

HÅLLFASTHETSLÄRA I2

Konstruktionsuppgift 1

Enaxligt drag och tryck

Sista inlämningsdag 2001-11-07

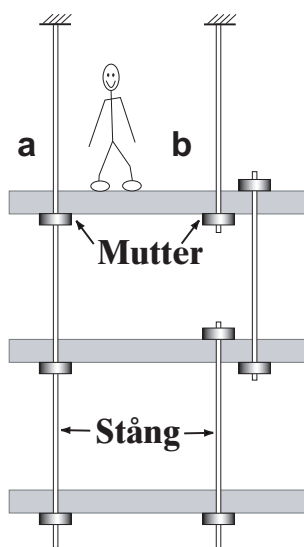
ALLMÄNT

Denna inlämningsuppgift behandlar enaxliga tillstånd. Mer specifikt dimensionering mot enaxligt drag och skjuvning.

Bakgrunden till konstruktionsuppgiften är en olycka som inträffade i Kansas City. Du kan läsa mer om denna olycka på nätet, t ex på <http://ethics.tamu.edu>. Vill du se liknande konstruktioner, kan du bege dig till Chalmers kårhus, eller till Hotell 11.

Hyatt hotell i Kansas City planerades och byggdes med gångbroar som hängde från taket i långa stänger. I den ursprungliga konstruktionen fästes stängerna i taket och löpte ned till den lägsta gångbron. Varje våningsplan var fäst till denna långa stång via en mutter, se *figur 1a*. Det visade sig dock komplicerat att leverera och montera dessa långa stänger. Därför tog man beslutet att kapa upp den kontinuerliga stängen till ett antal kortare stänger som löpte mellan två broar, se *figur 1b*. Vid invigningen rasade bron.

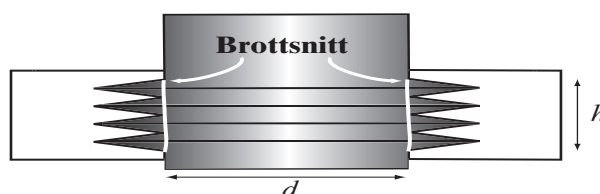
Uppgiften nedan baseras på denna händelse, men data är fingerade.



figur 1 Montering av gånggallerier
a) ursprunglig konstruktion
b) modifierad konstruktion

UPPGIFTER

1. Teckna brottkriteriet för en stång. Brott sker då $\sigma = \sigma_s$, d v s då materialet plasticerar i drag.
2. Teckna ett approximativt brottkriterium för en mutter. Antag att brott sker som skjuvbrott längs brottnittet i *figur 2*. Brott sker då $\tau = \tau_s$, d v s då materialet plasticerar i skjuvning. Antag att skjuvspänningen är jämt fördelat i brottsnittet och bortse från eventuella spänningskoncentrationer.



figur 2 Antaget brott i mutter och muttergeometri

3. Bestäm krafterna som verkar på varje mutter och stång i den ursprungliga och modifierade konstruktionen (*figur 1a* och *figur 1b* respektive). Varje bro ger lasttillskottet Q per stång.
4. Uppskatta hur tätt stängerna behöver sättas in den *ursprungliga* konstruktionen:
 - Identifiera mest påkänd stångsektion och mest påkänd mutter.
 - Beräkna lasten av varje broplan. Bron är 2 meter bred och stängerna sitter mitt emot varandra på de båda sidorna av bron. Brobanan antas vara $h_b = 0.1$ m hög, med densiteten $\rho_{btg} = 2400 \text{ kg/m}^3$ (glöm inte räkna om till Newton!) Lasten på bron antas vara 5.5 kN/m^2 (trängsel vid invigningen).
 - Bestäm spänningen i mest påkänd stångsektion/mutter. Diametern är $d = 35 \text{ mm}$ och mutterhöjden $h = 15 \text{ mm}$, se *figur 2*.
 - Bestäm hur stor gångbrolängd, L , som (teoretiskt) kan bäras av varje stångpar. Stång och muttermaterialet har $\sigma_s = 200 \text{ MPa}$ och

$\tau_s = 100 \text{ MPa}$. Kontrollera hållfastheten hos både stång och muttern!

5. Antag att stängerna är placerade på maximalt avstånd enligt *uppgift 4*. Beräkna spänningen i mest påkänd stång/mutter för den modifierade konstruktionen.
6. Beskriv, med hjälp av beräkningarna ovan en trolig orsak till varför gångbron kollapsade. Var skedde brottet enligt dessa beräkningar?
7. *Frivillig uppgift:*
Om skjuvhållfastheten i stångmaterialet är högre än skjuvhållfastheten i muttermaterialet, så är den antagna brottlinjen i *figur 2* felaktig. Varför?

KOMMENTARER

Geometrierna ovan är höftade för att ge rimliga (läs önskade) svar. En parameterstudie gör det troligt att det verkliga brottet snarare skedde som en genomstansning av de balkar i vilka stängerna var fästade. Detta bekräftas också av haveriutredningen.

Konstruktionsuppgiften illustrerar ett klassiskt konstruktörsdilemma. En konstruktion kommer alltid att haverera i en mod där kvoten påkänning/styrka är minst. Detta sker naturligtvis automatiskt. För konstruktören gäller det dock att identifiera alla tänkbara haverimoder och dimensionera konstruktionen mot dessa. I praktiken är det, precis som i denna konstruktionsuppgift, så att de flesta brott sker i moder som konstruktören (av olika anledningar) inte tagit hänsyn till.

Slutligen kan man notera att den spännvidd som, för broar, är möjlig ur hållfasthetssynpunkt sällan är tillåten ur nedböjnings och vibrationssynpunkt. Ett modernt exempel på detta dilemma är Millenium Bridge i London, se <http://www.xellent.co.uk/sm2000/cs/mbridge.htm>. Vi kommer att återkomma till detta ämne i kommande konstruktionsuppgifter.