

モンテカルロシミュレーションを用いた 地盤物性のばらつきと地盤応答特性との関係に関する基礎検討 (その3)

大成建設株式会社 正会員 ○畑 明仁
大成建設株式会社 フェロー会員 志波 由紀夫

1. 目的

筆者らは、地盤物性のばらつきが地盤応答特性に与える影響を把握する目的で、等価線形解析および逐次非線形解析にモンテカルロシミュレーションを適用し、せん断剛性の変動が一次元表層地盤モデルの地震応答に与える影響について数値的に検討を行ってきた。本検討では、表層地盤モデルを二次元に拡張し、せん断剛性のばらつきが地震応答特性に与える影響を検討したのでその結果を報告する。

2. 解析条件

解析モデルは二次元自由地盤モデルとし、図1に示す深度20mに位置する岩盤上の表層地盤を想定した。表層地盤のせん断剛性 G_0 は拘束圧依存性を考慮して各層毎に設定し、地盤の非線形特性 $G/G_0 \sim \gamma$ 関係、 $h \sim \gamma$ 関係は各層共通とした(図2)。なお、材料非線形モデルにはR-Oモデルを用いた。

入力波形は、内陸直下型地震として兵庫県南部地震の神戸海洋気象台波形(以下、神戸波)および海洋型地震として宮城県沖地震の東北大学波形(以下、宮城波)を選定し(図3)、それぞれ最大加速度を300, 600, 900Galに振幅調整して入力した。また、地震波の入力に際してはモデル底面に粘性境界を設け2E波を入力した。

地盤物性のばらつきの条件は、成層地盤を想定した一次元的なばらつきを有するモデルと二次元的にランダムなばらつきを有するモデルの2種類を設定した。成層地盤モデルにおいては、水平方向の同一層内では一定のせん断剛性 G_0 をとるものとし、各層のせん断剛性は互いに独立な対数正規分布に従うものとした。一方、ランダムなばらつきを有する地盤では、水平方向の同一層内であってもせん断剛性 G_0 がばらつくものとし、同一層内のせん断剛性は各要素毎(要素幅1m)に同じ平均値と標準偏差を持つ互いに独立な対数正規分布に従うものとした。なお、成層地盤モデル、ランダム地盤モデル共に、対数標準偏差 $\sigma=0.1, 0.2, 0.3$ ($\equiv$ 変動係数)の3ケースを設定した。図4には生成した地盤モデルの一例を示す。成層地盤では同じ深さにある同一層内では一定のせん断剛性 G_0 をとるが、ランダム地盤では同一層であっても異なる値をとっていることが分かる。

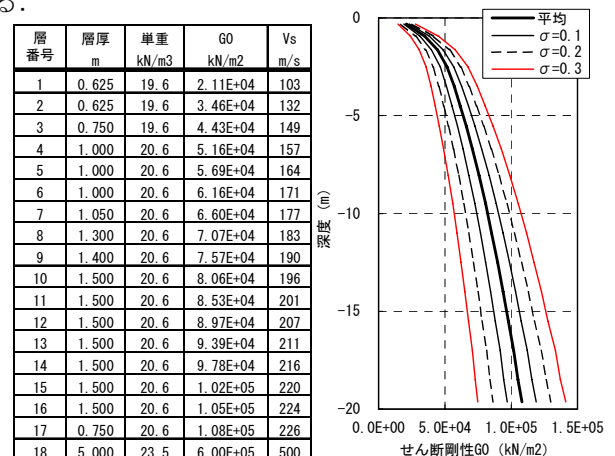


図1 地盤構成

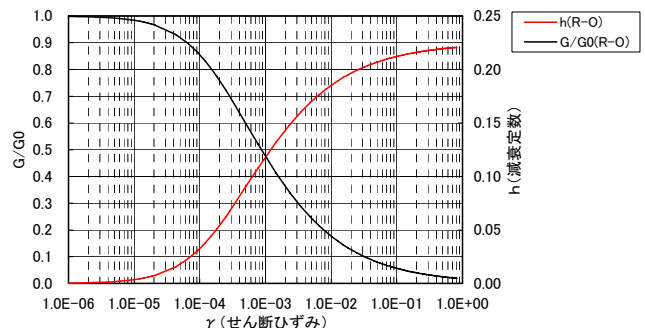


図2 地盤の非線形特性

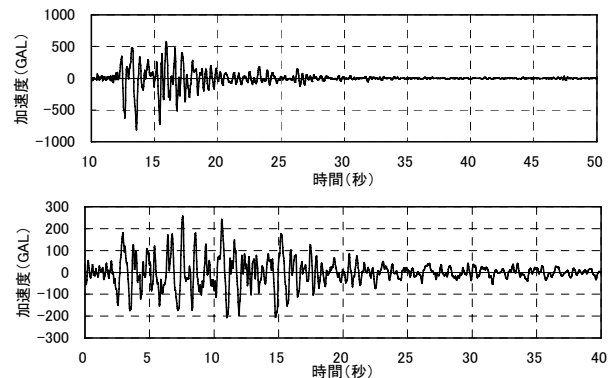


図3 入力波形
(上: 兵庫県南部地震, 下: 宮城県沖地震)

キーワード 地盤物性, ばらつき, 地震応答, 逐次非線形解析, モンテカルロシミュレーション, 確率論的評価
連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社技術センター TEL 045-814-7231

モンテカルロシミュレーションにおいては、ラテンハイパーキューブサンプリング(層分割 300)を用いて、各ケースのリアライゼーション数を 300 とした。

3. 解析結果

表 1 に地表面最大応答加速度、地表面最大応答変位の分布を整理した結果を示す。これらを見る

と平均応答については成層地盤モデルとランダム地盤モデルに大差はなく、平均物性を用いて行った確定論的解析結果とほぼ一致するが、変動係数についてはランダム地盤モデルの結果が成層地盤モデルの結果に比較して極めて小さくなっていることが分かる。これは水平方向の地盤物性が完全にランダムにばらつく場合、局所的に剛性の小さな部分が存在したとしても、その周辺に剛性を補う要素があるために系全体の平均剛性の変動が小さくなり、その結果として地表面の応答の変動も小さくなったものと考えられる。図 5 には、地表面で最大応答変位が発生したときのせん断ひずみ分布を示す。成層地盤モデルにおいては、水平層で同一のせん断ひずみが発生しているが、ランダム地盤モデルでは同一層内においてもせん断ひずみ変動しており、層内でせん断ひずみが不均一となっていることが分かる。

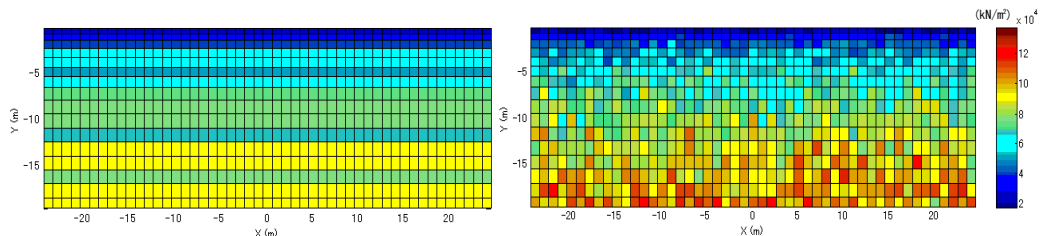


図 4 地盤物性 G_0 の一例(左:成層地盤モデル, 右:ランダム地盤モデル)

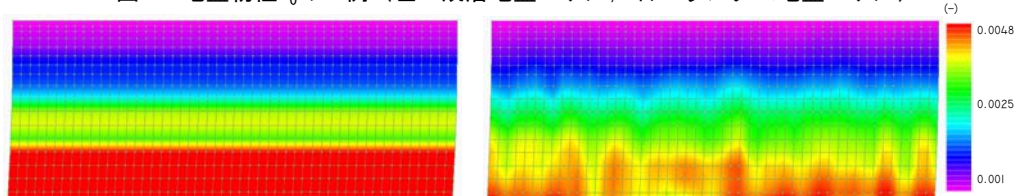
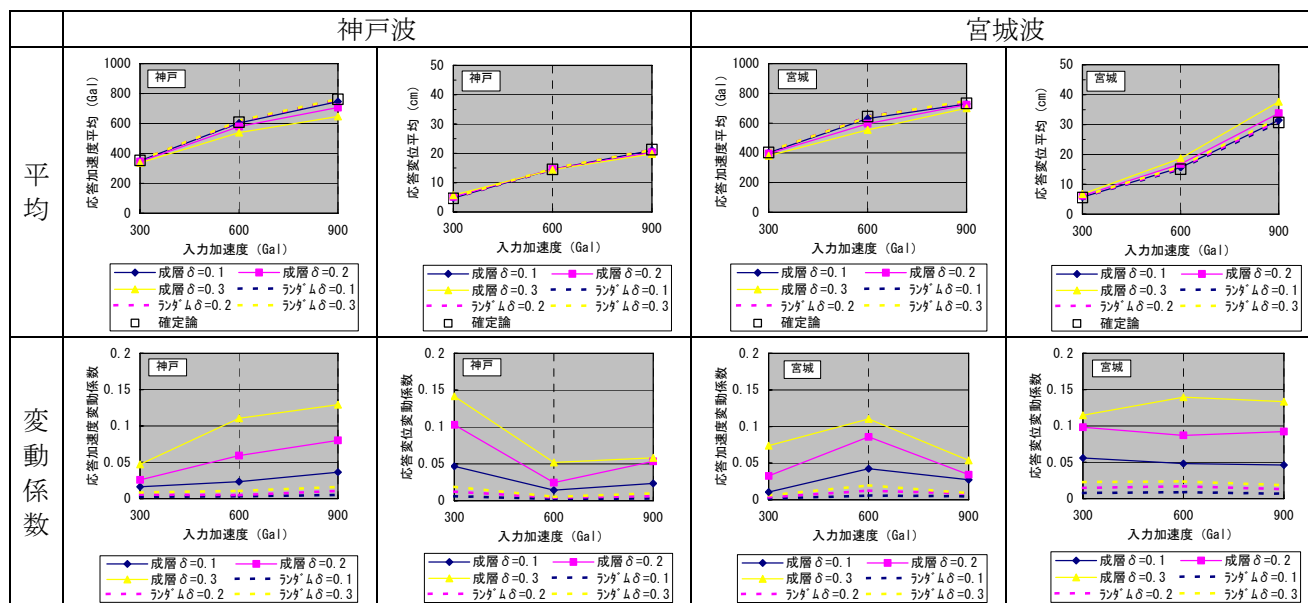


図 5 地表面最大応答変位発生時のせん断ひずみ分布

(左:成層地盤モデル, 右:ランダム地盤モデル,
神戸波 300Gal 入力, 変動係数=0.1, 変形スケール=10 倍)

表 1 地表面最大応答値の整理結果



4. まとめ

2次元自由地盤モデルを対象に、地盤のせん断剛性のばらつきが地震応答に与える影響について検討を行った。その結果、同一層内の地盤物性がばらついた場合(無相関)には、同一層内で一定の地盤物性を持つ場合に比べて地震時応答のばらつきが小さくなることが分かった。今後は、地盤物性のばらつきの相関構造に着目し、その影響を検討する予定である。

参考文献

- 1) 畑明仁, 志波由紀夫, 坂下克之: モンテカルロシミュレーションを用いた地盤物性のばらつきと地盤応答特性との関係に関する基礎検討, 第 63 回土木学会年次学術講演会概要集, 2008
- 2) 畑明仁, 志波由紀夫: モンテカルロシミュレーションを用いた地盤物性のばらつきと地盤応答特性との関係に関する基礎検討(その 2), 第 64 回土木学会年次学術講演会概要集, 2009