

## 膨張性粘土を土のうち詰め材とした土のうの強度特性に関する実験

京都大学大学院 学生会員 ○大東 優馬  
 京都大学大学院 正会員 木村 亮

### 1. 研究背景

アフリカ東部を中心にブラックコットンソイルと呼ばれる土が分布している<sup>1)</sup>。ブラックコットンソイルは高い吸水性を有し、雨季において吸水膨張により泥濘化し、乾季においては強固に乾燥収縮するため、トラフィカビリティが著しく低い。一方でブラックコットンソイルは土壌の肥沃度を示す CEC 値が非常に高く、化学的には優れている<sup>1), 2)</sup>。このことから、ブラックコットンソイル分布地域では高い農業潜在力を持ちながらもこれを活用できずにいる。これを解決する為に、福林・木村(2007)が展開している土のうを用いた住民参加型未舗装道路改修方法(以下、土のう工法)<sup>3)</sup>を用いて道路改修を行う。通常、土のう中詰め材には現地発生土を用いるが、ブラックコットンソイルを用いる場合、吸水による強度低下が予想されるため、団粒状態のものを粉体状に破碎し中詰め材とするか、もしくは砂分、ラテライトなどの配合を行いたい。しかし前者はブラックコットンソイルが非常に強固に乾燥収縮することから行い難い。また、後者はブラックコットンソイル分布地域では砂分、ラテライトなどの材料が周辺に存在しないため、入手が非常に困難である。そこでまず土のう中詰め材にブラックコットンソイルのみを用いた場合の強度特性を把握する為に、団粒状及び粉体状の膨張性粘土を中詰め材とする土のうの吸水過程における強度特性に関する実験を行ったので、これを報告する。

### 2. 実験方法

ブラックコットンソイルは日本で入手できないため、表 1 のブラックコットンソイルの物性値<sup>1)</sup>に近い(株)段谷化学鉱業原材料産ベントナイトを土のう中詰め材とした。本実験では、荷重-変位関係を得るために一軸圧縮試験機を用いたため、1/5 サイズの土のう(縦 8 cm×横 8 cm×高さ 2 cm)に対して実験を行う。実験条件を表 2 に示す。本実験では団粒状態を表現する為に、ベントナイトを含水比 150% で練り返し、乾燥炉にて絶対乾燥させた上で、最大粒径 4.75 mm, 最少粒径 2.00 mm の範囲で破碎した。また、吸水過程を把握する為に、最大 14 日間水浸を行い、上載圧 780Pa での膨張量、吸水量を計測する。また、土のうの圧縮試験では、1 mm/sec の変位制御のもと、全面載荷(図 1)で最大 5 kN まで載荷を行い、吸水過程における荷重-変位関係を明らかにした。また道路を接地半径が  $a = 0.135 \text{ m}^4$  の 2 軸の 2 t トラック(軸荷重  $W_s = 13.2 \text{ kN}$ )が走行すると仮定して、2 t 車の最大積載時(積載重量  $W_c = 20.0 \text{ kN}$ )のタイヤ接地圧  $q = 255.0 \text{ kN/m}^2$ <sup>5)</sup>及び、本実験での接地面積(縦 8 cm×横 8 cm)から、圧縮荷重が 1.63 kN の時が土のうが 2 t 車の走行時に受ける力に相当すると見なし比較を行う。ただし、圧縮試験では静的に荷重をかけている点、全面載荷において輪荷重を表現している点で、実際の輪荷重とは異なるため留意する必要がある。

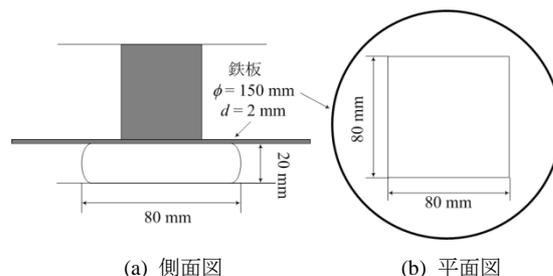


図 1 載荷方法 (全面載荷)

表 1 試料の物性値<sup>1)</sup>

試料	タイプ	液性限界 $w_L$ (%)	塑性限界 $w_p$ (%)	自由膨張率 (倍)
スーダン産 ブラックコットンソイル	---	70.00	41.00	2.00
(株)段谷化学鉱業原材料産 ベントナイト	Ca型	190.51	34.80	5.99

表 2 実験条件

状態	団粒状	粉体状
粒径 (mm)	2.00 ~ 4.75	---
中詰め材体積 $V$ (cm <sup>3</sup> )	128	
ベントナイトの真比重	2.06	
乾燥密度 $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	0.77	1.03
試料質量 $m$ (g)	98.6	131.8
空気間隙率 $n_a$ (%)	62.6	50.0
水浸日数 (日)	0, 1, 2, 3, 5, 7, 10, 14	

Key Words: 土のう工法, ブラックコットンソイル, 道路改修, 膨張性粘土, 吸水過程

〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-4-291 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 TEL 075-383-3136

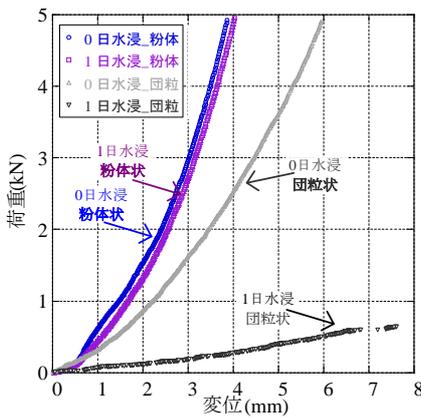


図2 荷重-変位関係 (団粒,粉体,0,1日水浸)

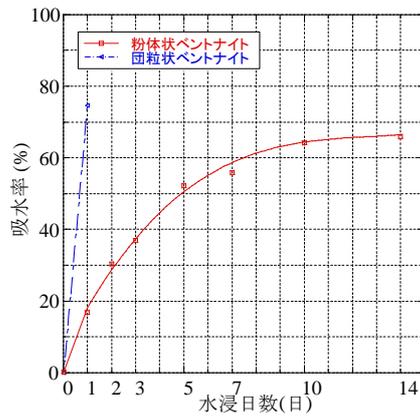


図4 吸水率の時間変化

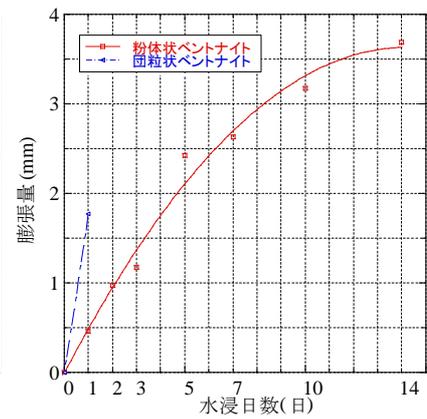


図6 膨張量の時間変化

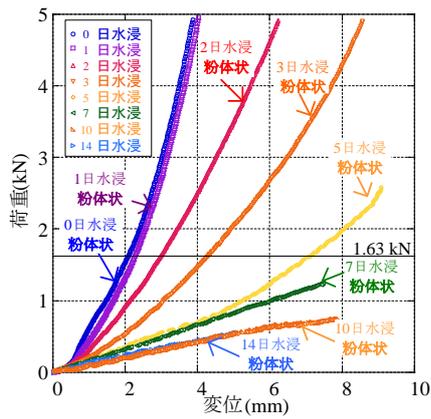


図3 荷重-変位関係 粉体状

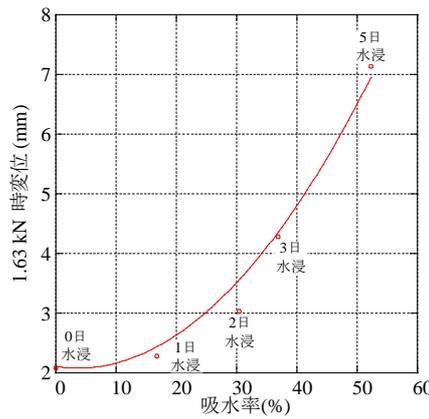


図5 吸水率と1.63kN時変位関係

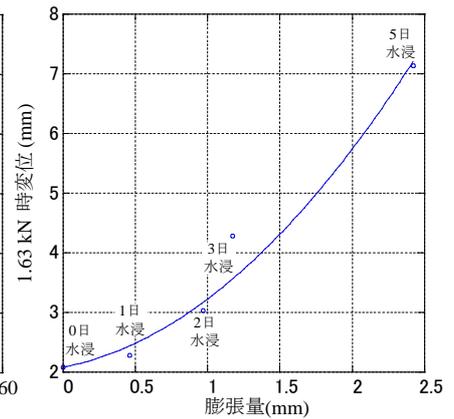


図7 膨張量と1.63kN時変位関係

### 3. 実験結果と考察

図2に団粒状, 粉体状の0, 1日水浸時の荷重 - 変位関係を示す. 1日水浸の時点で団粒状の供試体は強度が著しく低下し, 載荷荷重が1.63 kNに至るまでに破壊に至った. 一方, 粉体状の供試体では1日水浸の時点では乾燥状態時(0日水浸時)と比較して剛性に大きな変化が見られなかった. また表2から団粒状試料の空気間隙率は  $n_a = 62.6\%$  で, 粉体状試料の空気間隙率は  $n_a = 50.0\%$  であり, 粉体状試料の方が空気間隙率が小さいことから, 団粒状試料と比べて透水係数が低く吸水量が下がったと考えられる. また, 図3に示す粉体状の全供試体の荷重 - 変位関係から, 水浸の経過により剛性は低下し, 7日水浸時には載荷荷重が1.63 kNに至るまでに破壊した.

次に図4に吸水率の時間変化, 図5に吸水率と1.63 kN時変位関係を示す. 吸水率は水浸5日目を境に増加量が減少し, 吸水が進むことで変位量は加速度的に増大する. また試験終了時に土のうを解体し土のう内部を観察すると, 水浸5日目において土のう内部全体に吸水が進んでいることが確認された. また図6に示す膨張量の時間変化, 図7に示す膨張量と1.63 kN時変位関係から, 水浸10日目を境に膨張量の増加量は減少し, 水浸2日目を境に変位量が増大することがわかった.

### 4. 結論

土のう中詰め材に団粒状の膨張性粘土を用いた場合, 水浸1日目において破壊に至るが, 粉体状の場合では水浸5日目において破壊に至ることがわかった. また土のう寸法によって浸透メカニズムが変化することが考えられるため, 異なるスケールにおいて実験し考察を行う必要がある.

### 【参考文献】

1) W. J. Morin, Fifth Regional Conference for Africa on SOIL MECHANICS AND FOUNDATION ENGINEERING, pp.1-52 - 1-59, 1971. 2) FAO HP "Corporate Document Repository" <http://www.fao.org/docrep/008/y5749e/y5749e0m.htm>(2013/02/05 アクセス) 3) 福林良典, 木村 亮: パプアニューギニア農村部での「土のう」による住民参加型未舗装道路整備手法の適用, 地盤工学ジャーナル Vol. 2, No. 3, pp.209-221, 2007. 4) 松野三郎, 山下弘美: 舗装技術の質疑応答第1巻, 建設図書, pp.21-22, 1972. 5) 社団法人 日本道路協会: 道路構造令の解説と運用, pp.427 - 444, 1983.