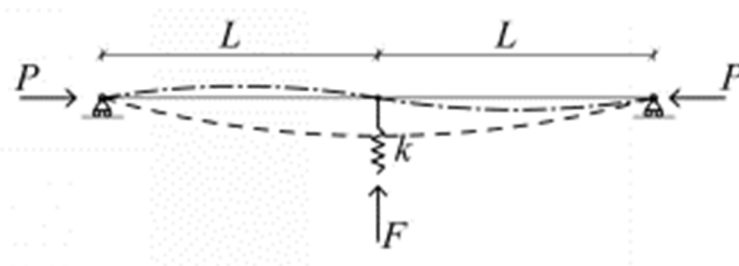


POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING AV
FORSKNINGSPROJEKTET:

Stabilitet- och stabiliseringskrav på slanka stål- respektive träkonstruktioner



Anders Klasson

2019-01-11

FÖRORD

Detta projekt drevs som ett samarbete mellan Lunds tekniska högskola, avdelningen för konstruktionsteknik, och företaget Skanska.

Dokumentet är en populärvetenskaplig sammanfattning av doktorsavhandlingen med den engelska titeln: *Slender roof structures – Bracing, modelling, full-scale testing and safety*.

Projektet bekostades huvudsakligen av SBUF och Skanska.

Nyckelpersoner i projektet var:

Anders Klasson (Skanska/LTH)

Roberto Crocetti (LTH/KTH)

Eva Frühwald Hansson (LTH)

Ivar Björnsson (LTH)

Göteborg 2018-01-11
Anders Klasson

INNEHÅLL

INTRODUKTION.....	3
SYFTE	3
SAMMANFATTNING AV RESULTAT OCH SLUTSATSER.....	4
PUBLIKATIONER.....	6

INTRODUKTION

Dokumentet är en populärvetenskaplig sammanfattning av avhandlingen (Klasson, 2018) kopplad till projektet (13169) *Stabilitet- och stabiliseringskrav på slanka stål- respektive träkonstruktioner (engelsk titel: Slender roof structures – bracing, modelling, full-scale testing and safety)*. Avhandlingen (ibid.) är den andra och sista rapporteringen av projektet. En delrapport i form av en licentiatavhandling har presenterats tidigare (se publikationer).

Arbetet som presenteras i avhandlingen tar avstamp i de många takras (>180) som skedde under vintrarna 2009/10 och 2010/11 i Sverige. Dessa ras är dock bara exempel på liknande händelser under snörika vintrar; t.ex. så rasade fler än 86 tak under vintern 1976/77 i samma område, under vintern 2005/06 rasade fler än 50 tak i Tyskland, Polen och Österrike och under vintern 2008/09 rasade fler än 100 tak i USA. Under vårvintern 2018 rasade fler än 20 tak i norra Sverige (dessa har inte undersökts vidare i projektet). Även om snölasterna var större än vanligt under dessa vintrar så överskreds de normföreskrivna lasterna endast i ett fåtal fall. Detta indikerar grova fel i konstruktionerna som borde ha varit konstruerade för att klara de snölaster som uppkom under vintrarna. Vanliga rasorsaker inkluderar instabilitet (bristfällig stagning), underdimensionerade förband, och rena materialbrott (t.ex. böj- och skjubbrott). De flesta konstruktionerna som rasade var slanka och av låglutande typ (flacka tak) av konstruktionsmaterialen stål respektive trä.

Vidare så har det uppdagats att många ras av slanka konstruktioner sker under byggtiden. Vanliga rasorsaker under byggtiden är bristfällig temporär stagning och underdimensionerad formställning. Detta indikerar att det temporära skedet under byggtiden bör utredas noga under dimensioneringen.

Eftersom byggnadskollaps kan leda till dödsfall, allvarliga skador och även ekonomiska förluster, kan de inte accepteras av samhället. Byggnadsnormer är framtagna för att kontrollera hur byggnader dimensioneras och hur acceptabel säkerhet ska uppnås. Trots detta rasar vissa byggnader.

Syfte, sammanfattning av resultat, och publikationer från projektet presenteras i följande tre kapitel.

SYFTE

De övergripande syftena med avhandlingen var att medvetandegöra behovet av att säkerställa adekvat säkerhet hos slanka takkonstruktioner, i synnerhet avseende stabilisering, och att bidra med viss teknisk kunskap rörande dimensionering av dylika konstruktioner.

De mer specifika målen inom detta ramverk kan sammanfattas enligt följande punkter:

- Ge en översikt över de takras (och en del andra ras) som skett med anledning av stora snölaster och peka ut viktiga rasorsaker.
- Undersöka betydelsen av olika dimensioneringsantaganden, i synnerhet avseende numerisk modellering, som kan ha en inverkan på erhållen säkerhet hos slanka tak.
- Undersöka hur erfarna ingenjörer hanterar dimensionering av slanka tak i praktiken.
- Ge ett underlag för diskussion kring hur subjektiva val som görs i dimensioneringsprocessen av ingenjörer kan påverka säkerheten hos slanka takkonstruktioner.
- Utveckla en metodologi för hur adekvat stagningsstyvhet hos slanka konstruktioner kan säkerställas.
- Utföra laboratorieförsök på några vanliga stabiliseringssystem för att bidra med kunskap rörande viktiga dimensioneringsantaganden.

SAMMANFATTNING AV RESULTAT OCH SLUTSATSER

- Många av de takras som skett var relaterade till grova konstruktionsfel, inte extrema snölaster. Liknande dimensioneringsfel som har orsakat takras under snörika vintrar kan ses hos konstruktioner som rasade under 1970-talet och hos mer moderna konstruktioner som byggdes efter 1980. Detta indikerar en begränsad erfarenhetsåterföring i byggbranschen.

Flera rasutredningar pekar på ett behov av att rasfall rapporteras noga för att undvika att liknande fel upprepas. Information från byggnadsras bör finnas tillgänglig i öppna databaser; eller åtminstone i databaser som aktiva ingenjörer/konstruktörer har tillgång till.

Extern tredjepartsgranskning av ritningar och beräkningsdokumentation ses som viktiga åtgärder för att upptäcka potentiella fel och brister.

- Modellering av slanka konstruktioner involverar vanligen ett antal osäkra parametrar. Konstruktörer behöver därför ofta göra vissa subjektiva val avseende indata för att kunna modellera en slank konstruktion.

Exempel på en osäker parameter vid modellering av ett slankt konstruktionselement är dess initialkrokighet (imperfektion). Ett konstruktionselements initialkrokighet är generellt sett av slumpartad natur, det vill säga okänd. Detta betyder att konstruktörer måste använda säkra/konservativa antaganden vid modellering. Det kan dock vara svårt att i varje läge säkerställa att antagen vald initialkrokighet är den mest kritiska för bestämning av konstruktionens bärförmåga. Vidare så är initialkrokigheten som är kritisk för elementets bärförmåga oftast inte samma initialkrokighet som leder till de största stagningskrafterna. Detta betyder att fler än en modell för initialkrokighet behöver beaktas när slanka konstruktioner modelleras/dimensioneras.

- Det har visats att glidning i stagningssystem, som är ett annat exempel på en osäker parameter, kan ha en signifikant inverkan på kapaciteten hos stagade konstruktionselement. Detta eftersom spänningarna i det stagade elementet och stagningskrafterna blir större om glidning förekommer i stagningssystemet.

Glidning i stagningssystem kan bero på toleranser i bultförband (av montageskäl måste hålet vara något större än bulten), slackande diagonaler i stabiliseringssystemet, och initialkrokighet hos olika delar av stabiliseringssystemet (t.ex. takåsar).

- En enkätstudie riktad till erfarna konstruktörer har utförts. Studien fokuserade på konstruktörernas antaganden rörande slanka takkonstruktioner men innehöll också en mer generell del om dimensionering och konstruktörsyrket i allmänhet.

Konstruktörerna som deltog i studien representerar 6 olika länder, nämligen Sverige, Norge, Polen, England, Italien och Iran. Deras genomsnittliga (relevanta) arbetslivserfarenhet var 20 år. Totalt deltog 17 konstruktörer i studien.

Enligt resultaten från den generella delen av enkätstudien tror många verksamma konstruktörer att bristfälliga konstruktioner till stor del beror på felaktiga konstruktionsberäkningar. De tror också att mer granskning och förbättrad kommunikation i dimensioneringsprocessen har potential att förbättra säkerheten hos slanka konstruktioner generellt.

Den mer specifika delen av enkätstudien har påvisat en diskrepans mellan deltagarnas antaganden rörande slanka tak. Det har visats att vissa konstruktörer gör ickekonservativa val, t.ex. rörande vippningslängd hos en balk, som skulle leda till reducerad säkerhet. Vidare så har några konstruktörer föreslagit statistiska system till takkonstruktioner som är teoretiskt instabila.

Resultatet av enkätstudien understryker behovet av oberoende granskning för att upptäcka potentiella fel.

- En metod för oförstörande provning av takkonstruktioner presenterades i avhandlingen. I praktiken kan metoden komma till användning i fall där många osäkerheter råder avseende stagningssystemet hos ett slankt bärverk. Ingenjörer kan till exempel använda resultatet från provningen till att verifiera olika dimensioneringsantaganden och eventuellt även uppdatera sina numeriska modeller med mer korrekta styvhetsparametrar.

Metoden bygger på punktvis mätning av den horisontella styvheten i takkonstruktionen. Detta genom att påföra en horisontell last och samtidigt mäta deformationen i en given riktning, vanligtvis vinkelrätt primärbärverket. För detta utvecklades en speciell provningsrigg.

- Laboratorieförsök på vanliga stagningssystem för träkonstruktioner (samma principer är applicerbara för stålkonstruktioner) har utförts. Två olika stagningsprinciper beaktades, nämligen skivverkan i taket och ett horisontellt fackverk i takets plan. I testet ”mättes” styvheten (kraft och deformation) i takets plan i åsarnas längdriktning.

Resultatet användes till att kalibrera en motsvarande datormodell. På detta sätt kunde det utredas hur styva olika delar av konstruktioner var. Till exempel kunde det visas hur antalet skruv, såsom mellan takskivan och takåsarna, och i skjuvförbanden mellan åsarna och primärbärverket, påverkade totalstyvheten.

Bland annat visar resultaten att styvheten hos takkonstruktionen kraftigt påverkas av dess förband, speciellt de förband där tryckkraft överförs med en viss vinkel mot träets fiberriktning. Styvheten hos en takkonstruktion kan överskattas kraftigt, speciellt för träkonstruktioner, vid numerisk modellering om inte förbanden är idealiserade på ett adekvat sätt.

PUBLIKATIONER

Följande vetenskapliga artiklar har publicerats:

- **Slender steel columns: How they are affected by imperfections and bracing stiffness**
Anders Klasson, Roberto Crocetti, Eva Frühwald Hansson
Structures, 2016
- **Design for lateral stability of slender timber beams considering slip in the lateral bracing system**
Anders Klasson, Roberto Crocetti, Ivar Björnsson, Eva Frühwald Hansson
Structures, 2018
- **Slender roof structures: Failure reviews and a qualitative survey of experienced structural engineers**
Anders Klasson, Ivar Björnsson, Roberto Crocetti, Eva Frühwald Hansson
Structures, 2018
- **The effects on the bracing stiffness of timber structures of the stiffness of its members**
Anders Klasson, Roberto Crocetti
Structures, 2018

Konferensbidrag:

- **Discrete bracing of timber beams subjected to gravity loads**
Anders Klasson, Roberto Crocetti, Eva Frühwald Hansson
WCTE 2014

Avhandlingar:

- **Bracing of slender steel and timber structures**
Anders Klasson
Report TVBK:1051. Konstruktionsteknik, Lunds Universitet, 2015
- **Slender roof structures – Bracing, modelling, full-scale testing and safety**
Anders Klasson
Report:1052. Konstruktionsteknik, Lunds Universitet, 2018