

X 線 CT を用いた砂－地盤間摩擦特性の解明

熊本大学工学部

学生会員 島田 里美

熊本大学大学院 日本学術振興会特別研究員

学生会員 高野 大樹

熊本大学大学院

正会員 大谷 順

(独)港湾空港技術研究所

正会員 Hazarika Hemanta

東亜建設工業(株)

正会員 御手洗 義夫

1. はじめに

現在、我が国では年間約100万トンの古タイヤが発生しており、そのリサイクル率は90%である。そのうちの約半数が発熱やCO₂を伴う環境負荷の大きいサーマルリサイクルである。一方、マテリアルリサイクルの一つである土木材料としての再利用は一度に使用する量が多いこと、発熱やCO₂を伴わないことから環境負荷の面から考えても比較的有效なリサイクル方法であるといえる。筆者らはこれまでに古タイヤの地盤材料への適用に関する研究を行ってきた¹⁾。この中で、図-1 に示す概念図のように、粒状体のタイヤチップをケーソンなどの抗土圧構造物の裏込めまたはその一部に使用することで地震時土圧を軽減できることが振動台模型実験などで確認されている²⁾。しかし、タイヤチップと土との相互作用メカニズムについては未解明な点が多い。本報では、一面せん断試験装置を用いてタイヤチップと土との相互作用について検討を行った結果について報告する。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

タイヤチップは古タイヤを切断・破砕して、スチールコードやテキスタイル部分を除去した平均粒径 2mm のものを利用した。タイヤゴムの比重は 1.15 である。砂は相馬珪砂 3 号を用い、平均粒径はタイヤチップと同じ 2mm で、比重は 2.64 である。表-1 にタイヤチップと珪砂の物性を示す。間隙比と密度は垂直荷重 100kPa で圧密した後の状態を示している。実験に用いた供試体は、珪砂のみ、ゴムチップのみ、せん断箱の下箱に珪砂、上箱にタイヤチップを入れた 2 層の供試体の 3 ケースとした。供試体高さは 60mm、直径は 80mm とした。

2. 2 実験手順

本報では、垂直応力 100kPa で圧密定圧一面せん断試験を行った結果について示す。せん断試験中はせん断応力などのデータ計測に加え、X 線 CT スキャナを用い、せん断過程における供試体の密度変化を観察した。使用した X 線 CT 用一面せん断装置の概要を図-2 に示す。実験手順は、供試体作成後、せん断箱を CT 撮影台に設置する。次に垂直応力 100kPa で十分に沈下が落ち着くまで圧密を行い(10 分)、その後せん断速度 0.5mm/sec でせん断変位が 8mm に達するまで載荷を行った。また CT 撮影は、初期状態、せん断変位 2.6mm、5.3mm、および 8.0mm において実施した。

3. 実験結果

せん断変位とせん断応力の関係を図-3 に示す。珪砂供試体はせん断変位 2mm の付近でせん断応力のピークを迎え、その後ピーク時の 50% 程低下している。タイヤチップ供試体は珪砂供試体と比較してせん断応力は小さいが、弾性体の集合体であるためせん断応力はピークを迎えることなく直線的に増加している。2 層供試体の場合はタイヤチップのみのケースと比べるとせん断応力は全体的に大きくなっているものの、タイヤチップ供試体と同様にピークを迎えることなく直線的に増加していることが分かる。次に CT 撮影によるそれぞれのケースでの水平断面画像と鉛直断面画像を図-4 に示す。水平断面画像は初期状態のもので、鉛直断面画像は 8.0mm せん断後の画像である。CT 画像は密度と強い相関関係をもつ CT 値という値によるデジタル画像で、256 色の白黒濃淡レベルで表示される³⁾。図-5 に各せん断変位における供試体密度の高さ方向分布を示す。ここでは、密度の変化を次式(1)で定義した。

$$\Delta \rho_c = CT \text{値}_{\text{now}} / CT \text{値}_{\text{initial}} \quad (1)$$

$\Delta \rho_c$: 密度変化、CT 値_{now} : 各変位レベルでの平均 CT 値、CT 値_{initial} : 同位置における初期状態での平均 CT 値である。タイヤチップ供試体では、せん断における密度変化は起きていないことが分かる。二層供試体はせん断面付近における珪砂部分の密度が二割程度低下しているものの、珪砂のみの供試体と比べると密度の変化量は少なくなっている。これは、タイヤチップがクッション材となり珪砂の密度低下を低減しているものと考えられる。

4. まとめ

本報では、一面せん断試験によりタイヤチップと砂との相互作用について検討を行った。その結果、タイヤチップと珪砂の2層供試体では珪砂のみの供試体と比べ、珪砂部分のせん断による密度低下が軽減されていることが確認できた。今後はタイヤチップと珪砂の接触面における摩擦特性について三次的に挙動を解明する予定である。

参考文献: 1) 御手洗義夫ら「古タイヤゴムチップを混合した複合地盤材料の力学特性と港湾工事への適用事例」第49回地盤工学シンポジウム pp.77-84, 2004.

2) 御手洗義夫ら「古タイヤゴムチップの衝撃圧吸収性能について」第40回地盤工学会研究発表会 pp.505-596, 2006.

3) 椋木俊文:「地盤工学におけるX線CTの適用に関する研究」熊本大学平成13年度博士論文, 2001.

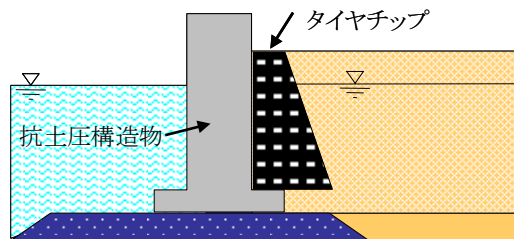


図-1 タイヤチップを裏込め材に使用する概念図

使用材量	粒子密度(g/cm^3)	間隙比	密度(g/cm^3)
ゴムチップ	1.15	0.53	0.75
相馬珪砂3号	2.64	0.59	1.66

表-1 タイヤチップと珪砂の物性

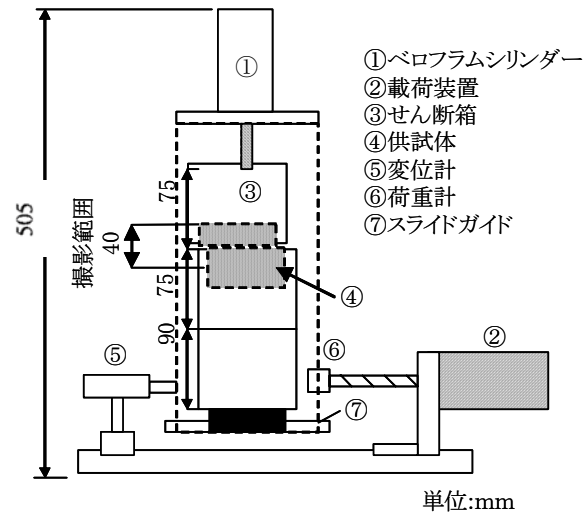


図-2 X線CTスキャナ用一面せん断装置概要

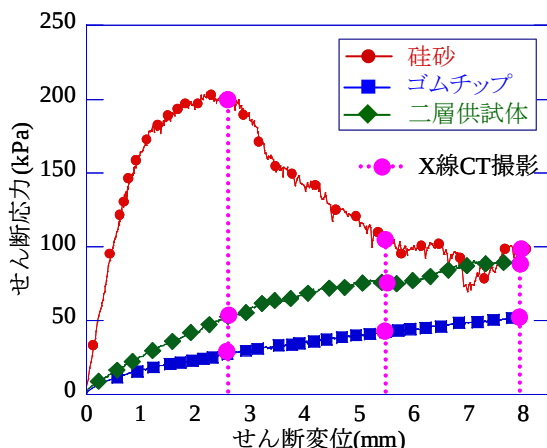
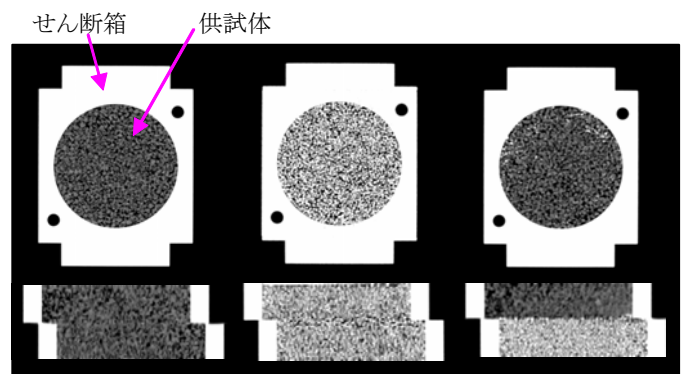


図-3 せん断変位とせん断応力の関係

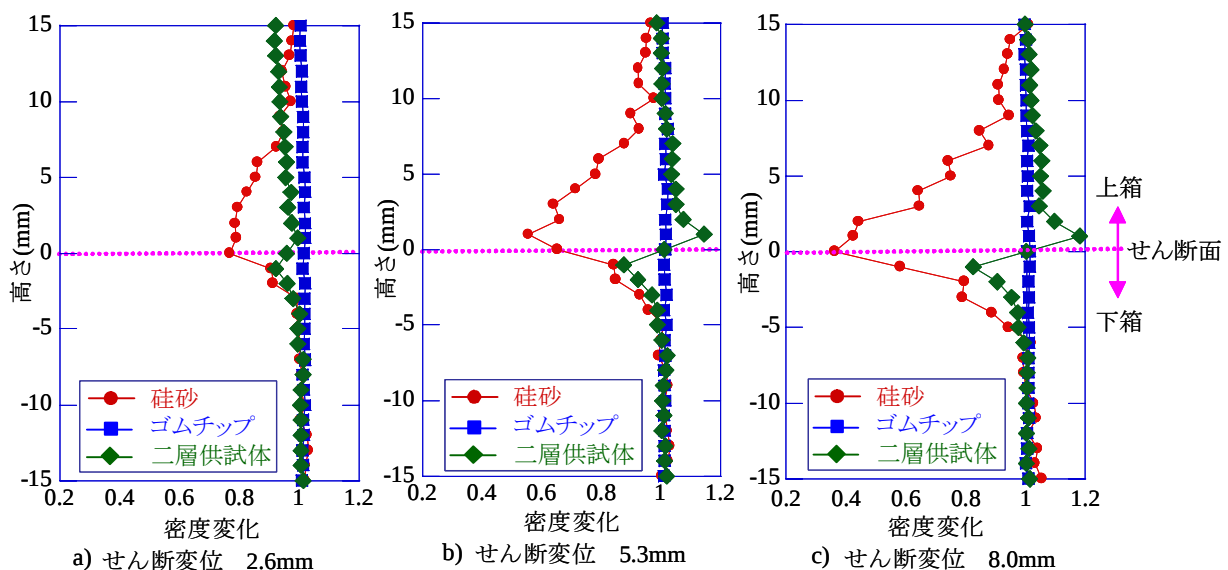


a)ゴムチップ

b)珪砂

c)二層供試体

図-4 X線CT撮影による水平断面画像(上)と垂直断面画像(下)



a) せん断変位 2.6mm

b) せん断変位 5.3mm

c) せん断変位 8.0mm

図-5 各せん断変位における供試体密度の高さ方向への分布