

BETONKONSTRUKTIONER I MURET BYGGERI

Når man taler om betonkonstruktioner, tænkes der oftest på store anlæg såsom broer, dæmninger m.m., eller nyere kontor og boligblokke, opført af betonelementer. Men også ældre huse kan have betonkonstruktioner, hvis fortsatte eksistens er af afgørende betydning for husets udseende og brugsværdi.

Dette informationsblad tager alene sigte på betonkonstruktioner i håndværksmæssigt opførte huse og dækker derfor ikke problemer fra det industrialiserede byggeri.

Historie

Portlandcementen

Cement er et meget gammelt byggemateriale. Vi ved, at Romerne kendte til at blande brændt kalk med vulkansk aske hvorved de fik en 'cement', der ved tilsætning af vand hærdede meget hurtigt og hærdet op. Romerne døbte denne særlige 'vandhærdende' mørtel for "Opus Caedimentissium" efter caedimentum = stenagtig, senere, på vore breddegrader kaldt cement. Da 'cement' i dag er mange ting, skelner man her mellem Romersk Cement og Portland Cement.

Betegnelsen romancement blev i 1796 patenteret i England som brænding af en naturligt forekommende kalk og lerblanding. Portlandcementen, der er forløberen for den nutidige cement, blev opfundet i 1824 af englænderen Joseph Aspdin. Han blandede lige dele kalk og ler, brændte blandingen i en almindelig kalkovn og malede den til et fint pulver. Portlandcement fik sit navn, fordi den ligner den naturligt forekommende Portlandsandsten i farven.



Den meget elegante jernbetonbro, der fra Gefion Springvandet fører hen over den tidligere vejforbindelse til Københavns Frihavn, blev udført i 1894 efter tegninger af professor A. Ostfeld. Broen består af et jernbetondæk, dvs. et betondæk med indstøbte, tynde jernstænger.

I 1844 opdagede englænderen Isaac Charles Johnson, at hvis man brændte en kalk-ler-slam ved en højere temperatur, end man hidtil havde benyttet, fik man efter formaling en cement, der gav en meget stærkere beton. Denne fremgangsmåde benyttes stort set også i dag ved fremstilling af Portlandcement.

Betonkonstruktionernes historie i Danmark starter for alvor med opførelsen af søfortet Prøvestenen ved København i perioden 1859-63 samt med støbningen af krudtmagasiner og blokhusfundamenter i skanserne ved Dybbøl i begyndelsen af 1860'erne og Trekroner i 1864.

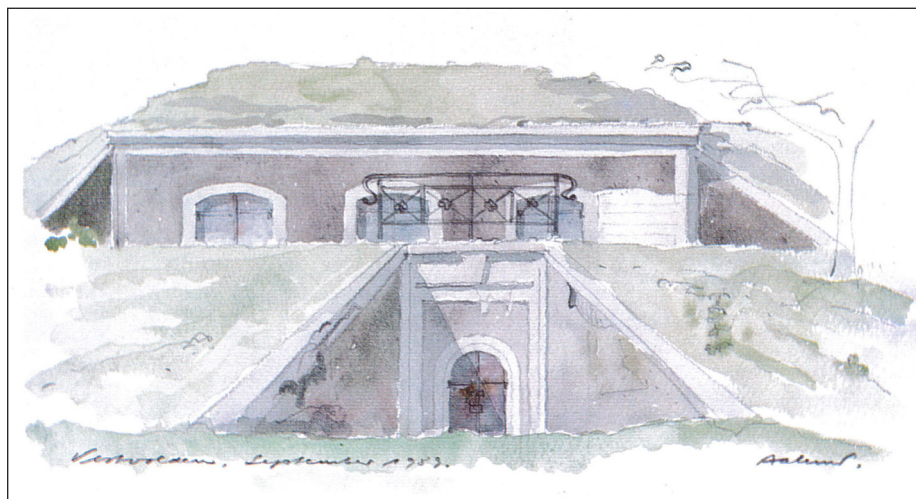
Cementen til Prøvestenen blev dels fremstillet på Fredens Mølle på Amager, dels importeret fra Tyskland og England. I 1868 blev cementfabrikken Hertha ved Ringsted oprettet, og få år efter kom fabrikker i Rødvig, ved Mariager, og fra 1891 omkring Aalborg, hvor al dansk cementproduktion har været samlet siden 1975.

De første betonkonstruktioner til husbygning var uarmerede. Ved etageadskillelser blev betonen udstøbt imellem bærende jernbjælker, men ved opførelsen af Statens Museum for Kunst i begyndelsen af 1890'erne blev anvendt jernbetondæk, dvs. et betondæk med indstøbte, tynde jernstænger. Jernstængerne / armeringen optager trækket, og betonen trykkes i dækket. Den meget elegante jernbetonbro, der fra Gefion Springvandet fører hen over den tidligere vejforbindelse til Københavns Frihavn, blev udført efter denne metode i 1894 efter tegninger af professor A. Ostfeld. I samme periode begyndte anvendelsen af beton for alvor at tage fat i bolig- og erhvervsbyggeriet bl.a. til etageadskillelser, karnapper, altaner m.m.

Faresignaler

Regelmæssigt eftersyn

Betonkonstruktioner i form af udkragede altaner, overliggere for hjørnevinduer i funkishuse eller andre bærende



Krudtmagasinet, Vestvolden ved København. Fra: Befæstningsanlæg i Danmark 1858-1945. Miljøministeriet 1990. Akvarel: Flemming Aalund.

betondele i husets konstruktion behøver ikke at give særlige problemer. Ved regelmæssig eftersyn og vedligehold kan disse ofte meget markante bygningsdele holdes i god stand for begrænsede omkostninger.

Som ejer eller bruger af et bevaringsværdigt hus, der indeholder betonkonstruktioner, er der dog en række faresignaler, man bør være opmærksom på:

- Afsprængning af beton
- Revnedannelser
- Rustudfældninger
- Gennemsvivning af vand

Hvis man konstaterer et eller flere af ovennævnte faresignaler, bør der gennemføres en byggeteknisk undersøgelse. Undersøgelsen skal udføres af en rådgivende ingeniør eller anden byggetekniker med særlig indsigt i betonkonstruktioner.

Byggeteknisk undersøgelse

Ved en byggeteknisk undersøgelse af betonkonstruktioner udføres først en besigtigelse af skaderne. Det første og

altafgørende spørgsmål er, om konstruktionens sikkerhed er i orden. Hvis dette ikke er tilfældet, må man naturligvis straks foretage en afspærring og enten afstive eller nedtage den svækkede bygningsdel. Vurderer man, at den skadede konstruktion kan repareres, går man videre til en mere systematisk undersøgelse og registrering af skaden.



God vedligeholdelse og bibeholdt karnap.

Faste punkter er registrering af:

- Revnedannelser, hvor der kan være tale om enkeltrevner med et klart markeret forløb, og netrevner med et mønster, der ligner et trådnæt, ses lettest, når betonen stadig er fugtig, men selve overfladen lige netop er blevet tør.
- Rust og korrosion, hvor der viser sig rustpletter eller afsprængninger på grund af rustdannelse på jerndelev ved afskalninger og/eller springere. Ved afskalning falder sammenhængende stykker af betonoverfladen af i flager, typisk 510 mm tykke, og ofte således at sten i betonen helt eller delvis fritlægges. Springere er en afsprængning som følge af, at porøse sten i betonen er ekspanderet med et kegleformet hul til følge.
- Forvitring, hvor overfladen omdannes til pulver og småstykker af sand og sten.
- Gennemsvivning, hvor der på undersiden af betonen evt. afsættes



Dårlig vedligeholdelse og skæmmende ar efter en tidligere karnap.

hvidlige udfældninger, der kan blive til drypsten.

- Begroninger i form af lav, mos, alger, vedbend, m.m. på betonen
- Defekte fuger, hvor fugematerialet (mørtel, fugemasse) mangler eller ikke slutter tæt.
- Delaminering, hvor betonen har dybereliggende revner parallelle med overfladen. Dette kan konstateres ved lette slag med en hammer. Sund beton vil klinge lidt i retning af slag på en ambolt, medens delamineret beton er mere dødt lidt i retning af slag på en tyk bog.

For at gøre registreringen mere systematisk kan man benytte et skema, hvor man ud for hver konstruktionsdel noterer, hvor alvorlig tilstanden er. Til denne karaktergivning bruges ofte en skala gående fra 1, der betyder en lille, næsten usynlig skade, over 2 til 3 der angiver en stor, tydelig skade. Hvis der ingen skade er noteres dette også på skemaet som tegn på, at konstruktionsdelen er eftersat. Skemaet skal normalt suppleres med tegninger, og det er en god idé at fotografere nogle af detaljerne ved hver gennemgang.

Skemaet kan i øvrigt også med fordel bruges til løbende eftersyn af alle slags konstruktioner. Hvis man med jævne mellemrum efterser bygningen med skemaet som hjælp, kan man i tide få afsløret og udbedret mindre skader, inden de når at udvikle sig. Skemaet bør revideres ved hvert eftersyn.

Skadeårsager

Den oftest forekommende skadeårsag i forbindelse med betonkonstruktioner er vand specielt i forbindelse med:

- Manglende vandaflledning på overfladen.
- Utætte samlinger, fuger, støbefejl i overfladen og støbeskel
- Revner
- Frost og brug af tøsalt

Det er vigtigt at vand hurtigt ledes bort fra betonoverfladen. Vandmættet beton kan være i fare for kemisk nedbrydning og for frostskafer. Når vand fryser, fylder isen ca. 9 % mere end vandet, og trykket fra iskrystallerne kan blive så stort, at betonen revner og smuldrer.

Hvis beton desuden er blevet saltet for at fjerne is, forstærkes de skader, som frysning af det rene vand har forårsaget. Beton, der ellers i mange år har kunnet tåle frost, kan i nogle tilfælde blive ødelagt på få år, hvis der benyttes tøsalt.

Detailundersøgelse af beton

Prøveophugning

En meget vigtig undersøgelse af betonen foretages ved en ophugning, hvor man dels kan undersøge armeringens placering og tilstand, dels under hugningen får en fornemmelse af betonens kvalitet. Armeringsjern og indstøbte jernbjælker viser sig ofte at ligge en del anderledes end forventet.

Ophugninger kan ved mere komplicerede undersøgelser suppleres ved at udbore betonkerner, der dels afslører revner eller andre skader i dybden, dels kan danne grundlag for laboratorieundersøgelser af betonen.

Bestemmelsen af karbonatisering

Når beton udsættes for luftens kuldioxid, sker der en kemisk proces kaldet karbonatisering. Når betonen er kar-

bonatiseret omkring armeringen, vil der indtræde rustskader, hvis der er tilstrækkeligt med fugt tilstede, mens ukarboniseret beton beskytter armeringen. Brug af tøsalt, selv i små mængder, kan ødelægge denne beskyttelse.

Karbonatisering starter på overfladen og langs med revner og kan ved porøs eller fugtig beton ske med en hastighed på ca. 12 mm i dybden om året, men ved tæt eller tør beton kan karboniseringshastigheden være så lille som få mm på 100 år. De nævnte undersøgelser er meget simple, men vil i mange tilfælde være tilstrækkelige til at danne baggrund for et udbedringsforslag.

Supplerende undersøgelse

I mere komplicerede tilfælde og i tilfælde, hvor betonen har været tøsaltet, kan der være behov for at udføre supplerende undersøgelser i form af bl. a.: -dæklagsmålinger, hvor det betonlag der dækker arme-



Prøveophugning i en betonkonstruktion, hvor man hugger ind til de bærende jern, der forventes at være inde i betonen. Her kan man konstatere rust eller tæring og konstatere betonens tæthed.



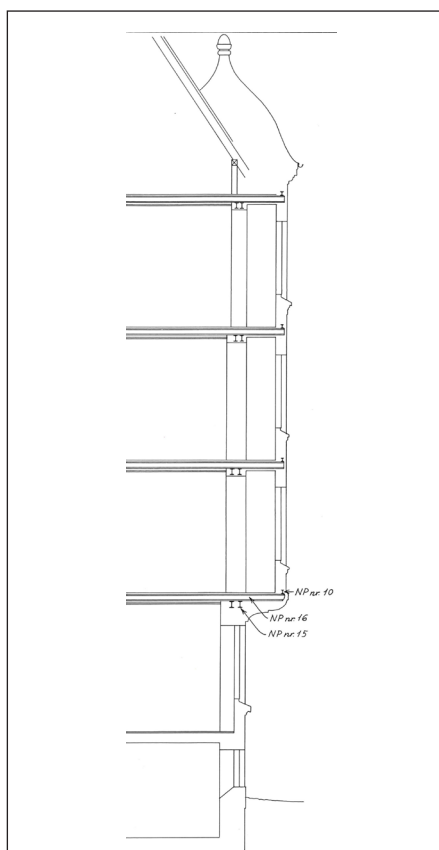
Man kan kontrollere, i hvor høj grad beton er karboniseret ved at påføre en væske, der hedder fenolphthalin (1 % opløsning) på en friskhugget fugtig betonoverflade eller i et nyboret hul. Ukarboniseret beton, der stadig beskytter jernet mod rust, bliver farvet kraftigt rødviolet, mens karboniseret beton ikke farves af fenolphthalin.



Indstøbte I-jern i altandæk, der hviler på betonkonsoller. Der er i dette tilfælde sivet vand igennem betondækket og ned til jernbjælken, der tydeligt ses lige i midten, med rustsprængning til følge. Skaden udbedres med rustbeskyttelse – typen afhænger af, hvor tykt et lag reparationsmørtel, der skal tilføres. Hvis det er under 20 mm tykt kan der evt. benyttes ikke-opløsning epoxy til rustbeskyttelse. Foto: Anne Lindegaard



I karnapper og altaner vil det normalt være jernbjælker, der bærer vinkelret på facaden, og betonen der bærer parallelt med facaden. Betonen skal beskytte jernbjælkerne og skal derfor være tæt. Her er altanen fjernet, så I-jernene, der normalt bærer altandækket, fremstår synlige. Foto: Anne Lindegaard



Snit i typisk karnapkonstruktion

ringen, måles ved hjælp af et minesøgerlignende instrument.

Resultatet sammenholdes med undersøgelse af betonens karbonisering for at afgøre, om armeringen stadig kan regnes for rustbeskyttet -bestemmelse af saltindhold (chlorider), idet forhøjet saltindhold dels fremmer nedbrydningen af betonen, dels kan forårsage tæring i armeringen, uden at der samtidig behøver at vise sig rustafsprængninger. Salte kommer normalt fra brug af tøsalt, men kan være blandet i betonen, f.eks. ved brug af uvasket grus fra havbunden

- Mikroskopisk undersøgelse (strukturel analyse) af udtagne borekerner
- Styrkeprøvning

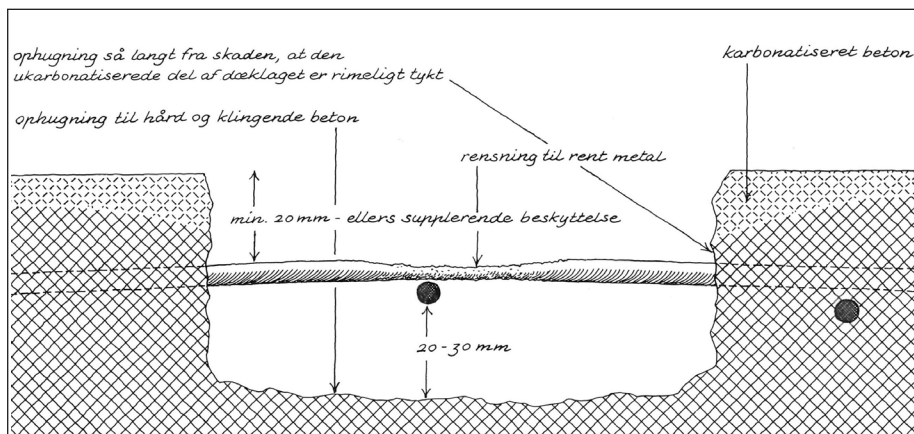
Reparation

Et støbeskel er ofte det svageste led i en betonkonstruktion. Når man

skal reparere, er det meget vigtigt at udføre gode og holdbare støbeskel ved overgangen mellem gammel beton og ny reparationsmørtel eller beton. For at sikre en god vedhæftning er det afgørende, at ophugning og afrensning af den gamle beton bliver udført meget omhyggeligt. Reparation af betonkonstruktioner kræver viden og erfaring, og det er absolut anbefalelsesværdigt at lade den kyndige rådgiver, der har udført undersøgelsen, forestå de nødvendige reparationer.

Ophugning

Ophugning afsluttes med kanter, der er stort set vinkelrette på overfladen, og der skal hugges til hård og klinkende beton. Jern med rustangreb skal blottes til alle sider, indtil der viser sig rent jern uden rust. Samtidig bør ophugningen udføres så dyb, at der bliver 2030 mm frit under jernet for at sikre en god omstøbning. Jern i udsatte, fugtige betonkonstruktioner må ikke efterlades i karboniseret eller saltholdig beton uden særlig beskyttelse.



Ophugning for reparation af armeret beton afsluttes med lodrette kanter i den ukarboniserede del af dæklaget. Der skal være min. 20 mm fra armeringsjernet til ydersiden af betonen, hvis man vil undgå rustbeskyttelse med f.eks. epoxy.

Rensning

Rensningen af udhuggede betonflader og fritlagt jern deles normalt i to: bearbejdning og rengøring. Bearbejdningen kan være sandblæsning, højtryksspuling eller lignende. Sandblæsning er oftest det mest effektive, men valg af metode må altid tilpasses den enkelte opgave. Hvis jernet er tæret på grund af salte i betonen, skal det afrenses særligt omhyggeligt. Evt. udskiftes eller suppleres skadede armeringsjern. Rengøring for støv, betonflager og rustpartikler sker ved afkostning, blæsning med trykluft eller støvsugning. Fladerne skal være helt støvfrie, og jern skal være rensset til rent metal.

Forvanding

Betonen på reparationsstedet skal være fugtmættet, men tør på overfladen, umiddelbart inden reparationsmørtelen påføres. Udendørs betonkonstruktioner vil ofte være tilstrækkeligt våde til, at en let fugtning af overfladen er tilstrækkelig.

Beskyttelse af jern

Hvis reparationen ikke sikrer et beton eller mørteldæklag på mere end 20 mm over jernet, bør der udføres

supplerende beskyttelse. Dette kan f.eks. udføres ved at smøre jernet med opløsningsfri epoxy. Der henvises til producenternes anvisninger og Arbejds miljølovens bestemmelser. Supplerende beskyttelse af jern med f.eks. opløsningsfri epoxy bør kun foreskrives efter nøje undersøgelse af konstruktionen. Hvis jernet generelt har for lille dæklag, kan partielle reparationer medføre øget nedbrydning ved overgangen til urørt beton.

Reparationsbeton og mørtel

Ved valg af reparationsmaterialer skal man først gøre sig klart, hvilke påvirkninger reparationen vil blive udsat for i fremtiden. Samtidig skal man tage højde for, om de materialer man vælger, kan arbejde sammen med den eksisterende konstruktion. Et reparationsmateriale vil nemlig altid være et kompromis mellem flere ønskværdige egenskaber, der delvist kan udelukke hinanden, og derfor er det vigtigt, at man vælger en type, der nøje svarer til ens behov. Ved mindre reparationsopgaver kan det normalt anbefales at benytte færdigfremstillede produkter, f.eks. i form af samlede reparationssystemer.

Ved et reparationssystem forstås en samling af materialer fra samme producent. Systemet indeholder de nødvendige materialer til reparation og vedligeholdelse af beton, og producenten har sikret, at materialerne indbyrdes kan arbejde sammen. Producentens anvisninger skal tydeligt fortælle om produktets anvendelsesområde, helst med præcisering af fordele og ulemper, og selve fremgangsmåden skal være nøje beskrevet.

Efterbehandling

Reparationer med beton og cementbaserede reparationsmørtler skal beskyttes mod udtørring og mod frost, mens de hærdner. Reparationen bør være afdækket i mindst 1 uge, men man skal samtidig være opmærksom på, at de første timer efter udstøbningen er de mest kritiske.

Beskyttelse mod udtørring er især vigtigt, når der er valgt lave vand/cementtal (forholdet mellem vand og cement), hvor alt vandet er nødvendigt, for at de kemiske reaktioner, der foregår ved betonens hærdning, kan forløbe tilfredsstillende.

Den nødvendige fugtighed i hærdningsperioden kan sikres ved tildæk-



I karnapper og altaner vil det normalt være jernbjælker, der bærer vinkelret på facaden, og betonen der bærer parallelt med facaden. Betonen skal beskytte jernbjælkerne og skal derfor være tæt. Her er altanen fjernet, så I-jernene, der normalt bærer altandækket, fremstår synlige.

Foto: Anne Lindegaard

ning med plastfolie, ved anvendelse af forseglingsmembran, eller ved at man vander betonoverfladen. Beskyttelse mod frysning bør normalt være en ekstraordinær foranstaltning, idet udendørs reparationsopgaver bør udføres udenfor vinterperioden.

Ved anvendelsen af epoxyprodukter til armeringsbeskyttelse skal temperaturen normalt være minimum +10 grader C.

Hvis der skal udføres reparationer ved lave temperaturer, kan der vælges specialmørtler, eller man kan udføre vinterforanstaltninger i form af varmetilførsel og afdækning med isolering.

LITTERATUR OG LINKS

Litteratur

Betonbogen og heri angivet litteratur.
SBI, Beton 1 6 Aalborg Portland,
Københavnsk etageboligbyggeri 1850
1900. En byggeteknisk undersøgelse.
SBI. Rapport 142, Jesper Engelmark,
arkitekt m.a.a.

Link

www.danskbyggeskik.dk/pdf/get.action?pdf.id=188

Vejledning i metoder til undersøgelse af betonkonstruktioner - altangange, BPS publikation nr. 56.. Juni 1987.

KOLOFON

Titel

Betonkonstruktioner i muret byggeri

Oplæg

Akademiingeniør Jens Brendstrup og
Civilingeniør, lic.tekn. Carl de For-
nenay, Cowiconsult.

Illustrationer: Arkitekt Jens Christian
Varming

Fotos: 4 stk. hentet fra SBI-pjecen:
Beton 3. Hvor intet andet er nævnt,
er de øvrige er taget af fotograf Jens
Frederiksen

Opdateret

Juni 2012 Søren Vadstrup/ arkitekt
m.a.a., Center for Bygningsbevaring

Yderligere oplysninger

Kulturstyrelsen
H.C. Andersens Boulevard 2
1553 København V
Telefon 33 73 33 73