

# フライアッシュを細骨材の一部として代替した短繊維補強コンクリートの諸性状

沖縄ピーシー(株) 正会員 ○仲宗根晋也 青木あすなろ建設(株) 正会員 舟川 勲  
 沖縄ピーシー(株) 正会員 高橋 修一 青木あすなろ建設(株) フェロー 牛島 栄

## 1. はじめに

沖縄県内においては、多くの電力は石炭火力発電所に依存しており、石炭燃焼時に副産物として排出される石炭灰（フライアッシュおよびクリンカーアッシュに大別される）が大量に発生し、深刻な環境問題となっている。現在その半数以上は埋め立て処分されているのが実状である<sup>1)</sup>。また、コンクリートは、引張力に対して脆性的な破壊性状を示すことから、古くから短繊維混入によるコンクリートの引張性能の向上に関する研究・開発が行われてきた。ポリエチレン、ポリプロピレンおよびビニロン等の合成短繊維をコンクリートに混入することで、コンクリートのひび割れ抑制、はく落防止、曲げタフネスの向上、更には耐衝撃性の向上など、様々な力学特性に寄与することが知られている。これらの背景を踏まえ、短繊維補強コンクリートに積極的なフライアッシュの有効利用を図ったコンクリートの諸性状および材料コストの比較検討を目的として、本研究を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 使用材料およびコンクリートの配合

本研究で使用するコンクリート材料およびコンクリートの配合を表-1および表-2に示す。

表-1 コンクリート材料

材料名	種類・産地	記号
セメント	普通ポルトランドセメント：密度=3.16g/cm <sup>3</sup>	C
細骨材	沖縄県東村新川沖産海砂：表乾密度=2.62g/cm <sup>3</sup> ，吸水率=1.95%，F.M=2.19	S 1
	沖縄県本部産砕砂：表乾密度=2.68g/cm <sup>3</sup> ，吸水率=1.01%，F.M=3.22	S 2
粗骨材	本部産砕石2005：表乾密度=2.71g/cm <sup>3</sup> ，吸水率=0.94%，F.M=6.53，実績率=58.5%	G
混和材	沖縄県石川石炭火力発電所産フライアッシュ：JIS A 6201 II種灰，強熱減量=3.0% 密度=2.23g/cm <sup>3</sup> ，比表面積=4310cm <sup>2</sup> /g	F A
混和剤	高性能AE減水剤標準形・消泡剤添加品：ポリカルボン酸系	S P
繊維	合成短繊維（ポリエチレンとポリプロピレンの合成繊維）：密度=0.92g/cm <sup>3</sup> ，長さ=40mm，アスペクト比=90	F

表-2 コンクリート配合

配合番号	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m <sup>3</sup> )								フレッシュ試験結果	
				W	C	F A	S 1	S 2	G	S P	F	SL (cm)	Air (%)
N	40.5	2.0±1.5	50.0	175	432	50	467	358	905	3.802	0.00	18.0	2.0
F0.2			52.0				486	371	867	4.061	1.84	15.0	2.3
F0.4			54.0				507	385	827	4.190	3.68	12.5	2.0
F0.6			56.0				526	398	789	4.320	5.52	6.5	2.1
F0.8			58.0				544	411	751	4.752	7.36	7.0	2.2

※ 配合番号の記号F0.8は、短繊維をコンクリート体積の0.8%混入したことを示す。

### 2.2 練り混ぜおよび養生方法

コンクリートの練り混ぜ工程および養生方法を図-1に示す。練り混ぜには水平2軸型強制練りミキサ（容量：50リットル）を使用した。練り混ぜ終了後、試験体を採取し3時間の前養生をした後、60℃で6時間、蒸気養生を行った。型枠脱型後は、試験材齢まで標準水中養生とした。

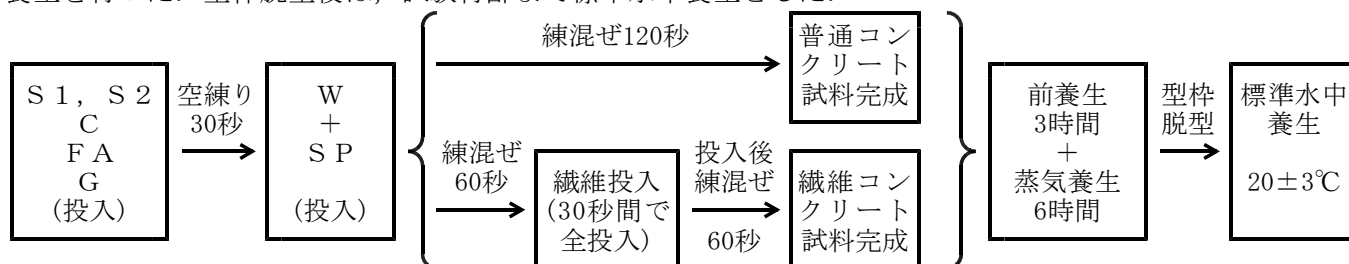


図-1 練り混ぜおよび養生方法

キーワード フライアッシュ，短繊維，曲げタフネス，耐衝撃性，材料コスト

連絡先 〒901-2131 沖縄県浦添市牧港5-6-8（建設会館4階） 沖縄ピーシー（株）設計技術部 TEL098-874-4150

2.3 フレッシュ性状：フライアッシュおよび繊維混入が、フレッシュコンクリートの諸性状にどのような影響を及ぼすかを、スランプおよび空気量試験を実施し判断した。ファイバーボールや材料分離の有無に関しては、目視判断とした。また、JIS A 1123-2003「コンクリートのブリーディング試験方法」に準じブリーディング試験を行った。配合決定後、各配合とコンクリート材料費の関係についても比較検討を行った。

### 2.4 強度性状

(1) 圧縮強度および静弾性係数：圧縮強度試験は、JIS A 1108-1999「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準じて行い、静弾性係数試験は、JIS A 1149-2001「コンクリートの静弾性係数試験方法」に準じて行った。

(2) 曲げタフネス試験：曲げタフネス試験は、JCI-SF4に準じ、材齢28日目において行った。

(3) 衝撃試験：衝撃試験については、JIS A 1408-1995「建築用ボード類の曲げ及び衝撃試験方法」に準じ、材齢84日目において行い、75cmの高さから重さ約1kgの球形おもりを400×300×35mmの試験体に落下衝突させ、その衝撃回数、ひび割れ発生状況などから検証を行った。

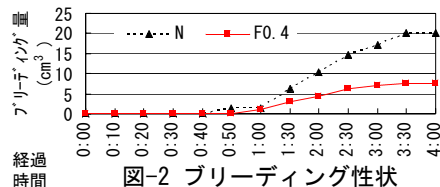


図-2 ブリーディング性状

## 3. 実験結果および考察

3.1 フレッシュ性状：スランプおよび空気量試験結果を表-2に示す。繊維混入量にほぼ比例してスランプが低下する傾向を示している。空気量に関しては、繊維混入による影響は殆んど無いことが確認できた。ブリーディング試験結果を図-2に示す。繊維混入によりブリーディング量が低下することが分かった。

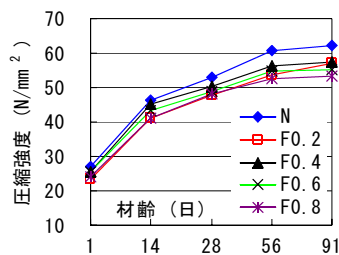


図-3 圧縮強度

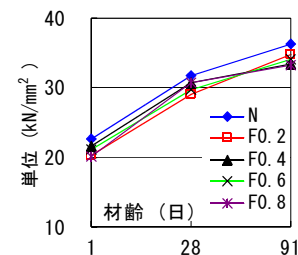


図-4 静弾性係数

また、3時間30分程度でブリーディングが終了することから打設終了から蒸気養生開始までの前養生を3時間程度とすることが強度発現を向上させる上で必要であると考えられる。

### 3.2 強度性状

(1) 圧縮強度および静弾性係数：試験結果を図-3および図-4にそれぞれ示す。全体的な傾向として、繊維混入により圧縮強度は若干低下していたが、長期強度は増加する傾向が見られた。

(2) 曲げタフネス試験：曲げタフネス試験結果を図-5に示す。繊維混入量にほぼ比例して、曲げタフネス（曲げじん性係数）が増加する傾向を示している。

(3) 衝撃試験：衝撃試験後の試験体の状態を写真-1に示す。

写真左、繊維無混入配合Nでは、衝撃回数4回目で試験体が完全にひび割れ破壊に至ったが、写真右、繊維を0.4%混入した配合F0.4では、衝撃回数を325回繰り返して行っても写真に示すように局部的な破壊、ひび割れは見られたものの、試験体が完全に破壊、分離することは無かった。

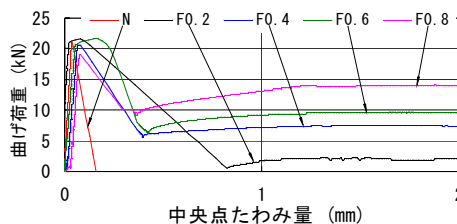


図-5 曲げタフネス試験結果

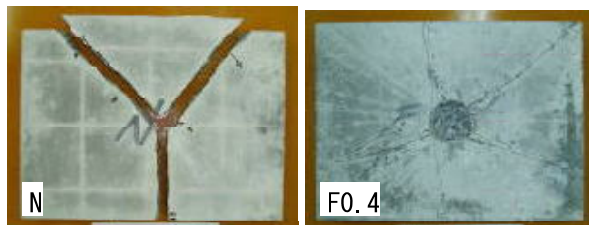


写真-1 衝撃試験後の試験体状況

## 4. まとめ

フライアッシュおよび短繊維をコンクリートに混入することにより、長期強度の増加、曲げタフネスおよび耐衝撃性の向上など、様々な力学特性に寄与することが明らかとなった。今後これら2つの材料を市場に確実に定着させる為には、図-6のように繊維混入量の増加に伴ってコンクリートの材料費が増大する傾向を示しているため、材料コストと各種性状の改善効果を得られる費用対効果を検討することが必要であると考えられる。

【参考文献】1) 大城良信, 仲本文範, 山田義智, 大城武: 海洋環境下における石炭灰を使用したRC構造物の施工報告, コンクリート工学年次論文集, Vol. 24, No. 1, 2002

【謝辞】本研究を行うにあたり材料の短繊維はグレースケミカルズ(株)董氏より、フライアッシュは琉球セメント(株)佐久田氏より支給頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

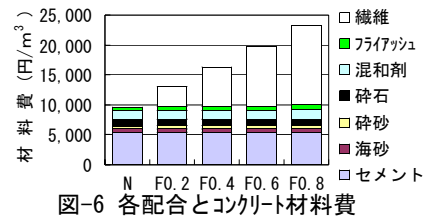


図-6 各配合とコンクリート材料費