

フライアッシュを用いたノンセメント硬化体の配合に関する検討

徳島大学大学院 学生員 ○橋本紳一郎

徳島大学工学部 正会員 橋本 親典

徳島大学工学部 正会員 渡辺 健

徳島大学工学部 正会員 石丸 啓輔

1. はしめに

石炭灰の有効利用の研究として、これまでにフライアッシュⅡ種（以後、FAⅡ種と称す）、高炉スラグ微粉末および二水石膏からなる粉体をセメント代替とした硬化体やコンクリートの製造の可能性が示されている¹⁾。しかし、この硬化体はセメントを使用しないでFAⅡ種を多量に使用するため、FAⅡ種の品質が硬化性状や強度に影響するなどの課題も多いのが現状である。そこで本研究では、FAⅡ種の品質に影響されない硬化体の配合とFAⅡ種が硬化体の強度に与える影響について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究で使用した材料は、FAⅡ種、高炉スラグ微粉末、二水石膏である。FAⅡ種はA石炭火力発電所（以後、Aと称す）とB石炭火力発電所（以後、Bと称す）から排出された石炭灰を使用した。FAⅡ種の物理的性質を表-1に示す。FAⅡ種は全てJIS規格

表-1 FAⅡ種の物理的性質

FAⅡ種 (石炭火力発電所産名)	密度 (g/cm ³)	強熱減量 (%)	比表面積 (cm ² /g)
A	2.31	2.16	3610
B	2.26	1.40	4400
JIS 規格	1.95 以上	5.0 以下	2500 以上

を満たしているものである。FAⅡ種が強度へ与える影響を検討するため、高炉スラグ微粉末（密度：2.91g/m³，比表面積：4120cm²/g）と二水石膏（密度：2.29g/m³）は全て同一のものをを使用した。

2.2 配合及び硬化体の作製

本研究で使用した配合を表-2に示す（配合表のFAⅡ種、高炉スラグ微粉末および二水石膏の値は質量比を示す）。既往の研究¹⁾より、これまで最適とされていた配合を基本配合とし、その他の配合は高炉スラグ微粉末の使用割合を3種類に変化させ、合計4配合とした。また、水紛体比は25%で一定とした。硬化体の締固めには加振装置（振動条件は振幅1mm，周波数50Hz）による振動締固めを行った。硬化体は材齢2日で脱型し、所定の材齢まで水中養生または湿布養生を行った。

表-2 硬化体の配合

配合名	FAⅡ種	高炉スラグ微粉末	二水石膏
基本	1	0.2	0.1
No.1		1	
No.2		0.5	
No.3		0.3	

*FAⅡ種、高炉スラグ微粉末及び二水石膏の値は質量比を示す

2.3 試験項目

圧縮強度試験は材齢7，14，28，91日でJIS A 1108に準拠して行った。材齢1と28日の硬化体を分析用資料として、粉末X線回折分析により硬化体内の生成結晶性化合物の同定を行った。また、粉末X線回折分析によりFAⅡ種の結晶鉱物（石英，ムライト，マグネタイト，無水石膏，強熱減量）を定量し、その残りからガラス化率(%)を算出した。FAⅡ種の蛍光X線分析により、FAⅡ種の塩基度 $[(CaO+MgO+Al_2O_3)/SiO_2]$ も算出した。

3. 結果及び考察

図-1にAのFAⅡ種を使用した硬化体、図-2にBのFAⅡ種を使用した硬化体の圧縮強度試験結果を示す。AのFAⅡ種を使用した硬化体は、どの配合も材齢91日で30N/mm²程度の強度が得られており、基本配合も既往の研究結果¹⁾と同程度の強度であった。BのFAⅡ種を使用した硬化体では、基本配合で強度の伸びは見られず、Aの

キーワード：フライアッシュⅡ種，高炉スラグ微粉末，二水石膏，エトリンガイト，ガラス化率，塩基度

連絡先：徳島県徳島市南常三島町2-1 徳島大学工学部建設工学科 TEL：088-656-7320，FAX：088-656-7351

FAⅡ種を使用したものとは全く異なる結果となった。本研究では高炉スラグ微粉末と二水石膏は全て同一のものを使用していることから、この結果はFAⅡ種の品質の影響によるものと考えられる。BのFAⅡ種を使用した硬化体では、FAⅡ種の使用量に対して高炉スラグ微粉末を同量の割合で使用した配合 No.1 で 25N/mm² 程度の強度が得られた。

図-3 は、B のFAⅡ種を使用した配合 No.1 の硬化体内の生成結晶性化合物を示す。材齢 1 から 28 日で、石膏が減少し、エトリガイトの生成が確認できた。この生成結晶は A のFAⅡ種を使用した硬化体でも確認できたが、B のFAⅡ種を使用した他の配合の硬化体では確認できなかった。この硬化体は高炉スラグ微粉末の潜在水硬性により材齢初期に硬化し、FAⅡ種のポゾラン反応によって長期の強度を伸ばすと考えられる。そのため初期の高炉スラグ微粉末の潜在水硬性による硬化にFAⅡ種が影響を与えたため、強度が全く伸びないものが存在した。以上からFAⅡ種の使用量に対して高炉スラグ微粉末を同量の割合まで補うことで、高炉スラグ微粉末の潜在水硬性を発揮させ、エトリンガイトの生成を促し、硬化体の強度はFAⅡ種の品質に大きく左右されなくなる。

表-3 は A と B のFAⅡ種のガラス化率と塩基度を示したものである。A と B のFAⅡ種のガラス化率に差は見られなかったが、塩基度は B のFAⅡ種の値が A の約 1/2 であった。A と B のFAⅡ種は JIS 規格を満たしており、物理的性質に大きな違いが見られていないことから、FAⅡ種の塩基度が硬化体の強度に影響を与えたと考えられる。しかし、分析したFAⅡ種のサンプル数が少ないため、今後、多くの分析結果から検討しなければならない。

4. まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す。

- (1) FAⅡ種の使用量に対して同量の高炉スラグ微粉末を補えば、ノンセメント硬化体の強度はFAⅡ種の品質に大きく左右されない。
- (2) セメントを使用しない硬化体では、FAⅡ種の塩基度が強度に影響を及ぼす。

参考文献

1). 橋本紳一郎ら:産業廃棄物をセメント代替として有効利用したコンクリートの基礎研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.24, No.1, 2002

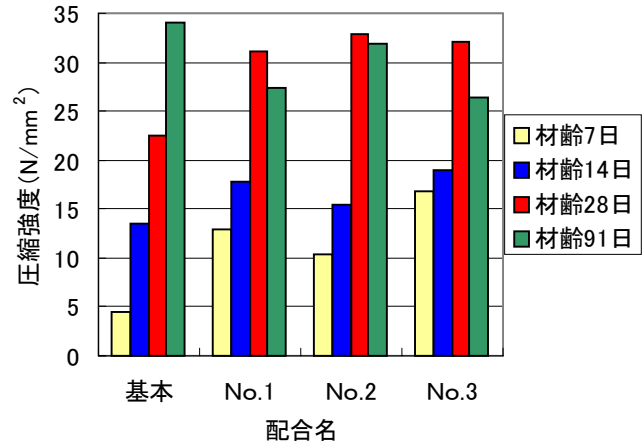


図-1 A のFAⅡ種を使用した圧縮強度試験結果

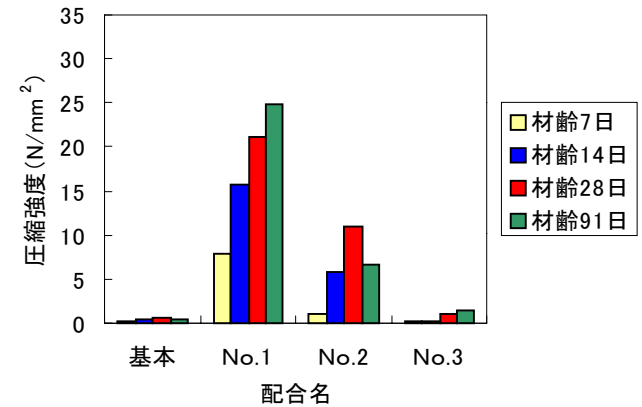


図-2 B のFAⅡ種を使用した圧縮強度試験結果

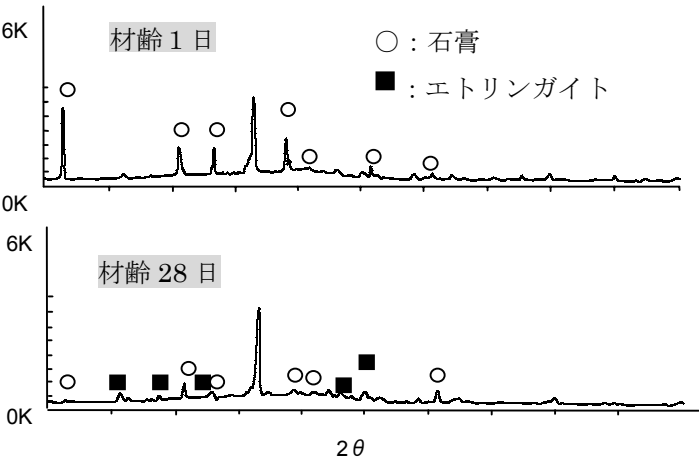


図-3 B のFAⅡ種を使用した硬化体の X 線回折分析

表-3 FAⅡ種のガラス化率と塩基度

FAⅡ種 (石炭火力発電所産名)	ガラス化率 (%)	塩基度
A	56.44	0.612
B	55.60	0.328