点検結果を考慮した切土のり面に対する表層崩壊発生危険度に応じた順位付け

鹿島建設　正会員　○松本聡碩　越村謙正
大阪産業大学　正会員　小田和広
鹿児島大学　正会員　伊藤真一
大阪大学大学院工学研究科　正会員　小泉圭吾
西日本高速道路株式会社　正会員　櫻谷慶治

1. はじめに

高速道路における斜面災害はその多くが表層崩壊に起因している．また，切土のり面において 60%以上の斜面災害が発生している[1]ことから，高速道路の切土のり面への表層崩壊対策は重要である．効果的な表層崩壊対策のためには，表層崩壊の危険度に応じた順位付けを行い，それに基づき対策を行っていくことが望ましい．このような考え方から，西日本高速道路株式会社（以下，NEXCO 西日本）関西支社では「切土のり面安定度調査表」というカルテを作成し，個々の切土のり面の危険度評価及び順位付けを行っている．その評価項目は，地形条件や地質条件といった表層崩壊の素因となり得る項目が主となっている．

ところで，高速道路では様々な点検[2]が実施され，膨大な点検結果がデータベースとして蓄積されている．特に，近接目視等による詳細点検で確認された損傷には，のり面の劣化，すなわち，表層崩壊の予兆を示すものが含まれている可能性がある．

本研究では，地形や地質といったのり面が持つ「素因」情報と詳細点検による損傷との関連性について検討するとともに両者を考慮した表層崩壊の危険度評価方法について考察する．

2. 表層崩壊が発生する切土のり面の特徴の分析

本研究では，まず，表層崩壊の素因および予兆の特徴を分析した．なお，研究対象は NEXCO 西日本が管理する約 120km の一つの高速道路路線において過去に詳細点検が実施された 326 箇所の切土のり面(以下，対象のり面)とした．

最初に，素因的特徴の分析を行った．**表-1** は，切土のり面安定度調査表から抜粋した表層崩壊の素因となり得ると考えられる評価項目に該当する切土のり面の数を示している．326 箇所の対象のり面と過去に表層崩壊が発生した 25 箇所の切土のり面(以下，崩壊のり面)の 2 つを母集団としているため数値に大きな違いがある．そのため，各項目に該当する切土のり面数が母集団に占める割合を比較する．その結果，「集水地形または崩壊地形に該当する切土のり面」「のり高が 30m 以上の切土のり面」「火山岩または深成岩で構成される切土のり面」「湧水またはしみ出し程度の湧水が存在する切土のり面」で，崩壊のり面における割合が対象のり面のそれよりも顕著に大きかった．すなわち，当該路線においては，前記の評価項目を持つのり面は表層崩壊しやす

表-1 表層崩壊の素因となり得る項目と該当のり面数

項目	小項目	対象のり面中の該当のり面数及び率		崩壊のり面中の該当のり面数及び率	
のり面と後背地の地形	集水地形	23	7%	8	32%
	崩壊地形	7	2%	4	16%
	いずれも該当しない	298	91%	15	60%
のり高	15m以下	112	34%	2	8%
	15～30m	78	24%	5	20%
	30～50m	79	24%	11	44%
	50m以上	57	17%	7	28%
地質	火山岩	22	7%	5	20%
	深成岩	8	2%	6	24%
	中古生層堆積岩類	255	78%	14	56%
	神戸層群	22	7%	0	0%
	大阪層群	19	6%	0	0%
湧水の有無	湧水あり	87	27%	12	48%
	しみ出しあり	64	20%	8	32%
	湧水なし	175	54%	5	20%

表-2 各損傷種別の確認件数

損傷種別	対象のり面中の確認件数及び率		崩壊のり面中の確認件数及び率	
排水設備における通水阻害	1621	44%	33	35%
小段の損傷	175	5%	16	17%
湧水・湧水跡	349	10%	14	15%
コンクリート保護工の損傷	453	12%	2	2%
のり面の損傷	318	9%	16	17%
その他	742	20%	13	14%

キーワード　表層崩壊，詳細点検，危険度評価
連絡先　〒574-8530　大阪府大東市中垣内 3-1-1　大阪産業大学工学部都市創造工学科　TEL: 072-875-3001

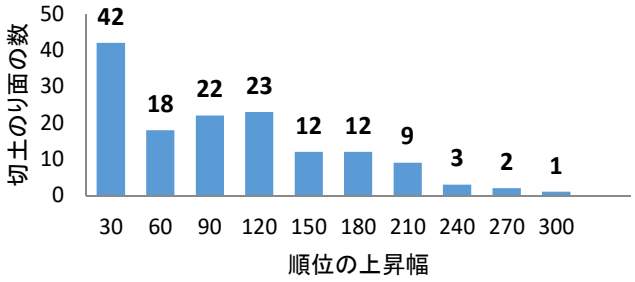

図-1 表層崩壊発生危険度に応じた順位の上昇幅

い傾向があると推察される．同様の手法で，表層崩壊の予兆の分析を行った．**表-2** は，詳細点検における損傷の確認件数を 2 つの母集団ごとに示している．その結果，「小段の損傷」「湧水・湧水跡」「のり面の損傷」の割合が高く，それらは表層崩壊の予兆を示す可能性がある損傷であることが分かった．

3. 表層崩壊の発生危険度に応じた順位付けとその結果の考察

前章で抽出した表層崩壊の素因の情報と予兆の情報に対してロジスティック回帰分析[3)]を行った．ロジスティック回帰分析では，説明変数として数値だけで無く，カテゴリーデータも適用することができる．そして，その出力は，表層崩壊の発生確率を与える．本研究では，その確率を表層崩壊の発生危険度とし，それに基づく順位付けを行った．

初めに，本研究における順位付け結果と切土のり面安定度調査表に基づいた従来の順位付け結果を比較した．すると，点検結果を考慮することにより表層崩壊発生危険度に応じた順位が高くなった切土のり面が 144 箇所存在する．**図-1** は，こうした切土のり面の順位の上昇幅のヒストグラムを示している．これを階級ごとに確認すると，上昇幅が 30 以下にとどまる切土のり面が 42 箇所で，最多となっている．一方で，上昇幅が 150 より大きい切土のり面も合計で 27 箇所存在している．このように，点検結果を導入することで，表層崩壊の素因と予兆の両面に着目した新たな危険度評価と，それに応じての順位付けができた．

次に，表層崩壊の素因的特徴をほとんど持たないが，確認された損傷の多くはその予兆を示すものである 5 箇所の切土のり面に着目した．**表-3** は，それらの切土のり面が持つ素因情報と予兆情報を示している．いずれも素因的特徴は 1 つしか有していないが，確認された損傷件数の 50%以上が表層崩壊の予兆を示すものである．すなわち，これらの切土のり面では，予兆情報が危険度評価の主因をなしている．このように，本手法では表層崩壊の予兆を取り入れることができた．今後は，より的確な評価に向けて素因と予兆の両者に対する評価方法等について検討を進めていきたい．

表-3 点検結果を考慮することで
従来の評価より危険度が高くなる切土のり面

	素因情報				予兆情報							
順位	のり面と後背地の地形	のり高	地質	湧水の有無	通水阻害	小段の損傷	湧水湧水跡	保護工の損傷	のり面の損傷	その他	割合	調査表での順位
16位	特になし	15～30m	火山岩	なし	2	0	0	0	2	0	50%	275位
26位	特になし	30～50m	中古生層堆積岩類	なし	0	1	0	0	0	0	100%	222位
31位	特になし	15～30m	中古生層堆積岩類	湧水あり	0	0	1	0	0	0	100%	104位
34位	特になし	30～50m	中古生層堆積岩類	なし	0	0	0	0	1	0	100%	64位
36位	特になし	30～50m	中古生層堆積岩類	なし	1	0	0	0	1	0	50%	51位

4. まとめ

本研究では，素因と予兆の両面に着目して切土のり面に対し表層崩壊の発生危険度に応じた順位付けを行った．得られた主な知見を以下に記す．

1. 対象とした路線では，集水地形または崩壊地形に位置する切土のり面，のり高が 30m 以上の切土のり面，主に火山岩や深成岩で構成される切土のり面，しみ出し程度であっても湧水が存在する切土のり面は表層崩壊しやすい傾向がある．
2. のり面の損傷，小段の損傷，湧水・湧水跡は表層崩壊の予兆である可能性が高い．
3. 必ずしも表層崩壊の素因を持っていなくてもその予兆となる挙動を示すのり面があることから，素因と予兆の両面に着目し，表層崩壊の発生危険度評価を行うことが望ましい．
4. ロジスティック回帰分析は素因と予兆の両者を考慮できる危険度評価方法の一つである．

参考文献

1) NEXCO 西日本関西支社：White Paper on NEXCO Kansai Slopes，pp.31，2013.
2) 東日本高速道路株式会社・中日本高速道路株式会社・西日本高速道路株式会社：保全点検要領（構造物編），pp.7-20，2015.
3) 東京大学教養学部統計学教室：基礎統計学III 自然科学の統計学，pp.111-113，2014.