

V-521

各種骨材を混入した石炭灰硬化体の製造方法に関する研究
(その2 圧縮強度、変形特性)

間組 技術研究所 正会員 福留 和人 山口大学 工学部 正会員 浜田 純夫
中国電力 土木部 正会員 斉藤 直 中国電力 土木部 正会員 澄川 健
間組 技術研究所 フェロー会員 喜多 達夫

1. まえがき

石炭灰原粉を多量に用いた硬化体の密度は、コンクリートや天然骨材に比べて小さく、軟弱地盤等へ適用する場合、沈下・埋設等に対して優位となるが、波浪の影響を受ける箇所等へ適用する場合、安定性を確保する上で高い密度が必要となり、現状ではその適用は困難である。この密度の制御が可能となれば、その適用性の拡大が可能となると考えられる。

以上のことから、石炭灰硬化体の密度の制御方法として、金属スラグの混入を取り上げ、混入量が圧縮強度および変形特性に及ぼす影響を調査した。

2. 実験概要

(1) 使用材料：表-1に骨材の品質を、表-2に石炭灰の品質を示す。骨材には、締固め特性への影響の小さい銅スラグおよび砕石を使用した。セメントは、普通ポルトランドセメント(密度3.16、比表面積 3,280cm²/g)を、硬化促進剤としてNaClを用いた。硬化促進剤は、あらかじめ練混ぜ水に溶解し、濃度は、水に対して3.3%と一定とした。

(2) 振動条件：振動数66.7Hz、両振幅1mm、振動時間5分とした。

(3) 配合条件：骨材混入量は、実績率に相当する骨材量に対する比率で3水準設定した。すなわち、単独の場合、60、80および100%、併用の場合、それぞれ40、50および60%とした。水粉体比は、振動締固め試験において乾燥密度が最大となる最適水粉体比とした。セメント添加率(C/(C+F))は、10、15および20%の3水準とした。比較のために骨材無混入についても同様の試験を行った。

(4) 試験項目および試験方法

- a) 圧縮強度試験：JIS 108に準じて材齢7, 28, 91日に実施した。
b) 変形特性(ヤング係数およびポアソン比)：圧縮強度試験時(材齢91日)にコンプレッションメータおよびエクステンソメータにより応力ひずみ関係を求めた。

表-1 骨材の品質

種類	密度 (g/ml)		吸水率 (%)	実績率 (%)	粗粒率 F.M.
	絶乾	表乾			
銅スラグ	3.56	3.58	0.32	56.8	3.17
砕石(1305)	—	2.69	0.76	56.2	6.18

表-2 石炭灰原粉の品質

密度 g/ml	ブレン比表面積 cm ² /g	化 学 成 分 (%)					
		強熱減量	湿分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO
2.30	3,320	3.04	0.14	59.1	23.2	2.3	5.4

表-3 配合条件

種類	水粉体比 W/(C+F) (%)	セメント添加率 C/(C+F) (%)	骨材混入	
			混入率 (%)	混入量 (l/m ³)
無混入	24.1	10	—	—
		15	—	—
		20	—	—
銅スラグ	25.3	15	60	341
	25.8		80	454
	27.7		100	568
	25.8	10	80	454
	25.8	20	80	454
砕石(1305)	24.5	15	60	337
	25.0		80	450
	28.2		100	562
	25.0	10	80	450
銅スラグ + 砕石(1305)	26.7	15	40+40	452
	26.7		50+50	565
	31.0		60+60	678
	26.7	10	50+50	565
		20	50+50	565

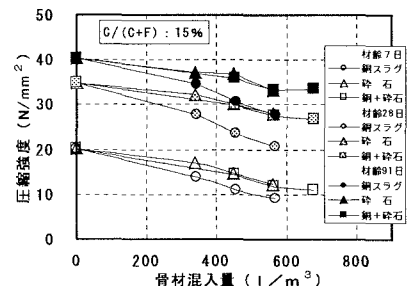


図-1 骨材混入量と圧縮強度の関係

キーワード：石炭灰、石炭灰硬化体、骨材、金属スラグ、圧縮強度、ヤング係数、ポアソン比

連絡先：〒305-0822 つくば市荻間字西向515-1 間組技術研究所, tel:0298-58-8814, fax:0298-58-8819

3. 実験結果および考察

（1）圧縮強度試験結果：図-1に骨材量と圧縮強度の関係を示す。図に示すように骨材混入とともに圧縮強度は直線的に低下しており、その低減割合は、銅スラグが大きい。これは、骨材混入に伴って最適水粉体比が増大すること、破壊性状が変化することによると考えられる。すなわち、骨材を混入した場合、圧縮力が作用すると骨材周囲に引張応力が生じ、付着ひびわれが進展する。そのため、最大応力は、付着界面の破壊で決定されるようになり、その結果、混入量とともに強度低下が大きくなるものと考えられる。銅スラグの強度低下率が大きいのは、粒径が細かく付着面積が大きいこと、表面がガラス質で付着強度が低いことによると考えられる。なお、いずれの骨材とも材齢の経過とともに強度低下率は、小さくなる傾向にある。

図-2にセメント添加率と圧縮強度の関係を示す。いずれもセメント添加率と圧縮強度は、直線関係にある。この図から、銅スラグ、碎石および碎石と銅スラグの組合せでそれぞれセメント添加率を5、2および3%程度増加させることで無混入と同程度の強度を確保可能であると言える。

（2）ヤング係数：図-3に圧縮強度とヤング係数の関係を示す。骨材混入によりヤング係数は増大し、同一圧縮強度に対するヤング係数は、無混入の約2倍程度となっている。

（3）変形特性：図-4に銅スラグを混入した場合の縦ひずみと応力強度比の関係を示す。図に示すように、銅スラグ混入率の増大とともに応力ひずみ関係の非線形性が大きくなる傾向が見られる。また、最大応力時のひずみは、骨材混入量とともに小さくなる傾向が見られる。

図-5に銅スラグを用いた場合のポアソン比と応力強度比の関係を示す。骨材無混入の場合、ポアソン比は、ほぼ0.2で最大荷重に至るまで一定であるが、骨材を混入した場合、応力強度比0.6程度からポアソン比は増大しながら破壊に至っている。

以上のような、変形特性の変化は、骨材混入による破壊形態の変化によるものである。すなわち、骨材無混入では、均質であるためクラックの発生＝破壊であるが、骨材を混入すれば、付着界面の微細なクラックが徐々に進行しながら破壊に至る。骨材混入によって石炭灰硬化体の脆性的な性質が改善されると言える。

4. まとめ

図-6に骨材混入量と硬化体密度の関係を示す。消波ブロック等のコンクリートと同様の圧縮強度 20N/mm^2 程度を満足する石炭灰硬化体の密度は、銅スラグ単独使用でも $2.4\sim 2.6\text{ton/m}^3$ であり、重量コンクリートの分野を含めた適用性があるものと考えられる。

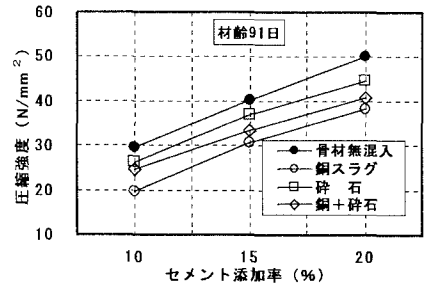


図-2 セメント添加率と圧縮強度の関係

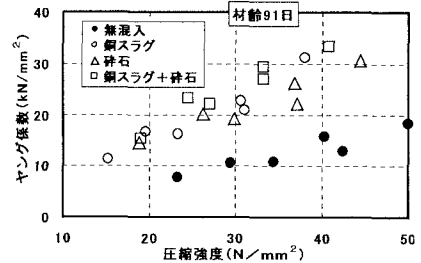


図-3 圧縮強度とヤング係数の関係

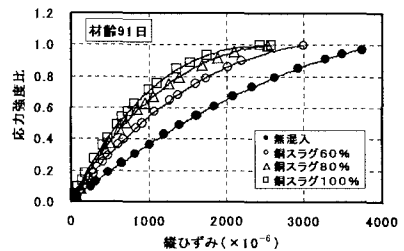


図-4 縦ひずみと応力強度比の関係（銅スラグ）

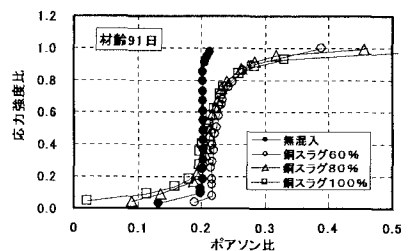


図-5 ポアソン比と応力強度比の関係（銅スラグ）

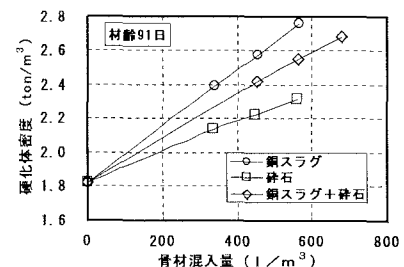


図-6 骨材混入量と硬化体密度の関係