

海水・海砂を用いた自己充填型コンクリートへのフライアッシュの適用性

東洋建設 正会員 ○竹中 寛
東亜建設工業 正会員 羽瀧 貴士
港湾空港技術研究所 正会員 山路 徹

東洋建設 正会員 末岡 英二
五洋建設 フェロー 内藤 英晴
早稲田大学 フェロー 清宮 理

1. 目的

著者らは、国内外の材料や建設労働者の調達確保が難しい緊急復旧工事や、輸送アクセスの悪い沿岸部や離島でのインフラ整備を対象に、海水、未洗浄の海砂および特殊混和剤を使用した自己充填型コンクリートを開発し、これまでその諸性能について報告してきた。本研究では、初期材齢の強度発現性の向上や、自己収縮の増大など、当該コンクリートの特徴を活用または改善すべく、セメントにフライアッシュを置換したコンクリートについて基礎的検討を行った。

2. 試験概要

使用材料を表-1に示す。海水には天然海水を、海砂には未洗浄の海砂を用いた。混和剤には、塩分を多量に含有した場合でも低粘性で高い流動性が発揮できる、本研究で開発した増粘剤一液型の高性能 AE 減水剤¹⁾を用いた。また、フライアッシュには、JIS 適合品に比べて強熱減量や MB 吸着量がやや大きい JIS 非適合品を用いた。コンクリートの配合を表-2に示す。練混ぜ水と細骨材の組合せは、水道水・陸砂 (TL) と海水・未洗浄の海砂 (SS) の 2 水準とし、それぞれフライアッシュを使用しない配合と、フライアッシュをセメントの内割りで 15、30% (質量比) 置換した配合について検討を行った。水結合材比は 45% で一定、単位水量は TL と SS のそれぞれで一定とし、スランプフローが 600±50mm、空気量が 4.5±1.5% となるよう混和剤 (特殊混和剤, AE 剤) の添加量等を調整した。試験項目は、凝結時間、圧縮強度および自己収縮であり、自己収縮は自己収縮研究委員会報告書 (日本コンクリート工学協会) の試験方法に準拠し、それ以外の試験については、それぞれ JIS の試験方法に準拠した。なお、圧縮強度の供試体の養生は、標準水中養生とした。

3. フライアッシュを置換したコンクリートの基本性能

フライアッシュの置換率と凝結時間の関係を図-1に示す。水道水・陸砂 (TL)、海水・海砂 (SS) のいずれの場合においてもコンクリートの凝結時間はフライアッシュの置換率の増加に伴い若干遅くなる傾向を示し、30%置換した場合、無置換の場合に比べて始発時間が 0.5 時間程度、終結時間が

表-1 コンクリートの使用材料

使用材料	記号	種類、物理的・化学的性質
練混ぜ水	W1	水道水 (Tap Water)
	W2	海水 (Sea Water, 相模湾より採水), 密度:1.024g/cm ³ , 固形分濃度:3.96%, 塩化物イオン濃度:1.76%
セメント	C	普通ポルトランドセメント, 密度:3.16g/cm ³ , 比表面積:3320cm ² /g
混和材 (フライアッシュ)	F	JIS非適合品, 密度:2.19g/cm ³ , 比表面積:3950cm ² /g, 強熱減量:5.1%, MB吸着量:1.42mg/g
細骨材	S1	陸砂 (Land Sand, 大井川水系), 表乾密度:2.60g/cm ³ , 吸水率:1.86%
	S2	海砂 (Sea Sand, 東村新川川産, 未洗浄), 表乾密度:2.62g/cm ³ , 吸水率:2.42%
粗骨材	G	硬質砂岩碎石 (青梅産), 表乾密度:2.65g/cm ³ , 吸水率:0.51%, 最大寸法:20mm
混和剤	Ad	増粘剤一液型高性能AE減水剤 (ポリカルボン酸エーテル系化合物と増粘性高分子化合物の複合体), 塩分対応型

表-2 コンクリートの配合

No.	記号	スランプフロー (mm)	空気量 (%)	W/B (%)	s/a (%)	単位粗骨材絶対容積 (m ³ /m ³)	単位量 (kg/m ³)								混和剤 Ad (B×%)
							W1	W2	C	F1	F2	S1	S2	G	
1	TL-F-0	600 ±50	4.5 ±1.5	45	49.7	0.330	175	—	389	—	—	850	—	873	1.15
2	TL-F-15				49.1		175	—	331	58	—	829	—	873	1.28
3	TL-F-30				48.5		175	—	272	117	—	809	—	873	1.12
4	SS-F-0				48.8		—	185	411	—	—	—	825	873	1.60
5	SS-F-15				48.2		—	185	349	62	—	—	804	873	1.36
6	SS-F-30				47.5		—	185	288	123	—	—	781	873	1.19

キーワード 海水, フライアッシュ, 自己充填, 凝結時間, 圧縮強度, 自己収縮

連絡先 〒300-0424 茨城県稲敷郡美浦村受領 1033-1 東洋建設(株)美浦研究所

1 時間程度遅くなった。しかしながら、海水・海砂 (SS) の場合、水道水・陸砂 (TL) の場合に比べて 1 時間程度始発・終結時間が速くなることから、フライアッシュを 30% 置換した配合 (SS-F-30) でも、TL のフライアッシュを置換していない配合 (TL-F-0) と同等程度になることがわかった。

材齢 1, 3, 28 および 91 日におけるフライアッシュの置換率と圧縮強度の関係を図-2 に示す。材齢 1 および 3 日の初期材齢における圧縮強度は、フライアッシュの置換率の増加に伴い低下する傾向を示すが、海水・海砂 (SS) の場合、水道水・陸砂 (TL) の場合に比べて初期材齢の強度が相対的に大きくなり、材齢 1 日ではフライアッシュを 30%, 材齢 3 日では 15% 置換した配合が、TL のフライアッシュを置換していない配合と同等以上の強度発現性を示した。一方、材齢が経過した 28 日, 91 日では、TL, SS ともにフライアッシュを置換した配合の圧縮強度が増進する傾向を示し、材齢 91 日では無置換の配合と同等以上となった。これは、ポズラン反応の影響によるものと考えられる。

自己収縮によるひずみの経時変化を図-3 に示す。フライアッシュ無置換の海水・海砂を用いた配合 (SS-F-0) の収縮ひずみは、水道水・陸砂を用いた配合 (TL-F-0) に比べて大きくなり、材齢 28 日では、前者のほうが 4 割程度大きくなった。両者のひずみに差異が生じる要因については単位セメント量の違いによる影響も考えられるが、図-4 に示す単位セメント量と材齢 28 日の収縮ひずみの関係によると、同じ単位セメント量でも SS の収縮ひずみのほうが TL より大きくなることから、塩分の有無による水和速度の違いなども影響したものと推察される。一方、フライアッシュを置換すると、水道水・陸砂 (TL)、海水・海砂 (SS) のいずれの場合も収縮ひずみが減少する傾向を示した。材齢 28 日における海水・海砂 (SS) の収縮ひずみの減少率は、フライアッシュの置換率が 30% で 5 割程度、15% で 4 割程度であり、収縮ひずみの値はフライアッシュ無置換の水道水・陸砂を用いた配合 (TL-F-0) よりも小さくなった。これらの結果より、海水・海砂 (SS) を用いた場合に生じる自己収縮の増加は、フライアッシュの置換により低減できることが示唆された。

4. まとめ

海水・海砂を用いた自己充填型コンクリートへのフライアッシュの適用性について検討した結果、フライアッシュの添加に伴う初期材齢の強度低下は、海水および海砂の使用により抑制され、海水および海砂を用いたコンクリートの自己収縮の増加は、フライアッシュの置換により抑制されることが認められ、海水・海砂とフライアッシュが相乗的にコンクリートの品質を改善しうることを明らかにした。

参考文献 1) 鈴木哲郎ら：海水・海砂を用いた自己充填コンクリート用高性能 AE 減水剤(増粘剤一液タイプ)の開発, 土木学会年次学術講演会講演概要集, Vol.67, No.5, pp.1181-1182, 2012.9

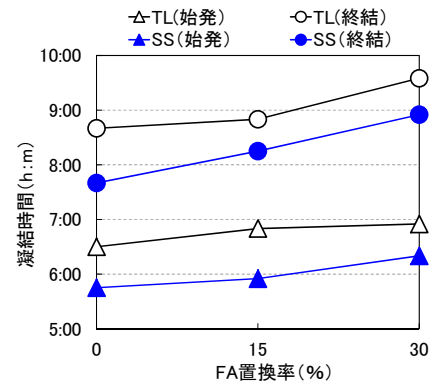


図-1 FA 置換率と凝結時間の関係

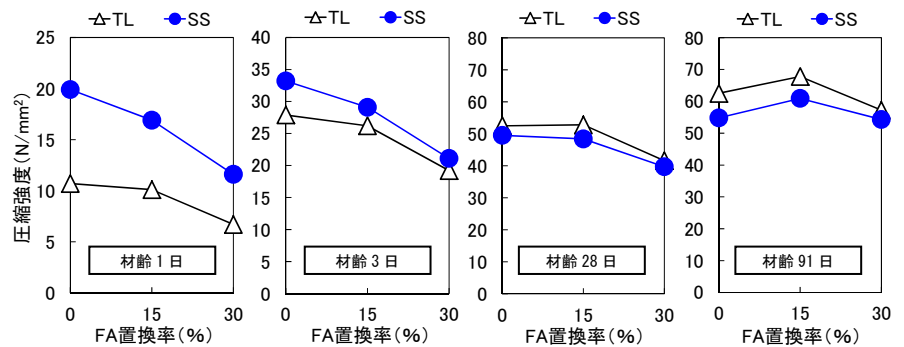


図-2 FA 置換率と圧縮強度の関係

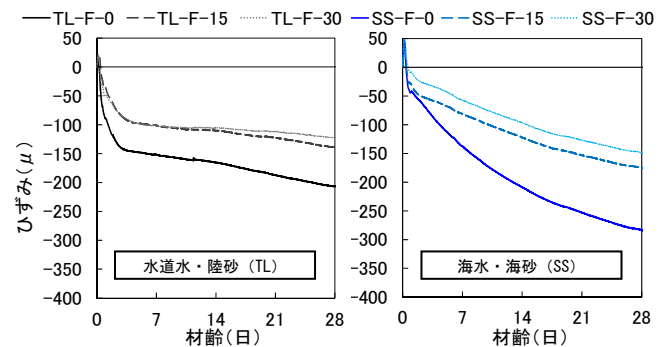


図-3 ひずみの経時変化

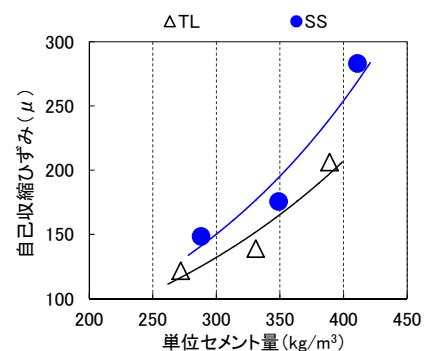


図-4 単位セメント量と自己収縮ひずみ (材齢 28 日) の関係