

Lezing afstudeerproject

Welkom aanwezigen

Bart van Hulten, afstudeerder



Inhoud

“Onderzoek Diana – Test – Verder onderzoek”

- Onderzoeksvraag
- Onderzoek Diana modellen
- Ontwerp- en uitvoerproces balk (extra uitgelicht)
- Beproeving en testresultaten
- Met testresultaten naar theoretisch model
- Testresultaten versus Diana model (extra verdieping)
- Voorlopige eindconclusie

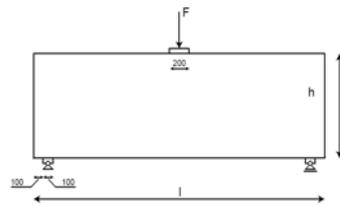
Niet in deze presentatie

- Theoretisch model gebruikt voor verder onderzoek
- Invloed meetvariatiës

Onderzoeksvraag

Vervolg afstudeerrapport M. Romans

Bij het ontwerpen van wandliggers kan ESA PT een nuttig ontwerpprogramma zijn. Is dit juist en worden de veiligheidseisen gehaald?



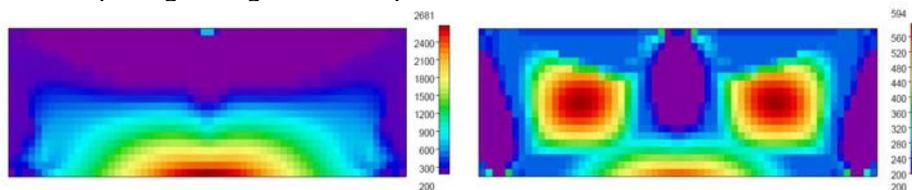
| | | | |
|-----------|---|--------------|----|
| Belasting | F | 646.103 | N |
| Breedte | B | 200 | mm |
| Lengte | L | 3000 | mm |
| Hoogte | h | 1000 | mm |
| Beton | | C28/35 (B35) | |
| Staal | | FeB500 | |

Voorbeeld van een wandligger

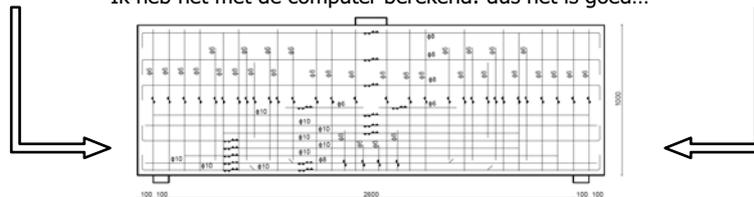
Onderzoeksvraag

ESA PT komt niet overeen met Atena (E.E.M.)

Wapeningsconfiguratie is bepaald m.b.v. ESA PT



'Ik heb het met de computer berekend: dus het is goed...'

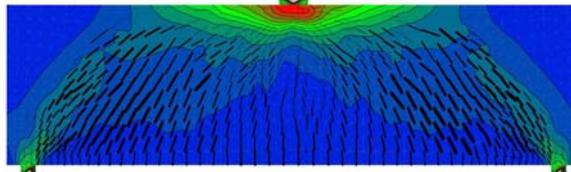


Onderzoeksvraag

ESA PT komt niet overeen met Atena (E.E.M.)

20 verschillende modellen onderzocht:

- Verschillende overspanningen (van 1, 2, 3, 4 tot 6m)
- Verschillende belastingen (1F, 1/2F, 1/4F, en q)



Vijf van twintig bleek een lager draagvermogen te hebben.
Ergste geval: 25% lager draagvermogen.

Verder onderzoek bleek dus nodig.

Onderzoek Diana

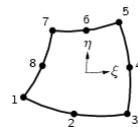
Voor beton: 4 druk- en 4 trek relaties

Modellen voor druk:

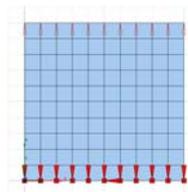
- Constant
- Parabolisch
- Multi lineair
- Volgens Thorenfeldt

Modellen voor trek:

- Bros
- Bi-lineair
- Tri-lineair
- Volgens Hordijk



CQ16M – 2D Element
($n = 2 \times 2$)



2D blok

The CQ16M element (drawn in the above figure) is an eight-node quadrilateral isoparametric plane stress element. It is based on quadratic interpolation and Gauss integration. The polynomial for the displacements u_x and u_y can be expressed as

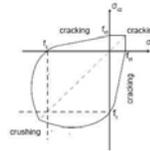
$$u_i(\xi, \eta) = a_0 + a_1\xi + a_2\eta + a_3\xi\eta + a_4\xi^2 + a_5\eta^2 + a_6\xi^2\eta + a_7\xi\eta^2$$

Van Diana handleiding

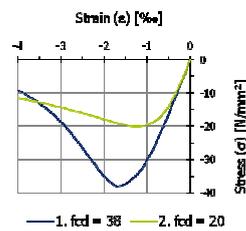
Onderzoek Diana modellen

Enkele voorbeelden onderzochte relaties

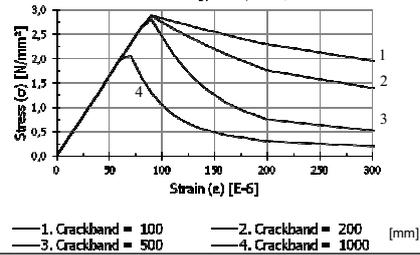
- Opsluiting volgens Vecchio onderzocht
- Invoer parameters onderzocht



Output Diana, Thorenfeldt model
Different compressive strengths (f_{cd} in MPa)



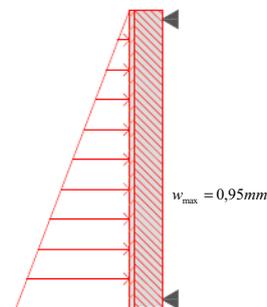
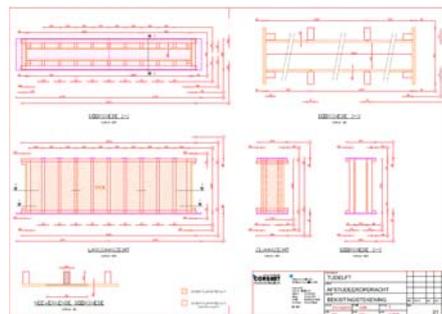
Output Diana, several crackband [mm] widths
Fracture energy $G_f=0,200$ N/mm



Vorbereitung ontwerpen

Maand december

Een goede en nauwkeurige voorbereiding om een goed en nauwkeurig resultaat te krijgen



Berekening krachten en uitbuigingen van het bekistingmateriaal

Bouwfase januari

Bekisting maken

Totale pakket aan hout



Plaatsing verticale wanden



Bouwfase januari

Waterdicht maken

Schroeven afgeplakt met klei



Verticale wanden afgekit



Bouwfase januari

Lassen en gebruikte materialen

100 kg hout, 250 schroeven en 60 kg wapeningsstaal.



250 schroeven
6 hoekige schroeven gebruikt
1 kapot bitje

Bouwfase januari

Wapening in hijsen en storten

Stort dinsdag 24 januari 2011.



Bouwfase januari

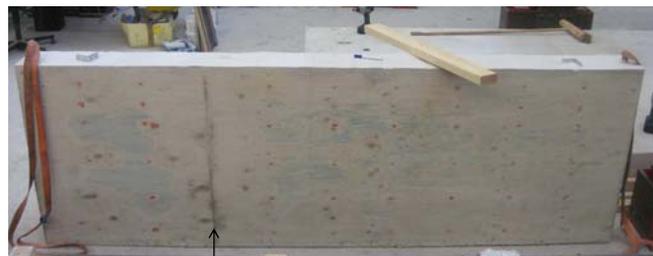
Afwerking en proefkubussen

Verdichten beton met trilnaad. Verder uitvlakken van de bovenkant

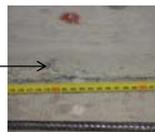


Bouwfase januari

Ontkisten, project is naar wens uitgevoerd



Kleine lekkage van de bekisting onderin, levert lokale en kleine grindnesten op.



De wandnaad van de bekisting leverde geen grote verschillen in de wand.



Verticaal veel minder lekkage. Daarmee zijn er strakke randen gerealiseerd.

Beproeving en testresultaten

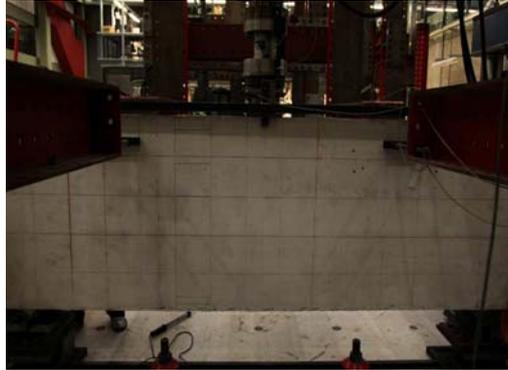
Beproeving zelf gemaakte balk

Afmetingen balk

- $h \times b \times l = 1 \times 0,2 \times 3$ [m]
- 2700 mm overspanning
- $w_{o,hor} = 0,96\%$

Gemeten waarden:

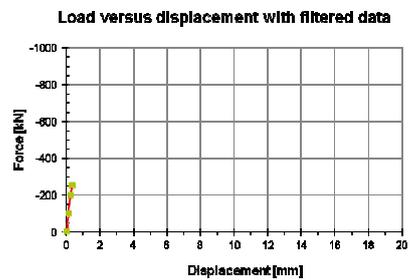
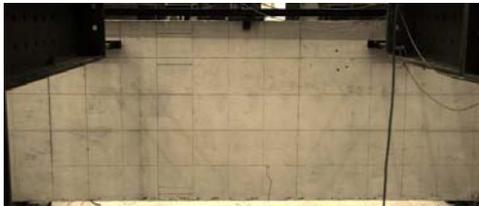
- Verplaatsing
- Benodigde kracht
- Scheurlocaties
- Scheurwijdtes
- Horizontale rekken



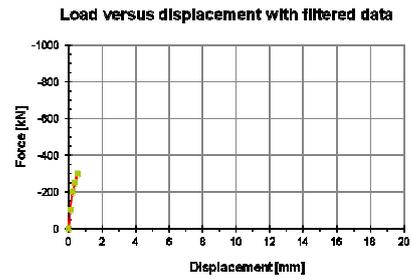
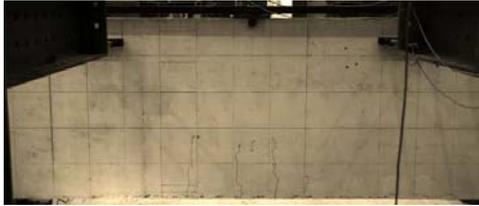
Witte kalkverf voor betere indicatie scheuren
Rood raster van h.o.h. 200 mm

$F = 250$ kN

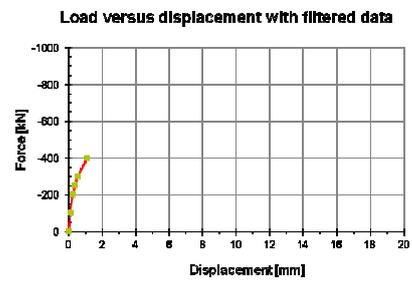
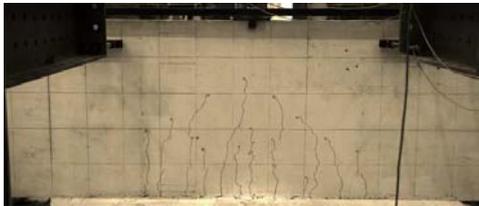
Eerste scheur



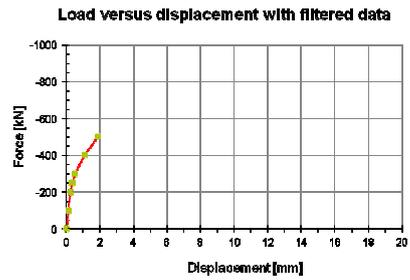
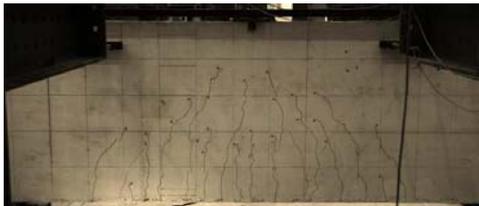
$F = 300 \text{ kN}$



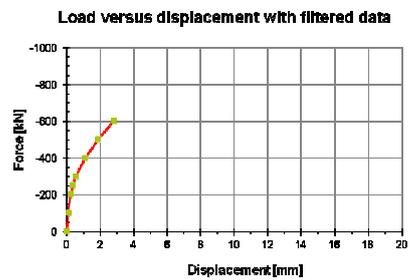
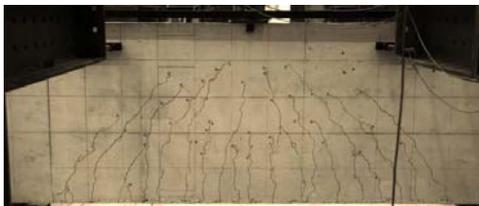
$F = 400 \text{ kN}$



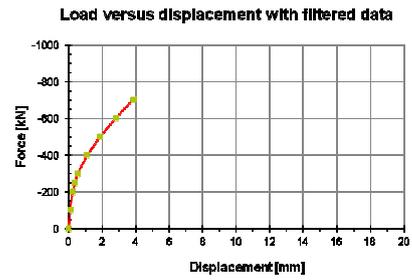
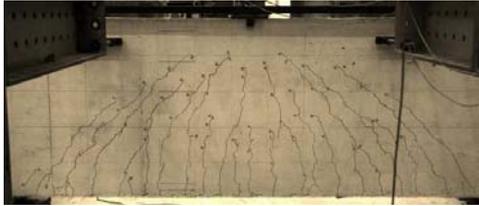
$F = 500 \text{ kN}$
Ontwerpbelasting



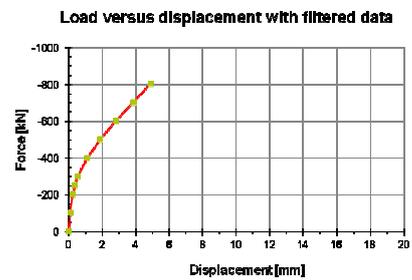
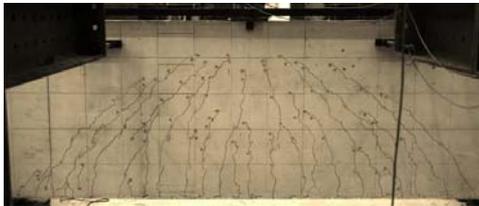
$F = 600 \text{ kN}$



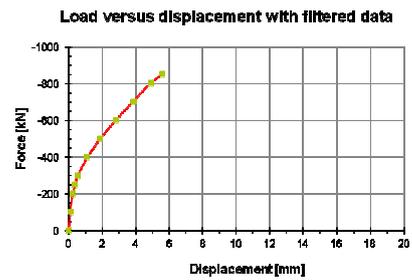
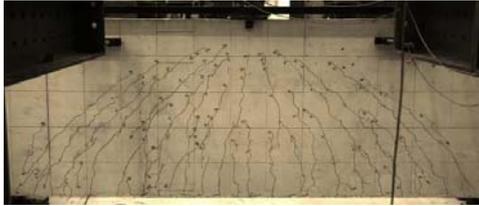
$F = 700 \text{ kN}$



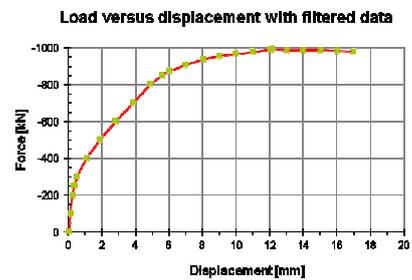
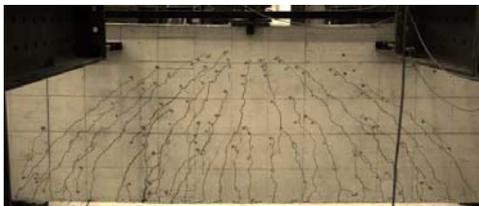
$F = 800 \text{ kN}$



F = 850 kN Start vloeien wapening



Na de maximale belasting

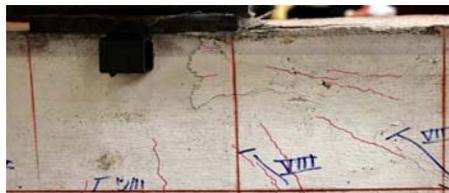
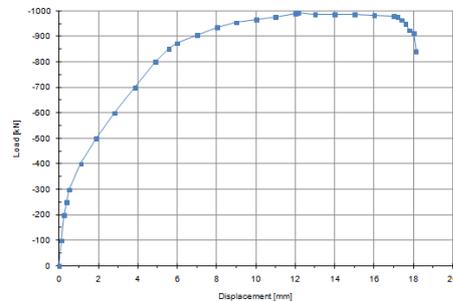


Beproeving en testresultaten

Samenvatting

Conclusies proef

- $F_{\max} = 992.5 \text{ kN}$
- Verspreid scheurenpatroon
- Vloeien wapening opgetreden
- Bezwijkmechanisme: falen betondrukzone



Diana model

Mesh en eigenschappen

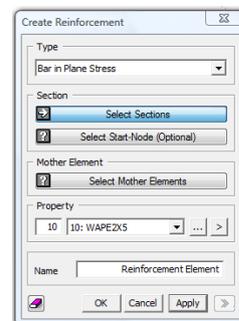
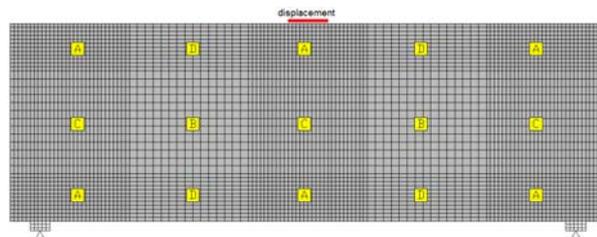
In totaal 4470 CQ16M elementen.

- Klein 20 x 20 mm (a)
- Groot 40 x 40 mm (b)
- Tussenin 20 x 40 (c)

Wapening volledige aanhechting

- 1D staaf met A_s
- Vloeien volgens Von Mises

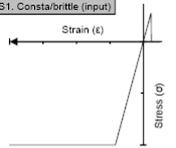
Kleine elementen voor stabiliteit



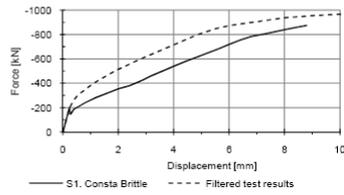
Testresultaten versus Diana model

Met vijf verschillende beton relaties

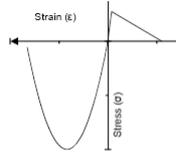
S1. Consta/brittle (input)



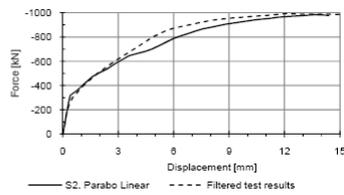
S1. Consta Brittle



S2. Parabo/Linear (input)



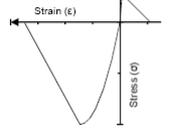
S2. Parabo Linear



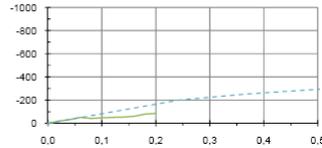
Testresultaten versus Diana model

Met vijf verschillende beton relaties

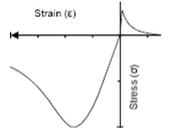
S3. Multiline (input)



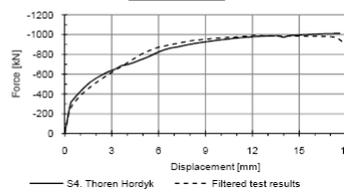
S3. Multilinear (output)



S4. Thoren/Hordyk (input)

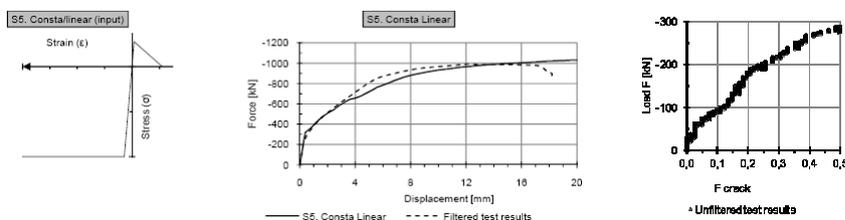


S4. Thoren Hordyk



Testresultaten versus Diana model

Met vijf verschillende beton relaties

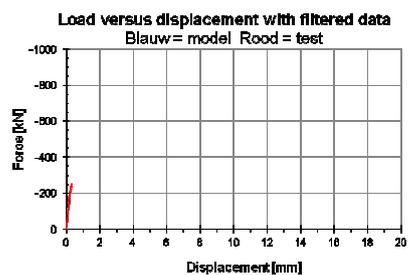
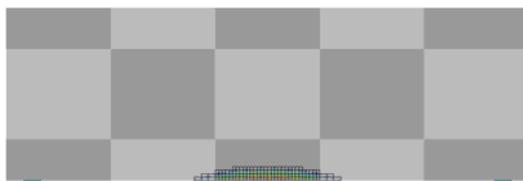
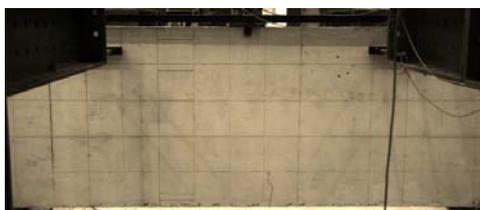


| Investigated model | Uncracked stiffness [kN/mm] | Cracking load [kN] | Cracking load [%] | Load at = 12 mm [kN] | Load at = 12 mm [%] | Ultimate load [kN] | Ultimate load [%] |
|------------------------|-----------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|---------------------|--------------------|-------------------|
| From test result | -824 | -220 | -7,93% | -991 | - | -992 | - |
| S1. Constant Brittle | -844 | -203 | -7,93% | - | - | -874 | -11,97% |
| S2. Parabola Linear | -844 | -203 | -7,93% | -967 | -2,38% | -983 | -0,98% |
| S3. Multilinear | -422 | -50 | -77,1% | - | - | -84 | -91,5% |
| S4. Thorenfeldt Hordyk | -844 | -203 | -7,93% | -978 | -1,26% | -1014 | 2,12% |
| S5. Constant Linear | -844 | -203 | -7,93% | -966 | -2,48% | -1031 | 3,90% |

Verdieping Diana model

‘Thorenfeldt / Hordyk’ model

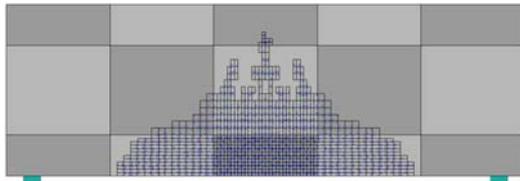
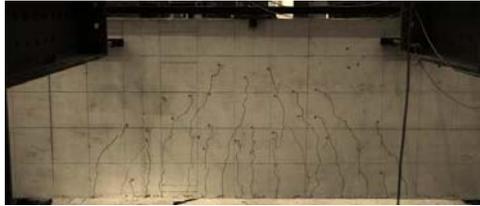
Eerste scheur



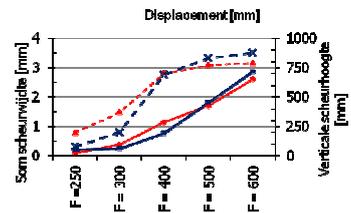
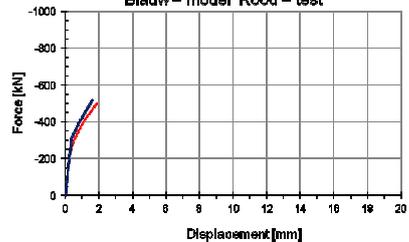
Testresultaten versus Diana model

'Thorenfeldt / Hordyk' model

Ontwerpbelasting



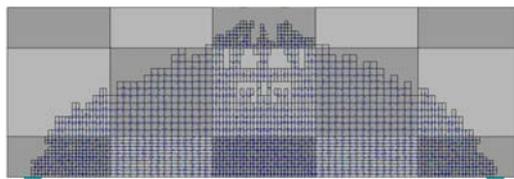
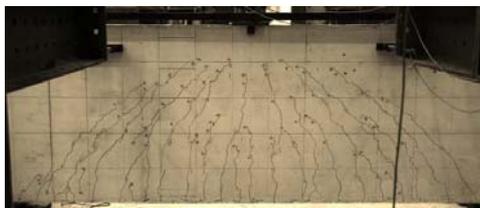
Load versus displacement with filtered data
Blauw = model Rood = test



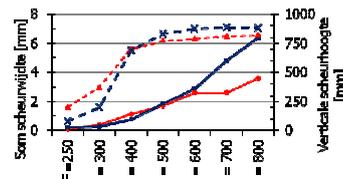
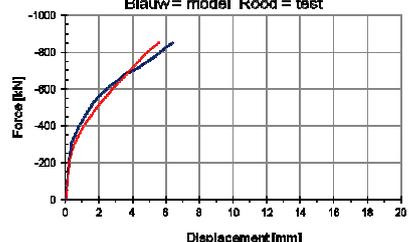
Testresultaten versus Diana model

'Thorenfeldt / Hordyk' model

Start vloeien van het staal



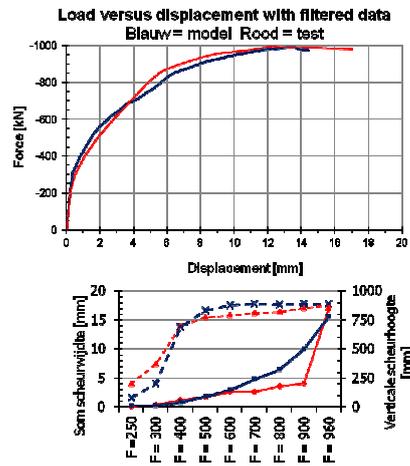
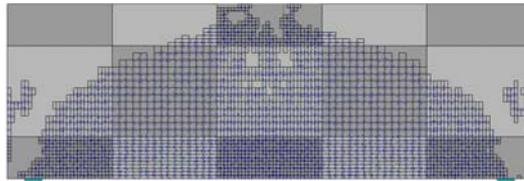
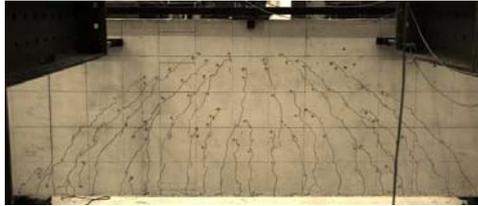
Load versus displacement with filtered data
Blauw = model Rood = test



Testresultaten versus Diana model

'Thorenfeldt / Hordyk' model

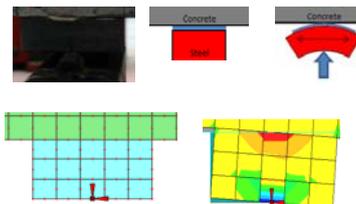
Eindbelasting



Onderzoek scheuren

Samenvatting

- Op de eerste plaats komt het theoretische model erg goed overeen met de praktijk test.
- Verschillen in scheurmodel:
 - Breedte van de gescheurde zone kwam niet overeen
 - Bij hogere belastingstappen kleine overeenkomst
 - Onverwachte scheuren aan uiteinden
- Mogelijke verklaringen:
 - Smeared (rotate) cracking model
 - Uniforme trekspanning model
 - Meting scheurwijdte onnauwkeurig
 - Scheurwijdte na vloeien is erg grillig



Proefresultaten

Van gemeten bezwijklast naar nominale bezwijklast

Staalsterkte als maatgevend aangenomen:

$$\gamma_s = \frac{f_{s, test}}{f_y} = \frac{630}{550} = 1.145$$

Factor voor interne hefboomsarm aangenomen:

$$\gamma_z = \frac{z_{p, test}}{z_{p, Nom}} = \frac{737}{711} = 1.037$$

Veiligheidsfactor voor 'safety format' γ_o overgenomen:

$$F_{u, Nom} = (F_{s, test} - F_{dw}) \cdot \frac{1}{\gamma_s} \cdot \frac{1}{\gamma_o} \cdot \frac{1}{\gamma_z} = 654 \text{ kN}$$

Dit is **hoger** dan de rekenbelasting van $F = 646 \text{ kN}$!

Verder onderzoek

Testresultaten, ESA PT, Atena en Diana

Vergelijking rekenmodellen:

| | | |
|-------------------------|------------------------|--------|
| Nominale testresultaten | $F_u = 654 \text{ kN}$ | 1,24% |
| ESA PT (ontwerp) | $F_u = 646 \text{ kN}$ | - |
| Atena | $F_u = 536 \text{ kN}$ | -17,0% |
| Diana | $F_u = 613 \text{ kN}$ | -5,1% |
| Diana (15Ø korter) | $F_u = 578 \text{ kN}$ | -10,5% |

| | | |
|-------------------------|------------------------|-------|
| Nominale testresultaten | $F_u = 654 \text{ kN}$ | 1,24% |
| ESA PT (ontwerp) | $F_u = 646 \text{ kN}$ | - |
| Atena | Not calculated | - |
| Diana | $F_u = 660 \text{ kN}$ | 2,17% |
| Diana (15Ø korter) | $F_u = 638 \text{ kN}$ | -1,2% |

Invoer parameters

Thorenfeldt / Hordijk

EC 1992-2
 $F_{cd} = 25.3 \text{ N/mm}^2$
 $F_{yd} = 550 \text{ N/mm}^2$
 $\gamma_o = 1.27$

EC 1992-1-1
 $F_{cd} = 20 \text{ N/mm}^2$
 $F_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$
 $\gamma_o = 1.0$

Conclusie

Voldoet de balk wel of niet?

Met EC1992-2

- Betere sterkteverhouding van de materialen
- Conservatiever
- Draagvermogen voldoet niet
- Factor γ_o erg grote invloed
- Grotere krachten \rightarrow kleinere hefboomsarm

EC 1992-2
Fcd = 25.3 N/mm²
Fyd = 550 N/mm²
 $\gamma_o = 1.27$

Met EC1991-1

- Veiligheidsfactoren eerst over de materialen
- Draagvermogen voldoet bijna

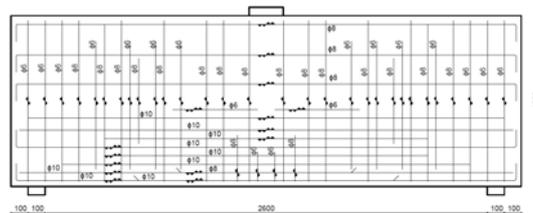
EC 1992-1-1
Fcd = 20 N/mm²
Fyd = 435 N/mm²
 $\gamma_o = 1.0$

Proefresultaten bevestigen dat het draagvermogen wordt gehaald

Conclusie

Volgens mijn bevindingen

- EC1992-2 is conservatiever. Maar betere sterkte verhoudingen.
- Diana toont niet aan dat het draagvermogen wordt gehaald.
- Kans op bouwfouten zijn aanzienlijk. Waardoor veiligheidseis niet kan worden gegarandeerd.
- Bij andere constructievormen is het krachten spel onoverzichtelijker.

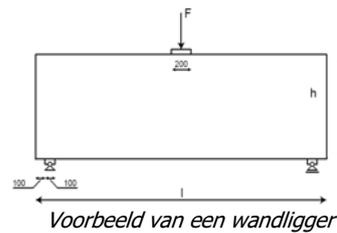


Onderzoeksvraag

Afstudeerrapport B.C. van Hulten

Bij het ontwerpen van wandliggers kan ESA PT een nuttig ontwerpprogramma zijn. Is dit juist en worden de veiligheidseisen gehaald?

Het is niet bewezen dat ESA PT de veiligheidseisen haalt.



Vragen en discussie

Dank voor uw tijd en aandacht.

