

グラベルドレーン工法へのタイヤチップの活用に関する基礎的実験

液状化 振動台実験 リサイクル

福井工業高等専門学校 正会員 吉田雅穂 小関隆行
 福井工業高等専門学校 巨椋裕務 渡辺康二
 金沢大学工学部 国際会員 宮島昌克 正会員 北浦 勝

1. はじめに

グラベルドレーン工法は、ドレーン材を地盤中に設置することにより地盤の透水性を高め、地震時に砂層内で発生する過剰間隙水圧の上昇を抑えて液状化を防止する工法である。ドレーン材としては砕石や砂利等の自然材料を用いる場合が一般的であるが、合成樹脂や鋼管等の人工材料を用いる工法も提案されており、多様化する構造物や設計法に応じ、様々なドレーン材の検討がなされている。

本研究は、このグラベルドレーン工法のドレーン材として、廃タイヤを破砕して作製したタイヤチップを活用することを目的として、その有効性について実験的に検討するものである。日本での廃タイヤのリサイクル率は2001年において約89%と高く¹⁾、例えば土木材料への適用例としては、駐車場やテニスコートの路盤排水材としてこのタイヤチップを活用する²⁾など様々なリサイクル利用がなされている。しかしながら、廃タイヤの発生量は年間1億本以上と非常に多いため¹⁾、廃タイヤ蓄積量は年々増加傾向にあり、その再資源化に関する対応が急務となっているのが現状である。

著者らはこれまで、写真-1の左側に示す一次破砕後のタイヤチップ(粒径19~75mm)を用い、模型振動実験によって過剰間隙水圧の消散効果について検討を行ってきたが、この粒径の大きいタイヤチップ単体での活用は困難であることを示している³⁾。そこで本研究では、写真-1の右側に示すように同タイヤチップをさらに細かく切断した粒径の小さいタイヤチップ(粒径10~16mm)を作製し、それと砕石との混合材料を利用することを提案し、その有効性について実験的に検討した。

2. 実験概要

図-1に実験装置の概要を示す。振動台上にアクリル製の土槽を設置し、その中に層厚300mmの模型地盤を作製して振動実験を実施した。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層であり、地下水位面は地表面となっている。

同図に示す網掛け部分が地盤改良体であり地盤内に2箇所設置した。改良体はステンレス製の網(網目間隔2mm)を口の字型に組んで中空の籠を作製し、内面には目詰まり防止用のナイロン製のネット(網目間隔276μm)を施し、その中に改良材料を突き棒で敷き詰めて作製した。改良材料は表-1に示すとおりであり、タイヤチップと砕石の割合を重量比で定義し計4ケース設定した。表-2に各実験材料の物理定数を示す。なお、本実験で用いた珪砂7号と砕石7号および各混合材料は、間隙水圧消散工法の見詰まり防止のための排水材選定基準式⁴⁾をほぼ満足する材料の組み合わせとなっている。

入力波は図-2に示すように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、同一地盤に対し計5回の加振を行った。計測項目は、入力加速度、地盤の応答加速度と過剰間隙水圧、そして地盤沈下量である。

3. 実験結果および考察

図-3は各ケースのP1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、図-3(a)は加振2回目(100gal)、図-3(b)は加振3回目(120gal)の結果の一例である。

まず、100gal入力時を見てみると、未改良の場合に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、改良体を設置した場合には、いずれのケースも約4秒間に短縮されており、著しい消散効果が確認できた。混合材料の場合には砕石7号に比べてその効果が低減していたが、混合する砕石の割合を増加することによって、その効



写真-1 タイヤチップ

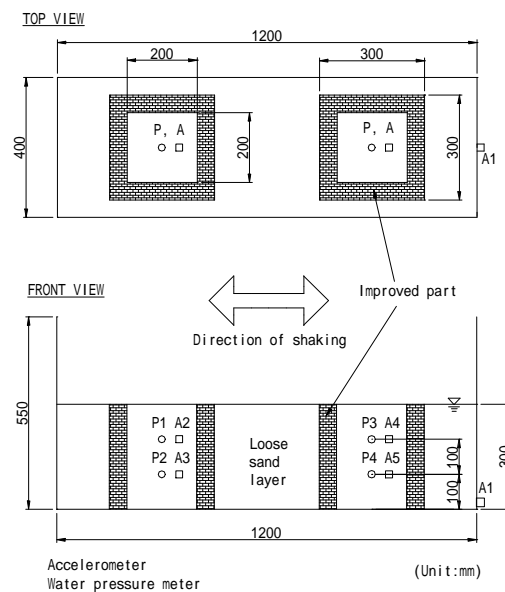


図-1 実験装置

Experimental study on gravel drain system as a countermeasure against liquefaction using tire chips

YOSHIDA, Masaho, KOSEKI, Takayuki, OGURA Hiromu and WATANABE, Kouji :Fukui National College of Technology
 MIYAJIMA, Masakatsu and KITAURA, Masaru :Kanazawa University

表-1 改良体の種類

改良体の種類	ドレーン材の混合割合	
	小さいタイヤチップ(kg)	砕石7号(kg)
混合比1:3	6.0	18.0
混合比1:5	4.5	22.5
混合比1:7	3.5	24.5
砕石7号	0.0	32.0

表-2 各材料の物理定数

材料	ドレーン材			
	珪砂7号	砕石7号	タイヤチップ	小さいタイヤチップ
密度 (g/cm ³)	2.63	2.67	1.26	1.15
平均粒径D ₅₀ (mm)	0.16	3.65	50	8.05
透水係数 (cm/s)	4.79×10 ⁻³	1.18	3.79	2.20

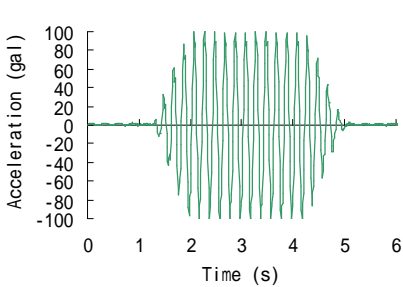
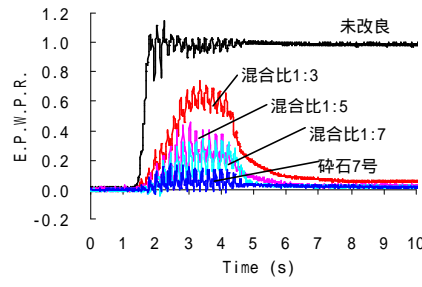
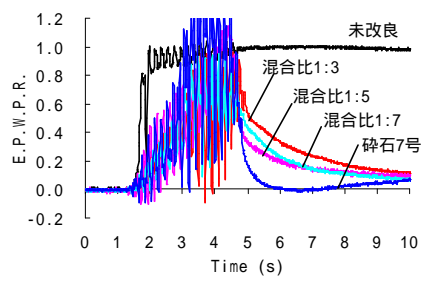


図-2 入力加速度の時刻歴波形



(a) 100gal : P1



(b) 120gal : P1

図-3 過剰間隙水圧比の時刻歴波形

果が向上することが明らかとなった。一方、120gal 入力時では、いずれの改良体の場合も液状化に至っているが、未改良に比べて水圧は加振終了とともに速やかに消散しており、その高い消散効果が確認できた。

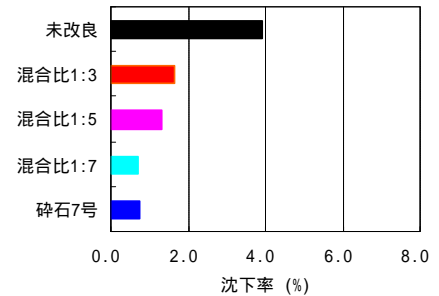
ここで、タイヤチップを砕石7号に混合することによる改良体の消散効果低減の一因として以下のことが指摘されている⁵⁾。タイヤチップは砕石に比べて密度が小さく弾性があり、また粒径が大きいため改良体として形成した時の間隙が大きい。したがって、大きな地震力を受けると混合材料の粒子構造が不安定となり、改良体内でも過剰間隙水圧が生じるため、飽和砂地盤で発生した過剰間隙水圧との動水勾配が小さくなり、水圧消散効果が低減する。本実験では、改良体には上載荷重が作用していないが、実地盤においては表土等の上載荷重によって混合材料の粒子結合が強くなり、この要因による影響は低減されると思われる。

図-4は各ケースの改良体で囲まれた内側にある砂地盤の地表面沈下率を示したものである。図-4(a)の加振2回後の結果を見ると、図-3(a)に示したように未改良地盤では液状化が発生し、そのため大きな地盤沈下が発生しているが、改良体を設置した場合にはいずれも液状化に至っておらず、地盤沈下も大きく低減されていることが分かる。また、過剰間隙水圧比の発生状況と同様に、砕石7号の場合が最も沈下率が小さく、混合材料の場合では砕石の割合の増加に伴い地盤沈下も低減されることが分かる。一方、図-4(b)の加振5回後の結果では、いずれの改良体の場合も未改良と同程度の沈下率となっていた。したがって、図-3(b)に示したように、入力加速度が増加しても改良体による過剰間隙水圧消散効果は得られるが、一旦液状化してしまえば未改良地盤と同等の地盤沈下が発生することが分かった。以上より、地盤沈下は液状化の程度の影響を受けるが、いずれにしても混合比1対7の場合では、砕石7号と同程度の沈下に抑制できることが明らかとなった。

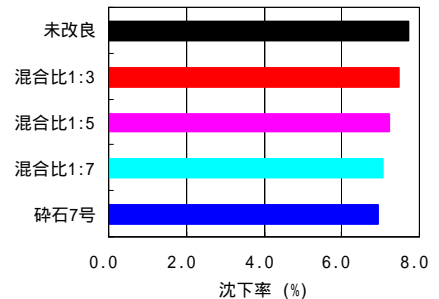
4. おわりに

以上より、タイヤチップを砕石と混合利用することにより、グラベルドレーン工法への適用の可能性を示すことができ、本実験条件の範囲内では、その混合割合を1対7程度にすれば砕石単体と同等の効果が得られることが明らかとなった。今後はタイヤチップの大きさによる影響や対策効果の影響範囲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いた。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)ブリジストン トラックバスネット http://www.bs-truck-bus.net/ra2002.11_01.html 2)渡辺康二, 辻子裕二, 三村義雄, 井上隆宣, 松井尚子: 地盤材としての廃タイヤの再資源化に関する実験的研究, 土木学会第54回年次学術講演会講演概要集, 第7部, pp.496-497, 1999. 3)吉田雅穂, 宮島昌克, 北浦 勝: タイヤチップを利用した液状化対策工法に関する基礎的実験, 第37回地盤工学研究発表会平成13年度発表講演集, pp.2055-2056, 2002. 4)大野義郎, 伊藤克彦, 南川洋士雄, 大北康司: 砕石ドレーンの短期目詰まり限界について, 第19回土質工学研究発表会, pp.191-192, 1984. 5)巨椋裕務, 吉田雅穂, 渡辺康二, 宮島昌克, 北浦 勝: タイヤチップを利用した液状化対策工法に関する実験的検討, 土木学会中部支部平成14年度研究発表会講演概要集 pp.327-328, 2003.



(a) 加振2回後



(b) 加振5回後

図-4 地表面沈下率