

地盤モデルを用いた液状化による下水道マンホール浮上り量の試算

東京電機大学 フェロー会員 ○安田 進
 同上 正会員 石川敬祐

1. はじめに

下水道のマンホールや管路を敷設する際に掘削して埋め戻した砂が液状化し、マンホールや管路が浮き上がる被害は、1993 年釧路沖地震の際に発生して注目を浴び、その後も 2003 年十勝沖地震、2004 年新潟県中越地震など多くの地震の際に発生してきた。2011 年東日本大震災でも東北地方を中心に浮上り被害が発生した。マンホールが浮き上がると下水が流下できなくなるだけでなく、その上の道路交通にも支障をきたす場合も生じてくる。特に家屋が密集し、道路幅が狭い地区で大きな浮上りが発生すると、地震直後の緊急輸送や避難行動に影響を与えかねない。このため、新設のみならず既設のマンホールに対しても対策を施すことが最近行われるようになってきた。それでも埋戻し土の液状化に起因する被害は原地盤が液状化し難い粘性土地盤などでも生じる可能性があり、検討が必要なマンホールは多数存在する。ただし、全てのマンホールが浮き上がるわけでない。理論的にはマンホールの底盤が地下水位より浅い場合には浮き上がらなく、また、浮上り量は地下水位やマンホール底盤の深さになどに関係する。したがって、浮上り量を地震前に定量的に把握しておくことが防災上大切と考えられる。そこで、東京都内でも家屋の密集度が高い北千住地区に対し、マンホール深さのデータと筆者達が作成してきている地盤モデルを利用して、浮上り量を試算してみた。

2. 浮上り量の推定方法

上述したように 1993 年釧路沖地震以来、大地震の度に下水道のマンホールが浮き上がってきている。しかし、2004 年福岡県西方沖地震では博多湾岸の埋立地が広く液状化したといえ、浮上りは目立たなかった。また、2003 年十勝沖地震の際、音別町内でも粘性土地盤では浮き上がったが砂礫地盤では浮き上がらなかった。このような違いが生じるのは種々の要因が浮上り量に影響しているためと考えられる。この要因には、①埋戻し土自体の特性（締固め密度、粒径、エイジング）、②周囲地盤（原地盤）の特性（透水性、地震応答性）、③地下水位、④入力地震動、⑤マンホール自体の特性（埋設深度、比重、形状）、⑥地震時の管渠のはずれによる土砂の流入の有無、のようなものがあると考えられる¹⁾。

これらのうち、主要な要因でかつ広域にわたって入手し易い要因としては地下水位とマンホール深さが挙げられる。これらのパラメータにさらに地盤の単位体積重量、マンホールの重量を設定すると、重力と浮力のバランスを考えた単純な浮力の計算で浮上り量が計算できる。そこで 1 号マンホールを対象にして底盤の面積 $A=1.23\text{m}^2$ 、地下水位上・下の土の単位体積重量を $\gamma_t=17.7\text{ kN/m}^3$ 、 $\gamma_{\text{sat}}=18.6\text{ kN/m}^3$ と設定して試算してみると図 1 となる。ただし、これはマンホール周囲の摩擦や管路の存在による浮上り量の減少や、②の周囲の地盤の影響などを考慮していない理論上の最大値であり、現実的ではない。そこで、浮上り量がまとめられている 2003 年十勝沖地震の際の豊頃町での実被害²⁾事例で計算してみると図 2 となる。図を見ると計算上の浮上り量より、実測の浮上り量はかなり小さく、最大のものでも 1/2 程度となっている。そして 1/4 程度と仮定してみても上限値の予測が行えるのではないかと考えられる。そこで、以下の北千住地区での適

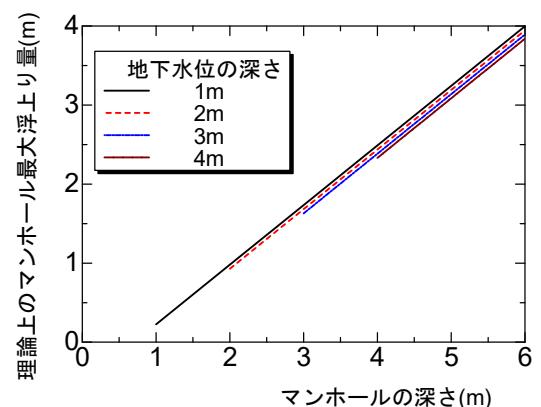


図 1 マンホール深さ、地下水位の深さと理論上のマンホール浮上り量

キーワード 液状化, マンホール, 浮上り

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 東京電機大学 TEL 049-296-3291

用にあたっては理論上の浮上り量の 1/4 程度浮き上がるものと仮定してみることにした。

3. 北千住での浮上り量の推定結果

東京都足立区の北千住地区は荒川と隅田川に囲まれた約 4km×3km の狭い地区である。その中に古くからの住宅地と商業地が密集して発達してきている。この地区に対し、筆者達は 250m メッシュの地盤モデルを用いて地震時の揺れや液状化発生の検討を行ったが、地区内に存在する旧河道などの細かい地形まで反映するため、さらに足立区と東京都から地盤データをお借りし、50m の細かいメッシュでの地盤モデルを作成してきている³⁾。そこで、本研究では 50m メッシュが作成できた区域ではそこの地下水位を、そうでない区域は 250m メッシュでの値を用いることとした。

次にマンホールの深さが必要であるが、これは東京都下水道局からマンホールの位置と深さに関して情報を提供していただいた。これによると北千住地区内には大変多くのマンホールが存在するが、そのうち下記の条件のものは浮上り検討対象から外した。

1) 台帳には 10m や 20m といった深いものがあつたが、これは一般の管路式の下水道システムと異なると考え、深さが 5m 以深のマンホールは除外した。

2) 既に人孔浮上抑制対策が実施された緊急輸送道路などに指定されている幹線道路上のマンホールは除外した。

3) 地下水位がマンホールより深い位置にあるものは浮き上がらないと考え除外した。

このように対象を絞り込んで浮上り量を試算してみたのが図 3 である。これを見ると、浮上り量が全体に 0～40cm 程度が大半を占めている。特に常磐線の東西両側ではほとんど浮上らない結果となったが、これはこの地区では地下水位が他地区より深いためではないかと考えられる。

4. あとがき

マンホール深さと地下水位をもとに、埋戻し土の液状化による下水道マンホールの浮上り量を推定する簡易な方法を考案し、北千住地区に適用してみた。その結果、浮上り量は全体に 0～40cm 程度となった。ただし、浮上り量に影響を与える要因は多くあり、正確に求めるためには個々のマンホールで詳細に検討する必要がある。なお、本研究は総合科学技術・イノベーション会議の SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「レジリエントな防災・減災機能の強化」(管理法人：JST)によって実施した。また、本研究で使用したマンホールの深さのデータは東京都下水道局より教えていただいた。検討は東京電機大学の吉田奈央さん、佐々木京泉さん実施にしてもらった。感謝する次第である。

参考文献：1) 安田進：ライフラインの被害と復旧の考え方―特集 新潟県中越地震の教訓と対策―，基礎工，Vol.33，No.10，pp.53-57，2005. 2) 規矩大義・安田進・田中智宏・伊藤忠：2003 年十勝沖地震における豊頃町の下水道被害，土木学会第 59 回年次学術講演会講演集，III-212，pp.423-424，2004. 3) 安田進・石川敬祐：メッシュサイズの違いが地盤のモデル化に与える影響―北千住地区に関して―，第 52 回地盤工学研究発表会，DS-4，2017.

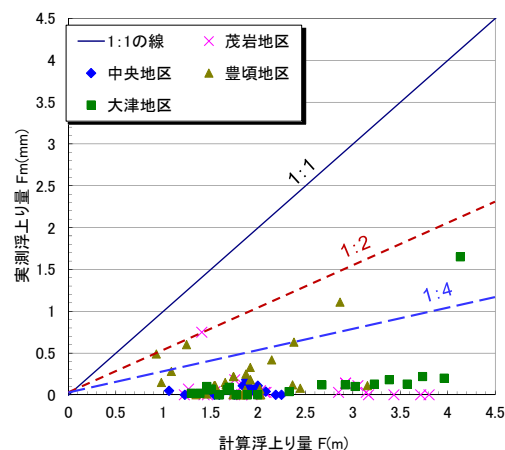


図 2 豊頃町のマンホールに対する実測浮上り量と計算浮上り量の比較

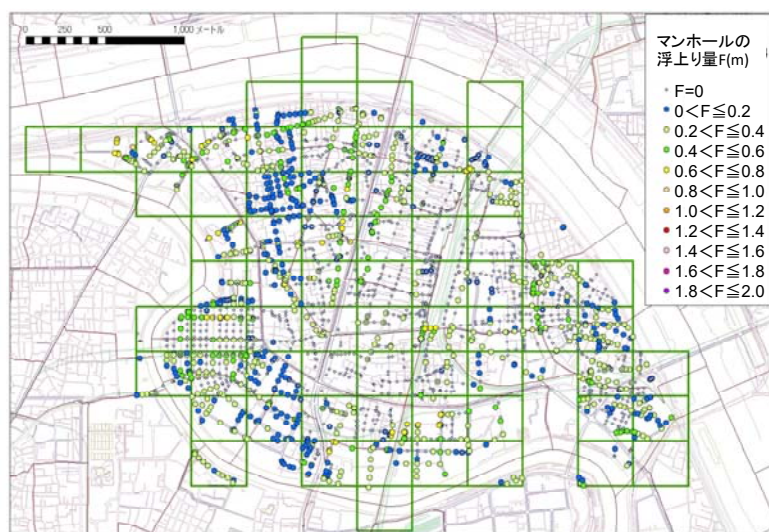


図 3 マンホール浮上り量の試算結果