

Förord

Denna skrift har utarbetats av undertecknad och bygger delvis på ett arbete initierat och finansierat av Boverket 2015. Under en lång period har det förts en intensiv debatt i Sverige om hur man ska tolka de regler som finns i Eurokod kring olyckslast och fortskridande ras. Ett särskilt problem har varit hur man ska tolka kraven på robusthet hos en byggnad, vilket innebär att konsekvenserna av ospecificerade extrema händelser ska begränsas. I varje ny version av EKS (nationell tillämpning av Eurokod i Sverige) har införts olika nationella regler, vilket skapat osäkerhet i branschen. Föreliggande skrift är anpassad till den senaste versionen EKS 11 som trädde i kraft 1 juli 2019.

Syftet med denna skrift är att förklara bakgrunden till och tolka de krav som ställs på robusthet och motståndskraft mot kända och okända olyckslaster, att föreslå konkreta tolkningar av de regler som ges i EKS och relevanta delar av Eurokod och genom praktiska exempel för ett antal byggnadstyper som finns i Sverige visa hur kraven kan hanteras praktiskt.

I detta sammanhang vill jag tacka de kollegor som bistått med information kring genomförda byggprojekt, som använts som bas för tillämpningsexempel i handboken. Dessa kollegor är Robert Danewid, Danewids Ingenjörbyrå, Malmö; Anders Mattsson, Strängbetong, Veddige; Arne Emilsson, Limträteknik, Falun.

I sammanhanget bör också nämnas den inspiration som det Europeiska forskningsnätverket COST TU0601 gav inom detta område och som undertecknad deltog i under perioden 2008–2011. Ett tack går till alla forskarkollegor med goda insikter i ämnet och som indirekt bidragit till detta arbete. Det är min förhoppning att föreliggande skrift kan bidra till att byggnader i Sverige kan utformas mer skadetåligen på ett ekonomiskt hållbart sätt framöver.

*Lund mars 2020
Sven Thelandersson*

Innehåll

Förord 3

Sammanfattning 6

1. Introduktion 8
 - 1.1 Bakgrund och syfte 8
 - 1.2 Relation till gällande konstruktionsregler 9
 - 1.3 Rapportens disposition 9
2. Robusthet hos konstruktionssystem i byggnader 11
 - 2.1 Introduktion 11
 - 2.2 Generella aspekter på robusthet 11
3. Extrema påverkningar 16
 - 3.1 Introduktion 16
 - 3.2 Generell översikt av tänkbara påverkningar 17
 - 3.3 Ospecificerade påverkningar 19
 - 3.4 Olyckslaster från trafik 19
 - 3.4.1 Olyckslaster från vägfordon 20
 - 3.4.2 Olyckslaster från spårtrafik 23
 - 3.4.3 Olyckslaster från fartygstrafik 24
 - 3.5 Olyckslaster orsakade av invändig explosion 24
4. Klassificering av byggnader med hänsyn till krav på robusthet 27
 - 4.1 Konsekvensklasser 27
 - 4.2 Definition av antal våningar 28
 - 4.3 Sektionering av byggnad 29
 - 4.4 Definition av byggnadstyp 29
 - 4.5 Om- och tillbyggnad samt ändring av verksamhet 30
5. Utformning för robusthet – generellt 32
 - 5.1 Introduktion 32
 - 5.2 Identifierbara händelser med tillhörande åtgärder 33
 - 5.2.1 Allmänt 33
 - 5.2.2 Olyckslaster/naturliga orsaker 34
 - 5.2.3 Olyckslaster/mänskliga orsaker 34
 - 5.2.4 Sammanfattning 36
 - 5.3 Ospecificerade extrema påverkningar 36
 - 5.4 Byggnader i konsekvensklass 3 39

6.	Riskreduktion genom förebyggande åtgärder	41
6.1	Introduktion	43
6.2	Förband för sammanhållning i betongbyggnader – minimikrav	43
6.3	Dokumentation av förebyggande åtgärder	45
7.	Konstruktionsutformning enligt SS-EN 1991-1-7	47
7.1	Introduktion	47
7.2	Verifiering av alternativa lastvägar	48
7.2.1	Allmänt	48
7.2.2	Överkapacitet i systemet	50
7.2.3	Linverkan	52
7.2.4	Membranverkan	53
7.2.5	Inhängning	54
7.3	Förband för sammanhållning	55
7.3.1	Allmänt	55
7.3.2	Horisontella dragband längs kant	56
7.3.3	Horisontella inre dragband	57
7.3.4	Horisontell förankring av bjälklag i pelare eller vägg vid kant	58
7.3.5	Vertikala dragband	58
7.4	Väsentliga bärverkselement och nominell olyckslast	59
7.5	Fyller reglerna i SS-EN 1991-1-7 sitt syfte?	60
8.	Tillämpning för flervåningsbyggnader	62
9.	Tillämpningar för andra typer av byggnader	78
9.1	Allmänt	78
9.2	Enplans hallbyggnader	78
9.3	Fristående parkeringshus	82
10.	Krav på dokumentation	87
	Referenser	89
	Appendix A – Riktlinjer för kvalificerad oberoende kontroll av projektering och utförande	91
	Appendix B – Exempel på verifiering av linverkan	93
	Appendix C	96

Sammanfattning

I samband med införandet av Eurokod som regelverk för konstruktion av byggnader för ca 10 år sedan har det uppstått problem med tolkning av bestämmelser som rör olyckslast, fortskridande ras och utformning med avseende på robusthet. Den svenska tillämpningen av Eurokod har sedan dess ändrats ett antal gånger i olika versioner av EKS. Föreliggande vägledning är baserad på den senaste versionen EKS 11 (2019).

Vägledningen behandlar ämnet i överensstämmelse med de generella kraven i Eurokod. Syftet har varit att tolka dessa krav på ett konkret sätt för vanliga typer av byggsystem som nu används i Sverige.

Bakgrunden till de krav som ställs på robusthet är att konsekvensen av en extrem händelse inte får bli oproportionerligt stor. Generellt tänkbara extrema påverkningar kan uppdelas i identifierbara (kända) olyckspåverkningar och ospecificerade (okända) händelser. I konstruktionsreglerna ställs krav på att begränsa konsekvenser av båda dessa kategorier.

Kraven på byggnader i relation till olyckklaster och ospecificerade påverkningar beror av konsekvensklass enligt SS-EN1991-1-7, bilaga A, som enbart är informativ. Enligt EKS 11(2019) ska den dock i princip tillämpas i Sverige med vissa modifieringar.

Vad gäller utformning för robusthet ges i denna vägledning möjlighet för projektören att välja en alternativ strategi som kan ge lägre krav på stommen men som förutsätter bl.a. att kvalificerad tredjepartsgranskning tillämpas i konstruktionsarbetet.

I SS-EN 1991-1-7, bilaga A med tillämpning enligt EKS 11 (2019) anges följande strategier för hantering av ospecificerade extrema händelser:

1. Verifiera systemets stabilitet vid tänkt borttagning av enskilda element.
2. Anordna förband för sammanhållning av konstruktions-elementen i systemet.
3. Dimensionera så kallade väsentliga bärverksdelar mot nominell olyckslast.

I denna vägledning görs tolkningen att man i första hand bör välja strategi 1. Om detta inte är möjligt kan man tillämpa strategi 2. Strategi 3 bör undvikas.

För flervåningsbyggnader med begränsade spännvidder baserade på platsgjuten betong, plattbärlag och skalväggar och prefabricerade betongsystem är strategi 1 ovan ofta tillämpbar med de principer som ges i EKS 11 för fiktiv borttagning av konstruktions-element. Detsamma gäller för flervåningshus med trästomme med såväl massivträelement (CLT) som traditionell träregelstomme. Ett antal praktiska exempel på utformning för robusthet av flervåningsbyggnader ges som vägledning.

Utformning för robusthet vad gäller enplans hallbyggnader preciseras för närvarande inte i Eurokod. Den information som ges i SS-EN 1991-1-7, bilaga A i form av exempel är inte relevant för tillämpning vid hallbyggnader med stora spännvidder. Hur man kan hantera riskerna för denna typ av byggnad beskrivs i kapitel 9. I denna tillämpning kan man i många fall begränsa en skadas omfattning genom att avgränsa skadeområdet så att man undviker fortskridande ras.

1. Introduktion

1.1 Bakgrund och syfte

Sedan införandet av Eurokod som regelverk för konstruktion av byggnader för ca 10 år sedan har det varit problem med tolkning av bestämmelser kring olyckslast och fortskridande ras, eller vad som i denna skrift sammanfattas under begreppet byggnaders robusthet. Allmänna krav som berör detta ges i SS-EN 1990:2002 men behandlas primärt i SS-EN 1991-1-7:2006 »Allmänna laster – olyckslast«. Vad gäller tillämpning för prefabricerade betongkonstruktioner finns också vissa regler som kan uppfattas vara relaterade till robusthet i SS-EN 1992-1-1:2005. Den nationella tillämpningen av dessa konstruktionsregler i skrivande stund beskrivs i EKS11 (2019). Nuvarande regler ersätter äldre svensk praxis som beskrivs i Boverket (1995).

Syftet med denna skrift är att ge bakgrund, förtydligande och svar på frågor om regler relaterade till robusthet för byggnader. Ett särskilt problem i sammanhanget är hur man kan hantera det bindande principkravet 3.3 (1)P i SS-EN 1991-1-7, som gäller begränsning av risker relaterade till ospecificerade påverkningar. Detta innebär i huvudsak åtgärder som syftar till att reducera konsekvenser av exceptionella händelser.

Nu gällande europeiska regler på detta område är främst baserade på erfarenheter och forskning i Storbritannien. Tolkning och praktisk tillämpning av det nuvarande normsystemet för konstruktioner är därför svåra att göra i relation till den typ av stomsystem som finns på den svenska marknaden och olika aktörer har ofta kommit fram till olika slutsatser. Hypotesen är att man i många fall inför kostnadskrävande åtgärder och lösningar utan att veta om de har avsedd effekt eller ej.

Mot denna bakgrund har man från många håll identifierat behovet av en svensk vägledning för dimensionering och utformning inom detta område. Syften med föreliggande vägledning är att

- ge konstruktörer bättre möjlighet att förstå och sätta sig in i bakgrunden till konstruktionsregler kring robusthet
- etablera en för Sverige gemensam syn på hur robust utformning av byggnader bör hanteras i projektering och byggande

- illustrera tillämpningen för konstruktionssystem som är vanliga i svenskt husbyggande.

Målgruppen för vägledningen är svenska konstruktörer inom husbyggnadsområdet. Stomsystem som behandlas specifikt är främst prefabricerad betong i kombination med stål- och/eller betongelement för flervåningshus. Frågan om robust utformning kan bedömas vara av särskilt stor betydelse för denna byggnadstyp. Men principerna som redovisas kan även tillämpas för flervåningsbyggnader med stomsystem baserade på platsgjuten betong, stålskelettstommar och byggnader med trä som primärt stommaterial. Även enplans hallbyggnader med stora spännvidder, där allmänheten har tillträde och där många människor kan samlas, behandlas också i viss utsträckning, se kapitel 9.

En viktig utgångspunkt för denna vägledning är att förklara vilken funktion en viss utformning har för att uppnå ett robust system. Att bara beskriva vilka regler som ska följas utan att syftet med reglerna förstås av användaren leder ofta till att åtgärder inte uppfyller något annat syfte än regeluppfyllelse.

1.2 Relation till gällande konstruktionsregler

De konstruktionsregler som finns för närvarande innehåller dels föreskrifter och dels allmänna råd. Ett allmänt råd anger ett sätt att behandla en fråga för att uppfylla föreskrifterna, och är inte tvingande. Om ett allmänt råd följs anses ett sådant utförande uppfylla föreskrifterna. En byggherre kan dock fritt välja andra lösningar och metoder, om dessa kan anses uppfylla föreskrifterna.

En skrift som denna kan endast användas som hjälpmedel och informationskälla, men kan vara ett stöd för byggherrar, projektörer och byggnadsnämnder att verifiera andra lösningar än de som beskrivs i regelverkets allmänna råd.

1.3 Rapportens disposition

Begreppet robusthet och bakgrund till de krav som ställs behandlas i kapitel 2. Olika typer av extrema påverkningar behandlas i kapitel 3, inklusive beskrivning och kvantifiering av olyckslaster från kollision och explosion. Tolkningar i relation till val av konsekvensklass behandlas i kapitel 4, t.ex. hur man ska hantera om- och tillbyggnad.

Generella principer som rör utformning för robusthet beskrivs i kapitel 5. En alternativ metodik, »Riskreduktion genom förebyggande åtgärder«, beskrivs i kapitel 6. Beskrivning och tolkning av reglerna i SS-EN 1991-1-7, bilaga A med tillämpning enligt EKS 11 ges i kapitel 7.

Tillämpning för flervåningsbyggnader med ett antal praktiska exempel ges kapitel 8. Hur man kan uppfylla rimliga krav på robusthet för andra typer av byggnader exemplifieras i kapitel 9. Slutligen ges i kapitel 10 en kort beskrivning av hur dokumentationen av robusthet och extrema händelser bör göras i ett byggprojekt.