

報文

擁壁の変状により 不同沈下した戸建住宅の復旧例

高田 徹* / 今井 敬介**

1. はじめに

擁壁性能が住宅に不同沈下を与える事例は比較的多い。最も多いのは擁壁背面土に起因するもので、その埋戻し転圧が不十分で緩みを起こしたり、集中降雨により水抜孔や間知石から背面土が流出して建物に不具合をもたらす場合である。また既存擁壁でも、その擁壁性能（老朽化・損傷・構造方法・法令など）について十分に調査しないまま建物を建設し、擁壁の沈下や変形にともなって建物に不同沈下が生じる場合もある。

本報文では、擁壁の変状に伴って不同沈下した住宅に対して、注入により沈下修正した事例を紹介する。

2. 建物と擁壁の被害状況

現場は神奈川県相模川低地にある。ここは、既存のL型擁壁（高さ2.0m）で造成された畑地を宅地転換した土地である。

図-1、図-2に住宅の敷地配置と断面配置を、図-3に地盤調査結果を示す。図-1より、住宅の南東側に擁壁があり、擁壁から0.8~1.2mと近接して配置している

ことがわかる。図-3中の測点Aより、表層から深度4.5mまで $W_{sw}=0.75\sim1.0\text{kN}$ の自沈層がほぼ一様に連続している。また擁壁背面土（測点B）も $W_{sw}=0.25\sim0.5\text{kN}$ とさらに軟弱である。擁壁下の隣地で実施したSWS結果（測点C）によると、底版下にも $W_{sw}=0.75\sim1.0\text{kN}$ の自

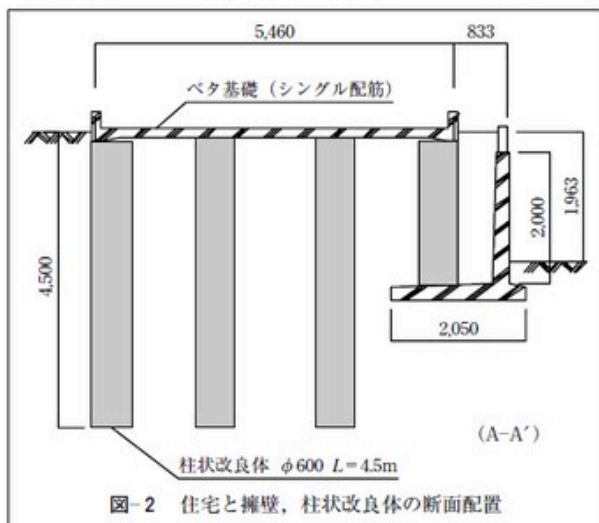


図-2 住宅と擁壁、柱状改良体の断面配置

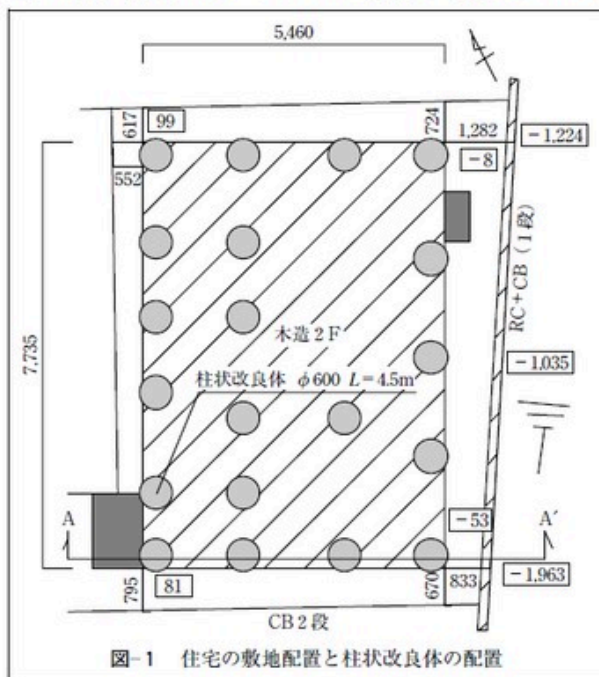


図-1 住宅の敷地配置と柱状改良体の配置

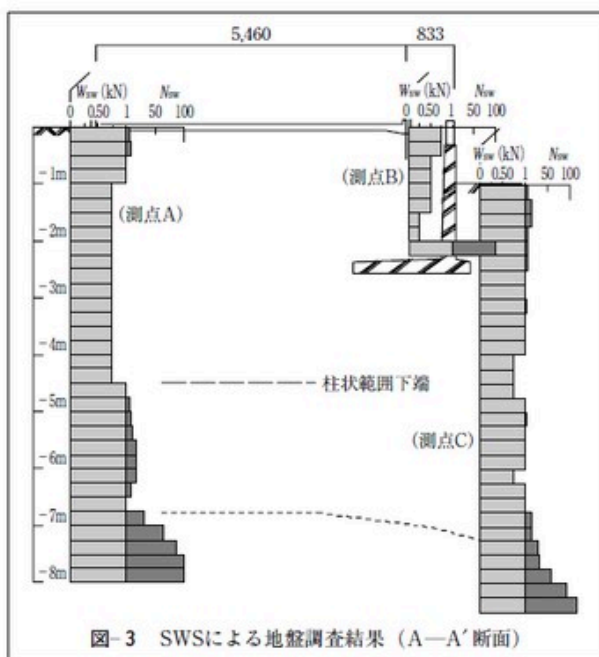
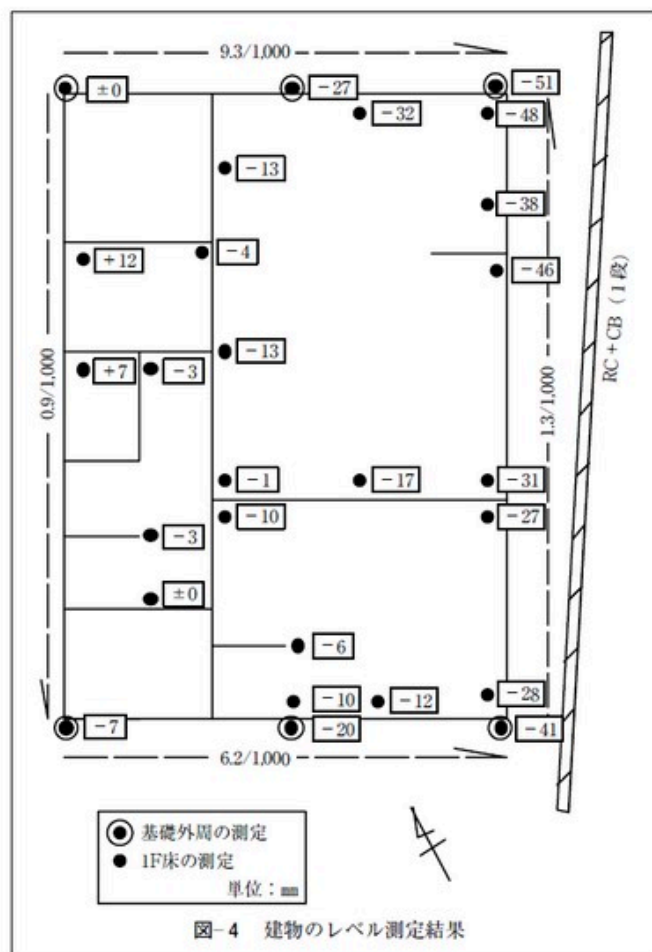


図-3 SWSによる地盤調査結果（A—A'断面）

* TAKATA Toru 株式会社ソイル | 東京都中央区日本橋3-9-12
** IMAI Keisuke 株式会社グラウト工業 | 横須賀市久里浜8-5-1



沈層が厚く堆積していることから、擁壁の地耐力不足が懸念される。住宅建設時には、この既存擁壁を十分に調査せず、住宅荷重に対して柱状改良（ $\phi 600\text{mm} \times L4.5\text{m}$ ）とべた基礎で対応していた。しかし建物引渡し後、3年経過した時点で住居者からの指摘で建物の不具合が発覚した。

図-4に3年経過後の基礎レベルの沈下測定の結果を示す。図より、外周基礎のレベルは最大不同沈下量51mm、最大傾斜角にして9.3/1,000で建物短辺方向（擁壁方向）に傾斜しており、建物長辺方向（擁壁と平行方向）での傾斜はわずかであった。また擁壁は下振りをういて測定したところ、擁壁前面に最大27mm転倒していた。さらに擁壁底版の下部地盤は、探針調査により地盤改良がなされていないことが判明した。これより、当建物は擁壁側に不同沈下し、また擁壁の沈下や倒れが見られることから、擁壁の性能が建物の不同沈下に直接影響した可能性があると考えられる。よって住宅の沈下修正には、擁壁の安定性を踏まえて対応する必要がある。

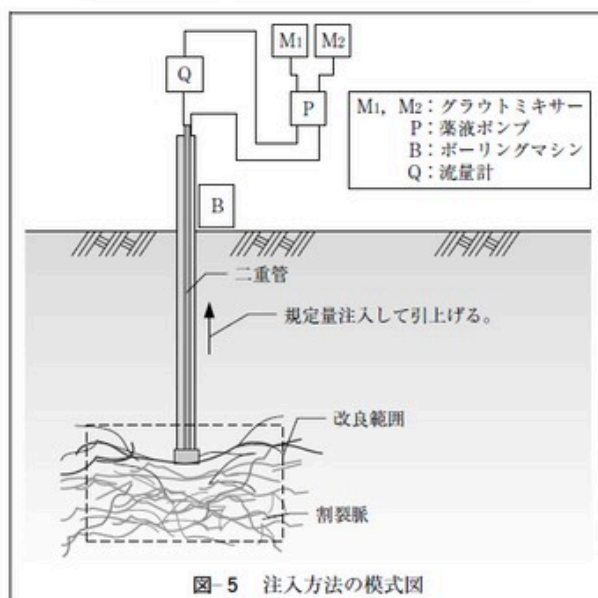
3. 沈下修正工事

3.1 工法選定

擁壁の沈下抑止工法の選定には注入工法のほか、①曳屋+地盤改良+既存擁壁の作り直し、②高圧噴射攪拌、③アンダーピニングなどと比較検討した。擁壁と建物が

表-1 注入仕様

項目	内容
注入方式	二重管ストレーナ注入方式
注入速度	16~18l/min
注入完了基準	擁壁：規定量注入（擁壁部） 建物：許容傾斜角以内（3/1,000）



隣接していることから、工法①は曳屋が必要となり、敷地が狭く施工的に難しい。工法②は、擁壁と建物の配置関係から擁壁底版下部に鉛直な改良体を造成することが難しく、また土被りが少ないことから隣地環境を阻害する恐れがある。工法③は支持層深度が深くなり、経済的負担が大きくなる。一方、注入工法は改良効果や確実性という点で工法②、③に比べて劣るものの、斜め削孔で改良できることから、簡便かつ安価に改良できる。

建物の沈下修正には注入工法のほか、①アンダーピニング、②耐圧版工法などと比較検討したが、工法①、②は柱状改良体があり、基礎下掘削に手間と工期がかかる。以上をふまえて、建物および擁壁とも注入工法で修正することとした。

3.2 施工方法

表-1に注入仕様、図-5に注入方式の模式図を示す。注入手順は、まずボーリングマシンで予定深度下端まで削孔する。その後、注入材の2液を薬液ポンプで削孔した孔の二重管先端まで送出し、先端で2液を接触（ゲル化）させて地盤に注入する。注入量は、流量計で監視しながら規定量を注入後、二重管を高さ0.25m引上げてから再び規定量注入する。これを繰り返して行なって改良深度上端まで注入し、その孔の注入を完了する。以上が地盤の支持力増加などを目的とした注入時の手順であり、沈下修正の場合は、これに建物基礎レベルの上がり具合を監視しながら注入するので、注入深度は建物基礎レベルの上昇傾向を見ながら決定する。

当工法で使用した注入材の配合と強度特性を表-2に示す。当材料は、割裂脈自身の強度を高めるために懸濁

表-2 注入材1m³当りの配合

A 液		B 液	
3号珪酸ソーダ	0.25m ³	普通ポルトランドセメント	1.96kN
水	0.25m ³	硬化剤	0.74kN
		水(残)	0.40m ³
計	0.50m ³	計	0.50m ³

*ホモゲルの一軸圧縮強さ(4週):5,000kN/m²(カタログ値)
 **硬化剤:品名:LG-1P(製造:ムツミ化学)(石膏と消石灰の混合物)

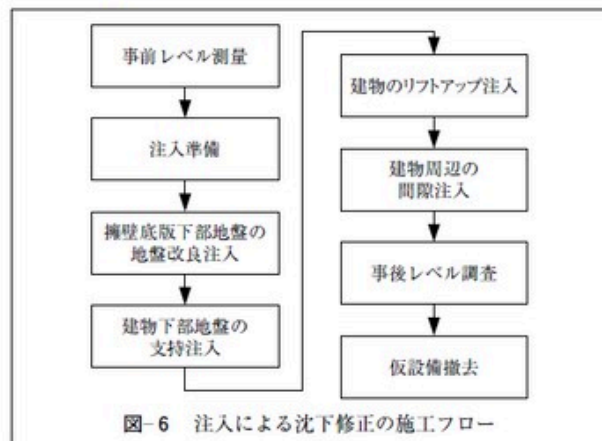


図-6 注入による沈下修正の施工フロー

表-3 計画注入量

対象	注入名称	対象土量(m ³)	注入率(%)	計画注入量(l)
擁壁	底版下部の地盤注入	80	15	12,000
建物	支持注入	84	15	12,600
	リフトアップ注入	31	28	8,680
	空隙注入	15	10	1,500
計				34,780

型薬液としてLW液(セメント+水ガラス)とした。一般に、粘性土に対してゲルタイムが分単位の緩結材を用いると、割裂脈は対象土量外へ逸出しやすくなるので、粘性土ではゲルタイムの短い材料を使用することが多い。当材料はゲルタイム10秒程度の瞬結材であり、対象土量への逸出を極力防止するとともに地盤隆起効果を与えることができる。なお、当材料の耐久性については文献1)を参照されたい。

図-6に注入による沈下修正の施工フロー、図-7に注入施工図、表-3に計画注入量を示す。施工は図-6に示すように、基礎レベル調査後、擁壁下部地盤を注入してから建物の沈下修正を実施した。一般に土被り圧の少ない浅層部(約2.0~2.5m以浅)で注入すると、地盤隆起を与えやすく、比較的少ない注入量で沈下修正が可能である。しかし、当地盤は深度4.5mまで自沈層が存在することから、リフトアップ時の反力を高めることと修正後の再沈下抑止のため、深度4.5mまで改良する必要がある。これを支持注入と称して事前に注入し、その後、建物のリフトアップを目的として注入する。擁壁部分の注入は、沈下修正よりも支持力増加や沈下抑止を目的とするため、実施注入量と計画注入量はほぼ等しくなる。一方、建物については基礎レベルの不同沈下が許容値に

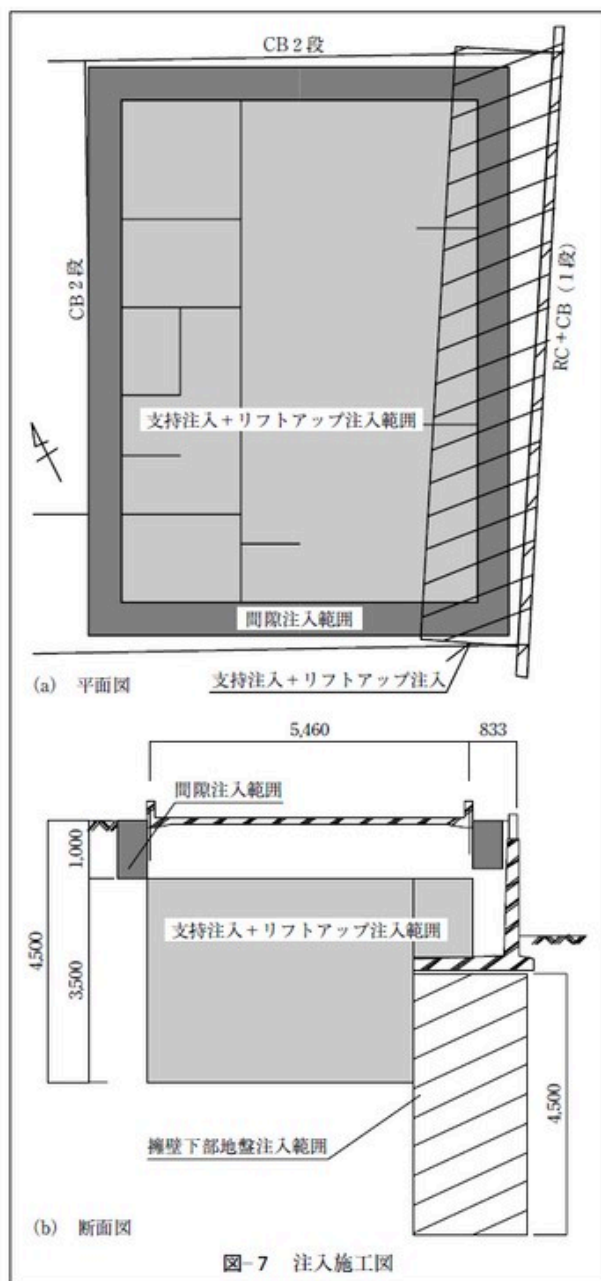


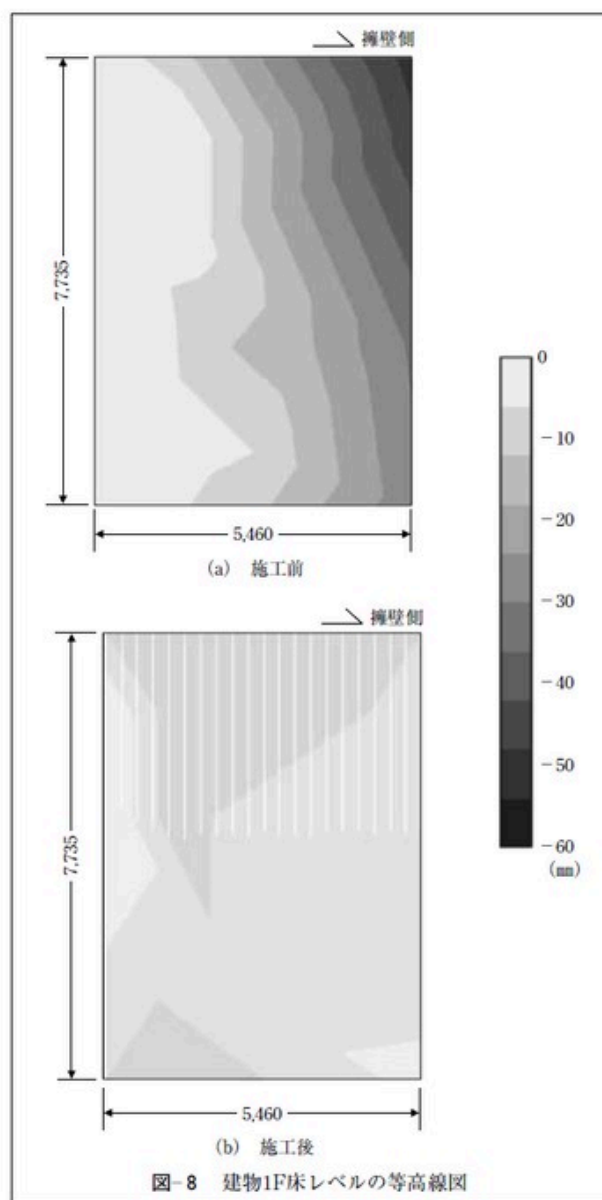
表-4 施工結果

項目	数値
工期	7日間
実施注入量	30,258l (87%)
建物最大不同沈下量	6mm
最大傾斜角	1.1/1,000

修正するまで注入するため、表-3に示した計画注入量は目安にすぎない。この計画量は、これまでの施工実績に基づき決定しているが、対象土量の10~40%の範囲で推移している。

3.3 施工結果

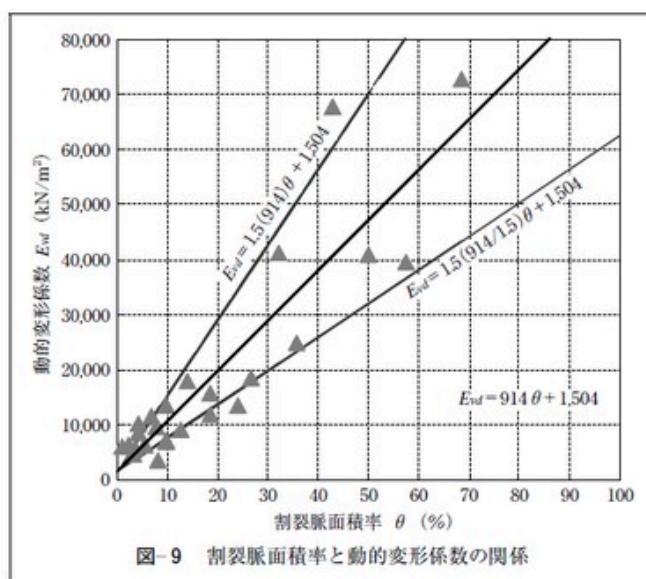
図-8に基礎と1階床レベルの修正結果、表-4に施工記録を示す。図表より床レベルは6mm、最大傾斜角1.1/1,000で工事を完了した。また注入量も計画注入量



の87% (計30,250l) であった。今後、建物基礎レベルの追跡調査を経年的に実施し、建物の観察結果を踏まえて本施工の妥当性について明らかにしたいと考えている。

4. 割裂注入による強度増加について

対象土が粘性土の場合、注入改良地盤は割裂脈と未固結粘性土の複合土として改良効果が得られる。今回、3. で示した擁壁下部地盤の粘性土の改良に注入を用いたが、実際、この複合土の強度増加メカニズムや強度確認手法は確立されていない。複合土の強度確認は、割裂脈が硬くそして厚みが薄いせいか、力学試験が行なえる



品質の試料採取は難しい。またサウンディング調査を実施しても、割裂脈に貫入体がぶつかる割合によって評価が異なる。既往の割裂注入に関する研究の多くは室内試験であり、その研究報告²⁾からすると、割裂脈の方向とせん断方向の関係で複合土の強度増加の割合が大きく異なり、粘性土への注入効果は低いと言える。一般の仮設工事を見ても、粘性土の改良には注入よりも機械式・高圧噴射攪拌などで施工されることが多い。

これに対して、原位置で注入された地盤を開削して動的平板載荷試験を実施した。平板内にある割裂脈の面積割合 θ (%) と、試験で得られた動的変形係数 E_d の測定結果を図-9に示す。詳細は文献3)に記載しているが、図を見てもわかるように、割裂脈の面積割合が多くなるにつれ E_d も大きくなっている。

5. おわりに

現時点では注入の確実性が明らかではないので、実験データと一般の薬液注入の設計要領などをふまえて設計検討している。しかし、今後データを蓄積して、割裂注入による強度増加傾向を見極めたいと考える。

参考文献

- 1) 高田, 岡野, 平崎: 注入による戸建住宅の不同沈下修正工事例, 基礎工, Vol. 36, No. 5, pp. 82~84, 2008.
- 2) 森崎, 田村昌仁, 小峰秀雄: 薬液注入による粘性土の改良のメカニズムとその支配条件, 土木学会論文集, Vol. 24, No. 400/III 10, pp. 55~64, 1988.
- 3) 高田, 岡野, 平崎, 今井: 割裂注入による地盤改良効果に関する原位置試験 (その1), 第43回地盤工学研究発表講演集, pp. 957~958, 2008.