

1. はじめに

大量生産・大量消費・大量廃棄型の社会から、物質の効率的な利用やリサイクルを進めることにより、天然資源の消費を抑制し、環境への負荷を低減することを目的に、循環型社会形成推進基本法が2000年に制定された。鉄鋼業においても、鉄鋼製造工程において副産物として生成する鉄鋼スラグの減量化、並びに鉄鋼スラグ製品の製造・加工・利用技術の開発を続けている。

鉄鋼スラグは、生成する工程により高炉スラグと製鋼スラグに大別される。わが国における生成量は、2007年度において高炉スラグが2477万トン、製鉄スラグが1387万トンである¹⁾。高炉スラグは、高炉セメントの原料および道路用路盤材などとして、100%が有効利用されている。一方、製鋼スラグは、有効利用率が98%と高いものの、土木工用仮設道路材などの比較的付加価値の低い用途としての利用にとどまっている¹⁾。

このような背景のもと、製鋼スラグの新しい利用技術として、骨材に製鋼スラグ、結合材に高炉スラグ微粉末を用

いた環境調和型材料である鉄鋼スラグ水和固化体「フェロフォーム[®]」を開発した^{2,3)}。フェロフォームは、コンクリート代替および準硬石相当の天然石代替としての利用が可能であり、JFE スチールでは被覆ブロックなどの異型ブロック、捨石代替材などの港湾工用材料として、積極的に使

ロフォームの配合例を図1に示す。フェロフォームでは、コンクリートの細骨材および粗骨材に相当する材料が製鋼スラグであり、セメントに相当する材料が高炉スラグ微粉末（熔融状態の高炉スラグを水により急冷・細粒化した後、乾燥・微粉碎して得られた微粉末）、フライアッシュおよびアルカリ刺激材（石灰ダスト、消石灰、セメントなど）である。これらのうち、必須材料は、製鋼スラグ、高炉スラグ微粉末および水である。回収水などの水を使用すれば、すべてリサイクル材料からフェロフォームを製造すること

でなく、材料に用いる製鋼スラグについても、海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律（水底土砂に係わる判定基準）を満たすことを確認している。

3. 施工事例

3.1 コンクリートブロック・天然石代替としての使用

JFE スチール西日本製鉄所倉敷地区（水島港）での護岸補修工事（工期 2000～2002 年）において、フェロフォーム製人工石材および被覆ブロックを合計で約 15 万トン製造・施工した。フェロフォームの練混ぜには連続式ミキサを用いた。被覆ブロック（9.8 t/個）は通常のコンクリートブロックと同様に型枠に打ち込み・養生して製造した。また、人工石材（10～200 kg/個）は、ヤードに打込んだフェロフォームをコンクリート破砕機により適切に粗破砕して製造した。

護岸補修工事の状況を写真 1 に示す。この工事では外海に面する延長 652 m の施工区域に、36 000 t の人工石材をグラブ船から海上より投入、潜水士による仕上げ整形を行った後、起重機船を用いて 7 600 t（776 個）の被覆ブロックを据付けた。フェロフォーム製人工石材および被覆ブロックは、天然石材やコンクリートブロックと同様の取扱いが可能であった。

戻しなどとして用いられるフレッシュコンクリート代替としての使用も可能である。

4. おわりに

骨材に製鋼スラグ、結合材に高炉スラグ微粉末を用いた鉄鋼スラグ水和固化体「フェロフォーム」は、コンクリートと同

リートポンプを用いて吐出量 $60 \text{ m}^3/\text{h}$ 、管径 125 mm 、水平換算距離 150 m の条件で圧送し、所定場所へ打設した。写真 5 に施工状況を示す。スランプの設定値は 21 cm である。高スランプであるにもかかわらず、材料分離などは見られず、良好なポンパビリティーであった。

本製造における材齢 28 日圧縮強度の変動を図 6 に示す⁵⁾。配合強度 15 N/mm^2 に対して、平均圧縮強度は 15.0 N/mm^2 、変動係数は 5% である。良好な管理がなされているレディーミクストコンクリート工場の変動係数は 10% 以下であること⁶⁾ から、フェロフォームの強度は、コンクリートと同程度に管理できると考えられる。

フェロフォームは、港湾工事用のコンクリートブロックおよび天然石代替としてだけでなく、本工事のように埋め