

V-520 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1 振動締固め特性)

中国電力 土木部 正会員 齊藤 直 山口大学 工学部 正会員 浜田 純夫
間組 技術研究所 正会員 福留 和人 中国電力 土木部 正会員 樋野 和俊
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、石炭灰の密度および水粉体比によって決定され、1.7～1.9 の範囲にある¹⁾。この値は、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を検討することとした。本研究では、密度増加方法として、金属スラグの混入を取り上げ、混入量、振動条件が石炭灰硬化体の振動締固め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に石炭灰原粉の品質を示す。図-1に骨材の粒度分布を示す。比較のために金属スラグの他に天然骨材

(6号砕石(1305))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)とし、添加率(F/(C+F))は、15%と一定とした。また、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、水の質量に対して3.3%と一定とした。

(2) 振動締固め試験：水粉体比を変化させて締固め試験を行い、乾燥密度が最大となる最適水粉体比を測定した。締固めには、土の締固め試験方法(JIS A 1210)で使用される型枠(内径100mm、容積1,000ml)を使用し、大型VC試験装置の振動台にて振動締固めを行った後、試料質量を測定した。図-2に示すように乾燥密度の最大値を含む3～4点を2次曲線で近似し、ピーク位置および高さをそれぞれ最適水粉体比および最大乾燥密度とした。ここで、乾燥密度は、骨材を除いたペースト部分の乾燥密度とした。

(3) 実験要因および水準

a) 骨材混入量の影響試験：振動数66.7Hz、両振幅1mm、振動時間5分の振動条件で骨材混入量を変化させ、最適水粉体比および最大乾燥密度に及ぼす影響を調査した。骨材混入量

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
フェロニッケルスラグ	3.07	3.08	0.26	58.7	1.57
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

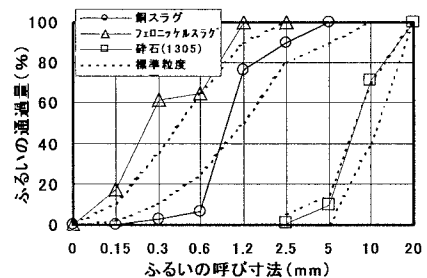


図-1 骨材の粒度分布

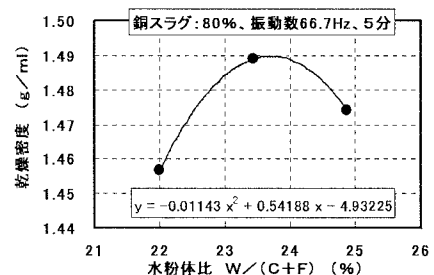


図-2 水粉体比と乾燥密度の関係測定例

キーワード：石炭灰、石炭灰硬化体、振動締固め特性、密度、骨材、金属スラグ

連絡先：〒730-8701 広島市中区小町4-33 中国電力株式会社 tel:082-242-5884, fax:082-242-5989

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（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%）。

b) 振動条件の影響試験：a) の試験から、最適水粉体比が大幅に増大しない骨材および骨材量を選定し、振動条件（振動数：33.3、50.0および66.7Hz、振動時間：3、5、8および12分）が振動締固め特性に及ぼす影響を調査した。振幅は、1mm（両振幅）で一定とした。

3. 実験結果および考察

(1) 骨材量が振動締固め特性に及ぼす影響

図-3および図-4にそれぞれ骨材量と最適水粉体比および最大乾燥密度の関係を示す。骨材混入量とともに最適水粉体比は、直線的に増大し、ある量を超えると急激に増大する傾向が見られる、その増大の程度は、骨材の種類によって差が見られ、銅スラグおよび碎石の場合、混入率80%（450 l/m³）程度まで大きな増加は見られないが、粒径の細かいフェロニッケルスラグを混入した場合、混入によって最適水粉体比は大きく増加する。また、粒径の異なる銅スラグおよび碎石を併用することで最適水粉体比が大幅に増大し始める骨材量を増加することができる。

(2) 振動条件が締固め特性に及ぼす影響

振動数および振動時間とともに最適水粉体比は低減し、最大乾燥密度は増大する。そこで、単位容積の試料に与える振動エネルギーを求め（下式）、最適水粉体比および最大乾燥密度との関係を求めた。

$$E = m \cdot \alpha_{\max}^2 \cdot t / ((2\pi)^2 \cdot f)$$

ここに、E：振動エネルギー(J/l)、f：振動数(1/s)、t：振動時間(s)、 $\alpha_{\max}$ ：最大加速度(m/s²)、m：試料の密度(kg/l)である。

図-5に振動エネルギーと最適水粉体比の関係、図-6に振動エネルギーと最大乾燥密度の関係を示す。パラツキは、見られるが、振動数および振動時間が異なっても使用骨材毎にひとつの曲線上ある。このことから、与える振動エネルギーに応じて最適水粉体比を予測でき、また、達成可能な締固め度（最大乾燥密度）も同様に予測可能と考えられる。

4. あとがき

微粒分を含まない骨材であれば、実績率に相当する骨材量の80%と多量に混入しても、最適水粉体比の増大、乾燥密度の低減の程度は小さく、良好な締固めが可能であることが確認できた。また、振動エネルギーによる締固め特性の評価が可能であることが確認できた。今後、さらにデータを蓄積し、使用骨材の品質、混入量の影響を定量化していくことが課題となる。

参考文献：1) 福留他：フライアッシュを多量に用いた硬化体の基本特性，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 20, No. 2, pp. 91-96

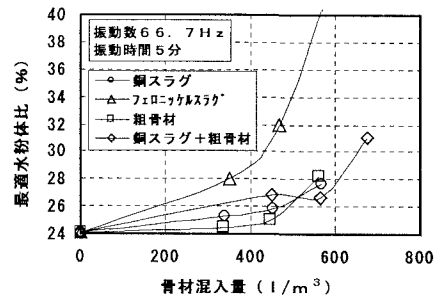


図-3 材齢と圧縮強度の関係

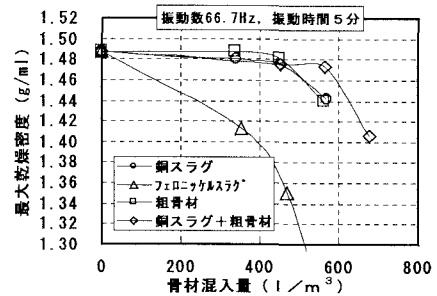


図-4 骨材量と最大乾燥密度の関係

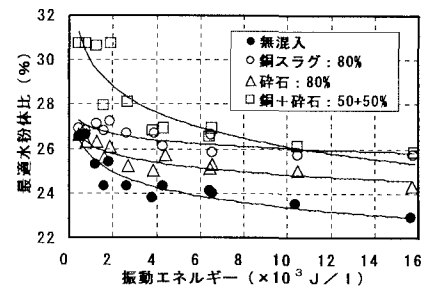


図-5 振動エネルギーと最適水粉体比の関係

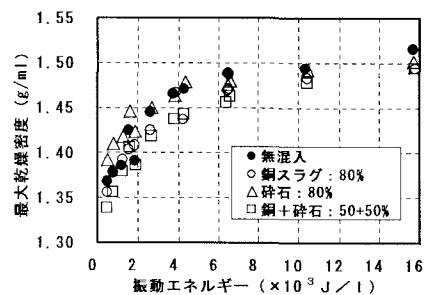


図-6 振動エネルギーと最大乾燥密度の関係