

常時微動 H/V スペクトル比を用いた地震動推定 —2016 熊本地震における熊本城、くまもと森都心図書館について—

金沢大学理工研究域 正会員 村田 晶, 宮島 昌克, 池本 敏和
大阪大学大学院 正会員 秦 吉弥
金沢市 土田 美悠子

1. はじめに

2016年4月14日21時26分、熊本県熊本地方を震央とする、震源の深さ11km、気象庁マグニチュード6.5、モーメントマグニチュード6.2の地震(前震)が発生し、熊本県益城町で震度7を観測した。その28時間後の4月16日1時25分には、同じく熊本県熊本地方を震央とする、震源の深さ12km、マグニチュード7.3、モーメントマグニチュード7.0の地震(本震)が発生し、熊本県西原村と益城町で震度7を観測した。マグニチュード7.3は1995年に発生した兵庫県南部地震と同規模の大地震であり、全壊した住宅が約8,000棟、半壊が約18,000棟、一部破損が約73,000棟、確認されている。本稿では、2016年熊本地震を対象に、熊本城ならびにくまもと森都心図書館における常時微動観測、および常時微動 H/V スペクトルを用いた地震動推定結果について報告する。

2. 常時微動観測および地震動推定法について

常時微動を利用し地震動の推定を試みる研究は多く行われており、例えば丸山ら¹⁾は、地震観測点における地震記録と常時微動観測結果に基づいて、近傍の地震観測点の加速度波形およびフーリエスペクトルを推定し、実際の記録と比較した。その結果、短周期成分以外ではかなりの精度で推定が可能であることが確認できた。しかし、短周期成分に関しては、波形推定が高い近似を示すのに対して、スペクトル推定は精度が低下することがわかった。次に、原田ら²⁾は地震動と常時微動の H/V スペクトル比は完全に一致しないと、地震動と常時微動の H/V スペクトル比は完全に一致させるような補正係数の定義・モデル化を行なっている。その後、村田ら³⁾によって補正係数の修正が行われ、さらなる精度の向上を図っている。本研究では、この推定法を用いて対象地区の地震動を推定する。丸山らの定式化では、地震動と常時微動の H/V スペクトル比は等しく、かつ2地点間の地表面鉛直地震動のスペクトル特性は等しいという

仮定のもと、推定点及び地震観測点の2地点間の常時微動 H/V スペクトル比の比が相対的な増幅度としている。この式を基に、本稿の推定法では次式のような補正係数を加える。

$$\left(\frac{H}{V}\right)_M^{E/O} = \frac{(H/V)_M^E}{(H/V)_O^E} = \alpha \cdot \beta \cdot \frac{(H/V)_E^E}{(H/V)_E^O} = \alpha \cdot \beta \cdot \frac{V_E^O}{V_E^E} \cdot \frac{H_E^E}{H_E^O}$$

ここで、上の添字の E 及び O は推定点、地震動観測点、下の添字の M 及び E は常時微動、地震動を表す。 α , β はそれぞれ振幅、ピーク周期に関する補正係数とする。

地震動推定に用いる常時微動観測については、調査を2016年7月27日の日中に、JU-210(白山工業(株)製)8台を用いて行った。観測時間は約30分とし、サンプリング振動数は100Hzである。常時微動観測結果より、雑振動の少ない2048点(20.48秒間)を5箇所以上抜き出し、バンド幅0.4HzのParzen Windowにより平滑化を行い、平均する。水平成分 H は N-S, E-W 成分の相乗平均値、鉛直成分 V は U-D 成分の値とし、水平成分 H を鉛直成分 V で除すことにより H/V スペクトル比を求める。

3. 推定結果

熊本城における観測地点と地震動推定(最大速度)を図1に、H/V スペクトル比を図2にそれぞれ示す。図1に示すように、石垣が崩壊している付近の K011 で最大速度を大きく推定しているが、その他においては最大速度が50cm/s以下となっており、激震を受けているとは言いがたい結果となった。その原因としては、H/V スペクトル比の卓越周期が0.2s以下の短周期となっているためと考えられる。次に、くまもと森都心図書館における推定結果を表1に、各測定階における H/H, V/V スペクトル比を図3に示す。表に示すように、図書館となっている3F, 4Fでは推定最大速度が100cm/sを超えており、きわめて厳しい揺れを受けたことが示唆できる結果となった。そ

キーワード 地震動推定, 常時微動観測, 2016年熊本地震

連絡先 〒920-1192 石川県金沢市角間町 金沢大学理工研究域環境デザイン学系 TEL: 076-234-4655

の原因として H/H スペクトル比の 0.3s 付近の卓越と 1.0s 付近の卓越が地震動を増幅したと考えられる。ここで、被害状況としては構造体には大きな損傷は確認できなかったが、書籍落下の他、3F、4F の天井落下、天井配管損傷による漏水、4F 書庫の転倒などで、部分開館を余儀なくされており、築 5 年の築浅としては厳しい被害と考えられる。特に 4F 書庫については、転倒防止の治具が取り付けられていたにも関わらず転倒していることから、改善を検討する必要があると思われる。

謝辞: 常時微動観測にあたり、前大阪大学の湊さま、大阪大学の山内さま、前金沢大学の中西さまにご協力頂きました。また、地震動推定にあたり JMA、K-NET 観測記録を使用させていただきました。現地調査にあたり熊本城調査研究センターの鶴嶋さま、くまもと森都心図書館の河瀬さまをはじめ関係者にお世話になりました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 丸山喜久, 山崎文雄: 常時微動の H/V スペクトル比を用いた地震動推定法の提案, 土木学会論文集, No.675/I-55, pp.261-272, 2001.
- 2) 原田隆典, 中村真貴, 王宏沢, 斉藤将司: 強震観測点の記録と常時微動 H/V スペクトル比を利用した近傍の未観測点の強震動推定法, 応用力学論文集, Vol.11, pp.595-602, 2008.
- 3) 村田晶, 秦吉弥, 土田美悠子, 向坊恭介, 宮島昌克: 熊本地震の益城町小谷地区における常時微動を用いた地震動推定と建物被害の関係について, 土木学会第 36 回地震工学研究発表会, 2016.

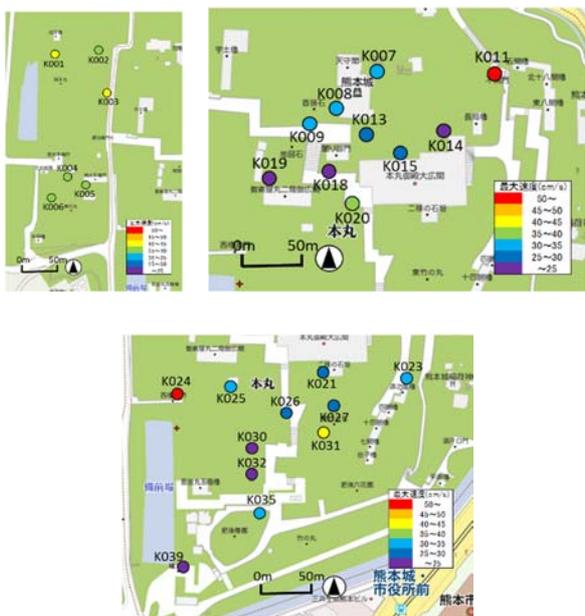


図 1 熊本城における推定最大速度分布 (左上 本丸西, 右上 本丸, 下 本丸南)

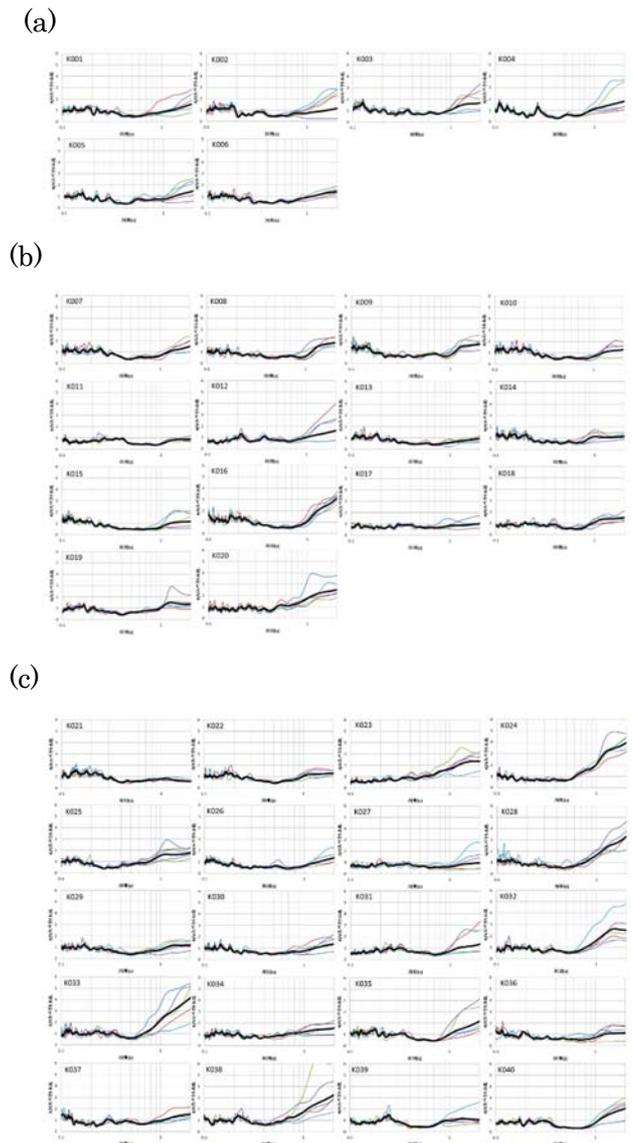


図 2 熊本城 H/V スペクトル比 (太線は平均値) ((a)本丸西, (b)本丸, (c)本丸南)

表 1 推定地震動指標 くまもと森都心図書館

	最大加速度(cm/s ²)	最大速度(cm/s)	震度
B1F	805	66	6強
1F	625	36	6弱
3F	1596	126	7
4F	1934	121	7
RF	2832	195	7

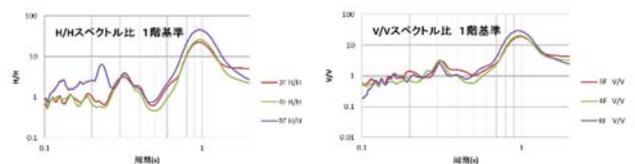


図 3 くまもと森都心図書館 H/H, V/V スペクトル比