

V-20

フェロニッケルスラグ細骨材を用いた 高強度コンクリートの品質に関する研究

八戸工業大学 学生員 ○森 大祐
八戸工業大学 正会員 庄谷 征美
八戸工業大学 正会員 阿波 稔
太平洋金属（株） 村井 浩介

1. はじめに

近年、資源の有効利用、リサイクルといった観点から、産業副産物をコンクリート用の材料として用いるための研究が鋭意進められている。その一環として非鉄金属スラグを用いた代替骨材の研究が進展し、1997年に高炉スラグ細骨材、フェロニッケル細骨材、銅スラグ細骨材がJIS A5011に統合規格化されるに至った。そこで本研究は、スラグ細骨材の1種であるフェロニッケルスラグ細骨材を用いた高強度コンクリートの力学的性質、耐薬品性などの耐久性、乾燥下における自由収縮性状、クリープ性状などの品質について実験的に検討することを目的としたものである。

2. 実験方法

2-1 使用材料および配合

コンクリートの配合は、表-1に示すように、W/Cおよびスラグ混合率（を変化させた3ケースとした。実験に用いたセメントは、早強ポルトランドセメントおよび普通ポルトランドセメントの2種類とした。細骨材はフェロニッケルスラグ(FNS)細骨材(比重 2.92 FM 2.48)、混合用として砕砂(比重 2.68, FM2.97)を使用した。粗骨材は最大寸法 20mmの硬質砂岩砕石(比重 2.67 FM 6.66)を用いた。なお、混和剤は、β-ナフタリンスルホン酸高縮合物ナトリウム塩系の高性能減水剤を使用した。

表-1 コンクリートの配合

配合	セメント	W/C (%)	スランブ (cm)	Air (%)	s/a (%)	FNS 混合率 (%)	単位量(kg/m ³)					減水剤 (kg)
							W	C	S1	S2	G	
24-100	早強	23.8	3±1	2±1	41.0	100	119	500	863	—	1120	9.00
26-100	早強	26.4	2±1	2±1	39.0	100	140	530	756	—	1083	9.54
24-50	普通	24.0	1±1	1±1	36.0	50	113	470	382	351	1242	6.60

*S1:FNS 細骨材、S2:砕砂

2-2 実験方法

(1) 供試体作成

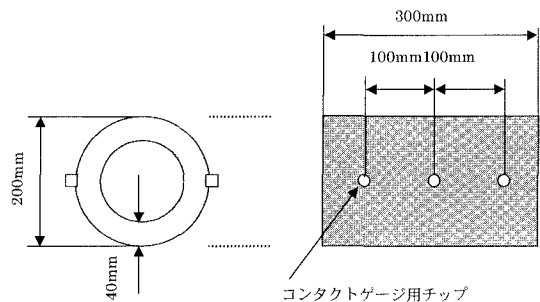
供試体の形状は、寸法φ200×300mm、肉厚40mmの円筒形（パイプを想定）である。供試体は、10分間の遠心成型を行った後、蒸気養生（前養生を20℃で1hr、昇温速度15℃/hr、最高温度および持続時間80℃で4hr）を行った。

(2) コンクリートの力学的特性

コンクリートの圧縮強度試験は、JIS A 1136に標準化されている遠心縮固めコンクリートの圧縮強度試験方法に従った。また、供試体側面にストレインゲージを張り付け、強度試験と同時にひずみを測定し、静弾性係数およびポアソン比を算出した。

(3) コンクリートの長さ変化試験

コンクリートの長さ変化試験は、乾燥下における自由収縮試験とクリープ試験を行った。これらの試験は、温度20℃、湿度60%の条件下で行った。クリープ試験は、供試体の上面と底面を拘束鋼板で覆い、PC鋼材により9.8N/mm²の載荷応力を与え実施した。そして、持続荷重下における収縮ひずみから自由収縮ひずみを差し引いてクリープひずみを算出した。これらのひずみはJIS A 1129に従い、コンクリートの両側面にコンタクトゲージ用チップを100mm間隔で貼り付け検長として測定を行った。なお、質量変化の測定も併行して行った。



(4) 耐薬品性試験

耐薬品性試験は、塩酸 2%溶液、硫酸 5%溶液、硫酸ナトリウム 10%溶液、硫酸マグネシウム 10%溶液および比較試験用として飲料水を用い試験液とした。また、これらの試薬は、JIS に規格化されたものである。試験層に浸せきする際は、供試体相互間隔および試験層底面からの距離を 3 cm 以上あげコンクリートの打込み面を上にして完全に浸せきさせ、6 ヶ月間試験を実施した。測定は、1 週、2 週、4 週、8 週、3 ヶ月、6 ヶ月の試験日数で行った。なお、供試体の長さ変化の測定は、自由収縮試験の方法と同様の方法で行い、質量変化も平行して測定した。

3. 実験結果および考察

(1) 力学的特性

圧縮強度、静弾性係数およびポアソン比の測定結果を表-2 に示す。この表に見られるように、圧縮強度は、同一のスラグ混合率で比較すると材齢 1 日では幾分の差が見られたが、材齢 7 日では殆ど差が見られなかった。W/C26% のケースにおいては、遠心成形の際、多量の脱水が認められており、この影響により実際の W/C が多少低下し、W/C の違いによる強度の差が小さくなったものと考えられる。また、静弾性係数は、W/C の低いものほど大きくなる傾向を示し、一方、ポアソン比は、W/C やスラグ混合率の影響は認められなかった。

(2) 自由収縮性状

自由収縮試験の結果を図-2 に示す。この図よりいずれの配合の場合にも自由収縮量は、数十マイクロと、極めて小さな値を示した。これは、一般に高強度コンクリートの自由収縮量の大部分は、自己収縮が占めていると考えられており、本実験では、水和に伴う自己収縮がかなり進行した蒸気養生終了後に測定を開始しているため、このような結果になったと推察される。

(3) クリープ性状

図-3 は、クリープ試験の結果より求めたクリープ係数と試験日数との関係を示したものである。この図に見られるように、W/C やスラグ混合率の変化によるクリープ係数の大きな差は見られなかった。これは、試験で用いた載荷応力が 9.8 N/mm^2 (応力強度比 10%) と比較的小さかったためであると考えられる。しかし、それぞれの配合において静弾性係数が多少異なっていることから、応力強度比がさらに大きな条件下では異なった結果となることが推察される。

(4) 耐薬品性

図-4 は、耐薬品試験の結果の一例として質量変化率と試験日数の関係を示したものである。この図に見られるように、硫酸に浸せきさせたケースは、W/C の違いにより若干の差が認められるものの、飲料水および塩酸に浸せきさせたものは殆ど変化が認められなかった。

4. まとめ

以上、限られた範囲ではあるがフェロニッケルスラグ細骨材を用いたコンクリートの基本的な品質について調べた。フェロニッケルスラグ細骨材を用いた高強度コンクリートの製造は十分に可能であると結論される。

表-2 圧縮強度、静弾性係数およびポアソン比

配合 No.	圧縮強度 (N/mm^2)		静弾性係数 ($\times 10^4 \text{ N/mm}^2$)		ポアソン比	
	材齢 1 日	材齢 7 日	材齢 1 日	材齢 7 日	材齢 1 日	材齢 7 日
24-100	88.1	94.3	5.07	5.23	0.217	0.220
26-100	84.8	94.1	4.22	4.40	0.220	0.220
24-50	91.0	98.0	4.89	5.08	0.21	0.22

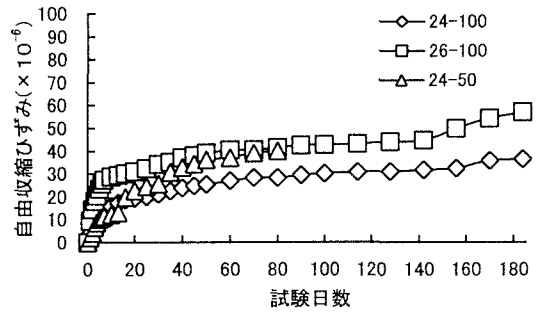


図-2 自由収縮ひずみと試験日数との関係

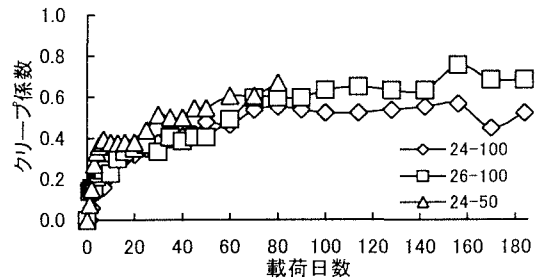


図-3 クリープ係数と試験日数との関係

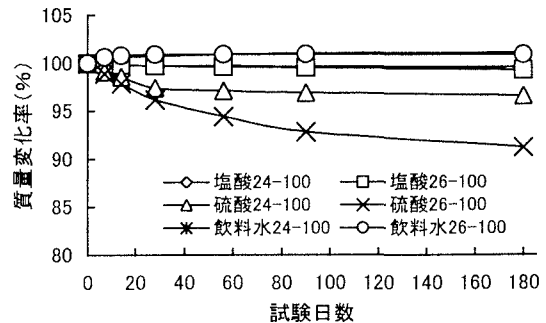


図-4 質量変化率と試験日数との関係