

東京大学生産技術研究所 正会員 ○ 星野 富夫
同 上 正会員 魚本 健人

1. まえがき

フェロニッケル製造時に排出されるフェロニッケルスラグは、高炉スラグに比べると、その産量は少量であるが、良質のコンクリート用骨材が枯渇化している現在、その有効利用が期待されている。フェロニッケルスラグ（以下スラグと呼ぶ）をコンクリート骨材として用いた場合の強度については、既に報告してあるが、この種のスラグは、製造方法により強度や物性が異なっている。一方、これらスラグの主成分は、 SiO_2 、 MgO であることから化学的にも安定であるといわれているが、コンクリート中のセメントとの反応についても検討することが必要である。本報告は、これらのスラグ細骨材を用いたコンクリートの長期強度とポロシティーの関係について検討するとともに、これらのスラグ細骨材を水酸化カルシウム飽和溶液中に1年間浸漬した場合の性状について検討を行なったものである。

2. 実験概要

実験に使用したフェロニッケルスラグ細骨材の製造方法、物理的性質等については、既に報告したものと同一であるため省略する。

表一にこれらフェロニッケルスラグ細骨材の化学成分を示す。この表からも明らかのように、 SiO_2 、 MgO が大部分を占めていることがわかる。なお、参考のために同表に高炉

表一 フェロニッケルスラグ細骨材の化学成分 (%)

No	SiO_2	MgO	CaO	Al_2O_3	Fe	Cr	Ni	S	合計
F-2	53.2	34.4	1.5	2.9	4.8	1.0	0.0	0.03	97.8
F-3	56.0	36.5	0.8	1.5	4.2	0.1	0.1	—	99.2
F-4	54.1	28.4	5.5	2.4	6.0	0.8	0.3	0.04	97.5
F-5	50.6	26.0	14.3	3.7	3.4	0.3	0.1	0.21	98.6
高炉	32.9	6.0	41.0	12.3	—	—	—	—	92.2

スラグの成分も示した。これらスラグ細骨材の粒度は土木学会基準に合致するように粒度調整を行なったもので、比較のため大井川産の川砂を使用した。

セメントは普通ポルトランドセメントを使用し、粗骨材は全て秩父西神産の碎石（最大寸法20mm）を使用した。コンクリートの配合は、水セメント比を40%、55%、70%の3種類とし、スランプを9±2cmとなるように定めた。圧縮強度試験は、水中養生（20℃）と空中養生（水中養生1週間後、20℃、50RHの空気中で養生）にて行なった。

3. 実験結果と考察

フェロニッケルスラグを細骨材として用いたコンクリートの圧縮強度は表二に示す通りである。

この表からも明らかなように、材令1週では、川砂を用いた場合とほぼ同様な強度が得られているが、

水中養生の場合、材令の経過とともにスラグ細骨材を使用したコンクリートの強度増加が少なく、水セメント比の大きなものほどその傾向は著しい。一方、空中養生では、スラグ細骨材を使用した方が川砂を使用した場合よりも高い強度になっているものもあり、この傾向は、材令が増すほど著しくなっている。このような現象が生じ

表二 コンクリートの圧縮強度

No	W/C (%)	圧 縮 強 度 (kg/cm ²)									
		1 週		4 週		13 週		26 週		52 週	
		水中	空中	水中	空中	水中	空中	水中	空中	水中	空中
F-2	40	408	531	599	627	622	671	595	713	610	
	55	240	325	351	389	381	405	376	405	352	
	70	152	236	247	279	273	283	250	299	253	
F-3	40	363	474	526	535	540	570	509	603	521	
	55	218	318	351	387	385	407	344	447	367	
	70	140	226	241	277	243	277	232	290	233	
F-4	40	410	548	586	608	614	691	606	731	541	
	55	268	388	410	439	413	478	419	514	390	
	70	191	298	306	344	328	372	292	390	315	
F-5	40	398	489	538	549	551	583	583			
	55	236	320	355	355	362	360	376			
	70	142	210	239	232	230	248	238			
F-P (川砂)	40	421	589	604	696	589	733	568	756	561	
	55	275	428	421	513	395	546	378	560	376	
	70	155	279	269	357	255	369	251	379	232	

た原因としては、短期的にはあまり問題とならないものの長期的にはスラグ細骨材とセメントペーストとの間に何らかの化学反応が起っていることが考えられる。そこで、林令52週における強度の測定とともにコンクリート中のモルタル部分のポロシチーを測定した。図-1にその結果を示す。なお、この図は、水セメント比55%のF-3、F-4と川砂の場合のみを示したものであるが水セメント比40%、70%のものもほぼ同様な傾向を示した。

この図から、水中養生ではスラグを使用すると、川砂を使用した場合に比べ圧縮強度が低いにもかかわらず、T、P、V（半径75〜75000Åの総量）は小さくなっている。また、空中養生では、F-3に代表されるようなスラグを使用するとT、P、Vは小さいが細孔半径の大きな空隙の割合が多く、強度はより低いものになっている。図-2に、圧縮強度とT、P、Vの関係を示す。川砂及びF-4を使用した場合には、養生条件のいかんを問わず圧縮強度とT、P、Vはほぼ同じ傾向を示すが、F-3を使用した場合には、水中養生と空中養生で異なった関係となっている。即ち、水中養生を行なった場合、T、P、Vが小さいにもかかわらず強度が小さい。

なお、これらのモルタル部分の含水量を測定したところスラグ細骨材を用いたものは川砂を用いたものよりそれぞれ小さな値であった。これらのことから、この種のスラグを用いたコンクリートでは十分な水化反応が生じているにもかかわらず水中養生ではその、効果が強度に反映されていないと考えられる。そこで、このスラグを1年間、20℃の条件で飽和水酸化カルシウム溶液中（pH12.49）に浸漬して骨材表面を走査型電子顕微鏡にて観察を行なった。その結果を写真-1に示す。上段は未浸漬のもの下段は浸漬したものである。川砂の場合は何ら反応は認められなかったが、F-2、3とも骨材表面に何らかの化学反応が起っていることが認められた。

4. まとめ

以上の結果より、フェロニッケルスラグをコンクリート用細骨材として用いる場合、セメントとの化学反応が生じる可能性があることから、この点に関する詳細な検討を行なうことが必要であると考えられる。最後に、本研究は、土木学会のスラグ研究小委員会の研究の一環として実施されたものであることを付記する。

<参考文献>

- 1) 魚本、屋野、フェロニッケルスラグ細骨材を用いたコンクリート強度、土木学会第30回年次学術講演概要集第5部、P159、1983年
- 2) 川村他2名、アルカリ骨材反応に関する基礎的研究、土木学会第31回年次学術講演概要集第5部、P64、1976年

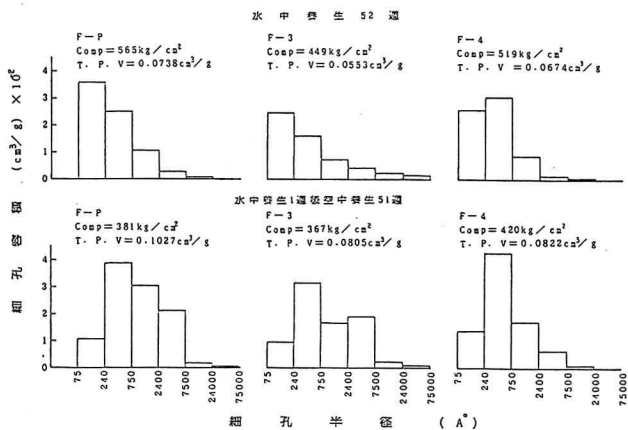


図-1 水セメント比55%における細孔径分布

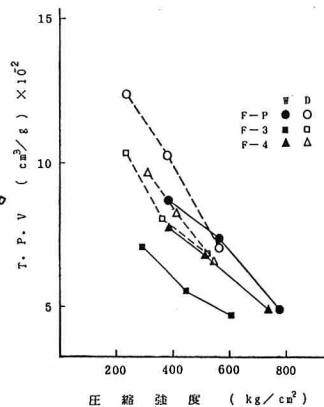


図-2 圧縮強度とT、P、Vの関係

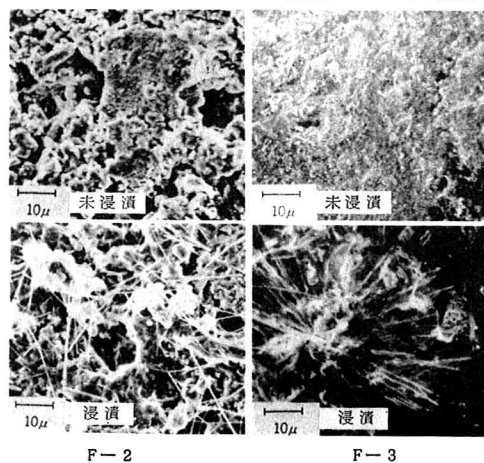


写真-1 細骨材表面のSEM写真 (×1000)