

砕砂およびスラグ細骨材を用いたコンクリートの基礎的性状

○九州大学大学院 学生会員 石橋 昌史 九州大学大学院 フェロー 松下 博通
九州大学大学院 正会員 佐川 康貴 (社)九州建設技術管理協会 正会員 陶 佳宏

1. はじめに

九州地区の建設工事では、これまでコンクリート用細骨材に海砂を広く利用してきた。しかしながら近年、生態系や環境保全の観点から、海砂の採取規制が進められている。このため、コンクリート用細骨材の供給不足が懸念され、海砂に代わる細骨材の開発が急務となっている。

そこで本研究では、代替細骨材の候補として九州で採取される代表的な砕砂およびスラグ細骨材を取り上げ、それらを用いたコンクリートの配合および強度性状の観点からコンクリート用細骨材への適用性を評価した。

2. 実験概要

本研究で使用した細骨材を表 - 1 に示す。セメントは高炉セメント B 種（密度 3.02g/cm^3 ，比表面積 $3900\text{cm}^2/\text{g}$ ），粗骨材は砂岩碎石（密度 2.73g/cm^3 ，吸水率 1.10%）を水洗いして用いた。細骨材は、九州地区で採取される代表的な 5 種類の砕砂，産地の異なる 3 種類の高炉スラグ細骨材，フライアッシュ（以下 FA）溶融スラグ細骨材（高炉スラグ中にフライアッシュを溶融させたもの）および同一産地で納入時期が異なる 2 種類の海砂を使用した。安山岩および輝緑岩については整粒加工を施しており、単味で使用し、砂岩、石灰岩および角閃岩については、粒度および微粒分量の改善目的で海砂と混合使用した場合について検討した。また、混和剤はセメント 100kg に対してリグニンスルホン酸系の AE 減水剤を 313g，アルキルアリルスルホン酸系の空気連行剤を 3.5ml 使用した。

コンクリートの示方配合は表 - 2 に示すように、W/C=50%とし、目標スランブを $10\pm 2.5\text{cm}$ ，目標空気量を $4.5\pm 1.5\%$ となるように試験練りによって求め、決定した配合のコンクリートについて圧縮強度試験を材齢 7，28，91 日に実施した。

3. 実験結果および考察

3.1 実積率と単位水量の関係

図 - 1 にコンクリートの単位水量と細骨材の実積率の関係を示す。本研究で使用した粗骨材を用いた場合、砕砂および混合砕砂とスラグ細骨材それぞれについて、一定のスランブを得るために必要な単位水量と細骨材の実積率の間には直線的な関係があることが確認できる。本研究で使用した粗骨材を使用した場合、細骨材の実積率が 1% 大きくなるごとにコンクリートの単位水量を砕砂については

表 - 1 使用細骨材

輝緑岩	表乾密度 2.86g/cm^3 ，吸水率1.56%，実積率67.7%
安山岩	表乾密度 2.71g/cm^3 ，吸水率1.90%，実積率65.7%
砂岩	表乾密度 2.69g/cm^3 ，吸水率1.08%，実積率67.5%
石灰岩	表乾密度 2.69g/cm^3 ，吸水率0.59%，実積率66.9%
角閃岩	表乾密度 2.95g/cm^3 ，吸水率1.35%，実積率62.1%
高炉水砕スラグ	A 表乾密度 2.66g/cm^3 ，吸水率0.70%，実積率58.1%
	B 表乾密度 2.68g/cm^3 ，吸水率0.71%，実積率55.8%
	C 表乾密度 2.85g/cm^3 ，吸水率1.30%，実積率66.7%
FA溶融スラグ	表乾密度 2.90g/cm^3 ，吸水率0.53%，実積率66.4%
海砂	A 表乾密度 2.59g/cm^3 ，吸水率0.80%，実積率66.7%
	B 表乾密度 2.59g/cm^3 ，吸水率0.80%，実積率64.4%

表 - 2 コンクリートの配合

細骨材	細骨材率 s/a (%)	単位量				フレッシュコンクリート試験結果		
		水	セメント	細骨材	粗骨材	スランブ	空気量	コンクリート温度
		W	C	S	G	(cm)	(%)	()
輝緑岩	45.5	179	358	759	1029	9.0	1.7	19.5
安山岩	45.5	179	358	756	1029	9.0	1.7	19.5
角閃岩	42.7	185	370	758	1065	10.0	2.5	19.0
海砂A	47.6	167	334	787	1020	10.5	3.9	25.5
海砂B	40.0	174	348	635	1144	9.5	2.6	22.0
砂岩・海砂	45.1	173	346	744*	1053	10.0	2.5	21.0
石灰岩・海砂	46.0	172	344	762*	1038	9.5	2.9	20.0
角閃岩・海砂	41.0	172	344	700*	1134	10.0	2.0	19.5
高炉スラグA	42.5	175	350	697	1097	8.0	4.8	19.0
高炉スラグB	40.0	179	358	649	1129	10.0	4.3	21.0
高炉スラグC	42.5	165	330	766	1125	9.0	4.0	20.0
FA溶融	45.0	163	326	835	1081	10.0	3.2	19.0

*2種類の細骨材を質量比1:1で混合

キーワード：砕砂，スラグ細骨材，実積率，単位水量，圧縮強度，破砕値

連絡先：福岡市東区箱崎 6-10-1，TEL：092-641-3131（内線 8654），FAX：092-642-3271

1.7kg/m³，スラグ細骨材については 1.2kg/m³ 程度低減できることが確認された。角張りが多く，偏平な形状の粒子も認められる砕砂については，実積率が低く単位水量が大きくなる結果となったが，海砂と混合して使用することでコンクリートのワーカビリティが改善され，所要のスランプを得るための単位水量を低減できることが確認された。スラグ細骨材については，実積率が極端に低いものについても所要のスランプを得るための単位水量が小さくなる結果が得られた。特に実積率が低かったことに関しては，表面に凹みがある粒子が多かったことが影響したものと考えられる。実際には，粒子はコンクリート中では凹みに空気を巻き込んだ球体として作用したため，所要のスランプを得るために必要な単位水量が抑えられた可能性が考えられる。なお，実積率が海砂と同等のものについては，単位水量が海砂を下回る結果を得た。

次に，砕砂，海砂およびスラグ細骨材を一様に評価できない理由として，骨材粒子の表面性状の違いが影響している可能性が考えられる。スラグ細骨材の表面性状はガラス質で滑らかであることから，骨材間の摩擦が小さい。これに対し，砕砂は粒子の表面がざらついている。さらに，粒子形状の角ばっているもの，偏平なものを多く含んでいることなども全ての細骨材を一様に評価できない原因として考えられる。

3.2 圧縮強度

圧縮強度試験結果を表 - 3 に，圧縮強度と破砕値の関係を図 - 2 に示す。破砕値は金属製容器に粒径が 0.6～1.2mm の細骨材を入れ，10 分間で 100kN になるよう荷重を与えた後，0.3mm ふるいで試料をふるい，通過したものの元の質量に対する百分率である。砕砂および混合砕砂コンクリートの圧縮強度は，海砂コンクリートに対し同等以上になる傾向を示した。また，破砕値の違いによる圧縮強度への影響はないと考えてよい。スラグ細骨材を用いたコンクリートについては，高炉スラグ B を除くものについては海砂コンクリートと同等以上の強度を得た。また，破砕値が大きいものほど圧縮強度が小さくなる結果が得られた。一方，長期材齢において，FA 溶融スラグ細骨材を除くものについて，潜在水硬性による強度増進が認められた。この結果，高炉スラグ B を使用したコンクリートについても，材齢 91 日において海砂コンクリートを上回る強度を発現した。

以上より，本研究において検討対象とした細骨材を用いたコンクリートは強度上の問題はないと考えられる。

4. まとめ

- 1) 粗骨材の種類を一定とした場合，所要のスランプを得るために必要なコンクリートの単位水量は，細骨材の実積率が大きいほど低減できる。
- 2) 高炉スラグ細骨材については，破砕値の大きいものほど若材齢における圧縮強度が低下する。
- 3) 高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートは長期材齢において圧縮強度の増進が期待できる。

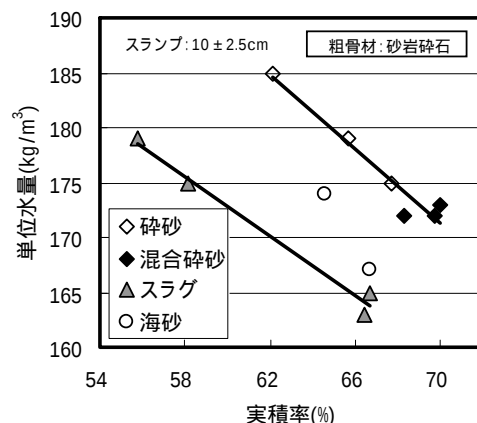


図 - 1 コンクリートの単位水量と細骨材実積率の関係

表 - 3 圧縮強度試験結果

細骨材	圧縮強度(N/mm ²)		
	材齢7日	材齢28日	材齢91日
輝緑岩	28.8	44.7	57.4
安山岩	30.5	52.1	61.0
角閃岩	31.5	48.3	54.8
海砂A	27.5	43.8	51.2
海砂B	28.8	44.6	62.7
砂岩・海砂	31.7	45.8	59.0
石灰岩・海砂	33.8	46.5	54.7
角閃岩・海砂	29.8	46.2	57.2
高炉スラグA	29.9	47.8	54.3
高炉スラグB	23.3	39.8	56.3
FA溶融	31.7	48.8	52.8

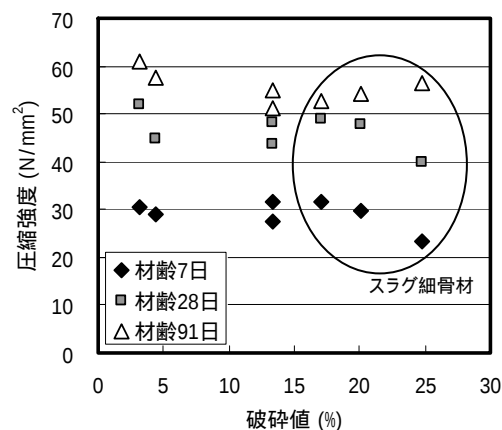


図 - 2 圧縮強度と破砕値の関係