

マンホールの液状化時安定性向上を目指した均等重量化工法の適用性

芝浦工業大学 正会員 ○岡本 敏郎
西松建設 種田 智憲

1. 研究背景

東北地方太平洋沖地震により、東京湾岸の埋立て地域に甚大な被害があり、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、昨年の研究では上部に重りを付け実験を行った（以下上部型）。その結果、浮上抑制効果が確認できたが、緩い地盤ではマンホールが回転してしまい上部型の適用性が低くなる。そこで、本研究ではマンホールの浮上と回転抑制のため、全体に重りを付ける均等型を用いて重量化工法の適用性を検討する。

2. 研究概要

2.1 マンホール模型

図-1のように実物の 1/25 スケールで作成した。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。標準タイプのマンホールは浮上安全率 0.65 であるが、重りをマンホール上部に乗せた上部型タイプでは、浮上安全率は 1.05、全体に重りを付ける均等型タイプは 1.03、0.82 とし、全部で 4 ケース作成した。



図-1 マンホール模型

2.2 浮上安全率Fsの計算方法

マンホールの直径一定のまま地表までであるとし以下の式

$$F_s = \frac{W_0 + Q_B}{U_S + U_D} \quad \text{により求めた。}$$

W_0 :マンホールの死荷重

Q_B :非液状化層内のマンホール側面の摩擦抵抗

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

2.3 中型振動台及び土槽

中型振動台は、最大加振加速度 1000gal、最大加振変位±50mm であり、土槽は直径 40cm、高さ 46cm のものを使用した。(図-2)

2.4 入力地震動

入力地震波は、2001 年芸予地震(以下芸北波)と 1995 年兵庫県南部地震(以下箕面川波)を使用し、最大加速度を変化させ载荷した。それぞれ図-3 と 4 に示す。

2.5 地盤作成方法

試料は珪砂 6 号を使用し、実規模換算で地盤高 10m、地下水位 1m に設定した。相対密度については大変緩い($Dr=0-20\%$)、緩い($Dr=20-40\%$)、中位($Dr=40-60\%$) の 3 ケースを実験した。大変緩い模型地盤作成については、上向き浸透流に

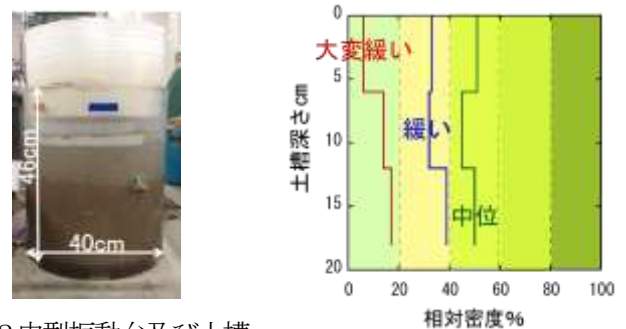


図-2 中型振動台及び土槽

図-5 相対密度分布

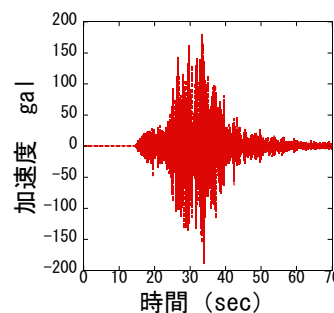


図-3 芸北波

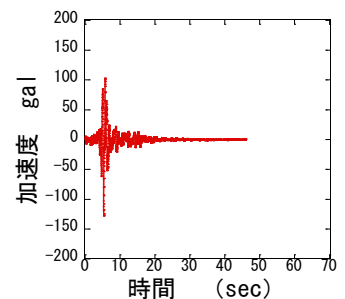


図-4 箕面川波

キーワード マンホール、液状化、重量化工法、均等型、浮上

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

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。緩い地盤では、大変緩い地盤を作成した後に、芸北波 70gal を 5 度載荷し小規模な液状化を発生させ密度を上昇させた。中位の地盤は緩い地盤を作成した後、同様に液状化を発生させ、さらに密度上昇させた。地盤作成後、振動実験とは別にマンホール設置位置で $\phi=5\text{cm}$, $h=6\text{cm}$ のシンウォールチューブで砂試料を採取して、模型地盤の密度を計測した(図・5)。

2.6 計測方法

模型地盤作成及び模型設置後、図・3と4の入力地震波を載荷し、マンホールの残留鉛直変位と残留回転角度を計測した。この時、鉛直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記する。

3 考察

3.1 大変緩い ($Dr=0-20\%$) 場合

図-6 に大変緩い地盤で芸北波の鉛直変位の結果を示す。上部型と均等型 ($F_s=1.03$) は浮上抑制効果が表れていることが分かる。図-7 に大変緩い地盤で芸北波の残留回転角度の結果を示す。上部型は大きく回転してしまうが、均等型 ($F_s=1.03$) は回転が抑制されていることがわかる。箕面川波でも同様な結果となった。

3.2 緩い ($Dr=20-40\%$)、中位 ($Dr=40-60\%$) 場合

図-8 に緩い地盤で芸北波の鉛直変位の結果を示す。大変緩い地盤の結果と同様に上部型と均等型 ($F_s=1.03$) は浮上抑制効果が表れた。図-9 の残留回転角度も最大加速度は多少大きくなっているものの、大変緩い地盤と同様な結果となった。中位な地盤では芸北波、箕面川波共に液状化が発生しなかったため中位な地盤のマンホール実験を行わなかった。

3.3 許容最大加速度

許容浮上もしくは沈下量をマンホールと接続する管の機能や上部道路の影響を考慮し $\pm 30\text{cm}$ と設定した。この許容値に相当する加速度を許容最大加速度とした。また、許容回転角度は明確ではないが、大変形に至らないとして、 $5^\circ \sim 10^\circ$ に設定した。図6と8中に許容範囲、図7と9に許容値 (10°) を示してある。これら二つの許容値を比較すると、上部型は回転の場合、均等型と標準型は浮上の場合の方が許容最大加速度が小さいので、図10と11にこれら小さい方を示した。これらから、芸北波、箕面川波のどちらとも、均等型 ($F_s=1.0$) の許容最大加速度は上部型よりも大きくなり、地震時安定性が高くなっていることが分かる。

4. まとめ

均等型は浮上のみならず、上部型より回転を抑制することが確認できた。しかし、大変緩い地盤でレベル2地震動が 300gal 以上の場合には均等型のみでは不十分であり、他の対策工 (ドレーン、杭打ちなど) との併用が必要である。

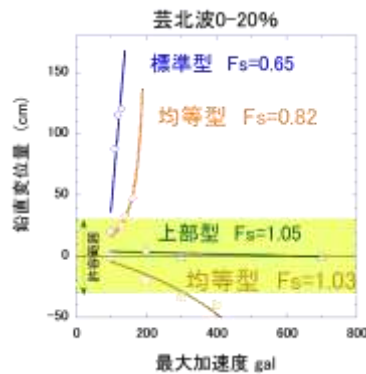


図-6 大変緩い・芸北波のときの鉛直変位

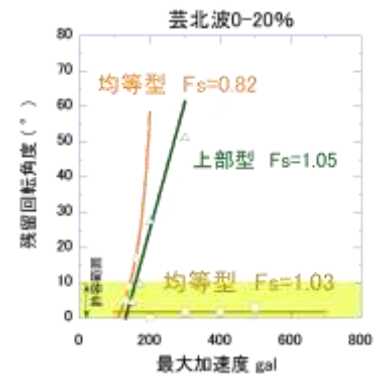


図-7 大変緩い・芸北波のときの回転角度

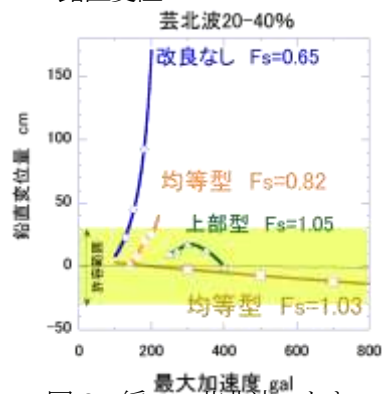


図-8 緩い・芸北波のときの鉛直変位

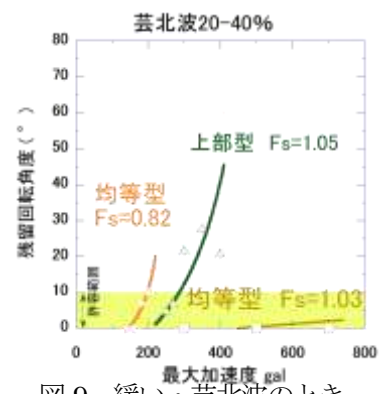


図-9 緩い・芸北波のときの回転角度

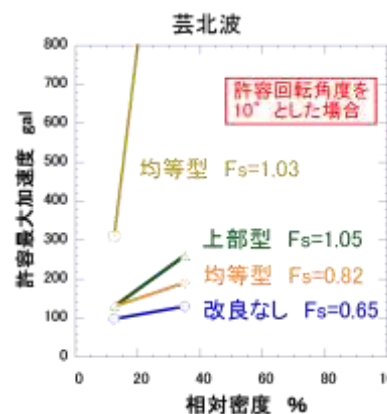


図-10 芸北波のときの許容最大加速度

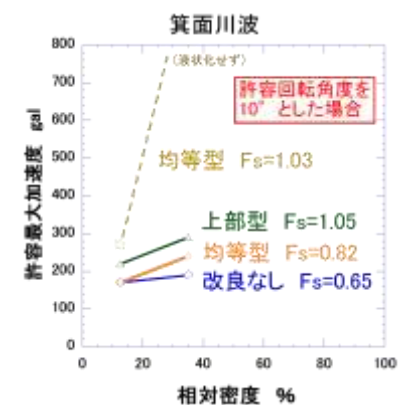


図-11 箕面川波のときの許容最大加速度