

火山灰質粘性土における上・下層土の粒度分布と森林作業道路面支持力

森林技術総合研修所 林業機械化センター 機械化指導官 なみさき たくみ 波崎 卓巨

森林総合研究所 林業工学研究領域 森林路網研究室 室長 すずき ひでのり 鈴木 秀典



(発表者の波崎さん)

1 本課題を取り上げた背景

林業機械化センターは、適切な森林整備に必要な人材育成に資するため、平成18年度から、丈夫で壊れにくい森林作業道の作設に取り組んで参りました。

しかし、研修を行う利根沼田森林管理署根利山国有林にあります実習林の土質は、火山灰質粘性土、いわゆる関東ロームと呼ばれる軟弱土質で、作設マニュアルどおりに作成しても走行路体の泥濘化(写真-1)や容易に轍が形成され走行性の悪化(写真-2)を招くなど、丈夫で壊れにくい森林作業道とは程遠い仕上がりで、作設に苦慮していました。



写真-1 路面の泥濘化



写真-2 走行性の悪化

この問題を克服するため、文献等(表-1)で紹介されている上層土と下層土とを入れ替える、いわゆる「天地返し」を森林作業道作設時に導入することとしました。

大橋氏・岡橋氏・・・粗切り方法は、(中略)表土を捨て、バケットで路肩部分を転圧し、地山の底の固い土を取り出し路肩に置き、バケットとキャタピラで十分転圧する。(中略)この作業を天地返しという。
田邊氏・・・路面を掘り返し、表土を地下に埋め込み、路面に心土を持ってくる。いわゆる天地返しである。

出典

大橋慶三郎・岡橋清元(2007)写真図解作業道づくり. 全国林業改良普及協会

田邊由喜男監修・大内正伸(2008)これならできる図解山を育てる道づくり. 農山漁村文化協会

表-1 文献等で紹介されている「天地返し」

しかし、この「天地返し」は非常に経験則による所が大きく、効果的に研修に導入するためには、科学的に解明することが必要なことから、国立研究開発法人森林総合研究所、関東森林管理局と共に実施している「林業機械化推進研修・研究協議会」での一試験研究課題として取り組んだ成果について報告します。

2 試験方法

試験地の土質を分析するため、JIS規格に基づき、二つの試験を実施しました。

一つ目は「粒度試験」です。上層土・下層土それぞれの粘土や砂、礫など土粒子の分布状態を質量百分率で算出し、最大粒径についても分析しました。

これにより、上層土と下層土それぞれの粒度分布を知ることが出来ます。

二つ目が「突き固めによる土の締固め試験」です。含水比を変化させながら土を締固め、乾燥密度と含水比との関係を算出します。つまり、どの程度の含水比がドラグショベルで森林作業道を作設する際に行う、バケットや履帯での締固めが効くのかを分析しました。

これらの試験に加え、異なる二つの工法において作設した森林作業道の路面支持力を測定しました。

(写真-3)



写真-3 キャスポルによる計測の様子

今回、比較のため現在作設中の森林作業道において、二つの工法を再現しました。

工法A(写真-4)は、上層土と下層土をしっかり攪拌せずに上層土をそのまま路面に使用し作設しています。

上層土の黒色が路面に広がっている状態がわかります。

一方、工法B(写真-5)は、上層土と下層土を攪拌したり入れ替えることで下層土の茶褐色が路面に現れています。



写真-4 工法 A



写真-5 工法 B

3 試験地

試験は群馬県沼田市にある林業機械化センターの実習林において行いました。当実習林一帯の地質は浅間・榛名・赤城などを供給火山とする降下堆積物で覆われています。



試験地は、上層土のみを用いて路体を構築する工法A及び、上層土と下層土を攪拌して路体を構築する工法Bにより森林作業道を開設し、開設後数回にわたって工法A・Bそれぞれ3箇所において路面支持力を計測しました。

工法Aは、2006年6月、7月、8月に開設。開設後、2年から5年間にかけて、4回支持力を計測。

工法Bの路線は、2007年10月開設。開設後4年間に、3回計測しました。



写真奥からA-1, A-2, A-3



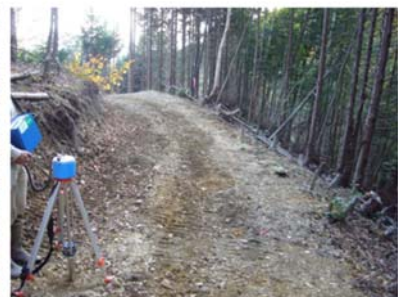
A-3



B-1



B-2



B-3

試験地における上層土と下層土の分布状況です。(写真-6)

上層土が黒色で礫が少ないのに対し、下層土は茶褐色から次第に褐色になり、礫が多くなっています。

観察した法面での各層の厚さは、表土約10cm、上層土約10cm、下層土のうち茶褐色の部分が約30cm、その下の褐色の部分が100cm以上でした。

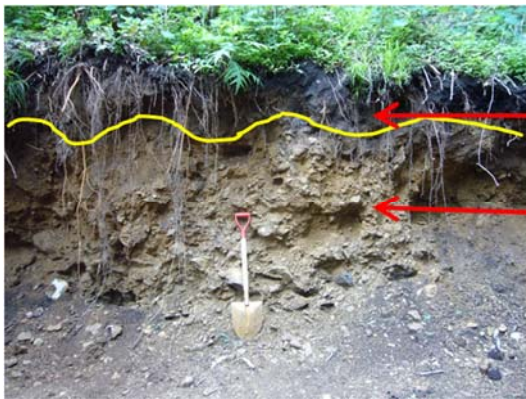


写真-6 試験地の土質

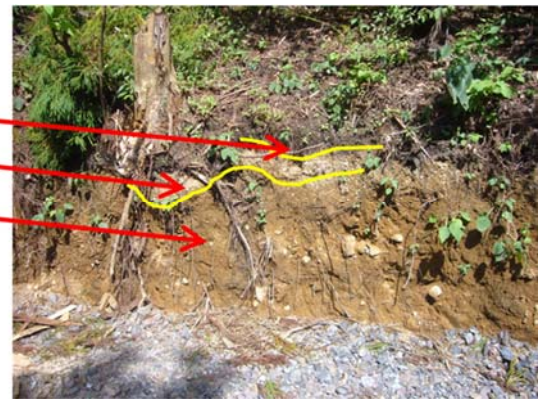


写真-7 近隣の土質

一方こちらは、現在森林作業道を作設中の土質です。(写真-8)

試験地よりも下層土の礫分が少なく、作設が非常に難しい箇所となっています。

路体表面に放置すると雨水などで流出してしまう鹿沼土も、場所によっては層が厚く、攪拌するなどの適切な対処が重要になってきます。



写真-8 森林作業道作設中の土質

4 試験結果と考察

まず含水比については、19mmのふるいを通した資料を用いて計測を行いました。

上層土の含水比は92.3%で、本試験地の作業道でこれまでに計測した含水比とおおむね一致する値となりました。下層土では37.3%となり、相対的に乾いた土であることがわかります。最大粒径について見てみますと、上層土の最大粒径37.5mmに対し、下層土では100mmと非常に大きな石を含んでいます。

また、粒度組成については、下層土で礫分割合が多く、その分砂分割合が少なくなっています。ただし、75mmより大きい粒径の試料も礫として割合を求めています。こちらの図に示しました粒径過積曲線からも、0.1mm以下の粒度組成に大きな違いはないものの、それより大きい粒度組成で差が出ていることがわかります。

これらのことから、他の土よりも格段に密度が大きい礫分、これが少ない上層土よりも、礫分が多い下層土の方が大きな支持力を得やすいことが分かります。(図-1)

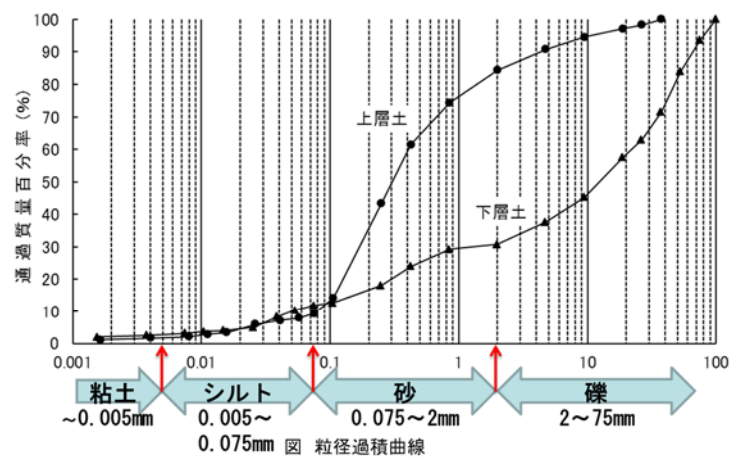


表 粒度試験結果

	含水比 (%)	最大粒径 (mm)	礫分割合 (%)	砂分割合 (%)	シルト分割合 (%)	粘土分割合 (%)
上層土	92.3	37.5	15.63	75.03	7.56	1.78
下層土	37.3	100	69.20	18.94	9.07	2.79

図-1 粒度試験結果

次に、突き固めによる土の締固め試験結果を示します。

上層土では含水比39.4%のとき、最大乾燥密度は1cm³あたり0.900gでした。下層土では22.8%のときの最大乾燥密度は、1cm³あたり1.586gでした。また、各土の自然含水比がそれぞれ92.3%、37.3%であることから、下層土の方が自然含水比に近い最適含水比となっており、自然状態でも、最適条件に近い状態で締固めを行うことができます。一方、上層土においては、最適条件で締め固めるためには、含水比を40%程度まで下げなければなりません。これまでの観測からも、自然条件でこの程度まで含水比が下がることはないと思われ、現場では水分過多の状態での締固め作業を行うこととなります。上層土と下層土を攪拌すると、土の含水比もこれらの間に調整されると考えられ、上層土の高すぎる含水比を下げる効果もあると考えられます。(図-2)

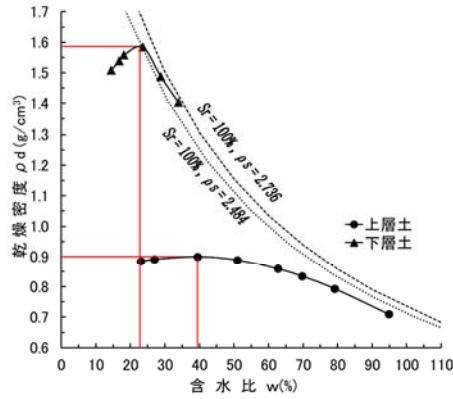


図 乾燥密度-含水比曲線

表 粒度試験結果			
	土粒子の密度 (g/cm ³)	最大乾燥密度 (g/cm ³)	最適含水比 (%)
上層土	2.484	0.900	39.4
下層土	2.736	1.586	22.8

図-2 突き固めによる土の締固め試験結果

つづいて、路面支持力の測定結果を示します。この図の中の、CBR値というのは、キャスポルという路面支持力を測定する装置で計測したものであり、数値が大きいくほど路面支持力が強いことを示しています。

工法Aの森林作業道では、開設直後に支持力が小さい箇所もありましたが、開設後2～5年後には7～10%の支持力となっていました。工法Bでは、開設直後から高い支持力を示す路線もあり、計測期間中の最大値で平均18%の支持力が得られました。約4年後には11～12%の支持力で、減少した結果となっていますが、これは切り取り法面が直切りであり、切り取り法面の崩落による土砂の供給があったことが影響しているものと思われます。(図-3)

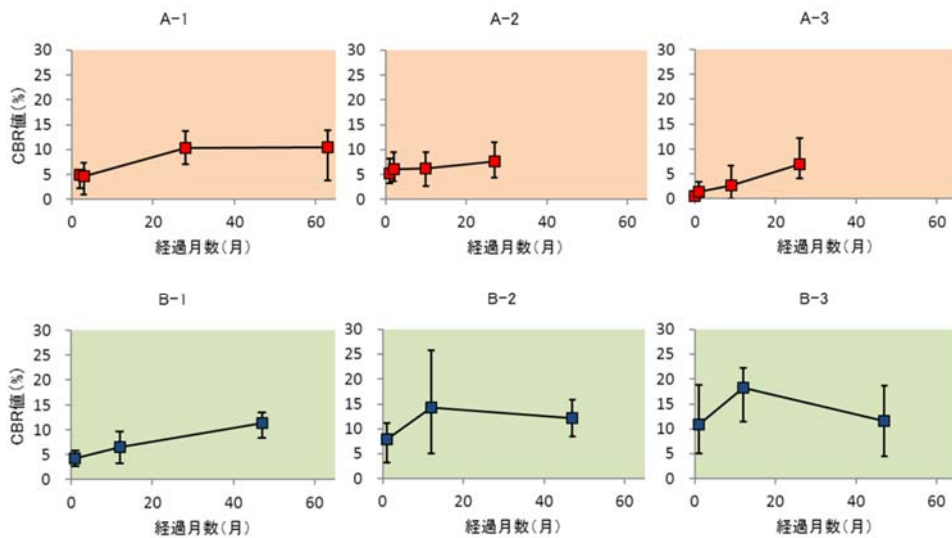


図 路面支持力の比較(中央は平均値、上・下端は最大・最小値を表す)

図-3 路面支持力の測定結果

両森林作業道では作設場所などが異なっているため、下層土を混合したことだけを支持力の差の理由にはできませんが、いずれの計測箇所でも同様の傾向が見られていることから、上層土と下層土を攪拌したことが、より大きな支持力を得た一つの理由であると思われます。

5 まとめ

今回の試験結果から、

一つ目として、同じ場所の上層土と下層土を比較しますと、下層土の方が自然含水比が低い、最大粒径が大きい、礫分が多い、最大乾燥密度が大きい、締固めのための最適含水比が自然含水比に近いことがわかりました。

二つ目として、①の特徴から、下層土を混合して作設した森林作業道は、上層土のみで作設した場合より路面支持力が大きいことが判明しました。

以上のことから、火山灰質粘性土における森林作業道作設に、上層土と下層土を混合する、いわゆる天地返しを取り入れる手法は有効であると言えます。

6 研修の紹介

森林作業道（作設指導）研修においては、研修生同士が、オペレータと指導する側、両方を経験することで森林作業道の普及に必要な知識・技術の習得を目標に実施しました。（写真-9）

研修生が、悩んだりうまくイメージを持ってない時は、こちらのように指導官の作設デモなどをおして、森林作業道作設に必要なポイントなどを再認識させました。（写真-10）



写真-9 森林作業道(作設指導)研修の様子



写真-10 森林作業道(基礎技術)研修の様子

林業機械化センターでは、国立研究開発法人森林総合研究所と協力しながら、今回紹介した研究成果などを、こういった研修の場においてフィードバックし、林業技術の更なる発展に寄与していきたいと考えております。

最後に、本発表に際し、多大なるご協力をいただいた国立研究開発法人森林総合研究所、発表の機会を与えていただきました林野庁業務課をはじめ、ご協力いただきました皆様に、改めてお礼申し上げます。