POST HBO

Tentamen wringing

20 februari 2018

P.C.J. Hoogenboom

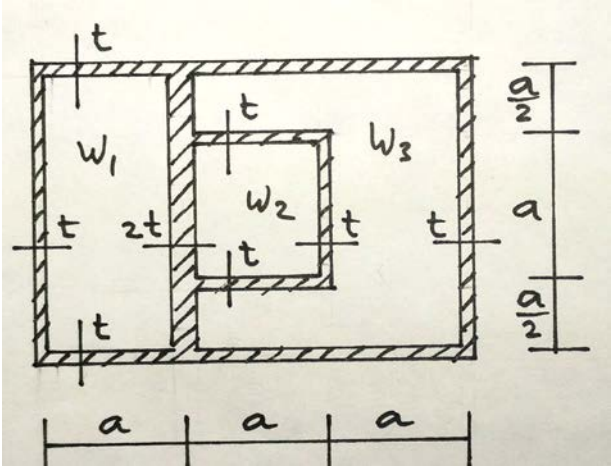
Dit tentamen bestaat uit 3 bladzijden.

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.

Vraagstuk 1 (40 minuten, 5 punten)

Een ligger heeft drie cellen (fig. 1). In dit vraagstuk bepalen we de wringeigenschappen van deze ligger met de membraananalogie.



Figuur 1. Dwarsdoorsnede van de 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 $w_1 = 0{,}521$ *pat/S*, $w_2 = 0{,}897$ *pat/S*, $w_3 = 0{,}627$ *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 de doorsnede met 1 cel. Hoe groot is de fout (%) die gemaakt wordt door de benadering?

Vraagstuk 2 (10 minuten, 2 punten)

Een stalen I-profiel is aan 1 zijde gelast aan een stijf onderdeel en aan de andere zijde belast door een wringend moment. Er ontstaan grote spanningen door verhinderde welving.

a) Maakt het uit of de belasting permanent is of veranderlijk? Verklaar uw antwoord.

b) Wat kunnen we veranderen aan het ontwerp om de spanningen door verhinderde welving te voorkomen? Geef een paar mogelijke oplossingen.

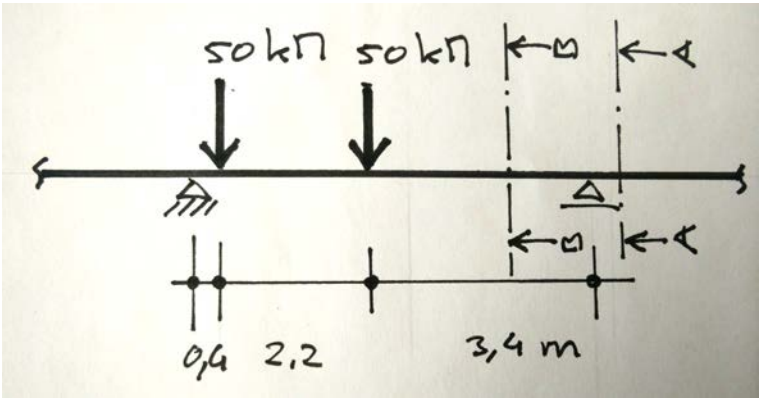
Vraagstuk 3 (40 minuten, 3 punten)

Een kraan loopt met twee wielen over een stalen profiel (fig. 2). Eén wiel oefent een kracht F = 50 kN uit op het profiel. De dikte van lijf en flenzen is 16 mm (fig. 3)

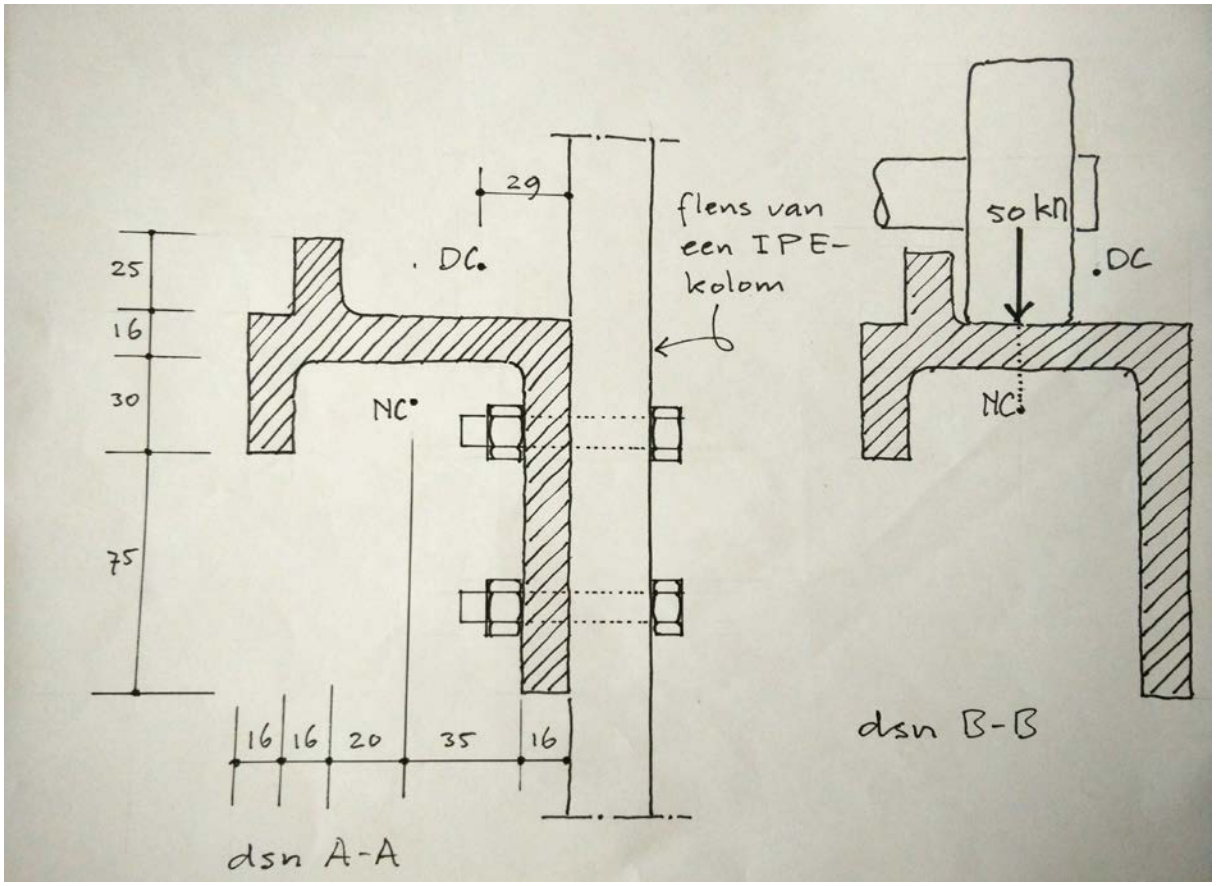
a) Hoe zal het profiel vervormen door de wielbelasting; draait het met de klok mee of tegen de klok in? (fig. 3) Verklaar uw antwoord.

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?



Figuur 2. Vooraanzicht van het profiel (mechanica schema)



Figuur 3. Dwarsdoorsnede van het profiel

Uitwerking Vraagstuk 1

```
>#  1a - Vergelijkingen
>#  aangenomen dat w1<w2<w3
>eq1:= p*a*2*a           = 4*a*S*w1/t - a/2*S*(w3-w1)/(2*t)*2 - a*S*(w2-w1)/(2*t):
>eq2:= p*a*a             = a*S*(w2-w1)/(2*t) - 3*a*S*(w3-w2)/t:
>eq3:= p*(a*a+2*2*a*a/2) = a/2*S*(w3-w1)/(2*t)*2 + 3*a*S*(w3-w2)/t + 6*a*S*w3/t:

>Opl:=(solve({eq1,eq2,eq3},{w1,w2,w3})); assign(Opl):

             129 p a t       211 p a t       147 p a t
       w1 = ---------, w2 = ---------, w3 = ---------
              233 S           233 S           233 S

>w1:=0.521*p*a*t/S: w2:=0.897*p*a*t/S: w3:=0.627*p*a*t/S:

                                          ( Hier wordt een rekenfout gemaakt. Verdere
                                           uitwerkingen zijn goed gekeurd als gebaseerd
                                               op de juiste verplaatsingen maar ook als
                                           gebaseerd op deze verkeerde verplaatsingen.)
>#  1b - Wringstijfheid
>S:=1/G: p:=2*theta:
>phi1:=w1: phi2:=w2: phi3:=w3:
>Mw:=2*(phi1*a*2*a + phi2*a*a + phi3*(a*a+2*2*a*a/2));
                              3
       Mw = 15.28 theta a t G

>Iw:=simplify(Mw/theta/G);
                    3
       Iw = 15.28 a t

>#  1c - Grootste spanning
>Mw:='Mw':
>theta:=solve(Mw=2*(phi1*a*2*a + phi2*a*a + phi3*(a*a+2*2*a*a/2)),theta);

                0.0654 Mw
       theta = ---------
                     3
                  a t G

>tau1:=phi3/t; # is max

              0.0821 Mw
       tau1 = ---------
                    2
                 a t
>#  1d - Bredt
>tau2:=Mw/(2.*(3*a*2*a)*t);

              0.0833 Mw
       tau2 = ---------
                    2
                 a t

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

       verschil = 1.5
```

Uitwerking Vraagstuk 2

a) Ja. Bij wringing met verhinderde welving kunnen grote piekspanningen optreden. Bij permanente belasting treedt één maal vloeien op en herverdeling van de spanningen. Dit is waarschijnlijk acceptabel. Bij veranderlijke belasting kan vermoeiing optreden. Dit is waarschijnlijk niet acceptabel.

b) - Een buisprofiel in plaats van het I-profiel, bij voorkeur een ronde buis omdat deze niet welft.
- De verbinding zodanig uitvoeren dat welving vrij kan optreden.
- De kolom wringslap uitvoeren zodat deze welving niet verhinderd.
- Wringend moment verkleinen door belasting in het DC aan te brengen.

Uitwerking Vraagstuk 3

a) tegen de klok in.

b)

```
>F:=50*kN:
>h:=16.*mm:
>b1:=(75+30+8)*mm: b2:=(8+16+20+35+8)*mm: b3:=(30+8)*mm: b4:=(25+8)*mm:
>
>e:=35*mm+16*mm-29*mm;

                    e = 22 mm

>mm:=m/1000:
>M:=F*e*5.6/6+F*e*3.4/6;

                    M = 1.65 kNm
```

Het grootste wringend moment treedt op ter plaatse van de linker gaffel.

Alternatief moment: Rol het laststelstel tot vlak naast de linker gaffel.

```
>M:=F*e*6/6 +F*e*3.8/6;

                    M = 1.80 kNm
```

c)

```
>Iw:=1/3*(b1+b2+b3+b4)*h^3;
                              5    4
                    Iw = 3.70 10   mm

>tau:=M*h/Iw;
                           77.69 N
                    tau = -------
                                2
                              mm
```