

事例・適用例 基礎の変状・診断と沈下修正

セメント系注入工法

（株）設計室ソイル ● 高田徹三
三井ホーム株式会社 ● 岡野泰三
（有）富山建設 ● 平崎毅

13/1,000, 最大190mm, 図2)

はじめに

注入工法とは、硬化材や止水材をポンプで地盤へ圧入することによって、地盤の透水性を減少させたり、地盤の強度増加を図ることを目的とした地盤改良工法の一つである。注入では、地盤の構造を破壊することなく間隙（岩盤であれば亀裂）に注入材をくまなく充填することが必要であるが、注入材料、注入速度、地盤の透水性（粒度）などによっては、局部的に地盤の破壊をもたらす場合がある。これは地盤の割裂現象といわれ、土被りが浅いと地盤隆起につながる。

「セメント系注入工法」は、この地盤隆起を積極的に発生させて建物の不同沈下を修正する技術である。最近では他の修正技術に比して、経済的かつ工期短縮が図れるとして採用されるケースも増えつつある。

本稿では、千葉県松戸市の軟弱地盤において圧密沈下により190mm不同沈下した建物を、セメント系注入工法によって修正した工事事例を紹介するとともに、注入による沈下修正の現状と課題について述べる。



①注入状況

工事概要

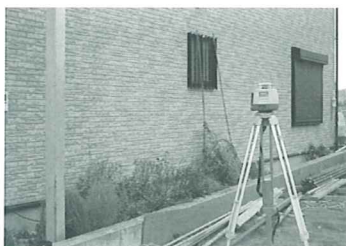
- 注入工法：二重管ストレーナ単相注入（写①）
- 注入材料：セメント系水ガラス薬液、ゲルタイム10秒、ホモゲル強度5000kN/m²
- 注入深さ：GL-2.0～10.0m
- 注入機械：2セット
- 計測管理：建物外周は四隅に変位計を設置し自動計測した。建物内部はレーザーレベルにより随時計測した（写②③）
- 修正目標：変形角5/1,000以内
- 工期：12日間
- 施工：平成18年11月

【建物概要】

- 場所：千葉県松戸市
- 用途：商業施設
- 構造種別：木造2階
- 基礎構造：直接基礎（布基礎。基礎幅600mm）
- 建築面積：103m²（9,100mm×11,375mm）
- 地盤条件：谷埋盛土（ブロック擁壁あり、図1）

【被害概要】

- 圧密沈下による不同沈下（傾斜角



②建物外周のレベル測定状況

被害要因

建物は平成13年に建設され、修正工事までに約5年経過している。建物基礎は布基礎で、元の地盤レベルから270mm下に配置されている。そして周辺道路とのレベルを合わせるために1.6mの高基礎とし、基礎と基礎の間には約1.5mの盛土が施されていた。また、SWS調査により支持層の傾斜が確認されており、その傾斜方向は地形的にも合致している。

考えられる被害要因としては、敷地内で軟弱層厚が大きく異なり、盛土と建物の荷重によって圧密沈下が生じたものと判断できる。また、その軟弱層内に産業廃棄物と思われる層が介在しており、さらに沈下量が増したと予想する（写④）。過去の土地利用を調査すると産廃物の捨場であることが判明したが、SWS調査では判別できない。余談であるが、地盤調査は現地踏査の上に利用されることが重要であると痛感する。さらに、最も建物が沈下している箇所の雨水管の連結にT字型のジョイント



③建物内部のレベル測定状況

表1 鋼管圧入工法とセメント系注入工法の比較

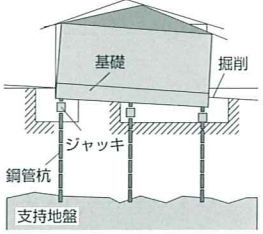
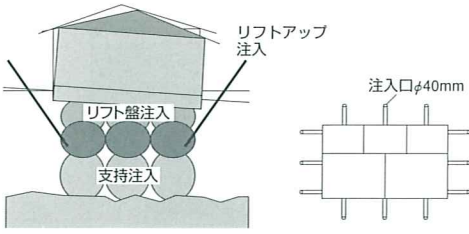
項目	鋼管圧入工法	セメント系注入工法
工法の概要		
修復手順	<ol style="list-style-type: none"> ① 建物外部から各鋼管杭の位置まで、人が作業するスペースのトンネルを、人力で掘削する ② 所定の位置にジャッキで鋼管杭を挿入する。75～100cmの長さの鋼管を溶接で継いで支持地盤まで到達させる。 ③ 鋼管設置後、ジャッキを用いて建物の傾斜を修正する ④ 修正後、掘削した土を用いてトンネルを埋め戻す ⑤ 修正した基礎下にモルタルを注入する ⑥ 撤去したテラスなどの修復を行う 	<ol style="list-style-type: none"> ① 建物外部より注入（セメント系ミルク）孔を注入用ボーリング機械で掘削する。テラスや玄関ポーチなどを崩す必要はない ② 支持注入により、支持地盤を強化する ③ リフト盤注入により、基礎下の地盤を強化する ④ リフトアップ注入により、建物の傾斜を修正する <ul style="list-style-type: none"> ・ 小口径鋼管杭による地盤改良と併用することで地盤改良効果・リフトアップ効果がさらに期待できる ・ テラスなどの修復は必要ない
工期	30～40日間	8～10日間



図3 設計・施工フロー

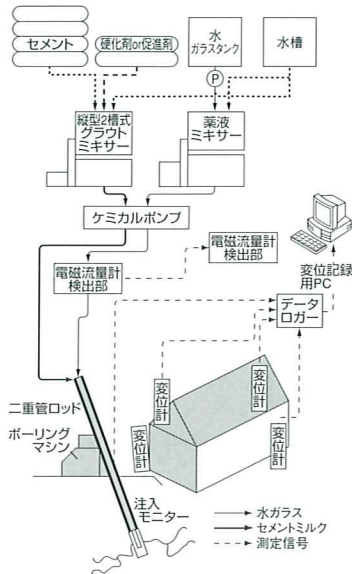


図4 施工システム図

しやすい。よって注入ポイントが同じでもボーリングマシンの設置位置によって建物修正量の広がり異なるので、ボーリングマシンの設置位置も重要な要素である。

注入した翌朝は、僅かながら再沈下が生じるため、朝方と前日夕刻の等高線図を比較することが重要で、これも監視項目の一つである。施工時の観察からすると、施工日数が進むにつれて注入による再沈下量は徐々に小さくなる傾向がある。これ

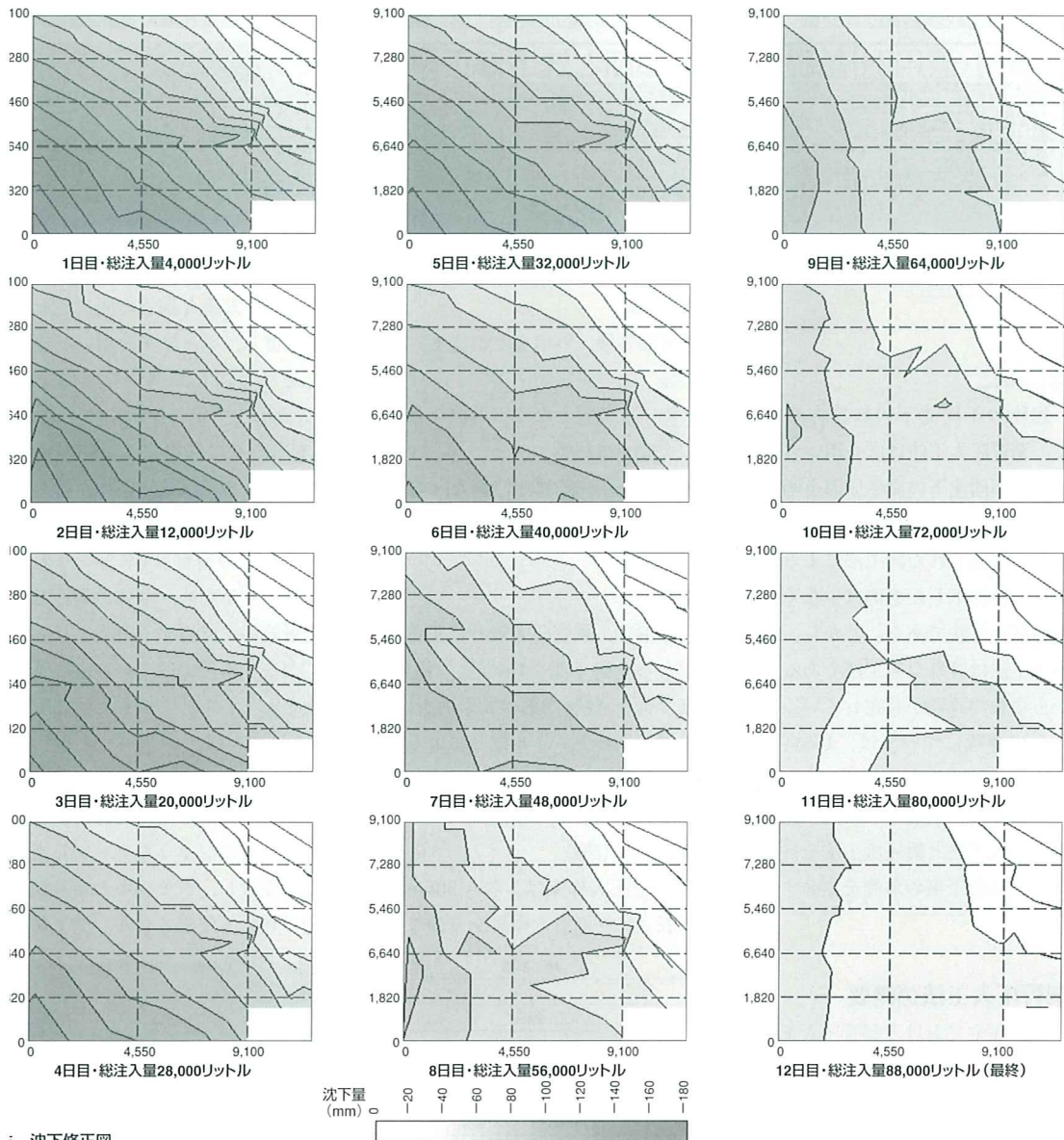


⑥抑え盛土状況

は注入量が増すに従い、地盤の強度増加が図られるからと推測する。

今回のように、建物際にブロック擁壁がある場合、擁壁が注入によって変形・ひび割れを起こすことが懸念される。本工事では事前に南側を抑え盛土（写⑥）、西側に抑止杭として小口径パイプを50cm間隔で打設した。この結果、わずかな亀裂がブロックに確認できたが、致命的な損傷は見られなかった。

当工事は、結果として設計注入量63,000リットルに対して88,000リットルで、変形角5/1,000以内に納めることができた（図5）。この設計と実施注入量の差は、産廃層などが設計に反映されておらず、その分余計に注入量が増えたためと思われる。



5 沈下修正図

わりに

セメント系注入工法の利点といえ、他工法に比して工期が短くほとんど生活に支障なく施工される点があげられる。当施工事例にも見られるように、計注入量を注入して完了とする一の注入工事とは考え方が異なり、計と実際の注入量に差異が生じる。入量の計画は目安でしかなく、実注入量と設計注入量を近似させる

ことが今後の課題でもある。また、セメント系注入工法では、再沈下の可能性を危惧されることがある。当施工事例も随時計測を行う予定であるが、今(1か月経過)のところ、再沈下は見られていない。再沈下は地盤条件や沈下要因、注入材料、注入量など、条件によっては再沈下の可能性も高くなると考えられ、今後のデータ整備が必要であり、さらなる技術開発が望まれる。

最後にセメント系注入工法の技術資料として、参考文献をピックアップ

したので一読することをお勧めする。

(たかた とおる、
おかの たいぞう、
ひらさき つよし)

【参考文献】

- 1) 最新地盤注入工法技術総覧編集委員会：最新地盤注入工法技術総覧，産業技術サービス，1997年10月
- 2) (株)地盤工学会：薬液注入工法の調査・設計から施工まで，1985年2月
- 3) 田村ほか：注入工法による設計施工技術と沈下修正，土木学会第60回年次学術講演概要集，2005年9月
- 4) 高田，若命，田村：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，第40回地盤工学会研究発表会講概集，2005年7月