

Bygningsras- prefabrikerte betongelementbygg

Sivilingeniør Geir Aarflot



Norges
byggforsknings
institutt

1975

særtrykk

235

En gass eksplosjon på et kjøkken i 18. etasje i en høyblokk ved Ronan Point i London i mai 1968, resulterte ikke bare i at et bærende veggelement ble feid bort med uhyggelige følger. Denne eksplosjonen, som krevde fem menneskeliv, men som lett kunne gitt langt flere dødsoffer, var også den direkte årsak til at man for alvor ble oppmerksom på faren for bygningsras i prefabrikerte betongelementbygg. Hendelsen vakte stor oppsikt, for ingen hadde trodd at bolighus hadde slike svakheter. På kort tid ble 6000 mennesker i Ronan Point-området evakuert fra lignende bygg, og de engelske byggeforskrifter ble hastig revidert uten for mye forskning og dyptpløyende begrunnelser. Det gjaldt her også politisk å ta hensyn til folkeopinionen.

Ulykken skjedde slik: En gass eksplosjon i 18. etasje i en 22-etasjes blokk, resulterte i at et bærende veggelement ble blåst bort. Dette forårsaket at overliggende hjørneværelse falt ned fordi elementene ikke hang sammen oppover. Vekten av den nedstyrtende massen ble for mye for gulvet i 18. etasje, og dermed fortsatte massen ned i 17. etasje og videre nedover. Når ikke flere enn fem mennesker mistet livet skyldtes det at det var stue og kjøkken som forsvant, og at ulykken skjedde om natten.

Mer eksakt uttrykt vil **bygningsras** si at et lokalt brudd i en konstruksjon resulterer i en videre sammenstyrtning i områder utenfor det opprinnelige bruddstedet.

I Norge har vi i dag ingen forskrifter for kontroll og beregning av prefabrikerte betongelementhus. Norges byggforskningsinstitutt som har hatt et forskningsprosjekt på denne saken, anbefaler at vi midlertidig bør bøte på manglende regelverk i Norge ved å ta i bruk de svenske forskrifter.

Ofte er sammenføyningene det svake punkt

– Når slikt skjer henger det ofte sammen med at sammenføyningene i elementkonstruksjonen er det svake punkt, og det forekommer at gravitasjons- og friksjonskrefter alene holder konstruksjonen sammen, forteller sivilingeniør Geir Aarflot som har deltatt i et forskningsprosjekt ved Norges byggforskningsinstitutt om dette spørsmål.

– Dette svake punkt gjør at bygg utsettes for ras hvis en fuge eller et element mister sin bæreevne. En del ulykker verden over og det faktum at prefabrikerte betongelementer i stadig større grad tas i bruk, gjør det nødvendig å få frem flere opplysninger om elementkonstruksjoners virkemåte ved lokale brudd.

Kritiske røster til fremgangsmåten

– Det trykk som oppsto under ulykken i Ronan Point kan vanskelig beregnes. Men uansett trykkintensiteten er det et faktum at bygget hverken var beregnet eller utført for dette trykk. Mange engelske og utenlandske ingeniører stilte seg kritiske til at de nye byggeforskriftene i England kom før man hadde foretatt en grundigere forskning omkring problemet. Kritikerne sa bl.a. at det rådet for stor usikkerhet på dette området til at et trykk på 35 KN/m² nå skal gjelde for alle flater i alle slags rom. Sannsynlig opptreden av konstruksjonsødeleggende eksplosjoner og variasjon i eksplosjonstrykket på grunn av materiale, årsak, geometri og ventilasjonsanlegg, – var også et spørsmål som etter kritikernes mening først burde vært bedre belyst.

Situasjoner et bygg utsettes for

Når det gjelder overbelastning har man følgende ekstraordinære situasjoner et bygg kan utsettes for:

- Ved eksplosjoner oppstår den primære skaden i den første brokdel av et sekund. Kraften i eksplosjonen varierer med temperatur og blandingsforhold i eksplosivene, og videre med lokalets utforming og tetthet. Trykket ved Ronan Point ble anslått til omtrentlig 35 KN/m², men verdien kan bli ti ganger større.
- Ved "flytreff" vil vanligvis skadene bli fullstendige og inngår ikke i vår problemstilling. Svingende og fallende last, f.eks. last fra byggekran, må det tas hensyn til ved dimensjoneringen av konstruksjonen. For eksempel at det plasseres 20 KN på utsatte steder i bygget.
- Ved setninger av grunnen vil bygget også kunne få plastiske deformasjoner.
- Byggefeil som skyldes skjodesløshet, f.eks. feilplassert armering, eller unøyaktig montering av elementene, – vil gi svake ledd i konstruksjonen.
- Ved brann vil konstruksjonens bæreevne sveiktes.

Disse ekstraordinære belastninger er det vanskelig å gi verdier, og de er sjelden tatt med under beregning av bygget. Men hvis det godtas at lokale brudd kan oppstå som en følge av katastrofelaster, er lastenes opprinnelse og intensitet av mindre betydning så lenge konstruksjonen kan tåle bruddet.

Nordisk komite har forslag klart

Nordisk komite for bygningsbestemmelser (NKB) har nå ferdig et forslag til verdier på typiske

sg 69.059.22

Aa

lep

katastrofelaster. Av problemer som melder seg er h v a som skal godtas av ødeleggelser fordi det her er spørsmål om både menneskelige og økonomiske forhold. Bør man f.eks. ta sikte på å kunne redusere ødeleggelser i den grad at en oppretting og fortsatt bruk av eksisterende konstruksjon blir mulig og relativt rimelig? Eller skal man ta sikte på at en katastrofe bare skal hindres, slik at mennesker som er i bygget kan unnsnippe og huset deretter rives? Hvis sikkerhet for mennesker kan garanteres vil kanskje siste alternativ, over en periode, bli det mest økonomisk lønnsomme.

Ulykker med dødelig utgang i Norge

– At et "uhell" på konstruksjonen inntreffer, godtas ofte. Men at dette uhell resulterer i dødsrisiko for leieboerne er uhørt, sier Aarflot. Den godtatte risiko for liv og verdier er det medlemmene i det samfunn hvor risikoen opptrer som best kan avgjøre. Fra England viser statistikken at omtrent hvert tiende selvmord med gass i boliger, samtidig krever en utenforstående leieboers liv. Årsaken er konstruksjonsskader når gassen anten-

nes, f.eks. ved at et kjøleskaprelslår inn. – En oversikt over eksplosjonsulykker i Norge, basert på arkivopplysninger fra en Oslo-avis, viser at i tre-årsperioden 30. juni 1970 til 9. mai 1973 skrev avisen om 47 eksplosjonsulykker og om 13 tilfeller hvor eksplosiver var funnet i og ved hus. Disse ulykkene resulterte i 46 personskader, noen med dødelig utgang. Ialt 20 av ulykkene skyldtes *ytre* overbelastninger og 27 *indre* overbelastninger. Oversikten fra Oslo-avisens arkiv omfatter bare ulykker hvor hus – bebyggelse – er skadet eller truet av overbelastning. Antall hus var ikke spesifisert da en del av arkivklippene bare anga f.eks. "hus 40 meter unna fikk taket revet av".

Dynamitt viser seg å utgjøre en overraskende stor del av ulykkesårsakene, og det virker som om dette materialet ikke er vist stor nok respekt i Norge. Av 20 utvendige overbelastninger i tre-årsperioden skyldtes 11 dynamitt, mens dynamitten hadde skylden for fire av 27 ulykker i forbindelse med innvendig overbelastning. Se tabell 1.

Forskrifter i Sverige, men ikke i Norge

Av de nordiske land har Finland og Norge hittil utført minst forskning på området stabilitet og sammenføyningsproblemer for elementbygg av ulike slag. I Norge har vi vært så heldige at ingen større ulykker har rammet oppførte konstruksjoner, og interessen for å sikre slike bygg har derfor ikke fått almen utbredelse. At Sverige nå har innført regler som skal hindre byggningsras før en større ulykke har inntrådt og fremtvunget panikk-krav, skyldes kanskje at Ronan Point-ulykken var et eksempel på sammenstyrting i et hus oppført etter et skandinavisk betongelement-system.

For å få en oversikt over de forskjellige lands forslag til begrensning av byggningsras har Norges byggforskningsinstitutt samlet og gjennomgått en del litteratur.

Ikke fullstendig sikkerhet

Husproduksjonen i Sverige ble fra 1. juni 1973 påvirket av nye regler om å konstruere og bygge for å hindre progressiv sammenstyrting. Hovedvekten i disse nye normene er funksjonskrav, og det bør legges merke til at bestemmelsene *ikke* krever fullstendig sikkerhet mot progressiv sammenstyrting ut fra alle tenkelige og utenkelige overbelastninger i hver etasje eller hvert bygg. Hensikten er å minske den gjennomsnittlige risiko for slike ras i forhold til den risiko man ville hatt dersom ingen rashindrende regler fantes. Det godtas at en



Figur 1. Ronan Point, London, 1968. Eksempel på eksplosjon i hjørnet av 18. etasje som forårsaket ras i alle husets 22 etasjer.

lokal skade kan oppstå, men samtidig at progressiv sammenstyrting bør unngås. Dette kan oppnås ved å dimensjonere enkelte fuger til å oppta minimum 20 KN/m strekk, og ved at veggfugene kan ta krefter. Kravene økes med 10 prosent pr. etasje over fire etasjer, pluss at det tilføyes enkelte andre tillegg. Reglene setter krav til konstruksjonens kontinuitet og dannelse av seige sammenføyninger av elementene i alle husets etasjer.

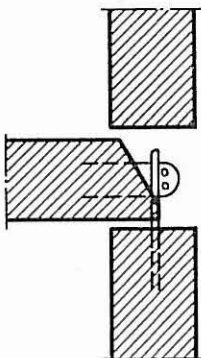
Reglene i Danmark og England

Danmark innførte styrkekrav og visse regler for å minske effekten av bygningsras i 1969. Mens svenskene opererer med flytespenninger, benytter danskene tillatte spenninger. Tallet 20 KN/m benyttes også, og reglene gjelder bare for hus over seks etasjer. Dette skyldes at man har økende ulykkesrisiko med økende antall etasjer og personer.

De nye bestemmelsene i England sier at et bygg skal være stabilt etter at visse deler av bygget er ødelagt. Alternativt skal konstruksjoner motstå et overtrykk på vegger, tak og gulv som er flere ganger større enn normal gulvlast. Et forslag til nye betongbestemmelser inneholder et avsnitt om sammenstyrting hvor det bl.a. kreves:

- et ringanker rundt hele bygget i hvert gulvplan,

Årsak	Antall
Dynamitt	21
Ammunisjon	5
Kjemikalier støv, gass, olje, bensin	27
Diverse Propan apparat TV	7
Sum:	60



Figur 2. Gjennomgående armering bør også sikre solid forankring til bærende vegg.

- indre sammenføyninger i hvert bjelkelag, delvis i hovedbæreretningen, delvis normalt på denne, og
- horisontale forbindelser mellom bærende vegg og gulv/tak.

Med disse krav nærmer engelskmennene seg de svenske krav.

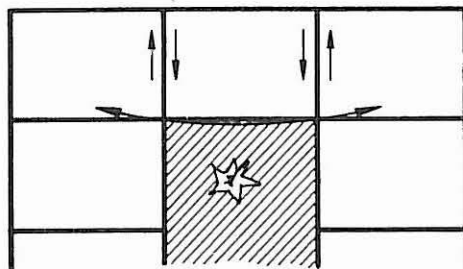
Forbindelsen etasjeskiller/bærende vegg

De svenske forskriftene krever at armeringen i fugene skal kunne oppta minimum 28 KN/m i et gulvs bæreretning når huset har åtte etasjer. I Norge er en slik forbindelse forsøkt tatt vare på av en enkel bøyle med 10 mm tykt armeringsjern som ligger horisontalt med en kort forankringspigg opp gjennom løkken. Ved fjerning av den bærende veggplaten kan piggen trekke seg ut av løkkene, og horisontal kraft mellom etasjeskillerne opphører. Hvis bøylen kunne låses sammen ville man få en gjennomgående armering og dermed en gunstigere fugeforbindelse. En slik gjennomgående armering sikrer også at gulvplatene holdes sammen i ikke-bærende retning og fortanningen i platesidene blir utnyttet bedre. Dette gir også brovirkning, se figur 2 og 3.

– Etasjeskiller/gavlforbindelse er svak mot horisontale krefter ved fugen, og friksjon er ikke nok til å sikre forbindelsen. Skal det armeres for kraften på to ganger vekten av veggelementet, kan bøylen snues til vertikal stilling og omslutte denne armeringen. Dermed oppnås en god forbindelse mellom dekke og gavlvegg. Ved en slik løsning er det ikke noe krav at dekke skal henge i platen over. Hovedsaken er å knytte gavlvegg og dekke sammen horisontalt.

Norge kan få ubehagelige overraskelser

– I Norge er elementutviklingen av nyere datø, men med den utbredelse elementbygg er i ferd med å få, kan vi bli ubehagelig overrasket av et økende antall overbelastninger i slike bygg.



Figur 3. Brovirkning som en følge av gjennomgående armering.

— Vi har i dag lite eller ingen gass installert i nyoppførte elementhus. Dette kan forandre seg ved videre utbygging av oljeindustrien, noe som øker risikoen for bygningsras. Huspåkjørsler og grunnsvikt må også antas å øke, med stigende rasrisiko som resultat.

Vi har ikke hatt noen større rasulykker i forbindelse med slike oppførte konstruksjoner i Norge. Dette kan kanskje forklare hvorfor vi her tillands har prioritert så lavt regler og utføringsmetoder med sikte på å hindre bygningsras. Her har sikkert også den harde konkurransen innen bygningsindustrien spilt inn, noe som bl.a. har tvunget frem en utviklet produksjonsforenkling og spesiell årvåkenhet fra produsentenes side når det gjelder dette viktige spørsmål.

Svenske forskrifter foreløpige norske?

— Som et resultat av det arbeid Norges byggforskningsinstitutt har utført på området bygningsras og stabilitet av betongelementer i bolighus, anbefaler byggforskningsinstituttet at Norge innfører de svenske forskrifter (SBN: 22:35 for skridande ras). Det forutsettes at de svenske forskrifter da benyttes som foreløpige norske retningslinjer for kontroll og beregning av prefabrierte betongelementhus. Det må i tillegg være muligheter for å fravike disse foreløpige retningslinjer i de tilfelle det oppnås enighet om tekniske detaljer og man er klar over hva fravik fra retningslinjene vil medføre.

Henvisninger

1. Noen lands regelverk for å hindre progressiv sammenstyrting som en følge av overbelastning. Litteraturstudie og kommentarer. Norges byggforskningsinstitutt. 10. mai 1973, G. Aarflot.

2. Statens Planverk, Svensk Byggnorm. SBN 22:35. Fortskridandernas.

3. Byggnaders beteende vid överpåverkningar. Sune Granström, Martin Carlsson. T3: 1974. Statens institut för byggnadsforskning, Stockholm.

4. Danmark: March 1969, Larsen & Nielsen, Design Recommendations.