

変形性粒子を含む混合土の圧縮特性に関する研究  
- 骨格構造の違いにより生じる体積ひずみ量の定量的考察 -

Study of Compression Characteristic of Soil Mixed with Deformational Particles  
-Quantitative Consideration on Volumetric Strain with Different Soil Structures-

木全 卓      工藤 庸介      正木 裕也  
Takashi KIMATA    Yosuke KUDO    Yuya MASAKI

**1.はじめに** これまでに廃棄物のリサイクルと軽量地盤材料の有用性という観点から、廃棄発泡プラスチック破砕片混合土を作製し、地盤材料としての適用可能性を検討してきた。その結果、この破砕片を用いて軽量化された混合土の強度特性はそれほど低下せず、軽量な地盤材料として利用できる可能性があることがわかっている<sup>1)</sup>。その一方で、混合比が増加すると混合土の圧縮量も増大するが、その増加分については(A)「変形性粒子の圧縮による体積減少」と(B)「変形性粒子の圧縮による骨格変化による間隙部分の減少」に分類して考えられることが分かっている(以下、(A)、(B)と表す)<sup>2)</sup>。また、積層体模型を用いた一次元圧縮試験において、最疎構造および最密構造の圧縮特性は、その幾何学的な特性を考慮することで定量的に説明できることも分かっている。本研究では、より実際の地盤に近い状態であるランダムな骨格構造における一次元圧縮試験を行い、粒子の動きに関わる成分を評価する。



Photo 1 最疎構造  
Loosest form



Photo 2 最密構造  
Densest form



Photo 3 ランダム構造  
Random form

**2.試料および一次元圧縮試験概要** 試験に用いた試料は、直径 15mm のアルミ棒、スチレン棒の 2 種類であり、長さ 50mm に切断加工したものを、それぞれ最疎構造(Photo 1)、最密構造 (Photo 2)、ランダム構造(Photo 3)になるように積み上げた。

試験は、圧縮応力が約 200kPa になるまで一定のひずみ速度で一次元圧縮し、圧縮に伴う骨格や粒子の変形をデジタル写真撮影した。結果は、Adobe photoshop7.0 の機能を用いて画像解析し、上述の各成分を算出した。

**3.結果および考察** どのような骨格構造をした供試体においても、それぞれの変形性粒子に加わる応力とひずみの関係は同じである。本研究では、使用したスチレン棒の応力 - ひずみ関係を (1) 式で近似し表した。

$$\sigma = \frac{\varepsilon}{0.03 + 0.004 \cdot \varepsilon} \quad (1)$$

なお、 $\sigma$  は圧縮応力(kPa)、 $\varepsilon$  は体積ひずみ量(%)を表す。また、骨格構造が比較的安定的で粒子自身に動きがおこりにくいと考えられる最疎構造、最密構造の場合における前述の(A)と(B)は、粒子の直径を  $R$ 、アルミ棒がスチレン棒にめり込んだ距離を  $a$  として、その幾何学的な特性を考慮すると、式(2)、(3)、(4)、(5)のような理論式で表される。

$$\text{最疎構造} \quad S_d = \frac{1}{2} \left\{ \arcsin \left( \frac{\sqrt{2aR - a^2}}{R} \right) \cdot R^2 - (R - a) \sqrt{2aR - a^2} \right\} \quad (2) \quad S_e = aR - S_d \quad (3)$$

$$\text{最密構造} \quad S_d = \arcsin \left( \frac{\sqrt{2aR - a^2}}{R} \right) \cdot R^2 - (R - a) \sqrt{2aR - a^2} \quad (4) \quad S_e = \frac{\sqrt{3}}{2} R^2 - \frac{r}{2} \sqrt{3R^2 - 8aR + 4a^2} - S_d \quad (5)$$

Fig.1、2 にランダム構造についての試験結果と最疎、最密構造の理論式の結果を示す。スチレン棒の混合比はすべて 0.5 であり、凡例は初期間隙率である。どのグラフも圧縮応力が大きくなるほど、体積ひずみ量もそれに伴って増大している。まず、Fig.1 のスチレン棒の圧縮に起因する体積ひずみ量(前述の(A)の成分)については、スチレン棒自身の圧縮特性を示す(1)式によるもので、骨格構造によらずほぼ同じ挙動を示していることが確認できる。

Fig.2 は、スチレン棒の圧縮による骨格変化に伴う体積ひずみ量(前述の(B)の成分)を表している。上述した理論式を用いて最疎構造と最密構造を載荷方向に直列的に組み合わせた結果、初期間隙率の違いによって体積ひずみ量に差が見うけられた。ところが、ランダム構造については、ほぼ同じ初期間隙率においても最疎構造および最密構造の混合体よりも大きな体積ひずみ量を示すことがわかった。これは、骨格構造がランダムになったことにより粒子に動きが加わったためであると考えられる。

初期間隙率が 20% 前後の場合、(B)の成分については、最疎構造と最密構造の中間程度のひずみ量を示すため、その差分が粒子の動きによるものであると考えられる。

**4.おわりに** 本研究で行ったランダム構造と、最疎構造と最密構造を比較することで、前述の(A)、(B)の成分だけでなく新たに「粒子が安定的な骨格配置を目指して動くことによる間隙の減少」により体積ひずみ量が生じることが明らかになった。この成分は、いわゆるダイレイタンスーに相当する粒子の移動にともなう体積変化であると考えられる。

今回の試験では Fig.2 に示されるような最密構造の変形においても若干の骨格変化(粒子の動き)があるため、今後は、より正確に(B)の成分を評価し、粒子の動きによる成分についても定量的な検討を行っていきたいと考えている。

[参考文献] 1)木全 他(2003)：廃棄発泡プラスチック破砕片混合土の力学特性 - 飽和供試体の三軸圧縮特性 - ，農業土木学会論文集，No.224，pp.105-110 . 2)Kimata et al.(2004)：Analysis of compressibility of soil mixed with deformable particles，Proc. of 15<sup>th</sup> SEAGC，No.1，pp.107-110 .

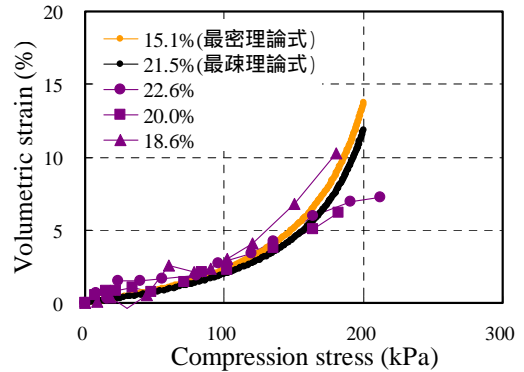


Fig.1 スチレン棒による体積ひずみ量  
Volumetric strain of the styrene

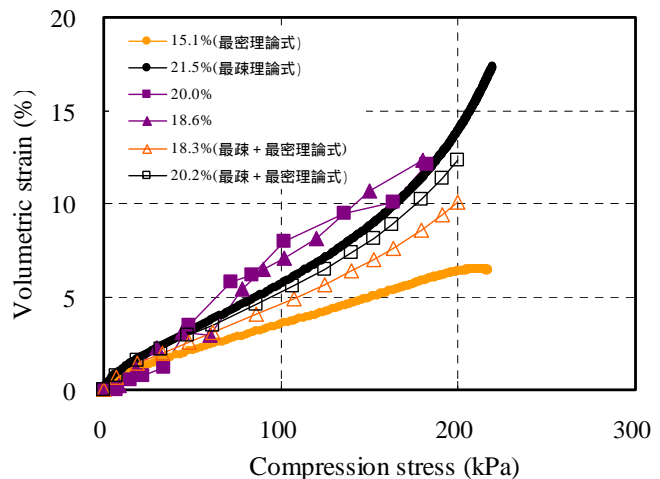


Fig.2 スチレン棒の圧縮に伴う骨格変化に起因する体積ひずみ量  
Volumetric strain of the pore phase caused by deformation of the styrene