



## Bruggenfestival

Herberekenen van Stalen en Betonnen Bruggen en Viaducten

Samen de dingen goed doen, de goede dingen doen én blijven ontwikkelen



# Agenda

- Introductie
- Herberekeningen van Bruggen en Viaducten
- Brug over de Noord
- Amsterdamsebrug



## Introductie



**BruggenFestival**  
**20.03.25**

**SBE**

Meet our *experts at play*  
at **BOOTH 03**

# Herberekenen Bruggen en Viaducten

Rijkswaterstaat moet brug Dordrecht extra ondersteunen

Petra Platschorre | Gepubliceerd: 15 jan. 2024 | Gewijzigd: 17 jan. 2024



HOME | WEGEN | WATER | DUURZAAMHEID | ONDERNEMEN | ENERGIE | LAADINFRA | EVENT>

Ook Zuid-Holland ontdekt verzwakt viaduct met tand-nok-constructie

Gepubliceerd op 16-10-2023 om 15:21



Inspectie aan een viaduct, foto ter illustratie. © Foto: VRPress / ANP

De provincie Zuid-Holland heeft in de N470 bij Pijnacker een viaduct met een verzwakte tand-nok-constructie ontdekt. De veiligheid is momenteel niet in het geding, maar het viaduct moet bij de eerstvolgende onderhoudsbeurt worden versterkt. Bij veel gemeenten en ook andere provincies is het nu onbekend of tand-nok-viaducten extra in de eerten worden aehouden.

## Tand-nokconstructie toch minder duurzaam dan gedacht

Stijn van Gils | Gepubliceerd: 24 jan. 2025 | Gewijzigd: 29 jan. 2025



In samenwerking met Omroep Flevoland



NOS Nieuws • Zaterdag 18 januari, 11:46 • Aangepast zaterdag 18 januari, 16:19

Dijk Lelystad-Enkhuizen weer open na spoedreparatie, brug moet vervang

De dijk Lelystad-Enkhuizen is een groot deel van de da Rijkswaterstaat een aantal scheuren in de draagconstr bij Lelystad moest dicht. De spoedreparatie is geslaai zo slecht aan toe dat hij op termijn moet worden vervar

Rijkswaterstaat ontdekte de scheuren in het brugdek gistermiddag bij een

Verouderde wapening viaducten A12: gewichtsbeperving voor zwaar verkeer

Petra Platschorre | Gepubliceerd: 11 dec. 2024 | Gewijzigd: 12 dec. 2024

Kunstwerken stuk rekenen kan iedereen, maar kun je ze ook redden?

Petra Platschorre | Gepubliceerd: 14 okt. 2024 | Gewijzigd: 23 okt. 2024



NOS Nieuws • Vrijdag 26 april 2024, 14:05 • Aangepast vrijdag 26 april 2024, 14:37

A7 gaat dicht voor alle vrachtwagens en bussen

De snelweg A7 gaat bij Purmerend vanaf maandagochtend dicht voor alle vrachtwagens en bussen. Vanwege de renovatie van de brug over het Noordhollandsch Kanaal geldt daar nu nog een gewichtsbeperving: alleen vrachtwagens tot 25 ton mogen er rijden.

Maar die maatregel wordt volgens Rijkswaterstaat honderden keren per dag



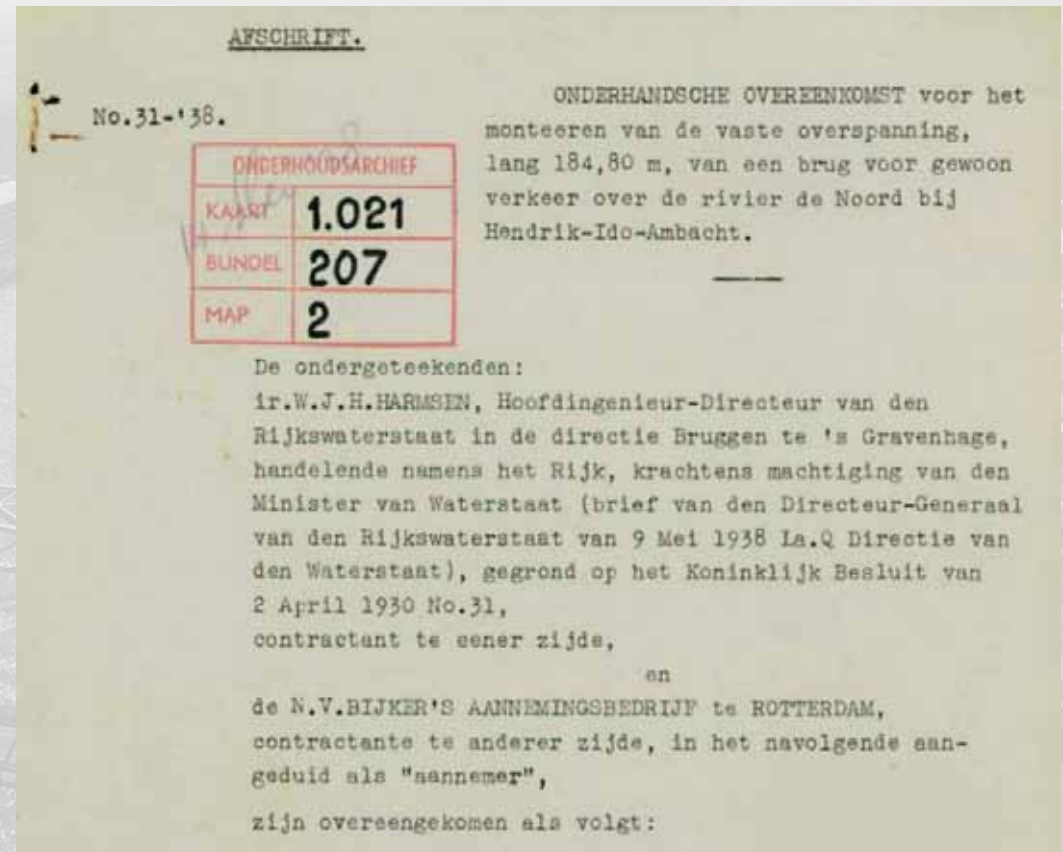
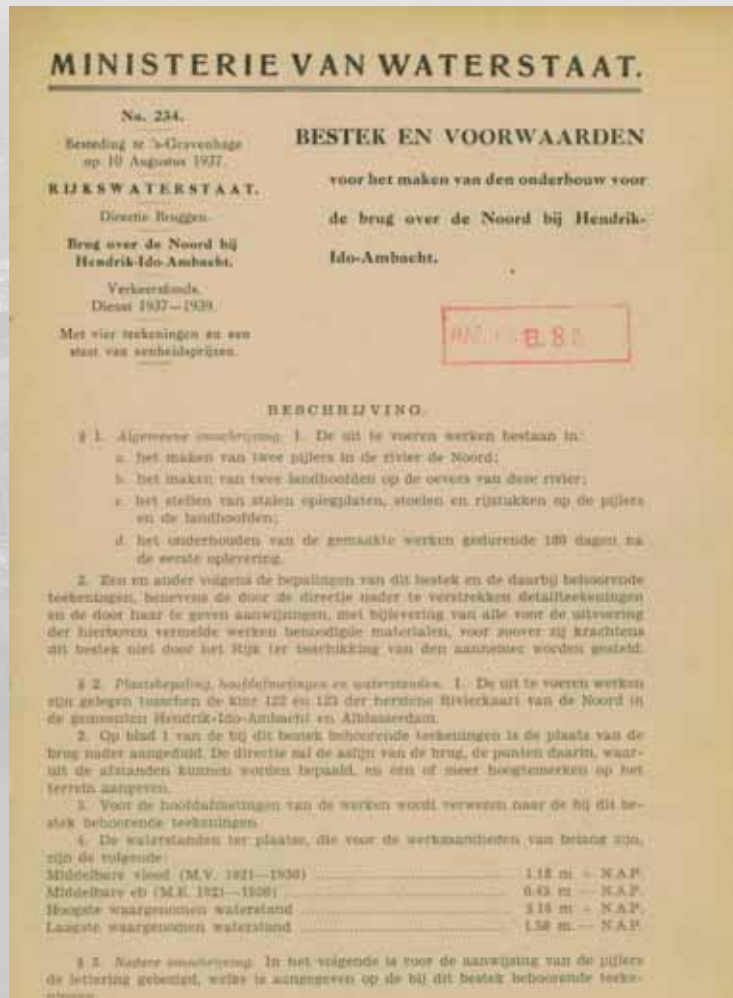
## Brug over de Noord



### Gegevens

- Bouwjaar 1939
- Hoofdoverspanning - 184,4m
- Westelijke aanbrug - 48,0m
- Oostelijke aanbrug - beweegbaar deel

# Archieven



B. BOUW- EN WATERBOUWKUNDE 5.

**INGENIEUR.** Bouw van de Noord te Hendrik-Ido-Ambacht. I. Situatie en hoofdafmetingen, door H. W. J. H. HARMSEN. II. Overzichts- en detailtekening van de constructie van de brug, door H. W. J. H. HARMSEN. III. De constructie van de brug, door H. A. BROUWER. IV. Besluiting van de waterovergang van de brug, door H. W. J. H. HARMSEN. V. De constructie van de brug, door H. W. J. H. HARMSEN. VI. De constructie van de brug, door H. W. J. H. HARMSEN.

**Brug over de Noord te Hendrik-Ido-Ambacht.**

Inhoudingen der afdeelingen van de Afdeeling voor Bouw- en Waterbouwkunde van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, op 22 Mei 1909.

**I. Situatie en hoofdafmetingen**

door H. W. J. H. HARMSEN.

De brug over de Noord maakt onderdeel uit van een reeks van drie bruggen, die naar het zuid toe de volgende afmetingen hebben: de Noord te Hendrik-Ido-Ambacht, de Middelen te Haren en de Zuid te Haren. De brug over de Noord heeft een lengte van 113,00 m, een breedte van 12,00 m en een hoogte van 12,00 m. De brug over de Middelen heeft een lengte van 113,00 m, een breedte van 12,00 m en een hoogte van 12,00 m. De brug over de Zuid heeft een lengte van 113,00 m, een breedte van 12,00 m en een hoogte van 12,00 m.



Fig. 1. Situatie.



Fig. 2. Overzichts- en detailtekening van de constructie van de brug.



Fig. 14. Aanzicht op het middeelstuk van de brug.

In de formule van prof. Klotz:  

$$f = \frac{Q^2}{(Q + P_1 + 0.7 \cdot f)}$$

is  $Q = 1.800$  (incl. 107  $\frac{1}{2}$  hangen),  
 $P_1 = 2.724$  (37 = 84.000  $\frac{1}{2}$  m),  
 $f = 2.000$  (37 = 144.000)  
 hieruit volgt  $f = 2.35$ .

De schuifwijdte van de brugpijlers is 2,40 of  $\frac{1}{2}$  van de overspanning. De hoogte van het hulpstukken in den top van den brug hevet den trekband is 30 m of  $\frac{1}{2}$  van de overspanning.

Het krommingspunt van de brugpijlers (Fig. 17), waar de lasten en de middelen van den brug en den trekband tegenaan komen, wordt bepaald door de volgende afmetingen, waarop 30 punt berekend is, zijt:

Bovenmaat hang 1.237 l.  
 Ondermaat hang 2.339 l.  
 Trekband 3.036 l.

Vanwege de bewegingen van de brugpijlers is een wind- en zwaartekracht te overzichten worden door postaf- en zwaartekracht tegen uitrukken te voorkomen. Bij de afmetingen van de brug werden de windkrachten lange tusschen naar de brugpijlers getrokken, en door een postaf, bestaande uit een vortzen bevestiging en de bevestigingen van de brugpijlers en door een postaf, bestaande uit de verbindings en den draadspijlen in hangpunt, 1 van den brugpijlers en het onderste gedeelte in het zwaartekracht.

De afmetingen van de brugpijlers, daartusschen aangebrachte hangpijlen en een gewapend betoonwerk, worden naar bijvoegende tekening (Fig. 15). Het gedeelte van de brug, waarin de brugpijlers en de draadspijlen tegen elkaar komen, wordt door de volgende afmetingen bepaald:

De afstand van de brugpijlers tot de draadspijlen, daartusschen aangebrachte hangpijlen en een gewapend betoonwerk, worden naar bijvoegende tekening (Fig. 15). Het gedeelte van de brug, waarin de brugpijlers en de draadspijlen tegen elkaar komen, wordt door de volgende afmetingen bepaald:



Fig. 15. Detailtekening van de brugpijlers.

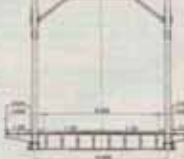


Fig. 16. Technische detailtekening van de brug.



Fig. 21. Hooftopzichten met begroeiing voltooid brug.

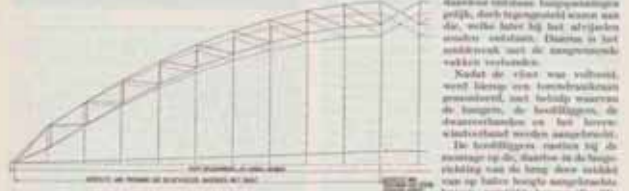
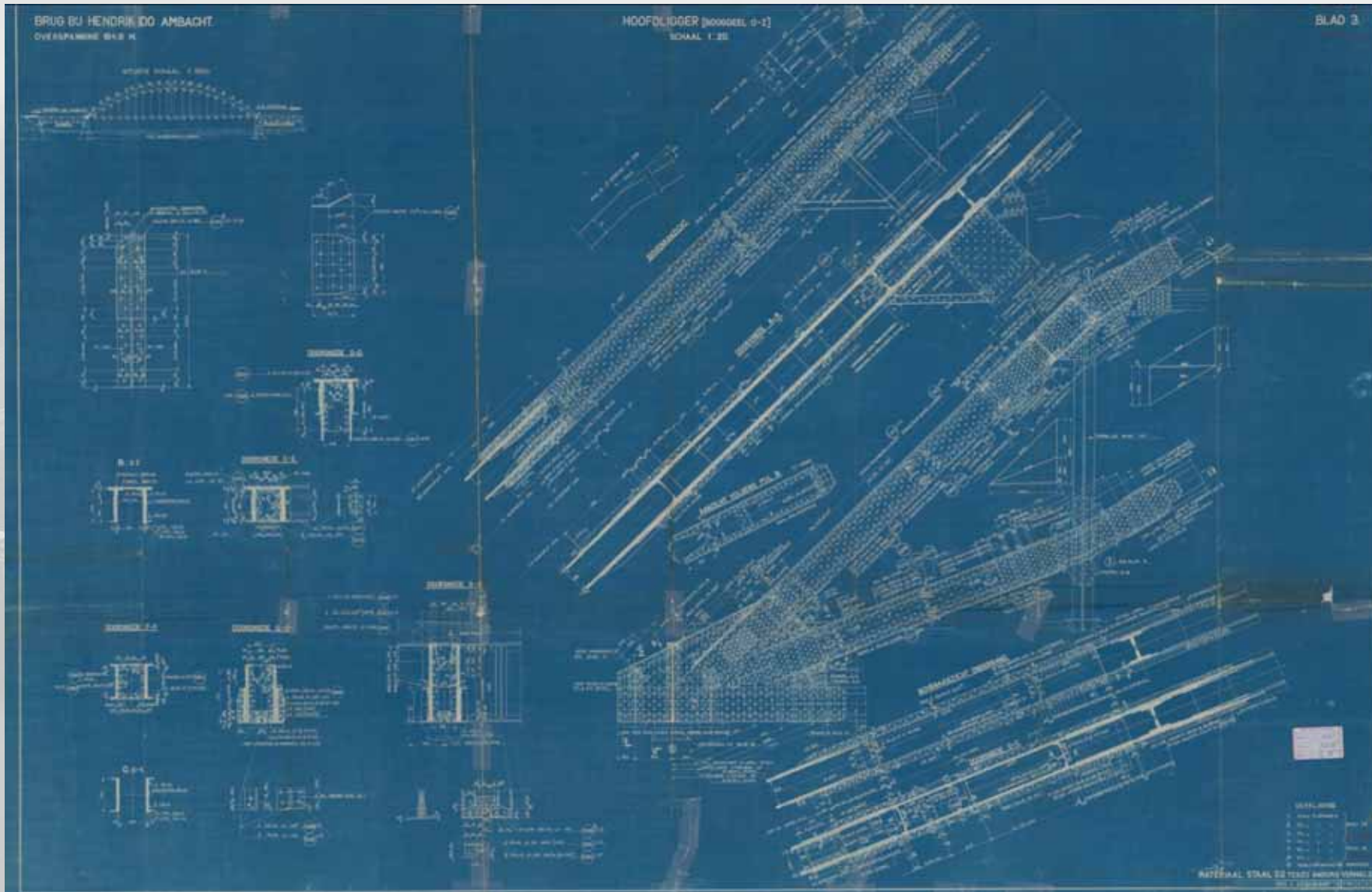


Fig. 22. Handtekening van de brug.

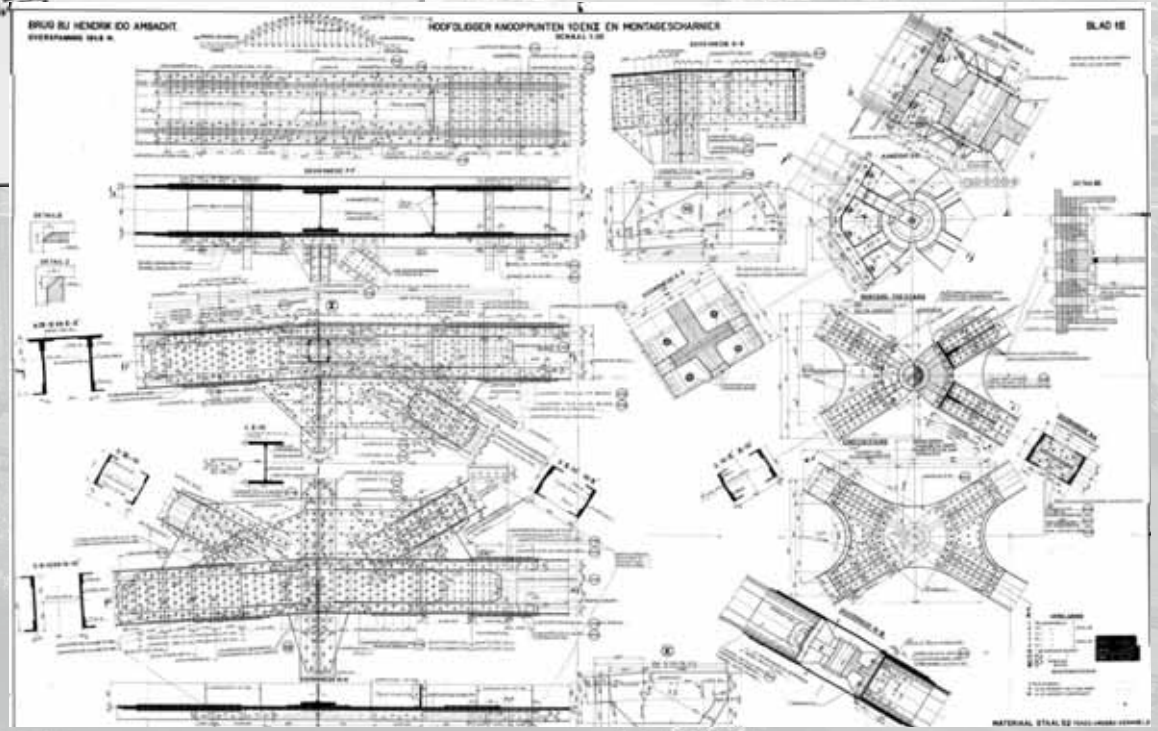
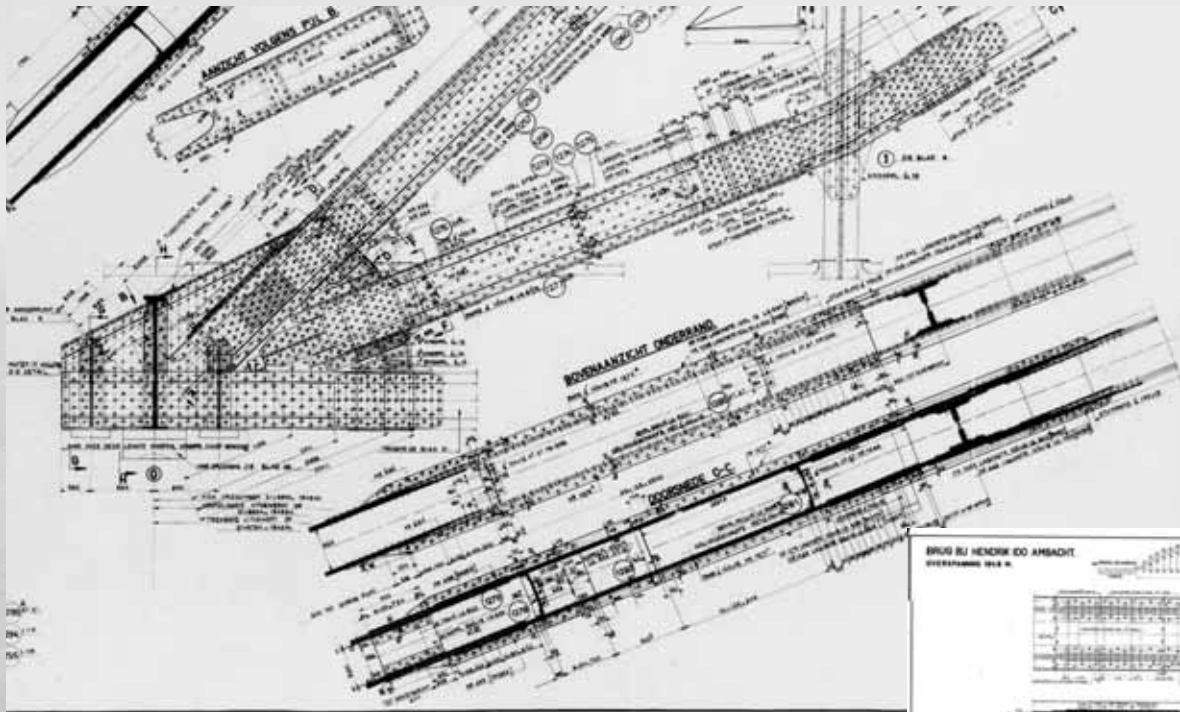
De brug over de Noord maakt onderdeel uit van een reeks van drie bruggen, die naar het zuid toe de volgende afmetingen hebben: de Noord te Hendrik-Ido-Ambacht, de Middelen te Haren en de Zuid te Haren. De brug over de Noord heeft een lengte van 113,00 m, een breedte van 12,00 m en een hoogte van 12,00 m. De brug over de Middelen heeft een lengte van 113,00 m, een breedte van 12,00 m en een hoogte van 12,00 m. De brug over de Zuid heeft een lengte van 113,00 m, een breedte van 12,00 m en een hoogte van 12,00 m.

De brugpijlers van de brug worden door de draadspijlen en de hangpijlen tegen elkaar gehouden. De draadspijlen worden door de hangpijlen tegen elkaar gehouden. De hangpijlen worden door de draadspijlen tegen elkaar gehouden.

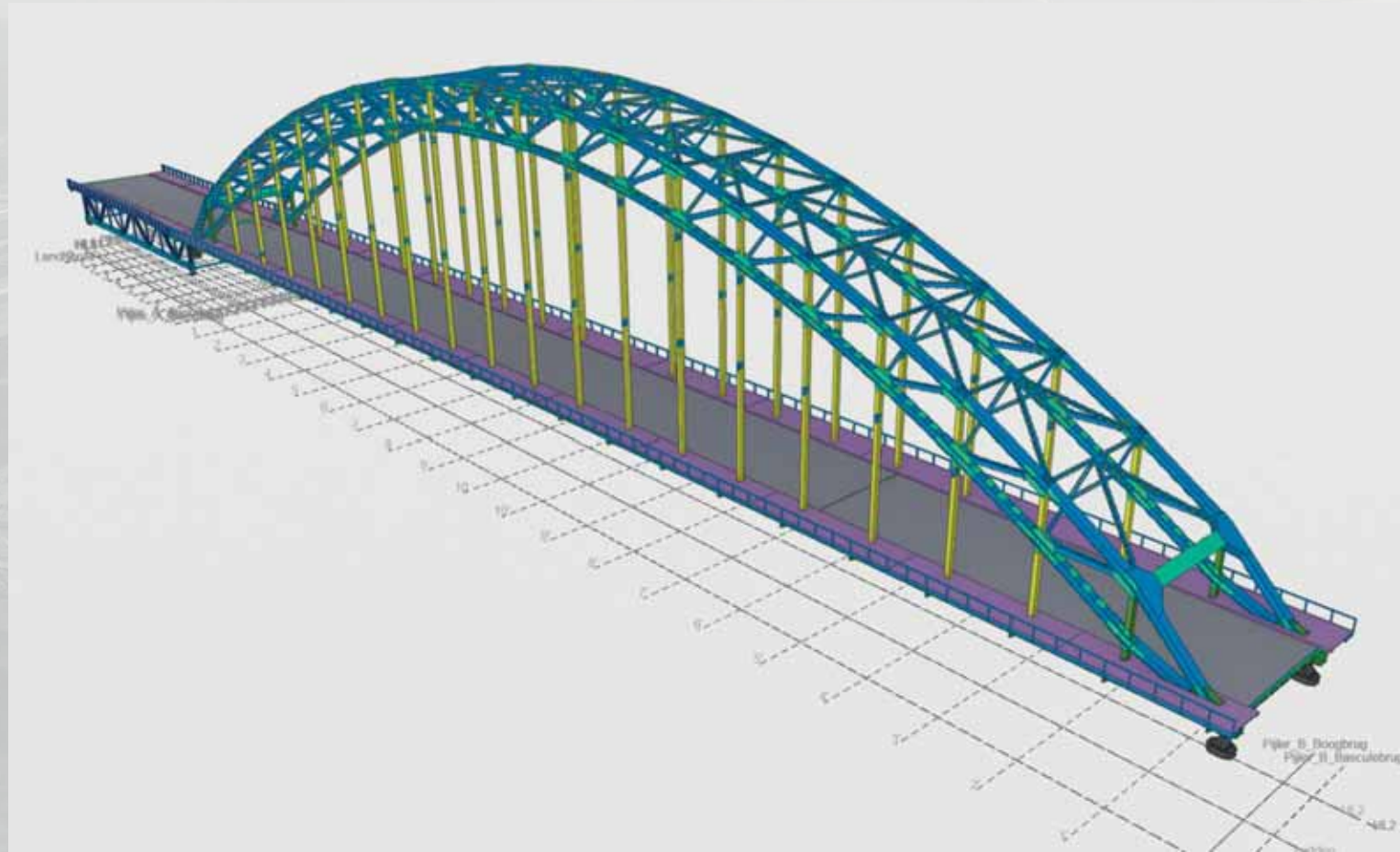
De brugpijlers van de brug worden door de draadspijlen en de hangpijlen tegen elkaar gehouden. De draadspijlen worden door de hangpijlen tegen elkaar gehouden. De hangpijlen worden door de draadspijlen tegen elkaar gehouden.

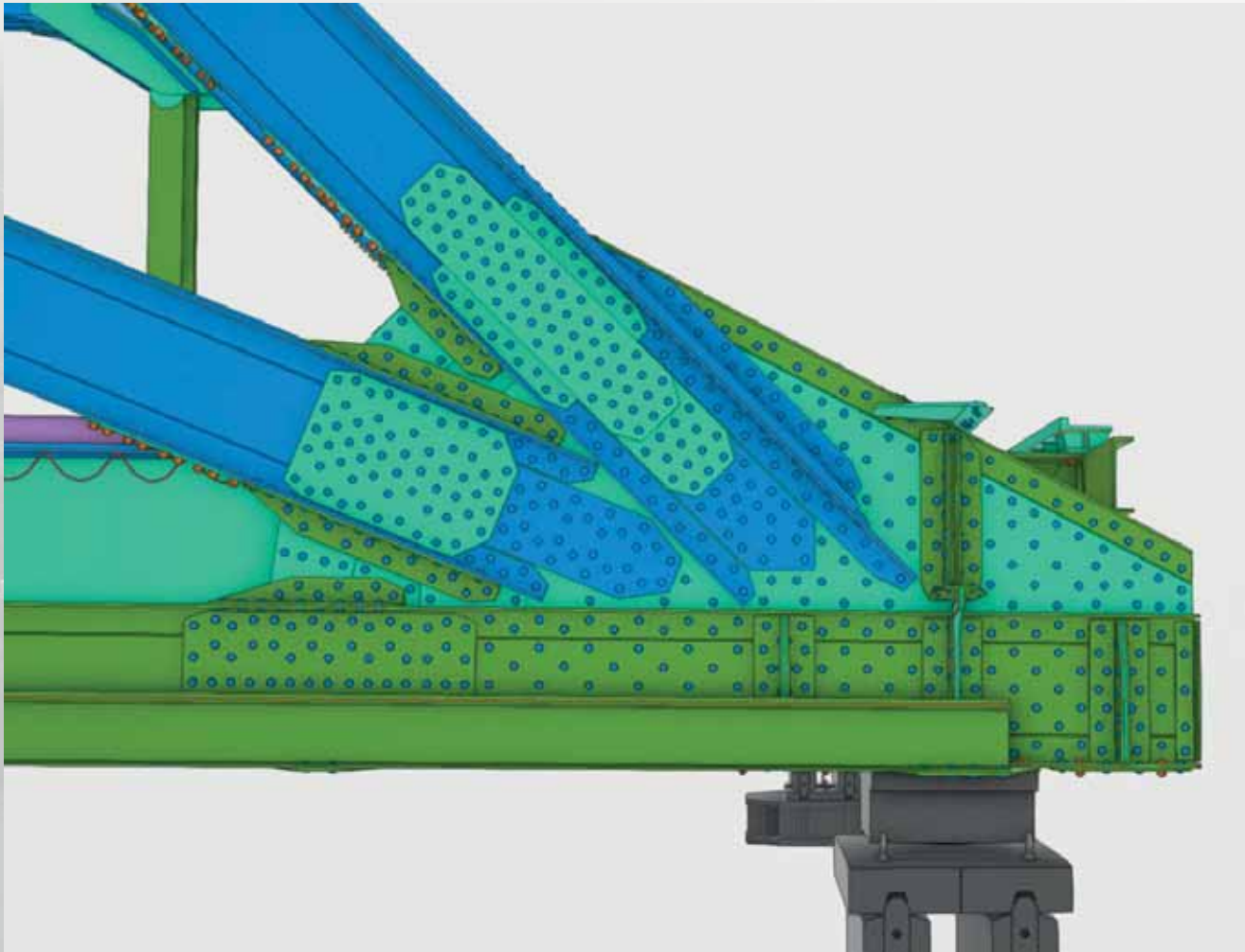




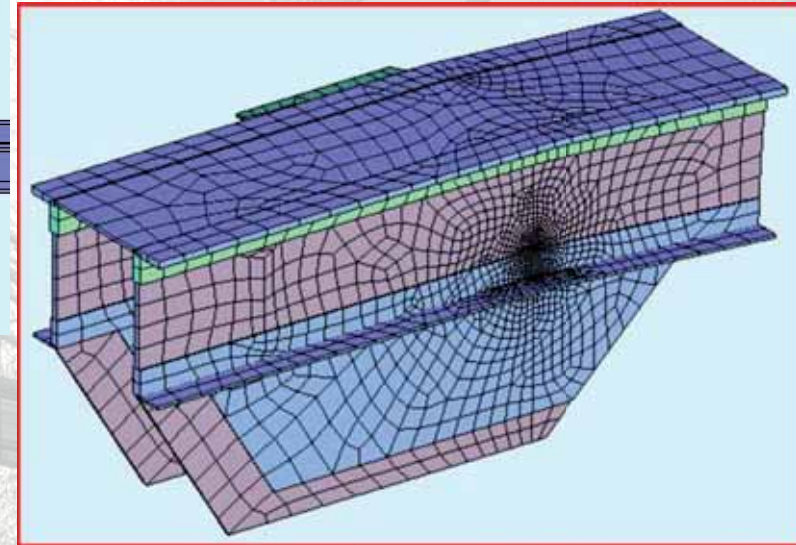
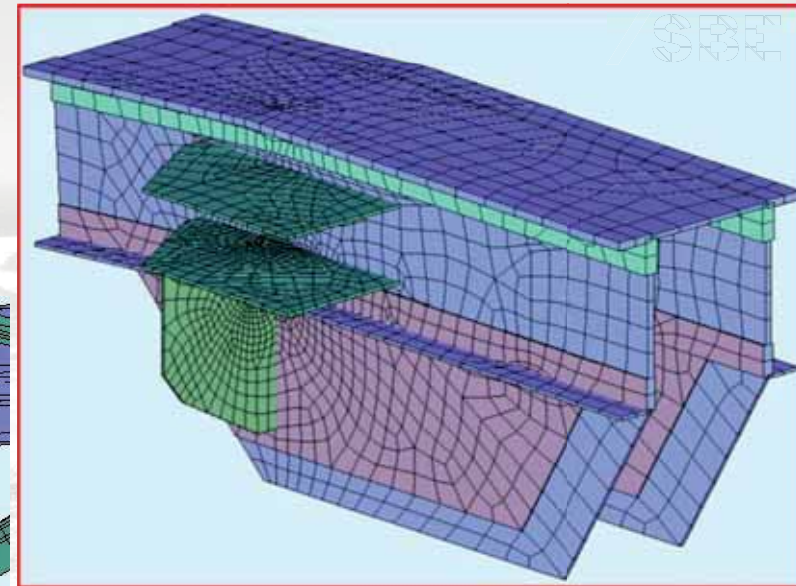
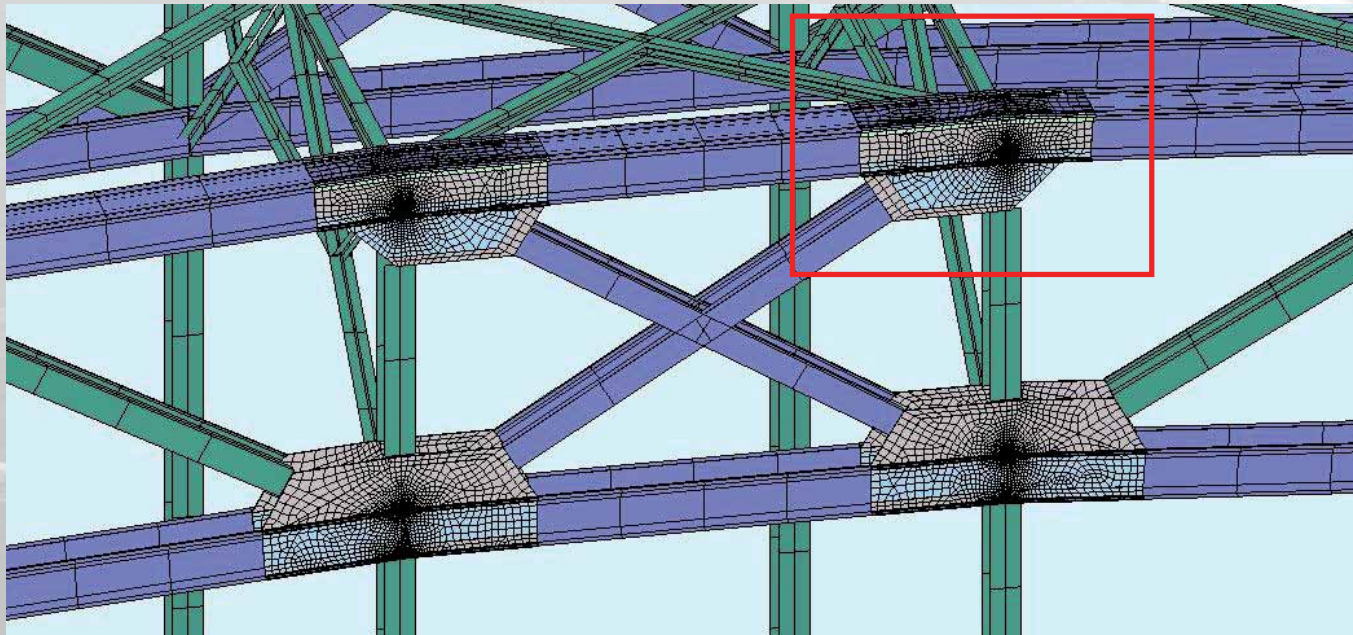


# BIM Model





# Rekenmodellen



# Klinknagels

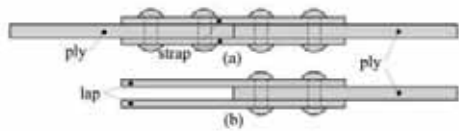


Fig. 2. Double covered joints: (a) Double strap butt joint; (b) Double lap joint. We treat these as one group.

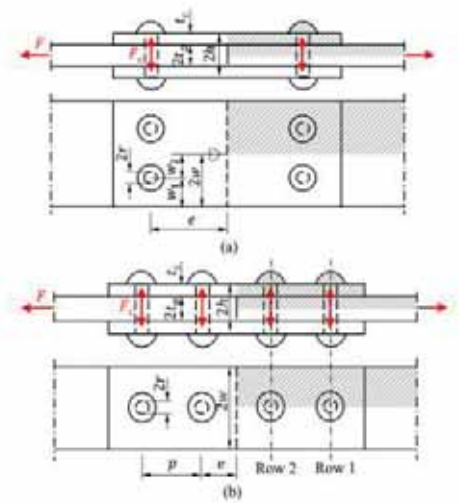
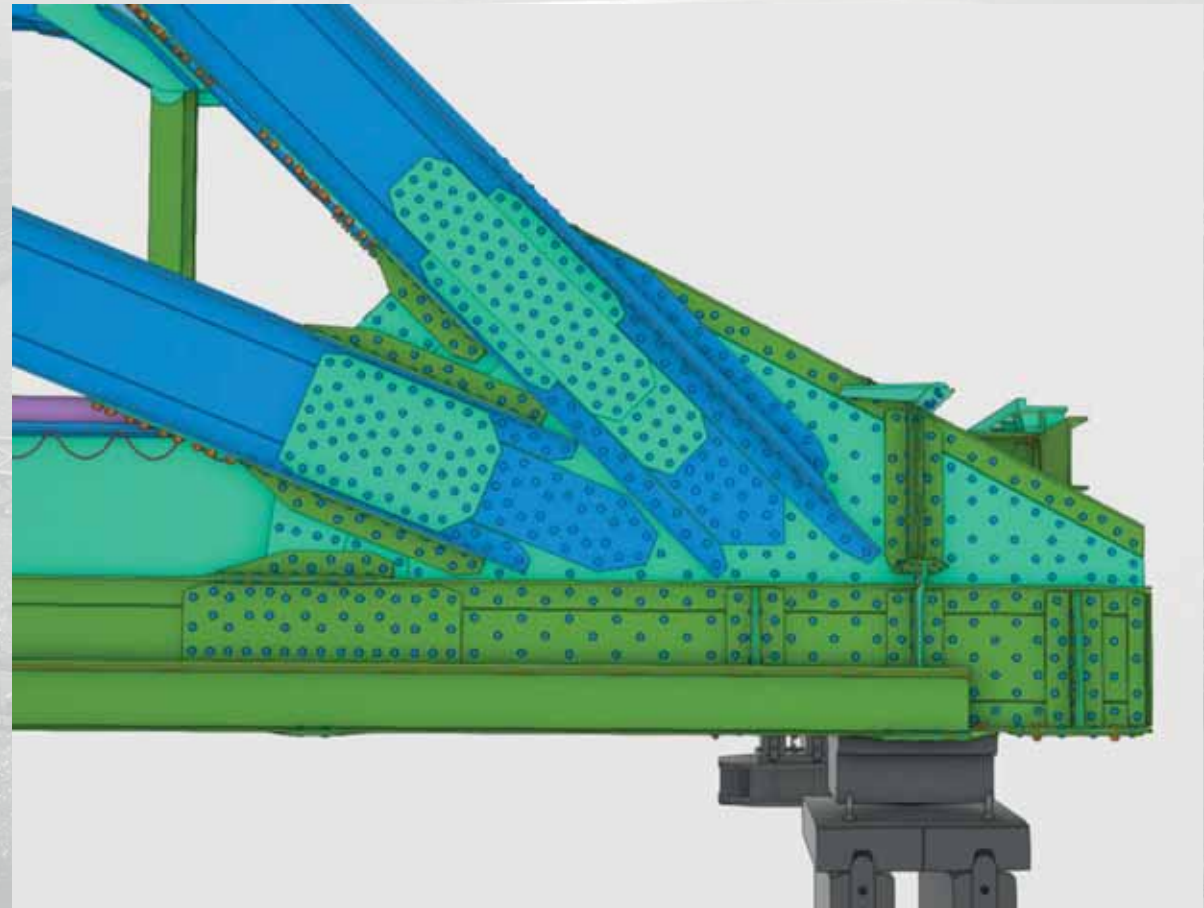


Fig. 3. Definition of joint geometry: (a) Joint with  $n_{sbs} = 1$  and  $n_{sp} = 2$ ; (b) Joint with  $n_{sbs} = 2$  and  $n_{sp} = 1$ . The hatched area indicates the part modelled with the FE method.



## Hoe verder?

- Inspectie
- Uitvoeren berekeningen
- Beslissing: niets doen, renoveren of vervangen



# Herberekenen loont! Casus Amsterdamsebrug

Samen de dingen goed doen, de goede dingen doen én blijven ontwikkelen



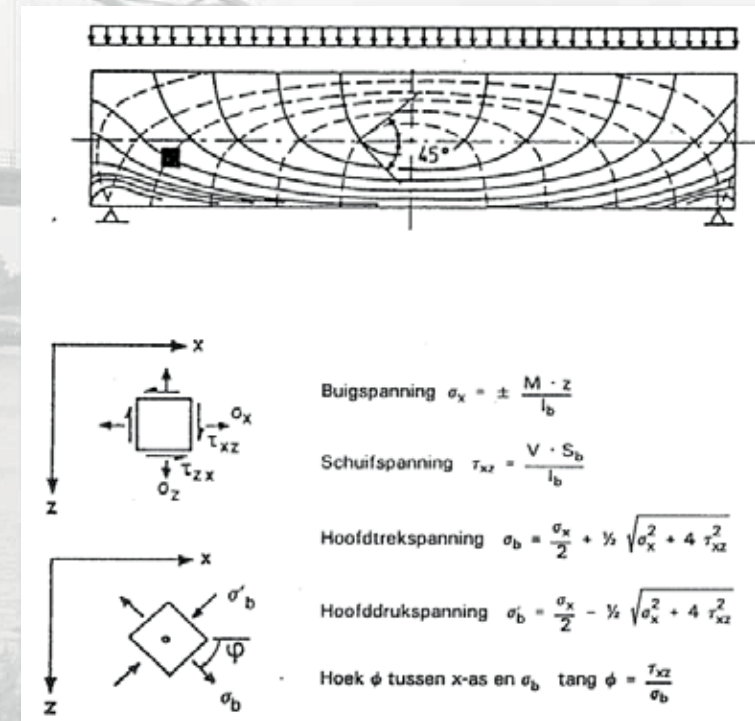
# Casus: Amsterdamsebrug en Schellingwouderbrug

## Quickscan

- Brug voldoet niet
- Unity Check 1.85
- Bezwijkmechanisme: afschuiftrekbreuk

## Opdrachtoomschrijving

- Analyseer de **maatgevende** situatie
- met een **niet-lineair** rekenmodel
- en breng de **verborgen marges** in kaart



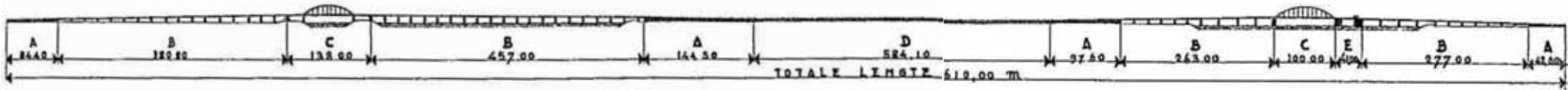


bron luchtfoto: PDOK: <https://www.pdok.nl/-/nu-hoge-resolutie-luchtfoto-2023-bij-pdok>

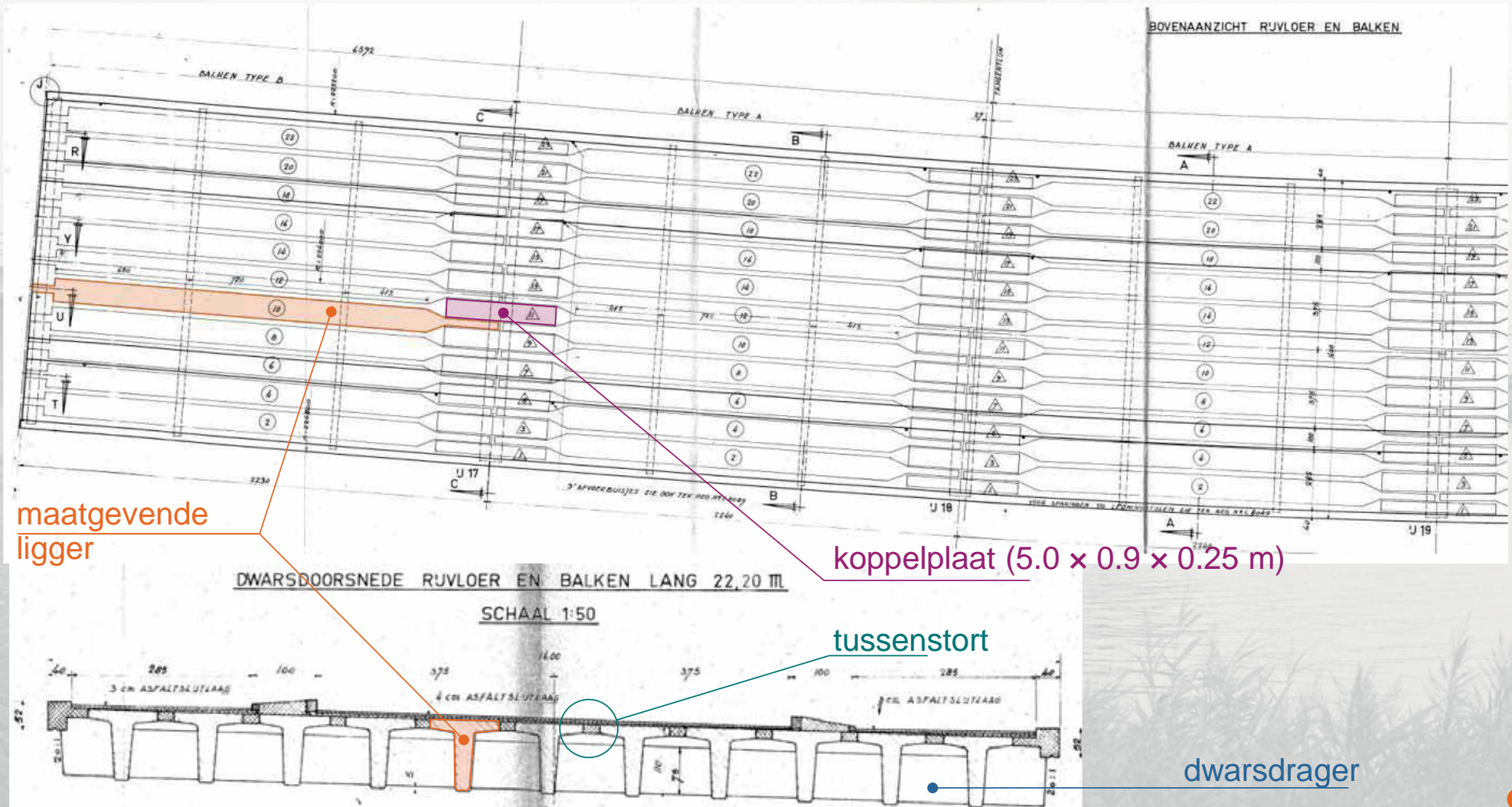


AMSTERDAM - RINGKANAAL

BUITEN-U



A = BETONDOOS B = BITONVIADUCT C = STAALBRUG D = AARDEBAAN E = DUBBELE BASCOLEBRUG



# Voorspanning

## Liggers

- op werf gestort
- voorgespannen met nagerekt staal

## Koppelplaten

- op werf gestort
- voorgespannen met voorgerekt staal

## Dwarsdragers en tussenstort

- in-situ
- voorgespannen met nagerekt staal (voorspanstaven)



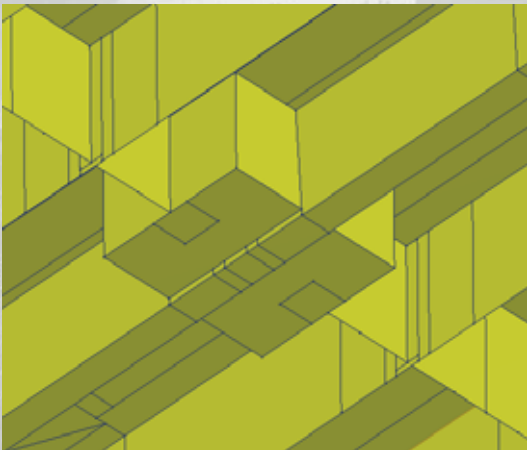
# Aanpak

## Niet-lineaire berekening

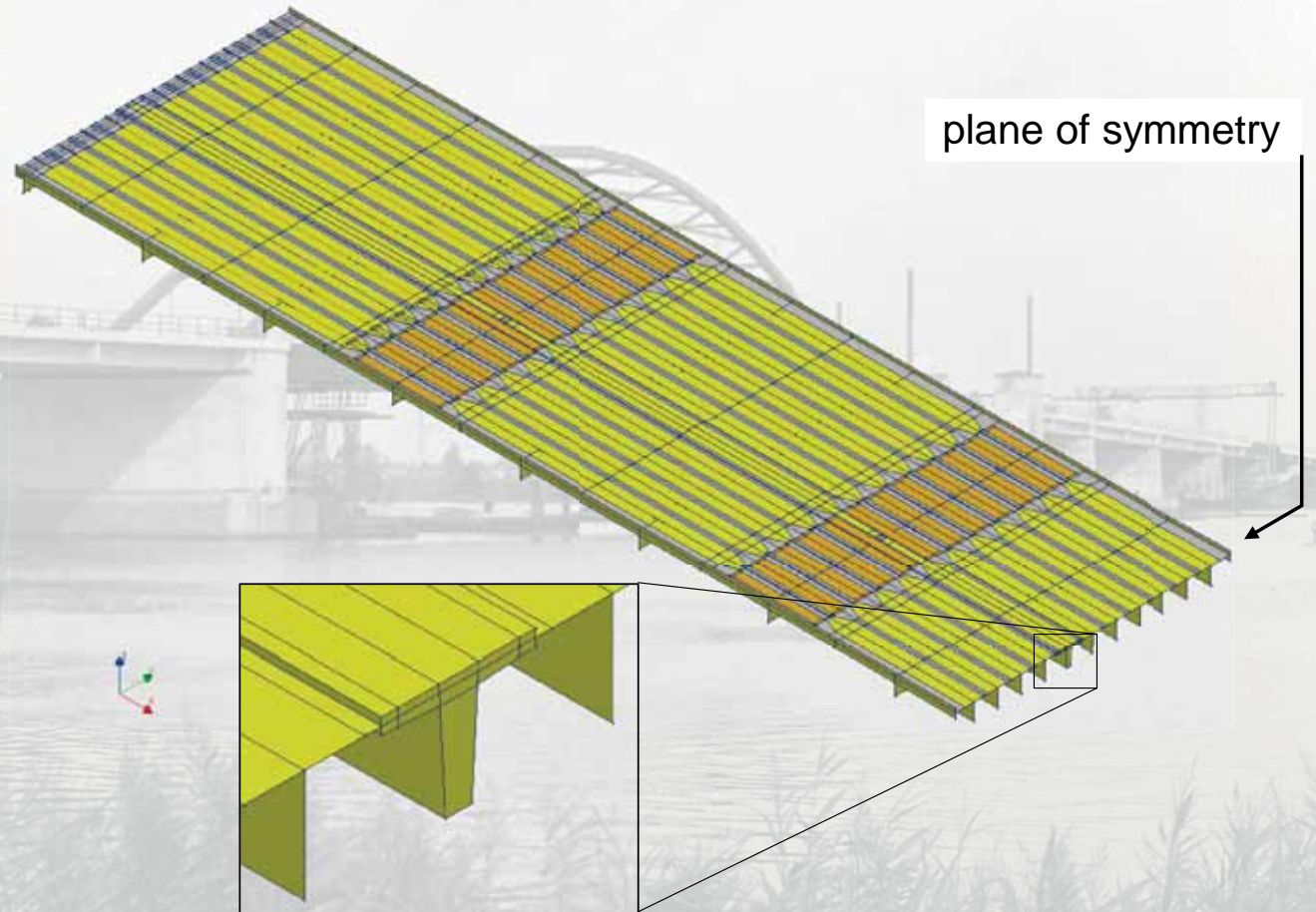
- beschrijft gedrag van beton en staal zo realistisch mogelijk
- met behulp van realistische materiaalmodellen
  - beton: krimp, kruip, scheurvorming en verbrijzeling
  - wapening en voorspanning: vloeien, breuk
- Resultaat: realistische bepaling constructiegedrag (ook na scheurvorming)
- Tijdrovend: gedetailleerd rekenmodel, alle fasen en belastingstappen doorrekenen

## Alleen de maatgevende situatie

## Model: geometrie



*Verbinding maatgevende ligger met dwarsdrager*



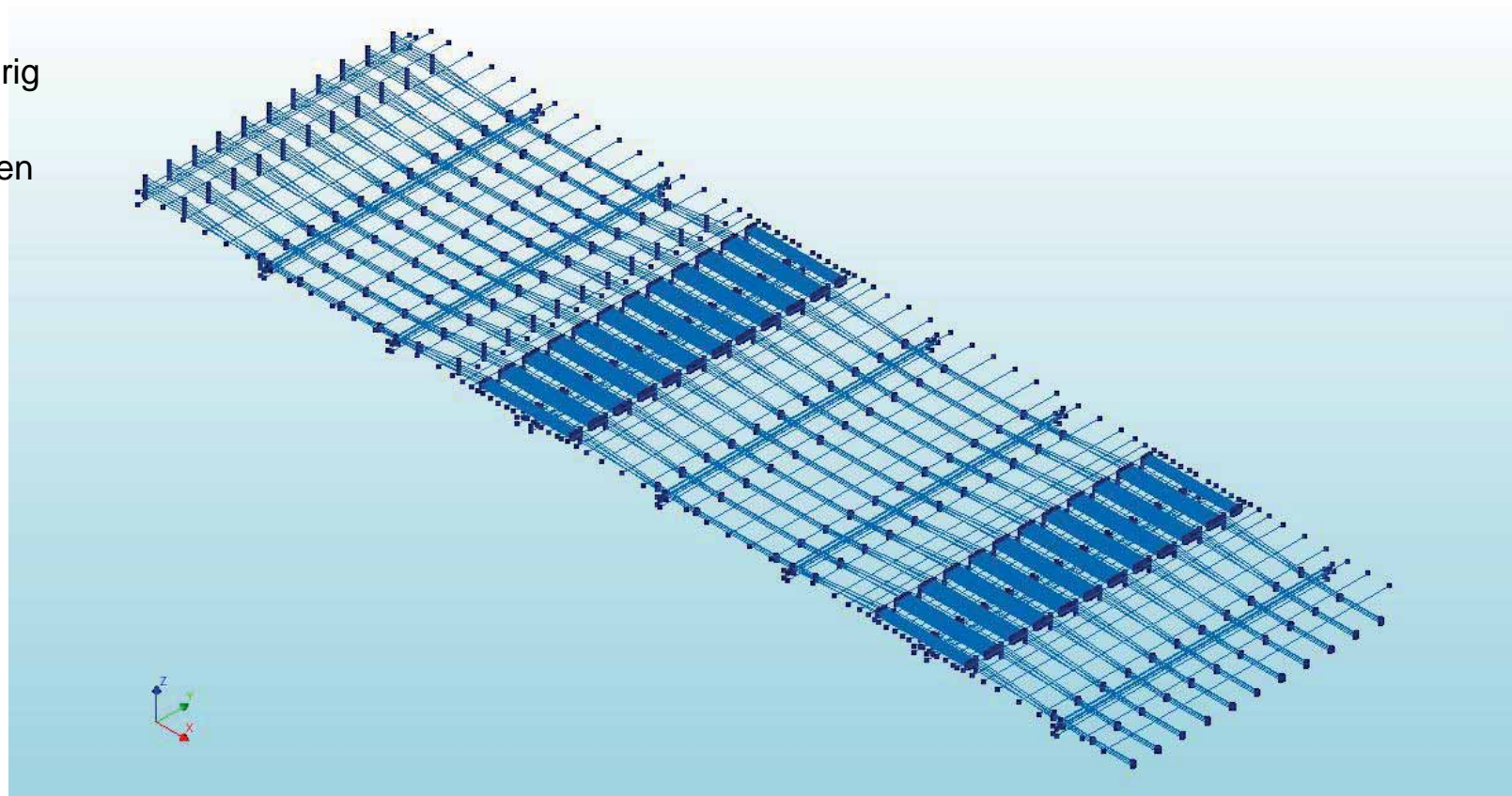
Samen de dingen goed doen, de goede dingen doen én blijven ontwikkelen



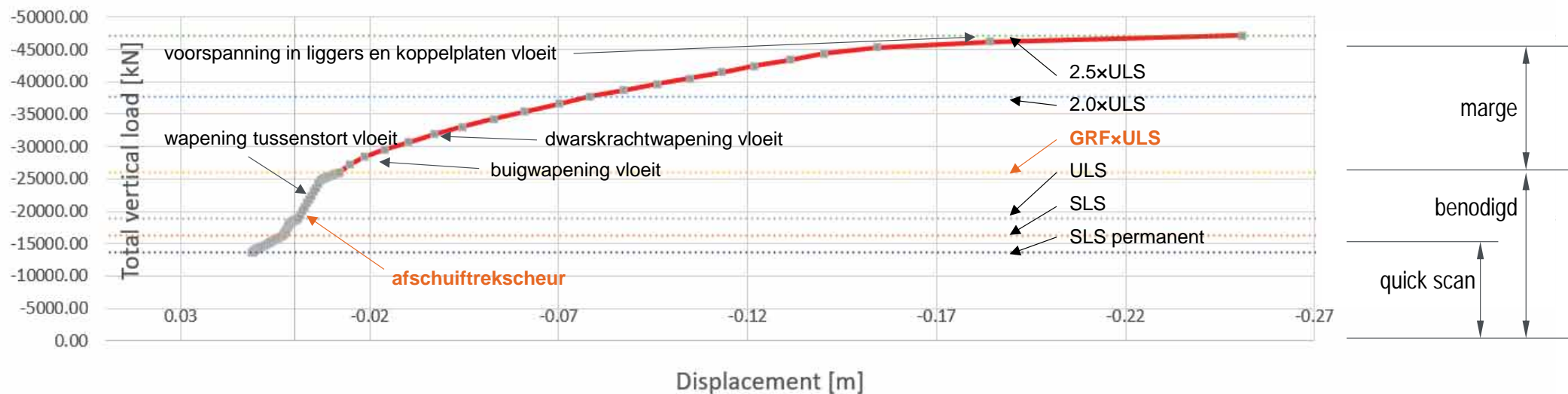
## Model: voorspanning

Elk voorspanelement nauwkeurig gemodelleerd:

- correcte berekening verliezen door krimp en kruip
- nauwkeurige berekening voorspanneffecten



# Last-verplaatsingsdiagram



Samen de dingen goed doen, de goede dingen doen én blijven ontwikkelen



# Scheurontwikkeling

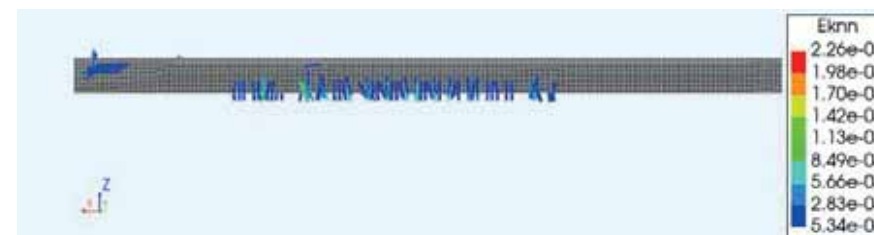
afschuifscheur ontstaat vóór buigscheuren

buigscheuren ontwikkelen sneller dan afschuifscheur, tot 2.0 x ULS

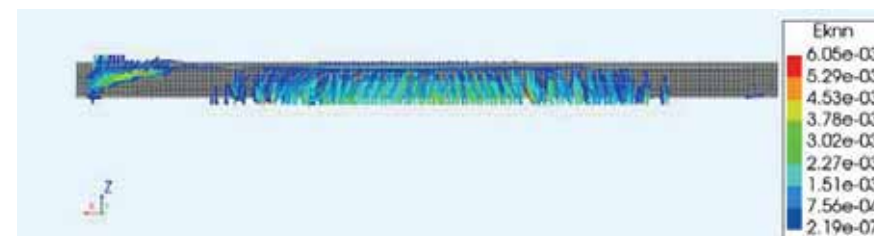
bezwijkmechanisme: afschuiving

bezwijken ingeluid door vloeien voorspanning in liggers

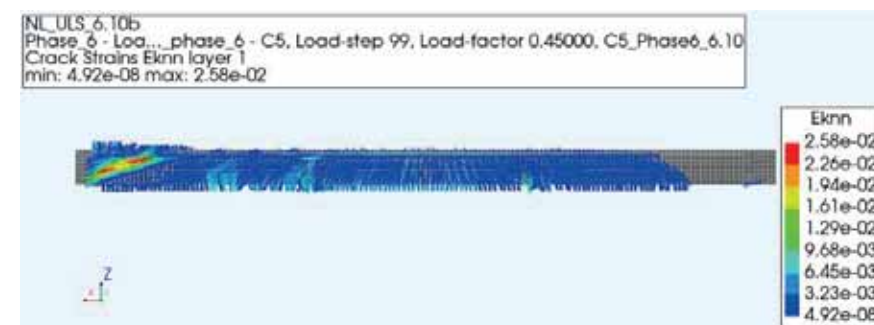
*GRF*xULS



2.0xULS



2.45xULS





## Conclusie

Amsterdamsebrug en Schellingwouderbrug:

- Voor maatgevende positie verkeersbelasting ruim voldoende draagkracht aangetoond
- Versterking of verkeersbeperking niet nodig

Bij twijfels aan constructieve betrouwbaarheid: een verfijnde analyse loont de moeite!

- Meer zekerheid over prioritering objecten
- Redelijke kans dat het object gewoon voldoet