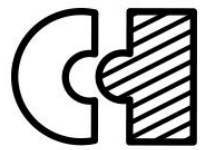


Lectoraat Kunststoftechnologie

# Verbinding Betonmortel- composiet

Testverslag experimentele  
vermoeiingsproeven



## Colofon

**Titel:** Verbinding Beton-mortel-composiet, testverslag experimentele vermoeiingsproeven

**Publicatie nummer:** LKT-COMH-108105-2011

**Datum:** 15-1-2021

**Auteurs:** Student onderzoekers Dennis de Graaf

Studentonderzoeker Michiel Jonker

Docent onderzoeker Peter Bosman

**Betrokken partijen:** Fibercore Composiet fabrikant

Strukton (Reef) beton aannemer

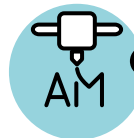
Deys mortel leverancier

Compoworld stichting ter stimulering composiet innovaties

### Onderzoekslijnen:



1 Circulaire economie



2 Industrial Additive Manufacturing (3D printen)



3 Hybride ontwerp



4 Duurzaam produceren

Deze publicatie van Windesheim valt onder een Creative Commons Naamsvermelding 4.0 Internationale-licentie. Dit betekent dat de kennis uit deze publicatie hergebruikt mag worden als basis voor de ontwikkeling van nieuwe kennis mits de naam van de auteur en/of Windesheim hierbij vermeld wordt.

Deze publicatie verschijnt in het kader van onderzoek naar SUREbridge systeem, ondersteund door Compoworld. Het rapport wordt uitgebracht door het Lectoraat Kunststoftechnologie, een praktijkgerichte onderzoeksgroep op Hogeschool Windesheim die zijn basis heeft in Engineering & Design. Zoals passend bij lectoraten in combinatie met de gebruikte subsidieregeling, is het onderzoek uitgewerkt tot een TRL niveau van maximaal 7: demonstratie systeemprototype in operationele omgeving. Het werk is zo opgeschreven dat het na-werkbaar is, maar bedrijfsspecifieke data is soms weggelaten.

# Inhoudsopgave



|       |                                                                         |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Inleiding.....                                                          | 4  |
| 3     | Dynamische buigproef, voorafgegaan door aanvullende productieproef..... | 5  |
| 3.1   | Wat .....                                                               | 5  |
| 3.2   | Hypothese .....                                                         | 5  |
| 3.3   | Hoe: testontwerp.....                                                   | 5  |
| 3.4   | Materialen .....                                                        | 8  |
| 3.4.1 | Beton .....                                                             | 8  |
| 3.4.2 | Mortel.....                                                             | 8  |
| 3.4.3 | Glasvezelversterkte kunststof (GVK) met slijtlaag.....                  | 8  |
| 3.5   | Samenstellen en Productie SUREBridge-plaat.....                         | 8  |
| 3.6   | Resultaten productieproef .....                                         | 9  |
| 3.7   | Proefopstelling 3-punts buigproef .....                                 | 9  |
| 3.8   | Proefstukken.....                                                       | 10 |
| 3.9   | Dynamische resultaten buigproeven .....                                 | 10 |
| 3.10  | Statische resultaten buigproeven .....                                  | 14 |
| 4     | Buigproeven van gebruikte plaat.....                                    | 17 |
| 4.1   | Wat .....                                                               | 17 |
| 4.2   | Hypothese .....                                                         | 17 |
| 4.3   | Proefstukken.....                                                       | 17 |
| 4.4   | Resultaten .....                                                        | 18 |
|       | Bijlage A:.....                                                         |    |
|       | Bijlage B:.....                                                         |    |

# 1 Inleiding

Voor de brug in de Weg van Ongenade in de gemeente Noordoostpolder wordt een versterking en renovatie door middel van het SUREbridge-systeem voorbereid. Dit systeem omvat het overlagen van de bestaande betonnen brug met een InfraCore composiet paneel. Deze zijn door middel van een mortel-tussenlaag schuifvast verbonden en geven zo een hogere, stijvere en sterkere doorsnede.

Coupontests en full-scale beproevingen aan het systeem waren reeds gedaan in het kader van het SUREbridge onderzoekstraject.

Om de werkzaamheid van de tussenlaag op de schaal van een brug op basis van de gekozen uitvoeringswijze te onderbouwen, zijn grotere proefstukken gemaakt waarbij is bepaald hoeveel hechting de mortel tussenlaag geeft. Dit middels:

- trekproeven,
- afschuifproeven
- statische buigproeven (na productieproef)
- gebruiksproef

Een en ander zoals vastgelegd in rapport "Verbinding Beton-mortel-composiet -Verslag experimentele proeven" LKT-COMH-108105-1904 d.d. 12-2-2019.

Dit rapport omschrijft de resultaten van:

- dynamische buigproeven (na aanvullende productieproef)
- statische buigproeven van proefstukken uit gebruiksproef

Deze beproevingen zijn – met uitzondering van de productieproef – gehouden bij de Hogeschool Windesheim, en uitgevoerd door afstudeerders Dennis de Graaf & Michiel Jonker, onder begeleiding van docent onderzoeker Peter Bosman.

## 3 Dynamische buigproef, voorafgegaan door aanvullende productieproef

### 3.1 Wat

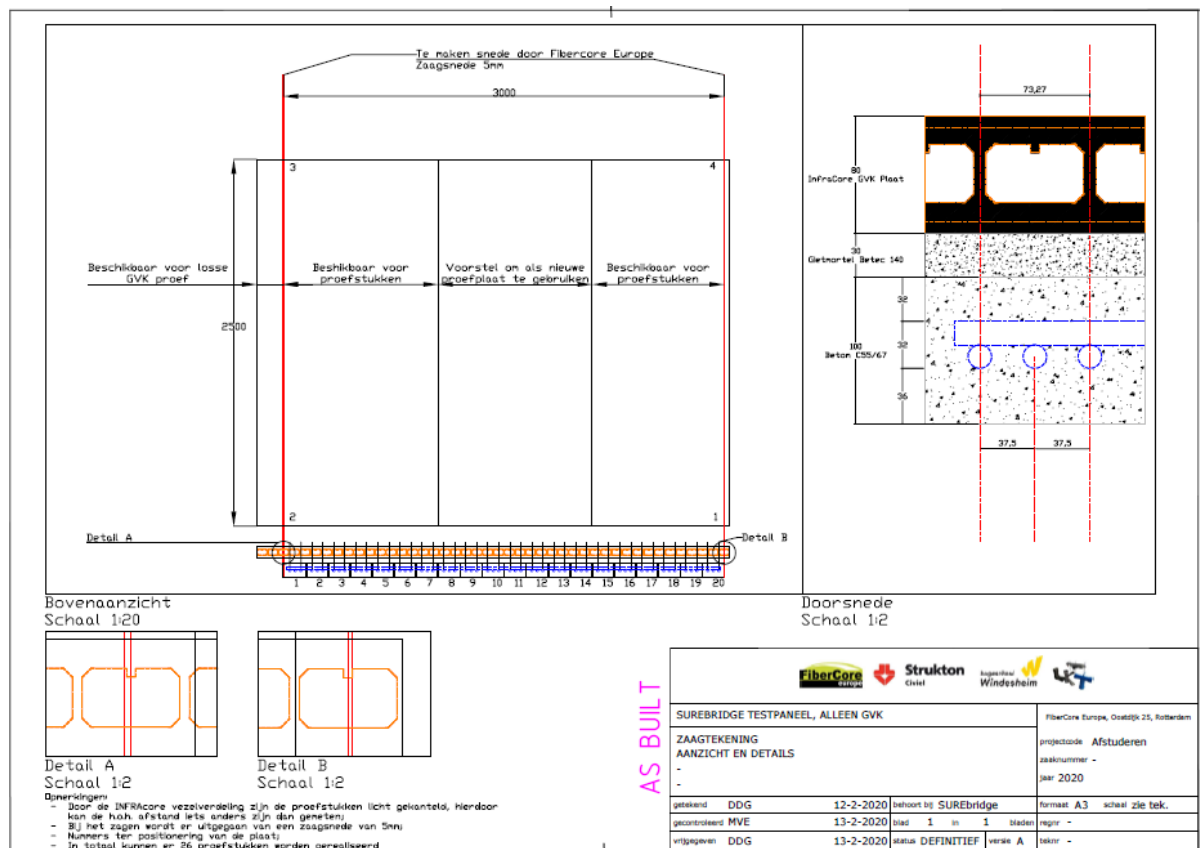
Door middel van praktisch onderzoek een onderbouwing geven wat of maximale schuifspanning in de verbinding beton-mortel-GVK is, wordt beïnvloed door vermoeiing. Deze proefstukken zijn geproduceerd op de wijze zoals in de NOP SUREbridge zal worden geïnstalleerd, namelijk door middel van volgieten van de tussenruimte tussen het bestaande beton en het composiet dek daarbovenop. De verbinding beton-mortel-GVK is in het SUREbridge-onderzoek alleen statisch getest.

### 3.2 Hypothese

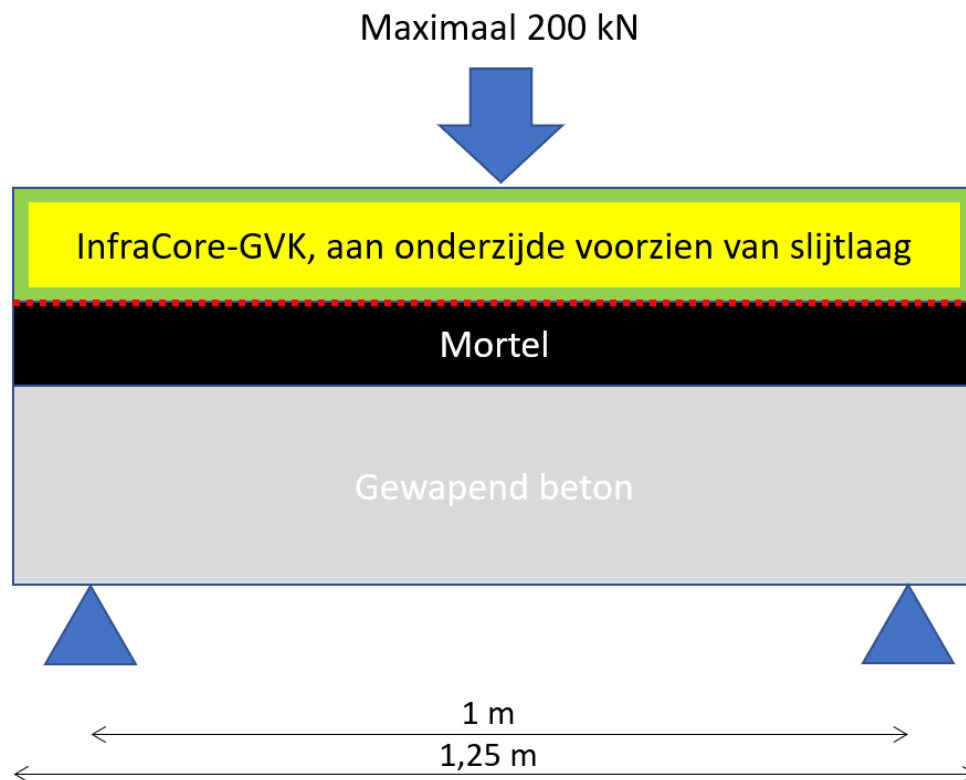
De karakteristieke schuifsterkte van GVK met UP bedraagt minimaal 20 N/mm<sup>2</sup> (ILSS : inter laminair shear strength). De karakteristieke schuifsterkte van mortel met K70 Betec 140 bedraagt minimaal 1,6 N/mm<sup>2</sup> (50% van de karakteristieke treksterkte). De karakteristieke schuifsterkte van beton met C55/67 bedraagt minimaal 1,5 N/mm<sup>2</sup> (50% van de karakteristieke treksterkte). Verwacht wordt dat de schuifcapaciteit in/bij de interface beton-mortel maatgevend is. Verwacht wordt hierbij verhouding in sterkte tussen vermoeiing/statisch hetzelfde is als in beton en mortel. Zijnde 50% in geval de minimale schuifbelasting bij vermoeiing 0 bedraagt (NEN-EN 1992-1-1+C2;2011 §6.8.7).

### 3.3 Hoe: testontwerp

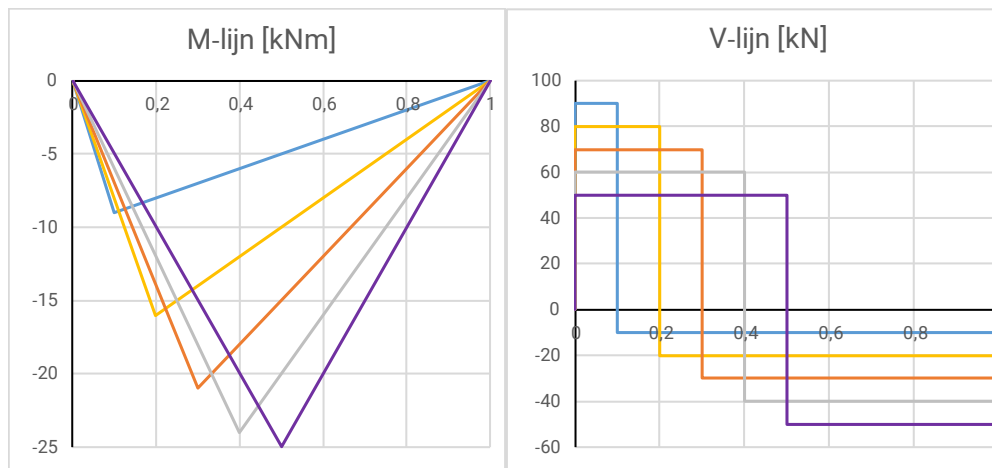
Er is een gewapend betonnen plaat gemaakt van 3 x 2,5 x 0,1 m. Deze plaat representeert een betonnen dek waarop een composiet versterking is aangebracht door tussenkomst van mortel. Van deze SUREBridge plaat zijn 20x2 balken gezaagd met een lengte van 1,25 m en een breedte van 150 mm. Voorts is er een plaatdeel van 1,05 x 2,5 m gereserveerd voor een eventuele extra gebruikspref. Maken van de SUREBridge plaat en zagen van de proefstukken is gebeurt bij Strukton prefab in Maarssen.



**Figuur 1. Overzicht van de specimen voor de productieproef (geheel), 26 balkbuigproeven en gebruiksproef (restant).**



Figuur 2. Overzicht buigproef.



Figuur 3. Verdeling van buigend moment en dwarskracht bij wijzigen van de positie van krachtsinleiding. Belasten op 0,2m van het linker uiteinde halveert bijna het optredende buigend moment, met een 30% grotere dwarskracht. Dit resulteert in een grotere opgewekte schuifspanning.

## 3.4 Materialen

### 3.4.1 Beton

Betonklasse C55-67.

De plaat welke gestort is, is speciaal voor de test gemaakt bij Strukton prefab. De plaat is op de kop gestort in een kist welke behandeld is met vertrager. Na het ontkisten is de bovenkant schoongemaakt met behulp van een hogedrukreiniger. Hierdoor is een oppervlak ontstaan dat naar verwachting vergelijkbaar is met het boucharderen van het beton. Elke gezaagd proefstuk balk van 150 mm breed bevat 3Ø16 B500. Dit is gekozen om falen in de mortellaag te faciliteren. De dwarswapening betreft Ø16-150. De aangehouden dekking is 36 mm aan de onderzijde.



Figuur 4. Langsdoorsnede SUREbridge proefstuk met dwarswapening Ø16-150

### 3.4.2 Mortel

Door Strukton-Reef en Deys is de mortel Betec 140 geselecteerd voor het SUREbridge project. De tussenlaag is 30 mm dik. Dit is ook de dikte welke beoogd is in het project NOP. Voor productbladen zie bijlage bij "Verbinding Beton-mortel-composiet - Verslag experimentele proeven" LKT-COMH-108105-1904 d.d. 12-2-2019.

### 3.4.3 Glasvezelversterkte kunststof (GVK) met slijtlaag

Voor deze proef is op representatieve wijze een InfraCore-paneel geproduceerd. De boven- en onderzijde hiervan zijn 20 mm dik en daarmee representatief voor het werkelijke paneel. De kernhoogte bedraagt 40 mm en **in elk proefstuk zitten 2 lijven**. Dit is gekozen om – samen met de bepaalde dikte van de betonnen plaat – falen in de mortellaag te faciliteren.

De onderzijde is ruw gemaakt met slijtlagen met **grit** in gradatie van korrelgroottes: **3-5mm**. De slijtlaag is aangebracht in een epoxy-slurry, van het type VS120 zoals gangbaar voor slijtlagen op bruggen.

## 3.5 Samenstellen en Productie SUREBridge-plaat

Het samenstellen en de productie van de tweede SUREBridge plaat is overeenkomstig de eerste SUREBridge plaat die is beschreven in §4.5 en §4.6 van "Verbinding Beton-mortel-composiet - Verslag experimentele proeven" LKT-COMH-108105-1904 d.d. 12-2-2019.

### 3.6 Resultaten productieproef

De resultaten van de productieproef van tweede SUREBridge plaat zijn overeenkomstig die van de eerste SUREBridge plaat die is beschreven in §4.7 van "Verbinding Beton-mortel-composiet - Verslag experimentele proeven" LKT-COMH-108105-1904 d.d. 12-2-2019.

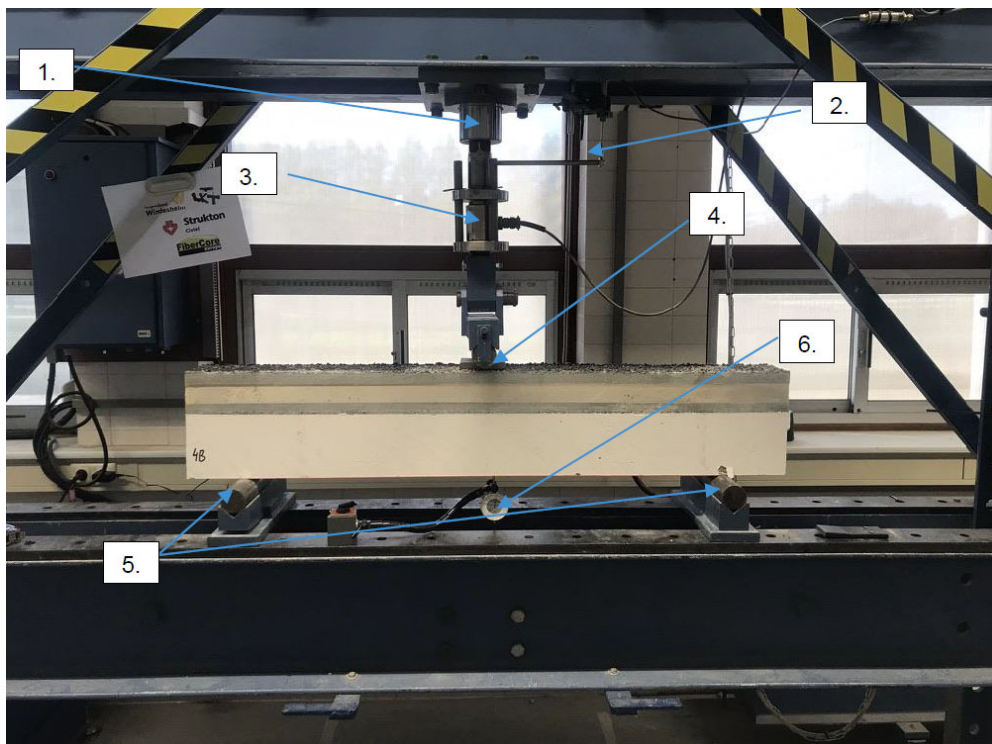
### 3.7 Proefopstelling 3-punts buigproef

Er is gebruik gemaakt van de drukkbank en het laboratorium van de Hogeschool Windesheim in Zwolle.

Een weergave van de proefopstelling is weergegeven in Figuur 1, Testopstelling. Elk onderdeel is met een nummer weergegeven.

- 1. Drukcilinder
- 2. Verplaatsingsmeter
- 3. Loadcell [200kN]
- 4. Stalen verdeelplaat
- 5. Opleggingen
- 6. Analooq verplaatsingsmeetklokje

De maximale capaciteit van de loadcell is 200 kN, verder dan deze waarde mag deze loadcell niet worden belast. Door het labbeheer is verzocht te streven naar een maximale belasting van 180 kN. De verplaatsingsmeetklok is om visueel de verplaatsing weer te geven, dit is terug te zien op de camerabeelden.



Figuur 5. Opstelling 3-punts buigproef bij Hogeschool Windesheim.

Het uitlezen van de gegevens is per milliseconde voor zowel cilinderdruk als cilinderverplaatsing. Het meetklokje meet op 0,1mm nauwkeurig, dit is met het oog afgelezen. Deze gegevens zijn ook terug te vinden op de camerabeelden. Alle proeven zijn in zijn geheel opgenomen met camera's aan de voor en achterzijde. Hiermee kunnen alle verschijnselen teruggekeken worden en verder worden geanalyseerd.

De overspanning is 1.000mm, de proefstukken zijn 1.250mm lang, met aan beide kanten van de oplegging een overstek van 125mm. De druk wordt uitgeoefend op 500mm van iedere oplegging. Voor ieder proefstuk is dit gelijk. Voor de verdeling van de last is een stalen plaat gebruikt van 100x100x20mm, welke in het midden van de balk is gepositioneerd.

### 3.8 Proefstukken

Voor de statische testen zijn 5 proefstukken gebruikt. Deze zijn getest tot bezwijken of tot het bereiken van de maximale waarde van de drukbank. Deze waarden zijn de referentiewaarden voor de vermoeiingstesten.

De proefstukken zijn voorzien van een eigen ID, ieder proefstuk is op dezelfde wijze opgebouwd. De enige variabelen van de proefstukken zijn de dikte van de mortellaag en de gezaagde breedte. Voor ieder proefstuk zijn deze individueel opgemeten. Van ieder proefstuk is in het midden, en aan beide uiteinden de dikte van de mortel opgemeten.

In de onderstaande Tabellen 1 en 2 zijn de gemeten afmetingen van ieder proefstuk weergegeven.

| ID proefstuk | Breedte [mm] | Gemiddelde dikte mortellaag [mm] |
|--------------|--------------|----------------------------------|
| 2-A          | 145          | 41                               |
| 2-B          | 145          | 42                               |
| 3-A          | 145          | 40                               |
| 3-B          | 143          | 40                               |
| 4-A          | 146          | 42                               |

Tabel 1, Proefstuk identificatie statisch

Voor de cyclische proeven zijn 5 proefstukken gebruikt met 1.000 cycli. Deze zijn 1.000x cyclisch belast met een  $\Delta F$  van 80kN van 0kN naar 80kN. De proefstukken zijn wit gekalkt aan beide zeiden om scheurvorming visueel te monitoren. Na deze cyclische belastingen is de maximale statische restcapaciteit van de proefstukken getest.

| ID proefstuk | Breedte [mm] | Gemiddelde Dikte mortellaag [mm] |
|--------------|--------------|----------------------------------|
| 4-B          | 151          | 40                               |
| 5-A          | 144          | 41                               |
| 5-B          | 145          | 41                               |
| 6-A          | 147          | 38                               |
| 6-B          | 155          | 36                               |

Tabel 2, Proefstuk identificatie 1.000 cycli

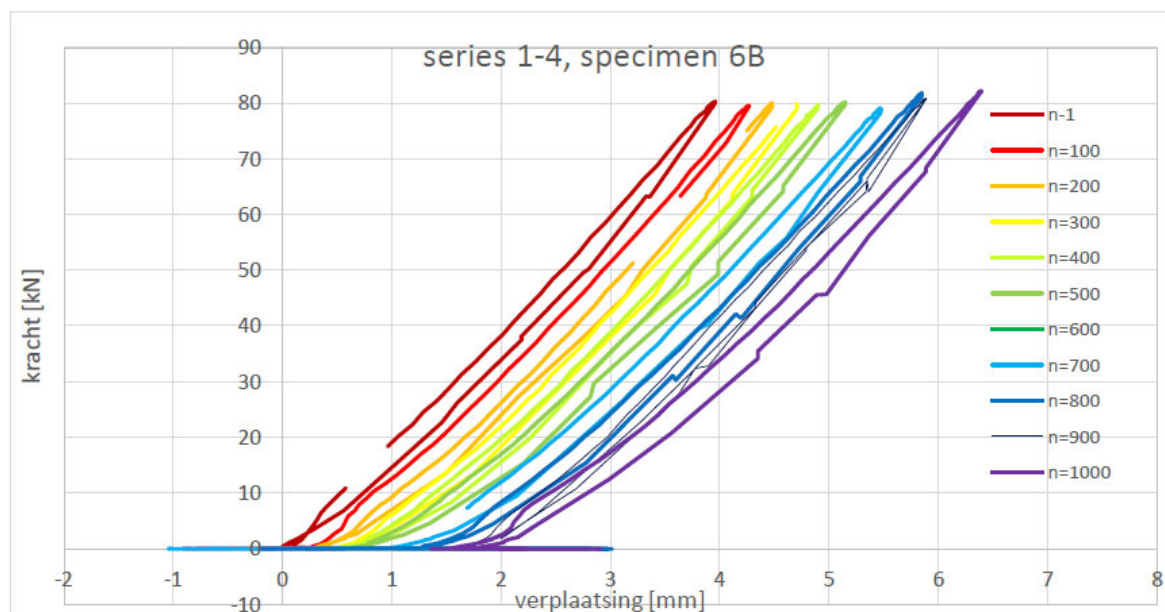
### 3.9 Dynamische resultaten buigproeven

In tabel 3 zijn de resultaten van de dynamische proeven samengevat.

| Proefstuk | Observatie          | Bezwijk-mechanisme | Eerste zichtbare scheurvorming | Doorbuiging na 1.000 cycli bij 80kN |
|-----------|---------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 4-B       | Dwarskrachtscheuren | Niet bezwaken      | 256 cycli                      | 1,90mm                              |
| 5-A       | Dwarskrachtscheuren | Niet bezwaken      | 80 cycli                       | 2,40mm                              |
| 5-B       | Dwarskrachtscheuren | Niet bezwaken      | 30 cycli                       | 2,70mm                              |
| 6-A       | Dwarskrachtscheuren | Niet bezwaken      | 50 cycli                       | 2,20mm                              |
| 6-B       | Dwarskrachtscheuren | Niet bezwaken      | 198 cycli                      | 1,85mm                              |

Tabel 3, Resultaten dynamische proeven

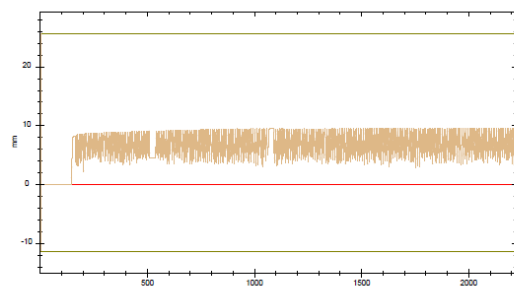
In figuur 6 is als voorbeeld het doorbuigingsverloop te zien van proefstuk 6B. Dit is representatief voor alle dynamische proeven. Dit een bewerking van de beproeving van 4 x 250 cycli op proefstuk 6B zoals getoond in figuur 7a t/m 7d.



Figuur 6. Doorbuigingsverloop bij proefstuk 6B

| Company                                      | Measurement report | DigiVision            |          |
|----------------------------------------------|--------------------|-----------------------|----------|
| MasterName                                   |                    | Version: V2019.2.1.0  |          |
| C:\...\2020\0423\01110_49_54_234.01.meas9205 |                    | Date: 23-4-2020 11:27 | Page 1/2 |

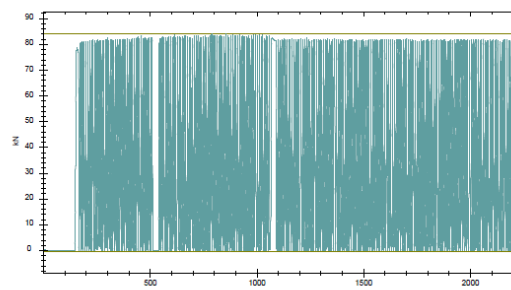
File checksum: OK  
 Start: 23-4-2020 10:49:54  
 User: MasterName  
 Measurement start: 23-4-2020 10:49:54  
 Measurement stop: 23-4-2020 11:26:53  
 Operating mode: Continuous measurement  
 Device type: 9205  
 Devices SN: 10001083  
 MIN value: -11,31 mm  
 MAX value: 25,67 mm  
 Peak-to-peak value: 36,98 mm  
 Number of measurements: 22201  
 Limit 1: <= 0,00  
 Limit 2: >= 155,00  
 Comment:



© 2019 burster präzisionsmesstechnik gmbh & co kg - Talstr. 1-5 - D-76593 Gernsbach

| Company                                      | Measurement report | DigiVision            |          |
|----------------------------------------------|--------------------|-----------------------|----------|
| MasterName                                   |                    | Version: V2019.2.1.0  |          |
| C:\...\2020\0423\02110_49_54_234.02.meas9205 |                    | Date: 23-4-2020 11:27 | Page 2/2 |

File checksum: OK  
 Start: 23-4-2020 10:49:54  
 User: MasterName  
 Measurement start: 23-4-2020 10:49:54  
 Measurement stop: 23-4-2020 11:26:53  
 Operating mode: Continuous measurement  
 Device type: 9205  
 Devices SN: 10000949  
 MIN value: -0,26 kN  
 MAX value: 84,22 kN  
 Peak-to-peak value: 84,48 kN  
 Number of measurements: 22201  
 Limit 1: <= -20,00  
 Limit 2: >= 220,00  
 Comment:

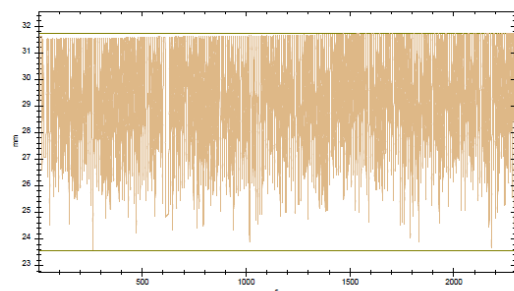


© 2019 burster präzisionsmesstechnik gmbh & co kg - Talstr. 1-5 - D-76593 Gernsbach

**Figuur 7a. Cyclisch Beproeving cyclus 1-250 bij proefstuk 6B**

| Company                                      | Measurement report | DigiVision            |          |
|----------------------------------------------|--------------------|-----------------------|----------|
| MasterName                                   |                    | Version: V2019.2.1.0  |          |
| C:\...\2020\0423\01113_07_31_306.01.meas9205 |                    | Date: 23-4-2020 13:45 | Page 1/2 |

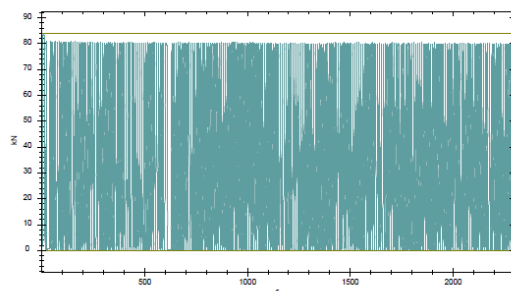
File checksum: OK  
 Start: 23-4-2020 13:07:31  
 User: MasterName  
 Measurement start: 23-4-2020 13:07:31  
 Measurement stop: 23-4-2020 13:45:44  
 Operating mode: Continuous measurement  
 Device type: 9205  
 Devices SN: 10001083  
 MIN value: 23,57 mm  
 MAX value: 31,74 mm  
 Peak-to-peak value: 8,17 mm  
 Number of measurements: 22941  
 Limit 1: <= 0,00  
 Limit 2: >= 155,00  
 Comment:



© 2019 burster präzisionsmesstechnik gmbh & co kg - Talstr. 1-5 - D-76593 Gernsbach

| Company                                      | Measurement report | DigiVision            |          |
|----------------------------------------------|--------------------|-----------------------|----------|
| MasterName                                   |                    | Version: V2019.2.1.0  |          |
| C:\...\2020\0423\02113_07_31_306.02.meas9205 |                    | Date: 23-4-2020 13:45 | Page 2/2 |

File checksum: OK  
 Start: 23-4-2020 13:07:31  
 User: MasterName  
 Measurement start: 23-4-2020 13:07:31  
 Measurement stop: 23-4-2020 13:45:44  
 Operating mode: Continuous measurement  
 Device type: 9205  
 Devices SN: 10000949  
 MIN value: 0,06 kN  
 MAX value: 84,02 kN  
 Peak-to-peak value: 83,96 kN  
 Number of measurements: 22941  
 Limit 1: <= -20,00  
 Limit 2: >= 220,00  
 Comment:

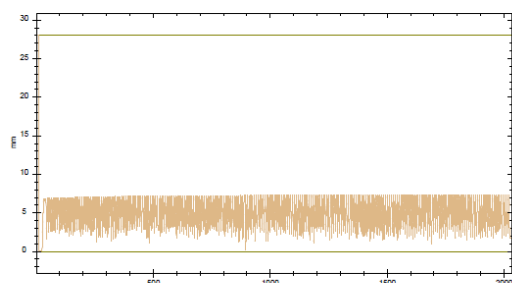


© 2019 burster präzisionsmesstechnik gmbh & co kg - Talstr. 1-5 - D-76593 Gernsbach

**Figuur 7b. Cyclisch Beproeving cyclus 251-500 bij proefstuk 6B**

| Company                                | Measurement report | DigiVision            |          |
|----------------------------------------|--------------------|-----------------------|----------|
| MasterName                             |                    | Version: V2019.2.1.0  |          |
| C:\_I2020\0423\0113_52_301.01.meas9205 |                    | Date: 23-4-2020 14:26 | Page 1/2 |

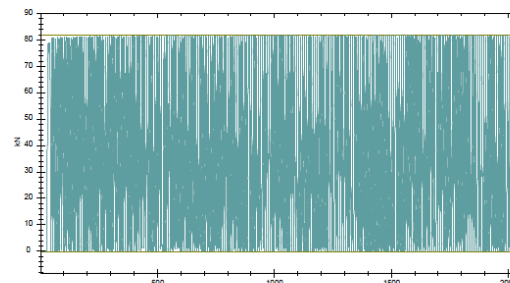
File checksum: OK  
 Start: 23-4-2020 13:52:32  
 User: MasterName  
 Measurement start: 23-4-2020 13:52:32  
 Measurement stop: 23-4-2020 14:26:23  
 Operating mode: Continuous measurement  
 Device type: 9205  
 Devices SN: 10001083  
 MIN value: -0,01 mm  
 MAX value: 28,08 mm  
 Peak-to-peak value: 28,09 mm  
 Number of measurements: 20313  
 Limit 1: <= 0,00  
 Limit 2: >= 155,00  
 Comment:



© 2019 burster präzisionsmesstechnik gmbh & co kg - Talstr. 1-5 - D-76593 Gernsbach

| Company                                 | Measurement report | DigiVision            |          |
|-----------------------------------------|--------------------|-----------------------|----------|
| MasterName                              |                    | Version: V2019.2.1.0  |          |
| C:\_I2020\0423\02113_52_407.02.meas9205 |                    | Date: 23-4-2020 14:26 | Page 2/2 |

File checksum: OK  
 Start: 23-4-2020 13:52:32  
 User: MasterName  
 Measurement start: 23-4-2020 13:52:32  
 Measurement stop: 23-4-2020 14:26:23  
 Operating mode: Continuous measurement  
 Device type: 9205  
 Devices SN: 10000949  
 MIN value: -0,14 kN  
 MAX value: 81,94 kN  
 Peak-to-peak value: 82,08 kN  
 Number of measurements: 20313  
 Limit 1: <= -20,00  
 Limit 2: >= 220,00  
 Comment:

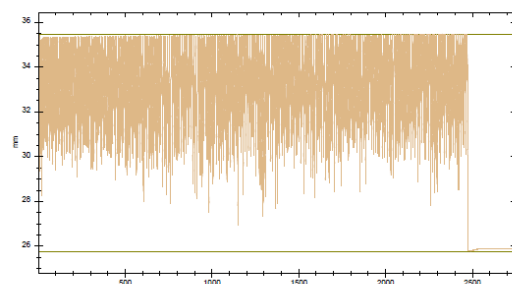


© 2019 burster präzisionsmesstechnik gmbh & co kg - Talstr. 1-5 - D-76593 Gernsbach

**Figuur 7c. Cyclisch Beproeving cyclus 501-751 bij proefstuk 6B**

| Company                                   | Measurement report | DigiVision            |          |
|-------------------------------------------|--------------------|-----------------------|----------|
| MasterName                                |                    | Version: V2019.2.1.0  |          |
| C:\_I2020\0424\0109_32_14_859.01.meas9205 |                    | Date: 24-4-2020 10:18 | Page 1/2 |

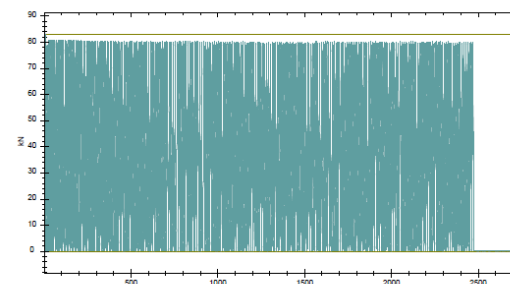
File checksum: OK  
 Start: 24-4-2020 09:32:14  
 User: MasterName  
 Measurement start: 24-4-2020 09:32:14  
 Measurement stop: 24-4-2020 10:17:57  
 Operating mode: Continuous measurement  
 Device type: 9205  
 Devices SN: 10001083  
 MIN value: 25,77 mm  
 MAX value: 35,47 mm  
 Peak-to-peak value: 9,70 mm  
 Number of measurements: 27438  
 Limit 1: <= 0,00  
 Limit 2: >= 155,00  
 Comment:



© 2019 burster präzisionsmesstechnik gmbh & co kg - Talstr. 1-5 - D-76593 Gernsbach

| Company                                   | Measurement report | DigiVision            |          |
|-------------------------------------------|--------------------|-----------------------|----------|
| MasterName                                |                    | Version: V2019.2.1.0  |          |
| C:\_I2020\0424\0209_32_14_875.02.meas9205 |                    | Date: 24-4-2020 10:18 | Page 2/2 |

File checksum: OK  
 Start: 24-4-2020 09:32:14  
 User: MasterName  
 Measurement start: 24-4-2020 09:32:14  
 Measurement stop: 24-4-2020 10:17:57  
 Operating mode: Continuous measurement  
 Device type: 9205  
 Devices SN: 10000949  
 MIN value: 0,04 kN  
 MAX value: 83,06 kN  
 Peak-to-peak value: 83,02 kN  
 Number of measurements: 27438  
 Limit 1: <= -20,00  
 Limit 2: >= 220,00  
 Comment:



© 2019 burster präzisionsmesstechnik gmbh & co kg - Talstr. 1-5 - D-76593 Gernsbach

**Figuur 7d. Cyclisch Beproeving cyclus 751-1000 bij proefstuk 6B**

## 3.10 Statistische resultaten buigproeven

| Proef                                       | ID-Proefstuk | Samenstelling        | Aantal Cycli | Hoogst gemeten last [kN] | Standaard Deviatie | Positie Belasting | Links Berekende Dwarskracht bij bezwijken [kN] | Standaard Deviatie | Berekend buigend moment bij bezwijken [kNm] | Rechts Berekende Dwarskracht bij bezwijken [kN] | Observatie                   | Bijzonderheid                                     | Beproeivingsdatum | ID-Foto   | ID-Video  |
|---------------------------------------------|--------------|----------------------|--------------|--------------------------|--------------------|-------------------|------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------|-----------|-----------|
| 1. Statisch 2020                            | 0-A          | GVK                  | 1            | -                        |                    | 50-50             | -                                              |                    |                                             |                                                 |                              |                                                   |                   | FO_PS_0-A | VI_PS_0-A |
|                                             | 0-B          | GVK                  | 1            | -                        |                    | 50-50             | -                                              |                    |                                             |                                                 |                              |                                                   |                   | FO_PS_0-B | VI_PS_0-B |
|                                             | 1-A          | GVK-Mortel-Beton Ø16 | 1            | 182,97                   | 4,05               | 70-30             | 128,08                                         |                    | 38,42                                       | 54,89                                           | Dwarskrachtscheuren in beton | Geen bijzonderheden                               | 5-3-2020          | FO_PS_1-A | VI_PS_1-A |
|                                             | 1-B          | GVK-Mortel-Beton Ø16 | 1            | 191,07                   |                    | 70-30             | 133,75                                         |                    | 40,12                                       | 57,32                                           | Dwarskrachtscheuren in beton | Geen bijzonderheden                               | 5-3-2020          | FO_PS_1-B | VI_PS_1-B |
|                                             | 2-A          | GVK-Mortel-Beton Ø16 | 1            | 192,07                   |                    | 50-50             | 96,04                                          |                    | 48,02                                       | 96,04                                           | Dwarskrachtscheuren in beton | Stefanker aanwezig                                | 19-3-2020         | FO_PS_2-A | VI_PS_2-A |
|                                             | 2-B          | GVK-Mortel-Beton Ø16 | 1            | 189,33                   |                    | 50-50             | 94,67                                          |                    | 47,33                                       | 94,67                                           | Dwarskrachtscheuren in beton | Geen bijzonderheden                               | 19-3-2020         | FO_PS_2-B | VI_PS_2-B |
|                                             | 3-A          | GVK-Mortel-Beton Ø16 | 1            | 190,81                   | 0,89               | 50-50             | 95,41                                          | 0,45               | 47,70                                       | 95,41                                           | Dwarskrachtscheuren in beton | Geen bijzonderheden                               | 19-3-2020         | FO_PS_3-A | VI_PS_3-A |
|                                             | 3-B          | GVK-Mortel-Beton Ø16 | 1            | 190,57                   |                    | 50-50             | 95,29                                          |                    | 47,64                                       | 95,29                                           | Dwarskrachtscheuren in beton | Breedte 140mm, en pijp voor ondersabelen aanwezig | 19-3-2020         | FO_PS_3-B | VI_PS_3-B |
| 2. Statisch na gebruik - cyclisch kort 2020 | 4-A          | GVK-Mortel-Beton Ø16 | 1            | 190,22                   |                    | 50-50             | 95,11                                          |                    | 47,56                                       | 95,11                                           | Dwarskrachtscheuren in beton | Breedte 140mm, en pijp voor ondersabelen aanwezig | 19-3-2020         | FO_PS_4-A | VI_PS_4-A |
|                                             | 4-B          | GVK-Mortel-Beton Ø16 | 1000         | 187,13                   |                    | 50-50             | 93,565                                         |                    | 46,7825                                     | 93,57                                           | Dwarskrachtscheuren in beton |                                                   | 24-4-2020         |           | VI_PS_4-B |
|                                             | 5-A          | GVK-Mortel-Beton Ø16 | 1000         | 186,66                   | 9,56               | 50-50             | 93,33                                          | 4,78               | 46,665                                      | 93,33                                           | Dwarskrachtscheuren in beton |                                                   | 24-4-2020         |           | VI_PS_5-A |
|                                             | 5-B          | GVK-Mortel-Beton Ø16 | 1000         | 172,63                   |                    | 50-50             | 86,315                                         |                    | 43,1575                                     | 86,32                                           | VVK lijf op afschuiving      | 2e VVK lijf er bijna naast                        | 24-4-2020         |           | VI_PS_5-B |
|                                             | 6-A          | GVK-Mortel-Beton Ø16 | 1000         | 193,61                   |                    | 50-50             | 96,805                                         |                    | 48,4025                                     | 96,81                                           | Dwarskrachtscheuren in beton |                                                   | 24-4-2020         |           | VI_PS_6-A |
|                                             | 6-B          | GVK-Mortel-Beton Ø16 | 1000         | 201,69                   |                    | 50-50             | 100,845                                        |                    | 50,4225                                     | 100,85                                          | Dwarskrachtscheuren in beton |                                                   | 24-4-2020         |           | VI_PS_6-B |
| Statisch na gebruik - proef 2020            | 1V           | GVK-Mortel-Beton Ø8  | 1            | 144,7                    |                    | 80-20             | 115,74                                         |                    | 23,15                                       | 23,15                                           | Beton op buiging             | Betonplaat kwam gedeeltelijk los van de VVK plaat | 17-3-2020         | x         | VI_PS_1V  |
|                                             | 2V           | GVK-Mortel-Beton Ø8  | 1            | 158,8                    | 12,52              | 80-20             | 127,02                                         |                    | 25,40                                       | 25,40                                           | Beton op buiging             | Betonplaat kwam gedeeltelijk los van de VVK plaat | 17-3-2020         | x         | VI_PS_2V  |
|                                             | 3V           | GVK-Mortel-Beton Ø8  | 1            | 144,0                    |                    | 80-20             | 115,18                                         | 10,02              | 23,04                                       | 23,04                                           | Beton op buiging             | Betonplaat kwam volledig los van de VVK plaat     | 17-3-2020         | x         | VI_PS_3V  |
|                                             | 4V           | GVK-Mortel-Beton Ø8  | 1            | 123,7                    |                    | 80-20             | 98,92                                          |                    | 19,78                                       | 3,96                                            | Beton op buiging             | Betonplaat kwam gedeeltelijk los van de VVK plaat | 17-3-2020         | x         | VI_PS_4V  |
| Statisch 2018                               | 1-3-5        | GVK-Mortel-Beton Ø8  | 1            | 126,1                    |                    | 80-20             | 100,9                                          |                    | 25,23                                       | 25,23                                           | Beton op buiging             |                                                   | 18-12-2018        |           |           |
|                                             | 1-3-6        | GVK-Mortel-Beton Ø8  | 1            | 145,0                    | 7,88               | 80-20             | 116,0                                          | 6,3                | 23,20                                       | 29,00                                           | Beton op afschuiving         |                                                   | 18-12-2018        |           |           |
|                                             | 3-5-4        | GVK-Mortel-Beton Ø8  | 1            | 139,1                    |                    | 80-20             | 111,3                                          |                    | 22,26                                       | 27,83                                           | Beton op buiging             |                                                   | 18-12-2018        |           |           |



Figuur 8. Resultaten statische buigproef

Van de statische proeven die ter referentie met de cyclische proeven zijn verricht (2-A t/m 4A), is geen enkel proefstuk bezwiken op afschuiving tussen GVK en beton, wel traden dwarskracht scheuren op.

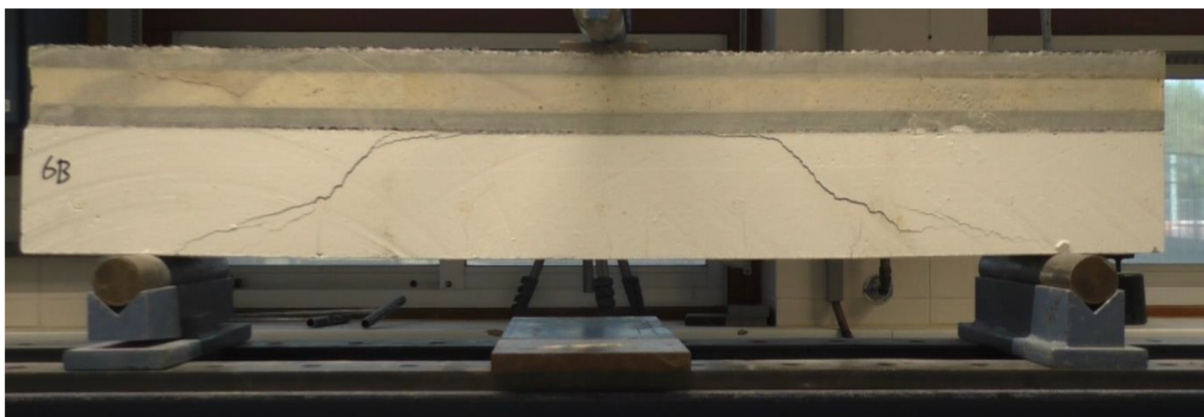
Van de statische proeven na 1.000 cycli zijn verricht (4B t/m 6-B0), is geen enkel proefstuk bezwiken op afschuiving tussen GVK en beton, wel traden dwarskrachtscheuren op. Er is dus geen invloed van de vermoeiing te zien na 1.000 cycli op statische capaciteit.

Proefstuk 5-B is bezwiken omdat er op de positie waar de druk uitgeoefend maar 1 VVK lijf aanwezig is. Dit komt omdat de lijven niet boven de wapeningsstaven gepositioneerd waren, maar één in het midden en een tweede halve aan de buitenzijde, zie Figuur 9. Ook bevindt het tweede lijf zich niet onder het drukvlak van 100x100mm. De druk wordt uitgeoefend over een breedte van 100mm, het proefstuk is 145mm breed.

In figuur 10 is als voorbeeld het dwarskracht scheurenpatroon te zien van proefstuk 6B. Dit is representatief voor alle statische proeven.



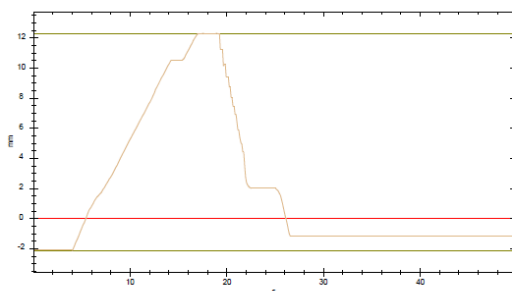
**Figuur 9 Proefstuk 5B**



**Figuur 10. Proefstuk 6-B onder 200 kN belasting.**

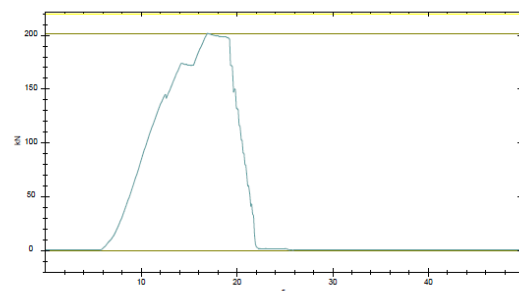
In figuur 11 is als voorbeeld de beproeving proefstuk 6B getoond. Dit is representatief voor alle statische proeven van proefstukken die eerst cyclisch zijn belast.

| Company                                  | Measurement report     | DigiVision            |          |
|------------------------------------------|------------------------|-----------------------|----------|
| MasterName                               |                        | Version: V2019.2.1.0  |          |
| C:\_2020\0424\0110_23_49_744.01.meas9205 |                        | Date: 24-4-2020 10:29 | Page 1/2 |
| File checksum:                           | OK                     |                       |          |
| Start:                                   | 24-4-2020 10:23:49     |                       |          |
| User:                                    | MasterName             |                       |          |
| Measurement start:                       | 24-4-2020 10:23:49     |                       |          |
| Measurement stop:                        | 24-4-2020 10:24:38     |                       |          |
| Operating mode:                          | Continuous measurement |                       |          |
| Device type:                             | 9205                   |                       |          |
| Devices SN:                              | 10001083               |                       |          |
| MIN value:                               | -2,12 mm               |                       |          |
| MAX value:                               | 12,30 mm               |                       |          |
| Peak-to-peak value:                      | 14,42 mm               |                       |          |
| Number of measurements:                  | 499                    |                       |          |
| Limit 1:                                 | <= 0,00                |                       |          |
| Limit 2:                                 | >= 155,00              |                       |          |
| Comment:                                 |                        |                       |          |



© 2019 burster präzisionsmesstechnik gmbh & co kg - Talstr. 1-5 - D-70563 Gernsbach

| Company                                  | Measurement report     | DigiVision            |          |
|------------------------------------------|------------------------|-----------------------|----------|
| MasterName                               |                        | Version: V2019.2.1.0  |          |
| C:\_2020\0424\0210_23_49_744.02.meas9205 |                        | Date: 24-4-2020 10:29 | Page 2/2 |
| File checksum:                           | OK                     |                       |          |
| Start:                                   | 24-4-2020 10:23:49     |                       |          |
| User:                                    | MasterName             |                       |          |
| Measurement start:                       | 24-4-2020 10:23:49     |                       |          |
| Measurement stop:                        | 24-4-2020 10:24:38     |                       |          |
| Operating mode:                          | Continuous measurement |                       |          |
| Device type:                             | 9205                   |                       |          |
| Devices SN:                              | 10000949               |                       |          |
| MIN value:                               | -0,02 kN               |                       |          |
| MAX value:                               | 201,67 kN              |                       |          |
| Peak-to-peak value:                      | 201,69 kN              |                       |          |
| Number of measurements:                  | 499                    |                       |          |
| Limit 1:                                 | <= -20,00              |                       |          |
| Limit 2:                                 | >= 220,00              |                       |          |
| Comment:                                 |                        |                       |          |



© 2019 burster präzisionsmesstechnik gmbh & co kg - Talstr. 1-5 - D-70563 Gernsbach

**Figuur 11. Statische beproeving proefstuk 6-B onder 200 kN belasting**

## 4 Buigproeven van gebruikte plaat

### 4.1 Wat

Het restant van de eerste geproduceerde SUREBridge-plaat is in het wegdek voor de ingang van de betoncentrale geplaatst om eroverheen te rijden. Dit gebeurt daar vooral met vrachtwagens en heftrucks. De gebruiksproef op een bedding is beschreven in Hoofdstuk 5 van "Verbinding Beton-mortel-composiet - Verslag experimentele proeven" LKT-COMH-108105-1904 d.d. 12-2-2019.

Deze plaat is na 1 jaar opgenomen, en in proefstukken gezaagd voor 3 punts buigbeproeving zoals in hoofdstuk 4 van LKT-COMH-108105-1904 en hoofdstuk 3 in dit rapport.

Deze proefstukken zijn statisch belast. Om een zo groot mogelijke dwarskracht te krijgen is de puntlast geplaatst op een afstand van 20-80cm uit de opleggingen. De resultaten van de proefstukken die in 2020 zijn beproefd, worden vergeleken met die van de proefstukken die in 2019 direct beproefd zijn en ook met een afstand van 20-80cm uit de opleggingen zijn uitgevoerd. Alle proefstukken zijn dus afkomstig uit SUREBridge plaat die is gemaakt in 2018 en hebben een zeer bescheiden buigwapening in het beton van Ø8.

### 4.2 Hypothese

De hypothese is dat:

- de proefstukken na de gebruiksproef ook op moment bezwijken;
  - de schuifverbinding van het samengestelde paneel geen nadelige gevolgen door berijden zal ondervinden.
- Maar dat laatste is niet herleiden aan deze proeven, omdat buiging maatgevend is.

### 4.3 Proefstukken

In tabel 4 is de proefstukidentificatie weergegeven. De afmetingen van de proefstukken uit de gebruikte plaat waren gelijkwaardig aan die van de referentieproefstukken uit 2018.

#### ID proefstuk

1-V (beproefd mrt 2020)  
2-V (beproefd mrt 2020)  
3-V (beproefd mrt 2020)  
4-V (beproefd mrt 2020)

---

1-3-5 (beproefd dec 2018)  
1-3-6 (beproefd dec 2018)  
3-5-4 (beproefd dec 2018)

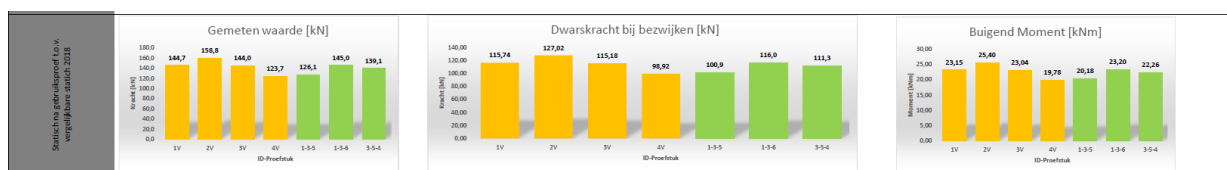
**Tabel 4. Proefstuk identificatie statisch – Proefstukken uit plaat na gebruiksproef en referentie proefstukken uit 2018 waar er 2 VVK lijven in per balk aanwezig waren.**

## 4.4 Resultaten

De resultaten in tabelvorm zijn opgenomen in Figuur 8.

Alle proefstukken zijn conform verwachting bezwaken op buiging. Er zijn daarom geen conclusies te verbinden ten aanzien van schuifverbinding.

In Figuur 12 zijn de resultaten in grafiekvorm vergeleken met de resultaten van vergelijkbare proeven zonder tussenliggende gebruiksproef. Hieruit is te zien dat de gebruiksproef geen invloed heeft op de statische sterkte van balken. N.B. alle balken bezwaken op buiging van het beton.



Figuur 12. Resultaten statische buigproef – Proefstukken uit gebruikte plaat

In samenwerking met



**Strukton**

# Verbinding Betonmortel- composiet

## Over Lectoraat Kunststoftechnologie

Het lectoraat Kunststoftechnologie stimuleert innovatie op het gebied van kunststofverwerking en -producten in het midden- en kleinbedrijf. Vanuit de onderzoeksprojecten, uitgevoerd door docenten van de technische opleidingen bij de Hogeschool Windesheim in samenwerking met bedrijven, vloeien nieuwe kennis en inzichten naar het Hoger Onderwijs én het bedrijfsleven.

## Samenvatting

Voor de brug in de Weg van Ongenade in de gemeente Noordoostpolder wordt een versterking en renovatie door middel van het SUREbridge-systeem voorbereid. Dit systeem omvat het overlagen van de bestaande betonnen brug met een InfraCore composiet paneel. Deze zijn door middel van een mortel-tussenlaag schuifvast verbonden en geven zo een hogere, stijvere en sterkere doorsnede.

Coupons tests en full-scale beproevingen aan het systeem waren reeds gedaan in het kader van het SUREbridge onderzoekstraject.

Om de werkzaamheid van de tussenlaag op de schaal van een brug op basis van de gekozen uitvoeringswijze te onderbouwen, zijn grotere proefstukken gemaakt waarbij is bepaald hoeveel hechting de mortel tussenlaag geeft.

Dit rapport omschrijft de resultaten van:

- dynamische buigproeven (na aanvullende productieproef)
- statische buigproeven van proefstukken uit gebruiksp