石炭灰と木質繊維を利用したコンクリートの各種性能に関する実験的検討

ジオスター株式会社　正会員　○下中村　圭太
北陸電力株式会社　山田　真一
中越パルプ工業株式会社　田中　裕之
株式会社アバンアソシエイツ　越村　吉隆

１．はじめに

昨今の景気低迷に伴いセメント会社の石炭灰引取り量が減少したことに加え，東日本大震災以降の火力発電所稼働率上昇により石炭灰発生量も増加しており，石炭灰の有効利用拡大は喫緊の課題となっている。

一方，ヒートアイランド対策や自然環境への配慮が求められていることから，吸水・保水と蒸発散を繰返す高機能コンクリートは需要が期待出来る。既存技術では普通コンクリート配合に植物繊維を加えることで，強度を保持し保水効果を持たせる技術[1)]もある。

今回は石炭灰のうちフライアッシュ（以下，FA）を富配合としたコンクリートに木質繊維を混入し強度と保水性を両立するウェットコンクリートの開発を目指し検討を行った。ここでは，配合試験および凍結融解試験を実施し，以下にその結果を示す。

２．実験概要

２．１配合試験

目標特性値を満たす適正配合の選定を目的に，強度試験，保水性試験を実施した。

使用材料，試験条件を**表 1**，**表 2** に示す。シリーズ 1 は FA 置換率 30%とし，水粉体比を条件とした。シリーズ 2 はシリーズ 1 で決定した水粉体比を固定とし，FA 置換率を条件とした。シリーズ 3 は決定した水粉体比，FA 置換率の配合に木質繊維の混入を検討した。試験方法および目標特性値を**表 3** に示す。なお，圧縮強度試験は材齢 14 日とした。

２．２凍結融解試験

凍結融解試験は配合試験で決定した選定配合の耐凍害性の確認を目的に実施した。

本試験の試験条件を**表 4** に示す。本試験の試験条件は木質繊維混入の有無とした。本試験の試験方法を**表 5** に示す。本配合は屋上建築材としての適用を考えているため，その条件に近い JIS A 1435 3.3 気中凍結水中融解法を採用した。

表１　使用材料

	材料	物性等
W	水	地下水
C	普通ポルトランドセメント	密度3.16g/cm^3
FA	フライアッシュ	密度2.20g/cm^3
SP	高性能減水剤	ポリカルボン酸エーテル系
F	木質繊維	密度1.50g/cm^3(水分率0.0%)

表２　配合試験条件

項目	シリーズ1				シリーズ2	シリーズ3
	水粉体比の検討				FA置換率の検討	木繊維混入の検討
FA/(C+FA) (%)	30				40～90	60
W/(C+FA) (%)	25	50	75	100	30±10	30±10
F/単位量 (%)						0.4

表３　試験方法および目標特性値

試験項目	圧縮強度	保水量
試験方法	JIS R 5201 セメントの物性試験方法 10.5測定	保水性舗装用 インターロッキングブロック 品質規格 4.2保水性試験
目標特性値	15.0N/mm^2	0.18g/cm^3

表４　凍結融解試験条件

条件No.	W/C (%)	W/(C+FA) (%)	FA/(C+FA) (%)	SP使用率 ((C+FA)×%)	F/単位量 (%)
1	72	29	60	1.4	0.0
2					0.5

表５　凍結融解試験方法

試験項目	試験体外観，質量変化率
試験方法	JIS A 1435 3.3気中凍結水中融解法

３．実験結果

３．１配合試験結果

圧縮強度と保水量の関係を**図 1** に示す。圧縮強度と保水量はトレードオフの関係にあることが分かる。これは多孔質で保水効果のある FA が増減するに伴い，硬化主材であるセメントが減増するためと考えられる。

キーワード　：　フライアッシュ　木質繊維　保水　凍結融解　ナノファイバー
連絡先　：　〒112-0002　東京都文京区小石川 1-28-1　ジオスター株式会社　技術部　TEL 03-5844-1203

セメント水比 C/W と圧縮強度の関係を**図 2** に示す。セメント水比と圧縮強度は正の相関関係にあることが分かる。これより，FA 富配合コンクリートは材齢 14 日圧縮強度において，その置換率に関係なく，通常コンクリートと同様にセメント水比で強度管理が可能であると考えられる。

粉体水比(C+FA)/W と保水量の関係を**図 3** に示す。粉体水比と保水量は負の相関関係にあることが分かる。これより, FA 富配合コンクリートはその置換率に関係なく，保水量を粉体水比により設定可能であると考えられる。

３．２凍結融解試験結果

質量変化率とサイクル数の関係を**図 4** に示す。木質繊維無混入配合(No.1)はサイクル初期より剥離による質量の減少が認められ，200 サイクルで 5 体中 2 体が破断した。一方，木質繊維混入配合(No.2)は 150 サイクルまで剥離は見られなかった。150 サイクル以降は一部に剥離が認められたが，300 サイクルまで破断はなかった。これより, 木質繊維を混入することにより，凍結融解の抑制に効果的であることが分かった。

試験体外観検査より，木質繊維無混入配合(No.1)の剥離は試験体上面の打設面側から進行していることを確認した。このことから木質繊維無混入配合(No.1)の剥離は上面打設面側と下面型枠面側の強度差が関係していると考えられる。強度差が生じた要因は FA とセメントの密度差による材料分離と考えられる。つまり，単体では硬化しない FA が硬化主材のセメントよりも密度が小さいため上面打設面側に多く分離し，局部的に強度が低下したためと考えられる。一方，木質繊維混入配合(No.2)の場合，繊維混入によるスケーリング抑制効果に加えて, FA 粒子とセメント粒子が結合されて密度の相違による材料分離を防いでいることで一様に強度を持った試験体となったと考えられる。この想定を検証するため，上下 3 分割の断面を電子顕微鏡元素マッピング画像で確認した。その結果，木質繊維無混入配合(No.1)は FA 主成分の Al とセメント主成分の Ca が上下不均一に分布していることが確認出来た。一方，木質繊維混入配合(No.2)は Al と Ca が均一に分布していることが確認出来た。また，電子顕微鏡観察の結果，木質繊維の一部がナノファイバー化していることも分かった。ナノファイバー化した繊維が架橋効果を強くし，耐凍害性をより向上させたと考えられる。

４．まとめ

本試験は強度と保水性を両立する FA 富配合ウェットコンクリートの開発を目的に配合試験および凍結融解試験を実施した。得られた知見を以下に示す。

配合試験より圧縮強度と保水量の目標特性値を満足する FA 富配合コンクリートは，セメント水比 C/W=1.37 以上(W/C=73%以下), 粉体水比(C+FA)/W=4.3 以下(W/(C+FA)=23%以上)が条件となることが分かった。木質繊維を混入することで材料分離抑制・架橋効果を発揮し, 耐凍害性が向上する可能性も示唆された。

本試験では，木質繊維の条件については混入の有無のみの検討であったため，今後はこの混入量の検討やナノファイバー化のメカニズム解決が課題であると考えられる。

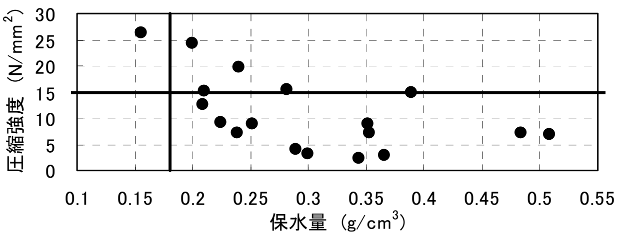

図 1　圧縮強度と保水量の関係

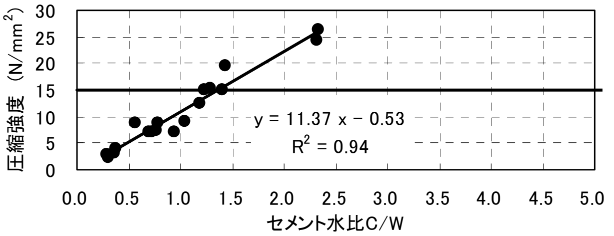

図 2　圧縮強度とセメント水比の関係

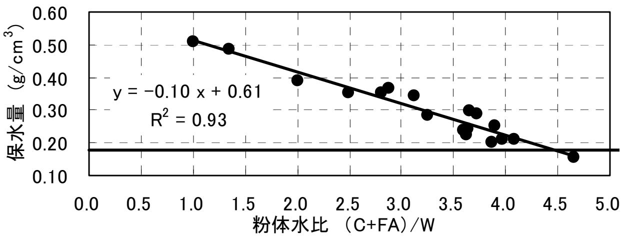

図 3　保水量と粉体水比の関係

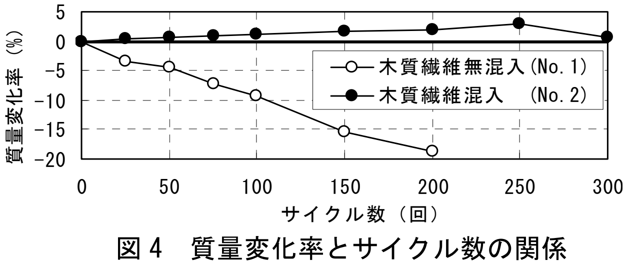

図 4　質量変化率とサイクル数の関係

参考文献

1)柵瀬信夫，小関喜久夫：高吸水・高保水コンクリートの開発 - 生態系の視点から生まれたウェットコンクリート - , 土木学会誌 No.86, pp.69-71, 2001.10.