

Ⅲ-767

石炭灰を使用した流動化処理土の
基本性状について東北工業大学 工学部 ○ 伊藤 孝男
東北ポール(株) 山本 忠
東北開発コンサルタント(株) 佐藤 雅一

1. まえがき

気泡モルタルは、コンクリートの一種として以前から土木材料として用いられているが、構造物等の裏込め材料などへの使用例が多く、その材料としての特性等の詳細な報告は少ない。ここ数年来、従来の気泡モルタルに気泡量を多く導入する試みがなされてきている。これは、硬化強度をある程度犠牲にし、軽量化に重点を置くことにより、軽量化盛土材としての利用をはじめとして、さらに広範囲への用途の研究開発が進められている。本研究は、火力発電所より多量に廃棄される石炭灰のうち、産出量の多い粗粒灰(FA)にセメントを加えたFAモルタルの軽量性、流動性および強度等について基本的な実験を行った。ここに流動化処理土としてのFAモルタルの基本性状について報告する。

2. 実験概要

実験に用いた粗粒灰の性状は表-1(物理、化学的性質)、および、図-1(粒径加積曲線および物性)に示すとおりである。結合材としては普通ポルトランドセメントを使用し、軽量化のための起泡剤は界面活性剤(起泡速行剤: 添加量はセメント重量に対し約0.5%を目安)を用い、さらに発泡材として発泡性スチレンビーズ(FAモルタルの容積に対し約30%混入)を使用した。分散剤としては高性能AE減水剤(難土適用)とAE減水剤(難土適用)をセメント重量に対し約1.5%を目安に添加した。実験方法は、(1)所定の配合材料をホバート型ミキサーで約3分間の混練を行う。(2)二つ割りモールド(ϕ 5cm $\times$ H10cm)内に混練したスラリーモルタルをモールド下部より打設し、必要数の供試体を作製する。(3)20 $\pm$ 3 $^{\circ}$ Cの恒温湿潤養生箱にて所定日数の養生を行う。実験項目としては、<流動性>スラリーに対してのフロー値をPポート試験(KODAN 305-1985)およびテーブルフロー試験(JIS R 5201)を行った。

また、所定養生後の<圧縮強度>は、一軸圧縮試験(JSF T 511-1990)を行った。なお、各供試体の配合は、表-2に示すとおりである。

3. 結果および考察

今回、石炭灰を用いたFAモルタルに対し、流動化処理土としてのセメント添加による適度の強度、気泡剤添加による軽量性、分散剤(減水剤)使用など、それぞれの効果について検討を行った。

<軽量化と強度>図-2よりNo. 1は、単位重量 $\rho_t=1.0$ g/cm 3 程度を示し、セメント添加20%以上になると単位重量が極端に低下し、強度も0.5 $\sim$ 3.5kgf/cm 2 と低くなっている。No. 6は、セメント添加10 $\sim$ 50%で単位重量 $\rho_t=0.9\sim 1.0$ g/cm 3 程度を示し、強度は2 $\sim$ 11.0kgf/cm 2 となっている。また、気泡を添加せずに軽量化を図る目的で発泡ビーズを混合したNo. 8は、セメント添加10 $\sim$ 50%で単位重量 $\rho_t=1.3\sim 1.4$ g/cm 3 程度で、強度が15 $\sim$ 35kgf/cm 2 となっている。一方、気泡を添加していないNo. 2 $\sim$ No. 5、No. 7、No. 9 $\sim$ No. 10は、セメント添加10 $\sim$ 50%で単位重量 $\rho_t=1.5\sim 1.6$ g/cm 3 程度、強度が5 $\sim$ 80kgf/cm 2 となっており、特にNo. 2が比較的高い強度を示している。

<流動性>流動性を表わす指標としては、Pポート試験より得られるフロー値(秒)と、テーブルフロー試験より得られるフロー値(mm)がある。

前者は、図-3よりセメント添加率を増すと流動性も増すことが示されている。特に、含水比の多いNo. 9、No. 10でその傾向が強いが、含水比の低いNo. 2は流動性が悪く、分散剤(A)を添加したNo. 3は、No. 2より多少流動性を増しているが、分散剤(C)を添加したNo. 4、No. 5の順に流動性が良くなっている。

No. 6は、No. 5に気泡を添加したものであり、気泡によ

り流動性が阻害されNo. 7と同様の流動性を示している。次に、後者の場合は、図-4よりセメント添加率を増すと流動性が良くなる傾向を示し、含水比の低い気泡を添加したNo. 1は、気泡により流動性が阻害され

表-1 粗粒灰の物理、化学的性質

微粉炭焼却ボイラー排出(単位: 重量%)

種別\分析項目	焼失量	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
微粉炭灰	6.6	53.8	23.7	6.8	4.1	1.4	0.7	1.6	0.5

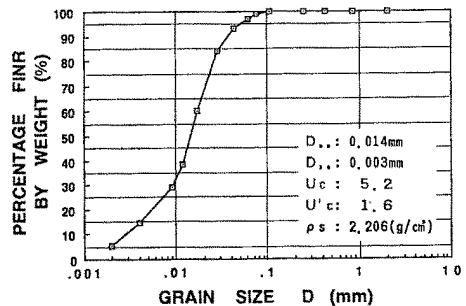
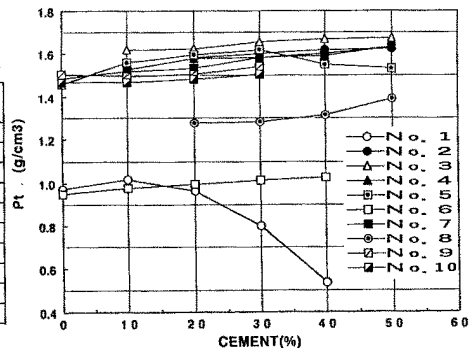


図-1 粗粒灰の粒度分布

図-2 FAの ρ_t (g/cm 3) $\sim$ セメント添加率(%)

ている。他の配合においては、同じ含水比であるNo. 2とNo. 3、No. 4を比べると、分散剤(A)を添加したNo. 3の流動性が良く、分散剤(C)を添加したNo. 4がNo. 3より良い。なお、No. 5が最も流動性が良く、次に同じ含水比で気泡を添加したNo. 6となっている。【フロー値(sec)、フロー値(mm)より、FAモルタルの流動性に及ぼす要因としては、水分量、分散剤の添加(特に減水剤Cが効果的)に影響され、軽量化のための気泡の添加は多少流動性を阻害する。】

＜軽量化＞軽量化を図る目的で気泡を添加したNo. 1とNo. 6、発泡ビーズを混入したNo. 8について、セメント添加率と一軸圧縮強度(q_u)の関係を図-5に示した。盛土等の路体における必要強度 5 kgf/cm^2 以上を考慮すれば、図よりNo. 6、No. 8のFAモルタルは十分使用可能とされるが、No. 1はセメント20%添加が一応目標強度が得られている。＜分散剤の効果＞モルタル硬化時の収縮を抑制するために、モルタル作製

時の水分量を極力減らすことが望ましい。水分量を減らし分散剤を添加することによりモルタルの流動性を増す方法が取られている。本実験では、分散剤A(細粒土適用型)と分散剤C(粗粒土適用型)を用いた結果を図-6に示した。図よりセメント20~30%添加時の強度について見ると、No. 4 > No. 3 > No. 5 > No. 6の順になっており、分散剤を添加し水分量を抑えたFAモルタルの強度は、路体としての必要強度が得られている。

＜14日養生後の圧縮強度＞FAモルタルの施工を注入厚さ50 cm程度と考え、さらに段階注入とした場合、施工時の最大養生日数を14日と想定し、14日養生後の一軸圧縮強度で検討を行った。図-7の各配合のFAモルタルのセメント添加率20%において検討して見ると、No. 1が目標強度の 5 kgf/cm^2 を若干下回っているが、ほかのFAモルタル(No. 2~No. 10)は十分な強度が得られている。

4. あとがき

気泡モルタルは、流動性、軽量性のほか、透水性、膨張性、急結性等配合次第で多くの機能が発揮される素材であると考えられる。この気泡モルタルを土木材料として有効に使用するには、確立された施工システムにより、その性能が発揮されるものであり、実験室において得られた結果が、即そのまゝ現場の施工に応用できないことも多い。通常、流動化処理土としての気泡モルタルには、現地発生土(ローム、山砂等)を用いる場合が多く、本研究のように、国内において大量に廃棄される石炭灰(土より軽量)をFAモルタルとして利用することが、これからの多機能土木材料として有効なものとなるものと考えている。＜参考文献＞1) 古谷敏明: 軽量盛土材としての気泡モルタル, 土と基礎, Vol. 37, No. 2, pp73~77, 1989. 2) 島居和文、川村満紀: 路盤・盛土材料としての締め固めたフライアッシュ(炉底灰混合物の強度と耐水性), 土と基礎, Vol. 37, No. 2, pp67~72, 1989. 3) 佐藤孝明他: 石炭灰を利用した軽量盛土材(気泡アッシュ)の基本的性状について, 第24回土質工学研究発表会, pp1993~1994, 平成元年6月. 4) 山本松生他: 石炭灰を利用した土木材料特性に関する実験的研究, 第24回土質工学研究発表会, pp1869~1870, 昭和62年6月. 5) 山本晴樹他: 軽量モルタルに関する研究, 土木学会第44回年次学術講演会, 第四部門, pp754~755, 平成元年10月. 6) 井上 茂他: 分散剤添加処理土の流動と強度特性, 第29回土質工学研究発表会, pp2257~2258, 平成6年6月.

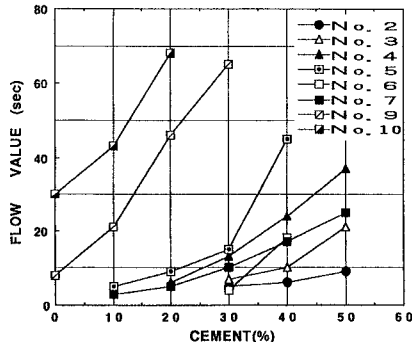


図-3 FAモルタル フロー値(sec)~セメント添加率(%)

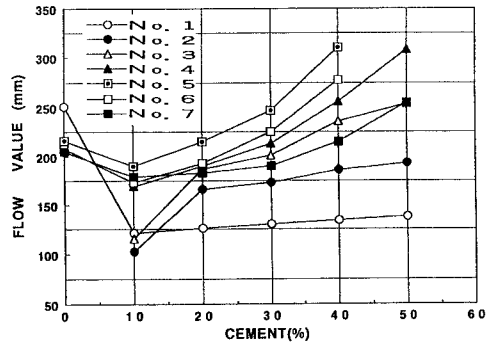


図-4 FAモルタル フロー値(mm)~セメント添加率(%)

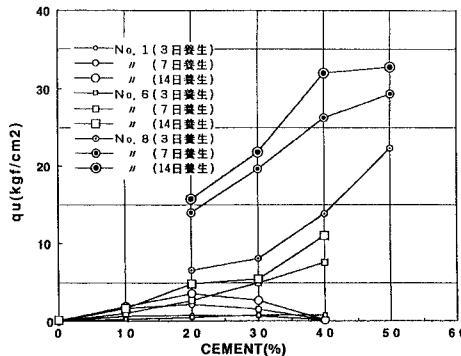


図-5 FAモルタル(起泡剤・ビーズ) q_u (kgf/cm²)~セメント添加率(%)

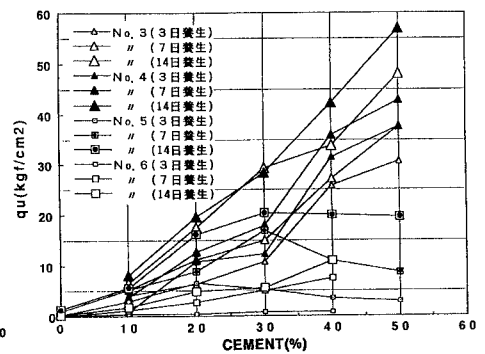


図-6 FAモルタル(分散剤) q_u (kgf/cm²)~セメント添加率(%)

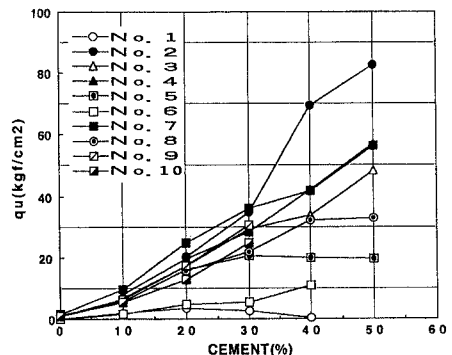


図-7 FAモルタル(14日養生後) q_u (kgf/cm²)~セメント添加率(%)