

バンコク周辺における地盤と建物の常時微動観測

防災科学技術研究所 地震防災フロンティア研究センター 正会員 ○齋田 淳・山崎文雄
アジア工科大学 Pennung Warnitchai

1. はじめに

地震防災フロンティア研究センターでは、科学技術振興調整費による多国間型国際共同研究「アジア・太平洋地域に適した地震・津波災害軽減技術の開発とその体系化に関する研究」の枠組みの中で、アジア・太平洋地域に適用できる地盤や構造物の震動特性把握技術の開発を行っている。そのケーススタディとして、タイのバンコク市内およびその周辺においてアジア工科大学と共同で常時微動測定を行ったので、その結果を報告する。

2. 常時微動観測および波形処理

常時微動の観測位置を図 1 に示す。アジア工科大学(AIT)と Thammasat 大学(THA)はバンコク市内から北におよそ 40km 離れた郊外、Chulalongkorn 大学(CUG)と Lumpini 公園(LUM)はバンコク市内に、それぞれ位置する。各測点とも同一地点の地盤上で 2 回の測定を行った。また Chulalongkorn 大学では、電気工学科の建物の屋上・1 回床上・建物前の地盤でも測定を行った(CUE)。この建物は 6 階建てでほぼ正方形断面の建物であった。

測定には、(株)東京測振製の携帯用振動計 SPC-35N を使い、水平方向 2 成分と上下方向 1 成分を同時に計測できるセンサを接続して行った。センサは NS 方向と EW 方向に向けて設置した。測定及びその処理は以下の手順にて行った。

- i) 常時微動波形を 100 Hz サンプリングで 32,768 データ(約 5.5 分間)連続して記録する。
- ii) 0.3 Hz から 30 Hz のバンドパスフィルタをかけた後、2,048 データごとに分割する。
- iii) FFT により周波数領域に変換する。その際、バンド幅 0.4 Hz の Parzen ウィンドウで平滑化する。
- iv) 地盤の測定結果については水平方向成分と上下方向成分の比を算出する¹⁾。このスペクトル比を各測定ごとに平均したものを最終的な H/V スペクトルとする。建物測定についても各方向成分ごとにスペクトル比を算出し、それぞれを平均したものを最終的なスペクトル比とする。

3. 測定結果

(1) 地盤測定

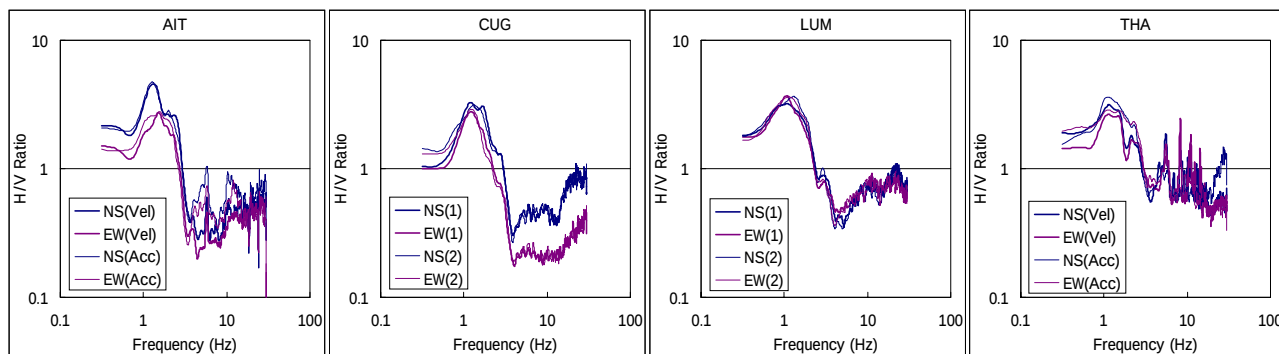


図 2 地盤の常時微動 H/V スペクトル



図 1 微動観測位置

キーワード： バンコク、常時微動、H/V スペクトル、地盤震動特性、卓越振動数

連絡先： 〒673-0433 兵庫県三木市福井三木山 2465-1 TEL : 0793-83-6632 FAX : 0793-83-6695

地盤測定の結果得られた H/V スペクトルを図 2 に示す。各測点ごとの測定結果は以下の通りであった。

アジア工科大学：1 回目は速度波形、2 回目は加速度波形を記録した。観測した波形は人の往来等の影響で変動が大きかった。しかし、得られた H/V スペクトルでは 2 回の測定結果はほぼ等しく、卓越振動数は NS 成分で 1.3Hz、EW 成分で 1.5 Hz であった。このことから、記録方法の違いや交通振動の影響によらず H/V スペクトルは安定していることが確認できた。

Chulalongkorn 大学：2 回の測定とも速度波形を記録した。測点脇にバンプがあり、頻繁に車両が通行していた。この影響で、各成分ともフーリエスペクトルの高周波数域では 10 倍以上のばらつきがあったが、スペクトル比をとると数倍程度のばらつきの範囲に収まった。最終的な H/V スペクトルの形状はほぼ等しく、安定して約 1.2 Hz の卓越振動数が得られた。なお、電気工学科の建物測定時に同時に行った地盤測定によってもほぼ同様の結果が得られた。

Lumpini 公園：車道等から離れた静かな環境で 2 回続けて速度波形を記録した。各回とも安定した H/V スペクトルが得られた。また、NS 方向と EW 方向でスペクトルの形状はほぼ等しく、卓越振動数は約 1.1 Hz であった。

Thammasat 大学：アジア工科大学と同様に、1 回目は速度波形、2 回目は加速度波形を記録した。測定は駐車場でいったため、とくに加速度記録には車両の通行による影響が強くみられる。しかし、最終的な H/V スペクトルでは 2 回の測定結果はほぼ等しく、記録方法の違いによらず約 1.2 Hz の卓越振動数が得られた。

まとめ：一般的なバンコク周辺地域の地盤構造は、粘土と砂からなる表層が約 80 m 存在し、その下に $V_s = 900$ m/s の岩があると考えられている²⁾。この地盤構造から卓越振動数は約 1.2 Hz と推定される。以上述べたように、常時微動の結果得られた卓越振動数もほぼこの値となっており、常時微動測定により、地盤の卓越振動数を得られることがわかった。

(2) 建物測定

屋上と 1 階の同時測定で得られたフーリエスペクトルの比を図 3 に示す。このピークから、この建物の卓越振動数は NS 成分で 1.5 Hz、EW 成分で 1.8 Hz と推定される。建物の固有周期 T を $T = 0.1N$ (N :建物階数)と見積もると³⁾、この建物は 6 階建てであるため、 $T = 0.6$ s、すなわち卓越振動数は 1.7 Hz となり、測定結果と調和的である。また、建物基礎部の振動特性を確認するため、1 階と地盤におけるフーリエスペクトルの同一成分同士の比を算出したところ、各成分とも 5 Hz から 10 Hz では 1 倍を下回り、地盤の振動が 1 階の振動を上回っていた。これは建物と地盤の相互作用により、建物基礎の動きが小さくなっていることを示すものと考えられる。

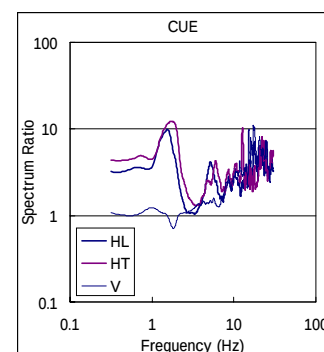


図 3 建物のフーリエスペクトル比(屋上/1 階)

4. おわりに

常時微動の H/V スペクトルを用いて地盤震動特性を検討する場合、交通振動等の外乱にほとんど影響されず、安定した結果が得られることを確認した。とくに加速度波形を記録した場合は、観測波形やフーリエスペクトルには周辺の振動の影響が強くあらわれるが、最終的に得られる H/V スペクトルは速度波形によるものとほぼ等しい結果になることを確認した。また、地盤・建物ともに、常時微動測定を用いて卓越振動数を推定できることを確認した。今後は、地盤や構造物の震動特性を把握し、バンコク市街地の地震リスク評価の基礎データ整備に役立てたいと考えている。

参考文献

- 1) 中村 豊：常時微動計測に基づく表層地盤の地震動特性の推定，鉄道総研報告，Vol. 2, No. 4, pp.18-27, 1988.
- 2) Warnitchai, P., et al.: Seismic Hazard in Bangkok due to Distant Earthquakes, 2nd Multi-lateral Workshop on Development Earthquake and Tsunami Disaster Mitigation Technologies and Their Integration for the Asia-Pacific Region, Kobe, Japan, 2000.
- 3) 田治見宏：建築振動学，建築構造講座第 17 巻，コロナ社，1965.