

薬液注入に伴う粘性土地盤の変形挙動について

千葉工業大学工学部土木工学科 学生会員 ○武田 智弘 森 博志
千葉工業大学大学院 学生会員 佐藤 忍
千葉工業大学土木工学科 正会員 小宮 一仁 渡邊 勉

1. はじめに

現在，都市部のトンネル工事にはシールド工法が多用されている。しかし，最新の施工技術を持ってしても施工条件の厳しい軟弱地盤，特に N 値がゼロに近いような沖積粘性土地盤ではシールド機通過後数センチメートルの地盤沈下が発生している。わが国の正規圧密粘性土地盤を対象として，地盤沈下防止工として薬液注入工を用いた例があるが，薬液注入に伴う土の乱れによって圧密沈下が生じ，かえって逆効果であった結果も報告されている^{1) 2)}。しかしながら欧州諸国では地下建設工事に伴う地盤沈下防止工として薬液注入が注目され，実際の地下建設工事に薬液注入が用いられて成果をあげている。

そこで本研究では，模型粘性土地盤に薬液を注入する室内実験を行い，薬液注入による沈下防止効果を確認するための基礎的な考察をするために地盤の変形挙動についての実験結果を報告する。

2. 実験概要

図 - 1 に示す円筒形の剛なアクリル製の土槽（ $\phi 300\text{mm} \times 600\text{mm}$ ）の底部中心に薬液注入用の注入管（ $\phi 10\text{mm} \times 100\text{mm}$ ）を設置し，含水比 $w=90\%$ のカオリン粘土（ $w_L=52.0\%$ $I_p=18.5$ ）のスラリーを流し込んだ後，上下方向に移動可能な上部載荷板を用いて予備圧密を行った。上部載荷板と土槽底面は排水境界とした。予備圧密では，カオリンスラリーの自重圧密が終了した後， 10kPa から段階的に載荷応力を増やした。

粘土の応力履歴の違いが薬液注入後の地盤挙動に及ぼす影響を調査するために，ここでは薬液注入時の初期条件として正規圧密と過圧密の場合について表 - 1 に示す上載荷重と過圧密比で実験を行った。注入薬液には 3 号水ガラスと水を体積比 1:1 で配合した A 液と，普通ポルトランドセメントと水とベントナイトを重量比 1:2.2:0.15 で配合した B 液を，体積比 1:1 で混合したものをを用いた。注入薬液のゲルタイムは液温 13 で 120 秒であり，固結後 7 日間水中養生した後の一軸圧縮強さは 1380kPa であった。薬液は注入ポンプに挿入する直前に混合し，ゲル化する直前に粘性土地盤に圧入した。注入時には，注入圧と載荷板の隆起量を測定し注入後は沈下を終了した時点で実験は終了とした。

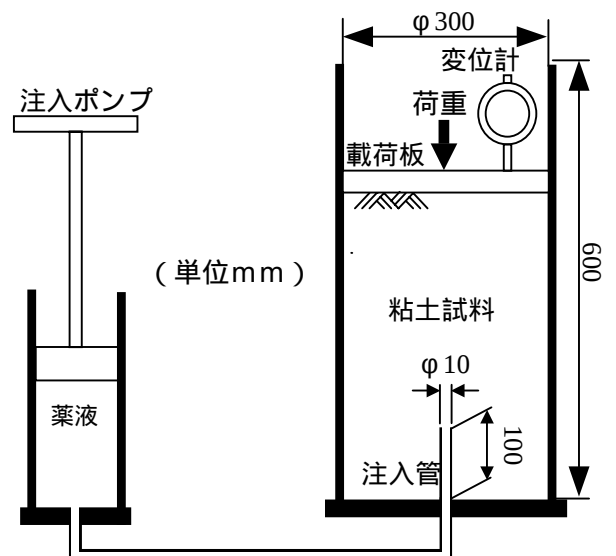


図 - 1 実験装置概要図

表 - 1 実験条件

	応力状態	注入時上載荷重 (kPa)	過圧密比
A	正規圧密	20	1
B	過圧密	40	2
C	過圧密	20	4

キーワード：薬液注入，粘性土，変形，沈下

連絡先：住所：〒275-8588 習志野市津田沼 2-17-1 TEL:047-478-0449 FAX:047-478-0474

3. 薬液注入に伴う粘土地盤の変形挙動

本研究では，注入時の地盤の隆起量 d_h と注入後の圧密沈下量 d_s を用いて次の残存率 λ_c を算定し，薬液注入による地盤沈下防止効果を評価した。

$$\lambda_c = \frac{d_h - d_s}{d_h} \times 100 \quad (\%)$$

残存率が高いほど沈下防止効果は高く，残存率が負値の場合，薬液注入後の沈下が注入時の隆起量を上回ることになる。

図 - 2 は注入量と残存率 λ_c の関係を示したものである。過圧密状態の残存率は，正の値を示していることから，注入による沈下防止効果があがるのがわかる。逆に正規圧密状態では負値を示しており，注入が逆効果をもたらすと言える。

図 - 3 は，有限要素法を用いて本実験と同様の境界条件のパラメータスタディによって求められた残存率の関係である³⁾。図から，過圧密比が大きくなると残存率が高くなり沈下防止効果があがるのがわかる。これから，図 - 2 の結果は実験，数値解析の両方で確認された。図 - 4 は過圧密粘土の場合，注入量が大きくなっても沈下量がほぼ一定であることを示している。これから過圧密粘土では，注入量が多いほど沈下防止効果が高いといえる。

参考文献

- 1) 赤木，小宮，鈴木，山崎，森：軟弱粘性土盤のシールド工事における二次注入に伴う地盤の変形挙動と沈下防止効果，土木学会論文集，No.511， -30， pp，13-21，1995
- 2) K.Komiya, et.al. : Soil consolidation associated with grouting during shield tunnelling in soft clayey ground, *Geotechnique* , Vol.51, No.10, ICE, pp.835-846, 2001
- 3) K.Soga, et.al. : Development of Compensation Grouting Modelling and Control System, *Geotechnical aspects of underground construction in soft ground*, Vol.3, ISSMGE , BALKEMA, pp.425 - 430, 1999

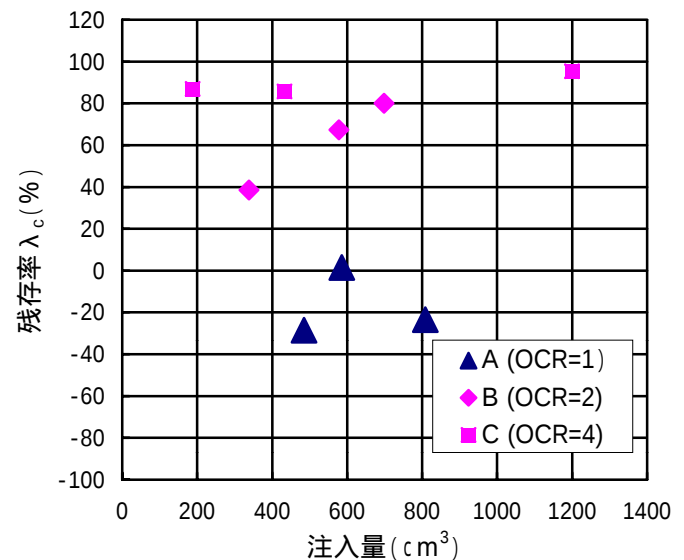


図 - 2 残存率と注入量の関係

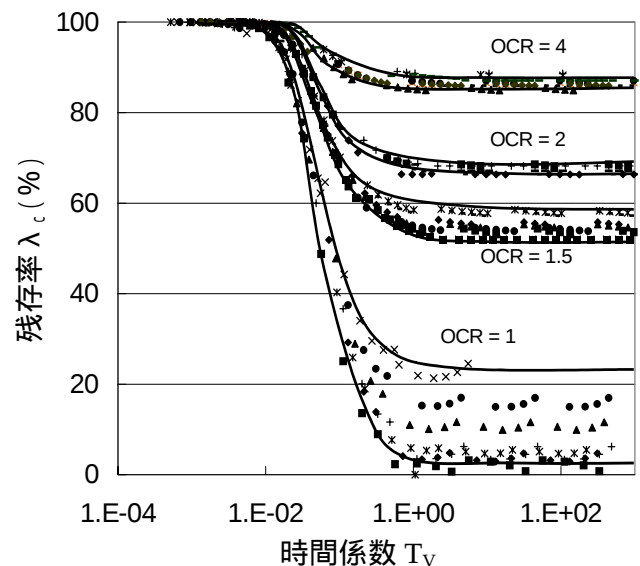


図 - 3 時間係数における残存率³⁾

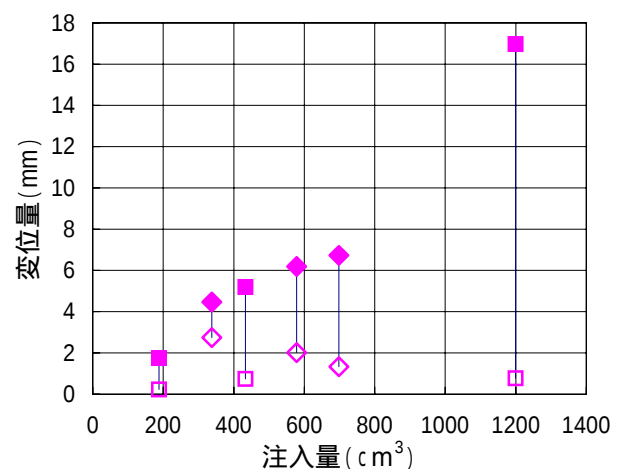


図 - 4 過圧密状態での注入量と変位量の関係