

**POST HBO-OPLEIDINGEN**

**Betonconstructeur BV  
Staalconstructeur BmS**

**Professional master of structural engineering**

**Toegepaste mechanica 1**

**Spanningen en rekken in 3-D  
grensspanningshypothesen  
en wringing**

**docenten : ir J.W. Welleman  
dr ir P.C.J. Hoogenboom**

**TENTAMEN 2<sup>e</sup> JAAR  
duur : 90 minuten**

*WAARSCHUWING : Vermeld op alle bladen van uw werk uw naam !*

*OPMERKING : Al het studiemateriaal betreffende dit onderdeel  
mag tijdens het tentamen worden geraadpleegd*

**POST  
HBO**

*Tweede jaars cursus Beton-Staalconstructeur BV/BmS*

Datum, aug 2002

## Vraagstuk 1 : Spanningen

( totaal 25 min, 2,5 punten )

Een programma berekent de spanningen in een punt van een constructiedeel. Ook bijbehorende hoofdspanningen zijn berekend.

$$\sigma_{xx} = -4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{yy} = 26$$

$$\sigma_{zz} = -61$$

$$\sigma_{yz} = -11$$

$$\sigma_{zx} = 0$$

$$\sigma_{xy} = 12$$

$$\sigma_1 = 31,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = -7,97$$

$$\sigma_3 = -62,4$$

- Teken een elementair blokje met de spanningen op de zichtbare vlakjes. Teken tevens het bijbehorende assenstelsel.
- Bereken de invarianten  $I_1, I_2$  en  $I_3$ .
- Bereken de invarianten  $\sigma_o, J_2$  en  $J_3$ .
- Bereken de invarianten  $\xi, r$  en  $\theta$ .

## Vraagstuk 2 : Grensspanningshypothesen

( totaal 25 min, 2 punten )

De meeste eindige-elementenprogramma's kunnen de Von-Missesspanning in een constructiedeel afbeelden. De bedoeling hiervan is dat we eenvoudig kunnen zien of de spanning ergens te groot is. De programma's berekenen deze Von-Missesspanning met de volgende formule.

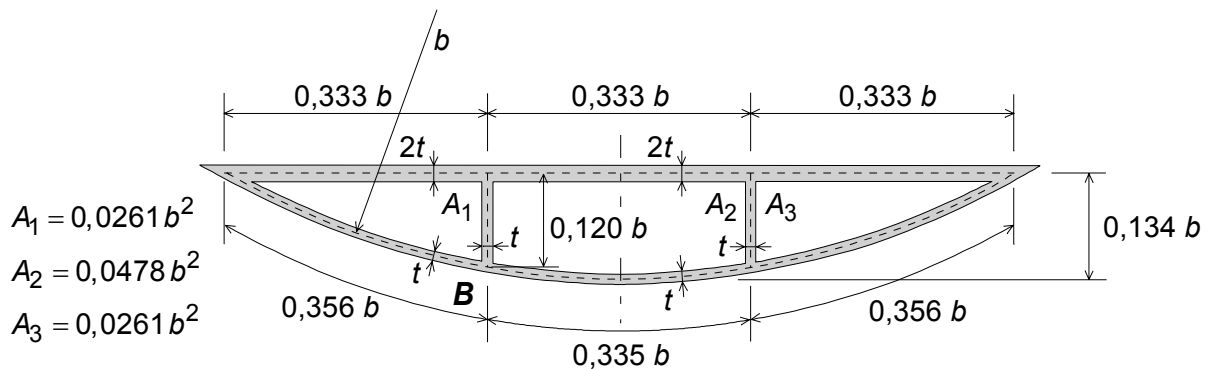
$$\sigma_{\text{Von Misses}} = \sqrt{\frac{1}{2} \left( (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 \right)}$$

- Geef de grensspanningshypothese van Rankine.
- Waarom kunnen eindige-elementenprogramma's geen Rankinesspanningen afbeelden?
- Bedenk een zinvolle definitie van de Trescaspanning. Formuleer deze zodanig dat een computerprogramma deze spanning kan berekenen.

### Vraagstuk 3 Wringing

( totaal 40 min, 4,5 punten )

Hieronder is een dwarsdoorsnede van een symmetrische meercellige betonnen kokerbrug gegeven. De wanden hebben de aangegeven dikte waarbij de dikte  $t$  klein is ten opzichte van de afmeting  $b$ .  $A_1$ ,  $A_2$  en  $A_3$  zijn de doorsnedeoppervlakken van de cellen gemeten tussen de stippellijnen. Van deze doorsnede wordt gevraagd de wringstijfheid te bepalen.



Voor het oplossen van het probleem wordt gebruik gemaakt van de zeepvliesanalogie. Om de beoordeling te vereenvoudigen dient u de volgende vragen te beantwoorden.

#### Vragen:

- Stel voor het vlies de evenwichtsvoorwaarden op.
- Toon met de voorwaarden van a) aan dat de verplaatsingen in de cellen 1,2 en 3 als volgt kunnen worden bepaald:  

$$w_1 = 0,0560 \frac{bpt}{S} \quad w_2 = 0,0825 \frac{bpt}{S} \quad w_3 = 0,0560 \frac{bpt}{S}$$
- Bepaal op basis van het antwoord onder b) de torsiestijfheid.
- Bepaal de schuifspanningen in alle wanden en geef de richting van de schuifspanningen in een duidelijke schets weer.
- Waar treedt in de koker de grootste schuifspanning op ?
- Aan welke eis moeten de schuifspanningen in het aangegeven punt **B** voldoen en laat zien of ze daar ook aan voldoen.