タイヤチップスの有効拘束圧一定試験と等方圧ループ試験

 明星大学
 理工学部
 会員
 矢島
 寿一

 鹿島道路(株)
 小林
 展誠

1.はじめに

近年,廃タイヤを破砕したタイヤチップスを単体として地盤材料として使用したり,土と混合して地盤材料として使用 する研究が進んでいる。ここでは,タイヤチップスを単体として地盤材料として使用した場合を想定している。しかしな がら,タイヤチップスと土材料では根本的に材料特性が異なること考えられることから,本研究では,タイヤチップスが 土と同様に Terzaghi の有効応力の原理が成り立つのか,また,等方圧力に対してどのような挙動を示すのかを調べるため に,有効応力一定試験,等方圧ループ試験を平均粒径 D₅₀=2.0mm と D₅₀=6.0mm のタイヤチップスに対して行った。 2.タイヤチップスの材料物性と供試体条件

(1)タイヤチップスの材料物性

平均粒径 $D_{50}=2.0$ mm と $D_{50}=6.0$ mm のタイヤチップスの写真を写 真-1 に示す。タイヤチップスの最小密度・最大密度試験は,最小密 度試験を「砂の最小密度・最大密度試験(JIS A 1224)」に準じて行っ た。最大密度試験は「突固めによる土の締固め試験(JIS A 1210)」に 準じて行った。その材料物性を表-1 に 粒径加積曲線を図-1 に示す。 粒径加積曲線は $D_{50}=2.0$ mm, $D_{50}=6.0$ mm とも単一粒径の砂のような 粒径過積曲線となっていることがわかる。 (2)供試体条件

三軸圧縮試験装置に供される供試体寸法は直径 =50mm,高さ H=100mmであり,供試体は表-1の最小密度・最大密度を考慮して,相 対密度 Dr=85%付近となるようにロートを用いて空中落下し,所定の回数 突固める方法で作成した。その結果,三軸圧縮試験装置にセッティング された供試体の初期状態の物性は表-2のようになった。その後,真空法 で供試体を自立させ,通水し飽和度を高めた。その結果,B値は0.95以 上となった。今回,使用した三軸試験装置はタイヤチップスが一般の土 材料とは体積変化挙動が異なることが考えられたため体積変化の測定を 二重セルによる外体積を測定できるようになっている。

3. 有効拘束圧一定試験

(1)試験方法

タイヤチップスは土材料とは材料特性が異なることから,タイヤチッ プスにも有効応力の原理が成り立つのか確認するために有効拘束圧一定 試験を行った。試験方法は有効拘束圧(σ'_{c})を σ'_{c} =100kPa 一定とし,バッ クプレッシャー(σ_{BP})を通常使用される範囲である σ_{BP} =100, 200kPa と変 化させている。この状態で圧密排水試験(CD-test)と圧密非排水試験 (\overline{CU} -test)を行った。

(2)試験結果

D₅₀=2.0mm のタイヤチップスの圧密排水(CD)と圧密非排水(CU)条件





used tire rubber chips	D ₅₀ =2mm	D ₅₀ =6mm
specific gravity : Gs (g/cm ³)	1.15	1.21
minimum density $:\rho_{dmin}$ (g/cm ³)	0.551	0.487
maximum density $: \rho_{dmax} (g/cm^3)$	0.749	0.679



図-1 タイヤチップスの粒径加積曲線 表-2 試験初期状態の物性値

used tire rubber chips	D ₅₀ =2mm	D ₅₀ =6mm
dry density $: \rho_d (kN/m^3)$	6.34	6.43
void ratio :e	0.818	0.888

でのせん断時の試験結果を図-2 に,D₅₀=6.0mmのタイヤチップスの CD, \overline{CU} 条件での試験結果を図-3 に示す。この結果より,D₅₀=2.0mmとD₅₀=6.0mmの両者とも CD 試験での軸差応力(q=(σ_1 - σ_3))~軸ひずみ(ϵ_a)の関係,体積ひずみ(ϵ_v)~軸ひずみ(ϵ_a)関係はバックプレッシャー(σ_{BP})が σ_{BP} =100,200kPaと異なっても有効拘束圧(σ'_c)が σ'_c =100kPaと一定であれば同等であることがわかる。また, \overline{CU} 試験での $q \sim \epsilon_a$ 関係,間隙水圧(Δu)~ ϵ_a 関係は CD 試験の結果と同様にタイヤチップスの平均粒径が異なっても,有効拘束圧が σ'_c =100kPaと一定であれば同等である。以上の結果から,タイヤチップスは平均粒径によらず, σ_{BP} が異なっても σ'_c が同じであれば $q \sim \epsilon_a$ 関係, $\epsilon_v \sim \epsilon_a$ 関係, $\Delta u \sim \epsilon_a$ 関係は同等であり,タイヤチップスに関しても土材料と同様に有効応力の原理が成り立つことがわかる。

Key Word: タイヤチップス, 有効応力, 圧縮特性

〒191-8506 東京都日野市程久保 2-1-1, Tel. 042-591-9649, Fax. 042-591-9632, E-Mail: j-yajima@ar.meisei-u.ac.jp

4.等方圧ループ試験

(1)試験方法

タイヤチップスが等方的に圧力を受けた場合に どのような体積変化を示すのか,有効拘束圧(o'。) とバックプレッシャー(σ_{BP})を変化させた等方圧 ループ試験を行った。比較のため一般的な飽和粘 性土およびタイヤチップスの母材であるゴムに対 しても同様の試験を行った。試験方法は図-4 に示 すように供試体の応力状態(o'。,σ_{BP})を A 点から E 点まで応力経路を反時計回りは A B B' C D

E B A,時計回りはA B E E' D C B Aとループ状に変化させ,それぞれの応力状態 で二重管ビューレットと二重セルの読みを計測し ている。ここでB B' C,E E' DではBEの 応力状態で排水バルブを閉じて B',E'の応力状態 に移行し計測を行い,その後,排水バルブを開け た C,D 状態にしている。

(2)等方圧挙動

応力経路 A B B'C D E B A での体 積ひずみ(ϵ_V)を図-5 に,応力経路 A B E E' D C B A の体積ひずみ(ϵ_V)を図-6 に示す。 D₅₀=6.0mmのタイヤチップスの場合,有効拘束圧 (σ'_{o})を増加する経路(B B'C, E E'D)では二 重セル,二重管ビューレットとも圧密が進行する ため体積ひずみ(ϵ_V)が発生する。そして, σ'_{o} を減 少する経路(D E, C B)では体積膨張が生じ,最 終応力状態Aではある程度の残留体積ひすみが生 じる。このことはD₅₀=2.0mmでは見られなかった 挙動であり,粘性土と同様の挙動である。この挙





(kPa)

σ_{RP} (kPa)

動は, D_{50} =2.0mm ではタイヤチップス粒子間のずれは生じず弾性的な挙動を示すが, D_{50} =6.0mm ではタイヤチップス粒子間のずれが生じ残留体積ひずみが生じるものと考えられる。そして, σ'_{c} を増加させ排水バルブを閉じた状態での経路(B B', E E')では二重セルの体積ひずみ(ϵ_{V})はゼロであり, D_{50} =6.0mm タイヤチップス粒子は非圧縮性の材料であると言える。一方,ゴムの場合,全ての経路において二重セル,二重管ビューレットとも体積ひずみ(ϵ_{V})は1%以下であり,ゴム供試体は非圧縮性の材料である。

5.まとめ

今回の試験結果より以下のこと が判明した。(1)有効拘束圧一定試 験では,タイヤチップスは有効拘 束圧が一定であればせん断挙動は 同じであり,排水条通常の土と同 様に有効応力の原理が成り立つ。 (2)等方 圧 ループ 試 験 で は, D₅₀=2.0mmのタイヤチップスはル ープ状に有効拘束圧,バックプレ ッシャーを変化させても二重セル による体積変化は弾性的な挙動を 示すが, $D_{50}=6.0mm$ のタイヤチッ



図-5 応力経路 A B B' C D E B A 図-6 応力経路 A B E E' D C B A

プスはタイヤチップス粒子間のずれが生じ残留体積ひずみが生じることが判明した。また,D₅₀=2.0mm,D₅₀=6.0mmのタイヤチップス粒子とゴム供試体は土と同様に非圧縮性を持つ材料であることが判明した。

【参考文献】矢島・小倉・アショカ・安原:古タイヤチップスの地盤材料としての力学的評価,地盤工学ジャーナル, Vol. 1, No. 1, pp.1-7,地盤工学会, 2006.