

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

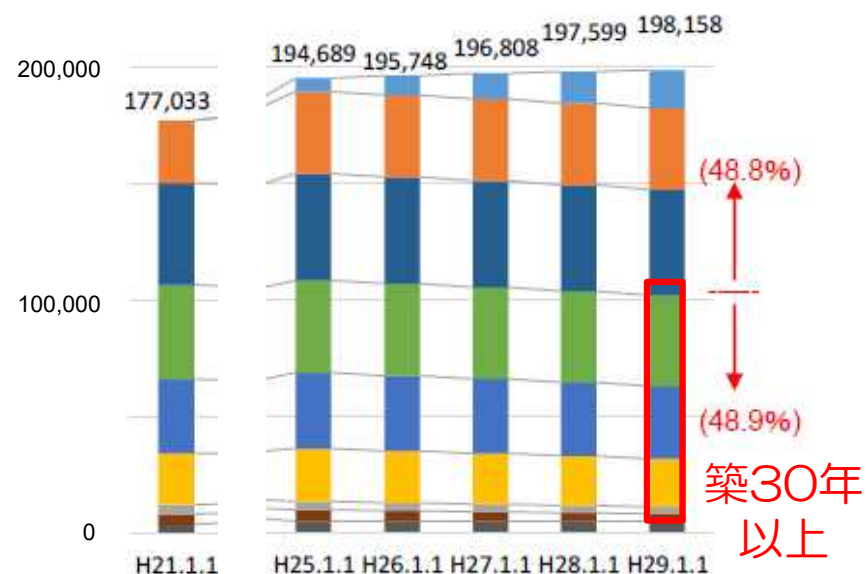
国土技術政策総合研究所
建築研究部・都市研究部

令和2～5年度

1. 背景・課題（都市の再生と強靱化）

- 我が国において人口減少と建築物の老朽化が課題となっている中で、**コンパクトシティ等の都市の再生と活性化の機運**が高まっている。一方、南海トラフ地震等の巨大地震の切迫性が指摘されている中で、**地震に対する都市の強靱化**が求められている。
- 都市の再生と強靱化を両立するには、再開発だけでなく中小建築物も含めた**建築物の更新の加速化**が必要。
- 上部構造を中心に基準強化が図られてきた中で、近年の地震被害では下部構造や地盤に起因する被害が顕在化しており、**基礎地盤の強靱化に資する技術開発を推進しつつ、構造規定を合理化**することが重要。

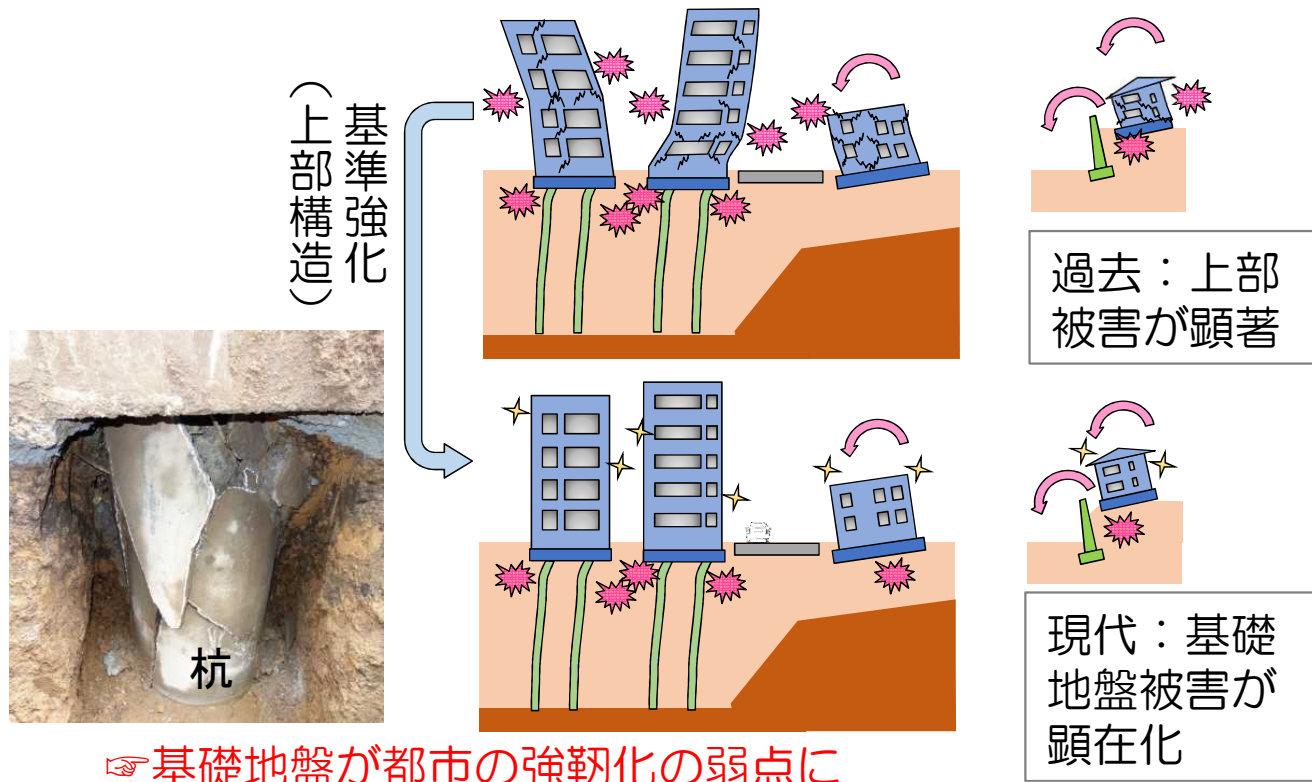
竣工年代別の非住宅建築物数の推移



出典：建築物ストック統計（平成29年8月公表）

資料：社会資本整備審議会建築分科会（平成30年1月30日開催）

地震被害の状況



1-①（既存杭） 都市の再生に係る既存杭の課題

- 建築物の更新時に必ず直面する**既存杭**について、合理的な処理方法が確立されていないため、現状では**多大な工期とコスト**が費やして処理されている。
- 現行基準では上部構造と下部構造を**それぞれの要求性能に応じて設計する**が、基礎の損傷が建築物の使用不可に繋がった事例も多く、上部一下部構造間の相互影響への配慮が重要
- 既存杭の処理により地盤が複雑な状態となるため、上部構造と下部構造を別々に設計することを前提とした現状の構造規定では、更新した建築物の**耐震性能の担保に懸念**がある。

供用

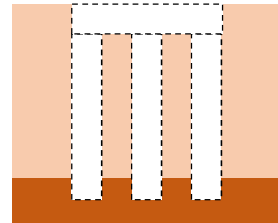
解体・設計・更新

老朽化の進行



老朽化した建築物が狭小敷地に建築されている場合、更新時には既存杭を避けて杭打ちするスペースがない。

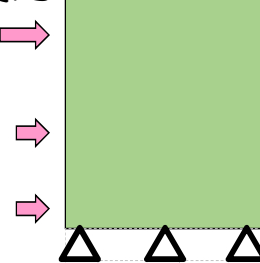
撤去・埋戻し



建築物を更新する場合、既存杭を撤去・埋戻してから建て替えることが一般的。

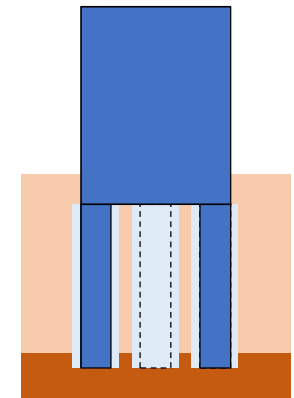
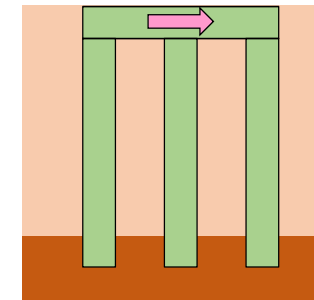
建築基準法

地震力



上部構造

下部構造
(基礎)



既存杭処理後の地盤は複雑な状態となり、建築物の性能の担保に当たって、上部構造と下部構造の相互の影響に十分に配慮する必要が生じる。

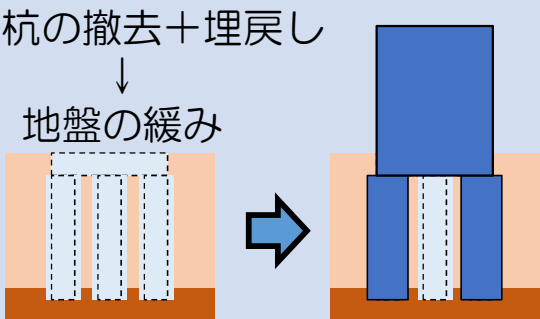
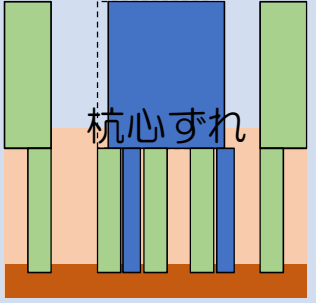
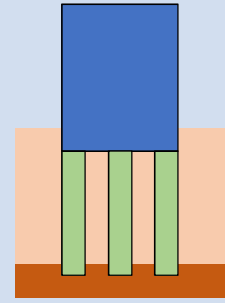
更新方法の選択肢が少なく
多大な工期とコスト

上部構造と下部構造は
それぞれの要求性能で設計

建築物の耐震性能の
担保に懸念

1-① (既存杭) 現状の既存杭の処理法

- 一般的な既存杭への対応は既存杭の撤去であるが、撤去後に原地盤が緩み、建替えた建築物の耐震性や隣接建築物・埋設物にも影響を及ぼす可能性あり。
- 既存杭の残置は設計の自由度の制限に繋がり、構造的に不合理な設計を誘発。
- 技術が不足しているため、既存杭の性能が明らかである場合のみ再利用しており、既存杭の再利用は限定的な対応に留まっている。

既存杭の処理法	① 撤去→埋戻しで基礎と建築物を建替え (最も多い事例)	② 残置→空きスペースに新たに杭を打ち建替え	③ 既存杭の再利用
イメージ	 <p>既存杭の撤去+埋戻し ↓ 地盤の緩み</p>	 <p>杭心ずれ</p>	
問題点	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既存杭の撤去に伴い地盤が緩み、耐震性能への影響が不明確 ・ 地盤が緩むので、隣接建築物や埋設物にも影響を及ぼす可能性あり。 ⇒ 建築物の耐震性能の担保に懸念	<ul style="list-style-type: none"> ・ 残置した既存杭の空きスペースで、新たな建築物の柱に合わせた位置で杭を打つ ⇒ 設計の自由度を制限 し、構造的に不合理な設計を誘発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既存杭の再利用にあたり、既存杭の必要性能のクライテリア、および補強方法が未確立 ⇒ 再利用の促進を可能とする技術が不足

1-①（既存杭） 更新時の既存杭の処理の現状

- 既存杭の撤去には**多大な工期と新設の4倍近いコスト**が発生する。

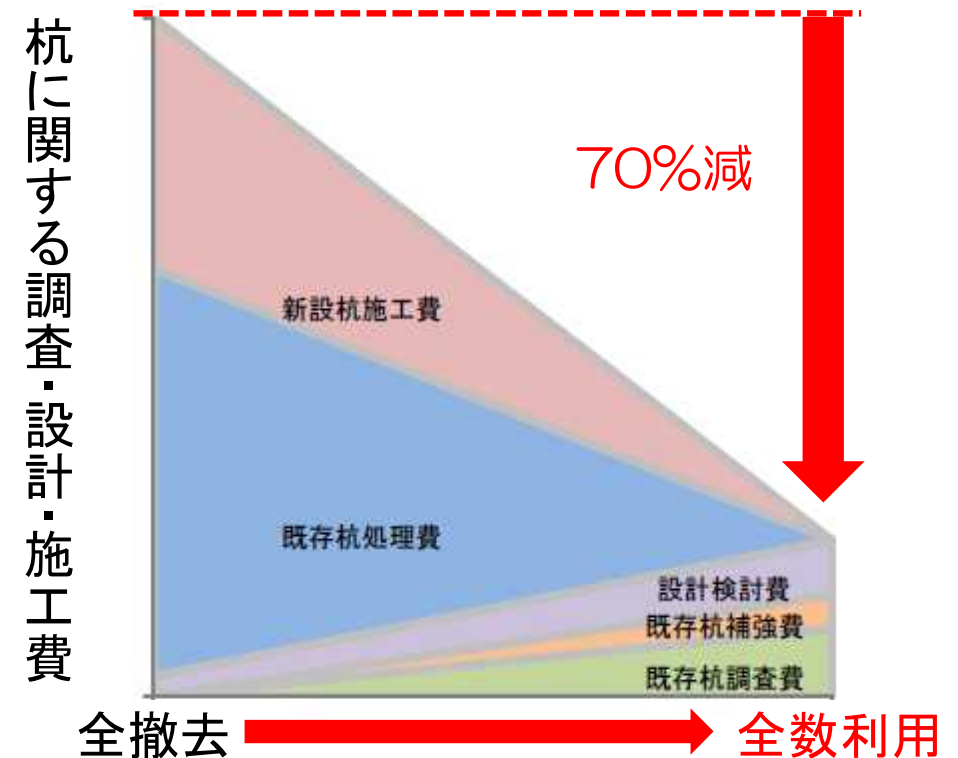
⇒ 生産性向上のため積極的な既存杭の活用の機運が高まっております、**新技術に適合した建築物の構造規定の構築**が求められる。

既存杭撤去の工期・コスト

（例）大規模マンション
 規模：10階建て、数棟
 既存杭：既製杭、
 径1000mm、300本

工期：**300～600日程度**
 （0.5～1本／1日で計算）
 費用：約5億円
 （**新築杭施工費の3～4倍**）

既存杭利用のコスト面のメリット



新設建物に占める既存杭の割合

資料：一般社団法人日本建設業連合会、「既存杭利用の手引き」、
 図1.5（p4）及び付録3、平成30年11月

1-②（既存宅地擁壁） 古い擁壁の耐震化の課題

- 都市部の土地利用密度が高い地区では、傾斜地などを切土・盛土して宅地を造成、宅造法施行以前に造られた擁壁が存在
- 巨大地震の発生時には老朽化した擁壁の被害が多く、避難や災害救助活動、宅地の復旧、生活の再建に影響する。
- しかし、技術的知見の不足から、建築物に近接した擁壁に対する補強には限界。

古い既存宅地の脆弱性（東日本大震災での被害発生件数）

造成年代	1949年以前	1950年代	1960年代	1970年代	1980年代	1990年代	2000～2005年	2006年以降	合計
被害発生地区数	2 1%	7 4%	81 45%	46 25%	31 17%	10 6%	2 1%	0 0%	179

- ・ 古い擁壁で多くの被害発生
- ・ 全体の約3/4を占める

宅造法の改正
＜技術基準の強化＞

宅地防災マニュアル第一次改訂
＜宅地の耐震に関する記述の充実＞

宅地造成等規制法＜宅地造成に関する規制の実施＞
都市計画法

資料：東日本大震災の宅地滑動崩落被害を踏まえた現行の宅地造成基準の検証結果について（平成26年3月公表）

供用

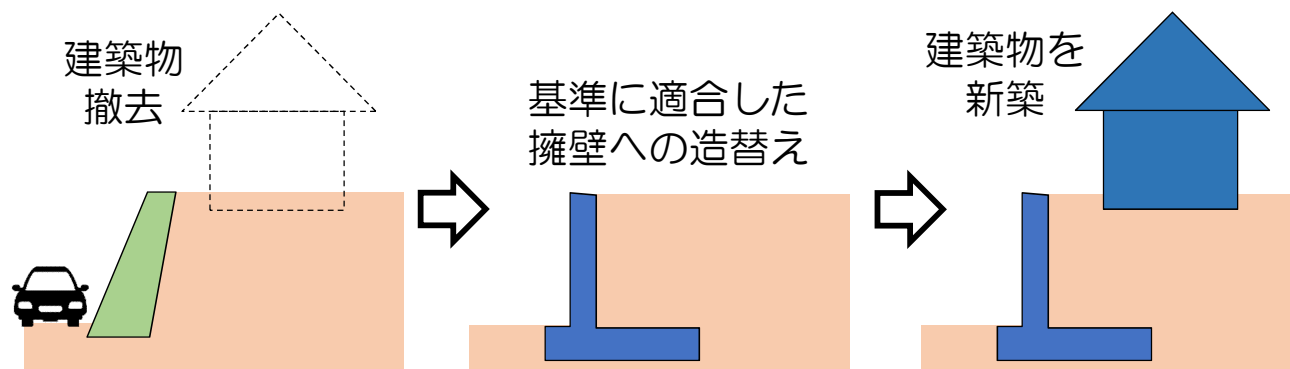
地震に対する脆弱性



老朽化した既存宅地擁壁が巨大地震時に被災すれば、災害時の救助活動に影響し、復旧に長時間を要するため、生活の再建に影響を及ぼす。

宅地造成等規制法
（耐震改修促進法）

解体・設計・更新



耐震診断・改修の技術的知見は少なく、建築物を撤去して擁壁を造り替える以外に方法がない状況。

1-②（既存宅地擁壁） 被害を受けた擁壁の現状

- 2016年熊本地震で甚大な被害が生じた益城町では、**宅地の復旧に2年以上**を費やしており、地域の活力の低下に繋がっている
- 都市の強靱化、災害時の円滑な救助や復旧に要するコスト低減のため、老朽化した**既存宅地擁壁の耐震診断方法の整備と補強による事前対策の促進**が重要

熊本地震での宅地復旧の状況

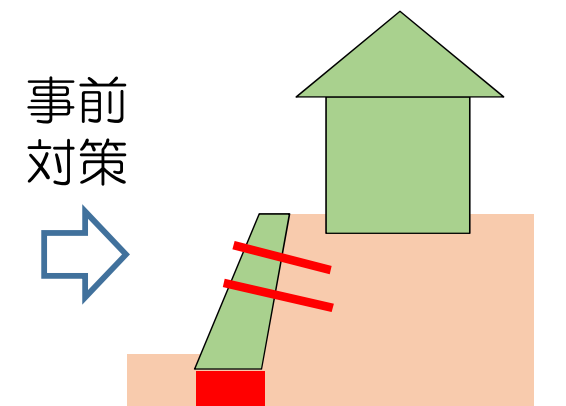
- 大規模盛土造成地滑動崩落防止事業
H28.4～ 地震発生
H29.4～ 地質調査・被害要因分析
補強手法の検討
H30.4～ 補強手法の検討・設計
H31.4～ 着工（R2.3まで）
- 近接した建築物を有する被害擁壁に対する補強方針の決定が難航（1宅地に数千万円のコスト）
- 地震発生以降現在までに、
人口は1,500人、500世帯減
（35,000人、13,500世帯より）

盛土擁壁の耐震化

建築物への影響を考慮した擁壁の耐震診断手法の整備と現実的な耐震補強法の技術開発が必要



2016年熊本地震での
建物が近接した擁壁の地震被害



老朽化擁壁に対する
耐震診断・補強

1-③（構造計算手法） 建築の構造計算の現状

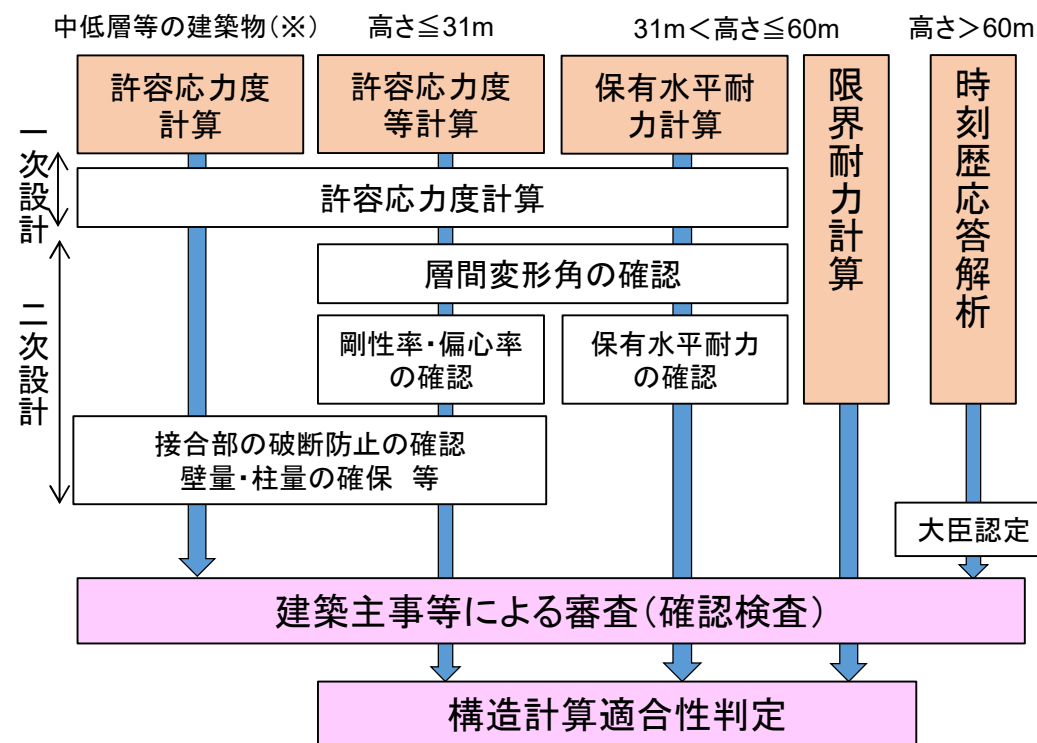
- 近年の設計の二一ズとして、重要な建築物に対する地震後の継続使用性の確保が挙げられ、基礎地盤の強靱化も求められている。
- また、建築物の高さ等により適用が異なる構造計算方法について、技術的検討を踏まえた合理化が求められている。
- 都市の更新と強靱化の促進のためには、基礎地盤に係る新技術への対応を含めた建築物の構造規定の合理化が必要。

杭の損傷により継続使用できなくなった 建築物の事例（東日本大震災）



上部構造が無損傷であつても杭の損傷により建築物全体が傾斜すると、建て替え等による生活への影響や経済的な負担が大きい…

現行の構造計算のフロー



※中低層等の建築物の例： RC造 高さ $\leq 20\text{m}$
鉄骨造 階数 ≤ 3 、高さ $\leq 13\text{m}$ 及び軒高 $\leq 9\text{m}$

2. 研究開発の目的

我が国におけるコンパクトシティ等の都市の再生の実現には、地震に対して強靱な都市を円滑に構築できる基盤の技術が不可欠。

よって、建築物の更新時に支障となる従前建築物の杭の有効活用や既存宅地擁壁の耐震化を促進する新技術基準を開発すると共に、近年の設計における多様なニーズを満足させて建築物を円滑に更新できるように構造規定の合理化を図ることにより、都市の再生と強靱化およびその設計・施工に係る生産性向上に繋げる。

- ① 既存杭を含む敷地の安全かつ合理的な利用法の開発
- ② 既存宅地擁壁の耐震診断および耐震補強手法の構築



- ③ 基礎地盤の新技術への対応を含めた合理的な構造規定の構築

3. 研究開発の必要性・緊急性等

緊急性・ニーズ

- 国内の建築物の多くは築30年以上を経過しており、所有者による建替えの検討例も増えている。コンパクトシティなど都市の更新の機運が高まる中、多様なニーズに対応しつつ建築物の更新を促進し、迅速な都市の強靱化を図るためには、既存杭に係る課題に対応した合理的な建築物の構造規定が必要。
- 被害地震における既存宅地擁壁の被害は、避難路の封鎖等、地震直後の救助活動に支障を与えるものであり、住宅密集地等にも適用できる既存宅地擁壁の耐震化技術の拡大は都市の迅速な復旧が求められる国土強靱化に当たって解決すべき喫緊の課題。

国総研が実施する必要性

- 建築物と地盤に係る構造物は建築主事・地方公共団体等（アンパイア）による審査・許可を受け、民間（プレーヤー）が設計・施工を行うため、ルール作りに関する技術開発と技術基準の原案作成は国総研の役割。

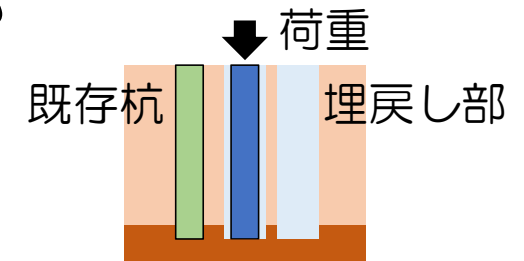
4. 研究開発課題

① 既存杭を含む敷地の安全かつ合理的な利用法の開発

(1) 杭の残置時および撤去後の敷地地盤の性能評価法の開発

- ・ 実証による杭の撤去時の周辺地盤・建築物への影響評価
- ・ 動的振動実験および解析等による既存杭や埋戻し部を含む複合地盤の抵抗性能の評価

⇒更新する建築物の下部構造の性能評価法と評価例を提示



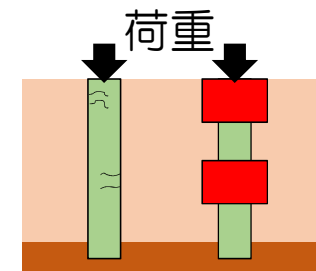
埋戻し部や既存杭を含む地盤抵抗の評価

⇒実証実験等による確認

(2) 補強等の併用による既存杭の利用形態拡大技術の開発

- ・ 既存杭の再利用における要求性能を整備
- ・ 既往研究による鋼管の増設や地盤改良を適用した既存杭の補強メニューの整備と要求性能の考え方を提示
- ・ 動的振動実験等による要求性能の妥当性の検証

⇒既存杭を利用した更新建築物の性能評価法と評価例を提示



既存杭補強による再利用

- ・ 鋼管による補強
- ・ 地盤改良との併用

⇒実証実験等による確認



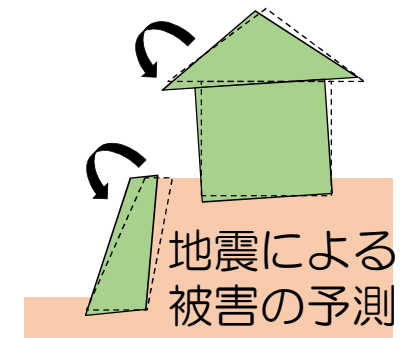
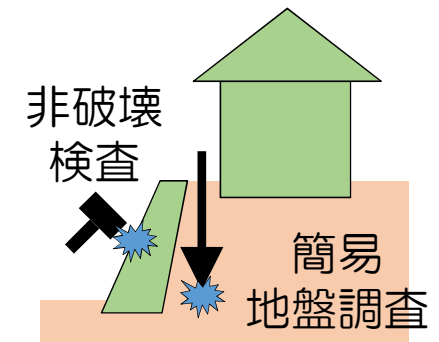
既存杭を含む地盤の合理的な利用の促進

4. 研究開発課題

② 既存宅地擁壁の耐震診断および耐震補強手法の構築

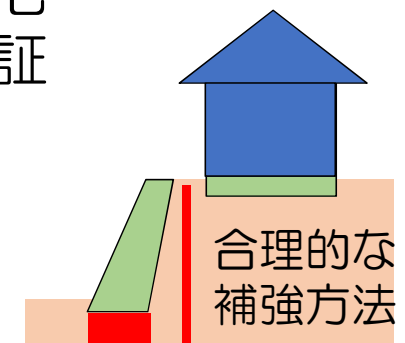
(1) 地震後の状態を評価できる宅地擁壁の耐震診断手法の構築

- 石積み・練積み等、古い宅地擁壁の残存耐震性能を評価するための簡易な調査方法の整備
 - 振動実験に基づく古い宅地擁壁と建築物の地震時の被害予測
 - 簡易な調査に基づく古い宅地擁壁の耐震診断手法の構築
- ⇒所有者とアドバイザー向けの耐震診断法と評価例を提示

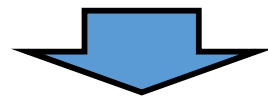


(2) 建築物への影響に配慮した既存宅地擁壁の補強技術の開発

- 鉄筋打込み等、建築物が近接している場合にも利用できる宅地擁壁への簡易な耐震補強法の検討、振動実験に基づく実証
 - 要求性能の考え方と代表的な工法に対する具体の明示
- ⇒専門家向けの耐震補強法と評価例を提示



- 鉄筋打込み
 - 地盤改良
- ⇒実証実験等による確認¹¹



既存宅地擁壁の柔軟な事前対策の促進

4. 研究開発課題

③ 基礎地盤の新技术への対応を含めた合理的な構造規定の構築

(1) 基礎地盤に係る新たな技術に対応した構造計算手法の構築 (①と②の成果を活用)

- 上部構造との一体評価による合理的な構造計算手法を構築
- 残置杭や埋戻し部の適切な考慮、もしくは既存杭を再利用する新技术を適用した設計例を提示
- 建築物への影響を考慮した補強擁壁の設計例を提示

⇒複雑な地盤条件に対応した建築物の構造計算手法を提示

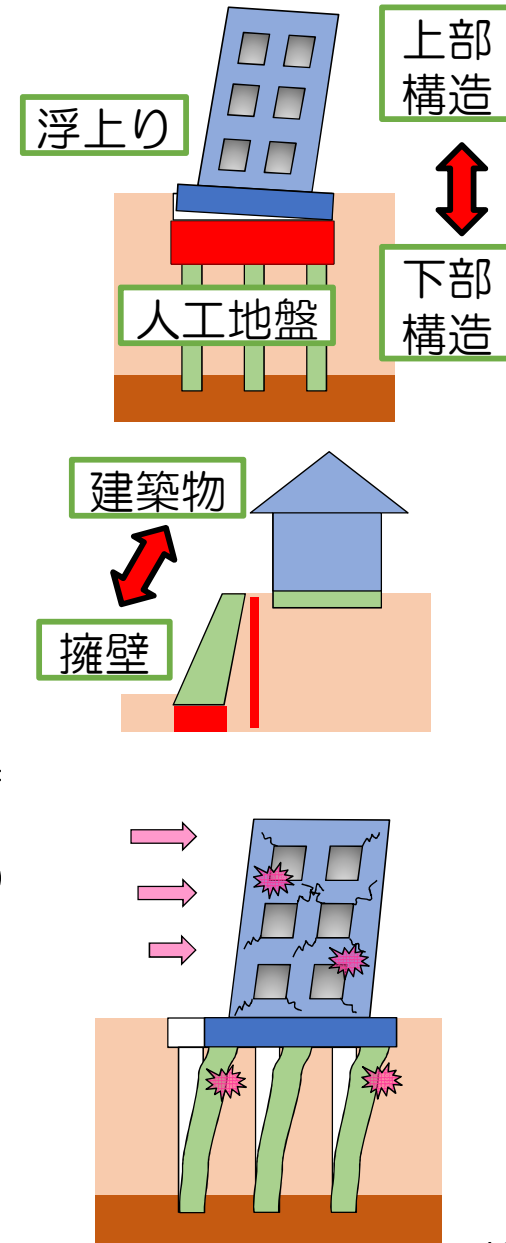
(2) 多様なニーズを満たす合理的な構造規定の整備

- 地震後の建築物の状態を高精度に評価できる計算手法を整備
- 基礎の設計に影響する建築物規模に応じた構造計算ルート of 合理化等、現状のニーズへの対応

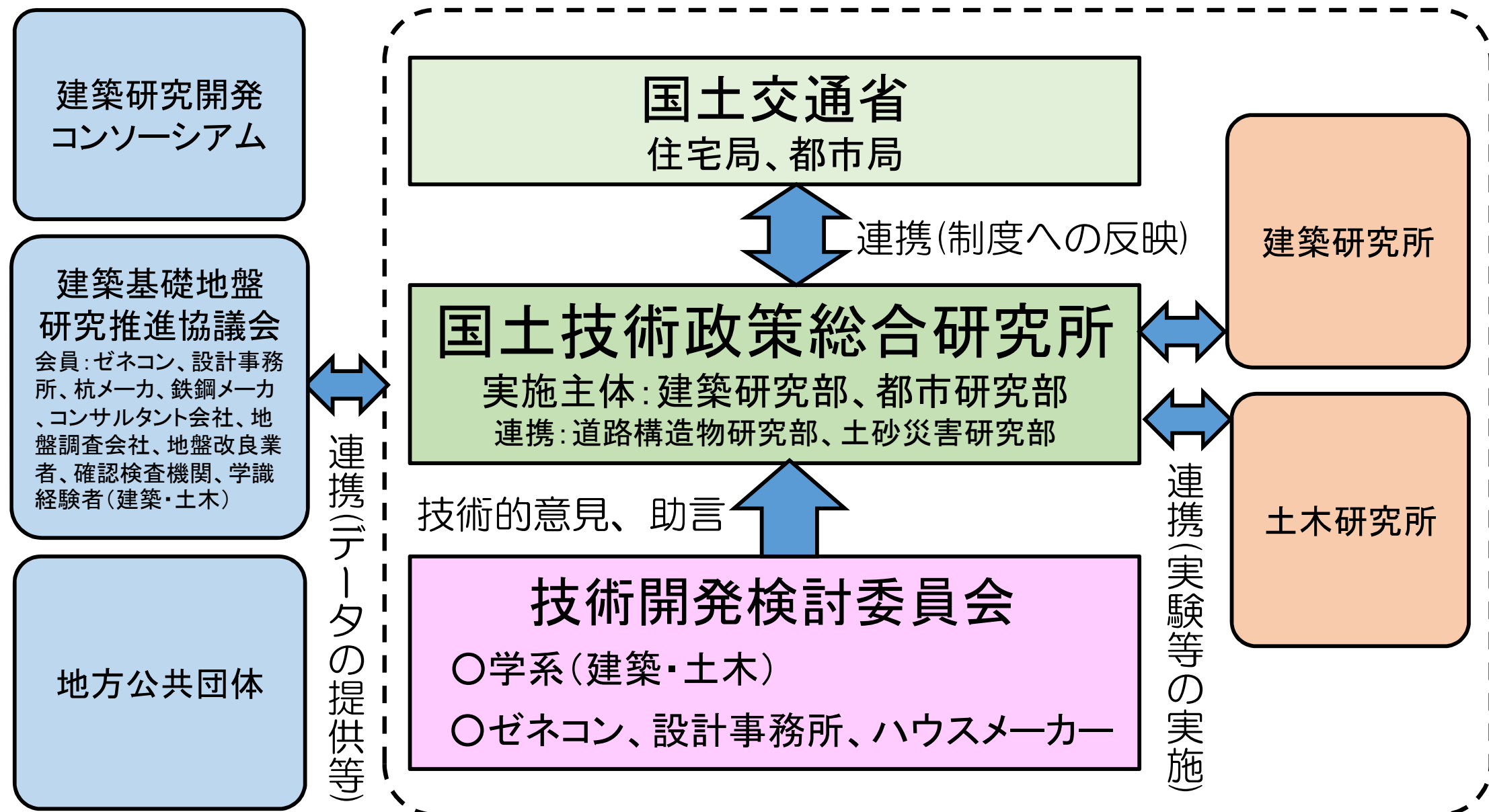
⇒多様なニーズを満たす合理的な構造規定を整備



都市の再生と強靱化を促進



5. 研究開発の体制



6. スケジュール

検討内容	R2	R3	R4	R5
①既存杭(1) 敷地地盤評価	既存杭引抜き・埋戻し による周辺への影響評価 (30)	既存杭等を含む複合 地盤の抵抗力評価 (10)	複合地盤の性能評価 法(案)の構築・公表 (10)	敷地地盤の 評価例の作成 (10)
①既存杭(2) 補強技術開発	既存杭の再利用にお ける要求性能の整備 (10)	補強メニューの整備と 要求性能の提示 (20)	既存杭を利用した建築 物の性能評価法の検 討(20)	補強法の性能 評価法と評価 例の作成(10)
②既存宅地擁壁(1) 耐震診断技術	簡易な調査方法の整 備 (20)	古い宅地擁壁と建築 物の地震時挙動の評 価 (30)	簡易な調査に基づく耐 震診断法(案)の構築・ 公表 (10)	耐震診断・補強 に対する評価例 の作成 (10)
②既存宅地擁壁(2) 耐震補強技術		補強メニューの整備と 要求性能の提示 (10)	耐震補強法の実証お よび建築物の設計法を 踏まえた整理 (30)	
③構造規定(1) 構造計算手法	上部・下部構造の一体 評価の設計指標の整 理 (10)	上部・下部構造の一 体評価の設計指標 の妥当性検証(20)	下部構造の新技术に 対する構造計算手法 の構築(20)	技術基準原案 の作成 (30)
③構造規定(2) 構造規定の整備	地震後の建築物の状 態評価に対する高精 度化の検討(10)	地震後の建築物の状 態評価に対する高精 度化の実証(10)	建築物の規模に対す る対応の検討(10)	
予算(百万円)	80	100	100	60

7. 研究開発の成果・施策への反映と効果

成果（アウトプット）

- 既存杭に係る課題にも対応した、建築物更新のための性能規定型の技術基準の原案作成
- 既設建築物に配慮した、既存宅地擁壁の耐震改修を促進するための技術基準の原案作成

社会に与える効果（アウトカム）

- 迅速かつ合理的に都市の再生と強靱化を実現
- 現実的な耐震補強技術の明示により、民地の耐震化を促進
- 既存杭の適切な利活用基準の明示により、建築物更新時の設計・施工に係る生産性の向上にも貢献

【参考】建築・都市分野の国の方針等

令和元年6月閣議決定「経済財政運営と改革の基本方針2019」

- 国民の生命と財産を守るため、防災拠点等となる公共施設等の耐震化など防災・避難所機能強化、新技術を活用等により、**地域の災害対応力の向上**を図る。
- 国土強靱化基本計画に基づき、必要な予算を確保し、オールジャパンで対策を進め、国家百年の大計として、**災害に屈しない国土づくり**を進める。
- 地域計画の策定・実施支援、国土強靱化に資する事業継続や社会貢献に取り組む企業等認証制度の周知・普及、**企業の生産力の強靱化**など、地方自治体や民間の取組の促進を図る。**安全なまちづくりに向け、住宅・建築物の耐震化や地盤の強化**を進める。

平成30年12月閣議決定「国土強靱化基本計画」

- 住宅・建築物等の耐震化の目標が着実に達成されるよう、建築物の耐震改修を進める。
- 防災拠点、学校施設等については、**耐震対策、老朽化対策等を進める**。
- 大規模地震における盛土造成地の活動崩落を防ぐため、耐震化を推進するなど、**宅地の安全性の事前対策を進める**。
- 点検・診断技術、補修・補強技術等の新築・更新時の長寿命化技術など、新技術の開発・普及を推進する。

平成30年6月閣議決定「未来投資戦略2018」

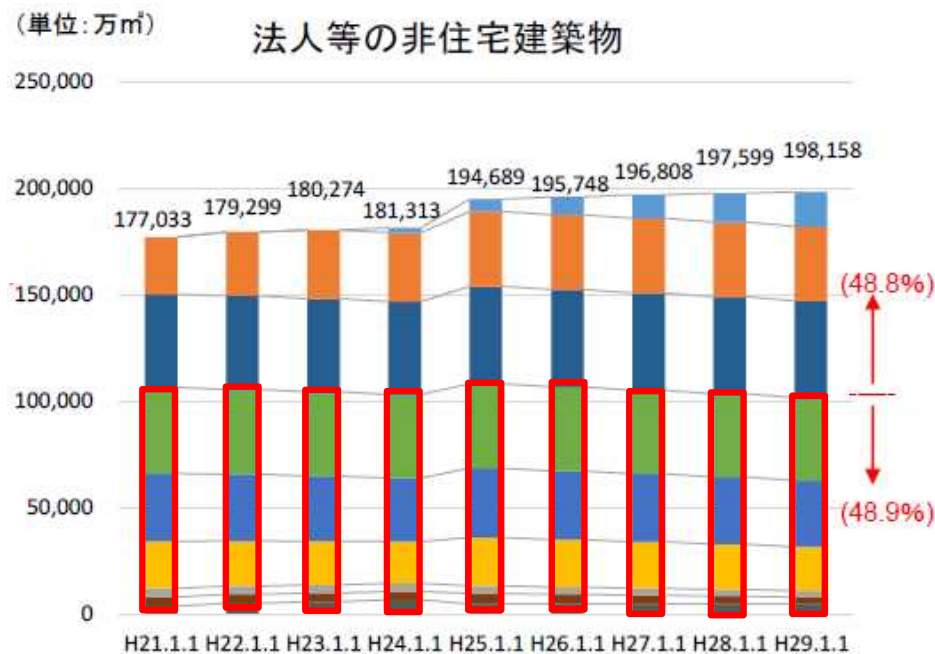
- 急速に進展している**インフラの老朽化に対応し、安全・安心と生産性向上を支えるインフラを適切に管理**して良好な資産として次世代に引き継ぐため、新技術の開発・導入により、インフラメンテナンスの生産性向上とコスト効率化を大幅に進める。

平成29年3月国土交通省策定「第4期国土交通省技術基本計画」

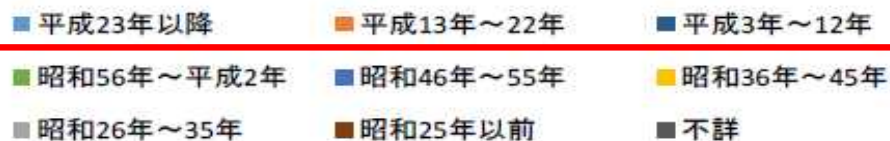
- 首都直下地震や南海トラフ地震等、その発生**の切迫性が指摘されている巨大地震等に対して、住宅、建築物などの耐震化により被害軽減を図る**ため、住宅・建築物の構造性能評価技術の開発等を行う。
- 低炭素社会の構築を進めるため、**住宅・建築・都市分野における資源・エネルギーの効率的利用**のための技術開発等を実施する。

【参考】国内の建築物の築年と所有者の方針

- 国内の非住宅建築物の約半数は築30年以上を経過。



<竣工年代>



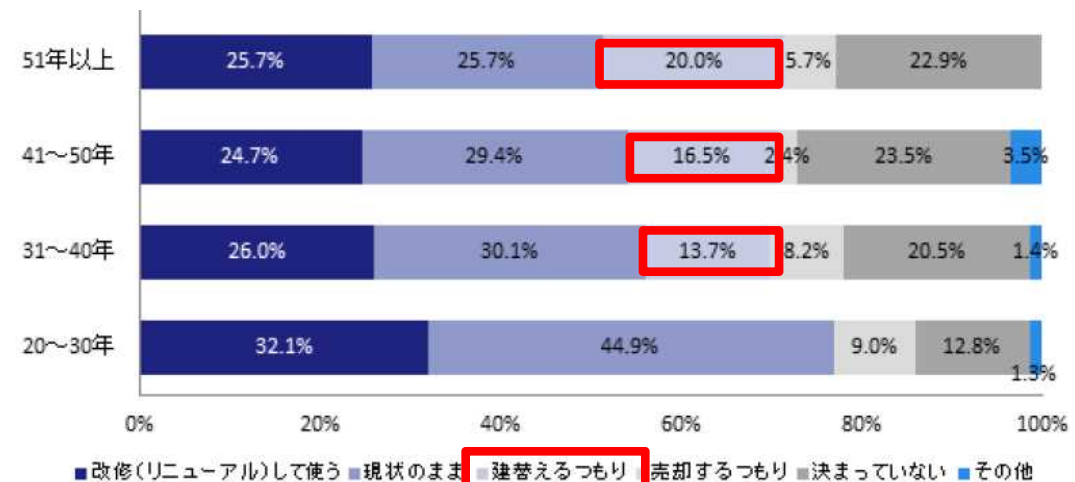
資料: 建築物ストック統計 (平成29年8月公表)

築30年以上

資料: 社会資本整備審議会建築分科会 (平成30年1月30日開催)、資料3 (20ページ)

- 築年数が30年を超えると、ビル所有者は建替えを検討。

今後のビルの方針 (築年別)



資料: ザイマックス不動産総合研究所「ビルオーナーの実態調査」、図表13、2015年11月26日

- ・調査時期 2015年7月～10月
- ・調査対象エリア 都心7区 (千代田、港、中央、渋谷、新宿、品川、豊島)
- ・対象床面積 不明
- ・有効回答者数 298事業者 (回答率 8.9%)