

# ホタテ貝殻のコンクリート用細骨材への活用

国土交通省東北地方整備局仙台港湾空港技術調査事務所 法人会員 ○小野寺 美昭  
国土交通省東北地方整備局仙台港湾空港技術調査事務所 法人会員 千葉 秀樹

## 1. はじめに

全国で年間約 50 万トンのホタテ貝が生産され、そのうち約 20 万トンの貝殻がリサイクルできずに廃棄されている。一部では長期間野積み状態で放置され、悪臭の発生や景観を損ねる状況を呈している。そこで、有効なリサイクル方法として、ホタテの貝殻を回転式破碎装置により粉碎してコンクリート用細骨材に利用するための開発研究を行っている。本年度、実証試験として港湾構造物のひとつである根固ブロック(無筋コンクリート)の製作・海中据付等を実施した。本稿では、その結果をもとにコンクリート用細骨材としての適用性について報告するものである。

## 2. 実証試験概要

根固ブロック(L5.0m×B2.5m×H1.4m)の製作に使用するコンクリートは、普通コンクリート、シェルサンド<sup>\*1</sup>混合率 25%,50%の計 3 種類とし、海中および陸上暴露試験用に各 2 個の計 6 個を製作した。コンクリートの配合条件を表 - 1 に、実機試験練り結果により決定した配合表を表 - 2 に示す。

表 - 1 配合条件

| 対 象    | 配合条件         |           |               |                                             |
|--------|--------------|-----------|---------------|---------------------------------------------|
|        | 最大水セメント比 (%) | スランブ (cm) | 粗骨材の最大寸法 (mm) | コンクリート強度 $\sigma_{28}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |
| 根固ブロック | 65           | 8         | 40            | 18                                          |

表 - 2 コンクリート配合表

| コンクリートの種類               | シェルサンド混合率 (%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |                  |     |     |     |     | C× (%) |        |
|-------------------------|---------------|--------------------------|-----|------------------|-----|-----|-----|-----|--------|--------|
|                         |               | C                        | W   | SS <sup>*3</sup> | S   | S   | G   | G   | Ad     | AE     |
| 普通コンクリート                | 0             | 229                      | 149 | 0                | 534 | 292 |     |     |        | 0.0090 |
| シェルコンクリート <sup>*2</sup> | 25            | 246                      | 160 | 195              | 584 | 0   | 623 | 553 | 1.00   | 0.0060 |
|                         | 50            | 265                      | 172 | 367              | 366 | 0   |     |     |        | 0.0045 |

## 3. 実証試験結果

### (1) シェルサンド物理試験結果

シェルサンドの物性値を表 - 3 に示す。微粒分量(75 $\mu$  以下)の物性値以外は、コンクリート用細骨材としての規格(JIS A 5308)を満足する値であった。微粒分量は、規格値を満足しなかったが、その主成分は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、コンクリートの流動性改善や水和発熱低減等を目的として用いられるコンクリート用石灰石微粉末と同様な扱いができると考えられる。また、シェルサンド混合後の細骨材全体の粒度分布を図 - 1 に示す。図中に示す標準粒度は、0.15mm の通過質量百分率(%)の値が 2 ~ 15% であるコンクリート用砕砂(JIS A5005)の範囲とする。シェルサンド混合後の細骨材全体では、標準粒度を満足する粒度分布であることが確認できた。

表 - 3 シェルサンド物性値

| 試験項目        | 試験方法        | 測定項目                     | 規格              | 試験結果  |
|-------------|-------------|--------------------------|-----------------|-------|
| 比重・吸水試験     | JIS A 1109  | 表乾密度(g/cm <sup>3</sup> ) | -               | 2.63  |
|             |             | 絶対密度(g/cm <sup>3</sup> ) | 2.5以上           | 2.6   |
|             |             | 吸水率(%)                   | 3.5以下           | 1.02  |
| ふるい分け試験     | JIS A 1102  | 粗粒率F.M.                  | -               | 3.69  |
| 微粒分量試験      | JIS A 1103  | 微粒分量(%)                  | 7.0以下           | 8.5   |
| 有機不純物試験     | JIS A 1105  | 有機不純物                    | 淡い              |       |
| NaCl含有量試験   | JASS 5T 202 | 可溶性塩分(NaCl)量(%)          | 0.04以下          | 0.003 |
| 全塩化物(CL-)試験 | JIS A 1154  | 全塩化物(CL-)量(%)            | -               | 0.004 |
| すりへり試験      | JIS A 1121  | すりへり減量(%)                | - <sup>*4</sup> | 13.4  |

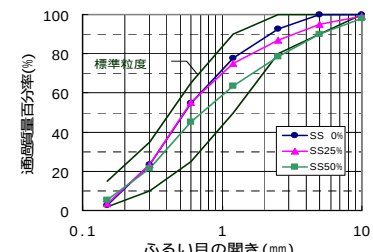


図 - 1 シェルサンド混合後の細骨材全体の粒度分布

### (2) 品質・施工性確認結果

#### 1) 運搬による経時変化および品質のバラツキの確認

生コン工場と製作ヤードで行ったスランブ・空気量(フレッシュ性状)の試験結果を、図 - 2 に示す。図中の太線は、スランブの許容差  $8 \pm 2.5$ cm、空気量の許容差  $4.5 \pm 1.5$ % であるが、運搬による経時変化および品質のバラツキは、普通コンクリートと同等であることが確認できた。施工性確認では、各配合において良好なワーカビリティが得られたが、シェルサンドの混合率の増加に伴いブリーディングは増え、凝結時間も遅くなる傾向が見られた。

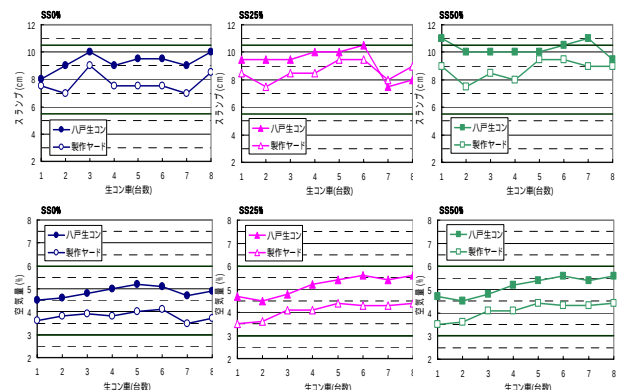


図 - 2 スランブ・空気量の経時変化および品質のバラツキ

<sup>\*1</sup> ホタテの貝殻を破碎して製造した人工の砂、<sup>\*2</sup> シェルサンドを混合して製造したコンクリート、<sup>\*3</sup> シェルサンドの略、<sup>\*4</sup> 比較として行った現地の砕砂のすりへり減量(%) : 23.4%

また、塩化物イオン量の確認では、コンクリート標準示方書に示されている値 0.3kg/m<sup>3</sup>以下に対し、製作ヤードにおいて行った試験の平均値(全6回実施)は、0.046kg/m<sup>3</sup>であり、規定値以下である事が確認できた。

2) 材料分離抵抗性の確認

打設方向で採取した深さ別のコア単位体積質量で評価した。コンクリートの材料分離抵抗性が低下する場合、振動締固め等によってコア下部の単位体積質量は増大する傾向がみられる。圧縮強度用に成形したコア供試体(材齢28日)の各ブロックそれぞれの深さ別の平均単位体積質量を図-4に示す。シェルコンクリートの材料分離抵抗性は、普通コンクリートと同等であることが確認できた。

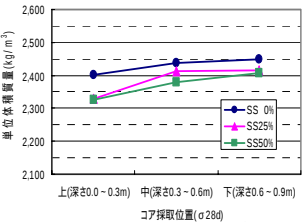


図-4 コア採取深さと平均単位体

(3) 各種強度確認結果

標準養生を行った供試体の圧縮強度、静弾性係数を表-5に示す。材齢28日について、圧縮強度と静弾性係数の関係を図-5に示す。図中には、コンクリート標準示方書に示されている特性値を示す。圧縮強度は、普通コンクリートと比べ幾分低下する傾向が認められたが、設計基準強度 18N/mm<sup>2</sup>は満足しており、実用上は問題ないものと考えられる。静弾性係数は、圧縮強度との関係からも、普通コンクリートと比べ低下する傾向が認められたが、特性値は満足しており、実用上は問題ないものと考えられる。また、引張強度および曲げ強度試験結果を表-5に、材齢28日について、圧縮強度との関係を図-6,7に示す。引張強度および曲げ強度は、普通コンクリートと比べ幾分低下する値もみられるが、圧縮強度との関係からは、普通コンクリートと同等であることが確認できた。

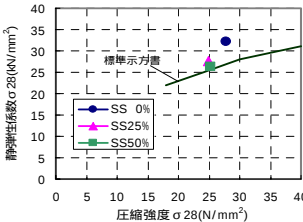


図-5 圧縮強度と静弾性係数の関係

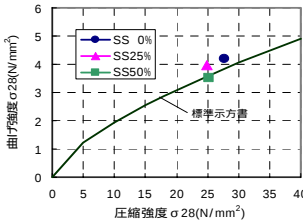


図-6 圧縮強度と引張強度の関係

表-5 圧縮強度・静弾性係数・引張強度・曲げ強度

| シェルサ<br>ンド<br>混合率(%) | 圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> ) |      |      | 静弾性係数(kN/mm <sup>2</sup> ) |      |      | 引張強度(N/mm <sup>2</sup> ) | 曲げ強度(N/mm <sup>2</sup> ) |
|----------------------|--------------------------|------|------|----------------------------|------|------|--------------------------|--------------------------|
|                      | σ7d                      | σ28d | σ91d | σ7d                        | σ28d | σ91d | σ28d                     | σ28d                     |
| 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                     |

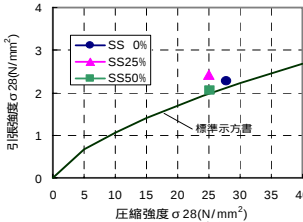


図-7 圧縮強度と曲げ強度の関係

(4) 耐久性・環境確認

1) 暴露試験・凍結融解試験

圧縮強度、全塩化物イオン濃度の確認を目的とした暴露試験(陸上・海中)を、材齢28日の圧縮強度確認用のコアを採取後開始し、1年後および2年後にコアを採取し、比較確認を行う予定である。また、凍結融解試験結果を図-8に示す。凍結および融解の1サイクルを300回繰り返し、動弾性係数の低下の度合いによって求める耐久性指数は、一般に60%以上が必要である。これに対し、いずれも目標値を満足しており、さらに普通コンクリートと比べ凍結融解に対する抵抗性の向上がみられており、今後更なる検証が必要と考えている。

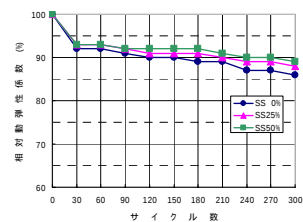


図-8 凍結融解試験結果

4. まとめ

今回の試験では、シェルサンドの混合率の増加に伴いブリーディングが増える傾向が見られたが、混和剤量の調整でブリーディングを減らす事は可能であると考えているので、詳細な検討を行っていく予定である。また、耐久性等の確認は残っているが、実証試験で確認した品質や施工性、各種強度の試験結果からみれば、シェルコンクリートは、普通コンクリートと同等の性能を十分に有しているものと考えられる。今後は、ポンプ圧送の作業性確認や鉄筋コンクリートへの適用性を検証する実証試験を予定している。また、ホタテ貝殻を細骨材に使用するにあたってのガイドライン(手引き書)の整備、利活用の推進を図る方策検討なども実施していく予定であり、シェルコンクリートの実用化に向けて、更なる開発研究を進めていきたいと考えている。