

東京都多摩地域における森林作業道作設

に関する調査研究

荒川純彦^{1*}・中村健一¹・新井一司¹・鳥海晴夫¹
・志々目陸夫²・矢部和弘²・菅原 泉²

¹ 東京都農林総合研究センター

² 東京農業大学

摘 要

森林作業道の作設を推進するうえでは、地域の森林特性に応じた作設手法を明らかにすることが必要不可欠である。

そこで、東京都多摩地域において作設された作業道を調査したところ、降雨により路面洗掘が発生する縦断勾配は 10° が目安になること、排水機能の維持および設置コストの両面から最適となる横断排水溝の傾斜角は 6.4° であることが明らかになった。

また、作業道における路側崩落の被害ランクと周辺環境因子を数量化Ⅱ類による解析から、もっとも路側崩落に関与する因子として傾斜 40° 以上という条件を得た。

これらの結果から、東京都多摩地域における作業道の作設手法として、急傾斜地における丸太組等の路側構造物の活用、横断排水溝や波形線形による水処理、作設後の維持管理の重要性などを取りまとめた。

キーワード：森林作業道、路側崩落、数量化Ⅱ類、多摩地域

東京都農林総合研究センター研究報告 8: 19-34, 2013

2012年9月6日受付, 2012年11月15日受理

緒 言

作業道は、林業の機械化を推進し、低コスト化や生産性の向上を図る上で重要な施設である(酒井, 2009)。近年は、間伐だけでなく育林や森林の保護管理にも利用でき、災害に強く長期間利用できる低コストの作業道が求められている。多摩地域においても作業道の作設規模は増加傾向にあり、平成19年度以降は年間作設延長が3km

を上回っている(東京都, 2011)。

一方で作業道は土構造を基本とする道であるため、林地傾斜や土質など、その地域の実情を考慮した道づくりが求められる(林野庁, 2011)。

そこで本研究では、多摩地域で作業道の作設を推進する上で必要不可欠である、地域の特徴に合致した作業道の作設手法を明らかにすることを目的とした。

まず、車両の通行に大きな支障を来す路面洗掘の発生条件を明らかにするため、既設作業道における降雨後の

*著者連絡先 Email s-arakawa@tdfaff.com

路面洗掘発生と縦断勾配との関係について分析を行った。

つぎに、作業道の線形的特徴を明らかにするため、2路線において全線測量を行い、曲線および縦横断勾配の実態を、林道規程（日本林道協会、2008）における3級林道の基準と比較した。

また、路面洗掘を防ぐ上で重要な構造物である横断排水溝について、実質的な傾きである傾斜角と土砂堆積量の相関を明らかにし、維持管理の省力化と設置コストの面から最適な設置方法を考察した。

更に、多摩地域の作業道12路線（附表1）で災害発生箇所を調査し、重大な災害である路側崩落および路肩クラック発生箇所と周囲の環境因子の相関を数量化Ⅱ類により解析して、災害発生条件を明らかにした。

そして、これらの成果を実証するため、奥多摩町で作業道を作設した。

調査地および方法

1. 降雨による路面洗掘状況の調査

作業道は一般的に舗装を行わないため、路面上を流れる雨水等により、しばしば路面の洗掘が起きる（図版Ⅰ-1、図版Ⅰ-2）。この洗掘が拡大すると、車両の通行が困難になるほか、路体そのものの被害につながる可能性がある。

そこで、洗掘の発生条件や程度を明らかにするために、多摩地域で低気圧に伴う局地的な大雨（附表2）を記録した2008年8月28日から29日の降雨直後に、路面洗掘の発生状況を調査した。調査対象路線は、路面に碎石が敷かれ洗掘の詳細な調査が可能である檜原村小坂志およびあきる野市刈寄の作業道2路線とした（附表1）。

調査を行うにあたっては、曲線部や縦断勾配の変化点、構造物設置箇所など、線形が変わる箇所に杭をうち、杭と杭の間を測点として、縦断および横断勾配、洗掘の位置および洗掘の深さを調査した。

2. 作業道構造の実態調査

作業道で災害が発生する要因の一つとしては、従前よ

り、縦断勾配が急であることやカーブが厳しいことなどの線形的特徴が挙げられてきた。一方で、作業道の作設手法は事業者ごとに様々であり、その実態はあまり把握されていなかった。

そこで、2010年12月に多摩地域の作業道で全線測量を行い、縦断勾配や曲線半径の特徴を調べた。調査対象路線は、土構造のみで作設した路線（青梅市）および、丸太柵等の構造物を積極的に使用した路線（あきる野市）の各1路線である（附表1）。

測量においては始めに路線の現況に合わせて中心線を設定し、それに基づき平面測量、縦断測量および横断測量を行った。測量で得られた曲線半径および縦断勾配の特徴を、林道規程における3級林道の基準と比較した。

3. 横断排水溝の機能調査

作業道の横断排水溝は、雨水による路面洗掘を防ぐ目的で設置されている。低コストで災害に強い作業道を作設するうえでは、設置された横断排水溝の排水機能が常に維持されていることおよび、そのための維持管理作業の省力化が大きな課題である。そこで、2008年8月に横断排水溝の機能について調査を行い、排土作業をしなくても排水機能が維持できる工法を検討した。

調査対象は、作設延長が長く、かつ横断排水溝が積極的に設置されている檜原村小坂志の作業道である。この路線において、設置された横断排水溝142カ所の工種や機能を調査した。横断排水溝の工種はゴム製、素堀、コンクリート製に区分し、それぞれの排水溝について設置角度（作業道の中心線に対する排水溝の傾き）、設置箇所の縦断勾配、堆積土砂量を調査した。また、横断溝が果たしている排水機能の現況を評価するために、一から++++までの4段階の基準を設けた（表1）。

次に、全体の90%以上を占めているゴム製横断溝について、現地で傾斜角（実質的な傾き）と排水機能評価の関係を分析し、排土作業を省力化する観点から最適な傾斜角を求めた。図1に、ゴム製横断溝の標準施工図を示す。

表1 横断排水溝の評価基準

+++	水が流れ機能している。堆積土がなく、排土する必要がない。
++	水が流れ機能している。堆積土はあるが、排土するほどではない。
+	水の流れに一部支障がある。堆積土が多く、排土が必要である。
-	水が流れず、全く機能していない。堆積土で完全に埋没し、機能の回復は困難である。

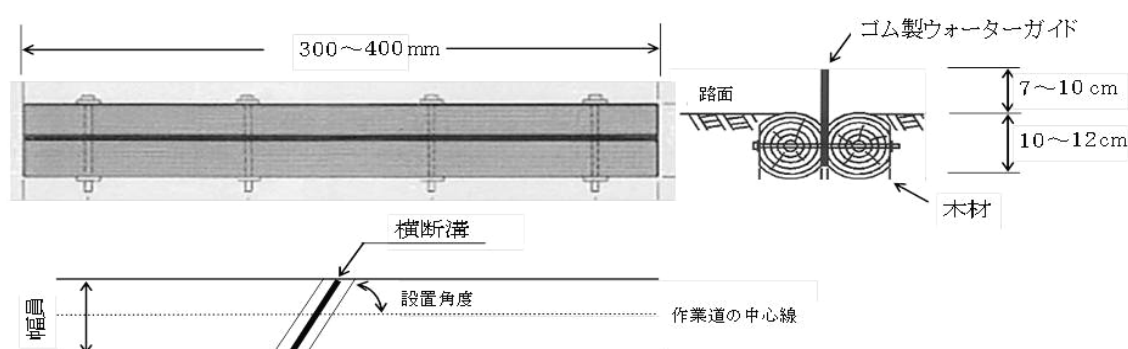


図1 ゴム製横断排水溝の標準施工図

4. 被災原因の解析

多摩地域で作設された作業道 12 路線（附表 1）について 2011 年 7 月から 10 月にかけて現地調査を行い、発生した災害の特徴を取りまとめた。その中で、特に重大な災害である路側崩落（図版 I -3）および路肩クラック（図

版 I -4）については程度の差異により評価基準を 1~3 の 3 段階に定めた（表 2）。また、それらの発生原因と考えられる傾斜、曲線半径、土質、路側構造物、斜面形状についても 1~3 の 3 段階のランクを定め（表 3）、これを数量化Ⅱ類により解析した。

表 2 路側崩落の評価基準

評価基準	路側崩落の程度
1	路側崩落の兆候が見られない。
2	盛土の路肩部にクラックが発生し、路面の陥没が始まる。
3	路側が崩落し、通行に支障が生じている。

表 3 路側崩落の発生原因と考えられる各種要因のランクづけ

ランク	傾斜	曲線半径	土質	路側構造物	斜面形状
1	0~35° 未満	0~20m 未満	礫質土	あり	平衡
2	35° ~40° 未満	20~40m 未満	粘性土	なし	谷地形
3	40° 以上	40m 以上	—	—	尾根地形

解析に用いたデータ数は 70 であり（附表 3）、災害が発生した箇所については全箇所を対象とした。内訳は、路肩クラック発生箇所（表 2 における評価基準 2）が 6 カ所、路側崩落箇所（同評価基準 3）が 16 カ所の計 22 カ所である。災害なし（同評価基準 1）については、調査した 12 路線の中から無作為に 48 カ所を抽出した。

5. 作業道の作設

東京農業大学奥多摩演習林（奥多摩町氷川）内の、傾斜が 40° を超える箇所において、2011 年 8 月から 9 月にかけて作業道を作設した。

施工は東京都森林組合が、伐倒作業員 1 名およびバックホウオペレーター 1 名の 2 名体制で行い、（有）藤原造林（山梨県甲斐市）に、路線選定や丸太組の施工の指導を受けた。使用した機械はチェーンソーおよびバックホウである。

施工にあたっては、被災箇所調査等で得られた知見に

基づき、以下の点に留意した。

- (1) 急傾斜地における盛土部の路側崩落を防ぐため、全線に渡り谷側に丸太組を設置した。丸太組部材は現場発生材を使用し、構造は大橋式（大橋，2001）に準じた。
- (2) 雨水が集中して流れることで発生する路面洗掘などを回避するため、縦断勾配と線形に小刻みに変化を付ける波形線形を採用し、分散排水やその場排水等の対策（フォレストサーベイ，2010）を講じた。
- (3) 縦断勾配が概ね 6° 前後の緩やかな線形を設定できたことから、ゴム製横断溝等の排水施設は設置せず、横断勾配を水平または谷側に付けることで分散排水を行った。また、路面を安定させるために、全線に碎石を敷き均した。
- (4) 法面土砂崩落を防ぐとともに、掘削土量を抑えるため、切土はできる限り直切りとした。また、沢地形で雨水が集まる恐れのある山側切土面 2 カ所に丸太組土留を設置した。

(5) 作設コストの低減を図るため、丸太組や敷砂利の材料には現地発生材を使用した。また、波形線形による分散排水を主とすることで、横断溝等の設置経費を抑える。

調査結果および考察

1. 降雨による路面洗掘状況

測点ごとの洗掘の有無を縦断勾配 1° 刻みの区分で整

理したところ、6° までは洗掘は全くなく、7° から見られるようになり、10° になると洗掘ありと洗掘なしの割合が逆転した（図2）。さらに、12° 以上では全ての測点で洗掘が認められた。このことから、洗掘が発生する縦断勾配の目安が 10° 以上であることがわかった。

なお、道路勾配の単位については、%（パーセント）を使用することが多いため、度（°）と%の換算表を附表4に示す。

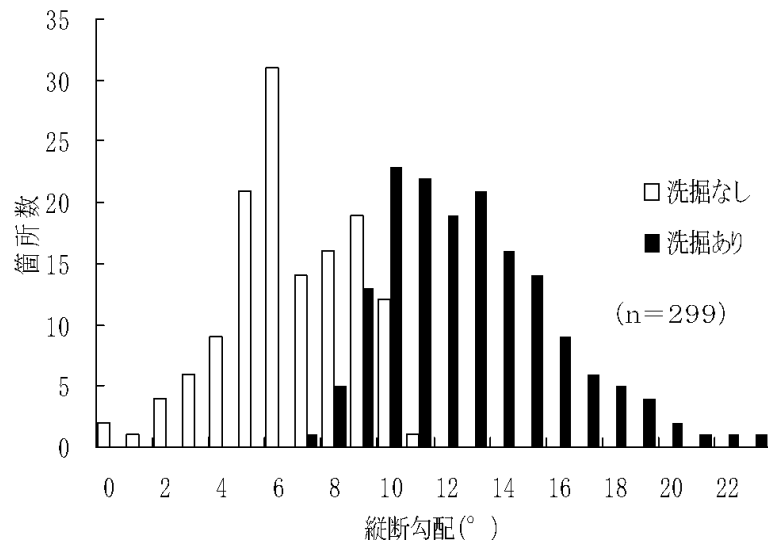


図2 縦断勾配と洗掘発生箇所数

縦断勾配と洗掘の深さの間には、縦断勾配の増大に伴い洗掘が深くなる傾向が見られた（図3）。作業道の縦断勾配が急になると路面水の流勢増加により洗掘が発生しやすくなることは、「長野県森林作業道作設マニュアル（長野県、2011）」等でも報告されていることから、この調査結果は、縦断勾配と洗掘の深さの相関を示すもので

あると考えられる。

このことから、多摩地域の作業道においても縦断勾配が 10° を越える箇所では、作業道の洗掘と、路体そのものの被害を防ぐために、横断排水溝による水処理を行うことが望まれる。

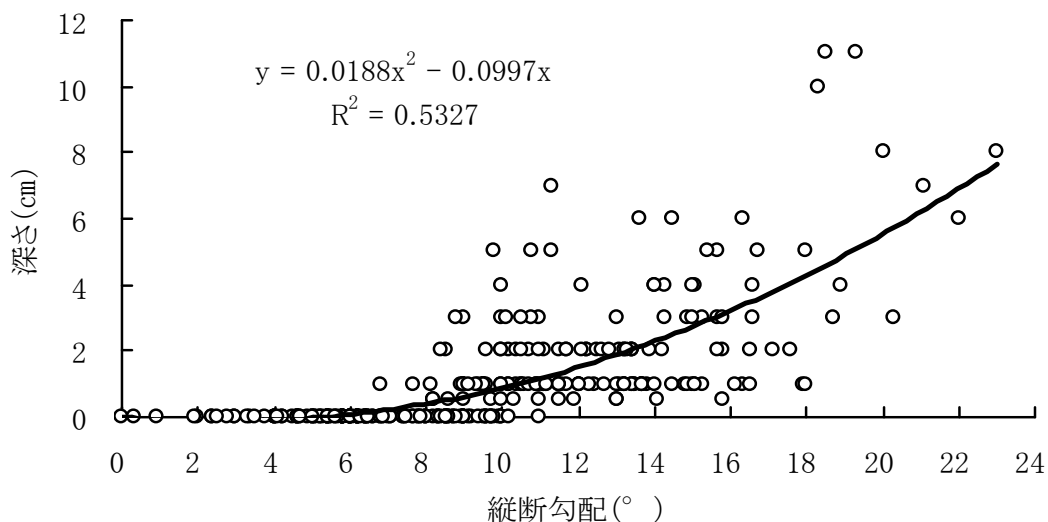


図3 縦断勾配と洗掘の深さ

横断勾配と洗掘位置の関係を調べた結果、谷側に傾斜しているところは全面洗掘されることが多く、山からの流水が路面上を横断して排水されるためと考えられた。また谷側の洗掘は、自動車の轍部分に流水が集中するこ

とが原因で発生していた。

一方、山側に傾斜しているところは山側が洗掘され、山からの流水が縦断方向に流下するためと考えられた(図4)。

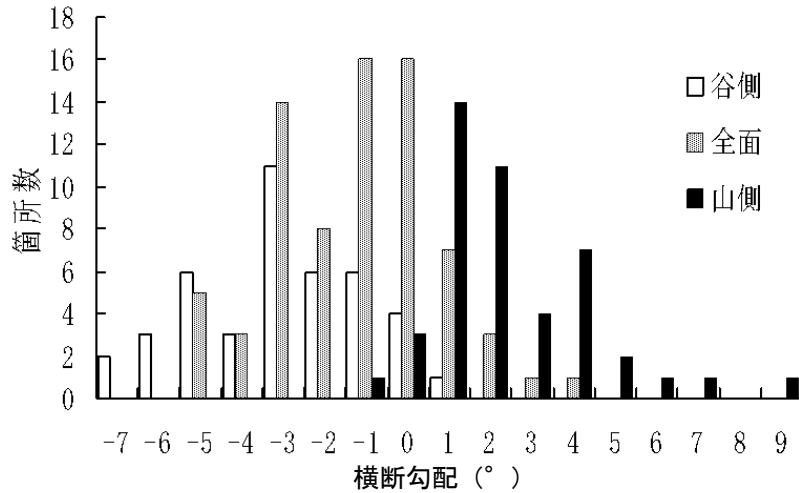


図4 横断勾配の洗掘位置の頻度分布

— : 谷側 + : 山側

横断勾配の傾斜方向と洗掘の深さの間には有意な差があり、谷側に傾斜している場合に比べて山側に傾斜している度合いが高いと洗掘が深くなった(図5、表4)。このことは、谷側へ傾斜している場合は流水が分散して排水されるため洗掘の深さが軽減されるが、山側への傾斜が大きいと流水が一箇所に集中するためと考えられる。

以上のことから、多摩地域の作業道は、縦断勾配に応じて横断排水溝と分散排水を組み合わせることが、路面洗掘を防ぐうえで有効であることが分かった。

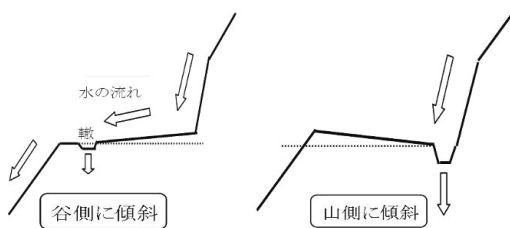


図5 横断勾配による洗掘の発生位置

表4 傾斜方向による洗掘の深さ

傾斜方向	谷側	山側
洗掘の深さ(cm)	0.7 ^a ±1.0	1.8 ^b ±2.4

数値は平均、±は標準偏差を示す。

同じ行の異符号間で有意差あり(0.05<P:t検定)。

2. 作業道構造の実態

調査した2路線ともに、曲線半径が小さい傾向がみられ、3級林道の下限值である曲線半径6mを下回る厳しいカーブが、路線1では52箇所中15箇所(全体の29%)、路線2で27箇所中6箇所(同22%)に及んだ(図6)。

縦断勾配については、2路線ともに勾配の厳しい傾向が見られた。3級林道の上限值である18%を上回る区間が、路線1で総延長1,109m中360m(全体の33%)、路線2で総延長474m中231m(同48%)に及んだ(図7)。

今回の調査により、林道と比較して曲線半径が小さい、縦断勾配が大きい他に、構造物が少ないことが確認され、多摩地域の作業道の特徴が明らかになった。

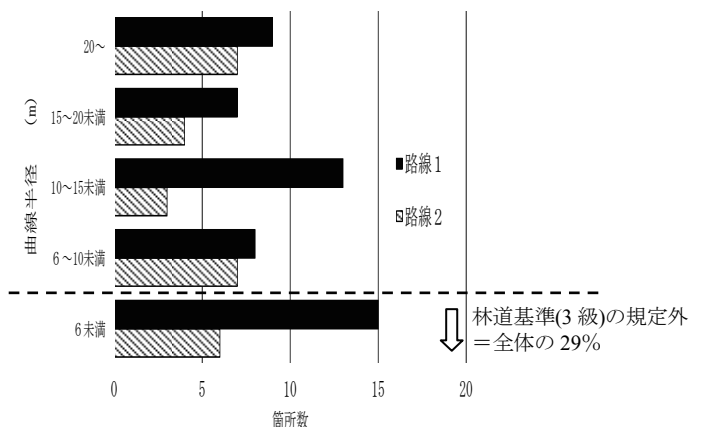


図6 作業道の曲線半径の頻度分布

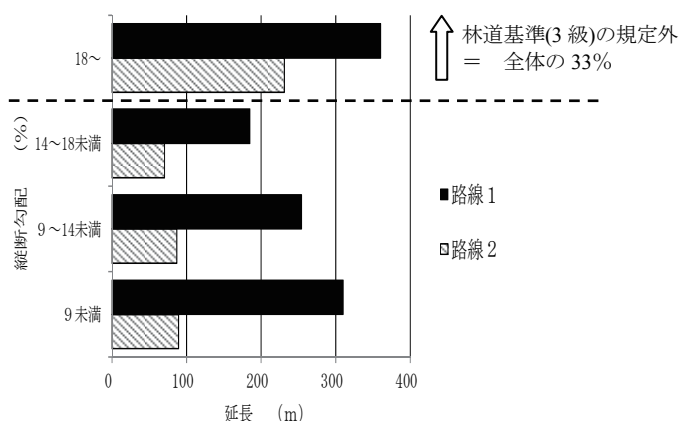


図7 作業道の縦断勾配の頻度分布

3. 横断排水溝の機能

横断排水溝 142 ヲ所のうち、工種別の内訳はゴム製が全体の 92%に相当する 130 ヲ所を占めていた。これ以外では、素堀が 9 ヲ所、コンクリート製が 3 ヲ所あり、素堀は縦断勾配が 5° 程度の緩い所、コンクリート製は窪地など水量の多い所で洗い越しとして使われていた。

横断溝の工種ごとに、排水機能について評価し、評価基準ごとの割合を調べたところ、ゴム製、素堀およびコンクリート製の間では、評価に差が見られた（図 8）。

ゴム製では全体の 80%以上が評価基準の「+++」または「++」に該当し、排土作業を行わなくても排水機能が保たれていた。一方、素堀の横断排水溝では「+++」と「++」の合計は 60%以下にとどまり、埋没や破損により排水機能が果たしていないものも見られた。コンクリート製の横断溝は、すべて「+++」の評価であった。

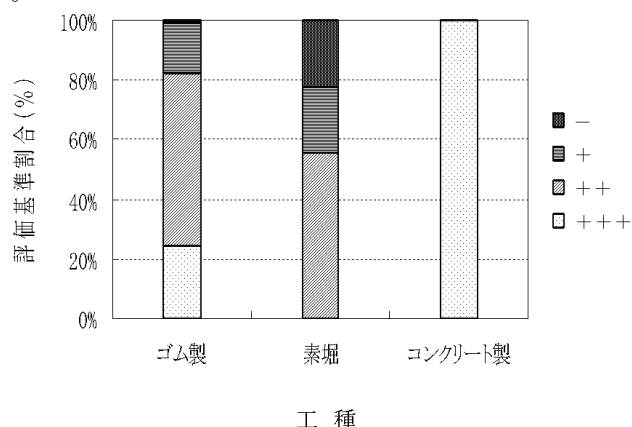


図8 横断排水溝種別の機能評価割合

+++、++、+、-は、表1の評価基準に示す

ゴム製の横断排水溝は、評価別の傾斜角の間で有意差があり、傾斜角を 6.4° に設置すると土砂の堆積がなく、排土作業の省力化につながる事がわかった（表 5）。

表5 ゴム製横断溝の機能評価と傾斜角

項目 \ 評価	+++	++	+
傾斜角(°)	6.4 ^a ±1.8	5.0 ^b ±1.7	3.8 ^c ±2.3

数値は平均値、±は標準偏差を示す。評価は、表1に示す。
同じ行の異符号間で有意差あり(P<0.05:t検定)。

横断排水溝の傾斜角は、作業道の横断勾配が水平である場合は、縦断勾配と横断排水溝の設置角度によって求めることができる。そこで、現地で横断溝を設置する際の指標として、縦断勾配・設置角度・傾斜角の関係を示す表を作成した（表 6）。

急傾斜地が多い多摩地域では、作業道の縦断勾配も大きくなりがちなため、横断排水溝が設置される機会も増えることが考えられる。この際は、作業道の縦断勾配に応じて、傾斜角が 6.4° 以上となるような設置角度で横断排水溝を設置することで、土砂堆積が減り排水機能が保たれ、排土作業などの維持管理作業を軽減する効果が期待できる。

横断排水溝の設置経費の指数を比較すると、ゴム製 100 に対してコンクリート製では 3.6 倍の 360 となった（データ省略）。このことから、排水機能においてコンクリート製と遜色無く、経費的に安価なゴム製横断溝は、作業道における有効な排水施設であると言える。

なお、素堀の横断溝は材料費が不要なため経費の面ではもっとも安価であるが、大雨の時の排水機能に限界があるため、設置する際は注意が必要である。

表6 ゴム製横断排水溝の傾斜角

設置角度 (°)	縦断勾配(°)						
	9	10	11	12	13	14	15
65	3.8	4.2	4.6	5.1	5.5	5.9	6.3
64	3.9	4.3	4.8	5.2	5.6	6.1	6.5
63	4.1	4.5	5.0	5.4	5.9	6.3	6.7
62	4.2	4.7	5.1	5.6	6.0	6.5	6.9
61	4.3	4.8	5.3	5.8	6.2	6.7	7.2
60	4.5	5.0	5.5	5.9	6.4	6.9	7.4
59	4.6	5.1	5.6	6.1	6.6	7.1	7.6
58	4.7	5.3	5.8	6.3	6.8	7.3	7.9
57	4.9	5.4	6.0	6.5	7.0	7.5	8.1
56	5.0	5.6	6.1	6.7	7.2	7.7	8.3
55	5.1	5.7	6.2	6.8	7.4	7.9	8.5

- : 傾斜角 6.4° 未満では、土砂が堆積し管理コストが増大
- : 傾斜角 6.4° 以上が得られる最適な設置角度
- : 横断溝の延長が延びるため、コストが増大

4. 被災原因の特定

調査した 12 路線のうち 9 路線で災害が発生し、その種類は以下の 4 つに大別された。

(1) 路側崩落

路体の盛土部が崩落する災害で、「車両の通行が困難になる」ほか、「流出土砂が斜面下部に影響を及ぼす」、「復旧経費が多くなる」など、極めて重大な災害である。路側崩落は、調査期間中に来襲した台風の影響もあり、7 路線 16 カ所で確認された。

(2) 路盤の沈下、路肩のクラック

路側崩落の前兆とも言える災害であり、2 路線 5 カ所で確認された。雨水処理や路肩補強などによる早急な対応が必要である。

(3) 路面洗掘

雨水が集中して流れることで路面が洗掘される災害で、単一勾配の直線部や内カーブの曲線部などを中心に、8 路線で確認された。

(4) 法面土砂崩落

法面土砂崩落は、山側の切土面が安定を欠いている場合に、降雨などにより発生することが多い。6 路線で確認され、特に 2 路線は路面が土砂で埋まり車両が通行できない状態であった。

路側崩落および路肩クラック発生箇所と、各種要因との関与について数量化Ⅱ類を用いて解析し、カテゴリースコアを分析した(図 9)。スコア値はプラスで大きい値ほど路側崩落に関与していることを意味する。これによると、 40° 以上の急傾斜地という条件が路側崩落の危険性を高める条件であること、路側構造物が崩落抑止に効果があることから、丸太組などの対処も考えられる。一方で、曲線半径および土質等の条件は、傾斜に比べると斜面崩落への関与が低いことが示唆された。また、斜面形状では、谷地形でスコア値がマイナスという結果が出た。この理由としては、谷地形では雨水等による被災リスクが高いことが知られているため、作設者が充分に対策を行っていたことが挙げられる。今回調査した作業道では、洗い越し工や切土法面への土留め、雨水の滞留を防ぐ線形の工夫などが確認された。

作業道は、経済性を確保するため土構造を基本とし、構造物はやむを得ない場合に限り設置するのが一般的である(林野庁, 2010; 東京都産業労働局, 2011)。しかし、急峻な地形の多い多摩地域では、盛土部の路側崩落を防ぐため、必要に応じて丸太組などの構造物を設置することで、災害を未然に防ぐことが重要である。

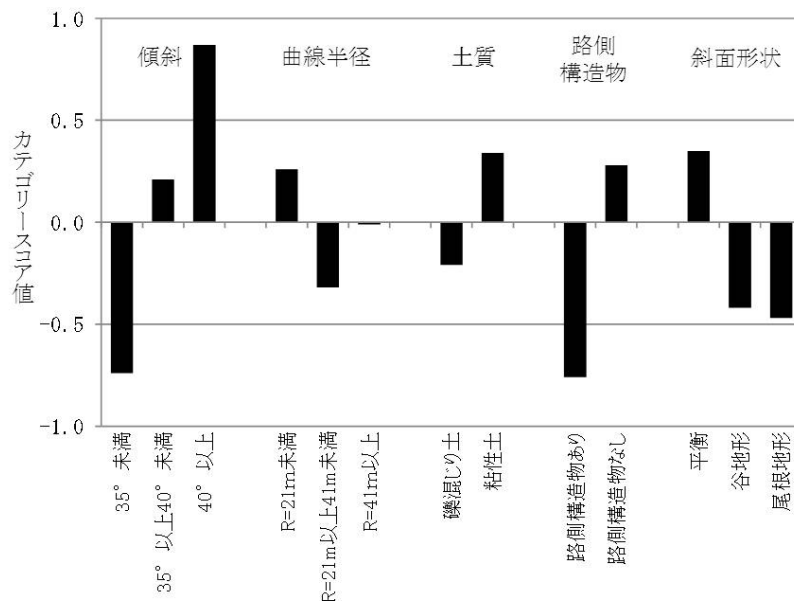


図 9 数量化Ⅱ類の解析による、路側崩落に関与する要因のカテゴリースコア値

5. 作業道の作設

作業道作設中の 2011 年 9 月 1 日から 4 日にかけて、台風 12 号により東京農業大学演習林の観測では累計で 562mm、時間最大で 46mm の大雨を記録した。また、9 月 20 日から 21 日には、台風 15 号により累計 137mm の降雨を記録した。多摩地域の作業道では、これらの降雨により路側崩落等の大規模災害が発生した箇所もあった

が、本作業道は路面侵食や法面土砂崩落も含めて、被害は皆無であった。

これは、傾斜が 40° を越える急峻な地形においても、路側崩落防止のための構造物の設置(図版 I-5)、流水の分散排水に効果的な線形の工夫(図版 I-6)等を行うことで、災害に強い作業道が作れることを実証するものである。

また、作業道の被災を防ぐためには、作設後の維持管理が極めて重要である。特に、作業道における災害の大半は雨水が原因で発生していたことから、日頃の巡視や維持管理は、排水施設の機能状況確認、排水対策の不十分な箇所の把握など、雨水処理に注意して行う必要がある。この際、まとまった降雨後などに巡視を行うことで、特に雨水に注意すべき箇所を発見し、適切な排水対策を施しやすくなる。

一方、作業道の状態を評価する手法としては、路体支持力や含水比を計測し経年変化を追跡していくことも重要である（沢口ら、2011）。これについては、今後の課題として、取り組む必要がある。

なお、これらの事項は、本研究の成果として作成した「多摩地域における作業道設計・作設マニュアル」に反映した。

謝 辞

本研究の調査において、調査地を提供していただいた森林所有者の方々、現場の案内や説明をして頂いた東京都森林組合および林業事業体の方々、ならびに、調査全般にわたり指導をいただいた東京都森林事務所の方々に、厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 一般社団法人フォレストサーベイ(2010)森林作業道づくり.東京.p68.
- 長野県（2011）長野県森林作業道作設マニュアル.p28.
- 日本林道協会（2008）林道規程－運用と解説－.日本林道協会,東京.p67.p137.
- 大橋慶三郎（2001）道づくりのすべて.社団法人全国林業改良普及協会,東京.pp.103-109.
- 林野庁（2010）森林作業道作設指針.pp.1-7.
- 酒井秀夫(2009)作業道ゼミナール.全国林業改良普及協会,東京.pp.17-32.
- 澤口勇雄・高橋佳史・立川史郎・高橋健保（2011）新設作業路の支持力の経年変化. 森利学誌26:97-104.
- 東京都産業労働局(2011)東京の森林・林業平成23年度版.p37.
- 東京都産業労働局(2011)東京都森林作業道作設指針.pp1-7.

附表 1 調査対象作業道の所在と調査項目

所在	作設年度	延長 (m)	幅員 (m)	調査項目			
				1 洗掘 発生状況	2 構造実態	3 横断 排水機能	4 被災原因
日の出町	H12～H18	1,279	2.0～2.5				○
日の出町	H15	244	2.0				○
日の出町	H22	1,602	3.0				○
青梅市	H19～H22	2,218	2.0～3.0				○
青梅市	H19～H21	3,007	2.5～3.0				○
青梅市	H21	929	2.5～3.0				○
青梅市	H21～H22	1,855	2.5		○		○
檜原村	H15～H22	7,543	2.5～3.0	○	○	○	○
檜原村	H19	150	2.5～3.0				○
檜原村	H21～H22	1,402	2.5～3.0				○
あきる野市	H21	1,084	2.5～3.0		○		○
あきる野市	H19～H20	4,300	2.5～3.0	○	○		
八王子市	H18～H22	4,747	2.5				○

附表 2 2008 年 8 月 28 日～29 日の降水量

八王子（東京都八王子市元本郷町）（単位:mm）

観測日	日合計	時間最大
8月28日	134.5	42.5
8月29日	86.0	63.0

青梅（東京都青梅市新町）（単位:mm）

観測日	日合計	時間最大
8月28日	140.0	55.0
8月29日	52.5	22.0

小河内（西多摩郡奥多摩町原）（単位:mm）

観測日	日合計	時間最大
8月28日	37.5	8.0
8月29日	54.5	41.0

小沢（東京都西多摩郡檜原村）（単位:mm）

観測日	日合計	時間最大
8月28日	35.0	9.0
8月29日	47.5	27.5

（出典：気象庁ホームページ）

附表 3.1 被災原因解析(数量化Ⅱ類)に用いたデータ

路線名	路側崩落		傾斜		曲線半径		土質		路側構造物		斜面形状	
	値	ランク	値	ランク	値	ランク	値	ランク	値	ランク	値	ランク
日の出町(梅の木) n=4	崩落	3	42°	4	15	1	礫質	1	なし	2	150°	2
	なし	1	36°	3	50	3	礫質	1	なし	2	70°	2
	なし	1	44°	4	30	2	礫質	1	なし	2	150°	2
	なし	1	41°	4	18	1	礫質	1	なし	2	145°	2
青梅市(御岳) n=6	崩落	3	28°	2	20	1	礫質	1	なし	2	180°	1
	なし	1	22°	2	直線	3	礫質	1	なし	2	170°	1
	なし	1	26°	2	30	2	礫質	1	なし	2	180°	1
	なし	1	39°	3	6	1	礫質	1	なし	2	220°	3
	なし	1	29°	2	直線	3	礫質	1	なし	2	180°	1
	なし	1	18°	1	60	3	礫質	1	なし	2	180°	1
青梅市(黒沢) n=7	崩落	3	42°	4	直線	3	礫質	1	あり	1	180°	1
	崩落	3	41°	4	25	2	礫質	1	なし	2	130°	2
	崩落	3	42°	4	25	2	礫質	1	あり	1	180°	1
	崩落	3	33°	2	直線	3	礫質	1	なし	2	180°	1
	崩落	3	40°	4	直線	3	礫質	1	なし	2	180°	1
	なし	1	26°	2	直線	3	礫質	1	なし	2	180°	1
	なし	1	41°	4	直線	3	礫質	1	あり	1	100°	1
青梅市(梅郷) n=5	崩落	3	35°	3	20	1	礫質	1	なし	2	190°	1
	なし	1	18°	1	20	1	礫質	1	なし	2	150°	2
	なし	1	9°	1	10	1	礫質	1	なし	2	70°	2
	なし	1	29°	2	30	2	礫質	1	なし	2	160°	2
	なし	1	22°	2	15	1	礫質	1	なし	2	200°	3
青梅市(二俣尾)1 n=6	崩落	3	38°	3	直線	3	粘性	2	なし	2	180°	1
	崩落	3	38°	3	直線	3	粘性	2	なし	2	180°	1
	クラック	2	29°	2	25	2	粘性	2	なし	2	190°	1
	崩落	3	42°	4	直線	3	粘性	2	なし	2	160°	2
	なし	1	29°	2	10	1	粘性	2	なし	2	180°	1
	なし	1	22°	2	8	1	粘性	2	なし	2	180°	1
青梅市(二俣尾)2 n=5	崩落	3	43°	4	直線	3	粘性	2	なし	2	240°	3
	クラック	2	40°	4	直線	3	粘性	2	なし	2	180°	1
	崩落	3	40°	4	20	1	粘性	2	なし	2	190°	1
	クラック	2	40°	4	直線	3	粘性	2	なし	2	200°	3
	クラック	2	39°	3	20	1	粘性	2	なし	2	200°	3

附表 3.2 被災原因解析(数量化Ⅱ類)に用いたデータ

路線名	路側崩落		傾斜		曲線半径		土質		路側構造物		斜面形状	
	値	ランク	値	ランク	値	ランク	値	ランク	値	ランク	値	ランク
八王子市(醍醐) 1 n=9	クラック	2	32°	2	直線	3	粘性	2	なし	2	180°	1
	なし	1	36°	3	直線	3	粘性	2	あり	1	180°	1
	なし	1	29°	2	直線	3	粘性	2	なし	2	180°	1
	なし	1	33°	2	15	1	粘性	2	なし	2	140°	2
	なし	1	41°	4	30	2	粘性	2	なし	2	190°	1
	なし	1	33°	2	25	2	粘性	2	なし	2	215°	3
	なし	1	41°	4	直線	3	粘性	2	なし	2	180°	1
	なし	1	36°	3	直線	3	粘性	2	なし	2	170°	1
	なし	1	41°	4	25	2	粘性	2	なし	2	200°	3
八王子市(醍醐) 2 n=3	崩落	3	40°	4	直線	3	粘性	2	なし	2	170°	1
	崩落	3	40°	4	直線	3	粘性	2	なし	2	170°	1
	クラック	2	40°	4	直線	3	粘性	2	なし	2	180°	1
檜原村(小坂志1) n=13	なし	1	29°	2	直線	3	礫質	1	あり	1	180°	1
	なし	1	29°	2	直線	3	礫質	1	あり	1	180°	1
	なし	1	26°	2	直線	3	礫質	1	あり	1	180°	1
	なし	1	33°	2	直線	3	礫質	1	あり	1	195°	1
	なし	1	22°	2	6	1	礫質	1	なし	2	280°	3
	なし	1	41°	4	25	2	礫質	1	あり	1	200°	3
	なし	1	33°	2	6	1	礫質	1	あり	1	210°	3
	なし	1	39°	3	直線	3	礫質	1	あり	1	180°	1
	なし	1	41°	4	8	1	礫質	1	なし	2	150°	2
	なし	1	39°	3	直線	3	礫質	1	あり	1	180°	1
	なし	1	29°	2	6	1	礫質	1	なし	2	265°	3
	なし	1	33°	2	60	3	礫質	1	あり	1	160°	2
	なし	1	41°	4	直線	3	礫質	1	あり	1	200°	3
檜原村(小坂志2) n=1	なし	1	41°	4	30	2	礫質	1	あり	1	205°	3
檜原村(人里) n=5	なし	1	36°	3	30	2	礫質	1	なし	2	220°	3
	なし	1	26°	2	30	2	礫質	1	なし	2	230°	3
	なし	1	22°	2	直線	3	礫質	1	なし	2	165°	2
	なし	1	41°	4	直線	3	礫質	1	あり	1	165°	2
	なし	1	41°	4	直線	3	礫質	1	あり	1	180°	1
集約化(あきる野) n=2	なし	1	33°	2	直線	3	礫質	1	あり	1	125°	1
	なし	1	29°	2	直線	3	礫質	1	なし	2	100°	1
集約化(日の出) n=4	崩落	3	38°	3	20	1	粘性	2	なし	2	160°	2
	なし	1	18°	1	30	2	粘性	2	なし	2	270°	3
	なし	1	26°	2	直線	3	粘性	2	あり	1	180°	1
	なし	1	29°	2	直線	3	粘性	2	なし	2	180°	1

附表4 道路勾配換算表

角度 (°)	勾配 (%)
0	0.0
1	1.8
2	3.5
3	5.2
4	7.0
5	8.8
6	10.5
7	12.3
8	14.1
9	15.8
10	17.6
11	19.4
12	21.3
13	23.1
14	24.9
15	26.8

角度 (°)	勾配 (%)
16	28.7
17	30.6
18	32.5
19	34.4
20	36.4
21	38.4
22	40.4
23	42.5
24	44.5
25	46.6

*Ditching and Collapsing of Spur Roads Built on Typical Steep Slopes
in the Tama area of metropolitan Tokyo*

Sumihiko Arakawa^{1,*} · Kenichi Nakamura¹ · Kazushi Arai¹ · Haruo Toriumi¹

Rikuo Shishime² · Kazuhiro Yabe² · Izumi Sugawara²

¹Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center

²Tokyo University of Agriculture

Abstract

We investigated the actual state of both ditching and collapsing caused by rain of spur roads built in the typical steep artificial forest of the Tama of metropolitan Tokyo .

We found that three important conditions caused both of these problems. (1) Ditches were cut by running water on the surface of spur roads built on longitudinal slopes with an incline of more than 10 degrees. (2) Cross drainage was necessary to prevent running water from ditching road surfaces and collapsing roadsides. The angle of the cross drains needed to be 6.4 degrees of the slope angle based on both the maintenance of drainage function and the cost of constructing the drains. (3) Statistical analysis of the damage rank of roadside collapse on spur roads and the related environmental parameters using quantification theory class II revealed that the most important parameter was the slope of 40 degrees.

Keywords : spur road , roadside collapse , quantification theory class II

Received 6 September 2012, Accepted 15 November 2012

Bulletin of Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center, 8: 19-34, 2013

*Corresponding author : Email s-arakawa@tdfaff.com

図版 I



1 作業道の雨水による表土流出状況



2 洗掘の状況



3 路側崩落



4 路肩クラック



5 谷側の丸太組



6 波形線形