

常時微動の H/V スペクトル比を利用した高速道路の地震動推定

東京大学大学院 学生員 丸山 喜久

東京大学生産技術研究所 正会員 山崎 文雄

日本道路公団試験研究所 正会員 本村 均・浜田 達也

1. はじめに

日本道路公団（JH）では、1995 年の兵庫県南部地震以降、地震発生直後の早期段階での地震情報の収集や効果的な地震時通行規制の実施を目的とし、高速道路料金所付近の事務所に新型地震計を大幅に増設している。現在では、高速道路沿線約 20km に 1 ケ所の割合で設置された。しかし、現状では高速道路全体の地震動の分布を把握するのに十分な数であるとは言いがたい。したがって、このような観測点の揺れやすさを踏まえた高速道路に沿った地震動分布の推定が必要になるものと考えられる。そこで、本研究では常時微動観測結果と近傍の地震記録のみを利用した、高速道路に沿った地震動分布推定手法の提案を行う。

2. 地震動と常時微動の水平鉛直スペクトル比（H/V）の比較

JH 観測点 4 ケ所とその近傍の科学技術庁の設置している K-NET 観測点 4 ケ所で常時微動観測を行った（図 1）。JH と K-NET の観測点間距離は 10km 程度以下であり、震源距離は両観測点でそれほど変わらない。微動観測は 3 分間の 3 成分計測を行った。まず、K-NET 観測点に関して、地震記録の H/V スペクトル比を計算した。同様に常時微動の H/V スペクトル比を計算し、比較を行った。解析方法は、地震動に関しては、主要動 30 秒間をバンド幅 0.4Hz の Parzen ウィンドウで平滑化したフーリエスペクトルの H/V スペクトル比を 10 地震に関して計算しその平均を取った。常時微動観測結果に関しては、3 分間の観測記録から比較的安定している 20 秒間の記録を 4 ケ所抜き出し、同様に平滑化したフーリエスペクトルの H/V スペクトル比の平均を計算した。K-NET 宇都宮・東金におけるこれらの比較を図 2 に示す。これより、常時微動と地震動の H/V スペクトル比が比較的良く似た振幅形状をしていることが確認できる。

3. 常時微動による地震動推定

以上のことを利用し JH 観測点と近傍の K-NET 観測点での常時微動の H/V スペクトル比の比を 2 点間の伝達関数とみなし、K-NET 観測点での地震記録から JH 観測点の地震記録の推定を試みる。以下、この方法の理論を示す。地震動 H/V スペクトル比を R とおくと、K-NET 観測点の地表面における地震動 H/V スペクトル比は式（1）のように書ける。

$$R_{\text{surface}}^{K-NET} = \frac{A_H^{K-NET}}{A_V^{K-NET}} R_{\text{reference}} \approx r_{H/V}^{K-NET} \quad (1)$$

ここで、 A_H 、 A_V は水平成分、鉛直成分の伝達関数、 $R_{\text{reference}}$ は露頭基盤における地震動の H/V スペクトル比、 $r_{H/V}$

キーワード：高速道路 常時微動 地震動 H/V スペクトル比 伝達関数

連絡先：〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1Bw304 TEL 03-5452-6390 FAX 03-5452-6389



図 1 常時微動観測地点

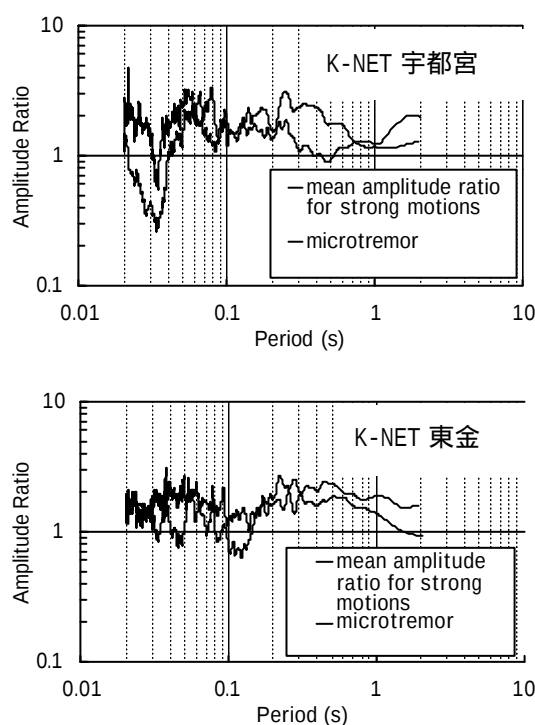


図 2 地震動と常時微動の H/V スペクトル比の比較（K-NET 宇都宮・東金）

は常時微動の H/V スペクトル比である。JH 観測点の地表面における地震動 H/V スペクトル比も同様に書けるはずである。そこで、図 3 に示すような地盤構造を仮定する。すなわち、JH 観測点の基盤構造が K-NET 観測点の基盤構造と等しいと仮定する。これより、JH 観測点と K-NET 観測点の常時微動の H/V スペクトル比の比は、式 (2) のように変形できる。ここで、 E_S 、 E_P は水平成分 (S 波)、鉛直成分 (P 波) のフーリエスペクトルである。式 (2) の鉛直成分フーリエスペクトル

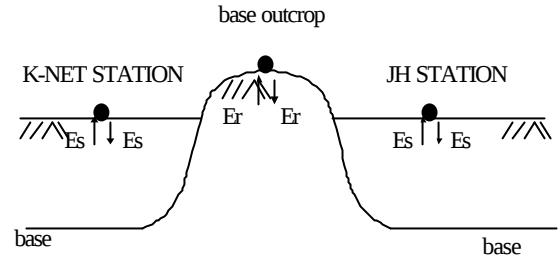


図 3 仮定した地盤構造

$$r_{H/V}^{J/K} = \frac{r_{H/V}^{JH}}{r_{H/V}^{K-NET}} \approx \left| \frac{R_{surface}^{JH}}{R_{surface}^{K-NET}} \right| = \left| \frac{A_H^{JH}}{A_H^{K-NET}} \right| \left/ \left| \frac{A_V^{JH}}{A_V^{K-NET}} \right| \right| = \left| \frac{E_S^{JH}}{E_S^{K-NET}} \right| \left/ \left| \frac{E_P^{JH}}{E_P^{K-NET}} \right| \right| \quad (2)$$

ル比に関して検討を行う。検討には、JH 宇都宮 IC と K-NET 宇都宮の地盤モデルを使用した。図 4 に水平成分と鉛直成分の伝達関数比を示す。JH 宇都宮 IC の S 波の 1 次卓越周期である 0.3 秒付近では、P 波伝達関数比が 1 に近いことが確認できる。すなわち、式 (2) の鉛直成分フーリエスペクトル比は、S 波の 1 次卓越周期付近では、ほぼ 1 に近似できることが期待され、2 点間の常時微動の H/V スペクトル比の比は、2 点間の水平成分フーリエスペクトル比に近似できると考えられる。そこで、2 点間の常時微動の H/V スペクトル比の比と K-NET 観測点の地震記録のみから JH 観測点における地震動を推定する。推定方法は、フーリエスペクトルと速度応答スペクトル、速度応答スペクトルと加速度応答スペクトルの近似関係式 (3) より、K-NET 観測点の地震記録の加速度応答スペクトルから、JH 観測点における加速度応答スペクトルを推定した。また、JH 観測点の記録の位相は K-NET 観測点のものとの位相が同じであると仮定

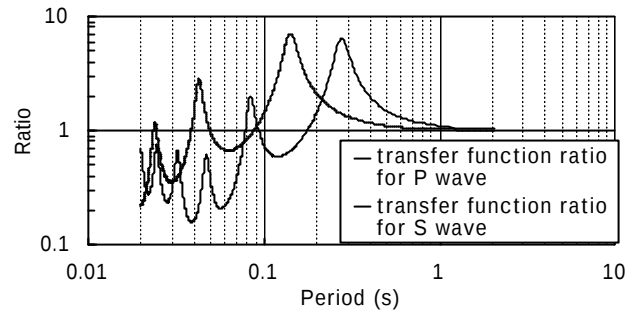


図 4 水平・鉛直伝達関数比の比較 (宇都宮)

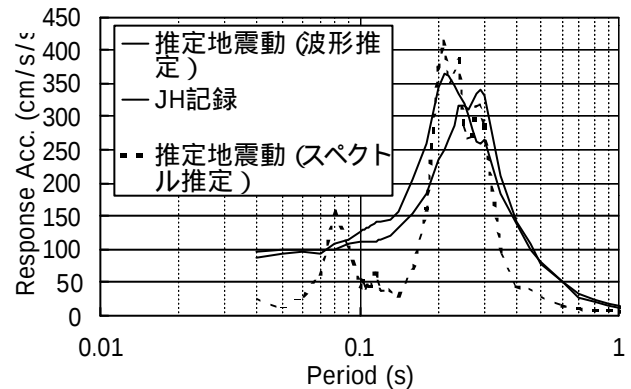


図 5 JH 宇都宮 IC における観測地震と推定地震の比較

し、K-NET 地震記録のフーリエスペクトルに常時微動の H/V スペクトル比の比を乗じ、フーリエ逆変換する

$$E_S \approx S_V^{h=0.0} \quad S_V^{h=0.05} \approx \frac{1}{w} S_A^{h=0.05} \quad (3)$$

ことで JH 観測点の加速度波形を推定した。JH 宇都宮 IC に関して推定された地震動と観測記録の加速度応答スペクトルを図 5 に示す。実測の記録と比較してもかなりの精度で推定が出来ていることが確認できる。更に、この方法を利用し、高速道路の地震計の間で系統的に常時微動観測を行えば、高速道路に沿った地震動分布推定が可能になるものと考えられる。

4. まとめ

2 点間の常時微動の H/V スペクトル比の比を利用し、近傍の地震記録から JH 観測点における地震動を推定し、実測に基づき精度を確認した。この方法で、高速道路に沿った地震動推定が可能になると期待される。

参考文献

中村 豊 (1988): 常時微動に基づく地震動特性の推定, 鉄道総研報告 Vol.2, pp.18-27.

石原研而, 木村 孟 (1986): 土木工学大系 8 土質力学/土の力学挙動と地盤の地震応答解析, 彰国社, pp.206-260.