

高炉スラグ微粉末を用いた海砂・海水練りコンクリートの 圧縮強度および静弾性係数に対する海水養生の影響

広島大学 学生会員 ○岡田 青
 広島大学 Dang Q. Viet
 広島大学 正会員 小川 由布子
 広島大学 フェロー会員 河合 研至

1. はじめに

コンクリート材料に使用する淡水や細骨材の供給が困難となる場合、それらの代替として海水、海砂の使用が考えられる。練混ぜ水に海水や細骨材に海砂を用いた研究は多くなされている¹⁾²⁾が、養生水に海水を用いたコンクリートの物性に関する知見は不足している。そこで本研究では、塩化物イオン浸透抵抗性に富む高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートを対象として、細骨材としての海砂、練混ぜ水の海水に加えて、海水養生が圧縮強度および静弾性係数に及ぼす影響を検討した。

表-1 コンクリートの配合

	W/CM	s/a	単位量(kg/m ³)							
			FW	SW	C	BFS	NSS	DSS	G	塩化物イオン含有量
OPC-DSS-FW	0.50	0.469	175	-	350	-	-	847	966	0.10
BFS-DSS-FW	0.50	0.469	175	-	193	157	-	841	960	0.086
BFS-NSS-FW	0.50	0.469	175	-	193	157	841	-	960	1.7
BFS-NSS-SW	0.50	0.469		175	193	157	847	-	966	5.03

2. 実験概要

2.1 供試体の配合と作製方法

表-1 に示すとおり、結合材に普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm³, 比表面積 3310cm²/g)のみを使用したコンクリート(以下, OPC)とセメント質量の 45%を高炉スラグ微粉末(密度 2.89g/cm³, 比表面積 4210cm²/g)で置換したコンクリート(以下, BFS)を作製した。細骨材には脱塩していない海砂(塩化物イオン濃度 0.197%, 以下, NSS)および脱塩した海砂(塩化物イオン濃度 0.0054%, 以下, DSS)を用いた。練混ぜ水には水道水(以下, FW)および海水(塩化物イオン濃度 1.94%, 以下, SW)を使用した。また, AE 減水剤を用いて空気量 2.0±0.5%, スランプ 10.0±2.0cm となるように調整した。養生方法は封かん養生および海水による水中養生(以下, 海水養生)とした。海水養生および練混ぜ水に用いる海水には表-2 に示す人工海水を調製し使用した。海水養生を行う供試体は打込みの 24 時間後に脱型し試験材齢まで 20°Cの海水に浸せきした。封かん養生を行った供試体は、打込み直後に上面をアルミ粘着テープで封かんし、20°Cの恒温室に静置した。

表-2 人工海水の組成

試薬	NaCl	MgCl ₂ ・6H ₂ O	Na ₂ SO ₄	CaCl ₂ ・2H ₂ O	KCl	H ₂ O	合計
量(g/L)	19.8	11.1	4.1	1.6	0.7	988.7	1025

2.2 試験項目

(1) 圧縮強度および静弾性係数

圧縮強度試験は JIS A 1108, 静弾性係数試験は JSCE-G502 に準拠し、材齢 3, 7, 28 日において測定した。Φ100×200mm の円柱供試体 3 体の試験結果の平均を圧縮強度および静弾性係数とした。

(2) 粉末 X 線回折試験

圧縮強度試験に用いた供試体の中心部よりモルタル部分を採取し、150μm以下に粉砕し、粉末X線回折試験により水和生成物を定性分析した。粉末X線回折の測定条件は、X線源CuKα, 管電圧30kV, 管電流10mA, 測定範囲5°~65°, ステップ幅0.04, スキャンスピード15°/minである。定性分析には解析ソフトとしてEVAを用いた。

3. 実験結果

3.1 圧縮強度および静弾性係数

図-1 に各配合の圧縮強度を、図-2 に各配合の静弾性係数を示す。材齢 3 日において、BFS は OPC と比較して圧縮強度および静弾性係数は低かったが、海水で練混ぜることにより (-SW), 無置換の配合とほとんど同程度の圧縮

キーワード 海砂, 海水練り, 海水養生, 高炉スラグ微粉末

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 A2-522 広島大学工学部構造材料工学研究室

強度と静弾性係数を得られた。BFS における NSS と練混ぜ水の海水 (SW)による圧縮強度の増加は材齢 3 日で最も大きく、その後の圧縮強度の増進は、材齢経過とともに小さくなった。このことから、コンクリート中に塩化物イオンを含むことで、初期材齢における圧縮強度が向上すると考えられる。材齢 28 日では、BFS-NSS-FW の圧縮強度が BFS-DSS-FW を上回ったが、練混ぜ水に海水を使用した BFS-NSS-SW では圧縮強度が BFS-DSS-FW を下回ったことから、海水練りの配合(SW)の材齢経過に伴い圧縮強度の増進が小さくなったのは、練混ぜ水の海水による影響が大きいと考えられる。また、図-3 に封かん養生、海水養生での圧縮強度の比較を示す。養生条件による圧縮強度の差は小さく、また、静弾性係数もほとんど同程度となった。このことから、海水養生は材齢 28 日まででは圧縮強度と静弾性係数に負の影響は及ぼさないことが示唆された。また材齢 1 日で脱型し海水養生した配合と 28 日間封かん養生を施した配合の圧縮強度がほぼ同程度であったため、海水養生する場合は早期脱型が可能であると推察される。

3.2 粉末 X 線回折試験

図-4 に材齢 28 日の粉末 X 線回折試験の結果を示す。モルタル部分により定性分析を行ったため、quartz(Q)のピークが生成した。また P は portlandite を Hc はヘミカーボアルミネートを表す。海水練りをした配合(-SW)では、材齢 28 日において、Friedel 氏塩(F)のピークが確認された。また複塩の一種である Kuzel 氏塩(K)のピークも確認された。淡水練りではカルシウムアルミネート水和物(C-A-H)やカルシウムシリケート水和物(C-S-H)が生成したのに対して、海水練りでは、強度発現に寄与しない Friedel 氏塩を生成したため、材齢 28 日において圧縮強度の増進が小さかったと考えられる。また、塩化物イオン濃度が高いほど Friedel 氏塩の生成量が多くなることが報告されている³⁾ことから、淡水練りの配合では、Friedel 氏塩は生成する量が少なく C-S-H や C-A-H の生成により、圧縮強度が増進したと考えられる。

4. 結論

細骨材の海砂、練混ぜ水の海水に加え海水養生の影響を検討した結果、以下の結論が得られた。

- (1)材齢 28 日まででは、海水養生は封かん養生と比較して、圧縮強度および静弾性係数に関して悪影響を及ぼさないことが示唆された。
- (2)BFS を用い海水練りを行った配合において材齢 28 日の強度増進が小さい原因は、強度発現に寄与しない Friedel 氏塩が生成したためである可能性が考えられる。

参考文献

- 1) 片野啓三郎ほか：海水を使用したセメント硬化体の強度および内部組成に関する研究，コンクリート工学年次論文集 Vol.35. No.1 pp.2017-2021, 2013.
- 2) 竹田宣典ほか：海水および海砂を使用したコンクリート（人工岩塩層）の開発，コンクリート工学 49.12 pp.1217-1222, 2011
- 3) 平尾 宙ほか：塩化物イオンの固定に及ぼすセメント組成の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.26, No.1，2004. pp.855-860

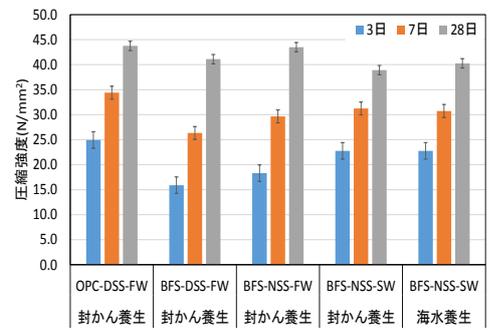


図-1 圧縮強度

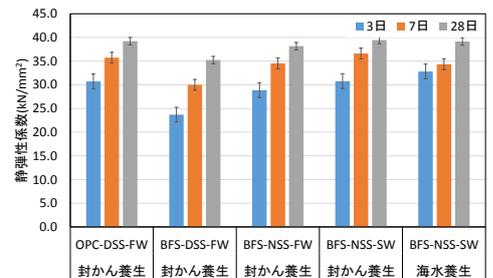


図-2 静弾性係数

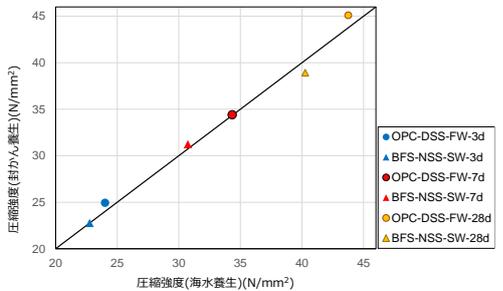


図-3 養生条件の差による圧縮強度

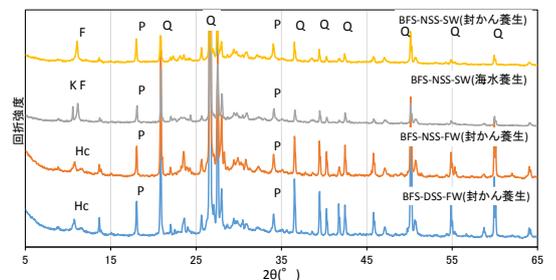


図-4 粉末 X 線回折解析結果