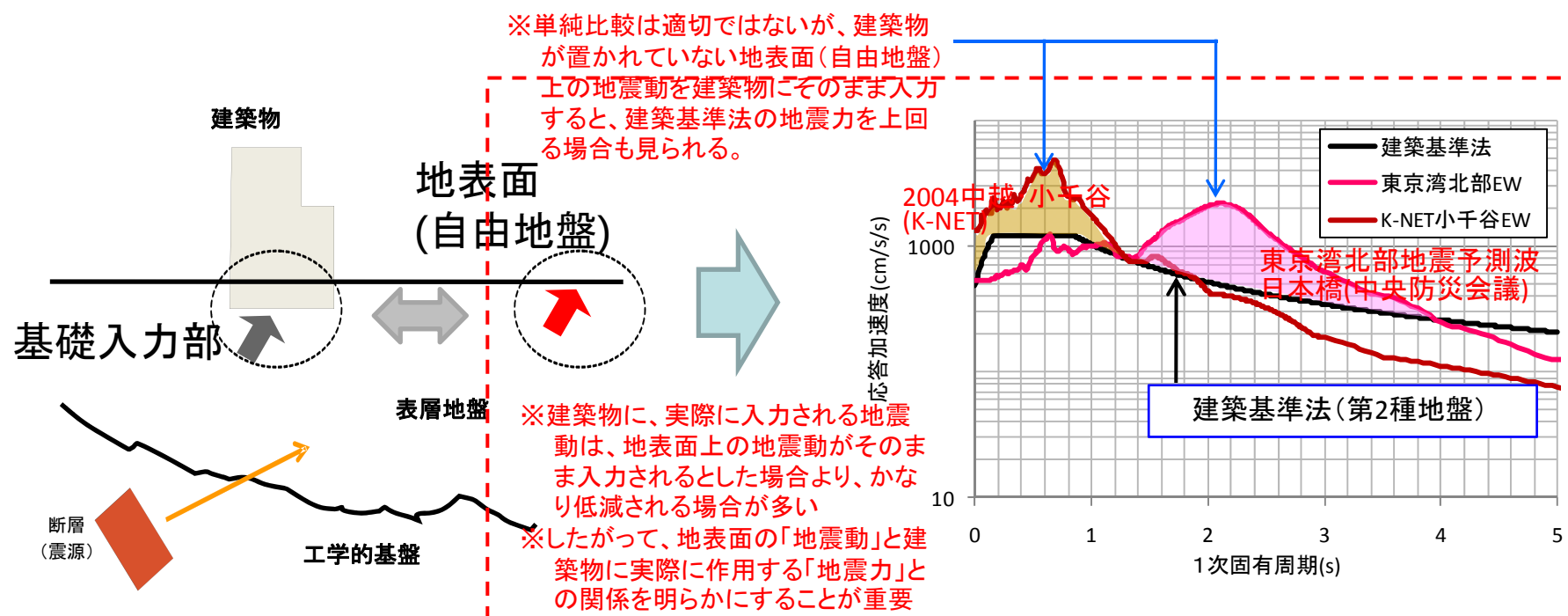


地震動情報の高度化に対応した 建築物の耐震性能評価技術の開発 (中間報告)

国土技術政策総合研究所
建築研究部

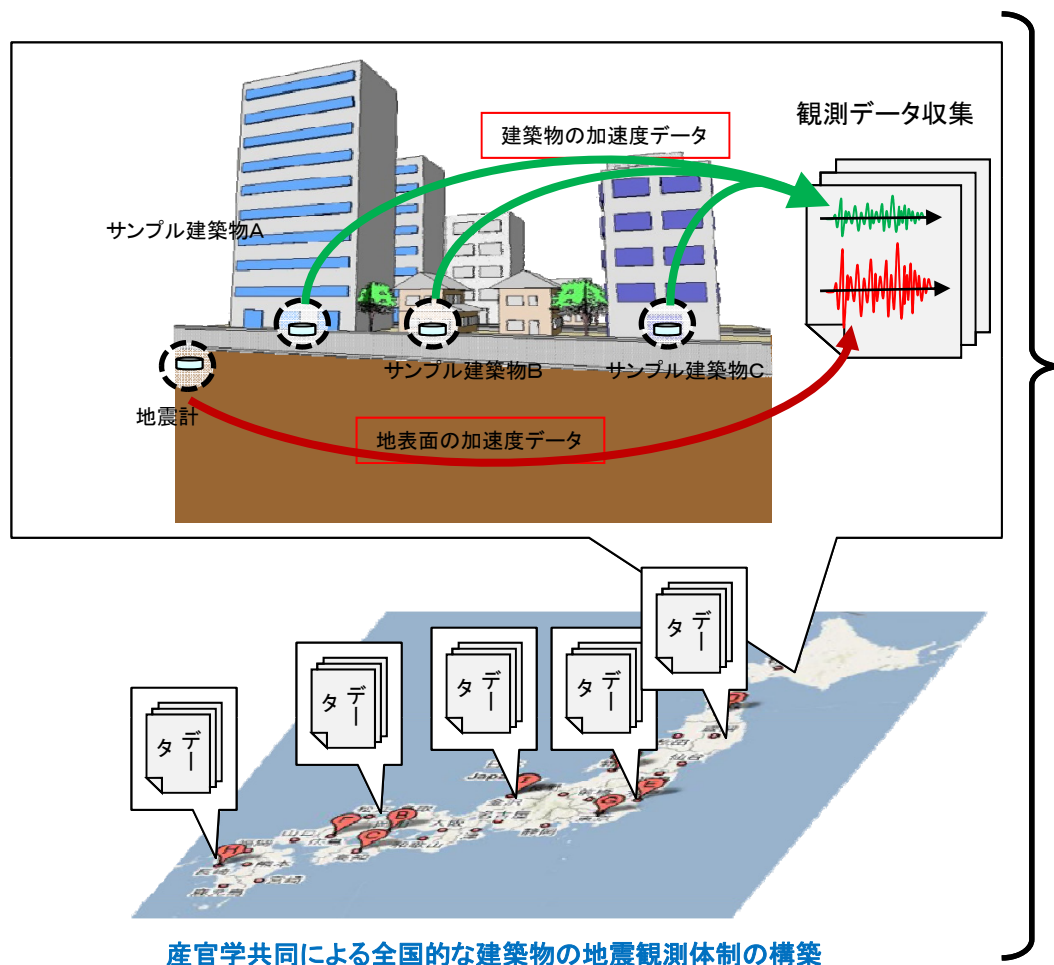
研究の背景

- 近年の大規模地震の観測結果や想定結果をみると、建築物に入力される地震動に置き換えた場合に建築基準法のレベルに収まるか否か疑問を持たざるを得ないレベルのものも見受けられる。



土木・建築学会「海溝型巨大地震による長周期地震動と土木・建築構造物の耐震性向上に関する共同提言」(平成18年)において、「自由地盤系・周辺地盤系・近傍地盤—基礎—上部構造系の高密度な地震観測の着実な実施が必要」と提言される等、**建築物の地震観測の必要性**が多くの関係識者より指摘されている。

技術開発のイメージ



建築物内外の地震観測記録を収集し、地表面の「地震動」と建築物に作用する「地震力」との関係を明らかにする

技術開発目標

①建築物と地盤の特性の双方を考慮した地震力評価手法



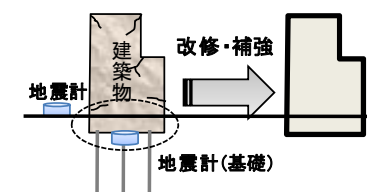
※耐震設計一般を検討対象

②地震観測結果に基づく継続的な耐震設計技術の改良方法



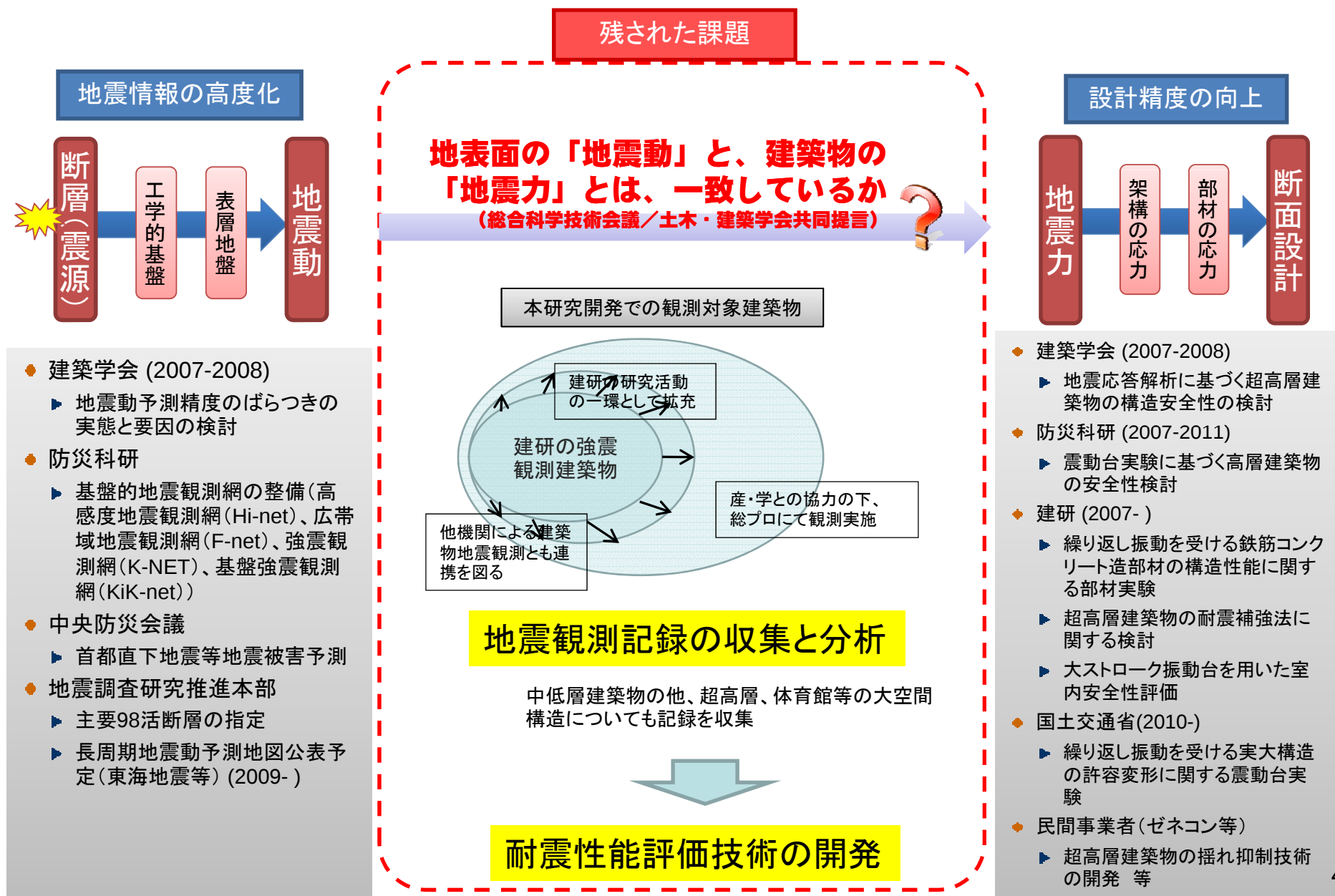
※継続的地震観測のあり方を検討対象

③地震観測結果に基づく地盤を含めた効率的な耐震改修技術の開発



※個々の建築物の対策方法を検討対象

研究開発の位置づけ



地震観測記録の収集と分析(1)

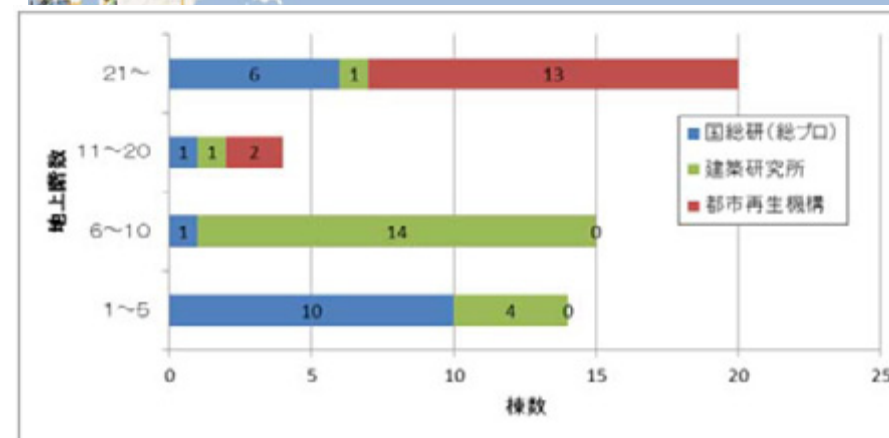
建築物の地震観測体制の拡充と地震記録の収集

総プロ前: 独立行政法人建築研究所
によるもの(黄色)



- ・建築物の内外で観測しているのは19箇所
- ・10階以下の公的事務所中心

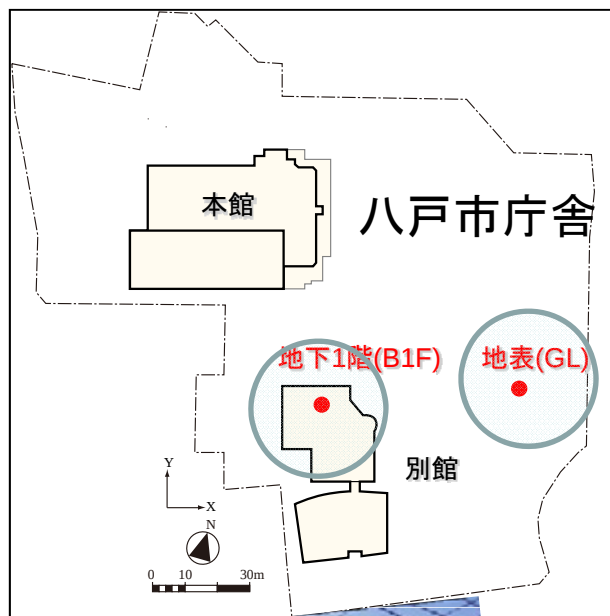
総プロにより、新たに追加したもの+総プロ前



※次年度初頭までに、静岡、和歌山、宮崎等太平洋沿岸中心に追加予定(継続的地震観測用)
※さらなる拡充のため、大学等との連携を検討

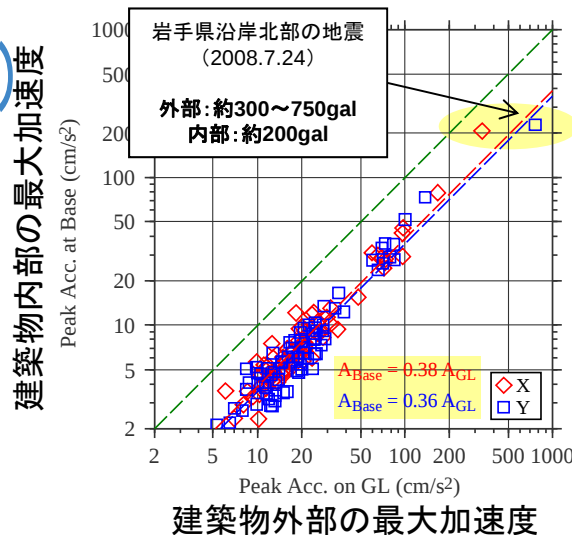
地震観測記録の収集と分析 (2)

建築物内外の記録の整理・分析 (基本的方針)



提供: 独立行政法人建築研究所

外部と内部で、最大値を比較する

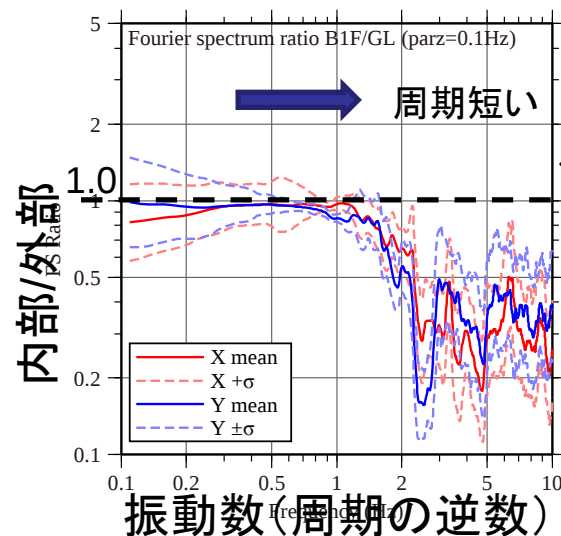


建築物内部では40%程度 (平均) に低減したデータが得られている。
→ 地表で震度6弱でも、建物では5相当となるなどの場合がある (右上の点)

建築物の地震力への影響は?

周波数毎に、外部と内部の大きさの比を求める

※ フーリエスペクトル比 (内部/外部) の算出



課題

以下の影響を分析
・ 地盤特性
・ 根入れ深さ
・ 杭 など

技術開発目標①:

建築物と地盤の特性の双方を考慮した地震力評価手法の開発

項目名	年度			検討内容
	22	23	24	
a. サンプル建築物の地震観測記録に基づく地表面の地震動と建築物に入力する地震動との関係の分析				・2011年東北地方太平洋沖地震の記録を含む、超高層20棟、中低層33棟の建築物内外同時観測記録の収集 ・フーリエスペクトル比(内/外)の算出とその定式化等の検討 ・シミュレーションによる検討[非線形性の影響含む] (以上、今後も同様に検討)
b. 建築物へ入力する地震動から荷重効果としての地震力を予測する技術の開発				・地震観測記録に基づき、建築物上部構造における剛体的挙動、ロッキングの影響等を分析 (以上、今後も同様に検討) ・シミュレーションによる検討[非線形性の影響含む]
c. 建築物と地盤の特性の双方を考慮した地震力評価手法の開発				・設計用地震力評価の合理化を図るための技術指針を提供 ・現行の耐震基準(設計用地震力)を点検、検証する方法を策定

①-1 超高層建築物の地震観測記録の収集 (項目a, b)

- ・20棟の超高層建築物の記録を収集、整理、分析
- ・基礎構造形式を、大きく「**直接基礎**」、「**地中連壁+杭**」、「**杭**」の3タイプに分類
- ・それぞれに該当するもののうち、2011年東北地方太平洋沖地震において、震度4以上を計測した事例各1例を取り上げ、詳細に分析

A建築物

階数:33

構造:S造

基礎:B4F, 直接基礎

B建築物

階数:32

構造:RC造

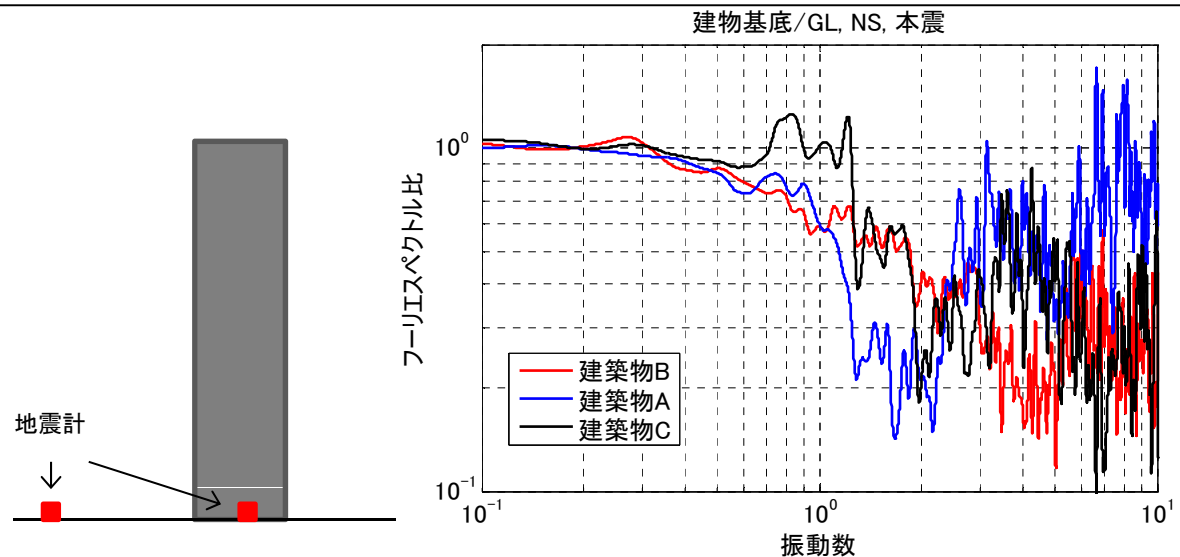
基礎:B1F, 地中連壁+杭

C建築物

階数:36

構造:免震構造

基礎:BF無し, 杭



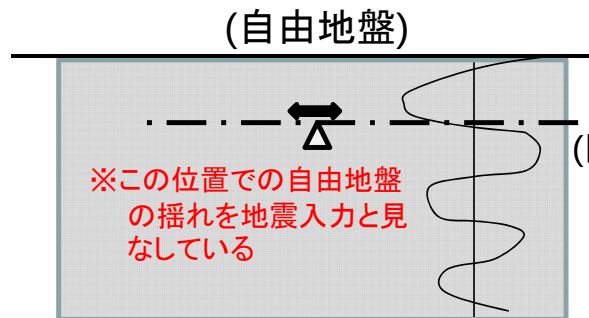
2011年東北地方太平洋沖地震での記録

- (1) 地盤の非線形性の影響(※現地調査にて地盤の変状が観察された)
- (2) 基礎構造の違いの影響

※解析手法として、実用的方法(地盤-建物分離型のSRモデル)と詳細法(一体型の3D FEM)の両者を採用し、8比較

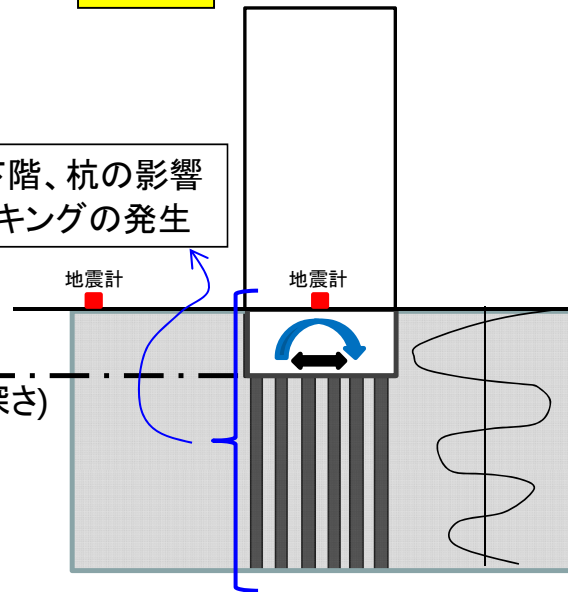
①-2 超高層建築物の地震観測記録の分析 (項目a, b, c)

耐震設計の多くで採用されている仮定



地下階、杭の影響
ロッキングの発生

実際



土木・建築学会「海溝型巨大地震による長周期地震動と土木・建築構造物の耐震性向上に関する共同提言」(平成18年)に対応

提言6: 超高層建築物では、特に深い埋め込み基礎や大規模な群杭基礎を有する場合に、基礎入力動の性状が建物応答に大きな影響を受ける。したがって、地盤の非線形挙動を含めた動的特性と、相互作用を適切に考慮して建物の応答解析を行う必要がある。

建物高さ(60m以上)、及び、地震動も変えて、シミュレーションを実施

取りまとめ(現在、解析による記録の再現と分析を実施中)

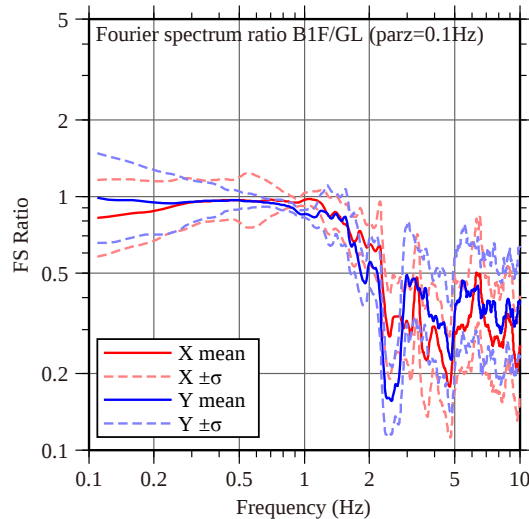
(今後の取り組み予定)

- ・実用的方法(地盤-建物分離型のSRモデル)の妥当性
- ・建築物基底深さ位置での自由地盤内の地震動を、入力地震動とすることの妥当性
- ・ロッキングの影響
- ・上部構造の地震応答(特に高次モード)に対する入力損失効果の影響の有無

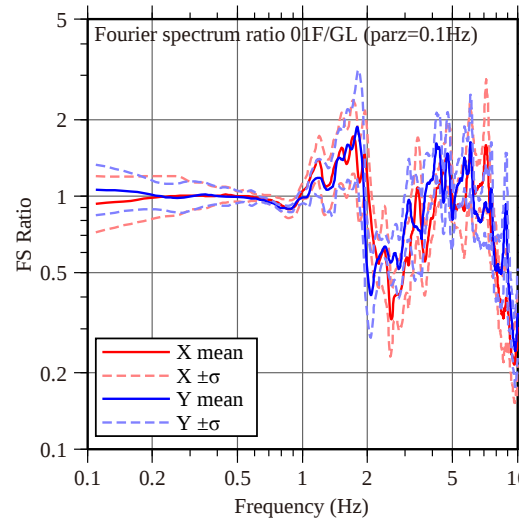
地震力評価手法に関する技術指針に反映

①-3 中低層建築物の地震観測記録の収集・分析 (項目a)

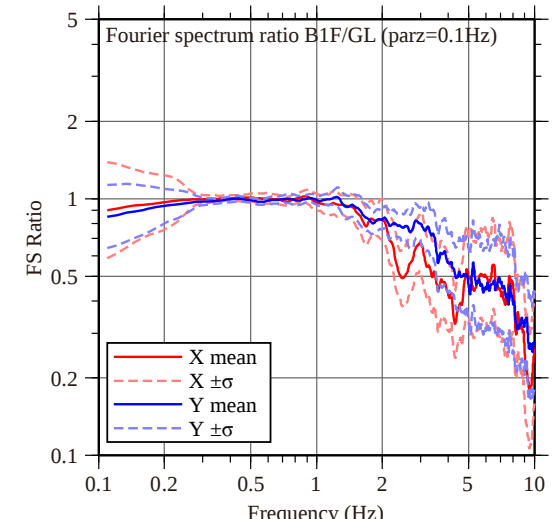
根入れ深さ(地下階の階数)、杭の有無等により、内部/外部の比の類型化



(地下1階+杭)

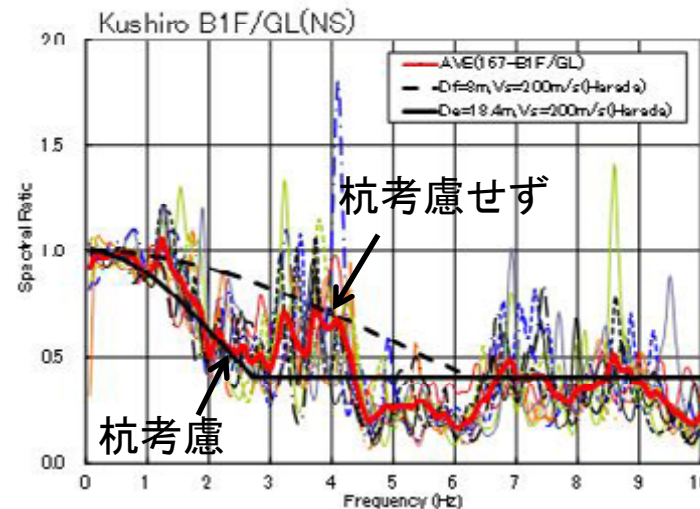
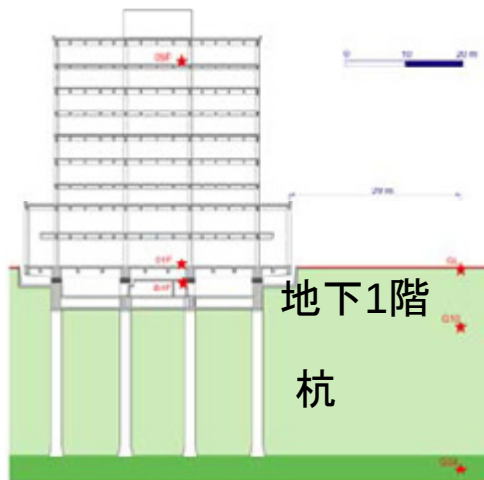


(杭)



(地下1階)

入力低減の簡易評価法の検討



根入れ深さに加え、
杭の有効長さ L_a に応じた値 $(p/4)L_a$ を、加えること等で、**杭が地盤を拘束し、地震入力を低減する効果を評価できることが明らかに**なる見込み

①-4 中低層建築物の設計用地震力の検証 (項目a, b, c)

地震動

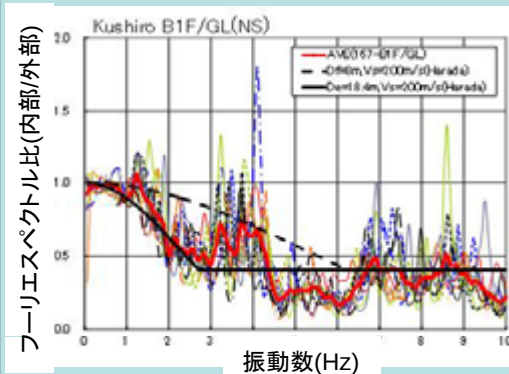
総プロ

設計用地震力の評価

地表面上のサイト波の提示

工学的基盤でのサイト波の提示

フーリエスペクトル比
(建物基底/GL)



地震観測記録の収集、分析
とモデルへの反映

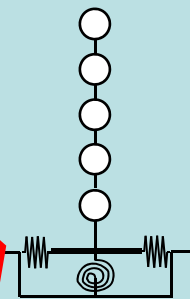
総プロ後も地震観測を継続的に実施

入力低減を加味
した入力地震動

※地盤と建築物(基礎構造)
のモデルが必要

SRモデルへの入力

※地盤と建築物のモデル
が必要



(今後の取り組み予定)

・最大加速度
・応答スペクトル

・建築物の設計
用地震力を照査

※耐力、靱性の評価、
過去の地震被害報告
等も視野に入れる

課題: すべり、剥離、
隣棟との近接etc.

技術開発目標②:

地震観測結果等に基づく継続的な耐震設計技術の改良方法の開発

項目名	年度			検討内容
	22	23	24	
a. サンプル建築物の地震入力及び応答データを蓄積していくシステムの構築				・継続的に、地震観測を実施すべき、建築物を選定し、地震観測を実施 ・UR、大学等と地震記録を共有する体制を構築(今後も、同様に実施)
b. 蓄積されたデータの検証結果を建築物の耐震設計技術へ継続的に反映し改良していく方法の開発				・項目①で取りまとめられる技術指針において、地震観測により、継続的にブラッシュアップしていくべき事項(非線形性の極めて大きな領域での地震力評価等)を抽出(今後も、同様に実施) ・抽出事項に対応した地震観測記録の整理、分析方針を取りまとめ

②-1 「継続的な耐震設計の改良方法」の概念 (項目b) 国土交通省

(理論的、解析的検討)



※過去の研究参照

理論的、解析的検討による相互作用効果の評価手法の検討

※総プロ期間内に実証しきれない部分

実現象では、各種ばらつき要因や未知の要素が考えられるため、安全率を高め設定せざるを得ない(特に非線形部分)

(地震観測による実証的検討)



※一次的なデータ分析はほぼ終了

地震観測に基づく実証的検証
(これまで想定していなかった未知の現象の発見もあり得る)

※総プロで課題を明確化

(今後の取り組み予定)

継続的な地震観測体制のあり方と、観測における課題の検討

総プロ終了後

※総プロ終了後も地震観測は実施

評価手法の信頼性向上、安全率の低減

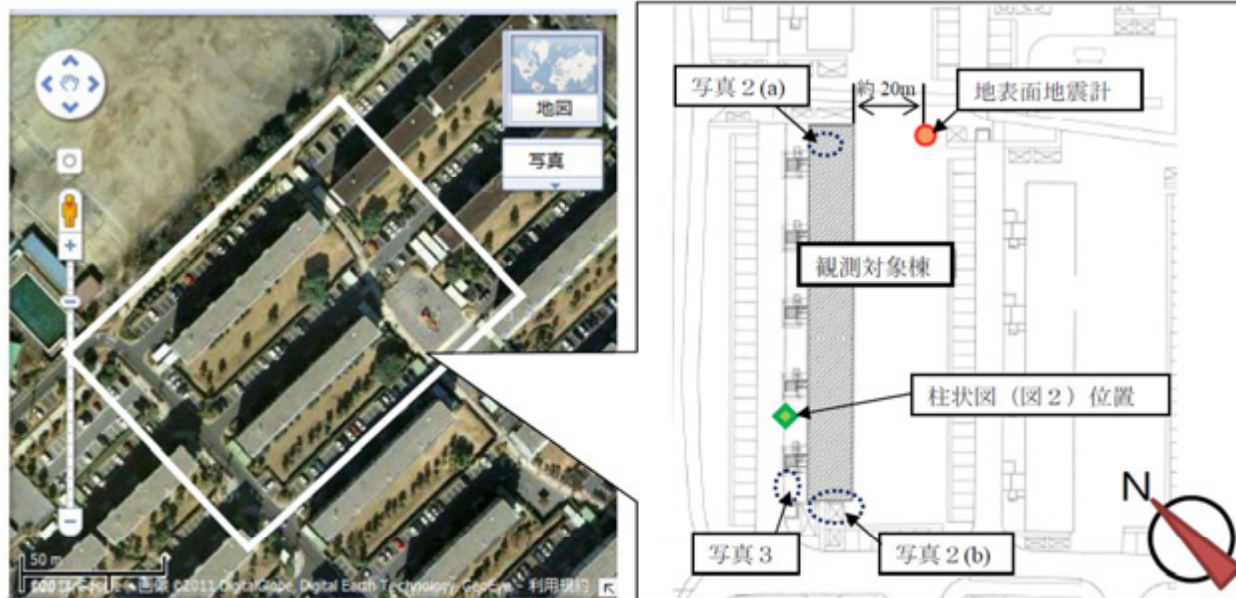
技術開発目標③:

地震観測結果に基づく地盤を含めた効率的な改修技術の開発

項目名	年度			検討内容
	22	23	24	
a. 実測による既存建築物の地盤を含めたローコスト耐震診断技術の構築				・ケーススタディモデルとして、旧耐震による板状建築物を選定し、実測に基づき、既存建築物の地震時特性を評価する方法を検討、 提示(今後も、同様に実施)
b. 実測による既存建築物の耐震改修用地震力設定手法の構築				・ケーススタディを通し、建築物の耐震改修用地震外力分布等を、個々の建築物の特性に応じて、より実況に即した形で、検討、 提示(今後も、同様に実施)
c. 実測による既存建築物の地盤を含めたローコスト耐震改修技術の構築				・ 実況に即した耐震改修用地震力設定等に基づき、より効率的な耐震改修を行える方法を取りまとめ

③-1 ケーススタディモデルの概要 (項目a)

千葉県美浜区における板状建築物



類似の建築物が数多く存在

旧耐震基準による板状建築物

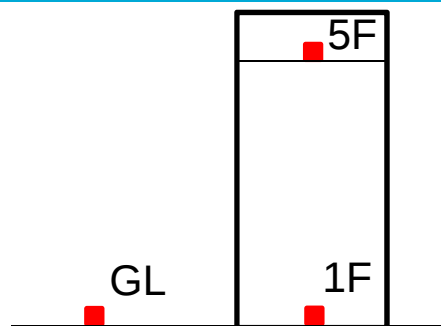
※膨大な住宅ストックを形成

※エレベータ改修等、機能更新の時期

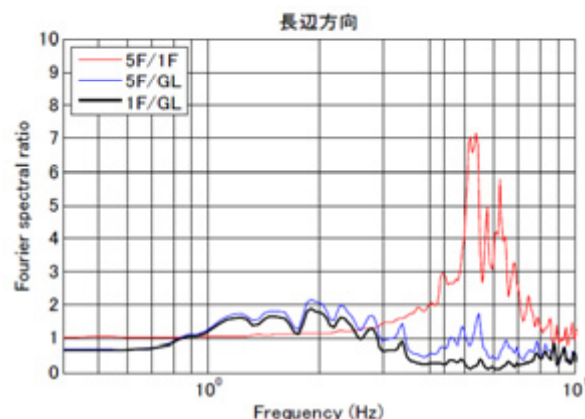
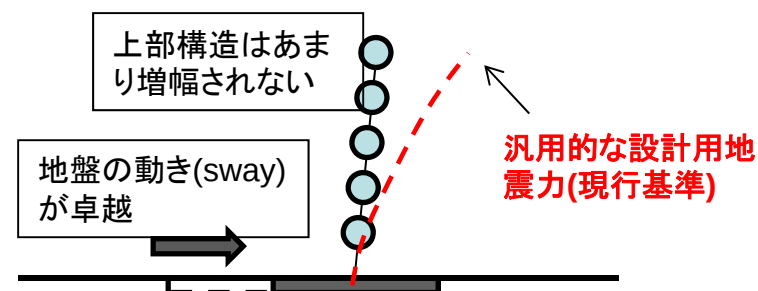
※基礎ばねの特性等を含めた耐震改修用地震力分布の設定により、改修工事を合理化

耐震改修プロジェクトが予定されている建築物について、**短期間、地震観測を実施することを想定**

③-2 耐震改修用地震力の検討など (項目a, b)



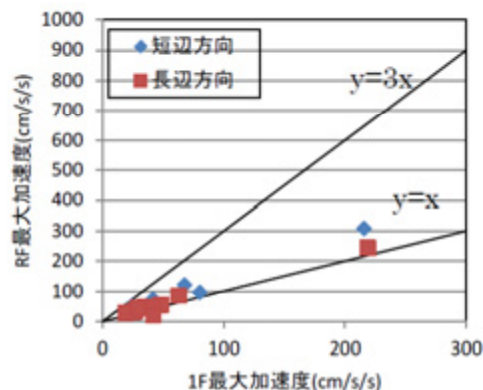
※記録の分析結果から、地震力評価に関するどのような情報を引き出せるか？



- (イ) 青線と黒線が、ほとんど一致している(フーリエスペクトル比)
- (ロ) 1Fと5Fの最大加速度も、ほとんど一致している(1Fと5Fでの最大値比較)

(イ)(ロ)より、表面の動きと、建物頂部の動きがほぼ一致しており、上部構造の挙動において、剛体挙動が卓越していることが明らかに

東北地方太平洋沖地震での記録の分析
(フーリエスペクトル比)



1Fと5Fでの最大値比較

(今後の取り組み予定)

- ・地盤条件の異なる場合の検討
- ・本建築物に類似した建築物の設計用地震動として、剛体挙動卓越型の耐震改修用地震力分布を検討(個別の特性を反映)

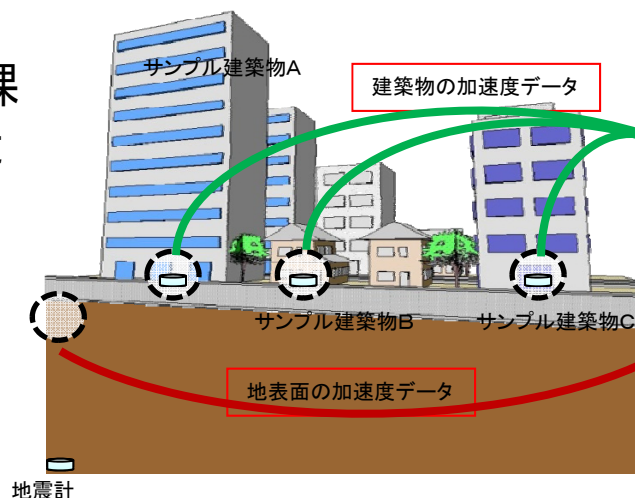
※以上のようなケーススタディを実施

地震観測を実施することで、耐震改修用の地震力分布等を合理的に設定する方法を取りまとめ

建築物の防災対策関係者

官庁営繕部
住宅局建築指導課
(社)日本建築構造
技術者協会

※成果が確実に建
築防災対策に反映
されるようにする



※国総研が主体となり実施

地震観測記録の分析

協力：
建築研究所
大学
URなど

サンプル建築物の地震観測

地震動・防災情報の提供

中央防災会議
地震調査推進研究本部
防災科学技術研究所

サンプル建築物の提供

官庁営繕部、地方整備局等
地方公共団体
民間(URなど)

地表面上の観測記録の提供

防災科学技術研究所
気象庁

建築物の観測記録の提供

建築研究所
大学
民間(URなど)

地震動情報の高度化に対応した建築物の 耐震性能評価技術開発委員会

委員長 : 久保哲夫 (東京大学)
委員 : 福和伸夫 (名古屋大学)
久田嘉章 (工学院大学)
鳥井信吾 ((社)日本建築構造技術者協会)
飯場正紀 ((独)建築研究所)
大川出 ((独)建築研究所)

- ・建築物の分類と、地震観測記録を収集すべき建築物の範囲、新たに地震観測を実施すべき建築物の選定
- ・地震力設定に係る建築物の地震観測記録の分析方針、及び、分析結果の評価に係る検討
- ・地震力設定に係る建築物の地震応答解析方針、及び、解析結果の評価に係る検討
- ・建築物の地震観測記録及び地震応答解析結果を踏まえた建築物の耐震性能評価技術合理化の検討
- ・建築物の地震観測の今後のあり方に関する検討

