

I-45 地盤物性のばらつきが地盤の非線形地震応答に及ぼす影響

日本大学工学部 学 ○渋谷 大介 正 中村 晋

1.はじめに

一般的な地震応答解析は確定的に定めた地盤定数を用いて実施されるが、実際の地盤物性は不均質である。そのような不均質を要する地盤の地震応答は、確定的に決められた地盤定数に対する地震応答と異なることは容易に推測される。その差異を明らかにすることは、確定的に推定した地盤物性を用いた応答解析による応答値の安全性を確保する上で重要となる。

ここでは、地盤媒質の不均質に起因する地震応答のばらつきの程度、さらに確定的に決定した地盤物性に対する地震応答との差異を明確にするため、地盤材料の非線形性を考慮した一次元地震応答解析により地盤の不均質性を考慮した場合と確定的に定めた地盤定数を用いた場合との応答比較を行う。

2.検討方法

地盤物性の非線形解析に必要なパラメータであるせん断波速度と内部摩擦角のばらつきが、地震応答に与える影響について検討した。せん断波速度と内部摩擦角の深度分布はその確率分布を正規分布型の自己相関関数を有する確率地盤場としてモデル化した。この確率地盤場を 500 個作成し、それぞれの地盤について地震応答解析を実施した。

解析に用いた基本モデルは層厚 30m の表層および基層からなる 2 層地盤であり、表層地盤は層厚 0.5m で 60 分割した。表層地盤の質量密度は 1.8t/m^3 、確率変数であるせん断波速度の平均値は 150m/s 、内部摩擦角の平均値は 35° とした。確率地盤場は、相間距離を 1 m、変動係数を 0.1 とし、せん断波速度を確率変数にした場合（以後、 V_s 確率モデル）、内部摩擦角を確率変数とした場合（以後、 ϕ 確率モデル）、せん断波速度と内部摩擦角の両方を確率変数とした場合（以後、 $V_s \cdot \phi$ 確率モデル）について 500 ケースのモデルを作成した。入力地震動は兵庫県南部地震において茸合で観測された記録の NS 成分を入射波（2E）として用いた。地盤の非線形挙動の解析には、周波数領域での地盤の一次元非線形地震応答解析法¹⁾を用いた。

3.解析結果

地表面最大応答加速度について 3 つの確率地盤モデルに対する応答の平均値および確定地盤モデルの応答と入力加速度（2E）との関係を図-1 に示す。 V_s 確率モデルの最大応答加速度の平均値は入力レベルによらず確定地盤モデルとほぼ同程度の値となっている。 ϕ 確率モデルと $V_s \cdot \phi$ 確率モデルは入力レベルが 4.0 までは確定地盤モデルとほぼ同程度の値となっているが、それより大きな入力レベルに対して最大応答加速度の平均値は確定地盤モデルより小さくなっていること分かる。地表面の最大応答相対変位について図-1 と同様な関係を図-2 に示す。入力レベルによらず確率地盤モデルの応答の平均値は確定地盤モデルの最大応答相対変位とほぼ同じ値であることが分かる。

次に入力加速度（2E）の大きさに応じた 3 つの確率地盤モデルの地表面最大応答加速度の度数分布を図-3～5 に示す。図の横軸は、確率地盤と確定地盤モデルの最大加速度の差分を確定地盤モデルの最大加速度で除すことで、確定地盤モデルに対する確率地盤モデルのばらつきの程度を示している。 V_s 確率モデルは入力レベルによらずばらつきが小さいが、 ϕ 確率モデルおよび $V_s \cdot \phi$ 確率モデルは入力レベル、言い換えれば非線形の程度が大きくなるにつれてばらつきが大きくなっていることが分かる。

最後に地盤物性のばらつきが地盤内の 2 点 5 m 間（位置：5～10 (RD1)、13～18(RD2)、20～25(RD3))の深度に応じた最大相対変位に及ぼす影響として、3 つの確率地盤モデルに応じた入力加速度(2E)と変動係数の関係を図-6～8 に示す。図には地表面の最大応答相対変位の変動係数と入力レベルとの関係も合わせて示す。3 つのケースを見ると、どの場合も地表面変位に比べ地盤内 2 点間の相対変位のばらつきは大きく、

そのばらつきは深度によって異なっていることが分かる。 ϕ 確率モデルおよび $V_s \cdot \phi$ 確率モデルでは、地表面に近い2点間の相対変位のばらつきが大きくなっている。

4.まとめ

最大応答加速度に及ぼす地盤物性のばらつきの影響として、 V_s 確率地盤モデルのばらつきは小さく、 ϕ 確率モデルおよび $V_s \cdot \phi$ 確率モデルは入力レベルが大きくなるにつればらつきが大きくなり、平均値は確定地盤モデルの応答に比べ小さい値となっている。地表面最大応答相対変位については、入力レベルによらず確率地盤モデルの平均値と確定地盤モデルの応答はほぼ同じ値となっている。また、地盤内2点間の相対変位は地表面の変位に比べ、ばらつきが大きいことが分かる。いずれも、内部摩擦角のばらつきの影響は大きい、これはそのばらつきによる小さな ϕ 、言い換えれば強度の小さい層の影響によるものと考えられる。

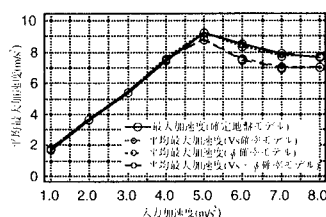


図-1 入力加速度レベルに応じた地表面最大応答加速度の比較

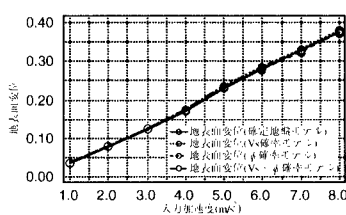


図-2 入力加速度レベルに応じた地表面最大応答相対変位の比較

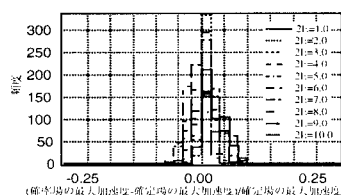


図-3 最大応答加速度の度数分布(V_s 確率モデル)

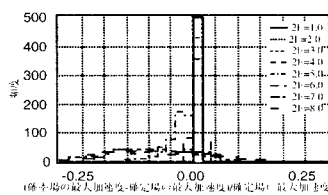


図-4 最大応答加速度の度数分布(ϕ 確率モデル)

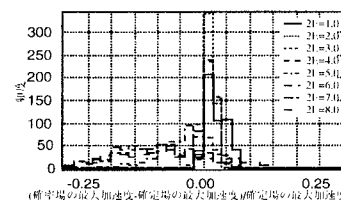


図-5 最大応答加速度の度数分布($V_s \cdot \phi$ 確率モデル)

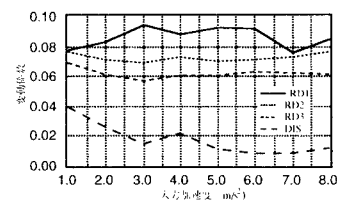


図-6 変動係数と入力加速度(V_s 確率モデル)

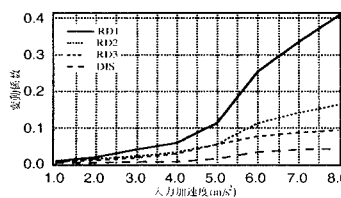


図-7 変動係数と入力加速度(ϕ 確率モデル)

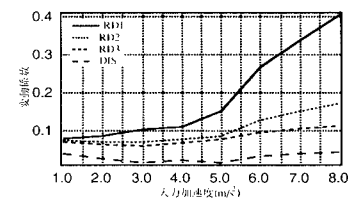


図-8 変動係数と入力加速度($V_s \cdot \phi$ 確率モデル)

<参考文献>

- 1) 中村晋, 吉田望: 周波数領域での地盤材料の動的変形特性に基づく地盤の非線形地震応答解析の提案, 土木学会論文集 No.722/III-61, 169-187, 2002.12