

## Tentamen **Materiaalmodellen**

17 juni 2014, 15:30 tot 17:00 uur

docent: P.C.J. Hoogenboom

Toegestaan is gebruik van dictaat, aantekeningen, boeken, calculator, laptop-computer en een iPad. Niet toegestaan is communiceren met anderen binnen of buiten de tentamenzaal.

### **Vraagstuk 1** (30 minuten)

Een gewapend betonnen constructiedeel heeft in een maatgevend punt de onderstaande spanningstoestand.

$$\sigma_{xx} = 13 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{yy} = -3$$

$$\sigma_{zz} = -7$$

$$\sigma_{yz} = 2$$

$$\sigma_{xz} = -5$$

$$\sigma_{xy} = 17$$

De druksterkte van het beton is 25 N/mm<sup>2</sup>.

De treksterkte van het beton is 1,5 N/mm<sup>2</sup>.

De treksterkte van de wapening is 530 N/mm<sup>2</sup>.

De soortelijke massa van staal is 7800 kg/m<sup>3</sup>.

Veiligheidsfactoren zijn al in rekening gebracht.

**a** Teken een elementair kubusje met de optredende spanningen (0.6 punt)

**b** Wat zijn hoofdspanningen in het algemeen? (0.2 punt)

Hoe worden de hoofdspanningen berekend voor een twee-assige spanningstoestand? (0.2 punt)

Hoe worden de hoofdspanningen berekend voor een drie-assige spanningstoestand? (0.2 punt)

**c** Waarom moeten de hoofdspanningen in beton voldoen aan het Mohr-Coulomb criterium? (0.6 punt)

**d** We beschouwen vier hoeveelheden wapening in het kubusje.

$$1 \quad \rho_x = 4,0\%, \quad \rho_y = 2,0\%, \quad \rho_z = 0,0\%.$$

$$2 \quad \rho_x = 5,5\%, \quad \rho_y = 0,7\%, \quad \rho_z = 0,0\%.$$

$$3 \quad \rho_x = 3,2\%, \quad \rho_y = 3,2\%, \quad \rho_z = 3,2\%.$$

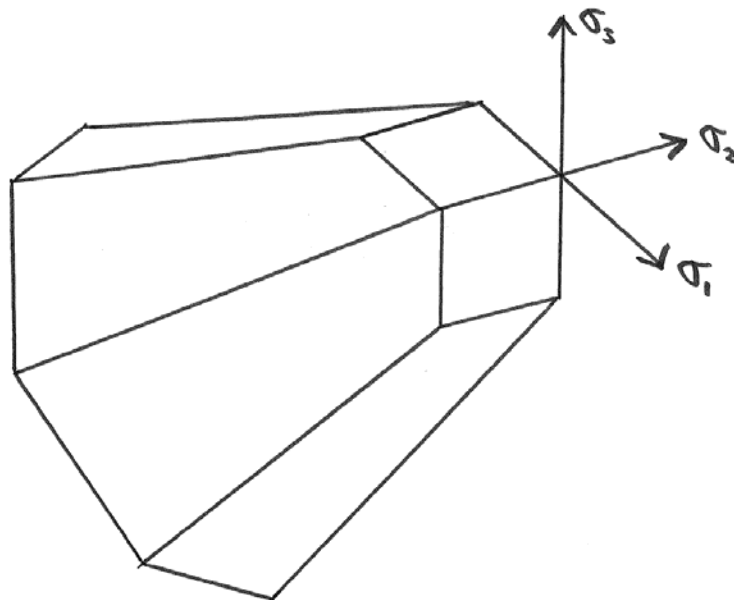
$$4 \quad \rho_x = 2,5\%, \quad \rho_y = 6,5\%, \quad \rho_z = 2,5\%.$$

Welk van deze hoeveelheden voldoet? (zie figuur) Verklaar uw antwoord. (0.3 punt)

Welk van deze hoeveelheden is de beste? (zie figuur) Verklaar uw antwoord. (0.3 punt)



- a Als we de hoofdspansingen weten, kunnen we snel de invarianten berekenen. Andersom is dit veel meer werk. Leg uit waarom. (0.7 punt)
- b Kan met isotrope versterking (isotropic hardening) het Bauschinger effect worden beschreven? Verklaar uw antwoord. (0.7 punt)
- c Waarom wordt de grensspanningshypothese van Tresca weinig toegepast? (0.7 punt)
- d Van welk materiaal is hieronder de grensspanningshypothese afgebeeld? (0.7 punt)



- e Spanningen kunnen worden afgebeeld als een cirkel. Wat is de naam van deze cirkel? (0.7 punt)
- f De diep in de aardkorst zit graniet. (bijvoorbeeld 20 km diep.) De spanning aldaar is natuurlijk hoog door de zwaartekracht op de massa erboven. Leidt dit tot bezwijken van het graniet? Verklaar de fysische oorzaak hiervan. (0.7 punt).

### Vraagstuk 3 (30 minuten)

Hieronder staan 3 grensspanningshypotheseën. (Aangenomen is dat  $\sigma_3 \leq \sigma_2 \leq \sigma_1$ )

$$1 \quad \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]} \leq f_y$$

$$2 \quad \sigma_1 - \sigma_3 \leq f_y$$

$$3 \quad \frac{\sigma_1}{f_t} + \frac{\sigma_3}{f_c} \leq 1$$

- a Wat zijn de namen van deze hypothesen? (0.7 punt)
- b Wat zijn de fysische uitgangspunten van deze hypothesen? (0.7 punt)
- c Laat zien dat de eerste grensspanningshypothese ook als volgt geschreven kan worden. (0.7 punt)

$$\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_3 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3} \leq f_y$$

- d Bedenk zelf een grensspanningshypothese. Zorg dat de hypothese niet afhankelijk is van de eenheden. Is deze hypothese onafhankelijk van het assenstelsel? Hoe kunnen we vaststellen of uw hypothese correct is? Verklaar uw antwoorden. (0.7 punt)