

# Mechanische karakterisatie van de chemische verankering van ankerstaven in houten balkkopprothesen

Jorgen Aerts

Lotte Vanwijck

Master IW bouwkunde

Master IW bouwkunde

## Inleiding

Op vraag van studie bureau Triconsult, dat actief is in de restauratiesector, onderzoekt deze masterthesis hoe de **sterkte van de verlijming van ankerstaven in houten balkkopprothesen** experimenteel en theoretisch gekarakteriseerd kan worden bij uitvoering met verschillende chemische lijmen. Deze vraag kwam voort uit een praktische overweging om de uitvoering van balkkopprothesen (fig. 1) te optimaliseren.

In dit onderzoek worden **verschillende parameters** bekeken zoals het vochtgehalte, de verankeringslengte, de diameter van het boorgat, de invloed van het soort ankerstaaf en voornamelijk de reactie van de verschillende lijmsorten. Aangezien er **geen lijmen specifiek voor hout** beschikbaar zijn worden lijmen voor beton toegepast.

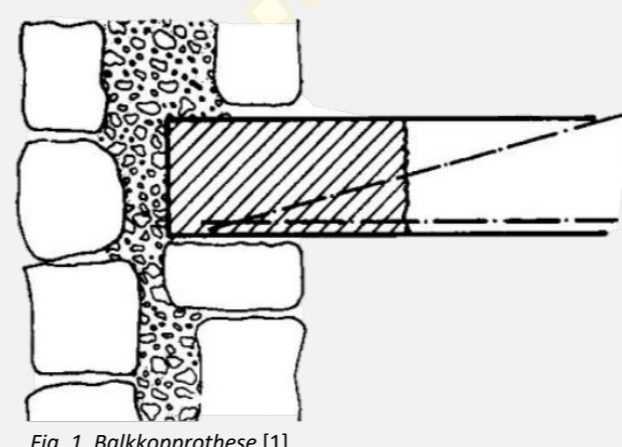


Fig. 1. Balkkopprothese [1]

## Methode

Eerst worden de verschillende materialen gebruikt in balkkopprothesen onderzocht in een **literatuurstudie**. Vervolgens worden verschillende **theoretische bepalingen en testmethodes** om de sterkte van gelijmde verbindingen te bepalen uit eerder onderzoek vergeleken.

Op basis van die vergelijking is er gekozen om een **axiale trektest** uit te voeren op verlijmde wapeningsstaven in een houten blok. Hiervoor worden **vier soorten lijm** gebruikt: een polyester-, een vinylester- en twee epoxylijmen. Het resultaat van deze trekproeven is de uittreksterkte van de verbinding. De gebruikte proefopstelling wordt weergegeven in fig. 2. In deze proeven worden verschillende parameters onderzocht zoals **de verankeringslengte l**, **de invloed van de boorgatdiameter d<sub>h</sub>** en **het verschil tussen een draadstang of glasvezel als ankerstaaf**.

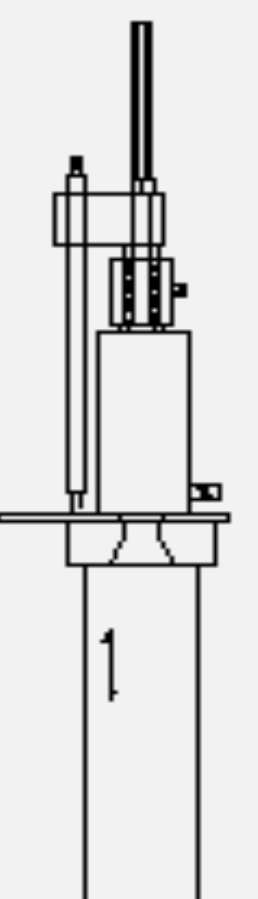


Fig. 2. Proefopstelling

## Experimenteel

In het experimenteel luik van deze masterproef zijn er **twee proefreeksen** uitgevoerd. Hierbij werden de ankerstaven centrisch verlijmd in eikenhouten blokken van 15x15x30 cm. De eerste proefreeks onderzocht de invloed van verschillende parameters (fig. 4, 5).

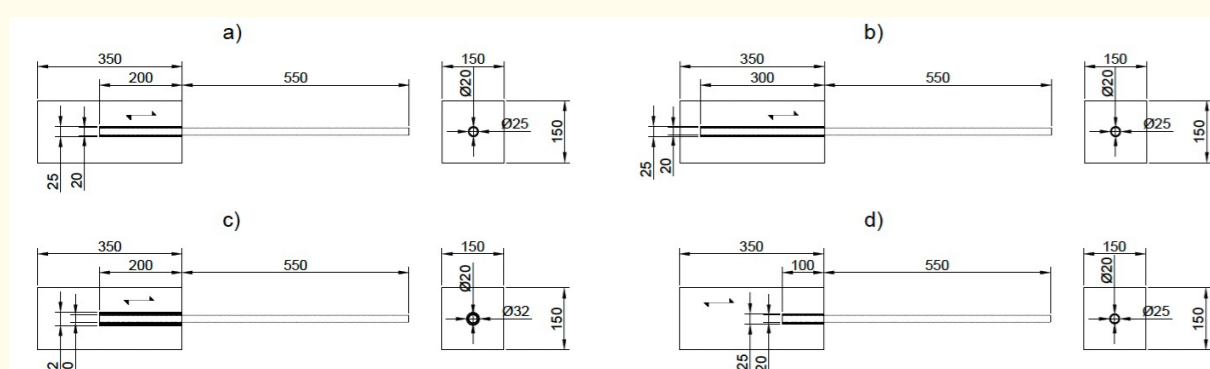


Fig. 4. Gebruikte parameters: eerste testreeks a), b) c) en d), tweede testreeks enkel a)

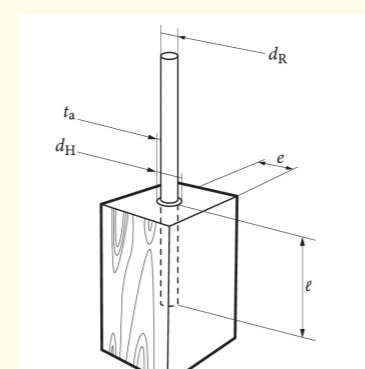


Fig. 5. Mogelijke parameters [2]

Ook het **vochtgehalte in de proefstukken en de uithardingstijd** van de lijm werden parameters. In de tweede testreeks werd enkel rekening gehouden met de verschillende lijmsorten en werden de andere parameters constant gehouden ( $l = 200$  mm,  $d_h = 25$  mm). De gemiddelde waarden van de uittreksterktes van alle proeven worden gegeven in tabel 1.

Tabel 1. Gemiddelde waarden uittreksterkte reeks 1 (1) en reeks 2 (2)

Uittreksterkte in kN	Polyesterlijm	Vinylesterlijm	Epoxylijm 1	Epoxylijm 2
$l = 200$ mm, $d_h = 32$ mm (1)	7,2	8,2	26,6	
$l = 100$ mm, $d_h = 25$ mm (1)	10	11,0	50,2	
$l = 300$ mm, $d_h = 25$ mm (1)	22,3	36,1	122,6	
$l = 200$ mm, $d_h = 25$ mm (1)	13,7	13,8	37,3	36,1
(2)	22,9	20,8	89,6	119,9

De **uittreksterktes in reeks 1** zijn beduidend lager dan die in reeks 2, hiervoor zijn twee oorzaken: het vochtgehalte in **reeks 2** is lager en de uithardingstijd groter. Fig. 6 toont dit voor epoxylijm 1.

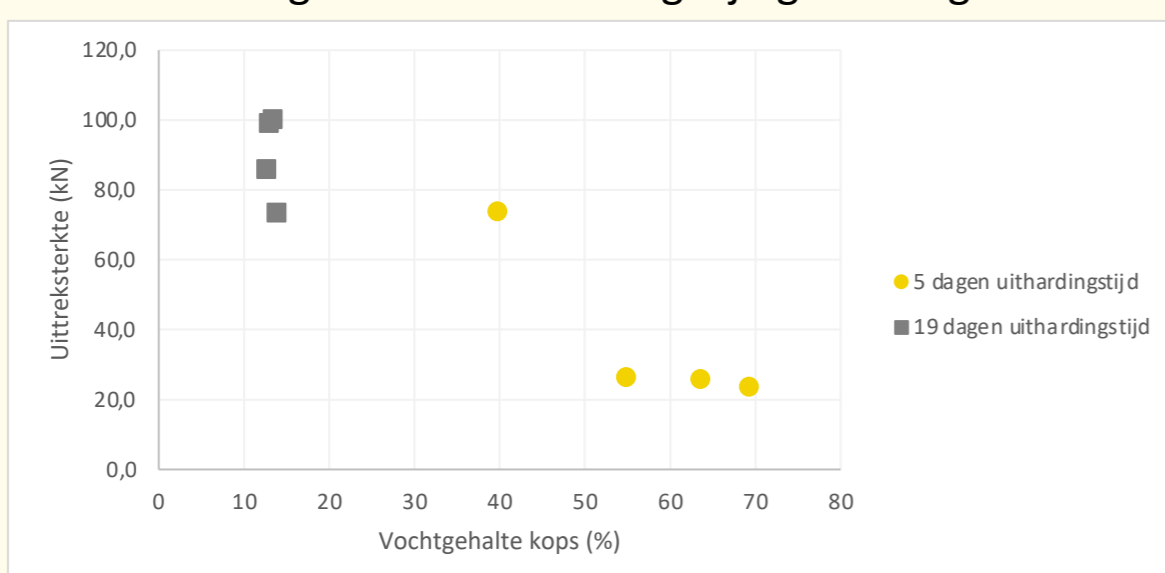


Fig. 6. Uittreksterkte epoxy 1 i.f.v. uithardingstijd en vochtgehalte

## Theoretisch

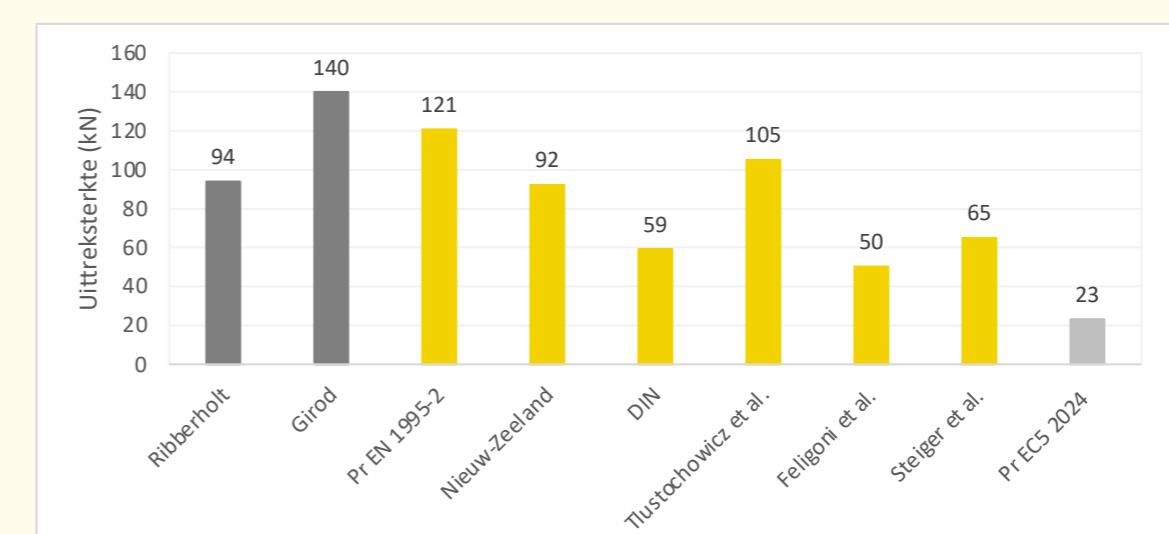


Fig. 3. Vergelijking verschillende theoretische bepalingen.

Om de **uittreksterkte** van een lijmverbinding in een houten structuur te bepalen zijn er in de literatuur verschillende bepalingen beschikbaar. De verschillende bepalingen geven de gemiddelde waarde (fig.3, donkergrijs), de karakteristieke waarde (fig.3, geel) of de rekenwaarde van de uittreksterkte van de verbinding (fig.3, lichtgrijs). Met de waarden uit reeks 2.

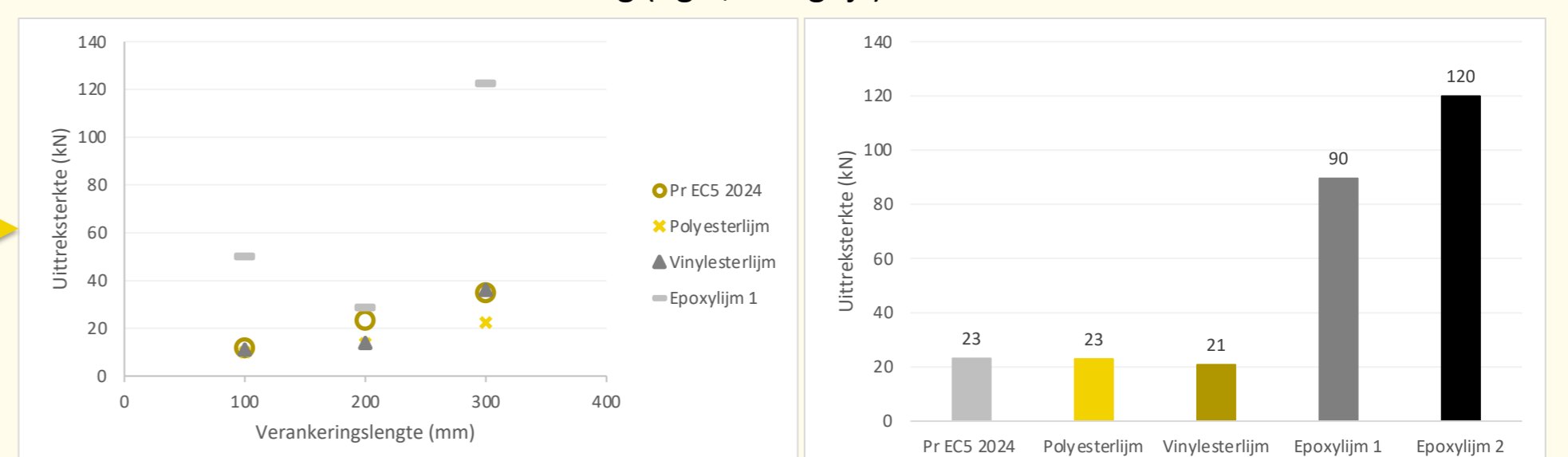


Fig. 7. Uittreksterkte volgens Pr EC5 2024 vergeleken met resultaten reeks 1: verschillende verankeringslengtes

Fig. 8. Uittreksterkte volgens Pr EC5 2024 vergeleken met resultaten reeks 2

De proefresultaten worden vergeleken met de rekenwaarde die de voorlopige versie van de **nieuwe Eurocode 5 (Pr EN 1995-1-1 2024)** voorschrijft. Op fig. 7 worden de resultaten van de testen met verschillende verankeringslengtes ( $l = 100, 200$  en  $300$  mm) vergeleken met de uittreksterkte volgens Pr EN 1995-1-1 2024 [3]. De polyester- en vinylesterlijm voldoen niet, de epoxylijm voldoet net. Hierbij moet worden opgemerkt dat de uittreksterktes uit reeks 1 lager zijn door de korte uithardingstijd en het hoge vochtgehalte van de proefstukken. Fig. 8. geeft de **vergelijking van de resultaten van reeks 2** met Pr EC5 2024. Hieruit blijkt dat de polyester- en vinylesterlijm niet voldoen aan deze norm. De epoxylijmen geven beduidend hogere uittreksterktes.

## Conclusie

Uit de vergelijking van de resultaten blijkt dat de **epoxylijmen de hoogste uittreksterktes** hebben. Dit was in lijn met de hypothese vermits de polyester- en vinylesterlijm ontwikkeld zijn voor gebruik in beton. Deze laatste reageren niet goed in het hout waardoor ze niet de gewenste uittreksterkte behalen. De **uithardingstijd was een belangrijke factor** voor het behalen van de sterkte voor de polyester en vinylesterlijm. Hiervoor wordt genomen dat er minstens 7 dagen uithardingstijd nodig zijn om op volledige sterkte te komen, wat ook wordt toegepast in de praktijk. **Voor de epoxylijmen is vooral het vochtgehalte bepalend** voor de treksterkte. Bij een vochtgehalte lager dan 40% wordt de hoogste uittreksterkte bekomen. Fig. 9 toont de proefstukken na de test voor de vier lijmen.

De restauratietechniek blijkt **ook moeilijk theoretisch te benaderen** omdat de formules empirisch werden bepaald en dus slechts in beperkte gevallen geldig zijn. Alle theoretische benaderingen zijn gebaseerd op proeven met een epoxylijm.

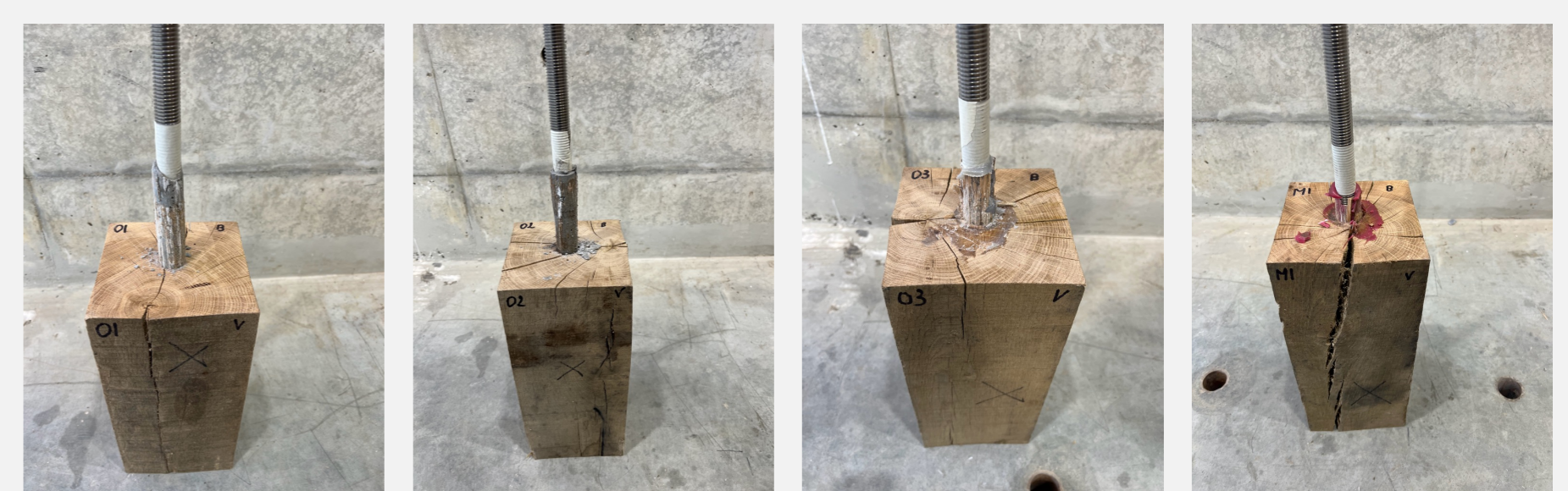


Fig. 9. Proefstukken na uittrektest: a) Polyesterlijm, b) vinylesterlijm, c) epoxylijm 1 en d) epoxylijm 2