

作業道開設に伴う軟弱土壌における丸太組（のり留工）と路体の研究

独立行政法人 森林総合研究所 森林農地整備センター

中国四国整備局 広島水源林整備事務所 基盤整備係長 ○井上 弘一
造林係 主任 有村 佳将

1 はじめに

近年、国内の木材生産は、森林・林業再生プランのなかで示されている木材自給率50%を達成するため、適切な作業システムと路網の整備を図ることで、素材の生産性を向上させることが急務となっています。

当センターが実施している水源林造成事業においても、利用可能な時期を迎えた高林齢の林分が多く、これらを搬出するため、高性能林業機械の導入や路網の整備とそれを支える『丈夫で簡易な作業道作り』が重要な課題となっています。

しかしながら、当センターで事業を実施している広島県北部の現場では、「黒ぼく土」等の非常に軟弱な土壌が広く分布しています。写真1～3は当該地域に見られる軟弱土壌の写真です。写真でもわかりますように礫がほとんど含まれておりません。

これらの土壌は含水比が高く、粘性が強いため、作業道を開設する際、所定の路体の強度を確保することが課題となっています。このため、これまでは素材搬出時においてフォワーダ等による小運搬が必要となり、作業効率を低下させる一因となっています。

このようなことから、今回、軟弱土壌の現場において、路床の強度を高めることで2tトラックが安全に走行できる作業道の施工方法について調査研究を行いました。



写真－1 黒ぼく土



写真－2 粘性土

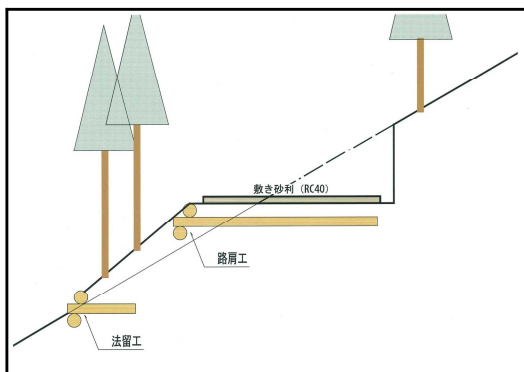


写真－3 褐色粘性土

2 研究目的

現在、当センターが実施する作業道では急傾斜地においては、図－1のような丸太組（のり留工）により作業道を開設しています。のり留工を採用することで掘削断面を小さくし、また盛り土部に立木を残すことにより林地の保護に努めています。（写真－4）

路面はこれまで、黒ボク土等の軟弱土壌の現場においても粒径の小さい砕石を用いて路面の保護を行ってきました。



図－1 のり留工 模式図



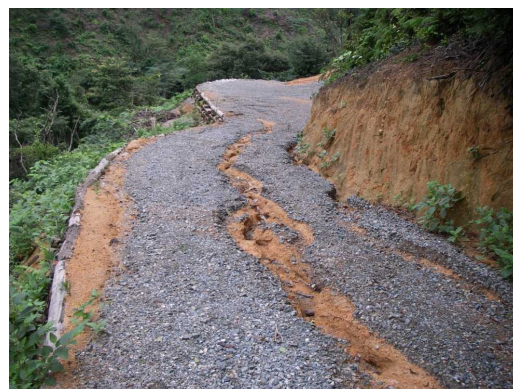
写真－4 丸太組完成

しかし、含水比が高い軟弱地盤の場合、路盤の転圧・締め固めに限界があるため、碎石が路体に沈み込んでしまい、車両が安全に通行できないことが問題となります。(写真－5)

また、急勾配の区間では降雨時の路面水で碎石が流出し、路面が洗掘されることがあります。(写真－6)



写真－5 碎石の沈み込み状況



写真－6 碎石の流出と路面の洗掘状況

このようなことから、今回、軟弱土壌の現場において、2 tトラックが安全に走行できる作業道の施工方法として、路床の一部を別の資材で置き換えることで路床の強度を高めることとしました。置き換え材は、粒径が大きく、現場周辺で比較的安価に入手可能な「山ずり」(写真－7)を使用することになりました。「山ずり」は粒径の不揃いな土石で、ふるい分けをしていない「無規格な材料」です。(写真－8)



写真－7 山ずり状況①



写真－8 山ずり状況②

3 調査内容

(1) 土質試験結果

表－1は、現地で採取した主な3種類の土を、「広島県土質試験センター」で室内C B R試験を行った結果です。試験結果をみると、すべての土質でC B R値が0.7%と、非常に軟弱な土質であることが解ります。

表－１ 室内ＣＢＲ試験結果

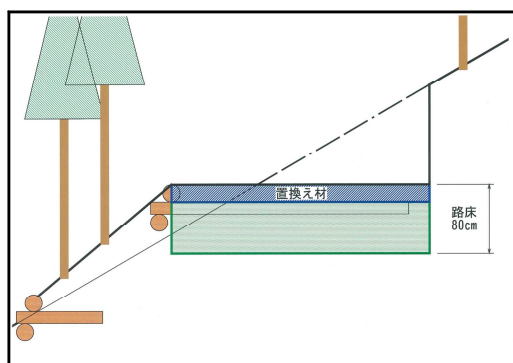
土質区分	黒ぼく土	粘性土	褐色粘性土
ＣＢＲ (平均値)	0.7%	0.7%	0.7%
状況写真			

この現状土のＣＢＲ値と置き換え材である「山ずり」のＣＢＲ値を用いて、目標とする平均ＣＢＲを３％以上として置換え厚の計算を行いました。

(２) 試験区の設定

２トントラックにおける輪荷重の影響する範囲は、図－２のとおり路面下の８０ｃｍ部分となりこれを路床とします。この８０ｃｍの一部を「山ずり」で置き換えることで、路床の強度を高めることとしました。表－２は、計算で求めた置換え厚毎のＣＢＲ値を示しています。３０ｃｍ以上置き換えれば、ＣＢＲ３％以上を確保できることがわかりました。

これを踏まえて、概ね３％に近い２０ｃｍを含めた置換え厚２０、３０、４０、５０ｃｍの４タイプの試験区（延長各１０ｍ）を設定し路床の強度を調査することとしました。



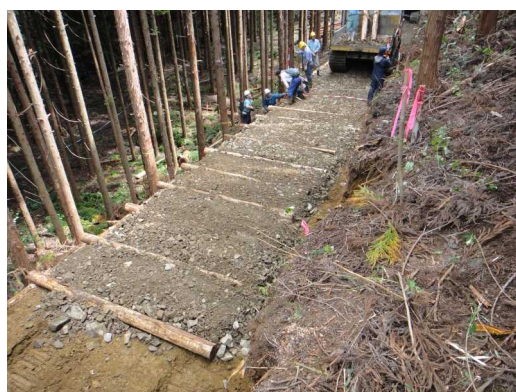
図－２ 置換え模式図

表－２ 平均ＣＢＲ計算結果

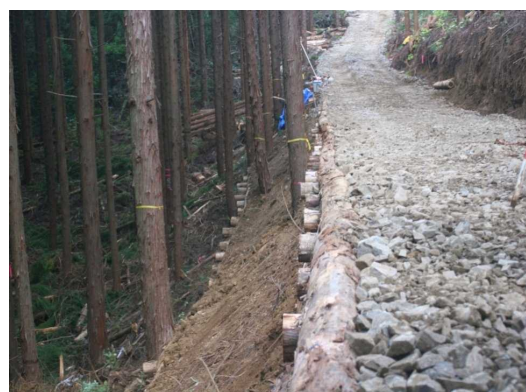
置換え厚	置換え後ＣＢＲ値
１０ｃｍ	１.４％
２０ｃｍ	２.４％
３０ｃｍ	３.９％
４０ｃｍ	５.８％
５０ｃｍ	８.４％

※『山ずり』の修正ＣＢＲ値 ２０％

現状土のＣＢＲ値 ０.７％



写真－９ 試験区施工状況



写真－１０ 試験区完成状況

(3) 路床強度の調査方法

ア 許容支持力

一点載荷試験装置「土力計」(写真－ 11) により許容支持力の測定を行い、2 t トラックが路面に作用する荷重である 145 kN/m^2 を上回る値が得られるか調査することとしました。

イ 路面 C B R

簡易支持力測定器「キャスポル」(写真－ 12) を用いて路面 C B R 値の測定を行い、C B R 3 % を上回る値が得られるか調査することとしました。ただし、「キャスポル」については、「山ずり」のような、粒径の大きい材料で敷き詰められた路面の計測に適していない面があるため、補助的な試験と位置づけました。



写真－11 一点載荷試験装置による調査状況

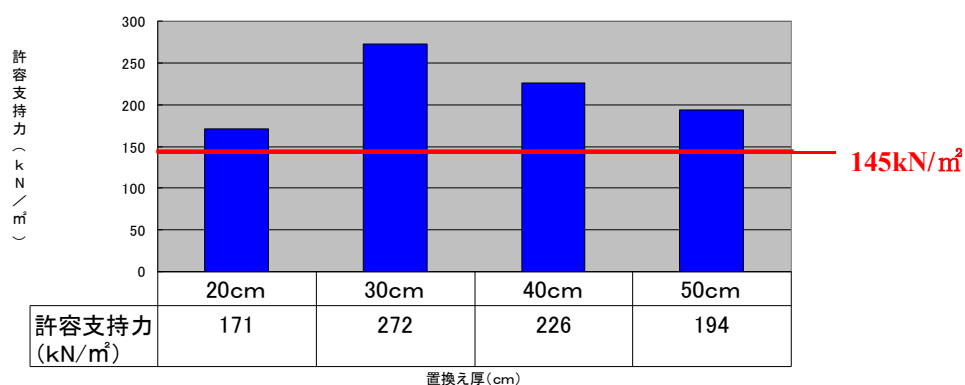
写真－12 簡易支持力測定器による調査状況

4 調査結果・考察

(1) 許容支持力の調査結果

表－ 3 は「土力計」による調査結果で、置き換え厚毎の支持力を示しています。各置き換え厚で目標としていた 145 kN/m^2 を上回る値が確認されました。

表－ 3 置き換え厚毎の許容支持力



(2) 路面 C B R 値の調査結果

「キャスポル」の調査結果においても、各置き換え厚で目標とする C B R 3 % を大きく上回る結果が確認されました。(表－ 4)

表－４ 置換え厚毎の路面ＣＢＲ

試験回数\厚さ	２０cm厚	３０cm厚	４０cm厚	５０cm厚
１回目	１２．０％	１６．６％	１７．６％	１５．５％
２回目	１０．８％	１２．９％	１８．６％	１８．７％
３回目	１１．２％	１５．２％	１８．４％	１５．７％
平均値	１１．３％	１４．９％	１８．２％	１６．６％

以上の結果により、「黒ぼく土」等の軟弱土壌を厚さ２０cm以上の「山ずり」に置き換えることで、２ｔトラックが走行できる路床強度を得られることがわかりました。

２ｔトラックが走行可能と判断されたことから、実際に走行させ、路面の変位を確認するため「沈下量」を計測しました。

５ 走行試験

（１）試験方法

沈下量は、材を積んだ２ｔトラックを走行させ、走行前後のタイヤ通過箇所の高さを計測することで求めました。計測は山側、谷側のわだち部分２カ所において、それぞれ５回行いました。



写真－１３ 走行試験状況



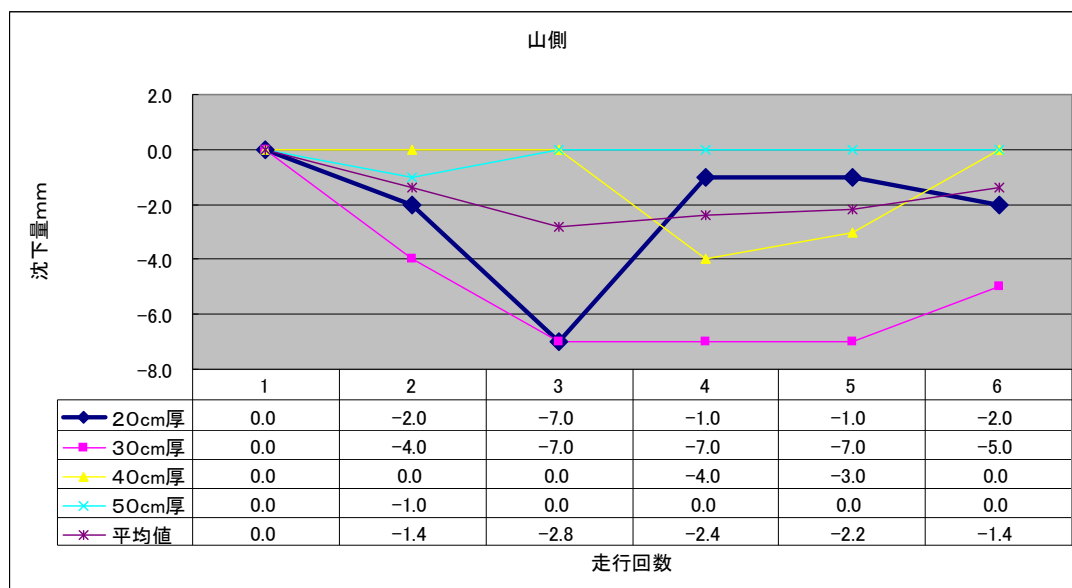
写真－１４ 沈下量の計測状況

（２）走行試験結果

ア 山側

山側のわだち部分の沈下量を計測した結果は表－５のとおりで、変位は２０cm厚の２回目の走行で最大７mmでした。多少沈下量に戻りがあり、最終変位は２０cm厚で２mmでした。

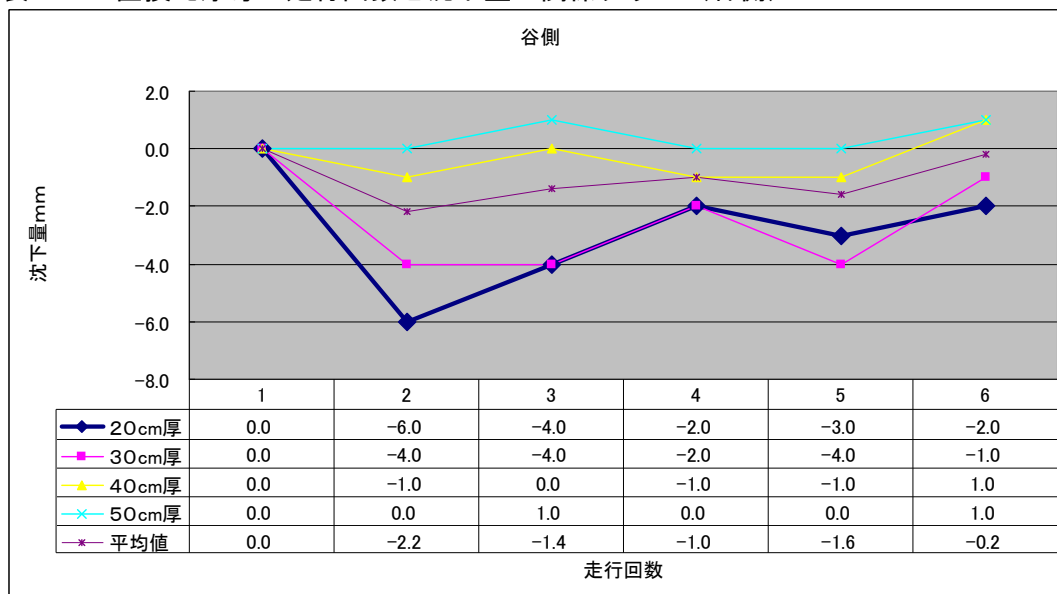
表－５ 置換え厚毎の走行回数と沈下量の関係グラフ（山側）



イ 谷側

谷側のわだち部分の沈下量を計測した結果は、表－６のとおりで、変位は２０cm厚の１回目の走行で最大６mmでした。やはり沈下量に戻りがあり、最終変位は２０cm厚で２mmでした。

表－６ 置換え厚毎の走行回数と沈下量の関係グラフ（谷側）



走行試験の結果から、初期変位はあるものの沈下量に延びはなく、ミリ単位の推移で、大きな変位は認められませんでした。このことから、作業道開設後、２ｔトラックが走行可能であることが実証されました。

6 おわりに

今回の調査により、

- ① 軟弱土壌地域の現場において、路床の置き換え材として「山ずり」を使用することは、即効性があり有効であることが確認されました。
- ② 粒径の大きい砕石が含まれているため、路体の沈み込みを緩和し、更に路面水による洗掘防止に効果を発揮するなど、維持管理におけるコスト縮減にも有効と思われます。
- ③ 2トントラックが走行可能となることで、間伐・主伐時の搬出コストが縮減されるなど、素材生産性の向上が期待されます。

現在、3つの路線において試験区を作成し、調査を継続しています。今後は、より生産性を向上させるため「4 tトラック」が走行できる道づくりについて、検討を進めて参りたいと考えております。また、『丈夫で簡易な作業道作り』に向け、本研究が少しでも、皆様の業務の参考になれば幸いです。