

液状化時マンホール浮上対策としての重量化工法の適用性

芝浦工業大学 学生会員 ○嶋田 慎司
 芝浦工業大学 工藤 広太郎
 芝浦工業大学 正会員 岡本 敏郎

1. 研究背景

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北太平洋沖地震により、東京湾部の埋立て地域や旧河川の埋立て地域にかけて甚大な被害があり、国土交通省によるとマンホールの被害箇所数は全体で 6,699 基にも及んだ。マンホール被害は、下水道の機能障害だけでなく道路の復旧に時間を要す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。

液状化対策として構造物自体の重量を増やす重量化工法が既に提案されているが、実証的研究が十分でない。そこで、本研究では、液状化時のマンホール浮上対策としての重量化工法の適用性を、中型振動台実験により検討する。

2. 研究概要

(1)地盤作成方法 中型振動台土槽内に模型地盤を作成した(図-1)。試料はケイ砂 6 号を使用し、相対密度については、「大変緩い」と「緩い」地盤の 2 ケースを実験した。模型地盤作成方法については、上向き浸透流によりパイピングを発生させ、砂地盤を攪拌し、水中沈降させることで模型地盤を作成した。その後、「緩い」地盤作成のために、実験前に図-2 右図の地震波を 30gal の大きさで載荷し、小規模の液状化をさせて密度上昇させた。その後、地下水位を実規模レベルで 1m に設定した。地盤作成後、振動実験とは別にマンホール設置位置で $\phi=60$ mm, $h=30$ もしくは 40 mm のシンウォールチューブで砂試料を採取し、模型地盤の密度を計測した。

(2)入力地震動 入力地震波は 2001 年芸予地震(以下芸北)と 2011 年東日本太平洋沖地震(以下浦安)の 2 つの地震波を使用し、前地震波は最大加速度 50~70gal, 後地震波は最大加速度 60~300gal まで載荷した。

(3)マンホール・重り 図のように実物の 1/25, 1/40, 1/50 を作成して作成した。マンホール本体は、円筒状にした型枠中に鉄筋の代わりに金網を挿入し、モルタルを打設した。蓋部はゴム製とした。重量化工法として使用する重りは 1/50 のスケールのみ浮上安全率を 1.0 と 1.2 になるように作成した。

(4)計測方法 模型地盤作成及び模型設置後、図-2 の入力地震波を載荷後、マンホールの残留変位を計測した。この時、計測する変位は実験前の地盤高を基準とした。なお以後の実験条件の単位表記は実規模レベルで表示した。

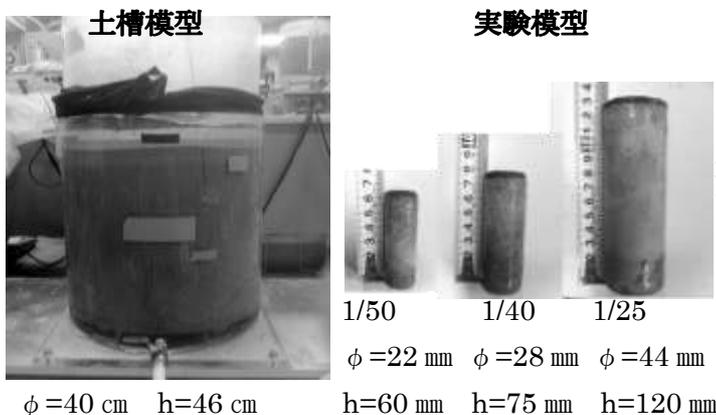


図-1 中型振動台・実験模型

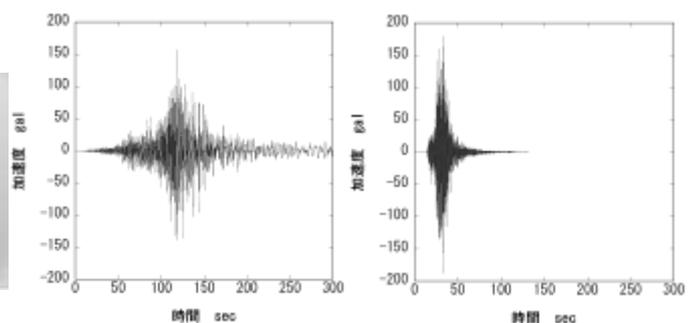


図-2 入力地震

左図(2011 年 東北太平洋沖地震 観測地浦安)
 右図(2001 年 芸予地震 観測地芸北)

液状化, マンホール, 重量化工法, 振動台

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学 TEL03-5859-8360

(5)浮上安全率 F_s の計算方法 マンホールの直径一定のまま地表まであるとし、 $F_s=W_0/(U_s+U_D)$ の式で求めた。 W_0 はマンホールの死荷重、 U_s はマンホール底面に作用する静的揚圧力、 U_D はマンホール底面に作用する過剰間隙水圧力。

3. 実験結果

3-1 土槽内砂密度の深度分布 図-3 より模型土槽内の相対密度は深度によって変化し、層厚が厚く、相対密度が緩い地盤ほど相対密度の差があった。

3-2 大変緩い・浦安地震波の場合 図-4 より 20m 厚地盤のほうが 10m 厚地盤よりも残留変位が大きい傾向がみられた。また図-5 より 1/50 と 1/40 にはサイズ効果はみられないものの、1/25 ではサイズ効果が若干みられた。ここで許容加速度を浮上もしくは沈下量 300 mm に対応する加速度とした。こうすると許容加速度はほぼ同じであることから、サイズ効果に大きな影響はないと考えられる。

3-3 重りありのケース 図-6 より許容加速度が重りあり・なし共に浦安地震波のほうが小さいことから芸北よりも液状化しやすい地震波である。また、相対密度の上昇に伴い、許容加速度も大きくなっている。

図-7 より重量化工法の効果は大きいことがわかる。浮上安全率 0.8 では浮上量が大きい、浮上安全率 1.0 になると、かなり浮上抑制がされている。しかし、浮上安全率 1.2 を超えると沈下が大きすぎることもある。

4. まとめ

中型振動台実験により、液状化によるマンホールの浮上は、相対密度と地震波の種類により大きく影響を受けることがわかった。重量化工法の浮上抑制効果は大きいので従来の設計法に基づく適用性が高いといえる。

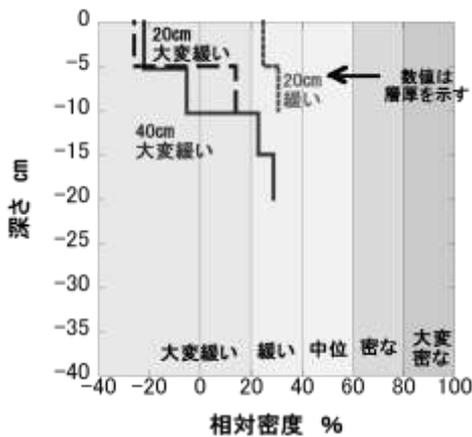


図-3 作成した地盤の相対密度分布

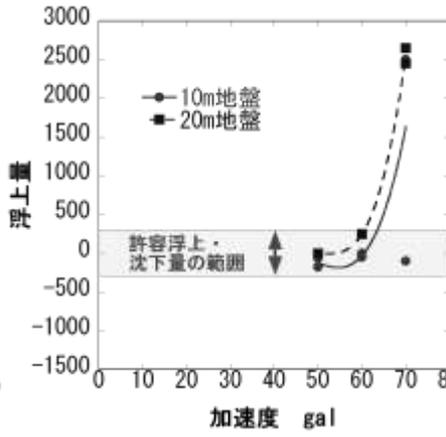


図-4 層厚の影響

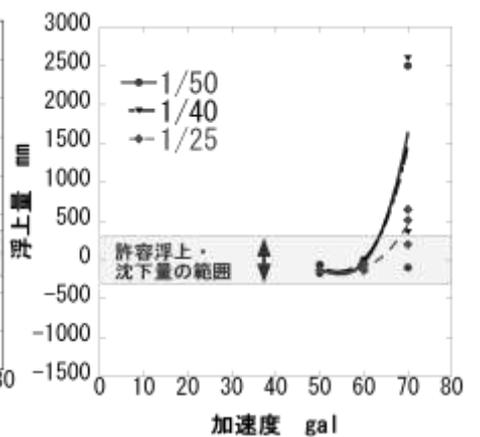
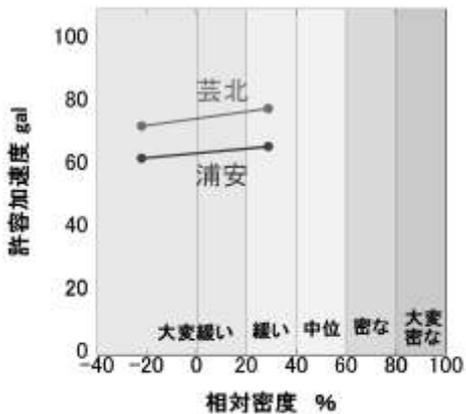


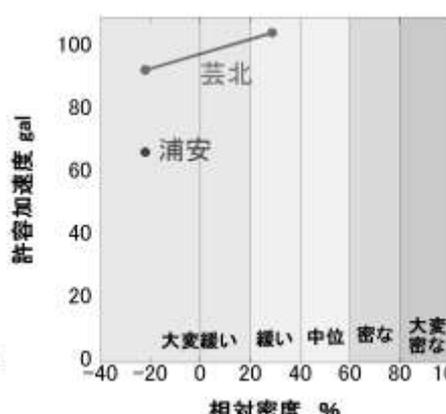
図-5 サイズ効果

(大変緩い 浦安 浮上安全率 0.8)

(大変緩い 浦安)



(a) $F_s=0.8$



(b) $F_s=1.2$

図-6 相対密度と許容加速度の関係

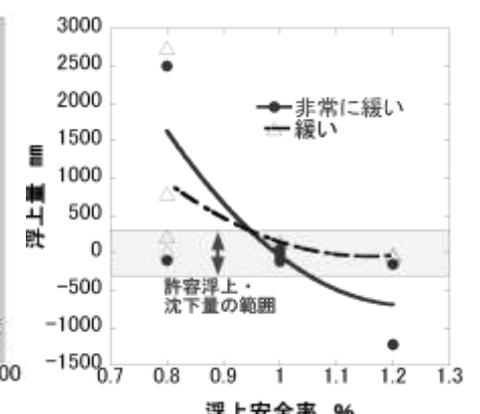


図-7 浮上安全率と浮上量

(浦安 70gal)