

地盤物性の不均質性と入力レベルが1次元非線形地震応答に及ぼす影響

日本大学工学部 正 中村 晋

1. はじめに ISO2394 のもとで各国の設計体系が種々の不確定性を考慮した設計体系に移行しており、安全という概念を定量化する意味でも不確定性を適切に考慮した設計体系の確立が望まれている。耐震設計における外力つまり入力地震動の不確定性を定量化する上で、表層地盤の増幅特性に関するモデルパラメータの不確定性が地震動特性及ぼす影響の定量化は重要課題の一つである。

表層地盤の構造や材料特性は空間的な不均質性を有しているが、従来、その平均値の様な確定的地盤構造や物性に対して地震応答が推定されている。最近、地盤物性の鉛直方向の不均質性に着目し、地盤応答に及ぼすその影響について1次元地震応答解析に基づいた検討が行われている。ここでは、入力レベルに応じた地盤の非線形性および変位応答として地表のみならず地中の相対変位にも着目し、地盤物性の不均質性に起因する応答のばらつきの程度を把握するため、一次元非線形地震応答解析を実施する。

2. 検討方法 地盤物性の不均質性として考慮する因子は、地盤材料の非線形モデルの剛性、強度の評価パラメータであるせん断波速度と内部摩擦角とした。両者の不均質性は1次元つまり鉛直方向のみに考慮し、その深度分布は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。

解析には層厚30mの表層および基層からなる2層地盤モデルを用い、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 、各確率変数の特性として平均値はせん断波速度が 150m/s 、内部摩擦角が 35° 、変動係数は0.1、確率変数の空間分布を規定する相間距離は1mとした。せん断波速度のみを確率変数にした場合(以後、 V_s 確率モデル)、内部摩擦角のみ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、周波数領域での地盤の一次元非線形地震応答解析法¹⁾を用いた非線形地震応答解析を実施した。その際、入力地震動は兵庫県南部地震において葺合で観測された記録のNS成分を入射波(2E)として用いた。

3. 解析結果 まず、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各確率変数の平均値を用いた応答(以後、確定地盤モデル)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 4.0m/s^2 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する値は確定地盤モデルより小さくなっている。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平均値は確定地盤モデル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5m間の深度(GL-5~10m:RD1, GL-13~18m:RD2, GL-20~25m:RD3)に応じた最大相対変位に及ぼす確率モデルおよび入力レベルの影響として、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。いずれの確率モデルも地表面変位に比べ地盤内の相対変位のばらつきは大きく、 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。

キーワード：地盤物性、不均質性、確率地盤場、非線形、1次元

〒963-8642 郡山市田村町徳定字中河原1 日本大学工学部土木工学科 Tel:024-956-8712 Fax 024-856-8858

4. まとめ

地表面応答のうち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、強度パラメーター ϕ を含む確率モデルは入力レベルが大きくなるにつれ、平均値は確定地盤モデルの応答に比べ小さく、ばらつきは大きくなっている。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。一方、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。

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

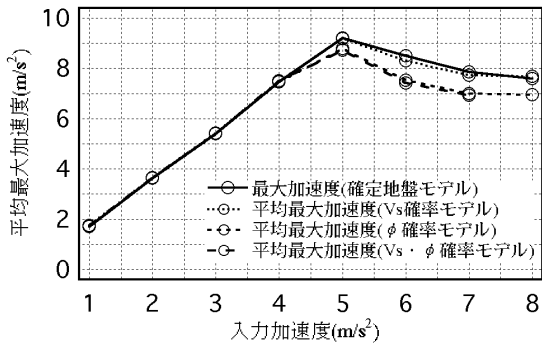


図-1 入力加速度レベルに応じた地表面最大応答加速度の比較

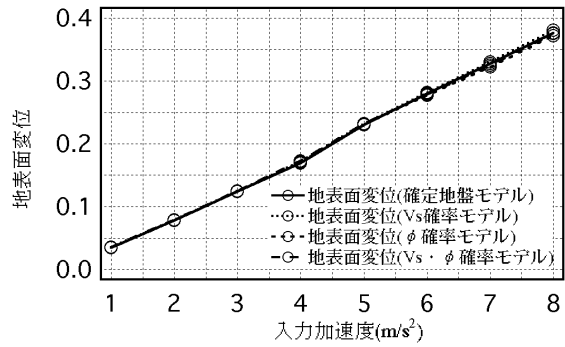


図-2 入力加速度レベルに応じた地表面最大応答相対変位の比較

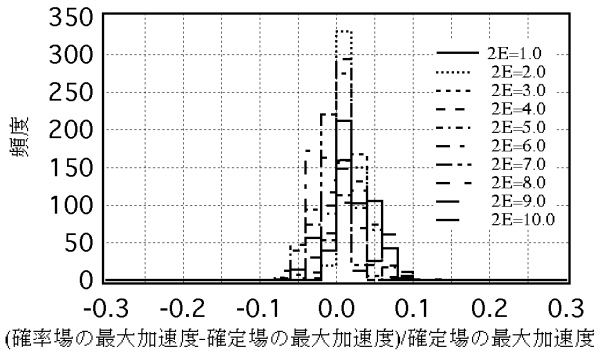


図-3 最大応答加速度の度数分布 (Vs 確率モデル)

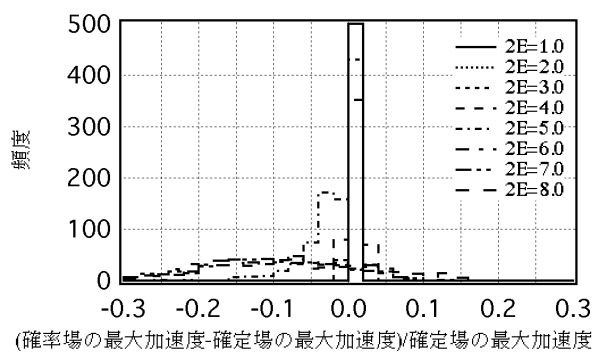


図-4 最大応答加速度の度数分布 (ϕ 確率モデル)

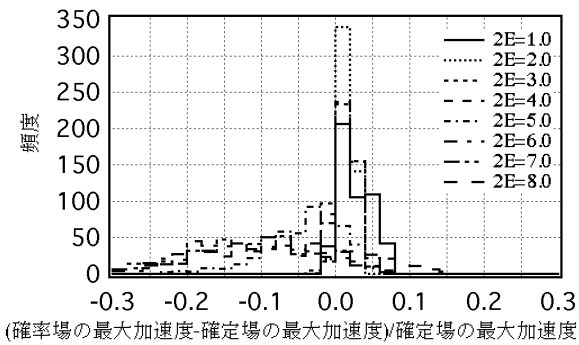


図-5 最大応答加速度の度数分布 (Vs, ϕ 確率モデル)

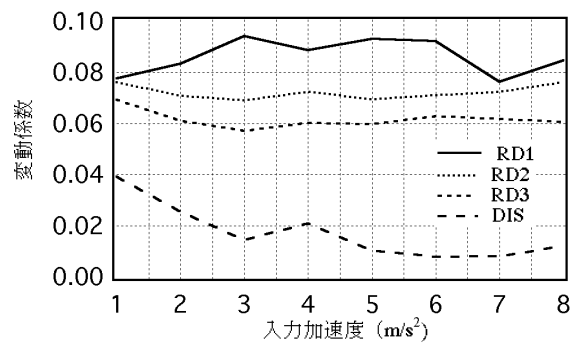


図-6 変動係数と入力加速度 (Vs 確率モデル)

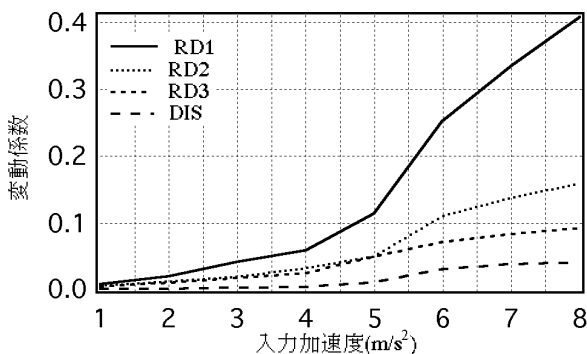


図-7 変動係数と入力加速度 (ϕ 確率モデル)

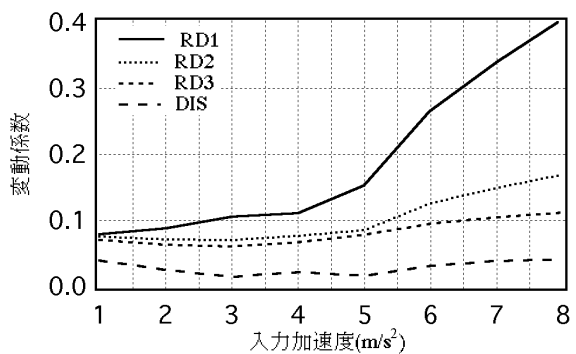


図-8 変動係数と入力加速度 (Vs, ϕ 確率モデル)