

Global strukturanalys av brandpåverkad stålkonstruktion

av

Docent Yngve Anderberg
Civ ing Sebastian Jeansson
Civ ing Jens Oredsson

Fire Safety Design AB

1. Bakgrund

Normalt sett sker all brandteknisk dimensionering av stålbärverk på tvärsnittsnivå eller på balk och pelarnivå med någon brottstadiemetod. Det finns också andra förenklade metoder som kan användas och då framför allt i Eurocode 3, Part 1.2- Structural Fire Design. Användningen av sådana metoder kan leda till oförutsedda brottbeteenden hos en komplicerad stålstruktur så att en kollaps som med noggranna analyser kunde ha undvikits, kan komma att ske. Emellertid finns det också mycket fördelaktiga brandbeteenden i en komplicerad stålstruktur som avsevärt kan sänka kostnaderna för det passiva brandskyddet och erforderliga dimensioner hos stålprofilerna. Dessutom kan man analysera effekten av mera verklighetsnära brandscenario i byggnader än den standardiserade ISO 834 branden som är ett mycket konservativt dimensioneringsförfarande.

Globala kollaps analyser (GCA) är naturligtvis av stor betydelse vid beräkning av såväl konstruktivt beteende som säkerhetsmarginalen mot fortskridande ras för brandutsatta bärverk såsom oljeplattformar i stål och höga byggnader med stålstomme (se Fig 1). Något användarvänligt verktyg för praktisk dimensionering har tidigare ej funnits.

2. Verktyg för global kollapsanalys

Ett hjälpmedel i form av ett skräddarsytt FEM-datorprogram på PC för brandteknisk dimensionering har därför nyligen utvecklats hos FSD och detta har med framgång använts för kollapsanalys av 2 st oljeplattformar på Nordsjön. Programmet är integrerat med ett PC-baserat temperaturberäkningsprogram (Super-Tempcalc) som ger temperaturfält för varje profil i den globala konstruktionen. Super-Tempcalc har tidigare använts på 8 st plattformar för att optimera det passiva brandskyddet och för att beräkna temperaturprofiler som indata till konstruktionsberäkningar för vidare optimering. Våra beräkningar har godkänts av såväl Lloyd:s Register som DNV.

Det måste poängteras att GCA-programmet är bara ett verktyg i ingenjörens hand. Högskoleingenjören måste ha en gedigen konstruktiv inriktning i sin utbildning så att praktiska förenklingar av verkligheten kan göras vid datorsimuleringarna. Dessutom måste ingenjören ha en sådan erfarenhet av strukturanalyser så att resultaten kan ifrågasättas och tolkas korrekt.

3. Syfte och resultat från en global kollapsanalys

Målsättningen med GCA är att beräkna kritisk tid för kollaps och identifiera hur och varför brottet sker för en föreslagen struktur och vid ett givet brandscenario (se Fig 2). Den beräknade brandmotståndstiden måste vara längre än brandmotståndskravet för att kunna godkännas eller så skall strukturen motstå ett fullständigt brandförlopp. Om så inte är fallet måste strukturen uppgraderas eller skyddas bättre och en ny studie påbörjas. På detta sätt kan utformningen optimeras ur brandsynpunkt.

GCA kan också säkerställa att kollapsen inte sker i en viss kritisk riktning. Detta är speciellt viktigt på oljeplattformar där borrhorn ej får falla mot bostadsdelen. En optimerad utformning kan erhållas med en sådan analys.

GCA identifierar vilka profiler som lokalt får kollapsa utan att påverka stabiliteten hos det globala bärverket. Dessa profiler är således obehövligen i ett brottstadium och behöver därmed ej isoleras.

När den totala strukturen analyseras kan svaga delar och områden i strukturen identifieras. På basis av dessa studier kan man uppgradera dessa profiler och/eller skydda dem för att uppnå erforderligt brandmotstånd.

4. Specifikt beteende hos ett komplext stålbärverk

Komplexa stålbärverk utsatta för brand har både positiva och negativa beteenden som måste identifieras. Specifika problem som uppkommer i strukturen kan lösas med GCA.

Typiska problem som uppkommer vid brandpåverkade komplexa stålstrukturer är att termisk utvidgning av vissa delar i strukturen ger upphov till kraftiga rörelser eller deformationer (se Fig 3). Detta är av särskild betydelse i knutpunkter till pelare eller tryckta profiler där avsevärda böjmoment av 2:a ordningen superponeras till den axiella kraften med ett tidigare brott som följd. Dessutom uppkommer termiska tvångsmoment och tvångskrafter, pga delvis förhindrad utvidgning, vilket ibland kan leda till en tidigare kollaps än förväntat. Genom att upptäcka karakteristiska problem i analysen kan man åtgärda dessa på ett fördelaktigt sätt.

Positiva erfarenheter från analyser exemplifieras nedan:

- under branden sker kontinuerliga kraftomlagringar från extremt utsatta profiler till mindre utsatta delar, t ex om en brandpåverkad pelare är på väg att kollapsa sker oftast en omfördelning av den vertikala lasten till omgivande pelare (om så är möjligt) så att lokal kollaps förhindras av sig självt. Dock uppkommer stora deformationer.
- när spänningarna närmar sig flytgränsen och/eller temperaturen överstiger 450 °C försvinner termiska tvångskrafter och tvångsmoment successivt pga plastiska töjningar och ökad krypning hos stålet varför dessa får mindre och mindre betydelse ju närmare brottstadiet man kommer. Detta förutsätter dock att stabilitetsbrott intttte sker innan flytning inträder.
- inspänning och kontinuitet hos balkar och pelare, dvs bärverkets globala styvhet, ökar konstruktionens brandmotstånd avsevärt.
- vissa delar i strukturen kan ibland vara helt oskyddade utan att lokal kollaps inträder under föreskrivet brandscenario (dock blir deformationena stora)

5. Slutsatser

Globala strukturanalys ger en detaljerad beskrivning av verkningssätt och bärförmåga hos brandutsatta stålbärverk och ökar förståelsen och erfarenheten hos ingenjören samt öppnar möjligheter till nya optimala utformningar. Man kan därvid optimera val av profiler och isoleringsutformning samt ha kontroll på säkerhetsmarginalen mot kollaps. Detta resulterar i lägre kostnader för brandskyddet med bibehållen eller bättre säkerhetsnivå.

Erfarenheter hittills visar på att kostnadsbesparingar på ca 30-40 % kan uppnås i genomsnitt

Vid optimeringen av brandskyddet på oljeplattformen Hibernia i Kanada utan GCA-analys har en reduktion av 350 ton (120 milj) isoleringsmaterial uppnåtts. Detta visar vilken potential en funktionsbaserad design utgör jämfört med att följa konservativa föreskriftskrav och tumregler.

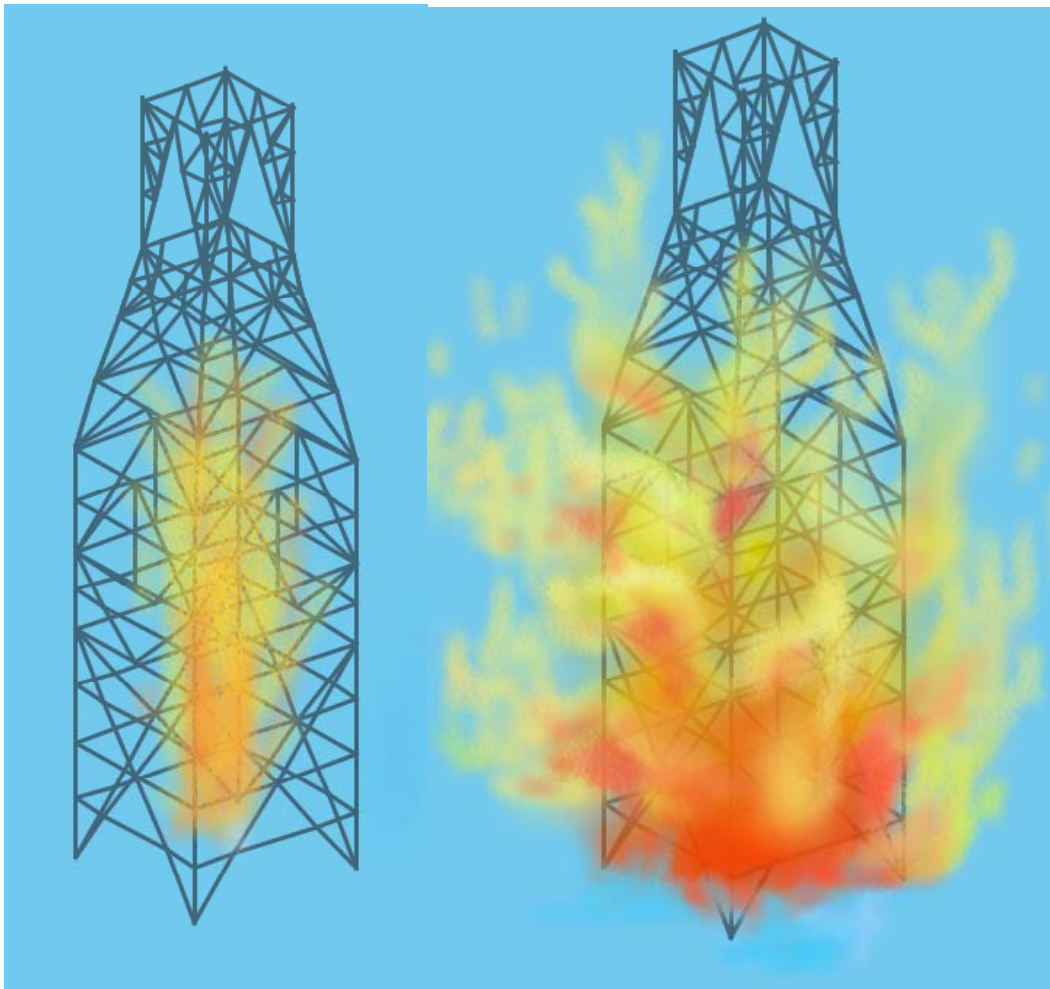


Fig 1 Brandscenario i borrhorn

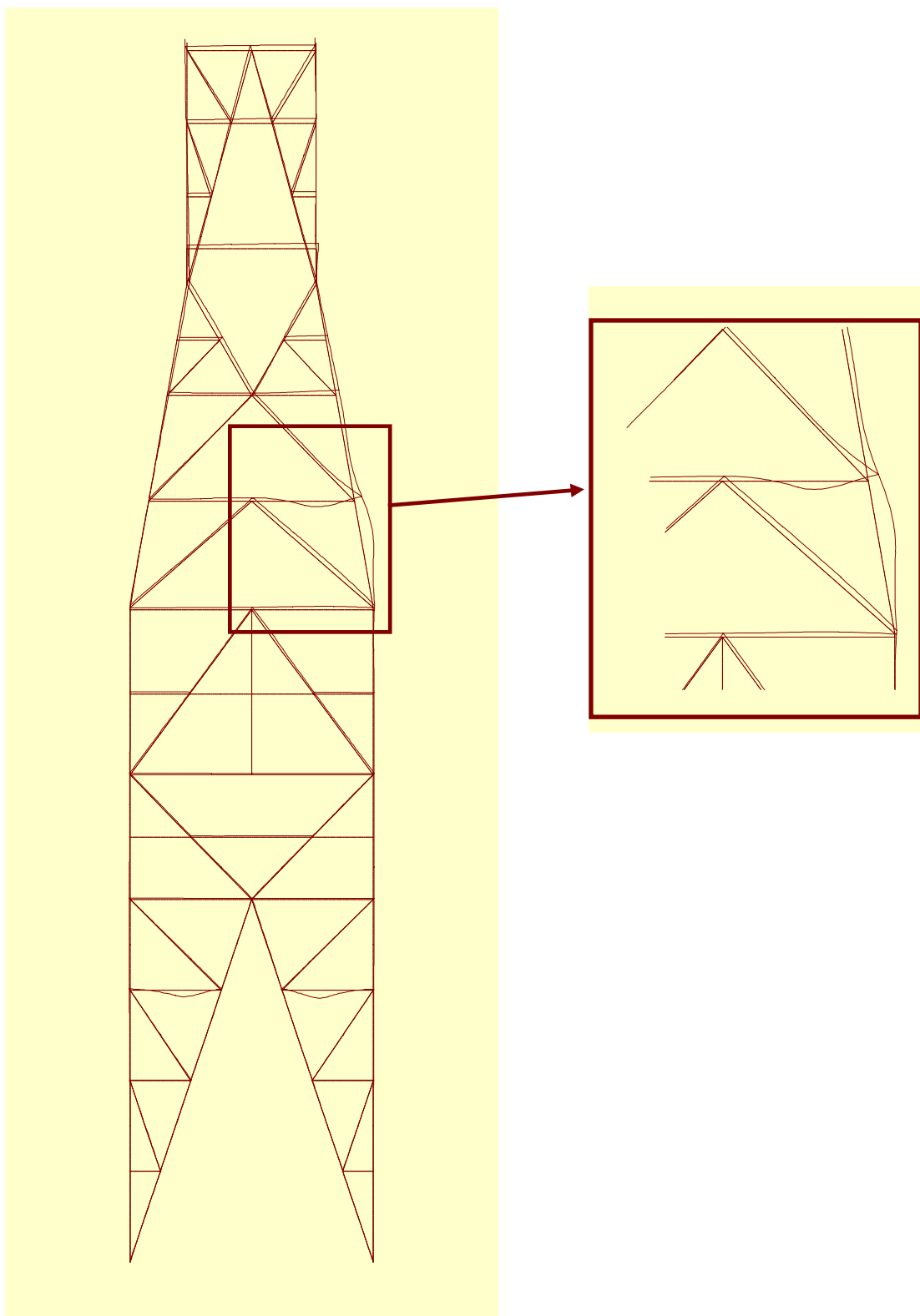


Fig 2 Detaljstudie av kollaps

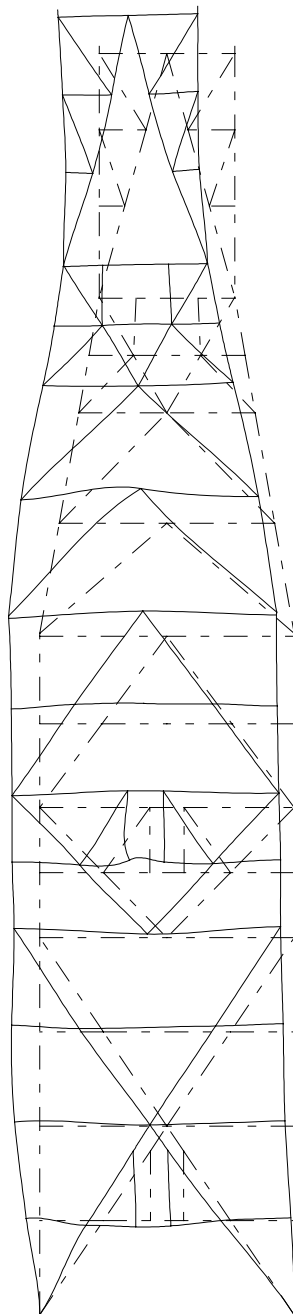


Fig 3 Deformationer just före kollaps (10 ggr förstoring)