

海水を練り混ぜ水に用いたフライアッシュ高置換コンクリートに関する研究

石川工業高等専門学校 学生会員○前 瞭弘

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 中出将太, 三竹秀和, 宮本 翼

1. はじめに

人口増, 急激な都市化により将来的に飲料水の困窮が予測されている. コンクリート分野では, 練混ぜ水, 清掃水などに年間数十億トンの淡水が消費されているが, 鉄筋の発錆の観点から, 海水の使用は認められていないが, 無筋コンクリート等条件によっては海水の使用も可能と考えられ, 水資源の有効利用に繋がる可能性もある. 一方, 石炭火力の比率が高くなっており, 副産されるフライアッシュのコンクリート混和材への利用拡大が重要な課題となっている. 著者らはフライアッシュを高置換した場合, 塩化物による硬化促進効果が見られ, 海水練りにより圧縮強度の大幅な改善が可能であることを明らかにしている¹⁾.

以上の背景から, 本研究ではフライアッシュを高置換したコンクリートの練混ぜ水への海水の適用性を検討する上での基本データを得ることを目的に水結合材比およびフライアッシュ置換率を変化させ, フレッシュ特性および圧縮強度発現性に及ぼす海水練りの影響を調査した.

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, 細骨材は, 能登産砕砂 (密度 2.57g/cm^3 , 吸水率 2.65% , 微粉分 1.82%) を, 粗骨材は, 能登産の安山岩砕石 (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, 水道水および人工海水 (以下, 真水および海水練り) を使用した. 表-2 にコンクリートの配合を示す. 水セメント比は, 60, 50 および 40% の 3 水準とし, 単位水量は, 水セメント比にかかわらず一定とした. また, 真水練りにおいて, 目標スランプ $8\pm 2.5\text{cm}$, 空気量 $4.5\pm 1.5\%$ が得られるように, 高性能 AE 減水剤の添加量を調整し, 海水練りの場合も真水練りと同一

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 ふり残分(%)	1.0
	フロー値比(%)	109
	活性度指数(%)	28 日
91 日		111

添加量とした. 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コンクリートを用い, 全材料一括投入後 120 秒間練り混ぜた. フレッシュコンクリートでスランプ試験および空気量試験を, 硬化コンクリートで材齢 7, 28 および 91 日において圧縮強度試験を実施した. 供試体の養生は, 真水による標準水中養生とした.

表-2 コンクリートの配合

W/C (%)	F/(C+F) (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m^3)				
			水 W	セメント C	フライアッシュ FA	細骨材 S	粗骨材 G
60	30	53.4	175	204	88	828	922
	50			146	146	820	980
	70			88	204	812	1038
50	30	51.4		245	105	773	952
	50			175	175	763	1020
	70			105	245	754	1088
40	30	49.4		307	131	708	974
	50			219	219	697	1060
	70			132	306	686	1144

3. 実験結果および考察

図-1 および図-2 にそれぞれ真水練りと海水練りのスランプおよび空気量の比

キーワード: フライアッシュ, 海水練り, スランプ, 空気量, 圧縮強度

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

較を示す。

スランプは、フライアッシュ置換率 30%では、海水練の方がやや大きくなる傾向が見られるが、置換率 50, 70%では、海水練りがやや小さくなる傾向が見られる。これらは、海水成分による減水剤の吸着の影響²⁾、接水直後のセメントの水和反応促進に及ぼす影響等が考えられる。なお、フライアッシュ高置換率においてその傾向が大きくなっているが、今回比表面積がセメントより高いフライアッシュを用いたため、その影響が大きく表れたものと推察される。

空気量もスランプと同様の傾向が見られ、フライアッシュ置換率が大きくなるほど海水練りによる空気量の低下が大きくなっている。スランプの低下と同様、海水成分による AE 剤の吸着の影響と推察される。

図-3 に水結合材比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。ほとんどの条件において圧縮強度比は、1.0 を上回っており、海水練りによる圧縮強度改善効果が見られる。圧縮強度改善効果は、フライアッシュ置換率により異なり、置換率 30%では、効果は小さいが、置換率が 50, 70%と置換率の増加とともに海水練の効果が大きくなっている。また、長期材齢ほど海水練りの強度改善効果は大きく、フライアッシュの長期にわたるポズラン反応の促進に海水成分が寄与している様子が伺える。さらに、水結合材比による影響も見られ、水結合材比 60%が 50 および 40%に比べて改善効果は大きくなっている。以上のように、条件による差は見られるが、条件によっては、圧縮強度比が 1.5~2.0 と大きくなる場合もあり、フライアッシュコンクリートにおいて海水練りは、有効と言える。

今回、海水練りの可能性を検討するための資料収集を目的に、フライアッシュコンクリートの品質に及ぼす海水練りの影響を評価した。混和剤の効果に及ぼす海水練りの影響が見られ、スランプおよび空気量の低下が確認されたが、添加量の調整等で十分対応可能な程度と考えられる。一方、海水練りによる圧縮強度改善効果は大きく、海水練りのメリットが大きいことが確認された。

参考文献：1)福留，石川，大即，西田：フライアッシュを高置換したコンクリートの強度発現に及ぼす

NaCl の効果，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.35，No.1，pp.187-192，2013.7，2)山田他：液相中の硫酸イオン濃度によるポリカルボン酸系高性能減水剤の吸着特性と分散能力の制御，セメントコンクリート論文集，No.53，pp.128-133，1999。

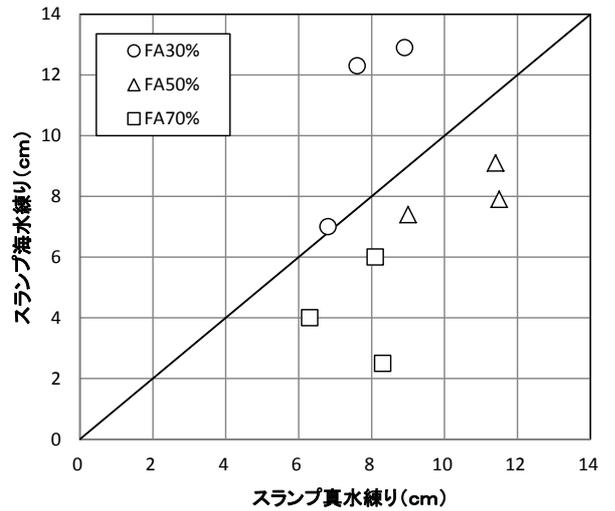


図-1 真水練りと海水練りのスランプの比較

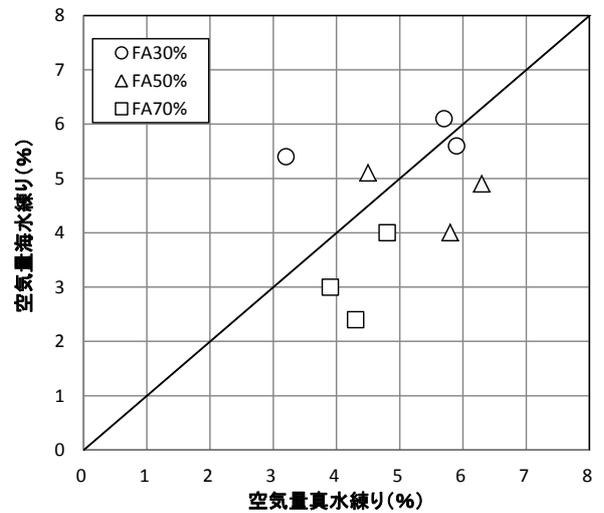


図-2 海水練りと真水練りの空気量の比較

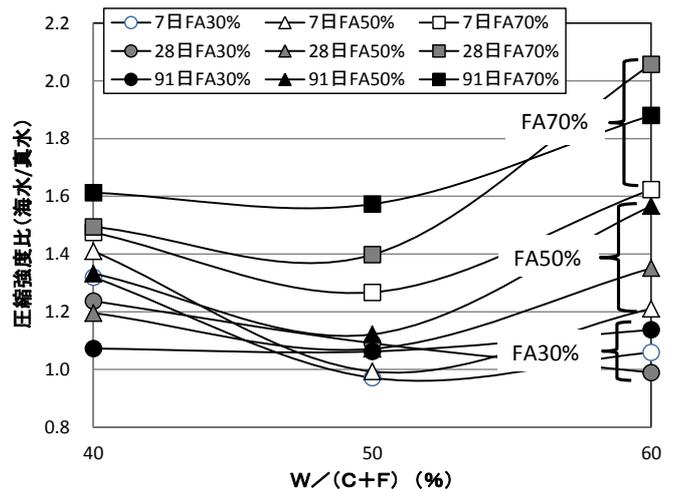


図-3 水結合材比と真水練りに対する海水練りの圧縮強度比の関係