

可塑状 FM グラウト現場試験

電源開発(株)	正会員	栗崎 夏代子
電源開発(株)	正会員	井筒 庸雄
強化土エンジニアリング(株)	正会員	小山 忠雄
(株)JP ハイテック		長岡 正章

1. はじめに

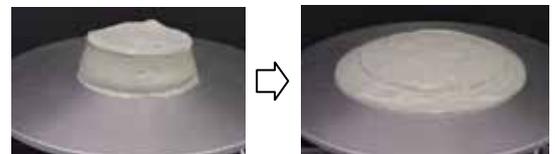
砂地盤の液状化対策としては、締固め工法、固結工法、ドレーン工法等が知られているが、近年、特に既設構造物の隣接や、既設構造物内部からの施工に限定される等の地盤改良工事が増加しているため、作業空間、低振動、低騒音、低変位などの制約条件を満足する経済的な地盤改良工法が望まれているところである。

本研究開発は、新たな静的締固め工法のひとつとして、「可塑状ゲル圧入工法」を提案するものである。可塑状ゲル圧入工法とは、既往の注入ポンプを用い、低流動性の可塑状ゲルを静的に圧入することにより、地盤の密度増加・拘束圧増加などの締固め効果を図るものであり、材料にフライアッシュを主材とした資源循環型可塑状グラウト（「可塑状 FM グラウト」）を採用したものである。本論文では、注入材料である「可塑状 FM グラウト」の開発成果および「可塑状ゲル圧入工法」の確立に向けたこれまでの試験成果について紹介する。

2. 可塑状 FM グラウト

今回開発した可塑状 FM グラウトとは、石炭火力発電所の副産物であるフライアッシュを主材とし、それにセメントと水を混合したフライアッシュモルタル（FM）に可塑剤を添加することで、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、添加剤の種類や量等を調整することにより、任意の流動特性、固結特性が得られるものである。ここで、可塑状ゲルとは、ゲル自体の流動性はないが、加圧することで容易に流動化するゲルである。（写真-1）

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、各々以下の特徴があることを確認した。アルミニウム塩配合は可塑状保持時間が10時間前後と長いため送液距離の長い作業条件下における適用性に優れており、シリカ配合は瞬結から数十分と短時間で可塑状態とできるため限定注入が可能であり、エア発生剤配合は硬化物を軽量化することが可能となる。なお、



型枠引き上げ直後 (形状保持) 15回振動後 (変形・流動)

写真-1 可塑状 FM グラウトフロー試験状況
詳細は大場ら¹⁾の研究を参考にされたい。

3. 可塑状ゲル圧入工法土槽簡易試験

圧入されたゲルの固結体形成状況の確認および注入速度が固結体形状に及ぼす影響を把握する目的で大型土槽を用い簡易的な試験を実施した。

図-1 に試験装置を示す。幅 300cm、高さ 120cm、奥行き 100cm の土槽に、内径 4.0cm の塩ビ製注入外管を 3 本セットし、気乾状態の山砂を相対密度 40%程度に詰め地盤を作成し、注入外管に外径 3.0cm のダブルパッカーを挿入し可塑状ゲルを段階的に圧入した。

材料配合を表-1 に、実験条件を表-2 に示す。実験は表-2 の通り、注入速度および注入量を変えて行った。

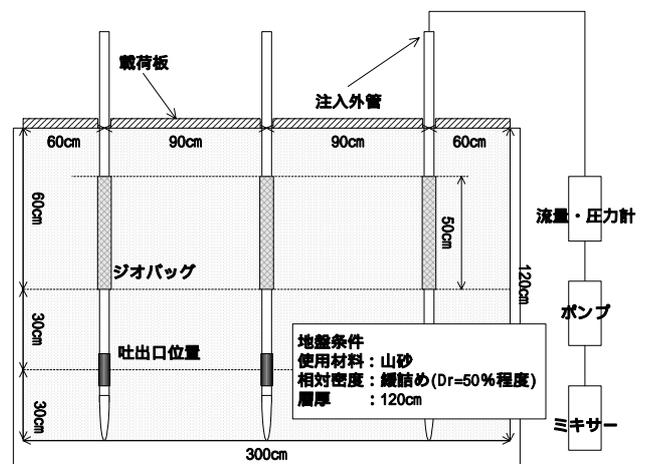


図-1 試験模型

キーワード 可塑状ゲル, フライアッシュ, FMグラウト

連絡先 〒104-8165 東京都中央区銀座 6-15-1 電源開発(株) エンジンエンジニアリング 事業部 環境・リサイクル事業 G

TEL : 03-3546-2211 E-mail : kayoko_kurisaki@jpower.co.jp

表-1 可塑状 FM グラウトの配合

測定項目	水粉体比	添加剤含有率	可塑状時間	プリ-ジグ率	初期粘性
測定値	35%	0.5%	14hours	0.8%	1070cps

表-2 実験条件

case	No.1	No.2	No.3	No.4
注入速度	5% _注 /min	5% _注 /min	10% _注 /min	15% _注 /min
注入量		5% _注 × 2	10% _注 × 2	15% _注 × 2

No.1は注入不可となるまで1サイクルで行う

本試験の結果、以下の知見を得た。 圧入された可塑状ゲルは地盤内で塊状の固結体を形成した。(写真-2) 本試験条件下では注入速度の違いが注入圧に及ぼす影響を把握することはできなかったが、注入速度が速くなると形成される固結体は若干脈状になる傾向を示した。 連続的に注入するよりも段階的に注入する方がより多くのグラウトを注入できる傾向が見られた。

土槽内で養生された固結体の一軸圧縮強度は、モールド内で養生されたそれに比べ高い値を示した。これは供試体の単位体積重量に対応する結果である。(表-3) なお、詳細は島田ら²⁾の研究を参考にされたい。

4. 可塑状ゲル圧入工法現場試験

実砂地盤において、圧入されたゲルの固結体状況および改良効果を確認するため試験施工を実施した。現場は、砂質土の埋立地盤であり、表層から深度2mがN値5~10程度の砂質系シルト、以下深度4m程度まではN値10~20程度の砂層が分布している。注入工配置図を図-2に示す。注入工は、スリーブ(内径50mm)を事前に建て込みその後スリーブ内にシングルパッカーを挿入しスリーブの吐出口より注入するスリーブ注入と、注入孔削孔後ロッド(内径96mm)を引き上げながらロッド先端から注入するロッド注入の2種類の方法をエリア毎に行った。注入孔の削孔はボーリングマシンで行い、グラウトミキサー(MS400改造型, 15kw × 2)で可塑状 FM グラウトを製造し、高圧用グラウトポンプ(FG-15LC, 11kw)で注入孔まで圧送し注入を行った。

対象地盤は、深度2m以深がN値10と締まった地盤であり、全体的に注入自体困難な状態であったが、深度2m以浅のN値10地点であれば場所によっては圧入を行うことができた。ロッド注入は、圧入が行えた場所では35~40cm程度の固結体が確認できた。ただし、表層2m程度での注入により平均15cm程度の地盤隆起が発生した。一方、スリーブ注入は、パッカーの閉塞やスリーブ吐出口部分の不具合等により注入はかなり困難であったが、写真-3に示す球状の固結体形成も確認することができた。特にスリーブ注入は、再注入が可能であることやスリーブ事前設置に伴う経済性優位が期待されるため、今後、注入設備および施工法を改善し、実施工につなげていきたい。

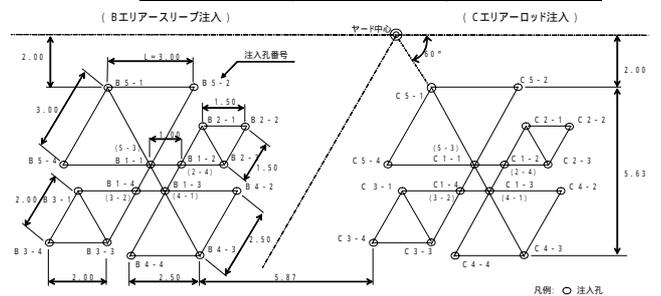
参考文献 1)大場ら：可塑状 FM グラウトの開発，第60回土木学会年次講演会，pp.555-556，2005 2)島田ら：可塑状ゲル圧入工法の開発～塊状固結体の形成とその要因～，第60回土木学会年次講演会，pp.551-552，2005



写真-2 ゲルの塊状固結体(case.1)

表-3 一軸圧縮強度～単位体積重量関係

	一軸圧縮強度	単位体積重量
地盤内養生	3.76MN/m ²	1.850g/cm ³
モールド養生	1.03MN/m ²	1.752g/cm ³



a)平面配置

b)断面配置

図-2 注入工配置図



a)スリーブ注入固結体 b)ロッド注入固結体

写真-3 固結体状況写真

特にスリーブ注入は、再注入が可能であることやスリーブ事前設置に伴う経済性優位が期待されるため、今後、注入設備および施工法を改善し、実施工につなげていきたい。