既設マンホールに対する液状化時浮上対策として加重工法の提案と適用性

芝浦工業大学大学院　○（学）中尾晃揮
東信工業　（非）山口裕央・（非）星野繁文
芝浦工業大学　（非）永井康暉・（正）稲積真哉

1. はじめに

大地震に伴う地盤の液状化が原因と考えられるマンホールの路面からの突出現象が確認されている。近年でいえば東日本大震災によって、東京湾岸の埋め立て地域には甚大な被害があり、国土交通省によるとマンホールの被害箇所数は全てで 6699 基にも及んだ。マンホールに浮き上がりが発生すると、下水道本来の機能である汚水の流加能力を失う等の機能障害だけでなく、被災直後に大切となる緊急輸送路を阻害するなどの交通の機能障害にもなり、道路の復旧に時間がかかることにもなるため、マンホールの地震時安定性を高める必要がある。その液状化対策として構造物自体の荷重を増やす加重工法があり、加重工法のマンホールの液状化時浮上対策としての適用性を検討する。

2. 加重工法の概要

図-1 のようにマンホール本体の上部周囲に加重リングを設置し、マンホール本体とマンホール蓋が設置される受枠との間に接合金具を配置する。接合部材を介して受枠とマンホール本体とを接合することにより、加重リングとマンホール本体とを連結し、加重リングとマンホール本体の間には無収縮モルタルで充填を行い、一体化を図ることで浮上防止構造となる。加重工法の特徴として低コスト・省スペースな施工範囲・埋設物に影響がない・加重リングを 1～3 段まで調整可能という点がある。

3. マンホールの液状化時浮上に関する検討手法

マンホールの直径一定のまま地表まであるとして以下の式(1)で計算を行う[1]。

$$Fs = \frac{W_S + W_B + Q_S + Q_B}{U_S + U_D} \tag{1}$$

ここで、F_S：浮き上がりに対する安全率、W_S：上載土の荷重、W_B：マンホールの自重、Q_S：上載土のせん断抵抗力、Q_B：マンホール側面の摩擦抵抗力、U_S：マンホール底面に作用する静水圧による揚圧力、U_D：マンホール底面に作用する過剰間隙水圧による揚圧力である。

地盤が地震等による急速なくり返し荷重を受けることで液状化が発生すると、噴砂（砂が地上に噴き上げる現象）や噴水が見られ、地盤は圧縮されて沈下するとともに、激しく流動化した埋め戻し土がマンホール底部に回り込み、マンホール壁面の周面摩擦力が低減して、（自重＋周面摩擦力）が揚圧力より小さくなり浮上が始まる。図-2 は地震による液状化の発生からマンホールの浮き上がりが生じるまでのメカニズムを表したものである[2]。

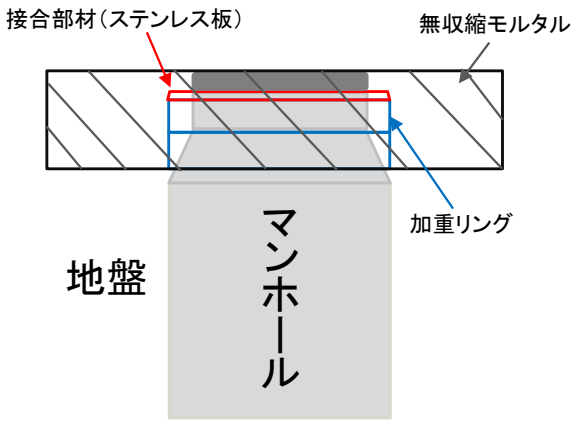

図-1　加重工法の構造

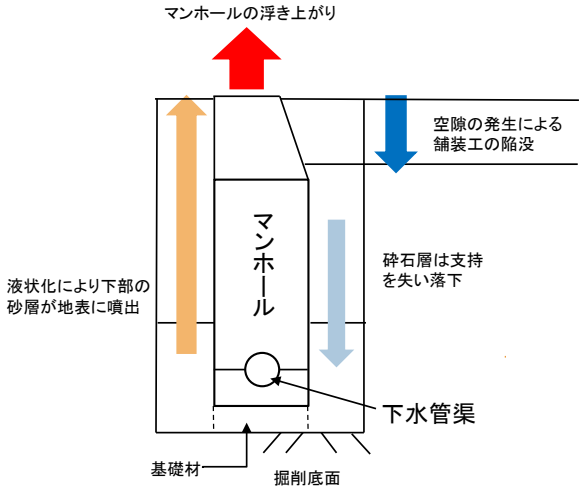

図-2　浮き上がり発生のメカニズム

マンホール；浮上対策；加重工法
芝浦工業大学土木工学科地盤工学研究室（〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5・TEL 03-5859-8360・FAX 03-5859-8401）

© Japan Society of Civil Engineers

4. マンホール形状と条件

マンホールの形状は円形標準マンホール・上部直壁＋床版タイプ（マンホールの呼び方は都型の内径1200mm、上部マンホールは900mmの1号マンホール）で計算を行う。そして本研究では液状化を発生させるための振動は日本道路協会 2017 年版の設計地震動レベル2を用いる。設計地震動レベル2とはその構造物が受けるであろう過去、将来にわたって想定しうる範囲内で最大規模の地震のことを指す。また土質区分やN 値などの土質データおよび埋め戻し土、コンクリートの材料条件、管渠等の条件は一般的なデータを用いて計算を行った。なお安全率 Fs の基準値については具体的な値が明瞭化されていないため 1.0 を評価基準とする。そして2つ目の計算として加重工法の有無に分けて、参考文献 [3]からマンホールの最大浮き上がり量についても計算を行った。

本研究の計算を行う上で注目したパラメーターが抵抗値 FL 値である。抵抗値 FL 値とは液状化に対する抵抗値のことであり、FL 値＝R/L（R：液状化強度比、L：くり返しせん断応力）で求められる。この FL 値が FL≦1 であれば液状化発生の可能性があり、FL 値＞1 であれば液状化発生の可能性が小さくなる。液状化が起こるとマンホール側面の摩擦がなくなるため Q_B が 0 となり、安全率 F_S の変化に大きく影響を及ぼすと考えこのパラメーターに注目した。

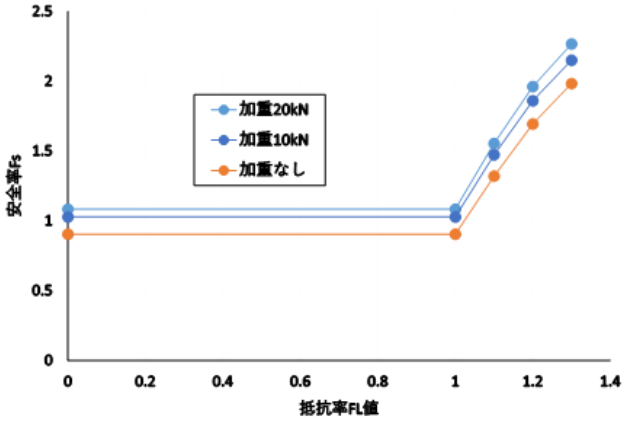

図-3　加重 20kN、加重 10kN，加重なしの場合の抵抗率と安全率の変化

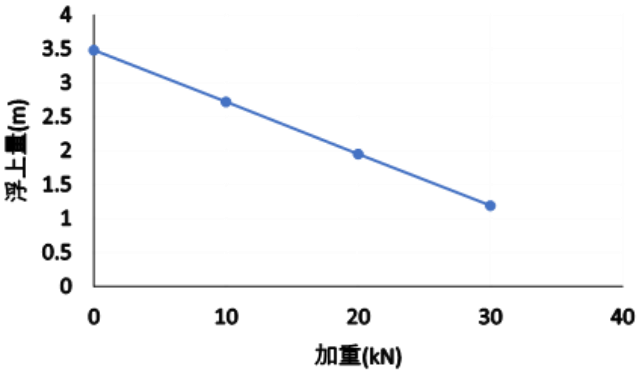

図-4　加重の増加に伴う浮上量の変位

5. 結果と考察

図-3 に加重 20kN、加重 10kN、加重なしの場合に分け、それぞれの抵抗率 FL 値と安全率 F_S の変化の計算結果をグラフにまとめた。計算の結果、抵抗値 FL 値が 1.0 より小さいときは地盤に液状化が発生するため、加重を加えなければ安全率 F_S は評価基準である 1.0 を超えないことがわかる。すなわち抵抗値 FL 値が 1.0 より小さいときは、加重をすればするほど安全率 F_S が上昇していくことがわかる。また抵抗値が 1.0 より大きい場合は、液状化の可能性が低くなるため、加重なしでも安全率 F_S は基準値 1.0 を上回ることがわかる。こちらの場合は、加重を増やすほどマンホール浮上のリスクを軽減できることがわかる。

次に図-4 には加重の増加に伴うマンホールの最大浮上量の計算結果をまとめた。この図-4 からも加重が増加するほどマンホールの最大浮上量が小さくなっていくことがわかる。つまり加重を増やすことでマンホールの最大浮上量を抑制できることがわかる。

6. おわりに

本研究の2つの計算結果から加重工法はマンホールの液状化時浮上対策として有効であることがわかる。日本は地震が多い国であるため、マンホールの液状化時の浮上対策は必要不可欠なものである。土質の区分や抵抗値 FL の値等の特徴によって、加重工法のリングの段数を調整することで、それぞれの場所に適切なマンホールの液状化時浮上対策を行うことができると考える。いつ発生してもおかしくない大規模地震に対して、下水道が有すべき最低限の機能を確保しつつ、かつ救援活動や災害復旧活動に支障とならないように、マンホール施設には浮上防止対策を進めていく必要があると考える。

参考文献

1) 岡本敏郎・種田智憲：マンホールの液状化時安定性向上を目指した均等型重量化工法の適用性，土木学会論文集 A1，Vol.72，No.4，I_916-I_925，2016.
2) 堀内宏信：液状化によるマンホール浮き上がりの原因と土のうを利用した対策の提案，山形設計，2004.
3) 飛田哲男・井合進・姜基天・小西康彦・原園照二：液状化によるマンホールの最大浮上量の推定法，京都大学防災研究所年報，第 52 号，B，2009.

© Japan Society of Civil Engineers