土のうを用いた仮設道路の構築方法の提案

大林道路(株)　正会員　○光谷　修平
〃　正会員　佐藤　愛琉
〃　正会員　丸尾　繁
広島大学　正会員　木戸 隆之祐

１．目的

粒状路盤材の供給が困難で工事用重機の調達も難しい先進途上国においては，現地の土砂を土のう袋に詰めて（以下土のう化）人力で舗装を行う方法（**図-1**）[1)]が用いられている．我が国の道路では，粒状路盤材を土のう化して道路振動対策に用いる方法が試行[2)]されている．また，構造物の基礎を土のうの積層体で構築する場合の強度特性や設計法に関する研究成果[3)]が発表されている．しかし道路の路床・路盤を現地の土砂を土のう化して構築する方法は，設計法を含め確立されていない．そこで土のうを用い，道路の路床や路盤の役割を担う層（以下，土のう路体）を構築する方法を研究[4)5)6)7)8)]整理した．



図-1　発展途上国における土のう舗装工事

なお前述，道路交通振動抑制用途や構造物の基礎に用いられる土のうに詰める土砂（以下,中詰め材）には，砕石等の良好な強度特性を有する粒状材が使用され，土のう袋には，機械施工で整然と積層可能な直方体のブロック状となる特注の大型土のう袋が使用される．これに対して本研究は，中詰め材に現地発生土或いは比較的容易に入手可能な真砂土等の良質土を使用し，土のう袋も同様に入手し易い市販品を使用する，仮設用途の人力施工による舗装方法の確立を目的とした．

２．使用材料

(1)土のう袋

本研究では、国内で一般的に販売されている化学繊維（ポリエチレン）で粗目に織られた 48cm×62cm の寸法の土のう袋を使用した．土のう袋には用途に応じた形状寸法や織目，材質のものがある．この内織目が細かいものは尖った石片等で裂け易く，土のう路体用途には不向きと判断された．



図-2　使用した土のう袋

(2)中詰め材

粒度が細かくサラサラした砂質土は土のう袋への充填からその後の積並べに至る作業性が良く，粘着力が強く塊化する粘性土や中礫以上が混じる礫質土は作業性が悪い．使用の可否の目安を**表-1** に示す．

表-1　中詰め材に使用できる土砂の目安

	○	△	×
現地発生土	砂質土	細礫交じり砂質土	塑性 or 液性状態の粘性土
	混入石片粒径13㎜以下の土砂	含水比が低い粘性土	中礫交じり土
購入土	砂質土（砂，真砂土）	関東ローム	鹿沼土,黒ボク,腐植土
	粒径15㎜以下の砕石・砂利	シラス	粘土

キーワード　仮設道路，土のう，路体，人力施工

連絡先　〒204-0011　東京都清瀬市下清戸 4-640　大林道路株式会社 技術研究所　ＴＥＬ042-495-6800

現地発生材を現地で簡便に評価する方法は以下のとおり.

・上を歩くなどして状態を確認（液体×　塑性体△　半固体○）する.

・強度特性を確認（剣型スコップが足で刺さるくらい，あまり硬くても扱い辛い）する.

・規模が大きい場合は粒度と含水比を確認し**表-1** に照らして判断する.

３．土のうの利点と積み方

想定する用途とその利点を以下に示す.

(1) 用途

①農林業等における作業車用仮設道路

②災害等による道路破損時の応急処置

(2) 利点

土砂を土のう化すると，袋の張力により変形が拘束される（**図-3**）他，盛土部では土のう間に働く摩擦力によって法面を安定させ（**図-4**），雨水等による土砂の流出を抑制する効果も期待できる.

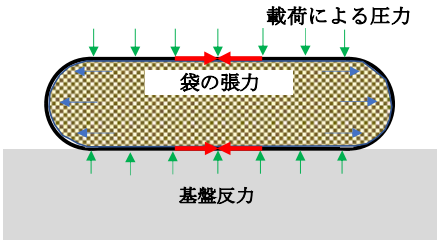


図-3　袋による変形を拘束

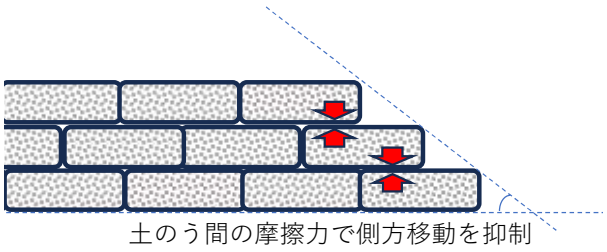


図-4　摩擦力による移動の抑制

(3) 特性

a) 袋の張力による拘束

前述，土のうは袋が十分に張った状態になると土粒子の移動を拘束する．そこで土のう路体は実際の供用と同程度の載荷をその荷重における変位が収束するまで作用（プレ載荷）させて安定化（**図-5**）させる．なお，プレ載荷により発生する内部応力により土のう袋の化学繊維には伸びが生じ，織目が開くとともに，土粒子の間隙が詰まることで余分な水分がある程度絞り出される効果が期待できる．**図-6** は，含水比が大きめの土砂に円形鉄板でプレ載荷を加えた状態である．土のう袋の織目が開き，鉄板との界面に水が滲みだしている.

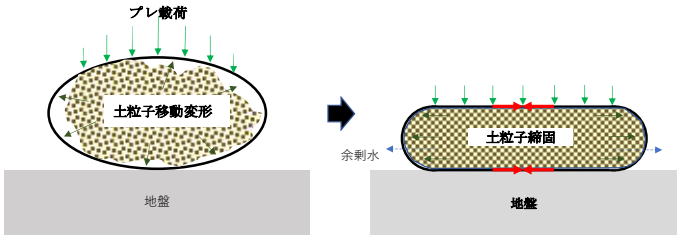


図-5　プレ載荷による安定化

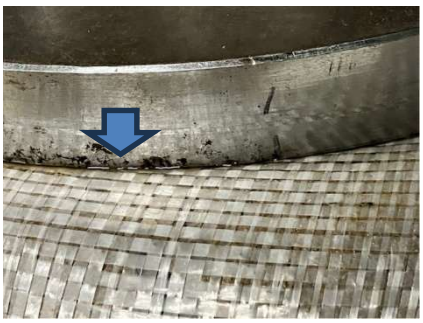


図-6　プレ載荷による水の絞り出し

b) 地盤条件に応じた積み方

土のうの積み方は同じ位置に積み上げる“直積み”と，交互に積み上げる“千鳥積み”に大別（**図-7**）される．“直積み”は力が上下方向まっすぐに伝達される為，プレ載荷による変位の収束が早く良質な地盤上の路体に適している．しかし“直積み”の端部に横方向の拘束がないと上段から横方向の力に抗しきれない懸念がある．これに対して“千鳥積み”は上の１つに力が下の４つに分散して伝達される為，応力分散に優れ軟弱な地盤上の路体に適しており，横方向の力にも耐えやすい.

よって十分なプレ載荷を前提に“千鳥積み”を推奨する.

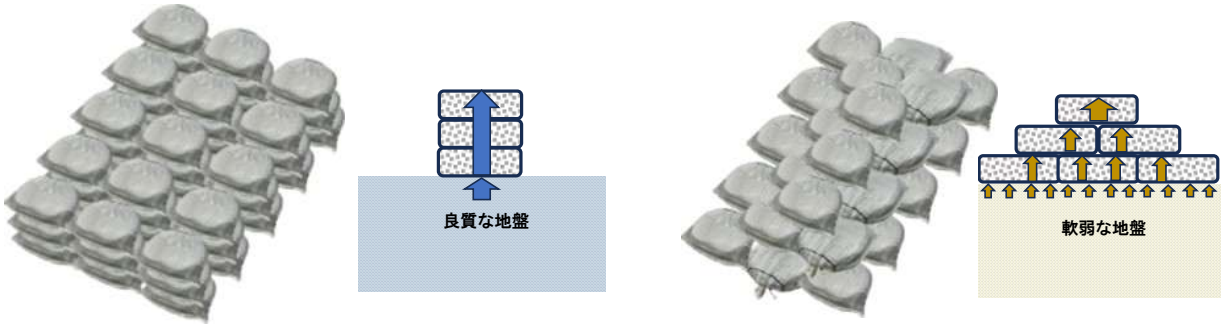


図-7　直積みと千鳥積み

4．設計方法

現在，日本における道路舗装の大部分は CBR・TA 法により設計されたアスファルト舗装である．CBR は路盤や路床の構成材料の強度特性を標準的なクラシャランと比較評価する指標である．TA は路床特性と使用交通量から舗装体の厚さを経験的に決める指標である．本稿では，農林業等における作業車用仮設道路想定した，より簡易的な設計方法を提案する．

(1) 設計車輌

設計車輌は小型自動車とし，その諸元は表-2 とする．

表-2　設計車輌の諸元

長さ	幅	高さ	軸距	輪荷重	輪外間	最小回転半径
4.7m	1.7m	2m	2.7m	17kN	1.5m	6m

(2) 表層の構造

土のう上を車両が直接走行するとタイヤの擦過により土のう袋が破損する．そこで，扱い易さと経済性からコンパネ（比較的水に強い塗装タイプ　12×900×1800）（以後天板）で保護する構造（図-8）を標準とする．

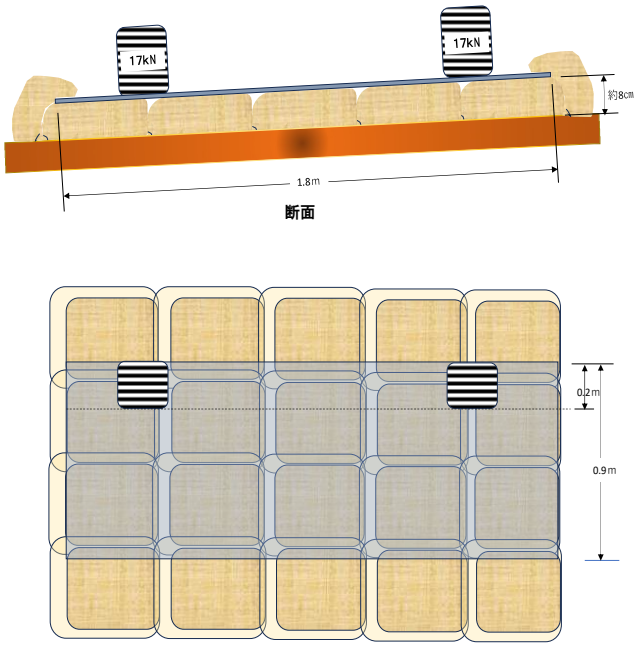


図-8　表層の構造（標準）

(3) 設計荷重

天板端部に 17kN×2 の軸重が作用した場合を想定し，端部底面に生じる接地圧を以下のように仮定する．

（17000N×2）÷（180cm×20cm）＝9.4N/cm^2

表層を構成する土のう１袋が受け持つ荷重は，以下のとおり計算される．

9.4 N/cm^2×20cm×20cm＝3760N

その後荷重は層毎に各土のうの底面へ均一に分散して下層に伝達されるものとする．

(4) 地盤条件

先ず対象とする地盤の状態が軟弱か良質かを地盤面のコーンペネトロメータを用いたトラフィカビリティで判断する．

良質地盤　≧　1200 kN/m^2（コーン指数）　＞　軟弱地盤

車輌の荷重の深さ方向への影響はタイヤ接地長辺の３倍程度まで及ぶと言われており，舗装の構造設計においては舗装下 1 m を路床として事前に試掘調査等して設計条件に加味する．小型自動車を対象とする本方法でも同様に深さ方向の状況を把握することが望ましいが，人力での試掘調査は負担が大きいので，付近の柱状図の閲覧や切土部の切羽等の観察により把握する．

(5) 軟弱地盤上の段数設計

軟弱地盤上に良質な中詰め材を用いた土のう路体を構築する際の段数は設計荷重圧が地盤の地耐力の 1/2 以下に軽減されるよう設計する．

本稿に至る研究において，載荷荷重は土のう各層で概ね**図-9** のごとく伝達分散することを確認している．

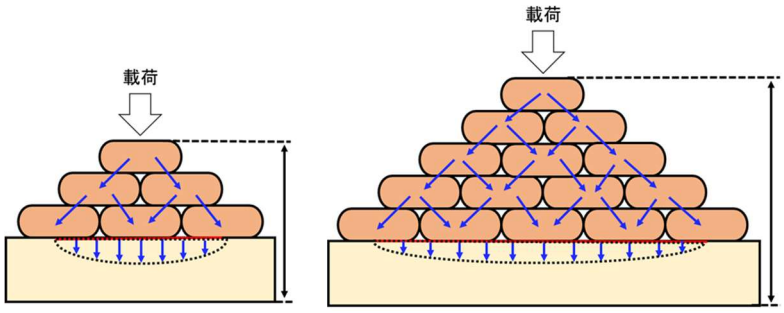


図-9　土のうによる荷重分散

各層土のうの変形は載荷の繰り返しにより 0 に近づき載荷荷重は 100%伝達分散するとして，載荷部直下の土のう底面の接地圧が対象地盤の一軸圧縮強度の 1/2 となる段数を**表-3** により求める．

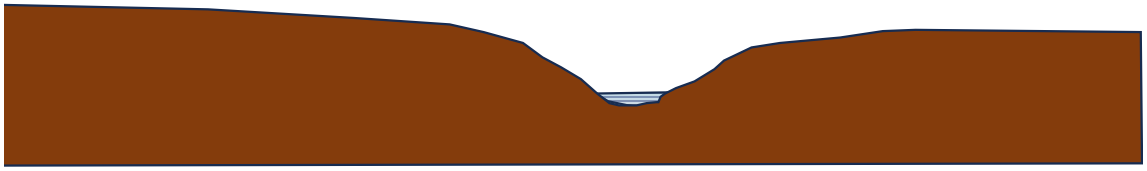
表-3　対象地盤の強度による必要段数

土のう	直下低減	直下荷重(N)	接地圧(N/cm^2)	対象地盤の一軸圧縮強度(kN/m^2)	対象地盤のコーン指数(kN/m^3)
1段	1	3,760	2.35	47以上	470以上
2段	1/4	940	0.59	12以上	120以上
3段	1/4	940	0.59	12以上	120以上
4段	1/16	235	0.15	3以上	30以上
5段	1/16	235	0.15	3以上	30以上
6段	1/64	59	0.04	1以上	10以上
7段	1/64	59	0.04	1以上	10以上

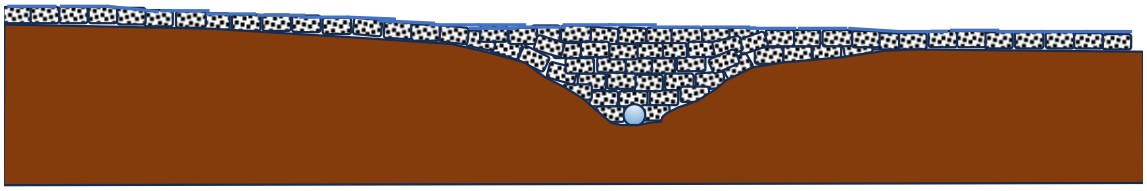
※　qc＝10qu と仮定

(6) 良質地盤上

自然な状態で車両通行が可能な良質地盤において，雨天時のこね返しによる“ぬかるみ”の発生を抑制する為に土のう路体を使用する場合は，高さの調整（**図-10**）と雨水排水を考慮した積み方，並べ方とする．



元地盤縦断面



土のう路体化縦断面

図-10　土のうの段数で高さを調整した路体

良質地盤上の土のう路体の目的は荷重分散効果ではなく雨水の影響の排除にあり平坦な箇所においては１段積みとし凹凸に応じて段数で高さを調整する．また現地盤の土砂の中詰め材への使用が望ましい．図-11 に１段積みの土のう路体の中詰め材を素掘り側溝を路体の両端に設ける際の掘削土で賄う例を示す．この例では，上流側の素掘り側溝で路体に流下する地表水を止めて排水，路体表層上のコンパネで受けた雨水を下流側の素掘り側溝で排水する構造とした．なお素掘り側溝には，適宜管路や桝を設けて排水経路を確保するものとする．また不足の土砂は現地で採取可能であれば採取，難しい場合は購入を検討する．

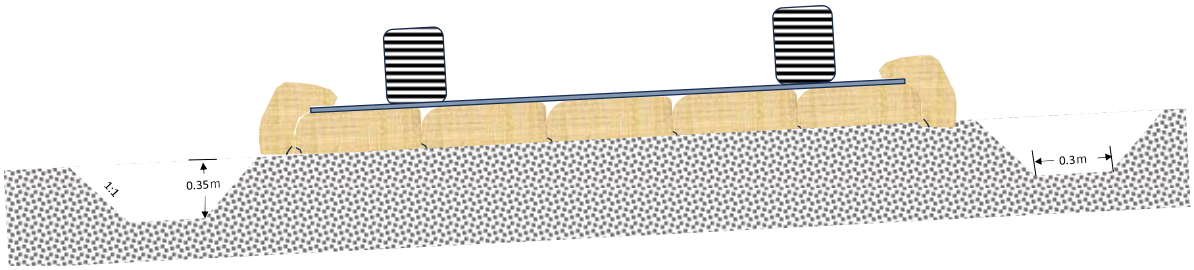


図-11　良質地盤上の土のう路体断面

(7) 良質地盤上に薄い軟弱土層がある場合

飛来，運搬，落葉等により元来良質な地盤上が薄い軟弱土層で覆われている場合があり，当該軟弱土層がスコップ等人力で大きな労力を要さず取り除ける状態であれば，除去した方が段数を増やすよりも合理的となる場合（図-12）がある．

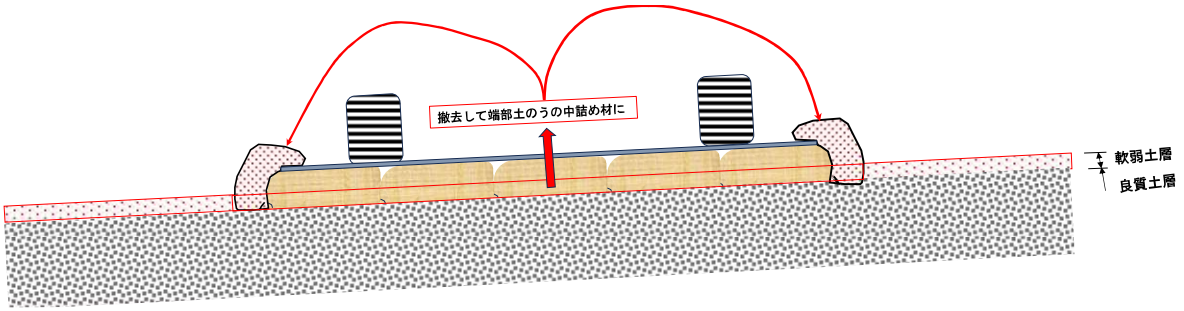


図-12　軟弱土層の除去

５．施工方法

(1) 土のうの詰め方

土のう袋は，口部分を巾着のように通された紐で締める構造となっている．結び目の位置は，余分が 17cm 程度となる袋の下端から 45cm の位置とし，中詰め材は入り目が結び目から指 2 本分（約 4cm）空くくらいの量(図-13)とする．

(2) 土のうの並べ方

雨水が地盤面を流下してくることを想定し, 最下段の土のうは原則結び目が水下側になるよう並べ千鳥となる 2 段目からは結び目も千鳥（2 段目は水上側, 3 段目は水下側）に並べて積む(図-14)．



図-13　土のうの詰め方

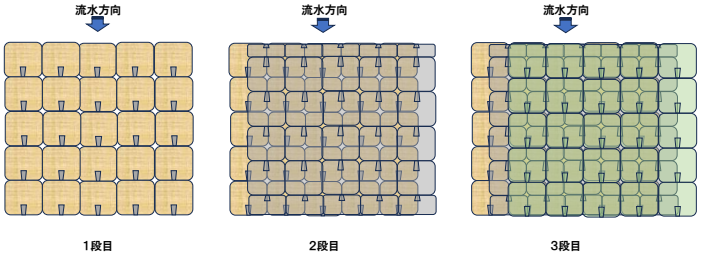


図-14　土のうの積み方

(3) 成形転圧

作成した土のうを所定の位置に並べたら段毎にプレートコンパクタにて表面が平らになり袋が張った状態（以下初期拘束状態）になるまで転圧を行う．

(4) 天板設置

最上段上の天板は車両走行時の跳ね上がりを小さくする, 雨水を速やかに側部へ誘導することを考慮して長辺が横断方向となるようラップを作らずに敷きならべる．敷き終わったら端部に土のうを載せて固定する．この際、土のうは雨水をせき止めないよう間隔を開ける．

(5) プレ載荷

通行対象車輌を用い低速（50m/min 程度）で走行を繰り返し，隣り合う天板の高さが揃うまで載荷を行う．

６．おわりに

土のう路体は，重機類の使用が難しく人力施工に依らざるを得ない場合，砕石の搬入が難しい場合，また供用が短期間で完全な撤去復旧を求められる場合等に有効な方法と考えられる．本稿で提案する方法は，2020 年より実験を積み重ねてとりまとめたものであり, 今後実施工～供用の実績を重ねてブラッシュアップする必要がある．田畑地の通路仮設の DIY 等に活用いただければ幸甚である．

以上

参考文献

1) 福本勝司：第 8 回アジア土木技術者会議（CECAR8）：ラウンドテーブル，2017.
2) 松岡元，山本春行，野本太：D・Box 工法の設計・施工の基礎，pp. 39-44，2020.
3) 松岡元, 劉斯宏, 長谷部智久, 島尾陸 : 土のう積層体の変形・強度特性と設計法, 土木学会論文集, No764, Ⅲ-67, pp. 169-181, 2024.
4) 赤木悟，木戸隆之祐，木村亮他：土のうの繰返し平板載荷試験，土木学会第 76 回年次学術講演会論文集，Ⅴ-465，2021.
5) 林浩範，光谷修平，木戸隆之祐，木村亮他：現地発生土を中詰め材とする土のうを用いた道路断面の理論設計に向けて，土木学会第 76 回年次学術講演会論文集，Ⅴ-464，2021.
6) 丸尾繁，光谷修平，木戸隆之祐，木村亮他：土のうの繰り返し平板載荷試験，土木学会第 77 回年次学術講演会論文集，Ⅴ-83，2022.
7) 西村奈都，木戸隆之祐，木村亮他：土のうの繰り返し平板載荷試験，土木学会第 78 回年次学術講演会論文集，Ⅴ-192, 2023.
8) 佐藤愛琉，丸尾繁，光谷修平，木戸隆之佑：土のうによる舗装構築のマニュアル作成に向けた適切な施工方法および方法の検討，土木学会第 80 回年次学術講演会論文集，Ⅴ−557，2025.