

Aalborg Universitet



## Udstyr til Tilstandsvurdering af Betonkonstruktioner

Jensen, Jens Kristian Jehrbo

*Publication date:*  
1991

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*

Jensen, J. K. J. (1991). *Udstyr til Tilstandsvurdering af Betonkonstruktioner*. Institut for Bygningsteknik, Aalborg Universitet. U / Inst. for Bygningsteknik, Aalborg Universitet Nr. 9104

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

---

# INSTITUTTET FOR BYGNINGSTEKNIK

DEPT. OF BUILDING TECHNOLOGY AND STRUCTURAL ENGINEERING  
AALBORG UNIVERSITETSCENTER • AUC • AALBORG • DANMARK

---

---

J. K. JEHRBO JENSEN

UDSTYR TIL TILSTANDSVURDERING AF BETONKONSTRUKTIONER  
JULI 1991

ISSN 0902-8005 U9104

---

**UDSTYR TIL**

**TILSTANDSVURDERING AF**

**BETONKONSTRUKTIONER**

## **FORORD**

Ved Institutet for Bygningsteknik er der anskaffet udstyr til tilstandsvurdering af betonkonstruktioner. Udstyret består af flere enkelte apparater, som kan anvendes til undersøgelser på en konstruktion. Dette skrift indeholder en beskrivelse af de enkelte dele med en kort vejledning i brugen af dem. Forfatteren vil være den ansvarlige for dette udstyr.

Udstyret er i hovedsagen anskaffet ved en bevilling fra det teknisk-naturvidenskabelige fakultet ved Aalborg Universitetscenter, hvortil der skal lyde en hjertelig tak.

August 1991

Jens Kr. Jehrbo Jensen

## UDSTYR TIL TILSTANDSVURDERING AF BETON

Laboratoriet for Bygningsmateriallære ved Institutet for Bygningsteknik, Aalborg Universitetscenter er i besiddelse af et omfattende udstyr, som er egnet til formålet:

### **Undersøgelse af betonkonstruktioner med henblik på at vurdere konstruktionens holdbarhed**

I forbindelse med undersøgelser af betonkonstruktioner for eventuelle skader og skadesomfang er det nødvendigt at råde over udstyr, som tillader at drage flere og bedre konklusioner om konstruktionens tilstand.

I første omgang er man interesseret i at få et første visuelt billede af selve konstruktionen herunder en udpegning af områder, som skal undersøges nærmere. Af typisk udstyr kan nævnes kikkert, hammer, fotoapparat og opmålingsudstyr.

Dernæst er man interesseret i at kunne foretage målinger på selve konstruktionen uden at ødelægge den. Det vil sige, der skal anvendes metoder, som er ikke-destruktive. Af typisk udstyr kan nævnes dæklagsmåler, rekylhammer og ultralyd-udstyr.

Hvis man ikke på dette tidspunkt har tilstrækkelige oplysninger til at kunne vurdere skadesomfang, bliver det nødvendigt med mere omfattende undersøgelser, som indebærer boring i beton, måling af elektriske potentialer, permeabiliteter, udtagning af prøver til undersøgelser i laboratoriet o.s.v. Typisk kan nævnes boregrej, kernebor, udstyr til EKP-bestemmelse, udtræksprøvning, vedhæftnings-og permeabilitetsprøvning samt til bestemmelse af klorider og alkalier.

Dette hæfte indeholder en nærmere omtale af og vejledning i brug af dette udstyr. Der går ikke i detaljer med beskrivelsen og fremgangsmåden for alle apparater, fordi det altid er nødvendigt at rådføre sig med brugsanvisningen for at sikre sig et godt resultat. Udstyret findes i kufferter, som letter transporten.

Til laboratorieundersøgelser findes avanceret udstyr til slibning og polering af beton samt billedanalyse. Omtalen af dette apparatur er ikke omfattet af dette skrift.

## OVERORDNET PROBLEM

Gennem tiderne er der bygget mange anlægs- og bygningskonstruktioner i armeret beton. Der findes overalt talrige eksempler på såvel små som store bygværker, hvori beton indgår som et bærende element.

Betonens sammensætning må optimeres til det pågældende arbejde og det er overordentlig nødvendigt, at man designer og udfører selve konstruktionen fornuftigt, fordi beton ved udstøbningen, komprimeringen og efterbehandlingen bibringes en række egenskaber, som er af afgørende betydning for konstruktionens levetid.

Det viser sig, at der i dag er mange eksempler på betonkonstruktioner, som er skadede. Nogle så lidt, at de let kan repareres, andre så meget, at en omfattende og dyr renovering må foretages. For at få foretage de nødvendige vurderinger, er det vigtigt at anvende en række metoder - simple eller komplicerede - som sammen kan give et fornuftigt billede af betonkonstruktionens tilstand her og nu og også et billede af, hvordan en evt. skade kan udvikle sig.

## SKADESFORMER

Skader på betonkonstruktioner kan være forårsaget af mange ting. Og det er af betydning at vide, at flere sideløbende effekter kan fremme skadesforløbet. En betonkonstruktion er designet som en bærende konstruktion til et bestemt formål under hensyntagen til sikkerhedsklasse, miljøklasse og styrkekrav. Ofte er miljøkravene større end styrkekravene, og det betyder, at man skal udforme sin konstruktion sådan, at miljøpåvirkningerne bliver så små som mulige. Man skal derimod ikke tro, at den deraf følgende større styrke af betonen "klarer" miljøproblemerne.

Alligevel har der igennem de sidste år været mange tilfælde af skadede betonkonstruktioner. Årsagerne kan være mange, men det skyldes også, at man ikke altid har et tilfredsstillende kendskab til beton og dens egenskaber.

I flæng kan nævnes alkaliselskader, rusten armering, saltindtrængning, gennemsivninger, utilstrækkelig komprimeret beton, for lille dæklag o.m.m.

Der er derfor behov for anvendelse af metoder, som kan lokalisere og bestemme specifikke skadesmekanismer, og som kan danne grundlag for en beslutningstagen om en renovering eller reparation og omfanget af en sådan.



## STRATEGI

Når man skal undersøge en given konstruktion vil det være fornuftigt først at forsøge at skaffe så mange relevante oplysninger som muligt fra bygherren, rådgiveren og entreprenøren. Et sæt konstruktionstegninger vil være over ordentligt nyttigt, når man skal finde de særligt udsatte steder. Omfanget af undersøgelserne må bero på en vurdering i det konkrete tilfælde afhængig af skadesomfang og økonomi.

Ud fra et prøvnings synspunkt kan man definere 4 prøvningsniveauer:

### 1. Visuel inspektion

Registreringer, som kan foretages det samme sted på forskellige tidspunkter helt uden reparation af betonen.

Hertil haves foruden håndværktøj en almindelig kikkert, teleskopkikkert samt fotoapparat hertil.

### 2. Ikke-destruktiv prøvning.

Metoder, som tillader måling af den samme egenskab på det samme sted i betonen, uden at betonen tager skade.

Hertil kan dæklagsmåler, prelhammer og ultralydudstyr anvendes.

### 3. Næsten ikke-destruktiv prøvning.

Metoder, som tillader måling af en bestemt egenskab over kortere eller længere tid. Når man er færdig med målingerne er en mindre reparation af betonen nødvendig. Hertil anvendes EKP-udstyr, CAPO-test og permeabilitetsmålinger.

### 4. Destruktiv prøvning.

Metoder, hvor der udtages prøver af betonen til nærmere undersøgelser. Da betonen er fjernet, kan man ikke måle det samme sted igen og en reparation er nødvendig. Hertil anvendes boregrej, kernebor, vedhæftningsmåling samt udstyr til måling af klorider og alkalier.

## **PRAKSIS**

I det følgende er de enkelte dele af det samlede udstyr omtalt. I praksis er det nødvendigt at sikre sig, at man har alt med til undersøgelserne fra begyndelsen, fordi man ikke altid kan få fat i manglende dele. Derfor er en nøje planlægning og gennemsyn af udstyret vigtigt før man begiver sig ud i marken. Det kan anbefales, at man som en grundudstyr medbringer:

Målebånd, tommestok, kridt i forskellige farver, kvaderet og linieret blokke, blyanter, spritskrivere, mærkekridt, plastikposer, skriveplade, hammer, skruetrækkere, mejsler, topnøglesæt, skruetrækkersæt, kabelruller, boremaskiner og vinkelsliber.

Andet:



## OVERSIGT OVER UDS TYRET

Til den første **visuelle** undersøgelse haves

1. almindelig kikkert med en forstørrelse 7,5 x 44.
2. Teleskop-kikkert med en diameter på 70 mm og med 30x og 70x okular
3. Kamera: NIKON F 801 + NIKON ZOOM objektiv 35-70x til teleskopkikkert og almindelig fotografering.

Til den **ikke-destruktive** prøvning af betonen haves

1. Dæklagsmåler til bestemmelse af dæklagstykkelser og armeringsdiameter.  
Fabrikat: Covermeter, model CM5.
2. Rekylhammer: model Schmidt hammer, model N.
3. Ultralydudstyr til bestemmelse af gennemløbstiden for en ultralydbølge gennem e betonlag svarende til afstanden mellem sender og modtager.

Af udstyr til en **dyberegående undersøgelse** af betonen haves

1. CAPO-test udstyr til bestemmelse af betons trykstyrke direkte ved udtrækning af en bolt, som bores ind i selve konstruktionen.
2. EKP-måleudstyr til bestemmelse af elektrokemiske potentialer og modstande af armeringsjern i armeret beton med henblik på at vurdere korrosionsgraden.
- 3 PERMEABILITETS-udstyr til bestemmelse af betons permeabilitet for vand.
4. PERMEABILITETS-udstyr til bestemmelse af betons permeabilitet for gas.
5. BOND-test udstyr til bestemmelse af vedhæftningsstyrken af betonoverflader.
6. BOREKERNE udstyr til udboring af betoncylindre.
7. RCT-udstyr til bestemmelse af kloridindholdet i frisk og hærdnet beton.
8. RAT-udstyr til bestemmelse af alkalier ( $\text{Na}^+$  og  $\text{K}^+$ ) i beton.

## UDSTYRSBESKRIVELSE OG ANVENDELSE

### KIKKERT

Fabrikat: SWIFT

Forstørrelse: 7,5 X 44

### TELESKOPKIKKERT

Fabrikat: KOWA

Model: TSN-3.

Tilbehør: Okular 30 x W og 70 x

Anvendelse: Kikkerten kan anvendes til besigtelse af fjernere liggende steder, som samtidig kan fotograferes.

Beskrivelse: Kikkerten består af et kikkertrør med 70 mm linse forsynet med et okular, som kan skiftes efter ønske. Samtidig er der mulighed for at påsætte et kamera til optagelse af billeder.

Andet udstyr: Kikkerten er lagt i en kasse, og derudover haves en bæretaske til den. I en kuffert findes okularer, nødvendige ringe, film m.m.

### KAMERA

Fabrikat: NIKON

Type: F 801.

Tilbehør: ZOOM objektiv 35-70 x.

Anvendelse: Kameraet kan anvendes til normal fotografering samt til teleskopkikkerten.

## DÆKLAGSMÅLER

Fabrikat: PROTOVALE

Type:CM5

Anvendelse: Bestemmelse af armerings beliggenhed og armeringsdimensioner i en betonkonstruktion.

Beskrivelse: Apparatet består af et søgerhoved, som er sort på den ene side og hvidt på den anden. Hovedet forbindes med et koaksialt kabel til det egentlige måleinstrument, som er monteret i en lædertaske med bærerem og en reman-ordning til fastgørelse af søgerhovedet.

I lædertasken er der vedlagt en kort brugsanvisning (plastik), som består af 2 sider. Den ene side beskriver, hvordan man lokaliserer beliggenheden af armeringen, den anden side beskriver, hvordan man bestemmer dybden af armeringens beliggenhed. Apparatet er forsynet med en lyd giver til en mere nøjagtig bestemmelse af beliggenhed og dybde.

Andet: Der findes en brugsanvisning, mærket CM5, USER MANUAL på ialt 38 sider med følgende hovedpunkter:

1. Introduktion og virkemåde
2. Systematisk lokaliseringmetode
3. Battericheck og sikringer
4. Yderligere information om metoden, når man har
  - a. forskellige diametre
  - b. flere armeringsjern sammen
  - c. krydsende armeringsjern
  - d. svejst armeringsnet.
  - e. ukendte armeringsdiameter
  - f. diverse oplysninger.

Funktion: Apparatet er beregnet til at bestemme armeringsbeliggenhed og armeringsdiameter i armerede betonkonstruktioner.

Ideen er den, at man etablerer et magnetisk felt omkring en søger. Dette felts styrke vil blive ændret, i det omfang et magnetiserbart emne flyttes ind i feltet. Ved kalibrering med kendte armeringsdiameter kan der foretages en omtrentlig bestemmelse af de ønskede størrelser.

Apparatet anvendes på følgende måde.

Først bestemmes beliggenheden af armeringen.

- a. OPERATING MODE -knappen sættes på LOCate.
- b. En armeringsdiameter vælges mellem værdierne 5,6,7,8,10,12,16,20,25,32 og 40 mm med BAR SIZE selection knappen.
- c. Målehovedet forbindes med kabel til HEAD SOCKET.
- d. Apparatet justeres til 0-visning på ANALOGUE meter med ZERO-knappen.
- e. Målehovedet føres hen over betonen, og ved det maksimale signal (lyd) eller på skalaen (LCD) findes armeringen.

Dernæst bestemmes dybden af armeringen.

- a. OPERATION MODE -knappen sættes på CALib.
- b. Der vælges en armeringsdiameter
- c. Målehovedet tilsluttes
- d. Apparatet justeres til 0-visning med ZERO-knappen
- e. OPERATION-MODE knappen sættes på "DEPTH"
- f. Anbring søgerhovedet med den sorte flade på betonen og orienter hovedet parallelt ved armeringen svarende til minimum udslag.
- g. Aflæs direkte dybden i mm.

Hvis dybden er mindre end 30 mm, anvendes den hvide side af prøvehovedet og der fratrækkes 30 mm fra det aflæste tal.

## REKYLHAMMER

Fabrikat: Schmidt.

Andre navne: Betonprøvehammer. Prelhammer.

Model: Type N.

Anvendelse: Bestemmelse af en betonoverflades rekylværdi.

Apparatet er velegnet til lokalisering af betonområder med forskellige kvalitet.

Normer: DS 423.30.

Beskrivelse: Apparatet består af et aluminiumshylster med et fjederbelastet stempel, der kan frigøres og fastholdes med en trykknop. På siden af hylsteret sidder en viser, der kan bevæge sig langs en skala.

Herudover findes der en omsætningskurve for rekylværdier til styrke

Den pågældende betonoverflade skal være være ren og glat, og den må i givet fald slibes plan, f.eks. med den slibesten, der følger med apparatet eller med en egnet slibemaskine.

Funktion: Apparatet er beregnet til at bestemme en betonoverflades rekylværdi.

Ideen er den, at man indpresser et fjederbelastet metalstempel i mod betonoverfladen. Når fjederen er presset tilstrækkeligt sammen, frigøres et metallegeme, som støder imod betonoverfladen. Metallegemet kastes tilbage og jo stivere betonoverfladen er, jo mere kastes den tilbage. Rekylværdien er derfor et mål for betonens stivhed. Der skal måles flere gange indenfor samme område, men ikke på samme sted.

Hvis man vil måle på mindre prøvelegemer, er det nødvendigt at fastspænde prøvelegemet, f.eks. i en prøvemaskine med en belastning på 0,5 MPa, inden der prøves med rekylhammeren.

## ULTRALYD

Fabrikat: CNS-Electronics

Model: Type PUNDIT (Portable Ultrasonic Non-Destructive Digital Instrument Tester)

Anvendelse: Bestemmelse af gennemløbstiden i  $\mu\text{sec}$  for en lydbølge, der løber fra et senderlydhovede til et modtagerlydhovede med henblik på at bestemme betonens ultralydhastighed.

Målingerne kan anvendes til at vurdere betons styrke, lokalisere revner og finde inhomogeniteter i en beton.

Norm: DS 423.33.

Beskrivelse: Apparatet består af et kombineret lydgenererings- og måleinstrument, som i tændt tilstand via 2 kabler med hvert sit ombyttelige lydhovede udsender en ultralydbølge med fast frekvens fra det ene, og som modtages af det andet. Gennemløbstiden i  $\mu\text{sec}$ . for den første lydbølge registreres på digitaltælleren. Ved opmåling af lydvejen i mm kan lydhastigheden i km/sec udregnes ved division af længde med tid.

Apparatet kan arbejde med strøm fra et indre batteri, en ydre akkumulator eller 220 volt vekselstrøm. Batteriet skal oplades, når indikatoren viser det.

Digitalviseren med 3 cifre viser gennemløbstiden i  $\mu\text{sec}$ . Viseren har 3 måleområder, som vælges med en drejeknap.

.1 betyder, at tallet er angivet med en decimal, f.eks. 26.3  $\mu\text{sec}$ .

Vær opmærksom på, at der kan gemme sig et ciffer foran 26.3  $\mu\text{sec}$ . Det kan efterprøves ved at dreje knappen hen til 1.

1 betyder, at tallet er angivet i hele tal, f.eks. 263  $\mu\text{sec}$ .

10 betyder, at tallet skal ganges med 10, d.v.s 263 betyder 2630  $\mu\text{sec}$ .

Tilbehør: Der findes lydhoveder med forskellig fast frekvens: 20 kHz, 54 kHz og 200 kHz, hvoraf den mellemste er mest almindelig brugt.

Der findes også 2 ekstra lydhoveder med en spids udformning, som kræver brug af forstærker, der også haves.

Der findes lange kabler, som tillader målinger over store afstande.



Det er vigtigt, at man sørger for en god kontakt mellem lydhovede og måleoverflade, hvorfor det er nødvendigt at smøre kontaktfladerne med en egnet pasta, f.eks. bentonit.

Andet: Der findes en større brugsanvisning mærket PUNDIT MANUAL på ialt 45 sider. Hovedpunkterne i denne brugsanvisning er

1. Introduktion og virkemåde.
2. Specifikationer
3. Prøvning
4. Systembeskrivelse
5. Prøvning af beton
6. Andet udstyr

Funktion: Apparatet er beregnet til at bestemme gennemløbstiden i  $\mu\text{sec}$  for en ultralydbølge igennem beton mellem et sender lydhovede og et modtager lydhovede.

Apparatet anvendes på følgende måde.

- a. Apparatet tændes: batteri, akkumulator eller 220 volt vekselstrøm.
- b. Lydhoveder påmonteres kabler, der sættes i de respektive bøsninger.
- c. Apparatet kalibreres ved at de to lydhoveder med kontaktmiddel sættes mod hinanden, hvorefter der justeres til visning 00,0 med SET REF.-knappen.
- d. Kalibreringsprøven med fast gennemløbstid på 26,3  $\mu\text{sec}$  anvendes til en fornyet kalibrering med SET REF. knappen.
- e. Kalibreringen gentages eventuelt, hvis det skønnes nødvendigt.
- f. Målinger kan nu foretages ved at registrere samhørende værdier mellem måleafstand og gennemløbstid.
- g. Apparatet skal lades op igen efter brug. Brug TC-knappen.

## UDTRÆKSPRØVNING

Fabrikat: Germann Instruments.

Model: CAPO-test. (Cut and Pull-Out Test)

Anvendelse: Apparatet anvendes til at bestemme en hærdnet betons trykstyrke ved indboring af en opskåret metalring, som efter en udpresning i et forboret hul lader sig trække ud med et udtræksapparat. Udtrækskraften i kN eller i BAR kan direkte omsættes til trykstyrken i MPa.

Beskrivelse: Udstyret består af 2 kufferter, hvori der i den ene er en boremaskine med et diamantbor og en diamantfræser. I den anden er der CAPO-bolte, spændeudstyr, diverse værktøj og et udtræksapparat.

Princippet er det, at man med et diamantbor udborer en betoncylinder med en diameter på 18 mm og en højde på 60 mm. Med diamantfræser fræses en notgang med en diameter på 25 mm beliggende 25 mm nede. En CAPO-bolt påsættes et specialspændeværktøj og sættes ind i det borede hul. Med værktøj spændes ringen ud i den fræsedede gang indtil hårdt anslag. Udtræksapparatet påsættes med modhold m.m. og udtrækskraften bestemmes som den maksimale kraft, der skal til for at trække bolten/ringen ud.

Proceduren kræver nogen øvelse, og der henvises til den vejledning, der findes sammen med udstyret. Det er nødvendigt med mindst 2 mand til forsøget.

Tilbehør: For at sikre en så nøjagtig prøvning som muligt haves en sugeenhed med en diamantplanfræser, som kan fastspændes på betonoverfladen og rettes ind til vandret plan. Ved hjælp af boremaskinen kan betonoverfladen afslibes, således at CAPO-prøvningen kan foretages rigtigt.

Det er nødvendigt at have adgang til elektrisk strøm til maskinerne, hvorfor en kabel-rulle, ekstra bor og diverse håndværktøj skal medbringes.

Andet: Der findes en brugsanvisning i kufferterne, hvortil der henvises i detaljer. Det er nødvendigt at læse den for at få det fuld udbytte af prøvningen.

EKP-måling.

Fabrikat: Germann Instruments

Type: Midi-BLOODHOUND.

Anvendelse: Bestemmelse af armeringsjerns elektrokemiske potentiale og den indre modstand i betonen med henblik på at fortælle noget om armeringens korrosionsgrad og korrosionshastighed.

Beskrivelse: Apparatet består af elektrode (Ag/AgCl), som har et konstant elektrokemisk potentiale samt et digitalt viserinstrument. Elektroden danner den ene pol og den anden fås ved at bore et hul ind i betonen til armeringen og med et passende anker sørger for elektrisk kontakt. Det hele er samlet i en kuffert, som indeholder værktøj og andet hjælpegrej. Det digitale viserinstrument anvendes til at registrere den elektrokemiske potentialforskæl mellem de to elektroder. Ved indtrykning af en knap på instrumentet kan den indre modstand i betonen bestemmes.

Andet udstyr: Det er nødvendigt at medbringe en dæklagsmåler til bestemmelse af armeringens beligghed samt en boremaskine og vandpumpe til køling under boringen.

Andet: Der findes en større brugsanvisning, mærket BLOODHOUND: Instruction and Maintenance Manual på ialt 7 sider.

Hovedpunkterne i denne er

1. Checkliste
2. Forsøgsudførelse
3. Måleproblemer
4. Målediagram
5. Ag/AgCl celle, diagram
6. Ag/AgCl reference celle, diagram
7. Ag/AgCl celle, vedligeholdelse

Funktion: Apparatet er beregnet til at bestemme det elektrokemiske potentiale af armeringsjern og den elektriske modstand i betonen.

Et armeringsjern i beton vil under normale omstændigheder være beskyttet mod korrosion på grund af betonens høje pH.

Hvis betonen af forskellige årsager ændres, kan det medføre, at betingelserne for beskyttelse blive dårlige, og det medfører, at armeringen kan begynde at ruste. Hvis man derfor måler armeringens potentiale i forhold til betonens kan man finde det område af armeringen, som sandsynligvis er stærkest belastet. Den indre modstand i betonen fortæller noget om, hvor stærkt korrosionen foregår.

Apparaturet anvendes på følgende måde.

- a. Området, der skal undersøges, inddeles i felter, hvori armeringen ligger.  
Armeringsjernenes beliggenhed bestemmes med dæklagsmåler
- b. Med boreudstyret bores ned til et armeringsjern.
- c. Ankeret fastgøres med værktøj, så en tæt forbindelse opnås.
- d. Tilsvarende forbindelse udføres i den modsatte ende af undersøgelsesfeltet.
- e. Den elektriske modstand mellem de to ankre måles. Hvis den er lille  $\sim 0$  ohm, er der forbindelse mellem armeringsjernene og målingerne kan foretages.
- f. Overfladen vandes og først måles potentialforskellen i mV og dernæst den elektriske modstand på de enkelte målepunkter ved at trykke den knap ind, der sidder på undersiden af instrumentet.
- g. Alle resultater optegnes på et diagram over målepunkterne.
- h. Resultaterne angives således:

Elektrokemiske potentiale: mV svarer til mV

En Ag/AgCl celle har et potentiale på 110 mV mere end en Cu/CuSO<sub>4</sub>elektrode.

Modstand: 1 mV svarer til en modstand på 1 kohm.

Som rettesnor for bedømmelsen af korrosionsforholdene kan følgende tabel opstilles:

| <u>Risiko for korrosion</u>       | <u>Cu/CuSO<sub>4</sub>-elektrode</u> | <u>Ag/AgCl-elektrode</u> |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|
| Lille, d.v.s. mindre end 5%       | større end -200 mV                   | større end -90 mV        |
| Moderat                           | fra -200 mv til -350 mV              | fra -90 mV til -240 mV   |
| Stor, d.v.s. mere end 95% risiko: | mindre end -350 mV                   | mindre end -240 mV       |

## PERMEABILITETSUDSTYR

Fabrikat: Germann Instruments

Type: GWT

Anvendelse: Bestemmelse af en betons permeabilitet ved måling af den mængde vand, som en beton opsuger under et tryk på 1 bar.

Beskrivelse: Et trykhovede fastgøres på betonoverfladen. En mængde kogt vand lukkes ind i en beholder og der etableres et tryk på 1 bar, som måles og løbende iagttages bevægelsen af en spids, som direkte indikerer mængden af vand.

16.

Andet udstyr: Det er nødvendigt med en hammer boremaskine, forseglingsmasse til ikke plane overflader samt ekstra flasker med kogt vand.

Andet: Der findes en brugsanvisning, mærket GWT Instruction and Maintenance Manual på ialt 4 sider med følgende hovedpunkterne

- a. Udstyret
- b. Prøvning
- c. Beregning af flux
- d. Beregning af permeabilitet
- e. Måling af vandfrontens indtrængningsdybde
- f. Metodens signifikans
- g. Vedligeholdelse

## PERMEABILITETSUDSTYR

Fabrikat: Germann Instruments

Type: GGT

Anvendelse: Bestemmelse af betons permeabilitet for gas.

Beskrivelse: Der etableres et tæt prøvekammer på betonoverfladen. Igennem et boret hul indsættes en trykenhed, hvorigennem der etableres et gasstryk med CO<sub>2</sub> på 4 BAR. Trykket i hullet følges over en tid.

Andet udstyr: Det er nødvendigt med dæklagsmåler, boremaskine, slibemaskine, vand og strøm.

Funktion: Når man etablerer et gasstryk i det indre af en beton, vil dette tryk efterhånden falde i afhængighed af betonens porøsitet og porestørrelsesfordeling. Trykfaldet kan derfor anvendes til en bestemmelse af porøsiteten.

Andet: Der findes en brugsanvisning på ialt 4 sider mærket GGT Instruction and Maintenance Manual med følgende hovedpunkter:

- a. Beskrivelse af systemet
- b. Litteratur
- c. Prøvningsprincip
- d. GGT-procedure
- e. Vedligeholdelse
- f. Checkliste

## VEDHÆFTNINGSPRØVNING

Fabrikat: Germann Instruments.

Type: BOND-TEST

Anvendelse: Bestemmelse af et betonlags trækstyrke eller et betonlags vedhæftningsstyrke til den underliggende beton.

Beskrivelse: Efter en planslibning af betonoverfladen pålimes en 75 mm metalplade på overfladen med en speciallim, der hærder indenfor få minutter. Derefter bores der med et 75 mm kernebor ned i den ønskede dybde og der påsættes et aftræksapparat, således at vedhæftningsstyrken i MPa kan bestemmes.

Andet udstyr: Det er nødvendigt at have adgang til vand til køling af boret under brug.

Andet: Der findes en brugsanvisning på ialt 4 sider med følgende hovedpunkter

- a. Checkliste
- b. BOND-TEST princip
- c. Instruktion
- d. Vedligeholdelse

Der findes en brugsanvisning til LOK-TEST instrumentet på ialt 11 sider med følgende hovedpunkter.

- a. LOK-TEST-udstyret
- b. LOK-TEST-procedure
- c. Brug af udvidelsesstykker
- d. Vedligeholdelse af LOK-TEST udstyret
- e. Service faciliteter
- f. Referencer

Funktion: Ideen er den, at man ved at bore en betonkerne fri, kan bestemme den kraft, der skal til for at trække kernen af. Hvis betonen er den samme over det hele, får man et udtryk for denne betons trækstyrke. Hvis betonkernen går gennem 2 lag vil der opstå et brud på det svageste sted, d.v.s. helt eller delvis i den underste beton eller i den øverste beton eller i grænselaget.



**BOREKERNEUDSTYR**

Fabrikat: Germann Instruments

Type: CORECASE

Anvendelse: Udstyret anvendes til udtagning af betonboreprøver med en standard diameter på 75 mm.

Beskrivelse: Udstyret består af et borehus, som påmonteres betonoverfladen.

På huset er monteret en spindel med håndtag, således, at man ved boring og samtidig drejning af borehuset kan bore en cylinder ud.

Andet udstyr: Der kræves en kraftig boremaskine med vandkøling.

Andet: Der findes en brugsanvisning på ialt 4 ider med følgende indhold:

- a. checkliste
- b. brugsanvisning
- c. opstilling
- d. vedligeholdelse

## KLORIDMÅLING

Fabrikat: Germann Instruments

Type: RCT-udstyr

Anvendelse: Bestemmelse af hærdnet betons indhold af opløseligt klorid.

Beskrivelse: På det ønskede sted bores der flere steder betonstøv ud i den rette dybde med et egnet boreudstyr. Efter sammenblanding af de enkelte delprøver udtages der på simpel visen prøve på 1,5 gram. Prøven behandles med en speciel ekstraktionsvæske og med en kloridfølsom elektrode foretages en måling af kloridindholdet i væsken. Elektroden kalibreres med 4 kendte opløsninger, som indeholder 0,005%, 0,020%, 0,050% og 0,500% klorid målt som vægtprocent af betonvægten.

Andet udstyr: Det er nødvendigt med en boremaskine, som tillader boring af 18 mm henholdsvis 8 mm huller i betonen for at kunne opsamle borestøvet.

Andet: Der foreligger en fyldig brugsanvisning mærket: RCT Instruction and Maintenance Manual på ialt 13 sider. Hovedpunkterne er

- a. Introduktion til metoden
- b. Deloversigt
- c. Prøvning af hærdnet beton
- d. Prøvning af frisk beton
- e. Kalibreringsblade
- f. Undersøgelser

Herudover findes der skemaer til brug ved kalibrering og målinger på frisk og hærdnet beton.

### ALKALI-måleudstyr

Fabrikat Germann Instruments

Type: RAT-test

Anvendelse: Udstyret anvendes til bestemmelse af alkaliindhold i frisk beton.

Alkalier er Na-joner og K-joner og indeholder heraf er betydning for vurdering af betonens holdbarhedsegenskaber.

Beskrivelse: Efter boring i betonoverfladen behandles det fremkomne støv med en special alkaliudtræksvæske og ved hjælp af en alkalifølsom elektrode, som kalibreres med opløsninger med kendte mængder alkali, kan indholdet bestemmes.

En tilsvarende metode kan anvendes til frisk beton.

Andet udstyr: Det er nødvendigt med en boremaskine til udtagning af prøver af betonen.

Andet: Der findes en brugsanvisning mærket: RAT Instruction and Maintenance Manual på ialt 8 sider med følgende hovedpunkter.

- a. Introduktion til metoden.
- b. Deloversigt
- c. Udtagning af prøver
- d. Forbehandling af alkalielektroderne
- e. Kalibrering af alkalielektroderne
- f. Målinger
- g. Rensning af udstyr
- h. Vedligeholdelse af elektroder
- i. Kalibreringsark
- j. Datablade

### **AFSLUTNING**

Omtalen af udstyret er gjort kortfattet, fordi det er nødvendigt i den givne prøvnings-situation at rådføre sig med brugsanvisninger, vejledninger samt litteratur om det teoretiske grundlag. Den bedste måde at få kendskab til et givet udstyr på, er at anvende det i laboratoriet eller i marken. Udstyret er velegnet til dette formål.

