

弾性体混合土の圧縮挙動のモデル化に関する研究

— 球状試料の幾何学的モデルについての考察 —

Study on modeling of compression behavior of elastic body mixed soil

— Consideration on geometrical model of spherical sample —

○岡本 彦蔵・木全 卓・工藤 庸介

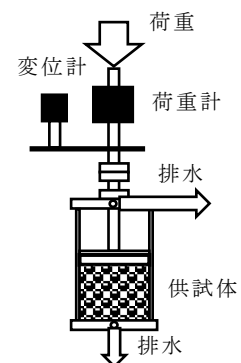
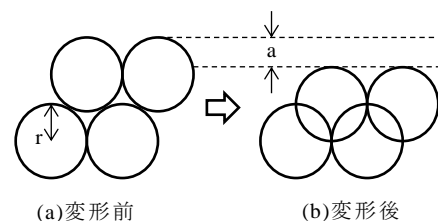
Okamoto Hikozeu, Kimata Takashi, Kudo Yosuke

1. はじめに 近年、循環型社会の形成に向けた地盤工学の分野における研究の 1 つとして、廃タイヤをチップ状にし、地盤材料として利用する混合土の開発が行われている¹⁾。しかし、タイヤチップ混合土の利用は通常地盤とは違い圧縮量が増加するため、施工の際は圧縮量の事前評価が必要である。そこで、既往研究から混合土の圧縮量を予測するために混合土の圧縮特性のモデル化についての研究が行われ、混合土の圧縮特性は、粒子の圧縮による体積ひずみ ε_{v1} 、粒子の圧縮に伴う間隙減少 ε_{v2} 、粒子の移動に伴う間隙減少 ε_{v3} の 3 種類に分類できることがわかった²⁾。本研究では、幾何学的なモデル式の検討が容易である。アルミ球とゴム球を用いてタイヤチップ混合土を模擬した供試体を作成し、一次元圧縮試験を行った。この時、すべての圧縮成分を抽出することは困難であるため、供試体を最密状態で作製して粒子の移動に伴う間隙減少 ε_{v3} を制限し、試験を行った。また、球状試料の体積変化量を幾何学的に計算し、各圧縮成分で実測値との比較を行った。

2. 一次元圧縮試験 装置概要を Fig. 1 に示す。供試体は、直径 5cm、高さ 10cm のアクリル円筒内にアルミ球に対してゴム球の割合が混合比 0.33, 0.5, 0.67, 1.0 となるように作製した。圧縮成分の抽出を単純化するために最密状態で供試体を作成した。また、負圧法によって供試体間隙を水で飽和させ、荷重をかけた。荷重、排水量、水温、変位量を測定し、排水された水の体積を粒子の圧縮に伴う体積ひずみ ε_{v2} とし、全体の変位量から粒子の圧縮に伴う体積ひずみ ε_{v2} を引いたものを粒子の圧縮による体積ひずみ ε_{v1} として測定した。

3. 圧縮成分のモデル化 本研究で検討したモデルは供試体の最小構造をモデルとして考えており、Fig. 2 にモデルの概要について示す。球状試料の重なりから、荷重による試料の体積変化量を幾何学的なモデル式として導いた。球状試料は半径 r 、全体の圧縮量を a 、ポアソン比を ν とし、粒子の圧縮による体積変化量 (V_1) を求めると、以下の式で表すことができる。

$$V_1 = (1 - 2\nu) \left(3r - \frac{\sqrt{3}}{4} a \right) \times \frac{9\pi a^2}{8}$$

Fig. 1 装置概要
Equipment outlineFig. 2 モデルの概要
Overview of the model

大阪府立大学大学院生命環境科学研究科：Graduate School of Life and Environmental Sciences, Osaka Pref. Univ.

キーワード：混合土 モデル化 圧縮特性

4. 結果・考察 混合比 1 と混合比 0.5 における圧縮量のモデル式と実測値との比較を以下に示す。Fig.3 に粒子の圧縮による体積ひずみ (ε_{v1}) について示しており、 ε_{v1} は体積ひずみが 1% 未満と非常に小さい圧縮成分であることがわかる。本研究で示したモデル式は応力 200kPa 程度までは概ね実測値と一致しているが、応力が増加するにつれて体積ひずみを過大に評価していることがわかる。応力 200kPa 以上の非線形の挙動を考慮することができれば、精度の高いモデル式を得ることが期待される。次に、ゴム粒子自身の圧縮特性について、検討を行うため、Fig.4 にゴムの単位体積当たりの体積ひずみを示す。この成分は混合比に関係なく同じ挙動を示すと考えられ、実測値からもその傾向が確認できる。さらに、Fig.3 と同様に初期の応力状態では実験結果と概ね一致しているが、応力が大きくなるにつれて過大評価されていることが確認できる。

以上のことから本稿で用いたモデル式は ε_{v1} 、ゴムの単位体積当たりの体積ひずみについて、応力 200kPa 以上の非線形性は表現できていないが、200kPa 以下の応力状態では概ね実測値と同等の値をもとめることが確認でき、圧縮成分の特徴を概ね求めることができた。

5. まとめと今後の展望 本研究ではタイヤチップ混合土の圧縮特性の予測のため、実験の結果と球状試料の重なりを考慮し算出したモデル式との比較を行った。結果として、最密構造での圧縮成分については応力 200kPa 程度では実測値に近い値を示すことが確認された。しかし、現在の実験では粒子の移動成分を求めることが困難であると考えられるため、今後は Fig.5 に示すような構造において、2次元 DEM を用いてこれまでの実験では確認することが困難であった粒子の移動成分について検討していき、圧縮特性の解明を目指す。このような手法の確立が実現することで、混合土の利用が拡大し、廃棄物処理や、環境問題の課題解決につながると考えている。

参考文献

1) 安原ら(2006): 古タイヤの地盤工学分野への適用, ジオシンセティックス技術情報, 22 巻 3 号, pp.15-30. 2) 木全ら(2013): 弾性体材料混合土の圧縮特性に関する考察—ゴム積層体模型実験による圧縮成分の評価—, ジオシンセティックス論文集, Vol.28, pp.207-212.

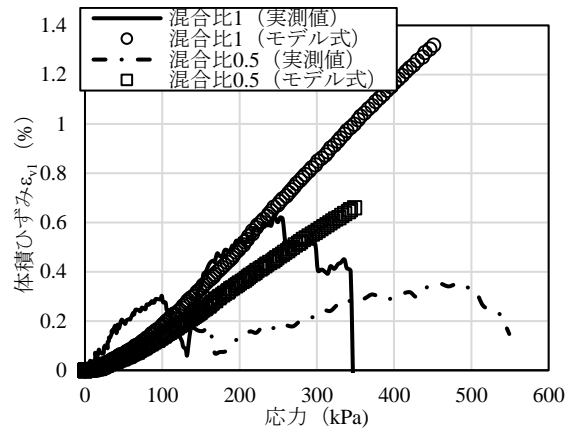


Fig. 3 粒子の圧縮による体積ひずみ ε_{v1}
Volumetric strain caused by compression of the deforming particle

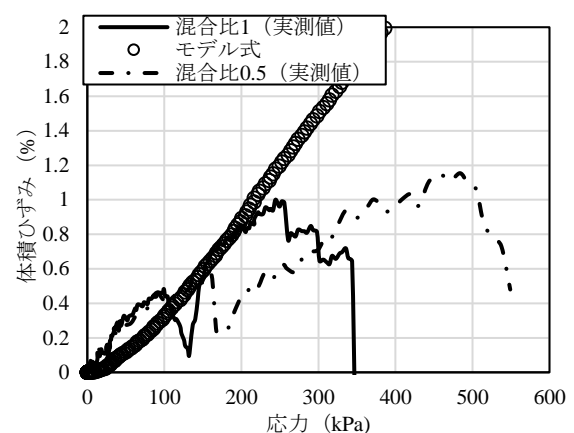


Fig. 4 ゴムの単位体積当たりの体積ひずみ
Volumetric strain caused by compression of the deforming rubbers

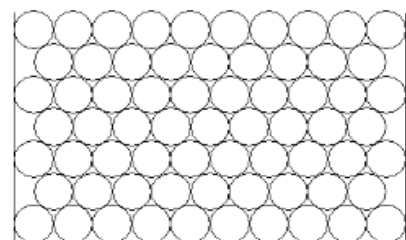


Fig. 5 六方最密構造の初期配置
Initial arrangement of hexagonal close-packed structure