



—土木研究所資料—

987号

地すべりの実態統計(その1)

昭和50年2月

建設省土木研究所
砂防部地すべり研究室

土木研究所資料 九八七号

地すべりの実態統計(その一)

昭和五十年二月

建設省土木研究所

目 次

I ま え が き	1
II 調 査 方 法	1
III 調 査 結 果	6
III-A 調査結果 (A部門) 一個々の集計結果 -	6
1. 地すべり地形	6
2. 地すべりによる変状	8
1) 地すべり全体の変状	8
2) 地すべり上部・中間部・末端部の変状	10
3) 地すべりによる構造物の変状	16
3. 地すべり規模について	17
1) 地すべり平面規模	17
2) 地すべり縦断規模	19
3) 地すべり形状比	24
4) すべり面位置	30
5) すべり平面, 縦断形状	31
4. 移動土塊の特性について	32
5. 地すべり基盤岩の特性について	33
6. 地下水位状態について	34
7. 地すべり運動形態について	35
8. 地すべり発生誘因について	36
9. 地すべり地の土地利用状況について	36
10. 地すべり調査について	38
11. 地すべり防止対策工について	40
12. 地すべり安定解析について	41
III-B 調査結果 (B部門) 一組合せによる型分類	42
1. 地すべり地形について	44
2. 移動土塊の特性について	47
3. すべり面について	50
4. 地下水位について	59
5. 地すべり発生誘因について	60
III-C 調査結果 (C部門) 一新第3紀層地すべりと中古生層地すべりについて -	63
IV あ と が き	68
V 巻 末	69

I ま え が き

自然斜面の滑落現象の中で、地すべりは、その規模が大きく、この為その滑落による被害も甚大であって多数の生命、財産や公共施設が影響を受けるものである、特に最近の国土の急速な開発は更に地すべりの被害を急増させつつあり、われわれのすむ国土の環境を壊すと共に社会に対して大きな影響を与えている。

地すべりと云う現象は、地下深部にそのすべりの現象を秘めているため、視察のみによってその機構を明確に捕える事は相当難しく、多くの経験が必要とする。勿論調査の手段については最近の科学の進歩によって或程度有用な手段が得られているが、要はその様な有用な手段をどの位置で、どの程度行うか、そして対策工はどのようにするかを事前に或程度決めてからならなければならない事にある。此を行なわないと、多額の経費や無駄な経費を要し、しかも地すべり運動を抑制することができなくなる。

自然と云うものはほとんど無限と云ってよい程の因子の相互関係のバランスの上に成立っている。此を我々の測定し得るわずかなデータでシステムチックに解明しようとするのは真におこがましい限りで、その為には出来るだけ沢山の情報（その大部は数量化できないものではある）が必要である。

ここに、全国地すべり、崖くずれ対策協議会の協力を得て、地すべりの形態、性質、社会性、調査対策等についての資料を全国の各県の御協力を得て集めて頂き作業を行った。これ等の中から、幾分でも地すべりの性質についての情報を把握できれば幸いであるが、いざやってみると、設問の不備や説明不足等から十分な成果は得られなかったように思う。今後更に第2回の調査を行って、もう少し地すべりの実態を明らかにしてゆきたいと思っている。資料作成に御協力頂いた各県の地すべり担当者に厚く御礼申上げる。

総 括	渡	正 亮
調査書作製	中 村 浩 之	
整 理	板 垣 治	

II 調 査 方 法

アンケート調査は昭和48年度において施工した地すべり箇所1/3程度を記入し、地すべりの選択に当っては地すべりの全土量が滑落した地すべりは除き、各県において、過去に運動した経歴をもつ性格の異なる地すべり地を選択してアンケート調査をおこない集計したものである。なおアンケートの調査内容については巻末の最後に参考資料としてとじた。

A. 部門（個別の集計結果）

1. 地すべり地形
2. 地すべりによる変状
 - 1) 地すべり全体の変状について
 - 2) 地すべり上部の変状について
地すべり中間部の変状について
地すべり末端部の変状について
 - 3) 地すべりによる構造物の変状について
3. 地すべり規模
 - 1) 地すべり平面規模（幅，長，面積）について
 - 2) 地すべり縦断規模（地表面勾配，すべり面勾配）について
 - 3) 地すべり地の形状（長／幅，幅／深さ，長／深さ）について
 - 4) すべり面位置について
 - 5) すべり平面，縦断形状について
4. 移動土塊の特性
5. 地すべり基盤岩の特性
6. 地下水状態
7. 地すべり運動形態
8. 地すべり発生誘因
9. 地すべり地の土地利用状況
10. 地すべり調査
11. 地すべり防止対策工
12. 地すべり安定解析

B. 部門（組合せによる型分類）

C. 部門（新第三紀層地すべりと中生層地すべりについて）

上記した項目について詳細にアンケート調査を行った。調査した対象個数は141ヶ所，36府県で収集個所は表-1に示し，又その個所の地すべり基盤岩の生成年代ごとに分けてプロットしたのを図-1に示した。

なおそれぞれの組合せによる型分類については後述のB部門において詳細にのべ，又C部門では新第三紀層地すべりと中・古生層地すべりの特質と相置点についてのべる。

表-1. アンケート調査より対象とした地すべり地名

地 方	都道府県名	地 区
北 海 道	1. 北 海 道	
東 北	2. 青 森	(1) 下 前
	3. 岩 手	(1) 八 幡 平 (2) 西 法 寺
	4. 秋 田	(1) 谷 地 地 区 (2) 沼 の 沢 地 区
	5. 宮 城	
	6. 山 形	(1) 大 網 (2) 与 吾 敷 (3) 田 の 沢 地すべり (4) 小 新 倉 地すべり (5) 白
	7. 福 島	
	8. 栃 木	
関 東	9. 群 馬	(1) 中 木 山 地すべり (2) 戸 室 山 地すべり (3) 少 林 山 地すべり
	10. 埼 玉	(1) 中 の 沢 地すべり防止区域
	11. 茨 城	(1) 中 丸 地 区
	12. 千 葉	(1) 平 群 (2) 今 平
	13. 東 京	
	14. 神 奈 川	(1) 水 源 地
	15. 山 梨	(1) 水 境 沢 (2) 西 沢
北 陸	16. 新 潟	(1) 新 芋 之 水 島 (2) 桑 曾 根 (3) 栗 沢 (4) 矢 津 (5) 下 倉 (6) 小 池 (7) 大 平 (8) 小 見 (9) 大 中 (10) 夏
	17. 石 川	(1) 爪 代 生 (2) 安 見 原 (3) 見 砂 (4) 惣 嶺 地すべり (5) 赤 崎 地すべり (6) 下 縄 又 (7) 神 子 原 (8) 河 二 崎 (9) 北 子 (10) 山
	18. 富 山	(1) 一 十 剱 島 (2) 八 生 (3) 浅 見 (4) 国

中 部		(5) 論 田 (6) 小 滝
	19. 福 井	(1) 安 居 山
	20. 長 野	(1) 日 方 (2) 清 水 山 (3) 古 間 (4) 引 の 田 (5) 倉 並 (6) 古 坂 (7) 葛 草 連 (8) 北 足 沼 (9) 豊 盛 (10) 合 原 (11) 茶 臼 山 (12) 石 原 (13) 上 奈 良 井
	21. 静 岡	
	22. 岐 阜	(1) 富 士 下 (2) 山 神
	23. 愛 知	(1) 赤 坂 区 域 (2) 大 平 区 域
	24. 奈 良	(1) 塩 野 (2) 曾 弥
	25. 和 歌 山	(1) 畑 (前田) 地 区 地すべり対策工 (2) 沼 田 地 区 (3) 黒 松 地 区 (4) 海草郡下津町市坪地内 (5) 葛 谷 地 区
	26. 京 都	(1) 東 畑
	27. 三 重	(1) 小 岐 須 区 域
近 畿	28. 滋 賀	
	29. 大 阪	
	30. 兵 庫	(1) 宮 神 地 区 (2) 灘 油 谷 地 区 (3) 鮎 原 地 区 (4) 柳 谷 地 区 (5) 宿 地 域 (6) 境 地 区
	31. 岡 山	(1) 名 杭 地 区 (2) 天 原 地 区 (3) 宇 戸 地 区
中 国	32. 広 島	(1) 僧 殿 地 区 (2) 大久保小
	33. 山 口	(1) 掛 瀨 地 区 (2) 久 津 西 地 区 (3) 久 原 地 区 (4) 白 木 地 区 (5) 大 島 地 区
	34. 鳥 取	(1) 門 谷
	35. 島 根	(1) 中 畑 地 区 (2) 別 所 地 区 (3) 呑 水 地 区

四 国		(4) 菱 根 地 区 (5) 久 年 地 区
	36. 愛 媛	(1) 高 山 地 区 (2) 川 内 地 区 (3) 大 影 地 区 (4) 大 江 地 区 (5) 中 野 地 区
	37. 香 川	
	38. 徳 島	(1) 市 宇 (2) 金 石 (3) 江 島 (4) 殿 宮 (5) 東 鎮 山 (6) 元 山 (7) 川 山 (8) 倉 保 (9) 中 筋 (10) 竹 尾 (11) 田 平 (12) 浦 山 (13) 谷 口 カ ゲ (14) 善 徳 (15) 生 実 (16) 有 瀬 (17) 九 鬼 (18) 森 遠 (19) 大 藤 (20) 上 嵯 峨
	39. 高 知	(1) 八 畝 (2) 寺 村 (3) 繁 藤 (4) 長 者 (5) 権 代
	40. 福 岡	(1) 二 島 (2) 木 浦 (3) 国 武
	41. 佐 賀	
	42. 長 崎	(1) 三 本 木 地 区 (2) 坊 の 上 地 区 (3) 柚 木 地 区 (4) 鶯 尾 地 区 (5) 大 屋 地 区
	43. 大 分	(1) 錦 田 (2) 中 西 (3) 日 平 (4) 中 無 礼
	44. 熊 本	(1) 筒 井 (2) 上 河 内
九 州	45. 宮 崎	(1) 西 平
	46. 鹿 児 島	(1) 宮 之 浦 地 区
	47. 沖 縄	

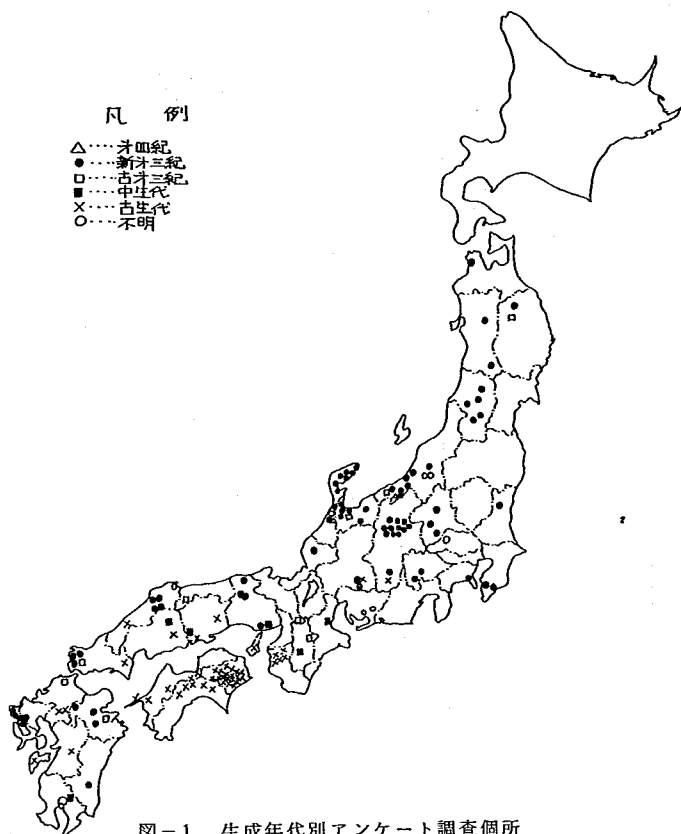


図-1 生成年代別アンケート調査箇所

Ⅲ-A 調査結果（A部門）-個別集計結果-

1. 地すべり地形

地すべり地は一般に“地すべり地形”という特異な地形を呈するといわれている。したがって地形図又は空中写真等を利用すればかなりの範囲の地すべりの判読が可能と言われている。

地すべり地形の特徴について、図-2で見られるような項目についておこなった。一般の山復の斜面勾配は上から下へ向かって漸移的にゆるくなるため一般に等高線がほぼ一定間隔の曲線群を構成するのに対して地すべり地帯の等高線は過去に地すべりの経歴をもっているとその平行線の中に乱れを生じて不規則な配列をなしてくる。調査の結果、等高線の不整列は84%も見られた。

又地すべり地形は一種の滑落地形で上部には滑落崖に相当する急傾斜の急崖あるいはリング状の陥没帯が見られ、中央部には一般に台地状の緩斜面、さらにその下部の末端部には土塊の押し出しあるいは隆起を伴って出来た急傾斜面が見られる。又台地部の山側にあたる傾斜の変換点はいわゆる湿潤で、池沼や湿地などが点在していることが多い。調査結果でも頭部の急崖は54%も見られ、台地状緩斜面が72%、池、沼や湿地等が59%も存在していた。これらの特徴を把握しながら“地すべり地形”の判読に地形図や空中写真を利用すればかなりの判読可能となろう。

地すべりの発生した場所の地形を4つの項目に大別した。凹状地形、凸状尾根状地形、凸状台地状地形、段丘状地形と分け、この模式図を図-3に示し、その

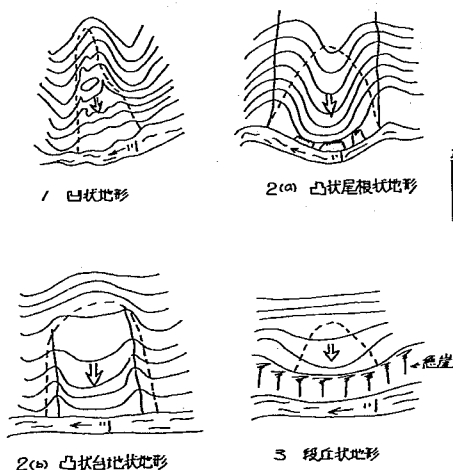


図-3 地すべり地形模式図

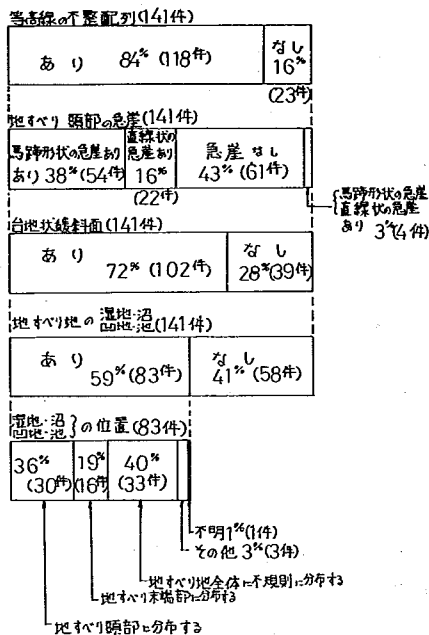


図-2 地すべり地形の特徴別頻度

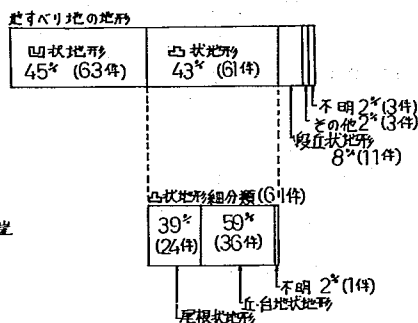


図-4 地すべり地形模式図別頻度

調査結果を図-4に表わした。地すべりの発生は凹状にも凸状にも相当な割合で発生しており、地すべり斜面はたえず運動を繰り返しながら凸状地形から凹状地形へと地形変化を続けて変遷し成長してゆくものであることがわかる。

2. 地すべりによる変状

1) 地すべり地全体の変状について

地すべりは地塊の一部又は全体が何らかの作用で下方へ滑動する現象であり、そこで地塊の一部又は全部が移動するに伴ない地表面上にも何らかの変状が見られる。その変状についても土塊の性質、地形、地質等に影響されて種々な変状を示しながら土塊が運動している。

地すべりによる変状状態を斜面全体からながめて見ると前述したとおり、一般的に急崖又は陥没が見られ、隆起が見られクラックがあり、場所により湧水が見られ、又地すべり区域がクラック、陥没等で鱗片状にブロック化されているのが見られる。これらの変状は、地質、地形、基盤岩の特性、移動土塊の質等により運動速度も異なり、変状過程も異なる。そこでまず陥没の変状過程について図-5(a)に示した。これによると全体の48%に陥没が見られ、そのうち1ヶ月～5年以上の緩慢な地すべり運動による徐々な変状が過半数をしめている。又突発的な陥没変状も2割近くを占め地すべりの発生が突発的であるので、災害も甚大となりやすく、今後の国土開発の進展に伴ない相当数発生すると思われるが予知技術の困難性が伴ない、より一層注意すべき地すべりとなろう。又陥没なしと答えたのが全体の28%も見られたが、地すべりの移動量が小さいため落差を生じ陥没までに至らぬためと思われる。

地すべりは下方移動、回転運動することにより、一時的にバランスを保ち安定化へ向うがその時に隆起の発生がみられる。そして地すべり末端部にあるいは2次的地すべり発生がみられる

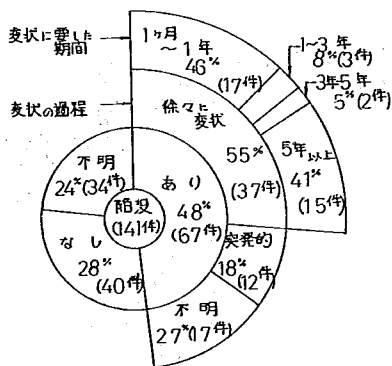


図-5(a) 陥没部の変状過程

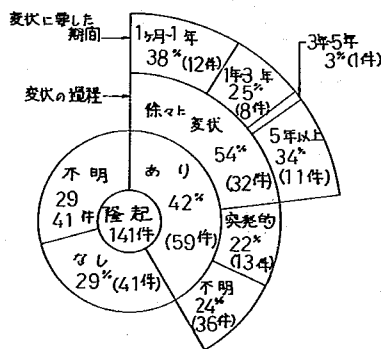


図-5(b) 隆起部の変状過程

その隆起も陥没と同様にすべり面の位置、地形、地質構造、基盤岩の特性等に影響されて生じるものと生じないものがあり、かつ変状の過程も地すべりの特性により異なる。図-5(b)に隆起部の変状について示した。隆起ありが42%をしめし、その中で徐々に変状するもの(1ヶ月~5年以上)が54%、突発的が22%となっており、かなり突発的な地すべりにも隆起が見られた。隆起なしが全体で29%もあるがこれは地すべり末端部に抵抗するものがなく応力開放的になっているためであろうし、地すべりの運動量が小さいため現われなかったことにもよる。

図-5(a)、図-5(b)を比較して見ると、陥没あり48%、隆起あり42%となっている。つまり陥没程度の変状が見られれば地すべり末端部にはかなり隆起が見られ、地すべり規模、範囲を決定するのに有益な手段となろう。

陥没、隆起については、相当な地すべり運動量がなければ発見しにくい、クラック(キレツ)の発生は、ある程度の運動でも生じる。図-5(c)にクラックの発生とその変状過程について示した。クラックの発生ありが全体の93%も見られ、このうち徐々に変状するのが68%、突発的な変状が17%であった。従って地すべり地には必ずクラックの発生が見られるといっても過言でなく、かつ新旧のクラックの発見が現在の地すべりの規模、範囲を決定する大きな要因となり、図-5(a)、(b)と図-5(c)を比較した場合でも陥没ありは48%だがクラックの発生は93%にもなることでうかがえるし、陥没発生はクラックが或程度進行した後に発生することも察知できる。

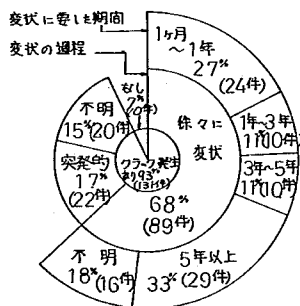


図-5(c) クラックの発生とその変状過程

地すべり区域内で地すべりをそれぞれブロック分けすることは重要な意義をもつ。運動ブロックを決定することはそれぞれのブロックの今後の調査や、対策施工を合理的に計画実施する上で重要なことであるし、又地すべりの予知対策へもつながる。地すべりの規模の決定はまず一義的に地すべり地表面上の変状、特にクラック発生、隆起、陥没等で決めたのち概査、精査で最終的に決定するが、前にのべたように地表面上のクラックの分布、地すべり地形等をかなり正確によむことにより地すべりブロック数を決定できると思われる。地すべり斜面はたえず運動を繰り返し、変遷しながら成長しているため、1つのブロックより分化して小さく分かれるし、その過程で地すべり土塊の風化撓乱が進み、地すべり土塊自身も岩塊からレキ混り土塊、粘性土へとかわり地すべりの発生頻度も速くなるなどブロック分けは重要な意義があると同時

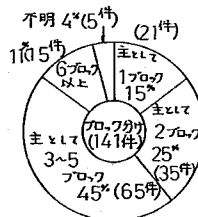


図-5(d) 地すべり地のブロック数

に非常にむずかしい問題でもある。図-5(d)に今回調査した地すべり地のブロック数を示した。これによると3ブロック以上が56%をしめ、かなり進行した過去の地すべり経歴のある地すべり地が多いことがわかる。

地すべり地の湧水の状況変化について、図-5(e)に示めた。湧水に変化があったのは全体の31%(44件)であり、その中で地すべりの運動により

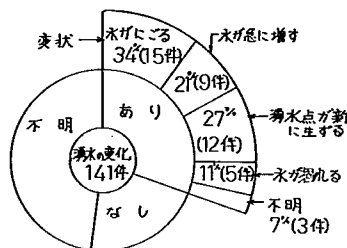


図-5(e) 湧水状況変化

乱された土の土粒子が地下水に混り懸濁水となって出たと思われるものが15件、地すべりの運動により従来の地下水脈等が閉塞されて新たに水脈が発生し湧水したのが12件、水が急に増水したのが3件、水がかれたのが5件となっており、地すべりが発生することにより湧水にかなりの異常現象がみられることがわかる。

2) 地すべり上部の変状、中間部の変状、末端部の変状について

地すべり地表面の全体的な変状について今まで述べて来たが、さらに詳細に地すべり上部、中間部、末端部において、地すべり現象の特徴、性状はどういうものであるかさらに検討を加えた。

地すべりが進行してゆく過程でそれぞれどのような変状が見られるのか、図-6に地すべり各部分の変状について示めた。(a)に地すべり上部の変状、(b)(c)に地すべり中間部の変状(d)に地すべり末端部の変状についてそれぞれ示した。

上部変状(141件)	
あり 82% (116件)	なし 18% (25件)
クラックの発生(116件)	
あり 89% (103件)	なし 12% (13件)
主クラック(103件)	
あり 64% (66件)	なし 36% (37件)

図-6(a) 上部の変状

中間部の変状(141件)	
あり 91% (128件)	なし 9% (13件)
2次3次クレツ (128件)	
あり 39% (50件)	なし 54% (69件)
隆起 (128件)	
あり 22% (28件)	なし 47% (60件)
陥没 (128件)	
あり 28% (36件)	なし 49% (62件)
湧水 (128件)	
あり 66% (84件)	なし 30% (39件)
小崩壊 (128件)	
あり 69% (88件)	なし 29% (38件)

図-6(b) 中間部の変状

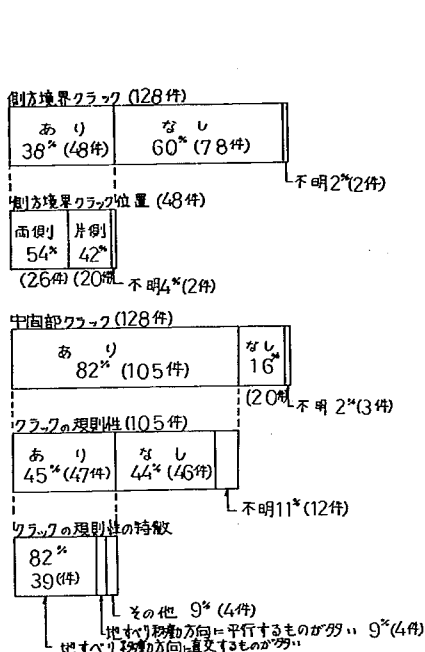


図-6(c) 中間部の変状

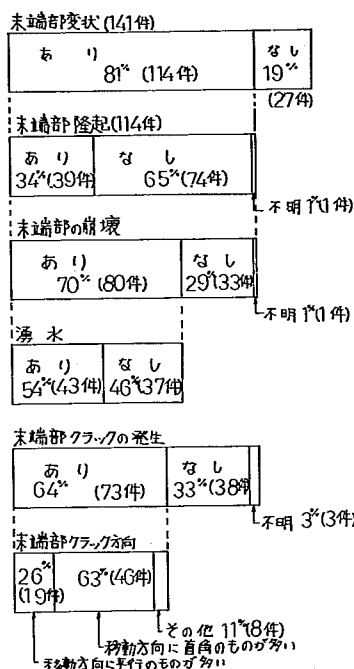


図-6(d) 末端部の変状

図-6 各部の変状について

地すべり変状について上部82%, 中間部91%, 末端部81%にみられ, 全体として相当な変状が地すべり全体に見られるし, 特に中間部に変状が多いのは, 地すべり地がいくつかの運動ブロックに分割された結果であろうと考える。又クラックの発生も上部89%, 中間部82%, 末端部64%と下方へゆくに従い減少しているが, これはテンションクラックが非常に明瞭なのに較べて末端のコンプレッションクラックが目立たないせいであろうと思われる。又上部には主クラックが141件中66件見られ, 中間部でも2次, 3次キレツ(50件), 小崩壊(88件)隆起(28件), 陥没(36件)が見られ, 末端においても同様に崩壊(80件)や隆起(39件)が見られ, かなりのブロック化が進んだ複雑な変状を呈していることがこの数字でもわかる。

又クラックの規則性については, 地すべり頭部では, 地すべり移動方向と直交する引張亀裂を生じるが, 地すべり中間部, 末端部のクラックについては, 移動土塊の性質, 基盤岩の構造, 性質, すべり面縦横断形状, 地質等の影響を受け, 地すべり移動方向に直交するもの, 平行するもの等いろいろな亀裂を生じているのがうかがえる。又側方クラックについても発生したクラック

のうち両側に生じたのが54%, 片側のみが42%となっており, 特に移動土塊がすべり面形状に左右されて, いづれか一方に偏圧しつつ運動している例が多いことがわかる。

地すべり地の中間部, 末端部の崩壊がかなり見られ, 将来地すべり移動土塊のバランスを失ない不安定化を招く好材料となるので注意を要すると思われるし, この崩壊発生が地すべりの予知にも関係するのであろう。

a) 主クラックについて

地すべり地形の頭部に生ずる主クラックは昔からの地すべりの滑落崖と一致している場合と主クラックのはるか上方斜面上に滑落崖がある場合とで幅, 長さ等の形状規模が違うと思われるがここでは区別できず一緒に扱った。

地すべり土塊の上部主クラックの延長の平均値は119.6mである。この主クラックの件数62個を50m毎に7段階にし, それぞれの頻度を示すと図-7(a)のようになる。100m以下の頻度が過半数を占め, 150mまでで71%を占めている。

又同様に主クラックの幅についての平均値は1.98mで, 0.5m毎に7段階して, 図-7(b)に示した。クラックの幅は1.5~1.9mに全然なく, 0~1.4mと2m以上とに大別できた。

又主クラックの落差の平均値は3.3mである。それぞれの頻度を図-7(c)に示した。主クラックの落差は各段階ごとにそれぞれ分布していた。

解答 62件 不明 4件			
延長 m	件数	頻度	相対累積度数
0~49	22	36	36
50~99	10	16	52
100~149	15	24	77
150~199	3	5	82
200~249	7	11	93
250~299	1	2	95
300~	5	8	100
計	62	100	

平均 119.6m

解答 57件 不明 9件			
主クラック幅 m	件数	頻度	相対累積度数
0~0.4	29	51	51
0.5~0.9	13	23	74
1.0~1.4	5	9	83
1.5~1.9	0	0	83
2.0~2.4	3	5	88
2.5~2.9	4	7	95
3.0~	3	5	100
計	57	100	

平均 1.98m

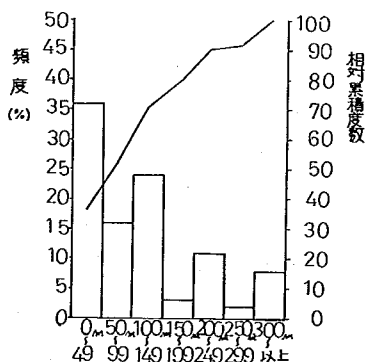


図-7(a) 主クラックの延長頻度分布図

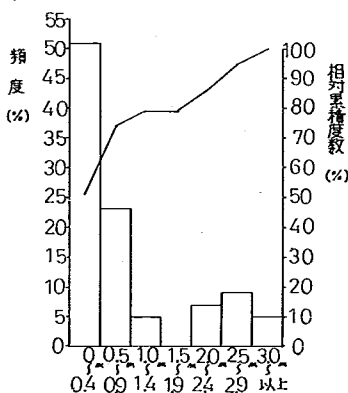


図-7(b) 主クラック幅の頻度分布図

今回集計した地すべり地での代表的な主クラックをもつ地すべり地名を掲げると、主クラック延長では長野県の茶臼山地すべり(約500m)、富山県の国見地すべり(約1000m)、幅においては、長野県の清水山地すべり(約60m)、鳥取県の門谷地すべり(約110m)、又落差においては茶臼山地すべり(約30m)、清水山地すべり(約35m)等である。

b) 頭部の陥没帯について

地すべりの発生当初、まず最初に見られるのは、たいていの場合、頭部のクラックであり、このクラックはすべり方向に直角に現われ、次第に段落ち状となり運動の進行とともにその落差は大きくなる。この落差が大きくなるか否かが頭部のTension Crackの判断基準となり、運動が大きくなると頭部のTension Crackは主クラックと呼ばれ進行と共に崖状になる場合とその付近の土塊に主クラックと平行の陥没帯

ができる場合とがある。この陥没も基盤岩や移動土塊の性状、すべり面形状、などによりいろいろな陥没地形を呈しているが、ここではスリ鉢状陥没と帯状陥没とに大別した。

図-8に頭部陥没帯の特徴について示した。陥没の発生は全体の割合の48%がみられ、このうち帯状陥没(61%)がスリ鉢状陥没(39%)より多く発生していた。

スリ鉢状陥没の特徴について、陥没個数、陥没直径、陥没平均深さについて、それぞれ図-8-(1)(a), (b), (c)に示した。陥没は分化が少なく1個のみのものが21件中14件をしめし、陥没の直径が大きい程発生頻度が多いのに、逆に深さが大きい程個数が小さい傾向をしめしている。

帯状陥没についても同様に検討してみた。調査対象個数も35件と少ないが、帯状陥没延長について、幅50m毎に7段階に分け、それぞれの頻度を図-8-(2)(a)にしめた。又帯状陥没幅についても4段階に分けて、それぞれの頻度を図-8-(2)(b)に示し、帯状陥没深さについても、図-8-(2)(c)に示した。

帯状陥没の延長は、0~49mまでに35%、50~99mに35%、100~149mに

落差(m)	件数	頻度%	累計頻度%	平均
0~0.4	13	21	21	33m
0.5~0.9	9	15	36	
1.0~1.4	12	20	56	
1.5~1.9	8	13	69	
2.0~2.4	4	7	76	
2.5~2.9	14	22	100	
計	61	100		

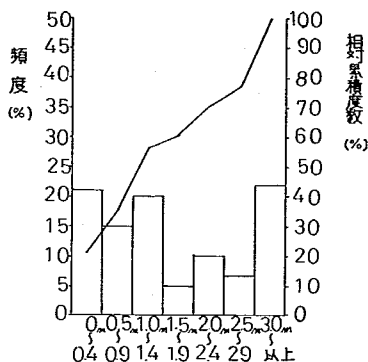


図-7(c) 主クラック落差の頻度分布図

図-7 クラックの変状について

頭部の陥没率(117件)

陥没あり 46* (57%)	陥没なし 52* (60%)
スリパチ 状陥没 39*	巣状陥没 61* (35%)

(22件)

図 8-1 スリパチ状陥没の規模

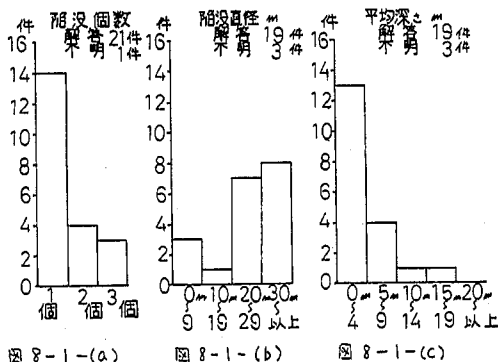


図 8-1-(a)

図 8-1-(b)

図 8-1-(c)

図 8-1(1) スリパチ状陥没の規模

図-8 頭部陥没の特性

延長 m	件数	頻度 %	相対累積頻度 %
0~49	12	35	35
50~99	6	18	53
100~149	0	0	53
150~199	0	0	53
200~249	0	0	53
250~299	1	3	56
300以上	1	3	59
計	34	100	

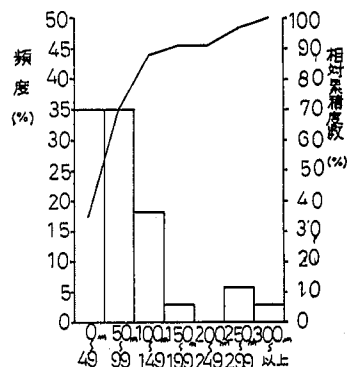


図-8-(2)-(a) 陥没延長頻度分布図

解着 34 件
不明 2 件

幅(m)	件数	頻度(%)	相対累積頻度(%)
0~9	15	44	44
10~19	11	32	76
20~29	3	9	85
30~以上	5	15	100
計	34	100	

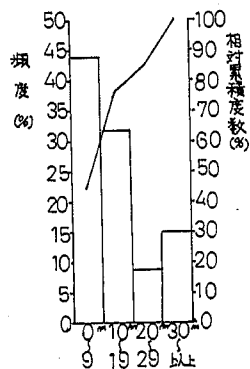


図-8-(2),(b) 陥没幅頻度分布図

解着 33 件
不明 2 件

深さ(m)	件数	頻度(%)	相対累積頻度(%)
0~4	21	64	64
5~9	4	12	76
10~14	1	3	79
15~19	0	0	0
20~以上	7	21	100
計	33	100	

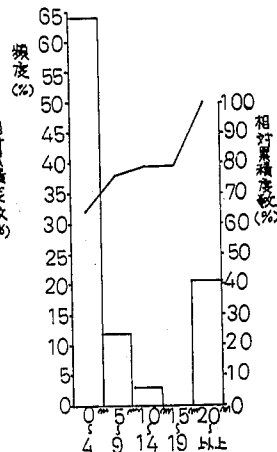
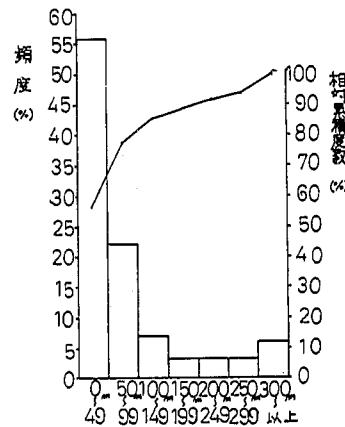


図-8-(2),(c) 陥没深さ頻度分布図

図-8-(2) 帯状陥没の規模

解着 36 件
不明 2 件

隆起長さ(m)	件数	頻度(%)	相対累積頻度(%)
0~49	20	56	56
50~99	2	6	62
100~149	1	3	65
150~199	1	3	68
200~249	1	3	71
250~299	1	3	74
300~以上	2	6	80
計	36	100	



末端部隆起長頻度分布図

図-9 末端部隆起

18%をしめし、幅は0～9mに44%、10～19mに32%、深さは0～4mに64%、5～9mに12%しめていた。以上のことより帯状陥没の形状は延長149m以下、幅19m以下、深さ9m以下というのが一般的なものといえることができる。

c) 地すべり末端部の隆起について

地すべりの末端部に隆起を伴う場合、たいていすべり面が弧状である。末端部の隆起はこの部分がすべる力に抵抗している証拠であり、従って頭部の主クラックの落差や陥没深さくらべ隆起量は、甚だしく小さくなる傾向があるので隆起高、延長、幅等の明確なる測定を行うことは非常にむずかしい。一応ここでは隆起延長のみについて、36件を50m毎に7段階に分けて、それぞれの頻度を図-9に示した。0～49mで56%、50～99mで22%となり、100m以下で78%を占めている。又主クラックの延長(図-7(a))と比較しても末端部の隆起の延長の方が小さな値を示していることが頻度分布図をみてもわかる。これは地すべり地が一般に上部斜面の移動量が末端部のそれに比して甚だしく大きい事から当然といえよう。

3) 地すべりによる構造物の変状について

地すべり地内に構造物があった場合、その構造物の強度、形状、規模、寸法等により変状度も違うし、又地すべり土塊の規模、運動状態、地すべり頭部に位置しているか、末端部に位置しているのか、又地すべり地のどのような深さに位置しているのか等により変状も違う。

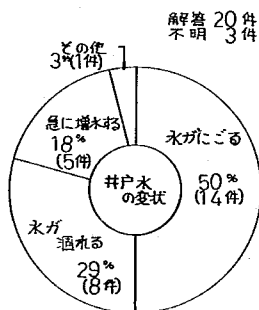
地すべり区域は一般に地下水位が高いため人家、水田の利用度も高い。それ故、井戸数もかなりありその変状について調べて見ると、図-10で見られる様に141件の地すべり地内で23件も井戸に変状があり、そのうち水が濁るのが14件、水がかわれるのが8件、急に増水するのが5件となっていた。

次に構造物の被害状況とその被害状況について図-11に示した。地すべり斜面に構造物があれば地すべりの運動状態により、構造物が変状するのは当然のことである。又今日の地すべり地内には、かなり公共性のある建物、

道路、人家等が存在し、かつかなりの被害を受けているのがわかる。例えば家屋は141件中103件までが被害を蒙り、道路、石垣、擁壁もかなり高い数字の被害になっていることがわかる。

井戸水の変状(141件)

あり	なし	不明
16% (23件)	28 (40件)	56% (78件)



井戸水の変状頻度分布図

図-10 井戸水の変状

3. 地すべり規模について

地すべりの規模について、長さ、幅等の決定は非常にむずかしい。例えば地すべりは特に地質、地形等の素因に大きく影響されているが、その地すべり区域では同じような地質がある程度の範囲で分布しているし、又地形も同じような地形をしている、しかも地すべりの発生は多くの運動ブロックにわかれて発生している。その上、地すべり斜面はたえず運動を繰り返しながら次第に異ったタイプへ変遷してゆき又、運動の大きさにより運動ブロックが細分化されるため、それぞれの運動ブロックの規模決定はかなりむずかしい問題である。ここで規模として取りあげたのは地すべり防止区域内で現在防止対策の対象として考えている地すべりブロックを規模の単位として考えて検討した。

(1) 地すべり平面規模について

a) 地すべり幅について

地すべり幅について136個のデータの

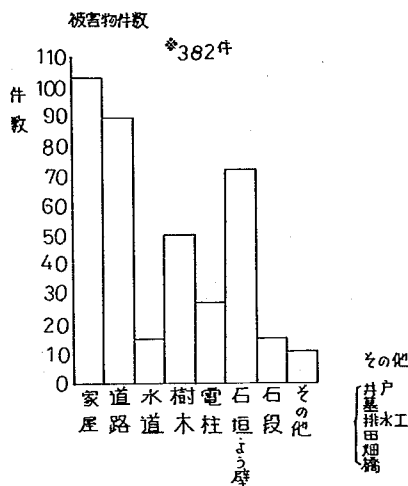
平均値は324mで、この136個を100m毎に6段階にしてそれぞれの頻度を示すと図-12(a)のようになる。幅0~99mで21%、100~199mで24%、200~299mで18%となり、300m以下を合計すると63%を占めている。頻度平均値より実際の幅の平均値(324m)が高いのは、500m以上のものが19%も占めていたためである。

ちなみに今回集計した中で大きな地すべり幅をもつ地すべり地名をあげると青森県下前地すべり(約1,000m)、富山県国見地すべり(約1,000m)、論田地すべり(約1,200m)、徳島県中筋地すべり(約1,000m)、善徳地すべり(約1,000m)、生実地すべり(約1,500m)等である。

又地すべり幅と昭和47年度に土研急傾斜地崩壊研究室が行った崖くずれの統計*の中の崖くずれの幅(調査個数201件の頻度分布を図-アに示す)と比較してみると崖くずれの幅は0~9mで32%、10~19mで41%、20~29mで15%となり、0~19mで73%も占め、平均値をとると17.1mであった。地すべり幅の平均値は324mで数字でも明ら

建造物の被害(141件)

あり	91% (129件)	なし	9% (12件)
----	------------	----	----------



建造物別被害状況

図-11 地すべりによる被害

* 土研資料772 “がけ崩れ災害実態調査(中間集計)-S47.6-

解答 136件
不明 5件

幅 m	件数	頻度 %	累積頻度 %
0 ^m ~99	29	21	21
100 ^m ~199	33	24	45
200 ^m ~299	24	18	63
300 ^m ~399	12	9	72
400 ^m ~499	12	9	81
500 ^m 以上	26	19	100
計	136	100	

平均幅 324 m

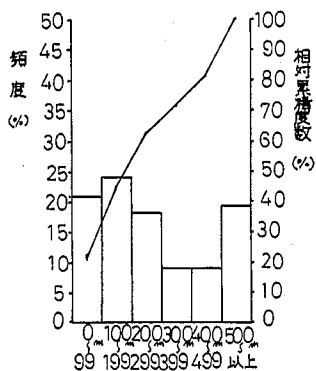


図-12(a) 地すべり幅頻度分布図

解答 201
不明 0

(V) 範囲	個数	頻度 %	累積頻度 %
0~9.9	32	15.9	15.9
10~19.9	41	20.4	36.3
20~29.9	15	7.5	43.8
30~39.9	5	2.5	46.3
40~49.9	2	1.0	47.3
50~59.9	1	0.5	47.8
60~69.9	1	0.5	48.3
70~79.9	1	0.5	48.8
80~89.9	1	0.5	49.3
90~99.9	1	0.5	49.8
100~109.9	1	0.5	50.3
110~119.9	1	0.5	50.8
120以上	1	0.5	51.3
計	201	100	

平均 17.1 m

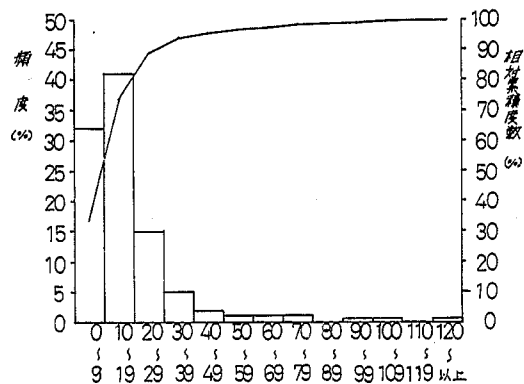


図-ア 崩壊（崖くずれ）幅頻度分布図

かな様に、地すべり幅が崖くずれ幅の10倍以上もあることがわかる。

b) 地すべり長さについて

地すべり長さについて137個のデータの平均値は458mで137個を6段階にしてそれぞれ頻度を示すと図-12(b)のようになる。長さ0~99mで9%, 100~199mで18%, 200~299mで20%となり300m以下を合計すると47%となる。又500m以上でも32%も占めていた。これも前述した幅と同様に頻度数の平均値より実際の長さの平均値(458m)が高いのは、生実地すべり(約1,000m) 国見地すべり(約1,500m), 新潟県小見地すべり(約1,500m), 清水山地すべり(約2,000m), 茶臼山地すべり(約2,000m)等の長大なものがあり、これらの影響のためである。

又崖くずれの長さについては図-1で示されているとおりである。0~9mで9%, 10~19mで40%, 20~29mで21%, 30~39mで10%をしめ、40m以下で80%もしめている。平均値をとると30.6mであり、これも地すべりの長さとは比べてみると崖くずれの長さの10倍以上が地すべりの長さとなっている。

c) 地すべり面積について

地すべりの長さとは幅を掛けると面積となるが、長さ、幅と同様な方法で8段階に分けてそれぞれの頻度を図-12(c)に示した。0~9haが57%と半数を示している。又70ha以上が10件あるが、その中で生実地すべり(約225ha), 論田地すべり(約125ha), 国見地すべり(約150ha)など大面積の地すべりとしてあげられた。又平均値をとると19.7haである。

これに対して崖くずれの面積は、図-1(e)でしめされたとおり、0~99m²で18%, 100~199m²で24%, 200~299m²で13%, 300~399m²で10%をしめ、400m²以下で65%もしめていたが平均値をとると606m²となっているがこれは1,000m²(0.1ha)以上のものが15%も占めているのでこの影響のためである。

崖くずれの面積と地すべり面積を比べてみると明らかなように地すべりの平均面積は崖くずれの約300倍ということになる。

(2) 地すべり縦断規模について

a) 地すべり地表面勾配について

地すべりの地表面は地すべり変状のところで述べたように種々な地形を呈していることがわかったが実際、地すべり斜面の上部、中間部、末端部でどのくらいの勾配値をとるのか、5°毎に10段階に分けて、地すべり上部の地表面勾配の頻度分布図を図-13(a)(I)に、中間部の地表面勾配を図-13(a)(II), 末端部を図-13(a)(III)にそれぞれしめた。

地すべり地表面勾配のそれぞれの平均値は、グラフでも明らかな様に、上部で23.5°, 中間部で16.7°, 末端部になると20.8°をしめていた。

解答 137件
不明 4件

長さ(m)	件数	頻度(%)	累積度数
0 ^m ~99	12	9	9
100 ^m ~199	25	18	27
200 ^m ~299	27	20	47
300 ^m ~399	14	10	57
400 ^m ~499	15	11	68
500 ^m 以上	44	32	100
計	137	100	

平均 458^m

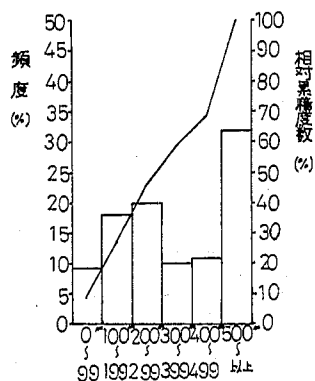


図-12(b) 地すべり長さ頻度分布図

解答 200件
不明 1件

斜面長	件数	頻度	累積度数
10	1	0.5	0.5
20	1	0.5	1.0
30	1	0.5	1.5
40	1	0.5	2.0
50	1	0.5	2.5
60	1	0.5	3.0
70	1	0.5	3.5
80	1	0.5	4.0
90	1	0.5	4.5
100	1	0.5	5.0
110	1	0.5	5.5
120	1	0.5	6.0
130	1	0.5	6.5
140	1	0.5	7.0
150	1	0.5	7.5
160	1	0.5	8.0
170	1	0.5	8.5
180	1	0.5	9.0
190	1	0.5	9.5
200	1	0.5	10.0
210	1	0.5	10.5
220	1	0.5	11.0
230	1	0.5	11.5
240	1	0.5	12.0
250	1	0.5	12.5
260	1	0.5	13.0
270	1	0.5	13.5
280	1	0.5	14.0
290	1	0.5	14.5
300	1	0.5	15.0
310	1	0.5	15.5
320	1	0.5	16.0
330	1	0.5	16.5
340	1	0.5	17.0
350	1	0.5	17.5
360	1	0.5	18.0
370	1	0.5	18.5
380	1	0.5	19.0
390	1	0.5	19.5
400	1	0.5	20.0
410	1	0.5	20.5
420	1	0.5	21.0
430	1	0.5	21.5
440	1	0.5	22.0
450	1	0.5	22.5
460	1	0.5	23.0
470	1	0.5	23.5
480	1	0.5	24.0
490	1	0.5	24.5
500	1	0.5	25.0
510	1	0.5	25.5
520	1	0.5	26.0
530	1	0.5	26.5
540	1	0.5	27.0
550	1	0.5	27.5
560	1	0.5	28.0
570	1	0.5	28.5
580	1	0.5	29.0
590	1	0.5	29.5
600	1	0.5	30.0
610	1	0.5	30.5
620	1	0.5	31.0
630	1	0.5	31.5
640	1	0.5	32.0
650	1	0.5	32.5
660	1	0.5	33.0
670	1	0.5	33.5
680	1	0.5	34.0
690	1	0.5	34.5
700	1	0.5	35.0
710	1	0.5	35.5
720	1	0.5	36.0
730	1	0.5	36.5
740	1	0.5	37.0
750	1	0.5	37.5
760	1	0.5	38.0
770	1	0.5	38.5
780	1	0.5	39.0
790	1	0.5	39.5
800	1	0.5	40.0
810	1	0.5	40.5
820	1	0.5	41.0
830	1	0.5	41.5
840	1	0.5	42.0
850	1	0.5	42.5
860	1	0.5	43.0
870	1	0.5	43.5
880	1	0.5	44.0
890	1	0.5	44.5
900	1	0.5	45.0
910	1	0.5	45.5
920	1	0.5	46.0
930	1	0.5	46.5
940	1	0.5	47.0
950	1	0.5	47.5
960	1	0.5	48.0
970	1	0.5	48.5
980	1	0.5	49.0
990	1	0.5	49.5
1000	1	0.5	50.0
計	200	100	

平均 306^m

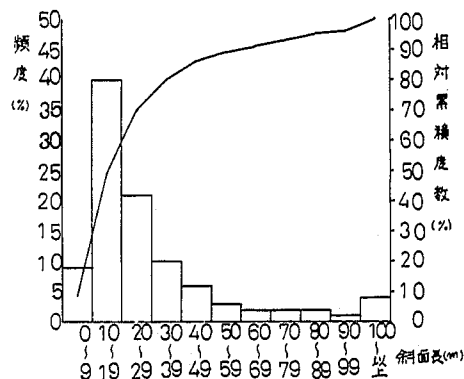


図-14 崩壊斜面長頻度分布図

解答 137件
不明 4件

面積 m^2	件数	頻度	相対累積度数
0	57	57	57
10	78	78	135
20	18	18	153
30	1	1	154
40	6	6	160
50	6	6	166
60	1	1	167
70	1	1	168
計	137	100	

平均 $19.7 m^2$

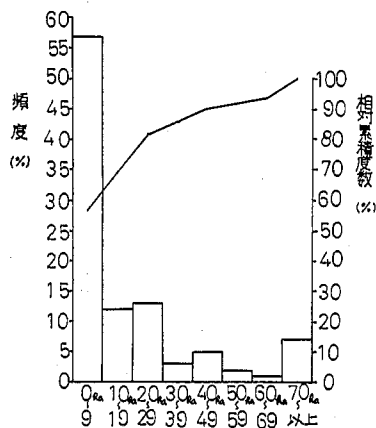


図-12(c) 地すべり面積頻度分布図

解答 200件
不明 1件

面積 m^2	件数	頻度	相対累積度数
0	37	18	18
10	16	8	26
20	10	5	31
30	1	0.5	31.5
40	1	0.5	32
50	1	0.5	32.5
60	1	0.5	33
70	1	0.5	33.5
80	1	0.5	34
90	1	0.5	34.5
100	1	0.5	35
110	1	0.5	35.5
120	1	0.5	36
130	1	0.5	36.5
140	1	0.5	37
150	1	0.5	37.5
160	1	0.5	38
170	1	0.5	38.5
180	1	0.5	39
190	1	0.5	39.5
200	1	0.5	40
計	200	100	

平均 $606 m^2$

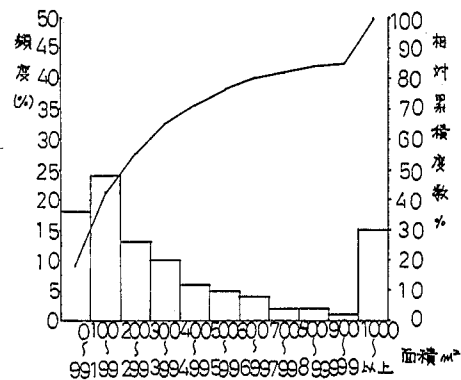


図-12(w) 崩壊面積頻度分布図

図-12 地すべり平均面積について

つまり地すべり地形は上部で滑落崖や急崖が見られ急勾配となり、中間部では台地状の緩斜面をなし、末端部になると土塊の押し出しや隆起現象等で急傾斜をつくことがこの数字でもわかる。

次に、地すべり地表面勾配の上部、中間部、末端部をまとめて1つの平均勾配で表わし、それぞれの頻度を図-13(b)に示した。

グラフは正規分布状をしめし、 $20 \sim 24^\circ$ が30%で最も多く、 $10 \sim 29^\circ$ の範囲でとると87%も占めし、地表面平均勾配は 18.6° であった。これに対して崖くずれの傾斜角頻度について図-13(c)にしめした。この分布も正規分布状をしめし、 $40 \sim 49^\circ$ が32%も占めし、 $30 \sim 60^\circ$ の範囲内に76%もしめ、平均値も 46° であるので、地すべりは崖くずれと比べて、斜面勾配がゆるく即ち長大な緩斜面で主として起こることがうかがえる。

ただ中には地すべりでも平均地表面勾配が 30° 以上とる地すべりが今回の調査でも6%をしめていた。ちなみに 30° 以上をとる地すべり地名をあげると、茨城県中丸地すべり(約 30°)、新潟県夏中地すべり(約 35°)、石川県神子原地すべり(約 30°)、和歌山県畑地すべり(約 40°)、徳島県元山地すべり(約 34°)、有瀬地すべり(約 30°)、大藤地すべり(約 30°)、鹿児島宮ノ浦地すべり(約 30°)等があり、逆に 10° 以下の地すべり地名は山形県大綱地すべり(約 8°)、与吾屋敷地すべり(約 6°)、群馬県少林山地すべり(約 7°)、長野県茶臼山地すべり(約 8°)、清水山地すべり(約 7°)、島根県別所地すべり(約 7.3°)があげられた。

b) 地すべりすべり面勾配

すべり面勾配69個を 5° 毎に8段階に分けてそれぞれの頻度を示すと、図-13(c)のようになる。

この分布も正規分布状をしめし、 $10 \sim 14^\circ$ が32%と最も多く、次に $20 \sim 24^\circ$ が23%

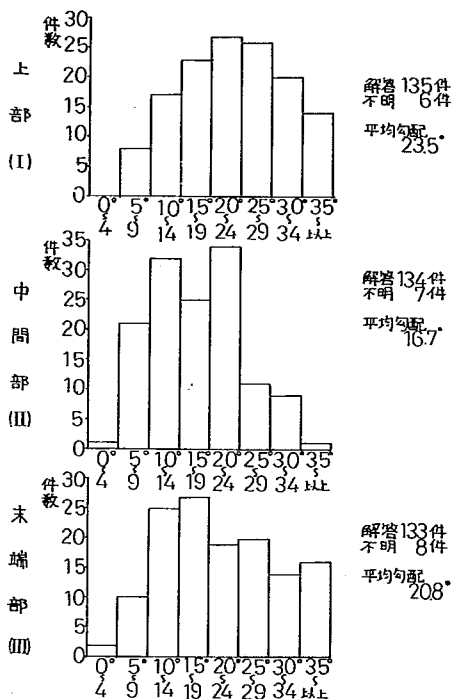


図-13(a) 地表面勾配(上部・中間・末端部)

総数 135件
不備 6件

表面勾配 θ	件数	頻度 %	平均値
0°	1	0.7	0.0
1°	1	0.7	1.0
2°	1	0.7	2.0
3°	1	0.7	3.0
4°	1	0.7	4.0
5°	1	0.7	5.0
6°	1	0.7	6.0
7°	1	0.7	7.0
8°	1	0.7	8.0
9°	1	0.7	9.0
10°	1	0.7	10.0
11°	1	0.7	11.0
12°	1	0.7	12.0
13°	1	0.7	13.0
14°	1	0.7	14.0
15°	1	0.7	15.0
16°	1	0.7	16.0
17°	1	0.7	17.0
18°	1	0.7	18.0
19°	1	0.7	19.0
20°	1	0.7	20.0
21°	1	0.7	21.0
22°	1	0.7	22.0
23°	1	0.7	23.0
24°	1	0.7	24.0
25°	1	0.7	25.0
26°	1	0.7	26.0
27°	1	0.7	27.0
28°	1	0.7	28.0
29°	1	0.7	29.0
30°	1	0.7	30.0
31°	1	0.7	31.0
32°	1	0.7	32.0
33°	1	0.7	33.0
34°	1	0.7	34.0
35°	1	0.7	35.0
計	135	100	平均勾配 16.6°

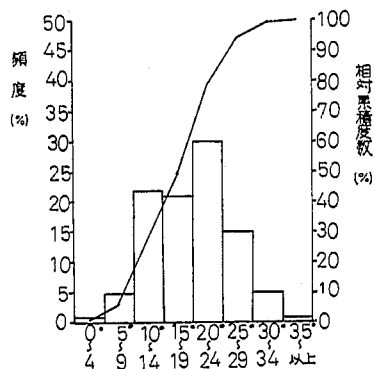


図-13(b) 平均地表面勾配頻度分布図

(θ) 範囲	個数	頻度 (%)	累積頻度 (%)
0° ~ 10°	1	0.7	0.7
10° ~ 20°	1	0.7	1.4
20° ~ 30°	1	0.7	2.1
30° ~ 40°	1	0.7	2.8
40° ~ 50°	1	0.7	3.5
50° ~ 60°	1	0.7	4.2
60° ~ 70°	1	0.7	4.9
70° ~ 80°	1	0.7	5.6
80° ~ 90°	1	0.7	6.3
計	198	100.0	

平均 46.1°

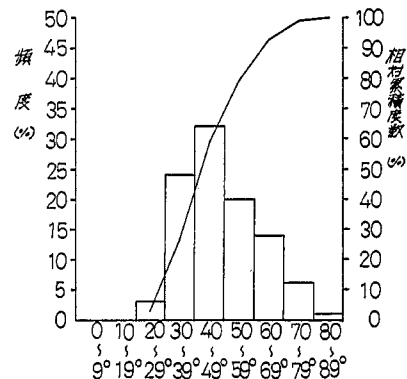


図-1(e) 崩壊斜面の傾斜角頻度分布図

となり、 $10 \sim 24^\circ$ までの区間をとると
7.2%も占める。又平均すべり面勾配は
 16.1° であった。

図-13(b)の平均地すべり地表面勾配
(18.6°)と比較するとすべり面勾配が
 2.5° だけ小さい値をしめしており、こ
れはすべり面附近に働く粘着力が大きい
ためと或程度上部斜面に厚みがないと発
生し難いためではないかと思われた。

c) 平均すべり面深度

平均すべり面深度114個のデータの
平均値は13.7mでこの114個のデー
タを5m毎に8段階に分け、それぞれの
頻度を示すと、図-13(d)となる。

5~9mが2.3%、10~14mが
2.3%でピーク値をとり、5~24mの
範囲で占める割合は全体の7.8%となり、
これを崖くずれの厚さ(図-14)と対比
した。崖くずれの厚さは、1.5~1.9m
でピーク値(25.3%)をしめし、0.5

~3.0mの範囲では8.0%もしめている。以上の結果より地すべりすべり面深度と崖くずれ
(崩壊)の厚さとはその厚さにおいて、ほぼ10倍程度の差異があることがわかる。従って、
地すべりと崖くずれの土塊の量を対比すると平均約3,000倍の違いがあることになる。

又深度の深い地すべり地名を2~3あげると群馬県少林山地すべり(約40m)、徳島県金
石地すべり(約30m)、善徳地すべり(約30m)、長崎県鷲尾岳地すべり(約60m)と
なっていた。

(3) 地すべり地の形状について

a) 地すべり長さ(L)と幅(W)の比(L/W)との関係について

地すべり形状を表わす指標として長さとの比をとり、134個のデータを0.5ごとに10
段階に分けて、それぞれの頻度を示すと、図-14(a)のようになる。平均値は1.93で、地す
べり幅の約2倍が地すべり長さになるようである。頻度数を見ると1.5で約半数となる。中
には3以上の値を示したものが16%もあり、かなり細長い地すべり地形である。これに対し
て崖くずれも地すべりと同様に長さの方が幅より大きくその比は2.6であった。なお図-14(c)に崖

解答 69件
不明 22件

勾配θ	件数	頻度	相対頻度
0~4	0	0	0
5~9	9	13	13
10~14	22	32	45
15~19	12	17	25
20~24	16	23	32
25~29	6	9	12
30~34	2	3	4
35~以上	2	3	4
計	69	100	100

平均 16.1°

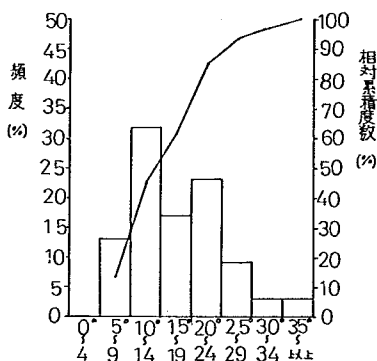
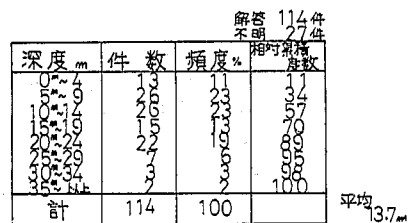


図-13(c) すべり面勾配頻度分布図



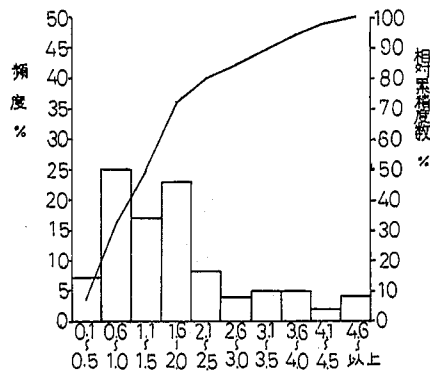
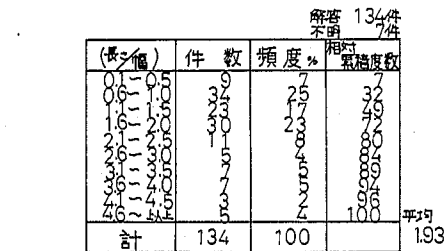


図-14(a) 地すべり長さ/幅 頻度分布図

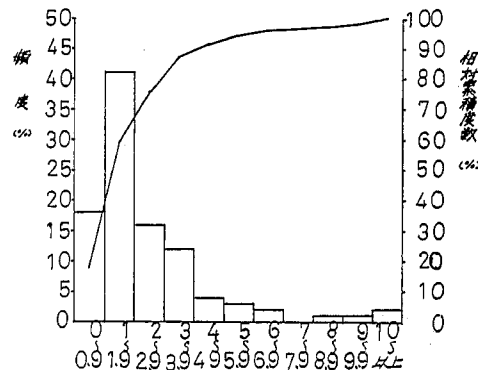
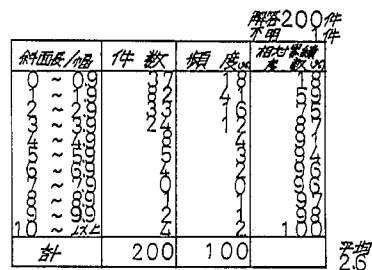


図-14(カ) 斜面長/幅 頻度分布図

くずれについて長さとの比の頻度分布図をしめた。

地すべりの L/W の比が4以上の値をとった地すべり地名をあげてみると、新潟県新水地すべり(4.5)、石川県北山地すべり(4.0)、長野県石原地すべり(4.3)、茶臼山地すべり(7.2)、清水山地すべり(5.0)、上奈良井地すべり(4.0)、島根県菱根地すべり(10.6)、兵庫県灘油谷地すべり(4.3)、高知県長者地すべり(4.5)等である。

逆に小さい値を示したものとしては、青森県下前地すべり(0.4)、石川県下縄又地すべり(0.57)、岐阜県山神地すべり(0.33)、徳島県江島地すべり(0.33)、浦山地すべり(0.28)、金石地すべり(0.36)等がある。

b) 地すべり幅(W)とすべり面深度(D)の比(W/D)について

地すべり面深度について比(W/D)をとり、122個のデータを10毎に10段階に分けて、それぞれの頻度を示すと図-14(b)のようになる。0~9で26%、10~19で31%、20~29で12%をしめ、29以下でとると69%をしめしている。平均値をとると24.1となった。つまりすべり面深度の2倍以上が地すべり幅となるようである。

これに対して崖くずれの比(W/D)をとると図-(*)で示されたとおり、平均値は10.0である。又比(W/D)が3~5で最も多く32%を占め、6~8で20%、9~14で14%をしめし、比が3~14の範囲で66%となっていた。

つまり地すべりの比とくらべて崖くずれの比は、地すべりの比の約1/2強であった。

ちなみに地すべり比(W/D)の50以上の値をとった地すべり地名をあげて見ると、青森県下前地すべり(83)、秋田県谷地地区(60)、山形県田沢地すべり(100)、山形県白倉地すべり(266)、神奈川県永原地すべり(133)、新潟県桑曾根地すべり(60)、石川県栗沢地すべり(60)、矢津地すべり(70)、富山県国見地すべり(100)、論田地すべり(80)、長野県古坂地すべり(50)、和歌山県市坪地区(50)、兵庫県宿地区(75)、徳島県中筋地区地すべり(50)、谷口がけ地すべり(50)、生実地すべり(61)等がある。

逆に比(W/D)が5以下の値をしめす地すべり地名をあげると、千葉県平群地すべり(3.3)、今平地すべり(1.7)、石川県北山地すべり(2.5)、兵庫県灘油谷地区地すべり(4.3)、岡山県名杭地区(3.3)、天原地区(3.0)、愛媛県川久内地区(4.0)、福岡県国武地すべり(3.0)、大分県中西地すべり(2.7)等がある。

c) 地すべり長さ(L)と深度(D)の比(L/D)について

地すべり長さとの比(L/D)をとり、113個のデータを10ごとに10段階に分けて、それぞれの頻度をしめすと、図-14(c)のようになる。平均値は35.2で地すべり深度の30倍以上が地すべり長さとなる様である。

比が(L/D)で0~9で5%、10~19で37%、20~29で21%、30~39で

解答 122件
不明 29件

幅/深度	件数	頻度	相対頻度
0-9	1	1	0.8
10-19	32	32	26.7
20-29	12	12	10.0
30-39	10	10	8.3
40-49	5	5	4.2
50-59	4	4	3.3
60-69	4	4	3.3
70-79	2	2	1.7
80-89	2	2	1.7
90以上	5	5	4.2
計	112	100	平均 24.1

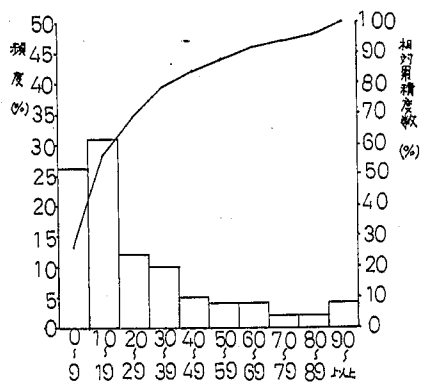


図-14(b) 地すべり幅/すべり深度 頻度分布図

解答 200件
不明 20件

幅/厚さ	件数	頻度	相対頻度
0-2	1	0.5	0.5
3-5	32	16.0	16.5
6-8	20	10.0	26.5
9-11	14	7.0	33.5
12-14	12	6.0	40.0
15-17	5	2.5	42.5
18-20	4	2.0	44.5
21-23	1	0.5	45.0
24-26	2	1.0	46.0
27-29	1	0.5	46.5
30以上	7	3.5	50.0
計	200	100	平均 10.0

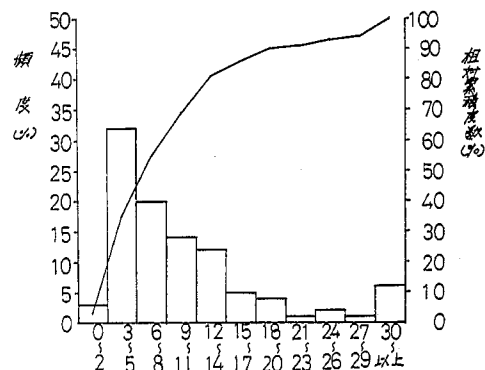


図-14(c) 幅/厚さの頻度分布図

解答 113件
不明 28件

長さ/深度	件数	頻度	相対累積頻度数
0	4	3	5
1	2	2	7
2	2	2	9
3	2	2	11
4	2	2	13
5	2	2	15
6	2	2	17
7	2	2	19
8	2	2	21
9	2	2	23
10	2	2	25
11	2	2	27
12	2	2	29
13	2	2	31
14	2	2	33
15	2	2	35
16	2	2	37
17	2	2	39
18	2	2	41
19	2	2	43
20	2	2	45
21	2	2	47
22	2	2	49
23	2	2	51
24	2	2	53
25	2	2	55
26	2	2	57
27	2	2	59
28	2	2	61
29	2	2	63
30	2	2	65
31	2	2	67
32	2	2	69
33	2	2	71
34	2	2	73
35	2	2	75
36	2	2	77
37	2	2	79
38	2	2	81
39	2	2	83
40	2	2	85
41	2	2	87
42	2	2	89
43	2	2	91
44	2	2	93
45	2	2	95
46	2	2	97
47	2	2	99
48	2	2	101
49	2	2	103
50	2	2	105
51	2	2	107
52	2	2	109
53	2	2	111
54	2	2	113
55	2	2	115
56	2	2	117
57	2	2	119
58	2	2	121
59	2	2	123
60	2	2	125
61	2	2	127
62	2	2	129
63	2	2	131
64	2	2	133
65	2	2	135
66	2	2	137
67	2	2	139
68	2	2	141
69	2	2	143
70	2	2	145
71	2	2	147
72	2	2	149
73	2	2	151
74	2	2	153
75	2	2	155
76	2	2	157
77	2	2	159
78	2	2	161
79	2	2	163
80	2	2	165
81	2	2	167
82	2	2	169
83	2	2	171
84	2	2	173
85	2	2	175
86	2	2	177
87	2	2	179
88	2	2	181
89	2	2	183
90	2	2	185
91	2	2	187
92	2	2	189
93	2	2	191
94	2	2	193
95	2	2	195
96	2	2	197
97	2	2	199
98	2	2	201
99	2	2	203
100	2	2	205
101	2	2	207
102	2	2	209
103	2	2	211
104	2	2	213
105	2	2	215
106	2	2	217
107	2	2	219
108	2	2	221
109	2	2	223
110	2	2	225
111	2	2	227
112	2	2	229
113	2	2	231
114	2	2	233
115	2	2	235
116	2	2	237
117	2	2	239
118	2	2	241
119	2	2	243
120	2	2	245
121	2	2	247
122	2	2	249
123	2	2	251
124	2	2	253
125	2	2	255
126	2	2	257
127	2	2	259
128	2	2	261
129	2	2	263
130	2	2	265
131	2	2	267
132	2	2	269
133	2	2	271
134	2	2	273
135	2	2	275
136	2	2	277
137	2	2	279
138	2	2	281
139	2	2	283
140	2	2	285
141	2	2	287
142	2	2	289
143	2	2	291
144	2	2	293
145	2	2	295
146	2	2	297
147	2	2	299
148	2	2	301
149	2	2	303
150	2	2	305
151	2	2	307
152	2	2	309
153	2	2	311
154	2	2	313
155	2	2	315
156	2	2	317
157	2	2	319
158	2	2	321
159	2	2	323
160	2	2	325
161	2	2	327
162	2	2	329
163	2	2	331
164	2	2	333
165	2	2	335
166	2	2	337
167	2	2	339
168	2	2	341
169	2	2	343
170	2	2	345
171	2	2	347
172	2	2	349
173	2	2	351
174	2	2	353
175	2	2	355
176	2	2	357
177	2	2	359
178	2	2	361
179	2	2	363
180	2	2	365
181	2	2	367
182	2	2	369
183	2	2	371
184	2	2	373
185	2	2	375
186	2	2	377
187	2	2	379
188	2	2	381
189	2	2	383
190	2	2	385
191	2	2	387
192	2	2	389
193	2	2	391
194	2	2	393
195	2	2	395
196	2	2	397
197	2	2	399
198	2	2	401
199	2	2	403
200	2	2	405
201	2	2	407
202	2	2	409
203	2	2	411
204	2	2	413
205	2	2	415
206	2	2	417
207	2	2	419
208	2	2	421
209	2	2	423
210	2	2	425
211	2	2	427
212	2	2	429
213	2	2	431
214	2	2	433
215	2	2	435
216	2	2	437
217	2	2	439
218	2	2	441
219	2	2	443
220	2	2	445
221	2	2	447
222	2	2	449
223	2	2	451
224	2	2	453
225	2	2	455
226	2	2	457
227	2	2	459
228	2	2	461
229	2	2	463
230	2	2	465
231	2	2	467
232	2	2	469
233	2	2	471
234	2	2	473
235	2	2	475
236	2	2	477
237	2	2	479
238	2	2	481
239	2	2	483
240	2	2	485
241	2	2	487
242	2	2	489
243	2	2	491
244	2	2	493
245	2	2	495
246	2	2	497
247	2	2	499
248	2	2	501
249	2	2	503
250	2	2	505
251	2	2	507
252	2	2	509
253	2	2	511
254	2	2	513
255	2	2	515
256	2	2	517
257	2	2	519
258	2	2	521
259	2	2	523
260	2	2	525
261	2	2	527
262	2	2	529
263	2	2	531
264	2	2	533
265	2	2	535
266	2	2	537
267	2	2	539
268	2	2	541
269	2	2	543
270	2	2	545
271	2	2	547
272	2	2	549
273	2	2	551
274	2	2	553
275	2	2	555
276	2	2	557
277	2	2	559
278	2	2	561
279	2	2	563
280	2	2	565
281	2	2	567
282	2	2	569
283	2	2	571
284	2	2	573
285	2	2	575
286	2	2	577
287	2	2	579
288	2	2	581
289	2	2	583
290	2	2	585
291	2	2	587
292	2	2	589
293	2	2	591
294	2	2	593
295	2	2	595
296	2	2	597
297	2	2	599
298	2	2	601
299	2	2	603
300	2	2	605
301	2	2	607
302	2	2	609
303	2	2	611
304	2	2	613
305	2	2	615
306	2	2	617
307	2	2	619
308	2	2	621
309	2	2	623
310	2	2	625
311	2	2	627
312	2	2	629
313	2	2	631
314	2	2	633
315	2	2	635
316	2	2	637
317	2	2	639
318	2	2	641
319	2	2	643
320	2	2	645
321	2	2	647
322	2	2	649
323	2	2	651
324	2	2	653
325	2	2	655
326	2	2	657
327	2	2	659
328	2	2	661
329	2	2	663
330	2	2	665
331	2	2	667
332	2	2	669
333	2	2	671
334	2	2	673
335	2	2	675
336	2	2	677
337	2	2	679
338	2	2	681
339	2	2	683
340	2	2	685
341	2	2	687
342	2	2	689
343	2	2	691
344	2	2	693
345	2	2	695
346	2	2	697
347	2	2	699
348	2	2	701
349	2	2	703
350	2	2	705
351	2	2	707
352	2	2	709
353	2	2	711
354	2	2	713
355	2	2	715
356	2	2	717
357	2	2	719
358	2	2	721
359	2	2	723
360	2	2	725
361	2	2	727
362	2	2	729
363	2	2	731
364	2	2	733
365	2	2	735
366	2	2	737
367	2	2	739
368	2	2	741
369	2	2	743
370	2	2	745
371	2	2	747
372	2	2	749
373	2	2	751
374	2	2	753
375	2		

1.1%となり、比が1.0～3.9の間で6.9%をしめしていた。

これに対して崖くずれの比(L/D)を図-17にしめす。これによると平均値は1.9.2であり、比(L/D)が5～9で最も多く3.3%も占め、次いで比が1.0～1.4で2.4%をしめ、次に1.5～1.9で1.1%、5～1.9の間で6.8%をしめしていた。

地すべりの比と崖くずれの平均比を比較すると崖くずれの約2倍が地すべりの値となっているようである。

(4) すべり面の位置について

地すべりのすべり面の位置は、地層内の不均質さに由来して起こるもので、その不連続面を主すべり面として地すべりが発生する。その不連続面は、表土と下層地盤の境界、地盤中の不均質面、地盤内のハサミ層の存在、地盤内のタイ積時期の相違する境界、地層の境界、崩積土やタイ積土と基盤の境界、風化の程度の相違面、破碎又は緩みの程度の相違面、亀裂や断層や破碎帯の存在などが考えられ、これらの境界面で粘土化が進み、不透水層が形成され、間隙水圧を生じて、地すべりの発生する原因ともなる。

一応ここではすべり面の位置を、基盤岩中、風化基盤中、崩積土中、風化基盤岩と基盤岩の境界、基盤(風化も含む)と崩積土の境界の5種類に大別した結果を図-15に示した。

この結果によると、不透水層が一番形成されやすい基盤と崩積土の境界が4.0%、次いで風化基盤中に2.0%、風化基盤岩と基盤岩の境界が1.3%の順となっている。

これに対して崖くずれでは、図-17の斜面構成土質別崩壊発生頻度を示された様に表土

記号	斜面構成土質	個数	構成率%
1	表土	103	54.2
2	崩積土	27	14.2
3	火山砕屑物	12	6.3
4	段丘地層物	7	3.7
5	強風化岩	23	12.1
6	岩(I)	6	3.1
7	岩(II)	12	6.3
	計	190	100

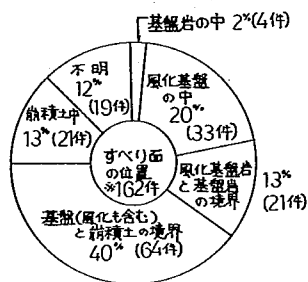


図-15 すべり面の位置

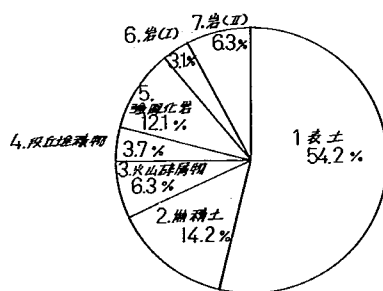


図-17 斜面構成土質別崩壊発生頻度分布図

は54.2%を占め、崩積土、火山碎屑物が20.5%、岩が21.5%となり地すべりと較べて、そのすべり面生成位置の様相も異なっている。

(5) すべり面（平面、縦断）形状について

すべり面形状について、例えば地形が凸状にある場合と凹状にある場合でも違ふし、又地盤特性、特に基盤岩の構成物質とその構造、あるいは風化状態により又、移動土塊の性質等により千差万別のすべり面の形があると思われるが、ここではすべり面形状を平面形と縦断形に分け、さらに前者の平面形を4つのタイプ、つまり馬蹄型、沢型、ボトルネック型、角型に分け模式図を図-16(a)に示した。又後者の縦断形も4つのタイプ即ち、椅子型、舟底型、階段型、層状型に分け模式図を図-16(b)に示した。

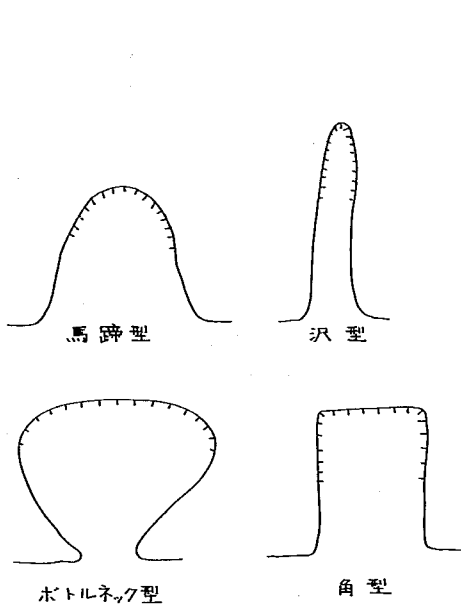


図-16(a) すべり平面形状模式図

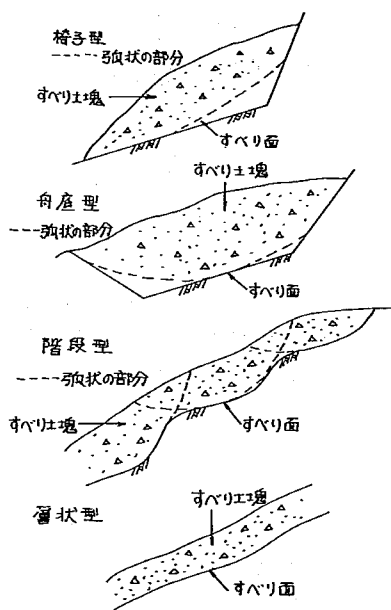


図-16(b) すべり面縦断形状模式図

馬蹄型はすべりの平面形が上部が半円状の馬蹄のようなもので尾根部や沢部でおこる地すべり地によく見られ、沢型は幅に対して長さの大きいもので沢状地形に、角型は台地状地形に、又ボトルネック型はスウェーデン等で見られるクイッククレイのような含水率の非常に高い軟弱で粘性土に富み末端部にかなり硬い地層があり丁度ボトルネックのようにになっている地すべり地形にみられることが一般的特徴である。

又地すべり縦断形状の椅子型は岩盤地すべりに多く見られるタイプで断層等の影響をうけるものが多く、末端に隆起をほとんど伴わないものであり、層状型は岩石が風化して粘性化し基盤岩にそって層状にすべってゆくタイプであり、舟底型は末端部が基盤岩の影響等をうけて隆起を伴うタイプで階段型は断層、褶曲、貫入等が非常に発達して基盤が階段状にできているところで発生するタイプである。

図-17にすべり平面形状頻度分布図を示した。これによると馬蹄型が43%、次いで多いのが沢型の28%、角型13%、ボルネック型10%を占めていた。

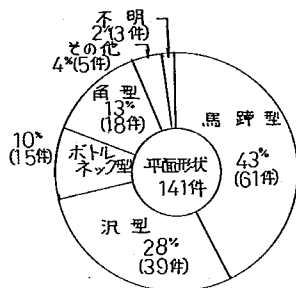


図-17 すべり平面形状分布図

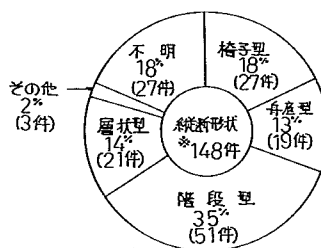


図-18 すべり面縦断形状分布図

図-18にすべり面縦断形状頻度分布をしめた。これによると階段型の35%、次に多いのが椅子型の18%、層状型14%、舟底型の13%となり、可成り地質構造の点で複雑なところに発生しているものが多い点と椅子型すべりもかなり多い点特徴的である。

4. 地すべり移動土塊の特性

地すべりの移動土塊は運動を伴って色々な方向の応力を生じて変形あるいは破壊を生じ、従って運動の進行と共に破壊、風化して岩塊状より土砂レキ状、粘土状となり地すべり土塊は次第にその均質性が失われてゆく。

そこで地すべり移動土塊を、岩（新鮮な岩、風化岩、巨レキ岩を含む）、レキ混り崩積土、粘性土の3つに分け、それらが地すべり移動土塊の上部、中間部、末端部でどのような分布をしているか調査した結果を図-19(a), (b), (c)にそれぞれ示した。

又地すべり調査箇所141件に対して、この数を上回って解答なされているのは、例えば地すべり土塊の上部で巨レキ混り崩積土とレキ混り崩積土とが混じている為2つの解答がなされていたためである。

移動土塊中の岩の占める割合について見ると、上部（36%）、中間部（30%）、末端部（26%）にゆくに従って減少しているのに対して、粘性土は上部（20%）、中間部（25%）、

末端部（29%）へゆくに従い増加している。これは地すべり土塊の運動により末端へゆく程破砕細粒化、あるいは流動化して土塊が均質性を失ない、細粒化していることを意味している。

5. 地すべり地の基盤岩の特性

地すべりの発生は、地質、地形の素因に最も大きく支配されることは言うまでもない。ここでは地質、特に地すべりの基盤の性質について基盤岩を構成している岩種は何か、又生成年代はいつか、どのような地質構造に多いのかを図-20(a), (b), (c) にそれぞれ示した。

まず図-20(a)に基盤岩の岩種について調査対象個数141件より上回った146件の解答がなされたのは1つの地すべり地の基盤岩でも変成岩、堆積岩、火成岩と3種類より成り立っていたものがあつたためである。

堆積岩が一番多く66%を占め、その数は、ここにはあげてないが、全部で182件あり、この中で砂岩58件、泥岩50件、凝灰岩28件、粘板岩12件の順となっている（ただし砂岩と泥岩の互層となっている場合もそれぞれを1件と数えた）。

次に変成岩が24%を占めている。堆積岩と同じような方法で変成岩の岩種を具体的に見ると、変成岩44件中黒色岩数（石墨片岩、黒色片岩等）が20件、緑色片岩が16件と圧倒的に片岩類が多かった。

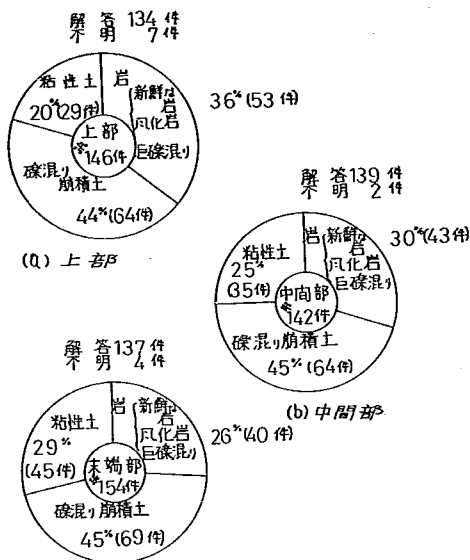


図-19 移動土塊の特性

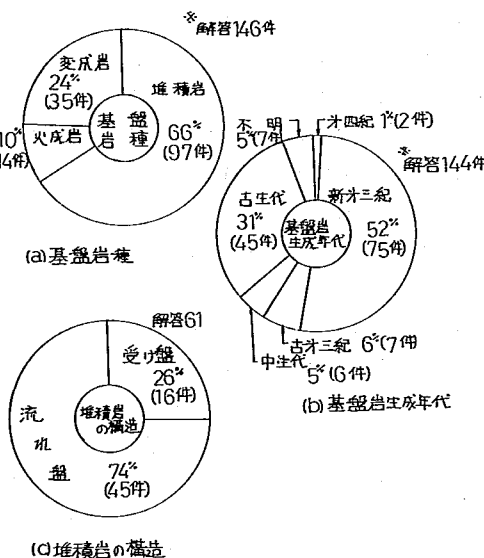


図-20 基盤岩の特性

最後に火成岩であるがこれは10%となっている。

次に基盤岩の生成年代について調べた。前述したとおり、地すべり発生分布を見ると大部分は地域別にまとまった場所に発生する。その場所の地質時代を調べて見たのが図-20(b)の基盤の生成年代である。図-20(b)でうかがえる様に新第3紀の堆積層中の地すべりが52%も占めている。この時代に地すべりが多いのは一般的に岩石の生成時代が比較的新しく、固結度が不十分であるため岩質も軟質となり、かつ著しい地殻変動をうけ、キレツに富み、水を含みやすく、地表のみでなく相当深部まで風化が進み粘土化する性質があるためとされているからである。

次に多いのが中・古生代の地すべりで36%を占めている。これは主に地質構造線又は断層線に沿って岩石が破碎された地帯に主に分布し、岩石も結晶片岩類が多く、生成過程で著しい応力の下で変形作用を受けたもので片理、壁開、節理等が非常に発達し岩石がブロック化し、粘土化しやすいためであるとされている。

このように地すべり分布と地質はかなり密接な関係があり図-1にもよく現われている。

図-20(c)には地すべり基盤岩の構造、つまり受け盤と流れ盤について堆積岩のみ調べた。これによると受け盤でも流れ盤でも地すべりが発生するが特に受け盤形のものも可成り多いことがわかる。

6. 地下水の状態について

地すべりの発生の誘因は何といっても地下水の増加があげられる。がしかし、その地下水の挙動の解明ははなはだむずかしい問題である。例えば地すべりが運動する時、すべり面附近の粘土中に発生している地下水圧について調査できればよいが現場等で間隙水圧を直接測定することはむずかしい。そこで間隙水圧の代用として地下水位(静水圧)をはかっているわけである。又地すべりに影響を与える地下水の分布も特に不透水層の分布と基盤の表面の地形や断層、破碎帯、褶曲などの亀裂による影響をどのように判読説明するか等により、いろいろとむずかしい問題がかなりあり、この分野は学問的にもかなりおくられている部門の一つである。

今回の調査項目について地下水位の状態、地下水位の変動、変動時期等のみ調査した。

図-21(a)に地表面より測定した地下水位の深さについて、又図-21(b)に地下水の状態について示した。

地すべり地の地下水は、直接降水等でその直後に地下水位が影響される地下水(浅層地下水)と、地下水が深いいため直接降水の影響をうけず、ある程度おくられて地下水位の変動がみられる、地下水(深層地下水)とに大別

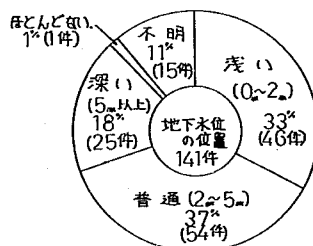


図-21(a) 地下水位の位置

している。

地下水位の一番頻度の高いのが地表面下 2～5 m で 37%，0～2 m で 33% となり，0～5 m の間で 70% となっており，又地表面下 5 m 以上の深い地下水も 18% 含まれているが，一般に地すべり地では地下水位が高いことがわかる。

又，地下水がボーリング孔より自噴しているのが 23% もみられ地すべり地かなりの被圧地下水があることがわかる。

又，地下水位の変動と地すべり運動との相関についてみると，なしと答えたのが 5% で地すべり運動と地下水位の変化にはかなりの相関関係がありそのため地すべりが活発化すると地表の亀裂が明瞭となり，基盤面の地下水でも降雨に対して敏感に反応するようになり，運動へと反応するためであろう。

地下水位の変動があるのが 62%，ないのが 11% となっている。そのうちの変動なしの地下水位については深層地下水と思われ，降水による水位変動の遅れははなはだしく，そのため地下水位の変動はほとんど変化が見られないためであろう。

7. 地すべり運動形態

地すべり運動形態を突発的に運動する地すべりと断続的にある周年年数(毎年～数十年)で地すべりが運動するものと季節的に継続して運動する地すべりと 3つのタイプに分けて図-22 にしめた。

圧倒的に継続的に発生する地すべりが多く 72% も占めていた。又突発的地すべりも 16% も占め，この種のタイプの地すべりが国土開発に伴い，今後かなり増大する傾向のある地すべりであろう。

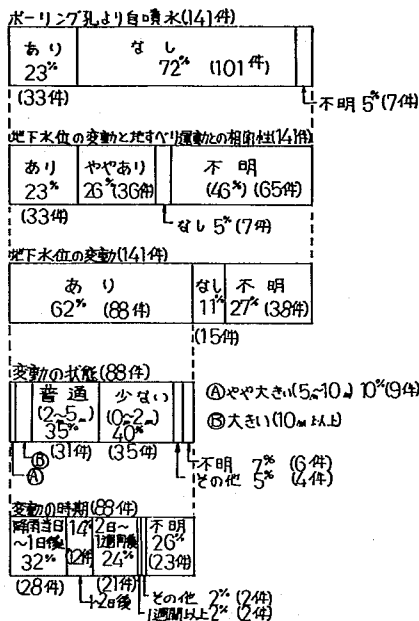


図-21(b) 地下水の状態

図-21 地下水の状態

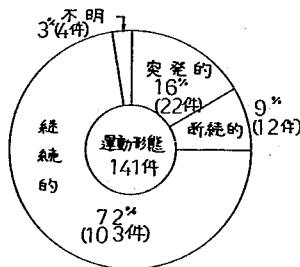


図-22 地すべり運動形態

8. 地すべり発生誘因

地すべりの発生誘因は自然的な誘因と人為的誘因に分けられ、この割合を示したのが図-23(a)である。

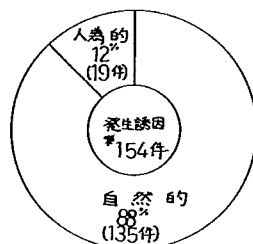
人為的誘因は12%でこの中で切土、盛土による地すべり発生が圧倒的であった。又自然的誘因は88%でこの内容について具体的に分類した結果を図-23(b)に示した。

図-23(b)の結果から台風、集中豪雨の影響により発生する地すべりで39%も占めている。これは、一般に、急傾斜面で、レキ質のような透水性の大きい土塊に多く見られ特に結晶片岩や古生層等に多くみられた。

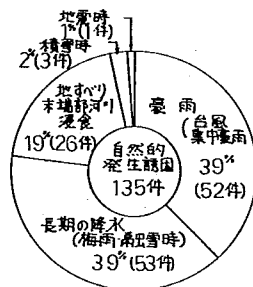
長期の降水や融雪も39%を占めている。この地すべりは主として粘性土より成っているか、又はすべり土塊の厚さも大きく、長期間の連続した浸透作用によらないとすべり面附近の間隙水圧が上昇しないためであろう。このような地すべり地は一般に透水性の悪い新第3紀層の泥岩、凝灰岩地帯に多くみられた。

次に多いのが地すべり末端部の河川による浸食で19%占めていた。特に高水時に河岸決壊を起こし、これが地すべり活動化の原因となっている場合が多い。

最後に、占める割合が少ないが積雪の荷重増加により土塊のバランスを失なってすべるものや地震等により直接すべった例は少ないが、しかし地山が地震等によりゆるめられて、その後の降水、融雪、地下水、湧水等により2次的に発生するのが多いとされている。



(a) 発生誘因



(b) 自然的発生誘因

図-23 地すべり発生誘因

9. 主な土地利用状況

過去に地すべり経歴のある地すべり地では一般に緩斜面の台地を形成し、山地農林業を生活基盤として、山村が形成され、又山地緩斜面を利用して水田や畑で農耕を営んだり、逆に斜面が尾根状となると、山林におおわれ林業を営んでいることが見うけられる。集落の形態をみても前者は集中しやすく、後者は散在しやすく、又水田と畑との利用の違いは、その地下水分布とも関連している。これらは特に地下水の湧水と小沢の形成により決定され、集落形態も地下水状態と台地面積により或程度規制がなされるためである。

地すべり地内の畑について図-24(a)(I),(II)に示し、水田についても図-24(b)(I),(II)に示した。

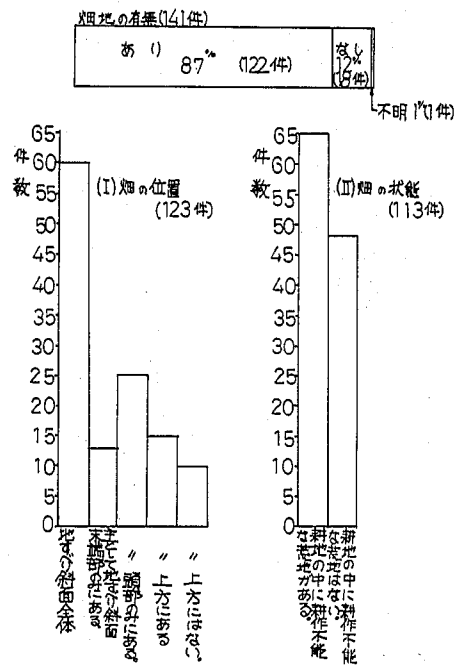


図-24(a) 畑 地

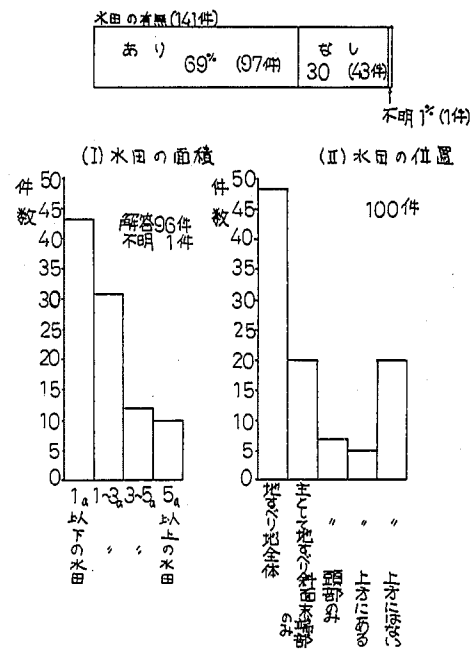


図-24(b) 水 田

これによると地すべり地内は畑、水田による土地利用状況はかなり高いことがわかる。又地すべり地の斜面上に位置する畑と水田との関係について図-24(a)(I)と図-24(b)(II)を比較した場合、例えば、畑が地すべり地の上方にある15件、地すべり地の上方にない10件、水田は上方にある5件、上方にない20件となっている。普通一般に地下水の湧出点より高いところに水田は水の使用量から考えて出来にくいことは当然であるといえるので、山地の水田公布と地すべり分布の間に何等かの関係があると思われる。

図-24(c)に荒地、人家集落、竹林、森林と林相について示した。

地すべり地内においては、荒地が65%、人家集落が79%、森林が86%をしめしていた。又林相も針葉樹林34%、広葉樹林31%、混葉樹林33%の分布をしめしている。

ただ地すべり地帯で荒地、森林、竹林、畑、水田等が地すべり地全体の割合に対してそれぞれ何%ぐらい占めるのか今回の調査ではわからなかった。

10. 地すべり調査

今まで述べてきた結果、データは地すべりの運動形態、地すべり表面に現われた徴候、変状等で地すべりの定性的な表現を主にしてきたが、これだけの情報のみで対策計画を立てることは不十分である。地すべり運動機構を量的に表現するためには地すべり調査をおこなわなければならない、それにより得られた情報で適確なる対策工法の選定がより一層確実となる。そこで現在よく地すべり地で用いられる主な調査項目について調べた。

図-25(a)に表面移動量の調査についてしめた。地すべりの運動は時期によって非常に大きい場合もあるし、小さい場合もある。非常に小さい場合でも、地盤内にはヒズミが生じるわけであり、かつ運動し始めるとしだいにヒズミが累積してゆく傾向があり、この小さなヒズミをとらえるためには傾斜計をもちい、それにより地すべり発生の予知を可能ならしめる。又地すべりの運動が明らかになると伸縮計をもちい地表の動きを知ることができ、又移動杭では長期間観測する場合に便利で、かつ季節別の移動量を比較して梅雨、融雪、台風等との関係を求めて地すべりの方向性や活動分布を知ることができるなど、それぞれ特質をもっているが今日の調査でも伸縮計、傾斜計を用い

荒地 (141件)		
あり 65% (93件)	なし 26% (36件)	不明 9% (12件)
人家集落 (141件)		
あり 79% (111件)	なし 20% (28件)	不明 1% (2件)
竹林 (141件)		
あり 24% (34件)	なし 71% (100件)	不明 5% (7件)
森林 (141件)		
あり 86% (121件)	なし 13% (19件)	不明 1% (1件)
林相 (121件)		
針葉樹林 34% (41件)	広葉樹林 31% (37件)	混葉樹林 33% (40件)
不明 2% (3件)		

図-24(c) 家屋および植生

図-24 地すべり地の土地利用状況

てかなり調査をおこなっているのがわかる。

図-25(b)のすべり面調査は、地すべり移動土塊の深さを決めるためにおこなわれる調査であり、すべり面の位置を決めるために、パイプ歪計96%とボーリングコアの判定81%とこの2つが圧倒的に多かった。

図-25(c)の地質調査ではボーリング調査が圧倒的に多く94%も占めている。これは前述したすべり面調査の併用しているのが多いものと思われる。次に弾性波探査、電気探査は地すべり地帯を面的に地質を捕えようとしてよく用いられそれぞれ38%、36%となっている。

図-25(d)に土質調査についてしめた。土の物理的試験、土の力学的試験、標準貫入試験などがかなり高い30%台の調査をしめし、今後地すべりを定量化する意味でもふえる傾向にあると思われる。

地すべり地下水調査について図-25(e)にしめた。地下水の包蔵体の分布を見つけ、そこから地下水を排水することによりすべり面に作用する間隙水圧を減少させることが目的であるが、実際

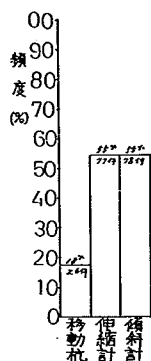


図-25(a) 表面移動量の調査

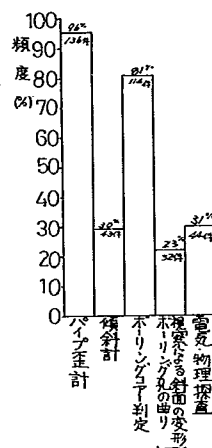


図-25(b) スべり面の調査

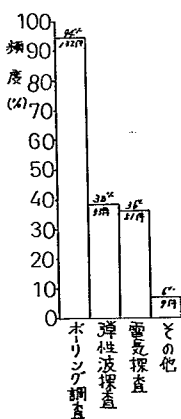


図-25(c) 地質調査

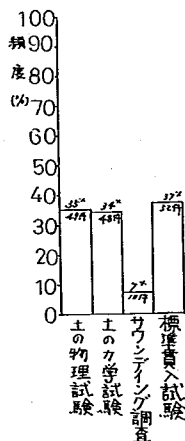


図-25(d) 土質調査

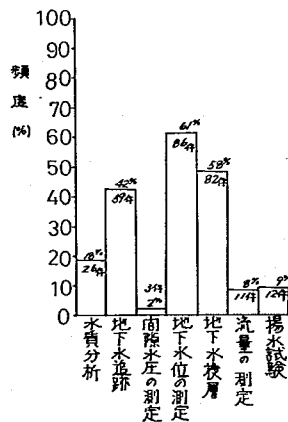


図-25(e) 地下水調査

図-25 地すべりの調査

に地下水の間隙水圧を測定できればよいが測定設置と測定がむずかしく2%で、その代用として地下水位測定が6.1%を占め、又地下水の水脈の位置を調べるのに地下水検層を5.8%おこない、地下水の水脈分布を調べるのに地下水追跡が4.2%をしめし、この3者がよく利用されていることがわかる。

11. 地すべり防止対策工

今まで地すべり地で実施した対策工について調査した結果を図-26(a),(b)に示した。

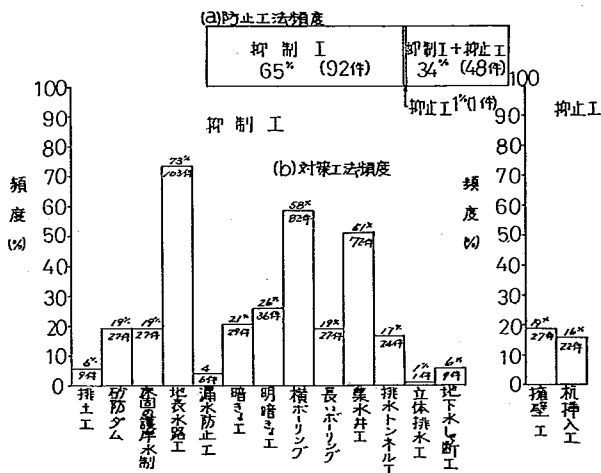


図-26 防止工法頻度図

地すべり対策工法には大別して抑制工と抑止工があり、抑制工は地下水とか地形とかの自然条件を改良することによって地すべりを安定化しようとする工法で、工法には、地下水、地表水の排除、すべり面土塊の一部の排除、押え盛土、溪流工（砂防ダム、谷止め、護岸工、水制工等）がこれに含まれ、地すべり自身の体質を変化させることによって、その安定化を測るもので効果は即効的でない場合があるが長期間の安定化を保証できる。

逆に抑止工は人工の構造物によって地すべり滑動力に抵抗しようとするもので、くい挿入工、よう壁工、アンカー工、シャフト工等がこれに含まれ抑止工の設計にも相当な高い安全率が要求され、将来基盤岩の風化の進行や地震等による応力分布変化等を考えると万一この抑止工が破壊したときには抑制工の場合とくらべて非常に急激な運動を発生する可能性があり、抑止工のみの対策は非常に危険を伴う場合がある。

この結果が図-26(a)によく見られる通り、抑止工のみで施工しているのは1%で、ほとんどの

施工が抑制工と併用しているが、又は抑制工のみでおこなっていた。

又、地すべり対策は、地すべり運動が発生した時、応急的にその運動を緩和して被害を最小限度に食い止めてそののち、恒久的な対策をおこなうものであり応急的な対策と恒久的な対策方法により施工方法も違うと思われるが区別しなかった。

今回の調査結果をみると、特に地表水路工73%、横ボーリング工58%、集水井工51%と降水又は地下水等の水処理に関する施工が一番多かった。

12. 地すべり安定解析

図-27(a)に地すべり斜面の安定解析をどのくらい実施されているか調べてみると67%が安定解析をおこなっていた。その安定解析に用いられている粘着力と内部摩擦角について検討して見ることにした。

地すべりのすべり面に沿って土の剪断強度抵抗力を測定することは非常に困難である。特に自然

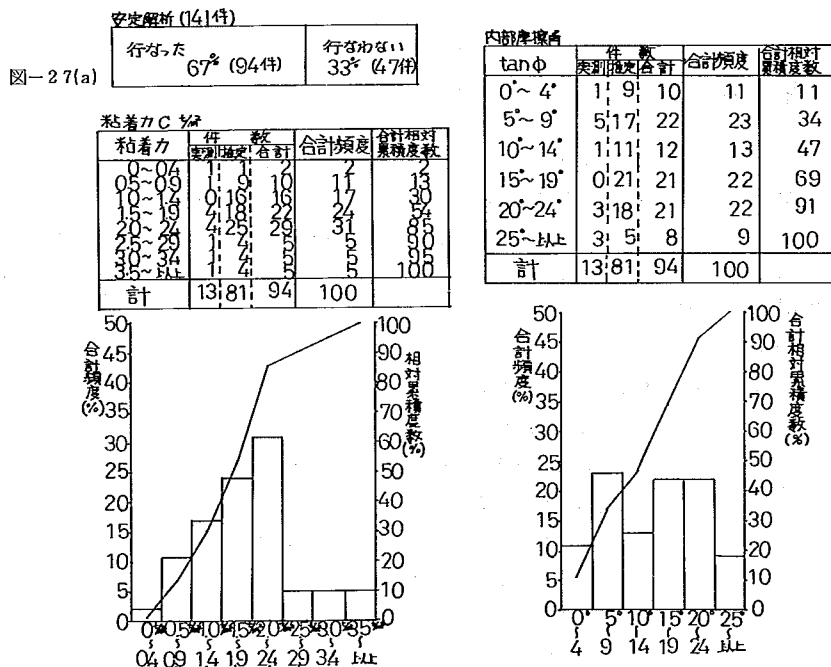


図-27 すべり面の強度について

斜面は不均質であり、すべり面のどの位置より試料を採取して代表値、推定値として土の強度定数を決定して良いか非常にむずかしい、又すべり面自身の厚さも非常に薄いものであるから土質試験すらむずかしい。又土質試験方法自身にも時により大きな誤差を伴うと思われるが、今回の一応現場で用いられた斜面の安定確率の粘着力と内部摩擦角について図-27(b)(c)について示した。粘着力については図-27(b)によると $0 \sim 2 \text{ t/m}^2$ の間では件数が比例的に直線状に増加しているが 2.5 t/m^2 を過ぎると極端に件数が減少している。

地すべりの土塊のすべり面深度も図-13(d)で見られたとおり $5 \sim 25 \text{ m}$ の間で 78% も占めており、土塊のすべり面深度が深い程、地すべり上載荷重が大きくなり、土の粘着力が締まり強まることが考えられる。

又現在地すべりに用いられる安定計算の内部摩擦角は粘着力を決定してから求められるものが多く、粘着力の大きさに左右され、図-27(c)で見られるとおりかなりの頻度のバラツキを示している。しかしよく見ると、 $5 \sim 9^\circ$ と $15 \sim 24^\circ$ の間でそれぞれピークがあり、これが地すべり地の地質や地形と関連しているのではないと思われる。

Ⅲ - B 調査結果 (B 部門) - 組合せによる型分類 -

今までそれぞれの地すべり地形、地すべりによる変状、規模、移動土塊の特性、基盤岩の特性、地下水位状態、調査、対策等について個別に集計し、各々に対する特徴、性状について述べるとともにその頻度割合について表現したが、次に今まで個別に集計した個々の因子(要素)を組み合わせることにより、地すべりの特異な現象を見つれたり、類似的なものを見つれたりして型分類をおこなった。調査方法は2つの個別的な因子をもちいて、その中で組合せた。全体の個数を 100% としてそれぞれ分類し、その内容を下記に示した。

I 1) 地すべり地形-基盤岩の構成岩石 (図-28)

- " - 上部移動土塊特性 (図-29)
- " - 地表面勾配 (図-30)
- " - 運動形態 (図-31)
- " - 地すべり長さ / 地すべり幅 (図-32)
- " - すべり面縦断形状 (図-33)

2) 移動土塊の特性-基盤岩の構成岩石 (図-34)

- " - 基盤岩の構造 (図-35)
- " - 基盤岩の生成年代 (図-36a)
- " - " (図-36b)

移動土塊の特性—地すべりの運動形態 (図-37)

- 〃 — すべり平面形状 (図-38a)
- 〃 — 〃 (図-38b)
- 〃 — 〃 (図-38c)
- 〃 — 〃 (図-38d)
- 〃 — すべり面縦断形状 (図-39a)
- 〃 — 〃 (図-39b)
- 〃 — 〃 (図-39c)
- 〃 — 〃 (図-39d)

3) 平均すべり面深度—基盤岩の構成岩石 (図-40)

- 〃 — 基盤岩の生成年代 (図-41)
- 〃 — すべり面縦断形状 (図-42)
- 〃 — すべり平面形状 (図-43)

すべり面縦断形状—すべり平面形状 (図-44)

すべり面の位置 — 基盤岩の構成岩石 (図-45)

- 〃 — すべり平面形状 (図-46)

地表の変状 (隆起) — 〃 (図-47)

すべり面縦断形状—基盤岩の構成岩石 (図-48)

平均すべり面深度—地下水位の状態 (図-49)

4) 地下水位の状態 — 基盤岩の構成岩石 (図-50)

- 〃 — 移動土塊の特性 (図-51)

5) 地すべり発生誘因—地すべり地形 (図-52)

- 〃 — 基盤岩の構成岩石 (図-53)
- 〃 — すべり平面形状 (図-54)
- 〃 — すべり面縦断形状 (図-55)

上記にしめた様な要素で組み合わせ、それぞれの頻度分布図を作成した。ただこれらの中より考察する場合、要素をいろいろ変えて組み合わせ論じるのにかなり無限大に近い組合せ、考察が考えられ、ここでは主として、5つのグループに分けて論ずることにした。

- 1) 地すべり地形について
- 2) 移動土塊の特性について
- 3) すべり面について
- 4) 地下水位について
- 5) 地すべり発生誘因について

1) 地すべり地形について

地すべり地というのは一般に“地すべり地形”という一種独特な地形を呈していることは前述したとおりである。等高線の不整配列、地すべり頭部には急崖、台地状緩斜面、時には湿池、沼、凹地、池等が見られるなど複雑な地形を呈している。この地形を等高線で描いた地形図から見て凹状、凸状、段丘状地形に型分類したが、一体これらの地形が出来るためにはどのような因子が影響しているのか今回のアンケート調査を基にして組合せ考察した。

一般に凹状地形を呈するのは、第三紀層に多いが、結晶片岩や火山性地すべりにも見られ、運動も継続的又季節的運動が多く、しかも一様な緩斜面におこり、すべり土塊の性質も、小レキ混り粘土、あるいは粘土状でときどき火山岩等のレキを含むことがある。又、すべり面形状は流動状ですべり面は多数できるため地すべりのブロックは非常に多くのブロックに分かれる傾向があり、今回の調査においても同様なことがいえた。

その結果について、まず凹状地形と基盤岩の構成岩との関係についてみた、図-28で見られる

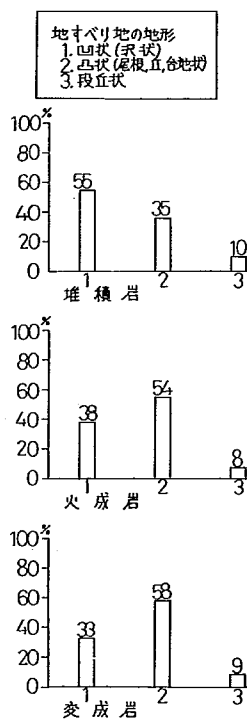


図-28 地すべり地形—
基盤岩の構成岩石

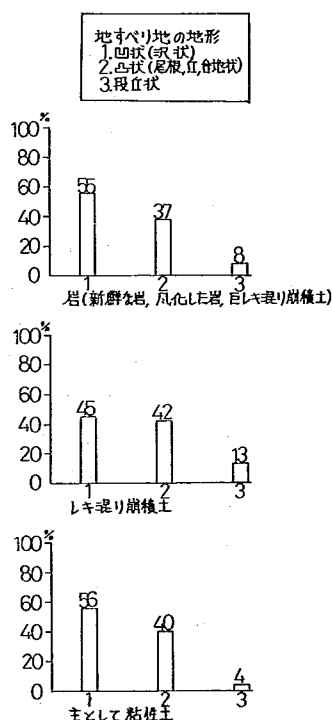
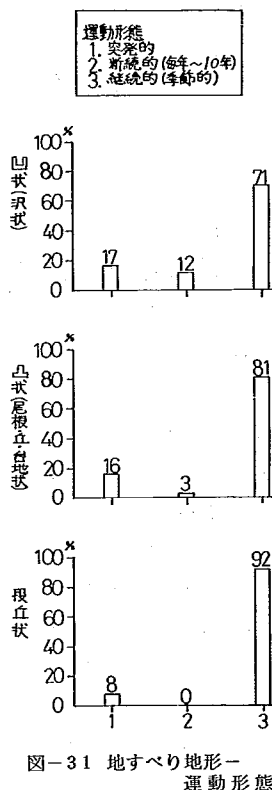
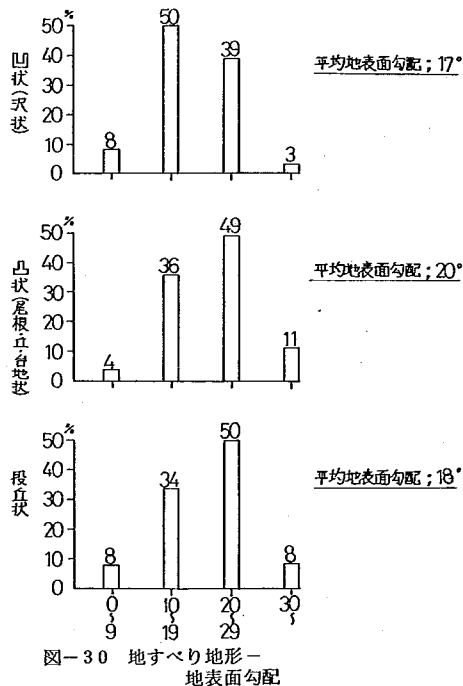


図-29 地すべり地形—
上部移動土塊特性

ように堆積岩が多く、この堆積岩も新潟県、富山県、石川県、長野県を中心とした新第三紀層にみられた。又移動土塊についても沢状地形ほど粘性土となりやすい傾向が図-29からもわかる。次に平均地表面勾配においても図-30でみられるとうり、沢状地形（凹状）が 17° 、凸状地形が 20° 、段丘状地形が 18° となっており、当然のことかもしれぬが沢状地形ほど緩傾斜となっている。地すべり運動形態の関係を見ても、沢状地形の継続的地すべりが圧倒的に多く71%も占めていることが図-31でわかる。又図-32の地すべりの長さとの比(L/W)の係数の関係も沢状地形と他の地形と比較した場合に沢状地形ほど係数値4.5の占める割合が多い。これも土塊の粘性化のため流動化しやすく、しかも緩傾斜の沢状地形ほど細長い地形を生じやすいことがわかった。最後にすべり面縦断形状についても、図-33より層状型の地すべりに多くみられる傾向がある。以上沢状地形について種々の特徴を述べたが次に凸状地形について述べる。

凸状地形は、一般に新鮮なあるいは風化した岩盤に多く見られ、すべり面形状は椅子型又は舟底型をとる傾向があり、地形も鞍部をもった屋根とか馬てい形の台地等に見られ、運動形態も突発的に崩落しやすく、自然的には可能性もかなりの年月を経なければ再発生もしえないものである。



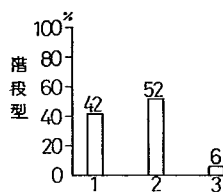
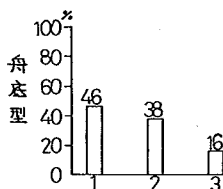
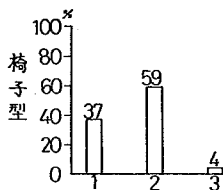
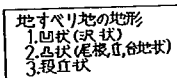
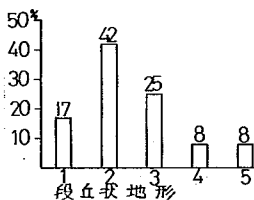
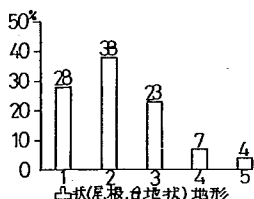
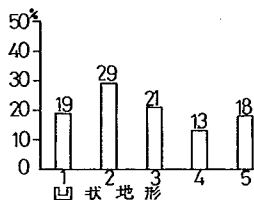
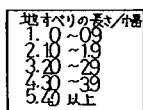


図-32 地すべり地形—
地すべり(長さ/地すべり幅)

図-33 地すべり地形—
すべり面縦断形状

今回の調査結果において、まず凸状地形の基盤岩の特性について調べて見ると、図-28でみられるとおり、貫入岩やキャップロックを形成しやすい火成岩や変成岩に、凸状地形の地すべりが発生しやすい傾向がわかる。又凸状地形の上部移動土塊の性質については、図-29に示してあるが、一般的には岩ほど凸状地形に発生しやすいといわれているが、この調査結果では、逆の結果を示して、凸状地形より凹状地形の方が多かった。

一つの理由として、今回、図-19で見られるように、新鮮な岩、風化した岩、巨レキ混り崩積土を1つの岩と見なして分類したためと、アンケートの調査内容で新鮮な岩は1件しかなく、ほとんど風化した岩とか巨レキ混り崩積土であり、凸状地形にたとえ地すべりが発生していても、周囲の地形に較べて、地すべり発生のため斜面がその部分のみ緩傾斜となり、沢状地形としてあつかわれたためであろう。

次に図-30の平均地表面勾配は明らかに凸状地形ほど他の地形とくらべ急傾斜となり、ピーク値も $20 \sim 29^\circ$ が一番多く占めているのがわかる。又凸状地形は新鮮な岩あるいは風化した岩が多いため、地すべり土塊の流動化は少なく、地すべりの長さとの比(L/W)をとって見ても、図-32でみられるとおり、凸状地形はその比の係数値が大きい程頻度分布が小さくなる傾向があり、凹状地形のグラフの頻度分布と逆の傾向をしめている。すべり面縦断形状についても、凸状地形は、椅子型と階段型にピーク値が見られた。

段丘状地形についての特徴については、今回対象件数が11件しかなく、全体の割合で8%となり、数が少ないのでここでは論ずることを省略した。

2) 移動土塊の特性について

地すべりの移動土塊は、運動に伴って応力変化をうけ土塊自体が変形、破壊して塊状からブロック状に分かれ最後にはレキ状、粘土状へと変遷してゆくのは前述したとおりである。ここにおいても、比較的運動の少ない、風化が進んでいない新鮮な岩、風化した岩、巨レキ混り崩積土を岩として1グループとし、レキ混り崩積土を1グループ、最後に相当運動のくり返しを生じ、粘性化したものを粘性土として3つに大別したが、しかしこれらの移動土塊の変遷過程はどのような基盤岩に生じるのか、又すべり面の平面形状、すべり面縦断形状はどうなっているのか、又運動形態はどうなっているのか等について検討した。

まず移動土塊の特性と基盤岩の岩の関係は、図-34に見られるとおりである。今回調査した堆積岩は、ほとんど第三紀の堆積岩が多い。生成時代が新しいため固結度が不十分で、古い地層に比べ含水率も高く、地表のみでなく相当深部まで風化が進みやすい性質のため、堆積岩の分布はそれぞれ岩が40%、レキ混り崩積土38%、粘性土22%をしめし、岩より粘性土化へ変遷するのがはやく、それぞれの移動土塊の特性でおこっている。しかし火成岩になると温泉余土のためか、基盤中での変質による影響が52%をしめ、次にレキ混り崩積土24%、粘性土24%となっている。変成岩については、レキ混り崩積土64%が最も多く、粘性土になると11%と少ない。

基盤岩の構造との関係についても、図-35にみられるとおり、受け盤ではレキ混り崩積土、流れ盤は岩にそれぞれピーク値があらわれたが受け盤、流れ盤でも、地層の生成とその構造、又その後の物理的(機械的)作用、化学的作用等による風化抵抗差による影響、地すべり運動状態による土塊の変形、破壊等に影響され、移動土塊の特性と基盤構造についての関係はさほど有意性を見つけることはできにくかった。

基盤岩の生成年代を新第三紀以降と古第三紀以前に分け、移動土塊の特性との関係について、それぞれ図-36(a)と図-36(b)に分けた。

この2つの図を比較すると、新第三紀以降の移動土塊は上部より末端部にかけて、岩の占める割合が減少しているが逆に粘性土は増加している傾向がうかがえる。古第三紀以前になると上記のよ

移動土塊の特性
 1. 新鮮な岩である。
 2. 風化した岩である。
 3. レキ混り崩壊土である。
 4. レキ混り崩壊土である。
 5. 主として粘性土である。

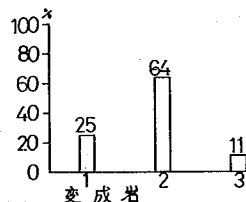
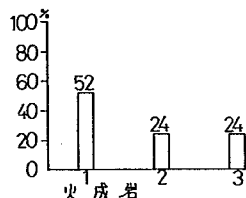
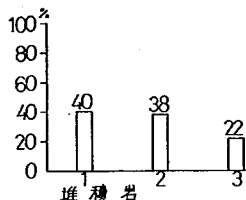


図-34 移動土塊の特性 - 基盤岩の構成岩石

移動土塊の特性
 1. 新鮮な岩である。
 2. 風化した岩である。
 3. レキ混り崩壊土である。
 4. レキ混り崩壊土である。
 5. 主として粘性土である。

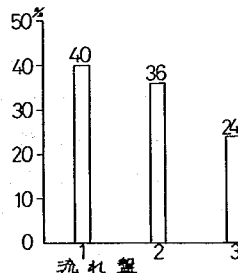
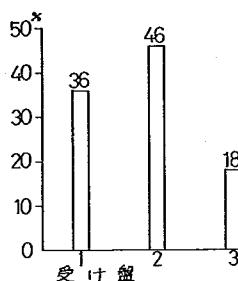


図-35 移動土塊の特性 - 基盤岩の構造

うな傾向は見られず、レキ混り崩壊土が末端部まで半数以上をしめしている。逆に粘性土になると占める割合が少なくかつ同じような数字の割合で末端部までしめしている。つまり新第三紀以降の移動土塊は岩→粘性土へと移変が早く、逆に古第三紀以前は岩の性質も風化に対する抵抗が大であるため岩→レキの状態に留まっているの多いと考えられる。

次に地すべり運動形態との関係を図-37に示したが移動土塊が岩である程、突発的な地すべり発生となりやすく、逆に断続的地すべり、継続的地すべりは、レキ混り崩壊土を中心として運動していることがわかる。

すべり面形状についても、図-16(a)、図-16(b)で使用了模式図を利用し、すべり面形状を平面形（馬蹄型、沢型、ボトルネック型、角型）と縦断面（椅子型、舟底型、階段型、層状型）に分けた。

まずすべり面形状の馬蹄型、沢型、ボトルネック型、角型のそれぞれにおいて地すべり上部、

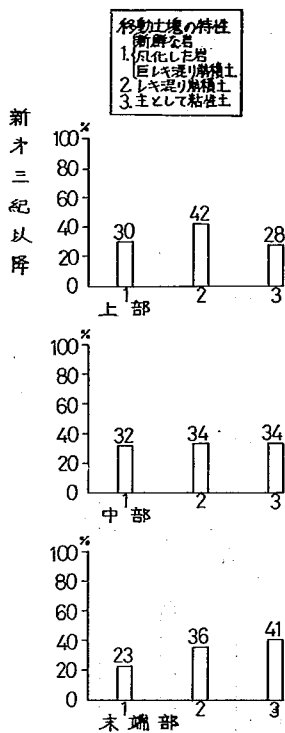


図-36(a) 移動土塊の特性—
基盤岩の生成年代

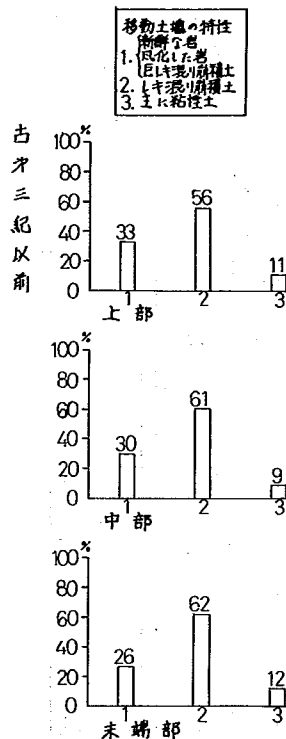


図-36(b) 移動土塊の特性—
基盤岩の生成年代

中部、末端部ではどのような移動土塊の特性があるか図-38(a)、図-38(b)、図-38(c)、図-38(d)に示した。

馬蹄型、沢型、角形において地すべり上部、中部、末端部いずれも、レキ混り崩壊土が一番多く占めているが、逆にボトルネック型になると、岩及び粘質土にくらべてレキ混り崩壊土は、地すべり上部、中部、末端部いずれも少ないことがしめされた。一般にボトルネック型の地すべりは周囲の区域の地質と比較した場合、地すべり地内の含水率が高く、そのため粘性化しやすく、流動化しやすい、又末端部附近に固い地質があり丁度ビン (Bottle) のくびれ (Neck) のようになっているためであろう。

次にすべり面縦断形状の椅子型、舟底型、階段型、層状型のそれぞれにおいて地すべり上部、中間部、末端部で、どのような移動土塊の特性があるか図-39(a)、図-39(b)、図-39(c)、図-39(d)にそれぞれ示した。

移動土塊の特性
 1. 岩質な岩
 2. レキ混り崩積土
 3. 主に粘性土

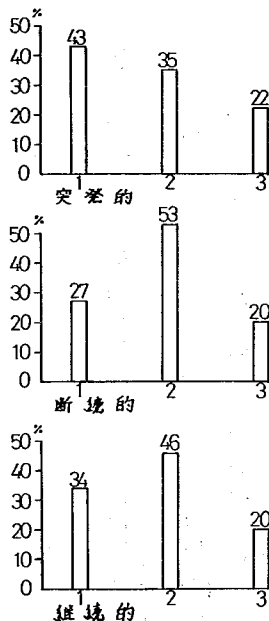


図-37 移動土塊の特性 - 運動形態

移動土塊の特性
 1. 岩質な岩
 2. レキ混り崩積土
 3. 主に粘性土

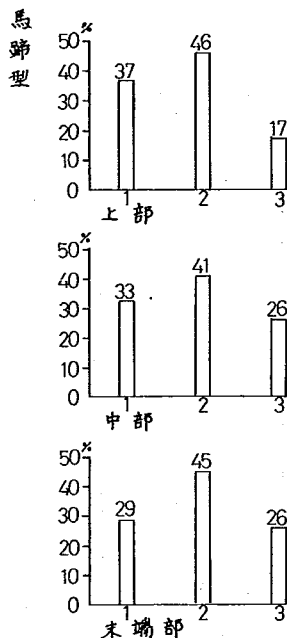


図-38(a) 移動土塊の特性 - すべり面形状

椅子型と舟底型は、地すべり上部、中間部、末端部において、レキ混り崩積土及び粘性土にくらべて岩の占める割合が多かったが、逆に層状型は、地すべり上部、中間部、末端部になるにつれて粘性土が多くなるが、岩の割合は地すべり上部ほど多い。階段型においては、地すべり上部、中部、末端部ともレキ混り崩積土が圧倒的に多かった。

3) すべり面について

すべり面を地すべり地帯の地表で見つけることは特定の場所を除いて非常にむずかしい。末端部に現われたすべり面、側方クラックに現われたすべり面、頭部急崖に露出したすべり面にみられるだけである。

地すべりすべり面のすべり粘土は一般に薄いためボーリング等ですべり粘土を採取することもむ

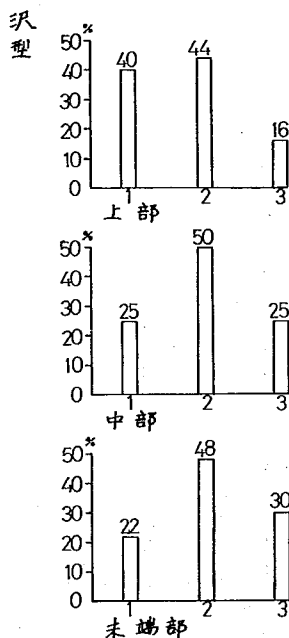
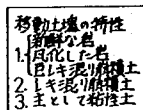


図-38(b) 移動土塊の特性—
すべり平面形状

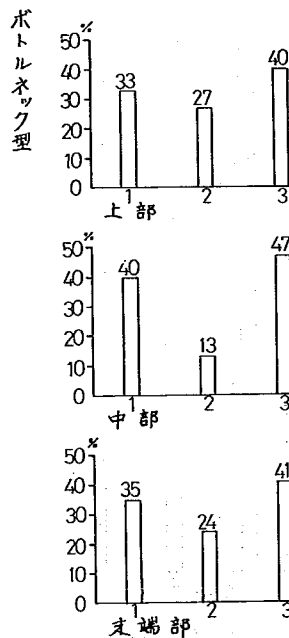
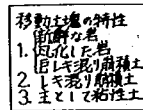


図-38(c) 移動土塊の特性—
すべり平面形状

ずかしいことが多く、地すべり斜面も複雑な地形、地質を呈しているのですべり面の推定方法もかなりの困難を伴っている。

現在すべり面を確認する方法として、掘削中のボーリングを利用したボーリングコアの判定、ボーリング孔内での重錘による判定、ストレインゲージパイプによる方法などですべり面の確認あるいは推定をしている。

これらより推定、確認されたすべり面について、すべり面の特長、性状を知り型分類することはきわめて貴重かつ重要なことである。

すべり面はどのくらいの深度の時、どのような岩種が分布しているのか、その時のすべり面形状はどうなっているのか、又すべり面の位置はどのようなところに多く発生するのかなどについて検討した。

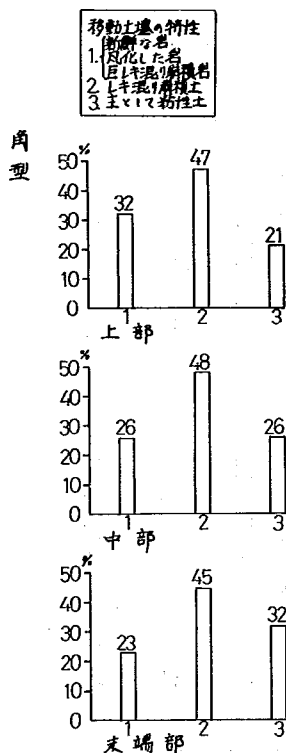


図-38(d) 移動土塊の特性 - すべり平面形状

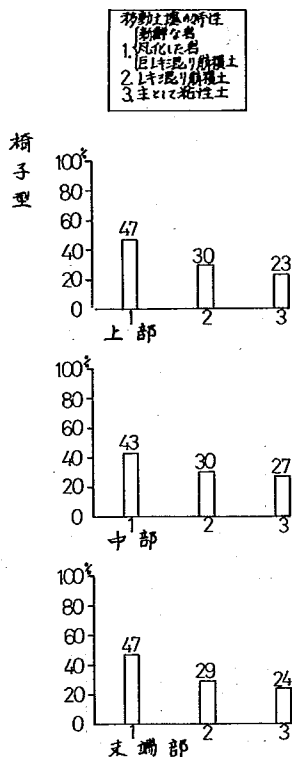


図-39(a) 移動土塊の特性 - すべり面縦断形状

まず平均すべり面深度については図-13(d)で示されたとおりで平均値が13.7mであった。5～9mで23%、10～14mで23%をしめて15～19mで13%、20～24mが19%をしめ、25m以上になると11%となっていた。この平均すべり深度を0～4m、5～9m、10～19m、20m以上の4段階に分けて、その間のすべり面の深さにどのような基盤岩の岩種が多いのか図-40に、又その生成年代についても図-41に示した。

堆積岩は平均すべり面深度が、0～4mで13%、5～9mで29%、10～19mで33%となりピークをしめし、20m以上でも25%もしめしているが、逆に変成岩になると0～4mでは0%、5～9mで13%、10～19mで37%、20m以上になると50%も占めてグラフも等差数列のようにになっている。これらより一般に堆積岩より変成岩の方がすべり面深度が深いことがいえる。

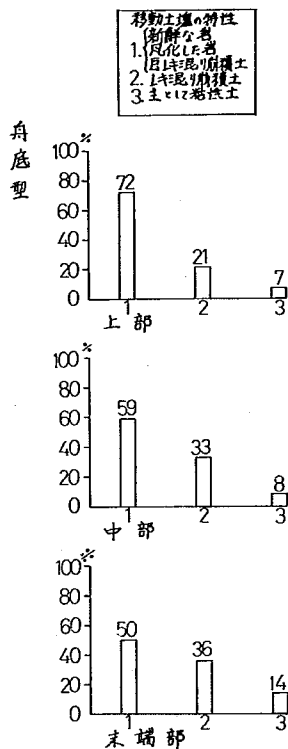


図-39(b) 移動土塊の特性 -
すべり面縦断形状

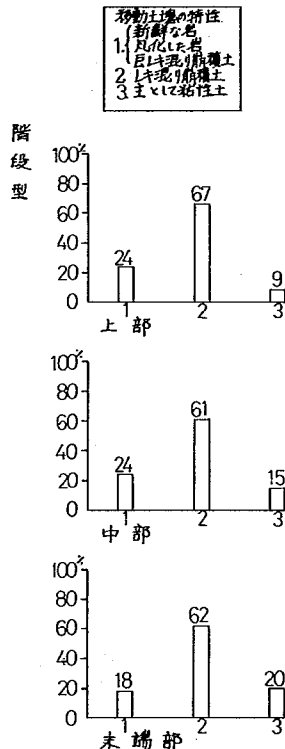


図-39(c) 移動土塊の特性 -
すべり面縦断形状

又図-41のすべり面深度と基盤岩の生成年代との関係を見ると新第三紀以降の方が古第三紀以前より平均すべり面深度が浅い傾向がうかがえる。

次にそれぞれの平均すべり面深度がどのようなすべり面形状(縦断形・平面形)に多く現われるか、図-42と図-43に示した。

図-42のすべり面縦断形状において、椅子型は、5~9mをピークとして46%をしめし、5~19mの範囲をとると77%となっている、又舟底型は平均すべり深度が深い程度頻度分布も多くあらわれ、深度10m以上で62%をしめている。階段型になると10~19mでピーク値をとり40%となり、10m以上で76%をしめていた。又層状型は0~4mの深度でも25%をしめし、20m以上になると15%と少なくなっている。一般にすべり面深度において層状型は舟底型、階段型、椅子型とくらべて浅い傾向がうかがえるのが若干みられる程度であった。

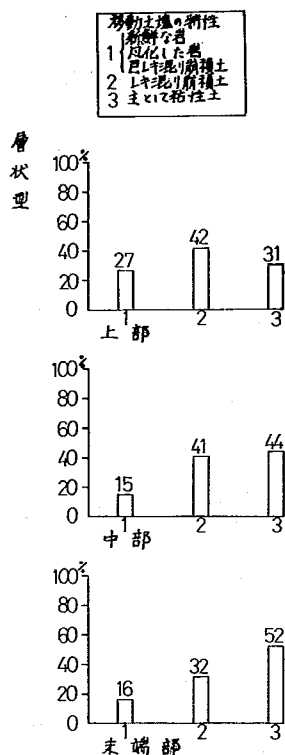


図-39(d) 移動土塊の特性 - すべり面縦断形状

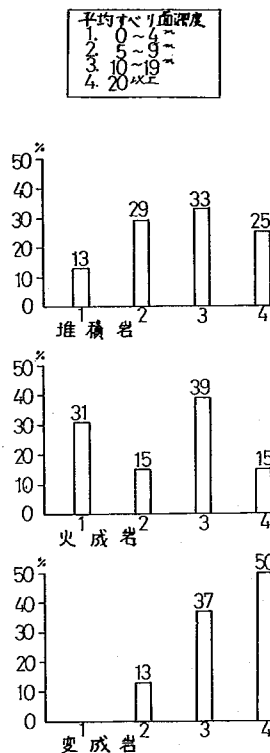


図-40 平均すべり面深度 - 基盤岩の構成岩石

又すべり平面形状について見ると、馬蹄型、沢型、角型とも平均すべり面深度が10~19mにいずれもピーク値をしめし、次に頻度の多いのが20m以上、5~9m、0~4mの順となって頻度分布にあらわれている。ただボトルネック型は10~19mでピーク値を占めているが、この型は粘性土が多く流動化しやすいために0~4mの値の割合が他の型と比較して多いのがうかがえた。

次にすべり面をすべり面縦断形状と平面形状に分けて、その結果を図-44に示した。

すべり面平面形状は、階段型をいずれもピークとしている。次に馬蹄型と沢型及びボトルネック型を層状型と比較した場合数字でも明らかな様に沢型、ボトルネック型は前にも述べた様に粘性化が進んでいるために層状型をとりやすい傾向がうかがえるのは当然であろう。

すべり面の位置は、図-15でも明らかな様に、基盤岩と崩壊土の境界で発生するのが40%を

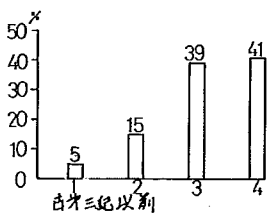
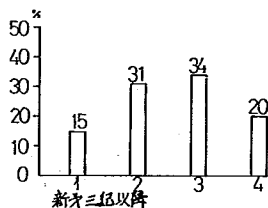
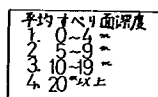


図-41 平均すべり面深度 - 基盤岩の生成年代

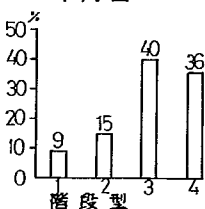
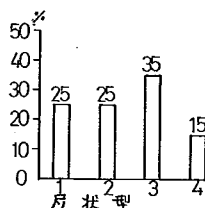
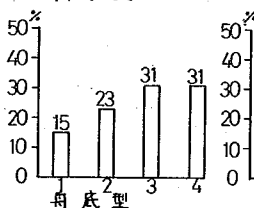
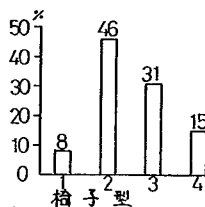
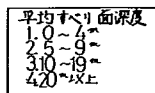


図-42 平均すべり面深度 - すべり面縦断形状

しめ、次に風化基盤岩20%、下風化基盤岩と基盤岩の境界、崩積土中、基盤岩の中の順となっていたが、しかしこれらは基盤岩のどのような岩種に多いのか、又この時のすべり面の平面形状にどのように分布しているのか、それぞれ図-45、図-46にしめた。

図-45でわかるように、堆積岩では風化基盤中及び基盤岩と崩積土の境界に2つのピークが見られ、変成岩は基盤岩と崩積土の境界に1つのピークがみられた。これは、岩石自身の風化に対する抵抗力と岩石の成因（例えばクラック：節理、片理、等の構造にも起因しているし、又前にも述べた様に地層中で不連続面が形成されているところにすべり面が形成されるからである）の差異によるためであろう。

図-46のすべり平面形状との関係をもてみると、それぞれの型において、やはり基盤と崩積土の境がピークをしめし、次に風化基盤岩の中となっていた。

平均すべり面深度
1. 0-10cm
2. 10-20cm
3. 20-30cm
4. 30cm以上

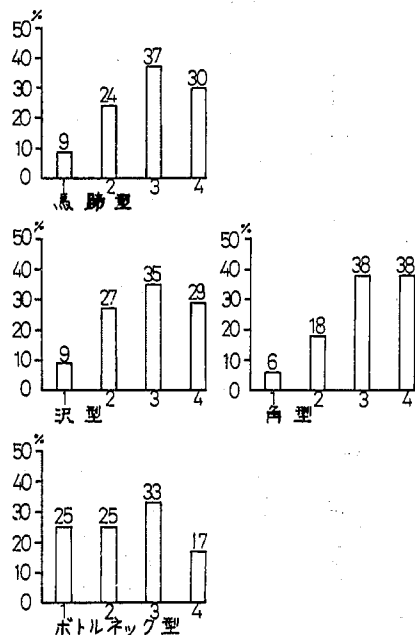


図-43 平均すべり面深度-すべり平面形状

すべり面縦断形状
1. 椅子型
2. 舟底型
3. 階段型
4. 岸状型

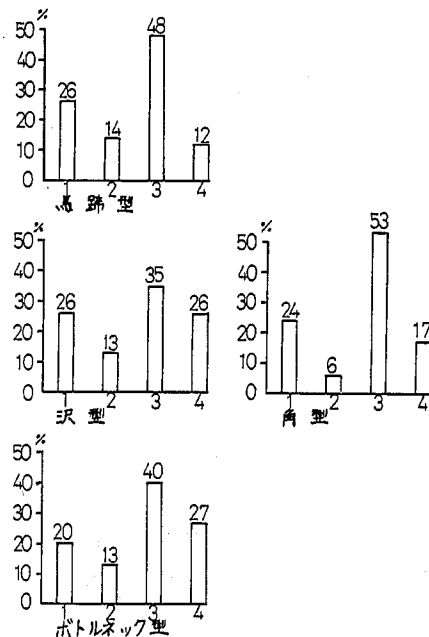


図-44 すべり面縦断形状-すべり平面形状

すべり面の位置
 1. 基盤岩の中
 2. 風化基盤岩の中
 3. 風化基盤岩と基盤岩の境界
 4. 基盤(風化を含む)と崩積土の境界
 5. 崩積土中

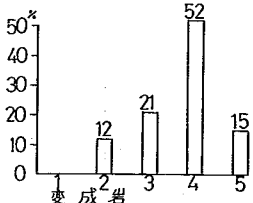
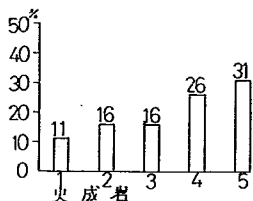
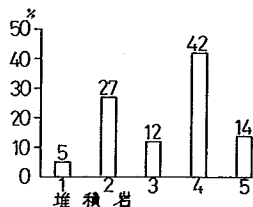


図-45 すべり面の位置 -
 基盤の構成岩石

すべり面の位置
 1. 基盤岩の中
 2. 風化基盤岩の中
 3. 風化基盤岩と基盤岩の境界
 4. 基盤と崩積土の境界
 5. 崩積土中

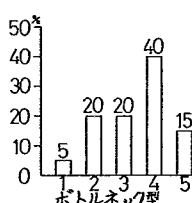
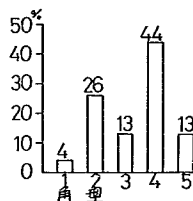
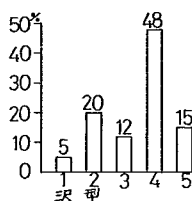
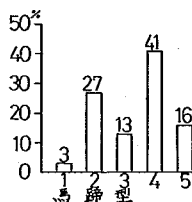


図-46 すべり面の位置 -
 すべり平面形状

次にすべり平面形状と地表面上にあらわれる隆起との関係についてみると、図-47にしめした様に馬蹄型、沢型、ボトルネック型、角型にも、それぞれ隆起がある。その中でも馬蹄型に隆起が一回多くみられ72%をしめしている。沢型、ボトルネック型になると隆起の発生率は半数を下まわっている。

すべり面縦断形状と基盤岩の構成岩石の関係について図-48にしめした。これによると、堆積岩、火成岩は椅子型、舟底型、階段型、層状型にそれぞれ同じような頻度割合をしめしているが、変成岩となると階段型が特に多く71%もしめていた。これも変成岩の成因(褶曲、断層、片理等)に関連し、不連続面が階段状にとりやすいことがうかがえる。

次に平均すべり面深度と地下水について図-49にしめした。これによると地下水位が地表面から浅い(地表面より2m程度)ときにすべり面深度は、0~4mで24%、5~9mで32%、

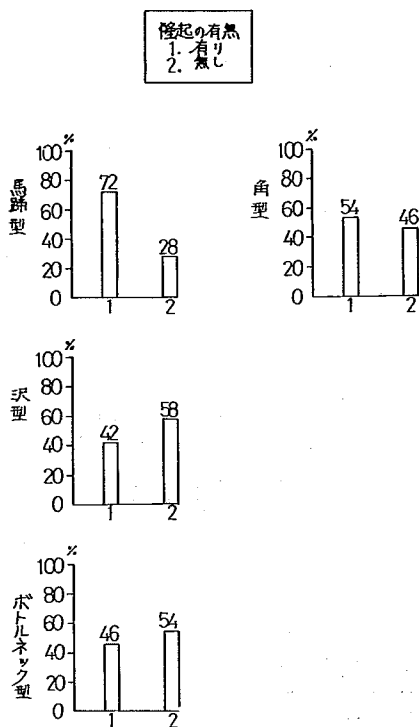


図-47 地表の変状(隆起) -
すべり平面形状

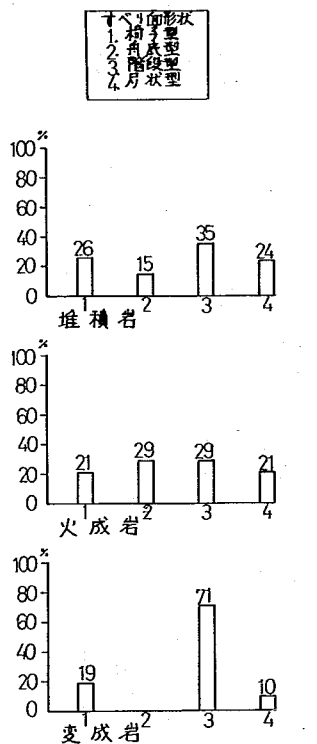


図-48 すべり面縦断形状 -
基盤岩の構成岩石

10～19mで40%でピークをしめし、20m以上になるとわずか4%にすぎない。逆に地下水位が地表面より深い(5m以上)場合に、0～4mで2%, 5～9mで15%, 10～19mで37%, 20m以上で46%となり、すべり面深度が深ければ地下水位も地表より深くなる傾向がみられる。

地下水位が地表面より2～5mの場合は、浅い地下水位と深い地下水位との中間的な分布をしめしているのも当然のことである。

一般にすべり面深度が深ければ、地下水位も地表面より深く、逆にすべり面深度が浅ければ地下水位も地表より浅いところに位置しているといえる。

平均すべり面深度	
1	0~4m
2	5~9m
3	10~19m
4	20m以上

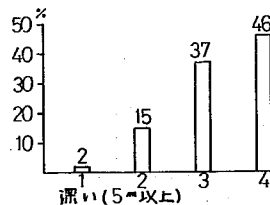
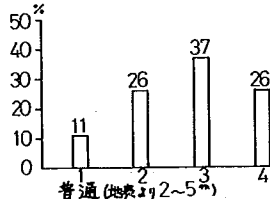
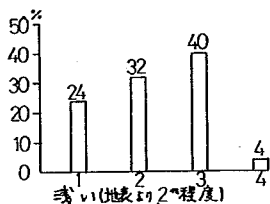


図-49 平均すべり面深度—
地下水位の状態

地下水の状態(位置)	
1	浅い(地表より2~5m)
2	普通(地表より5~10m)
3	深い(10m以上)

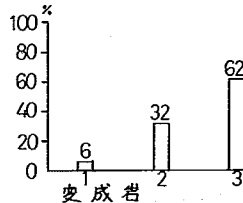
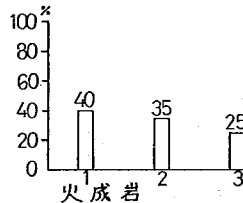
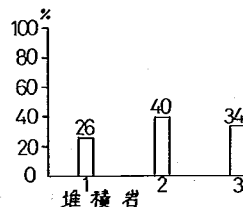


図-50 地下水位の状態—
基盤岩の構成岩石

4) 地下水位について

地下水面の挙動については、地すべり機構を解明する上にも最重要問題である。しかし学問的にもむずかしく、又おくれた部門である。一応定性的な表現ではあるが、地下水位の状態について調べた。

図-49でわかったとおり、地すべり深度が深いほど地すべりの地下水位が地表面より深いことがわかったが、これらは一体、どういう岩種に多いのかを図-50に示し、又その時の移動土塊はどのような状態の時に多いのか図-51に示した。

すべり面深度と基盤岩の構成岩石については図-40に見られたとおり堆積岩にも、変成岩にも深いすべり面が存在している、特に変成岩になるとすべり面が20m以上で50%をしめていた。そこで地下水位の状態と平均すべり面深度の関係についてみると図-49に示めされたとおり、すべ

地下水位の状態
1.浅い(地表より2m程度)
2.普通(地表より2~5m)
3.深い(5m以上)

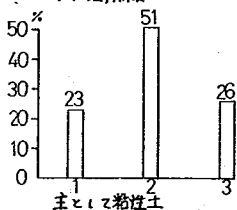
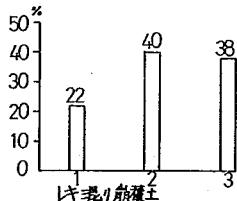
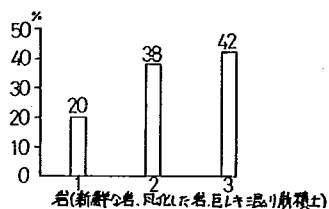


図-51 地下水位の状態—
移動土塊の特性

地すべり発生誘因
1.地すべり末端部の河川に浸食
2.豪雨
3.長雨
4.豪雨時、長期の降水
5.豪雨時(台風、集中豪雨等)

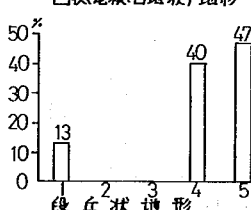
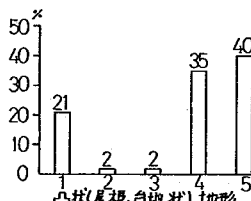
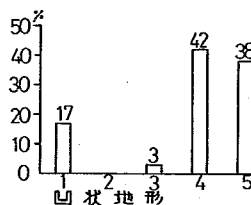


図-52 地すべり発生誘因—
地すべり地形

り面深度が深ければ深い程、地表面からの地下水位の深度が深くなる傾向があり、次に地下水位状態と基盤岩の構成岩石を図-50でみてみると、それぞれの岩について図-40、図-49でのべたことがいえた。

移動土塊の特性についても、岩の状態に近い程、地下水位の状態が深くなる傾向があるし、逆に粘性土程浅くなる傾向がわかる。又、地下水位が地表面より2~5mの深度に存在するのが、岩でも38%、レキ混り崩壊土で40%、粘性土で51%もしめ、一般に地すべり地内での地下水が豊富なことがうかがえる。

5) 地すべり発生誘因について

地すべり発生誘因は図-23で見られたとおり、豪雨、長期の降雨、地すべり末端部の河川浸食

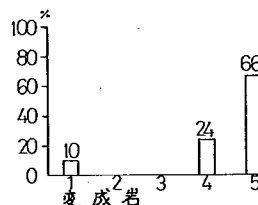
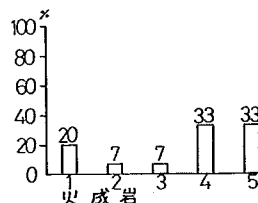
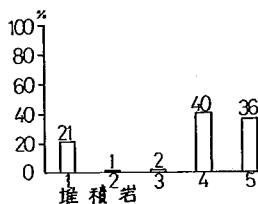
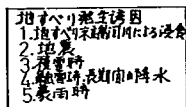


図-53 地すべり発生誘因—
基盤岩の構成岩石

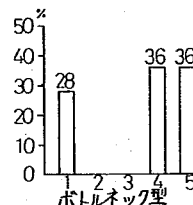
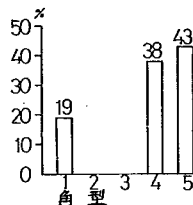
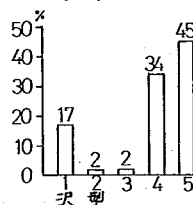
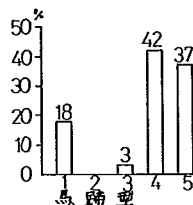
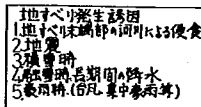


図-54 地すべり発生誘因—
すべり平面形状

で97%しめしていたが、これらの発生誘因は地形ではどういうところに発生しているか、岩種はどういう種類に多いのか、すべり面縦断形状、すべり平面形状はどういう型に多いのか、それぞれ図-52、図-53、図-54、図-55にしめた。

前にも述べたが豪雨、長期の降水時、地すべり末端部の河川浸食で97%しめしており、この影響によりどのグラフの分布をみてもこの3者頻度数が多かった。このうち表すべり末端部に河川が位置しておれば、高水等により地すべり末端が浸食され地すべりが発生することは容易に考えられるので、ここでは融雪時、長期間の降水時と台風、集中豪雨等の豪雨による影響について特に検討することにした。

図-52の地すべり地形との関係を見ると、わずかな差であるが凹状地形は融雪時・長期間の降水時が多いが逆に凸状地形は台風、集中豪雨時に多いことがわかる。

1. 地すべり発生誘因
 2. 地すべり発生時の河川による侵食
 3. 堆積岩
 4. 融雪時、長期間の降水
 5. 豪雨時 (台風、集中豪雨等)

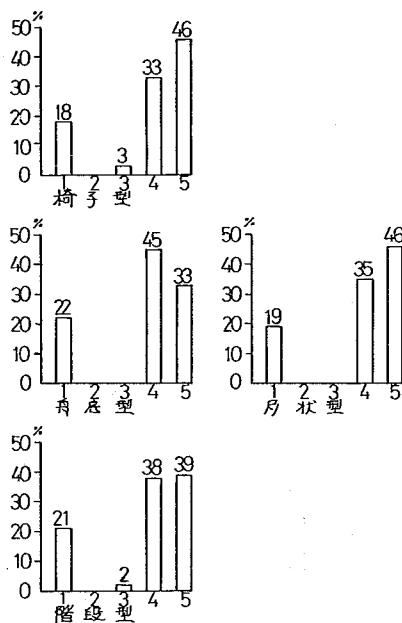


図-5-5 地すべり発生誘因-すべり面縦断形状

図-5-3の基盤岩の岩石との関係を見ると、特に変成岩に豪雨時の影響がみられ、堆積岩、火成岩についてはさほど差はなかった。

図-5-4のすべり面平面形状についても融雪時、長期間の降水と豪雨時を比較すると馬蹄型、沢型、角型、ボトルネック型とも大差はなく、又同じように図-5-5のすべり面縦断形状についても椅子型、舟底型、階段型、層状型とも若干の差があるだけで、いずれも融雪時、長期間の降水と豪雨の2者が大きく占めているのがわかる。

Ⅲ - C 調査結果 (C 部門)

-新第3紀層地すべりと中生層地すべりの特質について-

地すべりの発生分布は図-1で見られた様に生成年代によりかなり地域別特質が見られる。特に今回の調査対象で、新潟、富山、石川、長野県を中心とした新第3紀層の件数が73件あり、又徳島、高知等を中心に分布している中生層の地すべりが45件あり、若干個数が少ないが、一応統計的に処理して見た結果、新第3紀層地すべりと中生層地すべりととの特質、相違がみられたので述べてみた。なおB部門においても基盤岩の生成年代について種々、論じられているのでこれも参考にさせていただきたいと思う。

なお、下記の項目についておこなった。

1. 地すべり規模について
 - a) 地すべり長さ
 - b) 地すべり幅
 - c) 地すべり面積
 - d) すべり面深度
2. 地すべり地表面勾配、すべり面勾配について
3. 内部マサツ角及び粘着力との関係について

1) 地すべり規模について

図-56に地すべり長さについて示した。新第3紀層地すべりは平均値が444mで、中生層地すべりは425mで若干、新第3紀層の地すべりが長かった。

図-57に地すべり幅について示した。新第3紀層地すべりの平均幅は270mで、中生層地すべりは392mであり、地すべりの平均長さと平均幅の比(L/W)をとると中生代では1.1であるのに対して新第3紀層は1.6となり、新第3紀層の地すべりが細長い形状をとりやすいことがわかる。

地すべりの面積は、図-58にしめされているとおり、新第3紀層地すべりの平均値は18haで、中生層地すべりは28haであり、中生層の地すべりが1.6倍程大きかった。

次に地すべりのすべり面平均深度を図-59にしめた。新第3紀層の平均深度は12.0m、中生層地すべりは17.1mで中生代の地すべりのすべり面深度がかなり深いことがわかる。

2) 地すべり平均地表面勾配、平均すべり面勾配について

地すべり地表面勾配について図-60にしめた。これによる新第3紀層の地表面平均勾配は16°であるのに対して中生代の地すべりの平均勾配は24°とかなり急傾斜となっていることがわ

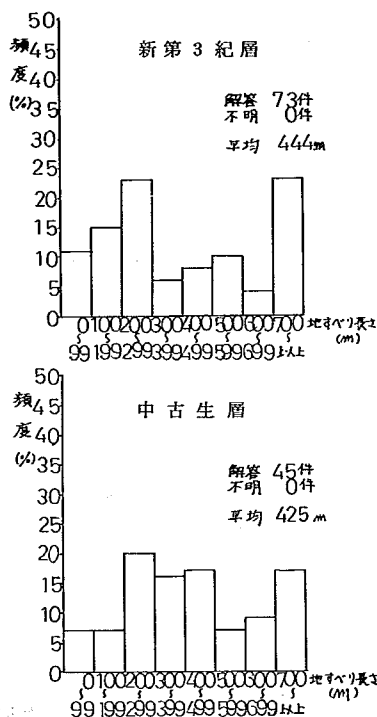


図-56 地すべり長さ

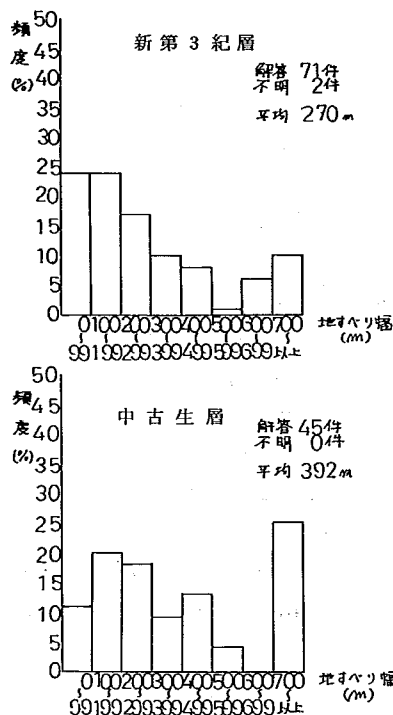


図-57 地すべり幅

かる。

平均すべり面勾配について、図-61に示した。新第3紀層地すべりのすべり面勾配は 16.1° であるのに対して中生層地すべりのすべり面勾配は 20.1° であり、中生層地すべりのすべり面勾配の方が一般的に急であることがわかる。

3) 粘着力と内部摩擦角の関係について

図-62に粘着力について示した。これによると新第3紀層の地すべりの平均値は 1.7 t/m^2 であるのに対して、中生層の地すべりの平均値は 2.0 t/m^2 である。

一般に粘着力は、土塊の厚さが厚い程圧密をうけ、そのため地すべり深度に関係し、ここでも、中生層の地すべり平均深度が深かったことにもよるので当然中生層の粘着力の方が大きい。

内部摩擦角について、図-63に示した。これによると、新第3紀層の平均内部摩擦角は 11°

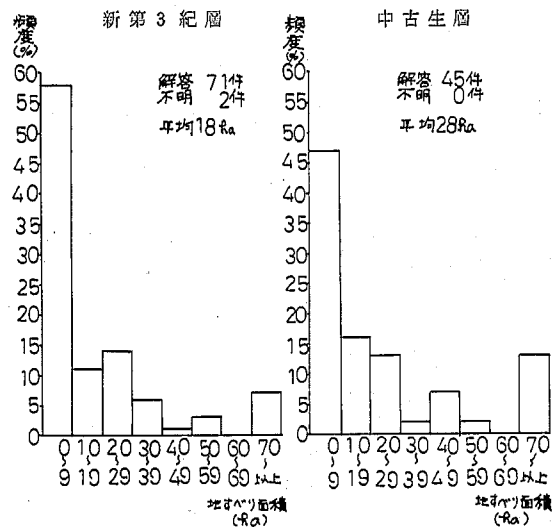


図-58 地すべり面積

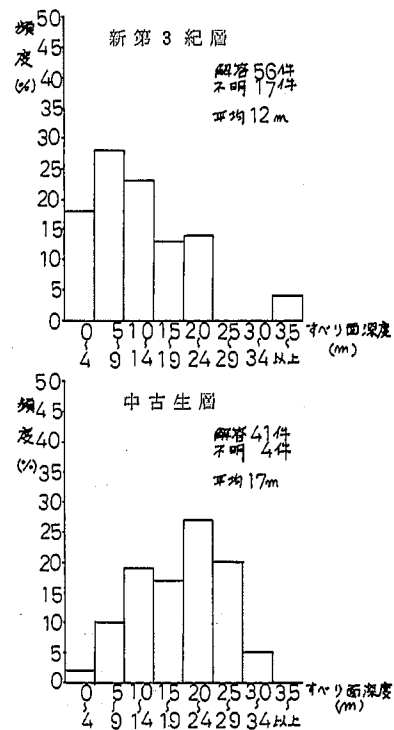


図-59 すべり面平均深度

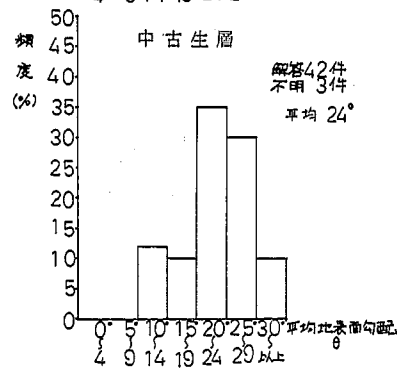
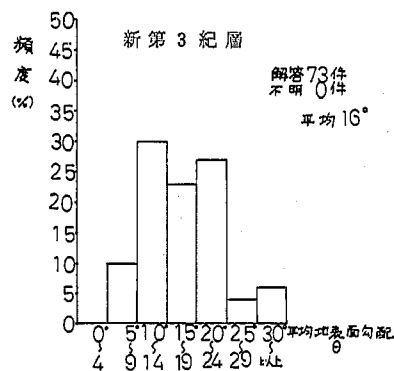


図-60 平均地表面勾配

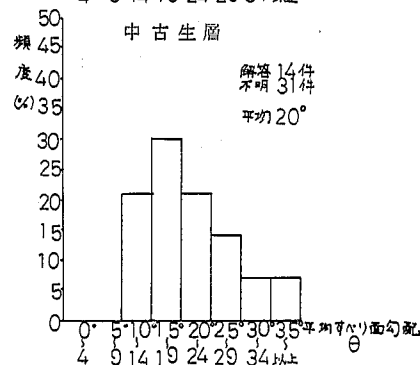
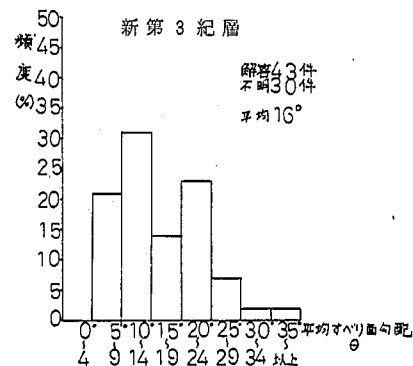


図-61 平均すべり面勾配

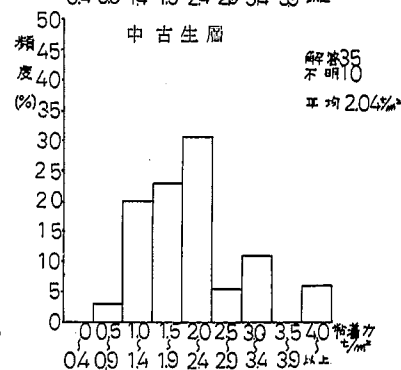
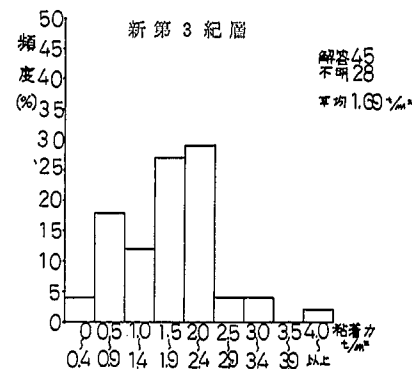


図-62 粘着力

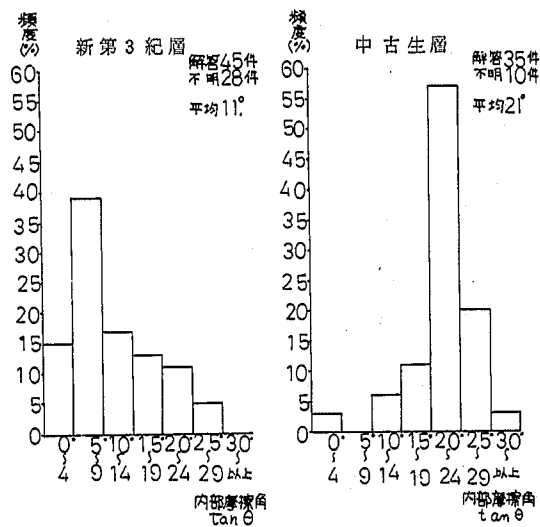


圖-63 内部摩擦角

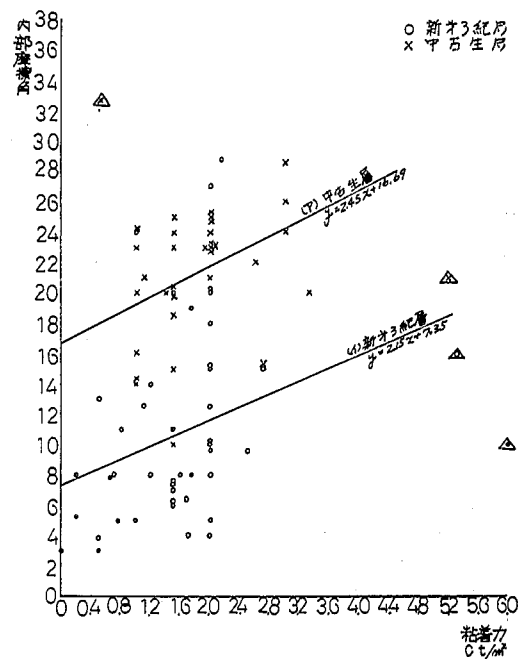


圖-64 粘着力-内部摩擦角

をしめしているのに対して、中生層の地すべりは 21° とかなり高いことがわかる。

図-64には、粘着力と内部摩擦角の関係について示した。○印は新第三紀層地すべりの値をしめし、×印は中生層の地すべりの値についてしめたものである。

新第三紀層地すべりの内部マサツ角と粘着力との関係の最小自乗法をとり、直線式を(イ)にしめた。又中生層の地すべりの直線式を(ア)にしめた。ただし△のついた点の値はそれぞれ除外して最小自乗法をおこなったものである。

IV あ と が き

全国地すべり崖くずれ対策協議会の協力により、全国より貴重な地すべり実態調査のアンケート141個も寄せられました。これをもとにして、統計的に処理し、そして種々に組合せ型分類した。これによりここに地すべりの特徴、性状、実態がより一層明らかになった。

中にはアンケートの調査の不備・不足のため、記入者を困惑させたり、又意志疎通を欠き、統一的な意志作業が出来なかったこともあったと思われる。今回は地すべりアンケートの第1回目で主として地すべりの変状、地すべり規模、土地利用状況調査、対策工で主として定性的表現が多かったが、次にはもう少し定量的に、しかも調査、対策工法を主眼として表現、把握できるように記述式にし、又第1回目の補足の意味をかねて、第2回目のアンケートをおこなう予定である。

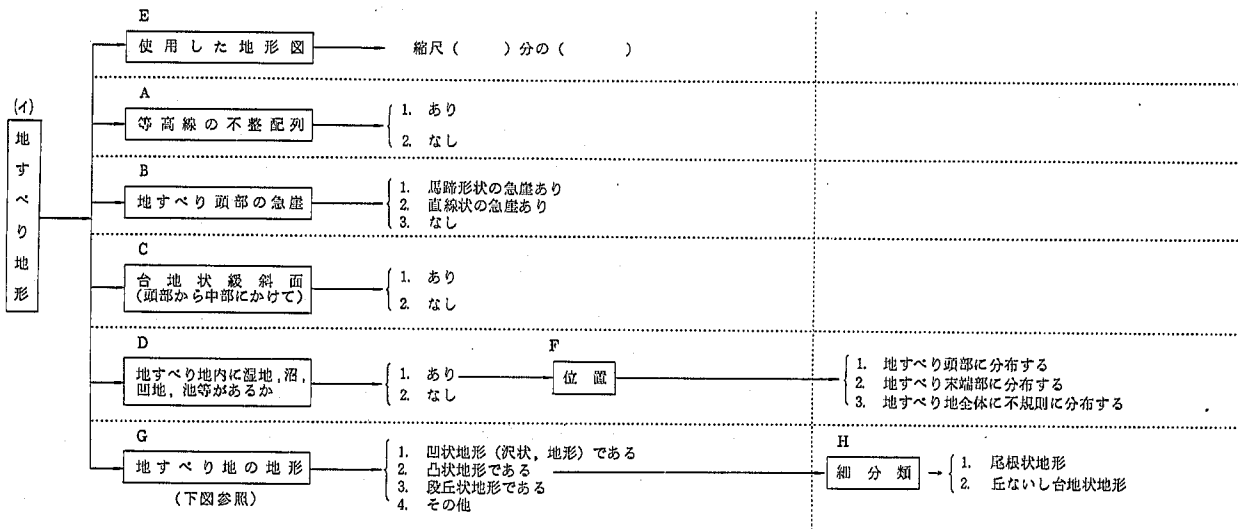
これらにより一層の地すべり型分類の研究をし、地すべり危険判定と合理的な対策工法を大系的にみだしていこうとするものであり、又自然環境破壊を未然に防止できることを目的としたものである。

最後に、このアンケートの集計には当研究室の白石、長溝両技官及び東海大学の3人の学生の力を借りて、まとめたものであり、心から深く感謝いたします。

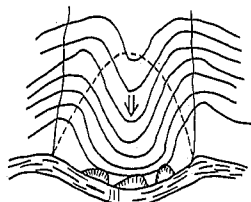
参考資料

地すべりに対するアンケート調査

地すべり地形

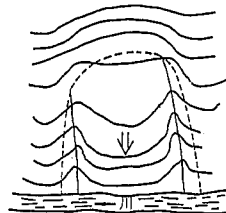


1. 凹状地形

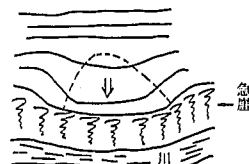


2. 凸状、尾根状地形

I



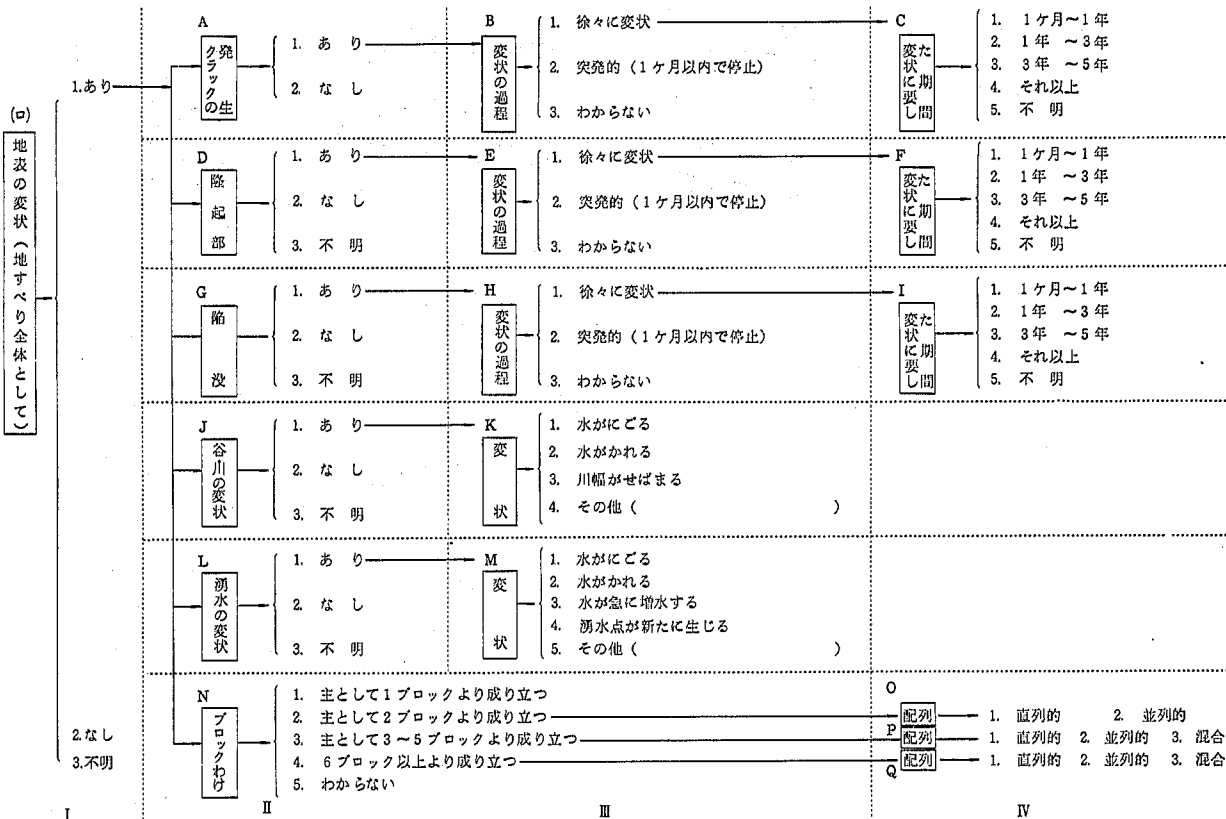
2. 凸状、台地状地形



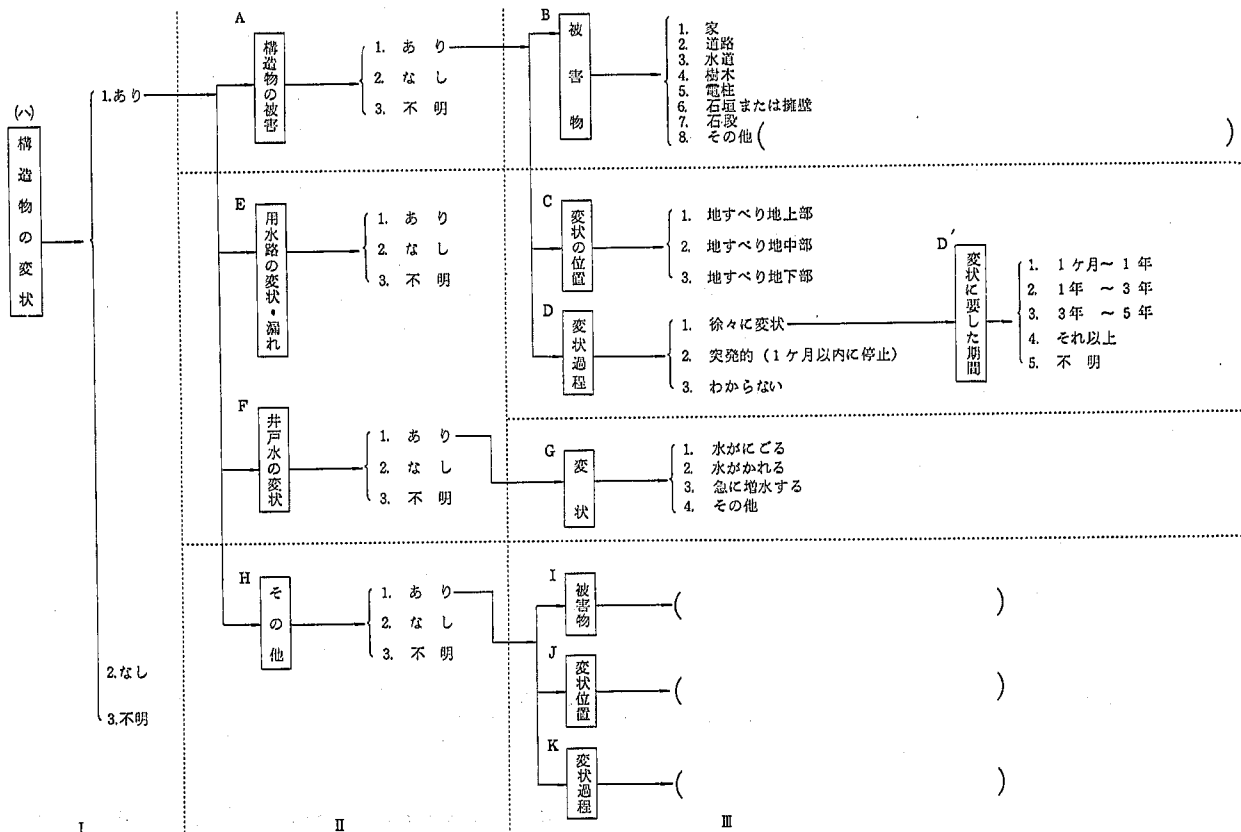
3. 段丘状地形

II

地すべりによる変状 (1)-

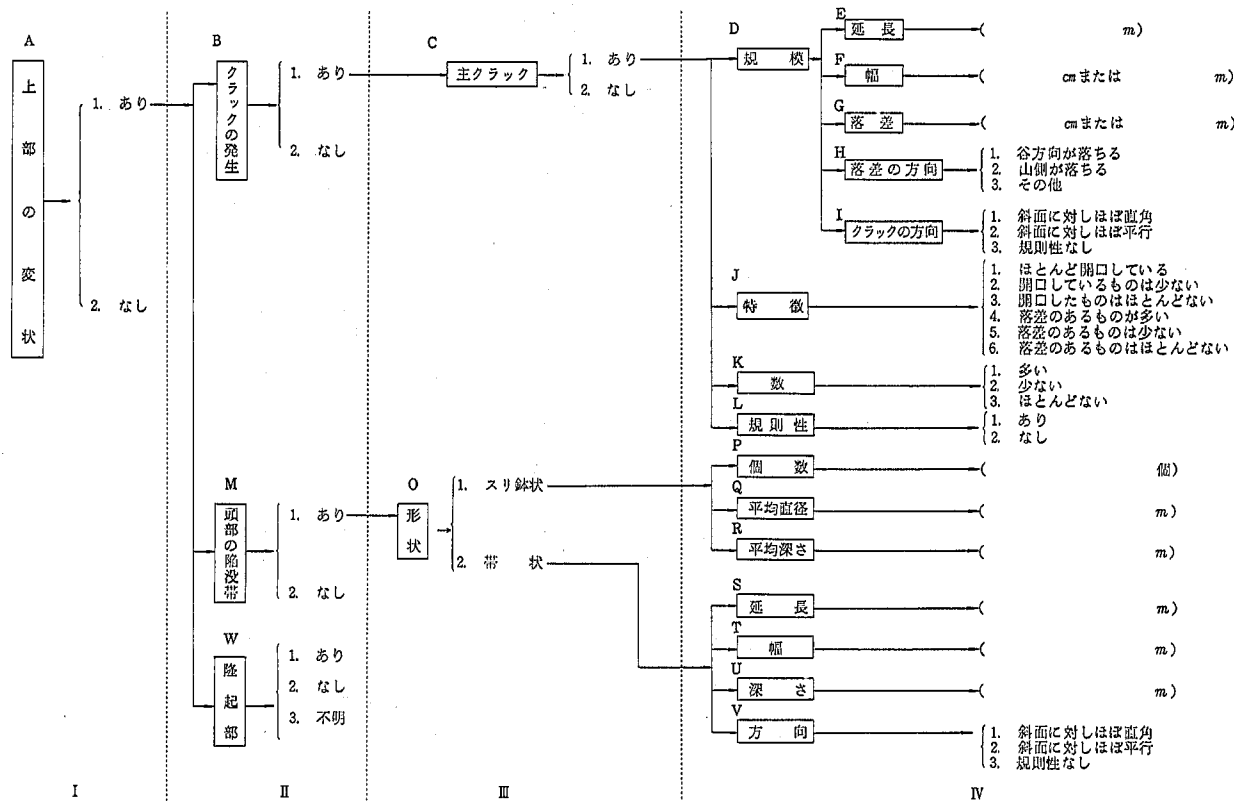


地すべりによる変状 (2) -

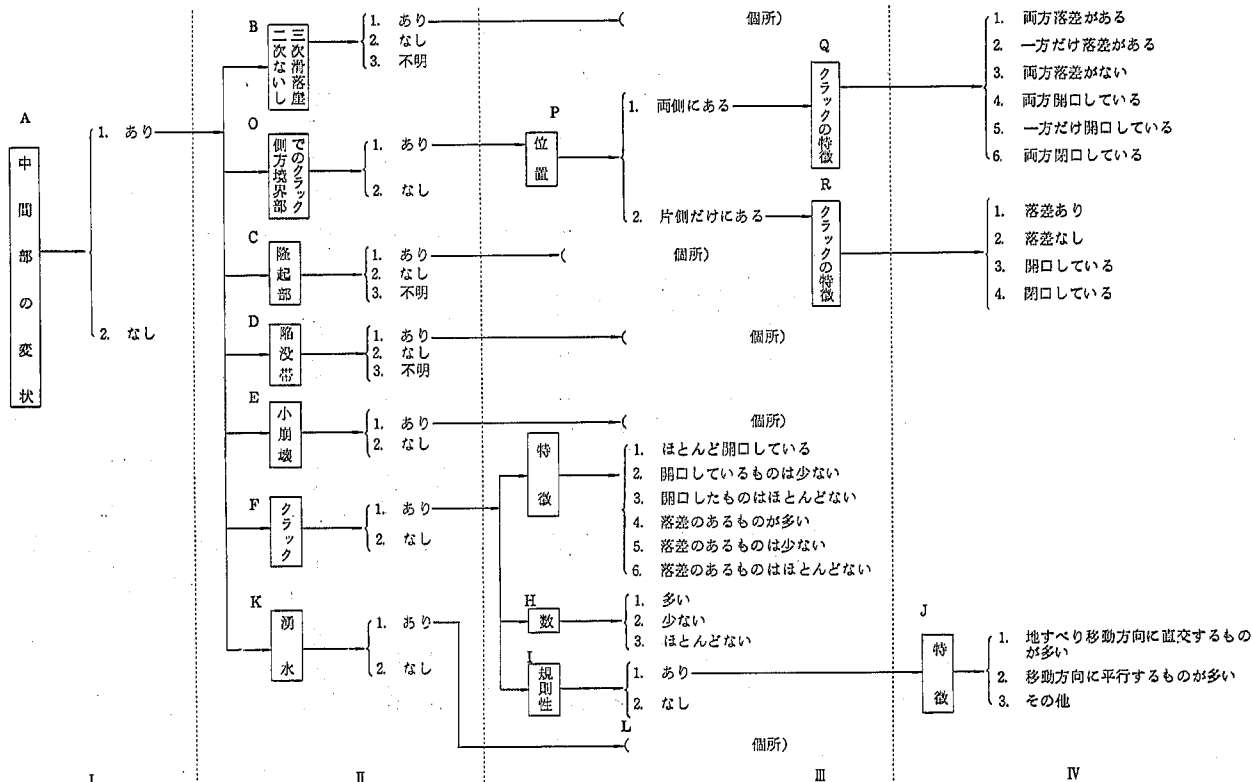


地すべりによる変状（地すべり上部の変状） - (3) -

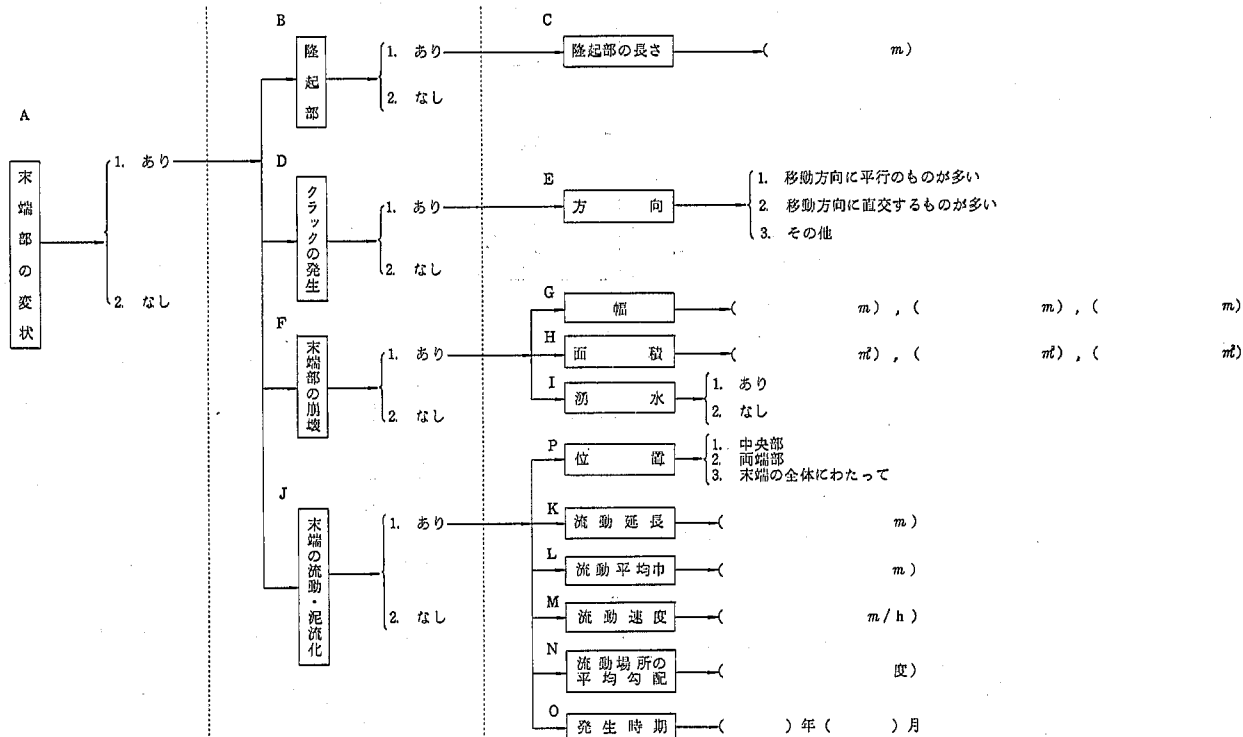
74



A
中間部の変状



地すべりによる変状（地すべり末端部の変状） - (5) -

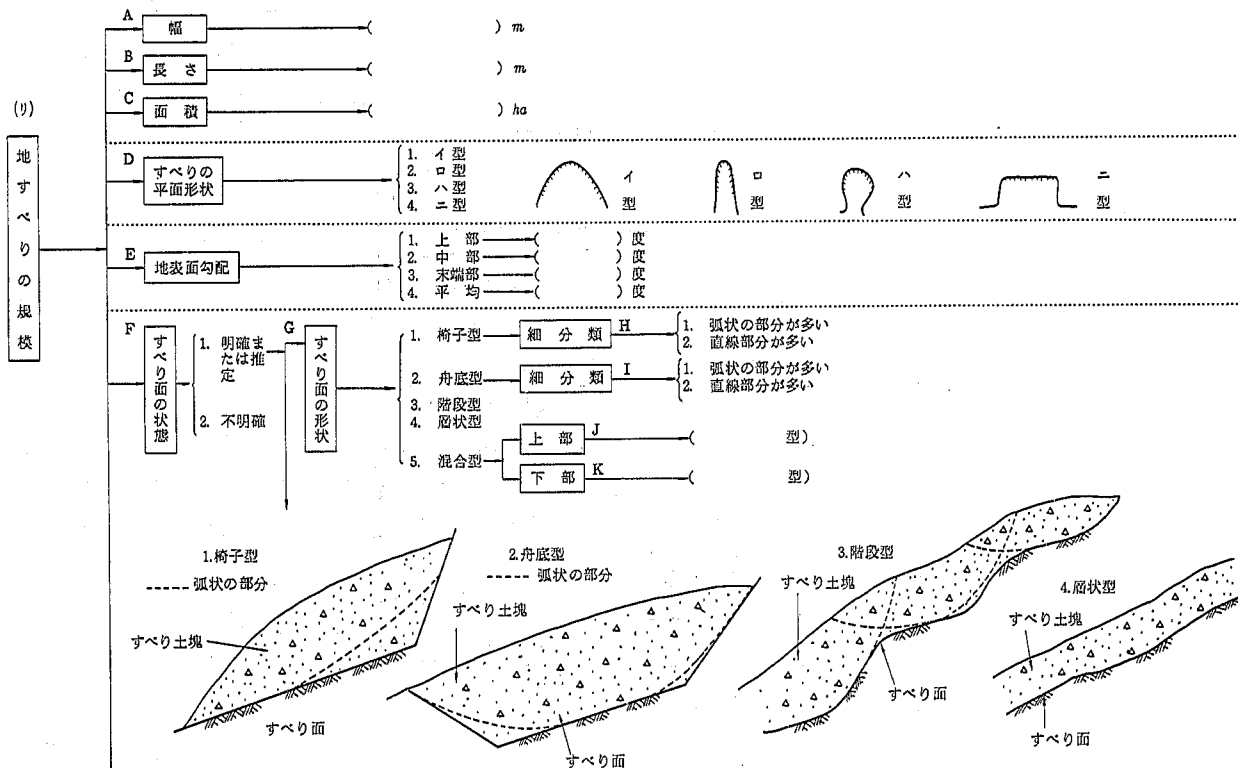


I

II

III

地すべりの規模 (1)

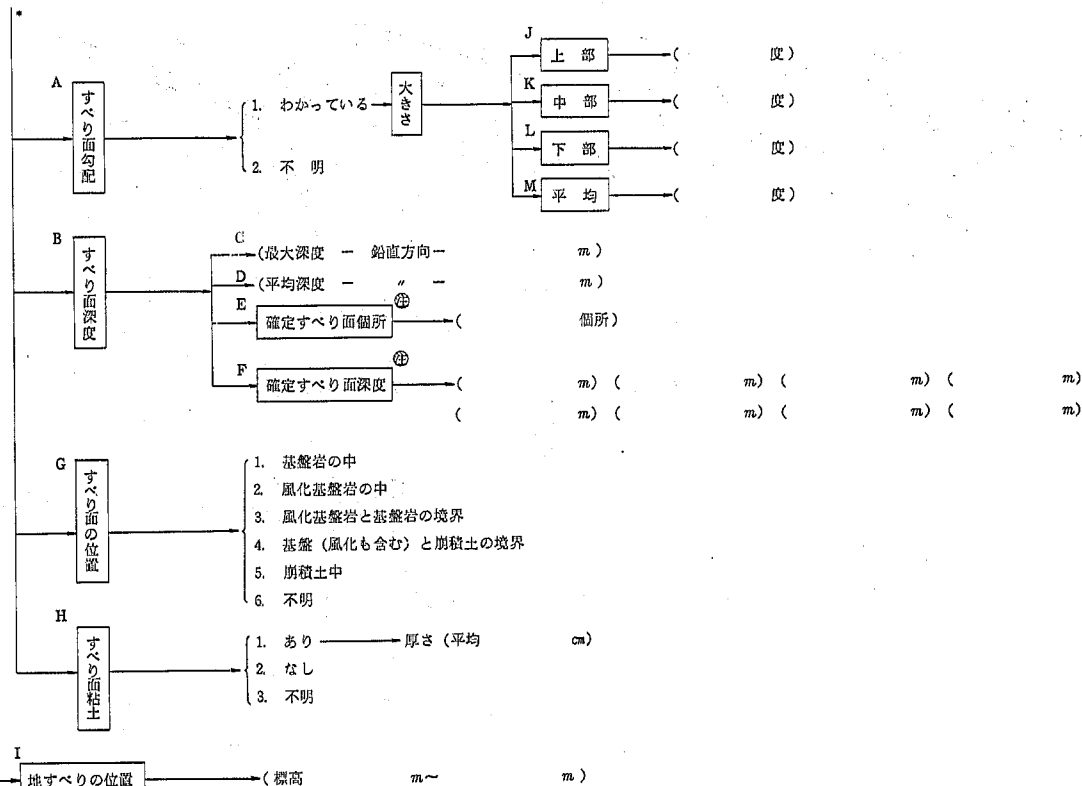


地すべりの規模 (2)

前ページ
よりつづく

(ヌ)

地すべりの規模



⊕ 確定すべり面とはパイプ歪計，ボーリングコア等によってすべり面の位置が確実に存在することが確認できたもの

移動土塊の特性

(7)

移動土塊の特性

- A 上部
1. 新鮮な岩である
 2. 風化した岩である
 3. 巨レキ混り崩積土である
 4. レキ混り崩積土である
 5. 主として粘性土である
 6. 不明

- D 中間部
1. 新鮮な岩
 2. 風化した岩
 3. 巨レキ混り崩積土
 4. レキ混り崩積土
 5. 主として粘性土
 6. 不明

- G 末端部
1. 新鮮な岩
 2. 風化した岩
 3. 巨レキ混り崩積土
 4. レキ混り崩積土
 5. 主として粘性土
 6. 不明

- B レキ種
1. 角レキ
 2. 亜角レキ
 3. 円レキ
 4. 不明

C レキ質 (岩)

- E レキ種
1. 角レキ
 2. 亜角レキ
 3. 円レキ
 4. 不明

F レキ質 (岩)

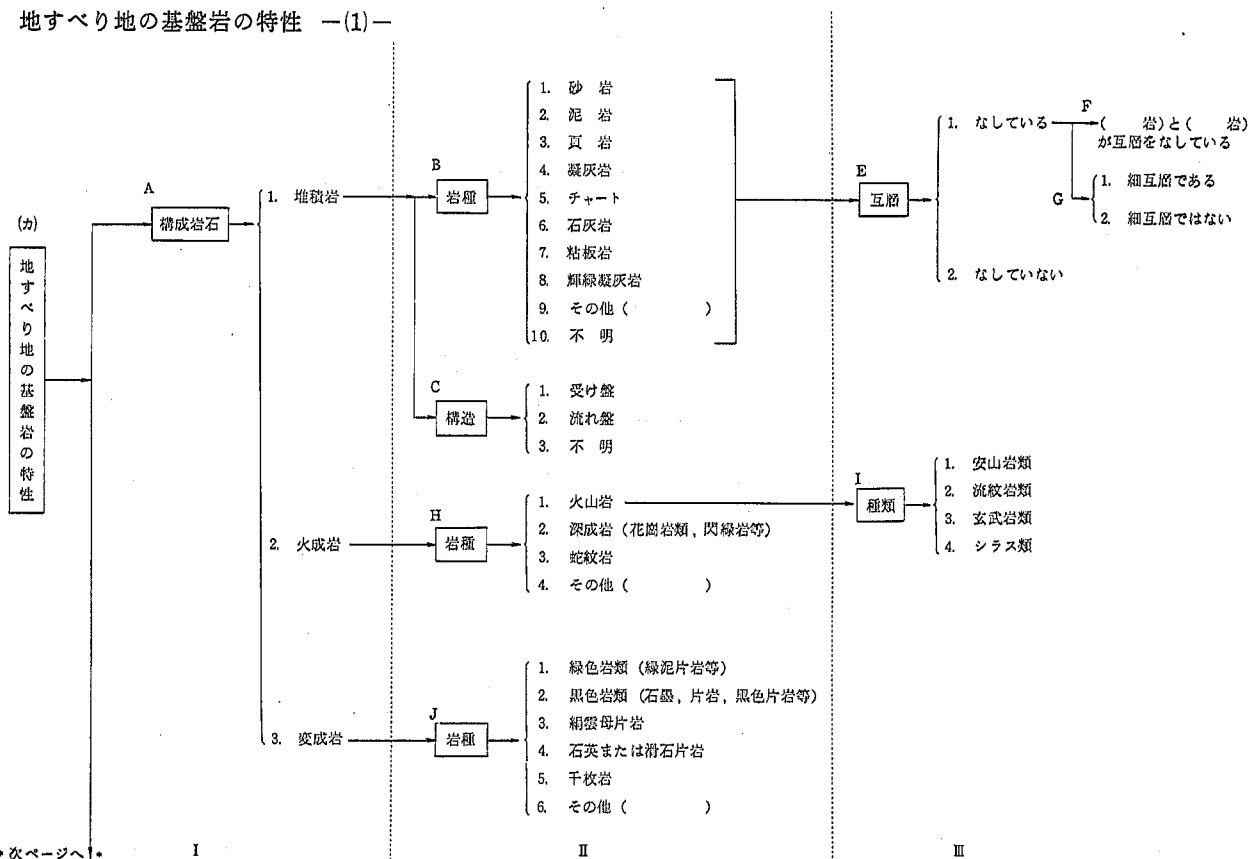
- H レキ種
1. 角レキ
 2. 亜角レキ
 3. 円レキ
 4. 不明

I レキ質 (岩)

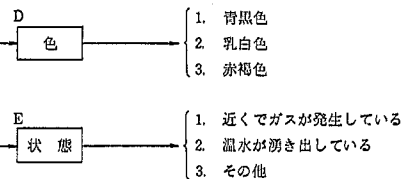
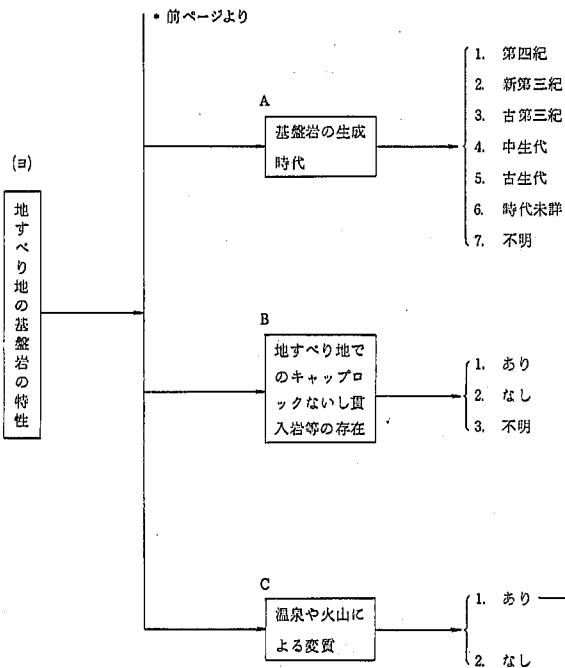
I

II

地すべり地の基盤岩の特性 (1)



地すべり地の基盤岩の特性 - (2) -



地下水の状態

(ツ)

地下水の状態

A

位置

1. 浅い (地表より 2 m 程度)
2. 普通 (地表より 2 ~ 5 m)
3. 深い (5 m 以上)
4. ほとんどない
5. 不明

B

水位の変動

1. あり
2. なし
3. 不明

C

状態

1. 大きい (10 m 以上)
2. やや大きい (5 m ~ 10 m)
3. 普通 (2 m ~ 5 m)
4. 少ない (0 m ~ 2 m)
5. 不明

D

時期

1. 降雨当日 ~ 1 日後
2. 1 日 ~ 2 日後
3. 2 日 ~ 1 週間後
4. 1 週間以上
5. 不明

E

ボーリング孔
よりの自噴水

1. あり
2. なし
3. 不明

(地表より m のヘッドあり)

F

地下水位の上下
と地すべりとの
相関性

1. ある
2. ややある
3. なし
4. 不明

I

II

地すべり発生誘因

(ネ)
地すべり発生誘因

1. 人 為 的

A
誘因

1. 切土
2. 盛土
3. 地表水, 地下処理の不完全 (農業用水路, 道路側溝等の漏水防止)
4. ダム等の湛水で最初の湛水時
5. ダム等湛水で水位の急激な降下時
6. その他 ()

F
発生時期

1. 工事中
2. 工事完了直後
3. 工事完了後1年まで
4. 工事完了後1年以上

2. 自 然 的

B
誘因

1. 地すべり末端部の河川による侵食

2. 地 震

G
発生時期

1. 直後
2. 後

3. 積雪時

H
発生時期

1. 初雪の前後
2. 最高積雪深の頃
3. その他

4. 融雪時

I
最高積雪深

5. 長期間の降水

C
連続降水量

- m)
- i) () mm → () 年 () 月
- ii) () mm → () 年 () 月
- iii) () mm → () 年 () 月
- iv) () mm → () 年 () 月
- v) () mm → () 年 () 月

6. 豪雨時 (台風・集中豪雨等)

D
連続降水量

- i) () mm → ()
- ii) () mm → ()
- iii) () mm → ()

3. 混 合

(⊕この場合, 1, 2に同時に記入して下さい)

7. 不 明

⊕ () には下記の番号を記入する

時 期

1. 降雨ピーク時
2. 降雨直後
3. 降雨後
4. 不明

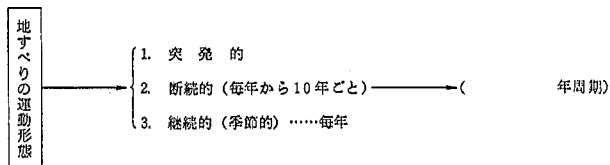
I

II

III

地すべりの運動形態

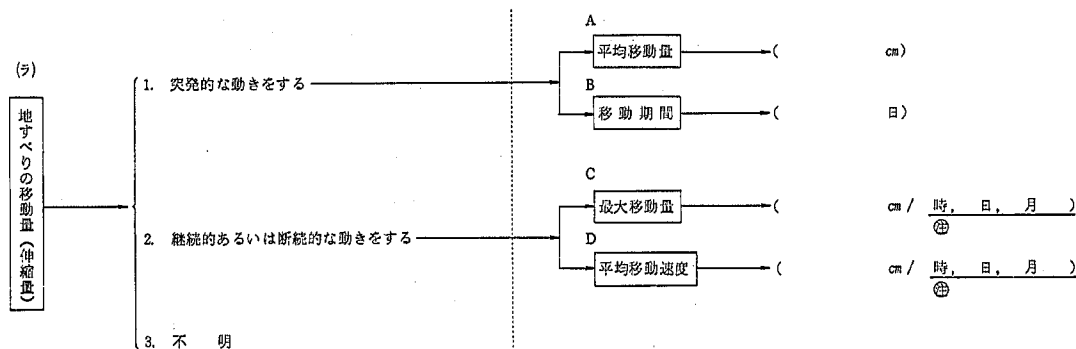
(ナ)



I

地すべりの移動量 (伸縮量)

(ラ)

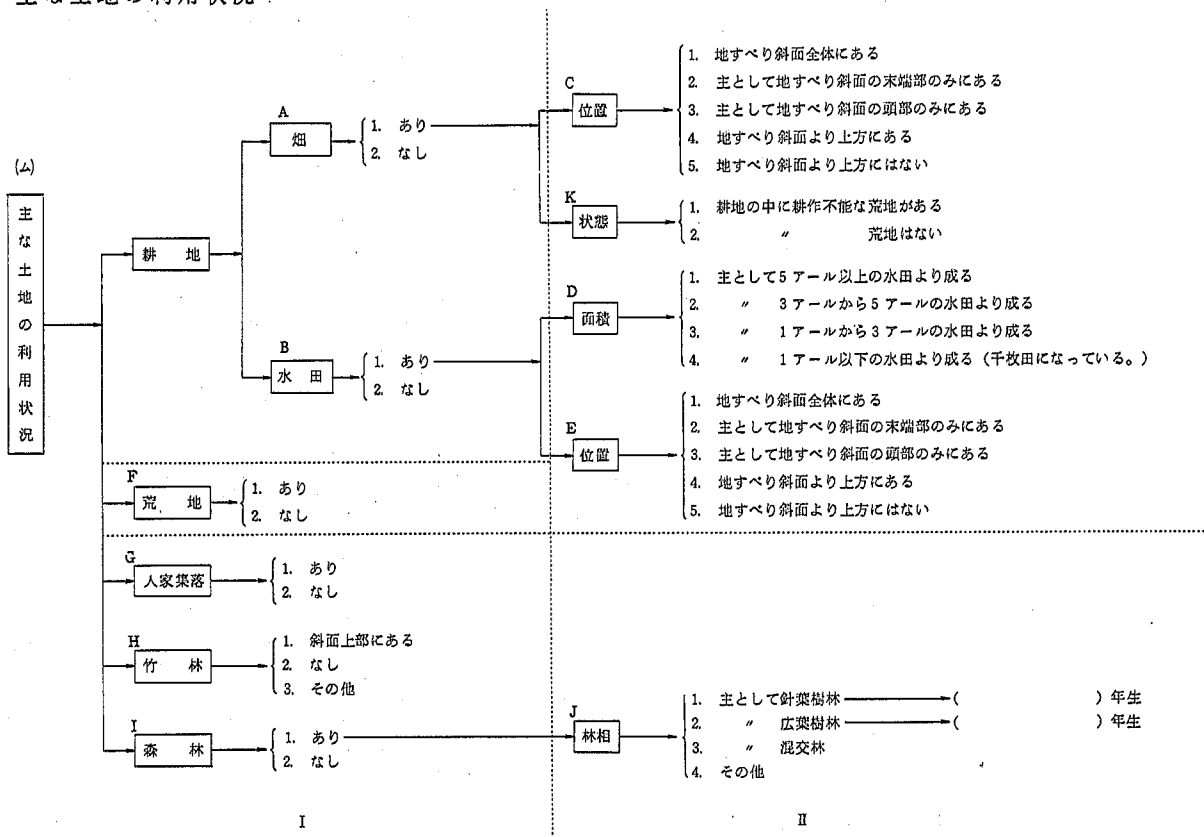


㊦ 必要なものを残し残りを消す

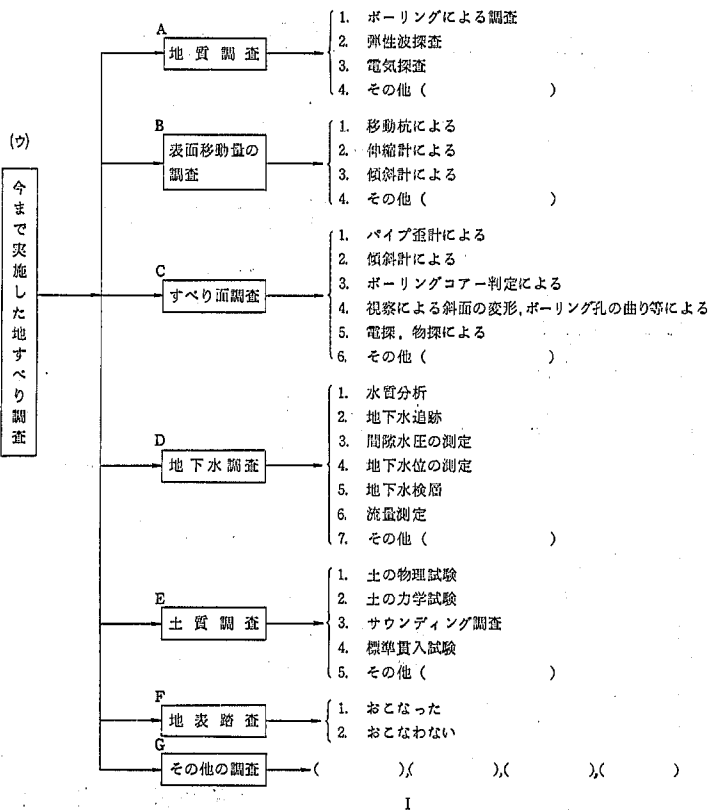
I

II

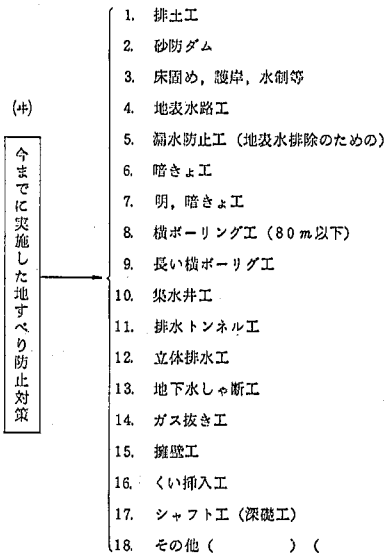
主な土地の利用状況



地すべり調査



地すべり防止対策



地すべり安定解析

(ノ)

地すべり安定解析

1. 行なった

2. 行なわない

A

すべり面強度

1. 実測値を用いる
2. C ϕ 関連図により推定

D $\left\{ \begin{array}{l} C = (\quad) \text{ t/m}^2 \\ \phi = (\quad) \text{ 度} \end{array} \right.$

B

間隙水圧を考慮

1. した
2. しない
3. 両方

C

すべり土塊の
単位体積重量

(t / m^3)

I

II