Van Hattum en Blankevoort

CONSOLIS SPANBETON

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



Circulair Viaduct

Samen op weg naar een Circulaire Economie

Jan Willem Spruit (Rijkswaterstaat)
Hans Galjaard (VolkerWessels ICC)

11 februari 2020
KPCV

Van Hattum en Blankevoort

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

CONSOLIS
SPANBETON



Circulair Viaduct Kampen

Jan Willem Spruit

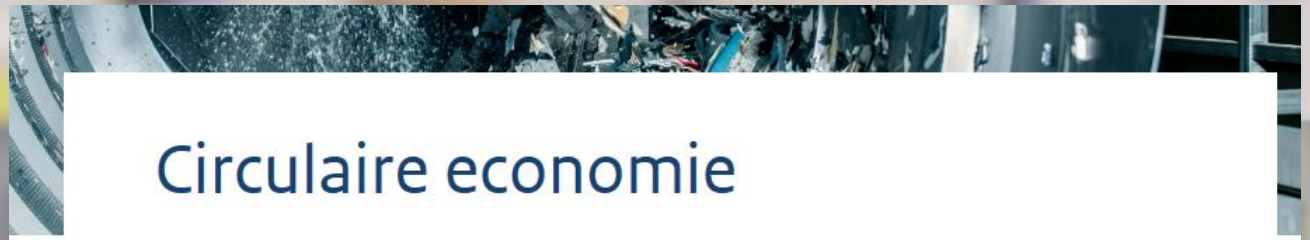
Constructieve Veiligheid

18 jan 2020



Agenda

- **Het Circulair Viaduct**
  - **Waarom**
  - **Ontwikkeling**
  - **Samenwerking**
  - **Techniek**
  - **Kennisdeling**
- **Constructieve veiligheid**
  - **Borging bij (duurzame) innovatieve techniek**
  - **Borging bij (continue) monitoring**
  - **Borging bij innovatieve samenwerking ON/OG**



Circulaire economie

Rijkswaterstaat wil in 2030 circulair werken. Dat betekent: werken zonder nog afval te produceren. Beton bijvoorbeeld eindigt dan niet als afval, maar als nieuw beton op een snelweg. Hoe krijgen we dat voor elkaar?

Waarom?

Circulair Viaduct Kampen



Ontwikkeling Circulair Viaduct

2016 2017 2018 2019 2020 2023

ONTWERPTEAM
VHB, SPANBETON, RWS, SBRCURNET, SGSINTRON, VOLKERINFRA

BOUWTEAM VHB, SPANBETON, RWS

ONTWIKKELTEAM VHB, SPANBETON, RWS

INITIATIEF VHB

SCHETSONTWERP

SAMENWERKINGS-OVEREENKOMST

OPEN LEEROMGEVING

PLAATSING

START LEEROMGEVING

DEMONTAGE

INNOVATIEVE UITVRAAG CIRCULAIRE VIADUCTEN

VERVANGINGSOPGAVE BRUGGEN EN VIADUCTEN

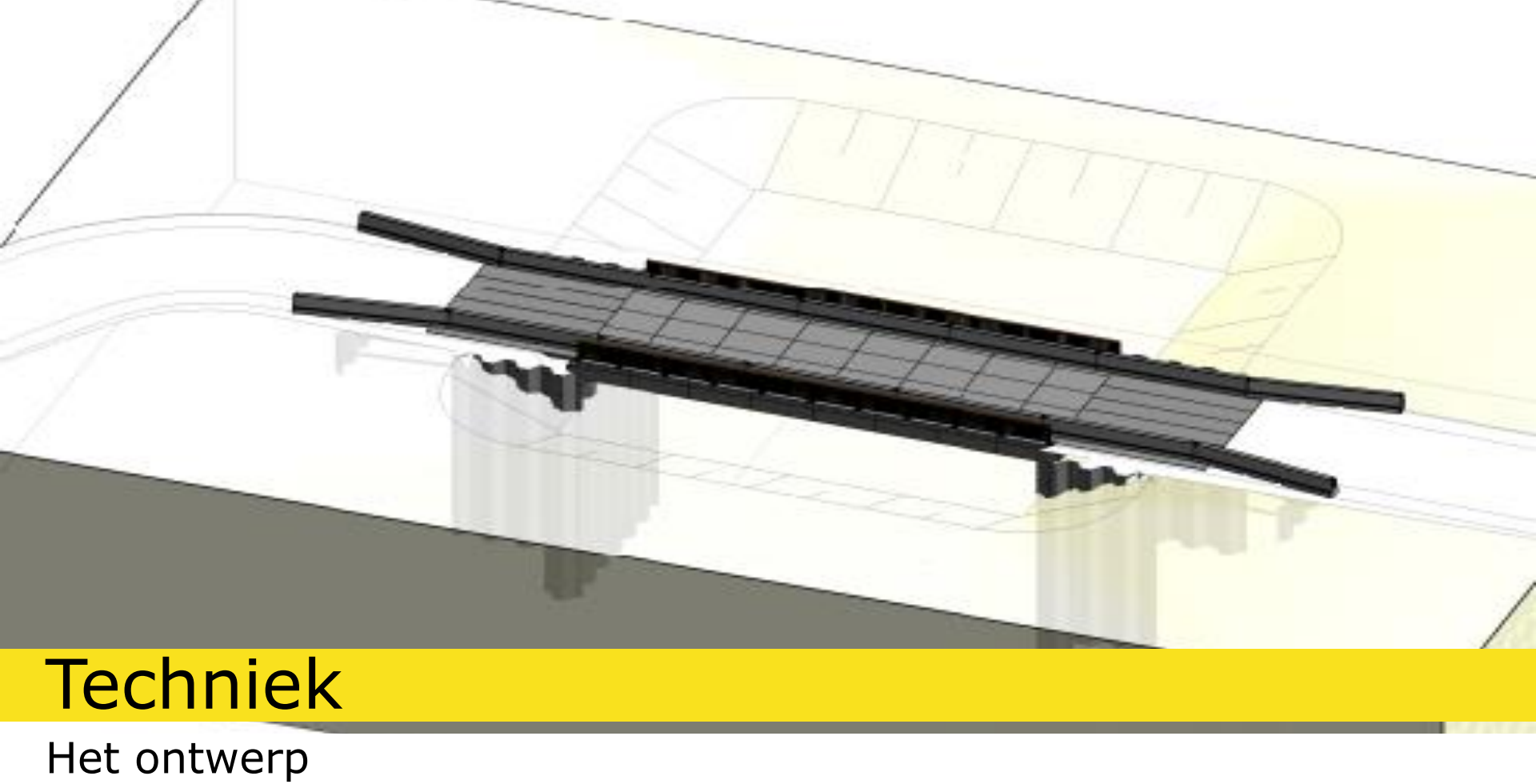
MEERDERE OG'S KUNNEN UITVRAGEN EN ON'S KUNNEN AANBIEDEN

ALLE VIADUCTEN CIRCULAIR UITGEVRAAGD



Samenwerking

Samenwerken als gelijkwaardige partners



Techniek

Het ontwerp



Het ontwerp

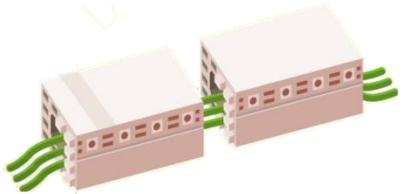
De uitdaging:

- Opgebouwd uit segmenten die volledig en ongeschonden opnieuw inzetbaar zijn > zonder afval
- Ontwerplevensduur 200 jaar.
- Bestaande technieken toepassen, niet wachten op morgen



https://www.youtube.com/watch?v=4HPcqWuk8TQ





Het ontwerp

De oplossing

- Opgebouwd uit 40 elementen (afmeting 2,5m*1,5m*1,0m)
- Toepassen shear keys voor dwarskracht: perfecte passing nodig
- Voorspanning (WireX) voor verbinding tussen elementen, geen epoxy ivm circulariteit
- Alles weer te demonteren en te hergebruiken (muv voegvulling)



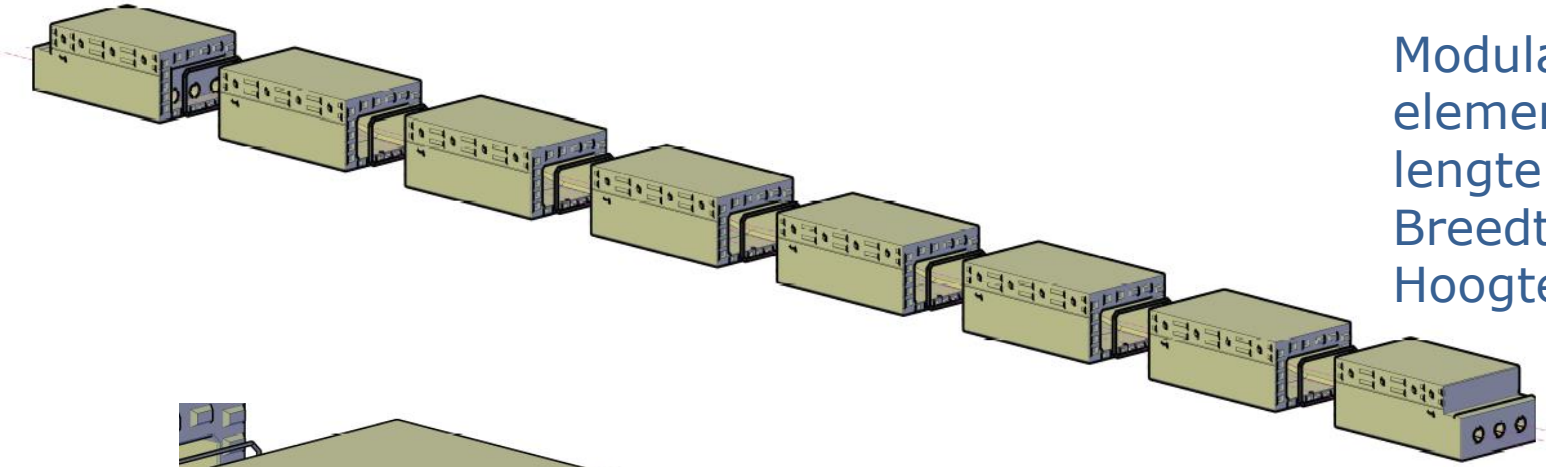
Het ontwerp

Intensieve monitoring

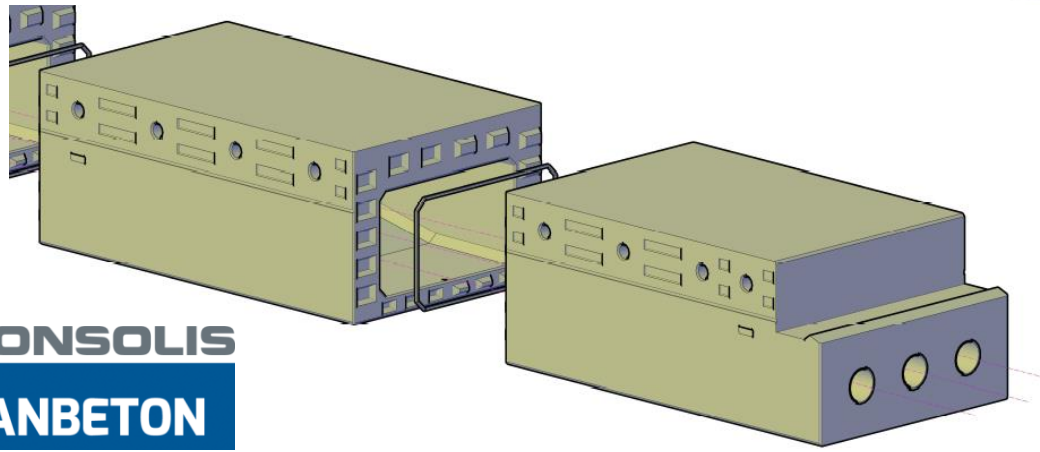
- Voorspanniveau
- Doorbuiging (twee type sensoren)
- Vervorming elementen onderling
- Temperatuur
- Video
- Kalibratievoertuig



Een circulair viaductdek is een modulair viaductdek



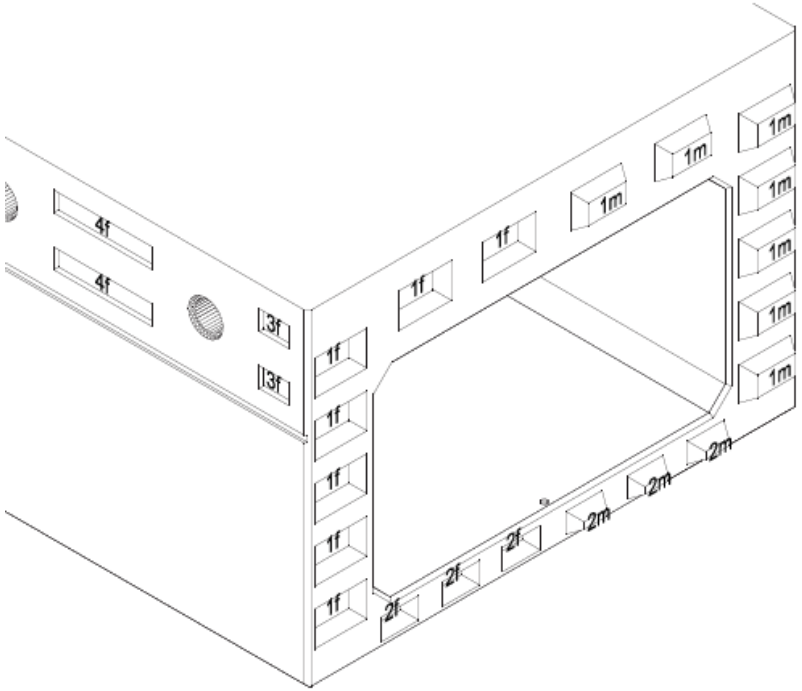
Modulaire elementen:
lengte 2500 mm
Breedte 1500 mm
Hoogte 1000 mm

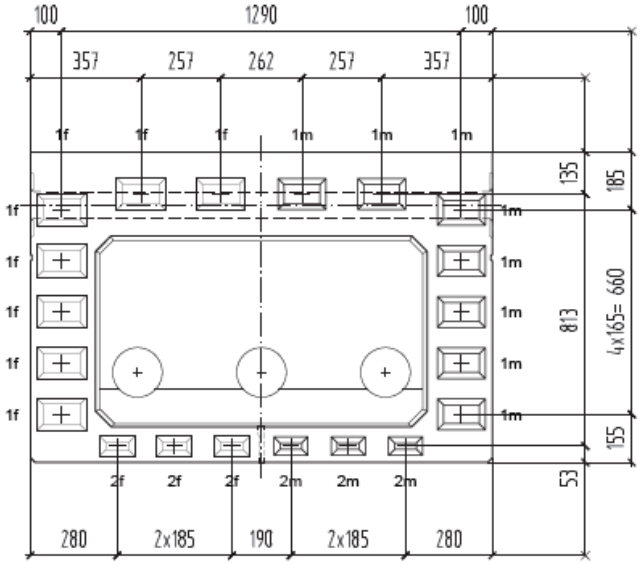




CONSOLIS
SPANBETON

Krachtsoverdracht tussen elementen via shear-keys





Innovatie en borgen van risico’s

- Innovatief ontwerp – waar zitten de blinde vlekken en risico’s?
  - Zijn de voorschriften überhaupt van toepassing?
  - Voorspannen van liggers met uitwendige voorspanning:
    - Inleiden van de grote geconcentreerde voorspankrachten
    - Relatief hoge voorspanniveau
  - Ongewapende voegen tussen elementen:
    - Ontwerpeisen – geen trek in de voeg
    - Ontwerp van de voeg - voegvulling
    - Krachtsoverdracht met shear-keys

- Borging door:
  - Strikt handhaven 4 of 6 ogen principe – de bedenker van iets mag niet controleren!
  - Inschakelen second opinion voor shear-keys ontwerp
  - Achterhalen achtergrondinformatie beproeving shear-keys
  - Proeven – met name op voegvulling
  - Monitoring
  - Testbelasting

Proeven gietvoeg







Proeven gietvoeg



60 tons Testbelasting





DO + UO – special -> voeg + shear keys

- Bekende voeg: segmentbruggen die gecontramald worden, met toepassing van epoxylijm
- Circulair viaduct: bij voorkeur naadloze passing, voeg zonder vulling
  - Uit onderzoek bij geringe speling ritsen tanden af → niet haalbaar
- Oplossing: voeg vullen met gietmortel, die na demontage eenvoudig verwijderd kan worden
  - Toepassen onthechtingsolie
  - Gevolg zeer glad oppervlak zonder hechting → aanname wrijving is nul

- Extern advies gevraagd (ARUP)
- Wetenschappelijke publicaties onderzocht

Onderzoek naar Shear-Keys

- Achtergrond formule voor Shear-keys in → → → → → → → → → → → →
- Proefopzet
- Berekening capaciteit via cirkel van Mohr

Alzijdige druk

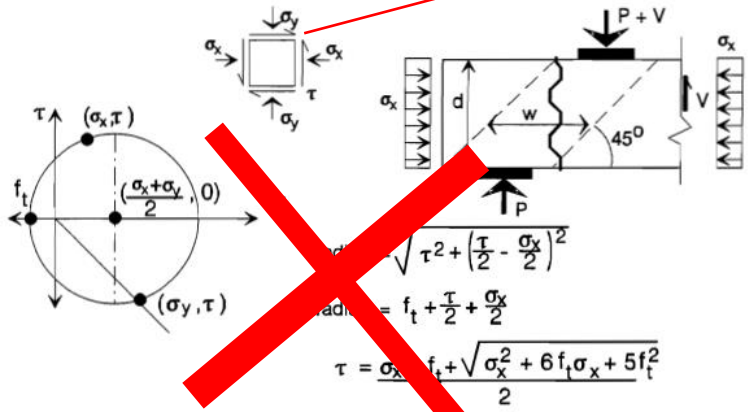


Figure 7.24 Shear stress at failure for element with normal stress across the joint.

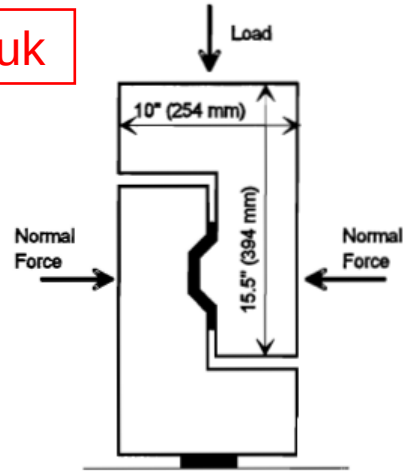


Figure 7.9 Push-off specimens by Bakhoum, Buyukozturk and Beattie.

Dit is niet de krachtsverdeling in de voeg

MEASUREMENT BASED REVISIONS FOR SEGMENTAL BRIDGE DESIGN AND CONSTRUCTION CRITERIA

by

C.L. Roberts, J.E. Breen and M.E. Kreger

Research Report No. 1234-3F

Research Project 3-5-90/3-1234
"Instrumentation of Segmental Box Girder Bridges and Multipiece Winged Boxes"

Conducted for the

Texas
Department of Transportation

In Cooperation with the
U.S. Department of Transportation
Federal Highway Administration

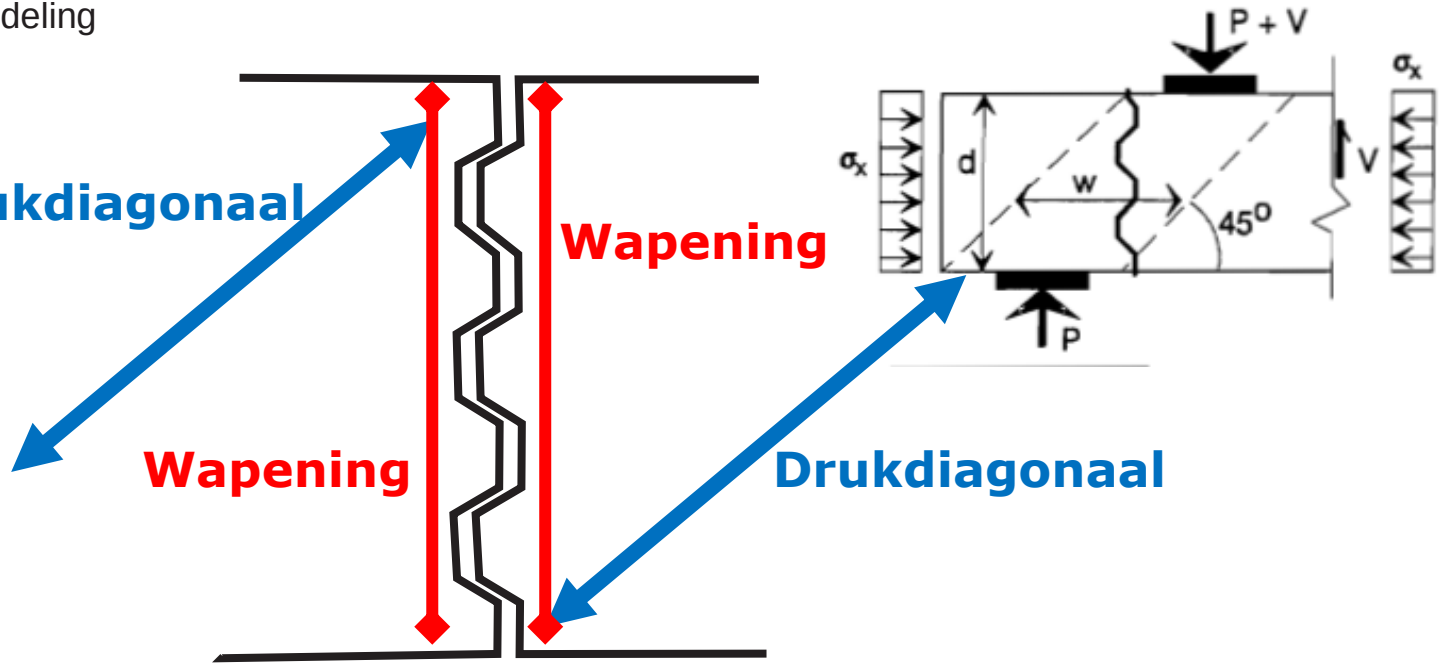
by the

CENTER FOR TRANSPORTATION RESEARCH
BUREAU OF ENGINEERING RESEARCH
THE UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN

August 1993

Onderzoek naar Shear-Keys

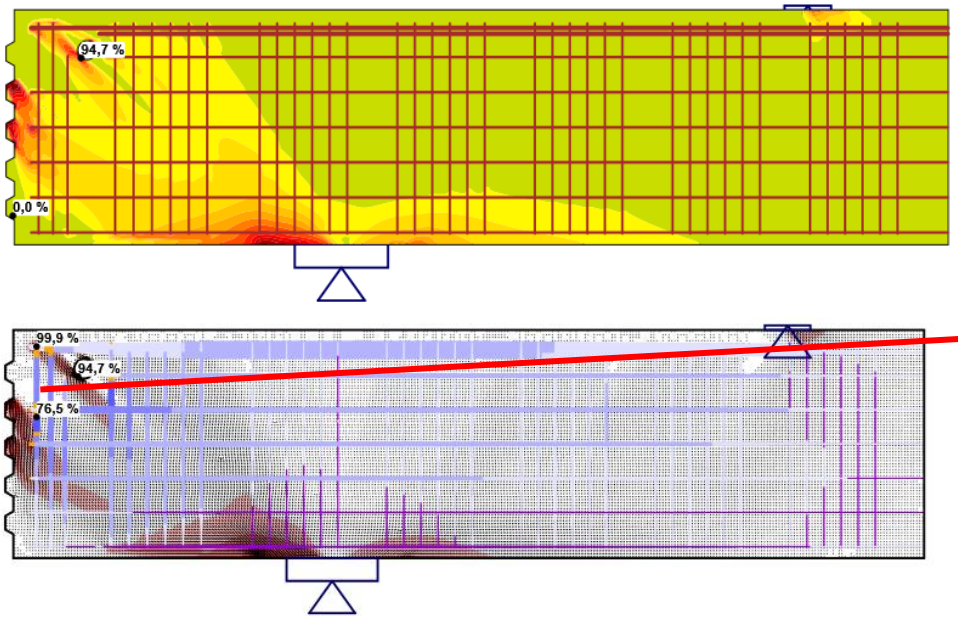
- Werkelijke krachtsverdeling

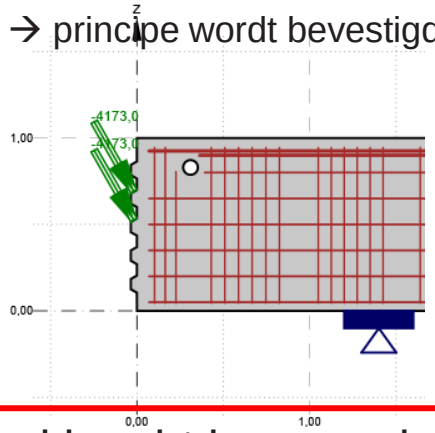


- Vergelijk tand en console! ➔ ontwerpnormen (bv AASHTO en ACI) zijn onjuist!

Onderzoek naar Shear-Keys

- Niet lineair model (alleen als indicatie hoe de kracht wordt overgedragen) → principe wordt bevestigd





Trekkracht in wapening

Ontwerp Shear-Keys

- Ontwerp Shear-Keys
  - Handmatige benadering op basis van advies ARUP
  - Wrijving in de voeg = 0
  - Alleen Shear-Keys in deel voeg dat opengaat in UGT werken mee

- Reserves:
  - Er zal wrijving in het vlak aanwezig zijn
  - Er is gerekend met voegopening in UGT – alleen de tanden in het gesloten deel zijn geactiveerd

- Beproeving:
  - Belast met testvoertuig van 60 ton
  - Metingen op onderlinge verplaatsingen van de blokken

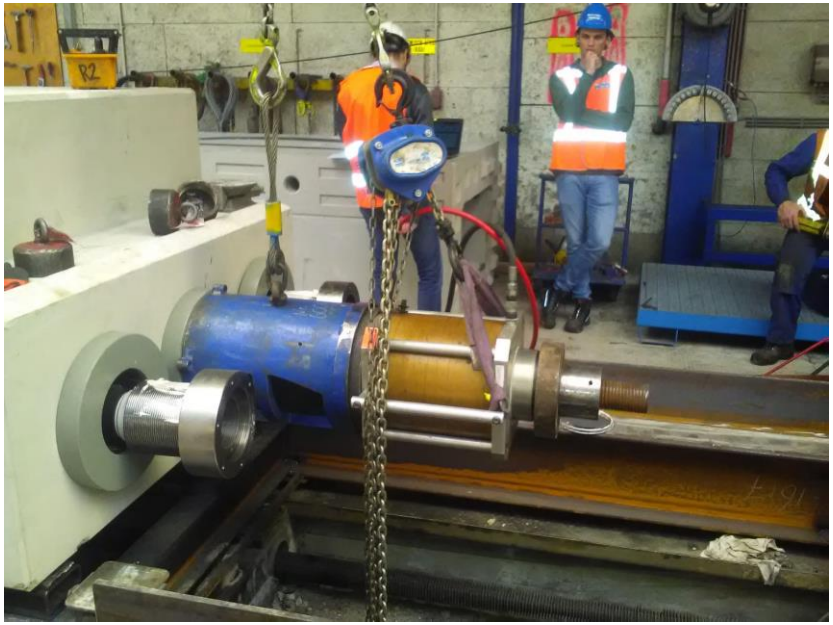
- Voor uitgebreide toepassing zal experimenteel onderzoek nodig zijn.

1 brugdek: 5 liggers van 20 m, 40 elementen







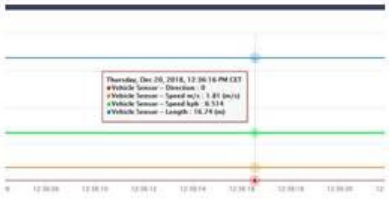






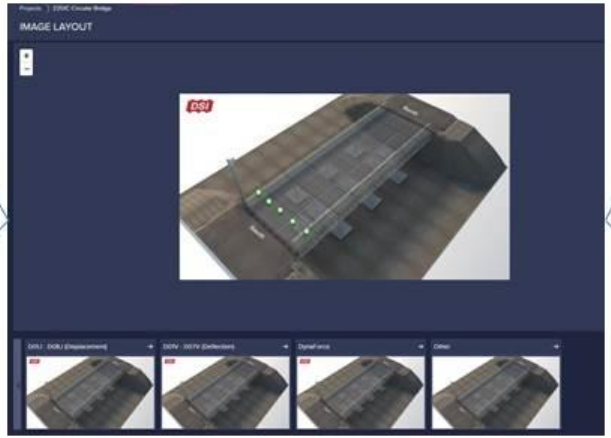


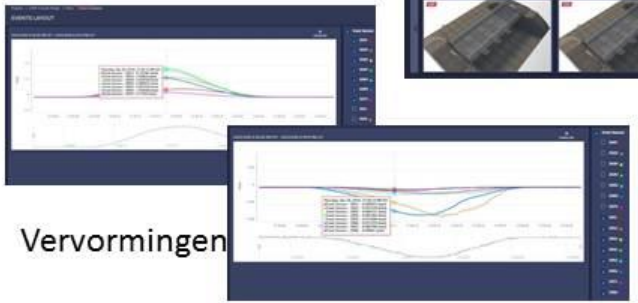
Monitoring Dashboard



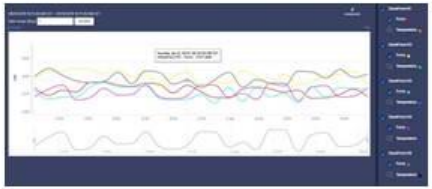
Voertuig

Voertuig gegevens





Vervormingen



Voorspankracht



Het ontwerp

Lessons learned

- Samenvoegen bestaande technieken tot nieuw concept = innoveren
- Bevat toepasbare circulaire aspecten: losmaakbaarheid werkt
- Doorontwikkeling modulair concept, maar eenvoudiger, lichter, goedkoper
- Shear keys oplossing verder onderzoeken





Kennisdeling

‘Integraal advies’
inzichten en lessen per thema

‘Learning history’
geschiedenis, het verhaal



Integrale Veiligheid

Innovatieve techniek en samenwerking



(Duurzame) innovatie

- Innovatieve (duurzame) technieken en borging constructieve veiligheid



Rol van monitoring

- Mogelijkheden van continue monitoring tijdens gebruiksfase en borging constructieve veiligheid



Innovatieve samenwerking

- Innovatieve samenwerking ‘OG/ON’ en borging constructieve veiligheid

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

www.circulairviaduct.nl

Samen op weg naar een Circulaire Economie

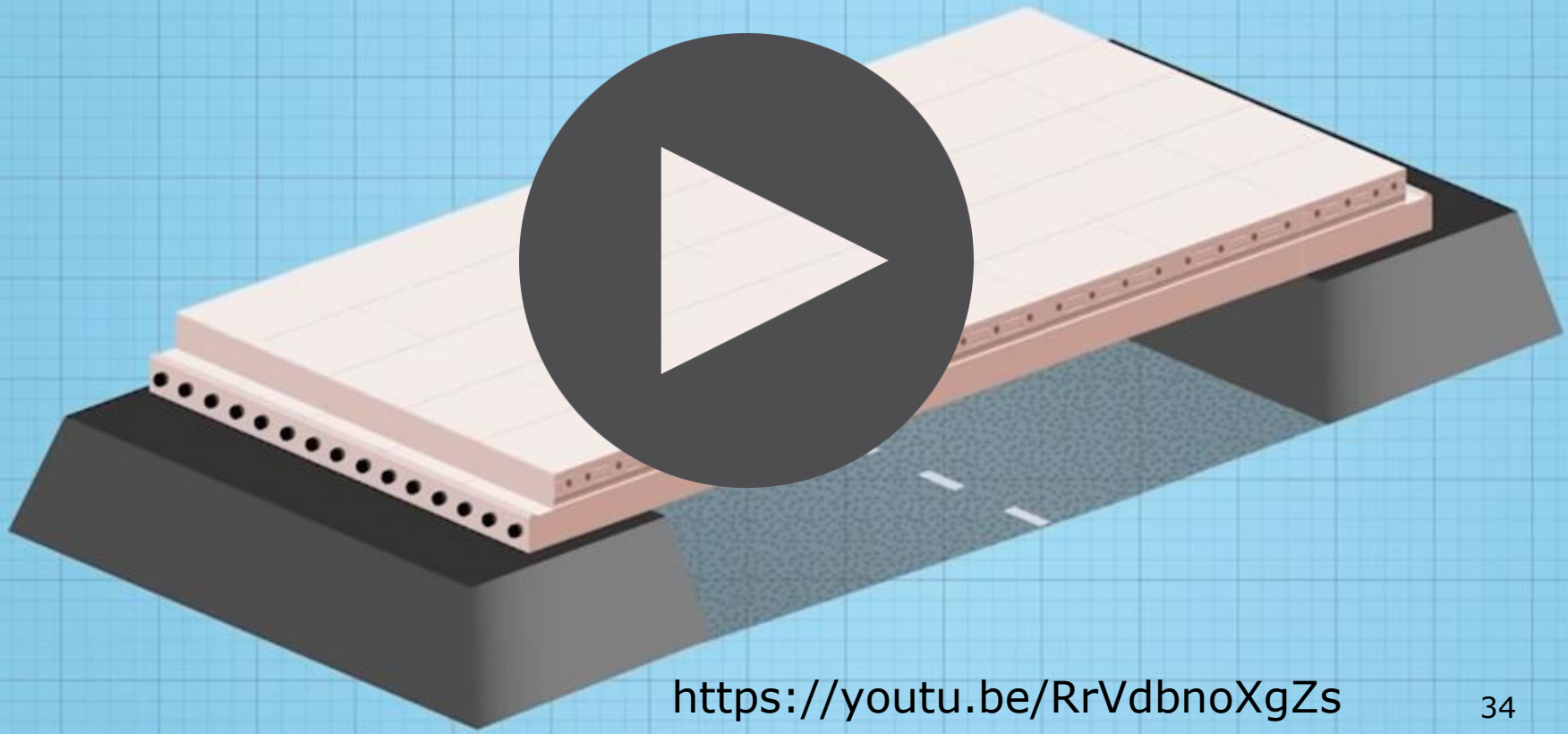
Van Hattum en Blankevoort

CONSOLIS SPANBETON

Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Circulair viaduct

Samengestelde ligger met prefab elementen



https://youtu.be/RrVdbnoXgZs