

## I-752

## 表層地盤による加速度応答スペクトルの増幅係数

(株)大崎総合研究所 正会員 ○奥村 俊彦  
 東京大学大学院 学生会員 堀内 雅則  
 東京大学生産技術研究所 正会員 山崎 文雄

## 1. はじめに

地震被害の分布や地震観測記録などで実証されているように地震動の特性は表層地盤の影響を強く受けることから、地域を対象とした地震被害想定を行う場合には、表層地盤の影響を評価することが不可欠である。例えば東京都の地震被害想定<sup>1)</sup>では、東京都全域を500mメッシュに区分した上で、それぞれのメッシュの地盤条件を40種類の代表的な地盤モデルのいずれかで表現する方法をとっている。一方、筆者らは500mメッシュでは表層地盤の変化を十分に表現し得ないとの考えから、従来行われてきた被害想定よりもさらに細かな情報を取り入れたマイクロな地震被害想定を試みており<sup>2)</sup>、そこでは地域内の多数のボーリングデータなどにに基づき算定された工学的基盤の深さや地盤の卓越周期などを面的に補間することにより、個々の建物の位置における地盤条件を評価している。本研究では、このようにして得られたパラメータを用いて表層地盤による加速度応答スペクトルの増幅率をモデル化する。

## 2. 表層地盤の取り扱いに関する方針

本研究では、地震被害想定に用いることを前提に、工学的基盤面より上部の表層地盤による加速度応答スペクトルの増幅特性を検討する。表層地盤は一般に多層で構成されるが、ここでは等価な1層地盤で表現することを考える。表層地盤の特性を表現するパラメータは、①層厚、②平均せん断波速度、③平均密度、④減衰定数の4つであるが、①と②は地盤の卓越周期で代用が可能である。表層地盤を等価な1層地盤でモデル化することによりいくらかの情報量が失われるが、上記のパラメータは近接する地点のデータの面的な補間などによっても比較的安定して得られると考えられることから、本研究で対象とするような非常に多数の地点における地盤特性の評価に用いるには現実的な選択であるといえよう。

## 3. 応答スペクトルの増幅係数のモデル化

弾性基盤上に1層の表層がある場合、露頭基盤に対する地表面の地震動の増幅率は、表層を粘弾性体と仮定すると近似的に次式で表される<sup>3)</sup>。

$$A(\omega) = \frac{1}{\sqrt{\left(\cos \frac{\omega H}{V_s}\right)^2 + (\alpha H + \kappa)^2 \left(\sin \frac{\omega H}{V_s}\right)^2}} \quad \dots\dots (1)$$

ただし、 $\omega$ は角振動数(rad/s)、 $H$ は表層の層厚(m)、 $V_s$ は表層のせん断波速度(m/s)、 $\kappa$ は基盤と表層の波動インピーダンス比、 $\alpha = \omega \tan \delta_s / 2V_s$ 、 $\tan \delta_s$ は表層地盤の減衰の大きさを表す損失係数である。ところが、上式は波の振幅に関するものであって応答スペクトルについて成立する保証はない。図-1はある地盤モデルに対するSHAKEによる伝達関数を加速度応答スペクトル比および速度応答スペクトル比と比較したものであり、減衰定数が0.01%の場合の速度応答スペクトル比と伝達関数は良い一致を示す。このことは、無減衰の速度応答スペクトルとフーリエスペクトルがほぼ等しいことから類推されるとおりである。一方、減衰定数が0.01%の加速度応答スペクトル比の場合には高振動数領域で伝達関数とのずれが大きくなり、減衰定数が5%になると伝達関数とのずれが低振動数領域にも及んでくることがわかる。そこで、1層および3層の表層を有するいくつかの地盤モデルを設定し、基盤の地震動(2E)の応答スペクトルと1次元波動論に基づき算定した地表面の地震動の応答スペクトルの比を、式(1)の増幅率と比較してみた。図-2は、周波数特性の異なる3種類の地震動を基盤に入力した場合の加速度応答スペクトル(減衰定数5%)の増幅率の算定結果の例であり、1次のピークについては両者はよく一致しているが2次のピーク付近よりも高振動数側では基盤と地表の応答スペクトルの比がほぼ一定値となる傾向が認められる。特に表層が3層の場合には、これを等価な1層に置換した上で式(1)を適用することによるピークのずれに起因して伝達関数の1

次と2次のピークの間の谷も埋まる傾向がある。これらのことを踏まえ、表層地盤による加速度応答スペクトルの増幅係数を図-3の太い実線のようにモデル化する。この増幅係数は式(1)を基本としていることから、工学的基盤までの深さ、表層地盤の平均せん断波速度、表層地盤の減衰定数、および基盤と表層の波動インピーダンス比が与えられれば算定することができる。また、2次のピークの高さは、 $\frac{4}{3\pi \tan \delta_s + 4\kappa}$  で与えられる。図-4には、提案した増幅係数を用いて評価した2種類の表層地盤上での加速度応答スペクトルの例を示す。

#### 4. おわりに

本研究では、表層地盤による応答スペクトルの増幅係数をモデル化した。これは、表層地盤の層厚、平均せん断波速度など比較的容易に推定できるパラメータだけで表現されるものであり、地震被害想定など工学的な利用価値は高いものと考えている。なお、地震被害想定への適用例は別途発表予定<sup>4)</sup>である。

#### <謝辞>

本研究は、損害保険料率算定会の地震保険調査研究「地域特性を考慮した地震被害想定に関する研究」の一環として行ったものであり、研究委員会のメンバーである片山恒雄、大江守之、園部雅久、斎藤裕美、加藤孝明、南部世紀夫の各氏、ならびに損害保険料率算定会の関係者各位に厚く御礼申し上げます。

#### <参考文献>

- 1) 東京都防災会議：東京における地震被害の想定に関する調査研究, 1991.9.
- 2) 損害保険料率算定会：地域特性を考慮した地震被害想定に関する研究Ⅲ, 地震保険調査研究35, 1994.1.
- 3) 石原研而・木村孟：土木工学大系8 土質力学土の力学的挙動と地盤の地震応答解析, 彰国社出版, 1986.
- 4) 堀内・山崎・片山：地域特性を考慮したミクロな地震被害想定, 土木学会第49回年次学術講演会, I, 1994.9.

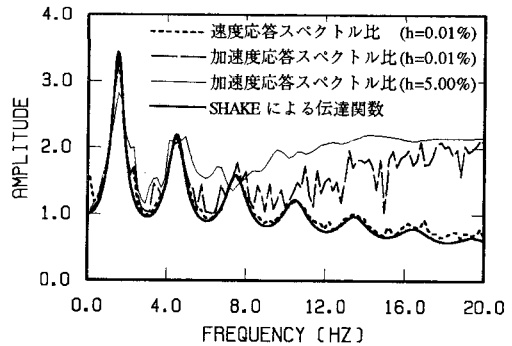


図-1 地盤の伝達関数と応答スペクトル比の比較

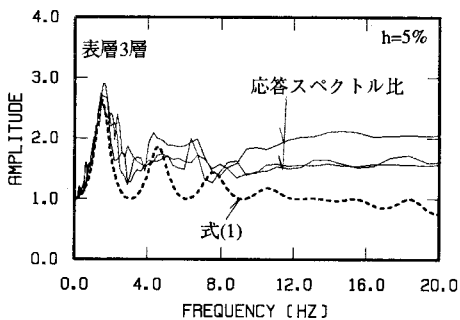
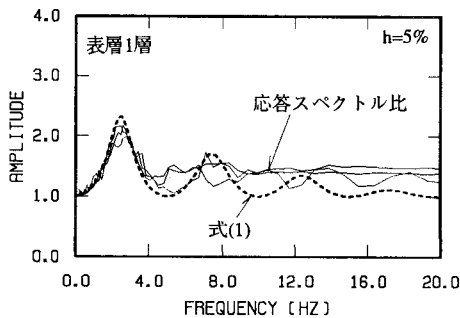


図-2 式(1)による伝達関数と応答スペクトル比の関係

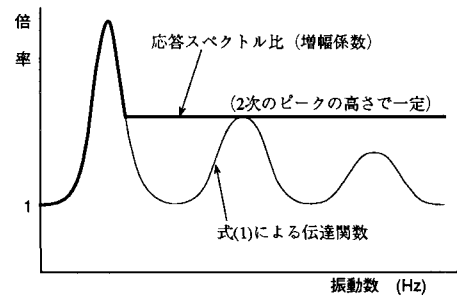


図-3 応答スペクトルの増幅係数のモデル化

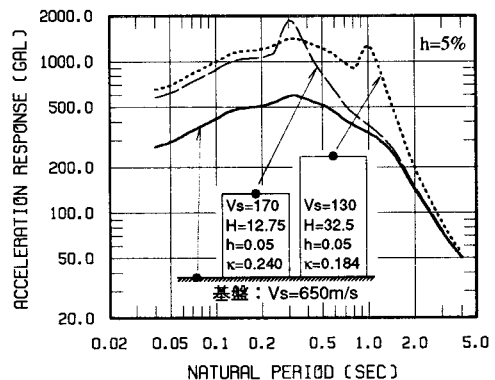


図-4 地表面の応答スペクトルの計算例