

道路災害の交通影響と対策効果に関する調査

木村祐二・金子正洋・宮武裕昭・間渕利明

1. はじめに

わが国は、国土の約 7 割が山地・丘陵地であり地質的にも脆弱であるとともに、世界の約 2 割の地震が発生し、降水量が多く梅雨・台風によって豪雨災害が発生する危険性が高い状況にある等、厳しい自然条件下におかれている。

道路管理者は、これらの条件に対応して適切に道路を維持・管理するために、道路防災総点検の結果などの資料を基にして、道路防災対策が必要な箇所を検討し、限られた予算の中で効率的な対策事業の実施に努めている。

本調査は、防災対策事業のより効率的な実施に資する情報を提供することを目的として、道路斜面災害を対象として、主に被災事例を収集・分析することにより、道路災害が発生する条件を整理するとともに、道路災害が道路交通に与える影響や道路防災対策の効果を評価する手法について検討したものである。

2. 道路斜面災害事例の整理

過去の災害発生事例から、災害の発生状況と道路防災点検項目との関連について整理した。

ここで、対象とする災害は、「道路防災点検の手引き（豪雨・豪雪等）（H21.5）」に示された 8 項目のうち道路斜面災害事例の多い「落石・崩壊」「岩盤崩壊」「盛土」とし、平成 2～16 年の直轄国道における被災について事例を収集した。

また、管理水準や気象条件が揃うように、同一の路線から道路防災点検（カルテ対応箇所）と災害履歴が多い区間の事例を収集し、災害要因としては、特異な災害要因と考えられるもの（「集中豪雨・豪雨」「大雨（各種警報・注意報含む）」「台風」「地震」）を除くとともに、対象路線の選定にあたって、路線の周辺に特殊な土壌分布が見られ点検項目と発生災害の関性に特殊性がある等の路線を排除した。

被災事例を収集・整理した結果、例えば、A 路線においては、崩壊 2 箇所、土砂流出 4 箇所、盛土崩壊 1 箇所の被災事例が抽出され、被災事例では、点検結果から点検項目「表層の状況」「表面の被覆状況」「当該のり面斜面変状」及び「既設対策工の効果」の内容が同じであり、また、斜面高さ 20m 以上、斜面勾配 45° 以上であることが確認された。A 路線においては、災害の発生しやすさについて、上記の点検項目・条件が判断材料になるものと推察された。

3. 土砂到達距離の推定と交通影響の評価

3.1 土砂到達距離の推定

道路斜面災害が交通に及ぼす影響を検討するために、「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律施行令」の急傾斜地の崩壊に伴う衝撃力算定式¹⁾（以下「土砂災害防止法の式」という。）を用いて、急傾斜地下端から土石等が移動する水平距離を算出することを試みた。土砂災害防止法の式は、本来、建築物の地上部分に作用すると想定される衝撃力の大きさ（ F_{sm} ）を算出するものであるが、ここでは $F_{sm}=0$ となるまで土石等が移動するものとして急傾斜地下端からの移動距離を算出した。

算出は、2. で災害事例を整理した A 路線の区間を対象として、区間の防災点検箇所（156 箇所）のうち 2. で整理した条件から全面通行止めになると推察される 2 箇所について実施した。ここで、「土砂移動の高さ」は「表層崩壊の深さ」とし災害事例から 3m と設定した。また、「平均斜面高さ」は「表層崩壊の滑落部より崩壊下端部までの鉛直高さ」、「平均斜面勾配」は「崩壊前地形の平均勾配」（図-1）とし、土石等の比重、容積濃度、流体抵抗係数等は一般的な値を用いた。

図-2に示された算出結果のように、流出土砂が道路面全体を覆っており（斜面下端からの土砂到達距離=15.9m）想定された全面通行止めが再現されていることがわかる。

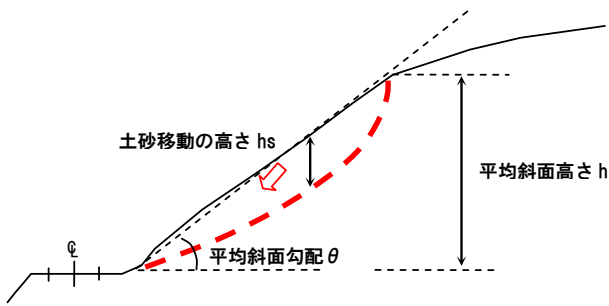


図-1 土砂災害防止法の式のパラメータの設定

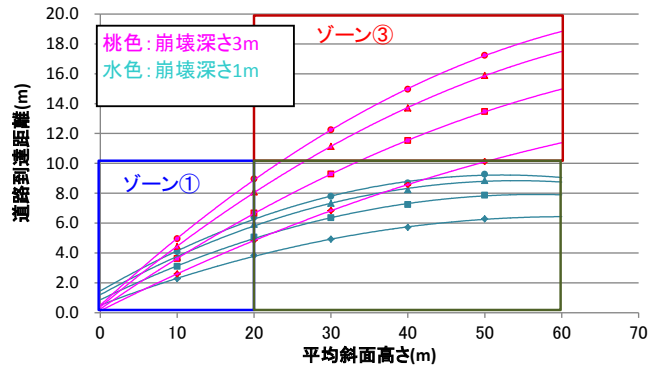


図-3 平均斜面高さ と 道路到達距離 の関係

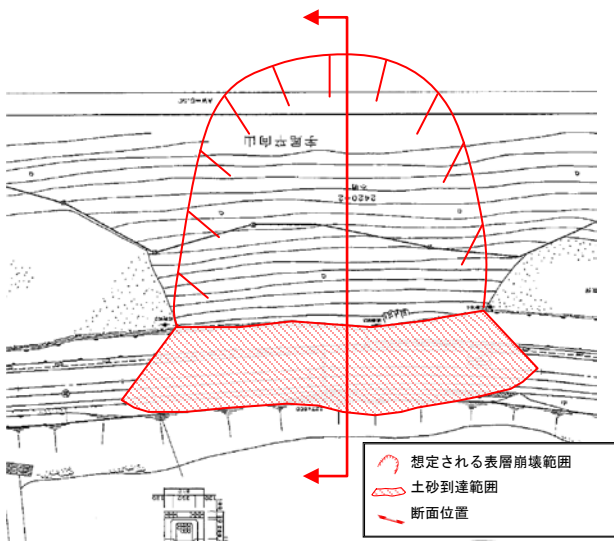


図-2 土砂到達範囲の算定

3.2 道路交通影響（通行止め状況）の評価

土砂災害防止法の式を用いて流出土砂の道路到達距離を算定するとともに道路幅員や斜面と道路の離隔距離を考慮して道路交通の通行止めへの影響を評価した。ここでは、斜面勾配を 30～45°（一般的な急傾斜地）、平均斜面高さを 0～50m（災害事例より）、崩壊深さを 1m と 3m、崩壊斜面を長さ 20m×幅 20m、また、斜面と道路の離隔 7m、道路幅員を 6m（片側幅員 3m×2車線）と設定した（図-3）。

また、評価結果をもとに、斜面勾配、斜面高さ、崩壊深さ等の条件毎に、道路交通影響（通行止め状況）の規模を整理した。ここでは、全面 or 片側通行止め、想定される土砂量・通行止め時間で、被災規模を大・中・小と設定している。図-4 に整理結果を示す。

図-3、4 から、上記の条件の場合、斜面と道路の離隔が 7m 以上のときには、斜面高さ 20m 以下では崩壊深さにかかわらず（ゾーン①）、ま

地形等条件	斜面勾配	30度～45度程度		
		20m以上		20m未満
	斜面高さ	3m規模	1m規模	1～3m規模
発生土砂量		数100m3規模以上	100～200m3規模	数100m3規模以下
斜面尻と道路の離隔	小	被災規模大 (土砂量数100m3規模以上で、かつ全面の流出)	被災規模中 (土砂量100～200m3規模以下で、かつ全面の流出)	被災規模中 (土砂量数100m3規模以下で、かつ全面の流出)
	大	被災規模大 (土砂量数100m3規模以上で、かつ全面の流出)	被災規模小 (土砂量100～200m3規模以下で、かつ片側への流出)	被災規模小 (土砂量数100m3規模以下で、かつ片側への流出)

図-4 道路交通影響（通行止め状況）の規模の整理

た、斜面高さ 20m 以上でも崩壊深さが 1m 以下（ゾーン②）であれば、崩壊土砂は道路片側斜面までに留まることがわかる。

3.3 道路交通影響（通行止め時間）の評価

過去の被災事例から崩壊土砂量と通行止め時間の関連を整理した。検討対象は、様々な種類の事例を集めるため全国の直轄国道とし、平成 2～16 年の全面通行止めの被災事例から図-5 に示す条件で 54 事例を選定した。選定した 54 事例の災害形態、通行止め時間及び既設対策工の有無について表-1、2 に示す。

- STEP1 : 災害一覧表、災害位置図(道路網図)を作成
- STEP2 : 3箇所以上の災害が連続、かつ各災害箇所が互いに10km程度以内で連続する区間を抽出
- STEP3 : 上記区間で発生した災害で、以下の(a)～(d)を2つ以上満たす箇所が多く含まれる区間を選定
 - (a) 通行止め時間が長い災害事例を含むこと
 - (b) 発生土砂量が多い災害事例を含むこと
 - (c) 復旧工法が多様な工法を含むこと
 - (d) 防災カルテが存在する災害事例を含むこと
- STEP4 : 迂回路を考慮できる区間を選定

選定した区間の中で、対策工による交通影響への軽減効果を計測するために必要な情報が得られた54事例について、データの整理を実施

図-5 対象災害事例の選定方法

表-1 災害事例の整理結果 (その1)

災害形態	件数	通行止め時間	件数	既設対策工の有無	件数
崩壊	31	~1日	12		
落石	3	1日~2日	15		
岩盤崩壊	1	2日~3日	9		
地滑り	3	3日~5日	6		
土石流	13	5日~10日	2	無	14
盛土崩壊	3	10日以上	7		
合計	54	合計	51*	合計	54

※3地点は不明

表-2 災害事例の整理結果 (その2)

既設対策工の工種	件数	復旧対策工の工種	件数
法枠工	1	法枠工	13
落石防護柵工	19	落石防護柵工	8
矢板併用H杭工	1	矢板併用H杭工	11
落石防護網工	9	落石防護網工	5
吹付工(モルタル、CO)	3	吹付工(モルタル、CO)	2
擁壁工	2	地山補強・グランドアンカー工	17
谷止工(流路工等含む)	11	谷止工(流路工等含む)	1
		その他	16
合計	46*	合計	73*

※複数工種併用箇所を含む

次に 54 事例のうち、通行止め時間（全面通行止めから片側通行止めに移行するまでの時間）、流出土砂量が明らかな 37 事例を対象として流出土砂量と道路交通影響（通行止め時間）の関係を整理した（図-6）。

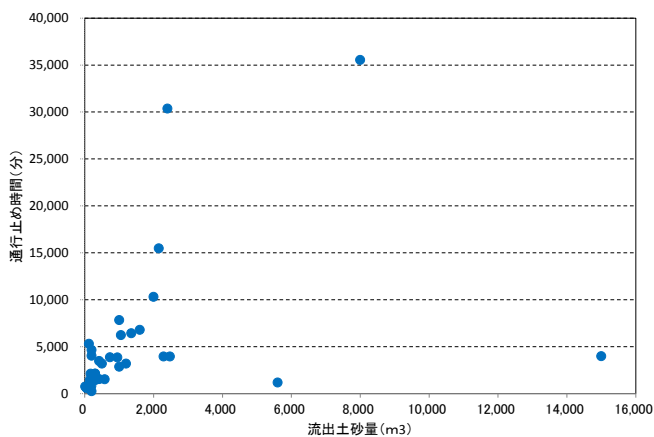


図-6 流出土砂量と通行止め時間の関連の整理

通行止め時間は、被災箇所へのアクセス条件、復旧にあてることのできる資機材量等の要因にも影響を受けると考えられるが、ばらつきはあるものの概ね崩壊土砂量が増加するにともない通行止め時間も長くなる傾向が見られた。崩壊土砂量が

多い（約 6,000m³、約 15,000m³）にもかかわらず通行止め時間（約 1,000 分、約 5,000 分）が短い例が見受けられるが、土砂流出状況を確認した結果、発生した流出土砂の大部分は道路下の崖まで流出して路面上には崩壊土砂量の一部のみが留まっており、実際に排除した土砂量は、6,000m³、15,000m³より少ないことが推察された。

4. 対策効果の評価

3.3 で収集した災害事例から土砂流出対策工の効果を整理事。災害事例には、対策工が施されている箇所とそうでない箇所があり、それぞれについての効果（流出土砂量の減少）を図-7 に示す考え方で整理した。対策が未施工の箇所では想定する対策により実際に発生した土砂量全てを捕捉できるものとし、対策の想定方法は、①専門技術者が想定、②被災後実施された復旧対策工、③近隣（前後 0.5km 範囲目安）において実施されていた対策工 のいずれかによるものとした。

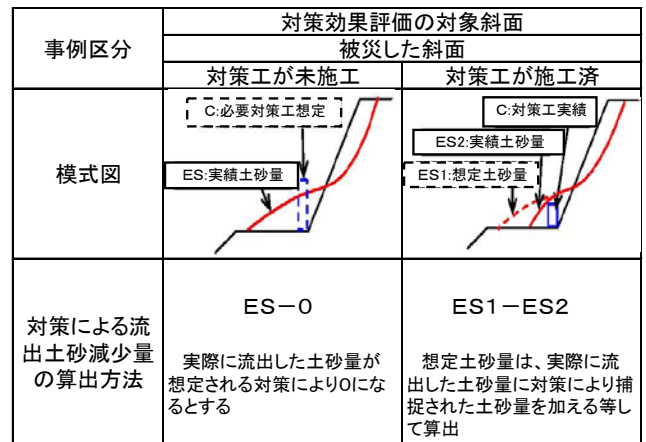


図-7 対策効果（流出土砂量の減少）の考え方

表-3 に各種対策工の効果発現状況と減少が期待される土砂量を整理した結果を示す。

事例数は限られており、対策工も道路縦断方向の延長等により規模が異なるため、整理結果はあらゆる条件に適用できるものではないが、実際に発生した事象から得られた貴重な情報であると考えられる。

例えば、「防止網工」「防護柵工+擁壁工」では、道路全面に及ぶような大量の発生土砂量の場合にはその全て捕捉できていない。3.で示した崩壊土砂推定量、交通への影響等の条件を加味して最適な工法を選定することが必要である。

表-3 各種対策工の効果発現状況と減少が期待される土砂量の整理

災害形態	対策工法		効果発現状況概念図	対策工により期待される道路面流出土砂量の減少	災害形態	対策工法		効果発現状況概念図	対策工により期待される道路面流出土砂量の減少	
	大区分	工法				大区分	工法			
崩壊	防護工	防止網工	発生土砂の一部について、道路への流出を防止 大量の土砂には効果を発揮しにくい場合がある	50 ~1,100m ³	崩壊	予防工	抑止工 アンカー工	深いすべりを未然に防止	15,000m ³	
		防護柵工+擁壁工 (柵高さ3m, 擁壁工高さ3m規模)	発生土砂の一部について、道路への流出を防止することで、土砂撤去期間を軽減し、通行時間と撤去費用に効果を発揮	(小規模) 50 (中規模) 1,700 ~3,400m ³			予防工	法枠工	土石流の発生源を特定できる場合、土砂の発生を未然に防止	2,300m ³
	予防工	法面保護工	コンクリート吹付工	大規模な崩壊には、効果を発揮しにくい場合がある	2,200 ~8,000m ³	土石流	防護工	砂防堰堤工 (堤高高い) (高さ15m規模)	発生土砂の一部について、道路への流出を防止することで、土砂撤去期間を軽減し、通行時間と撤去費用に効果を発揮	500 ~2,200m ³
			法枠工	表層のゆるみ、肌落ち等を未然に防止	200 ~5,600m ³			谷止工 (堤高低い) (高さ数m規模)	砂防堰堤工と機能は同じであるが、堤高が相対的に低いため、比較的小規模な土砂の流出が想定される箇所有効	200 ~300m ³
		抑止工	補強土工(鉄筋挿入工)	表層崩壊を未然に防止	2,000m ³			盛土崩壊	予防工	補強土工(鉄筋挿入工)

5. まとめ

本稿では、道路斜面災害の被災事例を収集、分析することにより、要対策箇所の絞り込み、被災の規模・道路交通への影響の推定、対策工法の選定・効果の評価に関する手法を検討し成果を得た。

ただし、道路斜面災害は、斜面が自然物であることから、地形、地質等の条件が複雑であったり地域によって特徴が大きく異なったりし、また、災害事例に限られていることもあり、整理した手法を全ての箇所に一律に適用することは適当でな

いと考えられる。

今後は、新たな被災事例を収集するとともに、地形、地質等の条件に着目した事例分析を進める等して、手法の改良や各種現場への適用性について引き続き検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律施行令第2条第2号の規定に基づき国土交通大臣が定める方法を定める告示、2001

木村祐二



国土交通省国土技術政策
総合研究所危機管理技術
研究センター地震防災研
究室 主任研究官
Yuji KIMURA

金子正洋



国土交通省国土技術政策
総合研究所危機管理技術
研究センター地震防災研
究室長
Masahiro KANEKO

宮武裕昭



(独)土木研究所つくば中央
研究所地質・地盤研究グ
ループ施工技術チーム 上
席研究員
Hiroaki MIYATAKE

間瀬利明



国土交通省国土技術政策
総合研究所危機管理技術
研究センター地震防災研
究室 主任研究官
Toshiaki MABUCHI