

X線CTを用いたタイヤチップ混合砂の一面せん断挙動

熊本大学大学院 学生会員 島田里美

熊本大学大学院

正会員 大谷順

秋田県立大学 正会員 Hazarika HEMANTA

(独)港湾空港技術研究所 正会員 菊池喜昭

1.はじめに

近年、古タイヤのリサイクル材であるタイヤチップの地盤材料への適用が着目されており、様々な研究が進められている。この中で、Hazarikaら¹⁾は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を使用することで、地震時土圧を軽減できることを水中振動台による模型実験などによって確認している。この合理的な設置方法としてタイヤチップ混合土の使用が注目されているが、タイヤチップ混合砂の基本的な性質に関しては未解明な点が多くあるのが現状である。そこで本研究では、タイヤチップ混合砂の力学的挙動を検討するために、一面せん断試験を実施し、X線CTを用いて内部挙動の解明を試みるものである。

2.実験概要

今回使用した材料はタイヤチップと珪砂3号の二種類である(写真-1)。これらの物理特性を表-1に示す。タイヤチップと珪砂3号は共に平均粒径2mmの単一粒径である。表-2に実験ケースを示す。今回、タイヤチップ単体、珪砂単体、及び体積混合率50%のタイヤチップ混合砂の全3ケースにおいて実験を行った。ここに示した密度と間隙比は圧密後のせん断開始時における物性値である。供試体は高さ6cm(下箱4cm,上箱2cm)、直径8cmの円柱供試体である。本研究では、垂直応力100kPaとした圧密定圧一面せん断試験を行った。使用したX線CT用一面せん断装置の概要を図-1に示す。実験手順は、供試体作成後、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8.0mmに達するまで载荷を行った。また、初期状態、せん断変位2.6mm, 5.3mm, 及び8.0mmにおいて一旦载荷を止めてCT撮影を実施した。そこで得られたCT画像から図-2で示す鉛直断面の挙動についてPIV(Particle Image Velocimetry)画像解析を行い、変位ベクトル、せん断ひずみ量分布及び体積比分布を定量的に求めた。

タイヤチップ 珪砂3号



写真-1 使用材料

表-1 使用材料の物理特性

試料	平均粒径(mm)	比重(g/cm ³)
タイヤチップ	2.0	1.15
珪砂3号	2.0	2.64

表-2 実験ケース

ケース	体積比	密度(g/cm ³)	間隙比	拘束圧(kPa)
CASE1	タイヤチップ単体	100%	0.75	0.53
CASE2	珪砂3号単体	100%	1.66	0.59
CASE3	タイヤチップ混合砂	50%	1.33	0.56
	珪砂3号	50%		100

図-1に示す。実験手順は、供試体作成後、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8.0mmに達するまで载荷を行った。また、初期状態、せん断変位2.6mm, 5.3mm, 及び8.0mmにおいて一旦载荷を止めてCT撮影を実施した。そこで得られたCT画像から図-2で示す鉛直断面の挙動についてPIV(Particle Image Velocimetry)画像解析を行い、変位ベクトル、せん断ひずみ量分布及び体積比分布を定量的に求めた。

3.結果と考察

図-3にせん断応力とせん断変位の関係を示す。珪砂3号は明確なピークが存在しているが、タイヤチップとタイヤチップ混合砂においては共に応力経路は明確なピークを迎えることなく単調に増加していることが確認できる。この傾向はYouwaiら²⁾が行ったタイヤチップ混合砂の三軸試験と類似した結果となっており、タイヤチップの弾性的変形特性に起因するものと考えられる。図-4にCT画像のPIV解析により得られた変位ベクトルを示す。これは、各ステップ間において算出した変位ベクトルを合成してせん断変位0mm~8.0mm間のベクトルとして表現し

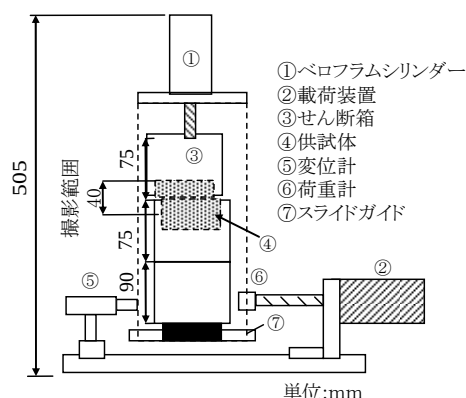


図-1 X線CT用一面せん断装置概要

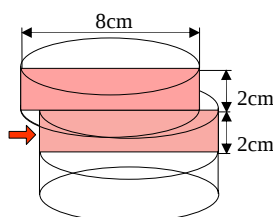


図-2 鉛直断面概念図

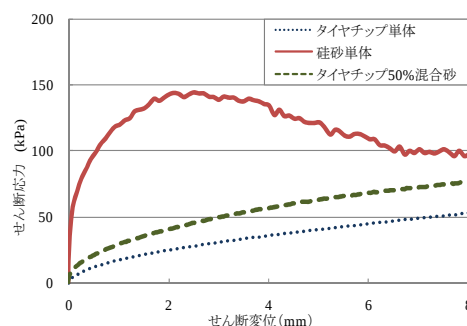
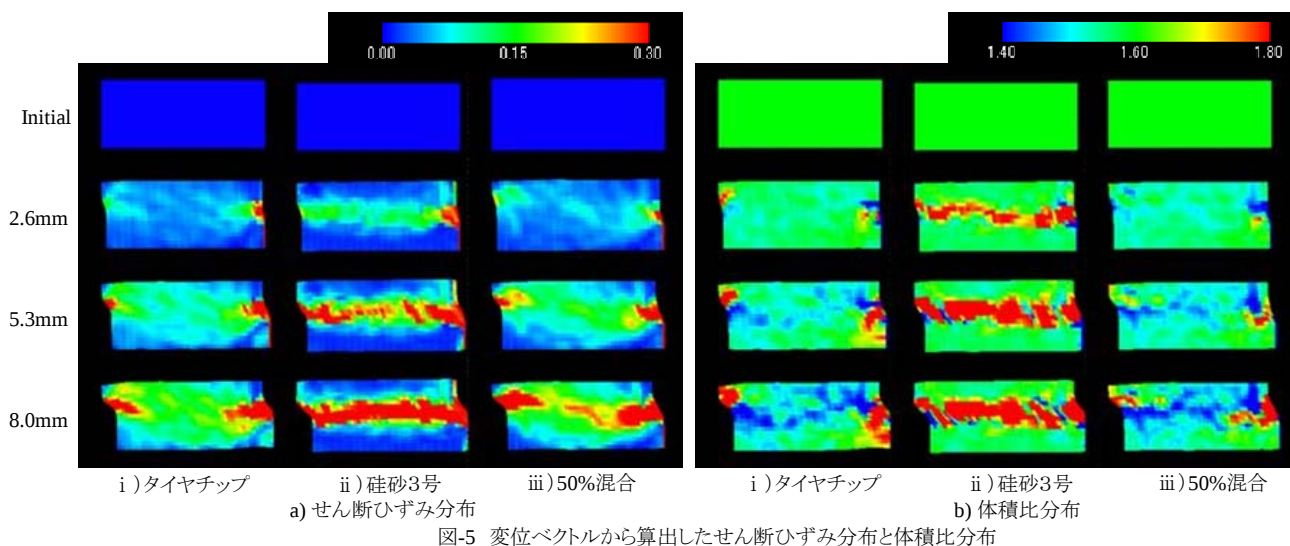
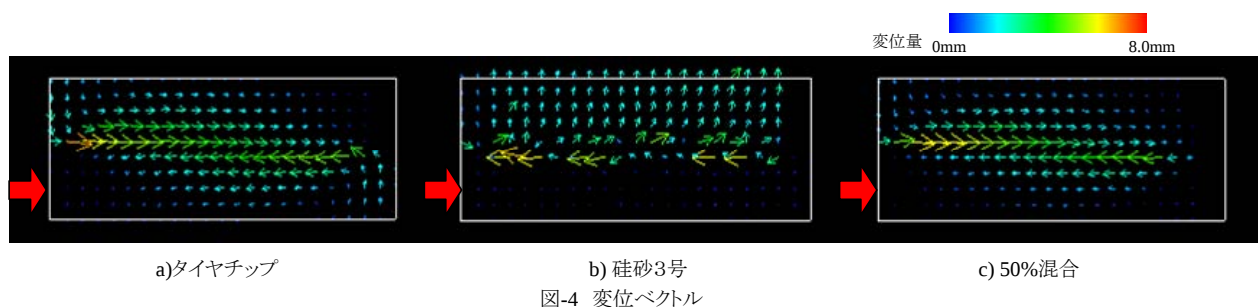


図-3 せん断応力-せん断変位関係



たもので、箱の移動は考慮せず供試体内の粒子移動のみを追跡した結果である。珪砂3号において、下箱の変位ベクトルに着目すると、上箱部分において鉛直上向きの粒子移動が多く見られ、ダイレタンスーに起因する体積膨張が生じていることが確認できる。タイヤチップとタイヤチップ混合砂においては、ほとんど差異がみられない結果となっており、全体的な鉛直方向への粒子の移動がほとんど見られず、比較的大きく変化している領域がせん断面を中心に唇状に発達している。次に、各ステップ間における変位ベクトルから算出した断面内のせん断ひずみ分布と体積比分布を図-5に示す。体積比分布は各メッシュの面積変化を表したものであり、膨張傾向を示すほど赤色、収縮傾向を示すほど青色とするグラデーションで示されている。珪砂3号はひずみの卓越した幅1cm程度の帯状の領域（せん断帯）が形成されており、体積比分布からこの領域において明確な体積膨張が生じていることが確認できる。タイヤチップ単体とタイヤチップ混合砂は同様に、せん断面の両端に局所的なひずみが生じており、その他の部分では小さなひずみが広範囲に広がっている。体積比分布において広範囲に収縮傾向がみられることから、タイヤチップ粒子の変形によって間隙が埋まってしまうために収縮が生じているものと考えられる。

4. 結論

本報では、タイヤチップ混合砂の一面せん断試験における内部挙動について検討を行った。その結果、タイヤチップ50%混合砂は比較的タイヤチップ単体と類似した実験結果及び内部挙動を示しており、供試体内部ではタイヤチップ粒子の変形によって広範囲に収縮が生じていることを確認した。今後は、異なる混合比のタイヤチップ混合砂について同様の実験を行っていく所存である。

謝辞: 本研究は科学研究費(No.18206052 代表者:ハザリカ ヘマンタ)の助成によって行われたものである。付記して、深く感謝申し上げます。

参考文献: 1)Hazarika, H., Yasuhara 「SCRAP TIRE DERIVED GEOMATERIALS」 Taylor&Francis Group, pp.215-222, 2008.

2)Youwai, S., and Bergado, D.T. 「Strength and Deformation Properties of Rigid Rubber Tire-Sand Mixtures」 Canadian Geotechnical Journal, Vol.40(2), pp.254-264,2003