

## II-2 道路のり面・斜面のリスクマネジメント技術検討調査

研究予算：運営交付金（道路勘定）

研究期間：平 11～平 14

担当チーム：材料地盤研究グループ（土質）

研究担当者：恒岡伸幸、小橋秀俊、加藤俊二

### 【要旨】

道路の斜面災害に対しては、全国一斉の道路防災点検、異常気象時に通行規制を実施するなどの運用が図られ、災害の発生件数は大幅に減少している。しかし依然、多くの不安定斜面が残存しているほか、対策実施個所に対しても実態に則して事前通行規制を見直す必要性が指摘されている。本研究では、GISによる道路斜面防災情報基盤により、国や自治体などの異なる道路管理者間で情報の共有化を図り、防災点検等のハザード把握、カルテ等での日常管理、崩壊予知、事前通行規制、対策実施、手段選定の妥当性の説明支援、対応実績のフィードバックを一元的に運用できる、道路斜面防災 GIS システム構築の検討を行った。

キーワード：道路斜面防災、ハザード、GIS、モニタリング、説明責任

### 1. はじめに

道路の斜面災害に対しては、昭和 43 年の飛騨川バス転落事故を契機として、全国一斉の道路防災点検が実施され、緊急性が高い個所から対策工が順次実施されてきた。また、異常気象時に通行規制を実施するなどの運用が図られ、災害の発生件数は大幅に減少している。しかし依然、多くの不安定斜面が残存しているほか、対策実施個所に対しても実態に則して事前通行規制を見直す必要性が指摘されている。そのため、道路管理者には限られた財源や管理体制の下で、効率的かつ効果的な防災管理、斜面災害リスクの実態や防災対策の投資効果の説明責任が求められていると言える。本研究は、このような道路防災対策で生じている課題の解決に向け、学識経験者等からなる委員会を設け、平成 11～14 年度の 4 年間にわたり実施した研究で、国土交通省道路局の新道路技術五箇年計画の重点研究課題「岩盤・斜面崩壊のリスクマネジメント技術」（平成 10～14 年度）にも位置付けられたものである。

### 2. 道路斜面防災の現状

道路斜面防災総点検など、道路斜面防災の現状は以下のとおりである。

1)道路防災総点検は平成 8 年度で 9 回（昭和 43, 45, 46, 48, 51, 55, 61 年, 平成 2 年, 平成 8 年）を数える。点検項目のなかで、のり面・自然斜面・盛土の降雨災害に関するものは「落石・

崩壊」「岩石崩壊」「地すべり」「土石流」「盛土」の主として 5 項目で、「岩石崩壊」は平成 2 年度点検から追加されている。

2)平成 8 年度の防災点検では、安定度調査（要因及び対策工の評点をもとに「対策が必要と判断される」「特に新たな対応を必要としない」を総合評価）に加えて、新たに防災カルテの導入が図られた。これにより、「防災カルテを作成し対応する」とされた個所に対しては、当面对策を行わないまでも、日常管理等において災害に至る要因を出来るだけ早期に発見し、適切な対応を図ることとなった。

3)カルテには専門技術者による詳細な調査にもとづき、着目すべき変状、日常点検方法、想定される災害形態、変状が出たときの対応方法などが記載される。ちなみに、平成 8 年度総点検では、「対策が必要とされる」が約 5 万 7 千箇所、「防災カルテを作成し対応する」が約 14 万 6 千箇所にのぼり、要対策箇所の 60%以上が「落石・崩壊」で占められている。

4)事前通行規制区間も平成 13 年 4 月現在、一般国道で 7,827km（総延長 54,083km の約 14%）、都道府県道で 15,270km（総延長 125,696km の約 12%）が残存している<sup>1)</sup>。さらに近年、用地外からの大規模な斜面崩壊、無降雨時の落石や岩盤崩壊など、管理上極めて難しい問題も発生している。

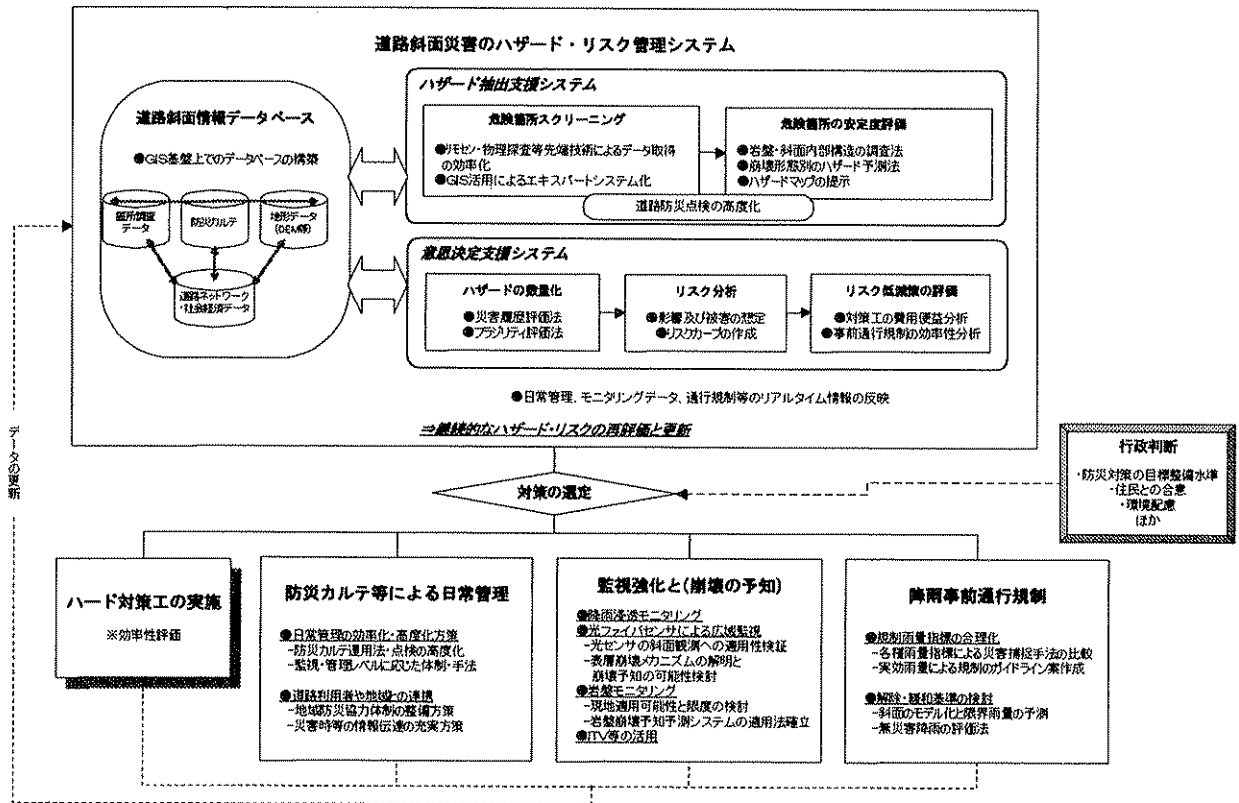


図-1 道路斜面防災 GIS システムと研究課題の全体像<sup>2)</sup>

### 3. 研究内容及び成果について

#### 3-1 研究全体像

本研究では道路斜面防災対策を、「①ハザード評価技術（抽出）」「②影響軽減技術（管理）」「③予知技術（監視）」「④リスクマネジメント技術（説明責任）」の4側面から捉えた。そして、これらの機能を GIS による道路斜面防災情報基盤に搭載、国や自治体などの異なる道路管理者間で共有化を図り、防災点検等のハザード把握、カルテ等での日常管理、崩壊予知、事前通行規制、対策実施、手段選定の妥当性の説明支援、対応実績のフィードバックを一元的に運用できる道路斜面防災 GIS システムの構築を目指している。図-1はその全体像、表-2は①～④のなかで検討対象とした個別要素技術（A～L）を示す。

#### 3-2 ハザード評価技術（抽出）について

「①ハザード評価技術（抽出）」では、岩盤・

斜面の内部構造調査及び安定度評価技術の検討を行い、以下の研究成果と今後の課題認識が得られた。

- 1) 土砂系表層崩壊では、風化表層土の厚さと分布形状、風化表層土内の透水性及び強度分布などが重要な情報となる。現状のボーリング調査などでは、これらの情報を面的に得ることが困難なことから、強度と風化層厚を同時に簡易調査できる、写真-2のような土層強度検査棒を開発した（特許出願中）。
- 2) また、岩盤系崩壊でも岩盤斜面内部の亀裂分布等を効率的に調査する技術として、図-3に示すように、空気にトレーサー（煙など）を混入して亀裂内に送り込んで、開口亀裂の連続性やゆるみの状況を調査し、崩壊性岩盤ブロックを特定する技術（エアートレーサー試験）を開発し、全国11個所の現場で実地検証を行った（特許公開中）。

表-1 個別要素技術について

技術開発項目		要素技術開発	
ハザード評価技術 (抽出)	岩盤・斜面の内部構造調査、安定度評価技術	A 斜面安定度調査の効率化・簡素化技術の開発	斜面安定度の簡易調査手法の開発 落石・崩壊のハザード評価における先端技術活用手法の開発
		B 岩盤内部構造の探査手法の開発	エアトレーサ試験・リモートセンシング・物理探査手法等の開発 各種探査法を用いた不安定岩盤斜面選定法の確立
		CGIS 活用技術の開発	斜面ハザード評価への GIS 技術の活用手法の開発
影響軽減技術 (管理)	斜面防災管理を効率化、高度化する技術	D 事前通行規制手法の高度化	GIS を活用した斜面ハザード・リスク情報管理システムの開発 事前通行規制手法の見直し検討 無災害降雨履歴・限界雨量指標の評価方法の検討 新しい事前通行規制手法の試行
		E 道路利用者や地域との連携手法他ソフト対策の検討	道路利用や地域との連携手法他ソフト対策の検討
		F 日常管理の高度化	日常管理の効率化・高度化方策の検討 新しい日常管理手法の試行
		G 降雨浸透モニタリング手法の開発	降雨浸透モニタリング手法の開発
予知技術 (監視)	斜面表層崩壊のモニタリング技術	H 斜面表層崩壊のモニタリング手法の確立	光ファイバセンサを用いた斜面広域監視システムの開発 斜面表層崩壊メカニズムの推定
		I 岩盤斜面の計器観測	岩盤斜面の計器観測の実施及びデータ解析
	岩盤崩壊のモニタリング技術	J 岩盤モニタリングの現地適用可能性と限度の検討	岩盤モニタリング手法（崩壊予測・安定度評価）の現地使用可能性と限度の検討
		K 岩盤崩壊予測、モニタリング手法の評価及び確立	岩盤崩壊予知予測システムの改良と適用法の確立
		L 合理的なリスク評価・マネジメント手法の導入	岩盤・斜面崩壊のリスク評価数量化手法の構築 対策優先順位の決定及び対策の合理的な選定手法の検討 モデル路線におけるリスク評価・マネジメントの試行 防災対策目標整備水準の検討
リスクマネジメント 技術(説明責任)	合理的なリスク評価・マネジメント技術		

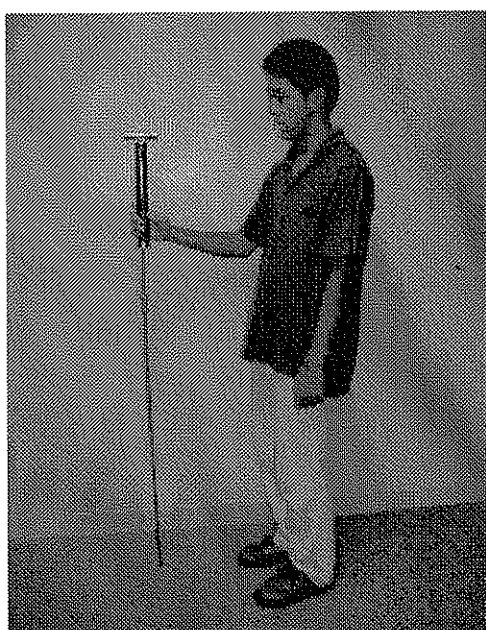


写真-3 土層強度検査棒

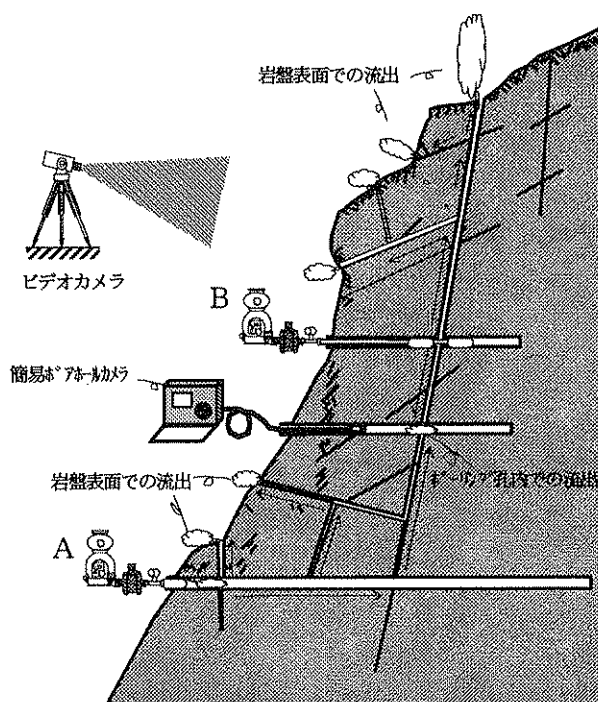


図-4 エアトレーサ試験の概要

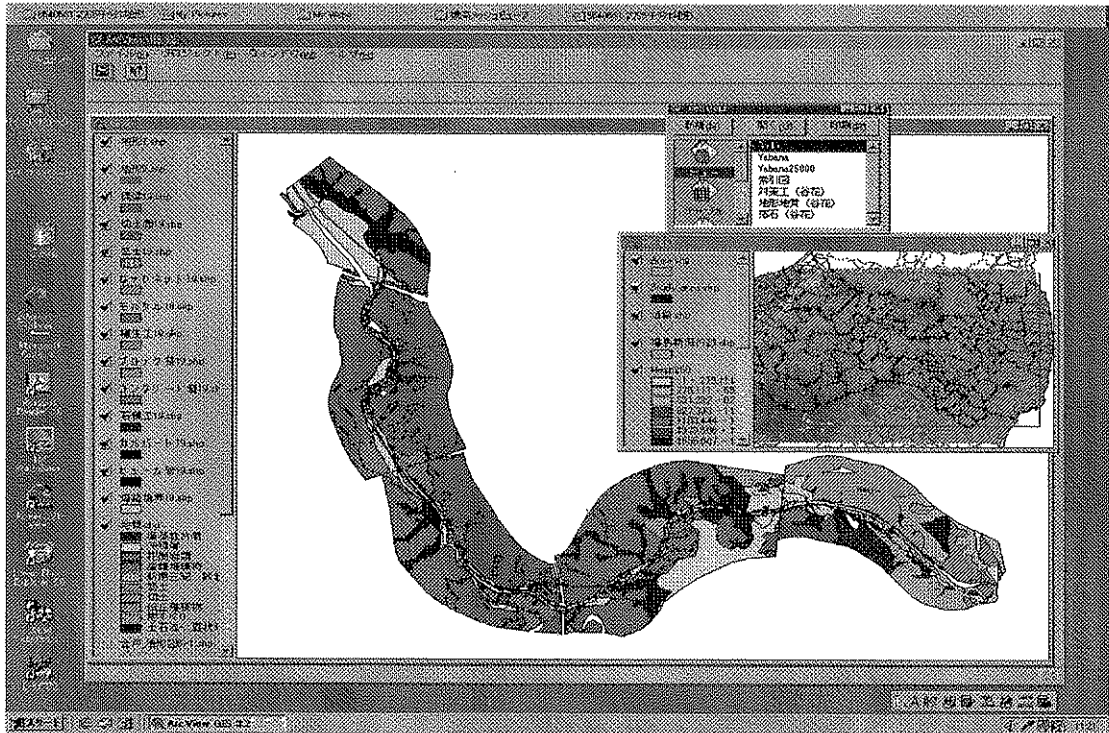


図-5 道路斜面防災 GIS の表示例

3)防災点検及び防災カルテならびにこれらの技術で捕捉した情報を、道路斜面防災 GIS 内のハザードマップに一元化し、斜面ハザード評価（斜面崩壊危険率、崩壊規模、被災範囲の評価）に役立てることを目的として、「道路斜面ハザードマップ作成要領（案）」を作成した。ハザードマップでは、航空レーザー計測などによる GIS 基図を採用し、レベル0（被災履歴マップ：不安定な地形地質や災害履歴を表示）、レベル1（危険箇所マップ：防災点検等の既往資料をもとに不安定な発生源と不安定性を表示）、レベル2（上記のような面的捕捉技術で把握された不安定な発生源と不安定性まで表示）、レベル3（崩壊の到達経路や範囲までを表示）を設定している。図-5はレベル1~3の表示例である。今後は地方整備局での実用化実験、作成支援システムの高度化（例えば、崩壊部位を入力すると到達範囲が自動解析される機能などの付加）が課題とされている。

### 3-3 影響軽減技術（管理）について

「②影響軽減技術（管理）」では、斜面防災管理を効率化、高度化する技術の検討を行い、以下の研究成果と今後の課題認識が得られた。

- 1)道路斜面の防災管理に道路斜面防災 GIS を用いる場合、日常管理支援、異常時管理支援、防災計画検討支援などいろいろな利用場面が考えられる。また、斜面ハザードだけでなく、道路側の情報（路線特性、構造物、雨量統計など）も加味する必要がある。これらのデータを統一的に管理し、使用場面に即した道路斜面防災 GIS システムの構築を行うため、工事事務所等を対象にした「道路斜面防災 GIS 標準仕様書（案）」を作成し、システム基本性能及び拡張機能等について記述した。またあわせて、システム稼働に必要なデータ整理項目を示した「道路斜面防災 GIS 整備標準仕様書（案）」を作成した。仕様書（案）の検討にあたっては、一般国道 49 号をモデルに道路管理者用プロトタイプの試作を行った。今後は地方整備局及び現場事務所を含めた実用化実験などが課題となる。

2)事前通行規制手法の高度化を目的として、先行降雨を反映する換算連続雨量法（実効雨量法）による新しい事前通行規制ガイドライン案を策定し、実際の道路管理の現場への試験導入を開始した。この手法により、従来の連続雨量に比べ、通行規制以前の災害発生の「見逃し」や通行規制をしても災害が発生しない「空振り」が減少する区間が多くあることが確認された。

### 3-4 予知技術（監視）について

「③予知技術（監視）」では、斜面表層崩壊のモニタリング技術、岩盤崩壊のモニタリング技術の検討を行い、以下の研究成果と今後の課題認識が得られた。

1)土砂系表層崩壊は降雨が直接的な誘因となる場合が多いものの、沿線斜面のどこが崩壊するかわからない、日常点検等で踏査できない部位での崩壊把握に対処しきれない、通行規制の解除や災害復旧時の二次災害の判断が難しいなどの問題を抱えている。そこで、図-6のように、光ファイバーセンサーを斜面に設置して崩壊予兆を検知し、通行規制による災害防止に役立つ手法の開発を行ってきた。その成果を「光ファイバーセンサを活用した斜面崩壊モニタリングシステム導入・運用マニュアル（案）」にまと

めた。マニュアルでは路線監視型と個別斜面詳細監視型を考慮しており、今後は現場での検証試験、低コスト化、降雨浸透モニタリングと統合したシステムの開発が課題となっている。

2)岩盤系崩壊は無降雨時に大規模な崩壊が発生するなどの突発性があり、降雨指標にもとづく管理が非常に難しい災害である。そのため、AE計測、画像計測等によるモニタリングシステムの検討を行った。現場モニタリング試験においては、一個所では実際に転倒型の崩壊が生じ、崩壊に至るまでの貴重なデータを得るとともに、前兆現象としてAE発生数の増加を確認した。その成果を「岩盤崩壊モニタリング要領（案）」にまとめた。しかしながら今後、転倒型以外の崩壊に対する適用性の検証などの課題が残されている。

3)以上に述べた土砂系及び岩盤系斜面のモニタリングで計測され、時々刻々推移する斜面崩壊の危険性については、将来的にはレベル4（リアルタイムハザードマップ）のGISで提示し、道路斜面防災GISを使った防災管理に寄与させる構想を持っている。

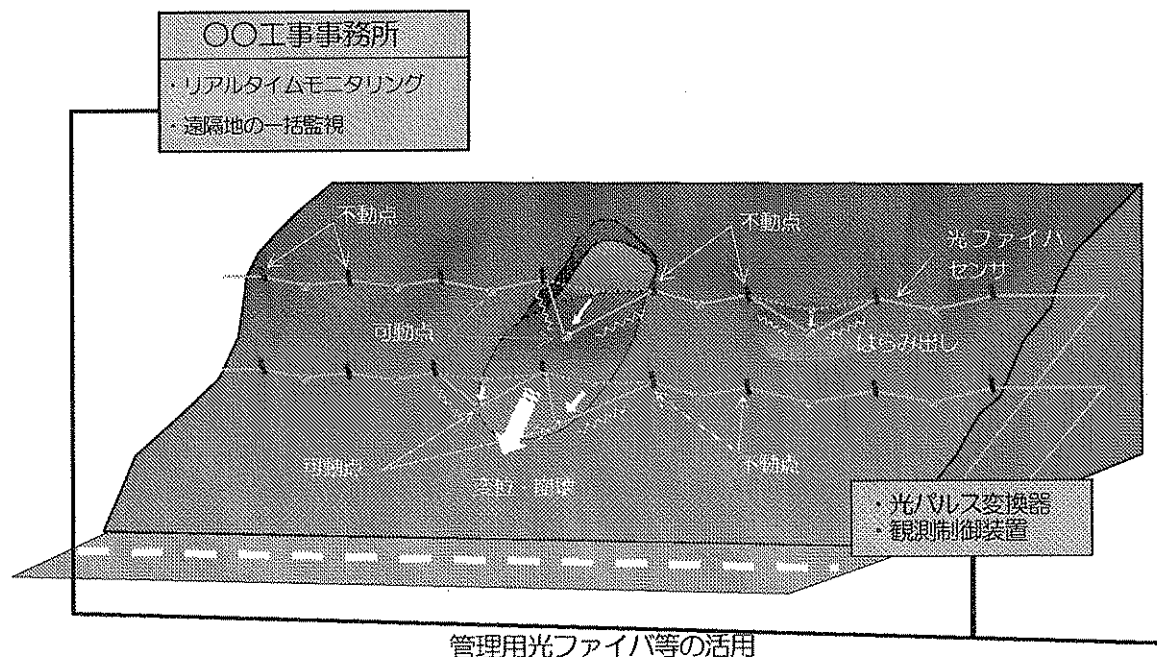


図-6 光ファイバーセンサによる斜面表層崩壊モニタリングシステムの概念図<sup>2)</sup>

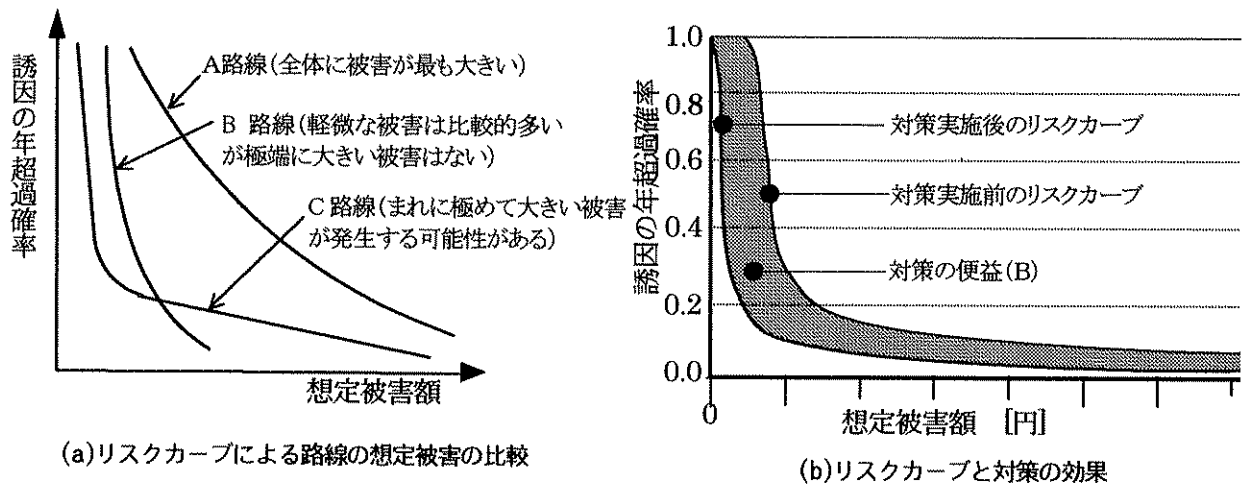


図-7 リスクカーブの概念<sup>2)3)</sup>

### 3-5 リスクマネジメント技術(説明責任)

「④リスクマネジメント技術(説明責任)」では、以下の研究成果と今後の課題認識が得られた。

- 1) 現下では道路管理者の意思決定に資する、ハザードないしリスクの評価手法が確立していない。そのため、災害や降雨履歴、防災点検結果等を用いて、崩壊土量や崩壊率(ハザード)を算出、これをもとに各降雨量下での人身損失、道路復旧費、迂回損失等の被害額を路線区間ごとに積算、リスクカーブ(想定被害額と発生確率の関係曲線)として数量化表示する手法を開発した(図-7参照)。その成果は「道路斜面災害のリスク分析・マネジメント支援マニュアル(案)」にとりまとめられた。
- 2) 今後の課題としては、対策効果の数量化、被害想定総額だけではない道路管理者や利用者のニーズに応えられる指標の提示、多量のデータを格納解析できるGISなどでの稼働が挙げられる。そのためには、GIS上で被災時の到達土量、対策の破損状況、防護工などで捕捉された土量、対策工費(仮設費含む)、復旧時の通行規制実績などの、リスク算定に必須となるデータの確

保を図る必要がある。また、将来的にはハザードマップのレベル5(リスクマップ)を用いた道路管理者への情報提供なども構想している。

### 4. おわりに

これまでの研究開発で、GISを用いて道路防災管理を一元的に運用する技術の骨格が確立できた。今後もGISの実用化研究、リスクカーブを行政判断のニーズに直結させるための研究、光ファイバーなど斜面モニタリングの個別技術の実用化研究などを推進していくこととしている。

### 参考文献

- 1) 財団法人道路経済研究所道路交通経済研究会：道路交通統計要覧(平成13年度版), pp458
- 2) 三木博史, 佐々木靖人, 浅井健一, 加藤俊二, 田中衛：道路斜面のリスク評価・マネジメント技術の開発, 平成13年度土木研究所講演会講演集 pp87-112, 土木研究所資料第3844号(平成14年1月)
- 3) 田中衛, 恒岡伸幸, 三木博史：道路斜面災害のリスク評価について, 土木技術資料 Vol. 44 No. 12, pp50-55, 平成14年12月