

足利工業大学 正会員 ○松村 仁夫

足利工業大学 正会員 黒井登起雄

1. まえがき

最近各方面でコンクリート用細骨材の品質低下が指摘され、また、産業副産物のコンクリート用細骨材への有効利用の研究が盛んに行われている。本研究は、このような状況下で普通細骨材の粒度、比重および塩化物含有量の調整に有効とされ、平成4年にJIS化されたフェロニッケルスラグ細骨材(以下 FNS細骨材と呼称)を取り上げ、これを用いたコンクリートのブリージング性状、強度、塩化物浸透性と鉄筋の防食性能および電気的特性を実験的に検討したものである。なお、本研究は、土木学会フェロニッケルスラグ細骨材小委員会の指針取りまとめ作業に際して、日本鉱業協会の協力を得て行った。ここに、付記し謝意を表する。

2. 実験の概要

2.1 使用材料及び配合 細骨材は、表1に示した製造方法の異なる5種類のFNS細骨材およびそれぞれの混合相手の4種類の普通細骨材を用いた。比較用細骨材は大井川産川砂(記号; OR)とした。セメントは、普通ポルトランドセメント(比重; 3.16)、粗骨材は石灰石碎石(最大寸法; 20mm、比重; 2.70、吸水率; 0.31%、粗粒率; 6.86)を用いた。混和剤は、AE減水剤およびAE剤を用いた。配合は、 $W/C=0.55$ および

0.60の2水準で、スランプ $=10\pm1$ cm、空気量 $=5\pm1$ %のコンクリートと $W/C=0.45$ 、0.55、および0.65の3水準のモルタルとした。FNS混合率(容積百分率)は、50%を主体にした。コンクリートの配合およびフレッシュ状態の性質は表2に示した。

2.2 実験方法 (1)練り混ぜ及びフレッシュコンクリート(モルタル)の試験

練り混ぜは、100ℓのパン型強制式ミキサ(コンクリート)および改良ホバート型ミキサ(モルタル)で行った。フレッシュコンクリートおよびモルタルの試験は、スランプ試験(モルタルの場合フ

ロー試験)、空気量試験(JIS A 1128)、単位容積質量試験およびブリージング試験(コンクリートのみ)を行った。単位容積質量は、空気量試験時に質量測定によって求めた。その後、(2)~(4)の各種供試体を作成し、試験まで標準養生した。

(2)圧縮強度試験 供試体は $\phi 10\times 20$ cmおよび $\phi 5\times 10$ cm円柱形とし、試験はJIS A 1108に従って行った。材令は28日とした。供試体数は一水準3個とした。

(3)塩化物イオンの浸透性状および鉄筋の防食性能試験 浸透性状試験用供試体は、 $10\times 10\times 40$ cm〈縦打ち〉および $4\times 4\times 16$ cm〈横打ち〉角柱形とし、養生期間中に長手方向の4面をエポキシ樹脂でシールした。また、防食性能試験用供試体は、 $\phi 10\times 20$ cmおよび $\phi 5\times 10$ cm円柱の中心軸方向に $\phi 9$ cmみがき丸棒鋼(長さ10cmおよび5cm)を埋設する形状とし、両端の円断面を同様にシールした。両供試体は、材令28日で塩化物イオン濃度2%に調整した塩水中に浸漬した。浸漬期間は、28日、56日、90日、180日および365日とした。塩化物浸透深さは、供試体を長手方向に割裂したのち、その面に1N硝酸銀溶液を噴霧し、変色域を測定して求めた。防食性能は、埋設鉄筋のさび量によって判定した。さび量は酸洗い後の質量測定によって求めた。

表1 使用細骨材の種類と物理的性質

フェロニッケルスラグ細骨材					普通細骨材				
記号	種 類	表乾 比重	吸水 率%	粗粒 率	記号	種 類	表乾 比重	吸水 率%	粗粒 率
A	キルン水砕	3.14	0.38	1.72	AR	円山砂	2.58	2.24	3.19
B'	電炉風砕	2.89	1.22	4.15	B'R	三沢産洗砂	2.65	1.73	2.18
B	電炉風砕	2.95	2.20	2.49					
C	電炉徐冷砕	3.05	1.21	2.90	OR	大井川産川砂	2.62	1.46	2.67
D	電炉水砕	2.83	0.73	3.94	DR	長浜町産海砂	2.60	1.41	1.84

表2 コンクリートの配合および諸性質

細骨材の種類	混合率%	W/C	s/a	単位水重kg/m ³	混和剤Adm ₁ Adm ₂ C×%	スランプcm	空気量%	単位容積質量kg/m ³	ブリージング量cm ³ /cm ²
OR	0	55	45	173	0.2 0.020	11.0	4.5	2307	0.147
	"	60	46	170	" "	9.4	5.1	2292	0.424
A+AR	50	55	42	185	0.2 0.030	10.7	4.7	2407	0.233
	"	60	43	185	" "	10.0	5.0	2405	0.262
B+BR	50	55	50	172	0.2 0.020	9.2	4.2	2460	0.213
	"	60	51	172	" "	9.1	3.9	2468	0.254
B	100	55	41	165	0.2 0.020	9.1	3.9	2502	0.282
	"	60	22	163	" "	10.2	4.8	2477	0.532
C+OR	50	55	42	179	0.2 0.025	9.7	3.3	2382	0.258
	"	60	43	181	" "	11.0	4.7	2307	0.297
D+DR	50	55	48	174	0.2 0.025	9.3	5.7	2414	0.172
	"	60	49	174	" "	9.5	5.2	2375	0.254

供試体数は一配合につき15個とした。なお、本試験は、現在浸透期間 180日で、継続中である。

(4)電気抵抗試験 供試体は相対する面に $10 \times 10 \times 0.2\text{cm}$ の真鍮板を接着した一辺が 10cm の立方体とし、試験は、真鍮板電極を介して交流電流(電流 50mA 、周波数 1および 5kHz)を接続し、電圧を測定する方法で行った。電源は、精密電力増幅器(調N F回路設計パック製)を用い、周波数変換はRC発振器(菊水電子工業(株)製)で行った。試験材令は、7日、28日、56日、90日、180日および365日とした。供試体は一配合3個とした。

3. 実験結果及び考察

3.1 プリージングおよび単位容積質量 表2より FNS細骨材コンクリートのプリージング量は、 $W/C=55\%$ および 60% のとき、それぞれ $0.172 \sim 0.282\text{cm}^3/\text{cm}^2$ および $0.254 \sim 0.532\text{cm}^3/\text{cm}^2$ の範囲であり、普通骨材コンクリートより若干多くなる。混合率 50% の場合、 1.8 倍以内の範囲である。しかし、混合率 100% としたBは、プリージング量がかなり多くなる傾向がある。これは FNS細骨材の比重が大きいことおよび細骨材の表面が滑らかで、保水性が悪いことによると考えられる。また、FNS細骨材コンクリートのプリージングの終了時間は、普通骨材コンクリートより 2~3 時間長くなる。単位容積質量は、普通骨材コンクリートに比べて 3~8 %増大する。

3.2 圧縮強度 混合率 50% の場合、A+AR、C+ORおよびD+DRのFNS 細骨材コンクリートの圧縮強度は、普通骨材コンクリートの $0.81 \sim 0.93\%$ ($W/C=0.55$) および $0.77 \sim 1.05\%$ ($W/C=0.60$) で、同等か $15 \sim 20\%$ 小さくなる傾向がある。B'+B'Rの場合は、普通骨材コンクリートと同等か若干増大する傾向がある。また、混合率 100% にしたBの場合、圧縮強度は普通骨材コンクリートより $15 \sim 20\%$ 程度低下するようである。これは、FNS細骨材コンクリートの圧縮強度が製造方式の異なる FNS細骨材の使用によって若干相違することを示していると考えられる。

3.3 塩化物イオンの浸透性状および鉄筋の防食性能 FNS細骨材モルタルの塩化物イオン浸透深さ測定した結果を図1に示す。図より、FNS細骨材コンクリートの塩化物イオンの浸透深さは、浸透期間および FNS細骨材の種類によって若干変動するが、普通骨材コンクリートとほぼ同等である。浸透期間 180日の浸透深さは、 $W/C=0.45$ で約 $8 \sim 17\text{mm}$ 、 $W/C=0.55$ で約 $15 \sim 20\text{mm}$ 、 $W/C=0.65$ で約 $19 \sim 24\text{mm}$ と W/C が大きくなるに従って大きくなる。このとき鉄筋のさびは FNS細骨材モルタルおよび普通モルタルともに認められない。また、FNS細骨材コンクリートの場合も塩化物イオンの浸透深さは普通骨材コンクリートとほぼ同等であり、鉄筋のさびも認められない。したがって、FNS細骨材コンクリートの鋼材を保護する性能も普通コンクリートと同等と考えてよいものと考えられる。

3.4 電気抵抗率 湿潤状態のコンクリートの電気抵抗率(周波数 5kHz)は図2に示す。FNS細骨材コンクリートの電気抵抗率は、材令 180日で、 $9300 \sim 13000 \Omega\text{cm}$ ($W/C=55\%$) および $8100 \sim 10000 \Omega\text{cm}$ ($W/C=60\%$) の範囲にあり、普通細骨材の 8600 および $8000 \Omega\text{cm}$ と同等かそれより大きくなる傾向が認められる。とくに、B'+B'Rを用いた FNS細骨材コンクリートの電気抵抗率は、普通細骨材に比べて 40% および 67% も大きくなる。また、FNS細骨材の場合、普通細骨材に比べてコンクリートの電気抵抗率の材令に伴う増加率が大きくなる傾向も認められる。

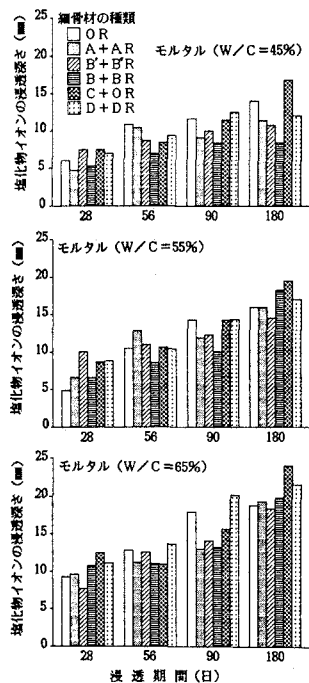


図1 塩化物イオン浸透性状

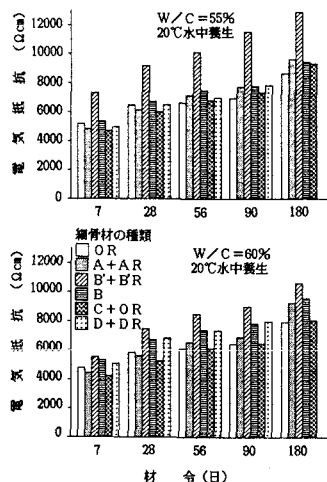


図2 コンクリートの電気抵抗率(周波数; 5kHz)