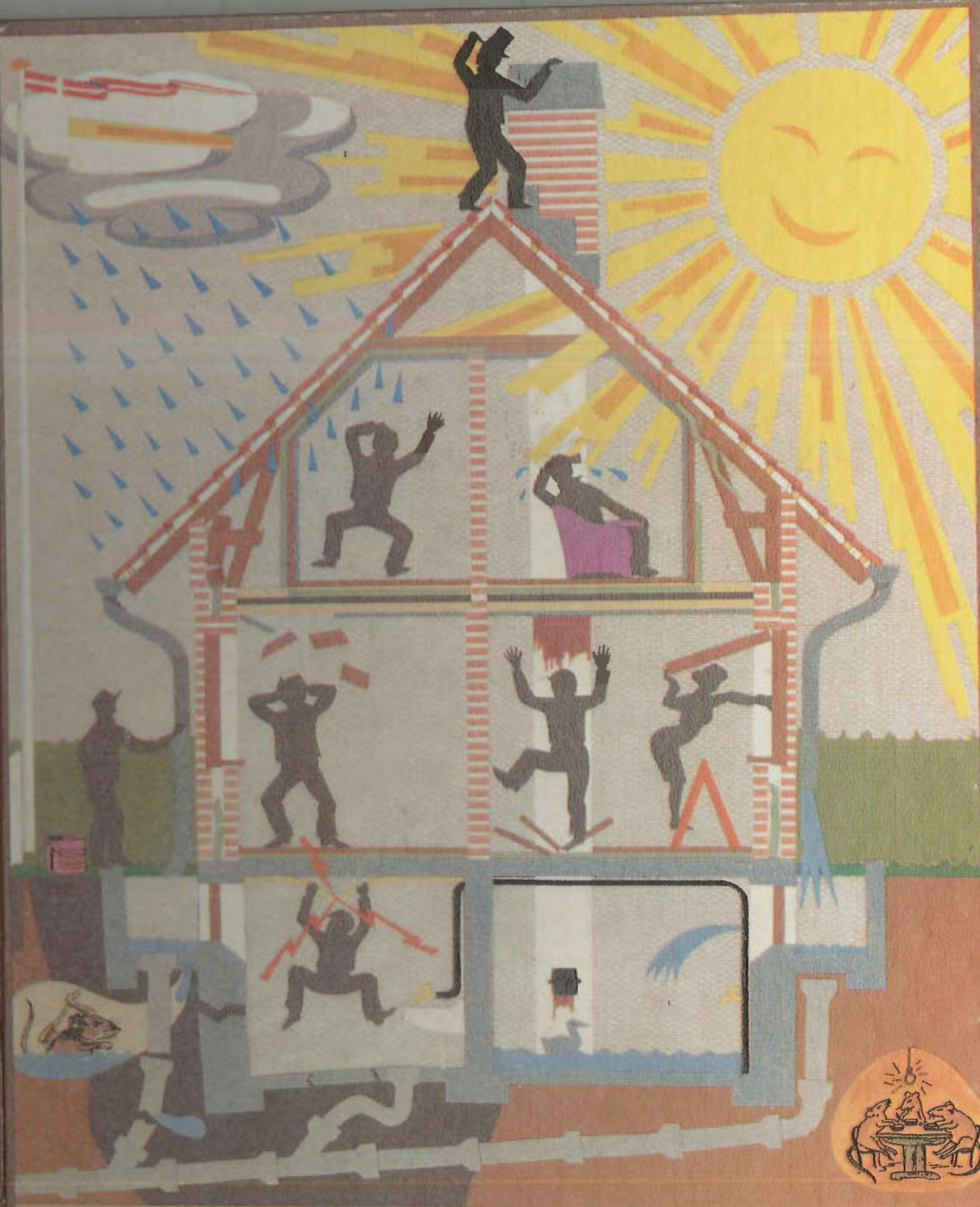
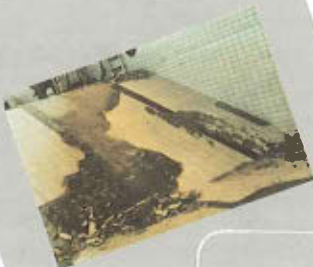


BYGGEFEJLREGISTRET 7



Supplerende viden, tegninger og billeder bedes venligst sendt til: **DEBATOPLÆG**
BYGGEFEJLREGISTRET / stadsarkitekt Borge T. Lorentzen, Rødovre.

Eksempelsamling til debat



TIL BYGGERIETS PARTER

Formålet

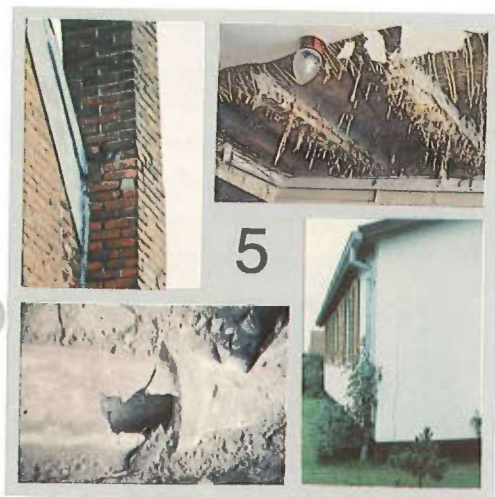
med denne eksempelsamling og de til undervisning tilhørende lysbilleder er blandt andet at stimulere og udvide iagttagelses- evnen over for byggefejl, samt at gøre det nemmere for lærerkræfterne at aktualisere undervisningen, således at der ved projek- tering og opførelse af kommende bygninger tages hensyn hertil, hvorved

Byggeriets standard højes

Indholdsfortegnelse

Orientering – indledning – forord

Kældre – krybekældre	7.4–7
Kældervægge af fundamentsbloksten – fundering	7.8–9
Revnedannelse i facader – ubedring af revner	7.10–14
Samling af facadeelementer af beton	7.15
Montagebyggeri – fuger – fugematerialer	7.16–17
Manglende eftersyn og vedligeholdelse af fuger	7.18–19
Fuge mellem mur og beton	7.20–22
Montagebyggeri – kuldebro-fugtproblemer	7.23–25
Traditionel jernbeton i 8 etager højhus – afskalninger	7.26
Forankring af vinduespartier	7.27
Skalmursforankring	7.28
Armeringsjern for tæt ved overfladen – rustdannelse	7.29–30
Armeringsjern – sålbænk	7.31–32
Misfarvninger	7.33
Manglende udluftning – kuldebro – kondensvand	7.34
Sålbænk – fugt i vinduesbrystninger – misfarvning	7.35
Ufuldstændig vandnæse	7.36
Misfarvning – forkert udformning – vejrligets indflydelse	7.37–41
Altangangshuse – placering	7.42
Altandæk – altanbrystninger – vandskader – rustskader	7.43–45
Præfabrikerede altandæk	7.46
Trapper og altanbrystninger	7.47
Altanbetonelementer i 8 etager højhus	7.48
Armering i altanbrystninger og altanplader	7.49–51
Armering for tæt ved overfladen – altandæk	7.52
Altaner med udliggerjern	7.52–55
Tagterrasse – utæt fugtmembran	7.56
Fliser dårlig støbning	7.57
Udvendige trapper – frostskafer – rotteangreb	7.58–59
Nedstyrtningsskakte	7.60
Utæt skærmtag over benzintank	7.61
Svømmehaller – svømmebassiner	7.62–68
Vinterbyggeri – frostskafer – hævnings – sætninger	7.69–71
Eftersyn af beton – undersøgelse af beton – måleinstrumenter	7.71b–7.72
Generelle betragtninger	7.73
Kemiske angreb: karbonatisering – kloridindtrængning – aggressive stoffer alkaliskreaktioner – udludning – rustangreb, korrosion	7.73b–7.82
Fysiske angreb: frostangreb – termospændinger – udtørring – mekanisk slid	7.83–87
Biologiske angreb: lav, mos, alger – bakterier, svampe – planter – rotter	7.87a
Tæt beton – vandtæt belægning – måleinstrument indstøbt forkert	7.88
Vibrering – vibreringsanvisning	7.89–91
Støbesår p.g.a. for tæt armering	7.92
Kongreshallen i Berlin »Den gravide østers«	7.93–96
Byggematerialers dimensionsændringer	7.97–98
Byggeriets ansvarsforhold – byggejura – byggelov	7.99–104



Gode materialer skal anvendes rigtigt såvel ved projektering som ved fremstilling og anvendelse

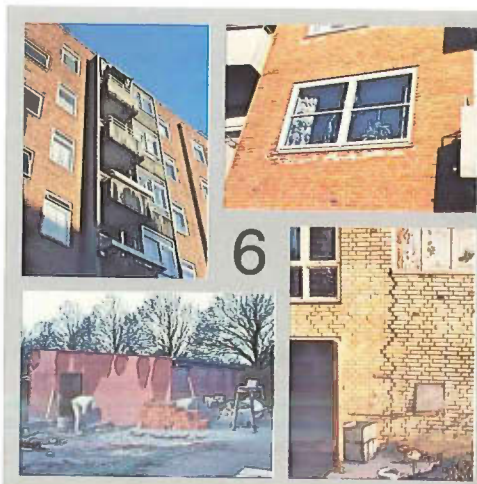
Da dette debathæfte er en opsamling af konstaterede og registrerede fejl og deraf følgende skader, er et negativt præg uundgåeligt. Dette må tilsidesættes med tanke på det positive i

at lære af fejl for derved at undgå dem



Orientering

De tidligere udkomne debathæfter nr. 5 og 6 – omhandler henholdsvis svampe- og skadedyrsangreb og årsagen hertil – og murkonstruktioner m.v. Serierne 1 til 4 er udgået.



Det er menneskeligt at fejle, men det er dumt at gentage fejlen.

Derfor er der i den udstrækning, det har været muligt, som et led i en fortsat debat angivet, hvordan betonfejl og -skader undgås.

Det er muligt at producere betonbygninger, som er modstandsdygtige overfor vejrliget,

når beregningerne og formgivning – også med hensyn til detaljer – ligesom produktion og arbejde på byggepladsen udføres med omhu.

Det bemærkes, at de projekterende ved hensigtsmæssig formgivning, kan medvirke til en mindre byggeudgift uden brugsmæssige eller vedligeholdelsesmæssige forringelser.

Indledning

Bygningsinspektørens arbejde er, som medarbejder i byggeriets tjeneste, bl.a. at sørge for, at byggeoven og bygningsreglementets bestemmelser overholdes, også for så vidt angår de fejltagelser og fejl, der kan opstå i forbindelse hermed.

Dette arbejde, der meget nemt kan få et negativt præg, er for mig vendt til noget positivt i kraft af, at jeg gennem en lang år-række har registreret de fejl, jeg har mødt på min vej suppleret af kollegers erfaringer. På et tidspunkt var materialet så omfattende, at jeg fandt, at det måtte stilles til rådighed for undervisningen som debatoplæg med tilhørende lysbilleder.

Byggeriets standard højnes.

Debathæftet er udført som løsbladesystem, så senere forbedringer og udvidelser kan sættes ind og på denne måde tilføjes billedserierne. Ideer, og endnu bedre, færdige eksempler med farvebilleder, er ligesom kommentarer til nærværende tekst og billedmateriale, yderst velkomne. Selvsagt må man undgå at nævne eller vise, hvem der har projekteret eller udført den pågældende fejl. Formålet er alene at undgå gentagelse ved kommende byggeri.

Til sagens gennemførelse kan De således bidrage til opbygningen af et fyldigt materiale ved at meddele mig, hvor karakteristiske eksempler på byggefejl forekommer, eller selv fotografere disse og sende billederne til mig med en forklarende tekst. Teksten til hvert lysbillede er retningsgivende og kan sikkert udvides og forbedres af de undervisende lærerkræfter.

Måske kan arbejdet gøres mere levende, f.eks. ved at tilrettelægge opgaver til eleverne i forbindelse med det foreliggende materiale. Sådanne forslag er også velkomne.

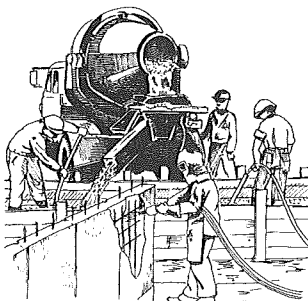
En stor del af byggeriets arbejdskraft beskæftiges ved reparationsarbejde

Ved et samarbejde mellem byggeinteresse-rede vil en række af de hyppigst forekommende bygningstekniske fejl, som betyder et unødigt spild og vanskeliggør og fordyrer vedligeholdelsen af boligmassen, kunne undgås.

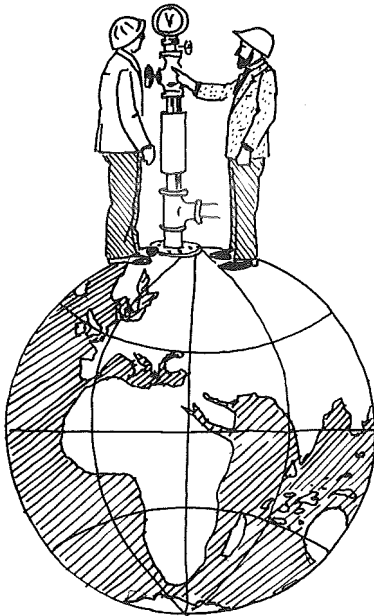
En forbedring og rationalisering af byggeriet er ikke blot et spørgsmål om indførelse af nye byggemetoder og materialer, men lige så fuldt et spørgsmål om den mest hensigtsmæssige anvendelse af de allerede kendte.

Det er min opfattelse, at tiden nu mere end nogensinde stiller krav til hver enkelt medarbejder indenfor byggeriet, ikke mindst i kraft af ændrede byggemetoder og nye materialer. De senere års meget omfattende byggeskader har understreget dette. Derfor har jeg på opfordring af byggeriets parter mangfoldiggjort mine manuskripter, hvor alle indkomne debatindlæg i den udstrækning økonomi m.v. tillader det, vil blive sendt til indehavere af Debathæfter. Send navn og adresse til Byggefejlregistret. Det er tanken i stedet for at vente med udgivelsen til de sidste ord er sagt om hver fejl – hvis dette nogensinde sker – at udgive hæfterne i dag, for derved undgås måske fejl i morgen.

EFTERUDDANNELSE



Her skal fremhæves den kendsgerning, at der i Danmark gennem mange år har været arbejdet med cementfremstilling af så fin standard, at produktet i dag eksporteres til store dele af verden. Når hertil kommer, at Danmark ligeledes eksporterer cementfabrikker til mange lande, vil det sige, at en trediedel af den cement, der anvendes i hele verden, bliver fremstillet på danske maskiner. Heri må ligge den inspiration, at et fremragende produkt må anvendes rigtigt. Danske byggefolk har gennem mange år været – og er stadig – i gang med bygge- og anlægsvirksomhed over hele kloden.



Byggefejlregistrets virke er påbegyndt i 1952.

Det første Debathæfte med tilhørende lysbilleder om beton blev udsendt i 1958. Dette hæfte har dannet udgangspunkt for de gennem årene og senest i dette Debathæfte nr. 7, tilføjede eksempler m.v.

Ved udarbejdelsen af dette hæfte har jeg velvilligst modtaget hjælp og støtte fra:

Forstander, murermester Poul Andersen,
leder af »Bygge og Anlæg«, Teknisk skole
Otto Christensen & Sørensen, civilingeniører
og entreprenører

Akademiingeniør Steen Christensen

Dansk Betonforening

Dansk Formandsforening

Entreprenørforeningen

Arkitekt m.a.a. Mogens Frisendahl

Arkitektskolen i Århus

Advokat dr.jur. Jørgen Hansen

Knud Højgaard's Fond

Arkitekt m.a.a. Boni Jensen

(SFB-systemet)

Civilingeniør Christian F.P. Justesen, CtO

Direktør, civilingeniør Hans Jørgen Larsen,

Statens Byggeforskningsinstitut

Civilingeniør F.I. Brink-Laursen,

Betonelementforeningen

Murersvendenes A/S

Civilingeniør P. Nepper-Christensen,

chef for CtO

Ingeniør Kjeld Almer Nielsen,

Entreprenørforeningen

Chefkonsulent Vagn Nielsen,

Brancheudvalget

Ingeniørdocent, civilingeniør Ervin Poulsen,

Danmarks Ingeniørakademi

Chefingeniør E.D. Præstegaard, K.B.I.

Ingeniør Knud Puckmann, TI

Reproteknisk Fagskole

Civilingeniør Bjørn Simonsen

Specialarbejderforbundet i Danmark

Teknologirådet

Aalborg Portland

Forord

Dette debathæfte nr. 7 om Fejl og skader ved betonkonstruktioner er en ny, værdifuld facet i Byggefejlregistrets virke. Udgivelsen markerer på en værdig måde arkitekt Børge T. Lorentzens 25 års utrættelige indsats under mottoet, at man skal lære af sine fejl – et motto, der mere end nogensinde er aktuel for de bygherrer, for de arkitekter og for de teknikere, der i dag har ansvaret for byggeri i beton.

At skabe et holdbart bygværk i beton kræver både viden – og erfaring. De senere år har på en brutal måde understreget dette sidste. Beton er ikke helt det problemfrie materiale, vi nok alle har troet. Som andre materialer skal det benyttes korrekt i vore bygværker, og det skal vedligeholdes under brug.

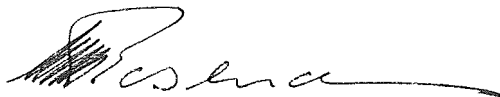
Når vi i dag – så at sige – tvinges til at gøre boet op efter de seneste årtiers udbygning på betonområdet, er det nødvendigt at drage læren af de fejl, der er begået. Kun herigen-nem kan erfaringer vendes til noget positivt. I denne selvransagelse er der et forhold der

træder frem med stadig større klarhed: alle implicerede parter har et medansvar for den opnåede kvalitet og holdbarhed af et bygværk i beton. Kimen til mange fejl og skader lægges allerede på tegnebordet under form-givningen og i den konstruktive anordning af bygværket. Andre skader skyldes fejl i udførelsen af betonarbejdet. Endelig har manglende forståelse for brug og vedligehold af det færdige bygværk givet anledning til en række skadesager. Arbejdet på at forbedre holdbarheden af vore betonbygværker er derfor – i egentligste forstand – et samarbejde.

– Dette samarbejde vil debathæftet om Fejl og skader ved betonkonstruktioner katalysere og befrugte gennem den værdifulde fond af bearbejdede erfaringer; derfor er dette initiativ så betydningsfuldt netop i disse år.

ATV-udvalget vedrørende betonbygværkers holdbarhed.

Gunnar P. Rosendahl, formand april 1983



ATV

Akademiet for de tekniske Videnskaber etableredes i 1937 med det formål at fremme den teknisk-videnskabelige forskning og anvendelsen af dens resultater til gavn for det danske samfund og dets erhverv.

BYGGEFEJLREGISTRET

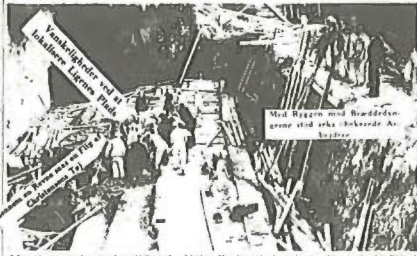
en skærm mod byggefejl



Kælderydermur af beton til underjordisk kedelbygning

Kæmpemur af Cement styrtet To Mand knust i Udgravning

Seks Arbejds-kammerater undgik med Nød og næppe at dele deres Skæbne, kun 1 Meter fra Døden



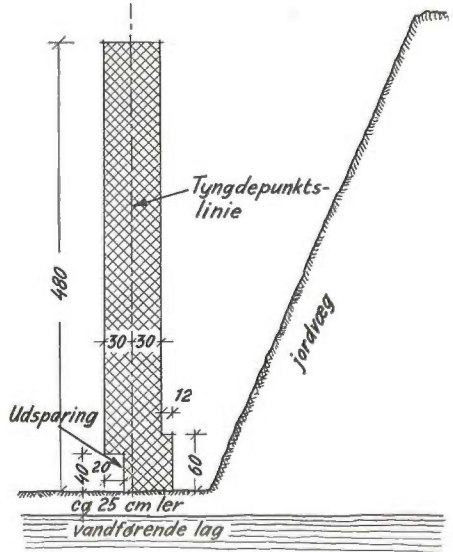
Udgravningen som den var af kæmpemuren efter faldet. Seks Arbejds-kammerater, der i retten var tiltalt, blev i Døden som Dødt.

DET var bare ved færdig på den 1. m. 1947 at den 4,8 m høje og 30 m lange Jern-Betonmur, der vejede ca. 150 Ton, som på Siden i sandet Fløede. De 6 Mand lykkedes det at komme af Vejen. De blev bundet.

Det var Lørdag den 1. m. 1947 at den 4,8 m høje og 30 m lange Jern-Betonmur, der vejede ca. 150 Ton, som på Siden i sandet Fløede. De 6 Mand lykkedes det at komme af Vejen. De blev bundet.

Det var Lørdag den 1. m. 1947 at den 4,8 m høje og 30 m lange Jern-Betonmur, der vejede ca. 150 Ton, som på Siden i sandet Fløede. De 6 Mand lykkedes det at komme af Vejen. De blev bundet.

Murermesteren To Mænd knust under
"tror den styrtende Mur"
Iordskælv



Der blev ved et større byggeføretagende støbt en 30 m lang, 4,8 m høj og 0,6 m tyk betonmur for en underjordisk kedelbygning. Denne lange mur blev støbt for sig selv, uden af tværmurene blev ført op, hvilket i sig selv var betænkeligt, men yderligere var der langs hele murens bundflade foretaget en 20 cm dyb udsparring i den ene side, så den 60 cm tykke vægts tyngdepunktslinie kun lå ca. 10 cm fra udsparringens bund. Udsparringen var sat af for at føre betongulvet ind i muren, og det havde været meningen, at gulvet skulle støbes først, således at muren i denne fals kunne hvile på det armerede gulv. Gulvet blev imidlertid ikke støbt først; muren blev undraget denne støtte.

Yderligere var man så letsindig at fjerne afstivningen for den indvendige forskalling uden at sørge for at holde muren på plads på anden måde, og få timer efter, at afstiv-

ningen var fjernet, væltede muren og knuste to mænd.

Som det fremgår af tegningen, var muren støbt på den bare jord, hvilket også var uheldigt. Endvidere burde bunden have været undersøgt. Ifølge DS 415, 2. udgave i Norm og fundering, skal alle fundamentsrender undersøges og bæreevneparametrene fastlægges.

Entreprenøren var sikker på, at muren var støbt på en særdeles hård lergrund. Undersøgelserne gav et andet resultat. Ved boringerne viste det sig, at der var ler øverst i udgravningen, men lige under det ikke ret tykke lag fandtes der en vandåre med kviksand og grus. Muren er ganske simpelt skredet i sandet, måske som følge af vibrationer fremkaldt af betonblandemaskinen ovenfor. Afforskallingsarbejdet kan måske også have gjort sit. Om dette skrev dagspresen:

Bygningsinspektør N.N. aflagde atter i går besøg på ulykkesstedet på X-vej, hvor de to arbejdere blev dræbt under cementmuren. Også kriminalpolitiassistent X med sine folk var derude. Mens politiet foretog afhøringer af supplerende art, undersøgte N.N. jordbundsforholdene på det sted, hvor muren havde stået.

Efter politiets ordre var alt på ulykkesstedet uforandret. Kæmpemuren lå urørt på bunden af udgravningen. N.N. lod foretage en række borer. Han noterede omhyggeligt de enkelte resultater.

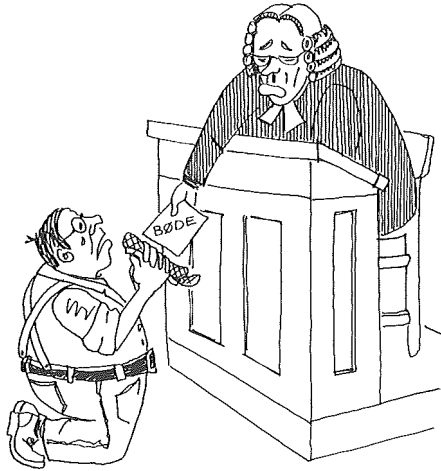
Det er ingen hemmelighed, at byggeautoriteterne blev meget forbavsedede, da de umiddelbart efter ulykken kom til stede og så den særlige teknik, der var anvendt ved murens rejsning. Muren var ganske simpelt støbt på den bare jord, ikke gravet så meget som en tomme ned til støtte. Heller ikke var der opført nogen vinkelmur, for så kunne ulykken ganske simpelt ikke være sket. Muren stod alene.

Murermester A og hans søn, der er ingeniør og konstruktør, havde åbenbart regnet med, at murens tykkelse, 73 cm, var tilstrækkelig til at holde kolossen, som vejede ca. 150 tons, på højkant. Man har været så sikker derpå, at man har ladet folk fjerne de indre forskallingsbrædder og ladet andre begynde med de ydre.

Byretten afgjorde sagen

Entreprenøren, der havde ledet arbejdet, blev gjort ansvarlig og blev ved byretten idømt 30 dages hæfte, som dog blev gjort betinget, idet det i dommen blev anført som undskyldning for ham, at den projekterende ingeniør ikke havde gjort ham opmærksom på, at konstruktionen kunne være farlig, til trods for, at ingeniøren var klar over, at muren blev opført, inden gulvet var lagt.

(Se i øvrigt sidste afsnit vedr. »Byggeriets ansvarsforhold«).



Man kan ikke frigøre sig for tanken om, at både entreprenøren og formanden burde have været klar over, at afstivningen af en så lang og så høj mur, der hvilede på en så lille bundflade, ikke kunne tages bort. Yderligere havde der som følge af forudgående regnvejr samlet sig noget vand i udgravningen, og ved arbejdet med afforskallingen var der sket en æltning af det opblødte ler ved kanten samtidig med, at der blev foretaget en oprensning af dette ler. Herved er bunden ved kanten blevet svækket, og kantrykket er blevet for stort – måske i forbindelse med nogen glidning i det glatte ler – og yderligere som følge af afforskallingen på den modsatte side.

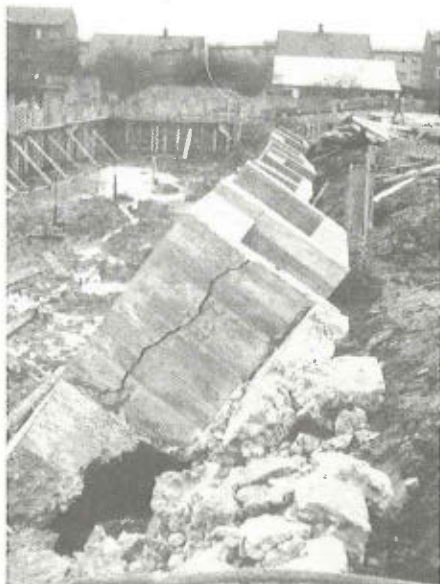
Det bemærkes, at selv en ringe sætning i kanten vil bevirke et mangedobbelt udslag foroven på den 4,8 m høje mur.



På 10 rækkehuse i samme blok lod man efter afforskaling kælderydermuren med lyskasser stå frit uden understøtning eller jordpåfyldning.

Resultatet blev, at kælderydermuren med lyskasser væltede; heldigvis uden for arbejdstiden, således at ingen kom til skade, men værdier gik tabt.

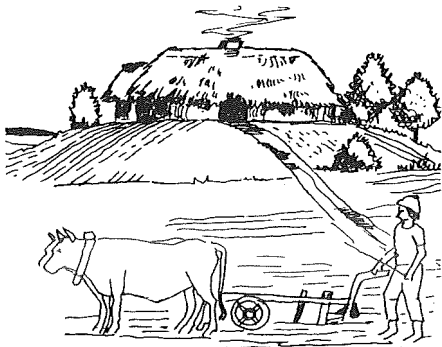
Foruden tabt arbejdstid og materiale ved støbning af den nu ødelagte kælderydermur medgik både tid og penge til arbejdskraft og kørsel ved fjernelse af denne, inden den nye kunne støbes.



Kældre - krybekældre

Fugt i kælder eller krybekælder – måske på grund af byggefejl – kan give anledning til et tilbageblik med det formål at undersøge, om sådanne skader altid er forekommet. Hvis dette er tilfældet, hvorfor er der så ikke taget forholdsregler herimod? Er nye byggeskikke med manglende viden eller eventuelt mangel på respekt for godt arbejde, som i det viste eksempel på de følgende sider, skyldt heri?

I gamle dage placeredes husene i almindelighed ikke i fugtige lavninger.



Byggeskader

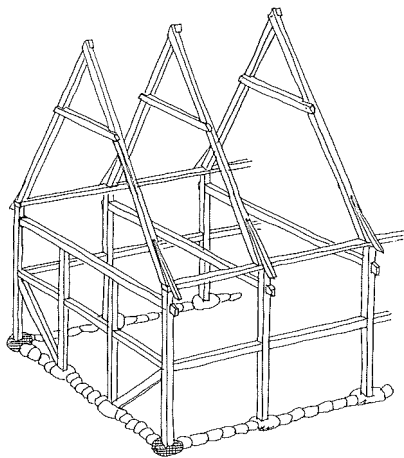
Som beskyttelse mod dyr, vind og ikke mindst kulde, blev huset tætnet med jord. På nordsiden var fugtskader fra jordvolden med efterfølgende svampeangreb almindeligt kendt, hvorfor hulrummet under bygningen blev ventileret.

Denne byggeform har holdt sig op gennem tiderne. Bygningsreglement 1982, kap. 7.4 stk. 2 har regler herfor. Vedr. rottesikring se 5.21. stk. 4 og 12.1. stk. 4.

Byggegrunden blev valgt med stor omhu,

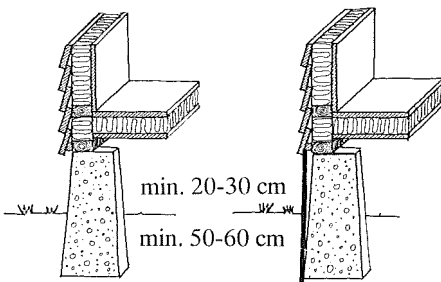
hvorved mange af de ulemper, der fremkommer, når stort set al jord anvendes til husbyggeri, blev undgået.

Huset blev opført af tømmer direkte på fire hjørneste.



Sommerhuse

For sommerhuse er bestemmelserne mere lempelige, således at man endnu ved enkle huse anvender stenen på marken, nu i form af betonstøbt sokkelsten, som underlag for bjælkelag og vægge.



Husk rottesikring

f.eks. med rottenet (galv. ståltrådsnet, maskevidde højst 1,2 mm og tråddykkelse mindst 0,7 mm eller med maskevidde højst 1,5 cm og tråddykkelse mindst 1 mm).

Skiferplade eller lign. kan også anvendes.

I alle tilfælde skal sikringen mindst være 50-60 cm under terræn og mindst 20-30 cm over terræn, dog altid op til underkant af fast konstruktion.

Krybekældre

Krybekældre med totalhøjde mellem 50 og 100 cm er almindelige. Når den projekterende her anbringer ventilationskanaler, afløbsrør og varm- og koldtvandsrør, må det være en menneskeret, at monteringen heraf, der tager mange timer, udføres inden dækelementerne monteres. Herved undgås alle de gener, der er forbundet med at arbejde under knebne – ofte fugtige og mørke forhold.

Kældre

I kraft af placering på højere beliggende steder har kælderfugt og skader på kælder-vægge ikke været almindelig.

Sådanne skader er opstået senere ved bl.a. bygnings placering uden hensyn til landskabsniveauet og ofte uden dræning.

Den ændrede og mere avancerede udnyttelse af kældre fra forrådsrum til brugsrum har medført større krav til vægge og gulve.

I de tidligere sundhedsvedtægter, der blev administreret af de folkevalgte sundhedskommissioner, var brugen af kældre væsentlig indskrænket. Dette forhold er ændret i kraft af bedre muligheder med hensyn til byggematerialer, konstruktioner og ventilationsforhold.

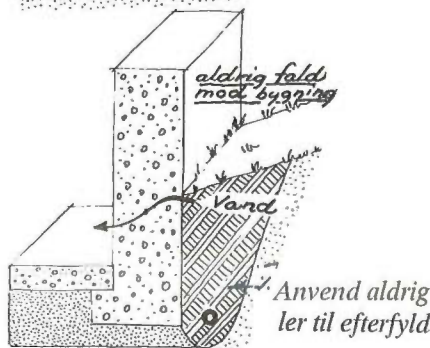
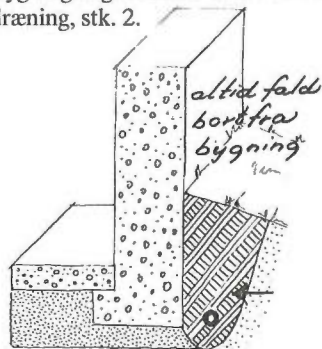
Nogle af de almindeligste årsager til fugtproblemer i kældre er:

- 1) Vandopsamlende fald mod kælderyder-væggen, der enten kan være lokalt, nærmest som en rendesten, eller med større arealer som tilløb, f.eks. hvis huset ligger på en bakke.

Der bør altid være fald bort fra huset

- 2) Efterfyldning med ler i de tilfælde, hvor der ikke er støbt direkte mod jord. Ler virker som et koldt omslag.

Bygningsreglementet 1982 7.2. stk. 1 vedr. dræning, stk. 2.



Efterfyld skal være udført med et drænende materiale

- 3) Forkert anbragte drænrør uden effektiv vandafledning eller måske afbrudte markdræn fra den tid, hvor byggegrunden indgik i landbrugs- eller gartnerarealer. (Se eksemplet i Debathæfte nr. 5, side 26-28, hvor fejlen har medført store byggeskader).

Omfangsdrænen er i mange tilfælde tilrådeligt og skal have tilslutning til brønd og kloak

- 4) Lufttæt belægning på kældergulvet, således at der i forbindelse med manglende kapilarbrydende lag under gulvet opstår fugtdannelse under belægningen.

Se CTO 6/07/1980 Gulve og slidlag af beton og BR 1982 kap. 7).

Fugt fra byggeprocessen

Byggefulgt skal fjernes, inden bygningens fulgtforhold kan bedømmes. Vand i beton er bundet på forskellig måde. En del har reageret kemisk med cement og er meget hårdt bundet. Kældergulv og -vægge indeholder derfor store mængder af byggefulgt. Der findes forskellige udtørningsmuligheder. Fra naturlig udtørring med gennemtræk til varmluftssystemer, hvor ventilation er nødvendig for at undgå for stor luftfugtighed i rummet. Og den knapt så kendte kondensationsmetode, der ikke kræver ventilation. Den fungerer efter kondensationsprincippet. Luftens vanddamp kondenserer inde i apparatet. Metoden fungerer bedst, når huset er helt lukket, f.eks. tefter arbejdstid, om natten eller i weekenden.

Denne metode kræver langt mindre energi end de almindelig kendte udtørningsmetoder. Tørretiden er ikke kortere end ved almindelige metoder.

Det er vigtigt, at udtørring af betongulve ikke sker for hurtigt. Dette vil bl.a. medføre svindrevner m.v.

Under støbning – spar på vandet.

Efter støbning – frås med vandet

Se afsnittet; Generelle betragtninger.
(Termorevner).

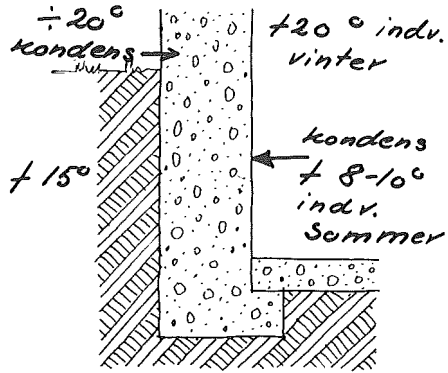
Kældervægge

Kældervægge er udsat for andre påvirkninger end vægge over jordoverfladen. De skal f.eks. holde til jord- og vandtryk. Dertil kommer kondensvandsproblemer.

Om vinteren kondenserer den opvarmede luft fra kælderen et eller andet sted i kældervæggen. Såfremt dette sker nær yderfladen, kan dele af kældervæggen frostsprænge. Om sommeren, hvor jorden uden om kælderen ofte er varmere end en uopvarmet kælder, vil der være kondensrisiko nær el-

ler på kældervæggenes inderside. Dette skal der tages hensyn til, f.eks. ved opsætning af vægbeklædning. Denne må kunne lade fugten passere.

Såfremt der anvendes vægbeklædning af træ, må der tages hensyn til, at træ udvider sig ved fugt.



KUMMER DER VAND I KÆLDEREN
SKYLDES DET MÅSKE EN BYGGEFEJL



BYGGEFEJL

Utæt kældervæg 1



Der er sjældent lejlighed til at konstatere årsagen til fugtpletter indvendig på kældervægge.

I følgende tilfælde, hvor der skulle indrettes garage i kælderen og derfor hugges hul til port i betonvæggen, viste det sig, at kælderfundamentet ikke var ført ned til kældergulvet.

Efter projektering under opførelse af huset, besluttede bygherren, at loftshøjden i kælderen skulle være større end angivet på de godkendte tegninger.

Kældergulvet blev sænket uden hensyn til de allerede støbte udvendige vægge.

Herved opstod mellemrummet mellem kældervægge og gulv, som det tydeligt vises på billedet med murskeen.

Murskean viser revnen mellem gulv og kældervæg.



Utæt kældervæg 2.



Dette nærbillede, der viser betonens sammensætning, er medtaget som eksempel på, hvor uforsvarligt støbearbejdet var udført.

Myndighederne har lejlighedsvis ved tilsyn på byggepladser konstateret, at der – efter godkendelse af fundamentskanaler – er blevet delvis opfyldt med jord inden støbningen.

Ved stikprøver i forbindelse med allerede støbte fundamenter har det vist sig, at dette i nogle tilfælde forekommer, hvorefter udgravning og understøbning er blevet påbudt.

Det er vigtigt, at det påses, at fundamentskanaler er fuldstændigt oprensede inden støbningen foretages.

Betonforskaling

Ved en dom blev en betonformand, en murerformand samt bygherren, der uden at have sagkundskab optrådte som murermester, dømt fordi en del betonstøbning var uforsvarligt udført og forskalningen taget for tidligt bort med det resultat, at der skete en nedstyrtning. (Se iverigt sidste afsnit vedr. »Byggeriets ansvarsforhold«).



Kælderydervægge af fundamentsbloksten

Ukyndig aktivitet koster penge



Anvendelsen af fundamentsblokke sker i en del tilfælde helt ukritisk. Det er umuligt at forestille sig, hvorledes dette fundament for en ydermur kan komme til at fungere som bærende og kraftoverførende led samt som en tæt kældervæg.

Arbejdet er ikke selvbyggerarbejde, men udført efter tilbud af en mand, der kaldte sig murermester. Kældervæggen kan aldrig blive tæt. Denne grove og helt uforsvarlige byggefejl vil følge huset, indtil en udvendigt opgravning og forstærkning af fundamentet foretages og en lodret membran og afvanding etableres.

Parkeringskælder

*Udvendig understøtning i
parkeringskælder*

Vederlag for bærende bjælke utilstrækkeligt. Betonen, der er støbt i en utilstrækkelig kvalitet, har ikke kunnet modstå vand-
fortsættes



mængderne fra den utætte samling. Betonens slemme fjende, »kong frost«, har fuldtendt ødelæggelserne, og disse vil yderligere tage til, når vandet trænger ind i de mange revner i bjælken, og armeringen vil ruste. Rust fylder normalt 5-10 gange så meget som det jern, der er gået i opløsning og sprænger derfor betonen af.

Beskyttelsessikringsrum - parkeringskælder

Støbefejl - kulilte - retssag

Manglende indvendig afstivning af ventilationskanaler - sammentrykning og tilstopning.

I forbindelse med en større sanerings- og nybygningsopgave opnåedes der ved forhandling med Civilforsvarsstyrelsen, at der under de kommende gårdarealer m.v. blev udført offentlige beskyttelsessrum for 900 personer, således at beskyttelsessrummene i fredstid kunne anvendes til parkeringsformål for 435 biler.

Dæk og ydermur blev nøje udført efter de krav, der måtte stilles til et moderne sikringsrum, ligesom der blev udført ventilationskanaler, der i kraft af rummets anvendelse som sikringsrum, skulle fungere som sådanne, og under den daglige fredsbrug til parkeringsformål skulle fungere som udsugningskanaler for automobilos m.v.

Adgangen til parkeringskælderen sker ved en automobilelevator.

Allerede inden indvielsen af sikringsrummene til parkeringsformål, viste der sig vanskeligheder med disse i form af et væsentligt overtryk. For at klare dette problem blev der, efter den projekterende arkitekts indstilling til bygherren for dennes regning, indkøbt meget kraftige udsugningsagregater, ligesom der blev udfærdiget en kontrakt, hvorefter el-udgifterne til drift heraf skulle betales af ventilationsentreprenøren i en prøveperiode på 5 år.

Problemet var ikke løst hermed. Det blev konstateret, at jo flere elevatorpassager, der fandt sted, jo mere tålelige blev forholdene i parkeringskælderen, hvor der ellers til tider var så kraftigt overtryk, at det kunne knibe med, at automatikken kunne lukke dørene op.

Denne iagttagelse tydede på, at de udførte ventilationskanaler på en eller anden måde måtte være forstoppede.

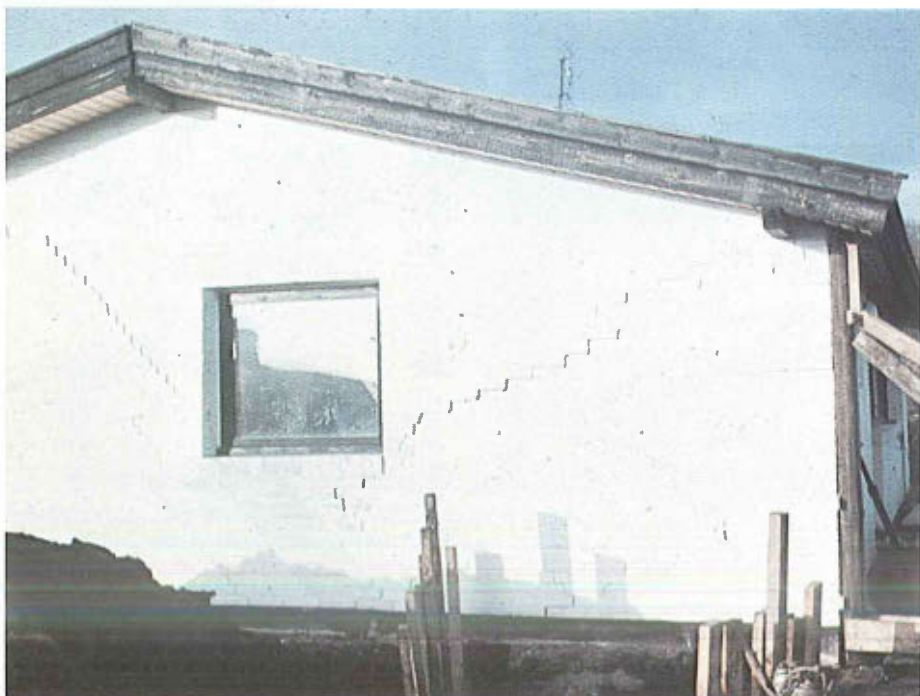
Der skulle være to udsugningskanaler på et areal på hver ca. 700 cm², og disse var indstøbte i sikringsrummets ydervæg.

Der blev nu foretaget udkæringer med betonsav (klinge med diamantskær) i ydervæggene, og det viste sig herved, at entreprenøren som indvendig forskalling til væggene havde anvendt almindelige blikrør uden at afstive dem, f.eks. ved at fylde dem med sand under støbningen og senere tage sandet væk fornedet eller på anden måde foretage sikring. Udstøbningen af beton, der oven i købet blev vibreret, havde derfor medført, at rørene var blevet trykket sammen og var bristet, således at begge kanaler med undtagelse af et tværsnit fra 2-3% var lukket.

Denne tankeløse og helt uansvarlige udførelse af et byggeri, hvor entreprenøren end ikke ved almindelig mængdekontrol kunne konstatere, at der skete en fejl, kunne have medført fare for menneskeliv under sikringsrummets daglige anvendelse som parkeringskælder, f.eks. med kulilte og lignende. Også under sikringsrummets anvendelse til det formål, hvortil Staten havde ydet tilskud, nemlig som offentligt sikringsrum, kunne det have været farligt for de personer, der netop her havde søgt tilflugt for krigshandlinger.

Retten bestemte, at hovedentreprenøren, som måtte betragtes som specialist - på trods af, at han havde givet ventilationsentreprenøren besked om at afstive kanalerne, måtte bære det hele og fulde ansvar for den begåede byggefejl.

Fundering 1.



Revner på grund af manglende fundering.

(Se foto af indvendige skader på næste side).

En meget stor del af de skader, der forekommer i moderne byggeri, hidrører fra mangelfuld undersøgelse af jordbundsforholdene.

Meget ofte betyder manglen på byggegrunde, at områder, man i ældre tider ikke ville drømme om at bebygge, bliver inddraget i byens områder.

Tidligere regnede man med, at det var tilstrækkeligt at udgrave en fundamentrende ned til frostfri dybde og derefter vurdere, om byggegrunden måtte anses for at være bæredygtig.

Dette kan man desværre ikke længere klare sig med, idet mange af de områder, der nu bebygges, er opfyldte, og der kan

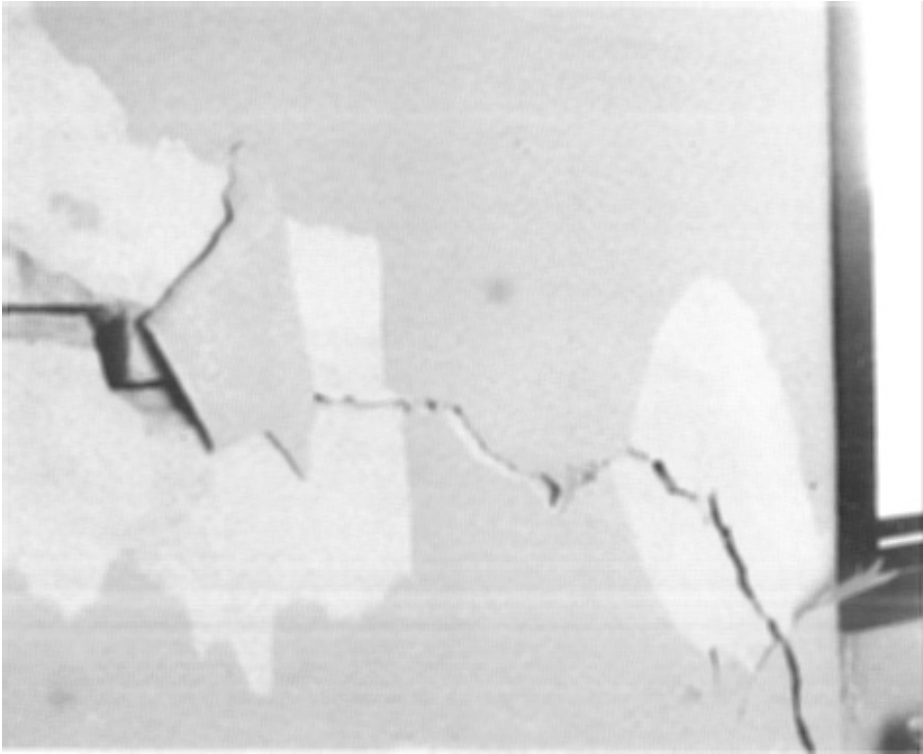
meget vel skjule sig lumske forekomster af tørv og lign. længere nede, som først kommer til udtryk, når byggegrunden bliver belastet, og så er det som regel for sent.

Det må næsten uden undtagelse anbefales, at der foretages en grundig jordbundsundersøgelse, inden et byggeri påbegyndes, med mindre man vil påtage sig besværet med at forske i gamle topografiske og biologiske kort for at finde ud af, hvordan området tidligere har set ud.

Sådanne skader er meget ofte totalskader, som fordrer hel eller delvis nedrivning af det allerede opførte hus med påfølgende kostbare piloteringsarbejder.

Se SBI anvisning nr. 127.

Fundering 2



De indvendige skader var meget omfattende. Revnerne i murene var flere steder gennemgående.

Man ser ofte ved ændring af vejanlæg, udførelse af fjernvarmeledninger o.l., at der sker ændringer i jordbundens bæreevne.

Dette medfører, at de bygninger, som ligger i nærheden af sådanne arbejder, har betydelige revnedannelser. Disse revnedannelsers størrelse og form er dels afhængig af, hvorledes bygningen er funderet, og om de dele, hvoraf bygningskomplekset består, er opdelt i passende enheder, der kan arbejde uafgængigt af hinanden.

De største problemer opstår, når der er tale om en bygning, som er funderet væsentlig dybere end de hegnsmure, som omgiver den.

Den belastning, som bygningen udøver på byggegrunden, har igennem tiden medført en konsolidering, som er så effektiv, at de nævnte anlægsarbejder ikke medfører sætninger under bygningen. Derimod er de belastninger på byggegrunden, som stammer fra læmuren, relativt beskedne, ligesom fundamenterne under en sådan læmur normalt kun er ført til frostfri dybde.

Dette betyder, at enhver ændring i jordbundsforholdenes beskaffenhed influerer forskelligt på bygningen og de lettere belastede læmure.

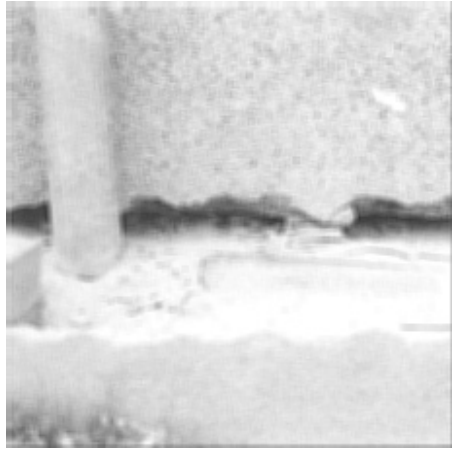
I sådanne tilfælde gør man klogt i at adskille selve bygningen og de tilstødende læmure, f.eks. med en dilatationsfuge.

Revnedannelse på grund af manglende understøbning af vægelementer

En tandlæge lod ved teknikeres hjælp opføre et 175 kvadratmeter stort enfamiliehus til eget brug. Konstruktionen var almindelig med vægelementer indvendig og skalmur udvendig. Arbejdet var ikke udført ansvarligt. Allerede 1 år efter indflytningen fremkom kraftige revnedannelser i såvel ydre skalmur som i letbetonelementer og også i de indre skillerum, der også var letbetonelementer. Undersøgelser har vist, at revnedannelserne skyldes, at såvel elementerne i ydervæg som i skillerum ikke var uforsvarligt understøbt, men hvilede på klodser af træfiberplader.

Billedet af huset giver et indtryk af form og konstruktion. En del af skalmuren er fjernet.





Tagbjælkelaget hviler på en murrem, der igen hviler på et rulleskifte.

Remmen er understøttet tilfældigt på rulleskiftet og ikke underfuget. Den er lagt således, at den giver (excentrisk) skævt tryk på muren. Dette har været medvirkende til revnedannelsen.

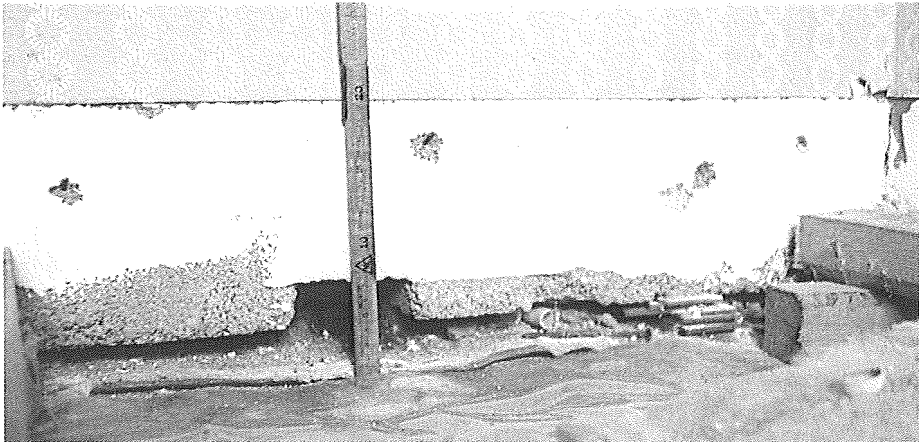
Billedet viser parti ved rulleskifte efter nedbrydning af mur.

Indvendige skillerum af letbetonelementer, er ligeså lemfældigt opstillet.

En retablering af de viste fejl har været

meget kompliceret og kostbar. Skalmuren har, som det ses, delvis måttet fjernes og gulvet delvis opbrydes. Dette har bevirket, at familien har måttet fraflytte huset medens reparationerne stod på.

Bygherren anlagde sag mod entreprenør og arkitekt. Disse blev ved Østre Landsret dømt til at betale for udbedringen samt til at godtgøre familiens udgifter ved ikke at kunne benytte huset under udbedringen. Erstatningen var stor, hertil kom renter af erstatning plus sagsomkostninger, der alene for sidste punkt beløb sig til 30.000 kr.



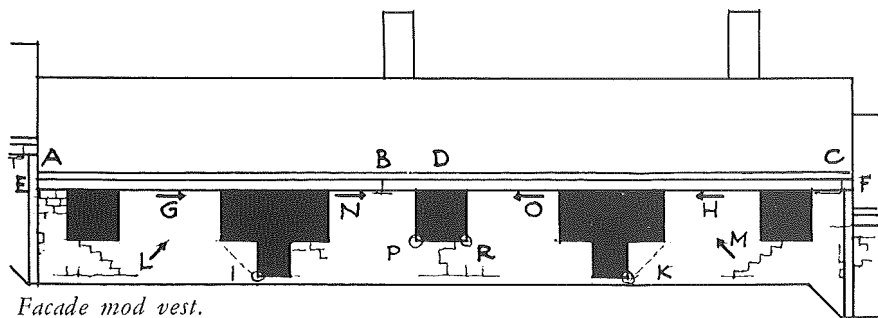
Revnedannelse i facader



I en etageblokkebebyggelse opført af betonelementer havde man ikke i gavlafslutningerne været opmærksom på, at der skulle støbes særlige hjørneafslutninger, men bagefter pudset den nødvendige tykkelse på, således at afslutningen fik den samme bredde i gavlretningen som på langsiden.

Resultatet kan ses på billedet i form af revner ved sammenstøbningen.

En sådan løsning er ikke antagelig. Problemerne må, ikke mindst ved præfabrikeret byggeri, gennemtænkes på forhånd, således at den slags fejltagelser undgås



Betonblokken - jernbeton

Revnedannelser i facader i en bebyggelse, 2-3 år gammel, bestående af 4 rækkehusblokke sammensat af 4-5 dobbelthuse, der ved sammenbygning er forskudt 0,5 m fra hinanden. De enkelte huses facadelængde excl. endevæggene er 20 m. Husene er opført af betonblokken, der er opmuret i cementmørtel med en lille tilsætning af kalk. Opmuringen er foretaget med skabelon, som forhindrer at blokkenes hulrum fyldes med mørtel. Ydermuren af blokstenene er ført igennem ved skillerummene og ikke som angivet på udbudstegningen med afbrydelse udfor skillevæggene.

Over det øverste skifte i højde med overkant af vinduer og døre er der fra vinduesoverkant til underside af gitterspær støbt en jernbetonbjælke, armeret med 4 rundjern 12 mm.

For at betonen ved støbningen af bjælken ikke skulle fylde blokhullerne, er der på øverste skifte lagt et lag pap. Endvidere er der ved støbningen udført en dilatationsfuge ved bjælkeenderne, idet der er indsat en cellotexplade mod gavlvæggens blokke. Ligeledes er der indsat en cellotexplade ud for den skillevæg, der ligger ca. 8 m fra nordgavlen og ca. 11 m fra sydgavlen, men denne plade er ifølge oplysninger fra murermesteren kun ført ned til armeringsjernene, der er udført med jernlængder på ca. 12 og 9 m, og stødet i armeringen ligger derfor i denne midterfuge.

I dette tilfælde var det bygherrens første tanke, at revnerne skyldes fundamentsætninger på grund af dårlig bund. Undersøgelser viste, at denne teori var forkert.

Årsagen til revnedannelserne

Det anses for mest sandsynligt, at revnedannelserne er fremkommet på grund af forskellen i svind og temperaturer mellem blokmurværket og den overliggende jernbetonbjælke, der er støbt på stedet, samt svind i de ikke helt afhærdede betonbyggesten.

Ifølge »Normer for bygningskonstruktioner« = DS = 410 pgf. 20, regnes der ved uensartet opvarmning af dele af samme konstruktion med en temperaturforskel på 10 grader. Indflydelsen af betonens svind efter udstøbningen bringes til udtryk ved at regne med et yderligere temperaturfald på 15 grader. Regner man med disse $10 + 15 = 25$ grader, vil man på en bjælke på 20,00 m længde få en længdevariation på ca. 5 mm.

Blokstenene er støbt i beton på fabrik, men det svind, som også disse blokke er udsat for, er i det væsentlige overstået, inden de blev indmuret i bygningen. Jernbetonbjælken derimod er støbt på stedet, og idet den svinder, vil den trække sig sammen mod tyngdepunktet i facadens midtpunkt. Med den ovennævnte længdevariation på 5 mm, vil der altså opstå en forskydning af de to bjælkeender på 2-3 mm. Ydermuren af bloksten, der er opmuret med ca. 5 mm stødfuger, kan ikke følge med i denne bevægelse, og revnedannelsen opstår derved på følgende måde:

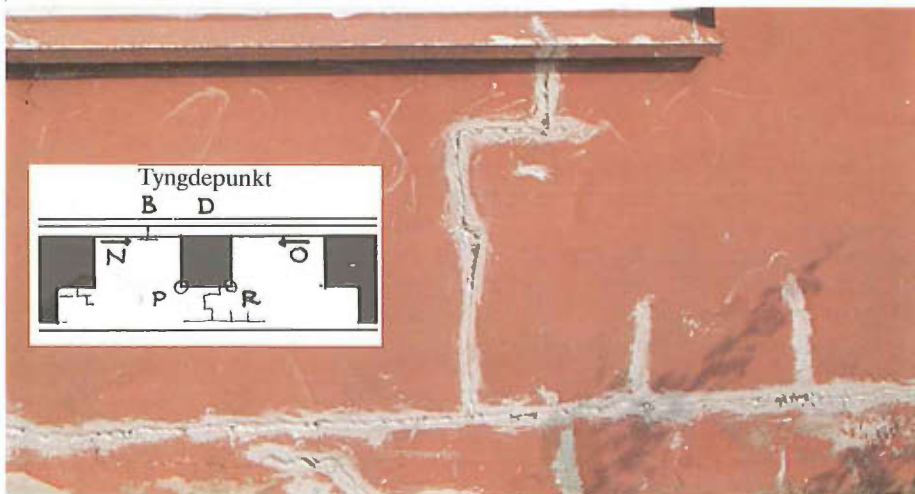
Den lodrette revne ved B skyldes svindet i betonen over armeringen af de to bjælke dele AB og BC.

Revnedannelsen under vinduet i midten skyldes kræfterne N og O, der søger at nærme pillerne på hver sin side af midtervinduet mod hinanden ved drejning om P og R, således at brystningsmuren under vinduet revner.

Revnedannelse i facader 2.

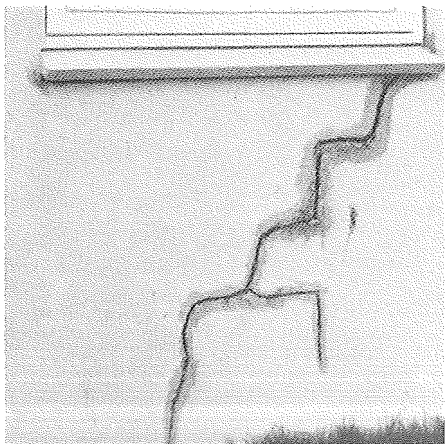
Idet armeringen er ført ubrudt igennem fugen B, vil bjælkeenderne A og C fjerne sig fra gavlene ved cellotexpladerne og forskydes godt 2 mm ind imod tyngdepunktet D, der ligger stille, og der fremkommer lodrette revner ud for cellotexpladerne.

Bjælkeenderne glider på det ret korte vederlag over pappen ved E og F (ved jernbetonbjælkens ender), og her opstår et vandret forskydningsbrud.

*Revnedannelse ved L og M*

Berøringsfladerne ved G og H er for lange til, at der kan ske et lignende brud langs pappen, og disse to blokmurflader vil derfor foroven følge jernbetonbjælkens svind i pilens retning, og murfladerne vil dreje om punkterne I og K.

Bruddet vil derefter ske på det svageste sted, nemlig under vinduet, med en revne vinkelret på bevægelsesretningen ved L og M og revner langs husets fundament.



Revnedannelserne på østsiden viser samme karakter som vestsiden med sammentrækning mod midten i murens overside.

En medvirkende årsag til revnedannelsen, ikke mindst under vinduerne, kan også være en følge af varierende fugtighed i betonblokkene.

Forklaring på og forslag til undgåelse af revnedannelser i facade.

Formodentlig ville revnedannelsen kunne være reduceret væsentligt, hvis man havde opdelt den lange jernbetondrager i mindre selvstændige dele med gennemgående dilatationsfuger på passende steder, f.eks. ud for tværvægge og støbning på dobbelt lag tagpap, så der kunne ske en glidning mellem de to paplag. (Eventuelle ujævnheder må fjernes).

At revnedannelsen er blevet så omfattende ved disse huse sammenlignet med almindelige murstenshuse, ligger også i det for-

hold, at betonblokkene har større dimensioner og formures tæt med kun en 5 mm stødfuge af cementmørtel, medens almindeligt murværk har omtrent dobbelt så mange ca. 15 mm stødfuger af kalkmørtel. Ved almindeligt murværk vil der derfor være mange flere og bredere fuger at fordele eventuelle forskydninger over, således at revnedannelser bliver ubetydelige.

Den isolering af 4 cm træbeton, der er lagt indenfor jernbetonkonstruktionen, skal forhindre, at der ind mod stuen bliver en kuldebro, som ville medføre varmetab og give kondensdannelse på indersiden. Konstruktionen indebærer i dette tilfælde den gene, at jernbetonbjælken isoleres fra stuens temperatur og antager udetemperatur. Blokstenene er derimod af ensartet materiale i hele murtykkelsen, ganske vist med parallelle huller, der forøger varmeisoleringssevnen, men blokkenes gennemsnitstemperatur vil alligevel kunne påvirkes af en høj stuetemperatur.

Ved hulmure af almindelige mursten er der ikke nær så intim forbindelse mellem de inderste og de yderste sten, således at der vil kunne være en temperaturforskel mellem de to murdele.

Dette forhold har sikkert også været medvirkende til, at revnerne her er blevet så omfattende. Temperaturen falder ikke så hurtigt i væggene, der modtager varme fra stuen, medens jernbetondrageren, der er isoleret indvendig med en træbetonplade, hurtigere vil følge den synkende udetemperatur, hvorved der fremkommer temperaturforskelle med deraf følgende spændinger.

Dette kan også forklare de vandrette revnedannelser, der er fremkommet i nordgavlene i højde med stueloftet, se billedet. Gavlene er muret til tops af bloksten, men gavltrekanterne er udsat for andre temperaturpåvirkninger end væggen ind imod stuen og derved opstår der et vandret forskydningsbrud langs fugen ved loftet. Denne teori bekræftes også af det forhold, at revnerne i den bygning, der ikke er lukket endnu, er mindre omfattende end i de andre ældre blokke.

Revnedannelse i facade 4



Nordgavl – udbedring af revnerne

Ifølge indhentede oplysninger fra de projekterende og murermesteren er pudsen hugget ud langs de opståede revner, hvorefter det inderste af fugen er udfyldt med Secomastic (HFB 15, side 216), et plastisk fugemateriale, der bruges til forsegling af revner og tætning af fuger mellem forskelligt arbejdende materialer.

Over dette fugemateriale er der påført et lag cementpuds, hvorpå der er lagt et lag Betonit (HFB 15, side 578), som er uegnet til fugtighed.

Revnerne i fremtiden

Den del af revnedannelsen, som har sin årsag i svindet af jernbetonbjælken under dennes hærdning er et fænomen, som kun forekommer efter støbningen, og når revnerne nu er udbedret, vil de fremtidige revner kun opstå på grund af temperaturforskelle. De fremtidige forskydninger vil sikkert ske på de steder, hvor de første revner opstod, da der her ikke kan overføres trækspændinger og det må forventes, at de ovenfor omtalte udbedringer vil være i stand til at optage disse små forandringer, uden at der skal være fare for fugtindtrængning til muren på disse steder.

Facadeelementer med revnedannelse

Alvorlige revneskader i betonfacade kan være forårsaget af mange forskellige årsager.

Revnedannelserne skæmmer ikke blot udseendet, men de kan også forårsage større bygningskader, fordi vand får mulighed for at trænge ind i facaden.

Revnedannelser kan også forekomme ved, at betonens hærdevarme (cementens hydratiseringsvarme) kan give så store temperaturforskelle i betonkonstruktionen, at revnerne opstår som følge af termotrækspændinger, (se Beton-Teknik fra C.T.O. nr. 3/09/1981 - Revner i Beton og nr. 3/10/1981 - Betons hærdevarme). Se afsnittet om Termorevner.

Ofte vil man på præfabrikerede betonelementer med stor længde i forhold til bredden kunne se svindrevner, der er parallelle og ikke følger det sædvanlige krakelermønster.

Særlig udtalt er dette, når der anvendes en meget tæt komprimeret yderbeton (særlig fed), og årsagen er naturligt nok, at længdesvindet er større.

Det kan være meget svært at undgå, at pudsede betonoverflader krakelerer som følge af differentialsvind imellem pudsen og underlaget.

Det kræver en meget nøje afbalancering af underlagets beskaffenhed, mørtlens gradering og styrke samt hærdningsvilkårene.

I de fleste tilfælde vil der efterhånden opstå hårfine revner og krakeleringer, som tegner sig tydeligere og tydeligere med tiden.

Årsagen er, at de fine revner holder kraftigere på fugten på grund af hårrørvirkningen og dermed binder snavs og støv på disse steder.

Dertil kan yderligere komme nedbrydning som følge af frostindflydelse. Det er kun meget omhyggelig planlægning og arbejdsudførelse, der kan reducere disse gener.

Men også svind i egentlige pudslag på andre underlag medfører ofte revnedannelser. Disse revner forekommer tit, hvor underlaget er svagt, f.eks. hvor murblokke ikke har tilstrækkelig indbyrdes sammenhæng.

Også her er pudsmørtlens gradering og påføring af afgørende betydning for det endelige resultat.

En for fed mørtel vil næstean altid resultere i mange og kraftige svindrevner.

Såfremt man har mistanke om, at der er bestemte steder, hvor revnerne må forventes at kunne forekomme, er det klogt at opdele pudspartiet med skinfuger.

Samlinger i elementbyggeri

udgør altid et problem.

De store elementer, man er tilbøjelig til at anvende i et sådant byggeri, har i kraft af deres størrelse væsentlig større egenbevægelser end de, der forekommer i mere traditionelt byggeri. Derfor bliver en af forudsætningerne for et vellykket resultat, at samlingerne vies en afgørende interesse.

Det lader sig ikke gøre, som f.eks. ved murværk, blot at udfuge elementsamlingerne. Samlingerne må udformes på en sådan måde, at disse ofte betydelige bevægelser kan ske uden krusninger, afskalninger eller deformationer. Det er altid en god regel at markere disse samlinger tydeligt, så ved man hvor eventuelle revner kan forekomme og kan gardere sig der imod.

Samlinger af denne karakter må ofte løses ved hjælp af elastiske fugemasser, butylgummilister o.lign., ligesom glidelag imellem konstruktionsdelene så godt som altid vil være nødvendig.

Revnedannelser

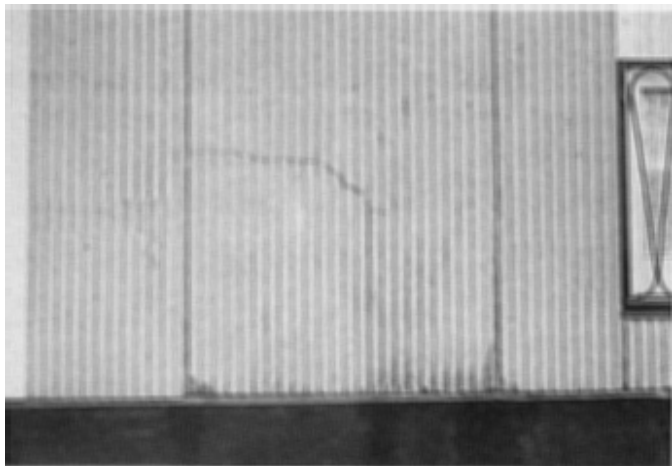
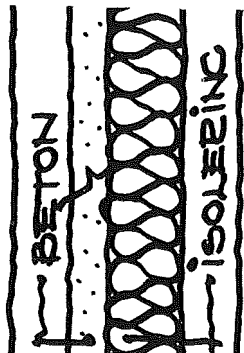


Facadeelementer med revnedannelse

Samlinger i elementbyggeri



Svindrevner i betonfacadeelementer

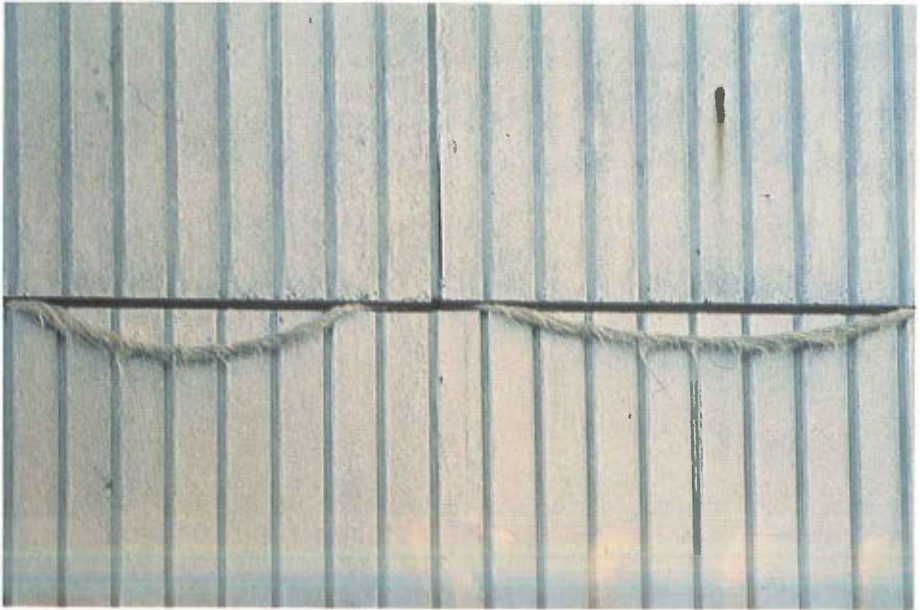


Det er elementfabrikkens ansvar at undgå svindrevner i betonfacadeelementer.

Disse ved leveringen uskyldigt udseende revner har imidlertid i forbindelse med utætte fuger givet mulighed for gennemsivning af vand med deraf følgende misfarvning af facaden og hurtigt fremadskridende nedbrydning af elementernes evne til at modstå vejrliget.



Samling af facadeelementer af beton 1.



Rustpletten viser et armeringsjern, der er kommet for tæt ud til betonoverfladen.

Værkstrimlen, der er den isolerende forbindelse mellem isoleringslaget i betonelementerne, har ikke været anbragt forsvarligt. Den var ikke fuget med bastardmørtel som tegning og beskrivelse forudsatte. Dette har medført fugtpletter på væggen indvendige side.

Disse fejl understreger, at det er vigtigt, at betonmanden ved støbeformen, og dem, der opsætter elementerne, ligesom teknikerne er orienteret om de skader, der indtræffer på grund af fejl.

Se skitsetegning næste side.

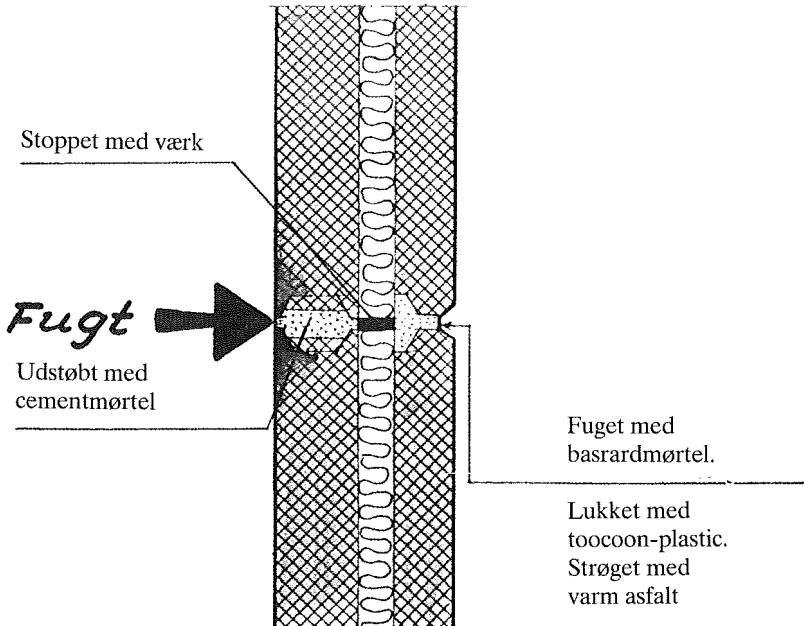


Der bør bygges bro over kløften mellem teknokrater og forbrugere

Revnedannelse Samling af Facadeelementer af beton 2



Den isolerende
værkstrimmel
på vej ud



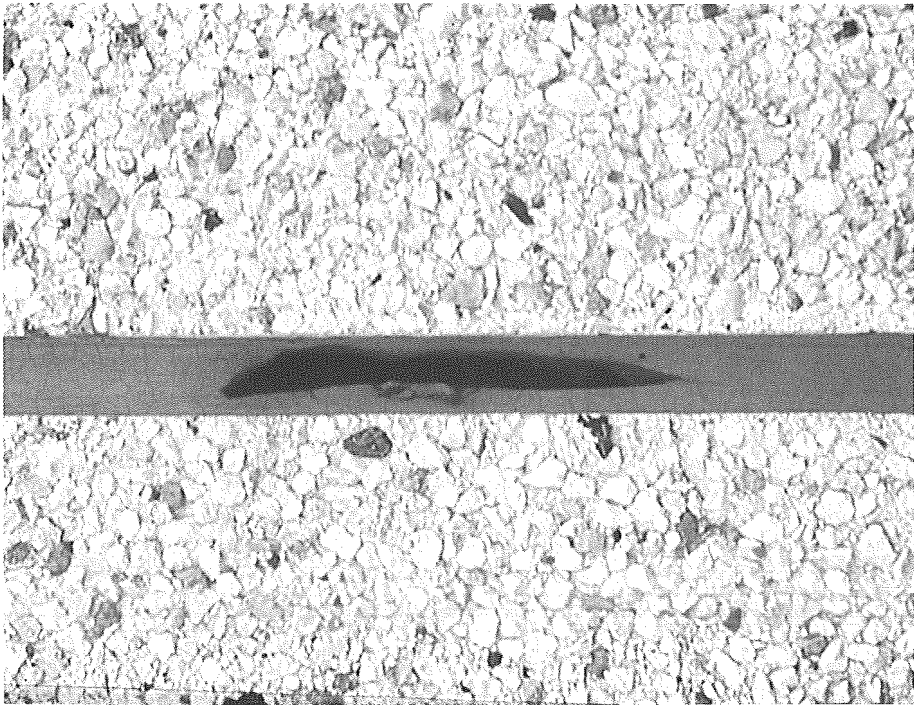
Montagebyggeri - fuger



På billedet ses fugen mellem betonelement og vindueskarm. Tætningsmaterialet er værk, der har været dækket med en efterpudsning. Denne har ikke været tilstrækkelig, den er revnet og faldet ud, og mellem-

rummet (fugen) er nu et udmærket opholdssted for småfugle, der bygger reder her. Dette snavser ved vinduerne og giver utætheder og kuldebro i lejligheden, samt misfarvning af væggene og spild af varme.

Fugematerialer



Anvendelsen af elastiske fugemasser imellem præfabrikerede facadeelementer er i de senere år blevet overordentlig almindelige. Selvom det i mange tilfælde giver en relativ tilfredsstillende løsning, indeholder denne teknik en række usikkerhedsmomenter, som man bør være klar over.

Den tætningsmetode, som der her er tale om, er den såkaldte »et-trinsmetode«. Man må være klar over, at den stiller store krav til fugemassen og dens elasticitet. I mange tilfælde vil de bevægelser, som fugen skal kunne optage mellem elementerne, være større end det, fugen er beregnet til. Det er derfor nødvendigt, at man undersøger hvor store disse bevægelser egentlig er, inden man bestemmer sig til hvilken type fugemasse, der skal anvendes.

En anden væsentlig forudsætning er, at der er mulighed for etablering af en tilstrækkelig god adhæsion mellem fugen og elementets kanter, f.eks. ved primning.

En tredje væsentlig faktor er fugens dimensioner, dvs forholdet mellem bredde og dybde, herunder den geometriske udformning af tværsnittet.

Såfremt dette sidste ikke er tilfredsstillende, kan der opstå skader som den viste, den såkaldte »kærvvirkning«.

En mindre beskadigelse af fugeoverfladen medfører, at fugen spaltes og åbner sig næsten som en lynlås. (SBI anvisning »Ydervæggen som klimaskærm« samt anvisning 108 »Fugemasser og facadefuger« omhandler dette emne).

Fuger mellem betonelementer

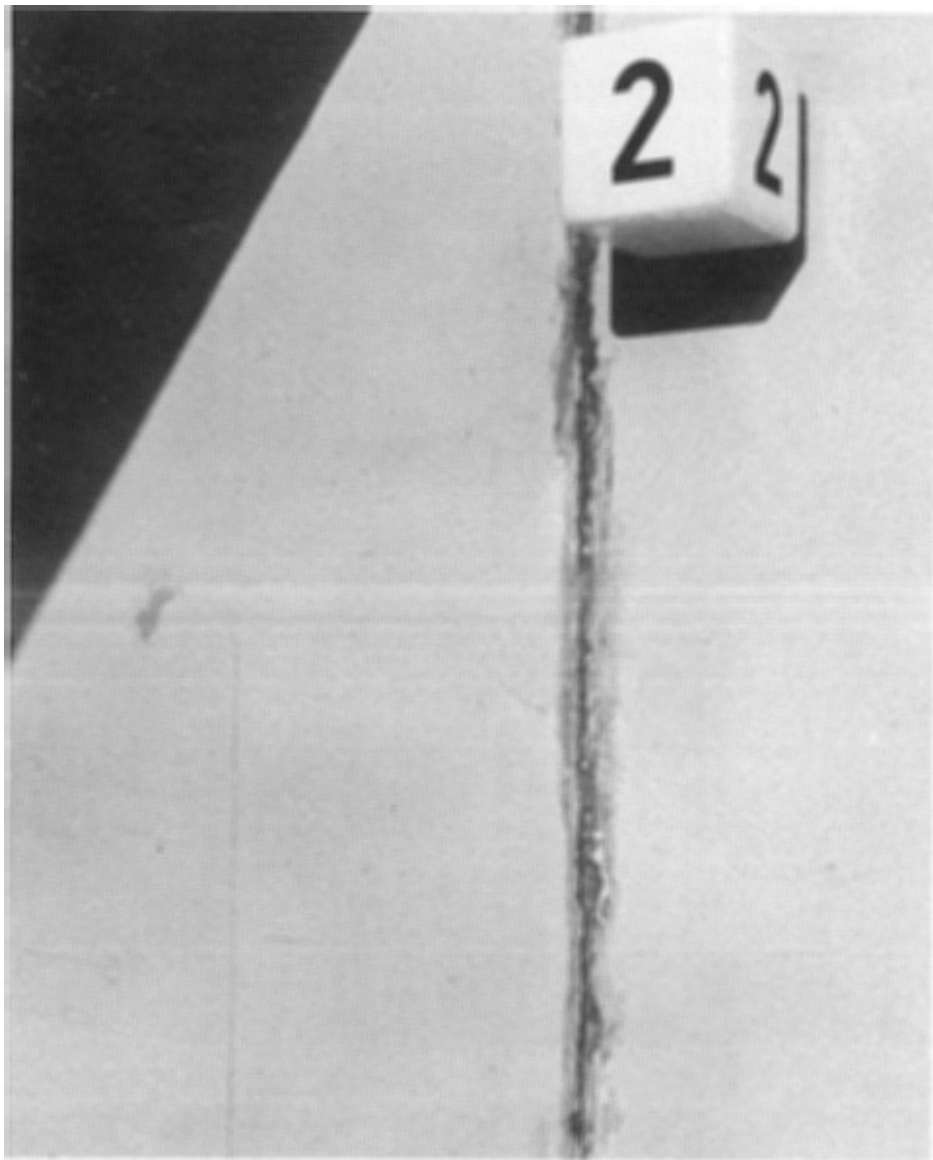


Mellem betonelementer i en meget stor rækkehusbebyggelse var der, som her vist, anvendt Neoprinstrimler. Dette var vældigt inspirerende for børnene, idet det var muligt med en enkelt finger – eller endnu bedre med en lommekniv eller en blyant – at trykke Neoprinstrimlerne væk, således at der

var direkte adgang til isoleringen, der herfter kunne pilles ud, hvorefter der opstod kuldebro til lejlighederne.

Det børnene ikke kunne klare ved at flytte Neoprinstrimlen, kunne udvendig beplantning klare – så elegant, at der i flere tilfælde også var planter inde i stuen.

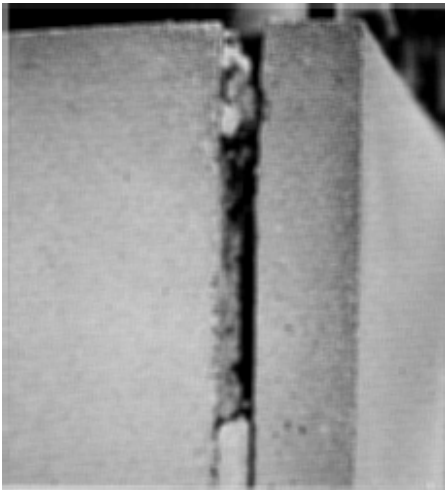
»Transporteret« skade



Vand løber som bekendt nedad – og altid den letteste vej, idet det følger naturlige »ledere« som f.eks. fugen på billedet.

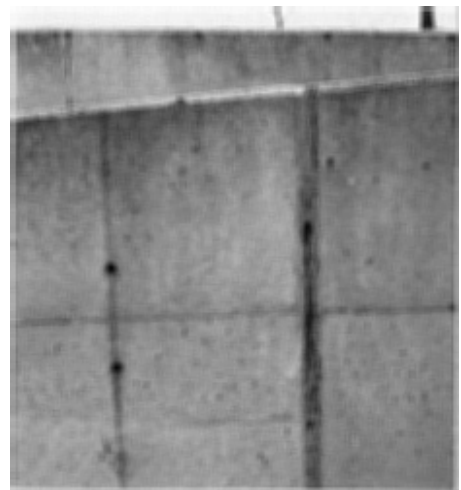
Fejlen ligger et helt andet sted, men urenheder i det nedsivende vand afsættes undervejs på »vandløbets« omgivelser.

Manglende eftersyn og vedligeholdelse af fuger



Fugerne er utætte

Vedligeholdelse og delvis udskiftning af fugematerialet er nødvendig for at undgå skader.



Huller fra opstillingen er ikke lukket.



Når man anvender præfabricerede betonelementer, bør man erkende dette og ikke tro på, at det kan lade sig gøre at gemme fugerne, som man har forsøgt det her, ved

at lægge et slidlag hen over samlingen.

En veludført dilatationsfuge vil både være ærligere, smukkere og holde længere. Fugerne skal efterses og vedligeholdes.

Mur og beton



Derasbetonlag støbt sammen med mur uden adskillelse mellem lag af f.eks. cementpapir, isoleringspap eller lign. Mur og beton »arbejder« ikke ens, derfor revnen.

Som tommelfingerregel gælder, at betons udvidelse ved samme temperaturskille er dobbelt så stor som murværks.

Udførelsen af teglens afslutning uden effektiv vandnæse og vandnot medførte endvidere fugtskade på murværket.

Manglende dilatationsfuge = svindrevne



Det er nødvendigt nøje at overveje, hvor og hvormange dilatationsfuger man skal anbringe i bygværket. I dette tilfælde ville en

fuge eller måske en kraftigere armering have hindret revnedannelsen.

Dilatationsfuge er nødvendig



Et alt for almindeligt fænomen er svindrevner i betongulve.

De opstår som regel ved et kompliceret sammenhæng mellem for højt vand/cementtal, for fed mørtel og for ugunstige hærdningsvilkår.

Desværre ser man tit, at betonen bliver udtørret alt for hurtigt af hensyn til det fortsatte byggearbejde.

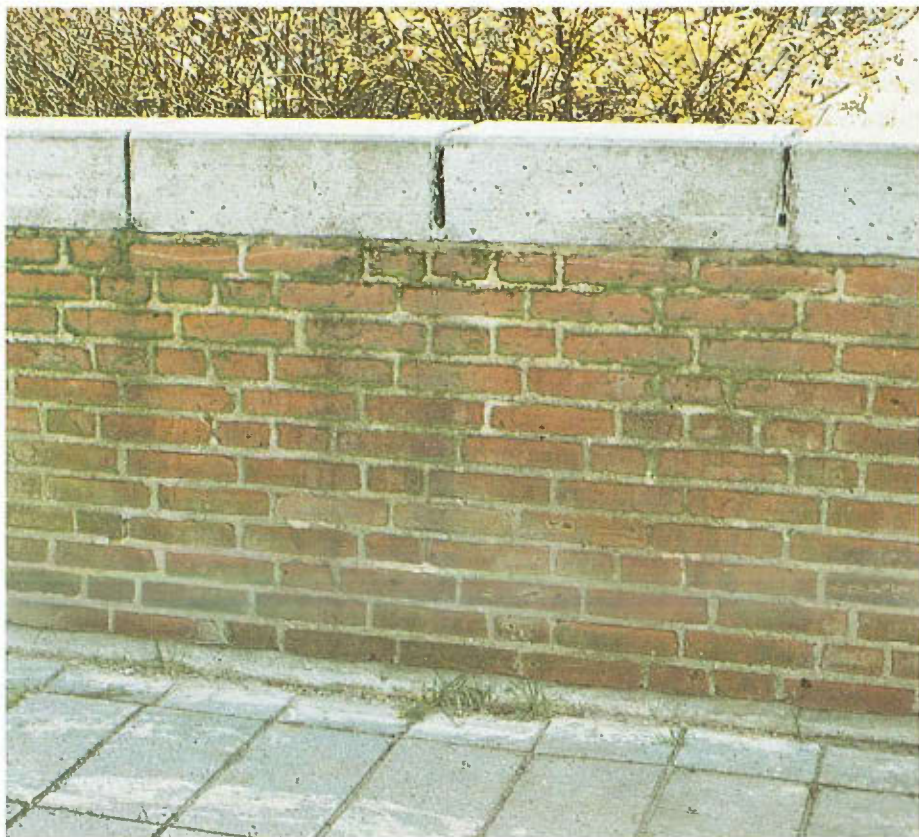
Udover disse årsagssammenhænge ses tilsvarende svindrevner også meget hyppigt,

hvor man har forsøgt at udlægge meget store ubrudte betonflader.

Det bedste, man kan gøre for at undgå sådanne svindrevner, er at prøve på at forudse, hvor de vil fremkomme og på disse steder indlægge dilatationsfuger.

I virkeligheden kræver udlægning af betongulve meget stort kendskab til betontechnologi. Det er ikke noget, der bør overlades til hvem som helst, se CTOs pjece herom.

Fuge mellem mur og beton



Afdækning af murkarme, læmure o.l. udføres ofte med præfabrikerede betonelementer.

I mange tilfælde ser man disse afdækninger fuget sammen med almindelig cementmørtel. Medmindre det kun drejer sig om ganske få og små længder, vil dette ikke kunne holde, primært fordi bevægelserne, forårsaget af temperatur- og fugtvariationer, vil være for store, og for det andet fordi det ikke er muligt at få tilstrækkelig effektiv adhæsion mellem fugematerialerne og betonelementerne.

En sådan samling synes bedst at kunne

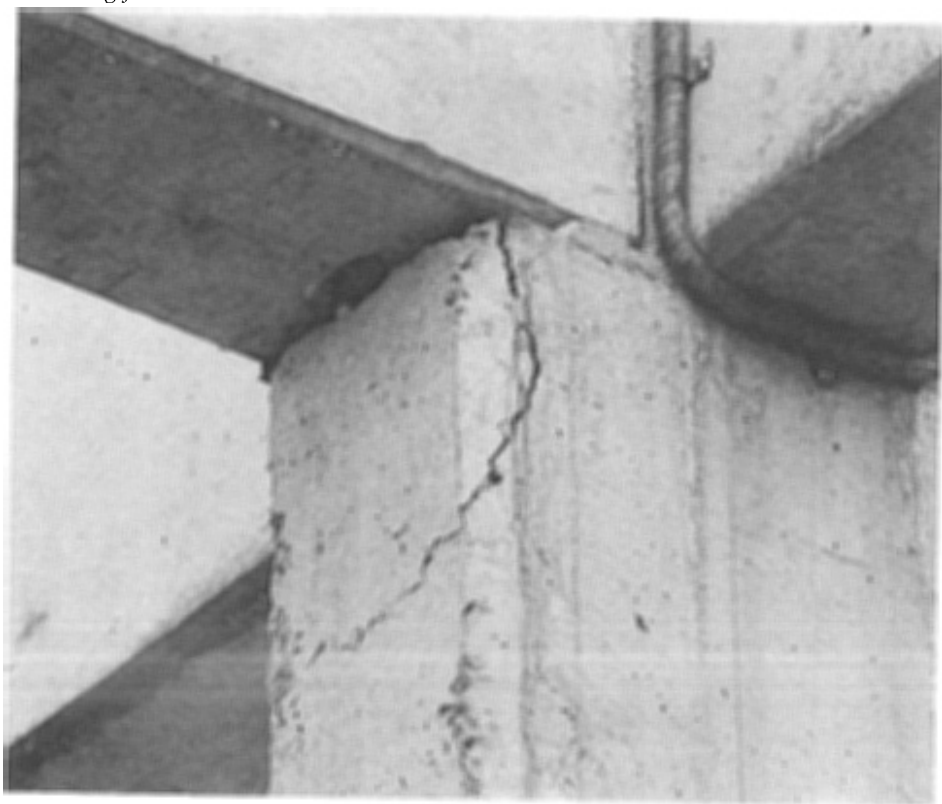
ske ved hjælp af en overfalset samling, hvori er indlagt en passende tyk bitumenstrimmel.

Den næstbedste løsning vil være udfugning med plastisk-elastisk fugemasse.

Nødløsninger som den viste på det andet billede vil aldrig kunne bringes til at holde, idet den påklistede tagpap på grund af de stadige bevægelser hurtigt vil blive »træt«.

Det er afgørende for enhver bygnings holdbarhed, at de dele, hvoraf den består, gives lejlighed til at arbejde frit efter sin egen natur.

Underlag for betonelement



De forhold, som kan influere på en bygningsdels bevægelser, er afhængige af hvilke materialer, der er anvendt. F.eks. vil betonelementer være underkastet flere former for bevægelser. Der forekommer de såkaldte initialbevægelser, som hidrører fra betonens hærdningssvind m.m., samt bevægelser af mere permanent karakter, f.eks. fra udtørring/indtørring og opvarmning/afkøling.

Såfremt bygningsdelene hindres i disse bevægelser, f.eks. ved en fastlåsning, sker ulykkerne.

Den tendens, der i nyere byggeri har været til at anvende større og større - og dermed tungere - elementer, har medført en række skader, som hidrører fra, at man endnu ikke i tilstrækkelig grad har kunnet

håndtere de problemer, der er forbundet med kraftoverførsel fra det ene element til det andet.

Man har forsøgt anvendt forskellige former for lejeplader, men hvis disse ikke oplægges på et absolut plant underlag, vil der komme lokale trykpåvirkninger, f.eks. som vist i kanten af det bærende element. Dette medfører, at betonen ikke har styrke til at klare påvirkningen.

Samtidig er der i dette tilfælde anvendt en lejeplade af stål, som er ubeskyttet mod rust, hvilket forværrer situationen. Netop ved sådanne meget store konstruktioner vil en reparation og udbedring være næsten utænkelig, og i stedet må regnes med konstant vedligeholdelse.

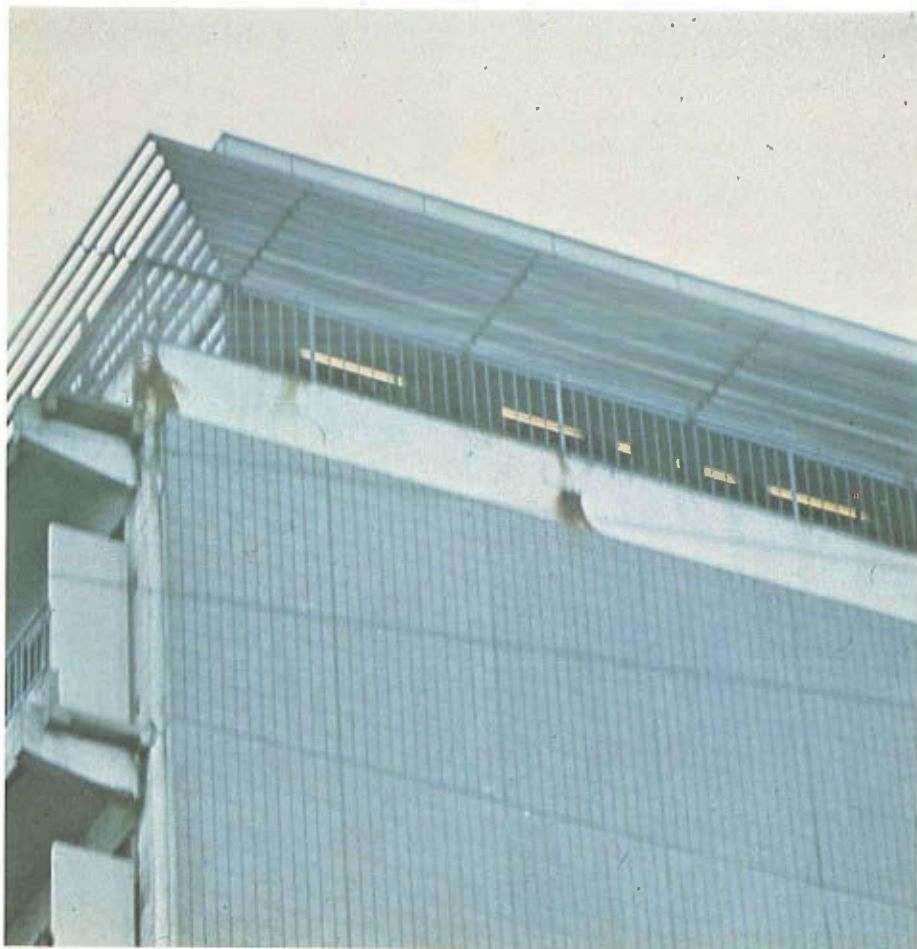
Elementbyggeriets sandwich-konstruktioner

er underkastet de almindelige bygningsfysiske love.

Disse love er desværre først i de seneste år blevet tilstrækkeligt undersøgt og kendt af de projekterende. Derfor er der i visse tilfælde forekommet skader, som har medført, at man måtte foretage udbedring og sikringsforanstaltninger, som ofte har væ-

ret både vanskelige at udføre og kostbare at etablere.

En korrekt opbygning af sandwichelement-facader forudsætter overholdelse af de »spilleregler«, som blandt andet er beskrevet i SBI-anvisning »Ydervæggen som klimaskærm«.



Elementbyggeri

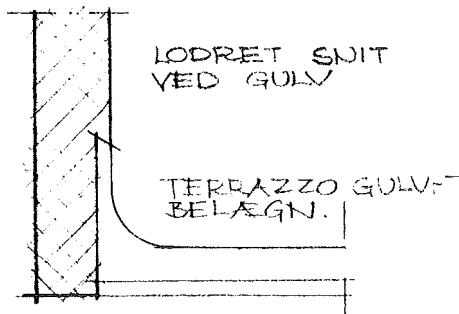
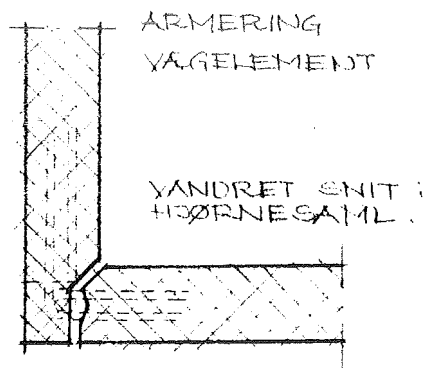
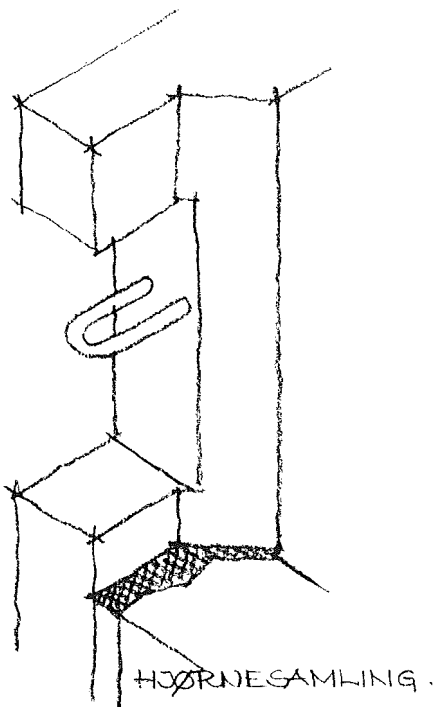
Utætte fuger mellem betonkomponenter og terrazzogulve i elementbyggeri 1.

I en større bebyggelse, opført som montagebyggeri, er opstået større revnedannelser i fugerne mellem væg- og gulvelementer.

Årsagen er, at selv ved ret små sætninger i hele bygningen, vil fugerne i elementbyggeri være særlig udsat for forskydninger og dermed revnedannelser. Da terrazzogulvbelægningen er støbt på stedet og »faststøbt« til vægelementerne, vil denne ikke arbejde sammen med elementerne, hvilket medfører revnedannelser i gulvbelægningen.



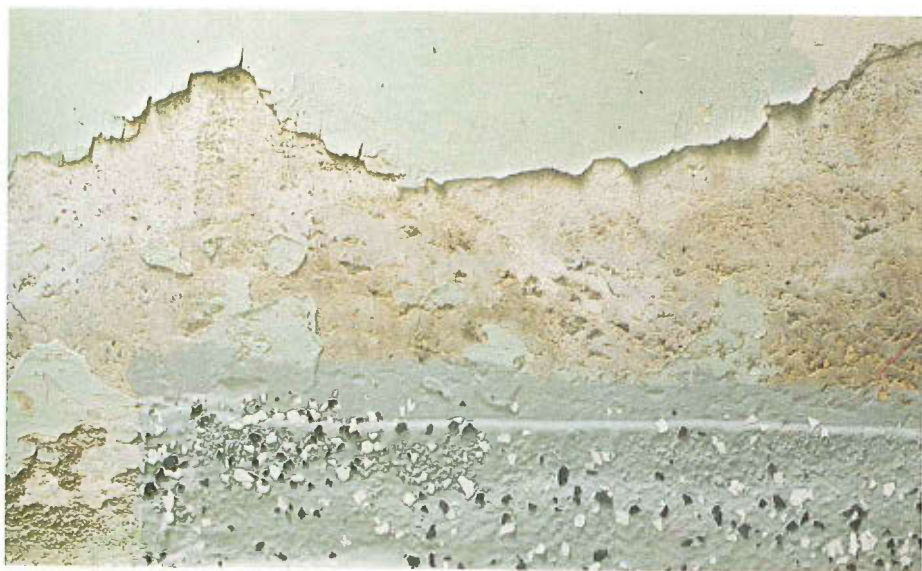
Reparation er påbegyndt efter fugtskader på grund af utætte fuger mellem badeværelsegulv og vægelementer.



Utætte fuger mellem betonkomponenter og terrazzogulve i elementbyggeri 2

Billedet viser revnedannelser i gulv og fuger mellem betonkomponenter, hvorved vand, dels fra de pågældende badeværelser og

dels fra de overliggende badeværelser, er trængt ind i de bagved liggende konstruktionsdele.



Kuldebro under vinduer 1.

I en stor bebyggelse opført af betonelementer kunne tapetet under vinduet ikke binde på væggen på grund af kondensfugt fra kuldebro.

Man forsøgte uden held at modvirke generne ved fugtdannelsen ved at erstatte tapetet med maling tilsat findelte plantefibre. Denne behandling, der var ret kompliceret med flere strygninger, kunne, som det fremgår af billedet, ikke udelukke fugtdannelser.

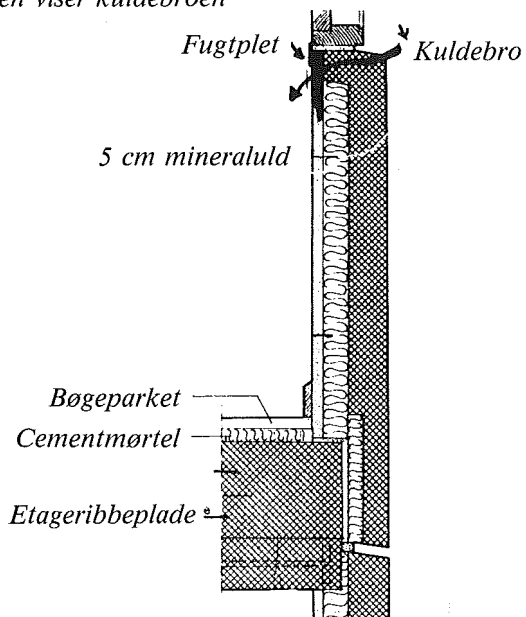
Efter nogle års forløb viste der sig – udover tiltagende fugtpletter – også revnedannelser. Det blev ved ophugning konstateret, at det isolerende lag var trykket meget sammen under støbearbejdet og flere steder ikke ført op til vinduets underkant, således at der under vinduet i hele dets bredde udover konstruktionsfejls kuldebro yderligere blev tilført kondensfugt. Fejlen er udbedret med et påsømmet isolerende lag under vinduerne, hvorved revner m.v. samtidig er dækket.



Kuldebro under vinduer 2



Ophugningen viser kuldebroen



Montagebyggeri

Kuldebro – fugtproblemer

Fugtpletten er fremkommet på grund af manglende isolering mellem den ydre bærende betonkonstruktion. Der er fremkommet en kuldebro, hvor kulden ude fra føres ind i stuen og afkøler et område, hvor den vanddamp, der forekommer i stuen, forættes i form af frit vand på overfladen, som det kan ses på billedet.

Omfanget af skaden viste sig i høj grad at stå i forhold til beboernes forskellige opfattelse af nødvendigheden af udluftning, altså med stueluftens fugtighedsgrad. Det bemærkes f.eks., at en ganske enkel isolering, foretaget med en speciel maling, Seculate, tilsat findelte plantefibre, kunne hindre kondensation. Behandlingen er temmelig kompliceret, idet der skal stryges op til 5 gange for at opnå et godt resultat.



Se tegning næste side



Kuldebro – gesimselement

I dette tilfælde udgøres hjørnet af den udvendige facade over døren og en indvendig tværvæg.

Kuldevirkningen bliver derfor mest udpræget på ydervæggen, hvor der kun er

varmetilgang fra én side i modsætning til det andet eksempel, hvor hjørnet dannes af facade og tværvæg ved indvendig altan. Her er begge flader ydervægge med varmetilførsel kun fra én side, hvorfor virkningen er ensartet på begge vægge.

Vær opmærksom på „koldbroer“

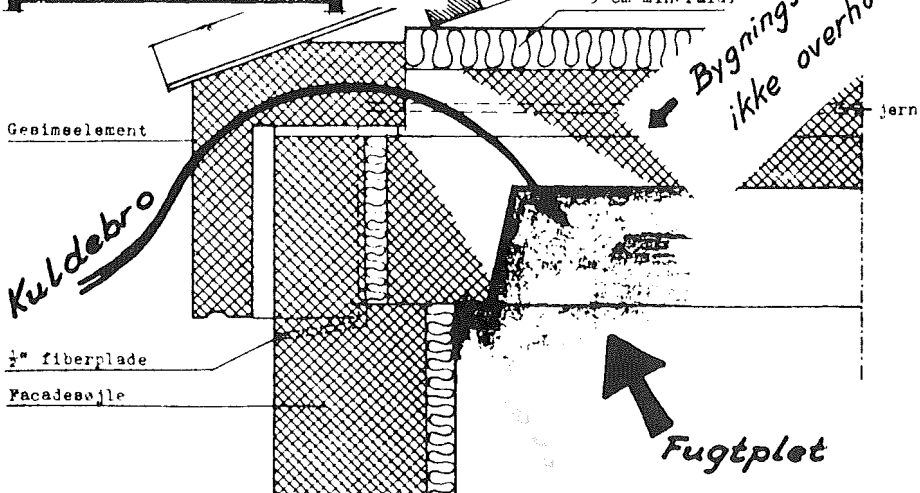
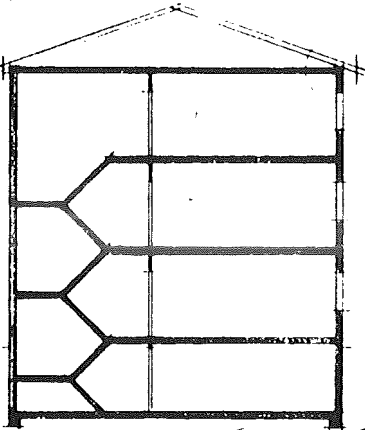
Et søm gennem isoleringen til den kolde ydervæg kan danne koldbro, så der dannes grimme pletter

I mange huse — såvel store som små — finder man „koldbroer“. Det vil sige steder, hvor varmegennemgangen er for stor. De kan findes i såvel indér- som ydervæg-

Tapetets holdbarhed

Mange har muligvis konstateret, at hvis de har isoleret en ydermur med plader af træbeton eller andet materiale, der er sømmet fast således, at sømmet når ind i den kolde ydervæg, kan der dannes pletter, hvor sømhovederne findes under tapetet. Det sker, fordi metallet overfører kulden fra ydervæggen til sømhovedet.

Koldbroernes økonomiske indflydelse gør sig især gældende på to felter: Dels øges omkostningerne opvarmning, dels må der foretages vedligeholdelse på sætte steder, som ser slemt ud.



*Kuldebro – facadesøjles forankring
(tekst næste side)*



*Forkert anbragt armering i montage- (tekst næste side)
byggeri – kuldebro*



Kuldebro – facadesøjls forankring

Ved facadesøjls tilslutning og forankring til etageadskillelsen var isoleringslaget af træbeton ikke helt ført ned til etagepladen, fordi man ønskede at give så stor anlægsflade i støttepunktet som muligt. Derved fremkom en kuldebro.

Isolering



Isolering af ydermur

For kolde ydervægge er her isoleret med en 8 mm tyk plastic-skumplade, der ikke er

Forkert anbragt armering i montagebyggeri – kuldebro

Ved at fjerne en tynd overfladeskal her i hjørnet med fugtpletten, viste det sig, at armeringsjern, forkert placeret for tæt ved betonelementets overflade, fungerede som kuldebro.

Det understreger betydningen af, at det er vigtigt, at manden ved betonstøbefor- men er klar over, at en enkelt fejl fra hans side kan medføre gener for beboerne i det byggeri, som han er med til at opføre.

ført ned bag fodpanelet. Derfor fortsætter kondenseringen her i så stort omfang, at fugten trænger ud på gulvet.

Traditionel jernbeton i 8 etager højhus 1 tekst næste side



8 etager traditionel jernbetonbygning med facadeskader 2

En in-situ støbt betonbygning (støbt på stedet) fra midten af 50'erne, bestående af 8 etager og med en længde på ca. 250 m, havde efter 25 år fået en række alvorlige skader på facaderne – især i og omkring samlingerne ved de lodrette søjler og vandrette dragere – etagekrydsene.

En undersøgelse bestående af registrering og vurdering af skaderne og bygningens tilstand blev iværksat.

Bygningen var udført af traditionel jernbeton bestående af krydsarmerede plader; båret af tværskillevægge (for hver 6 m) og en hovedskillevæg (længdevæg) samt i facaden vandrette jernbetondragere, hvilende på tværvæggene, og bærende de lette facadevægge.

Der var indlagt dilatationsfuger ved hver anden tværskillevæg. Fugerne var forskudt fra etage til etage, således at de lå over hinanden i hver 2. etage.

Fra undersøgelsen blev der bl.a. konkluderet, at der ud over en række mindre revner og springere (frostsprængte porøse sten), var der to alvorlige hovedtyper af skader, nemlig:

1. Store revner og afskalninger (afsprængninger)

i krydset, hvor de vandrette dragere og lodrette søjler var samlet i facaden samt ved dilatationsfugerne.

Disse skader blev vurderet til at være opstået på grund af manglende hensyntagen til betonens klimabetingede bevægelser (temperaturbevægelser), dvs. at disse bevægelser ikke i tilstrækkelig grad kunne optages af dilatationsfugerne, hvorved der opstod revner og afsprængninger ved samlingerne, og som i kombination med frost og armeringskorrosion (flere steder blotlagt armering) efterhånden havde fået en skadesgrad, at midlertidig afstivning var nødvendig, som det fremgår af billedet.

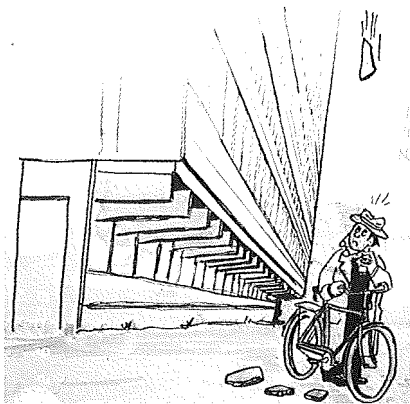
2. Armeringskorrosion

Den anvendte udvendige beton viste sig at være karboniseret til en dybde på op til 50 mm, hvorved en meget stor del af armeringen ikke var beskyttet mod korrosion, hvilket havde bevirket rustafsprængte dæklag. Disse skader var ligeledes opstået og forværret som følge af kombinationer med revner og frost. Den store karbonatisering skyldes, at der til de udvendige betondele var brugt beton med for stor porøsitet, dvs. for lav kvalitet.

Rustdannelse kan have været en medvirkende årsag til revner og afsprængninger ved dilatationsfugerne. Men den primære årsag må formodes at være de store mekaniske påvirkninger, konstruktionen har fået som følge af dilatationsfugernes udformning i forbindelse med facadens svind og temperaturbevægelser.

Mange af skaderne var af et sådant omfang, at der var risiko for pludselig brud i konstruktionen. Der blev foretaget afspæringer, hvor der var fare for nedfald af betonbrudstykker, og de mest medtagne etagekryds blev afstivet, indtil den omfattende reparation af betonen kunne igangsættes.

Inden der blev taget endelig stilling her til, blev der foretaget belastningsprøver. Disse viste at der ikke var fare for sammenstyrtninger – men reparationer er dog nødvendige for at standse fortsat nedbrydning.



Selv små betonstykker fra højhuse slår hårdt.

Forankring af vinduespartier



volder – specielt i betonbyggeri – ofte store bryderier.

For det første er den termiske udvidelse af metalpartierne væsentlig større end betonens, for det andet betyder de vibrationer, som kommer af de oplukkelige partier i metalkonstruktionerne, at ankre efterhånden løsner sig. Disse ankre er ofte – i hvert fald tidligere – ikke rustbeskyttede, og da rust fylder 5-10 gange så meget i volumen som blankt jern, siger det sig selv, at der er stor sandsynlighed for afsprængninger i betonoverfladen.

Til forankring af sådanne partier bør man derfor anvende andre typer ankre, som giver en vis elasticitet i kraft af udformningen og som er udført af rustfrit, syrefast stål.

Styredorne i elementer

Som det ses på billedet, er der her tale om en søjle, som er monteret på en betonbrystning ved hjælp af en styredorn. Der er ikke udført trykkudligningslag mellem de to konstruktionsdele, hvilket betyder, at der kan

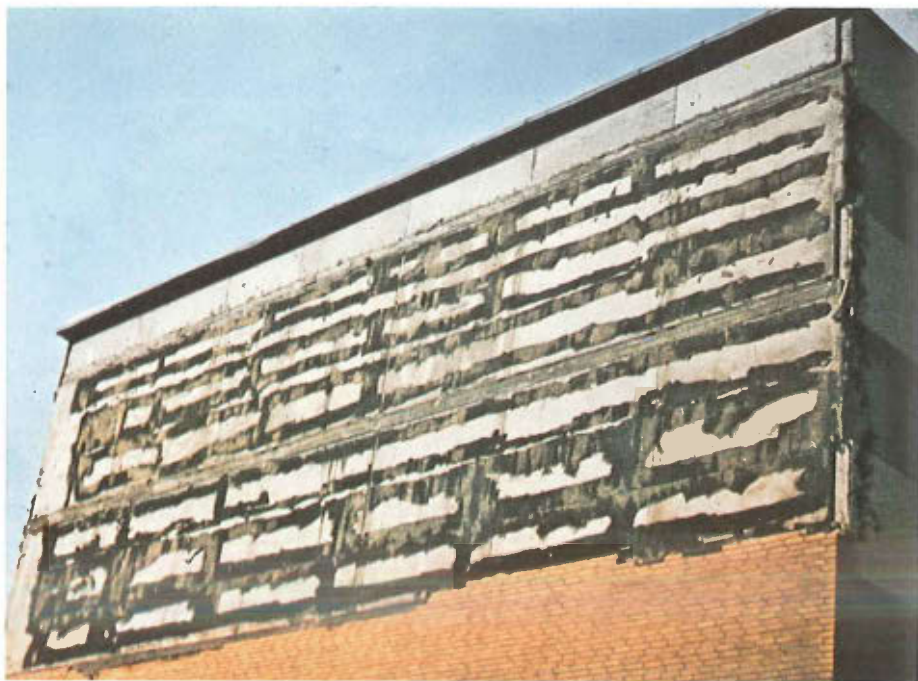


opstå væsentlige punktkræfter, der medfører afskalninger. Når styredornen samtidig ikke er af rustfrit stål, forstærkes denne tendens, evt. af rustdannelse.

Stålscepter i betonplade



Skalmursforankring



Teglsten anvendes i udstrakt grad til skalmuring af betonelementbyggeri.

En afgørende forudsætning for, at man kan anvende tegl på denne måde, er, at der skabes en sikker forbindelse mellem bygningens bærende konstruktion og teglskalmuren.

Det har vist sig, at de vindpåvirkninger, som kan forekomme i ekstreme situationer, har været væsentlig større end forudsat i vindbelastningsnormerne, og der er desværre sket ulykker med tragisk udgang som følge heraf.

Derfor er vindbelastningsnormerne nu revideret, således at kravene til murværkets udførelse og forankring er væsentligt for-

stærket. Men selv disse krav garanterer ikke mod sådanne ulykker, såfremt arbejdsudførelsen ikke foretages under iagttagelse af stor omhu.

I dette tilfælde var de indstøbte tinforbronzebindere ikke i tilstrækkeligt omfang forsynet med vinkelbøjning, bl.a. fordi det er en vanskelig operation at udføre, og dette har betydet, at forankringen ikke var så effektiv, som forudsat.

Selv om det gør fremstillingen af betonelementerne vanskeligere, hvis man anvender færdigbukkede tinforbronzestritter, vil det være at foretrække, da det vil være overordentlig vanskeligt at sikre sig en effektiv ombukning udført på byggepladsen.

fortsættes



Nu skal vi arbejdere have skylden for, at en kvinde blev dræbt under en væltet husmur

blev der skrevet i dagspressen umiddelbart efter ulykken, hvor sindene var i oprør. Det blev fremført, at

Arbejderne på elementfabrikken laver ikke disse ting efter forgodtbefindende, og vi på byggepladsen har bare at anbringe dem på de pladser, tegningerne anviser,

samt at

at vi arbejdere, hæderlige eller ej, ingen indflydelse har på planlæggelsen af elementernes konstruktion.

Det er nødvendigt i fremtidens byggeri, at der er et snævert samarbejde mellem manden på byggepladsen og manden ved tegnebordet.

Dette tilfælde er et eksempel på, hvad der kan ske, når samarbejdet ikke er tilstede.

Forankringen var ikke sikret f.eks. ved levering af elementer med færdigbukkede bindere eller ved metodeangivelse af bukning på stedet.



Armeringsjern for tæt ved overfladen



Fotografiet taler for sig selv. De forholdsvis store huller i betonen, som følge af luftblærer under støbningen (manglende vibrering) medfører vandsamlinger og dermed forøgelse af risikoen for revnedannelser. Sammen med armeringens placering for tæt ved overfladen og den dårlige proportionering af betonen (se Betonbogen CtO 1979, side 631) vil dette resultere i afskalning af betonen og blottelse af armeringen.

Detaljer af skader efter forkert anbragt armeringsjern i bærende konstruktioner.

Selv en mindre betondel kan fra stor højde forvolde megen skade.

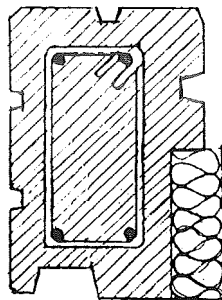
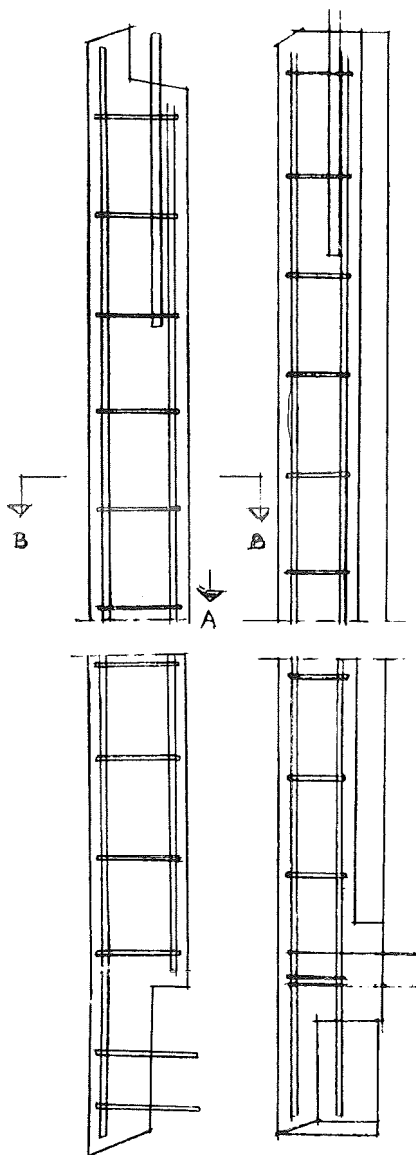
Se tegning næste side.

Armeringsjern for tæt ved overfladen 2

I »slanke« konstruktioner med kompaktarmering, hvor man bl.a. af arkitektonisk hensyn, faktisk har valgt for små yderdimensioner, således at armeringsjernene er placeret tæt sammen i »bundter«, kan det – med den foreskrevne betonkvalitet – være meget vanskeligt at få formen ordentligt udfyldt og få jernene omstøbt, hvorved der fremkommer stenreder. Disse opdages først efter at formen er fjernet.

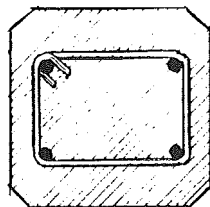
Stenreder kan repareres ved korrekt udhugning og udstøbning med sprøjtebeton.

Ved udformning af søjler må bemærkes, at affasning og/eller »udskæringer« ofte resulterer i for lille dæklag over armeringen.



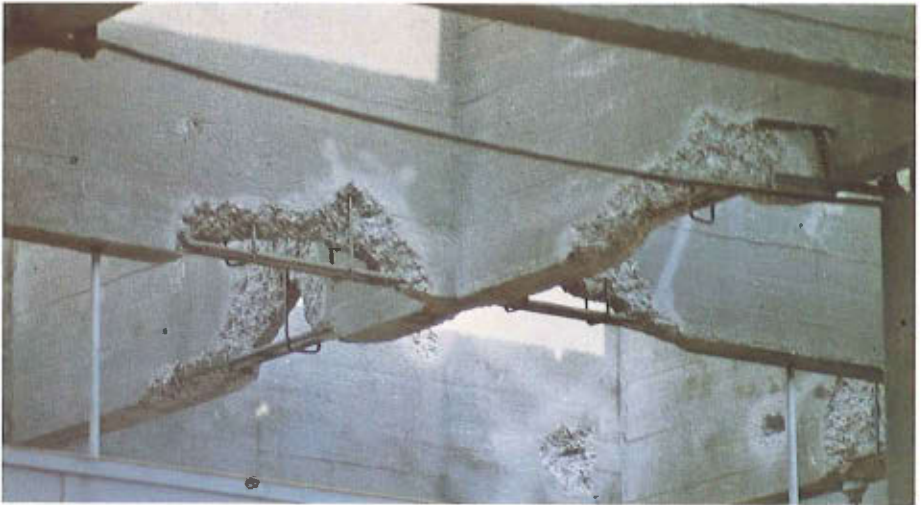
SNIT A-A

Bøjler i søjlearmering forkert anbragt, således, at der på facadesiden er meget lille dæklag.



SNIT B-B

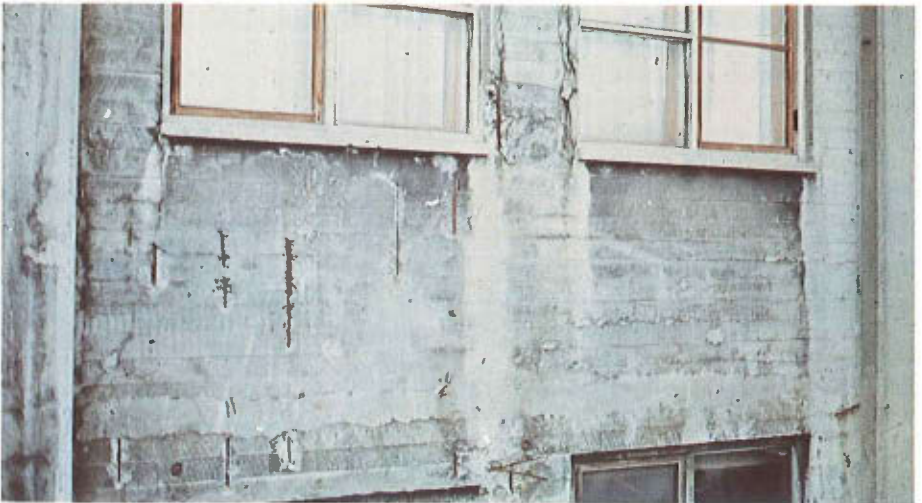
Rustdannelse på armeringsjern



Forvitring – rust Ødelæggelse af armeringsjernene

Hvis vand på grund af dårlig beton og deraf følgende betonskader kan få adgang til ar-

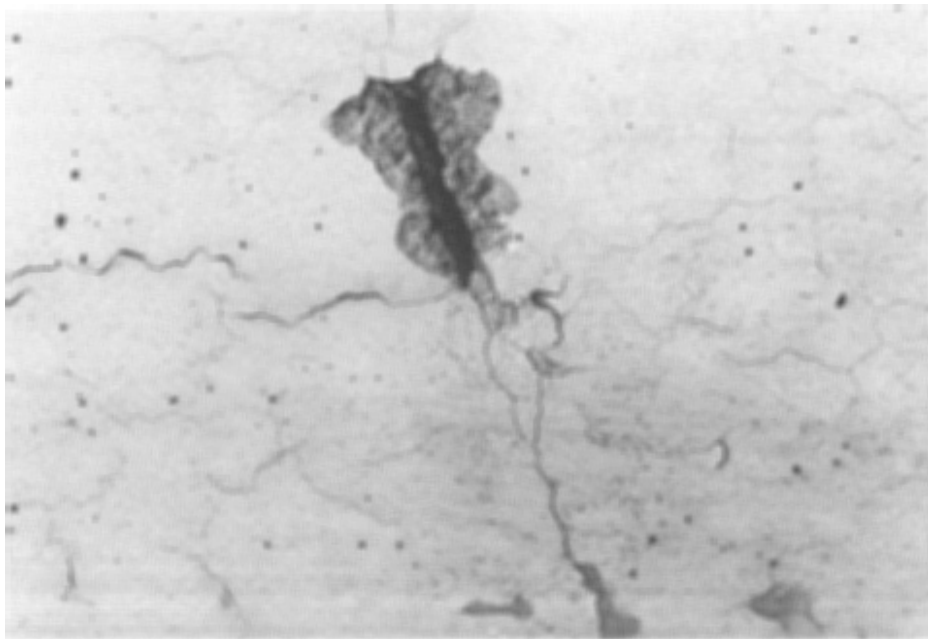
meringen, bliver rustdannelse efterhånden det primære og betonskaderne det sekundære, se Betonbogen CTO 1979, side 205 om Karbonatisering.



En facade af jernbeton med rustne armeringsjern og afskalninger. Fejlen skyldes for ringe dækkende betonlag.

fortsættes

Rustdannelse på armeringsjern



Rust på armeringsjern er den almindeligste skade på jernbeton. Ved rustdannelse sker en udvidelse ved jernene, som giver betonskader ved revnedannelse og afskalning af det dækkende betonlag.

Det er fugtighed i forbindelse med dårlig indstøbning af jernene, der i dette tilfælde forårsager rustdannelsen.

Rust fylder over 5 gange mere end det jern, som er medgået ved processen. Derfor revner betondæklaget og rust »flyder ud« af revnerne. Et rustangreb kan let lokaliseres på rustfarven. Man skal imidlertid være klar over, at andre korrosionsprodukter ikke fylder så meget. Der kan derfor godt ske en alvorlig nedbrydning af armeringen, uden der behøver at komme væsentlige revnedannelser og rustpletter. Reaktionsprodukterne kan opsuges i betonens porøsiteter. Det kræver dog helt specielle forhold med underskud af ilt på korrosionsstedet.

Forvittringsskader

Forvittringsskader fremkommer ofte hvor betonoverfladen er udsat for stor vandbelastning, uden at der ved blandingsforhold m.v. er taget tilstrækkeligt hensyn hertil.

Vær opmærksom på de ofte mange »skønhedspletter« i form af misfarvninger på betonflader på grund af vandskader. Disse skyldes ofte manglende viden på konstruktionsstadiet. Misfarvninger kan være forvarsel om alvorlige skader.

Fugt og misfarvning efterfølges ofte af krakelering, revner, springere, afskalninger, frostskafer, drypsten, alkalikiselreaktioner og totalforvitring, der også kan give anledning til rustdannelser på armeringen.

Bygningen ældes – den er i forfald – større eller mindre betonstykker løsner sig med fare for menneskeliv ved nestyrtning. Bygningens tid er nu begrænset til få år.

Armeringsjern i sålbænk 1

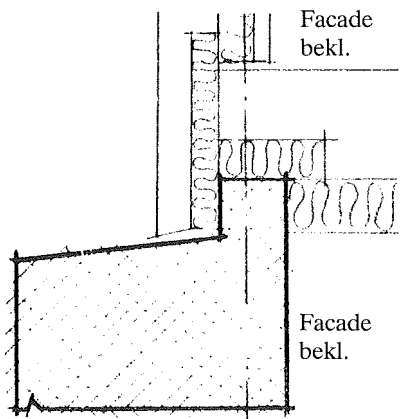


Sølbænken under butiksvinduet er delvis ødelagt på grund af armeringsjern anbragt for tæt ved ydersiden i forbindelse med dårlig støbning.

Nærbilledet viser årsagen til sølbænkens ødelæggelse. Det er også nødvendigt at være omhyggelig med støbning af sølbænke samt at sørge for, at armeringen er rigtigt anbragt.



Afskalning af dæklag



»Afskalning« af isser er et værdigheds-
tegn, afskalning på bygninger er en
byggefejl. Reparation i begge tilfælde
ubehagelig og kostbar.

Armering i ende af sålbænk 2

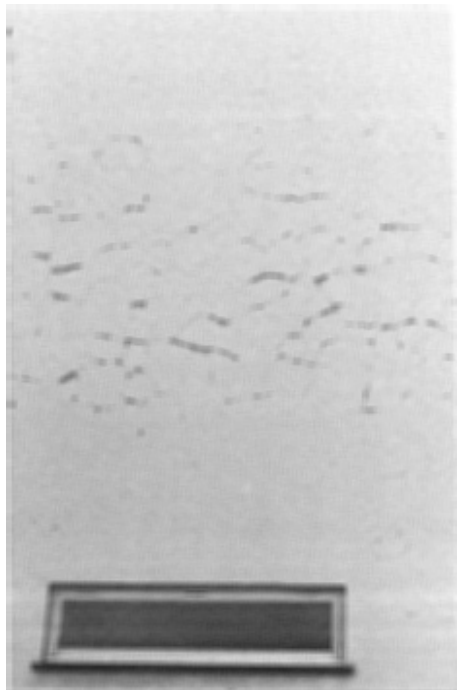


Billedet viser en sølbænk under et butiks-vindue. De 3 armeringsjern går helt ud til enden af sølbænken, således at fugtighed og rust har ødelagt enden af sølbænken.

Nærbillede af armering i ende af sølbænk viser tydeligt, at armeringsjern skal omsluttes af beton på alle sider.



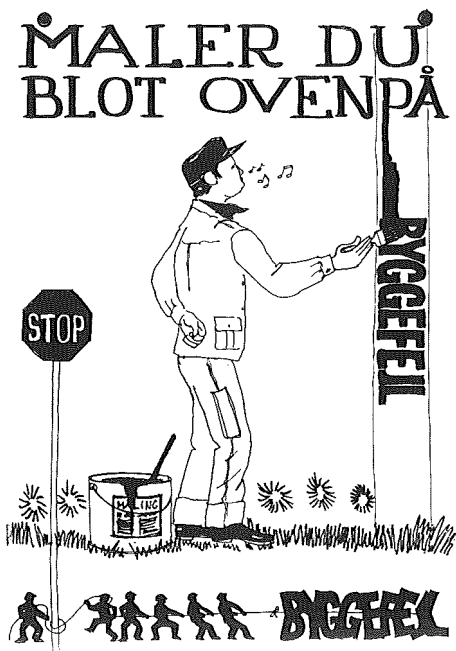
Maling på puds



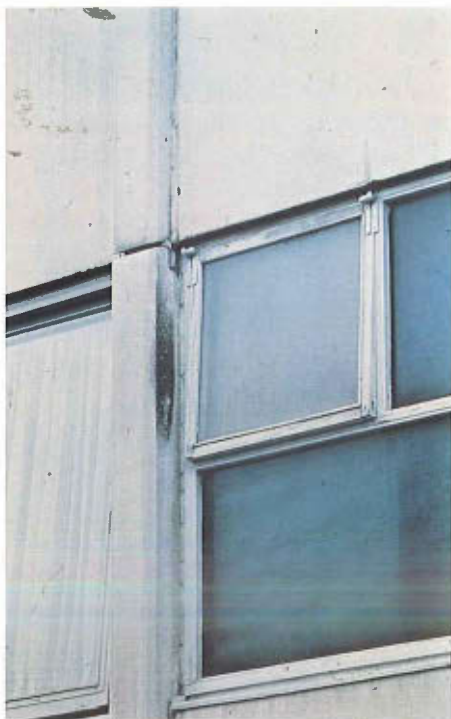
Mange af de kunststofbaserede malinger synes, trods gode laboratoriemæssigt bestemte vanddampdiffusionsegenskaber, alligevel at bremse temmelig meget for fugtvandringen til at sådanne krakeleringer kan forekomme.

De kan dog også i mange tilfælde skyldes, at malingsfilmen er stærkere end underlaget, som det ofte ses ved pudsede byggerier, hvor pudsbinden er lidt for svag.

Malingsfilmen er derfor tilbøjelig til at krympe og i tilfælde som her at trække pudslaget i stykker. Ved sådanne behandlinger er det nødvendigt med en nøjere kontrol med underlagets beskaffenhed og en omhyggelig udvælgelse af et egnet materiale, dvs. at man må foretage en samlet afbalancering af alle konstruktionens materialer.



Misfarvning



Facadesøjler

I en stor etagebebyggelse var misfarvning af facadesøjler ud for vinduer til bade- og toilettrum mest fremtrædende, hvor lejligheden beboedes af familier med småbørn, idet husmoderen i mangel af bedre muligheder anvendte bade- og toilettrummet til tørring af vasketøj.

I denne lejlighed sparede familien så meget på varmen, at vinduet i badeværelset, hvor der blev tørret børnetøj, kun lejlighedsvis blev lukket op, hvorfor facadesøjlen udenfor blev misfarvet.

Familien bestod af to voksne og to små børn. Fruen vaskede alt selv og beklagede sig med rette over, at der ikke var tænkt på et rum til klatvask i kælderen, hvorfor hun enten måtte gå en lang vej til beboelses-

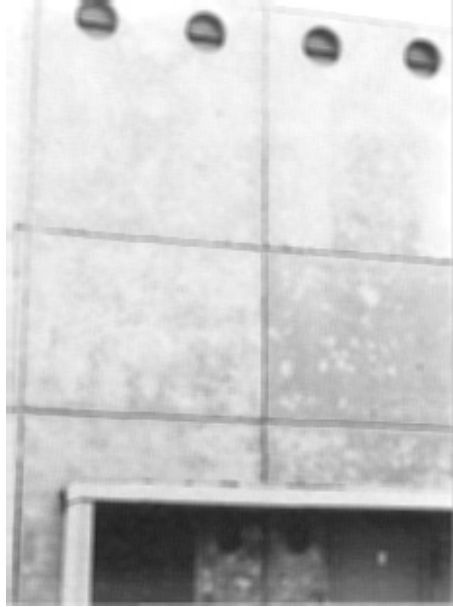
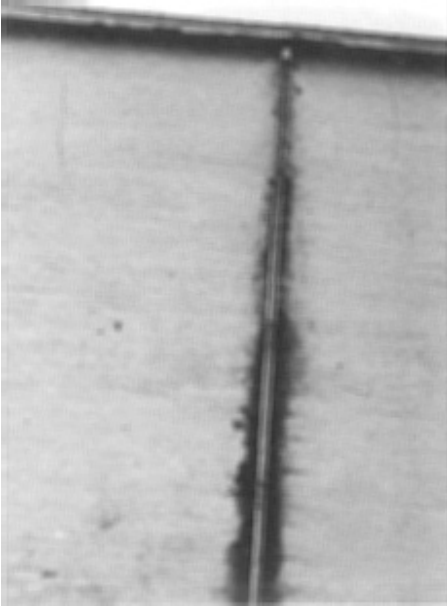


komplekssets vaskebygning, hvor hun kunne komme til efter tur, eller klare sig som hun gjorde med badeværelset, hvor hun ikke kunne se nødvendigheden af fornøden udluftning.

Misfarvning af de udvendige facadesøjler ud for badeværelsesvinduer viser, at en vinduesplacering lige op til en facadesøjle forringer vinduesudluftningen samtidig med, at søjlen misfarves på grund af kondensfugt, der danner grobund for alger og samler snavs og støv.

I de tilfælde, hvor beboerne havde forsynet vinduet med en ventilationsanordning – eller en gammeldags trækrude – var der ingen skader.

Misfarvning



Utætte nedløb er en hyppig årsag til misfarvninger. Zinknedløb har, specielt i den forurenede industriatmosfære, en begrænset levetid og må derfor vedligeholdes og evt. udskiftes. Følgerne af manglende vedligeholdelse vil ofte være en begyndende nedbrydning af bygningens overflade, enten kemiske (korrosions-), fysiske (frost/tø-betingede afskalninger) eller biologiske angreb (mos- og algevækst).

Følgeskaderne kan ofte være vanskelige at udbedre, medmindre der skrives ind i tide.

På billedet ser man i øvrigt, at der forekommer svindrevner i bygningens øverste del, som dels er forårsaget af for store betonoverflader og for ringe betondækning af armeringen.

Bygningen er opført i 30-erne, hvor man ikke vidste tilstrækkeligt om betonens teknologiske egenskaber. At fejlene så ofte ses at gentage sig i nyere byggerier, er en anden sag.

Afskalningen på tagudhænget skyldes dels, at den termiske isolation er utilstrækkelig, og

at der ikke er foretaget nogen foranstaltninger mod fugtvandring og kuldebroer.

Dette tilsammen med, at zinkafdækningen ikke har tilstrækkeligt fremspring til at aflede vandet, medfører en kraftig fugtophobning i tagudhænget, der har medført de tidligere nævnte frostsprængninger.

På betonoverflader, der er beregnet til at stå med betonens naturlige hud, kan man ofte se aftegninger af armeringsjernene, som danner en slags gittermønster.

Oftentimes hænger det sammen med, at armeringen har været placeret på formbunden, hvor den i visse tilfælde har modtaget noget af formolien.

Endvidere ses karakteristiske »skydannelser«, som ofte hænger sammen med den anvendte formoverflades karakter og slipmidlets (formoliens) mere eller mindre jævne fordeling.

Da formolien har en ret lang nedbrydnings-tid, vil det være vanskeligt at få betonfladen til at patinere »pletfrit«.

Manglende udluftning – kuldebro



Målinger med termo-hydrograf gennem 14 dage viste, at beboerne i denne lejlighed, i modsætning til naboerne, hvor der ikke var skader, ikke luftede ud, hvilket har medført, at fugtpletten, der ganske vist skyldes byggefejl (se kuldebro på gesimselement) har været konstant gennem længere tid og dermed dannet grobund for alger.

Som det ses, var der fugtigt overalt i lejligheden – ikke mindst på ruderne bag gardinerne, hvor luften i nogen grad var forhindret i at cirkulere. Bemærk at vindueslisten er ved at blive frønnenet.

Instruktion, drifts- og vedligeholdelsesvejledning er påkrævet også for boliger!



Kondensvand

Alment om kondensskader

Det fysiske grundlag for, om der udskilles kondensvand på en væg, et vindue eller på loftet kan kort beskrives således. I atmosfærisk luft indeholdes altid en vis mængde vanddamp. Mængden af vanddamp angives i procent, idet der ved f.eks. en relativ fugtighedsgrad på 40% forstås, at luften indeholder 40% af den mængde vanddamp, der maksimalt kan indeholdes ved den givne temperatur, uden at vanddampe begynder at fortætte i form af tåge eller frit vand på en overflade. Jo varmere luften er, des mere vand målt i gram/kubikmeter kan luften indeholde. Kold luft kan omvendt kun indeholde ganske små vandmængder. Hvis man derfor går ud fra luft ved en temperatur på 15 grader med en relativ fugtighedsgrad på 60%, altså en luft, der nok er ret fugtig, men dog langt fra den grænse, hvor den begynder at udskille fint vand (dugpunkt), så vil denne luft, hvis den blev afkølet f.eks. 8 grader nok indeholde samme antal gram pr. kubikmeter, men den relative fugtighedsgrad vil være 95, altså nær ved grænsen for tågedannelse (dugpunktet).

Opvarmes den samme luft omvendt til f.eks. 25 grader, bliver den relative fugtighedsgrad ca. 30%, altså en ret tør luft.

Disse fænomener er almindeligt kendte, f.eks. kan man en sommeraften opleve, at den varme, men måske ret tørre sommerluft, når solen går ned, afkøles. Straks bliver den relative fugtighedsgrad så stor, at man får f.eks. tåge (mosekonebryg) og frit vand (dug på planter og jord).

Tilsvarende ser man, at hvis man tager varmt brusebad i et badeværelse med lukkede vinduer, hvorved luften bliver måske 30 grader varm med en fugtighed på f.eks. 90 grader, vil man få kondensvand på alle flader som fliser, koldtvarsrør, vinduer, som er så kolde, at de kan afkøle luften så meget, at dugpunktet nås.

Om sommeren er luftens relative fugtighedsgrad lille, og temperaturerne inde og ude er ret høje. Faren for kondensskader i etager over jorden, optræder derfor kun om vinteren, når forskellene i temperaturer er store. I kældre er der ofte kondensvandsfugt om sommeren.

Luften i en lejlighed er 15-20 grader varm og indeholder vandmængder, der normalt svarer til fugtighedsgrader på 40-50%. Denne fugtighedsgrad kan nemt vokse, hvis der ikke luftes ud flere gange i dagens løb, især hvis der sover mange mennesker i et lille rum med lukkede vinduer, idet hver person udskiller betydelige vandmængder hele døgnet rundt.

Luftes der ud, tilføres der kold luft med et ringe fugtindhold. Luften opvarmes hurtigt ved kontakt med vægge og møbler, og samtidig er fugtighedsgraden blevet meget lavere.

Hvis der ikke udluftes, vil fugtindholdet vokse, og på et vist tidspunkt er luften så fugtig, at den ved berøring med kolde vægge eller vinduer udskiller kondensvand.

Før krigen var der i mange lejligheder kakkellovne, der ved forbrændingen brugte ret store luftmængder. Dette i forbindelse med ret utætte vinduer, medførte, at kondens kun forekom på meget kolde flader; i realiteten kun i lejligheder, hvor murværket var massivt, samt på alle vinduer med ét lag glas. Isblomster på vinduerne var et almindeligt accepteret fænomen. Efter krigen kom der centralvarme i alle nye lejligheder, og vinduerne fik tætningslister. Ventilationen blev derved ringere, og udluftningen blev en nødvendighed. Hvor beboerne ikke indså dette, optrådte kondensskader.



Sålbænk 1

Fugt i vinduesbrystninger

Gennemgående lange sålbænke af beton støbt på stedet vil revne og beskytter derefter ikke brystningen mod nedsivning.

Sålbænke af strengbeton med samlinger af elastiske fugematerialer havde givet varig beskyttelse såfremt fugematerialet vedligeholdes.



Ingen sålbænk medfører misfarvning af facaden.

Sålbænk 2

Forkert udført har medført misfarvning (Se iøvrigt Debatserie 6)



Ufuldstændig vandnæse



Synlig underside af tagudhæng på bygning, skæmmet af vand på grund af manglende vandnæse.

Vand ovenfra kræver god og forsvarlig tagdækning, der som en skærm beskytter bygningen. Ofte er manglende tagudhæng skyld i fugtskader.

I dette tilfælde er tagudhænget meget stort, men vinden stuves op under den vandrette underside og fører herved store regnmængder ind i huset. Dette kan nøje ses på misfarvningerne på undersiden. Der burde være en kraftig vandnot til at standse vandet.

Billedet er taget ca. 4 år efter opførelsen. Man må forvente, at betonelementerne skades væsentligt.



Udkragede betondragere bliver afvasket på en måde, der indgår som et væsentligt led i hele bygningens arkitektur. *fortsættes*

Ved et hurtigt øjekast virker det som fremhævelse af en skyggevirkning, men ved nærmere eftersyn, viser det sig at være en vandbelastning af en udvendig betonstrøber, der er

støbt med for ringe betonkvalitet.

Den er ikke beskyttet mod vejrliget, f.eks. med en afdækning med rigeligt fremspring og effektiv vandnot.

Uønsket dekoration



Anbringelse af skiltning o.lign. på vore bygninger giver ofte anledning til kedelige problemer, specielt når der anvendes kobber og andre metaller til bogstaver og når disse ikke er anbragt i en afstand fra muren. Disse misfarvninger, der opstår omkring sådanne skiltninger, forankrer sig ofte meget langt ind i overfladematerialet og er meget vanskelige at fjerne - i visse tilfælde umulige.

Derfor bør man anvende så stabile materialer til skiltning, som muligt, samt sørge for, at skiltningen anbringes i tilstrækkelig afstand fra overfladen.

Bogstaver misfarver



– hvis de ikke anbringes med omtanke

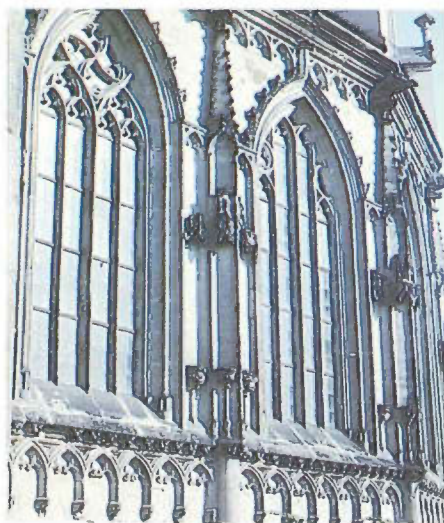
Misfarvning p.g.a. forkert tagudformning



Det er naturligt at ældes, også for bygninger, men det bør ikke ske »stribevis«



Utilstrækkelig vandafvisning (se næste side)



Vejrliget – tids-effekten har ikke virket »sjusket« på denne historiske bygning.



Dækpladen er for lille til at holde drypvand fri af murværket, som skulle have haft sin egen afdækning med fremspring og vand-næse.

På eksemplet ses tydeligt, at det har været meningen, at vandet fra taget skulle holdes væk fra væggene ved hjælp af det tudformede afløb.

Fejlen er, at opkanterne har været underdimensionerede. Der er også for lidt fald mod hjørnet, hvor det var tanken, at vandet skulle løbe af.

Hvis der ikke er et rimeligt forhold mellem fald og profiler, ledes vandet ikke effektivt, men går sine egne veje, som altid er de korteste.

Sammenføjninger af afdækningsmaterialet skal udføres med omhu. Der må tages hensyn til materialets udvidelseskoefficient. Overdækningen er mere end nogen anden bygningsdetalje udsat for belastninger fra sol, vind og regn. Endelig må der naturligvis ikke anvendes materialer der forvitrer. Mange facader er præget af striber fra dårligt udførte samlinger og andre mangler ved afdækninger.

Hjørnesamlingen af muroverdækningen er utæt, og skaden, som er følge heraf, ses tydeligt.

Mange af de præfabrikerede betonelementer, der anvendes i moderne byggeri, er så komplicerede med hensyn til opbygning, isolation, armering o.lign., at det kan forekomme, at de indeholder latente spændinger, der i visse tilfælde kommer til udløsning i form af revner.

Årsagerne kan være mange, f.eks. uheld ved transport, uhensigtsmæssig opløsning m.v., men desværre er det ikke altid, at disse revner bliver synlige, før elementet er monteret på plads i bygningen.

Med den anvendte byggeteknik er en udskiftning praktisk umulig, og man må så i mange tilfælde klare sig med nødtørftige reparationer, eller i tilfælde, hvor der virkelig er tale om stabilitetsrisiko, at foretage særlige forankringsforanstaltninger.

Misfarvet 2 år gammel mur med striber og pletter



Misfarvning af facade-elementer



I denne betonelementbebyggelse har man ikke under opmagasinering på byggepladsen og under montagen været opmærksom på, at elementer skal beskyttes mod nedbør på de flader, der ikke er beregnet på at modstå vejrliget. Der er trængt vand ned i isoleringslaget, og dette medfører såvel indvendige som udvendige fugtskader. De udvendige skader kan foruden at medføre varige misfarvninger også være årsag til frostska-

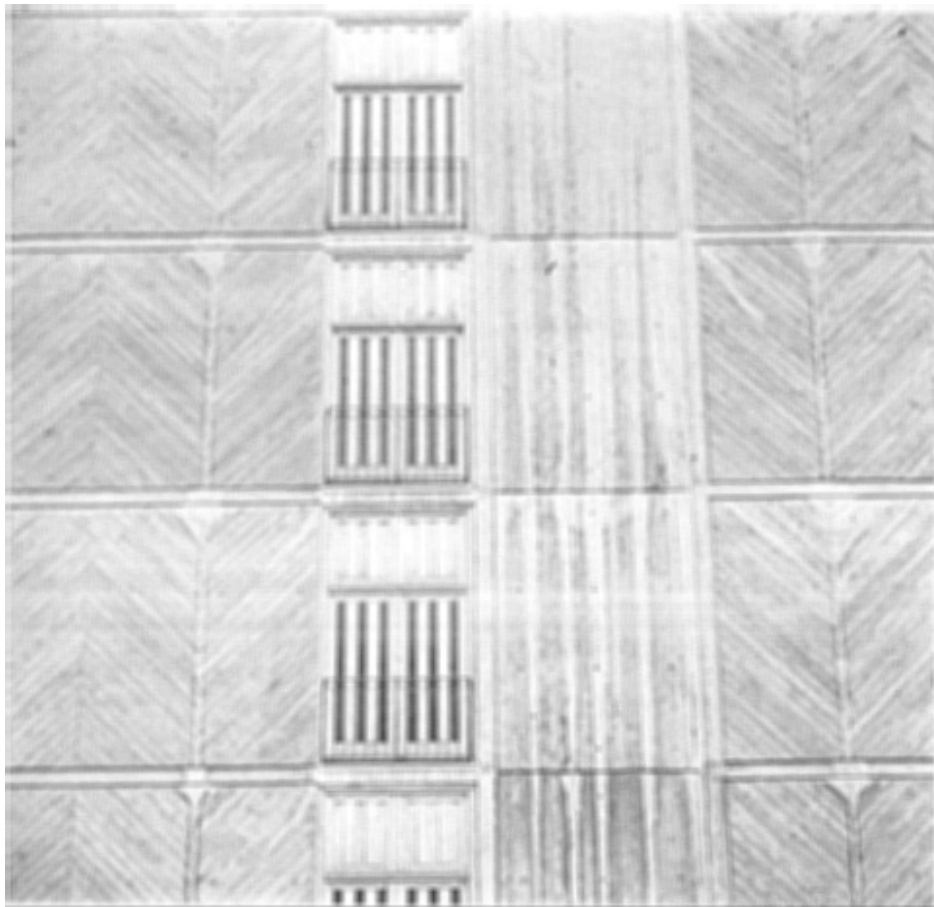


Misfarvning af søjler

Billedet viser kobberrør, der leder kondensvand væk fra mellemrummet mellem kobbertag og betondæk.

Dette »kobbervand« misfarver muren og angriber armeringsjernene.

Misfarvning



Mange forsøger at give betonen, der skal stå i sin naturlige overflade, et mønster eller profilering, som skulle sikre en bedre og mere ensartet patinerung.

Disse prisværdige bestræbelser lykkes ikke altid lige godt, men de giver os i hvert fald et fingerpeg om de mekanismer, som regulerer betonoverfladens »patinerung«.

Læg mærke til, at tilsmudsningen tiltager ned ad bygningen. De øverste dele renses ret effektivt af regnvandet, men efterhånden som det strømmer ned over facaden,

tiltager smudskoncentrationen. Såfremt det var teknisk og arkitektonisk muligt, kunne dette modvirkes ved, at man skiftede materialevalg fra ret porøse materialer øverst i bygningen til tætte i den nederste del.

De steder, hvor vandhastigheden er stor, dvs. hvor der er tale om en lodret profilering, sker der en kratigere afvaskning end andre steder.

Forskalning med ru brædder må ikke alene bestemme patinerungen af de rå betonoverflader.

Mislykket dekoration Misfarvning



Allerede 2 år efter opførelsen havde støbningens grove karakter medført misfarvninger

Forsøget på at forskønne en stor betonflade er faldet uheldigt ud, fordi støbefladerne er for grove i forhold til reliefvirkningen.

En efterbehandling, der gør fladerne mere homogene, vil kunne hjælpe; men hensyn til og omtanke for vejrligets påvirkning, slagregn, vind m.v. er nødvendig i projektfasen.

På grund af manglende vandnæse og -not ses misfarvninger på siden af døren i hjørnet. Ligeledes bemærker man tilsmudsning over og under dekorfremspring. Overfladekarakteren ændres ved påvirkning af støv og anden luftforurening. Især i fabriksområder vil regnens indhold af kemiske produkter – svovldioxyd m.m. – være medvirkende faktorer til, at give facaden

en udformning, der ikke var medtaget i planlægningen.

Vægge og søjler, der efter afforskaling, skal fremtræde ubehandlet, måske med formens struktur, er vanskelige at få ensartet i hele højden, selvom det kun drejer sig om en almindelig etagehøjde. Årsagen her til er, at betontrykket mangler foroven, hvilket selv den mest omhyggelig udførte vibrering ikke kan afhjælpe. Der kan meget nemt opstå luftblærer i betonen, således, at den nærmest fremtræder »svampeartet«.

Nogle entreprenører har klaret dette problem ved at støbe med tilsvarende overhøjde, der hugges af, inden betonen er bundet helt af, men det er en dårlig løsning.

Misfarvning



De vilkår, hvorunder vi må opføre vore bygninger i dag, gør det tvingende nødvendigt, at vi interesserer os for et nøjere studium af, hvorledes de lokalklimatiske forhold influerer på bygningernes patinering.

Den form for patinering, vi oplever i mange tilfælde ved nyere byggeri, synes ikke at have nogen sammenhæng, vel nok især fordi luftforureningen, herunder især svævestøvindholdet er stærkt forøget.

Som det fremgår af billedet, er bygningsdelenes profilering og detaljering af afgørende betydning for, hvordan smudspartiklerne fordeler sig via vind- og regnpåvirkningerne.

Af de iagttagelser, man kan gøre, skulle det være muligt at udlede visse grundregler for detaljeringen, således at man får bedre kontrol over, hvor vandet kommer til at bevæge sig ned over facaden og derved en bedre kontrol over tilsmudsningen.

Den ukontrollerede patinering er et problem, der er uafhængigt af materialevalget. Dog vil problemerne i reglen være størst, hvor man anvender porøse eller delvis absorberende materialer.

Misfarvning



Den gamle kirke ældes med værdighed – trods en verdenskrigs luftbombardementer

Betonbygningen overfor (i folkemunde kaldet »Bikinibygningen« på grund af den todelte udformning), fotograferet 2 år efter opførelsen, viser en udsmykning på gavlen, der ikke fra de projekterende har været tilstræbt.

Målet må have været at skabe en ren komposition, der med lige linier og store flader skulle virke som en arkitektonisk helhed og kontrast til kirken.

De våde ukontrollerede »smudsgardiner« virker forkert og ødelægger den arkitektoniske mening. Den moderne bygning bør ikke efter få års forløb virke sjuasket.

Snavs fra luften og fra forkert konstruerede bygningsdetaljer er mere synligt på

moderne huse end på huse med klassiske detaljer (forsiringer, fremspring m.v.).

Tidens tand har understreget den gamle kirkes historiske stilart. Der bør, uden at der er tale om stilefterligning, være et samspil med tidligere tiders bygningsmæssige erfaring ved udformning af nye bygningsformer.

Årsagen til misfarvning på gavlen er overdækningens udformning og udførelse.

Fremspringet er for lille og udformet forkert uden tilstrækkelig vandnæse.

De gamle bygningers formgivere har sikkert medtaget i planlægningen, at det luftbårne snavs i forbindelse med regn vil understrege den arkitektoniske virkning.

Det kræver omtanke at gennemføre en dekoration i forbindelse med facadeudformning.

fortsættes

Misfarvning



Snavs, sand og støv samles på alle bygningsfremspring og -flader. Betonfladers udseende kan også spoles ved pletter fra kontakt med andre materialer, samt fra skader ved uheld eller misbrug.

Overfladerne kan helt ændre karakter på grund af organiske vækster forårsaget af fugtdannelse m.v.

Betonområder med alger eller rådne lav er grimme og vanskelige at holde rene, hvis der er fugtighed og adgang til mineral-salte. Alger er levende planter, der trives i sollys. Lavarter er kombination af alger og svamp.

Formeringen sker hurtigt på våd, dårlig beton, især i nærheden af vegetation.

Bituminøse membraner, der skal sikre

mod vandindtrængning i konstruktioner, skal være af et så bestandigt materiale, og således placeret, at de ikke »kan løbe«, som det er sket i dette eksempel.

Overdækningen af muren er lagt i klæbemasse, som er løbet ned ad væggen og således giver netop den skade, det var hensigten med muroverdækningen at undgå.

Samme resultat forekommer ofte i forbindelse med fugning, eller hvor puds over tjæret værk er faldet af.

Ved en rigtigt udført afskærmende overdækning, er det ikke nødvendigt at beskytte god beton med en overfladebehandling. Gennemtænkte detaljer vil forkorte de perioder, hvor betonen er delvis våd, og misfarvning vil undgås.

Misfarvning

beskadigelse af betonfacader, bl.a. på grund af vejrligets indflydelse

I mine forsøg på, som et led i Byggefejlregistrets arbejde at få sat en debat i gang, har jeg i efterfølgende del af afsnit om betonskader i altangangshuse forsøgt at få fastslået, at klimastudier må indgå i de allerførste overvejelser vedrørende valg af byggeform m.v. og være grundlag for senere udformninger.

Også i dette afsnit vedrørende selve facaden må det fastslås at:

vejrliget påvirker alle bygninger og de materialer, de er opført af.

Skader opstået f.eks. under støbning – enten ved arbejdets udførelse eller ved forkert blandingsforhold – kan som de andre i Debatserien omhandlede forhold – være årsag til, at bygværket helt eller delvis forgår.

Det må være målet af skabe bygninger, der kan ældes med værdighed. Nok vil de forandre udseende med årene på grund af påvirkninger fra luftforurening, luft og vanddamp, men ikke ødelægges.

Valg af materialer og udformning er bestemmende for, hvor store summer bygningsindehaverne skal anvende for at undgå forfald.

Hvis det er en betonfacade, vil denne misfarves i løbet af ganske kort tid og senere beskadiges, hvis der ikke i udførelsesstadiet er taget hensyn til denne »ekstra« påvirkning. Forholdet vand/cement er bl.a. afgørende (se afsnittet om generelle fejl).

Forklaringen er den, at regnvandet – slagregnen – rammer betonen foroven og løber ned ad facaden. Regnvandet har i starten en rensende virkning, fordi det er blødt (uden kalk). Ved at løbe ned ad facaden, optager det blødt vand kalk og snavs m.v. fra betonens overflade. Regnvandet bliver mættet med kalk, hvorved den ren-



sende virkning aftager, for til sidst at forsvinde.

Ved årelang virkning af den karakter, kan betonen – afhængig af kvaliteten – tage skade og forvitte på de mest udsatte steder. Herved kan vand få adgang til armeringsjernene, hvis disse ikke er anbragt forsvarligt.

Byggemateriale til facader kan være »hårde«, altså vandafvisende eller »bløde«, f.eks. murværk, der kan opsuge store mængder slagregn i våde perioder og afgive dem igen i tørre perioder. Dette må der allerede ved udformningen på tegnebrættet tages hensyn til.

fortsættes

Slagregnmængderne løber ned ad facaden. F.eks. er vinduer i hårde facader udsat for større fugtbelastning end vinduer i murstensfacader. Dette gælder naturligvis også fugerne uden om vinduerne.

I betons og jernbetons ungdom var den almindelige opfattelse, at vedligeholdelse var unødvendig. Man regnede ikke med, at der ville fremkomme skader. Først senere er det erkendt, at beton på udsatte steder kan få skader. Konstruktionerne må vedligeholdes. Det var kun betonens styrke, man interesserede sig for. Først i de senere år er der virkelig forsket i betons holdbarhed, og dette arbejde er stadig i fuld udvikling.

Alligevel må det erkendes, at betonskaderne er omfattende. Kampen herimod kan bedst ske ved at finde årsagen og ved debat få yderligere resultater.

Valget af entreprenør

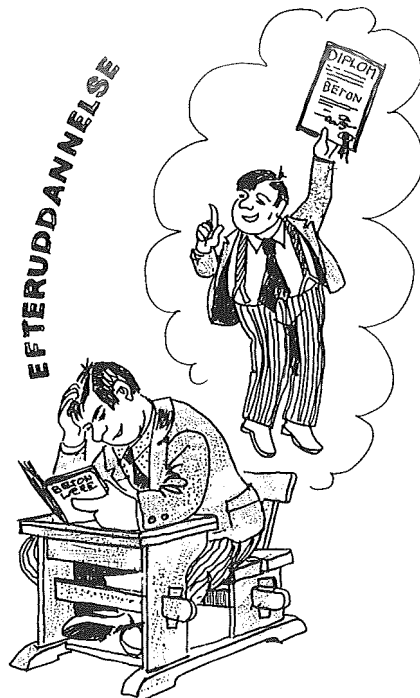
sker som oftest ved licitation efter indbydelse eller ved offentligt udbud. Der konkurreres på prisen, hvilket kun kan lade sig gøre, såfremt udbudsgrundlaget – tegninger og beskrivelser – er entydigt og dækkende. Beskrivelser bliver ofte til ved klip i gamle beskrivelser. Saks og lim er her det vigtigste værktøj, således at tidligere begåede fejl gentages, og nye erfaringer kommer ikke i betragtning (se afsnittet om generelle fejl bagest i Debathæftet).

Når udbudsmaterialet ikke i kvalitetsmæssig henseende er præcist og dækkende, risikerer bygherren let en uønsket konkurrence på kvaliteten.

De fejl, man finder og retter på udførelsesstadiet ved omhyggelig gennemgang af bygværket, vil, når de bliver rettet, ikke give anledning til skader senere. Her tænkes f.eks. på yderligt liggende jern, stenreder og lignende.

Et samarbejde mellem de skoler, hvor byggeteknikere uddannes samt foreningerne for rådgivende ingeniører og arkitekter og de organisationer indenfor byggebranchen, der har medlemmer med interesse i licitationer inden for forskellige byggefagområder, vil være gavnligt for fremtidige licitationer.

De mangler og tvivlsspørgsmål, de bydende finder i udbudsmaterialet, bør indgå i rettet stand i fremtidige beskrivelser og tegningsmateriale. *Dette for byggeriets økonomi meget nødvendige område bør optages i undervisningen som obligatorisk fag – projektgranskning.*



Er byggeskader mulige at undgå i altangangshuse

Er altangangshuset en færdigudviklet og for beboerne tilfredsstillende byggeform?

Hvordan forholder beboerne sig til f.eks. snerydning?

1. Skal sneen kastes ud over altanbrystningen om natten – måske fra 14. etage eller højere?
2. Skal sneen transporteres ned med elevatoren?
3. Skal sneen smeltes i badekarret?
4. Skal sneen delvis fjernes ved saltning?

Vælger man denne løsning, må beton, der kun kan tåle tørt indendørs klima, ikke anvendes. Betonen skal opfylde kravene til beton i betonnormen, aggressiv miljøklasse, eller måske en endnu bedre klasse.

Altangange bør lukkes mod vejrliget.

Hertil er det nu muligt at opnå tilladelse. Det kan blive nødvendigt at udbygge flugtveje – måske ved anvendelse af røgspærre- og ventilationssystemer, som det enkelte steder kan ses her i Danmark og flere steder i vore nabolande.

Altangangshusets placering i forhold til verdenshjørnerne

Klimastudier er nødvendige for at få den bedste placering i forhold til verdenshjørnerne. I disse overvejelser må de særlige lokale forhold tages med i betragtningerne.

Naturkræfter som regn, sol og vind påvirker ikke bygninger på samme måde i Lyngby som f.eks. ved Vesterhavet, hvor også begrebet havgus kommer i betragtning.

Vejrliget påvirker alle bygninger og de materialer, de er opført af.

Højhuse og huse med lange sammenhængende facader er naturligvis mest udsatte, og når facaderne er udformet med



Nattens gerning, sne fra 14. etage

åbne partier, f.eks. altaner og altangange, kræver denne form yderligere hensyntagen.

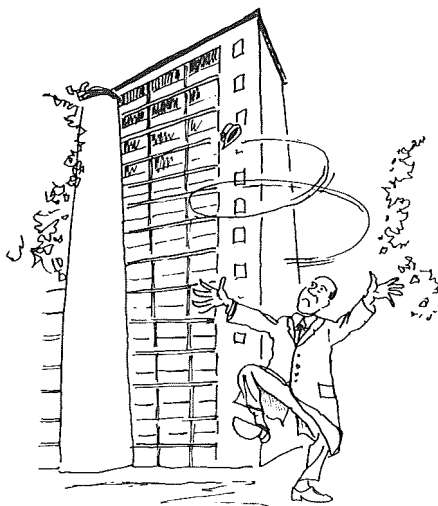
Ved at betragte altangangshuse med hensyn til placering i forhold til verdenshjørnerne i f.eks. Københavnsområdet, får man det indtryk, at der udelukkende er tænkt på vejføring og udsigtsforhold, hvorimod klimaforholdene ikke har været lagt til grund for husenes placering. De tidligere omtalte forhold som snemængder på altangangene er f.eks. i høj grad afhængige af om gangen vender øst/vest eller nord/syd. Snefyngningen er naturligt afhængig af vindretningen, ligesom sneen er længst om at tø på nordvendte altangange.

Når vejret er klart og vinden svag, forekommer større temperatursvingninger, end når himlen er overskyet og vinden er stærk. Hvor der er store variationer i vindstyrken rundt om bygningerne, spiller bygningshøjden selvfølgelig også ind.

Der vil ved forskellige kombinationer mellem høje og lave bygninger – inden beplantning med træer og buske vokser til – være sugninger under visse vindforhold (se SBI-anvisning 128 »Vindmiljø omkring bygninger«).

fortsættes

Et eksempel herpå oplevede jeg under en stærk storm i højhuskvarteret syd for Roskildevej, hvor min bløde hat lettede, steg til vejrs og forsvandt.



Når vinden når en høj bygning, danner den et karakteristisk mønster af luftstrøm med høj vindhastighed rundt om bygnings hjørner og en horisontal hvirvel på vindsiden. Dette fænomen blev yderligere forstærket af de lavere 3-etages huse parallelle med den vindvendte facade.

Lokale vejr situationer medfører ofte synlige udtryk på bygningsfacader. Disse bliver måske vasket af regnen, når den pisker ned. Der kan være mange variationer, hvori støv fra luften og andre forureninger, som er særligt fremtrædende i industri kvarterer, sammen med vinden gør facader til et næsten uforklarligt mønsterbillede. Dette billede kan variere meget inden for samme bebyggelse.

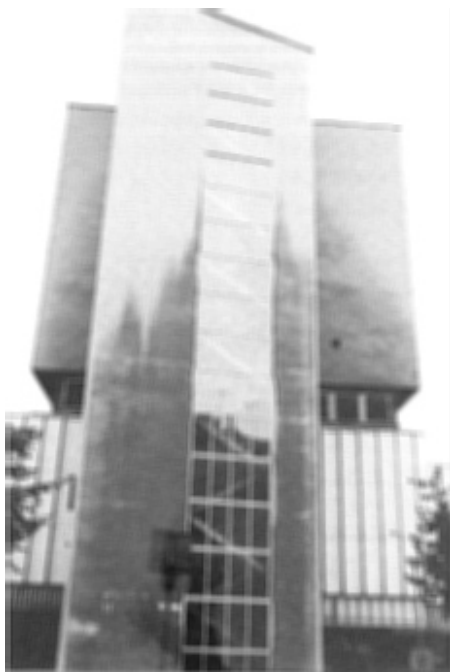
Det er meget vigtigt, at arkitekten, der forestår placering og facadeudformning, er klar over den meget betydelige virkning af den normale vind.

Medens vinden i korte perioder kan blæse fra næsten enhver retning, så er der en el-

ler to facader på enhver bygning, som vil få mere piskende regn end de andre. Det er uheldigt, hvis netop disse facader er udformet med altaner eller altangange.

I områder, hvor en række vidt forskellige faktorer, f.eks. specielle industrier, tæt bebyggelse, koncentreret trafik og andre årsager kan være skyld i specielle og sure forurenings-niveauer, bør disse indgå i de bygningsmæssige overvejelser.

Disse iagttagelser sammenholdt med spørgsmålet om en bestemt bygningsforms egnethed med hensyn til de klimatiske forhold forskellige steder i landet, må medføre, at et samarbejde mellem meteorologer, arkitekter og ingeniører må etableres, således at der, indsamles informationer i form af data om vejrliget; og at disse stilles til rådighed og anvendes af de projekterende under planlægningen.



Vejrligets mønster

Samlinger i altandæk og altanbrystninger – nedstyrtningsfare



Ejeren – i dette tilfælde en boligforening – tog efter aftale med bygningsmyndighederne initiativet til en kvalificeret ingeniørundersøgelse. Der var i de senere år faldet betonskaller og stumper ned, heldigvis uden personskaade til følge. Man var nu alvorligt urolig for, at selve altanbrystningen skulle falde ned. Nogle brystninger kunne rokkes, hvilket understregede nedstyrtningsfaren.

Undersøgelsen, der blev foretaget af et rådgivende ingeniørfirma, der var specialist på betonområdet, blev i første fase foretaget rent visuelt.

Nedenstående klassificering blev anvendt som internt skemagrundlag. (Forslag til eftersyn, med efterfølgende vedligeholdelsesforslag sidst i Debathæftet, herunder angivelse af covermeter og dets anvendelse til bestemmelse af armeringens placering, samt

metoder til bestemmelse af betonens alkalitet).

- 0 ingen fejl eller skader
- 1 ubetydelige fejl eller skader
- 2 grovere fejl eller skader
- 3 faretruende fejl eller skader

Resultatet kan i forenklet form sammenfattes som følger:

Fastholdelsen af brystningerne var som følge af skader nu så ringe, at ca. 1% af brystningerne var i umiddelbar fare for at falde ned, og op imod halvdelen kunne på kortere sigt udgøre en fare. Der blev desuden fundet adskillige skader på altangangenes forskellige konstruktionsdele: brystninger, søjler, konsoller og altanplader. Alle de nævnte konstruktionsdele var udført som betonelementer.

fortsættes

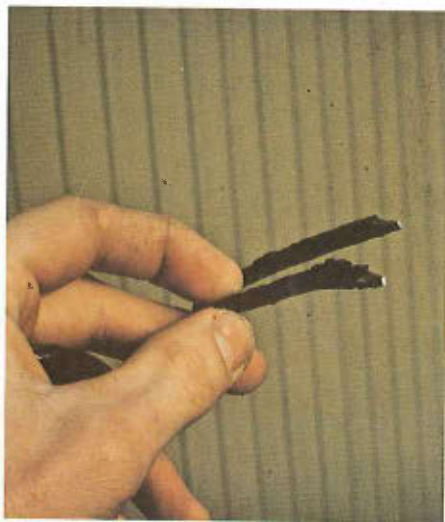
Armeringsjern i altanbrystninger næsten rustet væk



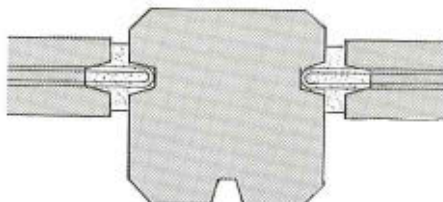
Altanbrystninger



Bøjlearmering frihugget i fuge mellem brystning og søjle. Bøjlen er voldsomt angrebet af rust.



Samlingen mellem bøjle og brystning var udført som vist på nedenstående tegning.



Søjle med frihugget not

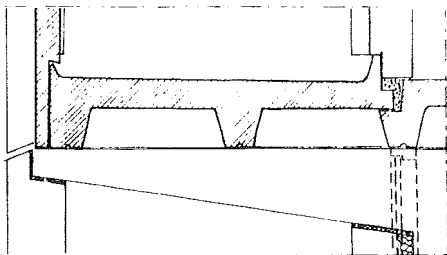
Skaderne på samlingen imellem brystning og søjle kunne ses som revner igennem udstøbningen, afskalling af udstøbningen og manglende sammenhæng mellem udstøbning og søjle. Ved størstedelen af disse skader kunne brystningen rokkes ved samlingen.

Skaderne på samlingen skyldes primært to forhold. For det første er udstøbningsmørtelen meget porøs med deraf følgende ringe styrke, sårbarhed overfor frost og dårlig armeringsbeskyttelse. Mørtelens ringe kvalitet skyldes de meget snævre udstøbningsforhold, som har nødvendiggjort anvendelse af en meget vandrig mørtel, der efter afbinding bliver porøs.

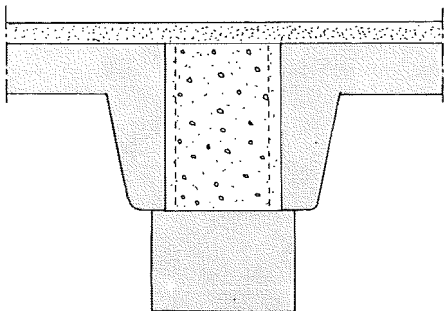
For det andet er samlingerne belastet af ret store temperaturdifferensbevægelser i husets længderetning mellem brystninger og søjler. Brystningerne udsættes som følge af deres placering for store temperaturændringer, mens den del af huset, hvis bevægelser søjlerne følger, kun undergår små temperaturændringer.

Bærende konsoller i forbindelse med altangang

På konsoller og pladeender forekom udbredte skalninger og revner, som vist på billedet. Skaderne er opstået fordi samlingen mellem plader og konsol har en uheldig udformning.



Der er ved udformning af tegningerne ikke taget tilstrækkeligt hensyn til de temperaturdifferensbevægelser, som nødvendigvis må fremkomme mellem de udvendige altanplader og den indvendige huskerne, hvortil konsollerne er fastholdt.



Differensbevægelserne har delvis givet anledning til afskalninger og revner i betonen omkring den vandrette knasfuge ved pladevederlag som følge af friktionskræfter, og dels medført revnedannelser i det lodrette støbeskel imellem konsol og plade.

De sidstnævnte revnedannelser har forplantet sig op igennem pudslaget og herved givet rige muligheder for, at vand på altan-

oversiden kunne løbe ned i samlingen. Om vinteren, hvor revnerne var store som følge af altanpladernes temperaturforkortelser, har vandindtrængningen givet frostska-der.

Anvendelse af tøsalt på altangangene har forstærket skaderne.

Dæklaget over armering i brystninger og søjler var stort set for lille overalt, hvilket er skyld i de meget udbredte betonafskalninger, der har medført stor fare for nedstyrtninger.

Altangangene blev belagt med en vandtæt og dampdifusionstæt plastmembran. Da der ikke foreligger langtidserfaringer for en sådan reparation, holdes altandækket under løbende observation ved hjælp af fugtmålere, som er indbygget direkte under membranen.

Årsagen til disse undersøgelser er betænkeligheder med hensyn til fugtkoncentration i kritisk grad i betonen under membranen, således at frostska-der opstår.

Vandskade på indvendige vægge

Utætte fuger i dækplade over altangang ved bærende konsol.

Dækket i altangangen er utæt i samlingen mellem konsollen og altanpladerne.

Altangangen er en udvendig bygningsdel, hvor dækket stort set er udsat for de samme fugtbelastninger som en tagplade, selvfølgelig afhængig af altanbrystningens udformning. I alle tilfælde skal der være et forsvarligt fald til effektivt afløb.

Der er i mange tilfælde begået den fejl, at altandækket er støbt af for ringe beton, således at der, selv i nyt byggeri, forekommer revner og sprængninger i betonen forårsaget af fugt og frost.

Ofte forstærkes skaderne af saltpåvirkninger forårsaget af beboernes saltning mod is og sne på altangangen.

Samlinger mellem facade og altangang
utætte = vandskader på indvendige vægge.



Revner suger fugt. Frost- og rustskader følger



Billedet viser svindrevner i betonelementer over bøjlearmering.

Præfabrikerede altandæk



Desværre er det en almindelig forekommende foreteelse, at man undlader glidelag, f.eks. neoprenskiver, når en bygning monteres med præfabrikerede konstruktioner.

De uundgåelige grater og andre ujævnheder, som findes på betonelementerne, vil betyde lokale kraftoverførelser fra det ene element til det andet. Derved bliver kantspændinger et almindeligt forekommende fænomen. Dette forhold spiller endvidere sammen med de uundgåelige bevægelser i elementerne, hidrørende fra såvel hærdningsforholdene som fra de mere permanente temperatur- og fugtbetingede variationer.

○ Af billedet fremgår desuden, at søjler støbt i etagehøje elementer, ikke med held kan gives udseende af at være udført i ét stykke.

Man kan lige så godt først som sidst markere det sted, hvor fugerne mellem elementerne forekommer.



Trapper og altanbrystninger

I en større ca. 40 år gammel boligbebyggelse viste der sig allerede få år efter opførelsen byggeskader, som vist på efterfølgende 2 fotos, der er optaget for ca. 30 år siden.

Misfarvninger på grund af vandskader prægede meget hurtigt facaden. Der er her, som under så mange andre forhold, anledning til at stille spørgsmålet, om bygninger ikke bør ældes med værdighed – og i alle tilfælde ikke pletvis.

Årsagen til misfarvningerne, der hurtigt udviklede sig til byggeskader, var at finde i tegningsgrundlaget. Den kendsgerning, at der ikke var taget hensyn til, at vand og fugt skader bygninger mere end noget andet, var ikke taget med i betragtningerne.

Efter 15 års forløb måtte jernbetontrapperne udskiftes, idet der var fare for sammenstyrtning, da armeringen var rustet væk. Erstatningstrapper af uimprægneret træ blev opsat. Disse måtte efter få år til stadighed repareres.

Efter knapt 40 års forløb blev man i boligforeningen bekymret for selve altanernes sikkerhed. Et rådgivende ingeniørfirma blev bedt om at foretage en nærmere undersøgelse af altankonstruktionerne. En del af de bærende udliggerjern blev stikprøvevis frihugget. Det viste sig, at udliggerjerne var svækket som følge af korrosionsangreb. Svækkelserne var ikke så store, at man frygtede en nedstyrtning af altanerne, men man måtte konstatere, at altanerne ikke længere opfyldte hverken de nugældende eller de på opførelsestidspunktet gældende bæreevnebestemmelser. Man måtte desuden konstatere, at udliggerjernene nu var så dårligt beskyttede, at en forholdsvis hurtig forværring af altanernes tilstand kunne påregnes. Det blev derfor besluttet, at der straks skulle foretages en indsats imod de skadesramte altaner.

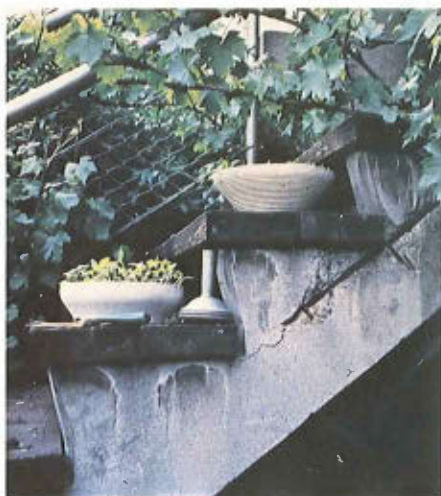
Der blev i første omgang satset på et projekt for en totaludskiftning af altanerne, idet en sådan løsning i forhold til en reparationsløsning ikke alene må betragtes som

den mest økonomiske på langt sigt, men ofte viser sig at være mest økonomisk også i udførelsen. Efter at der var foretaget nærmere undersøgelser af altanfacadens opbygning måtte udskiftningsløsningen dog opgives. Det skyldtes, at altaner og karnapper er således sammenbygget, at det vil være nødvendigt at nedbryde dele af karnapperne sammen med altanerne. Et så omfattende udskiftningsarbejde vil dels være overordentlig dyrt og dels være meget genevende for beboerne.

Der blev herefter satset på at udvikle et forsvarligt reparationsprojekt. Følgende arbejder blev udført for at stoppe den igangværende hurtige nedbrydning af altanpladerne. Det langsgående profiljern ved altanforsiderne blev frihugget og genomstøbt med jernbeton. Det eksisterende pudslag på altanforsiderne blev fjernet og erstattet af en speciel fiberarmeret puds. For at gøre pudsen stærk og tæt blev der tilsat silicapulver. Pudsen blev lagt med fald mod altanforsiden. På altanundersiderne blev der påført sprøjtebeton i en tykkelse på ca. 3 cm. Sprøjtebetonen blev armeret med et finmasket stålnet. Før påstøbning af ovennævnte beton og puds blev revnet og dårlig beton i altanpladerne borthugget, og alle blottede dele af profiljernen blev rensset for rust. Udhugninger i altanpladernes over- og undersider som følge af dårlig beton blev udstøbt med den fiberarmerede specialpuds før det endelige puds- eller sprøjtebetonlag blev påført. Udhugningerne blev udført således, at udstøbningerne fik mindst 3 cm tykkelse. Herved blev tynde og svage reparationsbelægninger undgået.

Med de ovennævnte reparationer er der sandsynligvis sikret forholdsvis holdbare altanplader. Den gamle beton er overalt dækket af ny stærk og tæt beton eller puds, som i høj grad hindrer vandindtrængning. Specielt er pudslaget ved altanoversiderne meget tæt. Pudslaget er desuden som følge af fiberarmeringen i stand til at optage forholdsvis store bevægelser uden at revne.

Trapper og altanbrystninger 2



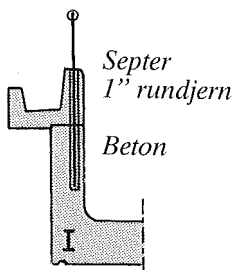
Herunder ses et bærende frihugget udliggerjern i altan.



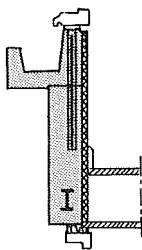
Trapper og altanbrystninger 3

For at sikre altanerne tilstrækkelig bæreevne blev der udført en ekstra understøtning af altanpladen nær forsiden. Understøtningen består af en langsgående stålbjælke, som bæres af 2 stålsøjler, der er placeret ved de tilstødende karnapvægge. Søjlerne er placeret over hinanden, således at søjlelasterne føres ned til punktfundamenter under de nederste altaner. Søjlerne dækkes ind af et nyudført varmeisoleringslag og en facadebeklædning, som monteres på den udvendige side af karnapperne. Denne inddækning sikrer søjlerne en forholdsvis konstant temperatur. Herved hindres, at altanerne får påført uheldige kræfter fra søjlerne som følge af temperaturbevægelser.

Efterisolering af facaderne og karnapperne i forbindelse med reparationsarbejderne



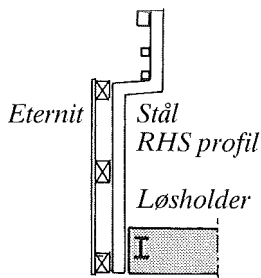
Oprindelig udførelse af altanbrystninger med blomsterkasse



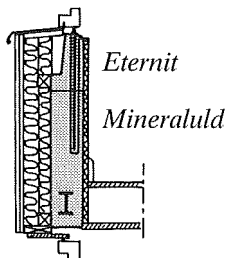
Oprindelig karnapbrystning

Afsluttende arbejder

1. Der opsættes forskalling for forkantbjælken, armering ilægges og ny bjælke støbes med vandnot i underkanten. På oversiden af altanpladen pålægges et betonslidlag af fibermørtel med fald til altanforkant og med opkant og hulkehl langs vægge og under altandør.
2. På undersiden af altanpladen fastskydes et armeringsnet af R3-net med en maskevidde på 50 mm, og der påsprøjtes et betonlag på ca. 30 mm.
3. Til afstivning af altanpladen rejses en ramme af RHS-stålprofiler over hinanden på altanerne, og udfor kælderetaen erstattes stål af betonsøjler, der igen understøttes af betonfundamenter, der er støbt i jorden.
4. Som ny altanbrystning anvendes eternitplader monteret på sceptre af RHS-profiler.



Altanbrystning efter reparation



Renoveret – isoleret karnapbrystning

Altanbetonelementer i et 8 etager højhus



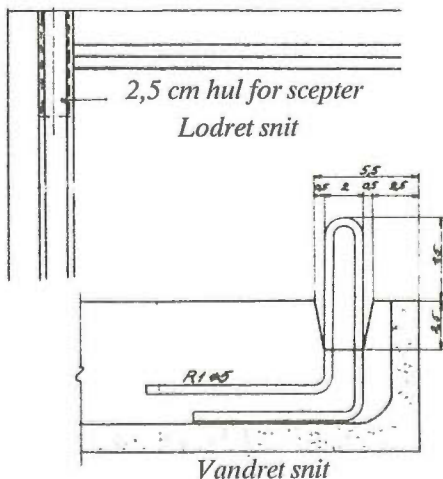
Billede 1 viser, hvordan samlingerne mellem forside og altan-endside er lukket med hvid cement, således at fugen mellem de færdigstøbte elementer, som altanen er opsat af, er lukket.



Billede 2 viser samlingen, efter at fugematerialet er hugget ud. Der er foroven og forneden i hvert element, som det ses på billedet, bøjler i endestykket og bøjler i forsiden. Disse bøjler er låst sammen med et stykke lodret rundjern som en slags »stok«, der er ført ned igennem bøjlerne, hvorved forsiden er låst til endsiden.



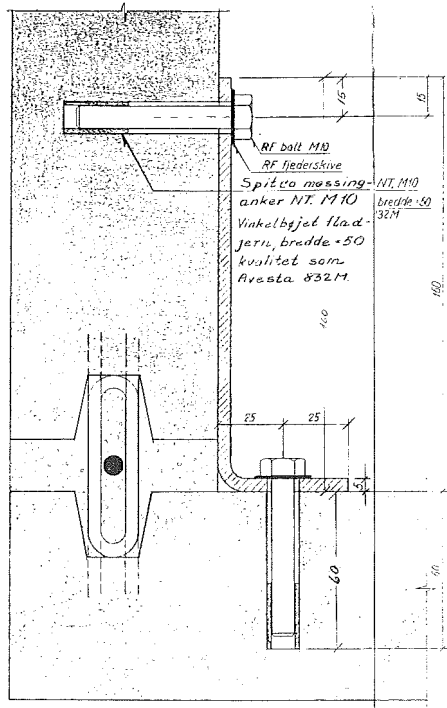
Billede 3 viser et eksempel, hvor den lodrette rundjernssikring kun har fået fat i altanforsiden og ikke, som forudsat på tegnings- og beskrivelsesmateriale i altansiden.



Der er her tale om en fejl under opstillingsarbejdet. Måske er der fremkommet en skævhed, der har gjort det umuligt eller vanskeligt, at låsejernet kunne klare låsnin-gerne i begge elementer. Som det særligt kan ses på detailbilledet, har man klaret dette ved at klippe den ene af bøjlerne over, således at der ikke er tale om en låsning. Dette er i sig selv en helt uansvarlig handling, når man ret betænker hvilke ulykker, det kunne have medført ved en nedstyrtning.

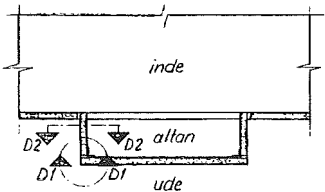
Foroven ses enden af sceptret. Dette er i øvrigt også angivet på tegningen mellem billederne på forrige side.

Det må også fastslås, at det er vigtigt, at der ikke kommer vand til jern i beton. Dette er især muligt i tilfælde som dette, hvor der mellem to færdigfabrikerede elementer er lavet en tilstøbning, der er udsat for almindelig revnedannelse på grund af vejrliget og sætninger i byggeriet. *Sådanne tilstøbninger bør lejlighedsvis kontrolleres. Dette henhører under almindelig vedligeholdelsesarbejde, der også er nødvendigt for element- og montagebyggeri.*



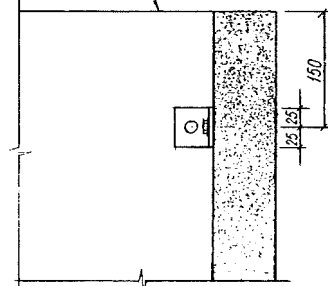
Snit D1

Tegning, der viser hvordan man i dette tilfælde klarede skaderne med messinganker og vinkelbøjet fladjern.



Principplan,

Overkant af altanbrystning



Snit D2

Armering i altanbrystning 1



Rustskader

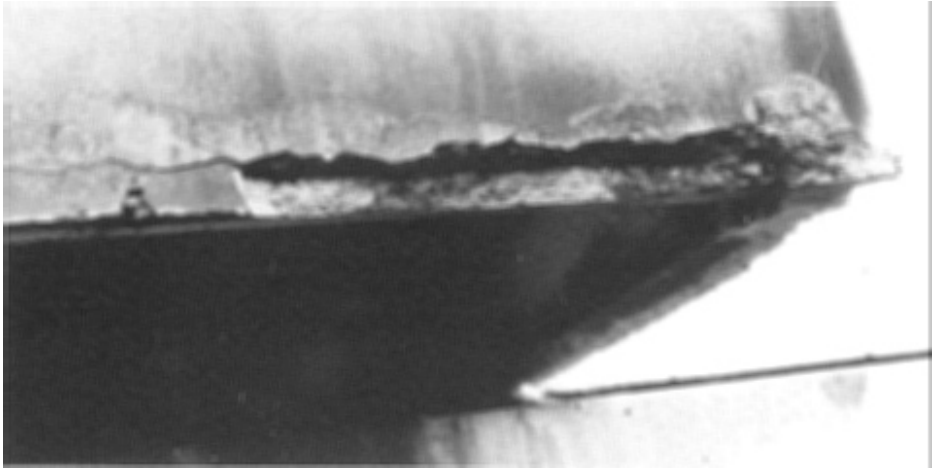
På billedet ses hvordan en større bygnings mange altaner på grund af forkert støbetechnik – herunder utilstrækkeligt dæklag over armeringsjern – har kraftige rustskader.

Det pynter ikke og der er fare for nedstyrtning.

I henhold til betonnormen DS 411/1973 skal dæklaget være mindst 20 mm, hvortil må lægges tolerance under udførelsen. Da elementernes nederste betonskal kun udgør 45 mm og der er 2×6 mm armering, har dette misforhold medført, at armeringen i løbet af få år rustede med revnedannelse og afskalning af betonen til følge.

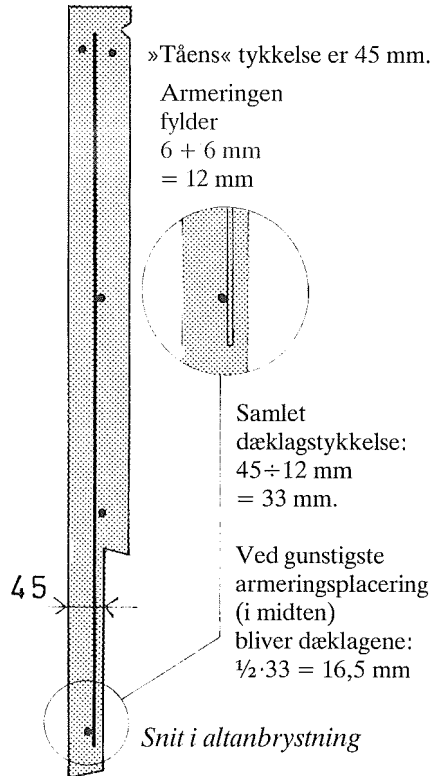
Se tegning og tekst næste side





Misfarvningen på altanbrystningernes forside skyldes, at snavs fra luften kun afrenses, hvor vandkoncentrationen er rigelig over hele fladen. Den aller første del af en regnbyge – efter længere tids tørke – er mest forurenet. I forurenede luft kan den svovlsure regn i høj grad påvirke facaderne udseende. Porøs og dårligt støbt beton er mest modtagelig for skader og misfarvninger. Snavs samler sig på uvaskede dele, især i stærkt trafikerede områder. Man kan ofte konstatere dette under udsmykninger og fremspring.

Betonflader ændrer – som andre materialer – i større eller mindre grad med tiden karakter. Disse ændringer kan forudsiges, kontrolleres og i et vist omfang begrænses, hvis den projekterende prøver at forstå de kræfter, der er på spil.



Armering i indspændt altanplade

Forkert anbragt

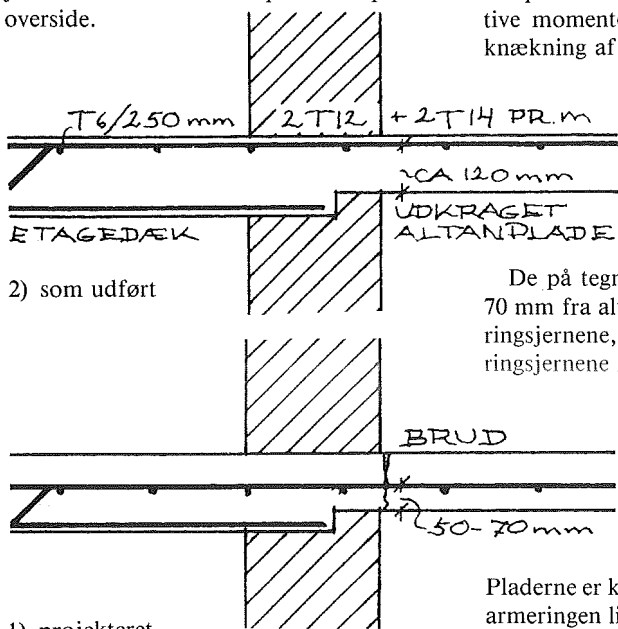
I en boligbebyggelse med ca. 200 lejligheder blev ved et tilfælde konstateret den revne-

dannelse mellem altanbrystningen og muren, som vises på billedet. Dette understreger tydeligt, at man også for huses vedkommende må være opmærksom på eventuelle detaljer vedrørende ændringer m.v. i husets udseende. *fortsættes*



Åbningen mellem altanbrystningen og muren var et tydeligt tegn på, at der var noget galt med konstruktionen. Det viste sig, at der var tale om en begyndende knækning af altanpladen. For samtlige altaners vedkommende var denne udført som 15 cm tykke udkragede jernbetonplader med det deraf følgende negative moment over understøtningerne. Det vil sige, at armeringsjernet skulle have været placeret i pladens overside.

Med hjælp fra SBI, der med jerndektorer foretog målinger af samtlige altaner, blev det konstateret, at en væsentlig del af disse ikke var udført i overensstemmelse med arbejdstegningerne. De tilsynsførende på stedet har ikke været tilstrækkeligt opmærksomme herpå. Armeringsjernene er således ikke som forudsat anbragt i pladens overside, men nærmere undersiden, hvorved pladen ikke har kunnet optage de negative momenter, således at en begyndende knækning af altanpladen var i gang.



2) som udført

De på tegningen viste afstande på 50 til 70 mm fra altanpladens underside til armeringsjernene, angiver altaner, hvor armeringsjernene lå forkert.

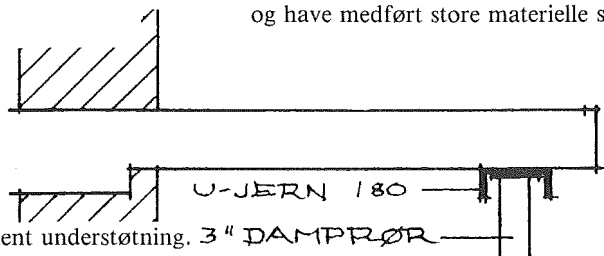
1) projekteret

Pladerne er korrekt projekteret med hovedarmeringen liggende i oversiden til optagelse af det negative moment.

Afhjælpning

Fejlen blev afhjulpet ved simpel understøtning med u-jernbjælke ved altanens kant samt stålsøjler.

Hvis ikke skaden var blevet opdaget, kunne det være gået ud over menneskeliv og have medført store materielle skader.



3) nødvendig permanent understøtning, 3" DAMPRØR

Armering i simpelt understøttet altanplade

Forkert anbragt

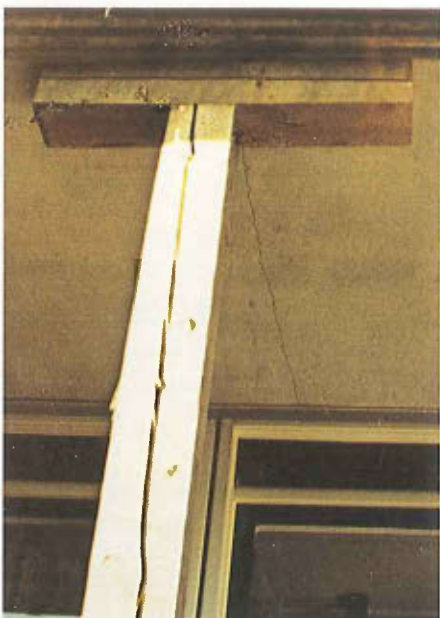
Den viste altan – en af 600 i samme bebyggelse – fik pludselig så store nedbøjninger og revner i undersiden, at ejendommens ejer, som er en boligforening, fandt det nødvendigt at foretage en øjeblikkelig afstivning. En sagkyndig blev tilkaldt. Det viste sig, at armeringen i altanpladen er placeret forkert. Altanpladen, der er produceret som et element, understøttes ved enderne – en såkaldt simpel understøtning – og skal derfor have armeringen placeret ved undersiden. Armeringen er imidlertid placeret højt oppe i pladen. Der er på elementtegningen vist et armeringsdæklag på 2 cm målt fra undersiden. På den skaderamte altan er dæklaget ca. 7 cm. Dette betyder, at den tilladelige nyttelast ikke som beregnet overholder det dengang gældende krav på 400 kg pr. kvadratmeter. Altanpladen kan overhovedet ikke optage nyttelast, og den kan således ikke anvendes til sit formål.

Fundet af den skaderamte altan medførte, at opmærksomheden blev henledt på bebyggelsens øvrige 600 altaner, som er konstrueret på samme måde. Flere af altanerne har tydelige nedbøjninger og revner i undersiden.

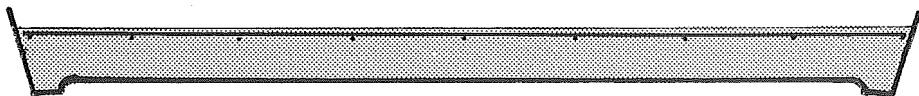
På samtlige altaner er dæklaget på hovedarmeringen målt med et covermeter (se Debathæftets afsnit vedrørende eftersyn, skaderegistrering og redskaber hertil).

Måleresultaterne viser, at næsten alle altaner har armeringen placeret således, at normens bæreevnekrav ikke er opfyldt. Der er dog næppe nogen umiddelbar personfare. Dels vil brud i jernbetonpladen udvikle sig sejt og langsomt, og dels vil pladen efter få centimeters nedbøjning også blive understøttet af den lette facade, hvorpå bruddet sandsynligvis vil gå i stå.

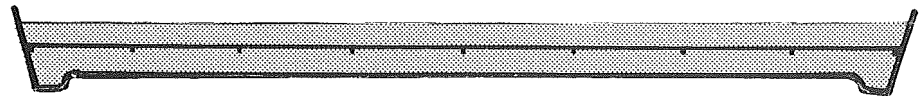
Beboerne vil ikke være trygge ved at bruge altaner, som ikke er i orden. *fortsættes*



Armering i simpel understøttet altanplade 2



Som angivet på armeringstegningen



Som udført

De store altannedbøjninger forringer i høj grad husenes udseende, ligesom altanpladens holdbarhed også forringes af de betydelige revner i undersiden. Altanpladerne kan forstærkes ved at spænde en stålbjælke på undersiden af pladerne. Denne fastgøres med bolte op igennem altanpladen nær de to vederlagsender. Stålbjælken vil i høj grad løfte altanpladen op, således at denne kun vil få forholdsvis små nedbøjninger.

Hvad er årsagen til de mange fejl? Den skal uden tvivl findes i produktionsmetoden. Som noget den gang helt nyt og uprøvet, ville man i én støbeprocess skabe en færdig altanplade. Dette kunne man gøre ved at støbe pladerne omvendt, dvs. med opside nedad i formen. Den nederste formside var udført således, at pladeoversiderne fik de ønskede hulkebler, fald m.v.



Forslag til ændret armeringsudformning i støbeformen.

Armeringen er ombukket i enderne for at hindre nedsynkning og for at stabilisere. Såfremt nogle enkelte af de tværgående armeringsjern får en tilsvarende ombukning, hindres nedbøjning på midten.

Dette var i produktionsmæssig henseende et stort fremskridt. På datidens elementarstaner skulle den øverste pladedel med hulkebler og fald normalt støbes på selve byggepladsen, efter at pladeelementet var monteret.

Produktionsmetoden giver også en anden fordel. Ved den omvendte pladestøbning opnås en forholdsvis stærk og tæt altanoverside og dermed en større holdbarhed. Men på ét punkt har denne metode givet anledning til problemer, hvis omfang teknikerne tydeligvis har undervurderet. Under bearbejdningen af betonen i formen, er hovedarmeringen, som ved den omvendte støbning skal være placeret ved betanoversiden, sunket ned i den friske beton. Dette har, som tidligere beskrevet, medført at altanernes styrke og stivhed i stort omfang er blevet alt for ringe.

Byggeriets tilsynsførende må vide, at indspændte altanplader = armering i oversiden. Simplet understøttede altanplader = armering i undersiden.

Armeringsjern for tæt ved overfladen

Eksemplet viser med al ønskelig tydelighed, hvor vigtigt det er, at manden på pladsen er klar over, hvilke resultater forkert anbragte armeringsjern kan betyde, samt at de projekterende er særligt opmærksomme på, at armering i »slanke konstruktioner« kræver en særlig indsats.

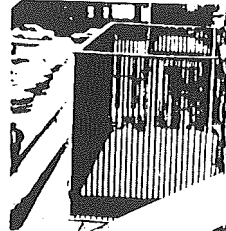
Armeringsjernene i altanbrystningerne lå for nær overfladen, udsatte for fugtighed, og den dermed følgende rustdannelse har ført til afskalning af betonoverfladen.



Altandæk

Begyndende rustangreb i den bærende konstruktion på grund af dårligt betonarbejde. Armeringsjernet er ubeskyttet.

- Fornuftige mennesker går ikke ud på en altan fra 30'erne uden at have set sig godt for



Mange altaner

Beton-skader
Mange altaner
 livsfarlige

Advarsler fra eksperter
 Altan-ulykker på Frederiksberg kommuner
 kort tid efter at eksperten er klar på, at der er problemer i de kommuner, der har bygget altaner over hele landet.

i ældre bygninger, at de ikke skal, at en af tre

ninger, såfremt faren for nedfaldende bygningselementer eller egentlig nedstyrning elimineres.
 De altaner og karnapper, der er bygget efter de gamle regler, er alle udført, hvis bærende konstruktion er i orden. For altaner, der er bygget efter de nye regler, er der ingen grund til at være bange for, at de vil falde ned.

Farlige altaner sminkes for at spare penge

MINISTER GRIBER IND FOR AT FORHINDRE NYE ALTAN-ULYKKER

Dræbt da bunden gik ud af altan

Kvinde styrtede ned fra 4. sal

Af Jern P. Skaarup
 En kvinde brækket og bunden gik ud af altan på 4. sal i et lejlighedsbyggeri på Frederiksberg.

Dræbt da altan faldt ned

Betonkonstruktioners levetid kan forlænges væsentligt ved overfladebehandling



Sker der karbonatisering i armeret beton, kan de indre udvidelser ligefrem skyde store dele af betonen væk.



I mange ejendomme kan der konstateres svære korrosions- og frostskaeder. De bærende profiler undermineres af rust og altanen bliver en dødsfælde.

Altaner med udliggerjern 1



Ved en overfladisk besigtigelse af altanerne på dette hus kunne der ikke observeres tegn på alvorlige skader.

Boligforeningen var ikke bange for altanernes sikkerhed, men ønskede alligevel at få dem besigtiget af en sagkyndig.

fortsættes

Altaner med udliggerjern 2



Enkelte bærende udliggere blev frihugget, og det viste sig, at disse altaner med udliggerjern var angrebet af rust. Rustangrebene var så fremtrædende, at altanerne ikke havde den fornødne bæreevne. Der var på den anden side ikke tegn på, at der ved normalt brug af altanerne skulle være fare for nedstyrtning.

Det blev på baggrund af det observerede besluttet at nedhugge samtlige altaner. Det skulle senere vise sig, at denne beslutning ikke blev truffet et øjeblik for tidligt.

Nedhugningen gav anledning til uhyggelige opdagelser. Flere altaner var så hårdt angrebne af rust, at man undrede sig over, at de ikke forlængst var faldet ned blot ved belastningen af deres egen vægt.

Opdagelser som disse er desværre ikke enestående og må nødvendigvis give anledning til alvorlige overvejelser. Altaner, der

ser pæne ud, kan vise sig at være rene dødsfælder.

Der findes titusinder af altaner i Danmark, som er opbygget efter samme princip med bærende udliggerjern. Hvor mange af disse er i umiddelbar fare for at falde ned?

Det er særdeles vigtigt at få alle altaner undersøgt så hurtigt som muligt, men hvorledes skal undersøgelsen udføres?

Oftentimes kan skader opdages ved simple visuelle inspektioner. Revner i facademur og/eller i selve altanpladen ved udliggerjernene kan afsløre rustangreb.

I andre tilfælde forekommer der ingen umiddelbart synlige tegn på skader. Den eneste sikre metode, man indtil dato har, når sådanne altaners tilstand skal undersøges, er desværre frihugningsmetoden, som beskrives i det følgende.

fortsættes

Altaner med udliggerjern 3



Udliggerjernene bør altid hugges fri og inspiceres i zonen, hvor de går fra facade-murværket og ud i altanpladernes beton. Der er to gode grunde til at undersøge udliggerjernene i netop denne zone. Dels er det ofte her udliggerjernene er mest skadede, og dels er de på dette sted hårdest belastede.

En af de uheldige sider ved metoden er, at man ødelægger et sundt miljø i de tilfælde, hvor der ingen skader forekommer; et miljø som er vanskeligt at genskabe.

Hvorfor er det galt med så mange altaner med udliggerjern?

Erfaringer fra hidtidige altanundersøgelser tyder på, at langt den overvejende del af altaner med udliggerjern bør undersøges.

Opmærksomheden er især blevet henledt på altanerne, efter at der er sket et par alvorlige ulykker. Det har vist sig, at et brud ofte udvikler sig hurtigt og uden varsel. Altanpladen falder ganske simpelt ned uden forudgående nedbøjninger. Det er derfor særdeles vigtigt, at altaner med udliggerjern er helt i orden.

Skader på altaner kan have mange og sammensatte årsager. I det følgende nævnes enkelte skadesårsager.

Det er uhensigtsmæssigt at indstøbe profiljern i en forholdsvis tynd betonplade. Betontværsnittet vil være betydeligt svækket hvor profiljern er indstøbt. Dette medfører, at betonens svind ofte vil give revnedannelser i betonen ved profilernes over- og underflange. Beton har forholdsvis ringe vedhæftning til profiljern. Dette kan, f.eks. i forbindelse med betonens svind, medføre, at betonen i nogen grad slipper profiljernene.

De små dæklag på over- og underflanger er vanskelige at udstøbe og består derfor i høj grad af porøs og mørtelrig beton, som blandt andet let karbonatiserer. (Se karbonatisering bagest i bogen).

Alle de ovennævnte forhold giver mulighed for, at vand og luft kan trænge ind til profiljernene og foranledige rustskader.

Udliggerjern er ofte ikke tilstrækkeligt beskyttet hvor de passerer gennem facademuren. Det kan skyldes, at jernene ikke er

fortsættes

Altaner med udliggerjern 4

omstøbt med beton tilstrækkeligt langt ind i murværket. Der vil da kunne forekomme høj relativ fugtighed, hvor udliggerjernene forlader det alkalisk beskyttede beton og går ind i det langt mindre beskyttende murværk. Ved relative fugtigheder højere end ca 65% kan dårligt beskyttet stål begynde at korrodere.

Skader på udliggerjern i muren kan også skyldes, at murværket er i ringe stand, såle-

des at vand udefra ledes ind til udliggerjernene gennem dårlige fuger og revnede sten.

Langsom bortledning af nedbør fra altaner kan forværre korrosionsangreb på udliggerjern i såvel altanplader som facade-murværk. Langsom bortledning af nedbør kan skyldes, at altanpladens overside har for små fald – eller måske endda fald i den forkerte retning.



Altanpladen havde ikke fald mod nedløbet

Afvanding ved hjælp af nedløb kan også give problemer på grund af tilstopning.

Korrosionsangreb på udliggerjern bliver normalt forstærket som følge af galvaniske effekter, fordi angrebene forekommer i forholdsvis begrænsede områder. For skaderamte altaner forekommer følgende 3 hovedmuligheder som løsning:

1. Reparation.
2. Fjernelse og opførelse af nye altaner.

3. Fjernelse og udførelse af franske altaner eller lignende.

ad 1: En betingelse for, at en skadet altan kan repareres er, at udliggerjernene er intakte i en sådan grad, at altanens bæreevne er i orden. Er dette tilfældet, bør det overvejes, om reparation er teknisk og økonomisk forsvarlig. Reparationer kan i store træk udføres som angivet i det følgende.

fortsættes

Altaner med udliggerjern 5



Hvor der forekommer korrosionsangreb på udliggerjernene skal disse frihugges og omhyggeligt renses. I mange tilfælde vil det være tilstrækkeligt at rense ved anvendelse af almindeligt håndværktøj. I andre tilfælde kan det være nødvendigt at anvende

sandblæsning eller højtryksspuling. De rensede dele af profiljernerne kan overfladebehandles med Epoxy eller et lignende materiale.

En sådan overfladebehandling, som er tæt og ikke elektrisk ledende, vil kunne

fortsættes

Altaner med udliggerjern 6

hæmme galvanisk korrosion. Hvor beton-dæklaget på udliggerjernene er af dårlig kvalitet, f.eks. revnet, karboniseret el.l., skal det borthugges, og jernene skal de pågældende steder renses og behandles som angivet i det foregående.

Før reparationsbeton eller mørtelen udstøbes, skal alle de behuggede betonoverflader, som indgår i det kommende støbeskel, være fugtige, men dog stadig sugende. Umiddelbart før støbningen kan overfladerne eventuelt svummes med et klæbemiddel.

Til udstøbning af forholdsvis store huller anvendes god beton, som udstøbes på ret traditionel vis. For at begrænse svindet i reparationsbetonen, skal cementindholdet og vand/cement-tallet holdes så lavt som muligt.

Betonens gode bearbejdelighed opnås ved at tilsætte et plastificeringsmiddel.

Til udstøbning af forholdsvis tynde lag (tykkelse mindre end 5-6 cm) anvendes ofte sprøjtebeton eller specialbeton/mørtel. Sprøjtebeton er normalt tæt og stærk, og den har forholdsvis god vedhæftning til den beton hvorpå den støbes. Ordet specialbeton/mørtel dækker her over et utal af forskellige betoner og mørtler. Det kan være en beton med silicapulver og plastfibre i, som er særdeles sej og tæt. Det kan også være mørtler med kunstbindemidler i, som dels har store styrker og dels har god vedhæftning til beton og stål. Til reparationsbetonen og mørtlerne skal anvendes frostsikre og alkaliresistente tilslagsmaterialer.

Efter betonerne er udstøbte, skal de tildækkes og holdes fugtige i adskillige dage, således at svind begrænses og svindrevner undgås.

Altanens afvandingsforhold kan muligvis forbedres ved at udstøbe et pudslag på altanoversiden med godt fald. Forekommer der et afvandingsystem med brønde, kan dette eventuelt fjernes, og der udstøbes i stedet et pudslag, som leder vand ud over forkanten. Når der afvandes ud over kanterne, skal der på pladeundersiden forefindes en not eller lignende, som sikrer at vandet drypper af og ikke løber ind på undersiden.

Før der udstøbes nye pudslag, skal et eventuelt eksisterende pudslag fjernes. Betonoverfladen skal behugges, således at slamlag og andre svagheder fjernes. Derefter skal betonen omhyggeligt rengøres. Når pudslaget udstøbes, skal betonoverfladen være fugtig, men dog stadig sugende. Umiddelbart før pudslaget udstøbes, kan overfladen svummes.

Pudsen skal have et så lavt vand/cementtal og cementindhold som muligt. Tilslaget skal være velgradueret og forholdsvis groft. Størst mulig kornstørrelse, dog ikke større end $\frac{1}{3}$ af mindste lagtykkelse. Ingen reparationslagtykkelse bør være under 30 mm. Kornene skal være frostsikre og alkaliresistente.

Umiddelbart efter, at pudsen er bundet af, skal den tildækkes, således at udtørring forhindres. Tildækningen skal normalt opretholdes i mindst 1 uge.

Den reparerede altans holdbarhed kan forbedres ved at påføre overfladerne et velegnet behandlingsmiddel. En behandling med et produkt, der trænger forholdsvis langt ind i betonen og virker som et imprægneringsmiddel. (Se iøvrigt B.P.S. renoveringsdetaljer Altaner).

Tagterrasse 1

*Utæt fugtmembran*

Temperaturbestemte bevægelser i beton-byggeriets tagkonstruktioner kan give

utætheder i bitumen-membraner, især ved inddækninger til søjler, murværk, tagafløb
fortsættes



Tagterrasse 2

og omkring balustre og andre gennembrydninger af bitumen-membraner.

Bitumen er et termoplastisk materiale, der har en anden udvidelseskoefficient end betonen. Dette medfører en forskellig bevægelse af bitumen-membranen og beton-elementet, hvilket giver utætheder ved gennembrydningerne af membranen.

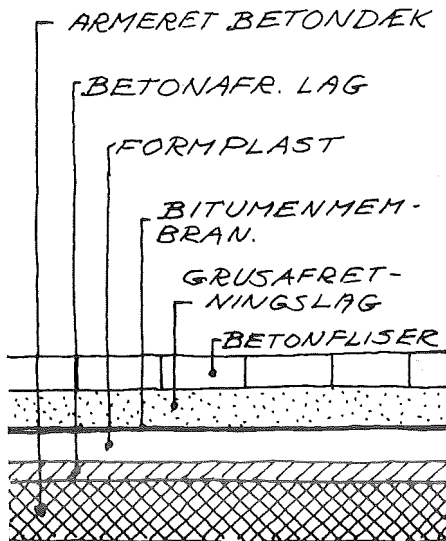
Problemet undgås først og fremmest ved at vælge en ikke-termoplastisk membrantype, der kan udføres uden fugesamlinger.

Tagterassens utætheder blev fjernet ved lægning af en armeret polyester-membran uden fugesamlinger. Denne membrantype udføres på stedet ved påføring af en 2-komponent polyesterharpiksmasse, hvori man indbygger en diolenarmeringsmåtte.

Tagte skal være udført af sådanne materialer og på en sådan måde, at der opnås til-

strækkelig tæthed mod indtrængen af regn, smeltevand og sne.

Bygningsreglementet 1982 kap. 7 stk. 1. vedr. almene krav omhandler dette.



SNIT: TERRASSEN.



Fliser dårlig støbning



Fliser og belægningssten var så dårlige efter få års brug, at det tydeligt fremgik, at støbningen ikke var udført under kontrol og ikke i det rigtige blandingsforhold. Fliserne blev leveret af en virksomhed, der ikke var omfattet af betonvarekontrollen, der er oprettet af stadsingeniørforeningen og fabrikantforeningen for betonvarer. Betonvarekontrollen, som har virket ca. 40 år, har gennem sit landsomfattende arbejde på de virksomheder, som er tilsluttet kontrolordningen, betydet en væsentlig bedre betonkvalitet og en sikkerhed for købere af betonvarer med betonvarekontrollens mærke som garanti for kvalitet.



Egenkontrol er indført i juli 1982. «Dansk Standard» omfatter ikke betonvarers frostprøvning.

Betonstøttemur - fugt



Betonstøttemure giver ofte anledning til problemer, idet der er en kraftig fugttransport igennem betonen fra det bagved liggende jordlag.

Når betonen så tilmed er pudset med en relativ fed cementmørtel, der næsten uvægerlig vil krakelere, vil fugttransporten med de vandopløselige stoffer ske ved disse hår-fine revner, hvor de så aflejres i overfladen. Derved bliver de normalt næsten usynlige hårrevner meget iøjenefaldende og æstetisk utilfredsstillende.

Muligvis kunne nogle af skavankerne være undgået, såfremt man havde ladet den rå beton stå i nogle år, inden pudslaget påførtes, således at regnvandet havde fået tid til at bortvaske de udblomstrede salte.



Vandgennemstrømningen viser terrænets hældning

Udvendige trapper 1



Trappen er støbt i et forkert blandingsforhold. Betonen kunne ikke holde. Da det drejer sig om en bebyggelse på over 2000 rækkeuse, er problemet stort.

Af samtaler med folk på stedet fremgik det, at der blev saltet ret meget efter snefald og med almindeligt salt (køkkensalt) natriumklorid. Man kan ikke se bort fra, at tøsalte har fremmet ødelæggelserne.

Saltning medfører voldsomme temperatursænkninger i den øverste del af trappestenene, som hovedsageligt må bidrage med den for saltningen nødvendige smeltevarme. De voldsomme temperatursænkninger medfører, at det frysende vand ikke får tid til at vandre til ikke vandfyldte porer. Ved frysningen opstår derfor et betydeligt tryk, som kan sprænge betonen.

fortsættes



Udvendige trapper 2

Ved langvarig saltning trænger der salt ned i trappestenene. Saltkoncentrationen vil være størst i den øverste del og aftage nedefter. Den øverste og den nederste del af trappestenene vil fryse først. Den øverste del har det største varmetab (smeltevarme og udstråling), og den nederste del har den laveste saltkoncentration. Når den mellemste del af betonen fryser vil der kunne opstå betydelige tryk, fordi det frysende vand, hverken kan vandre op eller ned som følge af de tidlige isdannelser. De store tryk kan medføre, at betydelige flager sprænger af.



I relation til denne redegørelse kan følgende lille historie, som jeg oplevede i min tid som kommunal arkitekt belyse, at andre »skader« også kan opstå:

Fra kredslægen kom en henvendelse med forespørgsel om der eventuelt kunne foretages en nærmere undersøgelse af, hvorfor der i en af kommunens skoler var et betydeligt større antal sygedage end på de øvrige skoler. Naturligvis kunne der det.

Først gik undersøgelsen på træk fra vinduer, luftfugtigheden, elevernes placering i forhold til vinduer og mange andre ting, der kunne have været årsagen.

Alle disse undersøgelser endte negativt. Det var en lang hård vinter med megen frost og sne. En undersøgelse af skolens saltforbrug viste, at skolebetjenten anvendte mere end dobbelt så meget tørsalt i skolegården, som de andre skoler.

Her var løsningen: Børnene skulle naturligvis »luftes« i frikvartererne, og det medførte, at deres fodtøj blev gennemsivet af fugt fra den kuldeblending, der opstår, når sne og salt blandes.

Grundlaget for en forkølelse med efterfølgende sygedage blev resultatet.

Kong Frost gør vand større og han kan flytte bjerge



Udvendige trapper 3



I en etagehusbebyggelse på 30 opgange kom trapperne til indgangspartierne, der lå under terræn, i løbet af 4 år til at se ud som på billedet.

Trinforkanterne var revnede, og det viste sig, at kun pudslaget var udført i et antageligt blandingsforhold. Betonen var yderst

fortsættes



Udvendige trapper 4

Dårlig beton - »Rotteangreb«.

Billedet viser i midten af trappen en lille del af rottegangen, som er fremkommet ved glemte højdesten og lægter. Man ser også et tværsnit af det øverste trin, der var det tykkeste. I dette stykke var indstøbt et stykke brænde (grene m.m.), og ovenpå dette ses et stykke beton med mærker af brændet.

Samtidig med ophugningen fik man på denne måde forklaringen på en særlig stor revne på dette sted. Denne revne havde man gennem årene forsøgt at reparere, men altid uden varigt resultat.

I den derved fremkomne underjordiske gang, havde rotter gange og reder med nem adgang gennem et hul i gulvet til skraldebøtterummets righoldige madforsyninger.

Det er ufatteligt, at en betonentreprenør og hans folk så systematisk, som i dette tilfælde, har udført så dårligt arbejde.

Reparationsarbejdet af de mange nedgange blev påbegyndt med et mindre antal pr. år afhængigt af det pågældende boligselskabs økonomi. Det var ingen vanskelig opgave

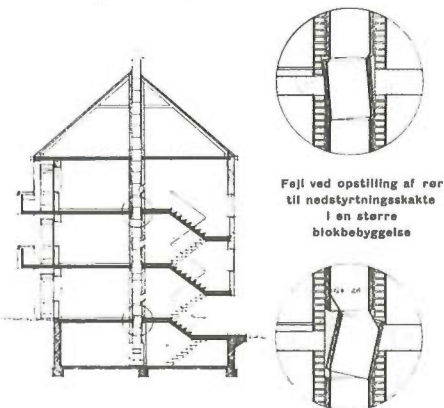


med en mukkert at hugge trappen op. Betonens styrke var lille og betonlaget tyndt.

I midten af trappen var betonens tykkelse kun nogle få centimeter, idet mursten m.m., der under udførelsen havde været brugt til bestemmelse af trappens højder, ikke var fjernet.



Nedstyrtningssskakte



Fejl ved opstilling af rør til nedstyrtningssskakte i en større blokbebyggelse



Tegningen viser en fejl, der blev konstateret i en større blokbebyggelse ved opsætning af nedstyrtningssskakte til køkkenaffald. I etageadskillelsen mellem kælder og stue var skaktrøret støbt skævt fast, således at der fremkom en sideverts forskydning på 12 cm, hvorved skaktrørets indvendige diameter, der normalt er 40 cm, indskrænktes til 28 cm's fri åbning. Resten af rørene var dårligt opsat. De enkelte rør »centrerede« ikke.



De anvendte skaktrør havde denne skrå samling, der ikke letter en nøjagtig centreret opstilling. Det bemærkes, at rørene på billedet står omvendt, idet samlingerne ved opsætningen skal have fald indefter. De på tegningen viste eksempler, der findes i handelen, er nemmere at opstille nøjagtigt.



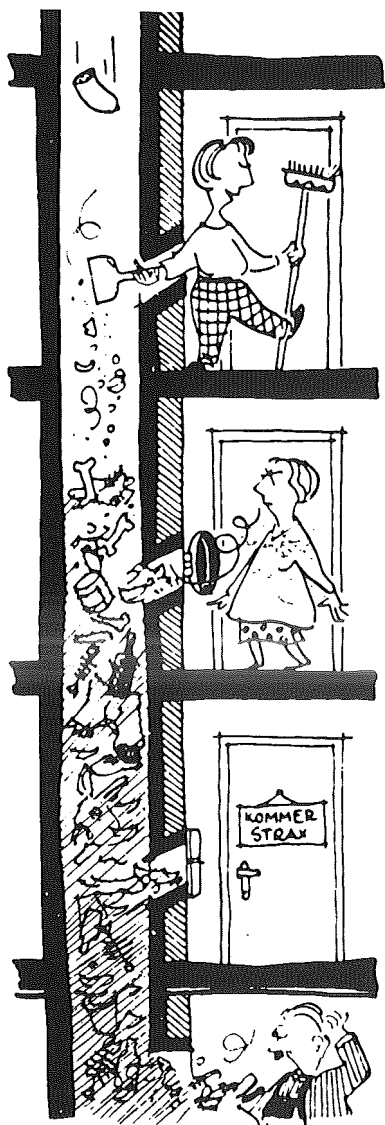
Det anvendte profil

Profilgr
der letter en nøjagtig
opstilling

Billedet viser nedstyrtningssskakten set fra oven, hvor de forskellige forskydninger, med den kraftigste et stykke nede, tydeligt ses.

fortsættes

Nedstyrtningskasse 2



SNIT I NEDSTYRTNINGSSKAKT
Baggårdens uhumske skraldespand er indbygget i den moderne ejendom, fordi beboerne ikke lærer at bruge skakten ordentligt.

Hvad der kan samle sig på disse afsatser af køkkenaffald under forrådnelse, samt hvor let pakkerne med køkkenaffald ville være blevet slået i stykker på fremspringet, kan man levende forestille sig, selv om husmødrene ikke bærer sig ad som vist på arkitekt Jørgen Hartmann Petersen's tegning i »Politiken«.

Udformning af byggekomponenter

Mange af de præfabricerede betonelementer, der anvendes i moderne byggeri, er så komplicerede med hensyn til opbygning, isolation, armering o.lign., at det kan forekomme, at de indeholder latente spændinger, der i visse tilfælde kommer til udløsning i form af revner.

Årsagerne kan være mange, f.eks. uheld ved transport, u hensigtsmæssig opklodsning m.v., men desværre er det ikke altid, at disse revner bliver synlige, før elementet er monteret på plads i bygningen.

Med den anvendte byggeteknik er en udskiftning praktisk umulig, og man må så i mange tilfælde klare sig med nødtørftige reparationer, eller i tilfælde, hvor der virkelig er tale om stabilitetsrisiko, at foretage særlige forankringsforanstaltninger.

Utæt skærmtag over benzintank



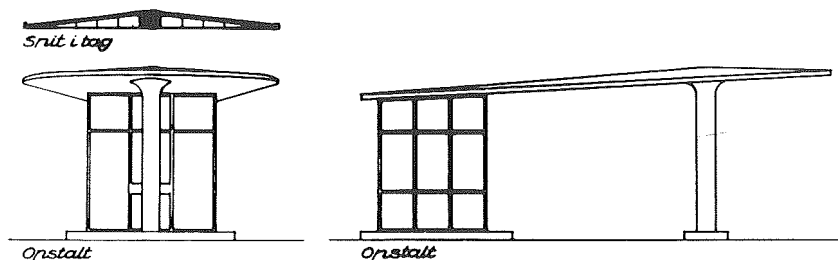
På undersiden af skærmtaget ses kraftige forvittringer og afskalninger af pudslaget, der er armeret med strækmetal, ophængt under betonpladen. Skaderne skyldes utæthed langs den lodretstående betonkant, der begrænser taget.

Det ses tydeligt, at ødelæggelserne er størst nærmest yderkant.

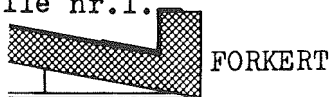
Nærbillede af ødelæggelserne med revner, der viser, at hele pudslaget er ved at løsne sig fra underlaget. Et sted er der også hul i underlaget. En nærmere undersøgelse viste, at strækmetallet var godt på vej til at ruste op.

(Se tegning og tekst næste side)

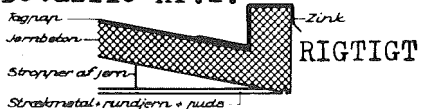
Utæt skærmtag over benzintank 2



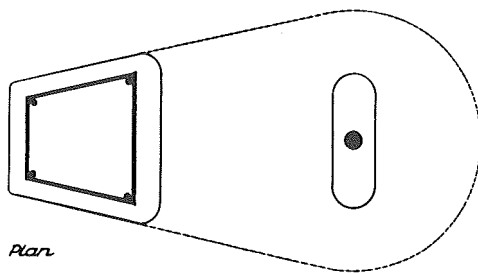
Detaille nr.1.



Detaille nr.2.



Strøkmetsl. rundjern + puds
 Detaljer af tagskæg



Tegningen af skærmtaget viser konstruktionen med snit i taget.

Det ses, at taget er dækket med tagpap, og på detaljen mærket FORKERT ses, at den lodretstående jernbetonkant er utilstrækkeligt afdækket.

Detailen mærket »rigtigt« viser, hvorledes zinkafdækningen burde have gået ud over betonkanten og være afsluttet der med en vandnæse, hvorved alle ubehagelighederne ville have været undgået.

Opkanten er en meget vigtig detalje ved afslutningen af et fladt tag. Den forhindrer, at snavs og vand blæser ud over kanten. Højden må afpasses efter tagets hældning og størrelse, idet disse faktorer bestemmer vandmængderne.

Højden må ikke gerne være under 15-20 cm selv på et mindre tag, helst større. Overkanten bør have stærkt fald mod tagfladen.

Driftsfejl og byggefejl skyld i skader på fliser i svømmehal



Billedet viser den lave og den dybe del af svømmebassinet. Ved overgangen mellem lavt og dybt bassin ses tydeligt en kraftig fuge, der er udfyldt med en gummiagtig masse, der ikke har været tæt – i hvert fald

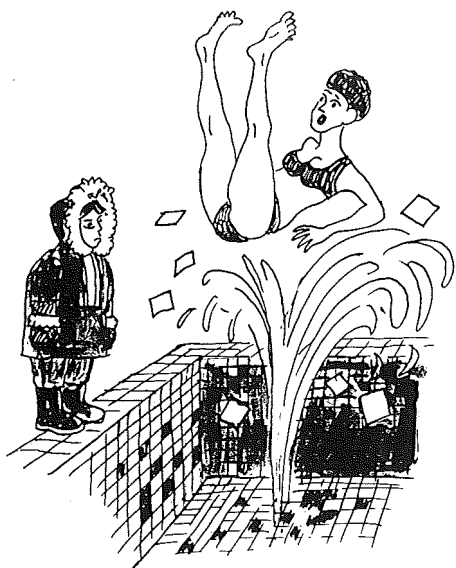
ikke efter bassinet er blevet tømt. På den skrå flade faldt fliserne af af sig selv.

Til venstre ses den gamle fuge, hvor fliserne er skudt op.



I en svømmehal, opført som vinterarbejde, havde man ikke i en frostperiode beskyttet bassinet mod frost, hvorved der var opstået ret kraftige frostskeer og revner i betonen. Disse revner var forsøgt repareret inden fliserne blev opsat og lagt.

Under energikrisen, adskillige år efter svømmehallens indvielse, blev vandet tømt ud af bassinet, dels af sparehensyn og dels for at rense fliserne for kalkaflejringer. Tømningen skete i en vinterperiode med ret store frostgrader. Der blev lukket for varmen, og dette medførte stor temperaturforskel i bygningsdelene – betonvægge, bund, fliser og murværk. Denne kraftige og hurtige afkøling sammenholdt med høj grundvandstand og dermed vandtryk gennem de dårligt reparerede revner i betonen medførte, at fliserne blev sprængt af på store arealer på bassinbund, og på den skrå overgang mellem dybt og lavt bassin.



Det var tydeligt at se, at flisebelægningen blev presset eller næsten skudt væk fra betonunderlaget. Alle løse fliser blev taget op,

og det viste sig ved ophugning, at en del af de oprindelige frostretnere i bassinet var udfyldt med gummistrimler og kunststoffugemateriale under reparationslaget, formentlig for at gøre reparationen bedre.

Denne ide er ikke brugbar. Det er nødvendigt, at reparation af eventuelle revner sker på en mere forsvarlig måde, f.eks. ved ophugning og tværarming. Men det må være en naturlig forudsætning for udførelse af svømmebassiner, at revnedannelser undgås.

I den endelige reparation måtte alle fliser tages op i hele bassinet, og der måtte, inden nye fliser kunne opsættes, støbes en ny armeret bassinbund.

I dag ville man – efter de foreliggende oplysninger om beton – have valgt en bedre kvalitet.

Ved forberedelse og planlægning af en ny svømmehal, er det mere nødvendigt end for noget andet bygværk, at foretage grundige jordbundsundersøgelser og medtage resultatet af disse ved projekteringen.

Det har ofte vist sig ved planlægning og projektering, at en ændret placering, hvor dette er muligt, har medført enklere og billigere fundering.

Det er også vigtigt at kende vandtryk og grundvandstand m.v. Disse forhold bør indgå i såvel projekteringsarbejdet som i den stadigt tilbagevendende vedligeholdelse. Tømning af bassinet må ikke finde sted uden kendskab hertil.

Svømmebassiner

Betonkonstruktioners miljømæssige påvirkning kan være vidt forskellige. De faktorer, som har indflydelse, er

- den omgivende lufts kemiske sammensætning og fugtighed,
- det omgivende vands kemiske sammensætning, og
- det omgivende mediums temperaturforhold.

Svømmebassiner**Det aggressive miljø har fremmet betonskaderne**

(tekst næste side)

Jo mere aggressivt en betonkonstruktions miljø er, des større krav må der stilles til udformning, materialer, udførelse og kontrol. Et svømmebassin er belastet med varmt, saltholdigt vand. Der er derfor tale om et aggressivt miljø, ikke alene for bassinet, men for hele svømmehallens indre.

For at opnå en rimelig levetid, må betonkonstruktionerne i en svømmehal bygges specielt med henblik på dette miljø. Der er mange eksempler på, at svømmebassiner er blevet så utætte efter ganske få års forløb og at større eller mindre reparationer har været nødvendige. Ofte medfører sådanne reparationer lukning af svømmehallen til gene for sportslivet, såvel i skolen som i fritiden.

Udformning

I de først opførte svømmebade her i landet var svømmebassinet helt omgivet af jord. Der var derfor ingen direkte inspektionsmulighed. I dag har alle nyere svømmehaller imidlertid bassiner med en ingeniørgang rundt langs bassinvæggen. Dette giver mulighed for inspektion, vedligeholdelse og reparation af bassinvæggen, men derimod ikke af bassinbunden. Det kan være mindst lige så vigtigt, viser praksis. Enkelte svømmebassiner er dog udført således, at såvel bassinbunden som dens installationer er frit tilgængelige for inspektion, vedligeholdelse og reparation. Det er sket ved at udføre bassinbunden som et paddehatdæk, dvs en armeret betonplade, understøttet på tætstående søjler.

Det fri rum under bassinets dybeste parti kan f.eks. blot svare til forholdene i en krybekælder. Der vil være mulighed for adgang til jævnlig inspektion af såvel installationer som betonens og bassinbundens tæthed. Selv om alt udføres bedst muligt, kan man næppe forestille sig, at en bassinbund og dens mange installationer er vedligeholdelsesfrie i svømmehallens stipulerede anvendelsesperiode.

Også armeringens placering i bassinets vægge og bund har betydning. Armeringen skal beskyttes imod kloridjonerne fra det salte badevand.

Membran

Der eksisterer flere membrantyper, som kan påsættes den indvendige side af bassinets vægge og bund før opsætning af beklædningen. Selv om man vælger at udføre bassinet med membran, så må det erindres, at alle betonkonstruktioner i en svømmehal befinder sig i et aggressivt miljø (fugt, salt, varme). Der kan derfor ikke slækkes på kravene til betonens kvalitet, blot fordi der anvendes membran. Derimod kan man naturligvis tillade større revnevidder som forudsætning for de statiske beregninger. Det, der på den måde kan spares, kan dog på ingen måde opveje merudgifterne til en membran. Desuden besværliggøres – og dermed fordyres – opsætningen af beklædning og installationsgennemføringer.

En membranløsning kan derimod komme på tale, når et svømmebassin skal repareres og gøres vandtæt, og ingen bedre og billigere løsning er mulig hvis betonens kvalitet er for ringe.

Et sted kan fleksible membraner dog være en god teknisk-økonomisk løsning. Selv om der anvendes en tæt beton, som kan modstå det aggressive miljø, er der områder, hvor betonens tæthed alene ikke behøver at være nok. Det er ved overgangen (fugen) mellem bassinets skulperende og gangarealet (over ingeniørgangen) samt evt. støbeskel. Både fuger og støbeskel kan og skal projekteres og udføres vandtætte og være modstandsdygtige i det aggressive miljø. Her kan lokalmembraner være en ekstra sikkerhed, men en sådan lokalmembran må ikke føre til, at kravene til fuger og støbeskel slækkes.



Undervandsruder bør beskyttes

En af de store ruller i svømmebassinet knust med sten eller iernstang

Akvarie-fr

Ruderne beskyttes af plastglas



Store værdier går tabt, fordi tanke-løse og ondsvindede øver hærværk - Forsikring dækker ikke hærværk

Vandet fra

Der synes ikke at have været brugte materialer, og såvel kom- straktionen som den håndværks- mæssige udførelse findes udsatte- lige. Det er herfor mest nat- urligt at antage, at bruddet er opstået som følge af uheldt komponent overlast.

Kemisk afdeling.

Palle Knud, laboratorieingeniør.

J. Poulsen, civilingeniør.

750.000 liter vand løb ud af friluftsbadet

Mystik om fire mænd der besøgte badet atten for det undersøiske rude sprængtes

GROVE

badet er brudt ud

ude knust i nat - Det meste af bassinet tomtes

banditsikret

Rude knust i nat - Det meste af bassinet tømtes - Store øde- læggelser

LØJER



Svømmebassiner Gennemsvivningerne forårsager udludning og efterfølgende nedbrydning af betonen



Anvendes membraner, lokalt eller totalt, skal membranen naturligvis være modstandsdygtig over for det aggressive miljø og kunne tåle, at betonen revner i en størrelsesorden som forudsat i de statistiske beregninger. Det er så kostbart at udskifte membran og beklædning, at der skal være passende stor sikkerhed for, at membranen er funktionsdygtig i svømmehallens stipulerede anvendelsesperiode. Det kan være vanskeligt for byherren at fastlægge hvor længe et svømmebassin skal holde, men det er endnu vanskeligere at få en passende lang garanti for membranens holdbarhed.

Beklædning

Et svømmebassins bund og sider skal indvendig være af et tæt og vandbestandigt materiale, som er let at renholde.

Der er tradition for, at der anvendes hvide og glaserede spaltklinker. Anvendes den bedste kvalitet, er det muligt ved et godt opsætningsarbejde at få en stabil beklædning. Mange fejl har i tidens løb kunnet henføres til

- fliser med for stor opslugningsevne. Der ved har beklædningen udvidet sig og er slået fra,
- dårlig opsætningsmørtel,
- dårlig opsætningsarbejde, f.eks. manglende udfyldning af spaltklinkens svalehaleformede riller,
- ustabil bassinvæg, f.eks. som følge af revnedannelse og ekspansion på grund af skadelige alkalikisereaktioner i betonen eller som følge af kontraktion på grund af svind og krybning.

I udlandet er klinkerbeklædning ikke så udbredt som heri landet. Der savnes en nærmere vurdering, økonomisk som teknisk, af fordele og mangler ved de forskellige beklædningstyper. De offentligt tilgængelige bassiner her i landet, som er udført med indre plastbelægning, synes umiddelbart at

opfylde de stillede krav om hygiejne og æstetik lige så godt som beklædninger af glaserede klinker.

Betonsammensætning

Selv om bassinet indvendig har en beklædning - og evt. en membran - så er hele svømmehallens miljø meget aggressivt over for beton, armering og installationer. Det betyder, at der til et svømmebassin og andre betonkonstruktioner i en svømmehal (udspringsvipper, søjler, tag- og gulvkonstruktion mv) skal anvendes en beton, der i passende lang tid kan modstå salt- og klørholdigt varmt vand og beskytte armering og installationer uden urimelige vedligeholdelsesudgifter. Det er derfor nødvendigt, at den anvendte beton er tæt, men der må heller ikke opstå utætheder som følge af gennemgående revner i betonen, dårligt udførte støbeskel og mangelfuldt indstøbte rørrinstallationer samt utilstrækkelige fuger.

Badevandet indeholder normalt 0,9‰ salt. Det er mindre end saltindholdet i havvand. Til gengæld er badevandet varmt hele året rundt. Nedbrydningen af beton i et aggressivt miljø er kemisk betonet, og en kemisk reaktionshastighed er meget temperaturafhængig. Den fordobles for hver gang temperaturen øges med 10°C. På grund af vandet, saltet og varmen, er betonen i en svømmehal udsat for et aggressivt miljø med et større udsving fra det normale. Derfor kan kun den bedste betonkvalitet anvendes.

Kvalitet og styrke er ikke det samme. Kvalitet er her betonens evne til at

1. tåle badevandet og saltindholdet,
2. hindre saltet i at trænge ind i betonen og skade armeringen,
3. undgå omdannelse (karbonatisering) som følge af luftens indhold af kuldioxid,
4. modvirke indtrængning af luftens ilt, som under særlige omstændigheder kan skade armeringen.

Svømmehaller kan spare millioner

Der kan spares mange penge, hvis de danske svømmehaller går væk fra at tilsætte salt i bassinernes vand. Og det har ingen praktisk betydning, om der er salt i vandet eller ej, skriver ugebladet ingeniøren. Et skøn siger, at ca. 100 haller skal repareres for tilsammen en milliard kroner over de næste ti år på grund af betonskader. En del af disse skader kan undgås ved at nedsætte salt-koncentrationen.



Alkalikislerreaktioner

Der er tre betingelser, som samtidig skal være opfyldt.

- alkalireaktive partikler i tilslaget, f.eks. flint,
- alkaliforhold og
- fugtighed.

Beton i en svømmehal befinder sig i et fugtigt miljø og vil få alkalitilførsel fra saltet i badevandet. Tilførslen vil i det lange løb langt overgå den mængde, som naturligt findes i cementen. Derfor kan skadelige alkalikislerreaktioner ikke hindres ved blot at foreskrive en cement med et lavt alkaliindhold (f.eks. lavalkali-sulfatbestandig cement). Den eneste løsning er at anvende grusmaterialer, som er alkaliinaktive. Sådanne grusmaterialer findes, men undersøgelse og kontrol af disse grusmaterialer er i dag stadig en specialistopgave. Selv flintfattigt sand kan ikke accepteres til et svømmehal.

Kloridindtrængning

Saltets indhold af kloridjoner kan forårsage ødelæggelser, hvis de trænger ind til armeringen, ophobes og angriber denne. Kloridjonerne vil nemlig kunne nedbryde armeringens passive opførsel (beskyttelsen) i betonen. Der findes en farlig (kritisk) værdi af kloridkoncentrationen i beton. Denne værdi afhænger af betonens pH-værdi. Kommer kloridkoncentrationen over den kritiske værdi, er armeringen ikke længere beskyttet. Er armeringens beskyttelse først brudt, kan der ske en korrosion af armeringen. Denne korrosion vil være særlig kraftig, hvis der kan trænge ilt ind til armeringen gennem betonen, enten fra omgivende luft eller fra badevandet. Stort set må man i praksis regne med, at armeringen vil være ødelagt kun få år efter, at kloridjonfronten er nået frem til armeringslaget i betonen.

For at beskytte armeringen i svømmehalsbassinet beton, skal betonen uden på armeringen (dæklaget) derfor være passende tæt, og dette dæklag må ikke være for tyndt.

Det skal hindre kloridjonerne i at trænge ind i betonen i en sådan mængde, at den kritiske koncentration nås ved armeringen i svømmehalsbassinet stipulerede levetid.

Betonens tæthed afhænger af den mængde finstof, som er i det sand, der anvendes til betonen, samt af betonens cementindhold. Det er desuden muligt at gøre betonen ekstra tæt ved at tilsætte flyveaske og/eller silikastøv. Forholdet mellem betonens vandindhold og betonens pulverindhold (cement, flyveaske og silikastøv) er afgørende for betonens tæthed. En passende tæt beton kan f.eks. fremstilles således, at

1. forholdet mellem betonens vandindhold og cementindhold er mindre end 0,4, og at
2. forholdet mellem betonens vandindhold og pulverindhold er mindre end 0,3, samt at
3. finstoffindholdet (ved finstoffindholdet forstås, indholdet af partikler mindre end 0,25 mm) er større end 400 kg/m³.

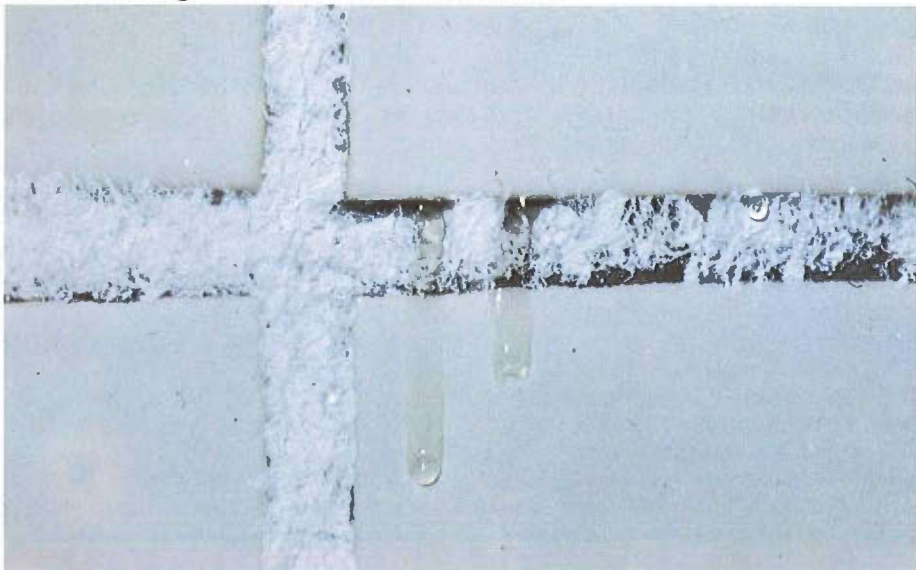
Hertil kommer, at det desuden er muligt at anvende forskellige tilsætningsstoffer, som kan gøre betonen ekstra tæt. Man taler i så fald om modificerede betoner. De anvendes især i USA.

Nogle cementtyper medfører langsommere kloridindtrængning end andre cementtyper, alt andet lige. Valg af cementtyper er derfor også af betydning for at opnå en maksimalt beskyttende beton.

Karbonatisering

Luftens kuldioxid vil karbonatisere beton, og i karbonatiseret beton vil armering ruste, hvis der er fugt nok. Desuden er den farlige kloridgrænse næsten nul i karbonatiseret beton. Karbonatiseringsfronten vil imidlertid bevæge sig langsommere ind i betonen end kloridjonfronten. Har man derfor sikret betonen i en svømmehal imod for hurtig kloridindtrængning, vil man automatisk også have klaret karbonatiseringsproblemerne.

Svømmebassiner Udsivende gel fra alkalikiselreaktioner



Geludsivning i mørtelfuge



Geludsivning fra revne i flise

Dæklag og armeringsbeskyttelse

Betonens tæthed skal stå i relation til den valgte dæklagstykkelse på armeringen. Desuden skal dæklaget helst være urevnet; specielt skal revner på langs af armeringsstænger undgås.

I udlandet, f.eks. i USA, anvendes meget større dæklag end i Danmark, specielt når betonen er kloridbelastet. Til gengæld er betonen i USA ikke så tæt som foreslået ovenfor. Selv om der anvendes tykke dæklag i USA, har der vist sig korrosion på armering i svømmebassiner og brodæk (kloridjoner fra tørsalte).

Da de økonomiske konsekvenser ved korroderet armering i et svømmebassin er meget alvorlige, vil en økonomisk helhedsbetragtning vise, at man ikke må gå på kompromis, hverken den projekterende, den udførende eller den kontrollerende ingeniør – og bygherren må forstå dette.

Det er muligt at beregne hastigheden af kloridjonfrontens indtrængning i betonen. Alle sådanne beregninger er imidlertid behæftet med usikkerhed. Derfor må man indbygge ekstra sikkerhed i beregningerne. Dette svarer nøje til det, der er praksis, når man dimensionerer svømmebassinet og skal være sikker på, at det kan holde for vandtrykket og de andre mekaniske belastninger. Ved sådanne betragtninger over holdbarheden kommer man til skrappe krav end betonnormens, hvis armeringen skal

holde f.eks. i 100 år. At opfylde sådanne krav medfører dog kun små ekstraudgifter i forhold til de reparationer, der kan være nødvendige, hvis armeringen rustner!

Tæt beton og forholdsvis tykke, urevnedede dæklag er derfor en relativ billig forsikring. En sådan løsning tillader dog ikke, at der på nogen måde slækkes på andre kvalitetskrav.

Havvandskonstruktioner (fx off shore) gives ofte en katodisk beskyttelse. Dette har endnu ikke været praktiseret i Danmark for svømmehaller. Mulighederne er der, men kun hvis det planlægges allerede på projekteringsstadiet.

Derimod kan man have sine tvivl med hensyn til hvor effektivt det er med epoxy-malede armeringsstænger, sådan som man nu forsøger sig med korrosionsbeskyttelse i USA. Det er klart, at den rigtige epoxy-maling kan modstå betonens alkaliske miljø og også yde beskyttelse imod kloridjoner. Det, man kan frygte er, at mindre skader i epoxy-malingen ikke opdages af tilsynet og derfor ikke repareres for så senere at være medvirkende årsag til omfattende skader.

Der er eksempler på, at der til svømmebassiner er blevet anvendt rustfrit stålarmering (svømmehallen på University of Texas, Austin). Det er imidlertid en meget dyr løsning – nærmest en panikløsning!

Svømmebassiner drypsten, stalarkitter

se udludning under »generelle betragtninger«



Støbeskel

Det er muligt at støbe, i hvert fald et mindre svømmebassin, uden støbeskel. Erfaringerne viser imidlertid, at det er langt lettere og mere sikkert at opnå en fuldt komprimeret beton, hvis der planlægges et støbeskel mellem bassinets bund og vægge. Det kræver stor erfaring hos såvel rådgivende som hos udførende at projektere og udføre et vandtæt støbeskel.

Viser bassinet sig utæt ved prøvefyldningen, er det trods alt bedre at have et utæt støbeskel omgivet af fuldt komprimeret og tæt beton end et utæt bassin som følge af mangelfuldt komprimeret beton. Et utæt støbeskel kan lettere, billigere og med større sikkerhed injiceres og gøres vandtæt end et område af betonen, der er mangelfuldt komprimeret.

For at et støbeskel kan blive vandtæt, er det nødvendigt, at den nye beton, som påstøbes, har maksimal vedhæftning til den gamle, afbundne beton. Dette kræver

- ru overflade frembragt ved sandblæsning, der er så kraftig, at sten frilægges og selv får en ru overflade.
- vandmættet, overfladetør (men ikke »hvidtør«) overflade,
- »klæbende« beton, som sikrer stor trækstyrke mellem gammel og ny beton. Norske undersøgelser viser, at silikabeton besidder denne evne bedre end normalbeton,,
- minimal temperaturdifferens mellem gammel og ny beton under hele hærdeforløbet for at undgå skadelige (dvs revnedannende) termospendinger. Det kræver naturligvis styring af hærdeforløbet.

I mange projekter ser man krav om anvendelse af fugebånd i støbeskel. Et fugebånd kræver imidlertid helt specielle omstændig-

heder, hvis det skal kunne anbringes i et utæt støbeskel, således at det helt lukker af for badevandets adgang til armeringen. Der vil så at sige altid være armering i et støbeskel mellem bassinets inderside og der, hvor fugebåndet af konstruktive grunde kan placeres. Derfor må støbeskellet nødvendigvis være tæt. Er dette tilfældet, er fugebåndet i øvrigt unødvendigt.

Installationsgennemføring

Rør og andre installationer, som skal føres igennem svømmebassinets bund og vægge, skal have en vandtæt tilslutning til betonen. Disse rør og installationer kan i princippet fremstilles af mange slags materialer, men kun rustfri stål, der kan modstå badevandet, kan accepteres. Selve indstøbningen mislykkes imidlertid ofte. Megen inspiration fra maskinindustrien, hvor tætte rørgennemføringer under langt værre omstændigheder kendes, kan dog lede til nye og bedre gennemføringsprinciper for rør og installationer mv.

Statistiske beregninger

Svømmebassinets er en simpel, statisk konstruktion. Kravene til svømmebassinets anvendelsestilstand er imidlertid meget store med hensyn til at undgå skadelige deformationer og revnedannelser, ikke alene fra vandlasten, men også fra svind, krybning og temperaturændringer. Det gør bassinets anvendelsesstadium, sammen med opførelsesstadiet, dimensionsgivende.

Samspillet mellem betonens egenskaber, udførelsesbetingelserne og de teoretiske beregninger af svømmebassiner er komplicerede.

Vinterbyggeri 1



Fundament – frostskafer – hævnings

Sætninger i fundamentet kan skyldes dårlig byggegrund eller fundering i for ringe dybde.

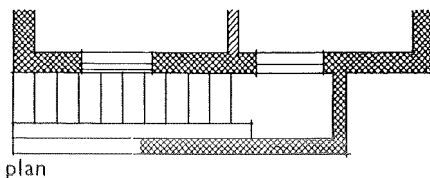
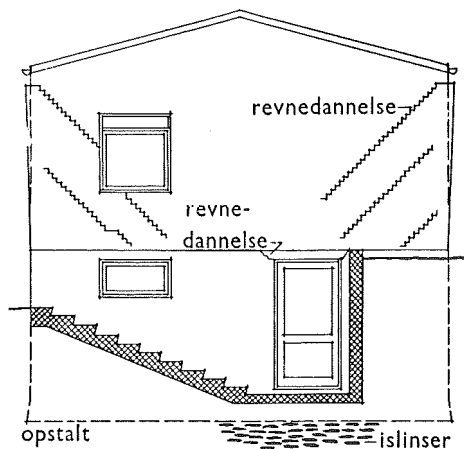
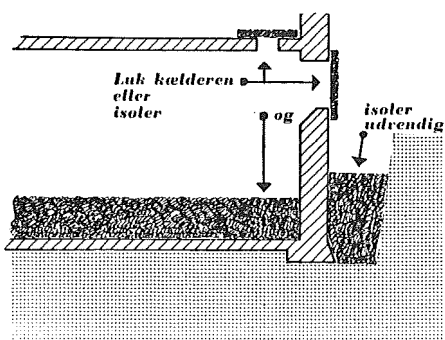
I dette tilfælde skyldes sætningen imidlertid, at jorden under fundamentet har været frosset på grund af manglende af-dækning og isolering under husets opførelse, hvor udgravningen i vintertiden stod ganske ubeskyttet.

Når frosten går af jorden, synker fundamentet, og muren får en skæmmende revne. Murstenene er ganske vist ikke knækket, men der er sket en så alvorlig forskydning i skiftegangen, at en reparation altid vil være synlig til stadig ærgelse for ejeren, som havde glædet sig til at se sit færdige hus i blankt murværk.

Årsagen til revnerne er, at frosten har haft adgang til at hæve de indvendige fundamenter; huset er lukket for sent.

Det kræves, jvf. Boligministeriets bekendtgørelse om vinterbyggeri, at huset lukkes. Dette gøres simplest ved at have vinduer og ruder parat til at indsætte straks efter opmuringen. Ruderne beskyttes mod ridning ved overkostning med kridtvand eller parafin opløst i benzin eller påklæbet papir. I stedet kan bruges »rullegardiner« af hessian eller armeret plastic påsømmet trærammer. I dette tilfælde var de for sent indsatte ruder ikke beskyttet mod ridser eller gjort synlige med kridtvand ved indsætningen.

Ringede fundamentsdybde ved kældernedgangen har medført frysning under selve bygningen og revner i gavlmuren samt udskydning af facademurene.



Sætninger i fundamentet

For at forhindre ødelæggelser som vist på ovenstående billede, har SBI udsendt anvisning 125. Arbejdsministeriet har også udsendt publikationer om vinterbyggeri.

Det nødvendige jordarbejde bør i videst muligt omfang udføres før vinterperioden, og hvor dette ikke kan lade sig gøre, bør jorden, før frosten kommer, tildækkes med vintermåtter.

Hvor udgravningen for fundamenter foretages før vinteren, skal støbningen følge umiddelbart efter. Kan dette ikke gøres, er det nødvendigt at isolere udgravningen med vintermåtter for at muliggøre senere opstilling af støbeforme, samt for at undgå støbning mod frossen jord samt skridning af jorden ved vekslende frost og tø.

Tilfyldning og planeringsarbejder må ikke foretages med frossen jord. En af de almindeligste og alvorligste frostskafer er de ødelæggelser af murværket, der opstår ved, at frosten får adgang til at hæve fundamenterne. Det er derfor absolut nødvendigt at hindre jorden under fundamenterne i at fryse. Hvis kælderdækket er lagt, må det ske ved en omhyggelig lukning af alle åbninger til kælderen og til hulrum under stueetagen med måtter, træbeton eller andre varmeisolerende materialer.

Udvendige kældernedgange og lyskasser er særligt udsatte. Langs kældermurens ydersider fyldes til med løs jord eller sand. Hvor kælderen endnu er åben, må der isoleres langs alle fundamenter og på eventuelle kældergulve med vintermåtter.

Vinterbyggeri 2

Frosten har haft adgang til at hæve kælder-skullerummene i 3 enfamiliehuse beliggende ved siden af hinanden på en flad skråning. Det har ikke forbedret sagen, at der ved det i terrænet højest beliggende hus er afbrudt en vandførende drænledning under gravearbejdet i kælderetagen.



Frosthævningerne af skillerum, jvf. billedet næste side, har medført, at loftet i stuerne er revnet. Det bemærkes, at frosten alene formodentlig kun ville have givet revner i pudsen. Når dele af pudsen også er faldet ned, skyldes det, at den har et for lavt kalkhydratindhold.

Maskinblandet grovpuds-mørtel skal indeholde mindst 9 vægt pct. og højst 13 vægt pct. kalkhydrat.

Tilsvarende skal håndblandet grovpuds-mørtel indeholde mindst 10 vægt pct. og håndblandet finpuds-mørtel mindst 22,5 vægt pct. kalkhydrat.

Vinterbyggeri kræver særlig hensyntagen under planlægning og projektering – og naturligvis også under opførelsen.

Der findes udførlig speciallitteratur om emnet. I øvrigt henvises til de særlige vinterkonsulenter, der er ansat af Bolig- og Arbejdsministeriet.

Retningslinierne i Vejledning om Vinterbyggeri, udgivet af Byggestyrelsen i 1981, indeholder regler og anvisninger samt oplysninger om konsulentassistance.

Såfremt reglerne ikke følges, kan det give anledning til skader allerede i byggeperioden. F.eks. kan vandfyldte rør i kabelbeton ofte give anledning til sprængning i drage- ren i frostperioder.

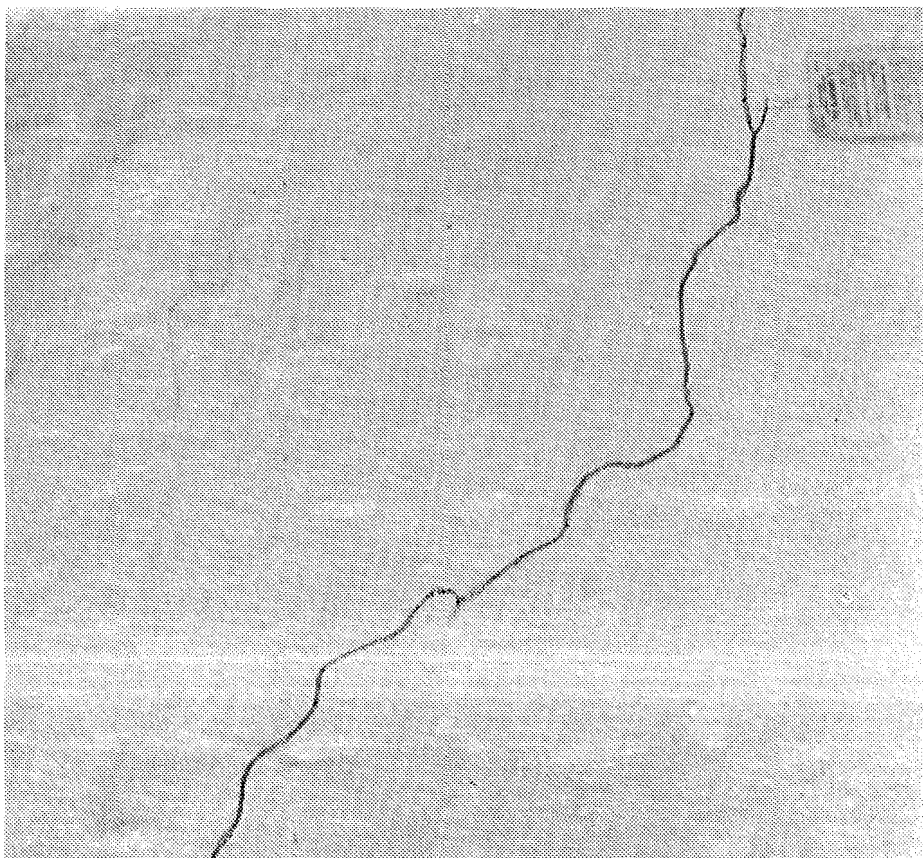
Huller til rækværksceptre og lignende kan ligeledes give frostska-der, som kan være vanskelige og kostbare at udbedre.

Betonelementfabrikker, der ikke har opvarmet lagerplads, bør indstille fabrikationen, når frostgraderne medfører for store temperaturforskelle under hærdeningen, medmindre der drages omsorg for, at elementerne ikke køres ud fra den opvarmede fabrikkationsplads, før elementernes temperatur er tilpasset de udvendige temperaturforhold.

Betonelementer, der fabrikeres til indvendig anvendelse, samt indvendige vægge støbt på stedet, er udsat for samme påvirkninger som udvendige konstruktioner, indtil huset er lukket og opvarmet. Dette skal der tages hensyn til ved betonens sammensætning. F.eks. skal der her anvendes frostsikre tilslagsmaterialer fri for porøse korn.

Der er mange eksempler på skader af denne årsag. På en stor offentlig bebyggelse støbtes de indvendige vægge i dyre, glatte forme med det formål, at væggene skulle fremstå ubehandlede. Det blev på grund af frostska-der under opførelsen nødvendigt at pudse samtlige vægge. Mange penge og dårligt resultat.

fortsættes



Forvitringsskader fremkommer ofte, hvor betonoverfladen er udsat for stor vandbelastning, uden at der ved blandingsforhold m.v. er taget tilstrækkeligt hensyn hertil.

Vær opmærksom på de ofte mange »skønhedspletter« i form af misfarvninger på betonfladen, der er fremkommet på grund af vandskader. Disse er ofte forårsaget af manglende viden på konstruktionsstadiet, og de er i mange tilfælde et forvarsel om alvorlige skader.

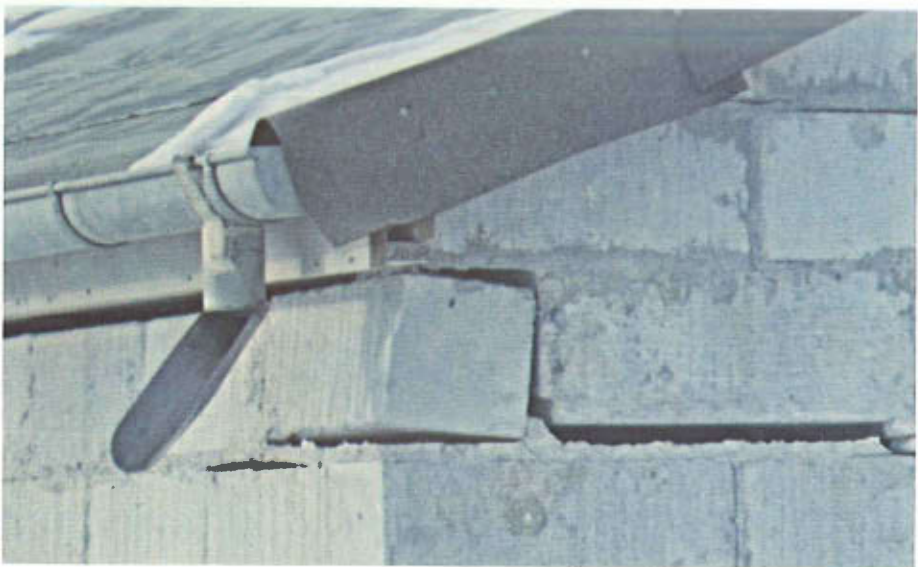
Fugt og misfarvning efterfølges ofte af krakelering, revner, springere, afskalninger, frostskaeder, drypsten, alkalikiselreak-

tioner samt totalforvitring, der kan give anledning til rustdannelse på armeringen.

Den friske beton skal beskyttes mod frostødelæggelse. Der støbes f.eks. med varm beton i isolerede forme, men netop denne fremgangsmåde gør risikoen for thermo-revnedannelse særlig stor, såfremt varme og isolering ikke anvendes med omtanke. (Se SBI-vinterbyggn. nr. 125).

I betondækelementer skal der drages særlig omsorg for, at de langsgående udsparringer, der kun er åbne i elementernes ender, ikke står vandfyldte, idet der er mange eksempler på, at frost har medført sprængninger.

Vinterbyggeri 3



Billedet giver et lille indtryk af de store kræfter, der er på spil. Murværk, der er frosthævet, glider i de fleste tilfælde tildels

tilbage i det gamle leje, men alligevel kan reparationsarbejdet blive omfattende.

Eftersyn af beton

Beton har i mange år været brugt til næsten alle slags bygningskonstruktioner. Korrekt anvendt, er beton et holdbart og solidt, dansk materiale, som også i fremtiden vil være uundværligt i byggeriet.

Som denne eksempelsamling viser, kan beton have fejl og få skader som alle andre bygningsmaterialer, især hvis den fremstilles og anvendes forkert eller, hvis den udsættes for påvirkninger, der ikke var regnet med ved fremstillingen.

Allerede opståede skader bør repareres, ligesom begyndende skader må findes og udbedres inden de breder sig, og inden det eventuelt går ud over andre bygningsdele eller installationer.

Inden skader repareres, må det imidlertid fastlægges, hvorfor en skade er opstået, hvordan den kan og bør repareres og hvordan en eventuel gentagelse af skaden kan forhindres.

Grundlaget for disse vurderinger er, at bygværkets og de enkelte bygningsdeles tilstand må fastlægges ved en tilstandsvurdering, hvortil der bør søges sagkyndig bistand.

Som basis for en sådan tilstandsvurdering, må alle fejl og skader findes. Denne fejlfinding foregår ved at gennemgå hver bygningsdel nøje og bestemme, hvilke skader det eventuelt drejer sig om.

Hvordan en sådan registrering kan planlægges og udføres er beskrevet i SBI*)-anvisningen »Eftersyn af beton« udarbejdet af ATV**) -udvalget vedrørende betonbygværkers holdbarhed.

Anvisningen indeholder bl.a. eftersynsskema og billedsamling af skader. I samme serie er der desuden udgivet: »Også beton skal vedligeholdes« samt »Simple betonkonstruktioner«.

Ved den første besigtigelse af bygværket er et samlet overblik nødvendigt. Er konstruktionerne f.eks. udformet således, at der opstår skadelige vandsamlinger og temperaturbevægelser, må dette indgå i undersøgelsen og løsning af problemet.

*) SBI/Statens Byggeforskningsinstitut.

**) ATV/Akademiet for de Tekniske Videnskaber.

Undersøgelse af beton

Betonkonstruktioner undersøges og tilstandsvurderes i disse år i et omfang, som aldrig tidligere er set. Dette skyldes blandt andet, at der nu fremkommer udbredte skader på halvtredsernes, tressernes og de tidlige halvfjerdsers meget omfattende betonbyggeri. Man begynder for alvor at forstå, at beton ikke er et uforgængeligt materiale. Store samfundsværdier står på spil.

Såfremt betonbygværkerne repareres i tide, er der meget betydelige beløb at spare, men også menneskeliv kan spares. Broer, altaner og rækværker af beton kan være skadet i en sådan grad, at de kan styrte ned.

Visse bygværker er nu omfattet af systematiske undersøgelser. Det gælder f.eks. en stor del af vore broer, som undersøges rutinemæssigt af specialuddannede folk. Også enkelte boligselskaber forsøger i disse år at lade deres betonbygværker være omfattet af systematiske undersøgelser. En stor del af undersøgelserne kan udføres af folk, som ikke har noget særligt kendskab til beton. F.eks. kan vejmand og boligfunktionærer, som ved udførelse af deres sædvanlige arbejde jævnligt omgås betonkonstruktioner, uddannes, så de lærer at se tegn på begyndende betonskader.

Det vigtigste instrument ved betonundersøgelser er øjet. Langt de fleste skader samt tegn på begyndende skader er normalt mulige at se med det blotte øje (f.eks. revner og afsprængninger). Med lidt øvelse er det normalt også muligt at se, hvad der i sidste instans har forårsaget skaderne, eksempelvis at afsprængt beton ud for armering skyldes, at armeringen er korrosionsangrebet, og at afsprængt beton ud for flint skyldes, at flinten er frostsprængt, eller at den er angrebet af alkaliskreaktioner. En trænet person kan desuden i vidt omfang vurdere betonens kvalitet ved f.eks. at betragte afsprængte betonstykker. Han kan se om der forekommer grovporositeter i cementpastaen, om stenmaterialerne er sunde, om stenene har en hensigtsmæssig faccon, og han kan til en vis grad se, om tilslagsmaterialet er velgraderet.

fortsættes

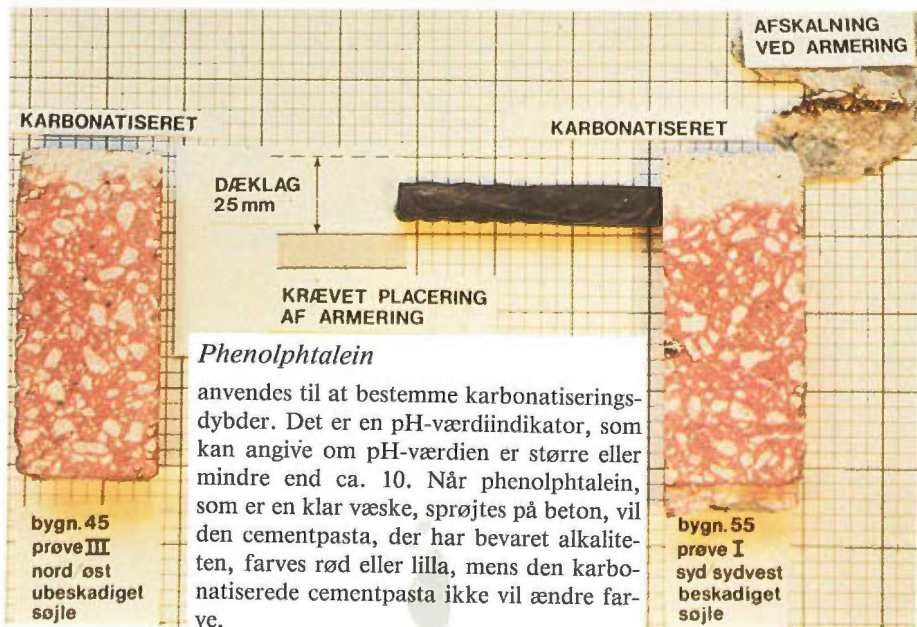
Der findes en del instrumenter og andet udstyr, som kan bruges til betonundersøgelser. I det følgende nævnes nogle af de mest anvendte.

Covermeter

anvendes, når armeringsplaceringer ønskes bestemt. Covermeteret kan finde armering, som er placeret indtil ca. 10 cm fra overfla-

Undersøgelse af beton (fortsat)

den, og det kan forholdsvis nøjagtigt angive, hvor stort dæklaget på armeringen er. Instrumentet er som regel ikke anvendeligt, hvis der er placeret indbyrdes tætliggende armering i flere niveauer. Et covermeter består af et måleinstrument med et tilhørende søgehoved.



fortsættes

Når det skal undersøges, hvor langt karboniseringsfronten er trængt ind ved en overflade, bores der nogle huller (Ø 10-13 mm) jævnt fordelt over fladen. Hullerne renses omhyggeligt for boremel, og derefter kan karboniseringsdybden ved hvert hul bestemmes ved at sprøjte phenolphthalein ind i hullet.

Beton målelup

Det kan være vigtigt at kende revnevidder i en konstruktion, når dens tilstand og holdbarhed på længere sigt skal vurderes. Jo større revnevidderne er, jo lettere er det naturligtvis for vand at trænge ind, og jo større sandsynlighed er der for følgeskader på armering og beton.

På betonoverflader, der skal behandles for at opnå større holdbarhed, kan det også være vigtigt at kende størrelser på revnevidder, idet mange behandlingsmidler i høj grad mister deres effekt, såfremt revnevidderne er forholdsvis store.

Undersøgelser i laboratorium udføres, når der ønskes kendskab til vand/cementforholdet (styrken), poreformer og porefordeling (cementpastaens frostbestandighed) samt kvaliteten af tilslagsmaterialerne (frostbestandighed og alkalikisereaktioner). Undersøgelserne foretages normalt på dele af borekærner fra betonkonstruktionen.

De undersøgelsesmetoder, der angives i det følgende, er forholdsvis kostbare, og de kræver ekspertbistand.

Røntgenfotografering kan anvendes, når armeringstyper og -dimensioner ønskes bestemt. Røntgenfotografering kan desuden anvendes til at bestemme armeringsplaceringer. Den sidste funktion har især sin berettigelse, når armering er placeret indbyrdes tæt eller så langt fra overfladen, at et covermeter er uanvendeligt. Ved røntgenfotograferinger kræves mindst 2 tilgængelige konstruktionssider (normalt 2 modsatrettede sider), idet røntgenudstyret placeres ved en side, mens modtagefilmen klæbes på en anden side. Når røntgenudstyret er i drift, må der ikke findes personer i nærheden af undersøgelsesstedet.



Målelup anvendes ved revneviddemålinger. De små lupper, som almindeligvis anvendes ved undersøgelser på bygværker,

giver mulighed for at måle revnevidder med 1/10 mm's nøjagtighed.

Generelle betragtninger

*Bygherren ønsker,
arkitekten former,
ingeniøren beregner,
entreprenøren bygger,
naturen nedbryder.*



Et bygningsværks tilblivelse er en kompliceret proces, der påvirkes af:

- bygherre
- arkitekt
- ingeniør

og en række forskellige entreprenører samt materialeleverandører.

Der skal under planlægning og projektering tages hensyn til:

- *bygværkets drift og vedligeholdelse.*

Der kan ske fejl, der burde være undgået.

For at udbygge forståelsen af de fejl i betonkonstruktioner, der er omtalt i nærværende debathæfte, beskæftiger de følgende sider sig mere detaljeret med de nedbrydningskræfter, der kan træde i funktion i en betonkonstruktion.

Betons nedbrydning

Beton er i princippet en kunststen. Beton er underkastet de samme naturlove for nedbrydning som natursten. Nedbrydning kan imidlertid foregå mere eller mindre langsomt. Den, der vælger betonens delmaterialer og sammensætning og den der udformer en betonkonstruktion har stor indflydelse på nedbrydningshastigheden.

Årsagerne til betons nedbrydning og ødelæggelse kan opdeles på følgende måde:

Kemiske angreb

- *karbonatisering*
- *kloridindtrængning*
- *aggressive stoffer*
- *alkaliskselreaktioner*
- *udludning*
- *rustangreb, korrosion*

Fysiske angreb

- *frostangreb*
- *termospændinger*
- *udtørring*
- *mekanisk slid*

Biologiske angreb

- *lav, mos og alger*
- *bakterier og svampe*
- *planter*
- *rotter*

Kemiske angreb

Nedbrydningstyper.

I det følgende vil forskellige nedbrydnings-typer bliver omtalt. Der er fortrinsvis valgt typer, som er aktuelle i Danmark. I udlandet findes også andre typer.

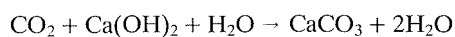
Ved et kemisk angreb forstås her en ødelæggelsesform, der er resultat af en kemisk reaktion i betonen. Ved visse former for sådanne angreb er der tale om opløsning af betonen – altså en fysisk kraft. Den primære årsag er dog kemien – derfor henføres nedbrydningen til kemisk angreb.

Karbonatisering

Luftens indhold af kuldioxid CO_2 kan reagere kemisk med cementpastaens indhold af calciumhydroxyd $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

For at karbonatiseringen kan ske, skal CO_2 dels kunne trænge ind i betonen, dels skal betonen være passende fugtig. Revnet og porøs beton, der er udsat for slagregn, karbonatiserer derfor hurtigt.

Udtørret beton eller vandmættet beton karbonatiserer ikke, eller i hvert fald meget langsomt. Ved karbonatiseringen sker følgende proces:



Når betonen berøves indholdet af $\text{Ca}(\text{OH})_2$ vil den ikke kunne beskytte eventuel armering mod rustdannelse i fugtigt miljø.

Karbonatisering af uarmeret beton skaber derimod ingen problemer. Betonen bliver kun tættere og noget stærkere af karbonatiseringen.

Beton, der ikke er karboniseret, har en pH-værdi på ca. 12,6. Karbonatiseringen bevirker, at pH-værdien falder til ca. 7. Dette kan udnyttes ved inspektion af beton, som omtalt under »Undersøgelse af beton« (phenolphthalein).

Karboniseringshastigheden afhænger af betonens porøsitet, d.v.s. af v/c-forholdet. Al karbonatisering sker fra betonens

overflade, men en revne er i denne forbindelse at regne som en overflade.

Karbonatiseringen af betonen sker derfor langs den oprindelige overflade og langs revner. Dette betyder, at et revnet dæklag (specielt med revner langs armeringen) ikke yder den beskyttelse, som dæklagstykkelsen lader formode.

Karboniseringshastigheden afhænger af den omgivende lufts relative fugtighed og er størst ved ca. 50% Relativ Fugtighed, men lige fra 40% RF og op til ca. 90% RF sker processen.

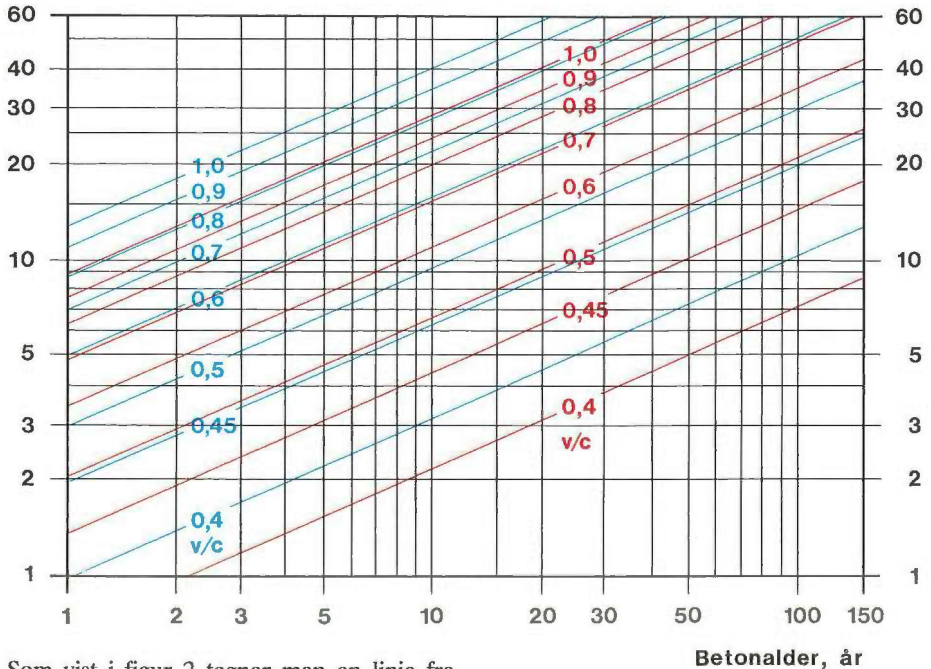
Hastigheden af denne kemiske proces påvirkes også af andre forhold. Jo mere kuldioxid, CO_2 , der er i luften, og jo varmere luften og betonen er, des hurtigere sker karbonatiseringen.

Vil man derfor beskytte beton mod karbonatisering, kan man fx anvende en betonsammensætning, som giver en meget tæt beton. Man kan også forsyne beton med en passende tæt membran, hvis man ved inspektion konstaterer, at karboniseringshastigheden er for stor. Der findes maling og imprægneringsmidler, som kan gøre betonoverfladen tættere, således at indtrængning af luftens kuldioxid hæmmes.

Der er foretaget mange undersøgelser af betons karboniseringshastighed. Der har været anvendt forskellige betonblandinger til disse forsøg for at finde ud af, hvorledes betonens v/c-forhold og cementindhold samt cementens type har indflydelse på karboniseringshastigheden. Det er forsøg, der tager lang tid. Der vil sikkert gå mange år endnu, før betonforskerne har rede på alt det, som har indflydelse. Der findes diagrammer som angiver karboniseringshastigheder i forhold til v/c-forhold.

I figur 1 er et sådan diagram vist. Det forudsættes, at betonen er velkomprimeret og urevnet. Dette diagrams anvendelse kan illustreres med et eksempel. Vi tænker os, at dæklaget på en armeringsstang er 20 mm og at betonen har et v/c-forhold på 0,60.

Karbonatiseringsdybde , mm

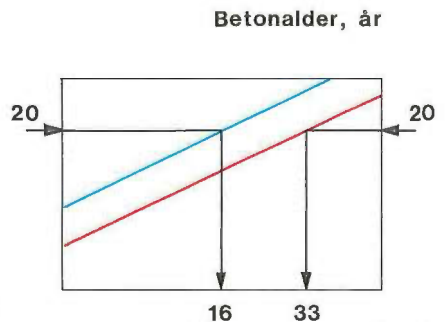


Som vist i figur 2 tegner man en linie fra $c = 20$ mm på ordinataksen til den skrå røde linie med $v/c = 0,60$. Man kan da aflæse, at det vil tage $t = 33$ år at karbonatisere dæklaget. Er der tilstrækkelig fugtighed til stede, vil armeringsstangen begynde at ruste. Det vil dog tage godt 5 år, før rusten viser sig på betonoverfladen og dæklaget begynder at skalle af.

Forholdene er imidlertid ikke helt så simple i praksis. Man har konstateret ved mange undersøgelser, at nogle gange går det hurtigere og nogle gange langsommere end det, som man kan aflæse af diagrammet i figur 1.

Vil man derfor vide, hvornår man »i værste fald« kan tænke sig at dæklaget bliver karbonatiseret, må man naturligvis tage hensyn til denne usikkerhed.

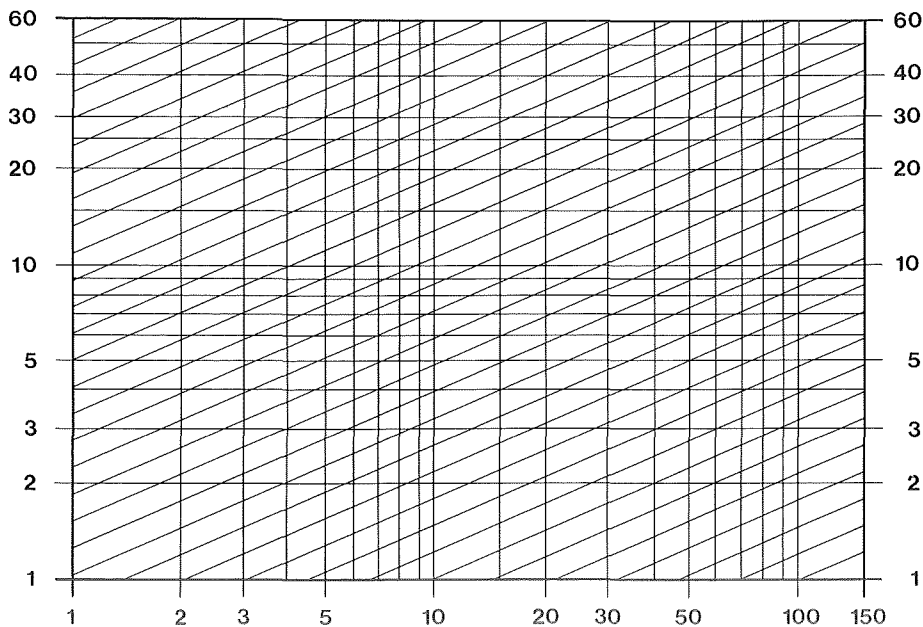
De røde, skrå linier angiver middelkarbonatiseringstiden.



De blå, skrå linier tager hensyn til usikkerheden og svarer til det, man kan forudsæ, hvis man er »uheldig«

Benytter man den blå, skrå linie med $v/c = 0,60$, som vist i figur 2, ser man, at man må forvente, at dæklaget vil karbonatisere allerede på $t = 16$ år, hvis man er »uheldig«. Rusten vil vise sig godt 5 år senere, altså lidt over 20 år efter, at bygværket er opført.

Karbonatiseringsdybde , mm

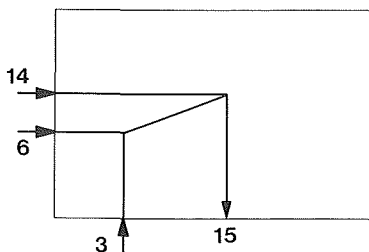


Det kan imidlertid gå endnu værre hvis dæklaget er blevet for lille og betonens v/c-forhold for stort.

Det sidste diagram, se figur 3, kan anvendes ved inspektion og vedligeholdelse af betonbygværker. Vi kan forestille os, at vi har undersøgt en udendørs betonvæg. Et sted på væggen har vi således fundet, ved at bruge et covermeter, at armeringens dæklag er $c = 14$ mm. Desuden har vi fundet ud af ved at bore et hul lige i nærheden af armeringen, at betonen bliver rød 6 mm inde, når vi sprøjter en opløsning af phenolphthalein ind i hullet med en forstøver. Endelig ved vi, at bygværket er bygget for 3 år siden.

Man kan finde ud af, hvornår denne armering vil ruste, ved at gøre som vist i figur 4. Man går ind i diagrammet med karbonatiseringsdybden 6 mm og betonens alder 3 år. Derefter følges den skrå linie, der går

Betonalder , år



gennem skæringspunktet, indtil man har en karbonatiseringsdybde på 14 mm. Så kan man aflæse, at det vil ske, når betonen er 15 år gammel. Det betyder, at det vil vare ca. 12 år inden dæklaget er karbonatiseret igennem og yderligere godt 5 år inden rusten viser sig på betonoverfladen. Konklusionen vil nok være, at der bør gøres noget inden rusten sprænger dæklaget og reparation dermed bliver meget dyr.

Karbonatisering



Karbonatisering kan, som nævnt tidligere, hæmmes ved overfladebehandling. Valg af overfladebehandling kræver en vurdering af fugtforholdene i konstruktionsdelen og specielt ændringer i fugtbevægelserne efter en eventuel overfladebehandling (se under afsnittet tæt beton).

Nogle af de andre nedbrydningsformer, der kan komme på tale i forbindelse med betons nedbrydning, omtales i det følgende.

Klorindtrængning

Kommer beton i kontakt med væsker, vil stoffer, som er opløst i disse væsker, kunne trænge ind i betonen. Er disse stoffer aggressive over for beton og/eller armering, kan det resultere i ødelæggelser. Eksempelvis kan nævnes: salt i havvand, vand i svømmebassiner samt salttøet smeltvand. I et svømmebassin er saltkoncentrationen 0,9%. Havvand indeholder ca. 3% salt. På altangange og betonbelægninger, hvor der strøs tørsalt for at smelte is og sne, kan smeltvandet blive mættet med salt.

Ved Jyllands vestkyst kan storme om vinteren og efteråret føre store mængder salt med sig. Det kan findes som kager på vestvendte betonfacader. Hvis betonelementer, altaner og altangange ikke vaskes rene af silende regn eller på anden måde renses for naturlig saltophobning, kan saltindtrængningen sådanne steder blive stor. I havvand findes desuden andre aggressive stoffer.

Salt indeholder bl.a. natriumklorid, NaCl. Det består dels af natriumjoner, Na^+ , dels af kloridjoner, Cl^- . Natriumjonerne vil angribe betonen, hvis der er flint i sandet og stenene, der er blandet i betonen. Denne kemiske reaktion kaldes alkaliskreaktion og omtales senere. Desuden har tørsalte den bivirkning, at de gør beton mindre modstandsdygtig over for frost. (Se afsnittet Frostangreb).

Kloridjernerne vil angribe armeringen, således at armeringsstængerne begynder at ruste. Dertil kræves dog, at der trænger ret store mængder kloridjoner ind i betonen. Man regner således med, at den kritiske grænse for kloridjonkoncentrationen er ca. $1 \text{ kgCl}^-/\text{m}^3$ beton (1 kg kloridjoner pr. m^3 beton) når betonen ikke er karbonatiseret, dvs $\text{pH} = 12,6$. Er betonens pH -værdi mindre, fx på grund af begyndende karbonatisering, er den kritiske grænse også lavere. Armering i beton med $\text{pH} = 11$, vil overhovedet ikke være beskyttet mod selv den mindste klorindtrængning (den kritiske grænse er helt nede på nul!).

Man kan ikke undgå, at klorid trænger ind i betonen. Man kan dog begrænse indtrængningen ved at søge at gøre betonen så tæt som mulig, samt sørge for, at armeringens dæklag er passende tykke og uden revner. Man kan beregne, at kloridjernerne ikke vil kunne skade armeringen i et svømmebassin de første 100 år, hvis betonens v/c-forhold er 0,5 og armeringens dæklag er 30 mm. Nu vil der naturligvis altid være visse revner, og sådanne beregninger er også noget usikre. Beregningerne viser imidlertid, at et svømmebassins armering vil ruste i løbet af ganske få år, hvis v/c-forholdet er 0,8, selvom armeringens dæklag er 30 mm. Man kan således let forstå, at er denne beton også utæt på grund af revner og ukomprimerede partier, sker ødelæggelserne endog meget hurtigt.

Det er muligt at finde ud af hvor meget klorid, der er trængt ind i en beton, som har været i berøring med salt eller saltvand. Det sker ved en kemisk analyse, som beskrevet i DS 423.14. Den kemiske analyse er forholdsvis billig og hurtig at udføre.

Når man sætter en sådan kemisk analyse i gang, må det imidlertid bero på en mistanke om, at betonens kloridindhold er stort. Man skal fx ikke være bange for at slikke eller smage på betonen. De menneskelige smagsløg er meget følsomme over for saltsmagen. Vil man gøre det lidt mere teknisk, kan man knuse et lille stykke beton i en mortar, hælde destilleret vand på og lade det trække i et stykke tid. Ved hjælp af en indikatorstrimmel, Quantab, som man væder i opløsningen, kan man ud fra farveændringen aflæse det omtrentlige kloridindhold i betonen. En nærmere beskrivelse findes i CtOs Beton-Teknik 10/04/1976. Er kloridindholdet stort, bør man lade en kemisk analyse udføre på et speciallaboratorium for at få kendskab til kloridprofilen. Kendskab til betonens kloridindhold har betydning for, hvorledes vedligeholdelse og reparation skal udføres.

Klorindtrængning

Det er specialarbejde, idet der skal bores kærner (cylindre) ud af betonen. Disse kærner skæres i skiver, og klorindholdet bestemmes i hver skive ved kemisk analyse. Ud fra disse måleresultater er det muligt at beregne, hvornår det kan forventes, at betonens klorindhold bliver kritisk netop der, hvor armeringen er. Selvom sådanne beregninger naturligvis er noget usikre, kan man dog godt finde ud af, om det er nødvendigt fremover at beskytte betonen mod yderligere klorindtrængning. Er dette tilfældet, må man placere en membran (kloridjenspærre) mellem betonen og saltpåvirkningen. Det kan være vanskeligt at vurdere hvilken membrantype, der skal anvendes, og hvad der kan forventes at ske med hensyn til fugtændringer, når membranen først er opsat.



Aggressive stoffer

Beton bruges ofte i forbindelse med opbevaring af forskellige stoffer. Desuden kan spild, affald m.v. påvirke beton. Såvel væsker med sure som væsker med basisk (alkalisk) reaktion vil kunne skade beton. Angrebet kan sætte ind med opløsning af cementpastaen, men også tilslaget (betonens sand og sten) kan angribes. Vædske med sur reaktion vil i tidens løb kunne nedbryde betonens naturlige, alkaliske miljø.

Skal man opbevare væsker og andre stoffer i betonbeholdere (kar, rør, siloer m.v.), skal betonen beskyttes af en membran, hvis betonen ikke kan tåle længere tids berøring med de pågældende stoffer.

Der findes lister i speciallitteraturen, se fx CtOs Beton-Teknik 3/03/1974 om »beton i aggressivt miljø«. Her kan man se hvor aggressive forskellige stoffer er over for en normal, god beton. Disse lister er naturligvis kun vejledende. Der er altid mulighed for at forbedre en betons modstanddygtighed ved at anvende specialcement, særlige sand- og stensorter, lavt v/c-forhold og urevnet beton. Er dette ikke nok, er der kun en membranløsning tilbage.

I visse tilfælde kan angrebsårsagerne fjernes. Fugles (duers) ekskrementer kan påvirke betonen. Man har her valget mellem enten at hindre duerne i at placere sig på betonkonstruktionen (net) eller beskytte betonen (membran).

Tegn på angreb fra aggressive stoffer kan være en frilægning af tilslaget, idet cementpastaen opløses. I andre tilfælde skyldes ødelæggelserne, at de stoffer, der dannes ved den kemiske reaktion, fylder mere end de stoffer, som reagerer. Derved sprænges betonen. Man ser da revnedannelser, som er typiske for, at det indre af betonen har udvidet sig. I moseområder, som er bløde og kulsyreholdige (opløst kuldioxyd) kan beton karbonatisere, som tidligere omtalt, men der finder også en opløsning af cementpastaen sted. Alle syrer angriber beton, men angrebets farlighed er naturligvis afhængig af syrens styrke. Desuden betyder det noget, om reaktionsproduktet er opløseligt i vand. Er dette tilfældet, vil reakti-

onsstofferne kunne vaskes bort og betonen »opløses«. I modsat fald stoppes porerne i betonens overflade til, således at betonen bliver tættere og syreangrebet derfor går langsommere.

Humussyre (moser) og fosforsyre (møddinger) angriber beton langsomt, fordi reaktionsprodukterne er tungt opløselige.

Saltsyre, svovlsyre, eddikesyre og salpetersyre angriber og opløser beton meget hurtigt. Hvis man syrer en porøs beton af med saltsyre, vil klorider let kunne trænge ind i betonen til armeringen. Saltsyre indeholder nemlig kloridjoner. På denne måde får man altså kombineret syreangreb og kloridangreb.

Svovlsyre virker stærkt nedbrydende på beton. Foruden syrevirkningen bliver der tale om et sulfatangreb fra sulfatjonerne, SO_4^{2-} .

Sulfatangreb. Sulfatjoner findes i spildevand, havvand og i moser. Desuden indeholder kul og fyringsolier svovl, som efter forbrænding sammen med fugtighed (kondensvand, regnvand) kan danne svag svovlsyre. Betonskorstene og betonbygværker i industriområder bliver derfor udsat for sulfatangreb. I grove tilfælde (stærk forurening og porøs beton) kan betonen hurtigt nedbrydes.

Havvand, og grundvand i visse områder af Danmark, indeholder sulfatjoner i skadeligt omfang. Virkelig omfattende skader som følge af sulfatangreb kendes dog fortrinsvis fra udlandet. Fra Norge, USA og de arabiske lande er der eksempler på meget store ødelæggelser som følge af, at jordbunden indeholder store mængder sulfat.

Ved et sulfatangreb angribes cementpastaen, og reaktionsprodukterne får betonen til at revne og skalle af. I havvand findes der magnesiumsulfat. Det er særligt aggressivt over for porøs cementpasta, hvortil der er anvendt almindelig portlandcement. Derfor har man udviklet sulfatbestandig cement. Med en sådan specialcement kan beton modstå sulfatangreb. Det fritager dog ikke entreprenøren for under alle omstændigheder at fremstille en tæt beton.

Alkalikiselreaktion



Alkalikisereaktion

Grusmaterialer, der anvendes til beton, skal blandt andet have sådanne egenskaber, at de enkelte gruspartikler ikke nedbrydes og/eller skader betonen. Gruset skal således være

- fysisk og kemisk bestandigt i sig selv,
- kemisk inaktivt i (fugtigt) cementpasta, og
- rent i en sådan grad, at cementens afbinding og hærkning ikke sinkes eller hindres.

Grusmaterialer vil altid reagere mere eller mindre med cementpasta. Normalt vil en sådan reaktion ikke skade betonen - tværtimod. Der findes imidlertid bjergarter i danske grusmaterialer, som i fugtigt miljø kan reagere meget kraftigt og ødelæggende med alkalier i betonen, hvad enten de stammer fra cementen, tørsaltning eller fra havvand. De partikler i gruset, der er farlige, idet de indeholder opløselig (reaktiv) kisel, er flint. Flint findes både som tæt flint og som porøs flint. Visse kalksten kan desuden indeholde flint. Endelig kan forekomster af ler- og mergelbjergarter have en forkisling, som gør dem alkalireaktive. På Færøerne og i Grønland findes vulkanske bjergarter med en vis glassubstans, som er alkalireaktiv. I Nordtyskland, og enkelte steder, også i Danmark, findes sandsten med kitmasse af alkaliopløselig kisel, som er meget reaktivt.

Der er således muligheder til stede for, at grus til betonstøbning indeholder alkalireaktive partikler. Der skal imidlertid tre komponenter til at danne alkalikisereaktion, nemlig

- *alkalier,*
- *reaktiv kisel,* og
- *vand.*

Derfor er hovedparameterne i enhver alkalikisereaktion

- *cementtypen,*
- *grussammensætningen,* og
- *reaktionsmiljøet.*

Hovedparten af grus i Danmark indeholder alkalireaktive bjergarter. Der findes lavalcement på markedet i Danmark. Ved at anvende en sådan cement kan det sikres, at betonens initialindhold af alkalier er under den kritiske grænse. Afgørende for alkalikisereaktionernes skadelighed er derfor alene reaktionsmiljøet. Man må her skelne mellem

- *tørt miljø,*
- *fugtigt miljø uden tilførsel af alkalier og*
- *fugtigt miljø med tilførsel af alkalier..*

Endelig findes der en særlig kemisk aggressiv miljøklasse, f.eks. hvor beton påvirkes af en koncentreret saltopløsning. Hertil regnes altangange og trapper, der bestrøs med så store mængder tørsalte, at smeltevandet er koncentreret med salt.

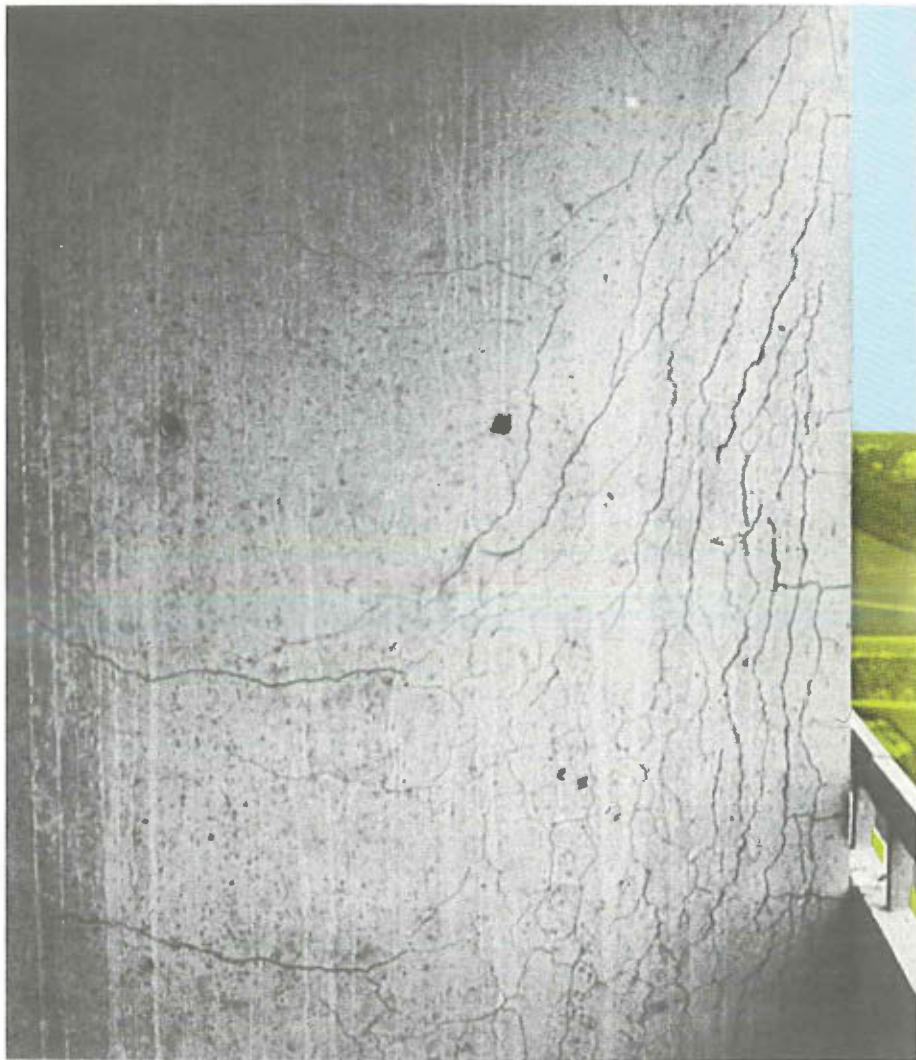
I et tørt miljø har man fjernet en nødvendig betingelse for alkalikisereaktionen (uden vand ingen reaktion).

I et fugtigt miljø uden tilførsel af alkalier, er det alene grusets indhold og karakter af reaktive bjergarter (mængde, type, kornstørrelse) samt betonens initialindhold af alkalier, der er afgørende for alkalikisereaktionens skadelighed. Er enten gruset ufarligt eller er cementens alkaliindhold under det kritiske, vil der ikke ske skadelige alkalikisereaktioner. Lavalkali-sulfatbestandig cement og hvid cement har begge et alkaliindhold under det kritiske.

I et vådt miljø med tilførsel og ophobning af alkalier vil ethvert indhold af alkalireaktive bjergarter over 2% i sandfraktionen medføre skadelige alkalikisereaktioner. I miljøklasse A og i et særlig kemisk aggressivt miljø, kan skadelige alkalikisereaktioner derfor kun hindres ved anvendelse af flintfrit eller flintfattigt sand (under 2%). I miljøklasse A og i særlig kemisk

fortsættes 7.78 bagside

Alkalikiselreaktion



Her vises den bærende pille, der afslutter en altangang i et højhus. I pillen kan tydelig ses, at de små revner kun findes, hvor slagregn – og vand i øvrigt – har kunnet komme ind i bygværket og ramme pillen.

Man kan næsten diagonalt i højden

trække en linie, hvor der er revner på den højre halvdel og ingen på den venstre. Dette viser med al tydelighed, at det er vandet, der frembringer skaderne.

Næste trin af skaderne bliver afskalning i samme mønster, som de små fuger.

aggressivt miljø falder f.eks. svømmebassiner (saltvand), broer (tøsalte), altaner (tøsalte) og kajanlæg (havvand). I miljøklasse A og i et særlig kemisk aggressivt miljø kan man aldrig hindre skadelige alkalikisereaktioner ved at anvende lavalkaliment!

Det er fortrinsvis flintindholdet i sandet, der er ansvarlig for de skadelige (dvs. ekspanderende) alkalikisereaktioner. Jo mindre flintpartiklerne er i sandet, des mere skadelige, dvs. ekspanderende, viser de sig at være. I naturligt forekommende sand er flintkoncentrationen imidlertid stærkt aftagende med kornstørrelsen. Det gælder såvel for bakkegrus som for strandgrus og havgrus.

Skadelige alkalikisereaktioner i stenfraktionen er sjældne, men forekommer. Beton fremstillet med kvartssand og sten af porøs flint og flintsten med porøs, hvid skorpe (porøs flint) har vist sig at kunne give skadelige alkalikisereaktioner under laboratorieforhold.

En detaljeret gennemgang af sand og sten til beton findes i CtOs Beton-Teknik 1/05/1982.

Skadelige alkalikisereaktioner i beton er med rette frygtet. Revner, der dannes som følge af alkalikisereaktioner er »levende«, dvs. de udvider sig. Lukkes de ved reparation, vil de slå igennem reparationen, hvis betonen fortsat er så fugtig, at den kemiske reaktion fortsætter. Det er derfor bekosteligt at reparere beton, der lider af skadelige alkalikisereaktioner.

For at undgå alkalikisereaktioner i beton (fugtigt fersk eller salt miljø), må man have kendskab til grusets alkalireaktivitet. Grusgrave og betonfabrikker må derfor kunne dokumentere, at gruset er uskadeligt ved anvendelse til beton i fugtigt miljø. Det kan ske på tre acceptable måder, nemlig ved

- optælling (under mikroskop) og beregning af grusets indhold af flintpartikler (porøs flint, tæt flint og »andet«),
- mørtelprismeforsøg med måling af ekspansion og observation af revner, samt
- betonprismeforsøg med måling af ekspansion og observation af revnedannelse.

En optælling og beregning af grusets flintindhold skal foretages på et autoriseret laboratorium og af en geolog. Som retningslinie for grusets anvendelse til beton uden risiko for skadelige alkalikisereaktioner kan man på den sikre side anvende sandet til beton i de miljøklasser og med de cementtyper, som er anført i hosstående skema. Heri betegner

C: tørt (indendørs) miljø med relativ fugtighed mindre end 50%,

B: fugtigt, fersk miljø,

A: fugtigt, salt miljø *uden* saltkoncentration, og

X: fugtigt, salt miljø *med* saltkoncentration.

Det må naturligvis kræves, at sandet i andre henseender er bedømt som sundt (humus, porøsitet) og egnet (kornkurve).



Alkalikiselreaktion



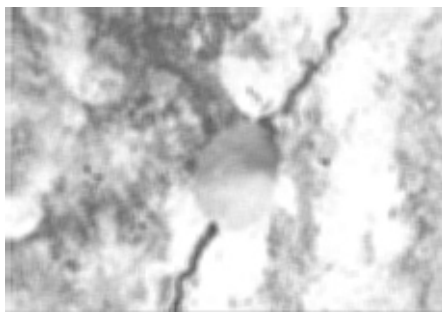
Betonen har udvidet sig. Ud af revnerne flyder alkalikiselgel, der med tiden bliver hvid og som sprænger betonen, så revnerne bliver større.

Ligesom ved frostskaerne er det også her vand, der trænger ind i den porøse beton og forårsager udfældningen af gelen

ved at medvirke i en kemisk proces mellem cementen og porøse flintkorn, en alkalikiselproces. Senere udløses betonen og hvidgule kalkudfældninger ses under alle revner som »gardiner«. (Se Betonteknik, revner i Beton 3/09/1981).

Porøs og tæt flint	0-1%	-	-
Kun porøs flint	-	0-2%	over 2%
Almindelig cement	X,A,B,C	A,B,C	C
Lavalkal cement	X,A,B,C	A,B,C	B,C
Hvid cement	X,A,B,C	A,B,C	B,C

Mørtelprismeforsøg gennemføres med sandfraktionen i et standardiseret blandingsforhold. For at fremskynde processen, nedlægges mørtelprismene i en mættet saltopløsning, der er 50°C varm. Som retningslinie for grusets anvendelse til beton uden riskiko for skadelige alkalikiselreaktioner, kan man på den sikre side anvende sandet til beton i de miljøklasser og med den cementtype, som er anført i hosstående skema.



Ekspansion	0-0,05%	0-0,1%	over 0,1%
Lagring	20 uger	8 uger	8 uger
Almindelig cement	X,A,B,C	A,B,C	C
Lavalkal cement	X,A,B,C	A,B,C	B,C
Hvid cement	X,A,B,C	A,B,C	B,C

Vurdering af sand efter mørtelprismemetoden er på den sikre side.

Ved mørtelprismemetoden tager man ikke hensyn til den pågældende betons sammensætning. Det kan man imidlertid gøre ved betonprismemetoden.

Betonprismemetoden er ikke standardiseret. Den simpleste fremgangsmåde er at støbe betoncylindre som til trykprøvning af den pågældende beton. Nogle af disse prøvecylindre kan da opbevares i en mættet saltopløsning, der er 50°C varm.

Hvis der ikke kommer netrevner efter 20 ugers lagring, kan betonen anvendes i me-

get aggressivt miljø, dvs. fugtigt, salt miljø.

Betonen kan anvendes i fugtigt, fersk miljø uden risiko for skader, hvis der ingen netrevner kommer efter 8 ugers lagring. Kommer der netrevner, kan betonen imidlertid *kun* anvendes i fugtigt, fersk miljø, hvis der anvendes lavalkal cement eller hvid cement til betonen.

Hvad er det nu, der sker, når alkalierne angriber den reaktive kisel? I et fugtigt miljø vil alkalierne angribe de reaktive gruspartikler, og der dannes alkalikiselgel som reaktionsprodukt. Det videre forløb kan da enten være, at alkaligelen optager

fortsættes 7.80 bagside

Alkalikiselreaktion



- vand, svulmer (kvælder, sveller) og udøver tryk mod omgivende gruspartikler og cementpasta, således at betonen revner, eller optager
- kalciumjoner (Ca^{++}), hvorved der dannes en kalkalkaliskiselgel, som ikke svulmer og derfor er uskadelig.

Det er således et fysisk fænomen, nemlig gelens tryk mod betonen, der får betonen til at revne. Alligevel henregnes skadelig alkaliskiselreaktion til kemisk nedbrydning, idet gelen dannes ved en kemisk proces.

Skadelige alkaliskiselreaktioner kendes på en udbredt revnedannelse, specielt i områder, der udsættes for fugtighed. Til forskel fra revnedannelse fra plastisk svind, udtørringssvind og termosspændinger, har revnekanterne et »vådt« skær på grund af udsivende gel. Det sikreste kendetegn er dog forekomsten af alkaliskiselgel i dråbeform. Disse geldråber er klare, ufarvede til svagt lysebrune, svarende til harpiks. Gamle geldråber bliver ofte helt hvide. Nydannede geldråber er vandopløselige. Derfor kan de kun findes på regnbeskyttede områder, f.eks. under brodæk og på svømmebassiners yderside mod ingeniørgangene.

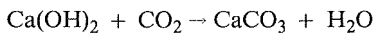
Er man i tvivl, vil et brudstykke af betonen eller en brokærne let afsløre gelproduktion, hvis den lagres i varm, vandmættet atmosfære. Er der alkaliskiselreaktioner, vil gelen hurtigt drive ned ad betonens overflade som et slimet udflod.

En startet alkaliskiselreaktion kan kun standses ved at fjerne det fugtige miljø. De reaktive grusprodukter kan jo ikke fjernes; ej heller betonens alkaliindhold. En grundig fugtighedsanalyse af konstruktionsdelen med efterfølgende beskyttelse, enten i form af en fugtisolerende membran, overfladebehandling eller sprøjtepuds vil kunne dæmpe eller evt. standse en påbegyndt alkaliskiselreaktion. Det kan dog tage lang

tid, før betonen er så udtørret, at alkaliskiselreaktionerne standser på grund af vandmangel. En gammel alkaliskiselreaktion kan medføre andre skader og rustdannelser. Alkaliskiselreaktionsskader skal derfor repareres i tide.

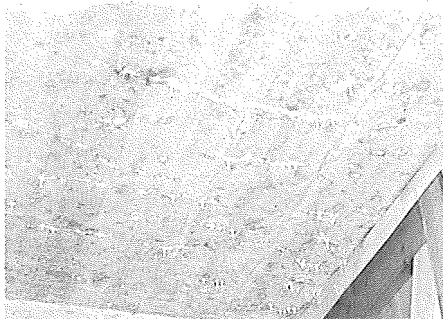
Udludning

På et fremskredet stadium af nedbrydningen eller ved vandførende revner i betonen sker der en udludning. Det betyder, at kalciumhydroxyd, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, fjernes fra betonen. Derved kan den beskyttende virkning for armeringen ophæves. Når $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ved overfladen reagerer mod CO_2 , dannes kalkudfældninger



Der dannes enten gardiner (fra vandrette revner i vægge) eller drypsten, hvor vandudsivningen er koncentreret, f.eks. under betondæk.

En udludning er et følgefænomen, der ser meget voldsomt ud. Man bør imidlertid gribe ind, inden nedbrydningen af betonen kommer til dette fremskredne stadium. Allerede når den første vandgennemsvivning finder sted, må utætheden lokaliseres og repareres. Hvide kalkudfældninger er altid tegn på manglende vedligeholdelse.



Drypsten, stalarkitter

Rustdannelse på armeringsjern



Rustangreb Korrosion

Armering i tør beton kan ikke ruste. Armering i fugtig beton beskyttes normalt mod rustdannelse af en omhyggeligt komprimeret beton med et passende stort cementindhold, mindst 350 kg/m³. Betonens rustbeskyttende effekt kan imidlertid forsvinde, således at armeringen vil kunne nedbrydes under dannelse af forskellige rustformer. Til rustdannelsen kræves både fugtighed og at ilt trænger ind gennem betonen til armeringen.

Betonen har en rustbeskyttende evne, fordi beton er stærkt alkalisk.

Porevandet i betonen har således en høj pH-værdi, normalt 12,5 til næsten 14. Det bevirker, at armeringen ikke kan korrodere, selv om der er fugt og ilt til stede. Er betonens pH-værdi over 9, vil armeringen nemlig være beskyttet mod korrosion, med mindre betonen indeholder en skadelig mængde kloridjoner. Den skadelige mængde afhænger dog af betonens pH-værdi. Jo mindre pH-værdi, des mindre kloridmængde kræves der for at få armeringen til at ruste. Den kritiske kloridjonkoncentration i beton opgives i litteraturen til mellem 0,6 og 1,2 kg/m³, afhængig af betonens pH-værdi. I nogle kilder ser man kloridjonskoncentrationen angivet som % af betonens cementindhold, f.eks. som i hosstænden skema.

Kloridindhold, % af cementindhold	Sandsynlighed for korrosion
under 0,4	Ingen
0,4-1,0	Mulig
1,0-2,0	Sandsynlig
over 2,0	Sikker

Cementtypen har også indflydelse på kloridindtrængningens hastighed. Størst modstand mod kloridindtrængning yder cement med tilsætning af slagge eller flyveaske. Mindst modstand yder de sulfatbestandige cementtyper.

Betonens pH-værdi kan falde til omkring 8,3, hvis betonen bliver karbonatiseret. Er dette tilfældet, er armeringen ikke længere beskyttet mod korrosion. Kun mangel på fugt eller ilt kan i så tilfælde hindre armeringen i at ruste.

Tilsætning af silikastøv og flyveaske bevirker, at betonens pH-værdi falder noget. En tilsætning af silikastøv på 30% af cementvægten får dog ikke pH-værdien til at falde under 12. Der er altså, selv ved så stor en tilsætning som 30% silikastøv, tilstrækkelig stor pH-værdi til at sikre fuld rustbeskyttelse af armeringen. Ved tilsætning af silikastøv og flyveaske bliver betonen desuden meget tæt. Dette hindrer kloridjoner samt luftens kuldioxyd og ilt i at trænge ind i betonen. Derfor er en tilsætning af silikastøv eller flyveaske gunstig.

Armeringens passivitet kan nedbrydes, enten på grund af kloridjonindtrængning eller på grund af, at pH-værdien kommer under ca. 9. Det, der derefter sker, er, at der kan dannes et galvanisk korrosionselement, blot der er den mindste inhomogenitet i betonen. Porøsitet, revner og ufuldstændig omstøbning er eksempler på sådanne inhomogeniteter. Forudsætningen for, at dette korrosionselement kan virke og nedbryde armeringen er, at betonen er elektrisk ledende.

Rustangreb



Rustangreb



Detalje fra en jernbetonbjælke, hvor to jern ligger ganske tæt sammen, således at det ikke har været muligt at få betonen ned mellem jernene. Rustdannelsen er yderligere fremmet ved, at betonen er karbonatiseret. Herved forstås, at betonens indhold af kalciumhydroxyd Ca(OH)_2 , der giver betonen dens rustbeskyttende evne, er omdannet til kalciumkarbonat p.g.a. luftens indhold af kultveilte. Den pågældende bjælke fandtes i et fyrrum i et kedelhus, hvor særlig store mængder kultveilte forekom. Dette er en af de store farer ved de kulfyrede kraftcentraler. Det er ikke alene betonkonstruktionerne, der tager skade af forbrændingsprodukterne.

For beton støbt med almindelig portlandcement afhænger betonens elektriske modstand først og fremmest af betonens porøsitet. Tilsætning af silikastøv til beton medfører meget stor tæthed. Det betyder

øget elektrisk modstand og dermed bedre rustbeskyttende evne. Større tæthed hos betonen betyder også langsommere karbonatisering og kloridindtrængning.

Alt i alt må man sige, at jo mere tæt betonen er, des større er den rustbeskyttende evne.

Revner repræsenterer en inhomogenitet. Er revnen vandførende, vil betonens kalciumhydroxyd, Ca(OH)_2 , udluges, og betonens pH-værdi vil, rent lokalt, falde. Dette kan betyde en lokal tæring omkring revnen. Er revnen imidlertid tynd, vil rustproduktionen tætnes revnen, og korrosionen vil ophøre. Den danske betonnorm DS 411 giver vejledende værdier for de kritiske revnevidder, afhængig af det omgivende miljø.

Undgå revner (se afsnittet herom samt CTO »Revner i Beton« 3/09/1981).

Glemt klods i betonvæg har dannet udgangspunkt for revnedannelse



Fysiske angreb

Revnedannelse i beton skyldes, at der opstår spændinger, som betonen ikke er stærk nok til at modstå. Skyldes denne spændingsdannelse ikke kemiske reaktioner eller biologiske angreb, taler man om fysiske angreb. Er revnedannelsen meget intens, kan nedbrydningen få karakter af smuldring, hvilket dog ikke er det samme som opløsning.

Ved kemiske angreb kan der dannes reaktionsprodukter, som fylder så meget, at de sprænger betonen. Selve sprængningen, som naturligvis er af fysisk natur, er imidlertid en følge af det kemiske angreb. Derfor taler man ikke i disse tilfælde om fysisk angreb, men om kemisk angreb.

Grove revner skal undersøges og eventuelt injiceres. Fine revner kan fyldes ved overfladebehandling. I alle tilfælde hvor revnedannelser forekommer, er det vigtigt, at årsagen fastslås og bortelimineres samt at det undersøges om armeringen har taget skade.



Marmorbeklædningen har udvidet sig og sprængt betonen

Frostangreb - Frostskader

Dårlig betons værste fjende er vand og frost. Vort vinterklima med afvekslende tørt og frost er den altovervejende årsag til uventet betonødelæggelse. Når betonen ved indtrængende frost er gennemvådet, giver det anledning til frostsprængninger og ødelæggelser, der begynder småt, men hurtigt accellererer og nedbryder bygværket.

Hvad er så dårlig beton? Det er porøs beton. Når vand trænger ind i beton, fordeles det i porerne. Jo flere porer, jo mere vand trænger ind. Man må derfor tilstræbe en beton med få porer - en tæt beton.

Vand udvider sig ved frysning. Vandmættet beton vil derfor kunne fryse i stykker, hvis der ikke er udvidelsesmuligheder for vandet i betonen. Disse udvidelsesmuligheder skal være til stede i form af en passende mængde små luftbobler i betonen. For at beton er frostfast i vådt miljø, skal afstanden mellem luftboblerne være tilstrækkelig lille. I et vådt, fersk miljø, vil beton være frostfast, hvis middelfstanden mellem luftboblerne (afstandsfaktoren \bar{L}) er mindre end 0,25 mm og betonens v/c-forhold samtidig er mindre end 0,50. I et vådt, salt miljø derimod, skal man have \bar{L} mindre end 0,20 mm samtidig med v/c mindre end 0,40 - altså væsentligt strengere krav på grund af det mere aggressive miljø.

Det skal her erindres, at tørsalt indeholder kloridjoner. Er betonen derfor armeret, skal man også hindre kloridindtrængning. Det sker, som omtalt tidligere, ved at anvende et stort dæklag (over 30 mm) og et lavt v/c-forhold (højest 0,35).

For at opnå en sikker luftporefordeling, skal man anvende et luftporedannende tilsætningsstof (L-TSS). For de fleste af disse L-TSS gælder det, at kan man få indblandet mindst 5% luft i den friske beton, da vil afstandsfaktoren normalt blive mindre end 0,25 mm i den hærdnede beton. Indblander man tilsvarende mindst 6% luft i den friske beton, vil \bar{L} mindre end 0,20 mm.

Fordi en ikke-luftindblandet beton er fugtig, behøver der imidlertid ikke være fare for, at betonen ødelægges ved frysning. Der skal trods alt et vist vandindhold til i betonen, for at dette vand ved frysning kan virke sprængende. Beton med et sådant vandindhold siges at have en kritisk fugtighed. For at der skal kunne ske frostskader, skal der altså være

- frost, og
- kritisk fugtighed.

Frostskader kan derfor kun forhindres ved enten, at

- fjerne frosten (isolering),
- fjerne vandpåvirkning (isolering), eller
- anvende en sikker luftindblanding og et lavt v/c-forhold.

Der foreligger dog en mulighed for at undgå frostskader, nemlig ved at gøre betonen meget tæt. Ved anvendelse af silikastøv (max. 11% af cementindholdet i.h.t. DS 411) kan beton blive meget tæt. For at undgå frostskader på en ikke-luftindblandet silikabeton i et fugtigt, salt miljø, skal forholdet mellem støbevand og pulver (dvs. cement plus silikastøv) dog være mindre end 0,30. Dette betyder, at man i praksis må regne med cementindhold på 425 til 450 kg/m³ og anvendelse af vandreducerende tilsætningsstof. Der er dog indtil nu kun udført ganske få frostforsøg med sådanne specialbetoner. Det må derfor tilrådes at undersøge en tilstræbt frostfast, men ikke luftindblandet beton efter RILEM's frostprøvningsmetode, som dokumentation for frostfasthed, inden praktisk anvendelse i større stil.

Beton kan gøres yderligere tæt ved at erstatte en del af støbevand med en særlig latexemulsion. En latexmodificeret silikabeton er meget tæt og meget modstandsdygtig, såvel over for frostangreb som over for andre miljøpåvirkninger. Latexmodificeringen er imidlertid ikke billig. Derfor anvendes latexmodificeret silikabeton kun i tilfælde af særlig kemisk aggressivt miljø.

Frostskader



Revnet pudslag på opkørsel

Mellem optagelserne af de to fotos er en frostvinter. De hårfine revner i pudslaget har medført omfattende frostska-der. Årsagen er forkert blandingsforhold i pudslaget.



Frostskader – springere

Man hører undertiden, at blot vand/ce-ment-forholdet er under 0,40, er betonen så tæt, at frostskader ikke kan opstå. Dette er ikke korrekt; grænsen er meget lavere. Det kan man f.eks. se i Dansk Ingeniørforenings anvisning i brug af tilsætningsstoffer til beton, NP-111-R. Af figur 7b heri fremgår det, at beton med $v/c = 0,37$ og et cementindhold på 415 kg/m^3 vil frostskades uden luft. Japanske undersøgelser viser dog, at er v/c mindre end 0,30, vil ikke-luftindblandet beton være frostfast.

En påbegyndt frostskade kan i praksis kun standes ved at fjerne mulighederne for, at betonen bliver kritisk vandmættet, dvs. ved en fugtisolering. Fjernelse af ødelagt beton og bortledning af vandet, f.eks. ved fugtmembraner, anvendelse af sprøjtepuds eller påstøbning af ny vandtæt beton kan være nogle af mulighederne, når der er foretaget en omhyggelig fugtanalyse. En vandlunke kan let fjernes, men vandet fra en udstrakt betonbelægning med manglende fald kan være vanskeligere eller umulig at fjerne.

Frostangreb kendes let på afskalninger, ofte i helt tynde lag. En analyse af luftpore-

fordelingen vil afsløre om »den indre sikkerhed« er i orden. Et brudstykke af betonen, som skiftevis vandmættes og fryses i en dybfryser, vil også kunne spore brist i frostheden.

Springere

Er der porøse sten (porøs flint eller porøs kalk) i betonen, kan der dannes frostspringere. Farligheden aftager dog med stenstørrelsen. Under 4 mm ser man yderst sjældent frostspringere.

Til beton i fugtigt miljø må der således ikke anvendes porøse stenmaterialer. Det er normalt ikke nok blot at foreskrive »sømaterialer«. Disse kan også indeholde frostfarlige sten. Vil man være helt sikker, kan man foreskrive anvendelse af granit eller densitetssorterede stenmaterialer uden porøse belægninger.

Frostspringere, der ligger dybt i betonen, kan give anledning til revnedannelse i betonen, men ellers er der kun tale om overfladiske sår, typisk med en hvid, porøs sten i sårets bund. Springerne kan udbores og fyldes med frostfast mørtel, f.eks. en latexmodificeret mørtel eller en epoxy-mørtel.



Springere

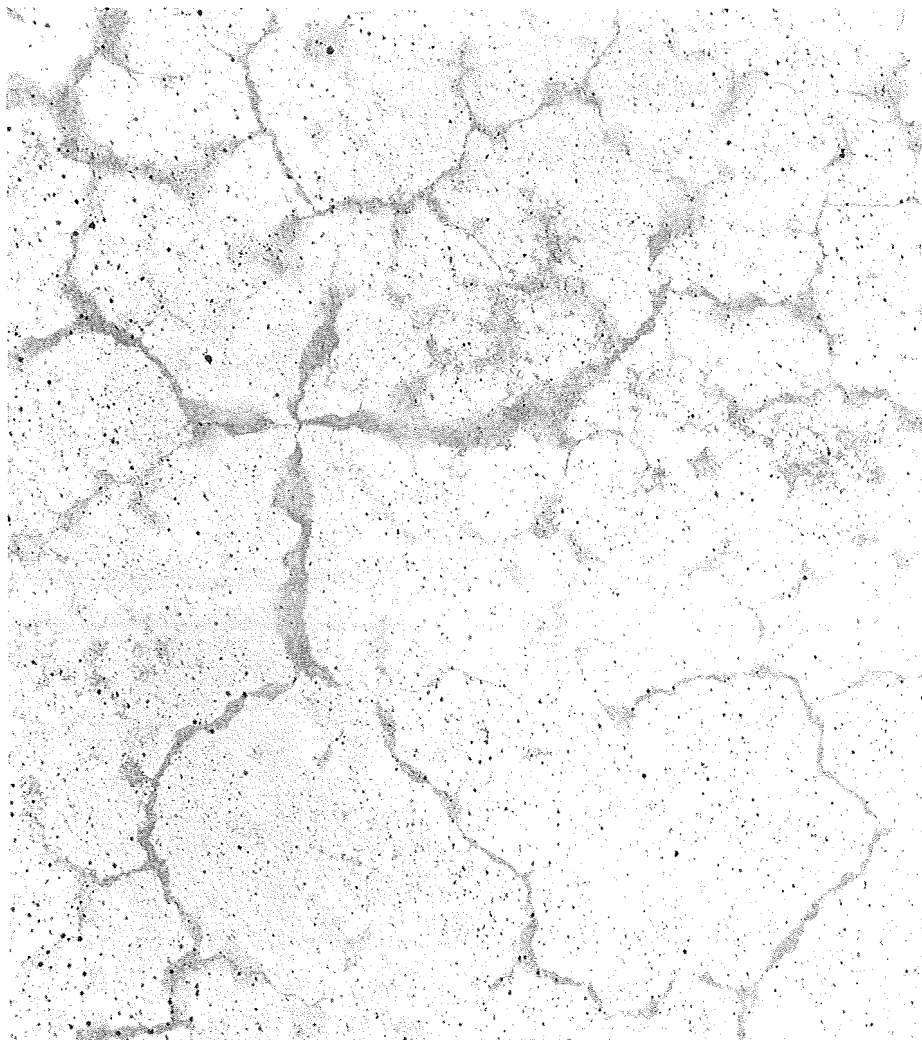


Frostskade på en pille. Årsagen er dårlig beton af porøs karakter



Ikke alle springere skyldes frost, her er det alkaliselreaktion

Krakelering i betonoverflade



De mange - visse steder meget tætte - revner i betonoverfladen, kan være forårsaget af slam. Der kan også være mulighed for, at der er tale om alkaliske reaktioner, hvis beton er støbt med alkalireaktivt sandmateriale. Kun en nærmere undersøgelse af betonen kan afgøre dette.

Medens krakelering i slam, som følge af svind, medfører »døde« revner, så vil alkaliske reaktioner ofte medføre »levende« revner, dvs. revner, som til stadighed ændrer revnevidde. »Døde« revner kan let repareres; »levende« revner vil ofte slå igennem reparationen.

Krakelering – Termospændinger



En moderne, finmalet cement reagerer og hydratiserer hurtigt. Det betyder hurtig varmeudvikling, men også hurtig og stor styrkeudvikling. Den producerede varme skal imidlertid ledes bort på en sådan måde, at der ikke opstår så store varmespændinger i forhold til betonens trækstyrke, at der sker revnedannelse; det man kalder termorevner.

Termorevner kan have mange forskellige udformninger. En konstruktionsdel, der opvarmes af hærdevarmen og senere afkøles, kan skade såvel andre konstruktionsdele som sig selv med revnedannelse. Ved lokalt at have for store temperaturdifferencer over et tværsnit, kan der dannes revner i betonelementets overflade på grund af temperaturspændingerne. På vægge og cirkulære søjler har revnedannelsen karakter af netrevner (tundramønster). På firkantede søjler og i dæk- og vægkanter er revner derimod koncentreret om sidens midtlinje og vinkelret på kanten.

Hvor beton støbes imod gammel (kold)

beton, kan der som følge af hærdevarmen og den senere sammentrækning ved afkøling, opstå så store termospændinger, at der opstår grove, blivende termorevner, enten i den nye eller i den gamle beton.

Det er typisk, at revnedannelsen finder sted før udtørring af betonen finder sted. Netrevner lukker sig igen, men betonen har ingen trækstyrke i disse områder. Enkeltrevner som følge af for store termospændinger er grove og lukker sig ikke.

Termorevner kan være udgangszoner for nedbrydning af beton. Kan fugtighed holdes borte fra betonen, betyder termorevnerne imidlertid intet for nedbrydningen. Beton i aggressive miljøklasser med grove termorevner skal injiceres. Fine netrevner kan derimod fyldes ved en passende overfladebehandling.

Termorevner kan kun undgås ved en omhyggelig temperatur/styrke-analyse af den pågældende konstruktionsdel i udstøbnings- og hærdningsfasen. Dette betragtes normalt som specialarbejde.

Udtørring

Plastisk svind

Hvis nystøbt beton udsættes for kraftig udtørring (sol og vind), inden cementen er bundet af, dvs. medens betonen endnu er plastisk, vil cementpastaens volumen formindskes (svinde). Betonens stenskelet og armering søger at hindre dette svind. Der kan derfor ske en kraftig revnedannelse.

For en given udtørringseffekt er risikoen for plastisk svind større jo mere finstof (cement, filler, flyveaske og silikastøv), der er i betonen. Det er altså typisk »fede« betoner, der kan få plastisk svind. Revnedannelsen er, hvis den er fri, et netrevnemønster. Armering, der ligger i overfladen af betonen, er imidlertid revneanvisende. Revner fra plastisk svind viser derfor ofte armeringsplaceringen.

Revner fra plastisk svind kan kun undgås ved tildækning af betonen umiddelbart efter udstøbningen. Dette skal ske ved påsprøjtning af en membranforsegling (curing compound) umiddelbart efter udstøbning og afretning. Derfor skal det anvendte forseglingsprodukt kunne tåle vand og kunne danne en damp tæt hinde over betonen. Det er dog ikke alle produkter, der besidder denne egenskab. Når betonen er hærdnet og bæredygtig, kan man evt. supplere med udlægning af plastdug.

Er revnedannelsen først sket, betyder det, at revnerne senere kan være udgangszoner for nedbrydning i aggressive miljøer. Revner fra plastisk svind kan repareres som andre netrevner – fine revner ved overfladeimprægnering og grove revner ved injektion.

Udtørringssvind

Sker betonens udtørring efter at betonen er hærdnet, taler man om udtørringssvind. I sådanne tilfælde kan der også ske revnedannelser.

Udtørringssvind kan begrænses ved forsegling, indtil betonen har opnået den

trækstyrke, der er tilstrækkelig til at optage svindspændingerne. Man skal imidlertid være opmærksom på, at en forseglede overflade kan være vanskelig at overfladebehandle senere. Desuden skal man tage hensyn til den sene udtørring af betonen. Dette betyder blandt andet, at der ikke kan lægges klinker eller opsættes fliser på forseglede overflade, før restsvindet er passende lille (passende under 0,02%). Er der anvendt en effektiv forsegling, kan dette betyde et halvt til et helt års udskydelse af flisearbejdet, hvis disse ikke skal springe fra.

Udtørringssvindet afhænger af mange faktorer, men dominerende er betonens vandindhold og luftens relative fugtighed. Betonens nødvendige vandbehov kan reguleres ved anvendelse af vandreducerende tilsætningsstoffer.

Svindrevner fra enten plastisk svind eller udtørringssvind har et »tørt« udseende i modsætning til revner fra skadelige alkaliske reaktioner. Det kan imidlertid være vanskeligt på et sent stadium at kende udtørringssvind fra termorevner. Her fordres kendskab til tidspunktet for revnedannelsen. En undersøgelse af tyndslib fra udbo-rede kærner af betonen vil dog ofte kunne afsløre årsagen til revnedannelsen.

Mekanisk slid

På steder med stor trafiklast kan betonen bortslides. Vedligeholdelse kan ske ved påføring af et nyt, mekanisk stærkt slidlag.



Revner



Typiske netrevner forårsaget af udtørring



Ikke alle revner skyldes svind, her er det alkalikiselreaktion

Biologisk angreb

Nedbrydning af beton kan forårsages af organismer. Selve nedbrydelsen er dog enten af kemisk eller af fysisk natur. Da organismerne imidlertid er den nødvendige forudsætning for nedbrydningens start, taler man om biologisk angreb.

Planter

I tilfælde af langvarige angreb, kan betonen blive så smuldrende, at bevoksning som græs, buske og selv træer kan finde grøbund. Græsbevoksning vil holde på fugtigheden, og betonen vil kunne få et så stort

vandindhold, at den ikke er i stand til at modstå frostpåvirkning.

Vedbend kan gøre skade, hvis beton er porøs og revnet. Normalt må man dog sige, at vedbend virker som en kappe, der beskytter betonen mod regn og temperaturændringer.

Det er vigtigt, at al vegetation fjernes fra beton, hvad enten det vokser på betonen eller op til betonen, således at betonen lettere bliver kritisk vandmættet. Bevoksning på beton er altid tegn på manglende vedligeholdelse.



Biologisk angreb (fortsat)



Lav, mos og alger

Humus, dannet af planter eller planterester, kan virke kemisk nedbrydende på betonen. Rødder kan trænge ind i betonens porer og revner og derved virke sprængende. Mos kan danne tykke puder, som holder på fugtigheden. Det kan medvirke til, at betonen får så stort vandindhold, at der sker frostskaader ved frysning.

Lav på beton træffes ikke i områder,

hvor luften er forurenset med svovlforbindelser, f.eks. industriområder. Lav og mos kan fjernes ved behandling med en 2% opløsning zinksiliciumflourid. Algevækst kan tilsvarende fjernes ved behandling med en opløsning af kobberklorid. Der kan dog komme misfarvning på betonen, især hvis den er porøs. Der findes flere overfladebehandlingsmidler i handelen til effektiv fjernelse af lav, mos og alger.



Platantræets rødder sprænger fliserne





Bakterier og svampe

Visse bakterier og svampearter kan virke nedbrydende på beton ved at udskille ætsende stoffer. Nogle bakterier udskiller f.eks. salpetersyre, andre svovlsyre. Svovlbakterier er meget udbredte i naturen.

I kloakrør kan der f.eks. finde nedbrydning sted, som er forårsaget af svovlbakterier. Kloakvand er i reglen svagt alkalisk og skader ikke betonen. Undertiden kan kloakvand dog være kulsyreholdig. Desuden kan spildevand fra industriområder være så surt, at betonen angribes. Der er da tale om kemiske angreb uden biologiske årsager. Svovlbakterier danner imidlertid svovlbrinte, og svovlbrinteholdigt vand angriber betonen, blandt andet ved at danne gis, som sprænger betonen.

Rotteangreb

De skader rotterne forvolder ved gnævning er meget store. Det forekommer næsten usandsynligt, at en rotte kan gnave sig igennem et kloakrør af beton.

Tæt beton- membran

I det foregående afsnit er en række nedbrydnings- og ødelæggelsestilfælde omtalt. Ofte er en skade resultatet af en kombination af en eller flere af disse muligheder.

Fællestræk er vand

For mange af de nævnte nedbrydningsårsager spiller vand en afgørende rolle. Vil man beskytte beton mod vandindtrængning, kan man anvende en betonsammensæt-

Tæt beton (fortsat)

ning, der giver meget *tæt beton*. Desuden må man sørge for, at betonen ikke revner. En anden mulighed er at fugtisolere betonen, dvs. beskytte den imod vandindtrængning, f.eks. ved at påklæbe en *membran*, *male betonen* med en passende tæt og egnet maling eller *imprægnere* de yderste par millimeter af betonoverfladen med et vandafvisende stof.

Membran – vandtæt belægning

Det er ofte fristende at påføre belægninger på oversider af altaner og altangange, således at disse udsatte overflader beskyttes mod vand, tørsalt og andre af de for beton

skadelige stoffer. Belægninger kan dog også give problemer. I uheldigste tilfælde problemer, der langt overskygger de fordele, belægningerne giver. På altaner og altangange udføres belægninger oftest med det formål at sikre en stærk og tæt overflade, som helt eller delvis hindrer vandindtrængning oppefra. Med en sådan belægning på en altankonstruktion, vil det være naturligt at formode, at altanpladen vil være godt beskyttet imod ødelæggelser i form af frostindtrængninger, alkalikisereaktioner og armeringskorrosion. Det viser sig dog, at der ofte opstår skader alligevel.

Måleinstrument indstøbt forkert



For at undersøge fugtforholdet m.v. i forbindelse med en vandtæt belægning på altangange i en større bebyggelse, er der indstøbt et måleinstrument. Men indstøbnin-

gen er foretaget med »reparationsbeton«, der i kraft af en bedre kvalitet, end den oprindelige, ikke giver korrekte oplysninger.

Det kan være frostsprængninger i betonen umiddelbart under belægningen. Skaderne må skyldes, at der under belægningen opstår en ophobning af fugt, som kommer nedefra. I nogle tilfælde kan det dog konstateres, at der ikke er sket skader. Det kan være vanskeligt at forhåndsvurdere om en belægning vil give anledning til, at der opstår skader. Endnu er det en meget begrænset viden, man har om belægnings indflydelse på beton. Det skyldes blandt andet, at der kun i ringe omfang er foretaget systematiske undersøgelser af beton med belægnings. Også den mere teoretiske bearbejdning af problemerne er endnu meget beskedne og ufuldstændig. Der er offentliggjort en svensk undersøgelse (CBI.RE 2:80), som bygger på systematiske besigtigelser af et forholdsvis stort antal altaner. Af rapporten fremgår, at belægnings holdbarhed afhænger af belægningstypen og kvaliteten af det udførte arbejde. Det fremgår derimod ikke af rapporten, hvilken betydning altanernes placering samt betonens kvalitet har for holdbarheden. Følgende faktorer må blandt andet have indflydelse på, om belægnings vil give holdbarhedsmæssige problemer.

1. *Altankonstruktionens placering.* Hvis altanen f.eks. er placeret således, at store dele af altanoversiden kan afgive varme ved stråling mod himmelrummet, vil der være større sandsynlighed for skader i forhold til en altan, som ligger mere beskyttet. Dette skyldes, at udstrålingen dels giver lavere temperaturer i pladeoversiden og dels giver anledning til flere frysepunktpassager. De lavere temperaturer medvirker til at skabe fugtophobninger i betonen under belægningen, fordi lavere temperaturer medfører lavere vanddamptryk. Der tilføres derfor fugt i form af vanddamp til den koldere beton. De flere frysepunktpassager kan naturligvis medvirke til en hurtigere nedbrydning.

2. *Betonens kvalitet* har afgørende indflydelse på om en belægning vil kunne give anledning til skader. En kvalitetsbeton vil

forholdsvis bedre kunne tåle de påvirkninger, som belægningen giver anledning til.

3. *Belægningens tykkelse* har indflydelse, idet en tykkere belægning normalt vil have større varmeisoleringssevne og dermed medvirke til at mildne de under punkt 1 nævnte forhold for betonen.

4. *Belægningens tæthed* overfor vanddamp har betydning for, hvor store mængder vand, der ophobes i betonen under belægningen.

I det følgende nævnes de mest almindelige belægningstyper. Belægningstyperne er søgt inddelt i 4 grupper.

Gruppe 1. Malinger: Malinger er meget yndede belægnings. Tykkelsen er normalt mindre end en halv mm.

Gruppe 2. Membraner: Membraner har normalt tykkelser i området fra 1 til 4 mm. Oftest er membraner udført på stedet, idet den med pensel eller rulle påføres underlaget i væskeform. Membranen opbygges ved påstrygninger i flere omgange. I membranen kan der være indlagt en armering af et væv. Membranens hovedbestanddele kan være plast.

Gruppe 3. Puds: Puds har normalt tykkelse i området fra ½ til 3 cm. I de tynde mørtler er bindemidlet ofte helt eller delvis af plast eller epoxy, mens det i de tykke mørtler oftest er cement, der er bindemidlet. Tilslaget er sand. I de tykke mørtler kan der dog forekomme lidt større korn, f.eks. op til 8 mm. Der er inden for de seneste år udviklet pudser, som er armeret med plast eller glasfibre. Herved kan pudsen opnå en betydelig sejhed. Tilsættes der silicapulver til pudsblandingen, kan der opnås en meget tæt puds, hvori der opnås god forankring af fibre.

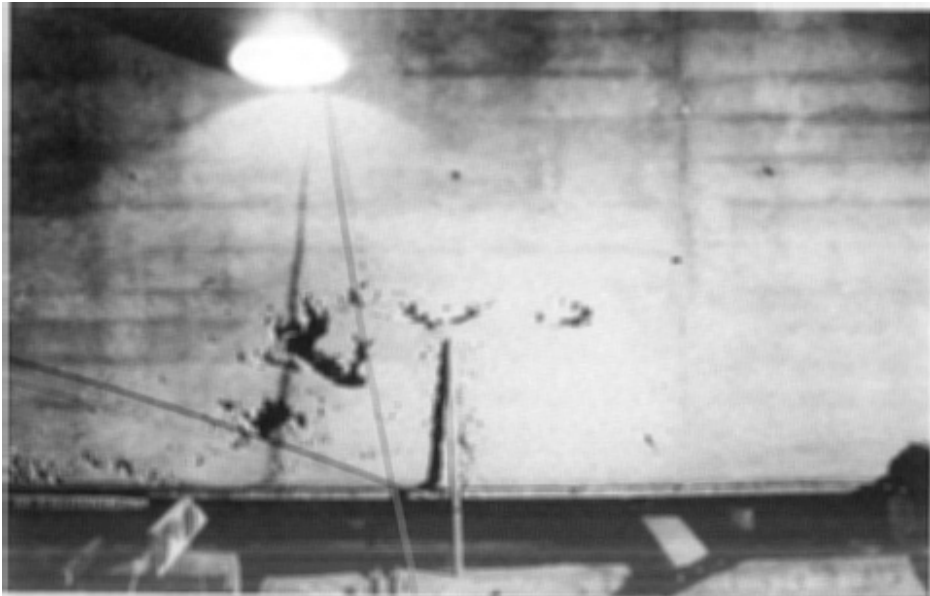
Gruppe 4. Beton: Belægningsbeton har normalt tykkelse i området fra 3 til 10 cm. Der er oftest tale om specialbetoner, f.eks. vakuumbetoner, sprøjtebetoner og flydebetoner. Vakuumbetoner og flydebetoner anvendes som belægning på oversider, mens sprøjtebetoner anvendes på undersider og lodrette flader.

fortsættes

Vibrering 1

Tykke vægge

Fejl og skader ved betons udstøbning med for stor faldhøjde og med dårlig og uforsvarlig vibrering



I eksemplet ovenfor ses skader i form af de såkaldte stenreder, her i et omfang og en dybde, der kan være katastrofal for bygværket.

Betonvæggen er tyk og høj.

Der er støbt med for stor faldhøjde, uden der er taget de nødvendige forholdsregler, som f.eks. støbning gennem rør.

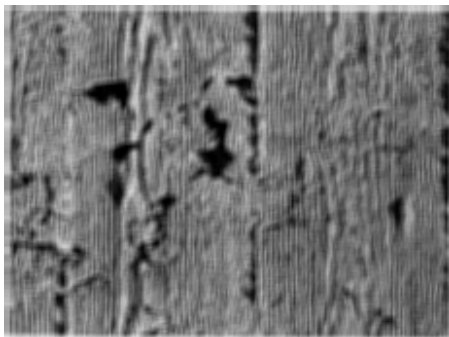
Endvidere er vibreringen udført uforsvarligt.

I næste afsnit er vist eksempel på udstøbning med for stor faldhøjde af tynde vægge.

I efterfølgende anvisning er vist eksempel på støbning gennem rør. Herved undgås, at betonen separerer (skiller ad), således at sten kommer for sig og stenreder opstår.

Ved støbning af f.eks. vægge i stor højde, og måske med megen armering, er det nødvendigt at anvende forlængede stavvibratoren. Det er her ikke muligt at overhol-

de de efterfølgende anvisninger m.h.t. afstand mellem nedstikning af vibrator uden særlige hjælpemidler. Eventuel anvendelse af vibratoren, der spændes uden på forskallingen, som det er almindeligt på elementfabrikkerne kræver stor erfaring. Placering og antal af vibratoren bør være planlagt nøje og indgå i arbejdsbeskrivelsen.



Stenreder

Tæt beton (fortsat)

De i gruppe 1 og 2 nævnte belægninger (malinger og membraner) har egenskaber, som afviger meget fra betonunderlagets. De har f.eks. en langt større tæthed overfor vanddamp. Hvis disse belægningstyper ønskes anvendt, bør det nøje overvejes, om deres uheldige egenskaber kan give alvorlige skader (se f.eks. de tidligere opstillede punkter 3 og 4, ringe tykkelse og stor tæthed). Membraner har normalt betydelig større holdbarhed end malinger. Membraner har f.eks. større sammenhængsstyrke, hvilket bevirker, at de i højere grad er i stand til at modstå bevægelser i underlaget uden at revne.

De i gruppe 3 og 4 nævnte belægninger (puds og beton) har egenskaber, som ikke afviger væsentligt fra den beton, hvorpå de påføres. Ofte vil belægningerne have lidt større relativ tæthed overfor vanddamp som følge af strenge krav til belægningens holdbarhed (stor styrke og tæthed overfor vand). Såfremt belægningen er udført med plast eller epoxybinder, vil den relative tæthed overfor vanddamp dog kunne blive langt større i forhold til beton. I mange tilfælde vil de ulemper, som belægningens større tæthed giver, kunne opvejes af fordelene ved belægningen.

Man får en tættere beton jo mindre vand og jo mere cement, man kommer i betonen. Forholdet mellem en betons vandindhold, v , og dens cementindhold, c , kaldes betonens v/c -forhold.

Det er ikke mærkeligt, at v/c -forholdet har en afgørende indflydelse på betonens tæthed. Det er blandingen af cement og vand, det man kalder cementpastaen, der danner den »lim«, som holder betonens sand og sten sammen. Kommer man så lidt vand som muligt i cementen, får man en tæt og stærk »lim«, dvs. cementpasta.

Det er imidlertid ikke nok, at v/c -forholdet er lille. Der skal også være cementpasta nok til at fylde hulrummene mellem sandskornene ud. Desuden skal blandingen af cementpasta og sandskorn, det man kalder cementmørtel, også kunne fylde hulrummene ud mellem stenene, ellers bliver betonen ikke tæt.

Endelig er det meget vigtigt, at betonen kan komprimeres, dvs. gøres tæt og ensartet, når den er hældt ud i forskalningen. Det kan ske ved vibrering, f.eks. med en stavvibrator (se afsnit om vibrering). Derfor må betonens konsistens passe til denne vibrering. Er betonen stiv, kan den ikke vibreres sammen. Er betonen for flydende, vil den skille ad.

Det er bedst at afgøre om en beton har den rigtige konsistens ved en prøvestøbning. Det undlader mange desværre ofte. Et lille fundament eller en anden mindre bygningsdel, der indgår i bygværket, kan anvendes til prøvestøbning.

Den, der er vant til at arbejde med beton, kan let mærke om betonen er for stiv eller for flydende, og om der er cementpasta nok i blandingen. Det er noget, som kræver erfaring. Der er så stor forskel på de forskellige sand- og stensorter i Danmark, at det ikke er muligt at give en blanderecept for den ideelle beton, dvs. en langtidsholdbar beton med den rigtige konsistens og tilstrækkelig styrke under alle forhold.

For beton der skal være holdbar i et aggressivt miljø, er det muligt at give visse retningslinier for krav til betonens sammensætning.

Beton kan gøres yderligere tæt ved at sætte aktivt pulver, f.eks. flyveaske eller silikapulver til betonen.

Vibrering 2

Tynde vægge

Fejl og skader ved betons udstøbning med for stor faldhøjde og med dårlig uforsvarlig vibrering

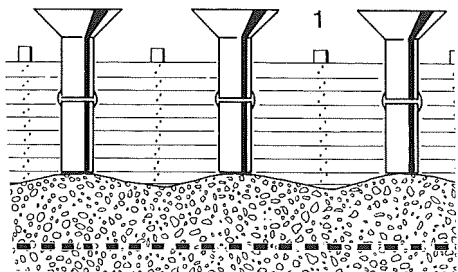


To eksempler fra hver sin byggeplads. Billederne er taget umiddelbart efter at støbeforskalingen er fjernet. Der er direkte store huller delvis helt gennem væggen.

Udstøbningen er foretaget uforsvarligt med for stor faldhøjde uden hjælpemidler og uden kontrol. Fejlene understreger også, at vibreringen er uforsvarligt udført.



Vibreringsanvisning



Korrekt udført vibrering er en forudsætning for høj kvalitet på betonkonstruktionen.

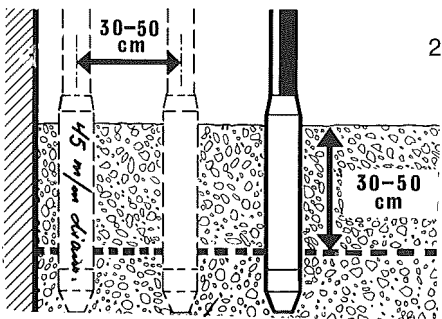
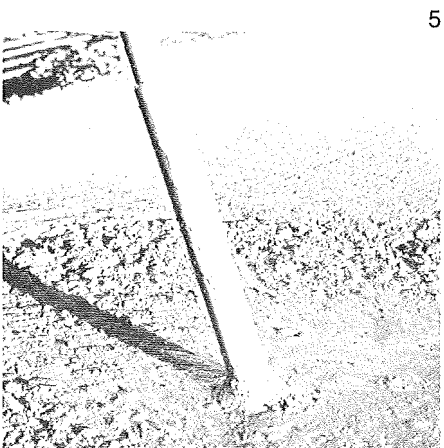
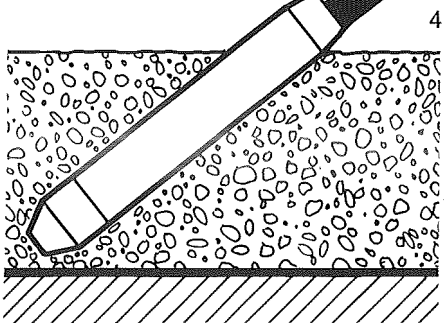
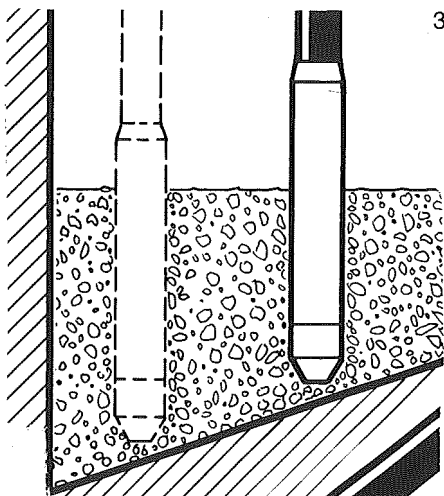
1. Fyld beton i formen i 30—50 cm lag. Anvend altid styrtrør i dybe forme. Flyt ikke betonen i formen ved hjælp af stavvibratoren.

2. Vibrer systematisk og stik staven lodret ned i en afstand af 8—10 gange stavdiameteren. Stik staven ca. 15 cm ned i det tidligere udlagte lag for at få den bedst mulige sammenblanding.

3. Ved skrånende forbunde: fyld først betonen i således at overfladen bliver vandret. Begynd at vibrere i formens dybeste del.

4. Ved gulve og etageadskildelser: hold staven skråt for at udnytte hele stavehovedets længde.

5. Betonen er gennemvibreret, når overfladen omkring staven bliver glat, og der ikke kommer større luftbobler op. Normalt efter 10—20 sekunder. Træk staven langsomt op således at hullet efter staven når at blive fyldt op med beton.



(fortsættes på 7.91 bagside)

Vibrering 3

Fejl og skader forårsaget af uforsvarlig vibrering



Detalje af skade (stenrede) på grund af dårlig vibrering. I det efterfølgende er angivet forskellige typer af stavvibratoren og almindeligt forekommende fejl ved anvendelse af disse, samt hvordan fejlen kunne være undgået og sluttelig fabrikantens regler for anvendelse.

Det er vigtigt, at betonmanden er klar over, at en stavvibrators maximale, forsvarelige rækkevidde er 8 til 10 gange dens diameter, hvilket forudsætter, at der ved projektering og beregning af armering tages hensyn hertil.

De almindeligt forekommende fejl er følgende:

- 1) For stor afstand mellem nedstikning af vibrator i forhold til dens diameter, se efterfølgende anvisning.
- 2) Det udstøbte lag er for tykt, det må ikke overstige 30-50 cm.
- 3) Vibratoren tages op med et ryk; det skal foregå langsomt og med følelse.
- 4) Vibratoren bliver ikke taget op af betonen og heller ikke standset under pauser. I en kortere pause, f.eks. »drikketid«, vil betonen i denne periode blive vibreret mere end de tilstødende områder. Der kan blive tale om en »overvibrering« med adskillelse af betonen til følge. Resultatet er grove stenreder. I længere pauser, f.eks. frokost, er der risiko for indstøbning af vibratoren, idet betonen lukker sig om denne og afhærdningen er påbegyndt.
- 5) Når vibratoren bliver stående i betonen, men standses i pausen, og kritikløst startet igen, er betonen selv efter kort tid ændret. Vandet fra den underliggende beton er presset op til overfladen, og der vil opstå skel i den færdige støbning. Hvis vibratoren stoppes i pausen, skal man vibrere det sidst udstøbte uden om vibratoren igen.

STAVE MED INDBYGGET TRYKLUFMT MOTOR Model AP



Stavdiameter fra 45 mm til 75 mm.

En stavvibrators kapacitet bestemmes af dens frekvens, amplitude og stavdiameter. Diameteren vælges efter formens dimensioner og hvor tæt armeringen ligger.

En vejledning:

Stavdiameter mm	Kapacitet m ³ /time	Anvendelsesområde
25	1—3	Meget snævre og tæt armerede konstruktioner
35—45	5—10	Snævre og tæt armerede konstruktioner, f. eks. vægstøbninger.
45—75	10—20	Almindelige væg- og gulvstøbninger i beboelseshuse, industribyggeri, broer, o. s. v.

Den mekaniske stav er ikke sårbar i samme grad, selvom der også er eksempler på, at denne type er indstøbt, idet disse også er vanskelige at anvende i forbindelse med tæt armering. Stavvibratoren kræver, at der er plads til den i armeringen. Der findes stavvibratorer med en diameter fra 26 m/m op til 90 m/m.

Det er absolut nødvendigt, at der fra alle sider udvises stor respekt om denne arbejdsproces. Der må på projekterings- og beregningsstadiet tages hensyn til armeringens mængde og anbringelse. I betonbeskrivelserne må vibrering nøje beskrives og specificeres, således, at de tilbudsgivende ikke skal konkurrere på kvaliteten.

Betonmanden på arbejdspladsen må kende resultaterne af dårlig udført vibrering, således at alle forholdsregler kan tages.

Der findes tre hovedtyper af stavvibratorer. Hvilken man vælger, afhænger bl. a. af arbejdets karakter, og om man har adgang til el eller trykluft samt arbejdspladsens beliggenhed.

Stave med bøjelig aksel er anvendelig til de fleste formål. Kan drives med el-, trykluft- eller benzinmotor. Enkel og robust opbygning. Kræver minimal vedligeholdelse.

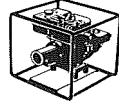
Stave med indbygget elmotor er velegnede ved søjlestøbning og andre specielle job, hvor pladsen er begrænset.

Stave med indbygget trykluftmotor. En lethåndterlig vibrator som mange gange er at foretrække, når der findes trykluft på arbejdspladsen.

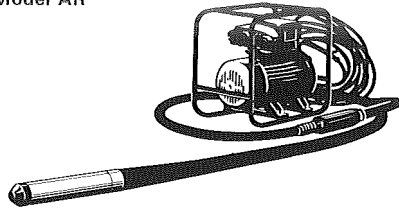
STAVE MED BØJELIG AKSEL Model AA



Stavdiameter fra 25 mm til 75 mm.
El-, benzin- og trykluftmotor.



STAVE MED INDBYGGET ELMOTOR Model AR

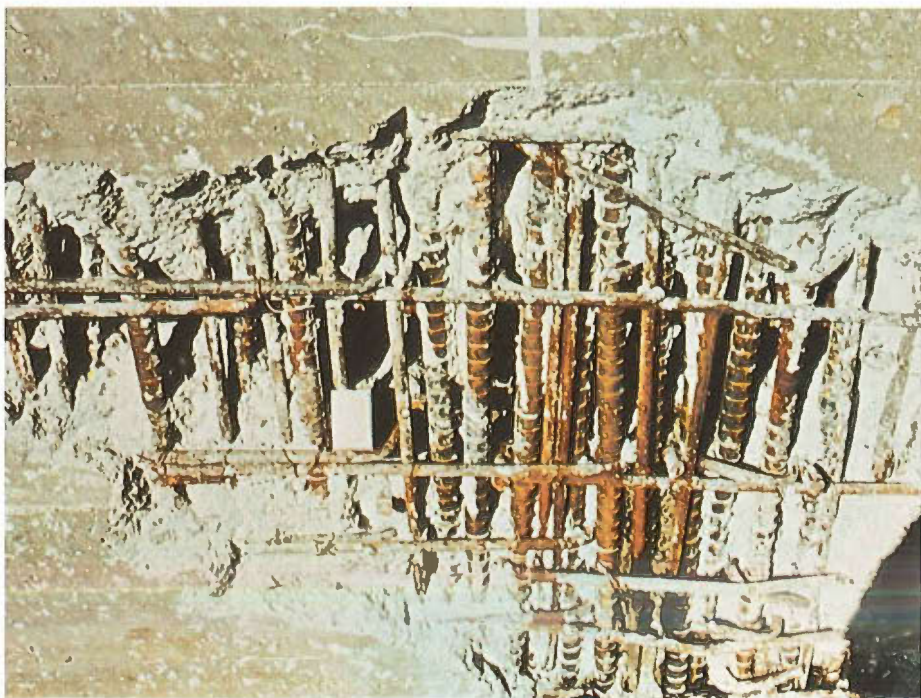


Stavdiameter fra 40 mm til 92 mm.
Frekvensomformer.

Viibrator-stave med indbygget el-motor har let ved at komme i klemme i tæt armering.

Der er mange indstøbte vibratorstave af denne type i bygværker over hele landet.

Støbesår p.g.r.a. for tæt armering (alm. kaldet angst eller kontorarmering)



For tæt armering i en kassedrager. Selv med meget omhyggelig udførelse på arbejdspladsen var det ikke muligt at undgå nogle støbesår af den art, som er vist på billedet. Der er her tale om et manglende samarbejde mellem arbejdspladsen og tegnestuen.

Billedet viser armeringsjernene anbragt så tæt, at det er yderst vanskeligt at få betonen ned mellem disse, således at de er omstøbt. En meget hensigtsmæssig betonsammensætning, f.eks. med små perlesten, en god støbelighed og en ikke for tør beton, helst en stabil flydebeton, samt en meget samvittighedsfuld udførelse, havde muligvis elimineret fejlene, der ses på billedet.

Det er nødvendigt for den ingeniør, der projekterer en betonkonstruktion at være klar over om det er muligt, at denne kan udføres efter hans tegninger, hvilket ikke er tilfældet, når armeringen er så tæt som billederne viser. Fejlen må betegnes som en projekteringsfejl.

Armeringen er så tæt, at støbningen ikke har været mulig at udføre forsvarligt.

I dragerne var der ikke de samme vanskeligheder, så her er støbningen i orden, men netop i knudepunktet er fejlen påviselig. Hvis den ikke var opdaget i tide, ville der være fare for, at den pågældende betonkonstruktion var styrtet sammen.

Arkitekten har ofte stor andel i vanskelig armering på grund af for små dimensioner i f.eks. søjle og bjælke.

Støbesår

Ved støbesår (eller stenreder) forstås dårligt støbte partier i betonen, hvor stenene mangler mørtel, så der fremkommer hullrum. De findes ofte langs formen og bliver da synlige ved afformningen.

Støbesår er farlige; de svækker betontværsnittets styrke og kan blive årsag til rustdannelse på de armeringsjern, der går gennem stenreden.

Der er fem årsager til støbesår:

- 1) Fejl i betonsammensætningen (for stort stenindhold).
- 2) For tør beton.
- 3) Fejl ved transport.
- 4) Fejl i betonens bearbejdelighed (uhensigtsmæssig vibrering).
- 5) For tæt armering.

Gruppe 1 og 4 er de farligste fejl. Mindre fejl i gruppe 2, 3 og 5 kan elimineres ved at betonsammensætningen og bearbejdningen udføres med særlig omhu. Gruppe 5 er en projekteringsfejl, der i de senere år har været årsag til meget farlige støbesår.

Den billigste måde hvorpå man kan opnå et lille v/c-forhold er at spare på vandet. Når man sparer på vandet, kan betonen

imidlertid blive for stiv og strid til at kunne vibreres ordentlig igennem. Dette kan modvirkes med særlige tilsætningsstoffer som, når de tilføres betonen, bevirker, at den plastificeres, dvs. får en bedre konsistens, uden at der bruges mere vand.

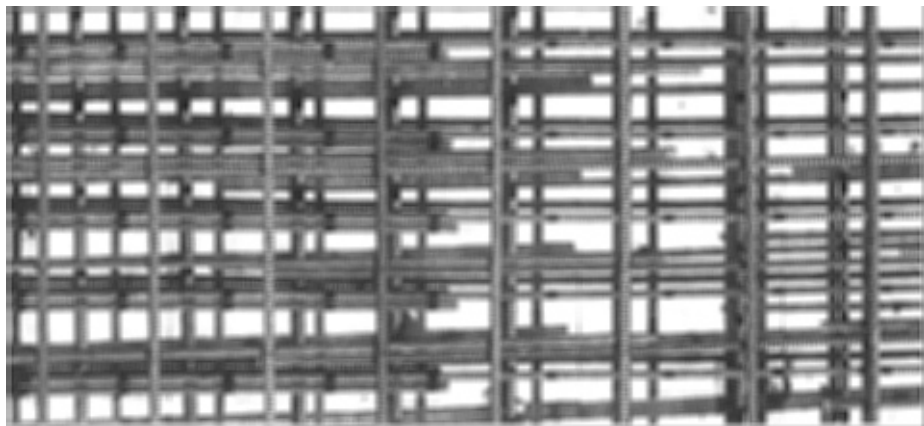
Det er ofte set, at de konstruktioner, der bliver til ved beregninger og tankevirksomhed ved tegnebrættet, ikke lader sig udføre på byggepladsen. Derfor er det nu mere end nogensinde nødvendigt, at teori og praktisk arbejdsudførelse samarbejdes.

Ved specielle bygningskonstruktioner og visse broer anvendes ofte »kabelbeton«, dvs. stålstrengene, der i »bundter« placeres i rør.

Efter støbningen spændes strengene, hvorefter injektionsmørtel indpumpes.

Skader og buler på rørene kan forårsage, at rørene ikke bliver korrekt injiceret (udfyldt), således at strengene (armeringen) i tidens løb rustner. Det kan resultere i, at bæreevnen formindskes katastrofalt.

På byggepladsen er der ikke altid forståelse for dette forhold, f.eks. kan buler fra træsko eller anden påvirkning være til ubødelig skade. Injektionsbetonen må ikke standses af buler eller skader på røret omkring armeringen. Injektionsmørtel kan fremstilles efter forskellige metoder.



Die Interbau Berlin 1957

Berlins bystyre tog først i halvtredserne, samtidig med genopbygningen efter krigen, initiativet til – med grundlag i en international teknikerkonkurrence – at opføre en ny bydel »Interbau«.

Denne, der blev indviet i 1957, var dengang et tegn på alle nye udformninger, konstruktioner og materialer.

Jeg mente, at dette måtte være et besøg værd, også med hensyn til eventuelle byggefejl. *(fortsættes næste side)*



Jeg havde, som jeg altid gør, forinden søgt samtale med min stedlige kollega, der meldte tilbage, at i Berlin fandtes ingen byggefejl. Dette var en interessant oplysning, der gjorde et besøg endnu mere nødvendigt. Medens jeg var i byen faldt et hus sammen p.g.a. funderings- og materialefejl.

Das etwa 20 Meter breite eingestürzte Haus Nr. 30 ist das Mittelstück einer insgesamt 120 Meter breiten Neubaufront. Bauherr ist die Gemeinnützige Wohnungsbau-Gesellschaft „Neues Heim“.

Unmittelbar nach dem Einsturz ist die gesamte Baustelle von der Kriminalpolizei und Bauaufsichtsamt des Senats gesperrt worden. Die Arbeiten dürfen erst weitergehen, wenn die Ursache des Einsturzes einwandfrei geklärt ist.

Aber gerade in dieser Frage stehen die Baufachleute vor einem

abgenommen. In den bisherigen Gutachten konnten keine Mängel

7 Tote in 6 Tagen!

An den Folgen der bei Verkehrsunfällen erlittenen Verletzungen starben in diesem Monat bereits sieben Personen.

Rätsel. Erste Untersuchungen haben ergeben, daß die Fundamente noch stabil sind. Nach Ansicht der Fachleute kann die Ursache des Einsturzes nur oberhalb der Kellerdecke liegen.

Jedes Geschoß wurde von einem Prüfingenieur

festgestellt werden.

Der Senat hat jetzt die Bundesanstalt für Materialprüfung mit den Untersuchungen beauftragt. Auch die Baugesellschaft zog einen verdächtigsten Sachverständigen hinzu. Mf.

Berlin + Berlin + Berlin

Gestern in Tiergarten:

Neubau-Einsturz

Berlins Baufachleute stehen fassungslos vor dem größten Einsturzglück, das sich seit Kriegsende in Westberlin ereignete: Gestern früh um 5 Uhr 04 stürzte mit donnerndem Getöse ein fast fertiges achtgeschossiges Hochhaus in der Spenerstraße 30 in Tiergarten wie ein Kartenhaus in sich zusammen. Das Unglück ereignete sich nur kurze Zeit vor Arbeitsbeginn. Zwei Stunden später hätten nach Ansicht der Feuerwehr 40 bis 50 Bauarbeiter den sicheren Tod gefunden.

„Hundertprozentige Kontrolle nicht möglich“

Aufsichtsbehörde über die Prüfmethode bei Neubauten – Von der Materialprüfung bis zur Abnahme /

Das Einsturzglück in der Spenerstraße 30, Moabit, hat die Frage nach den Kontrollmethoden der Bauaufsichtsbehörde aufgeworfen. Am Anfang dieser Woche, wenige Tage vor dem Richtfest, war der achtgeschossige Wohnungsnubau in sich zusammengesürzt. Der Sachschaden wird auf mindestens 200 000 Mark geschätzt. Vor acht Jahren war schon einmal in der Gnelsenaustraße, Kreuzberg, ein fünfgeschossiger Neubau zusammengesürzt. Selbzeit hatten die Untersuchungen des Materialprüfungsamtes ergeben, daß die Dachdecke überbelastet und der Beton minderwertig zusammengesetzt war. „Wie kann so etwas passieren?“, fragt der Mann auf der Straße. Und weiter: „Wozu haben wir eigentlich eine Bauaufsichtsbehörde?“

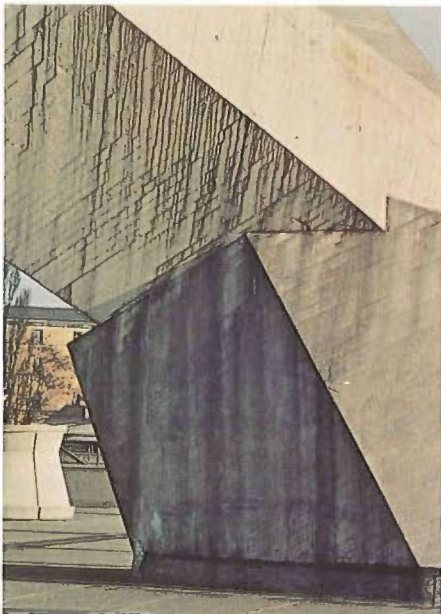
Materialekendskab er nødvendig

for alle byggefolk. Gennem forøget undevision heri vil der i samarbejde med materialeforskning – prøvning og kontrol kunne opnåes bedre byggeri.

Rustangreb



I folkemunde kaldet
»Den gravide Østers«



Vejrguderne bestemmer
udsmykning



Den af USA skænkede Kongreshal med de dristige jernkonstruktioner måtte også besigtiges. Her blev jeg foruroliget over betonstøbningen m.h.t. revner og stenreder over den forspændte armering. Rustangreb måtte forudses. Når man, som jeg, havde anledning til at se armeringstegning med dimensioner m.v., var det ikke svært at forudse en sammenstyrtning.

fortsættes

Fluctuating stress, corrosion deteriorated Berlin hall's roof

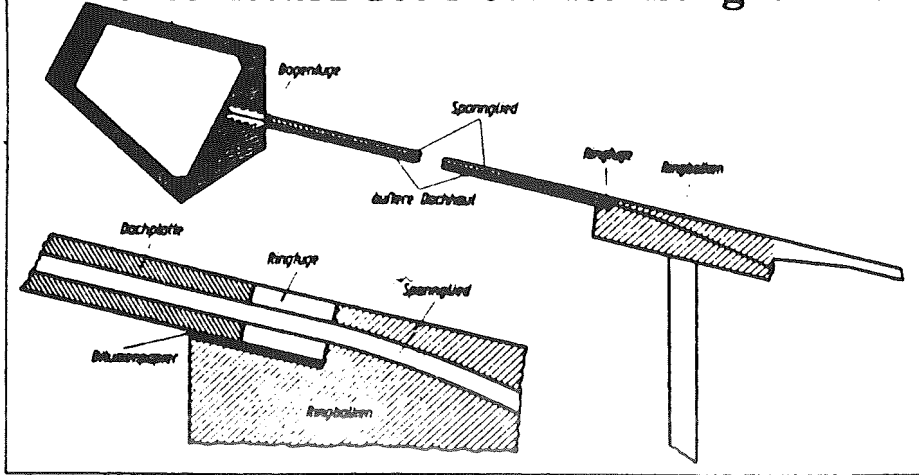
Skadetidspunktet måtte anslås til om ca. 25 år.

Efter 22 år skete sammenstyrtningen.

Den direkte årsag var korrosion i et spændled beliggende under de revner og stenreder, jeg fotograferede i 1958.

En trediedel af det 37.000 kvadratfod buede tag styrkede ned i maj. *Inspicerende ingeniører har skudt skylden på korroderende spændarmering og høje dynamiske spændinger.* (ENR 7/24, side 13).

Der Einsturz der Berliner Kongresshalle

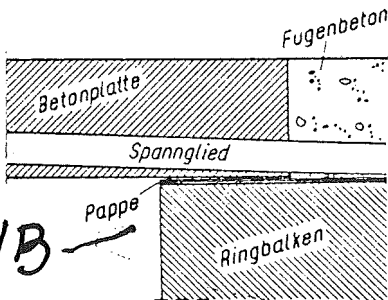


Schematische Darstellung der Konstruktion des südlichen Aussendachs (Querschnitt) der Berliner Kongresshalle

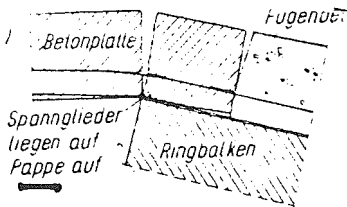
I Bautechnik gives yderligere følgende forklaring

Sammenstyrtningen af kongresshallen i Berlin skyldes et sammentræf af en række helt specielle omstændigheder, som har noget med konstruktionens form at gøre. Konstruktionen er en dobbelt krum skal, som hviler på to krumme randbjælker, disse er udført i forspændt beton. Man har, ved konstruktionen forudsat visse deformationer af disse led, som skulle foregå mere eller mindre uafhængige af hinanden. I praksis er disse deformationer foregået på en helt speciel måde, hvorved der er kommet en kraftig krumning af fugerne ved vederlaget. Derved er der sket en revnedannelse som har givet adgang for aggressiv vand med tøsalt anvendt til optøning af tag og tagednløb, svovlsyring fra luften m.v.

fortsættes



NB



NB

Rustangreb p.g.a. støbesår



Vand til den forspændte armering – gennem revner og stenreder. (Foto 1958)



Der har yderligere været nogle uheldige udførelses detaljer. Man har skilt selve skalkonstruktionen fra randbjælkerne, med et lag asfaltpapir, for at de kunne glide på hinanden. De rør (dækrør) hvori spændarmeringen ligger, har så ligget i nogen tilfælde, direkte ned på dette asfaltpapir, uden at blive omstøbt, hvorved de aggressive stoffer har adgang til røerne. Røerne er på normal måde injekteret med cementmørtel, som skulle virke rustbeskyttende på spændarmeringen, men ved denne revnedannelse er der sket en korrosion af rørene, og der er sket en karbonatisering af mørtelen, som vi kender det i talrige tilfælde fra beton, og derved er rustbeskyttelsen ophørt. Resultatet er, at denne spændarmering, som er afgørende for hele bygværkets

fortsættes

stabilitet er rustet over, og sammenstyrtnin- gen er sket, som følge heraf. Der angives yderligere nogle ganske specielle forhold med hensyn til stålet, idet der er sket en sprødgøring af stålet ved indtrængende brint, og det er et fænomen, der er kendt fra gammel tid, men som er særlig farlig i højt påvirket konstruktioner, idet der sker det man kalder spændingskorrosion, som altså er en hurtigere løbende korrosion, end der ville være i en konstruktion, hvor spændingen ikke var så høj. Det er noget videnskaben ikke er helt fuldstændig til bunds i endnu.

Efter sammenstyrtningen i maj 1980, hvor 1/3 af hallen styrtede sammen, var der i juli samme år fare for, at resten skulle styrte sammen. Dette fremgår af Eng. News Record 21. august 1980.

Oversættelse ENR 10. sept. 1981.

Kongreshal afstivet for at undgå sammenstyrtning

Den eneste uskadte bué i Berliner Kongres- hallens delvis sammenstyrtede tag var i fare for kollaps, inden afstivninger i hast blev bragt ind for at afstive den - ifølge The Berlin Fair and Exhibit Corp., bygværkets »administrator«. En talsmand herfra udtaler, at to randbjælker i den overlevende nordre skal bristede den 19. juli, hvilket til- lod skallen at bevæge sig så meget som 15 mm under indflydelse af vind, temperatur og fugtighed.

Denne faretruende tilstand vedvarede, indtil tre afstivningstårne, forsigtigt blev manøvreret ind under skallen. Mandskab er nu ved at placere andre seks tårne, forsynet med hydrauliske donkrafter og neoprene lejer, for at sikre hvælvningen endeligt. Talsmanden for udstillingsgruppen siger, at man også planlægger at afstive det nederste gulv under bygningen, og man forventer, at

inspektørerne kan bevæge sig ind i bygnin- gen i slutningen af denne måned for yderli- gere at bese skaden tæt på. Indtil nu er det blevet anset for altfor farligt at driste sig indeni.

»Først efter disse undersøgelser er fore- taget vil det blive afgjort, om man vil opfø- re et nyt tag, reparere det nuværende tag, eller rive hele historien ned,« siger talsman- den. »Sandsynligvis bliver det delvis en poli- tisk afgørelse. Det ser dog ud til, at repara- tioner vil betyde enorme omkostninger for Berlins bystyre.«

Kongreshallen, stilstand

Bystyret i Vestberlin har endnu ikke be- stemt, hvad der skal gøres ved den halvt nedstyrtede kongreshal. En talsmand for bystyret siger, at en nøjagtig rekonstrukti- on af den originale struktur næppe kan la- de sig gøre. Den almindelige form kunne reproducere, men selv dette ville blive meget dyrt, siger han. Kongreshallens »fædre«, The Berlin Fair and Exhibit Corp. hævder, at de ikke har brug for byg- ningen.

Kongreshallen kan genopstå (ENR okt. 1980)

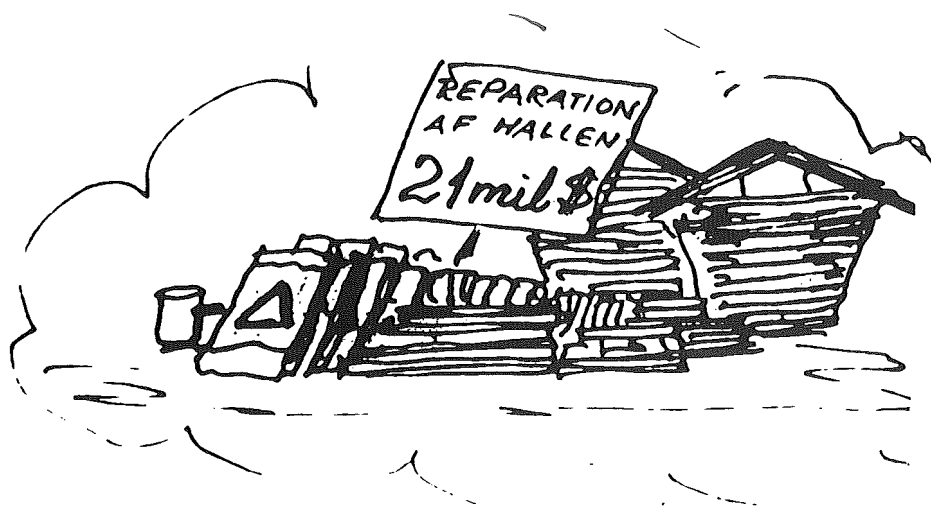
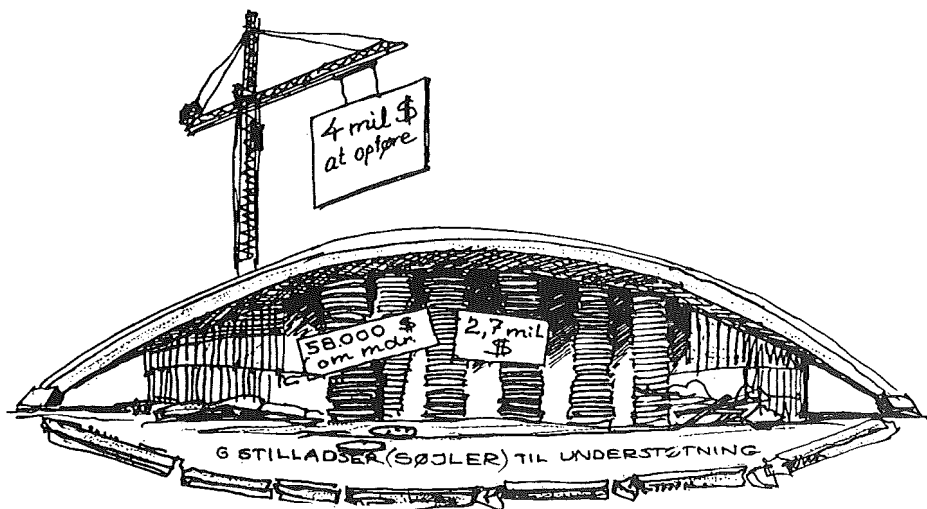
Chancerne for at Vestberlins kongreshal, som blev stærkt beskadiget i fjor ved en delvis sammenstyrtning, vil blive genopbyg- get i sin oprindelige skikkelse, er forbedre- de. Bystyret har godkendt en rekonstrukti- on, og chancerne for deputerkammerets godkendelse er gode.

Der hersker dog stadig bekymring for, om kongreshallen skal blive en møllesten om halsen på byen, som også har en splin- terny mødehal. Rekonstruktion ville koste fra 13 til 21 millioner dollars, sammenlignet med den oprindelige konstruktion, der ko- stede 4 millioner. Afstivning af det beskadi- gede tag har allerede kostet 2,7 millioner dollars, og dette tal stiger med 58.000 dol- lars pr. måned.

Støbesår – rustangreb



DEN GRAVIDE ØSTERS



Vil kongreshallen i Berlin genopstå?

Afstandsklodser



Billederne viser, at afstandsklodser kan medføre betonskader



Dårligt udførte støbeskel



Byggematerialers dimensionsændringer

Manglende viden om materialers dimensionsændringer kan medføre alvorlige byggeskader.

I Debatterierne 5-6 og i denne nr. 7 om beton er spørgsmålet om de enkelte materialers og dermed konstruktioners udvidelse og efterfølgende sammentrækning behandlet med eksempler på fejltagelser- og byggeskader.

Til de kommende Debatterier foreligger andre lign. eksempler indenfor de pågældende fagområder.

Som foreløbig afslutning på denne eksempel-anvisning kan fremhæves, at det ikke alene er nødvendigt at kende og tage hensyn til de anvendte byggematerialers udvidelsesmuligheder, inden de anvendes i et bygværk. Det er også nødvendigt at kende omgivelsernes muligheder, for på samme måde at frembringe byggeskader.

Det er almindeligt kendt, at selv store sten på markerne, efterhånden kommer op til overfladen, at terrænet omkring os ikke har samme højde sommer og vinter.

Vi oplever at den garageport eller have-

låge, der om sommeren lige kan åbnes, uden at røre jorden, ikke kan røres når jorden er frosset. Årsagen er at den efterårsvåde jord fryser og udvider sig.

Dette sker også under flisebelægningen, hvorfor der ved lægningen skal tages hensyn hertil bl.a. skal der være en fuge imellem fliserne – de må ikke lægges helt tæt sammen – »knasfuge«.

Det er ikke ualmindeligt, at anvende fliser med kraftig affaset kant, hvorved højdeforskelle mellem de enkelte fliser ikke bliver så iøjnefaldende.

Men mere overfladevand søger ned i fugen, hvorfra det opløder underbunden og hermed forøges frosthævninger, samt risiko for frostsprængninger mellem de enkelte fliser, og i alle tilfælde skader på belægningen.

Er fliserne lagt på et betonlag som i eksemplet på billedet herunder bliver den samlede belægning frostløftet og skader opstår såfremt der ikke er »plads« til denne tilbagevendende »naturforetegelse«.

Flisehjørner er specielt udsat for skader på grund af belastning fra 2 fugekanter.



Temperatur, fugt- og slid Måleunøjagtigheder

ÅRSAGER TIL MÅLE- UNØJAGTIGHEDER

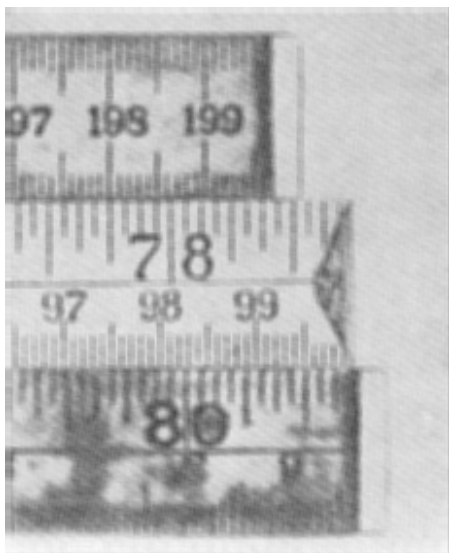
Årsagerne til måleafvigelse kan være mange, og man må altid regne med, at den menneskelige fejlkilde, som kan skyldes uopmærksomhed, fejllæsning eller regnefejl, kan være til stede, men at de redskaber, man anvender til målinger, også kan være behæftede med fejl, opdager man ret hyppigt. Der kan være forskel på tommestokke, og på længere afstande kan båndmål være unøjagtige, ja, selv stålbandmål kan ved svingende temperaturer være årsag til unøjagtigheder. I Sverige er der af „Statens Nämnd för Byggnadsforskning“ foretaget en lang række undersøgelser for at finde ud af, hvor meget eller hvor lidt de almindeligt anvendte målepaarter kunne afvige fra det nøjagtige mål.

Man indkøbte 10 tommestokke til forskellige priser i 10 forskellige forretninger. De blev kontrollerede, og det viste sig, at der kun var ca. 1 mm forskel pr. meter. Disse nye og altså temmelig nøjagtige tommestokke ombyttede man på forskellige byggepladser med gamle, veltjente tommestokke, og så viste det sig, at disse brugte tommestokke, som havde tilhørt tømrere, snedkere, blikkenslagere, murere osv., ved kontrolmålinger var ret afvigende. Den, der var kortest, viste 5 mm for lidt, og den, der var længst, viste 3 mm for meget.

Konklusionen må være, at tommestokke er et usikkert hjælpemiddel, som kun bør anvendes, når det ikke drejer sig om nøjagtig måltagning, og kun, hvor de afstande der skal måles, ikke er ret lange. Gamle tommestokke bliver løse i leddene, men de kan for øvrigt justeres.

Ståltømmestokke viste sig at være nøjagtigere, og undersøgelserne godtgjorde, at fejlene – selv ved brugte stokke – ikke var så store, at de betød noget væsentligt.

At målebånd på lærred kan være temmelig unøjagtige,

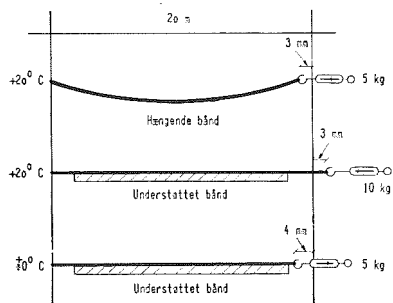


Den korteste og den længste brugte tommestok, tilfældigt udvalgte, lagt på hver sin side af en ny.

siger næsten sig selv, for materialet kan strække sig eller svinde ved fugtighed, men selv stålmelebånd viste sig at have inddelingsfejl på indtil 5 mm på 20 meters længde, og fejlene kunne blive endnu større, hvis et målebånd var blevet mishandlet på arbejdspladsen, for eksempel gennem en bukning.

I Sverige, hvor disse forsøg er blevet gennemført, kan man indsende sine måleredskaber til det Kungl. Mynt och Justeringsverk, som giver et bevis for rigtighed eller afvigelser, men også i Danmark kan man gøre noget tilsvarende, idet Justervæsenet i København justerer enhver form for måleredskaber, og der udstedes attest på, hvor stor en eventuel fejl måtte være.

Man må imidlertid erindre, at stålmelebånd justeres ved en temperatur 20° celsius, og at der skal være en vis trækspænding – sædvanligvis 5 kg – og yderligere skal der være understøttelse på hele båndets længde. Hvor stor forskel et 11 mm bredt målebånd kan udvise ved forskellige temperaturer og ved manglende understøttelse og forskellig træk.



Ved nøjagtige målinger med stålmelebånd må man tage hensyn til de brugte trækspænding og den rådende temperatur og tillige korrigerer det hængende bånd, hvis målingen må udføres således.

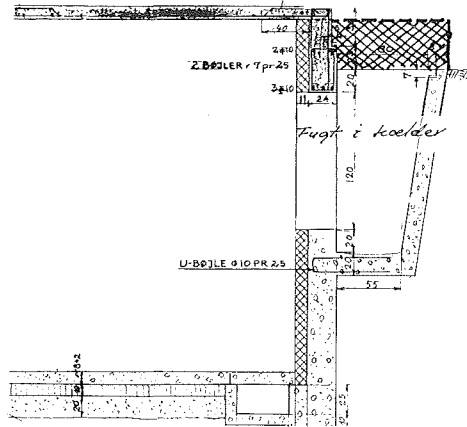
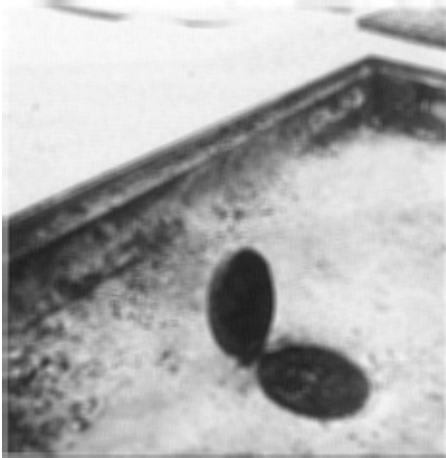
Trappe til offentlig bygning revnede altid – trods gentagne reparationer.



*Årsag: efterladt forskalling.
Forkert anbragt lyskasse, dækket med træforskalling der ikke kunne fjernes.*

Revnedannelse i betontrappe

Indstøbt træforskalling forårsager revnedannelse i betontrappe



I en offentlig bygning viste der sig ofte fugt i kælderrum stammende fra kældervæggen udfor trappetrin. Det var naturligt at sammenholde dette med en kraftig revnedannelse i trappetrinet, da revnerne var stadig tilbagevendende trods gentagne reparationer.

Ved ophugning kunne konstateres dybe »stenrede-huller« og ca. 15 cm under overfladen en efterladt træforskalling. Denne har ved vandtilørsel fra oven »arbejdet« med træets naturkræfter og derved stadig frembragt revnerne.

Under byggeriet har man glemt trappen og i stedet placeret lyskassen, og senere klaget tilstøbning af vindueshullet i kældervæggen på primitiv måde uden tæthed.

Tilstøbning mod eksisterende betonflader kræver rengøring af den gl. støbeflade eventuelt med sandblæsning.

Støbningen skal afsluttes foroven med stampning.

Lyskassen skal opfyldes eventuelt med komprimeret grus.

Byggeriets ansvarsforhold

Advokat dr. jur. Jørgen Hansen har gennemgået eksemplerne og givet udtryk for, at det er en god ide at give læserne en vis introduktion i erstatningsretslige tankegange, samt fremsendt efterfølgende indlæg og literaturfortegnelse.

Spørgsmålet om byggefejl rummer foruden de tekniske problemer en række juridiske problemer.

Foreligger byggefejl, vil der i praksis altid indtræde tab. Konstateres byggefejl, efter at byggeriet er afsluttet, vil tabet normalt ramme bygningsens ejer. Konstateres fejlen, før byggeriet er afsluttet, vil tabet normalt ramme den entreprenør, under hvis entreprise den del af bygningen hører, hvori skaden er sket.

I begge situationer kan opstå spørgsmål om at gøre ansvar gældende imod den leverandør, entreprenør eller tekniske rådgiver, som har begået fejlen, eller som ikke i tide har opdaget en byggeskade. Spørgsmålet om hvornår ansvar kan gøres gældende og hvorledes tabet (erstatningskravet) skal gøres op, løses efter nogle ret komplicerede erstatningsretslige regler, som det vil føre for vidt at gennemgå her.

Læsere, som yderligere måtte være interesserede i at kende byggeriets erstatningsretslige problemer, kan henvises til at læse nogle af følgende fremstillinger:

Byggeriets risiko- og ansvarsforhold udgivet af Byggeriets Udviklingsråd, København 1979.

Jørgen Hansen: Arkitektkontrakten, København 1966.

Jørgen Hansen, Henrik Viltøft og Per Walsøe: Ansvar og moderniseret byggeproces, København 1970.

Jørgen Hansen: Teknikeraftalen, almindelig del, København 1977.

Erik Hørlyck: Entreprise- og Licitationsbetingelser, København.

A. Winding-Kruse: Ejendoms køb, København 1978.

Axel H. Pedersen: Entreprise-, bygge- og anlægsarbejder, København 1952.

I det efterfølgende afsnit har jeg, med den ældste bygge Lovgivning som indledning, samlet nogle eksempler på juridiske afgørelser og forudsætninger herfor. Det er tanken hermed at fastslå, at fejl og mangler i byggeriet ofte ender i retssalen.



Byggejura 1800 år før vor tidsregning

Kong Hammurabi, der regerede i Babylon omkring år 1800 f.kr. har ladet udfærdige en del lovkomplekser, hvori der også omtales erstatningspligt »Når en bygmester bygger et hus for nogen«, (se oversættelse af lovparagraffer 228-233 næste side).

Der findes en del forskellige tydninger og oversættelser, der ikke alle stemmer helt overens. Den oversættelse, der medtages her, angiver:

228. Naar en Bygmester bygger et Hus for nogen og fuldender det, skal man give ham som Betaling 2 Sekel Solv for hver SAR Husflade.

229. Naar en Bygmester bygger et Hus for nogen, men ikke gør sit Arbejde solidt, og Huset, som han har bygget, styrter sammen og forårsager Ejerens Dod, skøt Bygmesteren lide Doden.

230. Naar han forårsager, at en Son af Husets Ejer dør, skøt Bygmesterens Son lide Doden.

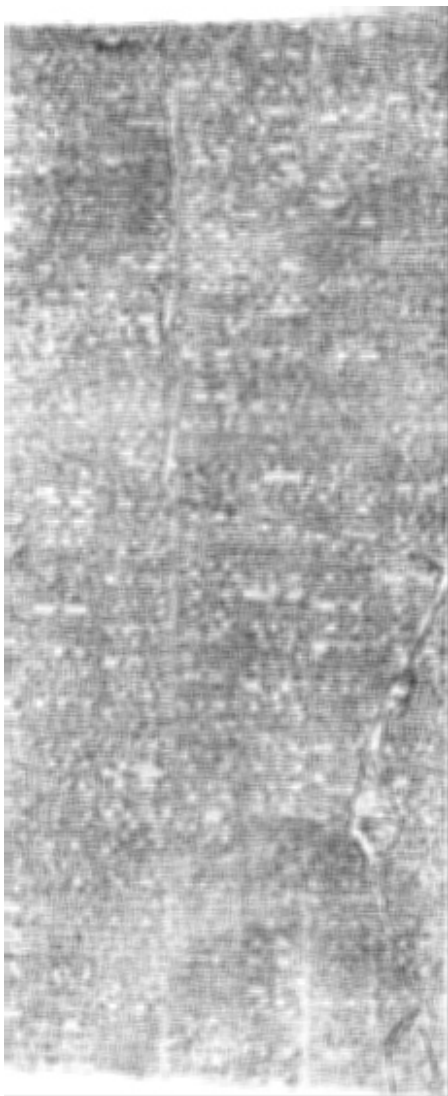
231. Naar han forårsager, at en Slave af Husets Ejer dør, skal han give Husets Ejer Slave for Slave.

232. Naar han forårsager Tab af Ejendom, skal han erstatte alt, hvad der er tabt. Fremdeles skal han, fordi han har gjort det Hus, som han har bygget, usolidt, saa det falder sammen, genopføre det Hus, som er styrtet sammen, paa egen Bekostning.

233. Naar en Bygmester opfører et Hus for nogen, men ikke opfører det solidt, og en Væg styrter om, skal denne Bygmester paa egen Bekostning opføre en solid Væg.

Det har åbenbart været en periode, hvor der er foregået meget byggeri, samtidig med, at riget har været så konsolideret, at det har været muligt at få lovene overholdt.

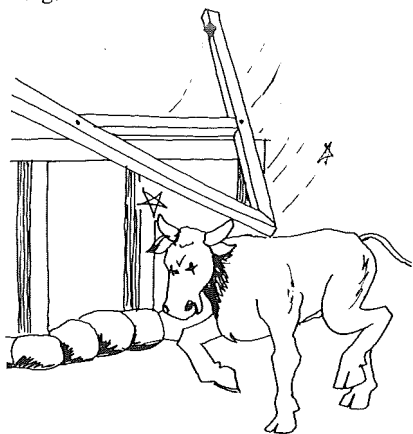
Lovene er indhugget i en søjle – en stele – hvoraf den ene halvdel blev fundet i 1901 og den anden halvdel i 1902. Denne søjle er i dag anbragt på Louvre i Paris.



Byggejura i Danmark år 1300

I Eriks sjællandske Lov fra det 13. århundrede findes en bestemmelse, der lyder sådan:

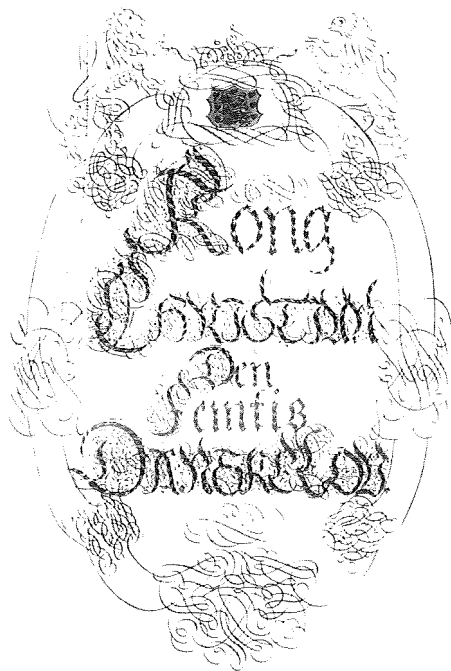
»Sker det således, at en mand beder andre med at hjælpe ham med at rejse et hus, og de er med til at rejse det, hvad enten det er nyt eller gammelt, og det under arbejdet falder ned over en af dem, så at han dør, da skal den, der ejer huset, ikke bøde derfor. Men sker det, at de, der har rejst huset enten halvt eller helt, og de, der er sammen med husbonden, går derfra, og nogen kommer derhen, efter at de andre er gået derfra, og det falder ned over ham, så at han dør, da skal bonden bøde 3 mark derfor, fordi det var hans pligt at sætte støtte under og sørge for, at det ikke kunne tilføje nogen skade. På samme måde som for en mand, skal han også bøde behørigt bøder for kvæg.«



1 år 1300 bødes 5 mark for én mand eller én tyr.

Det er altså slået fast i den ældste lovgivning, at der er et ansvar forbundet med en urigtig eller skødesløs udførelse af et bygningsarbejde, når der derved forvoldes skade på mennesker eller kvæg.

Christian den femtes danske lov 1683



I Christian den femtes danske lov fra 1683 træffer vi en tilsvarende bestemmelse i en lignende jævn og summarisk form, og i vor tids bygge Lovgivning og straffelovgivning er man gået videre og mere detaljeret ind på problemet.

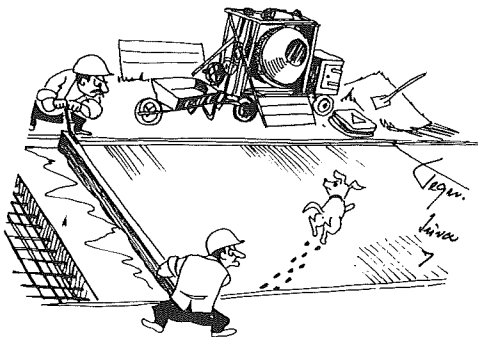
Nu til dags

har vi først og fremmest meget udførlige regler for, hvorledes byggearbejde skal udføres, og ansvarsfordelingen for tilsidesættelse af disse regler er dels fastsat i lovgivningen og dels udviklet gennem retspraksis.

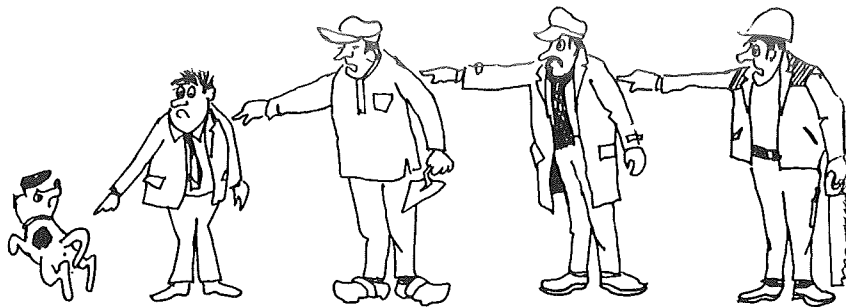
I bygningsreglementet af 1977 er under almindelige bestemmelser i 1.10 angivet, at overtrædelser af reglementet straffes efter byggelovens paragraf 30.

Heri fremgår det, at ansvaret for overtrædelser, der er begået ved udførelse af et byggearbejde, påhviler den, som har forestået arbejdets udførelse eller den, som har udført det, efter omstændighederne dem begge.

Hvis den, der har ladet arbejdet udføre, ikke kan opgive nogen person, hvem ansvaret efter denne bestemmelse kommer til at påhvile, eller hvis det godtgøres, at arbejdet



er udført efter hans anvisning, drages han selv til ansvar, men ansvar kan efter omstændighederne desuden komme til at påhvile de personer, der har udført det, hvis de har eller burde have været vidende om den lovovertrædelse, der er begået ved arbejdets udførelse.



Efter denne bestemmelse må der være mulighed for at placere et ansvar hos alle, der har haft med byggeriet at gøre. I almindelighed vil det vel være arbejdets ledere, der må holde for, når der sker noget galt. Både tilsynsførende, entreprenører og håndværksmestre kan efter bestemmelserne drages til ansvar, og endelig er der mu-

lighed for, at formand og arbejdere kan gøres ansvarlige, hvis de af egen drift, af ufor-sigtighed eller mod bedre vidende foretager handlinger, der må betragtes som tilsidesættelse af lovgivningen. I alvorlige tilfælde vil der foruden tiltale også kunne blive spørgsmål om at gøre straffelovens bestemmelser gældende.

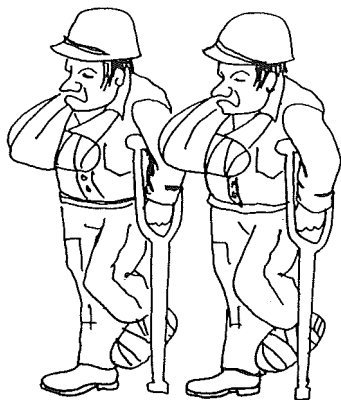
I retspraksis

findes en række eksempler på domme, der er afsagt i sager om uforsvarlig udførelse af bygningsarbejder, der i blandt eksempler, hvor ansvaret er placeret ikke alene på de ledende arkitekter og ingeniører eller hos mestre og entreprenører, men hvor også de personer, der har udført arbejdet, er gjort ansvarlige for uforsvarlig udførelse.

Stillads

Ved en højesteretsdom dømtes for uforsvarlig ophængning af et stillads ikke alene den tømrermester, der havde undladt at give fornøden instruktion og undladt at kontrollere arbejdet, men også de to sven-
de, der havde anbragt stilladset.

En murerformand, som havde bygget et murstillads, blev fundet ansvarlig for, at stilladset på grund af overbelastning styrtede sammen, hvorved to murersvende kom til skade. Murermesteren blev derimod fri-fundet.



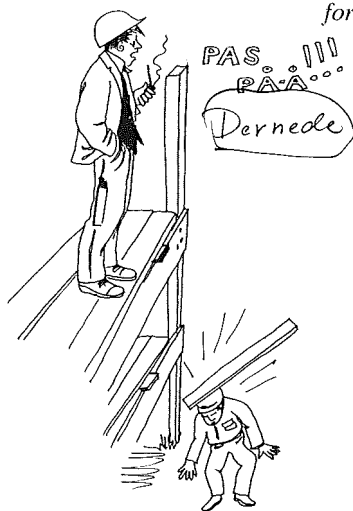
Denne dom er altså et eksempel på, at ansvaret ensidigt kan placeres på den, der direkte forestår arbejdet, og denne dom er ikke den eneste af denne art, der findes i domssamlingerne. Men i adskillige tilfælde er erstatningsansvar for fejl, der er begået af arbejdere, pålagt mesteren.

En tømrersvend, som var ved at nedbryde et stillads, tabte under arbejdet et koblen, der faldt ned og knuste en spejlglasru-
de. Hans mester blev dømt til at erstatte skaden.



I en nybygning kastede en arbejdsmand et stilladsbrædt ud af et trappevindue, hvorved det ramte en snedker, der i det samme trådte ud af gadedøren. Arbejds-
manden havde råbt varsko samtidig med, at han kastede brættet, men murermeste-

fortsættes



ren blev gjort erstatningspligtig, fordi der ikke var sørget for tilstrækkelig afspærring. Utilstrækkeligt afspærrede udgravninger på eller ved færdselsarealer har givet anledning til nedstyrtningssulykker, og selv om det reelle ansvar må siges at ligge hos den formand eller de arbejdere, der har foretaget udgravningen, er der i flere tilfælde ved dom pålagt vedkommende mester erstatningsansvar.

I tilfælde, hvor der er sket ulykker ved anvendelse af stilladser, er mesteren frifundet for erstatningsansvar over for tilskadekomne arbejdere, idet han er anset for at have overholdt den pligt, der ifølge loven påhviler ham, ved at tegne lovpligtig ulykkesforsikring for arbejderne.



Ved de eksempler, der er nævnt, er der sket uheld eller ulykker, men selv om mindre alvorlige tilfælde opstår, hvor der kun bliver tale om, at et arbejde skal gøres om eller hvor en begået fejl bevirker, at en byggherre kan kræve erstatning, kan følgerne af fejltagelser eller mangelfuld udførelse blive følelige nok for den eller de personer, som ansvaret lægges på.

Når man færdes på byggepladser, har man en fornemmelse af, at det er et under, at der ikke sker flere lykker af denne art, så her er måske noget at tænke på for arbejdslederne.

Ved udgravninger

skal der træffes alle fornødne foranstaltninger til sikring af grund og bygninger på tilstødende ejendomme og til sikring mod udskriden eller anden beskadigelse af gaderterræn. Denne ganske selvfølgelig bestemmelse bliver ikke altid tilstrækkelig påagtet, og der indtræffer derfor ikke så sjældent situationer, der kan blive farlige, og i adskillige tilfælde er der konstateret grov uforsigtighed, der har givet anledning til uheld og ulykker af betydeligt omfang.

Ved udgravninger i København, hvor gaderne er smalle, og hvor der findes høje opfyldningslag, må der iagttages særlig forsigtighed, idet man meget vel kan komme ud for, at der sker udskridninger, ikke mindst som følge af kørslen i gaden. Man har undertiden helt eller delvis måttet spærre en gade for kørende trafik foruden selvfølgelig at foretage afstivning.

De fleste og største skader, der er indtruffet ved udgravningsarbejder, er sket ved udgravning i for stor nærhed af andre bygninger. Ikke alene i København, men måske navnlig i provinsen er der forekommet slemme eksempler på skader, der er opstået som følge af, at man ved uforsigtighed eller måske rettere ubetænksomhed har gravet så nær bygninger, at de er blevet beskadiget eller er styrtet ned.

Utilstrækkeligt afspærrede udgravninger på eller ved færdselsarealer har givet anledning til nedstyrtningssulykker, og selv om det reelle ansvar må siges at ligge hos den formand, der har foretaget udgravningen, er der i flere tilfælde ved dom pålagt vedkommende mester erstatningsansvar.

Som eksempel kan følgende nævnes:

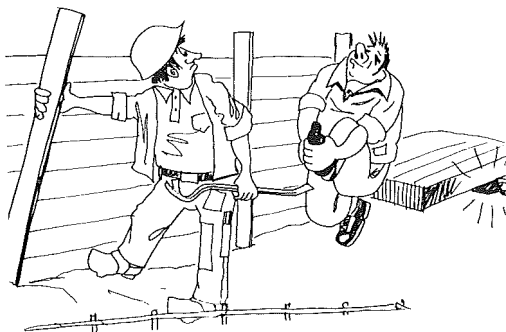
Op ad en 2-etagers fabriksbygning blev der foretaget udgravning med gravko indtil en afstand af 60 cm fra en bærende facademur og i en dybde af 1,40 m under bygningens fundament. Resultatet var, at facademuren pludselig styrtede sammen, og de arbejdere, som var beskæftiget i udgravningen, nåede lige netop at springe til side. I bygningen var oplagret 10 tons mel i sække, og de faldt også ned i udgravningen sammen med en del af etageadskillelsen. Ved en gavl, der stødte op til facademuren, var der også gravet for nær og for dybt, men her havde man dog delvis nået at undermure, og der skete ingen skade – vel fordi gavlen ikke var belastet fra etageadskillelser.

På en grund blev foretaget udgravning op til en på nabogrunden liggende 7 m lang bagbygning, hvis fundament gik 80 cm i jorden. Udgravningen blev ført helt hen til gavlen i en dybde af 2-2,5 m, idet der dog midt på gavlen kun blev gravet ned til underkanten af fundamentet på en strækning af 2 m. Stærk regn i forbindelse med omslag fra frost til tø bevirkede, at bagbygningens gavl skred ud. Grundens ejer blev dømt til at erstatte skaden på naboejendommen.

I en provinsby blev der foretaget udgravning til en bygning op ad en 2 etages beboelsesbygning på nabogrunden. I en middagspause faldt det halve af denne bygning ned i udgravningen som følge af, at udgravningen var ført for nær ind på bygningen. Heldigvis kom ingen mennesker til skade.

Endelig kan i forbindelse med grundudgravning nævnes et tilfælde, hvor det ikke var en bygning, der skete skade ved, men hvor en arbejdsmand, som kom til skade ved, at en kældermur væltede, selv blev gjort ansvarlig. Han gravede ned på siden af en betonmur, og fortsatte udgravningen skønt han kunne se, at han kom dybere end murens underkant. Han diskuterede spørgsmålet med en arbejdskammerat, og de var enige om, at det var en grim historie

at få den mur ned over sig. Men muren væltede, og arbejdsmanden fik beskadiget en fod og anlagde erstatningssag, idet han påberåbte sig, at formanden burde have advaret mod at grave for dybt. Retten ville dog ikke tilkende ham erstatning, idet man ikke fandt, at det havde været nødvendigt at få nogen advarsel for at være klar over risikoen, og at han selv havde handlet uforsvarligt.



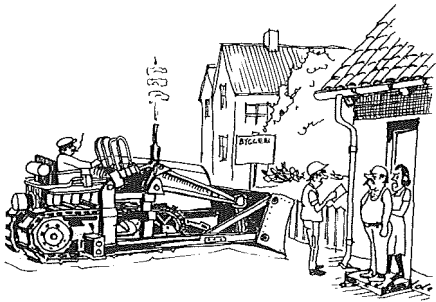
Den eneste rigtige fremgangsmåde, når sådanne udgravninger skal foretages, vil være, at den arkitekt eller ingeniør, som forestår arbejdet, i forbindelse med bygningstilsynet, entreprenøren og lederen af arbejdet på byggepladsen i foreing træffer aftale om, hvorledes udgravningen i nærheden af gade, nabogrunde og bygninger skal foretages. Det må bestemmes i hvilket omfang mekanisk arbejdskraft kan anvendes for at undgå udskridning af jord uden for byggegrunden, om det er nødvendigt at foretage afstivning af udgravningens sider, og hvorledes udgravning med håndkraft ind mod tilstødende bygninger skal foretages i forbindelse med eventuel understøtning af afstivning af bygningerne. Inden der kan træffes bestemmelse om det sidste, må der foretages en undersøgelse af bygningerne, dybden af eventuel kælder og bygningens tilstand, og ved udgravning af huller op ad bygningen så det undersøges,

fortsættes

hvorledes og hvor dybt den er funderet. Selv ved mindre 1-etages bygninger bør en sådan undersøgelse foretages. Det vil være uklogt af entreprenøren eller hans arbejdsleder at disponere på egen hånd i sådanne tilfælde.

Hvor det er sket med dårligt resultat, har de pågældende utvivlsomt savnet fornøden uddannelse og erfaring, og manglen af disse egenskaber giver undertiden en falsk selvtillid og en for stor dristighed.

Også ved andre udgravninger end byggegruber må der udvises forsigtighed for at undgå ulykker eller materiel skade. Vi har hørt om ulykker ved skred i brunkulslejer og i grusgrave, og det er ikke længe siden, man hørte om et tilfælde, hvor en arbejdsmand blev dræbt af nedstyrtende jord i en 4 m dyb kloakudgravning, der ikke var afstivet. Det var et tilfælde, der kunne have været undgået, hvis lederen af arbejdet havde truffet de rigtige dispositioner. Materiel skade ved udførelse af kloakudgravninger har vi også hørt om. Det kan nævnes, at kommuner er gjort erstatningspligtige for skader på ejendomme, som følge af utilstrækkelig afstivningsforanstaltninger.



Mindst 14 dage før påbegyndelsen

af udgravnings- eller nedrivningsarbejder, skal ejeren af naboejendommen have meddelelse om arbejdets art og omfang og om tidspunktet for dets påbegyndelse, således at han får tid til at træffe de foranstaltninger, der eventuelt er nødvendige for at sikre

sin ejendom. Bedømmelsen af, om den byggende eller naboen skal afholde udgiften til sådanne sikringsarbejder eller om udgiften skal fordeles mellem dem, må tages op i hvert enkelt tilfælde. Man kan i almindelighed gå ud fra, at hvis naboens hus er tilstrækkelig godt funderet til fast bund, skal den byggende, hvis han udgraver til større dybde end til underkanten af naboens fundament, betale hele udgiften til undermuring og afstivning af naboens ejendom.

Hvis derimod nabohusets fundament ikke står på fast bund, skal naboen selv bekoste undermuring til fast bund. Vil den byggende føre sin udgravning endnu længere ned, skal han bekoste den videre undermuring. Udgiften til eventuel afstivning må eventuelt i sådanne tilfælde fordeles på begge poster.

Hvor der ved udgravninger skal ryddes gamle fundamenter eller store sten, må der træffes aftale med bygningstilsynet, hvis der er mulighed for, at fjernelsen kan give anledning til beskadigelse af bygninger, eller hvis man vil foretage rydningen ved sprængning.

Hvis man tænker på at anvende sprængning,

må det overvejes, om denne metode kan få uheldig indvirkning på omliggende bygninger, og der er i flere tilfælde givet forbud mod at anvende denne fremgangsmåde. Hvor sprængning kan foretages, bør der gives politiet underretning, og iøvrigt bør der gives de omboende meddelelse og ved større sprængninger eventuelt udstedes offentlig bekendtgørelse. Det har iøvrigt vist sig, at større sprængninger kan indvirke på løse jordlag under bestående bygninger ret langt fra sprængningsstedet og give anledning til sætninger i disse bygninger, så der kan nok være anledning til at vise stor forsigtighed ved at anvende sprængning i bebyggede områder.

Der er tilfælde, hvor der har været anlagt svellebro tæt op til udgravningen, og hvor man ikke havde taget i betragtning, at jordlaget ikke har været af en sådan beskaffenhed, at det har kunnet bære en læsset vogn, og resultatet har været, at vognen er skredet ned. Det må vistnok siges at være et spørgsmål, der først og fremmest angår lederen af udgravningsarbejdet, og hvis der sker ulykker derved eller rejses erstatningskrav, vil lederen, eventuelt også entreprenøren, komme i søgelyset, når ansvaret skal placeres. Antagelig skal man i sådanne tilfælde regne med vejrforholdene.

Nedbrydning af bygninger

Et nedbrydningsarbejde skal anmeldes til bygningsvæsenet før arbejdets påbegyndelse og der skal udvises forsigtighed, både af hensyn til de arbejdere, der skal beskæftiges, og til forbipasserende. Ved væltning af større murpartier skal der passes ganske særligt på og foretages de fornødne afspærringer og gives varsko til alle, der er beskæftiget på arbejdsstedet.

Ved nedbrydning af en bygning skulle der væltes en 2 sten tyk udfyldningsmur mellem jernbetonpiller. I murpartiets nederste del var to store portåbninger, men over disse en ubrudt mur, således at partiet havde en betydelig overvægt. Man huggede muren fri af de jernbetonpiller, der begrænsede partiet, huggede ind i en jernbetonsøjle mellem åbningerne, således at armeringsjernene kunne skæres over, og huggede en vandret rille forneden i muren. Der var anbragt en enkelt wire, som skulle forhindre for tidlig væltning af muren, men desuagtet væltede den og dræbte en mand. Entreprenøren, som selv ledede arbejdet, blev idømt en bøde for ikke at have truffet fornødne sikkerhedsforanstaltninger og måtte udrede en erstatning til en anden arbejder, der kom lettere tilskade.

Der forlanges anbragt skærme og overdækninger over færdselsarealet, materialpladser, arbejdspladser m.v., og hvor bygninger er særligt høje, kan der forlanges anbragt flere skærme. Ved de senere års højbyggeri er dette spørgsmål blevet særligt aktuelt, og der er fra arbejdernes side rejst et meget forståeligt ønske om forøgede sikringsforanstaltninger.

Elementmontage

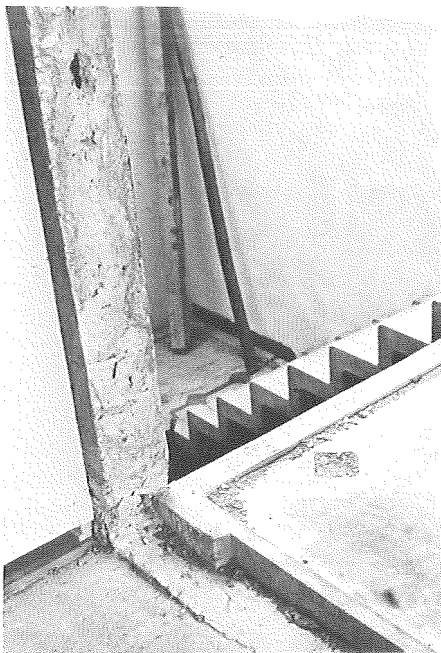
Ved anvendelse af særlig konstruktionsmetoder, hvor færdige elementer skal monteres i stor højde, er det ikke tilstrækkeligt alene at opsætte en ekstra skærm et sted midt på bygningens højde, men det kan blive nødvendigt at anbringe skærme ret nær under arbejdsstedet, således at skærmen må flyttes op, efterhånden som bygningen går i højden. Ved skeletbygninger, hvor etagerne inden udfyldningsvæggene udføres, henligger helt åbne ud mod det tomme rum, er der stillet krav om en midlertidig lægteafspærring.

Trappe- og elevatorskakte





Ved besøg på byggepladserne kommer man ofte ud for, at der synes mod regulativets bestemmelser om, at alle åbninger i etageadskillelser, som benyttes til transport, skal være forsvarligt afspærrede, og at andre åbninger skal være overdækkede eller indhegnede. Man ser heller ikke sjældent, at åbninger til trappe- og elevatorskakte ikke er sikrede. Det er forhold, arbejdslederen bør have sin opmærksomhed ganske henledt på. Sker der et uheld, vil han muligvis kunne gøres ansvarlig. Arbejdsgiveren vil altid kunne drages til ansvar for ulovligheder og overtrædelser. Er man i tvivl er det klogt at spørge Arbejdstilsynet der altid gerne rådgiver.

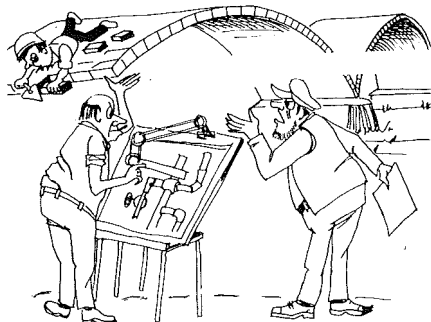


Byggelov skal overholdes

En leder af et byggearbejde bør have kendskab til byggelovgivningen. Denne lovgivning vil ofte give de dertil ansatte myndigheder anledning til at gribe ind i deres arbejde med krav eller anvisninger, og måske kan, selv den korte gennemgang, der her er mulighed for at give, bringe en og anden hidtil upåagtet eller for lidet påagtet ting frem. Og når her særligt tales om byggelovgivningen, skyldes det den omstændighed, at de fejl, der kan begås og bliver begået på byggepladser, i overordentlig mange tilfælde kan karakteriseres som tilsidesættelse af byggelovens bestemmelser.

Teori og praksis

Man kan så spørge, hvad der kan gøres for ikke at komme ud for ubehageligheder under eller efter udførelsen af sit arbejde. Der er vel ingen, der er i tvivl om, at faglig viden, erfaring, nøjagtighed, påpasselighed, ansvarsfølelse, og hvad der ellers kan nævnes af sådanne egenskaber, er gode aktiver i så henseende, og det er jo da heldigvis sådan, at kun de færreste kommer ud for alvorlige vanskeligheder. Men foruden de egenskaber, der er nævnt, vil en vis sum af teoretisk viden være nødvendig eller i alt fald ønskelig. Herunder må også fremhæves tilstrækkeligt kendskab til byggelovgiv-



På tegnepapir kan alt udføres men!!!

*Med lov skal land bygges
– med byggelov huse*



ningen. Der ikke tvivl om, at de tegninger og beskrivelser og andre anvisninger, der forefindes, skal følges ganske nøje. Man må være berettiget til at gå ud fra, at det udleverede arbejdsgrundlag er rigtigt, men hvis man skulle støde på uklarheder, på tilsyneladende mangler eller hvis et eller andet forhold bevirker, at tegningerne ikke strengt kan følges, vil det være ganske nødvendigt at lade den, der har ansvaret for tegninger og beskrivelser tage stilling til, hvordan der i hvert enkelt tilfælde skal disponeres.

Det må mere og mere blive almindeligt, at der samarbejdes mellem dem, der udfører tegnings- og beskrivelsesmateriale og dem, der skal udføre arbejdet i praksis.

Der kan i mange tilfælde være tale om vanskeligheder, der ikke kan overvindes på byggepladsen, og hvor praktiske forhold bevirker, at den på tegningerne og i beskrivelsen fastlagte konstruktion ikke kan

udføres i praksis. Men der kan ikke være tvivl om, at det kan medføre risiko at handle på egen hånd på byggepladsen, og at det er nødvendigt at gennemgå alle enkeltheder med den ingeniør eller arkitekt, der har udført projektet.

Dette samspil må ikke svigte, der må tales ordentlig ud om tingene. Navnlig gælder det forhold, der kan give anledning til ulyk-

ker, hvor det bør forlanges, at arbejdslederen gør brug af sin fulde praktiske viden og erfaring, således at han enten selv foranliger eller stiller krav om at få truffet de foranstaltninger eller får gennemført den arbejdsmetode, der giver den sikkerhed, det er ønskeligt at opnå uden derved at vove sig ud i overdrivelser.

UDDANNELSE OG PRODUKTIVITET FOR PENGENE

