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～

強化土エンジニヤリング㈱	フェロー会員		島田　俊介
	正会員	○小山　忠雄	佐々木隆光
電源開発㈱	正会員	井筒　庸雄	栗崎夏代子
大阪大学	正会員		常田　賢一
ジャテック㈱	正会員		木嶋　　正

1.はじめに

現在、砂地盤の液状化対策として様々な工法があるが、最も沈下などの変形に対し有効な工法として締固め工法が挙げられる[1)]。特に、静的締固め砂杭工法(SDP)[2)]やコンパクショングラウチング(CPG)[3)]などの静的締固め工法は、機械・設備が小型であることや、騒音や振動が小さく周辺環境への影響が少ないことから、より注目される工法と言える。

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」を提案するとともに、ゲルの圧入による地盤改良効果やそのメカニズムを明確にしていくものである。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る。可塑状ゲル[4)]は、静止状態ではゲル自体に流動性がないが外力を加えると容易に流動する状態にある。

本論文では、圧入されたゲルが塊状固結体を形成することの実証、並びに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行った。試験より、基本的な特性が得られたのでここに報告する。

2.実験方法

図-1 に示すように、実験装置は土槽・載荷装置・注入外管・注入内管・注入ポンプ・流量計・圧力計で構成されている。土槽は幅 300cmm、高さ 120cm、奥行 100cm で、模型地盤には載荷板を設置し上載圧を与えることが出来る。模型地盤は、注入外管を所定の位置に立込んだ後、気乾状態の山砂を緩く堆積させ、相対密度 40%程度となるように作成した。

実験に使用した注入外管は内径 4.0cm の塩ビ製のもので、容器底部から 30.0cm に吐出口を、85.0cm にはリーク防止用のジオバッグを設けた。また、注入内管は外径 3.0cm のダブルパッカ[5)]を使用し、これを注入外管に挿入して可塑状ゲルの圧入を段階的に行った。なお、本試験に用いた可塑状ゲルは**表-1** に示すよう、主材にフライアッシュモルタル(FM)を用いたものであり、その特性については大場ら[4)]の研究を参考にされたい。実験は**表-2** に示すように、注入速度と 1 ステップ当りの注入量を変えた計 4 ケースの条件で行った。

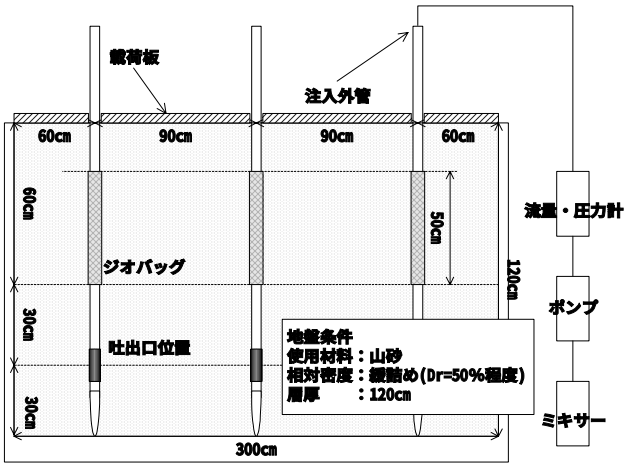

図-1 実験模型

表-1 可塑状ゲルの配合

測定項目	水粉体比	添加剤含有率	可塑状時間	ブリ-ジング率	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ﾘｯﾄﾙ/min	5ﾘｯﾄﾙ/min	10ﾘｯﾄﾙ/min	15ﾘｯﾄﾙ/min
注入量	※	5ﾘｯﾄﾙ×2	10ﾘｯﾄﾙ×2	15ﾘｯﾄﾙ×2

※No,1は注入不可となるまで1サイクルで行う

3.実験結果

図-2 に注入速度・注入圧～時間関係を示す。1 サイクルで注入を行った **case.1** の注入速度は徐々に低下する傾向を示し、それに伴い注入圧力が増加した。一方、段階的に注入を行った **case.2.3.4** では常にほぼ一定の注入速度・注入圧で注入を行うことが出来た。これより、段階的に注入を行う方がより多くのゲルを圧入できると推察される。なお、

キーワード：地盤改良、静的締固め、リサイクル、可塑状ゲル、圧入、FM グラウト
連　絡　先：強化土エンジニヤリング㈱, TEL03-3815-1687,FAX03-3818-0670

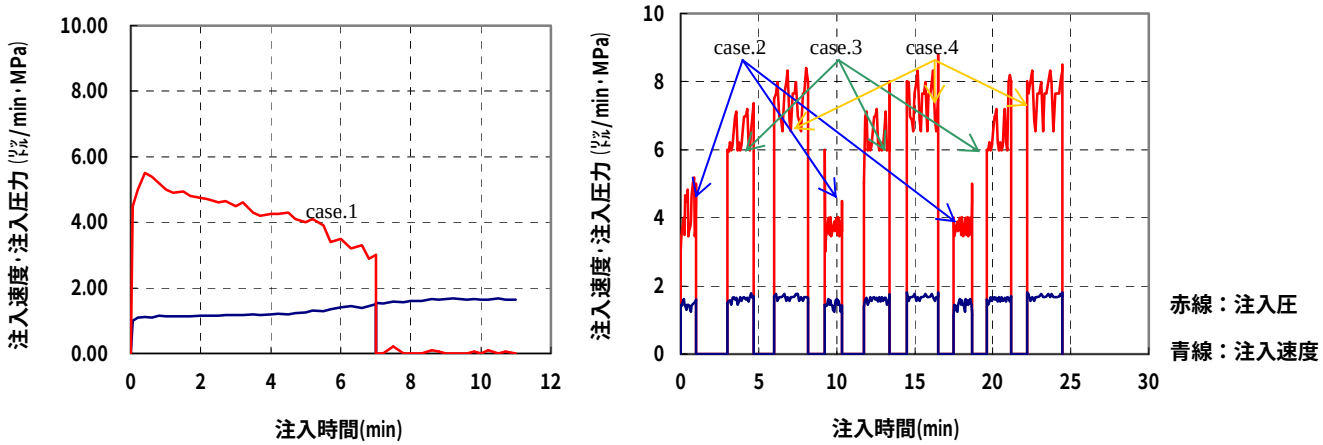

図-2 注入速度・注入圧～時間関係

注入速度の違いが注入圧に及ぼす影響は本実験条件下では見られなかった。

写真-1 に固結体の写真と形成されたゲルの体積、及び流量計読み値を示す。いずれのケースも固結体の体積は流量計の読み値より小さい値となった。また、その形状は注入速度 4～8 ﾘｯﾄﾙ/min で行われた **case1.2.3** は球体、あるいは楕円体となる傾向を示し、注入速度 8～9 ﾘｯﾄﾙ/min で行った **case.4** では若干、脈状となる傾向を示した。

図-3 に地盤内で養生された固結体の一軸圧縮強度と養生期間の関係を示す。なお、供試体は 7 日目までは土槽内で養生されており、7 日以降は恒温恒湿室において養生されている。強度は約一週間で大きく増加していることがわかる。また、その後は緩やかに増加する傾向を示した。また、**表-3** に無拘束圧下で 7 日養生したゲルの一軸圧縮強度と単位体積重量の比較を示す。表より、地盤内で養生されたゲルの一軸圧縮強度は、無拘束圧下で養生されたそれに比べ大きい値となり、密度に対応する結果となった。これは、流量計による流量と実際に地盤内に形成された固結体の体積の差異に対応する結果となり、圧入されることにより地盤内で圧縮されたと推察される。

写真-1 ゲルの塊状固結体

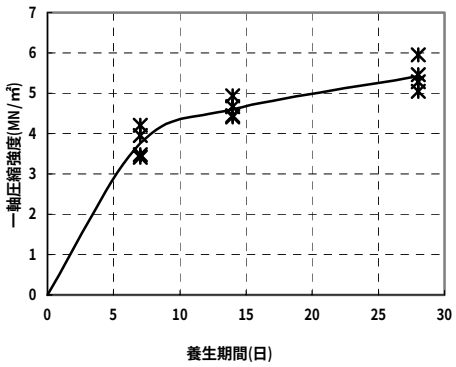

図-3 一軸圧縮試験結果

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/m²	1.850g/cm²
モールド養生	1.03MN/m²	1.752g/cm²

4.まとめ

本試験より以下の知見を得ることが出来た。

1)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。

2)注入速度が速くなると形成される固結体は若干､脈状となる傾向を示した。しかし、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出来なかった。

3)1 サイクルで連続的に注入する方法に比べ、多サイクルで注入を行った方がより多くのグラウトを注入できる傾向が見られた。

4)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となっている。

参考文献　1)原田ら：兵庫県南部地震により液状化した地盤の沈下量と改良工法の関係，第 50 回土木学会年次学術講演会，pp1520~1521，1995　2)安藤：砂杭圧入による緩い砂質土の密度増大に関する一考察，第 31 回地盤工学会研究発表会，pp.73~74，1996　3)㈱産業技術サービスセンター：最新地盤注入工法技術総覧，pp.877~983，1997　4)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，投稿中　5)島田：最先端技術の薬液注入工法，pp183~192，1990