

地震動 H/V スペクトル比を用いた地盤 - 建物連成系の振動特性把握手法の提案

Method of Investigating Dynamic Properties of Buildings, Considering Soil-Structure Interactions by H/V Spectral Ratios



仲野健一 Kenichi NAKANO *1・安井 譲 Yuzuru YASUI *2・境 茂樹 Shigeki SAKAI *1・前田寿朗 Toshiro MAEDA *2

研究の目的

被災時の建物損傷状況を把握するため、地震記録から建物の振動特性を評価することがモニタリング分野等で広く行われている。既往研究において、地震記録から求められた伝達関数とRFの微動H/Vスペクトル比が整合する可能性が示されたが、理論的根拠に乏しいのが現状である。一方でH/Vスペクトル比は単点測定で構造物の振動特性を安定的に推定可能であることが知られており、これを活用できれば非常に有用である。そこで本研究では、微動よりも信号が明瞭である地震動を対象として、H/Vスペクトルによる振動特性把握手法を理論的に示し、神戸脇浜に建つ超高層RC建物の地震観測記録を用いて、同提案手法が成立することを実証する。

研究の概要

本研究では、建物の振動特性を把握するため、SRモデルに上下ばねをつけたような振動モデルを想定した。その振動モデルにおいて、地盤Gでの振動記録を入力信号、建物頂部RFでの振動記録を出力信号とみなし、入出力信号と線形システムの伝達関数との関係から、地盤Gと建物頂部RFそれぞれのH/Vスペクトル比 (HVR) の比 (HVRR) が水平と上下の伝達関数 (T_H^{SR}, T_V^G) の比と等価であることを(1)式のように導いた。そして、上下の伝達関数が1と見なせる周波数範囲においては、(2)式を得ることができる。なお各変数は周波数依存であるがここでは省略している。

$$HVR_{RF} = \frac{H_{RF}}{V_{RF}} = \frac{T_H^{SR} \cdot H_G}{T_V^G \cdot V_G} = \frac{T_H^{SR}}{T_V^G} \cdot HVR_G \quad (1)$$

$$T_H^{SR} = \frac{HVR_{RF}}{HVR_G} \quad (2)$$

導出したこれらの式から、HVRが安定して振動特性を示すとすれば、地盤Gと建物頂部RFでそれぞれ測定されたHVRから、水平動の伝達関数を推定できることがわかった。次に、ここで仮定した2つの条件 (1:上下の伝達関数が1と見なせること、2:HVRが安定して振動特性を示すこと) について、杭基礎を有する33階建て超高層RC建物で観測された95イベントの地震波形を用いて実証し、本提案手法の妥当性を確認した。

結論

図-1に地震観測記録から求めた上下の伝達関数を、図-2に各スペクトルの変動係数(NS方向)を示す。図-1 Bから、約3Hzまで上下の伝達関数 (RF/G) が安定して概ね1程度であることがわかる。ただし、約0.6Hzに上部構造の曲げ変形の影響が見られる点に注意が必要である。図-2から、フーリエスペクトルは大きくばらついてはいるが、HVRとHVRRはTFと同等であることがわかり、同時測定が必要なTFによらず振動特性を推定可能であると推察される。以上から、実建物において仮定条件が成立することを確認できた。

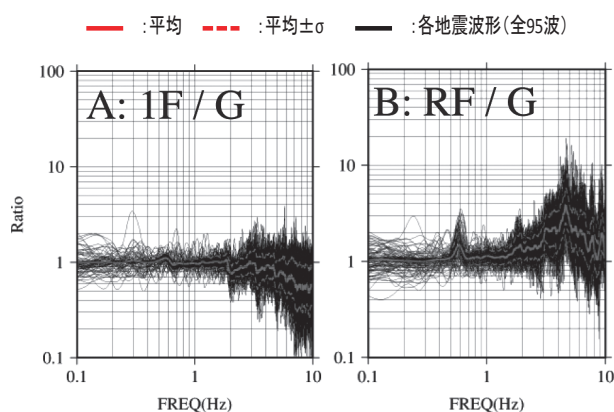


図-1 上下の伝達関数 (黒色の実線: イベント毎の伝達関数、赤色の実線: 平均値、赤色の点線: 平均値±)

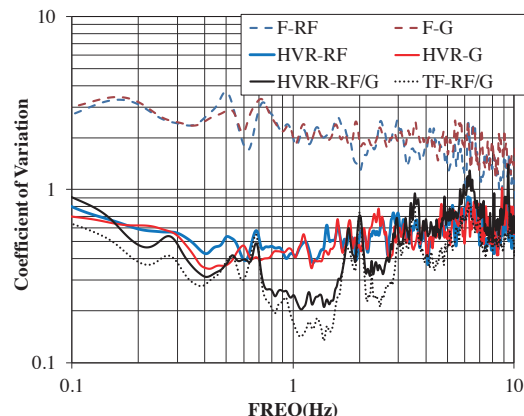


図-2 各スペクトルの変動係数 (F: フーリエスペクトル、HVR: H/V スペクトル比、HVRR: H/V スペクトル比の比、TF: 伝達関数)