

排水材を用いた既設住宅液状化対策工法の開発とその経済効果

岐阜大学 学生会員 ○須田 楓可 フェロー会員 八嶋 厚 正会員 村田 芳信
 岐阜大学 荻谷 敬三 吉原 孝保 渡邊 将成
 中部大学 正会員 余川 弘至

1. 研究背景および目的

過去の巨大地震において、地盤の液状化被害は数多く報告されており、特に東日本大震災においては沖積低地や埋立地が広く分布する関東平野で戸建て住宅の液状化被害が顕在化した。戸建て住宅では、地震によって地盤が液状化した場合、基礎が不等沈下し、建物に被害が生じることがある。それにより、宅地としての機能の低下・膨大な修復費もしくは改築などが懸念される場合、宅地の液状化を軽減する対策を事前に講じることが得策である。東海地方では、来るべき南海トラフ巨大地震において広範囲で甚大な液状化被害が予測されている。そのため、宅地の液状化を軽減する対策を事前に講じることを選択肢の一つである。しかし、表 - 1 に示すように従来の液状化対策は液状化発生の原理に基づいてそれぞれ考案されているが、大規模構造物を対象としたものであるため、それを宅地に適用するにはコストの面や施工方法に大きな課題を抱えている。

このような背景のもと、筆者らは既存住宅の液状化対策として、低価格、施工期間の短い既設宅地のスマート液状化対策工法を提案している¹⁾。本論文では、提案工法を適用した場合と地震保険に加入した場合地震によって生ずる被害に応じた費用負担を比較することで、提案工法の経済効果について明らかにする。

2. 既設宅地のスマート液状化対策工法

本研究におけるスマート液状化対策工法とは、宅地にポリプロピレンを原料とした人工のドレーン材を打ち込み、排水を促すものである。

この工法はレベル1地震動による宅地の不同沈下を 6/1,000 以下に抑えることを目標としている。これは 6/1,000 以上の勾配の傾斜が起こった場合、構造耐力上主要な部分に瑕疵が生じる可能性が高いと住宅品質確保促進法²⁾で考えられているためである。さらに、宅地の復旧費用について表 - 2 に示す。ほとんどの場合で再液状化を覚悟し、建物の傾斜修復と補強のみを行

うという選択が一般的である。これでは、地震の度に高額な復旧費用を負うことになる。提案工法は施工費用を 150 万円以内に抑えることを目標としており、再液状化へも備えているため、復旧が補修のみで済む。これらのことから、この工法は経済的な対策工法であるといえる。

表 - 1 従来の液状化対策工法の評価

| 原理 | 概要 | 評価 | 代表的な工法 |
|------|----------------------|------------------------------|--------------------|
| 締固め | 地盤を締固めて密度を増大させる | 建物直下の施工時に開口・補修工が必要 | サンドコンパクションパイル工法 |
| 水圧消散 | 透水性の高い材料を設置し水圧の消散を図る | 施工時の騒音振動についての考慮 | 砕石ドレーン工法 |
| 固結 | 地盤を固結させる | 施工費が高額、施工機械の小型化が必要 | 深層混合処理工法 薬液注入工法 |
| 拘束 | 拘束することにより地盤のせん断変形を防ぐ | 施工費用が高額、攪拌による隣家への影響の考慮 | 格子状地中壁工法 |
| 置換 | 液状化を起こさない材料に置き換える | 既設宅地への施工が難しい | 掘削置換工法 |
| 不飽和 | 地盤の飽和度を下げる | ランニングコストが必要、個人での液状化対策としては難しい | 地下水位低下工法 MB注入工法 |

表 - 2 宅地の復旧方法・費用と選択

| 被害の程度 傾斜 | 再建方法 | 被害者生活 再建支援制度 (公助) | 義援金 (共助) | 地震 保険 (自助) | 支援 合計額 (万円) | 復旧費用 (万円) | 一般的な選択 |
|------------------------|------|-------------------------|-------------|------------------|-------------------|--------------|--|
| 全壊 50/1000以上 | 建て替え | 300 | 107 | 500 全壊 | 907 | 2,100 | 建て替えと同時に地盤復旧を実施する。 |
| | 補修 | 200 | — | — | 807 | 1,500 | |
| | 地盤復旧 | 200 | — | — | 200 | 200~500 | |
| 大規模 半壊 17/1000以上 | 建て替え | 300 | 53 | 250 半壊 | 603 | 2,100 | 修復を実施するが、基礎の補強のみで地盤復旧まで実施することは少ない。 |
| | 補修 | 150 | — | — | 453 | 1000 | |
| | 地盤復旧 | 150 | — | — | 150 | 200~500 | |
| 半壊 10/1000以上 | 建て替え | 300 | 17 | 50 一部損 | 367 | 2,100 | 地盤復旧が高額となることから、再液状化を覚悟して、建物の傾斜修復と補強のみ。 |
| | 補修 | 対象外 | — | — | 67 | 500 | |
| | 地盤復旧 | — | — | — | — | 200~1000 | |
| 一部損壊 6/1000以上 | 建て替え | 対象外 | — | 50 一部損 | 50 | 2,100 | 地盤復旧が高額となることから、再液状化を覚悟して、建物の傾斜修復と補強のみ。 |
| | 補修 | 対象外 | — | — | — | 200 | |
| | 地盤復旧 | 対象外 | — | — | — | 200~1000 | |

3. 既設宅地における液状化対策の有効性

一般的な住宅地では個々の宅地のスペースが狭く、隣接していることが多い。そのため、狭小な場所での施工となることや施工の際の騒音・振動など隣家に与える悪影響について配慮する必要がある。また、家屋は個人の財産であるため、公共構造物に比べ多大な費用を掛けることができない。そこでスマート液状化対策工法では数値目標として、①振動レベルを75dB以下とする。②騒音レベルを85dB以下とする。③ドレーン材の貫入速度を1.0m/分以上とする。④鉛直及び斜め打ち貫入精度を±3°とする。また、施工期間は準備工を含めて5日以内、費用は150万

円以内を目標としている。これらの目標を達成することにより、低価格で高品質な液状化対策工法の確立を目指す。

4.地震保険と提案工法の経済性比較

地震保険は、地震やそれに起因する津波あるいは噴火を原因とする被害について3段階の基準(表-3)を用いて判定を行い、それに応じた補償を行うものである。判定には基礎・壁・屋根等の損害について建物の構造ごとに判定基準を設けたチェックシートを用いることで行われる。木造建物は在来軸組工法と枠組工法の2つに分けられ、非木造建物では鉄筋コンクリート造と鉄骨造の2つに分けられる。また、保険料率は地震発生リスクによって各都道府県で等区分がなされる。さらに保険料は木造建物の方が非木造建物より高い。

図-1に非木造の耐火構造におけるそれぞれの被害パターンで地震発生前、地震発生後にかかるコストについて一例を示す。コスト算定に用いた条件については保険加入から50年経過後に地震が発生すると仮定し、建築物規模は1階65m²、2階50m²の一般宅地とした。さらに、保険契約金額は1,000万円とし、保険料率は岐阜県を対象とした。復旧費用・工法および保険による補償費用を表-4に示す。また、液状化対策を講じた工法適用ケースでは提案工法の施工費を150万円とした。図-1より、一部損壊のケースが最も費用負担が少ないという結果になり、次いで工法適用(一部損)、半壊となった。このような結果が得られたのは、本工法が目標とするのは被害を一部損壊に軽減することであるため多少の復旧費用を要すること、被害が大きくなるほど補償費用は高くなるがそれ以上に復旧費用が高くなるのが原因である。このような比較を通して提案工法の経済性からの立ち位置を明らかにしたい。

表-3 損害区分と認定基準

| 区分 | 規 準 | 支払額 契約金額% |
|-----|--|--------------|
| 全 壊 | 地震等により損害を受け、主要構造部(土台、柱、壁、屋根等)の損害額が、時価の50%以上である損害、または焼失もしくは流失した部分の床面積が、その建物の延床面積の70%以上である損害 傾斜が17/1000以上あるいは最大沈下量が30cm以上 | 100% |
| 半 壊 | 地震等により損害を受け、主要構造部の損害額が、時価の20%以上50%未満である損害、または焼失もしくは流失した部分の床面積が、その建物の延床面積の20%以上70%未満である損害 傾斜が9/1000以上17/1000未満あるいは最大沈下量が15cm以上30cm未満 | 50% |
| 一部損 | 地震等により損害を受け、主要構造部の損害額が、時価の3%以上20%未満である損害、または建物が床上浸水もしくは地盤面より45cmをこえる浸水を受け損害が生じた場合で、全壊・半壊に達しないとき 傾斜が4/1000以上9/1000未満あるいは最大沈下量が10cm以上30cm未満 | 5% |

表-4 各ケースの復旧費用および補償費用

| 被害 | 再建方法 | 復旧費用 (万円) | 適用工法 | 補償費用 (万円) |
|------|------|--------------|------------|--------------|
| 全壊 | 建て替え | 2,100 | - | 500 |
| | 地盤改良 | 100 | 鋼管杭工法 | |
| 半壊 | 補修 | 700 | アンダーピニング工法 | 250 |
| 一部損壊 | 補修 | 300 | ポイントジャッキ工法 | 50 |
| 工法適用 | 補修 | 250 | ポイントジャッキ工法 | - |

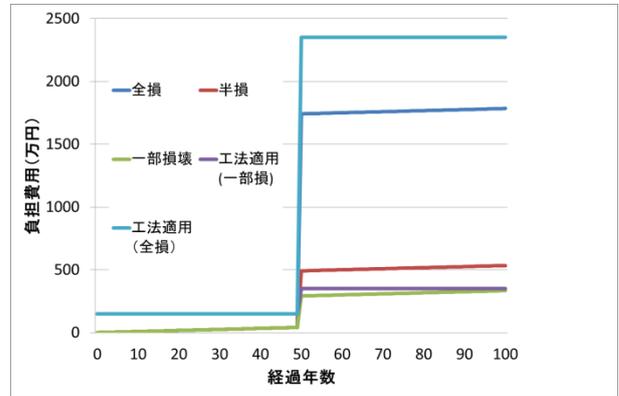


図-1 各被害パターンの負担費用

5.今後の予定

低振動低騒音型小型貫入装置を用いた施工の最適化を継続する。現在までに実施した施工実験から以下の結論を得た。

- (1)騒音・振動レベルは十分にクリアされた。
- (2)鋼管の貫入速度については地表面をある程度ハツることで要求性能を満足できた。

今後の課題として、以下の2点を挙げる。

(1)反力確保について

ドレン材の貫入角度を安定させるための反力を確保する必要がある。施工機械を設置するレールを作成し、レール上で施工機械を移動可能とすることで施工性の向上を目指す。

(2)樹脂製ビットについて

予備実験では金属製の先端ビットを用いたが、廉価での施工を期すため、樹脂製ビットを作成する。樹脂製ビットについては現在試作を行っており、今後は樹脂製ビットの量産用の金型製作に向けて先端刃形状について検討する。また、施工実験を来年早々に行い、施工時のデータから更なる課題を抽出し、解決案を提案する。それらを通して、低価格で施工期間の短い、有効な液状化対策工法を確立していく。

参考文献

- 1) 余川ら:粒子法を用いた液状化時の戸建て住宅の被害予測解析, 日本建築学会大会学術講演梗概集(九州), No.20253, pp.505-506, 2016.08
- 2) 住宅の品質確保促進等に関する法律

<http://www.mlit.go.jp/common/001032016.pdf>