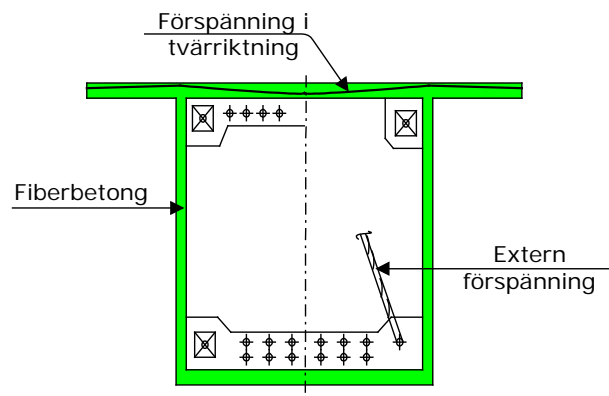


Projekt ”Process förbättring av bro- konstruktion och byggande”

Slakarmerad betong har fundamentala svagheter vilka är låg draghållfasthet, dålig homogenitet och sprödhet. Dessutom är armering av konstruktioner med konventionell slakarmering en dyr och tidskrävande process för båda konstruktörer och arbetare. Eliminering av slakarmering från den kritiska linjen av hela processen kan skapa revolutionerande förbättring av brokonstruktion och -byggande.

I licentiat avhandlingen (Ay 1999) studerades problemen i hela broprocessen. Icke värdeskapande delar i brokonstruktions- och -produktionprocessen identifierades. I den första delen, traditionella och nya produktions- och materialtekniker jämfördes olika metoder för att öka produktiviteten. I den andra delen, ett nytt brokoncept föreslogs enligt Figur-1. I denna typ av bro, ersätts slakarmering med stålfibrer i högpresterande betong som sekundär armering. Spännarmering används såväl i brons längd- som tvärriktning. Eliminering av slakarmering från konstruktion och produktion resulterar i enklare konstruktionsberäkningar och -ritningar. En stor tidsbesparing, egenviktminskning och bättre beständighet är några av fördelarna i det här konceptet.



Figur-1: Bro förslag för ökad produktivitet

Ett stort antal försök har utförts för att undersöka beteenden hos stålfiberbetong. Dessa materialförsök visade att det inte är fibrerna som ger högre hållfastheter, utan betongmatrisen som gör att fibrerna blir så effektiva att man får en högpresterande konstruktion. Genom att utnyttja högre kompaktering av vanliga ballastmaterial uppnåddes 140 MPa i tryckhållfasthet och 18 MPa i böjdraghållfasthet.

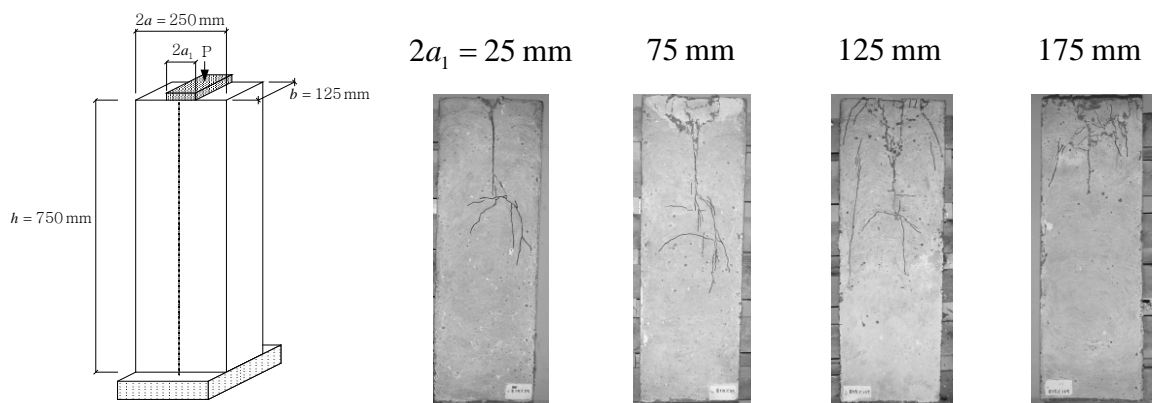
I sista delen, konstruerades tre befintliga broprojekt om med det här materialet. Avsikten var att undersöka om det går att ersätta slakarmering med fiberarmering och att undersöka om det här konceptet är ekonomiskt. Beräkningarna visade att det är fullt möjligt att ersätta slakarmering i förspända broar mot fiberarmerade i höghållfast betongmaterial. Kostnadsbesparing beräknades kunna bli upp till c:a 20 %. Hållfastheten i förankringszonerna av denna bro typ identifierades för fortsatt arbete i doktorsavhandlingen.

I första delen av doktorsavhandlingen (Ay 2004) producerades självkompakterande och självutjämnande fiberbetong som hade vattenbindemedel tal $w/b = 0.19$. Fiberbetongen hade ultrahöga hållfastheter, t.ex. tryckhållfasthet $f_c = 183 - 223$ MPa och böjdraghållfasthet $f_{tu} = 14 - 31$ MPa. Figur-2 visar sättmåttprover av ultra högpresterande betong (a) utan fibrer och (b) med fiberinnehåll $V_f = 1.5\%$



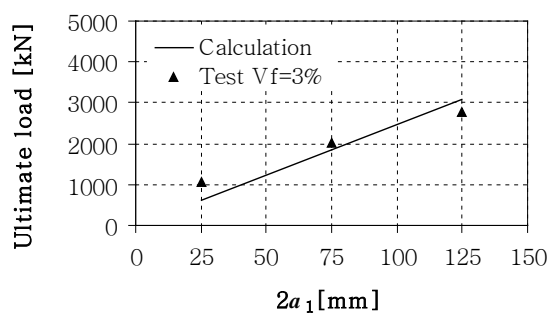
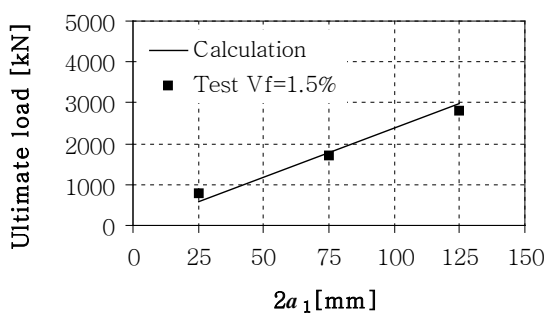
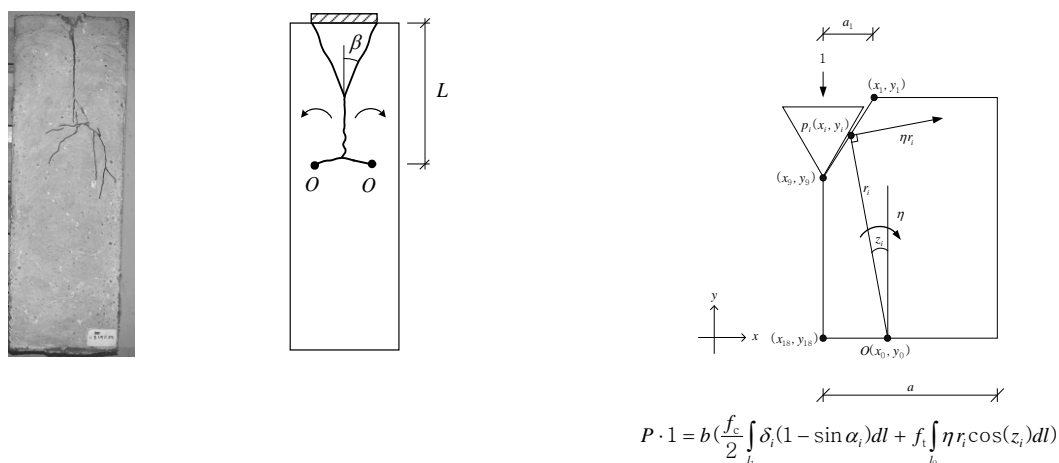
Figur-2: Sättmåttprov av betong (a) utan fibrer och (b) med fiber innehåll, $V_f = 1.5\%$

I andra delen av avhandlingen undersöktes beteendet av denna betong i förankringszoner till förspända broar. Ett stort antal prover utfördes med hänsyn till belastningsvidd $2a_1$ och fiberinnehåll $V_f = 0, 1.5, 3\%$. Målet med proverna var att modellera mekanismer med hjälp av plasticitetsteori och att undersöka om det går att ersätta slakarmering i förankringszoner till förspända broar med fiberbetong. Några provkroppar av fiberbetong, $V_f = 1.5\%$, efter provning visas i Figur-3.



Figur-3: Mått på provkroppar och provkroppar av fiberbetong, $V_f = 1.5\%$, efter provning

Modellering med hjälp av plasticitetsteori stämde bra överens med test resultat. Figur-4 visar modellen och jämförelsen mellan modellberäkningar och test resultat.

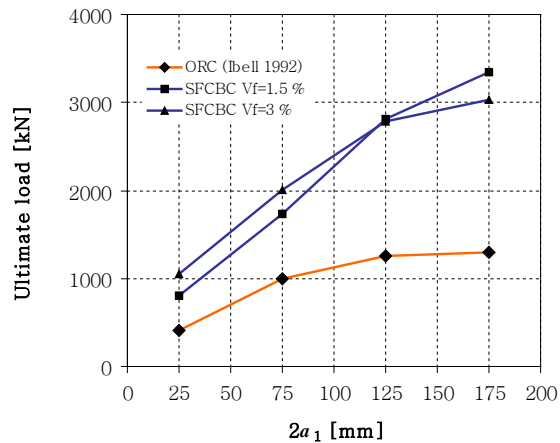


Figur-4 Modell och jämförelse mellan modell beräkningar och test resultat

Provresultaten för fiberbetongen jämfördes med slakarmerade prover vilka utförts av Ibell (1992). Både fiberbetong och slakarmerade prover hade samma dimensioner. Tabell-1 och Figur-5 visar jämförelsen mellan slakarmerade (Ibell 1992) och fiberbetong ($V_f = 1.5\%$ och $V_f = 3\%$) testresultat av provkroppar som hade samma dimensioner för brottlast P_u under olika lastvidder.

Tabell-1 Jämförelsen mellan slakarmerade förankringszoner (Ibell 1992) och zoner i fiberbetong ($V_f = 1.5\%$ och $V_f = 3\%$). Testresultaten gäller för provkroppar som har samma dimensioner för brottlast P_u under olika lastvidder.

$2a_1$ [mm]	Slakarmerade betong			Fiberbetong	
	Byglar	$\rho = \frac{A_s}{bd}$	P_u [kN]	$V_f = 1.5\%$ P_u [kN]	$V_f = 3\%$ P_u [kN]
25	13 ϕ 4	0.0052	412	801	1053
75	11 ϕ 6.1	0.0103	991	1727	2012
125	8 ϕ 6.1	0.0075	1255	2812	2790
175	10 ϕ 4	0.0040	1295	3341	3037



Figur-5: Jämförelse mellan förankringszoner för slakarmerade, ORC, (Ibell 1992) och fiberbetong, SFCBC, ($V_f = 1.5\%$ och $V_f = 3\%$). Testresultat för provkroppar som har samma dimensioner för brottlast P_u vid olika lastvidder.

Början av projektet hade ett ändamål som var att kunna ersätta slakarmeringen med fiber. Undersökningarna visade att man kan uppnå en betong med självkompakterande och självutjämnande egenskaper samt som är dubbelt så stark som den slakarmerade betongkonstruktionen. Med hjälp av denna forskning kan man konstatera att några icke-värdeskapande moment i förankringszonerna till förspända broar t.ex. vibrering och utjämnning av betongen samt bockning och montering av slakarmering i den mest ansträngande delen av förspända broar skulle kunna tas bort.

Referenser

AY L. (1999), *Using prestressed steel fiber reinforced high performance concrete in the industrialization of bridge structures*, Licentiate. Thesis. Dept. of Struct. Eng., Royal Institute of Technology, KTH

AY L. (2004), *Steel Fibrous Cement Based Composites Part one: Material and mechanical properties, Part two: Behavior in the anchorage zones of prestressed bridges*, PhD Thesis, Dept. of Struct. Eng., Royal Institute of Technology, KTH

IBELL T. J. (1992), *Behaviour of anchorage zones for prestressed concrete*, Ph.D. thesis, The University of Cambridge, Cambridge, UK