



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Kollaps af Club Danmark Hallen

Undersøgelsesrapport

Pedersen, Erik Steen; Nielsen, Jørgen; Aagaard, Niels-Jørgen

Publication date:
2011

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Pedersen, E. S., Nielsen, J., & Aagaard, N-J. (2011). *Kollaps af Club Danmark Hallen: Undersøgelsesrapport*. SBI forlag. SBI Bind 2011 Nr. 10

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Kollapset af Club Danmark Hallen, Generelle overvejelser til imødegåelse af svigt af større bygningskonstruktioner

Gennemgangen af kollapset af Club Danmark Hallen giver anledning til generelle overvejelser for imødegåelse af svigt. Kollapset er beskrevet og analyseret i SBI-rapporten "Kollaps af Club Danmark Hallen. Undersøgelsesrapport", dateret 16. marts 2011.

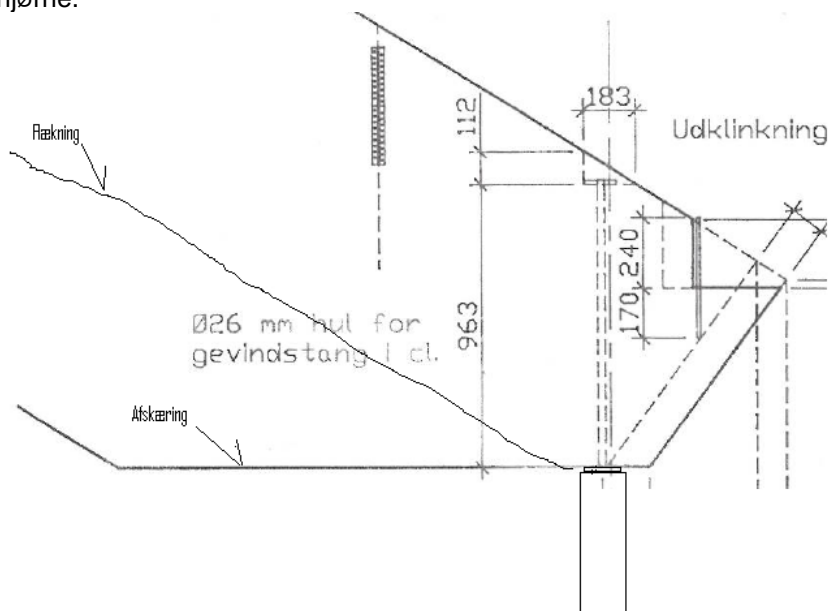
Eksisterende konstruktioner

Der bør iværksættes en kontrol af eksisterende limtræsuer/-bjælker med afskæringer ved vederlag, jf. de konstaterede forhold ved Club Danmark Hallen og nedenstående punkt, "Flækning af limtræ". Heri indgår såvel en gennemgang af de systemløsninger som limtræsproducenter har benyttet, som kontrol af individuelle løsninger.

Flækning af limtræ

Det bør overvejes at tydeliggøre reglerne i Eurocode 5 (DS/EN 1995-1-1:2007 *Trækonstruktioner*, Del 1-1) om dimensionering mod flækning i trækonstruktioner.

Når fibrene i træet afskæres som vist på figur 1 skal der tages hensyn til reduktionen i bæreevne. Dette gælder også selv om der ikke er et indadgående hjørne.



Figur 1 Bue med afskåret underside. Observeret flækning ud fra vederlaget, langs fiberretningen, er indtegnet.

Statisk virkemåde

Det er afgørende, at den færdige konstruktions virkemåde er i overensstemmelse med de forudsætninger, som er gjort ved dimensioneringen, så der ikke forekommer uforudsete svigtformer. Vigtigheden af disse forhold må

Byggeri og sundhed
 Erik Steen Pedersen
 Jørgen Nielsen
 Niels-Jørgen Aagaard

16. marts 2011
 Journal nr. 721-144

understreges ved projekteringspraksis, myndighedsbehandling, udførelse og i uddannelses-sammenhænge.

I det aktuelle tilfælde kommer en randbjælke utilsigtet til at virke som træk-bånd. Herved optages lasten ikke ved bjælkevirkning men ved buevirkning i hovedbuerne, hvilket leder til risiko for instabilitetsfænomener, som ikke er taget i regning. Et andet risikoelement er, at randbjælken optager en last, som den ikke er dimensioneret for, og derfor kan svigte, før hovedkonstruktionens forventede bæreevne er nået. Et sådant svigt bevirker, at der skal ske en omlejring af lastoptagelsen, og især når der er tale om dødvægt i form af egenvægt og sne, kan dette medføre dynamiske lasttillæg, som ikke kan optages.

Snelast

Vejr-situationen i tiden op til kollapset af Club Danmark Hallen anses ikke for at være ekstrem. Ikke desto mindre observeredes snebelastninger på apsis-hallerne, som vurderes på niveau med og måske lidt over de regningsmæssige laste som reglerne foreskriver.

Dette har ledt til nedenstående overvejelser om reglerne for fastsættelse af snelast i Danmark:

Størrelsens betydning

De snelaste som blev observeret i forbindelse med Club Danmark Hallens kollaps vurderes at være af samme størrelsesorden som de regningsmæssige laste som bruges efter nugældende regler. De gældende reglers anvendelse af dimensionsløse formfaktorer rummer imidlertid ikke muligheden for at tage hensyn til bygningens absolutte størrelse. Dette leder til, at formfaktorer i kombination med terrænværdien, er et dårligt grundlag for fastsættelse af snelastens størrelse, idet en langt mindre bygning, med samme indbyrdes proportioner, skal påsættes samme last. Dette indebærer en skæv fordeling af sikkerheden, således at mange mindre bygninger står med en noget større sikkerhed end større bygninger.

Sadeltage med lav hældning

Der er i dag en udtalt forskel på de uens fordelte laste på cylindriske tage og sadeltage. Ved normrevisionen i 1988 blev der indført specifikke regler for tilfældet med skæv snelast på cylindriske tagformer, med en langt højere last end for sadeltage. Ved indførelsen af Eurocodes blev reglerne ændret, så der i dag ikke bliver taget hensyn til at sne flytter sig fra luv side til læ side på sadeltage, men kun på cylindertage.

"En ingeniørmæssig vurdering"

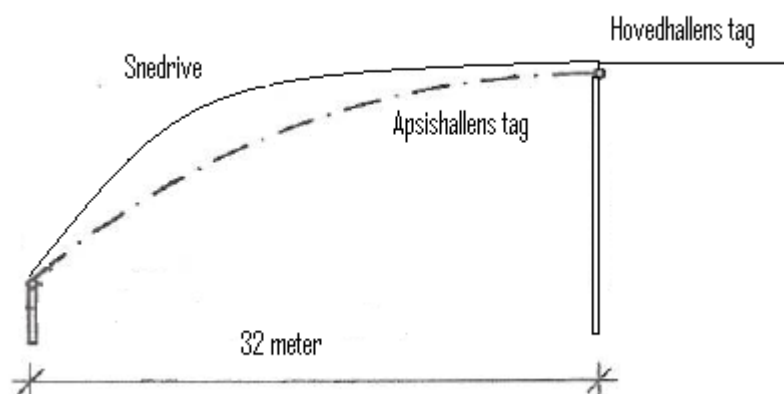
Lastreglerne er i sagens natur ikke dækkende for alle konfigurationer af tagføringer, geometrier af nabotagflader, læforhold, etc. I disse tilfælde bør der foretages en konkret "ingeniørmæssig vurdering".

I tilfældet med Club Danmark Hallen er der fx mulighed for at få maksimale snedybder på flere meter (se figur 2) på grund af geometrien og det forhold, at en nabotagflade ved fygning kan bringe store "forsyninger" af sne. Desuden bevirker den dobbeltkrumme tagflader, at der oftere er risiko for aflejring af store snemængder end der er på prismatiske tagflader. Dette skyldes at der kan ske aflejring for et større spektrum af vindretninger.

Gennem en "ingeniørmæssig vurdering" fastlægges hvilke snemængder, der kan tilføres ved fygning, i kombination med hvad geometrien af tagformen giver mulighed for at aflejre samt densiteten af den sne, der i praksis kan aflejres på bygningen. En justering af regler og vejledninger om snelast, som støtter en sådan konkret vurdering af snelast for særligt store bygninger, vil derfor være hensigtsmæssig.

Sneens ophobning og densitet

Snelasten på en bygning kan vurderes ud fra sneens densitet og af den mængde sne, som kan aflejres i løbet af en periode, hvor der kun forekommer kortere tidsrum med temperaturer over nulpunktet. Densiteten af sneen er afhængig af de meteorologiske forhold. I korte tørtperioder, som opleves i Danmark, smelter de øvre lag men smeltevandet fastholdes af de dybere lag. Dette får sneen til at falde sammen, men den samlede last på bygningen forbliver uændret. Det forhold, at sneen falder sammen, giver plads til at der kan fås nye aflejringer af sne. Nye snefald, eller sne fra omgivelserne tilført ved fygning, kan øge lasten yderligere. Denne proces fortsætter, så længe der ikke kommer en længere tørtperiode. Snelasten på en given bygning kan dermed fastlægges ved at bestemme en "sikker" middelværdi for en given tykkelse af et snelag som har gennemgået et "dansk" vejrførløb. Ved store snedybder må densiteten endvidere forventes at blive højere pga. sammentrykning. Snedryvers udstrækning kan fastlægges ved simple grafiske metoder (se figur 2) som resulterer i hvilke aflejringer der er mulige som funktion af tagform, fygning fra nabotagflader og lægning/nedskridning.



Figur 2. Realistisk snedrive

Kontrol

Det er vigtigt, at statiske beregninger for bygninger i høj konsekvensklasse og den tilhørende kontrol kommer rundt om alle relevante forhold. Forhold overset i beregningerne fanges ikke nødvendigvis ved en stikprøvekontrol.

Gældende regler for kontrol af statiske beregninger fra leverandører af konstruktionsdele bør formidles bredt.

Der er ikke fundet kontroldokumentation i Club Danmark Hallens projektmateriale; hverken af de statiske beregninger af hovedkonstruktion eller af de

enkelte konstruktionsdele. Der er konstateret 3 væsentlige mangler/fejl i projektet: Statisk virkemåde, flækning af limtræsruer og fastsættelse af snelast.

Side 4 af 4

Bygningsdrift

Procedurer for bygningsdriften skal afspejle det sikkerhedsniveau, som ligger til grund for opførelsen og anvendelsen af den pågældende bygning. Driftspersonalet for bygninger i høj sikkerhedsklasse bør af bygningsejeren være informeret om, hvilke snemængder bygningen er dimensioneret for, og være i stand til at afgøre om disse snemængder overskrides. Sikkerheden mod kollaps kan dermed opretholdes ved at snerydde tagfladen, inden den kritiske snemængde optræder.

På store tagflader - og især på en dobbeltkrum flade - er det vanskeligt med det blotte øje fra terrænet, at vurdere aktuelt forekommende snedybder. Da det ofte kan være risikabelt at færdes på taget, må der i sådanne tilfælde træffes særlige foranstaltninger, som kan støtte vurderingen af hvornår en kritisk snedybde er til stede.