

地盤定数の推定誤差が地盤の地震応答解析結果に及ぼす影響

金沢大学工学部 学生会員○鶴来雅人  
 正会員 北浦 勝  
 同 池本敏和

1. まえがき

従来の地盤の地震応答解析においては地盤定数（密度，せん断弾性係数など）を確定量として取り扱うのが一般的である。しかし，これらの地盤定数はばらつきを有していると考えられ，最近ではこのばらつきを考慮した地震応答解析を試みる研究が行われつつある<sup>1)</sup>。そこで本研究では地盤定数を確定量として捉えた場合と，ばらつきをもった量として捉えた場合の地表面における地震応答の違いを比較検討する。

2. 解析概要および解析モデル

本解析では基盤面からの入射波の振幅が1の場合に対する地表面での振幅の大きさを比較した。その際，マトリックスによる重複反射理論を適用した<sup>2)</sup>。入射波の振幅が1の場合，地表面での振幅の絶対値  $U_1(\omega)$  は，

$$U_1(\omega) = \frac{2}{\sqrt{[R_{n-1}(1,1)]^2 + [R_{n-1}(2,1)/G_n k_n]^2}}$$

と表せる。ここで  $R_{n-1}(1,1)$ ， $R_{n-1}(2,1)$  はそれぞれ  $[R_{n-1}]$  の第1行第1列および第2行第1列の係数である。

$$[R_{n-1}] = [S_{n-1}][S_{n-1}] \dots [S_1]$$

$$[S_n] = \begin{bmatrix} \cos k_n H_n & (\sin k_n H_n)/(G_n k_n) \\ -G_n k_n \sin k_n H_n & \cos k_n H_n \end{bmatrix}$$

$k_n$  ; 波数 ( $=\omega/C_n$ )  $C_n$  ; 第  $n$  層内でのせん断波速度  
 $G_n$  ; 第  $n$  層でのせん断弾性係数  $H_n$  ; 第  $n$  層の層厚

本解析ではばらつきをもつ地盤定数として，せん断波速度を決定する密度とせん断弾性係数を想定している。地盤定数のばらつきはPoint Estimate Method(以下PEM とする)とMonte Carlo Simulation (以下MCS とする)によって考慮した。PEM では密度とせん断弾性係数それぞれの平均値±標準偏差の2点の組合せ，すなわち4通りの組合せで検討した。一方，MCS では正規分布に従うそれぞれ100個の密度とせん断弾性係数の組合せ，すなわち10,000通りの組合せで検討した。また本解析では表1に示すような簡単な単層地盤を解析基本モデルとして，地表面層の層厚，せん断弾性係数とその変動係数を変えて行った。なお，入力波形は2Hzの調和波としている。この値は層厚が約38mである地盤の固有振動数に相当している。

表1 解析基本モデル

	密度 (kN/m <sup>3</sup> )	せん断弾性係数 (kPa)	せん断波速度 (m/sec)	層厚 (m)	変動係数	
					密度	せん断弾性係数
地表面層	17.6	162,000	300	10	0.1	0.1
基盤	24.5	625,000	500	—	—	—

3. 解析結果

解析結果を図1～図3に示す。

<層厚-応答変位倍率> 層厚を10m～50mに変えて解析を行った。なお，層厚以外のパラメータは表1のとおりである。層厚が20mを越えるあたりから応答変位倍率のばらつきが大きくなる。これは層厚が増し，38mに近づくにつれて共振状態になる。共振点付近では，パラメータのわずかな変化で応答変位が大きく変わるためにこのように応答変位のばらつきが大きくなるのだろう。

<せん断弾性係数-応答変位倍率> せん断弾性係数を4,500 ~288,000 (kPa)に変えて解析を行った。せん断弾性係数以外のパラメータは表1のとおりである。本パラメータ領域では、せん断弾性係数が大きくなると応答変位倍率の平均値とそのばらつきは小さくなっている。これは応答が共振からずれることでは説明できる。また、PEM とMCS による応答変位倍率のばらつきの違いはほとんど見られない。

<せん断弾性係数の変動係数-応答変位倍率> せん断弾性係数の変動係数を0.05~0.30に変えて解析を行った。せん断弾性係数の変動係数以外のパラメータは表1のとおりである。せん断弾性係数の変動係数が大きくなると応答変位倍率の平均値は微増している。また本パラメータ領域では、PEM とMCS による応答変位倍率のばらつきの違いは小さい。

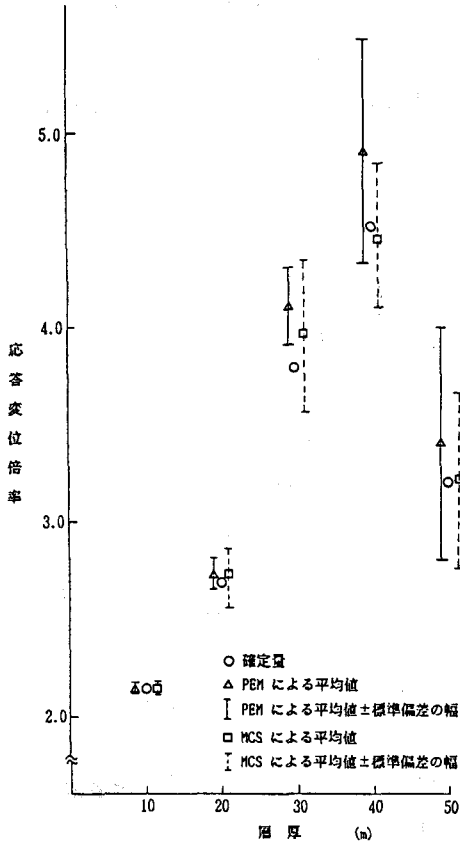


図1 層厚と応答変位倍率の関係

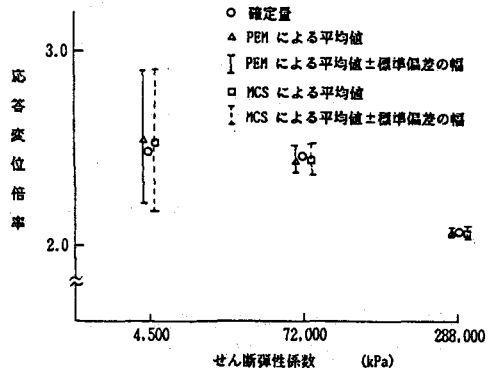


図2 せん断弾性係数と応答変位倍率の関係

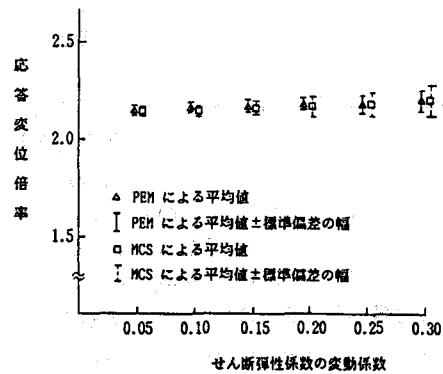


図3 せん断弾性係数の変動係数と応答変位倍率の関係

4. まとめ

地盤定数のばらつきを考慮すると、地表面での応答変位は条件によってかなりばらついていることが判明した。今後は地盤定数のばらつきを考慮した地震応答解析が行われるべきであろう。また、PEM とMCS の結果を比較すると、本解析に用いたパラメータ領域においては応答変位倍率の平均値±標準偏差は両者においてほぼ近い値を示している。今後は広い範囲に渡って検討を行うつもりである。

【参考文献】

- 1) 例えば、日比野 浩・河村 壮一：物性のばらつきを考慮した軟弱地盤の地震応答性状，日本建築学会 学術講演梗概集，pp.2361 ~2362，1988.
- 2) 土岐 憲三：構造物の耐震解析，pp.82 ~90，技報堂出版，1981.