

V. 「宅地技術部門」の成果目標と平成 22 年度研究計画

V-1. 研究課題と到達点(予定を含む)

□ 研究テーマ：多世代利用型超長期住宅を支える既存宅地の耐震対策

1. 研究テーマの選定理由

- 既に都市拡大の時代を過ぎたわが国において、多世代利用型超長期住宅が建つ場所は、大部分が既存の宅地となる。既存宅地の地盤条件は多様であるが、超長期間に存続する住宅の宅地としては、その耐震性能が、住宅の存続期間に遭遇するレベルの地震強度に対応して、住宅に機能障害を生じさせないものであることが必要である。
- このため、宅地技術部門においては、研究テーマを「多世代利用型超長期住宅を支える既存宅地の耐震対策」とし、その中でも緊急性の高い次の2つの課題を設定した。

(A) 既造成の宅地に適した液状化対策技術

- 宅地地盤の液状化は、中程度の地震(震度5弱以下)では滅多に発生することはないが、大規模な地震(震度5強～6以上)になると地盤条件によって発生し、いったん発生すると住宅に修復が困難又は著しく費用を要する被害をもたらす。このため、超長期間に存続する住宅を支える宅地は、大規模な地震に遭遇しても少なくとも表層地盤において液状化を生じない性能を有することが必要である。
- 現状において、液状化被害が想定される住宅・宅地は、決して少なくない。例えば、中央防災会議首都圏直下地震対策専門調査会報告においては、全壊棟数が約 33,000 棟と推計されているが、これは火災焼失を除く建物被害の約 17%を占める。また、東京都調査では都区部の約 46%が液状化危険度A地域とされており、被害推計では火災を除く約3分の1が液状化によるとされている。政府の「新成長戦略(基本方針)」(閣議決定)では「耐震性が不十分な住宅の割合を5%に下げるとされており、既存宅地の液状化対策は喫緊の課題である。
- 宅地地盤の液状化対策工法は各種あるが、一般的な工法はいずれも造成時や建替時など建物がない状態での施工を必要とする。しかし、既存宅地における液状化防止のための耐震改修は、建物が密に建てこんだ市街地においても、住宅が建ったまま、安全、静穏かつ安価に行うことができることが求められる。
- このため、本総合技術開発プロジェクトでは、既存宅地に適した液状化対策において、有望な技術を実証的に提示することを目指すこととした。これによる成果は、主として戸建て形式の長期優良住宅の宅地地盤に関する認定基準の整備に反映することを想定しているとともに、都市の防災においてこれまで行政施策に着手できていない既成市街地の液状化対策に対して技術的打開の可能性を示唆するものとなる。

(B) 既存の宅地擁壁の耐久性検証

- 宅地擁壁については、超長期住宅の存続期間との関係において、老朽化に伴う安全性の低下

が問題となる。現状において、老朽化の診断手法に関しては、国土交通省より「宅地擁壁老朽化判定マニュアル(案)」が示されており、また、これを行うための平易なガイドブックとして「我が家の擁壁チェックシート(案)」も公表されている。

- しかしながら、既往研究では、老朽化に伴う宅地擁壁の安全性の低下が築造からどの程度の期間を経過すると顕著になるのかについてのデータが得られていない。
- このため、本総合技術開発プロジェクトでは、実在する既存の宅地擁壁について、構造及び規模の異なる多数の実例を目視及び簡易な非破壊探査法によって安全性の状況を調査し、安全性の診断を要する経過年数の目安を明らかにすることとした。これによる成果は、国の判定マニュアルの活用に関する指針に反映されることを想定するものである。

この2つの研究テーマの位置づけを見取り表で整理すると、下表のようになる。

	災害事象	技術的助言等の状況	本総プロ
多世代利用型 超長期住宅が 存続期間中に 遭遇するレベ ルの地震に対 する対策	擁壁の破壊	「宅地擁壁老朽化判定マニュアル(案)」、「我が家の擁壁チェックシート(案)」が整備済みだが、老朽化と経過年数の関係を実態調査したデータがなく、適用の目安が明らかでない。	○
	盛土造成地の滑動崩落	「宅地防災マニュアル」の改定(2006)、「大規模盛土造成地の変動予測ガイドライン」(2007)が近年整備されたところ。	—
	地盤の液状化	新規造成に関しては一定の技術基準類が存在するものの、既存の宅地に関して基準の整備を行うには、住宅が建ったままでも安価に実行可能な対策の提示とあわせて行う技術開発が必要。	○
	その他の地盤変形	—	—
	土砂災害	急傾斜地崩壊危険区域における事業の実施のほか、土砂災害特別警戒区域内における居室を有する建築物の構造基準(建築基準法施行令第80条の3)が措置済み	—

2. 研究の到達点(予定を含む)

A. 既造成の宅地に適した液状化対策技術

(1) 1年目(平成20年度)

- 目標：既造成の宅地の液状化対策に有効な技術的方法の存在を実証する。
- 方法：住宅が建て込んだ市街地中でも比較的静穏かつ安価に施工できる可能性のある液状化対策として、地盤内にマイクロバブル水を注入する方法を選択し、実大サイズの砂地盤試験体を不飽和化して、加振実験により効果を検証する。
- 成果概要：
 - ① 比較的緩い砂地盤(N値6~7程度)でも、空気を多く含む層(飽和度 80%程度)では最大加速度 200 ガル程度の揺れに対して液状化を発生しなかった。これにより、少なくとも震度5弱相当

の地震には有効であることが示された。

- ② 一方、無対策の地盤（マイクロバブル水を注入しなかった試験体）では、土槽下部の加振により深い層において小さな地震動でも液状化が発生したが、それにより逆に浅い層への地震入力が減少して建物沈下が小さくなるという実験結果が得られた。既往研究により表層の非液状化層が3m程度あれば 200 ガルの入力に対し、6m程度あれば 300 ガルの入力に対し、深層部が液状化しても地表に液状化が達しないことが示されており、こうしたこととあわせて考察すると、表層数メートルのみを不飽和化し、深層を液状化層とすることで、大きな地震動に対しても建物被害を軽減できる方法（液状化免震技術）の可能性が示唆された。

(2) 2年目(平成21年度)

- 目標： 多世代利用型超長期住宅を支える宅地が備える必要のある耐震性能（遭遇する可能性の高いレベルの地震（震度6相当を想定）に対して継続使用が困難な被害を建物に与えない）の確保について、空気注入法によって達し得る宅地地盤の存在を実証する。
- 方法： 一定の締固め度の砂質地盤模型に震度6相当の地震動を入力し、空気注入の有無によって、液状化の発生の違いを確認する。実験には、遠心力載荷試験装置を用いる。
- 成果概要： 阪神大震災相当の地震動の入力に対して、N値16程度の砂質地盤において、地下水層の飽和度を90%程度とすることにより、液状化の発生が防がれることを確認した。このことは、平坦な沖積平野や埋立地に広くみられる地盤条件における空気注入法の有効性を示している。

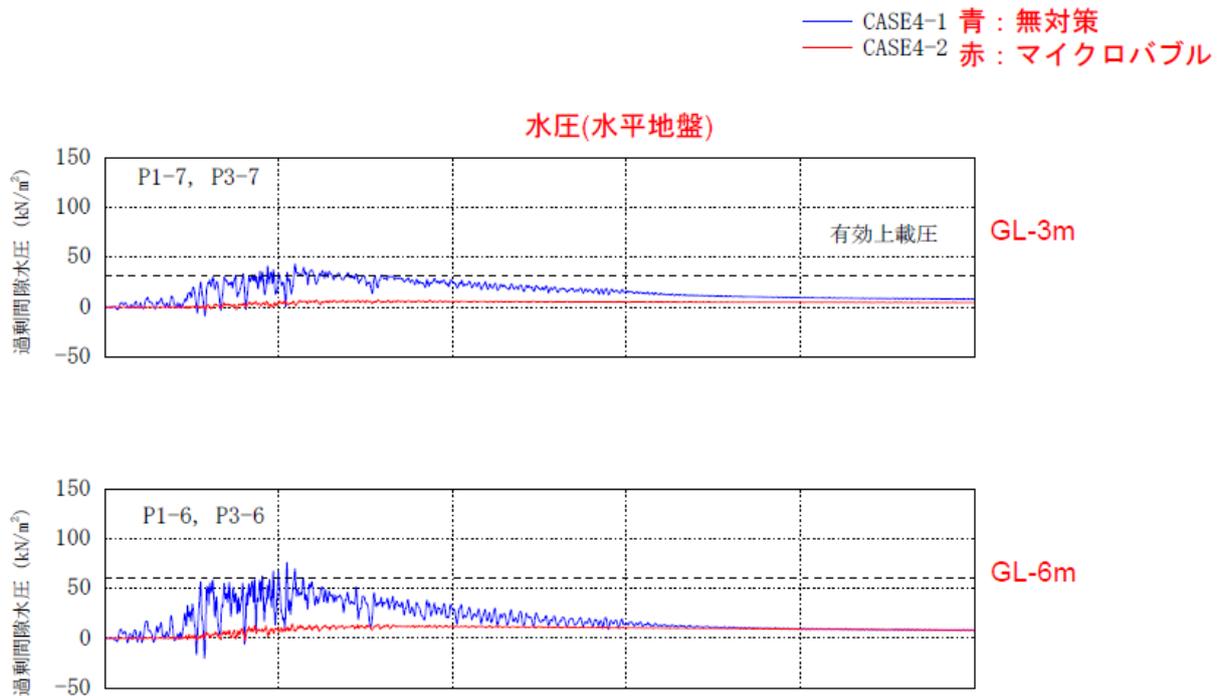


図1 阪神大震災相当の地震波の入力による液状化発生の違い

(3) 3年目(平成22年度)

- 目標： 残る技術的懸案事項として、実地盤における空気注入の実用性および注入した空気の残留耐久性を確認する。
- 方法： 実地盤の液状化層にマイクロバブル水を注入し、不飽和地盤をつくとともに、飽和度

の時間経過による変化を計測し、データから推計式を求める。

- 成果概要：住宅の建つ既造成宅地地盤に対する液状化対策の実用性を確認(予定)。

(4) 成果の活用

- 液状化被害は、中規模地震での発生は稀だが大規模地震では広範に発生し、人命の損失に至ることは稀だが建物を全壊被害に至らしめるという性質がある。これがかんがみると、建築基準法のメルクマールには入らないが、長期に使用する建物が被ってはならない被害であると認められる。
- 現行の長期優良住宅認定基準(長期使用構造等とするための措置及び維持保全の方法の基準)は、耐震性の基準に地盤に関する事項を含んでいないが、「極めて稀に発生する地震に対して継続利用のための改修が容易」であることをメルクマールとするならば、宅地地盤の要件として「地表面において液状化を発生しないこと」を要件に追加することが必要である。
- 既存住宅については、これまで住宅が建ったまま市街地の中で比較的容易に講じることのできる液状化対策技術がなかったが、本総合技術開発プロジェクトにより空気注入法によって実用性のある技術の不在を打開できる見通しを得ることができた。この成果を踏まえて、既存住宅にかかる長期優良住宅認定基準においても、宅地地盤の液状化防止措置を要件に含めることが妥当と考えられる。

B. 既存の宅地擁壁の耐久性検証(平成20年度実施)

- 目標：宅地擁壁にかかるヘルスマonitoring技術の開発に向けて、①既存宅地擁壁の耐久性の実態を把握するとともに、②簡易な非破壊検査技術の有効性を検証する。
- 方法：既存の宅地擁壁(高さ概ね2m以上のもの)を対象に、目視調査(102箇所)及び、表面波探査(45箇所)を実施し、築後年数と劣化の状況を分析。
- 成果概要：宅地擁壁の老朽化判定の実施について、以下の2点を提示した。
 - ① 宅地擁壁は、築後概ね20年を超えたら目視による劣化調査を実施することが望ましく、40年を超えたものは必ず行うべきである。
 - ② 目視調査により危険度中程度と診断された擁壁については、表面波探査を実施し、壁体及び背後地盤の剛性を確認すべきである。
- 成果の活用：国の「宅地擁壁老朽化判定マニュアル(案)」の活用の指針として、上記成果が反映されることが望ましい。

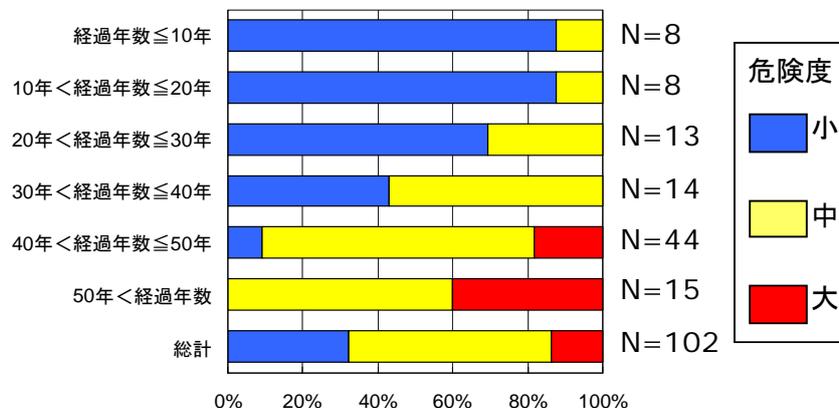


図2 宅地擁壁の築後年数と危険度評価結果の分布

V-2. 平成22年度研究実施事項

1. 多世代利用型超長期住宅を支える既存宅地の耐震対策

(1) 22年度の目標

- 空気注入法による液状化抑制技術の開発について、残る技術的懸案事項として、実地盤における空気注入の実用性および注入した空気の残留耐久性を確認する。

(2) 実施事項

- 1) 実験サイトの選定
- 2) 実験サイトの地盤条件の測定
- 3) マイクロバブル水の地盤注入の実施
- 4) 注入時における地盤飽和度の計測
- 5) 地盤飽和度の定期的計測の実施
- 6) 地盤内空気の残留耐久性の推定

(3) 進捗状況

- 実験サイトは、多くの候補地から地質条件等を確認し、江戸川河川敷内(右岸29.0km ポスト付近)とした。
- 今後、9月初旬を目途にマイクロバブル水による空気注入を実施し、以後6か月間飽和度等の変化を計測する。

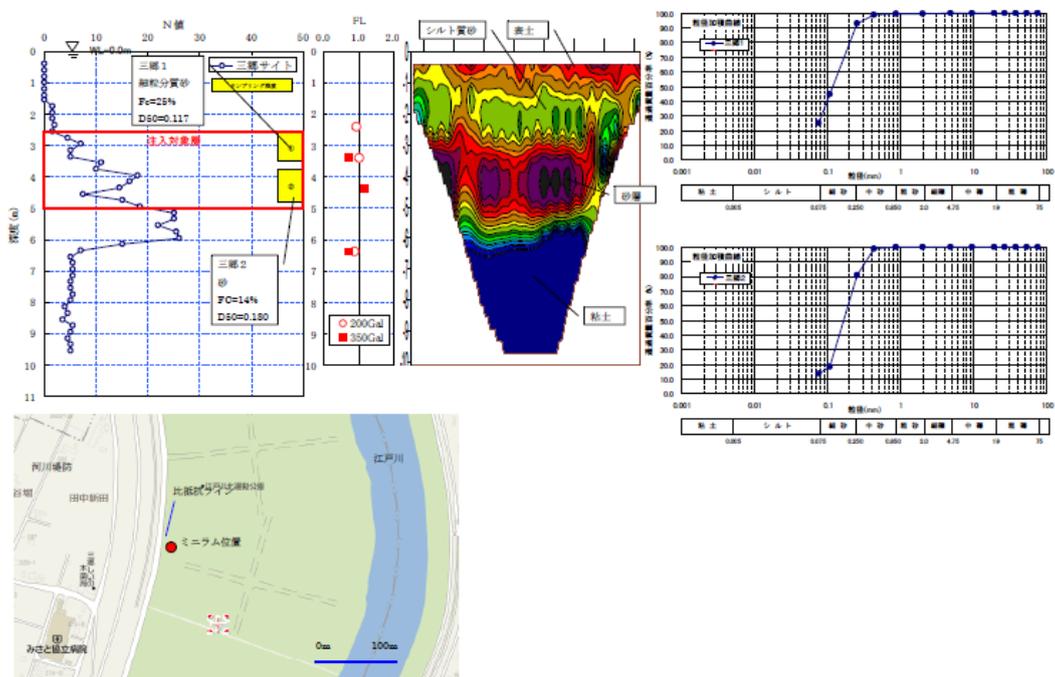


図1 実験サイトの状況

2. 多世代利用型超長期住宅の良好な住環境の安定的確保の指針

(1) 22年度の目標

- 多世代利用型超長期住宅が長期間市場性を持って存続できるための住環境の安定的確保に向けて、周辺建築物の変化との関係において、住宅の敷地又は住宅が存する地区の形態規制が備える必要のある住環境の要件を整理する。
- 研究成果は、形成管理部会の研究成果と連携して、長期優良住宅の良好な住環境の安定的な確保等に関する認定基準に反映することを目指す。

(2) 実施事項

- 周辺の建築物等の物理的変化と住宅の居住性の関係を数量的に検証するデータを取得するため、画像を用いた被験者実験を行う。
- 被験者実験は、次の2つの観点で行う。
 - ① 一般形態規制(用途地域等)が許容する範囲で周辺市街地環境が変化することを与件として、多世代利用型超長期住宅が元の市場性を損なわないレベルの居住性を保持するにあたり、住宅の敷地において備える必要がある物理的要件の明確化。
 - ② 当該地区に特別の建築形態規制を適用とした場合において、多世代利用型超長期住宅が元の市場性を損なわないレベルの居住性を保持するにあたり、特別の建築形態規制が備える必要のある規制事項とそのレベルの明確化
- 市街地環境の変化事項としては、①隣接建築物の高さ又は階数、②居室からよく見える位置にある離れた場所の建築物の高さ又は階数、③隣接戸建て住宅の敷地規模、④隣接共同住宅の戸当たり規模、⑤隣接建築物の色彩等の変化、などを想定している(検討中)。また、その他の物理的変数として、①隣接建築物との離隔距離、②視点となる居室のある敷地における植栽の状況、などを想定している(検討中)。

(3) 進捗状況

- 簡易公募型プロポーザルに準ずる方式を実施し、技術提案を受けて請負事業者を決定したところ。今後、3ラウンド程度の被験者実験を行う予定。

空気注入法による地盤液状化対策実験の概要

〈目的〉

- 国土技術政策総合研究所(国総研)では、地盤の液状化現象を、微小な空気の泡が混入した水(マイクロバブル水)を使って抑制する技術の開発を進めている。
- 圧力を受けると縮む性質を持つ空気が、地震動による水圧の上昇を抑えるクッションの役割をすることにより液状化の発生を抑制する。
- この方法によれば、戸建て住宅などが既に建っている宅地における地盤液状化対策を、簡単、安価かつ環境にやさしい方法で行えることが期待できる。

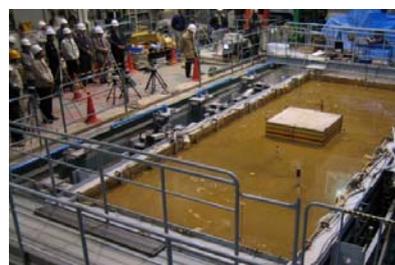
〈H20年度実験〉

➤ 目的

実大サイズのせん断土槽(建築研究所所有)を用いて空気注入法の有効性を確認。

➤ 成果

緩い砂地盤(N値≒6~7の硅砂)の場合、少なくとも震度5弱に対しては液状化を抑えられる効果を確認。しかし、震度5強以上では抑制できない限界が明らかに。



実大せん断土槽実験

〈H21年度実験〉

➤ 目的

遠心力载荷試験装置(土木研究所所有)を用いて、一定の地盤条件であれば大地震(震度6強相当)に対しても液状化を抑える効果があることを確認。

➤ 成果

N値16程度の砂質地盤において、地下水層の飽和度を90%程度とすることにより、阪神大震災相当の地震動に対しても、液状化の発生を防ぐことが確かめられた。

このことは、平坦な沖積平野や埋立地の市街地に広くみられる地盤条件において、この工法が防災対策としての実用的有効性を有していることを示している。



遠心力载荷試験装置



砂質地盤の試験体

〈H22年度実験〉

- 目的 : 実地盤にマイクロバブル水を注入して、空気残留の耐久性を測定(江戸川河川敷にて実施の準備中)

宅地技術部門 平成22年度 検討実施体制

(敬称略)

空気注入法による宅地地盤の液状化対策技術検討会

座長	末政 直晃	東京都市大学工学部都市工学科教授
	渦岡 良介	東北大学大学院准教授
	岡村 未対	愛媛大学大学院教授
	二木 幹夫	(財)ベターリビング つくば建築試験研究センター所長
	神宮司元治	(独)産業技術総合研究所 物理探査研究グループ
	平出 務	(独)建築研究所 建築生産研究グループ
	新井 洋	国土技術政策総合研究所 建築研究部
	井上 波彦	国土技術政策総合研究所 建築研究部
	小山内信智	国土技術政策総合研究所 砂防研究室長
	山下 浩一	国土技術政策総合研究所 都市研究部長
研究担当者		
	明石 達生	国土技術政策総合研究所 都市研究部都市計画研究室長
	大橋 征幹	国土技術政策総合研究所 都市研究部都市計画研究室主任研究官
実験担当者		
	辻野 修一	佐藤工業(株)技術研究所長
	永尾 浩一	佐藤工業(株)技術研究所
	菅谷 憲一	(財)ベターリビング つくば建築試験研究センター
	久世 直哉	(財)ベターリビング つくば建築試験研究センター
	服部 和徳	(財)ベターリビング つくば建築試験研究センター
	余川 弘至	(財)ベターリビング つくば建築試験研究センター