

液状化した地盤の揺動による道路の突き上げ被害に対する解析の試み

東京電機大学理工学部 フェロー会員 安田 進

東京電機大学理工学部 正会員 石川 敬祐

東京電機大学大学院 学生会員 ○浦野 倫宏

1.はじめに

東日本大震災では、東京湾岸エリアで大規模な液状化が起き、繰返し地盤が揺すられ続けたことによる平面道路の突き上げや、水道管やガス導管の継手が外れる被害、マンホールではズレが発生するなど、特異な被害が発生した。これらは、地震規模が巨大で揺れの継続時間が極端に長かったため、液状化した後も地盤が大きく揺すられ続けた「揺動」が生じたためではないかと考えられた¹⁾。千葉県浦安市では、幹線道路やその歩道などで写真1に示すような路面の突き上げ被害が生じており、生活に大きな支障をきたした。

本研究では、写真1に示した歩道の突き上げ被害に着目し、幹線道路や周囲の護岸が歩道の突き上げ被害へ与えた影響に関して、本震と余震を想定した地震応答解析を行い、地盤内のひずみや変位に着目した検討を行った。

2.解析概要

1)解析検討断面

解析対象とした断面は写真1に示した千葉県浦安市高洲8丁目付近の幹線道路とその歩道とした。この付近にある高洲小学校ボーリングデータ²⁾の地層構成を基に、車道、歩道、公園、工場地帯の幅はGoogle Mapより、擁壁、盛土の高さは現地調査で測量した値を用いて図1のような断面を作成した。なお地層は水平成層と仮定した。

地下水位は2パターンを想定し、パターン1は地下水位GL-0.5mとしパターン2は本震時の液状化により水位が上昇したと仮定し、地下水位GL-0.0mとした。浦安市では埋立土が軟弱で幹線道路の路床は厚く施工されている。そのため、それに合わせ路床厚1.5mと設定した。

2)解析手法

本検討では、2次元地震応答解析(FLUSH)を用いて実施した。各土層のVs値、単位体積重量、平均粒径、ポアソン比をボーリングデータ²⁾より設定し、せん断剛性Gを計算している。境界条件は解析モデルの両側を、水平ローラーとし、解析モデル底面は鉛直水平固定とした。各層の変形特性は安田・山口の推定式⁴⁾を用いており、地下水位以下のB層・F層は、液状化によりせん断剛性が著しく低下したことを想定して、せん断剛性を初期せん断剛性G₀の1/200(Case1)、1/300(Case2)と一定とした条件で解析を行った。このときの液状化層の減衰定数hは20%と一定とした。入力地震動は、東日本大震災で東京都港湾局夢の島観測所において工学的基盤内で観測された地震波(GL-89m, EW方向)を用いた³⁾。パターン1では本震のピーク後(130秒以降、最大加速度11.91cm/s²)、パターン2では余震の波(最大加速度18.75cm/s²)を用いておこなった。

3.解析結果

図2に入力地震波ごとのGL-1.0m地点の最大水平ひずみ分布を示す。どちらにおいても、50m~55m付近でひずみが大きくなる傾向を示した。この地点は図1に示した地盤構造モデルの赤枠で囲まれた歩道部分にあたり、左側

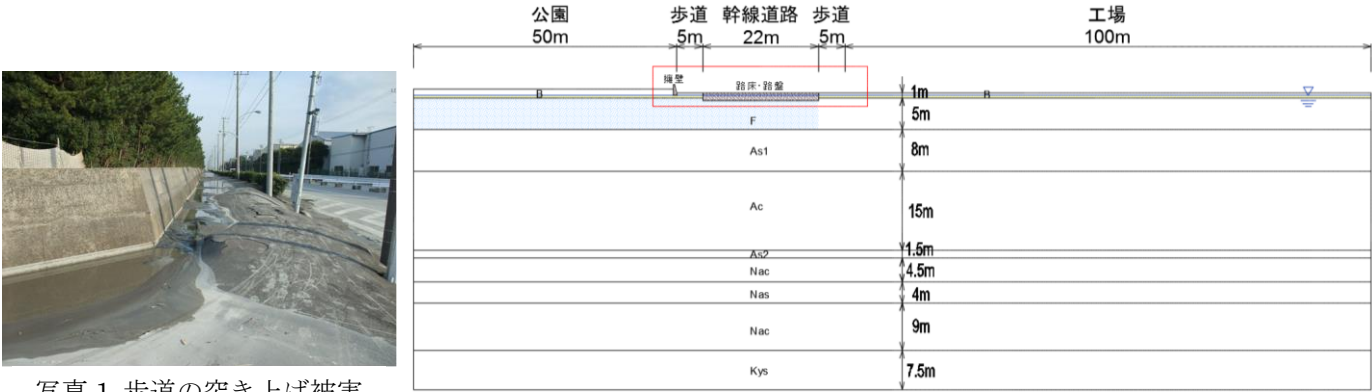


写真1 歩道の突き上げ被害
(2011年3月)

図1 千葉県浦安市高洲8丁目の地盤構造モデル

キーワード 液状化, 東日本大震災, 揺動, 突き上げ被害, 地震応答解析

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

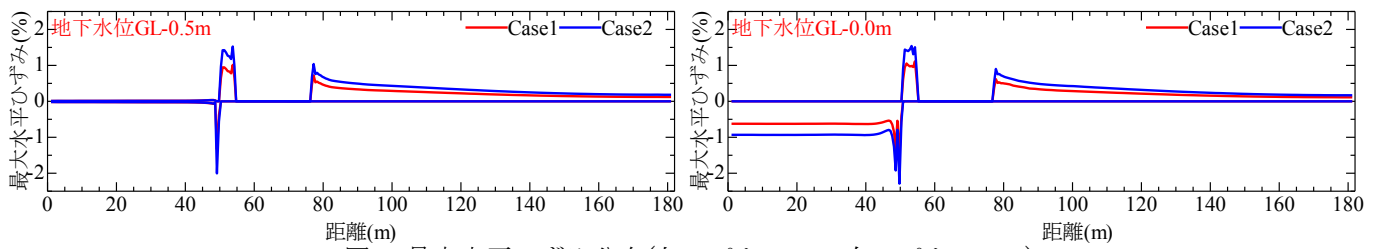


図2 最大水平ひずみ分布(左:パターン1,右:パターン2)

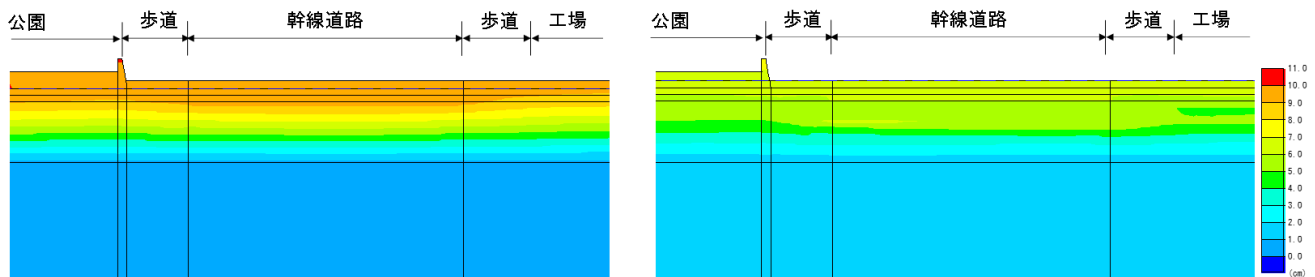


図3 水平変位コンター図(左:パターン1,右:パターン2)

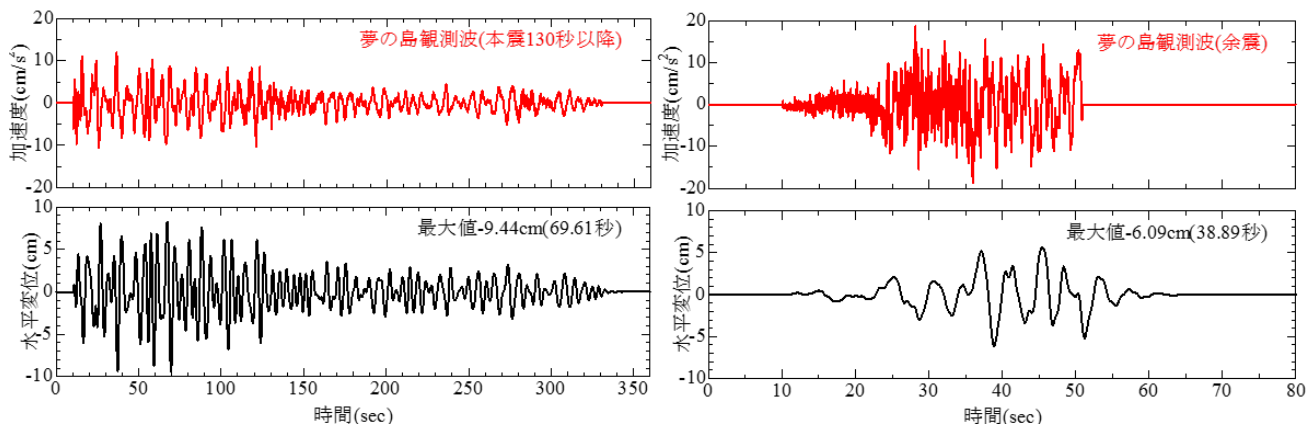


図4 水平変位時刻歴(左:パターン1,右:パターン2)

には住宅地の盛土と擁壁が、右側には幹線道路がある。擁壁と幹線道路が境界となり、液状化地盤の揺れが拘束されたためにひずみが集中したと考えられる。さらに 80m 付近の歩道でもひずみが大きくなる傾向を示した。この地点より右側には擁壁等の構造物は位置していないため、左側の幹線道路の固い路床が境界となりひずみが集中したと考えられる。

図3に歩道部分(図1の赤枠)の最大水平コンター図を示す。地表付近でパターン1では10cm程度、パターン2では7~8cm程度の変位が集中している傾向が見られた。

図4に入力地震波と歩道(52.5m付近, GL-1.0m地点)の水平変位時刻歴を示した。地震動の長さの違いもあるが、パターン2の波より、長周期よりのパターン1の波で地盤が何度も大きく揺すられて水平変位が大きく出る傾向を示した。

4.まとめ

東日本大震災では東京湾岸エリアにおいて大規模な液状化が発生し、幹線道路やその歩道で路面の突き上げ被害が発生した。浦安市高洲8丁目付近の断面を対象に、2次元地震応答解析を用いて路面の突き上げ被害の検討を行った結果、擁壁付近と路床・路盤の境界付近で水平ひずみが大きくなる傾向がわかった。また、水平変位に着目すると入力加速度が 10cm/s^2 と低加速度でも液状化地盤上の歩道部では $6\text{cm} \sim 9\text{cm}$ の変位が生じることがわかった。

【謝辞】

本研究にはJSPS 科研費基盤研究(C)26420487の補助を受けている。また、本研究を行うにあたり、山下文氏、岡本将史氏(東京電機大学)にご協力頂いた。末筆ながらお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 安田進・石川敬祐・五十嵐翔太・石原瞳・鴨下匡一:地盤液状化した地盤の揺動がライフラインと道路に与えた影響, 地盤工学会特別シンポジウムー東日本大震災を乗り越えてー, pp. 518-526, 2014.
- 2) 浦安市:浦安市液状化対策技術検討調査報告書, 第II編, 2012.
- 3) 東京都港湾局 HP:港湾局地震観測所で観測した地震動について
- 4) 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.