土のう型リサイクル材料を用いたマンホールの液状化時浮上軽減対策に関する実験的検討

福井工業高等専門学校　正会員○吉田雅穂
福井工業高等専門学校　　塔尾　勝
長岡技術科学大学　　万所　求
金沢大学大学院　　正会員　宮島昌克
金沢大学大学院　フェロー会員　北浦　勝

１．はじめに

平成 16 年新潟県中越地震では，埋戻し土の液状化による下水道マンホールの突出被害が多数確認され，これに伴い，トイレの使用不能，道路交通の阻害，未処理水の漏洩などの二次的な問題も発生した．

著者らは，液状化対策の一つである間隙水圧消散工法のドレーン材として，各種リサイクル材料を活用することを目的として模型振動実験による検討を行っている．また，これらドレーン材を土のう袋に詰め込んで利用する，土のう型リサイクル材料の有効性についても検討している [1)]．本研究は，廃タイヤを破砕して作製したタイヤチップや，コンクリート廃材から作製した再生砕石をリサイクル材料として利用し，これを下水道マンホールの液状化時浮上軽減対策に適用することについて検討を行うものである．

２．ドレーン材の設置方法による影響

図-1 は実験装置の概要を示したものであり，振動台上に設置した幅 1,200mm，奥行き 400mm のアクリル製土槽の中に，層厚 300mm の模型地盤を作製した．地盤中央には鋼製の仕切板が設置されており，一方にタイヤチップ，他方に再生砕石の土のう型ドレーン材を設置した．タイヤチップは，廃タイヤをせん断式破砕機に通して作製した約 5cm 角のタイヤ片をさらに切断し，粒径を 10～16mm に調整して作製した．また，再生砕石は，廃コンクリートから選別した砕石を 2.5～5mm に粒度調整したものである．土のう型ドレーン材は，市販のポリエチレン製の土のう袋を所定の寸法(長さ 250mm×幅 100mm×高さ 50mm)に加工した袋の中に上記ドレーン材を詰め込んで作製し，マンホールの周囲を囲むように設置した．その設置方法は，**図-2** に示すようにドレーン材の積み重ね方を変化させ，「5 段」，「上 3 段」，「下 3 段」，そして，下 3 段の四隅に地表面への排水機能を付加した「下 3 段改良」の計 4 パターンについて検討を行った．模型マンホールは，直径 89mm，高さ 270mm の塩化ビニル管を使用し，液状化によって模型マンホールが確実に浮上するよう比重を 1.0 に設定した．なお，模型マンホールの下には高さ 3cm のモルタル製の土台が設置されており，マンホール下部には砂が存在しない状態となっている．

砂地盤は珪砂 7 号を用いて水中落下法により作製した緩詰めの飽和砂層であり，地下水位面は地表面と一致している．入力波は 5Hz の正弦波を 20 波とし，80gal，100gal，120gal，140gal，160gal と最大加速度を順次変化させ計 5 回の加振を同一地盤に与えた．計測項目は，入力加速度，地盤の過剰間隙水圧，地盤および土のうの応答加速度と残留変位，そして，模型マンホールの浮上量である．

図-3 は土のう型ドレーン材で囲まれた地盤の深さ 20cm の位置（P1，P3）における過剰間隙水圧比の時刻歴波形を示したものであり，加振 2 回目(100gal)の結果の一例である．同図(a)がタイヤチップ，同図(b)が再生砕石の結果である．未改良の場合では過剰間隙水圧の消散が終了するまで約 40 秒を要したが，同図より，ドレーン材を設置した

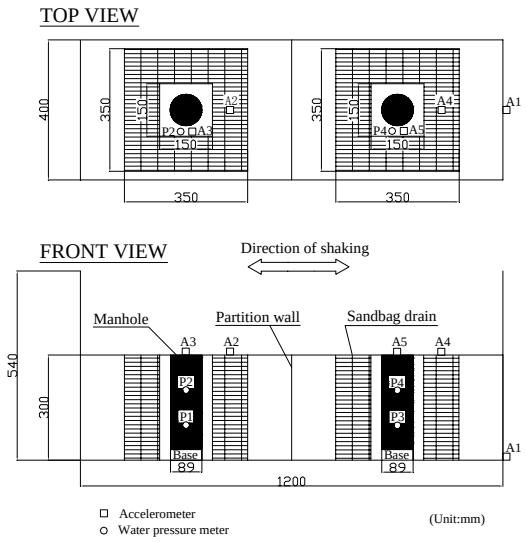


図-1　実験装置

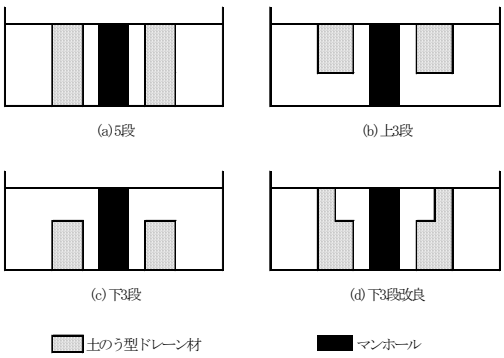
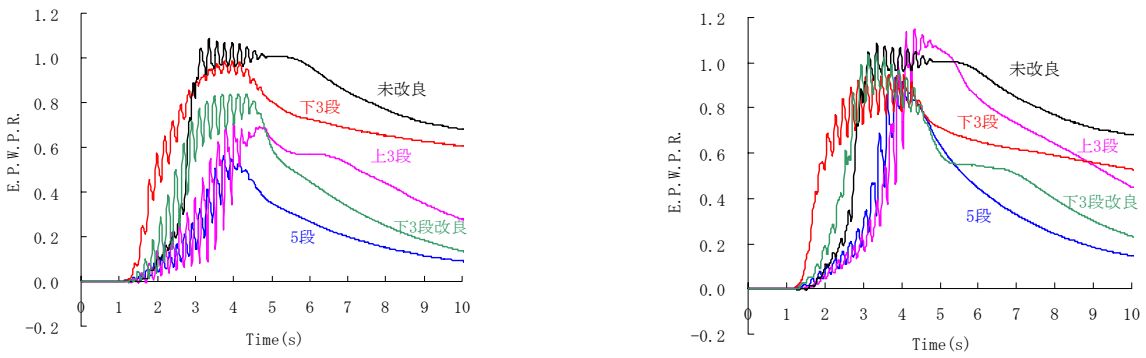


図-2　土のう型ドレーン材の設置パターン

キーワード：　液状化，振動台実験，マンホール，リサイクル，土のう
連　絡　先：　〒916-8507　福井県鯖江市下司町　Tel&Fax:(0778)62-8305　Email:masaho@fukui-nct.ac.jp



(a) タイヤチップ　　(b) 再生砕石

図-3　過剰間隙水圧比の時刻歴波形

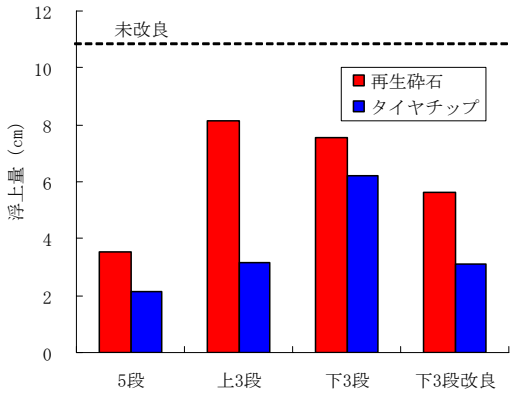


図-4　マンホールの浮上とドレーン材の設置方法との関係

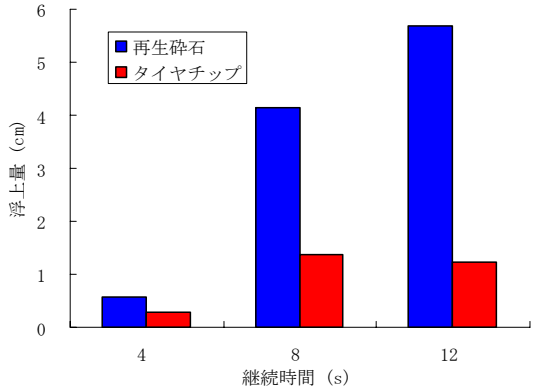


図-5　マンホールの浮上と地震動の継続時間の関係

場合には，いずれのケースも水圧の消散速度が向上していることがわかる．各ケースを比較すると，改良体積の多い5段の効果が顕著であり，下3段の効果が最も低かった．下3段の場合はドレーン材が地表まで達していないため，水圧が地表方向に消散しにくく，未改良と同程度に水圧消散に時間を要したと思われる．しかしながら，地表への排水機能を設けた下3段改良では，その効果が大きく改善された．一方，ドレーン材による効果の違いを見てみると，透水性能の高いタイヤチップの方が高い消散効果を示すことが明らかとなった．

図-4 は土のう型ドレーン材で囲まれた模型マンホールの加振5回後の累積浮上量を示したものである．同図より，ドレーン材を設置することにより，未改良に比べて顕著な浮上抑制効果が得られることが確認できる．まず，再生砕石の結果に注目すると，5段，下3段改良，下3段，上3段の順に浮上量を抑制していることがわかる．マンホールの浮上は液状化した地盤の回り込みを伴って生じるため，下層にドレーン材のない上3段の浮上量が最も大きく，他はドレーン材の影響範囲の違いによるものと考えられる．一方，タイヤチップの方は高い透水性能により浮上抑制効果が高いが，地表への排水機能のない下3段の場合には，その効果は期待できないことが明らかとなった．

3．地震動の継続時間による影響

地震動の継続時間がマンホールの浮上に与える影響を検討するため，前章と同様の装置を用いて模型振動実験を行った．入力波は最大加速度120galで5Hzの正弦波とし，加振時間は4s，8s，12sの計3パターンとして検討を行った．なお，ドレーン材の積み重ね方は「5段」である．

図-5 は模型マンホールの浮上量と地震動継続時間の関係を示したものである．同図より，再生砕石の場合では継続時間の増加に伴い浮上量が急激に増加しているのに対し，タイヤチップの場合では，その浮上量が大きく抑制されていることがわかる．過剰間隙水圧比の時刻歴波形より，タイヤチップの場合では，いずれの継続時間の場合でも，過剰間隙水圧比が1.0以下に抑制されており，その高い透水性が効果を発揮したものと考えられる．粒径の大きいドレーン材は透水係数が大きい一方で，施工後の目詰まりが問題視されているが，本研究で提案しているように土のう袋にドレーン材を入れることによってその問題が解消されるものと期待される．

4．おわりに

以上より，マンホールの浮上軽減対策として土のう型リサイクル材料の有効性が示され，特にタイヤチップを用いた場合にその効果が高いことが明らかとなった．

参考文献　1）吉田雅穂，宮島昌克，北浦　勝：土のう型タイヤチップを用いた地中構造物の液状化対策に関する実験的検討，土木学会第59回年次学術講演会講演概要集，3-197，pp.393-394，2004.