コンクリート表面における混入鋼繊維の腐食発生機構に関する一考察

北海道大学大学院　学生会員○上松瀬　慈
北海道大学大学院　フェロー　横田　　弘
北海道大学大学院　正会員　　橋本　勝文
太平洋セメント（株）　正会員　　河野　克哉　　中山　莉沙

１．はじめに

繊維補強コンクリートは，短繊維の混入によりコンクリートの引張脆弱性を補完した材料である．一般に，鋼繊維を用いた超高強度繊維補強コンクリート（UFC）は見かけの拡散係数が通常の高強度コンクリートと比較して著しく小さく，塩化物イオンなどの物質移動に対して極めて高い抵抗性を有している[1]．しかしながら，実環境で供用される UFC 部材の表面には多くの点錆が発生することが報告されており[2]，点錆直下の部材内部においても鋼繊維の腐食の発生が懸念される．そこで本研究では，人工海水に 12 ヶ月浸漬した UFC および鋼繊維補強コンクリート（FRC）供試体の表面に発生する同程度の大きさの点錆に着目し，供試体内部の鋼繊維の状態を実験的に把握するとともに，点錆の発生機構について考察を行った．

２．実験概要

低熱ポルトランドセメント（ρ=3.22g/cm^3），シリカフューム（BET 比表面積=10m^2/g，ρ=2.40g/cm^3），珪砂（ρ=2.61g/cm^3），高性能減水剤を使用し，補強繊維には鋼繊維（直径 0.2mm×長さ 15mm，ρ=7.84g/cm^3）を体積比で 2%混入した．なお，配合条件は水結合材比を 13%（UFC），32%および 52%（FRC）の 3 水準とした．100×100×400mm の角柱供試体を作製し，人工海水に 12 ヶ月間浸漬した．人工海水は定期的（月に一回程度）に交換した．浸漬終了後，点錆の発生した供試体表面をコンクリートカッターを用いて縦 100mm×横 100mm×厚さ 10mm に切り出した．切り出した供試の表面を研磨しながら，マイクロスコープによって点錆直下における供試体内部の鋼繊維の状態を画像データとして取得した．また，表面からの研磨厚さを専用ゲージによって測定した．

３．実験結果

UFC おける供試体表面および内部の画像を**図-1**, FRC における同画像を**図-2** および**図-3** に示す．

UFC の場合，点錆を表面から研磨していくことで供試体内部の鋼繊維の存在を確認した．また，表面から鋼繊維に到達するまでの深さは 0.08mm であり，取り出した鋼繊維とセメントマトリクスとの間に腐食生成物を確認した．このことから，UFC ではセメントマトリクスのかぶりが薄い部分において供試体の表面近傍の鋼繊維が部分的に腐食したと考えられる．なお，EPMA により，供試体表面から 1mm 程度までは塩化物イオンが浸透していることを確認している．

FRC の場合，供試体表面から腐食生成物がなくなるまで研磨しても鋼繊維の存在を確認できなかった．このことから，水結合材比の高い FRC では供試体の表面近傍に存在する鋼繊維が腐食により消失したと考えられる．すなわち，鋼繊維のかぶりとなるセメントマトリクスに，腐食生成物の発生に伴う体積膨張によって微細なひび割れや剥離等が生じ，これによって形成された空間に腐食生成物が滞留したと推察できる．

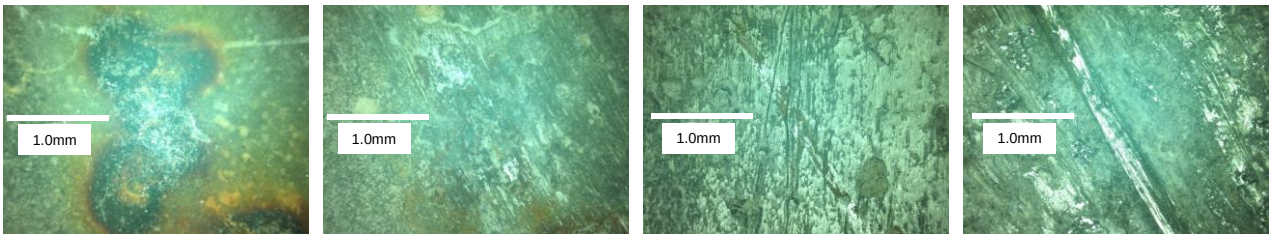
図-4 および**図-5** に，以上の考察から推定される UFC および FRC の供試体表面における点錆の発生機構の概念を示す．

４．まとめ

UFC と FRC では点錆の発生機構が異なることがわかった．UFC においては部材表面に塩化物イオンの浸透に伴い点錆が存在しても，内部の繊維の腐食はわずかであるのに対し，FRC においては部材表面に点錆が存在する場合，内部の鋼繊維が腐食によって消失している可能性がある．

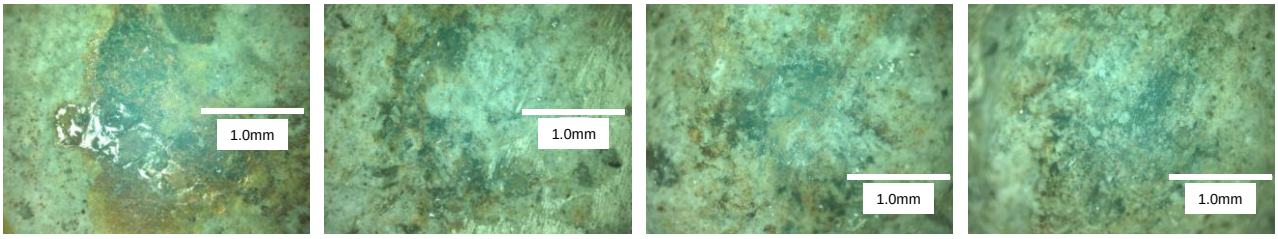
鋼繊維の腐食量と塩化物イオンの浸透量および深さ

キーワード　超高強度繊維補強コンクリート，鋼繊維，腐食，点錆，塩化物イオン
連絡先　　〒060-8628　札幌市北区北 13 条西 8 丁目　TEL　011-706-6204



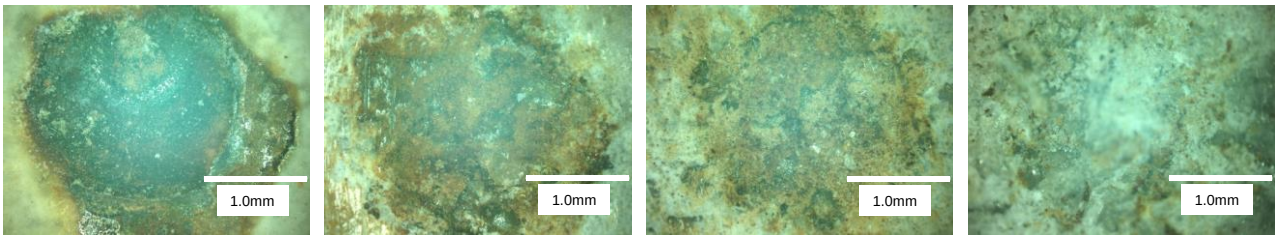
a) 研磨厚さ0.00mm　b) 研磨厚さ0.06mm　c) 研磨厚さ0.07mm　d) 研磨厚さ0.08mm

図-1　供試体表面および内部の画像：UFC（水結合材比 13%）



a) 研磨厚さ0.00mm　b) 研磨厚さ0.17mm　c) 研磨厚さ0.29mm　d) 研磨厚さ0.55mm

図-2　供試体表面および内部の画像：FRC（水結合材比 32%）



a) 研磨厚さ0.00mm　b) 研磨厚さ0.17mm　c) 研磨厚さ0.24mm　d) 研磨厚さ0.55mm

図-3　供試体表面および内部の画像：FRC（水結合材比 52%）

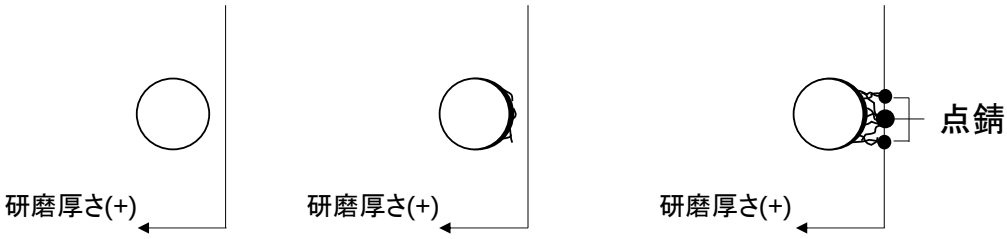


図-4　点錆発生機構の概念図：UFC（水結合材比 13%）

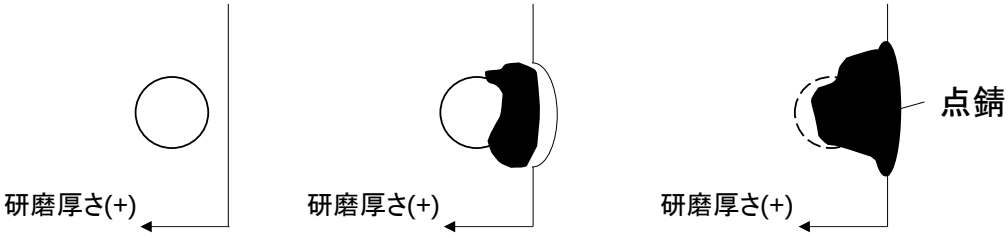


図-5　点錆発生機構の概念図：FRC（水結合材比 32%，52%）

の関係について定量的なデータ整理を行うことが今後の課題であり，UFC を含む鋼繊維補強コンクリートの性能および耐久性評価手法の確立について検討を進める予定である．

参考文献

1) 兵頭彦次，新藤竹文，横田弘，下村匠：超高強度繊維補強コンクリートの塩分浸透性と鋼繊維の腐食に関する実験的検討，土木学会第 59 回年次学術講演概要集，第 V 部門，pp.1009-1010，2004

2) 田中敏嗣，新藤竹文，横田弘，下村匠：超高強度繊維補強コンクリート中における鋼繊維の腐食に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.26，No.1，pp.267-272，2004