

愛媛大学工学部 正会員 森 伸一郎
奥村組土木興業 (元愛媛大学学生) 正会員 ○河本 規宏

1. はじめに

本研究では、四国地域の基盤地震動特性の基礎的検討を行なうことを目的として、科学技術庁防災科学技術研究所の強震観測ネット Kyoshin Net¹⁾(以下 K-NET と略す)の地震動記録と地盤データを用いて、一次元重複反射理論により、逆応答解析を行ない計算上の基盤地震動を検討した。なお、解析には、プログラム SHAKE²⁾を用いた。

2. 対象地震動記録と対象観測地点

対象とした地震は、K-NET の運用以来、愛媛県で大きな揺れが観測された、1997 年 4 月 3 日 6 時 47 分の愛媛県西部を震源とする $M_{jma}=4.9$ の地震、1997 年 6 月 25 日 18 時 50 分の山口県北部を震源とする $M_{jma}=6.1$ の地震、1998 年 5 月 23 日 4 時 49 分の伊予灘を震源とする $M_{jma}=5.3$ の 3 地震である。これらの地震の加速度記録を K-NET より入手し、解析を行なった。また、対象観測地点は愛媛県 16 地点を主とし、比較のために三波川帯に位置して基盤のせん断波速度の大きい高知県の 2 地点と徳島県の 2 地点および、参考のため香川県 2 地点、合計 22 地点である。

3. 地盤モデルと伝達関数

各観測地点の地盤モデルは、K-NET の深さ 20m までの地盤データに基づき、N 値、弾性波速度 V_p 、 V_s 、密度、地盤柱状図を用いてモデル化を行なった。伝達関数算定や逆応答解析のための基盤を相対的に大きな V_s の出現する深さに設定した。2 地点を除き $V_s=300\sim 1050\text{m/s}$ である。一次元重複反射理論を用い、入射波の 2 倍である露頭岩盤に対する堆積地盤の地表の伝達関数を算定した。

図-1 に各観測地点の一次固有周波数と増幅率の関係を示す。愛媛県の観測地点においては、一次固有周波数が 4~36Hz と広範囲に広がり、10Hz 以上の良質な地盤が多く、軟弱な地盤の多い都市とは傾向を異にしている。また、増幅率はおおむね 1~2.5 の間にあり、顕著な増幅の見られる地盤は少ない。一方、高知県や徳島県の山岳地帯の観測地点では、一次固有周波数が低く、増幅率が高い。これは、基盤の V_s が 790~1050m/s と他に比べて大きいのに対して、最表層の V_s が 200m/s 前後と他と同様であり、インピーダンス比が小さいことによる。

4. 逆応答解析による工学的基盤の地震動

例として、図-2 に 1998 年 5 月 23 日の地震における松山 (EHM008) での地表の観測と工学的基盤の逆応答解析の加速度フーリエスペクトルを示す。バンド幅 0.2Hz の Parzen ウィンドウにより平滑化を行なっている。図より、逆応答解析によるスペクトルの変化は小さいことがわかる。愛媛県の他の地点においても同様で、逆応答解析によるスペクトルの変化は小さい。

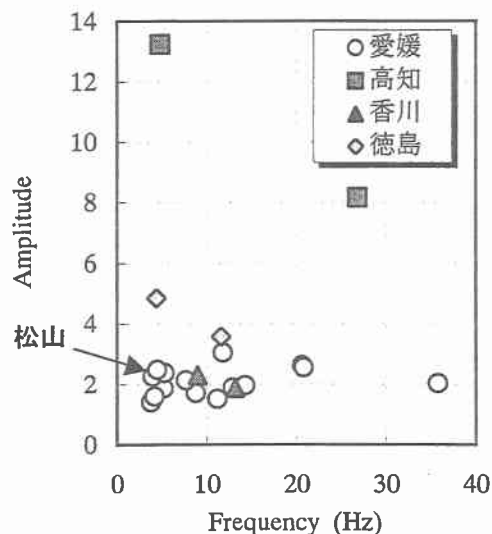


図-1 一次固有周波数と増幅率の関係

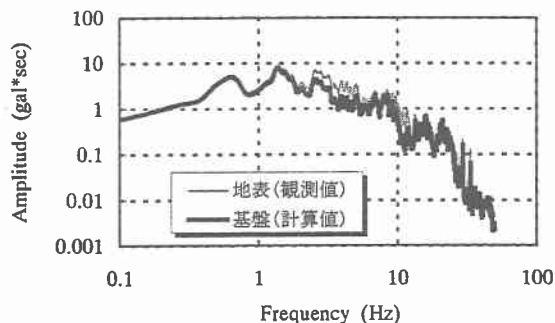


図-2 松山(EHM008)における 1998/05/23 の地震の加速度フーリエスペクトル

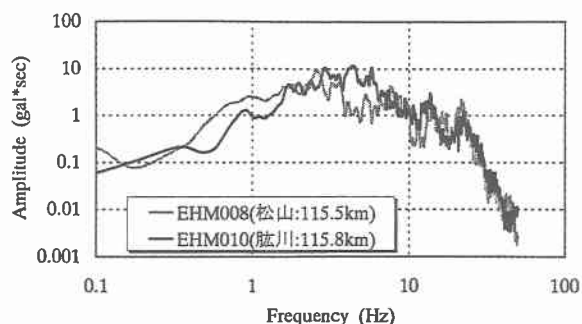


図-3 等震源距離(約 115km)にある観測点の
加速度フーリエスペクトル
(1998/05/23 NS 成分の露頭基盤波)

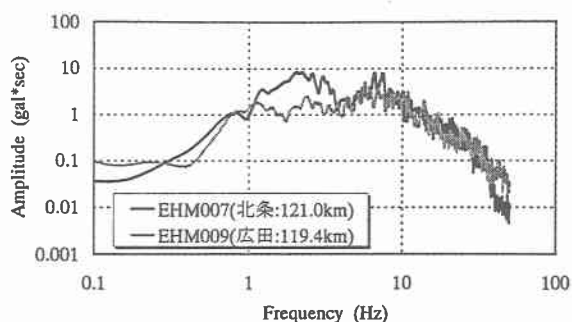


図-4 等震源距離(約 120km)にある観測点の
加速度フーリエスペクトル
(1998/05/23 NS 成分の露頭基盤波)

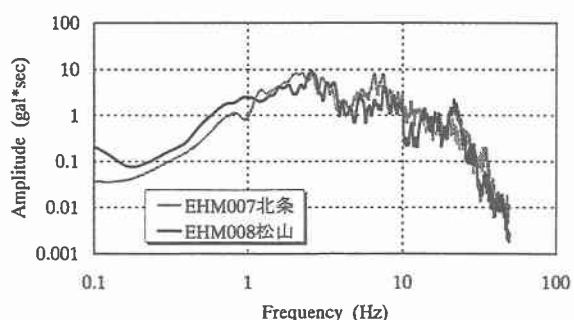


図-5 平野にある観測点の加速度フーリエスペクトル (1998/05/23 NS 成分の露頭基盤波)

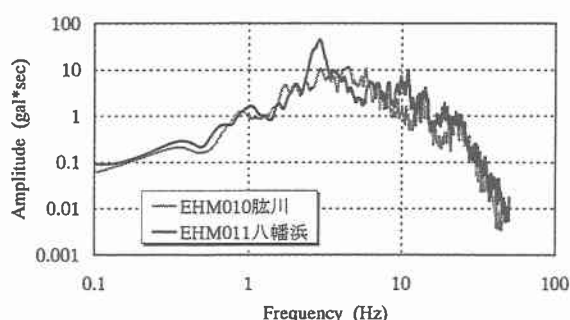


図-6 三波川帯にある観測点の加速度フーリエスペクトル (1998/05/23 NS 成分の露頭基盤波)

次に、等震源距離にある観測点の逆応答による基盤波を比較する。図-3 に約 115km の松山と肱川の、また、図-4 に約 120km の北条と広田の 1998 年 5 月 23 日地震の NS 成分の加速度フーリエスペクトルを示す。比較している各 2 地点は地質は違うが震源距離は等しい。10Hz 以下の低周波数領域で大きく異なる。地質が異なれば、表層 20m の影響を取り除いたのみではスペクトルは大きく異なることがわかる。

逆に、震源距離は異なるが同様な地形地質の 2 地点の基盤波を比較する。図-5 に平野にある北条と松山の、また図-6 に三波川帯にある肱川と八幡浜の 1998 年 5 月 23 日地震の NS 成分の加速度フーリエスペクトルを示す。先の比較と異なり、10Hz 以下の低周波数領域でスペクトル形状が類似しているのがわかる。このことは、より深い地質構造に関する情報があれば、基盤における入射地震動をより単純なスペクトル形状をもつ地震動として求められる可能性を示唆しているものと考えられる。

5. まとめ

以上の検討から、20m 以浅の表層地盤の影響を除いただけでは基盤の地震動特性を把握することは困難であること、基盤地震動をモデル化するためには深い地質構造に関する情報を反映させることが必要であることなどがわかった。耐震設計時に重要となる周期帯の地盤増幅特性を検討するためには、さらに深い所までの地盤構造情報が必要である。

謝辞：強震ネット(K-NET)のデータを公開されている科学技術庁防災科学技術研究所に謝意を表します。

参考文献

- 1) 科学技術庁防災科学技術研究所：強震ネット(K-NET), <http://www.k-net.bosai.go.jp/>
- 2) Per B.Schnabel, John Lysmer and H.Bolton Seed: SHAKE—A computer program for earthquake response analysis of horizontally layered sites—, University of California Berkeley, Report NO.EERC 72-12, 1972.12