

Compact Reinforced Composite

CRC er betegnelsen for en fiberarmeret højstyrkebeton – typisk med styrker i intervallet 150-400 MPa – udviklet af Aalborg Portland, der nu markedsføres og sælges af **CRC Technology**. Med et højt indhold af stålfibre har matricen en høj grad af sejhed, der gør det muligt at udnytte armeringsjern meget mere effektivt end i almindelig beton uden at der opstår store revner i en brugssituation. Dette er illustreret på nedenstående billede, hvor en to meter lang bjælke er belastet i 4-punkts bøjning til en midternedbøjning på 70 mm.



Fibrenes størrelse og de største korn i tilslaget har betydning for hvor tæt armeringsjern kan placeres og for størrelsen af dæklaget, og begge dele skal optimeres i de meget slanke konstruktioner, der kan udføres i CRC. Dette er baggrunden for, at CRC typisk er en mørtel med maksimal kornstørrelse på 4 mm, og at der anvendes meget korte fibre, typisk med en længde på 12 mm.

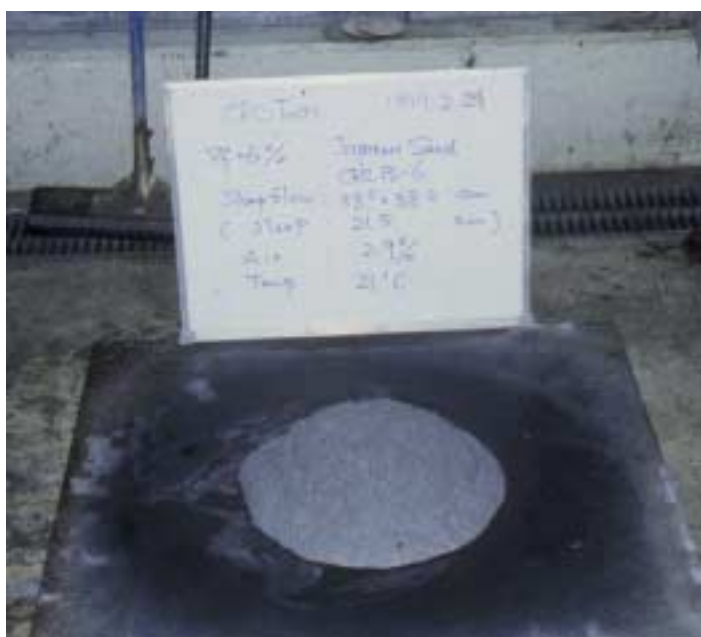
Med de høje fiberindhold er CRC specielt egnet til elementproduktion, men CRC anvendes også til in-situ støbte samlinger mellem almindelige betonelementer. I disse tilfælde benyttes en stavvibrator for at opnå tilstrækkelig komprimering. Til de in-situ støbte samlinger anvendes en speciel tørmørtel, der betegnes CRC JointCast.

CRC har siden opfindelsen i 1987 været genstand for en lang række nationale og internationale udviklingsprojekter, og den grundige afdækning af såvel mekaniske egenskaber såvel som forhold omkring holdbarhed og brand, der her er opnået, er af stor betydning for at sikre den nødvendige dokumentation af CRC til bærende konstruktioner. Mekaniske egenskaber er afhængige af typen af tilslag, type og mængde af fibre, armering osv., men de vil typisk ligge i et område som angivet i det følgende:

Trykstyrke	140-400 MPa
Bøjestykke	100-300 MPa
E-modul	45-100 GPa
Densitet	2700-3500 kg/m ³

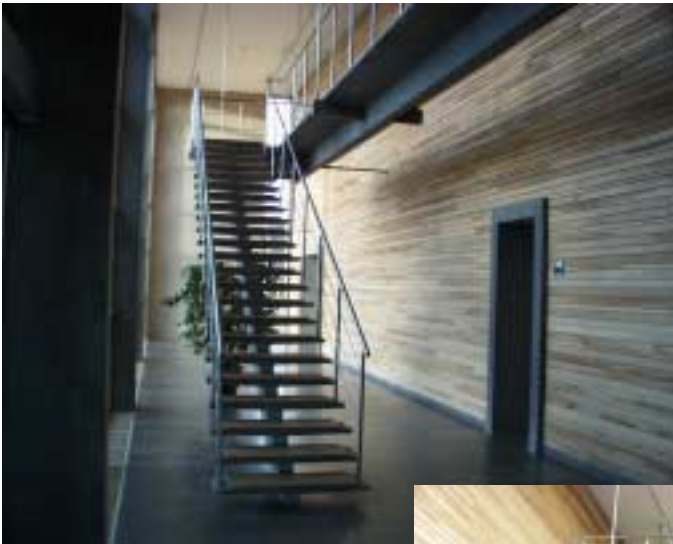
Bearbejdelighed af CRC

CRC er thixotrop, hvilket betyder at den kan opføre sig meget trægt indtil den udsættes for vibrationer, hvorefter den bliver meget flydende. En sætmålsundersøgelse er ikke særlig velegnet til vurdering af bearbejdeligheden af fiberbeton, men da denne test er almindeligt anvendt og meget simpel at udføre, er effekten på sætmålet af varierende fiberindhold vist på de efterfølgende billeder. Shimizu, Japan udførte en række forsøg med fiberindhold på 2, 6 og 9 vol.%. Et fiberindhold på 6 vol.% svarer til ca. 450 kg fibre pr. m³ beton. Billederne nedenunder viser resultatet af en sætmålsundersøgelse med 2 og 6% fibre. En blanding med 2% fibre anvendes typisk til elementproduktion, mens 6% fibre anvendes til CRC JointCast blandinger.



CRC – elementer

CRC's høje styrke og det meget lave dæklag, der er nødvendigt på grund af matricens store tæthed, gør det muligt at producere meget lette og slanke konstruktioner i CRC. Dette er udnyttet indenfor en række anvendelsesområder, såsom dæksler, altaner og trapper. Til andre anvendelser, såsom foringer til dybtliggende minegange, har det primære behov været en høj trykstyrke. Af de forskellige CRC-elementer har trapper og udkragede altaner været de mest iøjnefaldende, men mens CRC i en indledende fase primært har været anvendt til domicil-byggerier, hvor der i hvert enkelt tilfælde er benyttet et specielt design, er der nu også projekter på vej, hvor CRC anvendes mere som et standardprodukt – eksempelvis som løse trappetrin. Dette – sammen med det øgede antal projekter og en mere jævn produktion - reducerer prisen på elementerne væsentligt og i flere tilfælde har CRC elementer været billigere end alternative løsninger i beton eller stål. I Danmark produceres CRC af Hi-Con Aps, Beton-Tegl A/S og PL Beton A/S.



Billeder af trappe og gangbro i CRC til Maersk Training Centre, Svendborg. Arkitekter er Henning Larsens Tegnestue.



CRC trappe og gangbro i Aarhus produceret af Beton-Tegl og tegnet af 3xNielsen.



Trappe ved Aalborg Portland A/S. Vangen er udført i mørk og trinene i almindelig CRC. Tegnet af Rottbøll Arkitekter.



Vindeltrappe i CRC på Tuborg Nord, København. Trinene er udkragede fra håndlisten, der således udsættes for vridning. Trappen, der er produceret af Beton-Tegl, er udført som elementer, der er samlet på stedet med CRC JointCast. Arkitekter er Arkitektgruppen Århus.



Trappe på Roskilde Universitetsbibliotek. Trappen er produceret af PL Beton og tegnet af Henning Larsens Tegnestue.



Trappe i Musikskolen, Viborg. Trappen er produceret af PL Beton og tegnet af Kjær & Richter.



På øverste billede ses en trappe til det nye kontor for Arkitektgruppen Århus. På nederste billede kan et par trappeløb ses i forgrunden, mens en form til altanplader løftes på plads i baggrunden hos Hi-Con.



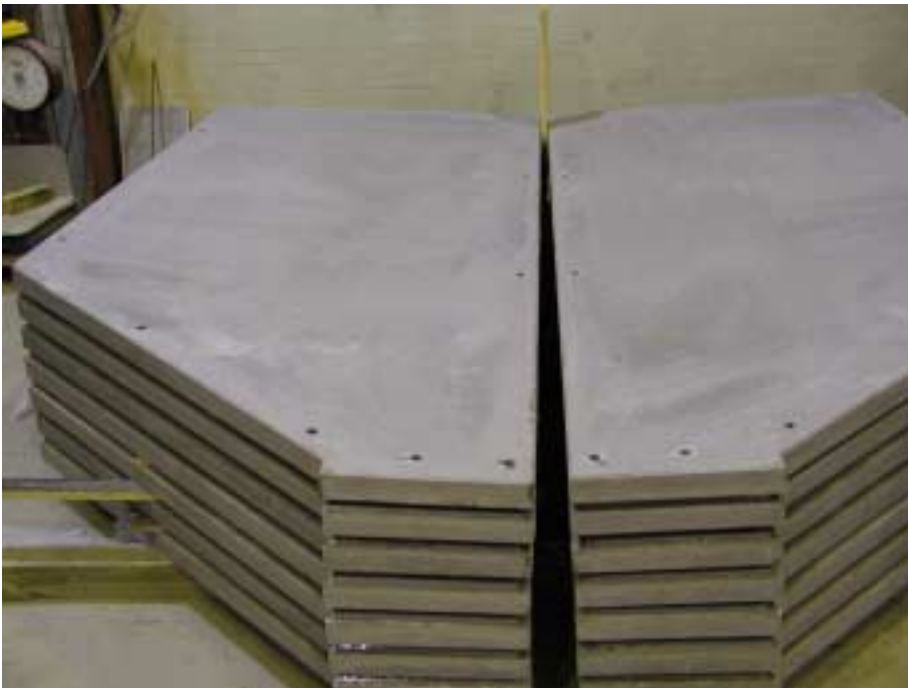
CRC altaner i Løngangsgade, Hillerød, tegnet af Arkitekttegnestuen Møllestræde.



CRC altaner i Nansensgade, København. Altanerne er trapezformede og monteres med de fire flige, der ligger af på bagmuren og boltes til dækket. Tykkelsen af fligen er kun 60 mm, da der skal isoleres på over og underside for at undgå en kuldebro. Altanerne er tegnet af Domus Arkitekterne.



CRC-altaner på Vognfjederen, København produceret af PL Beton. Altanerne er understøttet på 3 punkter. Arkitektgruppen Århus var arkitekter.



Altaner til Sæby Plejehjem produceret hos Hi-Con.



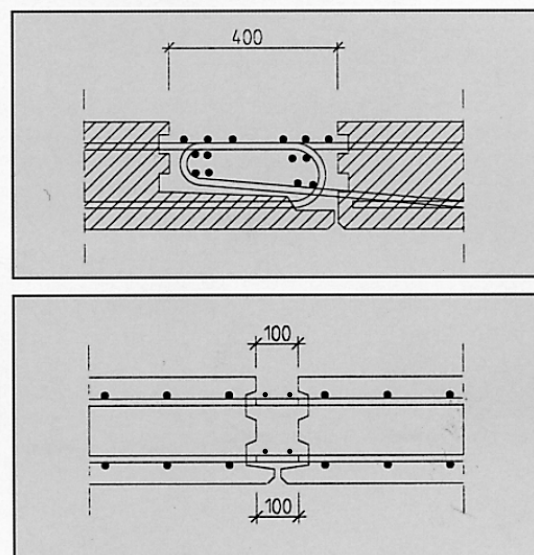
Montering af ialt 117 udkragede altaner til Sandegraven, Vejle. Altanerne er produceret hos Hi-Con, C.F. Møllers Tegnesteue er arkitekter og MT Højgaard er entreprenør.

CRC JointCast

Kombinationen af høj styrke, et højt indhold af mikrosilica og fiberarmering betyder, at CRC har nogle usædvanligt gode forankringsegenskaber. Disse egenskaber udnyttes i det produkt, der betegnes CRC JointCast. CRC JointCast anvendes til in-situ støbte samlinger mellem elementer i almindelig beton. Fuld forankring af et armeringsjern kan således som regel opnås med indstøbningslængder på bare 5-8 gange armeringsdiametere og efter bare 3 modenhedsdøgn. Dette kan udnyttes til at udføre meget små og enkle samlinger med fuld momentoverførsel og med meget stor sejhed.

En række forskellige samlingstyper er afprøvet med armeringsdiametre fra 8 mm og op til 51 mm. Systemet blev første gang anvendt til samling af dækelementer i forbindelse med en udbygning af Aalborg Universitet. I dette tilfælde blev der benyttet et søjle/plade system, hvor søjlerne var placeret i et modul på 6x6 meter. Dette kunne også have været opnået med et in-situ støbt dæk, men for at få fuld udnyttelse af fleksibiliteten og den hurtige montering, der kan opnås med elementer, blev der udviklet et system hvor dækelementer på 3x6 meter blev samlet med CRC JointCast midt i et spænd og over søjlerne.

CRC JointCast anvendes hvor det giver mulighed for at udføre detaljer, der er billigere, hurtigere eller bedre – og meget gerne alle tre dele. Eksempler på dette kan være tilfælde, hvor konventionelle samlinger er for komplicerede eller dyre, eller hvor muligheden for at have en samling med fuld styrke i løbet af bare tre døgn kan udnyttes i forbindelse med monteringen. En anden mulig anvendelse er i jordskælvspåvirkede områder, hvor samlingen ofte er det svage punkt i elementbyggeri. Med CRC JointCast vil samlingen have såvel styrke som sejhed til at sikre, at det ikke er i samlingen, at et brud vil forekomme.



Øverst er vist en traditionel samling med bøjler og tværarmering. CRC JointCast samlingen er vist nederst. Begge samlinger er med 16 mm armeringsjern. Denne type samling med permanent forskalling er beregnet til broer eller andre steder hvor forskalling er svær at udføre.



Endestykke af brodæk element med udragende armeringsjern. Der er 20 mm dæklag til armeringsjernene.



Detalje af samlingen før udstøbning. Armeringsjernene er udstyret med strain gauges af hensyn til målingerne under forsøgene, der blev udført på Chalmers Universitet, Göteborg.



Billederne viser anvendelse af CRC JointCast på Aalborg Universitet. Den 100 mm brede fuger er efter 3 døgn stærkere end dækelementerne, hvilket betyder at et brud i samlingen aldrig vil forekomme.



En række forskellige typer af CRC JointCast samlinger er testet i fuld skala hos Building Research Establishment i England.

High Impact Resistant Concrete (HIRC)

CRC kombinerer høj styrke med en meget sej opførsel i brudsituationen, og dette gør CRC velegnet til at modstå stødbelastninger. Sejheden i CRC medvirker til at fordele lokale belastninger til hele konstruktionen. Dette er demonstreret ved eksplosionsforsøg, samt ved beskydning med projektiler og baseret på disse erfaringer er en speciel version af CRC – kaldet HIRC – blevet udviklet til at modstå ekstreme belastninger, som eksempelvis beskydning med kanoner. I dette tilfælde er CRC matrixen kombineret med en speciel armering.

Billedet viser to CRC-plader efter de er ramt af en 50 cm lang granat affyret fra en kanon på 300 meters afstand. Vægten af projektilet var 47 kg. Hver plade er 200 mm tyk. Fem plader var placeret mod hinanden og projektilet blev fanget i de første to, uden at der forekom skade på de resterende tre plader.

