POST HBO

Tentamen wringing

14 mei 2013, 16:00 - 17:30 uur

P.C.J. Hoogenboom

OPMERKINGEN
Het tentamen bestaat uit 2 bladzijden.

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

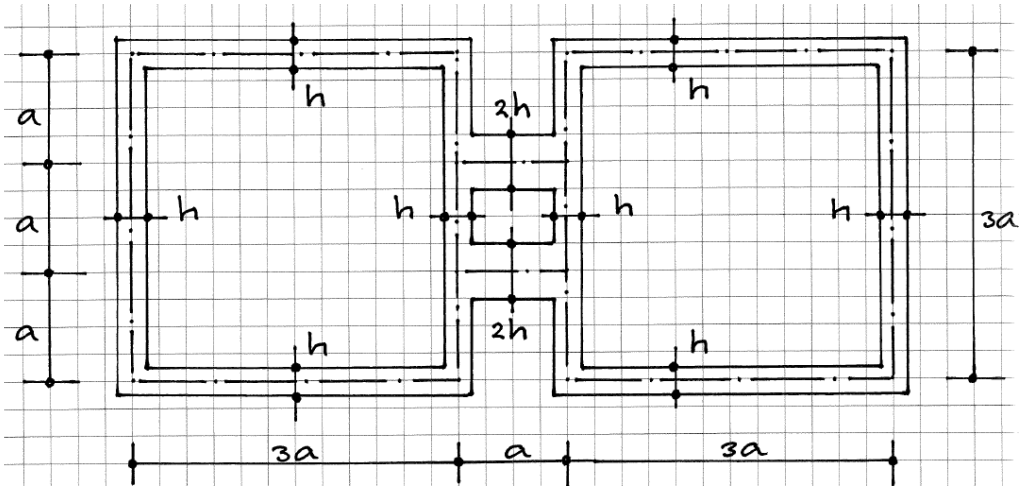
Het is niet toegestaan om een telefoon te gebruiken om met anderen te communiceren. Het is ook niet toegestaan om software te gebruiken waarmee met anderen gecommuniceerd kan worden.

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

Vraagstuk 1

(45 minuten, 5 punten)

Een profiel heeft een doorsnede bestaande uit drie cellen (Fig. 1). 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, 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 $w_1 = \frac{14}{17}\frac{pah}{S}$, $w_2 = \frac{15}{17}\frac{pah}{S}$ en $w_3 = \frac{14}{17}\frac{pah}{S}$.

b) Bereken de wringstijfheid GI_w van de doorsnede.

c) Wat is de bijdrage (in procent) van de middelste cel aan de wringstijfheid?

d) 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.

Vraagstuk 2

(45 minuten, 5 punten)

Een aan weerszijde volledig ingeklemde stalen ligger wordt belast door kanaalplaten (Fig. 2). De ligger heeft een asymmetrische doorsnede (Fig. 3). De flens- en lijfdikte is 16 mm. Door de belasting buigt de ligger en roteert de middendoorsnede.

a) Bereken het grootste wringend moment in de ligger.

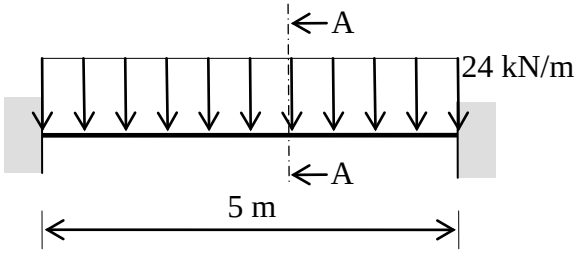
b) Stel dat de momentlijn van de ligger ook wordt berekend met een 3D raamwerkprogramma. De kanaalplaatvloer wordt geschematiseerd als een lijnlast. Met welke excentriciteit moet deze lijnlast worden ingevoerd?

c) Stel dat we vergeten om de bovengenoemde excentriciteit in te voeren. Welk grootste wringend moment zal het raamwerkprogramma dan berekenen?

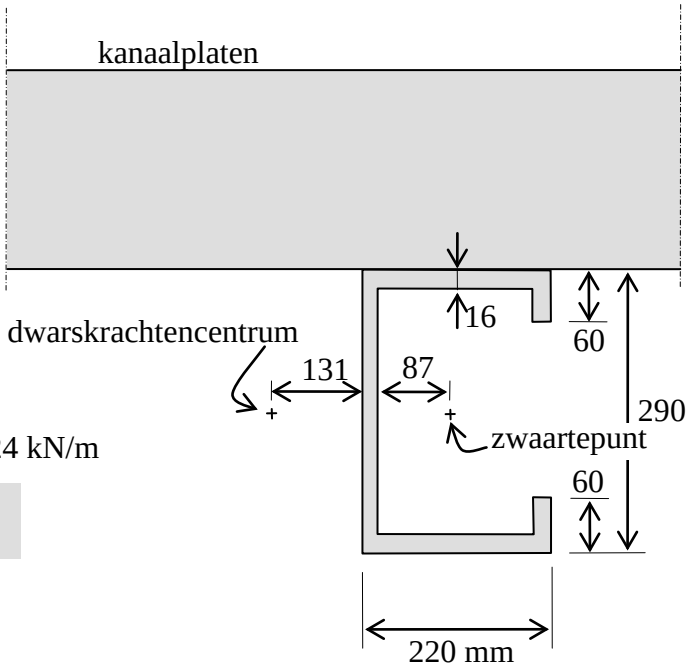
d) Wat is de grootste schuifspanning in de ligger ten gevolge van het wringend moment?

e) Op welke plaatsen van de ligger is welving verhinderd?

f) Zijn de spanningen die in deze ligger ontstaan door verhinderde welving verwaarloosbaar? Verklaar uw antwoord.



Figuur 2: Aan weerszijde ingeklemde ligger



Figuur 3: Profieldoorsnede A-A

Uitwerking Vraagstuk 1

```
> restart:
> # 1a - Vergelijkingen
> A1:=3*a*3*a: A2:=a*a: A3:=A1:
eq1:= p*A1 = 11*a*S*w1/h -a*S*(w2-w1)/h:
eq2:= p*A2 = 2*a*S*w2/(2*h) +a*S*(w2-w1)/h +a*S*(w2-w3)/h:
eq3:= p*A3 = 11*a*S*w3/h -a*S*(w2-w3)/h:
Opl:=(solve({eq1,eq2,eq3},{w1,w2,w3})); assign(Opl):
```

$$Opl := \{w3 = \frac{14\ p\ a\ h}{17\ S}, w2 = \frac{15\ p\ a\ h}{17\ S}, w1 = \frac{14\ p\ a\ h}{17\ S}\}$$

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

$$\phi 1 := \frac{28\ G\ \theta\ a\ h}{17}$$

$$\phi 2 := \frac{30\ G\ \theta\ a\ h}{17}$$

$$\phi 3 := \frac{28\ G\ \theta\ a\ h}{17}$$

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

$$Mw := \frac{1068\ G\ \theta\ a^3\ h}{17}$$

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

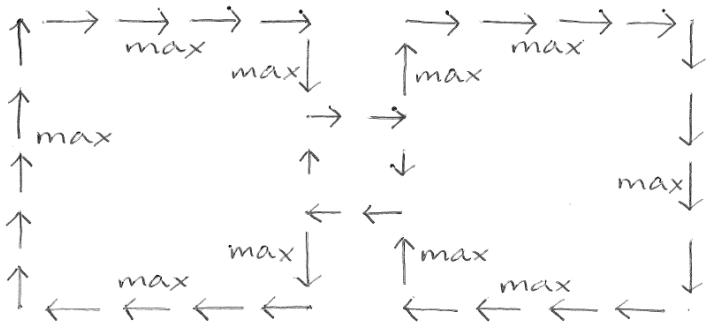
$$Iw := \frac{1068\ a^3\ h}{17}$$

```
> # 1c - Bijdrage van de middelste cel
> Mw2:=2*(phi2*A2):
> Mw2/Mw*100.;
```

$$5.617977528$$

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

$$\tau := \frac{7\ Mw}{267\ a^2\ h}$$



Uitwerking Vraagstuk 2

```
> restart:
> # 3a - Het profiel zal roteren om het dwarskrachtencentrum.
> # De vloer wordt gedragen ter plaatse van de flens.
> # Lastspreiding zal plaats vinden door indrukking van het beton.
> # Aangenomen wordt dat de belasting gelijkmatig spreidt over 10 mm.
> # (De contactspanning is dan 2.4 N/mm^2)
> Mw1:= 24*kN/m * (0.131 + 0.005)*m *2.5*m;
```

$$Mw1 := 8.1600\ kN\ m$$

```
> # Als de belasting gelijkmatig zou spreiden over 220 mm is het grootste
wringend moment.
> Mw:= 24*kN/m * (0.131 + 0.110)*m *2.5*m;
```

$$Mw := 14.4600\ kN\ m$$

```
> # 3b - Excentriciteit bij een raamwerkberekening
> e:= 87*mm + 16*mm - 5*mm; # naar links in de afbeelding
```

$$e := 98\ mm$$

```
> # 3c - Wringend moment bij raamwerkberekening zonder excentriciteit
> Mw:= 24*kN/m * (0.131 + 0.016 + 0.087)*m *2.5*m;
```

$$Mw := 14.0400\ kN\ m$$

```
> # 3d - Grootste wringspanning
> kN:= 1000*N: m:= 1000*mm:
> tau:= Mw1 / (1/3 * (52+204+274+204+52)*mm * (16*mm)^2 );
```

$$\tau := \frac{121.6603053\ N}{mm^2}$$

```
> # 3e - Welving is verhinderd bij de inklemmingen en in het midden.
>
> # 3f - De normaalspanningen door verhinderde welving zullen groot zijn
aangezien deze open doorsnede sterk welft. Echter, deze spanningen zullen
lokaal optreden en herverdelen door vloei. Het eigengewicht van de kanaalplaten
zal geen vermoeiing veroorzaken.
```