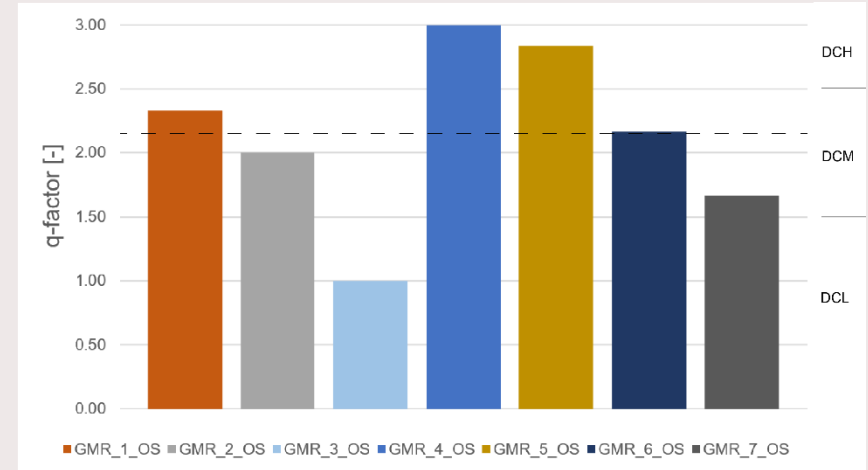


(Reacties uitvergroet)

# Numerieke resultaten



- Model volgens huidig case study ontwerp

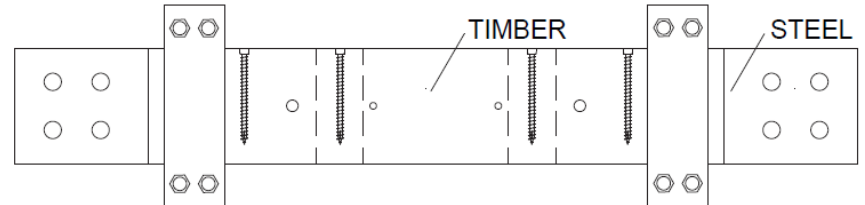
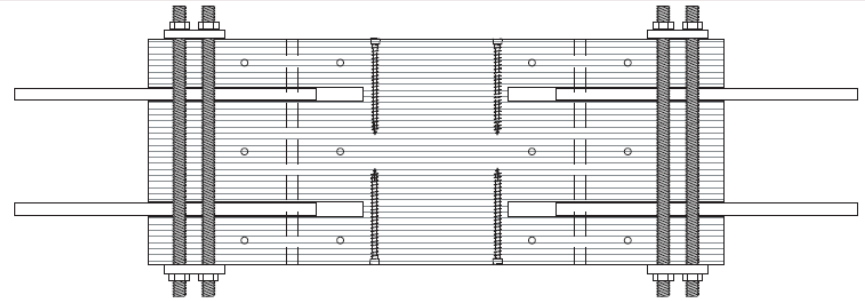
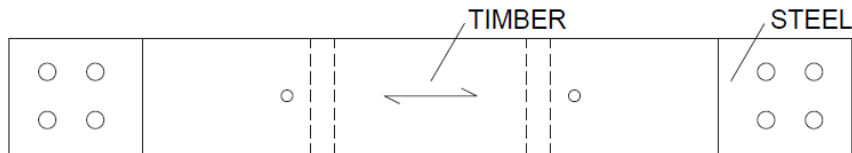
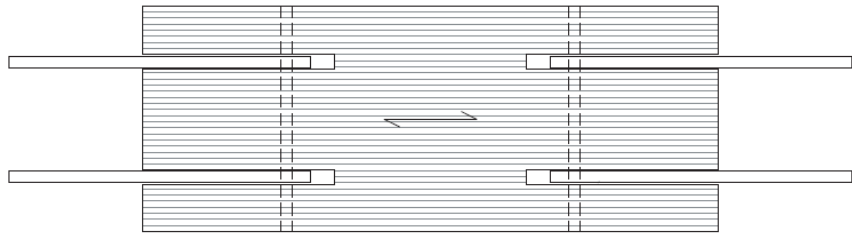


- Model inclusief voldoende oversterkte



# Discussiepunten

- Herontwerp van de verbinding
- Windbelasting
- Aannames en simplificaties



# Afstudeerproject conclusies

1. Het cyclisch gedrag van de verbinding zoals in de experimenten kan geclassificeerd worden als 'gemiddelde ductiliteitsklasse' volgens de Eurocode wanneer voldoende versterking wordt toegepast;
2. Voldoende versterking in de verbinding resulteert in een hogere ductiliteit en sterkte dan aangeduid in de Eurocode voor een niet-versterkte verbinding;
3. De case study verbinding kan niet worden ontworpen voor aardbevingsgebied met dezelfde hoeveelheid stiften, tussenafstand en de versterking als in de experimenten, omdat bros bezwijken werd geobserveerd bij de experimenten (herontwerp);
4. Als voldoende oversterkte is meegenomen in het model van de vakwerkconstructie met versterkte verbindingen, kan een aardbevingscapaciteit van 'gemiddelde ductiliteitsklasse' behaald worden;

# Referenties

1. K.W. Johansen. Theory of timber connections. International Association of Bridge and Structural Engineering, 9:249{262, 1949.
2. A. Jorissen; M. Fragiaco. General notes on ductility in timber structures. Engineering Structures, 2011. doi:doi:10.1016/j.engstruct.2011.07.024.
3. ISO/TC 165. Timber structures - joints made with mechanical fasteners - general principles for the determination of strength and deformation characteristics, 1983.
4. CEN European Committee for Standardization. NEN-EN 1998-1 (en) Eurocode 8 - design of structures for earthquake resistance - part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings, 2005.
5. CEN European Committee for Standardization. NEN-EN 12512 (en) Timber structures - test methods - cyclic testing of joints made with mechanical fasteners (ISO/DIS 16670:2001,MOD), 2001.
6. H.J. Blaß; P. Schädle. Ductility aspects of reinforced and non-reinforced timber joints. Engineering Structures, 33:3018-3026, 2011.
7. G. Rinaldin; C. Amadio; M. Fragiaco. A component approach for the hysteretic behaviour of connections in cross-laminated wooden structures. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 2013. doi:10.1002/eqe.2310.
8. A. Ceccotti; C. Sandhaas. A proposal for a standard procedure to establish the seismic behaviour factor  $q$  of timber buildings. 11th World Conference on Timber Engineering 2010, WCTE 2010, 4, 2010.

# Interesse hout

- TU/e: motivatie duurzaamheid en extra curriculaire activiteiten
- VIRTUe studententeam deelname aan Solar Decathlon Dubai 2018

