

海水および珊瑚由来の石灰岩骨材を用いた自己充填型コンクリートの収縮特性

東洋建設 正会員 ○竹中 寛 五洋建設 正会員 谷口 修
 東亜建設工業 正会員 網野 貴彦 港湾空港技術研究所 正会員 山路 徹
 早稲田大学 フェロー 清宮 理

1. はじめに

遠隔離島においては、現地で調達できる海水と珊瑚由来の石灰岩から製造される骨材（以下、珊瑚骨材と称す）をコンクリート用材料として用いることが、経済性や製造効率の観点で望まれる。著者らは、これらの材料を用いた自己充填型コンクリートを遠隔離島で活用することを想定し、これまで、コンクリートの諸性状について実験的検討を進めてきた。本稿では、当該コンクリートの収縮特性について、上水道水や一般的な天然骨材（以下、普通骨材と称す）を用いた場合と比較して考察した。

2. 試験概要

コンクリートの配合を表-1に示す。配合は、練混ぜ水に海水、骨材（細・粗骨材）に珊瑚骨材を用いた配合（SW-CA）、練混ぜ水と骨材に海水と普通骨材を用いた配合（SW-NA）および上水道水と普通骨材を用いた配合（TW-NA）の3水準とした。水セメント比は45%で一定とし、スランプフローが $600 \pm 50 \text{ mm}$ 、空気量が $4.5 \pm 1.5\%$ となるように、単位水量、混和剤の添加率および細骨材率を調整した。なお、海水には相模湾で採取した天然海水（Cl⁻濃度1.8%）を使用し、セメントには高炉セメントB種、骨材には珊瑚骨材と普通骨材（陸砂（大井川水系）、硬質砂岩碎石（青梅産））を用いた。また、混和剤には本研究で開発した特殊混和剤（塩分対応型の増粘剤一液型高性能AE減水剤）を使用した。珊瑚骨材は、遠隔離島で採取した石灰岩を現地の骨材製造プラントにて破碎・分級したものであり、5mm以下のものを細骨材（表乾密度 2.60 g/cm^3 、吸水率1.86%）、5~25mmのものを粗骨材（表乾密度 2.40 g/cm^3 、吸水率5.13%）とした。この珊瑚骨材には、写真-1のように内部に空隙を有するものが多く存在しており、その主成分は炭酸カルシウムであった。これらの材料を用いたコンクリートの収縮特性は、自己収縮試験（JCI 自己収縮研究委員会報告書に準拠）、長さ変化率試験（JIS A 1129）および拘束試験（JIS A 1151）により評価した。

3. 珊瑚骨材を用いた自己充填型コンクリートの収縮特性

コンクリートの自己収縮ひずみの経時変化を図-1に示す。普通骨材を用いたケースで比較すると、海水配合（SW-NA）の自己収縮ひずみは、上水道水配合（TW-NA）に比べて $200 (\times 10^{-6})$ 程度大きくなった。これは、練混ぜ水に海水を使用するとセメントの水と反応が促進され、セメントペーストの自己乾燥に伴う体積減少が大きくなったためと推察される。一方、珊瑚骨材を用いた配合（SW-CA）は、海水で練混ぜを行ったにもかかわらず自己収縮ひずみが小さくなり、膨張側を推移する傾向を示した。これは、内部に空隙を有する人工軽量骨材を用いたコンクリートの傾向（内部養生効果等に起因）に類似するものであり、今後、コンクリート中の骨材に含まれる水の挙動を確認するなど、そのメカニズムを明らかにしたいと考えている。

コンクリートの乾燥収縮ひずみの経時変化を図-2に示す。図より、珊瑚骨材を用いた配合（SW-CA）の乾燥収縮ひずみは、普通骨材を用いた配合（SW-NA、TW-NA）に比べて小

表-1 コンクリートの配合

No.	記号	W/C (%)	s/a (%)	単位粗骨材容積 (m^3/m^3)	単位量 (kg/m^3)							混和剤 (C×%) 特殊混和剤 Ad
					上水 TW	海水 SW	セメント C	陸砂 NS	珊瑚砕砂 CS	砕石 NG	珊瑚砕石 CG	
1	SW-CA	45	50.8	0.315	—	185	411	—	845	—	756	1.25
2	SW-NA		52.0	0.315	—	175	389	880	—	828	—	1.10
3	TW-NA		49.7	0.330	175	—	389	848	—	878	—	1.45



写真-1 珊瑚骨材

キーワード 珊瑚骨材, 海水, 自己充填型コンクリート, 自己収縮, 乾燥収縮, ひび割れ

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 TEL:029-885-7511

さくることが示唆された。これは、前述の自己収縮の差異が影響したとも考えられるが、本研究では、コンクリート中の骨材の収縮量の違いにも着目し、骨材自体の乾燥収縮量の比較試験を試みた。この試験では、径が 20mm 程度の粗骨材の一部を研磨し、そこへ防水処理を施して設置したワイヤストレーンゲージのひずみ（7 日間吸水後の値を基準として、20℃60%RH の雰囲気中で乾燥）により評価した。その結果、乾燥過程における骨材の乾燥収縮ひずみの変化は図-3 に示すとおりとなり、個体間のばらつきはあるものの、珊瑚骨材の乾燥収縮ひずみは、普通骨材に比べて小さくなる傾向が認められた。このことから、珊瑚骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮の低減には、自己収縮の抑制に加えて、骨材の乾燥収縮が小さかったことも起因したと推察される。

拘束試験によるひび割れ発生時の収縮応力をその時点での割裂引

張強度（同環境で封緘養生を行った供試体強度から推定）で除した値を応力強度比と称し、ひび割れ発生材齢との関係で整理したものを図-4 に示す。なお、収縮応力は、ワイヤストレーンゲージにより計測した拘束形鋼のひずみから、コンクリートと形鋼にはたらく力のつりあい関係をもとに算定した値である。普通骨材を用いた場合、上水道水配合（TW-NA）は乾燥開始から 3～8 日程度で、海水配合（SW-NA）は 3～15 日程度でそれぞれひび割れが発生し、後者のほうが、若干ひび割れ抵抗性が向上する結果となった。これは、海水で練混ぜたことにより、材齢初期の引張強度が大きかったことが要因と考えられる。

また、珊瑚骨材を用いた配合（SW-CA）は、乾燥開始から 48～56 日後、3 供試体中 2 体にひび割れが認められ、普通骨材を用いた配合に比べてひび割れが発生するまでの期間が長くなる一方、応力強度比は小さくなった。この要因は明らかでないが、人工軽量骨材を用いたコンクリートは、収縮ひずみが小さくひび割れの発生材齢が延びるが、応力強度比は小さくなる（0.2～0.6）との既往の知見¹⁾に類似するものであった。

4. まとめ

以上より、コンクリートの自己収縮ひずみは海水を用いると大きくなるが、骨材として珊瑚骨材を用いることで抑制できること、また、珊瑚骨材を用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみは、普通骨材を用いた場合に比べて小さく、ひび割れ発生までの期間が延びることを明らかにした。なお、本研究は、内閣官房総合海洋政策本部事務局および国土交通省総合政策局技術政策課により実施された「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」で採択され、国土交通省関東地方整備局のご協力の下、早稲田大学、港湾空港技術研究所、五洋建設(株)、東亜建設工業(株)、東洋建設(株)が共同で実施したものである。

参考文献 1) 小川亜希子, 今本啓一, 本間敏明, 石川寛範: 軽量コンクリートを用いた構造体デッキプレートスラブの温度及び収縮挙動に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.545-550, 2011.

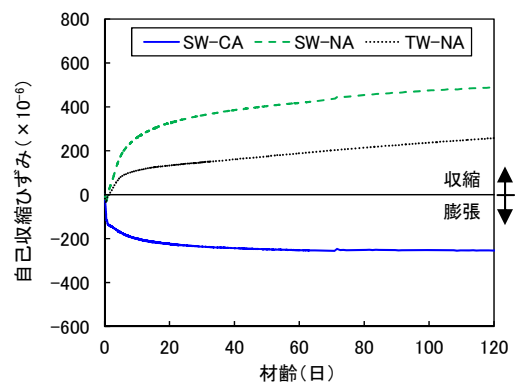


図-1 コンクリートの自己収縮ひずみ

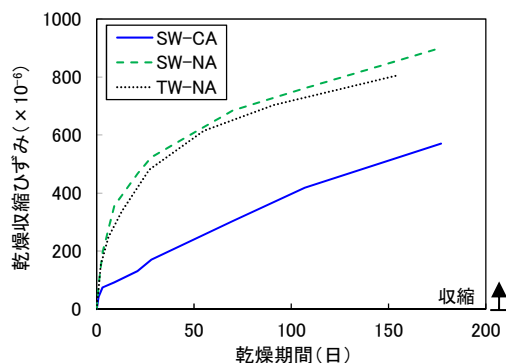


図-2 コンクリートの乾燥収縮ひずみ

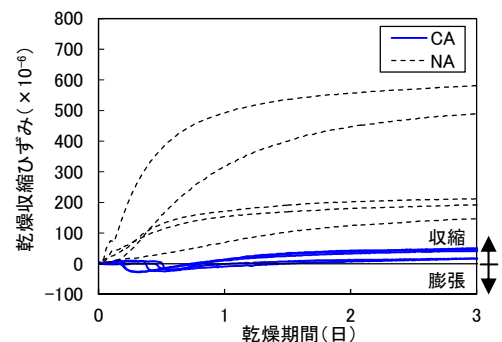


図-3 骨材の乾燥収縮ひずみ

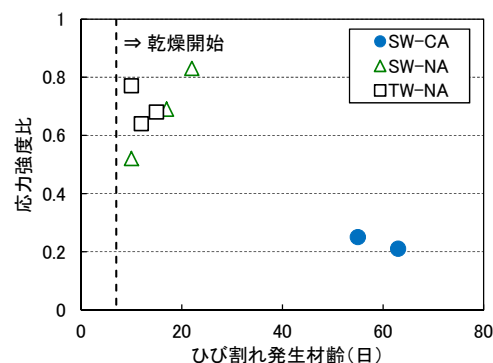


図-4 応力強度比とひび割れ発生材齢の関係