POST HBO

Tentamen wringing

10 februari 2015, 16:00 - 17:30 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.

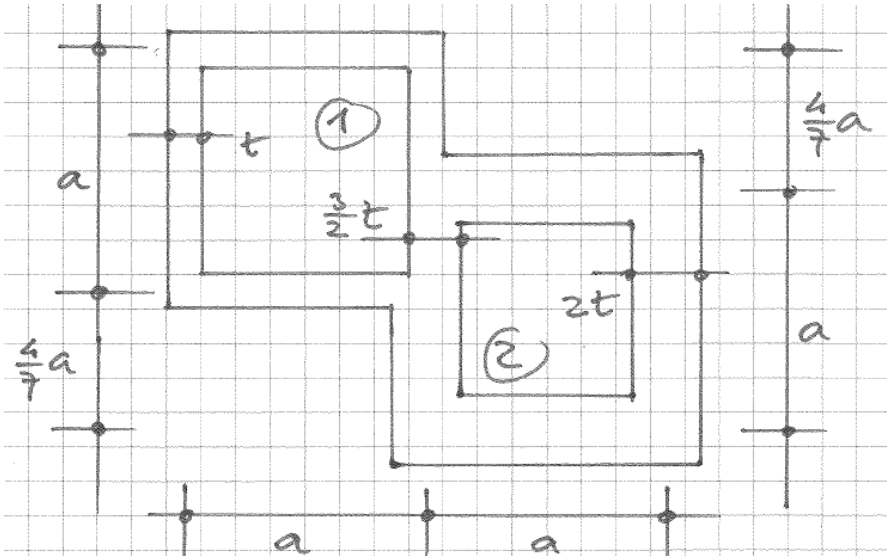
Het is niet toegestaan om een telefoon te gebruiken. Het is niet toegestaan om met anderen te communiceren tijdens het tentamen. Het is ook niet toegestaan om software te gebruiken waarmee met anderen gecommuniceerd kan worden.

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

Vraagstuk 1

(40 minuten, 4 punten)

Een profiel heeft een doorsnede bestaande uit twee cellen (Fig. 1). Alle wanden hebben een dikte, 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 en w_2 van de zwevende plaatjes kunnen worden opgelost. U hoeft de vergelijkingen niet op te lossen.

De oplossing van de vergelijkingen is $w_1 = \frac{231}{775}\frac{pat}{S}$ en $w_2 = \frac{406}{775}\frac{pat}{S}$.

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 tussenwand weg. Hoe groot is de fout (%) die gemaakt wordt door de tussenwand te verwaarlozen?

Vraagstuk 2

(10 minuten, 2 punten)

Wat is het verschil tussen wringvervorming en distorsievervorming van een liggerdoorsnede? Hoe kan distorsievervorming worden voorkomen?

Vraagstuk 3

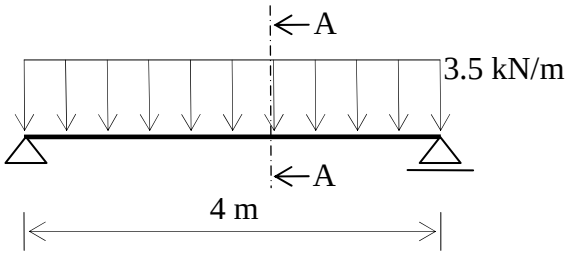
(40 minuten, 4 punten)

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

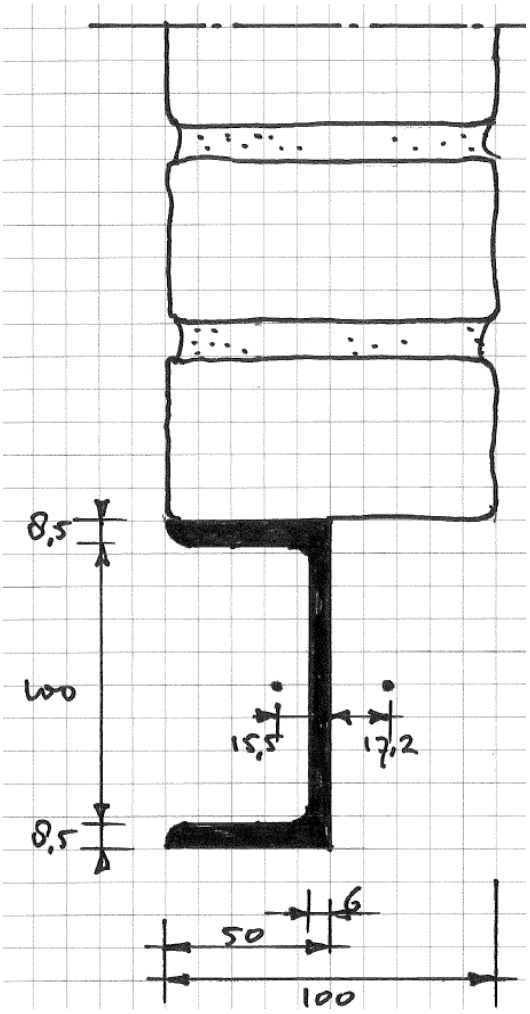
a) Bereken het grootste wringend moment in het profiel.

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 3)



Figuur 2: Belasting op het profiel



Figuur 3: Profieldoorsnede A-A
Maten zijn in mm

```
> restart:
> # 1a - Vergelijkingen
> # aangenomen dat w1>w2
> A1:=a*a: A2:=a*a:
eq1:= p*A1 = (3+4/7)*a*S*w1/t    +3/7*a*S*(w1-w2)/(3/2*t):
eq2:= p*A2 = (3+4/7)*a*S*w2/(2*t)-3/7*a*S*(w1-w2)/(3/2*t):
Opl:=(solve({eq1,eq2},{w1,w2})); assign(Opl):
```

$$Opl := \{w1 = \frac{231\ p\ a\ t}{775\ S}, w2 = \frac{406\ p\ a\ t}{775\ S}\}$$

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

$$\phi 1 := \frac{462\ \theta\ a\ t\ G}{775}$$

$$\phi 2 := \frac{812\ \theta\ a\ t\ G}{775}$$

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

$$Mw := \frac{2548\ \theta\ a^3\ t\ G}{775}$$

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

$$Iw := \frac{2548\ a^3\ t}{775}$$

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

$$\tau 1 := \frac{33\ Mw}{182\ a^2\ t}$$

```
> tau2:=phi2/(2*t);
```

$$\tau 2 := \frac{29\ Mw}{182\ a^2\ t}$$

```
> tau3:=(phi2-phi1)/(3/2*t);
```

$$\tau 3 := \frac{25\ Mw}{273\ a^2\ t}$$

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

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

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

$$verschil := 37.87878788$$

```
> restart:
> # 2
> # Bij wringvervorming blijft de vorm van de doorsnede ongewijzigd. Er treedt alleen rotatie en
welving op.
> # Bij distorsievervorming verandert de vorm van de doorsnede wel.
> # Distorsievervorming kan worden voorkomen door een dwarsschot aan te brengen (diaphragma).
>
> restart:
> # 3c - Het profiel zal roteren om het dwarskrachtencentrum. Dit is tegen de klok in in figuur 3.
>
> # 3a - Tijdens het metselen zullen de bakstenen moeten worden ondersteund. Dit kan bijvoorbeeld
door een badding met lijmtangen op het profiel te klemmen. Dit is tijdelijk. De belasting zal dan
aangrijpen in het zwaartepunt van het metselwerk. Wanneer de badding wordt verwijdert zullen de
bakstenen rusten op het rechter puntje van het profiel. Hier wordt de spanning zo groot dat de
```

```
stenen een beetje verkruimelen zodat er een oplegvlak ontstaat. Dit oplegvlak is bijvoorbeeld 4 mm
breed.
> # Afstand van belasting tot dwarskrachtencentrum
> e:= 0.004*m/2 + 0.0172*m;
```

$$e := 0.01920000000\ m$$

```
> # Een alternatieve aanname is dat de belasting zich gelijkmatig verdeelt over de bovenflens. Dit
is conservatief en ook verdedigbaar.
> # e:= 0.050*m/2 + 0.0172*m;
>
> # De helft van de belasting gaat naar links. De andere helft naar rechts.
> Mw:= 3.5*kN/m * e * 2*m;
```

$$Mw := 0.1344000000\ kN\ m$$

```
> # 3b - Grootste wringspanning
> kN:= 1000*N: m:= 1000*mm:
> tau:= (Mw * 8.5*mm) / (1/3*47*mm*(8.5*mm)^3 + 1/3*108.5*mm*(6*mm)^3 + 1/3*47*mm*(8.5*mm)^3 );
```

$$\tau := \frac{42.22574734\ N}{mm^2}$$

```
>
>
>
>
>
```