

含水比および土のう枚数をパラメータとした土のうの CBR 値の検討

京都大学大学院 学生会員 ○大東 優馬
 NPO 法人道普請人 正会員 福林 良典
 京都大学大学院 正会員 木村 亮

1. 研究背景

発展途上国農村部における道路インフラ状況は未発達で、村落における生活および経済機能を大幅に低下させる原因となっている¹⁾。その一方で道路行政では農村部にまで公共投資を行う財政体力が無いため行政によるインフラ整備を望むことが難しい状況にある。そこで、これらの問題を解決するため、福林・木村は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)を展開している^{例え2)}。土のう工法とは、現地で入手可能な土材料を中詰め材とした 25 kg のポリエステル製の土のう袋を道路の泥濘化が発生している問題箇所と入れ替え、締固めを行うことで道路改修を実施する方法であり、人力施工が可能である。本手法の今後のさらなる展開において、通常の道路整備手法との比較による補強効果の把握が求められている。そこで、本研究ではケニア国において広く分布するラテライトソイル(以下、Laterite)および、高い膨張性から問題土として認識されるブラックコットンソイル(以下、B.C.Soil)に対して³⁾、含水比および土のう枚数をパラメータとして突き固めによる CBR 試験を実施し、締固めにおいて土のうを用いた場合に得られる効果を非水浸時の CBR 値から比較した。

2. 実験方法

表 1 に実験材料の諸元を示す。

図 1 には、それぞれの材料の粒径加積曲線を示す。地盤工学会基準の地盤材料の工学的分類方法によれば、Laterite は細粒分質砂質礫(GFS)、B.C.Soil は高液性限界粘土(CH)と分類できる。

表 1 実験材料の諸元

Material	Laterite	B.C.Soil
Gravel fraction content [%]	23.15	0.20
Sand fraction content [%]	37.96	2.17
Fine fraction content [%]	38.89	82.24
Soil particle density ρ_s [g/cm ³]	2.53	2.68
Plastic Limit w_p [%]	27.08	35.63
Liquid Limit w_L [%]	45.40	65.50
Plasticity index IP [%]	18.32	29.87
MDD ρ_{dmax} [g/cm ³]	1.35	1.23
OMC w_{opt} [%]	25.31	29.84
CBR value at OMC [%]	19.21	14.50
Soaked CBR value [%]	4.90	1.60
CBR Swelling Ratio [%]	3.87	12.61

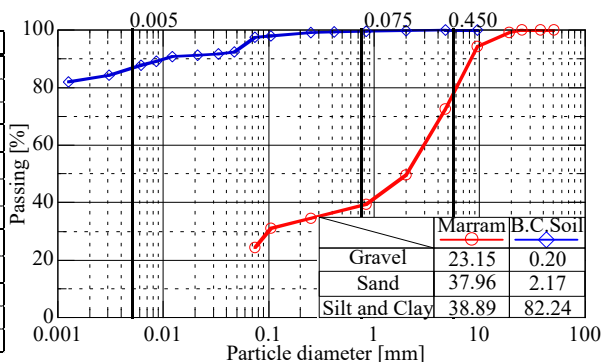


図 1 実験材料の粒径加積曲線

図 2 に土のうを含む CBR 試験の概要を示す。半径 150 mm の円状の土のう袋と締固め後に高さが 42 mm になるよう調整した材料を土のう面がスペーサーディスクに接着するようモールド内に詰め、JIS A 1211-2009 により規格化される突き固めた土の CBR 試験に従い突き固めを行い(図 2 (a))、CBR 貫入試験を行う(図 2 (b))。また、土のうを含む CBR 試験では、材料強度の把握を目的としており、含水比調整した土材料を突き固めた供試体に対してのみ実験を実施し、吸水膨張に関する一連の CBR 試験は実施していないため、材料層厚が結果に影響しないものと仮定して、土のうの模擬は CBR 貫入面をもつ 1 層のみとした。また実験では、自然含水比状態(乾燥状態)の材料に対して、土のう袋を最大 4 枚まで重ねた場合および、最適含水比の前後に調整した土材料に対して、土のう袋を最大 2 枚まで重ねた場合について上記実験を実施した。

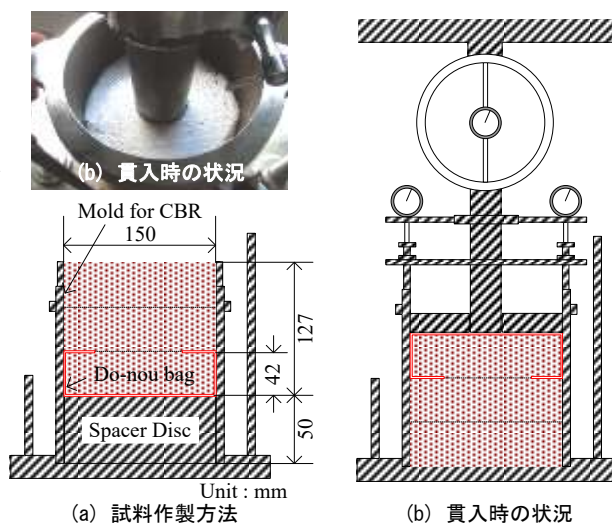


図 2 土のうを含む CBR 試験の方法概要

キーワード 土のう工法, CBR 試験, 膨張性粘土

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院工学研究科 TEL 075-383-3136

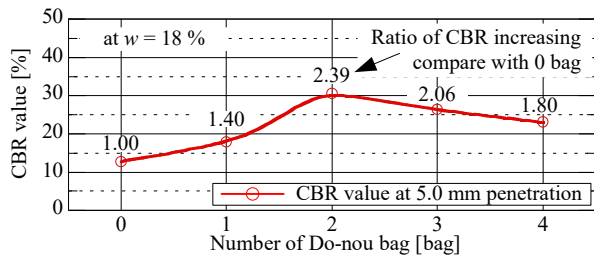


図3 自然含水比の Laterite の各土のう枚数での CBR 値

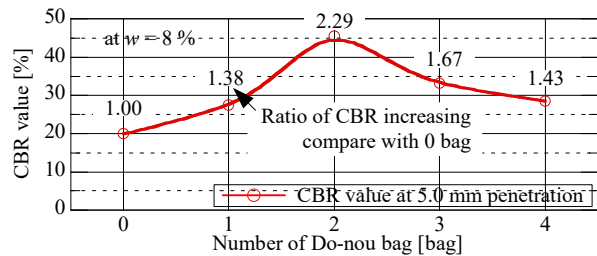


図4 自然含水比の B.C.Soil の各土のう枚数での CBR 値

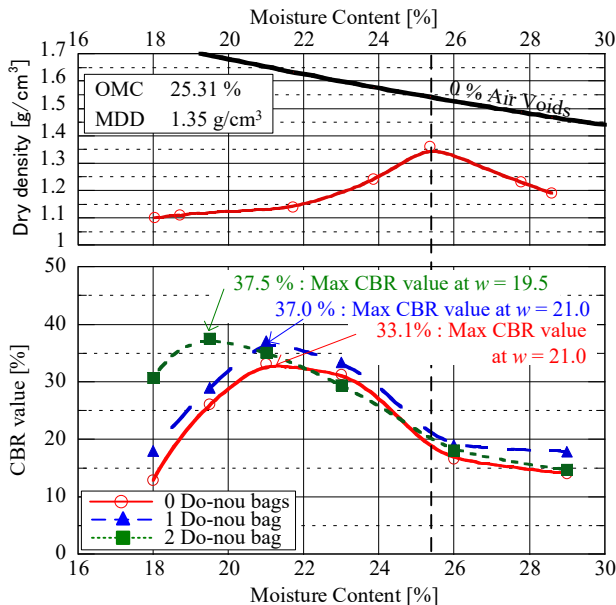


図5 Laterite の各含水比状態における CBR 値

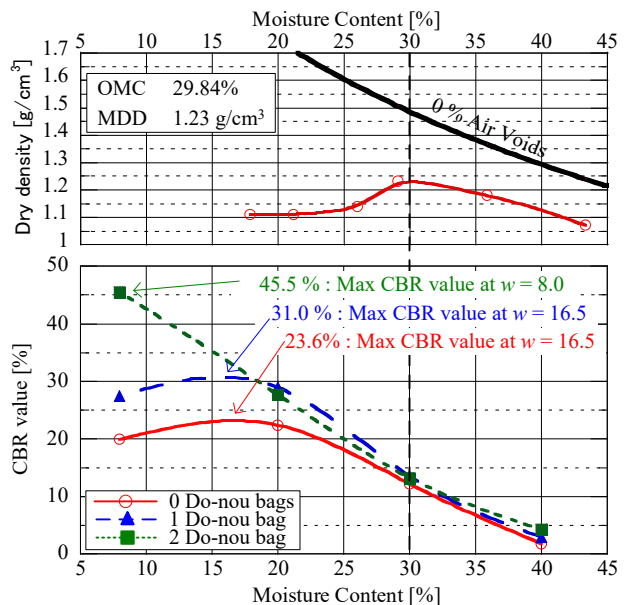


図6 B.C.Soil の各含水比状態での CBR 値

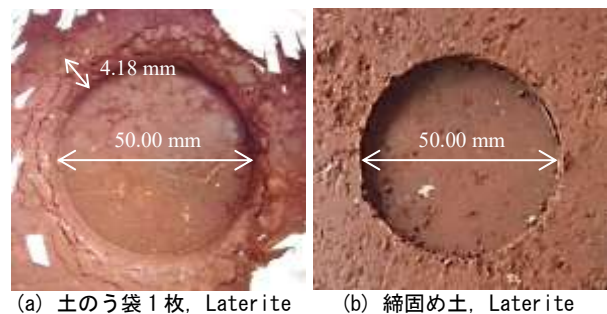
3. 実験結果と考察

図3, 図4に自然含水比状態の Laterite, B.C.Soil に対する CBR 結果を示す. 双方ともに土のう袋2枚を重ねた場合で CBR 値が最も高くなり, 締固め土と比較して 2.29 ~ 2.39 倍の CBR 値が確認される. 一方で土のう袋3枚以上では, 袋枚数を重ねるにつれて CBR 値は低下する. これはモールド内の試料密度が土のう袋により低下するためと考えられる. 以降の試験では土のう袋2枚まで重ねた試料に対してのみ実験を実施した.

図5, 図6に各含水比状態における Laterite, B.C.Soil に対する CBR 結果を示す. 最適含水比が 25.3% の Laterite 試料では含水比 21.0% で締固め土, 土のう袋1枚の場合で最大 CBR 値を示し, その値は締固め土と比較して 1.12 倍となる. また, 土のう袋2枚の場合では含水比 19.5% で最大 CBR 値を示し, 締固め土と比較して 1.13 倍となる(図5). 最適含水比が 29.8% の B.C.Soil では含水比 16.5% で締固め土, 土のう袋1枚の場合で最大 CBR 値を示し, 締固め土と比較して 1.31 倍となる. 土のう袋2枚の場合では含水比 8.0% で最大 CBR 値を示し, 締固め土と比較して 1.84 倍となる(図6). 双方の試料において最適含水比以下で最大値を示し, 最適含水比以上では土のう袋を使用しても 1.1 ~ 1.2 倍の CBR 値しか得られない結果となる. また, 図7に貫入後の供試体状況を示す. 土のう袋を含む供試体では, 貫入幅 50 mm の周囲 4.18 mm においても変位跡が確認され, 土のうを用いることで, 貫入幅以上の範囲で抵抗することで CBR 値が上昇するものと推測できる.

以上から, 土のう袋を用いることで, 1枚のみの場合 1.1 ~ 1.3 倍 CBR 値が確認されることがわかった. 特に2枚の土のう袋を用いた場合では, 乾燥状態において大幅な CBR 値の上昇が確認され 2.3 倍程度となる. 他方, 土のう袋を含む CBR 試験方法については, 土のうの設置の仕方の影響についても今後正しく評価することが課題である.

【参考文献】 1) C. Donngers, G. Edmonds and B. Johannessen: Rural Road Maintenance, Sustaining the Benefits of Improved Access, ILO, 2007. 2) Y. Fukubayashi and M. Kimura: Improvement of rural access roads in developing countries with initiative for self-reliance of communities, Soils and Foundation, No.54, Vol.1, pp.23-35, 2014. 3) W. J. Morin: Properties of African Tropical Black Clay Soils. ARCSMGE, vol.1, 51, 1971.



(a) 土のう袋1枚, Laterite (b) 締固め土, Laterite

図7 貫入後の供試体状況