

# 「宅地の液状化対策技術に関する研究」（令和4年度～令和7年度）評価書（年度）

令和5年2月9日（木）  
建築研究所研究評価委員会  
構造分科会長 田才 晃

## 1. 研究課題の概要

### （1）背景及び目的・必要性

2011年東北地方太平洋沖地震や2016年熊本地震では、宅地液状化の被害が社会で大きく注目され、行政や学協会が対策に動いてきたが、未だ顕著な成果に至ったとは言い難い。一方で、大地震時に宅地の液状化を全く許容しない直接基礎の設計は過度に不経済であり、また、宅地の液状化対策工の効果を適切に評価できる方法も現時点では見あたらない。このため、宅地耐震化の実現に向けて、液状化対策に関する技術的諸問題の解消が切望されている。

以上の背景から、本研究は、直接基礎の住宅設計が可能な宅地の液状化クライテリアの明確化および宅地の液状化対策工の効果を実証する地盤試験システムの構築に係る検討・提案を行い、これらの妥当性と有効性を示すことで、宅地の液状化対策技術の開発を推進することを目的とする。

### （2）研究開発の概要

震災事例のデータ収集と分析、建研の遠心載荷装置と液状化対策地盤試験装置を最大限に利活用した室内実験と現場実験、観測事実と実験結果の再現解析に基づいて、次のサブテーマ（1）（2）の検討を実施する。

#### サブテーマ（1）直接基礎の住宅設計が可能な宅地の液状化クライテリアの提案

令和4年度

液状化地盤における直接基礎の挙動に関する遠心場振動実験および実用的な沈下予測法に関する文献調査を行う。なお、令和4年4月に建研の遠心載荷試験装置が故障して使用不能となり、現時点で修理目処が立たないことから、今後の遠心場振動実験計画は装置の実状に応じて柔軟に検討したい。

令和5-6年度

遠心振動実験から、戸建住宅の重量・振動特性や基礎形状が液状化地盤における沈下・傾斜に与える影響を把握する。動的相互作用の寄与にも留意する。また、実験結果の有効応力FEM再現解析から、沈下・傾斜メカニズムの解明を目指す。

令和7年度

遠心実験と再現解析の結果を整理するとともに、過去の震災における液状化地盤の戸建住宅の沈下・傾斜被害データに照らして、直接基礎の住宅設計が可能な宅地の液状化クライテリアを提案する。

#### サブテーマ（2）宅地の液状化対策工の効果を実証する地盤試験システムの提案

令和4年度

液状化対策工の効果を実証する地盤試験システム（以下、液状化対策効果試験システム）について、建研の敷地内で試運転を行う。また、次年度以降の現場実験サイトを選定する。

令和5-6年度

選定した敷地で液状化対策の行われた場所と行われていない場所において、提案システムを用いて地中起振による地盤の水圧上昇を計測し、その時間変化の様子が対策の有無により異なることを確認する。また、実験結果の有効応力再現解析から、大地震時の液状化対策効果を外挿的に推測できる可能性を検

討する。

令和7年度

現場実験と再現解析の結果を整理することで、提案システムの有効性と適用限界を総括する。

(3) 達成すべき目標

- 1) 直接基礎の住宅設計が可能な宅地の液状化クライテリアの提案
- 2) 液状化対策効果試験システムの提案

(4) 令和4年度の進捗・達成状況

サブテーマ(0) 遠心载荷装置故障後の復旧に向けた対応

故障が判明した補機制御盤の部品の交換を発注した。しかし、コロナ禍の半導体流通事情から、部品の納入は早くても令和5年の秋以降の見込み。

部品の交換時期まで、装置を動かせない状況が長く続く。このため、防錆対策を2ヶ月間隔で行っている。

故障の原因は漏電で、実験棟の雨漏りと地下ピット内の結露いずれかまたは両方によると推察される。

雨漏りについては、実験棟屋根の内どいの清掃を行ったことで解消した。清掃は2-3年間隔で継続する。

結露については、ピット内に市販の除湿機4台を導入して、当面の暫定的な除湿対策を行っている。しかし、常設の専用ヒーターや換気システムを追加導入するなど、根本的な対策工事等が必要と考えられる。

なお、具体的な修理計画は、部品交換後、仮復旧の結果を見て立案する予定である。

サブテーマ(1) 直接基礎の住宅設計が可能な宅地の液状化クライテリアの提案

a) 宅地液状化による直接基礎の沈下に係る遠心振動実験と予測法の文献調査

鈴木ら(2020)および時松ら(2013)の遠心実験と、国交省都市局「リスクコミュニケーションを取るための液状化ハザードマップ作成の手引き」(2021)で提案された直接基礎めり込み沈下量の予測法を扱い、次の知見を得た。

- ・遠心実験では、重量のみの(振動しない)建物模型を用いると、沈下量は小さくなる。
- ・都市局の提案法では、液状化地盤の等価剛性の設定の仕方により、沈下量は大きく変わる。
- ・遠心実験の沈下量は、現実よりも過小となる可能性がある。

遠心载荷装置の見通しが立てば、これらの傾向を勘案して、遠心実験を計画し、また、結果の解釈に反映させることで、住宅基礎の沈下予測の改善と被災クライテリアの明確化に資する検討に繋げて参りたい。

b) 遠心場液状化実験用土槽地盤の作成練習

建研では今までに、遠心場液状化実験用の土槽地盤を作った経験がない。遠心载荷装置が復旧した後、スムーズに液状化実験に取り組めるよう、土槽地盤を作成する練習を行った。

- ・ベンダーエレメントによる計測で、安定してP波速度1.7km/sを得た(十分に飽和)。
- ・人力揺動により過剰間隙水圧が発生し、初期有効上載圧に達した(完全液状化)。

即ち、作成した土槽地盤は(遠心場)液状化振動実験に十分使用可能と判断される。

サブテーマ(2) 宅地の液状化対策工の効果を実証する地盤試験システムの提案

a) 可搬型液状化対策検証装置の試運転

令和3年度に導入した可搬型液状化対策検証装置の試運転を、建研の敷地内(強風雨発生装置の北東)で行った。建研の敷地は液状化リスクが低く(細粒分が多い洪積砂層で液状化強度が高いため)、過剰

間隙水圧の発生は期待しにくいですが、鉛直・水平いずれの起振においても僅かだが過剰間隙水圧の蓄積上昇が明瞭に認められた。即ち、試運転の目的は達成された。

なお、同程度の深さで、より液状化しやすい地盤において、同様の機器等を用いた起振計測を行ったところ、より大きな過剰間隙水圧が発生することを、別途に確認している。

#### b) 実地盤における適用試験の準備

ベターリビングの基礎地盤評定や技術審査証明を取得した液状化対策工法を所有する企業・団体（グループ）に声がけしたところ、現時点で3つのグループから、協力に前向きな反応を得ている。このうち、とくに2つのグループは積極的。それぞれ、令和5年度と6年度の2年間で実地盤における適用試験を実施する方向で、相談・調整を進めている。

## 2. 研究評価委員会（分科会）の所見

- (1) 背景（目的・必要性）及び目標とする成果、成果の活用方法が国の方針や社会のニーズに適合しているか。研究開発の計画が具体的に立案されているか。
  - ①本研究は、直接基礎の住宅設計が可能な宅地の液状化クライテリアを明確にするとともに、宅地の液状化対策工法の効果を実証するための地盤試験システムの構築を目指すものである。近年の東北地方太平洋沖地震や熊本地震などで、広範囲の住宅群に液状化による深刻な地盤変状が大きな被害をもたらした、その復旧の困難さが認識されたことは、記憶に新しいところであり、安心・安全な社会を構築するための喫緊で重要なテーマである。実用性、経済性を意識した成果を得るため、具体的な研究開発計画の立案となっている。
  - ②装置の故障に対応して、計画されていると考えます。
  - ③小規模開発宅地の安全性については民間の技術開発が進まない領域であり、建築研究所が取り組む意義は大きい。この成果を「安価」に提供することができれば、一般市民の生命・財産の安全性が向上することが十分期待できる。どの程度の「性能」なら、どの程度「安価」にする必要があるか、情報収集をさらに広範囲に行うことが望ましい。（所見1）
- (2) 他機関との関係等、効果的かつ効率的な研究のために必要な体制が取られているか。技術的支援や普及のための活動等、成果の最大化のための取組がなされているか。
  - ④専属研究員1名の他、他機関所属の客員研究員5名の研究体制であり、エフォート率は適切と判断する。また、国総研、住宅局・都市局、AIJ基礎構造運営委員会、建築基礎・地盤技術高度化推進協議会、地盤調査会社、ゼネコンからの情報収集、意見交換を実施していく旨の説明を受けている。研究体制として主担当者2名を客員研究員から加えていることは適切であるが、くれぐれも主担当者である1名の専属研究員に研究遂行にかかわる過度の負荷がかからないように進めていただきたい。（所見2）
  - ⑤他機関との連携が進んでいるのは結構だと思います。
  - ⑥客員研究員として多くの機関から参加していただいております。研究体制の充実が図られている。情報収集・意見交換先も広がっているが、「宅地」を主力業務としている業界の平均的水準よりはややハイエンドの皆さんと思われる。真のニーズをつかむ（あるいは確認する）にはローエンド側に向かった情報収集が必要であろう。（所見3）
- (3) 研究開発が目標に向けて順調に進捗しているか。
  - ⑦第1のサブテーマである「宅地の液状化クライテリア」に関して、直接基礎の沈下に関わる遠心振動実験と予測法の文献調査、および遠心場実験用土槽地盤の試作成を実施し、本研究にとって有用な結果を得ている。第2のサブテーマである「液状化対策効果試験システム」に関して、試験装置の試運転、実地盤における適用試験の準備を行い有意な結果を得ている。なお、遠心載荷装置の想定外の故障により、上記には一部中期計画当初の計画を変更した項目も含まれるが、やむを得ぬ状況下において、それなりの進捗があったものと見なされる。

⑧遠心載荷装置が故障したことによる、計画変更はやむを得ないと考えます。復旧に対して、建築研究所全体として取り組んで頂きたい。（所見 4）

⑨遠心載荷実験装置の故障に見舞われたものの、遠心実験用地盤の作成といった遠心実験に必要なスキルの習得などできる範囲で研究を進めたのは評価できる。この故障に影響されない研究については順調な進捗が得られている。

#### （4）総合所見

⑩本指定課題は、安心・安全な社会を構築するための喫緊で重要なテーマである。実用性、経済性を意識した成果を得るため、概ね具体的な研究開発計画の立案となっている。他機関との連携等、効率的な研究のために必要な体制が取られているが、主担当者である 1 名の専属研究員に過度の負荷がかからないように開発研究を遂行されたい。（所見 5）令和 4 年度の進捗状況は、遠心載荷装置の故障により、一部中期計画当初の計画を変更した項目も含まれたが、やむを得ぬ状況下において、目標達成に向けたそれなりの進捗があったものと見なされる。なお、遠心載荷装置のような大規模な装置の復旧には時間を要することに留意し、柔軟な姿勢で進めていかれることを望みます。（所見 6）

⑪住宅宅地に適用するためには、評価・対策コストを抑えることが重要です。コスト評価をしながら進めていただきたい。評価法の開発、対策の開発を普及させる枠組み構築も、研究所のミッションに含まれると思います。（所見 7）

⑫超大型実験装置の導入においては、予想外のトラブルに見舞われることが多く、担当者のみならず、研究所全体として覚悟が必要である。したがって、事前に順調に稼働できる場合、できない場合を想定して 2 通りの研究計画を策定することも考えられた。コンクリートからの水分放出や換気不足・気象条件などによる結露が原因とするならば、建築研究所の材料領域や環境領域の皆さんの知見を伺うことも考えられる。結露が避けられないのであれば、機器側の局所的対策や機器の運用方法の変更など、高額な国費を使った遠心載荷装置を稼働させるために、最大限の努力を払っていただきたい。（所見 8）

⑬サブテーマ（1）は「評価」、（2）は「現地測定」である。するとこの技術の利用の流れは、「評価して NG なら、対策し、その対策効果を現地測定し、その結果を評価して、OK になることを確認する」となり、関連がある。すなわち、サブテーマ（2）からサブテーマ（1）の流れも考えられる。進捗が順調のもの、そうでないものがあるが、最終的な目標達成のため、今後とも継続的な努力・工夫をお願いしたい。（所見 9）

#### （参考）建築研究所としての対応内容

##### ・所見 1・3・7 への対応

情報収集や意見交換の対象をハウスメーカー（住団連）や消費者まで拡大することに努めて参りたい。また、性能とコストの両方を評価しながら研究開発を進行することに努め、社会のニーズや制約に対して無理なく成果を普及させられる枠組み構築へと繋がるよう検討を進めて参りたい。

##### ・所見 2・5 への対応

主担当者である 1 名の専属研究員に過度の負担がかからないよう、研究体制を適宜チェックし、場合によっては担当者の拡充やテーマ分担を見直すなどエフォートのバランスに留意して参りたい。

##### ・所見 4・6・8 への対応

遠心載荷装置の復旧には、建築研究所全体として取り組み、柔軟な姿勢で最大限の努力を払って参りたい。また、サブテーマ（1）の次年度以降の計画は、遠心載荷装置を稼働できる場合、できない場合それぞれを想定したメニューとして作り直し、装置の復旧状況に応じて組み替えながら検討を進めて参りたい。

##### ・所見 9 への対応

サブテーマ（1）とサブテーマ（2）の相互の関連性や流れ（ストーリー性）について、改めて整理し直し、液状化に対する宅地耐震化に向けて成果が最大となるよう検討を進めて参りたい。

### 3. 評価結果

- A 研究開発課題として、目標の達成を見込むことができる。
- B 研究開発課題として、目標の達成を概ね見込むことができる。
- C 研究開発課題として、目標の達成を見込むことができない。