



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R84:1977

Fortskridande ras

FoU-värdering 1977

Sune Granström

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Byggforskningen

R84:1977

FORTSKRIDANDE RAS

FoU-värdering 1977

Sune Granström

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 761093-6
från Statens råd för byggnadsforskning till Bergkonsult
- Sven Tyrén AB, Stockholm

Nyckelord:

fortskridande ras
överpåverkan
säkerhet
skadetålighet
kraftomlagring
deformationsförmåga
dynamiska förlopp

UDK 624.075
69.059.22

R84:1977

ISBN 91-540-2782-9
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1977

INNEHÅLL

	Sid.
1. BEGREPP OCH BENÄMNINGAR	4
2. KORT TILLBAKABLICK	5
3. LÄGET UTOMLANDS	6
4. LÄGET I SVERIGE	8
5. AVNÄMARNAS SYNPUNKTER	12
6. ÖNSKVÄRDA UTVECKLINGSLINJER	13
7. LITTERATUR	15

BILAGA 1: Natural Hazards Evaluation of Existing Buildings

BILAGA 2: Building Disasters and Failures

1. BEGREPP OCH BENÄMNINGAR

Från 1968 och några år framåt användes "Ronan Point" och "fortskridande ras" som nära nog synonyma begrepp för ett obehagligt problem som då fått aktualitet inom byggnadsbranschen. Att närmare förklara vad det hela rörde sig om var inte så alldeles enkelt, men för den invigde gav vilket som helst av dessa begrepp en god beskrivning av frågeställningen:

Ronan Point var väckarklockan som talade om att byggnader kunde vara förvånansvärt ömtåliga även om de var byggda enligt gällande normer och fortskridande ras var en suggestiv benämning på vad som kunde hända om det ville sig riktigt illa.

Nu, snart 10 år senare, är det inte längre så naturligt att använda "fortskridande ras" i titeln på en BFR-rapport som söker beskriva hur långt vi kommit när det gäller att förstå byggnaders beteende vid överpåverkningar. Det är nästan som att kalla vanliga konstruktionsberäkningar för "gå sönder-beskrivning".

Förhoppningsvis har "fortskridande ras"-begreppet snart tjänat ut och kan ersättas med något mindre laddat och mera beskrivande. Den positiva egenskap som utgör motpolen till benägenhet för fortskridande ras är förmågan att uthärda skada eller med andra ord förmågan till skadetålighet. (Begreppet är beskrivet av Granström 1974:1 och Girhammar, Östlund 1977.)

De komponenter som konstituerar skadetålighet är:

- Överstyrka (reservstyrka)
- Redundans (förmåga till kraftomlagring)
- Deformationsförmåga (förutsättning för energiupptagning).

Det inses lätt att dessa komponenter var för sig och i förening förbättrar skadetåligheten. Hur de kvantitativt inverkar kan däremot kräva omfattande utredningar. En kommentar till begreppet redundans: På svenska är närmaste motsvarighet "statiskt överbeständ". Vi använder olyckligtvis ofta för egenskapen i fråga benämningen "statiskt obestämd", vilken är föga träffande och knappast ger intryck av förmåga till kraftomlagring.

Att begreppet fortskridande ras kommit att användas så mycket som skett har givetvis sina orsaker:

- (1) Det finns okända och opraktiskt stora "överpåverkningar" som pockar på att bli beaktade.
- (2) Det finns dynamiska aspekter vid lokala skador och snabba belastningar som vi än så länge inte behärskar särskilt väl.
- (3) Det händer ibland att följderna av överpåverkningarna blir katastrofala.

I och med att kunskapsnivån inom området stiger torde det efter hand bli mera plats för sådana begrepp som "byggnaders beteende vid överpåverkningar", "dimensionering för överpåverkningar", "byggnadsdynamisk dimensionering vid stora deformationer" för att nu bara nämna några exempel.

2. KORT TILLBAKABLICK

Raset i Ronan Point, London, 1968 brukar med viss rätt betraktas som starten för "fortskridande ras"-intresset. Tidigare kunskaper kom huvudsakligen från krigserfarenheter (exempelvis *The Civil Engineer in War*, 1948) vilka utgjort en påminnelse om att det är skillnad på starka och bräckliga byggnader. Vare sig det var traditioner från den tid då byggmästaren fick sota för om hans hus rasade eller det var brist på ekonomiskt medvetande, torde husen i industriländerna fram till 2:a världskriget kunna betraktas som jämförelsevis robusta. Efter 2:a världskriget intrasserade man sig allt mer för ekonomiskt byggande och prövade många nya material och tillverkningsmetoder. De uppseendeväckande olyckor som började inträffa blev förmodligen en tankeställare jämförbar med tidigare krigserfarenheter. Tidsavståndet mellan Ronan Point och 2:a världskrigets slut är för övrigt ungefär detsamma som mellan 2:a världskrigets utbrott och 1:a världskrigets slut, cirka 20 år.

De första fem åren efter 1968 kännetecknades av en allmän "uppräckning" med förmodligen betydelsefulla konsekvenser vad gäller säkerhet, men knappast några egentliga genombrott vad gäller synsätt och kunskapsnivå. Visserligen tillkom i åtskilliga länder speciella normer med hänsyn till risker för fortskridande ras, men frågan är om inte åtföljande attitydförändring från att komma undan med så enkla åtgärder som möjligt till att åstadkomma något i enlighet med "god sed" har betytt mera. Erfarenhetssammanställningarna under dessa år vidgade förståelsen för problemen i stort, men något genombrott vad gäller förståelsen av de mekanismer som bestämmer om lokala brott utvecklar sig till fortskridande ras inträffade väl knappast. I ett avseende skedde kanske ett tydligt steg framåt och det gällde den filosofiska upplevelsen av överpåverkningar: "Det finns verkningar som är så stora och så sällsynta att det är opraktiskt att dimensionera för dem på vanligt sätt, men som ändå är värda att beakta på grund av de svåra konsekvenser de kan få om de inträffar. Vid dessa överpåverkningar kan man acceptera skada, det gäller bara att se till att skadan inte blir större än vad som är rimligt med hänsyn till påverkningen."

Erfarenheterna från denna tid, vad gäller såväl olyckor som normer och forskning, finns utförligt redovisade i BFR-rapporten T3:1974 (Granström och Carlsson 1974), som bl.a. innehåller cirka 150 litteraturhänvisningar. Åren efter 1973 kan beskrivas som lugnare än de föregående. Kunskapsbreddningen har i Sverige kommit in i mera akademiska banor. Faktauppbyggnad sker genom fleråriga projekt och genom samtidigt studium av många delfrågor. Man talar nu inte så mycket om "fortskridande rasnormen" men uppfyller den så att myndigheterna blir tillfredsställda. Något systematiskt samlande av erfarenheter från olyckor pågår inte inom landet. Utomlands är det fortfarande i England, som det händer mest. Förhållandet torde delvis bero på att landet har upplevt en anmärkningsvärd svit av byggnadsskador, men också delvis på att vissa grundläggande satsningar under föregående femårsperiod ger utdelning. I nästa avsnitt kommer huvuddrågen av utvecklingen under senare år att redovisas.

3. LÄGET UTOMLANDS

Beskrivningen i detta avsnitt kan inte göra anspråk på fullständighet eller representativ avvägning. Den grundar sig på den information som strömmat in genom tidigare etablerade kanaler eller erhållits genom lätt tillgänglig litteratur.

USA

Den brett upplagda inventering som beslöts av U.S. Department of Housing and Urban Development (HUD) redan 1971 har nu slutförts och redovisats (Burnett 1975). Vidare har vad gäller betongelementbyggen och deras beteende vid även "abnormal loads" arbeten för HUD:s räkning utförts vid Portland Cement Association (Fintel, Schultz 1976, Fintel, Schultz, Iqbal 1976). Det kan också nämnas att ett av de mera remarkabla rasen, Fairfax nära Washington DC 1973 nu beskrivits i en utförlig rapport (Leyendecker, Fattal 1977). År 1975 höll American Concrete Institute vid sin Convention i Boston ett symposium om "progressive collapse" vari bl.a. undertecknad deltog. Publicering planerades men det är obekant om den skett ännu.

Trots en del större satsningar kan man knappast säga att USA är utvecklingsledande i dessa frågor. Några nya och banbrytande idéer har knappast levererats. Normeringen bygger till stor del på engelsk förebild.

Om amerikanska byggnader ändå är tämligen skadetåligena torde detta mera bero på att byggnadstraditionerna i USA i många fall ger mera robusta byggnader än de europeiska. Och detta i sin tur kan bero på lokala erfarenheter från våldsamma stormar och jordbävningar. Speciellt den intensiva jordbävningforskning som pågår med tyngdpunkt i Californien ger en spin-off-effekt som kommer även motståndsförmågan mot andra överpåverkningar till godo. En publikation "Natural hazards evaluation" från National Bureau of Standards 1975 är av särskilt intresse. Här har erfarenheter av positivt och negativt slag kodifierats i ett system att klassificera byggnader med hänsyn till deras förmåga att uthärda naturinducerade överpåverkningar. Eftersom däri inbyggda värderingar kan ha intresse även här i landet bifogas i BILAGA 1 ett sammandrag av innehållet för information. Boken i sig själv innehåller 958 sidor.

STORBRITANNIEN

Building Research Establishment (BRE), Watford, England, håller alltsedan 1968 ställningen som fortskridande ras-forskningens Mecka. I forskningsstationens specialbyggda laboratorium har en modell i 1/4-skala av ett 18-våningshus utsatts för omfattande provning (BRE News 36 1976). Vid utvärdering och analys utnyttjas omfattande resurser för databehandling. Primäruppgifter från inträffade skadefall insamlas fortlöpande. Stora ansträngningar görs för att analysera olika överpåverkningars egenskaper och deras storleksordning under olika omständigheter (Mainstone 1974 och 1976).

Inspirationskällan till denna stora aktivitet är det i och för sig beklagliga faktum att England har drabbats av ett osedvanligt stort antal byggnadsras under senare år. Den största enskilda anledningen därtill är en olycklig användning av aluminatcement med dålig beständighet, men olyckskatalogen upptar för övrigt så varierande skadeobjekt som tunnplåtsbalkar, plywood-lådbalkar, trätakstolar, stålfackverk, veka tegelmurar och instabila kyltorn. En förtjänstfull sammanställning i bokform av ett stort antal skadefall har utförts av Scott 1976. En resumé av innehållet bifogas i BILAGA 2. Det finns en berömd tradition i England att snabbt, sakligt och uttömmande redovisa inträffade skadefall, och många beskrivningar har lämnats i BRE:s regi (se exempelvis BRE News nr 30, 31 och 33). Bland rapporterna kan nämnas en utförd av Mainstone och Butlin 1976, som är intressant så till vida att den redogör för en erfarenhet rakt motsatt Ronan Point. En explosion har inträffat nära gaveln på ett 16 våningars bostadshus med samma byggnadsår som Ronan Point-huset. Ytterväggarnas bärkraft är upphävd inom några rumsenheter, men huset har inte rasat. Byggnadsmaterial är betongpelare och platsgjutna betongbjälklag samt utfackningsväggar av porbetong (no-fines).

Ett annat intressant område, som forskare från BRE ägnat intresse åt, är funktion och prestanda hos höga byggnader. I deras summeringar överväger nackdelarna påtagligt (se BRE News 31, 1975). Atkinson konstaterar att gällande rekommendationer om dagsljus har haft effekt att styra mot höga byggnader utan att det funnits regler som kompenserat för därvid uppträdande nackdelar, exempelvis att områdena blir blåsiga på marknivå och byggnaderna dyra i uppförande och drift. Mainstone påpekar att det vore önskvärt att riskerna i höga byggnader inte var större än i låga, men det kräver åtgärder i höga byggnader utöver vad som för närvarande genomförs.

CANADA

Även i Canada är intresset för överpåverkningar och deras konsekvenser betydande. Dokumentation och normering uppvisar släktskap med USA, England och även Sverige. Representativ för "the state of the art" är en rapport av Taylor 1975, verksam vid National Research Council of Canada. Skriften är med sin tid, men innehåller föga av nyhetsvärde.

POLEN

Från Polen har under många år levererats värdefullt material genom Bodan Lewicki som representerat östeuropeisk byggnadstradition och varit verksam i internationella organisationer, främst CIB. Hans specialintresse har varit bjälklags förmåga att utvärda lokala stödbortfall. Efter att ha innehaft gästprofessur i Indien har han för närvarande nära samarbete med Chalmers i Göteborg.

4. LÄGET I SVERIGE

Även i detta avsnitt grundar sig redogörelsen främst på publicerat material men har i vissa fall också kompletterats genom personlig kommunikation. En genomgång har gjorts av till BFR redovisade forskningsuppdrag. Förhoppningen är att så många projekt kommer med att framställningen blir representativ, men en komplett uppräknig kan inte åstadkommas.

CHALMERS

CIH har under senare år kommit att bli något av ett centrum för fortskridande ras-forskningen i Sverige. Bakgrunden till detta finns i det tidigare intresset för betongelementbyggnad, bl.a. manifesterad i MOBY-kommittén, och tyngdpunkten har även i fortsättningen kommit att ligga på betongbyggnader. Man kan urskilja icke mindre än 3 aktiva forskningsgrupper efter sina huvudmän igenkända som Kärrholmgruppen, Sahlinggruppen och Losberg-Bernandergruppen. Dessutom samverkar alla tre grupperna i ett gemensamt projekt syftande till att åstadkomma en "Handbok för utformning av byggnadskonstruktioner i armerad betong med hänsyn till överpåverknig". I denna gemensamma grupp är Sven Sahlin ordförande och Björn Engström särskild utredningsman. Avsikten är att ha slutfört arbetet med handboken omkring halvårskiftet 1978. Undertecknad hade tillfälle att sammanträffa med representanter för samtliga dessa grupper vid ett dagsbesök i Göteborg 1977-03-28.

Kärrholmgruppen

Huvuddelen av gruppens hittills redovisade arbeten finns anmäld i byggforskningens sammanfattning S 56:1976 under rubrik "Elementbyggda betongstommars benägenhet för fortskridande ras" med författarnamnen Anders Eriksson, Gunnar Kärrholm, Hans Petersson och Kent Andersson. Bland de bakomliggande källskrifterna svarar Petersson för en undersökning av vertikala fogar mellan betongelement (Petersson 1973:1) och ett studium av spänningar och deformationer i skadade elementbyggda stommar med hjälp av finit elementmetod och databehandling (Petersson 1973:2). Eriksson 1975 redovisar experiment för bestämning av hållfasthets- och styvhetsegenskaper hos vertikala elementfogar. I en gemensam skrift, Kärrholm, Eriksson, Andersson 1975, belyses elementbyggda stommens benägenhet för fortskridande ras genom en elasticitets-teoretisk beräkning av typfall.

Av speciellt intresse är gruppens seriösa försök att åstadkomma en analytisk modell som med realism återger väsentliga drag av stabilitetsproblematiken i en skadad byggnad. De räknemässiga kapacitetsproblemen är betydande, men det är möjligt att Hans Petersson kommit så nära en trovärdig analysmetod som man kommit på något håll i världen.

Sahlingruppen

Sven Sahlin har under många år effektivt deltagit i internationella kommittéer som sysslat med väggars egenskaper och därvid även tidigare kommit i beröring med frågeställningar liknande fortskridande ras-problematiken. Inom RILEM-kommittén 21-11 har under Sahlins ordförandeskap sammanställts en intressant state of art-rapport om impulslasters verkan på byggnader (RILEM 1975). I rapporten, där många välkända forskare medverkar, bidrar Sahlin, Nilsson 1975 med en teoretisk analys av spännings- och töjningsfortplantning vid impulsbelastning.

Bland senare arbeten av Sahlin och medarbetare finns en rad utredningar om icke linjär analys med finit elementmetod, tillämpningsbar på rammar, skal m.m. Bäcklund och Sahlin 1976 har vidare sammanställt en lägesrapport beträffande beräkningsmetoder för konstruktioner utsatta för överpåverkan.

Losberg-Bernandergruppen

Vid Anders Losbergs institution pågår bl.a. flera undersökningar som syftar till att klargöra betongkonstruktioners beteende vid stora deformationer. I rapport av Öberg 1976 redogörs för försök beträffande armerade betongbalkars rotationskapacitet och i rapport av Cedervall och Öberg 1977 beskrivs flytledsteori och experiment gällande betongrammar. Ytterligare försök återstår att redovisa.

Institutionen har sedan några år tillbaka förstärkts med biträdande professor Karl-Gustav Bernander vilken speciellt lett verksamhet med anknytning till betongelement. I samband därmed har Gustavsson 1976 färdigställt en första delrapport avseende fogarmering i samverkande pågjutningsbetong. Själv har Bernander 1976 författat en intressant uppsats om förbindningar mellan betongelement, där ett stort antal försök diskuteras. Resultaten visar att man nu kan kvantitativt beskriva villkoren för att uppnå viss töjning och kraftupplagring betydligt säkrare än för bara några år sedan.

LUND - LULEÅ

Vid LTH har Lars Östlund dels sysslat med allmänna säkerhetsfrågor som ordförande i Planverkets säkerhetsgrupp, dels svarat för försök gällande dynamiska belastningar på vissa konstruktions-element. De sistnämnda försöken har främst haft att göra med enskild persons säkerhet mot genomtramp och liknande i taktäckningar, trappor etc. och alltså närmast gällt detaljkonstruktioner.

Vad gäller stålkonstruktioner har institutionen även tagit upp frågor som gäller byggnaden i dess helhet. Den främsta medhjälparen har därvid varit Arne Girhammar. Han har sedermera utvandrat till Luleå (LuH) men där fortsatt arbetet under Östlunds handledning. Arbetet har resulterat i en rapport (tills vidare i koncept), Girhammar och Östlund 1977, med rubrik "Dynamiska effekter i stålkonstruktioner vid överpåverkan. En problembeskrivning". Av särskilt intresse är den utförliga diskussionen av begrepp och principer som ingår.

STÅLBYGGNADSPROBLEMET

Från Stålbbyggnadsinstitutet utges diverse handböcker i stålbyggnad. I dessa omnämns på några ställen åtgärder mot fortskridande ras. Det allmänna budskapet förefaller dock närmast vara att materialet stål i sig självt eliminerar dessa problem. Jämfört med betongsidan har man i varje fall legat utomordentligt lågt vad gäller utvecklingsarbete inom detta problemområde. Nu torde sanningen väl snarare vara att stål visserligen kan ge mycket goda möjligheter till skadetålighet men att det dock krävs väl genomtänkta åtgärder för att resultatet skall bli det önskade. Eftersom stålkonstruktioner får ovanligt stora rörelser vid temperaturpåverkan (jämfört med t.ex. betong och limmade träkonstruktioner) står man exempelvis frågande inför de mycket små rekommenderade upplagslängderna. Ett annat frågetecken gäller åsar med upprepade länkskarvar ute på fält. Utöver de principstudier som kan komma att utföras inom Lund - Luleå, förefaller det att vara behov av ökad kunskap om konstruktionsdelarnas funktionssätt.

FÖRSVARSEKTORN

Sedan gammalt har Fortifikationsförvaltningen intresserat sig för transienta belastningar som kan komma från vapenverkan av olika slag. En del av de undersökningar som där utförts har varit till hjälp även för lösning av de rent civila problemställningarna. Som exempel kan nämnas utförda studier av materials beteende vid snabba belastningar, analys av kraftförlopp vid explosion o.s.v.

Under de senaste åren har därtill kommit ett intresse från Civilförsvarsstyrelsens sida att klara ut anspråken på skyddsrumstak om ovanförhängande byggnad störtar ihop. Problematiken påminner mycket om den allmänna fortskridande ras-problematiken. Av det som hittills har utträttats kan nämnas följande. Granström och Hallgren 1975: Under huvudrubrik "Takplattans motståndsförmåga mot ras" har kontrollerade fallförsök utförts i den till rivning dömda Swanö fabrik. Sedermera har sönderbrytningsmekanismer m.m. studerats vid fabriken rivning under vintern 1976-77. Vretblad 1977: "Studium av betongbalkars motståndsförmåga mot fallande, koncentrerad last". Lötstedt, Keijer m.fl. 1976: "Simulering av fortskridande ras i hus med kinematisk datormodell".

BYGGNADSDYNAMIKGRUPPEN (IVA)

Före jul 1976 bildades IVA:s kommitté för vibrationsfrågor. Den arbetar genom arbetsgrupper i olika specialfrågor. I arbetsgrupp Byggnadsdynamik är undertecknad ordförande och arbetsuppgifterna kommer med huvudkommitténs bifall i första hand att omfatta byggnaders beteende under dynamiska/transienta belastningar av sådan styrka att viss risk för brottfenomen av större eller mindre omfattning föreligger. Vidare är utsagt att en koncentration skall göras till områden som samtidigt är dels ringa penetrerade, dels ekonomiskt och säkerhetsmässigt betydelsefulla. Inom dessa definitioner kan således principiella frågor inom fortskridande ras-komplexet väl inrymmas. Gruppen, som haft sitt konstituerande sammanträde, är representativt och allsidigt sammansatt med bl.a.

representanter för de svenska aktivitetscentra som tidigare beskrivits. En av de närmaste uppgifterna blir att söka principiellt belysa villkoren för skadeutbredning i jämförelsevis homogena byggnadsstrukturer och söka rangordna ingående parametrar efter deras betydelse.

5. AVNÄMARNAS SYNPUNKTER

Sedan 1972 existerar i Sverige normer som reglerar hänsynstagandet till fortskridande ras. Texten ingår i modifierad och överarbetad form i SBN 1975. Den tidiga kritiken mot fortskridande ras-normerna gick främst ut på att normerna skulle åstadkomma stora byggkostnadsökningar och att de i relation till detta var för dåligt underbyggda. Därefter framfördes tvivel på att normerna effektivt undanröjde problemen. Spridda röster hävdade att några problem egentligen inte existerade.

Det är kanske ännu för tidigt att bedöma frågorna i historiskt perspektiv, men några idag icke speciellt kontroversiella bedömningar torde kunna göras: Det är ganska klart att normerna inte gjort husen märkbart dyrare. De kan ha medverkat till en förändrad konkurrenssituation mellan olika bygghetor, men tendensen mot lägre bostadshus har haft andra och kraftigare rötter än fortskridande ras-hänsyn. Uppfattningen att normerna borde underbyggas bättre har resulterat i en ansenlig FoU-verksamhet. Denna har dock hittills knappast vänt upp och ned på de tidiga allmänna bedömningarna. Huruvida det är normernas innehåll eller blotta existens som betytt mest kan diskuteras, men det torde idag vara få som förnekar att det numera utförs färre hus som man kan misstänka ha benägenhet för fortskridande ras. Synpunkten att problemen egentligen inte existerade torde ha varit en ekonomisk försvarsattityd och behöver ännu mindre idag än tidigare tas på allvar.

Vad säger man då idag om normerna? Detta är några återkommande synpunkter.

Entreprenören anser att begärda åtgärder väl inte är så märkbara att utföra, men att det är betydelsefullt att konkurrenter inte kommer lindrigare undan utan att alla vet vad som gäller. Konstruktören anser att arkitekten och byggherren borde tänka mera på dessa frågor vid planeringen. När dispositionerna i stort är bundna kan det vara svårt att reda ut hur normerna skall tillämpas. Och hur mycket som till slut kommer att krävas hänger mycket på "förhandlingar" i byggnadsnämnden.

Granskande myndighet skulle vilja ha skarpare definitioner och inser samtidigt att problemet är annorlunda än huvuddelen av övrig bestämmelseverksamhet.

Det normutgivande planverket känner väl till samtliga här återgivna reaktioner, men upplever för närvarande inte att frågorna skulle ha så stor prioritet att de kräver några extraordinära insatser. De överväganden man gör går närmast ut på att minska trycket mot granskande myndighet genom att mer och mer definiera storleken på skäliga överpåverkningar: att göra om "överpåverkningar" till "normerade påverkningar", visserligen med en kvarstående alternativ möjlighet att beakta skadetålighet och acceptera lokal skada. Riskerna för att man därmed minskar förståelsen för överpåverkningarnas karaktär har påpekats.

Vad gäller finansiering av fortsatt forskning inom fortskridande ras-området tycks samtliga sätta sin förtröstan till byggforskningsrådet.

6. ÖNSKVÄRDA UTVECKLINGSLINJER

Av tidigare avsnitt framgår att ett kunskapssamlade på bred front pågår på olika håll i landet. Anknytning finns därvid också till liknande verksamhet utomlands. Mycket av arbetet är en jämförelsevis närliggande utvidgning av vad som redan tidigare studerats vid "byggnadsstatiska" institutioner. Bland annat studeras nu kraftupptagning och deformationsvillkor vid extremt stora utböjningar, vilket utgör viktiga byggstenar för förståelse av fortskridande ras-problematiken. Anknytning till tidigare odlade verksamheter medför möjligen en svårighet: överpåverkningar tenderar att bli betraktade som "olyckslaster" med definierad storlek. En verksamhet som har stora möjligheter att åstadkomma en inbrytning i överpåverkningarnas speciella problemkrets är de avancerade totalanalyser av byggnadsstommar som numera kan utföras med dator och finit elementmetod.

I det följande skall lämnas förslag till utredningar som saknas i den nuvarande FoU-bilden, men som enligt mitt förmenande kan betyda mycket för en sann förståelse av problemet att göra byggnader tillräckligt skadetåliga.

(1) Utvecklingen av en säkerhetsfilosofi (ett synsätt) som tar hänsyn till att det finns påverkningar vilka, oavsett att de är sällsynta, ändå behöver beaktas därför att de är stora och okontrollerbara. Dessa överpåverkningar kräver en annan behandling än normlaster: Av ekonomiska skäl måste skador accepteras, men byggnaden bör ha en skadetålighet som gör att skadornas omfattning blir rimlig i förhållande till påverkningens storlek. En utveckling av detta synsätt kan leda till ett allmänt sundare konstruktionstänkande, som tar speciell hänsyn till de svåra och dyra skadefallen - vilka har anmärkningsvärt litet att göra med normlaster och felfria byggnader - och kan därmed sänka kostnaderna för att uppnå en viss definierad säkerhetsnivå.

(2) Utredning av principer för att uppnå lika personsäkerhet i stora som i små byggnader. Man kan räkna med att det behövs större insatser för brandskydd och stomstabilitet ju högre byggnaden är, på grund av "risksmitta" i den större byggnaden. Att kvantifiera erforderliga åtgärder återstår. Frågan har börjat ägnas uppmärksamhet på brandsidan och en motsvarande uppmärksamhet på stomsidan är befogad.

(3) Upprättande av ett system för fortlöpande erfarenhetsinsamling från inträffade skadefall. Försäkringsbolagens skadestatistik över husskador är praktiskt taget ostrukturerad. Dataredovisningen bör skilja på byggnadsegenskaper och överpåverkanstyper (vilka oftast inte är kopplade) för att få ut maximal information. En insamlad vederhäftig statistik minskar riskerna för panikartade åtgärder om en uppseendeväckande katastrof skulle inträffa där egenskaper och överpåverkningar är kombinerade på ett olyckligt sätt. Tidigare erfarenheter visar att insamlandet måste vara aktivt, eftersom tendenser finns att fördölja "olyckliga" skadefall. Datainsamlandet bör vara kontinuerligt och i möjligaste mån komplett vad gäller stora överpåverkningar och stora skador.

(4) En vidareutveckling av avancerade finita elementsystem för analys av byggnader utsatta för överpåverkan. Därmed skulle kartläggande jämförande analyser av olika byggnadssystem och byggnadsutformningar kunna genomföras (argument för sådana studier anges bl.a. av Hirst 1974). Vidare kunde effekterna av olika stora överpåverkningar och olika placeringar av dessa bättre bedömas. Efter viss utveckling torde även förloppens dynamiska aspekter kunna inkluderas. På längre sikt borde en med Monte Carlo-metod varierad insättning av olika överpåverkningar vara möjlig, som kunde utgöra underlag för en i statistiska termer uttryckt uppfattning om en viss byggnadstyps skaderisk. Något som kan uppnås inom en nära framtid är att kontrollanalyser av specifika byggnader för vissa verkansfall kan genomföras till rimlig kostnad.

(5) Slutligen föreslås satsning på en erfarenhetssamling från "byggnadsdynamik" i fullskala. Genom kontrollerade försök skulle man kunna få svar på många frågor beträffande hur en byggnad deformerar och bryts sönder på grund av partiell skada med plötsliga sättningar etc. som följd. En intressant möjlighet är även att observera rivning av byggnader som sker genom utnyttjande av "självdemolering". Informationen i filmupptagningar kan utnyttjas och ställas mot prognoser utifrån konstruktionsdata och mer eller mindre avancerade dynamiska betraktelsesätt. Studier av denna typ ger dessutom erfarenheter om förutsättningarna för framtida avsiktlig demolering av överårigt byggnadsbestånd.

7. LITTERATUR

Bernander K-G., 1976. Structural connections of prefabricated concrete units - some matters of current concern. CIH, Institutionen för konstruktionsteknik, Betongbyggnad 76:5. 8 s. (särtryck).

Burnett E., 1975. Building safety, abnormal loadings and the avoidance of progressive collapse. Regulatory approaches to the problem. National Bureau of Standards, Washington DC.

Bäcklund J., Sahlin S., 1976. Beräkningsmetoder för konstruktioner utsatta för överpåverkan. CIH, Institutionen för byggnadsstatik. Publ. 76:4. 23 s.

Cedervall K., Öberg S., 1977. Flytledsteori för betongramar. Beräkningsregler och begränsningar. CIH, Institutionen för konstruktionsteknik, Betongbyggnad 77:1. 37 s.

The Civil Engineer in War, 1948.
A Symposium of papers on war-time engineering.
Institution of Civil Engineers, London.

Eriksson A., 1975. Hållfasthets- och styvhetssegenskaper för vertikala fogar mellan betongelement. CIH, Avdelningen för byggnadskonstruktioner, 75:8. 78 s.

Fintel M., Schultz D., 1976. A philosophy for structural integrity of large panel buildings. PCI Journal May-June 1976, p. 46 - 69.

Fintel M., Schultz D., Iqbal M., 1976. Design and construction of large-panel concrete structures. Report 2, Philosophy of structural response to normal and abnormal loads. U.S. Dep. of Housing and Urban Development.

Girhammar U.A., Östlund L., 1977. Dynamiska effekter i stålkonstruktioner vid överpåverkan. En problembeskrivning. LuH, Avdelningen för konstruktionsteknik.

Granström S., 1974. Säkerhetsresonemang kring sex byggnadsras 1973. Nordisk betong 5 - 1974, s. 14 - 20.

Granström S., Carlsson M., 1974. Byggnaders beteende vid överpåverkningar. BFR rapport T3:1974. 279 s.

Granström S., Carlsson M., 1976. Sprängningen i Västtyska ambassaden. Ett exempel på överpåverkning i kontorshus. BFR rapport T16:1976. 40 s.

- Granström S., Hallgren M., 1975. Takplattas motståndsförmåga mot ras. Fallförsök i Svanö fabrik.
CFS rapport, Dnr. 512-2435/75.
- Gustavsson K., 1976. Fogarmering i samverkande pågjutningsbetong. Delrapport 1.
CTH, Institutionen för konstruktionsteknik, Betongbyggnad 76:4. 32 s.
- Hirst M.J.S., 1974. The structural planform of large panel buildings and design against progressive collapse.
Build International 7:1974, p. 253 - 263.
- Kärrholm G., Eriksson A., Andersson K., 1975. Elementbyggda stommars benägenhet för fortskridande ras. En elasticitetsteoretisk beräkning av typfall.
CTH, Avdelningen för byggnadskonstruktioner 75:7. 52 s.
- Leyendecker E., Fattal S.G., 1977. Investigation of the Skyline Plaza collapse in Fairfax County, Virginia.
NBS Building Science Series 94, U.S. Dep. of Commerce. 88 p.
- Lötstedt P., Keijer U., 1976. Simulering av fortskridande ras i hus.
ITM-information nr 13 - 14 augusti 1976 (Institutet för tillämpad matematik, Stockholm). 4 s.
- Mainstone R.J., 1974. The hazards of explosion, impact and other random loadings on tall buildings.
ISE/IABSE Conference "Tall buildings and people", Oxford.
(Also BRE Current Paper CP 64/74.)
- Mainstone R.J., 1976. The respons of buildings to accidental explosions.
BRE CP 24/76.
- Mainstone R., Butlin R., 1976. Report on an explosion at Mersey House, Bootle, Lanes.
BRE CP 34/76.
- Petersson H., 1973:1. Investigation of vertical joints between wall panels.
CTH, Avdelningen för byggnadskonstruktioner. 19 p.
- Petersson H., 1973:2. Stresses and deformations in damaged large panel structures.
CTH, Avdelningen för byggnadskonstruktioner. 21 p.
- RILEM 1975. Materials and structures
(21-IL Committee State of the art report: The effects of impact loading on building), Paris.
Mars - April 1975, Vol. 8, No. 44, p. 76 - 130.
- Sahlin S., Nilsson L., 1975. Theoretical analysis of stress and strain propagation during impact.
Se RILEM 1975, p. 88 - 101.

Scott G., 1976. Building disasters and failures.
The Construction Press, Lancaster. 170 p.

Taylor D., 1975. Progressive collapse.
National Research Council of Canada.
Technical Paper nr 450, OTTAWA. 14 p.

U.S. Dep. of Commerce/NBS, 1975. Natural hazards evaluation
of existing buildings.
Building Science Series 61. 958 p.

Vretblad B., 1977. Fallförsök mot armerade betongbalkar.
CFS/ForTF rapport under utgivning.

Wallin L., 1977. Moderna byggnadskonstruktioner i stål. Tekniska
och ekonomiska fördelar.
Byggmästaren 6:1977, s. 6 - 13.

Öberg S., 1976. Armerade betongbalkars rotationskapacitet.
Inverkan av armeringsmateriallets arbetskurva på rotations-
kapaciteten för balkar i normalbetong.
CTH, Institutionen för konstruktionsteknik, Betongbyggnad 76:7.
54 s.

NATURAL HAZARDS EVALUATION OF EXISTING BUILDINGS

US DEP. OF COMMERCE/NBS. Building Science Series 61,
January 1975 (958 p).

1. INTRODUKTION

Uppgiften är att bedöma vad (speciellt existerande) byggnader tål vid

JORDBÄVNINGAR
earthquakes

ORKANER
hurricanes

VIRVELSTORMAR.
tornadoes

Detta kan ske genom någon av tre analyser (se 1.3).

En METODIK (methodology) skall redovisas, som möjliggör bedömning av risk för skada på speciellt människor i en FORM som möjliggör inmatning av erfarenhetsdata efterhand. Inkluderar analys av byggnader av diverse olika konstruktion: STÅLSTOMMAR med eller utan snedsträvor (braced and unbraced steelframes), BETONGRAMSTOMMAR, SKJUVVÄGGSKONSTRUKTIONER, STOMMAR MED KOMBINERAD RAM- OCH SKJUVVÄGGSAVSTYVNING, BÄRANDE VÄGGSTOMMAR, TAK MED LÅNGA SPÄNNVIDDER.

Siktar främst till beskrivning av byggnader med mer än 50 personer. En- och tvåvåningsvillor är därför ej med.

1.3 BEDÖMNINGSMETODER

- ① FÄLTBEDÖMNINGSMETODEN. Bedömningen sker på erfarenhetsbakgrund schablonmässigt efter konstruktionstyp, form och allmäntillstånd (gäller mest äldre hus). Resulterar vanligtvis i uttalande: antingen FARLIGT eller FORTSATT ANALYS enligt 2.
- ② APPROXIMATIV ANALYTISK METOD bedöms efter de kritiska elementens beteende. Analys, spänningstillstånd och planritningar utnyttjas.
- ③ DETALJERAD ANALYTISK METOD. Ungefär som 2, men med databehandling. Används speciellt på komplexa byggnader och "kritiska" byggnader som sjukhus och kommunikationscentra.

2 FAKTORER SOM PÅVERKAR RISKBEDÖMNINGARNA

2.2 NATURKRAFTSBELASTNINGAR (NATURAL HAZARD LOADINGS)

(A) JORDBÄVNINGSGLASTER

JORDSKORPA, MANTEL, YTTRE KÄRNA, INRE KÄRNA.

Strömmar inom manteln tenderar att skilja kontinenterna från varandra.

VÄGSSIGNALER

Genom jorden (och vätska) P(primary), longitudinell, snabbast.
 Genom jorden S(secondary), transversell, hälften så snabb, dubbelt så stor ampl. och period, cirka 2 sekunder.

På ytan Love-våg, horisontell skärvåg > 30 sek., 3 à 4.000 m/sek.
 Rayleigh-våg, elliptisk vertikalvåg.

Mercalliskala anger intensitet (subjektiv).

Richterskala anger magnitud (energiutlösning, instrument).

Richter	5	6	7	8
Mercalli	VI	VII	VIII	XI
energi	1	x 30	x 1.000	x 30.000
TNT-ekvivalent	480	15.000	480.000	15 x 10 ⁶ ton x)

x) TNT-ekvivalent $10^{\log Q} = -4,82 + 1,5 R$.

ex. $R = 7,2$ $10^{\log Q} = -4,82 + 10,8 = 5,98$ $Q \approx 10^6$ ton = 1 megaton.

Acceleration upp till 0,5 g. Används ofta som statisk ekvivalent. Svängningshastigheten mycket ojämna värden.

ex. Alaska 65, Los Angeles 115, San Francisco 180 mm/s
 Seattle 45, Hawaii 5 - 44

Responsspektrum används även som beskrivning av verkansnivå.

(B) ORKANER

Allmän kommentar. Ofta är det vindlasten och inte jordbävningslasten som bestämmer dimensionerna.

USA:s syd- och ostkust är mest utsatta.

Men det finns också specialiteter: SANTA ANA-winds
 COLUMBIA RIVER GORGE-winds
 WASATCH MOUNTAIN-winds.

ORKAN (HURRICANE) är en tropisk storm, ursprungligen avseende stormar enbart i Västindien.

Säsong på ostkusten juni - oktober. Rör sig in från havet (riktning NV). Vrider N till NO.

Har i New England förutom vind gett våldsamma vågor vid kusten och också översvämningar i samband med skyfall i bergstrakterna.

Bildas av att fuktig, varm luft från vattenytan stiger och ersätts med kallare luft som strömmar in spiralformigt från sidorna (lågtryck = motsolsvridning). Vindstyrkor 40 - 50 m/sek.

C

VIRVELSTORMAR (TORNADOS)

Uppstår vid intensiv upphettning av marken genom solvärme i kombination med kontrasterande vindar med kall luft under kraftiga cumulonimbus-moln. Virveln kan nå marken, där den sedan sugts fast. Rotationsriktning kan vara åt endera hållet.

Diametern vanligen omkring 300 meter, men med stora variationer.

Både sidorörelse och framförallt snabb rotation. Nära centrum 150 m/sek. horisontellt 100 m/sek. uppåt!

Vanligast på slätterna öster om Klippiga bergen.

Flyttar sig från SV till NO med 5 till 30 m/sek. (20 - 100 km/tim.).

Sträckan några kilometer till några 100 kilometer.

Ofta i kombination med åska och regn.

Beaktas i beräkningarna oftast med en by-faktor (gust factor) med vilken man multiplicerar det statiska vindtrycket.

2.3 STRUKTURELL BESKRIVNING (allmän)

Beräkningsmodell bestäms huvudsakligen av

1. Lasttyp (statisk eller dynamisk)
2. Önskade svarsparametrar (respons par.)
3. Geometri och lay out hos byggnaden.

Vid statisk last avgör enbart byggnadens styvhet.

Översiktsmodell för nedböjningar, detalj för spänningar.

STYVHETSMATRISER - finita element.

Vid dynamisk last tillkommer massorna.

Vanligtvis introduceras massorna våningsvis på golvnivå.

Viktigt att klart skilja mellan vertikalt och horisontellt verkande system och rörelser.

FORSKNING OCH UTVECKLING pågår beträffande:

- (1) Koppling (ömsesidig påverkan) mellan mark och byggnad
- (2) Torsion i byggnaden
 - (1) Teorier finns, men erfarenhetsöverföring är otillräcklig för att vaska fram någon allmänt accepterad handlingslinje
 - (2) Olika mass- och styvhetscentra. Lasten kan också avvika och rörelsen kan innehålla vridning (twisting ground motion). Färdig metod saknas.

Inget av (1) och (2) inkluderas i "metodiken" utom att man approximativt tar hänsyn till att byggnaden har osymmetrisk planutsträckning, se 3.3, p. 3 - 36. Approximate Analytic Evaluation Method.

2.4 ANALYS AV BYGGNADENS GENSVAR (BUILDING RESPONSE ANALYSIS)

STATISK metod används vid vindlaster med tillägg ibland för by-faktor vari inverkan av byggnadens frekvens och dämpning ingår.

Statiskt betraktelsesätt används även beträffande jordbävningar enligt de flesta bestämmelser.

Analysen är vanligtvis linjär.

DYNAMISK detaljerad analys kan utföras med linjärt elastiskt betraktelsesätt enligt endera av de i första hand tillgängliga metoderna

MODAL ANALYSIS METHOD
DIRECT INTEGRATION METHOD.

MAM. (Oberoende) egensvängningar (i matrisuppsättning) underlättar "ingenjörskänsla" - uttrycksmedel responsspektrum och redovisad tidshistoria.

DIM. Löser rörelseekvationen för varje ögonblick utan att gå via toner. Kräver en komplett dämpningsmatris (vanligen bestående av testdata med bestämmingar ton för ton enligt MAM).

DYNAMISK med icke linjärt betraktelsesätt kan genomföras med steg för steg analys.

Basdata om funktionssätt är dock ganska magra tills vidare, och kostnaderna är avskräckande stora. Krävs därför speciella skäl för att dynamisk, icke linjär behandling skall användas.

2.5 ERFARENHETER AV INTRÄFFAD SKADA

Byggnader av sådant slag, att vissa skador accepteras, betraktas (i specialfall som kärnkraftverk accepteras ingen skada, de behandlas ej här). Skillnad mellan verkan av vind, som i första hand berör endast skalet, och verkan av markrörelser, som sätter fart på hela byggnaden, behandlas därför separat.

SKADOR AV JORDBÄVNINGAR

Byggkoder kan sägas ha följande syfte:

1. Ingen skada av mindre jordbävningar
2. Ingen stomskada men mindre "icke strukturella skador" vid måttliga jordbävningar $R < 4.0$
3. Stomskador och andra skador, med icke kollaps vid svåra jordbävningar.

(Alla jordbävningar starkare än $R = 4$ förväntas alltså ge skador.)

Icke symmetriska horisontalavstyvningar och bristfälliga fästen för installationer etc. ökar skadeomfattningen.

Ramstommar utan diagonaler (unbraced) är flexibla och klarar därför jordbävningar ganska bra, men styva mellanväggar etc. får då många skador (Banco Central Building).

Diagonalsträvade stommar (braced) och skjuvväggsavstyvade får mera stryk och kan gå till sprödbrott om de ej är lämpligt konstruerade, men mellanväggar etc. klarar sig i sådana hus jämförelsevis bättre (Banco de American). Exempelen är hämtade från Managua 1972.

Observera att "icke bärande delar" (icke avsedda bärande) kan påverka funktionssättet på icke önskat sätt. Vidare kan de genom att brista orsaka personsador.

SKADOR AV EXTREM VIND

Erfarenhet tyder på att väl konstruerade byggnader i varje fall klarar sig från total kollaps av vind. Skador av större eller mindre omfattning är starkt beroende av lokala omständigheter.

Känsliga byggnader är en- och tvåvånings industribyggnader med långa takspännvidder och/eller prefabelement ("Mobile homes" är också sårbara).

Sugverkan och splitERVERKAN ger ytskador. Omsorgsfull fastsättning är väsentlig (beaktas vid skadebedömningsmetoder). Observera även glasets funktion (resp. brottrisk) speciellt vid svängningar som ger skjuvdeformationer av rutorna (i glaspanelernas plan).

BILDER

Fig. 2.12 - 2.26 JORDBÄVNINGAR.

Många exempel på stukade pelare och ramkryss. Diagonalsprickor i väggar av olika material (vore intressant att bestämt veta vilken verkan som gett markerade, likriktade 45°-sprickor i viss konstaterad riktning).

Exempel visas på kraftigt snedställda bottenvåningsväggar i hus som ändå står upprätt.

Fig. 2.27 - 2.33 EXTREM VIND.

Taklyft, rasade skalmurar, fasadplattor och glasrutor inklusive eller exklusive karmar. Splitterverkan.

Anm.: Bilderna är i och för sig instruktiva, men ger lågt ifrån någon utförlig bild av de många olika skadetyper som kan förekomma. Jämför exempelvis vad beträffar jordbävningar det rikhaltiga materialet från San Fernando -71 i Cal Tech-rapporterna och från Managua -72 i Mark Fintels uppsatser.

3 SKADEBEDÖMNINGSMETODIK (DAMAGE EVALUATION METHODOLOGY)

En allmän rekommendation beträffande användning av de tre metoderna tycks vara att en byggnad som är värd att utvärdera med en utförligare metod också är värd en behandling dessutom med den eller de enklare metoderna. Vilket ger följande schema för analysen:

- ① eller
 ① + ② eller
 ① + ② + ③

3.2 FÄLTBEDÖMNING = (1)

Speciellt lämplig då byggnadsplaner inte är tillgängliga.

- a. Områdets risknivåer konstateras (sannolikhet för uppträdande)
- b. Fältinspektion med datasamling på blankett utförs

JORDBÄVNING		VIND	
FMA-1	vertikal motståndskraft	FMA-1	
FMA-2	horisontell motståndskraft	FMA-2	
FMB-1	icke bärande elements egenskaper		
FMB-2	icke bärande elements egenskaper		
		FMC-1	bärande
		FMC-2	icke bärande
		FMD	spec. tornado
FME		FME	

Lämplighetsskala (fallande) 1 2 3 4 för stomme,
lämplighetsskala (fallande) A B C X för icke bärande element.

ANVISNINGAR för blankettifyllandet innehåller en del värderingar om konstruktioner etc. som är av intresse.

JORDBÄVNINGAR

STOMME

I trästommar är beklädnad av väl fästad plywood bra.

Se upp med smala byggnader, speciellt i murverk.

Hus som är helt uppglasade mot gatan blir starkt osymmetriska.

Två fulla våningar plus tredje våning endast på ena halvan blir starkt osymmetriska.

Effektiv skivverkan i betongbjälklag motverkar effekten av osymmetri.

Bottenvåning med pelarbärning och få avstyvande väggar ger svårbedömda svängningar.

Rikligt med skjuvväggar uppskattas.

Stommar med många spann bra. Pelare endast i fyra hörn "värst".

Kondition: Varning för frätande ämnen på golv och i luften.

Betydelsen av (inramande) armering längs bjälklagens ytterkanter betonas.

Förutsättningen för skivverkan i metallbjälklag är framförallt god hophäftning.

Infästning av träbjälkar i väggar överför i många fall ringa kraft.

Överföring av sidokrafter genom bjälklags skivverkan till vertikala avstyvande väggar blir beroende av skivornas styvhet. Figur 3.4 visar hur styv skiva för krafterna utåt och flexibel skiva (diaphragm) ger mera kraft på mittre avstyvningsväggen. Exempel på styvhetsgrader:

Styv:	platsgjuten betong
Halvstyv:	elementbjälklag med pågjutning
Halvflexibel:	träbjälklag med väl fästade plywoodskivor
Flexibel:	mindre hopfogade träbjälklag, skruvfästad profilerad plåt på balkar.

ÖVRIGT (annat än stommen) MED STOR BETYDELSE FÖR PERSONSKADOR

Kollaps av utgångsväg eller trapphusväggar

"Om utgångskorridorer eller trappor är omgivna av spröda, oarmerade murade vägghälften, kan dessa bli svårt spräckta vid en häftig jordbävning, särskilt sådana väggar som är tätt omslutna av den bärande stommen. Ibland förefaller de till och med att explodera". Ett våldsamt brottförlopp, speciellt när jordbävningskrafterna är parallella med väggen. Om väggarna är väl armerade erhålls en "korgeffekt", som kraftigt reducerar skaderisken.

Vad som sagts om oarmerat och armerat murverk är också tillämpligt på oarmerade och armerade betongväggar.

Lättväggar på metallstomme brister vanligtvis inte på något farligt sätt.

Glasytor

Skador vid jordbävningar inträffar huvudsakligen vid krafter i rutornas plan, speciellt då spelen är små (ex. snedställning av stommen 25 mm per våning skulle vid halvåningshöga fönster kräva 12 mm spel).

Vid vind kommer brotten (mest) av krafter normala mot rutorna.

Ornamenteringar

Tunga sådana kräver mycket kraftiga infästningar. Farliga inomhus och utomhus om gångvägar eller gator finns under.

Gasledning

Avstängning väsentlig. Självstängande finns. Utifrån åtkomliga huvudkranar förekommer.

Nedfallande tak

Undertak bör ha diagonalslag förutom vertikala pendlar samt överstyrka.

Belysningsarmaturer

Finns rekommendationer, jämför för övrigt ornamenteringar.

VIND

Utgår från vindhastighetsbestämningar på 10 meters höjd.

Ger horisontallaster och lyftkrafter, regionsvis bestämda.

Lasterna beror vidare av följande faktorer, som protokollförs:

Exponering (omgivning etc.)

Höjd

Grad av täthet

Vikt och förankring

Formfaktor

Speciella risker kommer av krossade fönster, vindförda "projektiler", lossnade fasadelement och taktäckningar etc. Lanterniner är hårt utsatta. Singeltäckning på tak kan komma på drift.

Tornados har sin värsta verkan genom lyftkrafter.

Lyftkrafter över 1 ton/m² har förekommit.

Små lätta byggnader (och husvagnar) är mest illa ute.

Normer förekommer endast beträffande kärnkraftverk.

I övrigt anses det för dyrt att åstadkomma full säkerhet mot tornados.

Att det inte finns bråte inom 400 å 500 meters avstånd kan minska

riskerna för en större byggnad. Men man måste räkna med att även

bilar kan skada byggnader om de ramlar ner från ovan.

Säkrast mot T, enligt värderingsskalan, är lådformiga byggnader med $l/b < 2$ och $h/b < 2$ av armerat murverk eller armerad platsgjuten betong samt med högst 15 % öppningar i tak och väggar.

Ett plus för varje byggnad är existensen av ett källarutrymme av skyddsrumskvalitet (starkt, torrt och utan farligheter vägg i vägg).

SAMMANFATTANDE "RANKNING" (F sid. 3 - 27)

Data från FMA-1, FMA-2 och FMC-1 noteras på FME för bestämning av KAPACITETSMÅTT (Capacity Ratios).

FME-formuläret har utseende enligt nedan.

G.R. anger stomtyp

S.R.1 uttrycker symmetri, antal stabiliserande element, kondition

S.R.2 anger den sämsta av styvheten/fogförbindningar/plattinramande armering (chords).

	General Rating G.R.	Sub Rating S.R.1 S.R.2		Basic Structural Rating	Capacity Ratio
JORDBÄVNING					
VIND					

$$B.S.R. = \frac{1}{3} (G.R. + 2 \text{ ggr den största av S.R.1 och S.R.2})$$

$$C.R. = B.S.R. / \text{Intensity Level Factor.}$$

Intensity Level Factor erhålls för jordbävningar enligt nedanstående tabell.

Modifierad Mercalli-skala	Intensity Level Factor
VIII eller mer	1
VII	2
VI	3
V eller mindre	4

För vind räknar man fram C.R. med hjälp av blankett FMC-1.

Med värdena på Capacity Ratio, C.R., menas:

C.R. < 1,0	Byggnadens egenskaper	GOOD
1 < C.R. < 1,4	"-	FAIR
1,5 < C.R. < 2,0	"-	POOR
C.R. > 2,0	"-	VERY POOR

3.3 APPROXIMATIV ANALYTISK METOD = (2)

För utförande krävs detaljerade planer och kännedom om eventuell utförda ändringar.

Grundläggningsbeskrivning bör ingå.

Även om denna metod inte är någon fullständig dynamisk analys, kan man dra nytta av uppgifter om svängningstider för olika toner. (Distribution av krafter i höjded är väsentligen triangulär. Vad avser skärkraften läggs ibland ett riskvärde till, angripande längst upp i byggnaden. Se vidare respektive bestämmelser.)

Eventuella koncistensförändringar i grunden beroende på markrörelserna beaktas icke i denna modell.

Tröghetskrafternas fördelning till skjuvväggar (motsvarande) via skivverkan i bjälklagen noteras.

Definition av rigid, flexibel etc.

Vidare behandlas torsion (på grund av excentricitet), deformationsbegränsningar m.m.

Bestämning av KRITISKT ELEMENT.

"Det kraftupptagande element, som har den högsta spänningen jämfört med tillåtna spänningar, är ett kritiskt element som måste beaktas vid utvärdering av stomsystemet. -- om det brister, skulle detta allvarligt reducera förmågan hos byggnaden i stort att motstå horisontalkrafter".

Effekten av ett sviktande kritiskt element blir olika i olika system.

I en skjuvvägg kan en av höga spänningar utlöst stukning kanske enbart medföra att krafterna fördelas på andra, tillräckligt starka element. Om däremot en av fyra pelare sviktar kan resultatet bli kollaps, vilket måste beaktas vid dimensionering av en sådan pelare och dess förbindningar.

Kritiska spänningsfaktorn f_e/f_a , d.v.s. spänning för att motstå jordbävning genom tillåten spänning, ger en bild av påfrestningsnivån och säkerheten i en byggnad vid seismisk påverkan.

Speciellt för VINDLASTER.

För höga byggnader där höjden överstiger 5 ggr det minsta av planmåttan kan en dynamisk kalkyl vara nödvändig (högghuset i Stockholms City har H/B mindre än 5).

Vad gäller tornados är det (när dimensionering är aktuell, som vid kärnkraftverk) nödvändigt att bl.a. kolla hela byggnadens vikt/förankring, samt speciellt tak, portar, fönster och utbyggnader.

3.4 DETALJERAD ANALYSMETOD = (3)

Tar hänsyn till

- yttre lastnivå.

Definierar

- strukturmodell och responsberäkning.

Bestämmer

- potentiell skada.

Strukturtyper i programmet: Stålstommar med och utan diagonaler
Betongskivor och skivor + ramar
Bärande väggar
Storspannstak.

Åtskilligt utrymme ägnas definition av och sannolikhet för uppträdande av olika jordbävning rörelser. Även vindlasterna ägnas stort utrymme (allt gäller USA).

Detaljerad strukturmodell principbeskrivs med styvhetsmatris, svängningstal m.m.

Responsberäkningar. Förstoringsfaktor är beroende av dämpning i hög grad. Responsspektrum, stomskador, övriga skador (inklusive fönsterbrott). Flera sidor med tabeller behövs för att definiera olika kvalitets-egenskaper.

Allmänt intryck: En blandning av dataverktyg och åsikter vilken erinrar om "fältmetoden".

Den sämre överblicken här gör att vinsten med den detaljerade metoden inte är så alldeles säker.

Den detaljerade analysmetoden liksom de tidigare två metoderna illustreras med beräkningsexempel varvid dock den detaljerade metoden är "gråare" redovisad. Datautskriften är sålunda inte speciellt lättillgängliga.

Den 65 mm tjocka kvarto-boken (med utskrifter på bladens båda sidor) avslutas med en 15 mm tjock tabellutskrift "Seismicity for the Continental United States, Alaska and Hawaii" med angivelser om rutnummer, longitud, latitud, model seismicity baserad på historiska data, standard deviation baserad på historiska data, effektivt centrumavstånd till källan för representativ jordbävning med Richter-magnituden M , N , beskriven så att $1/N$ motsvarar tidsavståndet mellan två jordbävningar av intensiteten minst M . Värden för centrumavstånd och N är angivna med vardera 3 komponenter. Sambandet $10 \log N = A - bM$ gäller. (A betecknar "Engineering Seismicity" se vidare sid. 3 - 73, N är antalet händelser per år större än eller lika med M , b är en distributionskonstant satt = 0,9.)

GEOFF SCOTT:

BUILDING DISASTERS AND FAILURES

The Construction Press, Lancaster, 1976.

Boken är en imponerande dokumentation av grundmaterial och kommentarer rörande byggnadsskador. Den är skriven med engagemang och stor erfarenhetsbakgrund. Den ger ett kompletterande perspektiv till de frågor som behandlas i den svenska BFR-rapporten från 1974 om Byggnaders beteende vid överpåverkningar.

BUILDING DISASTERS

En förvånande stor samling exempel hämtade från de senaste åren och enbart från England. Intressanta bilder med effektiv men tämligen kortfattad text. Värld att studera i sin helhet.

Rubriker:

Ronan Point, Newham	1968
Milford Haven Bridge	1970
Camden School for Girls	1973
Leicester University	1973
Sir John Cass's Secondary School	1974
Fixborough Chemical Plant	1974
Clasp System Buildings	1973, 1974, 1975
Kent University	1974
Ilford County High School	1974
Canon Palmer School	1974
Forest Gate School	1974
Dronfield Sports Complex	1974
Cadbury Schweppes Factories	1974
Harbour View, Cardiff	1975
Clarkston Shopping Centre	1971
Ferrybridge Cooling Towers	1965
Ayrshire Cooling Towers	1966
Queen's Building, London Airport	1973
Wycombe Sports Centre	1974
Teyfants Infants School, Bristol	1974
Department Store, Ramsgate	1974
Aldershot Barracks	1963
Summerland Leisure Centre, Isle of Man	1973

BUILDING FAILURES

() avser sidnummer.

- Bland exemplen på 'misslyckanden' (failures) finns förutom ovan nämnda exempel på aluminatcementens obeständighet också exempel på tegelstensmurars bräcklighet, i ett fall har de inte tålt att man lutat sig mot dem. (48)
- Felaktigheter på ännu icke öppnade skolor omnämns också. (49)
- Kalciumklorid och snabb rostning omnämns flera gånger. Vidare onaturligt stora krympsprickor (räknesticka ryms i fönsteröppning mellan karm och vägg).
- Läckande tak på grund av icke fungerande tätfilm ovanpå en polystyrenisolering.
- Spannmålssilon med sprickor på hela höjden. (53)
- Utstötning vid pelarhuvuden i parkeringshus, isolationsfel. (53)
- Felplacering av armering som sprickanledning. (54)
- Marksjunkningar (soil subsidence), sättningar (settlements) ovanför tunnelbanan ("30 meter under") också i London. (55-56)
- Kompletterande förstärkningar för vindkrafter nödvändiga. (56)
- Träkarmar direkt mot tegelväggar har spräckt (distorted) 5 hyreshus. (57)
- Svällande lerskiffer (shale) i "grundläggningen" förstör villor. (57)
- Fuktproblem i stålstommehus med aluminiumfönster, bl.a. beroende på specialritade fönster med rundade hörn. (58)
- Hyresgäster i höghus som har skäl vara missnöjda med konsulter: Utflyttning 1968/69 för "Ronan Point-förstärkningar" med stålbalkar.
Utflyttning 1975 för HAC (High Aluminate Cement)-kontroll.
Huset byggt 1958.
- Hyresgäster i höghus uppskrämda av ökande sprickor. (59)
- Betongbitar med 2" à 3" sida faller från platthörnen i 18-våningsbyggnad - även fuktskador. (60)
- Betongförstöring och rostande stål i 26-våningsbyggnad. (61)
- Sviktande plant tak med ökad vattenlast på grund av nedböjningen. (63)
- Träbjälkar böjer ner 100 mm efter mindre än 10 år. (64)
- "Sjuk" bro (ailing) som "aldrig" blir färdig. Betong spricker. Vattencementtal och cementmängd har varit större än enligt ritning. (66)

- HAC i överbyggnad på gammal bro med sandstensbågar illa sönderfallen. (67)
- Problem med betonggolv och träullsplattor i 11-våningsbyggnad. Byggnaden utrymd, golven otillräcklig bärförmåga. (70)
- "Sign of distress" HOW SAFE IS SAFE?
- Sprickor i CENTRE POINT. (77-78)
- Många exempel på att "dekorativ mosaik" ger bekymmer.
- Broliknande huskonstruktioner spricker. (80-83)
- ANLEDNINGAR TILL SKADORNA
- Aluminatcement
- Än så länge knappast möjligt att ge "permanent clearance" i något fall. (90)
En kommitté som satt på deltid och ad hoc basis (till detta enbart).
- "I can build you this lovely building, but I cannot guarantee it isn't going to collapse in ten or twenty years time." (92)
- "The gap between the man on the drawing board and the site operative is so wide as to be unbelievable and this is one of the contributory factors to the many incidents of structural failure now occurring on a nationwide scale." (93)
- "We don't know and we don't want to know." (93)
- Kalciumklorid
- Kan vara mycket farligt. Problemet är att de olämpligt stora doserna kan vara tillfälliga och svåra att testa fram. (94-95)
Korrosionen behöver inte vara synlig på ytan.
- Brandverkningar
- Värre i moderna, förfabricerade byggnader än i traditionella. Specialmaterial som plast, tunna, lätta konstruktionsdelar. (95)
- Plywood lådbalkar
- Känsliga för fukt. (96)

Trällsplattor

Använda som gjutform. Döljer gjutfel. Händer ofta att armeringen ovanför ligger oskyddad och utan samverkan med betongen. (97)

Otillräckligt betongtäcksikt

Äventyrar speciellt spännarmeringens funktion. Riskabelt med avskalning = projektiler från höga byggnader. (98)

Sättningar hos grunden

Påkänningarna ökar vid höga byggnader. (98-99)
Se upp även med betongpålar. Exempel på hur undermåliga sådana har gett sättningar och andra bekymmer.

Frost och snö

Beakta både under bygget och vad gäller underhåll.

Fallande murverk/fasadbeklädnader

Observera möjligheten att inspektera. Observera risk med stora fallhöjder.

Dåligt arbetsutförande

Ökande spann mellan sofistikerade konstruktioner och bristfälligt utförande, "how quick, how cheap". Fusk, opraktiska detaljer.

Nya metoder och material

Se till att erfarenheter finns genom adekvata försök. (104)

Kondens

Särskilt farligt vid känsliga material som aluminatcement. Kombination med frost ger risk för snabbt sönderfall och förankringsbrott. (105)

Vindkrafter

Kan vara olika och med resonans.

Överbelastade bjälklag

Papper och datamaskiner väger mycket (jämför Nordisk ADB). (106)

Otillräckliga upplag

Konstruktörens ansvar i första hand.

Gasexplosioner

På löpande band.

ANLEDNINGAR TILL NUVARANDE SITUATION

Yrkesskickligheten minskar (110)

(Är det så i Sverige också?)

Professionell praktisk träning minskar

"Vi behöver ledare, inte teknokrater."

Gap mellan teori (design) och tillämpning. (111)

Bestämmelserna inte tillämpliga för samtliga (112)

Normerna svåra att förstå

Platsbesöken/inspektionerna är förhandsanmälda (113)

Underhållsbehovet är inte klargjort

Slappa kompetenskrav

Viktigt att stomme och grundläggning görs av kompetenta.

Korruption förekommer på vissa håll (114)

NÅGRA FRÅGOR SOM BEHÖVER BESVARAS

Vad händer om en hög byggnad kollapsar i City? (116)

När kommer vi att ta brandriskerna på allvar?

Fastpristotalentreprenader?

Hur mycket spännbetong?

Hur river man betongbyggnader? Speciellt sådana med spännkablar?
En effektiv registrering och märkning av speciella konstruktioner rekommenderas.

Vem betalar byggmisslyckanden?

Ömnar speciellt för egnahemsägare som köpt i "säljarens marknad".
Påpekar fastighetsförsäljaren vilka astronomiska kostnader det rör sig om?
Staten ligger lågt, GLC (Storlondon) ligger illa till.

Vem betalar katastroferna?

Försäkringsbolagen har skäl att se över hela sin policy i detta avseende.

HANDLINGSPROGRAM FÖR FRAMTIDEN

- ett flerfrontsprogram nödvändigt -

Myndighetsåtgärder:

(124)

a) Utredning om inställning till "icke konventionellt byggande".
Undersökning av "uppförande och ansvar hos i byggprocessen deltagande (conduct)

b) Byggnadsindustrin från A till Ö

c) Arkivering på mikrofilm av alla byggnaders konstruktion, dessutom uppgifter i övrigt om funktion, underhåll etc. ingående i handlingarna vid varje överlåtelse för alla större byggnader.

Bestämmelser inklusive för brand.

Samlade, överskådliga och vid behov retroaktiva.

Stimulera integrering (av ansvar) och samarbete inom byggandet.

Trassligt med alla olika sorters yrken (trades) med delat ansvar.

Organiserat internationellt utbyte - internationell byggfelskommitté.

Återkommande (effektiv) byggbesiktning.

Tillståndet i betongbyggnader med hänsyn till aluminatcement.

(126)

Förbud mot suspekta material som HAC, calciumklorid etc.

Strängare kontroll av "paketentreprenader".

Fuktproblem ovanför täta undertak (riskerar takbärningen).

Rivning: konstruktionsunderlag, se upp med spännbetong. Anvisningar.

(127)

Underhåll: utbilda underhålls- och inspektionsingenjörer.

Praktisk träning: organisera "praktik", krav i bestämmelser.

Utbildning i materialkänedom av på arbetsplatsen verksamma.

"Lärlingsträning".

Aktualisera begreppet "Kriminell försummelse".

(128)

Anpassa försäkrings-policy.

Varning för mellanhandsentreprenörer. Öka kompetenskraven.

EPILOG

Rasen går fort (några sekunder till några minuter).

Förbättra situationen kan ta 10 à 20 år.

Men skäl att starta omedelbart och effektivt "before the integrity of the once great British construction industry is destroyed for ever?"

Det är en "act of God" att byggnadsrasen hittills krävt så få döds-offer men vår goda tur kan inte vara hur länge som helst.

(Min kommentar: En realistisk analys på den punkten skulle ha den största betydelse.

Själv tror jag att den kommer att erhållas först när försäkringsbolagen lagt upp en adekvat datasamling. De tursamma tillbudena kommer även då att döljas av arbetsplatserna, men det borde inte göra något eftersom det kunde vara de betydelsefulla skadorna som räknas. Jag tror fortfarande att skadorna av olämplig stombyggnad, som uppträder vid bränder är nr 1. Men en realistisk statistik är det enda som kan ge svar på detta och annat.)

APPENDIX 1 L. Clark. Structural Failure and the Engineer

Påpekar att "senior men", som för länge sedan glömt bort hur man konstruerar, sätts in i kommittéer och finner ut någon ursäkt och påpekar att det inte fanns någon adekvat anvisning för de aktuella "diabolic design features",

Om det inte finns någon relevant kod för ett visst byggnadssätt skulle det byggnadssättet inte användas såvida inte konstruktören i fråga tar fullt ansvar. Hur gjorde man förr, när det inte fanns någon kod? "Koder utformas endast när behovet uppstår på grund av det upprepade användandet av liknande material, de är inte 'gör det själv'-handböcker för den oerfarne."

"Ingen dator säger någonsin 'Herr konstruktör, Ni har inte valt tillräckligt högt vindtryck' eller 'Ni har inte lagt på tillräckligt mycket för korrosion'. Det är en människas omdöme, vilket kommer från praktiska tillämpningar av hans teorier, som är garantin för en säker och tillfredsställande konstruktion."

"Situationen förbättras inte, den blir värre för varje år och återspeglas i de ständigt ökade försäkringspremierna för olika former av skydd."

"För inte så många år sedan kunde det hända att en ingenjör vars bro rasat köpte en billig revolver eller kastade sig från den närmaste bro som fortfarande bar. Idag ringer han helt enkelt till närmaste försäkringsbolag och sätter glatt igång med nästa uppgift, han tycks till och med trivas. Men det var tider då man fick träning hos någon erfaren man efter sin examen och blev 'så bra som sin chef'. Idag släpps unga män lösa på stora konstruktionsuppgifter så fort de fått sin examen."

Författaren påpekar betydelsen av erfarenheter och förmåga att dra slutsatser för utformnings- och konstruktionsprocessen. Det gäller att utveckla en känsla för var gränsen för säker byggnad går.

"Alltför ofta är redogörelserna från inträffade olyckor ofullständiga eller ensidiga, vilket omöjliggör för andra att undvika motsvarande fällor." "Säg sanningen, även om det svider."

APPENDIX 3 Some Overseas Disasters and Failures

Som en motvikt mot alla de engelska exemplen återges ett urval av på andra håll skedda olyckor, ett flertal hämtade från "Engineering News Record", samtliga kortfattade.

Noteras kan bl.a. en stor mängd broras samt glasolyckor. Hancock Tower, Boston, och Sears Tower, Chicago. På slutet återges ett antal av de fall som vi redovisat i BFR-rapporten 1974.

(161)

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 761093-6 från
Statens råd för byggnadsforskning till Bergkonsult — Sven Tyrén AB,
Stockholm

STATENS RÅD FÖR BYGGNADSFORSKNING
BYGGMATERIALER
BYGGTEKNIK
BYGGKONSTRUKTION

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FÖR VÄG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

Art.nr: 6600684
Abonnemangsgrupp:
Z. Konstruktioner och material

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm

Cirkapris: 20 kr + moms

R84: 1977

ISBN 91-540-2782-9
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm