

## 切取法面の崩壊(III) : 宮崎県内14路線

森田, 紘一  
九州大学農学部

中尾, 博美  
九州大学農学部

<https://doi.org/10.15017/15902>

---

出版情報 : 演習林集報. 25, pp.55-73, 1974-02-28. Kyushu University Forests  
バージョン :  
権利関係 :



# 切 取 法 面 の 崩 壊 (Ⅲ)

—— 宮崎県内 14 路線 ——

森 田 紘 一・中 尾 博 美

## On Land Slide of Cutting Slope (III)

——14 Forest Roads in MIYAZAKI Prefecture——

Kōichi MORITA and Hiromi NAKAO

### 目 次

|                |             |
|----------------|-------------|
| 緒 論            | 1) 切取法面長    |
| I. 調査地域の概況     | 2) 地盤傾斜角    |
| II. 崩壊調査結果     | 3) 切取面積     |
| 1) 路 線         | 4) 斜面方位     |
| 2) 開 設 年       | 5) 開 設 年    |
| 3) 地 質         | 6) 地 質      |
| III. 崩 壊 発 生 比 | IV. 結果および考察 |
| 1. 発生頻度分布      | 引 用 文 献     |
| 2. 崩壊発生比       | Résumé      |

### 緒 論

林道は森林資源の開発に、あるいは、林業の就労条件の改善、林業の収益性の向上、伐出費や造林費の節減等林業の生産基盤として、更には山村における交通施設として地域の振興に等、多方面にわたって活用され、地域社会に不可欠の重要な役割を担っている。

そのため、国有林林道の開設に多額の経費が投入されているのは勿論、民有林林道にもその開設、改良に、民有林林道補助事業、特定森林地域開発林道整備事業（公団管大幹線林道）、農林漁業用揮発油税財源身替林道整備事業（峰越林道）、林業構造改善事業等の国の助成措置が講じられ、年々、林道網の整備、拡大がはかられてきている。

林道の総延長は年毎に伸びてはいるが、その内容は時代の要求につれて大きく変革してきている。すなわち、従来主役を担ってきた車道、森林鉄道は、廃止または自動車道への切替、改良が行なわれて減少が著しく、それによってかわって自動車道の開設が目覚しく増大してきている（表—1）<sup>1)</sup>。

こうして最近の林道は自動車道という形で森林の奥地開発が進展するにつれて、奥地山岳に侵入し、あるいは峰を越えて2つの流域を連絡するなど、大規模に開設が押し進められている。

こうした林道の開設の方法は、ほとんどが山腹斜面をブルドーザ、ショベルドーザ、バックホウ等の土木機械で切りくずし、切り取った土砂は、その場でまたは近傍に設けられ

表—1 林道（自動車道のみ）開設量の推移（km）

| 区分  | 年度 | 1965  | 1968  | 1969  | 1970  | 1971  | 1972.3.31<br>の現況 |
|-----|----|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| 総数  |    | 2,645 | 3,732 | 4,209 | 4,778 | 4,894 | 73,947           |
| 国有林 |    | 1,070 | 1,194 | 1,474 | 1,738 | 1,686 | 29,091           |
| 民有林 |    | 1,575 | 2,538 | 2,735 | 3,040 | 3,208 | 44,856           |

た土捨て場等の下方斜面に押し出すといった形がとられ、切取法面の保護工作としては、わずかに擁壁を築いたり、特別の場合にのみ法表面の緑化工が行なわれる程度に過ぎない。

このような林道は当然大雨に弱く、梅雨期あるいは秋霖時の前線の活動や台風によってもたらされる集中豪雨でしばしば各所に崩壊を起し、交通のマヒや人家の孤立、更には河川に崩落した土砂によって下流域にまで大きな被害をもたらすこともある。

そして、その被害総額は民有林林道だけでも1969年約30億円<sup>9)</sup>、1970年約21億円といった多額に達している。

奥地山岳林に漸増する林道は、従来のままの路線選定方法あるいは施工方法では、災害源ともなりかねない情勢にある。

そこで、本研究では、既設林道の主に切取法面の崩壊発生傾向に統計的分析を加えることにより、今後望まれる自然環境の保全に留意した崩れにくい林道の設計、施工方法の開発の知見を得ることを目的とした。

調査対象路線として1971年8月および1972年6～7月の集中豪雨によって大きな被害を受けた宮崎県の北西部山岳地帯において、近年開設された14本の林道を抽出し、その切取法面の崩壊の実態を調査し、分析結果をとりまとめた。すなわち、崩壊現象と開設後の経過年、地質、施工要因（切取法面長、地盤傾斜角、切取面積）、斜面方位等の各種要因との相関関係を明らかにした。

## I. 調査地域の概況

切取法面の崩壊状況調査の対象とする路線の選定には、

①開設年度が数年にわたっていること。

②路線の延長が比較的長いこと。

③1971年および1972年の大雨による切取法面の崩壊が発生していること。

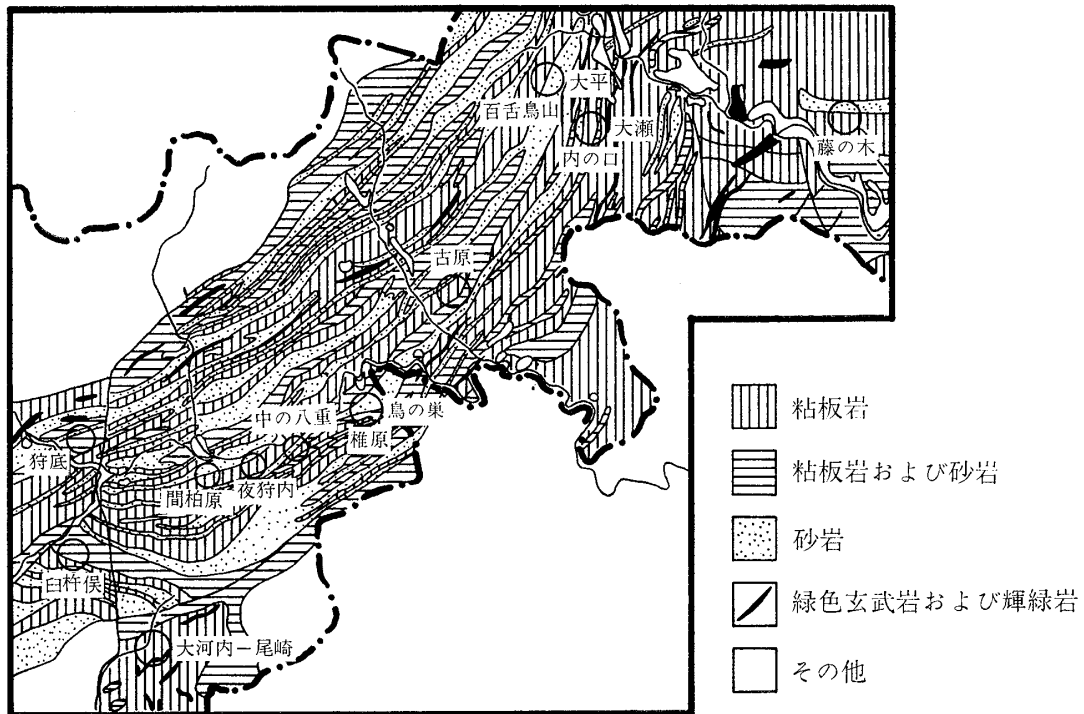
等を条件とした。その結果、選定した調査対象路線は表—2および図—1に示すとおりである。

これら14路線は西臼杵郡日之影町と東臼杵郡椎葉村、諸塚村、西郷村、北方村の5町村にまたがり、大別すると、五ヶ瀬川、耳川、一ツ瀬川という九州の脊梁山脈に源を発し、太平洋に注ぐ3つの大きな河川の流域に含まれている。

また、これらの路線の大部分が、急峻で長大な山腹斜面を縫うようにして開設され、森林開発のためだけでなく、山間部に点在する民家を結ぶ地域住民の日常生活上欠くことのできない重要な道路となっている。

この地域には、五ヶ瀬川沿いに国鉄高千穂線と国道218号線、耳川沿いに国道327号線、一ツ瀬川上流から北上する国道265号線と主要幹線が各地域に1本入っている程度であって、調査の対象としたこれらの林道とくに峰越えで2流域を結ぶ路線は、一般の交通施設

この地域の地質区分は図—2<sup>31</sup>に示すとおりで、第三紀四万十層の粘板岩 (cl), 粘板岩および砂岩 (cls), 砂岩 (ss) が入り混じり、ところどころに阿蘇火山噴出物の堆積地帯



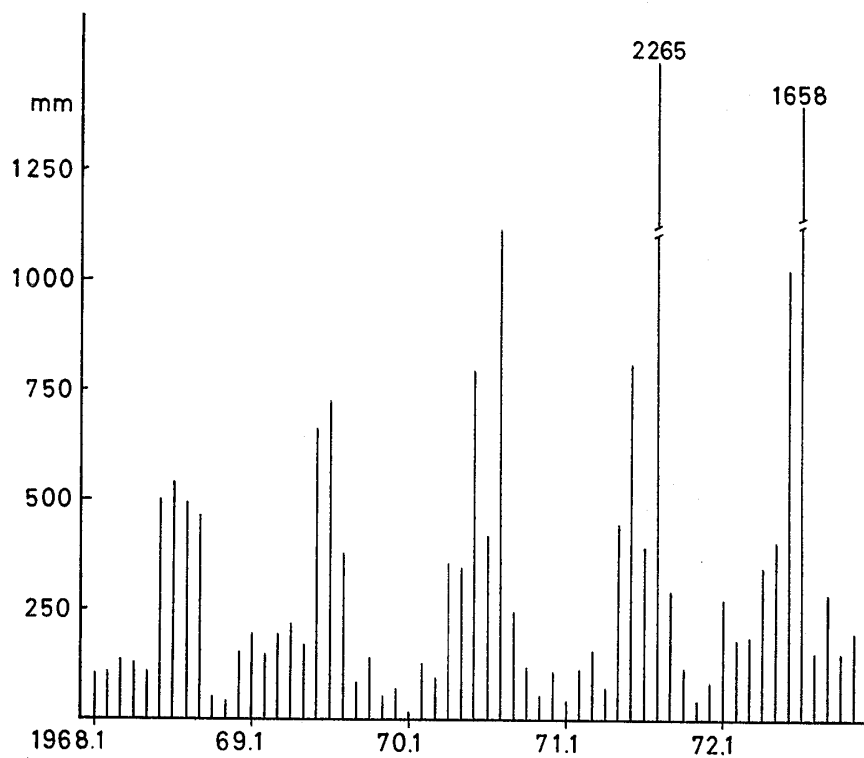
図一2 調査地域の地質

(とくに五ヶ瀬川流域一帯), 緑色玄武岩および輝緑岩 (Db) の貫入が見られる。また, この地域を地質構造線 (八代-臼杵構造線) が斜断し, 各所に断層が走って複雑な地質を呈している。

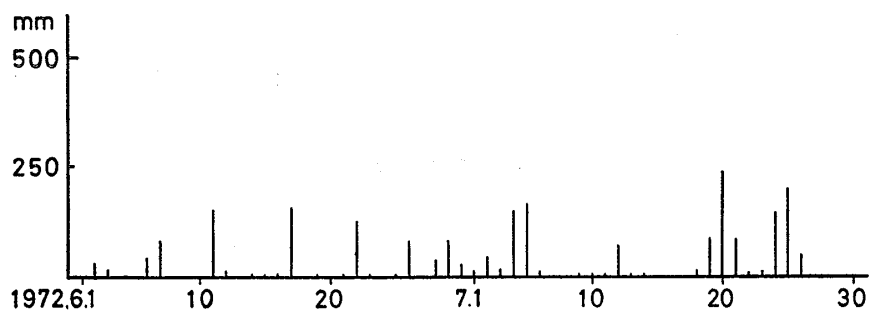
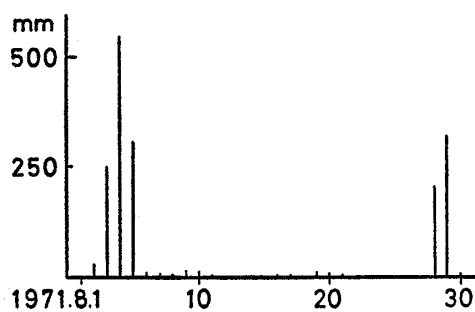
更に, この地域は宮崎県の北西部山岳地帯にあたり, 年降水量が 2,000~5,000mm に達する多雨地帯である。すなわち, 1968~1972 年の 5 年間の年平均降水量<sup>4)</sup>を見ると, 日之影 2,200mm, 北方 2,400 mm, 上椎葉 3,100 mm, 諸塚 2,500 mm, 西郷 2,400mm, 大河内 3,900mm となっている。それも図一3に示すとおり, 6月から9月にかけて集中して降る傾向が強い。とくに6月から7月初めにかけての梅雨前線の活動, 7~8月の台風の襲来, 9月の秋霖前線の活動と相俟ってこの地域が山岳地であるため, 局地的に大雨になりやすい。

今回調査した林道の切取法面の崩壊は 1971 年 8 月の台風 19 号および 23 号, さらに 1972 年 6~7 月の梅雨前線に伴う集中豪雨によって発生したものと推定される。

降雨が切取法面崩壊の直接の原因となっているが, 短時日に数百ミリも降る豪雨による場合と, 長期間雨季が続く, 地盤中の水分が飽和状態になり, その間, 断続的に起こる大雨により直接崩壊が発生する場合とが考えられる。事実, 1971 年と 1972 年とでは日降水量の分布に多少異なった傾向がみられる。すなわち, 図一4のとおり, 1971 年 8 月は月降水量の大部分 (上椎葉の場合 96% を占めている) は月初めの台風 19 号と月末の台風 23 号とがもたらした集中豪雨によるものである。これに対し 1972 年 6~7 月の場合は, 長期間にわたる梅雨前線や迷走した台風 7 号の活動によるもので日降水量は前者に比し少なくなっているが降り初めからの積算雨量には大きな差はみられない。いずれにしても, この期間に 1 回程度月降水量が 1,000 mm に達することがあり, 林道切取法面の崩壊の大きな原因となっていると考えられる。



図一3 月別降水量(大河内)



図一4 日雨量(上椎葉)

また、この期間中に 100mm 以上の日降水量が観測された回数を 1970～1972 年の 3 年間について求めた結果は表一3に示すとおりでかなりの回数にのぼっている。

表—3 6～9月に発生した100mm以上の日雨量(1970～72年)

| 観測地 | 年    | 日雨量<br>100mm<br>以上発生<br>回数 | 降水量<br>(mm) | 発生月日                                         | 最大日雨量<br>および<br>発生月日 | 備 考                              |
|-----|------|----------------------------|-------------|----------------------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| 日之影 | 1970 | 4                          | 593         | 8.13～14, 8.28～29                             | 180(8.29)            | 1970.6.13～15 梅雨前線                |
|     | 71   | 5                          | 1,129       | 8.3～5, 8.28～29                               | 433(8.29)            | 7.3～5 台風2号                       |
|     | 72   | 4                          | 520         | 6.17, 7.24～25, 9.7                           | 160(7.24)            | 8.13～15 台風9号<br>8.27～30 台風11号    |
| 北 方 | 1970 | 4                          | 624         | 6.14, 7.4, 8.14, 8.28                        | 195(8.14)            |                                  |
|     | 71   | 2                          | 483         | 8.3, 8.29                                    | 313(8.29)            |                                  |
|     | 72   | 1                          | 137         | 6.17                                         | 137(6.17)            | 1971.6.5～6 梅雨前線<br>8.3～5 台風19号   |
| 上椎葉 | 1970 | 4                          | 785         | 6.14, 8.14, 8.28～29                          | 275(8.14)            | 8.28～29 台風23号                    |
|     | 71   | 6                          | 1,812       | 6.5, 8.3～5, 8.28～29                          | 547(8.4)             |                                  |
|     | 72   | 8                          | 1,324       | 6.11, 6.17, 6.22, 7.4～5,<br>7.20, 7.24～25    | 238(7.20)            | 1972.6.11 前 線                    |
| 諸 塚 | 1970 | 5                          | 832         | 6.14, 8.13～14, 8.28～29                       | 231(8.14)            | 6.17 梅雨前線上<br>を低気圧通過             |
|     | 71   | 6                          | 1,439       | 6.5, 8.3～5, 8.28～29                          | 434(8.29)            | 6.22 梅雨前線                        |
|     | 72   | 4                          | 601         | 6.17, 7.20, 7.24～25                          | 177(7.20)            | 7.3～6 梅雨末期の<br>集中豪雨              |
| 西 郷 | 1970 | 2                          | 243         | 7.4, 8.30                                    | 127(7.4)             |                                  |
|     | 71   | 6                          | 1,074       | 6.5, 8.3～5, 8.28～29                          | 392(8.29)            | 7.19～20 台風7号                     |
|     | 72   | 4                          | 494         | 6.17, 7.24～25, 9.6                           | 147(6.17)            | 7.24～25 台風7号<br>9.6～8 熱帯性低気<br>圧 |
| 大河内 | 1970 | 5                          | 1,028       | 6.14, 8.14, 8.27～29                          | 354(8.14)            |                                  |
|     | 71   | 7                          | 2,464       | 6.5, 7.22, 8.3～5, 8.28～29                    | 539(8.29)            |                                  |
|     | 72   | 9                          | 1,902       | 6.11, 6.17, 6.22, 7.4～5,<br>7.19～20, 7.24～25 | 375(7.20)            |                                  |

## II. 崩壊調査結果

まず現地調査として、各対象路線の調査開始時点の始点より終点間を踏査し、設計平面図(1/1000)上において、切取法面の崩壊地点位置の確認と同図への挿入を行なった。

現地調査は1971年8月および12月に大河内一尾崎線を、他路線は1972年11月に行なった。

次に、20m間隔に設置された測点を標準点と考え、同点と崩壊点に関して、横断面図より切取法面長、地盤傾斜角、切取面積を(図—5)、また平面図より斜面方位を読み取った。

標準点および崩壊点について、路線別、開設年別、地質別に集計したものが、表—4、表—5、表—6である。

集計の結果を取りまとめてみると次のとおりである。

### 1) 路 線

延長では、最短は百舌鳥山林道の約1.1km、最長は農免林道として1966～1970年度にかけて開設された大河内一尾崎林道で8km以上におよんでいる。

切取法面崩壊数では、開設年が古い(1963～1965年度)椎原林道には1ヶ所もなく、比較的安定していることを示している。1971年8月の台風がもたらした集中豪雨によって大きな被害を受けた大河内一尾崎林道では51ヶ所にものぼっている。

また、1km当りの崩壊発生個数を平均崩壊発生率(個数/km)として求めた。その結果、臼杵俣、古原、夜狩内林道で7以上、百舌鳥山、中の八重林道で2以下という具合に

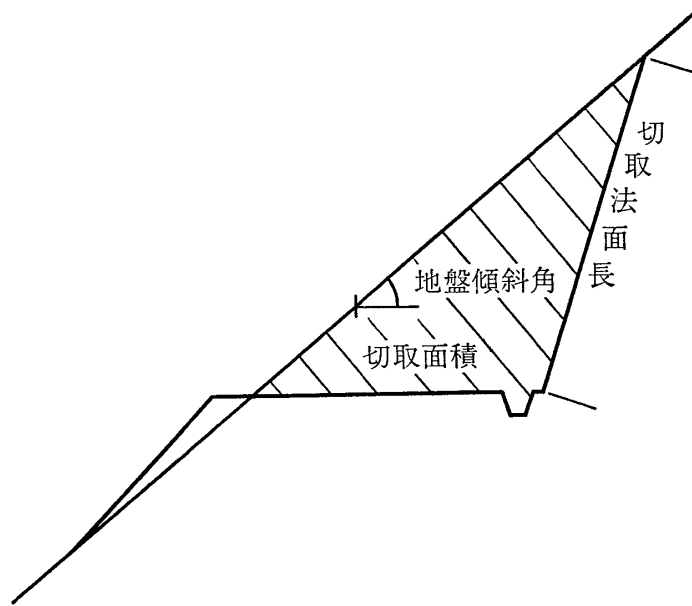


図-5 林道の横断面

表-5 開設年別集計結果

| 開設年度 | 標準点<br>個数 | 崩壊個数 | 平均崩壊<br>発生率 |
|------|-----------|------|-------------|
| 1963 | 64        | 0    | —           |
| 1964 | 170       | 3    | 0.88        |
| 1965 | 245       | 5    | 1.02        |
| 1966 | 271       | 9    | 1.66        |
| 1967 | 307       | 20   | 3.25        |
| 1968 | 448       | 42   | 4.68        |
| 1969 | 387       | 53   | 6.84        |
| 1970 | 321       | 43   | 6.69        |
| 1971 | 188       | 29   | 7.71        |
| 計    | 2,401     | 204  | 4.24        |

表-4 路線別集計結果

| 路線名    | 標準点<br>個数 | 崩壊個数 | 平均崩壊<br>発生率 |
|--------|-----------|------|-------------|
| 大河内一尾崎 | 418       | 51   | 6.10        |
| 臼杵俣    | 108       | 18   | 8.33        |
| 狩底     | 143       | 11   | 3.84        |
| 間柏原    | 402       | 26   | 3.23        |
| 夜狩内    | 57        | 8    | 7.01        |
| 中の八重   | 172       | 6    | 1.74        |
| 椎原     | 150       | 0    | —           |
| 鳥の巣    | 180       | 14   | 3.88        |
| 古原     | 113       | 17   | 7.52        |
| 百舌鳥山   | 61        | 2    | 1.63        |
| 大平     | 109       | 12   | 5.50        |
| 大内の口   | 90        | 5    | 2.77        |
| 大瀬     | 165       | 7    | 2.12        |
| 藤の木    | 233       | 27   | 5.79        |
| 計      | 2,401     | 204  | 4.24        |

表-6 地質別集計結果

| 地質          | 標準点<br>個数 | 崩壊個数 | 平均崩壊<br>発生率 |
|-------------|-----------|------|-------------|
| cls         | 108       | 18   | 8.33        |
| cls, ss     | 568       | 51   | 4.48        |
| cl, cls, Db | 180       | 14   | 3.88        |
| cl, ss      | 864       | 56   | 3.24        |
| cl          | 511       | 51   | 4.99        |
| ss          | 170       | 14   | 4.11        |
| 計           | 2,401     | 204  | 4.24        |

注) cl: 頁岩～粘板岩, cls: 粘板岩～砂岩, ss: 砂岩, Db: 緑色玄武岩および輝緑岩



路線間においてその差が甚しい。なかでも臼杵俣林道（1967～71 年度開設）では 120m に 1 ケ所の割合で崩壊が発生していることになり、開設年度の新しい路線での崩壊発生が著しい。

## 2) 開 設 年

開設年は調査年から遡り、何年前に開設された路線であるかで、同年前のものを集計した。

今回調査した路線では、調査年から逆算して 3 年前に開設された区間が最長で、ついで 2 年前、5 年前、4 年前の順序になっている。

崩壊数は 2 年前に開設された区間を最多に 3 年前、4 年前、1 年前の順となっている。

更に、平均崩壊発生率をみると、開設年が新しくなるにつれて高くなる傾向が認められる。

この集計結果から、切取法面の崩壊は開設後 1～4 年の間に集中して発生し、5 年も経過すると安定した状態になってしまうと考えられる。

## 3) 地 質

今回の調査地域には、北東から南西に走る中央構造線（臼杵—八代構造線）に沿って、砂岩（ss）、粘板岩（cl）、粘板岩および砂岩（cls）が帯状に交互に分布し、更には、処々に緑色玄武岩および輝緑岩（Db）が貫入、また、阿蘇火山の噴出物の堆積も見られるが、いずれも風化が進み、かなりもろい地質となっている。

そのため、1 つの路線をとってみても、2～3 の異なる地質地帯を通過することになり、地質による切取法面崩壊の特徴は明確にはあらわれなかった。

# III. 崩 壊 発 生 比

## 1. 発生頻度分布

各施工要因について、標準点および崩壊点の階層別出現頻度を求めた。その結果は図—6、図—7、図—8 に示すとおりである。

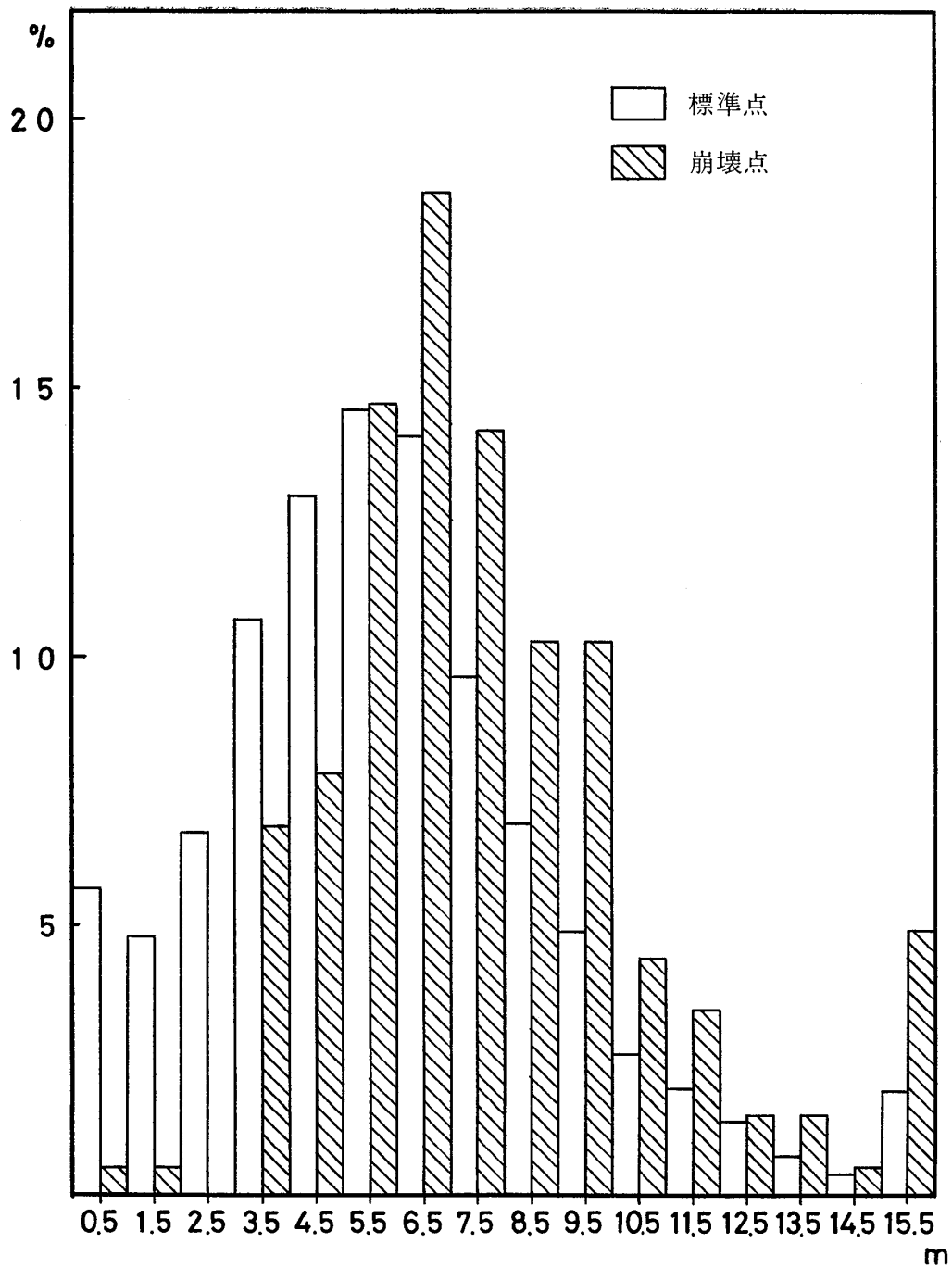
なお階層は次のように区分した。

|       |                                            |
|-------|--------------------------------------------|
| 切取法面長 | 1 m 階 (0～15.0m)                            |
| 地盤傾斜角 | 5° 階 (0～60.0°)                             |
| 切取面積  | 5 m <sup>2</sup> 階 (0～60.0m <sup>2</sup> ) |

切取法面長についてみると、標準点は 5.1～6.0m 階（中央値 5.5 m）をピークに、3～8 m の間に全体の 62% が含まれているが、崩壊点是要因値の高い方に少しずれて 6.1～7.0 m 階（同上 6.5 m）をピークにした吊鐘状に分布している。

地盤傾斜角は標準点および崩壊点とも、36～40° 階（37.5°）をピークとし、31～45° の間に集中して分布している。地盤傾斜角 25° 以下（出現頻度 7%）および 51° 以上（同 3%）では、ほとんど崩壊の発生は見られず、とくに 51° 以上の個所では、個別的に見ると岩盤を切り取る場合が多く、かえって安定した法面状態になっていることが多かった。

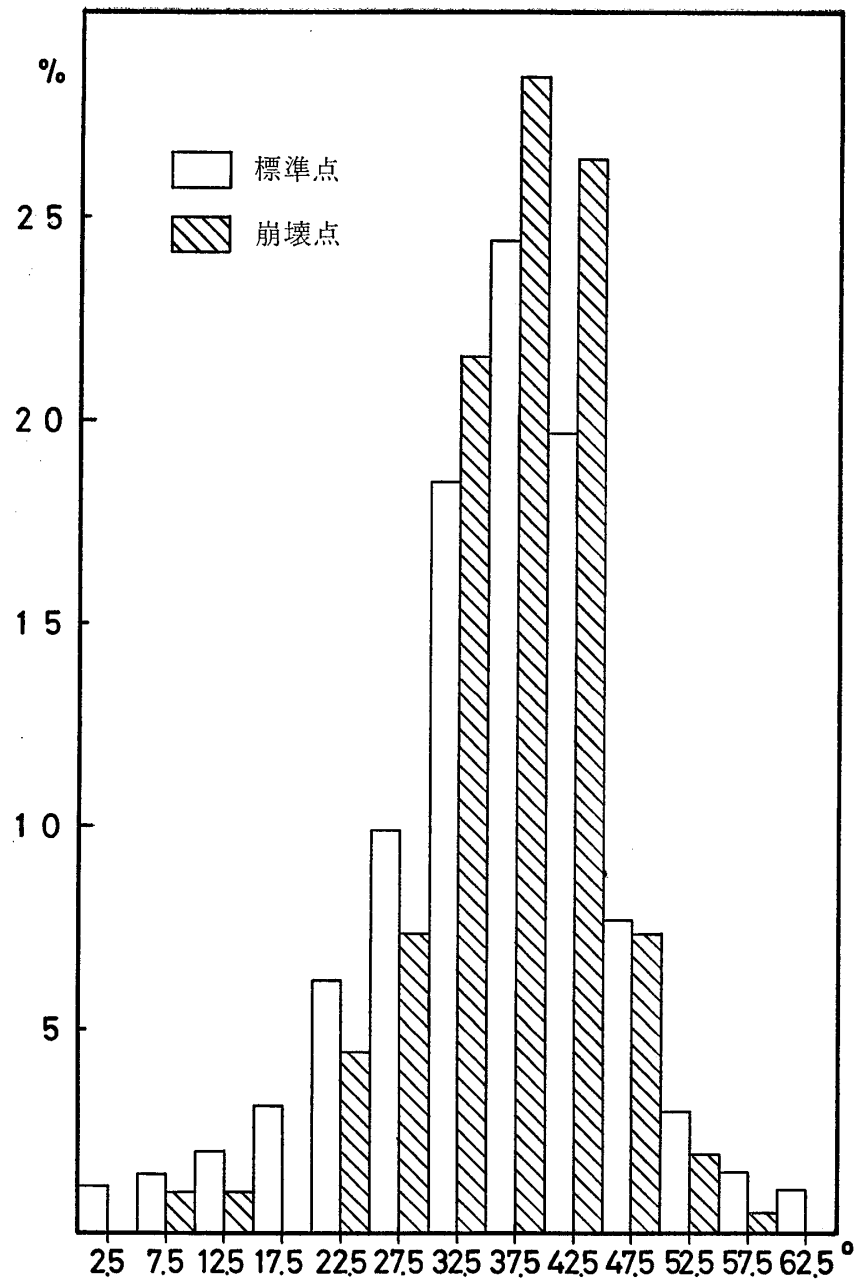
切取面積は 10.1～15.0m<sup>2</sup> 階（中央値 12.5m<sup>2</sup>）がピークで、標準点は 25.0m<sup>2</sup> まだが全体の 84% を占め、頭の鋭い吊鐘状を呈している。崩壊点もほぼ同様の傾向を示し、10.1～15.0m<sup>2</sup> 階および 15.1～20.0m<sup>2</sup> 階をピークに 0～30.0m<sup>2</sup> で全体の 78% を占めているが、標準点に比べ頂点がゆるやかな吊鐘状となっている。



図一6 切取法面長の階層別分布状況

## 2. 崩壊発生比

崩壊発生に及ぼす各要因の関与の程度を明らかにするため、筆者らは崩壊発生比なる指標を導入した。これは、横軸に各施工要因値を、縦軸に出現頻度を目盛った座標に、標準点、崩壊点の2群をプロットし、各々の度数曲線を求める。もし、その要因が何ら崩壊に関与しないとすれば、2群の曲線は重合し、任意で求めた両者の比は全範囲で1もしくはそれに近い値となろう。一方、これに対しその要因が比例的に発生傾向に影響を及ぼすならば、その比は、要因値の小さなところで1より小さい値をとり、要因値の増大と共に高まり、



図一7 地盤傾斜角の階層別分布状況

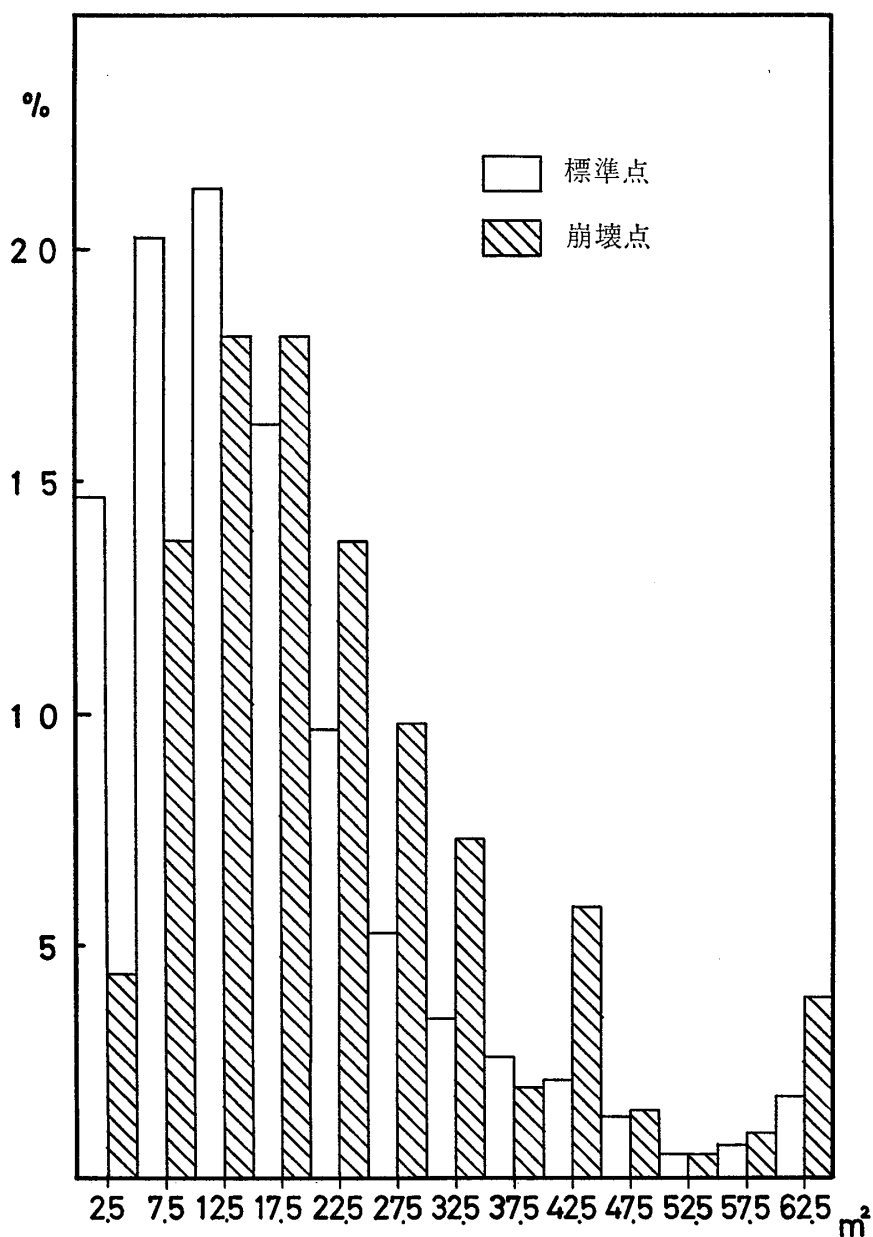
ある点で1を切り、より高くなっていくものと考えられる。階層別の同指標は次式によって求められる。

$$\text{崩壊発生比} = \frac{\text{崩壊点出現頻度 (\%)}}{\text{標準点出現頻度 (\%)}}$$

要因を階層別に見た場合、崩壊点の出現頻度率が標準点のそれと一致する値、すなわち、崩壊発生比が1になる要因値を求め、これを発生限界値と呼ぶことにした。

崩壊発生比は次の手順により算出した。

① 同一グラフ上に、標準点および崩壊点の階層別出現頻度の累計値をプロットし、それぞれ直線で結ぶ。



図一 8 切取面積の階層別分布状況

② 図上で、標準点の出現頻度が 0, 10, 20, 30, …… , 100 % の時の崩壊点の出現頻度  $a_0, a_{10}, a_{20}, a_{30}, \dots, a_{100}$  % を読み取る。

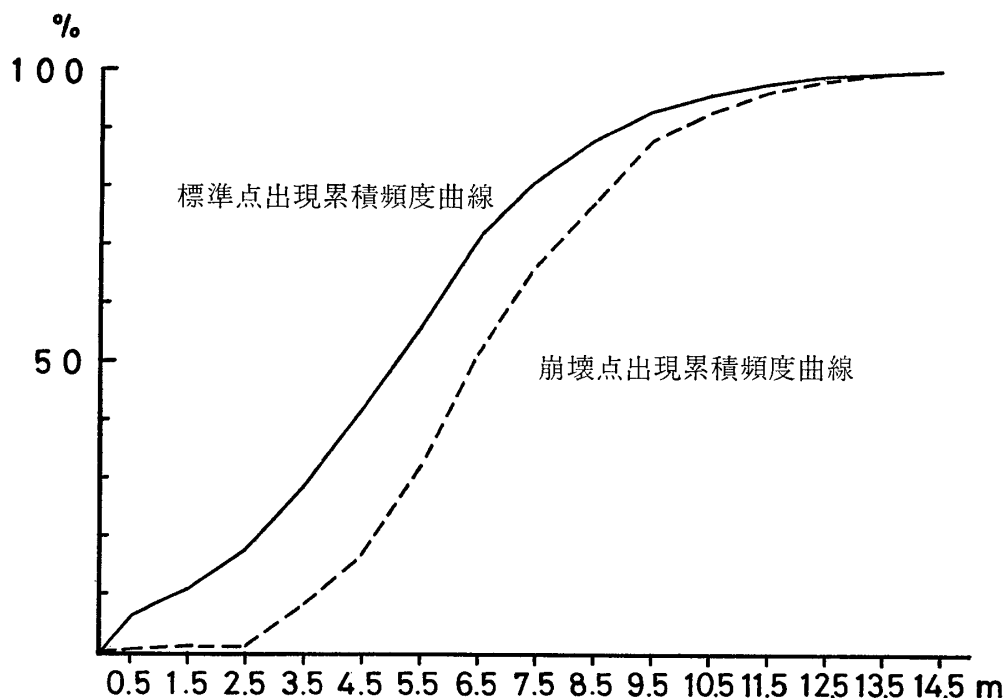
③  $a_{10}-a_0, a_{20}-a_{10}, a_{30}-a_{20}, \dots, a_{100}-a_{90}$  を算出し、標準点の出現頻度 0~10, 10~20, 20~30, …… , 90~100 % の各 10 % に対する崩壊発生頻度を求める。

④ 各崩壊発生頻度を  $\frac{1}{10}$  して、崩壊発生比を求める。

⑤ 次に、標準点の出現頻度累計が 10, 20, 30, …… , 100 % となる時の各要因値の加重平均値を求める。その算出方法を例をあげて示すと次のとおりである。

図一 9 は今回抽出した切取法面長の全路線についての標準点 および 崩壊点の出現頻度の累計を示した折線グラフであるが、これを例にとって加重平均値を求めてみる。

まず、グラフより標準点の出現頻度が 10% になる点の切取法面長の値約 1.4m を読み取



図一 標準点および崩壊点の出現累積頻度曲線（全線の切取法面長の場合）

る。そして、切取法面長 0～0.5m の間に出現頻度10%のうちの  $\frac{6}{10}$  が、同じく 0.5～1.4 m の間に残りの  $\frac{4}{10}$  が出現しているので

$$\frac{0+0.5}{2} \times \frac{6}{10} = 0.15\text{m}$$

$$\frac{0.5+1.4}{2} \times \frac{4}{10} = 0.38\text{m}$$

$$0.15+0.38 = 0.53\text{m}$$

この値を最初の出現頻度 10% の加重平均値とし、以下同様に標準点の出現頻度が 10～20 の 10%, 20～30 の 10%, ……、90～100 の各 10% について、それぞれ加重平均値を求める。

以上のようにして求めた結果をとりまとめると表一7のとおりである。

表一 7 崩壊発生比の求め方の 1 例（全路線の切取法面長の場合）

|           |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       |
|-----------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 標準点出現累計頻度 | 0 | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100   |
| 崩壊点出現累計頻度 | 0 | 1.0  | 2.5  | 9.0  | 15.5 | 26.0 | 37.0 | 50.5 | 65.0 | 82.0 | 100   |
| 崩壊発生頻度    |   | 1.0  | 1.5  | 6.5  | 6.5  | 10.5 | 11.0 | 13.5 | 14.5 | 17.0 | 18.0  |
| 崩壊発生比 (R) |   | 0.10 | 0.15 | 0.65 | 0.65 | 1.05 | 1.10 | 1.35 | 1.45 | 1.70 | 1.80  |
| 加重平均値 (X) |   | 0.53 | 2.12 | 3.17 | 4.00 | 4.75 | 5.41 | 6.08 | 6.90 | 8.09 | 10.61 |

⑥ 各施工要因の加重平均値を横軸に、崩壊発生比を縦軸にとり、1 次回帰式を求める。  
以上のようにして得た各施工要因と崩壊発生比との関係をみると次のとおりである。

### 1) 切取法面長

図—10に示すとおり、切取法面長と崩壊発生比との間には

$$R = -0.01 + 0.196X$$

$$(r=0.9640)$$

なる関係が成り立つ。

降水量が多い場合、法長別の崩壊の発生傾向には差がないという報告<sup>5)</sup>もあるが、今回の調査では、崩壊発生比が1となる限界値は5.2mで、常識的に考えられるとおり、さらに切取法面長が長くなるにしたがって崩壊発生比が高くなることが判明した。

実際に、切取法面長が4m以下の場所での崩壊発生頻度は全体の8%以下となっており、この切取法面長を比較的安全な長さにおさえることができるかが崩壊に対して安全な路線を得る上で重要な点であり、今後とも実現すべき現場の問題として残るであろう。

### 2) 地盤傾斜角

全調査路線について、崩壊発生比と地盤傾斜角との関係を求めたものが図—11である。プロットした全点について1次回帰式が成立するものと見做した場合、両者の相関係数は0.4868と低いが、これを崩壊発生比の最高値までとそれ以降の2群に分け、2本の直線と見做した場合には、

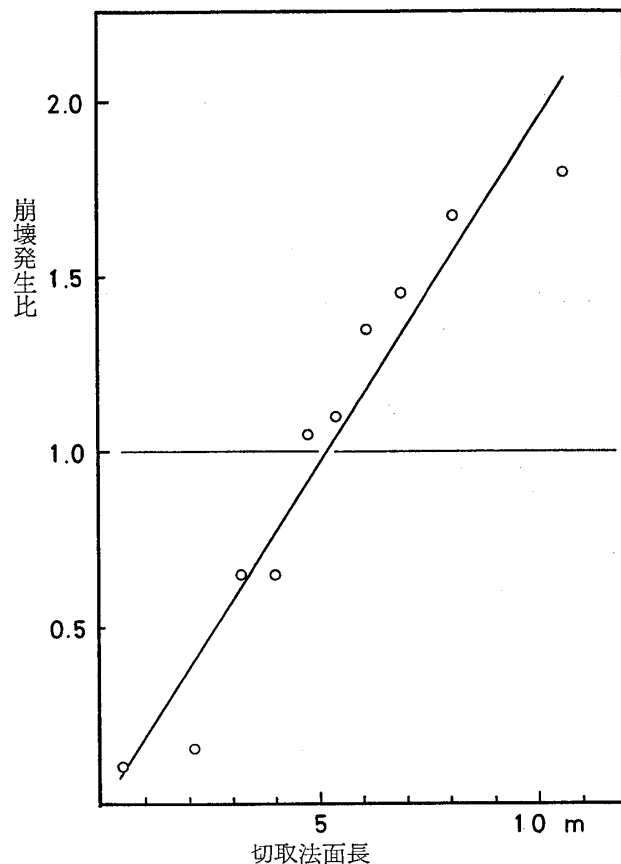
$$R = -0.06 + 0.036X \quad (r=0.9611)$$

$$R = 4.57 - 0.079X \quad (r=-0.9886)$$

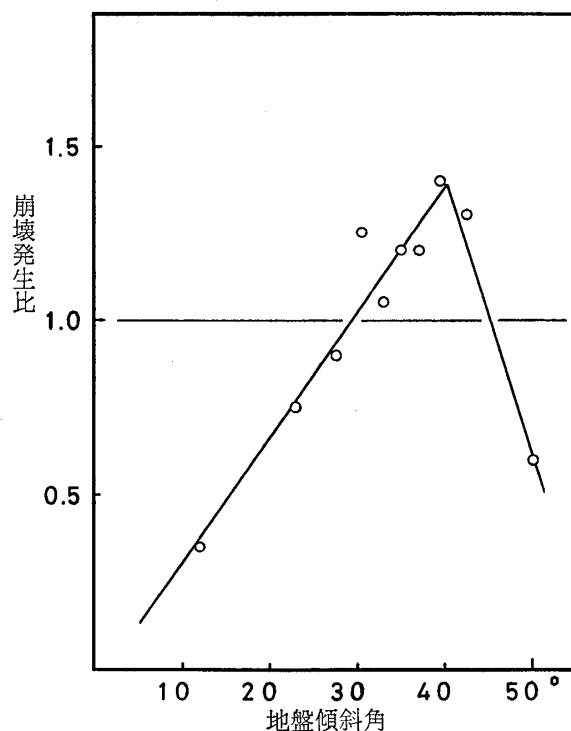
なる関係が成り立ち、前者よりも一層適合した結果が得られる。

そこで、ここでは地盤傾斜角と崩壊発生比の関係は、図のように2本の折線で示されるものと考えた。

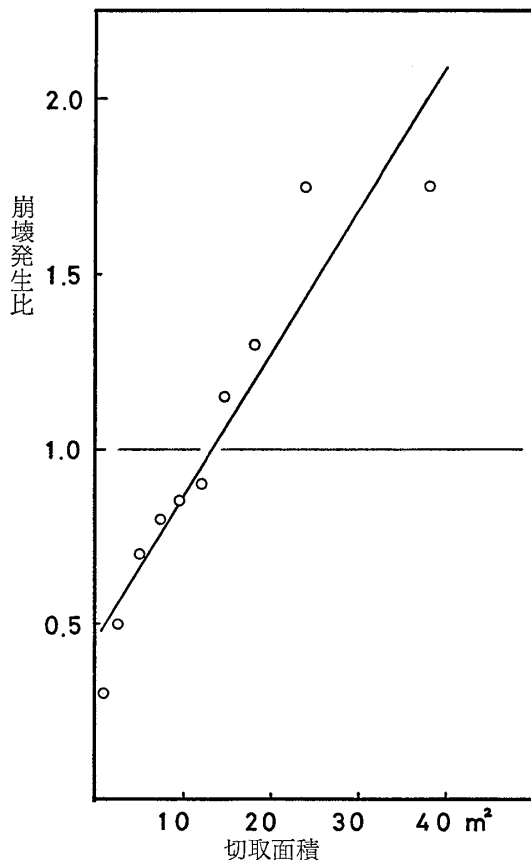
この図からも明らかなように、29～45°の傾斜を有する斜面に開設された



図—10 切取法面長と崩壊発生比との関係  
(全線の場合)



図—11 地盤傾斜角と崩壊発生比との関係  
(全線の場合)



図—12 切取面積と崩壊発生比との関係  
(全線の場合)

路線で切取法面の崩壊が発生しやすく、前述のように、それ以下でも以上でも崩壊の発生が減少する傾向がうかがえる。

### 3) 切取面積

図—12 に示すとおり、切取法面崩壊と切取面積との間には、次の発生比式が成り立っている。

$$R = 0.46 + 0.041X \quad (r=0.9437)$$

この図からも明らかなように、切取面積が  $13.2\text{m}^2$  で崩壊発生比は1となり、その後、要因値の増加とともに発生比も高まっている。すなわち、切取面積が大きくなるにつれて、切取法面の崩壊が起りやすいことを示している。

### 4) 斜面方位

斜面方位の崩壊現象については、自然斜面の崩壊において、地域によりある程度の相関が認められるとの報告<sup>6)</sup>がある。切取法面の崩壊においてその発生状況を全路線について見た場合には、表—8 に示すとおり、西 (W) から北 (N) 斜面に崩壊が集中し、とくに西斜面において著しく、東

(E) から南 (S) 斜面では比較的少ない傾向が認められる。

しかしながら、個々の路線においてはその傾向は認められず、崩壊発生比が1以上となるのは、大河内—尾崎、狩底、大平、内の口の4路線で E~S、臼杵俣、夜狩内林道で N~W、間柏原、中の八重、古原林道で W、鳥の巣、大瀬林道で E および W、百舌鳥山林道で N~E、藤の木林道で N となっており、種々様々である。

また、上記の切取法面の崩壊が著しいそれぞれの方位について標準点が占める比率をみると、狩底、大平、内の口、臼杵俣、夜狩内、大瀬の各路線のように、全線の2/3以上が崩壊の発生が著しい方位と同じ方向の斜面で占められている場合もあるが、大河内—尾崎、中の八重、古原、百舌鳥山、藤の木の各路線のように、全線の1/3に満たない路線も含まれ、斜面方位と切取法面の崩壊との関係は一概にはいえない状態である。

### 5) 開設年

表—9 は開設年と切取法面の崩壊との関係を示したものである。表からも明らかなように、開設後1~4年の間に法面崩壊は集中して発生し、5年も経過すると崩壊発生は極端に減少する傾向が認められる。

そこで、最近4年間に開設された路線において、その崩壊現象について、施工要因別に発生比式、相関係数、崩壊発生の限界値を算出し表—10に示した。表より、開設年には関係なく、切取法面長4~5m以上、地盤傾斜角24~46°の間、切取面積  $10\text{m}^2$  以上になると切取法面の崩壊が著しく増大することが明らかとなった。

表—8 路線別・斜面方位別崩壊発生比

| 方 位 | 大河内—尾崎     |            |            | 臼杵 俣       |            |            | 狩 底        |            |            | 間 柏 原      |            |            |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|     | 標準点<br>(%) | 崩壊点<br>(%) | 崩壊発<br>生 比 | 標準点<br>(%) | 崩壊点<br>(%) | 崩壊発<br>生 比 | 標準点<br>(%) | 崩壊点<br>(%) | 崩壊発<br>生 比 | 標準点<br>(%) | 崩壊点<br>(%) | 崩壊発<br>生 比 |
| N   | 31.5       | 31.4       | 0.99       | 17.1       | 22.2       | 1.29       | 5.2        | 0          | 0          | 32.7       | 15.4       | 0.47       |
| E   | 11.5       | 14.7       | 1.27       | 0.5        | 0          | 0          | 43.4       | 45.5       | 1.04       | 16.7       | 0          | 0          |
| S   | 22.7       | 28.4       | 1.25       | 25.0       | 11.1       | 0.44       | 34.3       | 45.5       | 1.32       | 12.8       | 9.6        | 0.75       |
| W   | 34.3       | 25.5       | 0.74       | 57.4       | 66.7       | 1.16       | 17.1       | 9.0        | 0.52       | 37.8       | 75.0       | 1.98       |
| 計   | 100.0      | 100.0      |            | 100.0      | 100.0      |            | 100.0      | 100.0      |            | 100.0      | 100.0      |            |

| 方 位 | 夜 狩 内      |            |            | 中 の 八 重    |            |            | 椎 原        |            |            | 鳥 の 巣      |            |            |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|     | 標準点<br>(%) | 崩壊点<br>(%) | 崩壊発<br>生 比 | 標準点<br>(%) | 崩壊点<br>(%) | 崩壊発<br>生 比 | 標準点<br>(%) | 崩壊点<br>(%) | 崩壊発<br>生 比 | 標準点<br>(%) | 崩壊点<br>(%) | 崩壊発<br>生 比 |
| N   | 68.4       | 68.8       | 1.00       | 21.8       | 16.7       | 0.76       | 21.3       |            |            | 41.7       | 32.2       | 0.77       |
| E   | 12.3       | 0          | 0          | 33.4       | 8.3        | 0.24       | 26.7       |            |            | 26.4       | 32.1       | 1.21       |
| S   | 0          | 0          | 0          | 24.4       | 8.3        | 0.34       | 33.0       |            |            | 6.4        | 3.6        | 0.56       |
| W   | 19.3       | 31.2       | 1.61       | 20.4       | 66.7       | 3.26       | 19.0       |            |            | 25.5       | 32.1       | 1.25       |
| 計   | 100.0      | 100.0      |            | 100.0      | 100.0      |            | 100.0      |            |            | 100.0      | 100.0      |            |

| 方 位 | 古 原        |            |            | 百 舌 鳥 山    |            |            | 大 平        |            |            | 内 の 口      |            |            |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|     | 標準点<br>(%) | 崩壊点<br>(%) | 崩壊発<br>生 比 | 標準点<br>(%) | 崩壊点<br>(%) | 崩壊発<br>生 比 | 標準点<br>(%) | 崩壊点<br>(%) | 崩壊発<br>生 比 | 標準点<br>(%) | 崩壊点<br>(%) | 崩壊発<br>生 比 |
| N   | 31.9       | 26.5       | 0.83       | 4.1        | 25.0       | 6.09       | 4.6        | 0          | 0          | 18.9       | 10.0       | 0.58       |
| E   | 3.1        | 2.9        | 0.93       | 13.9       | 25.0       | 1.79       | 40.8       | 45.8       | 1.12       | 29.4       | 40.0       | 1.50       |
| S   | 30.1       | 29.4       | 0.97       | 44.3       | 25.0       | 0.56       | 40.4       | 45.8       | 1.13       | 41.1       | 50.0       | 1.35       |
| W   | 34.9       | 41.2       | 1.18       | 37.7       | 25.0       | 0.66       | 14.2       | 8.4        | 0.59       | 10.6       | 0          | 0          |
| 計   | 100.0      | 100.0      |            | 100.0      | 100.0      |            | 100.0      | 100.0      |            | 100.0      | 100.0      |            |

| 方 位 | 大 瀬        |            |            | 藤 の 木      |            |            | 全 路 線      |            |            |
|-----|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|     | 標準点<br>(%) | 崩壊点<br>(%) | 崩壊発<br>生 比 | 標準点<br>(%) | 崩壊点<br>(%) | 崩壊発<br>生 比 | 標準点<br>(%) | 崩壊点<br>(%) | 崩壊発<br>生 比 |
| N   | 27.0       | 21.4       | 0.79       | 13.9       | 35.2       | 2.53       | 25.4       | 25.2       | 0.99       |
| E   | 31.2       | 42.9       | 1.37       | 16.1       | 14.8       | 0.91       | 10.9       | 16.2       | 0.77       |
| S   | 9.1        | 0          | 0          | 25.8       | 7.4        | 0.28       | 22.6       | 19.9       | 0.88       |
| W   | 32.7       | 35.7       | 1.09       | 44.2       | 42.6       | 0.96       | 31.1       | 38.7       | 1.24       |
| 計   | 100.0      | 100.0      |            | 100.0      | 100.0      |            | 100.0      | 100.0      |            |

## 6) 地 質

先にも述べたとおり、この地域は地質構造線（八代—臼杵構造線）に沿って、砂岩（ss）、粘板岩（cl）、粘板岩および砂岩（cls）が帯状に交互に分布し、処々に緑色玄武岩および輝緑岩（Db）の貫入が見られる程度であり、基岩の種類としては大して多くはないが、断層が多く、また基岩の風化も著しい。

表—11 は路線別にどのような地質のところを通過しているかを調べ、集計、分析して、崩壊発生比が1となる各施工要因値を求めたものであるが、地質の区分を地質図<sup>3)</sup>によって行なったため大雑把なものになってしまった。しかし、注目すべき点は、砂岩地帯（ss）のみを通過する路線で、3施工要因とも崩壊発生比が1になる発生限界値が最小値を示し



表-9 開設年と崩壊との関係

| 開設年 | 標準点数<br>個数 | 崩壊個数 | 平均崩壊<br>発生率 |
|-----|------------|------|-------------|
| 1   | 211        | 29   | 6.87        |
| 2   | 392        | 66   | 8.41        |
| 3   | 450        | 45   | 5.00        |
| 4   | 338        | 36   | 5.32        |
| 5   | 357        | 15   | 2.10        |
| 6   | 174        | 5    | 1.43        |
| 7   | 245        | 5    | 1.02        |
| 8   | 170        | 3    | 0.88        |
| 9   | 64         | 0    | —           |

注) 開設年は調査年より逆算したものである。

すなわち、開設年1は調査年より1年前に開設された路線である。

表-11 地質別、要因別発生限界値

| 地質          | 切取法面<br>長 (m) | 地盤傾斜<br>角 (°) | 切取面積<br>(m <sup>2</sup> ) |
|-------------|---------------|---------------|---------------------------|
| cls         | 4.9           | 27.6          | 18.4                      |
| cls, ss     | 4.5           | 28.1          | 11.5                      |
| cl, cls, Db | 5.0           | 32.7          | 10.0                      |
| cl, ss      | 5.0           | 28.1          | 11.9                      |
| cl          | 5.2           | 26.3          | 11.9                      |
| ss          | 4.3           | 21.8          | 7.6                       |

注) cl: 頁岩～粘板岩 cls: 粘板岩～砂岩 ss: 砂岩 Db: 緑色玄武岩および輝緑岩

表-10 開設年別、要因別の発生比式および限界値

| 開設年 | 切取法面長                |              |                          | 地盤傾斜角                                       |                               |                |
|-----|----------------------|--------------|--------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------|----------------|
|     | 発生比式                 | 相関係数         | 限界値<br>(m)               | 発生比式                                        | 相関係数                          | 限界値<br>(°)     |
| 1   | $R = -0.18 + 0.229X$ | $r = 0.8340$ | 5.2                      | $R = -0.02 + 0.041X$<br>$R = 2.75 - 0.043X$ | $r = 0.9744$<br>$r = -0.9510$ | 24.9<br>} 40.7 |
| 2   | $R = -0.43 + 0.356X$ | $r = 0.9524$ | 4.0                      | $R = -0.55 + 0.053X$<br>$R = 5.14 - 0.090X$ | $r = 0.9882$<br>$r = -0.9998$ | 29.3<br>} 46.0 |
| 3   | $R = -0.35 + 0.267X$ | $r = 0.9121$ | 5.1                      | $R = -0.21 + 0.049X$<br>$R = 3.69 - 0.065X$ | $r = 0.9553$<br>$r = -0.9504$ | 24.7<br>} 41.4 |
| 4   | $R = -0.05 + 0.260X$ | $r = 0.9242$ | 4.0                      | $R = 0.21 + 0.028X$<br>$R = 3.29 - 0.054X$  | $r = 0.7733$<br>$r = -0.9946$ | 28.2<br>} 42.4 |
| 開設年 | 切取面積                 |              |                          |                                             |                               |                |
|     | 発生比式                 | 相関係数         | 限界値<br>(m <sup>2</sup> ) |                                             |                               |                |
| 1   | $R = 0.39 + 0.043X$  | $r = 0.7857$ | 14.2                     |                                             |                               |                |
| 2   | $R = 0.35 + 0.060X$  | $r = 0.9538$ | 10.8                     |                                             |                               |                |
| 3   | $R = 0.03 + 0.095X$  | $r = 0.9846$ | 10.2                     |                                             |                               |                |
| 4   | $R = 0.39 + 0.046X$  | $r = 0.9516$ | 13.3                     |                                             |                               |                |

注) 開設年は調査年より溯り、何年前に開設されたかを示す。

ている点である。すなわち、砂岩地帯の路線の切取法面がもっとも崩壊しやすいと推定される。

なお、地質と切取法面の崩壊については、さらに細かく調査を行なう必要がある。

#### IV. 結果および考察

林道の切取法面の崩壊について、現地調査を行ない、その結果の分析を試みてきたが、切取法面の崩壊現象は、大別すると次の3つの要因から成り立っていると考えられる。すなわち、①自然的要因として、降雨、地質、地形、植生等、②時間的要因として、林道開設後の経過年、③施工要因として、切取法面長、切取面積、法面保護工等があげられる。なお上記のうち、地形、植生、法面の保護工等については、今回の調査では取りあげなかった。

ここで、切取法面の崩壊と各要因との関係を分析した結果をみると次のとおりである。

自然的要因の中では、降雨現象が切取法面崩壊の主な原因となっている。とりわけ、降り始めからの積算降水量が多いことが、崩壊の直接の原因になっていると推測できる。しかし、降雨のどの時期に、あるいは、どの程度の降水量で崩壊が発生したかは把握できなかった。

また、地質の相違が切取法面の崩壊におよぼす影響については、明らかな結果は得られなかった。その理由として、①現場での地質調査ができなかったこと、②地質区分を地質図に基づいて行なったことから、切取法面の崩壊と密接な関係のある表層の地質あるいは土壌の状態をつかむことができなかったことがあげられる。今後は現場で細かい表層地質の調査を行ない、切取法面の崩壊との関係を究明する必要がある。

次に、時間的要因として考えられる林道開設後の経過年に関しては、切取法面の崩壊は開設後4年までの間に集中して発生しておりそれ以上の年月を経過した区間では、ほぼ安定した法面状態にあることが判明した。すなわち、現在の施工方法で開設された林道においては、切取法面は開設直後にどうしても崩壊をおこしやすく、比較的安全な路線になるまでには、開設後数年を要すると考えられる。

表—12 3 調査地域の要因別発生比式および限界値の比較

|                           | 本 報 14 路 線           |              |        | 九大宮崎演習林(大河内—尾崎線)     |              |      |
|---------------------------|----------------------|--------------|--------|----------------------|--------------|------|
|                           | 発 生 比 式              | 相関係数         | 限界値    | 発 生 比 式              | 相関係数         | 限界値  |
| 切取法面長 (m)                 | $R = -0.01 + 0.196X$ | $r = 0.9640$ | 5.2    | $R = -0.16 + 0.243X$ | $r = 0.9185$ | 4.8  |
| 地盤傾斜角 (°)                 | $R = -0.06 + 0.036X$ | $r = 0.9611$ | 29.4   | $R = -0.29 + 0.041X$ | $r = 0.8378$ | 31.5 |
| 切 取 面 積 (m <sup>2</sup> ) | $R = 0.46 + 0.041X$  | $r = 0.9437$ | 13.2   | $R = 0.35 + 0.048X$  | $r = 0.9009$ | 13.5 |
| 平均崩壊発生率                   | 4.24 個/km            |              |        | 5.15 個/km            |              |      |
|                           | 福 岡 県 内 4 路 線        |              |        |                      |              |      |
|                           | 発 生 比 式              | 相関係数         | 限界値    |                      |              |      |
| 切取法面長 (m)                 | $R = -0.47 + 0.262X$ | $r = 0.7360$ | 5.6    |                      |              |      |
| 地盤傾斜角 (°)                 | $R = -0.05 + 0.048X$ | $r = 0.8862$ | 21.9   |                      |              |      |
| 切 取 面 積 (m <sup>2</sup> ) | $R = 0.65 + 0.019X$  | $r = 0.3283$ | (18.4) |                      |              |      |
| 平均崩壊発生率                   | 4.89 個/km            |              |        |                      |              |      |

更に、施工要因については、筆者らは、先に本報告に含まれる九大宮崎演習林内通過路線の大河内一尾崎林道<sup>7)</sup> および福岡県内の4路線<sup>8)</sup> についてと同様の分析を加えてきたが、ここではさらに対象域を拡大し、資料数を増して分析を行なった。その結果、施工要因別の発生比式と限界値を次のように得たが、比較のため、既報路線の結果もあわせて示したい(表-12)。

表に示すとおり、調査対象地の相違に関係なく、各要因とも近似の発生比式および限界値が得られており、とくに今回の調査で得られた結果は、資料数も多く、高い相関を示しているため、かなり信頼度の高いものであると考えられる。

そこで、より安全な路線を得るためには、その設計段階で、施工要因がこれらの限界値を越えないような方策、配慮が必要となってくる。

今後の方向としては、これら要因値の2組あるいは3組の発生比換算値を用いて、標準点群と崩壊点群の2群をより明確に分離した条件のもとで、両者の間の判別関数式を求める。この判別関数式は、1組の要因値にいつて分析を行なった今回の結果より、より一層既崩壊現象を適中しうるものと考えられる。そこで、この関数式を用いて、崩壊危険個所の予測を行ないたい。

そうすれば、近傍の類似の地形、地質個所へ林道を開設する場合、同式により判定された崩壊発生危険度の高い個所については、その断面の切取法面長、切取面積等を適当な方法によって減ずること、または、適当な防護工を施工することで、より安定した林道を得ることができるものと期待される。

#### 引用文献

- 1) 農林統計協会：図説林業白書。(昭和47年度版)，1973
- 2) 林野庁監修：日本林業年鑑。第22～23巻，1970～1971
- 3) 工業技術院地質調査所監修：宮崎県地質図。1963
- 4) 日本気象協会宮崎支部：宮崎県気象月報。1968～1972
- 5) 山田剛二他：地すべり・斜面崩壊の実態と対策。1971
- 6) 中島勇喜他：航空写真による予防治山の研究(Ⅱ)。日本林学会九州支部研究論文集，第26号，1973
- 7) 末勝海他：昭和46年度台風による一ツ瀬川水源地域の被災状況。九州大学農学部演習林報告，第47号，1973
- 8) 中尾博美・森田紘一：切取法面の崩壊(Ⅱ)。日本林学会九州支部研究論文集，第26号，1973

### Résumé

To get useful informations for design and working methods of coming forest road, we investigated the actual conditions of land slide of cutting slope of forest roads in MIYAZAKI prefecture, which received great damages by concentrated heavy rains in August, 1971 and from June to July, 1972.

In this report, we analyzed relations between land slide of cutting slope and working factors, slope exposure, established year and geological features in actual forest roads, and rearranged these results.

The results obtained were followings.

1) It seemed that land slide caused by several hundreds millimeters from the beginning. But, we could not understand when or how much precipitation caused land slide.

2) Based on geological map, geological features in this region showed the distribution of sandstone (ss), clay slate (cl), sandstone and clay slate (cls) alternately, and the intrusion of diabase and basalt (Db) here and there. However, we must investigate soil or geological features of earth surface layer in detail concerning land slide of forest road.

3) Land slide of cutting slope occurred concentrically during 1~4 years after establishment of forest road, and about 5 years after cutting slope condition became stable.

4) To explain the effect of cross-sectional diagram and gradient of ground surface, we introduced index designated failure percentage. It could be expressed by means of next equation.

$$\text{Failure percentage} = \frac{\text{Frequency of land slides (\%)}}{\text{Frequency of standard points (\%)}}$$

When failure percentage was equal to 1, we called the value of each factor at that time critical point.

The critical points of each factor were as follows.

|                            |       |                   |
|----------------------------|-------|-------------------|
| Length of cutting slope    | about | 5 m               |
| Gradient of ground surface | about | 24~46°            |
| Cutting area               | about | 10 m <sup>2</sup> |

If each factor exceeded these values, land slide of cutting slope easily occurred.

5) In each forest road, there was no definite preponderance of land slide occurrence on any particular slope exposure.