

# 「宅地の液状化対策と擁壁の耐震技術に関する研究」（令和4年度～令和7年度）

## 評価書（事前）

令和 3年 12月 13日（月）

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）背景等

##### 1）背景及び目的・必要性

2011年東北地方太平洋沖地震では、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。また、2016年熊本地震では、斜面を中心に宅地擁壁の被災箇所数が過去最多を記録し、その耐震性に不明な点の多いことが改めて広く知られた。令和2-5年度総プロ「建築物と地盤に係る構造規定の合理化による都市の再生と強靱化に資する技術開発」（以下、基礎地盤総プロ）でも、宅地擁壁の耐震性に係る調査研究が進められている。

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と思われる。また、宅地の液状化対策工や擁壁の耐震補強工の効果を適切に評価できる方法は現時点で見あたらない。このため、宅地耐震化の実現に向けて、前述の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、基礎地盤総プロと緊密な連携を取りながら、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、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開発、宅地擁壁の耐震補強工の評価法に係る検討を行い、これらの妥当性と有効性ないし今後の可能性を示すことで、宅地の液状化対策と擁壁の耐震技術の開発を推進することを目的とする。

##### 2）前課題における成果との関係

なし

#### （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（令和3年度末導入予定）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）（3）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明確化に係る検討

令和4年度

既往研究と設計事例を収集・分析し、次年度以降の液状化宅地の縮小模型を用いた遠心振動実験の計画を立案する。

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開発に係る検討

令和4年度

令和3年度末導入予定の提案システムの試運転を建研の敷地内で行う。また、次年度以降の現場実験敷地を選定する。

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、提案システムの実務への適用可能性を示す。

サブテーマ（3）宅地擁壁の耐震補強工の評価法に係る検討

令和4年度

基礎地盤総プロと協働して、宅地の石積み擁壁を対象に、無補強の場合と補強工を施した場合について、縮小模型を用いた遠心振動実験を行い、工法ごとに耐震補強効果を評価する。過去の震災事例や既往の実大実験および遠心模型実験、それらの再現解析の結果に照らして、リアリティに留意する。

令和5年度

前年度に引き続き、宅地の空積み擁壁を対象に、同様の遠心実験などに基づいて、耐震補強効果の評価を行う。これらの検討結果を基礎地盤総プロの成果物「老朽化擁壁への耐震補強技術指針（案）」に反映させるとともに、宅地擁壁の工法ごとの耐震補強効果の評価法として提案する。

（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
- 3-1) 宅地擁壁の被災メカニズムの解明（努力目標）ならびに宅地擁壁の工法ごとの耐震補強効果の評価法の提案
- 3-2) 基礎地盤総プロの成果物「老朽化擁壁への耐震補強技術指針（案）」における成果の反映

## 2. 研究評価委員会（分科会）の所見（担当分科会名：構造分科会）

1. 研究開発の「目的・必要性」は十分に説明されているか。
  - ・ 並行して実施されている基礎地盤総プロとの連携も含め、「目的・必要性」は十分に説明されています。
  - ・ 宅地の液状化対策・擁壁の耐震化は必要であるが、民間の研究開発投資がされにくい分野と思われ、建築研究所が研究しなければならないと思う。
  - ・ 近年特に湾岸の埋め立て地域における地盤の液状化による被害が多発しており、直接基礎住宅の被害低減のためには必要な開発であり、目的や必要性については十分に説明がなされていると思う。
  - ・ 説明されていると考えます。

2. 研究開発の「具体的計画」は適切に立案されているか。
- ・ 3つのサブテーマを掲げ、それぞれの「具体的計画」は適切に立案されています。
  - ・ 概ね適切と思われる。付け加えるならば、エンドユーザー（宅地の購入者・造成者など）の立場・状況を十分に調査し、受け入れ可能な技術に仕上げる必要があります、このような社会実装を見据えた研究項目があつてよい。（所見1）
  - ・ 液状化した地盤での上部建物の被害の程度は、液状化の程度だけでなく、上部建物の形状や重量の偏りなどによっても異なることが予想される。液状化についても、その程度や厚さ、深さなど影響する条件は多岐にわたる。全てを包含した結果を求めることは難しいと考えられるので、上部建物については一定の条件を付けた計画を立てても良いのではないか。今の計画ではどの程度の条件までを考慮した検討になっているかが良くわからない。（所見2）
  - ・ 宅地の液状化と擁壁の耐震技術は、本当に、同じ枠組みですすめるべきでしょうか？全く別の問題であり、特に、後者は、地震だけが問題ではなく、地球温暖化に伴う豪雨災害と関連付けた研究テーマとすべきとも、考えます。（所見3）
3. 研究開発の「体制」は適切に計画されているか。
- ・ 大学等他機関との連携も含め「体制」は適切に計画されています。
  - ・ 研究内容に対して選任の研究者の数がやや少ないと思われる。適宜、体制拡充・連携強化を図っていただきたい。（所見4）
  - ・ 建築研究所のメンバーが2名、客員研究員が3名の体制で、外部との連携も想定しており適切な計画となっていると思われる。
  - ・ 研究開発体制は、もう少し、学を広く含めた方が良いと考えます。（所見5）また、(1)～(3)のテーマの責任者が、いずれも新井氏になっていること、さらには、エフォートの半分が新井氏になっています。これでは、ほとんど1人で行うプロジェクトと見えます。それぞれのテーマの担当者は、他の担当者として、総括責任者が新井氏とならなければ、プロジェクトは進まないのではないかと危惧します。（所見6）
4. 建築研究所に相応しい研究開発課題と認められるか。
- ・ ①、②、③を満たしており、建築研究所に相応しい開発研究課題と認められます。
  - ・ 上記1で述べたように建研しかできない研究と思われる。擁壁については国総研のプロジェクトと連携済みと理解している。
  - ・ 液状化地盤を前提とした性能設計は今までに例がないと思われる。その設計が可能になれば大変有意義であると考えますが、一方で非常に難しいテーマであり、すべての条件を包含する設計法を提示することは難しいと考えられるので、適用範囲を狭めてでも成果を出すことが望まれる。（所見7）
  - ・ 民間の研究機関では、研究開発対象としにくい研究テーマであり、国や大学が取り組むべき重要な研究開発課題であると考えます。
5. 「目標とする成果」及び「成果の活用方法」は適切に設定されているか。
- ・ 基礎地盤総プロの成果物として予定されている技術指針（案）への反映なども意図されており、「目標とする成果」及び「成果の活用方法」は適切に設定されていると考えます。
  - ・ 概ね適切と思われる。なお、上記2で述べたように 社会実装への具体的な道筋を切り開くところまで、研究を進めていただきたい。（所見8）

- ・ 宅地の液状化クライテリア明確化のためには、上部建物のクライテリア(傾斜など)を明確にしたうえで、許容できる液状化のクライテリアを明確にする必要がある。また、その精度についても明確にする必要がある。(所見 9) 宅地擁壁の被災メカニズムの解明が努力目標になっているが、耐震補強効果を評価するためには必達目標とすべきではないか。(所見 10)
- ・ 目標とする成果が達成されたときに、安全性が向上するかを十分に考えて、計画をブラッシュアップして欲しい。(所見 11)

## 6. 総合所見

- ・ 近年国内で発生した大地震により顕在化した、地盤の液状化による住宅の被害や宅地擁壁の被害の軽減・防止に繋がる研究技術開発であり、期待される成果は地震に対して安心・安全な社会の実現に資するものと考えます。基礎地盤総プロと直接的に関係しており、法を含む諸規基準の改正改定に深い関りをもつ建築研究所が遂行するに相応しい研究課題と判断します。複数の実験を伴う大きな課題を、多くない担当者で遂行する計画であり、目的を遺漏なく達成するためには、外部機関との円滑な連携、関連する一般課題との相互補完に務めることが有効でしょう。(所見 12)
- ・ 液状化層の状況(深さ・厚さ)により宅地として許容できる液状化もありうる、との着眼点は経済合理性と安全性のバランスを取った優れたものと言え、早く成果を上げることを大いに期待している。ただし、許容できる閾値の設定や対策工法・調査方法の選定・開発においてはエンドユーザーまたはそれに近い立場の技術者(例:ハウスメーカー所属)の参画により、地盤の専門家に偏らない視点を持って遂行していただきたい。(所見 13) 社会実装が円滑に進むことが期待できるとともに、成果を適用したエンドユーザーの失望を招く事態を回避することも可能であろう。単に技術的知見を蓄積し、設計基準などに反映したとしても、それが実施に移されなければせっかくの研究が無駄になってしまう。研究開発の出口まで十分に意識していただきたい。(所見 14)
- ・ 大変難しいテーマへの取り組みで、所定の成果が上がり活用されれば住宅の液状化被害の低減に大きく貢献できると思われる。一方で、宅地購入時に一般の方にはその敷地に液状化の危険があるのかどうか分からず、大地震時の液状化の検討そのものを行わないケースが多いのではないかと。まずは、土地売買時に宅地購入者にその敷地で液状化の可能性があるかどうかの情報提供を義務付け、その上でこの研究成果を生かすシステムを考える必要があるのではないかと。(所見 15) 建物の不同沈下に対しては、液状化地盤でなくとも難しい判断が必要となるので、本研究の適用に当たっては適切な安全率を見込んだクライテリアの設定が必要となるのではないかと。(所見 16)
- ・ 研究の必要性は十分に理解できます。全国には、社会的に様々な回避し難い実情があり、それを克服できる実効性の高い施策へとつなげていただきたいと思います。サブテーマ(1)でクライテリアが明確化されたあと、どのように施策に反映するのか、(2)(3)開発した補強工をどのように社会的に実装するのかを、十分に考えて研究をすすめていただきたい。(所見 17)

参考：建築研究所としての対応内容

所見 1・8・13・14・15 への対応：

- ・ 住宅性能表示制度の見直しにより任意の項目として追加された「液状化に関する情報提供」(2015年)の枠組を踏まえて、本省と相談の上、成果を活かす方策を考えて参りたい。エンドユーザーやハウスメーカーおよび必ずしも地盤工学に明るくない構造技術者の状況把握に努め、彼らからの助言を求めるとで、社会実務で受け入れられる成果となるよう検討を進めて参りたい。

所見 2・7 への対応：

- ・ 液状化の課題では、その研究計画の中で「宅地」「戸建住宅」「直接基礎」を対象としており、上部建

物については、ある程度の一定性がある条件を想定していると考えている。ただし、戸建住宅でも階数や構造種別の差異、耐力のバラツキなどにより条件に幅があるので、これらの適用範囲を明確にして検討を進めて参りたい。

所見 3 への対応：

- ・ご指摘に沿うには、残念ですが、ただでさえ研究体制の脆弱さを指摘される現状で、宅地耐震化の枠組を大きく超えて、テーマ設定や担当者を全面的に見直し・改組する必要があると考えられ、私共の力量不足を痛感いたします。本課題は、分をわきまえて、宅地耐震化に関して重要度が高いと思われる液状化と擁壁の問題を扱うものと、ご了解いただけると幸いです。

所見 4・5・12 への対応：

- ・研究体制について、所内では客員研究員の追加や常勤研究員の募集により担当者の拡充に努め、また、所外では大学やゼネコンなどとの共同研究を企画して、強化を図って参りたい。学界を中心に広く人を招くことに留意したい。

所見 6 への対応：

- ・各テーマの責任者の分担や、担当者のエフォートのバランスについて、研究の全体が停滞なく適切に遂行されるよう、至急に見直して参りたい。

所見 9・16 への対応：

- ・液状化の課題では、上部建物のクライテリア（傾斜など）については現行の設計慣行（例えば、建築学会の基礎指針や小規模基礎指針で推奨される直接基礎の沈下・傾斜の評価方法や限界値）に従い、その前提とされている地盤条件を担保する上で液状化をどこまで許容できるか、そのクライテリアを明確化することを目標としている。ただし、不確実性の大きな液状化現象に係る有効数字は高々1-2桁であり、また、現行の液状化判定には（設計余裕の意味で）安全率の概念がないことから、クライテリアの設定においては、適切な安全率を見込むことに留意して検討を進めて参りたい。

所見 10 への対応：

- ・宅地擁壁の被災メカニズムの解明は、今から数年間程度のプロジェクトでは到達が困難なものと想像している。一方で、宅地擁壁の耐震設計に必要な補強効果の評価方法は、被災メカニズムの解明の是非に関わらず、社会的に喫緊の課題と認識している。現状では、補強効果の評価において、被災メカニズムの不確かさを何らかの因子により考慮することで、評価結果が過剰に良好（設計において危険側）とならないよう措置を講じる方向で検討を進めて参りたい。

所見 11 への対応：

- ・目標とする成果が達成されたときに、安全性が向上するかを十分に考えて、計画をブラッシュアップして参りたい。

所見 17 への対応：

- ・サブテーマ（1）について、液状化クライテリアを明確化することが、どのような施策に繋がっていくのか、よく考えて研究を進めて参りたい。サブテーマ（2）および（3）について、提案する液状化対策効果試験システムおよび宅地擁壁の耐震補強効果評価方法を、どのように社会で使ってもらえる道筋を作り、実務に反映する仕組みとするのか、よく考えて研究を進めて参りたい。

### 3. 評価結果

- A 新規研究開発課題として、提案の内容に沿って実施すべきである。
- B 新規研究開発課題として、内容を一部修正のうえ実施すべきである。
- C 新規研究開発課題として、実施すべきでない。