



Vezelversterkte kunststof voetgangers- en fietsersbruggen te Brugge

Rob Somers (MOW-EBS)

Petra Van Itterbeek & Gust Van Lysebetten (WTCB)

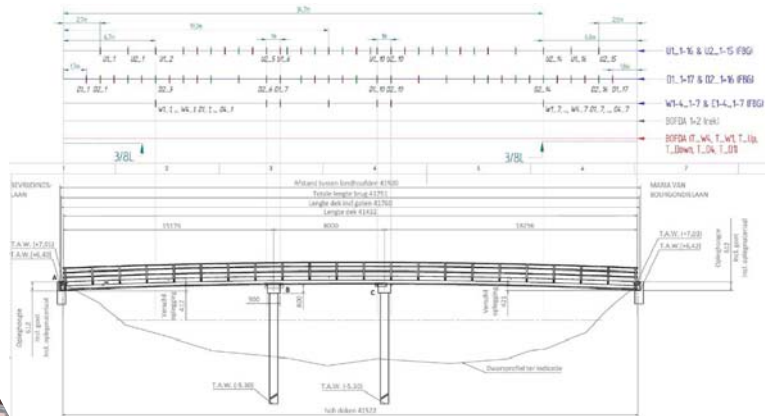
Verschillende OV technieken ingebouwd in brugdek



Kennisopbouw & langetermijn monitoring (predictive maintenance)

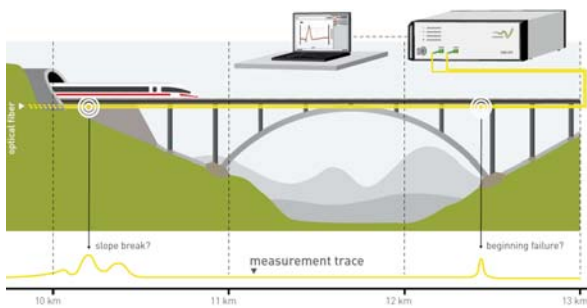
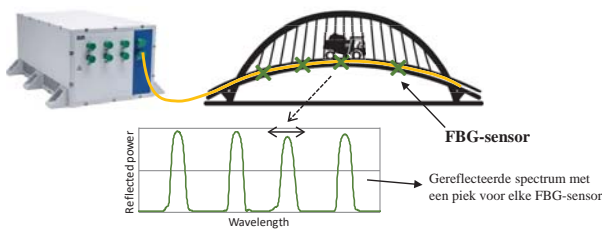
	FBG	BOFDA
Volledige naam	Fiber Bragg Grating	Brillouin Optical Frequency Domain Analysis
Parameters	Rek, temperatuur	Rek, temperatuur
Nauwkeurigheid rek	1 $\mu\text{m}/\text{m}$	< 5 $\mu\text{m}/\text{m}$
Nauwkeurigheid temperatuur	0.1 ° C	0.1 ° C
Type meting	Lokale meting op sensorpositie (meetbasis \pm 10 mm) Multiplexen van meerdere sensoren op 1 kabel is mogelijk	Continue meting over volledige kabellengte "Distributed sensing" Meetbasis 200 mm
Aantal sensoren	Typisch 20 à 30 op 1 kabel	Meetwaarde elke 0.05 m
Aansluiting op meetapparatuur	"Single-ended"	"Double-ended" = lus
Meetfrequentie	> 1 kHz	Typisch 5 min./meting
Toepassingsgebied	Belastings- en trillingsproeven	Belastingsproeven



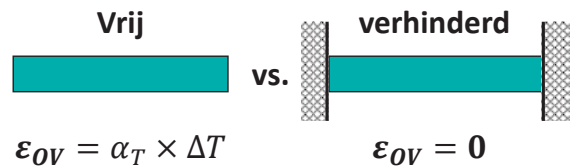


- **BOFDA** over ganse lengte van de brug (42 m)
 - 2 rek-lijnen
 - 6 temperatuurslijnen
- **FBG**:
 - 12 meetlijnen met in totaal 120 sensoren

Interpretatie optische vezelmetingen



$$\Delta T$$



$$\epsilon = \epsilon_{OV} - (\alpha_T \times \Delta T)$$

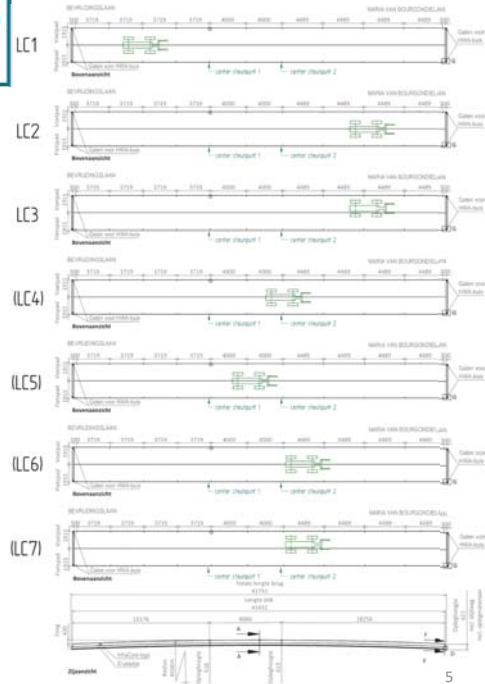
Reële vervorming

Verhinderde vervorming

Statische belastingsproeven



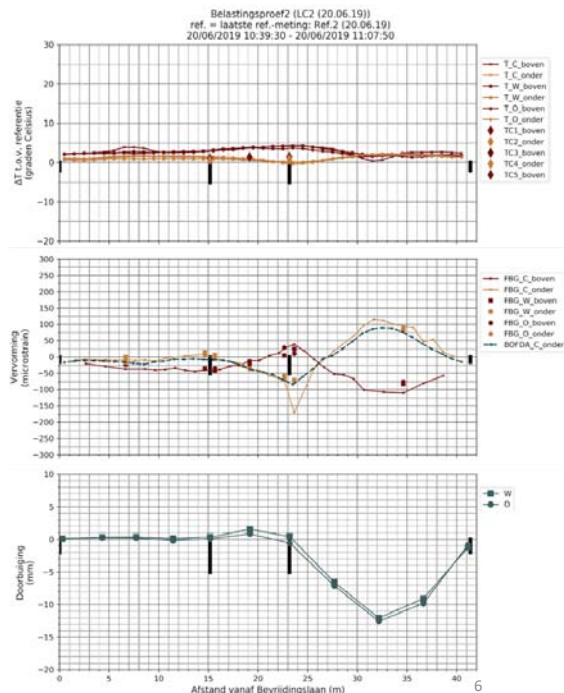
- Belasting doormiddel van verreiker.
- 7 belastingsgevallen beschouwd
- Naast **OV metingen** tevens **topografische** opmeting



Temperatuur in en op de brug

Verhinderde vervorming

Doorbuiging

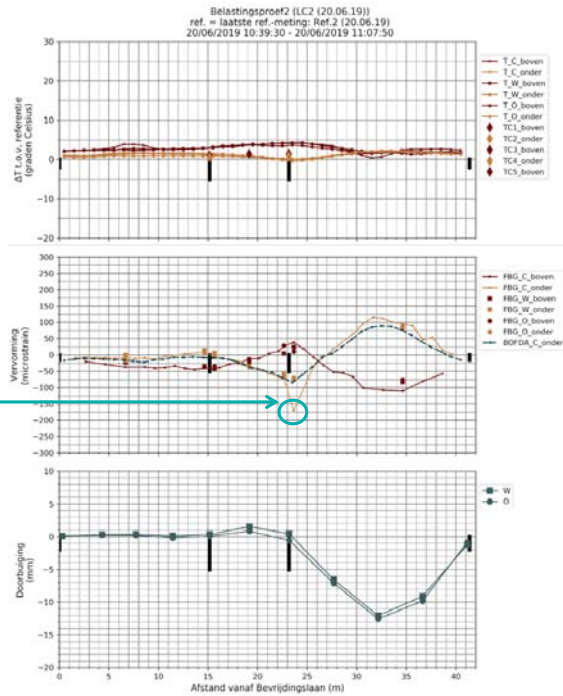




- BOFDA en FBG geven vergelijkbare resultaten

Spanningsconcentratie wordt waargenomen door FBG meting (locale meting) door niet optimale oplegging

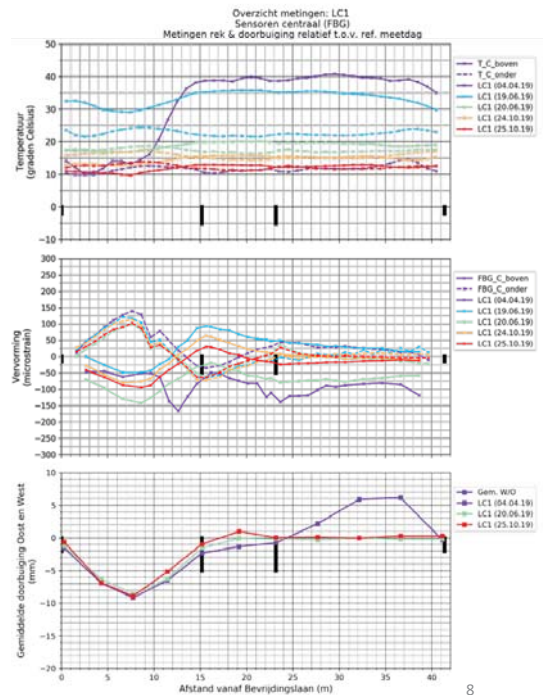
- Bernouilli is van toepassing



Temperatuur in en op de brug

Verhinderde vervorming

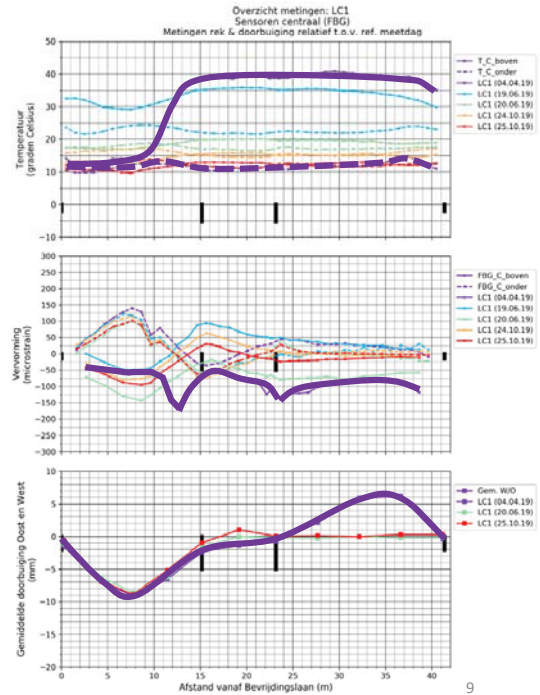
Doorbuiging



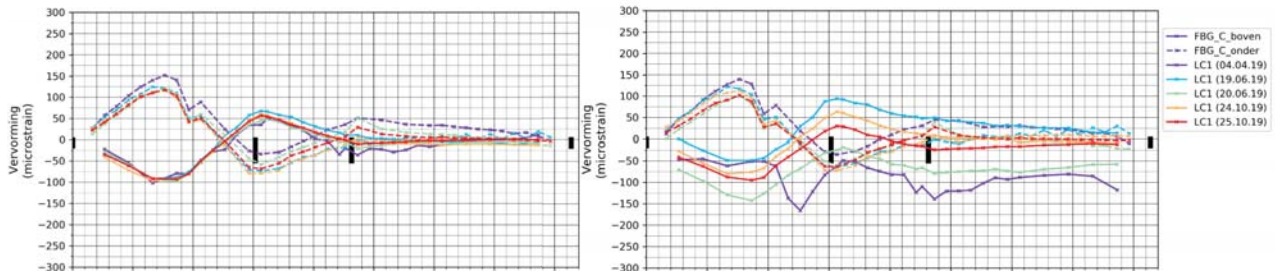


LC1

- **Vergelijkbare vervormingen en doorbuigingen** tijdens verschillende testcampagnes
- Belangrijke **temperatuursgradiënt**
 - **Interne spanningsopbouw &**
 - **Globale vervormingen**



LC1



Reële vervorming

$$\epsilon = \epsilon_{0V} - (\alpha_T \times \Delta T)$$

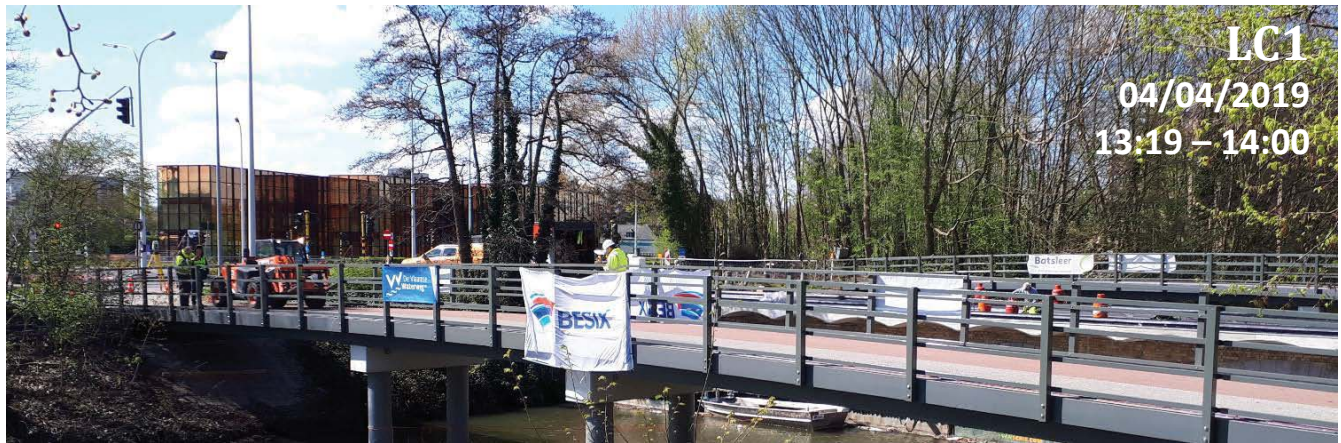
Reële vervorming

Verhinderde vervorming

Verhinderde vervorming

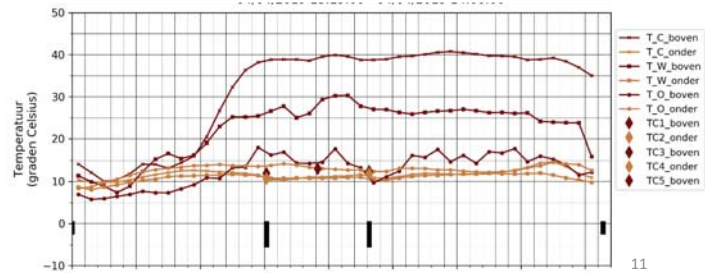
Er geen statistisch **beduidende evolutie in de respons van de brug t.g.v. de belasting** vastgesteld over de beschouwde in-service duur (± 14 maanden).



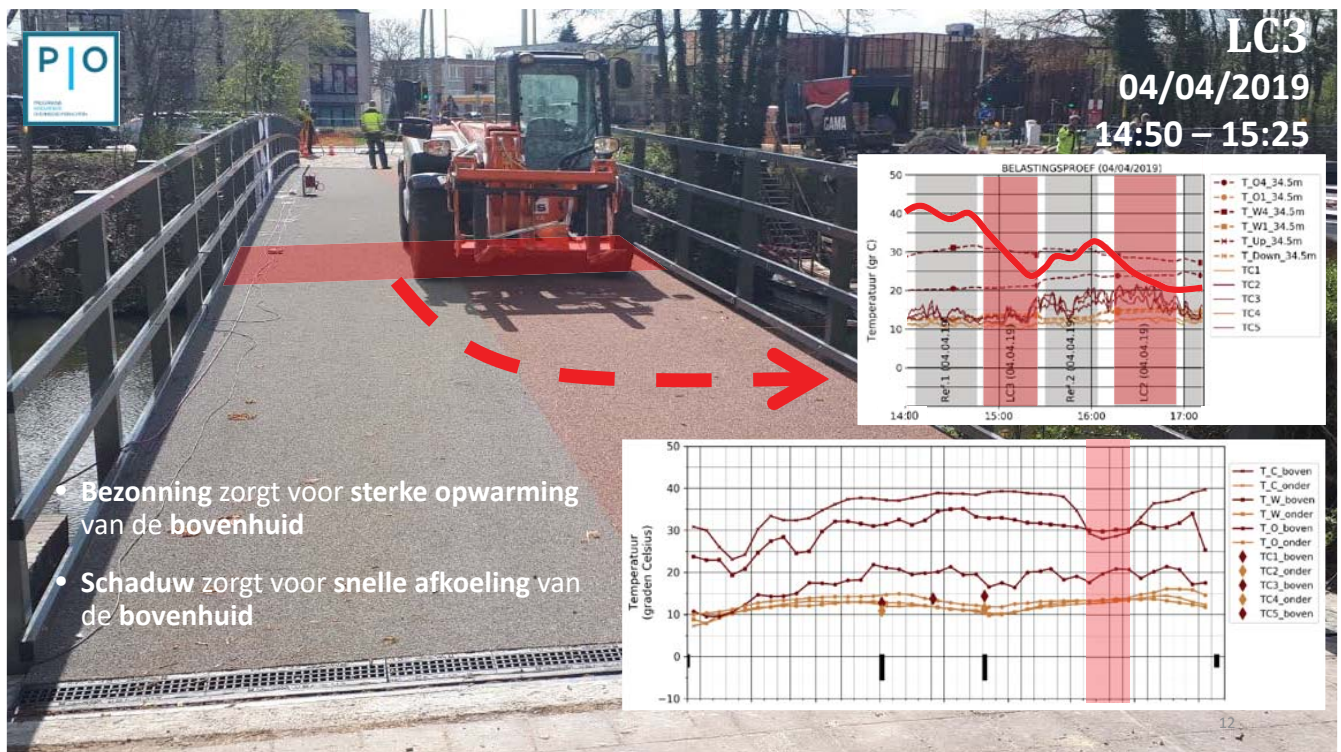


LC1
04/04/2019
13:19 – 14:00

- **Bezinning** zorgt voor sterke opwarming van de **bovenhuid**

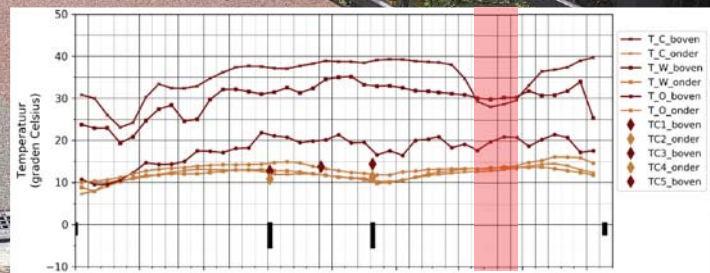
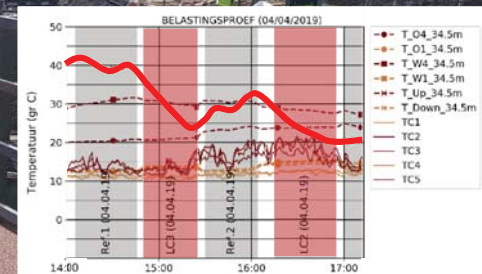


11



LC3
04/04/2019
14:50 – 15:25

- **Bezinning** zorgt voor sterke opwarming van de **bovenhuid**
- **Schaduw** zorgt voor snelle afkoeling van de **bovenhuid**



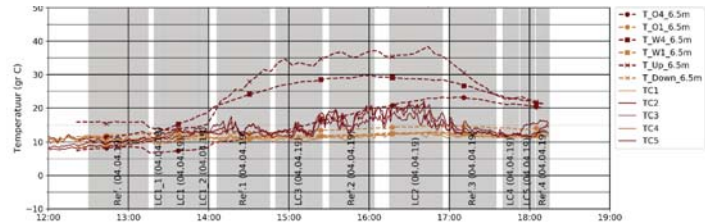
12



04/04/2019
9:00



04/04/2019
16:35



- **Bezinning** zorgt voor **sterke opwarming** van de **bovenhuid**
- **Schaduw** zorgt voor **snelle afkoeling** van de **bovenhuid**
- **Temperatuur** wordt **slechts beperkt doorgegeven** aan **onderbouw**



13



C-BRIDGE
TETRA PROJECT



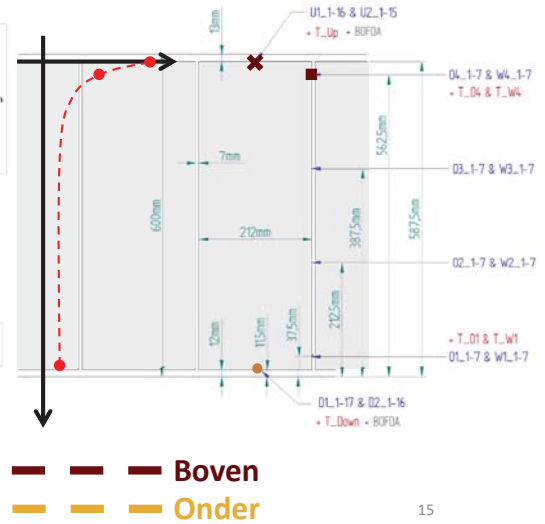
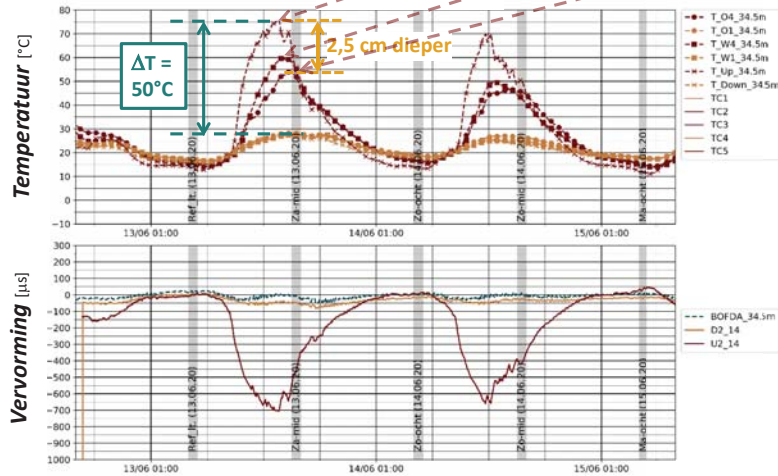
14

Verdere kennisopbouw

(48 uursmeting uitgevoerd juni 2020)

C-BRIDGE
TETRA PROJECT

- ✘ Centraal in de brug (h = ± 59 cm)
- Oost zijde van de brug (h = ± 56 cm)
- West zijde van de brug (h = ± 56 cm)

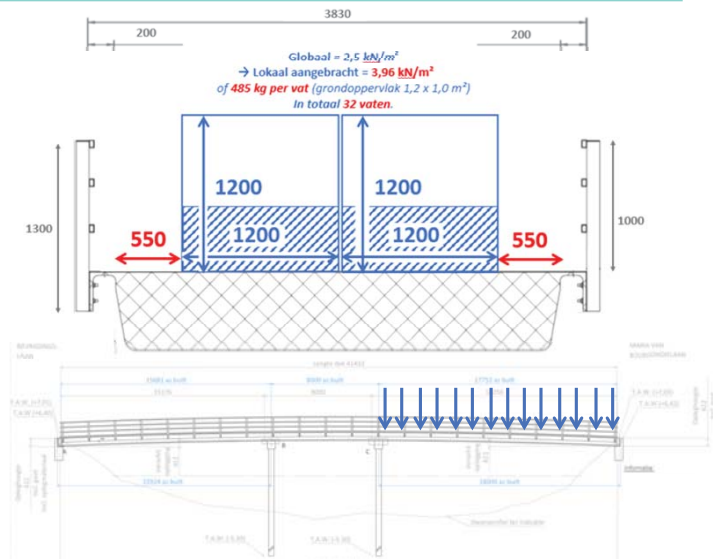


15

Verdere kennisopbouw

Halfslastproef

C-BRIDGE
TETRA PROJECT



16

Verdere kennisopbouw

Halflastproef

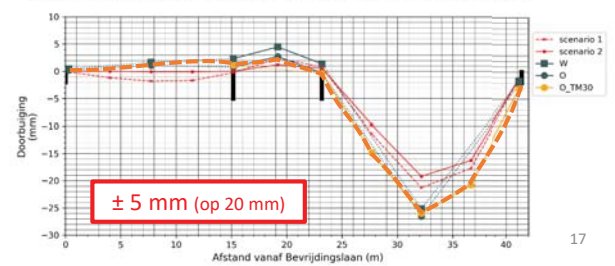
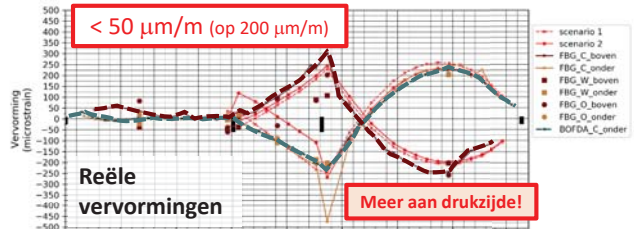
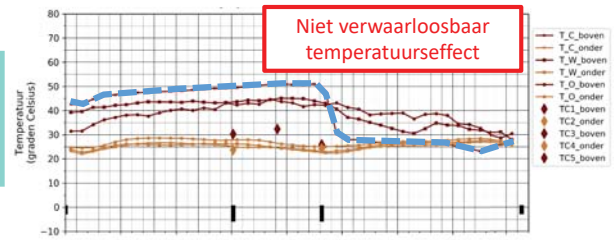
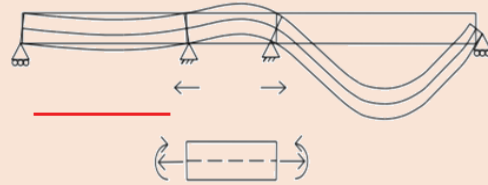
C-BRIDGE
TETRA PROJECT

Voorspelling door UGent

Scenario 1 : Zuivere oplegging **zonder** horizontale verandering van de vervormingen



Scenario 2 : Zuivere oplegging **met** horizontale verandering van de vervormingen

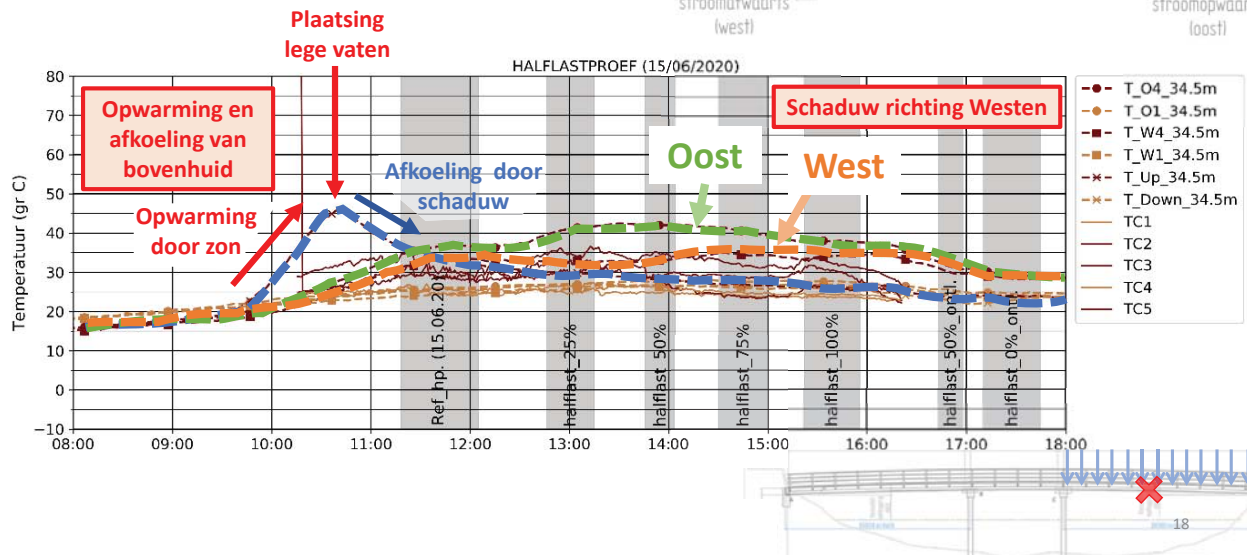
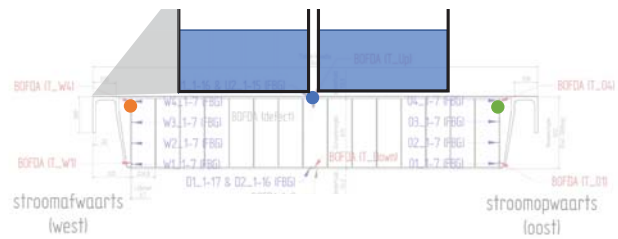


17

Verdere kennisopbouw

Halflastproef

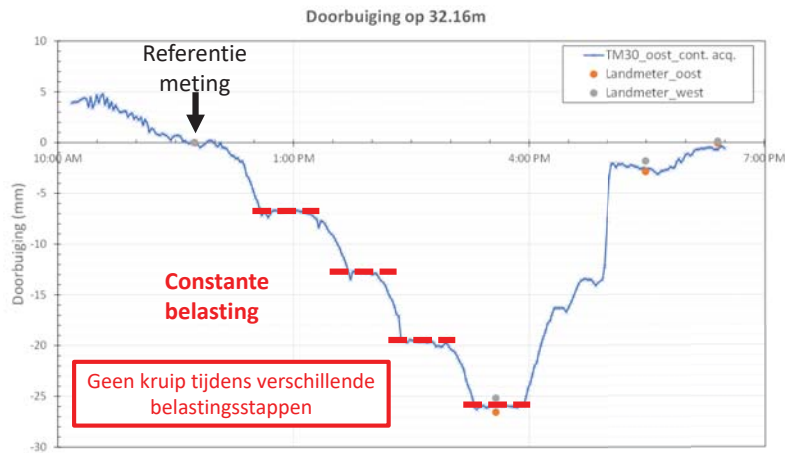
C-BRIDGE
TETRA PROJECT



Verdere kennisopbouw

Halflastproef

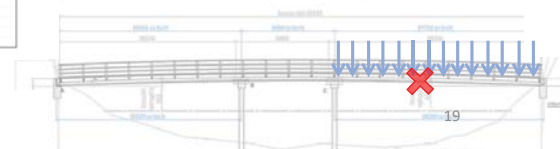
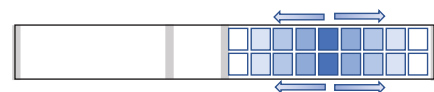
C-BRIDGE
TETRA PROJECT



Vulprocedure in 4 stappen



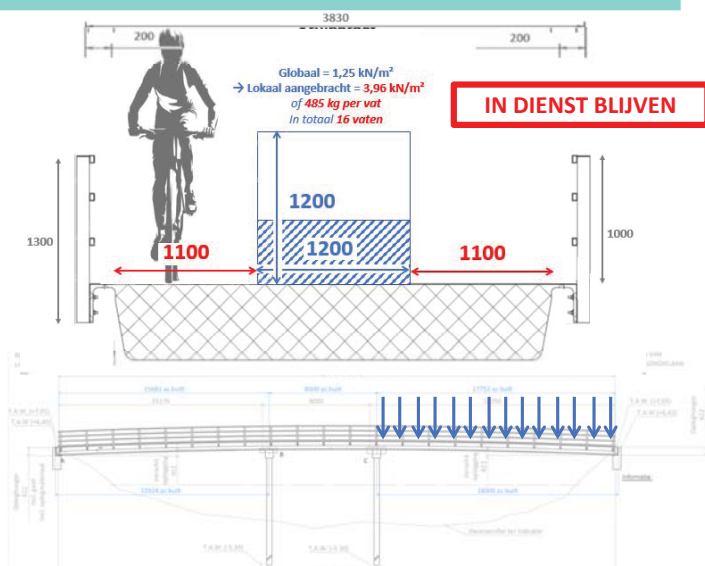
Ledigingsprocedure in 2 stappen



Verdere kennisopbouw

Kwartlast kripproef

C-BRIDGE
TETRA PROJECT



Verdere kennisopbouw

Kwartlast kruipproef

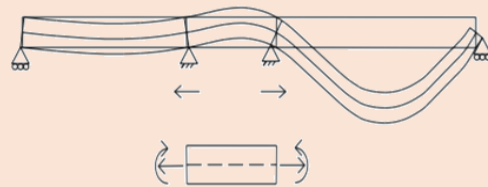


Voorspelling door UGent

Scenario 1 : Zuivere oplegging **zonder** horizontale verhoging van de vervormingen



Scenario 2 : Zuivere oplegging **met** horizontale verhoging van de vervormingen



Kruip :

Technical Specification: Design of fibre-polymer composite structures

$$d_{fin}(t) = d_{int,Q} \cdot (1 + \phi(t)) + d_{int,Q1} \cdot (1 + \psi_{z,1} \cdot \phi(t)) + \sum_{i=2}^n d_{int,Qi} \cdot (1 + \psi_{z,i} \cdot \phi(t))$$

$$d_{int,Q}(t) = d_{int,Q} \cdot (1 + \phi(t))$$

Type of reinforcement	Property	Period of time (years)										
		1	5	10	15	20	25	30	40	50	75	100
UD	E_{cr}	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,15
	E_{cp}	0,15	0,23	0,27	0,30	0,32	0,34	0,36	0,38	0,41	0,45	0,48
	G_{cp}	1,13	1,55	1,78	1,94	2,06	2,16	2,25	2,40	2,52	2,78	2,94
Woven (0/90°)	E_{cr}	0,44	0,53	0,58	0,60	0,62	0,64	0,65	0,67	0,68	0,71	0,73
	E_{cp}, E_{cp}	1,48	1,91	2,12	2,25	2,34	2,42	2,48	2,58	2,67	2,82	2,93

$\phi(1u) = 1$

$\phi(2u) = 1,01$ (geschatte duur aanbrengen belasting+nulmeting)

$\phi(6\text{dagen}) = 1,07$ (duur kruipproef)

$\phi(1\text{jaar}) = 1,13$

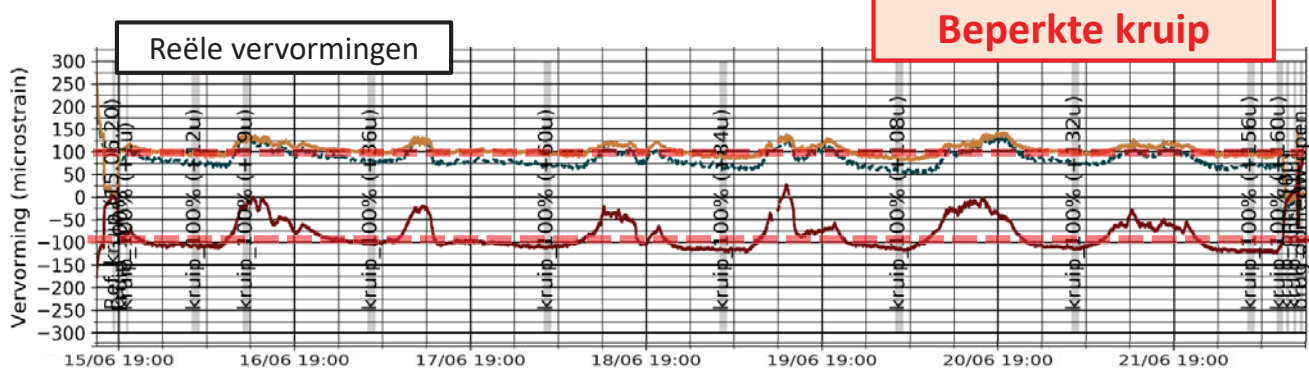
+ 6 %

Verdere kennisopbouw

Kwartlast kruipproef

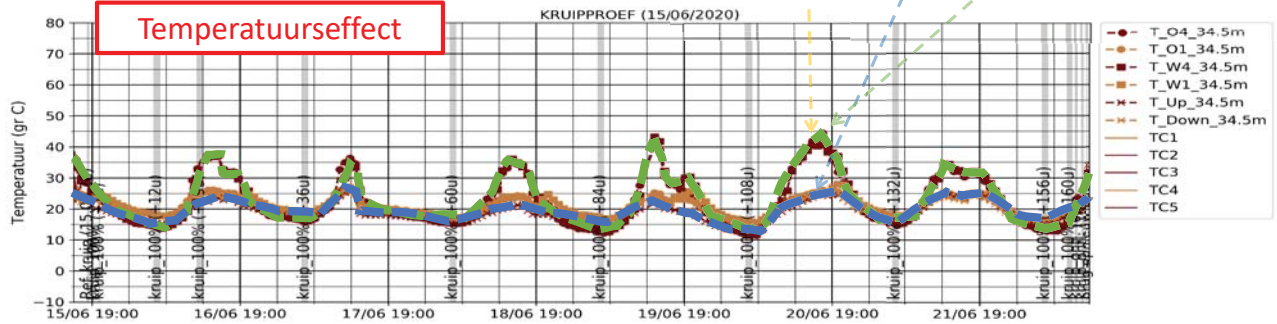
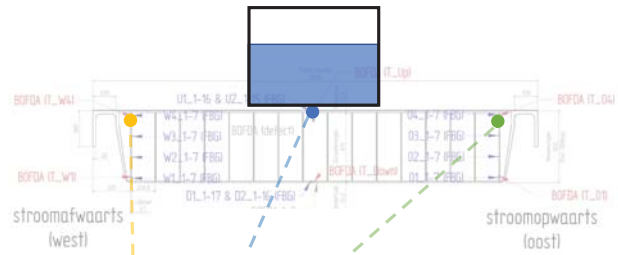


--- BOFDA_34.5m
 — D2_14
 — U2_14



Verdere kennisopbouw Kwartlast kruipproef

C-BRIDGE
TETRA PROJECT



23

Dynamische belastingsproeven

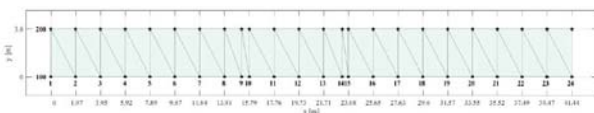


Vlaamse
overheid

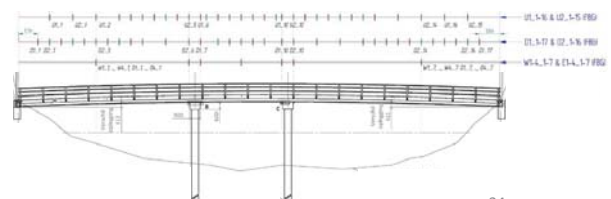
Accelerometer metingen **VS** Ingebouwde FBG sensoren



- 15 meetunits welke geplaatst worden op de brug
- 4 setups tijdens meetcampagne



120 ingebouwde FBG sensoren



24

BESTEKTEKSTEN

C-BRIDGE

TETRA PROJECT

- ✓ Interviews en gesprekken met aanbestedende overheden en producenten (in NL)
- ✓ Verzamelen en analyseren bestekteksten
- ✓ Bezoeken van verschillende bruggen (in NL)
- ✓ Doornemen van allerlei guidelines
- ✓ Wetenschappelijke kennis
- ✓ ...

Overzicht in 2^{de} presentatie



Vlaamse
overheid

Opstellen van
TYPE BESTEKTEKST (SB260)



DELEN met de BOUWWERELD

25



Dank u voor
uw aandacht

VRAGEN?
pvi@bbri.be