

フェロニッケルスラグ細骨材とフライアッシュを用いたコンクリートの物性

鳥取大学大学院 学生会員 〇佐藤 辰輝 鳥取大学大学院 正会員 黒田 保

正会員 吉野 公 鳥取大学 正会員 畑岡 寛

中国電力株式会社 正会員 及川 隆仁 中国電力株式会社 正会員 野原 秀彰

1 はじめに

近年、環境保護の観点で天然骨材の使用量低減が望まれることから、スラグ骨材の利用が注目されている。そこで本研究では、フェロニッケルスラグ細骨材(以下 FNS)の使用に着目した。しかし、FNSを多量に使用するとブリーディング量が増大するなど、施工性能の問題が生じる。一方で、石炭火力発電所から発生するフライアッシュ(以下 FA)の有効利用も望まれている。そこで、施工性能の改善を図るため粉体としてFAを使用することを考え、FNSとFAを使用したコンクリートのフレッシュ性状と硬化後の物性について検討を行った。

2 実験概要

使用材料を表1に示す。なお骨材の密度については、表乾密度を記載している。本研究では、細骨材としてFNSを砕砂(S1)に対して容積比75%で置換して使用した。また、粉体はセメントとFAの合計を単位粉体量(P)とし、Pは350、400kg/m³の2パターンを設定した。実験要因および水準を表2に示す。

配合条件として、スランブは国土交通省における鉄筋コンクリートのスランブ参考値に準じて¹⁾12cm±1.5cmに設定し、空気量は4.5±1.5%とした。また、細骨材に砕砂(S1)と陸砂(S2)を容積比で3:1の割合で使用した普通コンクリート(NC)を作製し、フレッシュ性状や硬化後の性状を比較した。なお、FNSとFAを使用したコンクリートの単位水量は175kg/m³と一定とし、普通コンクリートの単位水量は165kg/m³とした。混和剤には高機能タイプのAE減水剤(NCについてはセメントの質量に対して0.6%添加、FNSとFAを用いたコンクリートについては0.7~0.8%添加)を使用した。また空気量の調整用に一般のAE助剤を使用した。

3 実験結果および考察

3.1 フレッシュ性状について

図1にブリーディング試験結果を示す。FA添加量の増加に伴って、FNSを用いたコンクリートのブリーディング量が抑制される傾向が見られた。FAを添加することで粉体量が増加し、保水性が向上したことでブリーディング水が抑制されたと考えられる。

表3に凝結時間試験の結果を示す。同一水セメント比でFAを添加した場合、普通コンクリートと比較して凝結時間

表 1 使用材料

各材料	種類	密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	F.M.
粉体	普通ポルトランドセメント(C)	3.16		
	フライアッシュⅡ種(FA)	2.18		
細骨材	1.2mm フェロニッケルスラグ細骨材(FNS)	3.08	0.37	1.50
	砕砂(S1)	2.65	1.52	3.14
	陸砂(S2)	2.64	1.42	1.28
粗骨材	普通碎石(G)	2.76	0.64	6.67
混和剤	AE 減水剤高機能タイプ			
	AE 助剤			

表 2 設定要因と水準

要因	水準
FNS 置換率(%)	75
単位粉体量(kg/m ³)	350,400
水セメント比(%)	60,65,70

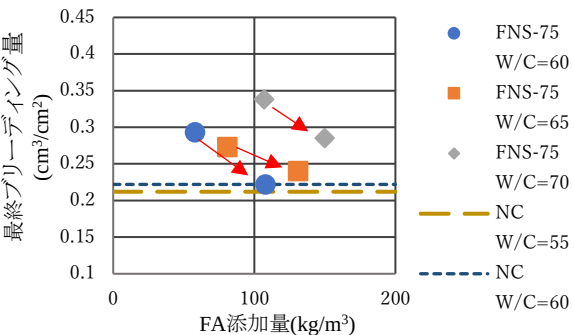


図 1 ブリーディング試験の結果

表 3 凝結時間試験の結果

配合名	W/C (%)	FA 添加量 (kg/m ³)	始発時間 (時間-分)	終結時間 (時間-分)
FNS-75 P350	60	58	7-20	9-30
FNS-75 P400	60	108	8-40	11-10
FNS-75 P350	65	81	8-15	10-40
FNS-75 P400	65	131	8-55	11-30
FNS-75 P350	70	107	8-55	11-30
FNS-75 P400	70	150	11-55	14-35
NC	55		5-50	8-05
NC	60		6-25	9-00

キーワード フェロニッケルスラグ細骨材, フライアッシュ, ブリーディング, 圧縮強度, 乾燥収縮

連絡先 〒680-8552 鳥取県鳥取市湖山町南 4 丁目 101 鳥取大学大学院持続性社会創成科学研究科

TEL 0857-31-5821

がやや遅延する傾向が見られた。

3.2 圧縮強度試験の結果

図 2 に $W/C=60\%$ のコンクリートの材齢と圧縮強度の関係を示す。FNS と FA を使用したコンクリートは、NC と比較して強度が増加する傾向が見られた。特に材齢 7 日以降の強度で差が大きくなった。これは FA の微粉末としての充填効果とポズラン反応によって強度が増進したためと考えられる。

図 3 に 28 日圧縮強度と FA 添加量の関係を示す。FNS と FA を使用したコンクリート(図中の楕円で囲んだデータ)について、同一の W/C において FA 添加量の増加(P350→P400)による圧縮強度の差異は見られなかった。一方、FNS と FA を使用したコンクリートにおいても W/C が小さくなるとともに圧縮強度は増大している。また、NC $W/C=60\%$ (図中の記号:NC-60)と比較して、それよりも W/C が同等以上である FNS と FA を使用したすべての配合(W/C は $60\% \sim 70\%$ の範囲)で圧縮強度は大きくなった。この傾向は材齢 91 日の結果においても確認された。

図 4 に、材齢 28 日における圧縮強度と静弾性係数の関係を示す。すべての配合で静弾性係数は土木学会予測式を上回っている。また、FNS と FA を使用したコンクリートの圧縮強度と静弾性係数の関係は NC のそれらの関係と同等であり、この関係は材齢 91 日の結果においても同様である。このことから、FNS や FA を多量に使用したコンクリートの変形特性(剛性)は普通コンクリートと同等と考えられる。

3.3 乾燥収縮試験の結果

図 5 に乾燥収縮試験の結果を示す。一般的に、単位水量が多いほど、また W/C が大きくなるにしたがって乾燥収縮ひずみは増大する傾向がある²⁾。NC よりも FNS と FA を使用したコンクリートの方が単位水量は多く W/C は大きい、乾燥収縮ひずみは FNS と FA を使用したコンクリートの方がやや小さくなった。すなわち、普通コンクリートに対して FNS と FA を使用したコンクリートは乾燥収縮に対する抵抗性が向上していると考えられる。この一因として FNS の吸水率が小さいことが考えられる。一方、FNS と砕砂を混合した細骨材の F.M.は 1.91、砕砂と陸砂の混合砂の F.M.は 2.68 である。FNS と FA を用いたコンクリートは NC よりも細骨材の F.M.が小さいこと、および FA の使用により粉体量が多いことから、表 4 に示すように NC より細骨材率(s/a)が小さくなり粗骨材の絶対容積(V_g)が大きい。したがって、増加した粗骨材がセメントペーストの収縮を拘束したことも乾燥収縮に対する抵抗性が向上した一因として考えられる。

4 まとめ

FNS を多量に用いたコンクリートに FA を添加することによりブリーディング量を普通コンクリートと同程度まで抑制することができた。また、普通コンクリートと比較して、FNS と FA を組み合わせて用いたコンクリートの圧縮強度は増大し、乾燥収縮に対する抵抗性は向上した。

5 参考文献

- 1) 国土交通省, スランプ規定の見直し, <http://www.mlit.go.jp/common/001176464.pdf>
- 2) 桜井邦昭ほか: 単位水量や水セメント比がコンクリートの乾燥収縮ひずみに及ぼす影響, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 2009.9

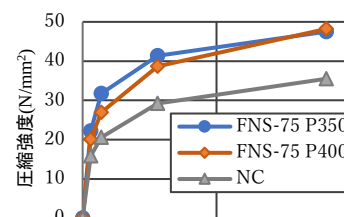


図 2 $W/C=60\%$ の圧縮強度試験の結果

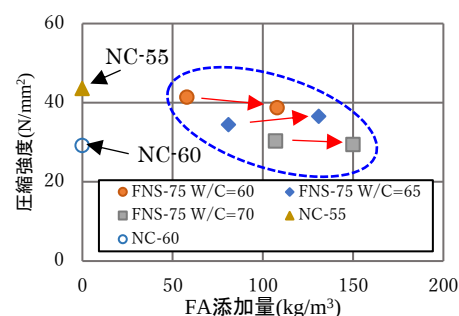


図 3 FA 添加量と 28 日圧縮強度の関係

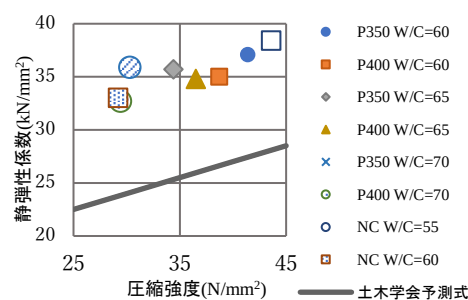


図 4 28 日静弾性係数試験の結果

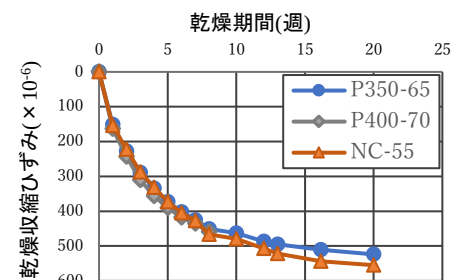


図 5 乾燥期間と乾燥収縮ひずみの関係

表 4 乾燥収縮試験を行った配合の s/a と V_g

配合名	s/a (%)	V_g (m^3/m^3)
FNS-75 P350 $W/C=65\%$	39	0.401
FNS-75 P400 $W/C=70\%$	35	0.411
NC $W/C=55\%$	44	0.376