

改良対象地盤のカルシウム含有量に着目した模型注入実験
その1：実験方法と注入結果

大成建設 正会員 ○忠野 祐介 石井 裕泰 松井 秀岳

1. 背景・目的

溶液型薬液注入改良工法は、地盤間隙内に浸透させた薬液のゲル化により改良固化体を形成するもので、液状化対策や止水対策等で多用されている。攪拌・混合を施すことなく土の骨格を保持したまま改良が行えることから、既設構造物周辺・直下地盤での適用性に優れる反面、改良品質は薬液の浸透状況やもとの地盤性状に大きく影響を受けることになる。そうした特性を踏まえ、使用薬液や注入方法などの影響要因に関してこれまで要素試験、土槽実験、原位置実験による様々な検討がなされてきている。

注入改良固化体の品質に対する影響要因として、近年の研究では土中ゲルタイムの適性水準が具体的に検討されている^{1), 2)}。すなわち、薬液の浸透性を確保するためには土中でのゲルタイムを長めに設定するのが好ましいが、水より大きな比重を持つ薬液はゲル化までに土中を沈降・拡散するため固化体強度の低下を招く。一方、実施工においては貝殻に代表されるカルシウム分が地盤に混在することにより、浸透中の薬液のpHが上昇し、ゲルタイムが短くなる。そうした場合でも、ゲル化した薬液を割裂しながら薬液が浸透し計画どおりの施工が行えることが報告されている³⁾が、施工性や品質確保への影響度を比較検討した事例は限定される。

以上の観点に基づき、本検討では貝殻混じり地盤での適切なゲルタイム設定に資する知見を得ることを目的に、注入対象地盤のカルシウム含有量を変えた土槽注入実験を実施し、浸透過程や固化体形状、およびその品質影響を検討した。

2. 実験方法

実験は、既往の文献²⁾による手法に準じて、ドラム缶を加工した土槽内に設けた直径500mm、高さ500mmの模型地盤を対象に行った(図1、図2参照)。模型地盤の作製手順は以下による。まず、下部に礫材(コンクリート用砕砂3mm)、側面にフィルター材として不織布を、側面近くの4箇所に鉛直ドレーン材を敷設し、さらに土槽中央に注入パイプ1本を固定した。その上で、注入対象土として乾燥状態の珪砂7号、およびカルシウム分として粉碎貝殻(商品名: シェルレミディ)を条件に応じて混合したものを1/4層分投入し、相対密度 $Dr=80\%$ になるようにつき棒で突き固めた。これを厚さ500mmまで4回繰り返した後、上部に排水層として礫材を敷設した状態で、土

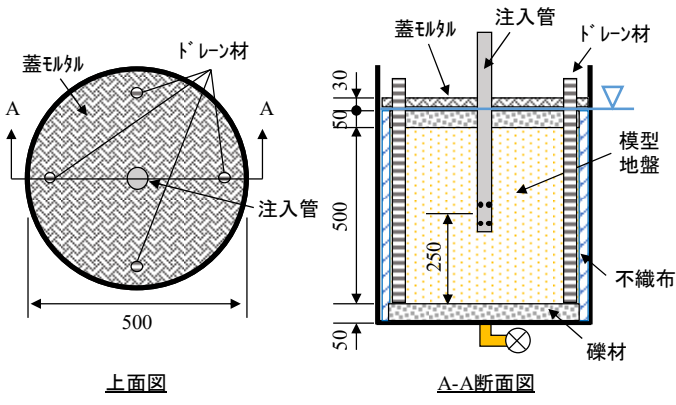


図1 注入実験に用いた模型土槽 (単位: mm)



図2 実験状況

表1 実験ケース

ケース	地盤	計画 注入 時間 I.T. (分)	実測 ゲルタイム G.T. (分)	注入完了から ゲルタイムまでの 時間 (分)	注入時間と ゲルタイムの 関係 ^{注1)}
1	珪砂のみ	30	40	10	I.T.<G.T.
2		30	85	55	I.T.<<G.T.
3		30	147	117	I.T.<<<G.T.
4	+粉碎貝殻 3%	30	26	-4	I.T.>G.T.
5	+粉碎貝殻 6%	30	54	24	I.T.<G.T.
6	+粉碎貝殻 9%	30	21	-9	I.T.>G.T.

注1) 不等号は差に応じて表記し, "<": 差は30分未満, "<<": 30~60分, "<<<": 60分以上

キーワード: 地盤改良, 薬液注入, 土槽実験

連絡先: 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL045-814-7217 FAX045-814-7258

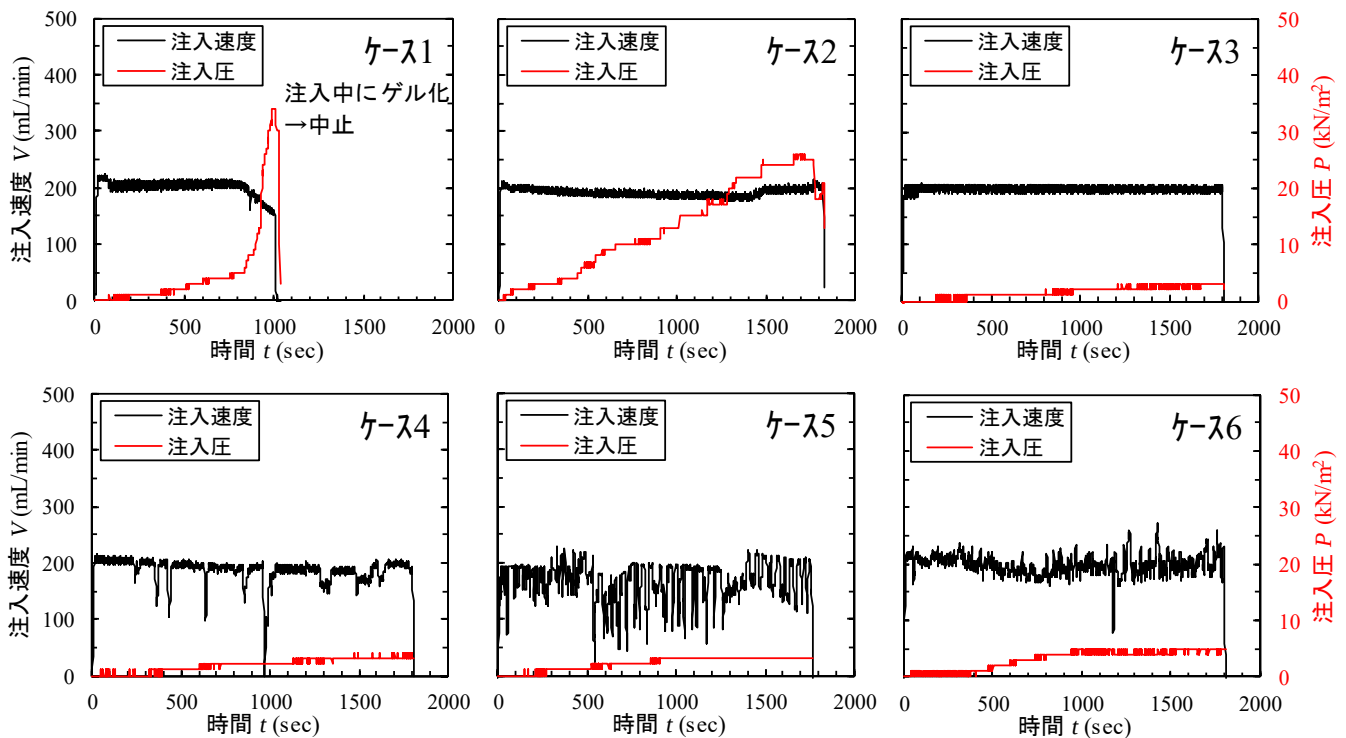


図 3 注入速度と注入圧の経時変化 (ケース 1～6)

槽体積の 5 倍相当の二酸化炭素ガスを土槽下部より通気した。最後に、水道水を上部礫材上面まで供給して飽和地盤とした上で、模型地盤が実験中に変形することを抑止するため、上面の蓋としてモルタルを打設した。これを 3 日養生後、直径 300mm の球形固化体を形成する量に相当する 6L の水ガラス系溶液型薬液を 200mL/min で供給した。

表 1 に実験ケースの一覧を示す。ケース 1～3 は珪砂のみの地盤を対象とし、注入完了とほぼ同時にゲル化するものから、注入完了後約 2 時間でゲル化するものまで 3 水準に薬液を調整した。ケース 4～6 は粉碎貝殻量を 3 水準に設定するとともに、土中でのゲルタイムが注入時間との差が 30 分以内になるように薬液を調整した。

3. 注入状況

図 3 に、全ケースでの注入速度と注入圧の経時変化を示す。珪砂のみの地盤に注入したケースでは、ゲルタイムが最も短いケース 1 において注入圧が高まり、所定量の半分で注入を終了した。これに対して、ケース 2, 3 では薬液のゲルタイムを長くすることにより注入圧の上昇が抑えられる傾向にあり、安定した注入が行えたものと解釈できる。一方、粉碎貝殻を混入したケース 4～6 については、まず、目標注入速度 200mL/min が全体的に確保されながら、終始変動を伴う結果となった。これは、地盤に混入したカルシウム分と薬液の酸性成分が反応して二酸化炭素が発生し、流量制御に影響を及ぼしたものと考えられる。一方で、注入圧の変動についてはケース間での大小の相違は見られるものの、カルシウム分混入量やゲルタイム設定に応じた傾向を見出すに至らなかった。

4. まとめ

本報では注入状況を比較したところ、珪砂のみの地盤と粉碎貝殻混じり地盤での注入速度の安定性に大きな相違が見られた。本結果は模型注入実験によるものではあるが、実施工での注入状況を判断する一つの知見になりうる。ことが期待できる。本報に加えて、「その 2」⁴⁾にて、注入固化体の形成状況や改良強度について確認・考察にあたる。

- 1) 佐々木隆光, 小山忠雄, 島田俊介, 末政直見: “溶液型薬液注入材のゲルタイムが浸透性と改良強度に及ぼす影響”, 第 47 回地盤工学研究発表会講演集, pp.787-788, 2012.
- 2) 林健太郎, 山崎浩之, 善功企: “溶液型薬液注入工法の施工管理方法に起因する改良土の強度低下のメカニズム”, 土木学会論文 C(地圏工学), Vol.70, No.4, pp.387-394, 2014.
- 3) 岡田和成, 水野健太, 牛房昌久, 岡村勲: “浸透注入工法による貝殻混じり砂礫地盤の液状化対策 (その 1) —施工概要および改良効果の確認—”, 第 47 回地盤工学研究発表会講演集, pp.783-784, 2012.
- 4) 忠野祐介, 石井裕泰, 松井秀岳: “改良対象地盤のカルシウム含有量に着目した模型注入実験 その 2 : 実験結果と考察”, 第 73 回土木学会年次学術講演会, 2018 (投稿中) .