

地震動の水平動と上下動の関連性に関する基礎的研究

東京工業大学大学院	正会員	大町 達夫
茨城県	非会員	有田 新太郎
東京工業大学大学院	学生員	白井 克弘

1. はじめに

従来、耐震設計において、入力地震動の作成は振幅の大きい水平動を考えることに主眼が置かれ、上下動はあまり考慮されてこなかった。しかし、近年の研究により直下地震では震源近傍において、上下動が大きくなる傾向が指摘されており¹⁾、今後、上下動についても考慮する必要がある。ところで、我々は便宜的に、地震動を水平動と上下動に区別しているが、両成分には何らかの関連性があるはずである。この関連性が判明すれば、的確な上下動成分の入力地震動を作成できる可能性がある。そこで本研究では、地震動の加速度記録をフーリエ変換して得られる、水平動と上下動のフーリエ振幅比と、フーリエ位相差に着目し、水平動と上下動の関連性について考察した。

2. 解析に用いたデータについて

本研究では防災科学技術研究所の強震ネット(K-NET)²⁾の観測点 TTR009(岩盤)、TTR008(20m以上の堆積地盤)、SMN002とSMN004(15m程度の堆積地盤)、SMN016(5m程度の堆積地盤)で得られた、2000年10月6日に発生した鳥取県西部地震(13時30分発生、マグニチュード7.3、深さ11km)と、その余震記録を利用した。図1にSMN016で観測された、鳥取県西部地震直後の加速度余震記録の東西成分と上下動成分を示す。

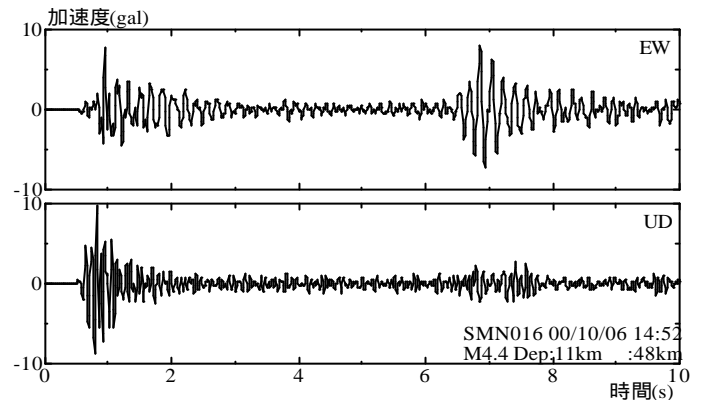


図.1 SMN016で観測された加速度記録

3. 水平動と上下動のフーリエ振幅比について

図2に観測点SMN016とSMN002で得られた、鳥取県西部地震の本震の記録を破線で、実線で余震記録のフーリエ振幅スペクトルを示す。地震のマグニチュードや震源位置が違うために、水平、上下成分とも振幅や曲線形状が大きくばらついている。しかし、水平動と上下動のフーリエ振幅比(H/V比)を計算し図にプロットすると、過去の研究³⁾と同様に観測地点ごとに振幅形状がある程度安定することが確認できる。これはSMN016とSMN002以外の3つの観測点でも同じ傾向である。

4. 水平動と上下動のフーリエ位相差について

図3に観測点TTR009(岩盤)、TTR008(20m以上の堆積層)とSMN016(5m程度の堆積層)のフーリエ位相差を示す。図3において、特に短周期成分において、規則的な位相差が生じており、双曲線関係で近似することが出来る。また、TTR009とSMN016のフーリエ位相差は地震動に因らず、ほぼ双曲線関係で近似できる。これは弾性波速度の速いP波が上

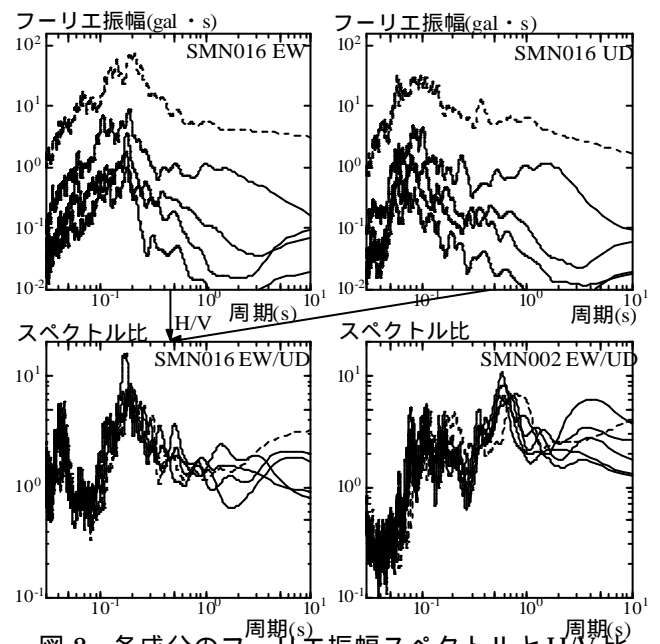


図.2 各成分のフーリエ振幅スペクトルとH/V比

キーワード 地震動、水平動、上下動、フーリエ振幅比、フーリエ位相差

連絡先 〒226-8502 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259 TEL045-924-5605 FAX045-924-5574

下動成分に、遅い S 波が水平動に影響を与えており、さらに地盤の固有周期がどちらも 0.1 秒程度と短く、短周期成分である直達実体波が強く影響しているためである。一方、TTR008 では、震源が近い地震(震源距離が 7~16km)では明確な規則性が見られ、遠い地震(155km)では見られなかった。震源が遠い地震の場合は、観測される地震動が直達実体波の他に、地層境界や地表面などで発生する屈折波や反射波、さらに周期の長いレイリー波などの影響により、波動場が複雑化しているためと推測される。

次に、図 4 に堆積層厚がほぼ 15m 程度の観測点 SMN004 と SMN002 のフーリエ位相差を示す。SMN002 では、地震動に因らず双曲線の規則性が見られたが、SMN004 ではまったく認められなかった。この 2 観測点を堆積層と基盤の 2 層として、波動インピーダンス比を求めると、明確な規則性が見られる SMN002 の波動インピーダンス比の方が大きい。これは波動インピーダンス比の大きい方が、表層に入射した屈折波や反射波の振幅が大きく、波動インピーダンス比が小さいと地震動が減衰してしまうためである。

5. 結論と今後の課題

地震動加速度記録のフーリエ振幅比は、常時微動におけるフーリエ振幅比と同じように各地点において、地震動に因らず安定した記録が得られ、地盤震動特性の評価に利用することが出来る。

地盤の固有周期が短い、岩盤や堆積層が薄い観測点では、フーリエ位相差において短周期側に明確な双曲線関係が見られる。また、堆積層が厚くても、震源近傍における観測記録のフーリエ位相差には短周期側に双曲線関係が見られる。堆積層厚が同じでも、フーリエ位相差に明確な規則性が見られる場合と見られない場合がある。これは各観測点の波動インピーダンス比の違いによるもので、波動インピーダンス比が小さいと地震動が表層内で、すぐに減衰してしまうためである。

今後は、得られた関連性を用いて、経験的に水平動から上下動を精度よく推定する方法を提案する。

参考文献

- 1) 例えば、植田隆司、五十嵐俊一、泉博允：1994 年ノースリッジ地震の上下動と水平動の関係について、第 49 回土木学会年次学術講演会概要集第 1 部、pp.1376-1377、1994。
- 2) 防災科学研究所 強震ネットホームページ：www.k-net.bosai.go.jp
- 3) 例えば、Lermo、Javier and Francisco J.Chavez-Garcia：Site effect evaluation using spectral ratios with only one station、Bull.Seis.Soc.Am. Vol.83、No.6、pp.1574-1594、1993。

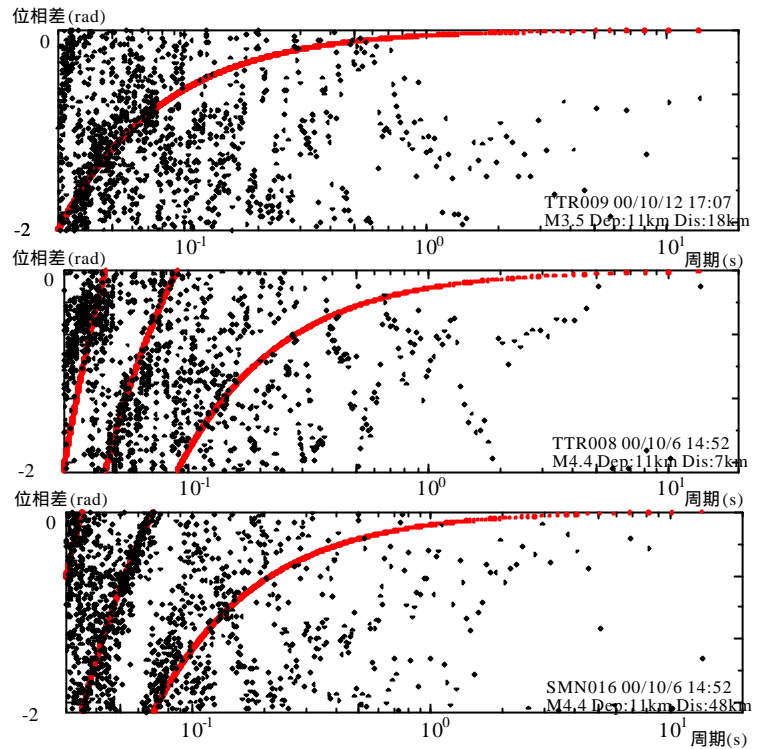


図.3 TTR009,TTR008 と SMN016 のフーリエ位相差

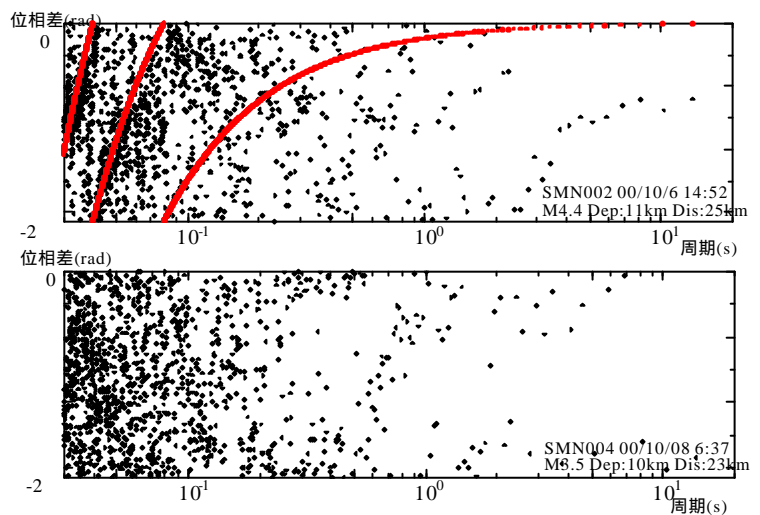


図.4 SMN002 と SMN004 のフーリエ位相差