バイオマスを混合した火山灰質粘性土の非排水せん断特性

九州産業大学　学生会員　小川　高史
九州産業大学　正会員　林　泰弘
九州産業大学　正会員　松尾　雄治
九州産業大学大学院　学生会員　東　康平

1. はじめに

軟弱な建設発生土である火山灰質粘性土を有効利用するために，副産物を活用した安定処理技術が研究されている．筆者らは，裁断紙やバーク，竹チップなどを混合することで，火山灰質粘性土の一種である赤ぼくのコーン指数や一軸圧縮強さが改善されることを明らかにしてきた[1)]．本研究では，さらに詳細な力学特性を把握するために，三軸圧縮試験（圧密非排水せん断）を実施した．

2. 試料および実験方法

対象とした火山灰質粘性土は，熊本県阿蘇地方で採取した赤ぼくで，自然含水比 w_n=144.3%，液性限界 w_L=135.0%，塑性限界 w_p=82.3%，土粒子密度 ρ_s=2.743g/cm^3 であった．バイオマスは土に混合しても腐敗しにくく補強や吸水効果が期待できるものとして，シュレッダー裁断紙と竹パウダーの二種を選択した．シュレッダー裁断紙は最大長約 10mm，竹パウダーは最大長約 5mm のものを使用した．

JIS A 1228 に基づいて行ったコーン指数結果[1)]を表 1 に表す．赤ぼく（混合材無し）は第 4 種建設発生土相当であったが，生石灰やバイオマスを 12%混合することで，第 2 種建設発生土相当のコーン指数が得られた．トラフィカビリティーの改良に効果があることが確認できる．

表 1　コーン指数結果（赤ぼく）

混合材(%)	混合率(%)	飽和度(%)	コーン指数(kN/m^2)
なし		92.6	346
紙	12	90.5	1024
竹パウダー	12	88.9	893
生石灰	12	90.9	914

火山灰質粘性土の締固め管理では飽和度規定が用いられる．飽和度が 90%より低い場合には，水浸時の強度低下が著しく[1)]，表 1 のコーン指数試験でもほぼ 90%の飽和度が得られている。そこで本研究では，飽和度が 90%になるように以下の方法で供試体を作製した．

赤ぼくを 4.75 mmのふるいを通過するようにほぐした後，バイオマスや生石灰を加え，土を乱さないように混合した後，静的締固めによる供試体作製方法(JGS0812-2009)によって，直径 5cm，高さ 10cm のモールド内に，飽和度 90%となるように作製した．生石灰を混合した場合のみ，締固め前に恒温庫(20±3℃)で 1 日仮置きの後，同様に締固めて供試体を作製し,再び 10 日間恒温庫で養生した．配合量はコーン指数試験の結果を踏まえて，バイオマス，生石灰ともに赤ぼくの乾燥質量に対して 12%とした．

3. 三軸圧縮試験結果

三軸圧縮試験は JGS0522 に準じて，圧密非排水試験を実施した．供試体を装置に設置し，通水および負圧を用いて間隙中の空気を追い出し，背圧を 100kN/m^{2}与えて飽和させた．次に，所定の有効圧密圧力になるようにセル圧を与えて 3 時間圧密し，軸ひずみ速度 0.06%/min で，非排水状態で軸ひずみが 15%を超えるまで圧縮した．有効圧密圧力は σ'_r =30，60，90kN/m^2 とした．

圧密圧力と間隙比の関係を図 1 に示す．凡例は，AK は赤ぼく（未処理土），B は竹パウダー混合土，P は裁断紙混合土，L は生石灰混合土を意味している．未処理土，生石灰混合土はバイオマス混合土に比べ初期間隙比が高く，生石灰混合土は有効圧密圧力の増加による間隙比の変化が比較的小さいことがわかる． 3t 法により確認した圧密終了時間を図 2 に示す．バイオマス混合土や未処理土は生石灰混合土に比べ圧密終了時間が長く，圧密圧力の増加に伴って圧密終了時間も長くなった．

主応力差と軸ひずみの関係を図 3 に示す．軸ひずみが小さい範囲では生石灰混合土の主応力差が大きいが，軸ひずみ 5%以降では主応力差に変化が見られない。一方、バイオマス混合土は軸ひずみの増加とともに主応力差が大きくなっている．特に，裁断紙混合土にその傾向が顕著である．

有効応力経路を比較したものが図 4 である．この図からも生石灰混合土とバイオマス混合土の違い

がみられ，バイオマス混合土は未処理土と似た挙動を示すことがわかる。

図 4 と式(1)，式(2)で算出した強度定数を表 2 に示す.

$$\phi' = \sin^{-1} m_1 \qquad (1)$$

$$c' = \frac{f_1}{\sqrt{1-m_1^2}} \qquad (2)$$

ここに、m_1は図 4 より得られた直線の勾配，f_1は図 4 より得られた縦軸切片である.

生石灰混合土，裁断紙混合土は，未処理土に比べ粘着力は低下したものの，内部摩擦角は大きくなった．竹パウダー混合土は未処理土に比べて，せん断抵抗角がほぼ同程度であるが，粘着力が低下し強度改善効果が得られないことが分かった.

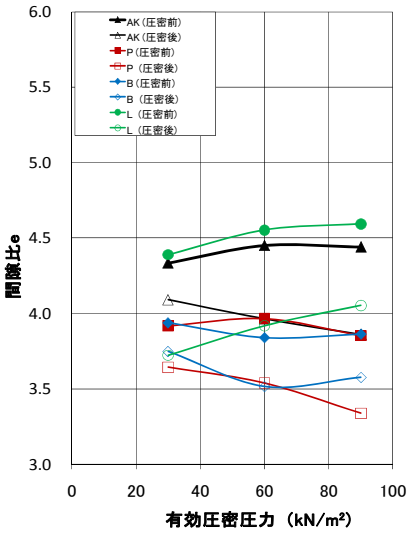

図 1　間隙比と圧密圧力の関係

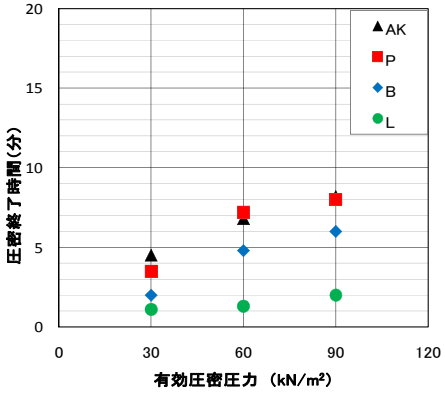

図 2　圧密終了時間（3t 法）

4.　まとめ

赤ぼくに生石灰，裁断紙，竹パウダーを混合した場合，コーン指数の改善効果はどの材料でも大きいが，圧密非排水せん断条件でのせん断挙動や強度定数には違いが見られた。これらの特性を生かした利用用途を考える必要がある。

参考文献　:1）林泰弘・松尾雄治：廃棄物系バイオマスの混合による火山灰質粘性土の安定処理効果に関する室内実験，第 9 回地盤改良シンポジウム論文集，pp. 151-156，2010. 11.

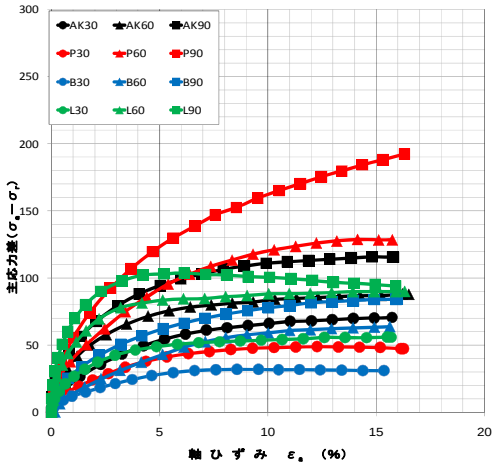

図 3　主応力差と軸ひずみの関係

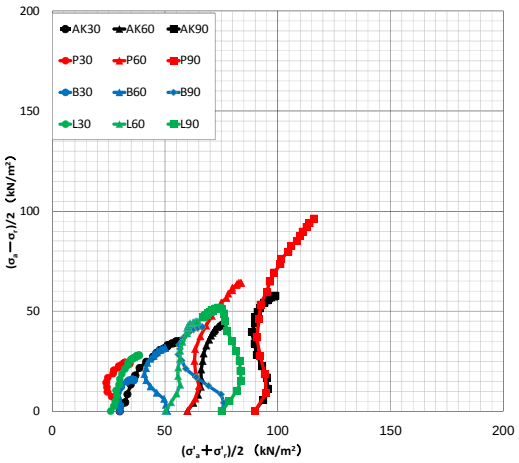

図 4 有効応力経路

表 2　強度定数

強度定数 / 配合名	有効応力 c' kN/m²	有効応力 φ' °
未処理土(AK)	11.4	32.8
裁断紙(P)	0	61.6
竹パウダー(B)	5.7	32.0
生石灰(L)	3.2	41.8