

Publikation

171



Flervåningsbyggnader med stålstomme Egenskaper vid brand

Peter Karlström



Stålbyggnadsinstitutet
The Swedish Institute of Steel Construction

Flervåningsbyggnader med Stålstomme – Egenskaper vid Brand

Nya möjligheter och metoder vid
brandteknisk dimensionering

Multi-storey steel framed buildings –
Behaviour at Fire



STÅLBYGGNADSINSTITUTET
Swedish Institute of Steel Construction
Publikation 171

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Projektet Stålkonstruktioner i flera våningar – egenskaper vid brand	1
1.3	Referenser	2
2	FLERVÅNINGSBYGGNADER MED STÅLSTOMME	3
2.1	Allmänt	3
2.2	Stomsystem	3
2.3	Stålstommar	3
2.4	Stomstabilisering	5
2.5	Pelare och balkar	6
2.6	Bjälklag	6
2.7	Brandskydd av stålstommar	10
2.8	Stomsystem	13
2.9	Referenser	16
3	KRAV PÅ BRANDSKYDD	17
3.1	Allmänt	17
3.2	Nytt system för brandklasser	17
3.3	Brandtekniska klasser	18
3.4	Bärförmåga vid brand	19
3.5	Referenser	20
4	BRANDSKYDD FRÅN ETT HISTORISKT TILL ETT FRAMTIDA PERSPEKTIV	21
4.1	Historisk bakgrund	21
4.2	Hur gör man idag?	23
4.3	Framtida filosofi	23
4.4	Referenser	25
5	BRANDFÖRSÖK VID CARDINGTON – ENGLAND	27
5.1	Forskningsprojektet	27
5.2	Brandförsöken	28
5.3	Generella kommentarer till observationerna i försöken	29
5.4	Referenser	29
6	VERKLIGA BRÄNDER OCH ANDRA BRANDFÖRSÖK	31
6.1	Inledning	31

6.2	Kontorsbyggnad i Broadgate – England	31
6.3	Kontorsbyggnad i Basingstoke – England (Churchill Plaza)	33
6.4	Brandförsök i Australien	34
6.5	Brandförsök i befintlig byggnad – Tyskland	37
6.6	Branddimensionering av samverkanskonstruktioner – Nya Zeeland	38
6.7	Referenser	40
7	OBSERVATIONER OCH KOMMENTARER	41
7.1	Inledning	41
7.2	Bjälklagskonstruktioner	41
7.3	Stålbalkar	44
7.4	Stålpelare	48
7.5	Anslutningar och förband	49
7.6	Stomstabilitet	52
7.7	Brandavskiljande konstruktioner	52
7.8	Sprinklersystem	54
7.9	Undertaksystem	54
7.10	Referenser	56
8	BRANDSKYDDSTEKNISK DIMENSIONERING	57
8.1	Inledning	57
8.2	Projektering	57
8.3	Stålets egenskaper vid höga temperaturer	61
8.4	Bärförmåga	62
8.5	Dimensionering	63
8.6	Samverkanskonstruktioner	69
8.7	Membranverkan i bjälklag	72
8.8	Anslutningar	75
8.9	Referenser	76
9	PRAKTISKA REKOMMENDATIONER VID BRANDSKYDDSTEKNISK DIMENSIONERING	77
9.1	Inledning	77
9.2	Säkerhetsaspekter	77
9.3	Allmänt tillämpbara rekommendationer	77
9.4	Optimering av brandskyddsisolering	78
9.5	Brandcellsindelning och avskiljande konstruktioner	79
9.6	Anslutningar	79
9.7	Stomstabiliserande system	80

9.8	Pelare	80
9.9	Balkar	80
9.10	Bjälklag	81
9.11	Referenser	81
10	BERÄKNINGSEXEMPEL – SAMVERKANSBJÄLKLAG	83
10.1	Förutsättningar	83
10.2	Laster	84
10.3	Stålbalken under gjutskedet	84
10.4	Bjälklag	84
10.5	Brand	85
10.6	Dimensionering av samverkanstvärsnittet	87
10.7	Vippning	89
10.8	Referenser	92
APPENDIX A		93
	Brandförsöken i Cardington, England	93
	Jämförelse av resultat från försöken med existerande dimensioneringsmetoder	104
	Referenser	105
APPENDIX B		107
	Modell för att beräkna kritiskt vippningsmoment för en samverkansbalk	107
	Referenser	111

Förord

Denna publikation har tagits fram som ett hjälpmedel för projektering avseende brandskydd av flervåningsbyggnader med stålstomme. Publikationen visar hur stålstommar, i huvudsak med samverkansbjälklag, i flervåningsbyggnader beter sig under en brand. Därtill ges råd och praktiska rekommendationer för brandskyddsteknisk dimensionering av stålstommar till kontor och bostadshus.

Publikationen är ett resultat av projektet *Stålkonstruktioner i flera våningar – Egenskaper vid brand*. Projektet har varit knutet till en referensgrupp inom BRANDFORSK, projektnummer 311-981.

Publikationen har färdigställts av Peter Karlström, Stålbyggnadsinstitutet i samarbete med Thomas Hermodsson och Professor Bernt Johansson.

Ett stort tack riktas till Professor Bernt Johansson, Luleå Tekniska Universitet samt Technologie Licentiat Anders Ranby, Briab, för värdefulla synpunkter på innehållet.

Projektet har finansierats genom ekonomiskt stöd från:

Styrelsen för svensk brandforskning (BRANDFORSK)
Fundia AB
Rautaruukki Sverige AB
SSAB Tunnpå AB
DEM-Verk Mekaniska AB
Stiftelsen Svensk Stålbyggnadsforskning

Stockholm i juni 2002

Stålbyggnadsinstitutet

Sammanfattning

Storskaliga brandprov som utförts i ett antal länder, samt observationer från verkliga bränder i byggnader har visat att brandegenskaperna, för byggnader med samverkanskonstruktioner, under verkliga brandförhållanden är mycket bättre än väntat. Det har visat sig att det finns stora reserver i brandmotstånd och standardiserade brandprov av enskilda komponenter indikerar inte alltid de brandegenskaper som gäller för hela konstruktionen.

Denna publikation redogör för stålstommars beteende under brand som i huvudsak bygger på observationer från Building Research Establishments (BRE) storskaliga brandförsök i Cardington, England, under perioden 1995 – 1996. Publikationen ger läsaren förståelse för hela byggnaders beteende vid brand och tillåter läsaren att bestämma vilka delar i en konstruktion som till exempel kan lämnas oskyddade mot brand samtidigt som säkerheten bibehålls på en nivå lika med de traditionella dimensioneringsmetoderna.

I publikationen ges också praktiska råd och rekommendationer för brandskyddsteknisk projektering av stålstommar. Rekommendationerna är något konservativa och i huvudsak begränsade till konstruktioner liknande den som provats, det vill säga flervåningsbyggnader med stagad stomme och samverkansbjälklag av betong och stål. Dock har en särskild anpassning gjorts för andra typer av konstruktioner som är vanligare i Sverige.

I tillägg till rekommendationerna innefattar publikationen en del detaljer från fullskaleförsök, bland annat de i Cardington, England. Dessa försök indikerar att stabiliteten hos samverkanskonstruktioner där delar av konstruktionen lämnats oskyddad mot brand, kan fås genom kontinuitet och samverkan mellan stålbalkar och bjälklag. Detta gäller även då temperaturen hos de oskyddade balkarna överskrider 1000°C. Observationer från verkliga bränder i flervåningsbyggnader samt information om forskning som bedrivs inom området redovisas i publikationen. Bakgrundsinformationen syftar till att öka läsarens förståelse i fråga om grunden till praktisk brandskyddsteknisk dimensionering av stålstommar i kontor och bostäder.

Publikationen riktar sig bland annat till arkitekter, projektörer, konstruktörer och byggnadsentreprenörer under projektering och byggande.

Summary

Large full-scale fire tests and observations from real fires have shown that the fire performance of buildings with composite steel frames is much better than expected. Large-scale natural fire tests carried out in a number of countries have shown that the fire performance of steel framed buildings is much better than the standard test would suggest.

This publication describes the behaviour of steel framed buildings during fire, based mainly of observations from different full-scale fire tests, particularly tests made by BRE, Cardington, England, during 1995 - 1996. The publication gives the reader the opportunity to understand the behaviour of a whole building during fire, and to choose whether or not fire protection is necessary.

Some design recommendations are included in the publication. The design recommendations are extending the fire engineering approach in the area of structural performance and developing the concept of fire safe design in steel framed buildings. The recommendations apply mainly to composite frames, broadly similar to the 8-storey building tested at Cardington, England. However a particular adoption is also made for steel framed buildings commonly used in Sweden.

In addition to the design recommendations, a description of the tests made in Cardington, England is included. These tests indicate that the performance during fire is very good (mainly due to membrane action in the composite slab) even when the temperature sometimes exceeded 1000°C.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Under de senaste åren har betydande förändringar skett inom stålbyggnadstekniken. Olika metoder för att uppföra flervåningsstommar, som till stora delar har utvecklats i Sverige, används flitigt för främst kontors- och förvaltningsbyggnader, men förekommer också allt oftare i bostadshus.

Den nya tekniken har medfört stora produktionsfördelar, vilket man uppmärksammat i bland annat Storbritannien där samverkanskonstruktioner blivit mycket vanliga. Det finns tecken på att dessa konstruktionslösningar fungerar bra vid brand. Detta bekräftas av ett antal inträffade bränder i flervåningsbyggnader där brandmotståndet visat sig vara betydligt bättre än vad som visat sig genom förenklat dimensioneringsförfarande.

Förenklad dimensionering bygger på standardbrandpåverkan av enskilda konstruktionsdelar, som balkar och pelare. Dimensioneringsreglerna som används bygger också på förenklingar, till exempel att temperaturen över hela stålprofilen är konstant. I verkligheten är det sällan så. I stället är endast en del av konstruktionen brandutsatt och stora temperaturgradienter uppkommer. Detta medför att en delvis brandutsatt konstruktion har ett annorlunda beteende än en längs hela sin omkrets och längd exponerad konstruktion. I vissa fall fås ett gynnsammare beteende och i andra fall tvärtom. Detta behöver klarläggas, och de frågor som man vill ha svar på är bland annat:

- Hur uppför sig enskilda pelare under olika brandpåverkan i stomkonstruktioner?
- Vilka effekter kan erhållas för balkar, pelare och bjälklag vid delvis förhindrad termisk utvidgning?
- Vilka töjningar i stålet kan tillåtas vid olika dimensioneringssituationer?
- Hur uppför sig stora stålkonstruktioner i flera våningar vid brand?
- Kan vissa bärande konstruktionsdelar vara oskyddade mot brand?
- Vilka delar skall prioriteras vad gäller brandskydd i bärande avseende?
- Hur stor kraftomlagring sker i konstruktioner då deformationerna blir stora?
- Hur förändras inspänningsförhållandena vid upplag och knutpunkter?

Naturligtvis finns en mängd information att hämta från det stora projektet i Cardington, England, där en hel 8-våningsstomme har studerats [3]. Ett omfattande arbete har också gjorts med stöd av ECSC, The European Coal and Steel Community, avseende utveckling av "Natural Fire Concept" [1]. I projektet har man bland annat arbetat med att ta fram underlag för att beakta verkliga brandförlopp (naturliga bränder) vid dimensionering. Viktigt information finns också att hämta från verkliga bränder.

1.2 Projektet Stålkonstruktioner i flera våningar – egenskaper vid brand

För att utreda de frågeställningar som framställs i avsnittet ovan initierade Stålbyggnadsinstitutet och Fire Safety Design AB ett projekt för att bättre klarlägga och öka förståelsen för stålkonstruktioners beteende vid brand, samt utarbeta dimensioneringsunderlag för en eventuell framtida dimensioneringshandbok för brandpåverkade stålkonstruktioner. I arbetet ingick att:

- Bättre klarlägga stålpelares knäckningsbeteende vid brand.
- Analysera inverkan av förhindrad termisk längdutvidgning för balkar, pelare och ramar.
- Utveckla analysmodeller för stålstommar i flera våningar vid brand, med beaktande av ändrat verkningssätt vid stora deformationer.
- Ge praktiska rekommendationer för brandskyddsteknisk dimensionering och åtgärder som ger en byggnad tillräcklig säkerhet vid brand.

1.2.1 Genomförande och uppläggning av projektet

Stålbyggnadsinstitutet, SBI, och Fire Safety Design AB, FSD, indelade projektet i två väl avgränsade delprojekt.

SBI har studerat och utvecklat analysmodeller för stålstommar i flera våningar vid brand, med beaktande av ändrat verkningssätt vid stora deformationer. Detta har gjorts med hjälp av ECSCs erfarenheter vid fullskaleförsök [3]. Därtill ges praktiska råd och rekommendationer för brandskyddsteknisk dimensionering av stålstommar, och åtgärder som ger en byggnad tillräcklig säkerhet vid brand.

Intresset har fokuserats på att utveckla enkla modeller för att beskriva kraftomlagringar i ett helt system. Exempelvis kan en oskyddad balk i ett samverkansbjälklag förlora större delen av sin bärförmåga utan haveri om tillräcklig membranverkan har utvecklats i bjälklaget. Ett annat exempel är att balkar som har dimensionerats som fritt upplagda får anläggning mot pelare vid dess upplag och därigenom inspanning när deformationerna ökar (längdutvidgning av balken på grund av upphettning). På basis av relativt enkla analysmodeller är det möjligt att beskriva förutsättningarna för att t ex bjälklagsbalkar kan lämnas utan brandskydd i vissa typiska stomkonstruktioner.

FSD har gjort verifieringsberäkningar och datorsimuleringar. Resultat från några utvalda brandprovningar, t ex uppmätta brandmotståndstider och deformationer på obelastade och belastade pelare och balkar, har jämförts med resultat från datorsimuleringar med identiska förhållanden. Datorsimuleringar av stålpelares knäckningsbeteende vid brand utan längdförhindring har behandlats. En parameterstudie har genomförts för att analysera hur olika faktorer som brandpåverkan, slankhet, excentricitet och initialkrokigheter påverkar bärförmågan hos stålpelare vid geometriska olikheter i brandpåverkan. Också datorsimulering av pelares och ramars beteende vid partiell längdförhindring under inverkan av partiellt förhindrad axiell längdutvidgning hos pelare har gjorts [2].

Den materialmodell för stål som är föreslagen i Eurocode 3, del 1-2, har använts vid analyserna i projekten.

1.3 Referenser

- [1] Schleich J-B. : Natural fire safety concept NFSC, for buildings. CEC Research 7210-SA/522 etc, B-D-E-F-I-L-NL-UK & ECCS, Final Report, Parts 1 to 5, July 2000
- [2] Y. Anderberg, S. Jeansson, Multi-storey Structures, Behaviour in Case of Fire – Initial Theoretical Analyses, Project no: 99-018, Rev. A, Fire Safe Design AB, 2000-12-17
- [3] G. M. Newman, J. T. Robinson, C. G. Bailey, Fire Safe design: A new approach to Multi-Storey Steel-Framed Buildings, SCI Publication 288, 2000