

注入による小規模建物の修復技術（その１：原位置試験）

正会員 ○ 平崎 毅 *
 高田 徹 **
 藤田 雅一 ***
正会員 田村 昌仁 ****

沈下修正 注入 不同沈下
原位置試験 復元注入

1.はじめに
注入工法は、一般に掘削工事における地盤の止水・強度増加を図る目的で使用されている。よって主たる開発のテーマは、地盤隆起や周辺構造物の変状を起さず均質に注入材を浸透させ確実に固結させることにあった。一方、注入で生じる地盤隆起を積極的にあるいは計画的に利用することで、不同沈下した小規模建物を修復するという方法も開発されつつある¹⁾。しかしながら、不同沈下した宅地地盤は軟弱な粘性土が大半であるため割裂注入が主体となり、割裂のメカニズムなど不明瞭な部分も少なくない。また注入による改良効果の予測確認手法は、未だ手法の確立がなされておらず一つの研究課題として残っている。

以上を踏まえて筆者らは、注入効果が評価できる簡易な地盤調査方法の選定、沈下修正注入に最適な注入材料の選定、及び建物修正変位量と注入量の関係を把握することを目的とした原位置試験を実施した。ここにその手法と実験結果について報告する。

2.試験方法

図 2 の試験平面図に示すように、3m 間隔で 3 種類の瞬結型セメント系材料を注入し、養生後に固化体の出来形調査を行った。注入前・注入後には各孔から半径 0.5m の範囲でスウェーデン式サウンディング試験（以下 SWS 試験）、ポータブルコーン貫入試験、3 成分コーン貫入試験の 3 試験を実施した。注入仕様は以下のとおりである。

- ・ 注入方式：二重管ストレーナ単相工法
- ・ 注入速度：20 L/min
- ・ 注入区間：6.5m (GL - 1.5m ~ - 8.0m)
- ・ 注入量：直径 1.0m × 注入区間 6.5m を対象土量とし、注入率を 35% に設定した。
対象土量 5.1m³、設計注入量：1,820L
1 ステップ（25cm）当り規定注入量：70 L
- ・ 注入材料：表 1 参照（以下、略称で示す）
- ・ 地盤特性：N 値 0 ~ 1 の粘土・腐植土・シルト（図 1）
（試験場所：千葉県千葉市）
- ・ 注入完了基準：注入速度制御で注入し、規定注入量到達時を注入完了とした。

次に模擬構造物として 10m³ 水槽 (L3.5m × W1.5m × H1.9m) を使用して沈下修正注入を行った（図 1, 図 2）。この

槽内へ水を投入し上載荷重 12kN/m² にして予め最大 162mm 傾斜させた状態で設置した。水槽の四隅に水盛管を利用した磁歪式変位計をセット後、水槽脇から斜めに削孔し、変位をパソコンで一括監視しながら注入した。注入材料は LG（表 1）を使用し、二重管ストレーナ単相方式で行った。

表 1 注入材料

グラウト名称	略称	材 料 内 訳
水ガラスセメント系薬液	LG	セメント、水ガラス、硬化剤; LG-1P (積水化学)
水ガラスセメント系薬液	LW	セメント、水ガラス
非水ガラスセメント系薬液	SH	セメント、セメント凝結硬化促進剤; サンコーハード AQ-10 (三興コロイド化学)

備考: 上記材料のゲルタイムはいずれも 10 秒に設定した。

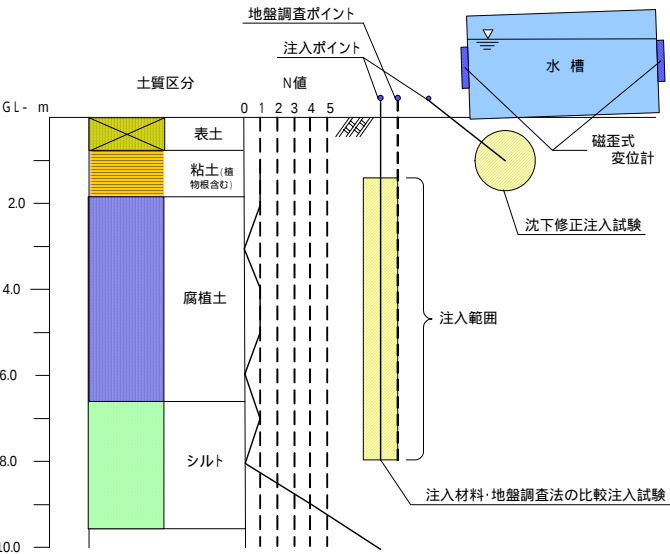


図 1 地盤特性と注入範囲

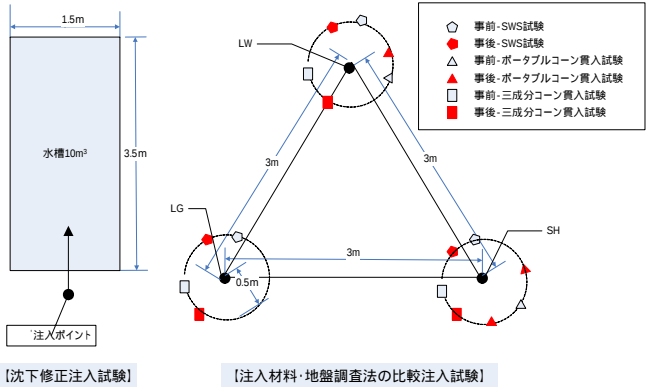


図 2 試験平面図

3. 試験結果と考察

【注入材の違いによる固化体の出来形調査】 図 3 に代表的断面（GL-2.0m）の固化体のスケッチ図を示す。粘性土・腐植土層へ瞬結タイプの懸濁材料を注入するため割裂領域での注入となり、3 材料とも割裂脈の形成が見られた（写真 1 参照）。割裂脈の厚さは 10～50mm 程度で、割裂脈からの地盤への浸透は見られなかった。3 材料とも材料以外の注入条件を全て統一して実施したが、注入材 LG は注入材 SH、LW に比して割裂脈の数が多く見られた。この違いは部分的な地盤特性による差の他、注入材 LG の圧縮強度が 3 材料で最も高いことから、ゲル硬化時の強度発現による差がこのような割裂脈形成の要因とも考えられるので、今後の課題として追求したい。

【地盤調査法の違いによる注入効果の比較】 図 4 に 3 種類の地盤調査結果を示す（紙面の都合上、注入材 SH のみ記す）。3 材料とも類似した傾向を示しており、SWS 試験では注入前後の結果に変化が見られなかった。一方、ポータブルコーン貫入試験、3 成分コーン貫入試験では注入前の貫入抵抗に比して注入後が高くなっていた。これは割裂によって生じる粘性土の圧密・圧縮による強度増加分が小さいので、前者では同一自沈荷重内での強度増加でしかなく、注入効果を測定するには不向きであると考えられ、後者では深さ 1～2cm 毎に連続的に貫入抵抗を測定するため、このような僅かな強度増加にも対応できたものと判断する。特に 3 成分コーン貫入試験は、図 4 に示す先端抵抗の他、間隙水圧、周面摩擦力も測定でき、これらを組合せた地盤評価も可能な点で注入効果の判断に適していると思われる。



写真 1 固化体（注入材料：LW）

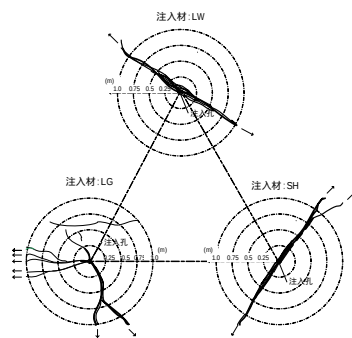


図 3 固化体掘出しのスケッチ（GL-2m）

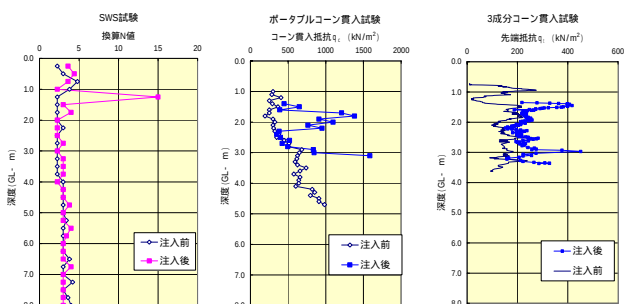


図 4 注入前後の 3 地盤調査方法による試験結果（注入材 SH）

【沈下修正注入】 図 5 に 10m³ 水槽の変位修正結果を示す。積算注入量 2,060L で最大隆起量 28mm、測点 1-4 ラインで相対変位 12mm の沈下修正であった。図 6 に注入圧と修正変位の経時変化を示す。80 分経過時、著しく材料がリークしたため、45 分間注入を中断し材料の硬化待ち時間を与えた後、再注入した。またリーク量が少ない場合は、断続注入（一分程度注入中断して再注入する）で対処した。

注入圧力は注入経過とともに上昇傾向が見られた（圧力増加分：0.05MPa）。相対変位は注入初期には全く変動が見られず、断続注入やリーク中断後に大幅な変位修正が見られることから、注入量と修正変位量は比例関係にないことが分かる。この結果より、断続的に注入するゲル硬化時に高い強度発現のある材料を使用することで、注入量に対する修正変位量の割合が高まると推測する。

4. まとめ

注入工法による建物変位修正は、汎用工法である鋼管杭を用いたアンダーピニング法に比べて、工期の短縮、工事費の低減と利点も多く有力な代替工法になると予想する。今後これらの実験で得られた課題を踏まえて追加試験を実施し、沈下修正注入に関する技術の確立を進めていきたい。

最後に本報告をまとめるにあたって御協力いただきました、東海大学 藤井衛教授、倉館剛（卒論生）薬液注入工法の支持力効果に関する研究会【（社）建築研究振興協会 委託研究】の皆様方に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 平崎他、”注入工法による傾斜被害建物の復旧とその事例”、日本建築学会大会学術講演概要集、2004.8

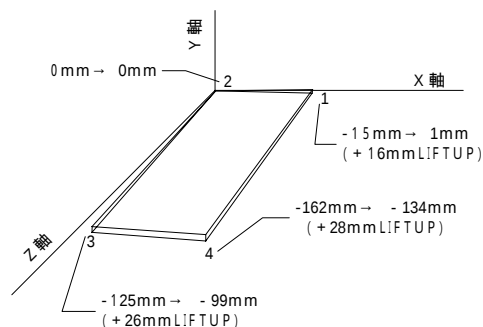


図 5 注入による水槽の変位修正結果

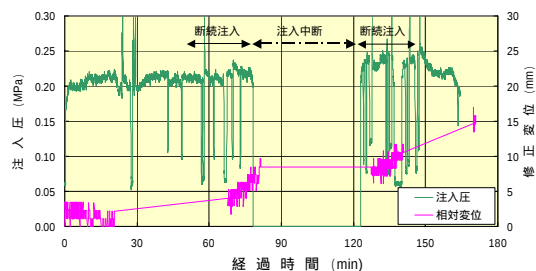


図 6 注入圧と修正変位の経時変化（測点 1～4 ライン）

* 有限会社 富山建設
 ** 株式会社 設計室ソイル
 *** エイチ・ジー・サービス 株式会社
 **** 独立行政法人 建築研究所 国際地震工学センター

* Tomiyama Construction Ltd.
 ** Soil Design Inc.
 *** H.G Service Co.,Ltd
 **** Building Reserch Institute