

フライアッシュを多量に用いた藻場造成用ポーラスコンクリートの製造に関する研究

石川工業高等専門学校 学生会員○中出将太

石川工業高等専門学校 正会員 福留和人

石川工業高等専門学校 学生会員 前 瞭弘, 三竹秀和, 宮本 翼

1. はじめに

全国的に磯焼けの拡大が深刻化しているが、北陸地方でも豊富な藻場が減少傾向にあることが確認されており、磯焼け対策が重要な課題となっている。一方、北陸地方は、電力に占める石炭火力発電の比率が高く、発電に伴って副産されるフライアッシュの有効利用拡大が課題となっている。さらに、安山岩骨材が生産されてきたが、ASRによる劣化の原因となるため、適切な利用方法の確立、拡大が課題である。

以上の背景から本研究では、磯焼け対策としての藻場ブロックへの適用を目的に、北陸地方で多量に副産、生産されるフライアッシュおよび安山岩骨材を用いたポーラスコンクリートの配合を検討し、強度特性の評価を行った。なお、海洋への適用、フライアッシュの硬化促進の観点から練り混ぜ水への海水の適用を検討した。

2. 試験概要

セメントは、普通ポルトランドセメント（密度 3.15g/cm^3 ）を、粗骨材は、能登産の安山岩碎石（密度 2.61g/cm^3 、実積率 57.8%）を、混和材は、北陸電力七尾大田火力発電所産の JIS II 種フライアッシュ（以下、FA）を使用した。フライアッシュの品質を表-1 に示す。混和剤にはポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤を使用した。練混ぜ水は、人工海水を使用し、一部の配合では、海水練りの効果を把握するため、真水（水道水）を使用した（以下、真水、海水）。

ポーラスコンクリートの配合を表-2 に示す。FA 置換率、空隙率を 3 水準変化させ、圧縮強度に及ぼす影響を評価した。なお、配合選定ではペースト空隙比 K_p をパラメータとした¹⁾。ここで、 K_p とは粗骨材間の空隙容積に対するペースト容積の比であり、 K_p が小さいほど空隙率が大きくなる。ポーラスコンクリートの理論空隙率 V_p は、粗骨材の実積率 G_g およびペースト空隙比 K_p から下式により算定できる。

$$V_p(\%) = (100 - G_g)(1 - K_p) \quad (1)$$

以下、ペースト空隙比 0.4, 0.55, 0.7 をそれぞれ空隙大, 中, 小と表す。FA 置換率 $F/(C+F)$ は、30, 50 および 70%(以下、FA30, FA50, FA70)とした。なお、空隙大では、海水練の効果を把握するため、真水練りも実施した。

表-1 フライアッシュの品質

項目		試験値
強熱減量(%)		2.0
湿 分(%)		0.2
SiO ₂ (%)		59.8
物理特性	密度(g/cm^3)	2.32
	比表面積(cm^2/g)	4,460
	45 μm ふるい残分(%)	1.0
	フロー値比(%)	109
	活性度指数(%)	28 日 100 91 日 111

表-2 コンクリートの配合

W/(C+F) (%)	F/(C+F) (%)	ペースト 空隙比	理論空隙率 (%)	単位量 (kg/m^3)				
				水 W	セメント C	フライ アッシュ F	粗骨材 G	高性能 AE 減水剤
25	0	0.40	25.3	74	296	0	1514	2.96
		0.55	19.0	102	408	0		4.08
	30	0.45	25.3	70	196	84		2.80
		0.55	19.0	97	272	116		5.83
	50	0.70	12.7	123	344	148		7.38
		0.45	25.3	68	136	136		2.72
		0.55	19.0	93	186	186		5.58
		0.70	12.7	118	236	236		7.08
	75	0.45	25.3	65	78	182		2.60
		0.55	19.0	90	108	252		5.40
		0.70	12.7	114	137	319		6.84

キーワード：ポーラスコンクリート、磯焼け、藻場造成、フライアッシュ、海水練り、空隙率

連絡先：石川工業高等専門学校、〒929-0392 石川県津幡町北中条 tel: 076-288-8162, fax: 076-288-8171

コンクリートの練混ぜには、容量 50 リットルのパン型強制練りミキサを用い、粗骨材以外の材料でペーストを先練り（60 秒）した後、粗骨材を投入し 90 秒間練り混ぜた。圧縮強度用試験体には、Φ 10*20cm の円柱供試体を使用し、テーブルバイブレータ（振動数 $2800 \pm 50 \text{ rpm}$ 、全振幅 $0.8 \pm 0.05 \text{ mm}$ ）を用いて 10 秒間締め固めた。供試体の養生は、真水による標準水中養生とし、材齢 7、28 および 91 日に圧縮強度試験を実施した。

3. 試験結果および考察

図-1にフライアッシュ置換率と真水練りに対する海水練りの圧縮強度比の関係を示す。明確な傾向は見られないが、いずれのケースも圧縮強度比は1.0を上回っており、海水練りのフライアッシュの硬化促進効果が表れている。

図-2に理論空隙率と圧縮強度の関係を示す。理論空隙率の増加とともに圧縮強度は、直線的に低下している。また、フライアッシュ置換率の増大に伴って圧縮強度は低下する傾向が見られる。いずれの置換率でも、長期にわたって圧縮強度が増大している。なお、ポーラスコンクリートでは、一般的に目標圧縮強度 10 N/mm^2 程度に設定されるが、材齢 91 日では、ほとんどのケースで 10 N/mm^2 以上が得られている。

ここでは、材齢91日における圧縮強度の予測式を検討した。予測式では、理論空隙率とフライアッシュ置換率をパラメータとし、いずれも圧縮強度と直線関係にあることから、一次式による予測式を検討した。その結果、以下の圧縮強度予測式が得られた。

$$F = 42.7 - 1.02 \cdot V - 0.165 \cdot FA \quad (2)$$

ここに、 F ：圧縮強度予測値(N/mm^2)、 V ：理論空隙率(%), FA ：FA 置換率(%)

図-3 に圧縮強度の実測値と予測値の関係を示す。予測式の決定係数も高く、空隙率、FA 置換率からポーラスコンクリートの圧縮強度を精度良く予測可能である。すなわち、ポーラスコンクリートの最適な空隙率は、藻類の生育等を考慮して設定されるが、設定された任意の空隙率に応じて目標の圧縮強度が得られるように適切なフライアッシュ置換率の決定が可能となる。

参考文献：1) 梶尾聡ほか：ポーラスコンクリートの配合設計に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.28, No.1, pp.1427-1432, 2006

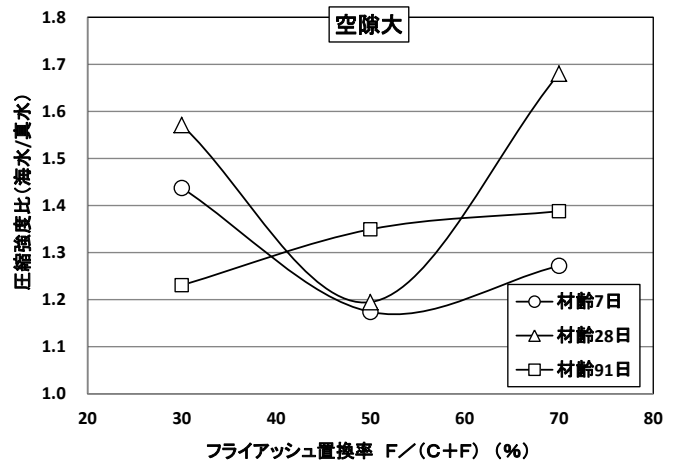


図-1 圧縮強度比に及ぼすフライアッシュ置換率の影響

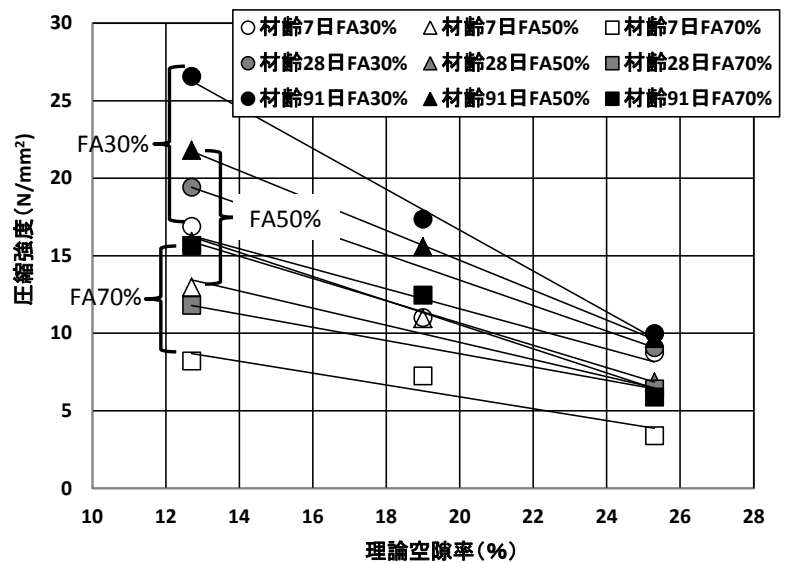


図-2 理論空隙率と圧縮強度の関係

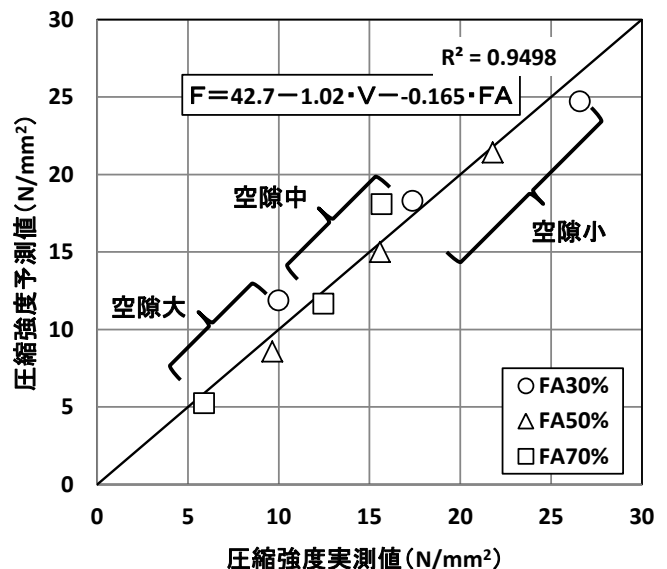


図-3 圧縮強度実測値と予測値の関係