



HETEK

Forprøvning af fremstilling af
betonkonstruktioner

Hovedrapport og orienterende beskrivelse



Rapport nr. 91
1997



Vejdirektoratet

IRRD Information

Title in Danish	HETEK, Forprøvning af fremstilling af betonkonstruktioner. Hovedrapport og orienterende beskrivelse.
Title in English	HETEK, Pre-testing of concrete properties and workmanship. Main report and guidelines.
Author	Find Meyer
Subject classification	Concrete 32
Key words	Concrete 4755 High Strength 5537 Cast in situ concrete 4781 Contractor 0127 Dictionary 8596 Test Method 6288 Specification (standard) 0139 Research Project 8557 Denmark 8028
Abstract	This report forms a part of the Danish Road Directorate's research programme called High Performance Concrete - The Contractor's Technology (abbreviated to HETEK). HETEK is divided into eight parts where part no. 7 concerns pre-testing. Pre-Testing is subdivided into 5 phases. The report contains a summary of the main results obtained in each of the phases. The guidelines for accomplishment of basic and additional pre-testings are described.
Front page photo	The front page photo shows the trial casting specimens which was cast as a part of the pretesting for the Gadholtvej Arch Bridge between Sæby and Frederikshavn, Jutland, Denmark built in high strength concrete and ordinary reinforcement.

Indholdsfortegnelse

Side

0. Forord	4
1. Hovedrapport	6
1.1 State of the Art	6
1.2 Graduering	9
1.3 Prøvepaneler og eksponeringspladser	10
1.4 Indarbejdelse af resultater fra øvrige delopgaver af HETEK	11
2. Orientering	12
2.1 Formål og omfang	12
2.2 Forhåndsviden	12
2.3 Baggrund	12
3. Definitioner	13
4. Forprøvningens bestanddele	14
5. Forprøvning af betonens egenskaber	15
5.1 Grundlæggende forprøvning af betonens egenskaber	15
5.2 Tillægsprøvninger, brugsegenskaber	16
5.3 Forhåndsviden	16
6. Forprøvning af udførelse	20
6.1 Grundlæggende forprøvning af udførelse	20
6.1.1 Stavvibrering/armering	22
6.1.2 Hærdeforløb	24
6.2 Tillægsprøvninger, produktionsegenskaber	25
6.3 Forhåndsviden	26
7. Forprøvning af konstruktionsdetaljer	27
8. Referencer	32
Bilag 1. Checklister	

0. Forord

Armerede betonkonstruktioners levetid er i fokus. Øget bevisthed og viden om holdbarhedens afhængighed af betonens sammensætning har medført udvikling af de såkaldte højkvalitetsbetoner med stadig længere forventninger til levetiden.

Højkvalitetsbetoner vil, når de udstøbes under laboratorieforhold, udvise stor modstand mod de nedbrydningsmekanismer, som forårsages af de miljøbelastninger, der er foreskrevet i de valgte prøvningsmetoder.

Det er selvfølgelig målet at opnå samme modstandsdygtighed for den beton, som anvendes i konstruktionerne. At nå dette mål betyder, at både krav til sammensætningen og udførelsen må opfyldes, for at også slutproduktet er en højkvalitetsbeton. Erfaringerne viser imidlertid, at produktionsegenskaberne for højkvalitetsbetoner kan vanskeliggøre støbearbejdet med dårlig kvalitet til følge.

Anvendelsen af højkvalitetsbeton kan derfor ændre forudsætningerne for valg af udførelsesmetoder, og har også i praksis i nogle tilfælde medført væsentlige udførelsesmæssige vanskeligheder.

Meget komplicerede konstruktionsdele med vanskelig geometri og/eller tætliggende armering kan yderligere forstærke de udførelsesmæssige vanskeligheder. Tidligere tiders erfaringer er ikke altid tilstrækkelige for højkvalitetsbetoner.

Forprøvninger, som udføres forud for de egentlige produktionsstøbninger, kan imidlertid være til stor hjælp for den detaljerede, udførelsesmæssige planlægning.

Vejdirektoratet har derfor foranstaltet gennemførelse af et projekt med henblik på at klarlægge behovet for sådanne forprøvninger, der ikke tidligere har været systematisk beskrevet.

Projektet er gennemført af et konsortium bestående af:

Dansk Betoninstitut A/S
DTI-Byggeri
UNICON-BETON I/S

Jens Frandsen, 4K-Beton A/S, har ydet konsulentbistand.

Konsortiets projektledelse er forestået af:

- Find Meyer, opgaveleder, Dansk Betoninstitut A/S
- Christian Munch-Petersen, DTI-Byggeri
- Freddie Larsen, UNICON-BETON I/S
- Jens Frandsen, 4K-Beton A/S

Desuden har følgende medarbejdere deltaget i projektets gennemførelse:

- Lasse Toft, UNICON-BETON I/S
- Ib Jensen, UNICON-BETON I/S
- Carl de Fontenay, Danske Betoninstitut A/S
- Ulla Kjær, Dansk Betoninstitut A/S
- Peter Kofoed, Dansk Betoninstitut A/S
- Jan Gråbæk, Dansk Betoninstitut A/S
- Torben Wegmann, Dansk Betoninstitut A/S

Projektledelsen har fået inspiration og konstruktive kommentarer fra Reidar Kompen, Statens Vegvesen, Vegdirektoratet Norge, og fra en bredt sammensat følge-gruppe under Erik Stoklund Larsens formandsskab.

1. Hovedrapport

HETEK's delopgave vedrørende forprøvning af fremstilling af betonkonstruktioner består af følgende 5 faser:

1. State of the Art
2. Graduering
3. Prøvepaneler og eksponeringspladser
4. Indarbejdelse af resultater fra øvrige delopgaver af HETEK
5. Hovedrapport med orienterende beskrivelse

I det følgende beskrives hovedresultaterne fra hver af disse faser.

For en mere detaljeret beskrivelse af fase 1, 2 og 3, henvises til følgende rapporter, som kan rekvireres hos Vejdirektoratet.

- HETEK, Rapport No. 40, Vejledning i prøvestøbninger, State of the Art. På engelsk.
- HETEK, Rapport No. 65, Forprøvning af beton, delmaterialer, sammensætning og udførelse. På engelsk.
- HETEK, Rapport No. 84, Prøvepaneler og eksponeringspladser. På engelsk.

1.1 State of the Art

Denne fase er gennemført ved studie af de seneste 10 års normer, standarder og specifikationer beskrivelser af forprøvning og prøvestøbninger. Der er foretaget en overordnet opdeling i 3 niveauer, som betegnes:

- | | |
|------------------------|---|
| Forprøvning, niveau 1: | Forprøvning uden prøvestøbning. |
| Forprøvning, niveau 2: | Forprøvning ved prøvestøbning af mindre, uarmerede prøvelegemer 0,1 - 1,0 m ³ . |
| Forprøvning, niveau 3: | Forprøvning ved prøvestøbning af større, armerede prøvelegemer. Prøvelegemernes form og armering afspejler den faktiske konstruktion, og der benyttes samme udførelsesmetode som ved produktionsstøbningerne. |

De normer, standarder og specifikationer, som er analyseret med tilhørende forprøvningsniveau, er:

DS 411, niveau 1:	Dansk Ingeniørforenings norm for betonkonstruktioner, DS 411 3. udgave 1984 og 6. oplag april 1994.
BBB, niveau 2:	Basisbetonbeskrivelsen for bygningskonstruktioner, BBB, udgivet af Byggestyrelsen 1987 med senere udsendte tillæg og ændringer.
AAB, niveau 2:	Det Danske Vejdirektorats Vejregler for betonbroer 1985, AAB, med revisioner 1989 og 1994.
NVB, niveau 2:	Det Norske Vegdirektorats Arbejdsbeskrivelse for middelstore og større broprojekter.
SBF, niveau 3:	Fælles- og Særlige Arbejdsbeskrivelser for Storebæltsprojekter, SBF, udarbejdet af A/S Storebæltsforbindelsen 1988.
ASØ, niveau 3:	Vejledning i valg af beton til A/S Øresundsforbindelsens landanlæg, ASØ, udarbejdet af A/S Øresundsforbindelsen 1994.
ØSK, niveau 3:	Contract No. 1 - Tunnel. Construction Requirements Volume 2. - Materials July 1995 (Dokumentet kan ikke rekvireres eller gøres til genstand for publicering).

For at bedømme i hvor høj grad forprøvning ved prøvestøbninger har tjent deres formål, er der gennemført undersøgelser på 12 udførte projekter med specifikationer svarende til niveau 2 og 3.

Undersøgelserne er foretaget i samarbejde med entreprenører, rådgivere og tilsyn for de respektive projekter.

Undersøgelsens hovedresultater fremgår af Tabel 1.1 og 1.2.

Niveau 2	Entreprenør	Tilsyn	Betonleverandør
Guldborgsund-tunnelen	Mindre tilfredsstillende	Mindre tilfredsstillende	Tilfredsstillende
Brandstrupvej	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende
Kjellerup Øst	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende
Højbjerg Møllevej	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende
Struer-Langå-banen	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende
Bjerrevej	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende
Kjellerup Vest	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende
Shelters, Aalborg lufthavn	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende
Assentoft	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende

Tabel 1.1 Forprøvning på niveau 2. Entreprenørens, tilsynets og betonleverandørens opfattelse af prøvestøbningens nytte.

Niveau 3	Entreprenør	Tilsyn	Betonleverandør
Østtunnel segmenter	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende
Østtunnel Cut & Cover	Mindre tilfredsstillende	Mindre tilfredsstillende	Tilfredsstillende
Vestbro Sænkekasse	Mindre tilfredsstillende	Mindre tilfredsstillende	Tilfredsstillende
Vestbro Vejdrager	Mindre tilfredsstillende	Mindre tilfredsstillende	Tilfredsstillende
Buebro i højstyrkebeton	Mindre tilfredsstillende	Tilfredsstillende	Tilfredsstillende

Tabel 1.2 Forprøvning på niveau 3. Entreprenørens, tilsynets og betonleverandørens opfattelse af prøvestøbningernes nytte

Konklusionen af undersøgelserne er, at der er behov for en mere differentieret opdeling af forprøvninger, bl.a. for at tilgodese entreprenørens ønsker om at afklare specielle udførelsesforhold, som f.eks. vibreringsbehov.

1.2 Graduering

Ved udarbejdelse af rapporten for denne fase viste det sig, at der er to opfattelser af, hvad en prøvestøbning omfatter.

Den ene opfattelse er at:

En prøvestøbning er en udstøbning af et armeret betonlegeme, hvis form afspejler den egentlige konstruktion. Ved udstøbningen benyttes de planlagte udførelsesmetoder.

Den anden opfattelse er at:

En prøvestøbning er en undersøgelse af en prøveblandings egenskaber. Undersøgelsen behøves ikke i alle tilfælde at gennemføres ved udstøbning af et betonlegeme.

Som følge heraf er begrebet prøvestøbning søgt undgået. I stedet benyttes den mere rummelige betegnelse "forprøvning". Rapporten indeholder bl.a. projektgruppens definitioner på vigtige begreber, som ofte knyttes til forprøvning.

Det er naturligvis uheldigt, at der er forskellig opfattelse af definitionen på en prøvestøbning - særlig da det var opgavens oprindelige titel.

Titlen for fase 2 rapporten er: Forprøvning af beton, delmaterialer, sammensætning og udførelse.

Formålet er at foretage en yderligere differentiering af forprøvninger som påpeget i fase 1.

Forprøvningerne opdeles i de undersøgelser, der udføres af henholdsvis betonleverandøren og entreprenøren. Erfaringsmæssigt er denne opdeling også relevant i de tilfælde, hvor entreprenøren selv fremstiller betonen på et pladsanlæg (normalt kun ved meget store entrepriser). Dette skyldes, at betonproduktionen under alle forhold kræver en selvstændig styring for at sikre kvalitet og kravopfyldelse. Yderligere opdeles forprøvningerne i en grundlæggende del, som projektgruppen anser nødvendig at gennemføre for alle konstruktioner, samt tillægsprøvninger som kan være nødvendige for nogle konstruktioner.

Projektgruppens forslag til betonleverandørens grundlæggende forprøvning omfatter bl.a. undersøgelse af de grundlæggende brugs- og produktionsegenskaber. Tillægsprøvninger kan f.eks. være relateret til modstand mod chloridindtrængning og bestandighed overfor frost/tø-påvirkning.

Projektgruppens forslag til entreprenørens grundlæggende forprøvning af udførelse omfatter bl.a. undersøgelser af vibreringsbehovet for relativt simple konstruktioner. Til dette formål indgår design af et standardprøvelegeme med armering.

Tillægsprøvninger vedrørende udførelse er oftest relateret til vanskelige detaljer som indgår i et forelagt aktuelt projekt.

Rapporten giver en oversigt over ofte forekommende vanskelige detaljer og forslag til forprøvning.

Rapporten for denne fase indeholder også orienterende, skønsmæssige omkostninger for såvel grundlæggende forprøvninger som forskellige tillægsprøvninger.

1.3 Prøvepaneler og eksponeringspladser

Vejdirektoratet har i fremtiden til hensigt at anbringe prøveemner, såkaldte prøvepaneler, på specielle forsøgspladser, hvor de eksponeres i forskellige miljøer. Formålet er at kunne analysere prøvepanelernes modstandsevne mod nedbrydning i de valgte miljøer.

Prøvepanelerne udføres enten som de i fase 2 beskrevne standardprøvelegemer med de foreslåede betoner til specifikke projekter, eller med anderledes udformning, eventuelt med andre betonsammensætninger og/eller udførelsesmetoder som ønskes prøvet.

Eksponeringspladserne vælges således, at de svarer til det normalt forekommende miljø langs motorveje på land, og for vej bærende broer i de indre danske farvande.

Rapporten beskriver de overordnede synspunkter, der gør sig gældende ved paneludformningen, og giver forslag til prøvningsprogram med tilhørende omkostninger for 3 principielt forskellige paneltyper:

- Konstruktionspaneler
- Laboratoriepaneler
- Standardpaneler

Design for standardpanelet er foreslået identisk med standardprøvelegemet som er beskrevet i foregående fase.

Rapporten beskriver endvidere forslag til placering af eksponeringspladser i marint miljø og langs vej kant.

For hver af de foreslåede eksponeringspladser er udfærdiget et skitseprojekt med tilhørende skønnede anlægsomkostninger.

1.4 Indarbejdelse af resultater fra øvrige delopgaver af HETEK

Formålet med denne fase er at indarbejde de resultater fra andre HETEK opgaver, som er relevante at medtage ved forprøvningen.

Dette er foretaget på grundlag af modtagne kommentarer og forslag til tilføjelser fra opgavelederne fra de øvrige HETEK opgaver.

2. Orientering

2.1 Formål og omfang

Denne beskrivelse er udarbejdet for at sætte læseren i stand til systematisk at planlægge det omfang af forprøvninger, som er nødvendigt at gennemføre forud for støbning af betonkonstruktioner.

Beskrivelsen er udarbejdet med tanke på betonkonstruktioner, som udføres med højkvalitetsbeton i aggressive miljøer, men kan også bruges for mere traditionelle betontyper.

Brug af beskrivelsen forudsætter kendskab til brug af traditionel beton.

De forprøvninger, der behandles, er:

- Forprøvning af betonens egenskaber.
- Forprøvning af udførelse.

Det beskrives, hvordan forprøvningsrønerne kan gennemføres, hvilke undersøgelser der skal foretages, og hvordan resultatet af undersøgelserne anvendes.

Beskrivelsen omfatter ikke forprøvning af de enkelte delmaterialer og kun i begrænset omfang af betonsammensætningen.

Beskrivelsen omfatter projektgruppens forslag til kvalitative undersøgelser. Kvantitativt angivne størrelser og prøvningsmetoder kan kun betragtes som vejledende.

2.2 Forhåndsviden

I nogle tilfælde har betonproducent og entreprenør - fra tidligere udførte betonarbejder - så godt kendskab til betonens egenskaber, at denne forhåndsviden helt eller delvist udgør de nødvendige oplysninger.

Det beskrives hvornår og i hvilket omfang det er tilfældet.

2.3 Baggrund

Baggrundsmaterialet er de i afsnit 1 nævnte rapporter over gennemførte undersøgelser med tilhørende bilagsrapporter.

3. Definitioner

Beskrivelsen benyttes følgende særlige definitioner:

Forprøvning:

Ved en forprøvning forstås enhver form for dokumentation af beton, betons delmaterialer, betons sammensætning og/eller udførelse af betonarbejdet, som forelægges inden betonen bruges til produktionsstøbning. Dokumentationen kan ske enten ved egentlig prøvning med den aktuelle beton eller ved dokumenteret forhåndsviden fra tidligere udført prøvning eller støbning.

Forprøvning af betonens egenskaber.

Ved en forprøvning af betonens egenskaber forstås forprøvning af betonens brugsegenskaber og betonens grundlæggende produktionsegenskaber. Denne forprøvning inkluderer sædvanligvis også undersøgelser af betonen ved transport til støbestedet.

Forprøvning af udførelse:

Ved en forprøvning af udførelse forstås forprøvning af, om betonen er egnet til støbning af specifikke konstruktionstyper med specifikke udførelsesmetoder, eller undersøgelse af produktionsegenskaber, der ikke er undersøgt ved forprøvningen af betonens egenskaber, men som er relevante for den aktuelle konstruktionsudformning og/eller de planlagte udførelsesmetoder.

Prøveblanding:

Ved en prøveblanding forstås den betonblanding med fastlagt sammensætning, som benyttes til forprøvning af beton.

Brugsegenskaber:

Ved betonens brugsegenskaber forstås de egenskaber, der har betydning for det færdige bygværks brug - f.eks. styrke, elasticitet og holdbarhed, herunder kvalitet af delmaterialer og v/c-forholdet.

Produktionsegenskaber:

Ved betonens produktionsegenskaber forstås de egenskaber ved betonen, som der under produktionen skal tages hensyn til for at sikre, at brugsegenskaberne kan opfyldes i det færdige bygværk - f.eks. konsistens, afbindingstid og var-meudvikling.

4. Forprøvningens bestanddele

I det følgende skelnes mellem forprøvning af betonens egenskaber og forprøvning af udførelse.

FORPRØVNING AF BETONENS EGENSKABER.

Denne forprøvning omfatter følgende undersøgelser af produktet beton, d.v.s.:

- Betonens brugsegenskaber.
- Betonens grundlæggende produktionsegenskaber.

De grundlæggende produktionsegenskaber omfatter de produktionsegenskaber, som anses nødvendige at undersøge for alle anlægskonstruktioner. Disse grundlæggende produktionsegenskaber beskrives nærmere i afsnit 5.

Forprøvning af betonens egenskaber foretages af betonleverandøren. Hvis entreprenøren selv producerer betonen, foretages forprøvningen af entreprenørens betonafdeling.

FORPRØVNING AF UDFØRELSE

Forprøvning af udførelse omfatter nødvendige undersøgelser af om betonen er egnet til udførelse af de aktuelle konstruktioner med de planlagte udførelsesmetoder. Sådanne undersøgelser (som ofte benævnes prøvestøbninger) foretages af entreprenøren med beton, som er accepteret ved forprøvning af betonens egenskaber.

Hvis konstruktionsudformningen eller udførelsesmetoderne gør det nødvendigt at undersøge andre produktionsegenskaber end de tidligere omtalte "grundlæggende" produktionsegenskaber henregnes disse undersøgelser af "ekstra" produktionsegenskaber til forprøvningen af udførelse.

Undersøgelse af sådanne ekstra produktionsegenskaber iværksættes af entreprenøren og kan afhængig af art foretages af entreprenøren selv eller af betonleverandøren. Ofte kræver disse prøvninger samarbejde med prøvningsinstitutter.

De ekstra produktionsegenskaber, som kan komme på tale, beskrives nærmere i afsnit 6.

Forprøvning af udførelse kan også være relateret til specifikke, vanskelige konstruktionsdetaljer.

Afsnit 7 indeholder eksempler på sådanne konstruktionsdetaljer.

5. Forprøvning af betonens egenskaber

Som nævnt i afsnit 4 består denne beskrivelses undersøgelser om betonens egenskaber af:

- Betonens brugsegenskaber.
- Betonens grundlæggende produktionsegenskaber.

Brugsegenskaber vil normalt mindst omfatte:

- v/c-forhold
- Chloridindhold
- Trykstyrke
- Frostbestandighed
- Homogenitet

De grundlæggende produktionsegenskaber vil normalt mindst omfatte:

- Konsistens og konsistensændring ved transport
- Luftindhold og luftindholdsændring af den friske beton ved transport
- Vandseparation efter transport
- Afbindingstid
- Varmeudvikling
- Trykstyrkeudvikling

Forprøvninger opdeles i:

- Grundlæggende forprøvning, som er nødvendig for alle konstruktioner (normalt det ovenfor beskrevne omfang).
- Tillægsprøvninger, som kan være nødvendige for nogle konstruktioner.

5.1 Grundlæggende forprøvning af betonens egenskaber

Den grundlæggende forprøvning skal (udover undersøgelser af delmaterialer og sammensætning, som ikke er omfattet af denne beskrivelse) omfatte undersøgelser med en prøveblanding - svarende til mindst en blandesats ved den senere produktion. Ved undersøgelserne skal

- betonen udsættes for lignende transportmetoder, som bliver anvendt ved betonarbejdets udførelse.

Betonen skal blive så længe i transportmidlet (normalt rotérvogn), at den efterfølgende transport med pumpe, kranpand eller transportbånd kan afsluttes tidligst 10 min. før den planlagte maximale transporttid.

- betonens brugsegenskaber undersøges som anført i Tabel 5.1.1.
- betonens produktionsegenskaber undersøges på prøver udtaget af prøveblandingen eller evt. fra separate mindre blandinger som anført i Tabel 5.1.2.

Vejledende godkendelseskriterier for forprøvningen er anført i Tabel 5.1.1 og 5.1.2.

5.2 Tillægsprøvninger, brugsegenskaber

Afhængig af anlægskonstruktionens funktionelle betydning, dens udformning og beliggenhed kan det være nødvendigt at foretage yderligere undersøgelser af betonens brugsegenskaber end de i Tabel 5.1.1 nævnte.

Sådanne eventuelle ekstraundersøgelser vil ofte være relateret til betonens modstand mod chloridindtrængning, bestandighed overfor frost/tø-påvirkning og imødegåelse af tidlig revnedannelse. Den sidst nævnte af disse ekstraundersøgelser, herunder E-modul og spaltetrækspænding, kan også foretages som en del af den supplerende forprøvning af produktionsegenskaber - jf. afsnit 6.2.2. Prøver til undersøgelse af chloridindtrængning og frost/tø-påvirkning kan være støbte cylindre, kerner udboret fra standardprøvelegemet (afsnit 6.1) eller kerner udboret fra prøveemner af specielle konstruktionsdetaljer (afsnit 7).

Nødvendigheden af sådanne prøvninger samt prøvningsmetoder og acceptkriterier er undersøgt og beskrevet i andre af HETEK's delopgaver, hvortil der henvises.

I lande hvor tilslagets densitet kan variere væsentligt, bør også betonens densitet undersøges.

5.3 Forhåndsviden

Forprøvning af betonens egenskaber kan udelades, såfremt det kan dokumenteres, at undersøgelse af de nævnte produktions- og brugsegenskaber er gennemført indenfor et kortere tidsrum (normalt 1 år) og at betonen tidligere har været benyttet til et lignende anlægsarbejde af tilsvarende eller større størrelse. Producentens materialer samt type og størrelse af blander skal være uændrede. Hvis forhåndsviden ønskes overført fra et produktionssted til et andet skal det vurderes, om produktionsforholdene er ensartede nok til at forhåndsviden kan overføres. Det bør

dog altid dokumenteres at konsistensændring, luftindholdsændring og styrkeudvikling (mindst indtil 7 døgn) er uændrede.

Brugsegenskaber	Bemærkninger	Vejledende godkendelseskriterium
v/c-forhold	v/c-forholdet bestemmes ved beregning baseret på registrering af doserede mængder for prøveblandingen. Der skal udtages tilslagsprøver til bestemmelse af det aktuelle vandindhold i det tilslag, som er anvendt til prøveblandingen.	Det fundne v/c-forhold må ikke afvige mere fra det krævede end den for produktionen accepterede afvigelse (normalt $\pm 0,03$).
Chloridindhold	Chloridindholdet skal bestemmes ved beregning efter receptens mængder sammenholdt med delmaterialernes chloridindhold. Der kan anvendes målte værdier eller deklarerede maksimalværdier.	Det fundne indhold skal være mindre end 0,2 % af pulverbmassen. For chloridbelastede konstruktioner hvor indtrængning ikke kan sikres tilstrækkeligt ved konstruktionsudformningen, må indholdet kun være 0,1 % af pulverbmassen.
Trykstyrke	28 døgns trykstyrken vurderes på grundlag af trykstyrkeudviklingen Tabel 5.1.2.	28 døgns trykstyrken skal være så stor, at den for produktionen krævede karakteristiske styrke kan opnås med anvendelse af reglerne i DS 411 pkt. 8.1.1.
Frostbestandighed	Den hærdede betons luftindhold og luftporestruktur skal undersøges ved udboring af en cylinder $\varnothing 100 \times 200$ mm fra et prøvelegeme på mindst $0,1 \text{ m}^3$ eller på en udstøbt prøvecylinder $\varnothing 150 \times 300$ mm. Prøvelegemet skal udstøbes med beton som er færdigtransporteret, d.v.s. efter pumpe, kranspand eller transportbånd.	Luftindholdet bestemt efter f.eks. TI-B4 skal være mellem 10 og 25 % af kitmassen. Den specifikke overflade skal mindst være 25 mm^{-1} .
Homogenitet	Betonen undersøges for separation efter DS 423.35.	Vægtforskellen bedømt efter DS 423.35 må højst være 100 gram.

Tabel 5.1.1. Brugsegenskaber ved grundlæggende forprøvning af betonens egenskaber. Omfang og vejledende godkendelseskriterium.

Grundlæggende produktions-egenskaber	Bemærkninger	Vejledende godkendelseskriterium
Konsistensændring og luftindholdsændring	Konsistens og luftindhold skal bestemmes umiddelbart efter blanding af betonen og derefter mindst 3 gange. Den seneste bestemmelse skal udføres senere end det seneste anvendelsestidspunkt, som er planlagt ved produktionen.	Konsistensændringen (sætmål eller udbredelsesmål) skal være sådan, at den for produktionen bestemte konsistens med tilhørende acceptkriterie for afvigelse (normalt ± 30 mm) kan overholdes med planlagte transporttid og seneste anvendelsestidspunkt. Luftindholdet skal til det senest planlagte anvendelsestidspunkt være mindst 15 % af kitmassen og i øvrigt sådan at kravet til frostbestandighed kan opfyldes i den hærdnede beton såfremt den udsættes for frost (Tabel 5.1).
Vandseparation	Vandseparation skal bedømmes på beton, som er færdigtransporteret, d.v.s. efter pumpe, kran-spand eller transportbånd.	Visuelt bedømt må betonen ikke vise tegn på vandseparation. Gør den det, bestemmes vandseparationen efter DS 423.18 og må da ikke være større end 0,5 % efter 4 timer. (5 l vand pr. m ³ beton).
Afbindingstid	Afbindingstiden kan bestemmes på grundlag af τ_0 fra den adiabatisk eller semiadiabatisk kalorimetri.	Der er ikke krav, men entreprenøren skal overbevise sig om, at den fundne værdi er passende for de planlagte udførelsesmetoder.
Varmeudvikling	Betonens varmeudvikling skal bestemmes ved adiabatisk eller semiadiabatisk kalorimetri. Bestemmelsen kan foretages på en separat blanding som er mindre end prøveblandingen.	Der er ikke krav, men entreprenøren skal benytte de fundne værdier til beregninger af temperaturudviklingen under hærdning.
Trykstyrkeudvikling	Trykstyrkeudviklingen skal normalt bestemmes på 4 sæt prøvecylindre til terminerne 1, 3, 7 og 28 M-døgn. Et sæt består af mindst 2 prøvecylindre.	Der er ikke krav, men entreprenøren skal overbevise sig om, at de fundne styrker er tilstrækkelige for de planlagte udførelsesmetoder, f.eks. afforskalling og belastninger i byggeperioden.

Tabel 5.1.2. Produktionsegenskaber ved grundlæggende forprøvning af betonens egenskaber.
Omfang og vejledende godkendelseskriterium.

6. Forprøvning af udførelse

Forprøvning af betonarbejdets udførelse omfatter nødvendige undersøgelser af om betonen er egnet til udførelse af de aktuelle konstruktioner med de planlagte udførelsesmetoder. Sådanne undersøgelser (som ofte benævnes prøvestøbninger) foretages af entreprenøren med beton, som er accepteret ved forprøvning af betonens egenskaber.

Hvis konstruktionsudformningen eller udførelsesmetoderne gør det nødvendigt at undersøge andre produktionsegenskaber end de i afsnit 5 omtalte "grundlæggende" produktionsegenskaber henregnes disse undersøgelser af "ekstra" produktionsegenskaber til forprøvning af udførelse.

Forprøvning af udførelse opdeles i:

- Grundlæggende forprøvning, som er nødvendig for alle konstruktioner.
- Tillægsprøvninger af produktionsegenskaber, som er nødvendig for nogle konstruktioner.

Forprøvning af specielle konstruktionsdetaljer er behandlet i afsnit 7.

6.1 Grundlæggende forprøvning af udførelse

Grundlæggende undersøges de ekstra produktionsegenskaber, som normalt er nødvendige. Disse er:

- Stavvibrering, herunder armeringens indflydelse
- Hærdeforløb

Undersøgelserne gennemføres svarende til relativt simple, normalt forekommende konstruktioner.

Grundlæggende forprøvning foretages ved udførelse af et standardprøvelegeme som vist på Fig. 6.1. Prøvelegemets hoveddimensioner er 1,2 x 1,2 x 0,6 m.

Forprøvningen kan foretages med den prøveblanding, som benyttes til den grundlæggende forprøvning af betonens egenskaber. Hvis sidstnævnte forprøvning imidlertid ikke opfylder de stillede krav jf. Tabel 5.1.1 og 5.1.2, så må også den grundlæggende forprøvning af betonarbejdets udførelse gøres om.

Inden udstøbning ilægges armering som vist på Fig. 6.2. Denne armering svarer til normalt armerede konstruktioner med ca. 100 kg/m³. De fire armeringsstænger ø10

vist på detalje 1 og 2, ilægges kun såfremt prøvelegemet efter støbning skal benyttes til langsigtede holdbarhedsprøvninger. Hvis det aktuelle projekt har væsentlig mere armering, kan det være nødvendigt at foretage tillægsprøvning - se afsnit 6.2.1.

Støbeformén kan f.eks. udføres som vist på Fig. 6.3, og der anbringes thermofølere som vist på samme Figur 6.3.

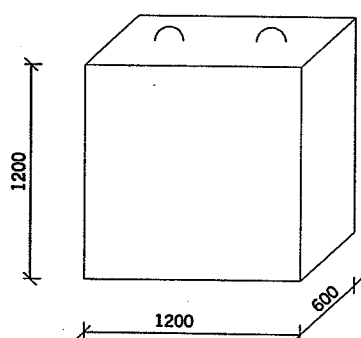


Fig. 6.1 Standardprøvelegeme

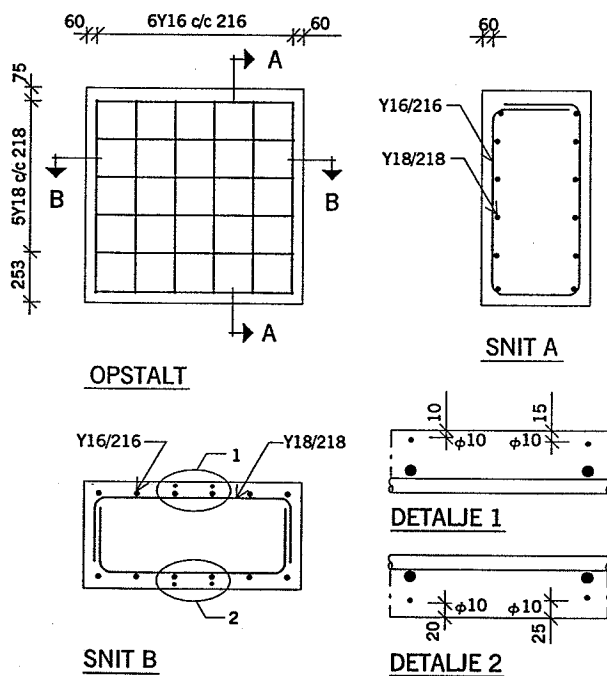


Fig. 6.2 Armering i standardprøvelegeme. Målangivelser til center af armeringsstænger.
Dækklag + tolerance: 50+5 mm for sideflader.

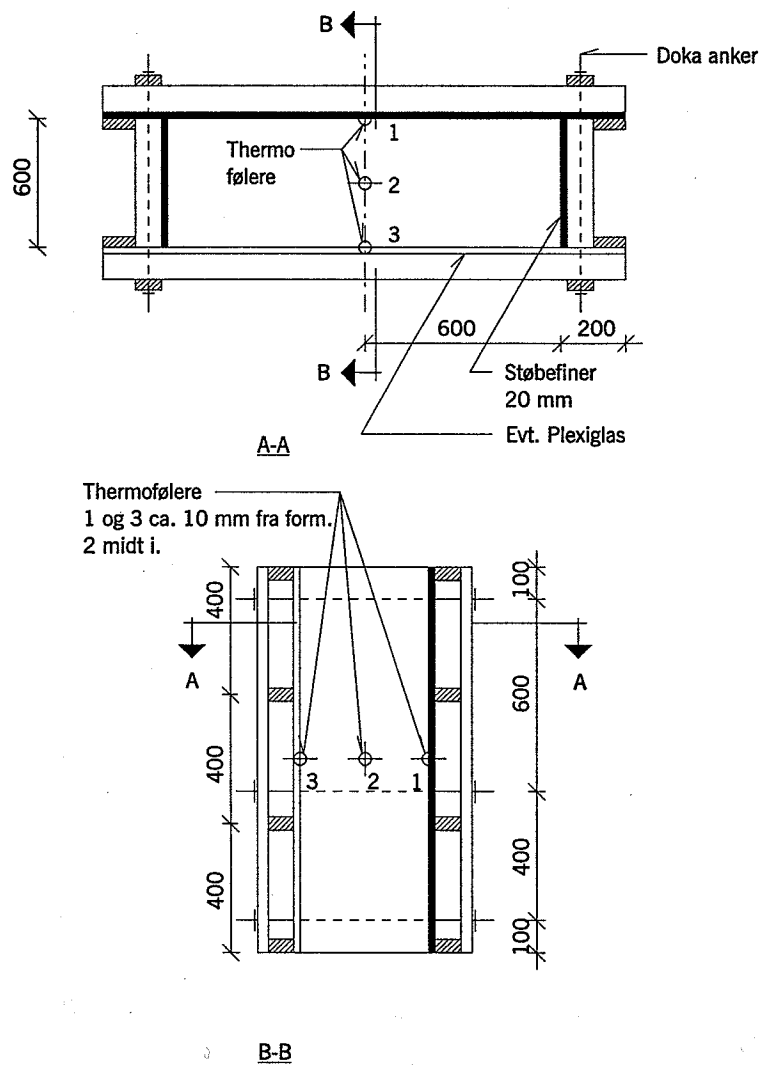


Fig. 6.3 Form til standardprøvelegeme

6.1.1 Stavvibrering/armering

Ved udstøbning af standardprøvelegemet skal stavvibreringens effekt undersøges og følgende parametre fastlægges:

- lagtykkelser
- vibreringstid
- nedstiksafstand

Vejledende kriterier for valg af disse parametre er omtalt i HETEK "Anvisning i stavvibrering".

For den valgte stavvibratorstørrelse og betonsammensætning skønnes de nævnte parametre ved at benytte Fig. 6.4 og Tabel 6.5. Nedstiksafstanden (Tabel 6.5), kan for armeringen i prøvelegemet Fig. 6.2 antages at være 8d. Lagtykkelsen må ikke være større end 80% af stavvibratorens længde. Prøvelegemet udstøbes og vibreres med de herved fastlagte parametre.

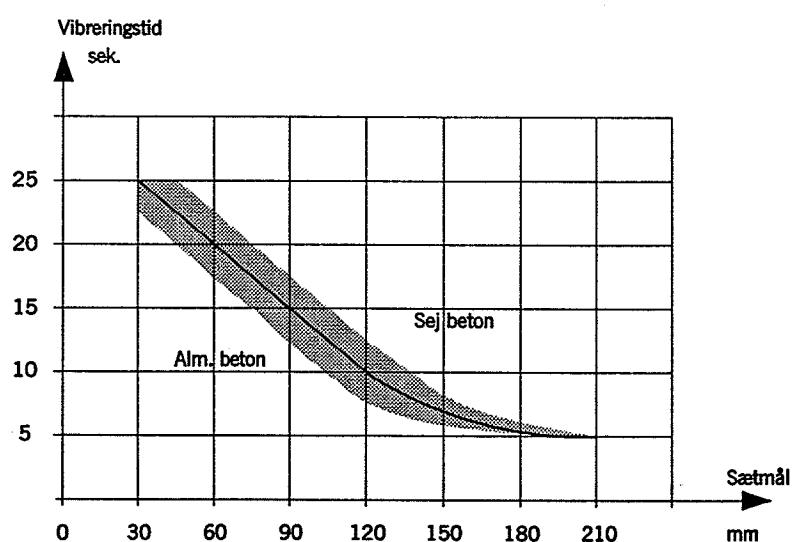


Fig. 6.4 Sammenhæng mellem vibreringstid og sætmål.

Formens sværhedsgrad	Vejledende eksempel	Nedstiksafstand $a = nd$
1. Simple	Uarmeret og let armeret beton	10d
2. Normal	Normalt armeret beton	8d
3. Vanskelig	Svært armeret beton med mindre omfang af svært tilgængelige områder	6d
4. Meget vanskelig	Som vanskelig, men med mange svært tilgængelige områder	4d
5. Ekstrem vanskelig	Bør normalt ikke anvendes	2d

Tabel 6.5. Afstand mellem vibratoredstik i afhængighed af formens sværhedsgrad, d angiver diameter af stavvibrator

Formen kan evt. opbygges med plexiglas i den ene sideflade. Er det tilfældet kan de grove luftboblers opstigen under vibrering iagttages og dermed støtte valget af de 3 parametre ved konstruktionsstøbningerne.

Efter afformning bedømmes overfladerne visuelt. Vibreringseffekten på den indre beton undersøges ved udboring af en eller flere kerner evt. ved imprægnerede planslib og ved luftporeanalyse afgøres det om evt. krav til luftindholdet kan overholdes med det valgte vibreringsomfang.

Godkendelseskriterier:

- Legemets lodrette sideflader må højst have 22 huller med diameter større end 5 mm og dybde indtil 5 mm efter luftblærer. Egentlige stenreder må ikke forekomme.
- For konstruktioner, hvor betonen kræves frostbestandig skal udborede kerner undersøges som beskrevet i Tabel 5.1.1. Alternativt kan betonen undersøges som beskrevet i HETEK rapporten om prøvning af frostbestandighed.

På grundlag af iagttagelserne kan der foreløbigt ske en fastlæggelse af

- lagtykkelse
- vibreringstid
- nedstiksafstand

for udførelsen af de faktiske konstruktioner. Der må dog påregnes en korrektion af vibreringsomfanget for de virkelige konstruktioners sværeste detaljer.

6.1.2 Hærdeforløb

Forud for støbning af prøvelegemet isættes thermofølere i støbningens midte og overflade, som vist på Fig. 6.3.

Ligeledes forud for støbningen foretages temperaturberegninger af det forventelige temperaturforløb i de nævnte punkter.

Ved temperaturberegningerne benyttes den bestemte varmeudvikling (se afsnit 5.1) samt det benyttede afformningstidspunkt. Den friske betons temperatur og ude-temperaturen under hærdeningen skønnes på basis af vejrforudsigelser.

Under prøvelegemets hærdening aflæses temperaturen i de nævnte punkter med en sådan hyppighed, at temperaturforløbene kan sammenlignes med de beregnede forløb. Særlig interessant er sammenligningen til det tidspunkt, hvor der opnås maximal temperatur og til det tidspunkt, hvor der er størst temperaturredifferens mellem det indre og overfladen (kort tid efter afformning). Temperaturdifferensen må ikke overstige 20°C i de virkelige konstruktioner og bør derfor heller ikke overstige denne værdi ved forprøvningen for at sikre prøvelegemets repræsentativitet.

På grundlag af disse observationer bedømmes det, om de benyttede beregningsforudsætninger er rimelige. Hvis der er væsentlig uoverensstemmelse mellem målte og beregnede temperaturer, skal årsagen findes og nødvendige justeringer foretages, således at beregninger for de egentlige produktionsstøbninger baseres på realistiske forudsætninger.

Det skal understreges, at forprøvningen af hærdeforløbet som her skitseret, kun er af overordnet karakter.

Der er ikke egentlige acceptkriterier forbundet med hærdeforløbet ud over den nævnte temperaturdifferens på 20°C

De hærdetekniske forhold ved de faktiske konstruktioner er som regel langt mere komplicerede end ved standardprøvelegemet. Det gælder f.eks. de forhold, som knytter sig til sammenstøbning mellem tidligere støbte konstruktionsdele og tilstødende, senere støbte dele.

At standardprøvelegemet, som jo ikke har sådanne tvangsbindinger, er revnefrit, må således ikke opfattes som udtryk for at konstruktionsstøbningerne kan forventes revnefrie.

Tillægsforprøvning til yderligere sikring heraf er beskrevet i afsnit 6.2.

6.2 Tillægsprøvninger, produktionsegenskaber

Afhængig af projektudformning, udførelsesmetode og mixsammensætning, kan det være nødvendigt at foretage tillægsprøvning af produktionsegenskaber som ikke er undersøgt ved den grundlæggende forprøvning. I det følgende omtales eksempler på sådanne tillægsprøvninger og i hvilke tilfælde de anses for nødvendige.

6.2.1 Tillægsprøvning af høj armeringsprocent

Denne tillægsprøvning består i fastlæggelse af stavvibreringsparametrene for konstruktionsdele med armeringstætheder, som er væsentlig større end forudsat i standardprøvelegemet Fig. 6.2 (100 kg/m³).

Undersøgelserne kan gennemføres som beskrevet i afsnit 6.1.1, idet dog armeringen i prøvelegemet udføres svarende til den armeringstæthed, som skal undersøges. Acceptkriterier er de samme som er nævnt i afsnit 6.1.1.

6.2.2 Tillægsprøvning af produktionsegenskaber til spændings-beregninger

Denne tillægsprøvning består i undersøgelse af følgende ekstra produktionsegenskaber:

- Temperaturudvidelseskoefficient
- Betonens svind og krybning
- Betonens E-moduludvikling
- Betonens spaltetrækstyrkeudvikling bestemt på f.eks. 6 sæt prøvecylindre til terminerne ½, 1, 2, 3, 7 og 28 M-døgn. Et sæt består af f.eks. 2 prøvecylindre.

Det forudsættes, at varmeudviklingen er bestemt - se afsnit 5 - ellers skal også den bestemmes.

Undersøgelserne udføres på en prøve udtaget fra prøveblandingen eller anden tilsvarende blanding.

Tillægsprøvningen anses for nødvendig i de tilfælde, hvor der kræves spændingsberegninger f.eks. som følge af temperaturforskelle enten indenfor støbeafsnittet eller mellem tidligere støbte og tilstødende nystøbte konstruktionsdele. Spændingsberegninger bl.a. baseret på ovenstående prøvningsresultater vil da kunne dokumentere hvilke temperaturkriterier, der skal anvendes for den aktuelle konstruktion.

6.2.3 Tillægsprøvning for afprøvning af spændingsberegninger

Formålet med denne tillægsprøvning er ved støbning af et prøvelegeme at afprøve de eventuelt udførte spændingsberegninger (se afsnit 6.2.2) med de tilhørende hærdetekniske foranstaltninger.

Afstanden mellem revner, der opstår som følge af store temperaturforskelle mellem sammenstøbte konstruktionsdele, er ofte 4 m eller mere. Prøvelegemer skal derfor mindst være 8 m lange for at afprøvningen bliver realistisk. Drejer det sig f.eks. om støbning af en væg med tværsnit $3,5 \cdot 0,6$ m på et fundament med tværsnit $1,0 \cdot 3,0$ m, vil prøvelegemet indeholde ca. 30 m^3 armeret beton. Desuden vil der ved prøvningen kun kunne undersøges et sæt parametre for f.eks. betontemperatur, isolering, afformning og udeklima. Sikring mod revnedannelse i de virkelige konstruktioner kan derfor ikke bedømmes i alle tilfælde.

Tillægsprøvning af denne art og størrelse udføres praktisk taget aldrig.

6.3 Forhåndsviden

Den grundlæggende udførelsesforprøvning, afsnit 6.1, kan helt eller delvis udelades såfremt betonen tidligere har været tilsvarende undersøgt og benyttet ved udførelse af en tilsvarende anlægskonstruktion.

7. Forprøvning af konstruktionsdetaljer

Disse forprøvninger består i undersøgelse af om betonen er egnet til udførelse af særligt vanskelige konstruktioner eller konstruktionsdetaljer.

De gennemføres ved støbning af prøvelegemer med geometrisk form som de konstruktionsdetaljer, der skal undersøges og med anvendelse af den planlagte udførelsesmetode.

De konstruktioner eller konstruktionsdetaljer, som det måske kan være nødvendigt at undersøge nøjere, hvis de indgår i det aktuelle projekt, er omtalt i HETEK opgave 5a "Vejledning i udformning og udførelse af armerede betonkonstruktioner" og er bl.a.:

- konstruktioner med tætliggende armering, forankringer og indstøbte dele, herunder kølerør.
- konstruktioner med større udsparinger.
- konstruktioner med sparerør.
- konstruktioner med hældende overflader, støbt med overform.
- konstruktioner med hældende overflader støbt uden overform.
- konstruktioner med høje vægge og søjler

Desuden beskrives tillægsprøvninger for:

- Undervandsstøbning
- Glidestøbning

Den nævnte vejledning i udformning og udførelse beskriver, hvordan udførelse af konstruktionsdetaljerne kan gennemføres.

Hvis betonsjakket imidlertid ikke tidligere har udført tilsvarende detaljer med lignende høj kvalitetsbeton, kan det være nødvendigt at udføre forprøvning som beskrevet.

Normalt gennemføres tillægsprøvninger af den nævnte art ikke for mindre anlægskonstruktioner. Hvis konstruktionen imidlertid indeholder detaljer af den nævnte art, og hvis disse er af vital betydning i en større sammenhæng, kan det være nødvendigt at undersøge dem ved tillægsprøvning.

For større anlæg med 5-10.000 m³ beton, hvor projektet indeholder en eller flere af de nævnte konstruktionsdetaljer, bør mindst en af disse undersøges ved tillægsprøvning.

Acceptkriterie er for alle de nævnte tillægsprøvninger at prøvelegemet er uden stenreder og andre synlige støbefejl.

Armeringsplaceringen skal checkes f.eks. ved brug af covermeter.

Af prøvelegemet kan der evt. udbores kerner til bestemmelse af frostbestandigheden og chloridindtrængningsmodstanden.

7.1 Forprøvning af konstruktioner med tætliggende armering, forankringer og udstøbte dele, herunder kølerør

Tætliggende armering, forankringer og indstøbte dele kan indbygges i prøvelegemet beskrevet afsnit 6.2.1.

7.2 Forprøvning af konstruktioner med større udsparinger

Indbygning af udsparinger vil kræve et prøvelegeme, som er større end beskrevet i afsnit 6.2.1. Der bør være ca. 1 m fra prøvelegemets ender til udsparingskassen. Er udsparingen f.eks. 1 m lang, bør prøvelegemet være mindst 3 m. Prøvelegemet bliver således i dette tilfælde mere end dobbelt så stort som det i afsnit 6.2.1 beskrevne.

7.3 Forprøvning af konstruktioner ved sparerør

Undersøgelser vedrørende omstøbning af sparerør vil kræve et prøvelegeme med stor horisontal udstrækning. Det vil være nødvendigt for at kunne afprøve de valgte støbefrekvensers indflydelse på sparerørenes opdrift og dermed forbundne skadelige deformationer.

Sådanne undersøgelser gennemføres normalt ikke.

Angående udførelsesmetoder henvises i stedet til "Vejledning i konstruktionsudformning og udførelse af armerede betonkonstruktioner".

7.4 Forprøvning af konstruktioner med hældende overflader, støbt med overform

Prøvelegeme til undersøgelse af en konstruktion med hældende overflade, støbt med overform skal afspejle det aktuelle tværsnit i fuld højde.

Det er specielt de vanskelige vibreringsforhold under overformen, se Fig. 7.1, som bør afprøves, hvis støbesjakket ikke har erfaring fra tidligere lignende konstruktioner udført med tilsvarende høj kvalitetsbeton.

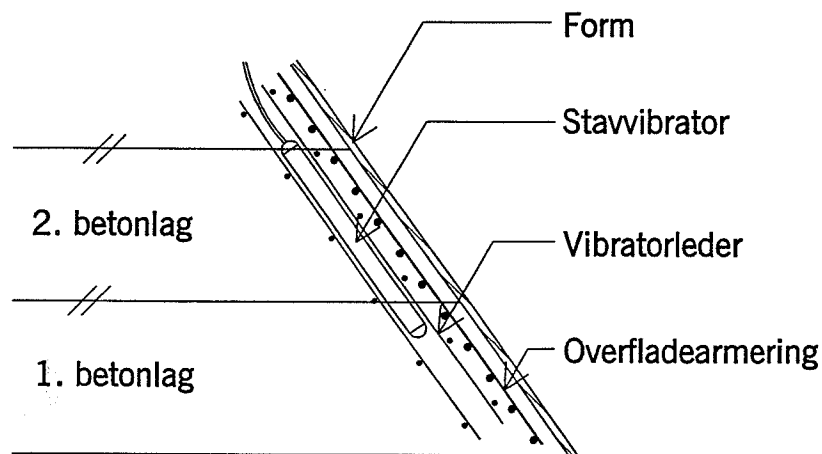


Fig. 7.1 Vibrering under skrå overforskalling

7.5 Forprøvning af konstruktioner med hældende overflader, støbt uden overform

Prøvelegeme til undersøgelse af konstruktion med hældende overflade støbt uden overform kan udføres som en plade f.eks. 3 x 3 m med tykkelse 0,3 m.

Ved udførelsen undersøges de planlagte udførelsesmetoder med tilhørende grej og efterbehandlingsmetoder f.eks.:

Udførelsesmetoder

- vibrering med stavvibrator
- vibrering med bjælke
- afretning med skinne
- manuel glitning
- mekanisk glitning (frarådes jf. Anvisning i brug af Højkvalitetsbeton)

Efterbehandlingsmetoder

- afdækning med plastpresenninger
- påsprøjtning med curing compound
- afdækning med isoleringsmåtter

7.6 Forprøvning af udførelse af konstruktioner med høje vægge og søjler

Hvis høje vægge udføres med relativ stor støbehastighed og/eller omfattende vibrering, kan trykket i den beton som ligger i nederste zone blive så stort, at luftindholdet reduceres betydeligt. Hvis konstruktionen udsættes for frost/tø-påvirk-

ninger, kan det være nødvendigt at undersøge sammenhængen mellem støbehastighed/vibreringsomfang og luftindhold ved en tillægsprøvning. Undersøgelserne kræver et prøvelegeme, der er lige så højt som den faktiske konstruktion. Den horisontale udstrækning bør svare til mindst 2 m af væggen.

Ved udstøbningen benyttes den planlagte støbehastighed og det planlagte vibreringsomfang.

Luftindholdet i den nederste zone undersøges på udborede kerner.

7.7 Forprøvning af undervandsstøbning

Denne tillægsprøvning omhandler konstruktioner, hvor undervandsstøbning er påkrævet. Undervandsstøbning foretages normalt uden vibrering og derfor er det vigtigt at undersøge betonens flydeegenskaber og indre sammenhængskraft samt at sikre sig, at udstøbningsmetoden resulterer i homogen beton uden skadelige hulrum.

Betonens flydeegenskaber kan undersøges ved udbredelsesmål DS 423.14 eller ved rheometerundersøgelse, som beskrevet i "Anvisning i brug af højkvalitetsbeton". Undersøgelse af udstøbningsmetoden kan iværksættes ved støbning af et prøvelegeme støbt i form under vand. Formens længde skal i rimelig grad afspejle den faktiske undervandsstøbnings udbredelse for at undersøge, hvordan betonen flyder ud. Længden kan f.eks. være 4-5 m. Højde og bredde kan begrænses til f.eks. $h \times b = 1,0 \times 0,6$ m. Noget af betonen kan ved blanding tilsættes farvestof for at klarlægge bevægelserne under støbning.

Efter hærkning bør det ca. 6 tons tunge prøvelegeme bringes på land og undersøges for hulrum i betonen ved at udbore kerner. Desuden afgøres, om prøvelegemets overfladekarakter (ujævnheder og cementslam) er tilstrækkelig god til det aktuelle formål.

Den her beskrevne tillægsprøvning er forbundet med store omkostninger og gennemføres normalt kun hvis undervandsstøbningen har væsentlig betydning for byggeprocessen og/eller det færdige bygværks styrke og holdbarhed.

7.8 Forprøvning af glidestøbning

Denne tillægsprøvning omhandler konstruktioner udført ved glidestøbningsmetoden. Undersøgelser som er gennemført i andet regi indikerer, at denne udførelsesmetode vil føre til et omfang af mikrodefekter, som er større end mikrodefektomfanget ved brug af traditionel, fast form. Disse mikrodefekters indvirkning på konstruktionens holdbarhed kendes ikke med sikkerhed - men bør indgå i overvejelserne om brug af glidestøbningsmetoden ved et aktuelt bygværk.

Udførelsesmæssigt kan betonsammensætning med lang afbindingstid, stor klæbrighed og tendens til skorpedannelse føre til vanskeligheder ved udstøbning med glideform.

Disse egenskaber, som ofte findes hos højkvalitetsbetoner er beskrevet i "Anvisning i brug af Højkvalitetsbeton".

Prøvelegemer til undersøgelse af glidestøbningsmetoden skal være temmelig store for at give et realistisk erfaringsgrundlag, som kan benyttes ved de egentlige støbninger. I rapport no. 40, State of the Art viser forsidebilledet prøvelegemet, som udførtes ved Storebæltsforbindelsens Vestbro. Dette prøvelegeme bestod af ca. 40 m³ armeret beton.

Udgifterne til udførelse af sådanne prøvelegemer er store og normalt udføres de ikke.

Imidlertid bør betonsammensætningens betydning for produktionsegenskaberne klæbrighed og skorpedannelse vurderes.

Planlægning af lagtykkelser og glidehastighed kan da baseres dels på disse produktionsegenskaber, dels på viden om afbindingstiden, som er bestemt ved forprøvning af betonen (jf. afsnit 5) og dels på klimaets indflydelse på disse produktionsegenskaber. Der henvises generelt til "Anvisning i brug af Højkvalitetsbeton".

8. Referencer

HETEK Report No. 40: Guide for Trial Castings, State of the Art, The Danish Road Directorate 1996.

HETEK Report No. 65: Pre-Testing of concrete, constituent materials, composition and workmanship. The Danish Road Directorate 1997.

HETEK Report No. 84: Test Panels and Exposure Sites. The Danish Road Directorate 1997.

The Danish Concrete Institute, 1993: High Performance Concrete for exposed Civil Work Structures, State of the Art.

The Danish Concrete Institute, 1995: Anvisning i brug af højkvalitetsbeton til udsatte anlægskonstruktioner, in Danish (Guide for use of High Performance Concrete).

Frandsen, S. and Schultz, K.I.: Vibrering med stavvibrator, vejledning, in Danish (Guide for poker vibration), The Danish Concrete Institute 1995.

Vejregeludvalget: "Udbuds- og anlægfskrifter - Betonbroer - Almindelig arbejdsbeskrivelse (AAB)", in Danish (Tender and Construction Precepts - Concrete Bridges - Ordinary work specification), Vejregler, December 1994.

ATV-udvalget vedrørende betonbygværkers holdbarhed: "Basisbetonbeskrivelsen for bygningskonstruktioner (BBB)", in Danish (Basic Concrete Specification for Building Structures), National Building Agency, march 1987.

ATV-udvalget vedrørende betonbygværkers holdbarhed: "Redegørelse vedrørende Basisbetonbeskrivelsen" in Danish (Explanatory Document to BBB), The Academy for Technical Sciences, May 1986.

Dansk Ingeniørforenings code of practice for the structural use of concrete - Dansk Standard DS 411. 3. Edition 1984. - 3. Issue 1988 and 6. Issue 1994.

Bilag 1. Checklister

CHECKLISTE

5. Forprøvning af betonens egenskaber

5.1 Grundlæggende forprøvning

5.1.1 Brugsegenskaber (Tabel 5.1.1)

- v/c-forhold
- Chloridindhold
- Trykstyrke
- Frostbestandighed
- Separation
- Andet

5.1.2 Produktionsegenskaber (Tabel 5.1.2)

- Konsistensændring
- Luftindholdsændring
- Vandseparation (bleeding)
- Afbindingstid
- Varmeudvikling
- Trykstyrkeudvikling
- Andet

5.2 Tillægsprøvninger, brugsegenskaber

- Frost/tøprøvning
- Chloridindtrængning
- Densitet

6. Forprøvning af udførelse

6.1 Grundlæggende forprøvning af udførelse

- Prøvelegeme 1,2 x 1,2 x 0,6 m (Fig. 6.1)
- Placering af armering (Fig. 6.2)
- Placering af termofølere (Fig. 6.3)

6.1.1 Stavvibrering/armering

- Vibratorstørrelse
- Planlagt sætmål
- Vibreringstid (Fig. 6.4)
- Nedstiksafstand (8 x stavvibratorens diameter)
- Lagtykkelse (max. 80% af stavvibratorens længde)
- Støbning af prøvelegeme

- Stigningshastighed af grove luftbobler hvis formen er udført med plexiglas
- Overfladehuller, antal med diameter større end 5 mm og dybde indtil 5 mm (max. 22 stk.)
- Udboring af kerner til luftporeanalyse
- Udboring af kerner til evt. andre undersøgelser
- Udboring af kerner til frost/tøanalyser
- Fastlæggelse af lagtykkelse, vibreringstid og nedstiksafstand for produktion

6.1.2 Hærdeforløb

- Skønnet udetemperatur
- Skønnet frisk betontemperatur
- Varmeudviklingsparametre (5.1.2)
- Tidspunkt for afformning
- Beregning af forventet temperaturforløb i de punkter, hvori termofølere er anbragt
- Registrerede temperaturforløb
- Beregnet temperaturforskel midte/rand
- Registreret temperaturforskel midte/rand
- Overensstemmelse mellem beregnede og målte temperaturforløb
- Nødvendige korrektioner

6.2 Tillægsprøvninger, produktionsegenskaber

6.2.1 Høj armeringsprocent

- Armeringsmængde $> 100 \text{ kg/m}^3$
- Lagtykkelse, vibreringstid og nedstiksafstand

6.2.2 Produktionsegenskaber til spændingsberegninger

- Temperaturudvidelseskoefficient
- Svind og krybning
- E-moduludvikling
- Spaltetrækstrykeudvikling

6.2.3 Afprøvning af spændingsberegninger

- Støbning af prøvelegeme

7. Forprøvning af konstruktionsdetaljer

Støbning af prøvelegeme for anlæg med mere end ca. 5.000 m^3 beton.

7.1 Tætliggende armering, forankringer og indstøbte dele, herunder kølerør.

7.2 Større udsparinger.

7.3 Sparerør.

7.4 Hældende flader, støbt med overform.

7.5 Hældende flader, støbt uden overform.

7.6 Høje vægge og søjler.

- Undersøgelse af luftindhold og specifik overflade.

7.7 Undervandsstøbning

7.8 Glidestøbning