

Reglerna för böjknäckning, böjvridknäckning och vippning har ändrats rejält i Eurokoden jämfört med tidigare regelverk. Reglerna har dessutom blivit betydligt krångligare att använda. I avsnitt 6.3.4 i EN 1993-1-1 beskrivs en metod för komplexa problem som inte passar i de vanliga mallarna, metoden kallas "Allmän metod för sidoknäckning och vippning av bärverksdelar".

Hela konceptet är ganska nytt och baserar sig på en doktorsavhandling av Müller C. (2003) - "Zum Nachweis ebener Tragwerke aus Stahl gegen seitliches Ausweichen", PhD Thesis, RWTH Aachen, Germany. Med allmänna metoden kan man analysera komplexa problem med instabilitet både i och ur planet genom att behandla de olika knäckmoderna var för sig. Metoden är särskilt lämplig i kombination med Finita elementmetoden, vilket blir tydligt i exemplet nedan.

## Arbetsgång

Först räknar man fram  $\alpha_{ult}$  som är den minsta lastfaktorn för nå den elastiska eller plastiska bärförmågan (beroende på tvärsnittsklasser) utan inverkan av instabilitet i planet. Däremot måste man ta med andra geometriska effekter och imperfektioner i planet, vilket betyder att andra ordningens analys måste användas för analys av större strukturer så att snittkrafterna blir riktiga.

Sedan räknar man fram  $\alpha_{cr}$  som är den minsta lastfaktor som krävs för att uppnå kritisk bärförmåga med hänsyn till sidoknäckning eller vippning ur planet. Lite förenklat kan man säga att den första lastfaktorn styrs av beteendet i planet medan den andra styrs av beteendet ur planet.

Med hjälp av lastfaktorerna beräknar man sedan ett globalt slankhetstal som sedan får ligga till grund för reduktionsfaktorer för knäckning och vippning och avslutningsvis interpolerar man fram en global reduktionsfaktor för hela systemet.

## Exempel

Ett exempel får illustrera hur det hela går till. En balk enligt figur 1 består av två olika IPE profiler som svetsats ihop i mitten. Balken har en linjelast och en excentrisk axialkraft vars dimensioneringsvärden framgår av figuren. En beräkning med FEM Design ger kritiskt vippningsmoment  $M_{cr}=107$  kNm och kritisk knäcklast för knäckning i veka riktningen är  $N_{cr}=393$  kN.

I det här exemplet finns det dimensionerande snittet i den klenare IPE profilen, precis till höger om mittsnittet. I en del fall kan det vara svårt att hitta det dimensionerande snittet, t ex om balken hade haft linjärt varierande tvärsnittshöjd så hade man varit tvungen att kontrollera flera snitt. Momentet i det dimensionerande snittet är

$$M_{Ed} = \frac{9 \cdot 7^2}{8} + 80 \cdot \frac{0.135}{2} = 60.5 \text{ kNm}$$

Lastfaktorn  $\alpha_{ult}$  beräknas som

$$\alpha_{ult} = \frac{1}{\frac{N_{Ed} + M_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{Ed}}{M_{Rk}}} = \frac{1}{n+m}$$

I vårt exempel har vi  $N_{Rk}=A \cdot f_y=1631$  kN och  $M_{Rk}=W_{pl} \cdot f_y=172$  kNm vilket ger  $n=0,049$  och  $m=0,352$  vilket ger  $\alpha_{ult}=2,492$ .

Lastfaktorn  $\alpha_{cr}$  erhålls enklast genom att jämföra aktuella snittkrafter i det dimensionerande snittet med tillhörande kritiska värden och då ser man att vippning inträffar först, vid en lastfaktor som är  $\alpha_{cr}=M_{cr}/M_{Ed}=1,768$  medan knäckning inträffar vid betydligt högre lastfaktor och blir därför inte avgörande. Med hjälp av lastfaktorerna kan vi räkna ut det globala slankhetstalet

$$\lambda_{op} = \sqrt{\frac{\alpha_{ult}}{\alpha_{cr}}} = \sqrt{\frac{2.492}{1.768}} = 1.19$$

Med hjälp av slankhetstalet kan vi sedan räkna ut reduktionsfaktorer för knäckning och vippning.

Kurva  $b$  ger  $\chi=0,485$  och klass  $b$  ger  $\chi_{LT}=0,438$  som sedan interpoleras enligt Svenska val i EKS

$$\chi_{op} = \frac{n \cdot \chi + m \cdot \chi_{LT}}{n + m} =$$

$$= \frac{0.049 \cdot 0.485 + 0.352 \cdot 0.438}{0.401} =$$

$$= 0,444$$

Dimensioneringsvillkoret i EN 1993-1-1 6.3.4 lyder  $\chi_{op} \cdot \alpha_{ult} > 1.0$  och med våra siffror erhålls  $0,444 \cdot 2,492 = 1.11$  vilket uppfyller dimensioneringsvillkor

### Sammanfattning

Allmänna metoden är en kraftfull men ändå ganska enkel metod att kontrollera bärförmågan hos komplexa strukturer. En förutsättning är att man har ett FEM-program tillhands för att få fram värden på knäcklast och kritiskt

vippningsmoment. Jag har själv provat att kontrollera böjridknäckning av pelare med allmänna metoden och en fördel då är att man slipper de krångliga formlerna för böjknäckning som finns i bilaga A.

Det är också viktigt att hitta dimensionerande snitt vilket i detta exempel är självklart men i verkliga situationer kan det vara svårt och ofta krävs att man kontrollerar flera olika snitt.

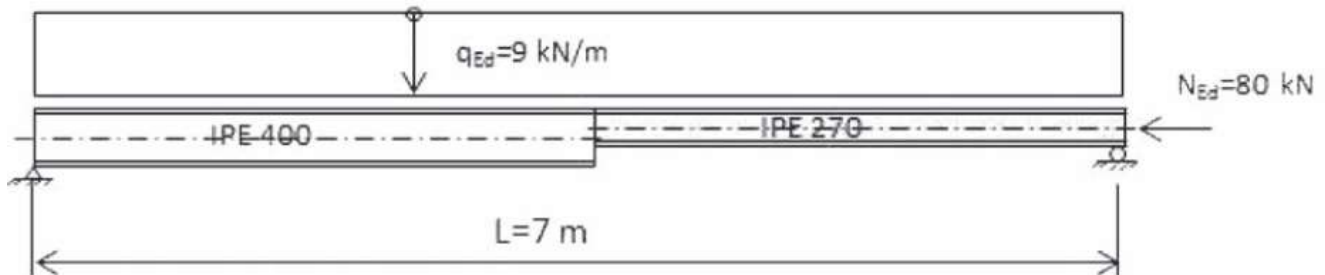
### Läs mer på Internet

På <http://www.prefabsystem.se/kunskapsbank/> finns detta exempel som MathCad Prime dokument för nerladdning om ni vill prova med egna siffror.

På <http://sbi.se/uploads/source/files/SBD/presentationer%20-13/1145.pdf> finns en presentation från Stålbyggnadsdagen 2013 av Ove Lagerqvist som beskriver metoden.

### Författare

Jan Stenmark



$$L := 7 \cdot \text{m} \quad E := 210000 \cdot \text{MPa} \quad G := 81000 \cdot \text{MPa} \quad f_y := 355 \cdot \text{MPa}$$

$$q_{Ed} := 9 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad N_{Ed} := 80 \cdot \text{kN}$$

Figur 1 Illustration av exemplet

