

微動観測に基づく鳥取大学共通教育棟の振動現象の把握

鳥取大学 学生会員 ○川崎 蒼
 鳥取大学 学生会員 大下 航世
 鳥取大学 正会員 野口 竜也
 鳥取大学 正会員 谷口 朋代

1. はじめに

本研究の対象となる鳥取大学の地震防災を考える上で、学内の建物の振動や地盤震動を把握することは重要である。そこで、建物の振動特性を把握する方法の一つとして常時微動観測がある。微動データの精度や適用性には限界があるが、微動観測の有意性は評価されている¹⁾。また、辺長比が大きいRC造建物でも微動観測が実施されており、振動性状の把握に利用されている²⁾。そこで本研究では、鳥取大学共通教育棟で常時微動観測を実施し、得られたデータを用いて、建物の卓越周期と減衰率等を求め、建物の耐震性や安全性を評価するために必要な情報を調べることを目的とする。

2. 観測対象建物

鳥取大学共通教育棟(図1)はRC造建物でA棟からE棟の全5棟からなる。またA棟とB棟を繋ぐ建物を中間棟とする。A棟とB棟は、辺長比(凡そ7.0)が大きい建物であることに加えて中間棟で繋がれており、階数が異なるC棟にも接続されている。D棟とE棟はC棟に接続されているが、傾斜地に建設されているため、階数が異なり各階の床面積にも違いが見られる構造となっている。

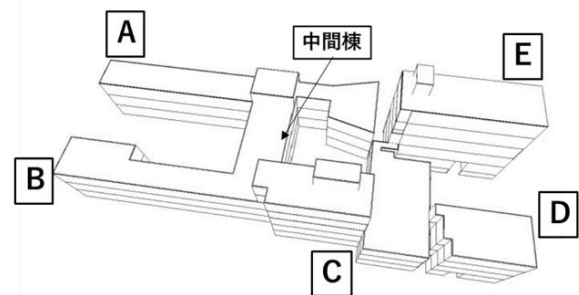


図1 共通教育棟のイメージ図

3. 観測概要

観測機器は白山工業製の3成分の加速度型地震計JU410を用いた。観測は2022年11月11日の日中に行った。設置方法は、敷地の地盤上で建物の短手方向と長手方向に水平動の向きを、地震計のNS方向とEW方向にそれぞれ合わせ設置した。A, B, C棟は建物に10台、地盤に1台、D, E棟は建物に7台、地盤に3台地震計を配置し、GPSクロックにより事前に同期させて同時観測とした。共通教育棟の複雑な構造は、各棟各地点によって振動現象が異なることが予想される。そのため地点ごとの振動現象の違いと階数が上がることによる応答倍率の変化を調べるための配置とした。観測時間は20分間とし、地震計のごく近傍で人の通行等の振動(ノイズ)が直接入りづらい講義中の時間帯で観測を行った。上から見た地震計の配置図を図2に、各棟の配置例としてA棟を図3に示す。

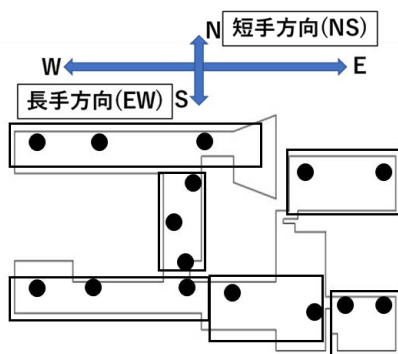


図2 共通教育棟全体の地震計配置図

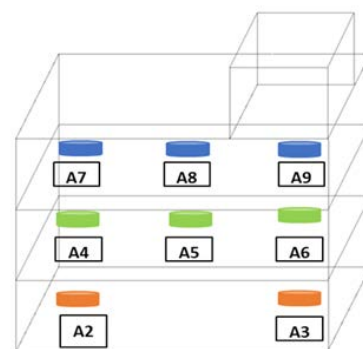


図3 A棟の地震計配置図(例)

キーワード 常時微動観測, 卓越周期, 減衰率, RD法, 粒子軌跡

連絡先 〒680-0945 鳥取県鳥取市湖山町南4-101 鳥取大学工学部 社会システム土木系学科

T E L 082-222-2376

4. 常時微動観測による建物の周期特性の把握

床上で観測した3成分の観測波形から人の通行等非定常なノイズが少ない区間を目視で選定する。これにFFTを用いてフーリエ変換し、バンド幅0.1HzのParzenウィンドウで平滑化し、各観測点において床上及び地盤上の水平2成分のフーリエスペクトル(それぞれ $S_B(\omega)$, $S_G(\omega)$ とする)を求めた。そこから床上に対する地盤上の水平動スペクトル比を(1)式より求めた(以下 H_B/H_G スペクトルと称す)。水平2成分の H_B/H_G スペクトルに共通する明瞭なピークが見られる周期を卓越周期とした。

$$\frac{H_B}{H_G} = \frac{S_B(\omega)}{S_G(\omega)} \tag{1}$$

以下図4, 5にB, E棟西側でまとめた H_B/H_G スペクトルを示す。

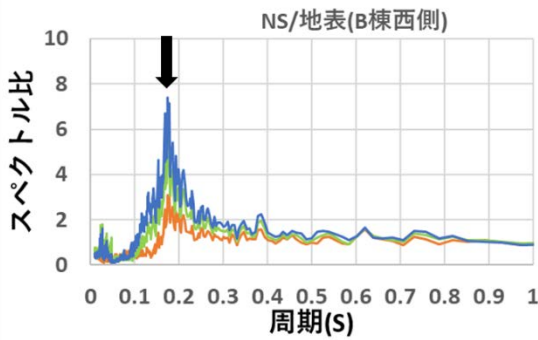


図4 B棟西側のスペクトル比(短手方向)

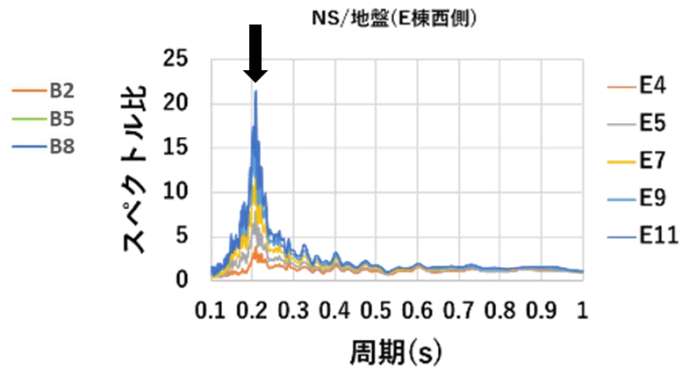


図5 E棟西側のスペクトル比(短手方向)

各棟の卓越周期を表1に示す。C, E棟は他の棟より卓越周期が長くなる結果となった。これは階数の違い(C, E棟:5階, 他の棟:3階)が要因だと考えられる。全棟においては、短手方向と長手方向ともに卓越周期ほぼ同じ値となった。また、スペクトル比は階数が高くなるごとに大きくなり、一次モードのモード形状を示すことがわかる。次に、地点ごとにスペクトル比を比較すると、全棟共通して短手方向では東側よりも西側の方が大きい結果となった。建物の形状や建物の基礎の違いが関係すると考えられる。表2にAからE棟の最上階におけるスペクトル比の結果を示す。

表1 各棟の卓越周期

観測点	卓越周期(s)	
	短手方向	長手方向
A棟	0.19	0.18
B棟	0.18	0.17
中間棟	0.17	0.17
C棟	0.22	0.21
D棟	0.17	0.18
E棟	0.21	0.20

表2 スペクトル比のまとめ

観測点 \ スペクトル	西側		中央		東側	
	短手方向	長手方向	短手方向	長手方向	短手方向	長手方向
A棟	9.03	6.16	7.93	5.84	3.94	5.67
B棟	7.41	7.76	6.82	6.39	3.03	6.12
C棟	18.12	20.05			15.36	19.42
D棟	14.70	3.90			3.20	3.70
E棟	17.80	7.50			7.10	7.80

西側では短手方向の剛性が長手方向に比べ小さくなると想定されることから、短手方向でスペクトル比が大きくなる結果となったと考えられる。他の棟との接続があるA, B, C棟の東側及び、建物の基礎が斜面上であるD, E棟東側では、長手方向の方が大きくなる結果となり、西側の傾向とは反対の傾向がみられた。この要因については、この結果を踏まえた構造解析を行うなど、今後より詳細な検討が必要である。

5. RD法を用いた減衰率の算出

得られた観測波形からRD法³⁾⁴⁾を用いて各棟の減衰率を算出した。この波形の各極大値から始まる2秒間の小サンプルを500程度重ね合わせ、RD波形を算出し、減衰率を求めた(図6)。各棟の減衰率を表3に示す。

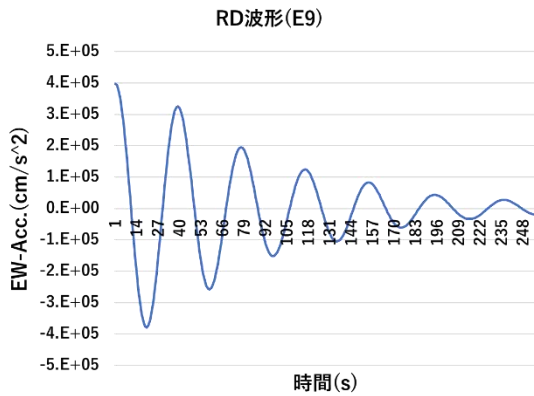


表 3 各棟の減衰率

観測点	減衰率	
	短手方向	長手方向
A棟	9.69	6.72
B棟	8.98	5.52
中間棟	8.14	5.30
C棟	6.03	4.62
D棟	8.20	8.60
E棟	7.00	6.80

図 6 E棟5階西側のRD波形

減衰率はD棟以外の棟で長手方向よりも短手方向の方が大きい結果となった。剛性の観点では長手方向の減衰率が大きくなると考えられるが、今回の結果からは反対の傾向がみられる。これは、今回対象とした建物の構造が複雑であり、シンプルな建物の振動とは異なる特性を持っていることを示していると考えられる。減衰率についても、前述のスペクトル比と同様、この現象の説明には今後詳細な検討が必要である。

6. 建物の粒子軌跡の解析

建物内における地点ごとの振動現象の違いを調べるために粒子軌跡を確認した。観測波形から1区間10秒を抽出し、卓越振動数帯(4.5Hz-5.5Hz)のバンドパスフィルターをかけ、粒子軌跡を算出する。図6, 7にA, B棟とD, E棟の西側と東側の粒子軌跡の比較結果を示す。

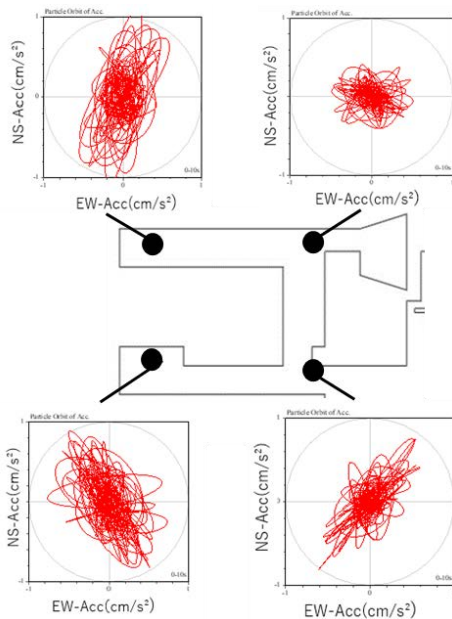


図 6 A, B棟の粒子軌跡の比較

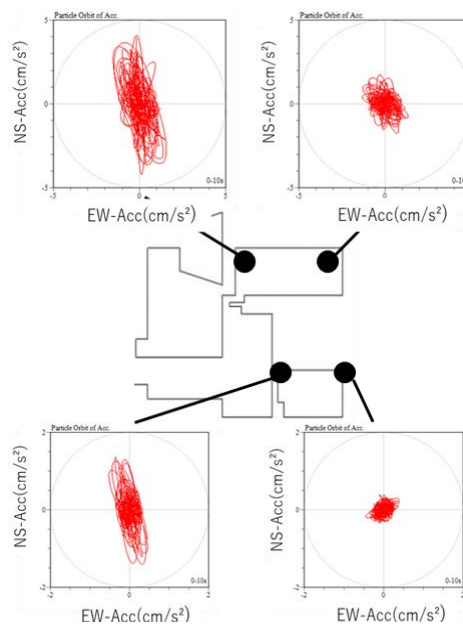


図 7 D, E棟の粒子軌跡の比較

図6より、A棟、B棟とも西側では、短手(NS)方向に振幅が大きく、振幅の軸がA棟ではややE方向に、B棟ではややW方向に傾いている様子が確認できる。一方で、両棟とも東側では西側と同じような傾向がみられな

かった。A棟、B棟は中間棟と接続があり複雑な平面形状であることから、このことが少なからず影響したものと考えられる。

D棟の西側では、短手(NS)方向に振幅が大きく、NS方向からややW方向に傾いているのに対して、東側では西側ほど振幅が大きくなく、いずれの方向にも大きな振幅はみられない。E棟の西側では、短手(NS)方向に振幅が直線的に大きく振れ、ややW方向に傾いているのに対して、東側では西側ほど振幅が大きく振れていない。E棟の立地状況としては、建物の東側端部の基礎が西側端部に比べ1階分高い位置になっており一部の東側端部は斜面となっている。このことが振幅や振れる方向の差が生じた原因であると考えられる。

7. まとめ

本研究では鳥取大学の辺長比が大きい建物を対象に微動観測を実施し、微動記録からHB/HGスペクトル比及び粒子軌跡を求め、振動現象を把握した。その結果、以下のことがわかった。

- ・ 全棟各地点に共通してHB/HGスペクトル比の卓越周期は短手方向と長手方向がほぼ同じで、0.2秒程度となった。
- ・ 全棟において階数が上がるごとにスペクトル比は大きくなり、一次モードのモード形状が確認できた。
- ・ A、B棟西側、C棟の上階、D、E棟西側が揺れやすい場所であることが分かった。
- ・ 減衰率はD棟以外の棟で長手方向よりも短手方向の方が大きい結果となった。
- ・ 粒子軌跡の特徴としては、短手方向の振幅が大きくなる傾向がみられる箇所もあったが、平面形状や立地条件が複雑な場所では異なる傾向となることがわかった。

参考文献

- 1) 天竺貴仁, 高橋武宏, 福和信夫, 護雅史, 飛田潤(2014): 継続的な地震観測及び微動計測に基づく高層免震建物の建設時における振動特性の変化, 日本建築学会構造系論文集, 第79巻, 第700号, 721-730
- 2) 酒井周, 高橋徹, 中村友紀子(2018): 辺長比が大きいRC建造物における振動性状の季節変動, 日本地震工学論文集, 第18巻, 第1号, 134-149
- 3) 田村幸雄, 佐々木淳, 塚越治夫(1993): RD法による建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集, 第454号
- 4) 豊田堯博, 鷹野澄(2013): 弱い地震動を用いた建物の減衰定数の推定: 東京大学の建物を対象として, 地震研究所彙報, Vol. 88, pp. 1-36