

道路法面の安全性評価手法について

小林 征治¹

近畿地方整備局 近畿技術事務所 防災・技術課 (〒573-0166 大阪府枚方市山田池北町11-1) .

直轄国道では道路防災総点検において要対策箇所、カルテ点検箇所と評価された箇所について、定期点検を実施するとともに、要対策箇所について計画的に防災工事を実施している。しかし、定期点検を実施していない箇所で著しい変状が発生し、通行規制など交通に支障をきたす場合がある。このため、より効果的な危険箇所の抽出し対策をすることが求められている。

今回、点検箇所以外も含めた危険箇所を抽出する為に、著しい変状発生箇所の傾向把握と分析を行い、変状発生要因を抽出するとともに、ラフ集合分析を用いて著しい変状発生要因の組み合わせを抽出した。

キーワード 要因分析、ラフ集合、道路防災総点検、変状発生要因抽出

1. はじめに

直轄国道においては、毎年実施している道路防災点検や構造物点検、日常の道路パトロールなどにより道路構造物の定期的な点検を行い危険箇所の把握に努めている。しかしながら、これらの点検のみではすべての危険箇所を把握することは困難であり、図-1に示すように点検対象外とされている箇所でも予期せぬ変状が発生し、通行止めなどの重大な支障が発生している。

このため、点検対象外も含めた危険箇所を抽出することが安全確保や効果的な点検の実施などの観点から求められている。

そこで、過去に変状が発生した箇所について、道路防災総点検の安定度調査表、点検箇所の地形や地質および気象データなどの傾向把握、分析を行い変状発生に関する要因を抽出した。この要因を用いてラフ集合分析を行い著しい変状発生箇所における変状発生要因の組み合わせを抽出した。この結果、点検対象により抽出精度の違いはあるものの、より効果的で客観的な危険箇所の抽出するための変状発生要因の組み合わせを抽出することができたので、以下に報告する。

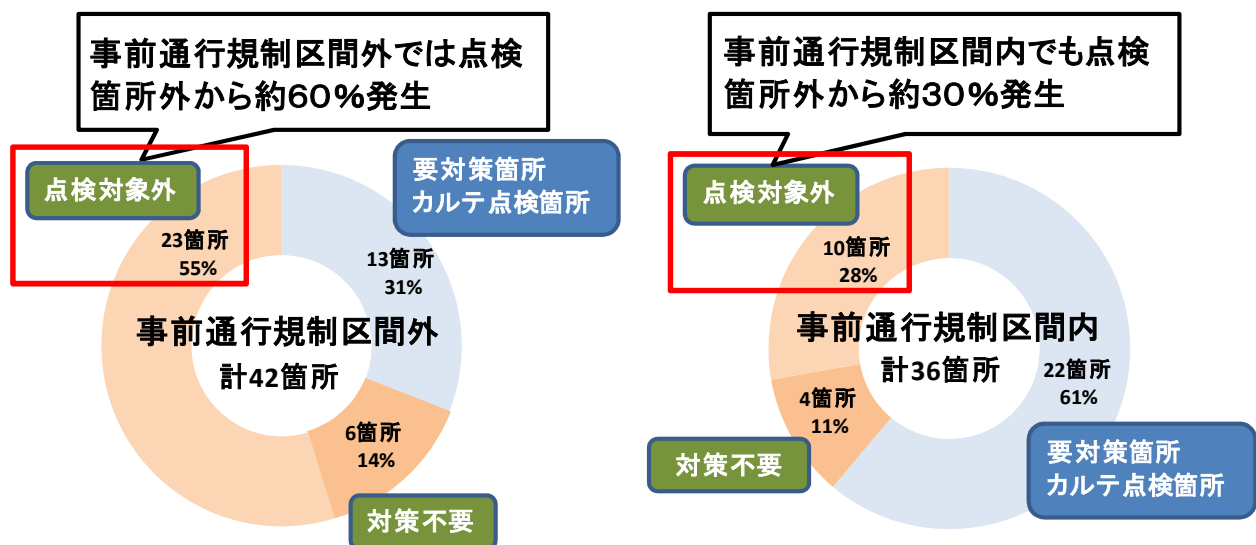


図-1 近畿地方整備局管内における直轄国道の交通止めを伴う災害（1997年～2011年の集計）

2. 分析の流れと分析方法

(1) 分析対象

分析対象は、表-1に示すように平成8年度道路防災総点検、平成18年度総点検で安定度調査を実施した箇所のうち、橋梁洗掘、雪崩、地吹雪を除く1,470箇所とした。そのうち災害発生箇所や道路防災点検で変状の進行が認められる箇所といった著しい変状発生箇所は358箇所、道路防災ドクターによる診断箇所は84箇所である。点検項目毎の内訳は表-2に示すとおり。

表-1 分析対象

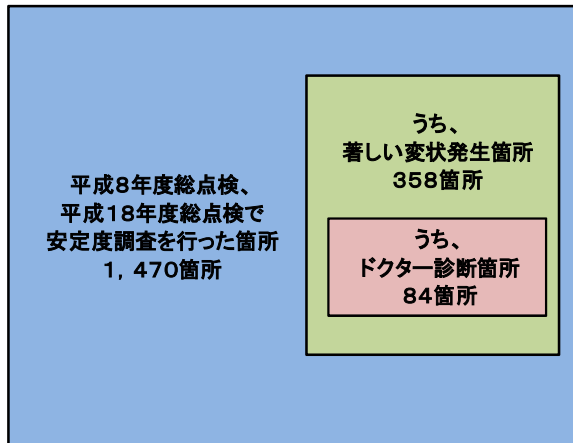


表-2 分析対象の内訳

点検項目	全体傾向	うち、著しい変状発生箇所	
		うち、著しい変状発生箇所	うち、ドクター診断箇所
落石崩壊	772	222	60
うち、法面	630	183	41
うち、斜面	655	192	50
岩盤崩壊	62	2	0
地すべり	27	11	3
土石流	76	27	3
盛土	189	47	6
擁壁(盛土擁壁)	246	40	11
擁壁(切土擁壁)	98	9	1
合計	1,470	358	84

(2) 分析手順

分析手順については、図-2に示すとおりである。全体傾向と変状発生箇所の傾向を比較することにより、変状発生要因、変状非発生要因を抽出する。

次に要因を組み合わせラフ集合分析を行い変状発生ルール及び非発生ルールを求める。

変状発生ルールと非発生ルールを比較することにより、変状発生に関する重要要因を抽出する。

この変状発生に関する重要要因の内在する点検箇所・点検外の箇所を抽出することにより、点検箇所以外も含めた危険箇所の確認・抽出を行う。本分析では変状発生要因の抽出とラフ集合による変状発生ルールの抽出を行った。

なお、ラフ集合とはデータを条件毎に「類別」し、不要な属性を取り除くことによって、できるだけ簡単なルールを抽出する手法である。

(3) 分析に用いるデータ

分析に用いるデータは、以下のとおりである。道路防災点検で作成している安定度調査表の点検項目のほか、点検箇所の固有の特徴を反映するために項目を追加して分析を行った。

a)安定度調査表

b)追加項目

- ・道路防災ドクターの助言内容のうち、排水施設に関する要因
- ・気象データ：年間平均降水量、変状発生誘因、変状発生時の雨量データ
- ・周辺の地形データ（地形図）のうち、斜面方向
- ・周辺の地質データ（地質図）
- ・供用年数

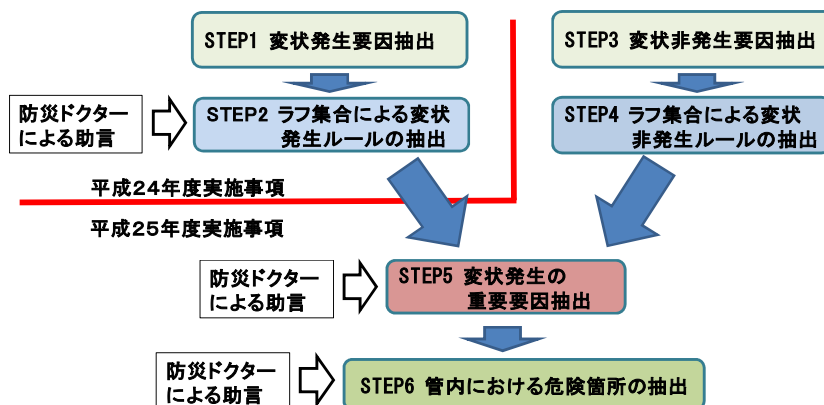


図-2 分析手順

(4) 変状発生要因抽出

要因分析は、全体傾向と著しい変状発生箇所の傾向について、安定度調査の調査項目及び気象データ、地質データ、地形データなどを比較し、図-3のとおり、危険側と考えられるカテゴリーに5%以上の違いが生じている要因を変状発生の要因として抽出した。

落石崩壊（斜面）の例

- ・崩壊性要因（崖錐地形、大地の裾部、脚部浸食、オーバーハング、集水型斜面、土石流跡地など）を持つ地形に該当しているか

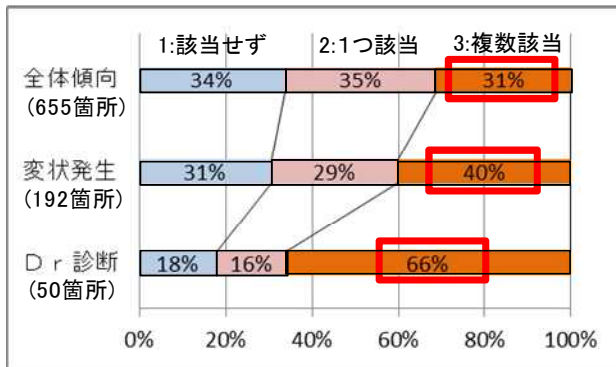


図-3 要因分析事例

崩壊性要因に複数該当している箇所が5%以上増加しているため、変状発生要因として抽出する。

(5) ラフ集合分析による変状発生ルール抽出方法

a) 要因の縮約

変状発生要因に対してラフ集合分析を実施し、図4に示すとおり整合するデータ数が1番多い組み合わせを抽出した。要因の縮約事例は表-3に示すとおり。

b) 要因の組み合わせによる変状発生ルールの抽出

抽出された要因の組み合わせについて、変状発生箇所が多くなるルールを抽出した。変状発生ルールについては、1つのルールでは変状発生した箇所全体の3%程度しか当てはまらないため、上位10位までのルールを抽出した。抽出事例は表4に示すとおり。

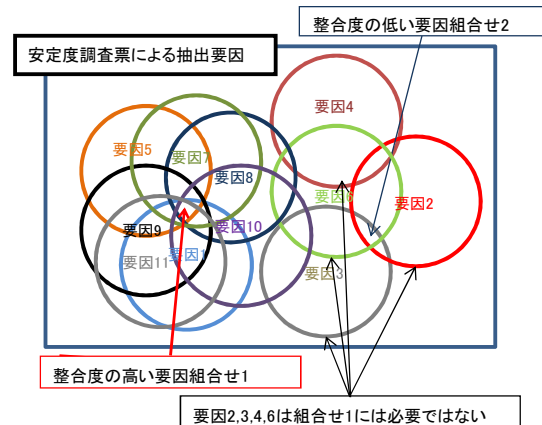


図-4 要因の縮約イメージ

表-3 要因の縮約事例

組合せ 番号	要因	安定度調査票						現地状況	気象		兆候	
		盛土区分	盛土材	地下水・表 面水の 影響	横断排水施 設の現状	地下水・表 面水対策	地山傾斜 地で集水 地形上に 造成され た盛土	盛土高さ	降水量 比率区分	土壌雨量 指数区分	排水施設 障害	法面路面 の変状
	整合度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	98.941799	●				●		●	●	●	●	●

縮約された要因: 整合度の高い組み合わせ1には必要のない要因

表-4 の組み合わせによる変状発生ルールの抽出

		安定度調査票						現地状況	気象		兆候		
要因		盛土区分	盛土材	地下水・表面水の盛土への影響	横断排水施設の現状	地下水・表面水対策	地山傾斜地で集水地形上に造成された盛土	盛土高さ	降水量比率区分	土壌雨量指数区分	排水施設障害	法面路面の変状	
番号	RuleNo	カテゴリー	5: 片切・片盛 4: 深流横過 3: 傾斜地部 2: 平坦地部 1: 切盛堤部	4: 砂質土 3: 粘性土 2: 硬質土 1: 不明	7: のり面に浸透 8: 盛土のり面に浸透 9: のり面・自然斜面に浸透あり 4: 周辺の土地利用が盛土に不利 3: 山側民部に側溝なし 2: 側溝、縦排水溝断面が不十分 1: 盛土なし	5: 排水工断面(φ、D)が不十分 4: 排水工断面が不十分 3: 盛土内部での排水工の断面・縮小あり 2: 横断排水施設がない 1: 盛土なし	5: 地下水排除工、アンカー付きのり工 4: のり材工、表面排水工 3: のり面排水工、植生張り工 2: 側溝 1: その他なし	2: 該当 1: 該当しない	1: 5m未満 2: 5～10m未満 3: 10～15m未満 4: 15m以上	1: 1.0未満 2: 1.0以上～1.5未満 3: 1.5以上～2.0未満 4: 2.0以上～2.5未満 5: 2.5以上	1: 115mm未満 2: 115mm以上～130mm未満 3: 130mm以上～145mm未満 4: 145mm以上～160mm未満 5: 160mm以上～175mm未満 6: 175mm以上～	1: 該当なし 2: 土砂の堆積 3: 排水工断面(φ、D)が不十分 4: 排水工の破壊、周辺の状況 5: せり出し 6: 地山を含む崩壊	1: 変状なし 2: 表面の老朽化 3: 剥離 4: 空洞 5: クラック 6: せり出し 7: 地山を含む崩壊
		サボート	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Rule47	0.031579	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
2	Rule36	0.026318	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
3	Rule49	0.021053	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4	Rule40	0.015789	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
5	Rule48	0.015789	2	*	*	*	*	*	*	2	*	*	*
6	Rule51	0.015789	2	*	*	*	*	*	*	3	*	*	*
7	Rule60	0.015789	4	*	*	*	*	*	*	*	1	*	*
8	Rule38	0.010526	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
9	Rule39	0.010526	*	*	*	*	*	*	*	3	1	*	*
10	Rule42	0.010526	1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Rule47の場合

全データ数のうち約3.2%の箇所が「地下水・表面水対策が3: のり面排水工、植生張り工」、「10: 排水施設障害が3: 排水溝の断面が不十分」のルールに該当し変状が発生している。

上位10位までのルールのうち、3つのルールが地下水・表面水対策で「3: のり面排水工、植生張り工」である必要がある。このため、のり面排水工・植生張工程度の排水対策を施工している箇所は変状発生の危険性が高いものと推察される。

3. 要因分析結果

(1) 落石崩壊（法面）

a) 傾向

- ・要因抽出の結果、崩壊性要因を複数持つ箇所、法面に肌落ち等の変状が見られる箇所でも多くの変状が発生している傾向にあることが確認された。
- ・ラフ集合の結果、崩壊性の構造（不透水性基盤上の土砂）、崖錐堆積物・崩積土・沖積層、肌落ち・小落石等法面に變状が発生といった要因を持つ箇所でも著しい變状発生する危険性が高いことが確認された。

b) 注意点

- ・地形判読などで崩壊性要因（崩壊跡地等）に該当するかの事前に判断をしておくことが重要。
- ・モルタル法面などでは變状が認められ兆候が把握可能な場合もあるため、事前に變状発生の兆候を掴むことが重要。
- ・法面の不陸が大きい箇所は變状発生箇所数も多く、變状発生ルールでも抽出されているため、特に注意が必要。

(2) 落石崩壊（斜面）

a) 傾向

- ・要因抽出の結果、集水地形（0次谷）を有する箇所、斜面で變状が発生している箇所でも多くの變状が発生している。
- ・ラフ集合の結果、集水地形（0次谷）を有する、風速10m以上/秒が年間20日以上観測される箇所でも著しい變状発生する危険性が高い。

b) 注意点

- ・地形判読などで崖錐地形等に該当するかの事前に判断をしておくことが重要。
- ・上部斜面に集水地形がある箇所は變状発生箇所数も多く、變状発生ルールでも抽出されているため、特に注意が必要。
- ・強い風が吹く地域は落石の恐れがあるため、気象庁のデータにより事前に把握しておく必要がある。

(3) 地すべり

a) 傾向

- ・要因抽出の結果、斜面の亀裂、隆起や陥没等の兆候がある箇所でも多くの變状が発生している。
- ・ラフ集合の結果、斜面の亀裂、隆起や陥没等の兆候がある箇所でも著しい變状発生する危険性が高い。

b) 注意点

- ・地形判読などで地すべり地形の有無の判断を

しておくことが必要。

- ・ドクター診断資料、防災カルテ等で被災履歴のある箇所抽出しておく必要がある。
- ・斜面の亀裂、隆起や陥没等の兆候がある箇所は變状発生箇所数も多く、變状発生ルールでも抽出されているため、特に注意が必要。

(4) 土石流

a) 傾向

- ・要因抽出（STEP1）の結果、火成岩、隣接箇所でも被災履歴がある箇所（不明瞭なものも含む）でも多くの變状が発生している。
- ・ラフ集合（STEP2）の結果、土石流では、斜面傾斜30°以上の斜面面積が80,000m²以上、隣接箇所でも被災履歴があるといった要因を持つ箇所でも著しい變状発生する危険性が高い。

b) 注意点

- ・地形図により傾斜30°以上の斜面を有する箇所を抽出しておく必要がある。
- ・ドクター診断資料、防災カルテ等で被災履歴のある箇所抽出しておく必要がある。
- ・隣接箇所でも被災履歴がある箇所は變状発生箇所数も多く、變状発生ルールでも抽出されているため、特に注意が必要。

(5) 盛土

a) 傾向

- ・要因抽出の結果、地山傾斜地で集水地形上に造成された盛土箇所、路面や法面などに何らかの変状が認められる箇所でも多くの變状が発生している。
- ・ラフ集合の結果、溪流横過部や片切・片盛、法面排水工・植生張り工程度の排水対策、路面や法面に變状が認められる箇所といった要因を持つ箇所でも著しい變状発生する危険性が高い。

b) 注意点

- ・盛土の立地条件や盛土高さを確認しておくことが必要。
- ・路面や法面の變状発生の有無を把握しておくことが重要。（軽微な補修実績などを把握しておく）
- ・路面や法面などに何らかの変状が認められる箇所は變状発生箇所数も多く、變状発生ルールでも抽出されているため、特に注意が必要。

(6) 擁壁（盛土）

a) 傾向

- ・要因抽出の結果、基礎地盤の地下水が底面付近にある箇所、クラック等擁壁壁面に變状が発生している箇所でも多くの變状が発生している。
- ・ラフ集合の結果、壁面にクラックなどの變状

が発生といった要因を持つ箇所で著しい変状発生する危険性が高い。

b) 注意点

- ・壁面の変状の有無や進行状態を把握することが必要。
- ・クラック等擁壁壁面に変状が発生している箇所は変状発生箇所数も多く、変状発生ルールでも抽出されているため、特に注意が必要。

(7) 擁壁（切土）

a) 傾向

- ・排水施設が設置されておらず雨水が自然流入する箇所で多くの変状が発生している。
- ・切土擁壁では、排水施設の機能不全や排水施設がないといった要因を持つ箇所で著しい変状発生する危険性が高い。

b) 注意点

- ・排水施設の状態を定期的に確認することが重要。
- ・排水施設の機能不全や排水施設がない箇所は変状発生箇所数も多く、変状発生ルールでも抽出されているため、特に注意が必要。

4. 今後の予定

今後の予定については図-5に示すとおりである。

今回の分析は変状発生箇所について傾向把握、分析を行っているが、今後変状発生に関する重要要因を抽出するためには変状非発生の要因を抽出し、変状発生要因と比較する必要があると考えている。

また、今回の分析は主に机上での分析であるため、今後は、抽出した箇所の現地確認を行い、抽出結果の妥当性を検証する。

分析要因や分析結果について有識者の助言を受け、さらに精度の向上を図るとともに、点検箇所以外も含めた危険箇所を抽出し、「予期せぬ」変状発生の防止を図っていく予定である。

参考文献

- 1) 国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所：道路法面維持管理のためのハンドブック（案）
- 2) 古今書院：水文地形学
- 3) 鉄道総合技術研究所：落石対策技術マニュアル
- 4) 例えば、国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所：大規模土砂災害監視・警戒・避難システム検討会
- 5) 社団法人日本道路協会：落石対策便覧
- 6) 気象庁ホームページ：風の強さと吹き方

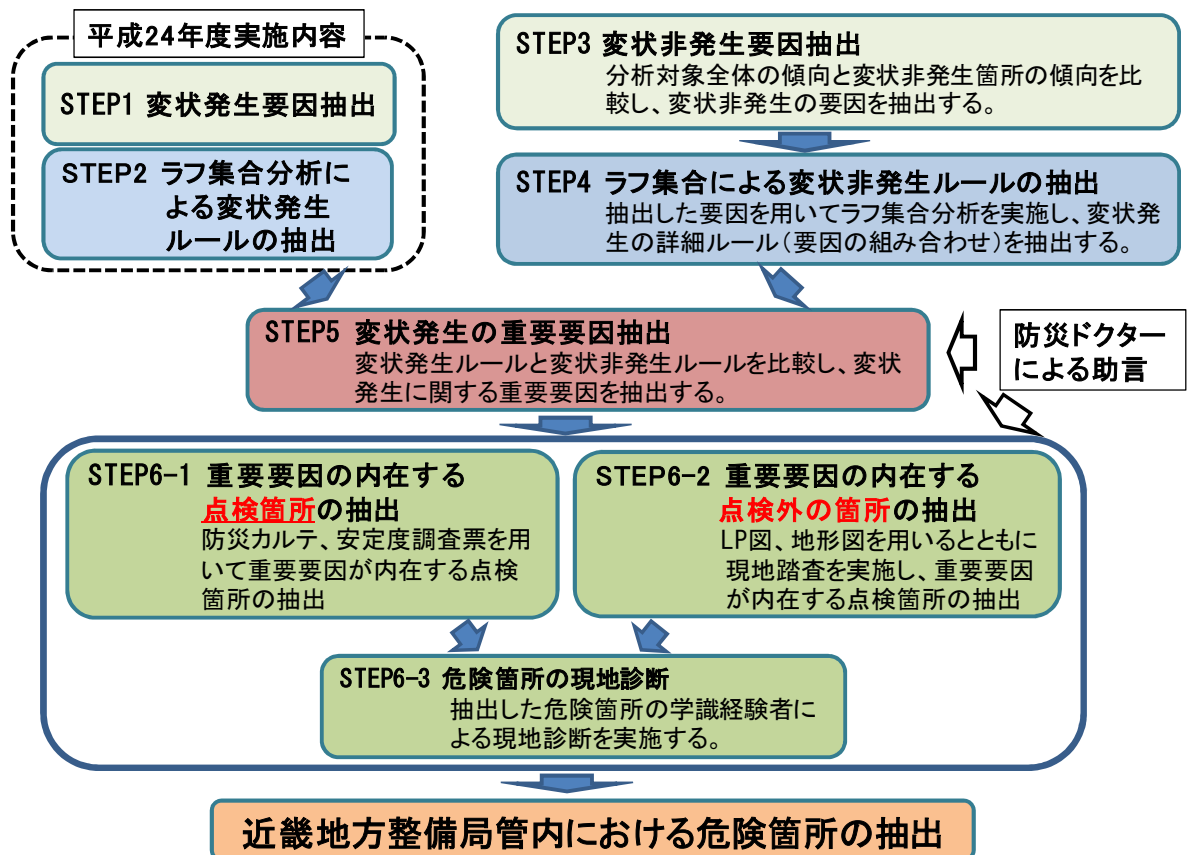


図-5 今後の予定