

## 常温硬化型超高強度繊維補強コンクリートの塩分浸透抵抗性について

(株)大林組 正会員 ○平田 隆祥  
 (株)大林組 正会員 石関 嘉一  
 宇部興産(株) 正会員 吉田浩一郎  
 宇部興産(株) 正会員 玉滝 浩司

### 1. はじめに

超高強度繊維補強コンクリート (Ultra high strength Fiber reinforced Concrete : 以下 UFC と称す) の適用事例が増加し, その普及拡大が望まれている。筆者らは, UFC の現場適用性をさらに向上することを目的とし, 常温環境下で早期に高強度を発現する UFC (以下, 常温硬化型 UFC と称す) を開発した<sup>1)</sup>。

本材料は, 給熱養生を必要としないことが特徴であるが, 既存の UFC とは組織形成の過程が異なることから, 塩分浸透抵抗性など耐久性に対する影響が明らかとなっていない。そこで本報告は, 常温硬化型 UFC の塩分浸透抵抗性を確認することを目的とし, 塩水に浸漬した場合の塩化物イオンの拡散と塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食について実験を行った。

### 2. 実験概要

#### 2.1 使用材料および配合

モルタルの配合を表-1 に示す。常温硬化型 UFC を構成する材料は, ポズラン材等を含むプレミックス材, 細骨材 (粒径 5 mm以下), ポリカルボン酸系の高性能減水剤, および補強用鋼繊維 (直径 0.2 mm, 長さ 13 mm, 引張強度 2000N/mm<sup>2</sup>以上) である。モルタルへの鋼繊維の添加は 2.0vol.%とし, 高性能減水剤の水分も単位水量に含めている。なお, 鋼材腐食の程度を確認する実験は, 練混ぜの際に, 試料に塩化物イオン 13 kg/m<sup>3</sup>に相当する塩化ナトリウムを添加した。

#### 2.2 練混ぜ

練混ぜは, 容量 55L の強制二軸練りミキサを使用し, 1回の練混ぜ量を 40L とした。先ず, プレミックス材と細骨材を投入し, 30 秒間空練りした後, 水および高性能減水剤を投入してから 10 分間練り混ぜた。その後, 鋼繊維を投入して, 更に 3 分間練混ぜて排出した。

### 2.3 試験項目および方法

フレッシュ性状としてモルタルフローと空気量を, また標準養生を行った材齢 28 日の圧縮強度を確認し, 目標値を満足することを確認した。フレッシュ性状と圧縮強度の品質判定基準を表-2 に示す。

また, 塩化物イオンの拡散係数の試験方法を表-3 に, 塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食の確認方法を表-4 に示す。なお, 拡散方程式の近似範囲および試料の表面塩分濃度の設定は, UFC 指針に示す森らの方法<sup>2)</sup> に準拠した。

表-1 モルタル配合

W/B (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )			
	水	プレミックス	細骨材	高性能減水剤
15.5	230 <sup>*1</sup>	1830	325~364 <sup>*2</sup>	32

※1 : 高性能減水剤中の水分も含む

※2 : 細骨材容積が一定となるよう単位量を調整

表-2 常温硬化型 UFC の品質判定基準

試験項目	判定基準
モルタルフロー (mm)	260±30
空気量 (%)	3.5 以下
標準養生 材齢 28 日 圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	180 以上

表-3 塩化物イオンの拡散係数試験方法

浸せき前養生	標準養生 材齢 28 日
促進腐食試験方法	20°C, NaCl 10%水溶液に浸漬 (塩化物イオン濃度 約 6%相当)
塩化物イオン濃度の分析方法	電子線マイクロアナライザ (EPMA)
供試体寸法 (mm)	100×100×400
浸せき期間 (月)	6, 9, 12
拡散域として設定した範囲 (mm)	浸せき 6 箇月 : 1.48~1.60 浸せき 9 箇月 : 1.56~1.74 浸せき 1 年 : 1.30~1.40
初期含有塩化物イオン濃度 (kg/m <sup>3</sup> )	0.202 ※原材料からの持込み量

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート, 塩分浸透, 鋼材腐食, 塩化物イオン拡散係数

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 TEL 042-495-1012

表-4 塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食試験

供試体名	常温硬化型 UFC	比較用供試体 <sup>※1</sup>
鋼繊維混入率 (%)	2.0	
鋼材	みがき鋼棒 (φ13×180 mm, JIS G 3108 に準拠)	
試験条件	養生方法	標準養生 28 日間
	試験方法	JCI-SC2 に準ずる
	供試体寸法 (mm)	φ100×200
	添加塩化物イオン量 (kg/m <sup>3</sup> )	13
	促進条件	180°C, 10 気圧, 8 時間×5, 10 サイクル
	鋼材腐食減量測定試薬	クエン酸ニアンモニウム 10% 溶液

※1：比較用配合は、単位水量 165 kg/m<sup>3</sup>、単位セメント量 413 kg/m<sup>3</sup>、細骨材率 43.3% のコンクリートの内、粗骨材を除いたものを使用した。

### 3. 実験結果

#### 3.1 フレッシュ性状および圧縮強度

練混ぜ直後のモルタルフローと空気量は、判定基準を満足した。また、材齢 28 日における圧縮強度も 180N/mm<sup>2</sup> 以上となり、評価に用いた常温硬化型 UFC は所要の性能を満足することを確認した。

#### 3.2 塩化物イオンの拡散係数

塩化物イオンの侵入深さは、図-3 に示すように浸せき期間が 6 ヶ月から 1 年にかけて、ほぼ 2.0 mm 以下であった。また、算出した浸せき期間 6 ヶ月、9 ヶ月および 1 年における塩化物イオンの見かけの拡散係数は、それぞれ 0.0073, 0.0051 および 0.0034 cm<sup>2</sup>/年となり、浸せき期間の増加に伴って小さくなった。UFC 指針の標準材料を参考とすると、更に拡散係数は小さいと考えられる。

#### 3.3 塩化物イオンの侵入に伴う鋼材腐食の確認

オートクレーブ 5 および 10 サイクル後の鋼材の腐食減量を図-5 に示す。また、鋼材の腐食状況を写真-1 に示す。オートクレーブ 10 サイクルの促進腐食条件によっても、補強用棒鋼の著しい腐食は認められず、常温硬化型 UFC は高い鋼材腐食抵抗性を示した。これは、常温硬化型 UFC 中に塩化物イオンが存在しても、酸素や水の供給が少ないため、試料中の鋼材が健全な状態であったと考えられる。

### 4. まとめ

常温硬化型 UFC の浸せき期間 1 年後の塩化物イオン拡散係数は 0.034 cm<sup>2</sup>/年で、浸せき期間が経過しても塩化物イオンの侵入深さは変らなかった。また、オートクレーブ 10 サイクルの腐食促進条件下でも、常温硬化型 UFC 中の鋼材は健全であることを確認した。

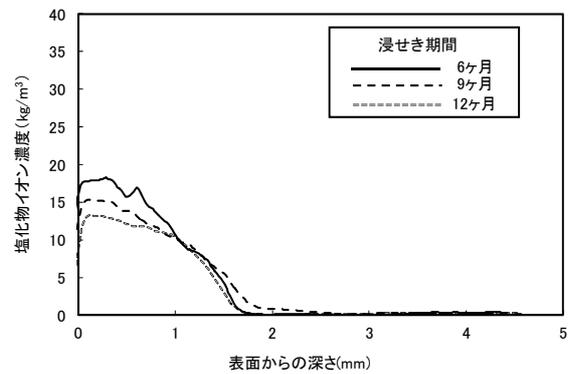


図-3 侵入深さと塩化物イオン濃度の関係

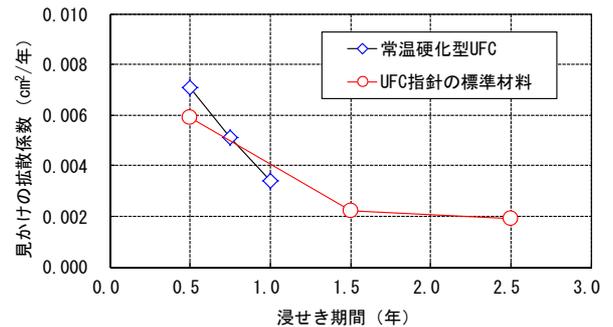


図-4 浸せき期間と見かけの拡散係数の関係

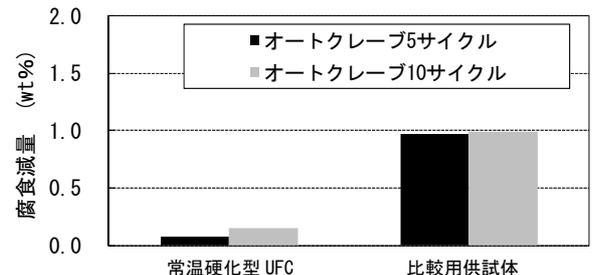


図-5 鋼材腐食減量の比較

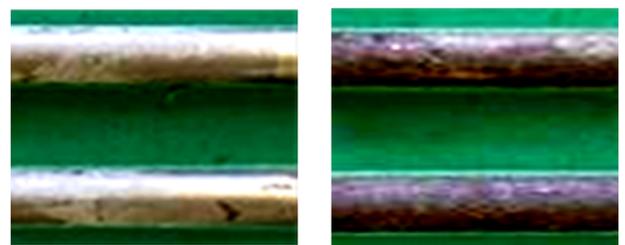


写真-1 鋼材腐食の状況(10 サイクル後)  
(左：常温硬化型 UFC, 右：比較用供試体)

### 参考文献

- 丸屋英二他：超高強度繊維補強コンクリートの流動性及び強度に及ぼすセメントの鉱物組成の影響，土木学会第 66 回年次学術講演概要集，pp.953-954，2011.9
- 森大介他：RPCM の塩化物浸透に関する拡散理論による考察，第 56 回セメント技術大会講演要旨，pp.176-177，2002.5