

平面土槽を用いた薬液改良体の注入形状の把握

東京都市大学 学○安部利亮 正 末政直晃
 強化土(株) フェロー 島田俊介
 強化土エンジニアリング(株) 正 小山忠雄 正 佐々木隆光

1. はじめに

従来、薬液注入工法は仮設工事に用いられていたが、1995年に発生した阪神・淡路大震災をきっかけに、基礎地盤の高強度補強や液状化対策にも適用され、仮設工事から本設工事を対象とした恒久的な地盤改良工法へと利用されるようになった¹⁾。この工法は、薬液の注入圧を低くして浸透注入を行うことにより、地盤の土骨格の破壊を抑えながら地盤内の間隙水を薬液に置換することで、地盤の強度増加や止水性の向上を図る工法である。また、比較的小型な施工機械を用いるため、既設物構造物直下において適用できるという利点がある。しかし、地盤特性や施工方法によって薬液の浸透性や地下水による希釈等の影響で、改良体の強度が低下する可能性もあり、強度発現メカニズムの詳細は未だ明らかになっていない。また、地盤中に薬液を注入したとき、地盤内のアルカリ分によって薬液本来のゲルタイムより地盤内のゲルタイムが短くなるため、土中ゲルタイムや改良範囲、改良状況を把握・観察することが課題となっている。

本研究では、平面土槽を用いて試料に添加するアルカリ分の量を変化させ注入中と注入後の改良範囲を観察した。また、写真により改良体の垂れ下がり時間の推定を行い、固結後に改良体を掘り出し出来型の計測と体積の計測を行った。

2. 実験概要

図-1に本実験で用いた平面土槽の概略図を、図-2に注入装置の概略図をそれぞれ示す。平面土槽は、高さ30cm、幅40cm、奥行き3cmの亚克力製であり、土槽表面には底面から15cmの高さに注入口を設置し、それを介して土槽裏面には排水バルブと圧力計を設置し、管内の空気抜きと注入圧を計測することができる。注入装置は、モーター、薬液タンク、スピードコントローラー、ワイヤー変位計で構成されており、定変位速度で注入することができる。

表-1に実験ケースを、表-2に薬液配合表をそれぞれ示す。薬液は、特殊シリカ系(活性シリカコロイド)でゲルタイム12時間以上のものを使用し、試料には硅砂6号($\rho_s=2.649\text{g/cm}^3$, $e_{\min}=0.683$, $e_{\max}=1.109$)を使用した。土槽は、排水層として砂利を2cm程度敷き、所定量の水酸化マグネシウム(以下 $\text{Mg}(\text{OH})_2$)を添加した試料を空中落下法により相対密度50%となるように作製した。注入状況を観察するために反応液を用いて飽和水や薬液に着色した。反応液は、アルカリ域で緑色、中性域で黄色、酸性域で赤色となる。試料の飽和は、水100gに対し反応液を1gの割合で添加した溶液を使用し、容器下部よ

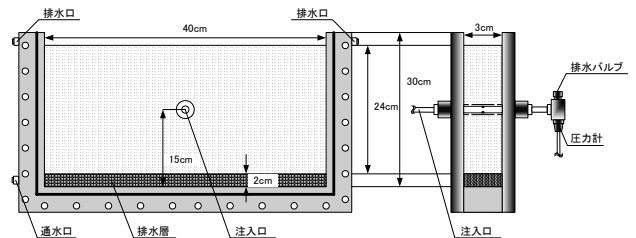


図-1 平面土槽

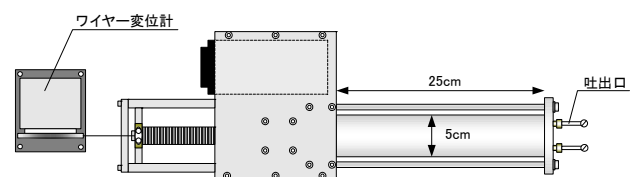


図-2 注入装置

表-1 実験ケース

	試料:水酸化マグネシウム (g)	薬液注入量 (cc)
Case1	4000:10	150
Case2	4000:20	150
Case3	4000:30	150

表-2 薬液配合表²⁾

配合名	A液			B液		pH
	ASFシリカ-6	ASFアクター-M	水	PRシリカ	水	
標準 (cc)	60	16	124	60	140	2.5~3.5
(g)	62.16	25.28	124	79.2	140	



写真-1 Case1 形状

キーワード: 地盤改良 薬液注入 浸透 ゲルタイム

連絡先: 東京都市大学 都市基盤工学専攻 地盤環境工学研究室 TEL03-5707-2202

り土骨格を乱さないよう微小な水頭差で溶液を注入することにより行った．なおこの時点での間隙内の飽和水は緑色である．また、薬液には A 液 100g に対し反応液を 1g の割合で添加した後、B 液と攪拌、配合を行った．なおこの時点での薬液は赤色である．薬液の注入速度は 6.6cc/min とし 22 分 30 秒間で注入を行った．注入中は 30 秒毎に、注入後は薬液の垂れ下がりが確認できなくなるまで 5 分毎に写真撮影をし、注入形状の観察を行った．注入終了後から、垂れ下がりが確認できなくなった時点を垂れ下がり時間とした．改良体が十分に固結した後に改良体を掘り出し改良体の形状を計測した．改良体の体積は、改良体を砕きメスシリンダーに入れることで計測した．

3. 実験結果

写真 - 1~3 に Case1~3 の改良体の形状をそれぞれ示す．なお、垂れ下がり時間は、Case1：約 70 分、Case2：約 30 分、Case3：0 分であり、 $Mg(OH)_2$ の添加量が増えると垂れ下がり時間は短くなった．Case1 は、注入口から下側に垂れ下がるように固結していることが確認できる．これは、 $Mg(OH)_2$ の添加量が一番少なく薬液と $Mg(OH)_2$ の反応が満足に起こらず、飽和水より比重の重い薬液がゲル化する前に垂れ下がったためと考えられる．Case2 は、注入口を中心にほぼ円形に固結していることが確認できる．これは、注入された薬液が土中の $Mg(OH)_2$ と反応して改良体の表面がゲル化し、それを破り注入される薬液が $Mg(OH)_2$ と反応して表面がゲル化するためと推察される．これを繰り返すことでほぼ円形に固結したと考えられる．Case3 は、前面と後面の改良範囲に大きな差があり、不規則な形状であることが確認できる．これは、薬液と $Mg(OH)_2$ の反応が急激に起き薬液が完全に固まったことで浸透しやすい面に薬液が浸透し、不規則な形状になったと考えられ、垂れ下がり時間が極端に短いと正確に改良出来ない可能性がある．

表 - 3 に改良体の出来型を示す．薬液を 150cc 注入しているのに対し全てのケースにおいて固結領域の間隙体積が大きくなった．希釈率を固結間隙体積／注入量×100(%)と定義すると、Case1 では約 154%，Case2 では約 136%，Case3 では約 132%となり、薬液が地中水により希釈されたことが指摘できる．希釈率は、 $Mg(OH)_2$ の添加量が多いほど小さくなり、飽和水に触れた薬液が先に固まり、飽和水による薬液の希釈が抑制されたためと考えられる．

図 - 3 に注入量と注入圧の関係を示す．Case1 は、注入圧が一定であるのに対し、Case2,3 は注入するに連れて上昇しており、Case3 が最も高い値を示している．Case1 は、注入中にゲル化は起こらず、Case2,3 は、注入中に $Mg(OH)_2$ に触れた薬液がゲル化したためと考えられる．適切なゲルタイムの設定により、注入圧や出来型を正しく制御できることが確かめられた．

4. まとめ

- 平面土槽を用いて注入実験を行った結果、以下の知見を得られた．
- ・改良体は、垂れ下がり時間が長いと垂れ下がり、短いとほぼ円形に固結する．
 - ・全ケースとも、薬液を 150cc 注入しているのに対してそれ以上の間隙が固結した．
 - ・ゲルタイムの適切な設定により、注入圧や出来型を正しく制御できる．

《参考文献》

1) 米倉亮三・島田俊介・大野康年：恒久グラウト・本設注入工法，pp.1～2，理工図書，2008
2) 強化土エンジニアリング技術資料，パーマロック ASF-II カタログ



写真 - 2 Case2 形状

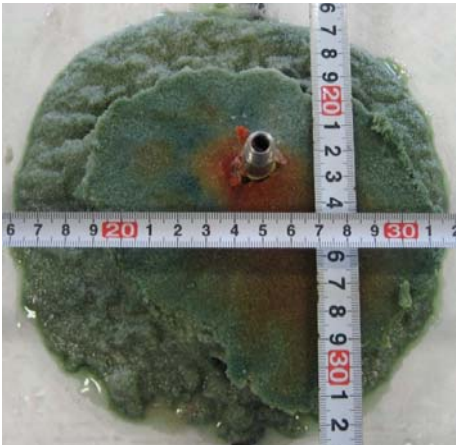


写真 - 3 Case3 形状

表 - 3 改良体出来型

	Case1	Case2	Case3
縦 (cm)	17.1	15.3	—
横 (cm)	16.5	16.6	—
体積 (cm ³)	490.6	433.0	415.0
間隙体積 (cm ³)	232.0	203.7	198.4

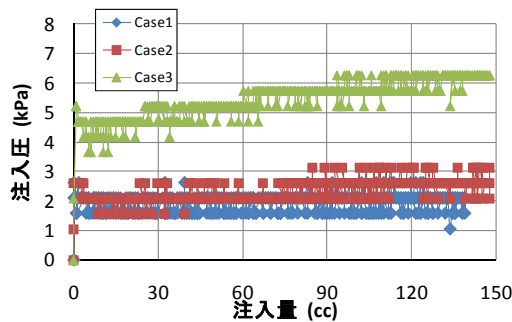


図 - 3 注入量 - 注入圧関係