

フェロニッケルスラグ粗骨材を使用したコンクリートの耐久性確認

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
日本鉱業協会 正会員 栗栖 一之

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製錬時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。スラグを有効に利用することで、資源の再利用と天然資源の延命にもつながる。そこで、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、2016 年に改正された JIS A 5011-2 に FNG が新たに規格化され、JIS 改正に合わせた指針¹⁾の改正では FNG を使用した技術資料が記載されている。そのため本研究では、港湾用途で想定される海洋環境下でのコンクリートにおいて、FNG の単独使用あるいは、砕石との混合使用したコンクリートの強度試験と耐久性試験について確認した。

2. 使用材料および配合条件

本研究では港湾構造物を想定した根固めブロックの仕様で FNG の混合率を 0%, 50%, 100%と変化させた配合を No.1～No.3 とし、それぞれ W/C 60%, s/a 43.4%, 設計基準強度 F_c 18N/mm², 目標 SL 8±2.5cm, 目標 Air 5.5%±0.5%とした配合条件を表－1 に示す。使用した砕石は石灰岩砕石 2005 を使用し、FNG の骨材品質は表－2 に示す通り、JIS A 5011-2 に規定される FNG 20-05 を満足した品質の FNG を用いた。

表－1 配合条件

配合 番号	FNG 混合率 (%)	s/a (%)	W/C (%)	単位量(kg/m³)						
				W	C	細骨材 S		粗骨材 G		AE 減水剤
						砂	砕砂	砕石 2005	FNG 20-05	
No.1	0	43.4	60	146	244	526	290	1,099	0	1.440
No.2	50							551	607	
No.3	100							0	1,217	

表－2 FNG 20-05 の骨材品質

項目	化学成分 (%)					絶乾密度	吸水率	単位容積質量	実積率	微粒 分量
	CaO	S	FeO	MgO	M.Fe	(g/cm ³)	(%)	(kg/L)	(%)	(%)
測定値	2.9	<0.1	6.6	34.3	0.2	2.96	0.87	1.78	60.1	1.5
規定値	≤15.0	≤0.5	≤13.0	≤40.0	≤1.0	≥2.7	≤3.00	≥1.50	—	≤5.0

3. 試験概要

2 章で示した配合で模擬根固めブロック (1,000mm×1,900mm×800mm)を製作し、打設後、海洋環境下（青森県八戸市に位置する北防波堤の内側）に設置した。海中へ設置後 1, 4, 5, 10, 20 年目にそれぞれコアを抜取り、試験用供試体の大きさに切断後、圧縮強度および全塩化物イオン濃度分布の測定を実施する。また、同時に一般用途に想定した自然環境下の暴露状態も考慮し、円柱供試体 (φ100mm×200mm)を暴露させ、同様に強度試験を実施する。尚、今回の報告は 4 年経過段階での試験結果について報告する。

4. 試験結果と考察

4.1 自然環境下における強度変化(テストピース供試体)

自然環境下における一般用途を想定した暴露供試体の圧縮強度試験結果を図－1 に示す。図－1 より、FNG の混合率増加に伴い、FNG を使用しないコンクリートと比較しても 28 日までの圧縮強度はほぼ同等かそれ以

キーワード フェロニッケルスラグ, FNG, 混合率, 海洋環境下, 耐久性
連絡先 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3丁目17-11 榮葉ビル8階 日本鉱業協会 技術部 TEL 03-5280-2327

上の値を示していた。いずれの場合でも1年までの強度増加が見られ4年経過の圧縮強度の増加は2%~16%前後であった。図-2には材齢28日と材齢1年および4年の圧縮強度と静弾性係数の関係を示す。図-2より、材齢28日の静弾性係数ではFNGを100%使用した場合、FNGを使用しないコンクリートに比べて静弾性係数が約20%低下する傾向が見られた。これは、FNGの力学的特性に起因するものと考えられる²⁾。ただし、FNG混合率の違いによらず、全暴露期間を通じて、圧縮強度の増加に伴い静弾性係数が増加することが確認され、FNG使用の有無および混合率の違いが力学的特性に及ぼす顕著な影響は少ないものと考えられる。

4.2 海洋環境下における強度と耐久性(模擬根固めブロックからのコア供試体)

港湾用途を想定した海中に沈めている模擬根固めブロックから採取したコア供試体の圧縮強度と静弾性係数の関係を図-3に、塩分浸透試験による塩化物イオン濃度を図-4に示す。図-3より、FNGを混合した場合においても破線で示した示方書の関係と同様の傾向を示しており、圧縮強度の増加に伴い静弾性係数も増加していることが確認でき、海洋環境下においてもFNGの混合による強度影響は見られない。図-4の全塩化物イオン濃度分布では海洋環境下1年経過時点ではほとんど差は見られなかったが、4年経過時点では表層部0.5cmよりも1.5cmで塩化物イオン濃度が高い結果を示している。これは海中暴露に伴うセメント水和物の溶出による影響等が考えられるが、詳細は不明である。FNG混合に伴い、深さ2.5cmまではFNGを使用しないコンクリートに比べて塩化物イオン濃度が約1.4~1.7倍の増加が見られたが、3.5cm以降はFNGを使用しないコンクリートとほぼ同等の値を示している。

5. まとめと今後の課題

FNGの混合使用あるいは単独使用に伴う自然環境下および海洋環境下における耐久性確認において、4年経過段階での圧縮強度や静弾性係数はFNGを使用しないコンクリートと同等もしくはそれ以上であることが確認され、港湾用途への粗骨材として有用であると言える。

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146，2016.6
- 2) 沼尾重人，迫井祐樹，阿波稔，庄谷征美：フェロニッケルスラグ粗骨材を用いたコンクリートの基礎的性質，土木学会東北支部技術研究発表会，V-12(平成20年度)

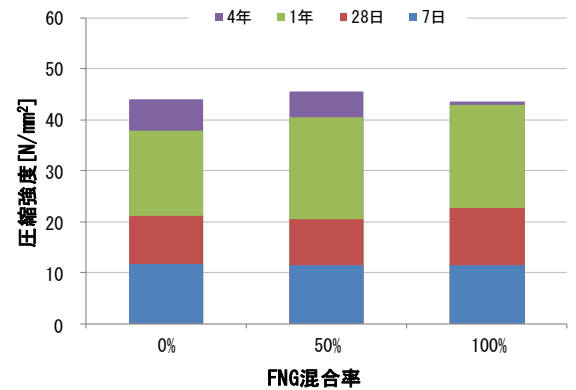


図-1 圧縮強度(自然環境下暴露供試体)

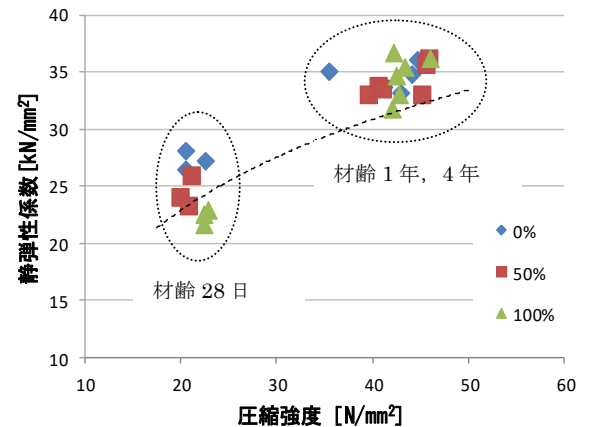


図-2 圧縮強度と静弾性係数の関係
(自然環境下暴露供試体)

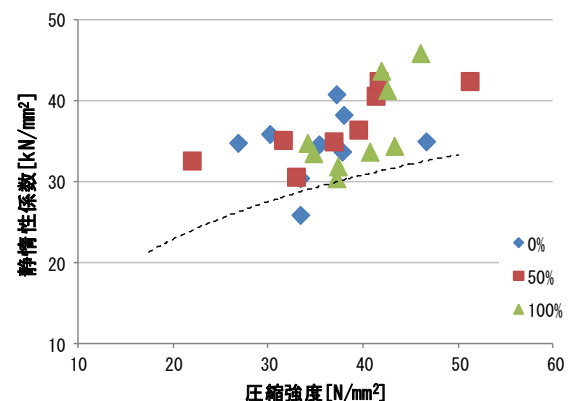


図-3 圧縮強度と静弾性係数の関係(コア)

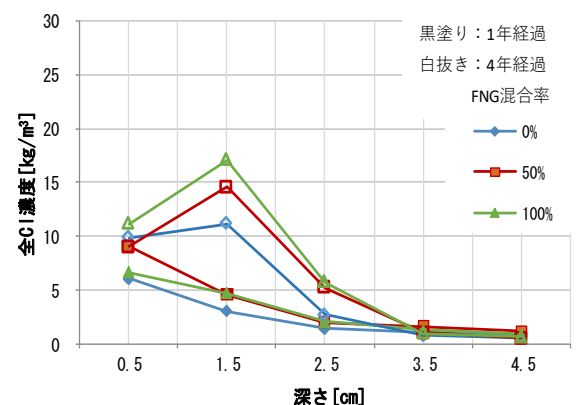


図-4 塩化物イオン濃度