九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

林道切取りのり面における土砂移動

森田，紘一
九州大学農学部林学科

https://doi.org/10.15017/10920

出版情報：九州大学農学部演習林報告. 74, pp.13-22, 1996-03-28. 九州大学農学部附属演習林
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

九大演報（Bull. Kyushu Univ. For.），74：13-22，1996

林道切取りのり面における土砂移動

森　田　紘　一*

抄　　録

構造の劣化のために，林道の切取りのり面で生産される，不安定土砂の動態を知ることは，下部構造の安全性，森林地の保全上，さらには，施設管理（ファシリティ・マネージメント）の上からも重要である．

本研究では，切取りのり面からの崩落土砂の動態の特性について，のり面脚部（のり尻）に堆積している崩落土砂の特性の上から，検討を加え，次の結果をえた．

①山腹斜面においては，表層に近い程ルーズな状態で土壌層が存在し，地形的には，凸型の地形においても，予想外に土壌の発達が著しく，そこに切取りのり面が作設されれば，崩落土砂の生産源になる可能性は十分にある．

②切取りのり面上で生産された不安定土砂は，随時崩落し，のり尻に堆積する．堆積した土砂層の断面形状は，各段階において，堆積の先端を起点として，のり尻に向かって，成長型の曲線状を呈する．そして，堆積量を増す方向へ経時変化を遂げ，最終的に安息勾配の斜面を形成する．

③1断面において，切取りのり面長と土砂堆積面の面積は比例する．すなわち，堆積土砂量は土砂生産源の大きさに比例する．

④切取りのり面から崩落した土砂の到達距離は，切取りのり面長に影響されるが，その範囲には限界がある．到達距離は，のり面長約2mで0.5mを越す．それ以上になると，構造上崩落土砂は側溝へ流入する可能性が生じる．

また，のり高5m（この場合，のり面長は5.8mで，到達距離は最大で約1.3mになる）毎に布設する小段も，幅1mでは崩落土砂を停止できない場合も生じる．

⑤路線形は，切取りのり面の形状に対応する．のり面の斜面形については，崩落土砂は，凹型斜面では集中し，凸型斜面では拡散する．しかし，凸型斜面での原地盤への切込み量は，相対的に他の斜面形に比し，大きく，土砂の生産量が著しく増すため，下方への影響は大きい．

キーワード：切取りのり面，崩落土砂，崩土量，到達距離

1．はじめに

林道は，自然斜面を人工的に切り，盛りして，その横断面形において，新たに形成された3つの斜面によって構成された構造物であると規定できる．自然斜面をカットして，路面という平坦面を構築する行為に対しては，林地の保全という問題が生じる．平坦面と自然斜面を結ぶ面は，当然原地盤傾斜よりは大となり，安定性に関する問題が喚起されるこ

---

* MORITA, K. : Soil Movement on the Cutting Slope of a Forest Road
** 九州大学農学部林学科
Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-81

とになる．この分野は既に多くの研究の対象となってきた．

一般に，林道は土構造である．保全上問題となるのは林道構造を形成する土の移動が伴うもので，その営力として水が関与してくる．ここでは，水土の運動そのものについてはふれず，運動によって引き起こされた結果で，構造上に残された痕跡から，林道における土砂の移動現象，それによって引き起こされる構造の安定性，水土保全の問題を考える．

本報では，林道の切取りのり面からの土砂移動現象の１つであり，恒常的に発生している，切取りのり面上で生産された不安定土砂の崩落に伴う，下部構造への影響について考察する．この崩落に伴う土砂量に関しては，降雨量との関係（山本ら，1985），土の物理的要因との関係（山本，1992）の報告がある．

林道が構造物である以上，耐用年数があり，機能の劣化は起こる．また，構造物に作用する力は，構造物全体にわたって一様に働くのではなく，偏り，すなわち，集中する点がある．その集中点を事前に把握し，施工段階，早ければ設計段階で，何らかの補強手段を講ずれば，集中的な破壊を抑制し，弱点の発生を防止することが可能となり，今後重要となると考える施設管理の観点からも有利となる．

2．　調査地および調査方法

2.1.　調査地の概況

調査の対象とした林道は，九州大学福岡演習林内および福岡市近郊の三郡山系の西側斜面を通過する国有林内の林道で，切り放しの切取りのり面を用いた．地質は，前者は三郡変成岩，後者は花崗岩である（勘米良ら，1980）．

2.2.　調査方法

林道切取りのり面の横断面において，切取りのり面の長さおよび勾配，切取りのり面から崩落してのり面の脚部（のり尻）に，同一期間内に生産され，堆積している土砂について，堆積面の斜面長および傾斜角を測定して，①崩落土砂の生産域の規模と堆積土砂量との関係，②崩落土砂の影響範囲を把握するために，崩落土砂の路面上の到達距離，さらに，③堆積土層の表面の傾斜変換点の位置および傾斜角を計測して，崩落土砂の堆積過程を考察する資料とした．

3．　結 果 と 考 察

3.1.　斜面の土層構造

林道が通過する山腹斜面の土層構造を土壌硬度という指標でみる．

図１は，花崗岩地帯の尾根部を通過する林道（福岡市早良区今畑林道）の切取りのり面の土壌硬度を示したものである（中尾ら，1986）．１×１ｍのメッシュの交点の土壌硬度を山中式土壌硬度計で測定し，その指度を 15mm>，16～20mm，21～25mm，26mm<の４段階で表示した．土壌硬度の分布傾向は，

①土層表面から深度が増すにつれ，低硬度から高硬度へ層状の分布傾向が認められる．

②比較的浅い部分にも，核となる高硬度の土塊が存在する反面，深部の高硬度域中にも比

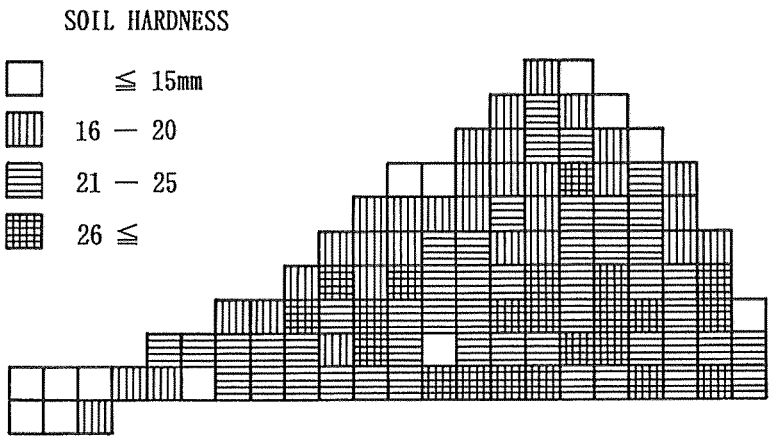

Fig. 1　An example of distribution of soil hardness.
図1　切取りのり面における土壌硬度分布の1例

較的低硬度の部分が存在する等，非常に複雑で不均質な地下構造が理解できる．
③地形的には，凸部において比較的低硬度部分の分布が厚い傾向にある．

この土壌硬度という指標を風化の程度とみなすと，全般的には，①風化の度合いは，表層部から層序的に進行していること，②風化の核となる比較的堅固な部分の存在が認められること，③凸地形ではかなりの深度まで風化が進んでいること，④複雑で不均質な風化状況にあること等がうかがえる．

このような状況下にある山腹斜面を切り取ってできる切取りのり面は，崩落土砂の供給源に十分なりうることが理解できる．

3.2.　堆積土層の形成過程

切取りのり面の表面は，一般に，経年変化によって弱体化の方向をたどる．すなわち，降雨，乾燥，凍上等の気象現象，さらに，長期的には風化作用によって，表面を構成する土壌層の固結がゆるみ，土砂が剝離し，不安定な土砂が斜面上に存在することになる．また，切取りのり面は，勾配が60度前後もあり，のり面上に生産された不安定土砂は，のり面上にとどまることができず，随時落下し，結果としてのり尻に崩落土砂の堆積層をつくる．この土砂の堆積層の断面形状から，その形成過程を考察する．

図2は，5段階の平均傾斜の崩落土砂の堆積面について，横軸には堆積土砂の斜面の全長に対する比距離を，堆積の先端を起点として示した．縦軸は堆積土層の全高に対する比高を示した．

堆積土砂層の断面形状は，各傾斜段階にかかわらず，堆積の先端部がもっとも緩傾斜で，のり尻に近づくにつれ，指数関数的に傾斜を増す傾向にある．また，増加率すなわち部分的な断面勾配は先端部から離れるにしたがって，増加傾向にある．さらに，崩落が繰り返されるにしたがって，のり尻への堆積が顕著となり，堆積が進行するにつれ堆積面の傾斜は増加し，最終的には，堆積の先端部まで一様な勾配（安息勾配）に発達すると考えられる．

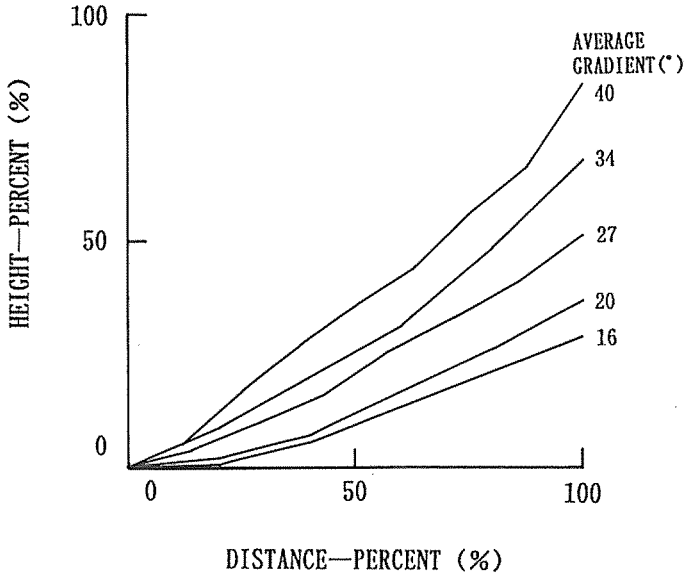

Fig. 2 Change of profile of deposit of soil movement from cutting slope.
図2 崩落土砂堆積面の断面形状の変化

のり面上方からの土砂の供給によって，最終的には，のり面の脚部に安息勾配の土砂の堆積層ができるが，崩落のたびに安息勾配の土砂層が平行して発達していくのではなく，まず，初期の段階で，崩落土砂は，路面上の最終到達地点まで達し，次の崩落のたびに，その斜面傾斜を増しながら，堆積土砂層を発達させ，最終的に安息勾配の堆積面を形成すると考えられる．

3.3. 路線平面形状と崩落土砂との関係

路線の線形は，切取りのり面の平面形状と密接に関係する．すなわち，直線区間では，のり面の形状は矩形を呈し，内カーブでは凹型，外カーブでは凸型を呈する．

まず，路線形の差異による土砂の生産域と堆積域の範囲を，図形的に比較検討する．同一のり尻長をもつ区間において，土砂の生産域と堆積域の投影面積を，図形上で求める．

いま，のり尻長 l の直線区間において，切取りのり面ののり肩からのり尻までの水平距離を L_s，のり尻から崩落土砂堆積の先端までの水平距離を L_d とすると，土砂の生産域の投影面積 A_{ps} および堆積域の投影面積 A_{ds} は，それぞれ次式で示される．

$$A_{ps} = l \cdot L_s$$

$$A_{ds} = l \cdot L_d$$

また，曲線区間において，のり尻までの曲線半径を R，のり肩からのり尻までの水平距離を L_s，のり尻から堆積の先端までの水平距離を L_d とすると，外カーブおよび内カーブにおける，それぞれの生産域の投影面積 A_{po}，A_{pi} および堆積域の投影面積 A_{do}，A_{di} は次のとおりである．

外カーブでは，

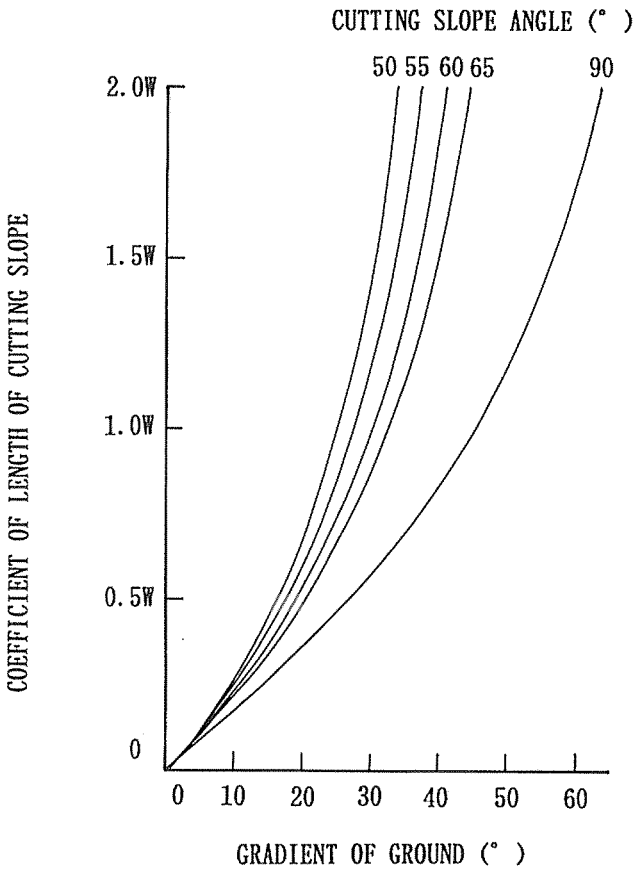

Fig. 3　Relationship between gradient of ground, cutting slope angle and length of cutting slope.
Notice : W = cutting work width
図3　地盤傾斜角，切込み量と切取りのり面長との関係

$$A_{po} = l \cdot L_s \ (1 - L_s / 2R)$$
$$A_{do} = l \cdot L_d \ (1 + L_d / 2R)$$

内カーブでは，

$$A_{pi} = l \cdot L_s \ (1 + L_s / 2R)$$
$$A_{di} = l \cdot L_d \ (1 - L_d / 2R)$$

となる．

同一のり尻長 l に対する切取りのり面の面積（生産域の投影面積に対応）は，

$$A_{pi} > A_{ps} > A_{po}$$

の順となる．

また，崩落土砂の堆積域の範囲（堆積域の投影面積に対応）は，

$$A_{do} > A_{ds} > A_{di}$$

の順となる．

このことは，切取りのり面長が同一なら，斜面形が凸型で，生産域は小，堆積域は大となり，少量の土砂が拡散することになる．逆に，凹型の斜面形をもつのり面では，生産域が大，堆積域が小で，大量の土砂が集中する形を呈する．

しかし，一般には，路線形は，曲線半径をできる限り大きく取る傾向にあり，そのため，路線位置は内カーブにおいて原地形からはなれ，外カーブにおいて原地形に切り込むことが多い．

切取りのり面の長さは，原地盤の傾斜角，のり面勾配および地盤への切込み量が決まれば，切込み量にある係数を乗ずることによって求まる．図3は，地盤傾斜角0～60度の範囲における，のり面勾配50，55，60，65，90度の場合の，原地盤への水平方向の切込み量と切取りのり面長との関係である．傾斜角40度の原地盤に勾配60度の切取りのり面を作設する場合，切取りのり面長は切込み量の約1.9倍になることを示している．

外カーブで尾根部を通過する地点では，切込み量も増大するため，当然切取りのり面長は大となる．さらに，前述のように，尾根部には風化土壌層が深部にまで発達しているため，崩落土砂となりうる要素も大で，路線形状においては，外カーブでの影響が大きいと考える．

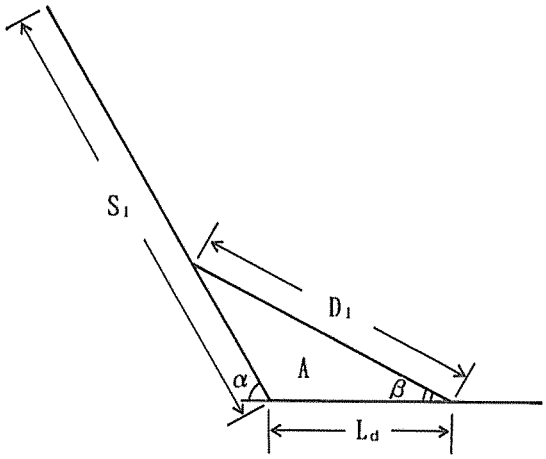

Fig. 4 Profile of cutting slope of forest road.
Notice : A : area of deposit soil
S_l : length of cutting slope
D_l : length of surface slope of deposit soil
L_d : distance from base of slope to end of deposit
α : cutting slope angle
β : deposit slope angle
図4 林道切取りのり面の断面形状模式図

3.4.　切取りのり面からの崩落土砂量

切取りのり面からの崩落土砂が，下方へおよぼす影響を把握するためには，崩落した土砂量を知る必要がある．成因は何であれ，のり表面に発生し，遊離した不安定土砂は，重力の働きで，のり面下方へ落下，移動して，のり尻に堆積する．のり尻に堆積した土砂量は，土砂の供給源の規模と関連をもつはずである．そこで，図4に示すように，切取りのり面，路面，土砂堆積面を簡略化してとらえ，各要素を測定した．すなわち，切取りのり面長をS_l，のり勾配をα，崩落土砂堆積土層の斜面長をD_l，斜面傾斜角をβとすると，崩落土砂の堆積面積Aは次式で示される．

$$A = D_l^2 \cdot \sin\beta \sin(\alpha - \beta) / 2\sin\alpha$$

図5は，三郡変成岩地帯を通過する林道の横断面について，切取りのり面長S_l（横軸）と崩落土砂の堆積面積A（縦軸）の関係を示したものである．この図から，両者間には，正の比例関係を認めることができる．（相関係数　r=0.87　0.1%で有意）

両者間には，単位に次元の違いがあるが，これは生産源の側の深さ方向の要素が，全範囲内で一様であることを示すともみることができる．

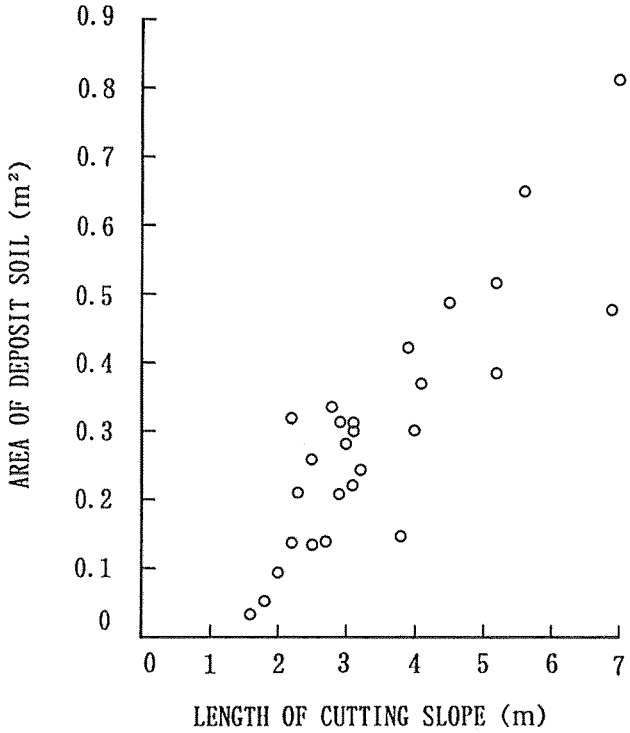

Fig. 5　Relationship between length of cutting slope and area of deposit soil.
図5　切取りのり面長と崩落土砂堆積面積との関係

ここで，切取りのり面長を崩落土砂生産源の規模，崩落土砂の堆積面積を崩落土砂量と考えると，切取りのり面長が大なる程，のり尻に堆積する土砂量も大となることを示しており，切取りのり面長が大なる程，側溝埋没の危険度も増すことを示していると考える．

また，切取りのり面から崩落する土砂量は，地質，岩盤の堅さ，土壌の緊密性も反映すると考える．基岩が露出している切取りのり面では，基岩部分が，土壌層に比し，剝離に対して堅固で，そのため，土砂の生産源とはなりにくいと考えられる．

3.5. 崩落土砂の到達範囲

林道構造におよぼす切取りのり面からの崩落土砂の影響として，側溝の埋没がある．すなわち，崩落土砂が路面上のどの範囲まで到達するかが問題となる．

図4から，のり尻から崩落土砂の堆積の先端までの距離を，切取りのり面からの崩落土砂の到達距離として求め，林道下部構造への影響を考える．到達距離 L_d は，次式で示される．

$$L_d = D_l \cdot \sin(\alpha - \beta) / \sin\alpha$$

図6は，切取りのり面の長さと，上式で求めた崩落土砂の到達距離との関係を示したものである．この図からは，切取りのり面長が2m以上で0.8m程度，4m付近で1m程度，それ以上では測定の範囲内では1.5mと崩落土砂の到達距離には限界が認められる．

林道においては，一般に，のり尻から0.5mの地点に側溝を布設することが多い．図から，切取りのり面長が2mを越えると，崩落土砂の到達距離も0.5mを越えるようになり，側溝の布設位置まで土砂が達し，側溝へ流入して埋没の可能性もでてくる．側溝の布設位置を崩落土砂の影響がおよばない地点にすればよいが，のり尻と側溝との間の距離を，切

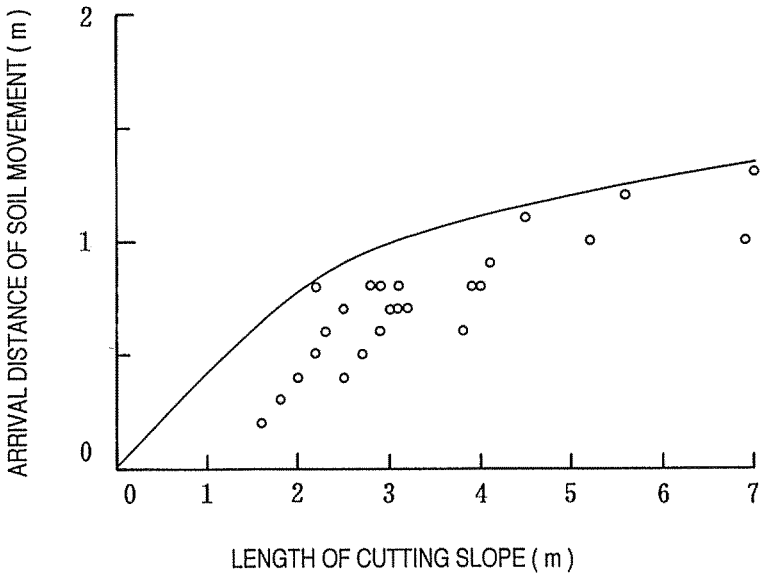

Fig. 6 Relationship between length of cutting slope and arrival distance of soil movement.
図6 切取りのり面長と崩落土砂到達距離との関係

取りのり面長によって変化させたり，大きく取る必要もあり，現実的ではない．この点から判断すると，低規格の林道においては，側溝を作設する意味を再考する必要性もあると考えられる．

また，一般に，長大な切取りのり面の作設に際しては，切取りのり面ののり高約5m毎に，幅1m程度の小段（犬走り）を設置することが多い．のり面勾配を60度とした場合，のり高5mでは，のり面長は5.8mで，それに対応する崩落土砂の到達距離は，この図から約1.3mとなる可能性もある．犬走りの幅をそれ以上にしないと，一部の土砂はさらに下方に落下することになり，犬走りの機能が果たせない恐れもでてくると考えられる．

4．おわりに

林道構造の横断面方向をみた場合，切取りのり面には，恒常的な土砂移動の要素が存在し，現実にも発生していること，路線形状により土砂移動の影響が集中すること，その影響の度合いは土砂生産源の規模，とくに切取りのり面長と直接関係すること，さらに，影響を受ける範囲には限界が存在するが，現状では，その限界内でも林道構造自体を見直す必要があること等が判明した．

本研究を進めるに当たり，竹下敬司九州大学名誉教授をはじめ，林学第二講座の諸氏にさまざまの御協力をいただいた，厚く感謝申し上げる．

引用文献

勘米良亀齢・橋本光男・松田時彦編（1980）：岩波講座地球科学　15　日本の地質．岩波書店，387pp.

中尾博美・森田紘一・長澤　喬（1986）：林道切取りのり面の安定性に関する研究．昭和60年度科学研究費補助金（一般研究B）研究成果報告書：32pp.

山本仁志・矢部茂明・豊島重造・大河原昭二（1985）：林道切取りのり面保護試験地の5年間の崩土量．日林論　96：655-656

山本仁志（1992）：林道切取りのり面崩落土砂量の推定．日林誌　74（1）：37-43

（1995年12月1日受付；1996年1月16日受理）

Summary

This report deals with characteristics of soil movement from artificial cutting slopes along forest roads through the observation of deposit soil at the base of slopes. On hillsides, soil layers are looser, as they approach the surface. However convex type slopes have deep soil layers contrary to our expectations. Therefore there is a great amount of soil movement. First, soil movement from cutting slopes reaches at the end of the deposit on the road surface. Starting from the end of the deposit, the sectional profile of the surface of deposit shows growth curves toward the base of the slope. Finally the surface of the deposit becomes the angle of repose. The volume of soil movement is directly proportional to the length of the cutting slope. The arrival distance of soil movement is related to the length of the cutting slope, but there is an upper limit. It is greater than 0.5m when the length of the cutting slope is 2m, and may flow into side ditches along the forest road. Road alignment corresponds to the shape of the cutting slope. Soil movement from convex type slopes spreads, but its volume is greater than for others. Therefore, soil movement from this slope type has a great impact on the lower sections of forest roads and forest land.

Key words : cutting slope; soil movement; volume of deposit; arrival distance.