

側方地盤を考慮した埋込みの深い大規模建築物の振動特性に関する研究

栗田研究室

4105032 小林 武史

1. はじめに

地盤に深く埋め込まれた建物では、建物と地盤との動的相互作用が重要となる。しかし、地震観測記録等による実証が充分に行われていないことや、動的相互作用を定量的に把握することが難しいこともあり、動的相互作用を設計に取り入れない場合もある。既往の研究¹⁾から側方地盤の逸散減衰の影響が大きいと考えられるため、本研究では数少ない地震観測記録を用いて地盤と建物の動的相互作用の中で側方地盤を考慮したモデルの挙動を調べた。

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の大型発電所内に建設された地上1階・地下3階、基礎底面からの高さ27.5mの鉄筋コンクリート造建物である。基礎はべた基礎で厚さは3mあり、せん断波速度 $V_s=1.4\text{km/sec}$ の硬質岩盤上に設置されている。

基礎平面形状は、NS方向が40.5m、EW方向が37.0mの矩形となっている。重量は上部構造が29,892t、基礎部が22,921tである。対象建物の構造は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。

2.2 地震観測

対象建物には地上1階と地下3階の2カ所に地震計を設置している(図1)。本研究ではNS方向に着目し2005年8月16日宮城沖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。地震観測記録のフーリエスペクトル(図4)から得られた建物の卓越振動数は約7.5Hzである。

3. 建物の振動特性と応答解析

3.1 対象建物のモデル化と振動特性

以下の3つのモデルで応答解析を行った。

- (a) せん断変形、曲げ変形を考慮した曲げせん断棒多質点系モデルを採用した上部構造モデル(図3(a))。
- (b) 建物と底面地盤との相互作用を考慮し、基礎底盤に地盤ばね(SwayばねとRockingばね)を付けたSway-Rocking(以下SR)モデル(図3(b))。
- (c) SRモデルに建物と側方地盤の相互作用を考慮し、各質点に側方地盤ばねを付け、SR+側方地盤モデルとした(図3(c))。

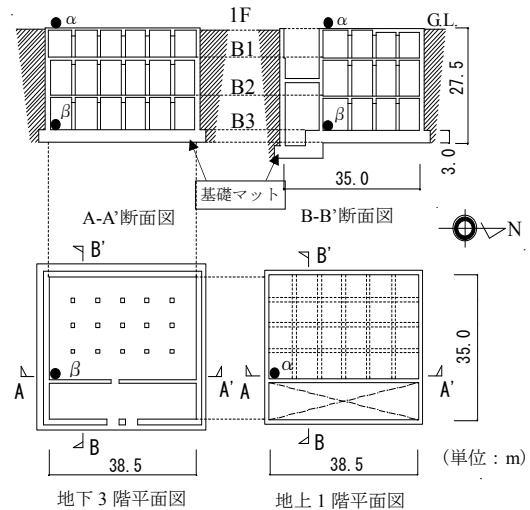
解析ケースを表1に示す。底面、側方地盤ばねの剛性は設計時の1次固有振動数を採用した。各モデルにおける1次固有値解析結果を表2に示す。

表1 解析ケース

	底面ばね	側方地盤ばね
上部構造モデル	-	-
SRモデル	case-(a)	0Hz時の値
	case-(b)	8.04Hz時の値
SR+側方地盤モデル	case-(c)	0Hz時の値
	case-(d)	8.67Hz時の値

3.2 モード図の比較

階ごとの層間変形と地盤から影響を把握するためにSRモデルとSR+側方地盤ばねモデルの特に変化が確認された



※1 ●: 地震計
※2 地下2階～地下1階平面図も地上1階と平面形状は同じ。
図1 平面図・断面図

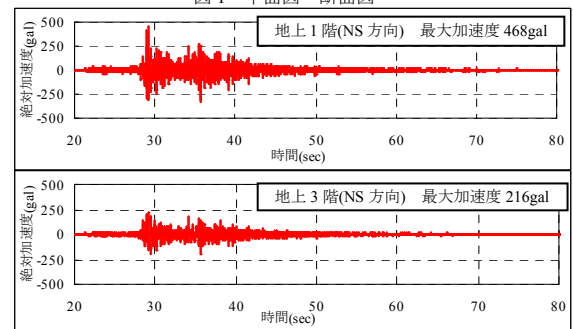
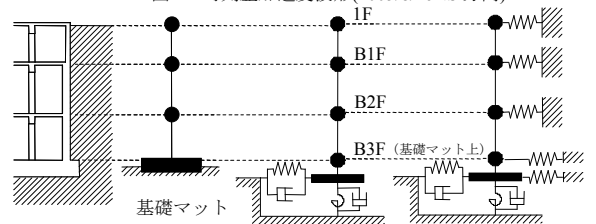


図2 時刻歴加速度波形(2005/8/16NS方向)



(a)上部構造モデル (b)SRモデル (c)SR+側方地盤モデル
図3 解析モデル

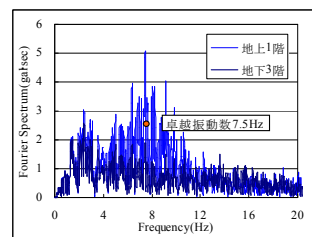


図4 絶対加速度フーリエスペクトル
2005/8/16NS方向

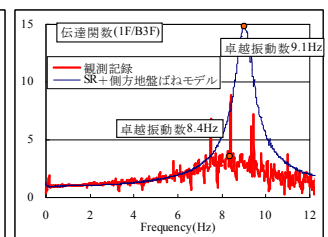


図5 伝達関数(1F/B3F)
2005/8/16NS方向

1,2,4,5 次モード図を図 6 に示す。基礎マットにおける変位は 1,2,4 次モードにおいて小さく、5 次モードでは大きくなっている。しかし 5 次固有振動数は非常に大きいため、その影響は小さいと考えられる。この結果より基礎マットが側方地盤から受ける影響は小さいものだと考えられる。

3.3 基礎マット上の観測記録を用いた応答解析手法

本研究では入力地震動となる地震観測記録がない。そのため以下の方法で地上 1 階の応答を算出する。解析モデルにある地震動 A を入力。地下 3 階と地上 1 階の応答加速度を算出し、この二つから地下 3 階に対する地上 1 階の伝達関数を算出する(図 7(a))。またその伝達関数に地下 3 階の応答スペクトルをかけて地上 1 階の応答スペクトルを求めた。図 5 に観測記録の伝達関数と、SR+側方地盤モデルの伝達関数を示す。

3.4 応答解析結果と観測記録の比較

上部構造の減衰を剛性比例型、減衰定数 $h=0.05$ とし、図 2 に示す地震観測記録を用いて地震応答解析を行った。またこのとき入力地震動 A には基礎マット上の記録を用いた。

(a) SR モデル(0Hz 時)を用いた解析

底面地盤による相互作用を考慮するため、基礎底盤に 0Hz 時の SR ばねを取り付けたモデル(図 3(b))を用いた解析結果と観測記録を図 8(a)に示す。応答解析結果の波形は観測記録と比べて大きくなった。

(b) SR モデル(8.04Hz 時)を用いた解析

(a)と同様に基礎底盤に 8.04Hz 時の SR ばねを取り付けたモデル(図 3(b))を用いた解析結果と観測記録を図 8(b)に示す。8.04Hz 時のばねの値を用いても、減衰効果は見られたが、応答解析結果の波形は観測記録と比べて大きくなった。

(c) SR+側方地盤ばね(0Hz 時)を用いた解析

SR モデルに側方地盤による相互作用を考慮するため、各質点に 0Hz 時の側方地盤ばねを取り付けたモデル(図 3(c))を用いた解析結果と観測記録を図 8(c)に示す。0Hz 時の応答解析結果の波形も観測記録と比べて大きくなった。

(d) SR+側方地盤ばね(8.67Hz 時)を用いた解析

(c)と同様に各質点に 8.67Hz 時の側方地盤ばねを取り付けたモデル(図 3(c))を用いた解析結果と観測記録を図 8(d)に示す。応答解析結果の波形に大きな減衰効果が見られた。

4. 結論

- 1) SR+側方地盤ばねモデルにおいて 0Hz 時の値を用いた場合、応答波形は側方地盤を考慮しない SR モデルより大きくなる。
- 2) SR+側方地盤ばねモデルにおいて 8.67Hz 時の値を用いた場合、大きな減衰効果が得られたが観測記録を大きく上回る。

今後側方地盤ばねの値をより精密に評価したモデルを作成する必要があると考えられる。

【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、日本建築学会大会学術講演梗概集(中国) B-2 P11~P12 2008.9

表 2 1 次固有値解析結果

モデル	固有周期(s)	振動数(Hz)
上部構造	0.113	8.85
SR(0Hz時)	0.123	8.12
SR(8.04Hz時)	0.124	8.08
SR+側方地盤(0Hz時)	0.115	8.71
SR+側方地盤(8.67Hz時)	0.122	8.18

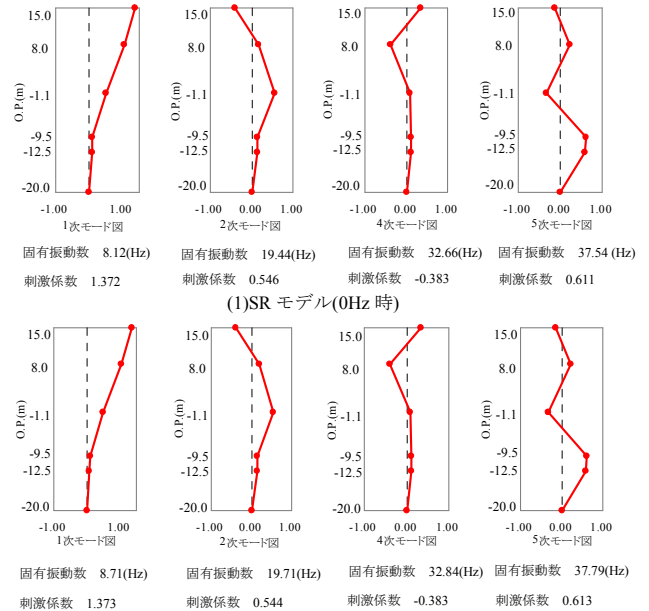


図 6 モード図の比較

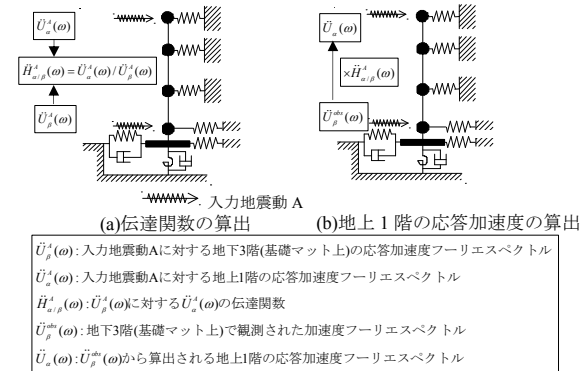


図 7 応答解析手法

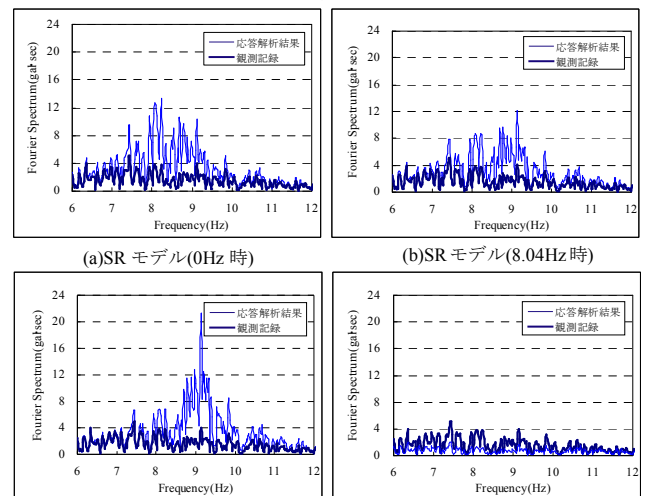


図 8 応答解析結果と観測記録の比較 (地上 1 階の絶対加速度フーリエスペクトル)