

新日本製鐵 正 永頼敏郎

新日本製鐵 正 沼田 馨一

神戸製鋼所 田代 恭一

1 まえがき スラグ細骨材は、細目の種類の場合その製砂過程で発生する細粒分(洗い試験で失われるもの)を多量に含む場合があることが考えられる。JIS A 5012(コンクリート用高炉スラグ細骨材)では細粒分の含有量の上限を定めていないが、スラグ細骨材中の細粒分は粒エシルトあるいは夏母ほどと違うのか、なり多量に含まれても良好なコンクリートを造ることが期待できる。しかし、一般に細骨材中に細粒分が多量に含まれると、(1)ワーカビリティーの低下、単位水量の増加、(2)ブリージングの著しい減少とアラステック収縮ひびわれの発生、(3)レイタンスの多量発生と強度・耐久性・すりへり抵抗の低下、(4)AE剤の使用量の変化、(5)乾燥収縮の増加などが指摘されているので、スラグ細骨材の細粒分についてもこれらの面から検討を加えておくことが大切である。本研究はJIS A 5012の粒度構成に合致する種類のスラグ細骨材を造るときに、実際に含有することが予想される細粒分の上限付近以上まで細粒分の量を変化させたスラグ細骨材をつくり、これで造ったコンクリートの性状の変化を調べ、この結果からスラグ細粒分について有害量の上限を設けるべきかを検討したものである。研究の実施に当って、小坂正弘博士はじめ関係者の御指導を賜り、実験には露出昭男氏らの協力を得た。

2 実験方法 20~5mmの粗骨材を用い、富配合($W/C=50\%$, スランパ8cm)と貧配合($W/C=60\%$, スランパ18cm)のコンクリートについて確かめることにした。コンクリートは空気量5%のAEコンクリートとしたが、これはエントレインドエアーが細かい細骨材と同様の作用をするものと考えられるから、細骨材の細粒分の上限の検討に適切と考えたためである。また富配合のコンクリートにはJIS A 5012の12mmスラグ細骨材(細目砂)を、貧配合には25mmスラグ細骨材(中目砂)を用いたのも細粒分の影響が顕著となるよう配慮したためである。スラグ細骨材は、製造工場からの有芯の湿潤状態のものを乾燥して表乾状態とし、一方別にふるい取った0.15mm以下のものを十分吸水させたものを概略乾かして、含水率を測定し吸水率に相当する水量を噴霧して均等な含水状態とした。細粒分の変化は有芯のものに0.15mm以下のものを混ぜ合わせて調整した。

セメントは〇社普通ポルト(比重3.16)、粗骨材は大井川産玉石砕石(20~5mm, 表乾比重2.5, 吸水率0.4%, 実積率60%, 洗い損失量0.4%), 混和剤はT社オキシカルボン酸塩系減水剤及び補助AE剤を用いた。

コンクリートの配合は試練りによって決定した。 S/a を変化させ、所定の空気量スランパに対し最小となる W の量に対応する S/a 材料分離に対する抵抗性、打込性など所要のワーカビリティーが得られる範囲内で最小の W 量に対応する最適 S/a を求めた。試験室は $20 \pm 2^\circ\text{C}$ のコンクリートが得られ、RH 80%以上となるような条件とした。

3 実験結果

(1) 表1のデータから、スラグ細骨材中の細粒分の量と実積率の関係をプロットすると、細粒分の含有量が、7~28%のところで、両者の細骨材とも直線関係が折れる点を生じる。この位置は0.15mm以上のスラグ細骨材の粒子と0.074mm以下の細粒分の粒子とが「粒の干渉」を開始する点とみられる。

表-1 スラグ細骨材の材質

種類	12mmスラグ細骨材(N社)			25mmスラグ細骨材(K社)			0.074mm以下のもの	
	表乾比重	吸水率(%)	実積率(%)	表乾比重	吸水率(%)	実積率(%)	N社	K社
3.0	2.74	0.45	56.8	2.77	1.21	62.6		
5.0	2.74	0.54	58.3	2.79	0.88	64.8	288	293
7.0	2.75	0.52	59.9	2.80	0.52	66.9	882	880
9.0	2.76	0.48	61.2	2.84	0.38	68.1		
11.0	2.76	0.45	62.2	2.82	0.18	69.4		

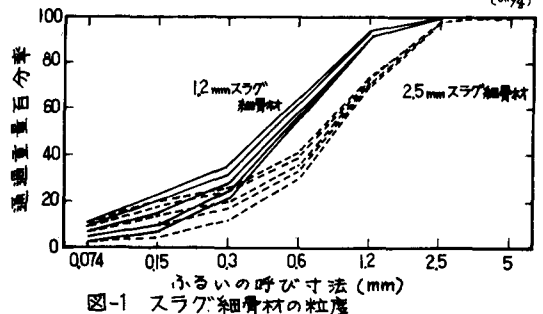


図-1 スラグ細骨材の粒度

(2) コンクリートの配合に關しては、高配合の場合、細粒分の増加に對して粗粒率の減少に応じて $\%a$ を小さくすれば(0.99 α /0.1FM)、Wは変化させずにワーカブルなコンクリートを得ることができた。高配合の場合は、同様の操作は必要であるが(0.6 $\%a$ /0.1FM)、細粒分の増加はワーカビリティーの改善とよりむしろWを減少させることができる(図2)所要の空気量を得るAE剤の使用量は細粒分の増加に對し $\%a$ の変化に応じて直線的關係が得られた。

以上、配合設計に當ては、スラグ細骨材のFMをもとにして、FMの変化に応じて $\%a$ 又は $\%b$ を変化させる一般の配合設計方法を適用すればよいことが分かる。

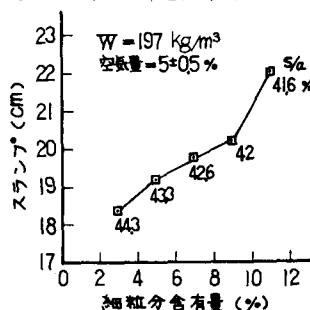


図-2 やわ糊りコンクリートにおける細粒分含有量とワーカビリティー

W/C (%)	細骨材 の割合 F.M. (%)	S/a (%)	単位 体積 重量 (kg/m³)	W (kg/m³)	A/E (%)	スラン プ (cm)	空気 量 (%)	単位 重量 (kg/m³)	ブリージ ング		乾燥収縮			
									量 (%)	率 (%)	4w (x10⁻³)	8w (x10⁻³)		
50	3.0	2.26	37.9	0.680	180	360	25 ^A	7.5	5.1	2316	0.22	6.08	3.48	4.25
	5.0	2.18	37.1	0.689	180	360	32 ^A	7.5	5.1	2322	0.24	6.82	2.97	3.96
	7.0	2.07	35.9	0.701	180.5	361	38 ^A	8.0	4.8	2329	0.22	6.28	3.26	4.19
	9.0	1.94	34.9	0.708	180.9	361.7	44 ^A	8.0	4.7	2334	0.21	5.99	3.17	4.06
	11.0	1.83	33.8	0.720	181	362	53 ^A	7.5	4.6	2340	0.20	5.96	3.30	4.14
60	3.0	2.85	44.0	0.559	197	328	25 ^A	18.5	5.1	2291	0.42	8.8	1.76	3.16
	5.0	2.71	43.3	0.605	197	328	38 ^A	19.2	4.8	2309	0.47	8.8	2.38	3.68
	7.0	2.49	42.6	0.614	197	328	6.0 ^A	19.8	5.5	2278	0.49	10.5	2.53	4.12
	9.0	2.47	42.0	0.624	193	322	6.0 ^A	19.0	5.4	2278	0.45	10.0	2.47	3.85
	11.0	2.41	41.6	0.630	193	322	5.5 ^A	19.0	4.7	2298	0.49	10.4	2.71	4.00

ブリージングは細粒分が増加すると、最初の30～60分のブリージング速度が小さくなるがブリージング量等の絶対量には余り変化がみられない。0.074mm以下の細粒分の保水性もそれほど強くなく、凝結にも大きな作用がばいいためであると考えられる。

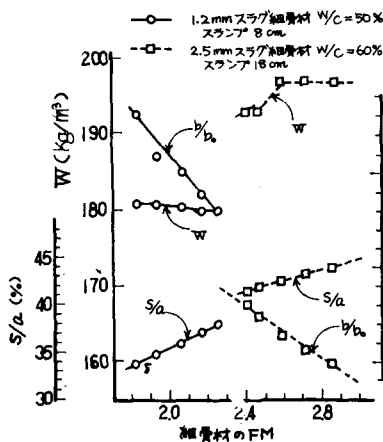


図-3 細骨材のFMと配合割合

硬化コンクリートの圧縮強度は図5に示すように

スラグ細骨材の微粉未効果は余りみられていない。実用コンクリートの管理は材令3日、7日及び28日で行われるのが一般であるが、この程度の範囲の材令では細粒分が多くなっても大きな効果はみられない。しかし材令28日のデータから推察されるように長期強度は、細粒分の増加と共に増大の傾向がみられるので材令91日で管理するコンクリートはスラグ細骨材の細粒分が有効に作用するとみられる。

乾燥収縮の測定はW/C = 50%のものは恒温恒湿度(20±2℃, 60±5%RH)、W/C = 60%のものは臭化ナトリウム飽和溶液の恒温保存箱を用いた。両者の絶対値の比較は困難であるが、いずれも細粒分の増加とは余り相関がみられない。

4. おまじび 0.15mmふるいの通過百分率が5～20%程度(RC示方書2～10%)のJIS A 5012の1.2mmスラグ細骨材及び2.5mmスラグ細骨材を試験したが、いずれも細骨材として単独に用いても良好なコンクリートを作ることができた。特にスラグ細骨材中の細粒分(試験で失われるもの)は10%程度含まれてもコンクリートに有害な現象を認められなかった。スラグ細骨材特に細目のものは製造の実態を考慮すると7%程度許容することは資源の有効利用からも妥当と考えられる。

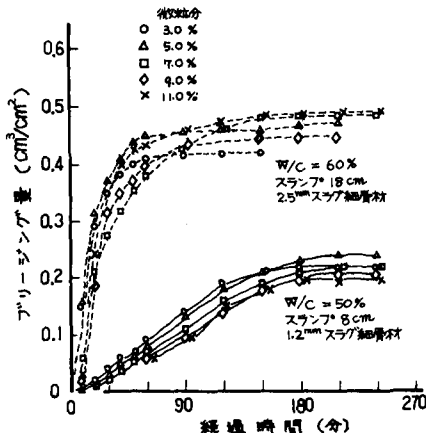


図-4 ブリージング

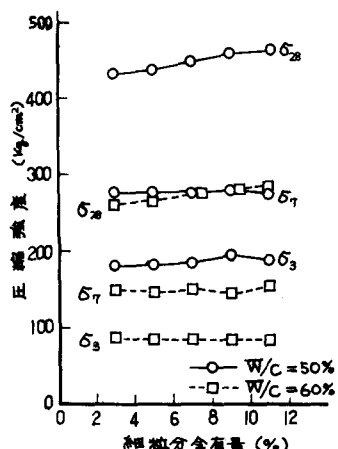


図-5 細粒分含有量と圧縮強度