

POST HBO-OPLEIDINGEN

**Betonconstructeur BV
Staalconstructeur BmS**

Master of structural engineering

Toegepaste mechanica

**Materiaalmodellen en
niet-lineaire mechanica**

docent : dr. ir. P.C.J. Hoogenboom

TENTAMEN 2^e JAAR
duur : 90 minuten

OPMERKINGEN : *Vermeld op alle bladen van uw werk uw naam.*

: *Het tentamen bestaat uit 4 bladzijden inclusief dit voorblad.*

: *Al het studiemateriaal en aantekeningen mogen tijdens het tentamen worden geraadpleegd.*

:

**POST
HBO**

Vraagstuk 1 (30 minuten 3 punten)

Een gelaste verbinding van aluminium wordt gemodelleerd met een eindige-elementenprogramma. Het model bestaat uit volume-elementen (solids). Een veranderlijke belasting wordt aangebracht (inclusief veiligheidsfactoren). De spanning in een maatgevend punt is

$$\begin{bmatrix} 53,1 & 141 & -197 \\ 141 & 197 & 118 \\ -197 & 118 & -139 \end{bmatrix} \text{ N/mm}^2.$$

- a Teken een elementair blokje met de spanningen op de zichtbare vlakjes. Teken ook het bijbehorende assenstelsel.
- b De volgende berekening is gemaakt in Maple:

```

Maple 9.5 - [Untitled (1) - [Server 1]]
File Edit View Insert Format Spreadsheet Window Help
[Icons]
[Icons]
> with(linalg):
> T:=matrix([ [53.1, 141, -197], [141, 197, 118], [-197, 118, -139] ]):
> eigenvalues(T);
-321.7634633, 149.4970818, 283.3663816
Time: 0.1s Bytes: 256K Available: 1.06G

```

De één-assige trek- en druksterkte van het aluminium zijn 600 N/mm² (inclusief veiligheidsfactoren). Leidt de spanning in het maatgevende punt tot vloeien? Neem aan dat de veranderlijke belasting de enige belasting is. Verklaar uw antwoord.

- c Wat is de grootste schuifspanning in het punt? Beschouw hierbij elke mogelijke rotatie van het assenstelsel. Welke grensspanningshypothese stelt een grens aan deze schuifspanning? Voldoet het punt aan deze hypothese? Verklaar uw antwoord.
- d Beschouw de spanning op een vlak van een elementair kubusje. We nemen altijd aan dat deze spanning gelijkmatig is verdeeld. In werkelijkheid zal vaak de spanning aan de ene kant van het vlak groter zijn dan aan de andere kant. Waarom kunnen we dit verwaarlozen?

Vraagstuk 2 (30 minuten 3 punten)

- a Schets de vloeicontouren van Mohr-Coulomb en Drucker-Prager in het π -vlak.

- b** De grensspanningshypothese van Tsai-Hill wordt geschreven als een unity check (... < 1). Waarom wordt deze niet geschreven met een vergelijkingsspanning? (zoals bij Von Mises). Kies A, B, C of D.
- A Een unity check heeft als voordeel dat aan de virtuele arbeidsvergelijking voldaan wordt.
 - B Een unity check komt overeen met de aanpak in de TGB hout.
 - C Een unity check werkt veel prettiger.
 - D Omdat hout verschillende sterkten heeft in verschillende richtingen.
- c** Stel dat er een Beltrani-spanning zou bestaan (analoog aan de Von Mises-spanning). Zou deze spanning invariant zijn voor de richting van het assenstelsel? Kies A, B, C of D.
- A Ja, omdat elke vergelijkingsspanning invariant is voor de richting van het assenstelsel.
 - B Ja, omdat het geschreven kan worden als functie van alleen hoofdspansingen.
 - C Nee, omdat het geschikt is voor materialen met een bepaalde richting zoals hout.
 - D Nee, omdat de dwarscontractiecoëfficiënt een rol speelt.
- d** Stel dat in een materiaalpunt van een constructiedeel de cirkel van Mohr is gereduceerd tot een punt. (In vrijwel elk constructiedeel zitten een paar van deze materiaalpunten. Deze heten isotrope punten.) Wat betekent dit voor de hoofdspansingsrichtingen in dit materiaalpunt? Kies uit A, B, C of D.
- A De hoofdspansingsrichtingen zijn in de x-, y- en z-richting.
 - B Elke richting is een hoofdspansingsrichting.
 - C De hoofdspansingsrichtingen zijn onbepaald.
 - D De hoofdspansingsrichtingen zijn in de richting van de randen van het constructiedeel.
- e** Waarom is $\sigma_{yz} = \sigma_{zy}$? Kies A, B, C of D.
- A Dit volgt uit momentenevenwicht van een elementair kubusje.
 - B Omdat anders de spanningstensor asymmetrisch zou zijn waardoor complexe eigenwaarden zouden optreden.
 - C Vanwege behoud van vormveranderingsenergie van een elementair kubusje.
 - D Omdat er anders meer dan zes spanningscomponenten zouden zijn.
- f** Moderne software kan uitrekenen hoeveel wapening nodig is in een betonnen wand (mm²/m). Echter, de software maakt niet het hele wapeningsontwerp. Waarom niet? Kies A, B, C of D.
- A Een computerprogramma kan deze verantwoordelijkheid juridisch niet op zich nemen.
 - B Het is software-ontwikkelaars nog niet gelukt om het detailleren van wapening te programmeren.
 - C Het wapeningsontwerp hangt af van de wensen van de onderaannemer en van de buigcentrale. Het is ondoenlijk om software te maken die hier rekening mee houdt.
 - D Computers zijn nog niet snel genoeg voor deze ingewikkelde berekening.

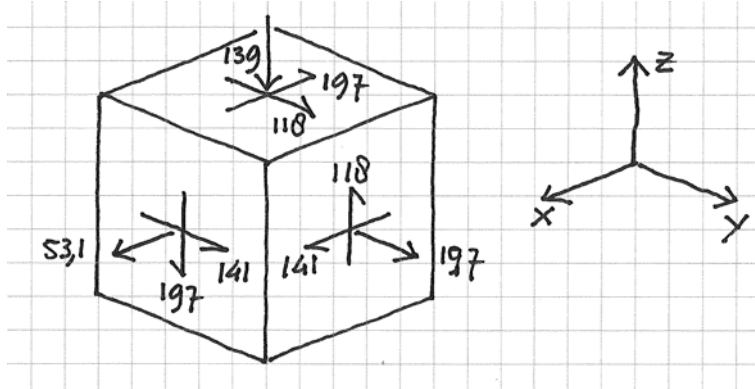
Vraagstuk 3 (30 minuten 4 punten)

- a** De applet “performance of reinforced concrete” laat zien dat we de scheurwijdte en overcapaciteit van gewapend beton eenvoudig kunnen uitrekenen. Nadeel van deze applet is dat een opdrachtgever of de controlerende instantie de berekening misschien niet accepteert. Wat kunnen de ontwikkelaars van deze applet verbeteren zodat de berekening wel wordt geaccepteerd?
- b** De meest geavanceerde methode om een niet-lineaire statische berekening uit te voeren is booglengte-sturing (arch length control). Welke andere sturingsmethoden zijn mogelijk? Welke sturingsmethode is geprogrammeerd in de applet “performance of reinforced concrete”? Verklaar uw antwoord.
- c** Hieronder staan een aantal niet-lineaire berekeningen (B) en een aantal redenen (R) waarom deze berekeningen worden uitgevoerd in de praktijk. Koppel elke berekening aan de juiste reden.
- B1 Tweede-orde-verplaatsing onder gebruiksbelasting
 B2 Knikcontrole onder belasting behorende bij de uiterste grenstoestand
 B3 Kipcontrole onder belasting behorende bij de uiterste grenstoestand
 B4 Kruipberekening van gewapend betonnen vloeren onder gebruiksbelasting
 B5 Dynamische plastische berekening van een constructie belast door een aardbeving
- R1 Helaas nog niet mogelijk. (wel met ANSYS)
 R2 De traditionele handberekening heeft onvoldoende nauwkeurigheid en geeft daarmee onvoldoende veiligheid.
 R3 Heel veel sneller dan een handberekening en niet moeilijk uit te voeren.
 R4 Als maatgevend dan bespaart dit veel tijd omdat handmatige controleberekeningen van kniklengtes niet nodig is.
 R5 Nauwkeuriger dan een handberekening en levert belangrijke materiaalbesparingen op.
- d** Bij het modelleren van dunne schaalconstructies is extensieloze vervorming een belangrijk begrip. Wat is extensieloze vervorming? Hoe kunnen we extensieloze vervorming herkennen op het computerscherm? (bijvoorbeeld ten gevolge van sneeuwbelasting.) Geef een ontwerpverbetering waardoor extensieloze vervorming kan worden tegengegaan?

11 januari 2011

Antwoorden

1a

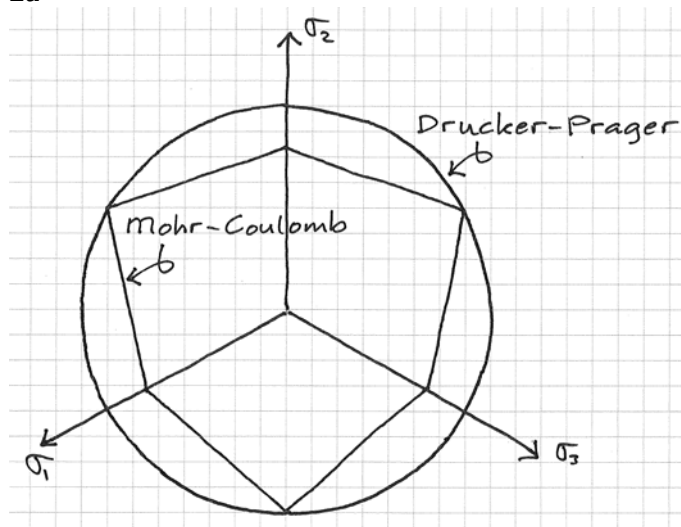


1b Von Misses-spanning: $550 < 600 \text{ N/mm}^2$, geen vloeï

1c grootste schuifspanning: $(327 + 283) / 2 = 305 \text{ N/mm}^2$, Tresca, $2 \times 305 = 610 > 600$ voldoet niet

1d Een elementair kubusje is klein ten opzichte van het constructiedeel waarin het zit. Bijvoorbeeld een flens van een I-profiel is 10 mm dik. Een elementair kubusje van staal is ongeveer 0.5 mm. (Er zitten een paar kristallen in van 0.1 mm.) Aan de linker zijde van een vlakje is de spanning bijvoorbeeld 50.5 N/mm^2 aan de rechter zijde is het 49.5 N/mm^2 . Het verschil is verwaarloosbaar klein omdat het kubusje klein is.

2a



2b D

2c B of A

11 januari 2011

2d C of B

2e A

2f B of C (57% van de cursisten vindt C het belangrijkste argument. 38% Kiest B)

3a Certificeren door een erkende instantie, Volgens Eurocode-regels, Printen van de berekening, Vergelijken met experimenten,

3b Krachtsturing (of belastingsturing) en verplaatsingsturing, De applet gebruikt krachtsturing omdat de last-verplaatsingsgrafiek niet verder gaat dan het hoogste punt.

3c

B1 - R3 of R4

B2 - R4 of R1 of R5

B3 - R1

B4 - R5 of R3

B5 - R2

3d Een vervorming waarbij het middenvlak niet rekt. Onzinnig grote verplaatsingen en momenten. Randbalk, meer ondersteuning, deksel op een tank lassen, ...