

小規模建築物に対する液状化対策工法の比較例 (その 1 : 研究と解析モデルの概要)

正会員	〇二川	和貴* ¹	同	高田	徹* ²
同	川崎	淳志* ³	同	益子	貴幸* ⁴
同	岡野	泰三* ⁵	同	金	哲鎬* ⁶
同	平出	務* ⁷			

小規模建築物 液状化 有効応力解析

1. はじめに

現状の液状化対策工法は、締固め工法や変形抑止工法など大規模なものであり、個別の戸建住宅に採用することは極めて難しい。小規模建築物では、常時の不同沈下対策として、表層地盤改良工法（以下、表層改良）、柱状地盤改良工法（以下、柱状改良）、および小口径鋼管杭工法（以下、鋼管杭）などが一般的に採用されているが、これらの工法が液状化に対しても被害低減効果があることが確認できれば、工法の採用が広がると考えられる。

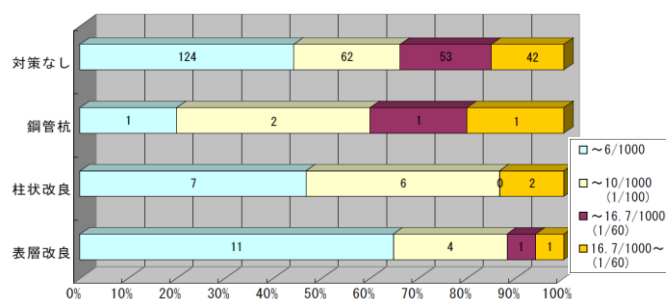
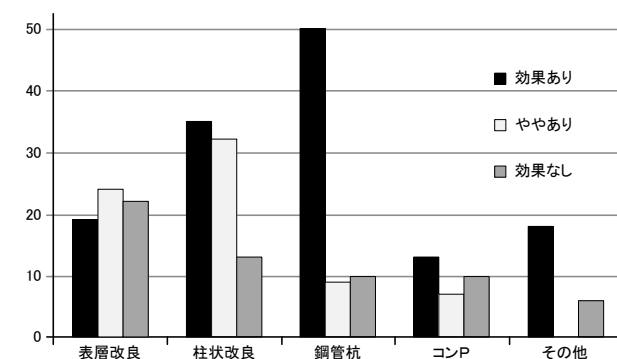
東北地方太平洋沖地震以降の調査で、これら常時の対策として設計・施工された工法は、液状化被害対策としては不十分であったとする報告がある。住宅メーカーや沈下修復業者からのアンケート調査では、支持層まで達しない柱状改良や鋼管杭よりも、表層改良の方が液状化による建物の傾斜角および不同沈下量が小さかったとされているが（図 1）¹⁾、一方で住宅の地盤調査や補強工事に携わる会社では、鋼管杭、柱状改良、表層改良の順で液状化被害が低減できたとする調査結果もある（図 2）²⁾。

既往の研究¹⁾では、表層改良は、改良厚さに応じて沈下が軽減されることが実験と解析から確認されている。柱状改良も、連続壁で囲い込んだ場合の液状化被害の低減効果が実験や被害調査により確認されている³⁾。さらに近年では、小規模建築物向けに改良体径 500mm 程度の格子状の改良工法や、薄鋼矢板による囲い込み工法の効果も実験や解析で確認されてきている⁴⁾。これらを工法別で比較した研究は未だ多くないが、限定された条件下における、模型による効果の比較実験結果が報告されている⁵⁾。

これらの報告から、震災で既往工法が液状化対策として設計されていれば、結果が異なっていた可能性はある。しかし、沈下による傾斜の程度は、建物荷重の偏心や隣棟距離、液状化層の深さや層厚、液状化による噴砂位置、地震動の卓越方向などにもよるため、傾斜角や不同沈下量を工法の適用性の判断基準とすることは極めて難しい。液状化では建物の構造体が損傷する可能性は低く、沈下による傾斜が問題となるが、戸建住宅の接地圧は小さく、

その傾斜の程度を定量化して判定することは困難である。

そこで本研究では、こうした小規模建築物の特殊な条件を満たし、液状化対策工法として採用の可能性が高い、あるいは今後採用が期待される、表層改良、柱状改良、各種囲い込み工法を対象として、2 次元の有効応力解析により、液状化に対する沈下低減効果の相対比較を試みた。

図 1 地盤対策工法と建物の傾斜角の関係¹⁾図 2 地盤補強工法別の被害軽減件数²⁾

2. 解析モデルの概要

非液状化層まで根入れし、支持力を確保すれば液状化対策には十分なり得るので、本検討では液状化層が地表面近くから 10m 程度あるいはそれ以深まで存在する場合の、各工法の減災効果を解析で相対比較することとした。

想定する上部構造は「枠組壁工法建築物構造計算指針」の計算例⁶⁾にある一般的な建物の設計と同程度の構造条件とし、層間変形角 1/200 のときの耐力壁の特性より各階（層）の剛性を算定。減衰定数は $h_f=5\%$ とし、表 1 に示す 2 質点モデル（1 次固有周期 $T_1=0.39\text{sec}$ 相当）を設定した。

表 1 質点系モデルの設定

質点番号	高さ H_i (m)	質点質量 W_i (kN)	層番号	剛性 K_i (kN/m)
3	2.70	97.67	2	8,245
2	2.70	153.38		
1	0.60		1	8,245

原地盤は、表層部 1m は非液化化層、以深 9m を液化化層である相対密度 $D_r=50\%$ の層として、その下部地盤は $V_s=200\text{m/s}$ 程度、 $D_r=100\%$ の非液化化層を設定した。解析ケースは、表 2 に示す無対策地盤 (Case1) と、4 種類の対策工法 (Case2~5) とした。Case2, 3 は、一般的に不同沈下対策として採用されている地盤補強工法で、Case4, 5 は、今後、液化化対策工法として期待される工法である。なお、これら地盤補強工法の設計条件は液化化の低減効果の相対比較を目的として設定したものであり、常時の支持力などについて検討を行って決定したものではない。

改良体配置条件を図 3 に示す。2 次元で簡易にモデル化するため、奥行き方向の改良体の配置に応じた重複メッシュ

シユで等価な剛性を与えた線形平面要素として設定した。

なお、本梗概は、一般社団法人建築研究振興協会での「小規模建築物の液化化対策工法の効果に関する研究」委員会において検討した成果をまとめたものである。

参考文献

- 1) 公益社団法人地盤工学会 浅層盤状改良による宅地の液化化対策研究委員会：浅層盤状改良による宅地の液化化対策の合理的な設計方法の研究報告書，平成 24 年 10 月。
- 2) 河野文顕・真島正人・橋本光則・藤井衛・渡辺佳勝・深谷敏史：東日本大震災による住宅被害のアンケート調査 その 1 地盤補強を行った住宅の調査結果，日本建築学会大会学術講演梗概集，2012 年 9 月。
- 3) 鈴木吉夫・斉藤 聡・鬼丸貞友・木村玄・内田明彦・奥村良介：深層混合処理工法を用いた格子状地盤改良による液化化対策工，土と基礎，Vol.44, No.3, pp.46-48, 1996。
- 4) 安田進・佐々木修平・野口千明・小澤直輝：薄鋼矢板を用いた液化化被害軽減工法に関する実験的研究，第 48 回地盤工学研究発表会，2013 年 7 月。
- 5) 河合拓也・藤井衛・杉山太宏・品川恭一・村山篤司：液化化に対する地盤の補強効果に関する模型実験，第 48 回地盤工学研究発表会，2013 年 7 月。
- 6) 一般社団法人日本ツーバイフォー建築協会：枠組壁工法建築物構造設計指針，pp.46-48, 2007 年。
- 7) 一般財団法人日本建築センター：改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針，pp.52-53, pp.349-357, 2002 年。

表 2 検討対象の対策工法の仕様と物性値の概要

Case No.	対策工法	対策工法の仕様				備考
		改良深度	ポアソン比 ν	ヤング率 E (kPa)	モデル化	
1	(無対策)					布基礎
2	表層地盤改良工法	G.L.-2.0m	0.26 ⁷⁾	31208	線形平面要素	$F_c=0.1\text{N/mm}^2$ ⁷⁾
3	柱状地盤改良工法 (改良径 600mm)	G.L.-6.0m	0.26 ⁷⁾	187246	線形平面要素	$F_c=0.6\text{N/mm}^2$ ⁷⁾
4	囲い込み工法 (柱状地盤改良工法，改良径 500mm)	G.L.-5.0m	0.26 ⁷⁾	187246	線形平面要素	$F_c=0.6\text{N/mm}^2$ ⁷⁾
5	囲い込み工法 (鋼板 $t=2.3$)	G.L.-5.5m	0.30	2.06E+8	線形平面要素 線形はり要素	SS400, $I=1.944\text{E-}07\text{m}^4$

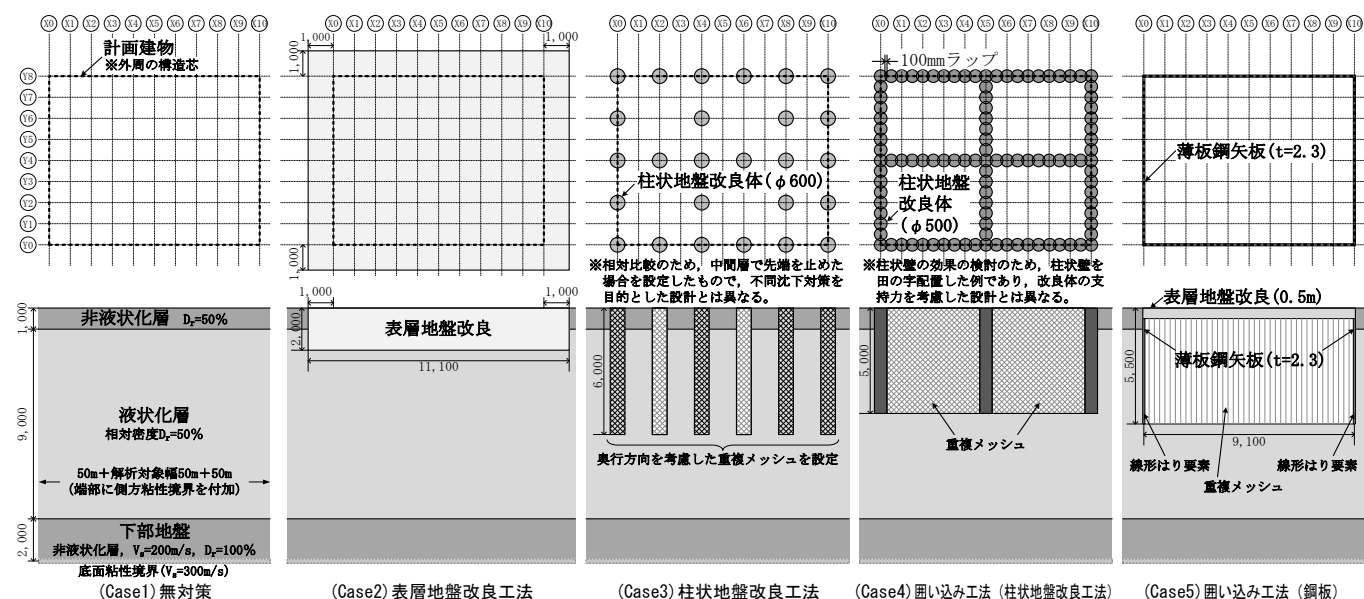


図 3 検討対象の対策工法とモデル化の概要

*¹ 積水化学工業
*³ ミサワホーム
*⁵ 三井ホーム
*⁷ 建築研究所

*² 設計室ソイル
*⁴ 住友林業
*⁶ 報国エンジニアリング

*¹ SEKISUI CHEMICAL
*³ MISAWA HOMES
*⁵ Mitsui Home
*⁷ BUILDING RESEARCH INSTITUTE

*² Soil Design
*⁴ SUMITOMO FORESTRY
*⁶ HOKOKU ENGINEERING