

Vraagstuk 1 (30 minuten, 3 punten)

Een gewapend betonnen constructiedeel heeft in een maatgevend punt de onderstaande twee spanningstoestanden. Spanningstoestand 1 is tengevolge van eigengewicht, variabele belasting en wind belasting. Spanningstoestand 2 is tengevolge van eigengewicht, variabele belasting en sneeuwbelasting. De druksterkte van het beton is 30 N/mm². De treksterkte van het beton is 3 N/mm². De treksterkte van de wapening is 450 N/mm². Veiligheidsfactoren zijn al in rekening gebracht.

Spanningstoestand 1	Spanningstoestand 2
$\sigma_{xx} = -10 \text{ N/mm}^2$	$\sigma_{xx} = -8$
$\sigma_{yy} = -9$	$\sigma_{yy} = -2$
$\sigma_{zz} = -11$	$\sigma_{zz} = 3$
$\sigma_{yz} = 1$	$\sigma_{yz} = 3$
$\sigma_{xz} = -8$	$\sigma_{xz} = 4$
$\sigma_{xy} = -3$	$\sigma_{xy} = -8$

a Teken een elementair kubusje met spanningstoestand 1.

b Hoe kunnen we vaststellen dat trekwapening nodig is? (Zie figuur)

```

Maple 9.5 - [Untitled (1)] - [Server 1]]
File Edit View Insert Format Spreadsheet Window Help
Warning, the protected names norm and trace have been redefined and unprotected

> sxx:=-10.: sy:=-9.: szz:=-11.: syz:=1.: sxz:=-8.: sxy:=-3.:
> M:=matrix([[sxx,sxy,sxz],[sxy,syy,syz],[sxz,syz,szz]]):
> eigenvalues(M);
-18.70654883, -9.906655822, -1.386795349
> sxx:=-8.: sy:=-2.: szz:=3.: syz:=3.: sxz:=4.: sxy:=-8.:
> M:=matrix([[sxx,sxy,sxz],[sxy,syy,syz],[sxz,syz,szz]]):
> eigenvalues(M);
-14.93603532, 3.507300469, 4.428734850
> fy:=450: rx:=0.01: ry:=0.01: rz:=0.01:
> M:=matrix([[sxx-rx*fy,sxy,sxz],[sxy,syy-ry*fy,syz],[sxz,syz,szz-rz*fy]]):
> eigenvalues(M);
-19.43603532, -0.9926995314, -0.07126514969
> fy:=450: rx:=0: ry:=0.012: rz:=0.012:
> M:=matrix([[sxx-rx*fy,sxy,sxz],[sxy,syy-ry*fy,syz],[sxz,syz,szz-rz*fy]]):
> eigenvalues(M);
-17.35448934, -1.010936755, 0.5654260936
> ;
> |

```

c Iemand stelt de volgende wapeningspercentages voor.

$$\rho_x = 1\%,$$

$$\rho_y = 1\%,$$

$$\rho_z = 1\%.$$

Is dit voldoende? (Zie figuur) Verklaar uw antwoord.

d Iemand anders stelt voor

$$\rho_x = 0\%,$$

$$\rho_y = 1.2\%,$$

$$\rho_z = 1.2\%.$$

Is dit beter? (Zie figuur) Verklaar uw antwoord.

e Is de druksterkte van het beton voldoende. Verklaar uw antwoord.

f Als de druksterkte van het beton onvoldoende is kan drukwapening worden toegepast. Drukwapening in de x -richting kan worden vervangen door trekwapening in de y - en z -richting. Verklaar dit.

Vraagstuk 2 (30 minuten, 3 punten)

a Als we spanningen bestuderen beschouwen we een klein kubusje. Waarom beschouwen we geen andere vorm zoals een kleine octaeder? Kies uit A, B, C of D.

A Bij een kubusje zijn de vergelijkingen het eenvoudigst.

B Een volume kan niet worden opgedeeld in kleine octaeders.

C Omdat eindige-elementen vaak ook kubusvormig zijn.

D De spanningen op een octaeder zijn wel bestudeerd.

b Als $\sigma_1 < 0$, $\sigma_2 < 0$, $\sigma_3 < 0$ dan $I_1 < 0$, $I_2 > 0$, $I_3 < 0$. Bewijs dit.

c Welke grensspanningshypothese is geschikt voor polyester met glasvezels? Verklaar uw antwoord.

d Bij plastische berekeningen wordt vaak orthotrope versterking gebruikt. Welke beperking geldt dan voor de belasting?

e Een staalconstructie wordt cyclisch belast. ($F = 100 \text{ kN}$, -100 kN , 100 kN , enz.). Uit een lineair-elastische berekening volgt dat in een punt de grootste spanning gelijk is aan 421 N/mm^2 en de kleinste spanning gelijk is aan -142 N/mm^2 . De verschilspanning is 563 N/mm^2 . De vloeispanning van het staal is 370 N/mm^2 . Zal in elke cyclus vloeï optreden? Verklaar uw antwoord.

f Wetenschappers spreken vaak over J2-plasticiteit. Welk grensspanningscriterium bedoelen ze hiermee. Kies uit A, B, C of D.

- A Mohr-Coulomb
- B Tresca
- C Von Mises
- D Tsai Hill

Vraagstuk 3 (30 minuten, 4 punten)

a Bij veel eindige-elementenprogramma's kunnen we booglengtesturing instellen. Op welk aspect van de berekening heeft dit invloed, bijvoorbeeld convergeren, nauwkeurigheid, rekentijd?

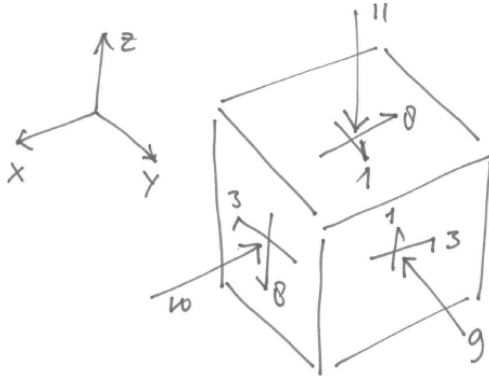
b Normaalkracht en imperfecties hebben een belangrijke invloed op de tweede orde uitbuiging van gedrukte raamwerkelementen. Hebben deze ook een invloed op de tweede orde uitbuiging van getrokken raamwerkelementen? Verklaar uw antwoord.

c In Dr. Frame kunnen we na elke belastingsverhoging de i-toets indrukken. Waarvoor is dit? Hoeveel keer indrukken is nodig bij de gebruiksbelasting?

d Leg uit wat superponeren is? Waarvoor wordt het toegepast?

Antwoorden Vraagstuk 1

a



b Bij spanningstoestand 2 zijn twee eigenwaarden positief. Dit zou de trekspanning in het beton zijn. Echter, beton kan geen trekspanning opnemen.

c Ja. De eigenwaarden zijn dan negatief (drukspanning).

d Nee. Een eigenwaarden is dan positief (trekspanning).

e Ja: Spanningstoestand 1: $\frac{-18.71}{-30} + \frac{-1.38}{3} = 0.16 < 1$
 Spanningstoestand 2 en 1% wapening: $\frac{-19.44}{-30} + \frac{-0.07}{3} = 0.62 < 1$

f Wapening dwars op de drukrichting sluit het beton op. Hierdoor ontstaat bij bezwijken ook drukspanning dwars op de drukrichting. Dit heeft een gunstige invloed op het Mohr-Coulomb-criterium. (σ_3 wordt negatiever.)

Antwoorden vraagstuk 2

a A

$$I_1 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = (-) + (-) + (-) = (-)$$

$$\mathbf{b} \quad I_2 = \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1 = (-) \times (-) + (-) \times (-) + (-) \times (-) = (+)$$

$$I_3 = \sigma_1\sigma_2\sigma_3 = (-) \times (-) \times (-) = (-)$$

c Tsai-Hill of Tsai-Wu. Omdat het materiaal in verschillende richtingen verschillende eigenschappen heeft.

d Geen cyclische belastingen (omkeerbelasting)

e Nee. Alleen in bij de eerste belasting treedt vloeï op. De verschilspanning is namelijk kleiner dan 2 keer de vloeispanning (Bausschinger effect).

f C

Antwoorden vraagstuk 3

a Convergeren en rekentijd

b Een normaaltrekkkracht verkleint de eerste orde uitbuiging. Waarschijnlijk zullen imperfecties de buigstijfheid verkleinen (maar hier is geen onderzoek naar gedaan.)

c De iteraties zijn nodig om evenwicht te vinden. Tussen 0 en 4 keer afhankelijk van de grootte van de belastingstap en de grootte van het tweede-orde-effect. (Dr. Frame doet automatisch al 1 iteratie.)

d Optellen van verplaatsingen, momenten, spanningen door verschillende belastingen. Bij het toetsen van belastingcombinaties. (Kan alleen bij lineair-elastische berekeningen.)