

(別紙1)

建設技術研究開発費補助金総合研究報告書

1. 課題番号 第2号
2. 研究課題名 地下水位低下工法と排水工法を併用した既存戸建て住宅の液状化対策の開発
3. 研究期間 平23年度～平24年度

4. 代表者及び研究代表者、共同研究者

代表者	時松孝次	(東京工業大学・教授)
研究代表者	時松孝次	(東京工業大学・教授)
共同研究者	田村修次	(京都大学・准教授)
〃	社本康広	(清水建設・リサーチフェロー)
〃	鈴木康嗣	(鹿島建設・主席研究員)
〃	阿部秋男	(東京ソイルリサーチ・所長)

5. 補助金交付総額 19,500,000 円

6. 研究・技術開発の目的

液状化の発生を防ぐための地盤改良として、締固め工法、固化工法、せん断変形抑制工法が提案されており、実用化されている。宅地においても、造成時であれば前述の工法の適用が可能であり、地盤改良が比較的安価に可能である。しかし、宅地の1区画のみでの液状化防災の地盤改良は、コストも高く、その効果も限定される。さらに、住宅が建設された後では、地盤改良はコスト的に非常に厳しいものとなる(100m²あたり1000万円以上)。以上のように、既存戸建て住宅では、液状化の対策に限られる(地盤条件によっては無い)のが現状である。したがって、既存戸建て住宅に液状化対策の必要性は極めて高く、かつ緊急を要する。

本研究では、既存戸建て住宅の液状化対策として、地下水位低下工法と排水工法を併用した安価な液状化対策手法を開発するとともに、その妥当性を遠心載荷実験、数値解析で検証する。また、実際の宅地に適用する可能性について、地盤定数の求め方を含めて検討する。

7. 研究・技術開発の内容と成果

まず、併用工法の有効性を検討するため、京都大学防災研究所でドレーンの有無、地下水位をパラメーターにした遠心載荷予備実験を行った。ドレーン無しのケースでは、地下水位が深くなるほど建物の沈下・傾斜が小さくなることを示した。

次に、9ケースの遠心振動台実験を鹿島建設技術研究所で実施し、1)地下水位をG.L. -1.0m からG.L. -4.0m まで下げれば、構造物の絶対沈下量は1/2以下に、傾斜角は1/10以下に低減すること。2)既存戸建て住宅の周りにドレーンを設置することで、液状化時の過剰間隙水圧を早期に消散させ地盤の剛性のある程度保持できるため、構造物の絶対沈下量と傾斜角は低減すること。3)無体策の場合には、本震と余震を受けた既存戸建て住宅が、今後の大地震の際にさらに大きな絶対沈下量と傾斜角を生じる可能性があること。4)地下水位低下工法と排水工法による液状化対策の効果が確認されると共に、両工法を適切に組

み合わせることで、相対沈下量を継続使用が可能なレベルの傾斜である 6/1000 以下に抑えることが可能であることを示した。

実験と平行して、隣接する 2 戸の既存家屋を想定し、①地下水位低下工法と②家屋周辺の排水工法、さらに両工法を併用した場合について解析的に検討した。解析は、3次元非排水有効応力解析を用いた。排水効果を表現するため、Seed&Booker のチャートにより、ドレーン柱周辺の最大過剰間隙水圧比を規定することで評価した。解析の結果、建屋傾斜の抑制効果は、地下水位工法単独では、水位を 4m 程度低下させないと確実な効果が得られないが、ドレーン工法単独では、かなりの傾斜抑制効果が得られた。また、両工法を併用することで、その効果がさらに着実になることを示した。

提案する液状化対策のために必要となる地盤定数は、①地盤の締めり具合、②地下水位、③地盤種別（粒度特性）、④透水係数である。ここでは低コストで地盤調査が実施できるスウェーデン式サウンディング試験とコーン貫入試験を用いた低コストで信頼性の高い地盤定数の把握手法について同時に検討した。

さらに、遠心実験結果に基づいて、地下水位低下工法と排水工法を併用した液状化対策の設計法と実用化に向けた検討を行った。その結果、液状化時の建物不同沈下と傾斜角は、地下水位、基礎端直下の過剰間隙水圧、転倒モーメントの影響を受ける可能性が高いこと、また、転倒モーメントを指標とする評価法により、地下水位低下と排水効果の両方を統一的に評価できる可能性があることを示した。

また、数値解析結果と既往の研究を参考として、ドレーンを用いた既存戸建住宅の液状化対策法の考え方と設計方法の骨子について検討した。戸建住宅の液状化に伴う被害は、①液状化による地盤の有効応力の低下によって地盤剛性が低減することによる不同沈下と、②地震終了後に、液状化地盤の過剰間隙水圧（正確には液状化によって生じる体積ひずみポテンシャル）の再分配によって生じる地盤の進行性破壊に起因するものがある。提案した対策手法は、建物周辺にドレーン間の地盤が液状化しないようにドレーンを設置する方法である。この方法により、上記 2 種類の被害が効果的に防げることを示した。

以上より、本研究成果を以下のようにまとめた。

- (1) 地下水位低下が、液状化にともなう戸建て住宅の（地盤に対する）相対沈下、傾斜の抑制に有効であり、実験では、地下水位 4 m で、戸建て住宅の（地盤に対する）相対沈下、傾斜がほぼゼロとなった。ただし、液状化にともなう戸建て住宅の絶対沈下の防止は難しい。
- (2) 建物周囲の地盤に排水性の高い材料を適切に設置することで、液状化にともなう戸建て住宅の（地盤に対する）相対沈下、傾斜をさらに抑制することが可能である。
- (3) 地下水位低下工法と排水工法を併用することで、液状化にともなう戸建て住宅の（地盤に対する）相対沈下、傾斜を抑制することが可能である。
- (4) 地下水位低下工法と排水工法を併用した建物の（地盤に対する）相対沈下、傾斜の抑制を評価する上で、転倒モーメントの釣り合いによる評価が有効である。
- (5) 転倒モーメントの釣り合いに寄与する排水効果によるドレーン周囲の残存有効応力の算定には、本研究で示した考え方が有効と考えられる。
- (6) 本研究で提案する必要な地盤定数は、本研究で提案する方法等を発展させることで、安価に推定できる可能性がある。
- (7) 今後、上記の考え方を洗練させるとともに、排水ドレーンの施工法を改良することにより、比較的安価な、既存戸建て住宅の液状化対策手法とその設計法が確立可能である。

8. 研究成果の刊行に関する一覧表

刊行書籍又は雑誌名（雑誌のときは雑誌名、巻号数、論文名）	刊行年月日	刊行書店名	執筆者氏名
Effects of drainage and dewatering on differential settlement of wooden houses founded on liquefiable soils, Proceedings, 10 th International Conference on Urban Earthquake Engineering, Vol. 1, pp. 459-467.	March 1, 2013	Proceedings, 10 th International Conference on Urban Earthquake Engineering	Yasutsugu Suzuki, Kohji Tokimatsu, Takahiko Hidekawa and Naohito Adachi
Experimental investigation on dewatering and drainage methods to mitigate liquefaction damage to existing houses, Proceedings, 10 th International Conference on Urban Earthquake Engineering, Vol. 1, pp. 543-548.	March 1, 2013	Proceedings, 10 th International Conference on Urban Earthquake Engineering	Kohji Tokimatsu, Kazushi Tohyama, Hiroko Suzuki, and Yasutsugu Suzuki

9. 研究成果による知的財産権の出願・取得状況

知的財産権の内容	知的財産権の種類、番号	出願年月日	取得年月日	権利者名

10. 成果の実用化の見通し

ドレーン施工法に関するコストダウンが図れれば、実用化の可能性は高い。

11. その他