

サンゴ骨材および海水を用いたコンクリートの物性の検討

株式会社大林組 正会員 ○片野啓三郎, 森澤海里, フェロー 新村亮, 竹田宣典
東京工業大学 フェロー 大即信明

1. はじめに

遠隔離島における港湾施設等の整備を行う場合、できるだけ現地で調達できる材料を用いて工事を行うことになる。特に、特定離島とされる南鳥島は東京都から約 1900km 離れた日本最東端の島であり、本土からの資材運搬に掛かる CO₂ 排出量およびコストの削減の観点から現地材料の利用が非常に有効となる。そこで、南鳥島で調達できる材料（サンゴ礁起源の骨材および海水）を用いたコンクリートの物性について研究を行った。

2. 使用材料

本研究で使用するコンクリートは、現地で調達できる骨材および海水を使用することを特徴としている。また、現地で調達できない材料の使用に関しても低炭素化を目的とし、結合材として材料起源の CO₂ 排出量の少ない高炉スラグ微粉末（BS）およびフライアッシュ（FA）をセメント（C）に高置換したものを使用した。使用材料および諸元を表-1 に示す。骨材の試験結果を表-2 に示す。サンゴ細骨材およびサンゴ粗骨材は、多孔質で、普通骨材と比較して密度が小さく、吸水率が高いという特徴を有している。現地の海水の中主な含有イオンおよびイオン濃度を表-3 に示す。

3. 配合およびフレッシュ性状

コンクリートの配合を表-4に示す。水結合材比を45.0%、目標スランプフローを50cm、目標空気量を4.5%とした。結合材の種類は、C:BS=50:50（高炉セメントB種相当）、C:BS=25:75、C:BS:FA=25:55:20の3種類とし、C:BS=25:75 のケースではサンゴ骨材と比較するために普通骨材も使用した。練混ぜ水は真水および海水とした。海水を用いる場合は、長期の耐久性を改善するため、海水練り用特殊混和剤（AN）を併用した¹⁾。化学混和剤として増粘成分を含んだ高性能AE減水剤を使用することで中流動コンクリートとした。

フレッシュ試験結果より、同等のワーカビリティを得るために必要な単位水量は、サンゴ骨材を使用した場合、普通骨材を使用した場合よりも約 5kg/m³ 増加することが分かった。また、同一の骨材を使用した場合、結合材の種類により単位水量が異なり、C:BS= 50:50（高炉セメント B 種相当）の場合と比較して C:BS= 25:75 の場合で約 5kg/m³、C:BS:FA=25:55:20 の場合で約 10kg/m³ 低減できることが分かった。

表-1 コンクリートの使用材料

項目	種類	記号	諸元
結合材 (B)	普通ポルトランドセメント	C	密度 3.16g/cm ³ , 比表面積 3310cm ² /g
	高炉スラグ微粉末	BS	密度 2.87g/cm ³ , 比表面積 4330cm ² /g
	フライアッシュ	FA	密度 2.23g/cm ³ , 比表面積 3350cm ² /g, MB 吸着量 0.18mg/g
水 (W)	真水	TW	水道水
	海水	SW	南鳥島にて採取、表-3
細骨材 (S)	サンゴ細骨材	CS	南鳥島産砕砂、表-2
	普通細骨材	NS	木更津産陸砂、表-2
粗骨材 (G)	サンゴ粗骨材	CG	南鳥島産砕石、表-2
	普通粗骨材	NG	青梅産砕石、表-2
化学混和剤	高性能 AE 減水剤	SP1	ポリカルボン酸系、 特殊増粘剤を含む
	高性能 AE 減水剤 (海水練り対応型)	SP2	ポリカルボン酸系、 特殊増粘剤を含む
	特殊混和剤	AN	亜硝酸ナトリウム系

表-2 骨材の試験結果

項目	試験結果			
	CS	NS	CG	NG
密度(g/cm ³)	2.58	2.63	2.41	2.65
吸水率(%)	3.81	1.60	6.05	0.92
粗粒率(F.M.)	2.37	2.77	6.26	6.61
単位容積質量(kg/L)	1.66	1.80	1.37	1.54
実績率(%)	67.7	69.6	60.3	58.9

表-3 海水中の主なイオン

イオンの種類		イオン濃度(ppm)
陽イオン	Na ⁺	11,456
	Mg ²⁺	1,248
	Ca ²⁺	331
	K ⁺	329
陰イオン	Cl ⁻	20,559
	SO ₄ ²⁻	2,763
	Br ⁻	63
	F ⁻	1.6

キーワード サンゴ骨材, 海水, 高炉スラグ微粉末, フライアッシュ, 圧縮強度

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 TEL042-495-1276

表-4 コンクリートの配合

配合	骨材	練混ぜ水	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)							フレッシュ試験結果		
					W		B			S	G	スランプフロー (cm)	空気量 (%)	単位体積重量 (kg/m ³)
					TW/SW※	AN※	C	BS	FA	CS/NS	CG/NG			
1. BB-TW-C	サンゴ	真水	45.0	53.9	175	—	194	194	—	901	726	51.0	4.6	2215
2. BB-SW-C	サンゴ	海水	45.0	53.9	164	14	194	194	—	902	726	52.3	4.2	2238
3. CBS-TW-C	サンゴ	真水	45.0	54.3	170	—	94	283	—	916	726	50.0	5.0	2192
4. CBS-SW-C	サンゴ	海水	45.0	54.3	159	14	94	283	—	917	726	52.3	4.8	2202
5. CBS-TW-N	普通	真水	45.0	54.9	165	—	92	275	—	949	805	45.5	5.5	2266
6. CBS-SW-N	普通	海水	45.0	54.9	154	14	92	275	—	951	805	55.8	5.1	2283
7. CBSF-TW-C	サンゴ	真水	45.0	54.4	165	—	92	202	73	920	726	45.3	4.4	2205
8. CBSF-SW-C	サンゴ	海水	45.0	54.4	154	14	92	201	73	921	726	50.3	4.1	2225

※ 海水(SW)の密度は 1.00g/cm³ と仮定して計算する。特殊混和剤(AN)の使用は 14kg/m³(11L/m³)とし、SW+ANの値を単位水量(L/m³)とする。

4. 圧縮強度

材齢 28 日における圧縮強度試験結果を図-1 に示す。サンゴ骨材は多孔質であるため、サンゴ骨材を使用したコンクリートの圧縮強度は低くなると予想されていたが、普通骨材を使用した場合と比較して 30~40%高くなった。このことより、骨材そのものの強度や、遷移体の形成状況等によっては、多孔質な骨材を使用することでかえって強度が高くなる場合もあると考えられる。海水を用いた場合、結合材の種類にかかわらず、真水を用いた場合よりも強度が高くなる傾向にあった。特に、結合材に高炉スラグ微粉末およびフライアッシュを用いた場合（配合 No.8）が顕著で、真水練りに対する増加割合は約 15%であった。

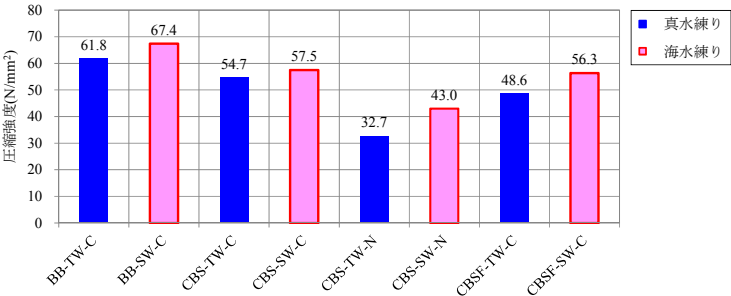


図-1 圧縮強度試験結果（材齢 28 日）

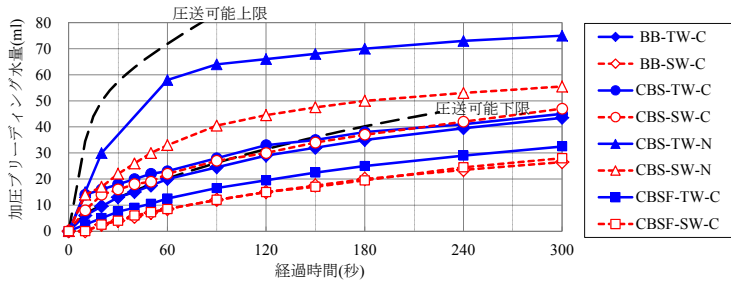


図-2 加圧ブリーディング試験結果

5. 加圧ブリーディング

加圧ブリーディング試験結果を図-2 に示す。サンゴ骨材を使用したコンクリートの加圧ブリーディング水量は、すべての配合で「コンクリートのポンプ施工指針」における圧送可能下限を下回る結果となった。これは、サンゴ骨材中の空隙が加圧によって分離した水分を吸収した結果であると考えられ、このような多孔質な骨材を使用する場合にポンプ圧送が困難になる可能性を示唆している。なお、結合材による加圧ブリーディング水量の違いは、おおむね C:BS=25:75 > C:BS=50:50 > C:BS:FA=25:55:20 となり、フライアッシュを使用した場合に小さくなる傾向にあった。練混ぜ水による違いは、海水の場合にやや小さくなる傾向にあった。以上より、ポンプ施工に関しては、骨材、結合材および練混ぜ水の種類によってポンプ圧送性が異なることに留意しなければならないと考えられる。

6. まとめ

本研究においては、南鳥島で採取した骨材および海水を使用し、高炉スラグ微粉末、フライアッシュおよび海水練り用特殊混和剤を用いた中流動コンクリートの配合設計および物性の確認を行った。その結果、サンゴ骨材、海水および特殊混和剤を用いることで、圧縮強度が増加し、必要な性能を満足するためのセメント量を減少できることが分かった。現地で調達できる材料を使用する場合、コンクリートの品質を確認し、その長所を活用し、短所を補うような材料選定および設計を行うことが重要であると考えられる。

なお、本研究は、内閣官房総合海洋政策本部事務局及び国土交通省総合政策局技術政策課により平成 26 年 4 月に実施された「遠隔離島における産学官連携型の海洋関連技術開発の公募」に、(株)大林組、東京工業大学、(国研)港湾空港技術研究所が共同で応募し、採択された内容の一環であり、本検討は、国土交通省関東地方整備局の協力の下、(株)大林組、東京工業大学の 2 者で実施したものである。

参考文献 1)竹田他：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，Vol.49，No.11，2011