北海道における地すべり対策工の最近の動向

Recent Trends in Countermeasures Against Landslides in Hokkaido, Japan

地すべり学会北海道支部技術小委員会*

The Technical Committee of the Hokkaido Branch, Japan Landslide Society

Abstract

Information on countermeasures taken by the Hokkaido government's Departments of Agriculture, Fisheries and Forestry, and Construction, against 90 landslides that occurred in Hokkaido within the last 10 years was collected by the Technical Committee using the questionnaire method.

Responses to the questionnaires were primarily analyzed in terms of safety factor of slopes, cause of the landslides, landslide investigation methods, and control works and prevention works against landslides. Most landslides were found to occur induced by torrential rains, the spring thaw due to melting snow and earthquakes, and the latter two are the most characteristic causes for landslides in Hokkaido.

Future issues in landslide countermeasures are discussed.

キーワード：抑止工，抑制工，地下水排除工，土工，杭工，アンカー工

1. 緒言

北海道支部技術小委員会は，平成4年に発足し，現在，官・学・民合わせて21名程度の会員で構成されている。これまでの活動では，北海道で行われた地すべり対策工についてアンケートによって調査し，調査・解析手法，抑制工，抑止工などについて分析してきた¹⁾。また，当小委員会では，抑制工（土工関係），抑止工（地下水関係）および抑止工（杭・アンカー工）の各分科会からの問題提起と，それに対する，データベース分科会も加わった，各委員の質疑応答形式で討論を重ねてきた。各分科会から提起された問題点は多岐にわたるが，それ

らの問題を明確化することによって，今後の改善策などを検討してきた²⁾³⁾⁴⁾。

本文は，北海道で最近施工された地すべり対策工の傾向とその問題点を明らかにするとともに，今後の課題を整理してその解決策を提起することを目的としている。

本文では，まず，北海道で実施された最近の地すべり対策工に関するアンケートの回答を分析し，それから読み取れる傾向について論考する。つぎに，北海道の地すべりの特徴を浮き彫りにし，地すべり対策工の問題解決の提案と展望を示す。

2. 北海道の地すべり対策工の傾向

最近10年間の北海道の地すべり対策工の傾向を把握するために，当小委員会ではアンケート調査を行った。アンケートは，北海道建設部，農政部および水産林務部を対象に90件の地すべりについて213項目の回答を集計した。北海道開発局などで実施してきた地すべり対策工については含まれていないが，大局的な設計手法や問題点などについては共通性があると思われる。以下に，アンケートの集約結果をまとめる。

2.1 調査・解析手法

(1) 調査手法

すべり面の判定方法は，パイプ歪計や地中変位計などによる動態観測データに基づくよりも，コア観察や地層分布性状によるケースが多い（図-1）。また，パイプ歪計と地中変位計の使い方に，担当部署によってばらつきがあるようである。

*代表者：橋本 勝（基礎地盤コンサルタンツ㈱北海道支社）

委員：五十嵐敏彦（㈱ジー・エイ・シー）

上戸喜久夫（上山試錐工業㈱）

内山 幸二（日鉄鉦コンサルタンツ㈱北海道支店）

大内 学（ダイヤコンサルタンツ㈱札幌支店）

太田 昌宏（和光技研㈱）

蔵田 昭美（国土防災技術㈱札幌支店）

大門 千明（㈱シン技術コンサル）

田治米次郎（北海道開発コンサルタンツ㈱）

辻 弘之（サンコーコンサルタンツ㈱東京本社）

戸田 英明（北海道開発コンサルタンツ㈱）

長瀬 真央（住鉦コンサルタンツ㈱札幌支店）

中村 研（㈱サワソフトサイエンス札幌支店）

中村 謙治（応用地質㈱札幌支店）

納谷 宏（明治コンサルタンツ㈱札幌支店）

前田 寛之（北見工業大学工学部土木開発工学科）

松本 敏（日本工営㈱札幌支店）

三浦 実（明治コンサルタンツ㈱札幌支店）

山本 栄治（サンコーコンサルタンツ㈱札幌支店）

山本 弘二（構研エンジニアリング㈱）

若山 茂（㈱テレリサーチ）

(2) 地すべり発生機構

地すべり移動層の地質時代は、新第三紀と第四紀が圧倒的に多い(図-2)。地質は、泥岩・頁岩および崩積土が大半である(図-3)。

地すべりの誘因は、融雪や豪雨が90%を占める(図-4)。融雪期に発生する地すべりは豪雪地である北海道の特殊性を示していると言える。また、アンケート結果

図-1 すべり面の判定方法

図-4 地すべりの誘因

図-2 不動層および移動層の地質時代

図-3 不動層および移動層の地質

には含まれていないが、1993～1994年に発生した北海道の三大地震（釧路沖地震、北海道南西沖地震および北海道東方沖地震）は、多くの斜面災害を引き起こした⁵⁾。

(3) 安全率

地すべり対策工の目標安全率は、概ね $F_{sp}=1.10\sim 1.20$ に設定され、保全対象物および対策工種の違いによって使い分けられているようである。初期安全率は $F_{so}=0.95\sim 1.00$ の範囲に集中している。地すべり移動層の活動度を評価し、経験的なものを踏まえて、この範囲で検討される場合が多いようである（図-5）。

(4) 対策工選定理由

地すべり対策工の選定理由は、経済性、確実性、施工性の順となっている（図-6）。一般的傾向としては、抑制工を採用する場合には経済性を、抑止工の場合には確実性を重視している。

選定された対策工法の内訳は、地下水排除工に関係したものが約75%を占め、ついで土工による対策が約15%、杭工・アンカー工などによる抑止工が10%程度

の割合となっている（図-7）。地すべりの発生原因が地下水の上昇による場合が多いことに起因した結果と言える。アンケートによれば、抑制工による対策が90%近くを占める。このことは、保全対象物の重要度、経済性、緊急性などの有無を総合的に検討した結果と思われる。

2.2 抑制工による対策

(1) 地下水排除工

地下水排除工は、地すべりの主な誘因が地下水であることから、効果的で必要な工法であるが、それぞれの地すべりの間隙水圧の大小、地下水の透水性、排水などの条件が関わり、工法の効果を予想するのが難しい場合が多い。また、地下水排除工のなかには、明暗渠のように、直接地すべり移動層内の地下水を対象としない工法もあり、このような工法では、安定解析上、安全率の上昇を見込めない場合もある。

アンケートでは、地表水排除工および地下水排除工の効果を、安定解析上、見込むかどうかについては、図-

図-5 安全率度数分布図

図-6 工法決定理由

図-7 対策工法の内訳

8に示すとおりである。

集水井工では、地下水位低下効果を見込まないものが30%強になっているが、これは地すべり地外に設置された集水井が比較的多いことから、集水井本体の効果を無視した結果であろう。水路工・明暗渠工では、85%が地下水位の低下効果を見ていないが、地下水遮断工では、地すべり地外に施工したものも含めて67%、横ボーリング工では、98%が地下水位の低下を見込んでいる。

各工法の計画地下水位低下量は図-9に示すとおりである。地下水排除工に関係した各指針には、地下水位の計画低下量の目安が示されており、これらを参考に計画地下水位低下量を決定している場合が多いと推定される。

地下水調査は、斜面の安定解析を行う基礎資料を得るため、地下水の供給経路、分布、性質、流動傾向および圧力関係を調査するが、有効対策工を計画するためにも実施される。アンケートによれば、地下水位観測は現

場数の90%、地下水検層は70%の現場で実施されている(図-10)。

一般に、山地の水文地質条件は、複雑であり、各現場で十分に解明されているとは言い難く、今後、調査手法など解決しなければならない問題点が多い。

(2) 排土工および押え盛土工

安定計算に用いる押え盛土内のすべり面の設定は、盛土内の受働破壊と本体すべり面の延長とに大別される(図-11)。

盛土内すべり面(仮想すべり面)の c と ϕ については表-1に示すとおりであり、 c は 1.0 tf/m^2 以下、 ϕ は 35° 以下の値が用いられている。

押え盛土工と排土工ののり面勾配をみると、最大と最小との差が大きい、平均では押え盛土が $1:2.0$ 、滑落崖と思われる不動層の切土勾配が約 $1:1.8$ と全般に緩勾配となっており、広い用地を必要とする。

図-8 安定解析において地下水位低下を見込む割合

図-9 各工法の計画地下水位低下量

図-10 地下水調査の実施された現場数

図-11 盛土部の仮想すべり面

地すべり対策としての押え盛土工や排土工は、経済的かつ確実な安全率の向上が期待できるにもかかわらず、用地の制約によって採用できないことが多い。その理由の一つはこのような緩いのり面勾配の設定にある。

2.3 抑止工による対策

(1) 杭 工

抑止工のうち、抑止杭に関するアンケート調査は、データ総数が25件と極めて少なかった。杭の設計方法はせん断杭がやや多く、ついで補強杭、くさび杭、抑え杭の順になっている（図-12）。杭種は、鋼管杭が圧倒的に多く、複合杭やH型鋼杭は極端に少ない（図-13）。

(2) アンカー工

アンケートによれば、アンカー工の事例は、わずかに1例のみであり、ここで傾向を論ずるには資料が少ない。最近の対策工で、アンカー工の事例が多いことからすれば、北海道においては、アンカー工は新たに取組みつつある工法と言える。

表-1 土工に関するアンケート結果

項 目	最 大	最 小	平 均
仮想すべり面の粘着力 (tf/m ²)	1.00	0.00	0.27
仮想すべり面の内部摩擦角(度)	35.00	8.50	23.56
押え盛土工ののり面勾配 (割)	10.00	0.30	2.02
移動層の切土のり面勾配 (割)	10.00	1.0	5.02
不動層の切土のり面勾配 (割)	3.80	1.20	1.76

図-12 杭工設計方法

図-13 杭の種類

3. 北海道の地すべりの特徴

北海道で起こる地すべりは、他の都府県と比較して、幾つかの特徴を持つものと思われる。このことは、北海道が寒冷地であることの気候条件に大きく由来するが、それに加えて、北海道の地質構造発達史に規制された様々な地質・地形条件にも由来している。具体的には、豪雪地域での春の融雪期や初冬の降雪と降雨の繰り返しによる地下水位の変動、岩盤の風化の様式（たとえば、地表付近の凍結と融解）と土壌の発達様式、火山活動と火山砕屑物の分布、石炭層や蛇紋岩などの特殊な地質条件、氷河時代を経た地形条件など様々な地すべりを引き起こす素因と誘因とが考えられる。地すべり調査技術および対策工技術に関連した特徴について以下に記す。

北海道の地すべりが春の融雪期に集中して発生・再活動していることは、前述したアンケート結果や地すべり事例からも明らかである。多くの地下水位観測の結果から、地すべり地の最高水位は融雪期に多量の降雨があった際に観測されることが多い。したがって、この時期の地下水位変動の把握は対策工を検討する上で不可欠となる。しかしながら、地域によっては、積雪による交通の途絶のため、その観測が困難となる箇所が多く、近年の自動観測機器の導入がこの問題を解決しつつある。

地表付近の凍結と融解の繰り返しは、岩盤を含めた斜面の安定に多くの影響を与える。この種の物理的風化の進行は他の作用と相伴って斜面の不安定領域を拡大し、地すべりや斜面崩壊を発生させる素因を形成する。加えて、凍結による地盤の凍上圧については、アンカー荷重計の自動観測によって、冬期における荷重の増加が確認されている。のり枠+アンカー工の対策工を検討する際に問題としなければならないが、アンカー力の緊張の維持など未解明な部分が多く、今後の検討課題である。

北海道では、石炭層や蛇紋岩などの特殊な岩石の分布域で、地すべり地が集中している。純度の低い石炭層は、周辺の堆積岩が良好な岩盤性状を示すにもかかわらず、極めて脆弱な弱線部を構成し、すべり面を形成する⁶⁾。また、蛇紋岩は、深度方向とは無関係に、脆弱な粘土化帯や葉片状岩相が形成され、それらが弱線部となって不安定岩塊を構成することが地すべりの素因となる⁷⁾。また、風化蛇紋岩の二次堆積物は、容易に地すべり移動層となる⁸⁾。このような特殊な岩石の分布域は、北海道特有の現象とは言えないが、発生事例も多く、地すべり対策工を検討する際には、それらの多様性を充分考慮した解析が求められる。

氷河時代を経た地形の特徴には様々なものがあり、たとえば、表層堆積物の凍結擾乱および流動、移動岩屑の増加など⁹⁾、かつての周氷河現象により形成された地形

は、あたかも地すべり地形を思わせることが知られている。

以上、当小委員会で議論された北海道の地すべりの特徴についてその幾つかを記した。しかし、これらのことは、必ずしも地すべり調査および対策工技術に反映されているとは言えないのが現状である。今後、このような北海道の特殊性が技術者の共通の知識となるよう、学会の支部活動を続ける必要性を痛感している。

4. 課題と展望

4.1 調査・解析

良く知られるように、地すべりがぎりぎりの安定を保っている状態の安全率を臨界安全率 ($F_s = 1.00$) と呼び、この状態対応の間隙水圧を臨界間隙水圧と言う。間隙水圧はこの臨界間隙水圧を境に上下に変動しており、地すべりの安全率もこれにつれて変化する。つまり、現状安全率は一定ではない。

各種指針には、現状安全率として、移動状況に応じて $F_s = 0.95 \sim 1.00$ の提案値がある。

初期安全率は、対策工を計画する上での出発安全率であり、一般に現状安全率を用いることが多いが、将来予想される間隙水圧を考慮したり、また、先端部の欠如や頭部への載荷など自然・人工的な地形改変を考慮する場合もある。

前述したアンケート結果における初期安全率は、 $F_s = 0.95, 0.98, 1.00$ のものが90%以上を占め、初期安全率対応の地下水位は最高水位を用いるものが87%を占める。しかし、安定解析を行う場合には、地すべりの安全率がぎりぎりの状態にある臨界安全率（地すべりが移動を開始したときの間隙水圧時の安全率）を用いて解析するのが最も精度が優れていると言えよう。この場合の間隙水圧を測定する観測孔では、地すべりが移動を開始したときの間隙水圧を測定する必要があり、時間間隔の短い定時的な測定が必要となる。現行の調査では、歪計・地下水位観測は手動観測が大半であるが、これからは自動観測を主体とした調査が望まれる。また、地下水位は降水量がどの位でどの程度上昇するか（先行雨量）、と言うデータも地すべりの発生を予知するために重要である。今後、地すべり対策のソフト面を進める上で、地すべりの発生を予知したり、危険度を把握するためのデータを得るためにも、自動観測はより必要性が増すものと考えられる。

安定解析を行う場合、すべり面の強度定数（粘着力： c 、内部摩擦角： ϕ ）が大きな因子となる。アンケートによれば、すべり面の粘着力 c の決定は、すべり面深さ h の $1/10$ (tf/m^2) とする方法が約80%を占める。この方法はやむを得ない面もあるが、すべり面粘土の確認されている現場が30%近くあるので、土質試験結果を

用いたすべり面の強度定数の決定方法を確立することが必要と思われる。

4.2 地下水排除工

当小委員会の議論の中で、地下水排除工が施工され、地下水が排除されているにもかかわらず、観測孔の水位低下が認められない現場例が挙げられた。

地下水位観測孔は、一般に、調査孔全孔ストレーナ加工されているものが多い。たとえば、すべり面に被圧地下水があって、この上下にも2層の被圧地下水が賦存するとすれば、この地下水位観測孔は3層の被圧地下水が混じり合った地下水位を形成することになる。この場合、すべり面に関する被圧地下水を対象に地下水排除工を施工して、その効果を把握するために地下水位観測を行っても、すべり面に関わる被圧地下水の圧力水頭が低下していても、他の被圧地下水の圧力水頭が低下していない場合には、観測孔の地下水位は低下せず、工事効果は現れないことになる。

以上の事柄を踏まえると、水文地質条件を明確にし、すべり面に関連する地下水層を把握して地すべりの変動を予想したり、対策工の効果を把握する場合の観測孔を、すべり面に関連する地下水の圧力水頭を反映するものとしなければならない。したがって、パッカーなどを用いた層別の観測孔を設ける必要がある。

図-14に示す藤松沢地すべり¹⁰⁾の集水井工施工後の地下水位等高線は、地すべり地の中央部に集水井を配しているため、集水井本体の効果は大きいが、逆に地すべり地全体に打設した集水井ボーリングの効果は側壁部では小さいため、地下水位等高線は地すべり地中央部が大きく低下した極端な谷地形状となっている。このような場合には、中央部の観測孔のデータを用いた安定解析では、

安全率は十分大きくなるが、地すべり地全体を考慮し、主断面の他に側壁部に副測線を設けて複数の断面で三次元解析を行うと、安全率はそれほど上昇していないことになる。杭打工やアンカー工などの抑止工では、地すべり地の右側壁から左側壁までをその施工幅とするが、地下水排除工や排土工などでは、副測線での調査が行われていない場合も多く、全体を見ると、工事量に過不足が生じる可能性がある。今後、ある程度幅が広い地すべり地では、副測線を設けて検討することが必要であろう。

4.3 土工

地すべりをとりまく現在の環境、とくに対策の低コスト化への要求は、今後、強く求められると思われ、押え盛土工や排土工に対する期待は大きい。押え盛土とは逆であるが、地すべり頭部の盛土に発泡スチロールを用いた超軽量盛土（EPS工法）が道内でも施工されてきており、地すべり対策として定着しつつある。地すべり対策としての土工の枠を広げるためには、押え盛土工や排土工の採用を妨げてきた用地や地形の制約をできるだけ少なくする工夫が必要であろう。たとえば、地すべり先端部の最も効果的な位置で高盛土を行うために盛土補強土工法を採用したり、地すべり頭部の排土によって生じる地山の切土のり面に対しては地山補強土工法によってり面を小さく抑えることが可能である（図-15）。

このように、補強土工法を取り入れるなどして、土工のもつ優位性を高めることができる。また、地すべり対策工が社会資本の一部と言う観点に立つと、工法選定に当たっては将来のメンテナンスも視野に入れる必要があるように思われる。

4.4 抑止工

(1) 抑止杭工

図-14 藤松沢地すべり地の地下水位面等高線図

図-15 地すべり地における補強土工法のイメージ

各種抑止杭の適用区分は、「水平内力分布図」に基づく選定法に説得力があり、定着して行くものと思われる。

せん断杭は、多くの実績があり、とくに硬い岩盤での層状すべりの場合は適切な設計法と言えるが、軟らかい岩盤など鋼材との相対的な強度差が大きい場合には、せん断力より曲げモーメントが支配的となり、杭は曲げ破壊を起こす事例が多いようである。したがって、充分にその適用地盤を見極める必要がある。

くさび杭は、不動層のみならず、移動層についても所定の根入れが必要である。地表面の凹凸やすべり面の横断形状（舟底型、逆台形型、箱型など）の違いによって部分的に所定の有効長が満足しない場合、無視できる程度の規模であればやむを得ないが、規模が大きくなる場合には、その部分で再解析を行い、杭の諸元を変える必要がある。

(2) アンカー工

設計アンカー力の算式について、現在使われているものに、「法面保護工」を対象としたものと、「地すべり対策」を対象としたものがある。これらは、「締付け効果」を期待したものと「引止め効果」を期待したものの違いであり、議論の分かれるところであるが、計算上の設計アンカー力が大きくなる場合がある。現在のところ、対象保全物に応じて使い分けられているのが現状であり、これらの基本的な考え方を明確にする必要があろう。

アンカーの締付け効果と再緊張については、今後のメンテナンスを考えた場合、問題点が多い。上記の課題にもあるように、締付け効果を考慮した場合には、地山の緩みや長期的なアンカーの緩みは無視できない。今後は、少なくとも施工後1～2回は再緊張するなどのメンテナンス的な提言も必要であろう。

現在、受圧板についてはいわゆるフリーフレームやコンクリート枠が圧倒的に多い。この場合、アンカー力と梁の強度との兼ね合いが問題となる。本来、地すべりを止めることが目的であるこの種の対策工では、アンカー力に見合った断面を標準化することなどの簡略化が可能

ではなかろうか。

以上、抑止工を検討する際の問題点を幾つか指摘した。このような指摘がなされる理由として、杭とアンカーについては未解明な部分が多いことに加え、個々の地すべりの実状に即した設計方法がなく、計算式だけが一人歩きをしていることなどが挙げられる。確かにこの分野には、それなりの指針、基準、要領などがあって、一つの方向性は示されているが、必ずしも地すべりの多様性までもフォローした内容にはなっていないのが現状であろう。

これまで述べてきた課題と展望については、今後、地すべり学会北海道支部技術小委員会として、これらの指針、基準、要領などにのみ依存するのではなく、様々な問題点を検証しつつ、提言するような活動を展開することが重要であると考えている。

謝 辞

当小委員会のアンケート調査にご協力頂いた北海道建設部、農政部および水産林務部の関係各位に厚くお礼申し上げます。また、当小委員会として、地すべり対策工技術のとりまとめを行うことができたのは、いままでも蓄積された膨大な施工実績のおかげである。現在の地すべり対策工の基礎を築いた多くの先達にこの場をかりて感謝の意を表したい。

引用文献

- 1) 地すべり学会北海道支部技術小委員会：地すべり対策工に関するデータベースについて（中間報告）、平成7年度地すべり学会北海道支部講演会予稿集、pp. 3～13, 1995.
- 2) 三浦 実・大門千明・田治米次郎・太田昌宏・中村謙治：地すべり対策工の現状と課題－抑止工－、地すべり学会北海道支部20周年記念シンポジウム予稿集、pp. 66～71, 1998.
- 3) 蔵田昭美・五十嵐敏彦・長瀬真央・山本栄治：地すべり対策工の現状と課題－抑制工（地下水排除工）－、地すべり学会北海道支部20周年記念シンポジウム予稿集、pp. 72～79, 1998.
- 4) 若山 茂・戸田英明・山本弘二・上戸喜久夫・松本敏：地すべり対策工の現状と課題－抑制工（土工）－、地すべり学会北海道支部20周年記念シンポジウム予稿集、pp. 80～81, 1998.
- 5) 地すべり学会北海道支部編：地震による斜面災害－1993～1994年北海道三大地震から－、北海道大学図書刊行会、298 p., 1997.
- 6) 日本道路公団札幌建設局滝川工事事務所：道央自動車道美唄～滝川間地すべり技術関係報告書、195 p., 1989.
- 7) 加藤孝幸・野地正保・戸田英明：蛇紋岩地すべりの構造規制、地すべり学会北海道支部研究発表会予稿集、pp. 47～52, 1996.
- 8) 野地正保・堀 俊和：蛇紋岩地すべりと蛇紋粘土の性質、地すべり学会北海道支部研究発表会論文集、pp. 36～39, 1989.
- 9) 小野有五・五十嵐八枝子：北海道の自然史－氷期の森林を旅する－、北海道大学図書刊行会、219 p., 1991.
- 10) 宮坂省吾・森下豊秋・蔵田昭美・大木捷利・若山茂：北海道の地すべり、地すべり技術、Vol. 13, No. 1, pp. 8～10, 1986.

（原稿受理日 平成10年11月4日）

北海道における地すべり地形の特徴—地すべり地形データベースの解析から—

「地すべり」Vol. 35, No. 4 (通巻第 136 号) pp. 7~15, 1999 年 (平成 11 年) 3 月

伊藤陽司, 山岸宏光, 川村信人, 堀 俊和

空中写真判読によって認定された 12,856 箇所の地すべり地形の位置, 滑落崖地質, 基盤地質, 規模, 地塊の移動方向などの情報からなるデータベースを構築し, これの解析から北海道における地すべり地形の分布, 規模, 形態や地塊の移動方向などの特性およびこれら諸特性と地質・地質構造との関連を明らかにした。さらに, 最近の斜面災害事例や地すべり防止区域と地すべり地形との関係から地すべり地形情報の斜面防災に関わる重要性を指摘した。

岩盤崩落と画像解析—北海道の例—

「地すべり」Vol. 35, No. 4 (通巻第 136 号) pp. 16~25, 1999 年 (平成 11 年) 3 月

山岸宏光, 山崎文明, 畑本雅彦

北海道では, 最近, 二つの岩盤崩落 (豊浜トンネル岩盤崩落, 第 2 白糸トンネル岩盤崩落) が発生し, 国道 229 号の二つの主要トンネルを破壊した。豊浜トンネル岩盤崩落ではバス・乗用車でトンネル通過中の 20 名が犠牲となった。筆者らはこれら岩盤崩落の概要を述べるとともに, 1989 年の越前海岸での崩落を加えて比較を行った。北海道における二つの崩落は新第三紀安山岩質水冷破碎岩の海蝕崖で発生し, 崩落岩体の体積は豊浜トンネル岩盤崩落が 11,000 m³, 第 2 白糸トンネル岩盤崩落が 65,000 m³ であった。発生時期は前者が厳冬期, 後者が夏期であったが, 素因として地質的不連続面が重要であり, トリガーとして地下水の湧出が関与していることが共通している。さらに, 筆者らは第 2 白糸トンネル岩盤崩落のメカニズムを明らかにするため, 岩盤崩落の画像解析を試みた。その結果, 開口-トップリング-すべり (ズレ) -落下-転倒-すべり-分散, というコンピュータシミュレーションモデルを得た。この過程は単純な落下であった豊浜トンネル岩盤崩落と比較して, 複雑なものであった。

北海道三大地震による斜面変動—地震による斜面変動の特徴

「地すべり」Vol. 35, No. 4 (通巻第 136 号) pp. 26~33, 1999 年 (平成 11 年) 3 月

雨宮 和男, 田近 淳

北海道三大地震による斜面変動について形態を中心とした特徴を記述した。地震により変動した斜面の最大の特徴は, 変動の程度の多様性であり, 亀裂が形成されてそのままの状態のものから, 斜面下まで崩落するものまで様々な段階やタイプの変動が混在することである。各部分をみると地震動を反映した, いくつかの特徴的な形態をもっている。今回変動した斜面やその周辺には, このような特徴的な形態を示す古い地震による変動斜面と見られる斜面が分布することが明らかになった。このような特徴が明確になれば斜面変動の履歴の解明や災害調査の際の有意な指標になる。

空中写真判読による地すべり地形の認定と確実度による評価

「地すべり」Vol. 35, No. 4 (通巻第 136 号) pp. 34~42, 1999 年 (平成 11 年) 3 月

若山 茂, 雨宮 和男, 横田 寛, 中村 研

地すべり調査における空中写真判読は個人差があるため, 客観性に欠けるという指摘がなされてきた。本文では, 個人差を生ずる原因について検討し, 空中写真判読による地すべり地形の認定作業をより客観的な手法に近づけるために, 確実度の概念を導入するとともに, 判読結果を記載する方法について提案した。

北海道における地すべり対策工の最近の動向

「地すべり」Vol. 35, No. 4 (通巻第 136 号) pp. 43~50, 1999 年 (平成 11 年) 3 月

地すべり学会北海道支部技術小委員会

地すべり学会北海道支部技術小委員会の活動として行った, 地すべり対策工のアンケート調査結果についてまとめ, このデータなどに基づいて, 北海道における地すべりの特徴と対策工の傾向について議論し, 現在筆者らが抱えている地すべり対策工の問題を解決するために幾つかの提案と展望を示した。