

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

福井工業高等専門学校 正会員 ○ 吉田雅穂
金沢大学工学部 正会員 宮島昌克
金沢大学工学部 フェロー会員 北浦 勝

1. はじめに

著者等は、廃タイヤを破碎して作製したタイヤチップを、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おり、以下に示す点を明らかにしている¹⁾。

タイヤチップは一般的なドレーン材として利用されている碎石と比較して、粒径が大きい、密度が小さい、弾性が大きい等の物理的特性を有する。そのため、地盤内にドレーン材として設置した場合、地震時に粒子結合が不安定となり、ドレーン内において過剰間隙水圧が発生する。その結果、飽和砂地盤で発生した過剰間隙水圧とドレーン部との動水勾配が相対的に小さくなり、碎石に匹敵する水圧消散効果が得られない。

前述の理由により、タイヤチップ単体での活用には問題があるため、碎石との混合材料として利用することを提案した。その結果、タイヤチップと碎石との重量比を1対7程度で混合することにより、碎石単体の場合と同等の水圧消散効果が得られた。

ところで、松岡²⁾はバラバラの粒子を土のうで包むことにより、外力を受けると中込材の粒子間力が増加し、それにより耐荷力や減震効果が增大することを指摘している。著者等のこれまでの実験的検討においては、前述の成果を踏まえて、ドレーン材の粒子結合をどの様に強化するか、また、施工現場において均質な混合材料をどの様に作製するか、といった課題が残されている。したがって、本研究で用いるタイヤチップを土のうで包み込むことにより（本文ではこれを「土のう型タイヤチップ」と称する。）、前述の課題に対する対処策と成りうるのではないかと推測できる。

このような観点から本研究では、土のう型タイヤチップの水圧消散効果を明らかにすることを目的として模型振動実験を行った。また、地中構造物の浮上防止対策としての有効性についても検討を行った。

2. 水圧消散効果に関する実験

図-1に実験装置の概要を示す。振動台上に設置したアクリル製の土槽の中に、層厚300mmの模型地盤を作製し、所定の位置に加速度計と水圧計を設置した。タイヤチップは、廃タイヤをせん断式破碎機に通して作製した一次処理後の5cm角程度のタイヤをさらに切断し、粒径を10～16mmに調整した小さいタイヤチップ（写真-1参照）を用いた。土のう型ドレーン材は、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、中にドレーン材を詰め込んで、写真-2に示すように20個の土のうを4×5段積に形成した。ドレーン材としては、碎石7号、小さいタイヤチップと碎石の混合材料（重量比1:7）、そして小さいタイヤチップの3種類を用いた。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飽和砂地盤であり、地下水位面および土のう頂部は地表面と一致している。なお、実験に用いた各材料の物理定数は表-1に示すとおりである。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回の加振を行った。図-2に加振2回目（100gal）の入力加速度の時刻歴波形を示す。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である。

図-3は各ケースのP2の位置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1回目（80gal）と加振2回目（100gal）の結果の一例である。まず、80galの結果を見ると、未改良の場合には加振開始と同時に過剰間隙水圧が速やかに上昇し、消散が終了するまで約40秒を要したが、土のう型ドレーン材を用いた場合、消散が終了するまで約10秒を要した。

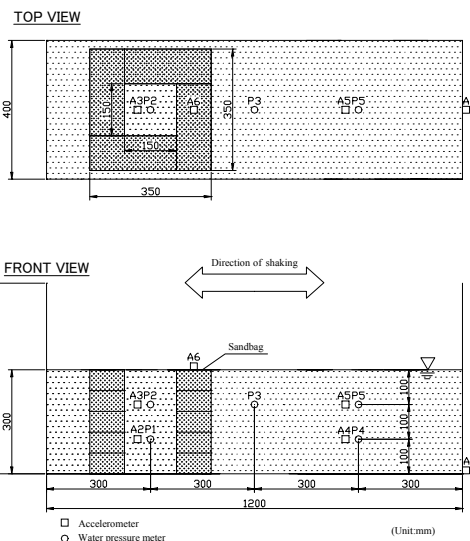


図-1 実験装置



写真-1 小さいタイヤチップ



写真-2 土のう型ドレーン材

表-1 各材料の物理定数

材料	ドレーン材		
	珪砂7号	碎石7号	小さいタイヤチップ
密度 ρ (g/cm ³)	2.66	2.70	1.13
平均粒径 D_{50} (mm)	0.16	4.50	8.50
透水係数 k_{15} (cm/s)	4.8×10^{-3}	8.1×10^0	1.7×10^1

キーワード： 液状化，対策，振動台実験，リサイクル，タイヤ，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

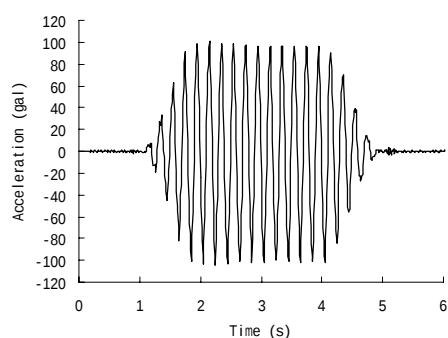
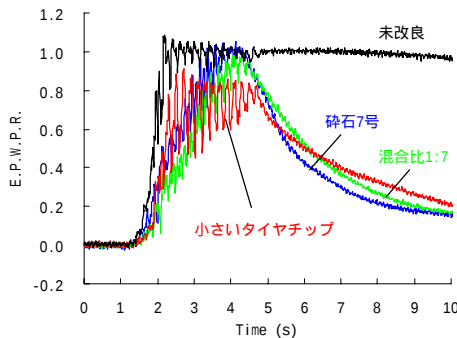
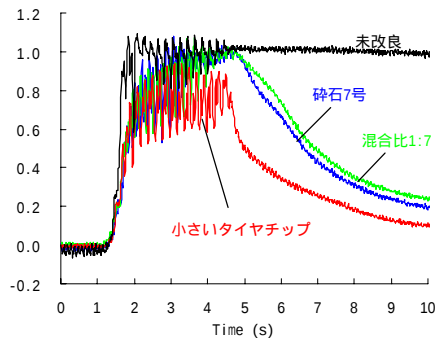


図-2 入力加速度の時刻歴波形



(a) 加振1回目(80gal)



(b) 加振2回目(100gal)

図-3 過剰間隙水圧比の時刻歴波形

ン材を設置した場合には、いずれのケースも水圧の上昇速度が鈍化し、消散速度が向上していることがわかる。特に、小さいタイヤチップの場合には、その優れた透水性能により顕著な水圧低減効果が確認できる。つぎに、100galの結果を見ると、入力加速度の増加により水圧抑制効果が低減する様子が確認できるが、ここでも小さいタイヤチップの場合が最も優れた効果を示していることがわかる。

図-4は土のうで囲まれた内側にある砂地盤と土のう本体の残留変位を示したものであり、加振5回後の累積変位である。同図より、未改良の場合には約7%の大きな地盤沈下が発生しているが、改良した場合にはそれが抑制されていることが確認できる。また、その抑制効果は砕石7号、混合比1:7、小さいタイヤチップの順に高いことがわかる。一方、土のう本体に関しては、周囲の地盤沈下とともに土のう天端も沈下する現象が見られたが、小さいタイヤチップに関しては、逆に隆起する現象が確認できた。これは、土のう型タイヤチップは他の土のう型ドレーン材と比べて剛性が小さいため、軟化した周囲の地盤振動により変形したためと考えられる。この現象は、図-3に示す過剰間隙水圧の波形にも表れており、小さいタイヤチップにおいて加振中に大きな動振幅が確認できる。したがって、本実験では土のうへの上載荷重が十分に作用していないため、1章で示した外力に伴う土のう中込材の粒子間力の増加が不十分であったと推測できる。

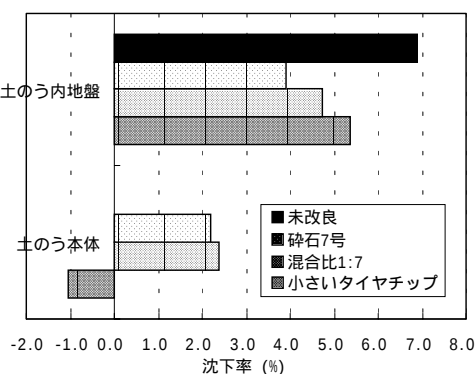


図-4 地盤と土のうの残留変位

3. マンホールの浮上防止効果に関する実験

図-5に実験装置の概要を示す。土のう型ドレーン材で囲まれた箇所にマンホール模型を設置し、前章と同様の実験条件で模型振動実験を行った。マンホール模型は直径89mmの塩化ビニル管であり、高さを90mm、180mm、270mmの3種類とし、いずれも比重を1.0に調整した。土のうに詰めるドレーン材は前章と同様の3種類であり、土のうの段数は3段積と5段積の2通りとした。

図-6は270mmの模型マンホールの浮上量を5回の加振毎に示したものである。同図より、土のう型ドレーン材で改良した場合には未改良に比べて顕著な浮上防止効果が確認できる。各ケースの浮上量に有意な差は確認できないが、3段積に比べて5段積の方が浮上防止効果が高いことが明らかとなった。これは、マンホールの最下部まで改良することにより、周囲の液状化地盤からの間隙水圧の回り込みを遮断することができたためと考えられる。

4. おわりに

以上より、土のう型タイヤチップを用いた液状化対策工法の有効性を示すことができ、マンホールの浮上防止効果も期待できることが明らかとなった。今後は、異なる条件での追加実験を行うとともに、土のう型タイヤチップの地盤材料としての諸特性について検討していく予定である。なお、タイヤチップは北陸リトレッド株式会社よりご提供頂き、実験では福井高専元学生の巨椋裕務君、川端慎治君、木村健志君、安田亜裕美さんの協力を得た。また、本研究は文部科学省科学研究費補助金（若手研究（B）、No.14750421）の補助を受けて実施されたものである。ここに、記して謝意を表する。

参考文献 1) 吉田雅穂, 巨椋裕務, 宮島昌克, 北浦 勝: 間隙水圧消散による液状化対策工法へのタイヤチップの適用に関する実験的研究, 土木学会地震工学論文集 (CD-ROM), Vol. 27, No. 237, 6p., 2003. 2) 松岡 元: 土を使った構造物性能表示された「土のう」の活用, 土木学会誌, pp. 52-54, Vol. 89, No. 1, 2004.

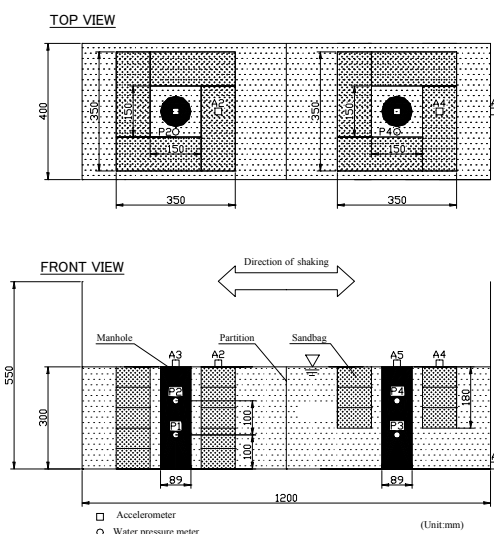


図-5 実験装置

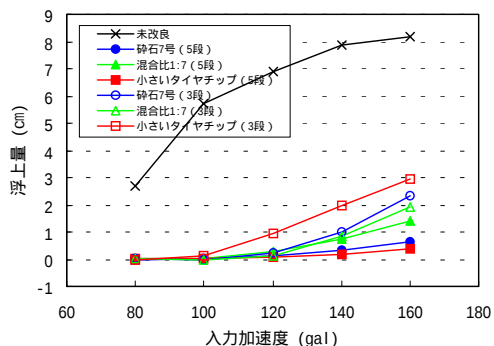


図-6 マンホールの浮上量