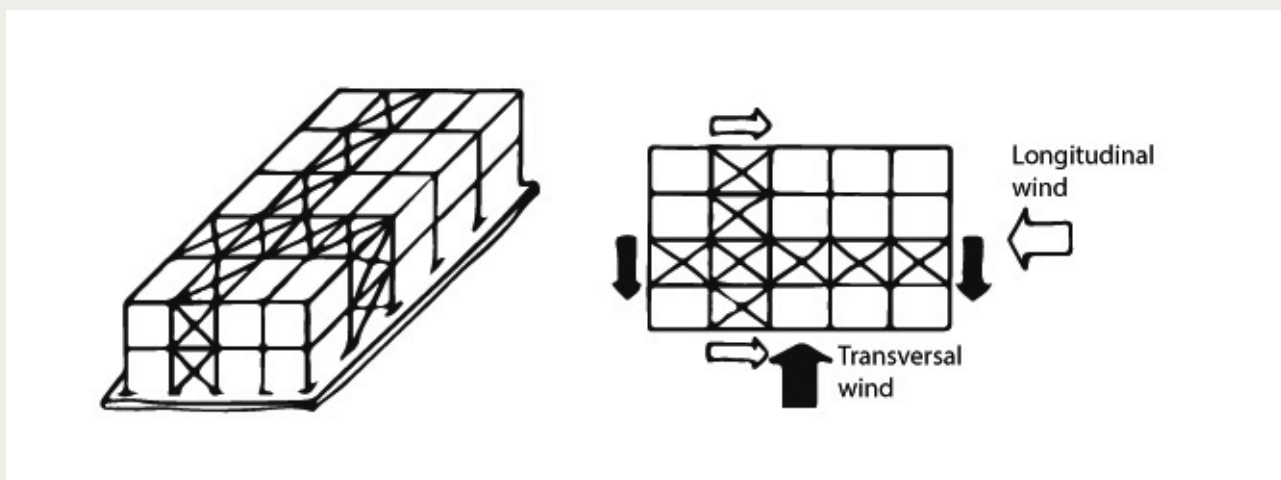


Slanka takkonstruktioner



Projektet tar avstamp i de många takras som skedde under vintrarna 2009/10 och 2010/11 i Sverige. 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 nogra under dimensioneringen. En teknisk avhandling har visat behovet av säkerhet hos slanka takkonstruktioner, i synnerhet avseende stabilisering, och bidrar med viss teknisk kunskap rörande dimensionering av dylika konstruktioner.

Bakgrund

Projektet som presenteras i avhandlingen (Klasson 2018) tar avstamp i de många takras (fler än 180) som skedde under vinterrarna 2009/10 och 2010/11 i Sverige. Dessa ras är emellertid bara exempel på liknande händelser under snörika vintrar, till exempel 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 dock 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 dimensionerade för att klara de snölasterna som uppkom under vintrarna. Vanliga rasorsaker är

instabilitet (bristfällig stagning), underdimensionerade förband, och rena materialbrott (till exempel böj- och skjuvbrott). 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 nogra 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

Det övergripande syftet med projektet var att medvetandegöra behovet av att säkerställa adekvat säkerhet hos slanka takkonstruktioner, i synnerhet avseende stabilisering. 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 snölast 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 stagingsstyvhet hos slanka konstruktioner kan säkerställas.
- Utföra laboratorieförsök på några vanliga stabiliseringssystem för att bidra med kunskap rörande viktiga dimensioneringsantaganden.

Genomförande

Med stöd från SBUF och Skanska Sverige har arbetet utförts på avdelningen för konstruktionsteknik, Lunds Tekniska Högskola. Följande forskningsmetoder har tillämpats i projektet:

- Litteraturstudie
- Numerisk och analytisk modellering av slanka konstruktioner
- Fullskaleförsök av slant tak
- Enkätstudie riktad till erfarna konstruktörer

Resultat och slutsatser

- Många av de takras som skett var relaterade till grova konstruktionsfel, inte extrema snölast. 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 noggrant 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 slant konstruktion.
- Exempel på en osäker parameter vid modellering av ett slant 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 stagingskrafterna. Detta betyder att fler än en modell för initialkrokighet behöver beaktas när slanka konstruktioner modelleras/dimensioneras.

- Det har visats att glidning i stagingsssystem, 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 stagingskrafterna blir större om glidning förekommer i stagings-systemet. Glidning i stagingsssystem 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 (till exempel 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 sex 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 verkssamma 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, till exempel 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 stagingsssystemet hos ett slant 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 görs 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 stagingsystem för träkonstruktioner (samma principer är applicerbara för stålkonstruktioner) har utförts. Två olika stagingsprinciper 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 skjufvörbanden 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.

Ytterligare information

Kontaktpersoner:

Anders Klasson, Skanska, e-post: anders.a.klasson@skanska.se

Roberto Crocetti, KTH, e-post: crocetti@kth.se

Litteratur:

- Slender roof structures – Bracing, modelling, full-scale testing and safety (Lunds Universitet, 2018) Kan laddas ned från www.sbuf.se – Projekt 131 69
- Discrete bracing of timber beams subjected to gravity loads (WCTE 2014)
- Slender steel columns: How they are affected by imperfections and bracing stiffness (Structures, 2016)
- Design for lateral stability of slender timber beams considering slip in the lateral bracing system (Structures, 2018)
- Slender roof structures: Failure reviews and a qualitative survey of experienced structural engineers (Structures, 2018)
- The effects on the bracing stiffness of timber structures of the stiffness of its members (Structures, 2018)