

変形性粒子を含む混合土の圧縮特性に関する研究

－粒子の移動に起因する圧縮成分の分離－

Study of Compression Characteristic of Soil Mixed with Deformational Particles

- Classification of Compressive Component caused by Particle Movement -

○木全 卓, 正木裕也, 工藤庸介

KIMATA Takashi, MASAKI Yuya and KUDO Yosuke

1. はじめに

これまで、軽量地盤材料の有用性とリサイクル材料の有効利用の観点から、廃棄発泡プラスチック破砕片の軽量な地盤材料としての利用可能性を調べてきた。その結果、この破砕片を用い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有効に利用できる可能性があることがわかっている¹⁾。その一方で、破砕片はそれ自身の剛性が低く混合土としての圧縮量も大きくなり、その成分としては、(1)変形性粒子自身の圧縮による体積変化と、(2)変形性粒子の変形に起因するさらなる骨格変形による体積変化とが付加されることもわかっている²⁾。このため、アルミ棒と発泡スチレン棒を用いた積層体の一次元圧縮試験を行い、これらの変形性粒子に起因する体積変化の付加分についてさらなる検討を進めているところである。今回は、これまでの研究結果³⁾をもとに、実験結果への幾何学的なモデルの適用性を確認するとともに、ランダムな配置構造での一次元圧縮試験も行って粒子の移動に起因する圧縮成分の定量的な分離・評価を試みた。

2. 試料および試験方法

本研究では、積層体要素として直径 15mm の市販のアルミ棒と発泡スチレン棒を長さ 50mm に切断した円柱状の試料を用いた。また、一次元圧縮試験用の容器については要素の移動が再現できるよう内寸を幅 300mm×高さ 220mm(要素数で 20 列×15 段程度)とした。Fig.1 にはランダム配置構造の初期状態の一例を示す。圧縮は水平に支持した真鍮製の載荷板を介して行うが、圧縮速度は供試体の剛性に応じて 0.1~1.0mm/min とし、圧縮応力が 200kPa になるまで続けた。そして、圧縮に伴う骨格や粒子の変形・移動をデジタルカメラで撮影し、変形性粒子である発泡スチレン棒や間隙部分の体積変化を Adobe Photoshop の機能を用いて画像解析した。

3. 一次元圧縮試験の結果と考察

(1) 幾何学的モデルによる正方・六角配置のシミュレーション

正方配置や六角配置のような粒子の移動を伴わない場合の圧縮メカニズムは、幾何学的な関係から定量的に導くことが可能である。よって、実験結果から変形性粒子である発泡スチレン棒の応力-ひずみ関係を双曲線で近

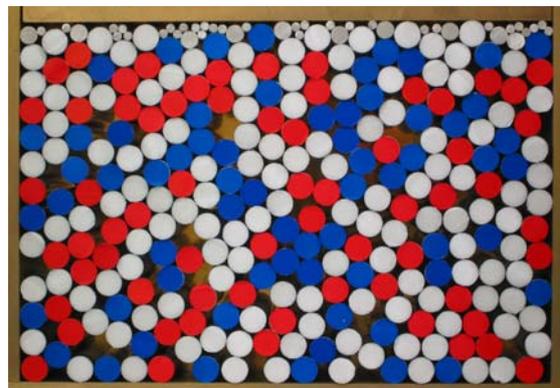


Fig.1 Random arrangement (initial state)

似し、これを用いて変形性粒子自身と間隙部分の体積変化をそれぞれ算出した。その結果を Fig.2 に示したが、実験結果を概ねうまく予測できていることがわかる。また、いくつか条件を変えて実験やシミュレーションを行った結果、個々の粒子にかかっている応力で体積ひずみを整理すれば、このような関係は正方・六角配置に関わらず、ほぼ供試体の初期間隙比によって規定されることもわかった。ただし、実際の土では土粒子の移動も生じるため、次節ではランダムな配置構造での圧縮挙動について議論する。

(2) ランダム配置における検討

ランダムな配置構造の場合には、粒子の移動に起因する体積ひずみが新たな成分として加わる。この成分は、間隙部分の体積変化の一部として現れると考えられるため、実験結果から間隙部分の体積変化のみを抽出し、プロットしたものが Fig.3 である。この図には、粒子の移動が無い場合に適用可能な上述のモデル式による予測結果も併せて示してあるが、ランダムな配置の方が予測式によるものよりもいくらか大きな体積ひずみを示していることがわかる。あまり大きな差ではないが、これが粒子の移動に起因する成分にあたると思われる。この成分については、概ね圧縮応力に比例して発現しているようにも見受けられ、いわゆるダイレイタンスーのような扱いで評価できる可能性がある。その詳細についてはさらなる検討が必要であるため、今後の課題としたい。

4. おわりに

本研究では、アルミ棒と発泡スチレン棒の積層体を用いた一次元圧縮試験を行い、変形性粒子の移動に起因する圧縮成分の分類・評価を試みた。その結果、この成分は明確に分離でき、ダイレイタンスー的な扱いで評価できる可能性が明らかになった。今後は、幾何学的なモデルで評価できる(1)「粒子自身の変形による体積圧縮」と(2)「それに起因する骨格構造の変形による間隙部分の減少」にこの成分を加えることにより、変形性粒子を含む混合土全体の圧縮特性がモデル化できるよう、さらに検討を進める予定である。

[参考文献] 1) 木全 他(2001)：廃棄発泡プラスチック破砕片混合土の力学特性—締め固めた試料の基本的力学特性—, 農業土木学会論文集, No.213, pp.93-100. 2) Kimata et al.(2004) : Analysis of compressibility of soil mixed with deformable particles, Proc. of 15th SEAGC, No.1, pp.107-110. 3) 木全 他(2009)：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, 平成 21 年度農業農村工学会大会講演会要旨集, pp.632-633.

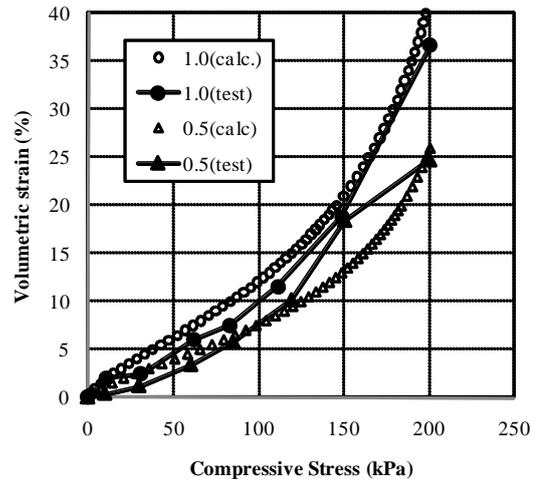


Fig.2 Experiment and calculation results

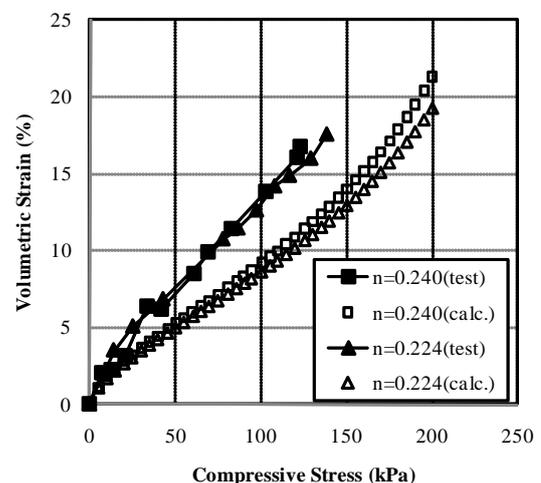


Fig.3 Volumetric strain of pore space