

本庁舎の基礎杭及び地下連続壁の効果等 に関する耐震性能の検証業務

§ 1 検証概要

1. 1 目的

本庁舎が現行の建築基準法が定める耐震性能を有しておらず耐震改修が困難であるという「平成29年度本庁舎整備計画作成業務委託」(以下、H29年度耐震安全検証と称す)の調査結果に対する「庁舎整備に関する特別委員会」に招致された参考人(以下、参考人と称す)の意見を踏まえ、**基礎杭の密集効果や地下連続壁の効果に関して定量的な算出を試みることで、あらためて耐震性能を検証することを目的とする。**

1. 2 検証項目

- (1) 告示波作成における、基礎杭の密集配置や地下連続壁による表層地盤による地震動の増幅に対する低減効果の定量的な算定(杭・建物と地盤の連成解析により杭の密集効果を考慮)
- (2) 地下連続壁による杭に作用する力の低減効果①(地盤変位)
- (3) 地下連続壁による杭に作用する力の低減効果②(水平力)
- (4) その他の定量的な算定(地下連続壁内の追加地盤調査)
- (5) 基礎杭の耐震性能の評価(杭の安全性の再確認)

1. 4 検討方法とクライテリア

(1) 地中連続壁による地震力の低減効果の検討

地中連続壁に大地震時(L2地震)地盤変位を作用させ、地中連続壁の安全性を確認する。

地中連続壁の安全性が確認できれば、地中連続壁による地震力の低減効果が期待できる。

1. 4 検討方法とクライテリア

(2) 建物と地盤の動的相互作用を考慮した時刻歴応答解析

杭基礎と建物の地上・地下を一体としてモデル化し、地盤変位による応力と建物の地上・地下の慣性力による応力を時刻歴で評価する。H29年度耐震安全性検証において層間変形角の目標値を超えていた、レベル2告示波を検討用地震動とする。

1. 4 検討方法とクライテリア

表 1-2 設計クライテリア

項目		目標値
上部構造	層間変形角	1/100以下※1
杭	破壊形式	鉛直力支持能力を失わない※2

※1：H29年度耐震安全検証を基に設定

※2：杭の「せん断破壊」、「軸圧縮破壊」、「杭頭及び杭中間部の2点以上での曲げ降伏」が生じない。参考文献7) を基に設定

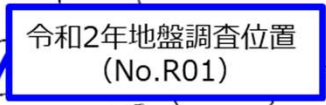
§ 2 地盤調査結果及び地盤定数の設定

2. 1 調査方法

(1)ボーリング調査：延べ深度 26. 0m

(2)標準貫入試験：計21回

(3)弾性波速度検層(PS検層)：21m



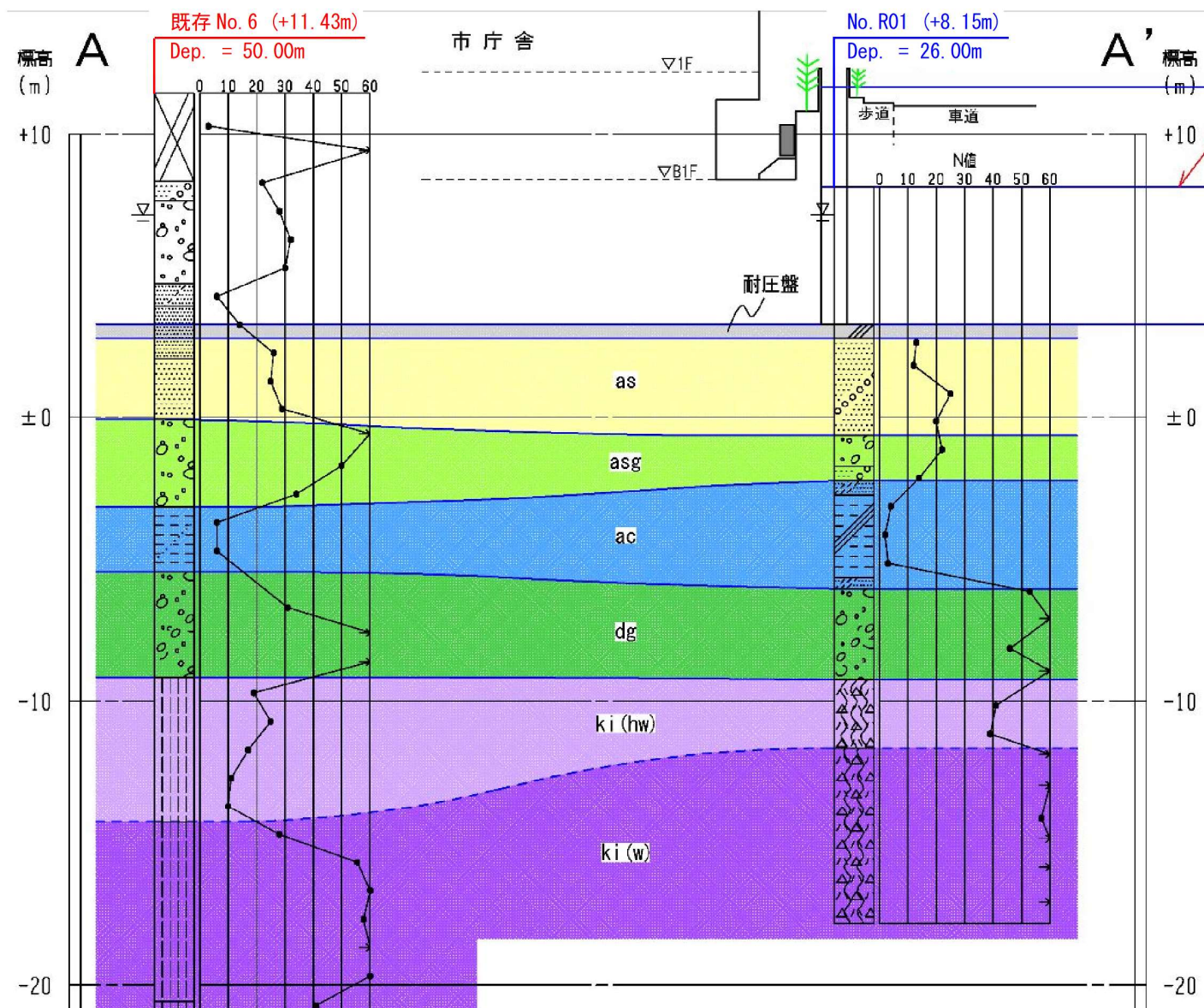
2. 2 調査結果

(1) 地層構成に大きな差異はなかった。(S53、H29、R2)

(2) 地盤定数は最も新しいR2年を基本的に利用。

不足するデーターはS53とH29を利用した。

(3) 熊本地震による影響は見られなかった。



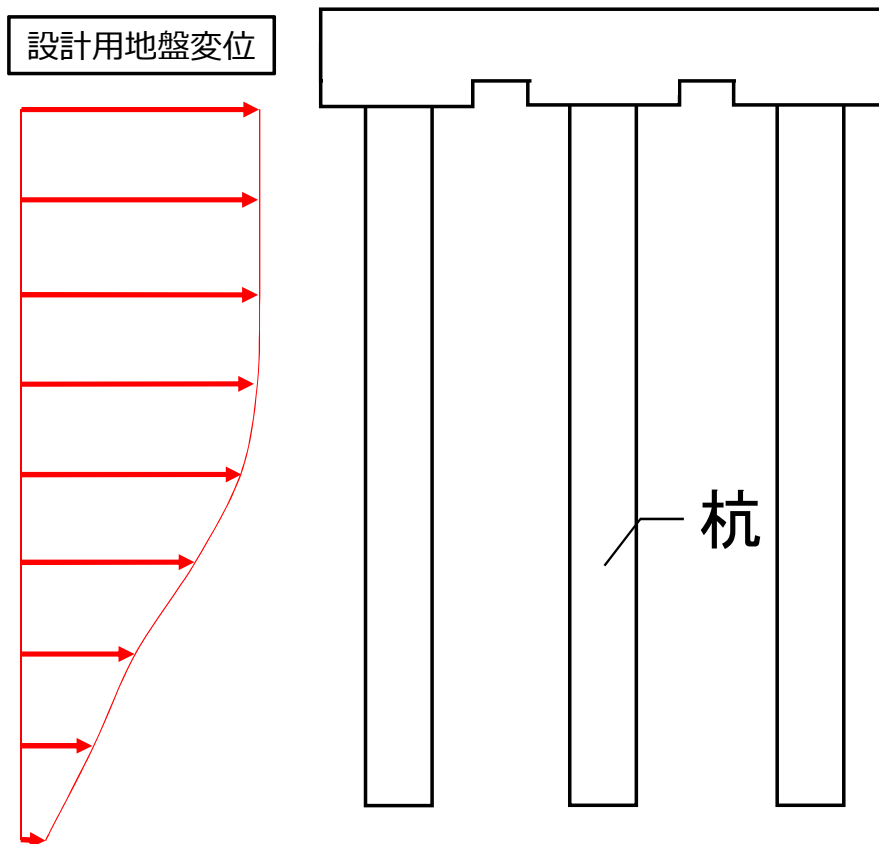
PS検層結果
Vs (m/s)

S53	採用	地層対応	R2
-	180	(H29年の結果を採用)	-
230	200		-
	270		200
150	160		160
380	370		370
220	220	(S53年の結果を採用)	360
520	490		490
			-

§ 3 地中連続壁の耐震性能評価

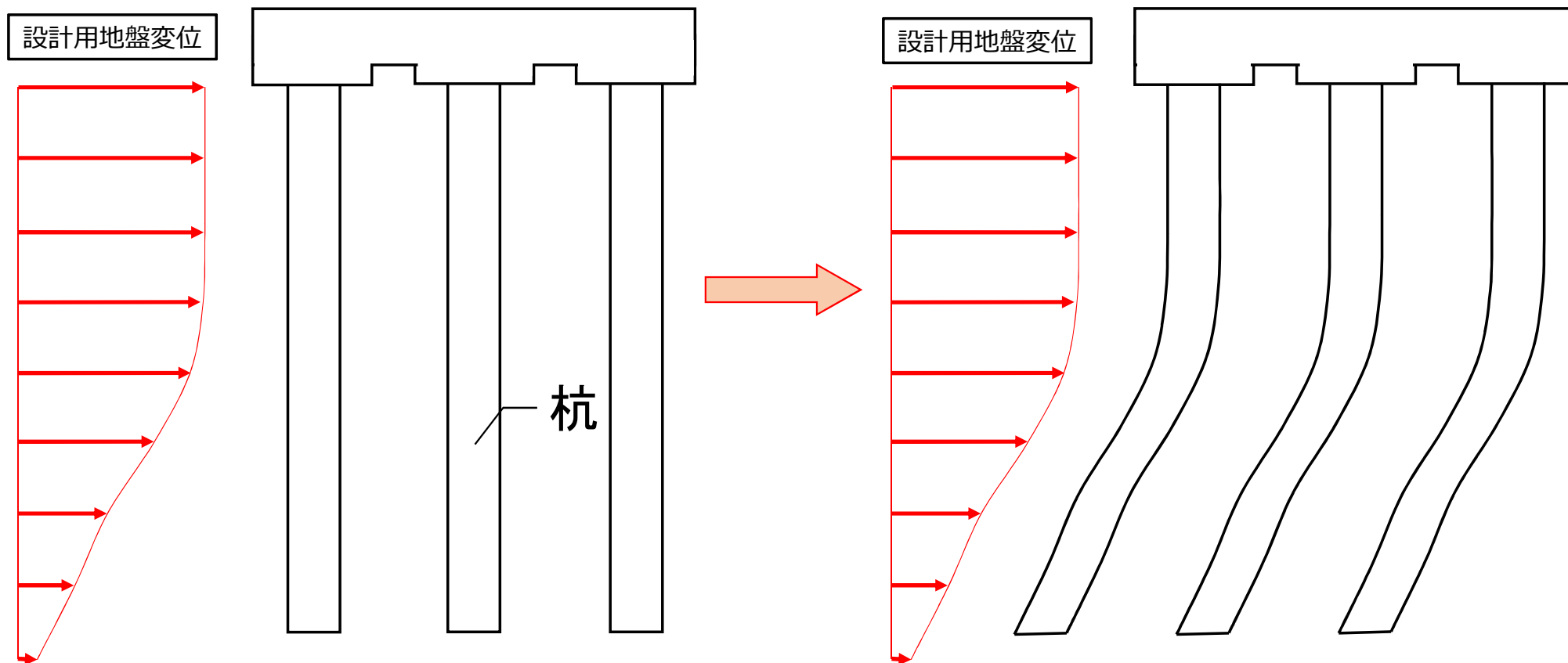
(1) 地中連続壁による期待される低減効果(その1:地盤変位)

地中連続壁が無い場合

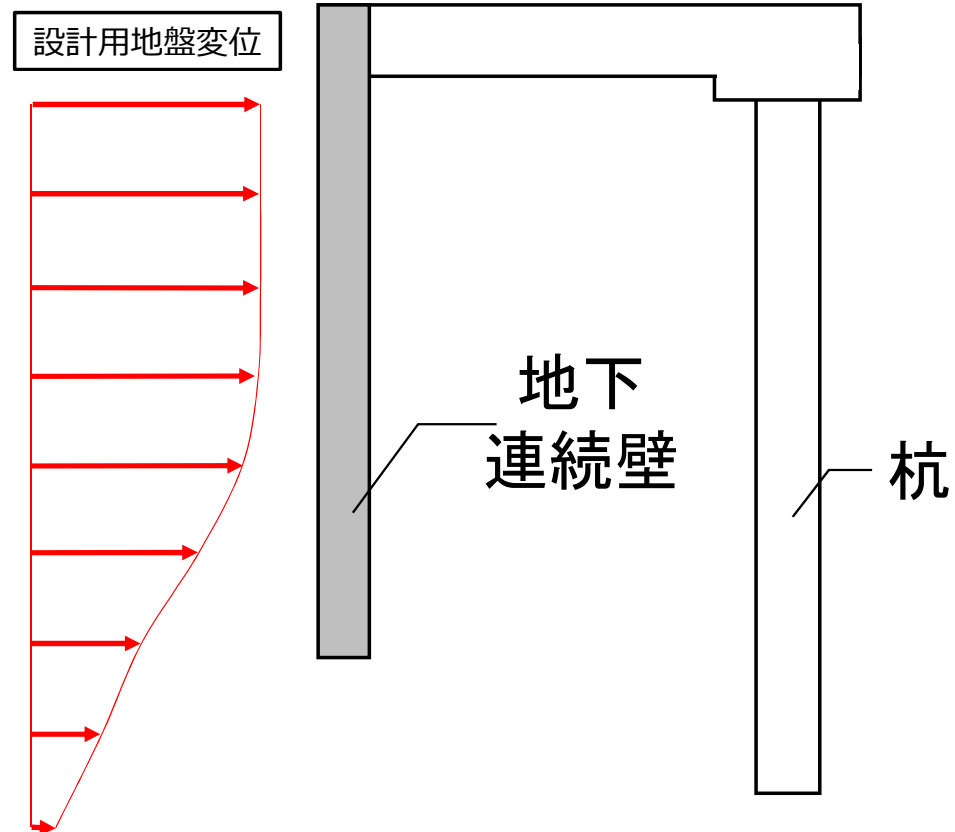


(1) 地中連続壁による期待される低減効果(その1:地盤変位)

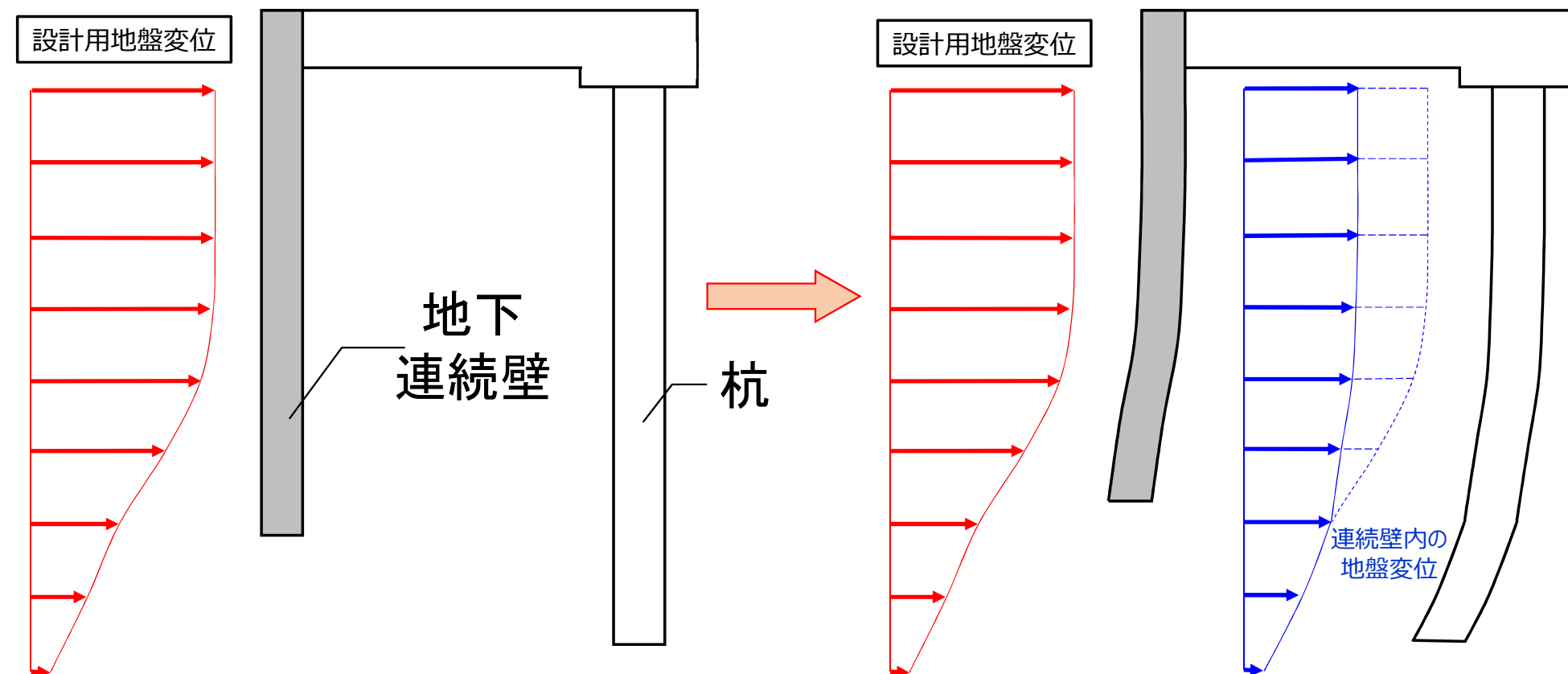
地中連続壁が無い場合



地中連続壁がある場合



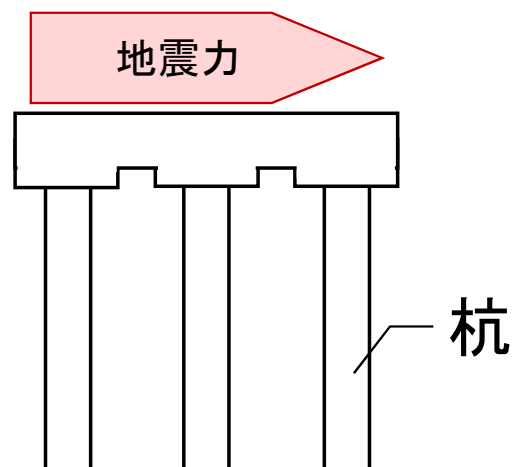
地中連続壁がある場合



連続壁により内部の地盤変形が抑制される効果を期待

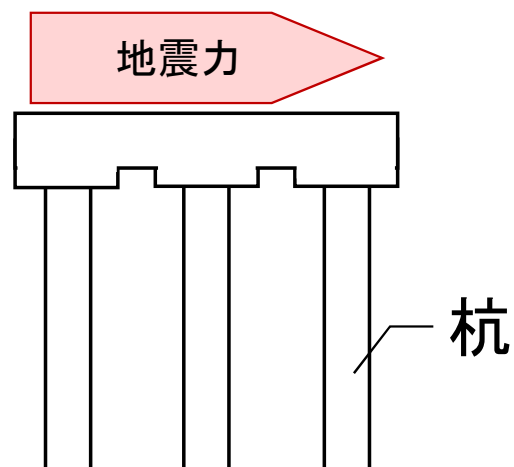
(2) 地中連続壁による期待される低減効果(その2: 水平力)

地中連続壁 無

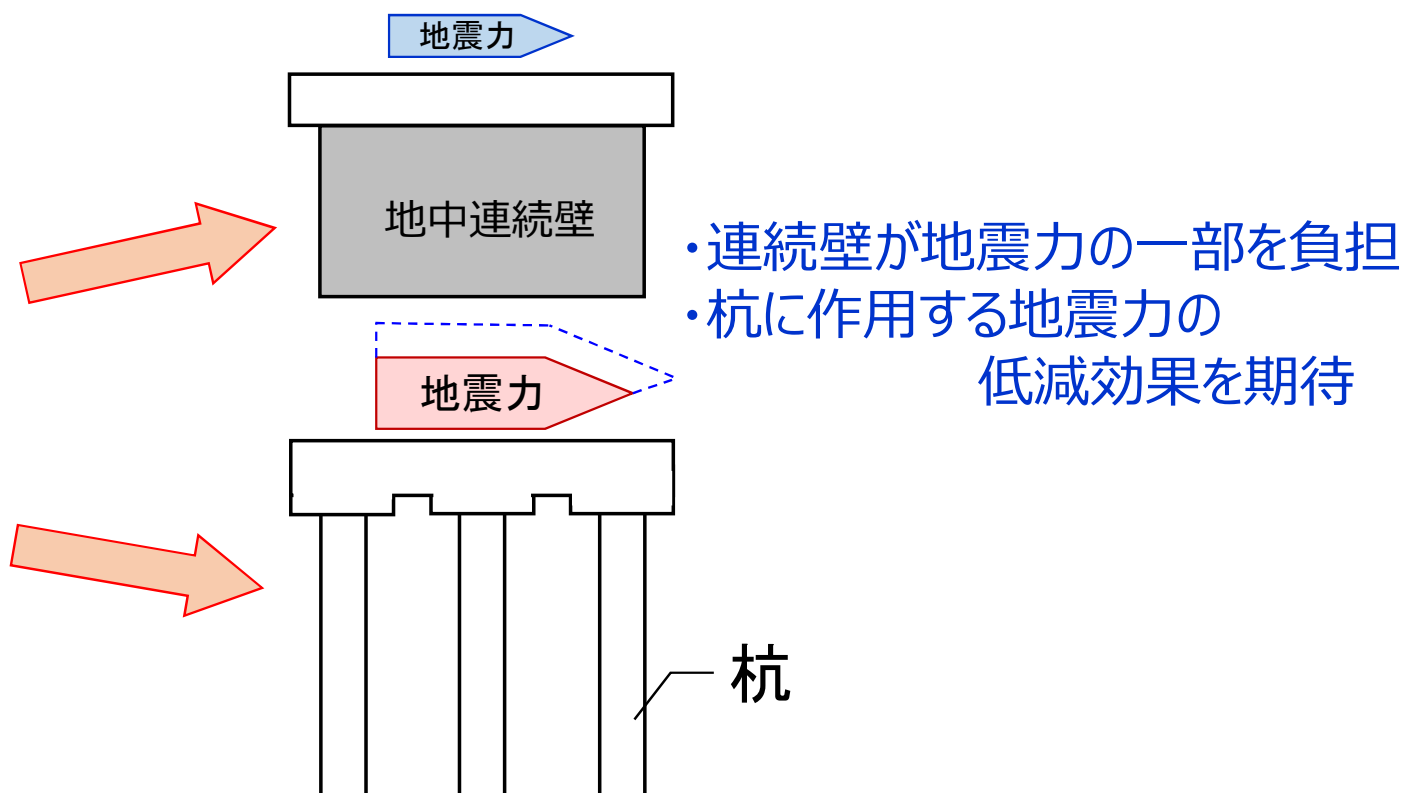


(2) 地中連続壁による期待される低減効果(その2: 水平力)

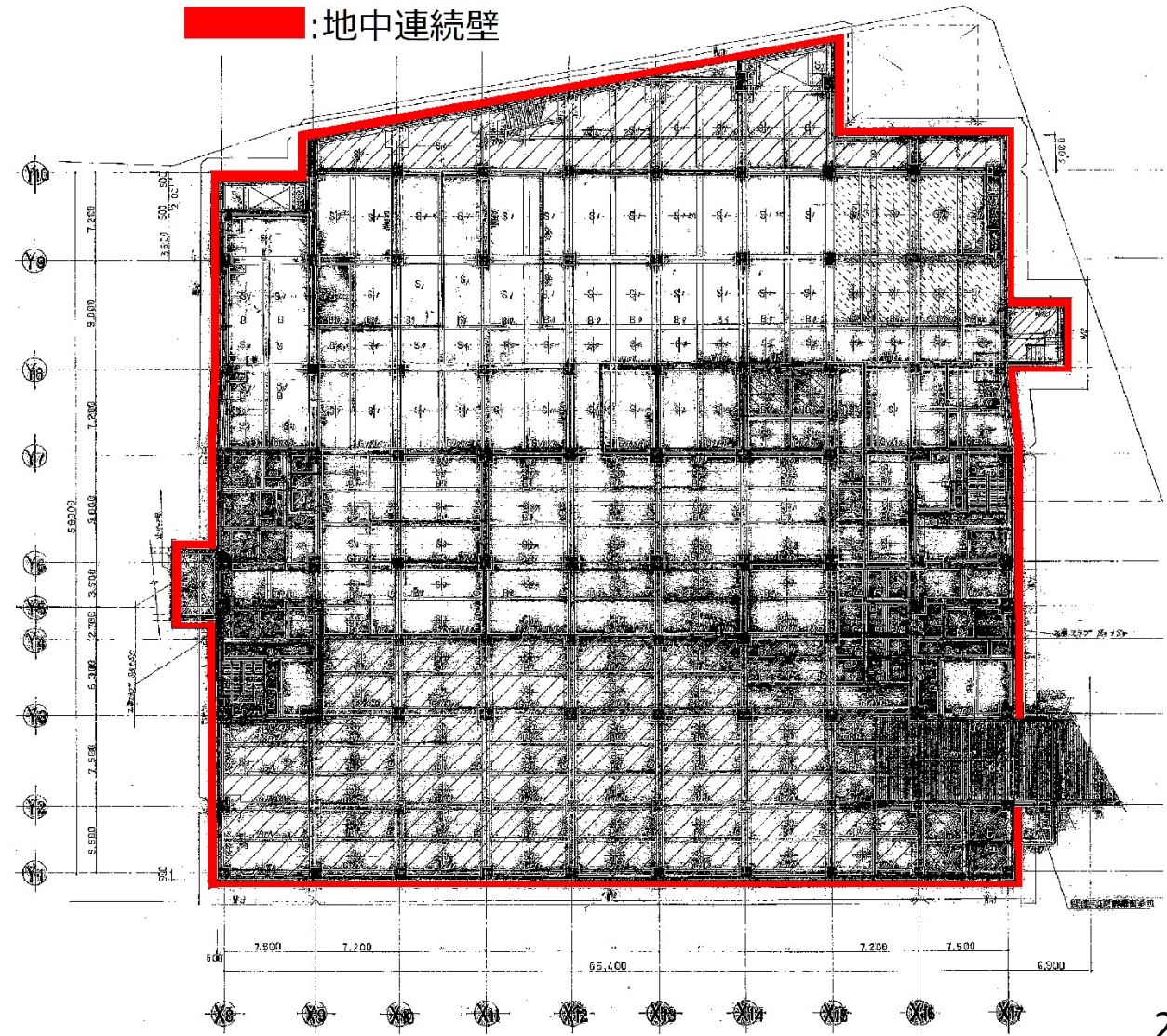
地中連続壁 無



地中連続壁 有



(3) 地中連続壁の概要 建物地下外周部に配置

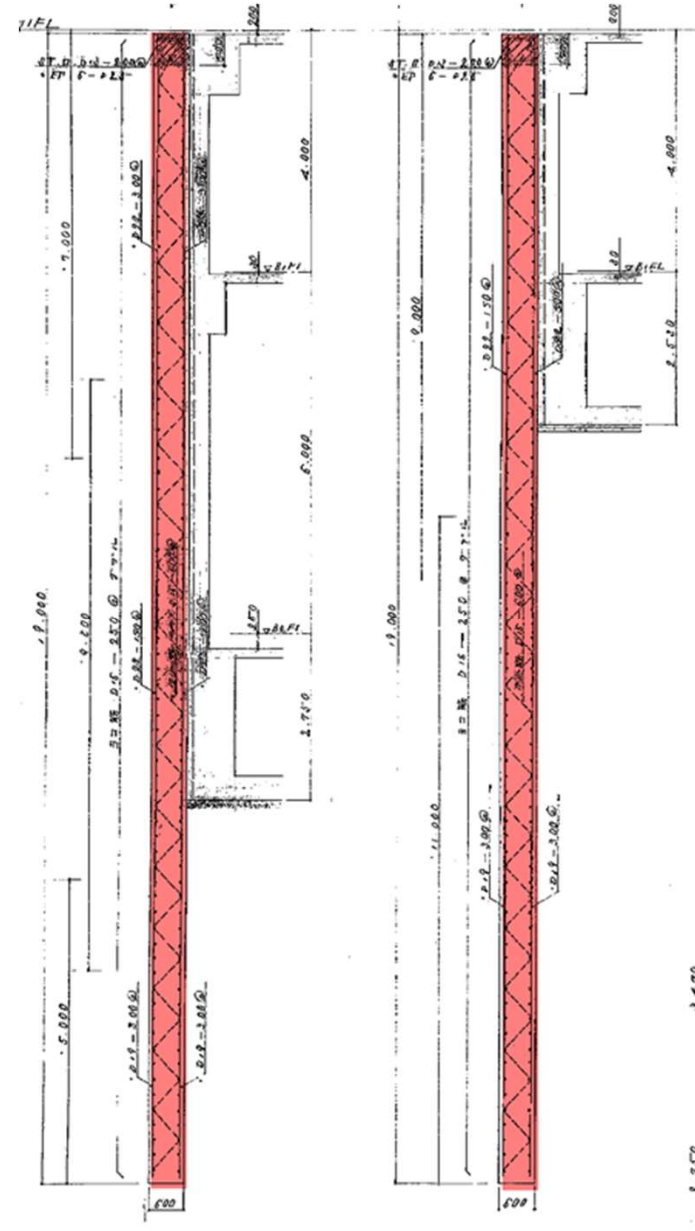


(3) 地中連続壁の概要

長さ19m

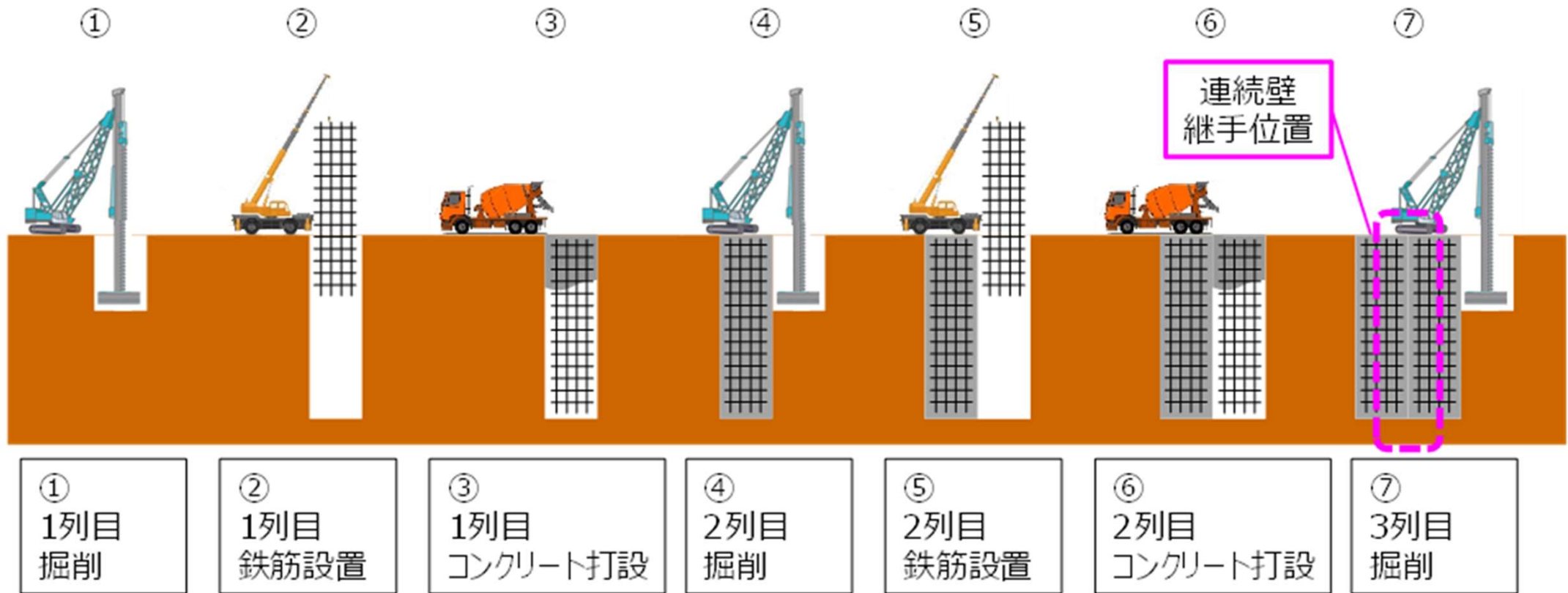
厚さ60cm

地下外壁の一部として利用

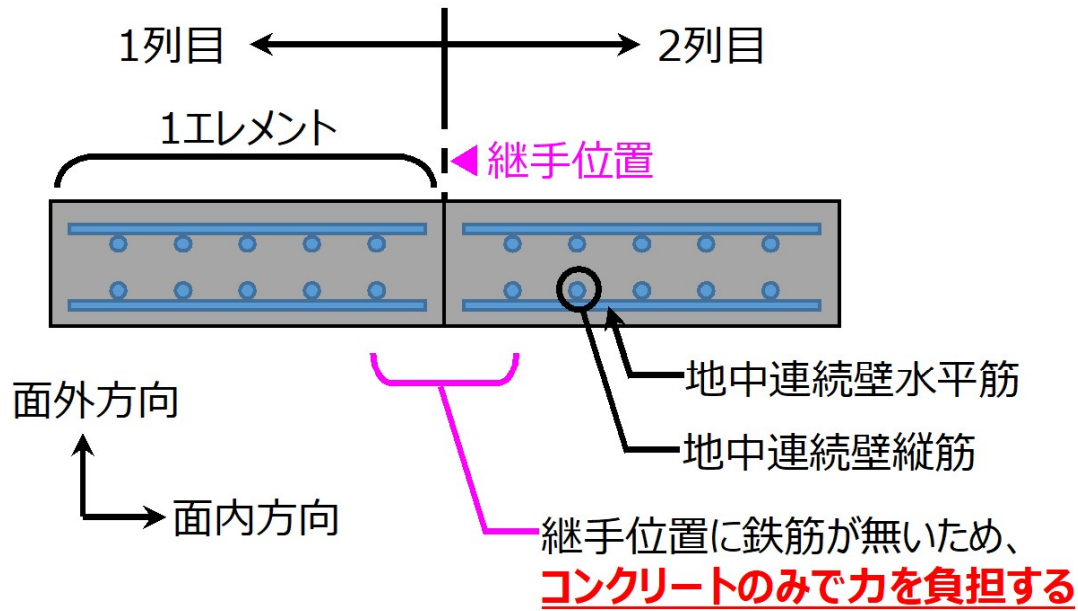


3. 2 地中連続壁の壁間継手

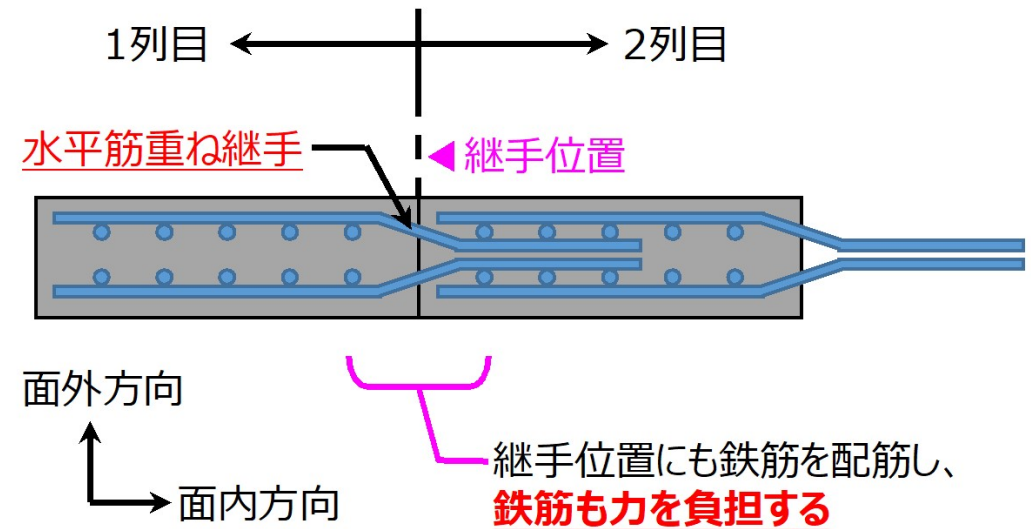
(1) 地中連続壁の作り方



(2) 地中連続壁の壁間継手



(a) 水平筋重ね継手無し⇒**本庁舎の工法**

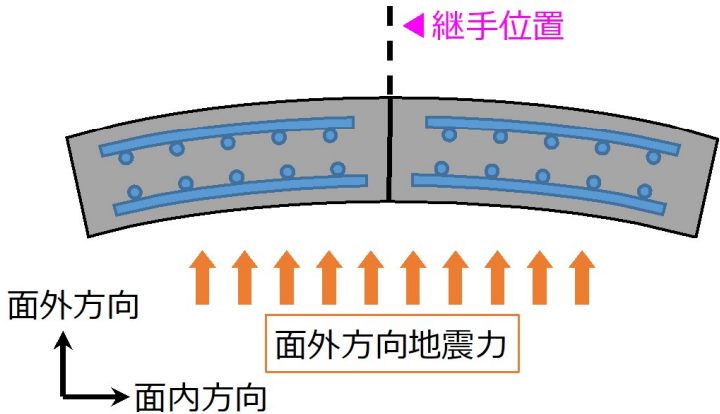
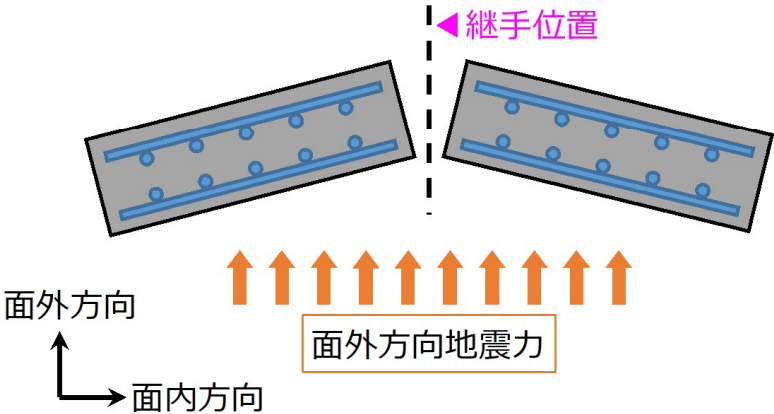
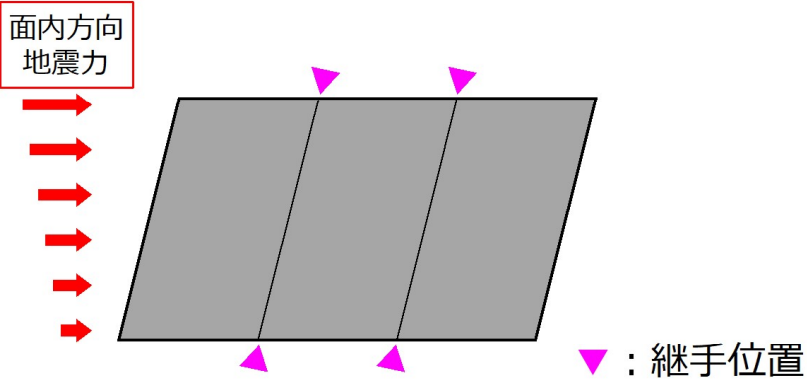
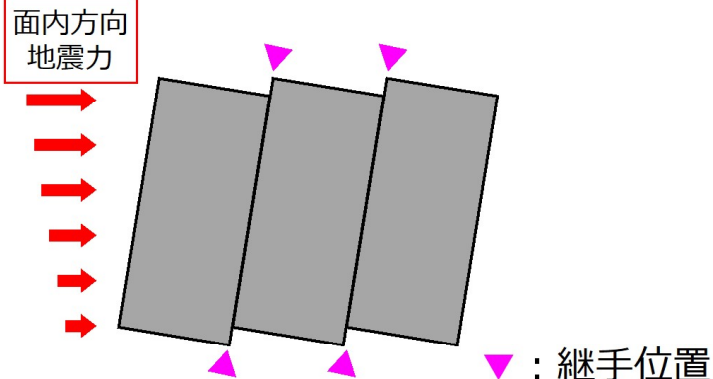


(b) 水平筋重ね継手あり（平成初期に普及）



端部の鉄筋形状に
重ね継手は見られない

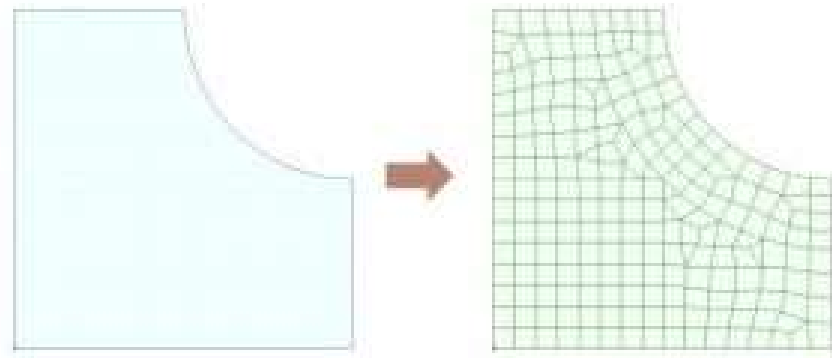


面外方向地震時挙動（平面）	面外方向曲げモーメントを伝達できる場合  継手位置 面外方向 面内方向 面外方向地震力	面外方向曲げモーメントを伝達できない場合  継手位置 面外方向 面内方向 面外方向地震力
面内方向地震時挙動（立面）	 面内方向地震力 ：継手位置 地震時に一体的な挙動 ⇒耐震性能 大	 面内方向地震力 ：継手位置 地震時にエレメント毎に別々な挙動 ⇒耐震性能 小

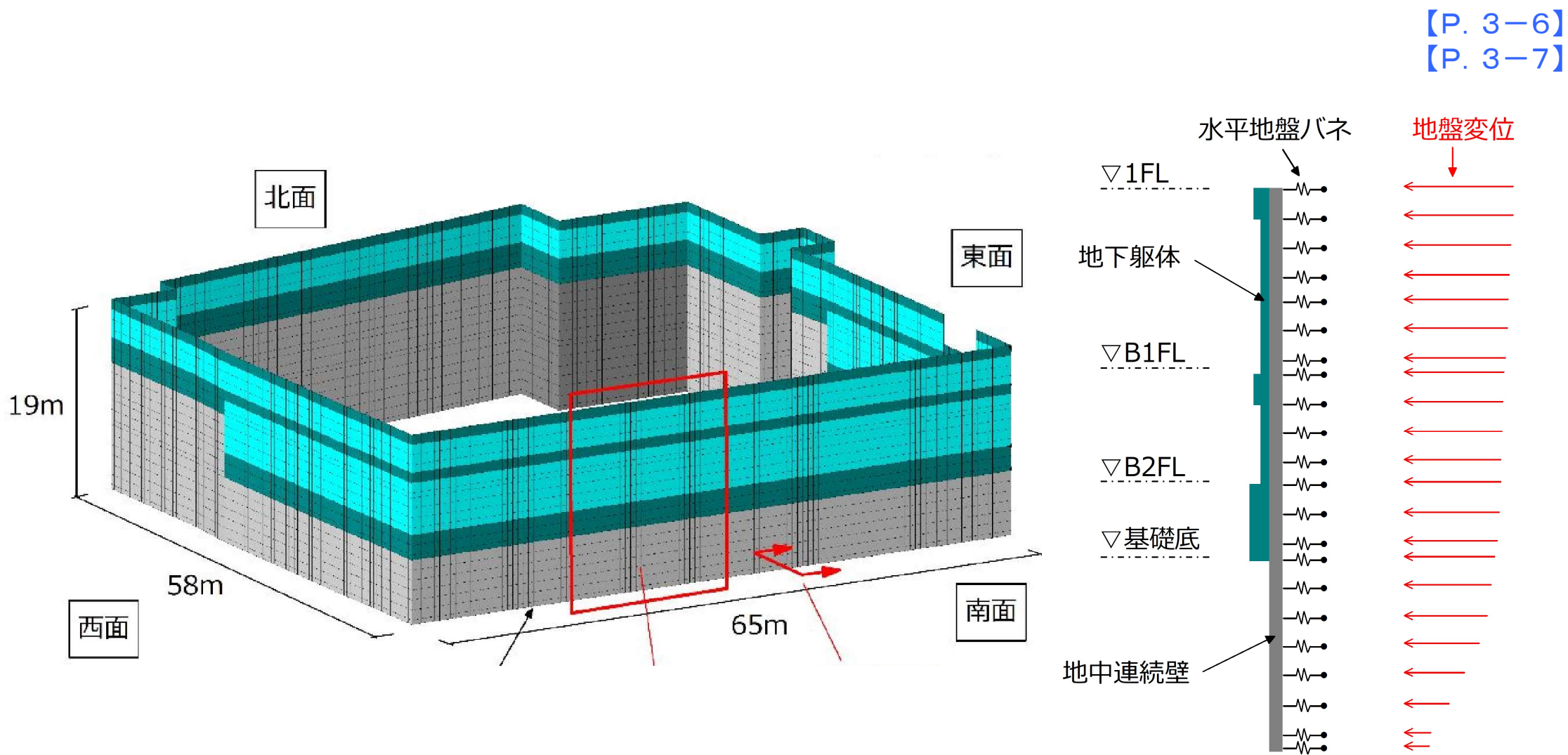
3. 3 地盤変位に対する地中連続壁の検討

(1) 継手部の検討

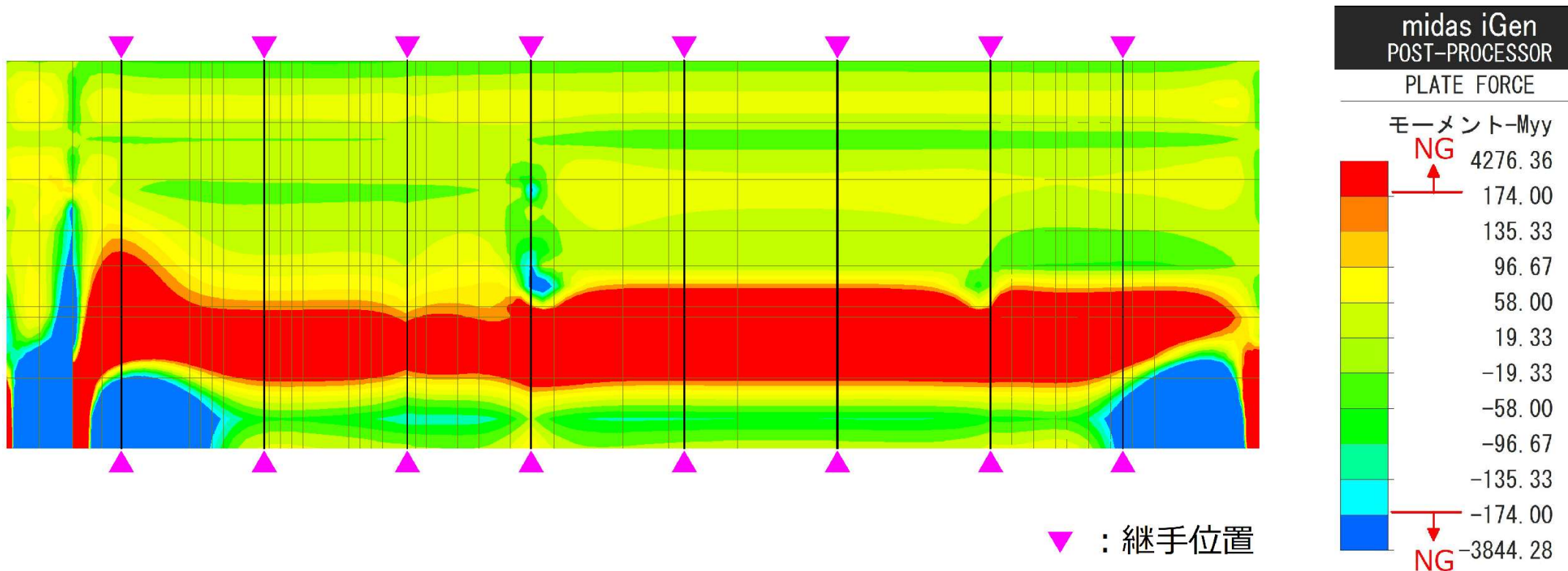
地中連続壁のFEM(有限要素)モデルに大地震時の地盤変位を作用させ、地中連続壁の一体性を確認する。



FEMのイメージ



検討の結果、応力が継手耐力を上回り、一体として抵抗できない。



応力図(西面)

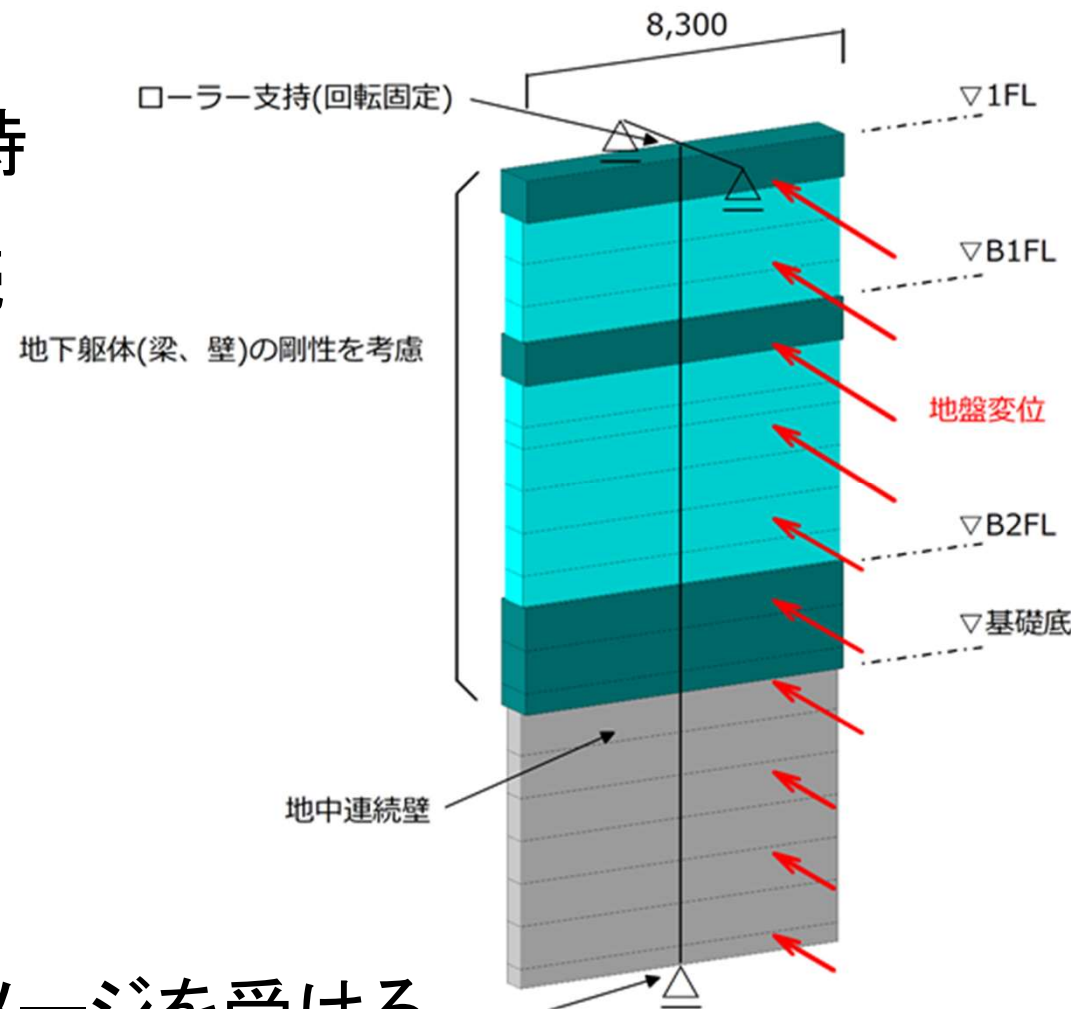
(2) 壁単体の検討

地中連続壁1エレメントに大地震時の地盤変位を作用させ、地中連続壁が構造安全性を確認する。

壁の耐力: $196\text{kNm}/\text{m}$

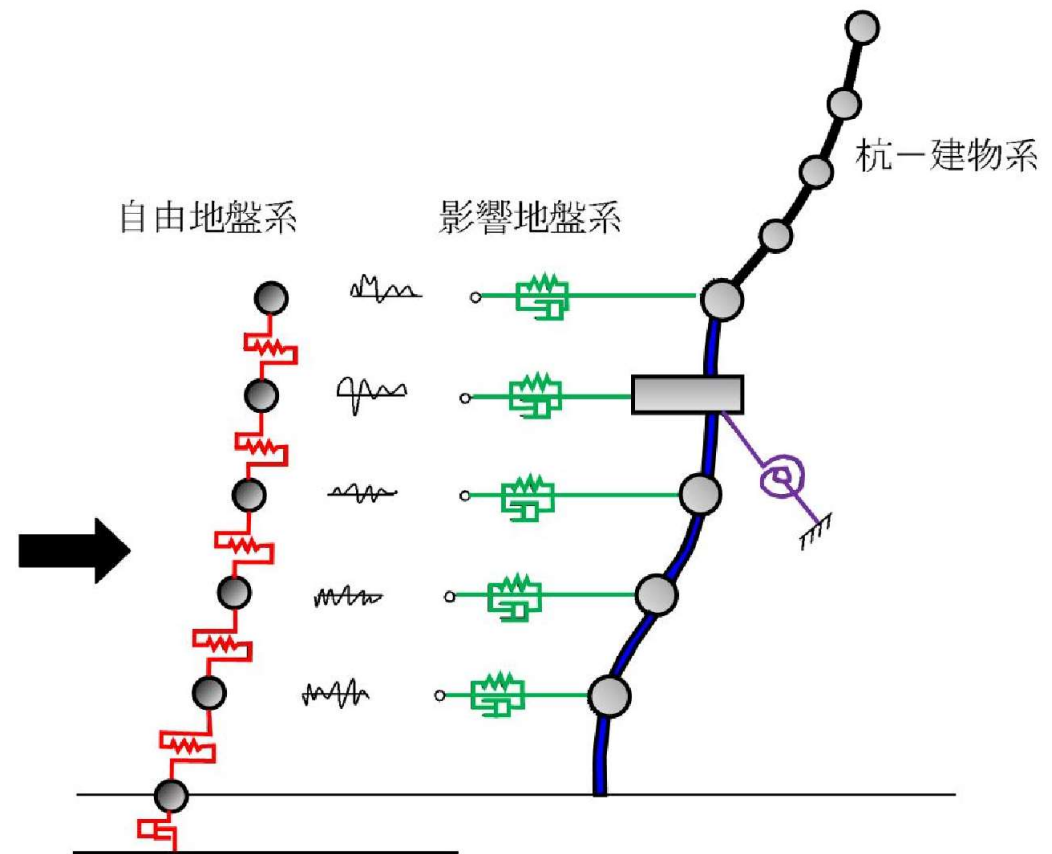
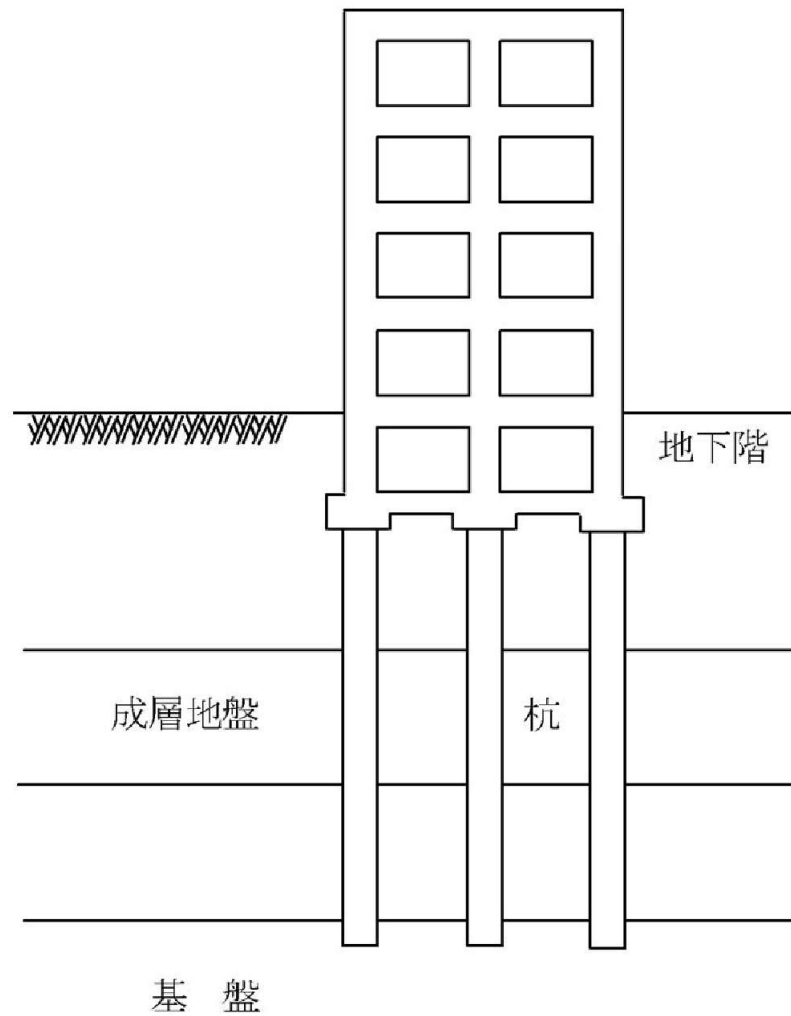
発生応力: $1771\text{kNm}/\text{m}$

応力が大きく上回り、地震時にダメージを受ける。
地中連続壁による低減効果は期待できない。



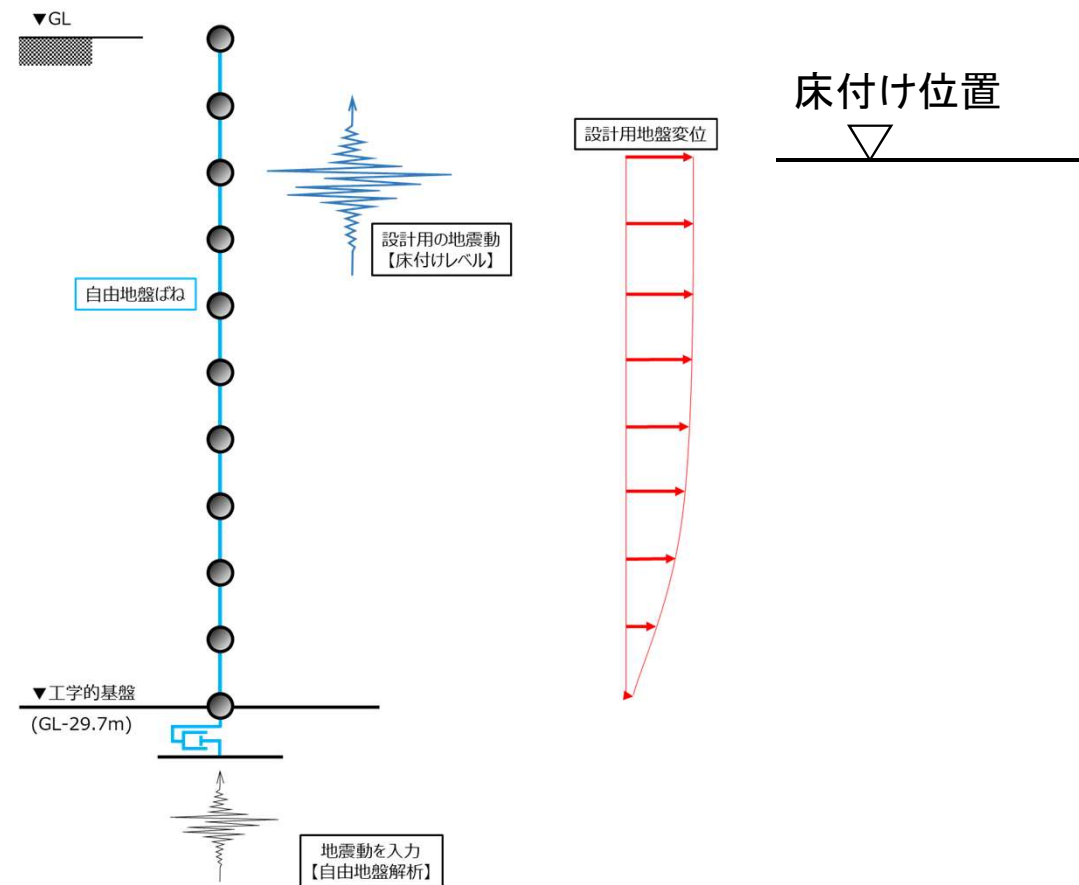
§ 4 地震時の杭・建物と地盤の動的相互作用 を考慮した時刻歴応答解析

4. 1 解析モデル

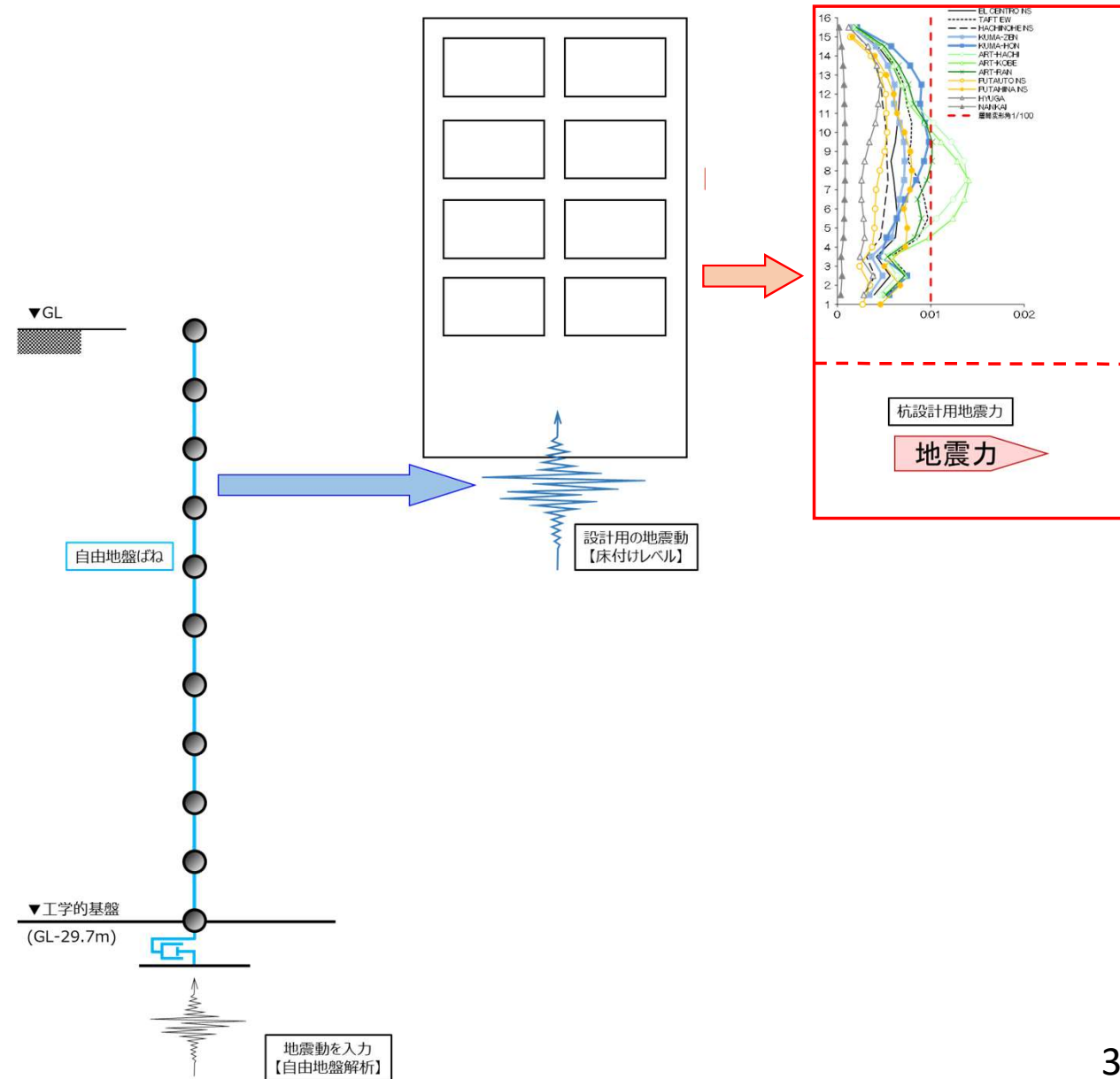


H29年の解析モデルと解析の手順

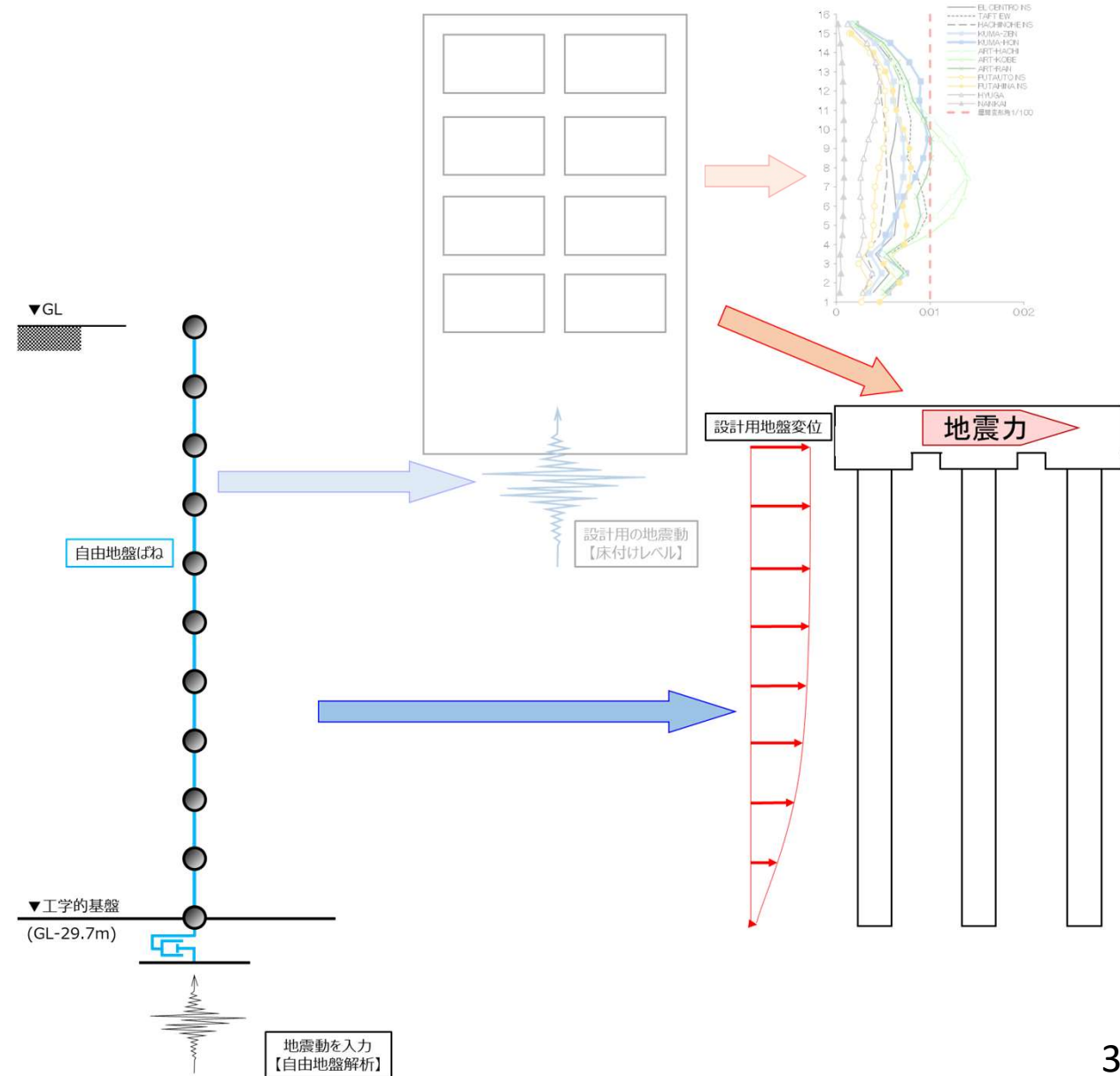
(1) 自由地盤のみの時刻
歴応答解析を行い、建物
床付け位置の設計用地
震波と地震時地盤変位
を求める。



(2) 建物床付け位置の設計用地震波を用いて、上部構造の時刻歴解析を行い、上部の応答値と杭に作用する地震力を求める。

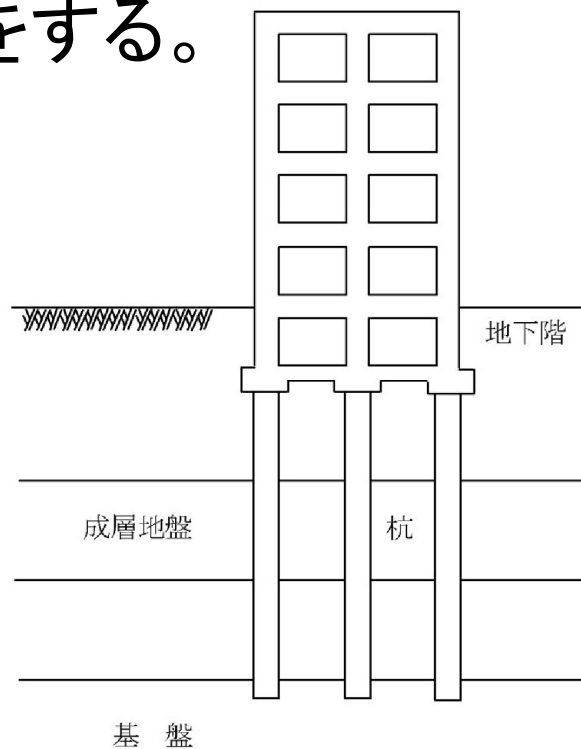


(3) 杭に作用する地震力
と地盤変位を用いて、杭
の検討を行う。



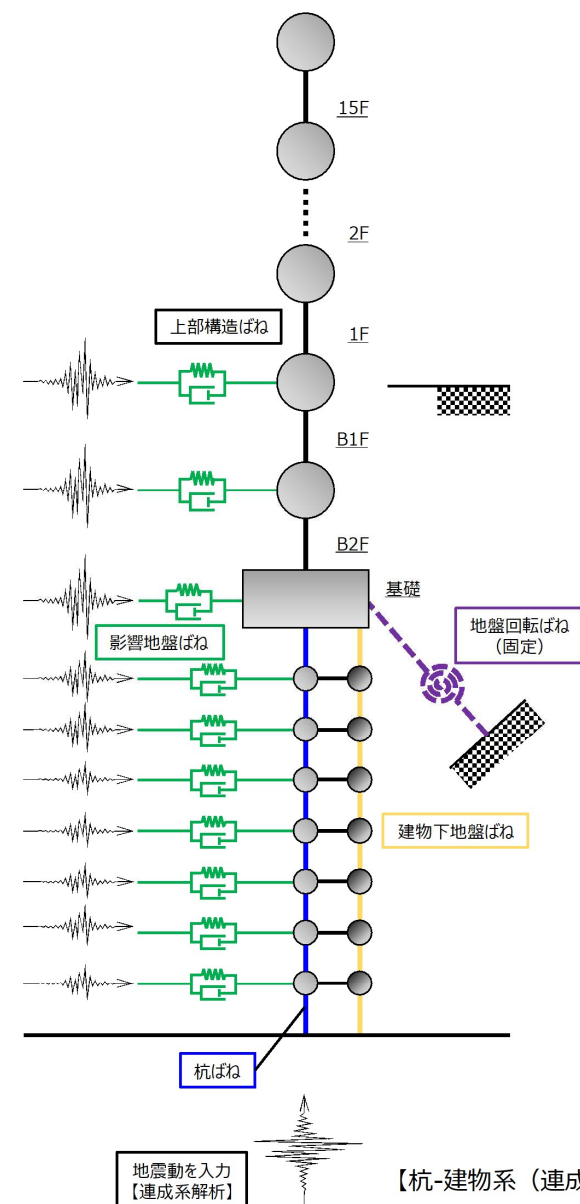
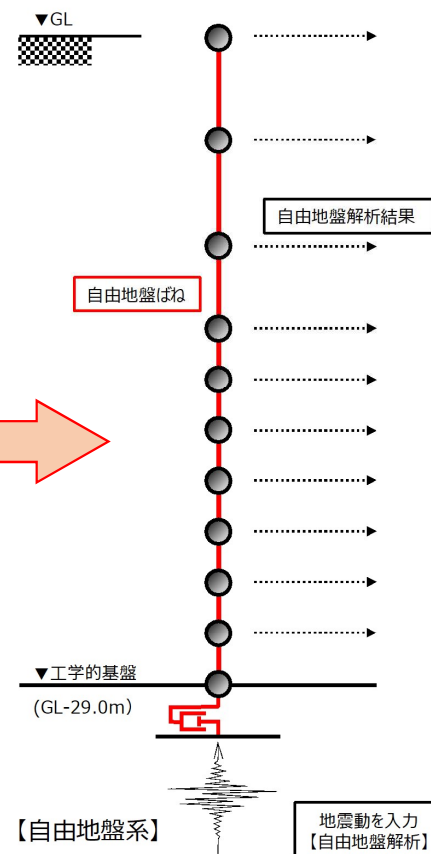
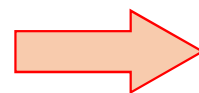
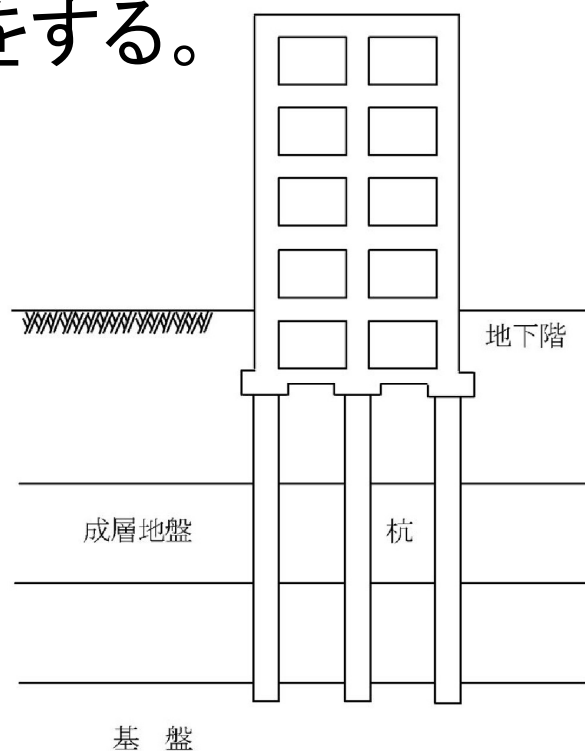
本業務の解析モデルと解析の手順

地盤、杭、建物をすべて
モデル化して、一斉に
解析をする。

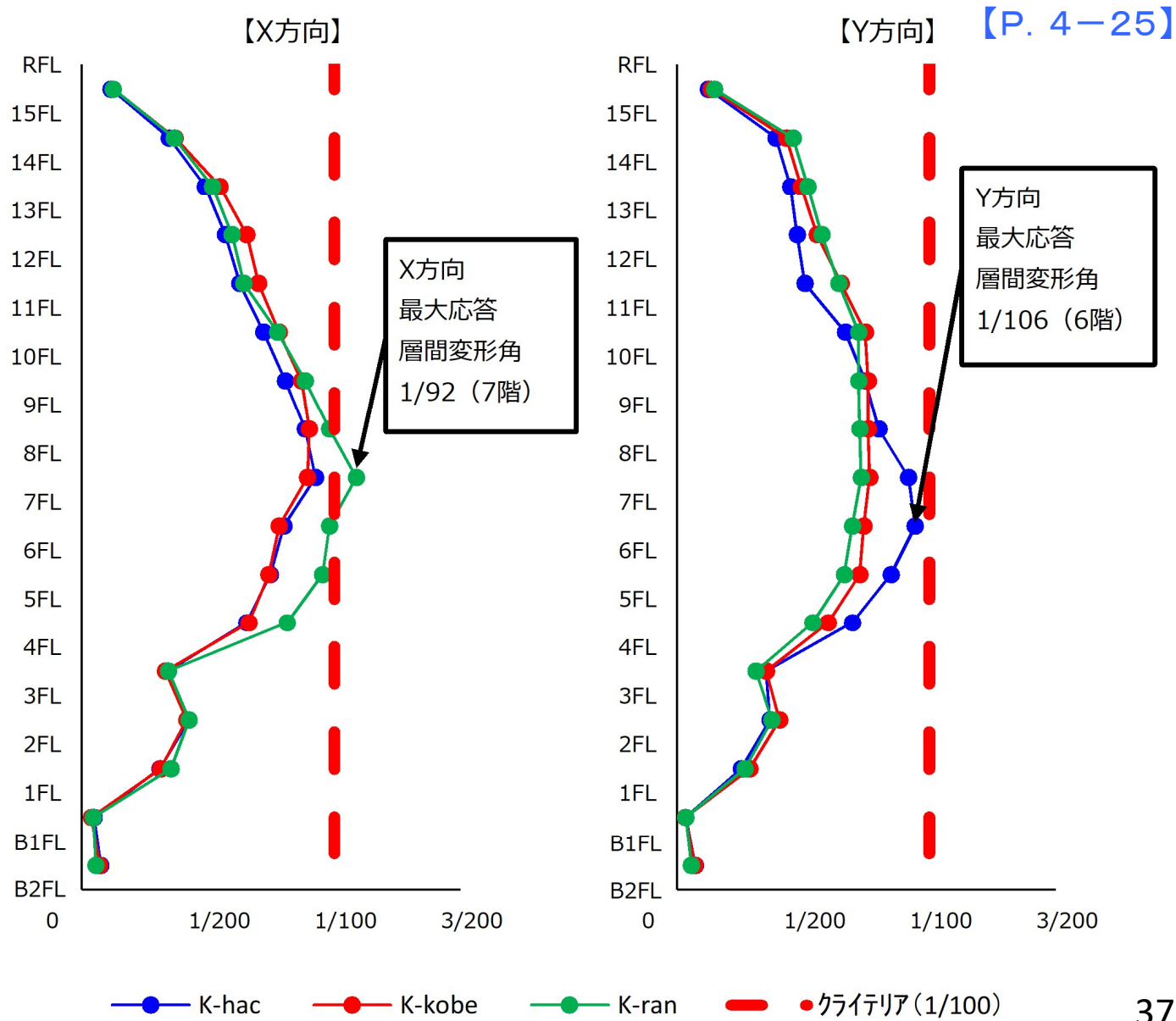


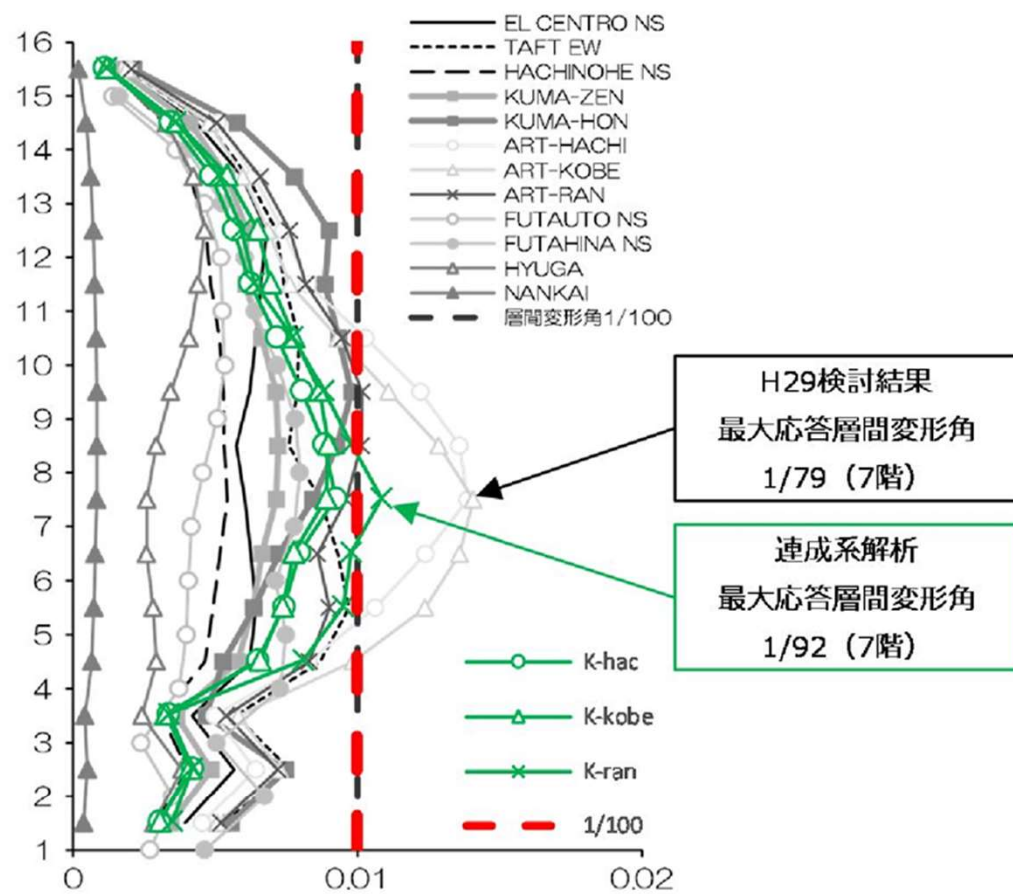
本業務の解析モデルと解析の手順

地盤、杭、建物をすべて
モデル化して、一斉に
解析をする。

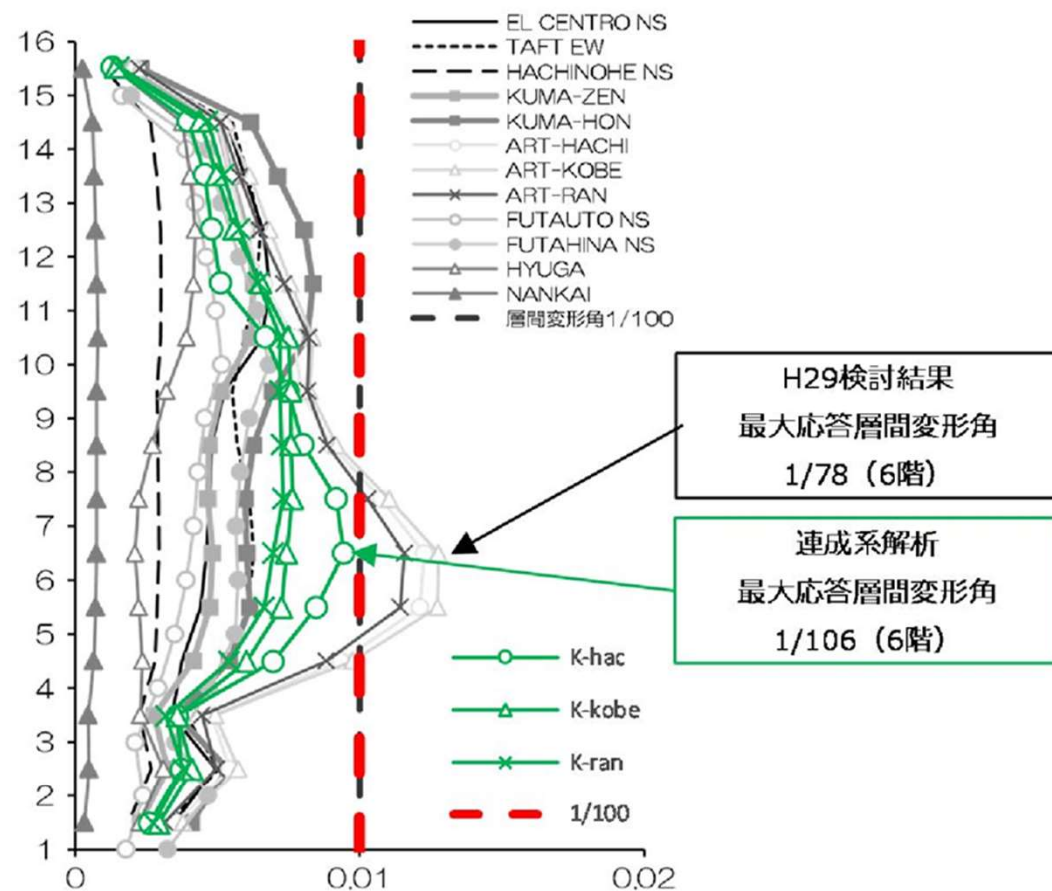


4. 4 解析結果





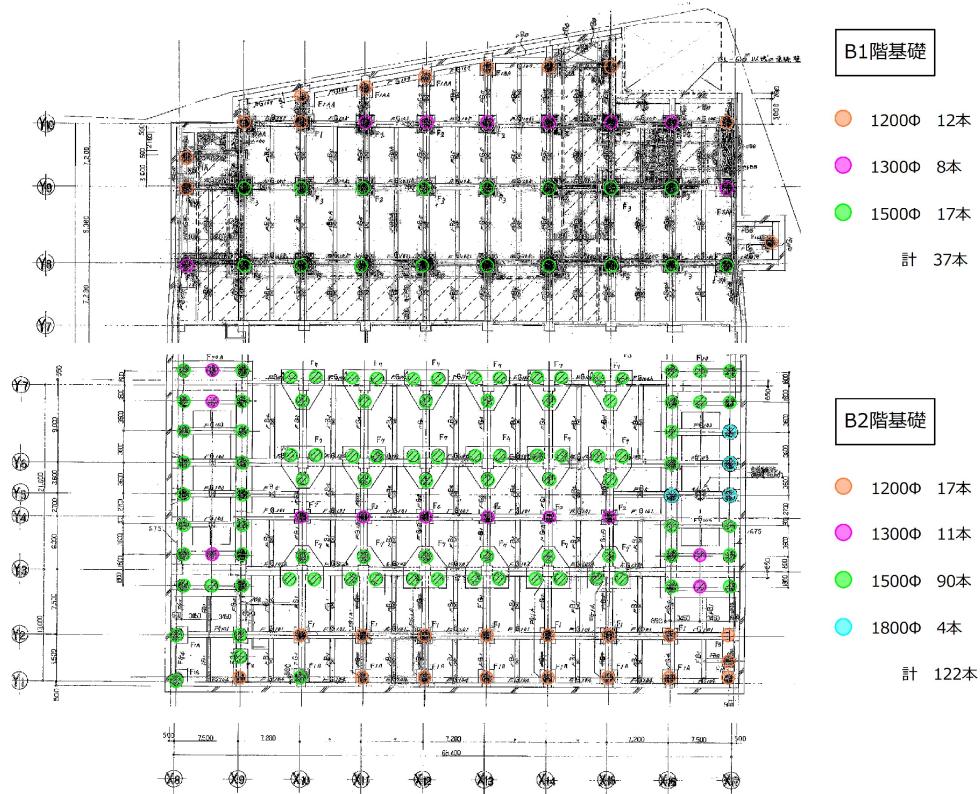
X 方向



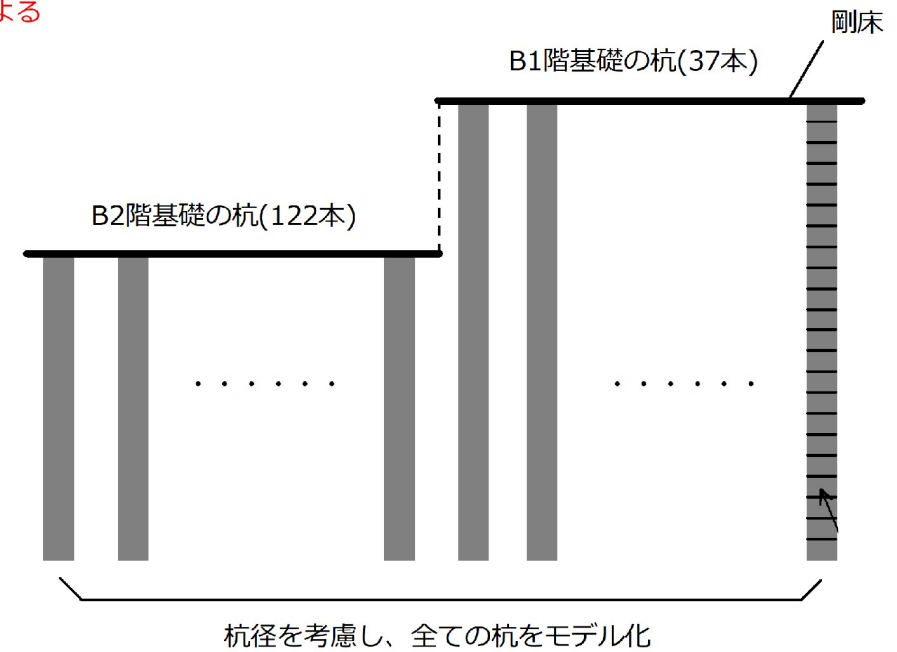
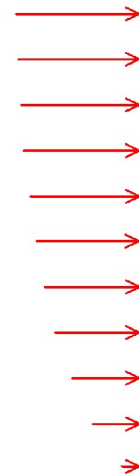
Y 方向

§ 5 動的相互作用を考慮した杭の耐震安全性検証

5.3 検討概要



連成系解析による
杭応答変位



5. 4 検討結果

X方向正加力 (杭頭部曲げモーメント最大時)

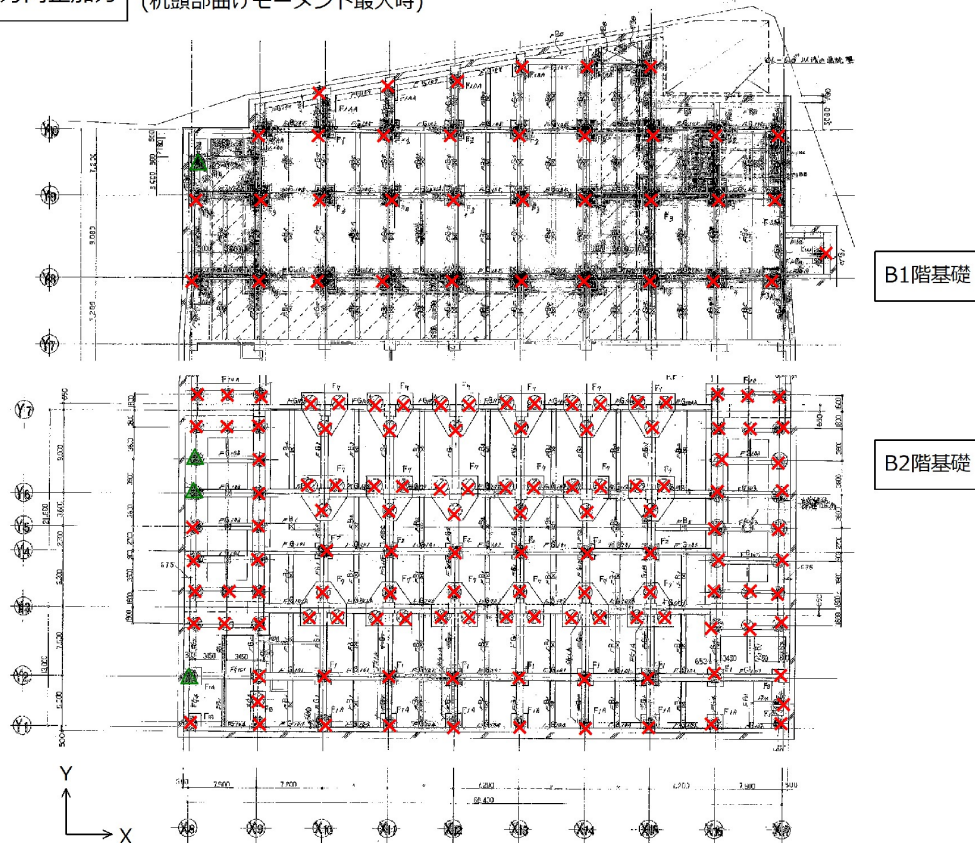


図 5-15 杭の検証結果 (X 方向正加力)

【X 方向杭頭部曲げモーメント最大時 (Hachinohe-NS 波 33.098s)】

Y方向正加力 (杭頭部曲げモーメント最大時)

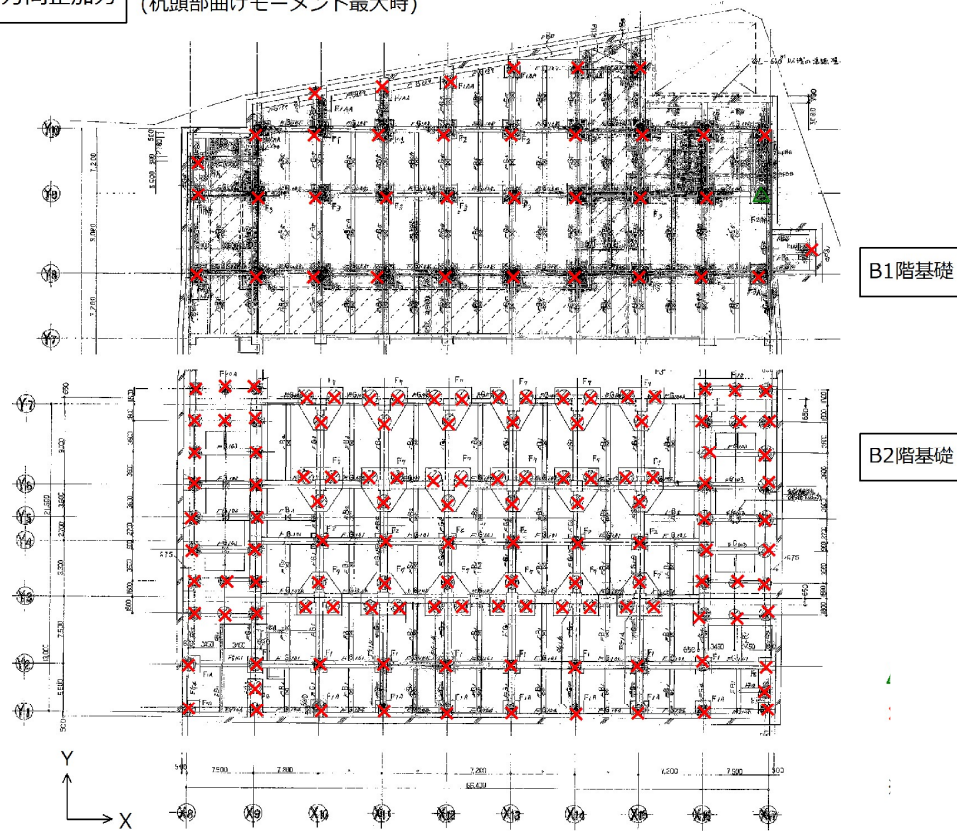


図 5-17 杭の検証結果 (Y 方向正加力)

【Y 方向杭頭部曲げモーメント最大時 (Hachinohe-NS 波 33.093s)】

▲ 引張破壊 【P. 5-17、18】

✕ 杭頭及び杭中間部の
2点以上での曲げ降伏

※ 全ての杭でせん断破壊が発生する

§ 6 まとめ

まとめ

項目		目標値	検証結果			
			X方向		Y方向	
			結果	判定	結果	判定
上部構造	最大応答層間変形角	1/100以下※1	1/92（7階）	NG	1/106（6階）	OK
杭	破壊形式	鉛直力支持能力を失わない※2	杭2点以上曲げ降伏せん断破壊	NG	杭2点以上曲げ降伏せん断破壊	NG
地中連続壁による地震時応力低減効果			面外方向地盤変位により地中連続壁の耐力を超過する	低減効果なし	面外方向地盤変位により地中連続壁の耐力を超過する	低減効果なし
総評			上部構造、杭共に目標値を満足せず、耐震性能が不足する結果となった。 また、地中連続壁は、面外方向の地盤変位作用時に発生する応力が、地中連続壁の耐力を超過することから、杭及び建物本体の地震時応力低減効果はないという結果となった。		上部構造は目標値を満足するが、杭が目標値を満足せず、耐震性能が不足する結果となった。 また、地中連続壁は、面外方向の地盤変位作用時に発生する応力が、地中連続壁の耐力を超過することから、杭及び建物本体の地震時応力低減効果はないという結果となった。	
			耐震性能が不足する			

※1：H29年度耐震安全検証を基に設定

※2：杭の「せん断破壊」、「軸圧縮破壊」、「杭頭及び杭中間部の2点以上での曲げ降伏」が生じない。参考文献7）を基に設定

まとめ

(1) 上部構造の応答は、杭の密集効果を考慮したことで地震の揺れを低減する減衰をより高く評価できたため、Y方向では目標値の1/100を満足することとなったものの、X方向では満足しないこととなり、本庁舎の耐震安全性は目標値を満たさない結果となった。

まとめ

(2) 地中連続壁は、大地震時に生じる地盤変位を作用させた結果、応力が連続壁の耐力を上回る結果となり、地中連続壁による杭及び建物本体の地震時応力低減効果はないという結果となった。

(3) 杭・建物と地盤の動的相互作用を考慮した検証の結果、杭の耐震性能が不足することから、建物全体として「耐震性能が不足する」と判断した。

対象機関	一般財団法人日本建築センター	日本 ERI 株式会社
所在地	東京都千代田区神田錦町 1-9	東京都港区赤坂 8-10-24
機関指定※ ¹ 指定取得日	国土交通大臣指定第 1 号 平成 12 年 6 月 12 日	国土交通大臣指定第 10 号 平成 13 年 7 月 31 日
見解聴取日	令和 2 年（2020 年）9 月 2 日	令和 2 年（2020 年）9 月 16 日
見解聴取部署	一財）日本建築センター評価部構造課	日本 ERI 株式会社評価部
提出資料	原設計時評価資料抜粋 H29 年度耐震安全性検証結果 動的相互作用を考慮した地震応答解析結果及び地中連続壁の検証結果	
見解聴取の観点	動的相互作用を考慮した地震応答解析結果及び地中連続壁の検証結果に関して、 任意評価※ ² の取得が見込まれる程度の一定の妥当性を有するか。	
見解聴取の結果	耐震性能を満たさないケースの任意評価 を行った事例はなく、新築時の健全性を 保持しているという前提の解析モデルで は、現状の建物を評価していることになら ず、社会的な混乱を招く恐れがあるため、 審査することはできず、任意評価の取得 は不可能とされた。	任意評価書（構造性能評価書）の取 得は可能と想定されるという回答であり、 今回の解析手法は任意評価の取得が見 込まれる程度の一定の妥当性を有すると 判断された。