

報告

[1183] 高性能収縮低減材を用いたCFRCの基礎物性

正会員○依田和久（鹿島建設技術研究所）

正会員 末永龍夫（鹿島建設技術研究所）

宇田川秀行（電気化学工業）

森本丈太郎（電気化学工業）

1. はじめに

普通セメントに新しく開発した高性能収縮低減材（以降混和材という）を混入して得られるCFRC（以降CFRC-Dという）は、蒸気養生などの特殊な養生を不要とし、予備実験により、諸物性が従来のCFRC（以降CFRC-Aという）と同等以上である見通しが得られた。

この混和材の主成分は電炉溶融法により得られるカルシウムアルミネート系鉱物と無機硫酸塩である。硬化過程は、初期に混和材主体の水和反応により生成されるエトリンガイトの結晶生成・成長が先行し、続いてポルトランドセメントの水和反応がおこるものである。このため、この混和材を用いたCFRCは、早強性及びエトリンガイトの収縮補償効果による低収縮性を有する。

本研究では、CFRC-Dによるカーテンウォールパネルの開発を目指し、本報告では、CFRC-Dの基礎物性について、すでに実績のあるCFRC-Aとの比較検討を行うものである。

2. 実験計画

(1)使用材料

実験に使用した材料を表1に示す。

(2)要因と水準

実験の要因は調合とした。水準は、CFRC-Dが単位容積重量別に3調合、比較用としてCFRC-Aが2調合の計5調合とした。

3. 試験体

(1)調合

調合を表2に示す。

(2)混練方法

混練は10ℓのオムニミキサで行い、

投入方法はまず、セメント、混和材、骨材、混和剤を投入して空練りを30秒行い、その後、繊維を浸した水を投入して本練りを4分30秒行った（計5分）。

表1 使用材料

材 料	種 類
セメント	普通ポルトランドセメント
	早強ポルトランドセメント
骨 材	粉 末 珪 石
	シラスパルーン
混 和 材	高性能収縮低減材
混 和 剤	メチルセルロース
	消 泡 剤
	凝 結 調 節 剤
繊 維	汎用ピッチ系炭素繊維 ($\phi=18\mu\text{m}$ 、 $l_f=3\text{mm}$)

表2 調 合

記号	水セメント比 W/(C+A)(%)	骨材セメント比 S/(C+A)(%)	重 量 調 合* (kg/ℓ)				
			水(W)	セメント(C)	混和材(A)	シラスパルーン(S)	粉末珪石(S)
D1	48	15.0	466	777 (普通)	194	146	-
D2	44	10.0	480	873 (普通)	218	109	-
D3	55	16.1	498	736 (普通)	169	146	-
A1	81	83.8	528	650 (早強)	-	-	545
A2	74	42.7	528	716 (早強)	-	99	207

*繊維混入率(Vf)はすべて、2%(Vol)とした。

混和剤は調合ごとに適量混入した。

(3)成形・養生

(a) CFR C-D : 供試体は、20℃、60%RH条件室にてCFRCを表3に示す規定のモールドに打設して成形後、そのまま存置し翌日脱型した。そして試験材令まで同条件室に静置した。

(b) CFR C-A : 供試体は、20℃、60%RH条件室にてCFRCを表3に示す規定のモールドに打設して成形後、40℃で5時間(恒温)の蒸気養生を行い、材令20時間で脱型した。脱型後20℃、60%RH条件室に静置し、材令3日に最高温度 180℃(10気圧)×5時間のオートクレーブ養生を行い、その後、再び20℃、60%RH条件室に静置した。

4. 実験方法

試験項目及び試験方法を表3に示す。

表3 試験項目及び試験方法

	試験項目	試験方法	供試体形状	備 考
フレッシュ シリ ユート	フロー値 (mm)	JIS A 5201	/	練り上がり直後及び60分経過後に測定した。
	温 度 (℃)	(棒状温度計)		
	単位容積重量 (kg/ℓ)	JIS A 1116		練り上がり直後に測定した。
硬 化 ク リ ー ト*	圧 縮 強 度 (kgf/cm ²)	JIS A 1108	φ50×100 (mm)	材令1,7,28日について、インストロン試験機を用いて、クロスヘッドスピード0.5 mm/分で載荷し試験した。
	曲 げ 強 度 (kgf/cm ²)	JIS A 1106	40×40×160 (mm)	材令28日について2 ton オートグラフ試験機を用いて、クロスヘッドスピード0.5 mm/分で載荷し試験した。
	長 さ 変 化	JIS A 1129	同 上	脱型時に基長を測定し、その後適宜測定した。

*硬化コンクリートの供試体のn数は3

5. 実験結果

実験結果を表4に示す。

表4 実験結果

記号	フレッシュコンクリート			硬 化 コ ン ク リ ー ト						長さ変化率 (×10 ⁴)
	練り上がり直後			60分経過後		圧縮強度 (kgf / cm ²)			曲げ強度	
	フロー値 (mm)	温 度 (℃)	単 重 (kg/ℓ)	フロー値 (mm)	温 度 (℃)	材令1日	材令7日	材令28日	(kgf / cm ²) 材令28日	
D1	178	25.6	1,611	170	20.6	195	270	277	121	図4による
D2	184	26.2	1,635	179	21.0	199	280	274	102	
D3	220	22.9	1,559	210	19.8	164	220	234	112	
A1	210	23.8	1,809	210	21.5	98	436	418	108	
A2	206	24.1	1,608	197	21.2	115	223	221	89	

6. 考 察

(1)フレッシュコンクリート

(a) フロー値

フロー値は、カーテンウォールパネルを製造する際重要な管理項目の一つであるが、表4の実験結果より、CFRC-Dの練り上がり直後のフロー値は、目標を 200mm としたもののCFRC-Aに比べバラツキがあり、178 ~ 220(mm) の範囲にあった。フロー値は、水セメント比、

骨材セメント比及びメチルセルローズ添加量等に支配されていると考えられ、今後このバラツキを小さくするためには、各要因の影響の程度を検討する必要があると考えられる。

図1に各調合におけるフロー値の経時変化を示す。

CFRCDのフロー値の経時変化は、常温(20°C・60%RH)において、CFRCAと同様にほとんどみられない。

(b) 温度

表4の実験結果より、CFRCDの練り上がり温度はフロー値の小さいD1・D2調合が他のものより若干高かった。

(c) 単位容積重量

表4の実験結果より、CFRCDの単位容積重量は、1,559～1,611 (kg/ℓ)の範囲にあり、これはCFRCAのうち、A1調合より約200 (kg/ℓ) 軽く、A2調

合と同程度であり、従来のCFRCAと同様に既存のPC部材に比べ軽量であることがわかった。これらによりCFRCDの、練り上がり直後から60分経過後のフレッシュ時の性状に大きな変化は見られず、施工性が十分確保できることがわかった。

(2) 硬化コンクリート

(a) 圧縮強度

図2に各材令ごとの圧縮強度を示す。

CFRCDの脱型時圧縮強度(材令約20時間)は、164～199 (kgf/cm²)の範囲にあり、蒸気養生を行ったCFRCA〔この後オートクレーブ養生を行った〕は、98～115 (kgf/cm²)の範囲にあり、CFRCDは、CFRCAに比べ、脱型時で1.5～2倍の強度を有している。

CFRCDの材令による強度の増加傾向(材令1～28日)は、材令7日までの早期に、材令28日の強度の9割以上が発現している。この増加の傾向は、オートクレーブ養生

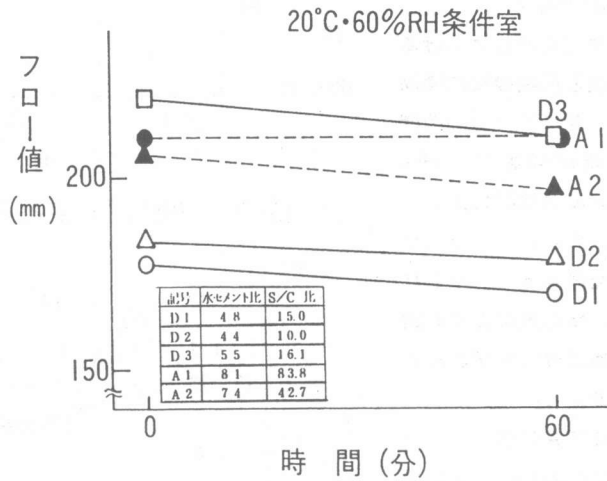


図1 各調合におけるフロー値の経時変化

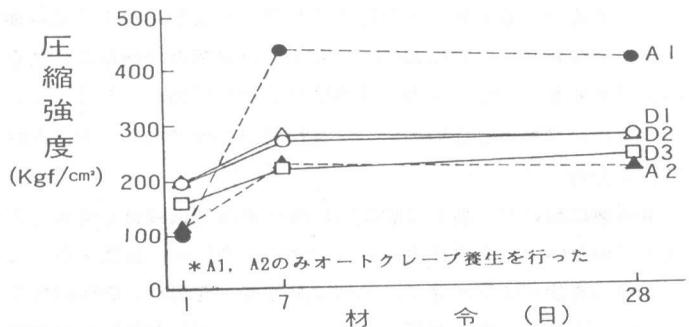


図2 圧縮強度

生を行ったA1の（養生による）早強性ほどでないが、混和材の効果によりかなり早期に強度が発現することがわかる。

(b) 曲げ強度

図3に材令28日における曲げ強度と圧縮強度の関係を示す。各CFRCの曲げ強度はほぼ同等で、89~121 kg/cm²の範囲にある。つまり、CFRC-Dについても曲げ強度は、マトリックス自体の強度よりも繊維の補強効果に支配されていると考えられる。

(c) 長さ変化率

図4に各調合の長さ変化率を示す。

D1・D2調合は、初期に 1×10^{-4} 程度の膨脹がみられ、材令21日以降収縮に転じ、材令56日で 1×10^{-4} 程度の収縮がみられる。蒸気養生後さらにオートクレープ養生を施したCFRC-Aは、初期から収縮し、材令56日では $4 \sim 7 \times 10^{-4}$ の収縮がみられ、オートク

レープ養生以後の材令7日から56日にかけても 2.5×10^{-4} 程度の収縮がみられる。

これにより、CFRC-DはCFRC-Aよりもかなり低収縮性であることがわかった。

また、CFRC-Dにおいて、D1・D2調合が同様な性状を示したのに対し、D3調合は膨脹をほとんどせず、初期（材令7日）から収縮しており、この原因がバッチ間あるいは調合によるものか判然としないので、今後検討が必要であると考えられる。

7. まとめ

本実験において、新しく開発した高性能収縮低減材を混入して得られたCFRCは、特殊な養生を行わないで、蒸気養生後さらにオートクレープ養生を行った従来のCFRCに比べ、フレッシュ時の性状がほぼ同等で、早期に高強度が発現し、低収縮性であることが分かった。

今後、実験データの信頼性、スケールアップした部材での物性、曝露試験による耐久性などの評価を行い、カーテンウォールパネルの開発に向けて鋭意研究を進めていくものとする。

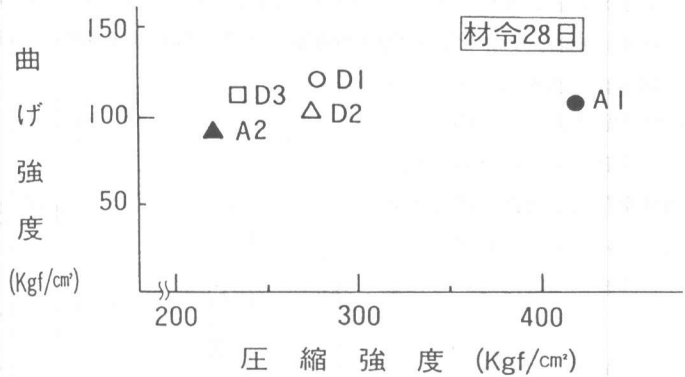


図3 曲げ強度と圧縮強度の関係

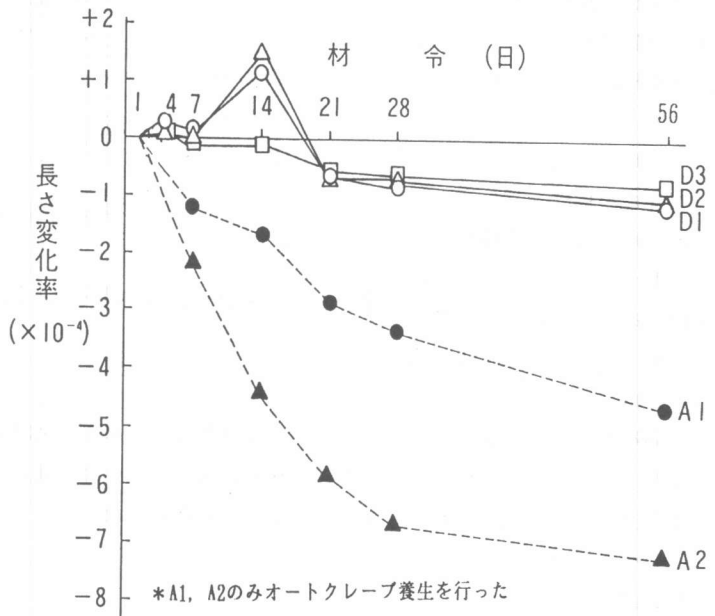


図4 長さ変化率