

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的設計に向けて その②

京都大学大学院 学生会員 ○赤木 悟

京都大学大学院 正会員 木戸隆之祐

京都大学大学院 フェロー会員 木村 亮

大林道路株式会社 正会員 林 浩範

大林道路株式会社 正会員 光谷修平

1. はじめに

元来、土のうは土砂災害発生現場における仮設擁壁や水害時の応急対策など様々な用途で使われてきた。そして、近年土のうを路盤材として利用する工法が注目されている。しかし、国内においては現地発生土を中詰め材とした路盤、又は路床の設計手法は確立されていない。そこで本研究では、舗装設計便覧に定められている理論的設計手法¹⁾に基づき、土のうの弾性係数とポアソン比から道路断面の構造設計を行う。本報では、別報²⁾にて述べた研究計画のうち、土のうの弾性係数とポアソン比を評価するための平板載荷試験を実施した結果を示す。

2. 実験概要

舗装構造に応じて積み上げた土のうの弾性係数とポアソン比を測定する。その先行実験として、土のう1段の平板載荷試験を実施した。

土のうの中詰め材には、比較的良質な現地発生土、および粘性土などの低品質な現地発生土を想定して、3種類の中詰め材を用いる。具体的には、良質なものとして真砂土、低品質なものとして真砂土と笠岡粘土を10:3の重量比で混合した混合土A、および真砂土と笠岡粘土を10:6の重量比で混合した混合土Bを用いた。表1に中詰め材毎の投入量と含水比を示す。図1に各中詰め材の粒径加積曲線、図2に締固め曲線を示す。

土のう袋は縦横48 cm×62 cm、引張強度9 kN/mのものを用い、下端から45 cmの位置を結び目とした。各中詰め材において、投入後の土のうの結び目直下には、指2本で掴める程度の隙間が確保されている。また、土のうは図3に示すように縦横40 cm、高さ8 cmの木枠の中に設置して、土のうの高さが木枠と等しくなるまで、プレートコンパクタで転圧した後、平板載荷試験を実施した。中詰め材の投入量は転圧後の縦と横の

幅がいずれも38～40 cmとなるように決定した。中詰め材の含水比は締固め試験から決定した最適含水比に調整した。

図4に繰返し平板載荷試験の概要を示す。最大揚力200 kNの油圧ジャッキと反力装置を用いて平板載荷試験を実施した。載荷板は土のう(40 cm×40 cm)全体を覆うことができる直径45 cmの載荷板を使用した。変位計は、土のうの側面に2つ(両側面に1つずつ)、載荷板の上に2つ設置した。鉛直変位については、2つの測定結果の平均値を各段階荷重の鉛直変位量とした。また、水平方向のひずみ計の先端には直径5 cmの円盤を取り付け、土のうが最も張り出している部分の変位を測定した。

載荷荷重は16 kN、32 kN、48 kN、64 kN、80 kN、96 kNの6段階で載荷し、各荷重を3回ずつ繰返し載荷した。試験開始にあたっては、事前に16 kNの予備載荷を30秒間与え、除荷後30秒経過したときの土のうの形状を初期状態とした。その後、各段階荷重を載荷し、30秒後の変位計を読み取り、直ちに除荷し30秒後の変位計を読み取る作業を繰返し行った。それぞれの中詰め材について3ケースずつ試験を実施した。

また、弾性係数を算出するにあたっては載荷圧が必要となる。しかし、土のうと載荷版の接地面積は載荷途中にも常に変化し続け、測定が困難なため、土のうと載荷版の接地面積を1600 cm²(40 cm×40 cm)と仮定して、100 kN/m²、200 kN/m²、300 kN/m²、400 kN/m²、500 kN/m²、600 kN/m²の載荷圧が作用すると仮定した。

表1 中詰め材毎の投入量と含水比

中詰め材	投入量	含水比
真砂土	20 kg	10%
混合土A(真砂土:笠岡粘土=10:3)	17 kg	13%
混合土B(真砂土:笠岡粘土=10:6)	16 g	14%

キーワード 土のう, 舗装, 弾性係数, ポアソン比, 平板載荷圧縮試験

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂Cクラスター4棟587号室 TEL 075-383-3193

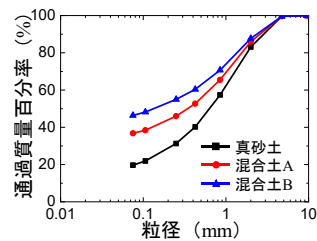


図1 中詰め材の粒径加積曲線

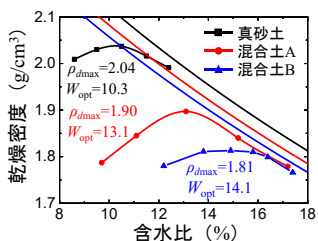


図2 中詰め材の締固め曲線



図3 土のうの転圧方法



図4 繰返し平板載荷試験の概要

3 実験結果

3.1 弾性係数とポアソン比の算出方法

弾性係数の算定式を式(1)に示す。転圧後の土のうの高さと、載荷後及び除荷後に測定した土のうの鉛直変位をもとに、載荷後の鉛直ひずみ ϵ_v と除荷後の鉛直ひずみ ϵ_v' を算出する。載荷後の鉛直ひずみと除荷後の鉛直ひずみの差を弾性ひずみとして、載荷圧力 P (kN/m²)を弾性ひずみで除した値を土のうの弾性係数 E (kN/m²)とした。

$$E = \frac{P}{\epsilon_v - \epsilon_v'} \tag{1}$$

また、転圧後の土のうの横幅と載荷後に測定した土のうの水平変位をもとに、水平方向のひずみ ϵ_h を測定し、載荷後の水平ひずみを鉛直ひずみで除してポアソン比 ν を算出した。

$$\nu = -\frac{\epsilon_h}{\epsilon_v} \tag{2}$$

3.2 測定結果と考察

図5に各中詰め材における載荷圧力と弾性係数、図6に載荷圧力とポアソン比の計測結果を示す。各載荷圧力を3回ずつ繰返し与えたが、同じ載荷圧力では弾性係数とポアソン比にあまり変化は見られなかったため、3回の計測値を平均した結果を示している。また、3ケースずつ試験を実施した中から平均的な結果を1つ選び示している。舗装設計便覧に記載されている一般的な路盤、路床の弾性係数とポアソン比を参考として表2に示す。

いずれの中詰め材においても、載荷圧力が大きくな

るにつれ弾性係数も大きくなることが分かった。細粒分が多い中詰め材の場合、弾性係数が小さくなるものの、混合土A,Bで有意な差はない。今回計測した土のうの弾性係数はいずれの中詰め材においても表2の路盤材の弾性係数(200~300 MN/m²)よりも、路床の弾性係数(40 MN/m²)に近い値であった。今後、引張強度が大きい土のう袋を使うことで、弾性係数が上層や下層路盤と同程度となれば、土のうを路盤材として利用することも可能と考えられる。

ポアソン比に関して、真砂土では載荷圧力の増加に伴いほぼ単調に上昇している。一方、混合土A,Bでは載荷圧力が200 kN/m²に達した段階で、概ね一定の値に落ち着いている。これは、混合土A,Bに関しては載荷圧力が200 kN/m²程度に達した段階で体積圧縮が平衡状態に達し、ポアソン比が一定の値に漸近したためと考えられる。また、今回の計測結果は表2に示すポアソン比よりも小さな値または同程度の値である。つまり、ポアソン比の観点から判断すると、土のうを路盤材として使用可能であると考えられる。

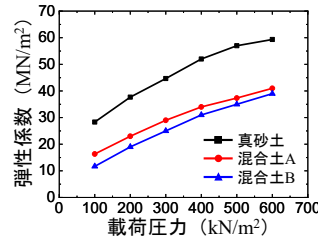


図5 載荷圧力と弾性係数の関係

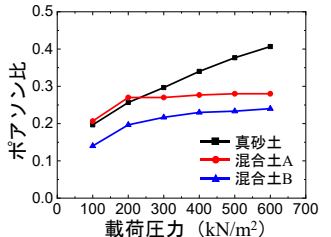


図6 載荷圧力と弾性係数の関係

表2 弾性係数とポアソン比の例¹⁾

弾性係数 E (MN/m ²)			ポアソン比 ν	
粒度調整碎石 / 上層路盤	クラッシャーラン / 下層路盤	路床	粒度調整碎石 / クラッシャーラン	路床
300	200	40	0.3~0.4	0.4

4. 結論

土のう1段の弾性係数は一般的な路床の弾性係数に、ポアソン比は路盤材や路床材のポアソン比に近い値が得られた。今後、土のうの段数や土のう袋の引張強度を変えた条件等で弾性係数とポアソン比を測定し、土のうを用いた道路断面の構造設計を行っていく。

参考文献

1) 社団法人 日本道路協会：舗装設計便覧，pp. 109-144, 2006
2) 林 浩範，光谷修平，赤木 悟，木戸隆之祐，木村 亮，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的設計に向けて その①，第76回土木学会全国大会年次学術講演会，202