

## 微動観測による鳥取県第2庁舎の振動特性の把握

鳥取大学 日高 一  
 鳥取大学 正会員 ○香川 敬生  
 鳥取大学 正会員 野口 竜也

## 1. 目的

日本は、地震が多発する地域に位置している。鳥取県庁第2庁舎で用いられている制震構造は、構造を堅固にして揺れに耐えるというのではなく、建物の揺れを制御しようとするものである。建物に組み込まれたダンパーといわれる振動吸収装置が、建物に伝わる振動を吸収し揺れを低減するものである。本研究では、常時微動観測を用いて、鳥取県庁第2庁舎の振動特性を把握することを目的とした。

## 2. 研究対象建物

本研究の対象建物である鳥取県庁第2庁舎はSRC造で地下1階、地上9階、塔屋2階の建物である<sup>1)</sup>。1975年に建設され、2003年に旧耐震構造からの耐震改修の際に制震構造が採用された<sup>2)</sup>。

## 3. 観測概要

観測機器は白山工業製の3成分の加速度型微動計JU410を用いた。対象建物の短手方向がNS方向、長手方向がEW方向になるように地震計を設置した。地盤上に1台、対象建物の短手・長手方向に合わせて、議会議堂の正面玄関に向かって南西側に地盤の微動を観測する地震計を設置した。図1に地盤地震計と第2庁舎の位置関係を示す。建物に設置した地震計は目的に応じて配置パターンを変え、3回観測を行った。サンプリング周波数は200Hzとし、GPSにより同期させて20分間の観測を行った。

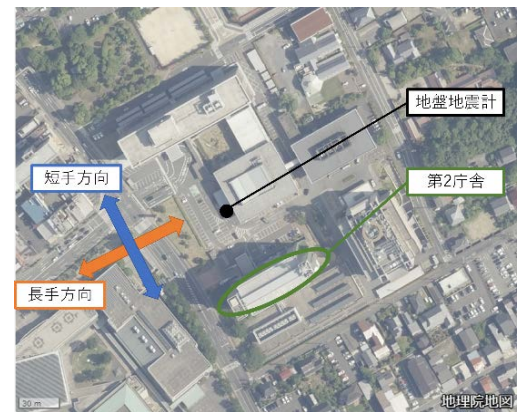


図1 地盤地震計と第2庁舎の位置関係

## 4. 建造物の振動特性の解析

観測した波形から TremorDataView<sup>3)</sup>を用いて1区間20.48秒を地盤と同じ区間で抽出し解析を行った。これにFFTを用いてフーリエ変換し、パーゼンウィンドウの窓サイズ0.1Hzで平滑化する。各観測点において水平2成分のフーリエスペクトルを求め、床上( $S_B(\omega)$ )に対する地盤上( $S_G(\omega)$ )の水平動スペクトル比  $H_B/H_G(\omega)$  を求めた。水平2成分の  $H_B/H_G$  は建物方向の短手・長手方向に分けて別々に扱い、それぞれにおいて共通する明瞭なピークがみられる周期を卓越周期とした。減衰定数の推定については、常時微動計測の結果にRD法<sup>3)</sup>を用いた。

0111 県庁周辺地盤H/Vスペクトル

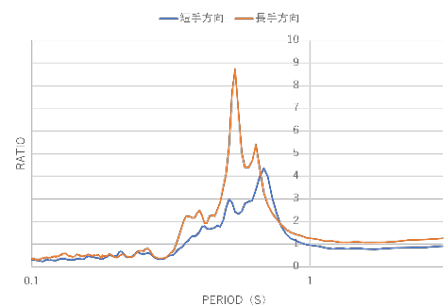


図2 地盤のH/Vスペクトル

## 5. 結果と考察

県庁周辺地盤の振動特性として、地盤のH/Vスペクトルの結果を示す(図2)。地盤の卓越周期は短手方向0.68(s)、長手方向0.54(s)と方向によって違う結果になった。このような結果になった要因として周辺建物の影響が考えられるが、以下の解析結果には影響しないことを確認している。図3に第2庁舎9Fの地震計配置図と記号場所を示す。

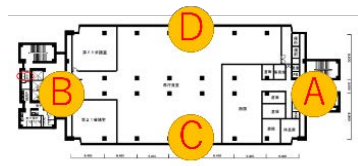


図3 地震計位置

キーワード 常時微動測定, 制震構造建物, RD法, 減衰定数

連絡先 鳥取県大学工学部社会システム土木系学科地圏環境工学研究室

TEL 0857-31-5641

建物の両端 A, B での建物と地盤の水平動の比を短手・長手方向にまとめたものを示す(図 4, 5). 短手方向について A では 0.539(s), 0.436(s), 0.178(s)に, B では 0.554(s), 0.436(s), 0.178(s)にピークが見られた. 後で示すが 0.436(s)のねじれの周期が最も大きなスペクトル比を持つ結果となった. 長手方向については, A では 0.640(s), 0.195(s)に, B では 0.640(s),0.193(s)にピークが見られた.

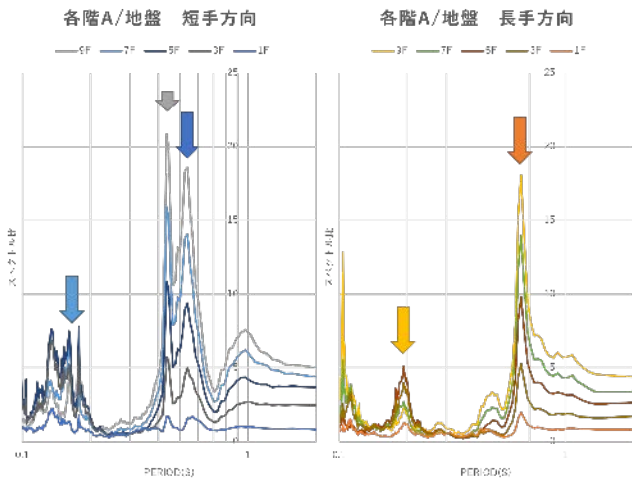


図 4 第2庁舎の A/地盤のスペクトル比

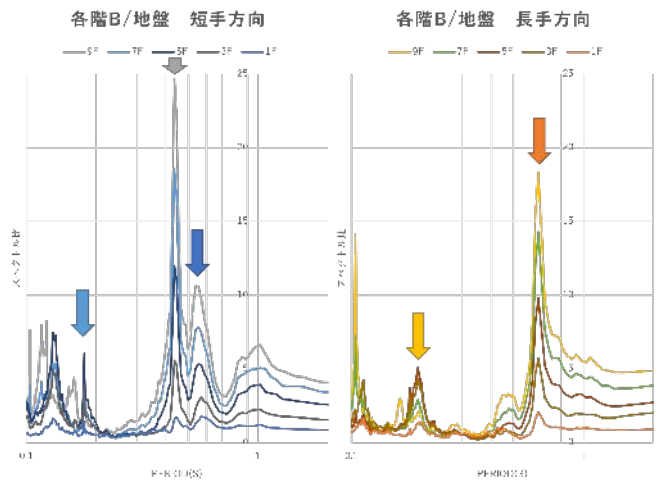


図 5 第2庁舎の B/地盤のスペクトル比

建物の 9F の 4 つの地震計 A, B, C, D での建物と地盤の水平動の比を短手・長手方向にまとめたものを示す(図 6). 4 つの地震計における卓越周期とその時の地盤との最大倍率を示す(表 1). 短手方向の 0.539(s)のピークは 4 つの地震計で見られたが, 0.436(s)のピークは A, B にしか見られないピークだった. 長手方向では, 0.640(s)のピークは 4 つで見られたが, 0.445(s)のピークは C, D にしか見られないピークだった. この結果から 0.44(s)は建物のねじれ周期であると考えられる.

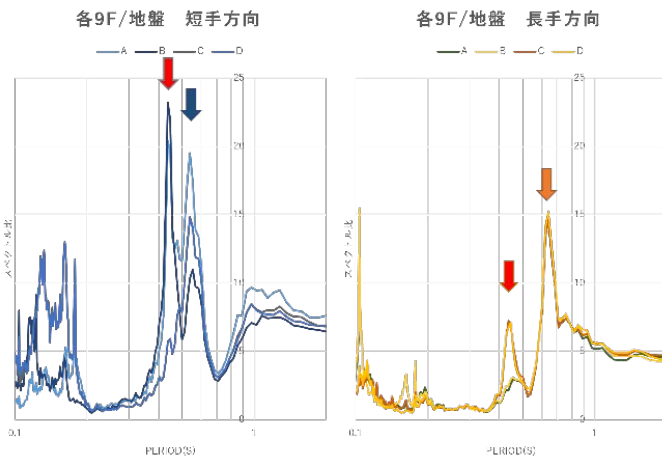


図 6 第2庁舎の 9F/地盤のスペクトル比

表 1 第2庁舎の振動特性

短手方向			長手方向		
周期(s)	配置場所	スペクトル比	周期(s)	配置場所	スペクトル比
0.539	A	19.5	0.64	A	14.9
	B	10.3		B	15.2
	C	14.8		C	14.5
	D	14.7		D	15.2
0.436	A	20.4	0.445	A	2.6
	B	23.2		B	3.0
	C	5.7		C	7.0
	D	5.7		D	7.1

ねじれを調べるために, 加速度を A+B, C+D, A-B, C-D の処理をして解析をした. 結果を図 7, 8, 9,10 に示す. A+B ではねじれ周期の 0.44(s)のピークがなくなり, 0.539(s)(1次固有周期), 0.178(s)(2次固有周期)が確認できる(図 7). C+D でも同様にねじれ周期の 0.44(s)のピークが無くなった(図 8). A-B・C-D ではねじれ周期の 0.44(s)のみが確認できる(図 9, 10)

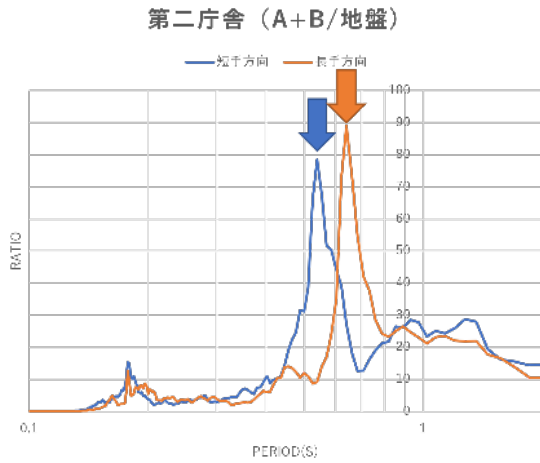


図7 第2庁舎の9F(A+B)/地盤のスペクトル比

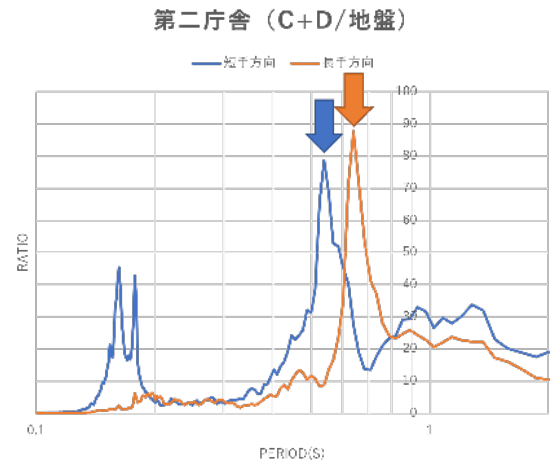


図8 第2庁舎の9F(C+D)/地盤のスペクトル比

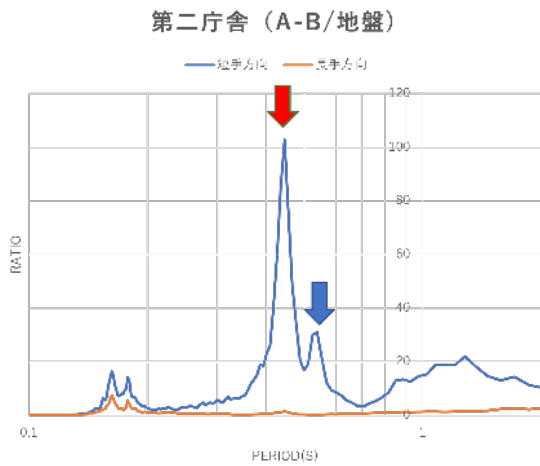


図9 第2庁舎の9F(A-B)/地盤のスペクトル比

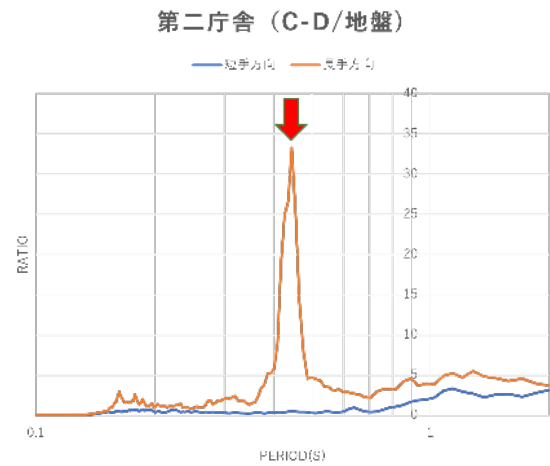


図10 第2庁舎の9F(C-D)/地盤のスペクトル比

## 6. 減衰定数の推定

9Fの地震計2つの微動観測記録とパターン2のA+B, C+D, A-B, C-Dの加速度処理をしたものを用いて、RD法<sup>3)</sup>によりRD減衰振動波形を求めた。RD法では、観測記録の20分間すべてのピークを足し合わせて、RD減衰振動波形を作成した。その波形から対数減衰率法を用いて減衰定数を推定した。波形のフィルタはA, Bは上述の固有周期を含む0.5~0.75(s), A+B, C+D, A-B, C-Dは0.4~0.75(s)の範囲でかけ、平滑化した。Aの短手方向の結果は周期から考えてねじれ振動の減衰波形とした。推定結果を表2に示す。表2の片側は減衰振動波形の上側だけで推定したもの、両側は上側と下側の両方を用いて推定したものを示す。対数減衰率法で求めた減衰定数を短手・長手・ねじれ短手・ねじれ長手の4つに分けて、標準偏差σを求め平均から1σ以上の差があるものを除いて、平均を求めたものを示す(表3)。

既往の研究<sup>5)</sup>では固有振動数(f)と減衰定数(h)の関係式を推定しており、SRC造では式(1)のように表している。

$$h = 1.44 \times f \quad (1)$$

既往の研究の関係式(1)と今回の推定した減衰定数の結果を比べたものを示す(図11)。対象の建物が1つであり、固有周期に大きな違いがみられないため、ある周波数に固まっているが、既往の関係式と大きくずれることなく減衰定数を推定できたと考える。

表2 第2庁舎の対数減衰率法による減衰定数

(※色の濃いものは誤差が範囲内のもの)

		片側		両側	
		Period(S)	h(%)	Period(S)	h(%)
短手方向	B	0.51	3.47	0.51	3.44
	C+D	0.53	4.57	0.53	4.71
	A+B	0.53	4.5	0.53	3.97
短手方向ねじれ	A	0.44	2.48	0.44	2.49
	A-B	0.44	2.14	0.44	2.07
長手方向	B	0.64	1.97	0.64	1.85
	A	0.64	1.93	0.64	1.89
	C+D	0.64	2.2	0.64	2.06
	A+B	0.64	2.19	0.64	2.06
長手方向ねじれ	C+D	0.44	2.19	0.44	2.1

表3 第2庁舎の減衰定数(誤差処理後)

	Period(S)	h(%)
短手方向	0.53	4.347
短手方向ねじれ	0.44	2.310
長手方向	0.64	2.005
長手方向ねじれ	0.44	2.145

既往の関係式と第2庁舎の減衰定数

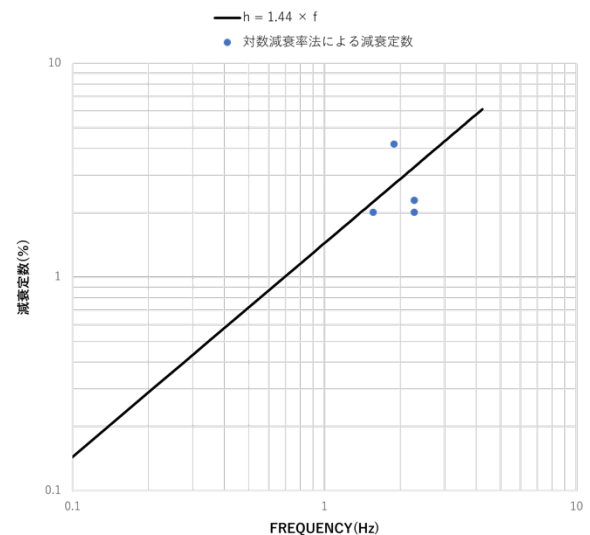


図11 関係式と第2庁舎の減衰定数の関係<sup>5)</sup>

7. まとめ

- 建物の短手方向の1次固有周期は0.539(s)、2次固有周期は0.178(s)で、長手方向の1次固有周期は0.640(s)、2次固有周期は0.197(s)となり、せん断変形が主であると仮定した場合、2次固有周期は概ね1次固有周期の1/3倍程度になるが、その傾向を確認できた。
- 建物は0.445(s)にねじれ周期が確認され、短手方向に関しては並進振動よりも大きなピークになることが確認できた。
- 建物の減衰定数は短手方向で4.348(%)、長手方向で2.005(%)、短手方向ねじれで2.310(%)、長手方向ねじれで2.145(%)であることが確認でき、既往の研究による関係式と大きくずれることなく精度の良い推定ができたと考えられる。

参考文献

- 1) 鳥取県広報 第7276号, 平成13年4月27日発行, pp.3, 2001
- 2) 鳥取県総務部営繕課 鳥取県県有施設中長期保全計画(知事部局主要施設), pp.5, 2017
- 3) 防災科学技術研究所, 防災科学技術研究所研究報告 第313号, 2008
- 4) 田村幸雄・他 RD法による構造物のランダム振動時の減衰評価, 日本建築学会構造系論文報告書第454号, 29-38, 1993
- 5) 田村幸雄・他 建築物の減衰定数実測値の固有振動数依存性および振幅依存性の検討, 日本機械学会 機械力学・計測制御講演論文集, No98-8, 1998