

重量化によるマンホール浮上防止効果の模型振動実験

中央大学理工学部都市環境学科 正会員 國生剛治 学生会員 ○串田太郎 遠藤大智
 株式会社福原鋳物製作所 高橋勝彦, 日本水工設計株式会社 西脇和也

1. はじめに

近年の地震災害においては、地盤の液状化に伴うマンホールの浮上り被害が多発している。2004年新潟中越地震においては埋戻し土の液状化により、1400箇所以上のマンホールの浮上が見られた。筆者らは、このような被害防止策としてメカニズムが簡単で、既設マンホールへの対策も容易な重量化工法¹⁾を開発している²⁾。本研究では、振動台模型実験により、対策・無対策の実験を行い、結果の比較を行った。

2. 実験概要

内寸法 1100×600×800mm の透明アクリル製土槽に珪砂7号を水中落下法により堆積させ、相対密度30~40%程度の水平地盤を作製した。その際、砂をマンホール外径と同じ高さまで堆積させたところで1/6縮尺モデルのマンホール模型(高さ52.0cm, 直径18.3cm)を設置し、さらに砂を加えて地盤を完成させた。そして模型地盤を土槽長辺方向に周波数3Hz, 波数30波, 加速度320-410galで振動させ地盤を液状化させた。水位は地表に一致させたケースと、無対策時のマンホール重心位置まで下げたケースで行った。

図-1に実験の概略と間隙水圧計の位置を示す。また、表-1に実験で用いたマンホール模型の概要、表-2にそれぞれの実験条件を示す。

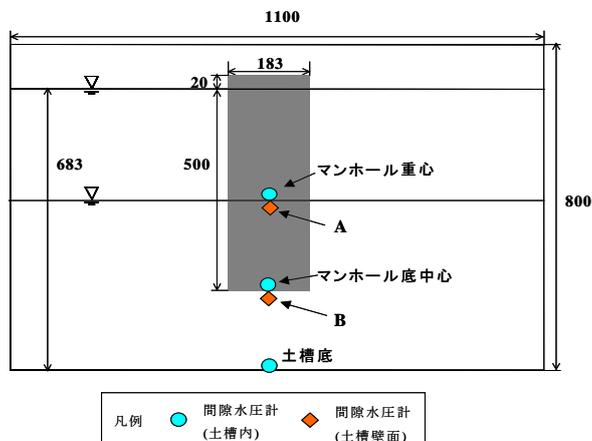


図-1 間隙水圧計の位置

表-1 マンホール模型の概要

| 実験ケース | 無対策 | 対策 | |
|----------------------|----------------------|-------|-------|
| 重量(g) | 13680 | 19230 | |
| 設定比重 | 1.361 | 1.8 | |
| 重心 | 鉛直(cm) ^{※1} | 30.34 | 32.04 |
| | 水平(cm) ^{※2} | 8.775 | 8.95 |
| 浮心(cm) ^{※1} | 水位地表面 | 25 | 25 |
| | 水位マンホール重心 | 37.5 | 37.5 |

※1 マンホール天端を基準とした下向き方向の位置

※2 マンホールの外周側壁からの水平方向の位置

表-2 実験条件

| 実験ケース | 地下水位 | 最大加速度(gal) | 細砂重量(g) | 体積(cm ³) | 間隙比 | ρ_s (tf/m ³) | 相対密度(%) | 浮上量(mm) | 傾斜角(°) |
|-------|---------|------------|---------|----------------------|------|-------------------------------|---------|---------|--------|
| 無対策 | 地表 | 408 | 599850 | 448900 | 1.0 | 1.88 | 30 | 51 | 25 |
| 対策 | 地表 | 390 | 591610 | 441600 | 1.0 | 1.88 | 31 | 3 | 2 |
| 無対策 | マンホール重心 | 317 | 593720 | 448800 | 1.02 | 1.88 | 32 | 85 | 0.5 |
| 対策 | マンホール重心 | 322 | 601990 | 437640 | 0.94 | 1.84 | 42 | 1 | 0.4 |

表-1から分かるように、マンホールの重心位置は実物との相似縮尺を考慮して、鉛直方向には中心高さより約5cm下方に、水平方向にも斜壁の影響を考慮してわずかに偏心している。また、地下水圧による浮心は、水位が地表面の場合はマンホール重心より高いが、水位を重心位置まで下げた場合は、重心より12.5cmも低くなるため、液状化時に傾斜しやすい条件となる。また、対策マンホールの密度は1.80t/m³で、模型地盤の密度1.88t/m³にほぼ相当している。

3. 実験結果・考察

図-2は水位が地表高さのケースについて、土槽側壁と底面の図-1に示す位置に取り付けた間隙水圧計の時刻歴を示す。振動開始直後にすべての位置で赤線で示す理論値付近まで上昇しており、縦の破線で示す振動終了時点までは砂層の底まで完全液状化状態が継続していることが

キーワード 液状化 マンホール 振動台実験 浮上防止効果 重量化

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科 TEL03-3817-1799

分かる．その後底面から水圧は徐々に低下するが，マンホールの埋設深度ではさらに長時間液状化が継続している．

図-3 は水位が地表高さのケースについて，マンホールの図-1 に示す2ヶ所に取り付けた水圧計から求めた無対策・対策マンホールそれぞれの過剰間隙水圧の時刻歴である．加振開始 (t=1s) から短時間で全箇所の水圧が上昇し，対策マンホールではおよそ1秒後に理論値付近まで上昇しており，マンホール近傍地盤でもほぼ完全に液状化が起きているといえる．一方，無対策マンホールでは振動直後に水圧上昇はするが，その直後過剰間隙水圧の理論値に達する前に，急激な減少に転ずる．これは次に述べるマンホールの浮上の動きと連動していると考えられる．

図-4 は水位が地表面の場合とマンホール重心位置の場合の対策・無対策マンホールの浮上量の時刻歴の比較である．まず無対策マンホールについてみると，水位が地表面にあるほうが浮上速度も速く，浮上量も大きいことが分かる．さらに水位が高いと最大浮上量まで達した後，傾いて沈下するが，水位が低いと不飽和だった地盤がマンホールの側方を支え，ほとんど傾斜せずに浮上する．また，間隙水圧と比較してみると，間隙水圧の上昇とほぼ同時にマンホールの浮上も始まり，加振1秒後から跳ね上がるように急上昇し，6.5秒後に最大浮上量 24.1cm まで達した後，傾斜を伴いながら緩やかに沈下していく．一方，対策マンホールについては水位に関わらずほとんど浮上しないことは明らかである．

今回行った4ケースの浮上量と傾斜角の最終値を表-2 にまとめて示している．これより，対策した場合には，水位に関係なく振動中も大きな浮き上りも傾斜もなく，安定を保持できることが分かる．これより重量化マンホールの有効性が示された．

4. まとめ

- (1)重量化により，埋め戻し土の密度とほぼ同等の平均密度にした対策マンホールは，激しい振動による完全液状化の状態でも確実な浮上防止効果が見られた．
- (2)重量化マンホールは，砂地盤が激しく液状化しても，水位に関係なく傾斜せず安定を保持できることが分かった．

<参考文献>

1) (株)福原鋳物製作所製作所：マンホールの浮上防止方法とそのマンホール，特許出願番号 2008-248582，2008.9.26
 2) 高橋，國生，遠藤，青野：重量化によるマンホール浮上防止効果の振動実験，第54回地盤工学シンポジウム，液状化，2009，pp405-410

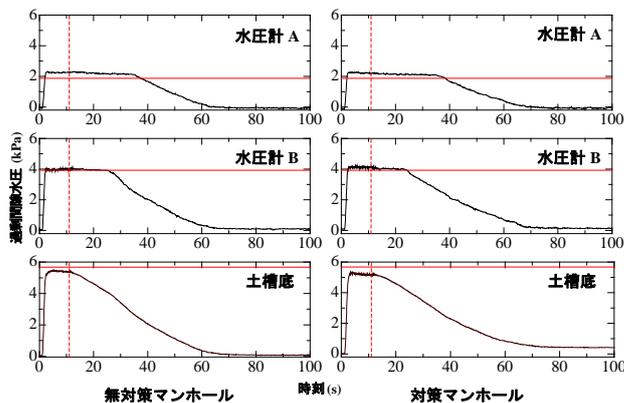


図-2 土槽壁・底面過剰間隙水圧計の時刻歴

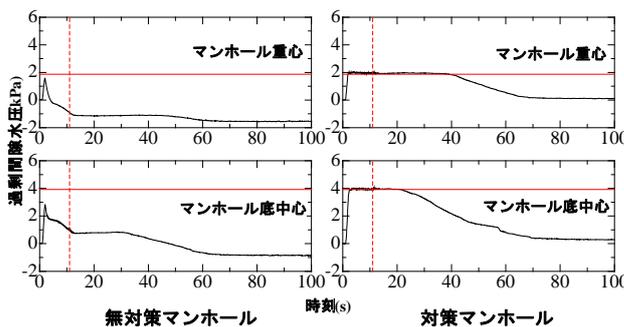


図-3 マンホールに設置した過剰間隙水圧計の時刻歴

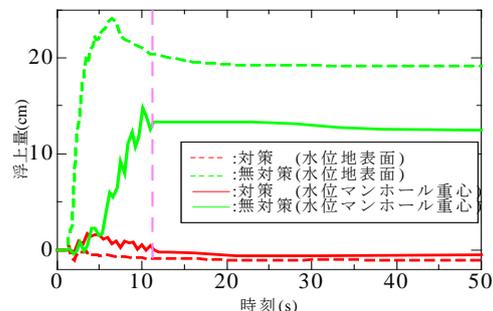


図-4 マンホール浮上の比較