

フェロニッケルスラグ微粉末を用いたコンクリートの特性

和光コンクリート工業(株) 正会員 ○張 日紅 川島 満成 井手 徹
宮崎大学土木環境工学科 正会員 中澤 隆雄
宮崎県工業技術センター材料開発部 清水 正高

1. はじめに

フェロニッケルスラグ (FNS) は、ニッケル鉱石からフェロニッケル (鉄ニッケル合金) を製錬する際に発生する副産物であり、製鉄用溶材などに利用されるほかに、コンクリート用細骨材としても、JIS 規格に制定され、天然砂の代わりに利用されている。フェロニッケル製錬の際に電気炉で発生する溶融スラグを水による急冷で冷却した FNS には、残留ガラス相が大量に存在しているため、アルカリ骨材反応性は「無害でない」と判定されている。本研究では、このような残留ガラス相が大量に存在する FNS には、潜在的な水和特性を有すると推測し、より有効的な利用方法を開発するため、粒子状の FNS を微粉末化し、コンクリートへの混入を試みた。FNS 微粉末を混入した粉体系高流動コンクリートの諸特性、特に微粉末の比表面積、混入率が高流動コンクリートの流動特性およびコンクリートの強度に与える影響について試験的研究を行った。

2. 試験概要

表-1 に本研究に用いた FNS の成分、密度、吸水率を示す。FNS の二酸化ケイ素の含量率はコンクリート用フライアッシュに関する JIS 規格の要求値 45% を満足している。FNS

表-1 FNS の成分および物理的特性

CaO	MgO	SiO ₂	FeO	Fe	Ni	密度	吸水率
0.3%	33.4%	51.1%	10.1%	0.2%	0.05%	2.96g/cm ³	0.51%

粒子の微粉化作業は、中規模テスト用ボールミルを用いて行った。FNS 微粉末の比表面積 (ブレン方法) を 3000, 5000, 7000 cm²/g となるように粉碎工程を設定した。

FNS の水和特性の比較対象として、JIS 規格品フライアッシュ 種 (FA) および JIS 規格品高炉スラグ微粉末 (BFS, 比表面積 6000cm²/g) を用いて、コンクリートへの混入試験を行った。

表-2 に本試験のコンクリートの配合条件を示す。全ての配合は、普通ポルトランドセメント (密度: 3.15g/cm³, 比表面積 3280cm²/g) を使用した。骨材としては、粗骨材には碎石 (最大粒径: 20mm, 吸水率: 0.4%, 密度: 2.63g/cm³, 嵩密度: 1.62g/cm³), 細骨材には石灰石砕砂 (FM: 2.82, 吸水率: 1.9%, 密度: 2.69g/cm³, 嵩密度: 1.61g/cm³) を用いた。高流動コンクリート用粉体には、石灰石微粉末 (密度: 2.63g/cm³, 比表面積: 5150cm²/g) を用いた。

表-2 配合条件

水粉体比	33%
単位水量(kg/m ³)	165
単位セメント量(kg/m ³)	300
単位粉体量(kg/m ³)	200
FNS の比表面積(cm ² /g)	3000, 5000, 7000
単位セメント量に対する FNS, FA, BFS の混入率	5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40%
スランプフロー(mm)	650±50

本研究では、次の二つの試験を行った。

(1) 比表面積 3000, 5000, 7000cm²/g の FNS 微粉末を用いて、高流動コンクリート配合中の石灰石微粉末粉体を全量置換し、コンクリートのスランプフロー、14 日の圧縮強度への影響を評価した。

(2) 単位セメント量に対して、FNS 微粉末 (比表面積: 5000cm²/g), FA, BFS の内割混入率を 5%, 10%, 15%, 20%, 30%, 40% と設定し、3 ヶ月までのコンクリートの圧縮強度を測定した。

3. 試験結果

高流動コンクリート中の石灰石微粉末の代わりに、FNS 微粉末を用いて全量置換した場合のスランプフロー、14 日の圧縮強度の変化は、それぞれ図-1 および図-2 に示す。混入する FNS 微粉末の比表面積の増大につれ、

キーワード：フェロニッケルスラグ微粉末、高流動コンクリート、スランプフロー、圧縮強度、

連絡先：〒883-0102 宮崎県東臼杵郡東郷町山陰 1537-1 和光コンクリート工業(株) TEL 0982-69-2216

フレッシュコンクリートのスランプフローは、やや減少していくものの、許容値の $640 \pm 50 \text{ mm}$ の範囲には満足している。一方、コンクリートの圧縮強度は、FNS 微粉末の比表面積の増大に伴い、大幅に増加している。比表面積 $7000 \text{ cm}^2/\text{g}$ の FNS 微粉末を混入した場合の圧縮強度は、石灰石微粉末を混入した基本配合を 25.5% 上回っており、本研究で用いたグラス相を存在する FNS 微粉末は、一定の水和活性を有することが証明された。図-3 に異なる比表面積の FNS 微粉末を混入した場合の圧縮強度を示す。いずれの材令において FNS 微粉末の比表面積が大きいほど、圧縮強度は高くなることが分かった。

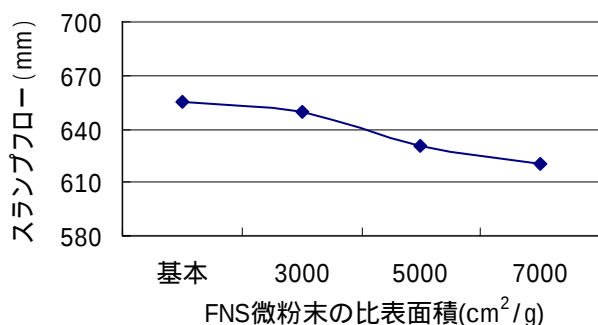


図-1 FNS 微粉末比表面積とスランプフローとの関係

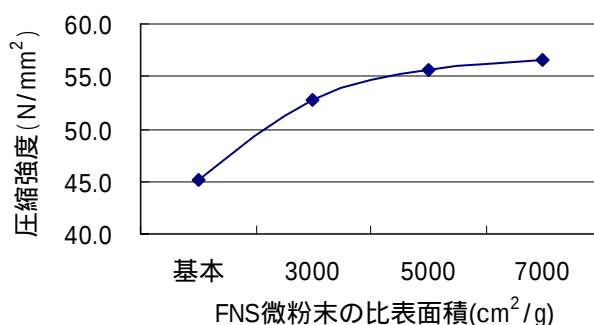


図-2 FNS 微粉末比表面積と圧縮強度との関係

図-4 に FNS 微粉末（比表面積： $5000 \text{ cm}^2/\text{g}$ ）、フライアッシュ、高炉スラグ微粉末をコンクリート配合中の単位セメント量の 10% で内割混入した場合の圧縮強度を示す。高炉スラグ微粉末を混入した場合の圧縮強度は基本配合よりやや高くなるに対して、フライアッシュおよび FNS を混入したコンクリートの圧縮強度は、基本配合より小さくなる。高炉スラグ微粉末は、塩基度が 1.6 以上であり、高い活性を有するので、初期強度の発現が大きいといわれている。本研究に用いた FNS 微粉末の塩基度が 0.7 前後であるため、高炉スラグ微粉末より水和活性が小さいと思われる。一方、FNS 微粉末を混入した場合の圧縮強度は、91 日までの各材令において、僅かであるがフライアッシュのそれより高くなっている。図-5 に単位セメント量に対する FNS 微粉末の内割混入率とコンクリートの圧縮強度との関係を示す。混入率が高くなるにつれ、圧縮強度は低下していくことが分かった。

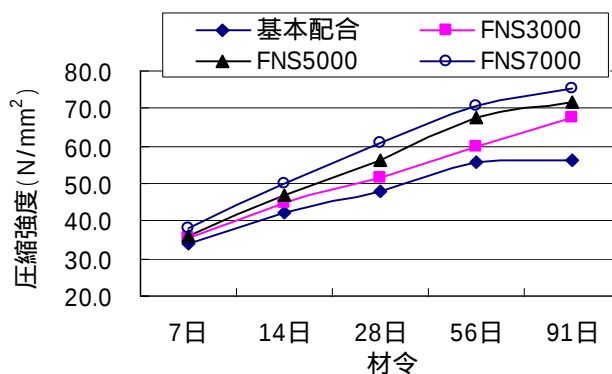


図-3 FNS 微粉末比表面積と圧縮強度との関係

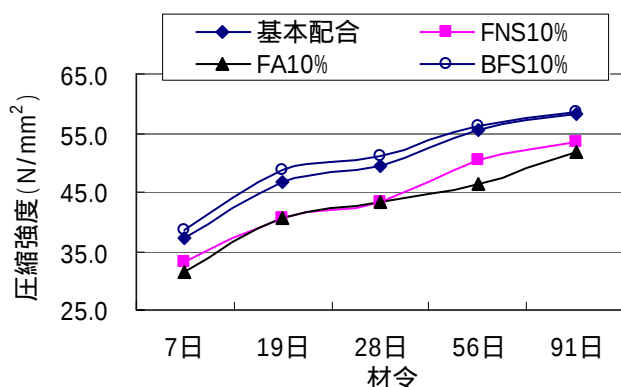


図-4 微粉末の種類と圧縮強度との関係

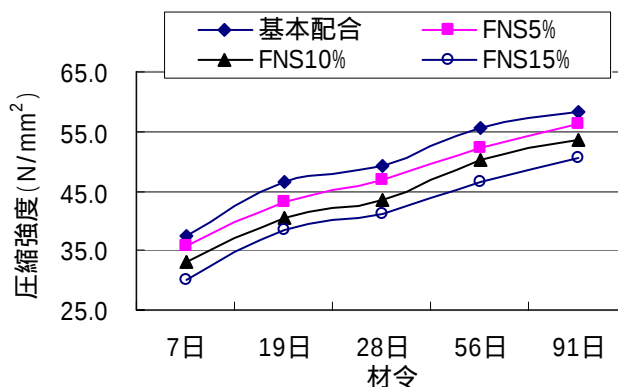


図-5 FNS 微粉末混入率と圧縮強度との関係

4. まとめ

残留グラス相を含有する FNS 微粉末は、10% の混入率でフライアッシュと同等以上の水和活性を有することが確認された。FNS 微粉末は、細かいほど強度発現が大きくなる。

本研究の一部は、平成 16 年度宮崎県産学官連携新技術実用化共同研究によるものである。