

## DIANA modules DESIGN en STADAP voor de praktijk

Chantal Frissen, TNO DIANA BV



DOV Lezingenavond 29 November 2012

### Inhoud

- **Introductie**
- **Design applicatie**
- **Stiffness Adaptation Applicatie**
- **Voorbeeld: Kokerbalk viaduct**

# Introductie

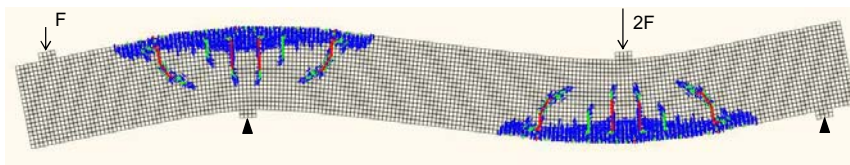
## De huidige werkwijze

- Liggers en platen
- Lineair elastische berekeningen
- Ontwerpcodes gebaseerd op snedekrachten en –momenten
- Scheurbeperving gebaseerd op maximaal toelaatbare scheurwijdte

4

## Lineair versus niet-lineair rekenen

- Complex
- Rekentijd
- Scheurwijdte berekenen
- Scheurwijdte ontwikkeling door verandering verandering
- Reststerkte constructie

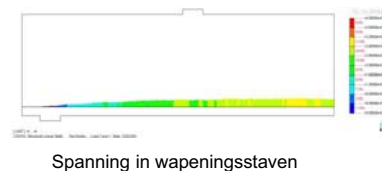
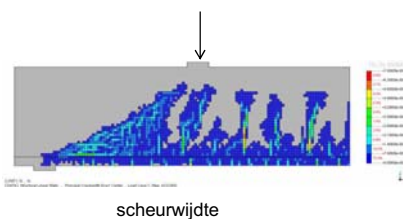


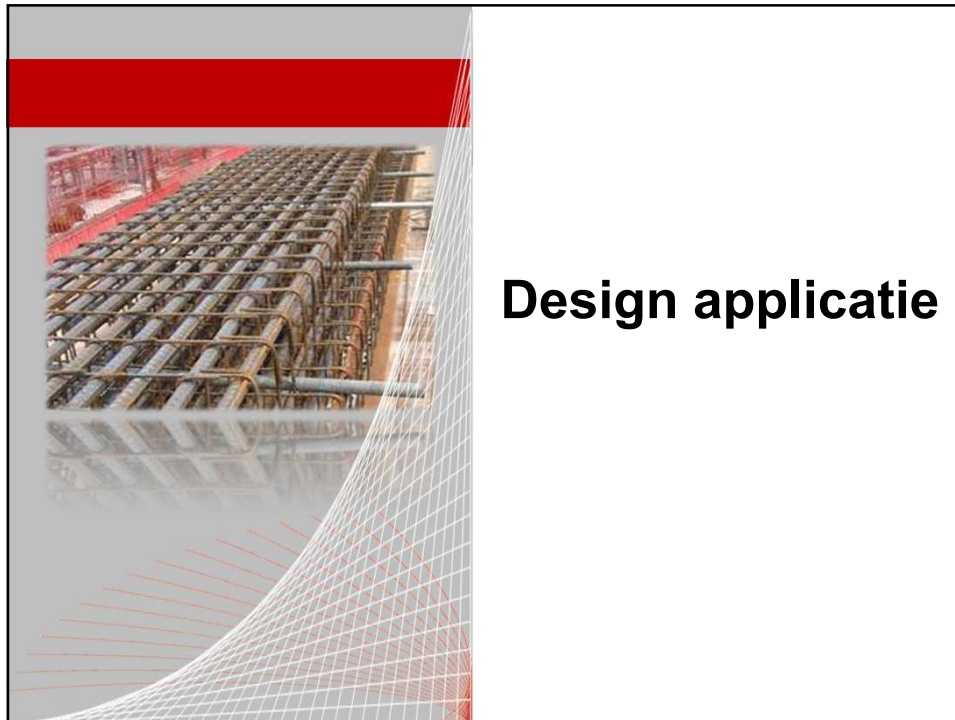
5

## Globaal versus lokaal resultaat niveau

Andere benadering:

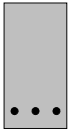
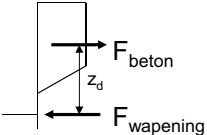
1. Berekenen benodigde hoeveelheid wapening  $\Rightarrow$  Design
  2. Toepassen benodigde wapening in model
  3. Berekenen van scheurpatronen en scheurwijdtes
  4. Berekenen van vloeien wapening
- $\Rightarrow$  Stiffness Adaptation

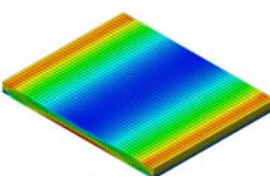
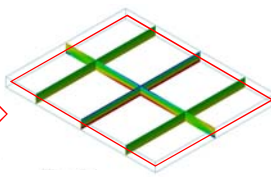
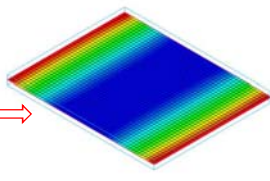




## Design Applicatie

- Design checks voor 'Reinforcement grids'
- Krachten en momenten controles in doorsnede, gebaseerd op lineaire analyse
- Toepasbaar in:
  - Schaal elementen
  - Volume elementen  $\Rightarrow$  COMPOS vlak-elementen


 $\Rightarrow$ 

 $\Rightarrow$ 


spanningen
COMPOS vlak-element
Myy

## Design Applicatie: Syntax

### 'MATERI'

**Beton: schaal - of compos elementen**

1 FCTM gemiddelde treksterkte  $f_{ctm}$   
 FCK karakteristieke druksterkte  $f_{ck}$   
 of  
 CONCRE EN1992 (Eurocode 2)  
 CLASS betonklasse {LC12/13, C12/15 etc. }  
 [ ENVIRO milieuklasse {X0, XC1, XC2, ...} ]

**Wapening: DESIGN reinforcement grid**

2 YOUNG Elasticiteitsmodulus E  
 YLDSTR vloeispanning  $f_y$

### 'GEOMET'

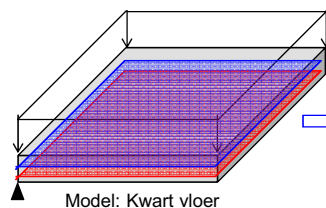
**Wapening: DESIGN reinforcement grid**

2 DESIGN  
 PHI  $\phi_x \phi_y$  diameters staven  
 SPACIN  $s_x s_y$  h.o.h afstand  
 [ ZR  $z_r$  relative arm [0.9]]  
 [ SPREAD spr lengte voor middelen]

### \*DESIGN

BEGIN CODE  
 [ ANNEX nationale annex {DUTCH, NONE}]  
 [ ENVIRO milieuklasse {X0, XC1, XC2, ...}]  
 [ CONSTR constructieklasse {S1, S2, ..., S6}]  
 END CODE  
 EXECUT  
 COMBIN  
 ENVELO  
 BEGIN OUTPUT  
 ASREQ benodigde hoeveelheid wapening  
 ASAPL toegepaste wapening  
 ASRAT verhouding benodigd / toegepast  
 ASRXY verhouding hoeveelheid in x en y  
 UCMIN unity check minimale wapening  
 UCMAX unity check maximale wapening  
 UCPHI unity check maximale diameter  
 UCSPA unity check maximale h.o.h. afstand  
 UCCOV unity check dekking  
 UCSHR unity check dwarskracht  
 REINF  
 ELEMEN  
 INTPT  
 NODES  
 AVERAG  
 END OUTPUT

## Nieuwe applicatie DESIGN



Input wapeningsnet:

- Diameter staaf in x en y-richting
- Hart op hart afstand in x en y-richting

Input Compos vlak elementen:

- dikte

Controle hoeveelheid wapening Eurocode 2

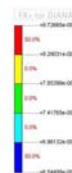
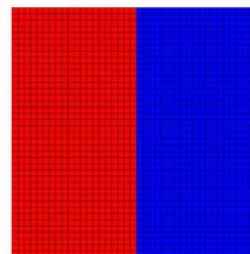
- **Toegepaste hoeveelheid wapening**
- Benodigde hoeveelheid wapening
- Verhouding benodigd / toegepast
- Maximale
- Minimale

Controle op scheurbeheersing

- Maximale diameter wapening
- Maximale hart op hart afstand staven

Controle op dekking

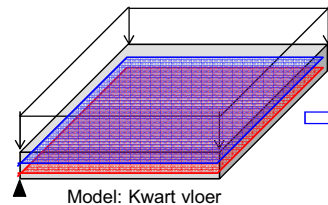
Controle op dwarskracht



[UNIT] N, mm  
 [DATA] Structural Linear Static, Applied y (Y4C4), Combination ULS1

10

## Nieuwe applicatie DESIGN



Model: Kwart vloer

Input wapeningsnet:

- Diameter staaf in x en y-richting
- Hart op hart afstand in x en y-richting

Input Compos vlak elementen:

- dikte

Controle hoeveelheid wapening Eurocode 2

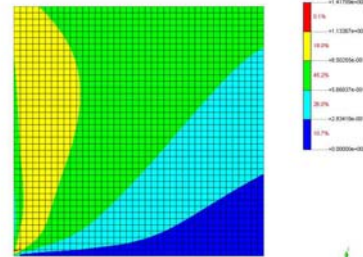
- Toegepaste hoeveelheid wapening
- **Benodigde hoeveelheid wapening**
- Verhouding benodigd / toegepast
- Maximale
- Minimale

Controle op scheurbeheersing

- Maximale diameter wapening
- Maximale hart op hart afstand staven

Controle op dekking

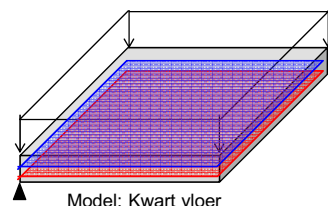
Controle op dwarskracht



[LIMIT] 16 - mm  
[DATA] Structural Linear State - , Frequency NODES (14000) - , Combination ULS1

11

## Nieuwe applicatie DESIGN



Model: Kwart vloer

Controle hoeveelheid wapening Eurocode 2

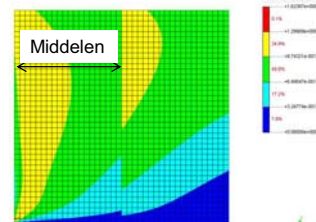
- Toegepaste hoeveelheid wapening
- Benodigde hoeveelheid wapening
- **Verhouding benodigd / toegepast**
- Maximale
- Minimale

Controle op scheurbeheersing

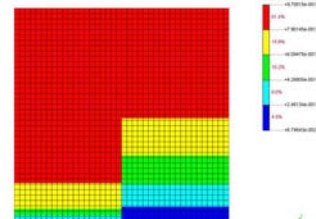
- Maximale diameter wapening
- Maximale hart op hart afstand staven

Controle op dekking

Controle op dwarskracht

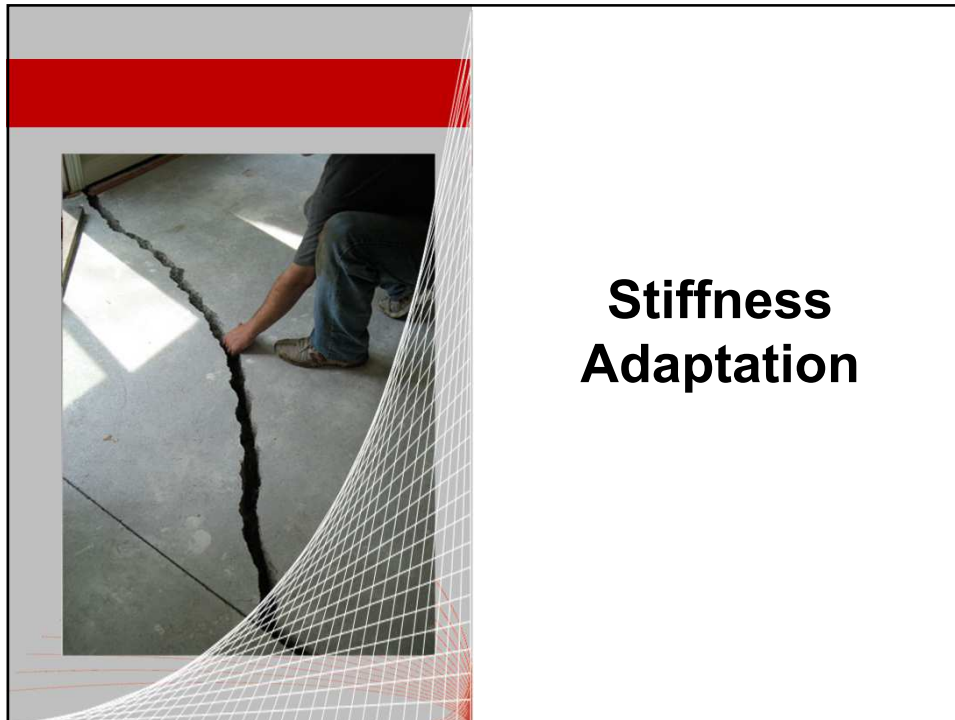


[LIMIT] 16 - mm  
[DATA] Structural Linear State - , Frequency NODES (14000) - , Combination ULS1



[LIMIT] 16 - mm  
[DATA] Structural Linear State - , Frequency NODES (14000) - , Combination ULS1

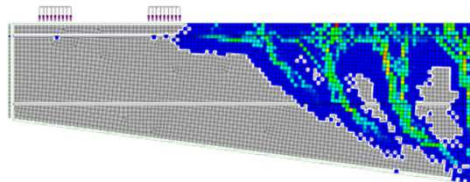
12



### Nieuwe applicatie Stiffness Adaptation

#### Het berekenen van scheuren

- Scheuren maken het gedrag van de constructie impliciet niet-lineair.
- Niet-lineaire materiaal gedrag kan gedefinieerd worden als een uni-axiale relatie tussen spanning en rek.



14

## Stiffness Adaptation Methode

Opeenvolgende serie lineaire berekeningen waarbij de stijfheid lokaal, ter plaatse van scheuren, wordt gereduceerd (scheuren =  $\sigma > f_t$ )

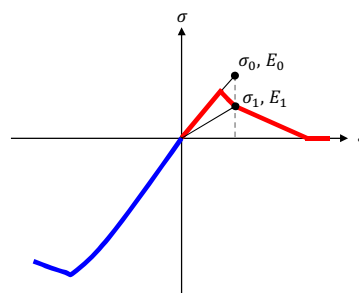
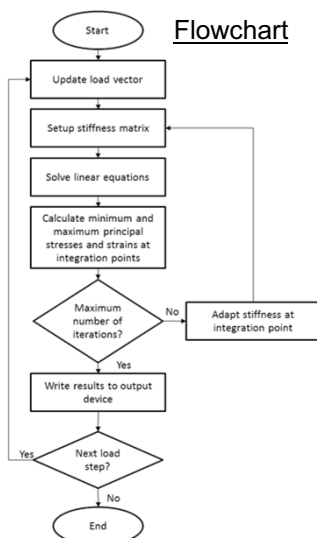
Scheurwijdtes kunnen toenemen door bijvoorbeeld toename van belasting. Hoe groter de scheurwijdte, hoe groter de stijfheidsreductie ter plaatse van de scheur.



15

## Stiffness Adaptation Method

Flowchart



Spanning-rek diagram

## Stiffness Adaptation: Syntax

```

'MATERI'
1  YOUNG  E
   POISON v
   [ TENCrv

   ELASTI
   CONSTA
   BRITTLE
   LINEAR
   EXPONE
   HORDYK
   MULTLN

   [ COMCRV

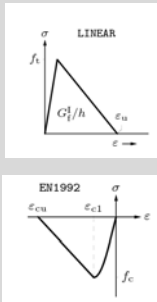
   CONSTA
   THOREN
   LINHAR

   PARABO
   EN1992

   of

   CONCRE  code

   ...
   [ CRACKN  scheuren ( $\sigma$ - $\epsilon$  curve trek) ]
   [ PLASTN  plasticiteit
             ( $\sigma$ - $\epsilon$  curve druk) ]
    
```

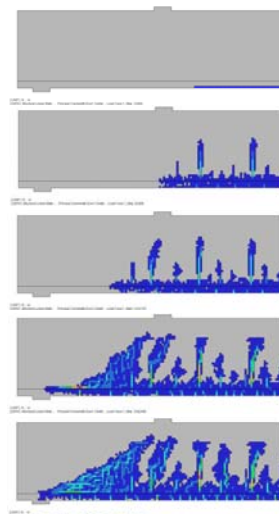


```

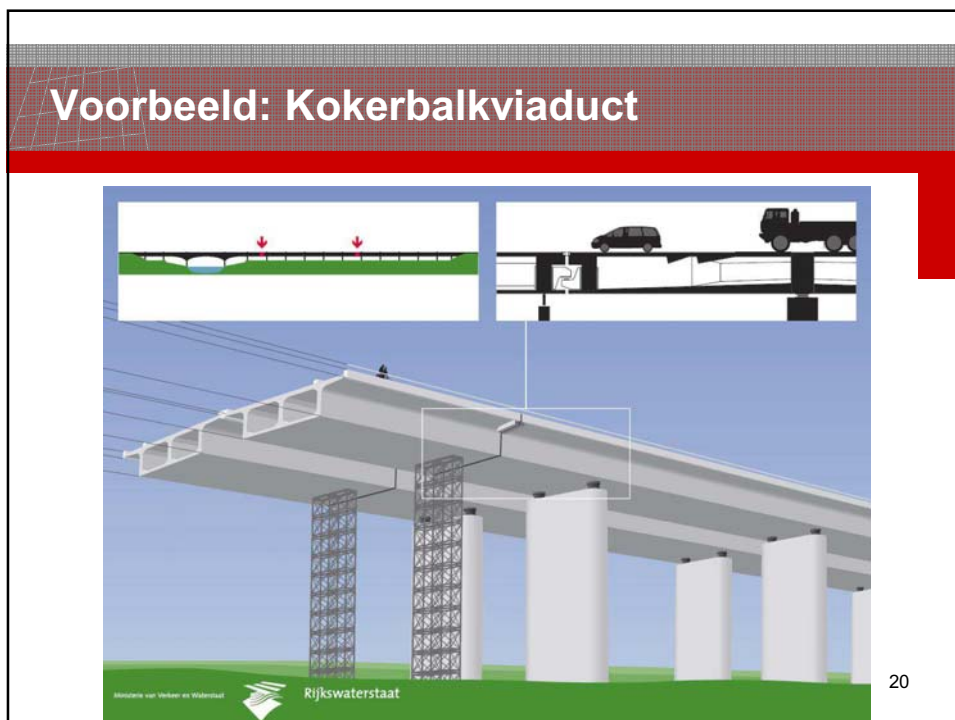
*STADAP
MODEL
SOLVE
BEGIN EXECUT
  LOADS=load_n
  STEPS EXPLIC SIZES sizes_r ...
  ITERAT MAXITE=mi_n
END EXECUT
BEGIN OUTPUT
  DISPLA
  STRAIN
  STRAIN CRKWDT  scheurwijdte
  STRESS
  PARAME STADAP {PMST, PMSC}
                PMST stijfheid reductie factor trek
                PMSC stijfheid reductie factor druk
END OUTPUT
    
```

## Stiffness Adaptation Methode

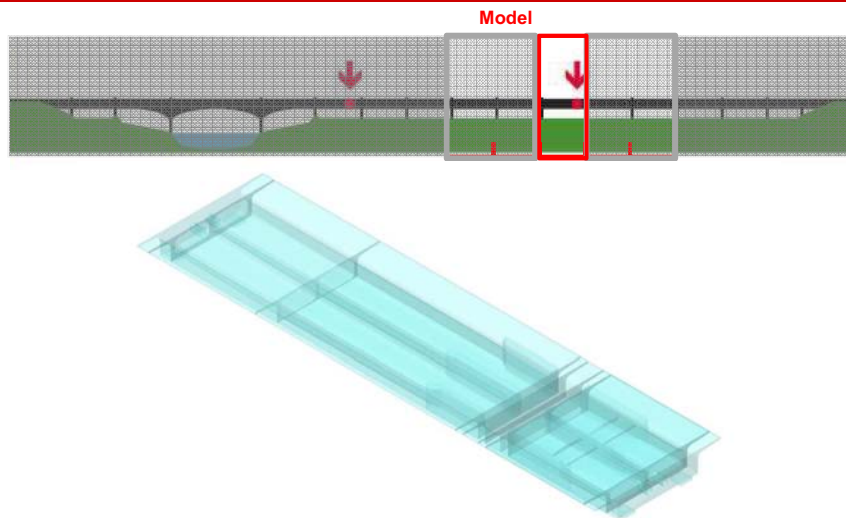
- Makkelijk te gebruiken (rekenprocedure en input)
- Relatief snel
- Niet-lineair materiaal gedrag
- Belasting geschiedenis
- Nauwkeurigheid afhankelijk van rekentijd (aantal belasting stappen, maximum aantal iteraties per stap)
- Uitvoer van spanningen, rekken, verplaatsingen, stijfheidreducties, scheurwijdtes.



18



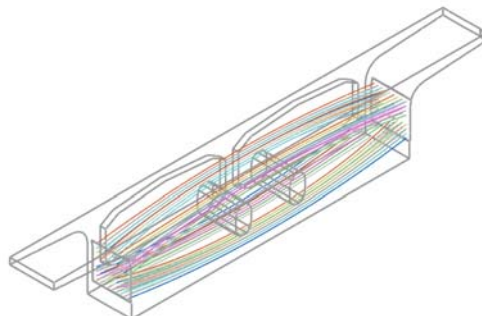
## 1. Geometrie, BIM-model



21

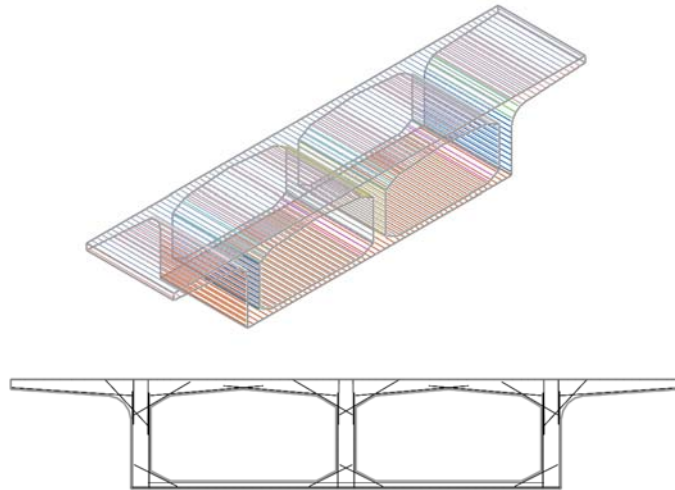
## 2. Geometrie Voorspankabels

- Lijven
- Bovenflens
- Pijlers



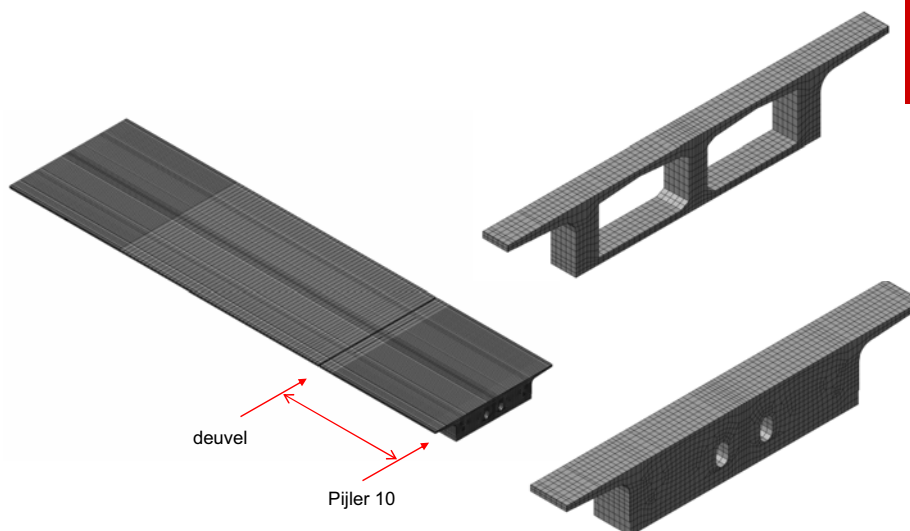
22

### 3. Geometrie Wapening

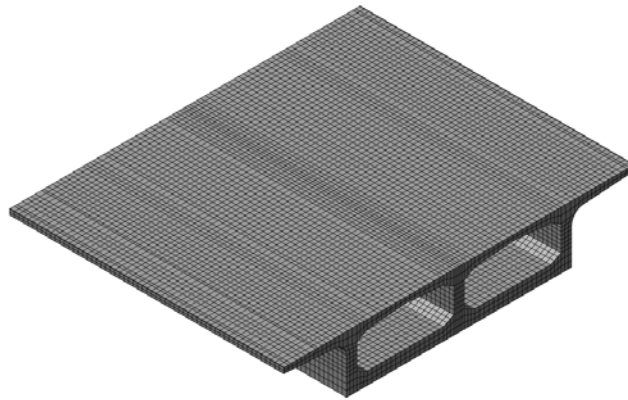


23

### 4. Elementenverdeling



## 4. Elementenverdeling Deuvel-Pijler



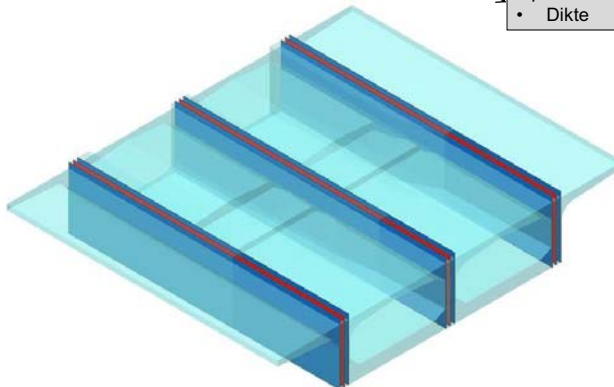
25

## 5. Wapenings Controle

- Design wapening
- Compos-elementen

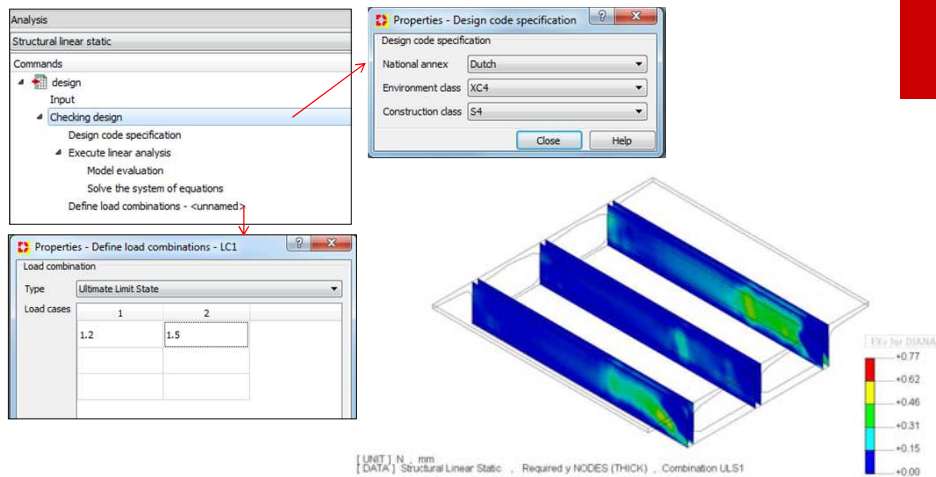
Input wapeningsnet:  
• Diameter staaf in x en y-richting  
• Hart op hart afstand in x en y-richting

Input COMPOS elementen:  
• Dikte



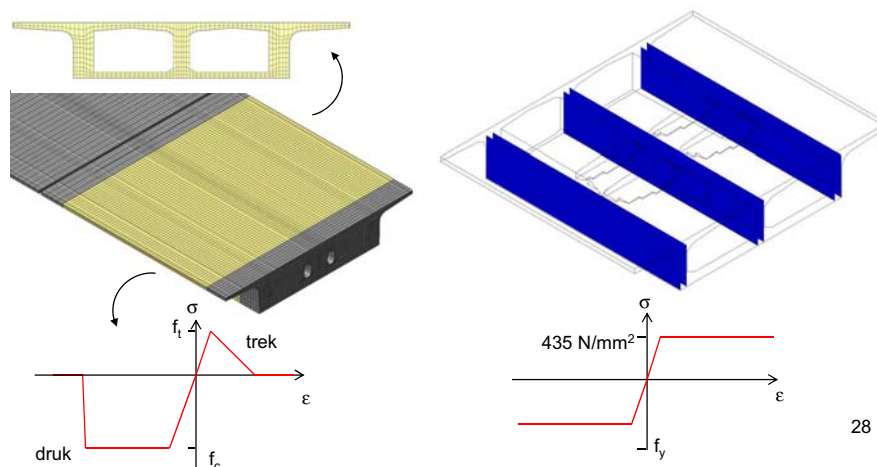
26

## 5. Wapenings Controle

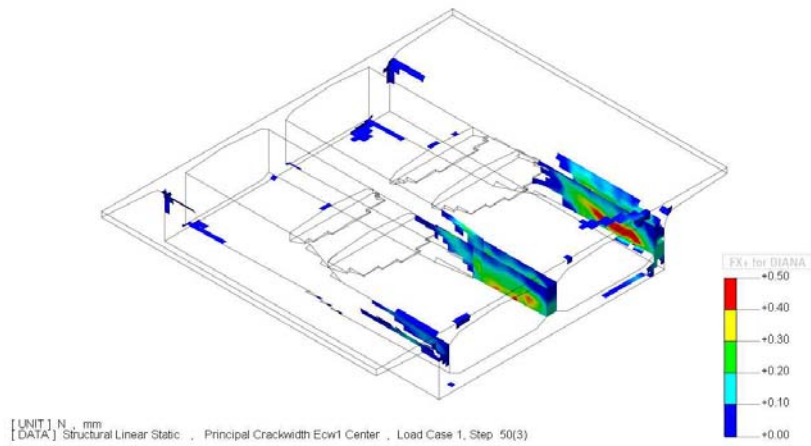


## 6. Scheurwijdte Berekening

Niet-lineair spannings-rek diagram voor beton en wapening

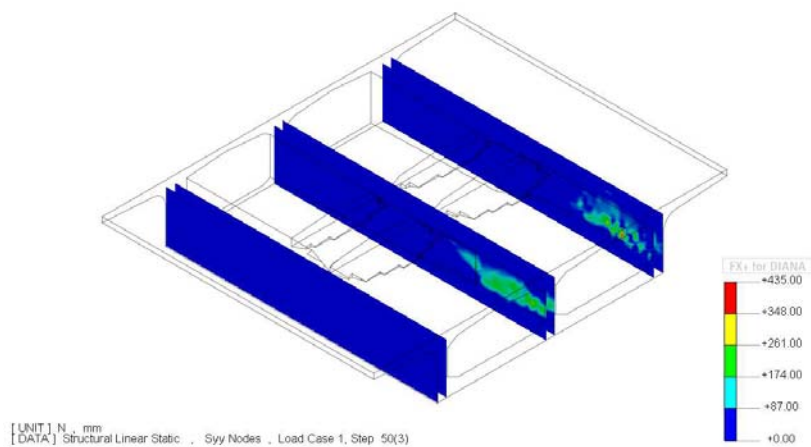


## 7. Scheurwijdte

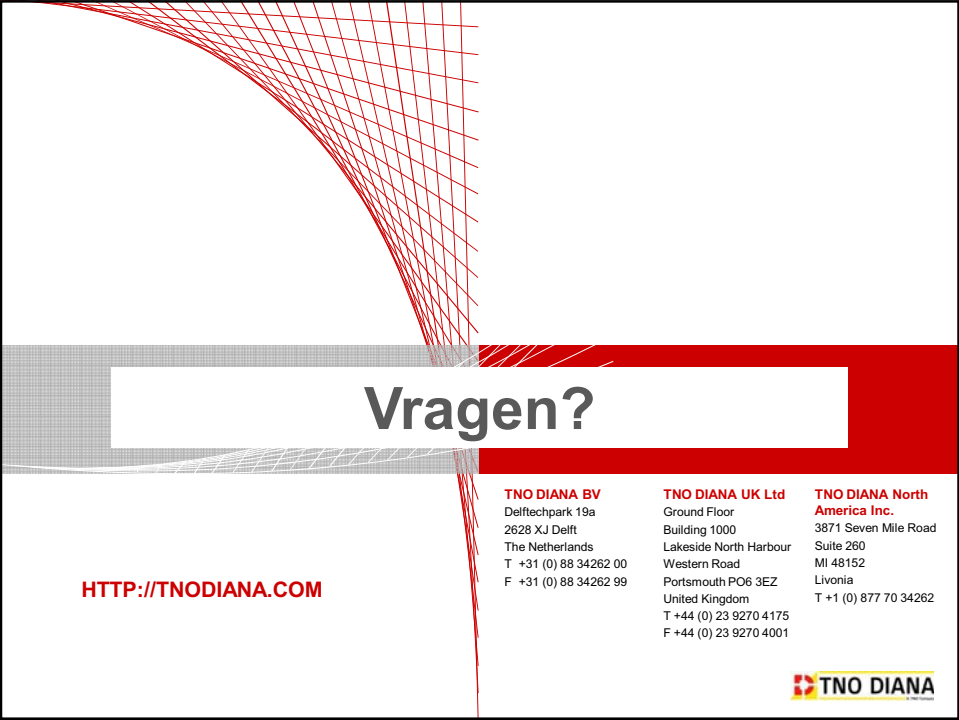


29

## 8. Vloeien van Wapening



30



# Vragen?

[HTTP://TNODIANA.COM](http://TNODIANA.COM)

**TNO DIANA BV**  
Delftechpark 19a  
2628 XJ Delft  
The Netherlands  
T +31 (0) 88 34262 00  
F +31 (0) 88 34262 99

**TNO DIANA UK Ltd**  
Ground Floor  
Building 1000  
Lakeside North Harbour  
Western Road  
Portsmouth PO6 3EZ  
United Kingdom  
T +44 (0) 23 9270 4175  
F +44 (0) 23 9270 4001

**TNO DIANA North  
America Inc.**  
3871 Seven Mile Road  
Suite 260  
MI 48152  
Livonia  
T +1 (0) 877 70 34262

