

海水、海砂、フライアッシュを用いたコンクリートの強度発現性状

(株)大林組 正会員 ○谷田部勝博
(株)大林組 正会員 新 村 亮
(株)大林組 正会員 石 関 嘉一

1. はじめに

コンクリートの練混ぜ水に海水を使用した場合、初期強度が増加するとして報告^{1), 2)}や、海水に加えて混和材に高炉スラグ微粉末やフライアッシュを用いたり、特殊混和剤を用いることで圧縮強度や水密性が増加するという報告³⁾がある。特に初期の圧縮強度が大きいことは、例えば消波ブロックやケーソンの製作の際に早期の脱型を可能にし、施工サイクルの短縮(工期短縮)に寄与することが考えられる。

本報告では、細骨材に海砂や火力発電所から発生したフライアッシュの原粉を使用したコンクリートの圧縮強度性状について述べる。

2. 試験概要

使用材料を表-1に示す。練混ぜ水には水道水および海水を用い、セメントには高炉セメント B 種を用いた。フライアッシュは細骨材の置換として 30kg/m³ 混合した。海砂は茨城県沿岸で東日本大震災により打ち上がったもので、粗粒率が 0.90 と非常に粒形が小さく、細骨材の 30~50%と混合比率を変化させてフレッシュ性状を検討した。また、海水用特殊混和剤についても検討を行った。

配合は、コンクリートケーソンへの適用を想定し、

表-1 使用材料

分類	種類	記号	諸元
水	水道水	WP	東京都水道局
	海水	WS	茨城県那珂郡採取 CL ⁻ 濃度:1.9%
結合材	高炉 B 種	C	密度 3.04g/cm ³
細骨材	陸砂	S1	密度 2.55g/cm ³
	海砂	S2	密度 2.60g/cm ³
	フライアッシュ	FA	密度 2.17g/cm ³
粗骨材	碎石	G	密度 2.67g/cm ³
混和剤	特殊混和剤	P1	密度 1.30g/cm ³
	AE 減水剤 (高機能)	HWR	ポリカルボン酸系 化合物
	AE 助剤	AE	カリウム塩

粗骨材最大寸法は 20mm, 設計基準強度を 24N/mm², スランプと空気量の目標値はそれぞれ 10±2.5cm, 4.5±1.5%とした。水セメント比は 53.8%に固定し、AE 減水剤と AE 助剤の添加量は適宜調整した。検討した配合の種類を表-2に示し、配合の一覧を表-3に示す。

圧縮強度試験は、まずステップ 1 として、標準の気温環境下(20℃)で検討し、ステップ 2 として低温環境(5℃)での若材齢時の検討を行った。材齢 7 日、28 日の他に、若材齢として材齢 1・3・5 日で試験を行った。長期材齢としては 56 日に試験を行った。供試体の養生条件は、すべて封緘養生とした。

表-2 検討した配合の種類

記号	内 容
BB	基本配合(水道水使用)
WS	海水使用
WSFA	海水+フライアッシュ
WSP1	海水+特殊混和剤
WSP1FA	海水+特殊混和材+フライアッシュ
S2-30	海水+特殊混和材+フライアッシュ+海砂 30%
S2-50	海水+特殊混和材+フライアッシュ+海砂 50%
S2-40	海水+特殊混和材+フライアッシュ+海砂 40%

表-3 配合の一覧

記号	W	C	S1	S2	FA	G	P1
BB	161	299	783	0	0	1040	0
WS			748		30		
WSFA					0		
WSP1					30		
WSP1FA			6.5				
S2-30				524	228		
S2-50				350	355	1090	
S2-40	166	309		435	294	1043	

(単位:kg/m³)

3. 試験結果および考察

(1) フレッシュ性状

フレッシュ性状の試験結果を表-4に示す。スランプおよび空気量ともに目標値を満足することができている。スランプについては、海水の使用や特殊混和剤の使用によりコンクリートの凝結が早まるため、

キーワード 海水、海砂、フライアッシュ、圧縮強度
連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 TEL03-5769-1322

所定のスランブを得るためには AE 減水剤の添加量を増やす必要があった。

単一粒度で非常に細かい海砂の使用については、細骨材の置換率が 50% となるとスランブが著しく減少し、ケーソン構築のようなポンプ圧送に使用できないと思われる。40% 以上の置換を試みるならば、高性能 AE 減水剤に変更する必要があると思われる。

(2) 圧縮強度

20℃養生での圧縮強度の結果を図-1 に示す。海水を使用することで、材齢 1 日の圧縮強度は水道水の 1.6～2 倍、材齢 3 日では 1.8～2 倍、材齢 5 日では 1.6～1.85 倍であった。特に材齢 1 日の強度では、水道水が 3.49N/mm²であったのに対して 6.2N/mm²出ていることから、材齢 1 日で脱型強度が得られることが分かった。また、材齢 5 日で設計基準強度が得られた。

フライアッシュを混合した配合は、使用していないものより材齢 56 日の強度がすべて上回った。

(3) 低温環境下での強度発現性

ステップ 1 の検討により、海水の使用やフライアッシュの混合などが、通常的环境下で若材齢時の強度発現に寄与することは確認できた。この効果が、低温環境下でも同様に発揮できれば、更なる工期短縮へとつながるため、ステップ 2 では、検討ケースを絞り込み気温 5℃の環境下で材齢 7 日までの圧縮強度試験を実施した。検討した配合は、基本配合 (BB) と海砂 40%置換の配合 (S2-40) に加え、特殊混和剤による強度発現を確認するため S2-40 から特殊混和剤を除いた配合 (WSS2-40) の 3 配合について実施した。S2-40 での特殊混和剤の添加量は、15.8kg/m³とした。圧縮強度試験結果を図-2 に示す。

BB と WSS2-40 では材齢 3 日まではほぼ同じ強度発現だが、3 日以降で大きく異なる。これはフライアッシュ使用の影響と考えられる。S2-40 を WSS2-40 と比べると、特殊混和剤の添加によって、材齢 3 日までの強度発現が大きく促進していた。BB に比べると材齢 3 日で BB の 7 日強度と同等の結果となった。

4. まとめ

- ・海水使用コンクリートのフレッシュ性状の調整は、混和剤の添加量で充分調整可能である。
- ・単一粒度の海砂は、細骨材の 40%程度以下の置換率であれば、スランブに大きな影響はない。

- ・海水の使用により、若材齢時の強度発現は大きく増大する。
- ・気温 5℃の低温環境では、特殊混和剤を使用することで若材齢所の強度発現が大きく増加する。

表-4 フレッシュ性状試験結果

記号	スランブ (cm)	空気量 (%)	AE 減水剤添加量 (C×%)
BB	8.0	4.8	0.80
WS	9.0	5.0	1.00
WSFA	9.5	4.0	1.00
WSP1	9.5	5.2	1.10
WSP1FA	10.0	5.4	1.10
S2-30	10.5	5.0	1.05
S2-50	6.5	4.5	1.25
S2-40	12.0	5.6	1.20

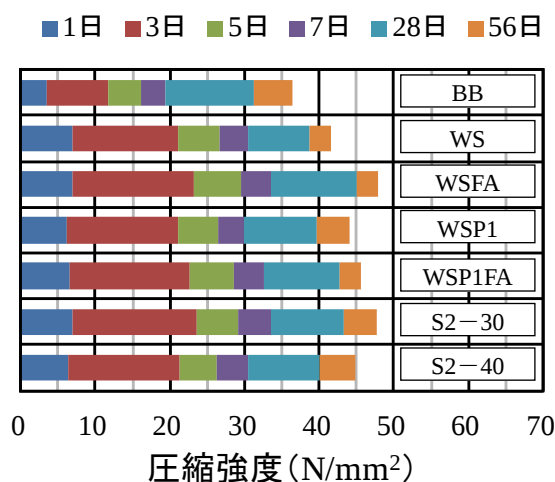


図-1 材齢ごとの圧縮強度結果 (20℃養生)

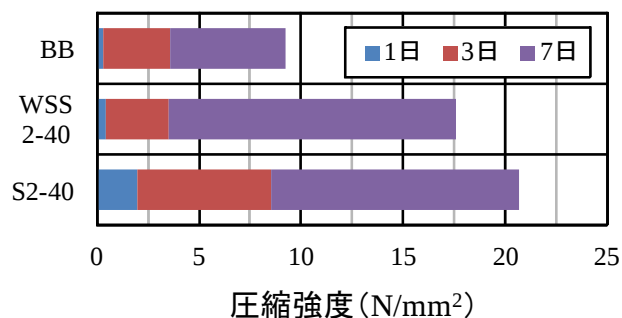


図-2 低温環境での材齢ごとの圧縮強度 (5℃養生)

参考文献

- 1) 伽重ほか:練混ぜ水に海水を使用したコンクリートの諸性質について, 材料, 第 42 巻, 第 260 号, 1975.5
- 2) 大即ほか:海洋環境におけるコンクリート中の塩素に関する一考察, 土木学会論文報告集, 第 332 号, 1983.4
- 3) 竹田ほか:海水を使用したコンクリートの強度および水密性の向上効果, 土木学会第 66 回年次学術講演会, V-291, 2011