

ホタテ貝殻を利用したコンクリートの耐久性およびミキサー船への適用事例

日本国土開発（株） 正会員 ○山内 匡
早稲田大学 フェロー 清宮 理
国土交通省東北地方整備局 高橋 久雄
国土交通省東北地方整備局 藤森 勉
関西国際空港（株）（前（独）港湾空港技術研究所） 正会員 山路 徹

1. はじめに

筆者らは、ホタテ貝殻の恒常的な大量リサイクル方法の確立を目指し、回転式破碎機（図-1）によって破碎したホタテ貝殻（以下、シェルサンド）を細骨材として利用したコンクリート（以下、シェルコンクリート）の研究を行っている。平成18年8月には、青森県八戸港内において、シェルコンクリートを実機プラントで製造・運搬し、実規模（L5.0×B2.5×H1.4m、16m³/個）のケーソン根固ブロックを製作する実証試験を行い、シェルコンクリートの品質や施工性は、普通コンクリートと同等であることを確認¹⁾した。

本稿では、長期（海中・気中）暴露を開始しているケーソン根固ブロックの材齢1年における圧縮強度や、凍結融解抵抗性などの耐久性、また、シェルコンクリートの用途拡大に向けて、製造・海上打設を行うミキサー船へ適用した結果について報告する。

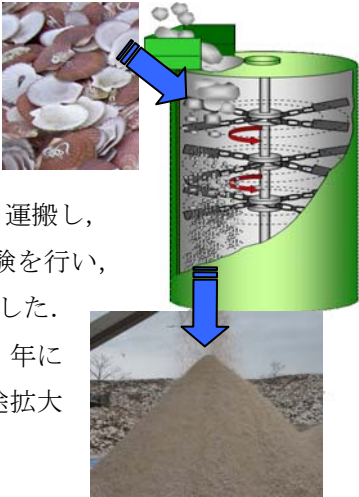


図-1 回転式破碎機

2. 耐久性

実証試験はシェルサンドを細骨材の25%、50%（容積比）に置換したシェルコンクリートと普通コンクリートの計3配合で実施した。シェルサンド（SS）の物性とコンクリート配合を表-1、表-2に示す。セメントは普通ポルトランドセメント（C：密度3.16g/m³）を、細骨材は山砂（S①：表乾密度2.62g/m³、粗粒率2.40）と砕砂（S②：表乾密度2.66g/m³、粗粒率3.00）を、粗骨材は2505砕石（G①：表乾密度2.70g/m³、実積率63.0%）と4020砕石（G②：表乾密度2.93g/m³、実積率59.5%）を使用した。配合条件は水セメント比65%、設計基準強度（σ₂₈）18N/mm²とし、シェルコンクリートの配合はスランプ8±2.5cm、空気量4.5%±1.5%が得られるように、単位水量およびAE剤を用いて調整した。

表-1 シェルサンド（SS）の物性

試験項目	物性値	試験方法
表乾密度(g/cm ³)	2.63	JIS A 1109
吸水率(%)	1.02	
微粒分量(%)	8.5	JIS A 1103
有機不純物	淡い	JIS A 1105
NaCl含有量(%)	0.003	JASS 5T 202

表-2 コンクリート配合（実証試験） *1A=0.003%

記号	W/C (%)	SS置換率 (%)	単位量(kg/m ³)							C× (%)	
			W	C	SS	S①	S②	G①	G②	Ad	AE剤*
SS0	65	0	149	229	0	534	292	623	553	1.00	2.0A
SS25		25	160	246	195	584	0	623	553	1.00	1.5A
SS50		50	172	265	367	366	0	623	553	1.00	0.8A

2.5 cm、空気量4.5%±1.5%が得られるように、単位水量およびAE剤を用いて調整した。

(1) 圧縮強度

海中暴露および気中暴露を行っているそれぞれのケーソン根固ブロックから、材齢1年においてコアを採取した。コア供試体は、深さ方向90cm程度まで採取したコアを3分割して圧縮強度試験用（φ125×250mm）に成形したものである。暴露開始前の材齢28日と材齢1年のコア供試体による圧縮強度の試験結果を図-2に示す。普通コンクリート（SS0）と同様に、海中暴露および気中暴露ともに、シェルコンクリート（SS25、SS50）の材齢1年における圧縮強度の低下はみられなく、材齢28日からの強度の伸びも同程度であった。

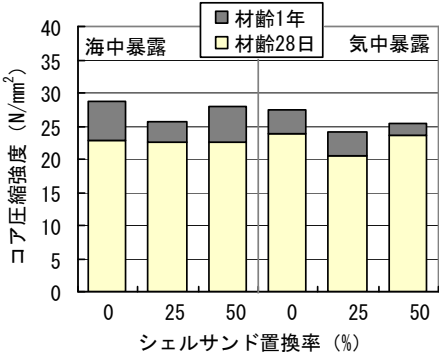


図-2 コアの圧縮強度試験結果

キーワード：ホタテ貝殻、リサイクル、シェルコンクリート、回転式破碎機、ケーソン

連絡先：〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4036-1 TEL 046-285-3339 FAX 046-286-1642

(2) 凍結融解抵抗性

ホタテ貝殻の生産量の多い地域は青森県等の寒冷地であるため、特に、シェルコンクリートの凍結融解抵抗性は重要となる。凍結融解試験(JIS A 1148(A 法))によるサイクル数と相対動弾性係数の関係を図-3に示す。シェルコンクリート(SS25, SS50)の相対動弾性係数は、普通コンクリート(SS0)と同様に、凍結融解に対する抵抗性を確保するうえで必要とされている60%を十分満足する結果であった。

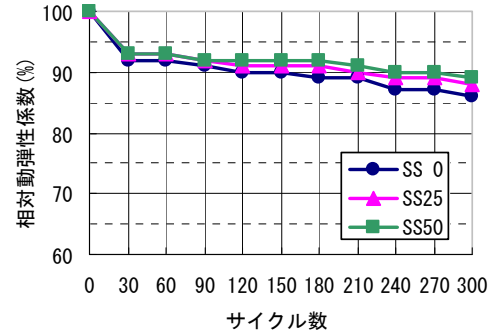


図-3 サイクル数と相対動弾性係数の関係

3. コンクリートミキサー船への適用

ケーソンの蓋コンクリートなどは、通常、ミキサー船によって製造したコンクリートによって海上打設が行われる。シェルコンクリートの用途拡大に向け、ミキサー船への適用性について検討を行った。

表-3 コンクリート配合(ミキサー船への適用性の検討)

記号	W/C (%)	SS 置換率 (%)	単位量(kg/m ³)					C× (%)
			W	C	SS	S	G	
SS0	63	0	147	234	0	796	1260	0.25
SS25		25	151	241	193	586	1260	0.25

シェルサンドを細骨材の25%(容積比)に置換したシェルコンクリートと普通コンクリートの2配合で実施した。コンクリート配合を表-3に示す。セメントは高炉セメントB種(C:密度3.04g/m³)を、細骨材は陸砂(S:表乾密度2.62g/m³,粗粒率2.58)を、粗骨材は4005碎石(G:表乾密度2.95g/m³,実積率61.0%)を使用した。配合条件は水セメント比63%,設計基準強度(σ_{28})18N/mm²とし、シェルコンクリートの配合はスランブ8±2.5cm,空気量4.5%±1.5%が得られるように単位水量による調整を行った。

表-4 スランブおよび空気量

記号	打設量 (m ³)	スランブ (cm)	空気量 (%)
SS0	0	8.5	4.7
	50	7.0	5.6
	100	9.0	5.3
	135	7.0	5.3
SS25	0	8.5	4.3
	50	9.0	4.4
	100	7.0	4.5
	135	9.0	4.5

(1) 品質および施工性

コンクリート打設量50m³毎に行ったスランブおよび空気量の試験結果を表-4に示す。ミキサー船において製造されたシェルコンクリート(SS25)の品質のばらつきは、普通コンクリート(SS0)と同程度であり、また、打設箇所においては、ホースの閉塞や材料分離等はみられず、良好なワーカビリティが得られた。シェルサンド置換率25%のシェルコンクリートであれば、普通コンクリートと同様にミキサー船に適用できることが確認された。

表-5 圧縮強度の試験結果

記号	打設量 (m ³)	圧縮強度 (N/mm ²)	
		$\sigma_{7日}$	$\sigma_{28日}$
SS0	0	16.1	27.4
	50	12.7	24.4
	100	13.8	25.7
	135	12.1	24.6
SS25	0	19.1	28.0
	50	19.7	28.6
	100	21.8	32.4
	135	19.4	29.3

(2) 圧縮強度

材齢7日および材齢28日における、コンクリート打設量50m³毎の圧縮強度($\phi 125 \times 250$ mm)の試験結果を表-5に示す。シェルコンクリート(SS25)の圧縮強度のばらつきは、普通コンクリート(SS0)と同程度であり、設計基準強度18N/mm²を十分に満足する結果であった。

4. まとめ

海中暴露および気中暴露を行っているシェルコンクリートの材齢1年における圧縮強度、また、凍結融解試験結果によるシェルコンクリートの凍結融解抵抗性は、普通コンクリートと同程度であることを確認した。また、シェルサンド置換率25%のシェルコンクリートであれば、製造・海上打設を行うコンクリートミキサー船へ普通コンクリートと同様に適用できることを確認した。

現在も、実証試験で製作したケーソン根固ブロックは暴露試験を継続している。今後、長期のデータを測定し、シェルコンクリートの各種耐久性能について把握するとともに、用途の拡大に向け、更なる検討を進めていく予定である。なお、本研究は国土交通省東北地方整備局、(独)港湾空港技術研究所、早稲田大学、日本国土開発(株)の共同技術開発として実施しているものである。

参考文献

- 1) 山内匡, 清宮理, 若崎正光, ホタテ貝殻を利用したコンクリートの実証試験:土木学会第62回年次学術講演会, 5-398, 2007.9



写真-1 施工状況