地震記録に基づく地盤の増幅倍率とみかけ入射角度の関係

東京工業大学大学院 正会員 〇増井 大輔 東京工業大学大学院 非会員 翠川 三郎

1.はじめに

地表面の地震動はある深さに設定された基盤に入射される地震波の特性と、基盤よりも上の地盤の増幅特性に 分離して、評価することができる.この基盤を現行の耐 震設計基準に用いられる工学的基盤に設定した場合、工 学的基盤以深の地盤構造の影響が無視され、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.増 井・翠川(2004)¹⁰では関東平野を対象に、地震観測記録を 用いて工学的基盤以深の増幅率を算出し、地盤増幅率と 基盤深度とに相関が高いことを確認した.

しかし、工学的基盤以深の増幅率には、同一地震観測 点においても地震毎に大きなバラツキが見られることか ら、増井・翠川(2005)²⁾では地震基盤までの地下構造が得 られている深層観測井の理論関数と、近傍の K-net 地震 観測点における地震毎の増幅関数との比較から、地震毎 の地盤増幅率の変化を、震源深さと震央距離から設定さ れるみかけ入射角度で説明できる可能性を指摘した.

本研究では増井・翠川(2005)で指摘されるみかけ入射 角度と理論増幅関数に対する観測記録の増幅関数の比か ら算出する増幅倍率との関係を,増井・翠川(2004)の工 学的基盤スペクトルの評価に用いる 50 地震観測点に拡 張し,基盤深度および周期依存性についての検討を行う.

2.地震観測点と観測記録

Fig.1 に増井・翠川(2004)での工学的基盤スペクトルの 評価に用いている 50 地震観測点の●で、工学的基盤以深 の増幅関数を算出する際に用いるリファレンスサイトを ◆で、深層観測井を■で、山田(2000)³⁰による基盤深度分 布を実線でそれぞれ示す、増幅関数の算出に用いる 31 地 震の諸元を Fig.2 に示す.

3. 簡易地盤モデルによる理論増幅関数の妥当性の確認

Fig.1 に示す 50 地震観測点では深層観測井のように, 地震基盤までの地下構造が明らかにされていない. そこ で,山田(2000)の層境界深度分布による層構造を,Q値 に関してはQ=100f^0.7を用いて,50 地震観測点に対す る簡易地盤モデルを作成し,算出された理論増幅関数の

キーワード:地盤増幅,地震観測,増幅倍率,みかけ入射角度,基盤深度 連絡先:〒226-8502 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259 045-924-5602







Fig.2 31 地震記録諸元





Fig.3 深層観測井 N.SHMH 下総における木下(2003)の地 盤モデルと山田(2000)の地盤 モデルによる理論増幅関数の 比較結果

Fig.4 木下(2003)の地盤モデル と山田(2000)の地盤モデルによ るみかけ入射角度と増幅倍率の 分布の比較結果 妥当性についての評価を行う. Fig.3 に深層観測井・下総 での木下(2003)⁴による増幅関数を実線で,山田(2000)に よる簡易地盤モデルによる増幅関数を破線で示す. Fig.4 は下総を含む3つの深層観測井近傍の K-net 地震観測点 の増幅関数を理論増幅関数で除した増幅倍率とみかけ入 射角度の関係を示す. Fig.4 の白抜きの印が木下(2003) のモデルを,黒の印が山田(2000)の理論増幅関数を用い た場合の結果である.この結果,両者の理論関数は良く 一致し,みかけ入射角度と増幅倍率の分布も同様の傾向 を示すことから,山田(2000)による簡易地盤モデルを用 いて,理論増幅関数を算出する.

4.基盤深度毎のみかけ入射角度と増幅倍率の関係

50 地震観測点における簡易地盤モデルによるみかけ入 射角度に対する増幅倍率の分布を Fig.5 に示す. Fig.5 の みかけ入射角度に対する増幅倍率の分布は,評価周期帯 域を 2~6 秒で固定とし,基盤深度は 0~500m, 500~ 1000m, 1000~2000m, 2000m~に4分類した. Fig.5 に,それぞれの基盤深度帯におけるみかけ入射角度 0~ 40° , $40\sim60^{\circ}$, $50\sim70^{\circ}$, $60\sim80^{\circ}$, $70\sim90^{\circ}$ の 5 帯域の平均増幅倍率を◆で,標準偏差±1 σ を実線で示す.

この結果,みかけ入射角度と増幅倍率の分布は,深層 観測井で見られた傾向と同様に,みかけの入射角が小さ い場合は,地盤増幅倍率がほぼ1の値をとり,みかけの 入射角が60°程度以下では角度の増加とともに緩やかに 増加し,それ以上の角度からは急激に増加する傾向が見 られる.この増加傾向は,基盤深度1000m程度までは基 盤深度の増加に伴い大きくなる傾向にあるが,基盤深度 1000m程度以上では一定となる傾向がみられる.また, 基盤深度 0~500mではみかけ入射角度が大きい場合で も,地盤増幅率がほぼ1の値をとることが分かる.

5. 周期毎のみかけ入射角度と増幅倍率の関係

次に、上述の基盤深度を3区分に分類した場合において、評価周期を固定せずに、2~3秒、3~6秒、5~10秒の3帯域に分類した場合のみかけ入射角度と増幅倍率の分布をFig.6に示す.Fig.5と同様に、基盤深度0~1000m、1000~2000m、2000m~の平均増幅倍率を各々、■、◆、 ▼で示す.

この結果,評価周期帯域が長周期側に移行するにつれ て,傾向の異なる基盤深度区分が深くなることが分かる. 例えば,基盤深度1000~2000mに着目すると,評価周 期帯域2~3秒では,みかけ入射角度が大きくなるにつれ, 増幅倍率も増加する右上がりの傾向を示すが,評価周期



Fig.5 基盤深度毎のみかけ入射角度と増幅倍率の分布



Fig.6 周期毎のみかけ入射角度と増幅倍率の分布

帯域 3~6 秒から 5~10 秒と長周期側に移行するにつれて、その傾きが小さくなる傾向が見られる.

6.まとめ

本研究では, 増幅倍率とみかけ入射角度の関係につい て検討し, 以下の結果を得た.

- みかけ入射角度の増加に伴い、増幅倍率が増大する 右上がりの傾向がみられ、その傾きはある基盤深度 までは深度の増大とともに大きくなる傾向を示すこ とが分かった。
- 上記の傾向は周期によって異なり、長周期では傾き が小さくなる傾向を示すことが分かった。

今後,これらの関係を整理し、みかけ入射角度と平均 地盤増幅倍率の定式化につなげる予定である.

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) 増井大輔・翠川三郎:工学的基盤での地震記録に見られる 増幅特性,土木学会第59回年次学術講演会1-768,2004.
- 2) 増井大輔・翠川三郎:地震記録から抽出した地盤増幅特性 とみかけ入射角度の関係,日本地震工学会大 会,pp432-433,2005.
- 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,2000.
- 本下繁夫:近地地震の記録,防災科学技術研究所報告 第 240 号,2003.