



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R38:1976

Undervattensbetong

Litteraturinventering

Stefan Montin

Johan Nygårds

Stig Sällström

Byggforskningen


Rapport R38:1976

UNDERVATTENSBETONG
Litteraturinventering

Stefan Montin
Johan Nygårds
Stig Sällström



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
750568-5 från Staten råd för byggnadsforskning
till AB Skånska Cementgjuteriet, Stockholm



Statens råd för byggnadsforskning
ISBN 91-540-2608-3

LiberTryck Stockholm 1976

INNEHÅLL

FÖRORD. 4

BETONGGJUTNING UNDER VATTEN

Litteraturförteckning. 6

Referat. 8

Sammanställning i tabellform. 45

BETONGS GJUTBARHET OCH KONSISTENS

Litteraturförteckning. 48

FÖRORD

Hösten 1975 erhöill Skånska Cementgjuteriet anslag från BFR för att förbereda ett forskningsprojekt benämmt UNDERVATTENS BETONG. Bl a skulle program upprättas. I arbetet med detta program kom att ingå också en litteraturinventering. Denna har till större delen utförts av Cement- och Betonginstitutet med civilingenjör Stefan Montin som handläggare.

Föreliggande rapport är en sammanställning av litteraturstudien. Ifråga om betonggjutning under vatten, d v s utförande, rekommendationer och hittills gjorda undersökningar, ingår i rapporten litteraturförteckning, referat samt en sammanställning i tabellform av väsentliga data från de flesta av artiklarna. Ifråga om betongs gjutbarhet och konsistens ingår i rapporten endast litteraturförteckningen.

I samtliga artiklar framhålles betongmassans egenskaper, såsom rörlighet, sammanhållning och stabilitet, som ytterst viktiga för gjutningens förlopp. Genomgående framhålles också att gjutningen bör fortgå utan eller med endast korta avbrott. När det gäller faktorer som cementhalt, max stenstorlek, konsistens, rördiameter, röravstånd, stighastighet, tillsatsmedel m m varierar uppfattningarna inom vida gränser.

BETONGGJUTNING UNDER VATTEN

LITTERATURFÖRTECKNING

Utförande, rekommendationer och undersökningar beträffande undervattensgjutning

1. S M Hands: Underwater concrete mixtures and placement - San Francisco - Oakland Bay Bridge (ACI Journal, Jan - Feb 1936).
2. Arthur R Andersson: A study of sub - Aqueous Concrete (ACI Journal, Jan - Feb 1937).
3. P J Halloran and K H Talbot: The Properties and Behavior Underwater of Plastic Concrete (ACI Journal, June 1943 and November 1943).
4. W Mack Angas, E M Shaley and J A Erickson: Concrete problems in the construction of Graving Docks by the Tremie Method (ACI Journal, Feb 1944).
5. P Dunker: Betonggjutning under vatten (Betong 1945/2).
6. E Almström: Betonggjutning under vatten (Betong 1946/3).
7. W S Colby: Design and construction of a circulating water intake (ACI Journal, March 1950).
8. A B Hunicke: The Valved - Tremie applied to Subaqueous Concrete (Journal of the Franklin Institute Vol 252 No 2, Aug 1951).
9. G Alm: Undervattensgjutning vid Svarthålsforsen (Betong 1955/4).
10. A K Burnham, Jr: Underwater Concreting Construction (Methods and Equipment June 1955).
11. Fritzell G: En misslyckad undervattensgjutning (Betong 1956/3).
12. S Birch: Beregning av en dokbund (Nordisk Betong 1958:1).
13. I Wayman Williams, Jr: Tremie concrete controlled with Admixtures (ACI Journal, Feb 1959).
14. B C Gerwick, Jr: Placement of Tremie Concrete (ACI Publikation SP-8, Sep 1962).
15. Meyers, Holm and Mc Allister: Handbook of Ocean and Underwater Engineering (Mc Grawhill Book Company, New York 1964).
16. S Thaulow: Betongstöpning under vann med dykket rör (Betongen i dag 1965/6).

17. Statliga Betongbestämmelser B5 1965 och 1973 samt kommentarer KB5 1966.
18. G Franke: Betonggjutning under vatten (Cement och Betong 1967/1).
19. Concrete down the spout (Concrete Construction, July 1968).
20. Placing concrete under water (Concrete Construction, Dec 1968).
21. The Concrete Society: Underwater concreting cement and concrete association, London (Technical Report TRCS 3 1971).
22. ACI - Standard 304-73. Recommended Practice for Measuring, Mixing, Transporting and Placing Concrete. (Tremie ingår som Kapitel 8). (ACI Journal 1972/7).
23. Louis C Schoewert and Henri F Hillen: Underwater Transporting of Concrete with the Hydro-Valve (ACI Journal, Sep 1972).
24. CUR Report no 56 Holland: Underwater concrete (Heron Vol 19, 1973/3).
25. Norsk Betongforening: Forslag till "Midlertidige retningslinjer for prosjektering og udførelse av betongkonstruktioner i vann" (1973).

REFERAT

1. S. M. Hands: Underwater concrete mixtures and placement.
San Francisco - Oakland Bay Bridge. ACI Journal Jan-Febr 1936.

Artikeln, som är på 12 sidor, varav ett flertal fotografier och figurer, redogör för gjutning av fundament för rubricerade bro. Vattendjupet varierade från 7,5 m till 72,6 m. Antalet monoliter var 29, i storlek från 3800 m³ till 23000 m³. För de största monoliterna pågick gjutningen kontinuerligt under mer än en veckas tid. Vid stora djup placerades betongen i formen medelst bask. Vid mindre djup användes rör. Av artikeln framgår inte på vilket djup man övergick från bask till rör.

Ballastmaterial togs från inte mindre än 7 fyndigheter. Från några var materialet sådant att riktigt bra betong ej kunde framställas men genom noggrann kontroll kunde acceptabel kvalitet erhållas. Största vikt fästes vid betongmassans separation, rörlighet och tillstyvnad. Det framhålls att betongens sammansättning måste vara sådan att "nothing was lost from or added to the mass by reason of its flow". Den lätthet varmed betongen kunde placeras i formen ansågs som en mycket väsentlig egenskap.

Sanden levererades i en grov och flera fina fraktioner. Ständig kontroll av gradering och justering av proportioneringen företogs. I betongen ingick 25 % sten större än 38 mm och 35 % större än 25 mm. Fraktionsgrupper under 25 mm hölls under noggrann kontroll, mindre viktigt var det med de större fraktionerna. Sammansatt ballast saknade praktiskt taget material mellan 5-12 mm. Proportionen sand/sten var 1:1.

Lufthalten var ungefär 2 %. I en intressant kommentar om lufthaltens inverkan framhålls bl a att luft är olämplig i undervattensbetong på grund av att den har benägenhet att gå bort och därvid åstadkomma en icke önskad turbulens.

Cementhalten var 330 kg/m³. Vattencementtalet "by volume" var 0.85! Vilket möjligen kan motsvara ungefär 0.60. Konsistensen var

"plastic, not fluid". Mängden bruk i betongen var 13 % större än i ordinär betong.

Betongens hållfasthet var vid den kontinuerliga provningen 260 kg/cm² vid 28 dygn (cylindrar). För utborrade provkroppar uppgick hållfastheten till 360 kg/cm² vid 1 års ålder.

I artikeln redogörs kortfattat för schaktning, pålning, formbyggnad, betongstation, transport- och gjutanordningar samt också för själva gjutningen. Mycket kraftigt framhålls hur nödvändigt det är att personalen på alla nivåer instrueras och informeras i detalj.

2. A.E Andersson "A Study of Subaqueous Concrete". Journal of the American Concrete Institute Vol 33 Jan-Feb 1937.

En jämförelse mellan betong gjuten dels över dels under vatten visar att den senare har mellan 40 och 80 procent av den tryckhållfasthet betong gjuten i torrhet har.

En ökad sandhalt ökar betongens arbetbarhet och minskar segregations- och urtvättningseffekterna. Detta resulterar i högre betonghållfastheter.

En tillsats av dispersionsmedel gav en påtaglig hållfasthetsförbättring.

Tillsatsmedlet gjorde betongen "kletig", vilket ökade sammanhållningen.

3. P.J. Halloran and K.H. Talbot,
The Properties and Behavior Underwater of Plastic Concrete.
Journal of the American concrete Institute. Vol 14 No 6,
June 1943.

Då betong fylls i gjutrören periodvis (kontinuerligt) varierar utströmningshastigheten i rörmynningarna, vilket medför att nya strömningslinjer och strömningskanaler hela tiden bildas i betongen, resulterande i skikt i den färdiga konstruktionen.

Förstudier visade att ballast med 50 mm maximal stenstorlek gav bättre arbetbarhet än betong med mindre maximal stenstorlek.

Vid byggandet av en torrdocka användes betong med en cementhalt av 400 kg/m³ och vct 0,5. Konsistensen motsvarade sättmättet 180 mm.

Gjutrören som användes var försedda med bottenventil. Genom ventilernas konstruktion riktades betongströmmen horisontellt, varigenom tidigare placerad betong stördes minimalt.

Så fort nederdelen av rören täckts med betong pressades de nya betongsatserna under den tidigare gjutna betongen. Då rörmynningarna hålls 1-1,5 m under betongytan pressas betongen åt sidorna. Betongytan är då tämligen plan. Då rörmynningarna hålls 30-60 cm under betongytan blir betongytans lutning brant. Betongen pressas upp längs rören och flyter ut på den gamla betongen. Sammanfattningsvis, om rörmynningen hålls nära betongytan förblir den tidigare placerade betongen tämligen ostörd, medan då rörmynningen hålls djupt under betongytan en bättre horisontell utströmning hos betongen och en jämnare överyta erhålls. Betongen är också rörlig under längre tid som följd av bearbetning från utströmmande betong. Om rörmynningen hålls alltför långt ned i betongmassan tenderar betongytan att styvna till och bilda ett hårt skal. Lämpligt djup är mellan 1 och 1,5 m.

Fördelarna med en snabb och jämn stighastighet hos betongen är:

- Betongen flyter lättare ut tack vare innehållet av rörelseenergi
- Motståndet mot utflytning på grund av betongens tillstyvnad minskar
- Betongen kan ha ett lägre sättmått
- Rören kan höjas kontinuerligt, vilket minskar risken för urtvättning och stopp

Modellförsök

Betongen strömmar från rörmynningen ut längs botten tills friktionen mot botten och betongens inre friktion tvingar betongen närmast röret att stiga. Då röret lyfts upp bildas nya strömlinjer som liknar strömlinjer från tidigare gjutningar. Försök visade att en plan betongyta kan erhållas med jämn utströmning av betong. Ytans lutning i varje punkt är en funktion av effektiva tryckhöjden i röret.

Fig. 12—Section of model pour showing progressive profiles of dome around tremie and final distribution of each color of concrete

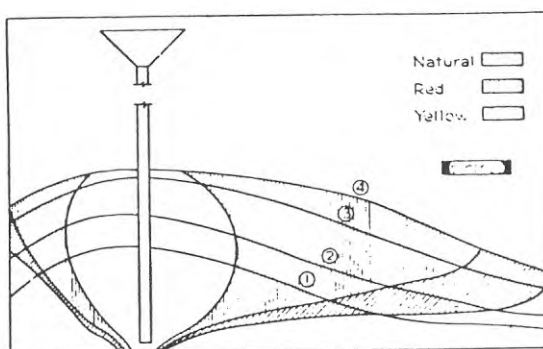


Fig. 12 visar betongens utflytning. Först används betong med neutral färg tills dess betongytan når höjden enligt linje 1. Då används i stället betong med röd färg. Denna tvingar den neutralt färgade betongen uppåt. Efter en viss tid flyter den rödfärgade betongen upp på den gamla betongen och tvingar denna ut mot kanterna. När betongytan nått höjden enligt linje 2 används i stället gult färgad betong till höjden enligt linje 3. Då används åter neutralfärgad betong som når den slutgiltiga höjden enligt linje 4. Vid gjutningens början strömmar betongen horisontellt ut mot kanterna men när motståndet från redan gjuten betong ökar, ändras tryckförhållandena inuti betongmassan och trycklinjerna får ett utseende av en boll. Bollen expanderar och pressar i alla riktningar. Överliggande betong tvingas utåt och uppåt och underliggande betong utåt och nedåt.

Fullskaliga försök bekräftade observationerna från modellförsöken.

4. W. Mack Angas, E.M. Shaley, J.A. Erickson
"Concrete Problems in the Construction of Craving Docks by
the Tremie Method".
ACJ Journal vol 15 No 4, Feb 1944.

Artikeln beskriver byggandet av en torrdocka.

Gjutrören hade en diameter av \emptyset 300 mm och var uppdelade i 1,7 m långa sektioner. Avstånden mellan två rör var 5,5 m. Betongen hade som längst att flyta en sträcka av ca 5 m.

Betongens stighastighet varierade mellan 0,5 och 1,2 m/h. Vid den högre hastigheten blev betongytans lutning flackare. Lutningen var då 1:9. Försök med stighastigheter på mellan 3 och 4,5 m/h gav en nästan helt plan och slät överyta. Vid stighastigheter på ca 1 m/h blev överytan rå och närmast gjutröret blidades en upphöjning. Betongen fyllde inte heller helt ut kring pålar.

Olika försök med bottenventiler och sänkproppar i gjutrören, visade att sänkproppar avsedda att användas endast en gång var lämpligast.

Stopp i gjutrören kan orsakas av för styv betong, för kraftig segregation hos betongen, för lite sandmaterial i ballasten och av läckage i rörskarvar.

Det bästa sättet att frigöra gjutrören från stopp befanns vara en snabb upplyftning av rören några cm åt gången.

5. P Dunker: Betonggjutning under vatten. Betong 1945/2 5 sidor

Utborrningar ur färdig konstruktion visade att vid gjutningens början under gjutröret bildats en lins av grovt material. Sådana linsar och skikt fanns även inuti i konstruktionen. Vidare konstaterades att betongens kvalitet i allmänhet var bättre i närheten av gjutröret än ett stycke bort, samt att betongens hållfasthet ökade med djupet under betongytan.

Höjning och sänkning av gjutrören under gjutningens gång bör i största utsträckning undvikas så att det skyddande betongskiktet ej skadas.

Tryckluftsgjutning:

För att minska friktionen mellan rör och betongmassa och därigenom underlätta gjutningen vibreras betongen antingen med en utanpå gjutröret fäst vibrator eller inne i röret med stavvibrator.

Genom att använda tryckluft för att pressa betongen ur gjutröret och samtidigt minska friktionen mellan massan och rörväggen med vibrering ernår man att betong av plastisk koncistens med relativt lågt vct kan användas. Vidare kan gjutröret hållas på önskat djup i den färska betongen. Det inre trycket i den gjutna betongen kan varieras inom vissa gränser så att massan kan fås att lättare fylla ut formen och bättre kringsluta armering.

6. E Almström: Betonggjutning under vatten. Betong 1946/3 11 sidor

Betongmassans koncistens måste vara jämn och tjockflytande (?).

Betongmassan ska blandas väl.

Gjutrören ska hållas 0,75 - 3 m nere i betongen beroende på koncistens, gjuthastighet och stighastighet.

Stighastigheten på betongen bör inte understiga 0,7 m/h.

Ett gjutrör bör maximalt täcka 25 m².

Den längsta väg som betongen har att rinna ut från röret bör icke överstiga 3 m.

Om under gjutning rören stiger och sjunker indikerar detta att betongen är dålig eller att gjutningen går för långsamt.

Vid gjutning av plattor eller sulor under vatten bör man icke låta överytan stiga upp inne vid röret och sedan slänta ut därifrån. En sådan betong blir icke fullgod och fordrar dessutom mycket arbete för rensning och avjämning. Om man i stället bygger en överform försedd med trumma för röret där detta skall gå ner kan överytan göras plan och eventuellt förses med ursparingar där så kan behövas. Ute vid kanterna bör avloppstrummor finnas, så att slammet på överytan kan tryckas ut. Trummorna bör ha en höjd av 0,5 m eller mer beroende på det övertryck som eftersträvas på betongen.

I bilaga fig. 1 visar gjutning med olika koncistenser. Vid gjutning med för styv koncistens stiger betongen upp efter gjutrören och lägger sig gärna i lager. Det är också risk för att rören stiger så högt att vatten tränger in. Vid gjutning med för lös koncistens finns risk för att betongmaterialet separerar. Betongmassan har då också lättare att fastna i gjutrören.

För hastigt utsläpp av den första betongen vid gjutningens början kan resultera i att cementen sköljs ur. Vid gjutningens början bör sänkpropp användas. Cementhalten bör i början vara minst 400 kg/m³.

7. Design and Construction of a circulating Water Intake.

ACI-Journal March 1950

Gjorda undersökningar visade att den betong som tillförts under gjutning flyter ut på den tidigare gjutna betongen snarare än att flytta den senare uppåt. Försök där betongtillförseln avbröts under 1 till 24 timmar gjordes. Uttagna borr cylindrar visade att skikt bildats av fin sand och laitance så fort gjutningen avbröts.

Mätningar gjorda under själva gjutningen visade att betongytan antog en lutning av 1:10, (sättnått 150 mm).

Betongen göts samtidigt genom 5 rör som hade diametern 270 mm.

8. A.B. Hunicke, The Valved-Tremie applied to Subaqueous Concrete Structures, Journal of the Franklin Institute, Vol 252 No 2, Aug 1951

En ny typ av ventil ansluten till gjutröret har konstruerats. Ventilen används vid gjutningens igångsättning. Innan någon betong fylls i röret och med ventilen i stängt läge, pressas vattnet ut ur rördelen under ventilen med hjälp av tryckluft. Betong fylls därefter i röret till en sådan höjd att betongpelarens tryck motsvarar lufttrycket i rördelen under ventilen. Ventilen öppnas och betong fortsättes att fyllas på. På detta sätt kommer betongen inte i kontakt med något vatten i röret. Ventilen måste placeras på en sådan höjd att trycket från betongpelaren och mottrycket från luften balanserar varandra.

I artikeln har också betongens utflytning studerats i modellförsök. Försöken visade att de första betongsatserna successivt trycks bort från gjutrören och om formväggarna inte ligger för långt bort trycks betongen upp mot dessa. Efterföljande betongsatser tenderar till att trycka upp och ut tidigare gjutna betongsatser. Närmast gjutrören uppstår en krater och runt denna bildar betongen en upphöjning.

Vid byggandet av en torrdocka användes betong med sättmått 100 à 120 mm.

9. G Alm: Undervattensgjutning vid Svarthålsforsen. Betong 1955/4
17 sidor

Undervattensgjutning enligt tremiemetoden.

Gjutrören som användes hade diametern 225 mm och varje rör betjä-
nade en area av 15 m².

Vid gjutningens början fylldes de lägst liggande partierna med
hjälp-rör som fick sitta kvar tills betongen kommit upp ett stycke
ovanför huvudrören. Försök att på ett tidigt stadium dra upp ett
hjälp-rör som inte skulle användas mera förorsakade en defekt på
betongen.

Betongens stighastighet var mellan 0,5 och 1 m/timme.

Betongen hade en cementhalt av 350 kg/m³.

Finmaterialet i sanden var några få procent högre än vid normal
"vattenbyggnadsbetong".

Stenmaterialet utgjordes av singel med max. stenstorlek 55 mm.

Ballastens stenhalt var 50 % (8 mm).

Borrkärnor togs ur färdig konstruktion. Tryckhållfastheten hos
dessa var ca $\sigma_{\text{kub}} = 500 \text{ kp/cm}^2$. Spridningens storlek var mått-
lig.

Något större porighet hos undervattensbetongen erhöles jämfört
med betong gjuten ovan vatten.

Motgjutna betongytor hade inte vidhäftning sinsemellan. Vidhäft-
ning erhöles ej heller mellan betong och berg.

10. A.K. Burnham, Jr.
Underwater Concreting Construction Methods and Equipment,
June 1955.

Gjutrörens diameter är vanligen 300 mm och bör ej understiga 250 mm.

Betongen bör ha en konsistens motsvarande sättmått 120-180 mm. Genom att använda betong med retarderande tillsatsmedel och luftporbildande medel, kan sättmåttet sänkas.

Betongens utflytningsförmåga är beroende av betongblandningens konsistens och gjutrörens djup under betongytan. Det är möjligt att få betongen att flyta ut 20 m från ett gjutrör.

11. Fritzell, G. En misslyckad undervattensgjutning.
Betong 1955/4.

I artikelns inledning anger författaren vilka förutsättningar som måste vara förhållanden om en undervattensgjutning skall gå bra. Till dessa hör betongstation med erforderlig kapacitet, ändamålsenlig utrustning, på lämpligt sätt utplacerade gjutrör, lämplig betongsammansättning, arbetsledare och arbetare som är väl förtrogna med tekniken.

Undersökningar har visat att metoden kan ge bra resultat men riskerna är dock större än vid gjutning i torrhet. Bland de många undervattensgjutna konstruktioner som utförts åt Vägverket har endast få skador, som kan hänföras till dåligt utfört arbete, inrapporterats. Först under år 1955 har en brobyggnad påträffats där skadorna är betydande.

Av artikeln framgår inte vilken bro som avses, endast att den byggdes i slutet på 30-talet. Tjugo fristående pelare, bestående av grundplatta och pelarskaft, göts. Under lågvattenytan var betongens cementhalt 300 kg/m³, ovanför 350 kg/m³. För den lägre cementhalten anges att vattencementtalet var 0,55-0,60 (vilket tyder på att konsistensen måste ha varit trögflytande). Hur själva gjutningen gick till framgår ej, blott att gjutrörens diameter var 200 mm och deras antal 2. Fundamentens areor var 22 - 26 m² respektive 35 - 45 m².

Vid undersökning av pelarnas bestånd 1955 visade det sig nödvändigt att sponta in och torrlägga alla pelare. Skador som kunde hänföras till brister i gjutningsförfarandet fanns dels mellan bottenplatta och pelare, dels högre upp i pelarna.

Skador och sätt för reparation framgår av ett antal fotografier och figurer.

12. S Birch:
Beregning av en dokbund
Nordisk Betong 1958:1

För att studera egenskaperna hos undervattensbetong, gjordes en provtagning under vatten i en cirkulär form med diametern 1,5 m och höjden 2 m. Formen stod på 14 meters djup.

Gjutningen utfördes i 3 etapper, först göts 1 m^3 med ofärgad betong (I), därefter 1 m^3 med rödfärgad betong (II) och sist $1,5 \text{ m}^3$ med blåfärgad betong (III).

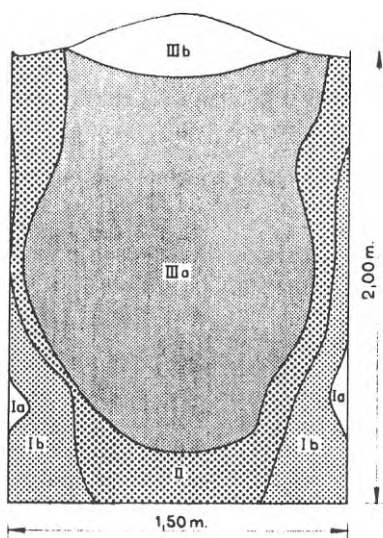


Fig 12:1

Fig. 12:1 visar hur betongen fördelat sig i formen. Av den ofärgade betongen blev den betong som först kom ut ur röret urtvättad och förd till formens sidor (Ia). Resten fördelade sig enligt Ib. Den rödfärgade betongen fick sitt slutliga läge enligt II, medan den blåfärgade fördelade sig dels enligt IIIa, dels enligt IIIb. Den senare utgjordes av laitance och bildades när gjutröret drogs upp ur betongen.

I formens botten hade innan gjutningen påbörjats, några $\emptyset 35 \text{ mm}$ kamjärn lagts in. Betongens vidhäftning mot dessa visade sig vara lika god som vid gjutningar i torrhet.

13. J Wayman Williams, Jr: Tremie Concrete controlled with Admixtures.
ACI-Journal Feb 1959

I artikeln redogöres för försök med tillsatsmedel, dels enbart luftinblandning, dels luftinblandning och retarderande.

Utströmningsförsök och temperaturmätningar har gjorts, se bilaga.

Betong med sättmåttet 200 mm användes. Beträffande blandningsförhållanden, se bilaga.

Hållfasthetsresultaten av laboratorieprovning, se bilaga. För betong utan tillsatsmedel varierade hållfastheten med 33,5% från gjutningscentrum till ändpunkterna. Betongen var lättflytande men inte cohesiv.

Betong med lufttillsats var fet och cohesiv. Den separerade inte. Under gjutningen rullade en del betong ned från den nygjutna betongmassan och sköljdes ur. Hållfastheten varierade med 39,5% mellan gjutningscentrum och ändpunkter. Betong med både lufttillsats och retarderande tillsatsmedel var lättflytande och cohesivt. Tryckhållfastheten varierade med ca 8%. Denna betongblandning gav den lägsta mängden laitance.

Slutsatsen av laboratieförsöken blev att enbart luftinblandning i betongen inte ger någon förbättring av betongens egenskaper. Används däremot luftinblandad betong med tillsats av retarderande medel, erhålls en bättre sammanhållning och mindre variationer i hållfasthet hos betongen. Den senare egenskapen är tecken på bättre utflytningsförmåga hos betongen.

Fältförsök tycks bekräfta laboratieförsöksresultaten. Bl a erhöjls god utfyllnad runt stålpelare. Likaså var mängden laitance låg. Medeltryckhållfastheten hos uttagna cylindrar var vid 28 dygn 32 MPa. Cemenhalten var ca 350 kg/m³.

14. B.C. Gerwick Jr.
Placement of tremie Concrete, American Concrete Institute,
Publication SP-8.

För massiva konstruktioner bör maximala stenstorleken vara ca 40 mm. Vid klena konstruktioner eller i konstruktioner där armering eller H-profilerade pålar förekommer, bör maximala stenstorleken vara ca 20 mm.

Sandhalten bör vara 40 à 45 %.

Betongens cementhalt bör vara ca 350 kg/m³ vid massiva konstruktioner, 400 kg/m³ vid ordinära konstruktioner och 450 kg/m³ vid mera komplicerade konstruktioner. Lämplig konsistens är sättmått 150-180 mm med 120 och 200 mm som yttersta gränser.

Gjutrörens diameter bör vara 250 à 300 mm.

Ett gjutrör täcker vanligen en yta av ca 30 m². Avstånden mellan två rör brukar uppgå till 4,5 m. Ett enda rör kan täcka en större yta om röret stegvis flyttas.

Vid gjutningens igångsättning används sänkpropp.

Laitans som bildas vid gjutningen flyter ofta ut till formhörnen. Där kan det uppsamlas med pumpar.

Bra undervattensbetong har en 28-dygns hållfasthet av 30-55 MPa.

Vidhäftning mellan undervattensbetong och stål, berg, trä eller betong är utmärkt. En vidhäftningshållfasthet på 0,5 MPa mellan betong och H-profilerade pålar har uppmätts.

Betongytans lutning varierar mellan 1:3 och 1:12.

Lyckade gjutningar har gjorts vid ytvattentemperaturer ned mot 0°C.

Stopp i rören orsakas av valvverkan hos stenmaterialet i betongen, uppehåll i gjutningen (längre än 10 min), för styv konsistens, segregation, för låg sandhalt samt vid läckage i rörskarvar. Stopp avhjälpas lättast genom att röret hastigt lyfts upp några cm åt gången.

Tätt placerade pålar eller armering bromsar upp betongens utströmning, vilket resulterar i höjdskillnader. I de lägre partierna ansamlas lätt laitance. Armeringsdimensioner bör väljas så att c-avstånden blir tre till fyra ggr största stenstorlek. Samma regel gäller också för avstånd mellan armering och form. Avstängningsanordningar eller öppningar i en form kan lätt resultera i uppkomsten av laitance.

Retarderande och plasticerande tillsatsmedel ger betongen bättre arbetbarhet och minskar segregationstendenserna. Kombinerat med en tillsats av 4 % luft, har betongens flytförmåga förbättrats, vilket resulterat i en jämnare och flackare överyta, lägre hydratationsvärme och mindre laitance. Luftporbildande medel enbart, har ingen effekt.

15. Meyers, Holm, Mc Allister
Handbook of Ocean and Under Water Engineering
Mc Crawhill
Book Company, New York 1964

Betong tillstyvnar i vatten efter 2,5-4 timmar.

Betongens stighastighet är vanligen 1 m/h men hastigheten till-
låts variera mellan 0,5-2,0 m/h.

En väl avvägd balans mellan betongpelarens höjd i rören och
vattnets upptryck ger god betong och lite laitance.

Bottenventiler på gjutrören åstadkommer störningar på betongström-
ningen och ger upphov till segregation och laitance.

Ballasten till undervattensbetong skall vara rundad och välgraderad.
Maximala stenstorleken bör vara 20 mm och sandhalten ca 40 %.

Cementhalten bör ligga mellan 400 och 450 kg/m³.

Lämpligt sättmått är 180-200 mm med 150 och 250 som yttersta gränser.

Gjutrören bör ha en diameter som är 8 ggr maximala stenstorleken.
Rör med diametern 250-300 mm har givit goda resultat. Rören bör
vara uppdelade i sektioner med längden 1,5 m.

Erfarenheter från Chesapeake Bay piren visar att laitance till
största delen bildas vid gjutningens igångsättning då betongen
strömmar ut över botten. Mängden laitance som bildas är beroende
mer av arean hos betongen som sluter runt rören än rörens djup i
betongen.

Betongytans lutning varierar mellan 1:6 och 1:12. Pålar och armering
åstadkommer brantare lutning liksom betong med styv konsistens.

Gjutrören bör hållas minst 1 m ned i betongen och helst 1,5 m.

Undervattensbetong kan uppnå en tryckhållfasthet av 40-70 MPa.

Vidhäftningen mellan förtillverkade element och undervattensbetong
är mycket god. Vissa tecken tyder på att en sekundär kristallisation
kan ske.

16. S Thaulow: Betongstøpning under vann med dykket rør. Betongen i dag 1965/6, 11 sider

I horisontala fogar i konstruksjoner gjutna under vatten, ska de yttersta 10 cm längs alla kanter inte räknas med som effektivt tvärsnitt vid kraftöverföring.

Vid undervattensgjutning ska fria avståndet mellan armeringsstänger vara minst 8 cm. Täckande betongskikt ska för plattor och väggar vara minst 5 cm och för balkar och pelare 7 cm. Armeringen ska läggas minst 15 cm över mark.

Erfarenheter från norska hamnkonstruksjoner där armering använts har varit goda.

I Norge och Sverige anses gjutning med gjutrör ge de bästa resultaten.

Gjorda försök visade att:

- . vid gjutningens början ska en ventil användas som förs långsamt ned genom röret,
- . användandet av retarderande tillsatsmedel kan bli aktuellt. I norska bestämmelser krävs att luftporbildande tillsatsmedel används.

Minsta tvärmått eller diameter på pelare bör vara 70 cm och på väggar 60 cm.

Avstånd mellan gjutrör bör inte överstiga 4-5 m och avstånd mellan rör och form inte överstiga 2-2,5 m.

Vid flera rör ska gjutningen påbörjas i det djupast gående röret.

Rördiametern bör minst vara 150 mm och helst 200 mm.

Cementhalten bör minst vara 400 kg/m^3 betong. Vid gruvor, oarmerade och vid konstruktioner där värmeutvecklingen kan bli stor, kan cementhalten reduceras till 350 kg/m^3 .

Ballasten bör till 60 å 65% utgöras av sand. Max stenstorlek bör vara 32 mm.

Gjutröret ska hållas 50-60 cm ned i betongen.

17. Statliga Betongbestämmelser B5 1965 och 1973 samt
Kommentarer KB5 1966

Betongmassan skall proportioneras med en cementhalt, av minst 350 kg/m^3 , i de första satserna dock minst 400 kg/m^3 . Konsistens och övriga gjutegenskaper skall vara sådana att betongmassan utan svårighet sjunker ned genom gjutrören och utan bearbetning utfyller formarna. Betongmassan skall ha god sammanhållning, så att separation ej uppkommer. Lämplig konsistens är trögflytande - lättflytande.

Formarna skall vara täta och väl stagade samt även i övrigt byggda på sådant sätt, att lugnvatten råder överallt i formarna. Betongmassan skall nedföras genom höj- och sänkbara gjutrör. Dessa skall vara täta och så placerade, att avstånden mellan rören i regel blir högst 4 m och avståndet från rör till form högst 2 m.

Betongmassan får ej bearbetas under gjutningen.

När gjutningen genom ett rör påbörjas, skall röret vara försett med sänkpropp fastgjord i ställina, så att sänkningen kan ske i takt med betongpåfyllningen i röret. Under gjutningens gång skall rörets nedre ände ständigt hållas på betryggande djup under betongmassans överyta, som regel 0,5-1,0 m.

Gjutningen skall utföras kontinuerligt med en stighastighet av minst 30 cm/h . Längre gjutuppehåll än 30 min får ej göras.

Horisontell gjutfog får ej förekomma mellan hög och låg vattenyta.

Undervattensgjutning av betongkonstruktioner med statiskt utnyttjad armering får utföras endast i undantagsfall och efter tillstånd av vederbörande myndighet.

18. G Franke: Betonggjutning under vatten. Cement och Betong 1967/1
10 sidor

Vid planering för en undervattensgjutning bör man räkna med en stighastighet av minst 40 cm/h.

Stående fogarmering bör inte monteras efter det att gjutningen är färdig av följande skäl:

- . en viss urtvättning av betongen sker intill stängerna vid montering,
- . det kan vara svårt att få tillräcklig förankringslängd hos järnen då betongen börjat binda.

Gjutrören bör ha en diameter av 200x250 mm och sammansättas av ca 1 m långa rördelar. Även rör med diametrar upp till 300 mm har använts med gott resultat.

Avståndet mellan rören bör ej överstiga 4 m och avståndet mellan rör och formvägg ej överstiga 2 m.

Finns stående fogarmering bör varje rör inte täcka större yta än ca 15 m².

Fogarmering tätare än ca 300 mm hindrar betongen att flyta ut.

Sänkproppar ska användas vid gjutningens påbörjan.

Om vattengenomslag skett, eller vatten strömmat in i röret, måste röret omgående tömmas, sänkpropp sättas in och betong på nytt fyllas på. När röret åter är fyllt, sänks det ned till rätt djup i den tidigare gjutna betongen. Härvid ska beaktas att urspolning av redan gjuten betong ej sker. Därmed menas att röret ej får sättas ned djupt i den färska betongen i samband med att röret fylls med betong.

Röret ska hållas 0,5-1 m ned i betongmassan.

Gjutröret bör under gjutning ej föras i sidled.

Gjutningen ska utföras kontinuerligt med en stighastighet av minst 30 cm/h.

Används t ex fyra rör bör betong fyllas på i minst två samtidigt.

Om avbrott i gjutningen sker får som regel gjutningen ej fortsätta förrän efter 12 h och först sedan cementslam avlägsnats.

Betongmaterialet ska ha mycket god gradering. Betonggruset bör innehålla minst 20% material $< 0,25$ mm. Av ballastblandningen bör 50-60% utgöras av betongsand (< 4 mm). Lämplig stenmax är 32-45 mm.

Betongen ska ha en jämn och lättflytande konsistens; sättmått 8-12 cm. Konsistensen måste hela tiden hållas under kontroll för att minska risken för vattengenomslag och separation.

Tillsatsmedel har använts med gott resultat.

19. Concrete down the spout. Concrete Construction, July 1968

Betongens sättmått måste ligga mellan 175 och 200 mm.

Då stora massiva konstruktioner gjuts, bör max stenstorlek ej överstiga 45 mm. Om armering eller liknande finns, bör max stenstorlek ej överstiga 20 mm.

Ballasten bör innehålla 40-45% sand.

Cementhalten bör vara ca 400 kg/m³.

Ett gjutrör täcker vanligen ca 30 m². Avstånden mellan 2 rör är ca 4,5 m. Dessa mått är dock beroende av konstruktionens höjd, form och om armering finns.

Gjutröret ska hållas 0,6-1,5 m ned i betongen.

Gjutavbrott längre än 5 min bör ej ske.

Betongens stighastighet bör ligga omkring 0,90 m/h.

Betong för undervattensgjutning börjar styvna efter 1,5-2 timmar.

En betongyta kan avplanas antingen med hjälp av dykare efter att betongen fått binda i några timmar, eller genom att betong under gjutning tillförs i överskott så att formen svämmas över.

Efter en väl genomförd gjutning kan 28-dygnshållfastheter mellan 25 och 40 MPa uppnås.

Eftersom betongen utsätts för tryck under gjutningen, är den vanligen fri från blåsor och hålrum och har hög densitet.

Betongytans lutning under gjutning kan variera mellan 1:3 och 1:12 med 1:6 som medellutning.

20. Placing Concrete under water. Concrete Construction, Dec 1968

Här behandlas gjutning enligt tremiemetoden.

Cementhalten i undervattensbetong bör ej understiga 400 kg/m^3

Sättnåttet bör ligga mellan 150 och 180 mm.

Ballasten bör utgöras av ca 45% sand. Stenmaterialet bör vara rundat.

Maximal stenstorlek bör vara ca 20 mm.

Kohesionen och betongens förmåga att flyta ut kan förbättras genom att betong med 4% luft och retarderande tillsatsmedel används.

Om en bottenventil används på gjutröret, lyfts röret ca 15 cm vid gjutningens början så att betongen kan strömma ut och avsluta gjutröret.

Rördiametern ska ligga mellan 150 och 300 mm.

Då flera rör används under gjutning, är avståndet mellan dessa vanligen 4,5 m. Om armering eller svårfyllda formar finns, ska gjutröret placeras i närheten av dessa.

Vid gjutningens början bör bruk användas.

Gjutröret ska hållas 0,75-1,25 m ned i betongen.

Ju längre ned gjutröret hålls i betongen, desto planare blir betongens överyta.

Betongens stighastighet bör minst vara mellan 30 och 40 cm per timme.

Beträffande gjutning enligt pumpmetoden, sägs att gjutresultatet blir sämre jämfört med gjutning enligt tremietoden, p g a att pumptrycket inte är tillräckligt högt för att medge en kontinuerlig gjutning (?)

21. The Concrete Society: Technical Report TRCS 1971
Underwater Concreting.
Cement and Concrete Association, London
13 sidor.

Om betongen av någon anledning får flyta ut fritt i vattnet måste gjutningen genast avbrutas. Skadad betong avlägsnas dagen därpå, varefter gjutningen kan fortsätta.

Ett gjutrör täcker vanligen en yta av 30 m² men detta får inte ses som någon absolut övre gräns.

Gjutrör får inte föras i sidled under gjutningens gång.

Portlundcement används vanligen. Användning av sulfatrecistant cement eller andra typer av cement ska grunda sig på samma bedömningar som vid konventionell gjutning.

Krossat ballastmaterial bör undvikas. Om krossat material trots allt måste användas kan tillsats av tiller och/eller cement bli nödvändigt.

Maximal stenstorlek bör ej överstiga 40 mm.

Tillsatsmedel ska användas på samma grunder som vid konventionell gjutning.

Betongytan är möjlig att avjämna under vatten dock under förutsättning att maximal stenstorlek inte överstiger 40 mm.

Undervattensbetong kan inte ligga stilla på underlag med lutning större än 5°.

För att öka betongens arbetsbarhet bör den ha ett överskott på sand.

Cementhalten bör ökas med 25% för undervattensbetong jämfört med konventionell betong. Lägre cementhalt än 330 kg/m³ bör ej användas på grund av att betongens arbetsbarhet försämras.

Armering ska placeras glest. Helst bör armeringen utföras som armeringskorg på land och därefter sänkas ned till sin plats.

Tremietoden:

Högre hållfasthet än 22.5 MPa bör ej tillgodoräknas vid undervattensbetong.

Rördiametern bör ej understiga 150 mm då max stenstorlek är 20 mm och 200 mm då max stenstorlek är 40 mm.

Strömningshastigheten genom gjutröret kontrolleras genom att röret höjs och sänks i den första betongen.

Tillströmningen av betong måste alltid vara långsam så att luftfickor inte bildas.

Gjutuppehåll längre än 10 min får inte förekomma.

Pumpmetoden:

Gjutningen ska genomföras så snabbt som möjligt.

Gjutningen ska fortgå så länge som möjligt utan att gjutröret lyfts upp.

Betongens sättmått bör ligga omkring 125 mm.

22. ACI-Standard 304-73. Recommended Practice for Measuring, Mixing, Transporting and Placing Concrete.

Kapitel 8 i denna handbok behandlar Tremie Concrete, d v s gjutning av undervattensbetong med användning av gjutrör. Anvisningarna är klara och entydiga.

Ett axplock kan se ut på följande sätt.

Gjutrörs diam. 250-300 mm. Delrörens längd upp till 3,0 m.

Vid vattendjup mindre än 20 m tätas rörets nedre ände före nedläggning i vattnet och gjutning kan påbörjas i torrt rör. Vid större vattendjup sänkes röret öppet på plats. Gjutningen startas med hjälp av träplugg, gummiboll eller liknande som får tjäntgöra som kolv och tränga undan vattnet.

Betongens konsistens kan ha ett sättmått av 150-230 mm.

Fördelaktigt om stenen utgörs av singel. Stenhalten kan vara 50-60 % av ballastmaterialet. Max. stenstorlek 38 mm, dock mindre i trånga sektioner.

Retarder underlättar betongens placering i formen. Betongytans lutning blir mindre, likaså uppkomsten av laitance. Det påstås också att retarder medför lägre värmeutveckling hos betongen (vilket som bekant inte är fallet).

Fördelaktigt med luftinblandning i betongen, likaså med tillsats av puzzolan.

Vattencementtalet bör ej vara högre än 0,44 (vilket måste resultera i en mycket hög cementhalt).

Betongtemperaturen bör ej vara högre än 21° C (70° F).

Gjutningsuppehåll i ett rör bör ej vara längre än 5 min. Så länge utflytningen av betong sker med lätthet, så länge är

risken för uppblandning med vatten i betongytan liten.

Lyftning av rör 150-600 mm pr gång, så att möjligast jämn utflytning sker. Vid avbrott bör röret sänkas något.

Röravstånd beror på betongtjockleken. Vanligt avstånd är 4,5 m eller att ett rör täcker 28 m². Är betongtjockleken stor och retarder används kan röravståndet ökas upp till 12 m.

Stighastigheten är vanligen 0,5 - 3,0 m/h. Utflytning och betongytans lutning måste regelbundet hållas under kontroll.

Hållfastheten hos cementrik betong med lös konsistens gjuten under vatten kan bli 280 - 560 kg/cm².

Det är viktigt att utrustning, betongsammansättning och alla faser av arbetet hålles under ständig kontroll. Med betong som separerar eller har dålig gjutbarhet eller om ett gjutrör läcker kan ett avbrott på 10 min. förorsaka en plugg (stopp) i röret.

Det är också viktigt att personalen är erfaren och har erhållit noggranna instruktioner och informationer om hur just det aktuella arbetet ska utföras.

23. Louis C. Schoewert and Henri F Hillen:

Underwater Transporting of Concrete with the Hydro-Valve.
ACI Journal, Sept. 1972

Artikeln beskriver en ny metod, utformad i Holland, för gjutning av betong under vatten. Metoden innebär att man i stället för gjutrör använder en sammantryckbar slang med relativt stor diameter, vanligen 0,6 m. Slangen som hänger i en tratt, trycks ihop då den förs ned i vattnet. Då tratten beskickas med betong kommer en viss samlad mängd av denna att relativt sakta röra sig ned genom slangen och lägga sig ovanpå tidigare nedförd betong utan att komma i kontakt med vattnet. Metodens fördelar är bl a att även tunna plattor (500 mm) kan gjutas, att betongytan blir relativt jämn och att överkantsarmering ej lägger hinder i vägen.

Utborrade cylindrar har visat att betongens hållfasthet blir god. Cementhalten behöver ej vara högre än vid gjutning i torrhet.

I artikeln beskrivs några utförda arbeten. Figurer och fotografier kompletterar framställningen.

24. CUR-report no 56, Holland
Underwater Concrete. Heron Vol. 19, 1973/3.

Allmänt - Tremiemetoden

Rördiametern varierar vanligen mellan 250 och 300 mm, men diametrar upp till 450 mm har använts.

Rör kan nedtill vara försedda med ventil.

Röret ska hållas 1-1,5 m ned i betongmassan under gjutning.

Då flera rör används är avstånden mellan dessa vanligen 4-6 m.

Undervattensbetong är vanligen av god kvalitet vad beträffar hållfasthet och homogenitet.

Betong med sättmått 150 mm antar en lutning av 1:6.

Allmänt - Pumpmetoden

Vid gjutningens start ska en ventil - t ex en boll - användas.

Rörets nederdel får inte röra sig i sidled i betongen.

Röret måste hållas minst 1-1,5 m ned i betongen under gjutning.

Vid gjutning med flera rör är avstånden mellan dessa vanligen 4,5-6 m. Avstånden bör väljas med hänsyn till aktuellt sättmått hos betongen.

Sättmättet är vanligen 100-120 mm, men det kan visa sig vara bättre att använda betong med sättmått upp mot 150 mm.

Undersökningsresultat

Sättmättet vid undervattensgjutning med tremiemetoden bör ligga kring 150-170 mm med 120 och 200 mm som yttersta gränser.

Ballasten ska vara rundad och inte ha för hög halt av flata korn. Ballastmaterialets gradering bör vara jämn och utan glapp.

Utförda undersökningar visade att en halt av 40 % sand av totala ballastmaterialet jämfört med 35 % gav ett betydligt förbättrat motstånd mot urtvättning av cement. Sandhalter över 45 % ger ingen ytterligare förbättring. (Med sand menas här material som passerar 2,8 mm sikt.)

Max stenstorlek bör ej överstiga 20 mm.

Undersökningar gjorda av Dreux visade att separationen hos betongen ökade med maximala stenstorleken då denna översteg 20 mm.

Utförda undersökningar visade att tillräcklig tryckhållfasthet kan uppnås med en cementhalt av 325 kg/m^3 . Se bilaga 1.

Undersökningar utförda av Dreux, på betong med cementhalten 350 kg/m^3 , visade att ett minimum av separation erhöles vid en fillertillsats av 8-10% (räknat på cementets vikt). I dessa försök användes filler med en partikelstorlek motsvarande cementpartiklarnas storlek. I utredningen rekommenderas att cementhalten vid undervattensgjutning väljs till 325 kg/m^3 samt att ca 60 kg/m^3 filler tillsätts. Optimal finmaterialhalt (cement+filler) anges till ca 380 kg/m^3 . Härtill kommer sandens halt av material $< 0,25 \text{ mm}$.

Tillsats av filler anses vara särskilt viktigt då armering förekommer.

Cement med låg halt av kalk och aluminat (typ "Hochofen" = masugns-slagg) rekommenderas. Cement av denna typ har bättre motståndskraft mot kemiskt angrepp och avger dessutom mindre bindningsvärme under härdningen. I USA, där Hochofen-cement saknas, rekommenderas cement av typ II.

Försök med tillsatsmedel:

I utredningen gjordes försök med en mängd olika tillsatsmedel. Se bilaga 2. De krav som ställdes på tillsatsmedlen var att de skulle förbättra betongens motståndskraft mot urtvättning, samtidigt som övriga egenskaper hos betongen inte skulle försämrans.

Försöken resulterade i att maximal hållfasthet hos försökskuber erhöles vid tillsats av 0,5% bentonit (räknat på cementvikten). Ur försöken drogs slutsatserna, att cement av typen Hochofen gav högre hållfasthet hos betongen än portlandcement. Bentonittillsats till betong tillverkad med Hochofen-cement gav inte någon nämnvärd förbättring av hållfasthet eller motstånd mot urtvättning. Däremot fick betong tillverkad av portlandcement förbättrade egenskaper då bentonit tillsattes.

Egenskaper hos den hårdnade betongen:

Se bilaga 3.

Undervattensbetong gjuten enligt tremiemetoden, ger högre hållfasthet än undervattensbetong gjuten enligt pumpmetoden. Detta kan bero på att pumpbetong har ett lägre sättmått, varigenom komprimeringen försvåras.

Draghållfastheten hos undervattensbetong är omkring $3,5-4,0 \text{ N/mm}^2$.

Vidhäftningen mot gammal betong och mot stålpelare har vid en undersökning befunnits vara god.

En vidhäftning mellan betong och stålpelare av $1,15 \text{ N/mm}^2$ kan tillgodoräknas siffervärdet, baseras på försök där en vidhäftningshållfasthet av $0,4 \text{ N/mm}^2$ erhöles.

Undervattensbetong har god vattentäthet. Dock bör observeras att lösa lager kan försämra tätheten.

I undersökningen har betongens strömningsegenskaper studerats. Vid tremietoden bör betongen i gjutrören minst ha en höjd över rörets nederände av $3,3 h + 1,1 Z/\rho$ där h är rörets djup i betongen, Z är vattendjupet över betongytan, ρ är betongens densitet.

I utredningen anges kostnader för olika metoder för undervattensgjutning.

25. Norsk Betongforening: Forslag till "Midlertidige retningslinjer for prosjektering og utforelse av betongkonstruksjoner i vann".

Varen 1973 tillsatte Norsk Betongforening en kommitté, som skulle utarbete forslag till anvisningar for gjutning av betong under vatten. I kommittén ingick representanter for entreprenorer, konsulter och Oslo havnevesen. Rubricerade skrift är resultatet av kommitténs mödor.

Skriften inledes med en intressant historik. Vem visste t ex att man i England så tidigt som 1856, när portlandcementet endast hade något 10-tal år på nacken, experimenterade med undervattensgjutning. Vidare omnämnes olika gjutningsmetoder, ända fram till Hydrovalvemetoden.

Konstruktiva synpunkter, gällande utformning och statiska beräkningar, behandlas relativt utförligt. I Norge får armering räknas som statisk verksam. Detta förutsätter dock skärpta fordringar ifråga om t ex c/c-avstånd och täckskikt, de senare både nedåt och uppåt och mot sidoform. Det framhålls att betongens utflytning, horisontellt och vertikalt, skall hindras så litet som möjligt.

Konstruktören skall kunna dokumentera att han tidigare utformat betongkonstruktioner for undervattensgjutning.

Beträffande utförandet framhålls som viktigt att arbetet går kontinuerligt. Erforderlig reservutrustning skall finnas. Själva anvisningarna berör endast en metod, gjutning med rör. Gjutrören kan ha en diameter av 150 - 300 mm och delrören en längd av 1,5 m. Vid nedsänkning i vatten kan rörets nedre ände antingen vara tillslutet med ventil, flera typer visas, eller också vara öppen, varvid en boll av gummi eller plast placeras i röret före ifyllning av betong. Avstånd mellan gjutrör kan vid singelbetong vara 5,0 m och vid makadambetong 4,0 m. Rör bör gå minst 0,7 m ned i betongen och stighastigheten vid betong

utan retarder vara minst 1,0 m/h. I pelare kan stighastigheten vara 2 - 4 m/h, i väggar lägre. Detaljanvisningar för rörets manövrering och gjutningens avslutning (över eller under vatten) lämnas, bl a rörets uppdragning och betongytans avjämning. Lika så påpekas de risker och fel som kan uppträda vid olika arbetsmoment och vilka åtgärder som då lämpligen vidtages.

Även om "retningslinjerna" mest berör gjutning av pelare ger de ändå en god överblick ifråga om undervattensbetong i allmänhet. Framställningen förtydligas av en rad figurer.

J Nygårds/RL

1976-05-31

Projekt UNDERVATTENS BETONG

Sammanfattning av litteraturstudier angående utförande, rekommendationer och undersökningar

	Cement Typ	Cement Halt kg/m ³	Filler	Stenmax mm	Stenhalt %	Kornform	Tillsats- medel	Konsistens cm	Rörlängd m	Rördiameter cm	Röravstånd m Yta m	Ventiler Sänkproppar	Gjuthast Stighast m/h	Gjut- uppehåll min	Rördjup under btgyta m	Armering	Hållf ₂ kp/cm ²	Betongytans lutning
2	Finmalet bäst	(Lab.försök endast)			låg	-		10-12,5									Lägre än torr- gjuten btg	
3		390		50	låg	Singel		17,5		25-30	3,6-4,8	Special- ventil	0,6-0,9	10	0,9-1,5			
4		390	15% < 0,3 i sanden	50 (25 start)	-	< 25% kross		-	1,7	30	4,2-5,4	Sänkpropp	0,6	10	0,9-1,5			1:3 å 1:9
6	-	400 (start)	-	-	-	Rund		Tjockfl	-	-	5 25		0,7	-	0,75-3,0	-		
7		390		38	58	Singel		15		27	6,0		(Modellförsök i form 1,5 x 4,0 x 1,2)				1:6 å 1:10	
9	-	350	viss %	55	-	-		-	-	22	4 15		0,5 -1,0	-	-	-		
10	-	Inga krav (280 anv)	-	-	-	-	Retarder plasticerande	12,5-17,5	-	25-30	15	Träplugg Säckplugg	-	-	0,9	-	-	-
11	-	300-350	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-		
13	Modellförsök med tillsatsmedel (retarder + LP-medel) Bra !																	
14		390 (360-450)		38 oarm 19 arm	55-60	Singel	Ret.plast.	15-17,5 (12,5-20)	3	8 x d _{max} (25-30 vanl)	4,5	Träplugg med gummitätning alt sänkpropp el gummiblåsa	0,4	5	0,4-1,5	c/c3-4d grov arm _{max} bör anv.	280-560	1:3 å 1:12 medel 1:9
15		400-450		20	60	Rund		18-20 (15-25)	1,5	8 x d _{max} 25-30		Ej ventiler	0,5-2,0		1,0-1,5		400-700	1:6 - 1:12
16	-	350-400	-	32	35-40	Rund		(15 18) Undersökn.	-	15 -20	4-5	Ventil	-	-	0,5-0,6	c/c 100		
17		350-400	-	-	-	-	Retarder ev	L-T	-	-	4	Sänkpropp	0,3	30	0,5-1,0	Får ej utnyttjas	-	-
18	-	350	Viss %	32-45	40-50% 4,0	-		8-12	1,0	20-25	4	Sänkproppar	0,4	-	0,5-1,0	c/c 300 Monteras i förväg		

1976-05-31

	Cement Typ	Cement Halt kg/m ³	Filler	Stenmax mm	Stenhalt %	Kornform	Tillsats- medel	Konsistens cm	Rörlängd m	Rördiameter cm	Röravstånd m Yta m ²	Ventiler Sänkproppar	Gjuthast Stighast m/h	Gjut- uppehåll min	Rördjup under btgyta m	Armering	Hållf ₂ kp/cm	Betongytans lutning
19	-	390-360	-	38 à 50 oarm 19 arm	55-60	Rund	Ret.plast. (+LP)	17-20	3	25-30	4,5	Träplugg + gummitätning alt gummi- blåsa	0,9	5	0,6 -1,5	-	250-400	1:3 à 1:12 medel 1:6
20		390		19 (38)	55	Singel	Retarder + 4% luft	15-17,5	-	15-30	4,5	Träplugg + gummi el stål- platta + gummi alt gummi- boll	0,30 à 0,38		0,9-1,5			
21	Ord.portl.	330	-	40	låg	Rund Vid kross ökas c el Filler		15-17 (12-20) 12,5	-	15-20 ber på sten- max	5 à 6 30			10		Glest		
22	-	Vet 0,44	-	38	50-60 4,76	Rund		15-23	3,0	25-30	4,5 (12) 28	Sänkpropp vid stora djup. Vid små djup tätas rörets nedre ände.	0,5-3,0	5				
24	Hochofen	325	60	20	65% 2,8	Rund		15-17 (12-20)	-	25-45	4-6				1,0-1,5			-
25		350-400 (vet 0,50)	8-15% ≤ 0,25mm (av hela ballasten)	22	45-48 (> 8mm)	Singel el rundad makadam	Retarder ev LP- medel i vatten	15-20	1,5	15-30	4 à 5	Sänkpropp olika typer	1,0	helst inga	0,7	Utnyttjad armering tillåts		-

BETONGS GJUTBARHET OCH KONSISTENS

Litteraturförteckning

1. Pearson, J C and Hitchcock, F A
ASTM Proc. 23, 1923, 276/95
2. Jackson, F H and Werner
Publ. Rds Wash. 6 (6), 1925, 121/26
3. Davey, N
Building Res. Techn. Paper No 5, 1926
4. Graf, O
Beton u. Eisen 25, 1926, 210/13
5. Yoshida, T
AC 1 Proc. 23, 1927, 415/33
6. Smith, C A and Conahey, Ct
ASTM Proc. 24th Convention, 1928
7. Haegerman, G
Zement 19 (8), 1930, 167/74
8. Roberts, E D
AC 1 Proc. 28, 1931, 59/72
9. Burmister, D M
ASTM Proc. 31 (II), 1931, 554/75
10. Powers, T C
AC 1 Journal 3, 1932, 419/48, 693/708
AC 1 Journal 4, 1932, 27/55
11. Samsoie, A F
Tekn. Tidskr. 62 (9), 1932
12. Graf, O
Deutscher Asschuss für Eisenbeton 71, 1933, 37/60
13. Raburn, E B
AC 1 Journal 6 (2), 1934, 105/112
14. Hagy, E A
US Patent 2089604, 1937
15. Cowper, A D
Soc. Chem. Ind. Journal 56, 1937, 456 T/64 T
16. Faury, I and Lamare, A
An. Inst. Techn. Bat. Trav. Publ. 2 (1), 1937, 48/54
17. Boeuf, D A P
Tonind. -7 + g 63, 1939 (29/30), 256

18. Caber E
Bautechnik 17 (10), 1939, 135/37
19. Powers, T C and Wiler, E M
ASTM Proc 41, 1941, 1003/15
20. U S Bureau of Reclamation Concr. Manual 1942,
258/260
21. Wuerpel, C E
AC I Journal 15 (1), 1943, 70/75
22. Glanville, W H, Collins, A R and Matthews D D
Road Res. Tech. Paper No 5, 1947
23. Vignore, V S
Civ. Engng. and Pub. W. Rev. 43, 1948, 628/19
24. L'Hermite, R
Centre d'Etudes et de Recherches de l'Ind. des
Liants Hydraulique, Publ. Tech. No 2, 1948
25. L'Hermite, R
Ann. Trav. Publ. Belgique (53), 1949, CACA Transl. Cj 24
26. Eriksson, A G
Swedish Cement and Concr. Inst. (CB 1)
Proc. No 12, 1949
27. Erntroy, H C
M. Sc. Thesis, Univ. of London, 1949
28. Venkataramaiah, S
Mag. Concr. Rec. (5), 1951, 89
29. Howard, E L and Leavitt, G
AC I Journal 23 (4), 1951, 353/6
30. Rebut, P
Rev. des. Mater de Constr. (535), 1960, 99/103
31. Dewar, J D
Some effects of prolonged agitation at concrete
Cement and Coner Ass. TRA/367, Dec 1962
32. Ney, P
Zement-Kalk-Gips 16 (10), 1963, 414/20
33. Oucharov, V I
Beton i Zhelczobeton 10 (10), 1964, 465/66
34. Stork, I
Tonind. Ztg. 89 (17/18), 1965, 400/2
35. Komlos, K
Stavebnicky Casopis 14 (9), 1966, 563/72

36. Saucier, F L
U S Waterways Expt. Station Miscell
Paper 6-849, 1966
37. Pilney, F
Beton 16 (3), 1966, 99/101
38. Mather, B
AC 1 Proc. 63, 1966, 441/50
39. Ritchie, A G B
Paper presented to Conference of Brid.
Soc. Rheol. Sheffield, 1967
40. Steinegger
Zement-Kalk-Gips 56 (5), 1967, 234/6
41. Vasiliu, D
Bevista Constructiilor si a Materialelelor de Constructii
20 (2), 1968, 72/76
42. Vasiliu, D
Zement-Kalk-Gips 57 (10), 1968, 424/29
43. Walz, K
Highway Res. Rec. (218), 1968, 18/21
44. Bestämmelser för betongkonstruktioner, B 5
45. Miller, H
Bulletin No 28, Calcium Cularide Assoc.,
Detroit, Mich.
46. Berthier
Publ'n Tech. No 25, Centre d'Etudes et de Rech. de
l'Ind. des Liants Hydraulique

R38:1976

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 750568-5 från Statens råd för byggnadsforskning till AB Skånska Cementgjuteriet, Stockholm.

**Distribution: Svensk Byggtjänst, Box 1403, 111 84 Stockholm
Grupp: Konstruktion och material**

Pris: 23 kr + moms