

割裂注入による強度増加と注入率に関する原位置試験

注入 地盤改良 割裂注入

(株) 設計室ソイル 正○長坂 光泰 正 高田 徹
 (株) グラウト工業 正 今井 敬介
 (有) 富山建設 正 平崎 毅
 三井ホーム (株) 正 岡野 泰三

1. はじめに

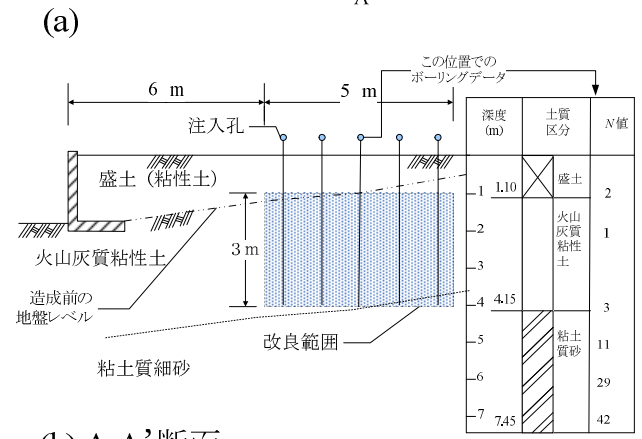
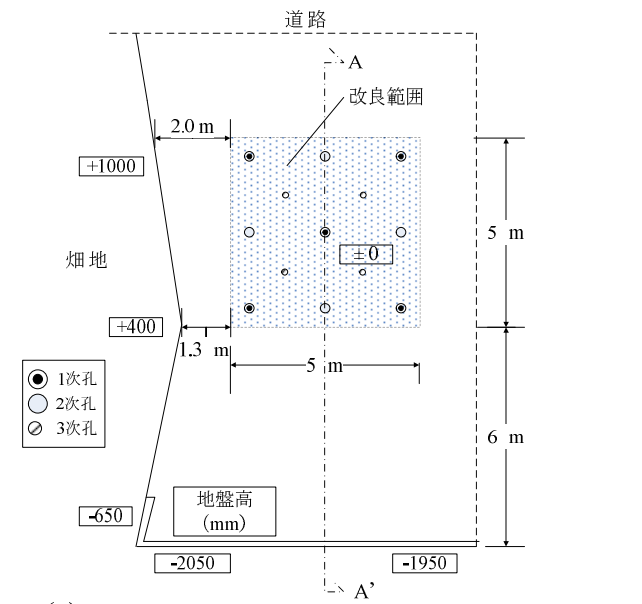
注入による地盤改良効果の良否は、仮設工事だと注入後に掘削が伴うので切羽性状を目視確認できる。しかし本設工事では非開削なため、地盤調査を実施するかテストグラウトで確認される。筆者らはこれまで宅盤の地盤補強や住宅の沈下修正に注入を利用してきたが¹⁾、この対象地盤の多くは粘性土である。粘性土で注入すると、改良土は必然的に割裂脈と粘性土の複合土の状態になるが、この複合土の強度増加のメカニズムは未だ不明瞭な部分が多い。またその確認手段すら確立されていない。

本稿では、割裂注入地盤の改良強度と注入率との関係を把握するため、注入前後で複種類の地盤調査を実施したのでその結果を報告する。

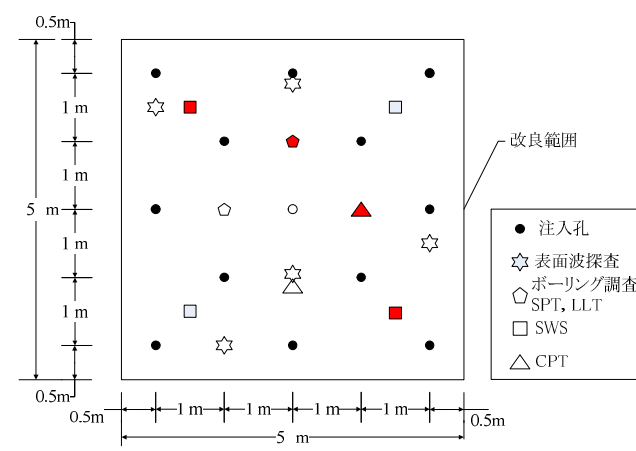
2. 試験概要

実験地は、神奈川県三浦市の傾斜地形にある畑地を、厚さ 0.2~2.0 m で盛土した造成地盤である。図 1 に注入改良範囲と注入孔配置をボーリング調査結果と併せて示す。注入の対象土質は $N=1\sim3$ の火山灰質粘性土で地下水位は注入区間内で認められなかった。注入孔は図 1(a) に示すように 3 次孔まで配置し、1 次孔当りの注入率 α (注入量/対象土量) を 5% とした。注入材は懸濁型薬液として LW 液(セメント+水ガラス+硬化材, 設定ゲルタイム: 10 秒, ホモゲルの一軸圧縮強さ: 5,000 kN/m²) を使用し、二重管ストレーナ方式で地盤に注入した。

地盤調査は、図 3 に示す位置で、注入前と 3 次孔完了時に、ボーリング調査、各種サウンディング (SWS, CPT, SPT), 表面波探査および孔内水平載荷試験 (LLT) を各調査基準に準じて実施した。また各次数注入完了時に表面波探査を行った。注入後の調査は、全て注入完了後 1~2 日経過後に実施した。



(a) (b) A-A' 断面
 図 1 注入試験位置 {(a) 平面図 (b) 断面図}



備考 ①各調査孔マークの色付は注入前、白抜は $\alpha = 15\%$ 注入後の調査位置を示す。
 ②表面波探査は、 $\alpha = 0, 5, 10, 15\%$ 注入後とも同じ位置で実施した。

図 2 地盤調査位置

Field examination on ground improvement in fracture grouting related to the strength and the injection rate: Mitsuyasu Nagasaka, Toru Takata(Soil Design Inc.), Keisuke Imai (Grout Kougyo Co.,Ltd.), Tsuyoshi Hirasaki(Tomiyama Construction Co.,Ltd.),Taizou Okano(Mitsui Home Co.,Ltd.)

3. 結果と考察

図3に注入深度1~4mの注入前後のN値の比較を、図4に注入前後の粘着力 c ($=q_u/2$, ただし q_u は一軸圧縮強さ)の比較を示す。この注入後のデータは全て $\alpha=15\%$ 時のものである。なおCPT, SWS, 表面波探査データは深度1m毎の平均値をプロットした。また各種地盤調査データから求めた q_u , N 値は、表1に示す式で推定した。

図3より、注入前のN値は実測値(SPT)で0.9~1.7, その他の調査データから推定したN値で0.7~4.4であった。これに対して注入後は $N=2.0\sim 8.0$ と注入前よりもばらつくものの、全測点で注入前よりも大きな値を示していた。この注入前後のN値より回帰式(1)が得られる。

$$N' = 1.18N + 1.8 \quad \{N': \text{注入後の} N \text{ 値}\} \quad (1)$$

図4より、各地盤調査データから推定した土の粘着力は、注入前が $c=5\sim 70 \text{ kN/m}^2$ に対して、注入後は $c=12\sim 135 \text{ kN/m}^2$ となり、全測点で注入後の c が注入前を上回っていた。この注入前後の c の関係より回帰式(2)が得られる。

$$c' = 1.6c + 12.1 \quad \{c': \text{注入後の粘着力}\} \quad (2)$$

図5に表面波探査データから推定した土の粘着力と注入率の関係を示す。図5中の赤丸は深度0.5m毎の平均値を示し、青線は各注入率の平均値を標準偏差区間と共に示している。本実験は、 $\alpha=15\%$ までの範囲で実施したが、図からわかるようにこの注入率の範囲であれば、土の粘着力は注入率にほぼ比例して増加しており、この関係より回帰式(3)が得られる。また式(2)と式(3)を組み合わせると、式(4)のように表わされる。

$$c' = 1.5\alpha + 21.4 \quad (3)$$

$$c' = (1.6c + 12.1) \cdot (0.0342\alpha + 0.487) \quad (4)$$

式(4)は複種類の地盤調査データでかつ限られた調査数量から得た実験式であり、地盤調査法や調査数量が違えばこの式中の定数が変わることは容易に予想できる。しかし従来の一般注入設計 $\{c' = c + 10 \text{ (kN/m}^2) \text{ ただし } c' \leq 40 \text{ kN/m}^2, \alpha = 30\% \text{ 以上}\}^2$ に比べると、当試験結果は少ない注入量でも高い改良効果を示している。これは高強度タイプの注入材を使用したことと複合土を評価し易くするため、載荷試験データや深度10mm毎に測定可能なCPTデータが含まれたからである。今後は、調査データを蓄積してさらに検証を進めたいと考えている。

表1 地盤定数の推定式

地盤調査法	推定式
SWS	$N = \begin{cases} 3W_{sw} + 0.050N_{sw} & (\text{粘性土}) \\ 2W_{sw} + 0.067N_{sw} & (\text{砂質土}) \end{cases}, q_u = 45W_{sw} + 0.75N_{sw} \quad \{W_{sw}(\text{kN})\}$
CPT	$N = \begin{cases} 0.341I_c 1.94(0.001q_t - 0.2)^{(1.34 - 0.0927I_c)} & \text{for } q_t > 200 \text{ kN/m}^2 \\ 0 & \text{for } q_t \leq 200 \text{ kN/m}^2 \end{cases}$ $q_u = 2(q_t + \sigma') / N_{kt} \quad \{I_c: \text{土質分類指数}, \sigma': \text{鉛直有効応力 (kN/m}^2), N_{kt}: \text{コーン係数 (13.4 と仮定)}\}$
LLT, SPT	$N = E_p / 700, q_u = 12.5N \quad \{E_p: \text{地盤の変形係数 (kN/m}^2)\}$
表面波探査	$N = q_u / 12.5, q_u = 1.11(V_T / 134)^{(1/0.443)} \quad \{V_T: \text{表面波速度 (m/s)}\}$

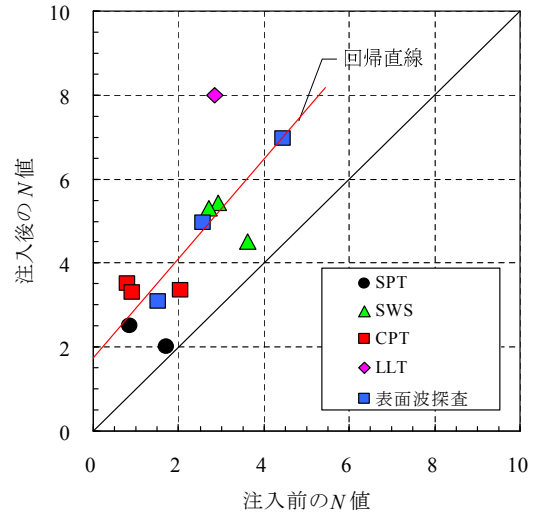


図3 注入前後のN値の比較

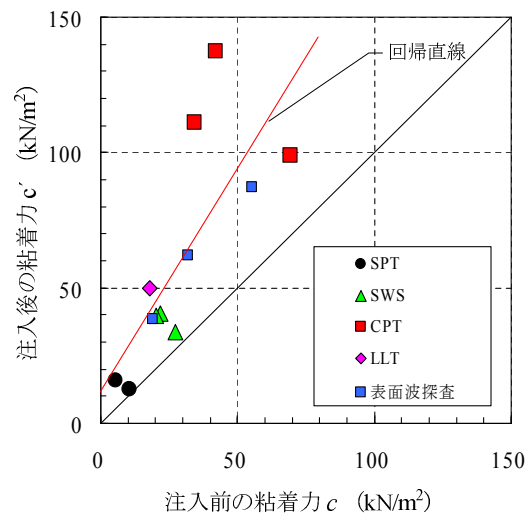


図4 注入前後の粘着力cの比較

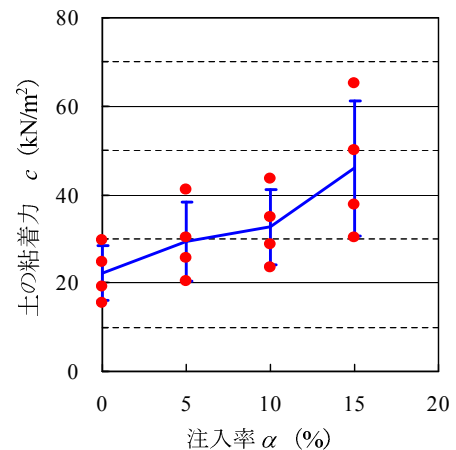


図5 注入率と土の粘着力の関係

【謝辞】 本報告をまとめるにあたり、実験・解析にご協力頂きました、東海大学工学部の藤井衛 教授、並木優太氏に深く感謝致します。

【参考文献】 1)高田徹,若命善雄,田村昌仁:粘性土地盤を対象としたグラウチングの割裂現象に伴う原位置試験,第40回地盤工学研究発表会,2005 2)(社)日本グラウト協会:薬液注入工設計資料,2004