フェロニッケルスラグ粗骨材のコンクリート骨材としての適用性

八戸工業大学大学院　学生会員　○佐藤　宇泰
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
八戸工業大学　正会員　庄谷　征美

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 250 万トン製造されている。このスラグを有効利用することは、資源の再利用のみならず、フェロニッケルの安定供給のためにも重要な課題であるといえる。

フェロニッケルスラグ細骨材(以下、FNS と記す)は JIS A 5011-2 に規格化されており、一方で近年、フェロニッケルスラグのさらなる利用拡大を目的とし、品質の改善されたフェロニッケルスラグ粗骨材(以下、FNG と記す)が開発され、JIS 化に向けた研究が積極的に進められている。

本研究では、品質改善を行ったフェロニッケルスラグ粗骨材の普通コンクリートへの適用を目的とし、フェロニッケルスラグ粗骨材の単独使用、あるいは、フェロニッケルスラグ細骨材との混合使用したコンクリートの凍結融解抵抗性、乾燥収縮特性の検討を行った。

2. 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/cm^3)、細骨材として FNS、石灰岩砕砂、粗骨材として、表－1 に示す FNG を用いた。FNG は品質改善のため、表－2 の工程概要に示すように粉砕・粒度調整を行い、スラグ中の CaO 量を 2.5%程度及び 4.0%程度に調整した 3 種類を用いた。表－1 より、2 回破砕を行ったものは 1 回破砕と比較すると吸水率、すりへり、BS 破砕値が改善され、骨材の強度が強いことが確認できる。2 回破砕を行った FNG では、CaO の含有量の違いによる骨材の強度は変わらないことが明らかとなった。

本研究で用いたコンクリートの配合は、W/C は 45%、55%、60%の 3 水準であり、FNS 置換率は 0 または 100%、FNG 置換率は全て 100%置換とした。なお、目標スランプは 10±1cm、目標空気量は 5±1%とした。

3.実験概要

2 章で記述した配合により、供試体を作成した。供試体は、打設後約 24 時間で脱型し、材齢 28 日まで水中養生行った。所定の養生期間内終了後、円柱供試体(Φ100×200 ㎜)を用いて、圧縮強度、静弾性係数の測定を行った。また、角柱供試体(100×100×400mm)を用いて、凍結融解試験及び長さ変化試験(コンタクトゲージ法)をそれぞれの JIS に準じて行った。

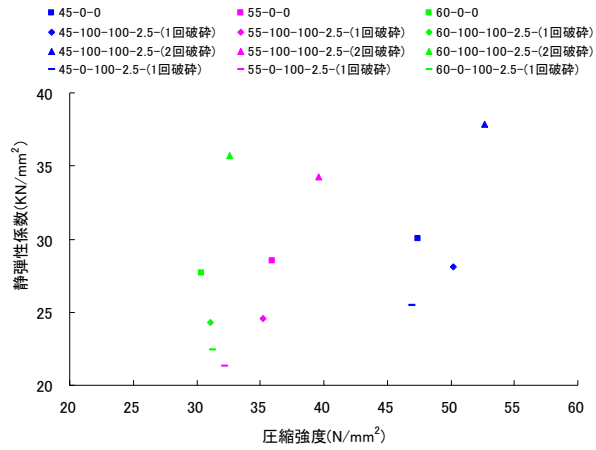
表－1 使用骨材の品質

項目	粗骨材				細骨材	
	CaO:2.5%(1回破砕)	CaO:2.5%(2回破砕)	CaO:4.0%(2回破砕)	石灰岩砕石	FNS	石灰岩砕砂
絶乾密度[g/cm^3]	2.91	2.97	2.92	2.69	2.96	2.65
吸水率[%]	2.74	1.11	1.31	0.95	0.51	0.69
実積率[%]	57.1	59.6	59.9	57.3	66.2	61.9
単位容積質量[kg/L]	1.66	1.79	1.78	1.49	1.96	1.66
粗粒率[F.M.]	6.51	6.49	6.65	6.67	2.54	2.87
すりへり減量[%]	33.3	10.0	10.6	25.0	－	－
BS破砕値[%]	27.3	6.9	7.5	21.7	－	－

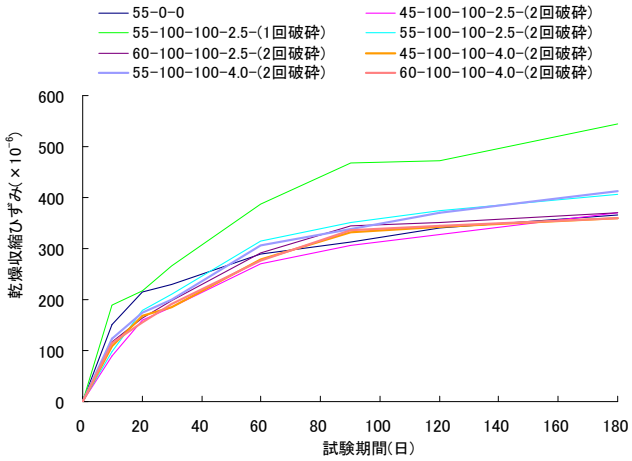
キーワード：フェロニッケルスラグ骨材、配合、凍結融解抵抗性、乾燥収縮特性
連絡先：青森県八戸市大字妙字大開 88-1　八戸工業大学工学部土木建築工学科，Tel & Fax；0178-25-8076

表－2 FNGの製造工程概要

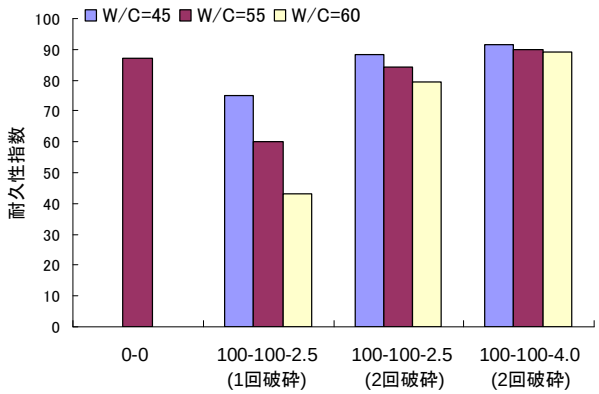
種類	製造工程概要
FNG(1次破砕)	電気炉 → 徐冷ピット → 破砕機 → 粒度調整
FNG(2次破砕)	電気炉 → 徐冷ピット → 破砕機 → 破砕機 → 粒度調整



図－1 圧縮強度と静弾性係数の関係



図－3 乾燥収縮試験結果



図－2 耐久性指数

4.実験結果および考察

4.1 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。図に表記している凡例は[水セメント比]－[FNS 置換率]－[FNG 置換率]－[CaO 含有量]－[破砕回数]を示している。

図－1 より、同一圧縮強度で比較すると使用する骨材の種別により静弾性係数が異なる。これは、使用骨材の力学的特性の違いによるものと考えられる。

4.2 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の変化から求めた耐久性指数を図－2 に示す。

図－2 より、石灰岩砕砂、砕石と 1 回破砕を比較すると低下傾向にあることが把握された。また、破砕回数の違いを比較すると 2 回破砕を行ったものの方が、耐久性指数が高いことが明らかとなった。また、石灰岩砕砂、砕石と 2 回破砕を比較するとほぼ同程度であることが確認された。なお、2 回破砕は凍結融解 300 サイクルにおける耐久性指数は 80%以上となることが明らかとなった。このことから、品質改善を行い、スラグ表面の脆弱層を除去することで骨材自身の凍結融解抵抗性が改善されるものだと考えられる。

4.3 乾燥収縮特性

コンクリートの乾燥収縮試験結果を図－3 に示す。

図－3 より、試験期間 180 日における乾燥収縮ひずみは、1 回破砕を除けば、W/C、FNG の種類、FNS との混合使用の有無の違いによる顕著な差は認められず、350×10^{-6} 程度であることが把握された。1 回破砕が高かった要因としてはコンクリートの弾性係数に依存するものだと考えられる。

5.まとめ

1) FNG は、表層脆弱部の除去や CaO 含有量の調整により、品質改善が可能であることを示した。
2) FNG および FNS を組み合わせたコンクリートの耐久性は 80%以上であり、乾燥収縮は 350×10^{-6} と非常に小さく石灰岩砕砂、砕石と同程度である。

以上より、高品質なコンクリート用粗骨材として有望であること、FNS の組み合わせが使用可能であることが確認された。