

地盤モデルの違いによる神田川沿いの谷底低地の地震応答特性

東京電機大学	名誉会員	安田 進
東京電機大学	正会員	石川 敬祐
東京電機大学大学院	学生会員	○奥倉 大樹

1. はじめに

東京の中心部には樹枝状に谷底低地が発達し、国の重要構造物や商業施設が密集している。1923年の関東大震災の際には、埋設管の破損や木造構造物の倒壊といった被害が谷底低地沿いに多発した。これは谷底低地に堆積する非常に軟弱な高有機質土や沖積粘土による地震動の増幅や、沖積層基底が不整形なことによる地震応答の違いによる影響と考えられている¹⁾。本研究では、神田川沿いの谷底低地に対し、地盤モデル作成の基本的な手法であるボーリングデータを用いた方法に加え、全国電子地盤図や三次元グリッドモデルを用いた二次元断面に対する地震応答解析を実施し、地盤モデルの作成方法の違いが地震応答に与える影響について検討を行った。

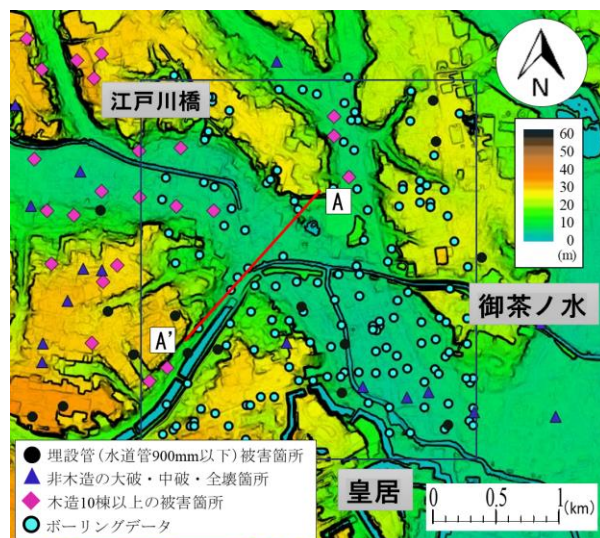


図1 解析検討断面線

2. 神田川沿いの谷底低地の特徴と解析検討断面の作成

図1は、江戸川橋～御茶ノ水周辺のデジタル標高地図に、解析検討断面及び1923年関東大震災時の被害地点²⁾を示したものである。検討対象としたA-A'断面は神田川の谷底を横断し、既存ボーリングデータ³⁾から高有機質土が埋積していることが確認される。江戸川橋から神田川下流域の特徴として、氷期の基準面低下期の海退によって下刻した谷底部に軟弱な沖積層が厚く埋積し、谷部の形状は北側が急斜面で南側がなだらかな非対称谷であり、同じ谷底低地内でも地点によりその谷の形状や地層構成は大きく異なる⁴⁾。

地盤のモデル化には地盤に関わる種々の情報が必要となり、その利用方法と解釈が良否を決定する。ここでは既存ボーリングデータを使用し、モデル化において有用であると判断した3つの地盤情報を用いてそれぞれモデル化を行い、またそれらを用いた二次元地震応答解析を行った。各地盤情報の概要を以下に示す。

ボーリングデータによる二次元断面のモデル化は、東京都土木技術支援・人材育成センターが公開するボーリングデータを使用し、東京都総合地盤図⁵⁾をもとに地質学的解釈を加えモデル作成を行った。

全国電子地盤図は、地盤工学会によって全国の主要都市部の既存地盤情報を活用して地質的・工学的解釈を加えた250mメッシュの表層地盤モデルである。電子地盤図によるモデル化は、検討断面位置の250mメッシュモデルを抽出し、それらの地盤モデルを並べることで二次元断面を作成した。なお、メッシュ内の横断距離に応じて250mメッシュのモデル幅は調整している。

三次元グリッドモデルは木村ら⁶⁾の手法に倣い、次の手順に従って構築した。三次元グリッドモデルの単位グリッドを100m間隔とし、図1のモデル作成領域内の既存ボーリングデータから土質・N値に対して三次元的な空間補間を行っている。空間補間方法は、ボーリングデータの参照半径を1000mとし、分割領域は北を基準に2分割、補間計算は各象限から最小1点、最大5点のデータによる逆距離加重法によって行われ、その際の重み係数は2とした。なお三次元グリッドモデルを構築する際の境界条件として、台地部と低地部の微地形境界、沖積層基底面の境界、地表面標高境界を付与している。三次元グリッドモデルでは、ボーリング間の地盤情報のないグリッドは、逆距離加重法によって補間できるため、電子地盤図を用いるよりも容

キーワード 谷底低地、地震応答解析、三次元グリッドモデル

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学 TEL 049-296-0946

易に、地質学的解釈を必要とせず地層構成を表現できる。

3. 二次元地震応答解析概要

二次元地震応答解析は、Advanced FLUSH/Win を用いた。せん断波速度 V_s 、初期せん断剛性 G_0 は各地盤情報から取得した N 値から道路橋示方書の推定式より求めた。高有機質土については、既往の研究による動的変形特性試験結果 η を用い、 G_0 は 2200kN/m^2 とした。他層の動的変形特性は平均粒径 D_{50} を、東京都液状化予測図 η をもとに設定し、安田・山口⁹⁾の提案モデルを用いた。入力地震動は、日本建築防災協会による関東地震や想定される東海地震を考慮した地震動である東京湾臨海部模擬地震波を解放基盤動と設定し、モデル底面に入力した。左右境界条件をエネルギー伝達境界とし、底面は弾性基盤とした。なお、解析モデルは工学的基盤までモデル化し、工学的基盤は V_s を 350m/s とした。

4. 二次元地震応答解析結果

各地盤モデルで作成した二次元断面および解析結果を図 2～4 に示す。なお、地盤モデル図内の数字は各層の代表 N 値である。各断面の谷底部は沖積層によって埋積され非対称谷をなす。谷の両岸には河成段丘が形成され、その上部に沖積粘土がボーリングデータで 7.4m 、電子地盤図で 10m 、三次元グリッドモデルで 9.4m 堆積し、高有機質土はそれぞれ 3m 、 2m 、 1.6m の厚さである。各図 (b) より最大加速度はそれぞれ 577cm/s^2 、 545cm/s^2 、 683cm/s^2 で、各断面ともに高有機質土層の上部で増幅している。また電子地盤モデルや三次元グリッドモデルでは沖積粘性土層内でも局部的に増幅する箇所がある。これは、沖積層基底面の傾斜が影響していると考えられる。また最大水平変位はボーリングデータで増幅する傾向がみられ、この断面モデルでは沖積粘性土層の層厚が 7.4m で、その幅は約 700m と他のモデルに比べ広く、沖積基底面の起伏を有しない特徴が影響していると考えられる。最大水平ひずみはボーリングデータ、電子地盤図を用いた断面で、高有機質土層上で約 0.2% であった。地盤モデルの違いによって、その地震応答に影響を与えていると言える。

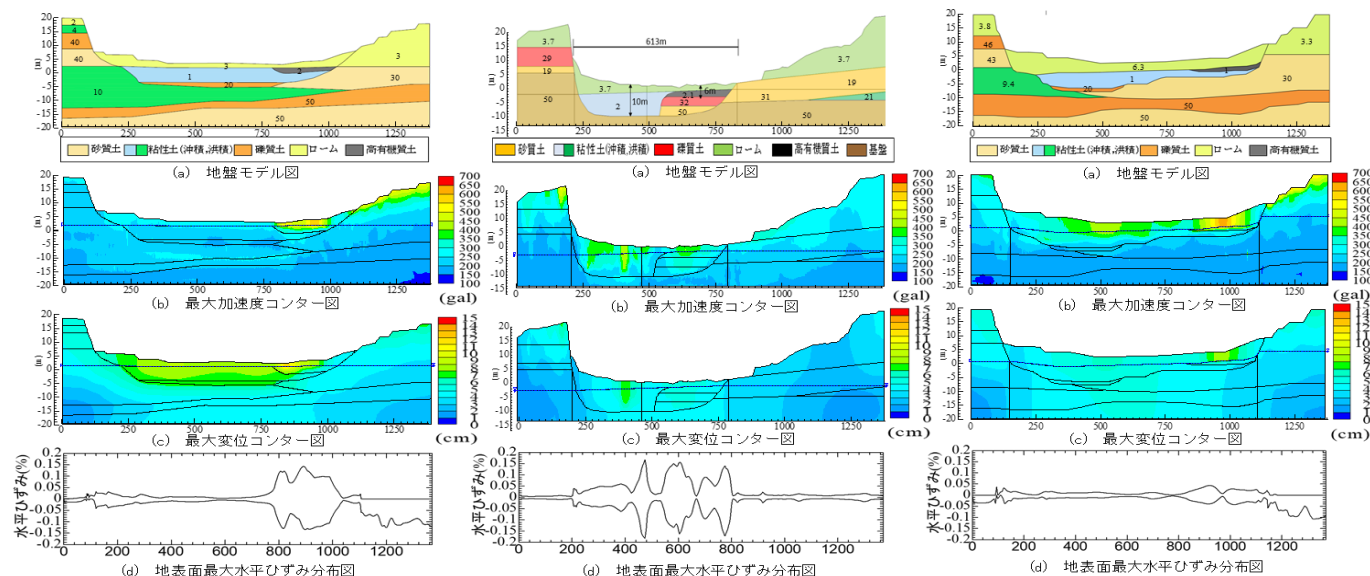


図 2 ボーリングデータを用いた解析結果

図 3 全国電子地盤図を用いた解析結果

図 2 三次元グリッドモデルを用いた解析結果

5. まとめ

神田川沿いの谷底低地において、3 種類の地盤情報をもとに地盤モデルを作成し、二次元地震応答解析を実施した。その結果、3 種類の地盤モデルとも、高有機質土層上では加速度応答が増幅することや、地盤情報の違いによって谷底低地内部や台地の法肩部での応答は変化することがわかった。地盤モデルを作成する上では、各地盤情報の特徴を理解し、目的に応じた選択が求められる。

【参考文献】1)安田ら：電子地盤図を用いた東京中心部の地震時の揺れに関する検討，第13回日本地震工学シンポジウム，pp2019-2026，2010. 2)安田ら：東京の谷底低地における地震被害と地層構成，土木学会第48回年次学術講演会，III-184，422-423，1993. 3)東京都土木技術支援・人材育成センター：東京の地盤GIS(HP). 4)久保純子：早稲田大学周辺の地域-武蔵野台地と神田川の非対称谷に関連して-，早稲田大学教育学部 学術研究(地理学・歴史学・社会学編)，第37号，pp57-73，1988. 5)東京都土木技術研究所：東京都総合地盤図(Ⅰ)-東京都地質図集3-，10~11,11~12,12~13,13~14,14~15，1977. 6)木村ら：ボーリングデータを用いた都市地盤モデルを対象とした三次元グリッドモデル構築手法とその適用性，第51回地盤工学研究発表会，pp287-288，2016. 7)安田ら：東京の谷底低地に堆積している腐植土の動的変形特性，第45回地盤工学研究発表会，pp737-738，2010. 8)東京都土木技術支援・人材育成センター：東京の液状化予測図 平成24年度改訂版，2012. 9)安田ら：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，pp539-542，1985.