POST HBO

Tentamen wringing

27 augustus 2013, 18:30 - 20:00 uur

P.C.J. Hoogenboom

OPMERKINGEN
Het tentamen bestaat uit 3 bladzijden.

Alle studiemateriaal en aantekeningen mogen tijdens het tentamen worden geraadpleegd. Ook boeken, rekenmachine, oude tentamens, laptopcomputer en een iPad mogen worden gebruikt.

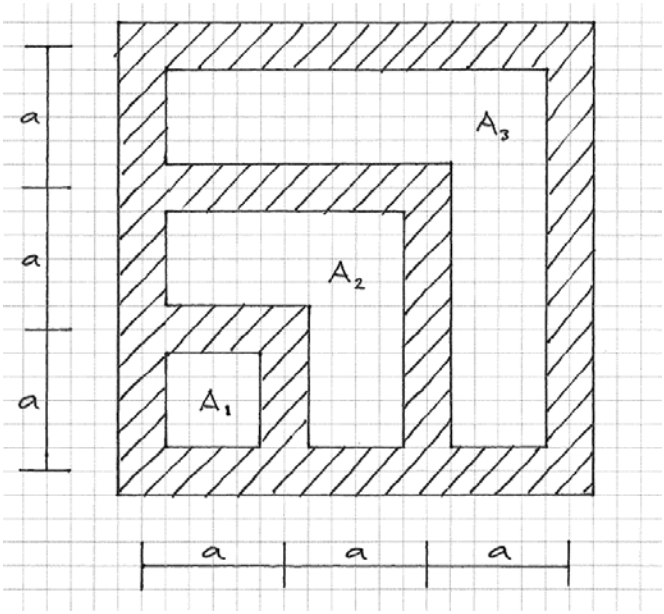
Het is niet toegestaan om een telefoon te gebruiken om met anderen te communiceren. Het is ook niet toegestaan om software te gebruiken waarmee met anderen gecommuniceerd kan worden.

Na afloop kunt u de uitwerking vinden op http://homepage.tudelft.nl/p3r3s/1TM5.html

Vraagstuk 1

(40 minuten, 4 punten)

Een profiel heeft een doorsnede bestaande uit drie cellen (Fig. 1). Alle wanden hebben een dikte *h*, die veel kleiner is dan afmeting *a*. In dit vraagstuk bepalen we de wringeigenschappen met de membraananalogie.



Figuur 1. Doorsnede van het profiel.
De tekening is niet op schaal; de wanddikte is overdreven getekend.

a) Stel de vergelijkingen op waaruit de verplaatsingen w_1, w_2 en w_3 van de zwevende plaatjes kunnen worden opgelost. U hoeft de vergelijkingen niet op te lossen.

De oplossing van de vergelijkingen is $w_1 = \frac{12}{17}\frac{pah}{S}$, $w_2 = \frac{31}{34}\frac{pah}{S}$ en $w_3 = \frac{49}{68}\frac{pah}{S}$.

b) Bereken de wringstijfheid GI_w van de doorsnede.

c) Bereken de grootste spanning die in de celwanden optreedt. Schets de doorsnede en teken hierin de richtingen van de schuifspanningen in alle wanden. Geef aan waar de grootste schuifspanning optreedt.

d) Bereken de wringspanning ook met de formule van Bredt. Laat daartoe de binnenwanden weg. Hoe groot is de fout (%) die gemaakt wordt door de binnenwanden te verwaarlozen?

Vraagstuk 2

(10 minuten, 2 punten)

Dynamisch belaste constructies, bijvoorbeeld offshore constructies, worden vaak samengesteld uit ronde buisprofielen in plaats van I-profielen. Wat is de belangrijkste reden hiervoor?

Vraagstuk 3

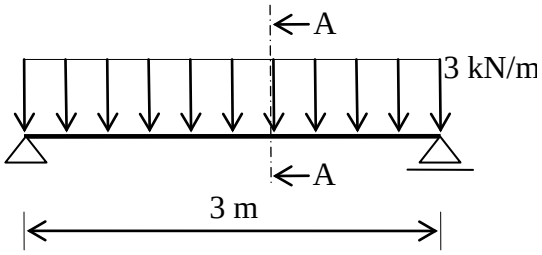
(40 minuten, 4 punten)

Een stalen hoekprofiel wordt gebruikt als een latei die een opening in metselwerk overspant. (Fig. 2 en 3). Aan weerszijde is het profiel 200 mm ingemetseld. De flens- en lijfdikte zijn 8 mm. De maatgevende belasting treedt op als de voegen nog zacht zijn. Door de belasting buigt de latei door en roteert de middendoorsnede.

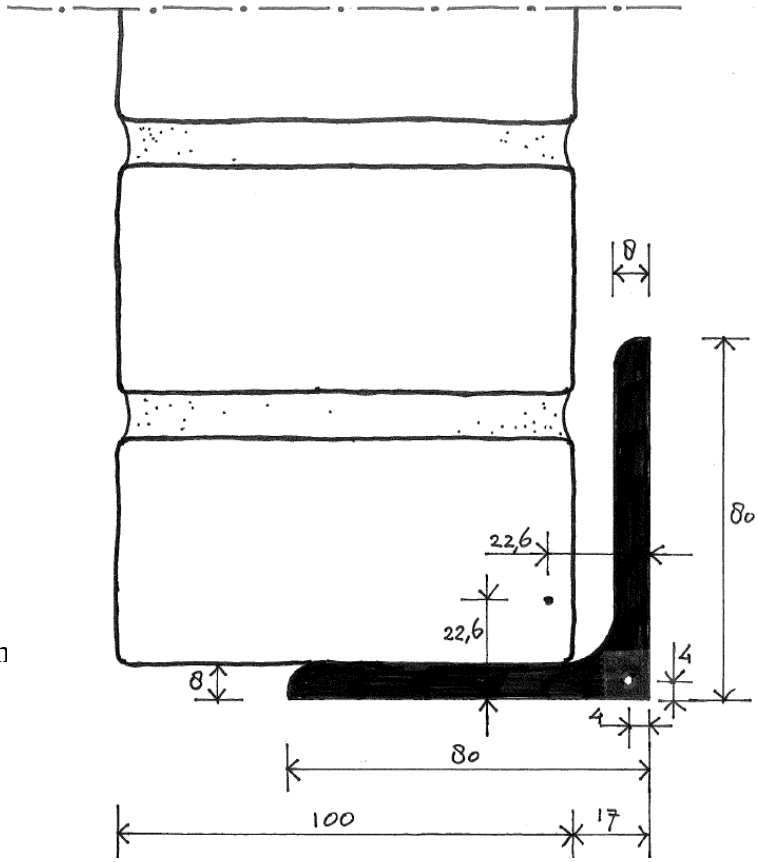
a) Bereken het grootste wringend moment in het profiel.

b) Wat is de grootste schuifspanning in het profiel ten gevolge van het wringend moment?

c) Is welving verhinderd bij de uiteinden van het profiel? Verklaar uw antwoord.



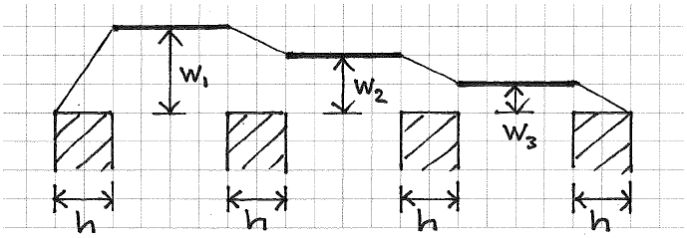
Figuur 2: Belasting op het profiel



Figuur 3: Profieldoorsnede A-A
Maten zijn in mm

Uitwerking Vraagstuk 1

```
> restart:
> # 1a - Vergelijkingen
> # aangenomen dat w1>w2>w3
```




```
> A1:=a*a: A2:=a*2*a+a*a: A3:=a*3*a+a*2*a:
eq1:= p*A1 = 2*a*S*w1/h +2*a*S*(w1-w2)/h:
eq2:= p*A2 = 2*a*S*w2/h -2*a*S*(w1-w2)/h +4*a*S*(w2-w3)/h:
eq3:= p*A3 = 8*a*S*w3/h -4*a*S*(w2-w3)/h:
Opl:=(solve({eq1,eq2,eq3},{w1,w2,w3})); assign(Opl):
```

$$Opl := \{w1 = \frac{12\ p\ a\ h}{17\ S}, w2 = \frac{31\ p\ a\ h}{34\ S}, w3 = \frac{49\ p\ a\ h}{68\ S}\}$$

```
> # 1b - Wringstijfheid
> S:=1/G: p:=2*theta:
> phi1:=w1; phi2:=w2; phi3:=w3;
```

$$\phi 1 := \frac{24\ \theta\ a\ h\ G}{17}$$

$$\phi 2 := \frac{31\ \theta\ a\ h\ G}{17}$$

$$\phi 3 := \frac{49\ \theta\ a\ h\ G}{34}$$

```
> Mw:=2*(phi1*A1+phi2*A2+phi3*A3);
```

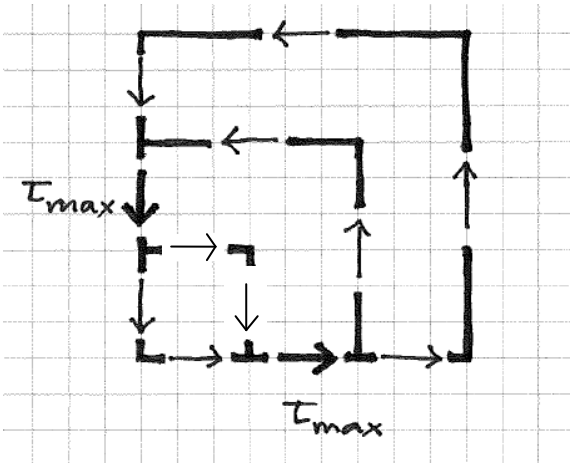
$$Mw := \frac{479\ \theta\ a^3\ h\ G}{17}$$

```
> Iw:=simplify(Mw/theta/G);
```

$$Iw := \frac{479\ a^3\ h}{17}$$

```
> # 1c - Grootste spanning
> Mw:='Mw':
> theta:=solve(Mw=2*(phi1*A1+phi2*A2+phi3*A3),theta):
> tau1:=phi2/(h);
```

$$\tau 1 := \frac{31\ Mw}{479\ a^2\ h}$$




```
> # 1d - Bredt
> A:=3*a*3*a:
> tau2:=Mw/(2*A*h);
```

$$\tau 2 := \frac{Mw}{18\ a^2\ h}$$

```
> verschil:=(tau1-tau2)/tau1*100.; # procent, te klein
```

$$verschil := 14.15770609$$

Uitwerking Vraagstuk 2

```
> restart:
> # 2
> # Vaak worden de profielen door compatibiliteitswringing belast.
> # Bij volledig gefixeerde verbindingen wordt welving verhinderd.
> # Bij I-profielen leidt dit tot heel grote piekspanningen en vermoeiing.
> # Bij ronde buisprofielen treedt geen welving op.
> # Daardoor ontstaat geen vermoeiing door verhinderde welving.
```

Uitwerking Vraagstuk 3

```
> restart:
> # 3a - Het profiel zal roteren om het dwarskrachtencentrum.
> # Omdat de voegen nog zacht zijn zullen de onderste bakstenen meedraaien en
zal de belasting aangrijpen in het zwaartepunt van het metselwerk.
> # Afstand van belasting tot dwarskrachtencentrum
> e:= 0.100*m/2 + 0.017*m - 0.004*m;
```

$$e := 0.06300000000\ m$$

```
> # De helft van de belasting gaat naar links. De andere helft naar rechts.
> Mw:= 3*kN/m * e * 1.5*m;
```

$$Mw := 0.2835000000\ kN\ m$$

```
> # 3b - Grootste wringspanning
```

```
> kN:= 1000*N: m:= 1000*mm:
> tau:= Mw / (1/3 * (80+80)*mm * (8*mm)^2 );
```

$$\tau := \frac{83.05664062\ N}{mm^2}$$

```
> # 3c - Nee, welving is niet verhinderd:
> # De grootste belasting staat op de latei als de voegen nog niet hard zijn.
> # De zachte voegen verhinderen de welving aan de uiteinden niet.
> # Na uitharding zal extra belasting worden opgenomen door boogwerking.
> # De latei werkt dan als trekband.
> #
> # Als de voegen wel hard zouden zijn, zou de welving wel gehinderd zijn.
> # Echter, de mortel zou losscheuren van de latei zodra enige welving
optreedt.
> # De spanningen bij verhinderde welving zijn immers heel groot.
> # Na scheuren kan welving weer vrij optreden.
```