



Reserve capaciteit van ligger 'Shear8'

Chantal Frissen
TNO DIANA BV

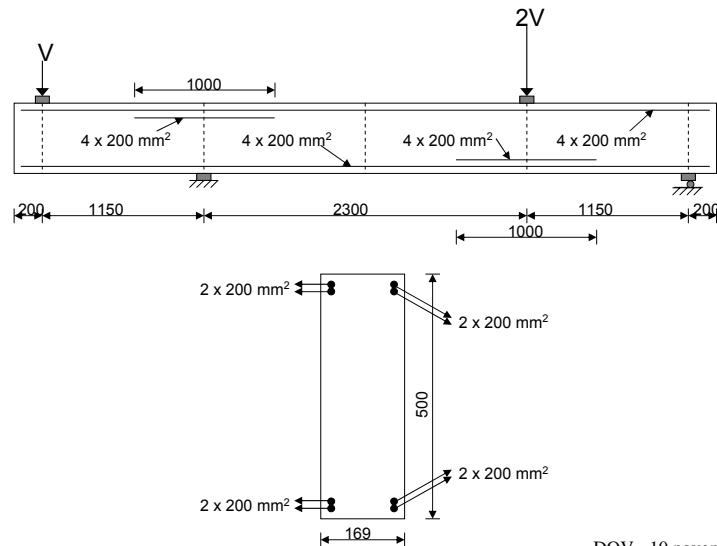


Inhoud

- Gegevens ligger
- Experimenten
- Controle op dwarskracht volgens Eurocode 2
- Niet-lineaire analyse
- Resultaten
- Conclusies



Gegevens Ligger



DOV - 10 november 2009 3



Experimenten

- In een testopstelling zijn twee experimenten uitgevoerd waarbij dit type ligger tot bezwijken is belast. De proefstukken SE50A-45 en SE50A-45-R met resultaten zijn beschreven in CEB Bulletin no 237 [1] en in ACI Structural Journal [2]
- Materiaal gegeven experiment:
 - f_{ck} = karakteristieke cilinderdruksterkte = 45 MPa
 - d_{max} = maximale korrelgrootte = 10 mm

[1] The Influence of Concrete Strength, Distribution of Longitudinal Reinforcement, and Member Size, on the Shear Strength of Reinforced Concrete Beams, by D. Kuchma en anderen, CEB Bulletin d'Information No 237
[2] How Safe Are Our Large, Lightly Reinforced Concrete Beams, Slabs and Footings? M.P. Collins and D. Kuchma, ACI Structural Journal July-August 1999 (No: 96-S54).

DOV - 10 november 2009 4



Eurocode 2: Controle op dwarskracht

Rekenwaarde van de dwarskrachtweerstand $V_{Rd,c}$ voor doorsnede gescheurd door buiging (EC2, § 6.2.2 vgl. 6.2.a).

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp}] b_w d$$

met een minimum van (EC2, § 6.2.2 vgl. 6.2.b)

$$V_{Rd,c} = (v_{\min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d$$

DOV - 10 november 2009 5



Afgeleide Resultaten

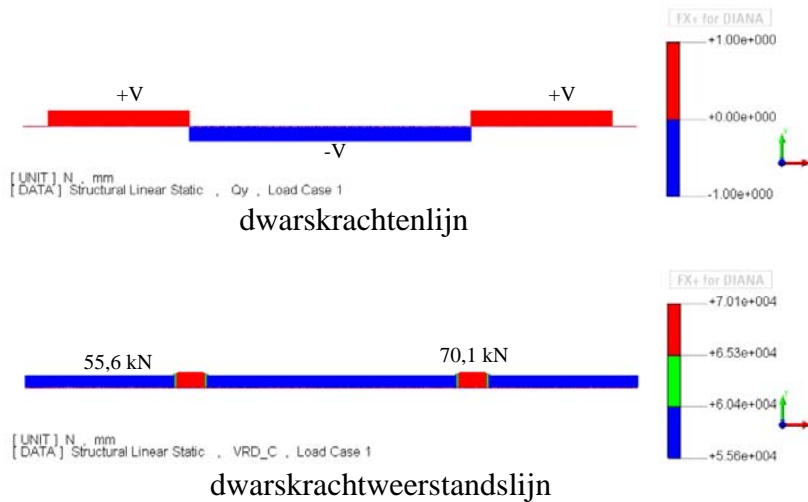
In Diana 9.4 is het mogelijk om zelf geformuleerde resultaten te definiëren als functie van de krachten, momenten en dwarsdoorsnede gegevens en deze te visualiseren in de DIANA post-omgeving:

- User Supplied Subroutine:
 - USRBEA voor balk-elementen
 - USRSHL voor plaat- en schaalelementen
- Lineaire analyse

DOV - 10 november 2009 6



Afgeleide resultaten



DOV - 10 november 2009 7



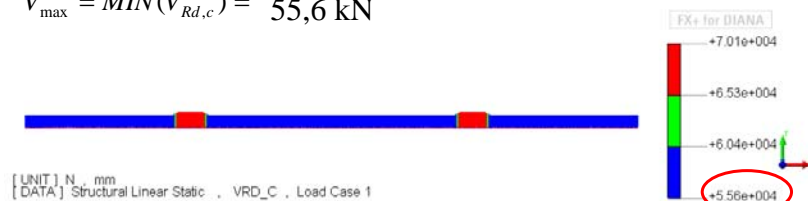
Maximale dwarskracht volgens Eurocode 2

- Zonder dwarskrachtwapening moet gelden:

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,c}$$

- Maximale dwarskracht bij $V_{Ed} = V_{Rd,c}$

$$V_{\max} = \text{MIN}(V_{Rd,c}) = 55,6 \text{ kN}$$



DOV - 10 november 2009 8



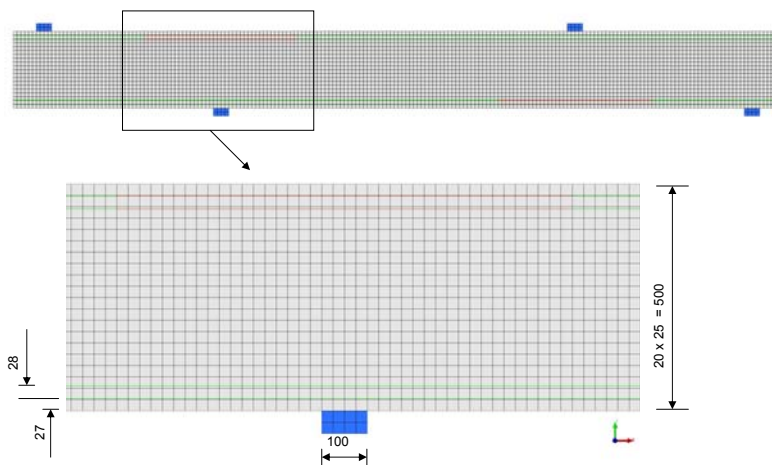
Numerieke simulatie experiment: Niet lineaire analyse

- Kwadratische membraan elementen (CQ16M)
- Modelleren wapeningsstaven
- Niet-lineair materiaalmodel voor beton
- Puntlasten stapsgewijs vergroten

DOV - 10 november 2009 9



Elementenverdeling



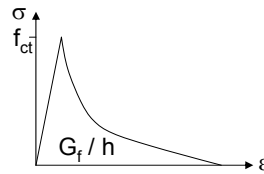
DOV - 10 november 2009 10



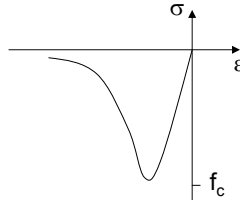
Niet-Linear Materiaal model

- Total strain rotating crack model:

- trek volgens theorie van Hordijk:



- druk volgens theorie van Thorenfeldt:



DOV - 10 november 2009 11



Materiaal eigenschappen

Betonsterkteklasse C45/55 volgens de Eurocode 2, tabel 3.1:

| Parameter | Omschrijving | Gemiddelde | Karakteristieke | Eenheid |
|-----------|----------------------------|-----------------|----------------------|---------------------|
| E | Elasticiteitsmodulus | $E_{cm} = 36$ | $E_{cm} = 36$ | GPa |
| n | Dwarscontractiecoëfficiënt | 0,15 | 0,15 | - |
| f_{ct} | Treksterkte | $f_{ctm} = 3,8$ | $f_{ctk,0.05} = 2,7$ | MPa |
| G_f | Scheurenergie | 0,084 | 0,060 | Nmm/mm ² |
| h | Scheurbandbreedte | 12,5 | 12,5 | mm |
| f_c | Druksterkte | $f_{cm} = 53$ | $f_{cm} = 53$ | MPa |

f_{ck} karakteristieke cilinderdruksterkte van beton na 28 dagen

f_{cm} gemiddelde waarde van de cilinderdruksterkte van beton

f_{ctm} gemiddelde waarde van de axiale treksterkte van beton

$f_{ctk,0.05}$ karakteristieke waarde van de axiale treksterkte van beton met 5% fractiel

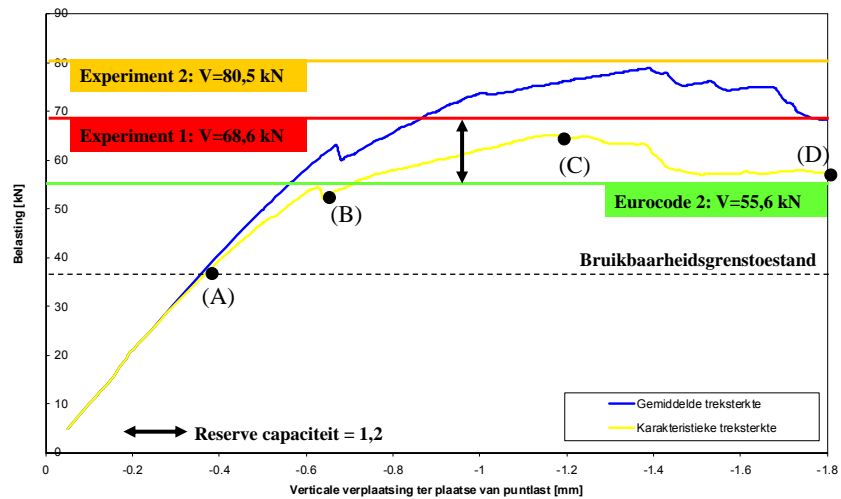
E_{cm} secans-elasticiteitsmodulus van beton

Bepaald volgens de CEB-FIP Model Code 1990

DOV - 10 november 2009 12



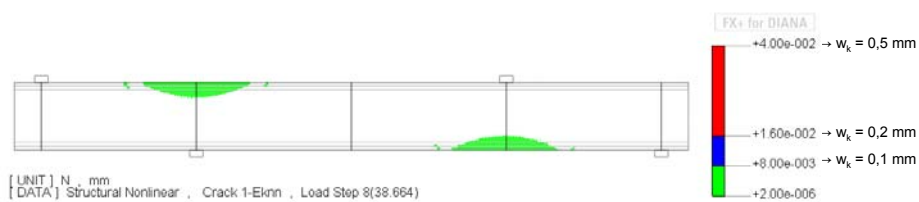
Last-verplaatsingsdiagram



DOV - 10 november 2009 13



Scheurrekken



(A) Bruikbaarheidsgrenstoestand

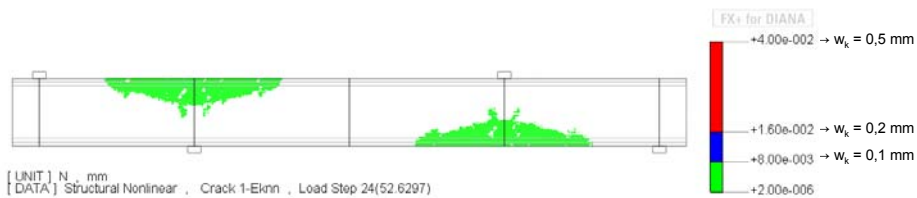
Maximale scheurrek = $6,7e-5$

Maximale scheurwijdte = $0,8e-3$ mm

DOV - 10 november 2009 14



Scheurrekken



(B) Optreden van eerste dwarskracht scheuren

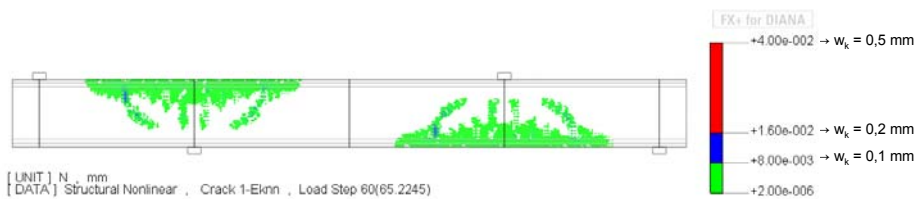
Maximale scheurrek = $1,6e-3$

Maximale scheurwijdte = $0,02$ mm

DOV - 10 november 2009 15



Scheurrekken



(C) Maximale belasting

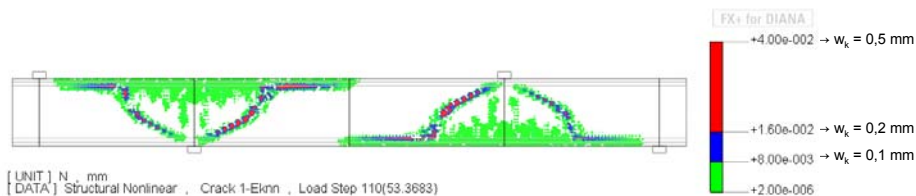
Maximale scheurrek = $6,6e-3$

Maximale scheurwijdte = $0,08$ mm

DOV - 10 november 2009 16



Scheurrekken



(D) Bezwijken

Maximale scheurrek = $3,7e-2$

Maximale scheurwijdte = 0,46 mm

DOV - 10 november 2009 17



Conclusies

- De maximale belasting van het bezwijken van een gewapende ligger op dwarskracht kan nauwkeurig geanalyseerd worden met een niet-lineaire berekening in DIANA.
- Door te rekenen met de ondergrens van de karakteristieke waarde voor de treksterkte van het beton ($f_{ctk;0,05}$) wordt de ondergrens van de maximale belasting gevonden.
- De numerieke maximale belasting komt goed overeen met die verkregen uit experimenten.
- Het scheurenpatroon verkregen uit de niet-lineaire analyse komt goed overeen met de verkregen scheuren in het experiment.
- Experimenten en numerieke analyse tonen aan dat de ligger een reserve capaciteit heeft van 1,2 keer de maximale dwarskracht volgens de Eurocode 2.

DOV - 10 november 2009 18