フェロニッケルスラグ細骨材のコンクリート二次製品への適用

鳥取大学大学院　学生会員　○滝田　真哉　　鳥取大学　ﾌｪﾛｰ会員　井上　正一
(財)鳥取県建設技術ｾﾝﾀｰ　法人会員　松井　信作　　鳥取大学　正会員　黒田　保
鳥取大学　長谷川　明生

１．はじめに

鳥取県においては産業廃棄物のリサイクルの観点からフェロニッケルスラグ(FNS)の使用量増大と安定的な利用を要望している。しかし，公共事業の縮減による生コンやコンクリート二次製品の出荷量の激減を考慮すると，コンクリート中に占める FNS 骨材量をできる限り多くすることが重要となる。そこで，ここでは FNS 骨材のコンクリート二次製品への適用を想定し，細骨材中に占める FNS 細骨材の置換率を 30~100%まで変化させたコンクリートの場合について配合設計，フレッシュ性状および硬化後の強度を検討した。

２．実験概要

表-1 に実験要因を示す。本研究では，細骨材に FNS 細骨材と砕砂の混合砂ないしは FNS 細骨材のみを使用した FNS コンクリートと細骨材に普通砂（砕砂+陸砂）を使用した普通コンクリートを対象とした。なお，いずれのコンクリートも，粗骨材には普通砕石，セメントには普通ポルトランドセメント，化学混和剤としてポリカルボン酸エーテル系化合物の高性能減水剤を使用した。

表-1　実験要因

要因 ＼ コンクリートの種類	FNS コンクリート (FNS+砕砂 or FNS)	普通コンクリート (普通砂（砕砂+陸砂）)
FNS 置換率（%）	0，30，60，80，100	
水セメント比（%）	35，45，55	

表-2　骨材の物理的性質

骨材		絶乾密度 (g/m^3)	吸水率 (%)	F.M.	実績率 (%)	微粒分量 (%)
細骨材	普通砂	2.62	1.34	2.80	56.5	3.0
	FNS1.2	2.70	0.54	1.60	58.2	3.6
細骨材の JIS 規格		≧2.50	≦3.0	－	≧54	≦9.0
FNS の JIS 規格		≧2.70	≦3.0	－	－	－

３．実験結果

3.1　物理的性質

FNS を含む各細骨材の物理的試験の結果(表-2)より，普通砂および FNS1.2 細骨材(F100)の物性値はいずれも JIS の規格値を満たす。一方，FNS 置換率 30，60%の細骨材(F30，F60)の粒度分布は土木学会標準粒度範囲内にあるが，置換率 80，100 %(F80，F100)のそれは範囲から外れている(図-1 参照)。

本研究は FNS の多量使用が目的であり，かつ骨材は簡便な形で用いたいため，F80，F100 についても無調整で使用することにした。

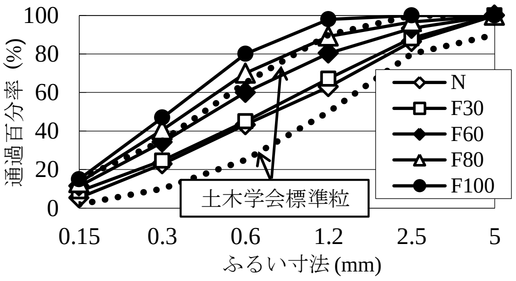

図-1　粒度分布

3.2　FNS 置換率と最適細骨材率

単位水量 W=165kg/m^3，空気量 2±1%のもとで，各 W/C，各細骨材(F30，F100 など)ごとに s/a のみ変化させた場合に得られるスランプと s/a との関係は上に凸な形状を示した。図-2 に FNS 置換率と最適 s/a の関係を示す。最適 s/a はいずれの W/C においても FNS 置換率が大きくなるに伴い小さくなり，さらに W/C=5%の増加に対して 1%低下することがわかる。

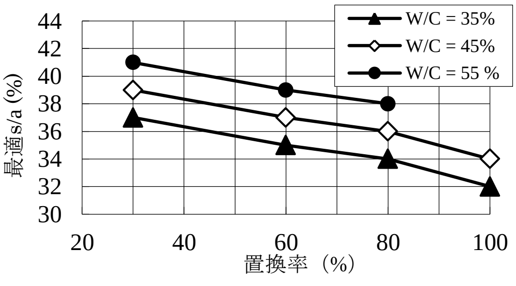

図-2　FNS 置換率と最適 s/a の関係

3.3　高性能減水剤量の使用量とスランプの関係

F60 における最適 s/a および二次製品工場側からの要請によ

り最適 s/a+3%としたコンクリートに対してスランプと高性能減水剤の添加量との関係を図-3 に示す。図より，高性能減水剤の添加量を増加させることによりスランプは直線的に増加すること，同一スランプを得るための高性能減水剤の添加量は最適 s/a+3%は最適 s/a よりも多く，W/C の増加に伴って多くなる。

以下の試験においては，単位水量 165kg/m³，スランプ 8±1.5%，最適 s/a+3%としたコンクリートについて行った結果を述べる。

3.4 FNS 細骨材を用いたコンクリートのフレッシュ性状

図−4 より，FNS コンクリートのブリーディング率は，W/C が大きいほど，FNS 置換率が大きいほど増大することがわかる。しかし，W/C=35%では FNS 置換率の大小がブリーディング率に影響を及ぼさないこと，さらに F30 においては，いずれの W/C においてもブリーディング率が最も小さくなった。

図-5 より，凝結時間はいずれのコンクリートも W/C が大きくなるほどが長くなること，同一 W/C では FNS 置換率が大きくなるに伴って長くなることがわかる。

3.5 FNS 細骨材を用いたコンクリートの圧縮強度

(1)蒸気養生による圧縮強度

蒸気養生(前置き時間:2~3h，昇温:20℃/h，最高温度:65℃，保持時間:1h)を施した W/C=45%のコンクリートの材齢と圧縮強度の関係(図-6)より，製品強度である 14 日圧縮強度は，FNS 置換率が大きいほど蒸気養生直後からの強度発現がやや大きくなっていることがわかる。なお，蒸気養生後の供試体は恒温恒湿室（温度 20±2 ℃，RH60%）に保存している。

(2)標準水中養生による 28 日圧縮強度

28 日圧縮強度は，同一 C/W においては FNS 置換率の大小に影響を受けずほぼ同一であること，C/W との間には直線関係があることがわかる。

以上，(1)，(2)の結果より，FNS 細骨材の置換率が α %のコンクリートの製品強度(蒸気養生後の材齢 14 日圧縮強度)は，標準水中養生をした F60 のコンクリートの材齢 28 日における圧縮強度 $f'_{c,f60}$ から次式により予測できる。

$$f'_{c14,F\alpha} = \left(0.0022\,\alpha + 0.897\right)\cdot(0.741\,f'_{c,F60} + 8.542)$$

4．まとめ

現在，FNS を用いたコンクリート二次製品は，FNS 置換率が 15%であったが，60%程度までは品質が変わらず，それ以上の置換率であっても製品化が図れる可能性があることが明らかとなった。

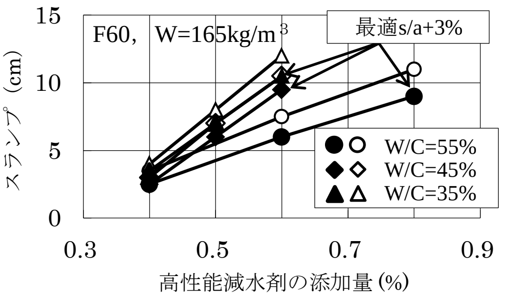

図-3　スランプと高性能減水剤の添加量の関係

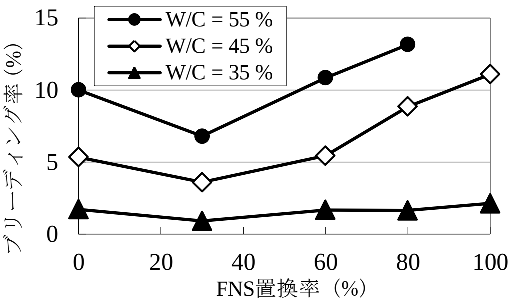

図-4　FNS 置換率とブリーディング率の関係

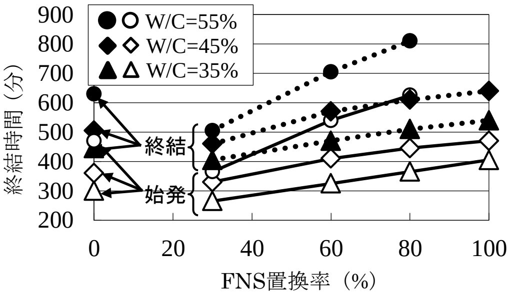

図-5　FNS 置換率と凝結時間の関係

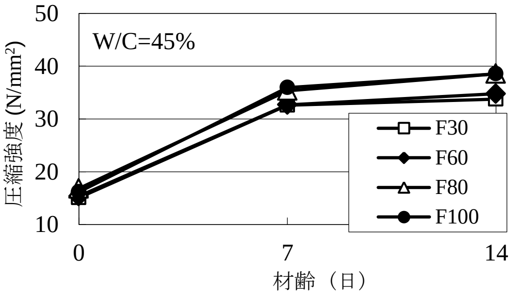

図-6　材齢と圧縮強度の関係

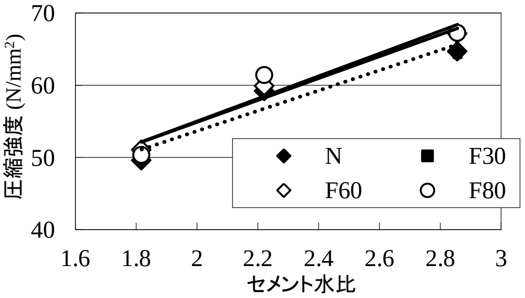

図-7　セメント水比と圧縮強度の関係