



## **Kan fibrer påverka beständigheten av konventionellt armerade betongkonstruktioner?**

Downloaded from: <https://research.chalmers.se>, 2023-04-02 05:04 UTC

Citation for the original published paper (version of record):

Lundgren, K., Gil Berrocal, C., Lövgren, I. (2015). Kan fibrer påverka beständigheten av konventionellt armerade betongkonstruktioner?. *Bygg & teknik : Sveriges äldsta byggfacktidsning*, 2015(7): 17-19

N.B. When citing this work, cite the original published paper.

# Kan fibrer påverka beständigheten av konventionellt armerade betongkonstruktioner?

Kloridinducerad korrosion av armeringen är den vanligaste orsaken till nedbrytning av armerade betongkonstruktioner i marina miljöer eller som utsätts för vägsalt. Den sprickbegränsande effekt som fiberarmering tillhandahåller anses vara fördelaktig med avseende på inträngning av skadliga ämnen i betongen. Ändå finns det fortfarande begränsad forskning om hur fibrer kan påverka korrosion av armeringsjärn i betong. I ett pågående doktorandprojekt, som görs i samarbete mellan Chalmers och Thomas Concrete Groups, genomförs experiment för att besvara frågan hur fibrer inverkar på armerade betongkonstruktioners livslängd.

Under de senaste 50 åren har många studier genomförts för att undersöka mekaniska och brottagenskaper hos fiberarmerad betong och idag används fibrer ofta till industrigolv eller plattor på mark. Dessutom finns det ett ökande intresse av att använda fiberarmerad betong i bärande konstruktioner, vilket gjort att nya konstruktionsregler tagits fram, till exempel Model Code 2010 [1], Svensk Standard 812310:2014 [2]. Men för bärande ändamål kan fiberarme-

ring i många fall endast användas i kombination med konventionella armeringsjärn. När dessa två armeringstyper kombineras i konstruktioner som riskerar armeringskorrosion behövs följande fråga besvaras: Hur kommer fibrerna att påverka inträngning av klorider och korrosionsprocessen av den konventionella armeringen? Detta har undersökts genom försök.

## Experiment

I det här projektet har fyra olika betongblandningar utformats med samma betongsammansättning men med olika fibertyp och varierande fiberdosering:

- "plain" – serie som inte innehöll några fibrer,
- "steel" – serie som innehöll 0,5 volymprocent 35 mm långa stålfibrer med ändkrokar,
- "hybrid" – serie med en kombination av 0,35 volymprocent samma sorts stålfibrer som b) och 0,15 volymprocent 18 mm långa PolyVinylAlkohol (PVA) fibrer samt
- "synthetic" – serie som innehöll 0,75 volymprocent 30 mm långa PVA-fibrer.

Huvuddelen av det experimentella programmet genomförs i det här projektet för att undersöka inverkan av fibrer, sprickbildning, sprickvidd och belastningsförmågan på korrosionsprocessen av armeringsjärn. Totalt tillverkades 54 balkar, med dimensionerna 100 x 180 x 1100 mm, som var armerade med tre  $\phi 10$  kamstänger. Balkarna utsattes sedan för olika lastförhållanden:

- ospruckna balkar,
- balkar som belastades en gång under trepunktsböjning för att framkalla sprickbildning men som sedan var obelastade,
- cykliskt belastade balkar som belastades fem gånger, för att orsaka en större nedbrytning av gränsskiktet mellan stål och betong, men som sedan var obelastade och
- balkar som var belastade med en konstant belastning under hela långtidsförsöket.

Tabell 1 sammanfattar det experimentella programmet. Efter belastning som orsakade sprickbildning utsattes balkarna för cykler bestående av två veckors nedsänkning i en tio procent kloridlösning

Tabell: Försöksprogram.

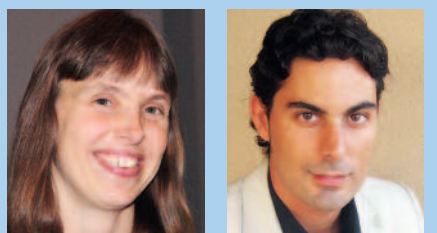
### Förvarade i färskvatten

Lastförhållanden	Serier	Mål sprickvidd	Mängd
Ospruckna	PL	–	3
	ST	–	3

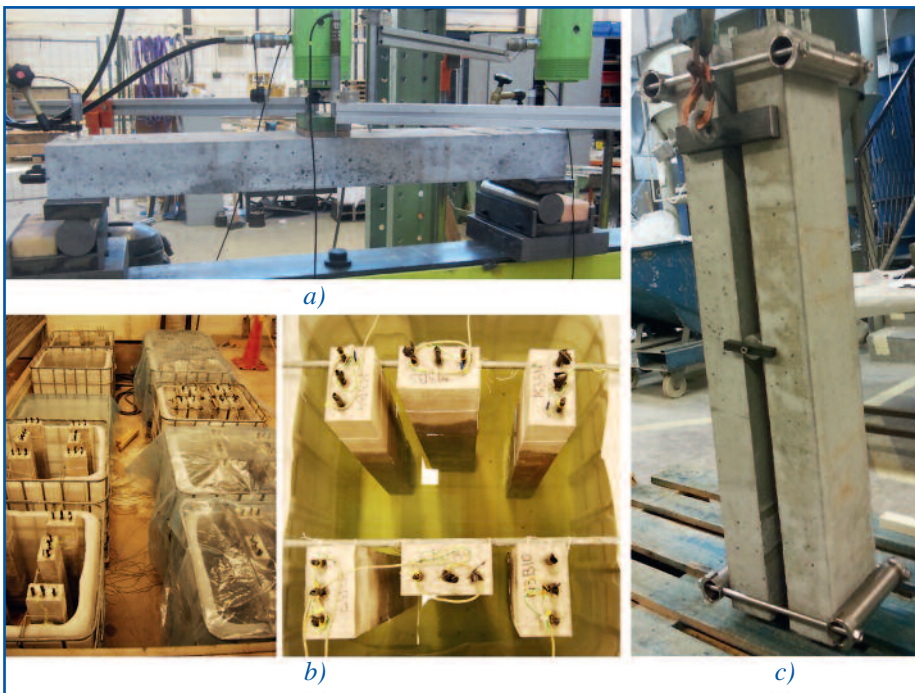
### Nedsänkta i kloridlösning/tort, cykler om 2 + 2 veckor

Lastförhållanden	Serier	Mål sprickvidd	Mängd	
Ospruckna	PL	–	3	
	ST	–	3	
	HY	–	3	
	SY	–	3	
Spruckna	Obelastade 1 cykel	PL	0,1, 0,2, 0,3, 0,4	4
		ST	0,1, 0,2, 0,3, 0,4	4
		HY	0,1, 0,2, 0,3, 0,4	4
		SY	0,1, 0,2, 0,3, 0,4	4
	5 cykler	PL	0,1, 0,2, 0,3, 0,4	4
		ST	0,1, 0,2, 0,3, 0,4	4
		HY	0,1, 0,2, 0,3, 0,4	4
		Belastade	PL	0,1, 0,2, 0,3, 0,4
		ST	0,1, 0,2, 0,3, 0,4	4

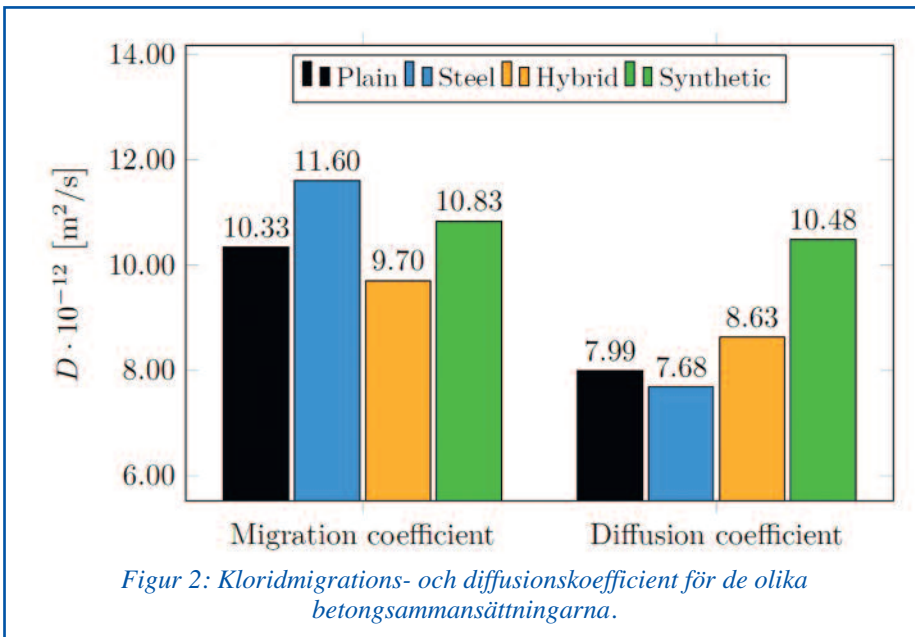
PL = Plain ST = Steel HY = Hybrid SY = Synthetic.



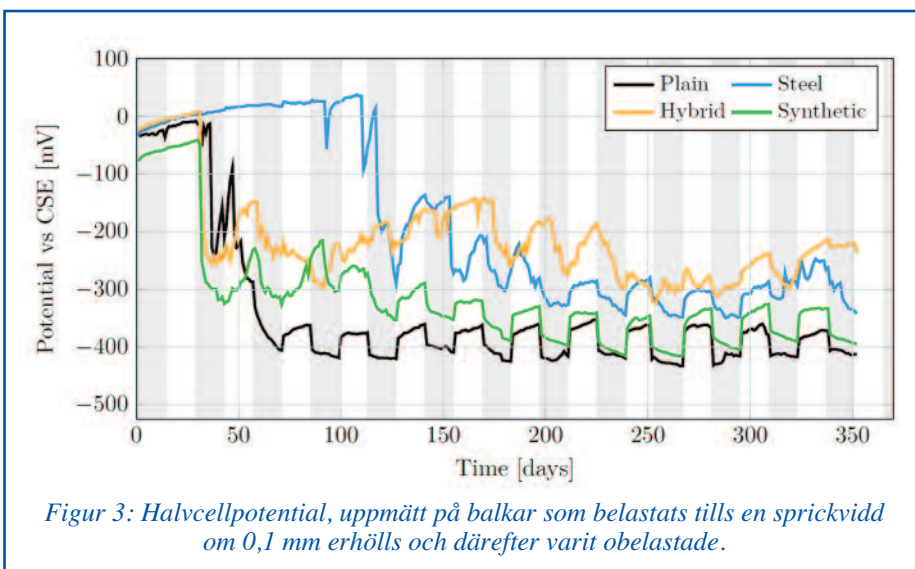
Artikelförfattare är **Karin Lundgren**, professor, Chalmers tekniska högskola, **Carlos Gil Berrocal**, Chalmers tekniska högskola och industridoktorand från Thomas Concrete Group, samt **Ingemar Löfgren**, Thomas Concrete Group och adj professor Chalmers tekniska högskola.



Figur 1: Försöksuppställning: a) förbelastning; b) cyklisk exponering i kloridhaltigt vatten; c) belastningsrigg för de balkar som var belastade under hela försöksperioden.



Figur 2: Kloridmigrations- och diffusionskoefficient för de olika betongsammansättningarna.



Figur 3: Halvcellpotential, uppmätt på balkar som belastats tills en sprickvidd om 0,1 mm erhölls och därefter varit obelastade.

följt av två veckor lufttorkning. Figur 1 visar experimentuppställningen. Ytterligare detaljer om betongblandningarnas kompositionen, fiberegenskaperna och provernas geometri finns i [5].

Korrosionsövervakning, enligt Tuutti-modell för armeringskorrosion [6], delades in i två faser:

(i) övervakning av "halvcellpotential" med hjälp av en  $MnO_2$  inbyggd referenselektrod för att bestämma korrosionsinitiering i armeringsjärnen och

(ii) uppskattning av korrosionshastigheten under propageringsfasen med hjälp av en handburen enhet som heter RapiCor. Den använda mätmetoden är baserad på galvanostatisk pulsteknik [7].

För att undersöka fibrernas eventuella inverkan på motståndet mot kloridinträngning hos betongblandningarna provades denna enligt två olika standardtester:

(i) klorid-migrationskoefficienten från "non-steady state" migrationsförsök enligt NT Build 492 [3], och

(ii) klorid-diffusionskoefficient från accelererade kloridpenetrationstest enligt NT Build 443 [4].

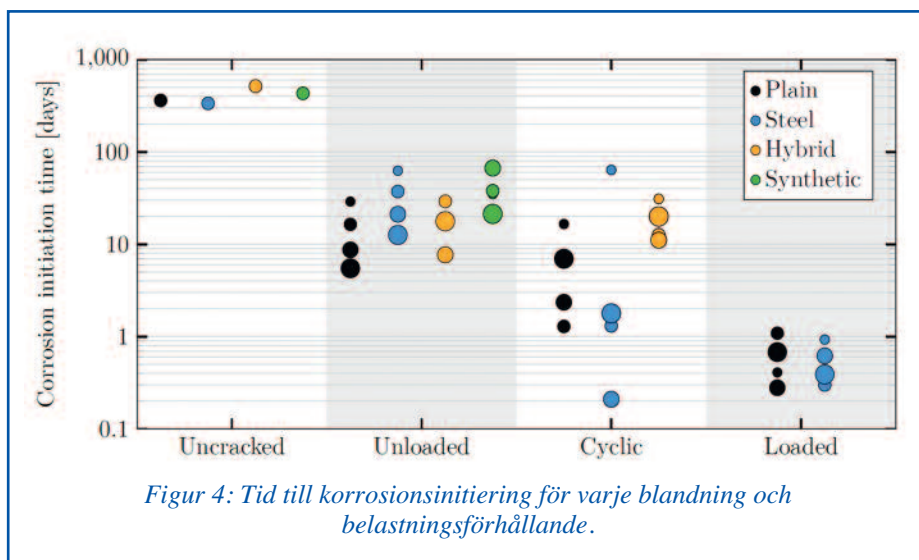
Proverna enligt NT Build 492 utsattes för en konstant DC-spänning i 24 timmar för att driva in klorider i betongen accelererat. Proverna enligt NT Build 443 däremot var naturliga diffusionstester, där proverna sänktes ned i tio procent kloridlösning under en period av 211 dagar.

## Resultat och diskussion

Från migrations- och de accelererade penetrationstesterna beräknades kloridmigrationskoefficienten respektive diffusionskoefficienten – resultaten för de olika betongblandningarna jämförs i figur 2. Som framgår av figuren så ändrade inte fibrerna avsevärt motståndet mot kloridinträngning hos osprucken betong – de skillnader som finns faller inom testmetodens typiska variationskoefficient. Det bör dock noteras att den betongkomposition som användes för alla blandningar var avsedd att vara självkompakterande för att garantera en tillräcklig arbetbarhet av betongen under gjutningen.

I balkarna övervakades halvcellpotentialen varje timme för att kunna bestämma tiden till korrosionsinitiering. Figur 3 visar ett exempel på den uppmätta halvcellpotentialen under en period av ett år efter att proverna utsattes för kloridlösning i cykler som tidigare beskrivits. Resultaten som visas är för balkar som belastats tills en sprickvidd om 0,1 mm erhöles och därefter varit obelastade. Initieringsperioden kan bestämmas som tiden till dess att potentialen minskar med mer än 150 mV per 24 timmar och ingen efterföljande repassivering sker. Figur 4 redovisar tiden till korrosionsinitiering för de olika blandningarna och belastningsförhållanden. Notera den logaritmiska skalan på y-axeln.





Figur 4: Tid till korrosionsinitiering för varje blandning och belastningsförhållande.

Dessa resultat visar den stora effekten av belastningsförhållanden, och speciellt sprickors inverkan vid små täcksikt, på tiden till korrosionsinitiering. Medan det för de ospruckna balkarna behövdes mer än sex månader innan det fanns tecken på korrosion, började de belastade balkarna korrodera bara några timmar efter den första nedsänkningen i kloridlösning. Fiberer hade generellt en liten inverkan, men i vissa fall gavs en liten förbättring.

Det var svårt att tydligt identifiera sprickviddens inverkan. För de balkar som var belastade under hela försöket tyder resultaten på att initieringsperioden i praktiken var så kort att den kan bortses från om sprickvidden överstiger ett visst tröskelvärde. I dessa försök var tröskelvärdet vid en sprickvidd omkring 0,1 mm, sannolikt beroende på att det täckande betongskikt var litet och att vattentäthetskoefficienten var något högre än vad som vanligtvis föreskrivs i XS3/XD3. Resultaten kan därför kanske inte tillämpas på verkliga konstruktioner. För de balkar som belastats (en gång eller cykliskt) men sedan förblev obelastade, kan de variationer som uppmätts i initieringstid inte anses vara knutna till den sprickvidd som uppstod vid belastningen, eftersom de flesta av de ytliga sprickvidderna varierade mellan 0,02 och 0,06 mm

när balkarna avlastats. Dock kan andra faktorer ha större inverkan på korrosionsinitiering än ytlig sprickvidd, till exempel små defekter eller skador på gränsskiktet mellan betong och armeringsstänger orsakade av till exempel cyklisk belastning.

### Slutsatser

Från migrations- och diffusionstester observerades att fiberer inte väsentligt ändrar diffusionsegenskaper hos osprucken betong. Detta stöds av korrosionsförsök i vilka förekomsten av fiberarmering hade en mycket begränsad effekt på initieringstiden. Ändå, som observerats för de belastade balkarna, kommer sprickor med större sprickvidder än en viss gräns att minska tiden till korrosionsinitiering radikalt. Generellt uppvisade prover med fiberarmering ett liknande eller bättre beteende än vanligt betong, trots att de utsatts för större laster. I nästa skede av projektet kommer påverkan av fibererna på korrosionspropageringsfasen också att undersökas genom att uppmätta korrosionshastigheter analyseras. Vi har också ytterligare pågående experiment för att bedöma risken för galvanisk korrosion och inverkan av stålfibrer på betongens elektriska resistivitet. Allt detta sammantaget gör att vi bättre kommer kunna för-

stå den potentiella effekten av fiberarmering på armerade betongkonstruktioners beständighet. ■

### Referenser

- [1] *fib Model Code for Concrete Structures*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, 2010.
- [2] Svensk Standard 812310:2014 *Fiberbetong – Dimensionering av fiberbetongkonstruktioner*, Swedish Standards Institute, Stockholm, Sverige, 2014.
- [3] NT Build 492, North Test Build 492 – *Chloride Migration Coefficient from Non-Steady-State Migration Experiments*, 1999.
- [4] NT Build 443, North Test Build 443 – *Accelerated chloride Penetration*, 1995.
- [5] C.G. Berrocal, I. Löfgren, K. Lundgren & L. Tang, *Corrosion initiation in cracked fibre reinforced concrete: Influence of crack width, fibre type and loading conditions*, Corros. Sci. 98 (2015) 128–139.
- [6] K. Tuutti, *Corrosion of steel in concrete*, CBI Rep. 482, Swedish Cem. Concrete Institute. (1982) 468.
- [7] L. Tang, Y. Fu, & A. León, *Rapid Assessment of Reinforcement Corrosion in Concrete Bridges*, 2010.