

ホタテ貝殻を利用したコンクリートの基本的な強度特性

早稲田大学 学生会員 ○國枝 和正

早稲田大学 フェロー 清宮 理

日本国土開発(株) 正会員 山内 匡

日本国土開発(株) 正会員 横田 季彦

1. はじめに

青森県や北海道においては、加工用にボイルされた一部のホタテ貝殻が屋外に長期間野積み状態(写真-1)にされ、悪臭の発生や景観を損ねる場合も出てきている。しかし、有効な大量リサイクル方法は提案されていないのが現状である。筆者らは、主成分が炭酸カルシウムであるホタテ貝殻を細粉碎して、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)の開発研究を進めている。すでに配合、強度等についての基本的な性状¹⁾を把握し、実海域での無筋コンクリートブロックの実証試験を実施している。



写真-1 ホタテ貝殻の野積み状況

本稿では、室内試験で行ったシェルコンクリートの曲げ靱性特性や、鉄筋コンクリート構造物への適用に向けて実施した鉄筋とシェルコンクリートとの付着強度試験の結果を報告する。

2. 使用材料およびコンクリート配合

表-1 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;密度:3.16 g/cm ³
ホタテ貝殻(SS)	青森県産;表乾密度:2.63g/cm ³
細骨材(S)	大井川産川砂;表乾密度:2.58g/cm ³
粗骨材(G)	相模川産 2005 砕石;表乾密度:2.65g/cm ³
AE 減水剤(Ad)	リグニンスルホン酸化合物

使用材料を表-1に、コンクリート配合を表-2に示す。破碎したホタテ貝殻の細骨材への置換率は0%, 25%, 50%, 100%の4種類に設定した。なお、ホタテ貝殻の破碎には、コンクリート用細骨材として適用可能な大きさまで細粉碎することが可能な回転式破碎機¹⁾を用いた。

表-2 コンクリート配合

記号	W/C (%)	ホタテ貝殻置換率 (%)	単位量 (kg/m ³)					C× (%)	
			W	C	SS	S	G	Ad	AE
SS0	50	0	157	314	0	811	1018	0.32	2.4A
SS25		25	172	344	172	561	1018	0.32	1.2A
SS50		50	188	199	313	340	1018	0.32	0.7A
SS100		100	204	408	563	0	1018	0.32	0.0A

3. 曲げ靱性試験

曲げ靱性試験²⁾は切欠き梁(寸法 10×10×40cm)を用い、3点曲げ載荷時の荷重—ひび割れ肩口開口変位(CMOD)

曲線から、次式によりコンクリートの破壊エネルギーを算定した。

$$G_F = \frac{0.75W_0 + W_1}{A_{lig}} \quad W_1 = 0.75 \left(\frac{S}{L} m_1 + 2m_2 \right) g \times CMOD_c$$

ここに、 G_F :破壊エネルギー(N/mm), W_0 :供試体が破断するまでの荷重・CMOD 曲線下の面積(N・mm),

W_1 :供試体の自重および載荷治具がなす仕事(N・mm), $CMOD_c$:破断時のひび割れ開口変位(mm)

ホタテ貝殻の置換率と圧縮強度の関係を図-1に、また、静弾性係数との関係を図-2に示す。置換率25~100%の範囲で圧縮強度は向上し、静弾性係数はやや低下する傾向にあった。

図-3, 図-4に示すように荷重—CMOD 曲線下の面積はホタテ貝殻の置換率の増加に伴い大きくなり、また、破壊エネルギーも向上した。この原因としては、貝殻は砂と違い扁平な形状であるため、貝殻が互にかみ合い、これが破断までの破壊エネルギーの増加に影響を与えている

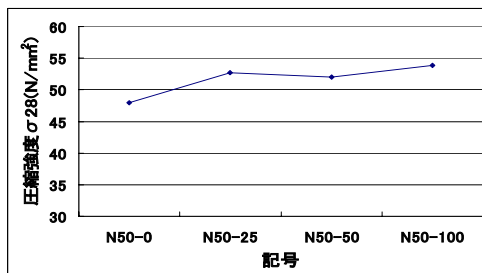


図-1 ホタテ貝殻置換率と圧縮強度の関係

キーワード ホタテ貝殻, リサイクル, シェルコンクリート, 破壊エネルギー, 付着応力度

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学 社会環境工学科 清宮研究室 TEL 03-5286-3852

ものと考えられる。なお、貝殻の置換率が増加するほど、破断までの試験体の鉛直変形量は増加した。

4. 付着強度試験

鉄筋とシェルコンクリートとの付着強度試験³⁾(寸法 15×15×15cm)を行い、付着の機構と付着に影響する各種因子について検討した。鉄筋は異形鋼 D19 を使用し、次式により付着応力度を算定した。

$$\tau = \frac{P}{4\pi D^2} \times \alpha$$

ここに、 τ : 付着応力度 (N/mm²), P : 引張荷重 (N),
 D : 鉄筋の直径 (19.1mm),
 α : コンクリートの圧縮強度に対する補正係数

ホタテ貝殻の置換率とすべり量が 0.002D (0.0382mm) における付着応力度の関係を図-5 に、また、最大付着応力度との関係を図-6 に示す。すべり量が 0.002D における付着応力度は、貝殻の置換率とともに上昇した。これも貝殻の扁平な形状が関係していると考えられる。一方、最大付着応力度に関しては置換率 25% の時をピークにして、貝殻の置換率の上昇によって若干小さくなる傾向がみられたが、普通コンクリートと同等の値であった。

5. 練まぜ等への影響

ホタテ貝殻の置換率 100% のシェルコンクリートは、室内試験においてミキサーで混合する際、貝殻がミキサーの羽の隙間にかみ合い、ミキサーに不具合が生じることがみられた。また、試験体作製時には、突き棒がやや突き難い状態であった。実機プラントでの製造や現場での施工などを考慮すると、現状では置換率 25～50% 程度が適当と思われる。なお、実証試験では、置換率 25～50% の範囲で問題なくケーソン根固ブロックの製作を行った。

6. まとめ

シェルコンクリートの曲げ靱性特性や、鉄筋とシェルコンクリートとの付着強度は、普通コンクリートと同等の結果が得られた。回転破砕機によって細粉碎したホタテ貝殻は、コンクリート用細骨材として、各種強度の面から十分使用できるものと判断できる。今後は、鉄筋コンクリートへの適用に向けて、RC 梁部材の載荷試験を行い、破壊性状からシェルコンクリートの曲げ特性やせん断特性についての検討を行っていく予定である。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, 横田季彦, 八木展彦, ホタテ貝殻を細骨材として活用したコンクリートの基本的特性: コンクリート工学年次論文集, 2006.6, pp.1649-1654
- 2) JCI ホームページ, 切欠きはりを有したコンクリートの破壊エネルギー試験方法 JCI-S-001-2003, (http://www.jci-web.jp_standard/img/r3JCI-S-001-2003.pdf)
- 3) 土木学会コンクリート委員会: コンクリート標準示方書[規準編] 土木学会規準および関連規準, pp.239~242, 2005

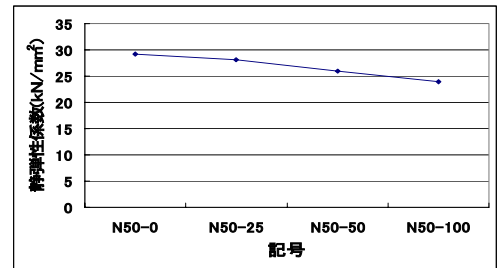


図-2 ホタテ貝殻置換率と静弾性係数の関係

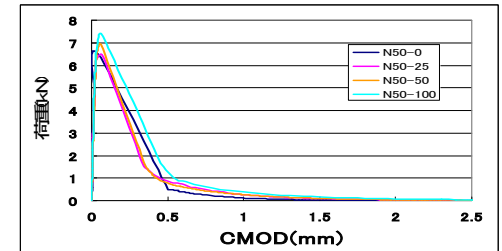


図-3 荷重-CMOD 曲線

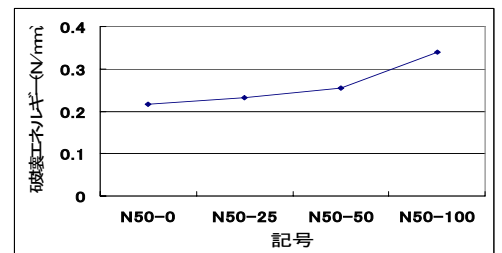


図-4 ホタテ貝殻置換率と破壊エネルギーの関係

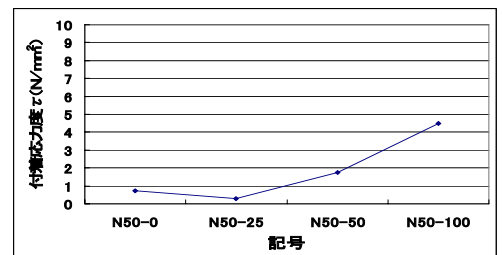


図-5 ホタテ貝殻置換率とすべり量が 0.002D における付着応力度の関係

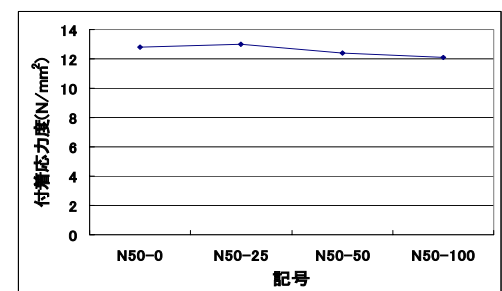


図-6 ホタテ貝殻置換率と最大付着応力度の関係