

軟弱地盤上の道路盛土の材料特性と N 値が地震応答に与える影響

東京電機大学大学院 学生会員 〇諸井 優太
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

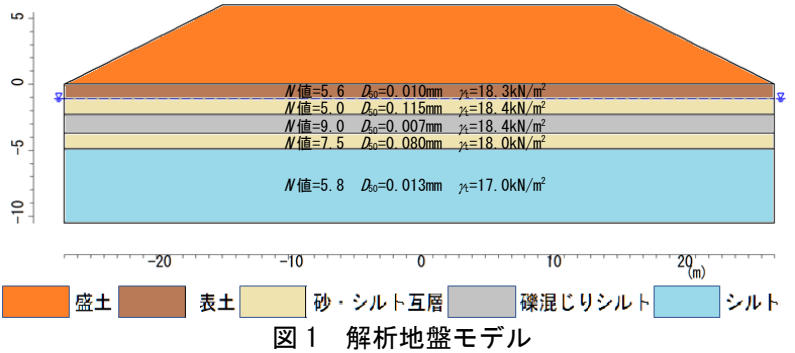
1. はじめに

高速道路盛土（以下、盛土）は、軟弱地盤を含む様々な地盤上に造られており、盛土部は多種多様な現地発生材により構築されている。高速道路盛土は盛土材に応じてよく締め固められているため地震による被害は起きにくいですが、非常に強い地震動を受けると高速道路盛土の亀裂や側方に流動変形する地震被害が生じてきている。

本研究では、軟弱地盤上に構築された高速道路盛土を想定して、材料特性や N 値を変化させた二次元地震応答解析を実施し、その材料特性や N 値が高速道路盛土や基礎地盤の地震応答特性に与える影響について検討した。

2. 解析検討断面

基礎地盤部のモデルとしたのは、関越自動車道の越後川口 IC～小千谷 IC 間の STA.237+10.5 に位置する地点である。当地点は基礎地盤が軟弱な砂質土や粘性土で構成されており、2004 年新潟県中越地震では高速道路盛土中に敷設されているボックスカルバートの目地部の開きや目地部からの土砂の流出などの被害¹⁾や、基礎地盤部の剛性が低下することで盛土が側方に流動する被害が発生した。



解析に使用した基礎地盤部の地盤モデルは、土質調査結果²⁾を参考にモデル化した。盛土部については、高速道路盛土の一般図を参考に代表的な形状としてモデルを作成した。なお、地盤モデルの側方領域は、盛土部を中心に左右 270m の地盤モデル幅 540m である。地盤モデル図内の数字は基礎地盤各層の代表 N 値と平均粒径 D_{50} 、単位体積重量 γ である。

3. 解析概要

作成した地盤モデルに対し、Advanced FLUSH/Win（以下、FLUSH）を用いて二次元地震応答解析を行った。変形特性は各層の平均粒径 D_{50} を設定し、安田・山口³⁾の提案式を用いた。また、解析対象地点の現地調査結果や全国の高速道路盛土に対してボーリング調査を実施した結果⁴⁾から整理された高速道路盛土の N 値から上限値、平均値、下限値の 3 種類の N 値を決定し、それぞれのせん断波速度 V_s を推定することで（道路橋示方書の推定式より）、初期せん断剛性 G_0 を求めた。解析に用いた入力地震動は 2004 年新潟県中越地震時に強震観測網 K-NET⁵⁾ の小千谷で観測された地表面観測波を DYNEQ⁶⁾ を用いて工学的基盤に引き戻した波形である。この波形の最大加速度を 2E 波相当の 1038(cm/s²) に振幅調整し、モデル底面に入力した。左右境界条件は粘性境界とし、底面は剛基盤とした。解析ケースは、盛土が砂質土で構築された case1 と、粘性土で構築された case2 のそれぞれのケースに対し、前述した盛土の 3 種類の N 値を用いて計算を実施し、表 1 に示すように計 6 ケースの解析を行った。

表 1 解析ケース

解析ケース	盛土の N 値	初期せん断剛性 $G_0 (\times 10^4 \text{ kN/m}^2)$
case1-a	20	9.54
case1-b	15	7.88
case1-c	5	3.79
case2-a	15	8.77
case2-b	5	4.21
case2-c	2	2.29

キーワード 高速道路盛土、地震応答解析、 N 値
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 TEL049-296-0946

4. 解析結果

図2にFLUSHより得られた各ケースの地震時の最大水平せん断応力（以下、 $\tau_{xy,max}$ ）コンター図を示し、 N 値は上段が上限値、中段が平均値、下段が下限値を用いた解析結果である。基礎地盤部における $\tau_{xy,max}$ は盛土が砂質土で構築された case1 では盛土の N 値が低い case1-c において、他のケースより低く応

答する傾向がみられた。図3, 4は、それぞれのケースの本線中央における $\tau_{xy,max}$ の絶対値と最大加速度（以下、 α_{max} ）の深度分布である。この図より、基礎地盤の表層付近で case1-a, b では $\tau_{xy,max}$ が60kN/m²程度の値を示しているのに対して、case1-c では約38kN/m²と37%程度低い値を示し、 α_{max} は case1-c は他のケースと比較して基礎地盤の表層付近で大きく増幅している特徴が確認された。盛土が粘性土で構築された case2 では、本線中央で標高0m地点の $\tau_{xy,max}$ は盛土の N 値が低い case2-c と他のケースを比較すると5kN/m²程低い値を示したが、case1 ほどの違いはみられなかった。 α_{max} は、増幅減衰する深度の違いはみられなかったが、増幅の程度は盛土の N 値が低下するにつれて増加した。

5. まとめ

軟弱地盤上の高速道路盛土を対象に盛土の地盤材料と盛土の N 値でケース分けした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、軟弱地盤上に構築された高速道路盛土の N 値が大きい場合と小さい場合で基礎地盤の表層付近の最大水平せん断応力が異なる地震応答となり、高速道路盛土の N 値が基礎地盤部の地震応答に影響を与えることがわかった。

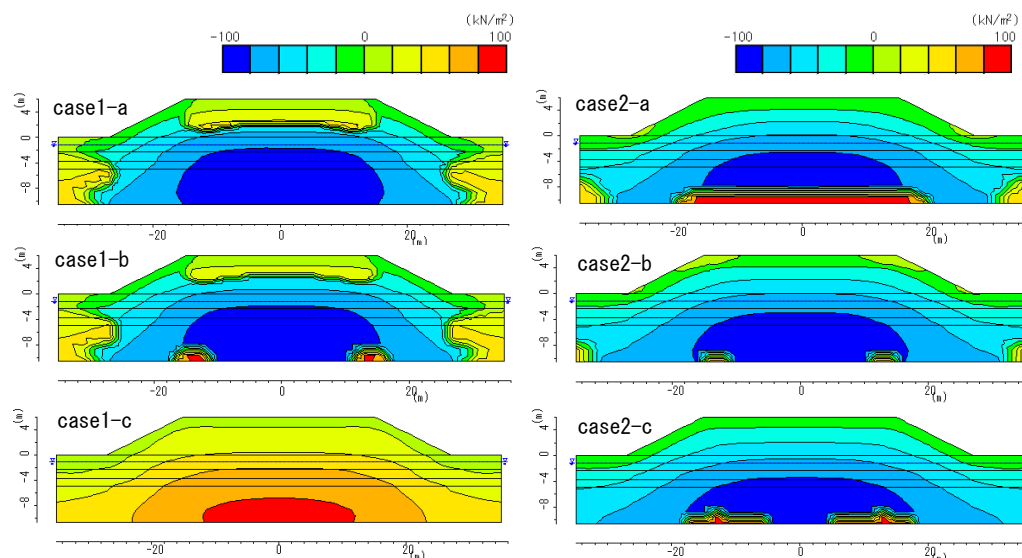


図2 各ケースの地震時最大水平せん断応力コンター図

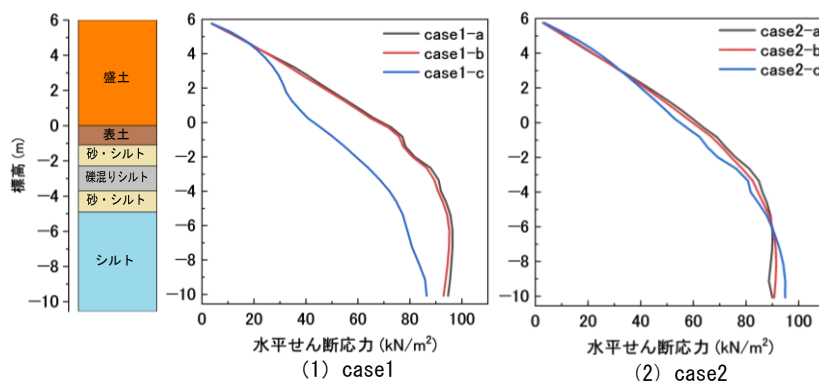


図3 $\tau_{xy,max}$ の深度分布

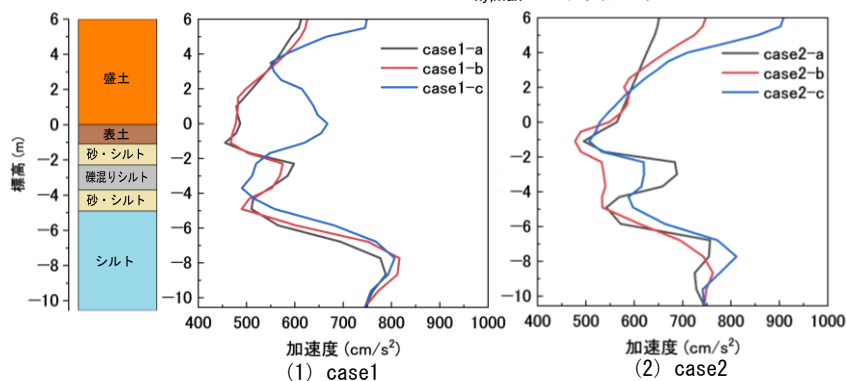


図4 α_{max} の深度分布

【参考文献】1)新潟県中越地震災害調査委員会：新潟県中越地震災害調査委員会報告書，社団法人地盤工学会，pp.181-211，2007. 2)石川敬祐，安田進，中村洋丈，藤岡一頼：新潟県中越地震の高速道路盛土の被害対象に対する残留変形解析の適用性の評価，第15回日本地震工学シンポジウム，pp.322-331，2018. 3)安田進，山口勇：種々の不撓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)加藤喜則，長尾和之，北村佳則，藤岡一頼，三島信雄，黛廣志，山辺晋：原位置試験から推定される高速道路盛土の力学性能～ N 値と V_s ～，第39回地盤工学研究発表会，pp.1313-1314，2004. 5)強震観測網 K-NET：国立研究開発法人防災科学技術研究所，<https://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>. 6)吉田望：DYNEQ Version 3.36，2015.