

都市の地震動評価のために提案された堅牢な地盤モデル構築手法の有効性に関する基礎研究

防衛大学校 正会員 ○本山紘希 藤掛一典 学生会員 佐伯 祐真
鹿島建設技術研究所 正会員 飯山かほり 高谷周平
海洋研究開発機構 フェロー会員 堀宗朗

1. 目的

都市の地震ハザード評価のために想定された地震に対して都市全域の地震動と建物の地震応答を数値解析により評価する手法が開発されている。この手法には地盤や建物の地震応答解析モジュールに加えて、元となるデータから解析モデルを自動構築するモジュールが必要である。このような機能を有するソフトウェアに統合地震シミュレータ (Integrated Earthquake Simulator, IES) がある¹⁾。著者らはこのモジュールの1つとして、地表面の地震動を計算するために使用する、ボーリングデータを補間して表層地盤の解析モデルを構築するモジュールを開発している²⁾。本モジュールで使用する手法は堅牢性に特徴があり、層厚がゼロの仮想的な層を適切に導入するアルゴリズムによって、地層に不整合のあるボーリングデータのセットを使用する際もエラーなく地盤モデルが構築できる。一方で、構築された手法の検証や有効性の確認については検討が未着手である。ここでは、基礎研究として当該手法により構築される地盤モデルを用いて都市の地震ハザードを評価し、既存手法による地震ハザード評価結果と比較することで手法の有効性を検討する。

2. 地盤モデルの構築手法

地盤モデルの構築手法の概要を述べる。補間に用いるボーリングのセットを選んだ時に、それぞれのボーリングの対応する位置に対応する層がない場合に地層が不整合であると表現している。ここで用いる手法の特徴は、不整合のある層について仮想的に層厚がゼロとなる層を導入することで各データをお互いに整合する地層データに変更していく点であり、これによりシンプルな手順で地盤モデルを構築可能としている。3つ以上のボーリングデータを扱う場合、2つのボーリングデータをセットとして比較し、不整合のある部分に仮想的な層を追加していく作業を繰り返すことで、全てのボーリングデータに整合する地層を考えることができる。得られた地層に対して、ボーリングデータを補間することにより層厚や N 値などの値を決める。手法の詳細およびデータの前処理および例外処理などは既報による²⁾。

本手法で作成される地盤モデルの例を2ケース示す。両ケースとも図1(a)に示す配置(上から見た配置)の3つの地点(A, B, C)のボーリングデータを考える。図1(b)に示すように、ケース1は全てのボーリングデータが整合するケースであり、ケース2は地点Bの2層目に他のボーリングデータにない層があり、不整合のボーリングデータが混ざっているケースである。上記の手法で地盤モデルを作成した際に、図1(a)に点線(地点Dから地点Aを結ぶ線)で示す位置で地盤モデルの断面(2次元のモデル)を考える。

結果を図1(c)に示す。整合するボーリングデータ、不整合のボーリングデータともに地盤モデルが構築できていることが分かる。なお、不整合のケースで層の端部の層厚が大きく変化してゼロになるのは、地盤モデルから解析モデルを構築する都合により、層厚1m以下の層を下層に統合する処理を入れていることと、約10mごとにデータを評価してつなぎ合わせて示していることの2つの理由によるものであり、これも含めて想定通りの結果が得られている。この他にも様々なケースで挙動を確認するとともに、既報のように特定サイトで地盤モデルを作成し、地盤の固有周期の分布が合理的か確認することで手法の検証を進めている。

3. 地震ハザード評価への適用と分析

実サイトで本手法を用いた地震ハザード評価を行い、既存手法の結果と比較することで手法の妥当性を確認する。高松市北部の東西約10km、南北約8kmのエリアを対象とした。詳細は既報による²⁾。

キーワード 地震ハザード評価, 地盤モデル, 数値解析

連絡先 〒239-8686 横須賀市走水1-10-20 防衛大学校システム工学群建設環境工学科 Tel: 046-841-3810

前章でも説明した手法で地盤モデルを構築し、その地盤モデルから各地点で水平成層を仮定した表層地盤の解析モデルを作成した。また、建物は3次元のGISデータから解析モデルを構築したものを使用した³⁾。

想定南海トラフ地震の工学的基盤における強震動波形(内閣府の南海トラフの巨大地震モデル検討会で作成されたデータ)を用いた地震ハザード評価(建物の損傷評価)を行った。入力地震が与えられている地点と各地点の地震動の加速度応答スペクトルを図2に示す。上記で作成した地盤の解析モデルを用いて地震動を計算し、得られた地表面の地震動を用いて建物の地震応答解析を行った。図3に木造の建物の最大層間変形角の分布と、自治体が発行している地震ハザードマップで示されている震度6強が想定されるエリアを示した。図3の北西部は相対的に被害が多く推定されるという意味で両結果が整合している。一方で、図3の東部は既存手法による方が大きな被害が想定されるものとなっている。既存手法では、地盤の固有周期が相対的に長い地域であるため、地震動の増幅が大きく評価されるためであると考えられるが、図2に示した地震動の大きさを考慮すると、当該エリアの想定地震は相対的に小さく、被害は数値解析で得られるように周囲より小さい方が妥当である。詳細な検討が必要であるが、この結果は本研究の手法の有効性を示唆するものである。

4. まとめ

都市の地震動評価のための地盤モデルの構築手法について、その有効性に関する基礎的な検討を実施した。様々な入力データについて手法が想定通りの地盤モデルを構築できていることを確認するとともに、本稿では簡単な例を示した。また、既存手法によるハザード評価と本研究の手法を用いたハザード評価を比較することで改善が示唆される結果であることを確認した。今後さらなる妥当性の確認を行い、自治体等で使用可能な信頼性の高い地震ハザード評価手法を構築していく予定である。

参考文献

- 1) 藤田ほか：多数の地震シナリオに対する高分解能な都市震災想定のためのHPCによる基礎検討，2013。
- 2) 本山ほか：都市の地震動シミュレーションのための地盤モデルの堅牢な構築手法と適用，2020。
- 3) 藤田ほか：地震による建物被害を考慮した避難シミュレーション，2015。

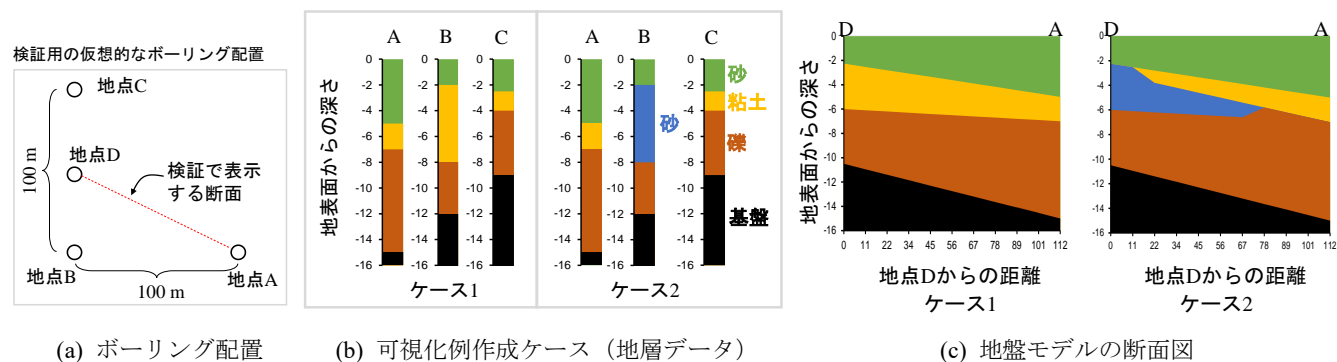


図1 提案手法で構築される地盤モデルの例

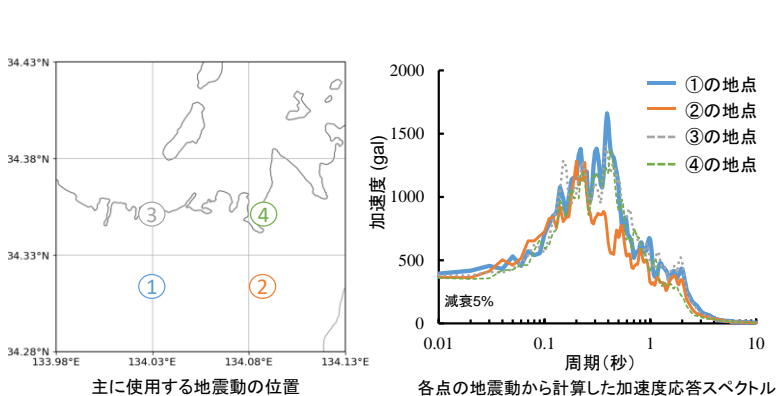


図2 使用する入力地震動の設定位置と加速度応答スペクトル

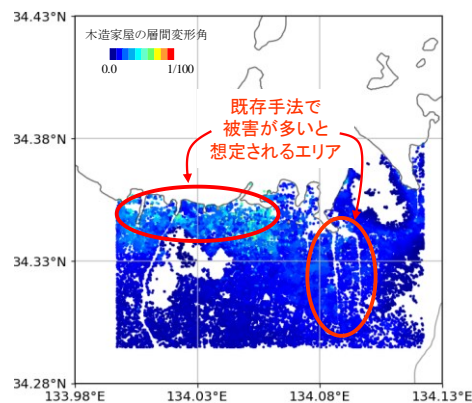


図3 数値解析の結果と想定被害エリア