

A.2 融雪期における切土のり面の崩落対策に関する調査研究(継続)

道路建設課 道路維持課
土木試験所

ま え が き

積雪寒冷地である北海道では、道路切土のり面崩落が春先に多く、このような崩落は、のり面の損傷、変形のみならず、道路上の車輛走行に対して危険を併う大きな障害となる。この崩落の原因は、のり面の土質、土層構成などの地質条件やのり勾配、切深などの施工条件に影響されることは当然であるが、冬期間ののり面および背後地の積雪が春先に融けて、のり面を過含水状態にし、また、地下水位の上昇、湧水圧の増大を招くなど特殊な気象条件が誘因となり発生するものと推定される。このような切土のり面崩落に対する対策工法の採択基準は未だ設定されておらず、一般には技術者の経験に頼っているのが現状であり、統一した基準の設定が道路築造上の重要課題のひとつとなっている。

本課題は、積雪寒冷地における切土のり面の合理的な設計ならびに対策工法の適切な選定および設計に関する基準の確立を指向するもので、昭和49年度から開発局技術研究発表会の指定課題のひとつとして調査研究を行なっているものである。

1 調査研究の経緯

北海道における道路切土のり面崩落の最頻時期が融雪期であることが、昭和42年度の調査成果等¹⁾から明らかになり、その後、融雪期における切土のり面の崩落を誘発する直接的原因と思われる現場条件等²⁾について調査を行なってきたが、上記指定課題としての調査研究の初年度である昭和49年度³⁾には改めて、次のような調査検討を行なった。

- 1) 開発局維持路線5400KMの内、のり面積の大小にかかわらず、のり長2m以上の全切土のり面について、位置および数と崩落の有無に関する実態調査
- 2) 切土のり面における地下水位の季節的変動と崩落の関連性についての調査
- 3) 地下水の動水勾配とのり面の安定、限界のり勾配およびのり面崩壊の機構に関する模型実験
- 4) 現在、一般的に用いられている対策工法に関する資料収集

以上の調査の結果を基礎として、今年度は切土のり面崩落に影響をおよぼす各種条件のなかから特に地形および土質が崩落におよぼす影響度合について調査検討し、その結果を中間的に報告する。

2 調査要領

融雪期におけるのり面崩落の実態を把握すべく、昭和50年4月から8月末にかけて、昭和49年度ののり面実態調査をもとに、開発局維持管理路線の切土のり面から、崩落、非崩落のり面を数量が同程

度になるようランダムに均出し、これらののり面について次のような調査を行なった。すなわち、のり面の形状、地形、見掛土質および崩落の有無に関するA調査、崩落、非崩落のり面の一般的な土質常数に関するB調査、地中水、凍上および凍結深の経時変化および土質常数に関するC調査の3種類の調査である。なお、これらの調査内容は次のとおりである。

1) A調査

崩落および非崩落のり面を対象として土質と地形、土工定規、対策工法および崩落したのり面の崩落原因等ののり面条件などについて次のような調査を行なった。

(1) 横断測量

のり面および背後地形について、道路中心線よりのり頭後方30mまでハンドレベルを用い、その後方500m迄を目測により測定し横断図、を作成した。

(2) のり面の土質

現場測定担当者の経験的な判断で土質を分類した。

(3) のり面崩落の有無

のり面崩落の有無は、のり面積の大小に拘わらず、一つのり面における崩落の程度が、 1 m^2 以上のものを崩落のり面とし、それ以外のものを非崩落のり面として区分した。

(4) 斜面の方位

方位計を用いて測定した。

(5) のり面对策工法の種類

対策工法はのり面表面に見えるものについて調査した。

(6) のり面崩落の程度と位置の確認

のり面崩落の程度は、当該のり面の全面積に対する崩落部分の面積の比率で1~30%を小規模、31~70%を中規模、71%以上を大規模な崩落のり面とし、位置の測定は布製巻尺を用いて測定した。

(7) 崩落原因の判定

のり面の崩落原因を①湧水、②凍上および凍結、③これら両者の複合、④風化およびその他の原因の4種類に区分した。なお、これらの崩落原因判定は、次のような現場状況の確認に基づいて行なった。

イ 湧水

1) のり面崩落以前の状態

融雪浸透水が、のり面から地下水、または局所的な地中水の状態になって浸出、または湧出している。

2) のり面崩落時の状態

崩落しているのり面の上方に浸出水や湧水点があり、破壊形態は次のようなケースが多い。

(1) 湧水によりパイピング現象(パイプ状の水みち)を起こしていて、のり面崩落時の水量が多い。

- (ロ) のり面湧水または浸出水が、ガリまたはリルを起こしている。
- (ハ) のり面湧水または浸出水等が、のり面を軟弱化させスベリ崩落を起こしている。

ロ 凍上

イ) のり面崩落以前の状態

- (イ) 土中の水分を吸い上げて氷粒や霜柱などの氷層を形成している。
- (ロ) 気泡を含む節を持って垂直に連らなって出来た氷粒や霜柱などの氷層が土を上方に押し上げている。
- (ハ) 土中の氷層と土粒子の間に大きなすき間を有している。

ロ) のり面崩落時の状態

- (イ) のり面が隆起した後に崩落している。
- (ロ) のり面が凸凹状に隆起して崩落している。

ハ 凍結

イ) のり面崩落以前の状態

- (イ) 地中水が存在した位置で、そのまま凍ってレンズ層を形成している。
- (ロ) 地中水が存在した位置で、そのまま凍って砂礫等を氷で包んでいる。
- (ハ) 土粒子を含む水分が凍り砂粒状の氷となって不規則に存在する。

ロ) のり面崩落時の状態

- (イ) 凍上よりも比較的融解水量が多く吐派状に流動して崩落する。

2) B調査

非崩落のり面と、崩落のり面における同一のり面中の崩落部分および非崩落部分についての土質性状の差異を見いだすことを目的^{とし}、それぞれの部分の土について、自然含水比(W_n)、乾燥密度(γ_d)、比重(G_s)、粒度(G)、液性、塑性限界(w_L, w_P)を求めるための土質試験を行なった。なお、 γ_d については、砂置換法のうちJIS改定案法(土試法)による注砂法で行ない、他のものはすべてJIS法によった。

3) C調査

のり面の崩落原因に合った対策工法選定のための資料を得るために、旭川、釧路、札幌、函館および室蘭の5開発建設部管内において、のり面条件と崩落原因の異なる崩落のり面1カ所づつ選定し、気象条件、地中水、凍上、凍結および土質性状等について調査観測を行なった。なお、これらの調査内容は次のとおりである。

(1) 地中水位

のり尻付近から背後地延長約30mにかけて地中水位観測用パイプを1カ所当り5本づつ8カ所に埋設した。1カ所当り5本の内訳は、長さが1.0, 1.5, 2.0, 2.5および3.0mで、内径40mmの塩化ビニール製のものであり、各パイプは下端から50cmの部分を地中水が浸透可能なように有孔状態にしたものである。

(2) 地中温度

のり面内の凍結深を測定するため、長さ2.0mのメチレンブルー凍結深度計を同一のり面内5カ所に埋設した。また、室蘭開発建設部管内においては、メチレンブルー凍結深度計と対比する

ため熱電対による地中温度計(10cm間隔で2度/1カ所)を、のり面内に3カ所埋設した。

(3) 土質試験

のり面崩落の原因解明に必要な土質常数を求めるため透水試験と、三軸圧縮試験を行なった。

3 調査結果および考察

調査は、昭和49年度にのり面実態調査を行なった6810面のうち、表-1に示すように、A調査800面を対象として調査を行ない、またB調査120面およびC調査5面については現在調査観測ならびに整理検討中である。

表-1 融雪期における道路切土のり面実態調査一覽表

名称	調査内容	建設部別のり面調査数											現在まで調査観測しているり面調査数	
		函館	小樽	室蘭	札幌	帯広	釧路	網走	旭川	留萌	稚内	土試計		
A調査	1)横断測量 2)のり面对策工法 3)土質 4)崩落原因判定	100	100	100	100	70	100	70	70	50	40	800	717	
B調査	1)土の物理試験	10			10		10	10	10	10		60	120	0
C調査	1)力学試験 2)地中水測定 3)凍結深測定 4)気象	1		1	1		1		1			5	0	

この調査は、融雪期に行なう予定であったが、一部夏期に行なわれたものもある。したがって、これらより資料収集時期などに起因する解析上の種々の問題はありますが、次に示すような項目について整理し、融雪期におけるのり面崩落に関する検討を行なった。

1) A調査

A調査において収集した切土のり面の実態に関する資料のうち、解析上問題のあるものを除き約90%に相当する717面について整理、検討を行なった。当初の調査方針は、崩落、非崩落のり面を同数程度抽出の予定であったが、最終的には、崩落のり面296面、非崩落のり面341面となった。

(1) のり面の条件別実態調査

A調査の対象として収集した切土のり面資料のうち、見掛土質別に対策工法、のり勾配および切深等の項目毎に取りまとめた結果を表-2に示す。同表によると、のり面对策工法の67%が植生工法であり、対策工法を2種類以上併用しているものが7%、対策工法を行っていない裸地のり面が12%、さらにフトン管工、樺工等の構造物による工法を用いているものが4%となっている。また、

表-2 道路切土のり面実態調査数量

名称	土砂系のり面																計																												
	単層								上層:土砂 下層:土砂																																				
	砂層土	シルト層土	レキ層土	砂層土	風化火山灰	未風化火山灰	小	計	二層	三層	計	崩落	非崩落	計																															
崩落	80	136	206	39	78	72	160	62	59	84	143	41	8	13	21	58	18	4	22	82	22	13	35	63	265	312	577	46	29	29	58	50	2	2	100	296	341	637	46						
対策	44	84	128	32	53	46	99	37	31	52	62	28	4	6	10	42	10	3	13	77	14	7	21	57	156	172	328	37	14	11	25	36	1	1	100	171	193	364	47						
無処理	6	11	17	9	5	4	9	3	11	10	29	38	3	1	4	13	2	2	10	18	26	42	39	2	2	16	26	42	39	2	2	12	17	1	1	100	18	26	44	47					
掘削	3	4	7	3	1	4	5	2	1	3	2	2																																	
工法	4	2	6	3	1	4	2	1	1	1	1	1	1																																
法	4	4	12	2	2	10	1	1	2	50																																			
植生工				2	2	10																																							
フトン管工							2	2	4	30																																			
樺工											1	1	0																																
計	14	14	28	11	15	26	10	12	62	45	1	4	5	20																															
のり面	0.1~0.4	1	1	0	1	2	50	5	1	6	83			1	1	0	4		4	100																									
のり面	0.5~0.8																																												
のり面	0.9~1.2	71	86	157	45	71	44	115	62	39	57	108	36	6	7	12	46	11	1	12	92	19	8	27	70	27	205	422	51	25	17	22	60	2	2	100	242	222	464	52					
のり面	1.3~1.6	8	32	40	20	5	23	28	18	14	18	30	47	2	2	4	50	3	3	6	50	3	3	6	50	35	79	114	31	3	8	11	27												
のり面	1.7以上	1	7	8	13	1	4	5	20	1	8	9	11																																
切深	0~5	21	55	76	28	14	24	38	37	9	27	36	25	2	3	5	40	4	1	5	80	3	3	6	50	53	113	160	32	4	7	11	36	1	1	100	58	120	178	37					
切深	5~10	32	42	74	43	30	30	60	60	28	32	57	44	5	7	12	42	4	1	5	80	10	7	17	59	106	119	225	47	10	12	22	45												
切深	10~15	15	20	35	43	25	10	25	21	9	13	22	41	1	1	2	50	5	2	7	71	5	2	7	71	60	108	108	56	9	7	16	56	1	1	100	70	55	125	58					
切深	15~20	7	4	11	64	4	7	11	36	10	7	17	57																																
切深	20以上	5	5	10	50	5	1	8	83	6	5	11	55																																

これらの、のり勾配と崩落率との関連性について、のり勾配毎に検討すると、土砂系については、のり勾配の緩いものから急勾配になるにしたがって、のり面の崩落率は高くなる傾向が見られ、一方、岩系については、土砂系のようなのり勾配と崩落率に関する傾向が明確には見られない。また、切

本調査結果から、のり面対策工法として植生工法が最も多く施工されており、その中でも張芝工が多く、のり面の54%($\frac{384}{709}$)を占めていることがわかったが、粘質土、シルト質土およびレキ質土の3種類の土質別にのり面勾配や切深と背後地形の崩落に対する影響について検討した。その結果、次のような傾向がわかれる。

イ、のり面勾配と背後地勾配の原因別崩落に対する影響の土質別検討

のり面勾配および背後地勾配の原因別崩落に対する影響を土質別に検討するために図-2を作成した。

1) 粘質土における崩落の傾向

粘質土に関しては、図-2-1に示す。同図からも明らかのように、のり面勾配1割で施工されているのり面が圧倒的に多く、次で1.5割ののり面が多い。その中で崩落しているものは、のり面勾配が1.2割以上の緩勾配のものであるが、そのほとんどは1割ののり面に集中しており、その崩落原因は湧水がほとんどである。背後地が上り勾配(+)の場合に崩落が多く、下り勾配(-)の場合には一部崩落しているが総じて少ない。これは湧水のみが原因となるものではなく、凍上、凍結、その他の原因によるものであり、融雪浸透水の動水勾配が大きな崩落原因であることが推測される。

ロ) シルト質土における崩落の傾向

シルト質土に関しては、図-2-2に示す。同図より崩落しているものは、のり面勾配が1割の場合に集中しており、1割以上の緩勾配のり面の崩落原因は、凍上、凍結のみで、それも僅かである。のり面崩落の有無を、背後地勾配との関係で見ると、粘質土の場合と同様その崩落は背後地勾配が-10%位から上り勾配の範囲に集中している。崩落原因は、湧水によるもの70%に対し凍上によるものが30%の割合となり、粘質土の場合と比較して凍上による崩落が多くなっている。

ハ) レキ質土における崩落の傾向

レキ質土に関しては、図-2-3に示す。同図より崩落しているものは、のり面勾配について眺めて見ると、崩落率の多いのり面勾配は、やはり1割以下であり、

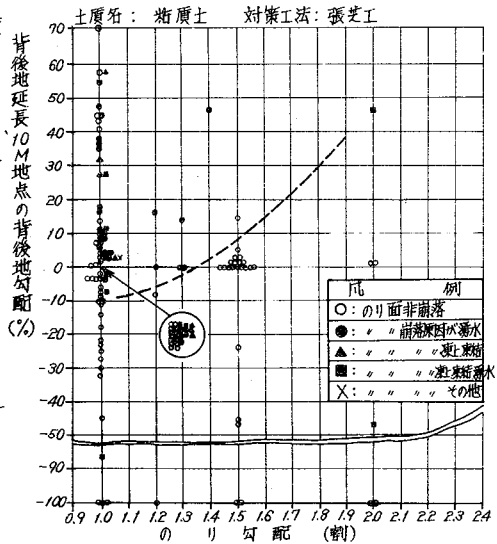


図-2-1 崩落原因とのり面勾配および背後地形との関係

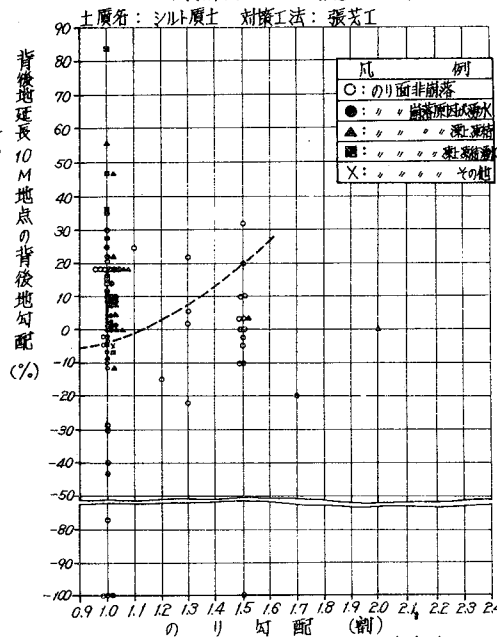


図-2-2 崩落原因とのり面勾配および背後地形との関係

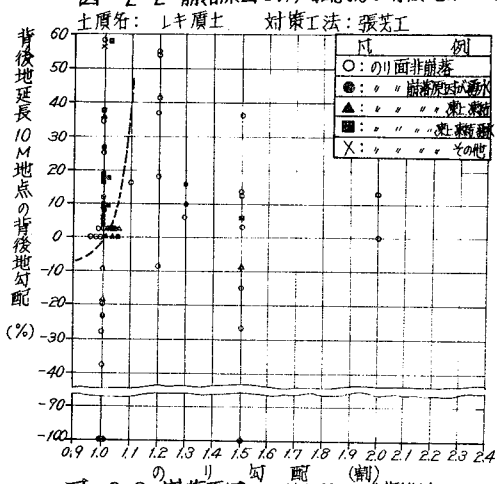


図-2-3 崩落原因とのり面勾配および背後地形との関係

背後地勾配について見ると上りの場合にほとんど集中している。崩落原因は、土質が粘質土、シルト質土の場合と比較すると、湧水によるものは減少し40%程度であり、湧水と凍上、凍結によるものが40%、凍上、凍結のみによるものが20%程度といった傾向になっている。

ロ 切深と背後地勾配の原因別崩落率に対する影響の土質別検討

先に示した図-2-1~2-3で、資料数が最も多く、しかも崩落率が最も高いのり勾配1割ののり面について、切深と背後地勾配の原因別崩落に対する影響を土質別に整理した。その結果を図-3-1~3-3に示す。これらの図は、各々同様な傾向を有して、背後地勾配が-10%以下では崩落しているものはほとんどなく、崩落しているものは背後地形が上り勾配のものにほとんど集中している。

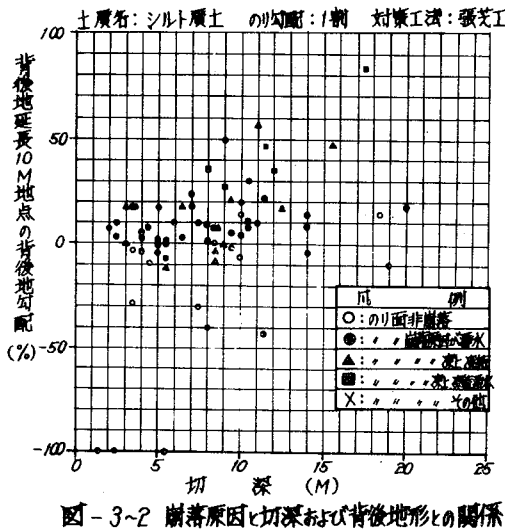


図-3-2 崩落原因と切深および背後地形との関係

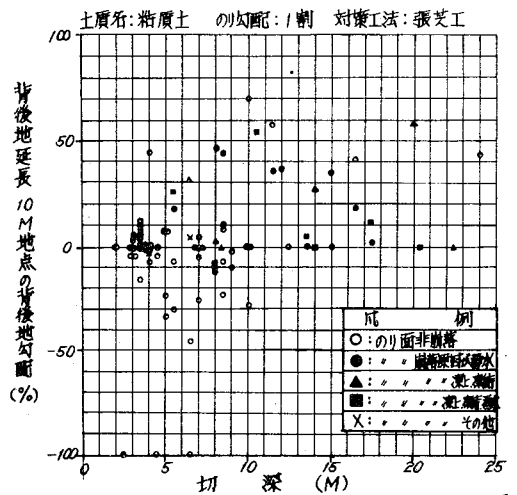


図-3-1 崩落原因と切深および背後地形との関係

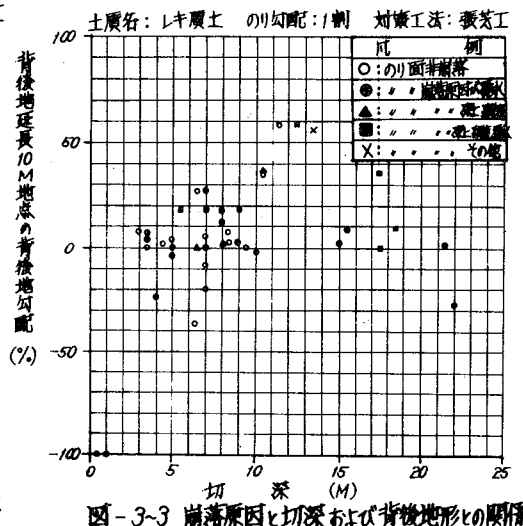


図-3-3 崩落原因と切深および背後地形との関係

のり面崩落に対する切深の影響については、特定の傾向は認められず、この傾向は崩落原因別や土質別に見た場合にも同様である。

あ と が き

融雪期におけるのり面崩落の原因で最も多い融雪浸透水等の湧水による崩落のほとんどは、切土のり頭から背後地形が上り勾配の場合に集中していることがわかり、切のり勾配で見ると、これら崩落のほとんどが1割勾配の場合に集中し、データ数は少ないが1割1分以上になると、崩落数は、減少している。また、のり面背後の地形がのり面の崩落に与える影響は、のり頭から60m程度のようなのであるが、のり頭から10mまでの地点の勾配により、おおよその傾向を知ることができる。これらの調査結果を整理検討して見ると、融雪浸透水が地中へ浸潤する過程でのり面に浸出の際に、ボーリング、または、クイックサンド的に土粒子を押し出して崩落しているようである。このような観点からこれらの機構や土質性状などの一般的傾向を明らかにするために実際の現場において、のり面の崩落および非崩落土について調査を行なったB調査とC調査の資料については現在試験調査検討中である。

これらの成果が総合的に整理される次年度以降において、あらたに地形条件等を加味した設計基準に関する有力な資料が得られるみとおしである。

指定課題担当員名		
部局名	課室名	氏名
本局	道路建設課	高比良 孝
		笹井 謙一
	丸山 博	
	道路維持課	近藤 博二
土木試験所	土質研究室	佐々木 晴美
		木元 喬一
		新庄 建
		鈴木 宣男
		成田 健一

参考文献

1. 河野文弘：のり面保護工法とその効果に関する研究、第11回北海道開発局技術研究発表会論文集（1967）P.77
2. 河野文弘，佐々木晴美，新庄建，鈴木宣男：融雪期における切土のり面崩落に関する調査、第17回北海道開発局技術研究発表会論文集（1973）P.75
3. 本局，道路建設課，道路維持課，土木試験所，土質研究室：融雪期における切土のり面の崩落対策に関する調査研究、第18回北海道開発局技術研究発表会論文集（1975）P.18