

火山灰質粘性土における上・下層土の粒度分布と作業道路面支持力

鈴木秀典・山口智・田中良明（森林総研）・加利屋義広（林業機械化センター）

要旨：関東ロームなどの火山灰質粘性土では、自然含水比が高い上に、礫分が少なく最大乾燥密度が小さいため、作業道の支持力不足や、路面の泥濘化による走行性の悪化が問題となっている。しかし、火山灰質粘性土でも、上層と下層で土の物性が異なり、下層からは作業道の作設に比較的適した土が得られることがある。そこで、粒度試験、突固めによる土の締固め試験によって、上・下層土の物性を調べ、同時に、上層土だけを用いて作設した作業道と、上層土に下層土を混合して作設した作業道の路面支持力を比較することとした。粒度試験結果からは、下層土の方が礫分を多く含み、最大粒径も大きいことが分かった。突固めによる土の締固め試験からは、下層土の方がより大きな最大乾燥密度となり、締固めのための最適含水比も自然含水比に近いことが分かった。また、簡易支持力測定器によって路面支持力を測定したところ、下層土を混合した作業道の路面支持力の方が大きくなっていた。これらのことから、火山灰質粘性土地域であっても、下層土の中には作業道の作設に比較的適しているものがあることが分かった。

キーワード：関東ローム、上層土・下層土、含水比、締固め

Abstract : Strip road construction in areas with volcanic ash clayey soils such as Kanto-loam is problematic because of the lack of bearing capacity and degradation of drive performance, on account of these soils having high natural water content, little gravel fraction, and low maximum dry density. Soil physicality occasionally differs between upper and under layers in such areas, and the soils in the latter are relatively more suitable for construction. Hence, soil physicalities are examined via mechanical analysis of the grains and a soil compaction test using a rammer. Furthermore, the bearing capacities of a strip road surface constructed using only the upper layer soil and one constructed using both upper and under layer soils are compared by using the simple instrument for measuring bearing capacity. The mechanical analysis of grains showed that the under layer had relatively high gravel fraction and larger maximum grain size. The compaction test showed that in the under layer, the maximum dry density was higher and the optimum moisture for compaction was close to the natural water content. The measurement of bearing capacity showed that the road constructed using both upper and under layer soils has larger bearing capacity than that constructed using only upper layer soil. These results suggest that some under layer soils in areas with volcanic ash clayey soils are more suitable for road construction than upper layer soils.

Keywords : Kanto-loam, upper and under layer soils, moisture content, compaction

I はじめに

作業道路面の締固めを効果的に行い、走行性のよい路面を作設するためには、粒度分布や含水比が適正な土を用いることが望ましい。しかし、関東ロームなどの火山灰質粘性土では、自然含水比が高い上に、礫分が少なく最大乾燥密度が小さいため、作業道の支持力不足や、路面の泥濘化(5)による走行性の悪化が問題となっている。一方、現場で実践されている工法の中には、表土処理のため、あるいは路面を強固にするために、土を掘り返して表土を地中に埋め込み、路面の資材として心土(表土の下)の土)を利用する(6)ことや、表土を捨て、地山の底の固い土を取り出して転圧する(3)ことなどが紹介さ

れている。火山灰質粘性土地域においても、上層と下層で土の物性が異なることがあり、下層からは作業道の作設に比較的適していると思われる土が得られることがある。このような下層土が上層土とどのように物性が異なるのかを明らかにし、作業道作設の有効性を実証することは、現場の技術を広く普及するために重要である。そこで、これらの土の粒度試験、突固めによる土の締固め試験を行った。また、下層土を混合した作業道を作設し、混合しなかった場合の路面支持力と比較を行った。これらの試験から、下層土の路体構築資材としての適正を明らかにすることを本研究の目的とする。

II 試験の概要

Hidenori SUZUKI, Satoshi YAMAGUCHI, Yoshiaki TANAKA (For. and For. Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687) and Yoshihiro KARIYA (For. Training Inst. For. Mechanization Ctr., Gunma 378-0312), Grain size distribution in upper and under layer soils and bearing capacity of strip roads in areas with volcanic ash clayey soils

1. 試験地と試験方法 試験は群馬県沼田市にある林野庁森林技術総合研修所林業機械化センターの研修林で行った。地質は第四紀火山岩類および新第三紀火山岩類(4)で、一帯は浅間、榛名、赤城などを供給火山とする(1) 降下堆積物で覆われている。

上層土のみを用いて路体を構築する工法(工法A)および上層土と下層土を混合して路体を構築する工法(工法B)による作業道を開設し、開設後数回にわたって路面支持力を計測した。路面支持力の計測は、工法A、Bとも3箇所で行っており(図-1)、それぞれ1から3の番号を付している。工法Aで計測した3箇所はすべて斜面中腹に開設された作業道だが、工法B-1は斜面中腹、2は谷部、3は尾根部となっている。開設された作業道は、工法A、Bとも幅員3.0~3.5m、切土のり勾配70°前後、切土高1.5m程度以下、盛土のり勾配50°前後となっている。工法Aの開設地である128林班わ小班の平均傾斜は19.2°、工法Bの開設地である127林班ほ3小班の平均傾斜は25.6°であった。傾斜の計算には国土地理院の基盤地図情報数値標高モデル(10mメッシュ)を使用した。路面支持力は簡易支持力測定器(株式会社マルイ)で計測した。また、対象路線のうち1箇所(図-1)の作業道切土のり面において、土壌断面を観察するとともに、上・下層土を採取して粒度試験および突固めによる土の締固め試験を行った。本研究においては、土の色や、目視で明らかに判別できる粒度組成の違いをもとに上層土と下層土を区別しており、上層土のうち特に有機物に富む表層部分を表土として区別する。

2. 作業道の作設方法 工法Aでは、上層土と下層土の利用について特に意識することなく、切り取った土から表土を取り除いた残りを盛土に流用している。上層土の下端深さによっては、切土側路面に下層土が出現し、盛

土にも下層土が使用されることがある。植生の早期回復を図るため、表土は盛土のり面の土羽に用いている。

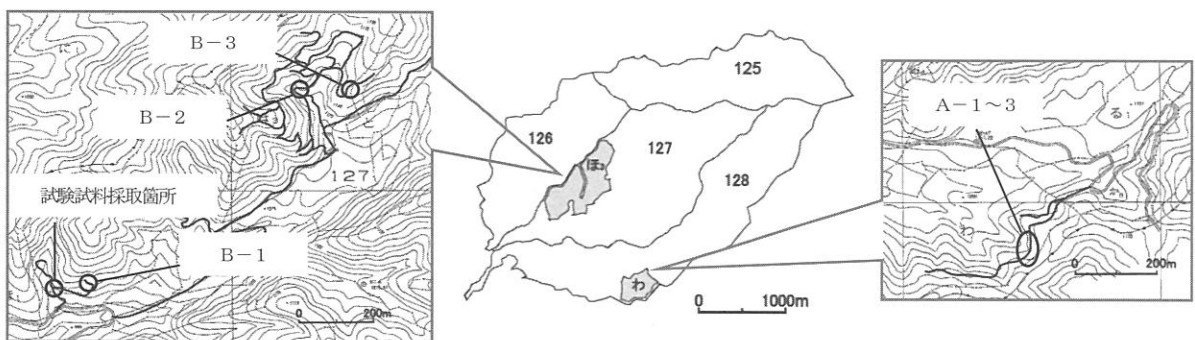
工法Bでは、予定路面高よりも深く掘削して下層土を取り出し、上層土と混ぜたのち、転圧して路体を構築している。切土・盛土側どちらの路面も一旦ほぐした土を転圧しているため、走行によって盛土側の轍だけが沈み込む不等沈下が起きにくい。また、盛土と地山に明瞭な境界線ができず境界線もほぼ水平になるため、地山と盛土の境界で発生する崩壊が起きにくくなる。工法Aと同様、表土は盛土のり面に使用している。

作業道は同センターの指導官によって作設されたもので、工法AとBの路線では作設年が異なる。

III 結果と考察

1. 上層土と下層土の分布 土を採取したのり面では、上層土が黒色で礫が少ないのに対し、下層土は褐色から次第ににぶい褐色になり、礫が多い(図-2)。観察したのり面での各層の厚さは、表土約10cm、上層土約10cm、下層土のうち褐色の部分が約30cm、その下のにぶい褐色の部分が100cm以上であった。なお、土色の判断は標準土色帖(2)による。

2. 粒度試験結果 試験結果概要を表-1に示す。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った。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(5)とおおむね一致する値となった。下層土では37.3%となり、相対的に乾いた土であることが分かる。最大粒径について見てみると、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る。また、粒度組成については、下層土で礫分割が多く、その分砂分割が少なくなっている。ただし、75mmより大きい粒径も礫に含めている。図-3に示した粒度過積曲線からも、0.1mm以下の粒度



林業機械化センターの研修林
(数字・記号は林・小班を表す)

図-1. 試験地図面

Fig. 1 Study area

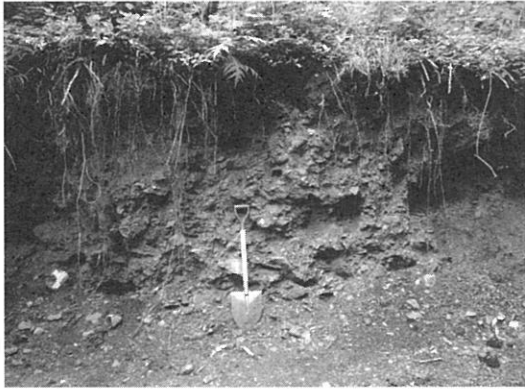


図-2 上層土と下層土

Fig. 2 Upper and under layer soils

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分かる。これらのことから、礫分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る。

3. 突固めによる土の締固め試験結果 結果を表-2および図-4に示す。いずれの土もB-c法によって試験を行った。上層土では含水比39.4%のときに最大乾燥密度0.900g/cm³、下層土では22.8%のときに1.586g/cm³となった。また、各土の自然含水比がそれぞれ92.3%、37.3%

(表-1)であることから、下層土の方が最適含水比に近い自然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る。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らない。これまでの観測(5)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る。上層土に下層土を混入することは、土の含水比をこれらの間に調整することになるため、上層土の含水比を下げる効果もある。

4. 路面支持力測定結果 路面支持力の測定結果を図-5に示す。工法Aの作業道では、開設直後に支持力が小さい箇所があり、開設2~5年後には7~10%の支持力となっていた。工法Bでは、開設直後から10%程度の支持力を示す路線もあり、計測期間中の最大平均値で18%の値が得られた。4年後の支持力は11~12%になっていた。両作業道では作設場所などが異なっているため、下層土の混合だけを支持力の差の理由にはできないが、下層土を利用した効果は大きいと思われる。

IV おわりに

上層土と下層土は、粒度組成、最大粒径、自然含水比

表-1. 粒度試験結果

Table 1 Result of mechanical analysis of grains

	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

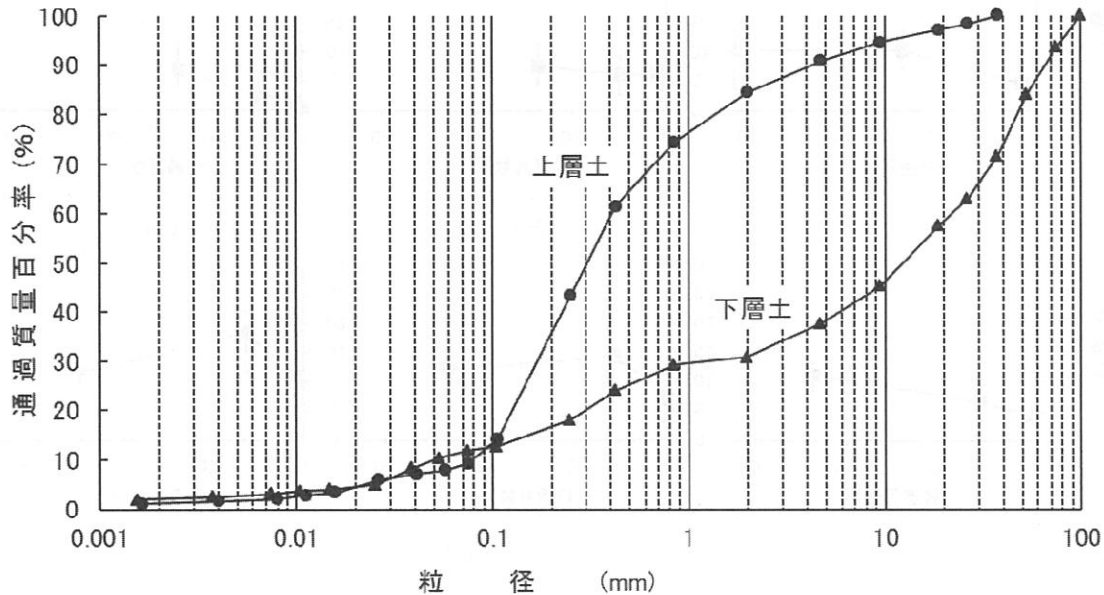


図-3. 粒径過積曲線

Fig. 3 Grain size distribution curve

表-2. 突固めによる土の締固め試験結果

Table 2 Result of soil compaction test using a rammer

	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

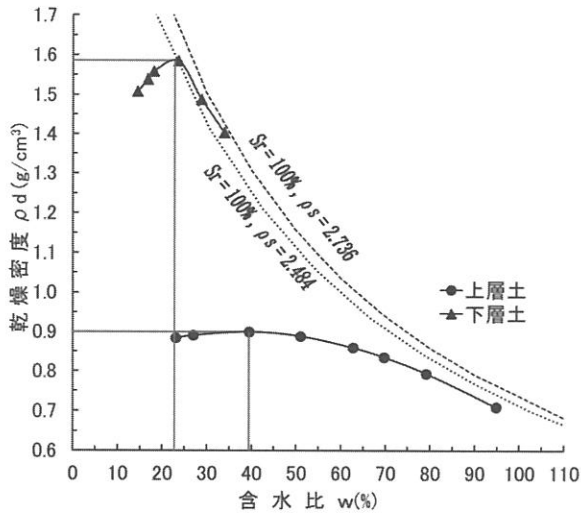


図-4. 乾燥密度-含水比曲線

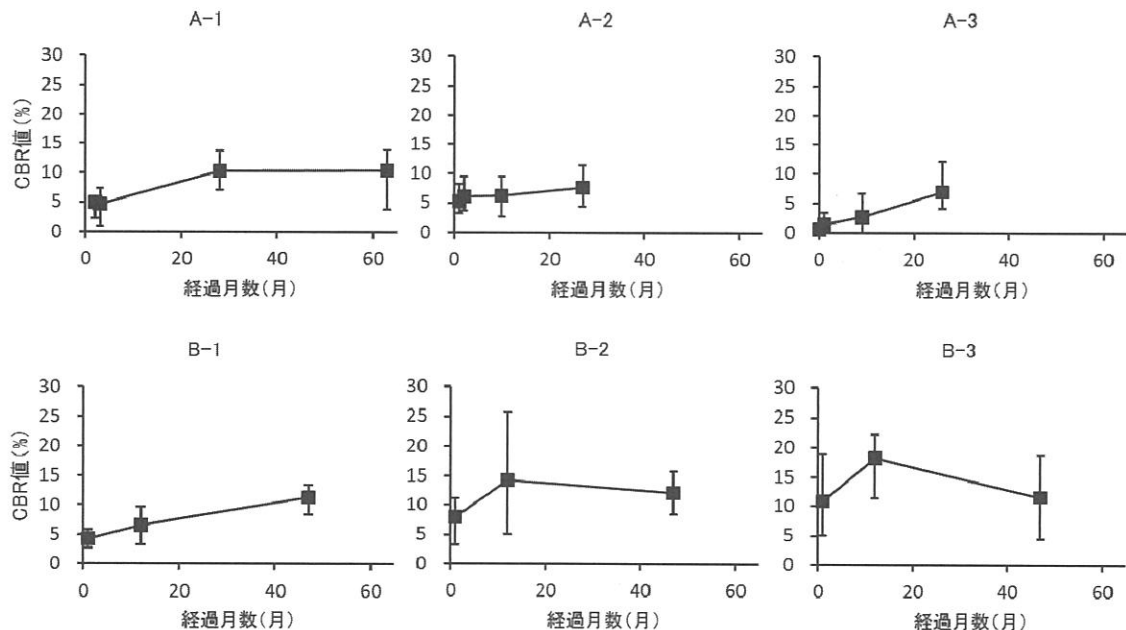
Fig. 4 Dry density-moisture content curve

に違いがあり、最大乾燥密度が大きく異なった。作業道作設における下層土混合の効果としては、礫分の増加および含水比の低下にあると考えられる。また、このよう

な下層土が、関東ロームのような火山灰質粘性土地域からも得られることが分かった。同様の地質条件を有する他の地域でも、このような下層土が存在すれば、より強固な作業道の開設が可能になると思われる。今後は、このような下層土がどのような地形、どの程度の深さに存在するのかについての知見を収集して、路網計画に活用することが求められる。

V 参考文献

- (1) 高速道路調査会 (1973) 関東ロームの土工. 293pp., 共立出版, 東京.
- (2) 農林水産省農林水産技術会議事務局・財団法人日本色彩研究所監修 (2007) 新版標準土色帖. 富士平工業, 東京.
- (3) 大橋慶三郎・岡橋清元 (2007) 写真図解作業道づくり. 106pp., 全国林業改良普及協会, 東京.
- (4) 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2005) 日本シームレス地質図. <http://riodb02.ibase.aist.go.jp/db084/> (2011年9月1日確認)
- (5) 鈴木秀典・山口智・梅田修史・佐藤誠司・加利屋義広 (2008) 火山灰質粘性土における作業道路面の締固めと路面支持力. 森科学誌 22: 271~274.
- (6) 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. 157pp., 農山漁村文化協会, 東京.



平均値と最大・最小値を表す

図-5. 路面支持力の比較

Fig. 5 Comparison of bearing capacity