




Rijkswaterstaat  
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



# Verruiming Twentekanalen fase 2

## Kunststof Damwanden

Technisch Manager RWS-GPO  
14 juni 2023

 Medegefinancierd door de financieringsfaciliteit  
voor Europese verbindingen



# Inhoud

- Team
- Ambitie RWS
- Achtergrond proef in project TK2
- Verschillen staal en kunststof (composiet)
- Van contract naar praktijk
- Onderdelen proef



# Team Kunststof Damwanden

## Presentaties

- Technisch Manager  
Rijkswaterstaat
- Ontwerpleider  
Combinatie Van Oord - Hakkers – Beens
- Adviseur  
Witteveen+Bos / TU/e

## Stand

- Adviseur OG - Arcadis
- Constructeur ON - WSP





## Ambitie Rijkswaterstaat: klimaatneutraal en circulair werken in 2030

Ons doel is helder: in 2030 willen we klimaatneutraal zijn en circulair werken. Dit betekent dat we geen broeikasgassen uitstoten of dat we deze uitstoot compenseren. Alle elektriciteit die we gebruiken, wekken we zelf op. **We gebruiken zo min mogelijk primaire grondstoffen en hergebruiken vrijkomende materialen veilig en hoogwaardig.**

Via onze belangrijkste speerpunten; energie en klimaat, circulaire economie en duurzame gebiedsontwikkeling werken we hieraan. Maar een gezonde leefomgeving is breder dan dat. Daarom richten we ons bijvoorbeeld ook op [natuur en biodiversiteit](#) en [bermonderhoud](#).

*'Het werk dat we doen, doen we duurzaam'*

— Michèle Blom, directeur-generaal Rijkswaterstaat





## Achtergrond proef

- (Vezelversterkte) kunststof is mogelijk alternatief voor staal
- Weinig ervaring met damwanden; wel succesvol toegepast in andere constructies (bijv. ook sluisdeur RWS)
- Innovatie, verdere ontwikkeling van deze toepassing
- Leren, ervaringen opdoen
- Risico's opzoeken (beter in beeld krijgen)
- 'Mislukken' is ook leerzaam!



# Vergelijking staal – kunststof damwand

## Staal

- Veel ervaring
- Makkelijk verwerkbaar
- Materiaalgedrag
  - Plastisch
  - Constant in de tijd
- Corrosie

## Kunststof (composiet)

- Beperkte ervaring in damwanden (wel in veel andere constructies)
- Constructieve uitdagingen
- Materiaalgedrag
  - Brosser gedrag (= > risico)
  - Afname sterkte en stijfheid in de tijd
- Geen corrosie
- Op dit moment nog niet concurrerend op prijs en MKI?
- Hergebruik in ontwikkeling



## Contract: 2 eisen

|                        |   |                        |          |
|------------------------|---|------------------------|----------|
| <b>SYS-0029</b>        | <b>Damwanden Twentekanalen - Proefvak kunststof damwanden</b>   | Geldigheidsperiode(s): | G        |
|                        | In de Zijtak naar Almelo ten noorden van de A35 dient over een lengte van 500 strekkende meter een proefvak met kunststof damwanden gerealiseerd te zijn. Het proefvak dient te zijn gesitueerd in de westelijke oever, vrij te kiezen tussen km 10,082 en km 10,939 en bestaat uit twee aaneengesloten delen van elk 250 meter, waarbij in het ene deel een ander materiaal- en constructietype wordt toegepast dan in het andere deel.<br><br>Toelichting: Rijkswaterstaat wil met deze proeflocatie ervaring opdoen met het ontwerpen, realiseren en onderhouden van kunststof damwandconstructies voor klasse Va-vaarwegen. |                        |          |
| Bovenliggende eis(en): | SYS-0261  | Onderliggende eis(en): | SYS-0192 |
| V&V-voorwaarden:       | Geen specifieke V&V-voorwaarden bepaald.  |                        |          |

|                        |  |                        |   |
|------------------------|--|------------------------|---|
| <b>SYS-0192</b>        | <b>Damwanden Twentekanalen - materiaal proefvak</b>  | Geldigheidsperiode(s): | G |
|                        | De Damwanden Twentekanalen ter plaatse van het proefvak dienen uit ten minste 2 verschillende materiaal- en constructietypen te bestaan met een ontwerplevensduur van ten minste 30 jaar en van elk constructie- en materiaaltypen dienen materiaaleigenschappen alsmede een aantal samples ter beschikking te worden gesteld aan Opdrachtgever. |                        |   |
| Bovenliggende eis(en): | SYS-0029   | Onderliggende eis(en): |   |
| V&V-voorwaarden:       | Geen specifieke V&V-voorwaarden bepaald.   |                        |   |



# Van contract naar proefvak in de praktijk

- Doel van de proef helder genoeg?
- Proefvak in regulier werk...?
- Risicoverdeling?
- Wat is er beschikbaar op de markt?
- Ontwerpuitdagingen
  - Normering => vergunbaarheid
  - Inleiding ankerkracht
  - Restrisico's gebruiksfase
- Uitvoeringsrisico's

Resultaat: eerst discussie, vertraging... daarna toch een mooie uitdaging!  
Oplossing met goede verdeling van risico's en belangen => splitsing in delen



## Onderdelen proef

- Kanaaltraject 180 meter (2x 90 meter)
  - Veilig ontwerp kanaaloever voor de lange duur
  - Legankers
  - Lange duur monitoring vervormingen en materiaal
- Laboratorium
  - Destructief onderzoek
  - Elementair materiaalgedrag, details boutverbindingen en inleiding ankerkracht
  - Uitkomst is input voor proeftuin
- Proeftuin
  - Full-scale test
  - Destructief onderzoek
  - Korte termijn gedrag



## Lessons learned

- Innovatie in lopend contract
- Discussie voorkomen
- Stelpost i.p.v. onderdeel van de aanbidding







# KUNSTSTOF DAMWAND

14 JUNI 2023



# Overzicht risico's

- Heikbaarheid
- Capaciteit sloten
- Ontbrekende normering
- Krachtsinleiding gording-ankerkracht
- Afname- en kwaliteitscontrole
- Levertijden
- Schade door drijvend ijs
- Gat in damwand
- Aanbrengen verankering
- Acceptatie bevoegd gezag



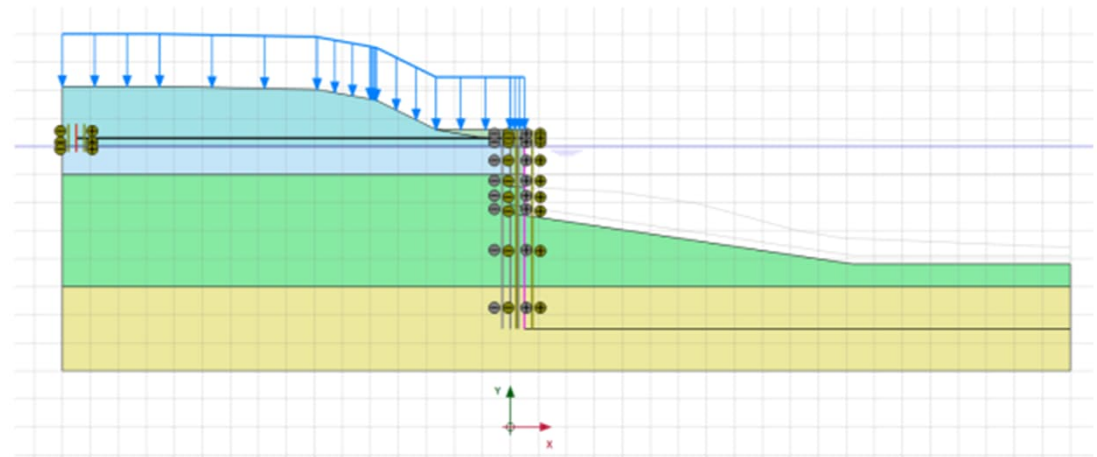
# Keuze product

- Contracteis spreekt over 'kunststof'
- PVC als kunststof viel al snel af vanwege mechanische eigenschappen
- Vezelversterkt kunststof of composiet bleef over
- Vorm damwandprofiel is op hoofdlijnen gelijk aan stalen variant



# Ontwerp

- Krachtsinleiding ankerkracht grootste zorgpunt
- (Uiteindelijk) gerekend met nauwelijks aangepaste uitgangspunten
- Toetsing conform:
  - CUR96
  - LRFD (Pre-Standard for Load and Resistance Factor Design) of Pultruded Fiber Reinforced Polymer (FRP) Structures



# Krachteninleiding ankerkracht

- Krachteninleiding ankerkracht grootste zorgpunt
- Verticale ondersteuning voor gording niet mogelijk op kunststof; geen aangetoonde capaciteit
- Geen verticale component, dus verankering dient horizontaal aangebracht te worden
- Stalen ankerkording beschadigt kunststof plank





# Verticale krachtscomponent

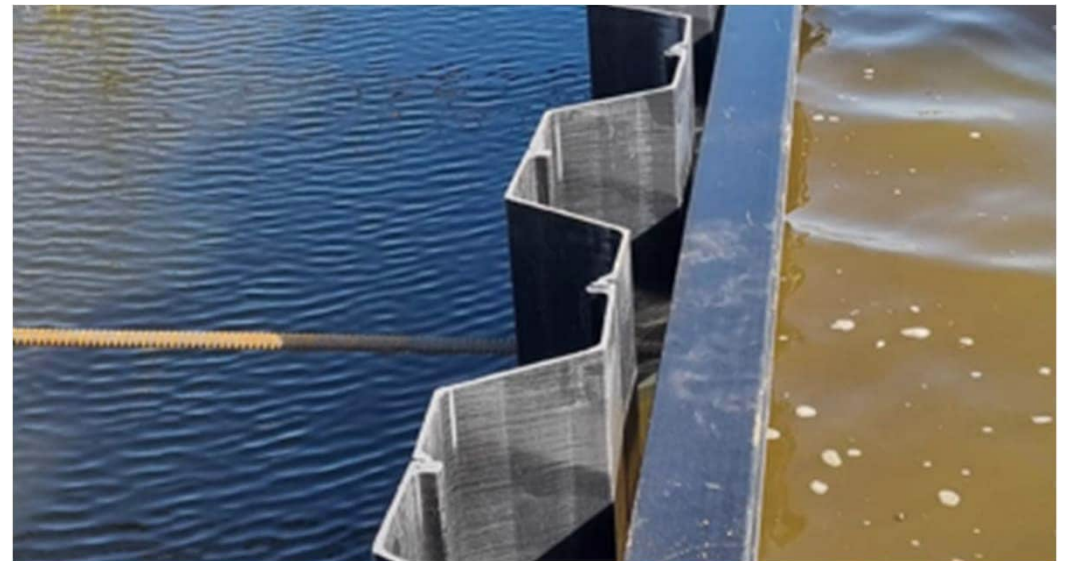
- Maximaal toegestane gatgrootte in plank was 30 mm
- Verschillende verankeringsvarianten zijn beschouwd:
  - Horizontaal boren
  - Legverankering d.m.v. open ontgraving
  - Paalsysteem om ankerkracht van horizontaal naar diagonaal om te zetten
- Legverankering leidt tot grote ontgraving en in dit geval tot verwijderen van weg → impact op omgeving

-  Raakvlak in- / uitrit landbouwpercelen
-  Raakvlak weg (Breesege ligt hoger dan Buitenhaven Westzijde)
-  Raakvlak ecologie - aanwezige bomen



# Ontwerpresultaat

- Profiel 1580 van Creative Composites Group is gekozen
- Risico van overschrijding toetsing met RWS afgestemd
- Veiligheidsfactor op materiaal van circa 2,5-3,5.
- UC's
  - Damwand:
    - Moment: 12 kNm/m (0,66)
    - Dwarskracht: 18 kN/m (0,15)
    - Plooi capaciteit lijf: 25 kN/m (0,94)
  - Anker Gording moment:
    - Moment: 12 kNm (0,74)
    - Dwarskracht: 30 kN (0,65)
    - Ankerkrachtingsleiding: 61,6 kN (1,03)

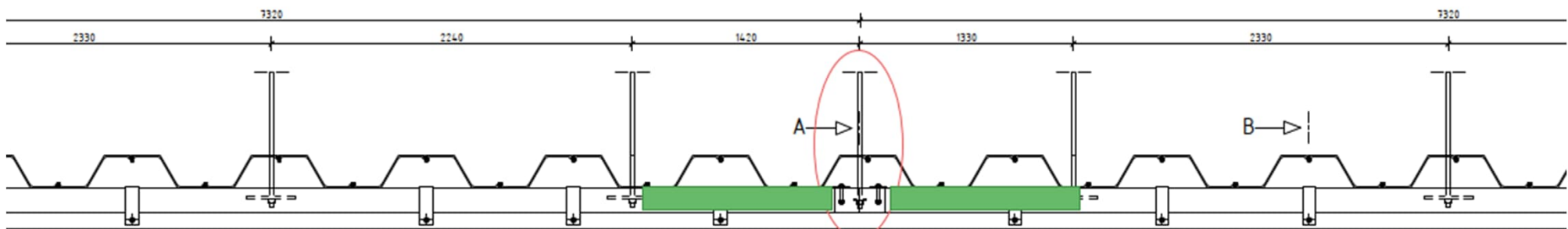




# Ankeruitval

## Toetsing

- Gordingen kunnen niet momentvast verbonden worden
- Ankers houden koppelstukken op hun plek
- Ankeruitvalsituatie is opgelost met variabele h.o.h.-afstand ankers



# Realisatie

Plaatsing damwand



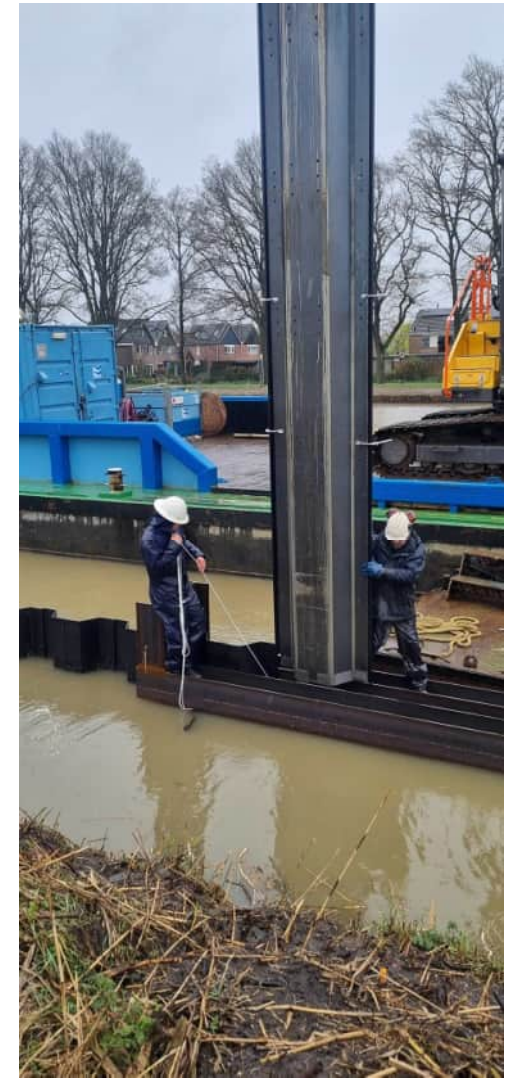


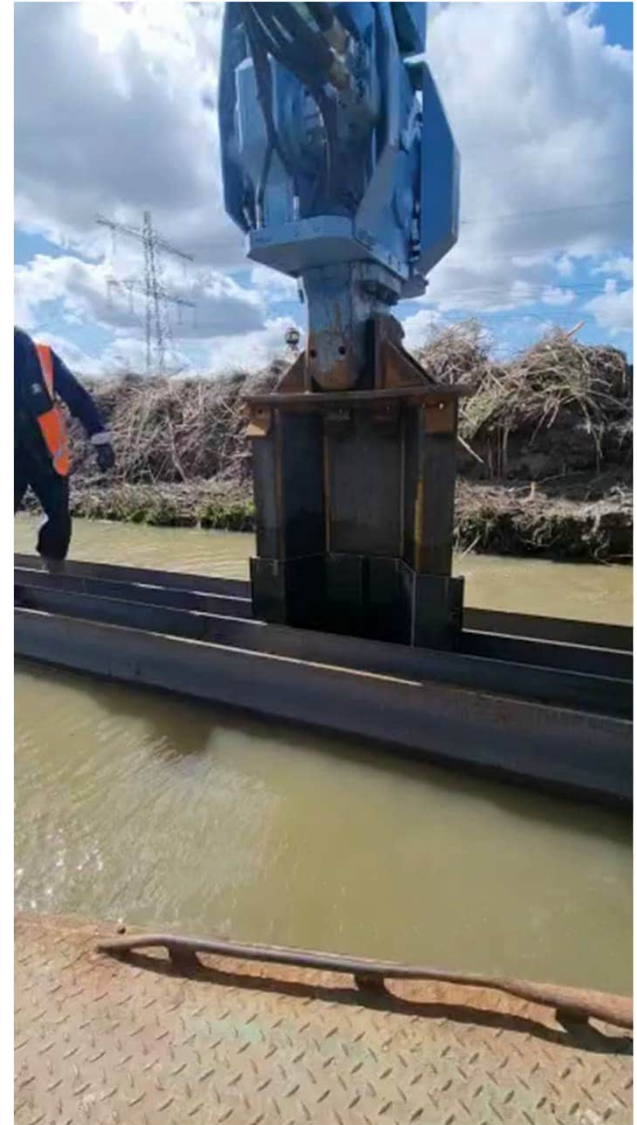
# Heibaarheid

- Planken ingebracht zonder makelaar
- Moederplank wel toegepast
- Slotverklikkers toegepast



21 4-7-2023

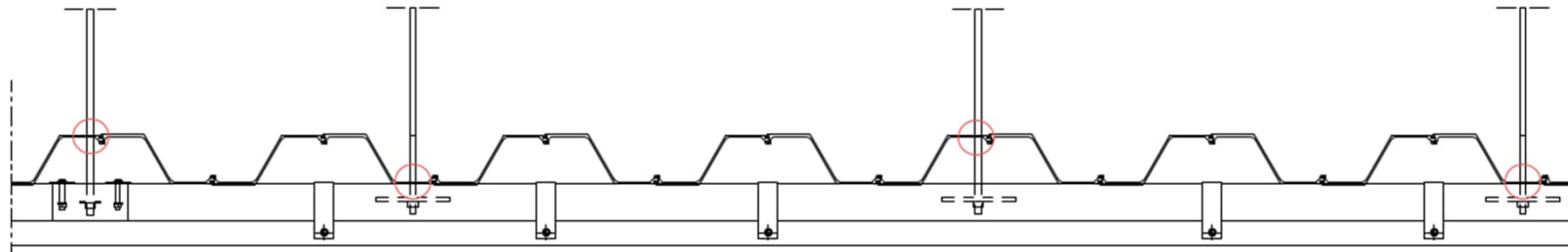






# Realisatie

Plaatsen verankering





# Realisatie

## Plaatsen anker Gording



# Realisatie

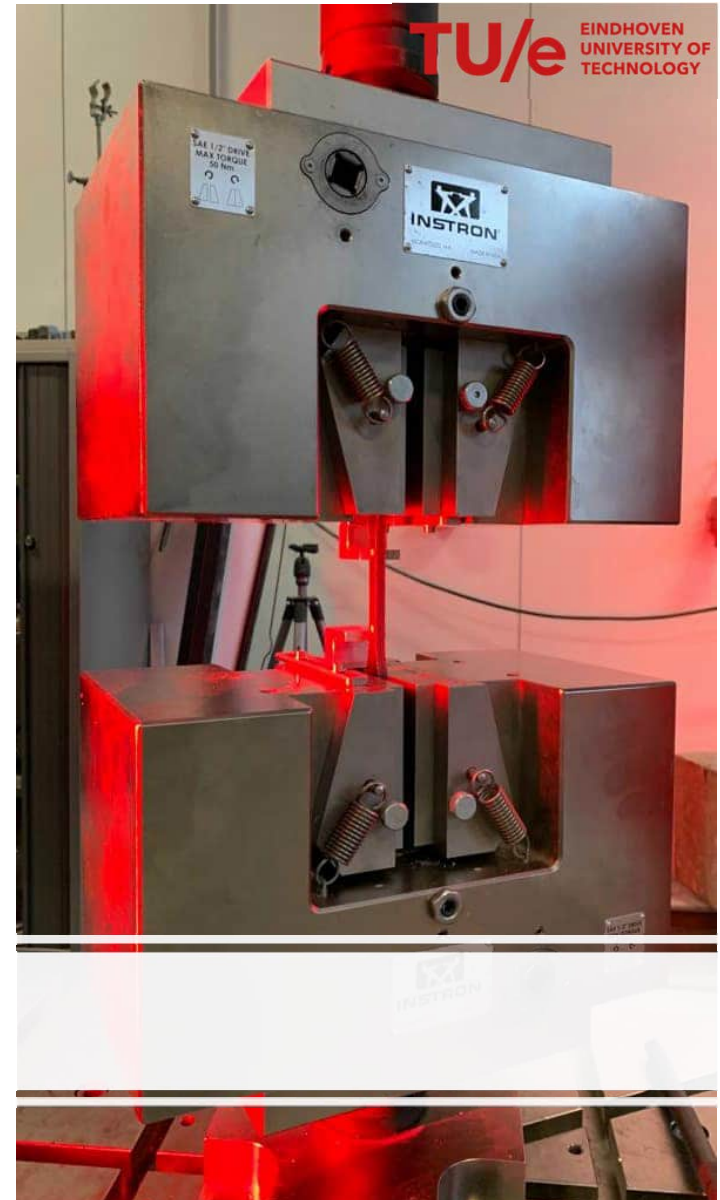
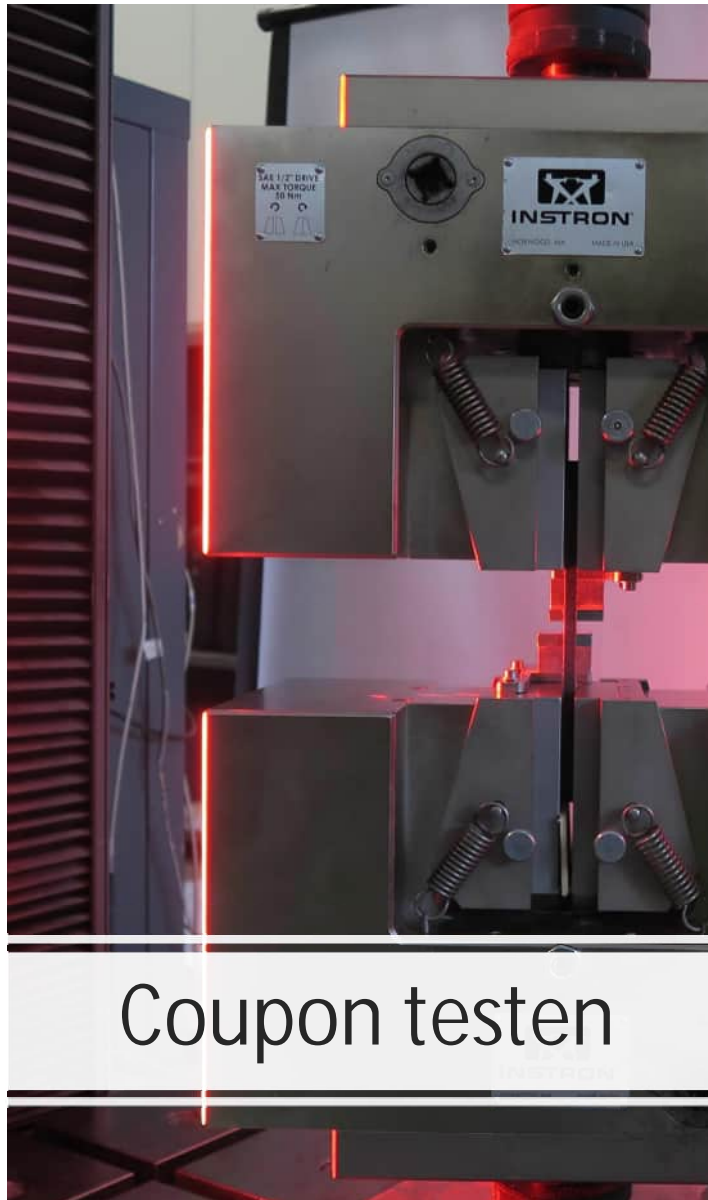
Aanbrengen houten wrijfgording





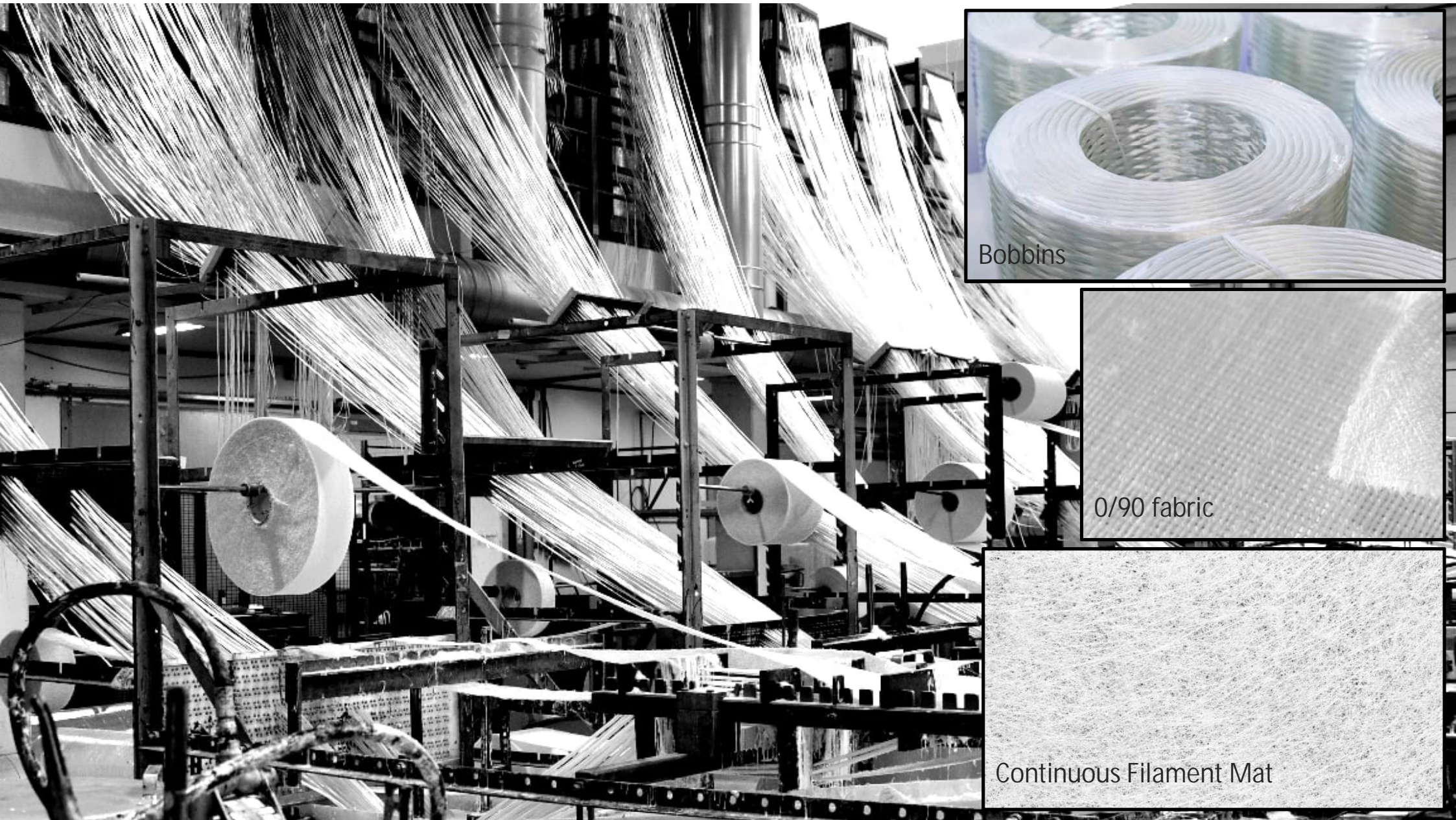
# Lab-proeven, modellering en de proeftuin





Coupon testen





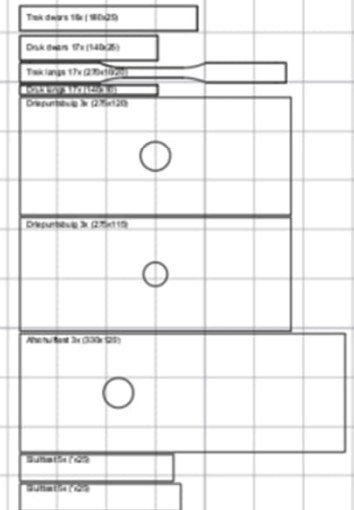
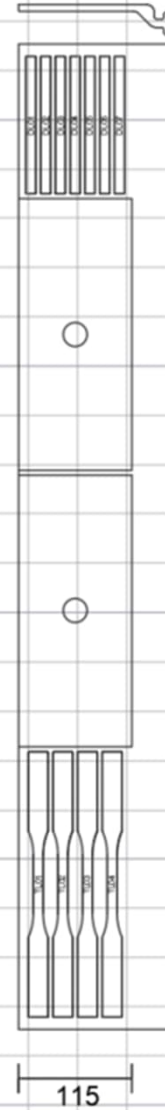
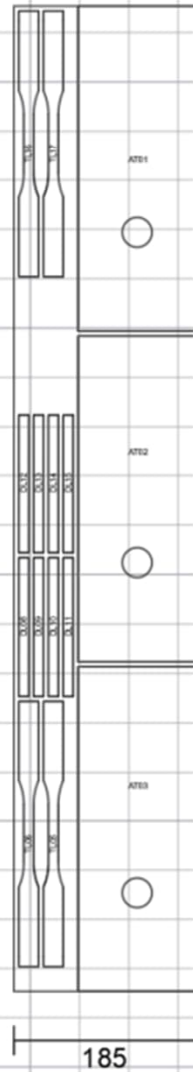
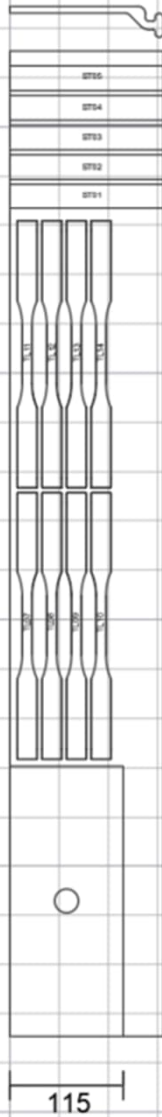
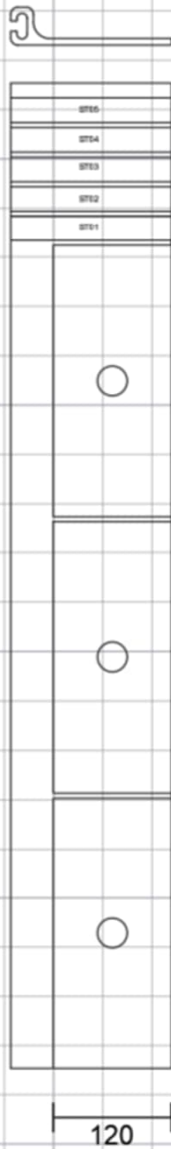
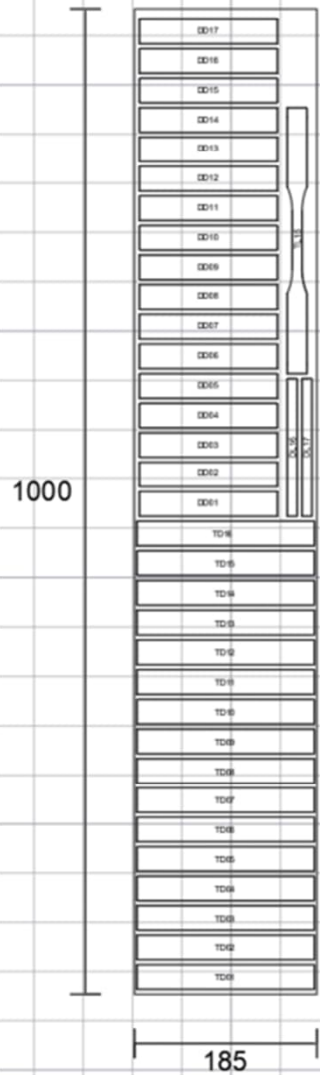
Bobbins



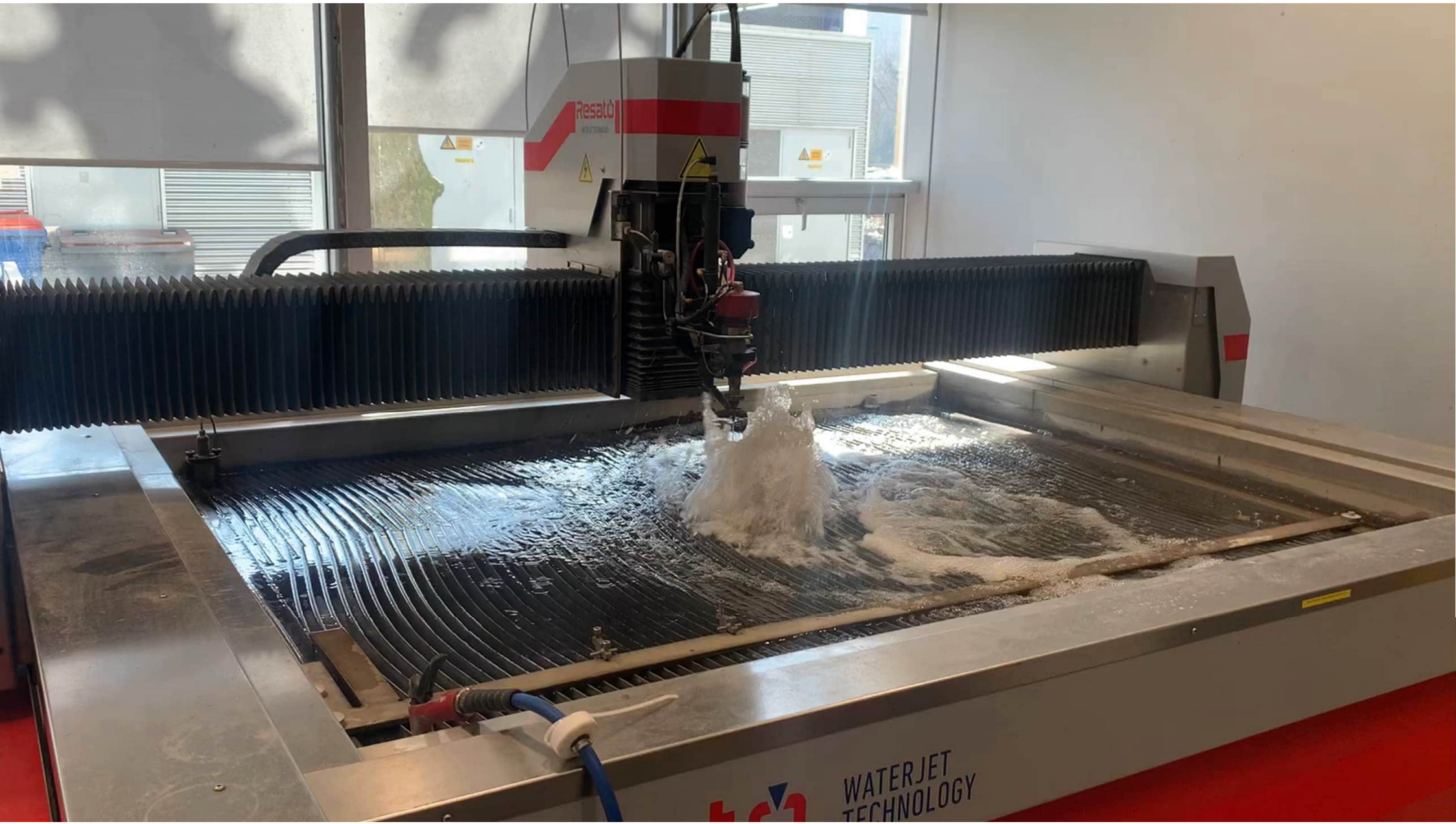
0/90 fabric



Continuous Filament Mat

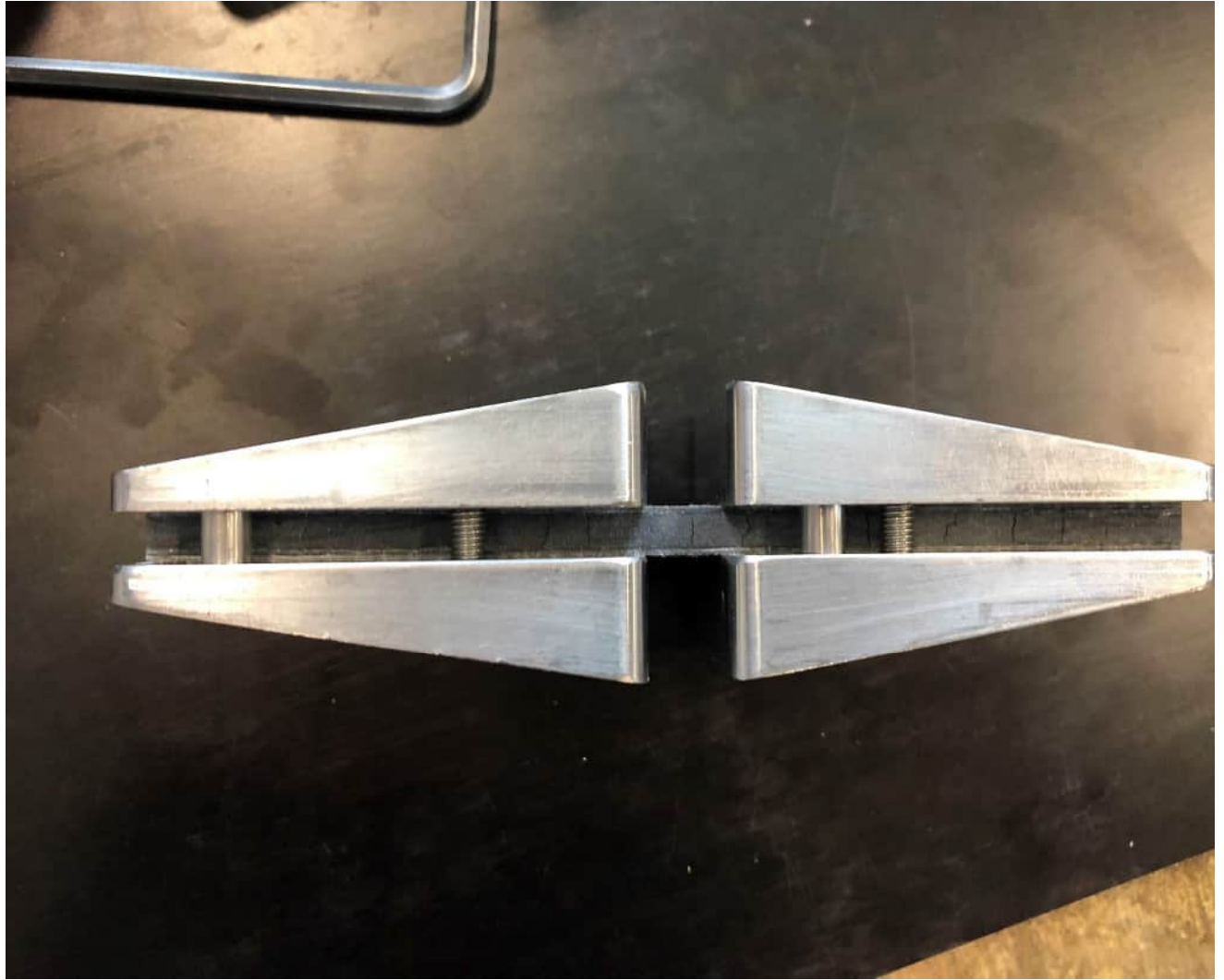
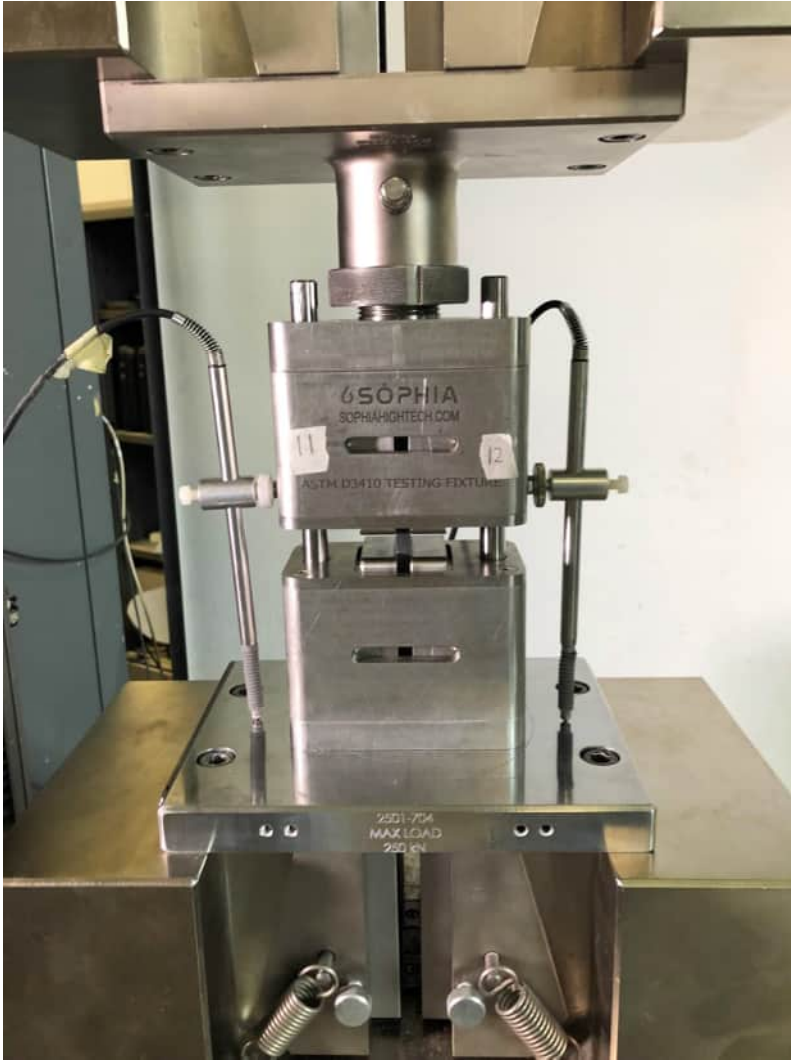




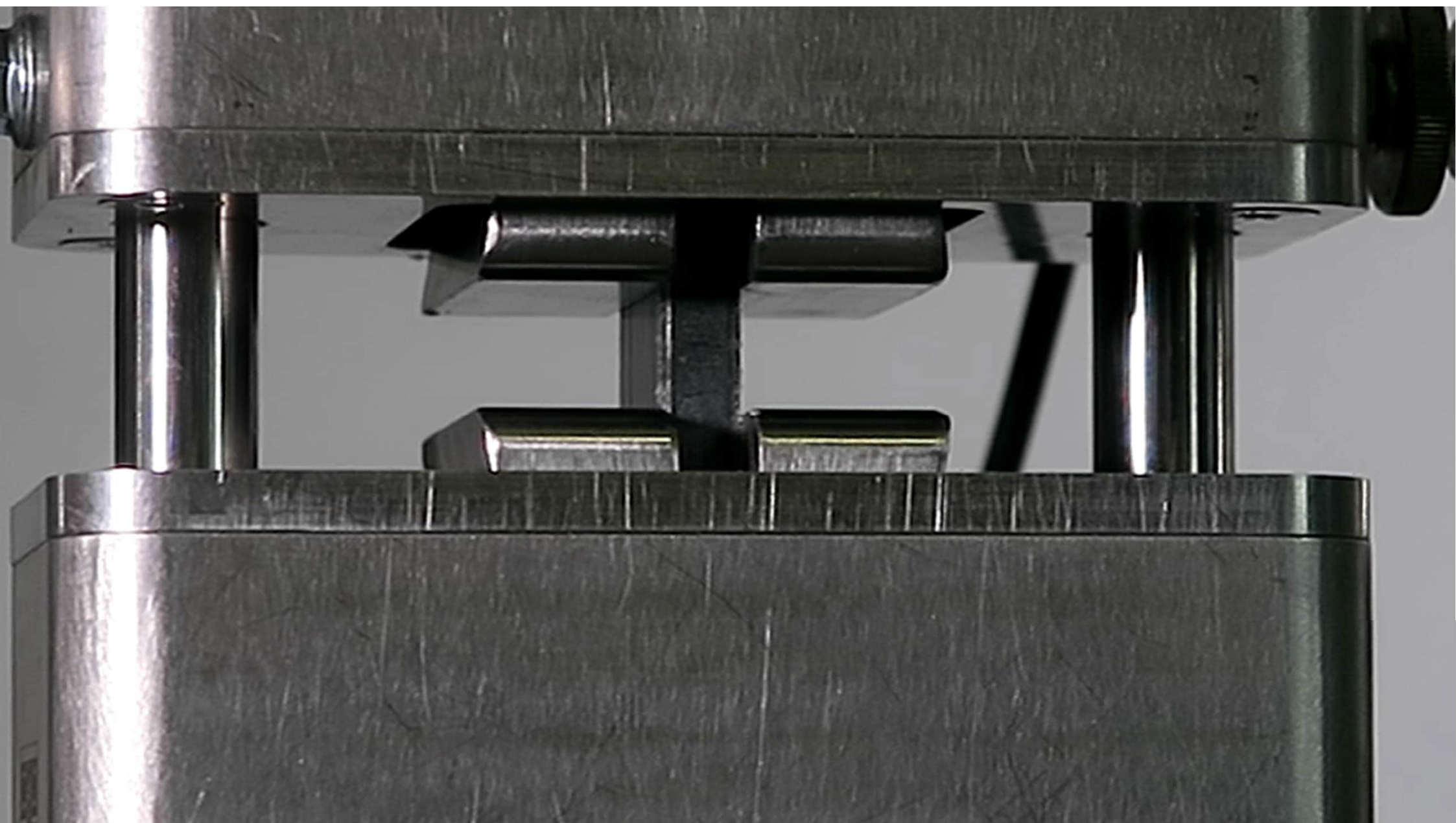


Resato

WATERJET  
TECHNOLOGY

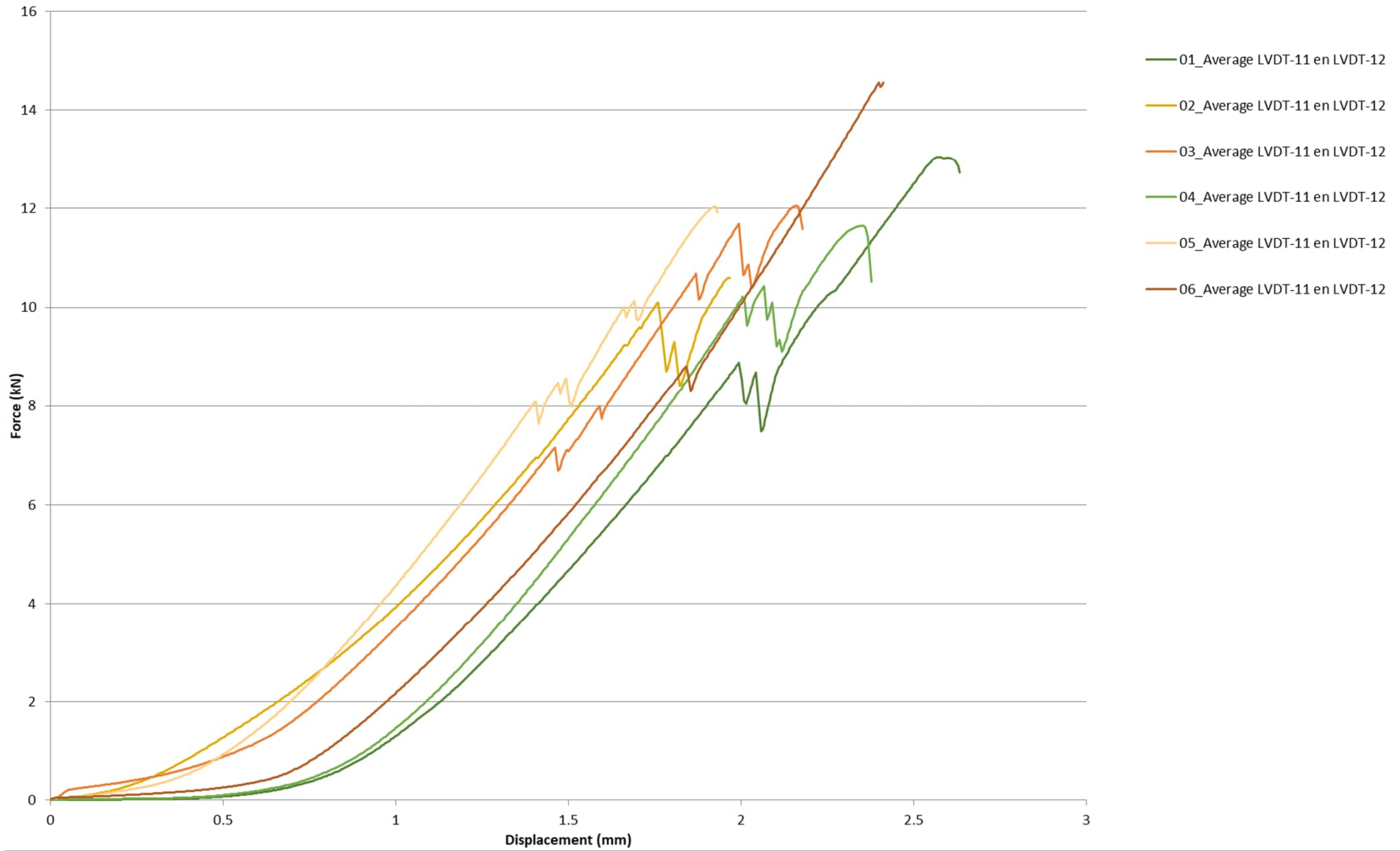


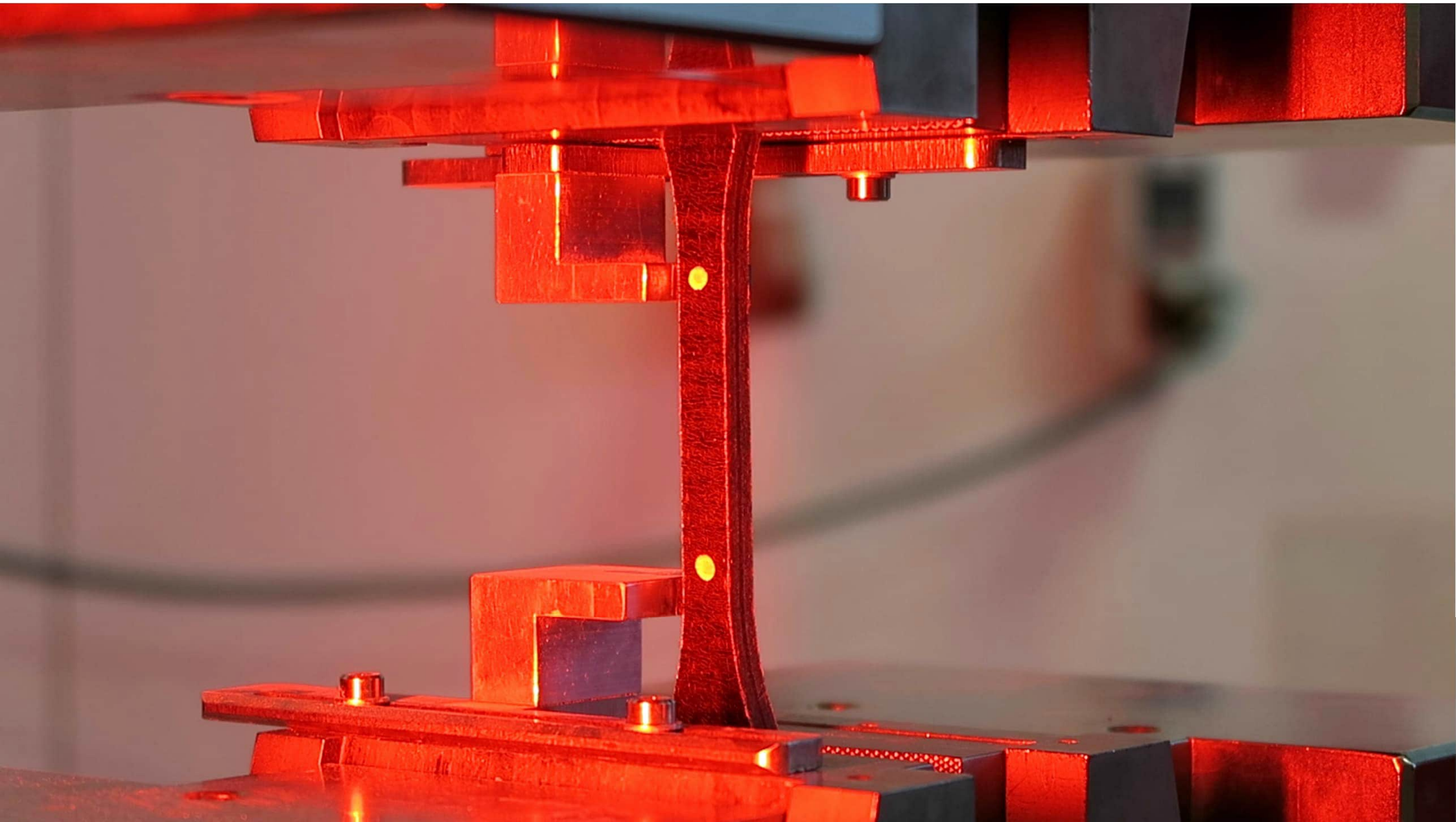




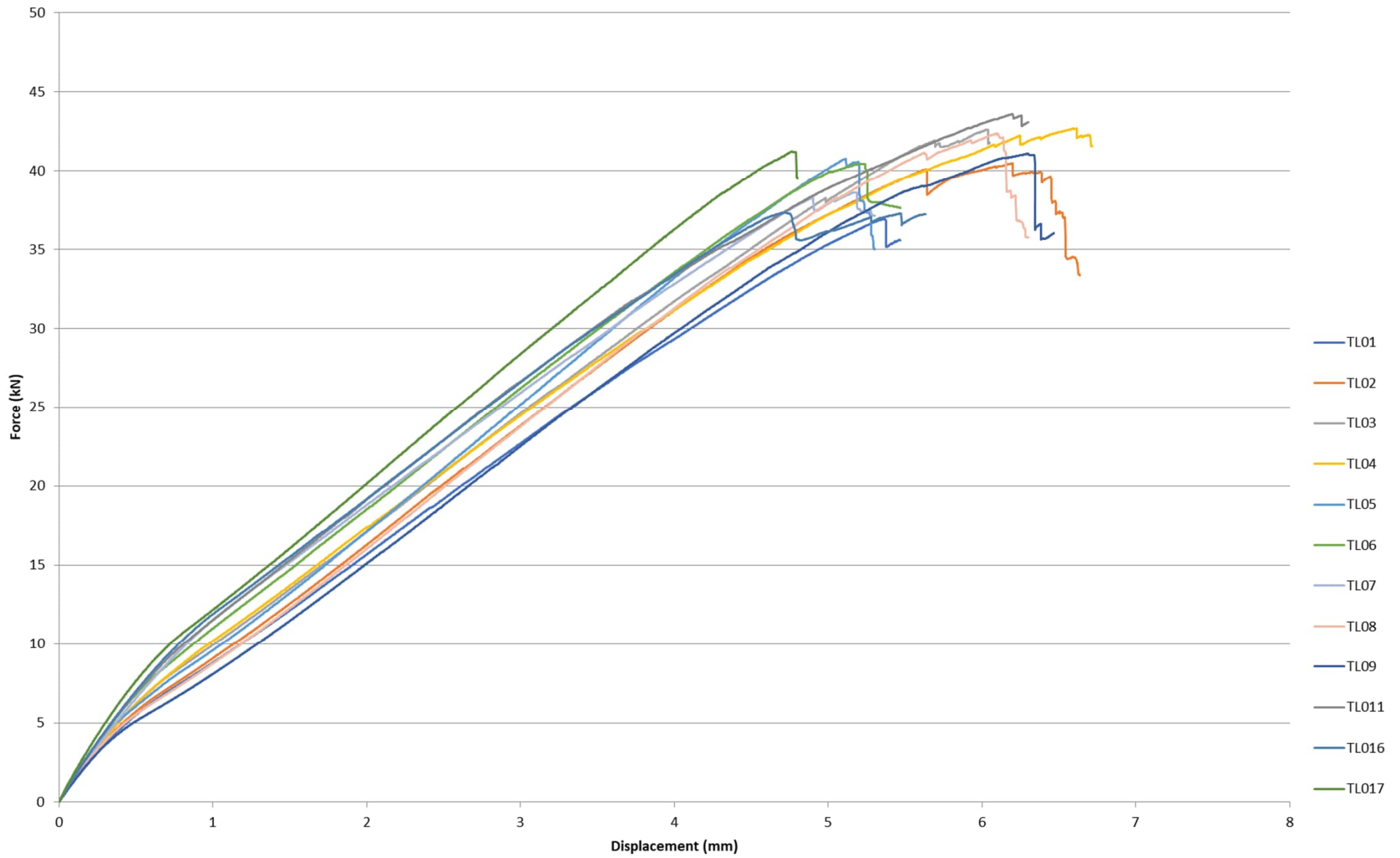


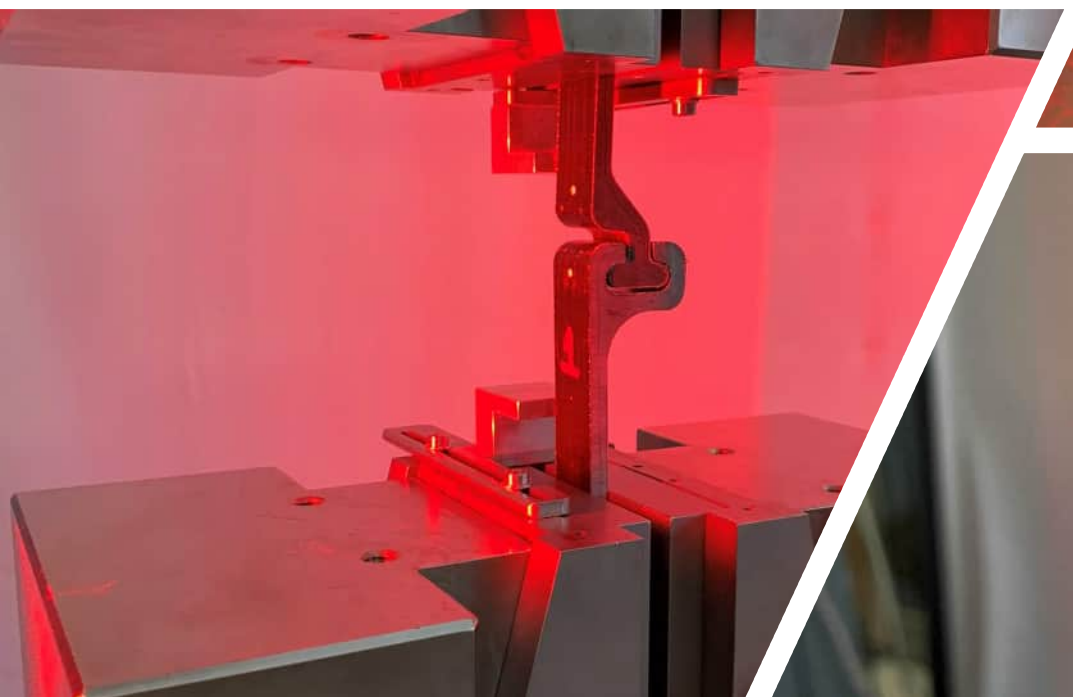
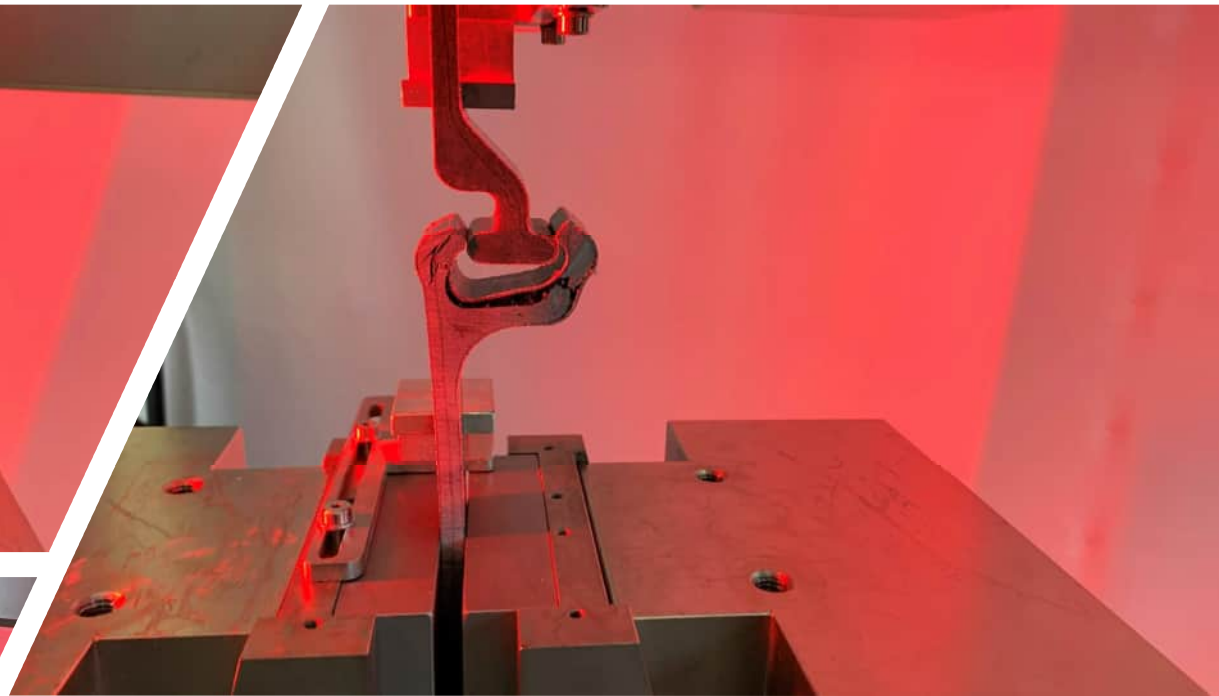
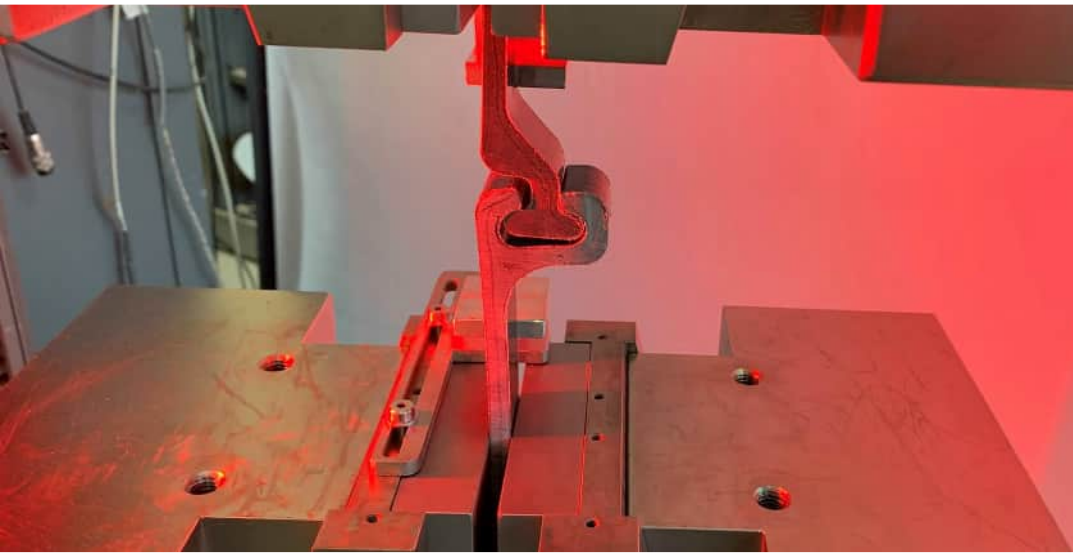
### Force-Displacement all in one Compression transverse



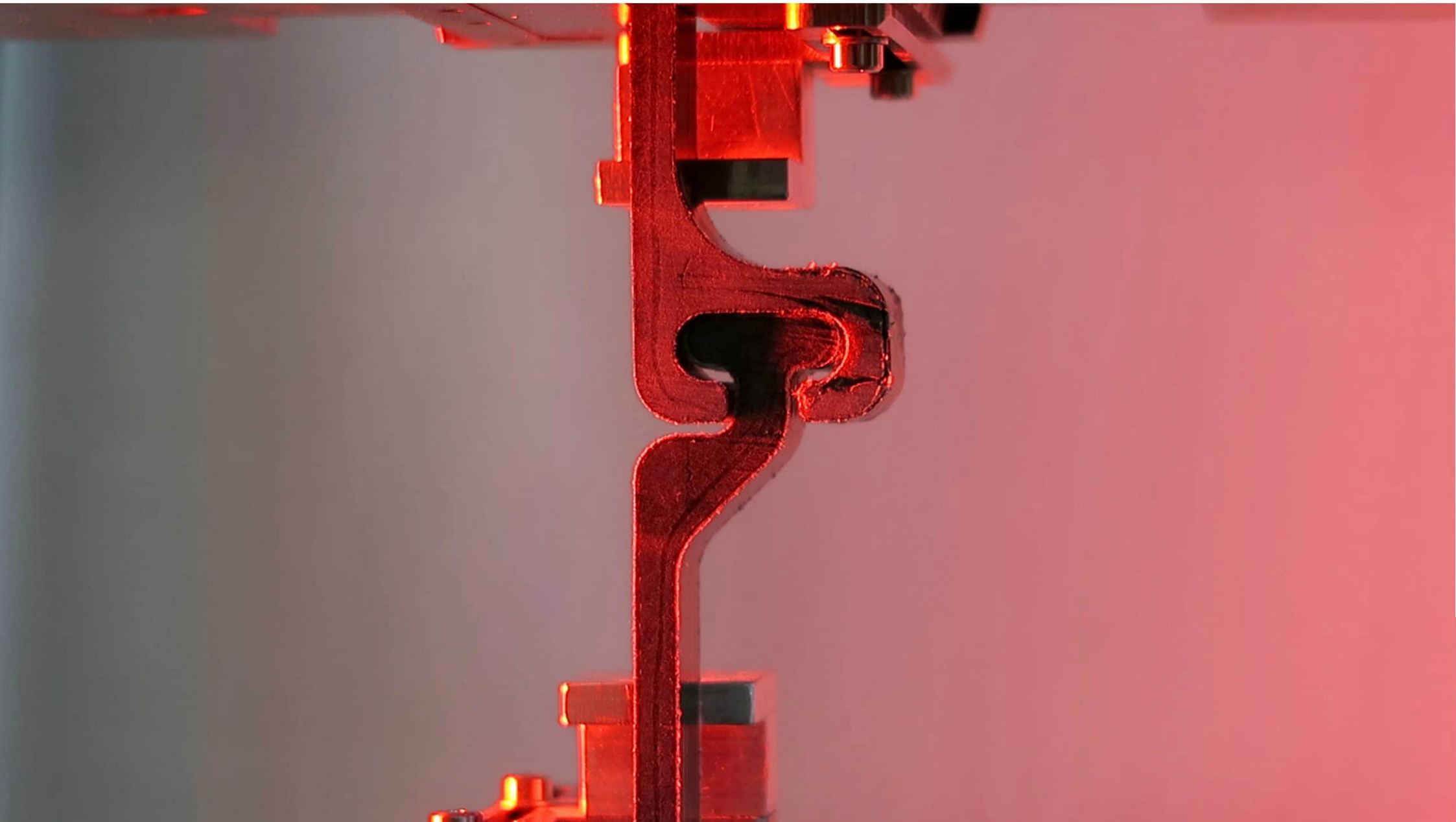


### Force-Displacement tensile test longitudinal

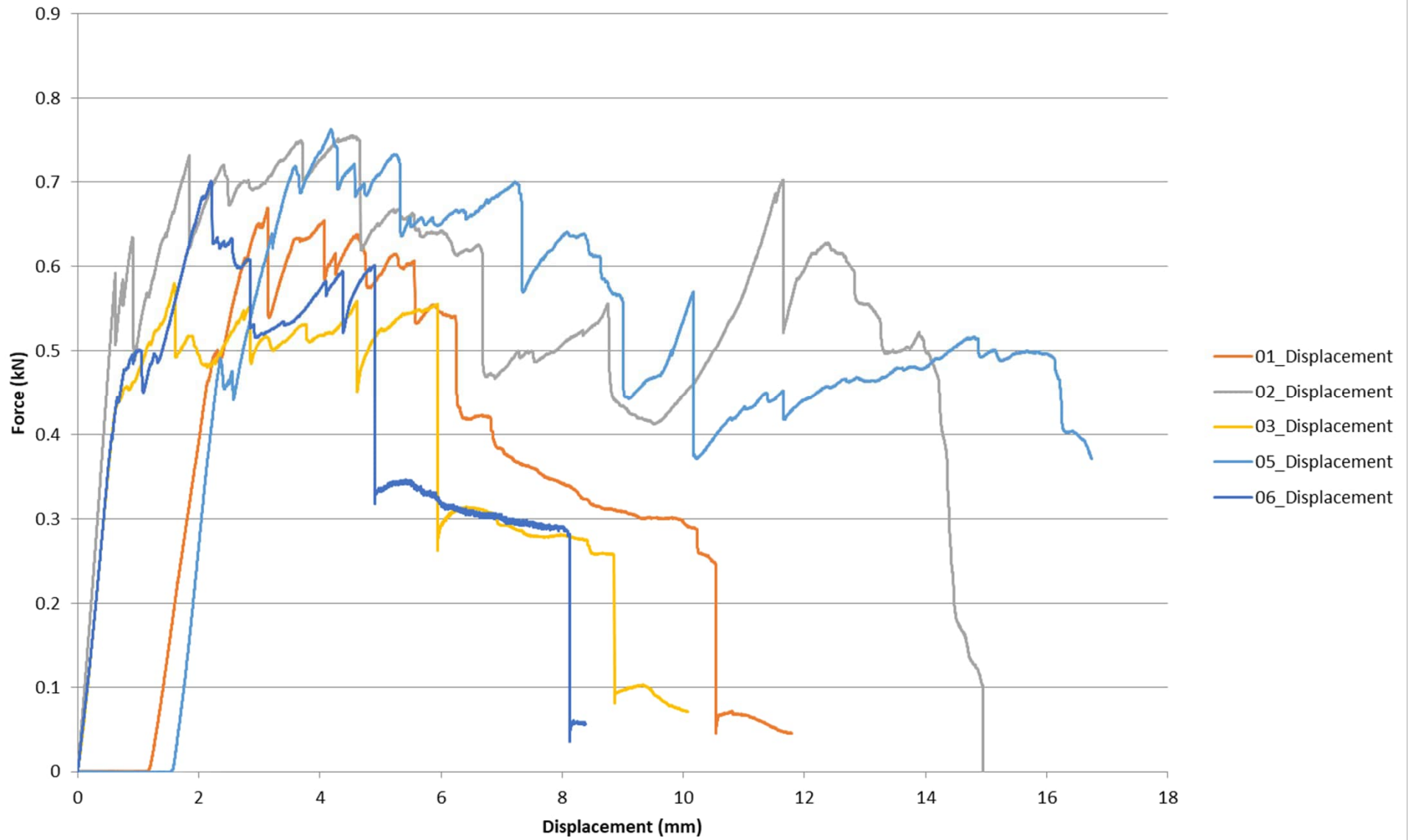


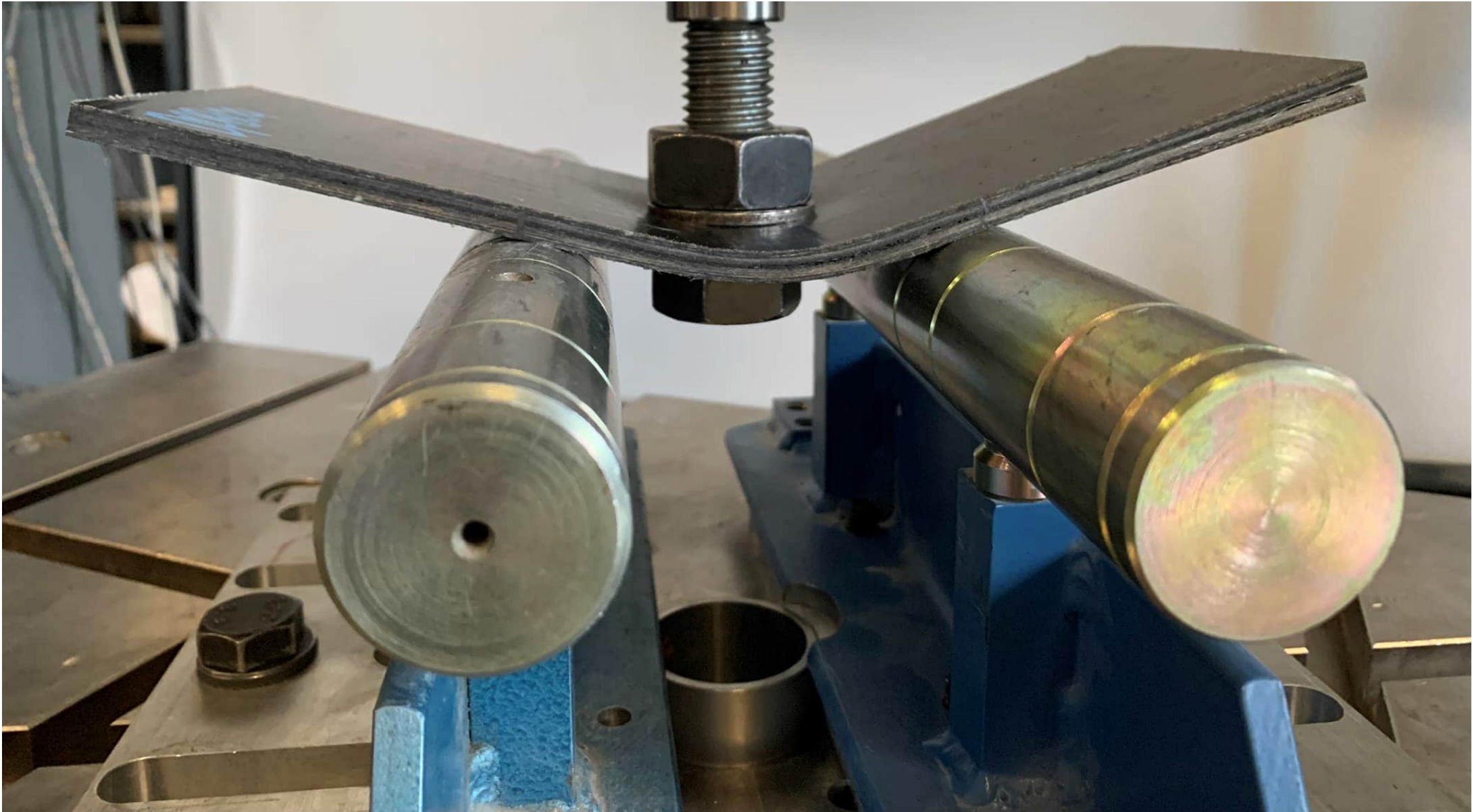




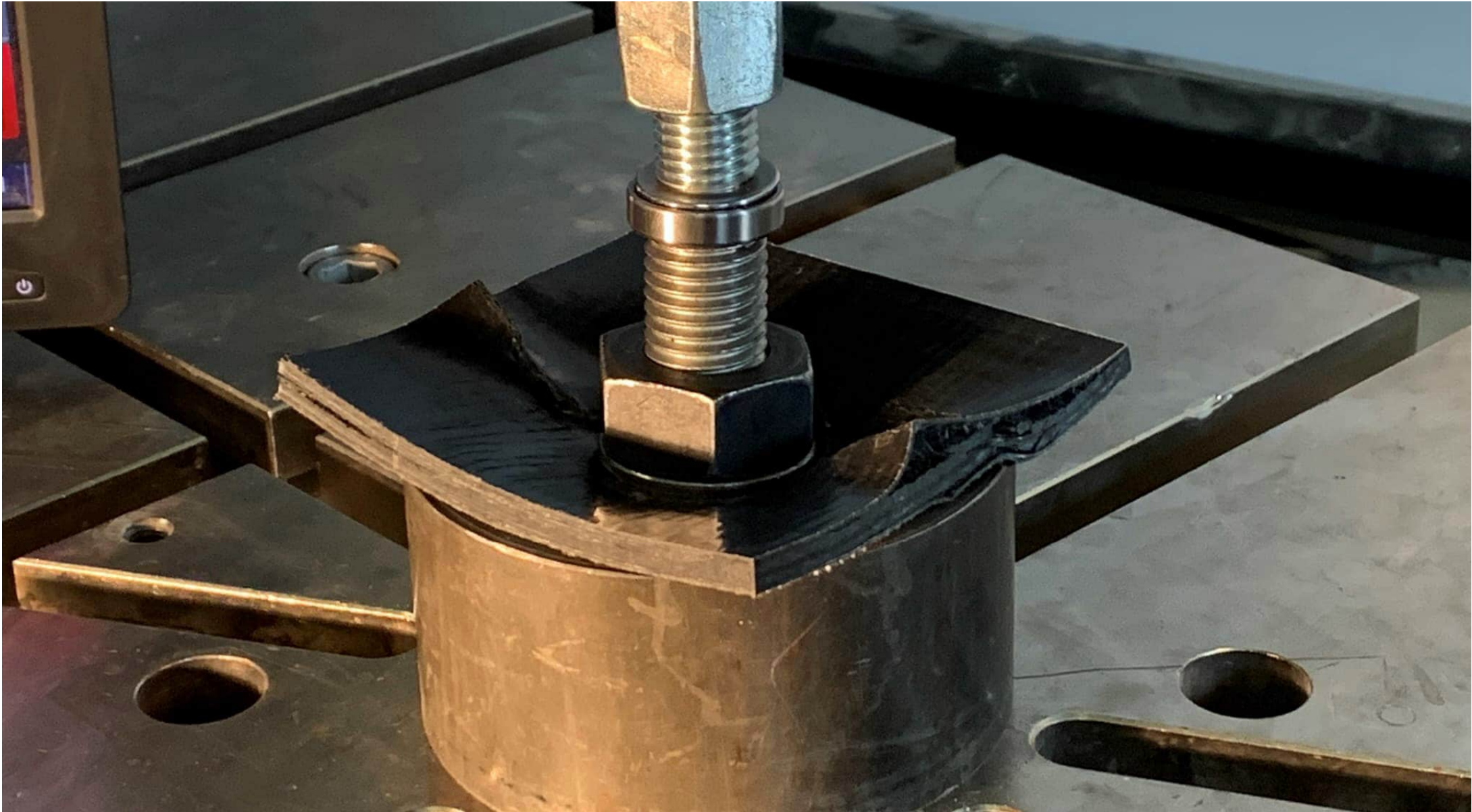


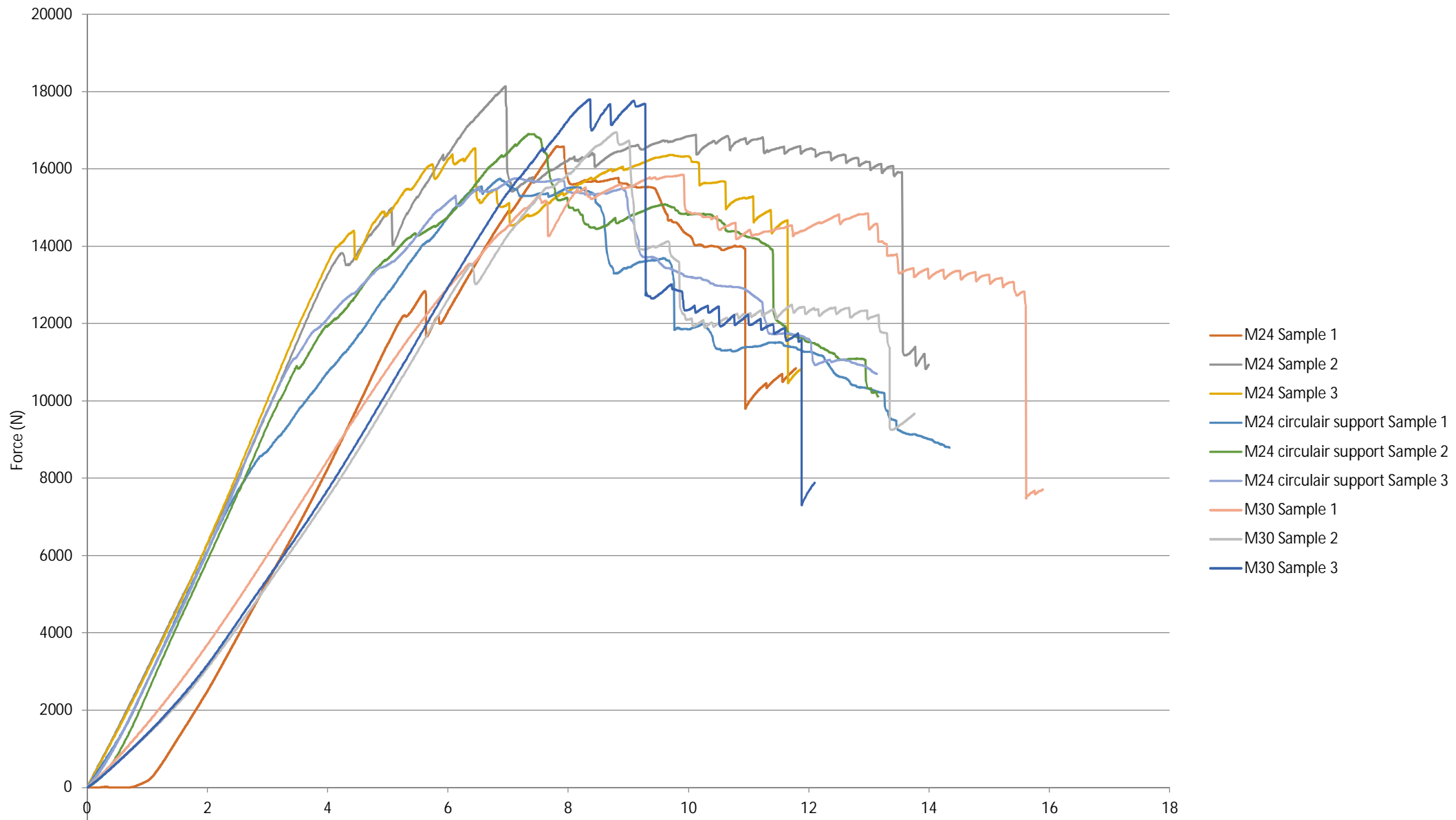
# Force-Displacement





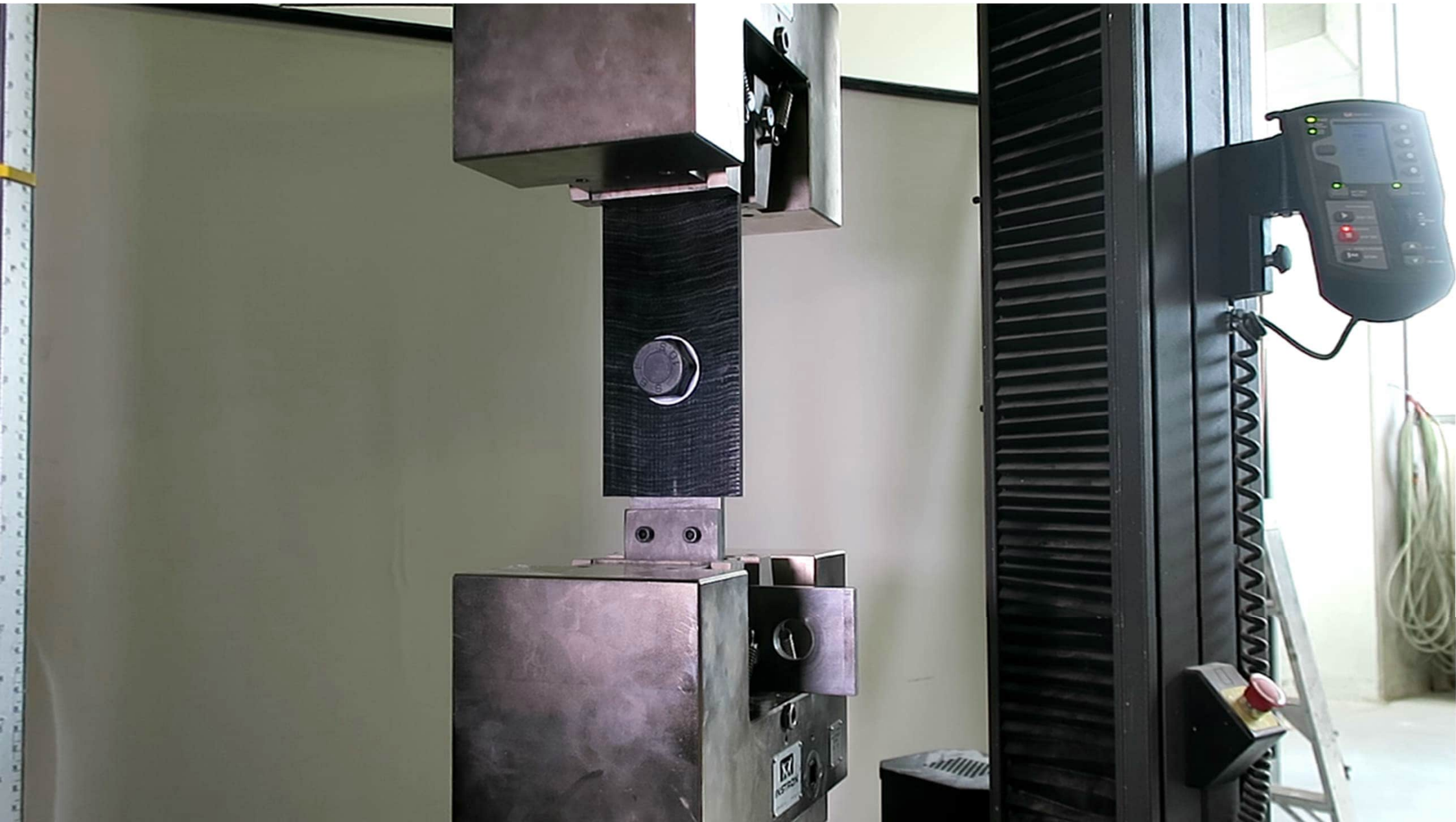






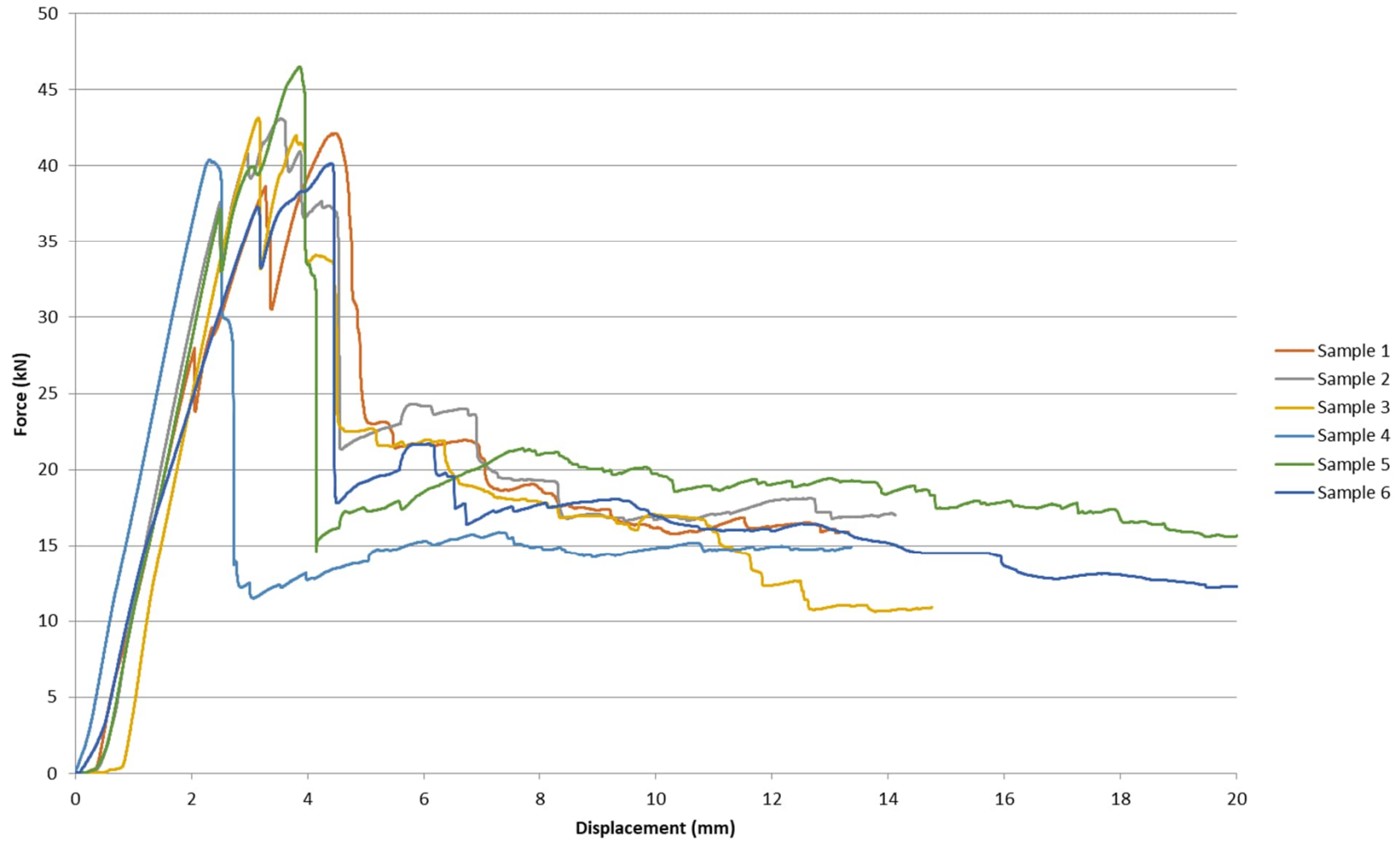








### Displacement-Force-Bolt-tension-M30



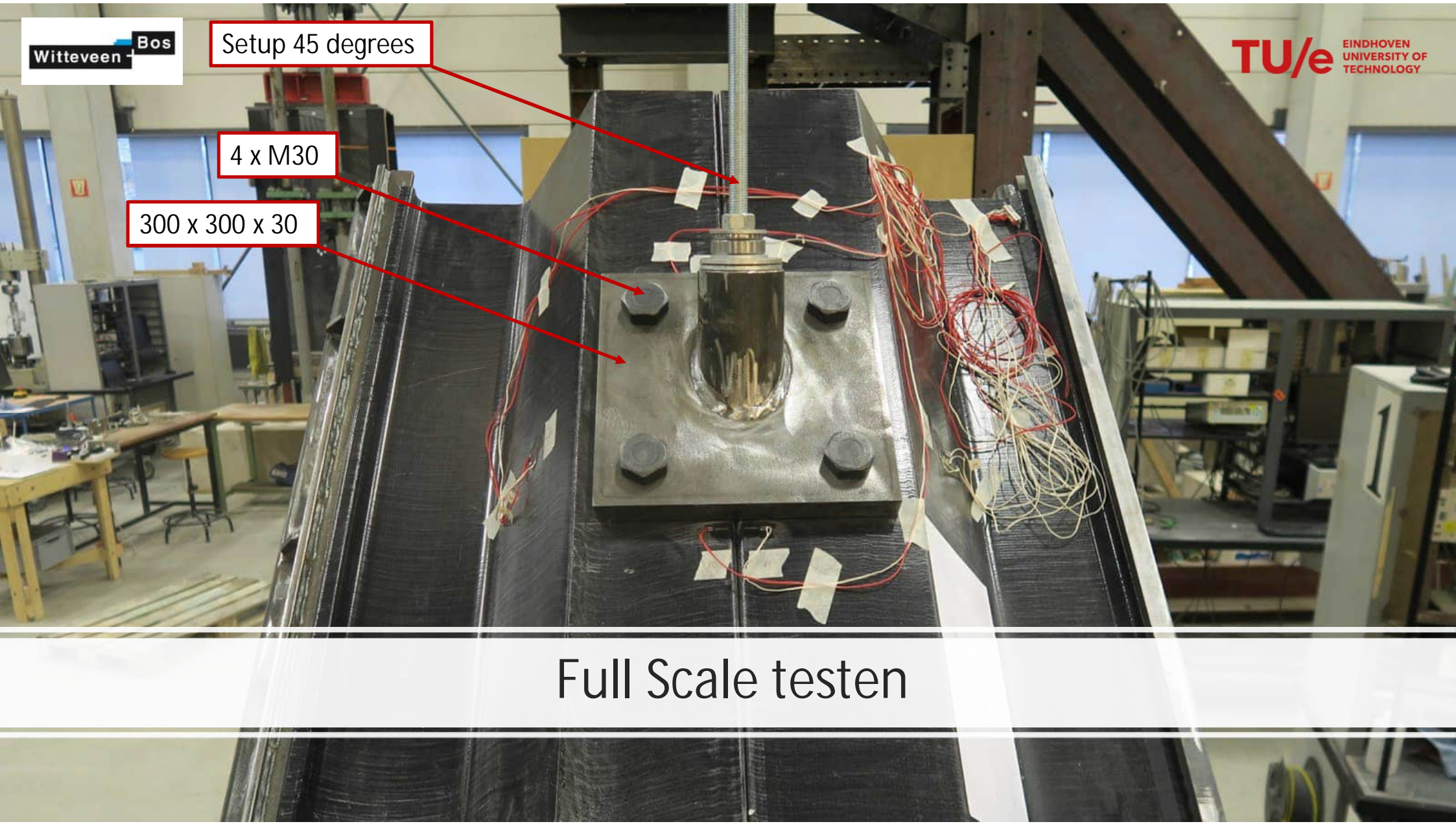


Setup 45 degrees

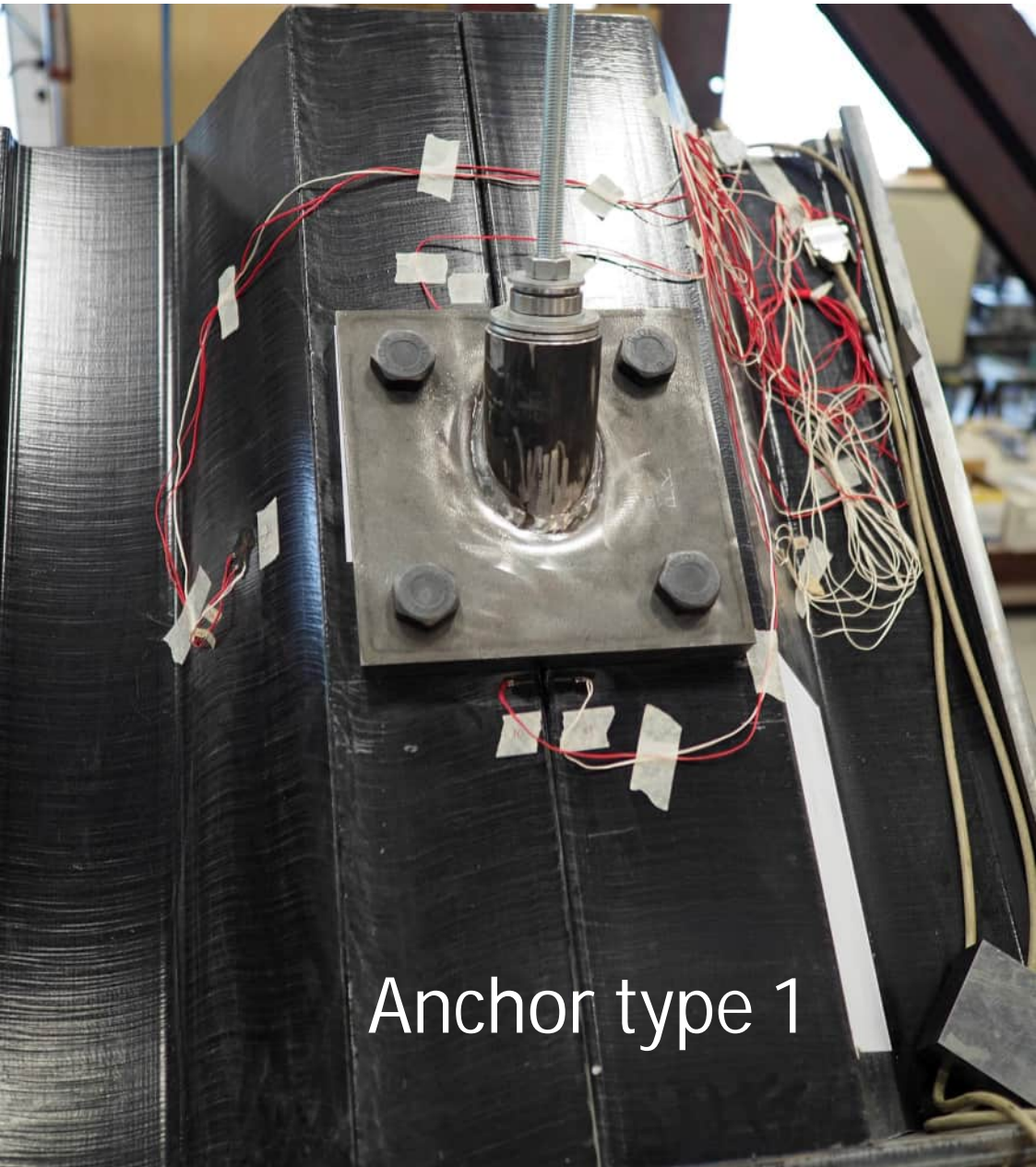
4 x M30

300 x 300 x 30

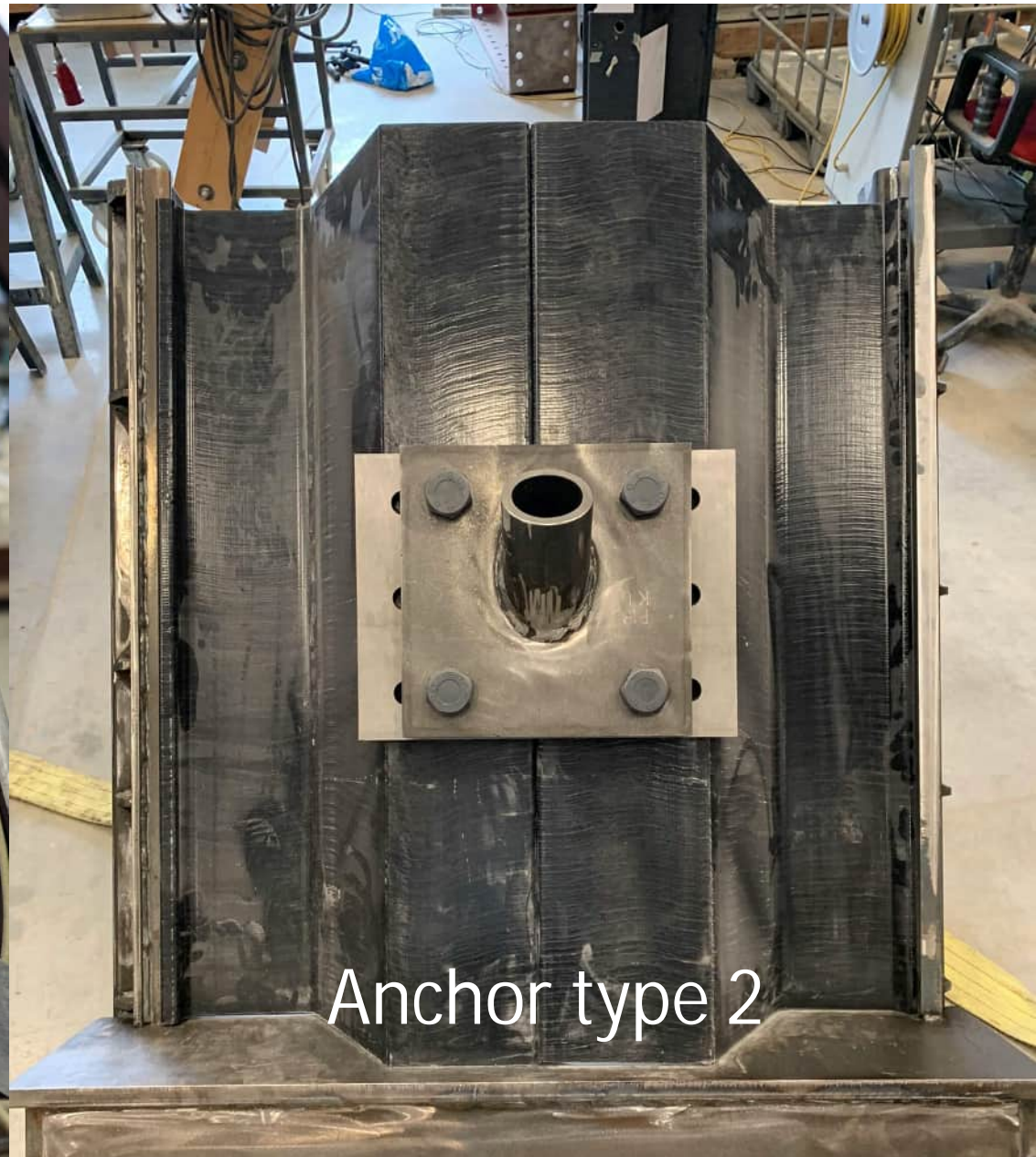
Full Scale testen







Anchor type 1



Anchor type 2

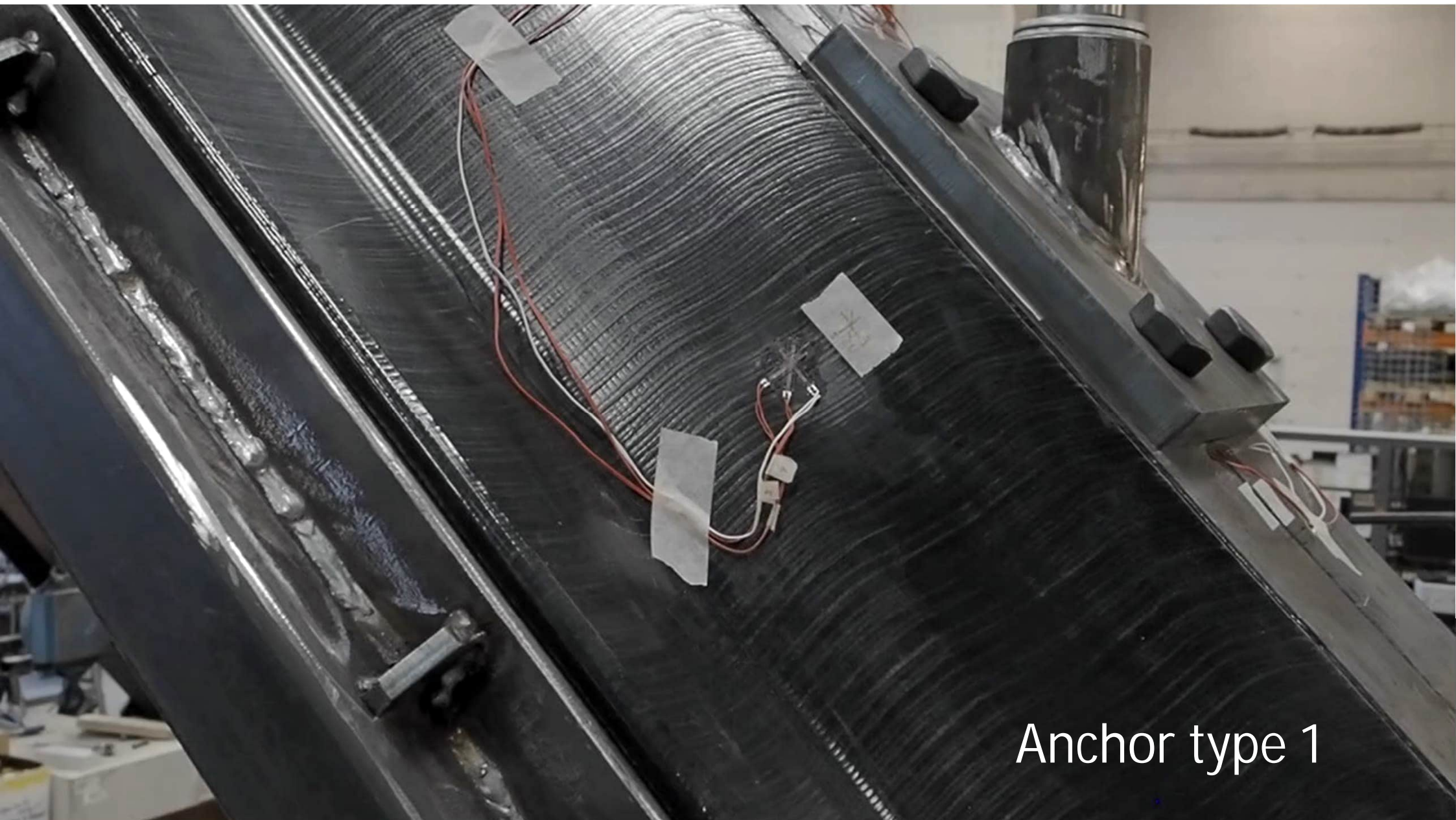


Steel filler



Softwood filler





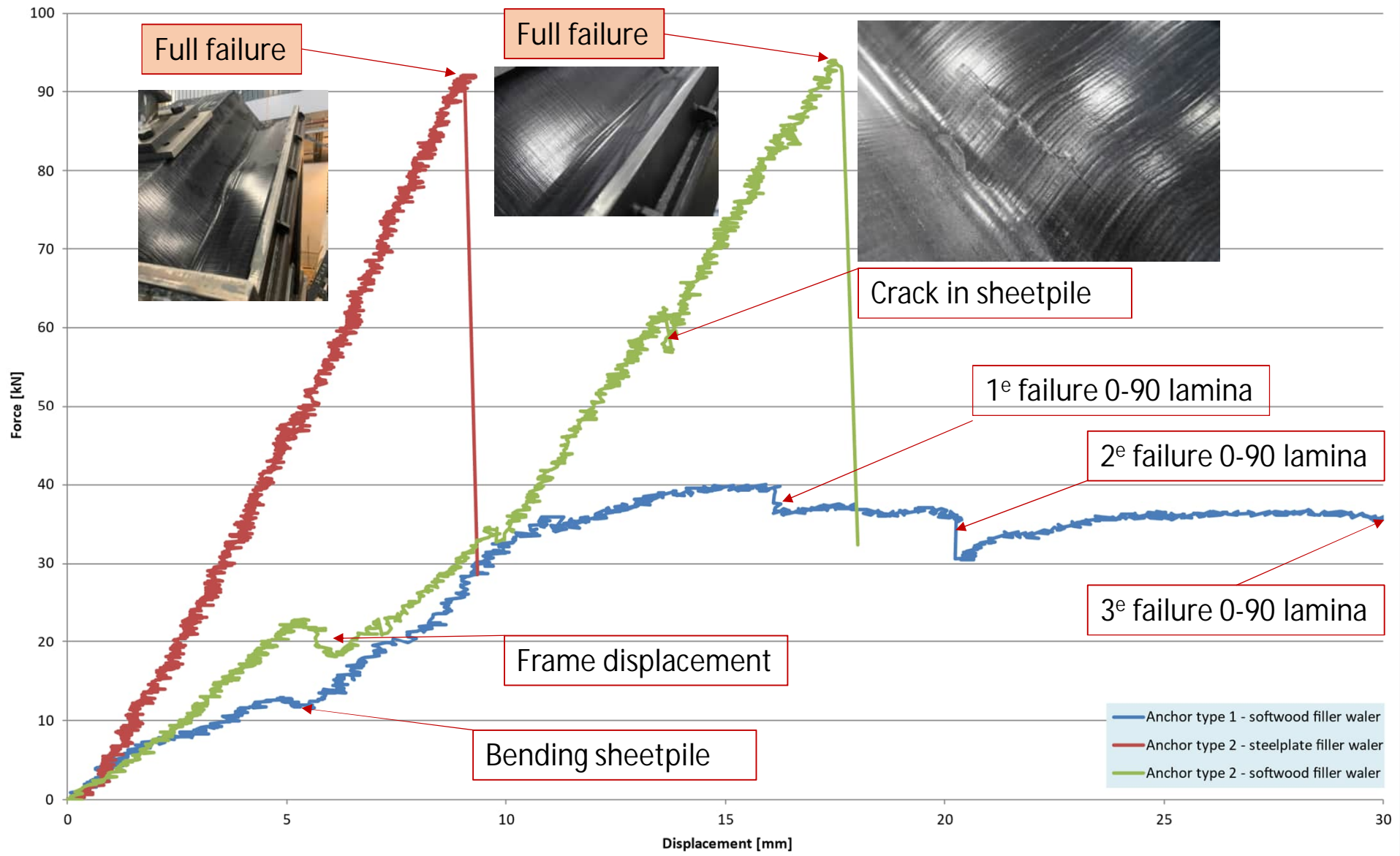
Anchor type 1





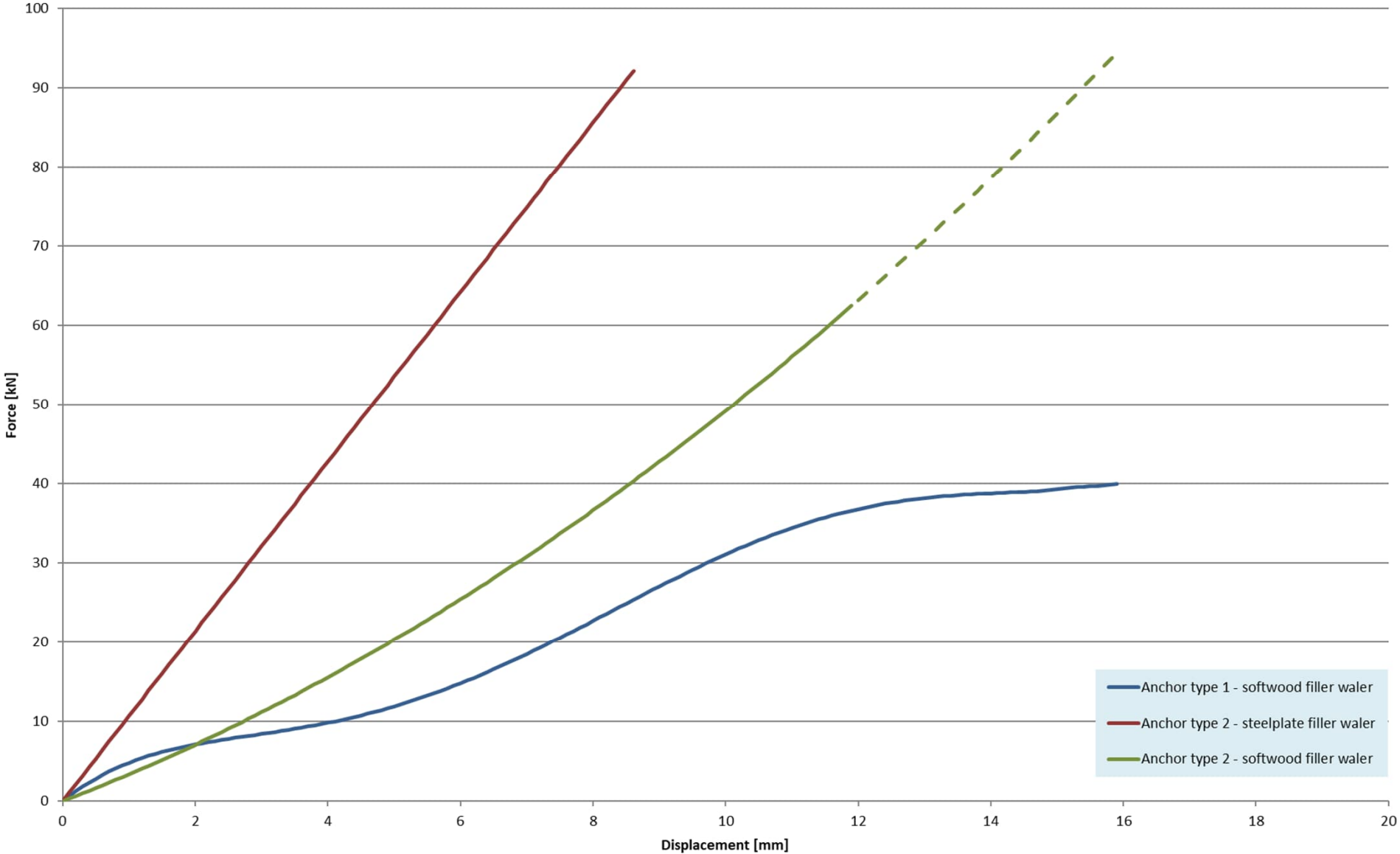
Anchor type 2

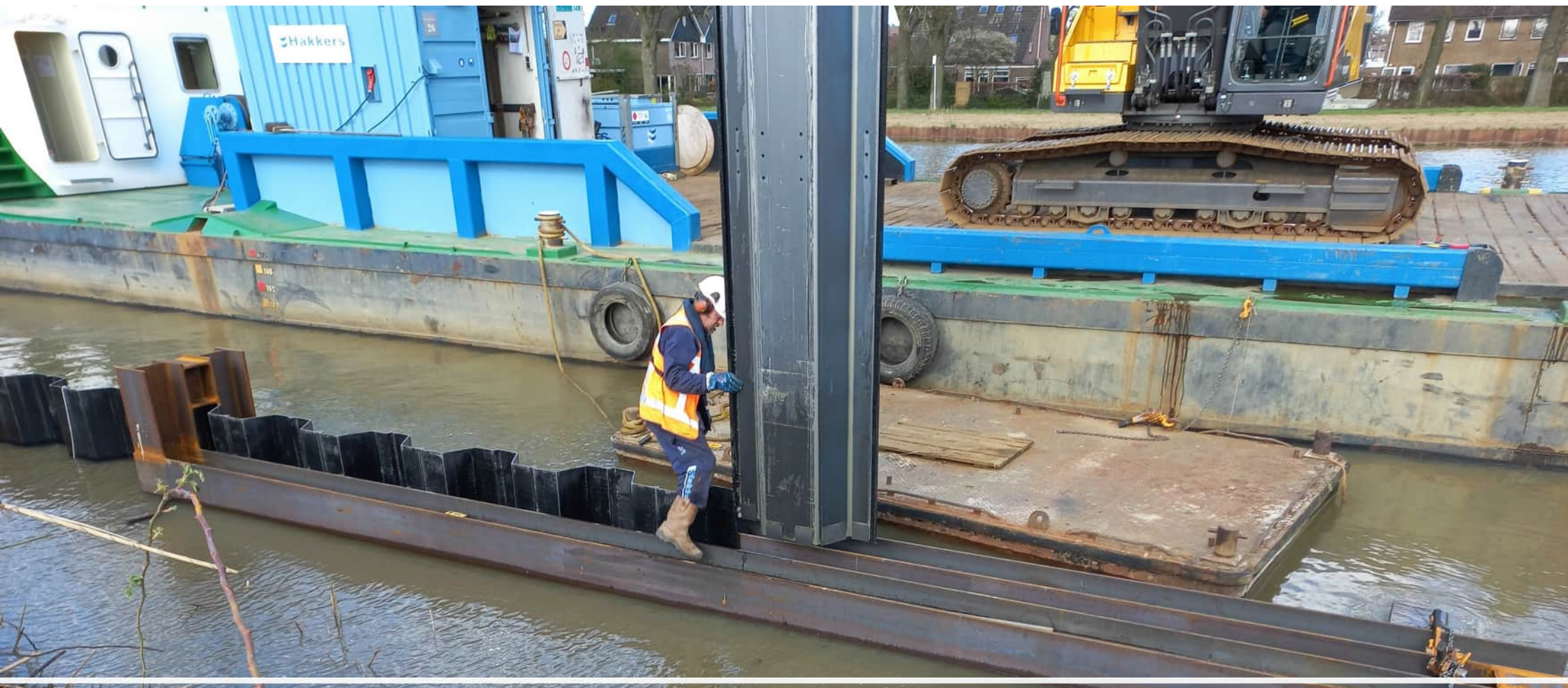
### Composite sheet pile anchor test





### Composite sheet pile anchor test





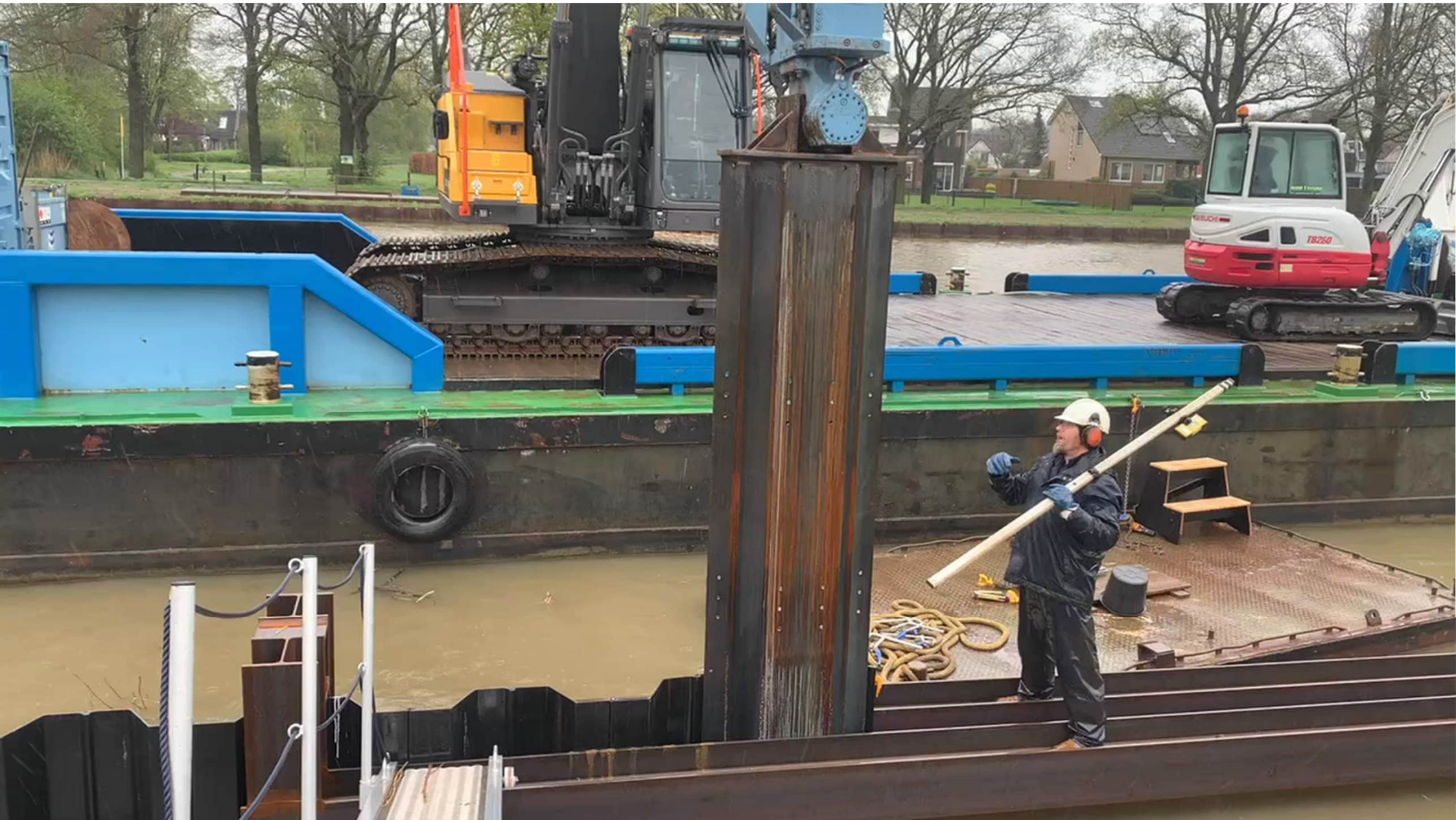
Installatie















Details Whaler



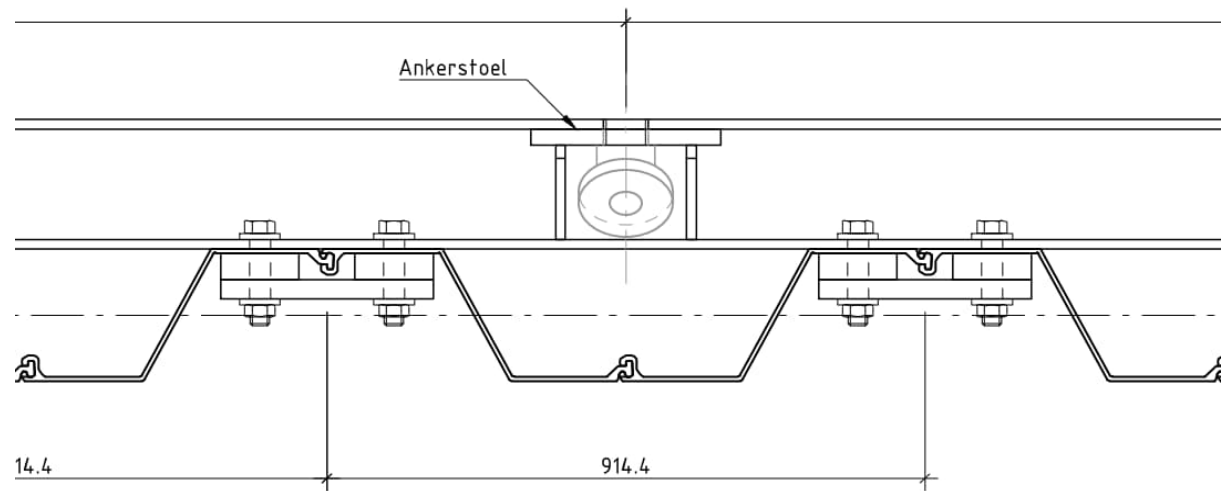
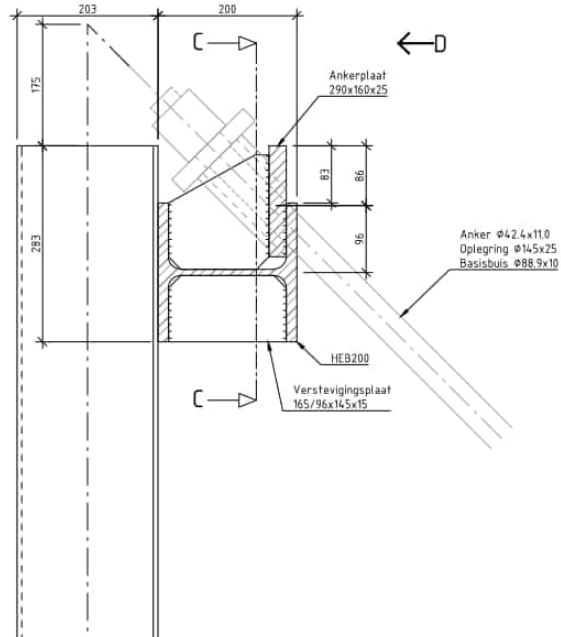


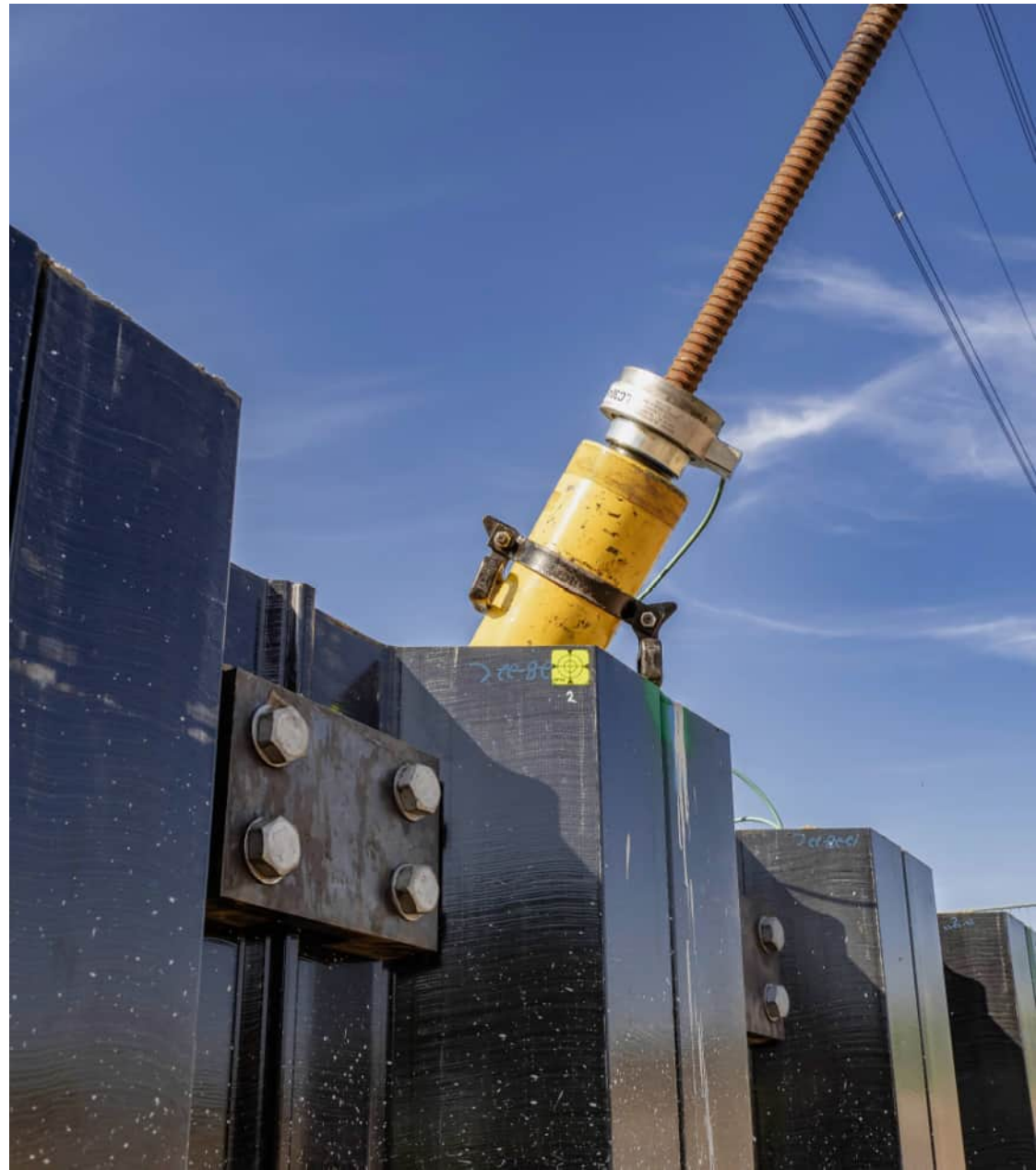
Proeftuin





# Optie 1





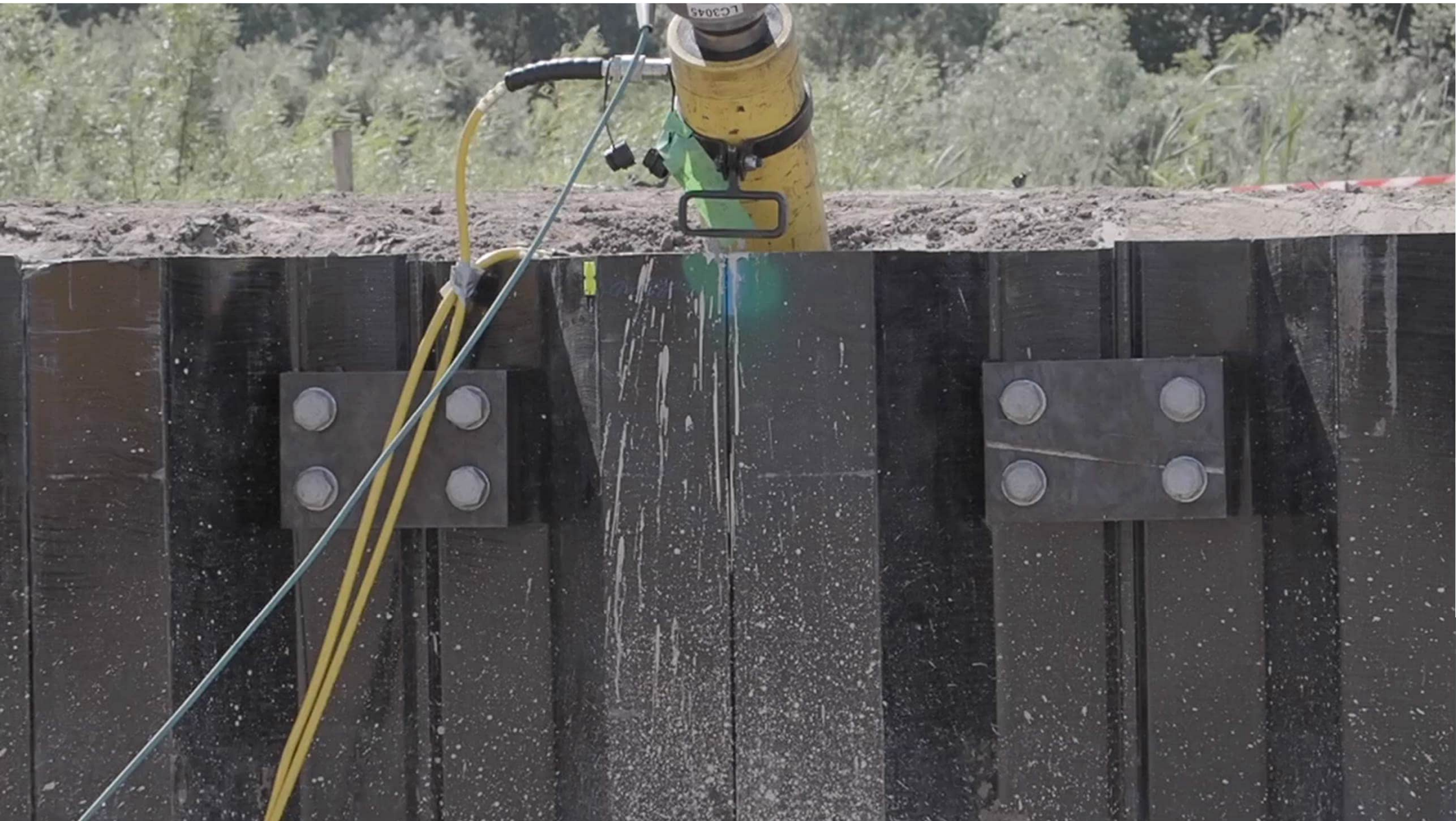














# Test variant 3

---

Bij het opvoeren van de vijzel van 25kN naar 30 kN wordt krakend geluid van de damwand waargenomen en eerste schade (first failure) bij vijzel LC3046;

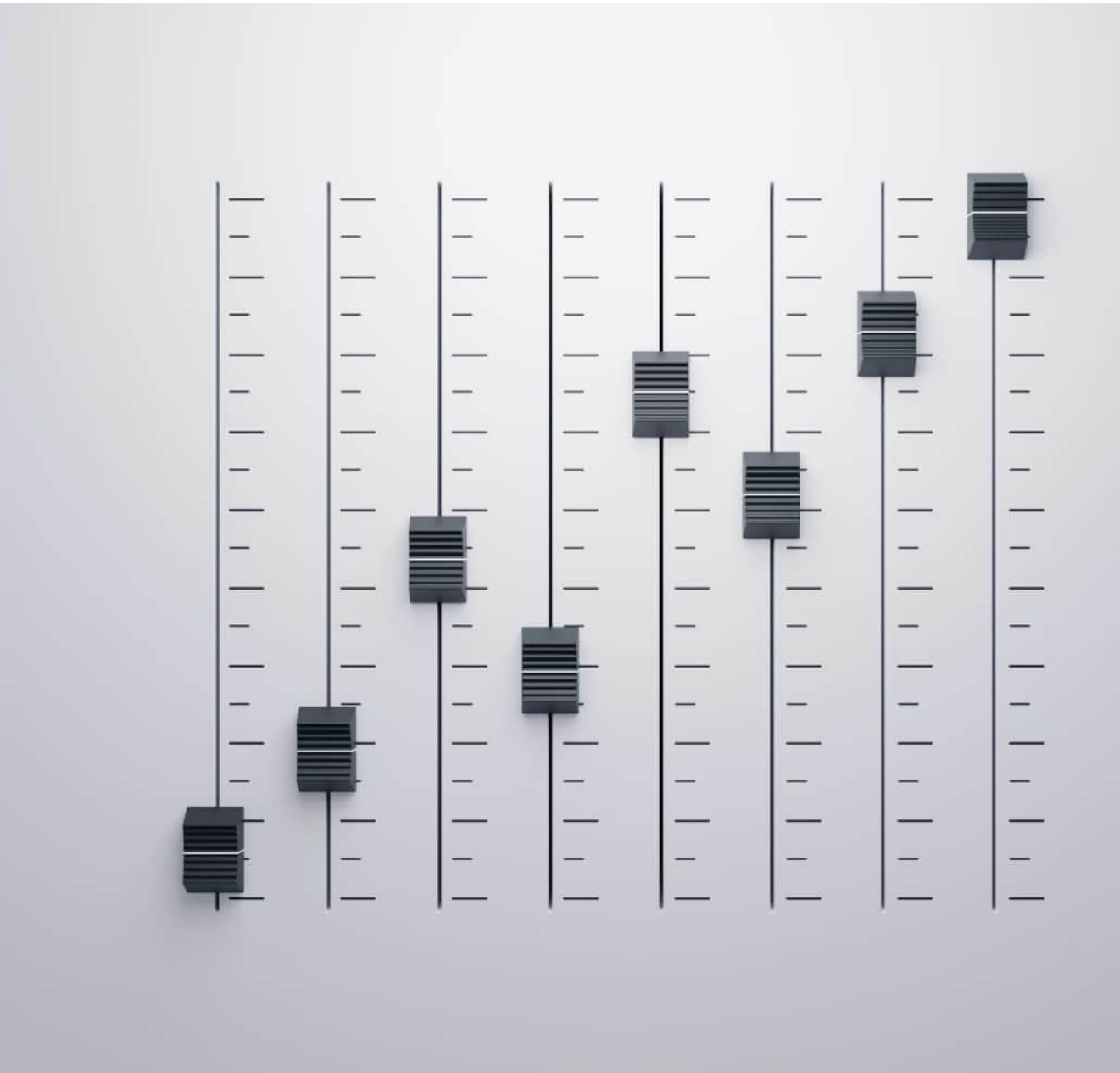
---

Bij 35 kN geluid kruip zeer duidelijk waarneembaar;

---

Ankerstoel t.p.v. LC3046 als eerste volledig bezwiken bij een maximale kracht van 45 kN

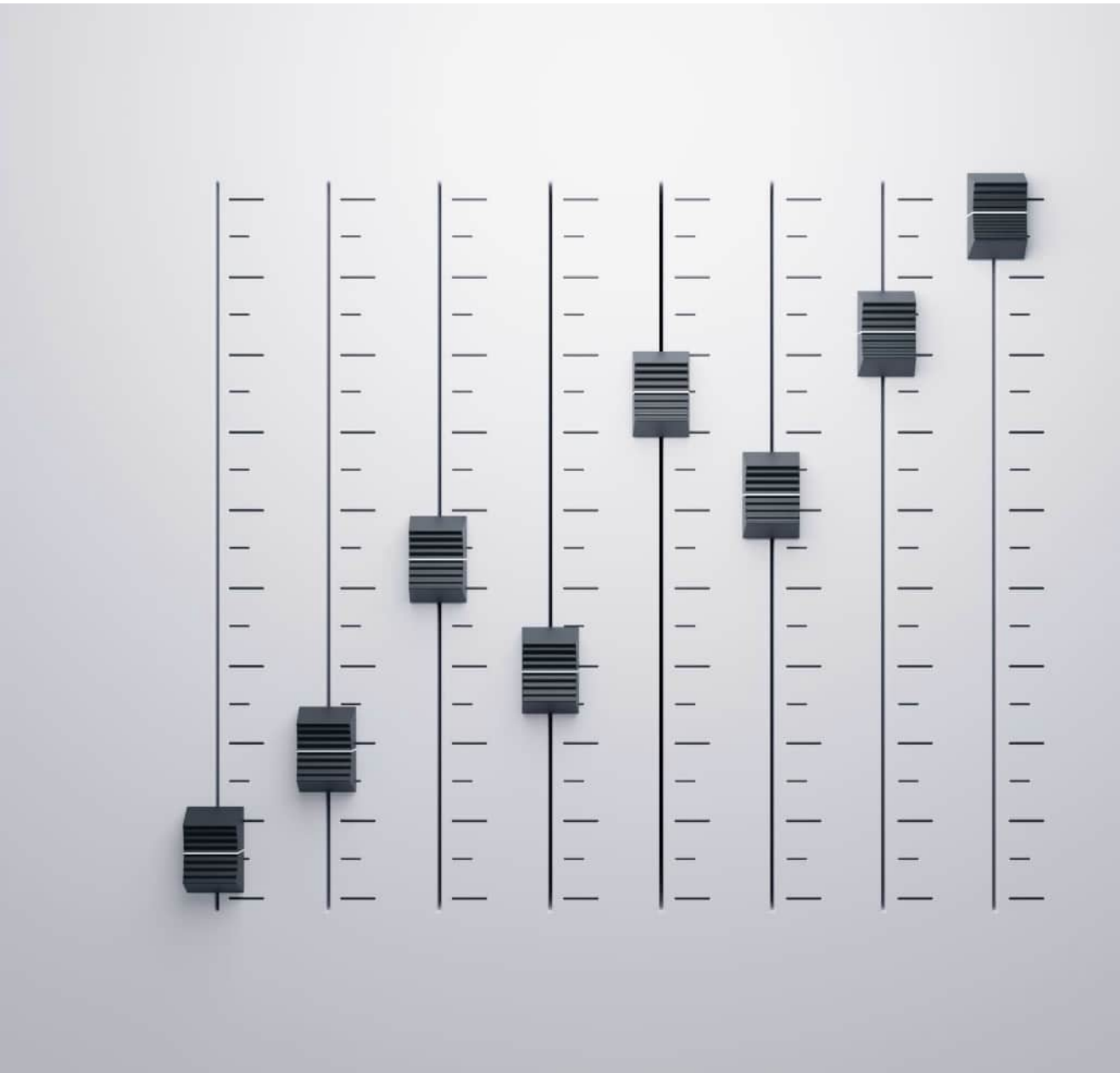




# Sound creep composite







# Sound failure composite









2  
228221

XYLY  
8.8U

XYLY  
8.8U

XYLY  
8.8U

XYLY  
8.8U















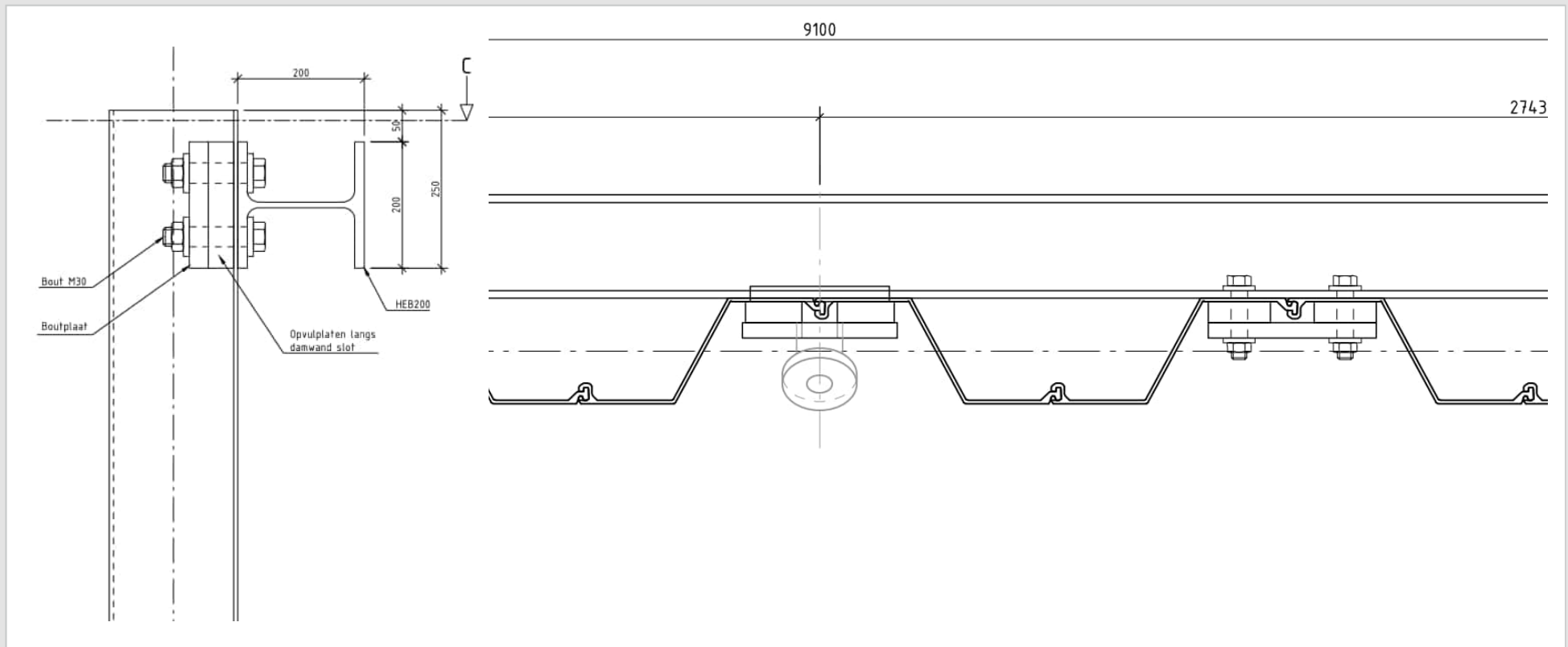








# Optie 2





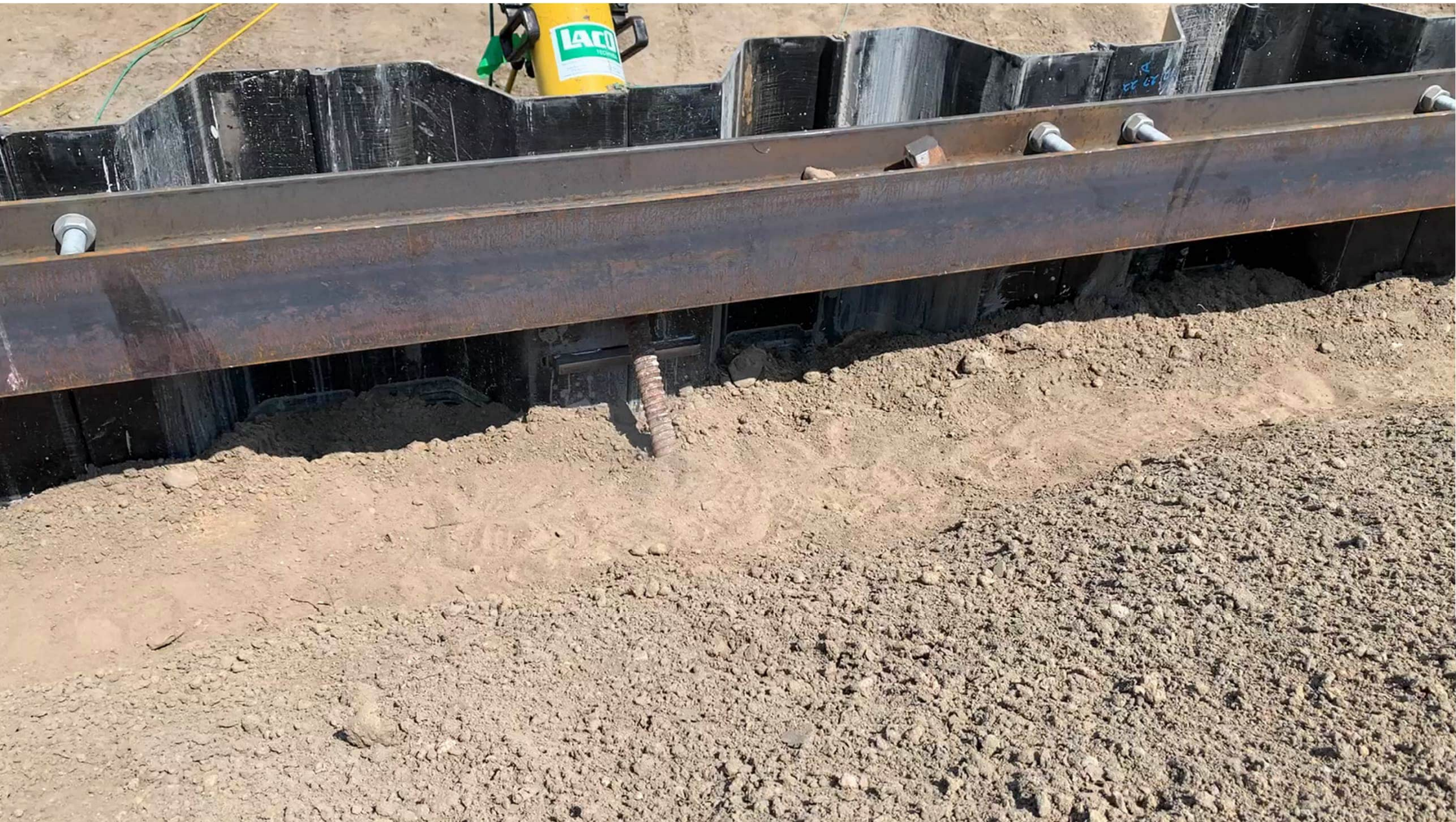




















# Test variant 2

---

Vezelbreuk hoorbaar bij 55 kN  
(niet visueel waargenomen)

---

Bij 75 kN Lokaal bezweken;

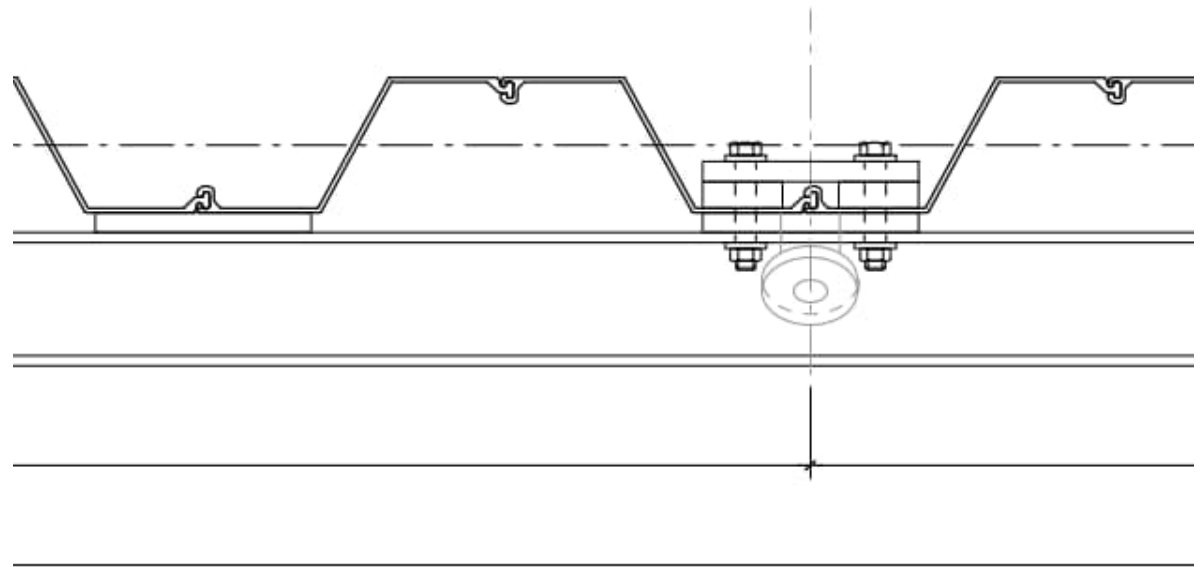
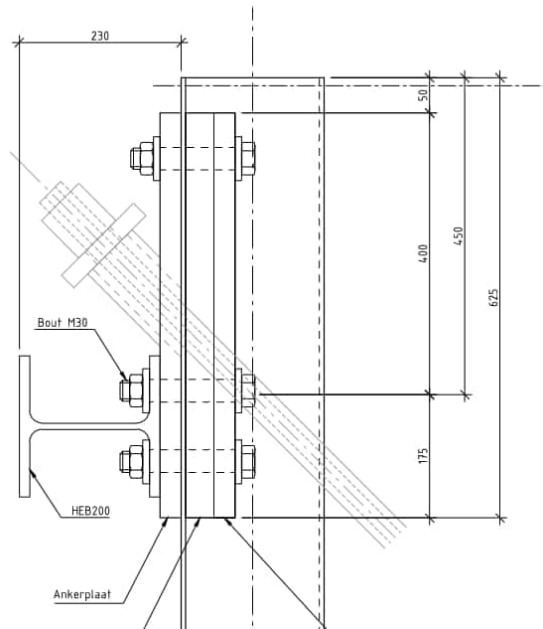
---

85 kN maximaal opneembare kracht





# Optie 3















# Test variant 3

---

Bij deze variant is de minste vezelbreuk hoorbaar en pas zeer laat tijdens de proef;

---

Bij 90 kN Lokaal bezwiken;

---

127 kN maximaal opneembare kracht

