



LUND UNIVERSITY

Beständighet marina betongkonstruktioner

Sandberg, Paul

1992

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Sandberg, P. (1992). *Beständighet marina betongkonstruktioner*. (Rapport TVBM (Intern 7000-rapport); Vol. 7035). Avd Byggnadsmaterial, Lunds tekniska högskola.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

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

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

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Byggnadsmaterial

UNIVERSITY OF LUND
LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY
Division of Building Materials

Beständighet Marina Betongkonstruktioner

Palle Sandberg

Rapport TVBM-7035

Lund, december 1992

Beständighet Marina Betongkonstruktioner

- några viktiga resultat av parallell laboratorie- och fältprovning av tänkbara Öresundsbro-betonger
- faktorer av betydelse för den färska betongens hanterbarhet
- kloridinträngning hårdnad betong, tendenser

Jämförelser av brobetong med olika bindemedelsval map den färska betongens egenskaper och den hårdnade betongens beständighet mot kloridinträngning - fält och laboratorieprovning

Ett stort behov finns att bättre än vad som hittills varit möjligt kunna förutse vilket materialval och utförande som ger en konstruktion den fördelaktigaste livslängden ur samhällsekonomisk synpunkt. Svårigheter med att korrelera beständighetsprovning i laboratoriet till den verkliga livslängden hos betongkonstruktioner ledde till att en fältstation för provning av armerad betong i marin miljö, etablerades i Träslövsläge 1991. Här redovisas några viktiga tendenser från parallell laboratorie- och fältprovning av brobetong tänkbara för bl a Öresundsbron.

En betong baserad på lågalkaliskt, sulfat- och frostbeständigt portlandcement, mindre mängder mikrosilika, vbt < 0.40 samt mindre mängder tillsatsmedel tycks ge utmärkt gjutbarhet och bästa beständigheten i marin miljö. Mikrosilika bör tillsättas i slurryform. Betongens gjutbarhet och homogenitet spelar en mycket stor roll för konstruktionens livslängd, vilket inte alltid framgår av laboratorieprovning.

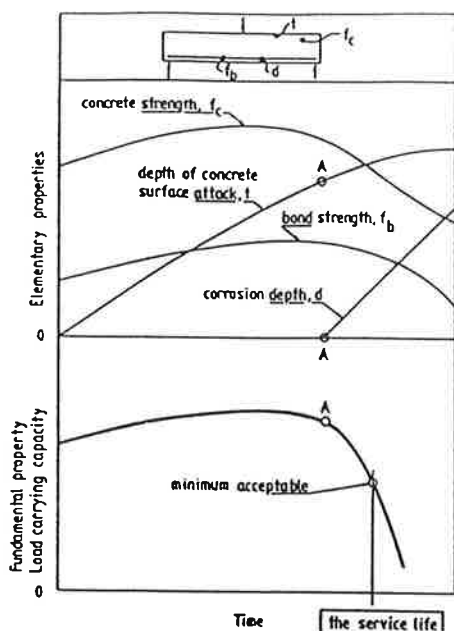
1. INLEDNING

Norden står inför mycket stora satsningar inom infrastrukturen, bl a den förestående Öresundsbron mellan Malmö och Köpenhamn. Ett stort behov finns att bättre än vad som hittills varit möjligt kunna förutse vilket materialval och utförande som ger den fördelaktigaste livslängden för en konstruktion ur samhällsekonomisk synpunkt. Hittills har sådan "beständighetsprovning" ofta utförts med accelererade och förenklade studier i laboratoriet. Bl a försummas följande i praktiken viktiga fenomen:

- 1) Ingående material som bindemedel och ballast varierar olika mycket i kvalité/egenskaper under byggets gång.
- 2) Praktiska svårigheter i fält (som inte framträder lika tydligt i laboratoriet) map
 - tillvekning av betong
 - efterbehandling/härdning av betong (Poulsen 1990).
- 3) Samverkande nedbrytnings- och läkningsförlopp (fuktvandring, frost, sulfatattack, alkali-kiselsyra, karbonatisering, kloridinträngning/korrosion..etc, Mehta 1989)
 - även enskilda processer som kloridinträngning beror av havsvattnets totala sammansättning (Mg, Na, SO₄, CO₃, alger, etc) medan de flesta laboratorietester endast tar hänsyn till NaCl.

Tydligt är att en laboratiemetod alltid måste kalibreras mot resultat från fältprovad betong exponerad för **aktuell miljö** innan några slutsatser kan dras utifrån laboratorieresultaten. I princip måste fältprovningen dessutom ha pågått så länge att extrapolering i tiden kan göras utan risk för att man missbedömer ev ändringar i nedbrytningsförloppet. (Träslövsläge-försöken kan så här långt peka på vissa ganska tydliga **tendenser**, men "slutresultaten" dröjer ännu flera år!)

Om man vill kunna göra noggrannare livslängdsbedömningar värda namnet krävs med andra ord noggrann kännedom om vilka **mekanismer** som styr nedbrytningsförloppen. En schematisk illustration ges i figur 1. (Fagerlund 1991)

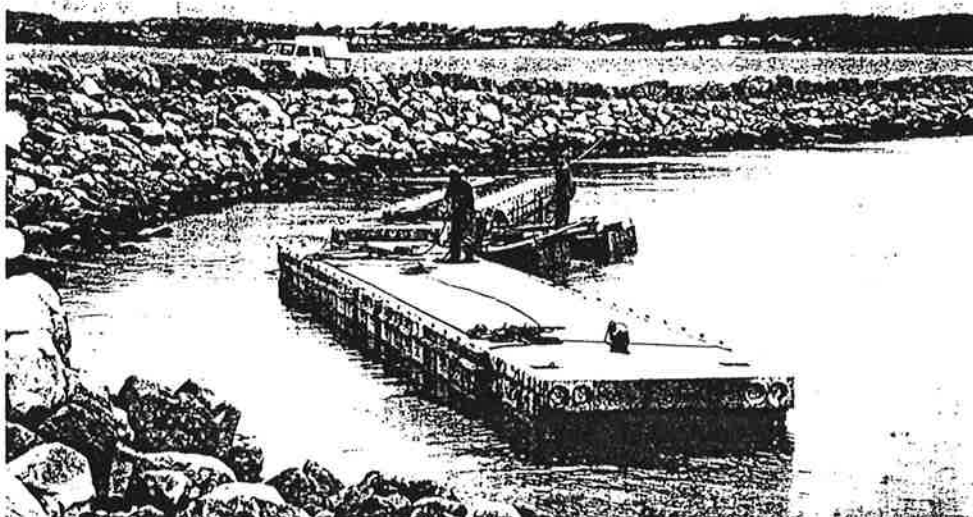


Figur 1. Schematisk framställning av några enskilda nedbrytnings- eller läkningsförlopps tidsberoende och deras sammansatta inverkan på konstruktionens livslängd. (Göran Fagerlund 1991).

Figuren antyder att det är tiden fram till aktivering av armeringskorrosion som ofta i praktiken avgör en betongkonstruktions livslängd. Denna aktiveringstid beror av betongens kloridpermeabilitet och dess kloridtröskelvärde för aktivering av korrosion. Dessa parametrar beror av mängd och sort av bindemedel, betongsammansättning, gjutbarhet/kompaktering, härdning samt inte minst omgivande miljö. (Schiesl 1988).

1.1 Marin fältstation i Träslövsläge

Det uppenbara kravet på relevant fältprovning gjorde att en fältstation för provning av armerad betong i marin miljö etablerades utanför Varberg 1991. Inom projektet Beständighet Marina Betongkonstruktioner (BMB) provar Statens Provningsanstalt, Vägverket, Cement- och Betonginstitutet, Cementa och tekniska högskolorna i Lund och Göteborg ett 40-tal olika betongkvaliteter, varav 11 är tänkbara betongrecept för Öresundsbron. Projektet finansieras till största delen av Eurofonden, men bedrivs som ett högskoleprojekt med absoluta krav på öppenhet och objektivitet. Danska AEC (som låg bakom valet av bindemedel till Stora Bält-förbindelsen) ingår i projektet för att tillgodose erfarenheterna från Stora Bält och inte minst att garantera objektiviteten. På sikt bör projektet drivas i ett större internationellt (nordiskt?) sammanhang med om möjligt oberoende statlig finansiering.



Figur 2. Marin fältstation i Träslövsläge

2. RESULTAT AV PARALLELL FÄLT- OCH LABORATORIEPROVNING 1991-92

2.1 Faktorer av betydelse för den färska betongens hanterbarhet

Betongen måste vara lättgjuten, homogen och får inte variera från en batch till en annan. Detta självklara faktum får i sin tur följande konsekvenser för valet av bindemedel och tillsatsmedel.

En så tät och variationsfri betong som möjligt är vårt mål. I praktiken sker dock alltid variationer såväl i arbetsutförande som i bindemedel och ballast. Ett väl utbildat och sammantrimmat arbetslag kan minska variationer och defekter i arbetsutförandet. I denna artikel koncentrerar vi oss på att minska variationerna i den färska betongens bindemedelsfas (valet av ballast är lika viktigt men behandlas inte här!).

Genom att minska variationerna i bindemedelsfasen blir betongen mindre känslig för alla andra störningar som trots allt förekommer på en arbetsplats!

Doseringen av tillsatsmedel får inte överdrivas. En god frostbeständighet kräver noggrant val av luftporbildare och andra tillsatsmedel, så att ett homogent luftporsystem fås utan att betongens täthet äventyras. Den nödvändiga tillsatsen av flytmedel riskerar att ödelägga luftporsystemet, en noggrann optimering är ett måste! Vår generella erfarenhet är att mycket bra resultat fås om en luftporbildare baserad på talloljederivat kombineras med mindre mängder (<0.7% torrsvikt av bindemedlet) av ett melaminbaserat flytmedel. 6% luft eftersträvas i den färska betongen. Överdrivna mängder flytmedel gör att den effektiva lufthalten (små väldispergerade luftbubblor) kraftigt minskar. Lignosulfonat har tyvärr ofta en negativ effekt.

Doseringen av mineraltillsatser (mikrosilika, flygaska, slagg etc) får inte heller överdrivas. Användningen av 5-8% mikrosilika (torrsvikt av bindemedlet) har en mycket positiv effekt på såväl gjutbarhet (smidigare betong, blödnings elimineras) som luftporstruktur och betongens täthet. Mikrosilikan måste dock tillsättas i en väldispergerad slurryform. Mikrosilika tillsatt som torrt pulver klumpar sig nästan alltid i betongen (oavsett blandningssätt). Tätningseffekten försvinner och man kan t om få problem med alkali-silikaexpansion. Tillsats av >10% mikrosilika innebär i regel ingen förbättring av beständigheten, bl a eftersom betongens förråd av kalciumhydroxid och alkali kommer att konsumeras av pozzolanreaktionen. (Tröskelvärdet för armeringskorrosion sänks kraftigt.)

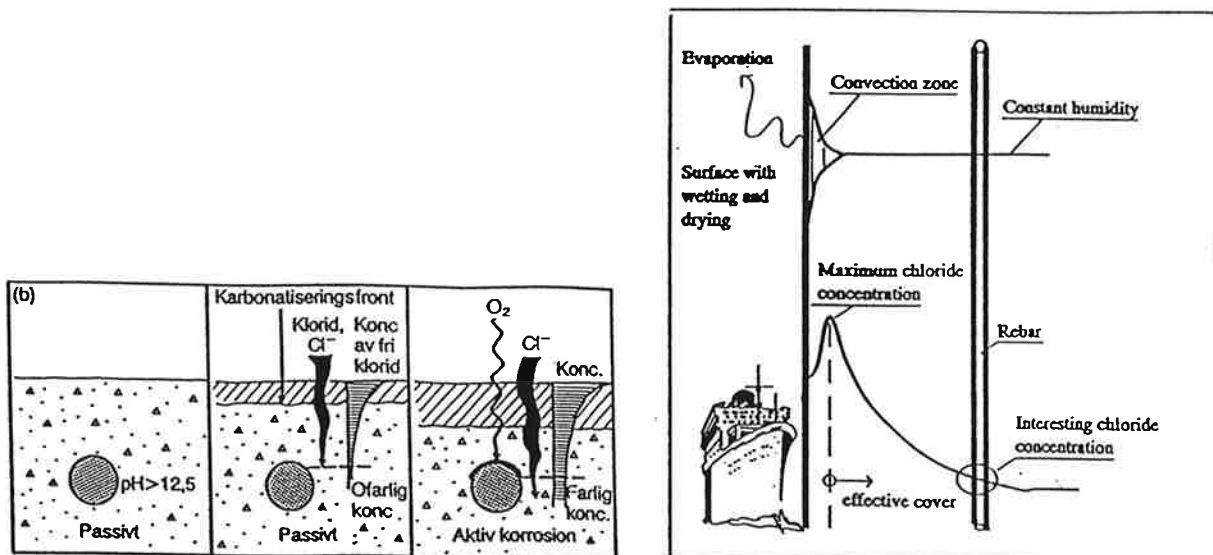
Jämn och hög kvalité krävs hos cement, mineraltillsats, tillsatsmedel och ballast. I praktiken kan man hålla en jämn och hög kvalité hos cement och mikrosilika, medan utpräglade biprodukter som slagg och flygaska varierar förhållandevis mycket i kvalité. Speciellt flygaskorna varierar mycket både beroende på varierande kolsammansättning och beroende på varierande eldningsförfarande. Dessutom finns i dag inget fungerande system att förutse hur flygaskans variationer påverkar betongen. Plötsliga störningar av betongens luftporsystem och gjutbarhet är ett vanligt problem (Fagerlund 1983, 1990). Givetvis är det mycket frestande att använda billig flygaska i stället för dyr mikrosilika eller cement, men "besparingen" hotar att bli kostsam för samhället i längden. (Varför ska man försöka spara enstaka procent i byggkostnad när man riskerar att halvera konstruktionens livslängd? - Jämför med kostnadsjakten inför bygget av Ölandsbron i början på 70-talet.)

Betongens värmeutveckling pga cemenhydratationen medför risk för termisk sprickbildning. Av tidigare nämnda skäl framgår dock att man inte kan ersätta cement mer än i ganska begränsad omfattning. Man kan heller inte sänka totala bindemedelshalten utan att få problem med gjutbarhet och inhomogenitet (jämför med Stora Bält, Persson 1991). Man kan däremot kontrollera värmeutvecklingen så att sprickor av betydelse inte uppstår, vilket framgångsrikt gjorts i fullskala på senare år (se bl a Emborg och Bernander, 1991, samt den pågående renoveringen av Ölandsbron, Nilsson 1991). Man bör absolut välja ett cement som ger låg värmeutveckling!

Cementvalet är kritiskt, eftersom en mycket tät och homogen betong krävs för att ge ett tillräckligt högt motstånd mot inträngning av klorider och andra aggressiva joner. Vbt måste maximeras till 0.40, vilket medför bindemedelshalter runt 420 kg/m^3 , om det grundläggande gjutbarhetskravet skall mötas utan överdrivna mängder tillsatsmedel. Bäst gjutbarhet får generellt av cement med låg C_3A -halt och låg alkalihalt. Dessutom måste cementets värmeutvecklingen vara låg, samt den färdiga betongens frostbeständighet och sultatbeständighet hög. Cementets kravprofil blir med andra ord ganska komplicerad. Om man tittar på marknaderna i Sverige och Danmark så finns endast två cement som uppfyller kraven, Degerhamn Anläggningcement och Aalborg Lavalkacement.

2.2 Kloridinträngning i betong

Det beständighetsproblem som anses besvärligast att lösa för betongbroar är armeringskorrosion orsakat av i första hand kloridinträngning. Havsvatten och tölsalter på vägar innehåller klorider, som förr eller senare tränger in i betongen i sådan omfattning att armeringsjärnen börjar rosta (se fig 3). Betongtäcksiktets täthet, homogenitet, sammansättning och storlek är avgörande för hur snabbt kloriderna tränger in till armeringen, och för hur höga kloridkoncentrationer stålet "tål" innan korrosionsförloppet aktiverats. När korrosionen väl blivit aktiv, kan konstruktionen förlora sin bärförmåga relativt snabbt.



Figur 3. Schematisk skiss av hur koldioxid och klorider angriper armeringsjärnen i betong. Hos utomhusbetong med vbt < 0.45 är kloridinträngningen allvarligast (Fagerlund 1990, Sandberg 1992).

Tabellen nedan sammanfattar ett antal uppmätta parametrar av stor vikt för en betongkonstruktions livslängd i marin miljö. Resultaten kan i viss mån redan nu användas för en jämförelse mellan olika bindemedelsval. Eftersom jämförelsen baseras på provning i Kattegatt, vars miljöpåverkan är snarlik Öresund, bör denna jämförelse vara mer korrekt än jämförelser baserade på laborieprovning av enstaka parametrar! Däremot kan inga egentliga livslängdsbedömningar göras än, eftersom tillräckligt exakta data saknas för hur snabbt kloridtransporten kommer att ske i framtiden, och för vilka tröskelvärden som kommer att gälla i fält.

Vissa förutsättningar anses i det närmaste självklara enligt tidigare resonemang:

- betongen skall vara lufttillsatt på ett sätt som garanterar god frostbeständighet
- ballasten skall vara frostbeständig, ofarlig map alkali-silikareaktioner, får ej störa luftporsystemet samt möjliggöra en lättgjuten betong.
- förhållandet vatten/bindemedel skall vara maximalt 0.40 för att garantera en låg permeabilitet, vattenhalten bör däremot inte låsas.
- ingående cement skall ha låg alkalihalt, hög sultatbeständighet, hög kloridbindande förmåga, lågt vattenbehov och låg värmeutveckling, samt uppvisa en förhållandevis snabb hållfasthetstillväxt.
- ingående bindemedel, tillsatsmedel och ballast skall väljas och proportioneras så att en lättgjuten betong fås av hög homogenitet.

Utvalda resultat Beständighet Marina Betongkonstruktioner

bindemedel typ, kg 1)	luft % 2)	vbt eff 3)	tröskelv Gouda gCl/l 4)	effektiv $D_{cl} \times 10^{12} \text{ m}^2/\text{s}$ 5)				Relativ livslängd 6)	omdöme färsk btg 7)
				CTH lab	AEC lab	ERAB lab	Fältexponering submerged/splash		
Anläggningscement 450 kg	6.0	0.35	11.0	5.4	5.0	5.2	3.3/	100%	bra
Anl C fältgjutning Ölandsbro 420 kg	6.2	0.40	10.4	6.3	8.3	-----	4.2/	85%	mkt bra
Utborrat Ölandsbron Anl C 420 kg 8)	5.8	0.38	-----	7.7	8.1	-----	0.8/0.3	-----	utmärkt
Slite Std 420 kg	6.2	0.40	12.0	5.4	-----	-----	3.6	-----	usei
Anl C 5% silika 450 kg	5.8	0.35	6.9	2.2	4.3	-----	1.8/0.5	95%	bra
Anl C 5% silika 420 kg	6.1	0.40	6.3	3.5	4.4	4.5			mkt bra
Anl C 5% silika slurry 420 kg	5.9	0.40	6.3	2.1	1.7	-----	2.0/0.8	90%	utmärkt
Anl C 10 % silika 420 kg	6.6	0.40	5.2	2.2	-----	-----			bra
Anl C 5%SFslurry 10% FA 450 kg	6.4	0.35	5.4	0.8	2.4	-----	1.8/0.6	90%	bra
Aalborg Lav C 5% silika slurry 420 kg	6.5	0.40	5.0	2.0	-----	-----	2.0/1.0	90%	utmärkt
ALav 5%SFslurry 10% FA 450 kg	5.8	0.35	4.1	0.5	2.1	-----	2.3/0.5	85%	bra
ALav 4.5%SFslurry 17% FA 420 kg	6.1	0.40	3.0	0.3	-----	1.1	1.4/0.3	90%	varierar

1) bindemedel Anl C = Degerhamn Anläggningscement
 Alav = Aalborg Lavalkali-cement
 SF = kondenserad mikrosilika ELKEM
 FA = flygaska IFV-energi Asnaesverket

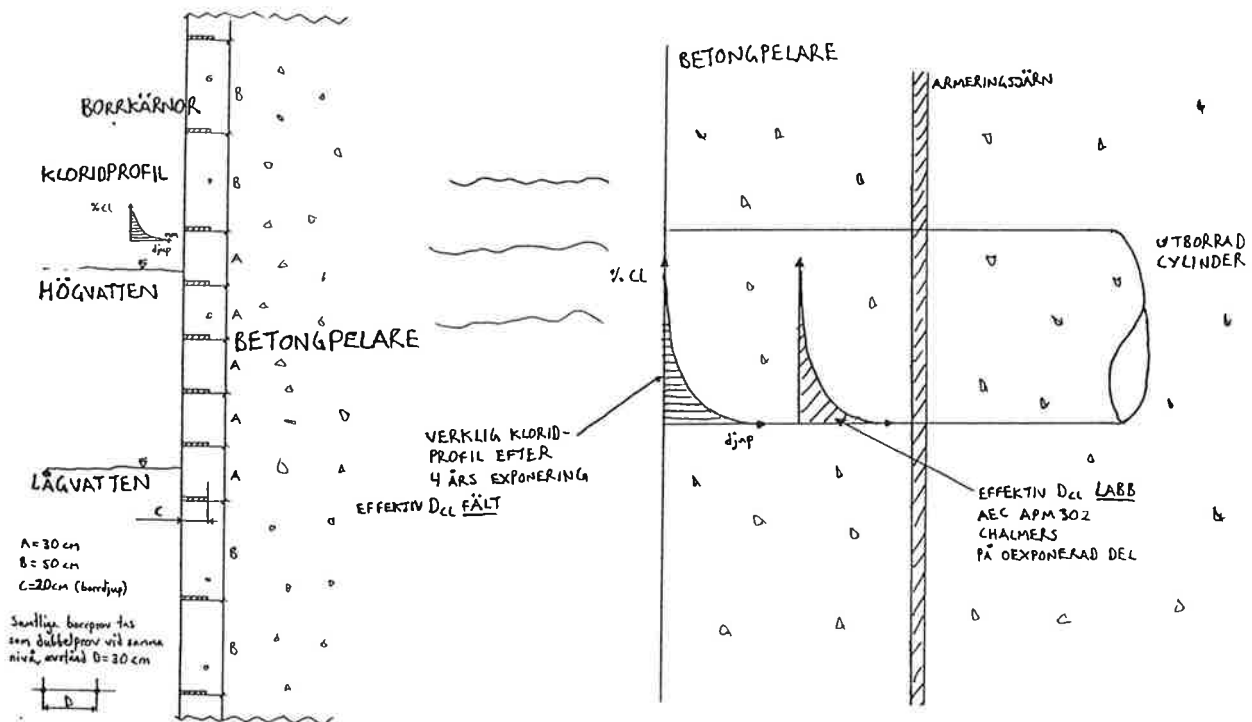
2) Uppmätt lufthalt färsk betong

3) vbt eff= $W/(C+SF+0.3FA)$

4) Tröskelvärden (g fri klorid/l porväska) för aktivering av armeringskorrosion beräknade enligt Gouda 1970. Tröskelvärdesmätningar på dessa betonger görs av CBI, preliminära resultat följer Gouda, men nivåerna är generellt högre.

- 5) CTH Chalmers laboratorieexponering enligt Luping och Nilsson (1991). "Submerged" avser kloridinträngning i undervattenszonen, "splash" avser kloridinträngning i den sk skvalpzonen.
AEC laboratorieexponering enligt Sörensen 1992 (3 rapporter).
ERAB Euroc Research laboratorieexponering enligt samma princip som AEC.
Fältexponering kloridprofiler och motsvarande effektiva kloriddiffusiviteter av Luping (1992), "profile grinding" enligt samma princip som AEC (Luping 1992, Sörensen 1992).
- 6) De relativa livslängderna är baserade på antagandet att den dominerande kloridtransporten sker enligt Fick's 2 lag, med **fältuppmätta** effektiva diffusiviteter enligt kolumn 5 och tröskelvärden enligt kolumn 4. "Bästa" bindemedelskombinationen har fått livslängden 100 %, övriga bindemedelskombinationer har fått bråkdelar därav.
- 7) Författarens egen bedömning. Betongerna har gjutits på SP, men konsistenser och gjutbarhet har jämförts med bl a fältgjutningar vid Ölandsbro-renoveringen och elementtillverkningen vid Stora Bält. Bedömningen innefattar utgångskonsistens och konsistensförlust med tiden (sättmått, omformningstal, "seghet"), luftporstabilitet/känslighet hantering och kompaktering (lufthaltsmätning, tunnslip, frostprovning), samt blödning och segregation (tunnslip).
- 8) 18 st 130 mm kärnor utborrade från en **renoverad** pelare vid Ölandsbron. Betongen har under 4 år exponerats för Östersjön.

Utsågad betong från Ölandsbron har först kloridbestämts mha "profile grinding", därefter har den oexponerade delen som är kvar av samma betong provats enligt figur 4. Utsågad betong från Ölandsbron har en kloridprofil som inte direkt kan jämförts med Träslövsläge-proverna. Östersjöns låga kloridhalt tycks ge lägre diffusiviteter än då samma betong exponeras i Träslövsläge, jämför med "Anl C fältgjutning Ölandsbro", som exponerats i Träslövsläge. Utsågade prover från Ölandsbron tyder dock på en livslängd betydligt över 100 år i dessa kloridfattiga vatten.



Figur 4. 20 borrkärnor har uttagits från en 4 år gammal pelare vid Ölandsbro-renoveringen. Kärnorna är tagna "hela vägen uppifrån och ner", så att proverna fördelats jämt från undervattenszon, plaskzon och övervattenszon. Utsågad betong från Ölandsbron har först kloridbestämts mha "profile grinding", därefter har den oexponerade delen som är kvar av samma betong provats vid AEC, Chalmers och LTH. Resultaten visar att Träslövsläge-betongerna som gjutits på SP kan anses vara representativa för verkliga brokonstruktioner. Resultaten visar också att kloridinträngningen i betong typ Ölandsbro-renoveringen sker långsammare i kloridfattiga Östersjön än i Kattegatt (som mer liknar Öresund).

3. TENDENSER

3.1 Bindemedelsval

Följande viktiga tendenser framgår tydligt:

A) Faktorer som gjutbarhet, luftporstruktur, känslighet för bristfällig härdning och jämn kvalitet hos ingående bindemedel talar starkt för betong baserad på ren portlandcement eller portlandcement + mindre mängder silika **i slurryform**.

B) Betonger baserade på ren portlandcement eller portlandcement + mindre mängder mikrosilika får i verkligheten, när de utsätts för havsvatten, avsevärt lägre kloriddiffusivitet än vad som förutses vid laboratorieexponering av samma betong med enbart NaCl.

C) Betonger baserade på stora mängder silika+flygaska ger i fältexponering effektiva kloriddiffusiviteter som är endast marginellt lägre än motsvarande i fält uppmätta effektiva diffusiviteter för betonger baserade på ren portlandcement eller portlandcement + mindre mängder silika.

D) Ett cements förmåga att bidra till kloridbindning beror inte enbart av dess innehåll av C_3A , utan snarare av genererad porstruktur och av totala mängden av aluminiumföreningar bildade hydrat. Aalborgs Lavalkal cement och Degerhamns Anläggningscement tycks ge liknande porstrukturer samt innehåller likvärdiga mängder aluminium räknat som Al_2O_3 . Resultaten från fältmätningen tyder på likvärdiga effektiva kloriddiffusiviteter om betongerna i övrigt har samma sammansättning.

E) Den resulterande livslängden (definierat som tiden fram till aktivering av armeringskorrosion) förefaller bli högst för betong baserad på ren portlandcement eller för portlandcement + mindre mängder silika **i slurryform**.

F) CBI:s mätningar av tröskelvärden tycks konfirmera Goudas samband (1970), dvs att kritiska kloridhalten minskar med minskande hydroxidjonhalt i betongens porvätska. Betonger baserade på stora mängder silika har en avsevärt lägre hydroxidjonhalt i porvätskan jämfört med rena portlandcement-betonger, vilket tycks ge lägre tröskelvärden för armeringskorrosion i motsvarande grad. En liknande effekt kan fås med flygaska när dess pozzolanreaktion väl hunnit bli betydande.

G) Den dominerande kloridinträngningen har alltid uppmätts under vattenytan (se kolumn 5, "fältexponering submerged/splash"). I dessa genomgående mycket täta betonger tycks diffusion vara den dominerande transportmekanismen för klorider.

Slutligen bör nämnas att flygaskebetonger nästa alltid har en högre resistivitet än motsvarande betonger baserad på ren portlandcement (Schiessl 1992). Det innebär att korrosionsförloppet sker långsammare i en flygaskebetong sedan tröskelvärdet för armeringskorrosion överskridits. En lägre korrosionshastighet hos flygaskebetong bör dock knappast kunna kompensera för den kortare beräknade initieringstiden för aktiv armeringskorrosion, och för den mer svårhanterliga betong som fås.

3.2 Några forskningsbehov, mekanismer för kloridinträngning

- A. Den dominerande kloridinträngningen har alltid, för dessa låga vbt, uppmätts under vattenytan. Kommer mikrostrukturförändringar ovan vattenytan pga uppfukning-uttorkning, saltdeposition, frost etc att medföra, att kloridinträngningen så småningom blir dominerande ovan vattenytan? Hur kan i så fall dessa effekter kvantifieras för olika betonger?
- B. Betongytans mikrostruktur har en mycket stor betydelse. Nya Ölandsbron gjuts med en dränerande textilform, vilket gör att ytan får en dramatiskt tätande effekt. Betongytans effekt måste kvantifieras och inkluderas vid bedömningar av en betongs kloriddiffusivitet.
- C. Kloridbindningen är olinjär. Effekterna av olinjär kloridbindning måste klargöras, inte minst dess betydelse för den effektiva diffusivitetens tidsberoende. Olika kloridkoncentrationer ger olika effektiva diffusiviteter. Om provning görs vid förhöjda koncentrationer av klorid måste accelereringseffekten vara känd. Olika miljöer och olika bindemedel ger olika ytkoncentrationer av klorid i betongen, effekten måste klargöras och kvantifieras.
- D. Olika temperaturnivåer ger olika effektiva diffusiviteter. Om provning görs vid 20°C måste accelereringseffekten vara känd.
- E. Vilken effekt har kontinuerliga respektive diskontinuerliga sprickor på kloridinträngningen? Vad innebär den spricktätande förmågan samt bristfällig härdning? Hur kvantifierar man sprickornas inverkan?
- F Hur samverkar kloridinträngningen med betongens fuktillstånd?
- G. Havsvattents innehåll av Mg, Na, K, SO₄, CO₃, alger etc interfererar med betongens mikrostruktur och därmed också med kloriddiffusionen. Om provning görs med enbart NaCl måste havsvattenseffekten vara känd.
- H. Mer fältdata behövs från olika miljöer och betongval. Bl a behövs mer fältdata från existerande broar som är äldre än Nya Ölandsbron, och som står i en saltare miljö. Broarna måste dock vara "oskadda" map frostangrepp, alkali-kisersyreaangrepp, sulfatangrepp etc. Om betongen redan är allvarligt skadad, är det mycket svårt att studera inträngningsförloppet före skadan! Finns här möjlighet till samarbete med Norge och Danmark?
- I. Finns det möjlighet att vid nybyggen och renoveringar av t ex broar, montera en eller flera "provplattor" parallellt med en pelare? Provplattorna består av samma betong som pelaren, och sträcker sig hela vägen genom övervattenszon, plaskzon och undervattenszon. Syftet med provplattan är att möjliggöra en noggrann kartläggning av konstruktionens återstående livslängd utan att någon dyrbar destruktiv provning krävs från "oskadade" pelare.

4. REFERENSER

- Emborg, M. och Bernander, S. 1991, "Assessment of the risk of thermal cracking in hardening concrete", Luleås Tekniska Högskola.
- Fagerlund, G. 1983, "Betong med flygaska", CBI kursverksamheten 1983.
- Fagerlund, G. 1990, "Betongkonstruktioners beständighet", Cementa Danderyd.
- Fagerlund, G. 1991, "Service life of concrete structures", särtryck International Symposium on Concrete Engineering, Nanjing, Sept 18-20, 1991.
- Gouda, 1970, "Corrosion and corrosion inhibition of reinforcing steel." I. Immersed in alkaline solutions. British Corrosion Journal, vol 5, pp 198-203, sept 1970.
- Luping, T. 1992, "Chloride profiles in the specimens from Ölandsbron and Träslövs-läge", Chalmers Byggnadsmateriallära.
- Luping and Nilsson, 1991, "Rapid Determination of the Chloride Diffusivity in Concrete by Applying an Electric Field", ACI 1991 Spring Convention.
- Mehta, P.K. 1989, "Durability of concrete in marine environment-an overview", Symposium on international experience with durability of concrete in marine environment, Berkeley January 16-17, 1989.
- Nilsson, I, 1991, "Reparation av Ölandsbrons pelare, erfarenheter och resultat från de sex första pelarna utförda 1990", NCC Malmö.
- Persson, B. 1991, "Bakgrund till val av betong vid Stora Bältförbindelsen", Lunds Tekniska Högskola, Byggnadsmateriallära U91.02.
- Poulsen, E. 1990, "Chlorider og 100 års levetid." Dansk Betongforening, sept 1990.
- Sandberg, P. 1992, "Kloridinitierad armeringskorrosion i betong", Lunds Tekniska Högskola, Byggnadsmateriallära TVBM-7032, pp 117-146.
- Schiessl, P. (Editor), 1990, "Corrosion of Steel in Concrete", Chapman and Hall, London.
- Schiessl, P. 1992, "Performance and durability of concrete systems", 9th International Congress on the Chemistry of Cement, vol 1, pp 605-659, Delhi.
- Sörensen, H. 1992, "AEC test reports 1992.09.15, 1992.11.09, 1992.12.10 Beständighet Marina Betongkonstruktioner". AEC Consulting Engineers.
- Tuutti, K. 1991, "Corrosion of steel in concrete induced by chlorides." Cementa FoU Rapport 91022.