

## 76 豪雨による林道表面の変化とそれに伴う斜面崩壊について

広島大学総合科学部 栃木省二・○海堀正博

**はじめに：** 林道や作業道は健全な林業を営む上で欠かせないものの一つである。林業の過程として地ごしらえ、植林、下草刈り、枝打ち、除伐、間伐、伐出などだけを考えてみても、作業能率の点から、林道・作業道の有無の影響は大きな地位を占めている。一方、健全な山林が形成されることは単に経済的効果にとどまらず、災害の防止・軽減の面からも好ましい。林道や作業道を建設するにあたっては、位置の選択から設計、施工まで、十分な安全性が確保されるようになされているのであるが、豪雨時の排水対策の面で若干の問題がある例も見られる。筆者らは、昭和63年7月の広島県北西部に発生した土石流災害現場で種々の調査を実施した。この豪雨による崩壊を、いわゆるふつうの山腹崩壊・林道下崩壊・溪岸崩壊に分類すると、調査溪流数43、全調査崩壊数417のうち、それぞれの割合が68.6%、13.4%、18.0%となり、圧倒的にふつうの山腹崩壊が多く、林道が関わっているものの割合が最も少ないことがわかる。しかし、どこに発生するのか予測の難しい山腹崩壊に比べ、林道に関わる崩壊は、ある程度予測が可能になるのではないかという点について報告する。

**1. 調査した林道・作業道：** 広島県北西部の高度450～550mの山間にあるこの林道・作業道（以下単に林道と呼ぶ）は、付近で活発に行われている林業活動のための幹線道として利用されている。未舗装で一車線幅ではあるが、山頂部に近いところを切盛りして施工されている。林道より山側ではアカマツの混じった自然林が多く、谷側ではスギやヒノキの人工林が多い。すみやかな排水処理のための側溝や横断溝が適宜設置されており、ほとんどの横断溝の下流側排水部にはふとん籠や蛇籠での補強がなされている。通常的气象条件に対しては林道の安全性は十分であると言える。ところが、昭和63年7月、この地域は総雨量が250mmを越える局地的集中豪雨に襲われ、各地で崩壊や土石流が発生し、この林道もかなりのダメージを受けるに至った。

**2. 調査方法：** 上記の林道の内、豪雨によるダメージが比較的大きかった約1200mの区間を精査することにした。まず、林道のほぼ中央部に、距離10mごとに水準測量用のピンを打ち、コンパスにより、骨組を求めた。次に、レベルを用いて水準測量を行ない、測点の地盤高をmm単位で求め、さらに各測点ごとの横断方向に適当な間隔で、地盤の凹凸をmm単位で測定した（林道の幅いっぱいにゴムひもを水平に張り、ゴムひもの位置から地盤表面までの鉛直高さをコンベックスを用いて測定した。図1参照）。この測量を、豪雨災害発生直後と一応の復旧作業が完了した後の二度にわたって実施した。一方、林道沿いの崩壊・植生・排水設備等についてもその位置や規模などを測定し記載した。崩壊地や排水設備の状況の調査も同時に実施した。さらに、崩壊地の状況の精査として、深さ方向の密度分布調査と現場一面せん断試験を、ならびに、林道沿いの崩壊地の状況に対する比較として、ごくふつうの山腹崩壊地でも同様の精査を実施した。深さについては、鉛直方向に5cm単位で測定し、密度の測定にあたっては、内径が10cm、深さが6cmの塩ビ製の円筒容器を用いて、不攪乱試料をサンプリングする要領でいていねいに行なった。さらに、現場一面せん断試験を行なったあとの試料を実験室に持ち帰って、最大密度・最小密度試験（木ハンマーでの1000回打撃法&スプーン法による）を実施した。

**3. 測量結果の整理および考察：** 地盤高のデータを平面位置とともに（X、Y、Z）の三次元座標として計算機に入力し、計算機を用いた補間法により、10cm間隔の等高線を描かせた。林道の部分以

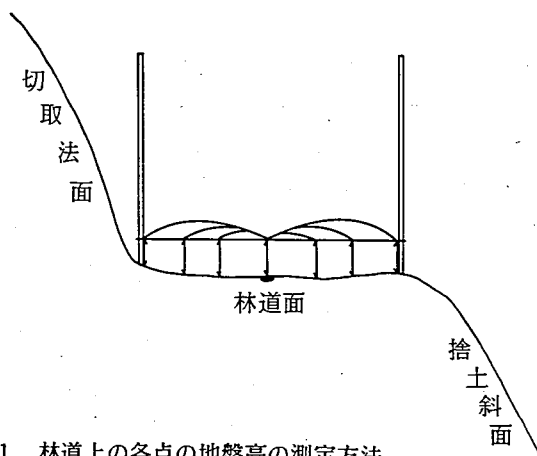


図1 林道上の各点の地盤高の測定方法

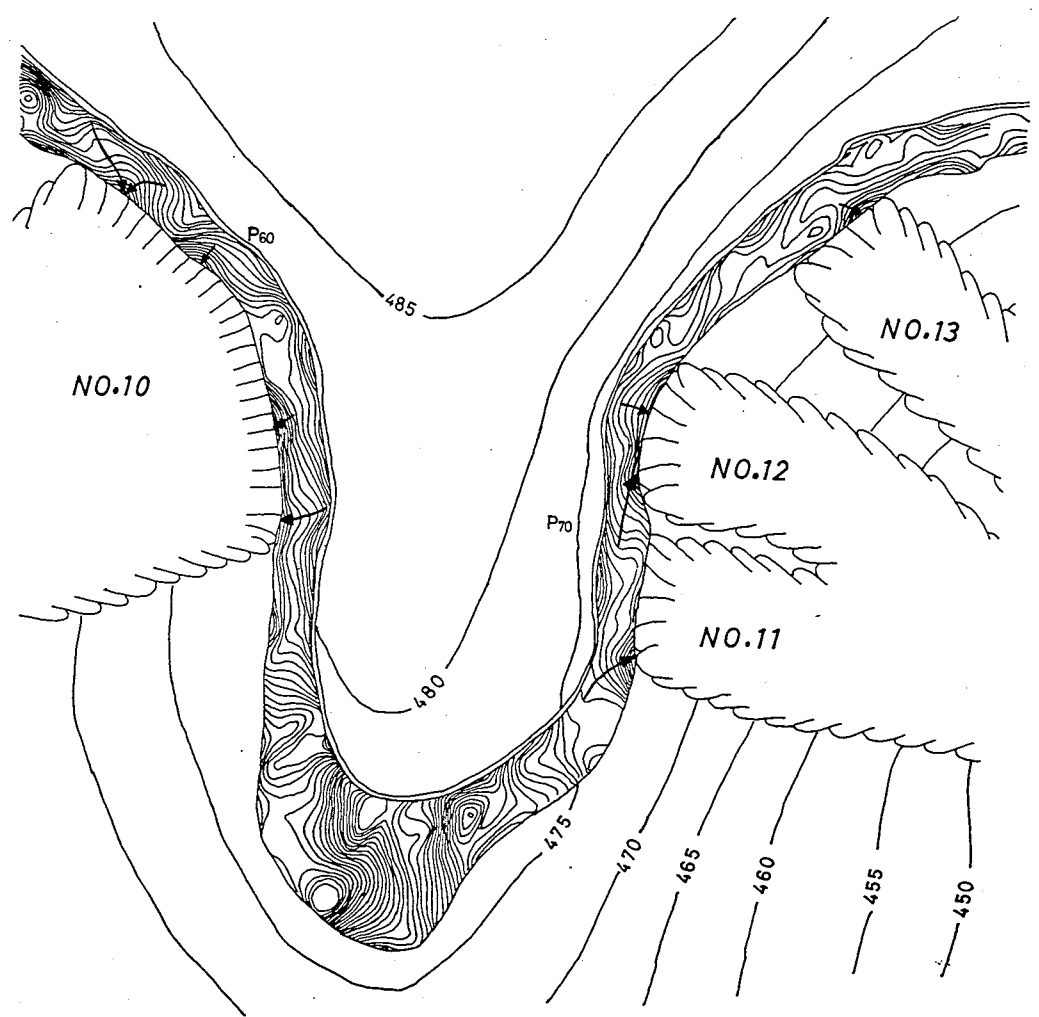


図2 災害直後の林道面と崩壊の状況の一例

外の地形図には5m間隔の等高線を、また崩壊地と側溝の位置もあわせて描いた。その結果、復旧後の林道表面はきわめて凹凸が少なく、排水設備も良好に機能する状況にあるが、今回のような豪雨に見舞われると、林道表面の凹凸が激しくなり、あたかも水路を流れるかのように表面水が林道上を流れ、それが林道沿いの崩壊を引き起こしていることがはっきりと浮き彫りにされた(図2)。林道上の表面流は、豪雨が林道設計上の排水能力を越えていたこと、また、側溝が切取法面からの侵食土砂で閉塞されてしまいその効力を発揮できなかったこと、さらに、横断溝も林道表面侵食土砂により閉塞され同じく効力を発揮できなかったことなどの理由により発生したものと思われる。林道沿いの崩壊は、林道から供給された水によって発生している場合がほとんどであるが、この中には、横断溝から正常に排水されているにもかかわらず、その量が予想以上に多かったため、排水部分に補強のために設置されていたふとん籠や蛇籠ごと破壊し、崩壊につながっている例もあった。

4. 崩壊地の状況調査結果と考察: 図2の崩壊No. 11でいくつかの土質試験を行なった。そのひとつは現場の深さ方向の堆積密度が崩壊のすべり面とどのような関係にあるのかを調べたもので、結果を図3に示す。林道下に発生する崩壊は、この結果が示すものと同様のものがほとんどで、すべり面が風化土層中に存在し基岩の露出の見られないものが多かった(表1)。これに対し、あるふつうの山腹崩壊現場での密度分布とすべり面の関係は図4のようで、この例のように岩盤の露出の見られるものの割合が比較的林道下崩壊の場合より高い(表1)。そのほか、図3と図4には最大密度・最小密度試験の結果をも示しているが、現場での堆積状況がいかにか低密度であるかがよくわかる。なお、最大密度・最小密度とも1試料につき50回以上実施して求めたものである。さらに、現場一面せん断試験も行なったのであるが、結果を整理してみると、実験に用いられた不攪乱サンプルにばらつきが大きすぎたためか、使えるようなものが得られなかった。実験室に持ち帰った攪乱資料を使って現場と同じ低密度条件の設定を試みたが、成功しなかった。以上のような理由から、逆解析による崩壊の発生機構を断定することはできないが、林道下の崩壊の場合には、豪雨のもたらした水が、林道上をあたかも水路のごとく流れ、谷側に排水されるような状態となり、低密度で堆積していた斜面の土を表面から侵食するような形態で次第に拡大していったことが考えられる。その結果、崩壊のすべり面が風化土層中に存在するケースが多いのではないと思われる。これに対して、ふつうの山腹崩壊現場の状況ではすべり面に基岩の露出している場合がかなりあったが、最初不飽和浸透していた水が基岩面上に自由地下水面を形成し、それが次第に上昇し間隙水圧の高まったところで一気に崩れ落ちたものが多かったのではないと思われる。

5. 結論: 今回の災害は土石流によるものが多かったが、ほとんどの土石流の発生した溪流の源頭部には必ずと言っていいほど崩壊が見られた。前述したように、林道下の崩壊の割合は最も小さいのであるが、林道からの排水対策に関してさらに研究することによって、少なくとも崩壊全体の10%程度が防げることになる。たとえば、経済的な面で問題があるかも知れないが、横断溝の排水部の補強の強化、側溝・横断溝が正常に機能するような維持、少し強い雨の後の路面の凹凸の平滑化、切取り法面の土が簡単に落下して側溝を閉塞することの防止、捨土斜面の締固めの強化などがひいては林道下の崩壊の防止に役立つものと思われる。

おわりに: 本調査に関しては、広島県林務部の好意によるもので、深く感謝するものである。また、調査の実施・整理にあたっては広島大学総合科学部砂防学研究室の学生諸君の多大なる協力を得たことをここに記して感謝したい。

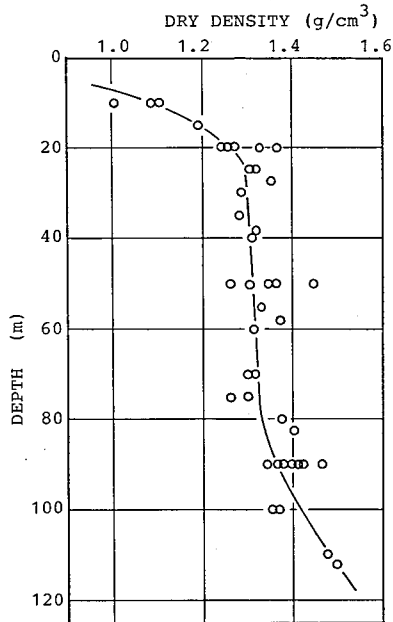


図3 林道下崩壊 (No.11) での原位置密度分布  
 辻の河原川右支川上流の林道下崩壊地の試料

深さ	最小密度 (g/cm <sup>3</sup> )	最大密度 (g/cm <sup>3</sup> )
10cm以上30cm未満	1. 1 9 4	1. 8 5 0
30cm以上70cm未満	1. 2 8 2	1. 7 8 2
70cm以上100cm未満	1. 2 2 8	1. 7 7 0
100cm以上	1. 2 8 8	1. 6 6 3

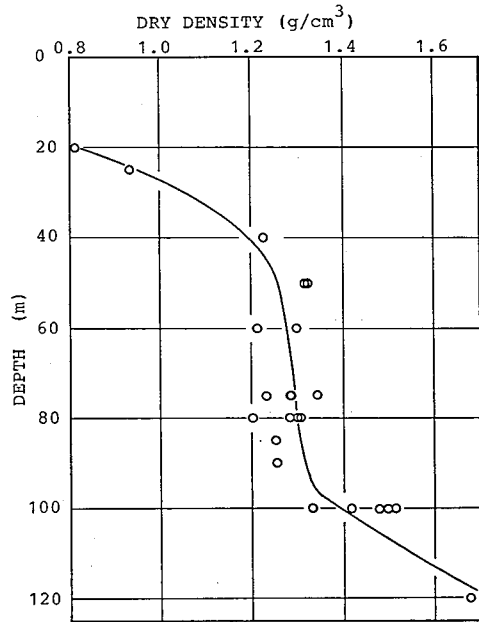


図4 ふつうの山腹崩壊現場 (江河内谷川本川上流) での原位置密度分布  
 江河内谷川本川上流のふつうの山腹崩壊地の試料

深さ	最小密度 (g/cm <sup>3</sup> )	最大密度 (g/cm <sup>3</sup> )
40cm以上80cm未満	1. 1 9 7	1. 7 5 9
80cm以上	1. 2 3 9	1. 8 8 8

表1 いくつかの流域の崩壊地でのすべり面の状況

流域番号 No	流域名	ふつうの山腹崩壊の場合のすべり面の状況		崩壊地の傾斜角 (°)	崩壊土層の平均値 (m <sup>3</sup> )	全崩壊のうち崩壊地周辺が集水地形である割合 (%)	植生全体に対する人工林の割合 (%)	林道下崩壊の場合のすべり面の状況		総崩壊数
		基岩露出 (箇所)	風化土層中 (箇所)					基岩露出 (箇所)	風化土層中 (箇所)	
7	江河内谷川本川	14	7	40.1	106.5	76.2	52.3			21
8	江河内谷川左支川	8	1	35.2	168.9	55.0	11.1	1	1	11
9	埜谷川	5	10	37.0	38.1	100.0	76.9	0	7	22
10	上鶴渡瀬川	10	13	37.7	54.3	73.9	21.7			23
14	上原川	1	4	40.6	64.7	80.0	80.0			5
15	山城川	2	1	40.7	247.0	66.7	0.0	1	1	5
16	本谷川	9	8	42.2	132.7	52.9	41.2	0	1	18
19	中尾谷川	8	15	52.2	93.8	52.2	47.8	1	8	32
33	上木坂川	5	1	41.0	143.3	67.0	50.0			6
32	辻の河原川	3	3	38.5	79.3	66.7	16.7	1	10	17
	合計	65	63	*	*	*	*	4	28	160