

地盤物性値の不確定性の影響評価に関する研究

豊橋技術科学大学大学院

○園田 一博

豊橋技術科学大学 正員

栗林 栄一

豊橋技術科学大学 正員

Leelawat Chartchai

1. 序論

地盤の地震動応答解析を行う際に、地盤の物性値および力学的特性を把握することは重要であるが、地盤は一般にかなり不均質なものであり、また、物性値を算出する際にも誤差が生じる。従って、一般に確定量として扱われている地盤物性値は、ある程度のばらつきを持っている。本論文では、これらの地盤物性値のばらつきおよび推定誤差に着目し、これらの物性値を確率変数とした際に地盤の地震動応答解析結果に及ぼす影響について検討する。

2. 解析モデル

本解析では、3種類の実地盤(2層地盤(MODEL1)、3層地盤(MODEL2)、8層地盤(MODEL3))とMODEL3を等価な2層に置換した地盤(MODEL4)及びびり地盤として基盤と表層の振動インパンス比の変化を考慮した3種類の1層地盤(振動インパンス比 $\alpha=0.16$ (MODEL5)、 $\alpha=0.36$ (MODEL6)、 $\alpha=0.60$ (MODEL7))の計7種類の地盤を対象としており、減衰定数は5%とする。なお基盤層は確定量とした。

3. 地盤物性値の不確定性の考慮

せん断波速度を決定する地盤物性値として密度とせん断弾性係数があるが、松尾¹⁾らによれば、土の密度のばらつきは変動係数(以下図中ではCOVとする)にして0.02~0.08と、比較的小さい事から考慮の対象外とした。一方、N値の変動係数は0.3程度である事から、N値と土のせん断波速度の回帰式から推定されるせん断弾性係数は、ある程度のばらつきを有していると思われ、本解析では変動係数を0.1~0.3に設定した。また土の確率分布形状は密度、一軸圧縮強度等は、正規分布に従うことが明らかになっているがせん断弾性係数についても、簡便のため正規分布に従うと仮定する。

4. 解析手法

本解析では、重複反射理論を用いて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求める。また、ばらつきの評価方法として、本解析ではモンテカルロ法(以下MCSと略す)を採用した。しかし、モンテカルロ法は、確率変数を扱う際に有効な手段である反面、数多くの計算を必要とするため、計算時間が増加するという難点がある。そこで、本論ではモンテカルロ法とともに、POINT ESTIMATE METHOD²⁾(以下PEMと略す)を採用した。この方法は確率密度関数を数点でのみ値を持つ確率関数に置換する事によって、解析回数を減らす事が出来る手法であり、今回は2点による方法を用いた。各層のせん断弾性係数の組み合わせとして、平均値±標準偏差の2点の組み合わせ、すなわち1層につき2通りの組み合わせで検討した。

5. 解析結果

各地盤モデルについて、MCSにより求めた地表面での応答倍率の平均値と周波数の関係を求めた。その一例を図1に示す。これよりMCSにより解析した卓越周波数における応答倍率が、変動

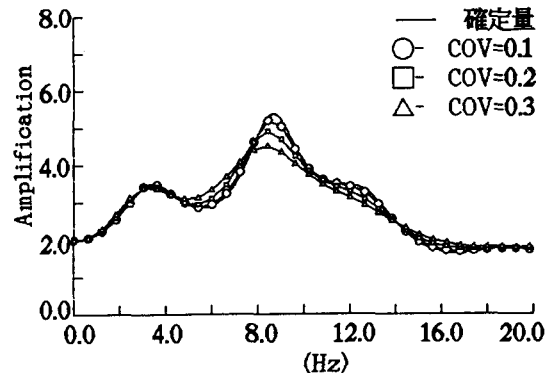


図1 MCSより求めた応答倍率と周波数の関係 (MODEL1)

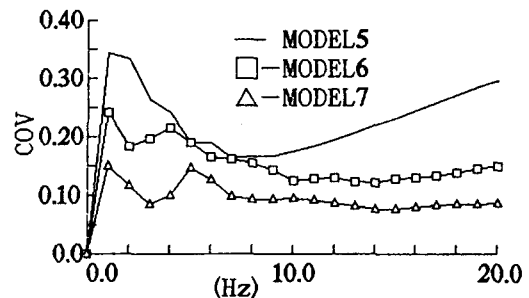


図2 MODEL5~7の応答倍率の変動係数と周波数の関係 (COV=0.3)

係数の増加とともに減少している事がわかる。これは、変動係数が大きくなると共振点からはずれた点で解析する回数が多くなるためと考えられる。また、各周波数ごとの応答倍率の変動係数は、せん断弾性係数のばらつきの程度に応じて0.05~0.35程度の値をとり、周波数によっても変化する。MODEL5~7を比較してみると(図2参照)、MODEL7での応答倍率の変動係数は最大でも0.15程度であるのに対してMODEL6で0.25、MODEL5で最大0.35と、表層が軟弱であるほど応答倍率の変動係数が増加する。これは、せん断弾性係数のばらつきの影響は、表層が軟弱であるほど地表面の応答倍率の不確定性に与える影響が大きい事を示している。

次に、MCSで得られた結果をもとに、PEMとの比較検討を行う。図3,4を見てみると、PEMは確定量の応答倍率と比較して、せん断弾性係数の変動係数が小さいときは比較的良好に共振点を表すが、変動係数の増加にともない、高振動数領域になるほど共振点がずれていく傾向がみられる。これは、せん断弾性係数のばらつきの度合いが大きいほど、従来の共振点からはずれた点で解析を行うためと考えられる。また、層数の変化が、PEMに与える影響について検討するためにPEMのMCSに対する応答倍率の相対誤差を各周波数ごとに求めた。その一例としてMODEL3及びMODEL4のモデルについて検討を行う。(図5参照)。これを見るとMCSに対する相対誤差は、MODEL4の方が大きい。つまり、層数が減少するほどPEMの精度も減少していくと考えられる。これは、層数が少なくなると応答解析の解析回数も少なくなる事が原因と思われる。また、地盤の良否に対するPEMの精度を検討した結果、それぞれの振動数により変化することが明らかとなった。

6. 結論

今回対象とした地盤及び変動係数の範囲においては、地表面での応答倍率は地盤物性値のばらつきの度合いに応じて0.05~0.35の変動係数をもち、各振動数ごとに変化する。また、表層が軟弱な地盤であるほど、地盤物性値のばらつきが応答倍率の不確定性に与える影響が大きい。次に、MCSと比較した時のPEMによる解析は、表層の数が少なく地盤物性値の変動係数が大きくなるほど精度が低下する傾向が高振動数領域ほど顕著に表れ、地盤の良否、振動数の違いによってもその精度に変化が見られた。

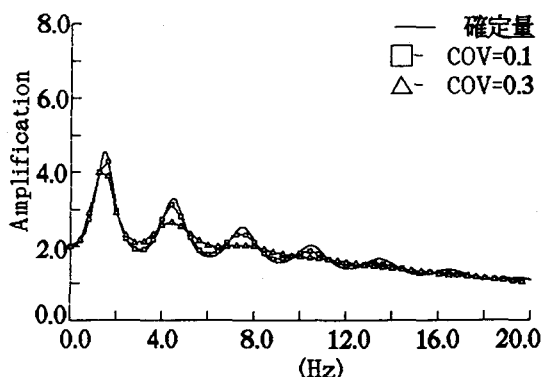


図3 MCSより求めた応答倍率と周波数の関係 (MODEL6)

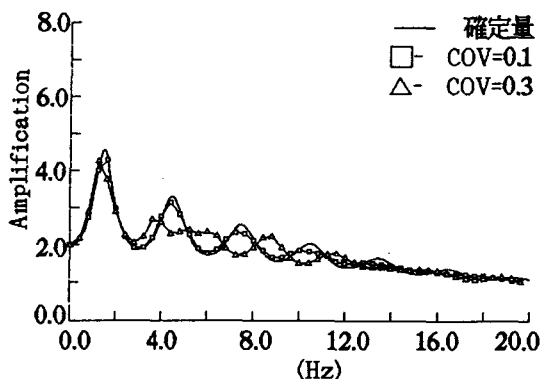


図4 PEMより求めた応答倍率と周波数の関係 (MODEL6)

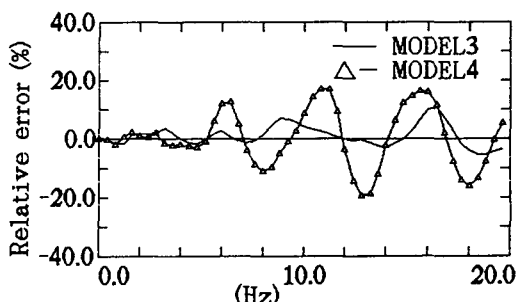


図5 PEMのMCSに対する相対誤差と周波数の関係 (COV=0.3)

参考文献

- 1) 松尾 稔: 地盤工学—信頼性設計の理念と実際—, 技報堂出版, 1981
- 2) Rosenbleuth, E: Point estimates for probability moments, Proceedings of the National Academy of Science, Vol.72, No.10, pp3812~3814, 1975
- 3) 北浦 勝・池本 敏和・鶴来 雅人: 地盤係数の不確定性を考慮した地盤の地震応答に関する研究, 土木学会構造工学論文集, 1990