

鉄鋼スラグ・石炭灰を用いた硫黄固化体の海洋構造物への適用に関する基礎的研究

日石三菱(株) 開発部 ○正会員 秋山 正成
(株)大林組 技術研究所 鯛谷 将司

1. はじめに

循環型社会形成推進基本法が成立し、国土交通省の「公共工事コスト縮減対策に関する新行動計画（平成13年）」においても土木工事におけるリサイクル推進として、代表的な副産物であるスラグや石炭灰を港湾工事へ利用することを明記している。開発した硫黄固化体は、石炭灰と鉄鋼スラグを石油精製副産物である硫黄を用いて固化した固化体（以下、SS コンクリート）のことで、高強度コンクリート並みの強度発現が可能^{1), 2)}で、遮水性、重金属封鎖性に優れた材料であることが明らかにされている。また、硫黄の自然冷却に伴う固化作用により硬化するため養生を必要とせず、乾燥収縮も生じないという特徴を有している。そこで、本研究では、SS コンクリートの海洋構造物への適用性を調査するため、基礎物性として耐海水性、耐摩耗性を明らかにすることを目的とした。

2. 試験体および試験方法

対象試料は、SS コンクリートとコンクリートの2種類で、使用する試験体の材料配合および代表的な性状例を表-1に示す。

耐海水性については、①JSTM C 7401「溶液浸漬によるコンクリートの耐薬品性試験方法（人工海水）」、および②JIS Z 2371「塩水噴霧試験」を基に実施し、耐摩耗性については、①ASTM C 779-82 A「コンクリート水平面の耐摩耗性試験方法」による乾式試験、および②水中で固定した試験体に砂を噴射する湿式の試験を実施した。

表-1 試験体の配合と性状例

			SS コンクリート	コンクリート
配合			配合比率 (mass%) ・硫黄* : 20 ・鉄鋼スラグ: 66.7 ・石炭灰 : 13.3	水セメント比 : 46%
性 状 例	密度 (g/cm³)		2.5	2.4
	空隙率 (%)		1 以下	4 (空気量)
	強度 (N/mm²)	圧縮	73	35
		割裂	4	3
		曲げ	9	6
	吸水率 (%)		0.1 以下	9

*硫黄は、一部改質している。

3. 試験結果および考察

3. 1 海水浸漬強度

人工海水の入った透明容器（容量：約10L）に、試験体（φ5×10cm）を投入し、試験体全体が液中にある状態で12ヶ月間浸漬した。結果を図-1、写真-1、表-2に示す。SS コンクリートの圧縮強度は、浸漬初期から12ヶ月経過まで、コンクリート同様、強度低下はなく高強度を維持していることから、耐海水性を有するものと考えられる。さらに、SS コンクリートの12ヶ月後の浸漬液は、コンクリートに見られる沈殿（Mg(OH)₂）もなく、かつCa等のアルカリ溶出も少なく中性であるため、環境へ与える影響も小さいと推測される。

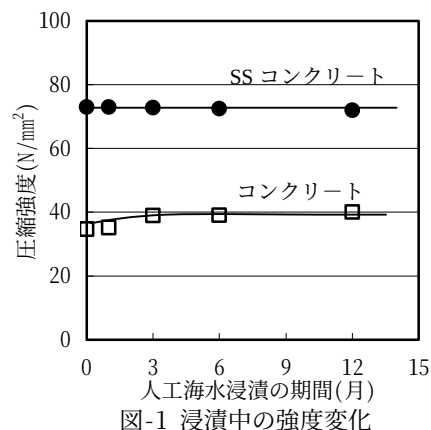


図-1 浸漬中の強度変化

表-2 浸漬液の溶液分析結果（12ヶ月）

	pH	溶液中の金属元素 (mg/L)								
		Na	Mg	K	Ca	Si	Al	Fe	Pb	Cr
SS コンクリート	7.3	14,000	1,800	400	690	2	<1	<1	<1	<1
コンクリート	10.0	14,000	430	450	1,200	4	<1	<1	<1	<1
人工海水	7.8	11,000	1,300	350	400	<1	<1	<1	<1	<1



写真-1 人工海水浸漬状況(12ヶ月)

キーワード 硫黄，石炭灰，スラグ，海洋，コンクリート

連絡先 〒105-8412 東京都港区西新橋1丁目3番12号 日石三菱(株) 開発部 TEL 03-3502-9175

3. 2 塩水噴霧による外観観察

35℃一定の塩水噴霧装置内において、角柱試験体（15×7×5cm）表面に、6ヶ月間、濃度50（g/L）の塩水を連続噴射し（水平採取面80cm²に対して1～2ml/hr）、目視による外観観察を行った。結果を写真-2に示す。SSコンクリートは、コンクリートのように肌荒れの発生もなく、ほとんど変化しなかった。吸水率の低いSSコンクリートは、表面からの塩水侵入が困難で、配合する硫黄の耐塩特性により、より高い耐塩性を呈したと考えられる。

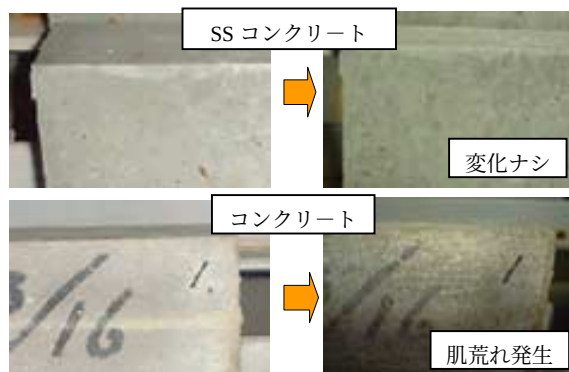


写真-2 塩水噴霧後の外観変化（6ヶ月）

3. 3 乾式試験による耐摩耗性

装置を図-2に示す。試験体（300×300×6cm）上面を鋼製グラインダーにより60分間物理的に摩耗し、その摩耗深さにより評価した。結果を表-3に示す。ここでは比較物として、JIS規格の舗装用コンクリート平板および普通れんがを用いた。SSコンクリートの摩耗深さは、コンクリートに比べて20%以上小さく、コンクリートより優れた耐摩耗性があることがわかった。また、摩耗深さは時間に比例しており、材料品質が均質であると評価された。

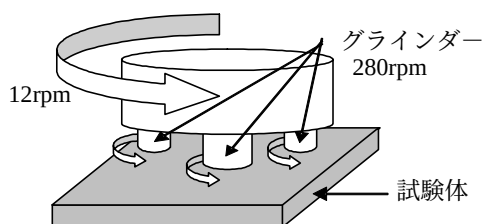


図-2 乾式摩耗試験の模式図

表-3 乾式摩耗試験結果

	摩耗深さ mm （ ）内は12点の平均	
	摩耗時間 30分	60分
SSコンクリート	1.09～1.44 (1.27)	2.09～2.54 (2.38)
コンクリート平板 (JIS A 5304)	1.46～1.94 (1.77)	2.68～3.23 (3.05)
普通れんが4種 (JIS R 1250)	3.40～4.44 (3.97)	7.28～8.48 (7.80)

3. 4 湿式試験による耐摩耗性

海中利用に近い環境を想定し、図-3の装置による摩耗試験を実施した。水中浸漬した試験体（φ5×10cm）に向けて砂（5号珪砂）を100時間噴射し、目視による外観観察を行った。結果を写真-3に示す。100時間後の試験体は、コンクリートでは表面が摩耗し骨材が露出しているのに対し、SSコンクリートは僅かに表面が摩耗した形跡が見える程度でほとんど変化しなかった。したがって、SSコンクリートは、水中においても優れた耐摩耗性を有していることが考えられる。

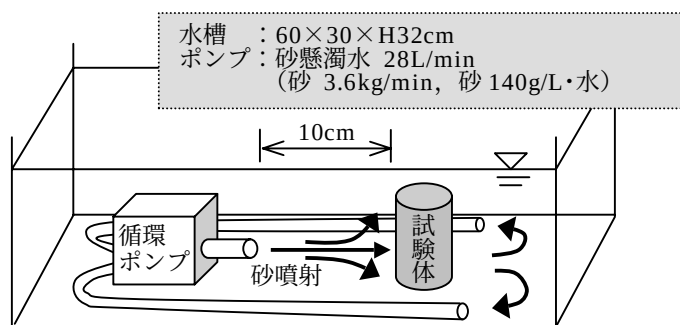


図-3 湿式摩耗試験の模式図



写真-3 湿式摩耗後の外観変化（100時間）

4. 結論と課題

本試験では、高強度のSSコンクリートが、コンクリートと同等以上の耐海水性、耐摩耗性を有することがわかった。したがって、SSコンクリートは、材料物性において、海洋構造物の材料として十分に適用可能性があるものと評価できる。なお、今後は湿式摩耗試験についてより定量的な分析を行うこととし、実暴露等でも評価したい。

参考文献

- 1) 福井英人, 小野紘一, 杉浦邦征, 秋山正成: 硫黄・高炉スラグ固化体の力学的性状に関する実験的研究, 平成12年度土木学会全国大会年次学術講演会概要, 土木学会関西支部, V3-1-2, 2000, 6
- 2) 福井英人, 小野紘一, 杉浦邦征, 秋山正成: 硫黄・高炉スラグ固化体の基礎物性に関する実験的研究, コンクリート工学年次大会2001予稿集 vol.23, No.2, 2001