

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

大林組技術研究所 フェロー会員 ○竹田 宣典
大林組技術研究所 正会員 石関 嘉一
大林組技術研究所 フェロー会員 青木 茂
東京工業大学 フェロー会員 大即 信明

1. はじめに

離島や沿岸地帯において、真水や細骨材の入手が困難な地域でコンクリートを製造する場合、海水および海砂を有効に使用できれば、建設工事のCO₂排出量の低減でき、さらにコストダウンを図ることができると考えられる。

海水を練混ぜ水として使用した場合、初期強度が若干増加するとした報告^{1), 2)}があり、コンクリート標準示方書では、用心鉄筋を配置しない無筋コンクリートでは、品質に悪影響がないことを確認したうえで、海水を使用して良いとしている。しかしながら、海水や未洗浄の海砂を使用し、多量の塩化物イオンやその他の海水由来のイオンを含むコンクリートの性質は十分に明らかにされていない。

本報告では、海水と各種の結合材を組合せたモルタルおよびコンクリートの圧縮強度および水密性について述べる。

2. 試験概要

使用材料を表-1に示す。練混ぜ水は、水道水および海水を用い、セメントは普通ポルトランドセメント(OPC)を用い、混和材として高炉スラグ微粉末(BFS)、フライアッシュ(FA)、シリカフューム(SF)を表-2に示す混合比で用いた。また、亜硝酸カルシウムを含む練混ぜ型の防錆剤(AN)についても検討を行った。

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	静岡県清水港採取 Cl ⁻ 濃度：1.83%
結合材 B	普通ポルトランドセメント	OPC	密度 3.16g/cm ³
	高炉スラグ微粉末	FA	密度 2.89g/cm ³
	フライアッシュ	FA	密度 2.17g/cm ³
	シリカフューム	SF	密度 2.20g/cm ³
細骨材	陸砂	S	密度 2.62g/cm ³
混和剤	防錆剤 (亜硝酸カルシウム系)	AN	密度 2.62g/cm ³

供試体はモルタルとし、配合は水結合材比(W/B)を0.5、細骨材結合材比(S/C)を3.0とし、表-2に示すそれぞれの結合材の組合せについて、①水道水、②海水、③海水+防錆剤を使用した場合の3種類の配合について試験を行なった。配合例として、OPCのみを用いた配合を表-3に示すが、結合材の混合比率によって、それぞれの単位量を調整した。なお、海水を用いた場合のモルタル中の塩化物イオン量は4.6kg/m³である。圧縮強度試験は、直径50mm、長さ100mmの円柱供試体を用い、材齢7日、28日において実施した。透水試験は、W/C:50%のコンクリート(直径100mm、長さ200mm円柱供試体)を用い、材齢28日よりインプット法(水圧1.0MPa、48時間)により、水の浸透深さより透水係数を求めた。

3. 試験結果および考察

3.1 海水が圧縮強度に及ぼす影響

材齢7日における圧縮強度を図-1に示し、材齢28日における圧縮強度を図-2に示す。

表-2 結合材の混合比率

記号	OPC	BFS	FA	SF
OPC	100	0	0	0
B30	70	30	0	0
B50	50	50	0	0
B70	30	70	0	0
F20	80	0	20	0
B50SF15	42.5	42.5	0	15
F20SF15	68	0	17	15

(単位：%)

表-3 モルタルの配合例(OPCの場合)

	W/B	S/B	単位量(kg/m ³)				
			水		OPC	細骨材 S	防錆剤 AN
			水道水	海水			
①	0.5	3.0	255	0	510	1530	0
②			0	255	510	1530	0
③			0	242	510	1530	13

キーワード コンクリート、海水、海砂、塩化物イオン、亜硝酸カルシウム、圧縮強度、透水係数

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 生産技術研究部 TEL 042-495-1012

OPC を使用した場合、水道水と海水による圧縮強度の差異はほとんどないが、高炉スラグ微粉末 (BFS) を使用 (置換率 30~70%) した場合、海水の使用により、水道水に対して材齢 7 日で 30~60% 増加し、材齢 28 日では 3~20% 増加した。フライアッシュ (FA) を使用 (置換率 20%) した場合の圧縮強度は、海水の使用により、水道水に対して材齢 7 日で 14% 増加し、材齢 28 日では 6% 増加した。また、シリカフューム (SF) を使用 (置換率 15%) した場合、海水を使用した場合の水道水に対する圧縮強度の増加率は、材齢 7 日において、BSF では 37%, FA では 18%, 材齢 28 日において、BSF では 14%, FA では 17% であった。

混和材を用いた場合、練混ぜ水に海水を使用することにより、初期強度および材齢 28 日の強度が増大し、特に高炉スラグ微粉末を使用したものの増加割合が高い結果となった。

3.2 防錆剤が圧縮強度に及ぼす影響

練混ぜ水に海水を用い、混和剤として亜硝酸カルシウムを含む防錆剤を使用した場合の圧縮強度は、OPC を使用した場合、水道水に対して材齢 7 日で 9%, 材齢 28 日で 4% 増加した。BFS を使用した場合、材齢 7 日における水道水に対する強度の増加率は、置換率に伴い大きくなり 1.5~2.5 倍程度であり、材齢 28 日では、いずれも約 1.5 倍となった。FA を使用した場合は、水道水に対して、材齢 28 日において約 20% 増加し、SF を使用した場合、水道水に対する増加率は、材齢 28 日において、BSF では 34%, FA では 17% であった。

これらより、海水を使用した場合、亜硝酸カルシウムを含む防錆剤を添加すると、いずれの結合材の場合にも圧縮強度は増大することが確認された。この理由は、海水および亜硝酸カルシウムの影響により、細孔溶液中の OH^- 濃度が上昇し、BFS に対するアルカリ刺激作用が増加し、水和反応が促進したと推察される。

3.3 海水および防錆剤が水密性に及ぼす影響

結合材を B50 とした W/C: 50% のコンクリートの透水係数を図-3 に示す。練混ぜ水に水道水を用いた場合に対して、海水の場合は約 1/2、海水と防錆剤を使用した場合は約 1/4、シリカフュームを結合材の 10% 置換し、海水と防錆剤を使用した場合には約 1/70 となった。このように、海水、防錆剤およびシリカフュームを併用することによって、著しく水密性が向上した。

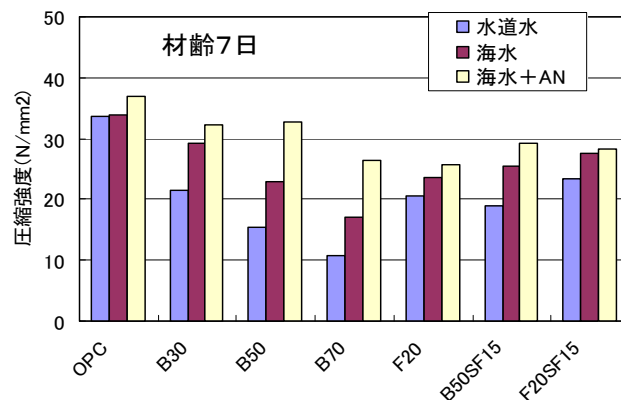


図-1 圧縮強度 (材齢 7 日)

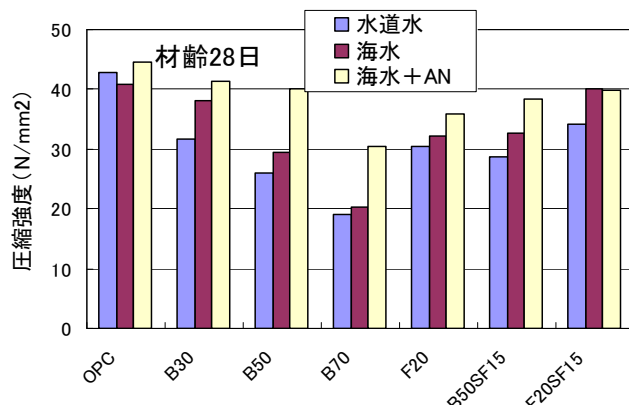


図-2 圧縮強度 (材齢 28 日)

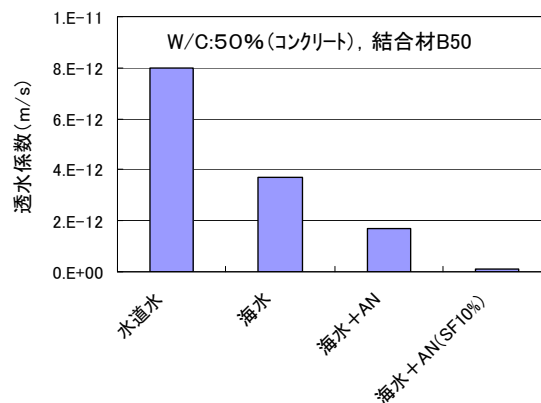


図-3 コンクリートの透水係数

4. まとめ

- 1) 高炉スラグ微粉末、フライアッシュを結合材とした場合、練混ぜ水に海水を使用すると、初期強度および材齢 28 日の強度が増大した。
- 2) 海水と防錆剤を用いた場合、圧縮強度は、結合材に高炉スラグ微粉末を使用した場合約 50% 増加し、フライアッシュを使用した場合約 20% 増加した。
- 3) 海水、防錆剤、シリカフュームを併用することによって、コンクリートの水密性が著しく向上した。

参考文献

- 1) 伽場重正ほか：練り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) 大即信明ほか：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