

工学的基盤での地震記録に見られる地盤増幅特性

東京工業大学大学院 正会員 ○増井 大輔
東京工業大学大学院 非会員 翠川 三郎

1.はじめに

現行の耐震設計基準における地震動評価では、構造物の支持層(S波速度で400m/sec程度)を工学的基盤と呼び、地震基盤(P波速度5.0~6.0km/sec、S波速度3.0km/sec)の代用として用いる場合が多い(例えば1)。しかし、工学的基盤を基盤として設定することは、工学的基盤以深の地盤構造の影響を無視することから、周期1秒程度以上のやや長周期地震動を適切に評価できない可能性が指摘できる。そこで、本研究では関東平野を対象に、地震観測記録から算出された工学的基盤でのスペクトルと地震基盤でのスペクトルを用いて、基盤の設定の違いによる地盤増幅の違いや、地盤の増幅率と地震基盤深度との関係性を評価する。

2.関東平野の深部地盤構造

関東平野の地層構成は、主に下部が先新第三系基盤で構成され、その上を新第三紀中新世の三浦層群が広がる。三浦層群の上部に鮮新世から更新世前期の上総層群、いくつかの礫質層を含んだ更新世後期の下総層群、沖積層の軟弱層が存在する。

関東平野における基盤分布の探査は、屈折法や速度検層・重力異常・電気探査・常時微動等により推定されている。Fig.1に山田(2001)²⁾による三浦層群と新第三紀基盤の境界深度分布を示す。

3.地震観測記録

本研究においては、PS検層により工学的基盤までの地盤構造が得られている56点のK-net地震観測点(Fig.1の○)の記録を工学的基盤での地震動の推定に、地震基盤相当の地層に設置されたKiK-net地震観測点(Fig.1の●)の記録を地震基盤での地震動の推定に用いる。

解析に用いる地震記録は、2000年7月以降のM5.5前後の7地震記録である。スペクトルの算出はS波の初動部から40.96秒を抽出し、平滑化にParzen window0.1Hzを用いる。また、工学的基盤スペクトルの算出では、地盤の増幅影響を除去するため、重複反射理論に基づく周波数応答関数からの補正を行う。ここで、地盤の減衰Q

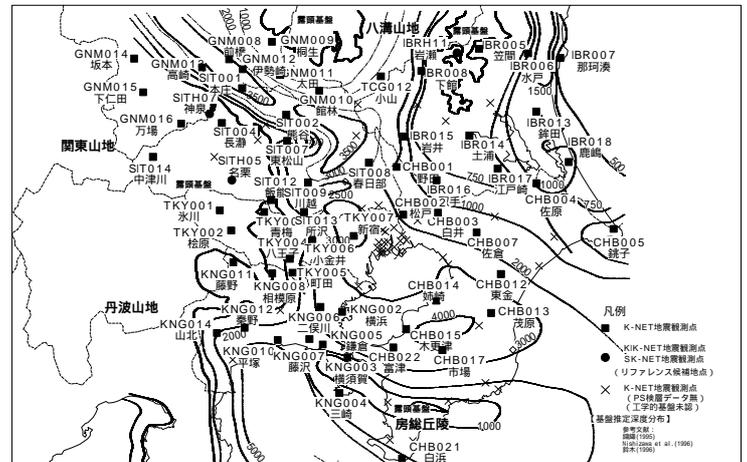


Fig.1 基盤深度分布と地震観測点

値に関しては、福島・翠川(1994)³⁾の周波数依存型を採用する。

地震基盤スペクトルの算出では、地震基盤上のKiK-NET地震観測点の地表と地中地震記録から下降波の影響を除去するため、地表面と地中のスペクトル比にフィッティングするように、PS検層による地盤モデルを再検討する。再検討された地盤モデルを用いて増幅関数を算出し、地表面でのスペクトルを増幅関数で割り戻すことで、下降波の影響を除去した地震基盤スペクトルの算出を行う。

4.工学的基盤以深の増幅率の評価

工学的基盤以深の地盤増幅特性の把握を行うため、上述した方法で、算出された地震基盤でのスペクトルに対する、工学的基盤でのスペクトルの比を増幅率とし、Fig.1の基盤深度分布を用いて、推定基盤深度順に並べた結果をFig.2に示す。推定基盤深度が浅い地震観測点では、周期1秒より短周期側においては、顕著な増幅が見られるが、長周期側ではほとんど増幅が見られない。基盤深度が1000m程度の地震観測点から基盤深度が深くなるにつれて、周期1秒より長周期側において地盤の増幅が見られ、推定基盤深度が1500mになると、周期0.1~10秒の全周期帯域で増幅し、増幅倍率は4~6程度となる傾向が見られる。

キーワード：地震観測、工学的基盤、地震基盤、地盤増幅

連絡先：〒226-8502 神奈川県横浜市緑区長津田町4259 045-924-5602

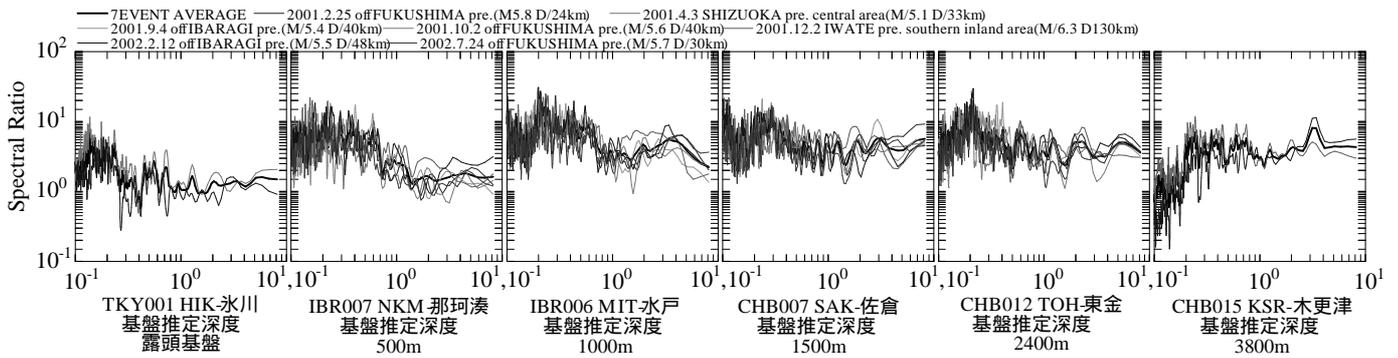


Fig.2 基盤深度順の地盤増幅率

5. 基盤深度と増幅率の相関

基盤深度と地盤の増幅特性の関係について相関が高いことが既に指摘されている(例えば4)。本研究では地盤の増幅率と基盤の深度との相関を、周期1秒より長周期側を対象に、評価周期帯域を1~2秒、2~3秒、3~6秒の3区間に分割し、検討を行う。

推定基盤深度の幅をその推定精度を考慮して500m幅で帯域分割し、推定基盤深度に対する増幅率の平均値とその ± 1 をFig.3の黒印で示す。この結果、露頭基盤から推定基盤深度1000m程度までは、推定基盤深度の変化に伴い、地盤の増幅率が高くなる右上がりの傾向が見られ、1000m程度以降は、平均値 ± 1 の分布にバラツキは見られるが、1000m以浅に見られた傾向は見られず、ほぼ一定の値を示していることが分かる。この推定基盤深度1000m程度の地盤増幅率の折れ点を、ある推定基盤深度以深における平均値 ± 1 が、500m幅で帯域分割した平均値に入る地点として設定する。この折れ点以前では深さの1次式で近似し、以後では一定値として評価する。

この結果、折れ点以後の平均地盤増幅倍率は、評価周期帯域1~2秒では3.9、評価周期帯域2~3秒では4.7、評価周期帯域3~6秒では5.3となる。評価周期帯域が長周期側に移行するに連れて、折れ点の位置も深くなる傾向が見られる。

また、本研究における平均地盤増幅率と、高橋ほか(1998)⁹⁾により地震観測記録に基づいて得られた工学的基盤以深の地盤増幅率の値とを比較すると、おおむね一致する傾向が見られた。

6. まとめ

本研究では現行の耐震設計基準に深部地盤構造の影響を導入するための基礎的段階として、地震観測記録により算出された工学的基盤における地震動スペクトルと地盤基盤における地震動スペクトルを比較し、工学的基盤

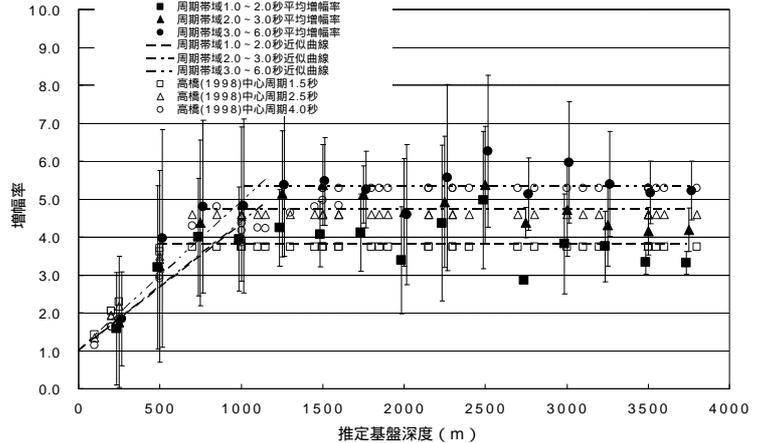


Fig.3 推定基盤深度に対する平均地盤増幅率

以深での地盤の増幅に対する検討を行った。結果、工学的基盤以深の地盤増幅特性には、以下の傾向が見られた。

- 1) 基盤深度に対する増幅率は、ある深度までは基盤深度の変化に伴い、地盤の増幅率が高くなる右上がりの傾向が見られる。
- 2) 評価周期帯域が長周期に移行するにつれて、増幅率が高くなる傾向が見られる。

謝辞

本研究における地震観測記録は、防災科学技術庁によるKIK-NET・K-NETの地震記録を用いている。記して感謝の意を示す。

参考文献

- 1) 日本道路協会, 道路橋示方書・同解説. 耐震設計編, 2002.3
- 2) 山田伸之, 差分法による堆積平野における地震波動シミュレーションに関する研究, 東京工業大学博士論文, 2001
- 3) 福島美光・翠川三郎, 周波数依存性を考慮した表層地盤の平均Q-1値とそれに基づく地盤増幅率の評価, 日本建築学会構造系論文集, 第406号, pp37-40
- 4) Wills, C.J., M. Peterson "A Site-conditions map for California based on geology and shear-wave velocity", Bulletin of the Seismological Society of America, 90, 6B, ppS187-208 December 2000.
- 5) 高橋克也他, 様々な岩盤上での強震動応答スペクトルの予測式, 第10回日本地震工学シンポジウム, pp547-552, 1998.