POST HBO

Tentamen wringing

5 september 2017

P.C.J. Hoogenboom

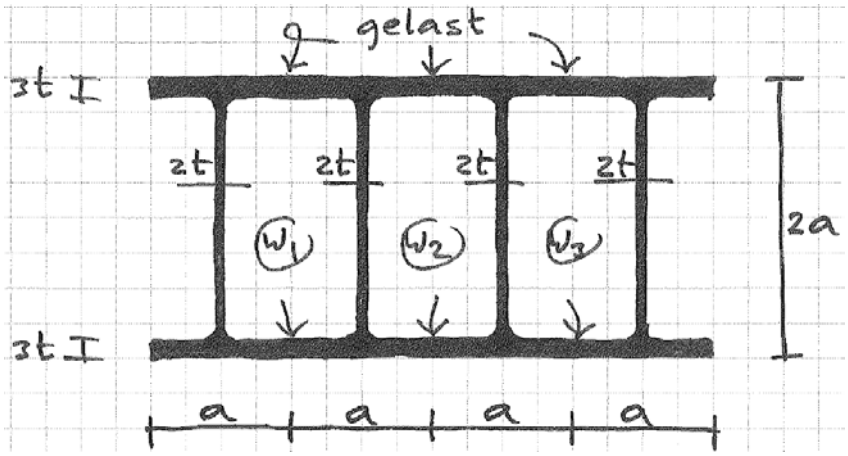
Dit tentamen bestaat uit 2 bladzijden.

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.

Vraagstuk 1 (40 minuten, 5 punten)

Een ligger bestaat uit 4 aan elkaar gelaste I-profielen (fig. 1). In dit vraagstuk bepalen we de wringeigenschappen van de ligger met de membraananalogie.



Figuur 1. Dwarsdoorsnede van de samengestelde ligger

a) Stel de vergelijkingen op van de zwevende plaatjes w_1, w_2 en w_3.
(U hoeft de vergelijkingen niet op te lossen.)

De oplossing van de vergelijkingen is $w_1 = \frac{33}{23}\frac{pat}{S}$, $w_2 = \frac{42}{23}\frac{pat}{S}$, $w_3 = \frac{33}{23}\frac{pat}{S}$.

b) Bereken de wringstijfheid GI_w van de doorsnede.

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

d) Bereken de wringspanning ook met de formule van Bredt. Benader daartoe het profiel door een doorsnede met 1 cel. Hoe groot is de fout (%) die gemaakt wordt door de benadering?

Vraagstuk 2 (10 minuten, 2 punten)

Stel dat de profielen van vraagstuk 1 niet aan elkaar worden gelast. De ligger bestaat dus uit 4 losse profielen. Hoe groot is nu de wringstijfheid GI_w van de liggerdoorsnede?

Vraagstuk 3 (40 minuten, 3 punten)

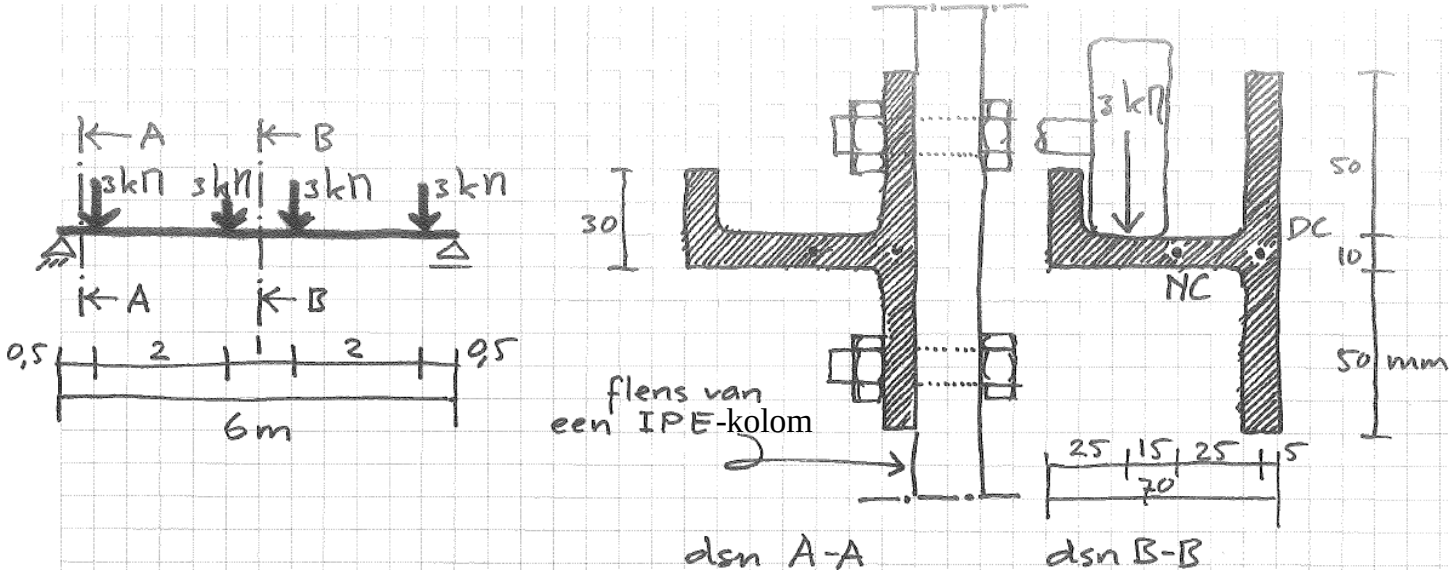
Twee schuifdeuren lopen met wielen over een stalen profiel. Eén wiel oefent een kracht F = 3 kN uit op het profiel (fig. 2). De dikte van lijf en flenzen is 10 mm.

a) Hoe zal het profiel vervormen door de wielbelasting; draait het met de klok mee of tegen de klok in? (fig. 2) Verklaar uw antwoord.

b) Bereken het grootste wringend moment in het profiel. Waar treedt deze op?

c) Wat is de grootste schuifspanning in het profiel door het wringend moment?

e) Is hier sprake van gaffelopleggingen? Verklaar uw antwoord.



Figuur 2. Vooraanzicht van het profiel *Dwarsdoorsnede van het profiel*

Uitwerking Vraagstuk 1

```
> # 1a - Vergelijkingen
> # aangenomen dat w1<w2<w3
> eq1:=p*a*2*a=2*a*S*w1/(2*t)      +a*S*w1/(3*t) +a*S*w1/(3*t) -2*a*S*(w2-w1)/(2*t):
  eq2:=p*a*2*a=2*a*S*(w2-w1)/(2*t) +a*S*w2/(3*t) +a*S*w2/(3*t) -2*a*S*(w3-w2)/(2*t):
  eq3:=p*a*2*a=2*a*S*(w3-w2)/(2*t) +a*S*w3/(3*t) +a*S*w3/(3*t) +2*a*S*w3/(2*t):
  Opl:=(solve({eq1,eq2,eq3},{w1,w2,w3})); assign(Opl):
```

$$Opl := \left\{ w1 = \frac{33}{23}\,\frac{p\,a\,t}{S},\ w2 = \frac{42}{23}\,\frac{p\,a\,t}{S},\ w3 = \frac{33}{23}\,\frac{p\,a\,t}{S} \right\}$$

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

$$Mw := \frac{864}{23}\,a^3\,\theta\,t\,G$$

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

$$Iw := \frac{864}{23}\,a^3\,t$$

```
> # 1c - Grootste spanning
> Mw:='Mw':
> theta:=solve(Mw=2*(phi1*a*2*a+phi2*a*2*a+phi3*a*2*a),theta):
> tau1:=phi1/(2*t); # is max
```

$$\tau 1 := \frac{11}{288}\,\frac{Mw}{a^2\,t}$$

```
> tau2:=(phi2-phi1)/(2*t);
```

$$\tau 2 := \frac{1}{96}\,\frac{Mw}{a^2\,t}$$

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

$$\tau 3 := \frac{11}{432}\,\frac{Mw}{a^2\,t}$$

```
> # 1d - Bredt
> tau4:=Mw/(2*(3*a*2*a)*(2*t));
```

$$\tau 4 := \frac{1}{24}\,\frac{Mw}{a^2\,t}$$

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

$$verschil := 9.090909091$$

Uitwerking Vraagstuk 2

```
>  Iw:=4*( 1/3* 2*a*(2*t)^3 + 2* 1/3*a*(3*t)^3 );
```

$$Iw := \frac{280}{3}\,a\,t^3$$

Uitwerking Vraagstuk 3

```
> # 3a - Draaiing
> # Linksom. De wiellast is links van het dwarskrachtencentrum.
> # 3b - Moment
> F:=3*kN: e:=15*mm+25*mm:
> # Moment bij oplegging
> Mw:=F*e*5.5/6 + F*e*3.5/6 + F*e*2.5/6 + F*e*0.5/6;
```

$$Mw := 240.0000000\,kN\,mm$$

```
> # 3c - Spanning
> l1:=110*mm: l2:=60*mm: l3:=30*mm: h:=10*mm: kN:=1000*N:
> Iw:=1/3*l1*h^3 + 1/3*l2*h^3 + 1/3*l3*h^3:
> tau:=Mw*h/Iw;
```

$$\tau := \frac{36.00000000\,N}{mm^2}$$

```
> # 3d - Gaffel
> # Ja, de opleggingen zijn gaffelopleggingen. Immers, de bouten houden alleen
de rechter flens zijn plaats. De andere flens is vrij. De doorsnede kan vrij
welven.
> # Nee, de opleggingen zijn geen gaffelopleggingen. Immers, het profiel zal
doorlopen anders kunnen de deuren niet open. De doorneden bij de opleggingen
worden gehinderd in welving door het doorlopende profiel.
```