

表層地盤における震動分布の予測

京都大学防災研究所 正会員 工崎憲三
京都大学大学院 学生員 野口雅之

1. まえおき 都市圏における震害予測やそれに対する対策の樹立のためには、発生する地震の想定とそれによる地震動の推定が行われている必要がある。後者においては表層地盤の地震応答解析が一般に行われるが、そのためには当該地点の地盤定数を知る必要がある。しかし、広い地域にわたって標準貫入試験以上の詳細な地盤調査が行われているのは極く稀な例であらう。また横波速度や密度に関するデータが得られていても数百メートル程度の範囲内でもそれらの値は、場所によって不規則に変動すると考えねばならない。そこで本研究では都市圏を数百メートルのメッシュでおおった場合、同一メッシュ内では横波速度をある平均値と分散を持つ確率変数と考え、そのような地盤の応答を応答スペクトルにより評価した。その際、応答スペクトルも各周期ごとにある平均値のまわりで分布するものとして取り扱い、大阪地盤を対象として想定地震に対する地盤表面での速度応答と加速度応答とについて検討を行った。さらに横波速度の分布の応答値に及ぼす影響を与えているのかについて検討し、また数量化理論第1類により、超過確率に対応する応答値を外的基準として応答値に関連する各種要因についての要因分析を行った。

2. 地盤モデル 図1に示すような、(a)連続2層系モデル、(b)せん断型多質点系モデルを仮定した。この際、地震基盤として大阪層群のうち下部洪積層を、また沖積層、上部洪積層をモデル化の対象としたのは両者共通である。これらのモデル解析により地盤の固有周期 T は、

$$T(C_1, C_2) = \text{func.} (P_1, P_2, H_1, H_2, C_1, C_2) \quad (1)$$

である。ここに ρ_i , H_i , C_i は密度、地盤の厚さ、横波速度であり、 $i=1, 2$ は沖積層、上部洪積層に対応している。この固有周期 T は、モデル(a)では2次モードまで、モデル(b)では必要とする高次モード数までを対象としている。

3. 応答スペクトルの確率論的評価 本研究に用いる加速度応答スペクトル曲線は、建設省の新耐震設計法(案)に示されているものである。このうち第2種地盤のマグニチュードと震央距離との組合せ(表1)9種類を想定地震とした。これを用いて、求まった固有周期に対応する応答スペクトル値の2乗和の平方根で最大応答値に近似で

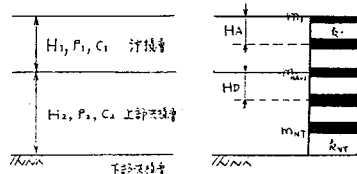


図1 モデル(a) モデル(b)

表1 想定地震区分

k	Magnitude	Distance
1	6.1 - 6.8	20 - 60
2	6.1 - 6.8	60 - 120
3	6.1 - 6.8	120 - 200
4	6.8 - 7.5	20 - 60
5	6.8 - 7.5	60 - 120
6	6.8 - 7.5	120 - 200
7	7.5 - 7.9	20 - 60
8	7.5 - 7.9	60 - 120
9	7.5 - 7.9	120 - 200

きる。一方これらの応答スペクトルは数量化理論により推定した結果であるが、推定値に対する実測値の比は、任意の周期に対してほぼ対数正規に近い分布をしている。そこで、応答スペクトルによる推定値を μ とする時、応答値 x の確率密度 g を次式で表わす。

$$g(x; \mu, \zeta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\zeta x} \exp\left[-\frac{(\log x - \mu)^2}{2\zeta^2}\right] \quad (2)$$

ただし、 ζ は変動係数である。 G_1, G_2 の密度関数を $p^{(1)}(G_1), p^{(2)}(G_2)$ とすれば、各メッシュごとの最大応答値の密度関数 $p(x)$ は次式で求められる。

$$P(x) = \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} g(x; \mu, \zeta) p^{(1)}(G_1) p^{(2)}(G_2) dG_1 dG_2 \quad (3)$$

さらに $P(x)$ の累積分布関数を $\Phi(x)$ とすると、超過確率 α に相当する応答値 RC は次式により求まる。

$$RC = \Phi^{-1}(1 - \alpha) \quad (4)$$

4. 解析結果 以下のように要約される。

(1)メッシュで区切られた大阪市の地盤に対する加速度および速度応答値も超過確率10%, 50%に対して求めた結果加速度応答値については図2に示すように、沖積層のほうが、上部洪積層の厚いいわば洪積層地盤で大きな応答を示すことがわかった。速度応答値については図3に示すように、洪積台地から沖積層の厚い軟弱地盤への遷移領域での応答が大きいという結果が得られた。さらに同一メッシュにおいて、超過確率10%の値は、50%の値の約2倍を示し、パターンはほぼ同様であることがわかった。

(2)横波速度(S波)は、沖積層および上部洪積層でそれぞれ大きな変動を示すに、これらに対してある平均値と分散をもつ分布を仮定して解析した応答値と、確定値として解析した値とでは、ほとんど顕著な差がみられなかった。

(3)数量化理論第1類を適用して、推測される応答値に影響を与える要因は、マグニチュード、震央距離、上部洪積層厚が大きい、沖積層厚、横波速度はほとんど影響を与えないことがわかった。

(4)非線形特性の検討を行った結果、線形解析よりも大きな応答値を示した。

以上の結果は地表面での応答にも数百メートルにも及ぶ洪積層地盤が重要な影響をもつことを示唆しているものと考えられる。

◎参考文献 (1)建設省土木研究所：新耐震設計法(第), pp59~pp85, 1977.

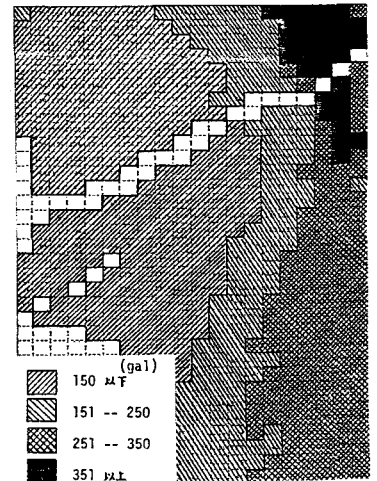


図2 表面加速度応答値
($k=9$; $\alpha=0.1$)

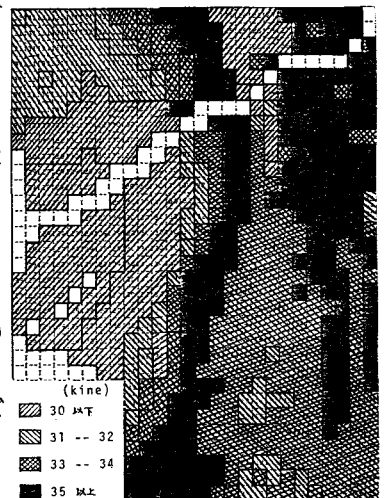


図3 表面速度応答値
($k=9$; $\alpha=0.1$)