

コンクリート用骨材へのフェロニッケルスラグの有効利用に関する研究

八戸工業大学大学院 学生会員 ○佐藤 宇泰
八戸工業大学大学院 学生会員 太田 晃博
八戸工業大学大学院 学生会員 渡邊 浩平
八戸工業大学 正会員 迫井 裕樹
八戸工業大学 正会員 阿波 稔

1. はじめに

フェロニッケルスラグは、ステンレス鋼やニッケル合金の製造に用いられるフェロニッケルを製錬する際に発生する副産物であり、年間約 300 万トン製造されている。近年、このフェロニッケルスラグの再利用・有効利用に関する検討が進められおり、風砕後に破砕処理を行うフェロニッケルスラグ細骨材は 1992 年 10 月に JIS A 5011-2 に規格化された。しかしながら、その用途は、重量を必要とする海洋コンクリートやプレキャスト製品の一部に限られており、スラグ骨材有効利用の観点から、さらなる利用拡大が望まれている。

ここで、一般的な工場では、粒度の異なる細骨材（粗砂、細砂）を混合使用していることが多いことから、粗砂として風砕のみ行ったフェロニッケルスラグ細骨材（以下、FNS と呼ぶ）、細砂として天然砂を用い、一般的な工場の使用方法に合わせることで、よりフェロニッケルスラグ骨材の用途の拡大、付加価値を高めることが期待される。

そこで、本研究では、汎用的なレディーミクストコンクリートへの利用を目的とし、風砕フェロニッケルスラグ細骨材と天然砂を混合使用したコンクリートの基礎的性質について検討を行った。また、スラグ骨材の有効利用の観点からフェロニッケルスラグ粗骨材（以下、FNG と呼ぶ）との組み合わせ使用の可能性についても考察を加えた。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

本研究での使用材料は、セメントとして普通ポルトランドセメント（密度：3.16g/cm³）、細骨材として FNS、天然砂および石灰岩砕砂、粗骨材として FNG

および石灰岩砕石を用いた。使用した骨材の品質を表-1 に示す。なお、本研究で使用した FNG は品質改善を行った徐冷スラグを使用している¹⁾。

配合は W/C=45%、55%および 60%の 3 水準であり、FNS 置換率は 0 または 40%、FNG 置換率は 0、50 または 100%の組み合わせを設定した。なお、目標スランブは 10±1cm、目標空気量は 5.0±1%とした。

2.2 検討項目

検討項目は、圧縮強度、静弾性係数、乾燥収縮試験および凍結融解試験である。圧縮強度および静弾性係数の試験用供試体は標準円柱供試体（φ 100×200）とし、乾燥収縮試験および凍結融解試験の試験用供試体は角柱供試体（100×100×400）を用い、それぞれ打設後 24 時間で脱型し、所定の材齢まで水中養生を行い、JIS に準じて試験を行った。なお、供試体は各配合あたり 3 本とした。

3. 実験結果

3.1 圧縮強度および静弾性係数

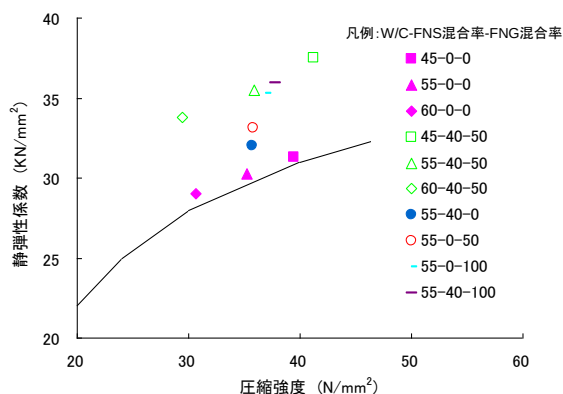
コンクリートの圧縮強度と静弾性係数の関係を図-1 に示す。図中の線はコンクリート標準示方書に記載されている普通コンクリートの圧縮強度と静弾性係数の関係を示している。

表-1 使用骨材の品質

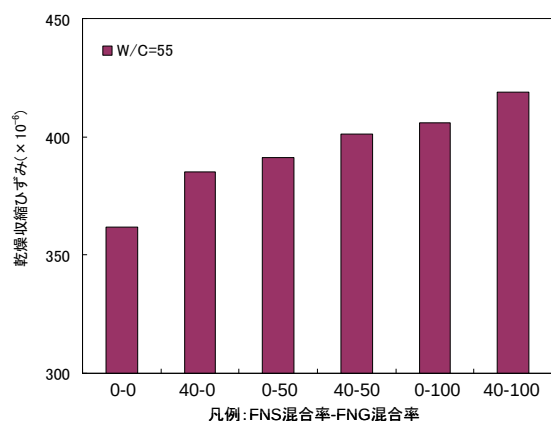
項目	天然砂	石灰岩砕砂	FNS	石灰岩砕石	FNG
絶乾密度[g/cm ³]	2.56	2.65	2.84	2.66	2.90
吸水率[%]	1.77	0.49	1.98	0.95	2.13
実積率[%]	59.8	61.9	65.1	57.3	57.6
粒形判定実積率[%]	54.4	57.2	59.9	59.3	58.5
単位容積質量[kg/l]	1.59	1.65	1.85	1.49	1.67
粗粒率	3.02	3.15	3.87	6.67	6.58
すりへり減量[%]	-	-	-	25.0	16.3
BS破砕値[%]	-	-	-	21.7	9.9

キーワード：フェロニッケルスラグ骨材、力学的特性、耐久性

連絡先：青森県八戸市大字妙字大開 88-1 八戸工業大学工学部土木建築工学科，Tel & Fax；0178-25-8076



図－1 圧縮強度と静弾性係数の関係

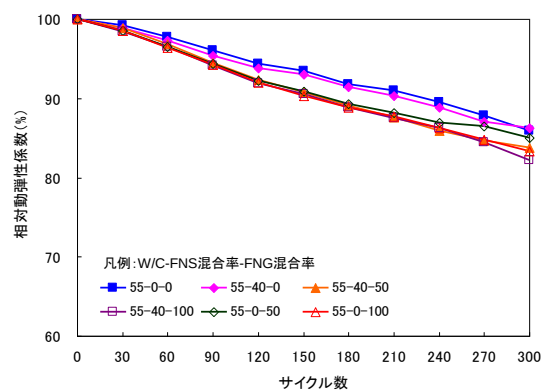


図－2 乾燥収縮試験結果

図－1 より、比較用の石灰岩砕砂および石灰岩碎石を用いたコンクリートと FNS のみ 40%混合したコンクリートの圧縮強度および静弾性係数はほぼ同程度であることが確認できる。これは、FNS の力学的特性が石灰岩砕砂と比べて顕著な差がないためと考えられる。また、FNG の混合率の増加に伴い、静弾性係数が増加しているが、これは、粗骨材の品質に起因したものと考えられる。

3.2 乾燥収縮特性

試験期間 180 日におけるコンクリートの乾燥収縮ひずみを図－2 に示す。図－2 より、FNS のみ 40% 混合したコンクリートは、比較用の石灰岩砕砂および碎石を用いたコンクリートと比べて、若干の増加傾向にあり、FNG を混合したコンクリートは、混合率の増加に伴って増大することが確認された。また、それぞれの骨材が乾燥収縮に及ぼす影響は、 $0-0 < \text{FNS} < \text{FNG}$ の順に大きくなり、FNS を 40% 混合、FNG を 100% 混合したコンクリートの乾燥収縮ひずみは、 420×10^{-6} 程度であり、比較用のコンクリートと比べて、約 10~20% 程度増加した。



図－3 凍結融解試験結果

3.3 凍結融解抵抗性

コンクリートの凍結融解試験による相対動弾性係数とサイクル数の関係を図－3 に示す。

図－3 より、FNS のみ 40% 混合したコンクリートの凍結融解抵抗性は、比較用の石灰岩砕砂および碎石を用いたコンクリートと比べて、ほぼ同程度であることが確認された。また、FNS および FNG の混合使用の有無による相対動弾性係数の顕著な差は認められず、比較用のコンクリートと同程度であることが明らかとなった。これらのことから、FNS 混合率 40% のコンクリートにおいては、比較用の石灰岩砕砂を用いたコンクリートと同レベルの凍結融解抵抗性を持つものと考えられる。

4. まとめ

- 1) FNS と天然砂を混合使用したコンクリートの力学的特性および耐久性は、比較用のコンクリートと比べて、ほぼ同値度であることを示した。
- 2) 細骨材および粗骨材ともフェロニッケルスラグ骨材を用いたコンクリートは、比較用のコンクリートと比べて、乾燥収縮ひずみは若干増加するが、力学的特性および耐久性は、ほぼ同程度であった。

以上より、本研究の範囲内で、FNS を混合使用したコンクリートは、石灰岩砕砂を用いたコンクリートと同等の性質を有しているものと考えられ、コンクリート用細骨材として有望であると推察される。

参考文献

- 1) 阿波 稔、迫井裕樹、庄谷征美、月永洋一、長瀧重義：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、Vol.21、No.3、pp.63～75、2010