

BO-VEST. Afd. 10 Hyldebjergvej

Tekniske Forundersøgelser

Trin 1

Betonundersøgelse - Bilag 3 til
Tilstandsundersøgelse

November 2010

BO-VEST. Afd. 10 Hyldebjerg

Tekniske Forundersøgelser

Trin 1

Betonundersøgelse - Bilag 3 til
Tilstandsundersøgelse

November 2010

Dokument nr. P-70937-A-03
Revision nr. 00
Udgivelsesdato 23.11.2010
Udarbejdet Ole Stentebjerg - OLST
Kontrolleret MV /
Godkendt MHR /

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	2
2	Sammenfatning	3
3	Tilstandsundersøgelse	4
3.1	Generelt	4
3.2	Inspektion	4
3.3	Måling af karbonatisering og dæklag	6
3.4	Måling af kloridindhold	7
3.5	Strukturanalyse	8
3.6	Andre undersøgelser	9
4	Tilstandsvurdering	10
4.1	Funktion og miljø	10
4.2	Nedbrydning og skader	10
4.3	Tilstand	10
5	Bilag	13
5.1	Registrering af skader	13
5.2	Strukturanalyse og kloridanalyser	13
5.3	Foto	13

1 Indledning

COWI har udført undersøgelser af betonkonstruktioner som beskrevet i "Tekniske forundersøgelser - Trin 1".

Undersøgelsen omfatter følgende bygningsdele:

- Facadeelementer
- Portelementer
- Trapper

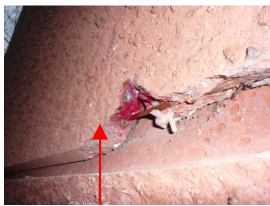
Der er foretaget følgende undersøgelser:

- Inspektion
- Måling af karbonatisering og dæklag
- Måling af kloridindhold på trapper
- Laboratorieundersøgelser af udborede betonekerner.

Undersøgelsen blev udført i perioden 25.-26. november 2009.

Undersøgelsen er suppleret med udhugninger i betonelementer og udboring af betonekerner den 10. og 14. december 2009.

2 Sammenfatning



Underside af element

Ved undersøgelsen blev der fundet væsentlige betonskader på følgende bygningsdele:

- Facadeelementers underside i den tynde del (tåen)
- Facadeelementundersider i hjørner
- De blå elementer ved portgennemgange.
- Trapper

Skaderne på facadeelementernes tynde del (tåen) skyldes, at det ikke har været muligt at placere armeringen i den tynde del med tilstrækkeligt dæklag. Da den tynde del yderligere ikke er udstøbt optimalt, rustner armeringen og skyder betonen af.

I nogle af facadeelementernes hjørner er der sket afskalning af stykker på op til 100 x 100 mm. Ved ophugning kunne det konstateres, at udstøbningen var så dårlig, at der var direkte adgang ind til armeringen, der var rusten.

De blå elementer ved portgennemgange har især på forsiden ud mod gaden netrevner forårsaget af alkali-kiselreaktioner i betonen. Alkali-kisel kan stoppes ved at fjerne vandpåvirkningen af betonen, f.eks. vil en overfladebehandling af de blå elementer kunne mindske udviklingen af revnerne.

Skaderne på trapperne er dels forårsaget af klorider fra tøsalt og dels af armering med for lille dæklag. Det vurderes, at kloriderne i øverste repos findes i hele pladens dybde og derfor enkelte steder har forårsaget afsprængning af dæklag. Kloridprøver i underliggende konsol viser, at der er klorider i denne, men ikke endnu i højt niveau. Med tiden vil kloridindholdet i den bærende konsol vokse og forårsage rustangreb på armeringen. Normalt vil man fjerne al kloridificeret beton ned til en bestemt kritisk værdi, men da reposen er meget tynd, vil den mest optimale løsning være at forny hele trappen og genanvende den bærende konsol under forudsætning af, at kloridindholdet er på et acceptabelt niveau.

Det anbefales at udføre reparationerne inden for ca. 5 år.

3 Tilstandsundersøgelse

3.1 Generelt

Undersøgelserne er opdelt i 3 etaper. 1. besigtigelse blev udført den 25. november. 2. besigtigelse den 26. november og 3. besigtigelse den 10.-14. december.

Ved 1. besigtigelse blev 3 huse besigtiget både inde og ude. Ved 2. besigtigelse blev alle huse besigtiget fra terræn i Væverlængen, Bryggerlængen, Mesterlængen, Hjortelængen og dele af Storetorv.

3. besigtigelse udførtes i samarbejde med en entreprenør, der kunne udtage borekerner og ophugge i betonen.

3.1.1 Omfang

Betonundersøgelserne omfatter alle betonkonstruktioner. Da en indledende, overordnede besigtigelse kun viste synlige skader i bund og hjørne af facadeelementer og på trapper samt netrevner på blå betonelementer, er der især fokuseret på disse.

3.1.2 Program

Betonundersøgelsen er en del af en større undersøgelse af Hyldebjergvej's huse.

3.1.3 Identifikation af konstruktionsdele

Husene benævnes med deres postadresser.

3.2 Inspektion

3.2.1 Grundlag

Inspektionen af betonkonstruktionerne er generelt udført i henhold til "Eftersyn af beton" Beton 3 - Statens Byggeforskningsinstitut 1984.

De observerede skader er beskrevet med skadetype.

Skadetyper

Der er observeret følgende skadetyper:

- Enkeltrevner
- Netrevner
- Armeringskorrosion
- Afskalninger

Enkeltrevner

Enkeltrevner kan forekomme overalt på betonoverfladerne. Revnerne kan have forskellig orientering, længde og bredde afhængigt af revnernes dannelse.

Netrevner

Netrevner er grupper af revner enten parallelle eller i et netmønster.

Armeringskorrosion

Armeringskorrosion forekommer, hvor armeringen ikke er beskyttet af betonen. Armeringskorrosion vil normalt føre til afskalning af betondæklaget.

Afskalninger

Afskalninger er områder, hvor beton i overfladen er faldet af eller er lige ved at falde af normalt som følge af armeringskorrosion.

Skadegrad

Skadegraden er angivet ved følgende:

- 1: Lille næsten usynlig skade
Revner under 0,2 mm
- 2: Skader mellem grad 1 og 3
Revner mellem 0,2 og 1,0 mm
- 3: Stor tydelig skade
Revner over 1,0 mm

Skader med skadegrad 1 vil normalt ikke kræve reparation. Årsagen til skaden bør undersøges med henblik på senere opfølgning i form af overvågning, beskyttelse eller reparation.

Skader med skadegrad 2 er ikke umiddelbart alvorlige, men kan kræve reparation.

Skader med skadegrad 3 er alvorlige og vil normalt kræve reparation. Skader, der medfører svækkelse af konstruktionens bæreevne, er særligt alvorlige.

De observerede skader er registreret i skaderegistreringskemaer.

3.2.2 Omfang

Undersøgelsen har omfattet følgende bygningsdele:

- Facadeelementer
- Portelementer
- Trapper

3.2.3 Resultat

De observerede skader er angivet på skaderegistreringsskemaer. Omfanget af de observerede skader er:

Bygningsdel: Konstaterede skader på 39 huse			
Skadetype	Skadegrad 1 Antal	Skadegrad 2 Antal	Skadegrad 3 Antal
Enkeltrevner i røde og blå elementer, stk. elementer.	1		
Netrevner i portelementer, blå elementer, stk. elementer.		5	
Afskalninger, skader i bund af elementer og hjørneskader med armeringskorrosion, stk. skader			10
Afskalninger på trapper med armeringskorrosion, stk. skader.	1	6	4

3.3 Måling af karbonatisering og dæklag

3.3.1 Grundlag

Betonens karbonatisering måles ved at sprøjte en indikatorvæske på en frisk brudflade. Som indikatorvæske bruges phenolftalein, som er farveløs ved en pH værdi under 9,2 i en karbonatiseret beton, mens den bliver rødviolet i ikke karbonatiseret beton.

Betondæklaget på armeringen måles enten direkte på betonkerner og ophugninger eller ved brug af covermeter.

3.3.2 Omfang

Der er udført måling af karboniseringsdybde på alle udtagne borekerner samt i de områder, hvor der er taget prøver til bestemmelse af kloridindholdet i betonen.

Der er målt betondæklag på armeringen i alle områder, hvor der er udført måling af karboniseringsdybde.

3.3.3 Resultat

De målte karboniseringsdybder er vist i følgende tabel:

Bygningsdel:	
Prøve	Karboniseringsdybde mm
Facadeelementer udvendig/ indvendig	3 - 5/ 7 - 10
Blå portelementer/ flader	3 - 7

3.3.4 Resultat

De målte betondæklag på armeringen er vist i følgende tabel:

Bygningsdel: facadeelementer og trapper	
Prøve	Betondæklag mm
Facadeelementer, forplade	30 - 40
Facadeelementer, skørt/tå i bund	20 - 35
Da tåen kun er 40 mm bred er der højst 20 mm dæklag, hvis armeringen er placeret midt i tåen.	
Trapper, underside af løb	22 - 28
Repos ud for indgangsdør	40 mm, midt i plade
Blå portsøjler	22 - 30

3.4 Måling af kloridindhold

3.4.1 Grundlag

Der er taget prøver af betonen ved udboring af borestøv i 6 huller i forskellige dybder fra overfladen.

Indholdet af klorid i borestøvet analyseres ved Volhard titrering i henhold til DS 423.28.

3.4.2 Omfang

Der er udtaget prøver til bestemmelse af kloridindholdet i betonen på adgangs-trapper

3.4.3 Resultat

Det målte kloridindhold er vist i følgende skema.

Bygningsdel:			
Prøve nr.	Position	Dybde mm	Kloridindhold % Cl ⁻ af betonvægten
1	Bryggerlængen 12, overside trapperepos	20/40	0,10/0,10
2	Bryggerlængen 12, konsol under repos	20/40	0,03/0,02
3	Mesterslippen 6, overside repos	20/40	0,10/0,09

3.5 Strukturanalyse

3.5.1 Grundlag

Der er udført en makro- og mikrostrukturanalyse på laboratorium i henhold til retningslinier i følgende dokumenter:

- ASTM C 856 "Petrographic Examination of Hardened Concrete" (Bilag 16/1)
- "Strukturanalyse af beton", Beton-Teknik 4/07/1985 (Bilag 16/2)
- SNV 640 461 "Richtlinien zur Bestimmung und Prüfung der Frosttausaltzbeständigkeit von Zementbeton", 1977, Schweiz (Bilag 16/3).
- "Concrete Petrography: A Handbook of Investigative Techniques"

3.5.2 Resultat

Analysens resultat er rapporteret af laboratoriet i rapporten "Undersøgelse af borekerner og pulverprøver af 8. januar 2009". Rapporten er vedlagt som bilag 5.2.

3.6 Andre undersøgelser

For at kontrollere forpladens fastgørelse til den bagvedliggende betonplade i facadeelementerne, er der frihugget et areal på ca. 400 mm x 500 mm ca. midt på et facadeelement for at blottlægge forbindelsesarmeringen. Der blev frihugget på adressen Storetorv 4 i haven.

Det kunne konstateres, at forbindelsesarmeringen er et Ø10 mm rundjern i rustfri udførelse. Disse er ifølge beskrivelse placeret i et net på 600 mm x 600 mm.

Der er i enkelte huse en stor lodret revne i fugen mellem elementerne. Denne fuge har i en lejlighed været så stor, at der var åbent ud til. Vi har undersøgt 2 fuger med covermeter (dæklagsmåler) og kunnet konstatere, at der ikke er armeret i fugen. Det var ikke dengang ualmindeligt at udføre sådanne fuger uarmerede, og hvis der ikke er udstøbt fuldstændigt i fugen, kan der komme bevægelser med revner til følge.

4 Tilstandsvurdering

4.1 Funktion og miljø

4.1.1 Funktion og brug

Trapperne udgør adgangsvejen til de øverste boliger. De røde facadeelementer udgør klimaskærm til udvendig. De blå portelementer bærer ovenstående facade og ca. halvdelen af gulvet i overliggende lejlighed.

4.1.2 Miljø og belastning

Trapperne kan være udsat for tøsalt. Facader og portelementer er udsat for almindeligt udendørs klima.

4.2 Nedbrydning og skader

Der er fundet skader på både facadeelementer, blå portelementer/blå elementer og trapper. På facadeelementerne er skaderne koncentreret omkring nederste del af elementet og i hjørner. Skaderne er opstået på grund af karbonatisering, der har afsprængt dæklag. De blå elementer er udstøbt med alkalireaktive korn, der bevirker, at overfladen fremstår med netrevner - dette er værst i de blå søjler ved portene.

Kloridprøver på trapperne viser, at de indeholder klorider i en mængde, der sandsynliggør skader. Der er konstateret afsprængninger over rusten armering.

4.3 Tilstand

4.3.1 Nuværende tilstand

Betonens generelle tilstand

Betonens generelle tilstand er god og fremstår generelt som velkomprimeret. Skaderne opstår, hvor armeringen ligger for yderligt, eller hvor udstøbning af betonen ikke har været optimal.

Skader som følge af karbonatisering

Beton udsat for atmosfærisk luft vil karbonatisere. Karbonatiseringen er en kemisk proces mellem luftens kuldioxid og cementens hydratiseringsprodukter. Når betonen er karbonatiseret, ændres porevæskens pH-værdi fra mere end 12,5 til neutralt niveau på 7,0. Dette medfører, at betonens rustbeskyttende egenskaber på indstøbt armering ophører, og armeringen vil kunne ruste.

Karbonatiseringshastigheden for en bestemt betontype afhænger af luftens kuldioxidkoncentration, temperaturen og den relative fugtighed. Karbonatiseringsprocessen vil forløbe som en funktion af kvadratroden af tiden.

Karbonatiseringen i facadeelementernes beton er kun sket i de yderste 0 - 10 mm, og da armeringen i elementerne ligger 20 - 30 mm inde i betonen, er armeringen omgivet af ukarboniseret beton. Hvor armeringen ligger yderligt, kan denne blive angrebet af rust fra 10 mm fra overfladen.

På facadeelementerne er disse skader i bunden af elementerne, hvor den nederste tynde del er afskallet, og hvor udstøbningen har været dårlig, eller hvor armeringen er placeret i yderkanten i enten forkant eller bagside.

I specielt nederste hjørne på flere elementer er der sket afskalning af de yderste 100 - 150 mm. Ved ophugning på en skade kunne det konstateres, at der var tale om en meget dårlig udstøbning, hvor betonen ikke var vibreret på plads, der var opstået en stenrede, hvorigennem luft og vand har haft direkte adgang til det indstøbte rundjern. Rust på armeringen og frost-tø passager bevirker, at hjørner skydes af.

På undersiden af trappeløb er karbonatiseringen målt til 20-28 mm, og der er også her truffet armering, der er placeret så yderligt, at det ligger placeret i karboniseret beton.

Skader som følge af højt kloridindhold

Kloridioner i betonens porevæske kan ophæve armeringens passivfilm og medføre korrosion af armeringen.

Risikoen for korrosion i armeringen som følge af klorid i betonen vurderes som følgende:

Kloridindhold Cl^- i vægtprocent af beton	Sandsynlighed for korrosion i armeringsjern
< 0,05	Lav sandsynlighed
0,05 - 0,13	Nogen sandsynlighed
> 0,13	Stor sandsynlighed

Der er fundet kloridkoncentrationer på 0,10 Cl^- i vægtprocent af beton på trapper. Dette viser, at trapperne er blevet saltet, og at klorider er trængt ind i betonen i hvert fald til en dybde af 40 mm. Det er derfor sandsynligt, at armeringen i trappeløb vil blive angrebet af rust. Det kan flere steder ses, at armeringen er påvirket af klorider.

Skader som følge af armeringskorrosion

Korrosion i armeringen medfører afsprængning af betondæklaget og reduktion af det aktive betontværsnit.

Der er ikke konstateret korrosion på bærende konstruktioner.

Andre skader

Skader på blå portelelementer og blå facadeelementer.

De konstaterede netrevner og revner i både søjler og bjælker skyldes alkali-kisel reaktioner i betonen fra de anvendte flintkorn i tilslaget. Ved alkali-kisel reaktioner reagerer alkalireaktive korn i betonens tilslag med alkaliforbindelser i porevæsken, herved ekspanderer kornene og bevirker revnedannelser. Netrevner opstår, når ekspansionen går i alle retninger. Netrevnerne er udbredte på de blå portelelementer. Ved ophugning af armering ca. 10 cm fra udtaget kerne er der ikke konstateret nævneværdig rust på armeringen. Der er ikke konstateret lignende skader på de røde facadeelementer.

4.3.2 Forventet udvikling

De konstaterede skader på facadeelementerne forekommer allerede på ca. 30% af husene. Det må forventes, at disse skader fortsætter på alle steder, hvor hjørner og/eller den nederste tynde del på facadeelementerne er dårligt udstøbt. De steder, hvor hjørne og nederste del er rigtigt udstøbt, og armeringen er placeret korrekt, vil holde i mange år endnu.

De blå elementer og specielt portelementerne er angrebet af alkali-kisel reaktioner (AKR). Disse reaktioner fortsætter så længe, der er vand til stede, så hvis der ikke træffes foranstaltninger for at holde vand væk fra betonen, fortsætter revneudviklingen. Armeringen ser ikke ud til at være skadet, men efterhånden som der bliver yderligere åbnet ind til armeringen, vil denne begynde at korrodere.

Trapperne må forventes at få øgede afskalninger på grund af klorid fra tørsaltbekæmpelse. Flere steder kan det tydeligt ses, at klorider er trængt ned til armeringen, hvor de forårsager afskalninger på grund af rust i armeringen.

5 Bilag

5.1 Registrering af skader

5.2 Strukturanalyse og kloridanalyser

5.3 Foto