

INHOUD

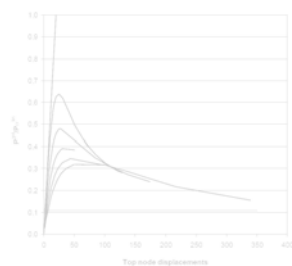
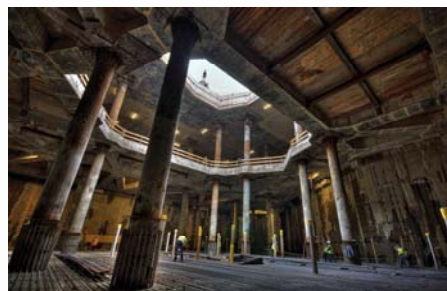


- 1. INLEIDING
- 2. OPDRACHT
- 3. MODELLERING
- 4. RESULTAAT EN TOETSING
- 5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

(0) INTRODUCTIE

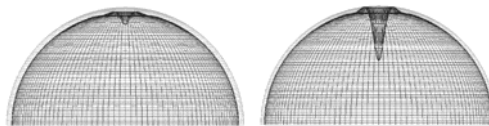
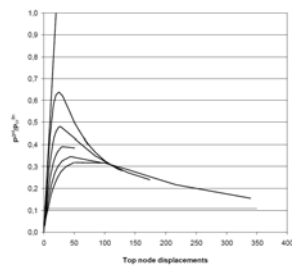


- 2,5 JAAR BIJ ROYAL HASKONING
- JUNIOR CONSTRUCTEUR
- ERVARING DIANA
 - AFSSTUDEERPROJECT



(0) INTRODUCTIE

- 2,5 JAAR BIJ ROYAL HASKONING
- JUNIOR CONSTRUCTEUR
- ERVARING DIANA
 - AFSSTUDEERPROJECT

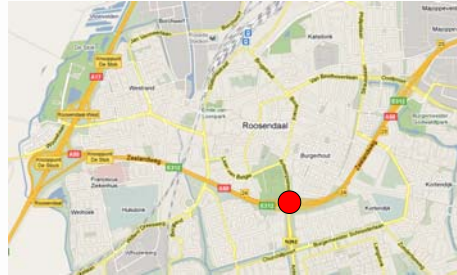


1. INLEIDING

- LOCATIE
- VIADUCT
- INSPECTIE

1. INLEIDING

- **LOCATIE**
- VIADUCT
- INSPECTIE



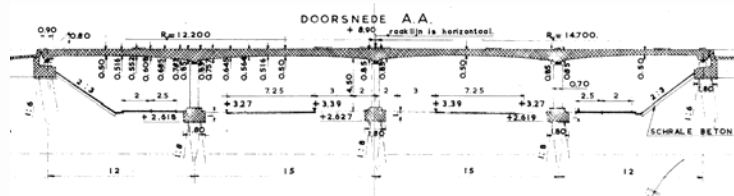
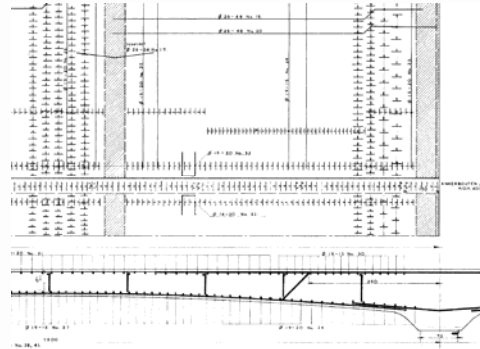
1. INLEIDING

- **LOCATIE**
- **VIADUCT**
- **INSPECTIE**

1. INLEIDING



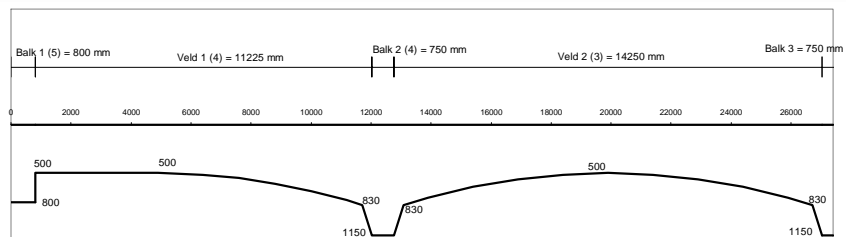
- LOCATIE
- VIADUCT
 - GEBOUWD IN 1968
 - LENGTE 55 M, BREEDTE 15 M
 - 4 OVERSPANNINGEN (2 x 12 M en 2 x 15 M)
 - GEWAPEND BETON K300 EN QR40
- INSPECTIE



1. INLEIDING

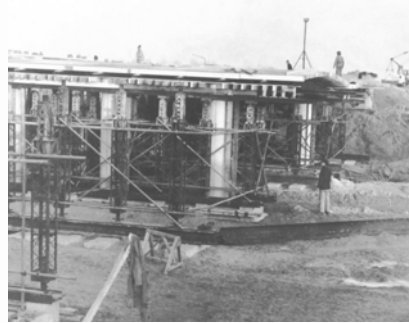


- LOCATIE
- VIADUCT
 - GEBOUWD IN 1968
 - LENGTE 55 M, BREEDTE 15 M
 - 4 OVERSPANNINGEN (2 x 12 M en 2 x 15 M)
 - GEWAPEND BETON K300 EN QR40
- INSPECTIE



1. INLEIDING

- LOCATIE
- **VIADUCT**
- INSPECTIE



1. INLEIDING

- LOCATIE
- VIADUCT
- **INSPECTIE**

1. INLEIDING

- LOCATIE
- VIADUCT
- INSPECTIE



2. OPDRACHT

Opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Noord Brabant:

...Een lineaire analyse van het kunstwerk met DIANA, waarbij gekeken wordt naar de huidige verkeersbelasting als mogelijke initiator van scheurvorming.....

3. MODELLERING

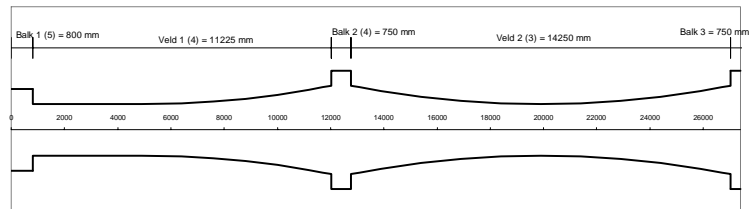
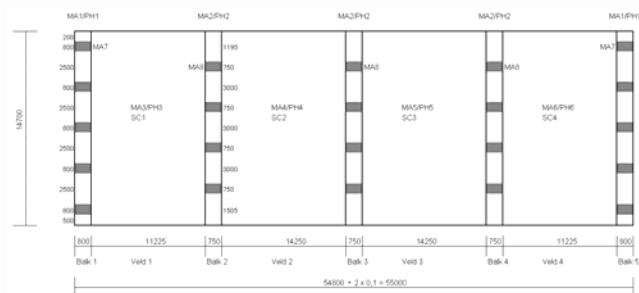


- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- BELASTING
- VALIDATIE

3. MODELLERING

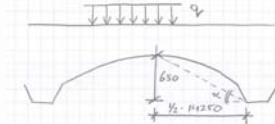


- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- BELASTING
- VALIDATIE



3. MODELLERING

- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- BELASTING
- VALIDATIE



$$\tan \alpha = \frac{650}{7125} = 0,09$$

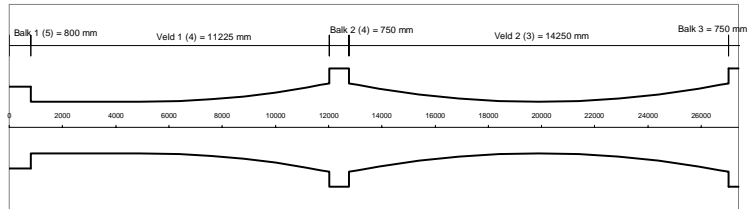
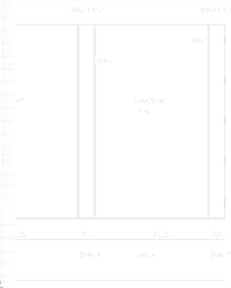
$$V = \frac{1}{2} q L = \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 14,25 = 702 \text{ kN/m}$$

$$H = 0,09 \cdot V = 0,09 \cdot 702 = 62 \text{ kN/m}$$

$$\sigma = \frac{63 \cdot 10^3 \text{ N}}{1000 \cdot 111,2} = 0,557 \text{ N/mm}^2$$

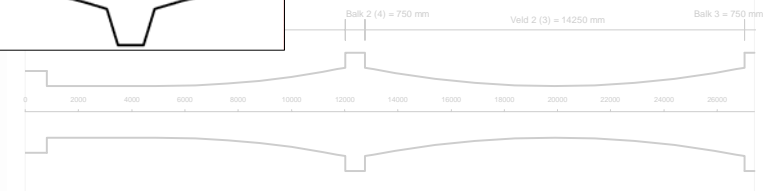
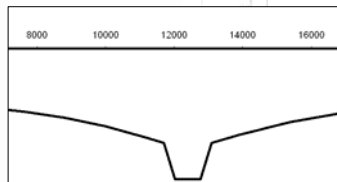
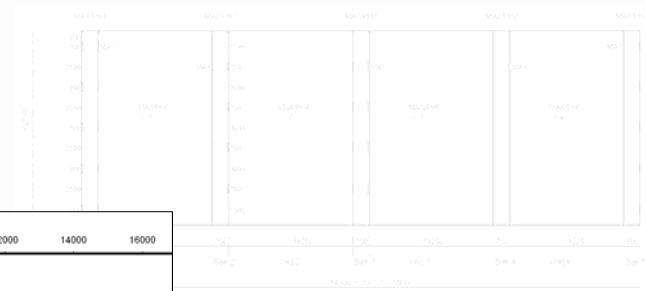
$$\tau_1 = 0,4 \cdot 1,65 = 0,66 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{1+H} = 0,66 + 0,15 \cdot 0,557 = 0,685 \text{ N/mm}^2 = +1,2\%$$



3. MODELLERING

- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- BELASTING
- VALIDATIE



3. MODELLERING



- GEOMETRIE
- **MATERIAAL**
- BELASTING
- VALIDATIE

3. MODELLERING



- GEOMETRIE
- **MATERIAAL**
- BELASTING
- VALIDATIE

3.3. MATERIAALGEGEVENS

Voor de lineair elastische analyse zijn de volgende materiaalparameters toegepast:

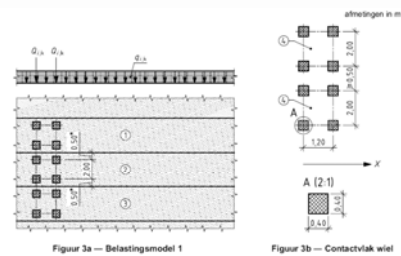
Beton B45 (MA1 tot MA6)	$E = 33500 \text{ N/mm}^2$ en $E_{cr} = 11000 \text{ N/mm}^2$ $\nu = 0,15$ $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$
Oplegblokken eindondersteuning (MA7)	$k_A = 2,53 \text{ N/mm}^2/\text{mm}$ $k_L = 0,84 \text{ N/mm}^2/\text{mm}$
Oplegblokken middenondersteuning (MA8)	$k_A = 8,73 \text{ N/mm}^2/\text{mm}$ $k_L = 2,91 \text{ N/mm}^2/\text{mm}$

3. MODELLERING

- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- **BELASTING**
- VALIDATIE

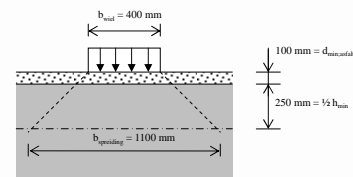
3. MODELLERING

- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- **BELASTING**
- VALIDATIE



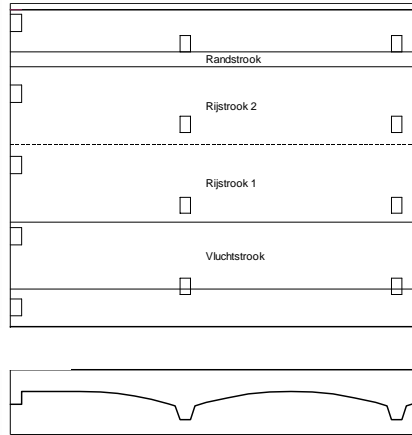
Legenda

1 Rijstrook nummer 1	A $Q_{10} = 300 \text{ kN}$, $q_{10} = 9.0 \text{ kN/m}^2$
2 Rijstrook nummer 2	B $Q_{20} = 200 \text{ kN}$, $q_{20} = 2.5 \text{ kN/m}^2$
3 Rijstrook nummer 3	C $Q_{30} = 100 \text{ kN}$, $q_{30} = 2.5 \text{ kN/m}^2$
4 Tandemwiel	* voor $\sigma_{\text{wiel}} = 3.00 \text{ m}$



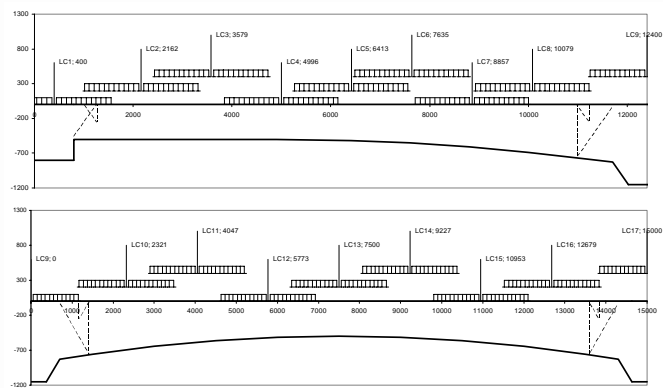
3. MODELLERING

- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- **BELASTING**
- VALIDATIE



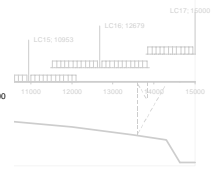
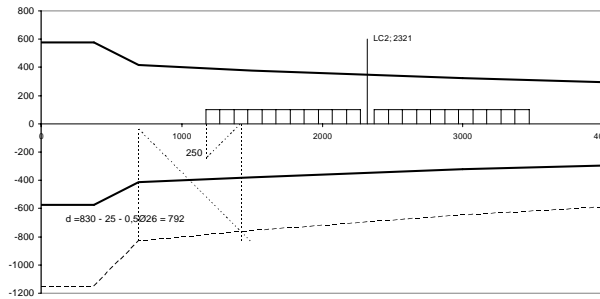
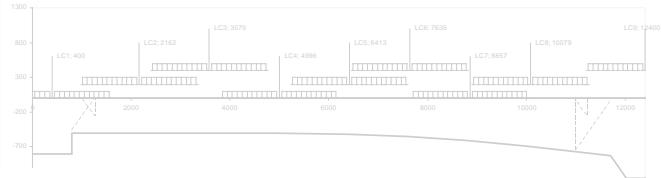
3. MODELLERING

- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- **BELASTING**
- VALIDATIE



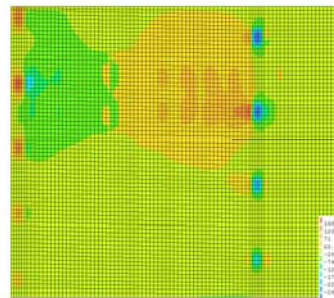
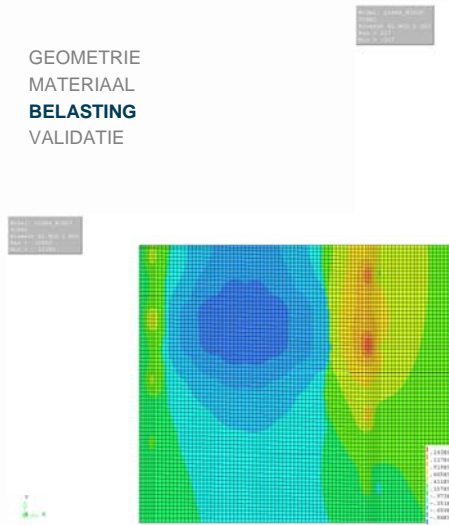
3. MODELLERING

- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- **BELASTING**
- VALIDATIE



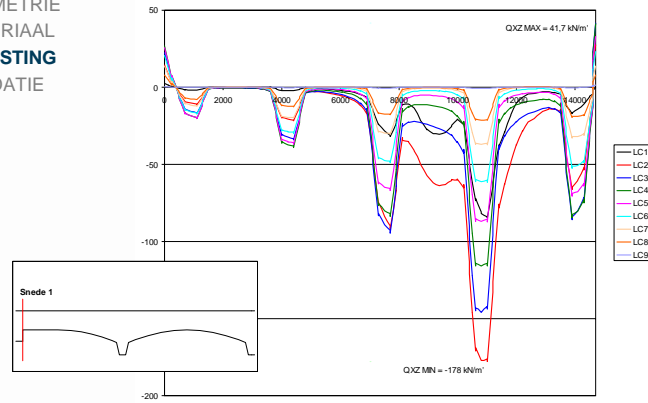
3. MODELLERING

- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- **BELASTING**
- VALIDATIE



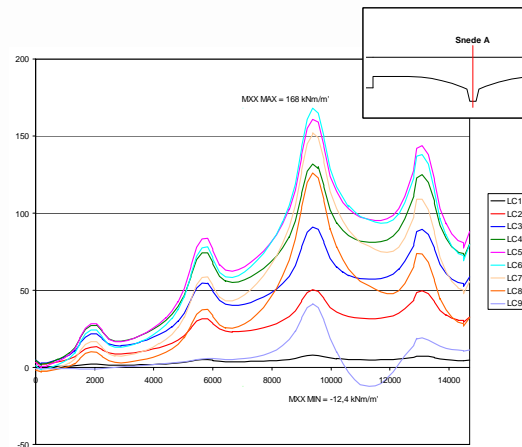
3. MODELLERING

- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- **BELASTING**
- VALIDATIE



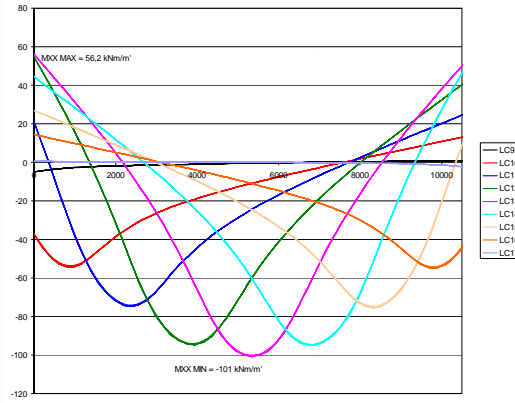
3. MODELLERING

- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- **BELASTING**
- VALIDATIE



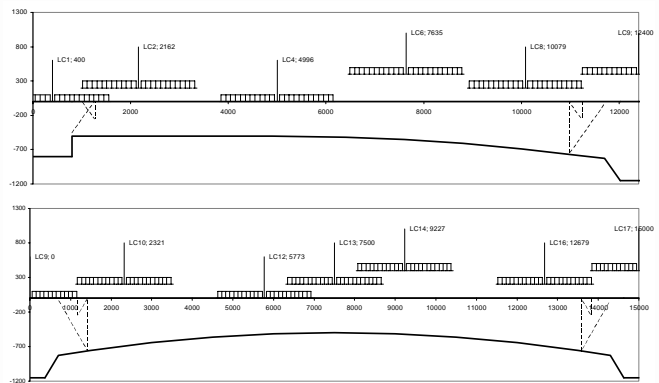
3. MODELLERING

- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- **BELASTING**
- VALIDATIE



3. MODELLERING

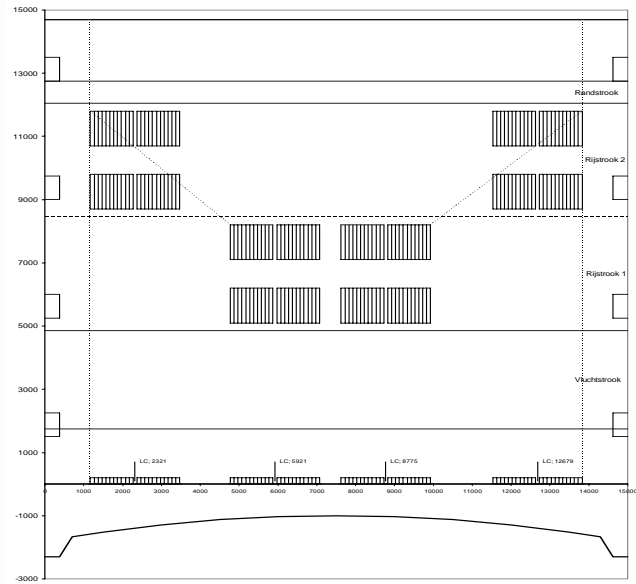
- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- **BELASTING**
- VALIDATIE



3. MODELLERING



- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- **BELASTING**
- VALIDATIE



3. MODELLERING



- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- BELASTING
- VALIDATIE

3. MODELLERING

- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- BELASTING
- VALIDATIE

Veld 1(4)				
h_1 [m]	h_2 [m]	h_{gem} [m]	L [m]	$h_{gem} \cdot L$ [m ²]
0.500	0.500	0.500	4.100	2.050
0.500	0.516	0.508	1.500	0.762
0.516	0.552	0.534	1.200	0.641
0.552	0.608	0.580	1.200	0.696
0.608	0.685	0.647	1.200	0.776
0.685	0.783	0.734	1.200	0.881
0.783	0.830	0.807	0.505	0.403
0.830	1.150	0.990	0.320	0.317
Σ			11.225	6.529
h_{gem}				0.582

Veld 2(3)				
h_1 [m]	h_2 [m]	h_{gem} [m]	L [m]	$h_{gem} \cdot L$ [m ²]
1.150	0.830	0.990	0.320	0.317
0.830	0.757	0.794	0.805	0.639
0.757	0.645	0.701	1.500	1.052
0.645	0.564	0.605	1.500	0.907
0.564	0.516	0.540	1.500	0.810
0.516	0.500	0.508	1.500	0.762
Σ			7.125	4.486
h_{gem}				0.630

Tabel 1. Bepalen gemiddelde hoogte per veld

Eigengewicht					
Onderdeel	I [mm]	b [mm]	h [mm]	y [N/m ²]	F [kN]
Balk 1(5)	800	14700	800	25	235,2
Balk 2(3,4)	750	14700	1150	25	317,0
Veld 1(4)	11225	14700	582	25	2400,9
Veld 2(3)	14250	14700	630	25	3299,2
Σ					12821,6

Tabel 2. Bepalen eigengewicht viaduct

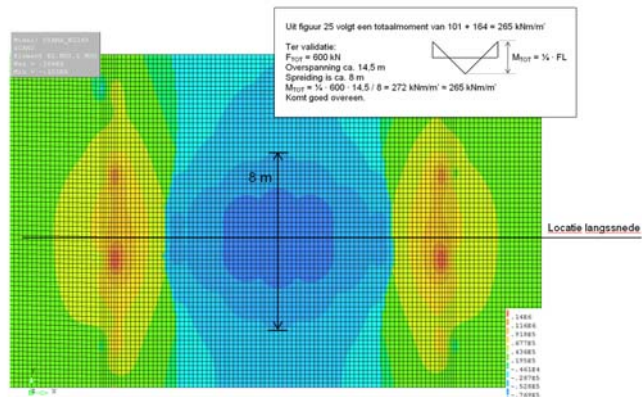
Het totale eigengewicht van het viaduct is gelijk aan ca. **12822 kN**

Resultaat DIANA:

SUM OF EXTERNAL LOADS: **12810 kN**

3. MODELLERING

- GEOMETRIE
- MATERIAAL
- BELASTING
- VALIDATIE



4. RESULTAAT EN TOETSING

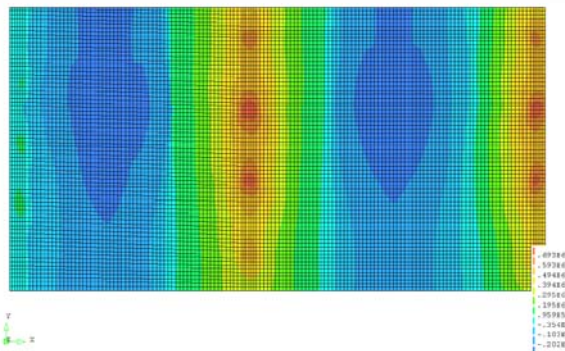


- ONGESCHEURD/GESCHEURD
- TOETSING
- INDICATIE SCHEURWIJDTE

4. RESULTAAT EN TOETSING



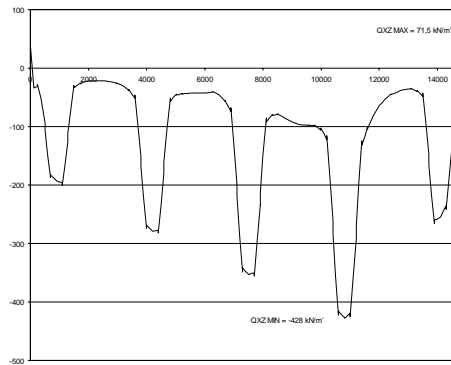
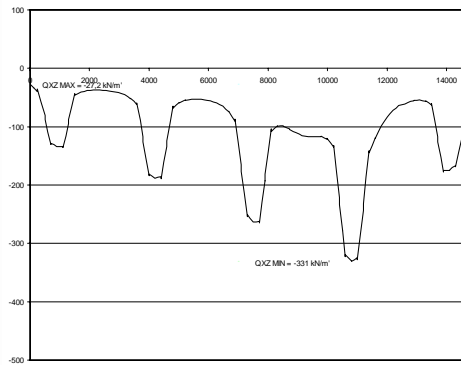
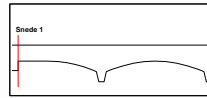
- ONGESCHEURD/GESCHEURD
- TOETSING
- INDICATIE SCHEURWIJDTE



Figuur 33. Momenten M1 (MXX ± |MXY|)

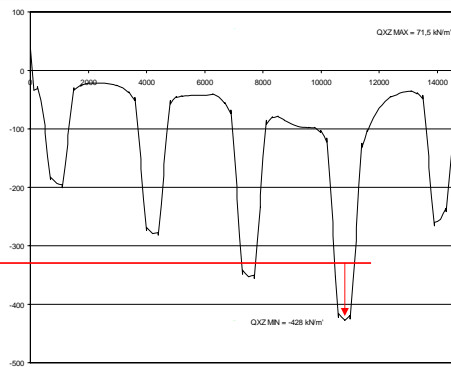
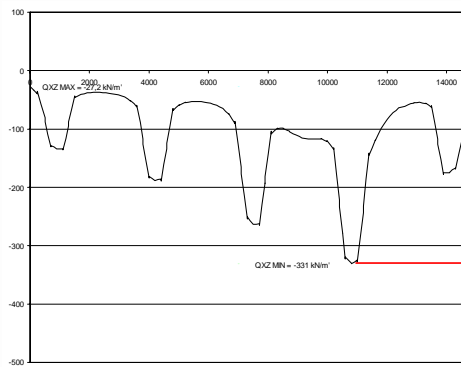
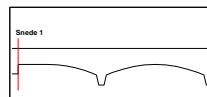
4. RESULTAAT EN TOETSING

- **ONGESCHEURD/GESCHEURD**
- TOETSING
- INDICATIE SCHEURWIJDTE



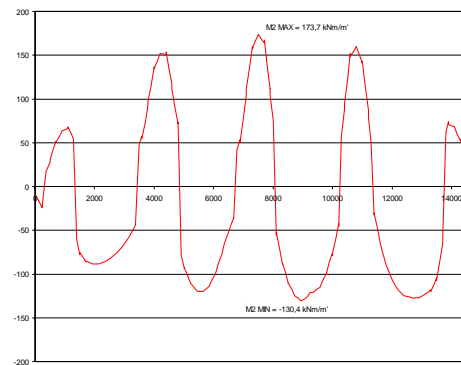
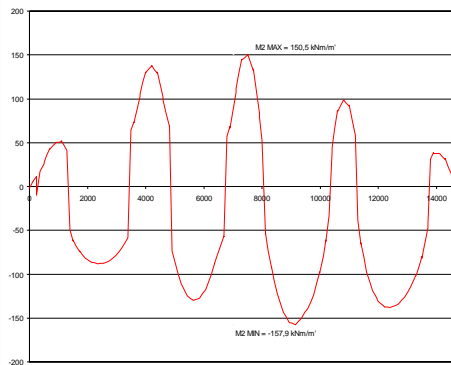
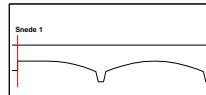
4. RESULTAAT EN TOETSING

- **ONGESCHEURD/GESCHEURD**
- TOETSING
- INDICATIE SCHEURWIJDTE



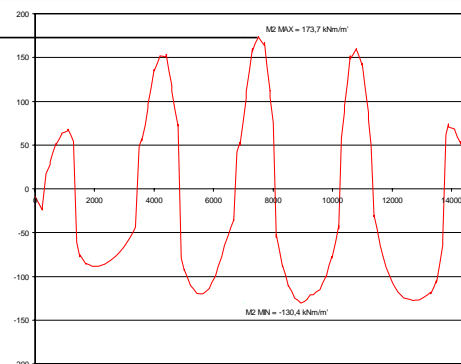
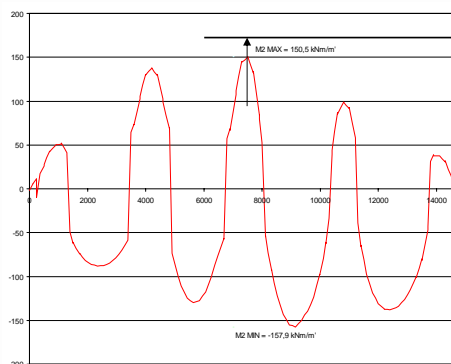
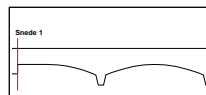
4. RESULTAAT EN TOETSING

- ONGESCHEURD/GESCHEURD
- TOETSING
- INDICATIE SCHEURWIJDTE



4. RESULTAAT EN TOETSING

- ONGESCHEURD/GESCHEURD
- TOETSING
- INDICATIE SCHEURWIJDTE



4. RESULTAAT EN TOETSING



- ONGESCHEURD/GESCHEURD
- **TOETSING**
- INDICATIE SCHEURWIJDTE

4. RESULTAAT EN TOETSING



- ONGESCHEURD/GESCHEURD
- **TOETSING**
- INDICATIE SCHEURWIJDTE

Materiaalparameters	
Beton K300	
$f_{cm,K300}$	2,11 N/mm ²
Ouderdom	44 Jaar
Equivalenten betonsterkte 2010	B45
f_{ck}	45 N/mm ²
f_{tk}	27 N/mm ²
$f_{cm,B45}$	3,3 N/mm ²
f_b	1,65 N/mm ²
Wapeningsstaal QR40	
f_s	330 N/mm ²

$$M_d = 302 \cdot 1,35 = 408 \text{ kNm/m'}$$

De capaciteit ter plaatse van het maximale veldmoment is gelijk aan:

$$M_u = A_s \cdot f_s \left(d - \frac{z}{18} \left(\frac{4 \cdot A_s \cdot f_s}{3 \cdot b \cdot f_b} \right) \right)$$

$$d = h - c - O_{bgl} - \frac{O}{2} = 500 - 25 - 0 - \frac{26}{2} = 462 \text{ mm}$$

$$A_s = 0,26 - 120 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot O^2 \cdot \frac{1000}{h \cdot o \cdot h} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 26^2 \cdot \frac{1000}{120} = 4424 \text{ mm}^2/\text{m'}$$

$$M_u = 4424 \cdot 330 \left(462 - \frac{z}{18} \left(\frac{4 \cdot 4424 \cdot 330}{3 \cdot 1000 \cdot 27} \right) \right) \cdot 10^{-6} = 634 \text{ kNm/m'}$$

$$u.c. = \frac{408}{634} = 0,64 < 1,0 \text{ Voldoet!}$$

$$V_{d1} = 428 \cdot 1,35 = 578 \text{ kN/m'}$$

$$V_{d4} = 713 \cdot 1,35 = 963 \text{ kN/m'}$$

De capaciteit ter plaatse van snede 1 (h = 500 mm) is gelijk aan:

$$\tau_1 = 0,4 \cdot f_b = 0,4 \cdot 1,65 = 0,66 \text{ N/mm}^2$$

$$V_1 = \tau_1 \cdot b \cdot d = 0,66 \cdot 1000 \cdot 462 \cdot 10^{-3} = 305 \text{ kN/m'}$$

$$u.c. = \frac{578}{305} = 1,9 > 1,0 \text{ Voldoet NIET}$$

De capaciteit ter plaatse van snede 2 t/m 4 (h = 1150 mm) is gelijk aan:

$$V_1 = \tau_1 \cdot b \cdot d = 0,66 \cdot 1000 \cdot 1112 \cdot 10^{-3} = 734 \text{ kN/m'}$$

$$u.c. = \frac{963}{734} = 1,31 > 1,0 \text{ Voldoet NIET}$$

4. RESULTAAT EN TOETSING

- ONGESCHEURD/GESCHEURD
- TOETSING**
- INDICATIE SCHEURWIJDTE

Materiaalparameters	
Beton K200	
$f_{ct,90}$	2,11 N/mm ²
Oudenoer	44 Jaar
Equivalente betonsterkte 2010	0,45
f_{td}	45 N/mm ²
f_{td}	27 N/mm ²
$f_{td,act}$	33 N/mm ²
f_{yk}	1,65 N/mm ²
Wapeningsstaal QR40	
f_{yk}	330 N/mm ²

$$M_d = 302 \cdot 1,35 = 408 \text{ kNm/m}$$

$$428 \cdot 1,35 = 579 \text{ kNm}$$

$$V_{ed} = 713 \cdot 1,35 = 963 \text{ kN}$$

De capaciteit ter plaatse van het maximale veldmoment is gelijk aan:

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yk} \left(d - \frac{\sigma}{19} \left(\frac{d \cdot A_s \cdot f_{yk}}{3 \cdot b \cdot f_{td}} \right) \right)$$

$$d = h - c - O_{top} = \frac{0}{2} = 500 - 25 - 0 = 475 \text{ mm}$$

$$A_s = 0,26 - 120 = \frac{1}{4} \times 0^2 \frac{1000}{h \cdot 0 \cdot h} = \frac{1}{4} \times 26^2 \frac{1000}{120} = 4424 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$M_{Rd} = 4424 \cdot 330 \left(462 - \frac{1}{19} \left(\frac{4 \cdot 4424 \cdot 330}{3 \cdot 1000 \cdot 27} \right) \right) \cdot 10^{-6} = 634 \text{ kNm/m}$$

$$u.c. = \frac{408}{634} = 0,64 < 1,0 \text{ Voldoet!}$$

De capaciteit ter plaatse van snede 1 (h = 500 mm) is gelijk aan:

$$V_{Rd} = 0,4 \cdot f_{ct,90} \cdot 0,4 \cdot 1,45 \cdot 0,66 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Rd} = 1,7 \cdot h \cdot d = 0,66 \cdot 1000 \cdot 462 \cdot 10^{-2} = 305 \text{ kN}$$

$$u.c. = \frac{379}{305} = 1,9 > 1,0 \text{ Voldoet NIET}$$

De capaciteit ter plaatse van snede 2 (h = 1150 mm) is gelijk aan:

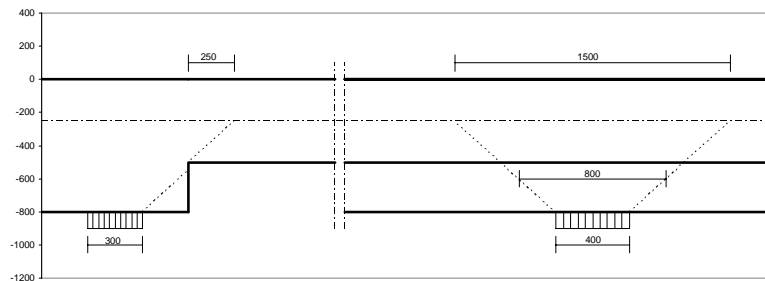
$$V_{Rd} = 1,7 \cdot h \cdot d = 0,66 \cdot 1000 \cdot 1112 \cdot 10^{-2} = 733 \text{ kN}$$

$$u.c. = \frac{963}{733} = 1,31 > 1,0 \text{ Voldoet NIET}$$

DWARSKRACHT VOLDOET NIET!

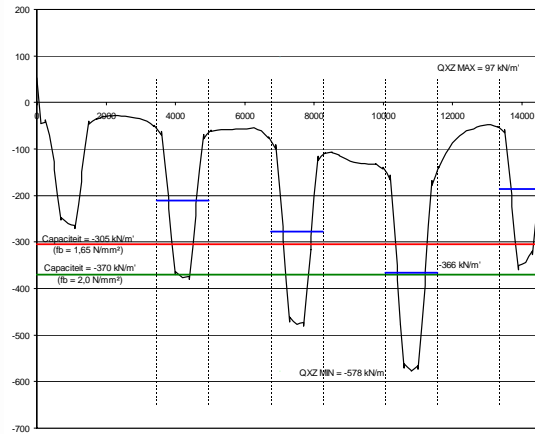
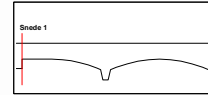
4. RESULTAAT EN TOETSING

- ONGESCHEURD/GESCHEURD
- TOETSING**
- INDICATIE SCHEURWIJDTE



4. RESULTAAT EN TOETSING

- ONGESCHEURD/GESCHEURD
- **TOETSING**
- INDICATIE SCHEURWIJDTE



4. RESULTAAT EN TOETSING

- ONGESCHEURD/GESCHEURD
- TOETSING
- INDICATIE SCHEURWIJDTE

4. RESULTAAT EN TOETSING

- ONGESCHEURD/GESCHEURD
- TOETSING
- INDICATIE SCHEURWIJDTE

$$M_{f,845} = f_{cm} \cdot W = 3,3 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 814^2 \cdot 10^{-6} = 364 \text{ kNm/m}$$

$$M_{f,300} = f_{cm} \cdot W = 2,11 \cdot \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 814^2 \cdot 10^{-6} = 233 \text{ kNm/m}$$

$$M_{f,190} = 258 \text{ kNm/m} < 364 \text{ kNm/m}$$

$$M_{f,190} = 258 \text{ kNm/m} > 233 \text{ kNm/m} \quad (\text{Mogelijk is de constructie in het volledige scheurpatroon belandt. Voor de volledigheid wordt ook getoetst op 8.7.2.})$$

Onvolledig ontwikkeld scheurpatroon (art 8.7.3) op grond van art. 8.7.1.b:

$$\sigma_p = 0 \text{ N/mm}^2 \quad (\text{toetsing op grond van art. 8.7.1.b})$$

$$\sigma_s = \frac{k_2 \cdot \sigma_c \cdot f_{ct}}{(\sigma_p + \sigma_s)^2}$$

$$\sigma_s = \left(\frac{k_2 \cdot \sigma_c \cdot f_{ct}}{\sigma_s} \right) = \left(\frac{4 \cdot 10^4 \cdot 1 \cdot 45}{19} \right) = 308 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{f,190} = \frac{\sigma_s}{f_s} \cdot M_u = \frac{308}{330} \cdot 265 = 247 \text{ kNm/m}$$

$$u.c. = \frac{99,3}{247} = 0,40 < 1,0 \quad \text{Voldoet!}$$

Volledig ontwikkeld scheurpatroon (art 8.7.2):

$$s = 100 \cdot \left(\frac{k_2 \cdot \sigma_c \cdot f_{ct}}{\sigma_s} - 1,3 \right)$$

$$\sigma_s = \frac{k_2 \cdot \sigma_c \cdot f_{ct}}{\left(\frac{s}{100} + 1,3 \right)} = \frac{500 \cdot 1}{\left(\frac{150}{100} + 1,3 \right)} = 178 \text{ N/mm}^2$$

$$M_{f,190} = \frac{\sigma_s}{f_s} \cdot M_u = \frac{178}{330} \cdot 265 = 143 \text{ kNm/m}$$

$$u.c. = \frac{99,3}{143} = 0,69 < 1,0 \quad \text{Voldoet!}$$

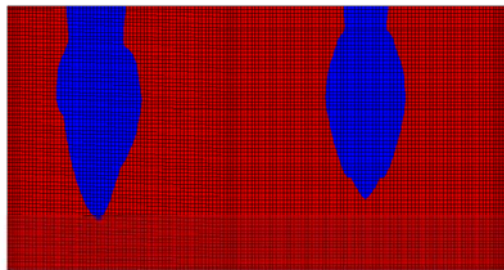
Een indicatie voor de te verwachten scheurwijdte:

$$\sigma_s = 0,69 \cdot 178 = 123 \text{ N/mm}^2$$

$$w = \left(\frac{s}{100} + 1,3 \right) \cdot \sigma_s \cdot \left(\frac{120}{100} + 1,3 \right) \cdot \frac{1,23}{2500} = 0,123 \text{ mm}$$

4. RESULTAAT EN TOETSING

- ONGESCHEURD/GESCHEURD
- TOETSING
- INDICATIE SCHEURWIJDTE



-1,19266

Figuur 59. Veldmomenten in langsrichting groter (blauw) en kleiner (rood) dan 192 kNm/m², behorende bij een scheurwijdte van 0,1 mm in een ongescheurd veronderstelde betonconstructie.

5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN



5. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN



CONCLUSIES

- DEKWAPENING VOLDOET OP STERKTE EN DUURZAAMHEID
- INDICATIE SCHEURWIJDTE DEK = 0.170 MM

- BALKWAPENING VOLDOET OP STERKTE EN DUURZAAMHEID
- INDICATIE SCHEURWIJDTE BALK = 0.177 MM

- DWARSKRACHTCAPACITEIT VELD 1 WORDT OVERSCHREDEN

AANBEVELINGEN

- BETON ONDERZOEK (TREKSTERKTE $\geq 2,0$ N/mm²)
- FYSISCH NIET-LINEAIRE BEREKENING

VIADUCT ZUIDPOORT

