



木 正人

技術研究所
耐大物・スラグ研究部
門長・工博



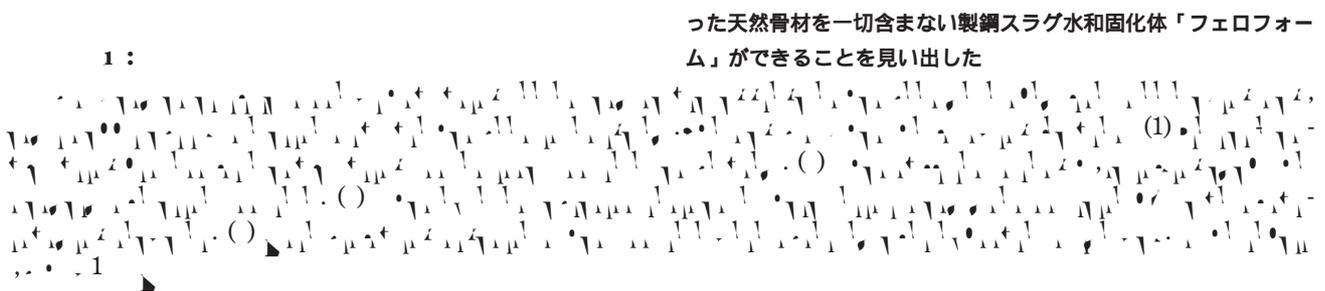
松永 久宏

技術研究所 耐大物・
スラグ研究部門 主任
研究員(主席掛長)



谷敷 多穂

水島製鉄所
企画部企画室
主査(課長補)



1 :
に变化がないこと、コンクリートよりも生物
附着性に優れることを明らかにした。また、本固化体を用いた人工
石および被覆ブロック総量 1 万 を水島港護岸工事にて使用し、施
工、環境への影響がともに問題ないことを確認した。

近年、地球ね 3 章 居鋼オ待 令 門 贏 邀 化 用 オ 幸 京 寧 憂 灯 警 口 居 皇 び 隠 必 優 に 適 應 問 題 性 を 持 つ 炭 素 資 源 代 替 低 炭 素 材 料 及 び 性 鉄 鋼 物 質 利 の 役 割 は 大 き
いて、種々の開発を行ってきた。この中で、これまで利用価値の低
かった溶銑予備処理スラグに着目し、これに高炉スラグや発電所の
石炭灰などを組み合わせることによって、セメントや砂・砂利とい

った天然骨材を一切含まない製鋼スラグ水和固化体「フェロフォーム」ができることを見い出した

1)。また、本固化体はコンクリート
と同等の強度を持ち、高密度であり、耐摩耗性が高いという港湾用
性が高く、非常に環境に優しい材料である。

本論文では、製鋼スラグ水和固化体の室内実験を中心とした硬化
後の力学特性、港湾構造物としての適性、および大規模施工の状況
について述べる。

2 溶銑予備処理スラグおよびその他の使用原料

製鋼スラグ水和固化体に用いられる原料を 1 に示す。主原
料である溶銑予備処理スラグは、製鋼スラグの一種であり、溶けた
銑鉄中からケイ素やリンなどの鉄にとっては不純物となる元素を抜
き取る溶銑予備処理プロセスで発生する副産物である。粗鋼生産量
の 割を担う銑鋼一貫プロセスにおける鉄鋼スラグの種類と発生量
を 1.1 に模式的に示す。その発生量は日本国内で年間およそ
00 万 と推察される。溶銑予備処理スラグは主成分として、
を 0%、
を 1% 含むほか、金属鉄、酸化鉄などの鉄分を合
計して約 1%、
を %、さらに、
や、
を少量含んでい

* 平成1 年 月 1 日原稿受付

る。鉱物相は大部分が β_7 \

係数はやや小さい。また、溶銹予備処理スラグは鉄分を多く含んでいるため、密度が 2.7 と他の石材に比べ大きいのが特徴である。したがって、本スラグを多量に含むフェロフォームはコンクリートに比べて、見かけ密度が 1.7 と大きく、海域での使用では耐波浪安定性が大きく有利である。

3.2.2 アルカリ溶出性

$\phi 100 \times 100$ の供試体を材齢 7 日まで 50% 湿度 90% で気中養生後、容積 1 倍の人工海水に浸漬して海水の pH を測定しアルカリ溶出性を調べた。

pH 変化を 1.4 に示す。製鋼スラグ水和固化体は、普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートに比べ pH 上昇が小さい。特にフライアッシュを配合すると pH 上昇がほとんどない。この理由として、海水に直接接触するペースト部分を構成する結合材の

11/1/12

1.7 m 到達し、供試体間のばらつきも 0.1 ~ 0.2 m と比較的狭い範囲にあった。

4.4 固化体の暴露状況と生物付着性

本固化体は水島港の干満帯での暴露試験を 2000 年 1 月から開始し、現在も継続中である(図 1) (消波ブロック下端潮位: +1.0 m, 平均潮位: +1.0 m, 大潮平均満潮位: +1.5 m, 大潮平均干潮位: +0.5 m)。暴露約 10 ヶ月後の 2000 年 11 月と約 1 ヶ月後の 2001 年 1 月に生物付着状況を調査した。生物付着サンプルは、消波ブロックの正面(海側)上部, 正面下部, 背面(陸側)上部, 背面下部から面積 0.5 × 0.5 m の正方形部分を採取した。サンプルは 10% ホルムアルデヒドを添加した海水中に保存後、

生物種ごとに分別し、付着量および生物種を同定した。

ブロックに付着した生物の平均質量を 1.7 g に示す。生物付着量は鉄鋼スラグ水和固化体の方がコンクリートよりも 10 ヶ月後で 1.5 倍, 1 ヶ月後で 1.2 倍とはるかに多い。主な付着生物はフジツボおよび二枚貝である。

海水暴露 10 ヶ月後の付着生物の種類を生物種ごとに整理した結果を図 2 に示す。軟体動物の付着種類数は、製鋼スラグ水和固化体とコンクリートで同等であるが、藻類, ゴカイ, 節足動物の種類ははるかに製鋼スラグ水和固化体の方が多い。製鋼スラグ水和固化体が生物付着性に優れる理由は、アルカリ溶出性が低いこと, 製鋼スラグを利用しているため鉄など生物の成長に必要な成分を含むことなどが考えられる。

5 大規模施工

5.1 施工実績

製鋼スラグ水和固化体からなる人工石材 1000 t を川崎製鉄千葉製鉄所において製造し、千葉港内の取水管被覆石として施工した(2000 年 1 月)。また、同社水島製鉄所において人工石材および被覆ブロック合計 1 万トンを作成し、水島港の鋼失板式護岸の補強工事に使用した。

5.2 製造プラントの概要

水島製鉄所における製造プラントは 0.5 m 粉体サイロ 1 基, 粉体切出し装置 1 基, ベルトフィーダー付き骨材ホッパー 1 基, 連続式

ミキサー 1 基，定置型コンクリートポンプ 1 基より構成され，
1 / 4 の製造能力を有する。このプラントで前述の根固め用の人工
石材と被覆ブロックの 種類を製造した。

5.3 施工状況

岡山県水島港内の鋼矢板式護岸の補強工事は次の ヶ所からなる。

施工例(1) 外海に面する延長 1 の護岸工事。人工石材
000 のをグラブ船にて海上より投入，潜水土による仕上げ
整形を行った後，起重機船を用いて 00 (個)の被覆ブ
ロックを据え付けた。この際，石材やコンクリートブロックに
比べ施工性に何ら遜色がないことを確認した (t 2)。施工

- () 普通ポルトランドセメントを使用したコンクリートよりもアルカリ溶出性が低い。
- () 実施工において、人工石材、成型ブロックともに既存材料と比べ、取り扱いに遜色はない。
- () 大規模施工による海水への影響は認められない。
- () コンクリートよりも生物付着性に優れる。

以上のことより、鉄鋼スラグ水和固化体は無筋ブロック系の港湾構造物への適用が可能であると考えられる。また、仮に溶銑予備処理スラグを 100 万 t 使用し、鉄鋼スラグ水和固化体をコンクリート代替として製造した場合、天然骨材の使用量削減には

110 千 t、排出量削減には 11 千 t の寄与が可能となる。

このように製鋼スラグ水和固化体「フェロフォーム」の使用による環境保全への寄与は大きく、今後さらに積極的な使用拡大を働きかけていきたい。

本研究を進めるにあたり、ご助言、ご協力いただきました(独)港湾空港技術研究所構造部材料研究室の濱田秀則室長をはじめ研究室の皆様、および付着生物の同定にご尽力をいただきました産業技術総合研究所 四国センター(当時 川崎製鉄技術研究所 客員研究員)の皆さまに謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 高木正人, 奥村樹郎, 松永久宏, 谷敷多穂, 櫻谷敏和: 土木学会第 100 回年次学術講演会講演概要集, 1-1 (000)
-) 小菊史男, 濱田秀則, 山路 徹, 松永久宏: 港湾技研資料, (001) 0, 1
-) 成田貴一, 尾上俊猷: 鋼材の環境にやさしい製鋼スラグ水和固化体の開発と実用化に関する調査報告書, 川崎製鉄株式会社, 2002