融雪水に起因するのり面の危険度評価を目的とした現地調査

鉄道総合技術研究所　正会員　○宮下　優也
鉄道総合技術研究所　正会員　高柳　剛
鉄道総合技術研究所　正会員　太田　直之
東日本旅客鉄道株式会社　正会員　山村　啓一

１．はじめに

融雪期における盛土や自然斜面は，融雪水の影響により融雪期以外と比較して安定性が低下している場合がある．鉄道事業者はこの影響を鑑み，融雪期においては，降雨時運転規制値の段落としや巡回点検等を実施し安全を確保している．融雪期における防災上の措置に資することを目的として，融雪期の斜面の不安定化現象を解明し，これらを斜面管理へ適用する方法を検討している．

本稿では，過去に融雪災害が発生した箇所と災害が発生していない箇所で簡易動的コーン貫入試験や土試料のサンプリング等の現地調査を実施し，調査結果を比較したのでその結果について報告する．

２．調査数量および調査項目

調査は表１に示すA，B，Cの3線区における盛土6箇所，切土6箇所の計12箇所について実施した．このうち，被災歴がある箇所は盛土2箇所，切土3箇所の計5箇所である．被災歴のない箇所は，被災箇所と同線区において，調査箇所を選定した．また，被災歴がある箇所で対策工が施工されており簡易貫入試験や試料採取が不可能な箇所については，その前後箇所にて調査を実施した．

表１　調査数量　　単位:箇所

	盛土			切取			計
	A線区	B線区	C線区	A線区	B線区	C線区	
被災歴あり	1	1	0	1	1	1	5
被災歴なし	2	1	1	2	0	1	7
計	3	2	1	3	1	2	12

調査は，1）簡易断面測量，2）簡易動的コーン貫入試験，3）土試料のサンプリング（撹乱試料，不撹乱試料）を実施した．なお，土試料は表層より深さ30ｃｍ～60ｃｍの位置で採取した．土質試験については，撹乱試料は一般的な物理試験および保水性試験を行い，不撹乱試料については密度試験および透水試験を行った．

３．調査結果

３．１簡易貫入試験結果

図１に盛土の簡易貫入試験結果を示す．地表面から3mまでの深さの貫入強度の平均値を比較すると，被災歴のある箇所は Nc＝4.48，被災歴のない箇所は Nc＝6.93となり，被災歴のある箇所の貫入強度が被災歴のない箇所と比べて低くなった．また，図２に切土の簡易貫入試験結果を示す．切土については，表層土部分（Nc 値が急に大きくなる部分までの厚さ）[1)]の貫入強度の平均値を比較すると，被災歴のある箇所は Nc＝4.28，被災歴のない箇所は Nc＝6.96 となり，盛土と同様に被災歴のある箇所の貫入強度が被災歴のない箇所と比べて低い結果となった．

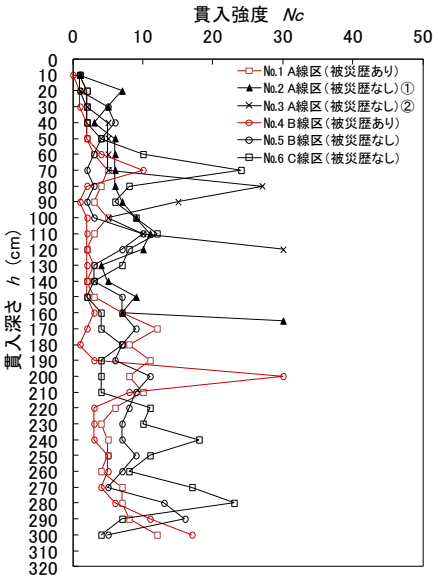

図１　盛土の簡易貫入試験結果

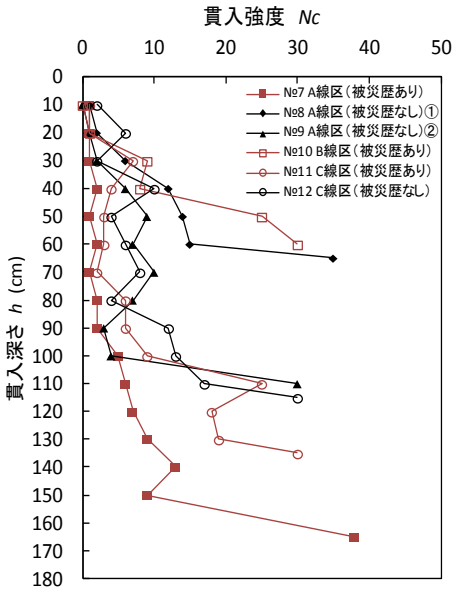

図２　切土の簡易貫入試験結果

キーワード　融雪水　盛土　切土　限界雨量
連絡先　〒185-8540　東京都国分寺市光町2-8-38　（公財）鉄道総合技術研究所　地盤防災　TEL042-573-7263

３．２土質試験結果

図３にＢ線区およびＣ線区の土の粒度試験結果を示す．図から分かるように，盛土，切土に関わらず被災歴がある箇所は細粒分や砂分を多く含む土質であることがわかる．50%粒径 D_{50} の平均値は，被災歴のある箇所が 0.081ｍｍ，被災歴のない箇所が 1.426ｍｍであった．また，透水係数 k については，被災歴がある箇所の最小値，最大値がそれぞれ $k=2.26\times10^{-7}$ (m/s)，$k=4.04\times10^{-4}$ (m/s)，被災歴がない箇所の最小値，最大値がそれぞれ $k=2.98\times10^{-6}$ (m/s)，$k=3.29\times10^{-3}$ (m/s) であり，被災歴がある箇所の透水係数が低い結果となった．

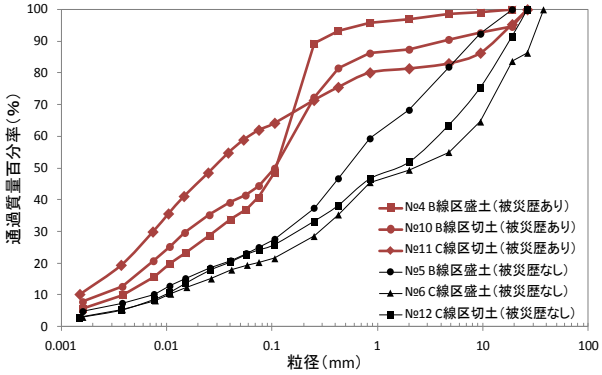

図３　粒径加積曲線

４．のり面の危険度評価

調査した盛土，切土に対して限界雨量に基づく危険度評価[1)]を行った．盛土の限界雨量曲線を図４，切土の限界雨量曲線を図５に示す．ここで，限界雨量に基づく盛土，切土の危険度評価手法とは，過去に降雨によって発生した盛土，切土の詳細な崩壊データを基にし，統計的な解析によって得られた各種条件から，予測式を用いて崩壊に至る雨量を限界雨量曲線にて求め，評価を行うものである．限界雨量曲線は，縦軸を時間雨量 r，横軸を連続雨量 R とするグラフ上に曲線で示され，曲線が左下に位置するほど少量の雨量でも災害が発生する可能性が高いことを示している．

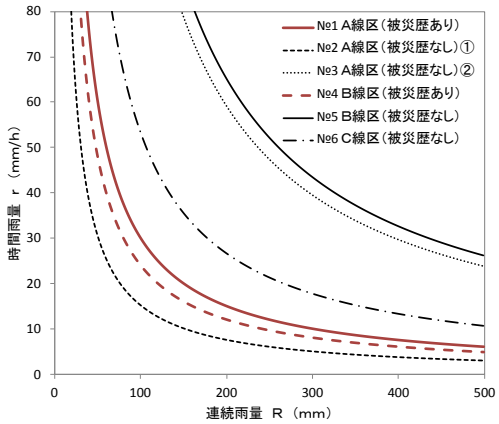

図４　限界雨量曲線（盛土）

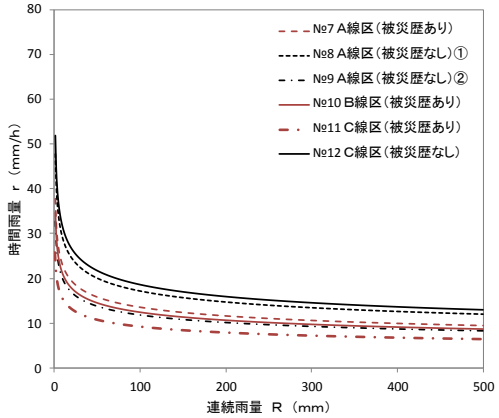

図５　限界雨量曲線（切土）

評価結果を表２に示す．盛土については被災歴のある箇所とない箇所の評価点の平均値がそれぞれ 10.68，13.99 となっており，被災歴がある箇所の評価点が低いことがわかる．また，切土については崩壊形態を判別したところ，すべての箇所において崩壊形態判別得点 $Z^{1)}$ が１より大きくなったため，想定崩壊形態を表層崩壊として危険度評価を実施した．切土についても，被災歴のある箇所とない箇所の評価点の平均値がそれぞれ 23.09，30.16 となっており，盛土と同様に被災歴のある箇所の評価点が低くなった．結果として，盛土，切土とも降雨に対する評価が低い箇所において融雪災害も発生している傾向がみとめられた．

表２　限界雨量に基づく危険度評価結果

	盛土			切土		
	No.	評価点	平均値	No.	評価点	平均値
被災歴あり	1	11.03	10.68	7	26.26	23.09
	4	10.32		10	24.35	
				11	18.66	
被災歴なし	2	9.01	13.99	8	32.41	30.16
	3	16.67		9	23.06	
	5	17.15		12	35.00	
	6	13.13				

５．まとめ

今回の調査により得られた結果を以下にまとめる．

（1）簡易貫入試験では，盛土，切土とも調査箇所数が少ないながらも被災歴のある箇所の貫入強度が総じて低い結果となった．

（2）土の粒度分布は，盛土，切土に関わらず被災歴がある箇所は細粒分や砂分を多く含む土質であった．また，透水係数についても被災歴のある箇所の透水係数のほうが低かった．

（3）限界雨量に基づく危険度評価については，被災歴がある箇所の評価点が低い結果となった．これより，盛土，切土とも降雨に対する評価が低い箇所において融雪災害も発生している傾向がみとめられた．

今後も調査を重ねながら様々なデータを収集し，融雪期における斜面の不安定化現象の解明を行い，運転規制や警戒基準等の斜面管理手法を提案できるよう研究を進めていく．

参考文献 1）鉄道総合技術研究所：鉄道構造物維持管理標準・同解説（構造物編）土構造物（盛土・切土），p108-p 115，2007 年 1 月