

超高強度繊維補強コンクリートの養生方法と細孔構造

鹿島技術研究所 正会員 ○松原 功明, 大野 俊夫, 柳井 修司
電気化学工業 正会員 芦田 公伸 電気化学工業 渡邊 芳春

1. はじめに

超高強度繊維補強コンクリートについて、土木学会より「超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針（案）」（以下、UFC 指針と記す）が示されており、近年、適用実績も増えつつある。本稿では、新規に開発された、エトリングait生成系の超高強度繊維補強コンクリート（以下、AFt系UFCと記す）について、標準水中養生を実施した場合の圧縮強度と細孔構造を蒸気養生を実施した場合と対比して検討を行った。

2. 試験方法

(1) 実験概要

検討ケースを表-1に示す。本実験では、AFt系UFCの養生方法と鋼繊維の有無を実験水準とし、圧縮強度および細孔構造を比較した。なお、AFt系UFCでは85℃で20時間の蒸気養生を実施することが標準とされている。

(2) 使用材料

AFt系UFCの材料には専用の結合材、骨材、高性能減水剤を使用した。結合材の化学成分を表-2に示す。結合材にはポゾラン材が含まれており、所定の配合において超高強度が得られるよう調整してある。また、骨材の表乾密度は2.66g/cm³、吸水率は1.18%であった。鋼繊維については、繊維径0.2mm、引張強度2,000N/mm²以上で、公称繊維長が15mmおよび20mmの二種類の繊維をブレンドしたものである。

(3) 使用配合

使用配合を表-3に示す。マトリクスの配合は鋼繊維を混入しない場合において、モルタルフロー290mm程度の高い流動性と圧縮強度200N/mm²程度の超高強度を満足できるように事前に決定した。繊維はマトリクスに対し外割で混入し、その混入率は1.75vol%とした。

(4) 試験項目

試験項目を表-4に示す。フレッシュ試験終了後、φ50×100mmの供試体を各4本作製し、所定の養生後、3本を圧縮強度試験、1本を細孔構造の測定に供した。細孔構造は供試体を2.5mm～5mmの粒状に粉碎し、水銀圧入法によって測定した。圧縮強度は3本の平均値、細孔構造は、1本の供試体から3試料を作製し、その平均値で評価した。

(5) 供試体の作製

No.1およびNo.2～6を各1バッチとし、合計2バッチ練混ぜた。材齢1日まで20℃-60%RHの条件で養生し、脱型後、No.1およびNo.2については蒸気養生槽に移し、15℃/hで85℃まで昇温、85℃で約20時間保持、2℃/hで20℃まで降温した。また、No.3～6については脱型後、標準養生とした。

3. 試験結果および考察

(1) フレッシュ性状

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート、養生方法、圧縮強度、細孔構造

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給2-1-9-1 鹿島技術研究所 TEL0424-89-7743

表-1 検討ケース

No.	種類	養生方法	
1	繊維有り	蒸気養生	85℃-20h
2			
3			
4	繊維無し	標準養生 (20℃水中)	28日
5			56日
6			91日
			184日

表-2 結合材の化学成分

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	SO ₃	R ₂ O
33.4	6.4	2.8	51.1	2.4	0.7

mass%

表-3 使用配合

マトリクスの単位量(kg/m ³)				鋼繊維
水	結合材	骨材	高性能減水剤	
193*	1287	905	38.6 (P×3.0%)	137.4 (1.75vol%)

*単位水量には高性能減水剤の水分を含む

表-4 試験方法

試験項目	試験規格	備考
フレッシュ性状	モルタルフロー	(JIS R 5201) 落下運動なし
	モルタルV漏斗流下時間	— 吐出口30×30mm
	空気量	JIS A 1128 —
硬化性状	圧縮強度	JIS A 1108 φ50×100mm 各3本
	細孔径分布	水銀圧入法 本文参照

繊維を混入した No. 1 は、モルタルフロー：262mm，V 漏斗流下時間：25.6 秒，空気量 3.3%であり，繊維を混入しなかった No. 2～6 は，モルタルフロー：283mm，V 漏斗流下時間：19.5 秒，空気量：4.0%であった。

(2) 細孔構造

細孔構造の測定結果を図-1に示す。なお，ここでは，UFC 指針に示されている範囲と同様に，3-6nm，6-10nm，10-100nm，100-500nm，0.5-1 μ m，1-10 μ m，10-60 μ m の範囲で整理した。蒸気養生を実施した AFt 系 UFC においては，繊維の有無による細孔構造の違いは確認されなかった。これより，AFt 系 UFC においては，繊維の混入は細孔構造に影響しないと推察された。標準養生の場合は，材齢の経過とともに 3-6nm の細孔量が僅かに増加，6-100nm の細孔量が減少し，100nm-60 μ m の細孔量には明確な傾向が確認されなかった。また，蒸気養生を実施した場合，材齢 184 日まで標準養生を実施するよりも総細孔量が少なく，かつ，細孔中の 3-6 μ m の細孔が占める割合が大きいことが確認された。標準養生の場合の細孔径と細孔量の関係を図-2および図-3に示す。図-2に示すとおり，20nm 程度以上の細孔量は，材齢が経過してもほとんど変化しない結果であった。これに対し，図-3に示すとおり，20nm 程度以下の細孔については材齢とともに減少し，3-5nm の細孔が増加していることが確認された。これは，標準養生を実施した AFt 系 UFC については，材齢とともにセメントの水和やポズラン反応が進行し，マトリクス中の微細な空隙を充てんするためと考えられる。

(3) 圧縮強度と総細孔量

圧縮強度と総細孔量の関係を図-4に示す。蒸気養生を実施したケースにおいては，繊維の有無に関わらず，圧縮強度は 200N/mm²程度であった。これより，AFt 系 UFC においては，繊維の混入は，細孔構造と同様に，圧縮強度にも影響しないと推察された。また，標準養生を実施した供試体の圧縮強度については，材齢 91 日において，蒸気養生を実施したケースと同等となったが，総細孔量は蒸気養生よりも多い結果であった。圧縮強度が同程度でも，養生方法によって細孔構造が異なることから，今後，養生方法が耐久性に及ぼす影響について検討する必要がある。

4. おわりに

今回の実験によって，AFt 系 UFC の繊維の有無は圧縮強度および細孔構造に影響しないこと，養生方法により細孔構造が異なること，91 日の標準養生で蒸気養生と同等の圧縮強度が得られることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針(案) 土木学会 コンクリートライブラリー No. 113

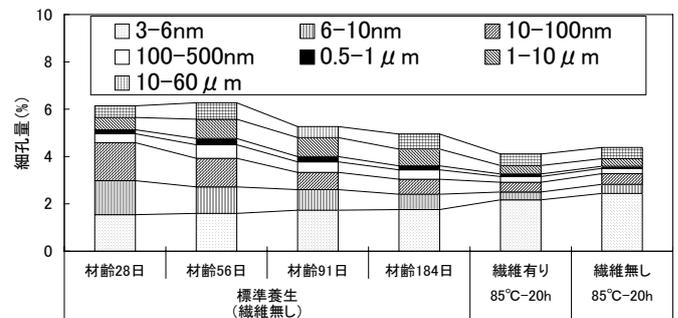


図-1 養生方法と細孔構造

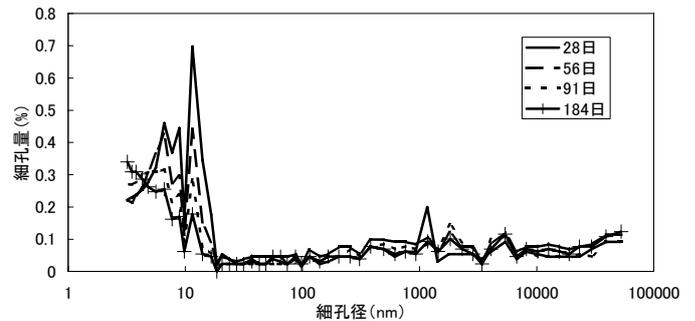


図-2 細孔径分布 (全体図)

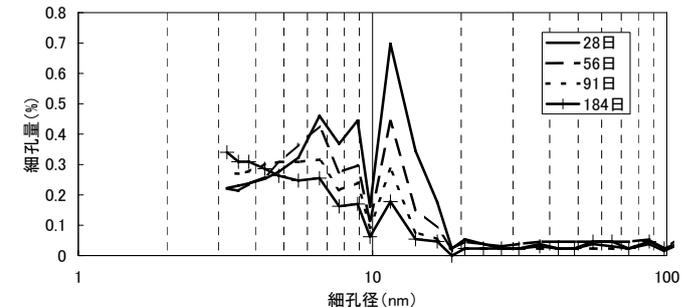


図-3 細孔径分布 (拡大図)

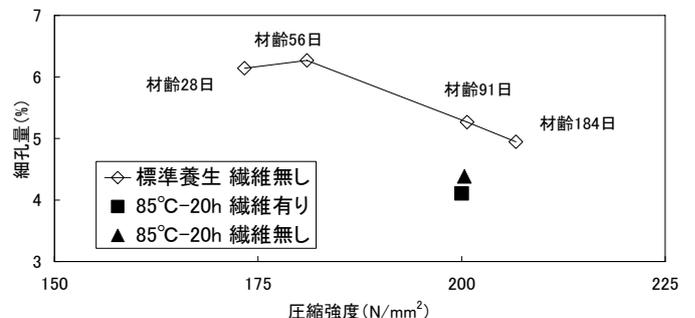


図-4 圧縮強度と総細孔量