

広域な2次元地盤の解析モデル簡易構築のための基礎的検討

ジェイアール東日本コンサルタンツ 正会員 ○桐生郷史, 野上雄太
鉄道総合技術研究所 正会員 仲秋秀祐, 坂井公俊, 室野剛隆

1. はじめに 広範囲に渡る線状構造物の地震リスク評価等を行う場合, 保有する地盤, 構造物情報を可能な限り活用した上での, 簡易なモデル化手法, 解析手法が必要となる. 地盤のモデル化については, 地盤調査結果をデータベース化した上で, 何らかの手法を用いて地盤情報を簡易に補間し, 地盤応答解析を実施することが有効であると考えられる. 著者らは, これまでに1次元解析を用いて広域の地盤情報を簡便に補間する方法を検討してきた¹⁾.

本報では, 2次元の不整形地盤を有する地盤を対象に, 1次元解析を用いて地表面波形を算定した場合と2次元解析を用いて地表面波形を算定した場合について検討し, 広域の地盤を簡易かつある一定の精度を持って解析を行うのに最適な解析次元, 補間手法を構築するための基礎検討を行う.

2. 検討条件 解析に用いた地層モデルを図1に示す. 上段は, 約200m区間に2箇所(図中の▽)のボーリング結果を有する地盤を地形情報なども合わせて地質学的な観点から総合的に判断して地層境界を設定したものであり, 本検討ではこれを「正解値」とした. 下段は, 対象地点から最も近いボーリングの地層境界がボーリング地点の間まで連続しているとして補間したものであり, 本検討ではこれを「最近値」とした. 解析は, 図1に示した地層モデルに対して2次元解析(以下, 正解値2D, 最近値2Dと呼ぶ), および「正解値」の1次元解析(以下, 正解値1Dと呼ぶ)を行う. 最近値2Dと正解値1Dのどちらが正解値2Dの結果をより再現できているかを評価することで, 地盤モデル化の方針として, 詳細な1次元モデルを構築する方法が良いか, 大まかな2次元モデルを構築する方法が良いのか, を確認する.

なお, 正解値1Dは, 図1上段の地層モデルに対して約1.0m間隔で詳細な層構成を評価して行う. 地盤モデルは, 線形及び非線形モデルで行うこととし, 非線形モデルにおける地盤の構成則はGHE-Sモデル²⁾とした. 土の動的変形特性は, 多数の三軸試験結果に基づいた, 標準パラメータ²⁾を用いた. また, 解析に必要な規準ひずみ $\gamma_{0.5}$ は, 安田・山口の式³⁾から推定している. 減衰は, 福島・翠川(1994)⁴⁾の平均的なQ値を参考として, これにフィッティングするようなレイリー減衰を用いた. これらはいずれも鉄道構造物の地盤応答解析手法として利用頻度の高い手法である⁵⁾. 入力地震動は, 兵庫県南部地震(JMA神戸波)を対象に, 工学的基盤相当に入力した.

3. 解析結果 図2は, 各地点の地表面最大応答加速度(上段: 線形, 下段: 非線形)を示している. 表層地盤の厚い領域(図の左側)では正解値1Dが正解値2Dを下回り, 表層地盤の薄い領域(図の右側)では正解値1Dが正解値2Dを上回っている. この結果は, 片側傾斜の不整形部で形

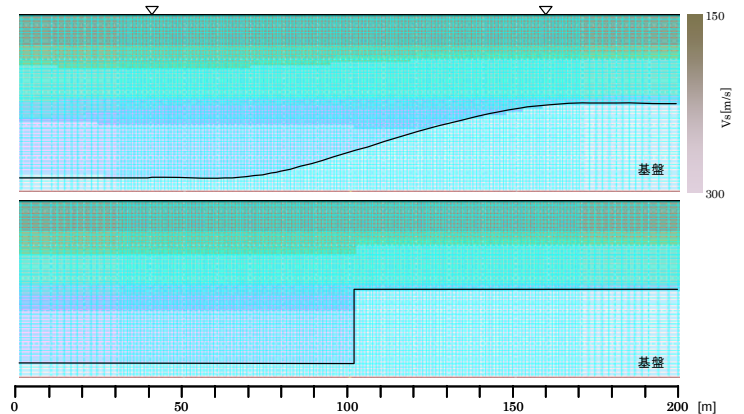


図1 地層モデル(上段: 正解値, 下段: 最近値)

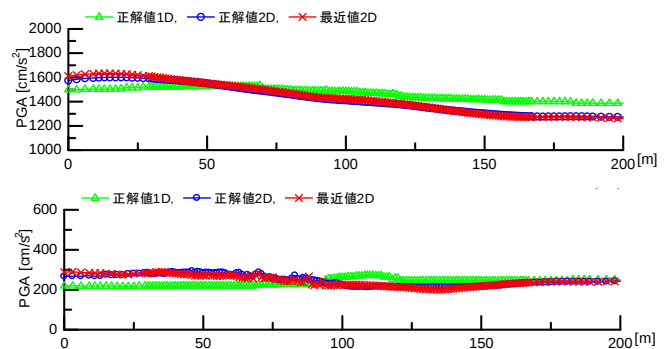


図2 地表面最大応答加速度(上段: 線形, 下段: 非線形)

キーワード 地震応答解析, 補間法, 地盤情報

連絡先 〒171-0021 東京都豊島区西池袋1-11-1 ジェイアール東日本コンサルタンツ(株) TEL03-5396-7246

成された水平方向伝播波の影響であると考えられ、既往の研究⁶⁾と同様の傾向にある。また、正解値 2D と最近値 2D は非常に近い値を示していることが分かる。

図 3、図 4 は、それぞれの地盤モデルにおける各地点での地表面応答波形の加速度応答スペクトル($h=0.05$)を算定し、正解値 2D との誤差を評価した結果である。図 3 は線形解析結果、図 4 は非線形解析結果である。線形解析の結果において、最近値 2D は、正解値 2D と最大でも 1 割程度の誤差であるのに対し、正解値 1D は正解値 2D と最大 2 割程度の誤差が生じていることが分かる。また、非線形解析結果において、最近値 2D は、正解値に対して最大 2 割程度の誤差が生じているのに対し、正解値 1D は 4 割以上の誤差が発生している。さらに、線形、非線形ともに正解値 1D は広い周波数帯域において誤差が生じているが、最近値 2D の誤差発生周期は短周期成分に集中していることも分かる。

図 5 は、線形解析結果に着目し、モデル地盤における 20m ごとの地表面加速度波形の最近値 2D と正解値 2D の差分、および正解値 1D と正解値 2D の差分を示している。この結果を見ると、最近値 2D の誤差に比べて正解値 1D の誤差は全時刻において明らかに大きくなっていることが分かる。また、主要動である 4.0s ~ 7.0s 程度に着目すると、正解値 1D では、距離に応じて山谷のピーク時間にずれが生じており、1 次元解析では考慮されない表面波の影響が誤差を大きくしている要因であることが分かる。

4. まとめ 地盤モデルの簡易補間手法について検討を行った結果、正解値 2D に対して、正解値 1D は誤差が大きいことがわかった。これは、1 次元解析では不整形地盤の影響を考慮できないためである。一方、最近値 2D は不整形地盤の影響を大まかに考慮しているため、正解値 2D との誤差が非常に小さくなっている。つまり、ボーリング調査箇所間の構造物の地震応答を簡易かつ一定の精度を持って推定したい場合には、層構成を最近値で大まかに補間したとしても、地盤を 2 次元でモデル化することで、詳細な層構成を設定した 1 次元地震応答解析よりも高い精度で応答値を推定可能であることが期待される。最後に、本報で示していないが、傾斜の角度や、傾斜の位置を変えた場合においても同様の傾向が得られていることを付議しておく。

参考文献：1) 坂井公俊，室野剛隆，桐生郷史，野上雄太：広域構造物の地震応答値算定を目的とした地盤情報の 1 次元補間方法に関する検討，第 66 回年次学術講演会，2011.09。2) 野上雄太，室野剛隆：S 字型履歴曲線を有する土の非線形モデルとその標準パラメータの設定，土木学会地震工学研究発表会論文集，30，2009。3) 安田進，山口勇：種々の不攪乱土における動的変形特性，第 20 回土質工学研究発表会講演集，pp.539-542，1985。4) 福島美光，翠川三郎：周波数依存性を考慮した表層地盤の平均的な Q-1 値とそれに基づく地盤増幅率の評価，日本建築学会構造系論文集，460，pp.37-46，1994。5) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計（財）鉄道総合技術研究所，丸善，1999。6) 室野剛隆，西村昭彦，室谷耕輔：地震動に与える表層地盤の局所的変化の影響と耐震設計への適用に関する提案，ローカルサイト・エフェクト・シンポジウム論文集，pp.183-188，1998。

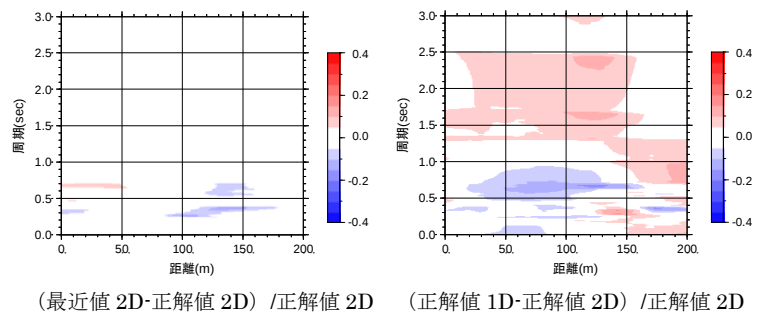


図 3 加速度応答スペクトルの誤差（線形）

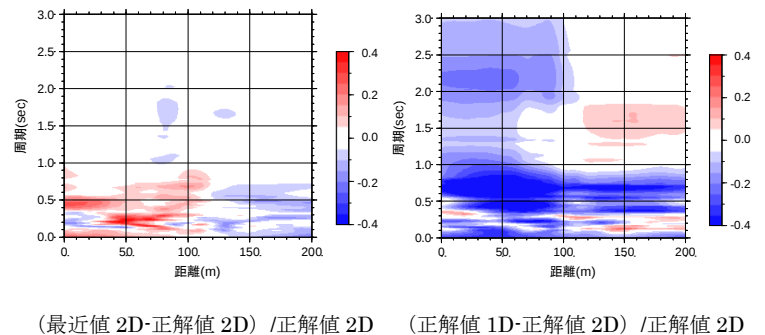


図 4 加速度応答スペクトルの誤差（非線形）

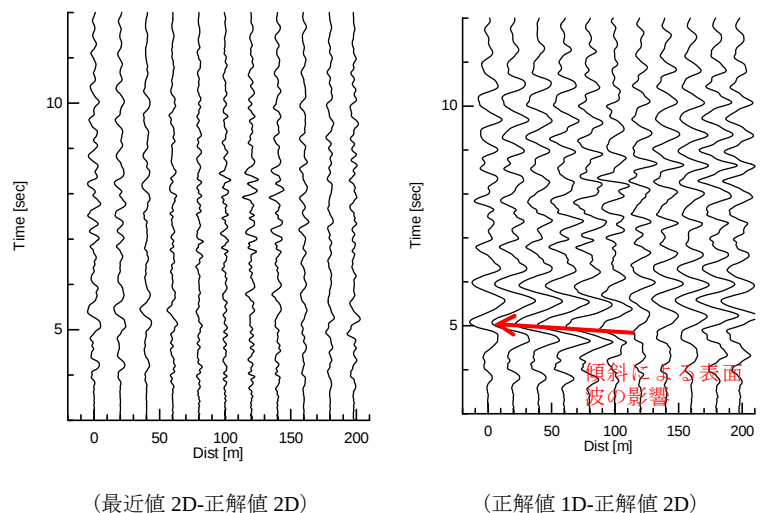


図 5 代表地点における加速度波形の差分（線形）