

地震観測記録に基づく埋込みが深い大規模建築物と側面地盤の動的相互作用に関する研究

栗田研究室

4106070

阿部 晋祐

1. 研究背景と目的

地盤に深く埋込まれた建物の応答解析では、建物と地盤の動的相互作用の影響が重要であるが、動的相互作用を定量的に把握することが難しい。

本研究では、建物周辺の地盤の非線形性が地震の揺れの強さに応じて現れている傾向に注目し、解析モデルを構成するパラメータを変更して観測記録を説明するための解析条件を探す。

2. 地震観測記録

対象建物には地震計が地上1階と地下3階(基礎底盤上)にのみ設置されている(図1)。観測された時刻歴応答波形を高速フーリエ変換を行い、算出されたフーリエスペクトルを用いることで地下3階に対する地上1階の伝達関数を算出した。

本研究では、地上1階の最大加速度が大きい順に、2005年8月16日に発生した地震を case.A(最大加速度:地上1階 267gal、地下3階 162gal)、2005年12月17日に発生した地震記録を case.B(最大加速度:地上1階 123gal、地下3階 82gal)、2006年2月3日に発生した地震記録を case.C(最大加速度:地上1階 33gal、地下3階 21gal)とし、NS方向の伝達関数に着目した。

3つの観測記録は図2に示す通り4Hz付近にある1次卓越がそれぞれ異なる。case.Aでは3.7[Hz]付近で応答倍率が約0.5倍となり、case.Bでは4.1[Hz]付近で応答倍率が約2倍となり、case.Cでは4.5[Hz]付近で応答倍率が約4倍となっている。case.Aからcase.Cの1次卓越振動数の変化から、地震の揺れの大きさが地盤の非線形性に影響を与えていることが確認できる。

3. 概要と解析

3.1 建物概要

対象建物は宮城県内にある大型発電所関連施設である。建物は鉄筋コンクリート構造であり、地震力の大半を耐力壁で負担する耐力壁付ラーメン構造である。建物概要を表1に示す。

3.2 地盤概要

建物周辺の地盤(側面地盤)は埋戻土と表層地盤で構成される。そのため、この2つの地盤を合わせた等価な地盤を側面地盤として解析に使用することとした。その地盤物性を表2に示す。

3.3 解析方法と結果

解析モデルは建物モデル(表3)と側面地盤から構成される埋込みSR(スウェイ(水平)・ロッキング(回転))モデル(図3)で、底面地盤ばね(スウェイばね・ロッキングばね)

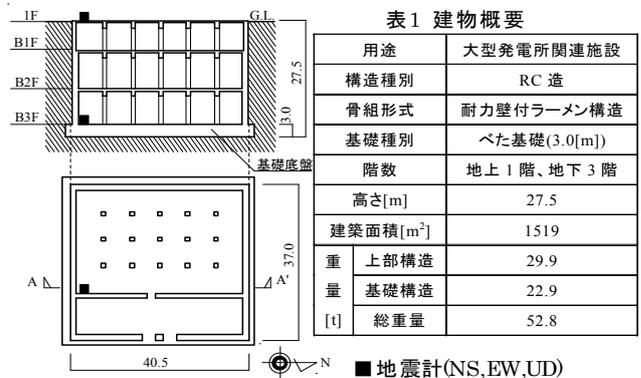


図1 対象建物 A-A'断面図(上)、地下3階平面図(下) 単位[m]

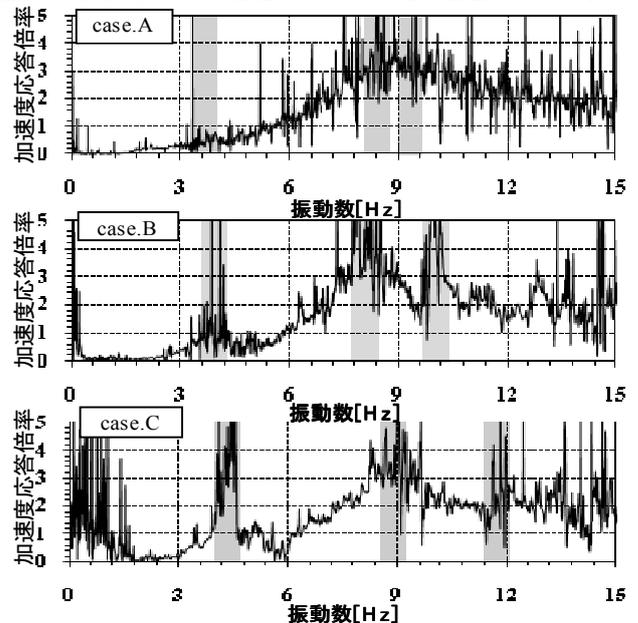


図2 観測記録の加速度応答倍率波形 NS方向

表2 側面地盤の地盤物性

建物位置と基礎底盤からの高さ[m]	層厚 DPTH[m]	単位体積重量 γ [t/m ³]	ポアソン比 ν	せん断波速度 Vs[m/s]	減衰定数 h[%]
1F(27.50)		2.19	0.445	366	4
24.00	3.50				
23.00	1.00				
B1F(20.50)	2.50				
15.95	4.55				
15.10	0.85				
B2F(11.40)	3.70				
8.05	3.35				
7.20	0.85				
B3F(3.00)	4.20				
1.40	1.60				
基礎底盤(0)	1.40				

表3 建物モデル

上部構造モデル	多質点系 曲げせん断棒モデル
コンクリートのヤング係数	2.70×10^4 [N/mm ²]
減衰	各次一定減衰
減衰定数	$h=0.05$ (5%)

表4 固有振動数

埋込みSRモデル	
1次固有振動数[Hz]	8.6
2次固有振動数[Hz]	19.5

と側面地盤ばねから構成される。

建物と地盤の境界部での力-変位関係を地盤ばねを用いて表す。地盤ばねは振動数に依存する複素剛性で表され、実部が剛性を、虚部が減衰を表す。解析上、定数に近似した(図 4)。建物が最も揺れやすい 1 次モードの応答を低減するため、1 次固有振動数の時の値を用いた(表 4)。

側面地盤と埋込み SR モデルを解析した伝達関数を図 5 に示す。側面地盤の 1 次卓越が 3.7[Hz]、2 次卓越が 9.4[Hz]で、埋込み SR の 1 次卓越が 3.7[Hz]、2 次卓越が 8.6[Hz]、3 次卓越で 9.6[Hz]、このうち 1 次と 3 次が地盤の卓越で、2 次が建物の卓越だと推定される。

4. 側面地盤の非線形性に関する検討

地震の揺れが大きくなると建物と地盤の動的相互作用により地盤物性が変化することで地盤の非線形性に寄与している可能性がある。そこで、表 2 の値を基準として各層ごとの地盤物性のせん断波速度を 0.9 倍($V_s \times 0.9$)、1.1 倍($V_s \times 1.1$)、1.2 倍($V_s \times 1.2$)に、減衰定数を 0.5 倍($h \times 0.5$)、2.0 倍($h \times 2.0$)、4.0 倍($h \times 4.0$)に変化させたときの応答倍率の挙動を調べた。せん断波速度と減衰定数に対し側面地盤の各層の卓越との関係はほぼ一定である。また図 6 より、埋込み SR モデルの 2 次卓越は建物の卓越で、振動数と応答倍率は共に 3 次卓越と重ならない限り影響を受けない。

4.1 せん断波速度

図 7 より埋込み SR モデルは側面地盤の卓越振動数とほぼ一致しており、せん断波速度と一定の関係にあることが示唆される。図 2 と図 6 から case.A がせん断波速度の基準値の約 1 倍で、case.B が約 1.1 倍で、case.C が約 1.2 倍であると推測できる。

4.2 減衰定数

図 8 に、各モデルの側面地盤の減衰定数を変化させた場合、減衰定数 4% を基準として 1 次及び 3 次卓越の応答倍率に対する増加率を示す。側面地盤の減衰定数は建物と側面地盤との応答差に影響を与えていることがわかる。

5. まとめ

- (1) 観測記録と解析モデルの伝達関数を比較した結果、最大加速度応答の増加に伴い、側面地盤のせん断波速度が変化していることが考えられる。
- (2) 4Hz 付近の卓越に関しては、側面地盤のせん断波速度と減衰定数を変化させることで観測記録に近づけることができたが、8~10Hz 付近の卓越に関しては観測記録と一致しなかった。

今後、さらに側面地盤からの影響を分析し、観測記録を説明するための検討を進めていく必要がある。

参考文献

- 1) 小林和貴, 栗田哲, 尾形芳博, 熊谷高博; 地震観測記録に基づく埋め込みが深い大規模建築物の振動特性の解明
- 2) 柴田明徳; 「最新耐震構造解析<第 2 版>」, 森北出版, 2003

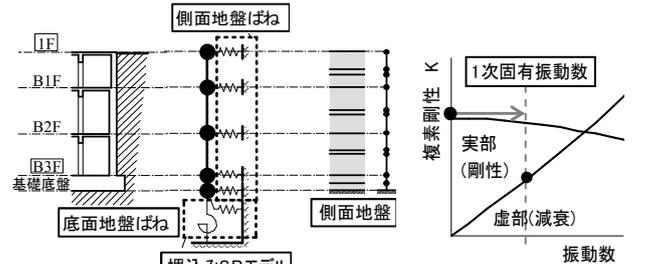


図 3 解析モデル図

図 4 地盤ばねの考え方

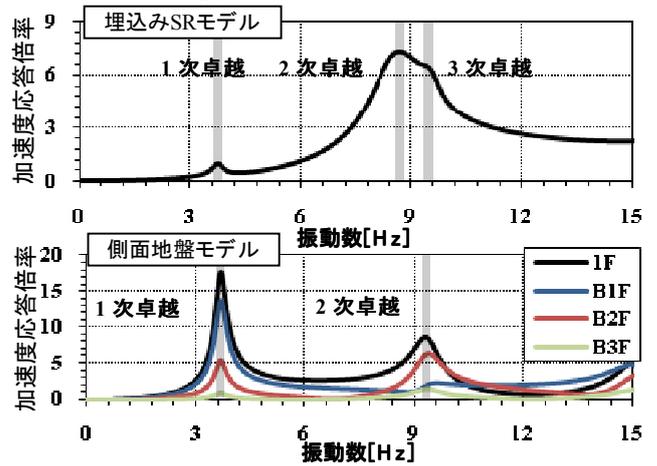


図 5 解析モデルの加速度応答倍率波形

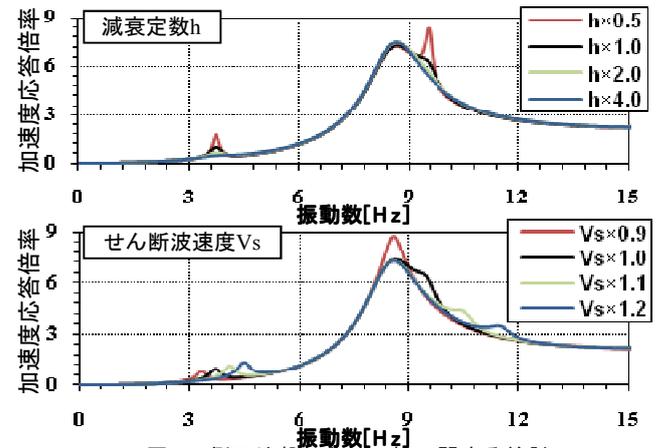


図 6 側面地盤の非線形性に関する検討

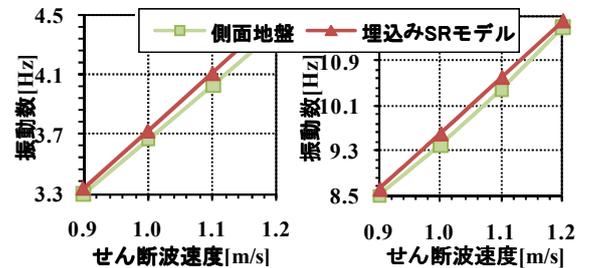


図 7 せん断波速度と振動数に関する検討

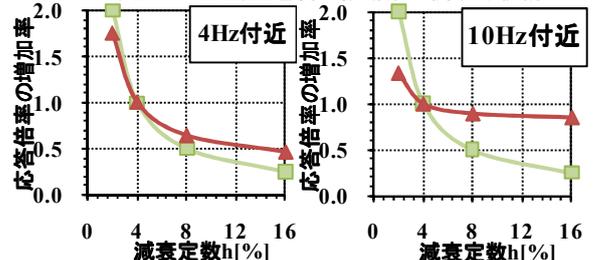


図 8 減衰定数と応答倍率の増加率に関する検討