

## 腐植土層を有する谷底低地の谷幅の違いが地盤増幅率に与える影響

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

## 1. はじめに

洪積台地から低地にかけて樹枝状に発達する谷底低地は、その形成過程から腐植土や軟弱粘性土を堆積させ、不整形な基底を有することを特徴とする。これらの特徴は地震時に谷底内での地震動を増幅させると考えられており、防災科研が公開している地震ハザードマップ (J-SHIS)<sup>1)</sup>では、東京都内の谷底低地における地盤増幅率は最大 2.4 とされ、地震時に特に揺れやすい地域であることがわかる。また、1923 年に発生した関東地震においても東京都心部の谷底低地に木造家屋や埋設管の被害が集中したことが確認されている<sup>2)</sup>。本研究では、腐植土を有する谷底低地を対象に二次元地震応答解析を実施し、谷幅の違いが地震時の地盤挙動や地盤増幅率に与える影響を検討した。

## 2. 二次元地震応答解析

## 2.1 二次元解析地盤モデル

筆者ら<sup>3)</sup>は、東京都大田区馬込の谷底低地において二次元地震応答解析を実施し、その応答特性を検討してきた。この地域は、武蔵野台地の南端に位置し、東から馬込東谷、馬込西谷、池上谷が刻まれており、全域にわたって腐植土層が分布し、東谷の腐植土層の層厚は最大で 9.0m と東京で最も厚いばかりでなく、日本国内で最も厚い一つに数えられる<sup>4)</sup>。当該域にて地盤構造の異なる上流～下流の 3 断面を対象に実施した解析結果では、谷底低地における地震応答は谷幅の違いに強く影響を受けることが考えられたが、各断面では腐植土層の厚さや基底形状が異なっていた。本研究では、谷幅を 50m, 100m, 300m に変化させた 3 つの地盤モデルを作成し、谷幅の違いの影響のみを検討することを試みている。全モデルの地層構成と基底形状は大田区馬込の谷底低地で確認される一般的な値とし、腐植土層の厚さは上流～中流程度の 5.5m とした。図 1 に谷幅を 100m とした地盤モデルを示す。

## 2.2 解析条件

二次元地震応答解析は Advanced FLUSH/Win を用いて実施した。既存の地盤情報<sup>5)</sup>から取得した各層の代表的な  $N$  値から道路橋示方書の推定式を用いてせん断波速度  $V_s$  を推定し、初期せん断弾剛性  $G_0$  を求めた。変形特性は、平均粒径  $D_{50}$  を設定し、安田・山口の提案式を用いている<sup>7)</sup>。腐植土については既往の研究による動的変形特性試験結果<sup>8)</sup>を用い、 $G_0$  は 2210 kN/m<sup>2</sup> とした。各層に入力したせん断波速度  $V_s$  と単位体積重量  $\gamma$  を図 1 の地盤モデルの各層に示す。解析地盤モデル下端は  $N$  値 50 の東京層とし、 $V_s$  は 300 m/s とした。入力地震動は、東京都港湾局品川観測所で観測された東北地方太平洋沖地震の観測地震動<sup>9)</sup>から算定した当該地の工学的基盤における解放基盤動 (Case1) に加えて、周期特性の異なる東京湾北部地震 (Case2)<sup>10)</sup>と大正関東地震 (Case3)<sup>10)</sup>を使用し、二次元解析モデルの底面に入力した。なお、Case2 と Case3 の加速度は Case1 と同じ 92.8 cm/s<sup>2</sup> に振幅を調整している。各地震動の加速度波形と速度応答スペクトル図をそれぞれ図 2 と図 3 に示す。左右境界条件はエネルギー伝達境界とし、底面は弾性基盤 ( $G = 188900$  kN/m<sup>2</sup>,  $\gamma = 20.0$  kN/m<sup>3</sup>) とした。

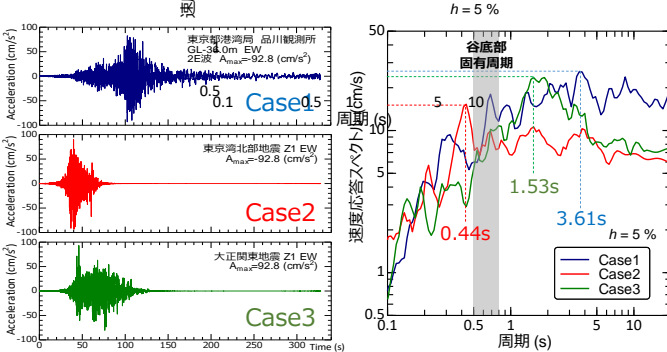
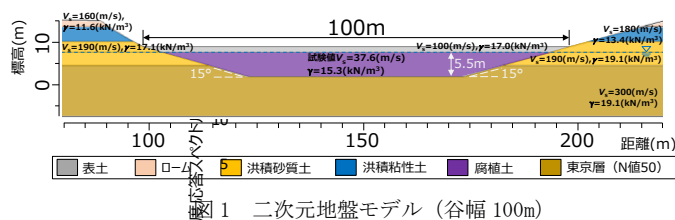
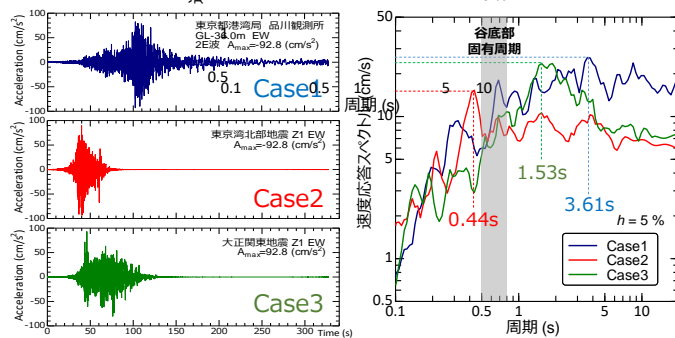
図 2 入力地震動<sup>9)10)</sup>

図 3 速度応答スペクトル図

キーワード 谷底低地, 腐植土, 地震応答解析, 地盤増幅率, 周期特性

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

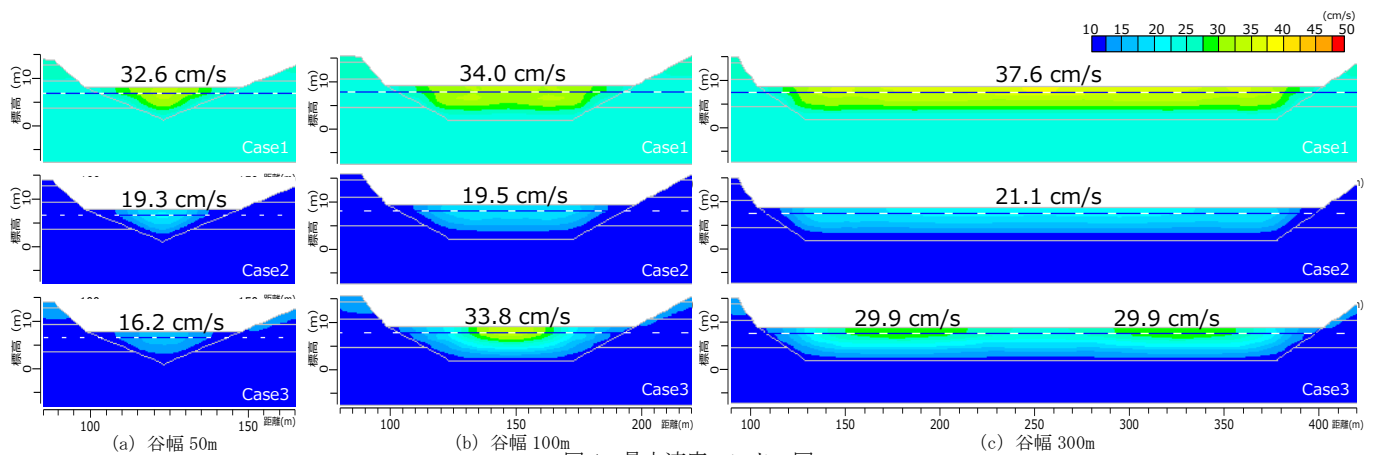


図4 最大速度コンター図

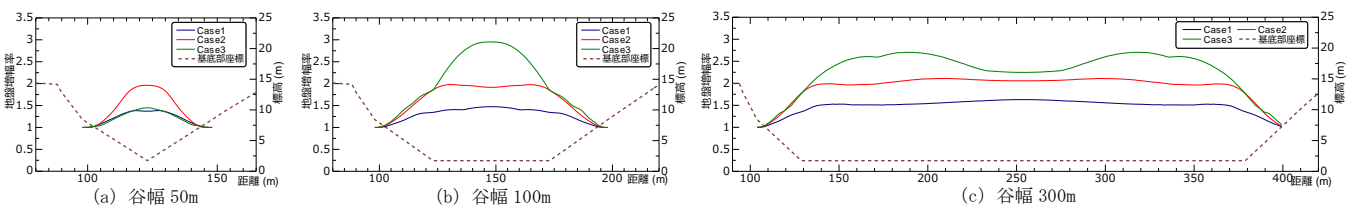


図5 谷底内における最大速度の地盤増幅率

### 3. 解析結果

図4にそれぞれの谷幅における谷底内の最大速度コンター図を示し、入力地震動は、上段を Case1, 中段を Case2, 下段が Case3 の解析結果である。これらより、最大速度はどの谷幅においても腐植土層内で著しく増幅し、谷底内で応答が大きくなることがわかる。また、谷底内での最大速度の応答分布は、谷幅が狭いと谷中央で卓越する一方、広い場合はより広範囲で応答する傾向がみられた。Case1 の地震動においては、32.6~37.6cm/s といずれの谷幅においても最大速度は3 ケースの中で最も大きい、Case2 では 19.3~21.1cm/s と比較的小さくなる。これは、図3に示すように谷底部の固有周期の範囲において Case1 の速度応答スペクトルが卓越する一方、Case2 では当該範囲での応答が小さいためと考えられる。また、両ケースとも谷幅が広がるほど最大速度は大きくなった。Case3 においては、谷幅の違いの影響を強く受けており、谷幅 100m は 33.8 cm/s, 300m では 29.9 cm/s を示し、これらは谷幅が狭い 50m の2 倍程度の応答を示している。このことから Case3 のような長周期帯で卓越する地震動では、谷幅が一定以上広がると谷底内における最大速度は大きくなることがわかる。

図5に解析結果から得られた各谷幅における谷底内の最大速度の地盤増幅率（地表/谷底基底部）を示す。解析結果より算出した地盤増幅率は1.5~3.0 程度となり、腐植土を有する谷底低地では、谷中央付近にて地震時の揺れを大きく増幅することがわかる。また、Case1 と Case2 の地震動においては、いずれの谷幅でも同程度の増幅率を示した一方、Case3 では、谷幅 100m と 300m にて著しく大きくなった。このことから谷底低地における地盤増幅率は地震動の周期特性によって大きく異なり、特に Case3 のような長周期帯で卓越する地震動では、最大速度と同様に谷幅が一定以上広がると著しく増幅することがわかった。

### 4. まとめ

腐植土を有する谷底低地を対象に二次元地震応答解析を実施し、谷幅の違いが地震時の地盤挙動や地盤増幅率に与える影響を検討した。その結果、最大速度や地盤増幅率は谷中央で大きくなり、谷幅が広がると応答分布も広範囲になる。また、長周期成分を多く含む地震動では、谷幅が一定以上広がると著しく応答が大きくなることがわかった。

【参考文献】 1) 防災科研：J-SHIS 地震ハザードステーション。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 回年次学術講演会講演集III，pp422-423，1993。3) Matsushashi et al：Geotechnical behavior of the valley bottom plain with highly organic soil during an earthquake, PBD-IV(投稿中)，2022。4) 坂口豊：泥炭地の地学，pp128-134，1974。5) 東京都建設局：東京土木技術支援・人材育成支援センター，東京の地盤(GIS 版)。6) 大田区役所：大田区地盤資料閲覧システム。7) 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。8) 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講演集，pp737-738，2010。9) 東京都港湾局：港湾局地震観測所で観測した地震動について。10) 東京都港湾局：L2 地震動データ。