振動台模型実験による廃タイヤリサイクル材の地盤改良効果の評価

秋田県立大学　正会員　○Hemanta Hazarika
秋田県立大学　五十嵐 信貴
㈱夢真ホールディングス　山上　拓郎

１．はじめに

軽量性、耐震性、排水性に優れる廃タイヤリサイクル材が建設材料として利用された事例は我が国ではまだ少ないが、近年注目されている環境負荷の低減にもつながる技術として、タイヤを裁断し得られるタイヤチップ（以下、TC）を積極的に利用していくことが検討されており、様々な工法の研究･開発[1) 2)]が試みられている。一方、TC を免震材として用いた基礎地盤の改良の一連の研究として、兵動ら[3)]によってオンライン地震応答実験による評価が行われている。本研究は TC を地盤改良材として用い、免震効果も含む、期待される地震時の地表面の変位及び地震後の構造物基礎の永久変位の低減や液状化抑止などの改良効果を検討するため、振動台模型実験による評価したものである。

２．実験模型及び実験に用いた材料

図 1 に TC を免震材として用いた基礎構造のモデル図を示す。基礎地盤の下に免震層を設けることで、以記に述べた改良効果とともに液状化抑止効果を図る。本研究では、高さ 600 ㎜×幅 800 ㎜×奥行き 300 ㎜ の箱型の剛模型を用いる。この模型は長手方向の両側面が透明なアクリル板になっており、加振時の地盤の挙動が観察可能である。本実験では、金属等が取り除かれ、改良材として平均粒形 2 ㎜ 以下に裁断した TC 及び、基礎地盤材として相馬標準砂を用いる。各試料の物性値を表 1 に示す。図 2 に実験模型の断面図を示す。図 2 に示したように地盤内の加速度から地盤内及び地表面の変位を計算できる。実験模型の所定の位置に加速度変換機(ACC2～9)を設置し、地盤を作成する。また、地盤の地表面の挙動を計測するために、計測ターゲット及び変位センサーを取り付ける。実験模型の基礎地盤を作成する際には、相対密度が 70 %になるよう、層厚 50 ㎜ ごとに 200 Gal、7 Hz の正弦波で 4 秒間、加振による締め固めを 3～5 回行った。

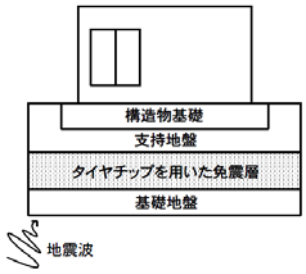

図１　タイヤチップを用いた基礎地盤

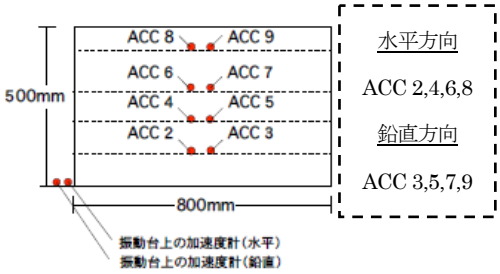

図２　実験模型

３．実験方法

図 2 に示した実験模型に振動台試験装置による水平方向での加振試験を実施する。入力波として、八戸波(1968 年、十勝沖地震)の NS 成分の加速度を利用した（図３）。模型と実大の比を 1/20 として時間圧縮し、それぞれ 1 倍、2 倍、3 倍にした加速度の値を用いた。また、この実験は様々な基礎地盤の条件で行った。表２にそれらの実験条件を示す。模型に TC のみを敷き詰めた模型条件を Case 1、相馬珪砂のみを敷き詰めた模型条件を Case 4、これらを層ごとに分けて設けた模型条件を Case 2、Case 3、Case 5、Case 6 とした。これらの模型条件に加速度変換機、変位センサー、計測ターゲットを設置し、模型条件ごとに水平方向及び鉛直方向の

表１　各試料の物性値

試料	土粒子密度	平均密度	最大密度	最小密度
	ρ_s (g/cm3)	ρ (g/cm^3)	ρ_{max} (g/cm^3)	ρ_{min} (g/cm^3)
相馬珪砂	2.645	1.462	1.571	1.262
タイヤチップ	1.15	0.58	0.67	0.43

表２　実験条件

Depth (mm)	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6
100	タイヤチップ	相馬珪砂	相馬珪砂	相馬珪砂	タイヤチップ	相馬珪砂
200		タイヤチップ			相馬珪砂	タイヤチップ
300						
400			タイヤチップ			相馬珪砂
500						

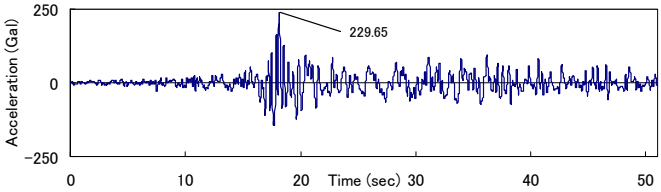

図３　入力地震波　（八戸波）

キーワード　地盤改良，タイヤチップ，免震，振動台模型実験
連絡先　〒015-0055　秋田県由利本荘市土谷字海老ノ口 84-4　秋田県立大学　建築環境システム学科 Tel:0184-27-2047

加速度の値や地表面の変位を計測した。また、振動中の地盤の地表面の揺れを検討する目的で地表面に設置したターゲットの動きを図4に示すレーザー変位センサーによって測定した。

図4　ターゲットの測定

4．結果及び考察

図5に加振中の最大鉛直変位、図6に加振後の永久変位を示す。Case 1、Case 5 は加振中の最大変位に対して永久変位がとても小さくなっている。これは最上層に設けたTC層が軽く、鉛直荷重もかかっていないため、加振中に安定せずに盛り上がってしまったと考えられる。最上層に砂層を設けた Case 2 と、Case 1 を比較すると顕著な結果として現れている。Case 2 は他の条件と比較しても変位が小さくなっており、TC層を基礎地盤に用いることで地盤沈下の抑止を期待することができる。また、Case 3 と Case 4 の結果を比較すると、最下層に TC 層を設けても効果が期待できないことがわかる。これは、TC層を設けた位置が地表面から遠すぎたためだと思われる。図 7 に最大水平変位、図 8 に最大鉛直加速度、図 9 に最大鉛直変位の深度分布を示す。水平方向の応答値は、どの模型条件でも TC層で大きく増幅していた。また、鉛直方向については、入力波 3 倍による最上層での加速度はおおよそ 120 Gal 前後に収束していた。これは地盤上に荷重がかかっていないために、最上層における TC の弾性能力が発揮できていないためだと思われる。鉛直変位は、Case 2、Case 6 の最上層の増幅率が他の条件に比べて小さく、鉛直荷重を働かせつつ TC 層と地表面との距離を一定以内に保つことで鉛直変位の低下が期待できることがわかった。

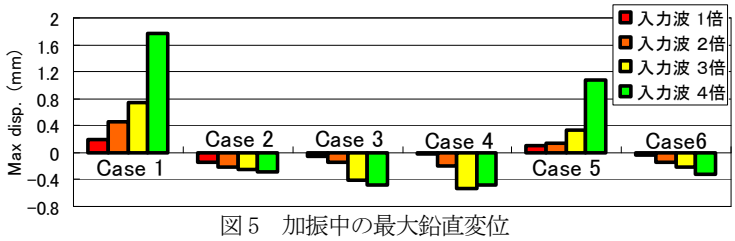

図5　加振中の最大鉛直変位

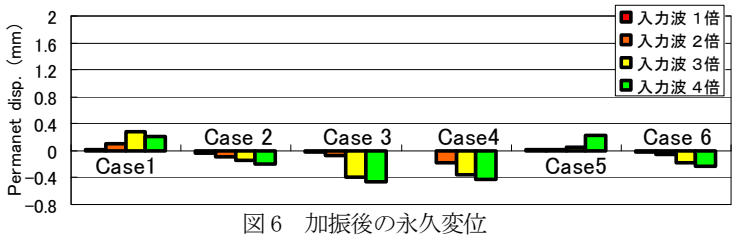

図6　加振後の永久変位

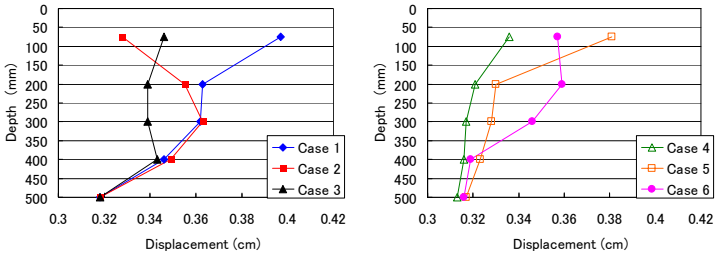

図7　最大水平変位の深度分布

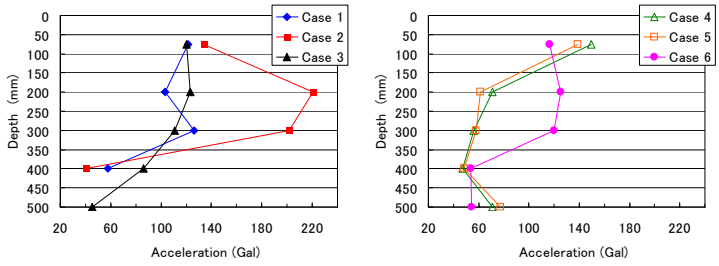

図8　最大鉛直加速度の深度分布

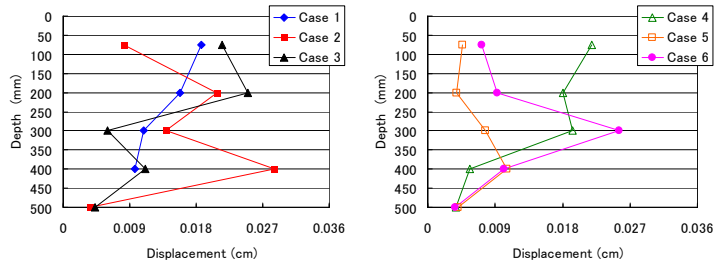

図9　最大鉛直変位の深度分布

5．まとめ

本研究では、地震中の地表面の変位及び地震後の永久変位の低減効果が確認できた。模型条件で比較すると、中間層にTC層を設置することで一番効果が期待できると考えられる。本実験は乾燥状態の地盤を用いて行っているが、今後飽和した地盤模型を用いて実験を行い、液状化抑止効果とともに地盤沈下抑止の面で期待できると考えられる。

参考文献

1) Hazarika, H, Kohama E., Sugano, T.: Underwater shake table tests on waterfront structures protected with tire chips cushion, ASCE, Journal of Geotech. & Geoenv. Engg, Vol. 134, No. 12, 1706-1709, 2008.

2) 安原一哉，ハザリカ　ヘマンタ，福武喜芳：古タイヤの土構造物への適用技術，土木技術，Vol. 61，No. 10，79-86，2006.

3) 兵動正幸，吉本憲正，他４名：オンライン地震応答実験によるタイヤチップの免震効果の評価，第４３回地盤工学会研究発表会，537-538. 2008.