

可塑状 FM グラウトの開発

強化土エンジニアリング(株)	正会員	○大場美紀、小山忠雄、佐々木隆光
	フェロー会員	島田俊介
電源開発(株)	正会員	井筒庸雄、栗崎夏代子
東洋大学名誉教授	フェロー会員	米倉亮三
ジャテック(株)	正会員	木嶋 正

1.はじめに

現在、火力発電所等から発生する石炭灰はセメント原料やコンクリート混和材等として有効利用がなされている。しかし、そのような有効利用は発生量の約 8 割程度であり、石炭灰の発生は今後も漸増する傾向にあるため、石炭灰の有効利用分野の拡大が求められている。今回開発した地盤注入材は、主材として石炭灰（フライアッシュ、以下 FA）と硬化発現材（以下、C）からなるフライアッシュモルタル（以下、FM）に添加剤を加えて、液体の状態から可塑状ゲルを経て固結することを特徴とし、その組成や添加剤の種類や量等を調整することにより種々の流動特性や固結特性が得られる。また上記でいう可塑状ゲルとはゲル自体では流動しないが外力を加えると容易に流動化するゲルである（写真1）。本研究はリサイクルの立場からも石炭灰を主材とした可塑性を有する地盤注入材の開発を行い、基本的知見を得たので以下に報告する。

写真1
円筒シリンダーを引き抜いたときの可塑状FMグラウト



2.実験方法

FA、C、水をミキサーでよく練り混ぜ、FM グラウトを作成する。また FM グラウトに添加剤として、アルミニウム塩、シリカ、エア発生剤を配合した。実験項目および方法は表 1 に示す。

表 1 実験項目および方法

実験項目	実験方法
可塑状保持時間	グラウトが可塑状態（フロー約 20cm）となつてから、固結（強度 0.01MN/m ² 以上）に至るまでの時間→フロー試験【JIS R 5201】、静的貫入試験【JIS K 2530-1961】に準ずる
ブリージング率	メスシリンダーを静止密閉し、1 時間後に測定
初期粘性	B 形粘度計を用いて配合直後に測定
強度	一軸圧縮強度試験（JIS A 1108）に準ずる

3.実験結果

本研究で得られた可塑状 FM グラウトの実験結果、ならびに配合 No.1, 2 に添加剤としてアルミニウム塩（以下、A）を添加した実験結果をそれぞれ表 2, 3 に示す。表に記載の水/FM 比は水と FM 中に含まれる粉体の重量比である。また A 添加量は FM 中の粉体に対する A の含有量を示す。表 2 の No.1, 2 の場合、配合からグラウトが可塑状となるまで数時間有するが、表 3 のように 0.5% のアルミニウム塩を添加することで配合より数分で可塑状態となった。また表 2, 3 のブリージング率、初期粘性、強度と水粉体比の関係を図 1, 2, 3 に示す。添加剤としてアルミニウム塩を配合することで流動性を失わせ早期に可塑状に変質することができるが、グラウトの固結強度は低下することが判った。

表 2 実験結果（配合：FM のみ）

配合 No.	水/FM 比	可塑状保持時間	ブリージング率	初期粘性	1 日強度
1	35%	12 時間	3.0%	740cps	0.31MN/m ²
2	30%	11 時間	2.0%	950cps	0.56MN/m ²
3	25%	7.5 時間	0.7%	2100cps	0.84MN/m ²

表 3 実験結果（配合：FM+A）

配合 No.	水/FM 比	A 添加量	可塑状保持時間	ブリージング率	初期粘性	1 日強度
4	35%	0.5%	14 時間	0.8%	1070cps	0.10MN/m ²
5	30%		8 時間	0.5%	1800cps	0.21MN/m ²

次に添加剤として 2 種類のシリカ（以下、S1、S2）を用いる。ここでは他に促進剤（以下、B1、B2）を配合した。表 4,5 に実験結果を示す。B1（または B2）添加量は FM 中の粉体に対する B1（または B2）の含有量を示す。添加剤として S1 を用いた場合、グラウトが配合後、可塑状態になるまでの時間は瞬結～数十分程度と調節が可能で、また S2 を用

キーワード；地盤注入材、地盤改良、可塑状ゲル、フライアッシュ、FM グラウト、リサイクル

連絡先；〒133-0033 東京都文京区本郷 3-15-1 美工ビル 強化土エンジニアリング(株) TEL03-3815-1687

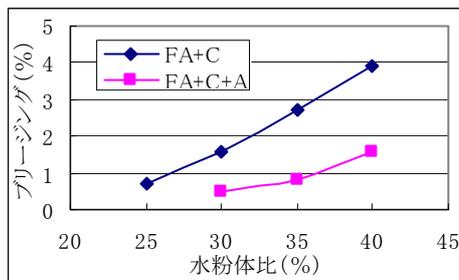


図1 ブリージング率

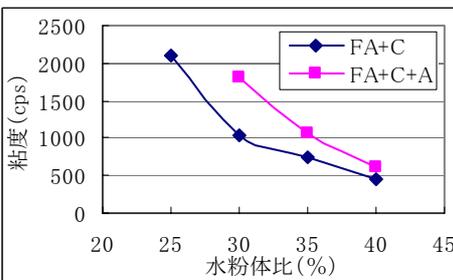


図2 初期粘性

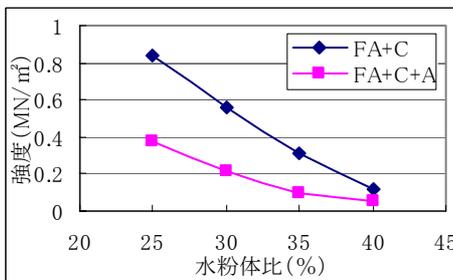


図3 1日強度

いた場合は配合後1分以内で可塑状となり、早期強度の発現に優れていることが判った。

次に添加剤としてエア発生剤（以下、E）を用いる。表6に実験結果を示す。E添加量はFM中に含まれる粉体に対するEの含有量を示す。Eは事後発泡型のエア発生剤であり、配合後100分近くかけて気体を発生する。これによりエアを混入して軽量化を図れることが判る。表6においては固結体の単位容積重量（g/ml）が、Eを添加しない場合と比較して約8.5%軽減された。

4. 結論

可塑状FMグラウトは、水和反応により固化するが、水/FM比や添加剤の種類や量を適切に選択することにより、グラウトの流動性を調節し任意の可塑状を経て固結させることができる。よって可塑状保持時間や強度等のグラウトの性状を調整することにより、空洞充填材のみならず、吸出し防止注入¹⁾、復元注入、可塑状ゲル圧入工法²⁾と幅広く適用できる。添加剤としてアルミニウム塩を用いた配合は可塑状保持時間が長いため、長大な老朽トンネルの空洞充填や送液距離の長い作業条件下における適用性に優れている。添加剤としてシリカを用いた配合は短時間のうちに可塑状態とできるため限定注入が可能で空洞充填や吸出し防止注入や構造物等の復元注入に適用できる。またエア発生剤を添加することにより硬化物を軽量化することも可能である。今回、可塑状FMグラウトとその添加剤の効果について報告したが、今後これらの特性を利用した適用分野の開発を進めていく予定である。

表4 実験結果（配合：FM+S1+B1）

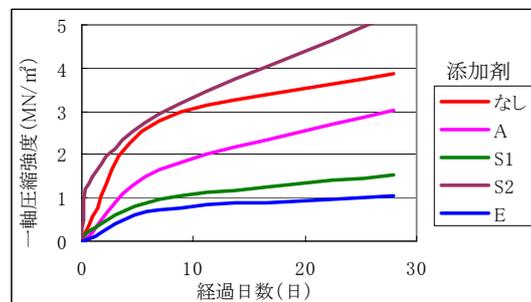
配合No.	水/FM比	SiO2	B1添加量	可塑状保持時間	ブリージング率	1日強度
6	128%	1.5%	4.6%	100分	0.5%以下	0.15MN/m ²
7	125%	1.9%	4.6%	60分		0.19MN/m ²
8	125%	1.9%	9%	30分		0.27MN/m ²

表5 実験結果（配合：FM+S2+B2）

配合No.	水/FM比	SiO2	B2添加量	可塑状保持時間	ブリージング率	1日強度
9	123%	1.5%	1%	60分	0.5%	0.27MN/m ²
10	107%		1%	30分	以下	1.74MN/m ²

表6 実験結果（配合：FM+E）

配合No.	水/FM比	E添加量	可塑状保持時間	ブリージング率	7日強度
11	60%	0.01%	約4時間	5%	0.71MN/m ²



左) 図4 可塑状FMグラウト固結体の経過日数と強度の関係

右) 写真2 可塑状FMグラウトの注入管からの吐出状況

【参考文献】

- 1) 島田、佐藤、多久；最先端技術の薬液注入工法、理工図書
- 2) 島田、井筒、常田ら；可塑状ゲル圧入工法の開発～塊状固結体の形成とその要因～、土木学会第60回年次学術発表会、2005.9