

UFC に施したひび割れ補修の繊維腐食抵抗性に関する実験的検討

太平洋セメント（株）中央研究所 正会員 ○佐藤 正己
正会員 片桐 誠

1. はじめに

2004年10月土木学会より刊行の「超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案) (以下指針案)」によると、超高強度繊維補強コンクリート(以下 UFC)の塩化物イオンの浸透抵抗性が極めて高く、鋼繊維腐食による構造物の性能低下は認められないとしている¹⁾。しかし、UFC はひび割れを許容しない設計が一般的であるが、供用期間中に不測の事由によりひび割れが生じた場合、指針案からひび割れ幅 0.5mm 以下であれば力学特性は保持していると考えられるが鋼繊維の腐食により性能低下を引き起こす可能性がある²⁾。

そこで本稿では、ひび割れを導入した後、エポキシ樹脂注入材による補修を施した UFC 供試体にオートクレーブによる促進腐食試験を行い、エポキシ樹脂による鋼繊維の腐食抵抗性を力学特性から評価を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合条件

UFC の使用材料は、上水道水、標準配合粉体(太平洋セメント社製、DP-200)、鋼繊維(φ0.2×15mm)、高性能減水剤である。また比較用の鋼繊維補強モルタル(以下 SFRC)の使用材料は、上水道水、早強ポルトランドセメント、陸砂、鋼繊維(UFC と同一)、AE 減水剤とした。表 1 に、UFC および SFRC の配合条件を示す。鋼繊維混入率はいずれの配合も 2vol.%とした。また、鋼繊維の腐食を促進するために練混ぜ水に NaCl を混入した。混入量は、塩化物イオン(以下 Cl)量が 0(無混入)、13kg/m³となるようにした。

2.2 供試体作成方法

供試体寸法は、100×100×400mm とした。供試体の養生は、成型後 1 日で脱型し、UFC は指針案に従い標準熱養生(90°C48 時間の蒸気養生)を、SFRC は材齢 7 日まで 20°C水中養生を行った。ひび割れの導入は、ひび割れの中で最大のものを選択し除荷後の残留ひび割れ幅が 0.1mm 以上となるように行った。

ひび割れ補修は、ひび割れ導入した供試体に低粘度型エポキシ樹脂を注射器により注入した。注入後は、20±1°Cの環境下で 7 日間気中養生を行った。

2.3 促進腐食試験方法

促進腐食試験は、JIS A 6205 附属書 2「コンクリート中の鉄筋の促進腐食試験方法」を参考に、オートクレーブ養生槽を用い、10 気圧で最高温度 180°C、8 時間、20 サイクルとした。

図 1 に応力-たわみ曲線測定例を示す。腐食抵抗性評価は、促進腐食試験後の供試体を曲げタフネス試験により応力-たわみ曲線を測定し、除荷時の応力と試験後の力学性状を比較することと破断後の内部の鋼繊維腐食状況を面積比で求めることにより確認した。測定項目は、曲げタフネス強度試験および破断後の内部の鋼繊維腐食状況観察とした。

内部の鋼繊維の腐食状況は目視とし、曲げタフネス試験は、1000kN 強度試験装置で 3 等分点載荷とし、JSCE-G552 に適合する曲げタフネス治具を用いた。

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート、鋼繊維、エポキシ補修、塩害、補修、促進腐食試験

連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL043-498-3811

表 1 配合

配合記号	W/C (%)	繊維添加量 (vol%)	単位水量 (kg/m ³)	塩化物イオン量 (kg/m ³)	
UFC	22	2.0	180	0	13
SFRC	40		243		

表 2 フレッシュ性状

配合記号	塩化物イオン量 (kg/m ³)	フロー (mm)	練上がり温度(°C)	ミニスランプ (cm)	空気量 (%)	練上がり温度(°C)
UFC	0	248	30.5	—	—	—
	13	251	31.3	—	—	—
SFRC	0	—	—	1.8	3.0	22
	13	—	—	2.5	4.0	22.3

3. 実験結果

3.1 力学特性

図2に除荷時の応力を基準とした場合の応力比を示す。図2によると、ひび割れ補修なしの供試体においてCl量0kg/m³ではUFCで80%以上、SFRCでは約120%を示し強度低下は認められず、CL13kg/m³では両水準とも強度低下を示した。また、ひび割れ補修ありのすべての水準において約90%以上を示し、強度低下は認められなかった。破壊形状は、補修なしの供試体については残留ひび割れ幅最大のひび割れが開口し破壊するものが多かったが、補修ありの供試体についてはひび割れ補修箇所以外のひび割れが開口し破壊に至る供試体も認められた。ただし、ひび割れ補修ありCl量13kg/m³の供試体では、若干強度が低下した供試体が認められたが、本試験では最も幅の広いひび割れに限定して注入を行ったため注入材補修を行っていなかった比較的幅の広いひび割れに水・酸素が浸入し繊維腐食を生じたためであると考えられる。

3.2 繊維腐食抵抗性

UFC供試体では、促進試験によりひび割れ面の一部に白華が認められた。UFC補修なしの供試体では供試体下面表面から最大70mm深さまでの鋼繊維が腐食破断していた。また、UFC補修ありの供試体では表面から数mm深さの繊維が一部腐食破断していたがほとんど腐食は認められなかった。一方、SFRC補修なしの供試体では供試体下面表面から最大40mm深さまでの鋼繊維が腐食し、破断およびゲル状の錆汁が発生していた。また、SFRC補修ありの供試体では表面から最大10mm深さ程度の腐食が認められた。これらの理由として、オートクレーブによりエポキシ樹脂が表面から数mm収縮していたこと、SFRCでは硬化体中を腐食要因である水・酸素が透過し表面近傍部分では腐食が生じたことが考えられた。

図3にCl量13kg/m³供試体の破断面の腐食状態を示し、図4に図3より求めた腐食面積比と応力比の関係を示す。図4によると、腐食面積比と応力比に相関が認められ、腐食の度合いは応力比により判断できると考えられた。

4. まとめ

- 1) 残留ひび割れ幅0.1~0.5mmを導入した供試体にエポキシ樹脂注入による補修を施すことにより、硬化体中に高濃度の塩化物イオンが存在する場合においても水や酸素の浸入を遮断することができ鋼繊維腐食が抑えられた。
- 2) 鋼繊維腐食を抑えることにより経時にともなう力学的性能の低下は認められなかった。

参考文献

1) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案)，コンクリートライブラリー第113号，2004。2)兵頭ら：乾湿繰返し促進腐食試験による超高強度繊維補強コンクリートの耐久性能評価，第60回土木学会年次学術講演概要集，第V部門，pp.635-636，2005。

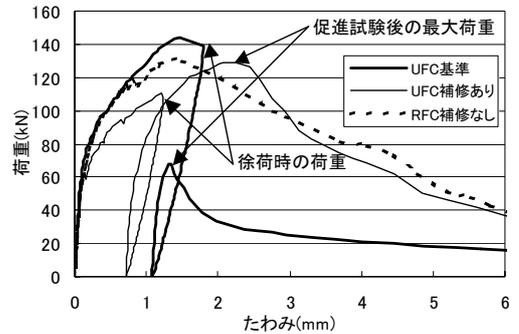


図1 荷重-たわみ曲線測定例

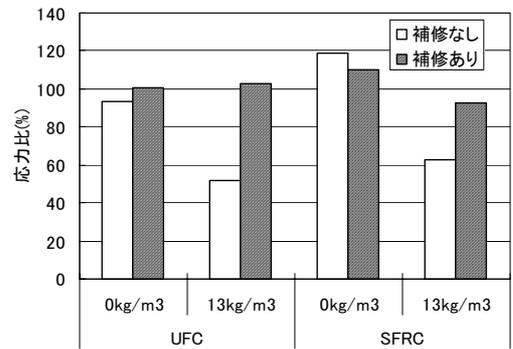


図2 除荷時の応力を基準とした場合の応力比

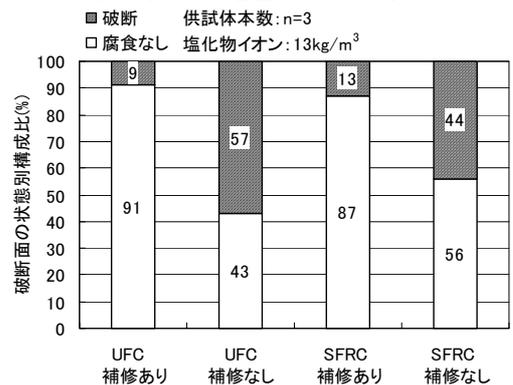


図3 破断面の腐食状態

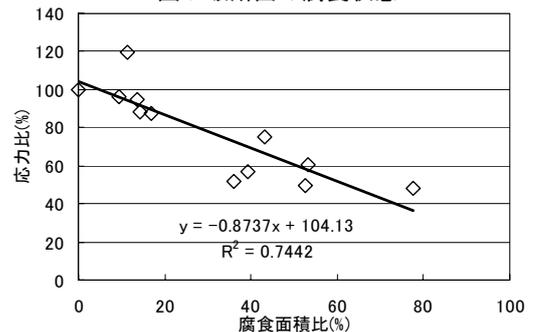


図4 腐食面積比と応力比の関係