

I S S N 0386—5878

土木研究所資料 第2190号

土木研究所資料

落石の危険度判定調査報告書

昭和60年3月

建設省土木研究所
急傾斜地崩壊研究室

Copyright © 1985 by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P. W. R. I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

落石の危険度判定調査報告書

急傾斜地崩壊研究室 仲野公章

右近則男

要 旨

山岳地帯における道路の安全確保の面で落石対策の重要性は増大しているが、これまで落石にしばった調査研究は少ない。本報告書では、落石の危険度判定手法をより客観的、定量的にする為に、昭和56～58年の3ヶ年で実施した調査の概要と結果をまとめた。

本報告では、落石の実態調査をもとに落石の発生形態や、落石に結びつく素因、誘因についての集計を載せ、落石の実態をとりまとめた。次に落石の危険度判定手法について、調査の進め方、着眼点等を概説した。また、落石の危険度判定に的をしばって実施した3例の調査事例を載せた。なお、調査事例はいずれも斜め写真を用いた調査であり、落石調査の有効な手法の1つとなることも述べている。

キーワード：落石、危険度判定、斜め写真

まえがき

自動車交通が輸送体系の主流を占める中で道路の持つ社会性が増大し、その整備・充実とともに道路の安全確保が望まれている。一方、我国は国土の $\frac{3}{4}$ を山地が占めており、土砂災害の危険が潜在的に高い。とりわけ山岳地帯等における道路の安全確保の面で落石対策の重要性は増大しているが、これまで落石にしろった調査研究は少ない。

落石に関する調査手法としては、昭和58年度にとりまとめられた「落石対策便覧」¹⁾（日本道路協会）において落石の形態分類、落石に関する調査手法、防護施設の計画及び設計手法等の落石全般にわたる概括的な調査計画手法についての説明がなされている。しかし、落石の危険度判定のための調査等については定性的な表現にとどまっている。

本報告書では、落石の危険度判定手法をより客観的、定量的にする為、昭和56～58年の3ケ年で実施した調査の概要と若干の結果について報告する。

本報告では、まず建設省が実施した落石の実態調査をもとに落石の発生形態や、落石に結びつく素因、誘因についての集計を載せ、落石の実態をとりまとめた。次に落石の危険度判定手法について調査の進め方、着眼点等を概説した。また、落石の危険度判定に的をしぼって実施した調査として3例の調査事例を載せてある。なお、調査事例の3例はいずれも斜め写真を用いた調査であり、従来の垂直写真等と比較して落石調査への有効な手法の1つとなることも述べている。なお、1章および2章は、参考のために、多くを「落石対策便覧」から引用し記載した。

目 次

1. 落石の実態	1
1.1 落石の発生形態	1
1.2 落石の実態	2
1.2.1 落石の素因	2
1.2.2 落石の誘因	5
2. 落石の危険度判定方法	6
2.1 概 説	6
2.2 ルート全体に対する総括的な危険度判定	7
2.3 現地踏査による危険度判定	7
2.4 特に詳細な調査に基づく危険度判定	11
2.5 被災に対する危険度判定	17
3. 斜め写真の斜面調査への利用	18
3.1 斜め写真の特徴	18
3.2 斜め写真の撮影	19
3.3 斜め写真の判読および測定・図化	22
4. 長野生坂地区での調査事例（国道19号生坂地区落石発生危険度判定調査）	30
4.1 調査概要	30
4.2 調査地の地域特性および対象斜面・溪流の諸状況	31
4.3 落石危険度の判定	33
4.4 危険度判定結果	37
5. 群馬勸能地区での調査事例（斜め写真による落石斜面の危険度判定調査）	41
5.1 調査概要	41
5.2 調査地の地域特性および過去の落石災害について	44
5.3 調査方法	45
5.4 調査結果	51
5.5 落石危険度の判定	63
6. 富士山久須志岳での調査事例（富士山久須志岳周辺地区落石危険度分析調査）	73
6.1 調査概要	73
6.2 斜め写真による調査	73
6.3 落石発生機構	82
6.4 下山ルート別落石危険度総合判定	86
あ と が き	101
参 考 文 献	102

1. 落石の実態

1.1 落石の発生形態

落石の発生形態を大まかに分類すると、

① 抜け落ち型落石（転石型落石）

② はく離型落石（浮石型落石）

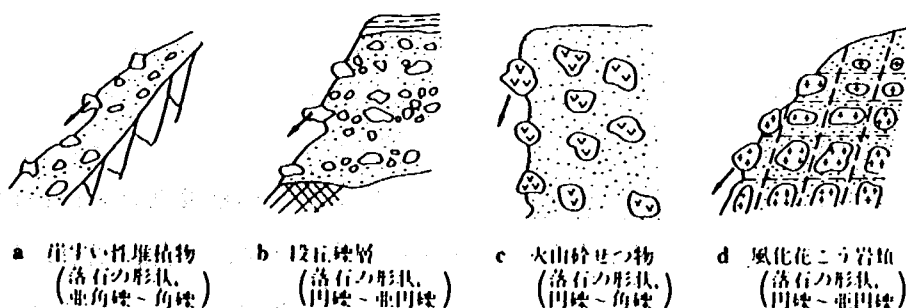
の2種類に分けられる。

両者はそれぞれの発生機構や、誘因も異なるため、この区分は落石の危険性を判断したり、対策工を計画するための基礎となる。

(1) 抜け落ち型落石（転石型落石）

これは崖すい性堆積物（図－1.1(a)）、段丘礫層（図－1.1(b)）、火山砕せつ物、火山性泥流堆積物、新第三紀の角礫凝灰岩（図－1.1(c)）、風化花こう岩類（図－1.1(d)）などで代表されるような岩塊、玉石、礫とマトリックスからなる地質の斜面でみられるタイプである。すなわち、マトリックスが地表水や地下水によって侵食されたりして、落石の元となる岩塊などが表面に浮き出し、遂にはバランスを失って抜け落ちるタイプである。

崖すい性堆積物（図－1.1(a)）は、一般に傾斜のゆるい斜面を形成するから、抜け出した直後飛跳運動することはまれであるが、他のケース（図－1.1(b)～(d)）では抜け出した直後飛跳運動することが多い。

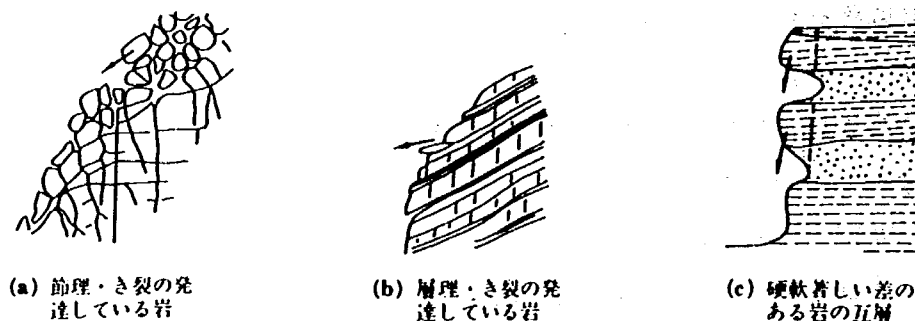


図－1.1 抜け落ち型落石の発生形態

(2) はく離型落石（浮石型落石）

これは岩目の多い岩よりなる斜面で発生するもの（図－1.2(a)(b)）と、硬い岩と軟らかく風化侵食に弱い岩との互層よりなる斜面で発生するもの（図－1.2(c)）とがある。すなわち、図－1.2(a)(b)は岩目（断層を含む）の発達した岩の場合、地表水が浸透したり、地下水が湧出すると時間とともに岩目の結合力が弱められ、また、凍結によって岩目が拡大され、ブロック状に岩がはく離して、落石となるタイプであり、古生層、中生層など古い年代の地層や落石の場合が多い。

次に図－1.2(c)は硬さの異なる地層が互層となっている場合で、地層によって風化、侵食に対する耐久性が異なるため、図のようなオーバーハングとなる部分ができ突起部分がはく離するタイプである。この場合、最初から岩目がなくとも、新しい引張りき裂（テンションクラック）が発生してはく離することが多く、第三紀層など新しい年代の地層や火山岩類に多い。



図－1.2 はく離型落石の発生形態

1.2 落石の実態

昭和52～53年度に建設省が実施した落石実態調査のデータをもとに集計整理を行った結果を以下で述べる。この調査は8地方建設局13工事事務所で管理している直轄国道のうち落石発生頻度の高い路線の各々約5～10km区間を対象にしている。なお、調査対象斜面の総数は232,そのうち落石発生斜面（過去5年間に1回以上落石が発生した斜面）は89,落石非発生斜面は143である。

各調査地の内訳を表－1.1に示した。

1.2.1 落石の素因

落石の素因は斜面の地形と地質である。落石を生じやすい地質条件とは抜け落ち型落石（転石型落石）では崖すい、段丘礫層、風化花こう岩類等で、岩塊、玉石、礫の周りのマトリックスと呼ばれる部分、特に岩塊、玉石、礫の下部に接するマトリックスが風化侵食に対する抵抗力の弱い場合等が考えられる。はく離型落石（浮石型落石）では、岩目が発達し、かつ岩目が密着しておらず、岩目にかこまれた岩塊、岩片が浮いた状態になっている場合などである。また、地形的には勾配が急な斜面、特にオーバーハング状になっている場合に落石が発生しやすくなる。

落石実態調査のうち、素因に関する集計結果を図－1.3～図－1.15に示した。

以上の図からは、斜面の方位、斜面縦断勾配および地被物の密度などが落石の発生率に大きくかかわっていると言える。

表-1.1 資料一覧表

資 料 名	事 務 所 名
昭和53年度一般国道13号金山～雄勝落石調査報告書	東北地建 山形工事事務所
管内52号落石調査業務委託報告書	関東地建 甲府工事事務所
一般国道19号道路災害対策(落石)調査業務委託報告書	関東地建 長野国道工事事務所
昭和52年度親不知落石調査報告書	土 木 研 究 所
国道160号災害対策(落石)調査報告書	北陸地建 富山工事事務所
国道41号落石調査報告書	土 木 研 究 所
昭和53年度一般国道19号木祖・樽川地区落石調査報告書	中部地建 飯田国道工事事務所
国道42号災害対策調査(落石調査)報告書	近畿地建 和歌山工事事務所
木戸山地区災害対策調査報告書	中国地建 山口工事事務所
昭和53年度32号山城地区落石調査業務委託報告書	四国地建 徳島工事事務所
33号柳谷地区落石調査業務委託報告書	四国地建 松山工事事務所
一般国道220号落石調査委託報告書	九州地建 大隅工事事務所
日田地区災害対策落石調査業務委託報告書	九州地建 大分工事事務所

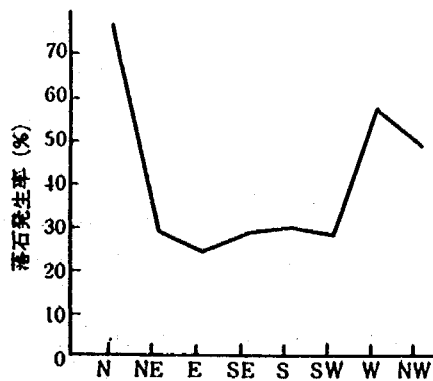


図-1.3 斜面の方位

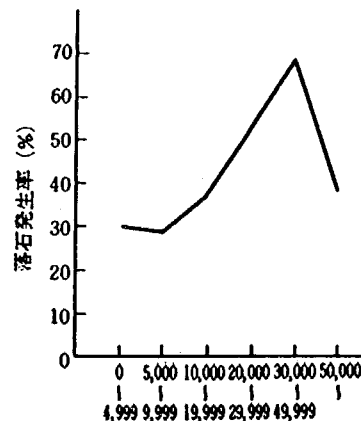


図-1.4 集水面積(m²)

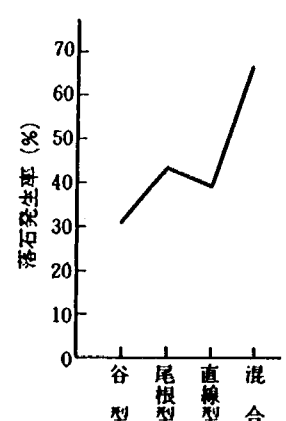


図-1.5 斜面形(横断形)

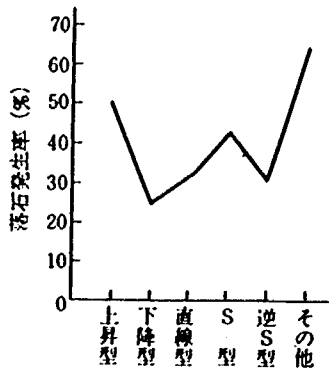


図-1.6 斜面形 (縦断形)

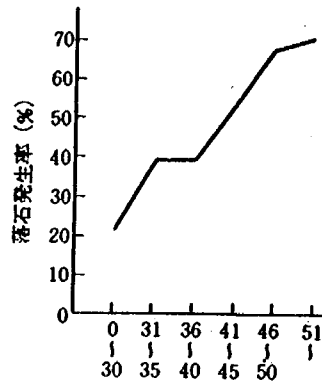


図-1.7 斜面縦断勾配 (平均傾斜) (度)

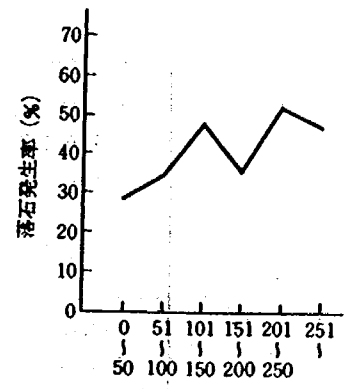


図-1.8 斜面の長さ (m)

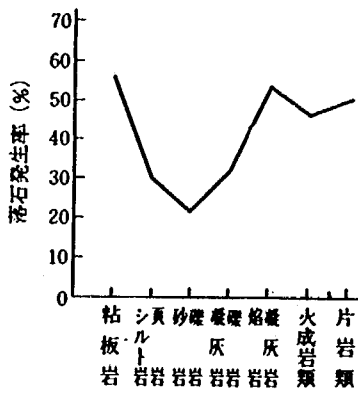


図-1.9 基盤岩地質

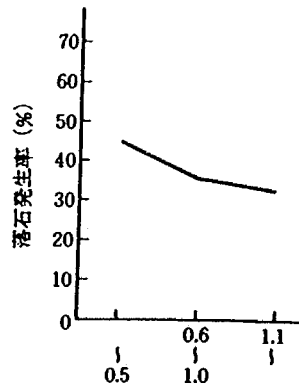


図-1.10 表土層の厚さ (m)

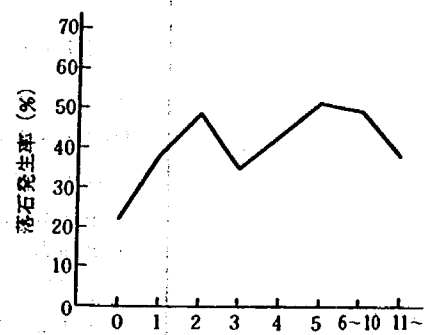


図-1.11 崖すい性堆積物の厚さ (m)

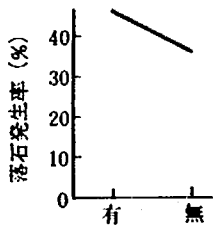


図-1.12 湧水

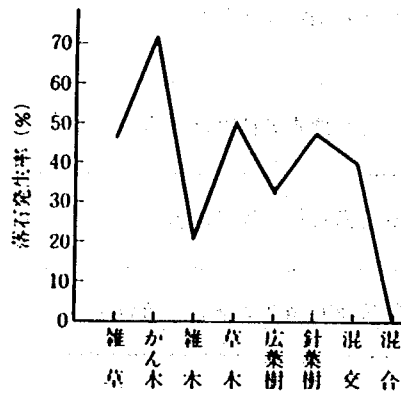


図-1.13 地被物の種類

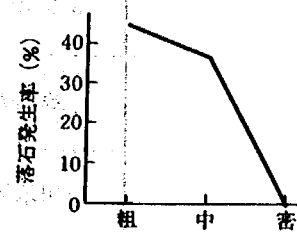


図-1.14 地被物の密度

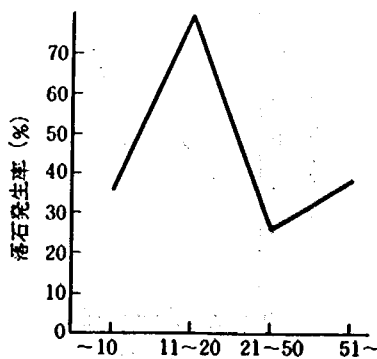


図-1.15 裸地の割合 (%)

1.2.2 落石の誘因

落石の誘因は複雑であり、いくつかの因子が重なって起こるため、落石災害については原因を明確にできないことが多い。誘因としては、降雨、積雪、凍結融解、風、地震あるいは人為的誘因などがあげられている。

次に昭和53年度建設省が実施した落石調査のうち、誘因に関する集計結果を図-1.16～図-1.21に示した。

これらの図からは、落石の発生頻度に大きな影響を与える誘因は明確ではない。

崩壊等の斜面災害では一般に降雨量との対応がよいが、落石災害ではその傾向が明確でない。したがって、素因に関する詳細な調査がより重要となってくる。

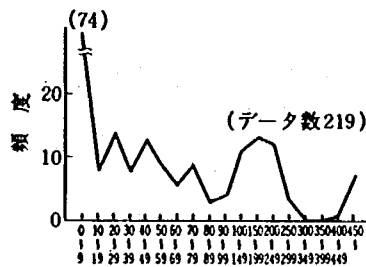


図-1.16 連続雨量

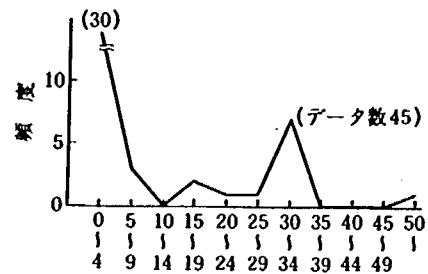


図-1.17 雨量強度

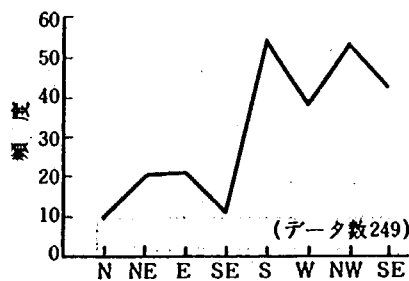


図-1.18 風 向

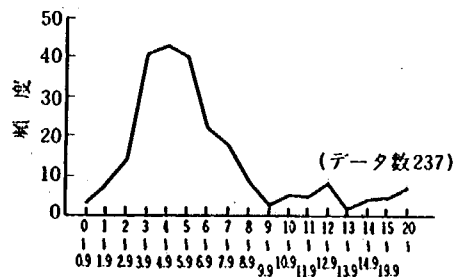


図-1.19 最大風速

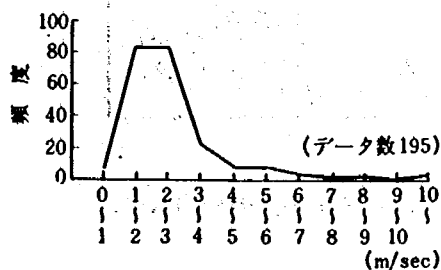


図-1.20 平均風速

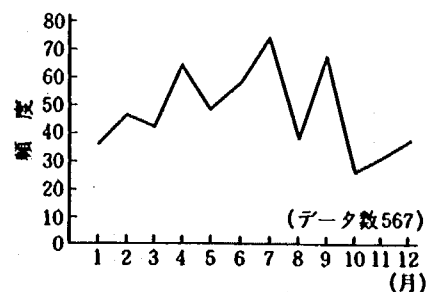


図-1.21 月別発生頻度

2. 落石の危険度判定方法

2.1 概 説

落石現象は、1章で述べたように自然現象のひとつであり、素因の複雑さと誘因の多様さにより画一的な取扱いが困難なため、落石の危険度判定の手法は確立されていない。しかし、既往の落石事例の検討に基づいた危険度判定手法がいくつか提案され試用されてきており、一応の成果を挙げつつある。ここで述べる落石の危険度判定手法は、このような現状を踏まえて一応のガイドラインを示したものであるが、落石の危険度判定に当たっては以下の事項に留意することが必要である。

- ① 何時の時点あるいはどのようなための危険度判定か — 判定結果の用途、精度。
- ② 判定時の調査手段はどのようなものが使えるか — 経費、時間にどれだけ費やされるか。
- ③ 誘因の対象範囲 — ここで一番問題となるのは地震を考慮するか否かということである。
- ④ 既往および他の判定法との整合性

以下では、落石の危険度判定の種類を、

- ① ルート全体に対する総括的な危険度判定
- ② 現地踏査による危険度判定
- ③ 特に詳細な調査に基づく危険度判定

に分けて説明するが、その位置づけはおおよそ表-2.1に示される。

表-2.1 危険度判定と調査方法

危険度判定の種類	危険度判定時の調査の精度	調査方法 ^{*2}
ルート全体に対する総括的な危険度判定	概 査	既往資料, 空中写真 現地踏査, 交通量データ
現地踏査による危険度判定 ^{*1}		現地踏査, 空中写真
特に詳細な調査に基づく危険度判定	精 査	現地踏査, 物理探査, ボーリング, サウンディング, 岩石試験, 変状調査(クラック, 浮石の移動など)

*1. 日常の巡回点検も含まれる。

*2. 各方法が必ずしもすべて用いられることはない。むしろ、すべて用いられるのは現状ではまれである。

2.2 ルート全体に対する総括的な危険度判定

落石は地形、地質等の素因と降雨等の誘因が複雑にからんでいるが、対象とする道路延長に対しては地域特性が一般にはある。すなわち、第三紀の火山岩地帯では集塊岩等の火山砕せつ物からの礫の抜け出しが、道路沿いの斜面から落石の大部分を占め、またその誘因も凍結融解が主たる要因で、したがって、発生時期も春先に集中する傾向が見られるといったことである。

ここでは、ルート全体に関する落石の素因の特徴をとりまとめ、これに基づいて総括的な危険度判定を行う。

また、ルート全体に関する落石の誘因の特徴をまとめ、これに基づいて総括的な危険度判定を行うことについても、過去の落石発生時の気象記録や現地踏査での観察により一般的傾向を見いだすようにする。落石は地すべり、崩壊等より降雨等の誘因との相関性が一般に少ないが、誘因との間にある程度の相関が見いだせる場合もある。

2.3 現地踏査による危険度判定

現地踏査による危険度判定は一般的には次のような手順で行われる。

(1) ルート全体に対する総括的な危険度判定結果の確認

地形、地質等より落石発生の形態、およそその危険度、どのような地形条件、地質条件の時危険度が高そうかということをルート全体に対する調査結果より再確認する。

これらの結果を土地条件図（地形図を基に、地質・土質などの状態を示した図）としてまとめる場合は、次のような項目が入っているかチェックし、もし入っていないければ、現地踏査に際してなるべく記入するようにするのが望ましい。

（○印は重要度が高い）

- 1 キロポスト（100 m ポスト）
- 2 道路敷地外の斜面防護工、砂防ダム
- 3 雨量観測所
- 4 伐採跡地
- 5 保安林
- 6 砂防、急傾斜指定地
- 7 通行規制区間
- 8 駐車場
- 9 緊急時待避所
- 10 災害発生地点
- 11 土石流におそわれる可能性の大きな谷の出口
- 12 土石流予備物質としての溪床堆積物
- 13 土石流堆

- 14 溪床基盤露出地
- 15 露 石
- 16 崩壊地，崩壊地形
- 17 水系線，谷型斜面
- 18 侵食前線
- 19 地すべり地，地すべり地形
- 20 微小滑落崖，地すべり亀裂，段差
- 21 落石予備物質（転石，浮石）の分布
- 22 落石堆，崩壊土堆
- 23 河川の攻撃斜面
- 24 ガ リ ー
- 25 リニアメント，断層
- 26 災害にかかわる地質
- 27 斜面区分
- 28 地 質
- 29 表土の状況
- 30 湧 水 点
- 31 植 生 状 況
- 32 用 地 界
- 33 地表面のクラック，亀裂
- 34 切り土のり面
- 35 道路防災施設（斜面安定工，落石防護工等）
- 36 主要落石予想経路

(2) ルート沿いに斜面および沢を区分けし，それぞれ番号をつけ，各々の斜面および沢に対して，危険度を判定する。

この段階では現地踏査時の観察を主体とするが，必要に応じて，簡単なサウンディングなどの原位置試験も併用することがある。これらの調査によって個々の斜面および沢に対して危険度を判定するが，この際の着眼点と調査項目を表－2.2にまとめる。

落石に対する危険度判定に際しては，落石発生危険度，発生した際の被災を受けるかどうかに対する危険度および想定される落石に対して，どの程度対策工が行われているかをそれぞれ独立して検討することを忘れてはならない。

表- 2.2 危険度判定時の着眼点と調査項目

区 分	着 眼 点	項 目	項目に対する評価	危険度
地 形	斜面が高かったり、勾配が急であつたり、あるいは、オーバーハングしていたりすると一般に危険性が高い。 斜面の末端と道路面の間に落石が停止するような条件があると被災の危険性は小さくなる。	斜 面 高 (H)	$H < 10m$ $10 \leq H < 30$ $30 \leq H < 50$ $50 \leq H$	(小) ↑ ↓ (大)
		斜 面 勾 配 (α)	$\alpha < 1:1.0$ $1:1.0 \leq \alpha < 1:0.6$ $1:0.6 \leq \alpha$	(小) ↑ ↓ (大)
		オーバーハング	無 有	(小) ↑ ↓ (大)
		斜面末端～道路面の間	落石が減速したり、停止したりする平坦面、緩斜面、凹地あるいは構造物があれば危険度は少ない。	
地質・土質	(抜け落ち型) 崖すい性堆積物、段丘礫層、火山砕せつ物、風化花こう岩など岩塊玉石れきとそれを充填する固結度の低い土砂(マトリックス)からなる地盤では、マトリックスが弱くて、岩塊などが容易に抜け落ちるものほど危険。 (はく離型) 割れ目などの不連続面が発達していたり、割れ目沿いに風化が進んでいたたりして、割れ目などに囲まれた岩のブロックが浮いているほど危険。特にブロックの底面が流れ盤の層理面になっているなど、滑りやすい場合は危険。	斜面の地盤	(抜け落ち型) 全体がしまっている地盤 全体がゆるんでいる地盤 切土のり面に玉石が多く斜面に転石が多い。(大) (はく離型) 不連続面の発達していない岩 不連続面の発達している岩 (底面が受け盤) 不連続面の発達している岩 (底面が流れ盤) (大)	(小) ↑ ↓ (大)
		表 土	安定した表土に覆われている。 表土に覆われているが、これが不安定。 表土が侵食されている。(大)	(小) ↑ ↓ (大)
誘 因	常時や降雨後などに湧水が見られたり、斜面の背後地の集水面積が大きかったりすると一般に危険性が高い。豪雨や強い風に際して、落石が発生する傾向があったり、あるいは融雪期や斜面で凍結融解が見られる時期に、落石が発生する傾向があるかどうかこれらの傾向が顕著であれば、特にこの時期に危険性が高い。	背後地の集水面積	集水面積が大きい程、浸透する量が多くなり、また斜面へ表流水となって流れ込む量も多くなり、一般に危険性が高い。	
		湧 水	常時や降水後などに湧水がみられるかどうか、これが見られるほど危険性が高い。	
		降 雨 量	年間の量その他、梅雨期などの特定の期間に、降雨が集中する傾向があるかどうか、降雨量が多かったり特にこれが短期間に、集中する程危険性が高い。	

	地震時には落石が発生しやすい。 斜面の下部より上部の方が地震力が大きくなるのが一般的傾向である。降雨に対しては比較的安全でも地震に対しては、危険性が大きい地形、地質条件がある（例えば、オーバーハングしている岩の斜面や浮石の多い尾根型斜面は雨に対しては安全でも地震時には、危険なことが多い。）。	地 震	斜面高が大、勾配が急、表面に浮石、転石が多かったり、割れ目が発達しているほど危険性が高くなる。
危険頻度	落石が発生する箇所では、同じような落石がくり返されることが多い。 この場合、ある落石発生により、落石予備物質がすべてなくなってしまうか、あるいは残っているかが重要なポイントになる。 またある落石により、その上部がオーバーハングになるなど、次の落石発生に対する影響を検討すること。 落石発生がくり返される素因と誘因があるかを十分検討することが大切である。	落石の頻度	無 年1回未満 年1回以上 (小) ↑↓ (大)
		落石による過去の被害の程度	過去に重大な被害があり、この附近に同じような被害が予想され、これに対して対策がなされていない場合は、危険性が著しく高い。
そ の 他	樹木が密にはえているかどうか — 密だと落石は止まりやすいが、強風時には逆に、止まっているものが抜け出すことがある。 また樹木の根が岩目をゆるめることがある。 斜面または斜面安定工に異常、変状が見られるかどうか、もしあればその状況。斜面への水の放流などの有害行為が見られるかどうか。これらが見られれば危険性が高くなる。	樹 木	一般に樹木が密にはえている程、危険度は小さいが、樹木により止まっている落石が点在する場合はかえって危険性が高くなる。
		斜面の異常変状	斜面にクラックや段差等の異常、変状が見られ、特にこれらが最近発生したものであったり、あるいは、進行性のものである場合は危険性は著しく高くなる。 また転石（抜け落ち型）や浮石（はく離型）がある場合でも、これらが最近移動した跡がみられたり、最近開いたり、進行性の割れ目が見られる場合の危険性も著しく高い。
		斜面安定工の異常変状	モルタル吹付けのクラック、擁壁に入ったクラック等について、これが落石に直接つながるか否かを判断する。
		斜面に対する有害行為	斜面高の範囲で盛土、水の放流、停滞、浸透等崩壊を助長させるような行為、豪雨時路面を流れる水が側溝より溢水、これが落石や斜面の崩壊につながる可能性がある。

2.4 特に詳細な調査に基づく危険度判定

大規模な落石発生後の対策のために斜面の危険度判定を行う時などには、現在研究開発的な目的で実施されている次のような調査項目と手段に従う判定方法が利用できる。

(1) 2.3で述べた現地踏査による危険度判定結果の確認

(2) 大縮尺の地形図の作成と、これを用いた詳細な工学的地質図の作成

落石対策工の検討においては、大縮尺の地形図（平面図）を用意し、これに2.3に述べた土地条件図の記載事項を転記するとともに地表踏査および場合によっては物理探査、ボーリング、ボーリング孔を利用した力学試験などより、工学的な地質図を作成する。これは、落石の発生危険度判定、落石運動経路の想定その他、落石対策工の基礎地盤の強度、変形に関する性質も示す工学的地質図となるものである。対象となる範囲は、一般に単一集水斜面で区分してレコード番号をつけられた一つの斜面であるが、落石対策工設置が計画される斜面が連続する場合は範囲が広がる。

また、岩目で囲まれた岩のブロック1個ごとの大きさ、危険度判定が必要な場合には、これとは別に、さらに大縮尺の工学的地質図が作成されることがある。スケッチや対岸などに見通しがきく地点から撮影した拡大写真を利用して大縮尺の工学地質図を作成することもある。

(3) 現地精査時の危険度判定

落石対策工検討を目的とした現地精査時の落石発生の危険度判定では、一般に次の手順による方法が利用できる。調査の対象となる斜面は、2.3の現地踏査により落石の危険があると判断された斜面で、調査は原則として1つのコード番号がつけられた斜面ごとに実施される。

1) 対象斜面の過去の落石等の履歴の調査

どのような気象条件で、どのような形態の落石が発生したかを調査する。落石の運動停止、運動途中でどのように割れたか、被災があればその状況についても記録する。落石の発生に関しては、反覆性、免疫性が問題となる。すなわち、落石発生が繰り返したか否か同じような形態の落石が繰り返したか、落石が発生することによって次の落石発生の危険性が減ずるか、あるいは増大するかと言うことである。地山のゆるみ、風化がある程度進行すれば落石が発生するパターンであれば、この進行の程度を想定しなければならない。

また落石の免疫性については、プラスの免疫とマイナスの免疫がある。すなわち、オーバーハングした斜面のオーバーハングした部分が落石となったのであれば、これはプラスの免疫であり、反対に落石の発生によりその発生箇所の上部がオーバーハング状になれば、これはマイナスの免疫であると言うような判断ができる。

2) 近隣の落石発生箇所の調査

当該箇所の近くで過去に落石が発生した地点があれば、その地点での地質、地形、地盤の工学的性質などの斜面の素因と降雨や地震などが斜面に作用して落石発生をもたらした要因を対象斜面と比較対照して、対象箇所の落石発生の危険度を判断する。この際の落石等の履歴

調査については1)を、降雨などによる落石要因については5)を参照すること。

3) 斜面の素因の詳細な性質の把握

斜面の素因から落石の危険度を判定することについては、2.3の現地踏査時において述べたものと基本的には同じであるが、精査時には可能な範囲で落石発生源を踏査するので内容も詳細になってくる。表-2.3～表-2.11に示す斜面の素因についてなるべく量的にその性質、状態などを把握する。

なお、降雨については、年間総降雨量その他、梅雨期や台風期での連続雨量と降雨強度が問題になる。

表-2.3 斜面の勾配

抜け落ち型	はく離型	危険度
—	オーバーハング	(大)
45°以上	60°以上	↑ ↓
45°～30°	60°～30°	
30°以下	60°以下	
		(小)

表-2.4 地質・土質の状態

抜け落ち型	はく離型	危険度
マトリックスが侵食されやすい軟弱な堆積物、岩塊が浮出している。	風化、変質、割れ目が発達した岩	↑ ↓
マトリックスが侵食されやすい軟弱な堆積物	風化、変質が発達した岩	
マトリックスが木片でくずせる程度の堆積物	割れ目が発達した岩	
マトリックスがハンマーでくずせる程度の含礫堆積物	流れ盤をなす層状、片状岩	
	風化しやすい層状、片状岩の健岩（受け盤）	
マトリックスが硬い含礫堆積物（ハンマーで容易にくずせない。）	風化しやすい塊状の健岩	(小)
	風化しにくい層状、片状の健岩（受け盤）	
	風化しにくい塊状の健岩	

表-2.5 表土の状態

抜け落ち型、はく離型とも	危険度
表土が侵食されている	(大)
表土が厚く安定している	(小)

表-2.6 気象条件

抜け落ち型

	危険度
寒冷(冬期0℃以下)気温の日較差が大	(大) ↑ (小)
寒冷(" 以下) " 小	
温暖(" 以上)多雨	
温暖(" 以上)寡雨	

はく離型

	危険度
寒冷(冬期0℃以下)気温の日較差が大	(大) ↑ (小)
寒冷(" 以下) " 小	
温暖(" 以上)多雨	
温暖(" 以上)寡雨	

表-2.7 立木密度

立木密度	危険度
疎	(大) ↑ (小)
" 中	
" 密	

表-2.8 降雨時の表流水集中の状況

	危険度
集中の傾向が著しく、雨裂(ガリー)形成が見られる	(大) ↑ (小)
" があるが著しくない	
" がない	

表-2.9 湧水の状況

	危険度
湧水が著しく、これによりパイピングの進行が見られる	(大) ↑ (小)
湧水はあるが、地表面の侵食はほとんどない	
湧水がない	

表一 2.10 岩盤中の割れ目（節理，き裂），層理面，断層面などの不連続面の状態（はく離型）

	危険度
不連続面の開口が進行性	(大) ↑ ↓ (小)
” に沿うズレが進行性	
” に粘土を挟み，湧水あり	
” に粘土を挟み，湧水なし	
” が開口，湧水あり	
” が開口，湧水なし	
” が密着	(小)

表一 2.11 礫の状態（抜け落ち型）

転 石	含 礫 地 盤	危険度
支持状態が不安定でかつ表土の侵食が進む	斜面から浮き出し1/2以上	(大) ↑ ↓ (小)
地表にあり，支持状態が不安定	斜面から浮き出し1/3～1/2でかつマトリックスの侵食抵抗が低い	
地表にあり，支持状態がやや不安定	斜面からの浮き出し1/3～1/2	
地表にあるが，地表面に安定に支持されている	斜面からの浮き出し1/3程度以下	
土中に埋っている	斜面に浮き出していない	(小)

表土に繁茂する草木の状況は地山の安定性を示す指標となる以外に，草木による表面被覆は，地温低下を助け，地山の侵食を防止する効果大きい。

立木密度は，単位面積当たりの立木本数の多寡により表わされるものである。概略評価として，立木密度「密」とは密植した人工林，立木密度「疎」とは地表面が見える状態にあるもの，および樹高の低い雑木が混る草地の状態にあるものをいい，「中」とは，このいずれのものでもないものをいう。

抜け落ち型落石については落石源と想定される礫の状態が重要になるが，これは，浮き出しの状態や，周囲の支持状態以外に，礫の重心の位置が関係し，原位置での観察でも判断しにくい場合が多い。

4) 斜面の局所的な形状の経時変化の調査

風化（化学的風化，ゆるみの進行の物理的变化）や侵食によって斜面の局所的な形状が変化し，これによって落石源となる転石（抜け落ち型）や岩目によってブロック状になった岩塊（はく離型）が不安定になる。

表－2.12 落石発生につながる斜面の局所的な形状の経時変化

抜け落ち型落石	はく離型落石
○転石の移動 ○マトリックスの侵食による岩塊，玉石，礫の浮き出しの進行状況 ○表面水，湧水によるガリー侵食などの地表面侵食の状況 ○マトリックスの風化による強度低下やマトリックスと岩塊，玉石，礫との間のゆるみの進行状況 ○立木等の植生状況の変化——地表面の被覆状況が悪くなったり，木の根がくさったり，岩塊がひっかかっている立木が枯れたりしていないか	○岩目が開いたり，ゆるんだりして，岩目によって囲まれた岩のブロックが不安定になって行く状況 ○岩目に沿うズレの進行状況 ○岩目に沿ってしみ出してくる水の変化 ○落石予備物質のブロックの下方が侵食を受けたり，小さくはく離したりして，上部の落石予備物質のブロックが不安定になって行く状況 ○地山全体の風化の進行 ○下部切り取り等の人為的变化

以上の項目について，変化の現状と今後の進行の予測を立てて，危険度を判断する。

落石の規模が大きい場合は，地表面にクラック，段差などが発生し，これが進行することがあるのでこれらについても精査時に留意すること。

特に落石が繰り返し発生していたり，近隣に上記の変化の進行の結果落石が発生している箇所がある場合に，1) および4) で述べたことを参照して十分検討すること。

5) 落石の要因を対象斜面に当てはめて危険度を判定する。

落石の要因を次に述べるが，これらを対象とする斜面に当てはめて危険度を検討する。この際これまで述べた 1)～4) の事項を考慮する必要がある，特に3) で述べた斜面の素因とここで述べる要因を勘案して判定することが重要である。

① 侵食により岩塊，玉石，礫が浮き出し，バランスを失うことによる落石の発生（抜け落ち型落石）

マトリックスの侵食に対する抵抗度と表流水の集中の状況，湧水の量とこれらによるマトリックスの侵食の経時変化の程度，およびこれによる岩塊，玉石，礫の不安定度の現状と今後の不安定度の増加の程度を考慮して危険度を判断する。

② 表流水が岩目でかこまれたブロックの裏に一時的に貯留し，この水圧によりブロックが押されることによる落石の発生

表流水，湧水がこのような作用を起こし得る条件にあるか否かを検討して危険度を判定する。

- ③ 岩目でかこまれたブロックの潜在的すべり面に水がまわり、強度が低下することによってブロックがすべり出すことによる落石の発生

潜在的すべり面が流れ盤であれば危険度は高く、特にこの不連続面（潜在的すべり面）の目が通っていたり、不連続面に粘土が挟まっておれば、危険度はさらに高くなる。

- ④ バイピング、ごく局部的崩壊、あるいは流水により斜面の形状が悪化し発生する落石
これらの状態が発生するような湧水、表流水があるかどうか、また素因としてこのような作用を受けやすい地質、土質条件を地山が有しているかがポイントとなる。またこれらの現象が現に進行中であり、しかもその速度が早い時は危険度は高い。

- ⑤ 落石の発生源となる地山の風化

風化には化学的風化と物理的風化とがあり、いずれも落石の発生に結びつく。現状の風化の程度とともに今後の風化と進行の状況をできるだけ正しく想定することが必要である。このためには、現地より採取したテストピースによる風化試験、あるいは現地で弾性波速度の経時による低下の程度を調べることも参考になろう。また過去どの程度風化が進んだ時点で落石が発生しているかについても調べると良い。

- ⑥ 地震による落石発生

地震の大きさ、対象斜面特に落石予備物質近傍での地震力の強さ、現状での安全性および地震時の落石予備物質近傍での強度低下、これらを考慮して地震時どの程度不安定になるかを判断する。転石（抜け落ち型落石）、ブロック化している不安定な岩のブロック、特に斜面の形状がオーバーハングしている時は、一般に地震時の不安定化の度合いが強いとされている。

- ⑦ 凍結による岩目の拡大および岩目の劣化

対象斜面が凍結、特に凍結～融解のサイクルを長期間にわたり繰り返し受けるかどうか。また対象箇所あるいは近傍の斜面でこれまで凍結が要因とみなされる落石がどの程度あったかがポイントとなる。

- ⑧ 風による落石

風が落石予備物質に直接作用するよりも立木などが風によってゆれ、これにより立木の間にはさまっていた玉石、礫が落ちることがある。

対象斜面がこのような条件をそなえているか否かと過去のこの種の要因による落石の発生状況がポイントとなる。

- ⑨ 岩目への根の侵入、成長による落石

このような現状が見られるか否か、また過去この要因による落石の発生が対象斜面あるいは近傍の箇所であったかどうかポイントとなる。

- ⑩ 倒木による落石

木が枯れたり、風によって倒されたりすることにより落石が発生するもの。⑧と同じ

ように、対象斜面がこのような条件をそなえているか否かと過去のこの種の要因による落石の発生状況がポイントとなる。

⑪ 有害行為により誘発される落石

切土による地山のゆるみ、水の放流、山いもなどの採取、動物により地表面がみだされたこともこの範疇に入る。

⑫ 積雪による落石

積雪の作用としては、雪の滑動による侵食や土石の押し出し、融雪期の水による侵食や土石の押し出しが落石の発生要因となる。積雪地帯のルートで過去この種の要因による落石の発生が、対象斜面及びその近隣の斜面であったか否か、またその状況はどのようであったかがポイントとなる。

⑬ 振動による落石

非常に特殊な例として、道路交通などの振動が落石発生の要因となることがある。地震による落石発生については⑥を参照。

6) 対策工の効果、対策工の被害による危険度判定

落石の危険性が高く、しかも過去落石が発生している地点では落石防止のための工事が既に施工されていることが多い。落石対策工で止まっている落石があれば、その発生源、運動経路、落石の大きさ等より落石対策工による安全度を知ることができ、また落石対策工に被害があってもその状況から落石対策工による危険減少の程度、次の落石対策工設計時の外力算定の資料とすることができる。さらに、落石対策工の維持管理記録から落石発生回数などの落石の危険度をより直接的に判断することができる。

2.5 被災に対する危険度判定

落石が発生しても途中で止まったり、直接被害が発生しない場合がある。被災に対する危険度判定に際し考慮すべき項目は次のとおりである。

- ① 落石の量
- ② 落石の速さ
- ③ 落石の到達距離
- ④ 落石の落下経路
- ⑤ 落石の硬さ
- ⑥ 個々の大きさ
- ⑦ 落石途中のこわれ方
- ⑧ 落石対策工の程度
- ⑨ 交通量

3. 斜め写真の斜面調査への利用

3.1 斜め写真の特徴

斜面調査における斜め空中写真の利点は次のようなことがあげられる。

- ① 斜面に直角に近い角度で撮影できるので、斜面全体のひろがりをほぼ均一な精度で観察できる（急崖やオーバーハングの部分の死角が生じない）（図-3.1）。
- ② 固定翼機と比較してヘリコプターは斜面により接近することができるので、それだけ大縮尺の写真が得られる。つまり、斜面の状況をより詳しく観察することができる。
- ③ 斜めから撮影するので我々が平素見慣れている鳥瞰的な撮影が得られ、奥行きや高さの感じが判り易くなり、視覚的判読調査に適している。
- ④ 多少の雲があっても撮影できるし、また太陽の直接反射（ハレーション等）を避けることができる。

一方、短所としては

- ① 広範囲あるいは長距離にわたる地象（例えば断層や地質の境界など）を把握しにくい。（但し、高高度からの撮影の場合にはこの限りではない。）
- ② 溪流のように屈曲した地形部では斜面や尾根の裏側にかくれる死角が多く生ずる。
- ③ 一枚の写真の中でも写真縮尺が大きく異なって、判読および測定に不利、不便をきたすことがある。

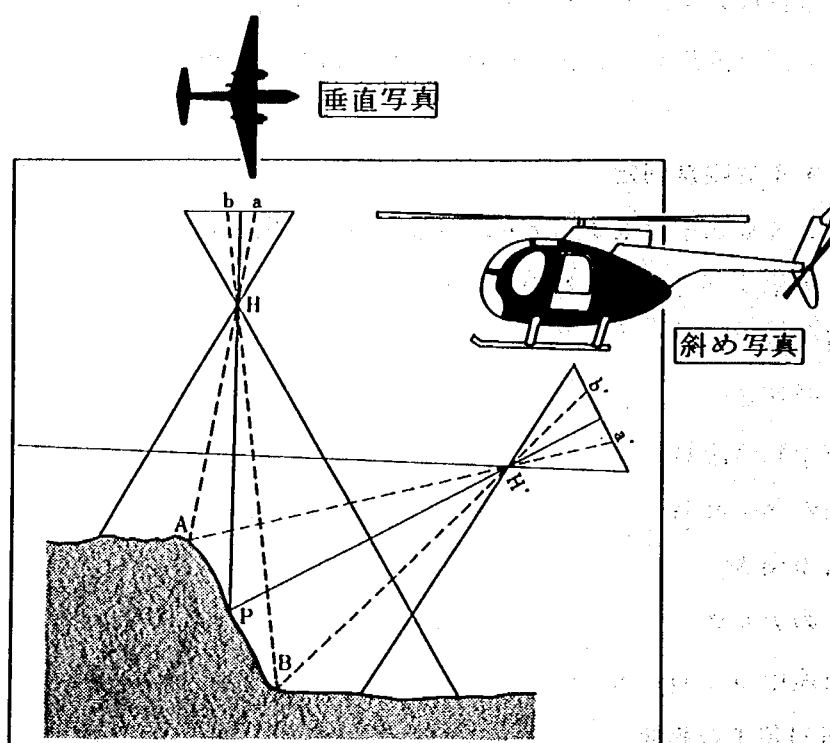


図-3.1 垂直空中写真と斜め空中写真

以上のような長所、短所を有しているが、結局、垂直写真からは求められない判読上の長所を斜め写真は有しており、それを利用して判読調査の精度を高める必要がある。また、一般的な斜め写真と垂直写真の判読を比較すると、垂直写真は斜面および斜面を含めた地域の概要を把握するのに有利であり、斜め写真は斜面の詳細状況を観察するのに有利といえる。つまり、それぞれの写真の長所を利用して斜面や溪流の特性が把握されるのであるが、斜面調査の全体的な流れからいえば、“垂直写真判読による大局の把握”→“斜め写真判読による詳細状況補足”→“現地踏査”……という位置づけとなろう。

表-3.1 垂直写真と斜め写真の判読効果の比較

判 読 項 目	垂直写真	斜め写真	判 読 項 目	垂直写真	斜め写真
地 形			植 生		
尾根線・谷線	◎	△	樹 種	○	◎
斜面の傾斜	○	△	樹 高	○	◎
斜面の起伏	○	△	中～下層植生	×	○
遷 急 線	◎	○	生育度・活力	△	○
崩 壊 地 形	○	◎	人工構造物		
変 動 地 塊	○	○	種 類	△(×)	◎
ク ラ ッ ク	×	○	規 模	△(×)	◎
ガ リ ー	△	◎	破損状況	×	○
露 岩 地 帯	○	◎	人工地形		
壁 岸 ・ 崖	△	◎	切土斜面	△	◎
浮石・転石	△(×)	◎	耕 作 地	○	◎
崩積土堆・落石塊	○	○	そ の 他		
溪 床 堆	△	△	斜面全体の状況	○	△
表 面 浸 食	×	○	溪流全体の状況	○	△
地 質			地物の位置および面的分布	○	○
岩相・岩質	△	△	地物の時系列変化	○	△
断層・破砕帯	○	×			
風化・変質	△	△			
湧 水 状 況	×	△			

◎：特に判読に適している
○：判読に適している
△：なんともいえない(○～×)
×：判読に適さない

3.2 斜め写真の撮影

(1) 撮影に使用する機器

斜め写真の撮影に使用する主な機器は、ヘリフブターなどのプラットフォームおよび撮影カメラである。表-3.2はプラットフォームとカメラの組合せの適合条件を整理したものである。

(2) 撮影方法

立体視による判読、測定を前提とした場合、ヘリコプター等航空機からの斜め写真の撮影方法は図-3.2に示した連続平行撮影、収斂撮影（旋回飛行）および収斂撮影（直線飛行）の3つに限定される。

表-3.2 プラットホームとカメラ

カ メ ラ ホ ー ム	航 空 カ メ ラ	計 測 ヘ リ コ プ タ ー カ メ ラ	一 般 ヘ リ コ プ タ ー カ メ ラ	一 般 カ メ ラ	地 上 ス テ レ オ カ メ ラ	ビ デ オ カ メ ラ
地上及びクレーン車	×	○	○	○	○	○
ラジコン飛行機 ヘリコプター	×	○	○	×	×	×
気球及び飛行船	×	○	○	×	×	×
飛行機	○	○	○	○	△	○
ヘリコプター	△	○	○	○	△	○

○使用可 △条件付可 ×不可

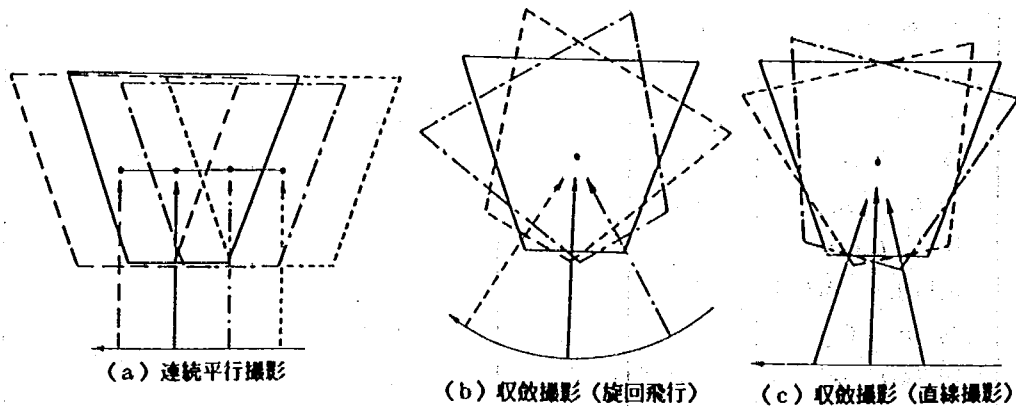


図-3.2 立体観を前提とし現場の斜め写真の撮影方法

連続平行撮影は、撮影対象を真横に見てこれに平行して飛行しながら隣り合う写真に一定の間隔の重複度をもたせて連続的に撮影するものである。この撮影法は、山岳道路など線的に調査斜面が分布する場合に連続的に撮影・図化するのに適している。撮影の計画に当っては、図化地域での近地点での重複度が50%以上となるように撮影間隔を設定するのが一般的である。また、適切な重複度を得ることを確実にするために、多少フィルムは余分にかかることになるが、撮影間隔を狭めて80%以上の重複をもって多数の写真を撮影し、この多くの写真の中から測定に適する適当なオーバーラップの写真を選定抽出して使用する場合もある。

収斂撮影は同一地点に向って数方向から撮影する方法であり、局所的な小地域を比較的大縮尺で撮影し、2方向以上の写真を用いて測定・図化を行うのに適している。収斂写真の撮影では、ヘリコプター等のプラットホームは被写体を中心に旋回しながら、あるいは、被写体のそ

ばを直線移動しながらカメラを被写体に向けて撮影することになる。この場合、一対のステレオ写真は概ね全面が重複してオーバーラップ率は100%近くとなり、一対の写真で平行撮影より広い範囲の図化ができる。

(3) 写真の傾きが測定に及ぼす影響

a) 俯角の影響

俯角の影響は、まず図化機によって作られる立体模像（ステレオモデル）が傾いて見えることである。このため、図-3.3のように真の水平面とみかけの水平面が異なり、等高線を描画する場合等にメスマークを真の水平面に沿って動かすことが難かしくなる。また、図化機で拡大された基線長と観測者の眼基線長との違いによる遠近感の強調（いわゆる過高感）についても、図-3.4に示すように、垂直写真では水平方向と高さ方向の縮尺の違いとして現われるだけであるが、斜め写真では像が斜めに歪んで見えてしまう。このことは、地物の図化等の精度を低下させる恐れがあり、また樹木で覆われた斜面等で地表面を推定することを困難にさせる要因にもなる。

b) 収斂角の影響

図-3.5の収斂写真のモデルにおいて、ABの線上では左右の写真の縮尺が一致しているが、ABから左右に離れるにしたがって縮尺の差が大きくなり立体視がしだいに難しくなってくる。また、CDから上下に離れるにしたがって像が縦方向にズレてくる。これも収斂角が大きくなるほど顕著に現われ、立体視が困難になってくる。この影響はドーププリズムを回転して消去できるが、観測位置が変わるとに調整が必要で作業能率に影響する。立体視可能な収斂角の限界は人の目の違いや図化機によって異なるが、一般に人間の目の立体視可能な範囲は写真の縮尺差が15%以内、像のズレが角度にして約 0.5° 程度とされている。解析図化機を用いて行なった実験では、収斂角の限界として 20° という値が得られている。したがって、測定を行うために収斂写真を撮影する場合は、収斂角 20° 以内で計画しなければならない。

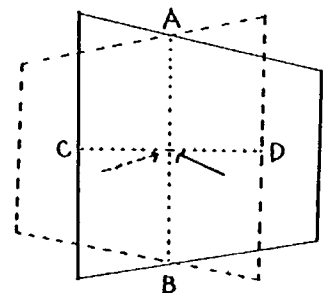
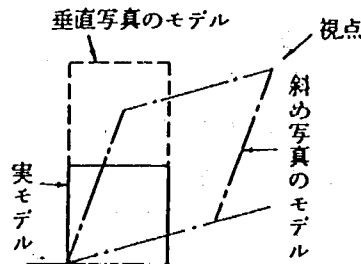
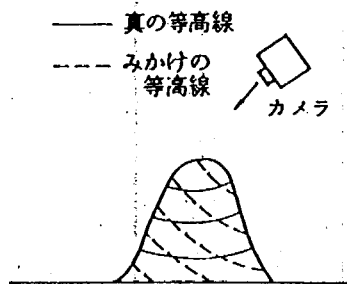


図-3.3 俯角による倒像 図-3.4 過高感による歪 図-3.5 収斂写真のモデル

3.3 斜め写真の判読および測定・図化

3.3.1 斜め写真の判読

(1) 判読項目および目標測定オーダー

斜面調査における斜め写真の利用法としては、図化を伴う測定の他に引伸し写真等からの判読による利用も重要である。斜め写真上にオーバーレイを置いて定性的な判読結果を書込むだけであれば、写真取得後1～2日の作業で行なうことができる。表－3.3は、既往判読事例等を参考にして斜面調査に必要と考えられる判読項目を被災状況項目、土地条件分類項目および一般項目に分けて整理したものである。これに対して、被災項目を詳細に判読し、定量的に測定するためには解析図化機の利用が不可欠であり、関連作業を含めて一週間程度の日数は必要である。表－3.4は、斜め写真から計測可能な判読項目と一般的に必要なと考えられる測定のオーダーを示したものである。ここに示した単位で測定を行なうためには、大きさ等の測定精度として約10cm、図化の測定精度として約20cm程度が必要である。

(2) 判読事例

表－3.5は同一斜面を対象に、垂直写真、斜め写真および現地写真による判読特性を比較した一例である。

表－3.3 斜面調査に必要な判読項目

被災状況項目	土地条件分類項目	一般項目
崩壊地	露岩地	切土のり面
落石	層理 節理 亀裂	盛土のり面
亀裂	落石予備物質	崩壊防止工
陥没	崩壊地	道路
沈下	崩壊跡地	その他
隆起	崩壊予備物質	尾根
はらみ出し	地すべり地	水系
噴砂	ガリー、リル	
倒壊物	遷急線	
傾動物	遷緩線	
移動方向	崩石土量	
全壊家屋	落石堆	
半壊家屋	溪床堆積物	
一部破損	土石流堆積物	
被災パターン	その他の堆積形	
被災ランク	植生	
	伐採跡地	
	開放水域	

表-3.4 判読項目別の目標測定オーダー

判 読 項 目	目 標 計 測 オ ー ダ ー	判 読 項 目	目 標 計 測 オ ー ダ ー
落石予備物質の長径	0.1 m	盛土のり面高	1 m
崩壊地・崩壊土量	10 m ³	盛土のり面勾配	10 %
落石(礫)の長径	0.1 m	地山勾配	10 %
亀裂(線状)の長さ	0.1 m	斜面下端の傾斜角	10 %
亀裂(開口)の長さ	0.1 m	斜面の平均傾斜	10 %
開口部の最大幅	0.1 m	崩壊頭部までの角度	10 %
開口部の最大深	0.1 m	斜面の高さ	1 m
亀裂(段差)の長さ	0.1 m	崩壊高	1 m
段差の最大高さ	0.1 m	崩壊幅	1 m
亀裂による移動量	0.1 m	崩壊深	1 m
陥没の深さ	0.1 m	崩壊斜面長	1 m
沈下の最大深さ	0.1 m	崩壊土量	10 m ³
隆起の最大量	0.1 m	崩土の到達距離	1 m
はらみ出しの最大量	1 m	地すべりの傾斜	10 %
噴砂地の半径	0.1 m	地すべりの斜面長	1 m
建物等の傾斜角度	10 %	溪床勾配	10 %
切土のり面高	1 m	流域面積	1 km ²
切土のり面勾配	10 %	崩壊面積	10 m ²

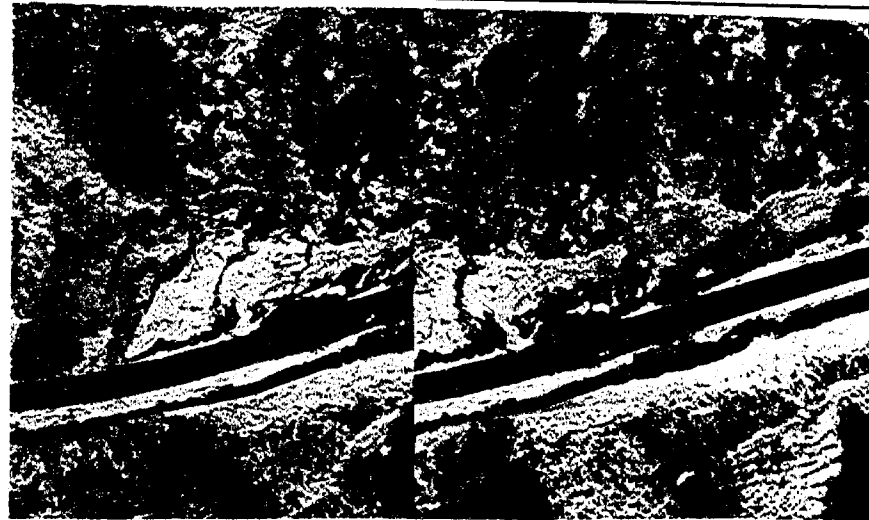
垂直写真と斜め写真の写真判読技術上の差異はさほど大きくないが、写真自身の持っている性質から特に次のような相違点があられる。

- ① 斜面の全体像：正確な形状を把握するためには一般に垂直写真の方が有利であるが、斜面の状況、表面の不安定度、被災の実態等を含めた全体像をとらえるのには斜め写真の方が有利である。
- ② 崖部の観察：垂直写真では急崖部は特に把握しにくい。また崖部がオーバーハング状になっている場合には判読は不可能となる。

表-3.6は、道路沿いの斜面の斜め写真判読結果を整理した一例であり、斜め写真判読カードという様式で整理したものである。多くの斜面を手際よく整理するためにも、このような様式で整理することが勧められる。添付する垂直写真の大きさは、あまりこだわる必要はない。判読項目の説明はできるだけ細かく行うことが必要であり、判読者の所見も記入しておくことで役立つ。整理の様式は特に定める必要はなく、下記のことを最低限備えておけば良い。

位置図、判読図、斜め写真(立体視可能なことが原則)、判読項目説明、判読者の所見、災害名、発生年月日、地区名、路線名、撮影縮尺および撮影年月日

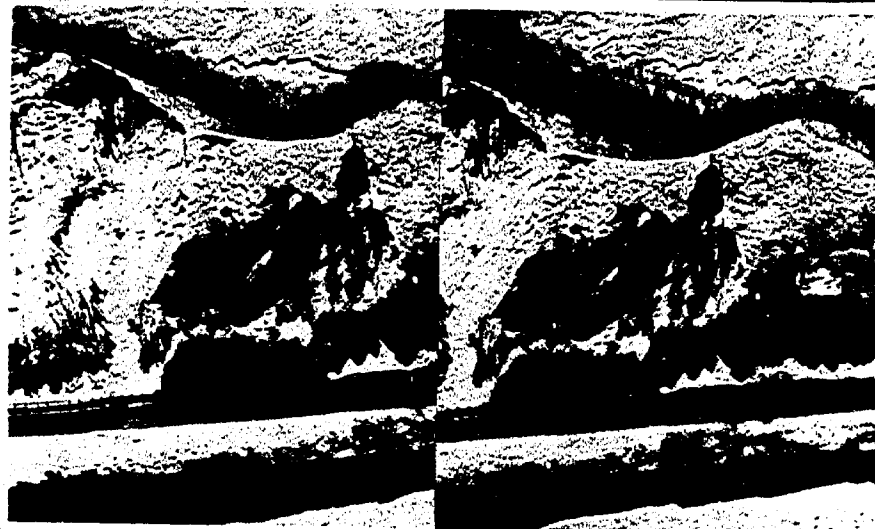
表-3.5 垂直写真と斜め写真による判読比較例



垂直写真

0 100 200 m

判読項目	垂直写真	斜め写真
斜面の全体像	降雪も影響してやや判読しにくくなっているが、全体的な比率規模はよくわかる。	斜面上の形態はよくわかるが、大きさ等は推定となる。
崖部の状況	急崖部の判読はほとんどできない。	斜面を形成する地質がよくわかる。
風化変質状況	風化変質状況はほとんどわからない。	風化変質の状況は垂直写真に比べればよくわかる。
割目（節理・亀裂）	顕著な割れ目の方向は把握できる。	顕著な割れ目の方向が多数確認できるがほとんど層理面と推定される。
オーバーハング部	判定できない。	岩盤の色調の違いなど判読可能
ガリーの分布	ほとんど判定困難。	比較的よくわかる。
落石経路	不明瞭（急勾配のため）	明瞭
落石の規模岩塊の数	ほとんど判定が困難。	ひとつひとつの落石が識別でき、落石堆の構成物質の性状がよくわかる。



斜め写真

0 10 20 30 m



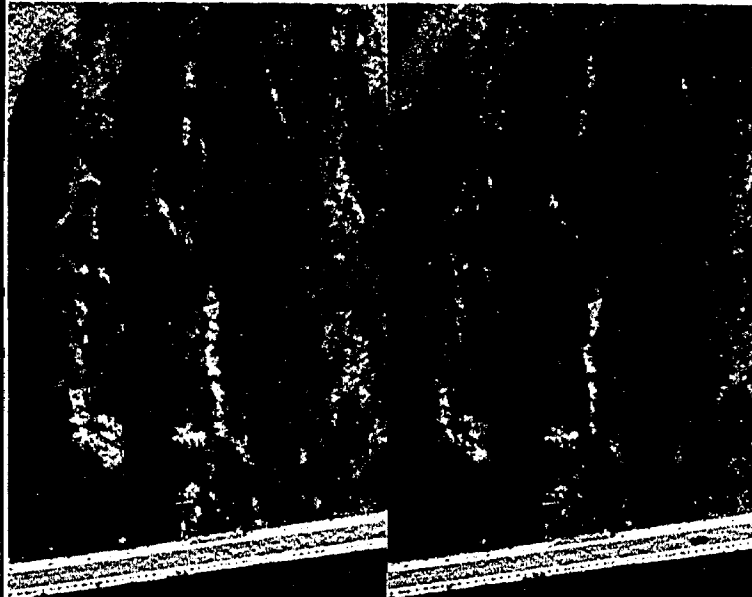
復旧後の地上写真

現地写真の特徴（参考）

- ・斜面の全体像がつかみにくい。
- ・斜面の風化変質状況が比較的細かく把握できる。
- ・細かな亀裂までよくわかる。
- ・オーバーハング部では影になってよくわからない。
- ・湧水の状況がよくわかる。
- ・斜面の角度が正確に把握できる。
- ・斜面上の不安定部がよく識別できる。

表-3.6 斜め写真判読カード

災害名	—	発生年月日	—	地区名	長野県筑摩郡生坂村生坂	路線名	国道19号	撮影年月日	S. 55. 12. 11	撮影縮尺	1:6000
-----	---	-------	---	-----	-------------	-----	-------	-------	---------------	------	--------



(6-31、6-32)



判読項目 露岩地、転石、崩壊地、崩壊土堆 防護工

撮影が落葉期の12月であるため、斜面の大部分を占める広葉樹林を通して、斜面の状況が詳細に判読できる。

露岩地：主に尾根筋で灰白色や黄褐色をなしてゴツゴツした感じを受けるところが露岩地である。その表面には列状あるいは格子状の筋模様が認められ、地層の層理面や割れ目が発達していることがわかる。

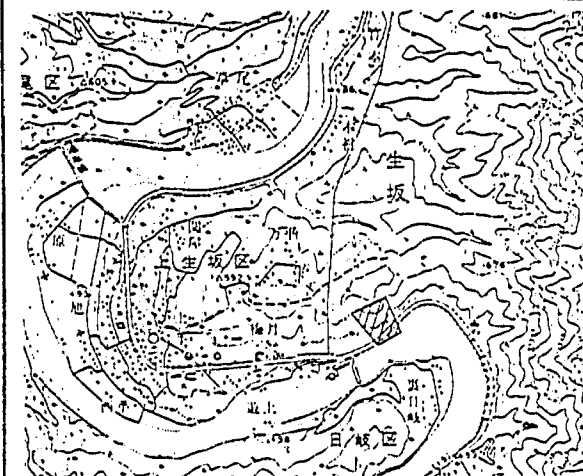
地表面がゴツゴツしているが、草木や樹木の生育しているところは、表土の非常に薄いところと推定される。

転石：尾根筋付近の数箇所に転石様の岩塊がみられる。規模が小さいため根のない転石かどうかの判断は困難である。

崩壊地：写真中央の黄褐色をなす露岩地は、周囲の斜面との境界が鋭く抉られたようになっていることから、崩壊によって基岩が露出したものと推定される。被災パターン及びランクは、I-3・βである。

落石堆：崩壊地下方の凹型斜面には、崩壊土砂である落石堆が判読される。地表面は草木によって覆われており、比較的古いものと推定できる。露岩の割れ目間隔からすると、小型の礫から構成される。

防護工：斜面に2基の落石防止柵と、道路に沿ってコンクリート擁壁・落石防止柵が設置されている。道路沿いの防護工は両者で約2mの高さである。斜面の露岩地表面で淡緑色をなすものは落石防止網である。



1:25000地形図 信濃地区

判読図凡例

	露岩地		植生界
	表土の非常に薄いところ		針葉樹
	転石		落石防止柵及びコンクリート擁壁
	崩壊地		落石防止網
	落石堆		
	ガリー		
	尾根筋		

3.3.2 斜め写真の測定・図化

(1) 測定および図化精度

表-3.7は、斜め写真の測定・図化に我国で用いられている主な機械を示したものである。

表-3.8は、斜め写真の測定精度を調べるために実施した測定実験の結果を整理したものである。DX, DY, DZは標定点での残差の標準偏差を示したもので点測定に対応した量が表われている。ただし、斜め写真の場合、写真上の位置によって撮影距離が大きく変わるため、測定精度も写真上の位置によって大きく変化する。そこで、これらを写真中心での撮

表-3.7 斜め写真の測定・図化機械

機 械 の 種 別	機 械 の 名 称
アナログ図化機	ステレオブラニグラフ C 8 ステレオオートグラフ A 7
解析図化機	ブラニコンブ C 100 アビオリット AC-1 マトラトスター
解析微分偏位修正機	アビオトラン OR-1

表-3.8 斜め写真の測定精度（由比地区）

項 目 \ ケース	I	II	III	IV	V	VI	VII
カ メ ラ の 種 別	航測用 カメラ RC8	70mmフィルム 計測用カメラ HASL MK 70				70mm 一般 カメラHASL 500 ELM	35mm 一般 カメラ NIKON F II
撮 影 俯 角	60°	30°	40°	50°	70°	40°	25°
写真中心での撮影距離	635m	401m	378m	420m	480m	393m	456m
縮 尺	1/4200	1/6600	1/6200	1/6900	1/7900	1/7900	1/13000
基 線 長	235m	170m	79m	64m	88m	98m	82m
距離 / 基線長	2.70	2.36	4.78	6.56	5.45	4.01	5.56
DX (m)	0.15	0.20	0.28	0.37	0.29	0.56	1.23
DY (m)	0.20	0.13	0.22	0.28	0.29	0.55	1.00
DZ (m)	0.12	0.24	0.23	0.21	0.23	0.49	0.60
DX/D (%)	0.24	0.50	0.74	0.88	0.60	1.42	2.70
DY/D (%)	0.31	0.32	0.58	0.67	0.60	1.40	2.19
DZ/D (%)	0.19	0.60	0.61	0.50	0.48	1.25	1.32
範 囲 (%)	0.2±0.1	0.6±0.3				1.4±0.2	2.1±0.7

影距離で割った DX/D , DY/D , DZ/D を計算し、精度の目安とした。この表から次のことが推定される。

MK70 を用いた II ~ V のケースで、 DX/D 等の精度に顕著な差は認められない。したがって、点測定の精度は撮影距離に比例し、また、撮影俯角による精度変化はその俯角に対応した写真上の各点での撮影距離に対応することが推定される。V のケースは収斂角 10° の収斂撮影であるが、これを他のケースと比較しても顕著な差は認められない。したがって、 10° 程度の収斂撮影では精度上の影響は少ないと考えられる。

表-3.9 は、図化の精度を調べるため $1/500$ の図化を行ない標高値等を比較した結果を示しており、本表より次のことが推定される。

カメラによる違いをみると、一般カメラの精度が悪い。縮尺による違いでは、当然ながら縮尺の大きい方が精度が良い。また、収斂角の差についても、収斂角の差についても、収斂角が 10° と小さいため平行撮影の場合と大差がない。俯角による違いをみると、図化精度特に位置精度には俯角が 50° より小さくなると影響が大きくなり、家屋等の直交構造物のゆがみに端的に現われるが、それより大きい俯角においては較差の値から全体的にみても垂直図化に十分匹敵している。

表-3.9 斜め写真の図化精度および能率（由比地区）

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
調査項目		カメラの差			縮尺の差		収斂角の差	俯角の差		
調査モデル	カメラ	MK70	500ELM	NIKON	MK70	MK70	MK70	MK70	MK70	MK70
	撮影距離	400m	400m	450m	900m	400m	500m	300m	400m	400m
	俯角	30°	40°	35°	55°	30°	70°	55°	50°	40°
	撮影法	平行	平行	平行	平行	平行	収斂	平行	平行	平行
使用図化機		C100 A	C100 A	C100 A	AC-1	AC-1	AC-1	C100 B	C100 B	C100 B
方眼区域のメッシュ 標高精度 標準偏差 (単位 m)	A	1.5	2.3	2.3	1.6	1.0	1.8		1.0	
	B	0.6	1.0	2.8	0.9	0.6	0.6	2.4	0.5	0.8
	C	0.5	0.5	2.1	0.6	0.6	0.6	0.5	0.3	0.5
断面 標高精度 標準偏差 (単位 m)	1	0.9	0.6	1.8	1.1	1.0	1.8	0.7	0.7	0.8
	2	0.7	0.7	2.1	4.6	0.4	1.6	0.4	0.4	0.4
	3	0.5	1.1	2.6	1.2	1.1	2.0	0.7	0.5	0.5
	4	0.9	0.4	1.6	0.5	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6
線状構造物の 図化歪の有無		歪み 大	歪み 大	歪み 大		歪み 大			歪み 有	歪み 有

A: 雑木の多い傾斜地
B: 雑木有り傾斜地
C: 平地

(2) 図化例およびまとめ

図-3.6は、ヘリコプターと測量用カメラで撮影した斜め写真を解析図化機により自動メッシュ観測（メッシュの設定平面は調査対象斜面にほぼ平行な任意の斜平面）し、メッシュデータをもとに作図した種々の図面の中の一つである正対コンター図を示したものである。

一般的な斜面調査では、図化の精度で約20cm、図化縮尺で1/500程度のオーダーが確認できれば良好な判読、測定、図化が実施できる。そのためには、表-3.10に示す諸元が標準的である。

本章では、斜面調査において斜め写真を利用することの可能性および利点を重点的に述べた。

3.1でも明らかなように、斜め写真および垂直写真には相補完し合う特徴および利点がある。斜め写真の実際の利用に当っては、その特徴を十分に理解した上で適切な利用を進める必要がある。今後も検討を進め、利用目的を明確にした上で斜め写真による斜面調査技術のマニュアル化を図る必要がある。

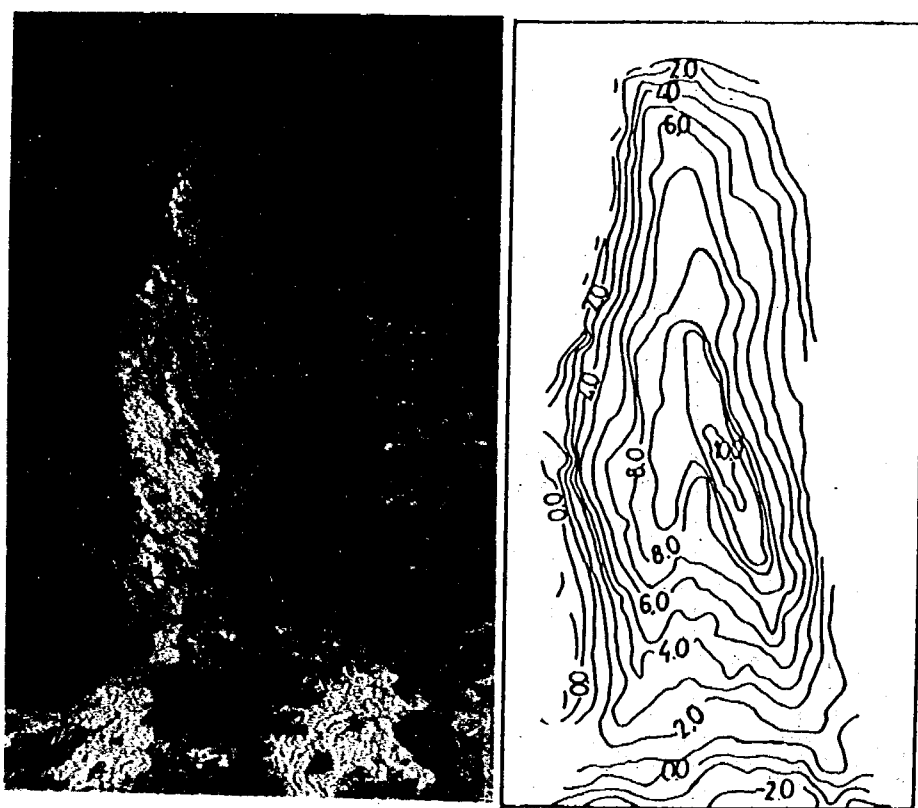


図-3.6 島根県中場の崩壊地とその正対コンター図

表－ 3.10 斜め写真の撮影方法等の標準的な諸元

カメラの種類	航空写真測量用カメラ		中型カメラ
撮 影 方 法	連続平行撮影		収斂撮影
画 面 サ イ ズ	23cm×23cm	18cm×18cm	6cm×6cm
焦 点 距 離 f	15cm	21cm	6cm
撮 影 高 度 H	約300m	約300m	約80m
撮 影 俯 角 θ	約45度	約45度	約45度
撮 影 斜 距 離 D	約450m	約450m	約120m
主点付近の撮影縮尺	1/3,000	1/2,140	1/2,000
主点付近の全撮影幅	690m	380m	120m
撮影基線長 B	270m	150m	40m
1/500図化への拡大率	× 6	× 4.3	× 4
図化の測定精度	約20cm		
大きさなどの測定精度	約10cm		

4. 長野生坂地区での調査事例

(国道19号生坂地区落石発生危険度判定調査)

4.1 調査概要

調査は長野県筑摩郡生坂村の国道19号の沿道斜面で実施した。調査位置図を図-4.1に示す。上記調査地区については、昭和55年度において斜め空中写真が撮影され斜面の諸特性をとらえる為の基礎調査が実施されている。今回の調査ではそれらのヘリコプターから撮影された斜め空中写真と従来の垂直空中写真(縮尺約1:10,000)を利用し、さらに斜面の地質特性をとらえるために簡易貫入試験を実施し、落石の危険度判定に関する基礎調査を行った。

調査対象斜面は一般国道19号のK P. 217Km~219Kmの区間の沿道のり面であり、地形により斜面と区分されたS₁~S₁₈、溪流と区分されたK₁~K₁₁の単位斜面のうち

斜面……………S-4, S-10, S-14

溪流……………K-9, K-11

の5単位斜面である。単位斜面については図-4.1に示してある。

落石の危険度判定の手順は第2章でも述べたように、一般に(1)ルート全体に対する調査、(2)現地調査による危険度判定、(3)現地精査による危険度判定よりなる。これらの調査の項目および着眼点等は2章に示されているが、各項目毎の具体的な判断基準は示されていない。本調査では、既往調査資料の整理、現地踏査および簡易貫入試験を実施し、具体的な判断基準を作成するものである。

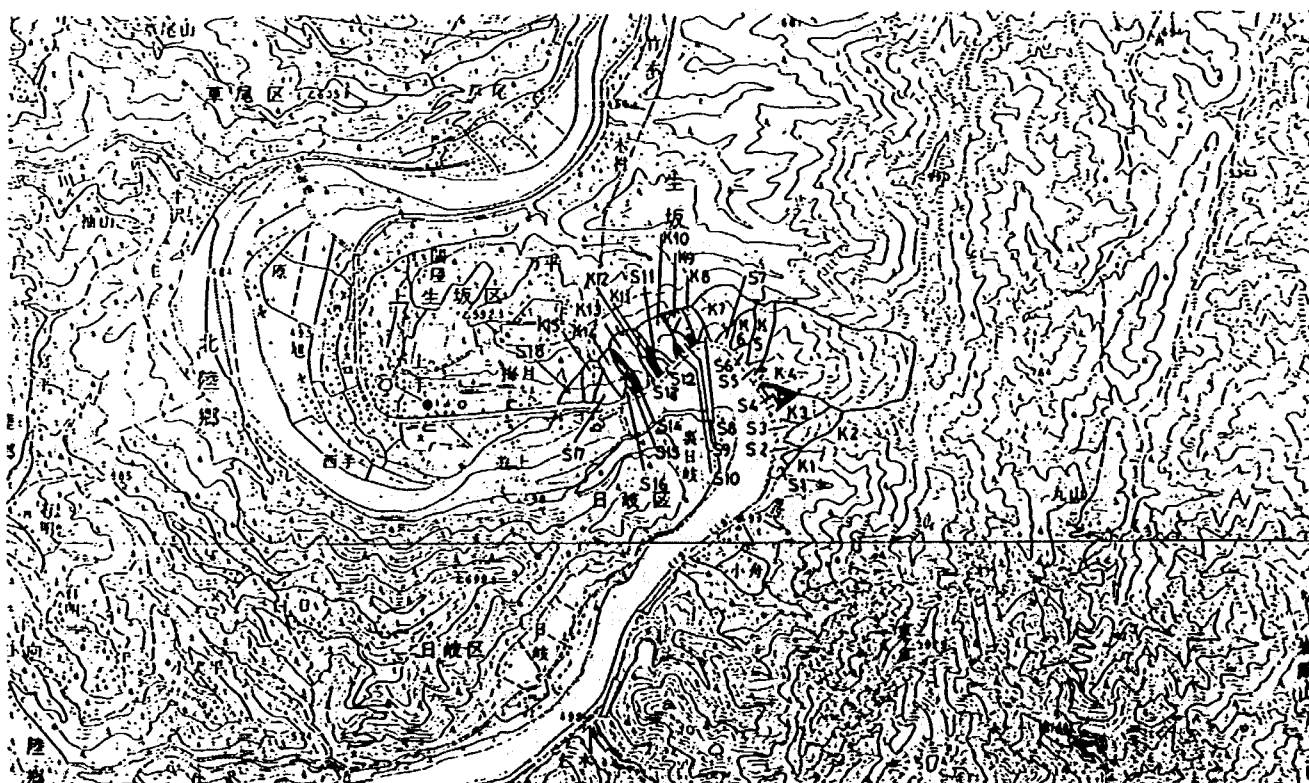


図-4.1 調査地位位置図

4.2 調査地の地域特性および対象斜面・溪流の諸状況

調査地は長野盆地と松本盆地の間に広がる標高700～900mの犀川丘陵地を曲流する犀川の右岸斜面にあたり、比高50～150m、40°～50°の急斜面がつながり、そこを刻む溪流もきわめて急勾配をなす。地質は新第三紀中新世の砂岩、頁岩、礫岩の互層（いわゆる青木果層と小川果層）で構成され、地層はNNE～SSWの走向、50°～80°EまたはWの傾斜を示す。

これらの地層はハンマーで比較的容易に割れる程度の固結度であり、互層が細かく発達しているところ程剝離性に富むために相対的に弱部となっている。活動性の地すべりは現存していないが、古い過去に岩盤変動を起こしたような地形ブロックが2,3観察される。斜面崩壊はK-9およびK-7の谷頭斜面とS-10の斜面脚部に存在するが、斜面の規模や傾斜の大きい割には少ない。地すべり地形ブロックや崩壊と地質構造の流れ盤、受け盤との関連は特に認められない。落石源を概観すると、崩壊斜面、一般斜面や谷地形部の崖錐性の砂礫堆に求められるが、全般的に浮石・転石の量は少なく、大礫があったとしても堆積岩の互層を反映し偏平な形状のものが多く斜面の表土に定着している傾向がある。植生はアカマツ林とクリ、コナラ、リョウブを主とする落葉広葉樹林で全般的に樹冠疎密度も高い。

この区間は、斜面が長大で傾斜も大きく、落石災害の実績も昭和56年5月をはじめ過去においても2～3回記録されているため、強雨時（130mm/以上）の交通規制区間に指定されている。

斜め空中写真の判読結果と現地踏査により得られた各单元斜面の状況を表-4.1に一覧として載せた。また、巻末参考資料に斜め空中写真とその判読図を対応させて示した。

表-4.1 単元斜面毎の諸状況一覧

	S - 4	S - 10	S - 14	K - 9	K - 11
地形	①小さな谷、尾根地形を含んだ斜面で、斜面長140m、比高約100m、平均傾斜45° ②尾根の緩斜面直下より50°の急斜面があり、斜面中～下部は40°～45°とややゆるくなる。 ③斜面中～下部にかけて滑落崖を伴った旧地すべり地形が空中写真より判読され、現地踏査によるとさらにその内部で数段のブロックで滑動した形跡が認められる。	①ほぼ均一な斜面で、傾斜長70m、比高45m、平均傾斜48° ②斜面脚部に岩盤崩壊があり、弧大傾向にある。	①斜面長約220m、比高約140m、平均傾斜34° ②緩傾斜と急傾斜による凹凸の多い不規則な斜面である。 ③最上部の緩斜面(20°～30°)は上部斜面の露出部からの崩壊土から成っている。	①集水面積約1.3haの谷地形単位 ②谷傾斜面に約50°の傾斜をもち、そこに岩盤を含めた規模の大きい崩壊が発生している。谷傾斜面につながる谷の平均勾配も約40°ときわめて大きい。 ③谷の上部では谷頭斜面から漸移する幅の広い地形をなすが、下流部では谷幅がせばまり明瞭な流路をもった谷地形となり道路に接する。	①比高の小さな尾根にはさまれたなだらかな凹地の斜面、集水面積約0.4ha ②斜面上部は平均傾斜40°中～下部にかけては約50°の急傾斜となり、そこには崩壊跡が存在している。
地質	①砂岩が優勢で、斜面途中の露頭や浮石、転石が多い。 ②EL.550m付近に帯状に露出する砂岩の斜面があり、そこが滑落崖の一部をなす。滑落崖下には岩盤の破碎された岩屑層が斜面脚部まで分布する。貫入試験によると岩屑層は比較的薄く2～3mで風化岩盤にあたっている。 ③表土層は1m以下であるが滑落崖下の斜面全長を被覆する(図-3)。	①崩壊部では砂岩の粒度の異なる層および頁岩の互層ではなく、脆性に富む。岩質もS-4の砂岩よりやや堅硬。 ②平均傾斜が約50°と急であるが薄い表土(0.2m程度)が斜面全長を覆っている。	①砂岩・頁岩互層ではなく脆性に富む。 ②最上部緩斜面の岩屑層は1～2mと予想外に薄い。 ③斜面下部は上部からの緩慢な土砂の崩落による岩屑が被っている。 ④表土は数10cm程度で軟弱である。	①源頭斜面の崩壊は砂岩と頁岩の互層の互層部に発生したもので、その右側は塊状の厚い砂岩層で境されている。 ②崩壊はS-10と同様、地層の走行方向にはほぼ直交する面の岩盤のむねたものである。砂岩、頁岩にはきわめて細く割目が発達しているが、特に断層や破碎帯がそこに走っているためではない。 ③崩壊斜面よりEL.570m付近まで厚さ2～3mの崩土のなめらかな斜面が形成されている。崩土は主として頁岩の細片を含めた細粒物質より構成され、そこに砂岩の中～大礫が含まれる。堆積面も平均40°の急勾配をなす。 ④その他の谷傾斜面は谷底との比高も数mと小さく厚い表土に覆われる。 ⑤谷の中～下流にも旧い崩土が堆積しているが、降雨時の流水部をのぞいて表土と草木および草木に被覆され定着している。流水部に沿っては、細粒物質は洗脱され、中～大礫が分布し、局所的に砂岩、頁岩の互層の基盤岩が露出する。	①斜面を区切る両側の尾根すじには砂岩・頁岩の互層が露出している。 ②表土は10～20cmと非常に薄い。 ③斜面中～下部の崩壊跡は相当古いものであり、土砂の滞留は殆んど認められない。
誘因	①湧水や活動性のガリーの発達はない。樹木の伐採による斜面の荒廃もない。 ②砂岩の急崖は比較的なめらかな岩肌となっており、この部分で凍結融解により急速に岩盤の破壊が進んでいる徴候は認められない。	①湧水や活動性のガリーの発達はない。植被状況も良好。 ②降雨の他に岩盤がはく離に富み、さらに10～15cm間隔で地層の走向方向に直交する割目も発達しているため凍結融解の影響も大きいと推定される。	①湧水・表流水はみられない。しかし、斜面中部はやや谷型の形状であり、降雨時には表流水が集中しやすい。	①源頭部の崩壊斜面には降雨、凍結融解の他に、岩盤が著しく細片化されているため強風の影響も働き、常時小岩片を崩落させている。湧水は認められない。 ②崩土帯も有力な落石源となるが、そこには降雨時のガリーが数本明瞭に発達している。平常時には下部の谷を含めて表流水は全くない。	①湧水やガリーの発達はない。植被状況も良好。平常時には表流水も全くない。 ②岩盤ははく離性に富むが、凍結・融解により岩盤の破壊が著しく進められている徴候はない。
その他	①浮石、転石は比較的少なく、径1mにちかい転石が稀に存在するが、形状が扁平で表土に定着している。 ②防止槽のポケットに到達する落石はきわめて少量であり、防止槽の破壊はない。 ③地すべり地形の末端にあたる斜面脚部は蛇かごの擁壁が施されており、上部斜面がマスで滑動してくるような徴候も認められない。	①平均傾斜約50°の急斜面上の浮石、転石はきわめて少ない。急傾斜地のため不安定な物質は落下してしまつたと判断される。 ②脚部の拡大中の崩壊には充分な範囲にわたり覆式落石防止網がはられ、コンクリート擁壁と防止槽もある。昭和56年の落石は辛じて防止槽にとどめられたが、擁壁および防止槽には破壊が生じた。 ③崩壊の上方、側方への拡大は今後もある程度進行するが、落石が生じて落石防止網により滑動や転動がかなりおさえられる。但し、擁壁背後のポケットには殆んど余裕が残っていない。	①上部緩斜面(岩屑層)の下位には明瞭な凍急線が存在し、その下の急斜面には風化の進んだ岩盤が露出している。現に、細片礫の落下が進行している。 ②転石、浮石が多い。しかし、これらは扁平な形状のものが多く、また傾斜も30°前後と比較的ゆるいため転動しにくい。 ③斜面中部には、旧い石礫が残存している。破壊が進んでおり、新たな落石供給源となる可能性がある。	①谷頭の崩壊の直上部に明瞭な段差地形(但し、最近発生したものではない)が存在しており、今後、上方だけでなく側方(特に左側へ)に拡大する可能性がある。しかし、そこから生じられる物質は、岩盤状況を反映し細片礫が圧倒的に多い。 ②崩土帯のガリーの断面から、砂岩の中～大礫が含まれることが判るが、それらの扁平な形状のものが多く、滑動はともかく転動しにくい状態にある。 ③谷の下部の比較的大きな礫は崩壊初期の産物であり、最近の崩壊の拡大により押出されたものではない。これも数段にあたる石積の階段工により安定が保たれている。 ④道路との出会い部には鋼製堰堤が築かれており、そこへの顕著な土砂の押出もみられない。	①浮石、転石はきわめて少ない。 ②斜面下部に2基の鋼製堰堤があり、また崩壊跡地を覆うように落石防止網がはられている。最下段の堰堤に到達する落石はきわめて少ない。

4.3 落石危険度の判定

危険度判定は以下の各段階毎に判定を進め、最終的に防災対策緊急度の判定まで導いた。

第1次判定 …… 落石発生（岩盤の一部や、転石などが斜面から離れる）危険度の判定

第2次判定 …… 道路に到達する落石の量の判定

第3次判定 …… 現存する対策工の防災効果の判定

第4次判定 …… 防災対策緊急度の判定

(1) 第1次判定……落石発生危険度の判定

1) 判定項目と項目の細分

判定項目は2章の表-2.2(P.11, 12)を基準とし、若干の補足、修正を加え表-4.2のようにした。

2) 評価点数

現地踏査、写真判読、簡易貫入試験の結果を踏まえたうえで危険度が高い斜面ほど大きな得点数になるように配分した。例えば“斜面勾配”の項目に関しては、斜面の勾配が大きい程落石発生の危険度は増大すると考えられるので、勾配の大きい分類程大きな点数を与える。ここで問題となるのは各項目ごとに与えられた点数の全体に対するウエイトであるが、これは基本的に次のような考えと手順に従って定めた。

- ① 4つの区分（地形、地質・土質、誘因、その他）の総合ウエイトを決める。
- ② 各区分ごとに、そこに含まれる項目の範囲におけるウエイトを決める。
- ③ 各項目ごとに含まれる分類のウエイトを決める。
- ④ 上記①～③のウエイトの掛算をし得られた数値を基準とし、それに経験的な補正を加え評価点数とする。

具体的には、落石発生に大きな影響を与え、しかも比較的容易に且つ客観的に調べることのできる「地形」の区分のウエイトを最も大きくし、次に直接的な落石危険の進行を示す、“斜面の異常”や“安定工の異常”の含まれる「その他」の区分に重点をおいた。含まれる項目数は多いが、落石現象に働きかける作用の複雑性や地域差を勘案し、「誘因」のウエイトを最小とした。さらに、総合ウエイトの小さな「誘因」に含まれる項目のうち、落石発生に強い影響を与える。“凍結・融解”に対しては他の項目よりかなり大きなウエイトをかけるといったような操作を加えてある。すべての項目・分類に与えた点数を表-4.2に示した。

3) 1次判定

対象斜面の状況を表-4.3に示されているすべての項目・分類と照合し、該当する分類に与えられている点数の和をとり、その相対的大小により危険度のランクをA₁、B₁、C₁と決める。

各項目の最高点数どうしの和は約140点となり、一方、最小点数の和をとると12点と

表-4.2

区 分	着 眼 点	項 目	項目に対する評価	点数
地 形	斜面が高かったり、勾配が急であつたり、あるいは、オーバーハングしていたりすると一般に危険性が大きい。 斜面の末端と道路面の間に落石が停止するような条件があると被災の危険性は小さくなる。	斜面高 H	H < 10 m 10 ≤ H < 30 30 ≤ H < 50 50 ≤ H	5 10 13 16
		斜面勾配 α	α < 1 : 1.5 1 : 1.5 ≤ α < 1 : 1.0 1 : 1.0 ≤ α < 1 : 0.6 1 : 0.6 ≤ α	1 6 11 16
		オーバーハング	無有	0 20
地 質 土 質	(抜け落ち型) 崖すい性堆積物、段丘れき層、火山砕せつ物、風化花こう岩など岩塊玉石れきとそれを充填する固結度の低い土砂(マトリックス)からなる地盤では、マトリックスが弱くて、岩塊などが容易に抜け落ちるもの程危険 (はく離型) 割れ目などの不連続面が発達していたり、割れ目沿いに風化が進んでいたたりして、割れ目などに囲まれた岩のブロックが浮いている程危険。特にブロックの底面が流れ盤の層理面になっているなど、滑りやすい場合は危険	斜面の地盤	(抜け落ち型) マトリックスが侵蝕されやすい軟弱な堆積物、岩塊が浮出している。 マトリックスが侵蝕され易い軟弱な堆積物 マトリックスが木片で崩せる程度の堆積物 マトリックスがハンマーで崩せる程度の含礫堆積物 マトリックスがハンマーで容易に崩せない。	15 10 7 5 0
			(はく離型) 風化、変質、割れ目が発達した岩 風化、変質が発達した岩 割れ目が発達した岩 流れ盤をなす層状、片状岩 } 風化し易い層状、片状の健岩(受け盤) } 風化し易い塊状の健岩 } 風化し難い層状、片状の健岩(受け盤) } 風化し難い塊状の健岩 }	15 10 7 5 0
		表 土	安定した表土に覆われている。 表土に覆われるが不安定。 表土が侵食されている。	1 6 12
その他	樹木が密にはえているかどうか一密だと落石は止り易いが、強風時には、逆に、止っているものが抜け出すことがある。 また樹木の根が岩目をゆるめることがある。 斜面または斜面安定工に異常、変状が見られるかどうか、もしあればその状況。 斜面への水の放流などの有害行為が見られるかどうか。これらが見られれば危険性が高くなる。	樹 木	疎 中 密	5 3 2
		斜面の異常	転石の移動や転石下部斜面の侵食 浮石の変形、割れ目の拡大が認められる。 崩壊、新しいキレツや段差地形 異 常 な し	15 10 0
		斜面安定工の異常	モルタル吹付、擁壁のクラックが顕著 異 常 な し	10 5 0
		斜面に対する有害行為	顕 著 若 干 な し	5 3 0
誘 因	常時や降雨後などに湧水が見られたり、斜面の背後地の集水面積が大きかったりすると一般に危険性が高い。 豪雨や強い風に際して、落石が発生する傾向があつたり、あるいは融雪期や斜面で凍結融解が見られる時期に、落石が発生する傾向があるかどうか — これらの傾向が顕著であれば、特にこの時期に危険性が高い。	背後地の集水面積	大 中 小	4 2 1
		湧 水	大 小 な し	2 1 0
		降雨・積雪	大 中 小	5 3 1
		風 力	強 中 弱	3 2 1
		気温の日較差	大 中 小	1 0 0
		凍結・融解	落石発生に影響が大 ややあり な	10 5 0

なる。

ランクの境界点数水準をどこにどのように設定するかは実際には難しい問題があるが、便宜的に表-4.3のような区切りによるランクを設定した。

50点の境界値は他の区分・項目がどうあろうと「地形」の内容が最悪の条件であれば、それだけで50点を越えることなどを考慮して仮定した。また、90点の境界値も便宜的なものであり、地域特性や路線区間の特殊事情に応じて調整を加える必要がある。

表-4.3

落石発生危険度			
A ₁ ……	90点以上	危険度	大
B ₁ ……	50点～89点		中
C ₁ ……	49点以下	"	小

(2) 第2次判定……落石が道路に到達する危険度の判定

斜面に発生した落石が斜面を落下し道路に達して災害が発生する。到達する量が大で且つ、落下してくる速度が大きいほど大きな災害に結びつく。従って、それらの危険度を把握する必要がある。この判定にはどの位の落石量が斜面脚部に到達するかということと、斜面脚部と道路間の地形、位置関係とのからみを考慮する必要がある。斜面脚部にいかにか大量の落石があってもそこから道路までの間に充分なスペースの平坦地があれば落石は道路には到達しなくなる。この重要度のたかい斜面脚部と道路の間隔による安全度の判定基準として表-4.4を用いた。つまり表中のW(m)を目安とするもので、これには斜面の傾斜と斜面高の関係が包括されており、したがって落下してくる速度も勘案されていることになる。次に斜面脚部に到達する落石の量であるが、この場合は落下量および落下速度を軽減させる斜面途中の緩斜面のひろがりによる緩衝地形の有無や地被物、人工構造物の状況により総合的に判定する手法をとる。以上の2つの要素の表-4.5に示す組み合わせにより、落石の道路に到達する危険度をA₂、B₂、C₂ランクで判定する。

(3) 第3次判定……防災対策工の効果の判定(落石災害発生危険度の判定。)

落石が道路に到達しても、あらかじめ擁壁、防止柵等の対策工が施されていればその発揮する効果により災害の程度は軽減される。表-4.6に示した基準により災害発生の危険度をA₃、B₃、C₃ランクで判定する。

(4) 第4次判定……緊急度総合判定

第3次判定で落石による災害発生の危険度A₃、B₃、C₃が判定されるが、最後に対策緊急度の判定を実施する。これには、“第3次判定の危険度”、“過去の災害発生の頻度”および調査対象区間道路の交通量を基準とした“区間重要度”の3要素を総合し、表-4.7に示す要領により危険度A₄、B₄、C₄を判定する。

表-4.4 落石止溝の寸法 (Ritchieによる)

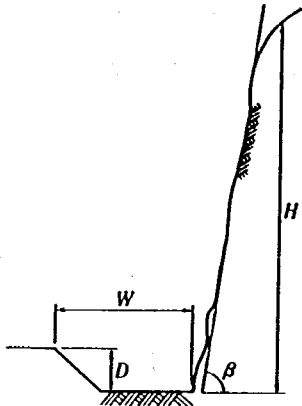
斜面の勾配 β	斜面高 $H(m)$	溝の幅 $W(m)$	溝の深さ $D(m)$	備 考
ほぼ鉛直 90°	5~10	4	1.0	
	10~20	5	1.5	
	20~	6	1.5	
1:0.25~0.3 $76^\circ \sim 73^\circ$	5~10	4	1.0	
	10~20	5	1.5	
	20~30	6	2.0	
	30~	8	2.0	
1:0.5 63°	5~10	4	1.5	
	10~20	5	2.0	
	20~30	6	2.0	
	30~	8	2.5	
1:0.75 53°	0~10	4	1.0	
	10~20	5	1.5	
	20~	5	2.0	
1:1.0 45°	0~10	4	1.0	
	10~20	4	1.5	
	20~	5	2.0	

表-4.5

斜面脚部から 道路までの距離	斜面脚部に到達する土量 ^{*1}		
	到達しない	小 量	大 量
^{*2} 基準距離以上	C_2	C_2	B_2
" 以下	C_2	B_2	A_2

A_2 ... 危険度 大
 B_2 ... }
 C_2 ... 危険度 小

※1 斜面脚部に到達する土量 (落石量) の判定要素

斜面傾斜の大小

樹木, 下草の疎密

表層状況

落石を停止又は減速させる緩衝地形面の有無

災害防止工等の有無

※2 落石の道路に到達するか否かの目安となる距離... 表の $W(m)$

基準距離以上 到達しない

" 以下 到達する

表-4.6

		二次判定結果		
		A_2	B_2	C_2
対策工の 効果	低い・なし	A_3	B_3	C_3
	普通程度以上	B_3	C_3	C_3

A_3 ... 危険度 大
 B_3 ... }
 C_3 ... 小

表 4. - 7

	危険度	危険度頻度	区 間 重点度	緊急度総合判定
a (3点)	A ₁	年に1回以上, 落石崩壊等によ り交通に支障が ある。	交通量 3000台/日 以上	総合判定には危険度, 危険頻度および区間重点度を勘案してランク A₁, B₁, C₁ の緊急度を決定する。
b (2点)	B ₁	数年に1回程度 交通に支障があ る。	交通量 1000~ 3000台/日	ランク 決定方法 各項目の点数の和を求め 下記の区分によりランク を決定する。
c (1点)	C ₁		交通量 1000台/日 未満	和が9~7点…ランク A ₁ 6~5点…ランク B ₁ 4~3点…ランク C ₁

A₁ …緊急度大
B₁ … }
C₁ …緊急度小

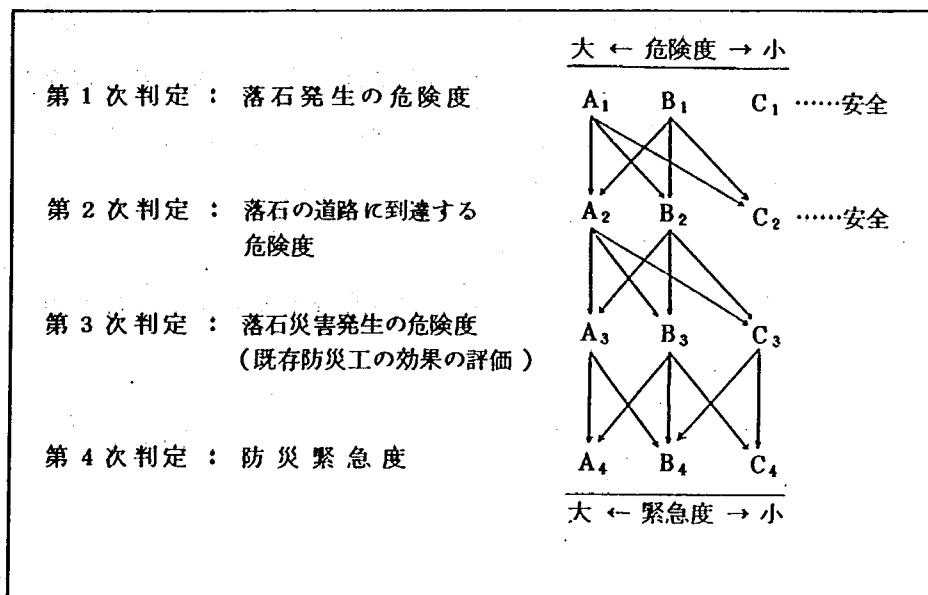


図-4.2 落石危険度判定の経路

4.4 危険度判定結果

4.3の手法により本調査の5单元斜面(但し, この中に2つの溪流が含まれるが, 谷地形をともなった斜面としてとり扱った)の落石危険度の判定を実施した。

(1) 第1次判定(落石発生危険度判定)結果

S-10が危険度A₁に, S-4とK-9およびK-11がB₁に, S-14がC₁に判定された。

S-10は斜面脚部に発生している崩壊の頭部に一部オーバーハングが存在すること, 崩

壊の存在することが斜面の異常としてとらえられることなどにより他の斜面より大きな点数となった。次に高い点数となったのはK-9で抜け落ち型と剝離型の岩盤状況をあわせ持っていることと、崩壊直下の崩土帯に活動性のガリーが発達(斜面の異常)があるためによる。S-4, S-14, K-11は合計点数に大きな差はないが、S-14の斜面勾配が他と比較して小さいということが点数差としてあらわれた。

(2) 第2次判定(落石が道路に到達する危険度判定)結果

斜面脚部と道路間の距離が十分とみなされるのはS-14およびK-9であり、一方斜面の脚部に到達する落石量はS-10斜面だけが“大量”と見込まれ、他は完全に落石を阻止する緩衝地形や人工構造物が存在していないため“小量”と判断される。

以上より、道路に落石が到達する危険度はS-10がA₂ランクとなり他はB₂ランクとなった。

(3) 第3次判定(対策工の効果を検討した落石災害発生の危険度判定)結果

S-10の対策工は現況では十分な効果を発揮するようにも見受けられるが、昭和56年の災害時に擁壁および防止柵に破損を与えているし、今後の崩壊の拡大規模によっては再度防止工を破壊し、道路に落石が到達する危険性もありB₃、ないしA₃の判定をした。他は、落石が道路に達する危険度が比較的小さいことと、対策工の効果が見込まれるためいずれもC₃と判定した。

(4) 第4次判定(対策緊急度の判定)結果

過去の落石災害発生頻度が年に1回以上の箇所は存在しないため、総合判定結果はS-14のみがB₄で他はいずれもC₄となる。

表一 4.8 各単元斜面毎の危険度判定結果

区分	項 目	斜 面						溪 流			
		S-4	点	S-10	点	S-14	点	K-9	点	K-11	点
地形	斜 面 高	100m	16	60m	16	140m	16	170m	16	170m	16
	斜 面 勾 配	1:1.0	11	1:0.9	11	1:1.5	6	1:1.2	6	1:1.0	11
	オーバハング	なし	0	あり	20	なし	0	なし	0	なし	0
地質・土質	斜面の地盤	旧い地すべり土塊でマトリックスは軟弱。但し、転石は少なく、比較的安定している。	7	砂岩と頁岩の互層で、粘性に富み、割目も発達する。	7	谷の上部に崩土堆の緩斜面が存在する。基岩は層理面の発達した片状岩。	7	谷頭斜面の岩盤は割目に富み風化も進んでいる。崩壊の崩土堆も軟弱で転石が散在する。	10	顕著な堆積層はなく、基岩は層理の発達した片状岩。	5
	表 土	厚く安定している。	1	薄いが安定している。	1	厚く安定している。	1	不安定な崩土堆が対象となる。	6	薄いが安定している。	1
誘 因	背後地の集水面積	小	1	小	1	小	1	小	1	小	1
	湧 水	なし	0	なし	0	なし	0	なし	0	なし	0
	降雨・積雪	小	1	小	1	小	1	小	1	小	1
	風 力	中	2	中	2	中	2	中	2	中	2
	気温の日較差	中	0	中	0	中	0	中	0	中	0
七 他 の	凍 結 融 解	影響大	10	大	10	大	10	大	10	大	10
	樹 木	密	2	密	2	密	3	中	3	中	3
	斜面の異常	旧い地すべり土塊で段差地形や滑落崖も存在するが現在は安定している。	0	斜面脚部に崩壊があり拡大傾向にある。	15	谷斜面の途中に旧地すべりの崩土堆があるが最近の変化はなし	0	谷頭の崩壊は拡大の余地があり崩土堆にもガリ一が発達する。	15	なし	0
	斜面安定工事の異常	なし	0	昭.56年災に傾壁および防止槽に破損があったが補強・補修されている。	5	なし	0	なし	0	なし	0
	斜面に対する有害行為	なし	0	なし	0	なし	0	なし	0	なし	0
合 計 点 数			51		91		46		70		50
第1次落石発生危険度		B ₁		A ₁		O ₁		B ₁		B ₁	
第 二 次 判 定	斜面途中の状況 (到達する土量)	平均傾斜 45°で顕著な緩衝地形もなし。しかし、数少ない転石は比較的安定している。		崩壊が斜面脚部にあり。崩壊が拡大したときには大量に脚部に到達する。		谷部に砂防工事もなし。		谷頭の崩壊からの落石は直下の崩土堆にかなり残留する。谷底の転石も石積の階段工で安定している。		谷の出口付近に2基の砂防堰堤	
	斜面脚部と道路間の距離	(β45°, H 100m) 4m < W		(β50°, H 50m) 0m < W		(β35°, H 140m) 5~6m > W		(β40°, H 170m) 6m > W		(β45°, H 170m) 3m < W	
	危険度	B ₂		A ₂		B ₂		B ₂		B ₂	
第 三 次 判 定	対策工の種類と防災効果	(ブロック積擁壁) 防止槽 普通程度以上		(斜面に覆工式落石防止網、擁壁) 防止槽 普通程度以上 (?) ポケットに余裕なし		(なし) 但し、材木等の置場に利用されている空間地で吸収される。		(谷の下部に石積) 擁壁、落石止溝工 普通程度以上		(傾壁、防止槽) 普通程度以上	
	災害発生の危険度	C ₃		B ₃ ~ A ₃		C ₃		C ₃		C ₃	
対策緊急度判定	過去の落石災害頻度										
	交通量	7,052 台/日		7,052 台/日		7,052 台/日		7,052 台/日		7,052 台/日	
	対策緊急度	(1+1+2=4) O ₄		(2+2+2=6) B ₄		(1+1+2=4) C ₄		(1+1+2=4) O ₄		(1+1+2=4) C ₄	
備 考											

以上、落石発生危険度から対策緊急度の判定まで各単元斜面毎に危険度の判定を行ってきたが、落石の危険度を判定する際に最も重要且つ、難しい問題として落石発生の危険度すなわち今回の第1次判定がある。本調査ではそれらの危険度の判定に点数制による手法を用いた。

点数制による危険度判定法は基準が明確で、より客観的な判定が可能である。しかし、具体的な判定項目、点数の配点は難しい。本調査では、斜め写真の判読、現地での観察、斜面の地層構成を把握し抜け落ち型（転石型）落石の危険度を判定するための簡易貫入試験、等の種々の調査から得られる斜面の定性的な危険度の大小から具体的な評価点数を提案した。また、それらを用いた危険度判定により斜面の危険度が定量的に表現しうることを示した。しかし、今回の配点は狭い意味では本調査地にのみ有効であるとも言えるため、今後は種々の現地に適用し、それらを検証しその妥当性を高める必要がある。

5. 群馬勸能地区での調査事例

(斜め写真による落石斜面の危険度判定調査)

5.1 調査概要

(1) 調査目的

本調査は、調査対象斜面の“空中斜め写真”を分析し、斜面災害にかかわる諸要因を定量的に把握するとともに、“現地調査における崩壊要因データを合わせて解析することにより、合理的な危険度評価のための基礎資料を得ることを目的とする。さらに、既に実施された「国道19号生坂地区落石発生危険度判定調査」(本報告書第4章)の結果を踏まえ本調査結果との比較検討を行い、特にランク付け(点数配分)については、その妥当性及び一般性について検討を加える。

(2) 調査地および調査内容

調査は群馬県甘楽郡南牧村大字羽沢の勸能地区で実施した。調査対象斜面は南牧川の左岸に位置した南向きの斜面で、勸能地区はほとんどがこの斜面下であり、急傾斜地崩壊危険区域に指定されている。調査位置図を図-5.1に示す。

調査は以下の各項目について実施した。

1) 斜め写真の撮影および判読・図化

2) 現地調査

a) 現地踏査

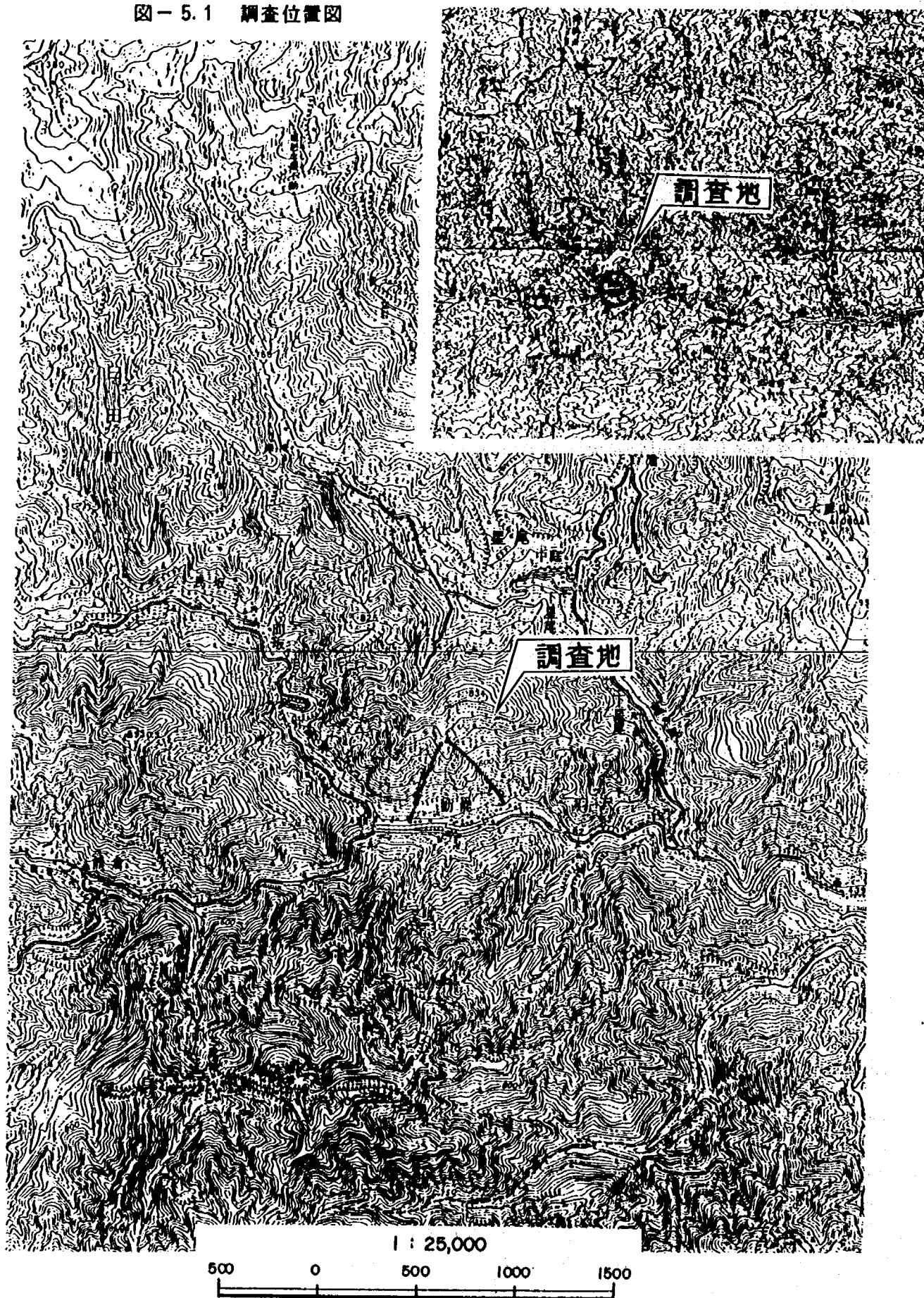
b) 弾性波探査

c) 斜面調査用簡易貫入試験

3) 危険度判定

概略の調査のフローを図-5.2に示す。

図-5.1 調査位置図



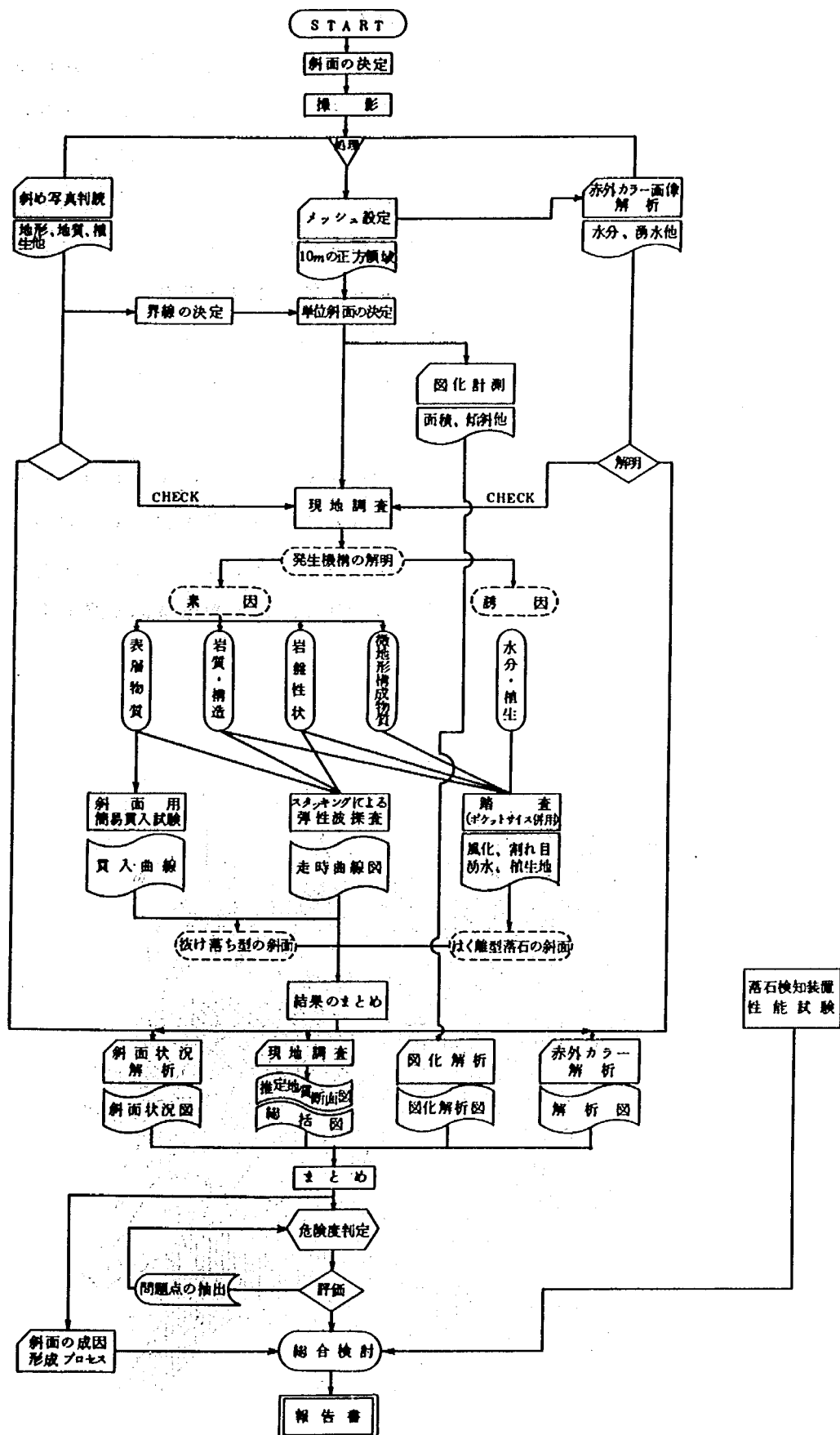


図-5.2 調査フロー

5.2 調査地の地域特性および過去の落石災害について

調査地は、妙義山の南西約16 Kmに位置し西から東へ流下する南牧川の上流左岸側にあたり、比高50 m～200 mの傾斜30°～50°の急斜面をなす。付近の地質は、図-5.3に示すところの石炭系・二畳系から三畳系に及ぶいわゆる秩父系と第三系以後の火山岩類などからなり、藤本らによって羽沢断層（南牧川流域沿いの南牧村磐戸～勸能の線）の北側とする六車層と命名されている。六車層は、輝緑凝灰岩を主体とし、黑色粘板岩・硬砂岩を挟在する万場層群の延長にあたり、ほとんど北60°西から東西に近い走向、傾斜40°～60°北東で分布する単斜構造である。対象斜面は、この輝緑凝灰岩を貫入した安山岩質流紋岩および輝緑凝灰岩を母岩とする崖錐堆からなり、現在崖錐堆は桑畑やスギの植林地となっているが、樹冠密度は斜面下部において低い。

落石の発生源は、主にこの安山岩質流紋岩の露頭に求められるが、その岩質は硬質で風化に対して比較的強いが連続性がありかつまた流れ盤となる割れ目が多く発達している。

過去の落石災害について、現地において聞き込み調査を実施したが、その結果を図-5.4に示した。この結果からは、本調査地における落石の形態は、はく離型落石が最も多く、それによる被害は甚大であるということが推察された。

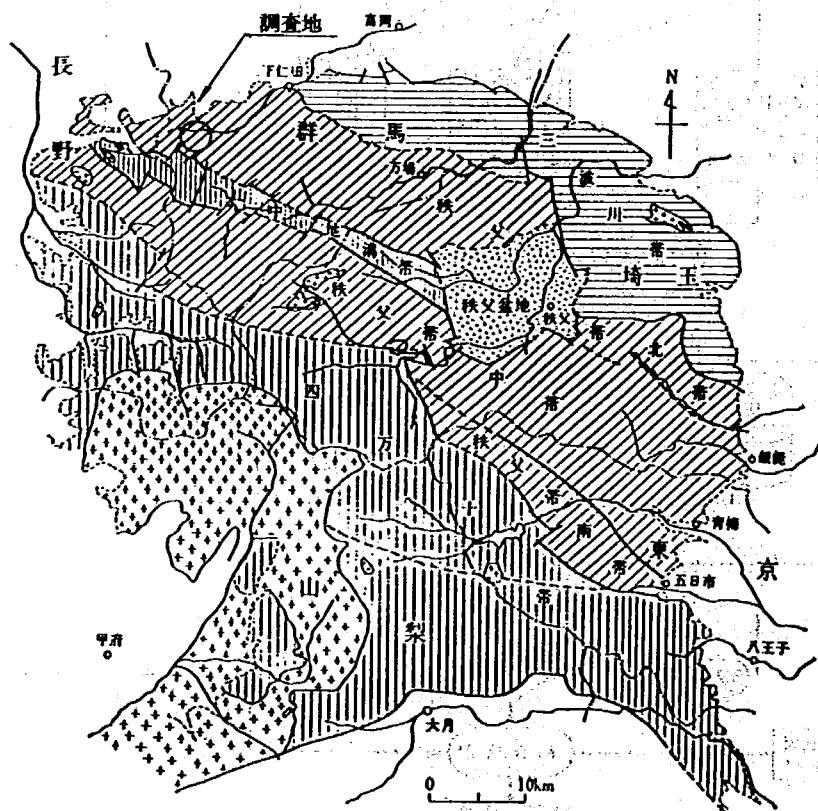
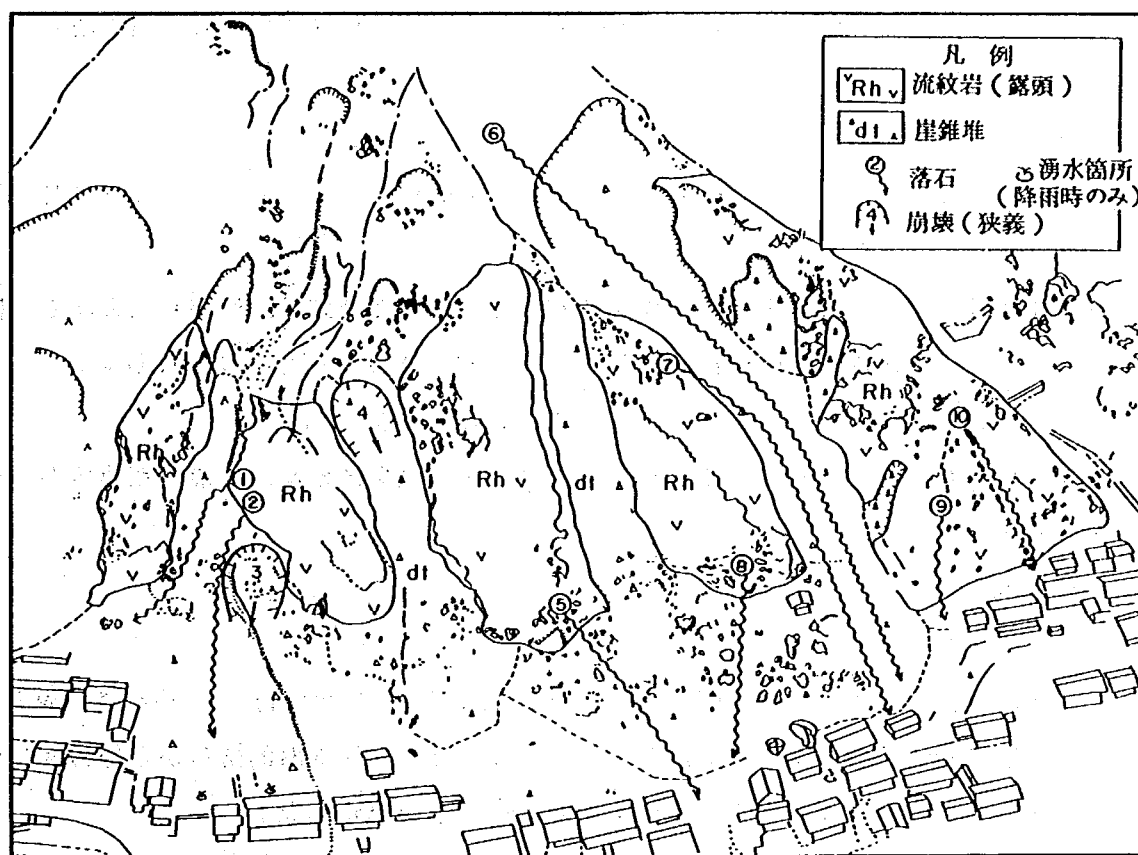


図-5.3 関東地方の地質区分



No.	発生形態	発生日	災害状況
1	はく離型落石	昭和12年頃	落石(5トン2コ)は、緩斜面まで落下
2	"	数10年前	落石(10トン)は、人家近くまで落下
3	崩壊(狭義)	大正末期	竹林が崩壊。土砂流出。
4	"	数10年前	竹林を開墾した直後に発生。土砂流出。
5	はく離型落石	大正10年頃	落石(2.5m大15トン)。家屋崩壊
6	抜け落ち型落石	数10年前	3トンの落石。現在は撤去されている。
7	はく離型落石	昭和51年8月	台風時に発生。家屋損傷、落石(1トン)は撤去
8	"	明治末頃	15トン位の落石が家屋崩壊。死傷者出る。
9	"	昭和25年頃	0.3トンの偏平形の落石。災害ナシ。
10	"	昭和55年夏頃	0.3トンの落石が3コ。家屋損傷。

図 5.4 過去の災害実態調査図

5.3 調査方法

(1) 斜め写真の撮影および判読

撮影はヘリコプターに搭載した航空カメラにより、撮影高度を変えて(縮尺1/1,000～1/3,000)、4ケース計20枚の斜め写真を撮影した。

撮影した斜め写真は、写真判読により調査対象斜面の全体像をとらえると共に、調査対象斜面の状況を正確に把握するための基礎資料とした。

判読は地形・地質・植生・既設防護工等について行い、判読結果は現地調査結果も加えて“現地調査総括図”としてまとめた。

(2) 斜め写真の図化

調査対象斜面上の $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ のメッシュを設定し、メッシュごとの落石要因を計測するための図化を行った。

斜め写真撮影前に調査対象斜面の周囲に対空標式を5点設置し、標定点測量は極座標により行ない、解析図化機(Wild社製アビオリットAC-1)を使用して図化計測を行った。結果は“メッシュ図”としてまとめ、さらに縦断図を作成した。

$10\text{ m} \times 10\text{ m}$ のメッシュの4点で作る1つの面の傾斜区分は、4点の座標値から計算により求めた。

(3) 現地調査

i) 現地踏査

斜め写真から得た一次判読図をもとに現地状況との確認を行い、落石発生機構の解明及び危険度判定に必要な情報を得た。また、ここで得られる面的情報から線的及び点的調査である弾性波探査及び貫入試験の有効な試験地点を選定した。

現地踏査にあたっては、落石の要因としてもっとも大きい地質条件に注目した。これには、斜め写真の盲点となる露頭の側面からの観察を重視し、優勢な割れ目群及び落石に直接関係する割れ目群を抽出した。割れ目については、走向・傾斜及びその連続性と共に挟在物の状態について調べた。風化程度は、ハンマーの打診状況・弾性波速度及び酸化汚染の有無に注目して調べた。

崖錐堆では、落石(転石)の大きさ及びその状態を把握し、表層物質の土質及び固結程度との関係について調べた。そしてその結果を整理統合し、危険度判定に役立たせることを試みた。しかし、岩盤分類を工学的に分類する作業は簡単なものでなく、未だ完全であると認められ、広く一般化している分類表はない。それは、岩盤の場合、その評価の基準が、成因、生成年代、産出状態、変動、変質状態等により多岐にわたるためである。すなわち、どの分類表にも長所と欠点があるが、現場技術者になじみのある、また、地質の違いより岩盤の良好度に主体をおいた、表-5.1のようなものが今回の調査には適していると考え、これを用いた。

また、落石対策便覧(日本道路協会)では、“地質状態による落石危険度分類”として表5-2のように転石型(抜け落ち型)と浮石型(はく離型)とに分けて、危険度を①～④にランクわけをしている。

したがって、今回の方法として、上記2つの異なった分類を露頭岩盤及び崖錐堆に対して実施し、危険度評価の参考とした。

表一 5.1 岩盤分類の一例(「わかりやすい岩盤の知識」P195参照)

区分	硬 軟 の 程 度	風 化 , 変 質 の 程 度	割 れ 目 の 状 態
A	きわめて硬い	新 鮮 未風化	亀裂少なくおおむね20~50 cm密着している。
B	硬い	おおむね新鮮 亀裂面に沿って若干風化	亀裂間隔5~15cm一部開口し ている。
CH	やや硬い	割れ目に沿って風化進行 一部変質	割れ目発達, 一部開口部に粘 土挟在, 割れやすい。
CM	やや軟らかい	風化変質進行大, ハンマーで たたくと簡単にこわれる。	開口亀裂が目立ち含水した粘 土が挟在。
CL	軟らかい	岩構造はのこしているが内部 まで風化し指圧でつぶれる。	粘土化した土砂で割れ目が密 着している。
D	部分的には土砂状	全体が破碎されて風化変質が 著しい。	土壌化が進んでいる。

表-5.2 地質状態による落石危険度分類

区分	危険度	地 質 状 況		点数
		転石型落石	浮石型落石	
①	非常に不安定	風化程度が激しく、黄褐～茶褐～黒褐色である。土壌化していることもあり、草木でおおわれている場合もある。岩礫と土砂部との境界線は明瞭で、水の浸透した形跡が見られる。土砂部は鉄棒が深部まで容易に貫入し、土砂流出や崩壊を起こしている。岩礫をハンマーで叩くと動揺する手応えを感じる 弾性波速度 洪積層～第三紀層： 1.0Km/sec以下 崖すい、段丘など： 0.2Km/sec以下	風化、変質は激しく一部砂状か土壌化していることもある。岩目は大きく開口(1cm以上)としており、開口した岩目に粘土が介在していることもある。岩目間隔は20～30cm以内で2方向以上の岩目が存在する。全体的には色は黒褐～赤褐～茶褐～灰褐～黄褐色になっている。ハンマーで叩くと岩目から容易に壊れる。 弾性波速度 1.8Km/sec以下(A) 1.4km/sec以下(B) 1.0Km/sec以下(C)	10
②	不安定	かなり風化しており、全体的に色が深部のそれと異なり、一般に黄褐、茶褐色である。土砂の部分は容易に鉄棒で深部まで貫入でき、土砂流出や土砂崩壊を起こしている ハンマーで叩くと動揺する手応えを感じる。岩礫と土砂部との境界線が明瞭で、密着していない感じを与える。 弾性波速度 洪積層～第三紀層： 1.4Km/sec以下 崖すい、段丘など： 1.0Km/sec以下	風化、変質はかなり激しく、岩目は明瞭な空隙が見られるが、あるいは岩目間隔が20～40cm以内で、2方向以上の岩目が存在する。岩石の色は全体的に灰褐～黄褐～茶褐～淡色である。岩目は草木の根が存在することもある。 ハンマーで叩くと岩目から容易に壊れる。しかも土壌化して岩目が不明確なこともある。 弾性波速度 1.8～3.0Km/sec(A) 1.4～2.4Km/sec(B) 1.0～1.4Km/sec(C)	6
③	やや不安定	②と④との中間程度 一般に風化を受けているが、風化深度は1～2m以内、部分的に色が変質しており、黄褐～茶褐色の部分が見られる。土砂の部分は鉄棒で突きささるが、深くは貫入しない。 弾性波速度 洪積層～第三紀層： 1.4～1.8Km/sec 崖すい、段丘など： 1.0～1.5Km/sec	②～④との中間程度 一般に風化しているが、風化深度は2～3m以内、色は新鮮なものと比較してあせている。岩目の間隔は40～50cm以上で、2方向以上の岩目を持っていることは少ない。ハンマーで叩いた場合、岩目から容易に壊れることは少ない。 弾性波速度 3.0～4.0Km/sec(A) 2.4～3.0Km/sec(B) 1.4～2.4Km/sec(C)	3
④	安定している	固定度良好で、風化をほとんど受けていない。地表部の地質の色は深部の色と大体同じ、岩礫と土砂部との間に判然たる境界面はない。土砂部は鉄棒でささりにくく、流失や崩壊は起っていない。 弾性波速度 洪積層～第三紀層： 1.8Km/sec以上 崖すい、段丘など： 1.5Km/sec以上	風化、変質をあまり受けておらず、岩目も少なく、あっても密着している。色は深部の色と大体同じで、灰褐～茶褐～黄褐であることはない。ハンマーで叩いても岩目から壊れることはほとんどない。 弾性波速度 4.0Km/sec以上(A) 3.0Km/sec以上(B) 2.0Km/sec以上(C)	0

注、A、B、Cは地質を表す(A：古生層、深成岩、変成岩、大部分の火成岩、中生層、B：古第三紀層、一部の火山岩、中生層、C：新第三紀層)。なお、調査対象ブロックの中で地層が変化している場合は評価点の高いものの点数を採用する。
(落石対策便覧：日本道路協会)

植生については、種類・高さ・密度を調べ落石に対してその影響が及ぼす功罪両面の役割について調べた。水分状況については、赤外カラー写真の解析結果との比較検討を行い湧水地点及び流水経路について調べた。

ii) 弾性波探査

主に抜け落ち型落石の発生が懸念される崖錐斜面の地層構成を知るとともに、表層物質の厚さおよび基礎の深度・性状を明らかにするためにスタッキング方式（受振点間隔 5 m）による弾性波探査を行った。測線は斜面方向 A 測線（100 m）およびそれに直交する方向に B 測線（50 m）を設定した。なお、測線については、現地調査総括図に示した。

また、解析は「萩原の方法」（はぎとり法）を基本に、図式解法を併用して行なった。

<「萩原の方法」の適用条件>

- ① 深さと共に弾性波速度も増大する。
- ② 屈折波は、速度層境界を境界面に沿って下部の速度層の速度で転播する。
- ③ 弾性波動の伝播（反射・屈折）は光の場合と同様にスネルの法則に従う。
- ④ 各速度層内では、弾性波速度はその伝播方向に関係なく全ての方向について等しい。

iii) 斜面調査用簡易貫入試験

主に抜け落ち型落石の発生が懸念される崖錐斜面における地表近くの土層性状を明らかにすると共に、特に崖錐堆のマトリックスの抵抗力及びその連続性を知るために斜面調査用簡易貫入試験を実施した。

本調査地の地質条件及び斜面調査用簡易貫入試験の適用条件を考慮すると、ここに示す結果が地盤のいかなる情報を表わしているかをあらかじめ知っておく必要がある。すなわち、対象斜面の表層は概ね 1 cm 前後の角礫を含む土砂からなっているが、地下浅部に数 10 cm～数 m の大型転石が多く埋没している。従って、コーンの径（25 mm）を考慮するとその貫入機構は通常的地盤状況で行なわれるものより非常に複雑になると考えられ、試験値の再現性及び試験値と地盤の（特にマトリックス）密度、締り具合、堅さ、相対的強度、透水性の大小等との関連性について検討を行った結果本調査地に於る貫入機構は、図-5.5 に示すモデルによって代表されると考えられる。

この図より考えると、本試験の主目的であるマトリックスの抵抗力に関連するものは、A タイプであり B 及び C タイプに於ては試験値の取扱いには注意を要する。また、試験中にそのときの貫入機構がどのタイプに存するかを判断するのは容易でないが、落下回数と貫入量の他に場合によっては重りのリバウンド量の変化にも注目した。

タイプ	A	B	C
模 式 図			
土 層 状 況	応力球根内で土層はほぼ均一。	応力球根内で土層は不均一であるが貫入可能。	コーンのサイズに比べ大型の転石あるいは、基盤に当たり貫入不能と共に重りのリバウンド量増大。
Ne 値 の 意 味 す る の	Ne値は土層中の強度、密度等の相対的な変化を連続的に示す。	Ne値は土層中の代表的な強度、密度等の相対的な変化は示さず試験値の再現性に乏しい。リバウンド量の検討必要	Ne値のみでは、基盤と大型転石との区別は困難。リバウンド量を考慮しても大型転石と基盤の区別不可能な場合が多い。
試 験 状 況	大 ————— 貫入量 ————— 小 0 0.5~1cm 3cm 小 ————— 重りのリバウンド量 ————— 大		

図一 5.5 本調査地における斜面調査用簡易貫入試験器の貫入機構

5.4 調査結果

(1) 斜面状況

斜め写真判読及び現地調査により得られた結果は、図-5.6に現地調査総括図としてまとめた。調査対象斜面は全体的にはやや凸型の斜面で、古生代の輝緑凝灰岩を主体としているが、そのほぼ中央部に新生代の安山岩質流紋岩が貫入している。斜面の傾斜は全般にきつく、山腹部で 30° 以上、下部の山麓部で 15° 以下である。又、岩盤露出部は 45° を越える部分も多い。表層土壌は大部分が礫混り土砂で、山麓部には転石が非常に多い。その大きさは $1\sim3\text{ m}$ の大きさのものも存在し、形状は偏平状のものが多く、岩種は大部分が上記安山岩質流紋岩で占められている。この貫入岩体は、一様にEW系の割れ目が数メートル間隔で発達し、 $30^\circ\text{ S}\sim50^\circ\text{ S}$ の流れ盤状にある。又、これに直交する割れ目も発達し、この割れ目で囲まれた岩塊が剝離し、下部の山麓部に落下している。従って、本調査地域に於る落石発生源はこの貫入岩体であると言って過言ではない。

(2) 図化計測

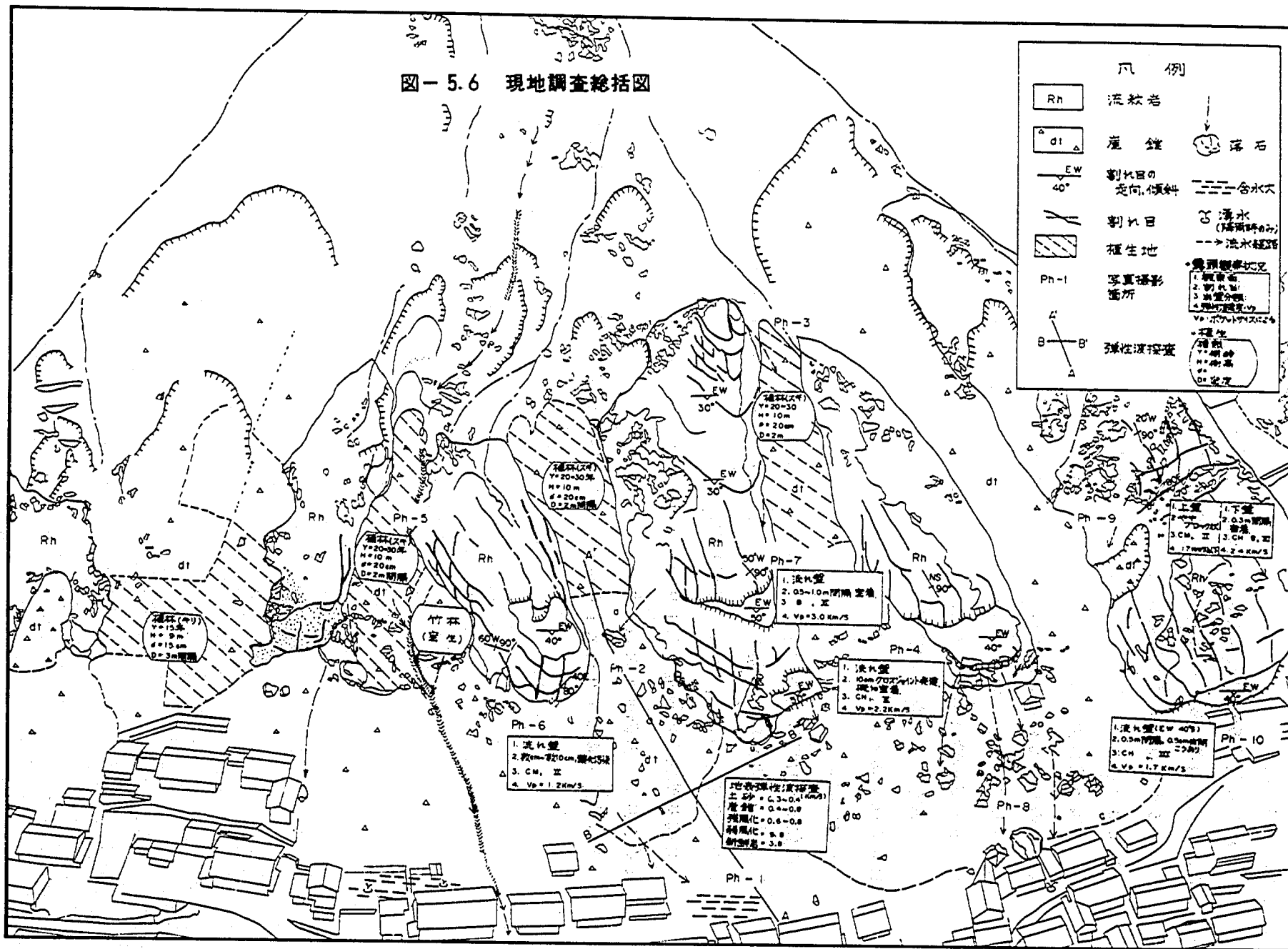
図化計測作業は基本的には図-5.7の作業フローに従って行った。

メッシュ間隔は $10\text{ m}\times10\text{ m}$ とし、メッシュの設定平面は調査対象斜面にほぼ平行な任意の斜平面を想定し、これを計測基準面とした。

計測基準面上に設定した $10\text{ m}\times10\text{ m}$ のメッシュ交点を足とする垂線と対象斜面の交点を調査測点とし測定を実施した。

その結果である $10\text{ m}\times10\text{ m}$ のメッシュ情報を図-5.8～図-5.11に載せた。

図-5.6 現地調査総括図



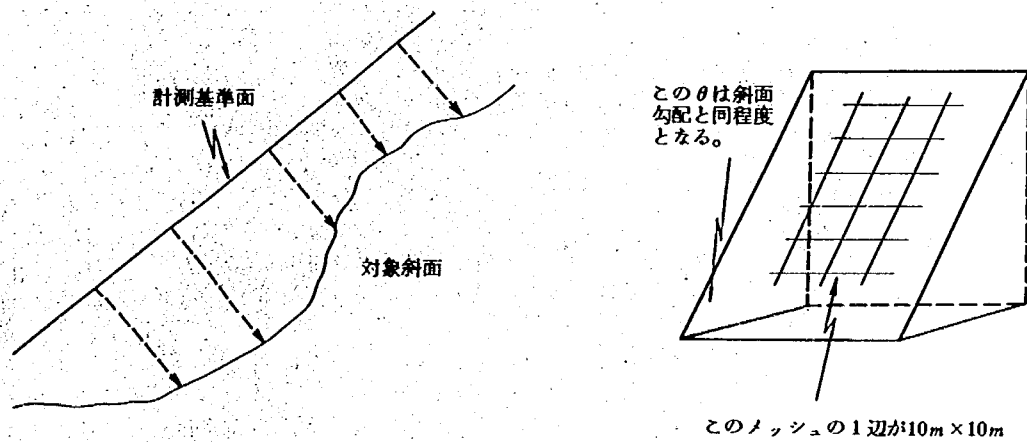
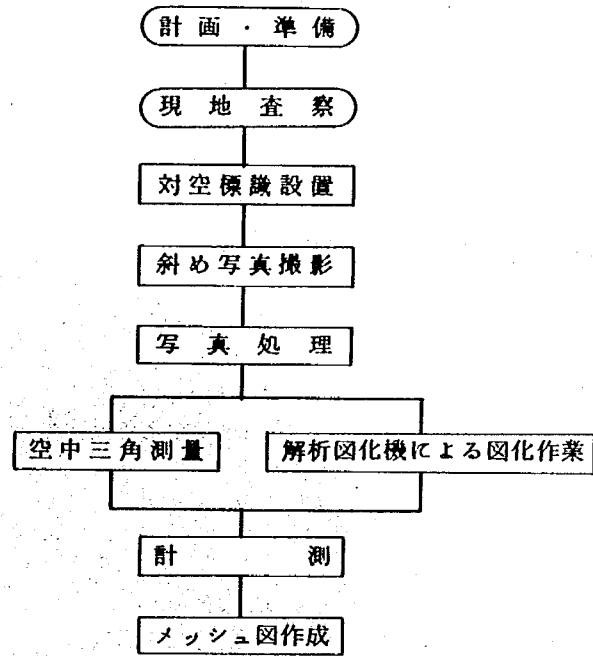


図- 5.7 図他計測フローおよび計測基準面概念図

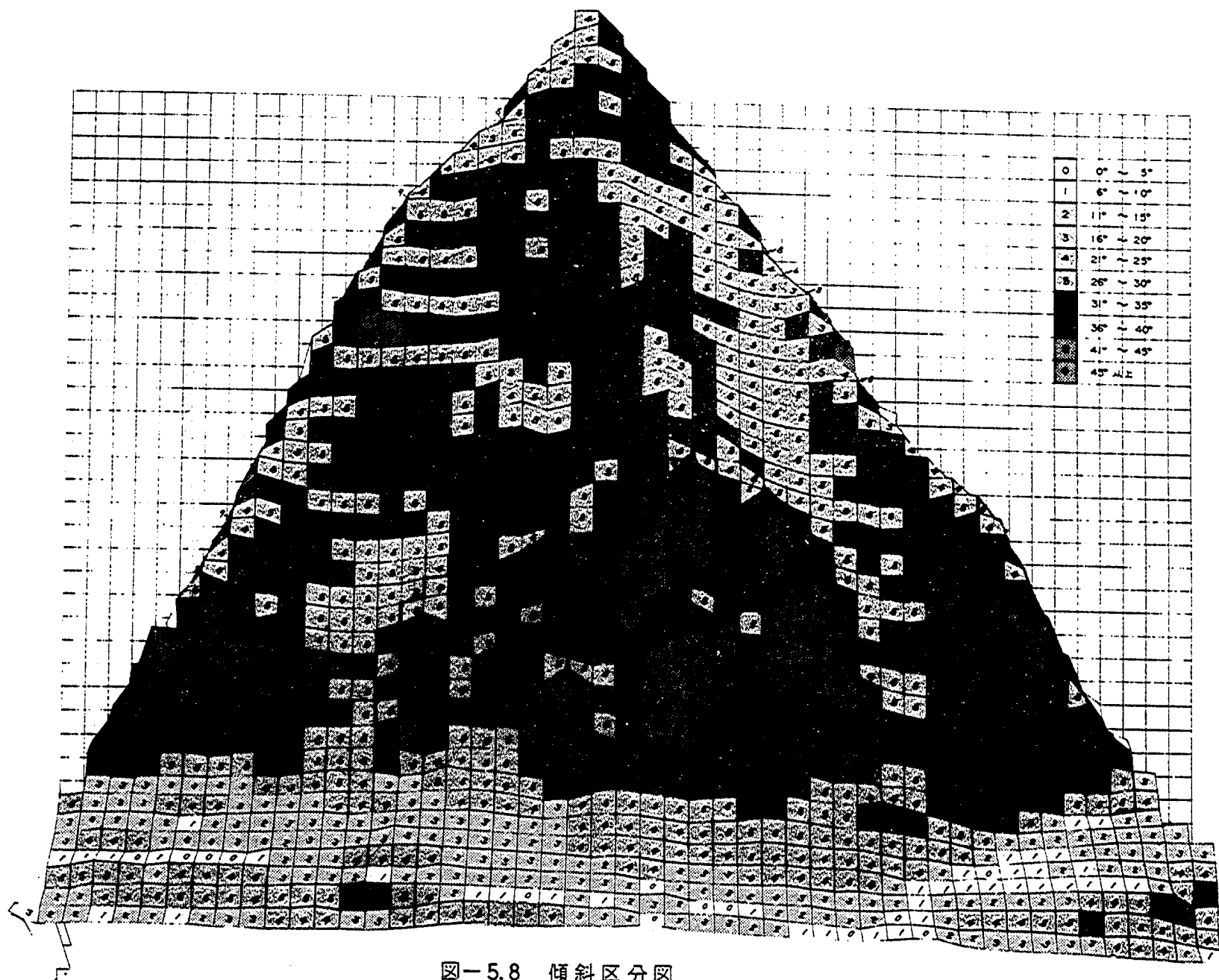


图-5.8 倾斜区分图

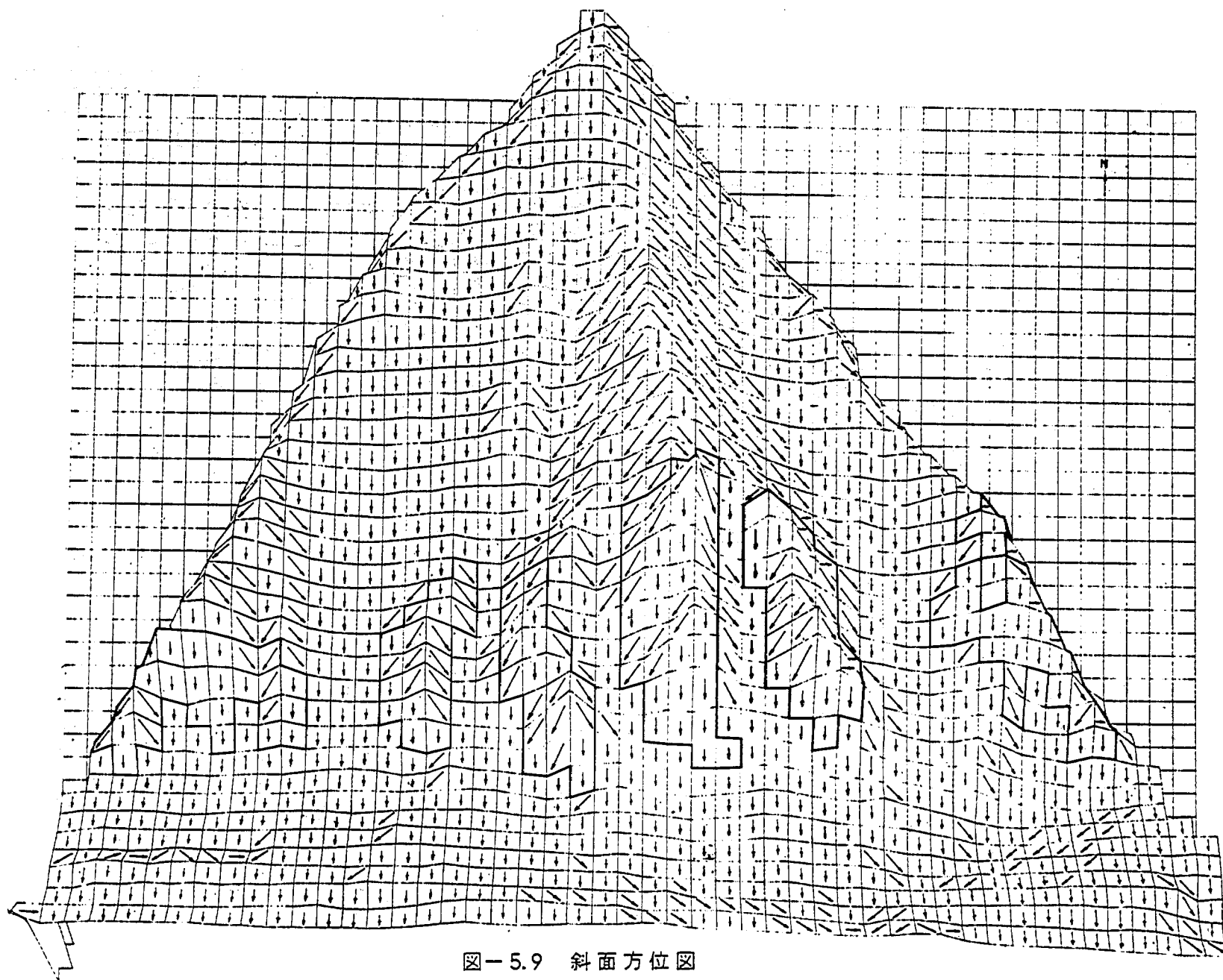


图-5.9 斜面方位图

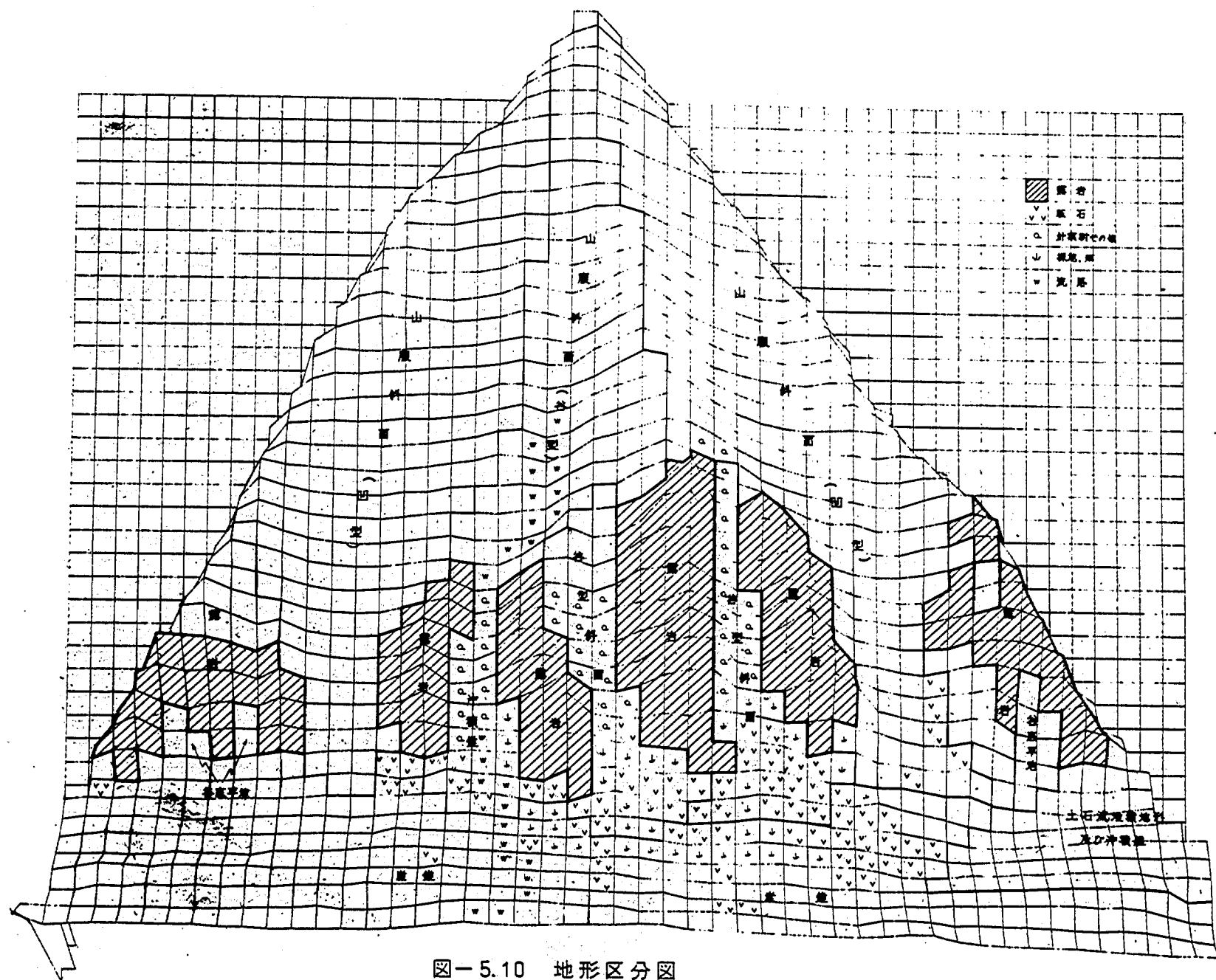


図-5.10 地形区分図

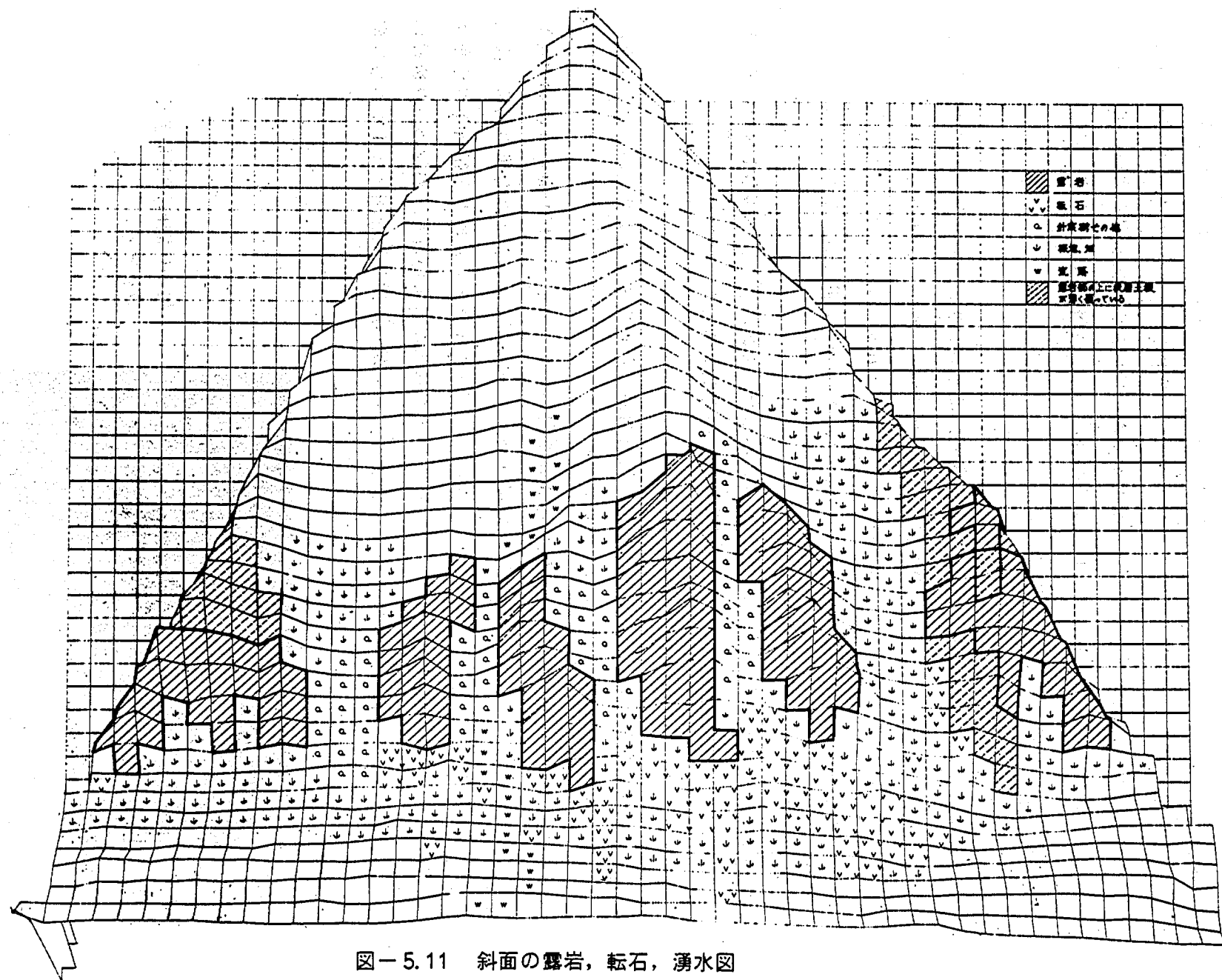


図-5.11 斜面の露岩，転石，湧水図

1) 斜面勾配について

メッシュごとの勾配は4点の座標から最小自乗法によって、その面の有する最大傾斜角を決定している為に、実際の斜面傾斜と比べ全体的に平均化された値として出ている。しかしながら、非常に急傾斜の貫入岩体部分や山麓下部の緩傾斜部については、その傾向が明確に表われており、更に沖積錐についてもその末端部の勾配の変化状況が明確に出ている。

これらのことから考えると、 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ のメッシュ情報としての勾配の変化はある程度の規模のものについては有効であろう。

2) 斜面方位について

メッシュごとの方位についても前述した通り、最小自乗法によって処理している為に、 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ のメッシュ全体の方位で代表されている。従って、 $10\text{ m} \times 10\text{ m}$ 内の微地形については表現されていない。しかしながら、これも上記斜面勾配の場合と同様にある程度の規模のものの方位ということであれば、その傾向は明らかとなる。

(3) 現地調査及び総合解析結果

現地調査の結果は総括図として図-5.6に示した。以後、抜け落ち型落石及びはく離型落石のそれぞれの斜面について、各試験と若干の考察を示した。

i) 抜け落ち型落石の斜面について

弾性波探査及び貫入試験の結果を推定地質断面図として図-5.12に示した。また、写真-5.1に弾性波探査測線の全景を示した。

対象斜面(写真-5.1)は、傾斜約 35° の凹型斜面をなし、石垣($H=0.6\sim 1.2\text{ m}$)により階段状となっており地表は、礫混り土砂で被われている。また背後の露頭(流紋岩)からはく離した $1\sim 3\text{ m}$ 大の塊状あるいは扁平な形をした落石(転石)が分布する。これらは、土砂に埋没しているものや浮き石状になっているものが認められ抜け落ち型落石となる可能性がある。落石の素因として重要な地質状況を図-5.12から推察し、表-5.3にまとめた。



斜面中腹に落石が多く
分布する。

写真-5.1 弾性波探査測線全景

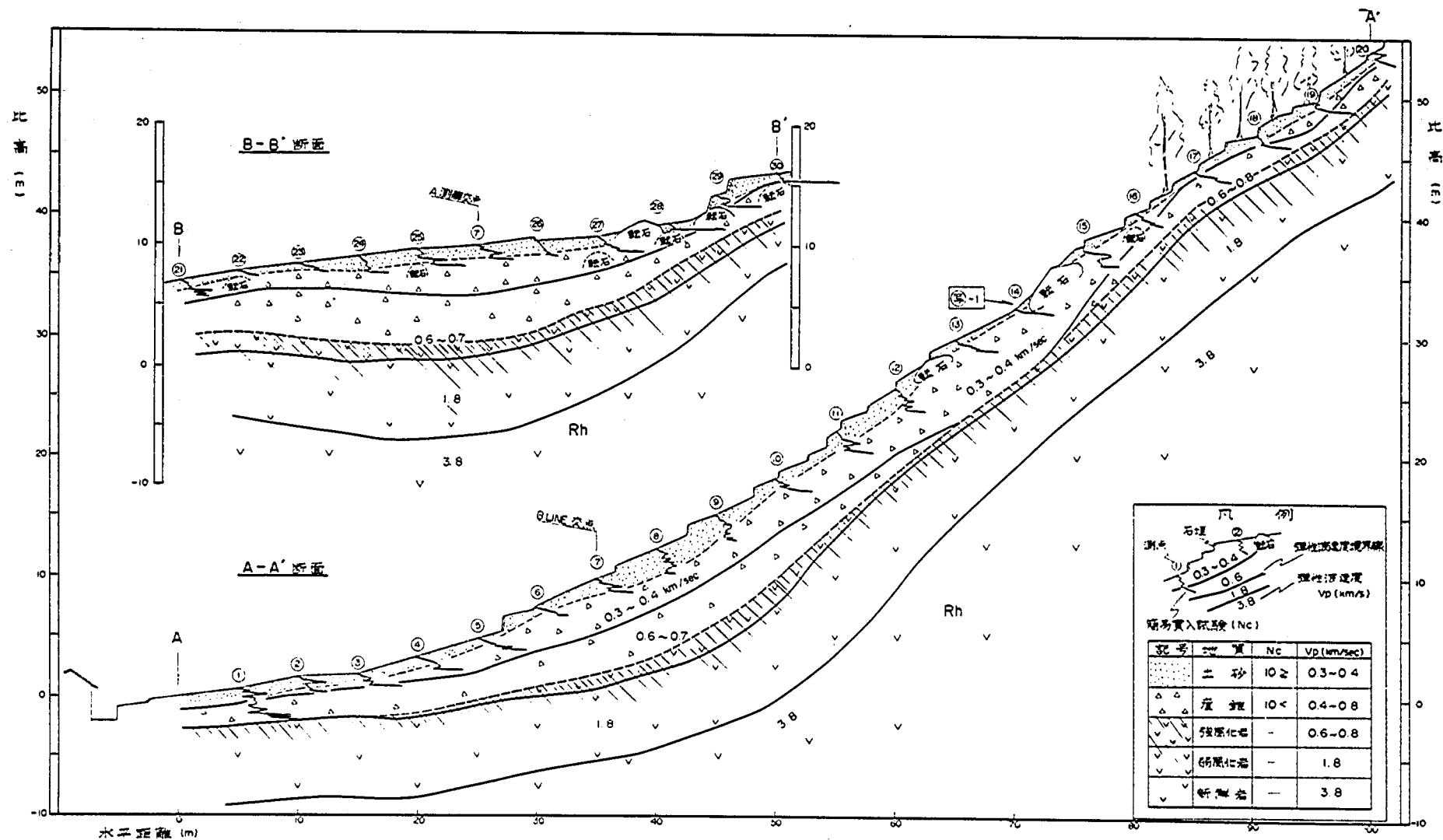


图-5.12 推定地質断面图

表－5.3 本調査地における代表的抜け落ち型斜面の地質状況
(但し、落石危険度分類は表－5.2の転石型落石による)

地 質	平均深度 (m)	層 厚 (m)	記 事	Nc	Vp (km/s)	落石危険 度 分 類
角礫混り 土 砂	0 / 1.5	0.2 / 2.5	1cm未満の角礫を多く含む黄褐色の粘性土よりなり、斜面下部は有機物が混り黒褐色を呈し含水多い。全体に含水すると軟弱である。	0~10 (代表値=5)	0.3~0.4	① (抜け落ち型)
崖 錐	1.5 / 5	1.5 / 6	数cm~数10cmの角礫を主体とする崖錐であるが、数m大の巨礫も点在する。全体に空隙多くルーズである。	10~30≦ (一部貫入不能)	0.4~0.8	
強風化部	5 / 6	0 / 1.5	風化作用強く割れ目多い。一部は、角礫状を呈すと思われる。	貫 入 不 能	0.6~0.8	—
弱風化部	6 / 11	5 / 6	岩質は、概ね新鮮であるが、割れ目が発達する。		1.8	
新 鮮 部	11 /	—	岩質は新鮮で、割れ目もあるが密着する。		3.8	

以上をまとめると本調査地における抜け落ち型落石斜面の発生機構は次の様に推定される。

落石(転石)の分布は、地表および深度5m以浅の崖錐堆にあり、マトリックスは、1cm前後の角礫混り土砂で充填されている。落石の形状は、最大長1~3mの塊状~扁平状を呈し、その形状から予想される落石の運動形態は、すべり運動が主体となる。これらの落石は、斜面中腹の傾斜約35°の斜面に多く分布し、除々にずり落ちそうな不安定なものも認められる。深度1.5m以浅の土砂(マトリックス)は、弾性波速度 $V_p=0.3\sim0.4\text{km/s}$ 、貫入試験値 $N_c\div 5$ であり軟弱である。特に、本調査地の特徴としてマトリックスの含水が多いものほど N_c 値が低くなる傾向がある。これは、土質が礫質であるため、土質の粘着力よりも、礫や土粒子間の内部摩擦角の低下を主体としたせん断抵抗力の低下が、影響したものと考えられる。したがって、深度1.5m以浅の土砂は地表水の侵食に対し抵抗力が低く、落石危険度分類(表－5.2)では①(非常に不安定)に当たる。

すなわち、本調査における崖錐堆の抜け落ち型落石の発生は、傾斜が35°に近く落石の形状から急激な運動で起る可能性は低いと思われる。また、地表水の侵食によって落石が浮き石状になっても、角礫等を詰め込むなどの対策をこころざれば、危険度はやや低くなる。但し、過去の発生例から推察すると、豪雨時に土砂と共に大型落石が流下する危険性は大きい。現地聞き込み調査によれば、A-A'断面の斜面上部の植林地(杉)が、20~30年前には竹林であり豪雨時に崩壊を起し多量の土砂が流出したということである。このことは、断面図の第一層($V_p=0.3\sim0.4\text{km/s}$)の厚さが、上部(植林地)で薄くその下部で厚いという結果からも裏づけられている。特に、測点⑫~⑭付近の厚さは5~6m程度あると予想でき、これが“ゆるみ土塊”として、崩壊の発生源となる可能性も考えられる。これには、地下水の存在も大きく関係するが今回の調査では、水位・水圧等に関する

る資料は得られていない。但し、地質状況から推察すれば、地表水は、概ね深度 5 m 位までの崖錐堆の中を比較的速く流下するものと考えられる。したがって、単独の抜け落ち型落石の発生する可能性は低い、豪雨時に、大型落石が混る“ゆるみ土塊”が除々に流下あるいは侵食し、これに伴う急激な抜け落ち型落石が発生する可能性があると思われる。

ii) はく離型落石の斜面について

本調査地のはく離型落石の典型的発生機構を暗示する露頭を写真－5.2 に示した。

露頭状況図

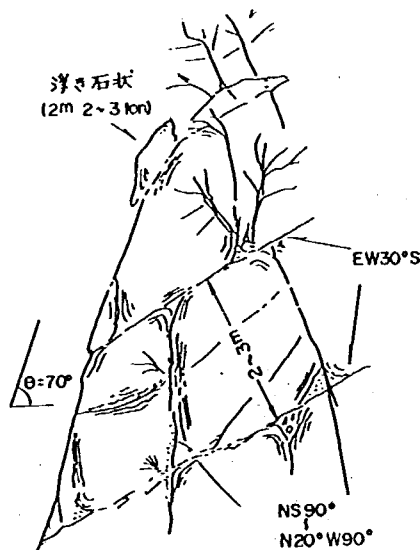


写真 5.2

流紋岩の露頭は、EW系の割れ目が 2～3 m 間隔で発達し、これらはすべて 30°S の傾きをもち流れ盤となっている。また、これに直交する NS 系 90°（直立）割れ目もほぼ同等に発達している。割れ目面には、地表水の流下による酸化汚染箇所も認められた。いくつかの割れ目が交わる所では、ナラの木等が根をおろし生育していることが多い。

EW 系及び NS 系の割れ目群は、図－5.6 に示す様にどの露頭にも見られ、さらに連続性は顕著である。

写真－5.3 は、岩塊が流れ盤に沿ってはく離したことを物語っており、しかもそれは、露岩部直下の崖錐堆に 1～3 m 大の多くの落石群が分布することからも裏づけられる。

これらの連続性をもった割れ目群は、上載荷重の何らかの除荷作用によって岩盤内部に生じた引張り応力によるシーティング節理であると考えられる。これらは、やや開こうした 1～3 m 間隔で発達する EW 系及び NS 系のクロスジョイントに代表され、また

割れ目に分離される岩塊にも微細な同系のクロスジョイントが発達するが、これらは概ね密着している。岩盤の風化状況は、ハンマーの打撃やポケットサイズによる弾性波速度から推定すると、表面部を除き岩質は硬質で概ね新鮮である。割れ目面は、地表水による酸化汚染箇所はところどころ認められるものの、粘土や角礫等の挟在物は認められない。表-5.1に示す岩盤分類では、 C_M からBで、 C_H が最も多く、露頭表面の代表的弾性波速度は、 $V_p=2.4\text{km/sec}$ である。また、表-5.2に示す落石危険度分類(はく離型)では、②(不安定)から③(やや不安定)に分類された。しかし、直接近づいて観察することができなかった露頭の上部では、1~2 m大の浮き石状の岩塊がいくつか認められ(写-5.2-3)、落石危険度分類では①(非常に不安定)となり得る。

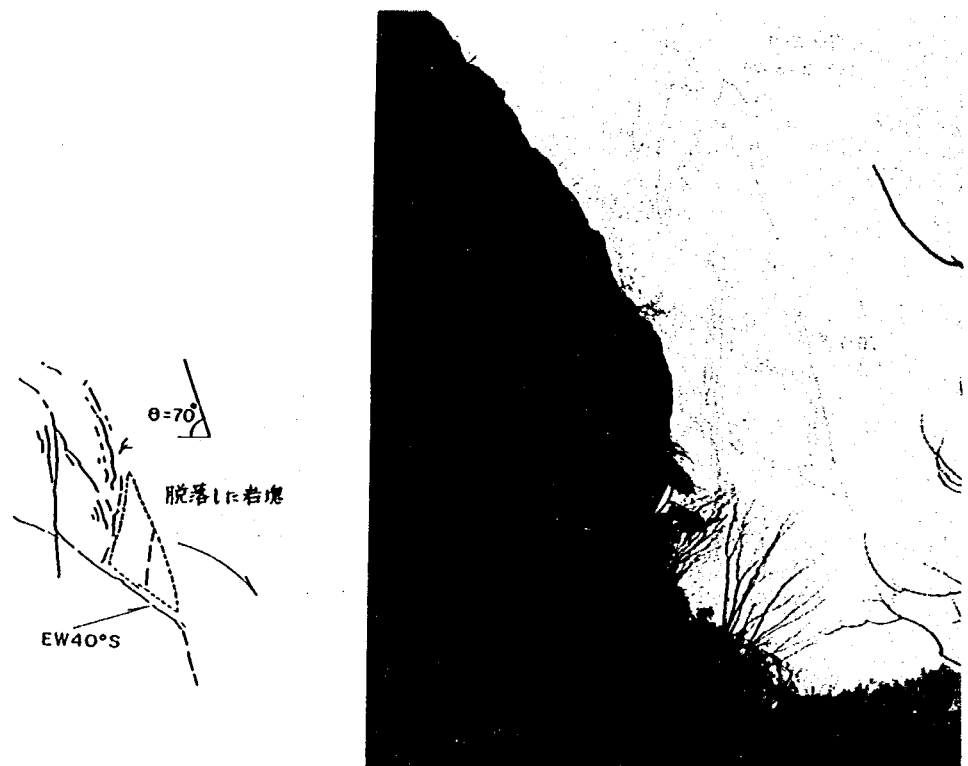


写真-5.3

以上まとめると、落石発生機構は1~3 m間隔で発達するクロスジョイントによって分離された岩質の硬い概ね新鮮な岩塊(約2~10 ton)が、地表水による風化作用や木根の侵入等による割れ目面に沿うせん断抵抗力の低下によって、EW系 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{S}$ の流れ盤に沿ってすべり落ちる(はく離型)落石の発生機構でと推定される。

5.5 落石危険度の判定

5.5.1 危険度判定結果

4章で述べた「国道19号生坂地区落石危険度判定調査」に基づき、本調査地の危険度判定を行った。長野生坂地区は、抜け落ち型落石が主体となる斜面であり、危険度判定表の各項目、分類に与えられた点数もそれらを的確に表現しうる配点となっている。一方、本地区は5.2の過去の落石災害例を見て解るようにはく離型の落石が多い。また、現地踏査でもはく離型落石の危険性が大きいことが確められた。本地域のようにはく離型落石が主となる斜面において生坂での危険度判定規準を適用し、それらの危険性を十分に表現しうるならば危険度判定手法をより妥当性のあるものとすることができる。また、本地域ははく離型落石斜面とともに、抜け落ち型の斜面も存在することから両者の相対的な危険度の相違を確認することができる。項目・分類に与えた点数は、4章表-4.2の値を用いた。表-5.4に危険度判定結果を示した。

表-5.4 「国道19号生坂地区落石危険度判定」
に基づく本調査地における落石危険度判定

区分	項 目	抜け落ち型落石斜面	点数	はく離型落石斜面	点数
地 形	斜 面 高	$30 \leq H < 50$	13	$50 \leq H$	16
	斜 面 勾 配	$1:1.5 \leq \alpha < 1:1.0$	6	$1:0.6 \leq \alpha$	16
	オーバーハング	無	10	有	20
地 質 ・ 土 質	斜 面 の 地 盤	マトリックスは侵食されやすい軟弱な堆積物	10	割れ目が発達した岩	15
	表 土	(崖錐堆)	12	(露 岩)	12
誘 因	背後の集水面積	小	0	小	0
	湧 水	降雨時に認められる	1	な し	0
	降 雨 ・ 積 雪	中	3	中	3
	風 力	弱	1	中	2
	気温の日較差	大	1	大	1
	凍 結 ・ 融 解	影 響 大	10	影 響 大	10
そ の 他	樹 木	疎	5	疎	5
	斜 面 の 異 常	転石の移動や転石下部斜面の侵食が認められる。	15	浮き石の変形、割れ目の拡大が認められる。	15
	斜面安定工の異常	現在まで、安定工が施工されていないため、ここでは仮に最高点の10点を与える。			
		な し	0	な し	0
評 価 点		77		115	

表－5.4の各項目の最高点数どうしの年は約140点となり、一方最小点数の和をとると12点となる。この点数の大小から下表のように、落石発生の危険度がランク付けされている。

落石発生危険度

A ₁ …… 90点以上	危険度	大
B ₁ …… 50点～89点	〃	中
C ₁ …… 49点以下	〃	小

表－5.4の結果より、本調査地の合計点数は、

抜け落ち型落石斜面 …… 77点

はく離型落石斜面 …… 115点

となり、はく離型落石発生の危険度は、A₁ランクに存し、抜け落ち型落石の危険度よりも大きいという結果となった。また、両者の危険度の相違も良く表現されている。

5.5.2 メッシュ区分による危険度判定

5.5.1では「国道19号生坂地区落石危険度判定」(4章)に基づいて調査対象斜面全体の危険度判定を行った。ここではそれらの結果をふまえた上で、単位斜面ごとの危険度の判定を試みた。なお、単位斜面は10m×10mのメッシュで、斜め写真を解析図化機にかけ10m×10mの交点の座標を読みとり、この交点に囲まれた部分を1メッシュとした図面を作成した。今回のメッシュの集合体と考えた単位斜面の危険度判定に於ける点数配分等については高速道路調査会の落石危険度判定方法(案)²⁾を基礎とした。

メッシュ区分による危険度判定は表－5.5に示すようにメッシュ内の評価としてA：調査対象ブロック内の石の状態評価点、B：調査対象ブロックの斜面としての評価点、を考慮し、

表－5.5 落石の危険度判定

$$P=(A+B+C) \cdot \alpha + D + E$$

ここに、P：総合危険評価値

A：調査対象ブロック内(10m×10m)の石の状態評価点

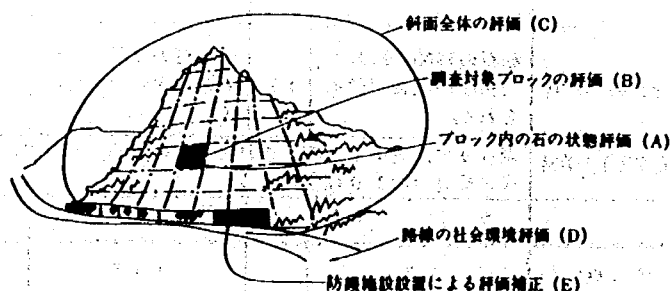
B：調査対象ブロックの斜面としての評価点

C：斜面全体の評価点

D：路線の持つ社会環境による評価点

E：防護施設の設置などによって評価の補正を行うもの

α ：安定係数



メッシュを含んだ斜面全体の評価として、C：斜面全体の評価を考慮してある。また、今回の危険度判定には直接用いなかったが、D：路線のもつ社会環境による評価点、E：防護施設の設置などによって評価の補正を行なうもの、等が含まれている。

以下でA～Cについて危険度評価の考え方、配点等を述べる。

(1) 評価項目および評価内容

(A) 調査対象ブロック内(10m×10m)の石の状態評価点

A-1) 石の安定状態

斜面上の個々の石の安定状態は現地調査結果から表-5.6の③あるいは④であったが、巨礫になると③が目立った。

表-5.6 石の安定状態

区分	石の安定状態	安定係数 α	点数
①	石が地山からほぼ完全に浮きあがったり(地上露出部分100～90%),木の根にのっているもの、又は岩目が発達した極めて不安定な状態の石	1.00	20
②	石の下部の埋没が浅い(地上露出部分90～70%)もの、又は岩目がはっきりした不安定な状態の石	0.75	15
③	石の下部の埋没が比較的浅い(地上露出部分70～50%)もの、又は岩目があってやや不安定な状態の石	0.50	10
④	石の下部がほぼ埋没している(地上露出部分50～30%)もの、又は岩目はあるが明確でない、ほぼ安定した状態の石	0.25	5
⑤	石が地山に埋没している(地上露出部分30%以下)もの、又は岩目が未発達で安定した状態の石	0	0

したがって、メッシュごとの危険度の判定では、メッシュの中の転石の有・無によって判定を行った。すなわち、

メッシュ内に転石	有	10
メッシュ内に転石	無	0

A-2) 落石エネルギー

落石エネルギーは $E_r = (1 - \mu / \tan \theta)(1 + \xi)W \cdot H$ で表わす。

ここで、 E_r ：落石のエネルギー

θ ：斜面の勾配

W ：落石の重量(t)

μ ：落石の等価摩擦係数

ξ ：回転のエネルギー／線速度エネルギー

H ：落石の落差(m)

以上のように示されているが不明確な要素が多いため今回のメッシュごとの危険度判定では判定項目に加えなかった。

A-3) 石の形状

表-5.7により、危険度評価を行ったが、本調査地域の石の形状はほとんどが③に分類されるために、評価点数はすべてのメッシュで0となった。

表-5.7 石の形状

区分	石の形状	点数
①	石の形が球形又は円筒形に近いもの	4
②	①と③の中間形状のもの	2
③	石の形が扁平で安定した形状のもの	0

(B) 斜面の状態

B-1) 転石型落石危険度の判定は表-5.8に従って行ったが、浮石型(はく離型)落石については現地調査結果及び表-5.2(P)を基に下記の通りとした。

- ・露岩部が存在し、写真判読でもキレツが顕著 15点
- ・露岩部が存在し、写真判読ではキレツがない 13点

B-2) 斜面の勾配(斜面内の細分化した調査対象ブロック)

表-5.8に従って各メッシュごとに危険度判定を行った。

表-5.8 斜面傾斜角による分類

区分	転石型落石	浮石型落石	点数
①	斜面の傾斜角が45°以上の場合	斜面の傾斜角が60°以上の場合	6
②	" 40°~45°の場合	" 45°~60°の場合	4
③	" 30°~40°の場合	" 35°~45°の場合	2
④	" 30°以下の場合	" 35°以下の場合	0

B-3) 調査ブロックの位置

今回調査地においては表-5.9のうち②を除外し、①と③で危険度判定を行った。

表-5.9 調査対象ブロックの位置

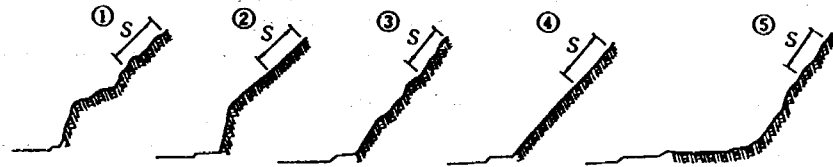
区分	調査対象ブロックの位置	点数
①	斜面上の調査ブロックが沢等の水みちに位置する箇所、又は湧水の影響を受ける箇所	4
②	" 均一な勾配の箇所	2
③	" 尾根のような状態で水の影響を受ける箇所	0

B-4) 調査対象ブロック下の斜面形状

今回調査地域対象ブロック下の斜面形状はいずれも表-5.10の⑤に分類される為に、評価点は0点とした。

表-5.10 調査対象ブロック下の斜面形状

区分	調査対象ブロック下の斜面形状	点数
①	調査対象ブロックの下の斜面の勾配が急になり、斜面に凹凸がある場合	4
②	” の勾配が急になり、斜面が比較的均一な場合	3
③	” の勾配がほぼ均一で斜面に凹凸がある場合	2
④	” の勾配がほぼ均一で、斜面が比較的均一な場合	1
⑤	” が緩勾配となったり、平場等があり、落石の速度が感じるような場合	0



B-5) 樹木の繁茂状況

表-5.11の通りとした。又畑地、桑畑等は裸地と同等に扱った。

表-5.11 樹木の繁茂状況

区分	樹木の繁茂状況	点数
①	斜面の状態が裸地の場合	4
②	斜面に樹木がまばらに生えている場合	2
③	斜面に樹木が繁茂している場合	0

B-6) 調査対象ブロック内の石の数

今回調査対象地域に於ては1つ1つの転石が大きいこと、及びA-1に於て転石の有・無によるメッシュごとの危険度判定を行っている為に今回は評価しなかった。

B-7) 調査対象ブロックに人間が立ち入る可能性

今回調査対象斜面は植林地及び桑畑・耕作地である為、今回は評価しなかった。

(C) 斜面の立地条件

C-1) 落石の履歴

表－5.12を基礎として、今回調査対象斜面の現状に合わせて下記の通りとした。
すなわち過去5年間はさ程落石が起こっていない為に、落石の履歴の有・無により分類し（表－5.12の④に当る）、更に過去の落石ルート及びその影響範囲内も検討対象とした。

過去の落石ルート及びその周辺のメッシュ	5点
浮石型落石の影響が及ぼすと推定されるメッシュ	5点
その他	0点

表－5.12 落石の履歴

区分	落 石 の 履 歴	点数
①	過去5年間に5件以上、又は供用開始後5年を経過していない道路については2件以上石が落ちた記録を持つ斜面	20
②	過去5年間に3～4件、又は供用開始5年を経過していない道路については、石が落ちた（1件でも）記録を持つ斜面	15
③	過去5年間に1～2件落石があった斜面	10
④	過去5年以前に落石があった記録を持つ斜面	5
⑤	その他の斜面	0

更に、今回メッシュによる危険度評価は特に落石危険度に関与すると考えられる以外の各事象について以下の点数（落石対策便覧参考）を与えて危険度評価を行った。

湧水・流路の存在		4点
上部の露岩の存在		5点
〃 転石 〃		5点
植生の繁茂状況		便覧による区分4, 2, 0点
過去に落石あり		5点
露岩部のクラックの有無		7, 5, 0点

(2) メッシュ区分による危険度判定結果

a) 各メッシュ毎の危険度判定結果

図－5.13にメッシュ毎の危険度評価図を示した。これを見ると、危険と判定されたAが露岩に多く存在することが解る。

b) 地形面区分による危険度評価

メッシュ図を7つの地形面単位で斜面区分を行った。山腹斜面は大きく3つの谷型斜

斜面に区分されその前面に露岩部となっている尾根がはりだしている。この露岩部の間には小規模な谷型斜面工がみられ下部の崖錐とは明瞭な遷緩線で接している。山麓部の堆積地形（Ⅰ～Ⅶ）はほとんどが崖錐であるが中央部には小規模な沖積錐（Ⅱ）、右端には土石流堆積地形（Ⅵ）が認められる。これらの地形面Ⅰ～Ⅶに対して上記の例にしたがって危険度評価を行なった結果を図－5.14に示した。地形面区分による危険度評価は次のようになる。

$$\text{II} > \text{IV} > \text{III} > \text{V} = \text{VI} = \text{VII} > \text{I}$$

これによるとV、VI、VIIといった地形面は同一評価となってしまう地形面区分による危険度の差がでてこない。又いくつかの露岩群に対して横に連続する地形面では各露岩の危険度が加算されてしまい実際以上の危険度ランクとなってしまう。

c) 保全対象を中心とした落石危険度評価

一方、山麓部の堆積地形を対象として、各露岩部の影響下にある斜面を区分し前述した例にしたがって危険度評価を試みた。この場合山麓面に対する危険度を左右するのは露岩部の有無であり、さらに露岩部のクラック、浮石の状態、転石の分布などの要素が加わってくると考えられる。又、過去に落石経歴をもつ斜面も危険度判定上の重要な要素である。判定結果を図－5.15に示す。これによると危険度評価は次のようになる。

$$\text{III} > \text{V} > \text{VI} > \text{IV} > \text{II} > \text{I}$$

地形面区分による危険度評価と落石危険度別斜面区分による危険度評価を比較すると、最も危険度の高い場所については両者とも類似の位置となっているが、落石の及ぶ範囲や露岩部と対応する山麓部が地形面区分とは若干一致しないため地形面区分による評価手法については更に工夫の必要があると考える。一方、保全対象を中心とした斜面区分による方法では露岩部と対応する山麓面で区分しているため、個々の露岩部の危険度や転石の状態などとかなり対応した危険度区分となっている。又、メッシュ別危険度評価図と比較した場合にも両者の評価はかなり対応している。これらのことから今回調査結果では落石危険度斜面区分による危険度評価は地形面による評価に比べてより有効であると考えられる。

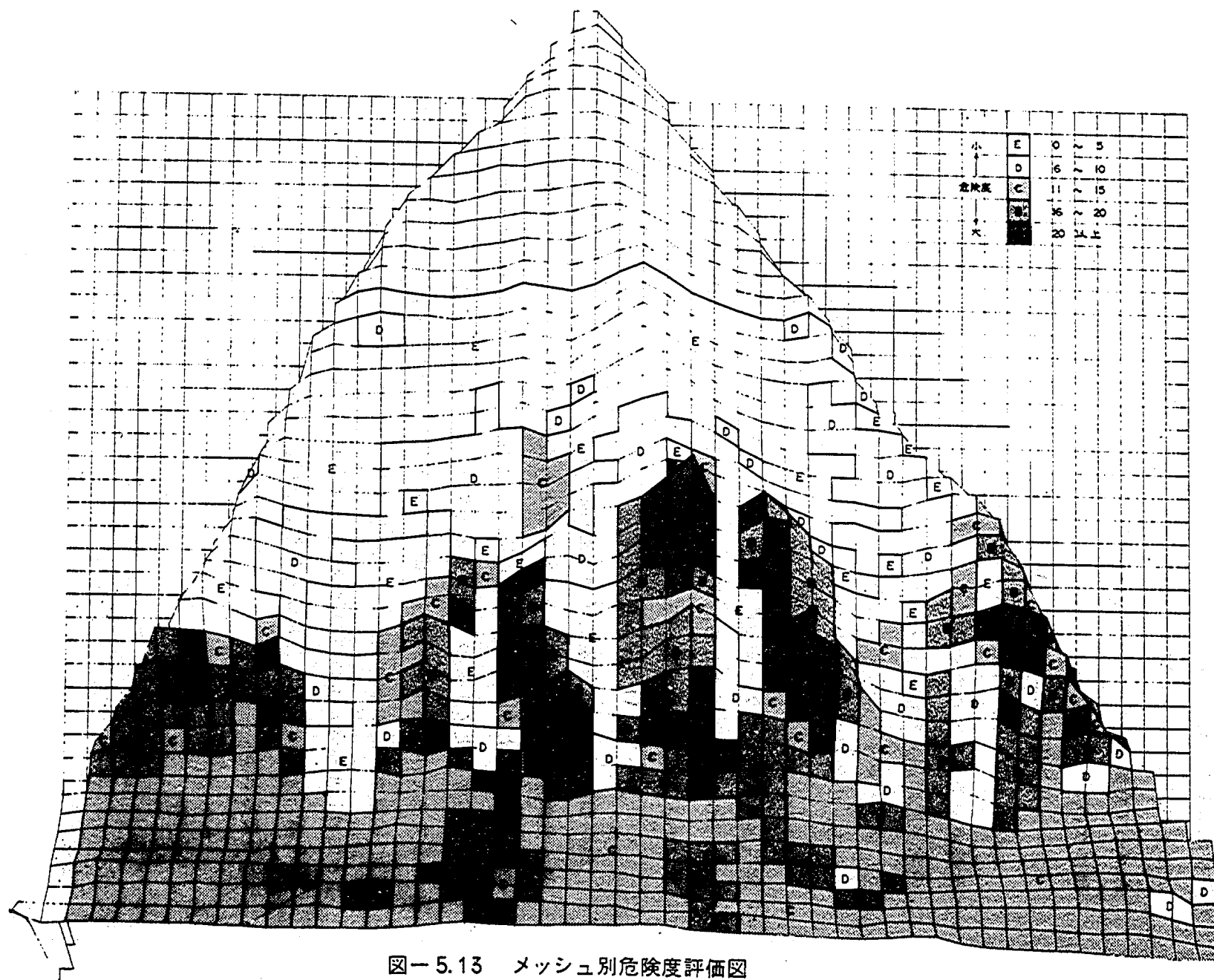
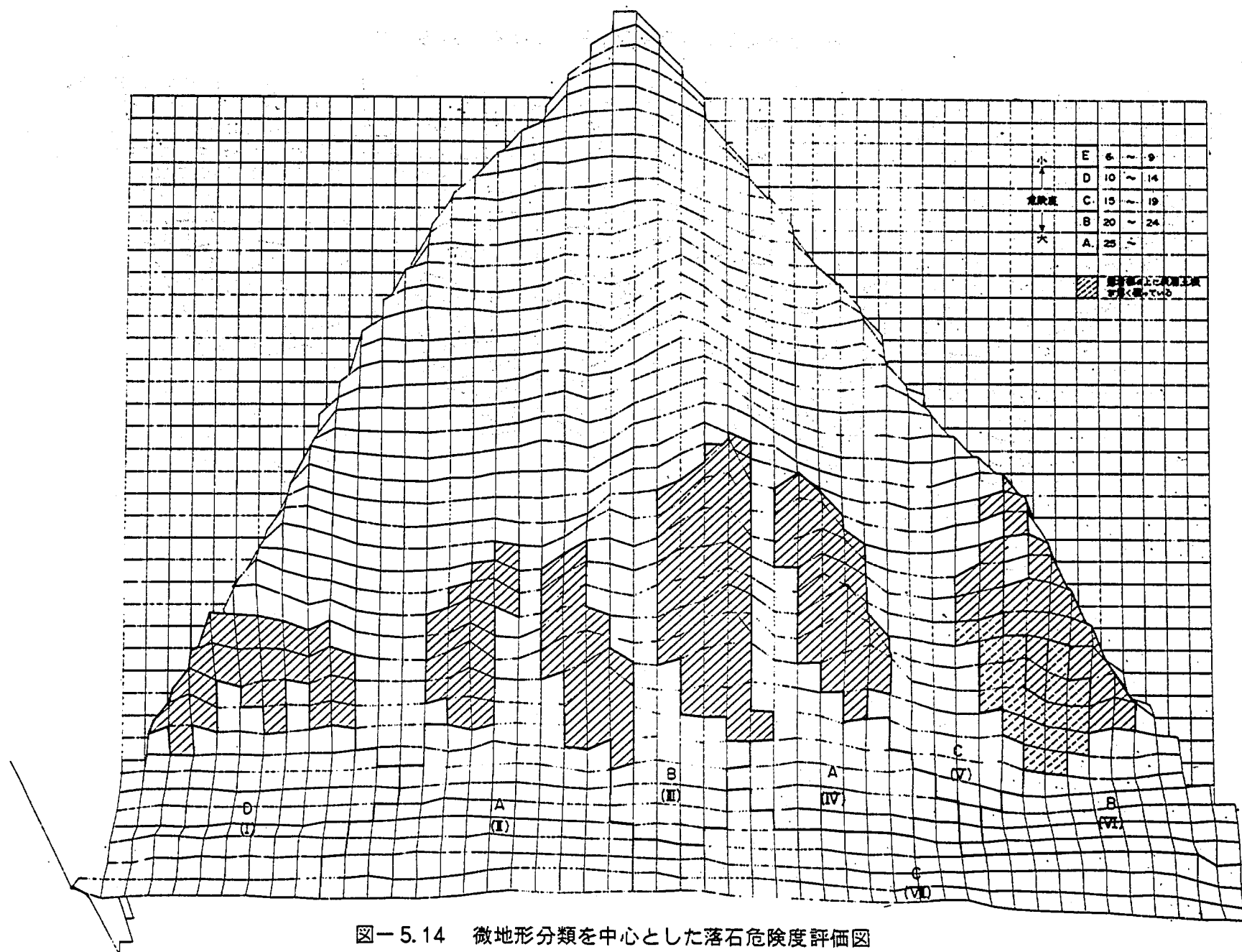


図-5.13 メッシュ別危険度評価図



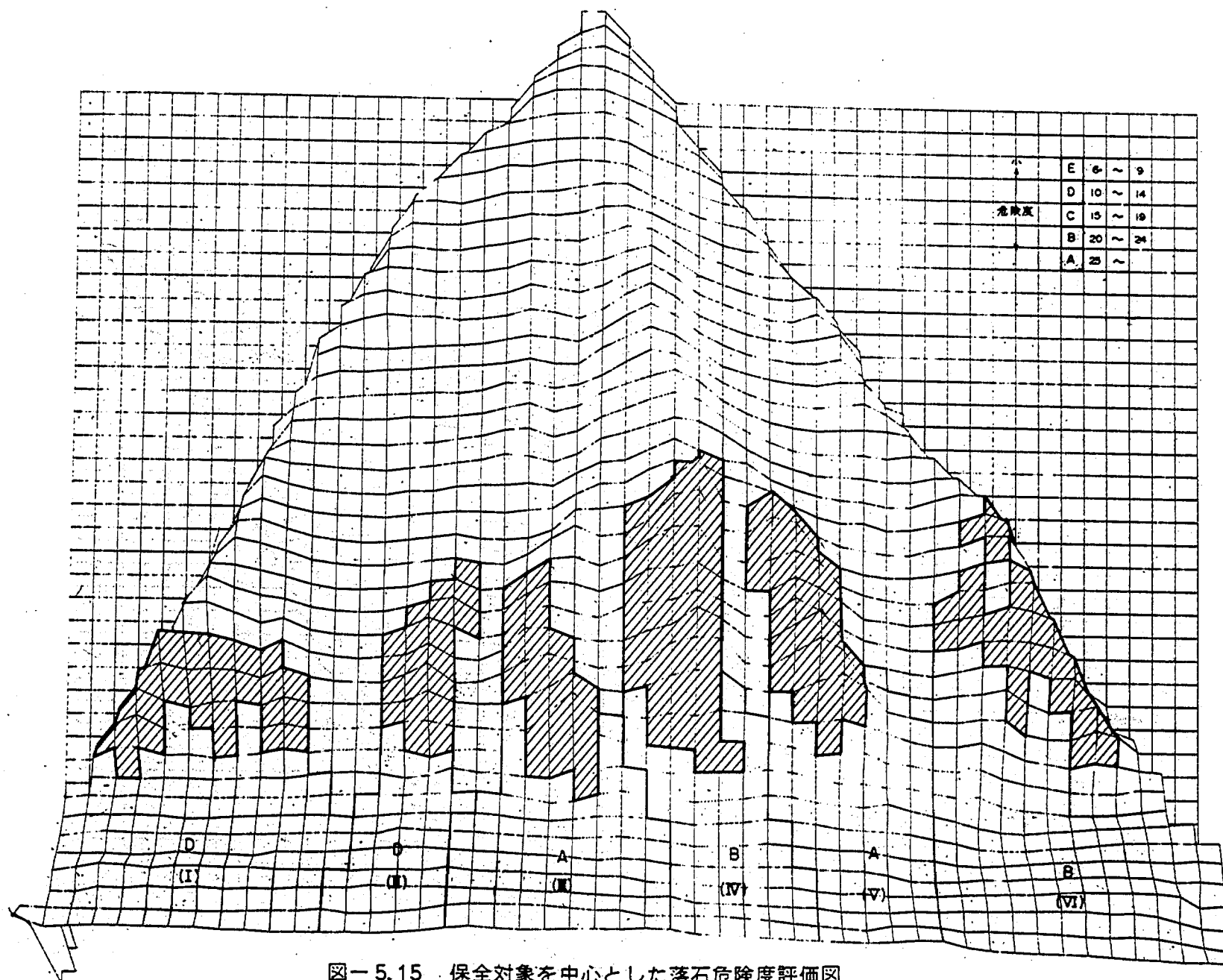


図-5.15 保全対象を中心とした落石危険度評価図

6 富士山久須志岳での調査事例

(富士山久須志岳周辺地区落石危険度分析調査)

6.1 調査概要

昭和55年8月14日に富士山吉田大沢で発生した大規模落石の発生源を対象に現地調査、斜め写真の撮影及び判読、等により落石発生ならびに被災に関する危険度の調査を行った。

本調査の範囲は図-6.1に示すように落石の発生源である久須志岳と落石経路にあたる吉田大沢ならびに今後落石の発生が懸念される白山岳、亀岩の各露岩帯である。

本調査の主たる内容は以下のとおりである。

(1) 斜め写真の撮影および判読

落石発生源と落石経路についてヘリコプターによる斜め写真を撮影するとともに崖面周辺の地形・地質的特徴を中心に写真判読を実施した。なお、撮影・判読は落石の発生した久須志岳および落石の発生の危険性が高いと思われる白山岳、亀岩を対象とした。また、久須志岳については落石の発生に直接結びつく崖面上の不安定ブロックの性状についても判読を行った。

(2) 落石の危険度判定

(1)の成果をもとに調査地の地形により区分された単位斜面毎に、落石発生の危険度と被災の危険度とを点数制により判定するとともに想定される下山ルート(既存のルートも含む)毎に最終的な危険度判定まで導いた。

6.2 斜め写真による調査

(1) 調査地の斜面区分

判読解析にさいし、崖面や落石堆の状況から斜面をいくつかの单元斜面に区分した(図-6.2～6.3)。区分された单元斜面数は、久須志岳で6、白山岳2、亀岩で3である。斜面番号はアラビア数字で示した。

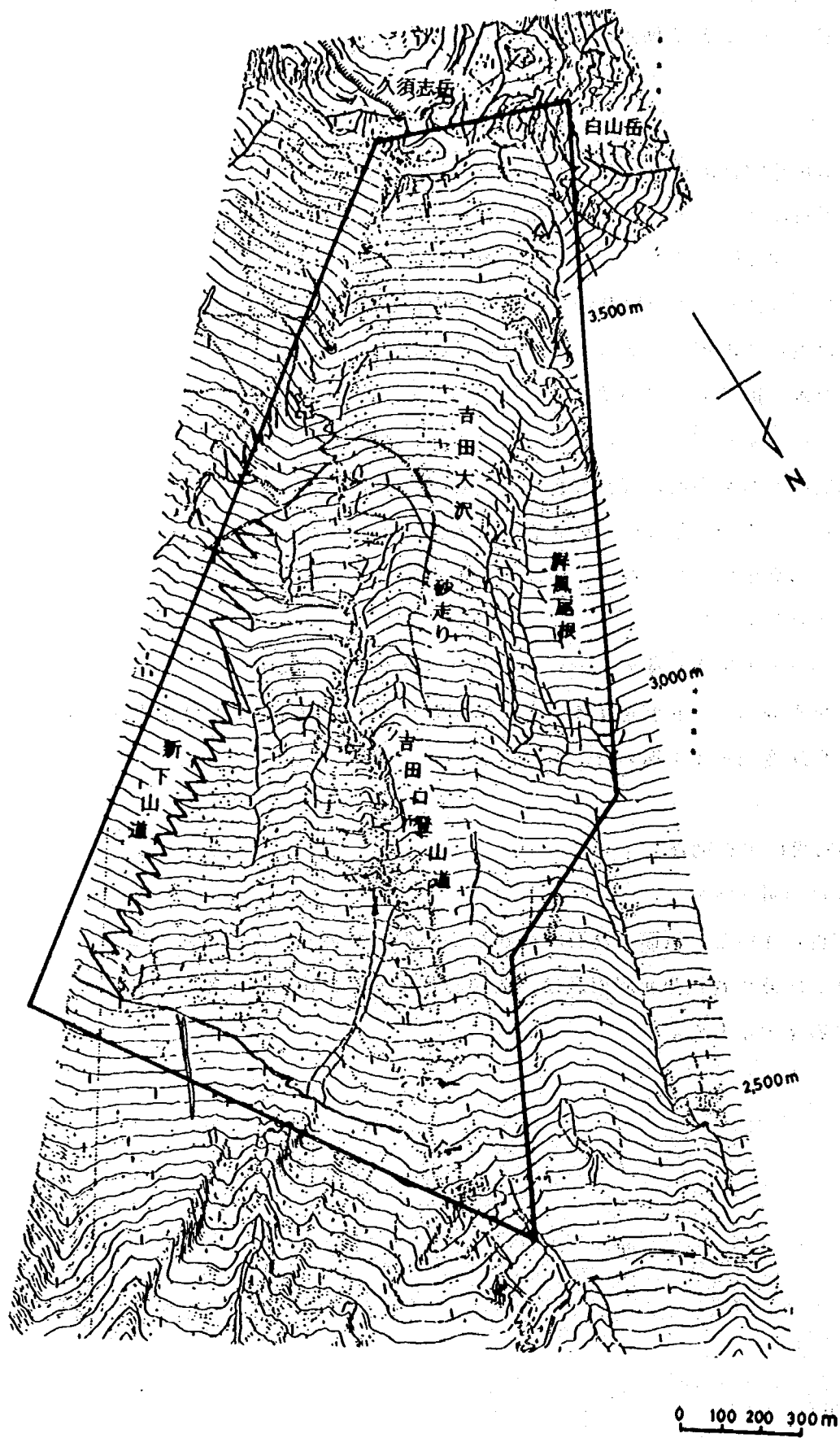


图-6.1 調査位置図

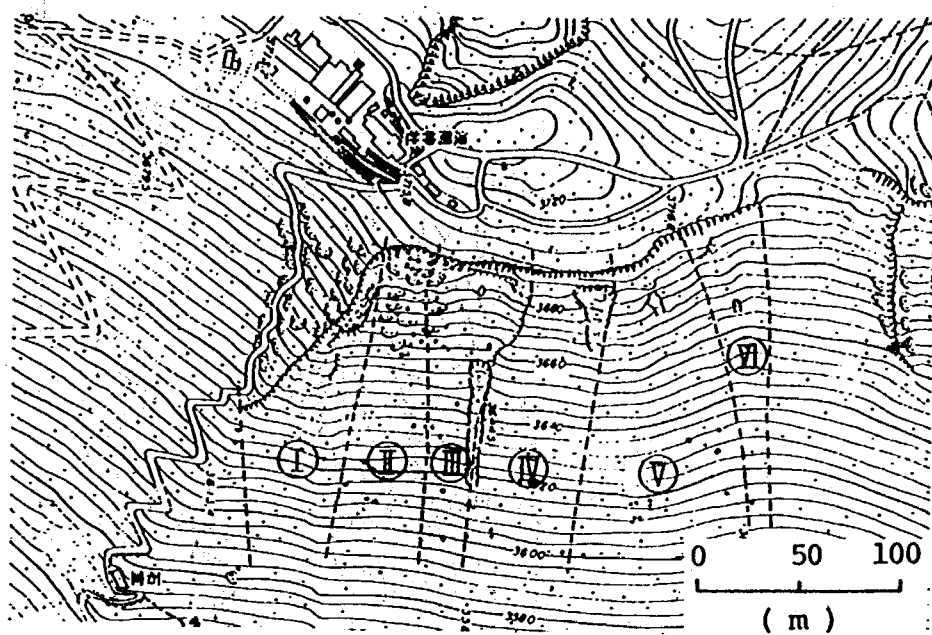


图-6.2 单元斜面区分 (久須志岳, Ku)

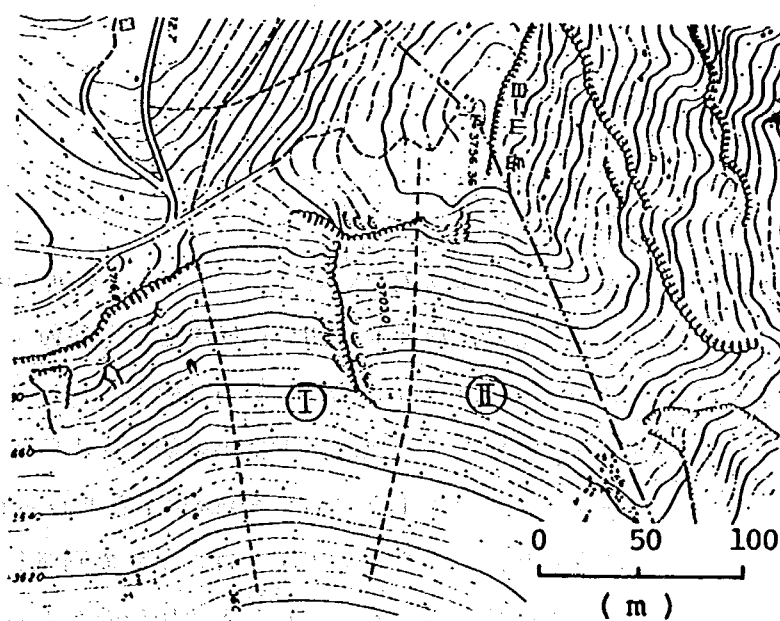


图-6.3 单元斜面区分 (白山岳, Ha)

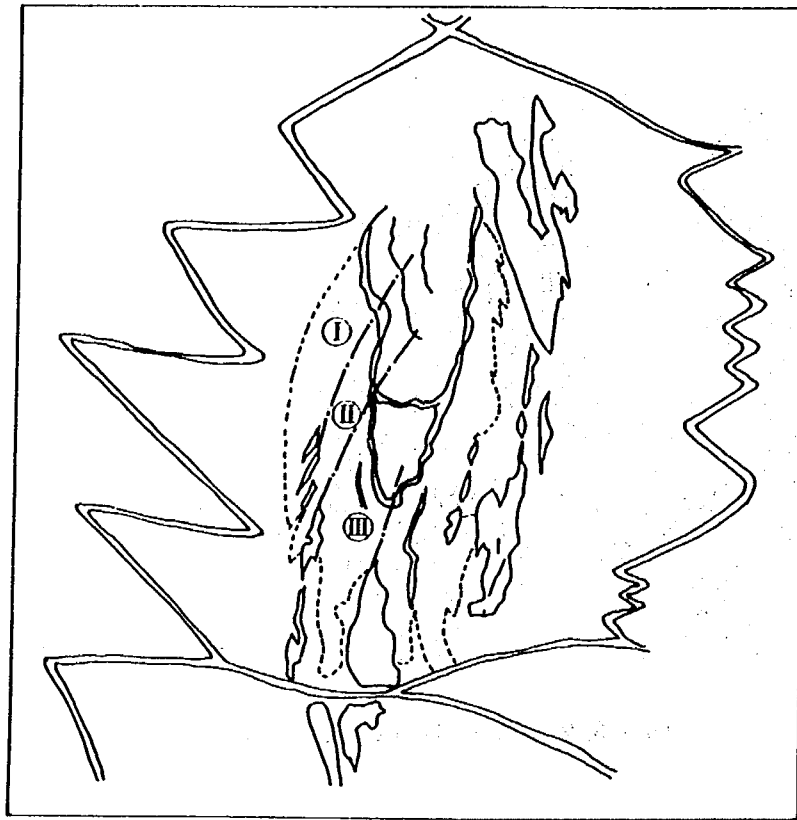


図 - 6.4

(2) 単位斜面別の地形・地質的特徴

a) 久須志岳

1) Ku - I

注1)

本斜面は、久須志岳連続壁面の最も右側(東側)にあたり、勾配 30° 以上の急斜面上に見られる。落石発生源の熔岩壁は、原地形の勾配を反映して急斜面にへばりつくような形で存在するため、層厚は $20\sim 50\text{ cm}$ と非常に薄い。割目は斜面方向に長くのびるものと、それに斜交するものがある。剝離した岩塊は、下位の熔岩や火山砂礫の上にきわめて不安定な形で分布する。岩塊は直径 1 m 以上も含めて60個以上みとめられる。落石堆は斜面方向に沿って細長く大量にみられ、斜面遠方(大渡し付近)まで到達している。

注2)

青灰色熔岩の下位には、茶褐色の熔岩($\text{Iv}-1$)と火山砂礫がみられるが、境界は写真上に陰影部のために明瞭でない。この崖面では湧水現象が全くみられないのが特徴である。

注1) 斜面の上流から見た場合(以下同様)

注2) 久須志岳では、13枚の熔岩流に区分したが、オーバーハング部分や陰影部では不明瞭のところもある。各熔岩流には、崖面下位より順次番号を付した(例: $\text{Iv}-1$)。

< Ku - I >

(i) 岩盤中の浮石の落下

- 落石堆内でのすべり
- 回転 → 他の岩塊と衝突
- 飛跳

(ii) 岩盤中の浮石の落下 →

落石堆内でのすべり → 停止

(iii) 落石堆内の岩塊 →

再移動

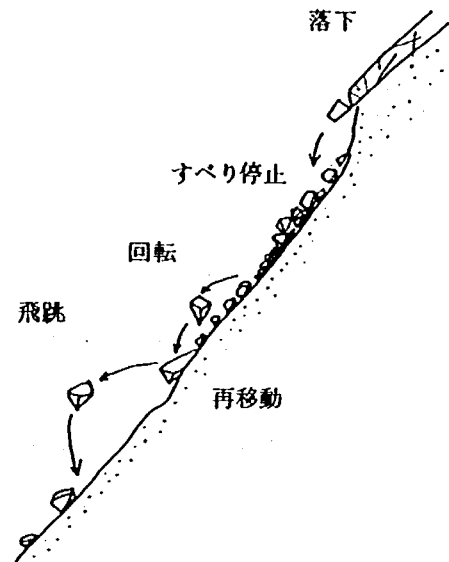


図-6.5

この理由は、熔岩の流理面が直接露出していて、土かぶりがないためと思われる。

2) Ku - II

本斜面は、直線上にのびた崖面の最も右端に位置する。山腹斜面に移行する「く」の字型に曲った部分では、崖面全体が大きく崩壊しており、崖面の後退とオーバーハングが著しい。熔岩層は節理・色調の違いから3つに区分されるが、明瞭とはいえない。熔岩は堅硬新鮮で柱状節理が発達する。lv-2 熔岩からの剝離・崩落は著しく、落石堆との間に空間が生じ、つららがたれ下ったようになっている。

不安定ブロックはオーバーハング状で開口性割目が多数みとめられる。崖面中～上位の熔岩は、層厚が薄いため、小さなブロック状に割れる。湧水は崖面中位に見られるが、量的には少ない。

崖面より崩落した岩塊は、直径1m以上もある巨塊が多数集って落石堆を形成しており、他の斜面にはみられないものである。

< Ku - II >

(i) 浮石の落下 → 停止

(ii) 転石 → 不安定化 → 再移動

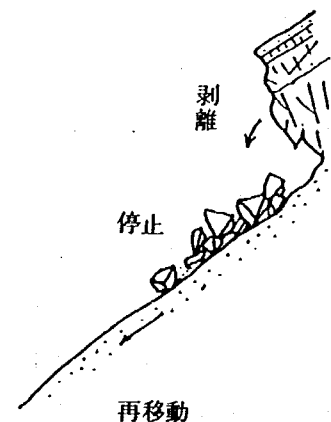


図-6.6

3) Ku-III

崖面は表面がコークス状の熔岩で、何枚も重なっており、段差や亀裂が無数に入っている。これらは谷方向に向ってオーバーハングしている。最下位の $\ell v-2$ は、茶褐色～赤褐色を示して風化が著しいが、割目はそれほどみとめられない。割目は中～上位のオーバーハングした熔岩に多く、熔岩流の面に沿って発達する。オーバーハング部分の左側崖面は、表面が新しく崖面の後退が見られることから、最近崩落したことが考えられる。

湧水現象は最も顕著にみられる。また、崖面の上の斜面には、排水溝らしい水路がみられ、石積ブロックの端部からリル状のくぼ地が崖面にのびている。

崖面下の落石堆はオーバーハング部分直下には認められず、崖面の後退がみられる直下に多い。オーバーハング部分斜面は勾配が急で、大きなリルが形成されている。落石堆は崖面下、20m付近まで厚い堆が形成されているだけで、規模は小さい。しかし、崩落物質が多いことは写真でも明瞭で、標高3600m付近まで帯状にみられる。落石経路は非常に明瞭で、大渡し付近までほぼ直線上にのびており、55年の災害時の落石経路とみられている。

< Ku-II >

- (1) 浮石の落下 → 回転
→ 斜面内の転石に衝突
→ 飛跳

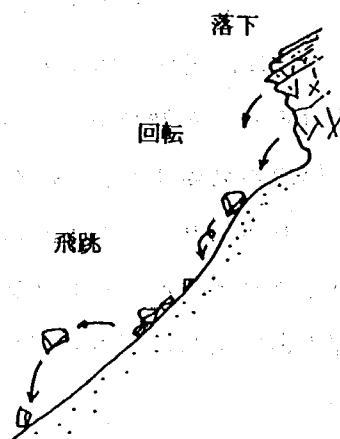


図-6.7

4) Ku-IV

本斜面は3の斜面にくらべてオーバーハングした部分はなく、むしろ下位の熔岩($\ell v-2$)が突出している。このため、斜め写真では熔岩の重なりかたが明瞭に読みとれ、節理の状況から5～6枚が識別される。割目は熔岩の境界に沿った開口性のもののほかに、 $\ell v-3$ に細かな板状のものがみられる。柱状節理の発達する $\ell v-5$ や $\ell v-2$ は割目が開口気味で、上下の熔岩に連続し、さらには崖面上のリルにつながるものもみられる。

崖面の不安定ブロックは割目の状況や落石堆からみても $\ell v-3$ に多いが、一つ一つのブロックの大きさは小さい。しかし $\ell v-2$ の上部や $\ell v-5$ にも浮石状のブロックがみられ、不安定である。

湧水は Sc と $\ell v-3$ の間、 $\ell v-3$ と $\ell v-2$ の境界、 $\ell v-3$ の亀裂からみられるが、崖面がオーバーハング状ではないため、つらら状になっていない部分もある。

落石堆は $\ell v-3$ 起源の青灰色・岩片状のものが多く、茶褐色の岩塊は $\ell v-2$ 起源で両者の識別は容易である。リルは礫が斜面に向かって同一方向に並んでいる（覆瓦構造状）ことから明瞭であるが、火山砂礫まで侵食されているものは少ない。岩塊の落下方向は一部Ⅲ方向にのびるが、ほとんどは斜面垂直方向に細長い三角形状で堆積する。主要落石経路は途中不明瞭になるが、大渡しへの直撃コースにあたる。

〈Ku-Ⅳ〉

(i) 浮石の落下 → 落石堆内でのすべり

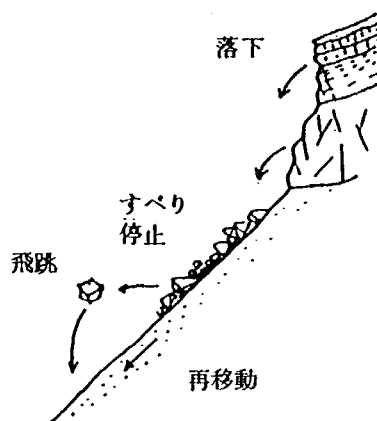
→ 停止

(ii) 浮石の落下 → 落石堆内の転石

に衝突 → 飛跳

(i) 落石堆内の転石

→ 不安定化 → 再移動



5) Ku-V

延長 45m、高さ 12m～18.5m と連続壁面の中では最も高い崖を形成している。崖部は途中より火口に向かってカーブし西方を向くため、斜面は真北方向を向くようになる（Ku-Ⅰ～Ⅳまでは吉田大沢直下方向—すなわち北北東～北東方向に向いている）。このくびれ部分から西方の崖面は、原地形に支配されて熔岩流が上空にせり上る形になる。熔岩流もこの部分を境に枚数が増え、9枚が確認される。各熔岩のあいだには粘土物質が付着して茶褐色となっており、これらに沿って割目の発達が著しい。 $\ell v-5$ 、 $\ell v-2$ には柱状節理が発達し、割目間隔も短かく開口気味である。これらは不連続ながら、上下位の $\ell v-3$ や $\ell v-4$ とつながる傾向にある。不安定ブロックは35個以上あり、崖面全面にみられる。

落石堆は、先に述べたように東北方向に向かって大量にみられるが、一部は吉田大沢直下方向にのびる。真北方向にのびる落石堆は大きく2つに分けられる。東方より中央のくびれた部分までの落石堆は、5～15cm大の板状～台形状の角礫と崩土よりなり、特に崩土が斜面下方まで大量にみとめられる。最もⅥ寄りのものは量が多いが堆積範囲が狭い。Ⅵとの境は崖面直下の突出した $\ell v-1$ と火山砂礫があるため明瞭である。

リルは斜面最大傾斜方向に屈曲して発達するが、斜面中央部にはそれと斜交する未発達なリルもみとめられる。

< Ku-V >

- (i) 浮石の落下 → 落石堆内でのすべり停止
- (ii) 浮石の落下 → 転石に衝突
 - 飛跳
- (iv) 落石堆内の転石 → 不安定化
 - 再移動

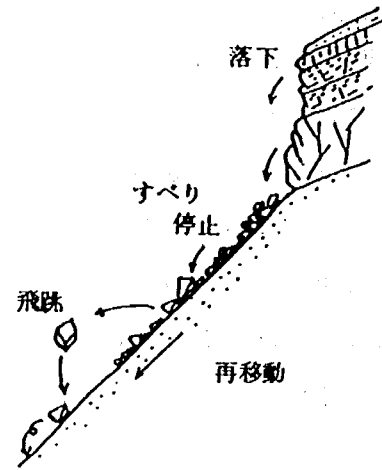


図-6.9

6) Ku-6

久須志岳山頂連続壁面の最も西側にあたり、長さ約30m、高さ約3~18mである。崖面の西側は現在の火口壁に沿って侵食されており、白山岳壁面とは不連続で約50m離れている。熔岩の重なり方も上位の熔岩が火口内に向けて傾斜しているため段差ができており、オーバーハングしてはいない。中上位の熔岩は表面がコークス状で風化が激しいが、新しい崩壊面はみられない。

壁面直下の落石堆内には厚さ15~20cmの熔岩流(ℓv-1)が、層状に点々とみられる。他の斜面ではブロック状に点々とみられ、火山砂礫との境界が不明瞭であったものが、本单元斜面で初めて層状に延びていることが確認された。

熔岩壁には不規則な柱状節理がみられ、上位~下位への不連続面を形成するが顕著とはいえない。節理・亀裂の方向は、熔岩の西上方へのせり上りを反映して、約20~30°東方へ傾斜したものが卓越する。この傾向はV斜面の崖面より顕著にみられるものである。割目の開口度は小さく、湧水もℓv-3とℓv-2の境にわずかにみとめられるのみである。したがって、浮石状の不安定ブロックは非常に少なく、10個に満たない。

これは、落石堆の量にも反映されており、落石堆は直径10~15cm大の角礫が崖面直下の斜面に集中するが、青灰色の岩片や崩土を含まないことが特徴である。リルは崖面直下より数条みとめられるが、下位への連続性に乏しく途中消滅する。

< Ku-VI >

- (i) 浮石の落下 → 落石堆内でのすべり停止
- (ii) 浮石の落下 → すべり
 - 回転 → 飛跳
- (iv) 落石堆内の浮石 → 不安定化
 - 再移動

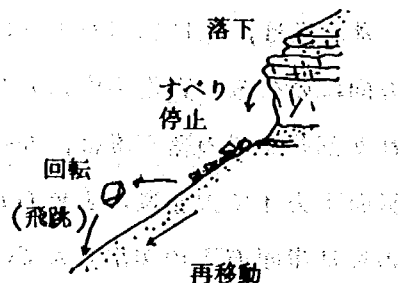


図-6.10

b) 白山岳

1) Ha-I

本崖面は、久須志岳から連続する灰色熔岩（長70 m、高さ2～6 m）と、その下位にみられ、吉田大沢内に垂れ下がるように存在する灰色～灰褐色塊状熔岩（長約80 m、高さ60 m）とからなる。下位の熔岩は勾配30°以上の斜面に板状にのび、熔岩流の流下方向に対し、鋭角に斜交する粗大な柱状節理と約45°の角度で交差する節理とをもつ。割目はこの節理に沿って多く発達する。浮石状のブロックは、上位よりも下位に多くみられ、すでにはく離、落下した部分ではオーバーハング状になっている。湧水は垂直に切り立った崖面に認められるが、湧出量は極めてわずかである。

2) Ha-II

この单元斜面は、吉田大沢源頭部の最西端にあたり、幅40 m、高さ1 m～15 mの崖をなす。单元斜面Iと接する中央崖部には、スコリア層と互層する黒褐色の玄武岩質熔岩が厚く堆積している。その上位にのる灰白色の熔岩は層厚1 m前後である。

黒褐色熔岩は、上方からの崖錐堆積物で薄く覆われているが、崖部では露出している。白山岳尾根付近では、灰褐色熔岩がはく離作用を受けてほとんど削りとられてしまい、黒褐色のスコリアが露出している。

割目は最上部の熔岩流にみられ、流下面に垂直な方向が卓越し開口気味であるが、下位のスコリアと互層する熔岩までには達していない。

湧水は下位の熔岩層に層状にみられ、I斜面よりは多量である。熔岩層との間に挟在するスコリア層が透水層となっていると思われる。

崖面直下の斜面は勾配30°前後と比較的緩く、崩落した岩塊や土砂が堆積している。

しかし、その規模は小さく、明瞭なリルやガリーもみられない。落石塊のほとんどは標高3,500 m付近の凹地にて停止し、落石堆を形成している。

c) 亀岩

1) Ka-I

「背中」部分の中間点、ややくびれた部分より山頂側の崖面で、長さ40 m、高さ3～4 mである。熔岩類は集塊岩質熔岩と塊状熔岩が不規則に配列し、明瞭な重なりを示さない。流理面は斜面傾斜方向にやや斜交する形でみられ、塊状熔岩にみられる板状節理もこの方向と一致する。節理面はこのほかに不規則な柱状節理がみられ、上流側では谷側に、下流側では山側に傾斜を変える。傾斜方向の変位はIIの崖面で明らかのように、熔岩流の流下方向が斜面に向って約15°の角度でせり上るかたちになるためである。

崖面はオーバーハングしてはならず、尾根側にわずかに傾斜している。不安定ブロックは節理や亀裂に沿ってみとめられ、遊離する傾向にある。

遊離・脱落した岩塊や岩片は、 30° 前後の斜面に落石堆を形成しているが、崩土があまりみられないのが特徴である。崩落物質は $5\sim 15\text{ cm}$ の灰色をした岩片が中心であり、大きな岩塊は崖面直下にはなく、約 30 m ほど離れた斜面に帯状に分布する。第2章で述べたように、落石堆には明瞭なリルはほとんど形成されておらず、崖面直下に礫の配列が一定した地形がわずかにみられるだけである。

2) Ka - II

I 斜面の下方にあり「背中」の前半部に相当する。崖面の長さは約 40 m 、高さ $4\sim 5.5\text{ m}$ である。熔岩類はI 斜面と同様のものが連続して分布し、岩質的なちがいはない。熔岩の流理面はI の崖面より顕著にみられ、下端部では「首」の溶岩壁に衝上する。柱状節理は明瞭であるが大まかで不規則である。「首」との境界付近は高さ 6 m 前後の崖を形成しており、塊状熔岩が主である。崖面上の平坦面には現位置性の岩屑がみられるが、層厚は 20 cm 前後と薄い。

不安定ブロックは「首」の部分近くの崖面に多くみられ、上位のブロックが浮石状になっている。落石堆は斜面に細長く分布し、大きな岩塊はII の落石堆との境界付近に分布する。

3) Ka - III

亀岩の先端部「首」にあたる崖面で、長さ 43 m 、高さ $2\sim 4\text{ m}$ である。縦断形は先端部が盛り上った形をなす。先端部下の斜面にはさらにもう一枚の熔岩流が、厚さ 1 m 前後で舌状に露出している。各熔岩流との境はやはり不明瞭であるが、下位には灰褐色の集塊状熔岩、上位には塊状熔岩が分布する。節理は板状節理と柱状節理がみられる。不安定なブロックは下位の熔岩にはみられず、上位の塊状熔岩にみられるが、板状節理に沿った岩片がほとんどで、大きな岩塊はみとめられない。

「首」部分の平坦面、「首」直下の平坦面にはそれぞれ多量の岩片がみとめられるが、これらはいずれも上位の崖面から供給されたものである。堆積が薄い面には風成の茶褐色土砂がみられる。斜面上にみられる落石堆は、ゆるい凹地に沿って分布している。その両側にはコークス状の黒灰色玄武岩質熔岩が $20\text{ cm}\sim 1\text{ m}$ の厚さで分布する。黒灰色熔岩から遊離したブロックは、連絡道より上の斜面にはわずかにみられるのみであるが、連絡道直下の斜面には集中してみられる。亀岩より下の斜面を横切る山道はこのほかにも2本みられるが、いずれも落石経路の直撃コースにあたっている。

6.3 落石発生機構

久須志、白山岳、亀岩について斜め写真判読を実施し、その地形・地質的特徴を前節(6.2)で述べた。ここではそれらの結果にもとづいて、主として久須志岳を中心に落石発生の要因・誘因について検討する。

6.3.1 不安定ブロックの数

崖面に存在する不安定ブロックがどの程度あるかを調べることは、危険度判定の際の重要な項目である。不安定ブロックの判定基準は以下のとおりである。

- (1) 大きさが一定以上であること（但し斜め写真の性格上、崖面の上部と下部、奥行きによって縮尺が異なるため、正確な規定はできないが約30cm以上）。
- (2) 節理・亀裂などの割目が、開口気味であること。
- (3) 開口の少ない部分であっても上下左右（とくに下）に不安定ブロックがあって、それが剝離・落下した場合には安定度が低下すると思われるもの。
- (4) 割目は不明確であるが、湧水（つらら）が見られるもの。

不安定ブロックは単位斜面別、崖面位置別、熔岩別にそれぞれ集計し分布傾向を見た（表6.1、図-6.11、図-6.12）。

表6.1 久須志岳崖面における不安定ブロック数

崖面の位置 斜面区分 熔岩区分	下 部			中 部			上 部					合 計
	1	2	2'	3	3'	4	4'	Sc	5	6	7~10	
I	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	12
II	-	11	11	15	-	-	0	-	4	-	-	41
III	1	6	1	8	6	-	22'	-	5	-	-	49
IV	0	8	-	10	-	1	-	1	5	0	-	25
V	3	6	-	9	-	2	-	-	10	2	4	36
VI	0	2	-	1	-	3	-	-	0	0	0	6
小 計	4	33	12	55	6	6	22	1	24	2	4	169
合 計	49			67			53					169

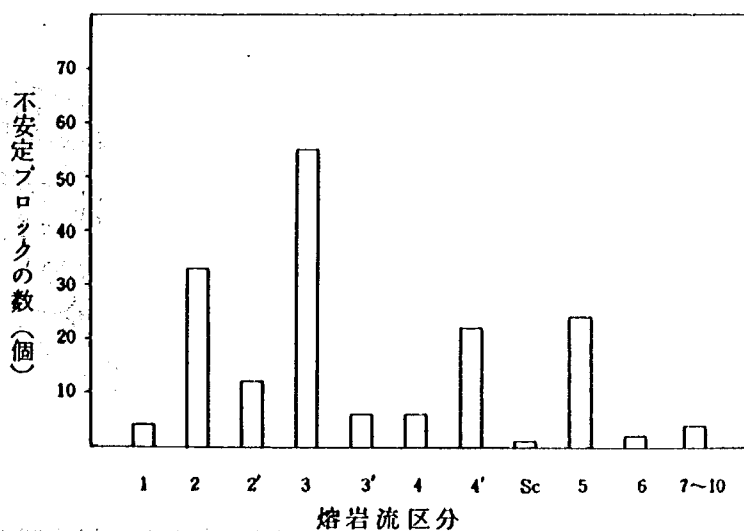
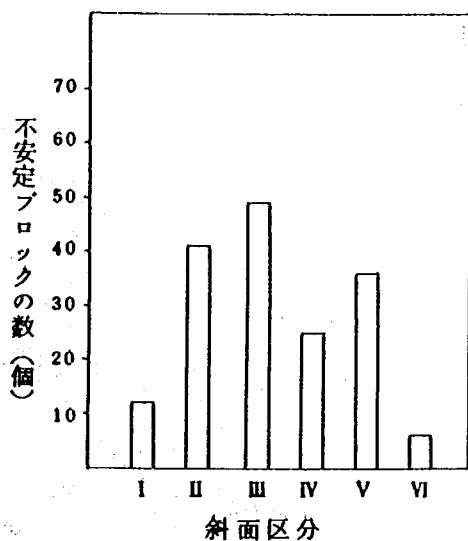


図-6.11 単位斜面別不安定ブロック数

図-6.12 熔岩流区分別にみた不安定ブロック数

これらの結果から次のことが言える。

- (1) 単元斜面別にはⅢの斜面が最も多く、50個ほどの不安定なブロックが判定される。このことは、オーバーハングが顕著で湧水現象も多いことからみても明らかなように、最も落石予備物質が生産されやすい条件をそなえている場所といえる。
- (2) 次に多い斜面はⅡで、40個以上が不安定と判定された。オーバーハングが著しい下部～中部の熔岩流に多く見られ、一つ一つのブロックの大きさは、ほかのどの斜面よりも大きい傾向にあることが特徴である。
- (3) 最も少ない斜面はⅥであり、わずかに6個を数えるにすぎない。崖面は割目が少ないとは言えないが、開口度は小さく、浮石状になっていないことが一因と思われる。
- (4) 位置別にみると、中部に最も多く見られ、60個以上あるが、上・下部は50個前後で大きな差はない。上部層は薄層で節理間隔も小さいのに対して、下部層では層厚も厚く、節理間隔が大きい傾向にあると言える。

6.3.2 湧 水

湧水は連続壁面中央部に多く、左右両側にいくにしたがって少なくなる。したがって最も多くみとめられる単元斜面はⅢであり、Ⅳ斜面がこれに続く。個々の熔岩層別に見ると $\ell v-3$ からの湧水が最も多い。これは $\ell v-3$ が板状節理が多数発達して水を通しやすいこと、 $\ell v-2$ が大まかな柱状節理の塊状熔岩であることから、不透水層となっていること、などの理由によると思われる。

湧水は火口壁内にも認められることから、定常的な現象と考えられる。山頂に降った雨は、山頂平坦面の崖錐に浸透し、かなりの期間(2～3ヶ月)をおいて熔岩流の割目から湧出してくる。久須志岳の崖面も熔岩と火山砂礫の堅さの差が地下水による差別侵食を助長し、直立あるいはオーバーハングした現在の形になったものと推定される(図-6.13)。

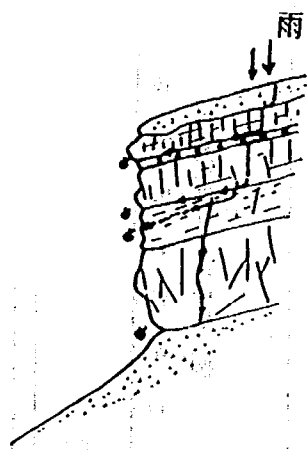


図-6.13 湧水現象の模式図

6.3.3 落石堆

斜面に残存する崩落岩塊や土砂は、構成物質や量の違いによっていくつかの落石堆や崖錐に区分されるが、これらの末固結堆積物の中で運動エネルギーが大きく、災害に直結しやすいある一定規模（径30 cm）以上の岩塊の数を調べたものが図-6.14である。この結果から次のことがいえる。

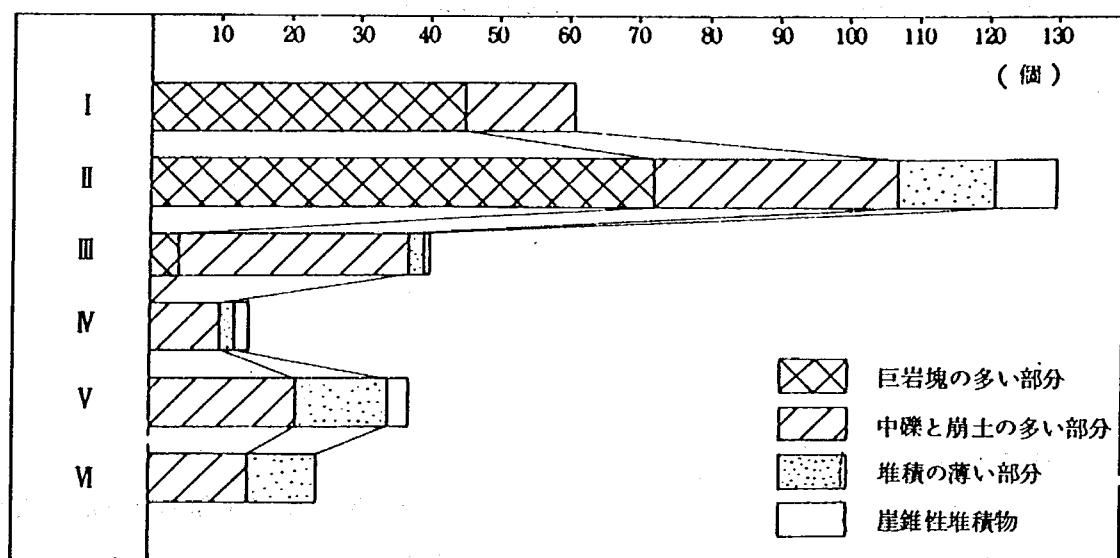


図-6.14 単元斜面別崩落岩塊の数

- (1) 崖面の右（東）側半分の方が左（西）半分よりも数が多く、すべて40個以上であるのに対し、左半分はすべて40個に満たない。
- (2) 最も数の多い単元斜面はⅡであり、他の斜面の2～9倍にのぼる。この理由は、崖面がオーバーハングしていて崩れやすいという素因にもよるが、崖面直下の斜面勾配がゆるいことにもよる。Ⅱ斜面は勾配25°前後と他の斜面よりゆるく、崩落した岩塊は斜面をすべり落ちることなく堆積してしまうことが考えられる。
- (3) Ⅰの斜面は60個以上見られ、2番目に多い。この単元斜面は不安定ブロックの数では逆に、2番目に少なかった斜面である。このことは、これから剝離・崩落する岩塊の数は少ないが、現在までに崩落した数では多いことになる。しかも崩落した岩塊は、崖面直下にきわめて不安定なかたちで残っており、外的要因によって急斜面を落下する危険性が非常に高いと思われる。
- (4) Ⅲの斜面の岩塊は40個と3番目に多い。この斜面の特徴は左右の斜面と異なり、大規模な落石堆を形成していないことである。これは斜面勾配が30°以上と急であるため、崩落した岩塊や土砂は山腹下部へ落下してしまう。深くえぐられた「リル」があることがこれを裏付けているといえる。

6.3.4 落石発生の誘因

以上の調査結果から当該地域における落石発生の誘因は以下のようにまとめられる。

(1) 剝離型

- a) 凍結・融解による熔岩中の割目の拡大と岩盤強度の低下。
- b) 豪雨時におけるクラックへの水の浸透。
- c) 地下水の浸透→湧出。
- d) 風圧による岩盤のゆれ。
- e) 地震による熔岩中の不安定ブロックの摩擦力低下。

(2) 転石型

- a) 斜面上部からの崩落岩塊供給
→ i) 衝突→飛跳→落下
ii) 加重→不安定化→落下
- b) 雨水侵食→岩塊周辺の崩土の流出→摩擦力の低下
- c) 地震による岩塊と崩土の摩擦力の低下

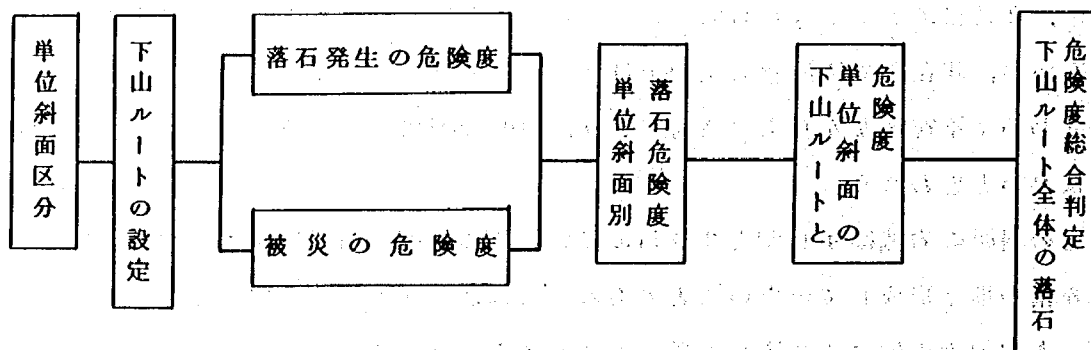
6.4 下山ルート別落石危険度総合判定

昭和55年の落石災害後、山梨県の手によって延長2.8 kmの新下山道が作られた。現在は吉田大沢砂走り内からの下山は禁止されており、すべてこの新下山道を下ることになっている。新下山道の落石に対する安全性や対策工法の検討、吉田大沢下山道の安全性、さらには白山岳周辺からの新下山ルートの可能性などが今後の課題とされる。本調査では既設・未設も含めた下山ルートについて、落石に対する危険度評価を行ない、防災上の観点から若干の考察を加えた。

6.4.1 落石危険度判定の手法

落石の危険度判定手法としては、単位斜面毎の危険度を出したうえで、各下山ルート毎の危険度を判定した。

最終的な判定までの流れを図－6.15に示した。



図－6.15 落石危険度判定の流れ図

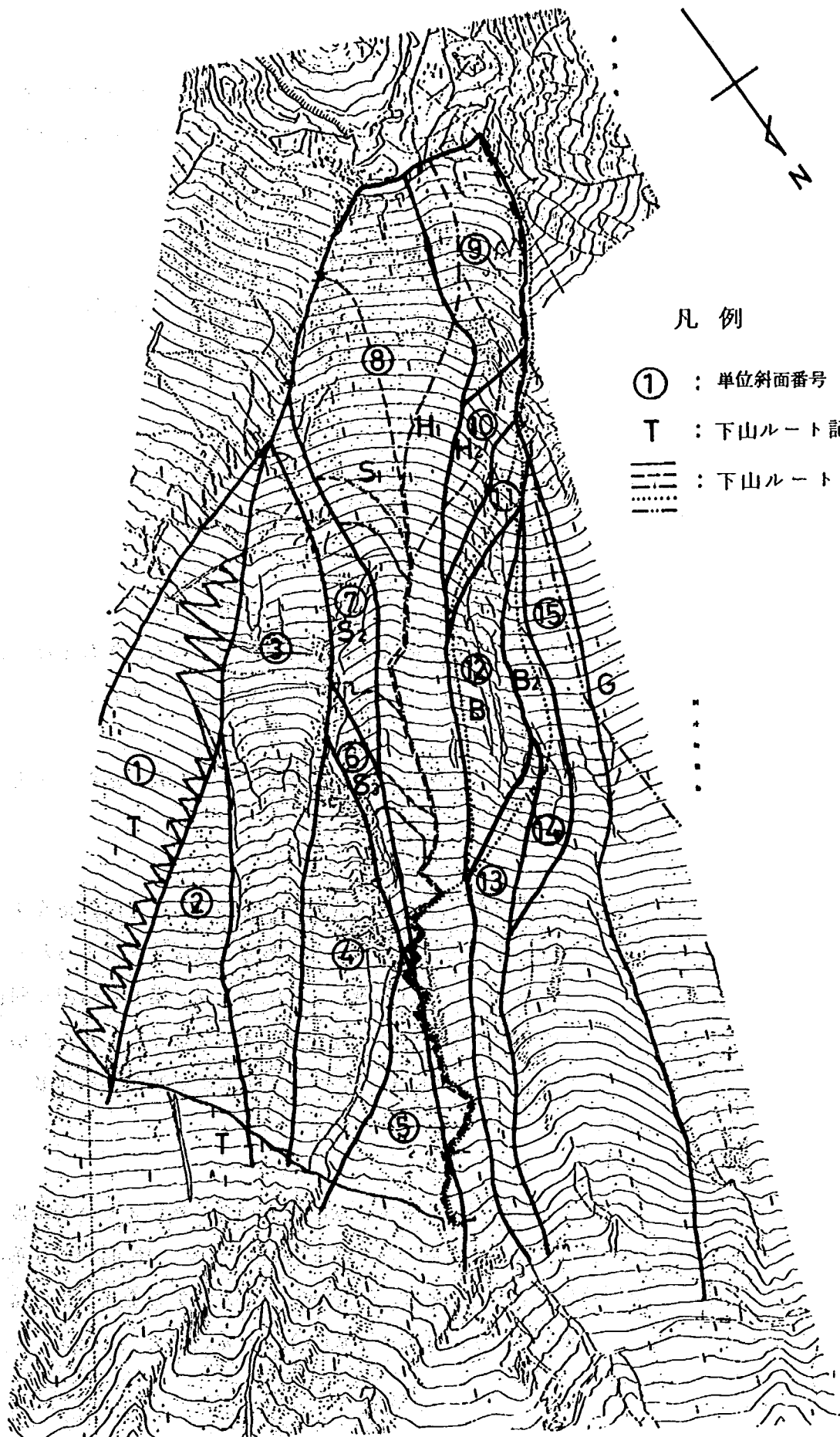


図- 6.1 6 単位斜面区分と下山ルート図

0 100 200 300m.

(1) 単位斜面区分

既往調査資料を参考に、吉田大沢周辺部を15の大きな単位斜面に区分した(図-6.16)。区分は主として地形的要素によることとしたが、不連続線や斜面の閉合には落石の影響範囲も考慮して設定した。

(2) 下山ルートの設定

既設・未設の下山ルートは以下に示す5案である。

但し、未設ルートについては明確な位置が示されていないことから、地形等を考慮して9つのルートを設定した。

- a) 昭和56年開設の新下山道(T)
- b) 吉田大沢砂走りルート(S_1 , S_2 , S_3)
- c) 久須志岳と白山岳の間から砂走りへ抜けるルート(H_1 , H_2)
- d) 白山岳より屏風尾根を通り砂走りへ下りるルート(B_1 , B_2)
- e) 白山岳より屏風尾根を通り五合目に抜けるルート(G)

(3) 落石発生の危険度

落石発生に結びつく素因としての地形・地質状況や斜面に対する人為的有害行為、さらには落石を誘発する要因等について15の判定項目を設定した(表-6.2)。

(4) 被災に対する危険度

落石が発生した場合に、下山道まで到達し、災害を及ぼすような要因があるか否かという着眼点から7つの判定項目を設定した(表-6.3)。

(5) 評価点

危険度が高いと思われるほど高得点を、安全性が増すと思われるほど低い得点を与えた。評価点は原則として3点制としたが、落石発生に大きな影響を及ぼすと考えられる項目には重みを加えた。その項目とは素因としての「地形」状況であり、落石供給源や斜面勾配、オーバーハングなどが大きいほど危険度が増すと思われるからである。これら三項目には二倍の点数(2点~6点)を与え、他の項目はそのままとした。各項目の判定基準と評点の内訳を示すと表-6.2, 6.3のようである。

(6) 判定によるランク区分

一次判定(発生の危険度)、二次判定(被災の危険度)の各段階で3つの危険度を出した。各ランクの境界値は相対的なものであり、全体を集計した上で定性的判断も加味して設定した。最終的な単位斜面別落石危険度は、発生の危険度と被災のそれと組み合わせにより、A(非常に危険)、B(危険)、C(やや危険)とした。(表-6.4)

表-6.2 落石危険度評価の判定基準

1 落石発生度の危険度

	区分	着 眼 点	項 目	評 点 内 訳		
				1	2	3
素	地形	斜面が高かったり、勾配が急であったり、あるいは、オーバーハングしていたりすると一般に危険性が大きい。斜面の末端と道路面の間に落石が停止するような条件があると被災の危険性は小さくなる。	供給源位置	0～5 m	5～10 m	10 m以上
			斜面勾配	30°以下	30°～45°	45°以上
			オーバーハング	なし	ややあり	顕著
	土質・地質	(はく離型) 割れ目などの不連続面が発達していたり、割れ目沿いに風化が進んでいたりと、割れ目などに囲まれた岩のブロックが浮いている程危険。特にブロックの底面が流れ盤の層理面になっているなど滑りやすい場合は危険。 (抜け落ち型) 崖すい性堆積物、火山砕せつ物とそれを充填する固結度の低い土砂(マトリックス)からなる地盤ではマトリックスが弱くて、岩塊などが容易に抜け落ちるもの程危険。	斜面の地盤	(はく離型) 割れ目なく塊状の岩 (抜け落ち型) マトリックスが固結しており、岩塊が浮出していない	風化・割れ目が発達した岩 マトリックスが木片で崩せる程度の堆積物	風化・変質・割れ目の著しい岩 マトリックスが侵食されやすい軟弱な堆積物岩塊が浮出している
因	その他	斜面などへの水の放流や登山者が斜面に立入るような行為がみられれば危険性は高くなる。	斜面の異常	異常なし	崩壊、新しい亀裂や段差	浮石の不安定化 割れ目の拡大 転石の移動や二次崩落地形がみられる
			斜面に対する有害行為	なし	若干あり	顕著
	誘因	常時、あるいは降雨後に湧水がみられたり、斜面の背後地の集水面積が大きかったりすると危険度が高くなる。 豪雨や強風に対して落石が発生する傾向があったり、融雪期による斜面の移動、気温の日較差が激しいところでの凍結・融解による岩目の劣化で落石が発生する傾向があるかどうか。	集水面積	0.15 km ² 以下	0.15～0.30 km ²	0.30 km ² 以上
			湧水	少	中	多
			降雨・積雪・雪崩	少	中	多
			風力	弱	中	強
			気温の日較差	小	中	大
等	危険・頻度	落石によるプラスとマイナスの免疫について判断する。過去に落石災害があり、これに対して何らかの対策がなされたか。なされていない場合には危険性が高い。	落石の程度	無～1回/5年	1回/2～3年	1回以上/1年
			過去の被災例	不明 なし	あり(対策済み)	あり(未対策)

表一 6.3 落石危険度評価の判定基準

2. 被災に対する危険度

区分	着 眼 点	項 目	評 点 内 訳		
			1	2	3
	斜面上で発生した落石の量が多量で、単一の岩塊も大きく落下速度が速いほど、下山道に到達した時の被害は大きくなる。 また、運動形態が落下一回転→跳躍といったかたちをとると、影響範囲が広くなり危険度が高くなる。 落石を停止又は減速させる緩衝地形があるか否か。	落石土塊の量	少	中	多
		石の大きさ	20cm以下	20～50cm	50cm以上あり
		落下速度	遅	中	速
		到達距離	直下で止まる	到達しない	下山道まで到達する
		運動形態	滑動、すべり	落下、回転	落下、回転、ジャンプ
		影響範囲	狭	中	広
		斜面途中での緩衝地形の有無	有	ところどころある	なし（露岩部あり）

(2) 危険度評価に用いた判定基準の説明

1. 落石発生の危険度

- 1) 落石供給源の高さ……熔岩の高さは10m前後が多く、20mを超えるものはまれである。
- 2) 斜面勾配……30°前後の勾配が多い。転石が安息角を保持する範囲も30°といわれる。
- 3) オーバーハング……オーバーハングが著しいか否かを現地踏査と写真判読で判定した。
- 4) 斜面の地盤……はく離型と抜け落ち型とに分け、現地踏査と写真判読により分類した。
- 5) 表土……リルやガリーなどの侵食地形があるかどうかを判断基準とした。
- 6) 斜面の異常……現地踏査や空中写真判読による。
- 7) 斜面に対する有害行為……山小屋からの放流や登山者が斜面内に立入る可能性があるかどうかを、現地踏査、空中写真、地形図等より判断した。
- 8) 集水面積……地形計測により相対的に3分割した。
- 9) 湧水……現地踏査、空中写真により湧水量（つららの量）を相対的に多・中・少と分けた。

表一 6.4 危険度評価のランク区分と組み合わせ

1. 落石発生の危険度

a ₁	非常に危険	(42～54点)
b ₁	危険	(28～41点)
c ₁	やや危険	(18～27点)

2. 被災の危険度

a ₂	非常に危険	(17～21点)
b ₂	危険	(12～16点)
c ₂	やや危険	(7～11点)

3. 総合判定

調査要因の組み合わせ		総合危険度
落石発生の危険度	被災の危険度	
a ₁	a ₂	A (非常に危険)
a ₁	b ₂	A (")
b ₁	a ₂	A (")
a ₁	c ₂	B (危険)
b ₁	b ₂	B (")
b ₁	c ₂	B (")
c ₁	a ₂	B (")
c ₁	b ₂	C (やや危険)
c ₁	c ₂	C (")

(7) 下山ルート毎の危険度判定

各下山ルートは、起点から終点までの区間で単一斜面のみを通過するものは(e)のルートしかなく、他のルートはすべて複数の斜面を通過することになっている。従ってある斜面では落石危険度が高くなる場合も考えられる。ここでは、これらの点を考慮して、各ルートに関わるすべての单元斜面の落石危険度を整理し、ルート全体としての総合評価を行うこととした。

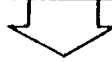
6.4.2 単位斜面別落石危険度判定

以上述べた手法により、単位斜面毎に落石発生危険度、被災の危険度、総合判定と各段階毎に評価点と危険度とを表わしたものを表-6.5に示した。また、各判定項目毎の詳細な判定を表-6.6(I)~(Ⅳ)に示した。

表-6.5 単位斜面別落石危険度結果

1. 落石発生危険度

單元 斜面 内訳	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
評 点	22	21	37	24	23	26	33	50	35	28	32	36	28	32	27
危険度	c ₁	c ₁	b ₁	c ₁	c ₁	c ₁	b ₁	a ₁	b ₁	b ₁	b ₁	b ₁	b ₁	b ₁	c ₁



2. 被災の危険度

評 点	9	10	15	11	15	14	13	20	15	14	15	13	11	11	8
危険度	c ₂	c ₂	b ₂	c ₂	b ₂	b ₂	b ₂	a ₂	b ₂	b ₂	b ₂	b ₂	c ₂	c ₂	c ₂



3. 総合危険度

合計点	31	31	52	35	38	40	46	70	50	42	47	49	39	43	35
危険度	C	C	B	C	C	C	B	A	B	B	B	B	B	B	C

表-6.6 (I) 大単元斜面別落石危険度総合判定表 (I)

落石発生の危険度

区分	対象斜面 項目	つばくろ東沢	点	つばくろ西沢斜面	点	つばくろ沢	点	つばくろ沢東斜面	点	吉田口登山道	点
		①	数	②	数	③	数	④	数	⑤	数
地形	落石供給源の高さ	崖部なし	2	崖部なし	2	12m(max)	6	0~5m	2	0~5m	2
	斜面勾配	28°	2	30°以下	2	29°	2	28°	2	24°	2
	オーバーハング	なし	2	なし	2	ややあり	4	なし	2	なし	2
地質・土質	斜面の地盤	マトリックスは木片でくずれの程度	2	マトリックスが固結しているが岩塊はやや不安定	2	開口性の割目が発達し、浮石が多数みられる(亀岩)	3	割目があるが比較的安定している	2	マトリックスは木片でくずれの程度、斜面上には浮石状の転石あり	2
	表土	安定している リルガリーなし	1	安定している	1	不安定 (侵食されている)	2	やや不安定	2	やや不安定	2
その他	斜面の異常	異常なし	1	異常なし	1	浮石の不安定化 割目の拡大	3	異常なし	1	異常なし	1
	斜面に対する有害行為	若干あり	2	若干あり	2	若干あり (連絡道)	2	ブル道と山小屋からの放流水あり	3	吉田口登山道あり	3
誘因	崖水面積	大	3	中	2	大	3	中	2	小	1
	湧水	なし	1	なし	1	なし	1	少	2	なし	1
	降雨・積雪・雪崩	少	1	少	1	中	2	少	1	少	1
	風力	弱	1	弱	1	中	2	弱	1	弱	1
	気温の日較差	小	1	小	1	中	2	小	1	小	1
	凍結・融解	小	1	小	1	中	2	小	1	小	1
危険程度	落石の頻度	1回/5年以上	1	1回/5年以上	1	1回/2~3年	2	1回/5年以上	1	1回/2~3年	2
	過去の災害例	不明	1	不明	1	不明	1	不明	1	不明	1
合計点数			22		21		37		24		23
危険度一次判定		c1		c1		b1		c1		c1	

2 被災に対する危険度

誘因	落石土塊の量	少	1	少	1	少	1	中	2	少	1
	石の大きさ	20cm以下	1	20~50cm	2	20~50cm	2	20~50cm	2	20~50cm	2
	落下速度	遅	1	遅	1	中	2	中	2	中~速	2
	到達距離	到達する	3	到達する	3	到達する	3	到達しない	2	到達する	3
	運動形態	滑動すべり	1	滑動すべり	1	落下→回転→跳離	3	落下→回転→停止	1	滑動→すべり→回転	3
	影響範囲	狭い	1	狭い	1	狭い	1	狭い	1	中	2
	斜面途中での緩衝地形の有無	あり	1	あり	1	亀岩部あり	2	あり	1	亀岩部とところどころあり	2
合計点数			9		10		15		11		15
危険度二次判定		c2		c2		b2		c2		b2	
総合危険度判定		C		C		B		C		C	

表-6.6(Ⅱ) 大単元斜面別落石危険度総合判定表(Ⅱ)

落石発生の危険度

区分	対象斜面 項目	吉田大沢	点 数	吉田大沢	点 数	吉田大沢	点 数	白山岳	点 数	白山岳	点 数
		⑥		⑦		⑧		⑨		⑩	
地形	落石供給源の高さ	5~10m		5~10m		10m以上		5~10m		5~10m	
	斜面の傾配	28°		32°		32°		29°		28°	
	オーバーハング	ややあり		ややあり		顯著		あり		なし	
地質・土質	斜面の地盤	風化、割目が発達した玄武岩層	2	割目発達した玄武岩層	2	風化・実質・割目著しく、浮石状ブロック多数あり 斜面直下には多量の崩落岩塊あり	3	割目発達し浮石状のブロックみられる	2	割目発達し浮石状のブロックもみられる	2
	表土	安定している	1	やや不安定	2	侵食されている	3	安定	1	安定	1
その他	斜面の異常	浮石の不安定化 ややあり	2	同左	2	浮石の不安定化、 割目の拡大、転石の移動、二次崩落 地形あり	3	浮石の不安定化 割目の拡大	2	浮石の不安定化 割目の拡大	2
	斜面に対する有害行為	ときどきあり	2	下山客ときどきあり	2	若干あり	2	若干あり	2	若干あり	2
誘因	集水面積	小	1	小	1	大	3	小	1	小	1
	湧水	なし	1	なし	1	多	3	中	2	なし	1
	降雨・積雪・雪崩	少	1	中	2	多	3	多	3	中	2
	風力	弱	1	中	2	強	3	強	3	中	2
	気温の日較差	小	1	中	2	大	3	大	3	中	2
	凍結・融解	小	1	中	2	大	3	大	3	中	2
危険程度	落石の頻度	1回/2~3年	2	1回/2~3年	2	1回/2~3年	2	1回/2~3年	2	1回/2~3年	2
	過去の災害例	不明	1	不明	1	あり、S55.8	3	不明	1	不明	1
合計点数			26		33		50		35		28
危険度一次判定		c1		b1		a1		b1		b1	

2 被災に対する危険度

	落石上塊の塊	中	2	中	2	多	3	中	2	少	1
	石の大きさ	20~50cm	2	20~50cm	2	50cm以上あり	3	20~50cm	2	20~50cm	2
	落下速度	中	2	中	2	速	3	中	2	中	2
	到達距離	到達する	3	到達する	3	到達する	3	到達する	3	到達する	3
	運動形態	落下→回転	2	落下→回転	2	落下→回転→ジャンプ	3	落下→回転→ジャンプ	3	落下→回転	2
	影響範囲	中	2	狭い	1	広	3	中	2	狭・中	2
	斜面途中での減衝地形の有無	あり	1	あり	1	ととろどころあり	2	顯著な凹地あり	1	ととろどころあり	2
合計点数			14		13		20		15		14
危険度二次判定		b2		b2		a2		b2		b2	
総合危険度判定		C		B		A		B		B	

表-6.6 (Ⅲ) 大単元斜面別落石危険度総合判定表 (Ⅲ)

落石発生の危険度

区分	対象斜面 項目	屏風岩崖面 ①	点 数	屏風岩崖面 ②	点 数	屏風岩崖面・斜面 ③	点 数	屏風尾根～屏風岩 ④	点 数	屏風尾根 ⑤	点 数
地形	落石供給源の高さ	5～10m	4	20m	6	8m	4	4m	2	—	2
	斜面勾配	30°	4	30°	4	33°	4	31°	4	28°	2
	オーバーハング	ややあり	4	ややあり、垂直	4	ややあり	4	ややあり	4	なし	2
地質・土質	斜面の地質	割目の比較的多い 玄武岩質溶岩 風化度は低く塊状	2	屏風岩崖面の中央部 柱状・板状節理発達 した玄武岩質溶岩 割目は開口気味	3	屏風岩崖面は割目の 発達した玄武岩質溶 岩 マトリックスは固結 している	2	屏風尾根西斜面は崖 部なく火山砂礫の堆 積面 2,960m付近は割目 発達した落岩壁	2	屏風尾根のため抜け 落ち型 表層は火山砂礫と角 礫からなり固い	1
	表土	安定している	1	安定している	1	安定している	1	安定している	1	安定しており固い	1
その他	斜面の異常	割目に沿って浮石状 ブロックあり 崖面直下には20～ 30cm大の転石多し	2	割目の劣化、風化の 促進等により浮石の 不安定化が進行 崖面下の斜面は20 ～40cm大の角礫多 し	2	割目の劣化による浮 石の不安定化 斜面上の落石堆には 侵食地形みられず	2	割目やや開口気味 斜面の落石堆は不安 定な角礫みられる	2	尾根部の表層は固く、 そのため埋もれてい る岩塊は容易には動 きにくい	1
	斜面に対する有害行為	白山岳から下山客が 立入る可能性あり	2	なし	1	下山ルート沿いは入 山客が立入る	2	下山ルート沿いは入 山客が立入る	3	人為的落石の恐れあ り	3
因	集水面積	小	1	小	2	小	1	小	1	中	2
	湧水	なし	1	なし	1	なし	1	なし	1	なし	1
	降雨・積雪・雪崩	中	2	中	2	小	1	中～多	2	中～大	2
	風力	中	2	中	2	弱	1	中～強(尾根部)	3	中～強(尾根部)	3
	気温の日較差	中	2	中	2	小	1	中	2	中	2
	凍結・融解	中	2	中	2	小	1	中	2	中	2
危険程度	落石の頻度	1回/2～3年	2	1回以上/1年	3	1回/2～3年	2	1回/2～3年	2	1回/2～3年	2
	過去の災害例	不明	1	不明	1	不明	1	不明	1	不明	1
合計点数			32		36		28		32		27
危険度一次判定		b ₁		b ₁		b ₁		b ₁		c ₁	

2 被災に対する危険度

	落石土塊の量	中～少	2	多	3	少	1	少	1	少	1
	石の大きさ	40cm以上あり	2	20～40cm	2	30～40cm(小)	2	40～50cm大あり	2	20～30cm	2
	落下速度	中	2	中	2	遅	1	遅	1	遅	1
	到達距離	砂走りまで到達しないが、新ルートまで到達する	3	砂走りとの境界付近で停止。崖面直下は危険	2	新しいルートまでは到達する	3	新しいルートまでは到達する	3	到達しない	1
	運動形態	落下→回転滑動	2	落下→回転滑動	2	落下→回転滑動	2	落下→回転滑動	2	すべり・滑動	1
	影響範囲	中	2	狭い	1	狭い	1	狭い	1	狭い	1
	斜面途中での緩衝地形の有無	斜面は固く、エネルギーが吸収されにくい	2	斜面下の落石堆が緩衝帯の役目をしている	1	2,750m付近緩衝面あるため停止	1	顕著な緩衝地形ないが落石堆にて停止	1	明瞭な緩衝地形ないが緩衝面で停止	1
合計点数			15		13		11		11		8
危険度二次判定		b ₂		b ₂		c ₂		c ₂		c ₂	
総合危険度判定		B		B		B		B		C	

6.4.3 下山ルート別落石危険度判定

先に述べた9つの比較ルートと、通過する単位斜面とを示すと図-6.17のようである。

ルート区間内で複数の斜面を通過する場合、ルート全体の評価方法が問題となり、次の2つがあげられる。

- (1) ルート内にひとつでも落石危険度の高い斜面があれば、そのルート全体は危険とする。
- (2) 危険な斜面を通過する場合でも、区間距離が短く、安全な斜面への移動がスムーズにできるルートについては危険度を低くする。

本調査では(2)の基準をあてはめて総合的に評価することとした(表-6.7)。この結果、A:3, B:4, C:2という結果が得られた。

6.4.4 単位斜面から見た落石危険度

危険度判定の結果、最も危険度が高いと判定されたのは⑧の斜面である。本斜面が非常に危険と判定された理由は以下のようである。

- (イ) 主要落石発生源の久須志岳崖部はオーバーハングが著しく、岩目の劣化が進んで大量の浮石が存在する。
- (ロ) 崖面直下の斜面には大量の落石堆が存在し不安定である。
- (ハ) 落石の誘因となる気象条件も、山頂直下のためマイナス要因が多い。
- (ニ) 加えて落石量も多く、落下エネルギーも大きいことから下山道まで到達し被災する危険性が高いこと。

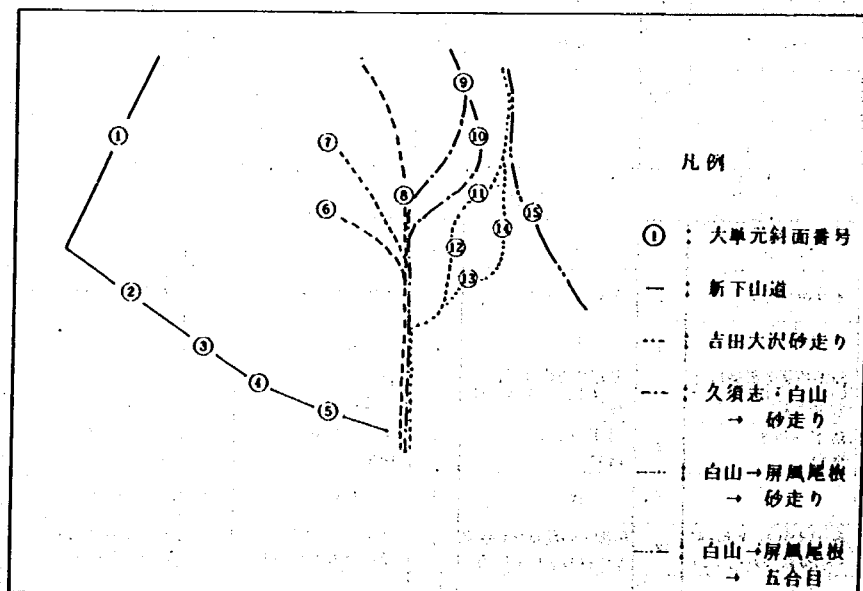


図-6.17 比較ルート案の概念図

表-6.7 下山ルートごとの通過斜面と危険度

下 ル ー ト 山名	記 号	大 単 元 斜 面 危 険 度					総 合 危 険 度
		①	②	③	④	⑤	
(ア) 新山下道	T	C	C	B	C	C	C
(イ) 吉田大沢砂走り	S ₁	⑥ A					A
		⑦ B	⑧ A				B
	S ₂	⑥ C	⑧ A				B
	H ₁	⑨ B	⑩ A				A
(ロ) 白山岳・砂走り ・風岩	H ₂	⑨ B	⑩ B	⑧ A			A
	B ₁	⑪ B	⑫ B	⑧ A			B
	B ₂	⑬ B	⑭ B	⑧ A			B
(ハ) 白山根・五合目 ・風尾	G	⑮					C
		C					

危険度が「B」であるが、二番目に比較的高い得点になった斜面としては、つばくろ沢にかかる③がある。得点が高くなった理由としては次の3つが考えられる。(イ)源頭部の「亀岩」に多くの落石予備物質が存在すること。(ロ)標高2,700m~3,000mにかけても谷部の兩岸に（特に左岸側）に熔岩流の壁面がみられる。(ハ)さらには下山道と交差する標高2,500m付近の谷部は、表層の火山砂礫が侵食されて熔岩流が露出しているため、落石塊の停止条件がないことなどである。

白山岳を源頭部とし久須志岳に隣接する斜面は⑨である。しかし得られた得点は50点と、⑧斜面より20点も低い結果となった。この理由は素因の項目（崖部の高さ、オーバーハング度など）にマイナスとなる条件が少ないためであり、被災の危険度も5点ほど低下する。しかし気温の日較差や凍結・融解、風力などの誘因は高い得点を示すため、全体

的には他の斜面より危険性が高いと判定した。

つばくろ沢③斜面周辺では、①と②斜面が転石型の落石形態をとり、勾配も 30° 以下のため危険性は少ない。④、⑤斜面では熔岩流の崖部が認められるが、小規模で不安定物質も少ない。ただし、⑤斜面には下山道との出会い付近にガリー状の露岩部がみられること、斜面上に不安定な転石が散見されることなどが危険要因としてあげられよう。

吉田大沢左岸側にある斜面(⑩～⑭)はいずれも危険度「B」と判定された。この中では、屏風岩と呼ばれ大規模な熔岩壁が連続する⑫の斜面が最も高い得点となった。屏風岩の熔岩壁は一枚の垂直崖ではなく、何枚もの熔岩流が段差をつくって垂直に切り立っている。この段差上には大量の岩屑がみられ落石堆を形成している。しかし斜面勾配は崖部を離れるに従って 30° 未満と緩くなるため、⑧との境界付近までに限られている。

⑬、⑭斜面は熔岩壁の高さが4～8 mとなり、顕著なオーバーハングは認められなくなる。崖面直下の斜面には崩落岩塊がみとめられるが量的には少ない。落石形態は剝離型であるが、影響範囲は斜面⑧との境界前でほとんど停止している。

⑮の斜面は転石型の落石形態をとるため、危険度は低くなった。現在未設ルートのため表層は固く、転石も多い。自然落石の危険性は低いが入為的な過失による土石の移動が考えられる。

6.4.5 下山ルート全体から見た危険度

下山ルート全体の落石危険度を判定した結果、最も危険と判定したルートは吉田大沢砂走りルートの「S₁」である。コースとしては標高3,500 mや3,300 m 付近から吉田大沢砂走りに入り、六合目まで下るルートである。危険度を「A」とした理由は、次のとおりである。

- (イ) 主要落石供給源である久須志岳崖面と最も接近した位置から入り、なおかつ落石の直撃コースにあたっている。
- (ロ) 昭和55年夏の落石被災事例がある。
- (ハ) 現在のところ、落石発生源や斜面途中に防災対策が施されていない。

次に危険と判定したルートは、久須志岳と白山岳のあいだから砂走りに入るルート(H₁、H₂)である。⑨および⑩斜面では比較的危険度は低いものの、⑧斜面に入り「S₁」と合流した段階で危険度が増すこととなる。

砂走りに入るルートとしては上記2ルートのほかに、右岸側から「S₂」・「S₃」、左岸側から「B₁」・「B₂」の4ルートがある。これらはいずれも危険度を「B」と判定した。この理由としては、⑧斜面に入る位置が落石発生源から離れていることがあげられよう。落石が到達するまでの距離が長いことは、落石が手前で停止する確率や、安全な位置への避難も可能と考えられるからである。

落石に対する危険性が比較的少ないと判定したルートは、新下山道「T」と屏風尾根から

五合目へ下りる「G」の2つである。両方のルートに共通していることは、はく離型の落石形態が全く、あるいはごくわずかであり、ほとんどが転石型を示すことである。

「T」ルートは細部からみると2, 3の落石危険箇所が見受けられる。亀岩と最も近づく場所(標高3,110m)での亀岩からの落石, ③斜面のつばくろ沢との出会い, ⑤斜面でのガリー状の露岩部などである。しかしこれらはいずれも落石量が小規模で, 遭遇する区間も短かい。線形の修正や防災工事を実施することにより, 落石危険度はかなり低下すると思われる。

「G」ルートは吉田大沢内に入らず屏風尾根から直接五合目に下るコースである。落石の危険性のみから判断すれば安全である。しかし未設ルートで表層基質が固く, 転石が多量にみられること。強風・強雨地帯であることなどから, 人為的過失による転石の移動や突風による転倒などが考えられ, 一般登山者のルートとしては問題点が多いと思われる。

あ と が き

本報告では、落石の危険度判定に的をしぼって実施した3例の調査事例を中心に報告するとともに参考のために落石の実態集計結果、斜め写真の斜面調査への活用法および現行の概略的な危険度判定法を紹介した。本報告での提案事項をまとめると以下の通りである。

(1) 沿道斜面等における一般的な落石発生危険度の判定調査には、表－4.2に示した表を参考とすることができる。

(2) 表－4.2に示した表は主に抜け落ち型の落石を対象として提案したものであるが、5章での検討の結果、はく離型の落石の危険度判定にも適用できる。

(3) 表－4.2の項目設定および具体的な点数配分は一般的な目安であり、対象斜面に特殊性が強い場合やより詳細(もしくは概略)な危険度判定を目的とする場合には、6章で例を述べたように修正を加えることも必要である。今後、現場段階で調査事例が蓄積され、表－4.2の妥当性が吟味されることが期待される。

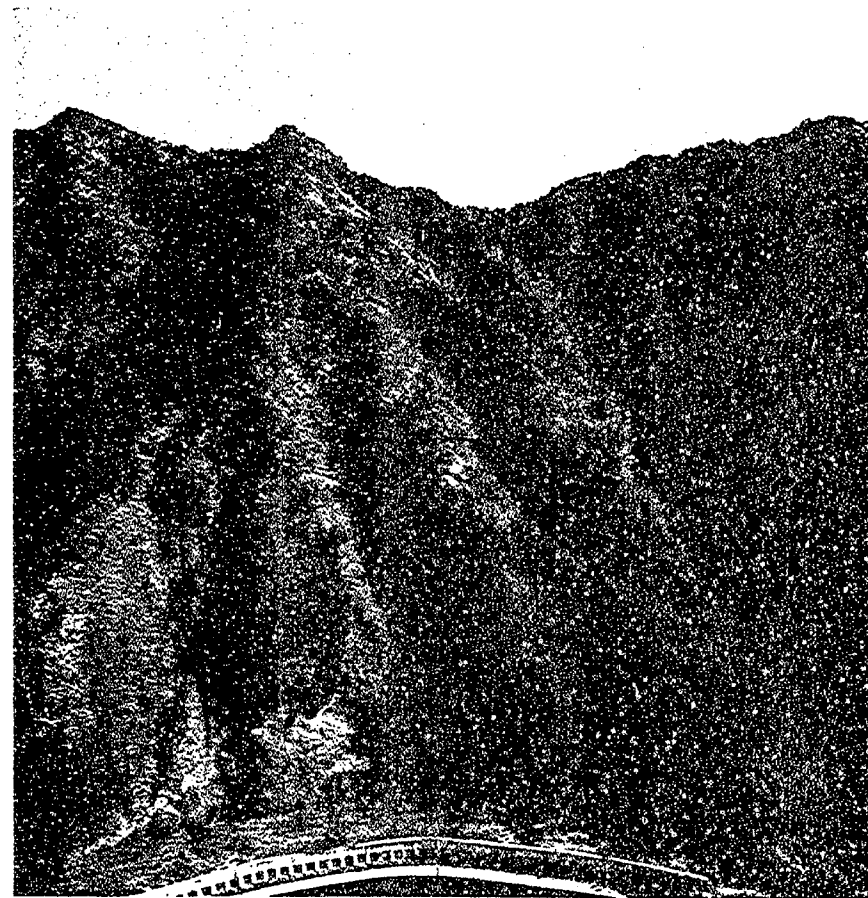
(4) 落石が発生するような急勾配の斜面の調査には、斜め写真の活用が有効である。

〈参考文献〉

- 1) 日本道路協会：落石対策便覧，1983，7
- 2) 高速道路調査会：落石防護工の設置に関する調査研究報告書，1974，2
- 3) 日本道路協会・道路施設調査特別委員会：道路防災施設調査報告書，1980，3
- 4) 土木研究所急傾斜地崩壊研究室：富士山落石災害対策調査報告書，1983，3
- 5) 仲野，田村：斜め写真の斜面調査への利用，第38回建設省技術研究会講演概要集（河川部門），1984，11



(a) S.9～S.12, K 9～K 10 付近の斜面状況



(b) S 1～S 3, K 1～K 4 付近の斜面状況

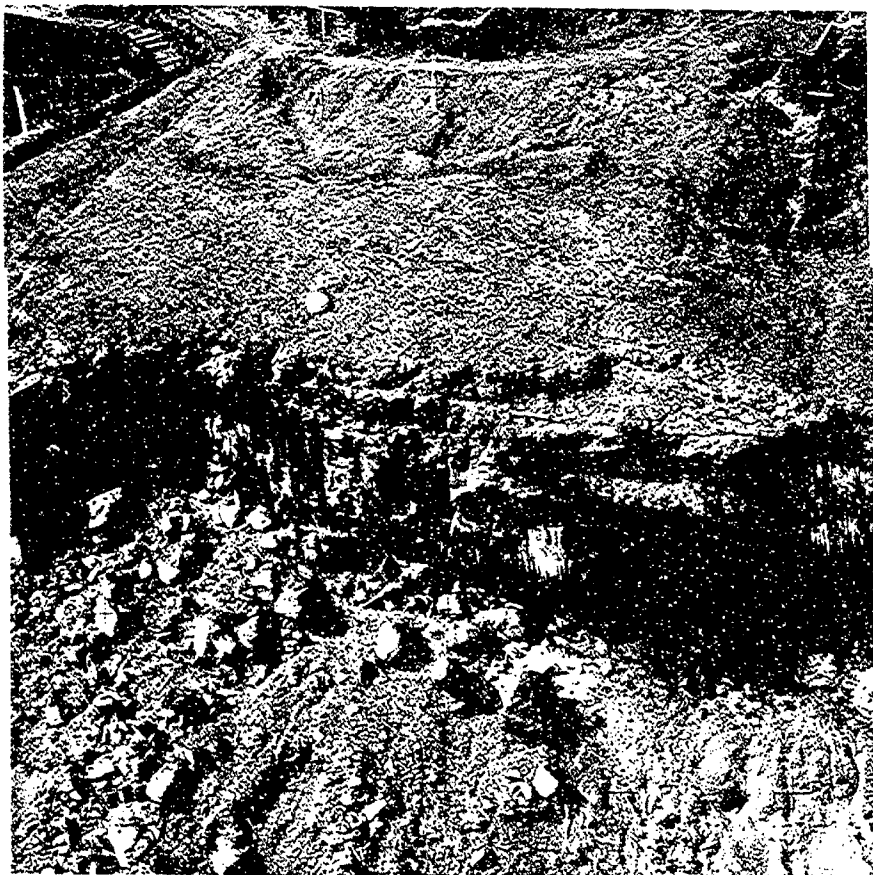


(a) 調査地全体の斜面状況



(b) 流紋岩の露頭の状況

斜め写真による落石斜面の危険度判定調査



(a) 久須志岳（单元斜面Ⅲ付近）の崖面状況



(b) 白山岳の崖面状況

落石の危険度判定調査報告書

I S S N 0386-5878

土 研 資 料 第2190号

昭和60年3月 (1985年)

キーワード：落石、危険度判定、斜め写真

急傾斜地崩壊研究室 仲野公章
石近則男

要 旨

本報告書では、落石の実態、落石の危険度判定手法について概説するとともに、落石の危険度判定手法を上り客観的にするために実施した3例の調査事例を報告している。また、斜面調査における斜め写真の有効性についても述べている。



