

フェロクロムスラグ骨材の基礎的物性と骨材を混合したコンクリートの強度特性との関係

富山県立大学
JFEマテリアル
日本コンクリート技術

学生会員 ○俵 瑞貴
正会員 浅田 博樹
正会員 篠田 佳男

富山県立大学 正会員 伊藤 始
JFEマテリアル 山城 圭一
金沢工業大学 正会員 宮里 心一

1. はじめに

スラグ骨材とは、鉄、ニッケル、銅などの金属を鉱石から抽出(製錬)する際や、金属から有害な不純物を除去(精錬)する際に副産されるスラグを破砕して粒度を調整することによって、コンクリート用骨材としたものである。スラグ骨材の利用は産業副産物の利用促進ならびに天然骨材の枯渇の課題解決に有効であると考えられている。スラグの中にはいまだ埋立て処分など、廃棄されているものも多い。環境の保全、資源の有効利用などが地球規模で重要性を増している現代では、スラグの有効な活用が課題となっている^{1),2)}。

本研究では、フェロクロムを精錬する際に副産されるフェロクロムスラグ骨材(以下、スラグ骨材と記述する)のコンクリート用粗骨材への適用を目指して、スラグ骨材自体の基礎的な物性と、粗骨材として混合した場合のコンクリートの強度特性との関係を検討した。

2. 試験方法

(1) 骨材圧潰試験

本試験は骨材自体の強度を評価することを目的として、英国規格(BS 812- '60)に基づいて実施した³⁾。表-1に試験ケースを示す。対象試料は、スラグ骨材と天然骨材である常願寺川水系砂利A、常願寺川水系砂利B、庄川水系砂利の4種とし、モールド内に骨材を3層に分けて詰め、圧縮荷重装置にて10分で最大392.27kNとなるように載荷を行った。

(2) 粗骨材の密度・吸水率試験

本試験はJIS A 1110に基づいて実施した。対象試料は、骨材圧潰試験と同様とした。試験結果と試験平均値との差が密度で0.01g/cm³以下、吸水率で0.03%以下とならなかった場合は再度試験を実施した。

(3) 圧縮強度試験

圧縮強度試験を材齢28日に実施した⁴⁾。スラグ骨材、常願寺川水系砂利A、Bを混合した砂利、庄川水系砂利の3種類の粗骨材を100%使用したコンクリートにて、セメ

ント種類、水セメント比を変化させた18ケースとした。セメント種類は普通ポルトランドセメント(N)と高炉セメントB種(BB)、水セメント比は40、50、65%とした。供試体にかかる荷重はロードセルを用いて計測し、このデータの結果からコンクリートの圧縮強度を算出した。

常願寺川水系砂利を使用したコンクリートの圧縮強度の試験値は、コンクリート工場の実績に基づく算定式より算出した。

3. 試験結果

(1) 骨材試験

図-2に示すように、骨材破砕率は庄川水系砂利、常願寺川水系砂利、スラグ骨材の順に大きくなり、スラグ骨材は庄川水系砂利より2.5倍程度大きくなった。このことから、スラグ骨材は天然骨材に比べ、骨材自体が脆いことが分かった。

図-3に示すように、吸水率はスラグ骨材の方が天然骨材に比べ1.6倍程度大きくなった。この要因は、スラグ骨材表面に、天然骨材と比べて空隙が多く存在していることにより、水分が吸収されやすいことが考えられる。

図-4、図-5に示すようにスラグ骨材の各密度は天然骨材に比べ、若干小さいが、大きな差は見られなかった。

これらの試験結果をJIS A 5011-1によって定められている高炉スラグ粗骨材の品質規格と照らし合わせると、スラグ骨材は区分N(ノーマル)の絶乾密度2.4g/cm³以上、吸水率4.0%以下の規格値を満たしていた。このことからスラグ骨材はコンクリート用粗骨材として使用できると考えられる。

表-1 試験ケース

	骨材圧潰試験	吸水率試験	圧縮強度試験		
			W/C(%)		
			40	50	65
フェロクロムスラグ骨材	●	●	●	●	●
常願寺川水系砂利A	●	●	○	○	○
常願寺川水系砂利B	●	●			
庄川水系砂利	●	●	●	●	●
備考			●:セメントを普通、高炉B種で実施 ○:工場実績に基づく算定値		

キーワード フェロクロムスラグ、粗骨材、圧縮強度、骨材破砕率、吸水率

連絡先 〒939-0398 富山県射水市黒河5180 富山県立大学 環境・社会基盤工学科 TEL 0766-56-7500

(2) 圧縮強度と骨材破碎率の関係

図-6 は各骨材を用いたコンクリートの圧縮強度と骨材破碎率の関係を庄川水系砂利との比で示したグラフである。全ケースにおいて庄川水系砂利と常願寺川水系砂利の間では、破碎率が大きくなると圧縮強度が低くなる関係が見られ、最大で1割程度の減少となった。

一方、常願寺川水系砂利とスラグ骨材の間では、N, W/C=65%を除き、破碎率が大きくなるにつれて圧縮強度が高くなる関係が見られ、最大で1割程度の増加となり、BB, W/C=40%, 65%では骨材破碎率が最も小さい庄川水系砂利の圧縮強度よりもスラグ骨材の圧縮強度が高くなった。これはスラグ骨材表面の空隙にセメントペーストが入り込み、付着強度が増加することにより、結果としてコンクリートの圧縮強度が増加したと考えられる。圧縮強度比の増加量は普通ポルトランドセメントよりも高炉セメントの方が大きく、スラグ骨材との付着強度は高炉セメントを用いた方が増加しやすいことが分かった。

これらからスラグ骨材は、骨材自体が破碎しやすいものの、粗骨材としてコンクリートに用いることで、天然骨材と比較して同程度の圧縮強度が期待できる骨材であることが分かった。

4. まとめ

- (1) 骨材破碎率はフェロクロムスラグ骨材が最も大きい値を示し、庄川水系砂利の2.5倍程度大きくなった。また吸水率はフェロクロムスラグ骨材が最も大きい値を示し、各天然骨材に比べて1.6倍程度大きくなった。
- (2) 常願寺川水系砂利とスラグ骨材の間では、骨材破碎率が大きくなることにともなって、圧縮強度が高くなった。
- (3) フェロクロムスラグ骨材は天然骨材と比べ、骨材破碎率が大きいものの、コンクリート用粗骨材として用いると、天然骨材を用いたコンクリートと同程度の圧縮強度が得られた。

参考文献

- 1) 土木学会：フェロニッケルスラグ骨材を用いたコンクリートの設計施工指針，コンクリートライブラリー，No. 146, 2016
- 2) 小玉：高炉スラグのコンクリートへの利用に関する研究，土木学会論文報告集，No. 298, pp109-122, 1980
- 3) 阿波，迫井ら：フェロニッケルスラグを粗骨材として用いたコンクリートの基礎的性質，コンクリート工学論文集，No. 21, pp63-75, 2010
- 4) 俵，伊藤ら：フェロクロムスラグ粗骨材を用いたコンクリートの強度特性に関する基礎的研究，土木学会年次学術講演会，V-3, 2021

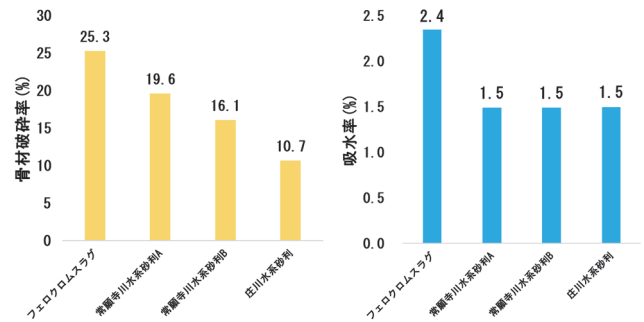


図-2 破碎率の関係

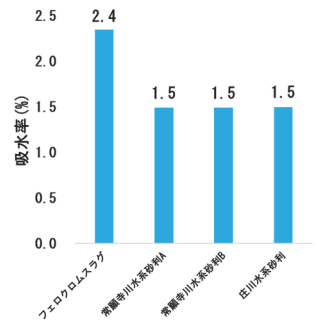


図-3 吸水率の関係

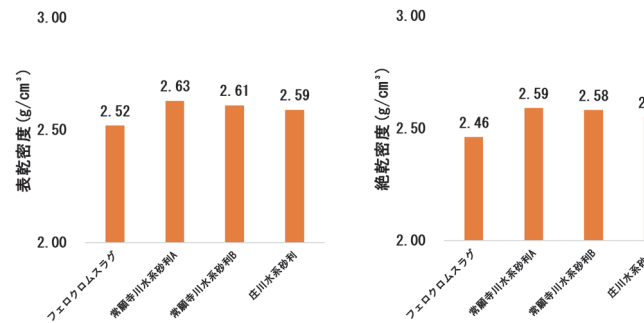


図-4 表乾密度の関係

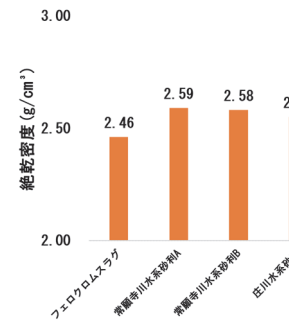
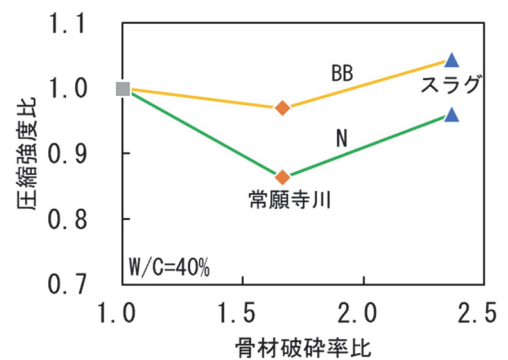
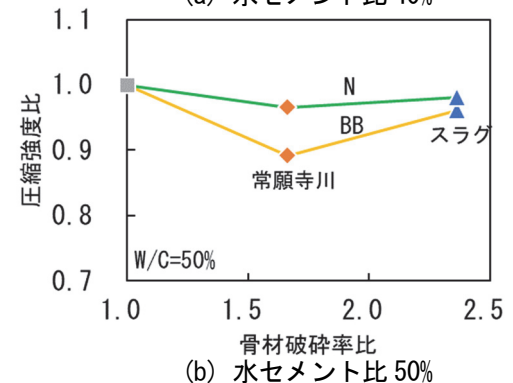


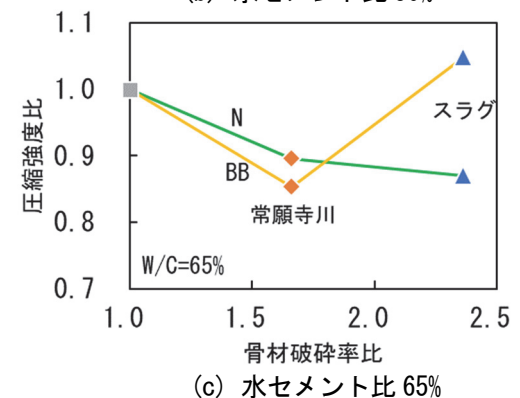
図-5 絶対乾密度の関係



(a) 水セメント比 40%



(b) 水セメント比 50%



(c) 水セメント比 65%

図-6 庄川水系砂利に対する圧縮強度比と骨材破碎率比の関係