



Bezwijkanalyse kokerbrug met een plane stress model

Project in opdracht van RWS

Chantal Frissen
TNO DIANA B.V.

DOV - 25 november 2008 1



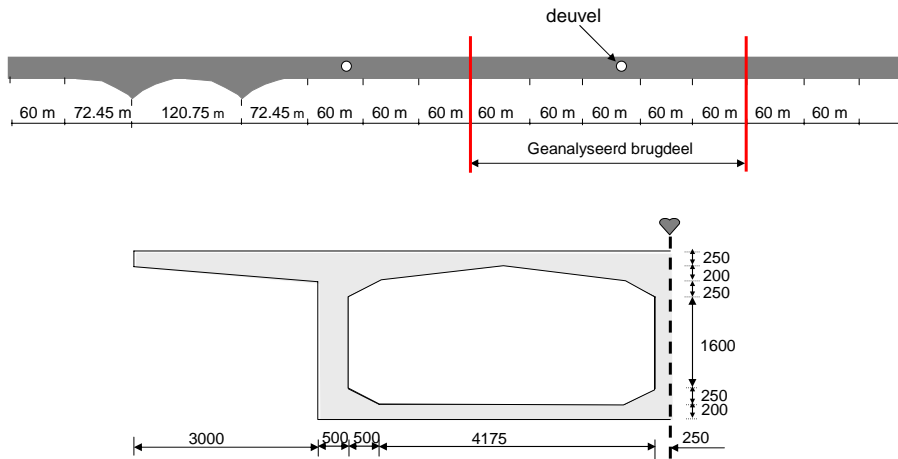
Waarom een niet lineaire plane stress analyse aan een kokerbrug ?

- inspectie van de kokerbrug heeft binnen de kokers in de wanden scheurvorming laten zien bij verschillende pijlers van de aanbruggen
- een lineaire controle analyse heeft aangegeven dat er versterkt dient te worden, wil de kokerbrug in de toekomst optimaal met meer rijstroken gebruikt kunnen gaan worden
- Beoordeling van de huidige scheurvorming met een plane stress model is eenvoudig
- Beoordeling effectiviteit versterkingsmaatregelen, komend uit de markt, kan m.b.v. kleine aanpassingen in dit plane stress model

DOV - 25 november 2008 2



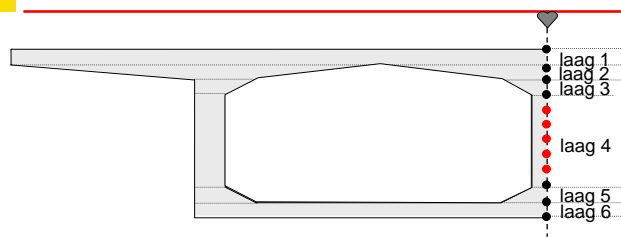
Geometrie kokerbrug



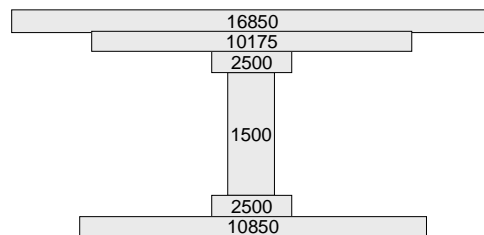
DOV - 25 november 2008 3



Opzet Plane Stress model



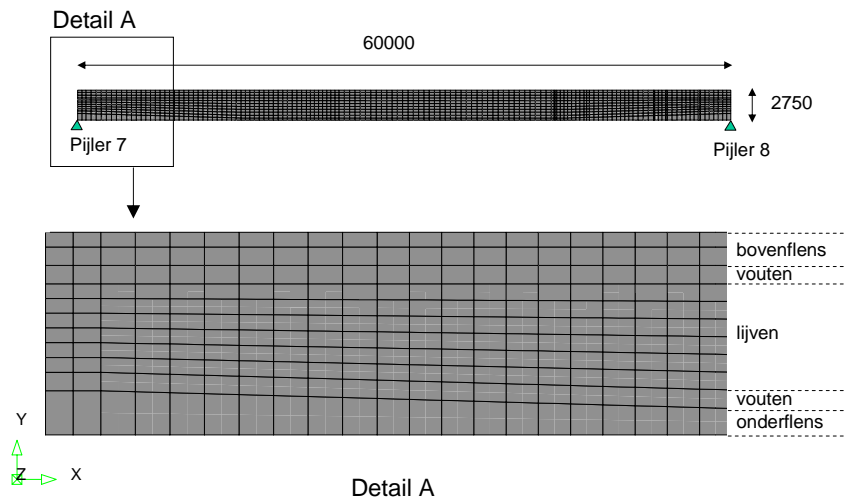
Dikte laag elementen



DOV - 25 november 2008 4



Elementenverdeling over 1 veld

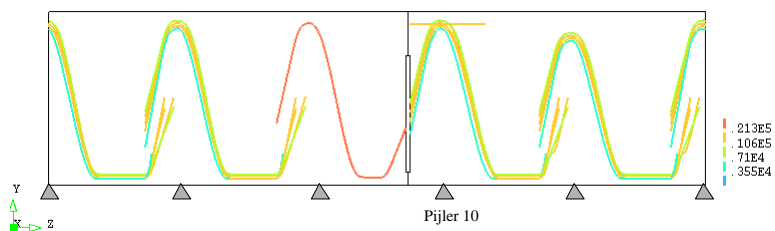


DOV - 25 november 2008 5



Controle Voorspankabels; geometrie + dwarsdoorsnede

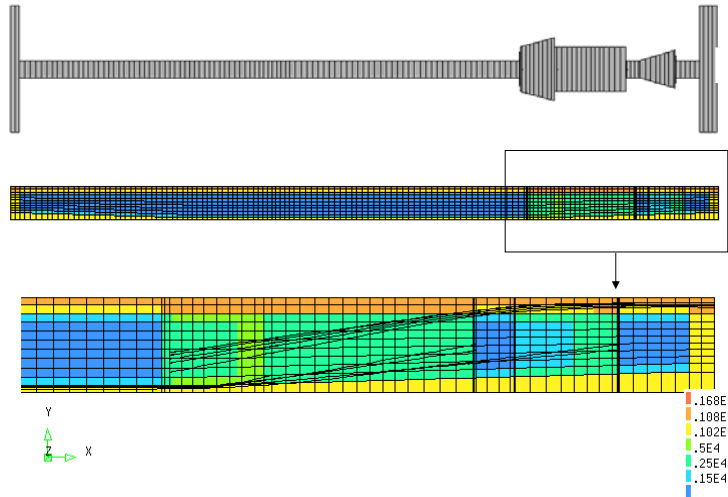
- 43 samengestelde voorspankabels in de lijven
- 22 voorspankabels in de bovenflens ter plaatse van pijler 10



DOV - 25 november 2008 6



Controle verlopende diktes lijven beton



DOV - 25 november 2008 7

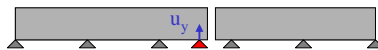


Gefaseerde niet-lineaire analyse

Fasering vanwege bouwwijze kokerbrug

Bouwfase 1:

1. eigen gewicht + voorspanning + u_y tijdelijke ondersteuning



Bouwfase 2

1. Eigen gewicht + voorspanning + deuveld
2. + rustende belasting
3. + asfaltbelasting
4. + 5 rijstroken Qmobiele bealsting Eurocode
5. + Pmobiel Eurocode
6. + Qmobiel stapsgewijs verhogen tot bezwijken



DOV - 25 november 2008 8



Niet-lineaire materiaalgedrag

Kokerligger, beton (B55)

Elasticiteitsmodulus: $E = 33077 \text{ N/mm}^2$
Dwarscontractie: $\nu = 0.15$
Volumieke massa: $\gamma = 25.0 \cdot 10^{-6} \text{ N/mm}^3$
(inclusief wapening)
"Total-Strain-Rotated-Crack"- model
Trek:
Treksterkte: $f_{bm} = 2.74 \text{ N/mm}^2$
Lineaire softening
Scheurenergie: $Gf = 0.098 \text{ Nmm}$
Druk:
Druksterkte: $f'_b = 20 \text{ N/mm}^2$
Ideaal plastisch
Afschuiven
Constante afschuifreductie na scheuren.

Voorspanstaal (FeP 1860)

Elasticiteitsmodulus: $E = 200000 \text{ N/mm}^2$
Dwarscontractie: $\nu = 0.3$
Volumieke massa: $\gamma = 76.5 \cdot 10^{-6} \text{ N/mm}^3$
Vloeispanning: $f_{pu} = 1674 \text{ N/mm}^2$
Ideaal plastisch volgens Von Mises met 'hardening':
 $f_{y1} = 1674 \text{ N/mm}^2$
 $e1 = 0.0$
 $f_{y2} = 1860 \text{ N/mm}^2$
 $e2 = 0.0257$

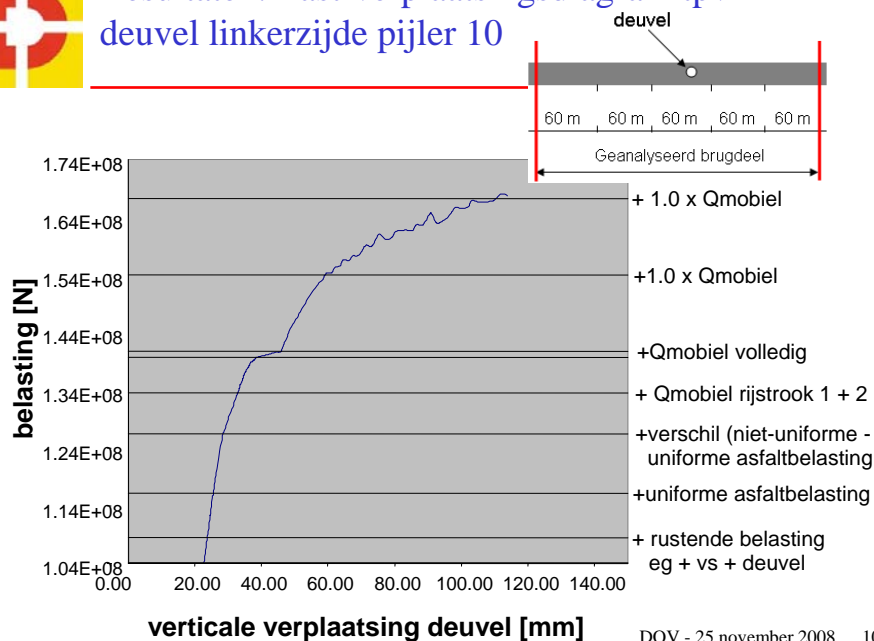
Betonstaal (FeB 500)

Elasticiteitsmodulus: $E = 200000 \text{ N/mm}^2$
Dwarscontractie: $\nu = 0.3$
Volumieke massa: $\gamma = 76.5 \cdot 10^{-6} \text{ N/mm}^3$
Vloeispanning: $f_y = 400 \text{ N/mm}^2$
Ideaal plastisch volgens Von Mises

DOV - 25 november 2008 9



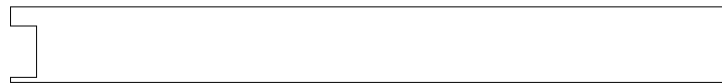
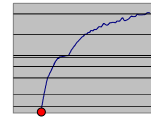
Resultaten: Last-verplaatsingsdiagram tpv deuvel linkerzijde pijler 10



DOV - 25 november 2008 10



Resultaten: eigen gewicht + voorspanning



Scheurrek max = 0, scheurwijdte = 0.00 mm



Minimale hoofdrekken (druk) beton min = -0.51‰



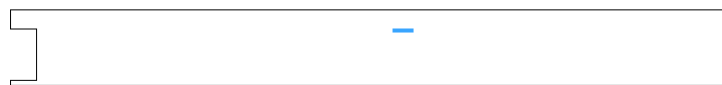
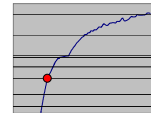
Totale rekken ϵ_{YY} in waping grid Y, min = -0.02%, max = 0.03%



DOV - 25 november 2008 11



Resultaten: eigen gewicht + voorspanning + rustende + asfalt



Scheurrek max = $0.426 \cdot 10^{-4}$, scheurwijdte = 0.01 mm



Minimale hoofdrekken (druk) beton min = -0.51‰



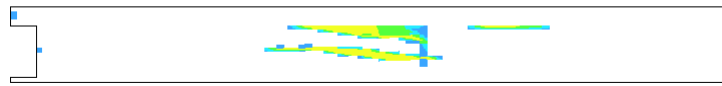
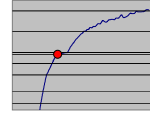
Totale rekken ϵ_{YY} in waping grid Y, min = -0.03%, max = 0.03%



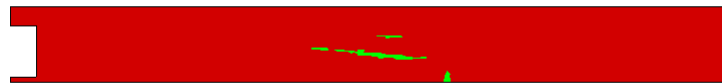
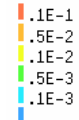
DOV - 25 november 2008 12



Resultaten: eigen gewicht + voorspanning + rustende + asfalt + Qmobiel



Scheurrek max = $0.324 \cdot 10^{-2}$, scheurwijdte = 0.52 mm



Minimale hoofdrekken (druk) beton min = -1.67‰



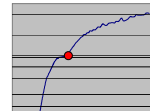
Totale rekken ϵ_{YY} in waping grid Y, min = -0.06%, max = 0.28%



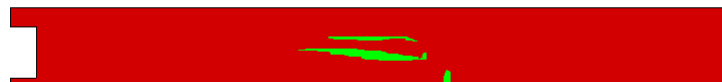
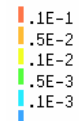
DOV - 25 november 2008 13



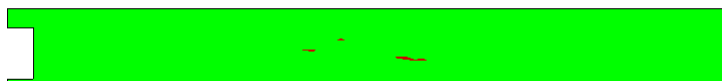
Resultaten: alle belastingen met belastingsfactor 1.0



Scheurrek max = $0.552 \cdot 10^{-2}$, scheurwijdte = 0.88 mm



Minimale hoofdrekken (druk) beton min = -2.61‰



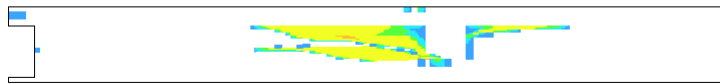
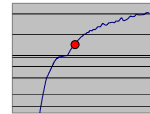
Totale rekken ϵ_{YY} in waping grid Y, min = -0.09%, max = 0.49%



DOV - 25 november 2008 14



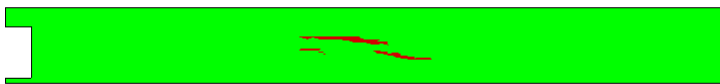
Resultaten: 1.5 x Qmobiel



Scheurrek max = $0.977 \cdot 10^{-2}$, scheurwijdte = 1.56 mm



Minimale hoofdrekken (druk) beton min = -4.47‰



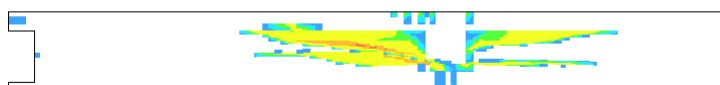
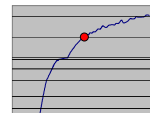
Totale rekken ϵ_{YY} in waping grid Y, min = -0.15%, max = 0.84%



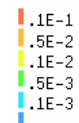
DOV - 25 november 2008 15



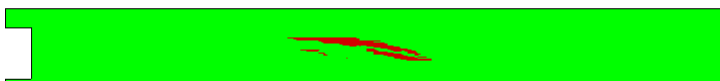
Resultaten: 2.0 x Qmobiel



Scheurrek max = $0.166 \cdot 10^{-1}$, scheurwijdte = 2.66 mm



Minimale hoofdrekken (druk) beton min = -7.5‰



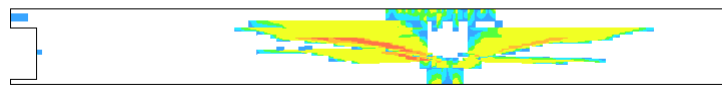
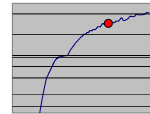
Totale rekken ϵ_{YY} in waping grid Y, min = -0.23%, max = 1.41%



DOV - 25 november 2008 16



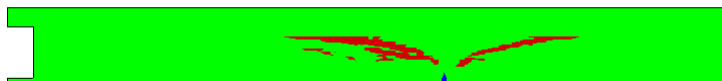
Resultaten: 2.5 x Qmobiel



Scheurrek max = $0.286 \cdot 10^{-1}$, scheurwijdte = 4.58 mm



Minimale hoofdrekken (druk) beton min = -18.5‰



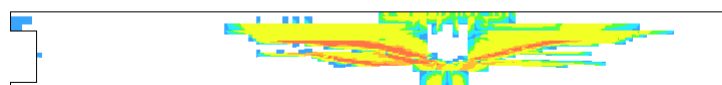
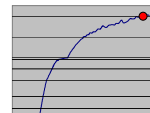
Totale rekken ϵ_{YY} in waping grid Y, min = -0.66%, max = 2.42%



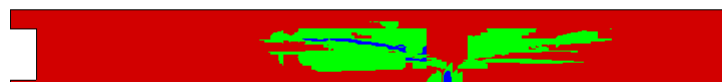
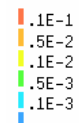
DOV - 25 november 2008 17



Resultaten: 3.0 x Qmobiel



Scheurrek max = $0.445 \cdot 10^{-1}$, scheurwijdte = 7.12 mm



Minimale hoofdrekken (druk) beton min = -36.5‰



Totale rekken ϵ_{YY} in waping grid Y, min = -1.36%, max = 3.58%



DOV - 25 november 2008 18

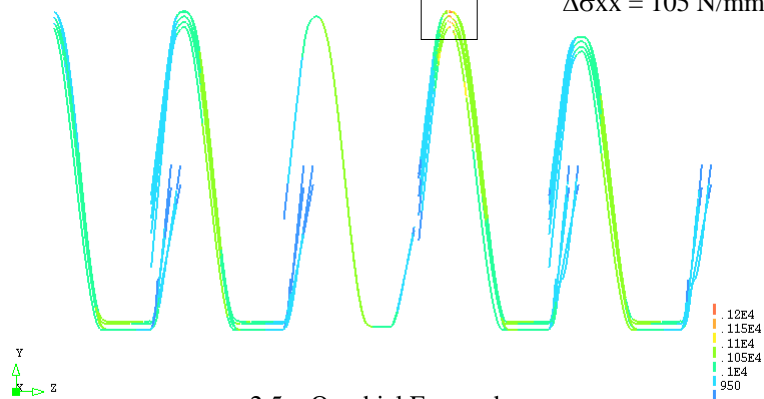


Spanningen in voorspankabels

Werkvoorspanning = 1195 N/mm²

Max σ_{xx} = 1300 N/mm²

$\Delta\sigma_{xx}$ = 105 N/mm²



2.5 x Qmobiel Eurocode

DOV - 25 november 2008 19



Conclusies

- Het Planestress model geeft goed inzicht in het gedrag van de constructie.
- Er ontstaan zowel dwarskracht- als buigscheuren bij toename van de belasting.
- Het rekenmodel van de constructie kan maximaal 2.5 x Qmobiel Eurocode belasting dragen:
 - scheurwijdte = 4.58 mm,
 - min drukrek. = -18.5‰ (oplegging).
 - max voorspanning = 1300 N/mm²,
 - max rek zachtstaal = 2.42%
- De constructie bezwijkt op dwarskracht (diagonaal scheurenpatroon). Deze scheuren treden vooral op net naast pijler 10.
- De minimale rek (druk) van het beton van 3.5‰ wordt overschreden bij pijler 10 bij 1.5 x Qmobiel. Bij 2.5 x Qmobiel bezwijkt het beton ook in de lijven.
- Er treedt geen plasticiteit op in de voorspankabels. Er is nog restcapaciteit van 1300 N/mm² tot de vloeigrens van 1674 N/mm²

DOV - 25 november 2008 20