

人工碎石のフライアッシュとセメントの割合が炭酸化性状に与える影響

富山交易株式会社

正会員

○川添 亮太

前川 功

富山県立大学大学院

学生会員

森田 雄大

正会員

伊藤 始

北陸電力株式会社

正会員

岡田 拓也

正会員

参納 千夏男

正会員

達 終介

1. はじめに

電力の安定供給の観点から、石炭火力発電は今後とも継続していくものと考えられ、副産物であるフライアッシュを活用していくことは、持続可能な社会構築の面で意義が高い。フライアッシュの大部分はセメント原料として再利用されている¹⁾。また、これ以外の用途として、土木工事の路盤材原料等としても利用されており、「石炭灰混合材料を地盤・土構造物に利用するための技術指針(案)」として、フライアッシュをセメント、水と混合し地盤材料として利用する技術指針が整備されている。

路盤材等への二酸化炭素の固定に関する研究としては、コンクリート塊を利用した再生骨材に対する検討事例があるが²⁾、フライアッシュを大量に混和した人工碎石に対する検討は行われていない。これらの再生骨材や人工碎石は、粒状であるため表面積が大きく、二酸化炭素を吸着させる能力が高いことが考えられる。そのため、二酸化炭素の固定化能力の検証、実用化によるカーボンリサイクルへの貢献が期待される。

本研究では、持続的なフライアッシュの活用とカーボンリサイクルの取り組みとして、人工碎石のフライアッシュとセメントの割合が炭酸化性状に与える影響について考察した。

2. 試験概要

2.1 使用材料および供試体の作製

セメントは高炉セメントB種、フライアッシュは富山新港火力発電所から産出されるフライアッシュ(IV種相当)を使用した。高炉セメントおよびフライアッシュの化学組成を表-1に示す。セメントの量を変えた表-2に示す2種類の配合について、直径50mm、高さ100mmの供試体を作製した。

2.2 供試体の養生方法

本検討では、コンクリートの促進中性化試験方法

表-1 混和材量の化学組成

(単位: %)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SO ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO ₂	その他
高炉セメントB種	25.5	8.9	2.0	1.9	55.1	3.2	0.4	2.8
新港火力産フライアッシュ	48.2	26.7	0.2	6.9	5.4	3.2	2.2	6.9
(参考) 普通ポルトランドセメント	20.6	5.2	2.1	2.9	64.2	1.4	0.2	3.0

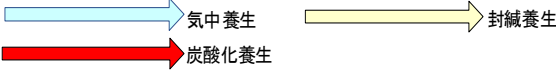
表-2 人工碎石の配合

(単位: kg)

	高炉セメントB種	フライアッシュ	水	備考
配合A	221	918	443	標準配合
配合B	499	699	410	セメント割合を増やした配合

表-3 試験ケースと養生条件

ケース	配合	炭酸化の有無	養生条件変遷
1-(1)	A	無	28日
1-(2)	A	有	7日 → 7日 → 14日
2-(1)	B	無	14日 → 14日
2-(2)	B	有	7日 → 7日 → 14日



(JIS A 1153:2003)に基づき、二酸化炭素濃度5%、温度20℃、相対湿度60%の環境下で炭酸化養生を行った。炭酸化養生期間は、森田ら³⁾の知見から供試体全体の炭酸化が確認できた7日間とした。各ケースの養生条件を表-3に示す。

2.3 試験項目

2.2節の通り養生を行った供試体に対し、炭酸化(中性)領域の確認および圧縮強度試験を実施した。炭酸化領域の確認は、高さ方向にコンクリートカッターで切断した供試体の断面に1%フェノールフタレイン溶液

キーワード フライアッシュ、カーボンリサイクル、人工碎石、炭酸化促進、C-S-H

連絡先 〒930-0874 富山県富山市寺町2区425-1 富山交易株式会社 TEL 076-432-9211

を噴霧し、赤紫色に明瞭に呈色する領域と呈色しない領域を目視により区分した。

3. 試験結果および考察

3.1 炭酸化領域

各ケースの断面の炭酸化（呈色）領域の境界を白線にて区分し図-1に示す。配合Aであるケース 1-(2) については、二酸化炭素濃度 (CO₂) 5% の 7 日間の促進養生により、供試体の中心部まで炭酸化した。それに対し、セメント割合を増やした配合Bのケース 2-(2) では中心部に非炭酸化領域が残った。炭酸化養生なしのケース 1-(1) とケース 2-(1) の比較でも、同様にセメント割合を増やしたケース 2-(1) の方が炭酸化領域が小さくなる傾向を示した。配合Aと配合Bの炭酸化領域の違いは、配合Bの方がセメント分が多く含まれるため、水和反応による緻密化が進行し、供試体中の二酸化炭素の拡散を抑制したことによるものと考えられる。

3.2 圧縮強度試験

図-2 に 28 日材齢の圧縮強度試験結果（3 個の供試体の平均値）を示す。配合Aであるケース 1-(1) とケース 1-(2) の比較では炭酸化養生により圧縮強度が大きく低下し 0.51 倍となった。一方、セメント割合を増加させた配合Bであるケース 2-(1) とケース 2-(2) の比較では、炭酸化養生により圧縮強度がやや高くなる傾向が見られ、1.18 倍となった。佐々木ら⁴⁾は、炭酸化促進試験の条件下では、Ca/Si モル比の大小によりケイ酸カルシウム水和物 (C-S-H) の空隙構造が変化することを報告しており、今回の試験では配合Aで空隙量が増加し、配合Bで空隙量が減少した可能性も考えられ、今後、空隙量の変化を測定するなどの検証が必要である。

4. まとめ

フライアッシュとセメントの割合の異なる配合を用いた供試体について炭酸化養生を行った結果、セメントの割合の違いによる炭酸化養生の有無で、炭酸化領域と圧縮強度の増減の傾向が異なることを確認した。

参考文献

- 1) 一般財団法人石炭フロンティア機構；石炭灰全国実態調査報告書（令和2年度実績），p. 5，2022
- 2) 松田信広・伊代田岳史；低品質再生骨材のCO₂吸着による改質が再生骨材コンクリートの乾燥収縮に及ぼす影響。コンクリート工学年次論文集，Vol. 37 No. 1，pp. 1417-1422，2015
- 3) 森田雄大；フライアッシュを含有した人工碎石の

炭酸化養生期間と炭酸化深さの関係。土木学会中部支部研究発表会講演概要集，V-16，2023

- 4) 佐々木謙二・佐伯竜彦；C-S-Hの組成がコンクリートの耐久性に及ぼす影響。材料 56(8)，pp. 699-706，2007

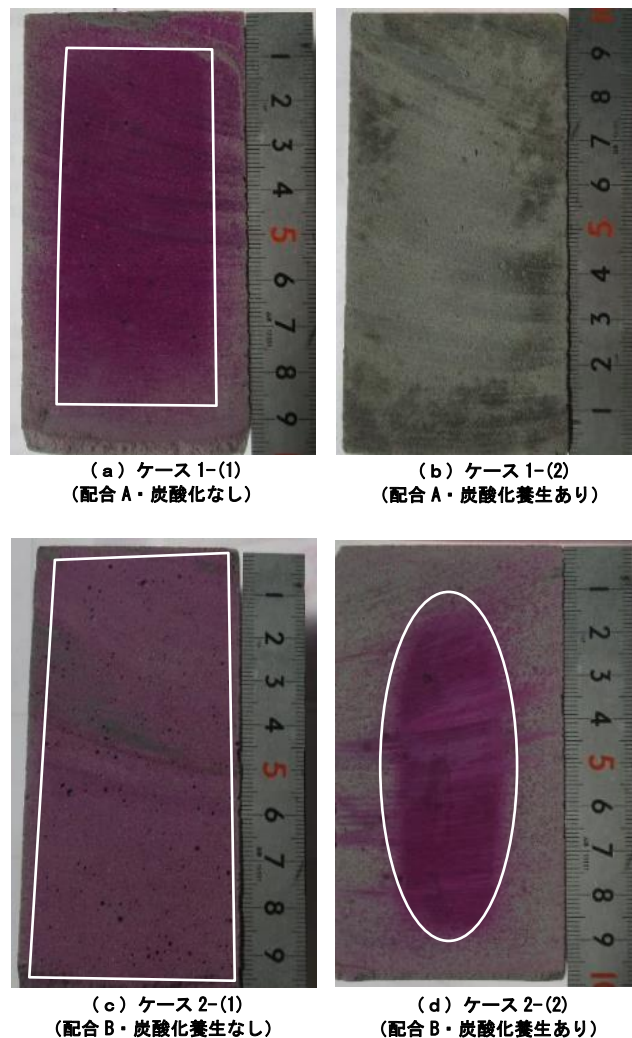


図-1 切断面の炭酸化状況

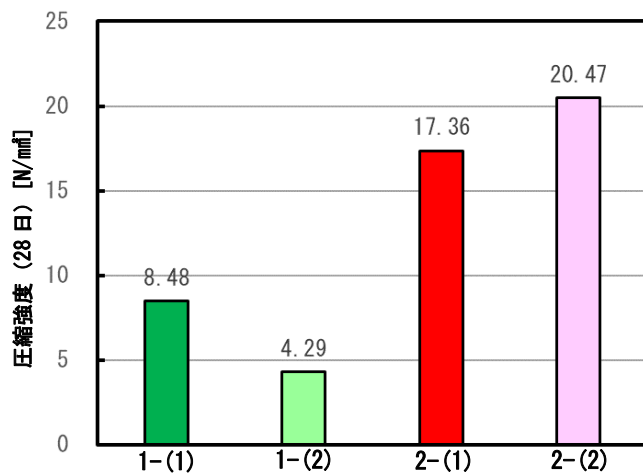


図-2 28 日材齢の圧縮強度試験結果