

岩盤斜面崩壊事例のモデル化による 崩壊分離面の分析

日外 勝仁^{1*}・伊東 佳彦²・佐々木 靖人¹

¹土木研究所 つくば中央研究所 地質チーム (〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6)

²土木研究所 寒地土木研究所 防災地質チーム (〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸1条3-1-34)

*E-mail: agui@pwri.go.jp

詳細な調査資料がある既往岩盤斜面崩壊事例について、崩壊の運動形態だけではなく崩壊要因も考慮した崩壊形態のモデル化を行い、3次元模式図として整理した。モデル化にあたっては、崩壊岩体を斜面と区切る崩壊分離面に着目し、崩壊前に確認できたと推察される確認分離面と崩壊前には把握できなかった未確認分離面とを区別するとともに、崩壊の最終段階で発生した最終分離面を抽出した。また、分離面の配置から背面、側面、上面、底面に分類し、分離面の組合せと崩壊形態との関係を整理した。その結果に基づき、崩壊前の確認分離面の組合せから発生する崩壊形態の推定を試みた。特に、崩壊発生予測の重要な要素となる最終分離面については、その性状に着目し、崩壊形態との関係を整理した。

Key Words : rock slope failure, case Study, separate plane, collapse form, modeling

1. はじめに

岩盤斜面の安定性評価を行うにあたり、過去の崩壊事例で得られた知見を踏まえて、評価着目点を絞り込んだ調査を行い、崩壊規模や崩壊形態を想定することは、類似の崩壊を防ぐ意味でも極めて有効なアプローチである。

既報¹⁾において、既往岩盤崩壊事例の情報を基に、崩壊要因を抽出し、地質毎に評価上の着目点を整理した。

また、崩壊岩体の運動像が分かる分離面を図示した3次元の崩壊形態モデル(模式図)の提案を行った(図-1)。

本稿においては、崩壊形態モデル図中に示した分離面に注目し、崩壊発生以前から存在していたと推察される確認分離面や崩壊の最終段階で発生した最終分離面などを資料等を基に判別した。その上で、分離面の組合せと崩壊形態との関係を分析し、調査時にどのような分離面の存在を調査することが、可能性のある崩壊形態の推定などの安定性評価につなげられるか検討を行った。

崩壊規模が100m³以上の岩盤斜面崩壊の内、文献等で崩壊機構や分離面の状況が明らかとなっている以下の50事例を対象として整理を行った。

[1層雲峡]²⁾, [2川下]³⁾, [3忍路]⁴⁾, [4北陽]⁵⁾, [5えりも]⁶⁾, [6ナンノ]⁷⁾, [7真名川]⁸⁾, [8上越]⁹⁾, [9越前]¹⁰⁾, [10猿なぎ]¹¹⁾, [11上北山]¹²⁾, [12増毛]¹³⁾, [13天狗]¹⁴⁾, [14雄冬岬]¹⁵⁾, [15タンパケ]¹⁴⁾, [16ガマタA]¹⁴⁾, [17ツバメ岩A]¹⁴⁾, [18ツ

バメ岩B]¹⁴⁾, [19赤岩岬A]¹⁴⁾, [20太島内]¹⁴⁾, [21太島内B]¹⁴⁾, [22ルーランA]¹⁴⁾, [23滝の沢A]¹⁴⁾, [24ワッカケ]¹⁴⁾, [25湯内港A]¹⁴⁾, [26湯内港B]¹⁴⁾, [27豊浜]^{14) 16)}, [28セタカムイA]¹⁴⁾, [29大天狗]¹⁴⁾, [30西の河原A]¹⁴⁾, [31西の河原B]¹⁴⁾, [32オネナイA]¹⁴⁾, [33オネナイB]¹⁴⁾, [34釜]¹⁴⁾, [35刀掛A]¹⁴⁾, [36刀掛B]¹⁴⁾, [37鷹ノ巣A]¹⁴⁾, [38鷹ノ巣B]¹⁴⁾, [39鷹ノ巣C]¹⁴⁾, [40鷹ノ巣D]¹⁴⁾, [41立岩]¹⁴⁾, [42第2白糸B]^{14) 17)}, [43第2白糸C]^{14) 17)}, [44八峰]¹⁴⁾, [45狩場]¹⁴⁾, [46茂津多A]¹⁴⁾, [47茂津多B]¹⁴⁾, [48美谷港]¹⁴⁾, [49獅子岩]¹⁴⁾, [50虻羅B]¹⁴⁾。

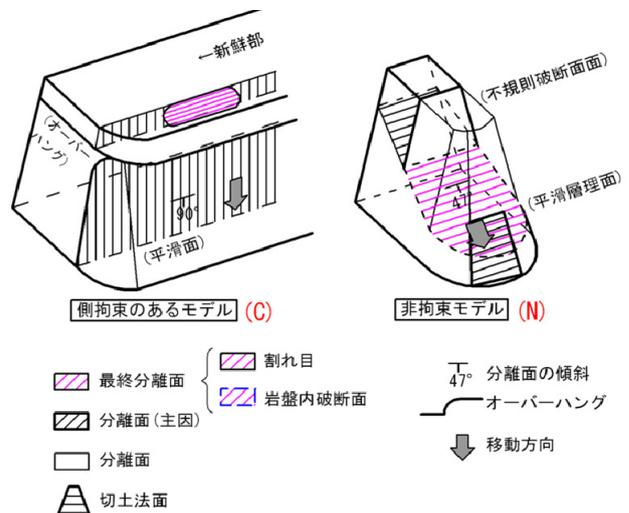


図-1 崩壊形態モデル図凡例(日外ほか(2010)¹⁾に加筆修正)

2. 岩盤崩壊における着目点

崩壊発生場の形成に関与したと考えられる地形・地質的素因に、どのような共通点があるのかは重要な検討課題である。岩盤崩壊事例に関する既往文献に記載された素因、誘因などの着目点を表-1に示す。項目は、地形的素因、地質的素因、亀裂性素因と、各種誘因及び前兆現象などであり、全50事例中の該当割合に応じ3区分した。

地形的素因では崩壊岩体下部のオーバーハングや斜面脚部の浸食進行が、地質的素因では崩壊部及び脚部の火砕岩や、基部の脆弱層、岩自体の風化や劣化の進行が、亀裂性素因では断層や節理、亀裂の風化・劣化、伸張・連結、及び流れ盤が特に着目されている。誘因では凍結融解現象、間隙水圧などの着目点が崩壊発生場の共通性として挙げられる。一方、着目率の低い項目は、いずれも稀な現象であり、各事例の特異性を表わしている。

本稿では、着目点として高頻度で挙がっている亀裂性要因、すなわち崩壊時に確認できる崩壊分離面に注目し、検討を行うこととした。この結果を基に分離面モデルという考え方を提唱し、このモデルと崩壊形態との関連性や共通する着目点について検討を行った。また、崩壊のトリガーとして地震についても注意し事例を整理した。

3. 岩盤崩壊形態モデル等の定義

(1) 斜面形状区分と分離面

斜面形状の区分は、図-1に示すように、崩壊岩体の側面を画する分離面を伴うか否かに基づき、側方拘束型と側方非拘束型に大別した。一般には壁状斜面では側方を画する側面の分離面を伴うことが多く、突出状斜面ではこれを伴わない場合が圧倒的に多くみられるが、本稿における区分は、必ずしも斜面形状が側方に繋がる壁状斜面か、両側が欠如した突出状斜面かを表わすものではなく、崩壊時の側方分離面の有無とした。

表-1 崩壊事例既往文献にみられる着目点

区分	着目率(高)	着目率(中)	着目率(低)
地形的素因	脚部浸食進行(52%)	液食(14%)	出尾根(6%)
	オーバーハング(52%)		
地質的素因	脚部火砕岩(72%)	崩壊部溶岩(26%)	キャップロック構造(8%)
	崩壊部火砕岩(62%)	岩盤強度(24%)	脚部その他の岩種(2%)
	基部の脆弱層(58%)	脚部溶岩(16%)	崩壊部その他の岩種(0%)
	風化・劣化の進行(46%)	崩壊部付加体(12%)	
		脚部付加体(12%)	
亀裂性素因	断層・構造性節理(98%)	非構造性の亀裂(32%)	白色脈・粘土挟在(8%)
	亀裂の風化・劣化(92%)		潜在的亀裂構造の分布(6%)
	亀裂の伸張・連結(48%)		
	流れ盤(46%)		
地下水誘因	凍結・融解現象(54%)	湧水(18%)	
	間隙水圧(40%)	雨水浸透(18%)	
人為的誘因		切土(10%)	トンネル掘削(4%)
気象誘因		地震(26%)	融雪(6%)
前兆現象		落石の発生(24%)	各種前兆現象(4%以下)

[44八峰]¹⁴⁾のような突出状斜面が側面の分離面沿いに崩壊した例であっても拘束型斜面として整理した。また、壁状斜面で側面分離面を伴わず、湾曲した一つの背面分離面から崩壊した[3忍路]¹⁴⁾や[50虻羅B]¹⁴⁾などは側面分離面を伴わないため非拘束型斜面として整理した。

また、分離面は、背面、側面、上面、底面の4種類とし、崩壊岩体を形成する分離面の組合せで表現した。側面は拘束型斜面における側方分離面である。上面と底面は背面との組合せでのみ存在し、背面と高角交差するやや緩傾斜の分離面について、交差位置により上面と底面に区分した。なお、分離面モデルにおける崩壊位置について、構造が受け盤か水平で明瞭に背面と区別出来る事例に限って、上面に区分した。略号の凡例を表-2に示す。

(2) 崩壊形態

崩壊形態はその運動形式から、成因的にすべり、崩落、転倒、座屈の4形態に区分した。分離面と岩体移動の関係及び崩壊岩体の移動方向から、表-3に示すとおり崩壊形態を定義した。崩壊形態が明瞭な50事例において、最も多い崩壊形態は崩落(54%)、次いですべり(30%)、転倒(14%)と続き、座屈はわずか1例(2%)であった。

(3) 最終分離面の性状区分

崩壊岩体を形成する分離面の内、崩壊の最終段階で分離・破断したと思われる面を最終分離面として注目して分離面を区分し、崩壊発生前に調査等で観察できるかどうかに留意し、分離面の性状を表-4に整理した。

表-2 分離面モデル等に関する凡例一覧

斜面形状	C: 側方拘束型斜面(Controlled)
	N: 側方非拘束型斜面(Non-controlled)
分離面	B: 背面 (Back-plane)
	S: 側面 (Side-plane)
	U: 上面 (Upper-plane)
	L: 底面 (Lower-plane)
分離面組合せ	BS: 背面・側面 (C型斜面)
	BSU: 背面・側面・上面 (C型斜面)
	BSL: 背面・側面・底面 (C型斜面)
	B: 背面のみ (N型斜面)
	BU: 背面・上面 (N型斜面)
	BL: 背面・底面 (N型斜面)
分離面モデル (側方拘束型と最終分離面箇所)	CB: 側方拘束型背面分離
	CS: 側方拘束型側面分離
	CU: 側方拘束型上面分離
	CL: 側方拘束型底面分離
	NB: 側方非拘束型背面分離
	NU: 側方非拘束型上面分離
NL: 側方非拘束型底面分離	

表-3 崩壊形態の定義と事例数

分離面と岩体移動の関係	(全50例)	崩壊岩体の移動方向	
		主に前方	主に下方
		主に分離面沿いに移動	すべり 15例(30%)
分離面から分離して移動	転倒 7例(14%)	崩落 27例(54%)	

表-4 岩体分離面の種類と性状

分離面	性状	
地質境界・層理等	地層境界・岩相境界はもちろんのこと、風化境界や岩質境界も含め、明確な割れ目となっていない境界面も含む。 漸移する場合もあるが、周辺の状況も含め、比較的容易に露頭規模で観察することが可能である。	
節理面・断層等 (崩壊時に生じた岩盤内破断面を含む)	褐色平滑面	分離面として観察される風化で褐色化した割れ目。 斜面との交差関係にもよるが、容易に観察することができる場合が多い。
	新鮮平滑面	分離面として観察される風化による褐色化を伴わない割れ目。 褐色化した分離面よりは目立たない可能性が高い。 褐色平滑面と同様に、斜面との交差状況によっては、容易に観察することができる。
	褐色非平滑面	崩壊後の観察では分離面として認識されるが、単一平滑な割れ目ではなく、新たに発生した割れ目を含み複数の割れ目が連結したものの。 褐色化した節理群などは割れ目として認識できる場合もあるが、分離面となることを崩壊前に判定することは困難である場合が多い。
	新鮮非平滑面	多くが崩壊に伴い発生した分離面で、事前に認識することは困難である。

また、区分として示してはいないが、最終分離面が節理に起因するものか、崩壊時に生じた岩盤内破断面であるのかも判別を行った。節理面はその全てが褐色平滑面であり、岩盤内の破断面については、大半が非平滑面で、そのほとんどが新鮮で新たに発生した分離面であった。

4. 事例データの分析

(1) 崩壊形態モデル一覧

岩盤崩壊50事例について、分離面の組合せ状況、崩壊形態、3次元崩壊モデル模式図を、崩壊形態モデル一覧表として図-2にとりまとめた。分離面組合せの表記は、崩壊前の状態で確認できたと推察される確認分離面にはアンダーバーを付記し、崩壊の最後の段階で発生した最終分離面は○による囲い文字とした。

また、トリガーとして地震の関与が疑われる崩壊では、新たな分離面を生じて崩壊する事例は稀であり、既往の分離面が最終的に破壊して生じる事例が多い。最終分離面の種類は平滑面がほとんどで、非平滑面の事例はなく、地層境界も稀である。最終分離面の構造は流れ盤がほとんどで、他は急立が僅かにある程度である。最終分離面が流れ盤で転倒型崩壊となるのは地震時のみである。

(2) 分離面の組合せと崩壊形態

斜面形状と岩体分離面の組合せが明確であれば、最終分離面をある程度想定することが可能となり、最終分離面から想定される分離面モデルのタイプから、崩壊形態の想定が可能である。図-3に斜面形状の区分、岩体分離面の組合せ、最終分離面、崩壊形態からなる、岩盤斜面崩壊系統樹(以下、崩壊系統樹と呼ぶ)を示す。

該当する項目を追っていくことで、最終的に予測される崩壊形態に到達する。項目毎に相対比率を示しており、幹や枝の太さは50例中の構成比率を表している。

拘束型斜面と非拘束型斜面の比率は、ほぼ同数である。

拘束型斜面では分離面組合せはBS・BSU・BSLの3種類からなる。BSの最終分離面はB、Sの2パターン確認され、Bが3/4を占め、残り1/4がSである。BSUの

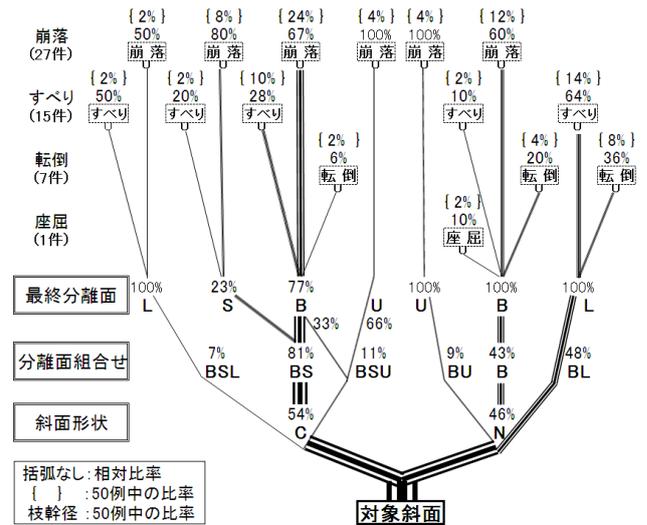


図-3 岩盤斜面崩壊系統樹(日外ほか(2011)¹⁸に加筆修正)

最終分離面はB、Uの2パターン確認され、Bが1/3、Uが2/3となり、Sが最終分離面となる事例はない。事例数が1例と少ないBSLの最終分離面はLのみである。

非拘束型斜面の分離面組合せはB・BU・BLの3種類で、それぞれB、U、Lがその時の最終分離面となっている。

岩盤崩壊の事例整理に分離面モデルの考え方を導入することで、その後の崩壊形態を的確に想定しうる基礎資料となる可能性があることを示唆している。

崩壊系統樹は、分離面状況と崩壊形態を表す資料ではあるが、崩壊前の分離面の全てが明らかとはなっていない斜面の評価には適応しづらい面もある。そこで、分離面の細別として、最終分離面の他に、崩壊以前から存在し調査等で明瞭に認識できていたと推定される崩壊前確認可能分離面(以下、確認分離面と呼ぶ)を設定した。

事前に分離面を確認できない崩壊のタイプとして、次の2つが考えられる。

- ・せん断あるいは引張りによる純粋な応力破断面であり、層理面や節理、断層といった潜在的な不連続面によらない崩壊。
- ・斜面内部に微細な亀裂が複数存在はしていても、連続性や顕著な方向の卓越性が認められず、崩壊以前においては、一連の分離面としては認識できない崩壊。

崩壊名	1層雲峡	2川下	3忍路	4北陽	5えりも	6ナンノ	7真名川
分離面	(B)	(B)S	(B)	BL	B(L)地震?	BL	BL
モデル							
崩壊名	8上越	9越前	10猿なぎ	11上北山	12増毛	13天狗	14雄冬岬
分離面	(B)	(B)	BL	(B)S	(B)S	B(S)	B(S)L
モデル							
崩壊名	15タンパケ	16ガマタ	17ツバメ岩A	18ツバメ岩B	19赤岩岬A	20太島内	21太島内B
分離面	(B)S	(B)S	B(U)	B(S)	(B)S	BL	(B)S
モデル							
崩壊名	22ルーランA	23滝の沢A	24ワッカケ	25湯内港A	26湯内港B	27豊浜	28セタカムイA
分離面	(B)	(B)S	BL	(B)	(B)S	(B)S	(B)S
モデル							
崩壊名	29大天狗	30西の河原A	31西の河原B	32オネナイA	33オネナイB	34盃	35刀掛A
分離面	(B)地震	BL地震	BL地震	B(U)	B(S)U	B(S)U	(B)S(U)地震
モデル							
崩壊名	36刀掛B	37鷹ノ巣A	38鷹ノ巣B	39鷹ノ巣C	40鷹ノ巣D	41立岩	42第2白糸B
分離面	B(S)地震	(B)S	(B)S	BL	(B)S	(B)地震	(B)S
モデル							
崩壊名	43第2白糸C	44八峰	45狩場	46茂津多A	崩壊形態(塗色)		
分離面	B(S)L	(B)S	(B)S地震	(B)S地震	崩落 すべり 転倒 座屈 分離面凡例 B: 背面, S: 側面, U: 上面, L: 下面 ○: 最終分離面 —: 確認分離面		
モデル					凡例 最終分離面 (斜れ目) 分離面(主因) (岩盤内破断面) 分離面 切土法面 47° 分離面の傾斜 — オバーハング ↓ 移動方向		
崩壊名	47茂津多B	48美谷港	49獅子岩	50虻羅B			
分離面	(B)S地震	(B)地震	(B)L地震	(B)			
モデル							

図-2 崩壊形態モデル一覧表 (50 事例)

(3) 確認分離面の組合せと崩壊形態

表-5において、確認分離面毎に想定可能な分離面の組合せモデルを示し、その区分に該当する実際の事例を崩壊形態別に示した。組合せ区分数の30に対し分類事例数が50例と十分ではないものの、確認分離面の区分毎に最も発生比率の高い崩壊形態を抽出した。

確認分離面がBS, BU, S, なしでは崩落が、背面と底面に分離面が確認できるBLではすべりが代表的な崩壊形態となった。また、背面のみが事前確認できたBでは、崩落、すべり、転倒がほぼ同程度の割合であった。また、分離面の事前確認性は、S (22/27), B (30/50), L (6/13), U (2/5) の順に困難となる結果であった。

(4) 最終分離面の性状と崩壊形態・事前予測の関係

表-6では、左から順に調査時に把握可能な斜面形状区分、オーバーハングの有無、確認分離面組合せ、最終分離面の性状を示し、次いで、崩壊後に判明した分離面組合せ、最終分離面モデル、事前予測性、事例番号を示す。

最後にどのような箇所が破壊・分離することで崩壊が発生するかを知る上で、最終分離面の性状は崩壊形態とともに重要な情報となる。応力的な破断を成因とするもの以外について、以下に考察する。

a) 地層境界(10例:5, 6, 7, 10, 11, 20, 21, 23, 31, 32)

地質の不連続面が劣化することで、すべりもしくは破断による崩落・転倒を生じるタイプである。崩壊形態はすべりが多いが、地層境界面と組み合わせる最終分離面を絞り込むためにはボーリングなどによる詳細調査が必要となり、崩壊規模を特定することは難しい。

b) 節理(7例:1, 8, 9, 15, 16, 29, 46)

[9越前]¹⁰⁾以外は多数の柱状節理が発達する斜面であり、[29大天狗]¹⁴⁾を除いた全ての斜面でオーバーハングを伴

う。最終分離面の位置は全て背面となり、その勾配は急立と流れ盤とがある。このタイプの崩壊は、オーバーハングと多数の柱状節理の分布から、崩壊自体の予測は可能ではあるが、どの節理が破壊されるかの特定が難しく、崩壊規模を予測しづらいタイプである。

表-5 分離面の組合せと崩壊形態の関係

崩壊前 確認可能 分離面	想定可能 分離面 組合せ	分離面組合せ毎の 崩壊形態事例数				計	該当崩壊事例番号
		崩 落	す べ り	転 倒	座 屈		
BSU	BSU						
	(計)						
BSL	BSL						
	(計)						
BS	BS	4	2			6	15, 15, 45, 47, 21, 23
	BSU	2	1			3	33, 34
	BSL	1	1			2	43, 14
	(計)	7	4			11	
BU	BU	1				1	32
	(計)	1				1	
BL	BL		5	1		6	4, 5, 10, 20, 39, 31
	(計)		5	1		6	
SU	BSU						
SL	BSL						
	(計)						
B	B	2	1	1	1	5	8, 41, 29, 9, 1
	BU	1				1	17
	BL		2	3		5	6, 7, 24, 30, 49
	BS	1				1	18
	BSU						
	BSL						
(計)	4	3	4	1	12		
S	BS	8	2	1		11	2, 19, 26, 38, 40, 42, 44, 45, 11, 12, 37
	BSU						
	BSL						
(計)	8	2	1		11		
U	BU						
	(計)						
L	BL						
	(計)						
× (なし)	B	4		1		5	3, 22, 25, 50, 48
	BU						
	BL						
	BS	3	1			4	13, 27, 28, 36
	BSU						
	BSL						
(計)	7	1	1		9		
総計		27	15	7	1	50	

表-6 最終分離面の性状と崩壊形態・事前予測の関係

崩壊形態	事例数	調査時把握可能事項						崩壊後判明事項			事前 予測	事例数	事例番号	
		斜面形状	事例数	オーバーハング	事例数	確認分離面	事例数	最終分離面の種類	分離面組合せ	分離面モデル				
崩落	27(54%)	拘束型(C)	19(38%)	あり	13(26%)	BS	6(12%)	褐色平滑面(節理等)	BS	CB	○	3(6%)	15,16,46	
						非平滑面	BS/BSU	CS/CU	△	3(6%)	47/33,34			
						S	5(10%)	新鮮平滑面/新鮮非平滑面	BS	CB	○	5(10%)	2,19,38,42,44	
						なし	2(4%)	新鮮非平滑面(破断面)	BS	CB/CS	×	2(4%)	27/28	
						S/B/BS	5(10%)	褐色平滑面	BS		△	1(2%)	45	
		非拘束型(N)	8(16%)	なし	6(12%)	S/B/BS	1(2%)	新鮮非平滑面(破断面等)	BS/BSL	CS/CB/CL	△	4(8%)	26,40/18/43	
						褐色非平滑面(破断面)	BS	CS	×	1(2%)	13			
						地層境界/褐色平滑面	B/BU	NB/NU	○	3(6%)	32/8,41			
						新鮮非平滑面(破断面)	BU	NU	△	1(2%)	17			
						新鮮平滑面(破断面)	B	NB	×	3(6%)	3,22,25			
すべり	15(30%)	拘束型(C)	7(14%)	なし	6(12%)	新鮮非平滑面(破断面)	B	NB	×	1(2%)	50			
						地層境界	BS	CB	△	1(2%)	23			
						地層境界/新鮮平滑面	BS/BSU	CB	△	2(4%)	21/35			
						新鮮非平滑面(破断面)	BSL	CL	×	1(2%)	14			
						地層境界/褐色非平滑面	BS	CB	×	2(4%)	11/12			
		非拘束型(N)	8(16%)	なし	8(16%)	非平滑面(破断面)		CS	×	1(2%)	36			
						BL	5(10%)	地層境界等	BL	NL	○	4(8%)	4,10,20,39	
						B	3(6%)	地層境界等	B/BL	NB/NL	×	3(6%)	29/6,7	
						褐色平滑面(節理)	B	NB	○	1(2%)	9			
						新鮮非平滑面(破断面)	BL	NL	△	2(4%)	24,49			
転倒	7(14%)	拘束型(C)	6(12%)	あり	4(8%)	B	3(6%)	新鮮平滑面	B	NB	×	1(2%)	48	
					なし	3(6%)	BL	1(2%)	地層境界	BL	NL	△	1(2%)	31
					なし	3(6%)	BL	1(2%)	褐色平滑面(破断面)	BL	NB/NL	×	1(2%)	30
		非拘束型(N)	1(2%)	なし	1(2%)	S	1(2%)	新鮮非平滑面(破断面)	BS	CB	×	1(2%)	37	
					あり	1(2%)	あり	1(2%)	褐色平滑面(節理)	B	NB	○	1(2%)	1
					あり	1(2%)	あり	1(2%)	褐色平滑面(節理)	B	NB	○	1(2%)	1

c) 平滑面(褐色3例:39, 41, 45, 新鮮6例:2, 4, 19, 35, 38, 48)

最終分離面の位置は背面, 側面, 底面と多岐にわたり, [2川下]⁹⁾や[45狩場]¹⁴⁾のように背面のどの箇所が破壊するかには調査の主眼がおかれるものや, [4北陽]⁹⁾や[39鷹ノ巣C]¹⁴⁾のように底面でのすべり破壊を想定した詳細な調査が必要となるものがある. 後者では, 豪雨や地震などの崩壊を促す誘因の評価も必要となる.

d) 非平滑面(褐色2例:12, 33)

[12増毛]¹³⁾と[33オネナイB]¹⁴⁾の2例と数は少ないものの, 事前に崩壊範囲や最終分離面を特定することが難しい[12増毛]¹³⁾のような事例では, 落ち残り等で出尾根状となっている地形的な原因分析や, 落石発生などの前兆現象を捉えることが, 事前の評価において重要となる.

5. おわりに

本稿では, 過去に発生した岩盤斜面崩壊50事例の整理として, 崩壊岩体を分離面で区切った3次元の崩壊形態モデル図及び崩壊系統樹を作成し, 崩壊が発生した分離面の組合せや, その時の最終分離面及び確認分離面の状況を整理するとともに, 崩壊形態との関係や事前予測性などについて取りまとめた.

岩盤斜面の評価を行うにあたっての最大の課題は, 斜面内部の状況, 特に崩壊へとつながるような不連続面の分布状況を適切に捉えることである. その情報が不十分であると, 崩壊規模や崩壊形態の予測, しいては崩壊発生の可能性の判断までを見誤ることとなる. 評価の材料となる岩盤斜面の情報取得において, どういった箇所でのどのような情報を調査すべきかについても判断が難しいところである. 本成果が, 岩盤斜面を調査, 評価する際の基礎資料となり, 斜面防災の一助となれば幸いである.

参考文献

- 1) 日外勝仁, 宍戸政仁, 阿南修司, 伊東佳彦: 岩盤斜面の既往崩壊事例分析による崩壊原因の整理と崩壊形態のモデル化, 土木学会第 39 回岩盤力学に関するシンポジウム講演集, pp.299-304, 2010.
- 2) 層雲峡天城岩滑落調査委員会: 同報告書, 1988.
- 3) 日外勝仁, 岡崎健治, 伊東佳彦: 溶岩・火砕岩斜面における崩壊発生メカニズムの検討例, 第 12 回岩の力学国内シンポジウム講演論文集, pp.353-360, 2008.
- 4) 一般国道 5 号小樽市忍路地区斜面对策検討会: 同報告書, 2007.
- 5) 一般国道 333 号北陽土砂崩落調査委員会: 同報告書, 2002.
- 6) 一般国道 336 号えりも町斜面崩壊調査委員会: 同報告書, 2004.
- 7) 山内修: ナンノ崩壊, 新砂防, Vol.38, No.4, 1985.
- 8) 渡正亮, 竹林征三, 松田六男: 真名川ダムの原石山切取法面崩壊の特性, 地すべり, Vol.13, No.4, 1977.
- 9) 森野亮宏, 吉川恵也, 草間一, 大脇康孝, 桜井孝, 今井篤雄: 国鉄沿線における斜面災害の実態(2), 鉄道技術研究報告, No.1262, 1984.
- 10) 一般国道 305 号岩石崩落災害調査委員会: 同報告書, 1990.
- 11) 渡辺正幸, 中村良光, 笹原克夫: 国道 158 号猿なぎ洞門の岩盤崩壊について, 土木技術資料, 34 巻 5 号, 1992.
- 12) 日本地質学会・日本応用地質学会関西支部合同調査団: 奈良県国道 169 号法面崩壊調査報告, 2007.
- 13) 一般国道 231 号増毛道路検討委員会: 同報告書, 2009.
- 14) 北海道日本海沿岸における大規模岩盤崩落検討委員会: 同報告書, 2000.
- 15) 北海道開発庁北海道開発局札幌開発建設部: 一般国道 231 号浜益郡浜益村雄冬地内雄冬岬トンネル崩壊性地すべり調査報告書, 1982.
- 16) 豊浜トンネル崩落事故調査委員会: 同報告書, 1996.
- 17) 第2白糸トンネル崩落事故調査委員会: 同報告書, 1998.
- 18) 日外勝仁, 伊東佳彦, 佐々木靖人: 岩盤斜面崩壊事例分析に基づく崩壊形態と崩壊分離面の関係, 日本応用地質学会平成23年度研究発表会講演論文集, pp.17-18, 2011.

STUDY ON THE SEPARATION PLANE BY MODELING OF COLLAPSE FORMS OF PAST ROCK SLOPE FAILURES

Katsuhito AGUI, Yoshihiko ITO and Yasuhito SASAKI

According to the detailed literature survey for the rock slope collapses, failure phenomena were modeled after considering the mass movement. When modeling, while paying attention to the separation plane where the collapse rock body was delimited from the slope, the confirmed separation plane and the unconfirmed separation plane were distinguished by right or wrong of a prior confirmation, and the final separation plane that appeared by the final phase of the collapse has been extracted. Moreover, the separation plane was classified into four type (back, side, upper, and lower) based on that position, and the relation between the collapse form and the combination on the separation plane was clarified.