超高強度繊維補強モルタルを用いた断面修復部のマクロセル腐食抑制および一体性向上に関する検討

東亜建設工業（株）　正会員　○MOUSSA G.S. ZOULKANEL，花岡　大伸，網野　貴彦，羽渕　貴士
岐阜大学　　正会員　　國枝　稔

1．はじめに

塩害等による劣化が顕在化した箇所に対して断面修復工法を部分的に適用する場合，断面修復部と母材コンクリートの境界部（以下，打継部と称する）付近においてマクロセル腐食が進行することが報告されている[1)]．また，断面修復工法では耐久性や力学的な観点から打継部が弱点となりやすいため，断面修復材と母材コンクリートとの一体性の確保も重要である．

近年，高強度，高耐久，高靭性の特徴を有する超高強度繊維補強モルタル[2)]（以下，UHP-SHCC と称する）が開発されており（**表-1** 参照），この材料の利用により上記の課題を克服できる可能性が考えられる．

そこで本研究では，断面修復打継部に UHP-SHCC を塗布した場合のマクロセル腐食抑制効果および母材コンクリートとの一体性（打継強度）について検討を行った．

2．実験概要

本実験では，母材コンクリート部と断面修復部の間に流れるマクロセル電流を測定するため，**図-1** に示す分割鉄筋を埋設した試験体を用いた．なお，鉄筋表面の腐食状況を確認するため，**図-1** と同じ断面で分割していない φ9mm の丸鋼を埋設した試験体も別途作製した．また，母材コンクリート部と断面修復部の打継強度を確認するため**図-2** に示す試験体を作製した．

試験体は，塩化物イオン量 8.0kg/m^3 を含む母材コンクリート（W/C=0.5）を打ち込み，硬化後に打継面をワイヤーブラシで粗骨材が露出する程度まで目荒らした後，セメント系無収縮モルタルを打ち込むことで作製した．なお，**表-2** に示すとおり，打継部の目荒らし後，Case1 では**表-1** に示すとおりの UHP-SHCC を，Case2 では繊維を混入しないモルタルを約 5mm 塗布し，24 時間後に無収縮モルタルを打ち継いだ．

また，断面修復部の打込み終了から 10 日間は温度 20℃の室内にて密封養生し，型枠の取外しを行った後，温度 35℃，相対湿度 95%の環境に暴露した．暴露中は，無抵抗電流計により分割鉄筋間に流れるマクロセル電流を測定した．また，二重対極センサーを用いた交流インピーダンス法により各種材料におけるかぶり部の電気抵抗を測定した．さらに，**図-2** の試験体を用い，JSCE-G 552-2013 に準じた曲げ試験によって材齢 3 ヵ月後の打継強度を確認した．

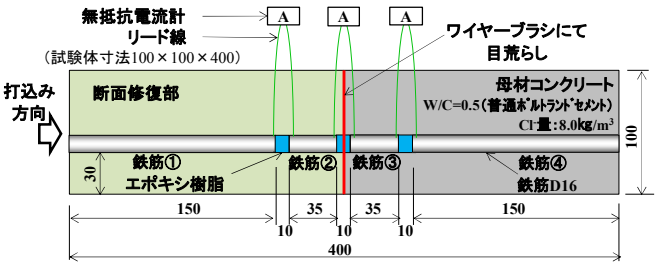

図-１　分割鉄筋試験体の概要（単位：mm）

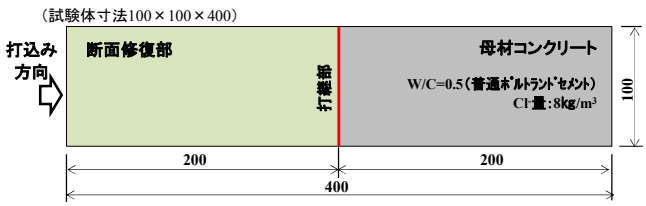

図-2　打継強度試験体の概要（単位：mm）

表-1　UHP-SHCC の配合

繊維[1)]混入率 (vol.%)	W[2)]/B (%)	SF/B (%)	LP/(LP +C) (%)	EX/B (%)	S[7)]/B (%)	SP[8)]/B (%)	T[9)]/B (%)
		B=C[3)]+SF[4)]+ LP[5)] + EX[6)]					
1.5	22.0	15.0	20.0	2.7	9.9	3.0	3.0

注：1）高強度ポリエチレン繊維（密度 0.97g/cm^3，長さ 6mm，直径 0.012mm），2）上水道水（混和剤含む），3）低熱ポルトランドセメント（密度 3.24 g/cm^3），4）シリカフューム（密度 2.20 g/cm^3，比表面積 200,000cm^2/g），5）石灰石微粉末（密度 2.7 g/cm^3，比表面積 5,000cm^2/g），6）膨張材（密度 3.10 g/cm^3，エトリンガイト・石灰複合系），7）硅砂 7 号（表乾密度 2.68 g/cm^3），8）高性能 AE 減水剤（ポリカルボン酸系），9）消泡剤（ポリエーテル系）

表-2　検討ケース

Case	断面修復部	打継部の処理方法	母材コンクリート
Blank	セメント系無収縮モルタル	目荒らしのみ	普通コンクリート（塩化物イオン量：8.0kg/m^3）
Case1		目荒らし＋**表-1** に示す UHP-SHCC を 5mm 程度塗布	
Case2		目荒らし＋**表-1** に示す繊維なしのモルタルを 5mm 程度塗布	

※材齢 3 ヶ月の圧縮強度：母材コンクリート（47MPa），セメント系無収縮モルタル（74MPa），UHP-SHCC（112MPa）

キーワード　断面修復工法，超高強度繊維補強モルタル，マクロセル腐食，打継強度，電気抵抗
連絡先　〒230-0035　横浜市鶴見区安善町 1 丁目 3　東亜建設工業(株)　技術研究開発センター　TEL 045-503-3741

3. 実験結果および考察

3.1 マクロセル腐食の抑制効果

図-3 にかぶり部における電気抵抗の測定結果を示す．これによると，母材コンクリートと無収縮モルタルの電気抵抗はいずれも約 0.7kΩ であった．一方，UHP-SHCC の電気抵抗は約 26kΩ であり，母材コンクートや無収縮モルタルの 30 倍以上の値であった．

各分割鉄筋のマクロセル電流密度を図-4 に示す．これによると，Blank は母材側の打継部付近でマクロセル腐食が生じている傾向がみられる。一方，Case1，2 ではそのような傾向は見られなかった。この理由としては，電気抵抗の高い UHP-SHCC を断面修復部の打継部に塗布したことで，母材側のアノードと断面修復側のカソード間のマクロセルが形成されにくくなったためと考えられる。なお，マクロセル電流は経時的に変化する可能性も考えられるため，今後も計測は継続していく予定である．

写真-1 に，暴露 3 ヶ月後に取り出した ϕ9mm の丸鋼の腐食状況を示す. Blank では打継部付近の母材側丸鋼表面に激しい孔食が見られた．一方，Case1 では若干の孔食があるものの Blank に比べ軽微であった. このことから，今回検討した方法により断面修復工法におけるマクロセル腐食の抑制を期待できることがわかった．

3.2 打継強度

図-5 に，打継強度の比較結果を示す．なお，図中の打継強度比とは Blank の打継強度を 1 としたときの各ケースの打継強度の比である．これによると，Blank に比べて Case1 では Blank の 2 倍程度の打継強度が得られた. しかし，Case2（繊維なし）では打継強度が非常に小さくなった．このことから，UHP-SHCC に混入される高強度ポリエチレン繊維が打継強度の向上に大きく影響している可能性が示唆された．

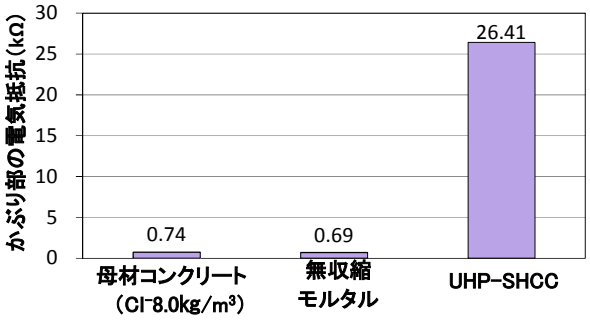

図-3 かぶり部における電気抵抗の測定結果

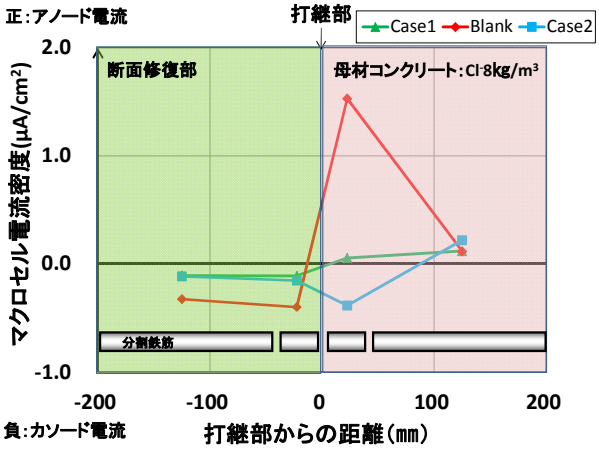

図-4 マクロセル電流密度の測定結果（暴露 30 日後）

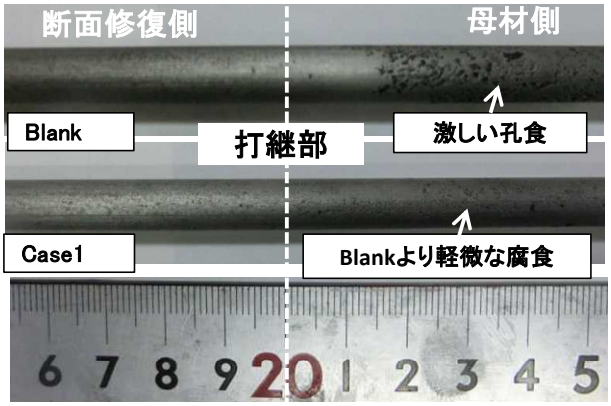

写真-1 鉄筋の腐食状況（暴露 3 ヶ月後）

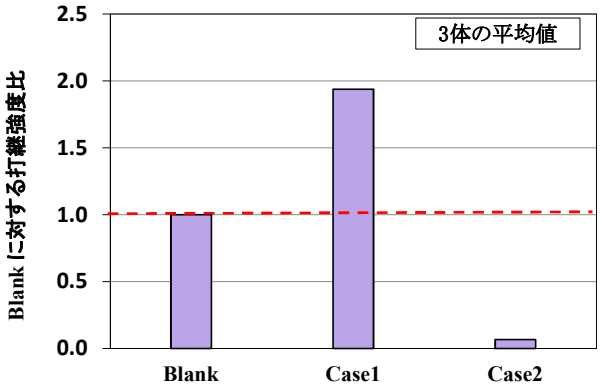

図-5 打継強度比の試験結果（材齢 3 ヶ月後）

4. まとめ

UHP-SHCC を断面修復部の打継部（5mm 程度）に塗布することでマクロセル腐食が抑制されることがわかった。また，UHP-SHCC に混入される繊維が母材コンクリートとの一体性（打継強度）の向上に大きく寄与している可能性があることがわかった．

参考文献

1) 浜田秀則ら：塩害により劣化した鉄筋コンクリート部材の補修効果に関する実験的考察，コンクリート工学論文集，Vol. 3，No.2，pp.85-95，1992

2) 国枝ら：石灰石微粉末を添加した超高強度ひずみ硬化型モルタルの材料特性の評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.33，No.1，2011