

軟弱路盤に対する丸太埋設の効果

森林技術総合研修所 林業機械化センター

機械化指導官 富元 雅史

機械化指導官 波崎 卓巨

森林総合研究所 林業工学研究領域

主任研究員 鈴木 秀典

研究員 猪俣 雄太



(左から鈴木さん、富元さん、波崎さん)

1 はじめに

森林作業道の軟弱地盤では、車両の繰り返し走行により形成される轍や路体表層の攪拌による泥濘化により集材作業等において作業性の悪化につながることから、一時的な車両の走行性を確保するために、多くの現場で路体表面に丸太を敷き並べこの上を走行するなどの措置がとられています。しかし、車両の履帯が滑ったり、急激な旋回につながったりして安全性を損なう可能性があります。そこで、軟弱路盤において車両の走行性の確保と安全性を高めるための丸太埋設工法について検討しました。また、軟弱地において丸太の状態での埋設は沈み込みや暴れにより走行が不安定になる可能性があるため、丸太を縦割りにして断面を下に向け安定を図り埋設する方法についても検証しました。

2 試験場所

林業機械化センターの研修フィールドである関東森林管理局利根沼田森林管理署南郷森林事務所管内根利国有林137ぬ1林小班に約90mの森林作業道を作設し試験地としました(図-1)。試験地の土壌は、火山灰堆積物で自然状態での含水比が高く、車両走行により攪拌されると泥濘化しやすい関東ロームが卓越し、その上に有機物を多く含み、自然含水比が高く、締め固めの困難な黒ぼく土が覆う構成となっています。



図-1 試験地位置

表-1 試験区の設定

| 試験区 | 丸太 | 深さ | 間隔 | 区間長 |
|-----------|----|------|----|-----|
| 丸太埋設20cm区 | 丸太 | 20cm | 1m | 7m |
| 縦割埋設20cm区 | 縦割 | 20cm | 1m | 7m |
| 丸太埋設0cm区 | 丸太 | 0cm | 1m | 7m |
| 縦割埋設0cm区 | 縦割 | 0cm | 1m | 7m |
| 丸太無し区 | 無し | — | — | 3m |

3 試験方法

試験区として、丸太埋設0cm区、縦割埋設0cm区、丸太埋設20cm区、縦割埋設20cm区、丸太無し区を設定しました(表-1)。丸太の形状で丸太か縦割かを区分し、埋設の深さで0cmか20cmかを区分しました(図-2 横断図)。丸太の敷並べ対策と同様に、丸太が路体表面に出るように埋設した場合を埋設0cmとしました。轍の深さが20cmを超えてくるとフォワーダの走行が困難となってくるため、丸太が表面に出ない場合の埋設の深さを20cmと設定しました。埋設間隔は、使用するフォワーダ(AK-3 魚谷鉄工株式会社製 写真-1)の履帯接地長が約220cmであり、常に丸太2本の上に履帯が乗るように1mとしました。区間長は、埋設区で各区7m、丸太無し区は埋設区間の緩衝帯として設定した3mとしました(図-2 平面図)。

今回使用するフォワーダの諸元を表-2に示します。今回の走行は空荷で行いました。

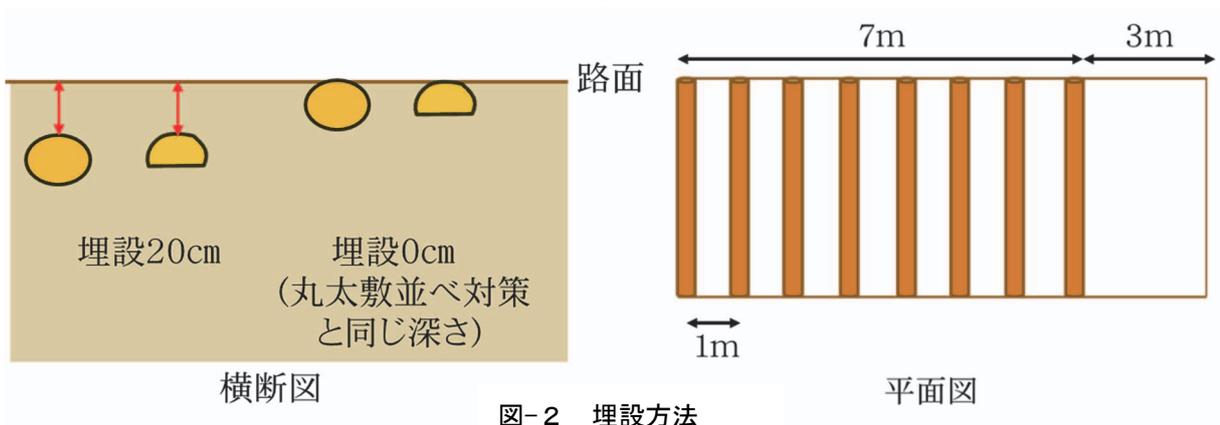


図-2 埋設方法



写真-1 使用機械 (AK-3)

表-2 フォワーダ諸元

| 諸元 | |
|--------|---------|
| 質量 | 4,000kg |
| 最大積載荷重 | 2,500kg |
| 全長 | 4,700mm |
| 全幅 | 1,700mm |
| 履帯形式 | ゴムクローラ |

まず、丸太を敷き並べた路面走行の安全性を確認するためスリップ率を計測しました。試験区とは別に設定した丸太埋設0cm区、縦割埋設0cm区、丸太無し区で実施しました。フォワーダの履帯のゴム側面に等間隔で印を付け、走行させ履帯のマークが路面に接地した箇所に印を付け、路面に付けた印間の距離を計測しました。スリップ率(%)は、 $100(L-L')/L$ で算出しました(L:履帯回転距離(m) L':車両進行距離(m))。

次に、各試験区において走行前後で轍の形状を比較するため、埋設区4箇所と丸太無し区2箇所で走行前後の路面横断形状をトータルステーションで測量しました。測量箇所は丸太が埋設されていない箇所としました。丸太無し区で轍の形成により走行が困難となった27往復まで走行を行いました。

各埋設区の走行前後で埋設した丸太、縦割丸太の移動量を比較するため、埋設した各丸太の両端の位置をトータルステーションで測量しました。

オペレータに対する操作性と安全性を比較するために、試験区とは別に設定した丸太埋設0cm区、縦割埋設20cm区を研修生28名に走行してもらい、アンケート調査を行いました。

4 結果と考察

構造物別のスリップ率と勾配の関係を図-3に示します。すべての試験区において上り下り走行ともに勾配が大きくなるにつれてスリップ率が大きくなる傾向が見られましたが、丸太が路体表面に出ている丸太・縦割埋設0cm区では、上り下り走行ともに勾配が13度以上になると、丸太無し区に比べてスリップ率が高い値となりました。このことから、丸太を敷き並べた路面での走行は、勾配が大きくなるとスリップ率も大きくなり安全性の確保が難しくなるため、勾配の大きいところでは丸太を路体表面に出すような施工は控える必要があると考えられます。

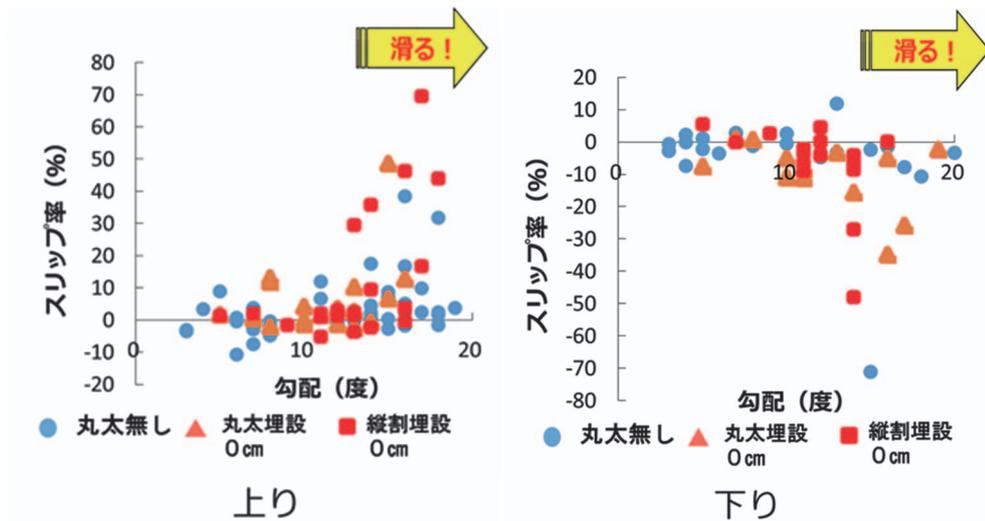


図-3 構造物別のスリップ率と勾配の関係

次に、丸太無し区2箇所と埋設区4箇所について走行前後の路面の横断形状を図-4に、轍の状況を写真-2に示します。丸太無し区の2箇所では、走行前の形状と比べ走行後は履帯接地位置の土が押し出され、大きな轍の形成が見られました。轍の深い箇所では約20cmの轍の形成が見られました。丸太埋設0cm区、縦割埋設0cm区、丸太埋設20cm区、縦割埋設20cm区では、丸太無し区に比べ、轍の形成が少ない結果となりました。最も深い轍の深さは、丸太埋設0cm区で約3cm、縦割埋設0cm区で約1.6cm、丸太埋設20cm区で約1.4cm、縦割埋設20cm区で約1.1cmとなりました。縦割埋設0cm区で轍が約1.6cmと深かったのは、試験区に曲線部が含まれていたため履帯による排土が原因と考えられます。この結果から、埋設区すべてにおいて車両走行による轍の形成に対して抑制効果が認められました。丸太に土が20cm覆っている丸太・縦割埋設20cm区でも丸太無し区に比べ轍の形成が抑制されたことは注目すべき結果です。

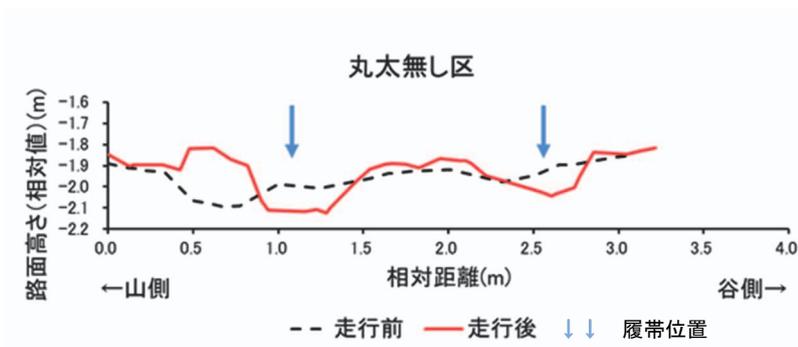
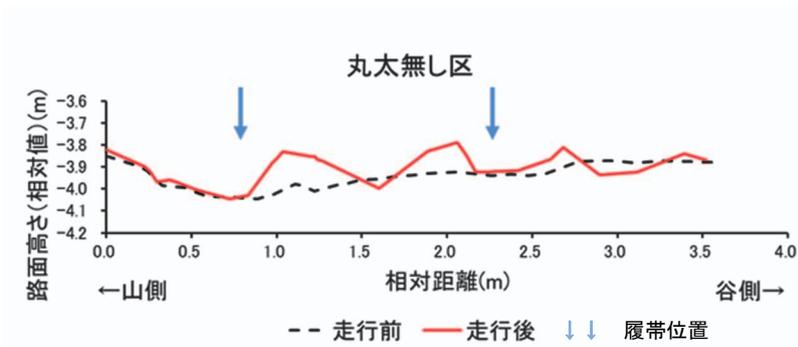


図-4 路面の横断形状

写真-2 轍の状況

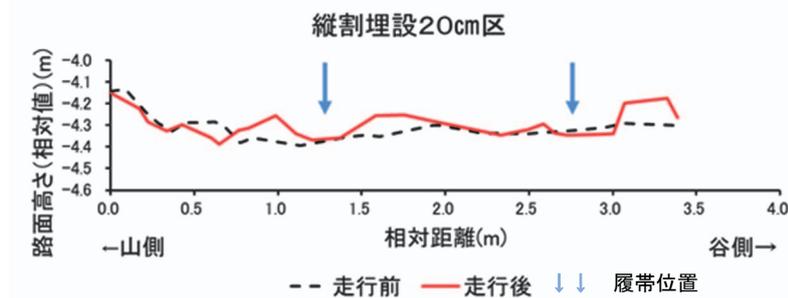
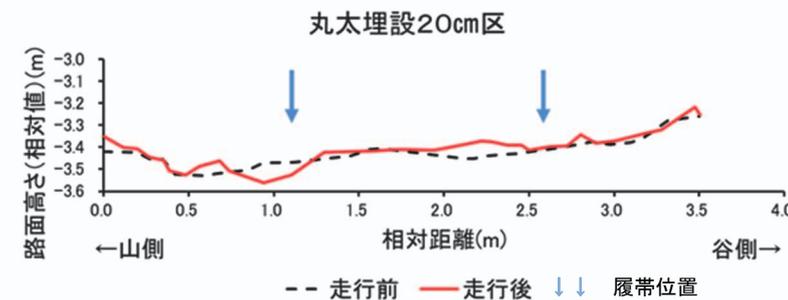
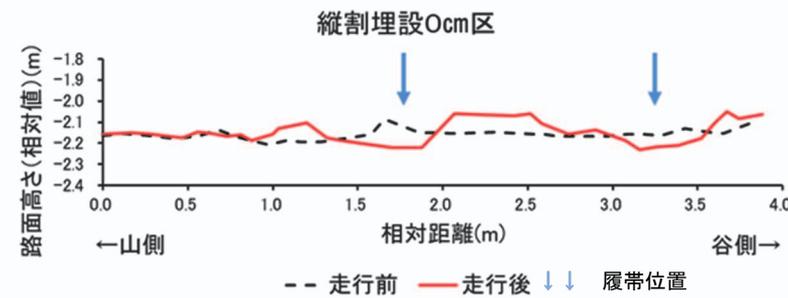
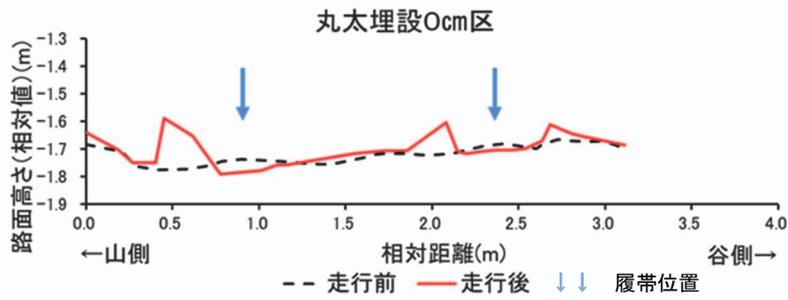


図-4 路面の横断形状

写真-2 轍の状況

走行後の各丸太の水平方向、垂直方向の移動量を図-5に示します。水平方向の移動量は試験区間で差が小さい結果となりました。垂直方向の移動量は他の試験区と比べ縦割埋設0cm区で大きな値となりましたが、試験区に曲線部が含まれたため縦割丸太が走行によって跳ね上がったり反ったりしてしまったことが原因と

考えられます。移動量の結果からは、丸太の安定性について埋設あるいは縦割の効果は認められませんでした。

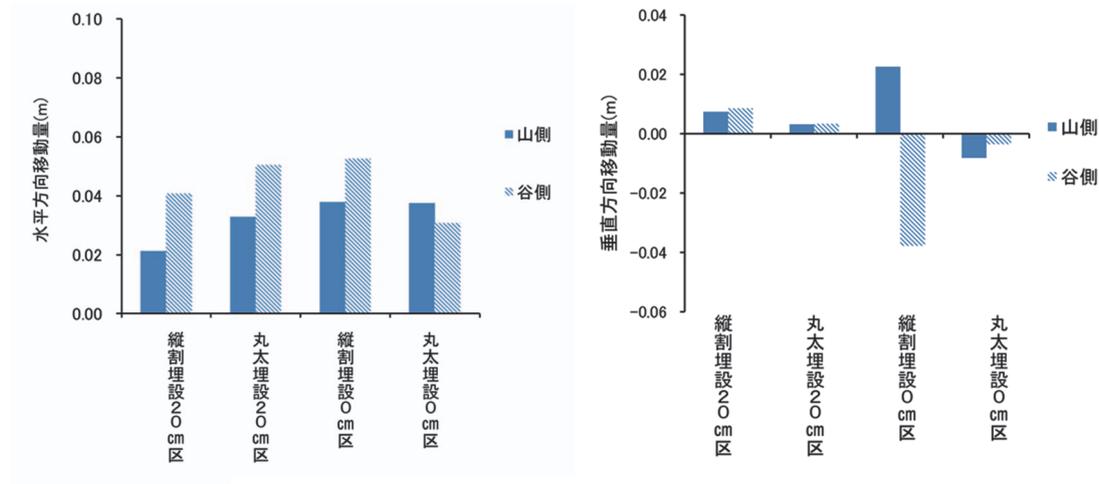


図-5 埋設丸太、縦割丸太の移動量
(左：水平方向の移動量 右：垂直方向の移動量)

アンケート調査の結果について図-6、7に示します。「走行してみて操作はしやすかったですか。」の質問に対し、丸太埋設0cm区では約9割が「しにくい」と回答し、縦割埋設20cm区では約9割が「しやすい」という結果になりました。また「走行してみて危険を感じましたか」の質問に対して、丸太埋設0cm区では5割が「感じた」と回答し、縦割埋設20cm区では約9割が「感じない」という結果になりました。アンケート調査の結果から、オペレータへの操作性を確保し、精神面の負担を軽減するためには、丸太は表面に出さない方がよい結果となりました。

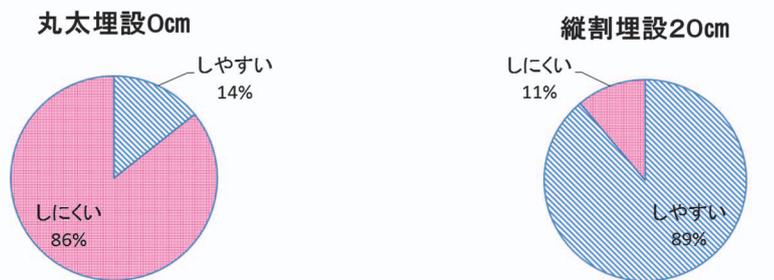


図-6 質問「走行してみて操作しやすかったですか。」への回答



図-7 質問「走行してみて危険を感じましたか。」への回答

以上の結果から、軟弱路盤における丸太の埋設は轍の形成を抑制し、車両の走行性の確保につながります。

しかし、丸太等を路体の表面に出す施工は、操作性の悪化を招き、オペレータの精神面への負担を大きくするだけでなく、急勾配の斜面では履帯のスリップ率が大きくなります。これらのことから、軟弱路盤における丸太の施工は、路体表面に出さず、土で覆い埋設した方が安全であると考えられます。

5 今後の課題

今回の試験において、丸太の安定性に関して丸太と縦割丸太を比較して差が見られず、縦割丸太の効果が認められませんでした。縦割丸太の安定性を確認するためにはより軟弱な土質での試験が必要であると考えられます。また、轍の形成に対する抑制効果について最も効果のある丸太の埋設の深さや間隔について今後明らかにしていきたいと考えています。

また、今回の試験地を継続的に使用し、路体形状の変化、丸太、縦割丸太の状況等の経年変化の把握と分析を行い、他の土質への応用、さらには埋設工法の違いによるコスト面での検討検証を重ね、得られた成果については、研修業務に利活用し、技術の普及につなげていきたいと考えています。