

# 地震観測記録に基づく埋込みが深い大規模建築物の振動特性に関する研究

## - 側面地盤が建物に及ぼす影響 -

栗田研究室

4106070 早川 浩平

### 1. はじめに

地盤に深く埋込まれた建物では、建物と地盤の動的相互作用が重要となる。しかし観測記録が少ないことや動的相互作用の影響を定量的に把握することが難しいため、設計には考慮されないこともある。特に埋込みが深い建物では建物底面の地盤に比べて側面の地盤が建物に及ぼす影響を無視することができない。

既往の研究<sup>1)</sup>から、側面地盤を考慮しない解析モデルでは観測記録を説明できないことが示唆されている。

本研究では解析モデルを用いて観測記録を説明するための基礎的研究として、建物モデルに側面地盤の影響を考慮することで解析結果にどのような挙動が見られるかを把握することを目的として、解析結果と観測記録の比較を行った。

### 2. 建物概要と地震観測

#### 2.1 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。基礎はせん断波速度  $V_s \approx 1.4\text{km/sec}$  の硬質岩盤上に設置されている。

#### 2.2 地震観測

建物には地上1階と地下3階(基礎底盤上)の2カ所に地震計が設置されている(図1)。本研究ではNS方向に着目し、2005年12月17日「宮城県沖」で発生した地震において観測された地震観測記録(図2)を用いて解析を行った。

### 3. 解析モデルと解析手法

#### 3.1 解析モデル

側面地盤を考慮することによる影響を検討するため、解析モデル(建物-地盤連成モデル)として以下に示す2種類の振動モデルを使用した(表2・図3)。

##### a) SRモデル(スウェイ(水平)・ロッキング(回転)モデル)

底面地盤のみの影響を考慮したモデル。建物モデルと底面地盤ばね(スウェイばね・ロッキングばね)から構成される。

##### b) 埋込みSRモデル

底面・側面地盤の影響を考慮したモデル。SRモデル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。地盤ばねは複素剛性で表され、その実部が剛性を、虚部が減衰を表す。また振動数に依存するが、解析上はこれを定数に近似した(図4)。地盤ばねの剛性は0Hzの時の値を用いた。減衰には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。

#### 3.2 応答解析手法

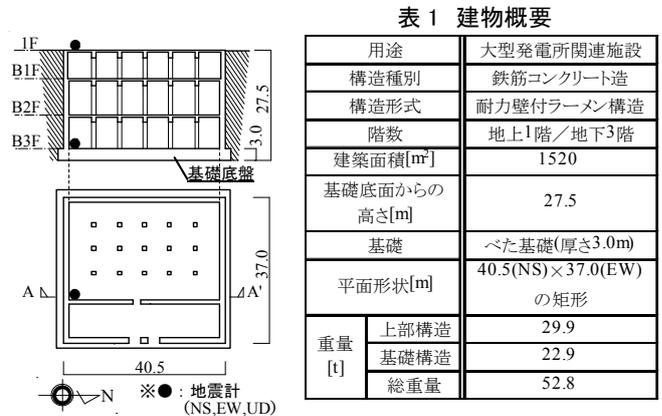


図1 対象建物 A-A'断面図(上)  
地下3階平面図(下)(単位:m)

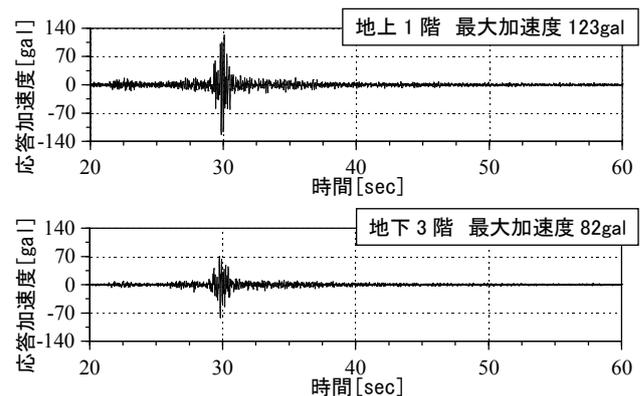


図2 時刻歴絶対加速度波形(2005年12月17日NS方向)

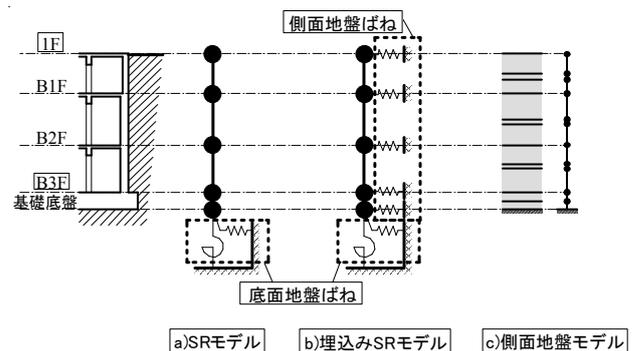


図3 解析モデル図

	上部構造	側面地盤
解析モデル	多質点系 曲げせん断棒 モデル	多質点系 モデル
減衰	各次一定減衰	各次一定減衰
減衰定数	5%	4%

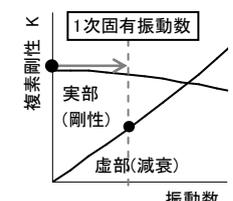


図4 地盤ばねの考え方

対象建物は地震計が地上1階と地下3階(基礎底盤上)にしか設置されていない。そのため地下3階(基礎底盤上)に対する地上1階の加速度応答倍率を算出し、観測記録との比較を行った。

#### 4. 側面地盤の考慮の有無による比較

側面地盤の考慮の有無による影響を把握するため、SRモデルと埋込みSRモデルを用いて比較検討を行った。

##### 4.1 解析条件

解析モデルはSRモデルと埋込みSRモデルを使用して、上部構造は弾性とし、質量及び剛性は設計値を用いることとした。また地盤ばねは3.1に基づいて設計値を用いた。

##### 4.2 解析結果

解析により求めた加速度応答倍率を図5に、解析結果から得られた卓越振動数と応答倍率の関係を表4に示す。また固有値解析を行い、得られた固有振動数を表3に示す。

側面地盤を考慮したことで以下の2つの振動数領域において挙動の変化が見られた。

##### ①4Hz付近について

埋込みSRモデルにおいて3.8Hzに卓越が見られる。これは表3より側面地盤の1次の卓越とみられ、側面地盤の応答が建物の応答に影響を与えていると考えられる。またこれは観測記録からも概ね確認できる。

##### ②8~10Hz付近について

側面地盤を考慮することで解析モデルの卓越振動数が8.4Hzから9.3Hzに変化した。これは側面地盤ばねの剛性を大きく見積もった影響だと考えられる。また応答倍率が12.6倍から7.9倍に約40%低減しており、建物と側面地盤の動的相互作用による逸散減衰効果の影響が示唆される。

#### 5. 側面地盤の減衰効果の増大による比較

4.の解析条件では観測記録の応答倍率まで低減できなかった。その原因として側面地盤の逸散減衰効果を小さく見積もっている可能性があると考えた。そこで埋込みSRモデルにおいて側面地盤ばねの減衰を大きくした時の応答倍率の挙動について調べた。

##### 5.1 解析条件

解析モデルは4.と同様の埋込みSRモデルを使用して、側面地盤ばねの減衰のみを設計値の5倍、10倍と大きくした。

##### 5.2 解析結果

解析により求めた加速度応答倍率を図6に、解析結果から得られた卓越振動数と応答倍率の関係を表5に示す。ここでは目的とする8~10Hz付近について考察する。

減衰を大きくすることにより8~10Hzにおける応答倍率は低減し、観測記録に近づけることができた。しかし4Hz付近の応答倍率が大きくなってしまい、観測記録を超える結果となった。側面地盤への逸散減衰効果を大きく見積もっても観測記録を説明できなかった。

#### 6. まとめ

i) 側面地盤の影響を考慮することで側面地盤の応答が建物の応答に影響を与えていることがわかった。また考慮しない

場合に比べて応答倍率が約40%低減した。

ii) 側面地盤への逸散減衰効果を大きく見積もっても観測記録を説明できないことがわかった。

iii) 今回の解析では応答倍率の大きさに関する挙動について着目し、側面地盤ばねの減衰を変化させて検討した。今後は地盤ばねの剛性や振動数依存性による影響も考慮した解析モデルを作成して検討する必要がある。

#### 参考文献

- 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込みが深い大規模建築物の振動特性の解明, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) B-2 構造II, pp11~12, 2008.9

表3 固有振動数

	SRモデル[Hz]	埋込みSRモデル[Hz]	側面地盤[Hz]
1次	8.0	8.6	3.7
2次	19.3	19.5	9.5

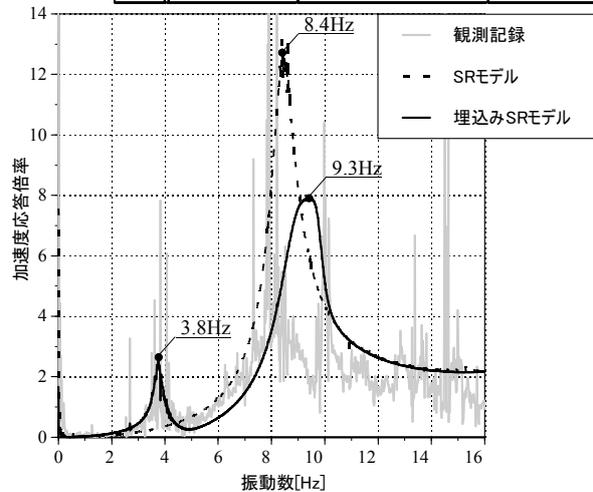


図5 側面地盤の有無による比較

表4 卓越振動数と加速度応答倍率(図5より)

	①4Hz付近			②8~10Hz付近		
	SRモデル	埋込みSRモデル	観測記録	SRモデル	埋込みSRモデル	観測記録
着目点						
振動数[Hz]	卓越	3.8	約4.0	8.4	9.3	約8.0
応答倍率	なし	2.5	1~2	12.6	7.9	3~6

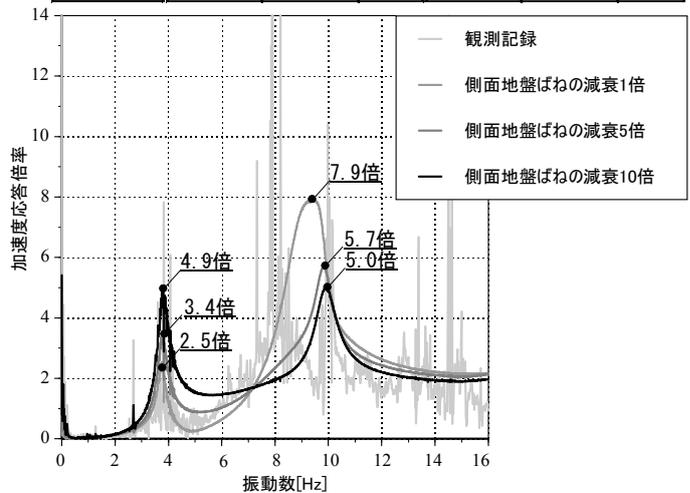


図6 側面地盤ばねの減衰の増大による比較

表5 卓越振動数と加速度応答倍率(図6より)

	側面地盤ばねの減衰			観測記録	側面地盤ばねの減衰			観測記録
	1倍	5倍	10倍		1倍	5倍	10倍	
振動数[Hz]	3.8	3.8	3.8	約4.0	9.3	9.8	9.9	約8.0
応答倍率	2.5	3.4	4.9	1~2	7.9	5.7	5.0	3~6