

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

液状化 振動台実験 廃棄物

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 堂下翔平
 福井工業高等専門学校 渡辺康二
 金沢大学工学部 正会員 宮島昌克
 金沢大学工学部 正会員 北浦 勝

1. はじめに

近年,多様化する構造物や設計法に応じ,新たな液状化対策工法の開発や既存工法の改良が行われている.また,建設材料の枯渇や廃材処分地の確保問題に対し,各種リサイクル材料の建設資材への転用や建設廃材の再資源化が要求されている.一方,日本での廃タイヤのリサイクル率は2000年において約88%と高いが,その発生量が年間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言える.以上のことを背景に,本研究は廃タイヤを利用した液状化対策工法の検討を行うものである.現在,地盤改良による液状化対策工法の一つとして,透水性の高い砕石を地盤内に設置するグラベルドレーン工法が既に提案されている.そこで本研究では,既に地盤の排水材として実用されている廃タイヤを破碎して作製したタイヤチップを²⁾,グラベルドレーン工法に用いる砕石の代用材料として活用することを目的とし,その有効性について実験的に検討を行った.

2. 実験概要

グラベルドレーン工法は過剰間隙水圧の早期消散を目的とした液状化対策工法であるため,タイヤチップを砕石の代用材料として利用可能かを検討するには,その消散効果を明らかにする必要がある.また,その効果が十分に発揮されれば,液状化後の地盤沈下も抑制することができるため,その低減効果に関する検討も必要である.そこで,タイヤチップによる地盤改良を施した模型地盤を用いて,1G場における振動実験を実施し,水圧消散効果と沈下低減効果について検討した.なお,本研究で用いるタイヤチップは写真-1に示すものであり,75mmふるいを通し19mmふるいに留まるものを使用した.

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.同図の右側は珪砂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,地下水位面は地表面となっている.同図の左側が地盤改良部であり,表-1に示すように改良材や改良方法の異なる計11ケースの実験を行った.表-2に各実験材料の物理定数を示す.入力波は図-2に示すように5Hzの正弦波を20波とし,80gal,100gal,100gal,120gal,100gal,80galと最大加速度を順次変化させ計6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,加振2回目の結果の一例である.

まず,タイヤチップによる過剰間隙水圧の消散効果を調べるための比較実験として,表-1(a)に示すような計4ケースの実験を行った.各ケースの結果を図-3(a)に示す.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30秒経過しているが,改良体を設置した場合にはいずれのケースもその消散時間が短縮されており,タイヤチップにおいても大きな消散効果が得られることが明らかとなった.しかし,過剰間隙水圧比の最大値や継続時間の低減に関して,砕石に匹敵する効果は確認できなかった.

タイヤチップによる過剰間隙水圧の消散効果低減の要因として,改良部における目詰まり現象の発生や改良体の変形等が考えられる.そこで,表-1(b)に示すように目詰まりを防止するためのネットで改良体を包んだ場合と,改良体が飽和砂地盤側に変形しないよう地盤境界部に透水性のある剛な固定壁を取り付けた場合の実験を行った.各ケースの結果を図-3(b)に示す.同図より,各ケースともタイヤチップ単体の場合と顕著な差は見られないため,目詰まり現象や改良体の変形は過剰間隙水圧の消散効果低減に特に影響がないことが分かった.なお,間隙水圧消散工法が目詰まり防止のための排水材選定基準³⁾によれば,珪砂7号に適した粒度分布を持つ材料は本実験の場合では砕石7号となっている.



写真-1 タイヤチップ

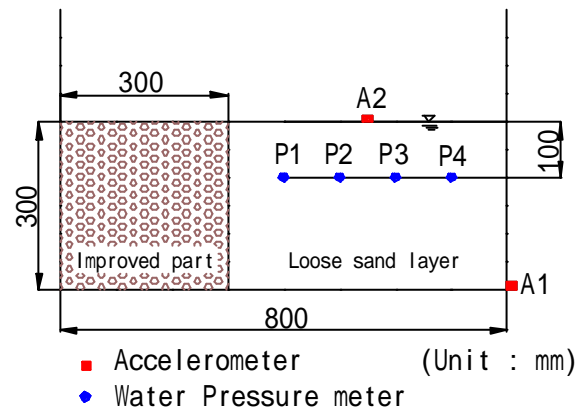


図-1 実験装置

表-1 実験ケース

(a) Case1		
実験ケース	地盤改良部	
Case1-1	未改良	
Case1-2	タイヤチップ	
Case1-3	砕石5号	
Case1-4	砕石7号	

(b) Case2		
実験ケース	地盤改良部	ネットの網目間隔
Case2-1	目詰まり防止ネット荒目	276 μ m
Case2-2	目詰まり防止ネット細目	144 μ m
Case2-3	改良体固定	

(c) Case3			
実験ケース	地盤改良部	地盤改良部の混合割合	
		砕石7号 (kg)	タイヤチップ (kg)
Case3-1	3:1層状	26	10
Case3-2	3:1混合	30	12
Case3-3	5:1混合	37	7
Case3-4	7:1混合	42	6

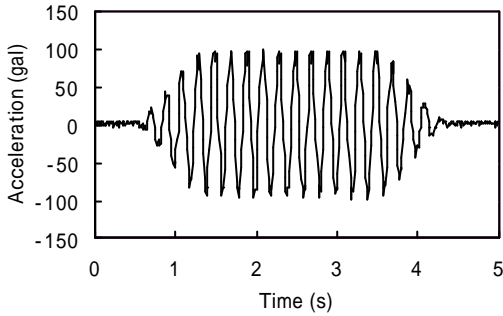


図-2 入力加速度

今回利用したタイヤチップは製造工程の中で一次破碎後のものであり、最も低コストで加工できる製品ではあるが、粒径が大きいため砕石の代用材料として単体で利用することには問題があると思われる。そこで、表-1(c)に示すように砕石7号とタイヤチップを土槽下端から順に層状に敷き詰めた地盤と、両者を重量比により混合させた地盤を改良体として用いた実験を計4ケース行った。各ケースの結果を図-3(c)に示す。同図より、タイヤチップに砕石を混合することにより、砕石7号の効果までには至らないが、タイヤチップ単体の場合よりもその消散効果が向上することが明らかとなった。

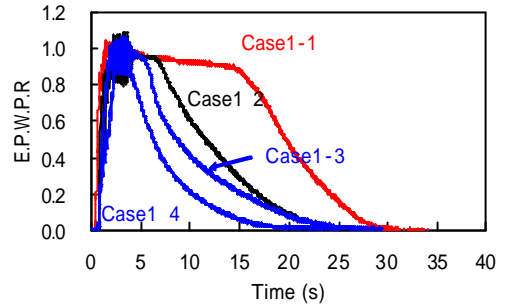
図-4は各ケースの飽和砂地盤全体の地表面沈下率の平均値を示したものであり、加振6回後の結果である。同図によれば、タイヤチップ単体の場合が全ケースの中で最も沈下率が大きく、また未改良よりも大きくなる結果となっている。これは、タイヤチップによる改良体の剛性が小さいことにより、液状化した地盤が改良体の方に変形したこと、さらに砂粒子が改良体内に混入したこと等が原因と考えられる。しかし、これはCase2に示すように目詰まり防止ネットや改良体固定を施すことにより、改善されることが明らかとなった。また、Case3に示すように砕石との混合体にするにより、改良部の透水性能や剛性が向上し、沈下の増大を抑制できることが明らかとなった。

4. おわりに

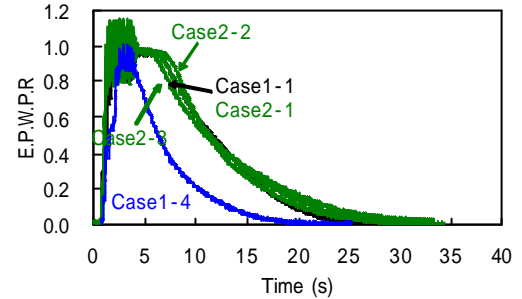
以上より、タイヤチップを砕石と混合利用することにより、液状化対策工法への適用の可能性を示すことができた。しかし、従来の砕石だけによる対策と同等の効果を得るためには、両者の混合割合や混合方法などについて更に検討が必要と考えられる。なお、実験では福井高専学生の巨椋裕務君の協力を得た。また、タイヤチップは北陸リトレッド株式会社よりご提供頂いた。ここに、記して謝意を表する。
 参考文献 1) 久地岡満：廃タイヤの海上輸送によるリサイクル, 港湾, Vol.78, No.7, pp.30-31, 2001. 2) 渡辺ら：地盤材としての廃タイヤの再資源化に関する実験的研究, 土木学会第54回年次学術講演会講演概要集, 第7部, pp.496-497, 1999. 3) 大野ら：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.

表-2 実験材料の物理定数

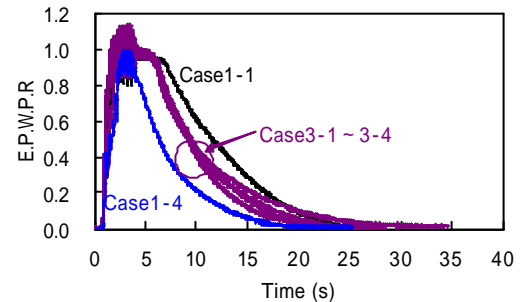
材料	飽和砂層部			
	珪砂7号	砕石7号	砕石5号	タイヤチップ
密度 (g/cm^3)	2.63	2.67	2.65	1.22
平均粒径 d_{50} (mm)	0.16	3.65	13.5	約50
均等係数 U_c	1.89	2.67	1.35	
曲率係数 U_c'	1.10	1.50	0.97	
透水係数 (cm/s)	4.79×10^{-3}	0.986	1.59	2.76



(a) Case1



(b) Case2



(c) Case3

図-3 過剰間隙水圧比

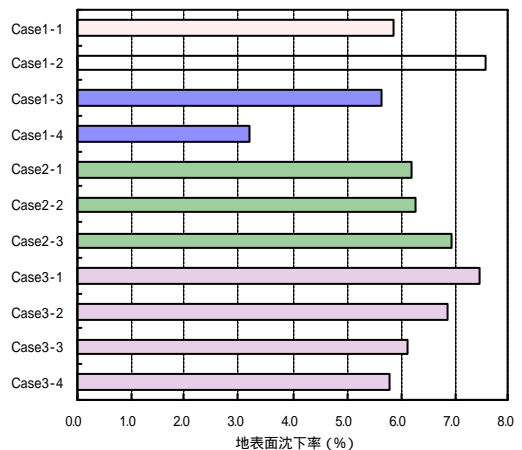


図-4 地表面沈下率