

藻場再生を目的にしたフライアッシュ高含有ポーラスコンクリートの諸性質

金沢大学 学生会員 ○吉田 匠吾
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) 可計 皓規
(株) ホクコン 田中 義人
(株) ホクコン 吉田 晴信

1. 目的

我が国の沿岸海域では、埋め立てや磯焼けにより広大な藻場が消失しており、水産資源が減少する大きな要因となっている。この「磯焼け」とは、沿岸域の藻類の生育場所（藻場）の減少により、魚類や貝類のえさや住処がなくなる現象である。一方、福島原子力発電所の事故を契機としてエネルギー基本計画の見直しを余儀なくされている。原子力発電所の再稼動が不透明な現在、北陸地方では、石炭火力発電による電力供給（全体の62%）に依存せざるを得ない事情がある。この際、石炭火力発電所では、燃焼時に発生する石炭灰（石炭燃焼の約10%が発生）の増大が問題となり、その有効利用の研究開発が急務となる。また、石川県能登地方では安山岩碎石、富山県では製鋼スラグが産出されるが、それらの未利用骨材の利用促進も課題となる。そこで本研究では、地域的な両課題を解決する方策として、能登半島の海岸で人工漁礁ブロックを製造することを念頭に、フライアッシュ高含有ポーラスコンクリートの工学的諸性質について実験的に検討した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料とポーラスコンクリートの配合

ポーラスコンクリートには、普通ポルトランドセメントと分級フライアッシュ（七尾大田火力発電所産、JIS I 種灰相当品）を使用した。使用骨材は能登産の安山岩碎石（以下「試験体 A」と略記）と富山県産の低炭素フェロクロムスラグ（以下「試験体 B」と略記）の2種類を比較した。なお、化学法(JIS A1145)により、前者は「無害でない」、後者は「無害」と判定されている。本試験において決定したポーラスコンクリートの配合を表-1に示す。金沢大学で実施した研究成果^{1,2)}を参考にして、目標圧縮強度を15N/mm²、目標空隙率を25%、フライアッシュ置換率を40%とした。なお、フライアッシュの40%添加は締固め性状の改善とASRの防止の両面で有効であることが確認されている^{1,2)}。試体は型枠脱型後、前養生として温度20℃の水中養生（14日間）後に、水中養生継続（温度20℃）、屋外暴露養生および人工海水浸漬養生（温度20℃）を実施した。試験体の測定材齢は、前養生終了後を基準として、28日、56日、91日および1年の各材齢とした。

表-1 フライアッシュ高含有ポーラスコンクリートの配合

	W/B (%)	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				
			水	セメント	FA	減水剤	粗骨材
試験体A	20	33	43	129	86	3.5	1548
試験体B	17	29	47	163	109	3.7	1521

2. 2 測定項目

(1) 圧縮強度、弾性係数および超音波パルス速度
* 減水剤はナフタレンスルホン酸系高性能減水剤を使用

3 種類の環境条件に暴露した円柱供試体（φ10cm×20cm）の圧縮強度、弾性係数および超音波パルス速度を測定した。

(2) セメントペーストの水和生成物の分析

ポーラスコンクリートのセメントペースト部（真空乾燥した粉末試料）に対して、示差走査熱量分析(DSC)とX線回折分析(XRD)によりフライアッシュのポゾラン反応の程度と水和生成物の特徴を調べた。

(3) セメントペーストの透過拡散係数

セメントペースト試験体（直径30mm、厚さ5mmの円盤状、温度20℃の石灰飽和溶液に28日間浸漬）に対して、透過拡散セル法（写真-1参照）により、1mol/lの塩化ナトリウム溶液におけるNaおよびClイオン

キーワード ポーラスコンクリート、フライアッシュ、透過拡散セル試験、藻場再生
連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学自然科学研究科環境デザイン学専攻 TEL 076-264-6373



写真—1 透過拡散セル（左：試験体、右：セル容器）

の拡散係数を測定した。試験体は普通ポルトランドセメントのみとフライアッシュ置換の2種類で実験を行った。

3. 測定結果および考察

ポーラスコンクリートの圧縮強度の試験結果を図-1に示す。連続空隙を有するポーラスコンクリートは、水との接触面積が大きいため、早期に強度が発現するが、その後の強度の伸びが小さいことが知られている³⁾。また、使用骨材の種類の影響に関しては、スラグ骨材は安山岩碎石に比較して圧縮強度が大きくなった。これは、スラグ骨材の表面の凹凸や気泡がセメントペーストとの付着力を増加することに寄与することによる。さらに、海水浸漬暴露や屋外暴露は水中養生よりも圧縮強度が大きくなった。現時点（3ヶ月）では、いずれの暴露条件も強度低下を示すものは認められず、目標強度の 15N/mm^2 がほぼ確保されていた。この際、ポーラスコンクリートは端面の平滑度の確保に注意を払うことが必要であるが、圧縮強度と超音波パルス速度との間には正比例の関係が確認された。次に、フライアッシュ40%添加のものは、セメント単味のものと比較して、DSCおよびXRDにより水酸化カルシウムの生成量が大きく減少しているのが確認でき、アルカリ溶出の点から藻場などでの生態への影響が低減でき、その適用において有利であった。さらに、海水浸漬暴露はエトリンガイトとともにフリーデル氏塩の生成が確認できた。しかし、フリーデル氏塩の生成が強度発現に及ぼす影響は不明である。

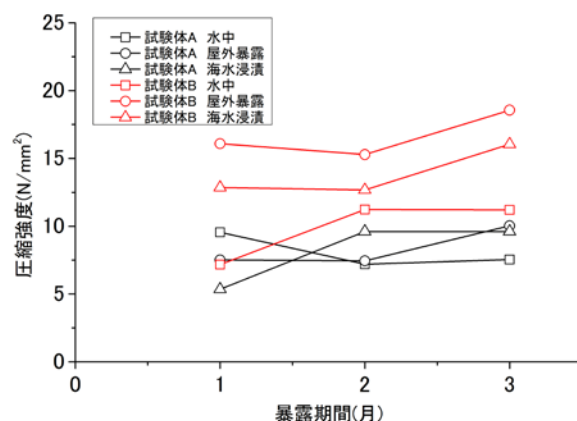
透過拡散セル試験により測定したセメントペースト試験体の Na および Cl イオンの拡散係数と拡散開始日数を表-2に示す。フライアッシュ40%添加のものは、セメント単味のものと比較して、 Na^+ と Cl^- の拡散係数がともに大きく低減されていた。このことは、フライアッシュのポゾラン反応によるセメントペースト組織の緻密化と水酸化カルシウムの減少による効果であり、海岸部での適用において課題となる耐海水性などの化学的劣化作用に対する抵抗性を大きく向上できる可能性がある。

4. 結論

圧縮強度試験の結果よりフェロクロムスラグは目標強度である 15N/mm^2 を確認できた。また、フライアッシュ40%添加により水酸化カルシウム量が大きく減少し環境や藻類の生育への影響を軽減できる可能性が示すことができた。

参考文献

- (1) 田中義人：オートクレーブ処理したフライアッシュ高含有ポーラスコンクリートの強度と水和反応性状，セメント・コンクリート論文集，Vol.55，pp.366-371，2001
- (2) 沢崎晴彦：フライアッシュ高含有ポーラスコンクリートの強度と暴露性状，セメント技術大会論文集，Vol.53，pp.394-395，1999
- (3) 玉井元治：まぶしコンクリートの動弾性係数と凍結融解に対する抵抗性，セメント・コンクリート論文集，Vol.43，pp.376-381，1989



図—1 圧縮強度の試験結果

表—2 拡散係数及び拡散開始日数

	拡散係数[cm ² /s]		拡散開始日数[日]	
	Na ⁺	Cl ⁻	Na ⁺	Cl ⁻
OPC	4.0474×10^{-8}	3.4794×10^{-8}	12.32	14.65
FA40%	5.5225×10^{-9}	9.8689×10^{-9}	7.10	14.72