

粘性土地盤を対象としたグラウチングの割裂現象に関する原位置試験

注入 不同沈下 割裂注入

(株)設計室ソイル

正会員 高田 徹

(株)設計室ソイル

正会員 若命 善雄

(独)建築研究所 国際地震工学センター 国際会員 田村 昌仁

1.はじめに

筆者らは不同沈下した戸建住宅を対象としてグラウチングによる沈下修正法の開発に取り組んでいる。建物が粘性土地盤の圧密沈下などで不同沈下を生じその修正手段としてグラウチングを行うと、注入体系は割裂注入となる。割裂注入は、浸透注入に比べて改良効果（強度増加、止水効果）は低く、注入対象範囲外へ注入材が流出しやすい欠点がある。また粘性土地盤へのグラウチングの改良効果は不明確であり、特に沈下修正に対する効果は事例も少なく、設計指針が明確化されていないのが現状である。

以上をふまえて本報告では、沈下修正注入で使用されている 2 種類の注入材料を用いた原位置注入試験を行い、注入後に掘出調査を実施し注入材の違いによる割裂注入効果を検証した。また割裂注入の制御を目的として、注入対象範囲を囲むように小口径鋼管（48.6 mm 一般構造用炭素鋼管；以下パイプと呼ぶ）を地盤へ打設後に注入しその制御効果についても触れる。

2.実験概要

原位置注入試験の仕様は以下の通りである。

- 1) 注入方式：二重管ストレーナ単相方式
- 2) 使用材料：表 - 1 参照（両材料ともゲルタイム 10 秒に設定。以下、略称で示す）
- 3) 材料配合：表 - 2、表 - 3 参照。
- 4) 注入速度：20L/min
- 5) 地盤概要：図 - 1 参照（試験場所；千葉県千葉市）
- 6) 注入量：1 ポイント当り直径 1m 区間を対象とし注入率を 35% に設定した。

対象土量：5.1 m³、設計注入量：1,820 L

1 ステップ（25cm）当りの注入量：70 L/st

- 7) 注入完了基準：注入速度制御で注入し、規定量到達時を注入完了とした。リーク時は一旦注入中断する処置を施した。

3.実験結果と考察

1)材料強度

原位置試験に先立ち、使用材料（ホモゲル）の一軸圧縮強度試験を実施した。結果を図 - 2 に示す。強度特性はいずれも安定しており、28 日強度で LG が 4,054kN/m²、SH は 1,123kN/m² と、LG の方が SH に比べて約 3.7 倍の強度があった。

割裂注入においては比較的強度の高い材料を選定して、これを蜘蛛の巣状にきめ細かく割裂脈を形成することで改良範囲全体の強度が高まると考える。

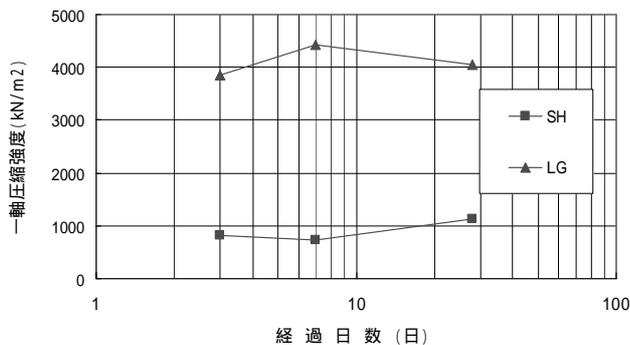


図 - 2 使用材料の一軸圧縮強度の経時的変化

表 - 1 試験注入材料

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
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

表 - 2 注入材 LG 配合（400L 当り）

A 液（200L）		B 液（200L）	
3号珪酸ソーダ	100L	普通セメント	80kg
水	100L	硬化剤（LG-1P）	30kg
		水	残（約160L）
計	200L	計	200L

表 - 3 注入材 SH 配合（400L 当り）

A 液（200L）		B 液（200L）	
普通セメント	125kg	硬化剤（サンコー AQ2 10）	24kg
促進剤（サンコーハード AQ2-10）	12kg	水	残（約196L）
水	残（約155L）		
計	200L	計	200L

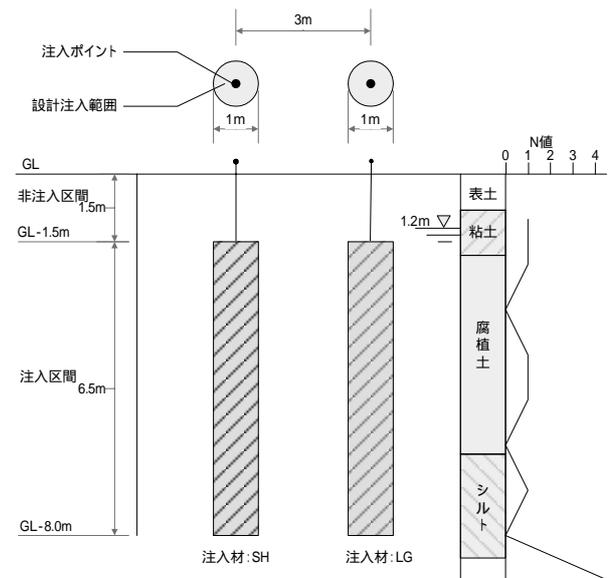


図 - 1 注入孔配置図、地盤概要

2) 掘出調査

図-3、写真-1、-2に代表的断面の掘出調査結果を示す。両材料とも割裂脈が鉛直方向に形成されていた（割裂脈の幅は約1~8cm）、割裂脈は、ほぼホモゲル状に固化しており、またその脈からの周辺地盤への浸透は見られなかった（フェノール反応により確認）。

試験地盤が腐植土を含んでいたため、両材料とも設計注入範囲外への注入材の流出が多く見られているが、LGの割裂脈はSHのそれに比べて細かく発生しているのが分かる。この違いの要因として、材料強度の違いによると推測する。強度の弱い材料を注入して一旦割裂し始めると常にその脈を伝って注入されるためその脈は太く、脈数も少なくなる。一方、強度の高い材料を注入すると、その割裂脈の強度より脆弱な地盤を見つけては割裂脈が移動・分岐するものと考えられ、脈は細くかつ脈数も多くなる。以上の考察を立証するには、今回の強度試験に加えてゲル直後の強度特性を評価する必要があるので今後の課題とした。

3) パイプによる注入材の流出防止効果

2)の掘出調査で見られた注入対象範囲外への注入材の流出に対し、パイプを用いた防止対策を検討した。ここではパイプを300、450、900mm間隔で打設した地盤への注入実験を追加した（図-4）。主な注入仕様は2.と同等で、使用材料はLGを用いた（試験場所；茨城県つくば市）。



写真-3 掘出調査状況
(注入施工: 富士建設)

注入後に掘出調査を行った結果、パイプ間隔が900

450 300mmと狭くなるにつれ、注入孔周辺に注入材が多く残存していることが分かった（図-5、表-4、写真-3参照）。これはパイプと地盤の摩擦力が地盤の粘着力に比べて弱いため、注入材はパイプ方向に注入されやすくなり、パイプに接触した注入材はパイプと地盤の間隙へと注入されパイプによる遮水壁が強固に形成されるからだと推測する。

4.まとめ

本実験で得られた結果を以下にまとめる。

粘性土地盤へグラウチングした場合の割裂脈は、材料強度によって割裂脈の形成の仕方が異なり、材料強度を高めることで細かな割裂脈を形成する可能性がある。

注入対象範囲を囲むようにパイプを打設しておくことで対象範囲外への注入材の流出防止効果がある。

粘性土地盤で不同沈下を生じた建物へグラウチングによって修正できるとなれば、従来汎用されている鋼管杭によるアンダーピニングに比べて機械が小型である、工期が短縮できる、基礎下の掘削を必要としないなど利点も多く有力な工法になると予想する。

最後に本報告をまとめるに当たってご協力いただきました、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。

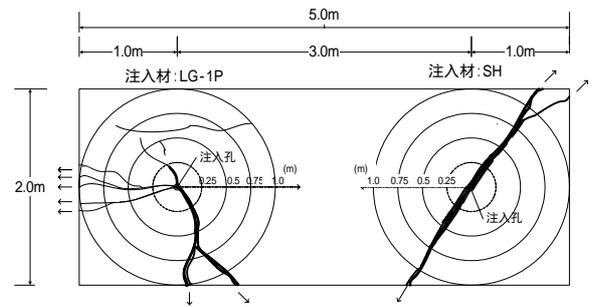


図-3 掘出調査平面のスケッチ (深度2.0m付近)

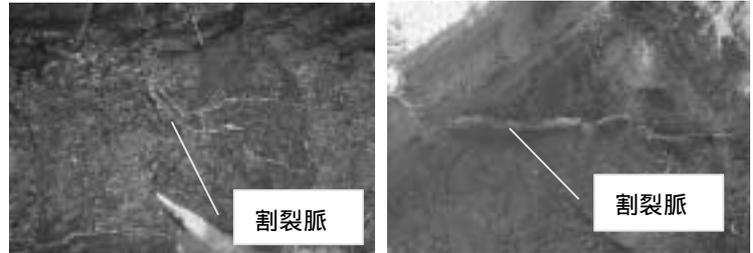


写真-1 割裂脈 (LG)

写真-2 割裂脈 (SH)

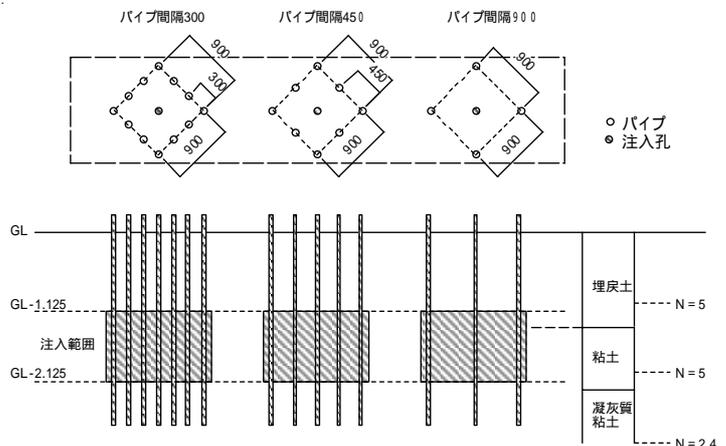


図-4 パイプ・注入孔配置図



図-5 パイプを利用した注入試験の掘出調査平面のスケッチ (深度1.5m)

表-4 パイプを利用した注入試験の掘出調査結果

設計仕様	パイプ間隔			備考	
	300	450	900		
対象土量 [m ³]	0.81	0.81	0.81	W0.9 × L0.9 × H1.0	
設計注入率 [%]	30	30	30		
注入量 [L]	243	243	243		
1ステップ当り注入量 [L/st]	60	60	60		
対象土の面積 [m ²]	0.81	0.81	0.81		
掘出調査	対象土内の注入脈面積 [m ²]	0.145	0.052	0.047	画像解析による
	有効注入率 [%]	17.8	6.4	5.8	対象土への注入率
	注入比	60:40	21:79	19:81	(対象土への注入量: 対象外の土への注入量)