

基礎周辺の相互作用インピーダンスを考慮した 神奈川大学 23 号館 RC 免震建物の地震応答解析

荏本研究室 200302566 渡辺裕也

1. はじめに

本学 23 号館は免震構造を有する地下 2 階、地上 8 階建ての RC 構造物で、動的挙動を明らかにすることを目的として振動観測が実施されている。昨年までの研究で地盤—建物系の解析モデルを用いた応答解析を行い、免震層よりも上階での動的解析と観測波の比較に良好な解析結果が得られたが、免震層の下階の地下 2 階については差異が認められた。本研究では建設時における地下掘削に伴う地盤の埋め戻し効果による相互作用インピーダンスを考慮すると共に、地盤—建物の相互作用効果を含む解析モデルに改良して、23 号館建物全体の X 方向の地震応答特性を検討した。

2. 23 号館の概要

23 号館は地下 2 階、地上 8 階、塔屋 2 階の RC ラーメン構造で地下 2 階と地下 1 階の間に免震層を有する中間免震構造となっている。図 1 に対象建物の立面図・平面図を示す。設置した地震計はサーボ型加速度計で 8 階、6 階、3 階、地下 1 階、地下 2 階の 5 箇所に各設置階ともに、ほぼ同じ位置に設置されている。建物から約 30m 離れた地表 (GL-1.5m) 及び地中 (GL-21.8m) の 2 箇所で鉛直アレー観測が実施されている。

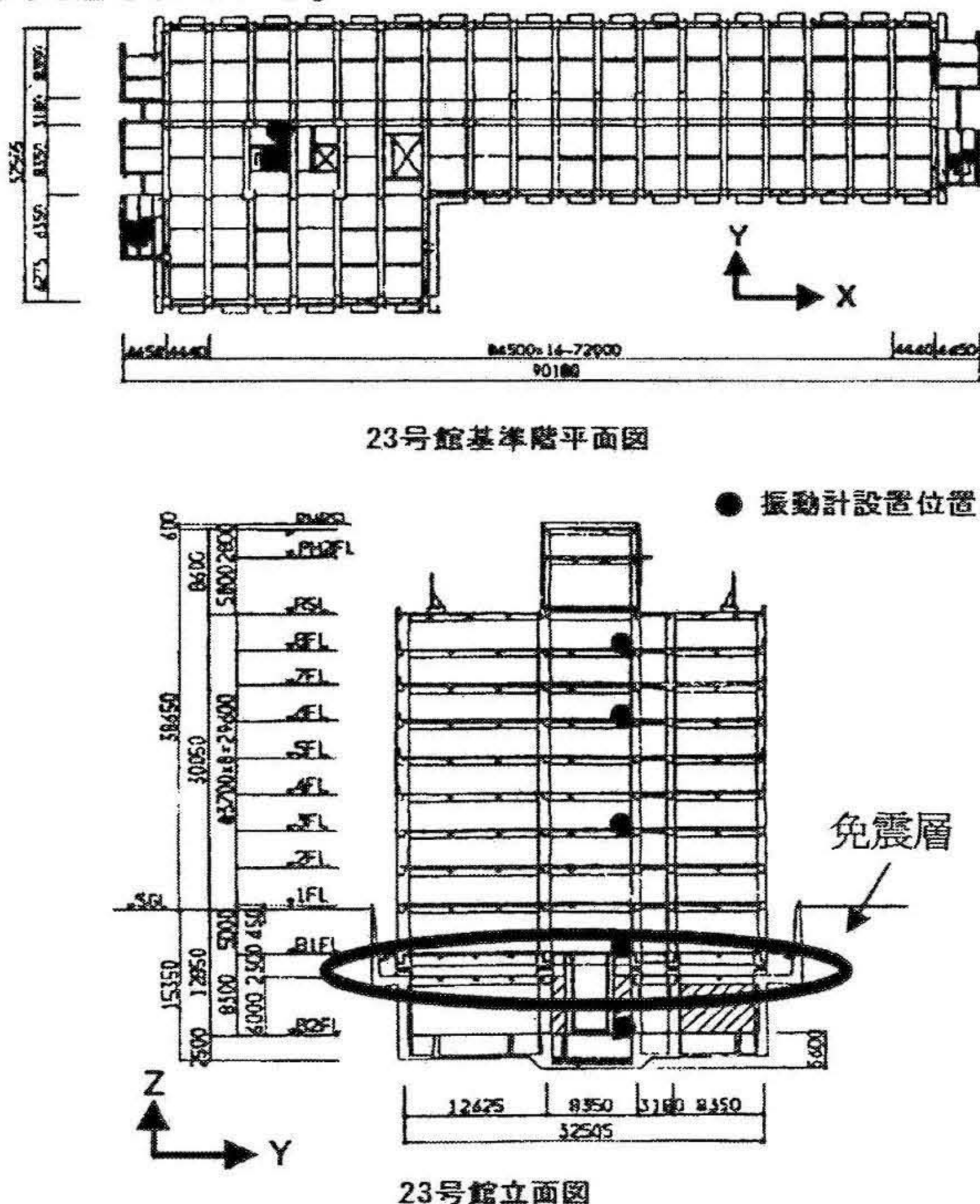


図 1 立面図・基準階平面図

3. 観測記録

観測波形は 23 号館近くの地中 (-21.8m)、地表 (-1.5m)、地下 1, 2 階、地上 3, 6, 8 階の 7 箇所に設置された地震計で得られた加速度記録を各階ごとに X (NS 成分)、Y (EW 成分)、Z (鉛直成分) が整理されている。本研究では大・中・小規模の地震動をこれまでに記録された観測記録から選択した。詳細は 2005 年 7 月 23 日の地震を大地震として①、2002 年 5 月 19 日の地震を中地震として②、2006 年 6 月 20 日の地震を小地震③としてこれらの地震観測記録を用いて地表応答解析を行った。

表 1 観測地震記録

年	日付	時間	震源	マグニチュード	MAX 23号館地表面		
					X(gal)	Y(gal)	Z(gal)
①2005	7月23日	16:35	千葉県北西部	M6.0	147	141	57.6
②2002	5月19日	5:00	千葉県北西部	M4.6	16.1	49.3	15.9
③2006	6月20日	16:35	千葉県北西部	M6.0	11.1	14.1	4.5

4. 地震応答解析

解析は、地盤の動的問題や地盤—構造物連成系の相互作用問題を的確にモデル化し解析することができる二次元有限要素プログラム SuperFLUSH/2D を用いた。23 号館周辺地盤のモデルはボーリング調査結果より作成された地質断面図より二次元有限要素を用いて作成した。

4-1 地盤の物性値の設定

(1) 地盤の剛性の確認 建物建設時のボーリング調査と PS 検層結果を参考にして地盤モデルが作成されているが、設定された地盤の層境界と地盤の剛性は必ずしも十分とは言えない。物性値変動の影響を確認する為、地盤の剛性を変動させて地震応答解析を行った。その結果、建物基礎周辺で地盤の掘削により、ゆるみを受けているとみなされる部分の剛性の変化が地下 2 階の応答解析結果に大きく影響していることがわかった。

(2) 地盤の減衰定数の確認 減衰定数は正確な値を導入するのは困難なため、地盤の剛性と連動させて減衰定数を変動させ、地震応答との関係を確認した。結果としては殆ど減衰定数による大きな変化は認められなかった。また、地盤剛性と同様に、掘削を考慮して周辺地盤の減衰定数を地盤全体に比べて大きくした方が、良好な計算結果を得ることが確認出来た。

4-2 免震層及び建物基礎周辺地盤の剛性

通常、相互作用解析を行う場合、相互作用インピーダンス解析から求まる水平バネと回転バネを用いた SR モ

デルが多く用いられている。また建物建設時の基礎掘削による周辺地盤のゆるみや埋め戻し効果は無視されるケースが多い。本研究では基礎周辺部の掘削に伴う地盤の剛性低下を考慮して相互作用インピーダンスより得られる水平ばねを導入した解析を行った。

図2は地盤と建物の接続部分のモデルを示す。部材7・9・19・21は建物と地盤を繋ぐための、質量をもたない架空部材である。免震層に地震動を直接伝わらせるため部材7の剛性を大きくして、地盤から建物に入射する地震波の低減を少なくする。部材21は地下2階の質点を支えるための部材である。免震層の特性により、地震毎に剛性が変化する部材が部材9である。理論的な値を用いて解析を行うため、部材9については昨年の研究で得られた式(1)～式(3)を参考に物性値を算出した。

$$X \text{ 方向ばね定数 } y = x^{-0.4379} \cdot 3.0 \times 10^7 \text{ (kN/m)} \quad \dots(1)$$

$$Y \text{ 方向ばね定数 } y = x^{-0.3708} \cdot 2.0 \times 10^7 \text{ (kN/m)} \quad \dots(2)$$

$$\text{減衰定数 } y = 33.532x^{-0.0941} \text{ (\%)} \quad \dots(3)$$

但し、 x は地下2階から地下1階部分の層間変形(μm)

部材19については建物建設時地下掘削に伴う地盤の埋め込み効果による相互作用インピーダンスを考慮するため、一様応力分布仮定の振動アドミッタンスから得られる円形基礎のインピーダンスを示した式(4)を用いて設定した。周辺地盤では掘削され乱された地盤により地盤剛性が大幅に低下すると仮定して、物性値を入力し解析をいった。設定した物性値は表2に示す。

$$k_0 = \frac{2\pi}{2-\nu} Gr_0 \text{ (kN/m)} \quad \dots(4)$$

k_0 :ばね定数(kN/m), π :円周率, ν :ポアソン比

G :せん断弾性係数(kN/m), r_0 :等価半径(m)

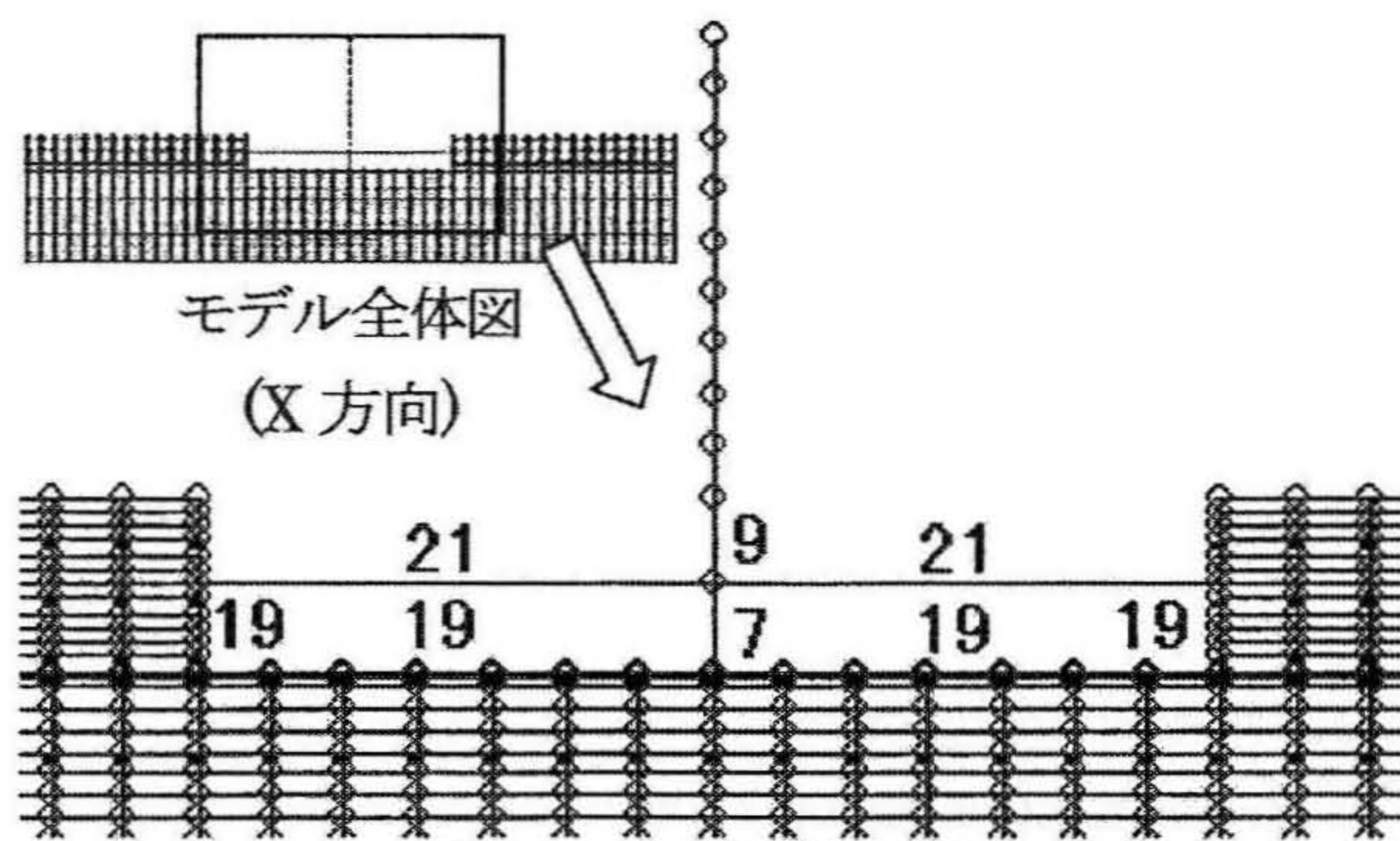


図2 モデル拡大図

表2 入力物性値

	①地震	②地震	③地震
部材7のばね定数(t/m)		5.00E+06	
部材9のばね定数(t/m)[X]	3.37E+03	3.37E+03	1.32E+04
部材9のばね定数(t/m)[Y]	4.19E+03	4.19E+03	1.52E+04
部材19のばね定数(t/m)[X]		9.78E+04	
部材19のばね定数(t/m)[Y]		3.53E+04	
部材7・9・19・21の質量(t/m ³)		1.00E-04	

5. 解析結果と考察

計算結果の一例として最下層と最上階で出力した加速度フーリエスペクトルを昨年度の結果と観測波を用いて比較した。地震①・②・③それぞれの結果を図3～5に示す。各地震各階共に良好な値を得ることが出来、同時に概ね設定した物性値の有効性も確認できた。

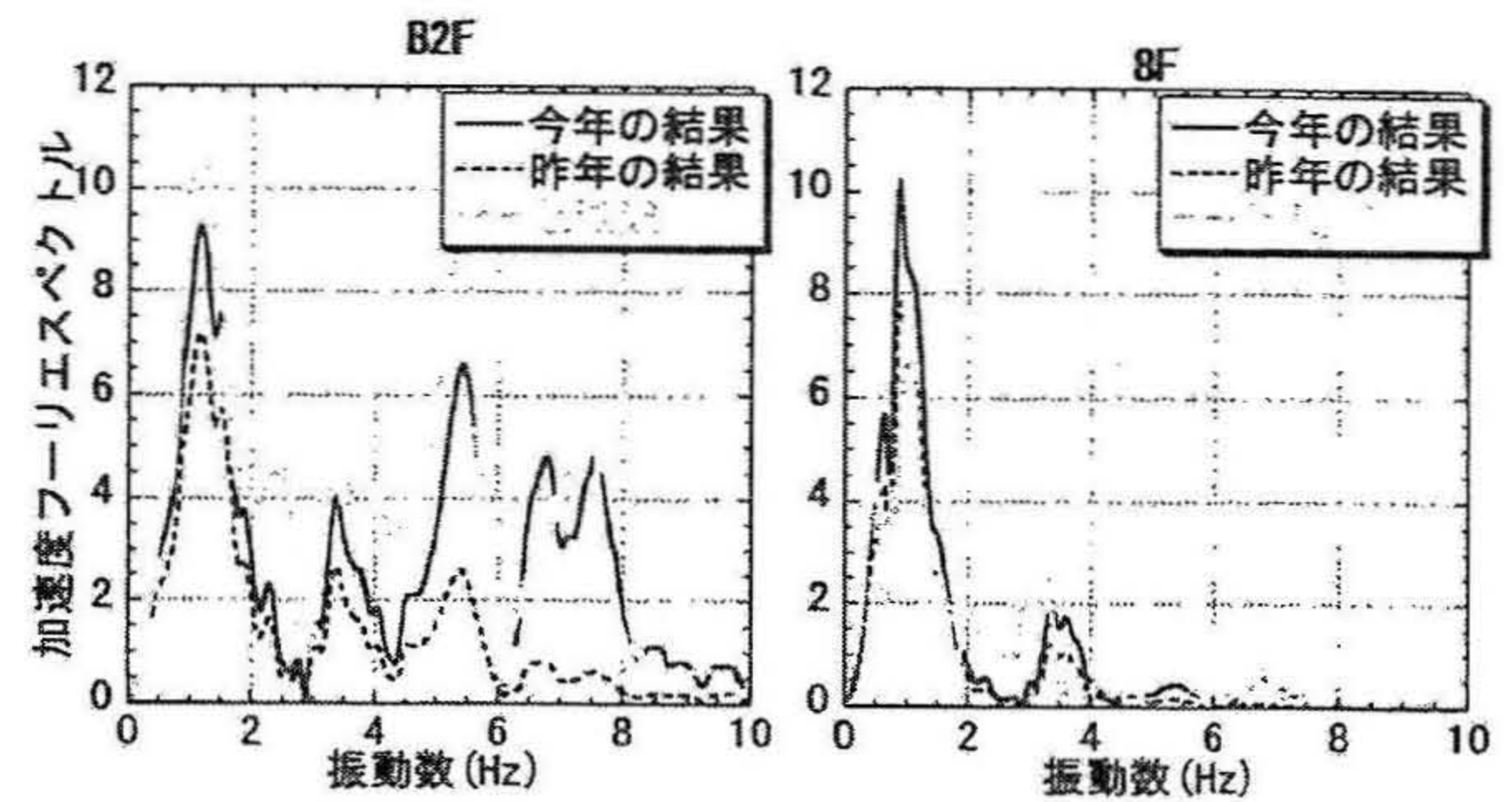


図3 ①地震時における解析結果

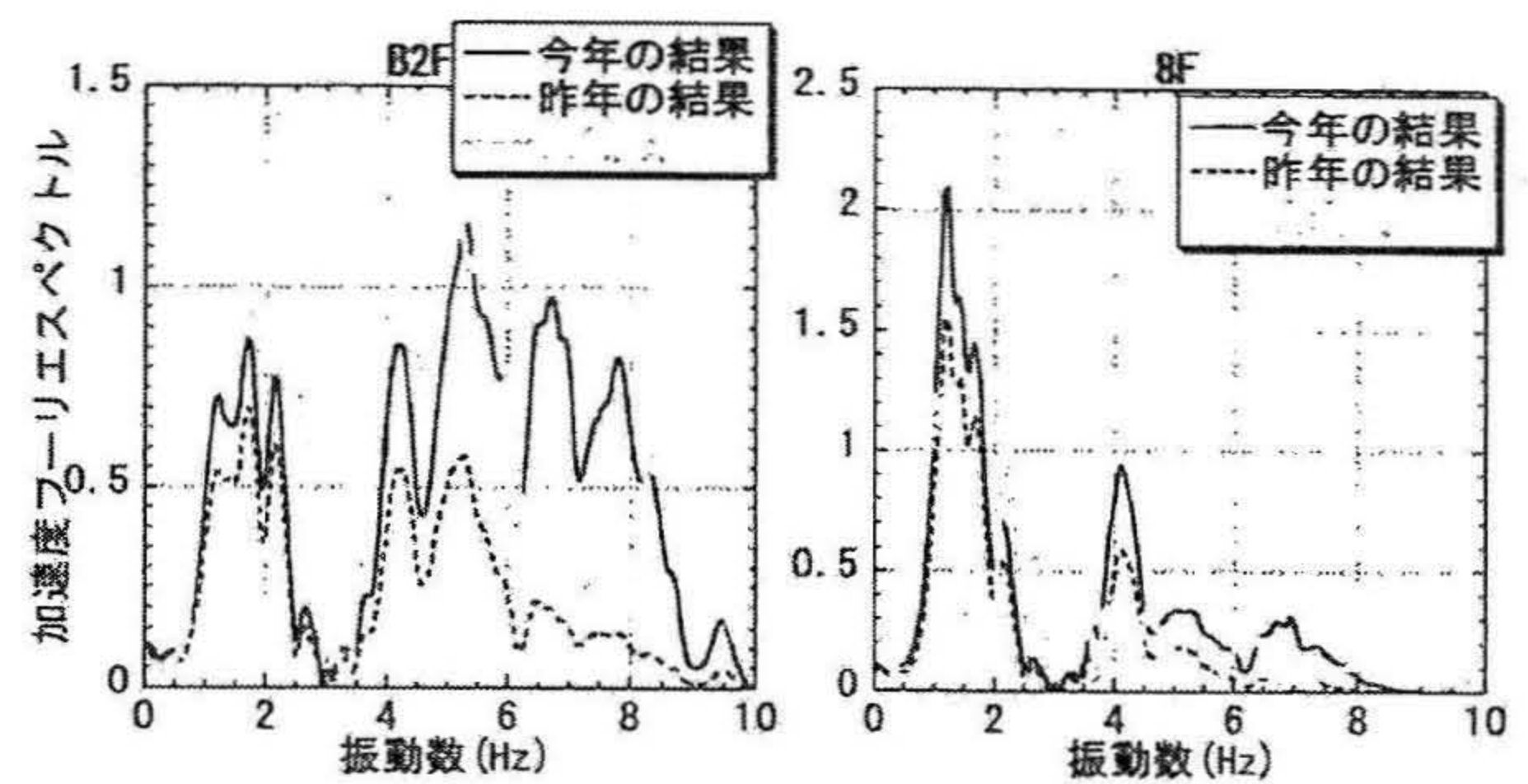


図4 ②地震時における解析結果

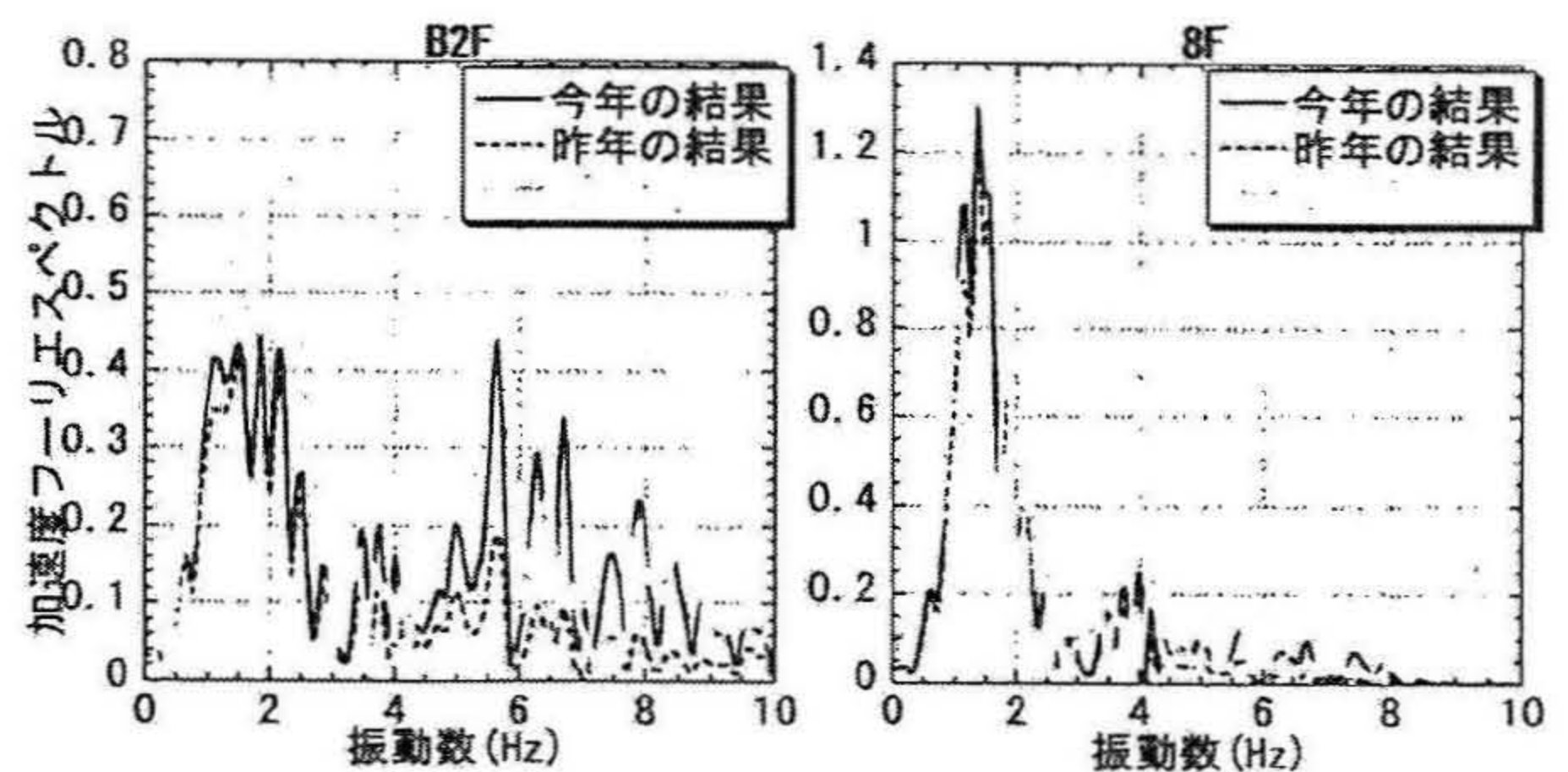


図5 ③地震における解析結果

6. まとめ

本研究では神奈川県23号館を対象として新たに基礎周辺地盤の相互作用インピーダンスを考慮した免震建物の動的挙動解析を行った。解析結果はスペクトル特性におけるピーク周期や最大値が一致していることから、概ね良好な結果が得られたといえる。去年度引き続き比較的振幅の大きな地震を対象とした解析において、より良好な結果が得られることが確認できた。

[参考文献]

- 1) 荻本孝久 他: 神奈川県23号館の強震観測記録 (日本建築学会大会, 2002)
- 2) 吉田長行 他: 入門・建物と地盤との動的相互作用 (日本建築学会, 2006)
- 3) 澤村優作: 地盤-建物相互作用を考慮した免震RC造建物の振動解析 (2005年度卒業論文)