

構造物と地盤の相互作用を考慮した設計用地震力の評価

その1. 検討モデルデータベースの構築と弾性時応答特性

設計用地震力 動的相互作用 入力損失効果
増分解析 限界耐力計算法

正会員 ○皆川 隆之*¹ 同 小豆畑 達哉*²
同 花井 勉*³ 同 飯場 正紀*⁴

1. はじめに

屋内外で地震観測が実施された建築物について、地震記録の分析より構造物と地盤の相互作用効果についての研究報告が行われている(例えば¹⁾)。今後、これらの研究成果を活用した、巨大地震等に対する建築物の設計用地震力の評価が急がれる。

本検討では、はじめに設計用地震動評価に必要な建築物の構造及び地震応答特性を得るため、いくつかの構造区分毎に公開された既存の設計例²⁾を用いて建物、地盤、相互作用バネ及び減衰モデルのデータベースを構築する。その後、入力地震動をパラメータに、構造物と地盤の相互作用効果について、上部架構1質点SRモデルの時刻歴応答解析により検討する。検討では、限界耐力計算法では設定されていない入力損失についても既往の評価式により考慮した。なお、本報では、解析モデルの構築方法と弾性レベル(稀地震時)の応答特性について報告する。

2. 検討方法

2.1 解析パラメータ

表1に示すRC造(10棟)及びS造(7棟)についてX、Y方向(2種類)、1階と同平面寸法の地下室の有無(2種類)の組合せにて建物モデルを作成し、地盤モデルは文献3からの地盤定数(4種類)とした。工学的基盤の地震動は告示波(稀地震、ランダム位相)とする。図1に建物モデル特性(終局せん断力係数)を示した。

2.2 上部架構特性の設定

増分解析により建物の層せん断力-層間変位関係を得る。解析は任意の層が1/75radに至る時を安全限界変位とした。RC造(耐力壁付き)で耐力壁にせん断破壊が生じ

表1. 検討建築物の概要²⁾

| プラン | 構造 | 階数(※) | 告示周期 | 架構形式 | (m) | 用途 | 備考 |
|------|----|--------|------|-----------------------------|-----------|------|--------------------------|
| 1-1 | RC | 5/0/0 | 0.29 | X方向: 純ラーメン Y方向: 耐力壁付ラーメン | 48×10 | 共同住宅 | |
| 1-2 | RC | 10/0/0 | 0.59 | | | | |
| 1-3 | RC | 14/0/0 | 0.85 | 両方向とも純ラーメン | 24×24 | 共同住宅 | |
| 1-9 | RC | 5/0/0 | 0.29 | | | | |
| 1-10 | RC | 10/0/0 | 0.59 | 両方向とも純ラーメン | 36×23 | 事務所 | 外壁構面外PC壁 外壁柱際スリットRC雑壁 |
| 1-11 | RC | 14/0/0 | 0.85 | | | | |
| 3-1 | RC | 10/1/1 | 0.80 | 両方向とも純ラーメン | 36×23 | 事務所 | |
| 3-3 | RC | 5/1/1 | 0.40 | | | | |
| 3-4 | RC | 5/1/1 | 0.40 | 耐力壁付ラーメン | 32×18.6 | 事務室 | |
| 3-5 | RC | 10/1/1 | 0.80 | | | | |
| S-1 | S | 5/0/1 | 0.62 | 両方向とも純ラーメン | 21.6×14.4 | 事務室 | |
| S-2 | S | 5/0/1 | 0.62 | | | | |
| S-4 | S | 10/1/1 | 1.21 | 両方向とも純ラーメン | 21.6×14.4 | 事務室 | |
| S-6 | S | 10/1/1 | 1.21 | | | | |
| S-10 | S | 14/1/1 | 1.74 | 両方向とも純ラーメン | 21.6×14.4 | 事務室 | |
| S-19 | S | 3/0/1 | 0.32 | | | | |
| S-20 | S | 3/0/1 | 0.32 | X方向: プレース有 Y方向: 純ラーメン | | | |

(※) 地上/地下/塔屋

る場合は、耐力壁のせん断破壊直前までを荷重増分、その後を破壊層の変位増分により解析する。解析にはSPACE⁴⁾を用いた。その後、限界耐力計算法と同様に1自由度系に縮約し、トリリニア型の骨格曲線を設定する(図2)。

2.3 地下室、杭の設定

地下室は階高3mとして、杭設計用の重量として扱う。また、杭はPHC、アースドリル拡底杭工法より各上部架構解析結果及び地盤条件により設計配置する。

2.4 地盤応答解析、地盤SRモデル、基礎入力動の設定

逐次積分法による地盤応答解析結果を用いて地盤特性値の評価を行う。図3に表層の加速度応答スペクトルを示す。土質層毎の平均最大歪みの65%の土質特性(G/G₀-γ, h・γ)より、等価剛性及び等価粘性減衰定数を評価する。地盤SRモデルは、限界耐力計算法の手法より評価する。また、杭による入力低減効果として文献5⁷より、実際の根入れ深さと杭による等価根入れ深さを考慮して入力動を作成する(付録1)。

2.5 応答性状の把握

上部1質点モデルにて、基礎固定時(Fix)とSRモデルにおける応答倍率(図4)及び時刻歴応答解析を行い、応答変位を比較する(図5)。

3. まとめ

複数のパラメータを設定し、建物、地盤及び相互作用バネモデルのデータベースを構築した。稀地震時応答特性の把握で、基礎固定時とSRモデルを比較し、以下の事を確認した。1)図4より地盤周期が長くなるに伴いSRの建物周期が伸びる。2)図5より応答のバラツキはあるが概して、①S造よりRC造の方が、②高層より低層の方が、③地下室の有る方が相互作用効果があった。

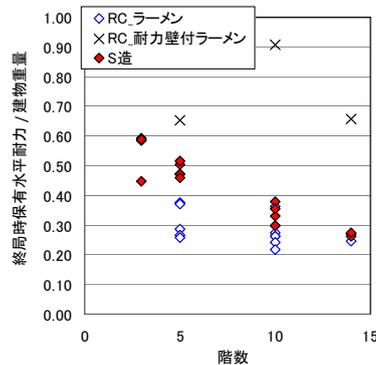


図1. 終局せん断力係数

果があった。今後は、応答低減の要因、極稀地震レベルでの効果について分析を行う予定である。

謝辞

上部架構の増分解析は名城大学 武藤教授及び研究室の皆様、杭の設計ではジャパンパイル(株)北平氏にご協力頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1)飯場,他: 2011 年東北地方太平洋沖地震における建物と地盤の地震観測に基づく動的相互作用特性、日本建築学会、第9回構造物と地盤の動的相互作用シンポジウム、pp.37-48, 2013.1
- 2)構造設計・部材断面事例集、日本建築防災協会、2007.6
- 3)建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計、日本建築学会、2006.2
- 4)名城大学 <http://www.ra.meijo-u.ac.jp/labs/ra007/murata/index.htm>
- 5)原田,他: 有効入力動の評価式とその実測例による検討、土木学会論文集、第362号、I-4、pp.435-440、1985.10
- 6)土木学会編: 動的解析と耐震設計、第2巻、動的解析の方法、技報堂出版、pp.281-282、1989.7
- 7)河辺,他: 埋込みを有する群杭基礎の基礎入力動の簡易評価に関する研究、建築学会大会、構造II、pp.369-370、2009.8

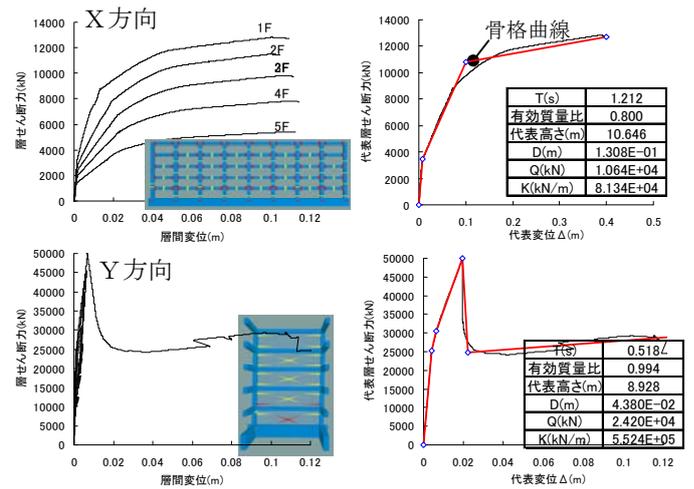


図2. 増分解析、1質点縮約(1-1モデル)

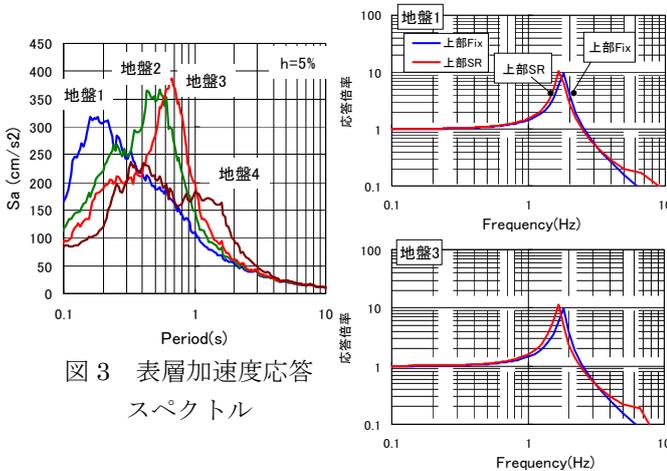


図3 表層加速度応答スペクトル

図4 応答倍率(1-1 Y方向: 耐力壁付きラーメン)

付1.基礎入力動の設定方法
 ○地表面に対する基礎入力動の水平成分(直接基礎)

$$H(\omega) = \begin{cases} \frac{\sin(\omega D_f / V_s)}{\omega D_f / V_s} & \omega \leq \omega_n \\ 0.40 & \omega > \omega_n \end{cases} \quad \text{式1}$$

ここに、 D_f : 基礎の根入れ深さ
 V_s : 基礎周辺のS波速度
 $\omega_n = \pi V_s / (2D_f) \quad \text{式2}$

○杭基礎における基礎入力

$$L_{eq} = \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{\sum EI}{G}} \quad \text{式3}$$

ここに、 L_{eq} : 杭による等価根入れ深さ
 E : 杭のヤング係数
 I : 杭の断面2次モーメント
 G : 地盤のせん断弾性定数

$$D_{req} = D_f + L_{eq} \quad \text{式4}$$

式4を式1.2に代入して評価する

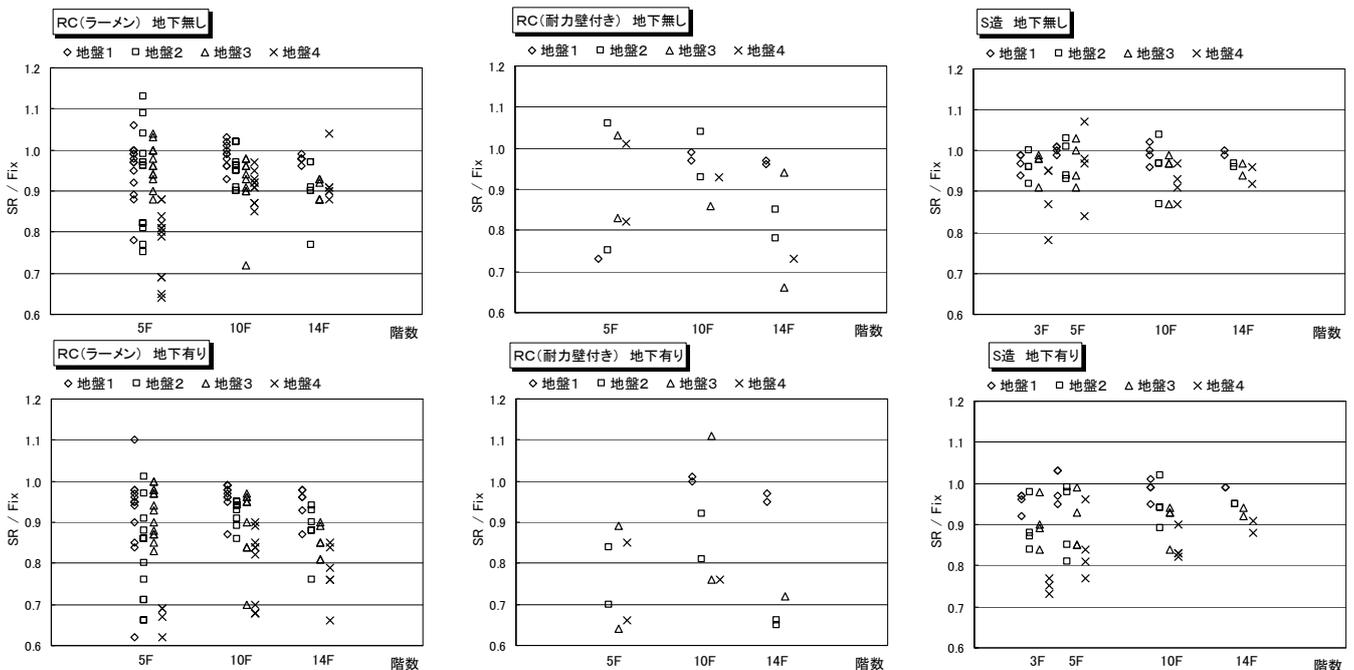


図5 応答解析結果(相互作用効果)

*1 えびす建築研究所
 *2 国土技術政策総合研究所・博士(学術)
 *3 えびす建築研究所 代表取締役・博士(工学)
 *4 建築研究所・博士(工学)

*1 Ebisu Building Laboratory Co.,
 *2 National Institute for Land and Infrastructure Management, Ph.D.
 *3 President, Ebisu Building Laboratory Co., Dr. Eng.
 *4 Building Research Institute, Dr. Eng.