

Proeftuin Constructief Geopolymeerbeton





SKG-IKOB

Certificatie

Inleiding Ton van Beek

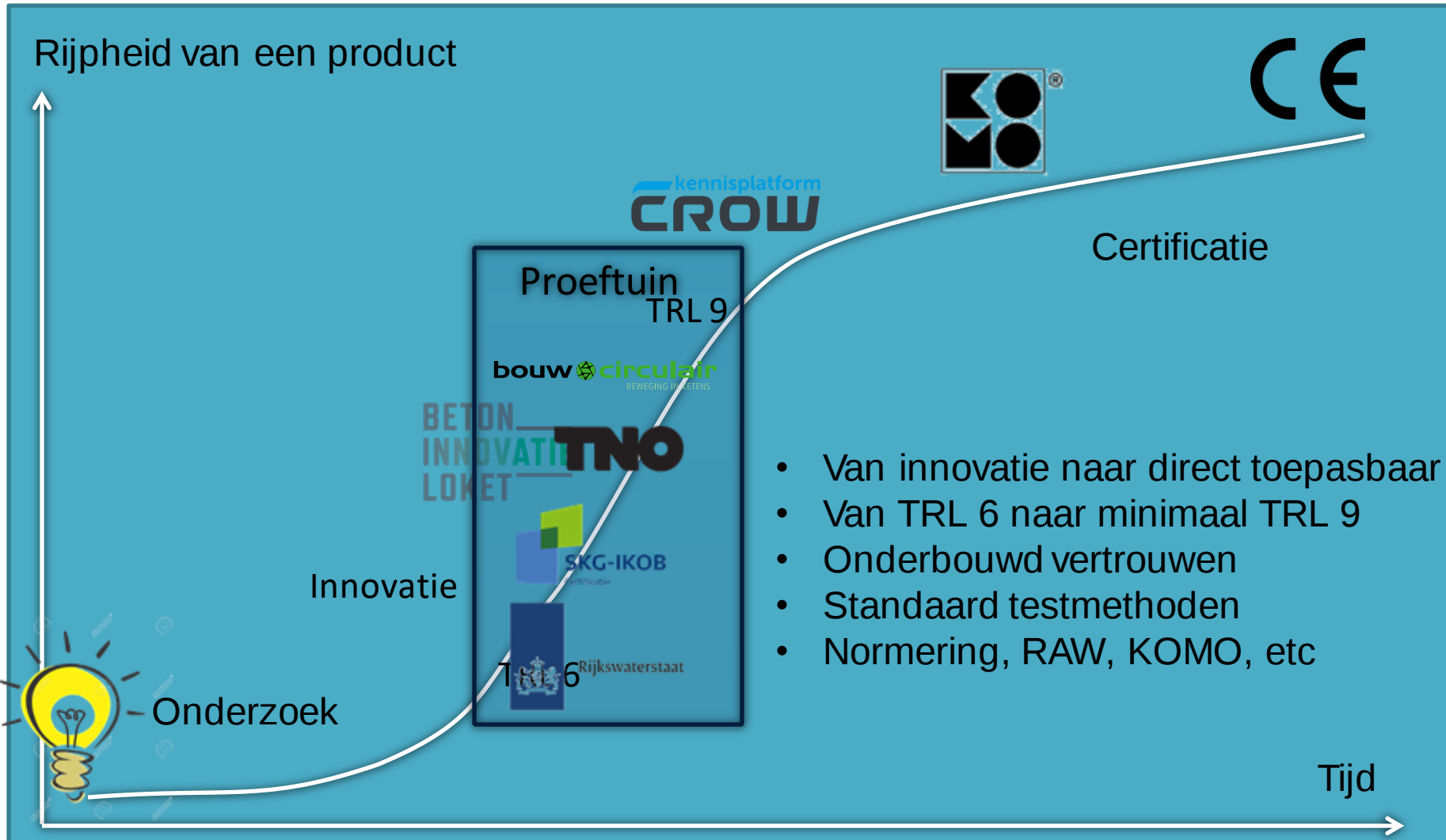


Doel monitoren innovaties

- Bevorderen duurzaamheid
 - CO2 arm
 - Circulair
 - In de hele keten
 - Bouwwerk
 - Aantoonbaar
 - Praktijk
-
- Van TRL 6 naar ≥ 9
 - Van lab naar praktijk



Beoogd resultaat



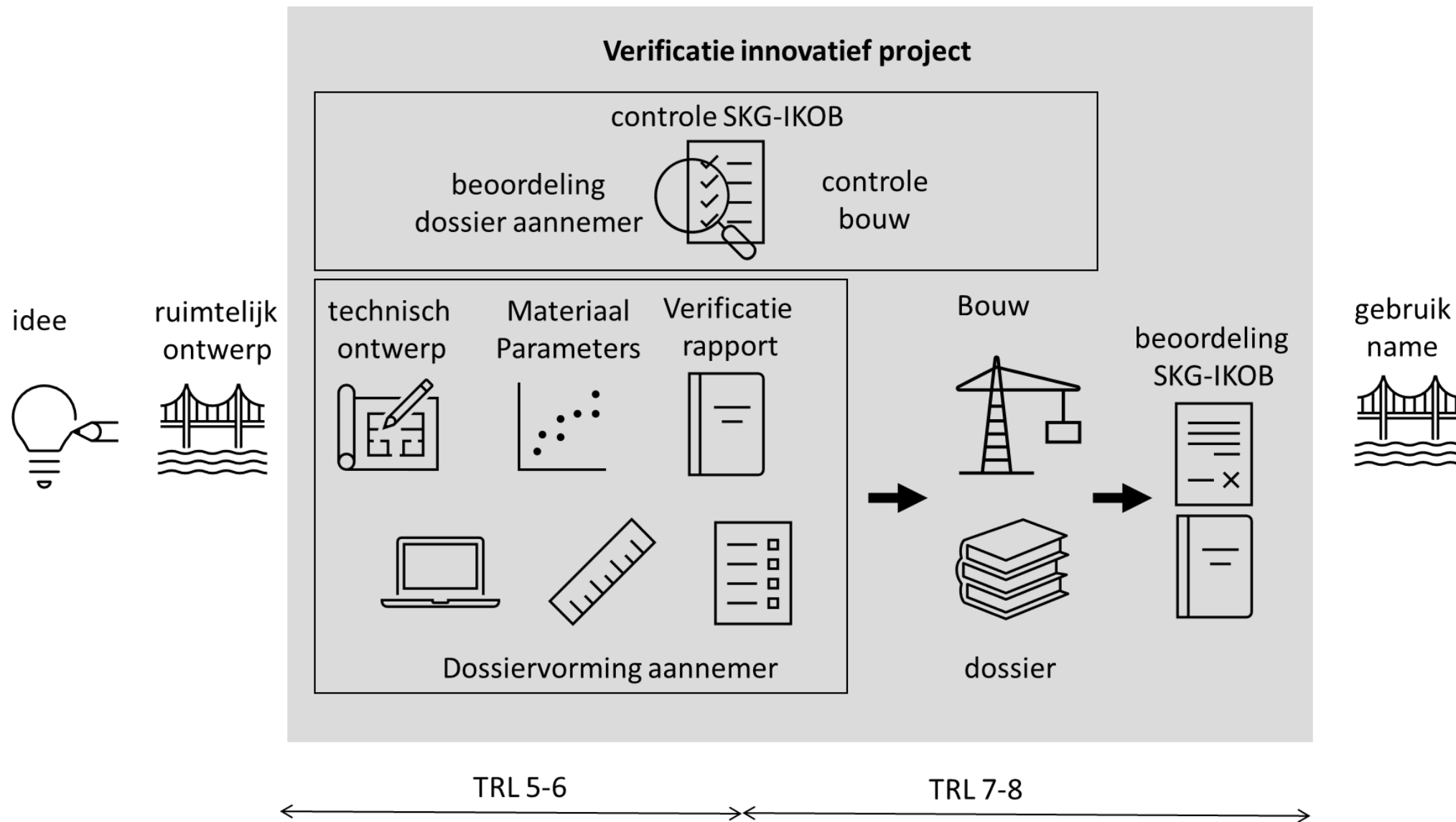
Het monitoringsprotocol

Geeft antwoord op de vragen:

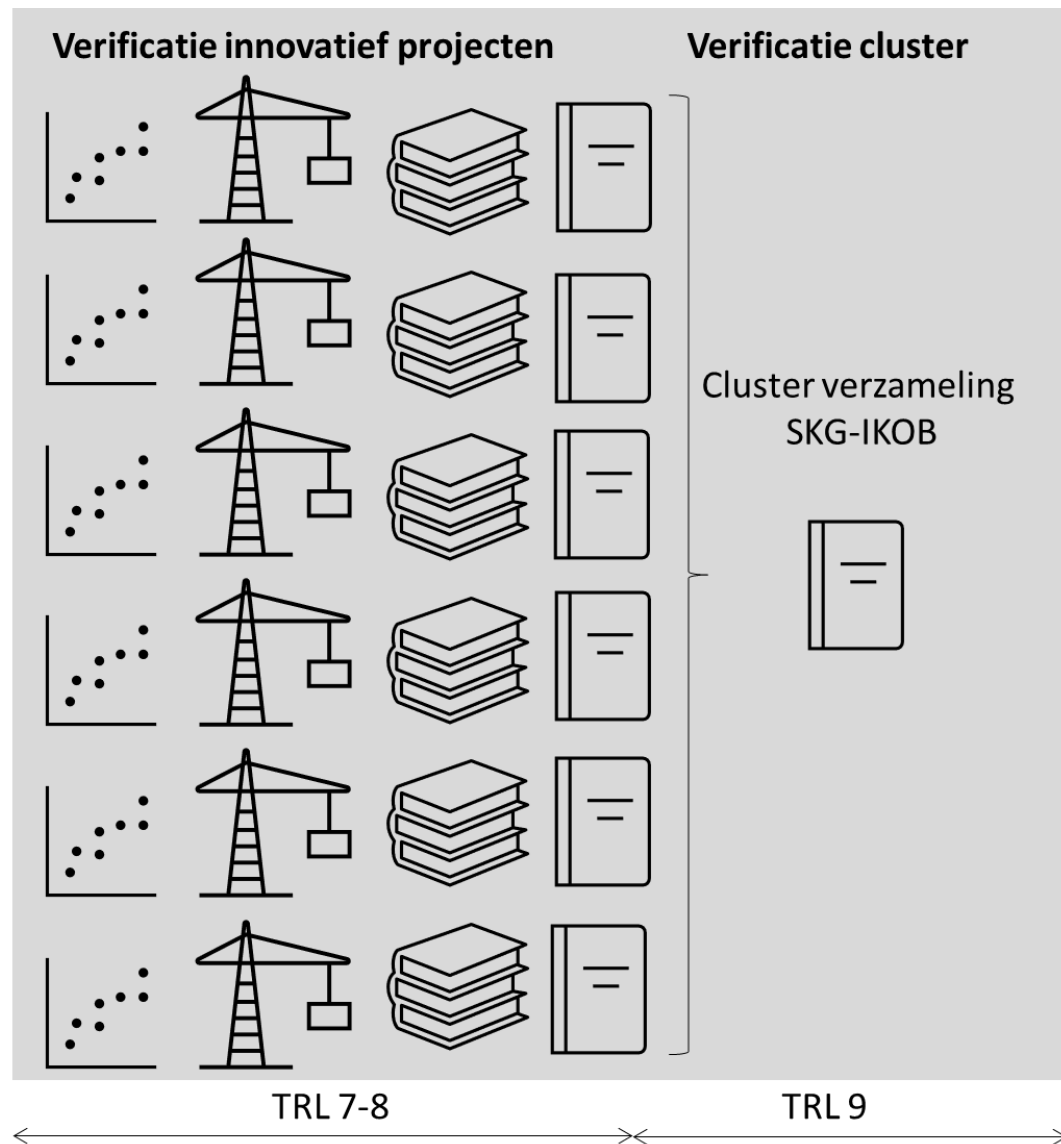
- Draagt de aangeboden oplossing bij aan het in de keten houden van materialen in de keten
- Welke milieuprestaties er behaald worden
- Of de aangeboden oplossing ook de technische prestaties halen die nodig zijn
- Methodiek staat op website Bouwcirculair
- Monitoringsprotocol van proeftuinprojecten - BouwCirculair



Werkwijze



Analyse



Breed en diep

- 10 projecten die reeds zijn uitgevoerd
- 10 projecten worden nu uitgevoerd
- Van de 10 zijn er 4 geselecteerd voor extra testen
 - Uittrekkkrachten wapening
 - Proefstukken voor veroudering
 - Sterkte in het werk
 - ...

TNO

De projecten

Reeds gerealiseerde projecten:

- Uitgeverij Davo, Deventer
- Gemaal Coehoorn, Orvelte
- Gemaal Leenders, Wanneperveen
- Fietsbrug Floriade, Almere
- Verkeersbrug Floriade, Almere
- Fiets-voetgangersbrug, Wageningen
- N69, fiets-voetgangersbrug, Valkenswaard
- Spoor onderdoorgang, Heiloo
- Fiets-voetgangersbrug, Hoogvliet
- N 206, busonderdoorgang, Valkenburg (ZH)
- Prefab woningen, 's-Gravenzande

Uit te voeren projecten:

- Fietsbrug Zoutkamp, Groningen
- Gemalen Aldegea SWF e.o., Elahuizen, Oudega en Harich
- Gemaal Windesheim, Zwolle
- Selectieve Onttrekking IJmond, IJmuiden
- Gemaal Windesheim (vleugelwanden), Zwolle
- Flying bikes, keerwanden, Barneveld
- 2^e Petroleumhaven Oost, Pernis
- 2 bruggen, Dongen

Diepgaand onderzoek:

- Fietsbrug Zoutkamp, Groningen
- Gemalen Aldegea SWF e.o., Elahuizen, Oudega en Harich
- Selectieve Onttrekking IJmond, IJmuiden
- Gemaal Windesheim (vleugelwanden), Zwolle

TNO

Breed en diep

- 10 projecten die reeds zijn uitgevoerd
- 10 projecten worden nu uitgevoerd
- Van de 10 zijn er 4 geselecteerd voor extra testen
 - Uittrekkkrachten wapening
 - Proefstukken voor veroudering
 - Sterkte in het werk
 - ...

Resultaten

Algemene prestaties

- Milieu
 - CO₂
 - MKI
- Besluit bodemkwaliteit
- Gezondheid
 - Tijdens de bouw
 - Tijdens gebruik

Constructieve prestaties

- Dwarskracht
- Buiging
- Scheurwijdte

CO₂ equivalenten

Referentiewaarden	C20/25	C30/37	C35/45	C45/55
CSC	283	318	333	363
NMD (CEM I)	347	354	398	498
NMD (CEM III)	140	153	180	226

Gevonden waarden:
70 - 145 kg/m³

MKI

Referentiewaarden	C20/25	C30/37	C35/45	C45/55
Moederbestek	€ 18,0	€ 18,0	€ 19,0	€ 19,0
NMD (CEM I)	€ 23,8	€ 24,2	€ 27,0	€ 33,6
NMD (CEM III)	€ 11,6	€ 12,6	€ 14,7	€ 18,2
Geopolymeer	€ 8,2	€ 6,4	€ 9,9	€ 17,8

Technische prestaties beton

- Druksterkte
- E-modulus
- Splijttreksterkte
- Buigtreksterkte
- Poisson ratio
- Krimp
- Kruip
- Vloeistofindringing
- Carbonatatie
- Chloride indringing
- ASR bestandheid
- Sulfaten
- Volumieke massa
- Verwerkbaarheid

Resultaten technisch

Prestatie	Tov beton	Gevonden waarden
Elasticiteitsmodulus	-10%	25,3 -33,2 GPa
Splijttreksterkte	Vergelijkbaar	2,9 – 4,56 MPa
Poisson ratio	Vergelijkbaar	0,1 – 0,24
Krimp	Hoger	0,53 – 1,65 mm/m
Carbonatatie	Vergelijkbaar	5,0 – 15,4 mm
Chloride indringing	Vergelijkbaar	0,22 – 2,0 mm

Carbonatatie en chloride vergeleken met de exposure resistanse classes

Bedankt voor uw aandacht

**Vragen graag bewaren tot het
einde van de presentaties**

Geopolymeerbeton keerwanden gemaal Windesheim

Frank Staal

Waarom meedoen?

100%
cement free

1st
Gen

100%
cement

1st
Gen

30%
cement free

2nd
Gen

50%
cement free

3rd
Gen

60%
cement free

1st
Hybrid
Gen

75%
cement free

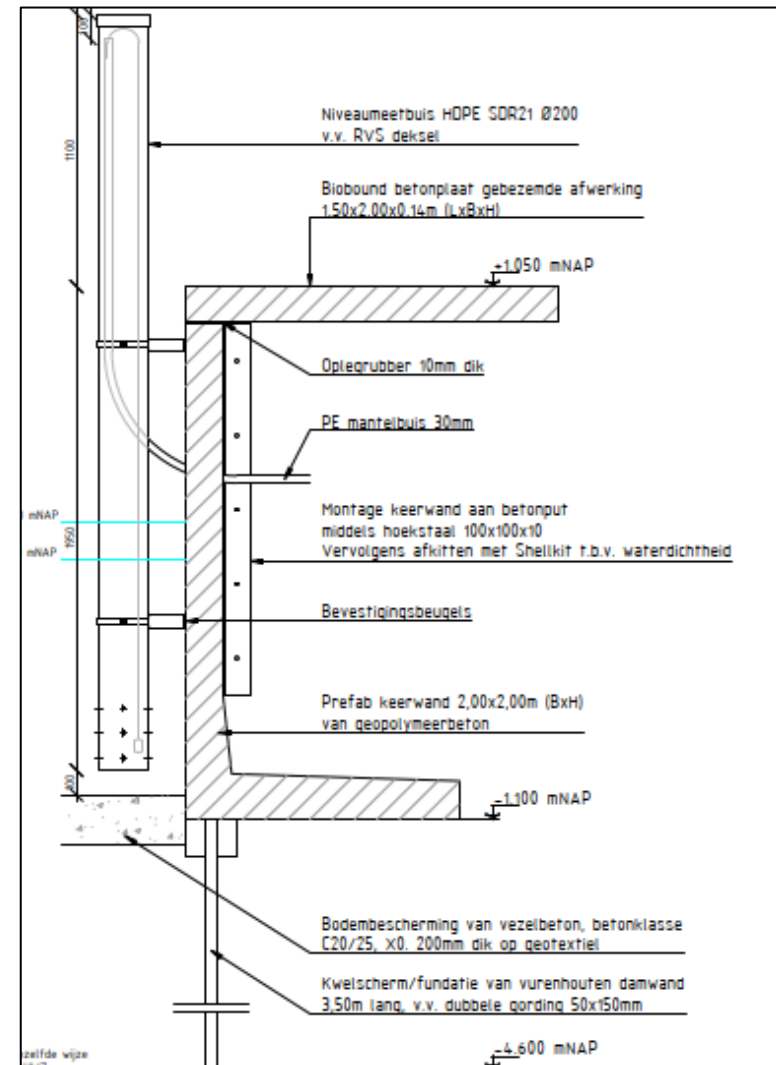
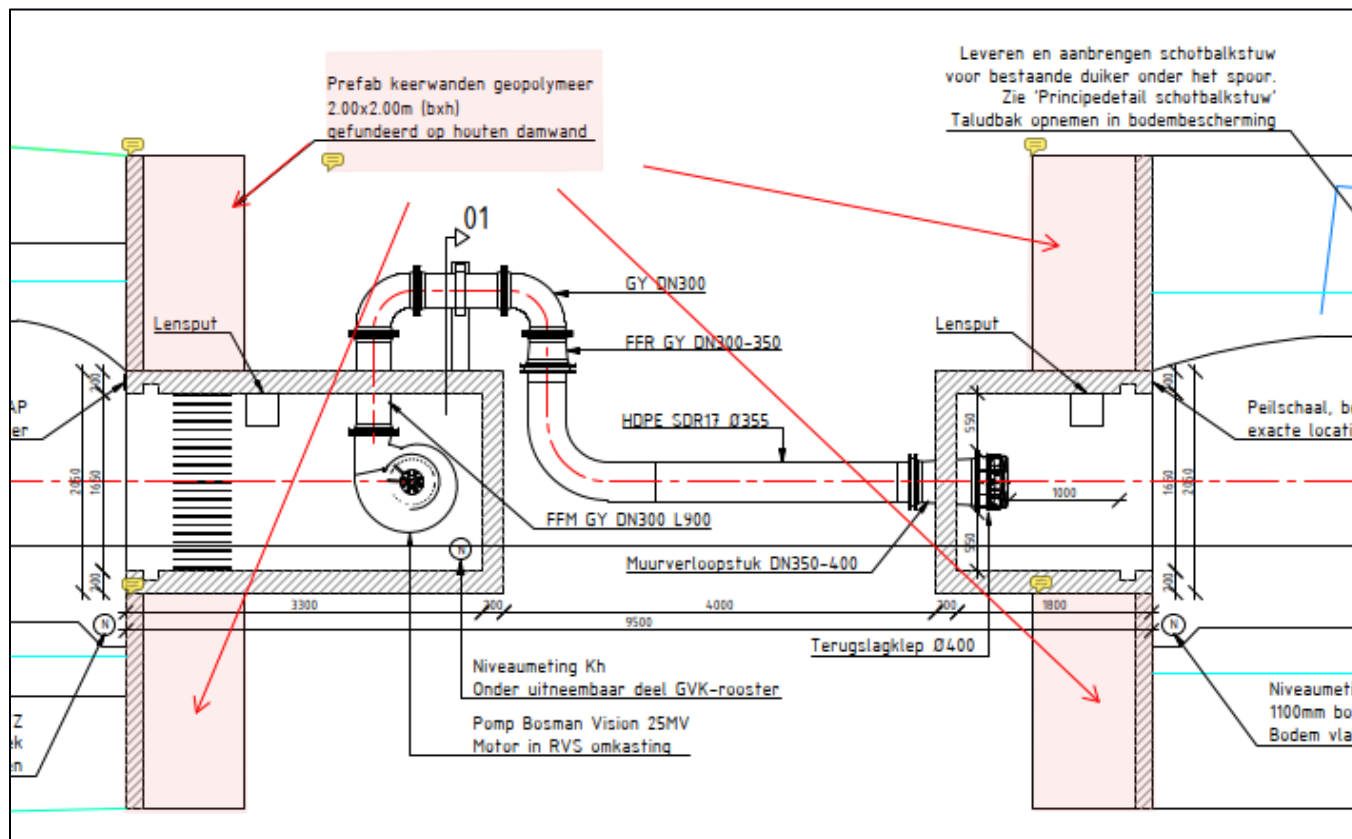
2nd
Hybrid
Gen

100%
cement free

1st
Gen

Projectvoorstel

Gemaal Windesheim



Projectvoorstel

- Opdrachtgever: Waterschap Drents Overijsselse Delta
 - Aannemer: Pannenkoek GWW
 - Leverancier: Bosch Beton
-
- 4 keerwanden 2,0x2,0m
 - Lage CO₂ uitstoot
 - C40/50 Geopolymeerbeton



Productie

Aandachtpunten

- Mengselontwerp
- Laboratorium testen
- Druksterkte 24 uur bij 20°C = 17 N/mm²
- Consistentieklasse F5 / SF1
- Stalen bekisting ontkistingsmiddel
- Nabehandeling



Productie



Proefstukken

- Verankering
- 4-punts buigproeven
- Opofferings-elementen
- Prisma's
- Druksterkte
- Splijtreksterkte
- E-modulus
- Hechtsterkte
- Dwarskracht



Resultaat



Resultaten

- CO₂ reductie van ca. 65% 230 kg CO₂ → 81 kg CO₂/m³
- MKI-reductie van ca. 40% €16,25 → €10,01/m³



Leermomenten

- Sterkte ontwikkeling
- Nabehandeling
- Ontkistingsmiddel
- Vloeigedrag



**BOSCH
BETON**

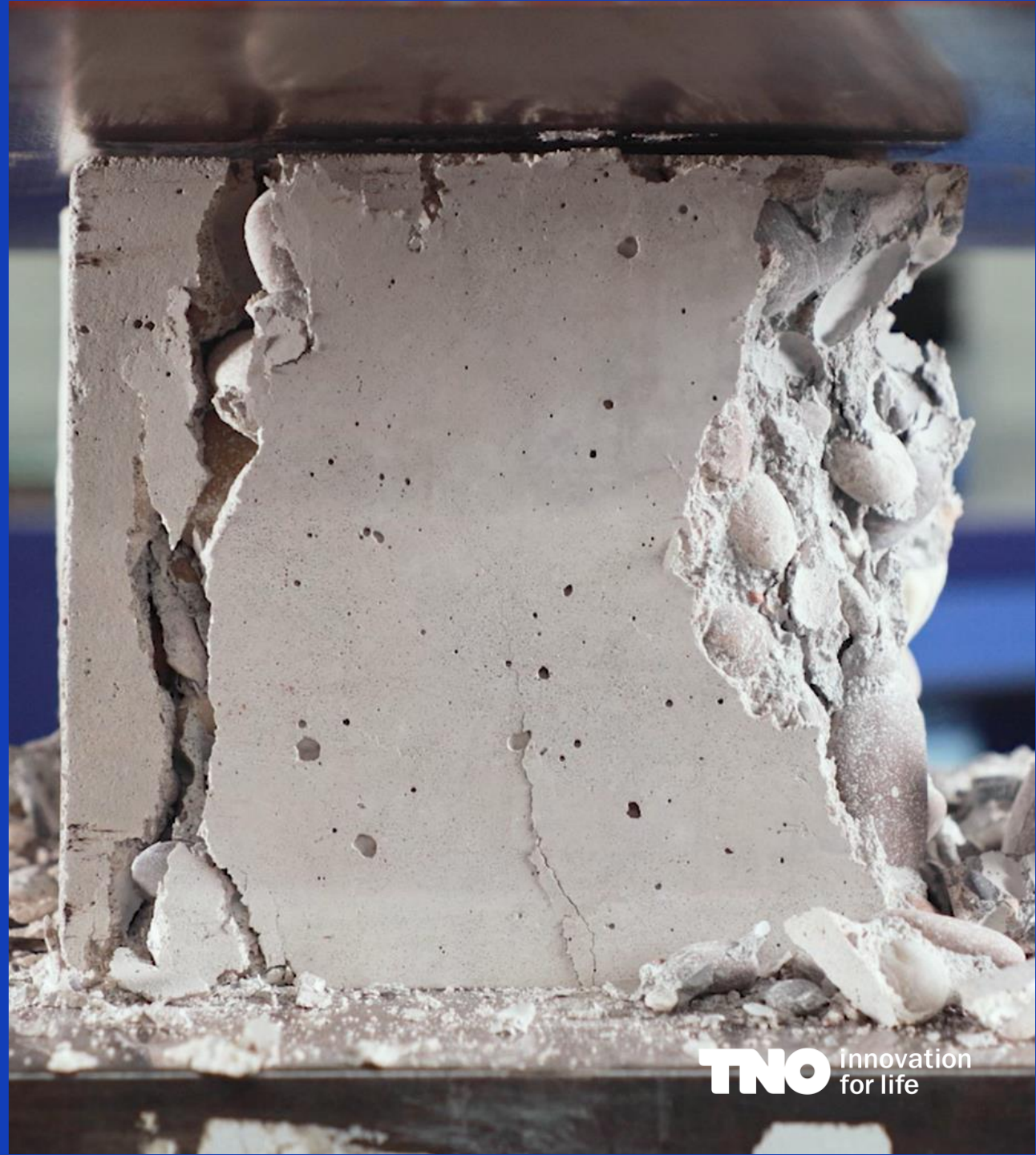
Bedankt voor uw aandacht

**Vragen graag bewaren tot het einde van de
presentatie**



Eerste resultaten constructieve proeven gepolymeerbeton

Adri Vervuurt



Achtergrond en proefopzet

Doel

Nagaan in hoeverre (tijdsafhankelijke) (ontwerp)regels van toepassing zijn

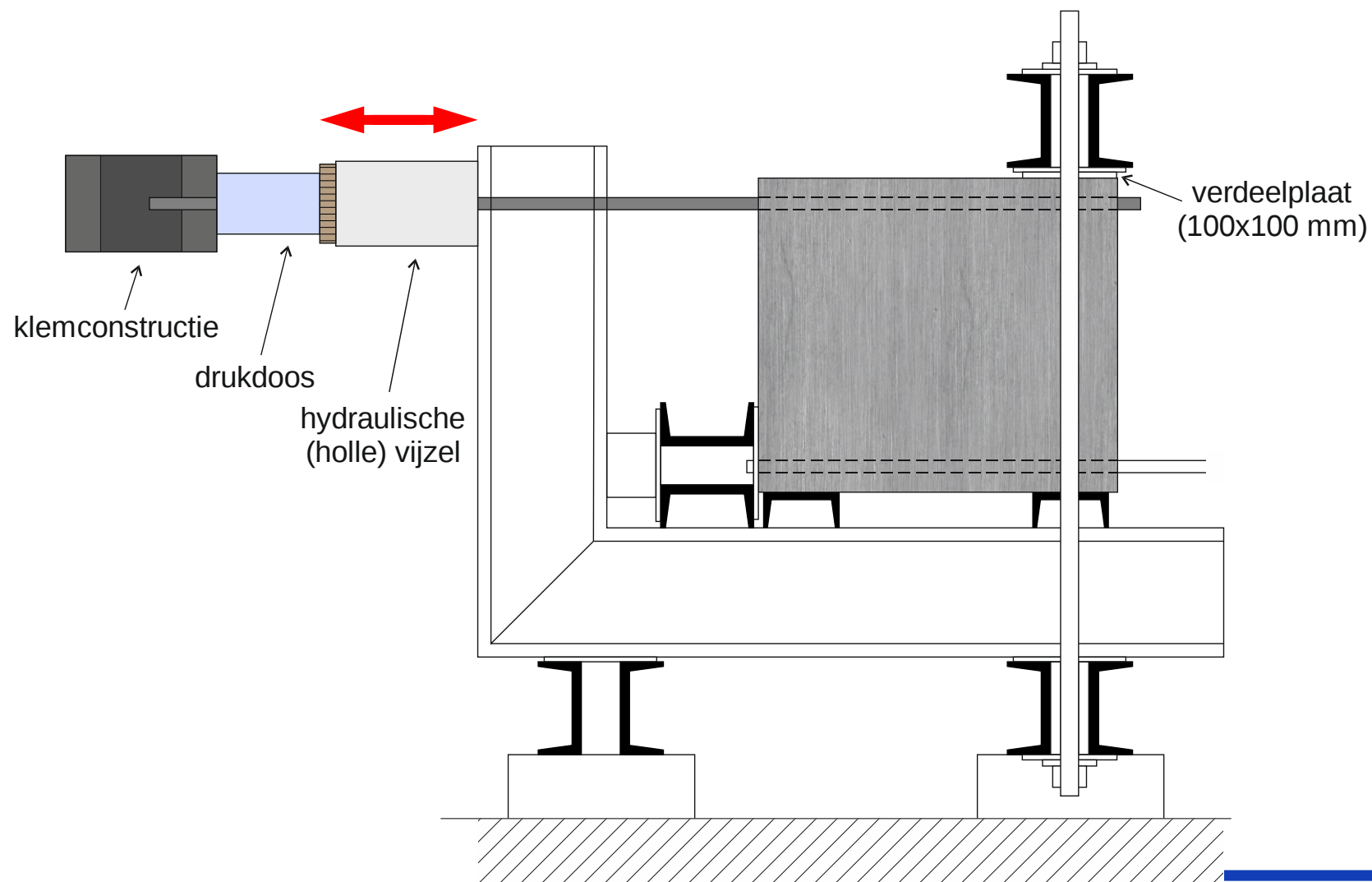
Gedrag constructief beton (niet en materiaalgedrag) van elementen.

Op basis van kennis en ervaring met conventioneel constructief beton

- *Verankeringsproeven, conform de fib Modelcode 2020*
- *Vierpuntbuigproeven*



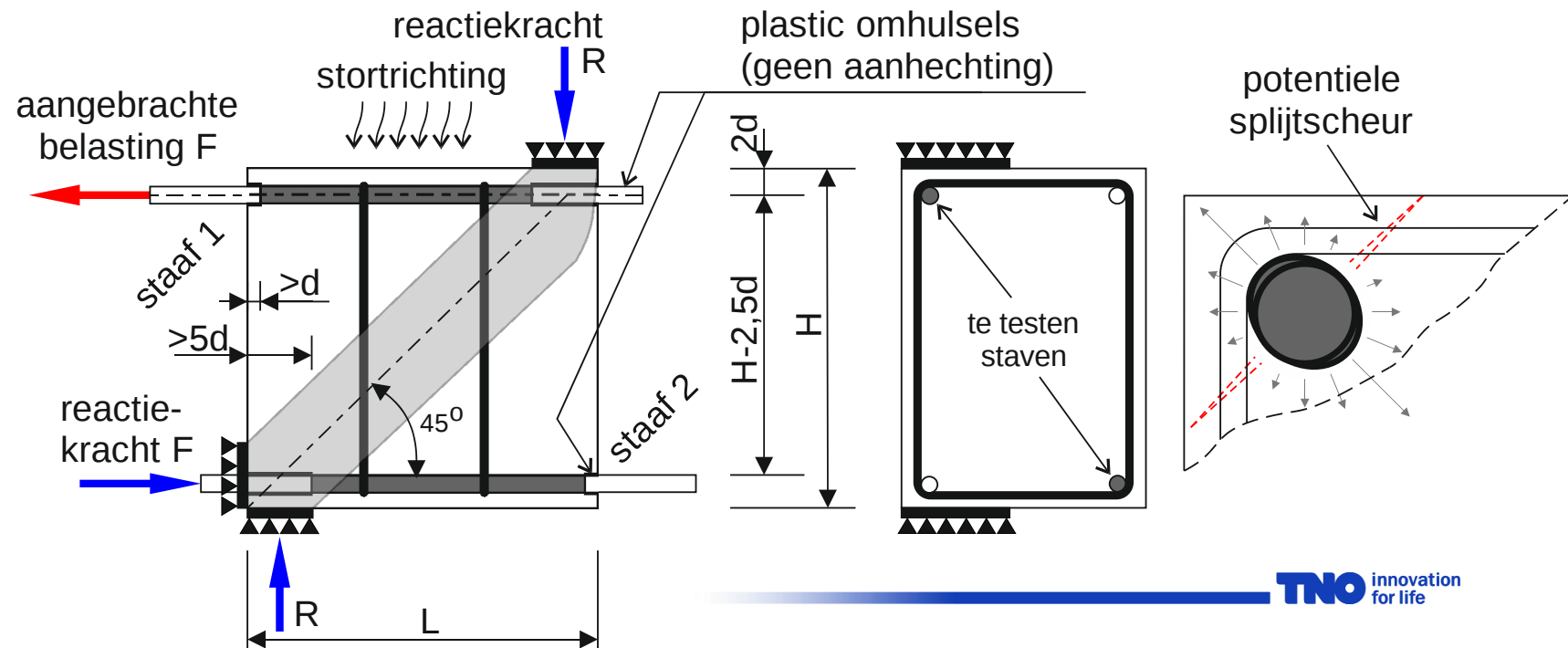
Proefopstelling



Verankeringsproeven

Bezwijkmechanismes in proeven

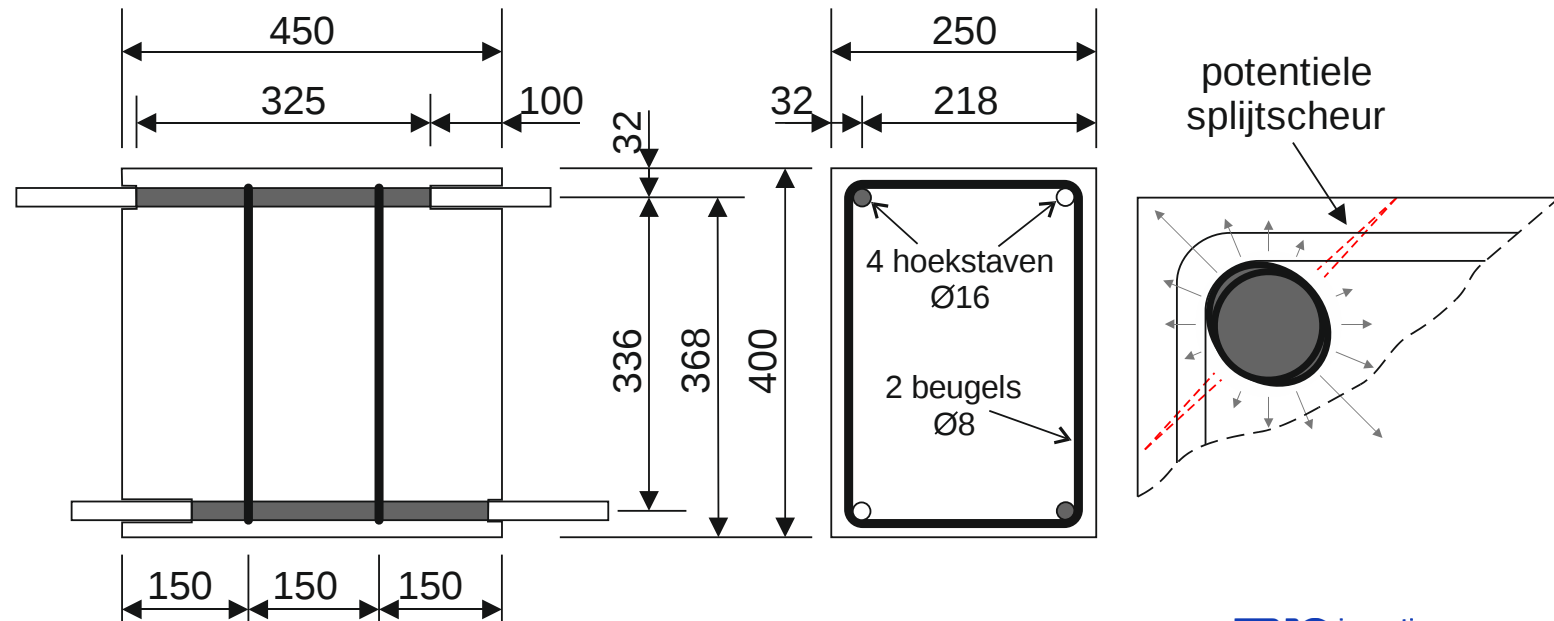
- 1) Splitting failure.
- 2) Pull-out failure.
- 3) Combinatie van 1 en 2
- 4) Slip failure



Verankeringsproeven

Bezwijkmechanismes in proeven

- 1) Splitting failure.
- 2) Pull-out failure.
- 3) Combinatie van 1 en 2
- 4) Slip failure



Proefopstelling



Bepaling in *fib* Modelcode 2020

Bepalingen voor verankeringen en overlappingsen in *fib* Modelcode 2020 (en in NEN-EN 1992) mogen worden toegepast indien de gemiddelde staalspanning in de wapening bij bezwijken niet lager is dan 85% van de voorspelde gemiddelde staalspanning op basis van:

$$f_{stm} = 54 \left(\frac{f_{cm}}{25} \right)^{0.25} \cdot \left(\frac{l_b}{\emptyset} \right)^{0.55} \cdot \left(\frac{25}{\emptyset} \right)^{0.2} \cdot \left[\left(\frac{c_{min}}{\emptyset} \right)^{0.25} \cdot \left(\frac{c_{max}}{c_{min}} \right)^{0.1} + k_m \cdot K_{tr} \right]$$

Waarin

f_{cm}	is de gem. cilinderdruksterkte
l_b	= 325 mm
$c_{min} = c_{max}$	= 24 mm
k_m	= 12
K_{tr}	= 0.02
$\emptyset$	= 16 mm

Voor de voorspelde kracht in de wapening geldt dan

$$F_{stm} = \eta_2 \cdot A_s \cdot f_{stm}$$

Waarin

η_2	= 1.0 voor de onderstaaf
η_2	= 0.7 voor de bovenstaaf

Proevenschema

Opslag buiten :

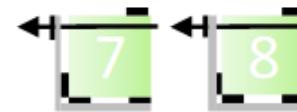
7 verankeringsproefstukken, 9 drukproefstukken, 9 splijtproefstukken



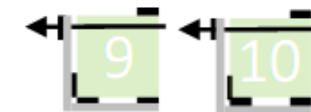
3 druk- en 3
splijttrek
proeven



3 druk- en 3
splijttrek
proeven



3 druk- en 3
splijttrek
proeven



3 druk- en 3
splijttrek
proeven



reserve

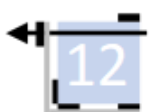
Geconditioneerde opslag (20 °C / 65 % RH):

5 verankeringsproefstukken, 9 drukproefstukken, 9 splijtproefstukken

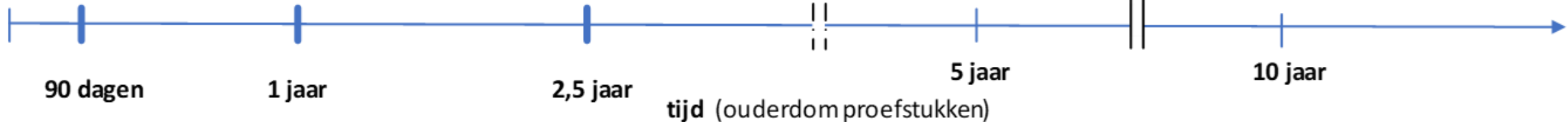


6 druk- en 6
splijttrek
proeven

3 druk- en 3
splijttrek
proeven



reserve



Uitgevoerde proeven (t=90 dagen)

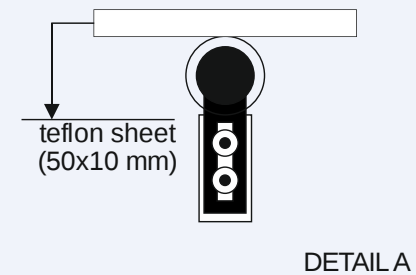
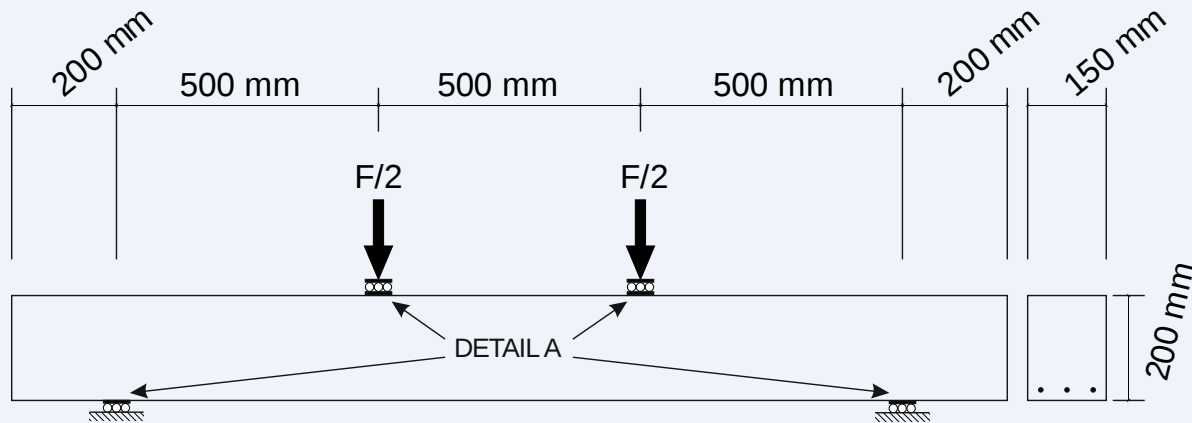
1. Verankeringsproeven
2. 4-punt-buigproeven
3. Materiaalproeven (op t=28 dagen) – nu niet beschouwd

Resultaten materiaalproeven (t=90 dgn)

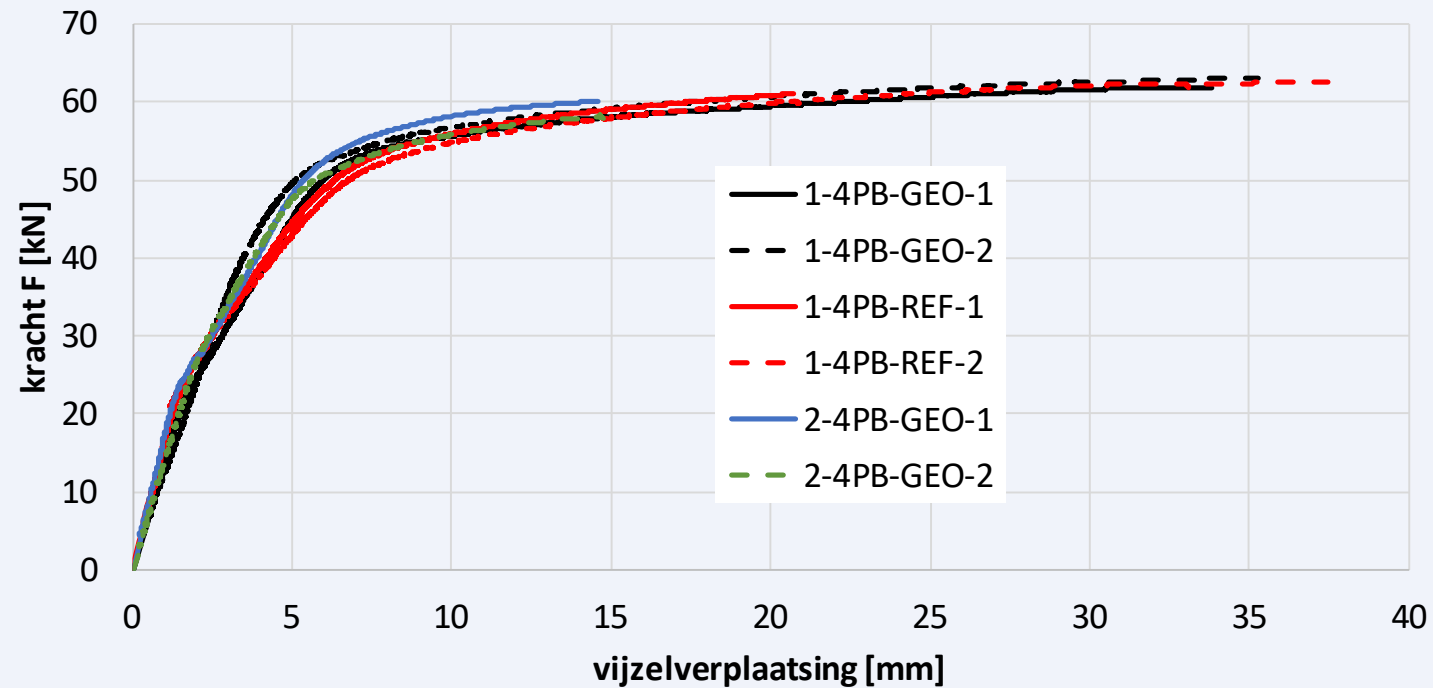
		druk- sterkte	splijttrek- sterkte
Project 1	Verankerings- en vierpuntbuigproeven	61.7 (3.1)	4.24 (0.40)
	Referentiebeton	36.9 (7.5)	3.59 (0.27)
Project 2	Vierpuntbuiging	53.9 (1.8)	3.69 (0.67)
	Verankeringsproeven	53.9 (1.7)	3.93 (0.48)

Vierpuntbuigproeven

- 200x150 mm, 1500 mm overspanning (3x500 mm)
- 3 staven rond 8, dekking 15 mm
- $F_{\max} = \pm 60 \text{ kN}$

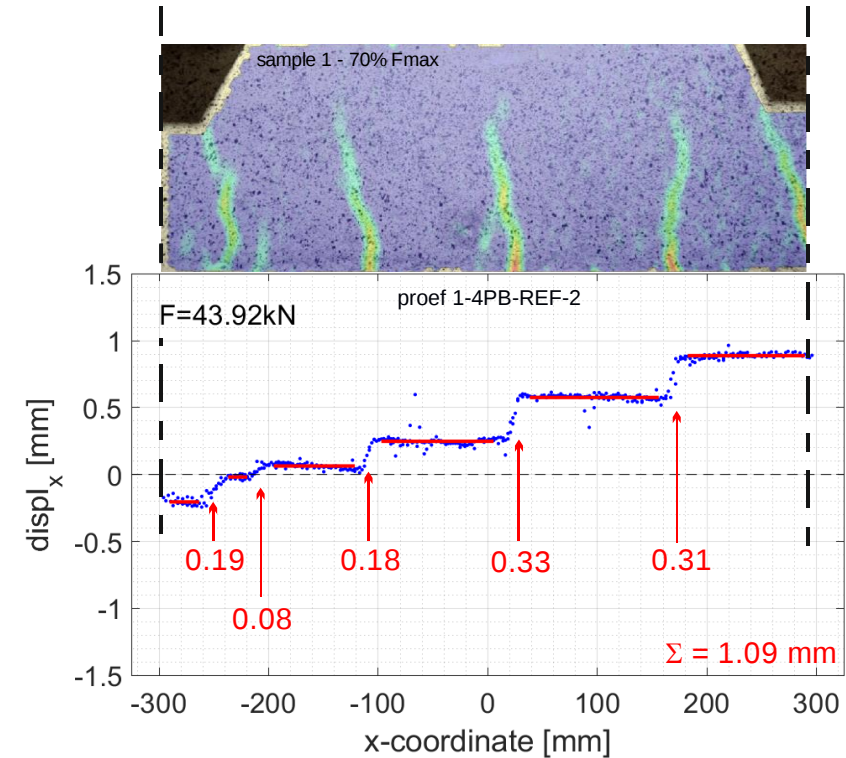
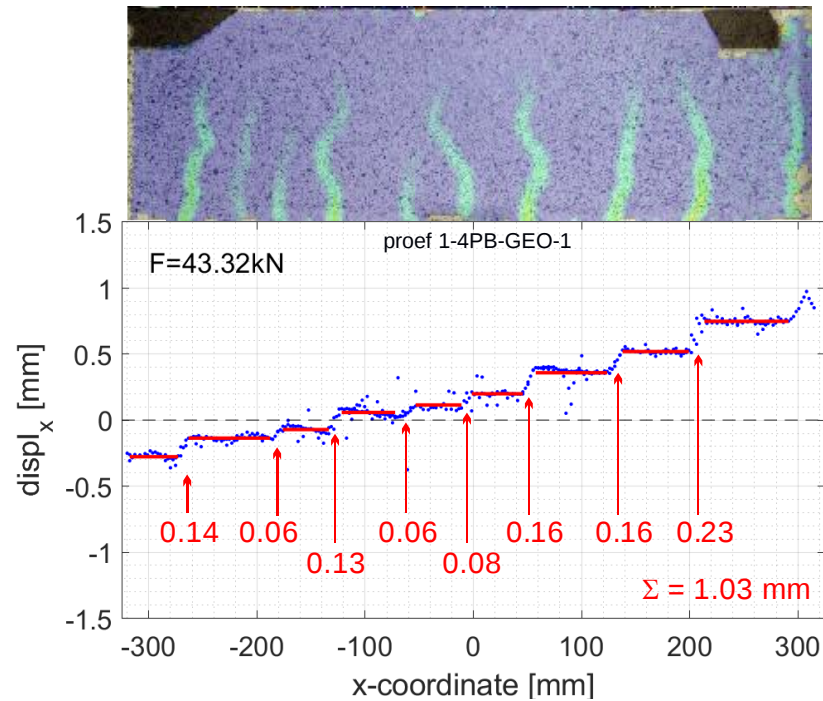


Resultaten vierpuntbuigproeven



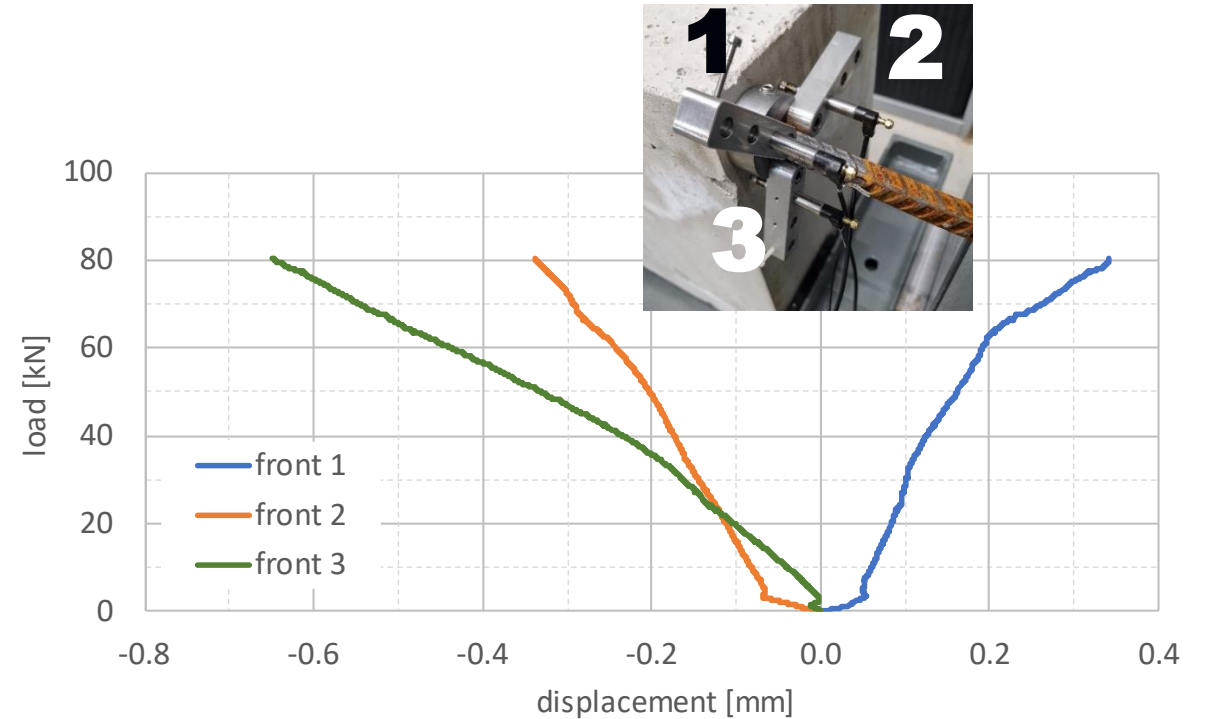
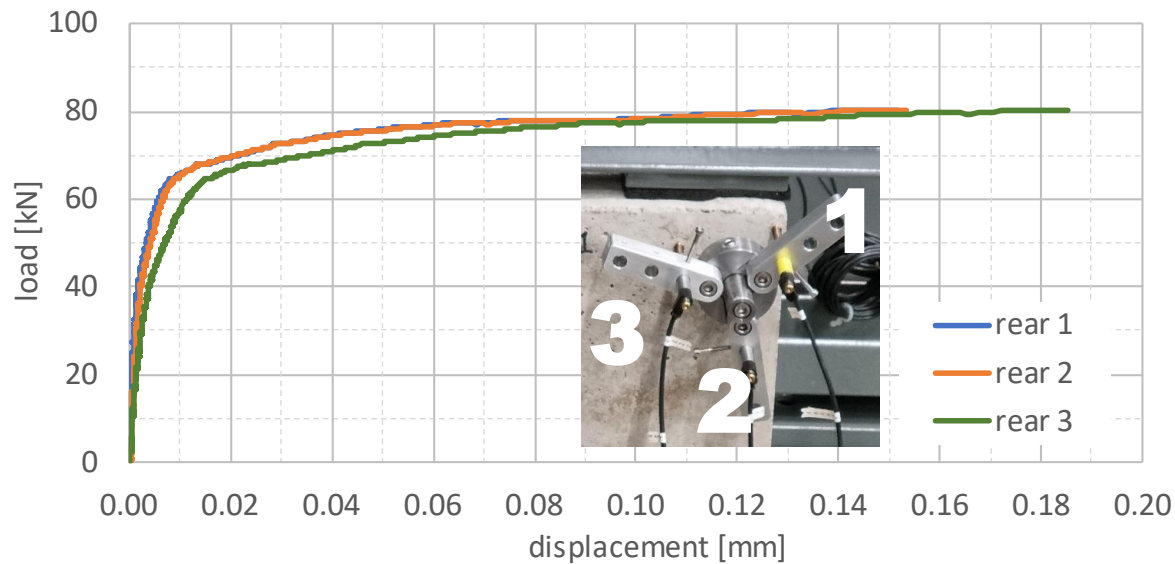
		$F_{\max} (1)$	$F_{\max} (2)$
Project 1	GEO	61.9	62.7
	REF	61.0	62.7
Project 2	GEO	60.1	58.2

Resultaten vierpuntbuigproeven (DIC)



VOORBEELD

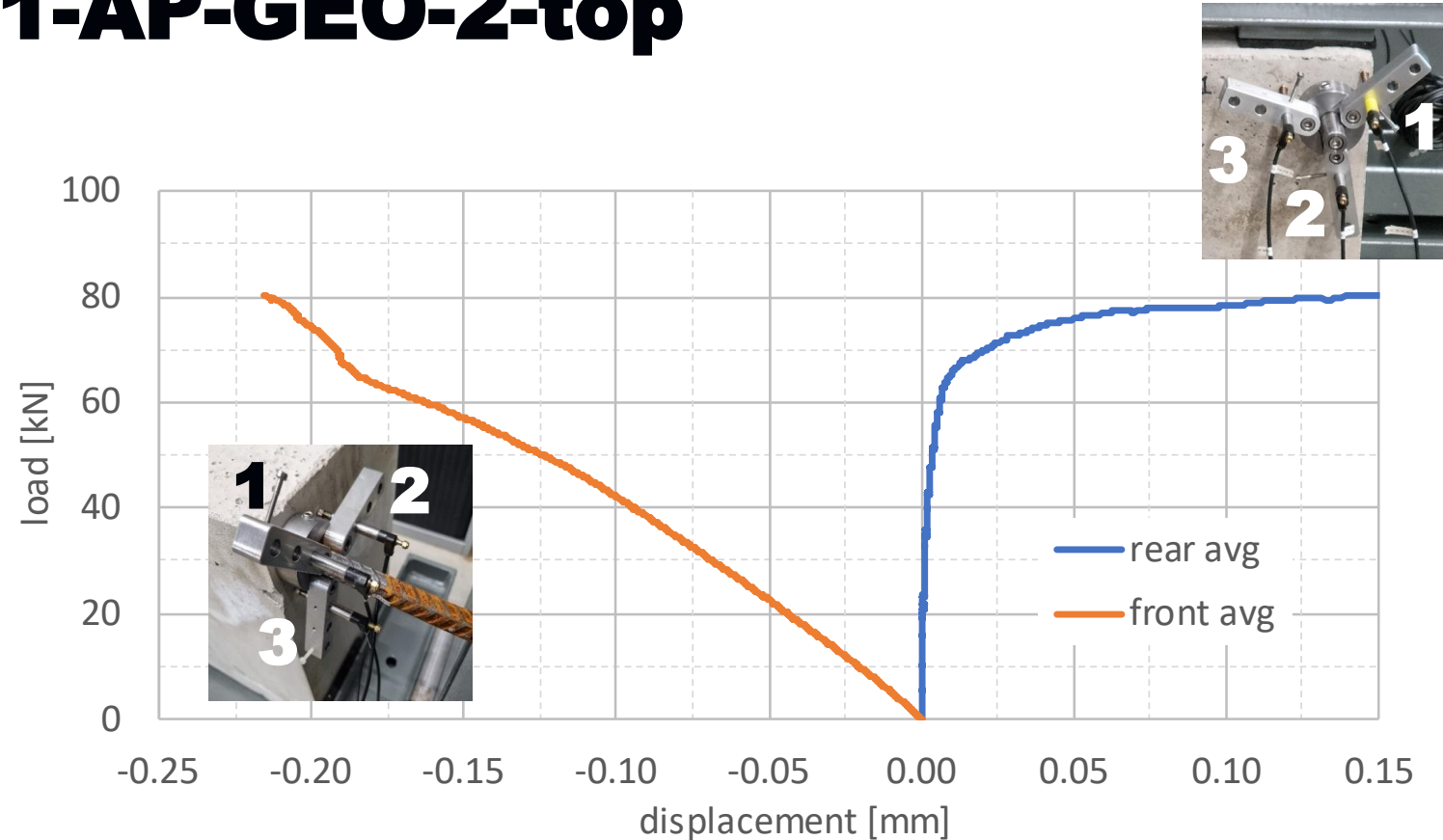
Resultaten proef 1-AP-GEO-2-top



VOORBEELD

Resultaten proef 1-AP-GEO-2-top

- Aanvankelijk vooral uittrekking aan de voorzijde
- Vanaf $0,8F_{\max}$ lokalisatie en uittrekking aan de achterzijde



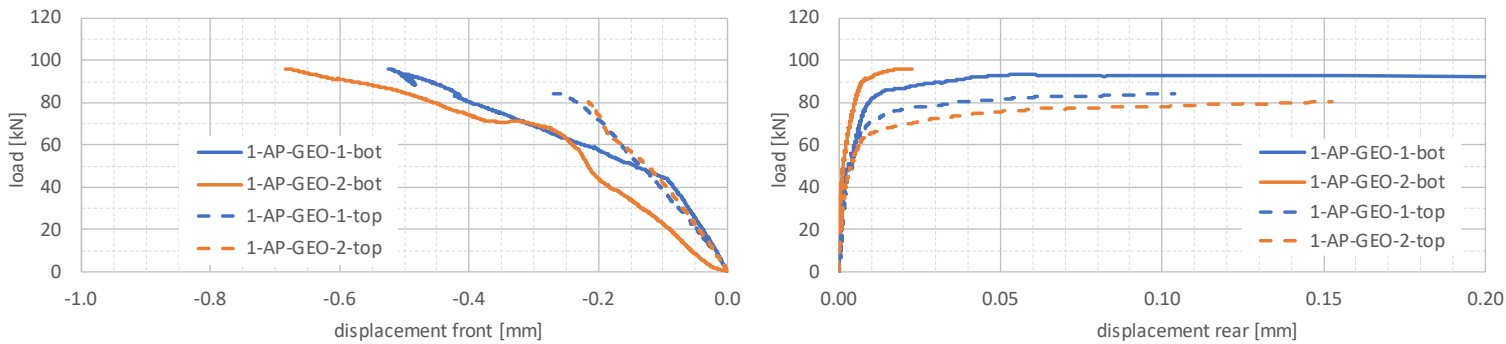
VOORBEELD

Resultaten proef 1-AP-GEO-2-top

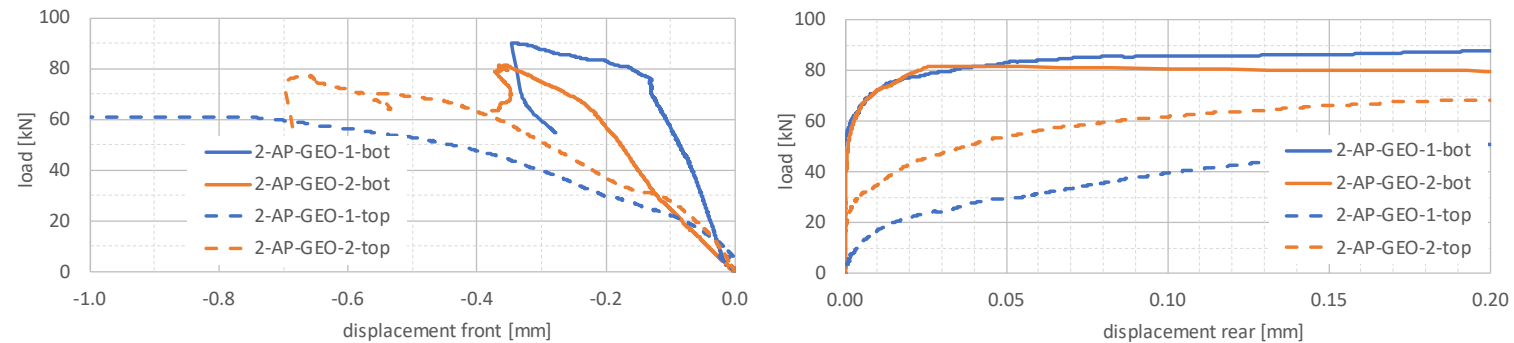


VOORBEELD

Resultaten alle verankeringsproeven

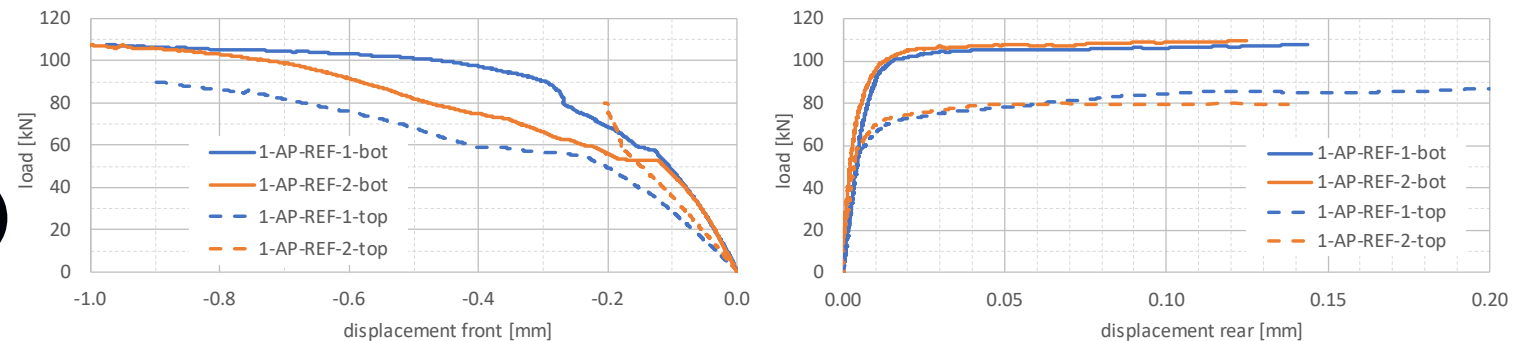


project 1



project 2

**project 1
(referentiebeton)**



Resultaten verankeringsproeven

	$F_{\max, \text{top}}$		$F_{\max, \text{bot}}$	
	test 1	test 2	test 1	test 2
Project 1	84.4	80.3	96.2	96.2
Project 2	89.6	79.7	107.6	109.7
Referentiebeton	61.2	77.6	90.3	81.7

Resultaten verankeringsproeven

$$F_{stm} = \eta_2 \cdot A_s \cdot 54 \left(\frac{f_{cm}}{25} \right)^{0.25} \cdot \left(\frac{l_b}{\phi} \right)^{0.55} \cdot \left(\frac{25}{\phi} \right)^{0.2} \cdot \left[\left(\frac{c_{min}}{\phi} \right)^{0.25} \cdot \left(\frac{c_{max}}{c_{min}} \right)^{0.1} + k_m \cdot K_{tr} \right]$$

		$\frac{F_{max,test}}{\eta \cdot F_{stm}} > 0.85$			
	f_{cm} [MPa]	bovenstaaf		onderstaaf	
		test 1	test 2	test 1	test 2
Project 1	61.7	1.15	1.09	0.92	0.92
Project 2	53.9	1.26	1.12	1.06	1.08
Referentiebeton	36.9	0.95	1.20	0.98	0.89

Voorlopige conclusies

- Na aanloop-oefeningen succesvolle verankeringsproeven
- Voor alle proeven geldt

op t=90 dagen

$$\frac{F_{max,test}}{\eta \cdot F_{stm}} > 0.85$$



Vragen

