POST HBO

Tentamen wringing

19 januari 2016, 15:30 - 17:00 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 tablet mogen worden gebruikt.

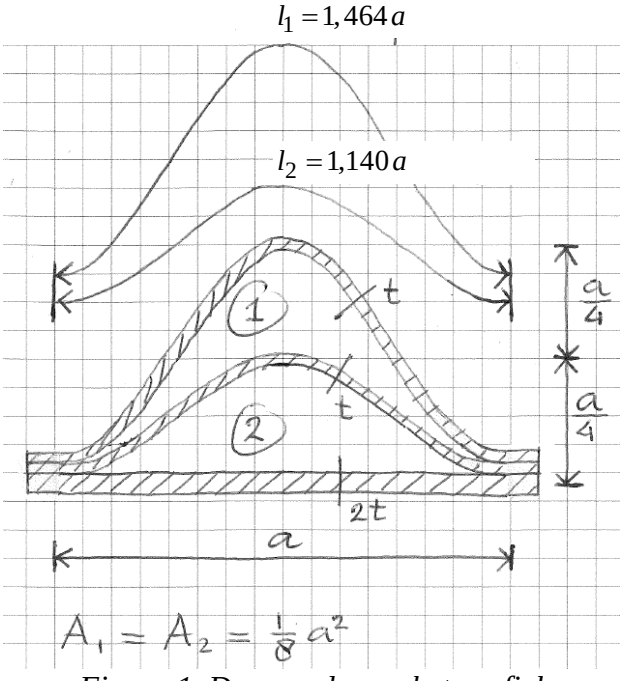
Het is niet toegestaan om een telefoon te gebruiken. Het is niet toegestaan om met anderen te communiceren tijdens het tentamen. Het is ook niet toegestaan om software te gebruiken waarmee met anderen gecommuniceerd kan worden.

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

Vraagstuk 1

(40 minuten, 5.5 punten)

Een profiel bestaat uit drie aan elkaar gepuntlaste lamellen (fig. 1). De lamellen hebben diktes, die veel kleiner zijn dan afmeting a. In dit vraagstuk bepalen we de wringeigenschappen met de membraananalogie.



Figuur 1. Doorsnede van het profiel

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

De oplossing van de vergelijkingen is $w_1 = 0{,}1170\frac{pat}{S}$ en $w_2 = 0{,}1575\frac{pat}{S}$.

b) Bereken de wringstijfheid GI_w van de doorsnede.

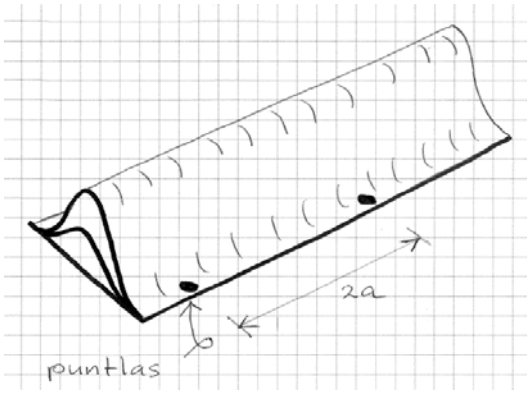
c) Bereken de grootste spanning die in de lamellen optreedt. Schets de doorsnede en teken hierin de richtingen van de schuifspanningen in alle lamellen. Geef aan waar de grootste schuifspanning optreedt.

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

Vraagstuk 2

(10 minuten, 1 punt)

De afstand tussen de puntlassen is 2a (fig. 2).Wat is de schuifkracht op een puntlas?



Figuur 2. Puntlassen in het profiel van figuur 1

Vraagstuk 3

(40 minuten, 3.5 punten)

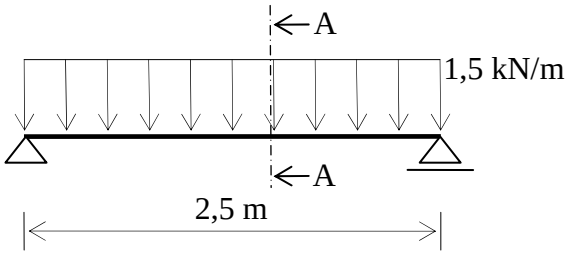
Een stalen hoekprofiel wordt gebruikt als een latei die een opening in metselwerk overspant (Fig. 3 en 4). Aan weerszijde is het profiel 100 mm ingemetseld. De maatgevende belasting treedt op als de voegen nog zacht zijn. Door de belasting buigt de latei door en roteert de middendoorsnede.

a) Bereken het grootste wringend moment in het profiel.

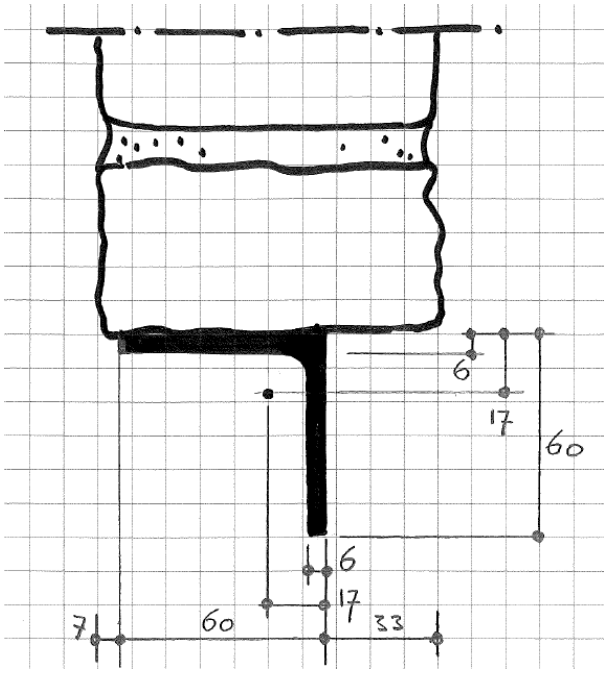
b) Wat is de grootste schuifspanning in het profiel ten gevolge van het wringend moment?

c) Hoe zal het profiel draaien; met de klok mee of tegen de klok in? (zie figuur 4)

d) Is er sprake van verhinderde welving in het profiel? Verklaar uw antwoord.



Figuur 3: Belasting op het profiel



Figuur 4: Profieldoorsnede A-A
maten in mm

```
> restart:
> l1:=1.464*a: l2:=1.140*a: A1:=a^2/8: A2:=a^2/8:
> # 1a - Vergelijkingen
> # aangenomen dat w2>w1
> eq1:= p*A1 = l1*S*w1/t - l2*S*(w2-w1)/t:
eq2:= p*A2 = l2*S*(w2-w1)/t + a*S*w2/(2*t):
Opl:=(solve({eq1,eq2},{w1,w2})); assign(Opl):
```

$$Opl := \{w1 = \frac{0.1169655600\ p\ a\ t}{S}, w2 = \frac{0.1575248405\ p\ a\ t}{S}\}$$

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

$$\phi 1 := 0.2339311200\ \theta\ a\ t\ G$$

$$\phi 2 := 0.3150496810\ \theta\ a\ t\ G$$

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

$$Mw := 0.1372452002\ \theta\ a^3\ t\ G$$

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

$$Iw := 0.1372452002\ a^3\ t$$

```
> # 1c - Grootste spanning
> Mw:='Mw':
> theta:=solve(Mw=2*(phi1*A1+phi2*A2),theta):
> tau1:=phi1/(t); # is max
```

$$\tau 1 := \frac{1.704475782\ Mw}{a^2\ t}$$

```
> tau2:=(phi2-phi1)/t;
```

$$\tau 2 := \frac{0.591048437\ Mw}{a^2\ t}$$

```
> tau3:=phi2/(2*t);
```

$$\tau 3 := \frac{1.147762110\ Mw}{a^2\ t}$$

```
> # 1d - Bredt
> A:=A1+A2:
> tau4:=Mw/(2*A*t);
```

$$\tau 4 := \frac{2\ Mw}{a^2\ t}$$

```
> verschil:=(tau4-tau1)/tau1*100.; # procent, te groot
```

$$verschil := 17.33812948$$

```
> # 2 - puntlas
> d:=2*a:
> V1:=tau1*t*d; # tussen de dunne lamellen
```

$$V1 := \frac{3.408951564\ Mw}{a}$$

```
> V2:=tau3*2*t*d; # tussen de dikke lamel en de dunne lamel
```

$$V2 := \frac{4.591048440\ Mw}{a}$$

```
> restart:
```

```
> # 3c - Het profiel zal roteren om het dwarskrachtencentrum (profielhoek). Dit is tegen de klok in figuur 4.
>
> # 3a - Tijdens het metselen zal de belasting aangrijpen in het zwaartepunt van het metselwerk. Als de volgende dag wordt doorgemetseld zal het profiel verder doorbuigen en roteren. De werklijn van de belasting zal verschuiven naar de profiel hoek. Hier wordt de spanning zo groot dat de stenen een beetje verkruimelen zodat er een oplegvlak ontstaat. Dit oplegvlak is bijvoorbeeld 6 mm breed.
> # Afstand van belasting tot dwarskrachtencentrum
> e:= 0;
```

$$e := 0$$

```
> # Een alternatieve aanname is dat de belasting zich gelijkmatig verdeelt over de bovenflens. Dit is niet zo realistisch maar wel veilig.
> e:= 0.060*m/2 - 0.003*m;
```

$$e := 0.02700000000\ m$$

```
> # Een alternatieve aanname is dat de belasting in het zwaartepunt blijft.
> e:= 0.017*m - 0.003*m;
```

$$e := 0.014\ m$$

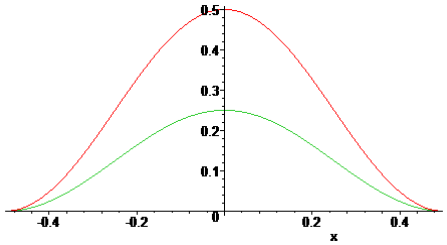
```
>
> # De helft van de belasting gaat naar links. De andere helft naar rechts.
> Mw:= 1.5*kN/m * e * 2.5*m/2;
```

$$Mw := 0.02625000000\ kN\ m$$

```
> # 3b - Grootste wringspanning
> kN:= 1000*N: m:= 1000*mm:
> tau:= (Mw * 6*mm) / (1/3 * 2*60*mm*(6*mm)^3);
```

$$\tau := \frac{18.22916667\ N}{mm^2}$$

```
> restart: # appendix
> a1:=a/4: a2:=a/8:
> y1:=a1*(1+cos(2*Pi*x/a)):
> y2:=a2*(1+cos(2*Pi*x/a)):
> a:=1: plot({y1,y2},x=-a/2..a/2); a:='a':
```




```
> A1:=2*int(y1-y2,x=0..a/2); A2:=2*int(y2,x=0..a/2);
```

$$A1 := \frac{a^2}{8}$$

$$A2 := \frac{a^2}{8}$$

```
> ds1:=sqrt(1+diff(y1,x)^2): l1:=2*int(ds1,x=0..a/2): l1:=evalf(l1);
```

$$l1 := 1.463695473\ a$$

```
> ds2:=sqrt(1+diff(y2,x)^2): l2:=2*int(ds2,x=0..a/2): l2:=evalf(l2);
```

$$l2 := 1.139838664\ a$$