

ホタテ貝殻のコンクリート用細骨材への活用

東北地方整備局 仙台港湾空港技術調査事務所 技術開発課 三品 和彦

1. はじめに

全国で毎年大量の貝殻がリサイクルできずに廃棄物として処分され、一部では長期間野積み状態で放置されて悪臭の発生や景観を損ねるといった問題も生じている。

貝殻の有効利用に関しては、多くの分野で研究開発が進み、リサイクル率は上昇の傾向にあるが、全量リサイクルには至っておらず、廃棄された貝殻の量は年々増加していることから、新たな大量リサイクル方法の確立が求められている。

そこで、主に北海道、青森県で年間約50万トンが生産されているホタテ貝を対象として、**図-1**のように細粉碎した貝殻(以下、シェルサンド、SS)を、山砂と混合して細骨材として用いたコンクリート(以下シェルコンクリート)について、その基本的性質や適用性等の検討を行った。

この研究は早稲田大学、独立行政法人港湾空港技術研究所、日本国土開発株式会社との共同技術開発として実施しているものである。



図-1 回転式破碎概念図

2. 材料特性

2.1. ホタテ貝殻の細粉碎

貝殻は、半成貝と呼ばれる1年もの小さなホタテの貝殻を使用している。半成貝はホタテ生産量の約7割を占め、ボイル等の工場加工がなされている。

ホタテ貝殻は扁平であるため、細骨材として用いるためには適用可能な大きさまで細粉碎し、粒度を調整する必要がある。本研究で用いた回転式破碎機は、円筒内で高速回転する複数のチェーンの打撃力で貝殻を粉碎するもので、チェーン回転数等の仕様を変えることにより粒度調整が可能である。

2.2. シェルサンドの物性

表-1にシェルサンドの物性試験結果を示す。表乾密度は $2.63\text{g}/\text{cm}^3$ と一般の砂と比較しても遜色のない値であり、吸水率も1.02%で細骨材としての規格(JIS A 5308)を満足する値であった。

表-1 シェルサンドの物性値

試験項目	試験方法	規格値	物性値
絶乾密度(g/cm^3)	JIS A 1109	2.5 以上	2.60
表乾密度(g/cm^3)		—	2.63
吸水率(%)		3.5 以下	1.02
微粒分量(%)	JIS A 1103	7.0 以下	8.5
NaCl 含有量(%)	JASS 5T 202	0.04 以下	0.003
有機不純物	JIS A 1105	淡い	淡い

微粒分量は規格値を満足しなかったが、ホタテ貝殻の主成分が炭酸カルシウムであり、その主体はカルサイトであることから、成分的にはコンクリートの流動性向上等を目的として用いられる、石灰石微粉末と同様の扱いができると考えられる。なお、コンクリートへの影響等については、今後も引き続き検証を行っていく予定である。

NaCl含有量は0.003%で許容値0.04%以下を十分満足し、また、有機不純物についても問題のない結果であったが、これらの要因としては、本研究で使用した貝殻がボイル加工されたものであり、加工後は屋外に長期間集積されていたため、この間に雨水等によって残渣が洗い流されたためと考えられる。

2. 3. 粒度分布

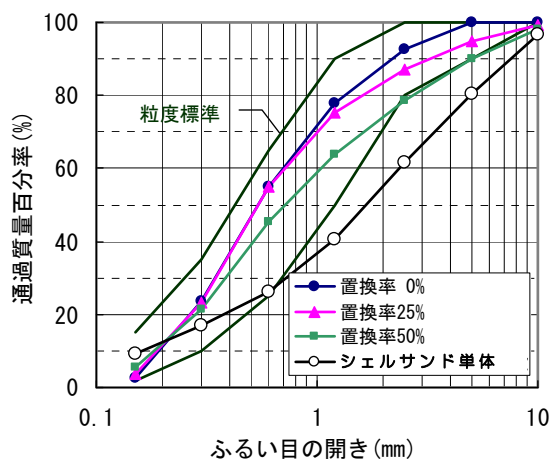


図-2 粒度分布

シェルサンド、一般の砂(置換率 0%)および砂をシェルサンドに置換(置換率 25%、50%)した後の細骨材全体の粒度分布を図-2に示す。図中の粒度標準はコンクリート用砕砂(JIS A 5005)の範囲である。シェルサンド単体では、粒度の大きい範囲で粒度標準を満足しなかったが、山砂と混合することで、細骨材全体では粒度標準を概ね満足する粒度分布を得られることが確認できた。

3. 実証試験

3. 1. 試験概要

シェルコンクリートと普通コンクリート(置換率 0%)について、それぞれの品質、施工性、強度特性および耐久性等を比較検討するための実証試験を行った。青森県八戸市において、実機プラントで製造された普通コンクリートおよびシェルサンド置換率 25%、50%のシェルコンクリートの 3 種類のコンクリートを、八戸港内の製作ヤードへ運搬し、実規模(L5.0m×B2.5m×H1.4m)のケーソン根固ブロック(コンクリート数量 16m³/個)を 6 個(気中および海中暴露用を各々3種類)製作し、各種試験を行った。

3. 2. 使用材料およびコンクリート配合

シェルサンド(SS)以外の材料はプラントの通常使用材料とし、表-2に示すとおり、セメントは普通ポルトランドセメント(C)、細骨材は山砂(S①)と砕砂(S②)、粗骨材は 2505 砕石(G①)と 4020 砕石(G②)を使用した。

表-2 使用材料

使用材料	種類および主な性質
セメント(C)	普通ポルトランドセメント(N) 密度:3.16 g/cm ³
細骨材(S①)	六ヶ所村産山砂 表乾密度:2.62g/cm ³ 吸水率:2.10%
細骨材(S②)	八戸市産砕砂 表乾密度:2.66g/cm ³ 吸水率:1.08%
シェルサンド(SS)	表-1
粗骨材(G①)	八戸市産 2505 砕石 表乾密度:2.70g/cm ³ 吸水率:0.34%
粗骨材(G②)	八戸市産 4020 砕石 表乾密度:2.93g/cm ³ 吸水率:0.33%
AE 減水剤(Ad)	リグニンスルホン酸化合物

コンクリート配合の設計条件については、28日強度 18N/mm^2 、スランプ 8cm 、粗骨材の最大寸法 40mm 、最大水セメント比 65% とした。

配合は試験練りの結果から決定したが、シェルサンド置換率の増加に伴い、目標スランプを得るのに必要な単位水量が増える傾向にあった。また、空気量も増える傾向にあったため、AE剤の添加量により調整を行った。配合表を表-3に示す。

表-3 コンクリート配合表

	W/C (%)	シェルサンド置換率(%)	単位量(kg/m ³)							Cx(%)	
			W	C	SS	S①	S②	G①	G②	Ad	AE剤
SS0	65	0	149	229	0	534	292	623	553	1.00	0.0020
SS25		25	160	246	195	584	0	623	553	1.00	0.0015
SS50		50	172	265	367	366	0	623	553	1.00	0.0010

4. 試験結果

4.1. 品質および施工性

運搬による経時変化および品質の確認のために、実機プラントと製作ヤードで実施したスランプ、空気量の試験結果を図-3に示す。図中の太線は、スランプの許容差 $8\pm 2.5\text{cm}$ 、空気量の許容差 $4.5\pm 1.5\%$ であるが、シェルコンクリートの運搬による経時変化および品質のばらつきは、普通コンクリートでもみられる程度のもので、打設時に所要の品質を確保できることが確認された。

また、塩化物イオン量についても、平均で 0.046kg/m^3 とコンクリート標準示方書に示されている規定値の 0.3kg/m^3 以下を十分満足する値であった。

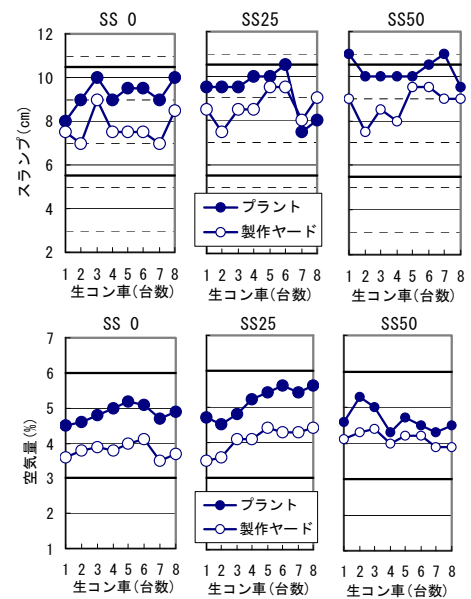


図-3 スランプ、空気量試験結果

4.2. 強度試験

標準養生を行った供試体の各種強度試験結果を表-4に示す。圧縮強度は、普通コンクリートに比べ若干低下する傾向が見られたが、設計強度は満足しており、実用上は問題ないものと考えられる。引張強度、曲げ強度との関係についても、図-4に示すとおり、標準示方書に示されている特性値を満足している。

表-4 強度試験結果

シェルサンド置換率(%)	圧縮強度(N/mm ²)			静弾性係数(kN/mm ²)			引張強度(N/mm ²)	曲げ強度(N/mm ²)
	σ_{7d}	σ_{28d}	σ_{91d}	σ_{7d}	σ_{28d}	σ_{91d}	σ_{28d}	σ_{28d}
0	18.0	27.8	30.3	26.4	32.3	32.0	2.28	4.19
25	16.1	24.9	27.2	22.6	27.6	29.0	2.41	3.97
50	15.9	25.2	29.2	21.6	26.3	28.2	2.05	3.52

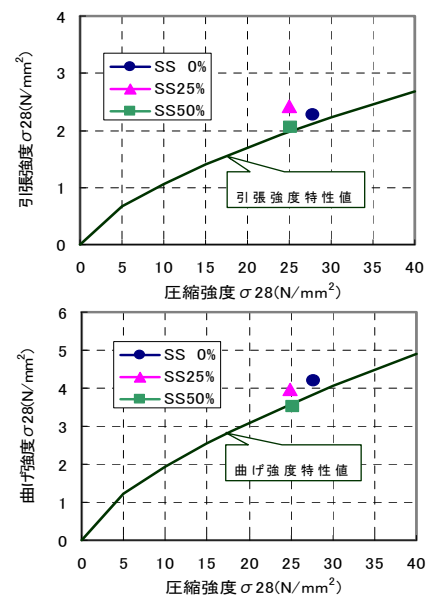


図-4 圧縮強度との関係

5. まとめ

本研究は、リサイクル材の有効活用を目的に、ホタテ貝殻を利用したコンクリートについて、検討したものであるが、その結果は以下のとおりであった。

- 1) 回転式破砕機を用いることで、ホタテ貝殻を適度な粒度に調整することができ、シェルサンドを砂と混合することで、コンクリート用細骨材として適用可能な粒度分布を得ることができた。
- 2) 実機プラントでの適用も可能で、輸送による経時変化および品質のばらつきにも問題はない。
- 3) 施工性は概ね良好なワーカビリティが得られたが、シェルサンド置換率の増加に伴いブリーディングが増える傾向にあった。
- 4) シェルコンクリートが普通コンクリートと比較しても遜色のない強度を得られることが確認された。

6. 今後の検討内容

開発は平成 18、19、20 年度の 3 箇年で実証試験および適用性評価を行うこととしており、今後は図-5に示すスケジュールのとおり、以下の内容について確認および検討を行うこととしている。

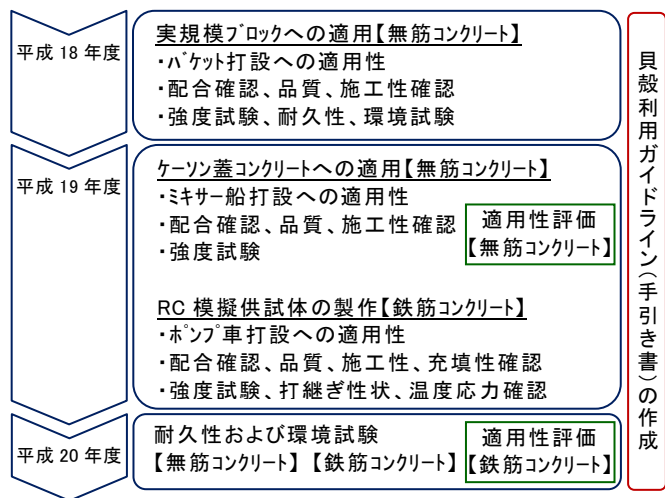


図-5 開発スケジュール

1) 耐久性の確認

写真-1に示すとおり、製作した根固ブロックは八戸港内において気中および海中で暴露試験を実施しており、圧縮強度、全塩化物イオン濃度等の長期データを測定して、耐久性能を確認する。



写真-1 ブロック海中据付状況

2) ミキサー船打設適用性の確認

コンクリートミキサー船による製造や大施工数量への適用性について確認する。施工状況を写真-2に示す。



写真-2 ミキサー船打設状況

3) 鉄筋コンクリート適用性の確認

RC 模擬供試体を製作し、施工性、鉄筋部への充填性、打継ぎ性状、温度応力等の確認を行う。

4) 実用化へ向けた検討

実用化へ向けては、製造コスト、安定供給、工場生産ライン、付加価値等の課題を検討するとともに、施工に係る手引き書を作成する。