

## タイヤチップのせん断特性に及ぼす粒径の影響

山口大学大学院 学生会員 ○ 瀧山 美怜  
 山口大学大学院 正会員 兵動 正幸  
 山口大学大学院 正会員 中田 幸男  
 山口大学大学院 正会員 吉本 憲正

### 1. まえがき

2013年の国内の廃タイヤの発生量は本数にすると約9,700万本、重量では約102万トンであり、そのリサイクル率は88%である。主なリサイクル方法はサーマルリサイクルやマテリアルリサイクル、リユースがあるが完全には再利用されていない。タイヤは不法に捨てられると腐敗しにくく長期にわたって残り続けるため、環境問題の1つとして考えられている。そこで腐敗しにくいタイヤの性質に着目し、廃タイヤをチップス状に細かく粉砕したタイヤチップを新しい地盤材料として用いることが近年検討されている。タイヤチップのせん断特性については矢島ら<sup>2)</sup>や菊池<sup>3)</sup>ら、近者ら<sup>4)</sup>の研究成果があるが、まだ未解明な点が多く、タイヤチップを地盤材料として有効利用した構造物を構築する際の安定問題を考える上で、タイヤチップの力学特性に関する情報を蓄積することは重要である。本研究では、粒径の異なる3種類のタイヤチップを対象に、タイヤチップのせん断特性に及ぼす粒径の影響を調べるため、排水・非排水条件で側圧一定単調せん断試験を行った。

表 1. 試料の物理性質

試料	TC1	TC2	TC3	豊浦砂
$\rho_{dmax}$ (g/cm <sup>3</sup> )	0.456	0.556	0.634	1.645
$\rho_{dmin}$ (g/cm <sup>3</sup> )	0.322	0.444	0.475	1.335
$e_{max}$	2.658	1.590	1.400	0.973
$e_{min}$	1.583	1.068	0.798	0.635
$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	1.178	1.150	1.140	2.635

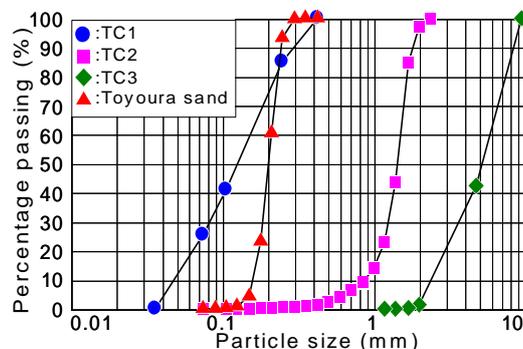


図 1. 試料の粒度分布

### 2. 試料及び実験概要

本研究では、粒径 0.5mm 以下のタイヤチップ (TC1) と粒径 2mm 以下のタイヤチップ (TC2)、粒径 10mm 以下のタイヤチップ (TC3) を用いた。表 1 に用いたタイヤチップの物理的性質、図 1 に粒度分布を比較のため豊浦砂と共にそれぞれ示す。これらのタイヤチップに対して、三軸試験

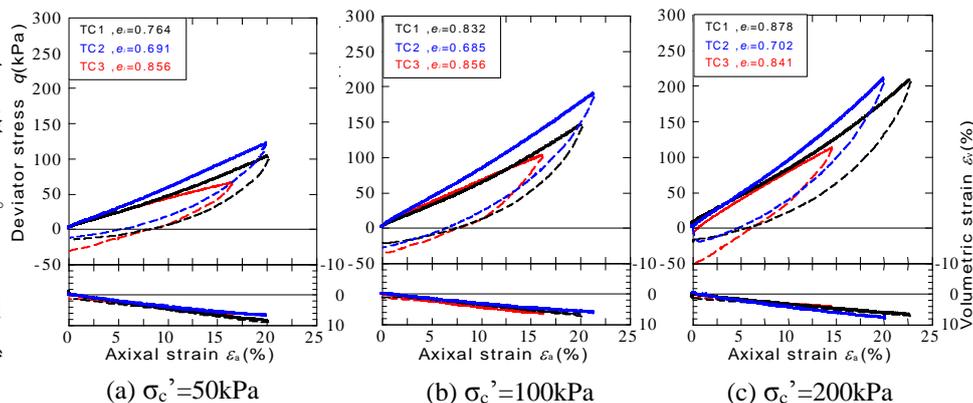


図 2. 側圧一定排水単調せん断及び除荷試験

により有効拘束圧 50kPa、100kPa、200kPa で排水、非排水条件下で軸ひずみ速度 0.1%/min でせん断荷重を行った後、軸ひずみ 0% まで除荷試験を行った。供試体は TC1 と TC2 については直径 5cm で高さ 10cm であり、TC3 は大型三軸試験機を用いて直径 15cm、高さ 30cm で突き固め法により試料を 13 層に分けて供試体を作製した。飽和供試体作成のため、脱気水を通水し、背圧 200kPa を与えた。その後所定の拘束圧で圧密を行い、排水・非排水条件で側圧一定単調せん断試験及び除荷試験を行った。

キーワード タイヤチップ, 体積変化, 粒子径, 三軸試験, せん断, 等方圧縮, 体積変化

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2 丁目 16-1 山口大学工学部

TEL 0836-85-9005

### 3. 側圧一定排水単調せん断試験及び除荷試験

図2に側圧一定排水単調せん断試験の結果を有効拘束圧ごとに示す。実線がせん断載荷時、破線が除荷時を示している。いずれのTCにおいても粒径の違いに関わらず、有効拘束圧が大きくなるにつれて

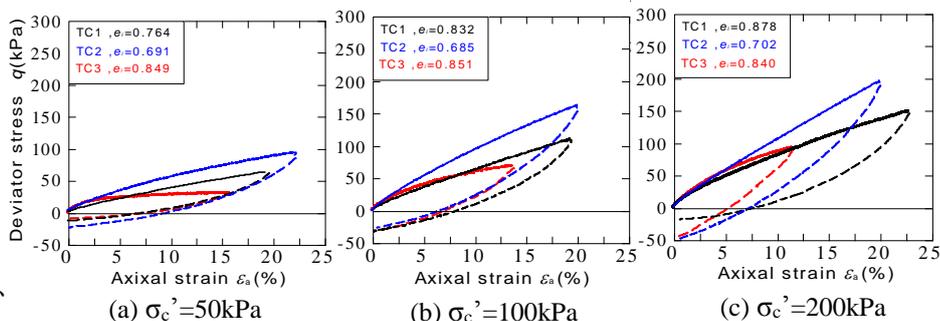


図3. 側圧一定非排水単調せん断及び除荷試験

軸差応力も大きくなり、線形的な増加傾向を示し、除荷時にヒステリシスループを描く挙動が見られた。また、体積ひずみも粒径の違いに関わらず同程度の変形が見られ、載荷時には終始収縮傾向を示し、除荷により体積ひずみが戻ることが明らかとなった。除荷試験により体積ひずみが戻ることが、タイヤチップのせん断による体積変化は、ダイレイタンスーではなく、個々の粒子の変形によるものと考えられる。

### 4. 側圧一定非排水単調せん断試験及び除荷試験

図3に有効拘束圧ごとの側圧一定非排水単調せん断試験の結果を、図4に有効応力経路を示す。間隙水圧の発生に伴い、排水条件よりも応力は低いが、排水条件と同様にせん断載荷時には線形的に応力が増加し、除荷時にヒステリシスループを描くことが明らかとなった。有効応力経路図より、いずれのタイヤチップにおいてもせん断載荷で間隙水圧は発生するが除荷により消失している。今回の実験では、TC2の間隙水圧発生量が最も少なく、残留間隙水圧量も少なかった。

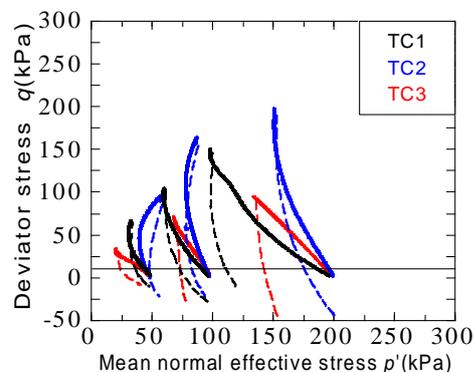


図4. 有効応力経路

### 5. 等方圧縮除荷試験

次にTC3に対して等方圧縮及び除荷試験を行った。その結果を図5に示す。この結果より、等方圧縮試験による体積変化は、単調せん断による体積変化よりも大きいことが明らかである。また、除荷試験において体積の回復量も大きい、残留ひずみも大きいことから、等方圧縮では粒子の変形のみならず移動による体積収縮も生じたものと考えられる。

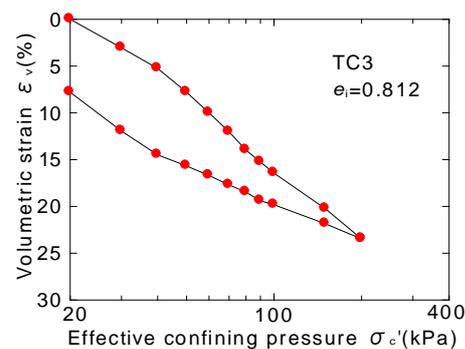


図5. 等方圧縮除荷試験

### 6. まとめ

側圧一定単調試験において、タイヤチップの粒径の違いによる挙動や応力の違いは大きく見られず、せん断載荷時には線形的に応力が増加し、除荷時にはヒステリシスループを描くことがわかった。また、いずれの粒径の試料においても、せん断によるタイヤチップの体積ひずみは除荷試験により回復することから、タイヤチップ個々の粒子の変形であることが推察される。

### 参考文献

1)一般社団法人日本自動車タイヤ協会, <http://www.jatma.or.jp/> : 環境への取り組み,2014. 2)矢島寿一, 小倉一利, 山田忠幸, 小林展誠, 丸井祐司, 竹内基樹: タイヤチップスのせん断特性と液状化特性, 地盤工学ジャーナル Vol.4, No.1, pp. 81-90, 2009. 3)菊池喜昭, 佐藤宇紘, Hemanta HAZARIKA: ゴム球集合体の三軸圧縮時の変形特性に関する検討, ジオシンセティックス論文集 Vol.23, pp.89-94, 2008. 4)近者淳史, 兵動正幸, 瀧山美怜, 今田光一, 野田翔兵: タイヤチップの力学特性と戸建住宅基礎地盤への適用による液状化防止と応答の低減効果, 土木学会論文集 C(地圏工学), Vol.71, No.1, pp33-46, 2015.