共同研究報告書
整理番号 第296号

GISを活用した道路斜面のリスク評価に関する共同研究報告書
道路斜面ハザードマップ作成要領(案)

平成16年2月

独立行政法人 土木研究所
材料地盤研究グループ(地質)
材料地盤研究グループ(土質)
アジア航測株式会社
応用地質株式会社
基礎地盤コンサルタンツ株式会社
国際航業株式会社
住鉱コンサルタンツ株式会社
日本工営株式会社

Copyright © (2004) by P.W.R.I

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor taranslated into a machine language without the written permission of the Chief Executive of P.W.R.I

この報告書は、独立行政法人土木研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、独立行政法人土木研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

ま　え　が　き

道路斜面災害に対する総合的なリスクマネジメント技術を実現させるためには、膨大な数にのぼる道路斜面の抱えるリスクを効率的に評価していくことが不可欠である。また、道路への岩盤・斜面崩壊のリスクを正しく把握するためには、危険箇所の情報を面的に把握し、ハザードマップ（危険度マップ）として評価することが必要である。そのためには、多くのデータを総合的に取り扱う必要があるので、データの取得・整理段階から解析・評価・管理までの全段階において、GIS（Geographic Information System：地理情報システム）を活用した体系（これを「道路斜面防災 GIS」と仮称）を導入することで、一連の作業を効率的かつ効果的に行うことが可能となる。

本共同研究では、リモートセンシングなどの調査法による斜面の面的調査から GIS による整理手法、GIS を用いた斜面ハザード評価ならびにハザードマップの作成手法について検討を行ってきた。その成果として、次の４種類の報告書を作成した。

- 航空レーザ計測による道路斜面基図作成要領（案）
  （道路斜面防災調査に必要な高精度の基図データ取得の手段として、航空レーザ計測手法を使用する際の手順・方法等をとりまとめたもの。）
- 道路斜面ハザードマップ作成要領（案）【本報告書】
  （道路に災害を及ぼす危険性のある斜面を的確に抽出し、ハザードマップとして図化するための標準的な方法を取りまとめたもの）
- 道路斜面防災 GIS 標準仕様書（案）
  （道路斜面防災 GIS アプリケーションシステムに必要な機能やデータ連携・システム連携に関する指針を示すものである。道路斜面防災に関する各種 GIS アプリケーションシステムが相互に連携を図り、効果的な運用を実現するために作成したもの）
- 道路斜面防災 GIS データ整備標準仕様書（案）
  （道路斜面防災 GIS に供するデータの作成・管理・更新に関する標準的な手法を整理したもの）

これらの要領（案）、仕様書（案）と、GIS等の新たな技術を活用することにより、膨大な数に及ぶ道路斜面の安全対策が、効率的かつ効果的に行えることを期待する。

目　　次

はじめに
1. 概論 ---------- 1
1.1 本要領(案)の目的及び適用範囲 ---------- 1
1.2 ハザードマップの定義 ---------- 2
1.3 道路斜面ハザードマップの定義 ---------- 4
1.4 道路斜面ハザードマップの作成に必要な情報 ---------- 5
1.5 道路斜面ハザードマップの作成に必要な解析・評価方法-------- 6
1.6 道路斜面ハザードマップ作成の一般的な流れ ---------- 9
1.7 道路斜面ハザードマップの利活用 ---------- 10
2. 道路斜面情報図のレベル ---------- 11
2.1 レベルの定義とマップ作成フロー ---------- 11
2.2 被災履歴マップ（レベル0） ---------- 14
2.3 既往点検個所マップ（レベル1） ---------- 15
2.4 防災地質図（レベル2） ---------- 17
2.5 ハザードマップ（レベル3-1、3-2） ---------- 19
2.6 ハザード確率マップ（レベル3’） ---------- 23
2.7 リアルタイムハザードマップ（レベル4） ---------- 25
2.8 リスクマップ（レベル5） ---------- 27
3. ハザードマップ必要範囲の選定 ---------- 31
3.1 地域特性の把握 ---------- 31
3.2 DEMを用いた地形解析による災害地形の抽出 ---------- 33
3.3 空中写真による災害地形の判読 ---------- 42
3.4 斜面単元区分とハザードマップ作成範囲の選定 ---------- 44
4. 危険度評価 ---------- 47
4.1 分類と評価レベル ---------- 47
4.2 崩壊 ---------- 50
4.3 岩石崩壊 ---------- 65
4.4 落石 ---------- 78
4.5 土石流 ---------- 94
4.6 地すべり ---------- 110
4.7 盛土 ---------- 132

＜参考資料＞

安定性評価検討例（崩壊）、標準的な仕様書

共同研究報告書
第296号2004年２月

道路斜面ハザードマップ作成要領（案）

GISを活用した道路斜面のリスク評価に関する共同研究報告書

独立行政法人土木研究所	材料地盤研究グループ地質チーム	上席研究員	脇坂安彦*
			佐々木靖人
		主任研究員	阿南修司
		研究員	柴田光博
	材料地盤研究グループ土質チーム	上席研究員	恒岡伸幸**
			小橋秀俊
		研究員	加藤俊二
アジア航測株式会社	コアテクノロジー事業部防災グループ	マネージャ	小野田敏
	関東防災地質部総合防災課	技師	屋木健司
	コアテクノロジー事業部防災グループ	技師	高山陶子
応用地質株式会社	技術本部技師長室	技師長	上野将司
	技術本部防災保全センター道路防災グループ	担当部長	松尾篤樹
		主任	本木浩也
基礎地盤コンサルタンツ株式会社	ジオエンジニアリング事業部	部長	福井謙三
	ジオエンジニアリング事業部探査開発室	室長	井上誠
	ジオエンジニアリング事業部岩盤解析室	室長	三木茂
	ジオエンジニアリング事業部GIS推進室	室長	松村真一郎
国際航業株式会社	技術センター	技師長	中筋章人
	国土空間事業本部防災部	担当部長	高見智之
	国土空間事業本部国土空間情報部	主任技師	秋山泰久
	事業開発本部新規事業推進室	主任技師	石井邦宙
	国土空間事業本部道路計画	課長	加藤清也
住鉱コンサルタント株式会社	東日本支社応用地質部	部長	棚瀬充史
	仙台支店地質グループ	グループ長	佐々木孝夫
	東京支店地盤技術グループ	グループ長	佐渡耕一郎
日本工営株式会社	社会環境エンジニアリング事業部ライフサイクルマネジメント部	課長	尾崎祐司
		課長補佐	國領信男

＊現　国土交通省　近畿地方整備局　大戸川ダム工事事務所　所長
＊＊現　国土交通省　国土技術政策総合研究所　道路研究部　道路研究官

要旨

本報告書は、土木研究所と民間6社との共同研究「GISを活用した道路斜面のリスク評価に関する研究」における平成11～14年度までの成果をとりまとめたものである。

本報告書は、道路斜面災害の防災・減災を目的として、道路に災害を及ぼす危険性のある斜面を的確に抽出し、ハザードマップとして図化するための標準化な方法を取りまとめたものである。

キーワード：ハザードマップ、道路斜面防災、GIS、DEM、崩壊、岩石崩壊、落石、土石流、地すべり、盛土崩壊

1. 概論

1.1 本要領（案）の目的及び適用範囲

(1) 目的

本要領（案）は、道路斜面災害の防災･減災を目的として、道路に災害を及ぼす危険性のある斜面を的確に抽出し、ハザードマップとして図化するための標準的な方法を取りまとめた。

(2) 適用範囲等

・ 適用範囲

道路斜面防災GIS※での中核的な主題図であるハザードマップ類（道路斜面情報図：1.3節参照）を対象とする。

なお、本要領は道路斜面防災GISでの表示を前提として作成されているが、必ずしもGISを必要とするものではなく、GISを整備していない段階でのハザードマップ作成においても適用可能である。

・ 対象とする災害

崩壊、岩石崩壊、落石、土石流、地すべり、盛土崩壊を対象災害とする。

雪崩は雪寒管理の範疇であるので、道路斜面防災データとしては対象外とする。

・ 対象者

道路斜面のハザードマップを整備･更新する道路管理者及び業務委託を請けた専門技術者

※道路斜面防災GIS

『道路斜面防災GIS』は、道路に影響を及ぼす斜面・のり面災害のハザード評価・リスク評価をGIS(Geographical Information System, 地理情報システム)により管理・運用するものである（道路斜面防災GIS標準仕様書（案）参照）。

このGISに対するデータとして、道路斜面防災図（本要領で規定するハザードマップ類）と『道路斜面防災データベース』を整備する。

道路斜面防災GISに関する仕様書類にはp.10に示すものがあり、適宜参照することとする。

※平成8年度道路防災総点検

『平成8年度道路防災総点検』は、以下「H8点検」と称する。

1.2　ハザードマップの定義

ハザードマップは一般に、「災害危険区域予測図」（例えば国土庁「火山噴火災害危険区域予測図」）、「災害予測図」（土木用語辞典による）などと訳されることが多い。また、近年はハザードマップという名称も一般化してきたため、そのまま用いることもある（例えば建設省「洪水ハザードマップ」）。しかし、あらためて「ハザードマップとは」と問われると、実は意外にあいまいな認識であることが多い。そこで、ここではまず、「ハザード」や「ハザードマップ」について簡単に整理し、その後、1.3節で道路斜面ハザードマップを定義する。

1.2.1　ハザードとは

「ハザード」は、辞書などでは「危険」、「冒険(risk)」、「偶然」、「運」などと訳されている。「ハザード」は、しばしば「ディザスター（災害）」と混同されるが、上記の訳語でも推測されるように「ハザード」とは、人的･社会的損失を伴う「災害（ディザスター）」そのものではなく、**『「災害」に至る可能性を持った「危険」（な事象）』**を意味している。「ハザード」と「リスク」との相違もここにあり、一般にリスクとは「人的･社会的な損失可能性」を意味する。これに対してハザードはその前段階の（主として自然現象としての）危険性を意味することが多い。例えば、土砂崩れ（ハザード）の可能性が高くても、人間活動がそこになければ災害（ディザスター）は発生しないので、従って、リスクも小さいということになる。本要領案でも、ハザード、災害（ディザスター）、リスクは、それぞれこのような意味合いで用いるものとする。

1.2.2　ハザードマップとは

本要領案で規定するハザードマップとは、**「主として防災を目的として作成される、災害に至る可能性を持った危険な事象（ハザード）の種類・発生原因（誘因）・発生源・内容（形態など）・想定影響範囲などを示した地図」**とする。

防災目的の場合、この他にもハザードの危険度、発生確率や影響確率、ハザードの規模、リスク、避難経路など、様々な情報が含まれているにこしたことはないが、このような情報は現在の技術で必ずしも明示できなかったり、ハザードマップという用語の意味する内容を超えたりする。従って、本要領案では、ハザードマップに最低限必要な情報として上記を規定する。

なお、ハザードマップは、一枚の地図とは限らない。地すべりに対するハザードマップ、土石流に対するハザードマップ、などのように、複数のハザードマップから構成される場合もある。また、地震時の斜面崩壊ハザードマップ、降雨時の斜面崩壊ハザードマップなどのように、誘因とその程度によっても、ハザードマップの内容は異なってくるので、このような場合も複数のハザードマップが描かれることがありえる。また、河川の氾濫シミュレーション結果のように、時々刻々と変化する様子を複数のマップまたはアニ

メーション的に示したハザードマップも存在し、そのデータ量は膨大なものとなることが多い。このため、近年はGIS（地理情報システム）などを用いたデジタル地図によりハザードマップを表現、活用する流れが一般的となってきている。本要領の内容も、このようなGISの活用を念頭において整理している。

また、ハザードマップを作成するためには、様々なレベルの地図が作成される（2章で詳述）。例えば過去の災害履歴図（ディザスターマップ）、地すべり分布図といったものである。このような地図を含めて、広義のハザードマップと呼ぶこともある。ただし注意する必要があるのは、地すべり分布図などは、危険な発生源（地すべり地形など）を示していても、その影響域（崩土や崩壊岩塊の到達域）を示していないことが多い。また、ディザスターマップも同様に将来危険な区域に関する情報を示していない。このような地図は危険区域がどこになるかというハザードマップ利用者の直接的な要請に応えていないだけでなく、「ここは安全」といった危険な誤解を生む可能性すらある。従って、ここではこれらの地図はハザードマップではなく、個々の地図の名称（例えば地すべり分布図）で呼ぶ。

1.3　道路斜面ハザードマップの定義

ハザードマップの定義を踏まえて、本要領案では道路斜面ハザードマップを以下のように定義する。

道路斜面ハザードマップの定義

この要領において『道路斜面ハザードマップ』とは、崩壊・岩石崩壊・落石・土石流・地すべりなどによる道路斜面災害を防ぐことを主な目的として作成され、以下の条件を満たす地図を言う。

① 対象とする道路、及び当該道路に対する斜面災害の危険区域（予想される発生源から崩土到達域まで）が示されていること。
② ハザードの発生原因（誘因：降雨、地震など）、また、必要に応じその程度が示されていること。
③ ハザードの内容（形態：例えば落石など）が示されていること。

なお、ハザードマップの説明として、ハザードマップの作成方法（危険個所の抽出方法、危険区域の判定方法など）を、マップ上または別途に表示するものとする。

本要領（案）では、道路斜面ハザードマップ及びこれに類似した各種の斜面関連情報図面類（災害履歴マップ、既往点検個所マップ、防災地質図、リスクマップなど）を「道路斜面情報図」と総称し、これらのうち、ハザードマップを作成する前段階で必要となる主要な道路斜面情報図についても、その作成方法を要領化した。

なお、上記定義に欠落しているものの中で非常に重要なものとして、「ハザードの危険度」がある。危険度については定性的（相対的危険度など）または定量的な表示方法（安全率、誘因に対する発生確率など）がある。しかしハザードマップは、ある程度以上危険な個所を表示したものであり、その意味で暗に危険度が表示されているとみなせるため、ここでは危険度の表示はハザードマップの必須項目としなかった。ただし、複数の危険度を表示することを妨げるものではない。いずれにしても、上記定義の末尾で述べたとおり、危険個所の抽出方法をマップ上または別途に表示することとしているので、危険個所に複数の危険度があるものについては、この危険度の設定方法についても表示するものとする。

道路斜面ハザードマップの縮尺や仕様等については、2章で詳述する。

1.4　道路斜面ハザードマップの作成に必要な情報

道路斜面ハザードマップには、その精度・情報量・情報の質などにより、様々なレベルがある。しかし、いずれのレベルにおいても、ハザードマップは、以下のような情報の全てまたは一部をもとに、総合的に解析･評価することにより作成される。

① 災害履歴
② 素因(地形、地質、地盤の物性、変状など)
③ 誘因(降雨、地震など)
④ 対策工（工種･位置･施工年)
⑤ モニタリング（位置･システムなど)

このような情報の必要性や詳細については3～4章で述べる。また、これらの情報をGIS上で活用するためのデータの標準仕様については、別途作成した以下の標準仕様書（案）を用いるとよい。

・ 「道路斜面防災GISデータ整備標準仕様書（案）」（平成16年2月）

1.5　道路斜面ハザードマップの作成に必要な解析･評価方法

道路斜面ハザードマップを描くためには、上記のような情報だけでなく、解析･評価のための手法（ロジック）が必要である。下記には、ハザードマップを描くのに必要な評価項目の例を挙げる。

① 災害形態（土石流、地すべり、土砂崩壊、落石、岩盤崩壊、盛土崩壊など）
② 危険個所(大よその位置)
③ 発生源の規模や範囲（崩壊土量、最大径、及び 2 次元的、3 次元的な広がり）
④ 危険度(定性的、定量的)
⑤ 崩土や崩壊岩塊の到達範囲（水平到達距離、横方向への広がりなど）
⑥ 対策工の効果（崩土の衝撃力、到達土量などに対する効果など）
⑦ 危険な時期（不安定化する降雨量や震度）

解析･評価のためのロジックとしては、表 1-1 のようなものがある。これらの詳細については 4 章で詳述する。

表 1-1　斜面のハザード解析･評価の手法（表中の①～⑦は表下の注参照）

手法	適用評価項目	概要	必要なデータ	特徴、利点、欠点
法、基準、指針等に基づく方法	①、②、④、⑤、⑥、⑦、	各種事業（砂防事業、地すべり対策事業など）に関連する法、基準、指針、マニュアル、便覧等に示された方法に従って評価するもの。	指針等により様々	・最も一般的である。 ・多くのデータを背景とする。 ・安全側である。 ・上記のため個々の斜面状況に合わない過度な対策を必要とする場合もある。
地質学的・地形学的知見に基づく方法	①～⑥	斜面の特徴を地形地質学的知見により分類・評価するもの（空中写真判読による評価など）。	地形図、空中写真、地質図、踏査等	・一般的に行われている。 ・災害履歴がなくても評価可能 ・経験的、定性的 ・技術者によるばらつきがある。
評点法	①、②、③、④、⑥	斜面の特徴を分類し点数等で評価するもの（道路防災点検など）	踏査等による点検データ	・経験的手法と統計的手法の複合的な方法 ・半定量的（点数評価はされるが、危険度については相対評価である） ・様々な機関で様々な評点法を作成しており、それらの相互評価が行われていない。 ・道路防災点検などで広く用いられているが、面的な評価が行い難い。
統計解析による方法	①、②、④	斜面の特徴と過去の災害履歴などとの関連性から統計的な解析により評価するもの（多変量解析など）。	DEM（数値標高データ）、災害履歴データ等の活用	・いくつかの手法がある（多変量解析、ファジイ、ニューラルネットワーク、その他エキスパートシステムなど）。 ・定量的、統計的取り扱いが可能（ただし安全率的なものは不明） ・様々な斜面変動形態に対しての妥当性が問題となる ・多くは危険度の評価に限定され、崩土の到達距離や崩壊規模の予測方法はほとんどない。（本研究で崩壊規模予測手法や到達距離予測法を提示）

（次ページに続く）

注：表中の「適用評価項目」は以下のとおり

① 災害形態（土石流、地すべり、土砂崩壊、落石、岩盤崩壊、盛土崩壊など）
② 危険個所(大よその位置)
③ 発生源の規模や範囲（2 次元的、3 次元的な広がり）
④ 危険度(定性的、定量的)
⑤ 崩土の到達距離（流下距離、横方向への広がりなど）
⑥ 対策工の効果（崩土の衝撃力、到達土量などに対する効果など）
⑦ 危険な時期（不安定化する降雨量や震度）

（前ページよりの続き）

手法	適用評価項目	概要	必要なデータ	特徴、利点、欠点
統計解析と安定解析やシミュレーションの組み合わせ	③、⑤	過去の災害履歴統計に合致するように安定解析やシミュレーションを行うもの。	DEM（数値標高データ）、災害履歴データ（場合によりある程度の地質等のデータ）	・定量的、統計的取り扱いが可能（ただし安全率的なものは不明） ・多くは開発中
物理モデルによる安定解析やシミュレーション	②～⑦	斜面の形状や地質構造、物性などのデータから物理的なモデルを作成して安定計算や安定解析、シミュレーションなどを行って評価するもの（各種安定解析）	構造データ、物性データ	・多くの方法がある（2次元～3次元各種安定計算、FEM、DEM、DDAなどの数値解析、落石シミュレーション、土石流シミュレーションなど） ・定量的（安全率までわかる） ・モデルの構築に手間がかかる
モニタリングによる方法	⑦	斜面の変動や不安定性を直接または間接的な観測データから評価するもの（伸縮計、傾斜計など）	モニタリングデータ各種	・危険個所と、変状が最も生じやすそうな場所をあらかじめ抽出しておく必要がある ・変状から判断するため、管理基準が問題となる。
モニタリングと物理モデルの組み合わせ	②～⑦	斜面変動や土壌水分のモニタリングデータを用いて物理モデルによる解析を行い、評価するもの。	構造データ、物性データ、モニタリングデータ各種	・危険個所と、変状が最も生じやすそうな場所をあらかじめ抽出しておく必要がある ・モニタリングのみによる手法に比べ、管理基準を設定しやすい。 ・ロジックの形成

注：表中の「適用評価項目」は以下のとおり
① 災害形態（土石流、地すべり、土砂崩壊、落石、岩盤崩壊、盛土崩壊など）
② 危険個所(大よその位置)
③ 発生源の規模や範囲（2次元的、3次元的な広がり）
④ 危険度(定性的、定量的)
⑤ 崩土の到達距離（流下距離、横方向への広がりなど）
⑥ 対策工の効果（崩土の衝撃力、到達土量などに対する効果など）
⑦ 危険な時期（不安定化する降雨量や震度）

1.6　道路斜面ハザードマップ作成の一般的な流れ

道路ハザードマップ等の作成の流れは表1-2のようなステップに分けられる。これらのマップの作成方法は一般に、まず低位のステップのマップを作成したうえで解析・評価を行い、また必要に応じて新たなデータを追加することにより、順次、より上位の段階のマップを作成する流れを基本とする。

表1-2　道路斜面情報図の作成のステップ

ステップ	マップの名称	概要
1	目録図(inventory map)	不安定な素因などを示した図（地形図、空中写真判読図、地質図、災害履歴図など） ＊ inventoryとは「目録、棚卸表」
2	不安定個所マップ (susceptibility map)	不安定な発生源を示した図（その不安定性を示した図も含む） ＊ susceptibilityとは「影響されやすさ」
3	ハザードマップ (hazard map)	発生源から影響域までを示した図 ＊ Hazardとは「『災害』に至る可能性を持った「危険」（な事象）」
3’	ハザード確率マップ (fragility map)	誘因に対する上記ハザードの発生確率（発生源～影響域の確率）を示した図。 ＊ Fragilityとは「もろさ、壊れやすさ」
4	リアルタイムハザードマップ (real time hazard map)	降雨量などの誘因をリアルタイムで取得し、危険度評価して、逐次更新・表示されるハザードマップ
5	リスクマップ（risk map)	ハザードによる人的・社会経済的なリスクを示した図

なお、本要領（案）では、3章以降に、いくつかの道路斜面情報図の作成方法を示しているが、それらの道路斜面情報図と上記のステップの関係は以下のとおりである。

レベル0：被災履歴マップ　→　目録図（ステップ1）に相当

レベル1：既往点検個所マップ　→　不安定個所マップ（ステップ2）に相当（精度は低い）

レベル2：防災地質図　→　不安定個所マップ（ステップ2）に相当（やや精度が高い）

レベル3：ハザードマップ　→　ハザードマップ（ステップ3）

上記に示すように、レベル1とレベル2は同じく不安定個所マップに属するが、前者は道路防災点検などの既往資料をもとに整理したものであり、後者はレベル1に加えて面的な調査をもとに整理したものである。このため、図の精度や信頼性が大きく異なっている。注意すべき点としては、このように各ステップのデータの量や品質、解析や評価の手法などによって、作成されるハザードマップの品質や内容が大きく異なってくることである。特に、目録図は、ハザードマップの品質を大きく作用する要素である。高品質のハザードマップを必要とする場合は、まず良質の目録図を作成することが重要である。

1.7　道路斜面ハザードマップの利活用

道路斜面ハザードマップの活用方法としては、以下のようなものがある。

① 詳細調査の必要な個所の抽出の支援
② リスク評価や対策優先度の決定の支援（ネットワーク整備）
③ 対策手法の決定の支援
④ 日常管理上の要注意個所の抽出や点検方法等の決定の支援
⑤ 豪雨・地震時など緊急時の要確認個所の抽出と行動支援
⑥ 防災関連機関、道路利用者、住民等への情報提供

このようにハザードマップの利活用は多岐にわたっている。また、ハザードマップに関連する情報も膨大である。このため、GISなどを用いてデータを効率的に管理･利用することが必須となる。またGISの活用により、情報提供の手法など、活用の幅も拡大する。

GISを用いた道路斜面ハザードマップの利活用においては､別途作成されている以下の仕様書（案）、要領（案）を参考にデータの蓄積やシステムの検討を行うとよい。

- 「道路斜面防災GIS標準仕様書（案）」
  GISを活用した道路斜面のリスク評価に関する共同研究　GISWG,土木研究所共同研究報告,2003
- 「道路斜面防災GISデータ整備標準仕様書（案）」
  GISを活用した道路斜面のリスク評価に関する共同研究　調査WG,　土木研究所共同研究報告,2003
- 「航空レーザ計測による道路斜面基図作成要領（案）」
  GISを活用した道路斜面のリスク評価に関する共同研究　調査WG,　土木研究所共同研究報告,2003

また、上記標準仕様書（案）に準拠したプロトタイプシステムとして下記のシステムがあるので参考にするとよい。

- 「道路斜面防災GISプロトタイプ版」
  GISを活用した道路斜面のリスク評価に関する共同研究　,　土木研究所共同研究報告,2003

2. 道路斜面情報図のレベル

道路斜面情報図（1.3 節参照）には、その扱う情報により、6 段階の種類（以下、レベルと称する）がある。ここでは、道路斜面情報図のレベルについて、その概念を示す。

2.1 レベルの定義とマップ作成フロー

(1) レベルの定義

道路斜面情報図には、図 2-1 に示すように、表記内容により簡易な被災履歴マップ（レベル 0）から詳細で高度なリスクマップ（レベル 5）までがあり、レベルによって評価方法・表現方法や必要とするデータの種類が異なる。表 2-1 に各レベルの概要を示す。

道路管理者は、これらのレベルの中から任意のレベルを選定し、ハザードマップを作成する。レベルの選定に際しては、管内の災害危険個所の実態や路線特性、道路斜面情報図の利用目的、既往資料の整備状況等を考慮する。

なお、必ずしも管内全域を同一レベルで整備する必要はない。状況に応じ、区間毎や個所毎に、レベルを適宜設定する。

ハザード評価手法の詳細については、手法が確立しているハザードマップ（レベル 3-2）までについて、4 章に示した。レベル 3’・4・5 については、現時点では災害発生確率等で一部未確立な部分があるが、雨量観測や斜面モニタリング、降水短時間予測等については、リアルタイムハザードマップ（レベル 4）で導入を図れる環境が整備されつつある。

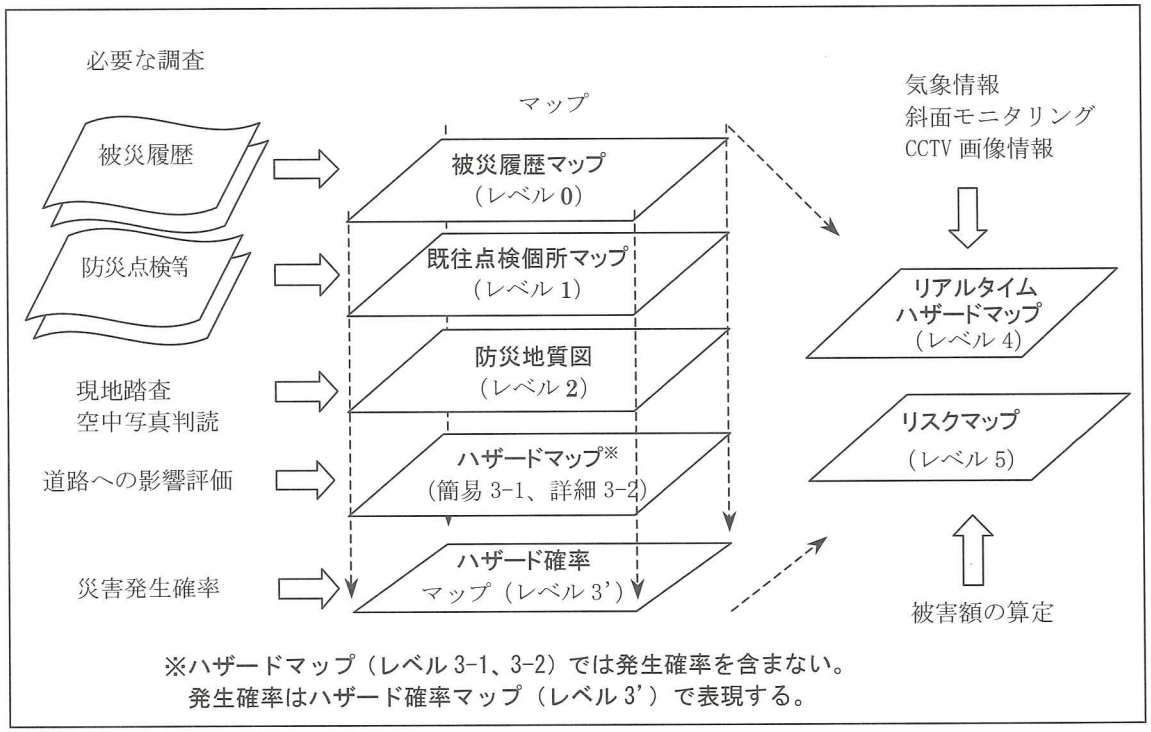


図 2-1　道路斜面情報図の概念

表 2-1　道路斜面情報図のレベル一覧表

レベルと名称		表示図面※1		主な必要情報※3	表示方法※4
		広域図（小縮尺※2）	個所別図（大縮尺※2）		
0	被災履歴マップ	○	△	・被災履歴情報 ・道路や管理の基本情報（線形や交通量等）	広域図に被災個所を表示する。詳細な記録がある場合には、個所別図で被災状況等を表示する。
1	既往点検個所マップ	○	△	・「H8 点検」結果や防災カルテ等の既往点検情報	広域図に点検結果を表示する。防災カルテ作成個所等では、必要に応じて個所別図を作成し、カルテ情報を表示する。
2	防災地質図	○	○	・大縮尺での地形/地質情報や変状の情報 ・対策工の情報	個所別図で、不安定土塊等の想定災害発生源と対策工及び道路の位置関係が判るように表示する。
3-1 3-2	ハザードマップ	○	○	・ハザード評価結果（簡易評価と詳細評価がある）	個所別図で崩土等の到達範囲や危険度を表示する。
3’	ハザード確率マップ	○	○	・ハザード発生確率	崩壊等の発生確率と、道路の被災確率
4	リアルタイムハザードマップ	○	○	・雨量や斜面モニタリングデータ、情報板表示等の異常時管理の関連情報	管内におけるリアルタイム情報を表示する。
5	リスクマップ	○	○	・区間毎のリスク評価結果	危険個所の分布と、区間単位でリスク評価結果を表示する。

※1（表示画面）　○：標準で作成　△：情報があれば、必要に応じて作成
※2（縮尺目安）　小縮尺　1:200,000 ～ 1:25,000 程度　　大縮尺　1:5,000 ～ 1:2,500 程度
※3（主な必要情報）　表中の項目は、下位レベルの情報に追加する情報を示す【例：レベル 1 ではレベル 0 の情報に加え、表中の既往点検情報や対策工情報を加えて表示する】。　　レベルの構造については図 2-1 参照。なお、レベル 4 やレベル 5 では、必ずしもレベル 0～3’の全情報の表示を必要とはしない。
※4（表示方法）　災害形態には落石や地すべり、土石流等各種あるが、全ての災害形態を同一図面上に表示する。

（2）道路斜面情報図の作成フロー

前述のように、道路斜面情報図にはレベル 0 からレベル 6 までがあり、レベルに応じて、評価・解析方法や必要とする情報が異なる。

ここでは、マップを作成する概略手順として、資料収集・整理や調査、評価方法と作成されるマップの関係をフローで示す（図 2-2）。

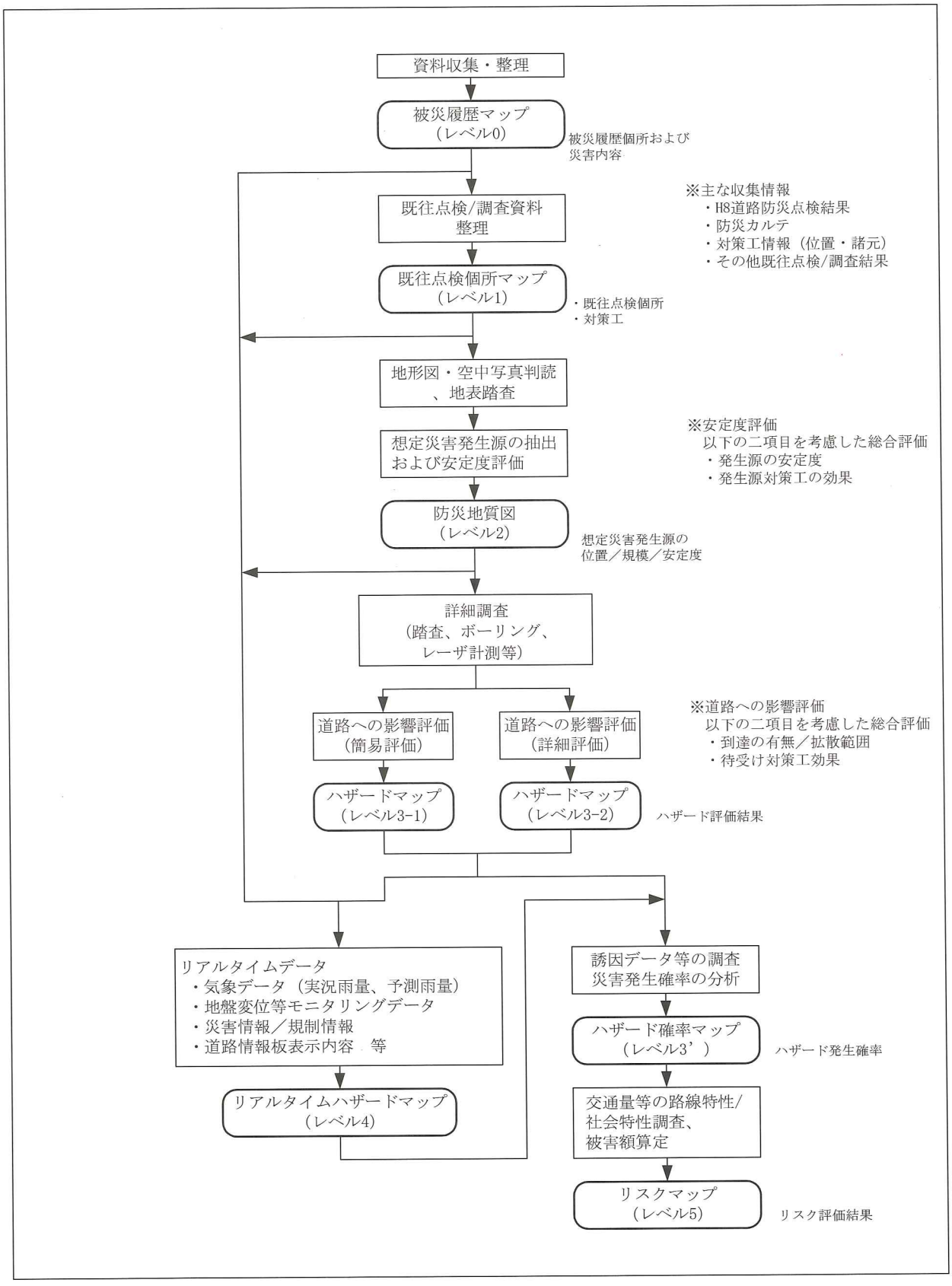


図 2-2　道路斜面情報図の作成フロー

2.2 被災履歴マップ（レベル 0）（図 2-3）

被災履歴マップ（レベル 0）は、既往資料を参照し、広域図として管内図スケールの基図に被災履歴を表示したものである。また、災害記録等詳細なデータが存在する場合には、必要に応じて、個所別図（縮尺 1:2,500 前後）で詳細情報を閲覧可能なものとする。

なお、複数の災害形態が同一個所で発生する場合があるが、広域図でも個所別図でも災害形態別には作成せず、複数の災害形態を同時に単一の図幅内で表示する。

・ 対象路線の目安：一般国道（指定区間外）、主要地方道など

(1) 広域図（縮尺目安 1:200,000 ～ 1:25,000 程度）

① 縮尺イメージ：管内図（1:200,000 程度）
（管内図相当の縮尺では表示困難な場合には、適宜、1:50,000～1:25,000 程度の区間図を併用）

② 表示内容：被災履歴個所の分布

③ 主な必要データ：被災履歴、道路の基本データ（線形、交通量等）
（災害記録、各種管理台帳等）

(2) 個所別図（縮尺目安 1:5,000 ～ 1:2,500 程度）

① 表示内容：災害時の詳細データ（災害の概要、平面図・断面図や写真、調査結果等）

② 主な必要データ：災害記録、詳細調査結果等

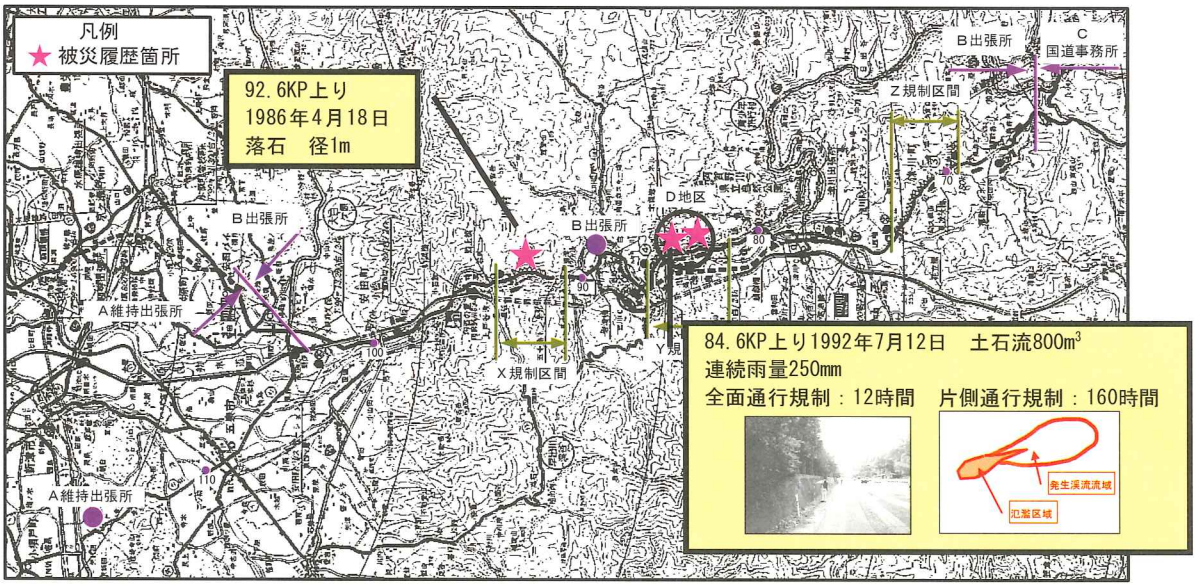


図 2-3 被災履歴マップ（レベル 0）のイメージ図（広域図）

2.3 既往点検個所マップ（レベル 1）（図 2-4）

既往点検個所マップ（レベル 1）は、既往資料を参照し、広域図として管内図スケールの基図に被災履歴や既往点検個所を表示したものである。また、「H8 点検」結果等の詳細なデータが存在する場合には、必要に応じて、個所別図（縮尺 1:2,500 前後）で詳細情報を閲覧可能なものとする。

・対象路線の目安：一般国道（指定区間外）、主要地方道など

(1) 広域図（縮尺目安 1:200,000 ～ 1:25,000 程度）

① 縮尺イメージ：管内図（1:200,000 程度）
（管内図相当の縮尺では表示困難な場合には、適宜、1:50,000～1:25,000 程度の区間図を併用）

② 表示内容：既往点検個所（「H8 点検」等で抽出した個所）の分布
＋被災履歴個所の分布

③ 主な必要データ：既往点検個所の内容、被災履歴、道路の基本データ（線形、交通量等）
「H8 点検」結果、防災カルテ、各種管理台帳等

(2) 個所別図目安（縮尺目安 1:5,000 ～ 1:2,500 前後）

① 表示内容：「H8 点検」や防災カルテの情報、被災情報（災害個所のみ）

② 主な必要データ：「H8 点検」記録・防災カルテ、災害記録、詳細調査結果等

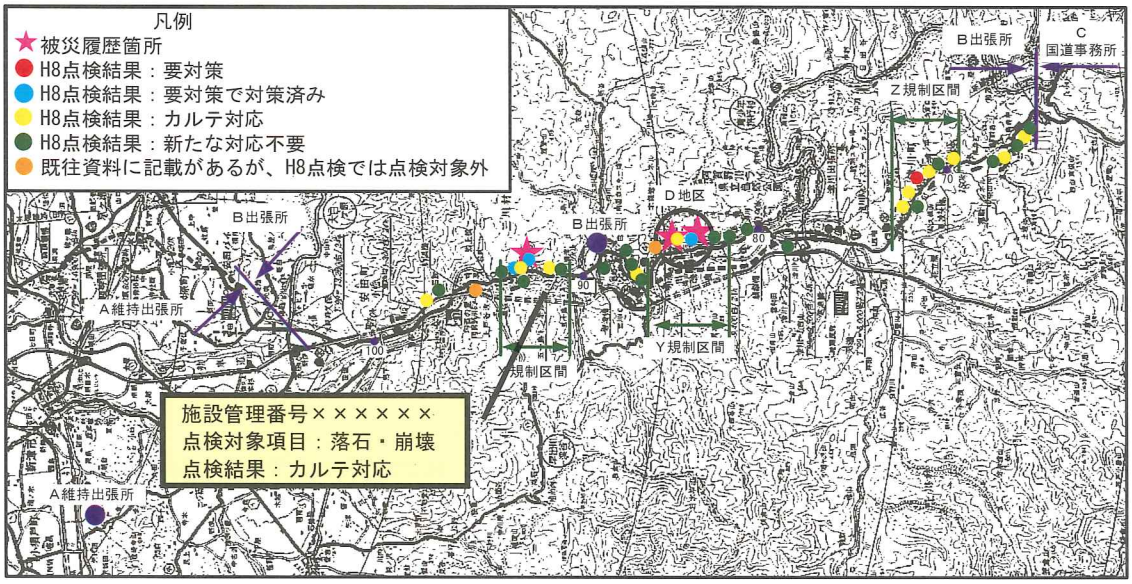


図 2-4（1）　既往点検個所マップ（レベル 1）のイメージ図（広域図）

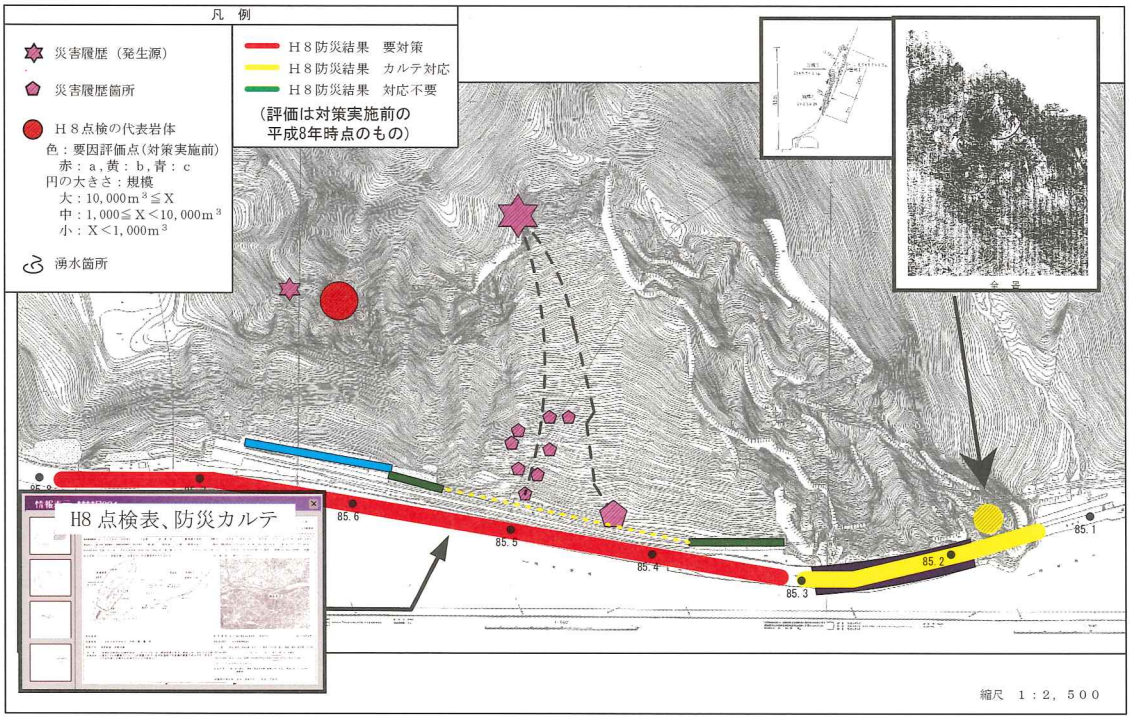


図 2-4（2）　既往点検個所マップ（レベル 1）のイメージ図（個所別図）※

※図中の路線上での危険度表示（赤や黄色の着色表示）や帯表示による。

2.4 防災地質図（レベル 2）（図 2-5）

防災地質図（レベル 2）では、既往点検個所マップ（レベル 1）に加え、主に不安定土塊等災害発生源の分布や対策工を個所別図に表示する。このため、必要に応じて空中写真判読や現地調査を行う。

・ 対象路線の目安：一般国道（指定区間）、一般国道（指定区間外のうち異常気象時通行規制区間等がある区間）

(1) 広域図（縮尺目安　1:200,000 ～ 1:25,000 程度）

基本的には、既往点検個所マップ（レベル 1）と同様、管内図程度の縮尺で表示する（管内図相当の縮尺では表示困難である場合には、適宜、1:50,000～1:25,000 程度の区間図を併用）。

主要な表示内容は、空中写真判読等で抽出した災害地形（例えば露岩部等）である。

(2) 個所別図（縮尺目安　1:5,000 ～ 1:2,500 程度）

① 表示内容：災害発生源（不安定土塊等）、対策工等の面的表示、道路の基本データ

② 主な必要データ：災害発生源の地形・地質情報（「H8 点検」の安定度調査表やスケッチ図・写真等）、対策工の外形・位置や諸元

（「H8 点検」結果、防災カルテ、災害記録、各種管理台帳等の既往資料に加え、空中写真判読や現地調査を実施）

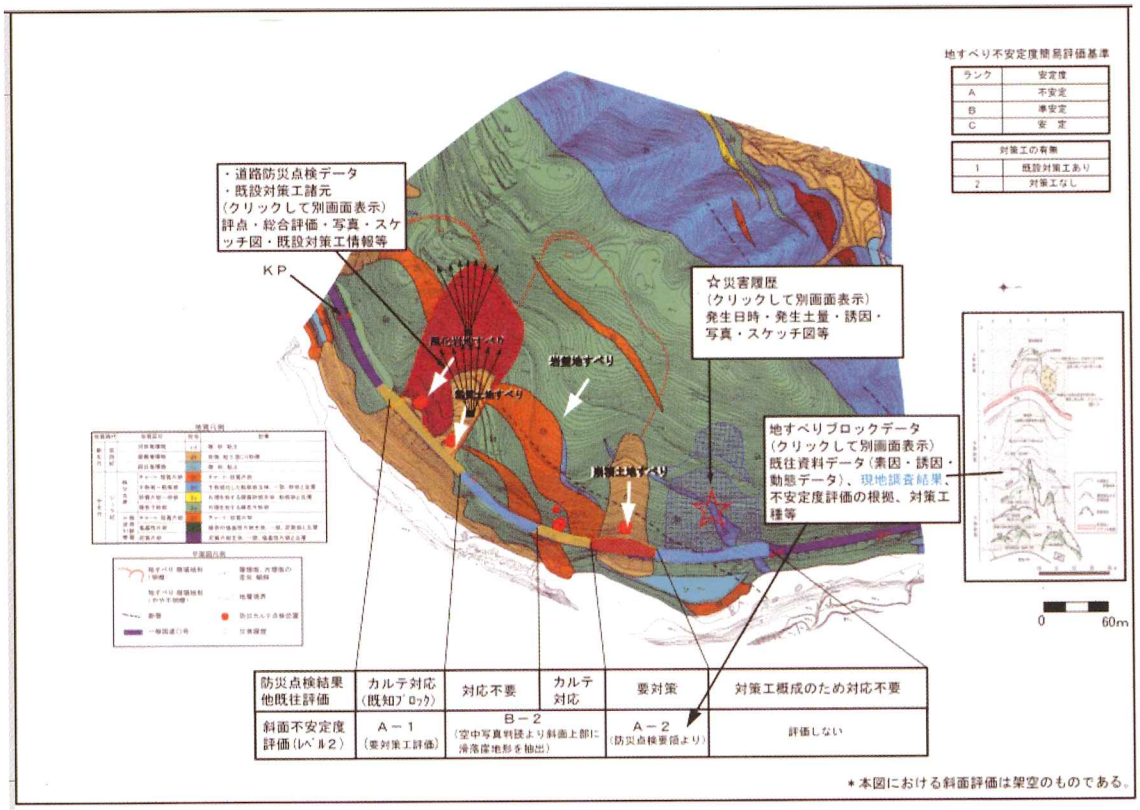


図 2-5（1）　防災地質図（レベル 2）のイメージ図（個所別図-1：地すべり）

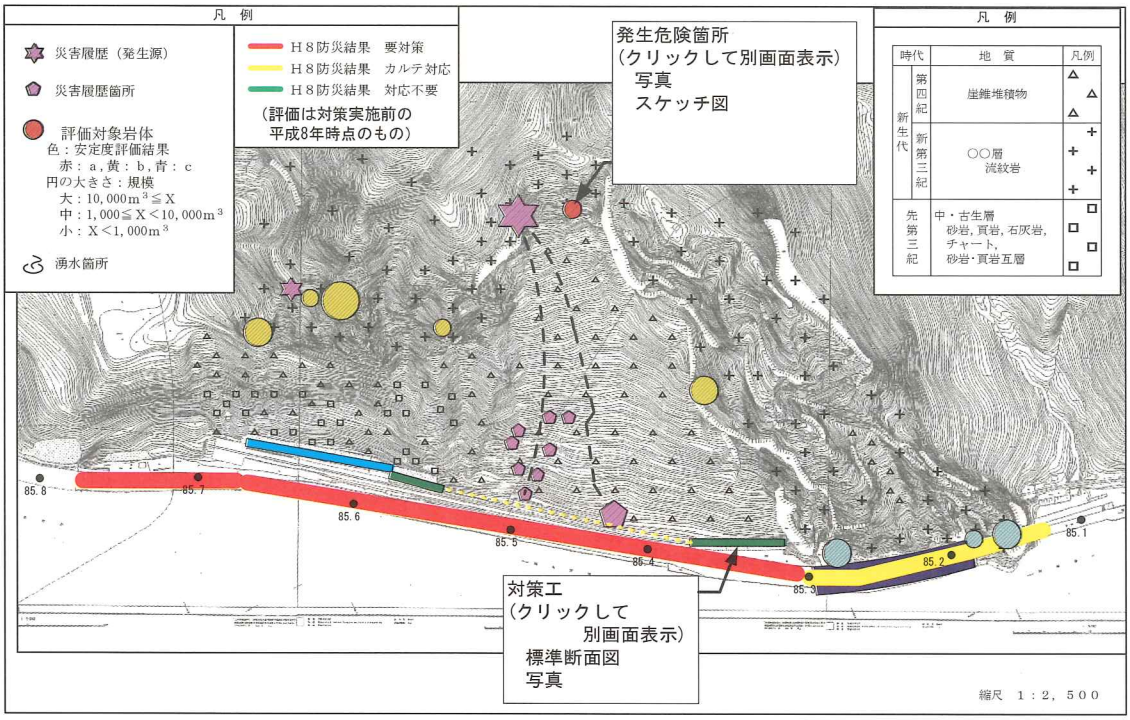


図 2-5（2）　防災地質図（レベル 2）のイメージ図（個所別図-2：岩石崩壊）※

※図中の路線上での危険度表示（赤や黄色の着色表示）や帯表示による。

2.5 ハザードマップ（レベル 3-1、3-2）（図 2-6）

ハザードマップ（レベル 3）では、防災地質図（レベル 2）に加え、災害発生源の道路への影響（到達の有無）を評価して個所別図に表示する。このため、必要に応じて空中写真判読や現地調査を行う。

ハザードの評価方法には簡易な方法と詳細な方法があり、ハザードマップでは評価方法に対応して、簡易評価によるハザードマップ（レベル 3-1）と詳細評価によるハザードマップ（レベル 3-2）がある。同一個所でレベル 3-1 と 3-2 の両方を整備する必要はなく、データの内容によりどちらか片方を整備すれば良い。

評価方法の詳細については（3）項（p. 21）及び 4 章参照。

なお、本要領でレベル 3 と表記している場合は、レベル 3-1 とレベル 3-2 の総称を意味している。

・対象路線の目安：一般国道（指定区間）、一般国道（指定区間外のうち異常気象時事前通行規制区間等がある区間）

(1) 広域図（縮尺目安　1:200,000 ～ 1:25,000 程度）

基本的には、防災地質図（レベル 2）の広域図と同様、管内図程度の縮尺で表示する（管内図相当の縮尺では表示困難である場合には、適宜、1:50,000～1:25,000 程度の区間図を併用）。

主要な表示内容は、ハザード評価結果である。広域図での表示項目は防災地質図と同じであるが、到達の有無等を加えて道路への影響を評価しているため、防災地質図とは評価結果が異なってくる場合がある。

(2) 個所別図（縮尺目安　1:5,000 ～ 1:2,500 程度）

① 表示内容：防災地質図（レベル 2）の個所別図の内容に加え、落下経路・落石拡散範囲の情報やハザード評価結果（道路への到達判定＋防護工効果の判定）を表示する。

② 主な必要データ：防災地質図の個所別図のデータに加え、落下経路の地形・地質情報、防護工のポケット容量・耐力、小橋梁や横断排水管の断面等の情報が必要となる。（「H8 点検」結果、防災カルテ、災害記録、各種管理台帳等の既往資料の他、必要に応じて、空中写真判読や現地調査を実施）

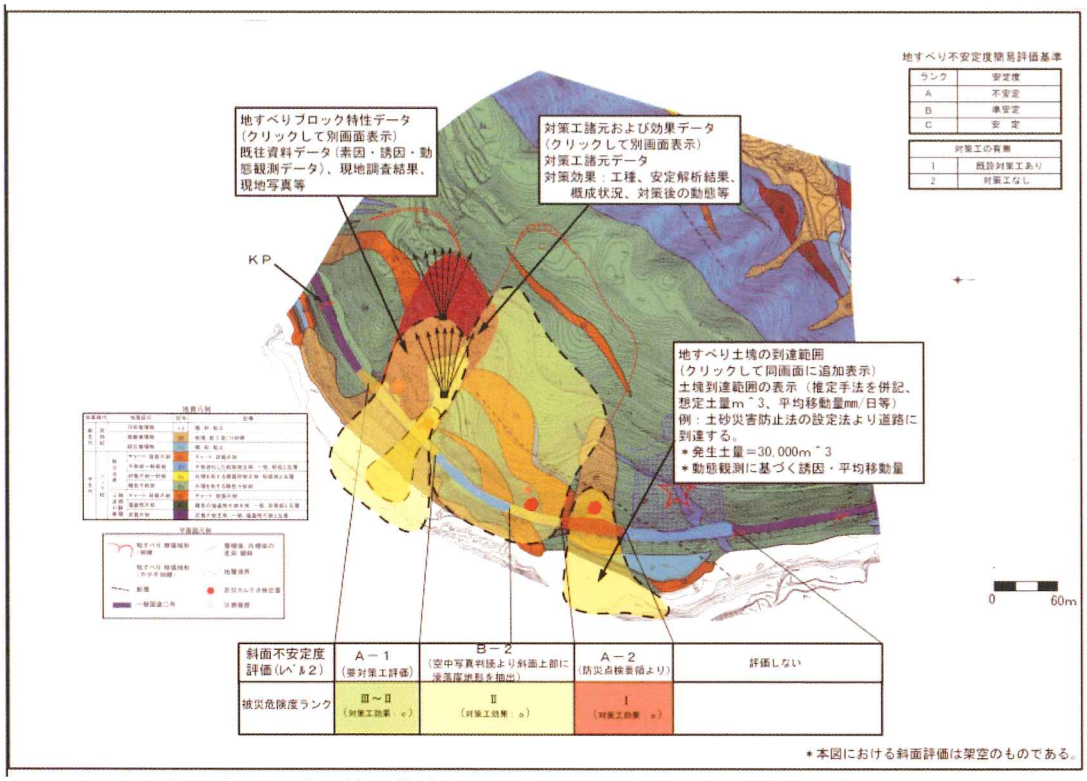


図 2-6（1）　ハザードマップ（簡易評価：レベル 3-1）のイメージ図（個所別図：地すべり）

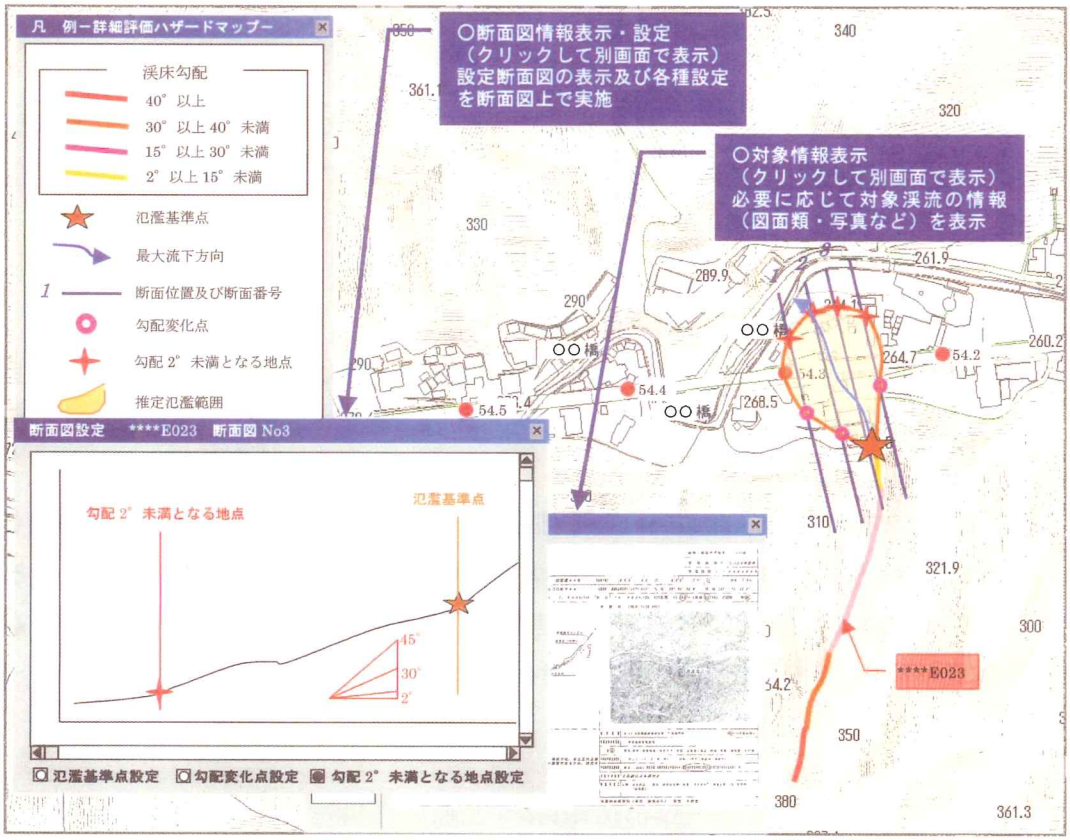


図 2-6（2）　ハザードマップ（簡易評価：レベル 3-1）のイメージ図（個所別図：　土石流）

(3) ハザード評価の種類について

ハザードマップ（レベル 3）では、データの質と量、及び評価を適用する手法によって、評価手法には、表 2-2 に示すような簡易評価と詳細評価の 2 種類がある。

簡易評価は、既往データを基にして指針類に準拠した簡易な手法で評価する。

詳細評価では、詳細な調査を行ってデータ精度を高めたうえで評価したり、数値解析（例：落石・土砂移動シミュレーション）等を用いて定量的に評価したりする。

同一個所で簡易評価と詳細評価の両方を同時に実施する必要はなく、データの内容によりどちらか片方を実施すれば良い。

① 簡易評価

簡易評価とは、主に既往資料やその加工データを用いて経験的評価手法や専門家の知見から判断する評価である。利点として新たなデータ取得を要しないこと、全域をほぼ均一に評価できることにあり、道路の防災性能をネットワークとして評価を行う場合に特に適するものと言える。

② 詳細評価

詳細評価とは、詳細調査や計測を行ってデータの精度を高めたり、シミュレーション等の解析的手法を用いて定量的な判断を下したりする評価である。事前通行規制区間などの道路の防災性向上において特に重要となる区間では、局所的でも詳細調査や計測が行われ、より精度の高いデータを用いた数値解析による定量的評価が行われる場合があるが、これも詳細評価に相当する。

なお、発生危険度の詳細評価においては、対象とする災害形態の詳細（災害の規模や発生時期など）が降雨や地震などの誘因規模に大きく左右されるため、これらの誘因を考慮した評価が不可欠となる。

4 章においては、災害形態毎に発生危険度と被災危険度の両者において、簡易及び詳細評価の手法を記述するが、災害形態毎の特異性・特殊性があり、評価における簡易と詳細の概念を必ずしも統一的に区分できるとは限らないことに留意が必要である。

表 2-2　評価手法

評価手法 / 危険度	簡易評価 （現地概査・机上調査）	詳細評価 （現地精査・計測・解析）
発生危険度	基準・指針類に基づく評価 実態統計に基づく評価 被災履歴に基づく評価 現地調査･試験に基づく評価 安定度調査表（「H8 点検」）や防災カルテに基づく評価	誘因（降雨，地震）を考慮した安定解析 計測（モニタリング）結果を考慮した安定解析
被災危険度	基準・指針類に基づく評価 実態統計に基づく評価 被災履歴に基づく評価 経験に基づく評価（地形解析） 「H8 点検」の総合評価に基づく評価 対策工の効果（工種と範囲、ポケット容量）の評価	落石や土石流のシミュレーション 対策工（構造物）の構造、耐力評価

2.6 ハザード確率マップ（レベル 3'）

ハザードマップ（レベル 3-1 あるいは 3-2）が整備されている区間を対象に対象区間の被災の発生確率を算定し、表示する。

・ 対象路線の目安：事前通行規制区間、災害履歴の多い区間

(1) 広域図（縮尺目安 1:200,000 ～ 1:25,000 程度）

① 縮尺イメージ：管内図（1:200,000 程度）

（管内図相当の縮尺では表示困難な場合には、適宜、1:50,000～1:25,000 程度の区間図を併用）

② 表示内容：

レベル 3 のハザードに関する情報に加え、以下の内容を表示する。

・区間単位の災害発生確率（フラジリティカーブ※）

※フラジリティ：壊れやすさ：次頁参照

・誘因（降雨、地震 etc.）統計量の分布範囲（強度別表示）、

・災害対応のための通行可能な道路ネットワーク、

・災害対応を行う管理事務所･出張所等の位置

③ 主な必要データ：

被害情報（崩壊土量、道路への到達土量等）、誘因（降雨、地震 etc.）の情報、災害対応を行う管理事務所･出張所等の位置情報

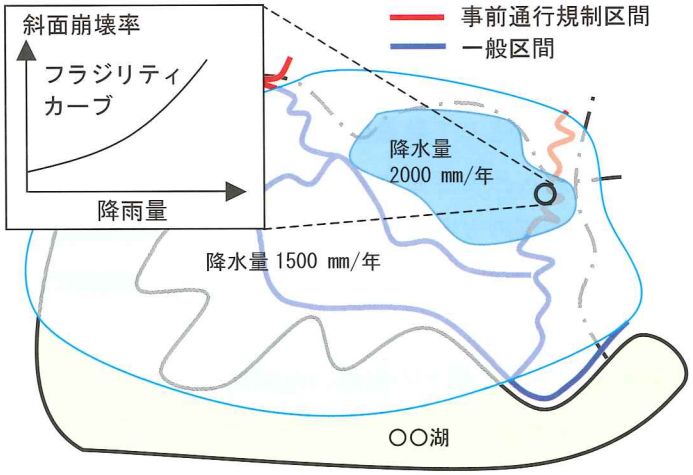


図 2-7 崩壊確率の表示イメージ

(2) 個所別図（縮尺目安 1:5,000 ～ 1:2,500 程度）

当該個別個所でのハザード発生確率が算定可能な場合には、ハザードマップ（レベル 3-1 あるいは 3-2）のハザードに関する情報に加え、災害発生確率（フラジリティカーブ等）や雨量統計等の誘因情報を表示する。

■ フラジリティカーブについて

詳細については、「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（素案）」（平成14年3月）に整理されている。ここでは、概要を以下に示した。

誘因のある災害では、誘因の強弱に伴い災害発生確率が変化する。このような変化を捉えたものがフラジリティカーブである（右図参照）。

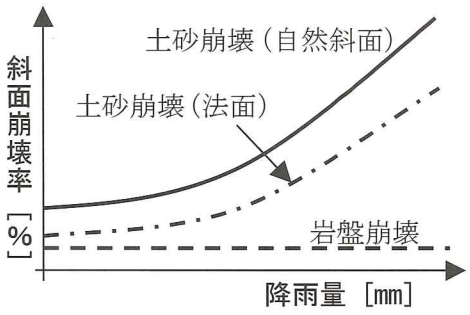


図 2-8 フラジリティカーブ
（誘因：降雨の例）

フラジリティカーブの横軸は、積算雨量法・連続雨量法・換算連続雨量法・実効雨量法などの任意の算定手法による降雨量等を用いる。

縦軸の災害発生確率は、いろいろな表示方法があるが、ここでは、以下の斜面崩壊率によりフラジリティカーブの概念を説明する。

$$\text{斜面崩壊率}：\frac{\text{特定の降雨強度に対する崩壊斜面数}}{\text{斜面数}\times\text{対象降雨強度の降雨回数}}$$

降雨を誘因とする災害は、降雨と災害発生の相関が増加傾向を示すフラジリティカーブで表されるが、全ての災害形態が降雨量の増加に対して、増加傾向を示すフラジリティカーブになるとは限らない。そのため、土砂崩壊・岩盤崩壊・落石・土石流・地すべりなどの分類と、自然斜面・のり面などの分類を組み合わせて、フラジリティカーブを作成している場合が多い。

現在までにフラジリティカーブを作成した事例として、「H8点検」の評価項目をアイテム、評価結果をカテゴリとして数量化Ⅱ類により求めた事例がある。この事例では、地域・崩壊形態毎にアイテムと災害発生との相関との強さ（スコアレンジ）を評価し、この評価により地域毎の斜面のカテゴリに重み付けをする判別関数を作成した。これには、相当量の災害履歴が必要なため、災害履歴の少ない一般の地域では、地方整備局規模の災害履歴を収集する必要がある。

この判別関数を用いて、個々の斜面の危険度（ノーマライズドスコア）を評価する。

一方、同程度の危険度（ノーマライズドスコア）の斜面をグループ化し、過去の災害履歴をもとにグループ毎のフラジリティカーブを作成する。評価対象の斜面には、その斜面の属するグループのフラジリティカーブを適用する。

フラジリティカーブの作成方法は、この方法に限らないが、表示方法としては、図2-7のように常設可能なポップアップウィンドウにフラジリティカーブ、誘因（降雨量）統計量、斜面崩壊率を表示する。

2.7 リアルタイムハザードマップ(レベル 4)

「リアルタイム災害情報システム」(国土地理院・国総研共同研究) 等から降雨等の基礎情報をリアルタイムで取得し、斜面モニタリング情報、危険個所の現況 (CCTV 画像など) と併せて表示する。さらに、可能であれば、対象区間の被災の可能性をリアルタイムに判定して表示し、通行規制の必要性の検討に供する。

なお、リアルタイムハザードマップは、被災履歴マップ (レベル 0) や既往点検個所マップ (レベル 1) あるいは防災地質図 (レベル 2) を整備した場合にも構築可能である。必ずしもハザードマップ (レベル 3-1 あるいは 3-2) の整備を前提条件とはしない (p. 13 の図 2-2 参照)。

・対象路線の目安：事前通行規制区間、災害履歴の多い区間

(1) 広域図 (縮尺目安 1:200,000 ～ 1:25,000 程度)

① 縮尺イメージ：管内図 (1:200,000 程度)
(管内図相当の縮尺では表示困難な場合には、適宜、1:50,000～1:25,000 程度の区間図を併用)

② 表示内容：
レベル 0～3 の道路斜面に関する情報に加え、以下の内容を表示する。
- 誘因 (降雨、地震 etc.) の経時変化 (将来予測を含めた表示が望ましい)
- 誘因 (降雨、地震 etc.) の現況分布 (強度別表示)
- ハザード確率の現況及び予測 (確立が算定されている場合)
- 危険個所の現況 (CCTV 画像など)
- 災害対応のための通行可能な道路ネットワーク
- 災害対応を行う管理事務所・出張所等の位置
- 災害発生個所における災害対応の実施状況
- 斜面モニタリング (落石センサー、光ファイバーetc) の情報
- その他 (道路情報板表示内容等)

③ 主な必要データ
- 誘因 (降雨、地震 etc.) の情報 (現況及び予測)
- 災害対応を行う管理事務所・出張所等の位置情報
- 危険個所や通行不可能となっている道路の現況情報
- 発生災害の現況情報と対応内容の現況情報
- 斜面モニタリング (落石センサー、光ファイバーetc) のデータ

誘因のある災害は、誘因が作用することにより同時に多発するおそれがある。そのため、誘因・災害の情報表示を行うと有効である。現在、降雨に関しては、短時間降雨予測なども行われており、降雨は予可能な誘因と考えることができる。このような予知情報も表示

可能であることが望ましい。

フラジリティカーブの表示方法としては、図 2-9 のように常設可能なポップアップウィンドウにフラジリティカーブ、誘因（降雨量）現況量、斜面崩壊率を表示する。

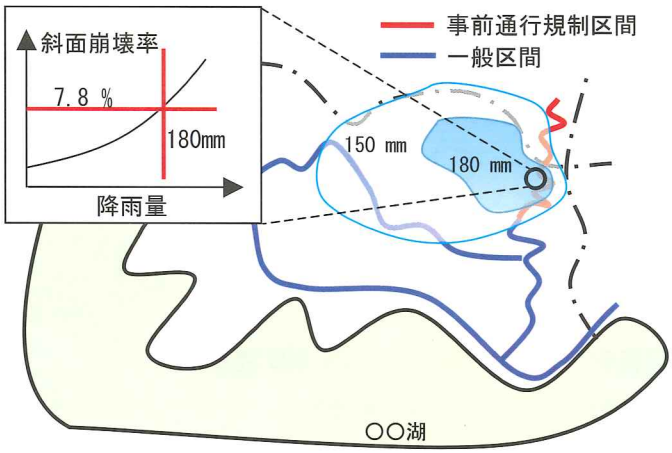


図 2-9 現況連続雨量と崩壊確率の表示イメージ

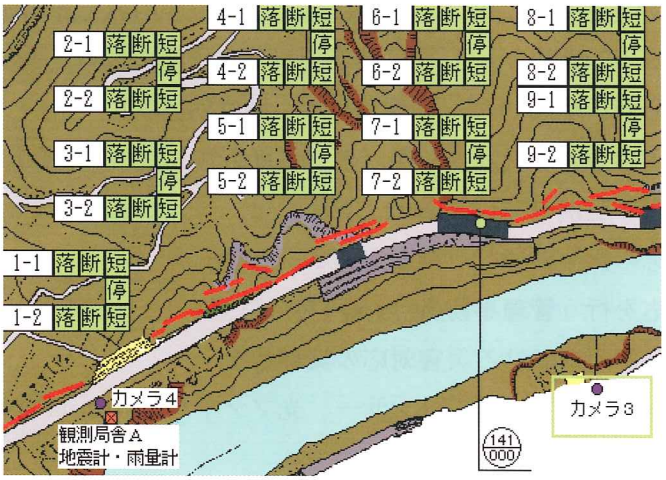


図 2-10 落石センサーの表示イメージ

また、落石センサー、光ファイバーセンサーなど、斜面モニタリングが行われている場合には、表示を取り込むことが望ましい（図 2-10 参照）。

加えて、災害への対応を円滑に行うためには、周囲の道路が利用可能であるかを知っておく必要があり、交通遮断などの情報表示が行えることが望ましい。

(2) 個所別図（縮尺目安 1:5,000 ～ 1:2,500 程度）

可能な場合には、レベル 0～3 の道路斜面に関する情報に加え、個別個所の現況や個別個所の災害発生確率の現況・予測等の情報を表示する。

2.8 リスクマップ(レベル 5)

ハザードに損失（被害額）の概念を合成したものがリスクであり、ハザードは災害の規模と起こり易さ、リスクは災害の損失（被害額）の大きさと起こり易さを評価した危険の可能性を示す。

リスクマップ（レベル 5）では、ハザード確率マップ（レベル 3’）が整備されている区間を対象に、リスクを算定して表示する。

・対象路線の目安 ：任意

(1) 広域図（縮尺目安 1:200,000 ～ 1:25,000 程度）

① 縮尺イメージ：管内図（1:200,000 程度）
（管内図相当の縮尺では表示困難な場合には、適宜、1:50,000～1:25,000 程度の区間図を併用）

② 表示内容：
レベル 3’のハザード発生確率に関する情報に加え、リスク情報（リスクカーブ）を表示する（リスクの算定方法については、次頁以降参照）。リスク情報の内容は以下のとおり。

- 総損失（下記 D_1 ～ D_2） によるリスクカーブ
- 人身損失（D_1） によるリスクカーブ（算定根拠［¥/人］を表示）
- 想定復旧費用（D_2） によるリスクカーブ
- 迂回損失（D_3） によるリスクカーブ
- 救急医療損失（D_4） によるリスクカーブ

③ 主な必要データ

- 交通量
- 到達規模･交通量から予測される被災者数
- 予測される復旧費用
- 復旧に要する時間
- 復旧期間の交通遮断により想定される迂回路
- 迂回路を利用した場合の時間増加と移動距離の増加
- 復旧期間の交通遮断により救急医療機関への移動経路が変化する人口
- 上記人口の通常時と交通遮断時の救急医療機関への移動時間

(2) 個所別図（縮尺目安 1:5,000 ～ 1:2,500 程度）

個別個所でのハザード発生確率が算定可能な場合には、ハザード確率マップ（レベル 3’）のハザード発生確率に加え、当該個所でのリスクカーブを表示する。

■リスクの算定方法

リスク算定方法の詳細は、「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（素案）」（平成14年3月）に整理されている。ここでは、概要を以下に示した。

前述（前頁）のように、リスクとして災害を捉えるには被害額の概念が必要である。災害（ハザード）の規模と起こり易さが同等でも、交通量 10,000［台/日］の道路で発生する被害と、交通量 100［台/日］の道路では発生する被害が異なる。この相違は、交通量が多いと、災害に巻き込まれる被災者数や災害復旧が完了するまでに移動手段を変更しなければならない道路利用者数が多く見込まれることによるものである。被害額を導入する目的は、両者を区別するためである。

平成10年度より始まった新道路技術五箇年計画では、リスクマネジメント技術が重点技術研究開発項目に指定された。これを受けて、独立行政法人土木研究所地盤研究グループにより、「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＜暫定版＞」（以下、マニュアルと記す）が編集され、道路災害被害額の算定手法が規定された。

この規定に従って、ハザードのリスクを評価するためには、災害発生確率や交通量等のデータを必要とするが、こうしたデータは、原単位等の算定根拠とともに、添付画面に表示することが望ましい。

リスクは、リスクカーブの面積として与えられる（後述）。従って、リスク評価を表示するには、リスクカーブをポップアップウィンドウなどで表示し、算定結果を添える。

(1) リスク算定項目

マニュアルでは、道路災害の被害額の近似値を、以下の項目により算定している。

① D_1 ：人身損失　　：被災者の被る人的損失と物的損失
② D_2 ：復旧費用　　：納税者の被る道路復旧費
③ D_3 ：迂回損失　　：交通遮断による経路変更により道路利用者が被る損失
④ D_4 ：救急医療損失 ：交通遮断により近隣住民が授かる公共サービス減少額

① D_1：人身損失

道路に到達した土砂・落石などに「車輌が埋没する」あるいは、「制動中に衝突する」ことで被災者が被る人的・物的損失を示す。マニュアルでは、被害の大きさで重み付けした換算被災者数と人間の生命の金額との積として算定する。人間の生命の金額は、「道路投資の評価に関する指針（案）」に準じているが、この評価には異論も多いため、マニュアルでは、海外の算定例を含め、他の算定例も表記されている。

② D_2：復旧費用

道路の復旧費用であり、納税者が負担する。マニュアルでは、積算により推定することが望ましいと記述したうえで、参考として、到達土量に対する回帰式を紹介している。

③ D_3：迂回損失

復旧費用の積算により求められる道路の復旧期間に、道路利用者は迂回をすると想定し、道路利用者の被る損失を、「時間的損失」と「走行距離に応じた経費の増加」を算定することで求めたもの。算定方法は、「道路投資の評価に関する指針（案）」に準じている。道路の市場的価値にあたる。

④ D_4：救急医療損失

道路の非市場的価値を評価しようと試みたもの。道路の非市場的価値のほとんどを、救急医療が受けられないで死亡するシナリオが占めると仮定して算定する。現在までの算定事例では、市場的価値に比べて小さい価値であり、厳密な算定の必要がない場合には、無視しうる大きさであると考えられている。

(2) リスクカーブ

リスクは、リスクカーブの面積として求められる。

リスクカーブは、縦軸を年超過確率、横軸を想定被害額でプロットするグラフである。前述の「縦軸が斜面崩壊率のフラジリティカーブ」が求められている場合には、縦軸には降雨量の年超過確率、横軸には、[その降雨量での斜面崩壊率]×[災害発生時の被害額]をプロットすることで作成が可能である。この場合、横軸は、その降雨量での災害被害額の期待値である。

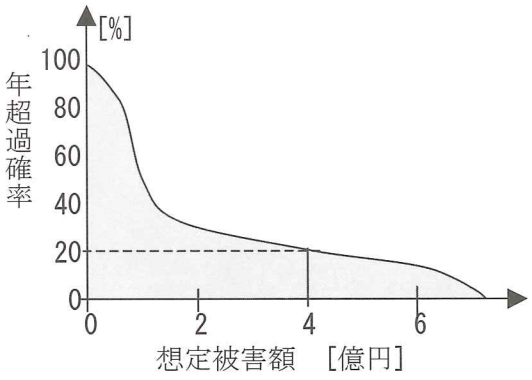


図 2-11 リスクカーブ

（白紙頁）

3. ハザードマップ必要範囲の選定

ハザードマップの整備には初期投資が必要なため、各種資料や地形・地質特性から道路防災管理の対象区間における地域特性を効果的に把握し、ハザードマップの整備優先区間を選定することが重要である。

3.1 地域特性の把握

3.1.1 資料収集

災害等の地域特性を把握し、危険個所の抽出ならびに道路管理を合理的かつ円滑に行うために、既往資料を収集する。収集対象資料としては、例えば、下記に示すものがある。

(1) 基図情報

・地形図（縮尺 1/25,000 程度及び 1/5,000～1/2,500 程度）

一般に、災害の影響が道路に及ぶと想定される路線周辺の谷から尾根までの範囲について整備する。

1/25,000 地形図は国土地理院発行のものを基本とする。1/5,000～1/2,500 程度の地形図については、道路管理者が作成した既存の地形図の他、1/5,000 森林基本図や 1/2,500 都市計画図等の活用、新たな測量による図、ならびにこれらの地形図の集成を基本とするが、これが困難な場合には、既存の地形図を拡大して用いる。

・道路台帳付図

(2) 地形・地質情報

・空中写真

縮尺 1/数千～1/15,000 程度で実体視できるもの。適当な縮尺のものがない場合や空中写真が古く路線状況が現在のそれと著しく異なる場合は新規に撮影することが望ましいが、これが困難な場合は国土地理院撮影等の空中写真を収集する。この他に、斜め空中写真も利用できる。

・DEM（数値標高データ）

既存の DEM として全国的に同一精度で整備されている国土地理院の 50mDEM が入手可能である。また、航空レーザ計測等で作成された 2～10mDEM が整備されている場合には、これを後述する詳細 DEM として利用する。

・地形・地質の既存文献や資料

日本地すべり学会や防災科学技術研究所等の作成した地すべり分布図、産業技術総合研究所（旧地質調査所）の各種地質図等を収集する。

(3) 被災履歴情報

・被災履歴記録

・防災対策工施工実績（平成 8 年度道路防災点検以降）

(4) 防災評価情報

・過去の防災点検資料

・防災カルテ及び日常点検資料

・砂防関係指定地位置図等

地すべり防止区域、地すべり危険個所、土石流危険渓流及び砂防指定地、急傾斜地崩壊危険区域、気象記録等で対象区間に該当するもの。

・国土地理院の道路災害対策調査（道路防災土地条件調査）付図

国道の一部区間（異常気象時通行規制区間等）では上記の図が作成されていることがある。

・国土交通省や都道府県で実施した土石流渓流調査資料及び地すべり調査資料

・設計・施工時における地質や構造物のデータ

設計・施工時のデータは、古い構造物については必ずしも残っていないことがあるが、防災評価の際に重要な情報となるので、できる限り収集・整理・保存しておく。

・モニタリングデータ

斜面のモニタリングを行っている場合は、変動状況などを把握する。

その他、必要に応じて災害調査報告書、委員会資料あるいは災害対策調査資料等を収集する。

3.1.2　資料整理

収集した資料に基づき、下記の事項について整理する。

(1) 被災履歴

把握し得る全ての被災履歴について、災害復旧申請資料、保留解除申請、災害査定資料、その他の資料に基づき、下記の情報を被災履歴記録表ならびに位置図に整理する。

このとき、平成 8 年度道路防災総点検時に整理した資料はできるだけ活用し、さらに他の資料があれば、これを追加する。

① 災害記録の基礎的情報（災害種別、位置及び範囲、発生年月日、誘因等）

② 被災状況に関する情報（被災規模、被災状況図、写真、通行止め実績等）

③ 対策工等に関する情報（対策年度、工種、工費）

(2) 平成 8 年度道路防災総点検結果、防災カルテ、その他既往点検・調査資料

これらから下記の情報を抽出し、既往点検結果等一覧表や位置図に整理する。

① 点検位置に関する情報（位置、所在地）

② 点検結果に関する情報（点検項目、ランク、特記事項等）

③ 通行規制等に関する情報（規制の有無、規制基準、迂回路の有無）

(3) 防災対策工施工内容

防災対策工の完成図等に基づき、防災対策工の施工位置、対策工図面、工種、施工事由について調べ、一覧表に整理する。

(4)　地形図及び空中写真

1/25,000 地形図には、(2) の情報や被災個所等を図示して既往点検個所マップとして機能させる。空中写真は、写真判読結果を図示してハザード評価の基礎資料として有効に活用する。

3.2 DEMを用いた地形解析による災害地形の抽出

3.2.1 既存DEMによる解析

災害地形の抽出は従来、アナログ的な手法で行われるのが一般的であったが、コンピュータ技術の発展により、数値地形データ（Digital Elevation Model, 以下DEMという）を利用した地形解析が有効な手段として利用可能である。

日本国内の数値地図50mメッシュ（標高）は、1:25,000地形図をもとに国土地理院から平成9年に日本-Ⅱと日本-Ⅲが発行され、平成13年5月に日本-Ⅰが発行された。これにより、日本国内の50mDEM（サンプリング間隔　南北方向：1.5秒、東西方向：2.25秒）が全て揃っている。また、一部では10mDEMも市販されている。

現状では、国内の主要道路における危険個所で、コンピュータによる地形解析が可能な高精度のDEMが整備されている個所は希であり、ほとんどの地区は、この50mDEMを使用して地形解析を行わざるをえない。従って、この項では50mDEMを用いた急斜面等の災害地形を抽出する手法について述べる。

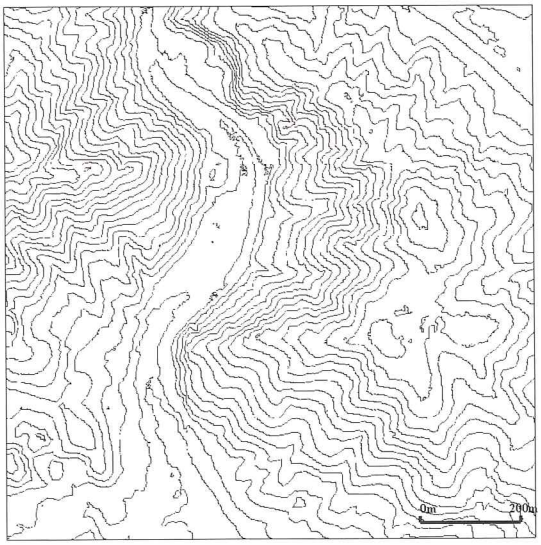


図3-1　2mDEMによる等高線図

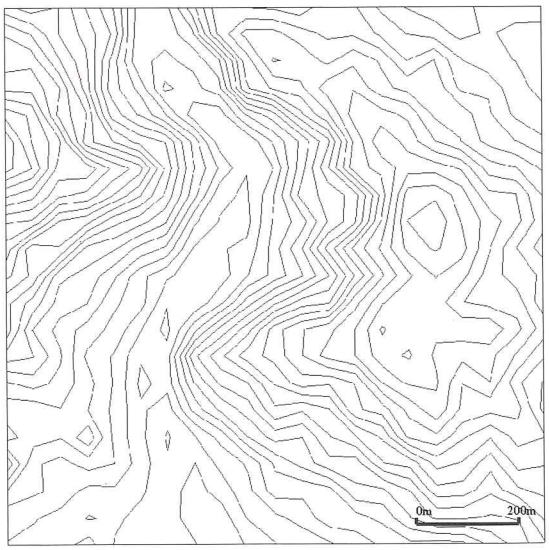


図3-2 2mDEMから作成した50mDEMの等高線図

（等高線間隔はいずれも10m、作図範囲は1km×1km）

図3-1は航空レーザ計測により作成した2mDEMの等高線図であり、図3-2は2mDEMからデータを間引いて作成した50mDEMの等高線図である。これらの図を比較すれば明らかなように、50mDEMは、サンプリング間隔が約50mと粗いため50mより小さい規模の地形情報を表現し判読することは困難であり、2mDEMに比べて判読できる地形情報は著しく少ない。このような50mDEMを用いた地形解析結果から危険斜面の自動抽出を行う手法について、以下の項目に従って、説明する。

1) 50mDEMを格子ー格子変換プログラムを使用して10mDEMに変換する。
2) 10mDEMを用いて起伏量図を作成する。
3) 勾配図を作成する。

4) 道路及び河川を書き込む。

5) 起伏量分布図及び勾配分布図において道路近傍の危険斜面を抽出する。

6) 図幅周縁部の危険斜面を別途の処理により抽出する。

図 3-3 に起伏量分布図、図 3-4 に勾配分布図を示す。

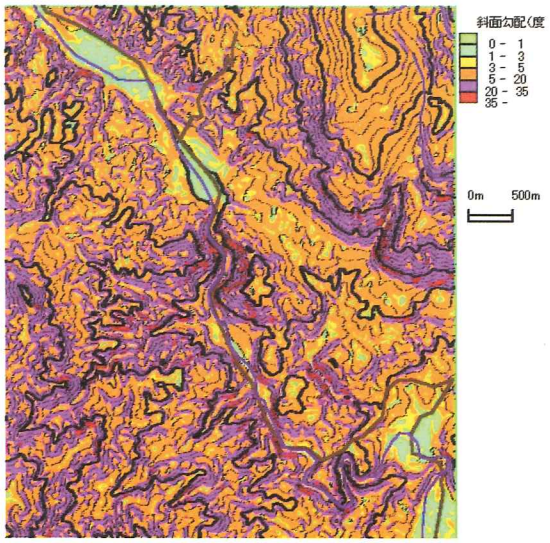


図 3-3 起伏量分布図

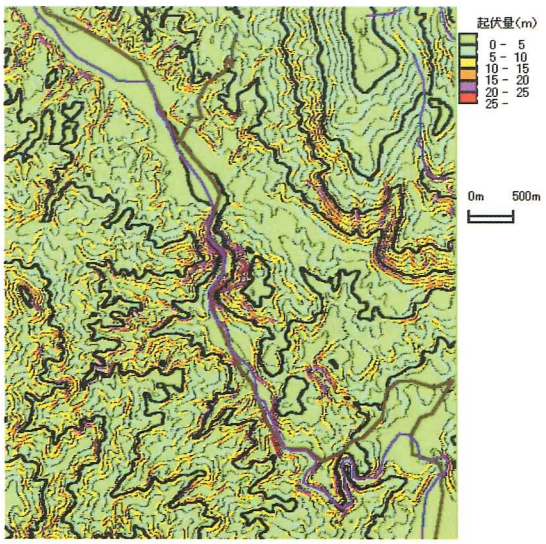


図 3-4 勾配分布図

以下に処理手順を順次解説する。

(1) 50mDEM から 10mDEM への変換（格子ー格子変換法）

50mDEM の格子から 10mDEM への変換は、国土地理院監修、(財) 日本地図センター編集・発行「数値地図ユーザーガイド（第 2 版補訂版）[1)]」で公開されている「標高データを再配列するプログラムの例」(pp. 68-70) を使用するか、この手法と同等の機能を持つ手法により行う。

(2) 起伏量図の作成

起伏量図は、10mDEM を使用して図 3-5 に示す 9 点を用い、9 点の最大標高差値を中心点 (I, j) 点の値として作成する。

(3) 勾配図（傾斜分布図）の作成

勾配は、図 3-5 に示す 9 点を用い、日本測地系 XY 座標から求めたサンプリング間隔を東西方向 (dy) と南北方向 (dx) に分けて次式により計算する。

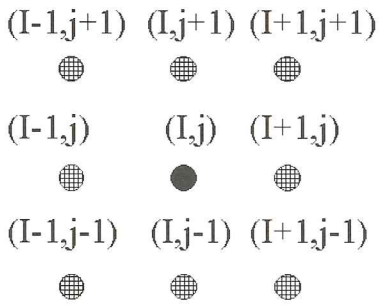


図 3-5 格子点の配列

$$s = \tan^{-1}\sqrt{\left(\frac{dz}{dx}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dy}\right)^2} \qquad (3.1\text{ 式})$$

ただし、

$$\frac{dz}{dx}=\frac{1}{6dx}\left\{\left(Z_{i-1,j+1}-Z_{i-1,j-1}\right)+\left(Z_{i,j+1}-Z_{i,j-1}\right)+\left(Z_{i+1,j+1}-Z_{i+1,j-1}\right)\right\} \qquad (3.2\text{ 式})$$

$$\frac{dz}{dy}=\frac{1}{6dy}\left\{\left(Z_{i+1,j-1}-Z_{i-1,j-1}\right)+\left(Z_{i+1,j}-Z_{i-1,j}\right)+\left(Z_{i+1,j+1}-Z_{i-1,j+1}\right)\right\} \qquad (3.3\text{ 式})$$

求めた勾配は、図 3-6 等を参考にして で地形区分を行う。

(4) 道路及び河川の記入

国土交通省のインターネットホームページ (http://www.nla.go.jp/ksj/) で公開されている国土数値情報から河川及び道路のファイルをダウンロードし、起伏量図及び勾配図に記載する。

(5) 危険斜面の抽出

道路から尾根線までの範囲にある傾斜角 30 度以上の個所または起伏量 25m 以上の個所を抽出し、危険斜面とする。

(6) 周辺部の処理

この手法による危険斜面自動抽出では周辺部の解析ができない。危険斜面が当該図面の端または 2 枚の図面にかかる場合には当該の図面を結合した後にこれらの処理を行う。

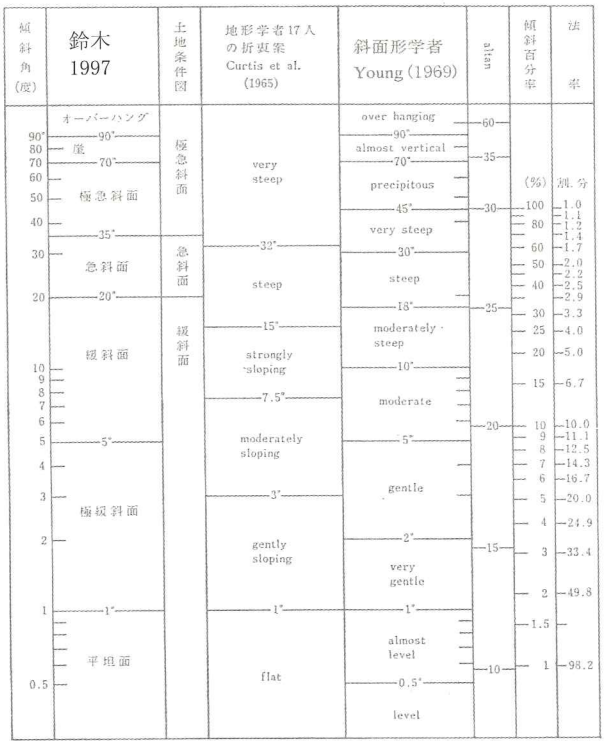


図 3-6 傾斜角による地形（鈴木, 1997）[2)]

図 3-7 に起伏量分布図で表現した危険斜面分布図を、図 3-8 に勾配分布図で表現した危険斜面分布図を示す。このように自動抽出された危険斜面の位置情報によって空中写真判読対象の漏れをチェックすることが可能となる場合がある。

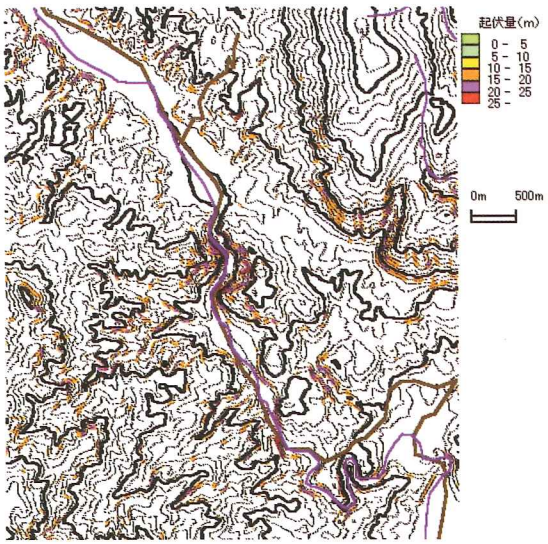


図 3-7 起伏量図から抽出した危険区域

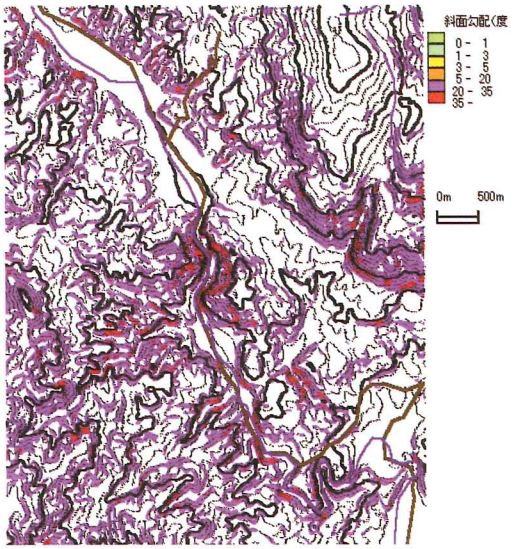


図 3-8 勾配図から抽出した危険区域

3.2.2 詳細 DEM による解析

ここ数年来、航空レーザ計測などにより 1～5m メッシュ程度（基図縮尺 1：2,500～1:1,000 程度）の詳細な DEM データ（以下詳細 DEM と呼ぶ）が取得される機会が増えてきた。前項では、既存の 50mDEM を用いて概略の危険個所を求め空中写真判読範囲の絞り込みを行う手法を示したが、詳細 DEM があればより精度の良い地形解析が可能となり、面的な危険度評価が可能になるとともに、空中写真判読や現地踏査等の調査を行う際、見落としを防ぐための補助資料として活用することができる。

ここでは、詳細 DEM を活用した災害地形の解析方法について述べる。

(1) 地形量の重ね合わせによる相対的な評価（簡易評価）

道路斜面を対象とした場合の災害地形の単位は、既存の 50mDEM では表現しきれない、10m 程度以下のスケールであることが多い。

簡易評価は、詳細 DEM を用いて流域界等を抽出し、対象地区の地形単元区分を行った後、傾斜、沢地形からの比高、尾根幅など DEM から算出可能な地形量を用いて相対的な危険度評価を行うもので、具体的な手法は 3.2.1 節（50mDEM を用いた解析）とほぼ同様である。詳細な DEM を用いるため、50mDEM で把握できなかった渓流や崩壊地形、土砂の堆積範囲なども判読することが可能で、空中写真判読等の補助資料としても用いることができる。

DEM から抽出可能な地形量の例を表 3-1（p. 38-41）に示す。また、航空レーザ計測による詳細 DEM を用いた立体地形表現図の例を図 3-9 に示す。

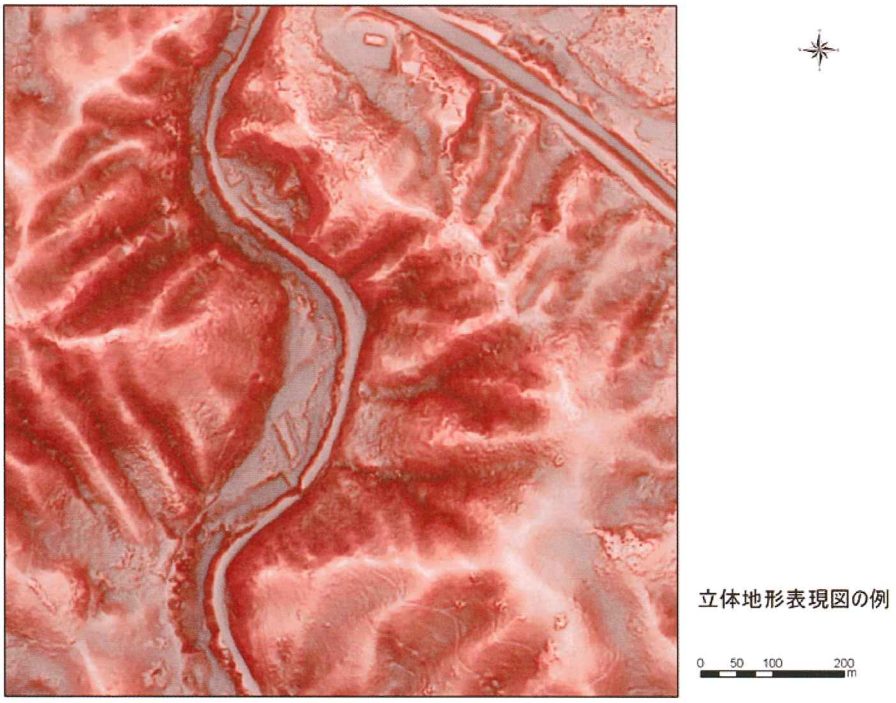


図 3-9　航空レーザ計測による詳細 DEM を用いた立体地形表現図の例

(2) 教師データを用いた面的な危険度評価（フラジリティ解析）

道路周辺の斜面崩壊のリスクを面的・定量的に評価する手法として、GIS を用いたフラジリティ解析が考えられる。ここで「フラジリティ」とは斜面の崩壊率を表し、複数の斜面のうち、雨など一定の大きさの外力に対して崩壊する可能性のある斜面の割合を言う。

この手法の一例として、DEM から算出した地形要素をもとに、既往豪雨災害時の斜面崩壊を教師データとして危険度評価を行い、その結果をフラジリティマップとして表示した例を図 3-10 に示す。

ここでは、各メッシュの地形量（傾斜・起伏・ラプラシアン）を説明変数、崩壊の有無を目的変数とした多変量解析を行い、得られた式をメッシュに代入して得られた面的な崩壊発生率予測値を GIS 上で色分けしフラジリティマップとする。また、降雨量の異なる小エリア毎にこれらの解析を行って、誘因としての雨に応じたフラジリティカーブを算出する。

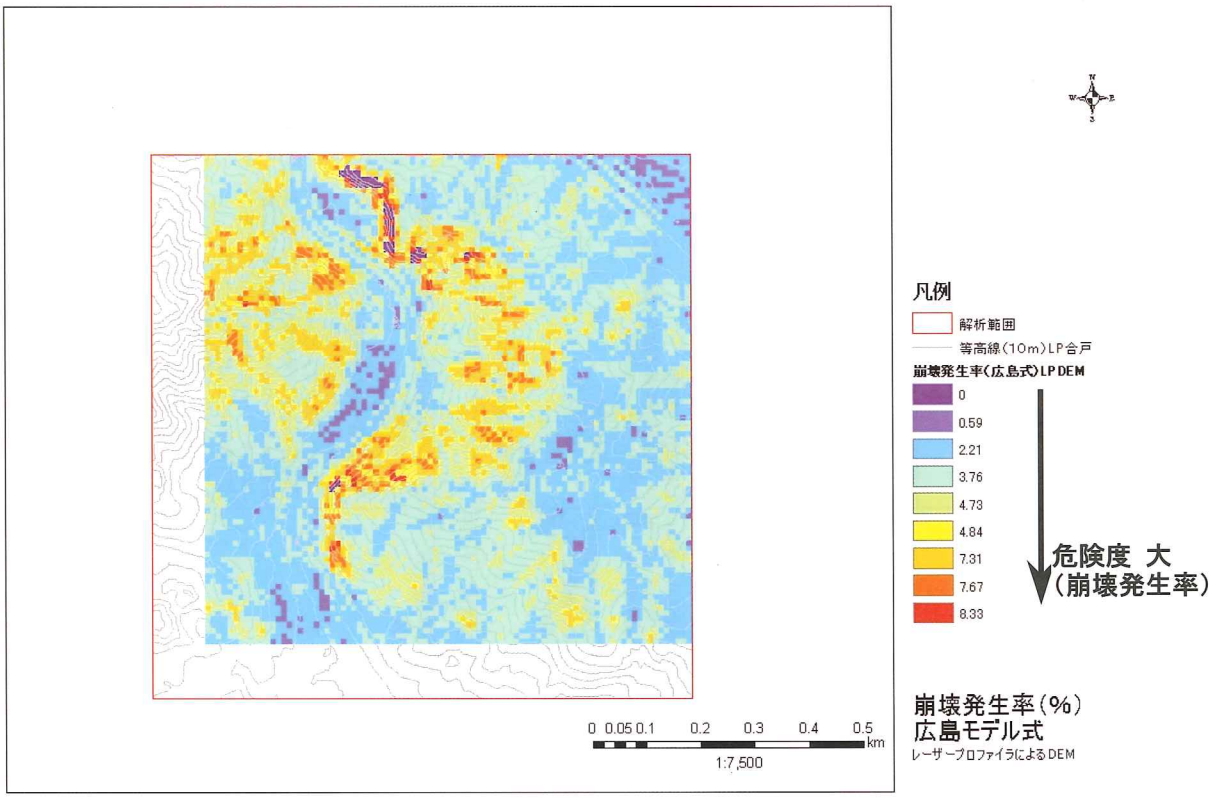


図 3-10　フラジリティマップのイメージ

フラジリティマップは、視覚的に危険個所が把握可能であり、かつレベル 2 やレベル 3 の単元斜面別危険度評価への活用が考えられる。現段階では、地域毎に地質や地形の特性が異なるため、教師データとなる既存崩壊の情報が解析の都度必要であるが、将来的にはこれらの情報をデータベース化し、各地域特性に応じた評価式の蓄積が望まれる。

表 3-1（1）　DEM を用いた解析により得られる地形量一覧（1/4）

	名称	内容	計算方法	表現できること	文献	備考
1	傾斜量図	ある地域を一定面積の区画分割し、各区画内の標高データに対して一次微分空間フィルター処理を行った結果				
2	接峰面図（切峰面図）	ある地域を一定面積の区画に分割し、各区画内における最高点に接するように仮想した曲面	7×7メッシュの窓領域を設定し、その中の最高標高値を中心点の接峰面高度とする	接峰面－現地表面＝現在までの侵食量の近似値⇒開析量	中山(1998)DEMを用いた地形計測による山地の流域分類の試み，地理学評論，71A-3，pp.169-186	
3	接谷面図（切谷面図）	接峰面図と同様な手法により、一定区画内における最も標高の低い点を選んで作成した等高線図	7×7メッシュの窓領域を設定し、その中の最低標高値を中心点の接谷面高度とする	現地表面－接峰面＝最終的な侵食量の近似値⇒未開析量	中山(1998)DEMを用いた地形計測による山地の流域分類の試み，地理学評論，71A-3，pp.169-186	
4	開折度図	地形原面が侵食によって破壊された度合いを表す数値。 現在におけるある高度の等高線長さと、原地形における等高線長さとの差を、その等高線に囲まれる面積Sで除して単位面積での値として示した数値（田山利三郎の方法）	実際的方法としては、開折された谷を200m,400m,600m,……の長さの谷幅で埋め、それぞれの場合における等高線の長さ、Σ1,Σ2, Σ3,……を測定。原地形における等高線との単位面積あたりの差を求めて図表をつくり、その減少形式で比較。			
5	起伏量図	起伏量を単位面積内における最高点と最低点との高度差とした場合には、一定の大きさの区画内での最高点と最低点との高度差をとって起伏量図を描く方眼法 各区画中の最高点を中心として描く区画面積と等しい面積の円を描き、円周上の最低点と中心の最高点とから最大起伏量を求めてつくる円周法 など	①接峰面－接谷面 ②一定面積内の最高地点と最低地点の差 （例）3×3メッシュの例 a b c d e f g h i 起伏量(e) ＝MAX(a,b,c,d,e,f,g,h,i)－MIN(a,b,c,d,e,f,g,h,i)		①中山(1998)DEMを用いた地形計測による山地の流域分類の試み，地理学評論，71A-3，pp.169-186	
6	尾根線図	地形図から尾根線部分だけを抜き出し、その平面的な分布状態を表した図				
7	水系図（河系図，谷線図）	地形図から水系部分（谷部）だけを抜き出し、その平面的な分布状態を表した図	Arc View3+Spatial Analystの標準処理 ① Sinkの除去 コマンド：Fillリクエスト 戻り値：各セルの標高値（Sink除去済み） ② Flow Direction（流向）の計算 コマンド：Flow Directionリクエスト 戻り値：各セルの最急傾斜方向（8方位、東=1） ③ Flow Accumulation（累積流量）の計算 コマンド：Flow Accumulationリクエスト 戻り値：各セルに流入するセルの数 ④ 水系ネットワークの定義 一定数以上のセルが流れ込むセルを水系ネットワークの一部とする（しきい値任意）。 コマンド：Conリクエスト 戻り値：水系ネットワーク（ラインテーマ） 閾値　：流入セル数 ⑤ Watershed（流域界）の計算 コマンド：Watershedリクエスト 閾値　：流入セル数（前述） 戻り値：Grid Code	流路の次数、流域面積、流域出口からの距離など		
8	落水線図	降雨時に山岳のどの部分を通って水が流れ落ちるかを表した図であり、最大傾斜のベクトル方位を示す	洪水DEM（凹陥地を埋め、平坦地に乱数で波を立てながら勾配を与えた修正DEM）→最大勾配方向の探査		日本地形学連合(1998)DEMデータ処理技術講習会　テキスト	

表 3-1（2）　DEM を用いた解析により得られる地形量一覧（2/4）

	名称	内容	計算方法	表現できること	文献	備考
9	傾斜度(勾配)図	ある地域を一定の面積に区画し、各区画内の標高点を偏微分して求めた仮想斜面の最大傾斜角度を表した図	①4方位の最大傾斜角 3×3メッシュ内を以下の様に計算 a b c d e f g h i A＝｜(b－h)／(2×メッシュサイズ)｜ B＝｜(d－f)／(2×メッシュサイズ)｜ C＝｜(a－i)／(2√2×メッシュサイズ)｜ D＝｜(c－g)／(2√2×メッシュサイズ)｜ 最大傾斜角(e)＝MAX(A,B,C,D)			
			②8方位の最大傾斜角 3×3メッシュ内を以下の様に計算 a b c d e f g h i A＝｜(a－e)／(√2×メッシュサイズ)｜ B＝｜(b－e)／メッシュサイズ｜ C＝｜(c－e)／(√2×メッシュサイズ)｜ D＝｜(d－e)／メッシュサイズ｜ E＝｜(f－e)／メッシュサイズ｜ F＝｜(g－e)／(√2×メッシュサイズ)｜ G＝｜(h－e)／メッシュサイズ｜ H＝｜(i－e)／(√2×メッシュサイズ)｜ 最大傾斜角(e)＝MAX(A,B,C,D,E,F,G,H)			
			③縦横列の平均傾斜角(ERDAS imagine内の標準処理)※ArcViewも同じ 3×3メッシュ内を以下の様に計算 a b c d e f g h i Δx1＝c－a、Δx2＝f－d、Δx3＝i－g Δy1＝a－g、Δy2＝b－h、Δy3＝c－i Δx＝(Δx1＋Δx2＋Δx3)／(3×メッシュサイズ) Δy＝(Δy1＋Δy2＋Δy3)／(3×メッシュサイズ) 平均傾斜角(e)＝$\frac{\sqrt{(\Delta x)^2+(\Delta y)^2}}{2}$			
10	斜面方位図(斜向図)	ある地域を一定の面積に区画し、各区画内の標高点から偏微分により求めた仮想斜面のベクトル方位を表した図	3×3メッシュ内の平均傾斜方位の算出 a b c d e f g h i Δx1＝c－a、Δx2＝f－d、Δx3＝i－g Δy1＝a－g、Δy2＝b－h、Δy3＝c－i Δx＝(Δx1＋Δx2＋Δx3)／3 Δy＝(Δy1＋Δy2＋Δy3)／3 平均傾斜方位(e)＝$\tan^{-1}\left(\frac{\Delta x}{\Delta y}\right)$			

表 3-1（3）　DEM を用いた解析により得られる地形量一覧（3/4）

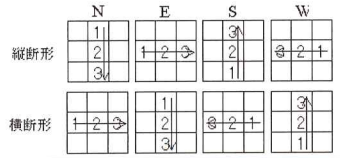
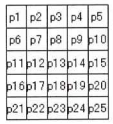
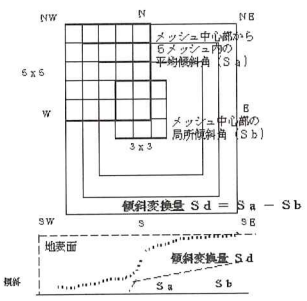
	名称	内容	計算方法	表現できること	文献	備考
11	陰影図	光線ベクトルと斜面の法線ベクトルのなす角を計算する	$I\lambda = \pi F\lambda \frac{A\lambda}{\pi} \cos i \bullet \exp\left(-1+\frac{1}{\cos\vartheta}\right)^{\tau\lambda}$ s　：光源方向を示す単位ベクトル n　：斜面に垂直な単位ベクトル d　：視線方向を示す単位ベクトル θ　：光源の入射角 cosi=n・s I_λ　：分光放射輝度 A_λ　：分光反射率 F_λ, τ_λ：光学的パラメータ	断層の検出、地形分類 等	日本地形学連合(1998)DEMデータ処理技術講習会　テキスト 高木・村井(1994)DTM及び衛星データを用いた地すべり危険地域の抽出, 地すべり, Vol.31, No.4, pp.28-35	
12	ヒプソグラフ（面積高度曲線）	一定範囲内の地域で、任意の標高以上（または以下）の面積がどれくらいあるのかを示す高度と面積との関係を示すグラフ。面積–高度曲線（area-altitude curve）、ヒプソグラフ曲線(hypsographic curve)ともいう。	地形図上で相異なる等高線間の帯状面積を地域内に含まれるすべての等高線高度について測定し、縦軸に等高線高度、横軸に各高度階級ごとの面積をとって座標点を結ぶ。	この曲線と座標軸とに囲まれた部分の面積は平均高度と測定地域の全面積との積を示し、高度分布を知るのに役立つ。 この曲線は開折の進んでいない若い流域では上に凸であるが、壮年的に開折されて平衡状態にある流域では逆S字形となり、老年期の残丘がみられるような流域では凹状となる。		
13	単位面積の平均・分散等の統計情報	平均値	5×5メッシュの窓を1ピクセルまたは5ピクセルずつ動かしながら、統計量を書き出す。	1ピクセルずつ動かした場合平滑化、5ピクセルずつの場合解像度を小さくする効果がある	日本地形学連合(1998)DEMデータ処理技術講習会　テキスト	
		最大値				
		最小値				
		標準偏差				
		分散				
		エネルギー（確率密度関数の2乗和）				
		エントロピー（標高と確率密度の積の総和）				
		スキューネス（平均からの偏り量）				
14	地上開度、地下開度	地上開度：各要素に対し、その要素から8方向に探索して、考慮距離内で最大傾斜角を求める。8方向それぞれの最大傾斜角の平均を、天頂からの角度で表す。	φ＝90 – Σψmax / 8 φ：要素の地上開度 ψmax　：8方向の各方位への最大傾斜角 （考慮範囲内）	地すべり地形抽出（傾斜変換線） 等	横山隆三・白沢道生・菊地祐(1999) 開度による地形特徴の表示, 写真測量とリモートセンシング, vo.38, no.4, 26-34.	
15	凸斜面率	窓の25個点中ラプラシアンが負である割合			野上道男(1995)：細密DEMの紹介と流域地形計測, 地理学評論、68A, 465－474	
16	縦断形状、横断形状	3＊3メッシュの斜面方位と傾斜から縦断方向・横断方向8方位区分毎の凹凸を計算			高山ほか(1999)地震及び地震後降雨による斜面崩壊の発生に関わる要因の検討, 第38回地すべり学会研究発表会講演集, pp.519-522	
17	凹凸度	5×5メッシュを利用して東西南北4方位の凹凸度を計算	 p13に対する計算は以下のとおり N　＝p７＋p９－p６－p10 E　＝p９＋p19－p４－p24 S　＝p17＋p19－p16－p20 W　＝p７＋p17－p２－p22 凹凸度＝（N＋E＋S＋W）/４		高山ほか(1999)地震及び地震後降雨による斜面崩壊の発生に関わる要因の検討, 第38回地すべり学会研究発表会講演集, pp.519-522	

表 3-1（4）　DEM を用いた解析により得られる地形量一覧（4/4）

	名称	内容	計算方法	表現できること	文献	備考
18	フィルタリング 差分フィルタ	Sobelフィルタ(1次微分)	3×3メッシュ内を以下の様に計算 ①水平方向微分 a b c / d e f / g h i　　-1 0 1 / -2 0 2 / -1 0 1 ②垂直方向微分 a b c / d e f / g h i　　-1 -2 -1 / 0 0 0 / 1 2 1	エッジ強調		
		ラプラシアン(2次微分)	3×3メッシュ内を以下の様に計算(8近傍の場合) ①尾根地形を検出 a b c / d e f / g h i　　1 1 1 / 1 -8 1 / 1 1 1 ラプラシアン(e)＝8e－(a＋b＋c＋d＋f＋g＋h＋i) ②谷地形を検出 a b c / d e f / g h i　　1 1 1 / 1 8 1 / 1 1 1 ラプラシアン(e)＝(a＋b＋c＋d＋f＋g＋h＋i)8－8e	エッジ強調 →凸部(尾根地形)、凹部(谷地形)の分布	日本地形学連合(1998)DEMデータ処理技術講習会　テキスト	
	平滑化フィルタ	線形平滑化フィルタ その他、最小値フィルタ 最大値フィルタ 中央値(メディアン)フィルタ など	3×3メッシュ内を以下の様に計算 ①平滑化フィルタ1 a b c / d e f / g h i　　1 1 1 / 1 1 1 / 1 1 1　×1/9 ②平滑化フィルタ2 a b c / d e f / g h i　　1 1 1 / 1 2 1 / 1 1 1　×1/10	メディアンフィルタ→尾根・谷の分布 など	岩橋(1994)数値地形モデルを用いた地形分類手法の開発，京都大学防災研究所報，第37号B-1，pp.141-155	
		2次元フーリエ変換		卓越波長の検出	日本地形学連合(1998)DEMデータ処理技術講習会　テキスト	
19	傾斜変換線	2点間における最大傾斜方向の平均傾斜角と局所傾斜角の差分より傾斜変化量を算出			諏訪部ほか(1997)DEMを用いた地すべり地形解析，第36回地すべり学会研究発表会講演集	
	細線化			尾根や滑落崖の抽出など		
	Hough変換					

3.3　空中写真による災害地形の判読

3.1節で収集、編集した基図（1/5,000～1/2,500程度）と空中写真や斜め写真を利用し、地形図判読・空中写真判読から斜面災害に関連する情報を抽出して、災害地形等の判読図を作成する（図3-12参照）。これをもとに専門技術者の判断に基づいて、道路に影響を与えそうな個所を抽出する。

判読すべき主な情報を図3-11に示す。また、空中写真判読の際に参考となる図書[3)][4)]を章末に示す。

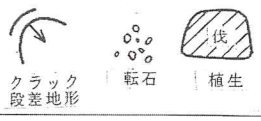
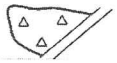
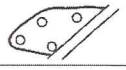
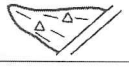
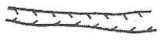
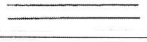
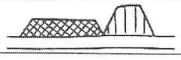
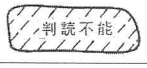
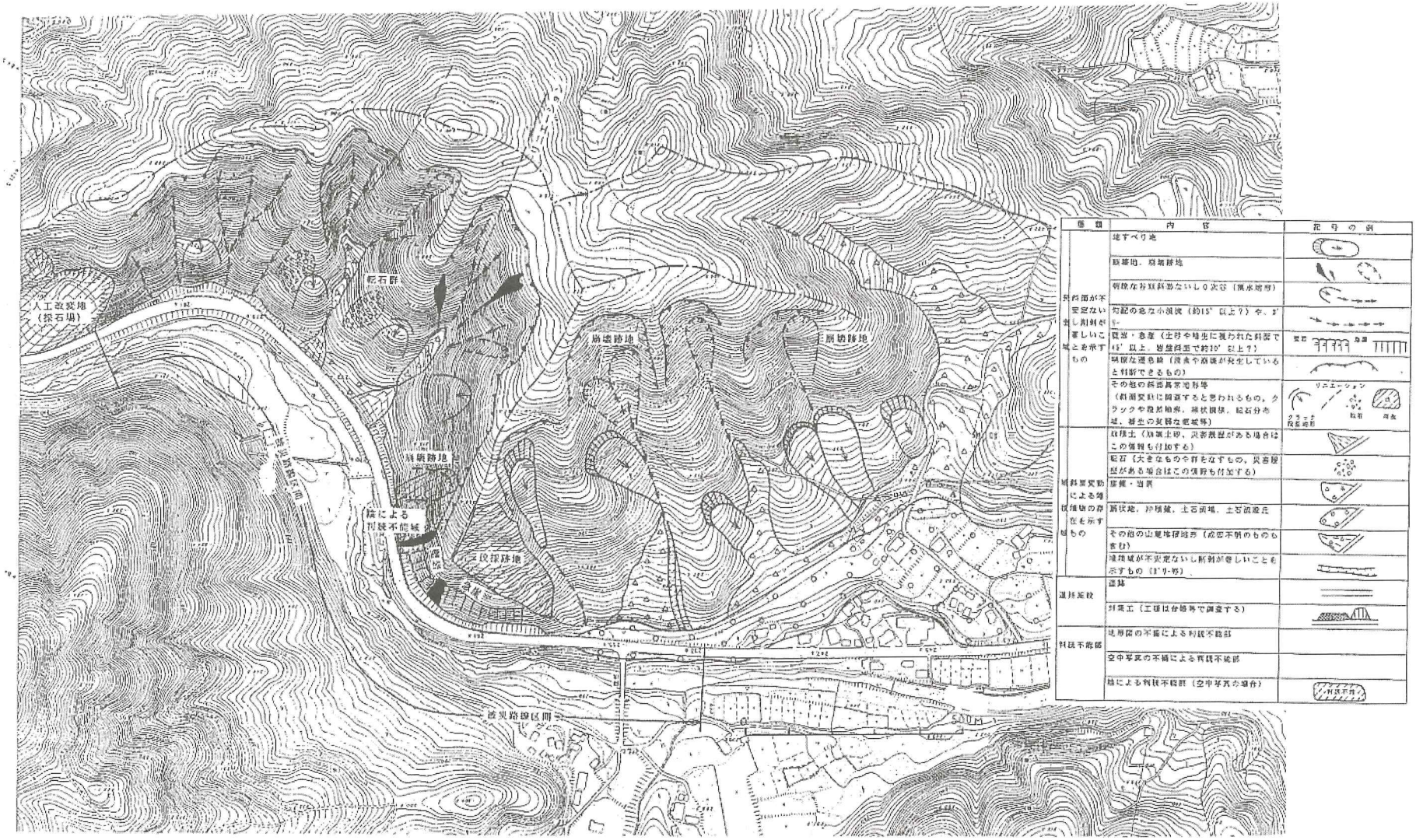
種類		内容	記号の例
発生域	斜面が不安定ないし削剥が著しいことを示すもの	地すべり地	
		崩壊地、崩壊跡地	
		明瞭な谷頭斜面ないし0次谷（集水地形）	
		勾配の急な小渓流（10°～15°以上）や、ガリー	
		壁岩・急崖（土砂や植生に覆われた斜面で30°～45°以上、岩盤斜面で60°～70°以上）	
		明瞭な遷急線（浸食や崩壊が発生していると判断できるもの）	
		その他の斜面異常地形等 （斜面変動に関連すると思われるもの。クラックや段差地形、転石分布域、植生の貧弱な領域等）	
堆積域	斜面変動による堆積物の存在を示すもの	崩積土（崩壊土砂。災害履歴がある場合はこの情報も付加する）	
		転石（大きなものや群をなすもの。災害履歴がある場合はこの情報も付加する）	
		崖錐・岩屑	
		扇状地、沖積錐、土石流堆、土石流段丘	
		その他の山麓堆積地形（成因不明のものも含む）	
		堆積域が不安定ないし削剥が著しいことを示すもの（ガリー等）	
道路施設		道路	
		対策工（工種は台帳等で調査する）	
判読不能部		地形図の不備による判読不能部	
		空中写真の不備による判読不能部	
		陰による判読不能部（空中写真の場合）	

図3-11　判読すべき主な情報



種類		内容	記号の例
斜面が不安定ないし荒廃が著しいことを示すもの		地すべり地	
		崩壊地，崩壊跡地	
		特徴的な谷頭斜面ないしの凹地（湿水地形）	
		判読の困難な小規模（約15°以上？）や、ガリー	
		国道・急崖（土砂や植生に覆われた斜面で45°以上，岩盤斜面で約10°以上？）	急崖 落石
		特徴的な遷急線（侵食や崩壊が発生していると判断できるもの）	
		その他の斜面異常地形等 （斜面変動に関連すると思われるもの，クラックや段差地形，特徴的な，植生の変化な範囲等）	リニエーション 崩壊地形 転石 湧水
斜面変動による地形地物の存在を示すもの		崩積土（人為土砂，災害堆積がある場合はこの情報も付加する）	
		転石（大きなもの今群をなすもの，災害履歴がある場合はこの情報も付加する）	
		崖錐・崖錐	
		断層地，地すべり，土石流地，土石流堆積	
		その他の山麓地形地形（成因不明のものも含む）	
		地形域が不安定ないし荒廃が著しいことを示すもの（リニエーション）	
道路施設		道路	
		斜面工（工種は台帳等で調査する）	
判読不能部		地形図の不備による判読不能部	
		空中写真の不備による判読不能部	
		崖による判読不能部（空中写真の場合）	判読不能

図 3-12　空中写真による災害地形判読の例

3.4　斜面単元区分とハザードマップ作成範囲の選定

3.2節で作成したDEM解析による災害地形の抽出データと3.3節で作成した災害地形判読図をもとに、災害発生危険個所を想定したのち、必要に応じて現地調査を実施し、想定災害危険個所の地形・地質情報と道路の位置関係について把握する。さらに、斜面形状や想定される災害の種類・規模・分布位置と道路防護施設を考慮して斜面を適切な単元に区分し、基図に図示する（図3-14参照）。

想定災害危険個所とは、不安定性の高い発生域だけでなく、土砂等の想定流下経路及び想定堆積域を含むものである。災害危険個所の想定にあたっては、特に次の点に注意する。

① 平成8年度道路防災点検の要対策個所及び防災カルテにより対応している個所。
② 過去に道路災害が発生したことのある個所や道路パトロールにより落石や土砂流出が確認されたことのある個所。
③ 上記①や②の個所に類似した条件を持つ個所。
④ 災害に結びつきやすい図3-13や図3-14のような地形が道路に近接する個所。
⑤ 災害地形が道路に近接していなくても道路への影響が想定される個所(図3-13参照)。

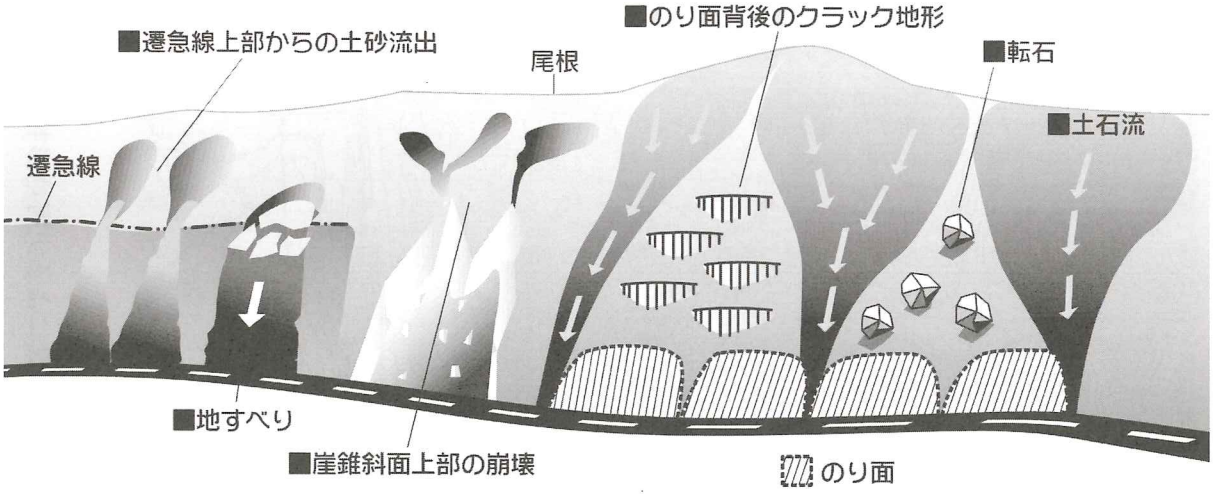
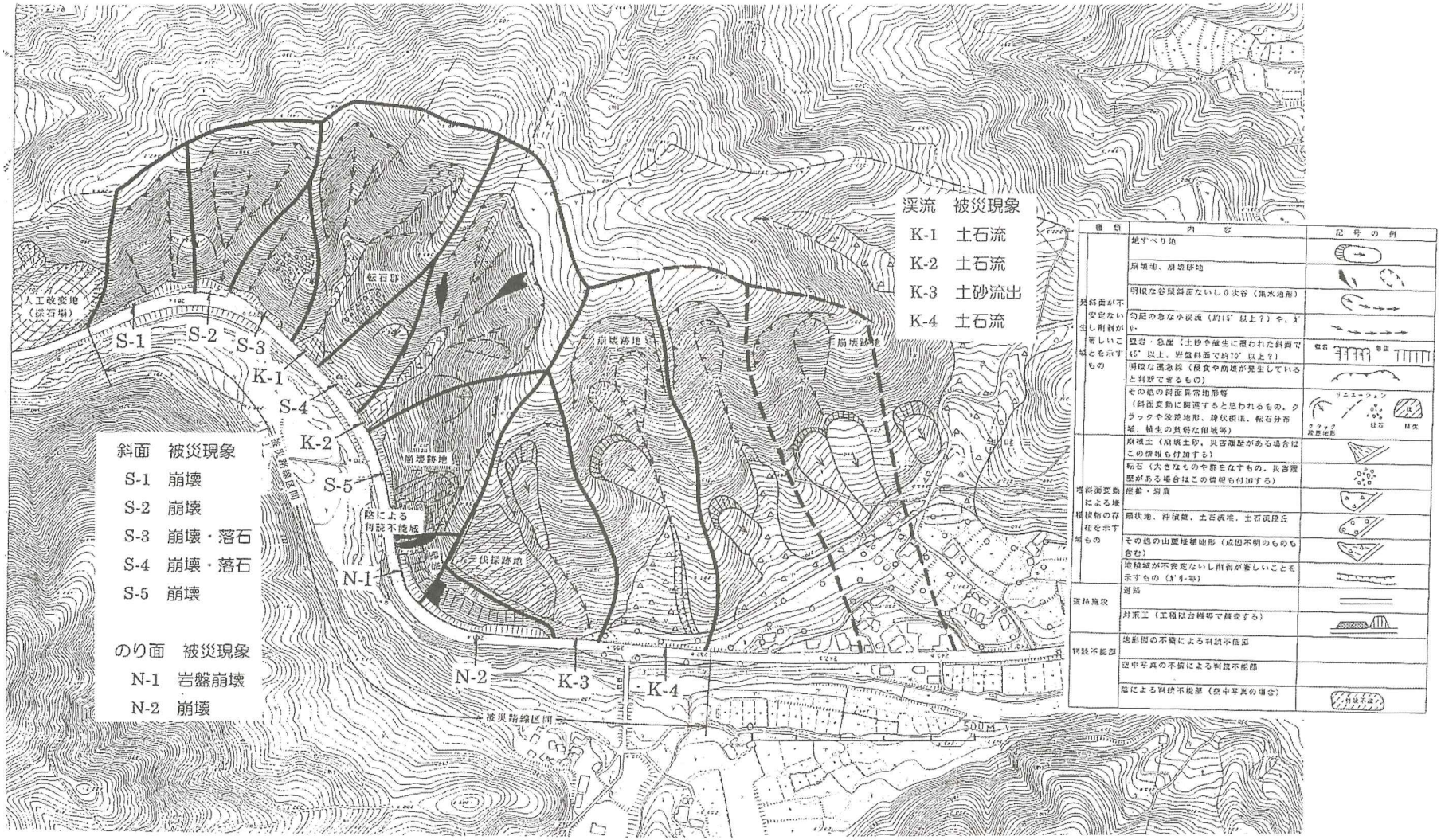


図3-13　道路上部の災害地形（現象）が道路へ影響を与えると想定される個所

以上の手順を踏めば、おのずから災害危険個所が抽出されて、ハザードマップ必要個所が選定されるが、選定作業を進めるうえでは、想定される災害種別や発生個所を整理し、3.3節で作成した災害地形判読図上や別の地形図に図示しておく（図3-14参照）ことが大切である。これらの資料による想定災害発生危険個所に今後の道路整備計画等の行政判断を加えて、ハザードマップ作成範囲を選定する。


斜面　被災現象
S-1　崩壊
S-2　崩壊
S-3　崩壊・落石
S-4　崩壊・落石
S-5　崩壊
のり面　被災現象
N-1　岩盤崩壊
N-2　崩壊
渓流　被災現象
K-1　土石流
K-2　土石流
K-3　土砂流出
K-4　土石流
人工改変地（採石場）
転石群
崩壊跡地
崩壊跡地
崩壊跡地
谷埋め盛土
谷埋め盛土
谷埋め盛土

＜参考文献：3章　ハザードマップ必要範囲の選定＞

1）国土交通省国土地理院監修，（財）日本地図センター編集・発行，：数値地図ユーザーズガイド（第2版補訂版），1998.

2）鈴木隆介：建設技術者のための地形図読図入門　第1巻読図の基礎，古今書院，1997.

3）建設省国土地理院編：航空写真による崩壊調査法，1975.

4）日本測量調査技術会編：空中写真による地すべり調査の実際，1984.

4. 危険度評価

4.1 分類と評価レベル

4.1.1 対象とする災害形態

対象とする災害形態は、道路交通に支障を及ぼす各種災害要因のうち、特に自然地盤の災害である崩壊（のり面崩壊・自然斜面崩壊）、岩石崩壊、落石、土石流、地すべり及び人工地盤である盛土本体の災害とする（図 4-1-1）。

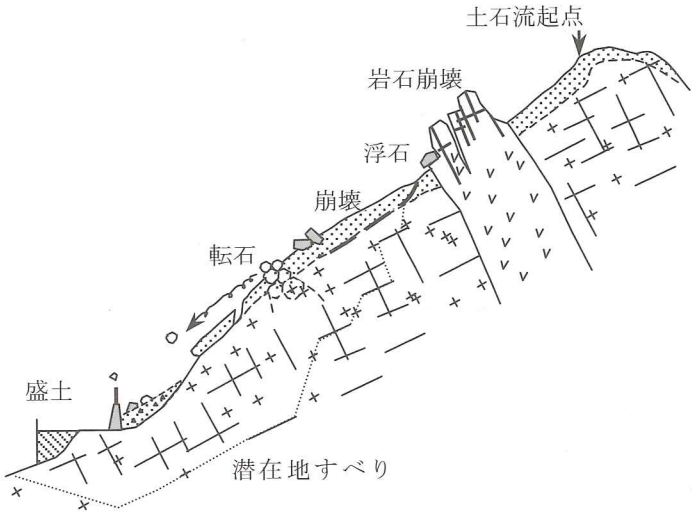


図 4-1-1　災害形態のイメージ

これらの災害形態の発生しやすい個所は、表 4-1-1 に示すように、主として「H8 点検」に習うこととする。なお、「H8 点検」の要領[1)] でも言及しているように、表中の範囲外でも明らかに災害要因が認められる場合は評価対象に含める。

表 4-1-1　各災害形態の発生しやすい条件の例（「H8 点検」要領[1)] を参考）

評価対象とする災害形態		発生しやすい条件の例
崩壊		高さ 15m 以上ののり面・自然斜面 勾配 45 度以上の自然斜面
岩石崩壊		岩盤が露出した高さ 15m 以上ののり面・斜面
落石	浮石型	母岩の亀裂に囲まれ、一部のみ密着している岩塊（図－4-1-2）
	転石型	母岩から完全分離し、表土中に埋まった状態の円礫～角礫（図－4-1-2）
土石流		道路を横断して流下する渓流で、かつ下記の条件 ・橋、ボックスカルバート、洗越し等で渓流を横切る ・流域面積 1ha（0.01km^2）以上 ・上流の最急渓床勾配 10 度以上 ・横断地点の河床勾配 2 度以上
地すべり		地すべり危険区域、地すべり危険個所の指定個所 地すべり現象が進行している個所
盛土崩壊		高さ 5m 以上で、かつ下記の条件 ・立地条件として地すべり地形、集水地形、崖錐地形、急斜面上、前面に川、谷底低地、埋め立て地、人工造成地盤、軟弱地盤、橋梁取付部 ・排水施設問題個所 ・渓流が横断する個所

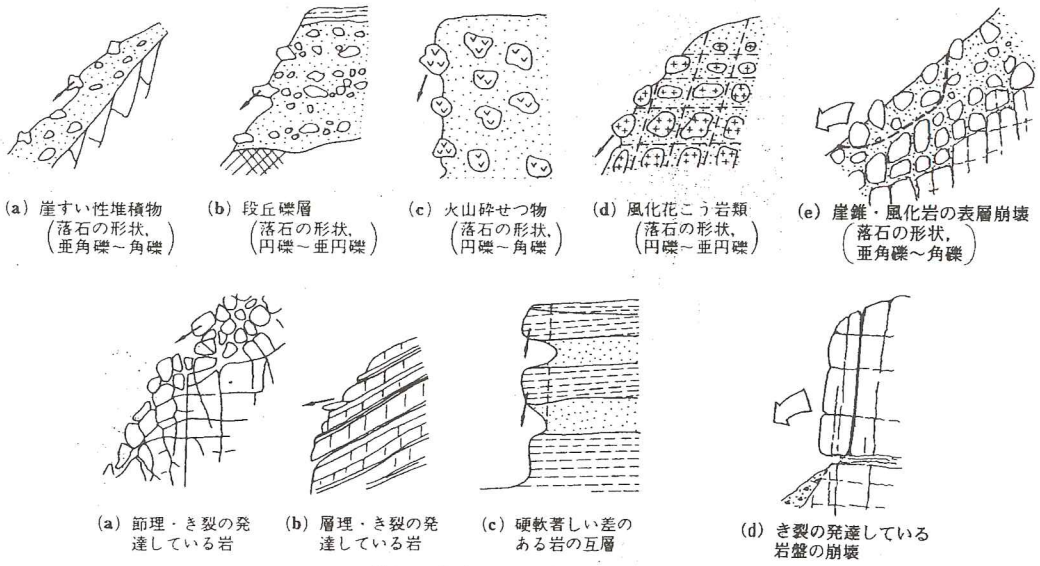


図 4-1-2　落石の発生形態[2]（上段；転石型　下段；浮石型）

4.1.2　危険度の考え方

危険度は発生危険度と被災危険度に区別して評価する。

(1) 発生危険度

発生危険度とは、発生源が降雨、地震などの外的誘因によって力学的釣り合いが失われ、崩壊に至るかどうかを表す指標と定義する。この危険度は個々の発生源に対し、経験あるいは計算によって定性的・定量的に求めるものとする。また、災害形態毎に釣り合い条件が異なることを考えれば、発生危険度は災害形態毎に独立した指標である。これは、図 4-1-3 のように斜面上に異なる災害形態を持つ崩壊予備群がそれぞれの発生危険度を秘めて存在し、かつ、発生危険度ランクが同じでも、災害形態が異なれば同じ危険度にあるとは判断しないことを意味する。

(2) 被災危険度

被災危険度とは、崩壊ブロックが斜面を移動し道路に到達したり、路盤が変状・流失したりして、結果として交通障害を引き起こすかどうかを表す指標と定義する。発生源と道路間の地形地質条件によっては、崩壊規模が大きくても緩勾配のため途中で停止する可能性がある一方、拳大の小石でも道路直上にあれば道路に到達する危険性は高い。また、防災対策が完了していれば道路際で停止すると考えるが、平面的に延長不足であれば一部が道路に到達するかもしれない。すなわち、被災危険度は、発生危険度による崩壊のし易さに加えて、発生源の位置、発生源と道路間の斜面状態、既設対策工の程度等を総合的に評価した指標である。

(3) 危険度評価

以上より、後述する危険度評価は発生危険度と被災危険度に分けて記述する。前述したように、災害形態毎に抽出・判定基準を設定しているため、算定される危険度は災害形態毎に

独立した指標である。別の表現をすれば、GIS（地理情報システム）においては、災害形態毎のレイヤとして示される危険度である。なお、危険度評価はハザードマップ作成のための基本的作業であり、区間単位ではなく、個々の発生源に対して実施することを原則とする。

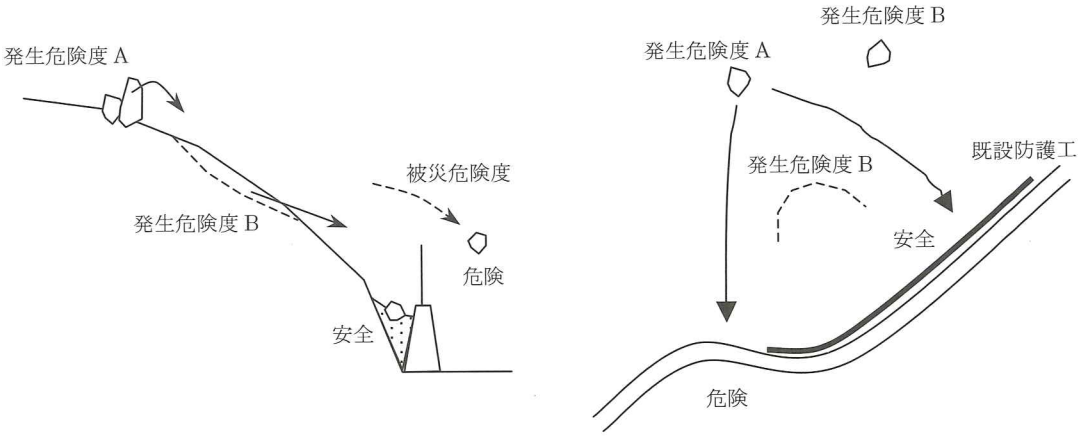


図 4-1-3　危険度の考え方（崩壊・落石を例として）

以下、各災害形態別に危険度評価や表示の方法を評価レベル毎に説明する。

なお、各レベルにおいて危険度を表示する図には広域図と個所別図がある（2 章参照）。広域図においては災害形態毎にその位置や危険度のみを記号や色分けを利用して表示することになるため、本章の災害形態別の記述においては個所別図における評価や表示を中心に説明する。

4.2　崩壊

危険度評価フローを図 4-2-1 に示す。

4.2.1　被災履歴マップ（レベル 0）

被災履歴マップは対象区間で過去に発生した崩壊位置を表示した図であり、被災履歴資料から必要な情報を記載する。記載する図面は広域図（1:200,000～1:25,000）を標準とし、必要に応じ個所別図（1:5,000～1:2,500）を作成する。発生源、崩壊影響範囲が平面図で記載されている場合はそれらがわかるようにする。

4.2.1.1　必要な調査

被災履歴は対象区間に発生する崩壊形態、崩壊頻度、崩壊規模を推定する上で重要な情報である。擁壁裏の数 m^3 の崩壊でも、繰り返し発生すれば潜在的な危険個所である。大規模な災害に着目するだけでなく、パトロール日誌や維持管理日報等の点検情報を見逃さずに整理する。また、防災対策が実施前の被災データでも、災害の地域性の把握や危険降雨、発生確率の算定に利用できる。そのため、収集期間を限定せず、可能な限り長く収集する。

4.2.1.2　整理・評価方法

被災資料から抽出する項目例を表 4-2-1 に示す。

表 4-2-1　被災履歴の整理例（すべての災害形態を含む）

<table>
<tr><td>記載年月日</td><td colspan="2">年　月　日</td><td>記録者名（所属）</td><td></td></tr>
<tr><td>点検種別</td><td colspan="4">日常パトロール・定期点検・防災カルテ点検・緊急時点検・その他</td></tr>
<tr><td>災害種別
（原因含む）</td><td colspan="4">崩土・落石・岩石崩壊・土石流・地すべり・盛土崩壊・雪崩・降雪・路面凍結・路面汚泥・交通落下物・流木・浸水・その他（　　）</td></tr>
<tr><td rowspan="3">発生位置</td><td>路線</td><td>号線</td><td>住所</td><td>地先</td></tr>
<tr><td>位置</td><td>KP</td><td>発生源の位置</td><td>用地内・用地外・非特定</td></tr>
<tr><td colspan="4">施設管理番号</td></tr>
<tr><td>発生年月日</td><td colspan="2">年　月　日</td><td>発見年月日時</td><td>年　月　日　時　分</td></tr>
<tr><td>想定される誘因</td><td colspan="4">集中豪雨（台風　　号）・長雨・強風・日照り・地震（震度　　加速度　　gal）
その他（　　）</td></tr>
<tr><td rowspan="3">規模</td><td>幅（m）</td><td></td><td>深さ（m）</td><td></td></tr>
<tr><td>長さ（m）</td><td></td><td>崩土量（m^3）</td><td></td></tr>
<tr><td>最大落石径（m）</td><td></td><td>落石個数</td><td>1 個、数個、多数</td></tr>
<tr><td rowspan="2">土質・岩質</td><td>土質</td><td colspan="3">礫・砂礫・砂質土・シルト・粘性土・その他</td></tr>
<tr><td>岩質</td><td colspan="3">岩種（　　）</td></tr>
<tr><td rowspan="3">被害</td><td>人身事故</td><td colspan="3">死者　　名、負傷者　　名</td></tr>
<tr><td>物損事故</td><td colspan="3">構造物の種類　ガードレール、電柱、その他（　　）</td></tr>
<tr><td>被害額</td><td>円</td><td>対策費</td><td>円</td></tr>
<tr><td rowspan="3">通行止め有無</td><td>内容</td><td colspan="3">全面　　時間、片側　　時間、路肩規制、なし</td></tr>
<tr><td>規制時間</td><td colspan="3">日　　時～　　日　　時まで</td></tr>
<tr><td>迂回路有無</td><td colspan="3">あり・なし</td></tr>
<tr><td rowspan="2">対策</td><td>現況対策工</td><td colspan="3">擁壁・落石防護柵・ロックネット（ポケット式・被式）・その他
法枠工（プレキャスト・現場打コンクリート・アンカー付）</td></tr>
<tr><td>応急対策</td><td colspan="3">除去・清掃・土嚢・ブルーシート・ネット補強・H 鋼打ち・その他</td></tr>
<tr><td>添付資料</td><td colspan="4">□被災状況平面図（道路台帳図にスケッチ）　□被災断面スケッチ（想定）
□被災写真　□その他添付資料</td></tr>
</table>

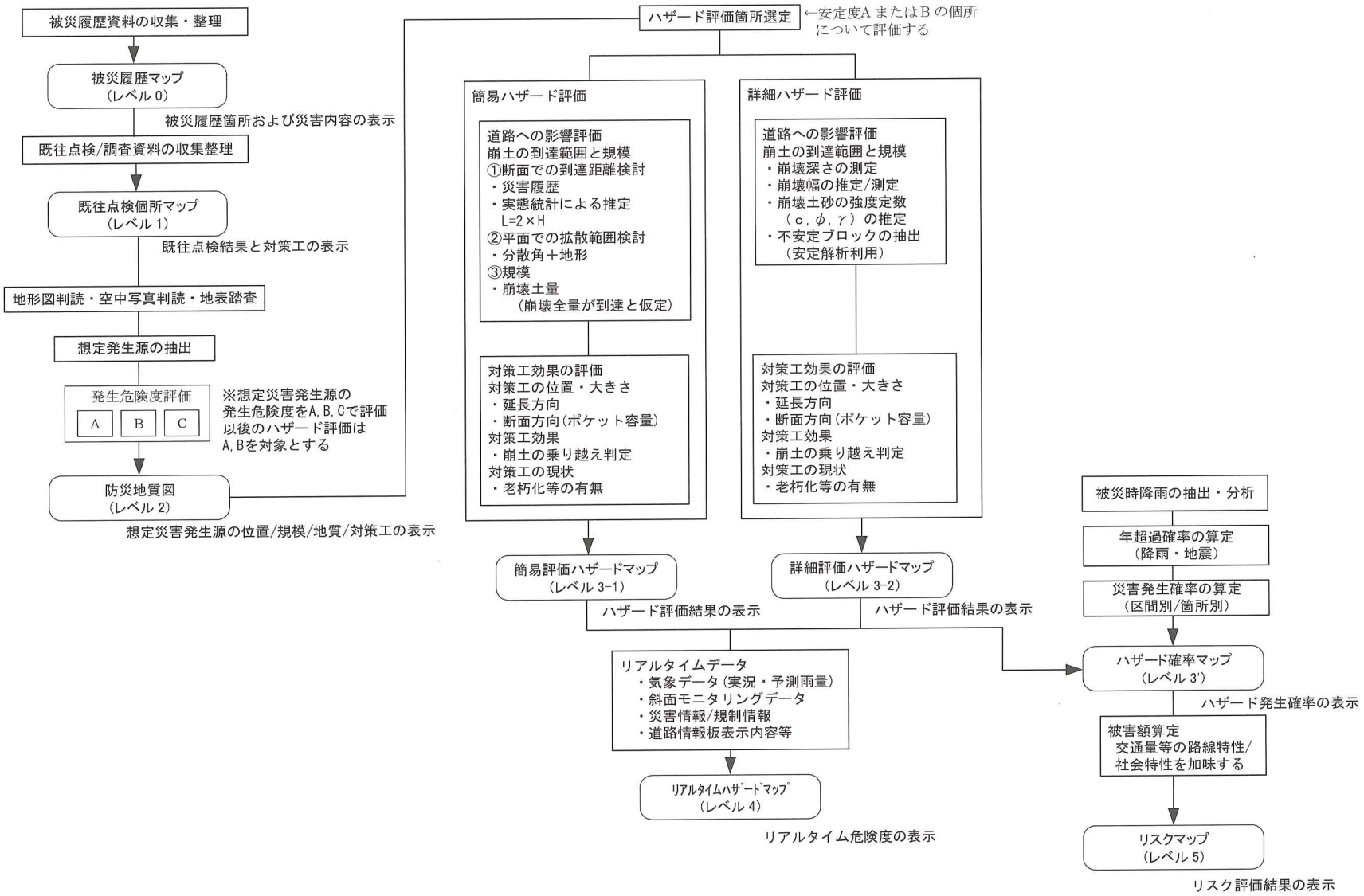


図 4-2-1　ハザード評価の詳細フロー（崩壊）

4.2.1.3　GIS での表示方法

表示は、他の災害形態のハザードと共通のマップに整理することを基本とする。図 4-2-2 に被災履歴マップに表示するデータ項目例を示す。対象路線全区間に対し被災個所がどのように分布しているか把握できるものでなければならない。発生地点に×印等を記すが、上下線の別がわからない場合は道路上に、わかれば道路沿いに表示する。また、被災範囲が判明している場合はエリアも表示する。被災個所をクリックすると、少なくとも図のような情報が表示されるとよい。写真や崩壊スケッチは特に重要になるので、あればイメージ画像を表示する。

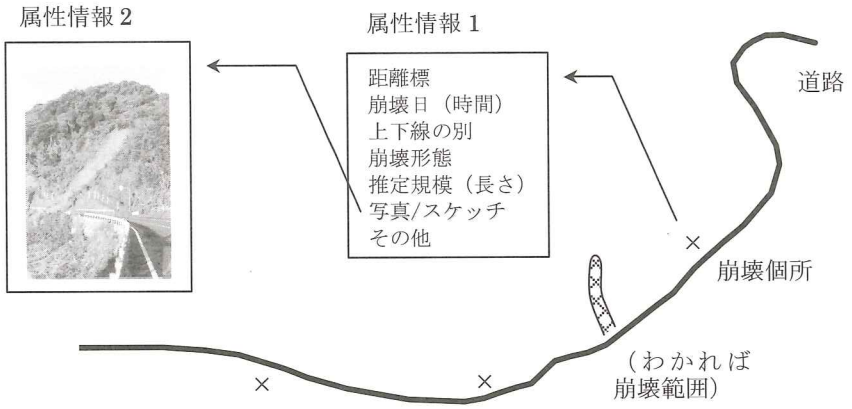


図 4-2-2　被災履歴マップで表示するデータ項目例

4.2.2　既往点検個所マップ（レベル 1）

既往点検個所マップでは、「H8 点検」結果及び防災カルテを用いた点検結果等の既往資料を収集・整理し、危険個所やその危険度を抽出する。記載する図面は広域図（1:200,000～1:25,000）を標準とし、必要に応じ個所別図（1:5,000～1:2,500）を作成する。

4.2.2.1　必要な調査

既往点検個所マップ（レベル 1）は被災履歴マップ（レベル 0）と同様、原則として机上調査とし、「H8 点検」（落石・崩壊）などの点検資料から、点検基本情報や既往調査資料、発生源、及び対策工の情報を記すものとする。

4.2.2.2　整理・評価方法

「H8 点検」資料では、点検区間や評点、個所別記録表等の点検基本情報、防災カルテ個所や変状から想定される発生源、及び既設対策工の情報を整理する。以上を表 4-2-2 にまとめる。

表 4-2-2　既往点検個所マップに必要な項目の目安

調査内容	調査項目
「H8 点検」結果 防災カルテ点検結果 既往対策工資料 その他既往資料	起終点距離標、要因評点［A］・総合評点［B］、 個所別記録表の記載・所見（特に崩壊跡、湧水跡など） 変状（肌落ち、陥没、はらみ出し、根曲がり、倒木、対策工変状等）、変状の進行性、 対策工（工種，延長，高さ，施工年度，写真）等

4.2.2.3　GIS での表示方法

図 4-2-3 に既往点検個所マップのイメージを示す。被災履歴マップ（レベル 0）に加え、地形、点検情報、崩壊跡及び対策範囲がわかるように表示する。

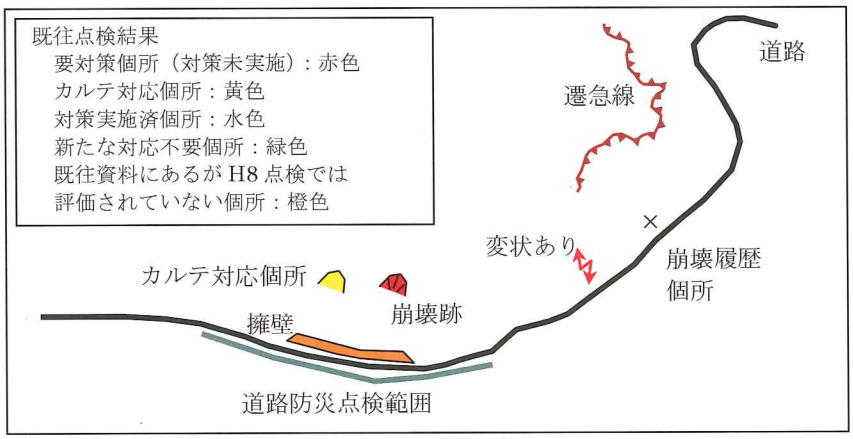


図 4-2-3　既往点検個所マップで表示するデータ項目例

4.2.3　防災地質図（レベル 2）

防災地質図では、空中写真・地形図判読、斜面内情報に関する既往資料整理（災害対策調査・土地条件調査：国土地理院）、リモートセンシング及び現地調査などから災害素因となる発生源（不安定土塊等）の斜面情報をまとめ、既往点検個所マップに加える形で表示する。また、対策工情報の詳細について表示する。記載する図面は個所別図（1:5,000～1:2,500）を基本とし、必要に応じ広域図（1:200,000～1:25,000）にも発生源等の情報を簡易に記載する。

4.2.3.1　必要な調査

既往点検個所マップは資料調査による作成を原則としたが、防災地質図では地形図判読・空中写真判読及び現地調査を追加して、崩壊発生源の詳細情報や新たな崩壊発生源を抽出する。地形図及び空中写真判読では、崖錐地形、明瞭な遷急線、谷頭斜面、集水地形、土石流跡、脚部浸食個所などの崩壊が発生しやすい不安定な斜面、宅地造成地などの斜面に雨水供給を促進させる原因になる人工改変地の位置を抽出する。現地調査では地質分布、崩壊跡、段差クラック等の変状微地形、遷急線、集水地形、湧水、対策工の諸状況を確認し、机上調査で情報が不十分な個所の情報補充に努める。

4.2.3.2　整理・評価方法

発生危険度は、抽出した崩壊発生源を危険度の高いほうから、例えばA、B、Cの3ランクに判定する。判定はできるだけ客観的で一般的な基準を使う。崩壊の場合は「H8 点検」の評点方式が参考になる。表 4-2-3 は落石・崩壊の安定度調査表のうち、崩壊に関する項目を抽出したものである。表は自然斜面の場合であるので、のり面は別途作成する必要がある。

表 4-2-3　発生危険度の判定基準作成の作成例（「H8 点検要領」[1] を参考）

項目		要因	評点区分	配点	
地形	崩壊性要因を持つ地形	G1：崖錐地形 G2：崩壊跡地・遷急線明瞭 G3：台地の裾部・脚部浸食・オーバーハング・集水型斜面・土石流跡地 G4：尾根先端など凸型斜面・オーバーハング	G2の内 複数地形該当	3	
			G2の内 1地形該当	2	
			G2には　該当なし	0	
			G1，G3の内　複数地形該当	3	
			G1，G3の内　1地形該当	2	
			G1，G3の内　該当なし	0	
			G4に該当		/6
土質・地質・構造	崩壊性の土質	浸食に弱い土質 水を含むと強度低下しやすい土質 その他	顕著	2	
			やや顕著	1	
			該当せず	0	/2
	崩壊性の構造	不透水性基盤上の土砂 その他	顕著	4	
			やや顕著	3	
			該当せず	0	/4
表層の状況	表土の状況		不安定	24	
			やや不安定	12	
			安定	0	/24
	湧水状況		湧水あり	4	
			しみ出し程度	2	
			なし	0	/4
	表面の被覆状況		裸地～植生（草本）	16	
			複合（裸地・草本・木本）	10	
			木本主体	6	/16
変状	当該斜面の変状（肌落ち・小落石・ガリー浸食・洗掘・パイピング孔・陥没・はらみ出し・根曲がり・倒木・亀裂・開口亀裂・その他対策工の変状）		複数該当・明瞭なものあり	10	
			あり・不明瞭なもの	5	
			なし	0	/10
	隣接する斜面等の変状（落石・崩壊・亀裂・はらみ出し・その他の変状）		複数該当・明瞭なものあり	4	
			あり・不明瞭なもの	2	
			なし	0	/4
				/70点満点	

配点は原本の配点をそのまま使うのが望ましいが、表 4-2-3 では、わかりやすいように70 点満点になるように重み付けを多少変更している。評点合計から発生危険度を算出する方法は、例えば表 4-2-4 のような対応表を作成して、決定する。

表 4-2-4　評点と発生危険度の対応表の例

発生危険度	評点合計
A	50点～70点
B	12点～49点
C	6点～11点

ここで注意することは、発生危険度がCとランクされたものは危険度が軽微であり、また、崩壊しても道路への影響はないと判断できるものとする。したがって、以後の道路の影響評価はA、Bのみを対象とする。

4.2.3.3 GISでの表示方法

図4-2-4に防災地質図の一例を示す。

GISでの表示は、他の災害形態のハザードと共通のマップに整理することを基本とする。防災地質図は既往点検個所マップ（レベル1）に地質図（ベクターあるいはラスター画像）を重ねたものとする。色分け表示により崩壊発生源の危険度がわかるようにする。また、崩壊発生源をクリックすると、想定規模等の詳細情報が表示される。また、遷急線や湧水等の地形・地質情報や対策工の情報を表示する。対策工をクリックすると、諸元や施工年、標準断面、老朽化の有無等の情報が表示されるようにする。

4.2.4 ハザードマップ（レベル3）

ハザードマップでは、発生源の位置・安定性等を示した防災地質図に加え、落下経路及び到達範囲を検討し、更に待ち受け対策工の効果等を加味した道路への影響評価を表示する。ハザードマップは影響評価の方法により、簡易評価ハザードマップ及び詳細評価ハザードマップに分けられる。記載する図面は個所別図（1:5,000～1:2,500）を基本とし、必要に応じ広域図（1:200,000～1:25,000）にもハザード評価等の情報を簡易に記載する。

4.2.4.1 必要な調査

表4-2-5に調査項目を示す。現地調査では崩土の流下距離や既設擁壁の対策効果判定に必要な項目で、比較的簡単に取得できるものを対象とする。

表4-2-5 評価に必要な調査項目例

評価精度	調査方法	調査項目
簡易評価 （レベル3-1）	現地調査	崩土の地質 発生源の道路比高（横断測量） 擁壁背面の堆砂可能容量
詳細評価 （レベル3-2）	現地試験・室内試験： （土検棒貫入試験・簡易貫入試験 一面せん断試験、三軸圧縮試験）	表土厚、物性（C・φ）　等
	物理探査 （弾性波探査、電気探査）	風化帯厚、基盤上面傾斜　等

詳細評価では崩壊規模と崩壊影響範囲を評価することを目的とする。表土厚は土検棒貫入試験あるいは簡易貫入試験を実施して決定する。土検棒貫入試験では貫入値からC，φを推定できるので、今後、安定計算を行う可能性のある場合は実施しておく（強度定数の現地取得が困難な場合は代替値として表4-2-6等を参考にする）。

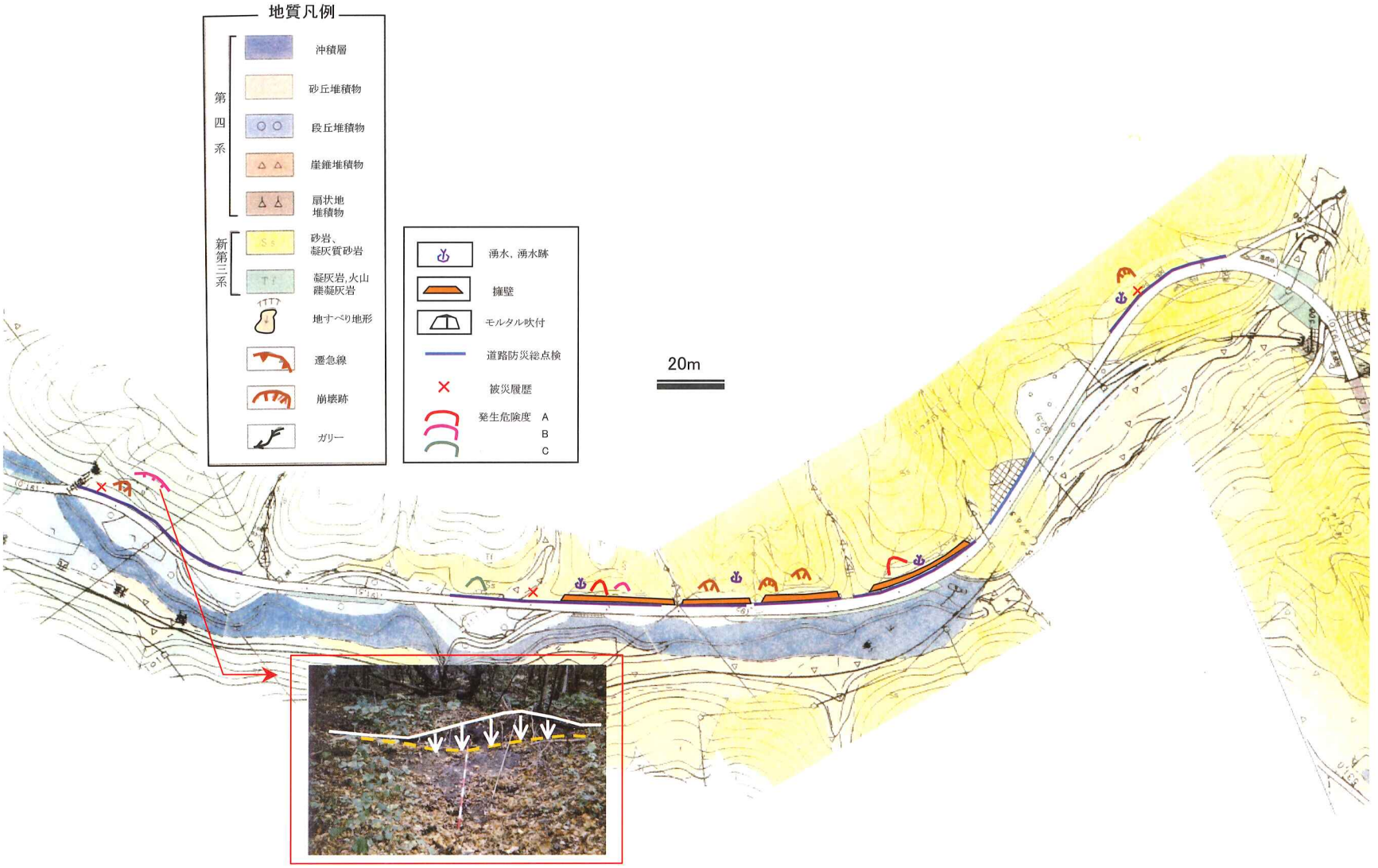


図 4-2-4 レベル 2（防災地質図）イメージ図（崩壊）

表 4-2-6　土のせん断強さの一例 [2)]

種類		状態	内部摩擦角（°）	粘着力（kgf/cm²）
自然斜面	砂利	密実なもの、または粒度の良いもの	40	0
		密実でないもの、または粒度の悪いもの	35	0
	砂利混り砂	密実なもの	40	0
		密実でないもの	35	0
	砂	密実なもの、または粒度の良いもの	35	0
		密実でないもの、または粒度の悪いもの	30	0
	砂質土	密実なもの	30	0
		密実でないもの	25	0
	粘性土	硬質なもの	25	0
		軟質なもの	20	0
	粘土及びシルト	硬質なもの	20	0
		軟質なもの	10	0
	関東ローム	―	5　（φu）	0.3

4.2.4.2　整理・評価方法

（1）簡易手法による被災危険度判定（レベル 3-1）

a）崩土の到達距離

崩土の到達距離は崩土の地質、流下経路の微地形や植生、あるいは降雨・地震などの誘因に影響されるため、予測は困難である。そのため、過去の実態統計や統計解析など、複数の提案手法をもとに試算し、それらの最大値を予測値とするのが望ましい。

①　がけ崩れ災害の実態統計に基づく方法 [3)]

表 4-2-7 のがけ崩れ災害の実態の統計値を参考にする（図 4-2-5 は語句の説明）。表より L/H は概ね 1.0 以下であることから、水平到達距離は崩壊高を越えない傾向にあるが、L/H は 2 程度（出現頻度：全体の 96.6%）を考慮しておく必要がある。

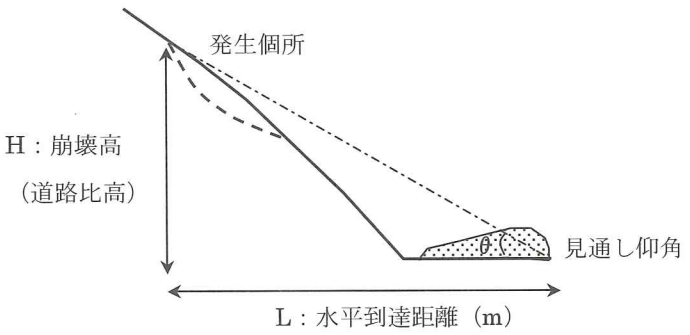


図 4-2-5　L/H の説明

表 4-2-7　がけ崩れ災害の実態統計による到達距離の各種分布傾向

地質と水平到達距離（S47～H9）

地質	L/H
噴出岩類	0.63
深成岩類	0.56
火山砕屑物	0.63
水成堆積岩類	0.52
変成岩類	0.61
シラス	0.77
ローム	0.84
その他	0.55

到達距離（S47～H9）

到達距離（m）	頻度（%）
0～4	53.8
5～9	22.4
10～14	10.5
15～19	4.4
20～24	3.4
25～29	1.0
30～34	1.4
35～39	0.4
40～44	0.8
45～49	0.2
50～	1.8

サンプル数；10,126 個所

L/H（S47～H9）

L/H	頻度（%）
0～0.19	18.3
0.2～0.39	29.4
0.4～0.59	19.8
0.6～0.79	11.1
0.8～0.99	5.2
1.0～1.19	6.1
1.2～1.39	2.7
1.4～1.59	2.0
1.6～1.79	1.4
1.8～1.99	0.6
2.0～	3.4

サンプル数；9,876 個所

② 急傾斜地崩壊危険個所の設定要領に基づく方法[4)]

「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」では、急傾斜地において図 4-2-6 のように危害のおそれのある区域を設定している。この法律ではがけの高さの 2 倍（50m を超える場合は 50m）を崩土の到達距離としている。なお、L/H=2 はがけ崩れ災害の実態統計では安全側の設定である。

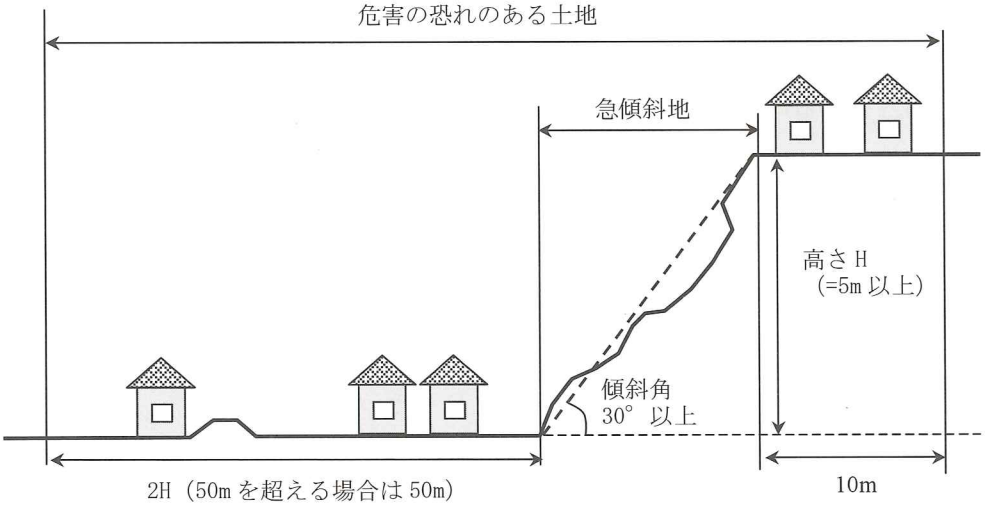


図 4-2-6　危害の恐れのある土地等の設定概念図[5)]（急傾斜地）

③ 見通し仰角の確率分布に基づく方法[5)]

福田らは崩土末端部から崩壊頂部の見通し仰角 θ（図 4-2-5 参照）が周辺微地形から確率的に予測できるとし、7 フィールドの崩壊地の空中写真判読結果（1024 個所）をもとに統計解析

を行っている。表 4-2-8 に結果を示す。表より、見通し仰角は集水地形や樹木の有無に影響することがわかる。地質別に示されていることから、参考値として利用できる。

表 4-2-8　見通し仰角θ（文献[5]を参考）

誘因	地域	主な構成地質	分布の有意差から再区分	データ数	θ（度）（少数以下四捨五入）
降雨	思川	シラス	非集水地形	175	30
			集水地形	89	14
	竜ケ水	凝灰岩他	樹木なし	48	32
			樹木あり	12	45
	一ノ宮	溶結凝灰岩	非集水地形	43	32
			集水地形・樹木なし	24	26
	廿日市	花崗岩	非集水地形	28	26
			集水地形	37	30
	下田	火山岩・凝灰岩	非集水地形	26	29
			集水地形・樹木なし	21	21
地震	神津島	火砕流堆積物他	樹木あり（地域差はない）	169	39
	出水	四万十砂岩頁岩	樹木なし（地域差はない）	334	41

b）崩壊規模

① がけ崩れ災害の実態統計に基づく方法[6]

表 4-2-9 のがけ崩れ災害の実態の統計値を参考にする。地質や崩壊規模に関係なく、崩壊深さは 1.2～1.7m に集中しているのが特徴的である。

表 4-2-9　地質区分毎の崩壊規模

地質	崩壊幅（m）	崩壊深さ（m）	崩壊土量（m^3）
噴出岩類	17.4	1.2	787
深成岩類	16.6	1.3	285
火山砕屑物	18.3	1.4	915
水成堆積岩類	15.1	1.3	301
変成岩類	18.8	1.4	457
シラス	25.4	1.4	380
ローム	15.6	1.7	252
その他	17.7	1.5	543

表 4-2-10 は、がけ崩れ災害のデータから、高さ区分毎に整理した崩壊土量（V）を参考に、崩壊幅（W）を想定したものである[7]。

表 4-2-10　崩壊高さと崩壊土量・崩壊幅の関係

崩壊高さ（m）	崩壊土量（m^3）	崩壊幅（m）　参考値
5～10	61.7	16.5
10～15	137	21.9
15～20	179	24.1
20～25	279	28.2
25～	618	37.4

崩壊幅 W については、崩壊土量 V と崩壊幅の関係について求めた近似式（$W=3.80\times V^{0.356}$）に崩壊土量を代入することにより算出している。

② 被災履歴の利用

同様な地形・地質条件において被災履歴資料に記載されている崩壊規模を参考とする。

③ 現地調査または空中写真判読による方法

現地の微地形から下式で崩壊幅 W_2 を推定する[8]。

$$W_2 = \alpha \cdot W_1 \quad (4.2.1\text{式})$$

W_1：微地形幅（尾根～尾根の幅）

α ：0.3～0.4（一般値）、0.8（シラス地域）

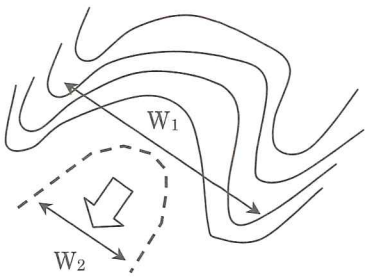


図 4-2-7　微地形幅の説明

C) 既設対策工の効果

崩土を防止し得る対策工として擁壁を考える。ただし、崩土が擁壁に与える衝撃力は考慮せず、擁壁背面のポケットが崩土量に対して余裕があるかどうかを評価するものとする。

擁壁背面の堆砂能力は、図 4-2-8 のように堆砂ポケットをモデル化する。

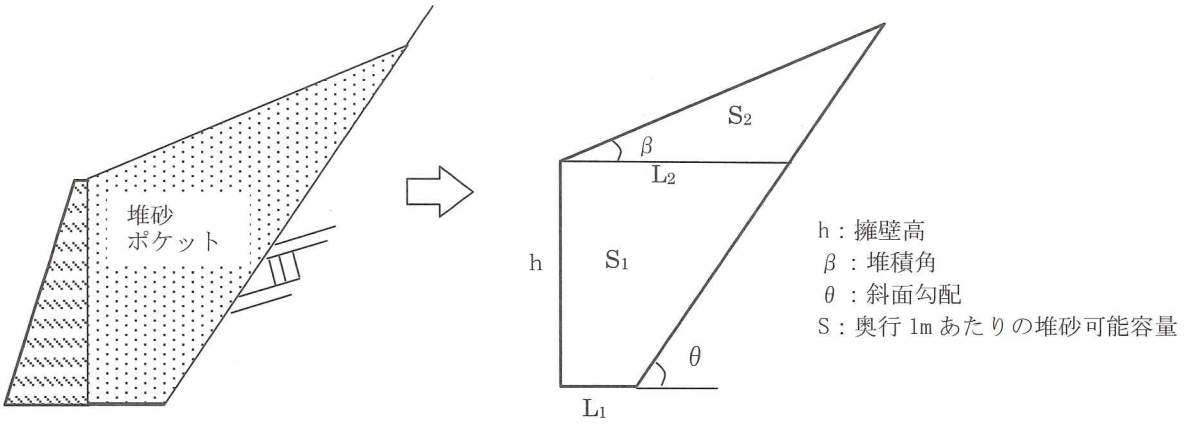


図 4-2-8　擁壁背面の堆砂ポケットのモデル化

したがって、図より

$$S = S_1 + S_2 \quad (4.2.2\text{式})$$

ただし、 $S_1 = 0.5h(L_1 + L_2)$　　$S_2 = 0.5L_2^{\,2}\dfrac{\sin\theta\sin\beta}{\sin\theta\cos\beta - \cos\theta\sin\beta}$

ここで、堆積角 β は種々の規定があるが、新・斜面崩壊防止工事の設計と実例[9]によると常時 15°、地震時 0° であるので参考にする。

d ）崩土の乗り越え判定－横断面－

崩土が擁壁を乗り越えるかどうか横断面で評価する。図 4-2-9 のように、崩土の流下は危険側を考慮し、崩壊幅（B）を変えずに擁壁まで流下すると仮定する。擁壁が防護し得る崩土量（V_p）は下式となる（S は道路延長方向単位長さ当りの堆砂可能容量）。

$$V_P = S \cdot B \qquad (4.2.3\text{ 式})$$

推定崩土量 V_S とすると、崩土が擁壁を乗り越える条件は、

$$V_S > V_P \qquad (4.2.4\text{ 式})$$

ここで崩土量を現地形から推定する場合は、ほぐれの程度を考慮する必要である。そこで、推定ブロックの体積を V_b とすると、ほぐれ率λを考慮して、

$$V_S = \lambda \cdot V_b \qquad (4.2.5\text{ 式})$$

となる。λは種々の実験成果があるが、一例として表 4-2-11 に指針例[9]を示す。

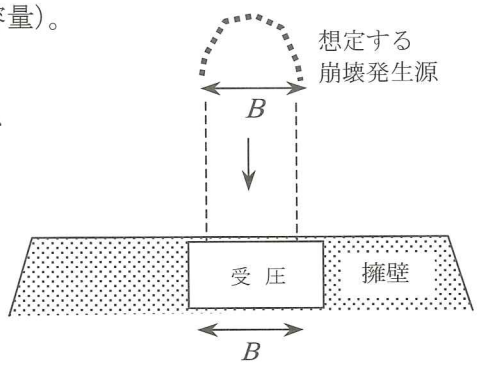


図 4-2-9　崩土の平面流下モデル

注：乗り越え判定では、崩土は平行に流下すると仮定するが、崩土の影響範囲は後述するように幅 23° の幅を考慮する。いずれも危険側の仮定としている。

表 4-2-11　ほぐれ率の一例（指針表－1 を修正）

崩土材料	単位体積重量 (tf/m³)	流下時密度 (t/m³)	試算したほぐれ率 = 単位体積重量/流下時密度
砂	1.63	1.10	1.48
	1.51	1.10	1.37
	1.40	1.10	1.27
	1.48	1.10	1.35
シルト質砂	1.05	0.70	1.50
	1.09	0.71	1.54
ローム	0.92	0.58	1.59
	0.94	0.59	1.59
	0.80	0.62	1.29

e ）崩土の乗り越え判定－平面－

崩土の平面広がりは擁壁の平面的な防護能力を評価する時に利用できる。崩土の平面形状は、図 4-2-10 のように中村ら[10]の研究成果を参考にすれば、分散角 46° 、拡幅比（B_d/B_u）は 4.0 である。

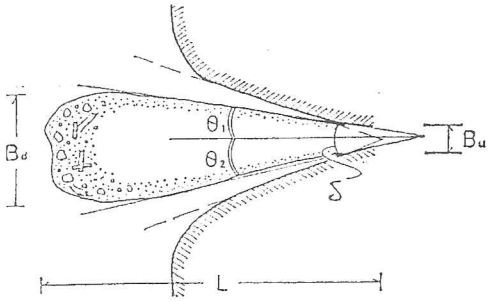


図 4-2-10　崩土の広がり[10]

そこで、これをもとに崩土平面形状を図 4-2-11 のようにモデル化する。崩土が擁壁を乗り越えるか否かの判定は、道路際で崩壊末端の幅と擁壁延長を比較すれば可能である。

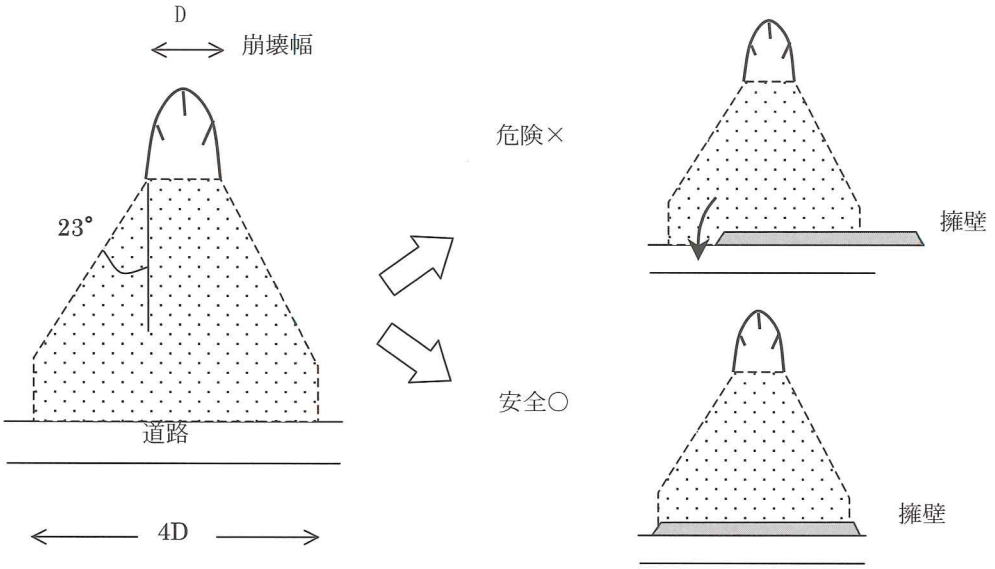


図 4-2-11　崩土の平面広がりのモデル化

(2) 詳細手法による被災危険度判定（レベル 3-2）

崩土の流下と擁壁への衝撃力は運動シミュレーションによる評価が考えられるが、現状では研究レベルであり一般的ではない。そこで、崩壊規模についてのみ示す。

a) 現地試験による方法

簡易貫入試験によって崩壊深さ（土層深）を測定する。試験方法は地盤工学会の基準（JGS1433-1995）があるが、斜面での作業になるためポータブルなものが種々開発されている[11) 12)]。図 4-2-12 に一例として地盤定数（c, φ）の測定も可能な（仮称）土検棒貫入試験装置を示す。

推定崩壊土層の深さは土検棒（コーン径 15mm、先端角 60°、ロッド径φ10mm）では打撃回数 Nd=5～10 程度、神戸大式[12)]では N_{10}＜12（N_{10}：コーンが 10cm 貫入に要する 5kg の重錘の 50cm 落下回数が 12 回未満）に相当する層である。

測線は想定崩壊ブロックの中央横断とする。測点間隔は図 4-2-13 に示すように、傾斜変換点あるいは水平 2m に 1 点程度を目安にして設定する。

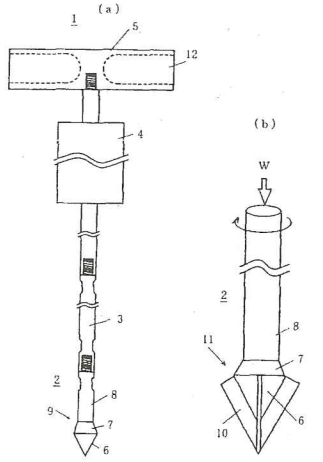


図 4-2-12　土検棒貫入試験の機器構成（左）とベーンコーンの拡大図（右）[11)]

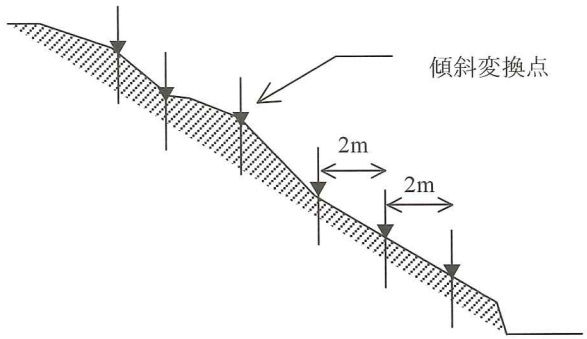


図 4-2-13　簡易貫入試験の測点間隔の設定例

b）計算による方法

崩壊規模を計算で求める方法の 1 つとして、沖村 [13)] は平面すべり型崩壊に対し 2 次元の多平面安定解析を実施し、不安定ブロックを抽出する方法を提案している。詳細は文献に譲るが、図 4-2-14 のように基岩上を表土のすべりブロック群が覆う力学モデルを考え、すべりブロック群全体の現状安全率を力学釣り合い式から算定する。安全率はすべりブロックの組み合わせの数（ブロック N 個なら N×（N-1）/2 通り）だけ算定できるが、このうち最小安全率を示すブロック群が不安定ブロック（崩壊しやすいブロック）と見なす。不安定ブロックがわかれば崩壊面積（2 次元）が計算され、これに予想崩壊幅を乗じることにより崩壊規模を推定する。本方法の特徴は、あらかじめすべり面を設定しないこと、計算に用いるパラメータが少ないこと、更に、地下水位を考慮できる点である。

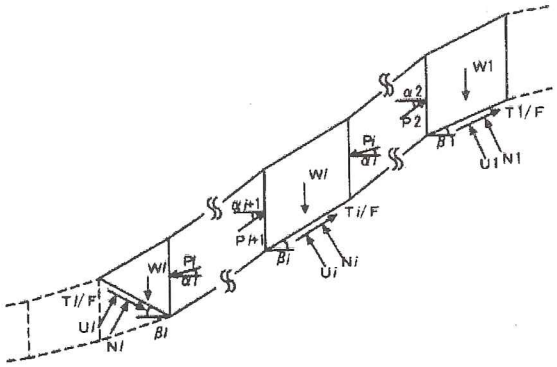


図 4-2-14　多平面安定解析の力学モデル [13)]

4.2.4.3　GIS での表示方法

図 4-2-15 に崩壊のハザードマップの例を示す。被災履歴マップ、既往点検個所図、防災地質図の情報に加え、崩壊発生源の発生危険度、崩土流下範囲と道路への到達有無の表示、擁壁の堆砂可能容量を示すものとする。

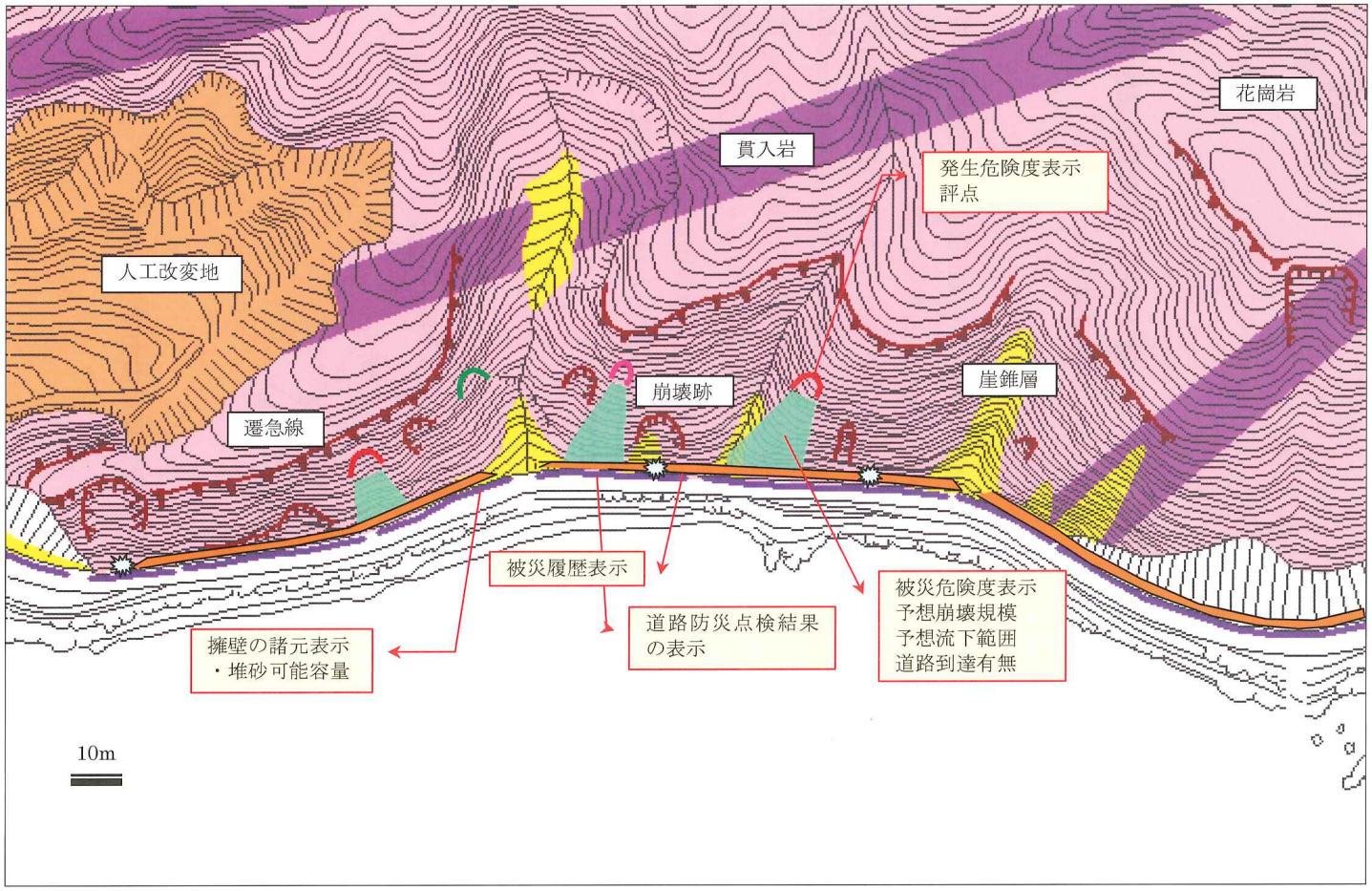


図 4-2-15 レベル 3-1（ハザードマップ：簡易評価）イメージ図（崩壊）

4.3 岩石崩壊

危険度評価フローを図 4-3-1 に示す。

4.3.1 被災履歴マップ（レベル 0）

被災履歴マップでは、調査報告書・文献等の既往資料を収集整理し、災害履歴を取りまとめる。記載する図面は広域図（1:200,000～1:25,000）を標準とし、必要に応じ個所別図（1:5,000～1:2,500）を作成する。

4.3.1.1 必要な調査

既存資料をもとに原則として以下の項目についてデータの取得を図る。

なお、岩石崩壊の前駆的現象として落石が増加する場合がある。落石の履歴については 4.4 節に従って整理する。

表 4-3-1　被災履歴マップ作成に必要な項目の目安

調査内容	調査項目
災害履歴調査	被災位置（KP）、発生年月日（時刻）、岩石崩壊の発生源、落下経路、道路への到達の有無、到達の規模、被害状況、通行規制状況、素因・誘因（気象及び地震）、その他

4.3.1.2　整理・評価方法

上記資料を収集整理して、被災規模、年月日、災害規模、被害状況、素因･誘因、道路との位置関係などを一覧表（表 4-2-1 参照）に整理する。

4.3.1.3　GIS での表示方法

GIS での表示は、他の災害形態のハザードと共通のマップに整理することを基本とする。主要な表示項目は以下のとおりである。

なお、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別画面で表示（図示）する。

- 被災状況：被災位置（KP・上下線の別）、発生年月日、被災内容、堆積量あるいは岩塊の大きさ、通行止め状況、平面図、断面図、写真等
- 発生源　：崩壊規模、誘因、スケッチ図、写真等
- 落下経路：経路位置、地被状況、断面図、写真等

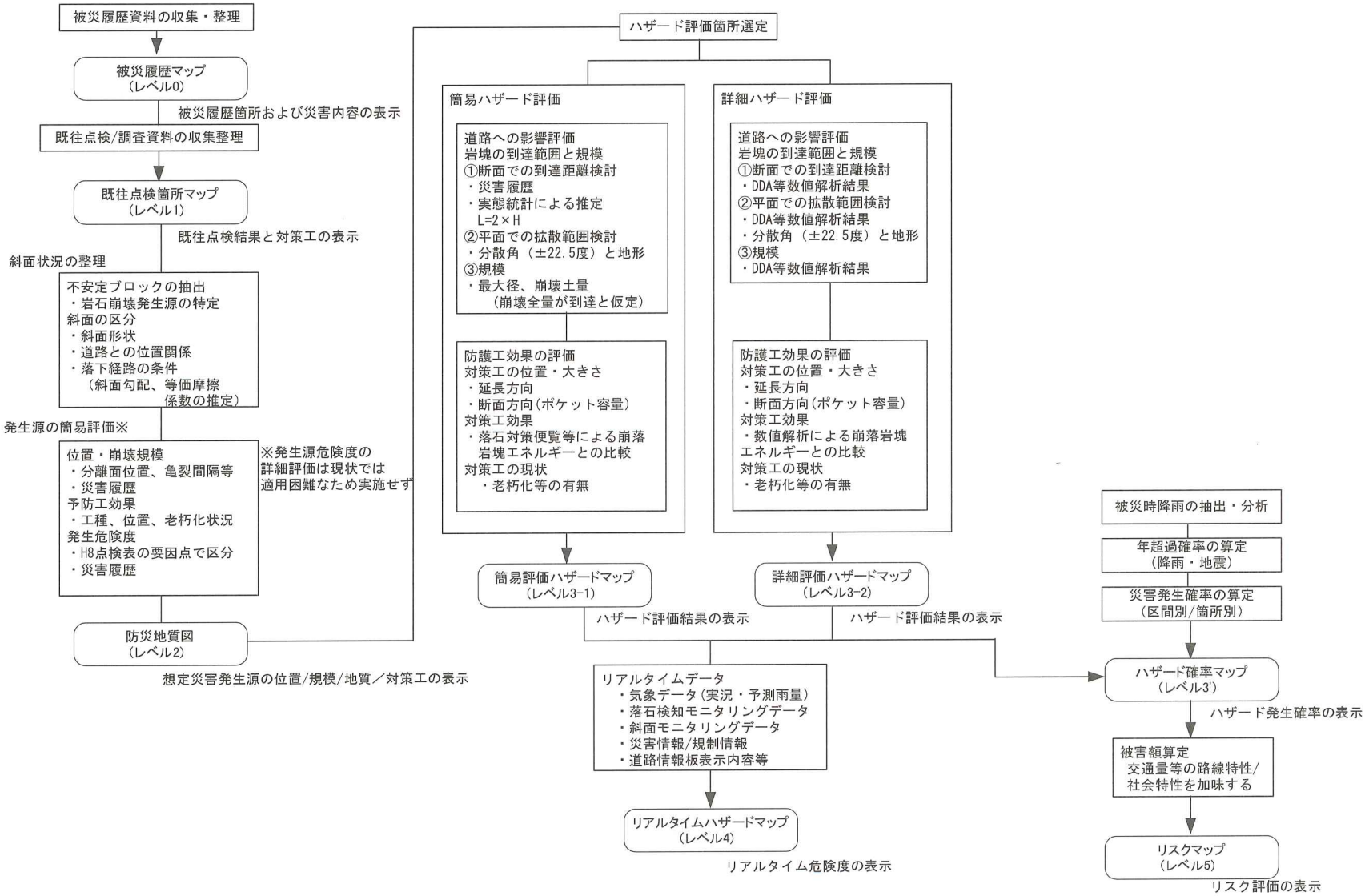


図 4-3-1　ハザード評価の詳細フロー（岩石崩壊）

4.3.2 既往点検個所マップ（レベル 1）

既往点検個所マップでは、「H8 点検」結果及び防災カルテを用いた点検結果等の既往資料を収集・整理し、危険個所やその危険度を抽出する。記載する図面は広域図（1:200,000～1:25,000）を標準とし、必要に応じ個所別図（1:5,000～1:2,500）を作成する。

4.3.2.1 必要な調査

既往点検個所マップ（レベル 1）は被災履歴マップ（レベル 0）と同様、机上調査を中心に作成する。作成のために必要な収集資料は被災履歴マップの調査項目（災害履歴）に加えて表 4-3-2 を目安とする。

表 4-3-2 既往点検個所マップに必要な項目の目安

調査内容	調査項目
「H8 点検」結果、 防災カルテ点検結果、 既設対策工資料、 その他既往資料	起終点距離標、地形、地質、亀裂の状況、湧水、 要因評点［A］・総合評点［B］、個所別記録表の所見、 変状等の進行性、 既設対策工（工種、延長・面積、施工年度等）

4.3.2.2 整理・評価方法

災害履歴一覧表に加えて、災害履歴、カルテ類を含む既往点検結果及び対策工から区間、危険度評点、評価一覧、対策工一覧を整備する。

4.3.2.3 GIS での表示方法

GIS での表示は、他の災害形態のハザードと共通のマップに整理することを基本とする。主要な表示項目は、被災履歴マップ（レベル 0）の表示内容に加えて、以下のとおりである。なお、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別画面で図示する。

- 「H8 点検」結果及び防災カルテ：総合評価（要対策・カルテ対応・対応不要の区分）、安定度調査表、防災カルテ（様式 A～C）

  総合評価により、道路を下記の色で帯表示する。

  要対策個所のうち未対策個所：赤色

  カルテ対応個所：黄色

  カルテ対応個所、要対策個所のうち対策済み個所：水色

  新たな対応を必要としない個所：緑色

  既往点検資料に記載があり、「H8 点検」で評価されていない個所：橙色

- 評価対象の代表岩体（安定度調査表の評価対象となっている岩体）：規模、岩体のスケッチ図、写真等

  なお、規模は以下の 3 区分とし、GIS 上では表示シンボルの大きさで区分する。

  ア）1,000m^3 未満　　イ）1,000m^3 以上 10,000m^3 未満　　ウ）10,000m^3 以上

4.3.3　防災地質図（レベル 2）

防災地質図では、空中写真・地形図判読、斜面内情報に関する既往資料整理（災害対策調査・土地条件調査：国土地理院）、リモートセンシング及び現地調査などから災害素因となる発生源（露岩等）の斜面情報をまとめ、既往点検個所マップに加える形で表示する。また、対策工情報の詳細について表示する。記載する図面は個所別図（1:5,000～1:2,500）を基本とし、必要に応じ広域図（1:200,000～1:25,000）にも発生源等の情報を簡易に記載する。

4.3.3.1　必要な調査

防災地質図作成に必要な調査内容及び項目は、災害履歴マップ（レベル 0）・既往点検個所マップ（レベル 1）の項目に加えて、表 4-3-3 のようなものがある。

表 4-3-3　防災地質図に必要な項目の目安

調査内容	調査項目
既設対策工調査 〔構造物台帳、完成図等の管理資料＋補足現地調査〕	対策工種、対策工の位置・延長、対策工の強度、設置年、断面形状（背後の地形の形状も含む） ⇒ポケット容量算出へ 現況（老朽化の程度）
空中写真判読、地形図判読、現地調査、資料調査（災害対策調査・土地条件調査）	露岩分布、崖高と傾斜、遷急線、小崩壊、浮石の分布、落石、地質と構造、断層、変質帯、割れ目･節理等の走向傾斜、未固結土の分布、湧水、植生等

4.3.3.2　整理・評価方法

現地調査等により抽出した岩石崩壊の発生源について、以下に述べる簡易評価により発生危険度を評価する。以下に、その例を示す。

（1）崩壊発生源の安定度評価

検討対象として抽出した崩壊発生源の安定度について、予防工の効果を考慮しない状態で、「H8 点検」の安定度調査表（表 4-3-4）の要因点〔A〕を参考に評価する。このとき、表 4-3-3 の項目についても考慮する。

崩壊発生源の安定度（a/b/c）

- a：不安定：要因点 90 点以上
  ※安定度調査表の要因点〔A〕の MAX（113 点：重複部分を除く）から 20 点（対策効果の欄で“かなり予防”とされているライン）を引いたもの（93 点）に準拠
- b：準不安定：要因点 50 点以上 90 点未満
  ※安定度調査表の要因点〔A〕で中程度のものを合算すると 50 点
- c：比較的安定：要因点 50 点未満

表 4-3-4　　安定度調査表（岩石崩壊）の記入例 [1)]

表－５．２．２　安定度調査表（岩石崩壊）の記入例

施設管理番号	N＊＊＊B001

点検者	防災太郎
所属機関	○○○株式会社

［要因］(A)

項目	要因	評点区分	配点	評点
現象・前兆	開口亀裂の規模	大	㉚	
		小	15	30
		なし	0	(30)
	水平系亀裂の目の方向	流れ目方向	⑩	
		受け目方向	5	10
		なし	0	(10)
	小崩壊・落石	有り	⑦	7
		なし	0	(7)
亀裂等の状況	硬い岩	規則的で間隔が１m以上	15	
		規則的で間隔が１m未満	⑪	
		不規則	7	11
		なし	0	(15)
	軟い岩	規則的で間隔が１m以上	11	
		規則的で間隔が１m未満	7	
		不規則	4	0
		なし	⓪	(11)
岩組相合のわせ	上部硬質／下部軟質		7	
	上部軟質／下部硬質		5	
	全体が軟質		2	0
	全体が硬質		⓪	(7)
流受れけ盤盤	流れ盤		⑮	
	受け盤		5	15
	なし		0	(15)
地形	のり面斜面の傾斜	オーバーハング	④	
		60°以上	2	4
		60°未満	0	(4)
	崖壁の高さ	100m以上	10	
		50～100m	7	
		30～50m	④	4
		30m以下	2	(10)
	斜面型	尾根型斜面	④	
		崖錐堆積斜面	3	
		谷型斜面	1	4
		尾根型・谷型の中間斜面	0	(4)
	遷急線	明瞭	⑦	
		どちらともいえない	4	7
		不明瞭	0	(7)
地下水・降雨	凍結融解湧水	水溜りが長期に凍る。もしくは湧水常時あり	④	
		水溜り凍結はすぐ融ける。もしくは降雨後湧水あり	2	4
		水溜りは凍らない	0	(4)
	湧水氷柱	垂直亀裂間	②	
		水平系地層境界	1	2
		ほとんど認めず	0	(2)
合計			(A)	98 点

［対策工］(B)＝(A)＋α または (Ai)×O

既設対策工の効果の程度	点数(α)	評点
想定される岩石崩壊を十分に予防している。もしくは、それが発生したとしても十分に防護し得る。	×０点	
想定される岩石崩壊をかなり予防している。もしくは、それが発生した場合、かなり防護しているが万全ではない。	㉚点	-20
想定される岩石崩壊を一部予防している。もしくは、それが発生した場合、一部を防護しているが、その他に対しては効果がない。	-10点	
対策がなされていない。もしくは、なされていても、効果が全くない。	±０点	
合計	(B)	78 点

［総合評価］

対応	判定
対策が必要と判断される。	○
防災カルテを作成し対応する。	
特に新たな対応を必要としない。	

注）（ ）は各項目の満点を示す。
該当する場合は配点欄に○印をつけると共に点数を記入する。
不明な場合は中間的な値を採用する。

(2) 予防工効果を考慮した発生危険度の判定

(1) で検討した安定度に、予防工の効果を付加して発生危険度を判定する。判定は以下の表による。

表 4-3-5 岩石崩壊の発生危険度の判定

崩壊発生源の安定度 / 予防工効果	a (不安定)	b (準不安定)	c (比較的安定)
効果なし	a	b	c
不十分	a	b	c
効果あり	d	d	d

※太枠内が発生危険度

ランク a：不安定、b：準不安定、c：比較的安定、d：安定

4.3.3.3 GIS での表示方法

防災地質図（レベル 2）の表示イメージを図 4-3-2 に示す。

GIS での表示は、他の災害形態のハザードと共通のマップに整理することを基本とする。主要な表示項目は、既往点検個所マップ（レベル 1）の表示内容に加えて、以下とおりである。なお、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別画面で図示する。

- 発生危険個所
  （「H8 点検」の点検対象となった代表岩体以外のものを含める）
  発生危険度、規模、「H8 点検」安定度調査表による要因点〔A〕、
  予防工、スケッチ図、写真等
- 地形・地質情報
  露岩部（高さや勾配等の情報を含む）、湧水等
- 防護工
  耐力（衝撃力・エネルギー）、施工年、老朽化の程度、標準断面図、写真等

なお、H8 点検の代表岩体以外の岩体で、より危険度の大きなものがあった場合には、必要に応じて表示ランク（要対策・カルテ対応・対応不要）を変更する。

〔表示上の留意点〕不安定岩体の規模

- 一つの岩体が複数のブロックで構成される場合
  合算した当該岩体全体の体積を規模として表示する。
- 1 斜面に複数の岩体がある場合
  岩体毎に規模を表示する。評価も岩体毎に行う。

レベル2

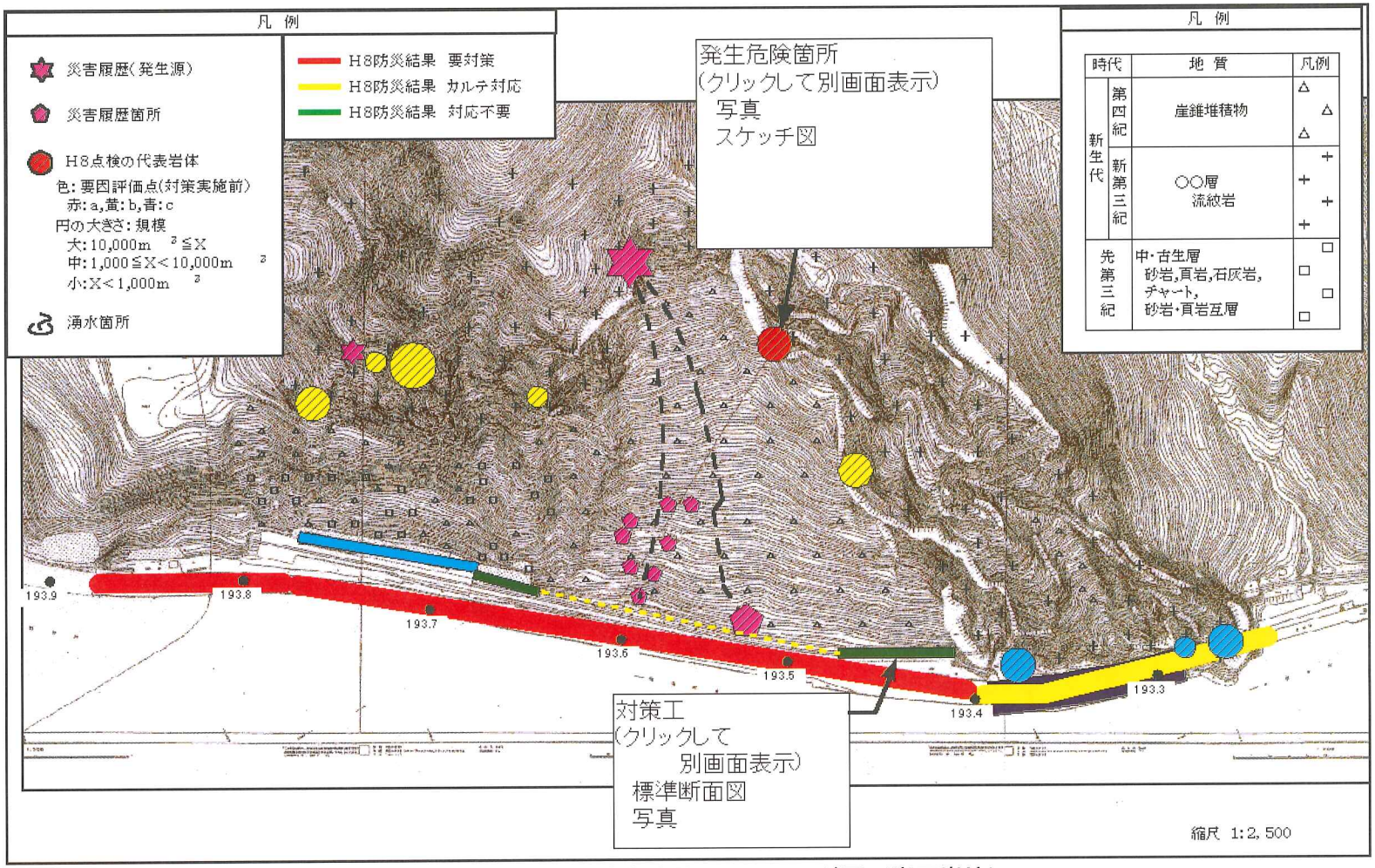


図 4-3-2　レベル 2（防災地質図）イメージ図（岩石崩壊）

4.3.4　ハザードマップ（レベル 3）

ハザードマップでは、発生源の位置・安定性等を示した防災地質図に加え、落下経路及び到達範囲を検討し、更に待ち受け対策工の効果等を加味した道路への影響評価を表示する。ハザードマップは影響評価の方法により、簡易評価ハザードマップ及び詳細評価ハザードマップに分けられる。記載する図面は個所別図（1:5,000～1:2,500）を基本とし、必要に応じ広域図（1:200,000～1:25,000）にもハザード評価等の情報を簡易に記載する。

- 簡易評価ハザードマップ（レベル 3-1）

  崩壊岩塊の落下経路及び既設対策工の効果について簡易な判定基準により効果の有無や道路への影響の程度に関して評価を行った結果を表示する。

- 詳細評価ハザードマップ（レベル 3-2）

  数値解析（DDA 等）など詳細な分析を用いて発生源の安定性、経路・到達域、既設対策工の効果等について評価して表示する。更に、既設対策工のポケット容量や耐力を評価して、道路への影響について表示する。

4.3.4.1　必要な調査

ハザードマップ作成に必要な調査項目は、作成するハザードマップの精度や種類によって異なるが、防災地質図の作成に際して収集・整理した情報に加え、精度のよい地形基図（DEM 等）の取得、不安定岩体の不連続面や岩盤物性等詳細情報の取得、対策工の選定・設計条件の確認等である。表 4-3-6 に調査項目を示す。

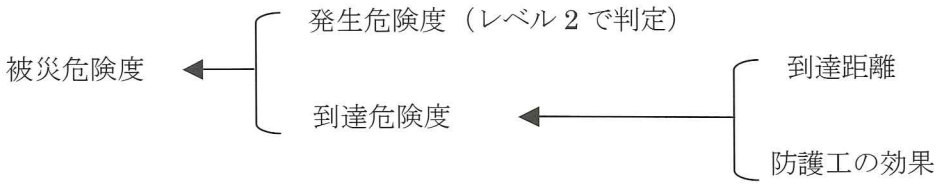
なお、不連続変形法（DDA）等の数値解析の使用に際しては、適切な地盤モデルを構築する必要があり、必要に応じて詳細調査を実施する。

表 4-3-6　ハザードマップ作成に必要な項目の目安

評価精度	調査方法	調査項目
簡易評価（レベル 3-1）	現地調査	地質と構造、割れ目・節理等の走向傾斜、開口状況、挟在物、断層、変質帯、地下水位他
	写真判読図化	詳細な斜面形状と割れ目、節理等の分布
詳細評価（レベル 3-2）	ボーリング調査、ボアホールカメラ撮影、エアトレーサ試験、写真測量等	割れ目・節理の位置、走向傾斜、単位体積重量、内部摩擦角、弾性係数、ポアソン比等 [2)]

4.3.4.2　整理・評価方法

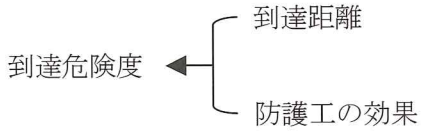
ハザードの評価は以下のように、発生源の発生危険度及び道路への到達危険度の 2 点から評価する。更に、到達危険度は到達距離及び防護工の効果の 2 点から評価する。



このうち、発生危険度については、現段階では詳細に評価する適切な手法がないため、レベル 2 で例示した簡易評価結果を用いる。到達危険度については落下経路を推定し、到達の有無及び防護工効果の判定により到達危険度として評価する。この評価には、以下の例に示す簡易評価及び詳細評価がある。

(1) 簡易手法による被災危険度判定（レベル 3-1）

道路への到達危険度は以下の考えに従う。



到達危険度

A：想定最大規模の崩壊に対して対策工で対応できない。

B：想定最大規模の崩壊に対して対策工で対応できる。

C：道路に到達しない。

a ）　到達距離及び落下経路・拡散範囲の評価

道路への到達距離は災害履歴及び図 4-3-3 により判定する。

落下経路は、斜面形状を考慮し、基本的には最大傾斜の線とする。拡散範囲（想定する落下経路から外れて落下する可能性がある範囲）は、最大傾斜の線から両側±22.5 度の範囲を基本とする。拡散範囲は斜面形状を考慮して適宜調整する。落下経路・拡散範囲の詳細は図 4-3-6 及び落石の項（4.4 節）を参照。

b ）　防護工の効果判定

崩落岩塊が道路に到達する場合は、崩落した岩塊全量が到達するものと仮定して防護工の効果を判定する。防護工の効果判定は、以下の 2 点で判定する。いずれかを満足できない場合は「A：対応できない」と判定し、両方を満足する場合には「B：対応できる」とする。

※ 既設防護工の効果判定基準

① 崩落岩塊全量とポケット空き容量の比較

崩壊岩塊の体積はほぐれ率（表 4-2-11 参照）を考慮し、その表面の堆積角度は常時：15° [3] とする。（図 4-3-4 参照）

② 崩落岩塊エネルギーに対する耐力（図 4-3-5 参照）

落石エネルギーの算出方法は 4.4 節の 4.4.1 式参照

c ） 到達危険度の判定

到達距離及び防護工効果より A/B/C（前頁参照）の 3 ランクに判定する。

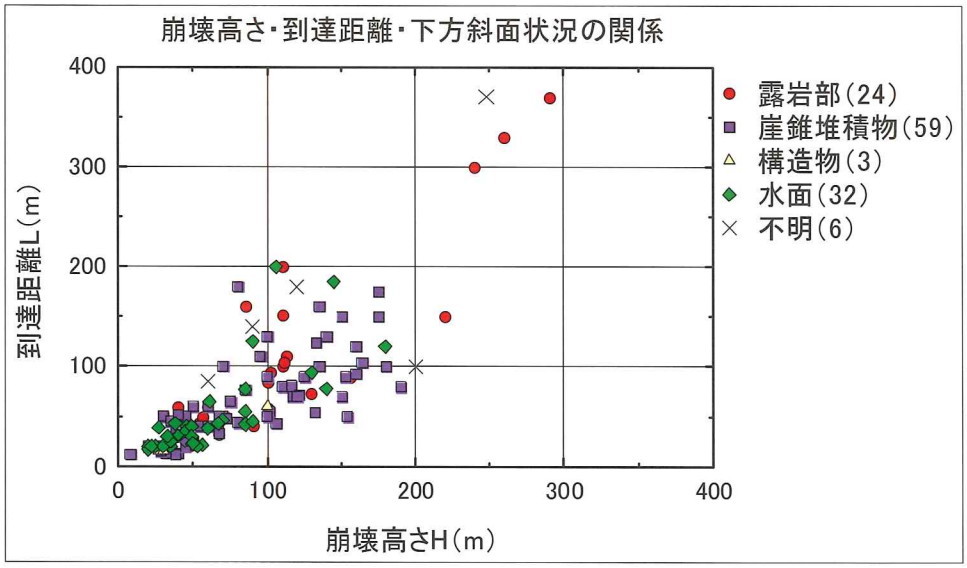
d ） 被災危険度の判定

被災危険度は前述のように発生危険度と到達危険度の総合であり、表 4-3-7 により判定する。

表 4-3-7　岩石崩壊の被災危険度ランク判定表

発生危険度 / 到達危険度		a（不安定）	b（準不安定）	c（比較的安定）	d（安定）
到達する	A：対策工で対応できない	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
	B：対策工で対応できる	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
C：到達しない		Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ

ランクⅠ：aA
ランクⅡ：aB、bA、bB
ランクⅢ：aC、bC、cA、cB、cC
ランクⅣ：dA、dB、dC



（出典：土木研究所内部資料）

図 4-3-3　到達距離の想定法

比高 100m 前後の場合は、概ね L≦2×H である。

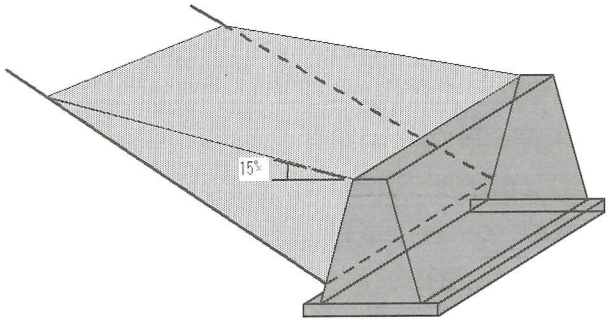


図 4-3-4 ポケット容量の算出方法

対策工天端より角度 15° で堆積するものとする。堆積幅は、崩壊幅と同一とする。

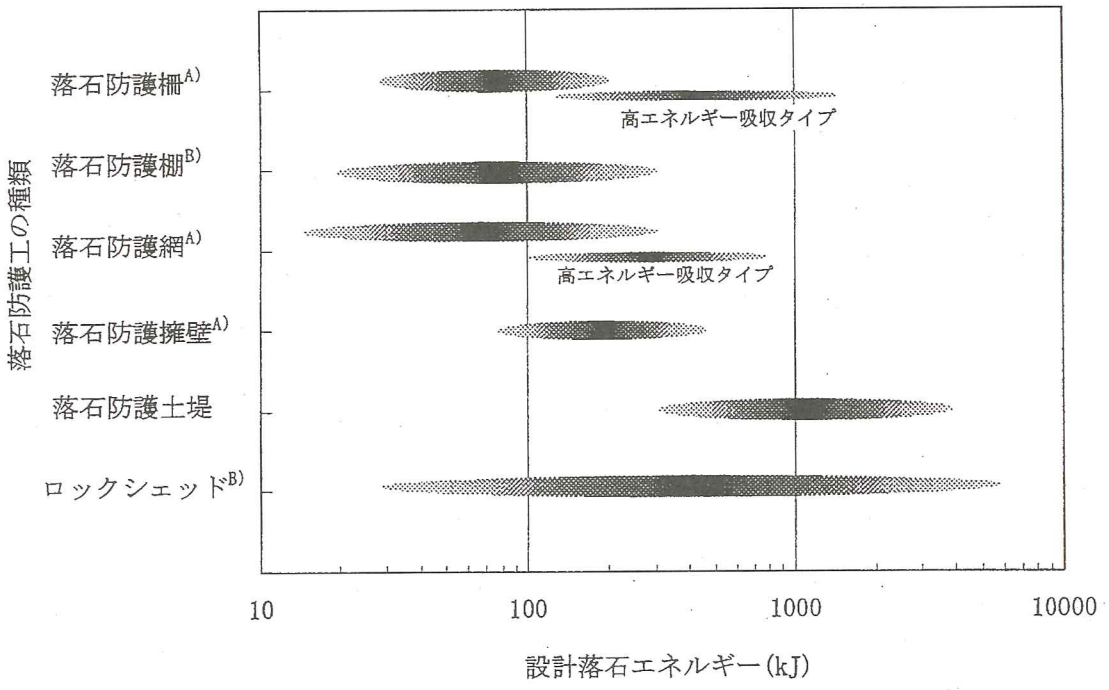


図 4-3-5 落石防護工の耐力の目安 [4)]

(2) 詳細手法による被災危険度判定（レベル 3-2）

検討の流れは簡易評価ハザードマップと同様である。数値解析（崩壊シミュレーション等）は、到達範囲の判定や落下速度の算出による防護工効果の判定に用いる。想定される崩壊形態により、不連続変形法（DDA）、個別要素法（DEM）、有限要素法（FEM）などが適宜採用される。

数値解析により、落下距離や落下エネルギーが求められるので、これらを到達判定や防護工効果の判定のためのデータとする。

4.3.4.3 GISでの表示方法

道路到達危険度の簡易評価（レベル3-1）の表示イメージを図4-3-6に示す。レベル3-1及び3-2では、レベル2の表示内容に加えて、以下の項目について図示し、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別画面で表示する。

- 落下経路及び拡散範囲：想定した落下経路の平均勾配、拡散範囲、地被状況、断面図、写真等（レベル3-2の場合は、レベル3-1に加えて、数値解析結果の落下岩塊堆積状況図等）
- 道路到達危険度：評価結果を色別表示（Ⅰ：赤、Ⅱ：黄、Ⅲ：緑、Ⅳ：水色）、ランク判定時の評価区分（aA、cB等）

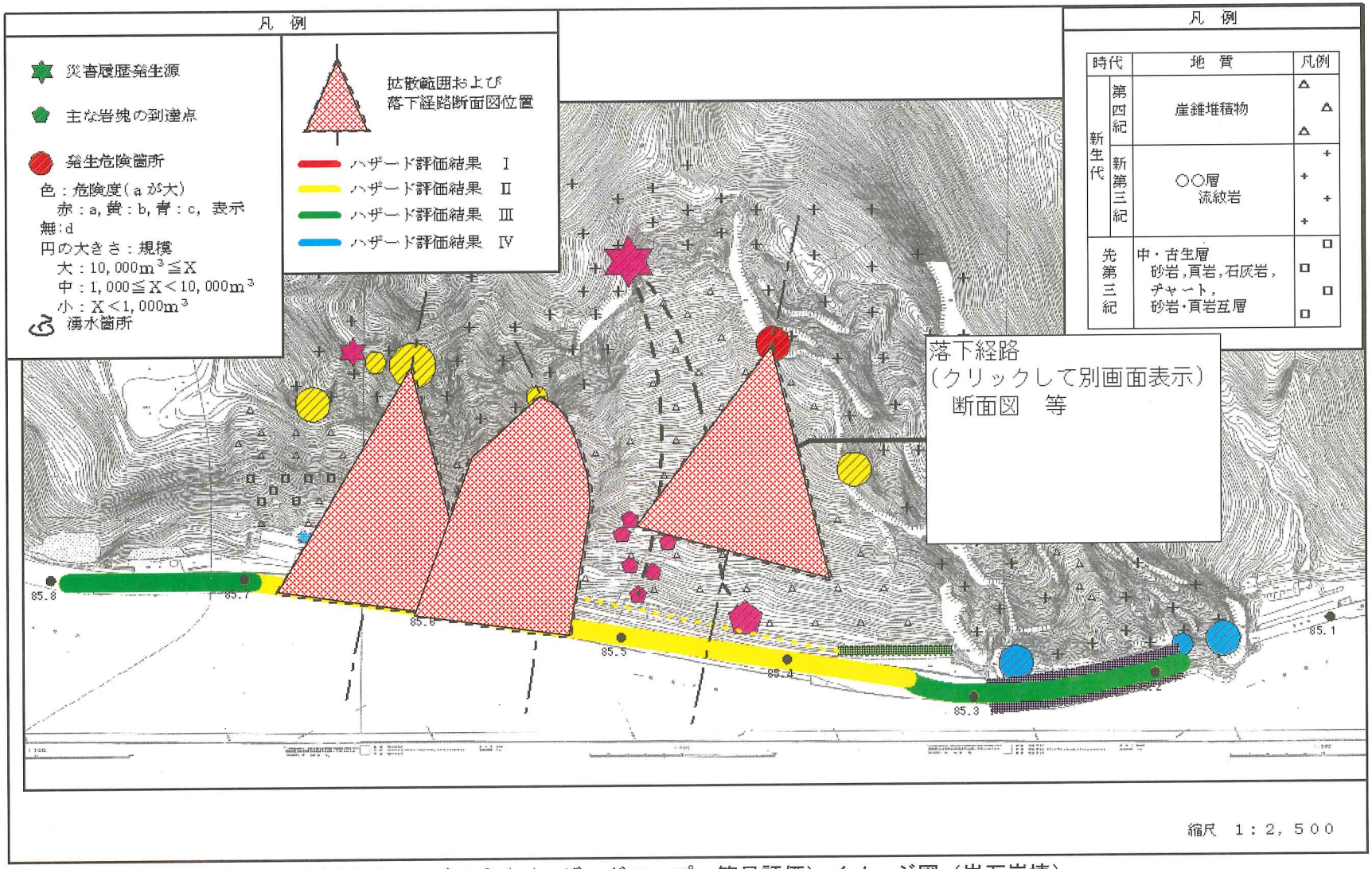


図 4-3-6　レベル 3-1（ハザードマップ：簡易評価）イメージ図（岩石崩壊）

4.4 落石

危険度評価フローを図 4-4-1 に示す。

4.4.1 被災履歴マップ（レベル 0）

被災履歴マップでは、調査報告書・文献等の既往資料を収集整理し、災害履歴を取りまとめる。記載する図面は広域図（1:200,000～1:25,000）を標準とし、必要に応じ個所別図（1:5,000～1:2,500）を作成する。

4.4.1.1 必要な調査

既存資料をもとに原則として以下の項目についてデータの取得を図る。

表 4-4-1 被災履歴マップ作成に必要な項目の目安

調査内容	調査項目
災害履歴	被災位置（KP）、発生年月日（時刻）、落石の発生源、落下経路、道路への到達の有無、到達の規模、交通障害の内容、素因・誘因、気象及び地震、既設対策工、その他

4.4.1.2 整理・評価方法

上記資料を収集整理して、被災規模、年月日、災害規模、素因･誘因、被害状況、道路との位置関係などを一覧表（表 4-2-1 参照）に整理する。

4.4.1.2 GIS での表示方法

GIS での表示は、他の災害形態のハザードと共通のマップに整理することを基本とする。可能であれば、転石型・浮石型の分類を記述する。主要な表示項目は以下のとおりである。必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別画面で表示（図示）する。なお、発生源の特定が困難な場合、分布域で表示してもよい。

- 被災状況：被災位置（KP・上下線の別）、発生年月日、被災内容、落石規模（個数・平均径）、道路への影響（落石到達範囲や通行規制の種類・時間等）、平面図、断面図、写真等
- 発生源　：発生形態、規模、誘因（降雨・地震等）、スケッチ図、写真等
- 落下経路：経路位置、地被状況、断面図、写真等

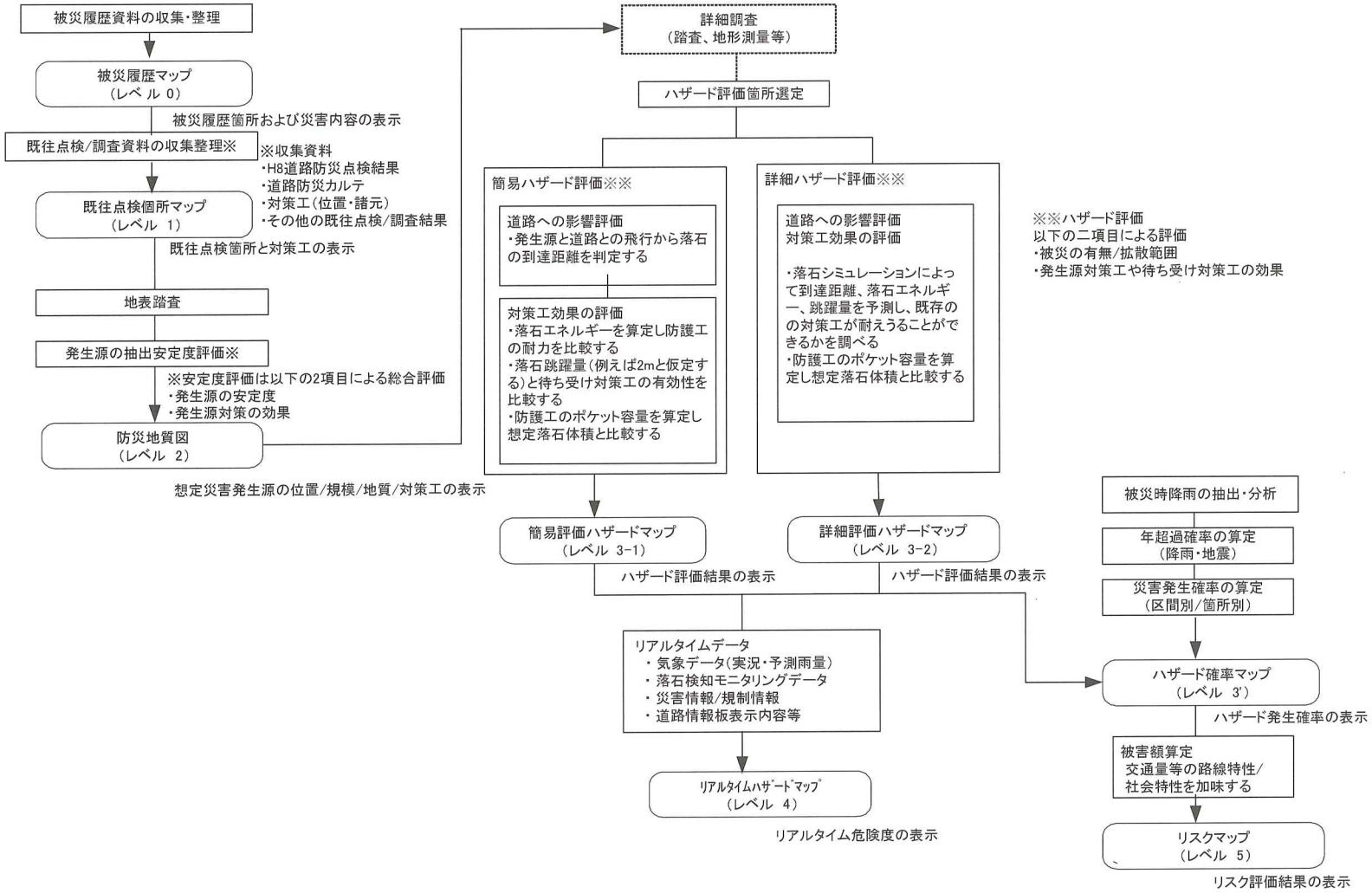


図 4-4-1　ハザード評価の詳細フロー（落石）

4.4.2 既往点検個所マップ（レベル 1）

既往点検個所マップでは、「H8 点検」結果及び防災カルテを用いた点検等の既往資料を収集・整理し、危険個所やその危険度を抽出する。記載する図面は広域図（1:200,000～1:25,000）を標準とし、必要に応じ個所別図（1:5,000～1:2,500）を作成する。

4.4.2.1 必要な調査

既往点検個所マップ（レベル 1）は（レベル 0）と同様、机上調査を中心に、「落石・崩壊」項目として、道路防災点検における挙げられた斜面のうち、個所別記録表、安定度調査表、防災カルテ等を参考に、災害形態として落石が想定される斜面を対象とする。作成のために必要な収集資料は被災履歴マップの調査項目（災害履歴）に加えて表 4-4-2 を目安とする。

表 4-4-2 既往点検個所マップに必要な項目の目安

調査内容	調査項目
「H8 点検」結果、 防災カルテ点検結果、 既設対策工資料、 その他既往資料	起終点距離標、地形、地質、転石・浮石の有無、湧水 要因評点［A］・総合評点［B］、個所別記録表の所見、 浮石・転石の安定度、変状等の進行性、 既設対策工（工種、延長・面積、施工年度等）

4.4.2.2 整理・評価方法

GIS での表示は、災害履歴一覧表に加えて、カルテ類を含む既往点検結果及び対策工から区間、危険度評点、評価一覧、対策工一覧を整備する。

評価方法は、「H8 点検」の評価方法を基本とする。

4.4.2.3 GIS での表示方法

GIS での表示は、他の災害形態のハザードと共通のマップに整理することを基本とする。可能であれば、転石型・浮石型の分類を記述する。

主要な表示項目は、被災履歴マップ（レベル 0）の表示内容に加えて、以下のとおりである。なお、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別画面で図示する。発生源の特定が困難な場合には、分布域として表示してもよい。

・「H8 点検」結果及び防災カルテ：総合評価（要対策・カルテ対応・対応不要の区分）
安定度調査表、防災カルテ（様式 A～C）

総合評価により、道路を下記の色で表示する。

要対策個所のうち未対策個所：赤色
カルテ対応個所：黄色
カルテ対応個所、要対策個所のうち対策済み個所：水色
新たな対応を必要としない個所：緑色
既往資料に記載があり、「H8 点検」で評価されていない個所：橙色

・ 評価対象の浮石及び転石（安定度調査表の評価対象、あるいはカルテの点検対象となっている代表断面の浮石及び転石）：規模、浮石及び転石のスケッチ図、写真等

4.4.3 防災地質図（レベル 2）

既往点検個所マップに災害対策調査・土地条件調査（国土地理院）、空中写真・地形図判読、リモートセンシング及び現地調査結果など災害素因となる露岩状況などの斜面情報をまとめ、表示する。また、対策工情報の詳細について表示する。記載する図面は個所別図（1:5,000～1:2,500）を基本とし、必要に応じ広域図（1:200,000～1:25,000）にも発生源等の情報を簡易に記載する。

4.4.3.1 必要な調査

防災地質図作成に必要な調査内容及び項目は、災害履歴マップ（レベル 0）・既往点検個所マップ（レベル 1）の項目に加えて、表 4-4-3 のようなものがある。

表 4-4-3 防災地質図に必要な項目の目安

調査内容	調査項目
既設対策工調査 〔構造物台帳、完成図等の管理資料＋補足現地調査〕	対策工種、対策工の位置・延長、対策工の強度、設置年、断面形状（背後の地形の形状も含む） ⇒ポケット容量算出へ、現況（老朽化の程度）
空中写真判読、地形図判読、現地調査、 資料調査（災害対策調査・土地条件調査）	露岩・転石分布、崖高と傾斜、遷急線、小崩壊、浮石の分布、落石、地質と構造、断層、変質帯、割れ目・節理等の走向傾斜、未固結土（崖錐等）の分布、湧水、植生等

4.4.3.2 整理・評価方法

現地調査等により抽出した落石発生源について、以下に述べる定性的手法により発生危険度を評価する。

(1) 落石発生源の安定度評価

検討対象として抽出した落石発生源の安定度について、予防工の効果を考慮しない状態で、「H8 点検」の安定度調査表（表 4-4-4）の要因点〔A〕を参考に評価する。

崩壊発生源の安定度（a/b/c）

・a：不安定：要因点 80 点以上

※H8 点検安定度調査表の要因点〔A〕の MAX（100 点：重複部分を除く）から 20 点（対策効果の欄で“かなり予防”とされているライン）を引いたもの（80 点）に準拠

・b：準不安定：要因点 60 点以上 80 点未満

※安定度調査表の要因点〔A〕で中程度のものを合算すると 60 点

・c：比較的安定：要因点 60 点未満

表 4-4-4　「H8 点検」安定度調査表〔要因〕(A)（落石）1)（文献[1)]を落石用に加筆している）

項目		要因	のり面 評点区分	配点	評点	自然評価 評点区分	配点	評点	該当する項目 浮石型	該当する項目 転石型
地形	つ崩壊性要因を持地形	G1:崖錐地形 G2:崩壊跡地 遷急線明瞭 G3:台地の裾部，脚部浸食， オーバーハング，集水型斜面， 土石流跡地など G4:尾根先端など凸型斜面，オーバーハング	G1に該当する	3		G2の内　複数地形該当	3		○	○
			G1に該当せず	0		G2の内　1地形該当	2			
			G2,3の内　複数地形該当	3		G2には該当なし	0			
			G2,3の内　1地形該当	2		G1,3の内　複数地形該当	3			
			G2,G3には　該当なし	0		G1,3の内　1地形該当	2			
			G4に該当する		(6)	G1,3には　該当なし	0	(6)		
土質・地質・構造	の崩壊性土質	浸食に弱い土質 水を含むと強度低下しやすい土質 その他	顕著	8		G4に該当する				
			やや顕著	4		顕著	2			○
			該当せず	0	(8)	やや顕著	1			
	岩質の崩壊性	割れ目や弱層の密度が高い 浸食に弱い軟岩 風化が速い岩質　その他	顕著	12		該当せず	0	(2)		
			やや顕著	6		顕著	8		○	
			該当せず	0	(12)	やや顕著	4			
	造崩壊性の構	流れ盤(層理面，弱線) 不透水性基盤上の土砂 上部が硬質／脚部が脆弱な岩 その他	該当する	9		該当せず	0	(8)		
			該当せず	0		該当する	2			
			顕著	6		該当せず	0		○	○
			やや顕著	4		顕著	4			
			該当せず	0	(14)	やや顕著	3			
						該当せず	0	(4)		
表層の状況	表土及び浮石・転石の状況		不安定	12		不安定	24		○	○
			やや不安定	6		やや不安定	12			
			安定	0		安定	0			
	浮石・転石が不安定～やや安定		該当する		(14)	該当する		(24)		
	湧水状況		湧水あり	8		湧水あり	4		○	○
			しみ出し程度	4		しみ出し程度	2			
			なし	0	(8)	なし	0	(4)		
	表面の被覆状況		裸地～植生主体	5		裸地～植生(草本)	16		○	○
			複合(植生・構造物)	3		複合(裸地・草本・木本)	10			
			構造物主体	1	(5)	木本主体	6	(16)		
形状	勾配(i)，高さ		土砂 H＞30m	18		高さ H≧50m	10		○	○
			土砂 H≦30，i＞標準	15		高さ 30≦H＜50m	8			
			土砂 i≦標準，15≦H＜30	10		高さ 15≦H＜30m	6			
			土砂 i≦標準，H＜15	5		高さ H＜15m	4	(10)		
			岩 H≧50m	18		勾配 i≧70°	10		○	○
			岩 30≦H＜50m	16		勾配 45°≦i＜70°	10			
			岩 15≦H＜30m	12		勾配 i＜45°	5	(10)		
			岩 H＜15m	10	(18)					
変状	当該のり面斜面の変状 (肌落ち・小落石・ガリ侵食・洗掘・パイピング孔・陥没・はらみ出し・根曲り・倒木・亀裂・開口亀裂・その他対策工の変状)		複数該当・明瞭なものあり	12		複数該当・明瞭なものあり	10		○	○
			あり・不明瞭なもの	8		あり・不明瞭なもの	5			
			なし	0	(12)	なし	0	(10)		
	隣接するのり面・斜面等の変状 (落石・崩壊・亀裂・はらみ出し・その他変状)		複数該当・明瞭なものあり	5		複数該当・明瞭なものあり	4		○	○
			あり・不明瞭なもの	3		あり・不明瞭なもの	2			
			なし	0	(5)	なし	0	(4)		
合計			のり面：　点		(A1)	自然斜面：　点		(A2)		

(2) 予防工効果を考慮した発生危険度の判定

(1) で検討した安定度に、予防工の効果を付加して発生危険度を判定する。判定は以下の表による。

表 4-4-5　落石の発生危険度の判定

崩壊発生源の安定度 / 予防工効果	a (不安定)	b (準不安定)	c (比較的安定)
効果なし	a	b	c
不十分	a	b	c
効果あり	d	d	d

※太枠内が発生危険度

ランク　a：不安定、b：準不安定、c：比較的安定、d：安定

4.4.3.3　GIS での表示方法

表示イメージを図 4-4-2 に示す。

GIS での表示は、他の災害形態のハザードと共通のマップに整理することを基本とする。主要な表示項目は、既往点検個所マップ（レベル 1）の表示内容に加えて、以下のとおりである。なお、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別画面で図示する。

- 発生危険個所（「H8 点検」の点検対象ハザード以外のものを含める）
  発生危険度、規模、「H8 点検」安定度調査表による要因点〔A〕、予防工、スケッチ図、写真等
- 地形・地質情報
  遷急線等
- 防護工
  耐力（衝撃力・エネルギー）、施工年、老朽化の程度、標準断面図、写真等

なお、「H8 点検」の代表断面以外で、より危険度の大きなものがあった場合には、必要に応じて点検結果の表示ランク（要対策・カルテ対応・対応不要）を変更する。

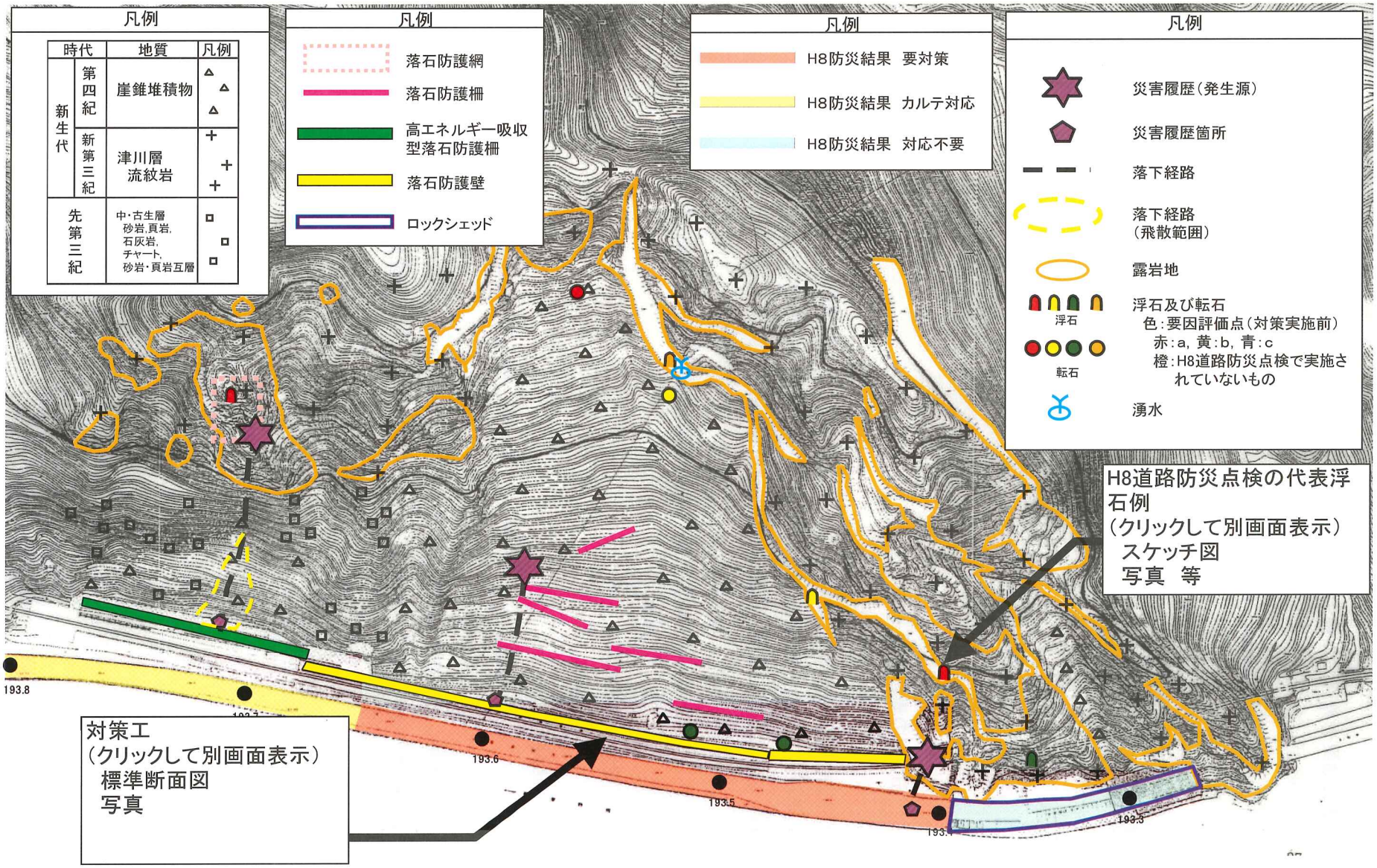


図 4-4-2　レベル 2（防災地質図）イメージ図（落石）

4.4.4　ハザードマップ（レベル 3）

ハザードマップでは、発生源の位置・安定性等を示した防災地質図に加え、落下経路及び到達範囲を検討し、更に待ち受け対策工の効果等を加味した道路への影響評価を表示する。ハザードマップは影響評価の方法により、簡易評価ハザードマップ及び詳細評価ハザードマップに分けられる。記載する図面は個所別図（1:5,000～1:2,500）を基本とし、必要に応じ広域図（1:200,000～1:25,000）にもハザード評価等の情報を簡易に記載する。

・簡易評価マップ（レベル 3-1）

落石の落下経路及び既設対策工の効果について定性的な判定基準により効果の有無や道路への影響の程度に関して評価を行った結果を表示する。

・詳細評価マップ（レベル 3-2）

落石シミュレーションなど定量的分析を用いて発生源の安定性、落石発生確率、経路・到達域、既設対策工の効果等について評価して表示する。更に、既設対策工のポケット容量や耐力を評価して、道路への影響について表示する。

4.4.4.1　必要な調査

ハザードマップ作成に必要な調査項目は、作成するハザードマップの精度や種類によって異なるが、防災地質図の作成に際して収集・整理した情報に加え、精度のよい地形基図（DEM 等）の取得、不安定岩体の不連続面や岩盤物性等詳細情報の取得、対策工の選定・設計条件の確認等である。表 4-4-6 に調査項目を示す。

なお、落石シミュレーション等の数値解析の使用に際しては、適切な落石の形状や地盤モデルなどを構築する必要があり、必要に応じて詳細調査を実施する。

表 4-4-6　ハザードマップ作成に必要な項目の目安

評価精度	調査方法	調査項目
簡易評価 （レベル 3-1）	地表踏査	落石発生源の詳細分布、根入れ状況、落下経路の勾配・被覆状況　等
詳細評価 （レベル 3-2）	簡易測量・写真図化、 ボーリング調査、 ボアホールカメラ撮影、 室内試験	落石シミュレーション用の落石形状や落下経路詳細形状、単位体積重量等の物性、地盤内部の分離面状況の確認等

4.4.4.2　整理・評価方法

ハザードの評価（「被災危険度」）は、発生源の「発生危険度」及び道路への「到達危険度」を組み合わせたマトリックス形式で評価する。

このうち、「発生危険度」については、現段階では定量的に評価する確立した手法がないため、レベル 2 で実施した定性的評価結果を用いる。「到達危険度」については落下経路を推定し、到達の有無及び防護工効果の判定により「到達危険度」として評価する。この評価には以下に示す簡易手法及び詳細手法がある。

(1)　簡易手法による被災危険度判定（レベル 3-1）

道路への「到達危険度」は以下の考えに従う。

A：想定最大規模の落石に対して対策工で対応できない。

B：想定最大規模の落石に対して対策工で対応できる。

C：道路に到達しない。

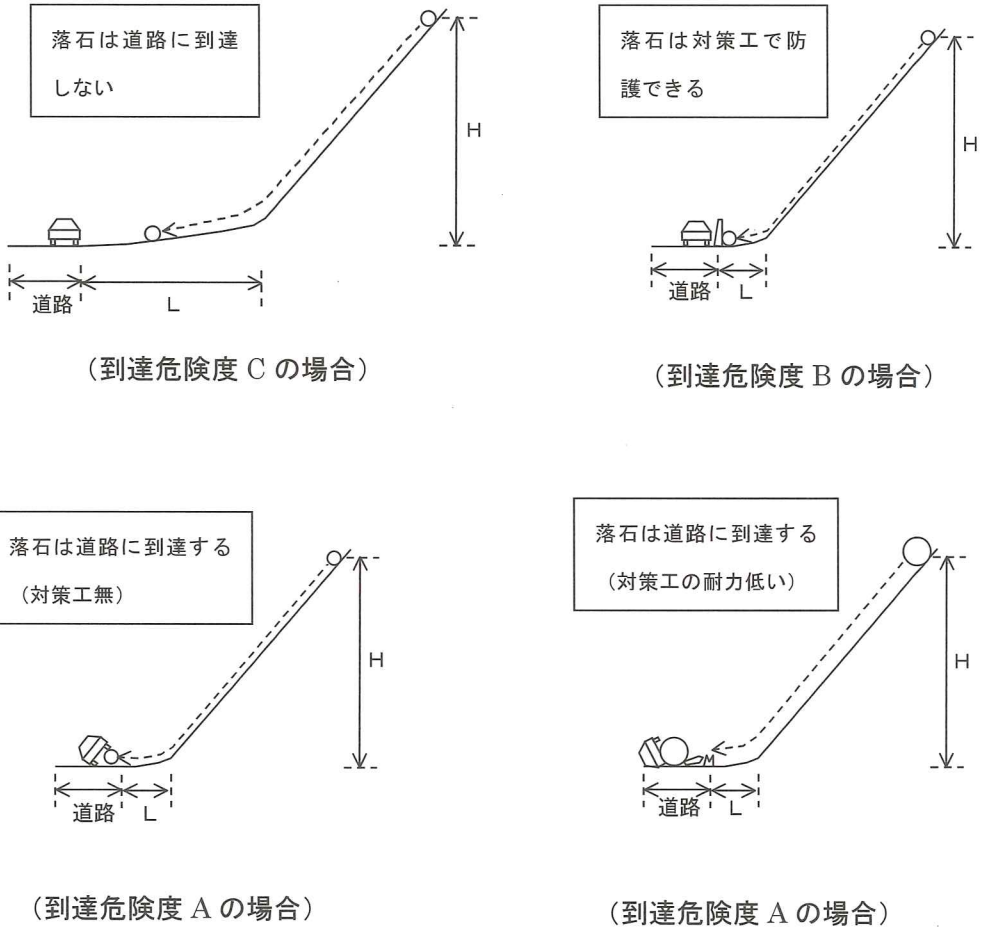


図 4-4-3　到達危険度のイメージ

a）到達距離の評価

道路へ到達するかどうかを前掲の図 4-3-3 を参考にして判定する。

b）防護工の効果判定

落石が道路に到達する場合は、落石全量が到達するものと仮定して防護工の効果を判定する。防護工の効果判定は、以下の 3 点で判定する。いずれかを満足できない場合は「A：対応できない」と判定し、両方を満足する場合には「B：対応できる」とする。

※既設防護工の効果判定基準

① 落石全量とポケット空き容量の比較（堆積角度を 15 度と仮定する（前掲図 4-3-4)。また、落石の左右への拡がりは発生源から 45° の範囲と仮定する（図 4-4-4 参照)。

②（4.4.1 式）による落石エネルギーに対する耐力（前掲図 4-3-5)

$$E=(1+\beta)(1-\mu/\tan\theta)\,mgH \qquad (4.4.1\text{ 式})$$

ここに、

$$(1+\beta)(1-\mu/\tan\theta) \leqq 1.0$$

E ：落石エネルギー（kJ)

β ：回転エネルギー係数：（β=0.1 と仮定する）

μ ：等価摩擦係数（下表参照）

θ ：斜面勾配（度）

m ：落石質量（ t ）

g ：(9.8m/s^2)

H ：落石の高さ（m)

③ 落石の跳躍高と待ち受け対策工高さの比較（図 4-4-5 参照)、概ね 2m を目安とする。

c）到達危険度の判定

到達距離及び防護工効果より A/B/C（前頁参照）の 3 ランクに判定する。

d）被災危険度の判定

被災危険度は（4.4.1 式）に示すように発生危険度と到達危険度の総合であり、下表により判定する。

表 4-4-7　落石の被災危険度ランク判定表

到達危険度＼発生危険度		a（不安定）	b（準不安定）	c（比較的安定）	d（安定）
到達する	A：対策工で対応できない	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅲ
	B：対策工で対応できる	Ⅱ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
C：到達しない		Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ

ランクⅠ：aA　　ランクⅡ：aB、bA、bB

ランクⅢ：aC、bC、cA、cB、cC　　ランクⅣ：dA、dB、dC

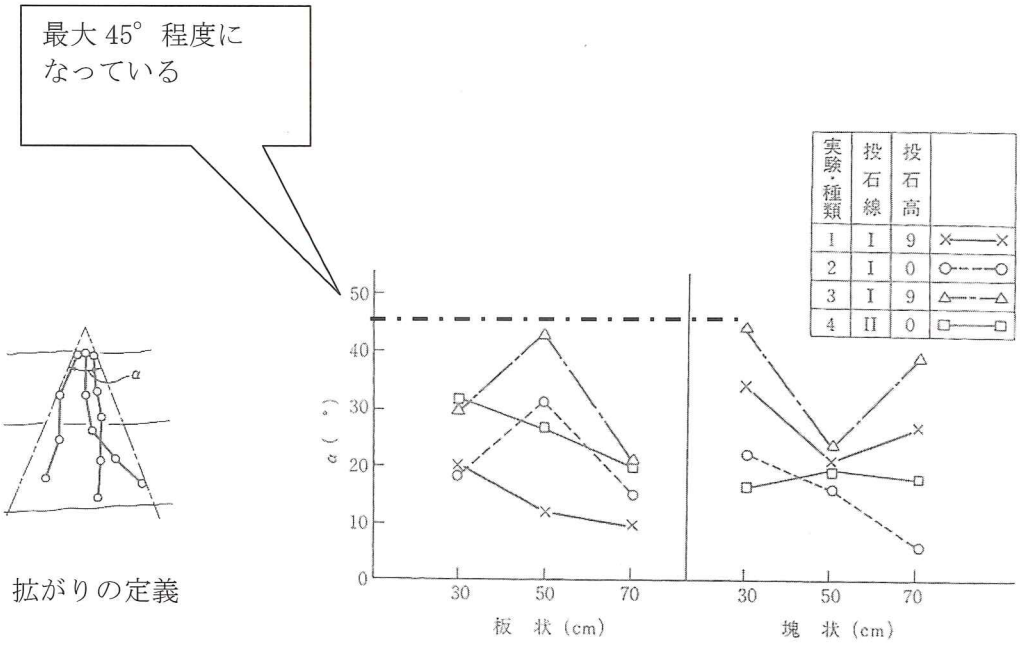


図 4-4-4　落石の拡がりの目安 [2)]

表 4-4-8　等価摩擦係数 [3)]

区分	落石及び斜面の特性	設計に用いるμ	実験から得られるμの範囲
A	硬岩、丸状 ：凹凸小、立木なし	0.05	0～0.1
B	硬岩、丸状 ：凹凸中～大、立木なし	0.15	0.11～0.2
C	土砂・崖錐、丸状～角状 ：凹凸小～中、立木なし	0.25	0.21～0.3
D	崖錐・巨礫まじり崖錐、角状 ：凹凸中～大、立木なし～あり	0.35	0.31～

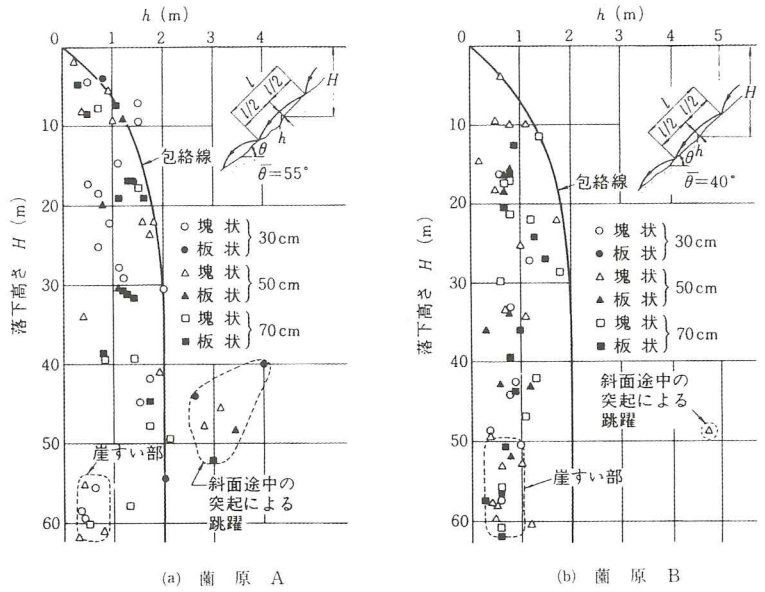


図 4-4-5　落石の落下高さと形状の違いによる落石の跳躍高の目安 [4)]

落下高さや落石の形状が異なっても最大跳躍量はほとんど 2m 以下となる

(2) 詳細手法による被災危険度判定（レベル 3-2）

詳細手法の一例として、落石シミュレーションがあるが、落石シミュレーションには、大別して「質点系落石シミュレーション手法」と「非質点系落石シミュレーション手法」の 2 つの方法がある [5)]。

1) 質点系落石シミュレーション

質点系シミュレーション手法は、落石を大きさのない質量を持った質点または円柱・球等の単純な形状の剛体、斜面を線状の剛壁と仮定し、ニュートンの運動方程式を数値的に解き落石の運動を求める方法である。

シミュレーションには、落石の衝突と跳躍の単純なものから、斜面特性・落石形状・回転運動等を考慮できるものまで、いくつかの手法が存在する。

質点系落石シミュレーション手法の一例として、表 4-4-9 に示す手法がある。

表 4-4-9　質点系落石シミュレーション手法の一例

質点系手法	落石の形状近似	備考
吉田らの手法	球体	
古賀らの手法	球体または円柱	
右城らの手法	球体	立木による速度減衰を考慮できる
枡谷・小村らの手法	球体	三次元解析への拡張が考慮されている
コロラド州の手法（CRSP）	球体もしくは 円盤や円柱状	
トロント大学の手法（RocFall）	球体	

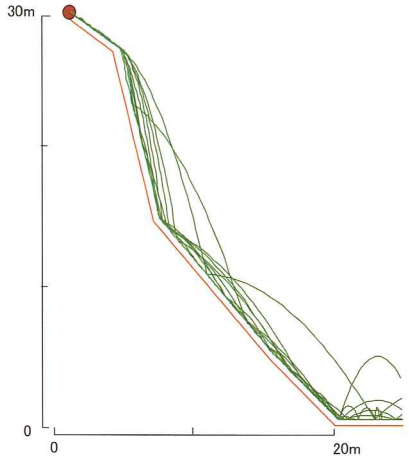


図 4-4-6　質点系落石シミュレーションによって予測された落石の軌跡の例

2）　非質点系落石シミュレーション

非質点系シミュレーション手法は、落石を質点ではなく形状を持ったブロックとして取り扱い、斜面を不連続で区切られたブロックの集合体として取り扱う方法である。非質点系落石シミュレーションの代表的手法には、個別要素法（DEM）と不連続変形法（DDA）がある。これらの手法は、物体の分離、飛行、衝突をモデル化可能であり、パラメータの設定過程などに課題は残っているが、落石シミュレーションへの適用が進められている。

4.4.4.3 GISでの表示方法

道路到達危険度を簡易評価した場合（レベル3-1）の表示イメージを図4-4-7に示す。レベル3-1では、レベル2の表示内容に加えて、以下の項目について図示し、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別枠（別画面）で表示する。

- 落下経路及び拡散範囲：想定した落下経路の平均勾配、拡散範囲、地被状況、断面図、写真等（レベル3-2の場合は、レベル3-1に加えて、数値解析結果の落下岩塊堆積状況図等）
- 道路到達危険度：評価結果を色別表示（Ⅰ：赤、Ⅱ：黄、Ⅲ：緑、Ⅳ：水色）、ランク判定時の評価区分（aA、cB等）

なお、浮石型落石と転石型落石の想定落下経路が重複する場合や、浮石型どうしで想定落下経路が重複した場合などは、危険側となる発生源の評価を表示する（図4-4-8参照）。

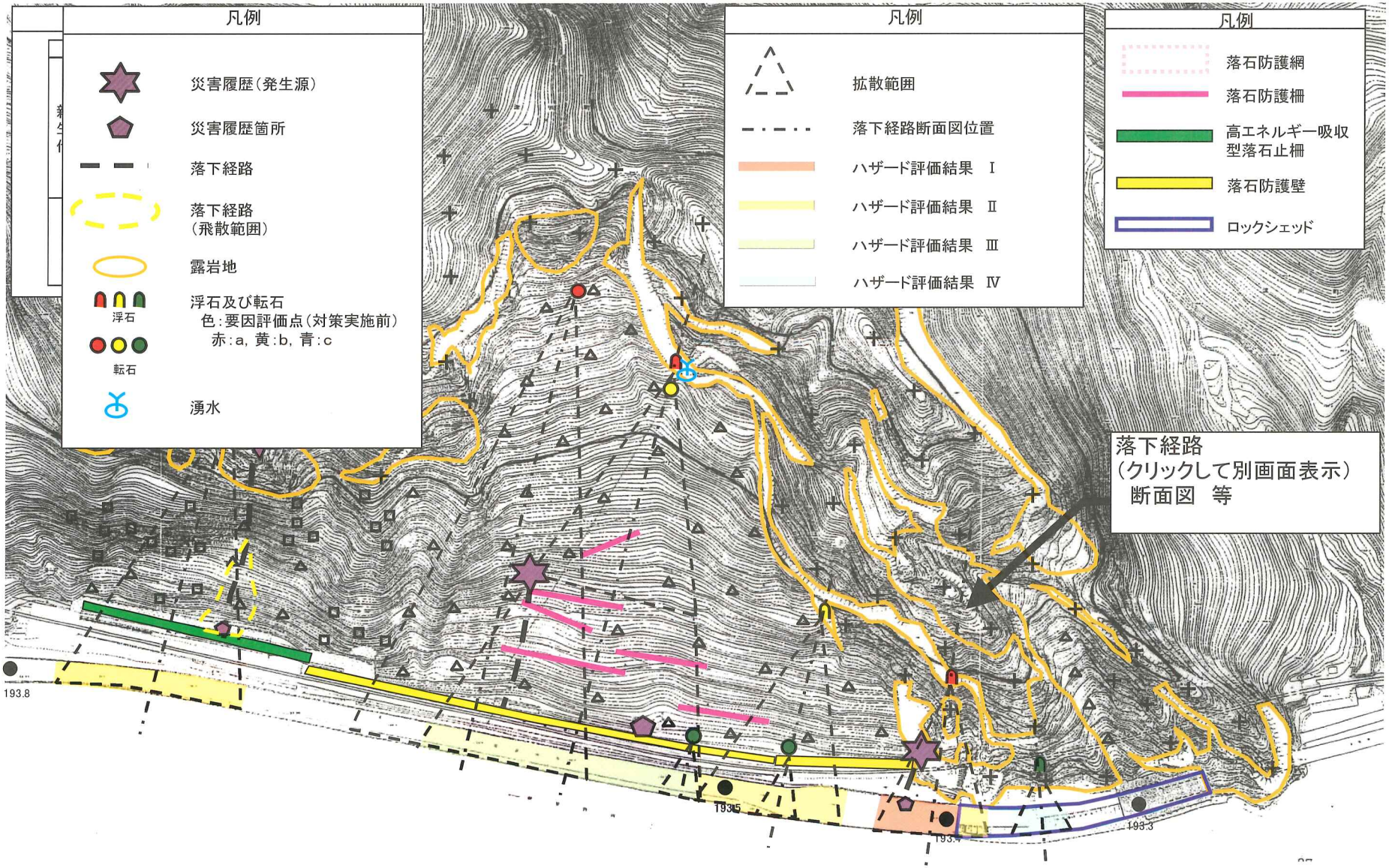
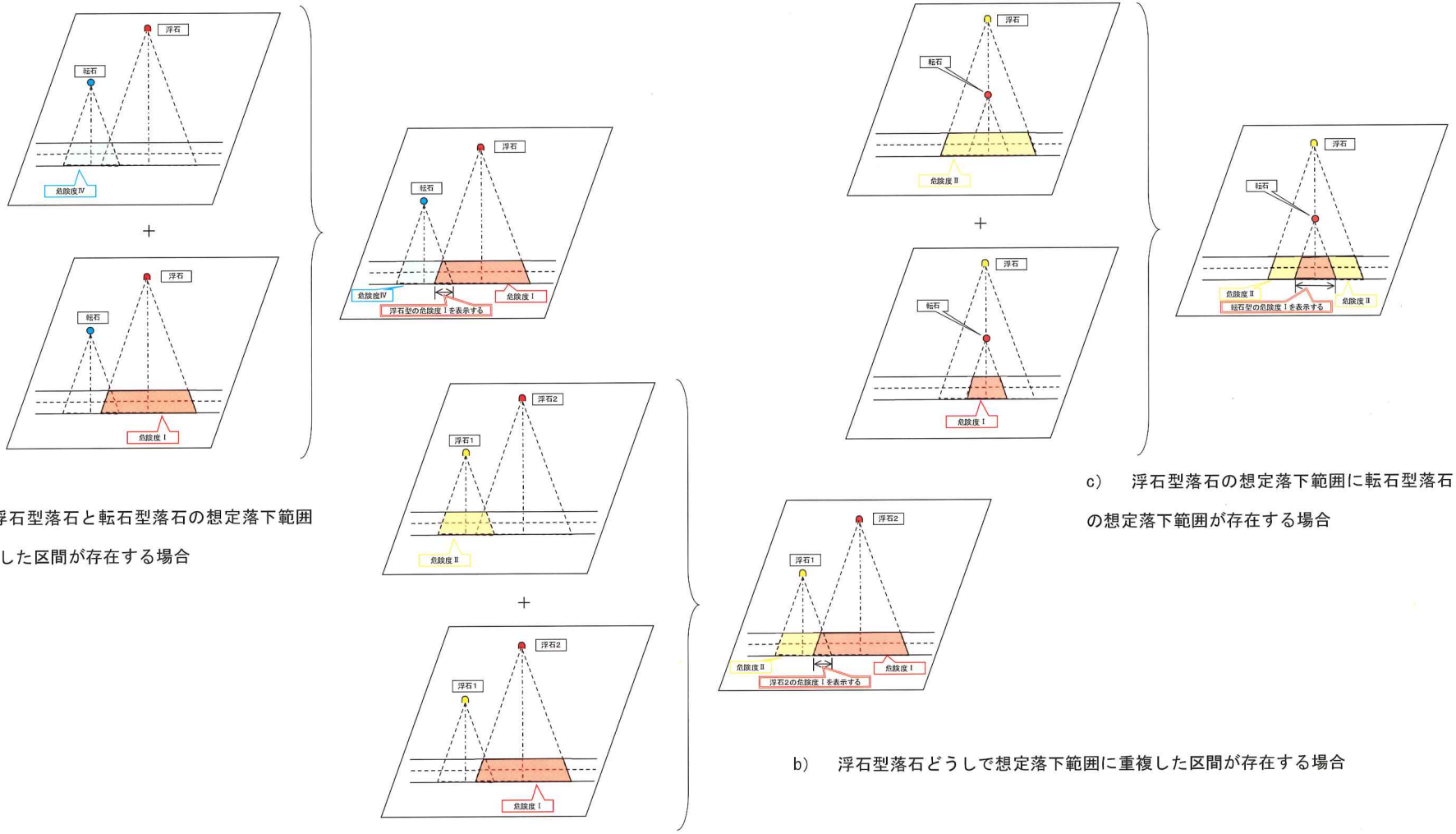


図 4-4-7　レベル 3-1（ハザードマップ：簡易評価）イメージ図（落石）



a)　浮石型落石と転石型落石の想定落下範囲で重複した区間が存在する場合

b)　浮石型落石どうしで想定落下範囲に重複した区間が存在する場合

c)　浮石型落石の想定落下範囲に転石型落石の想定落下範囲が存在する場合

図 4-4-8　想定落下範囲が重複する場合などの評価結果表示イメージ

4.5　土石流

危険度評価フローを図 4-5-1 に示す。

4.5.1 被災履歴マップ（レベル 0）

被災履歴マップでは、調査報告書・文献等の既往資料を収集・整理して災害履歴を取りまとめる。記載する図面は広域図（1:200,000～1:25,000）を標準とし、必要に応じ個所別図（1:5,000～1:2,500）を作成する。

4.5.1.1 必要な調査

既存資料をもとに原則として以下の項目についてデータの取得を図る。

表 4-5-1　被災履歴マップ作成に必要な項目の目安

調査内容	調査項目
災害履歴調査	被災位置（KP）、発生年月日（時刻）、土石流発生形態（発生源など）、道路への到達の有無、到達の規模、交通障害の内容、素因・誘因、気象及び地震、既設対策工、その他

4.5.1.2 整理・評価方法

上記資料を収集・整理して、資料毎に対象個所（流域）、災害規模、素因･誘因、被害状況、道路との位置関係などを一覧表（表 4-2-1 参照）に整理する。

4.5.1.3 GIS での表示方法

GIS での表示は、他の災害形態のハザードと共通のマップに整理することを基本とする。主要な表示項目は以下のとおりである。

なお、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別画面で表示（図示）する。

- 対象渓流（流域）位置
- 被災状況：被災位置（KP・上下線の別）、発生年月日、被災内容、流出土砂量、通行止め状況、平面図、断面図、発生源等の情報（崩壊地等の規模、誘因など）、スケッチ図、写真等

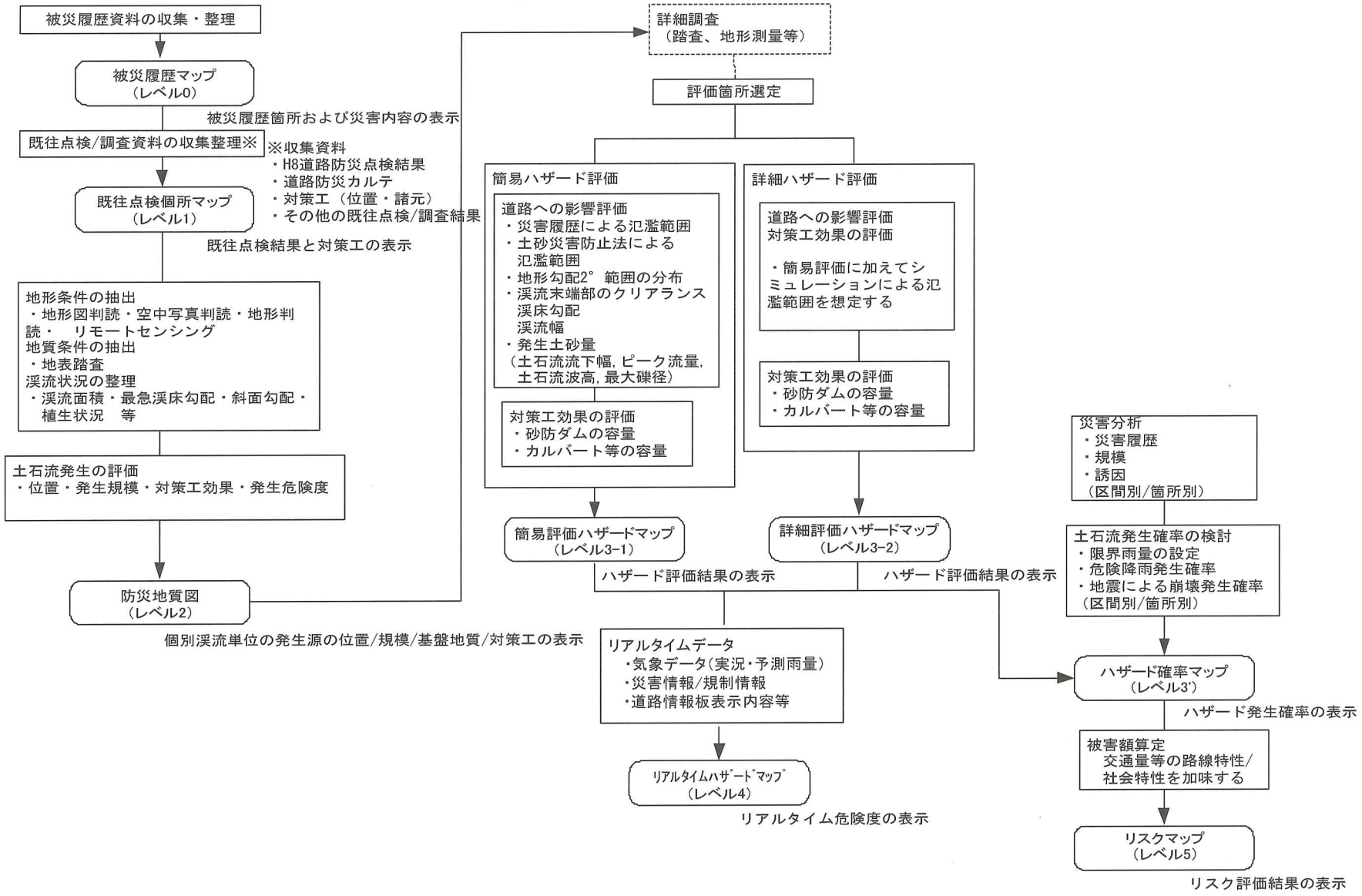


図 4-5-1　ハザード評価の詳細フロー（土石流）

4.5.2 既往点検個所マップ（レベル 1）

既往点検個所マップでは、「H8 点検」、土石流危険渓流カルテなどの既往資料を収集・整理し、危険個所やその危険度を抽出する。記載する図面は広域図（1:200,000～1:25,000）を標準とし、必要に応じ個所別図（1:5,000～1:2,500）を作成する。

4.5.2.1 必要な調査

既往点検個所マップ（レベル 1）は被災履歴マップ（レベル 0）と同様、机上調査を中心に作成する。作成のために必要な収集資料は、レベル 0 の調査項目（被災履歴）に加えて表 4-5-2 に示す項目を対象に実施する。

表 4-5-2 既往点検個所マップ作成に必要な項目の目安

調査内容	調査項目
「H8 点検」結果、 土石流危険渓流カルテ結果、 土石流危険渓流及び土石流 危険区域調査結果、 土石流危険渓流指定地、 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	対象位置（道路距離標）、対象渓流、 対象渓流流域・流域面積、 新しい亀裂・滑落崖の有無、崩壊履歴、 既設対策工諸元・対策工効果、 要因評点［A］・総合評点［B］、 個所別記録表の所見、想定災害規模、 氾濫区域、土砂災害警戒区域、土砂災害 特別警戒区域など

「H8 点検」では、対象位置（KP 及び緯度・経度）の他、安定度調査票，防災カルテ様式 A，B に記載されている評点・総合評価，想定災害形態などについて整理する。

土石流危険渓流カルテ，土石流危険渓流及び土石流危険区域調査及び土石流危険渓流指定地では、対象となる渓流の位置や流域，氾濫区域及び総合評価など、記載されている事項について整理する。

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（以下、土砂災害防止法という）では、対象となる渓流の位置や流域、指定されている土砂災害警戒区域及び土砂災害特別警戒区域などについて整理する。

4.5.2.2 整理・評価方法

表 4-5-2 に示した資料を収集・整理して、資料毎に対象個所（流域）、予想災害規模、想定流出土砂量、対象渓流流域の崩壊地（崩壊跡地）、地すべり地、道路との位置関係など取りまとめる。

4.5.2.3 GIS での表示方法

GIS での表示は、他の災害形態のハザードと共通のマップに整理することを基本とする。主要な表示項目は、被災履歴マップ（レベル 0）の表示内容に加えて、以下のとおりである。なお、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別画面で図示する。

- 各既往資料による対象渓流（流域）位置
- 各既往資料の内容：特記事項、所見、予想災害規模（想定流出土砂量や渓床堆積物、崩壊地等の状況等含む）、想定被災範囲、スケッチ図・写真等
- 各既往資料による危険度ランク区分を色分けで表示

例：H8 点検結果では、総合評価（要対策，カルテ対応，対応不要の区分）を下記の色で表示

要対策個所のうち未対策個所：赤色
カルテ対応個所：黄色
カルテ対応個所、要対策個所のうち対策済み個所：水色
新たな対応を必要としない個所：緑色
既往点検資料に記載があり、「H8 点検」で評価されていない個所：橙色

4.5.3 防災地質図（レベル 2）

防災地質図では、空中写真・地形図判読、斜面内情報に関する既往資料整理（災害対策調査・土地条件調査：国土地理院）、リモートセンシング及び現地調査などから災害素因となる流域斜面状況や渓床状況などの渓流流域情報をまとめ、既往点検個所マップに加える形で表示する。また、対策工情報の詳細について表示する。記載する図面は個所別図（1:5,000～1:2,500）を基本とし、必要に応じ広域図（1:200,000～1:25,000）にも発生源等の情報を簡易に記載する。

4.5.3.1 必要な調査

防災地質図作成に必要な調査内容及び項目は、災害履歴マップ（レベル 0）・既往点検個所マップ（レベル 1）の項目に加えて、表 4-5-3 のようなものがある。

表 4-5-3 防災地質図に必要な項目の目安

調査内容	調査項目
既設対策工調査 〔構造物台帳・完成図等の管理資料＋補足現地調査〕	○渓流構造物 砂防ダム等の位置、設置年、諸元、堆砂状況など ○道路横断構造物 ボックスカルバート等構造物の位置、諸元、土石等の堆砂状況など
空中写真判読、地形図判読、現地調査、資料調査（災害対策調査・土地条件調査）	○写真判読・地形図判読・資料調査 遷急線、崩壊地、崩壊跡地、地すべり地、谷頭地形、0 次谷、斜面勾配、渓床勾配、崖錐等未固結堆積物の分布など ○現地調査 対象流域の植生・地形・地質特性、渓床幅等渓流諸元、崩壊地・崩壊跡地・地すべり地の分布、天然ダムの有無や形成可能性、崖錐等未固結堆積物・渓床堆積物の性状・分布、地表水・湧水の状況など
地形データ（DEM 等）解析	斜面勾配・渓床勾配の分布・勾配毎の流域面積など

4.5.3.2 整理・評価方法

表 4-5-3 に示した内容を整理し、以下に述べる簡易手法のいずれかにより発生危険度を評価する。

(1)『H8 点検』「総合評価」による評価

「総合評価」の判定結果をもとに渓流評価を行う。評価にあたっては、表 4-5-3 で整理した内容も考慮する。

- **危険度 a（危険度大）：対策が必要と判断される**
- **危険度 b（危険度中）：防災カルテを作成し対応する**
- **危険度 c（危険度小）：特に新たな対応を必要としない**

(2)『H8 点検』「要因」と「対策工効果」による評価

「要因の合計評点［A］」と「既設対策工の効果の程度」による**「対策工［B］」**の判定結果をもとに渓流評価を行う。評価にあたっては、表 4-5-3 で整理した内容も考慮する。

- **危険度 a（危険度大）：要因点 70 点以上**

  要因点 20 点未満で既設対策工効果がない、もしくは低い

- **危険度 b（危険度中）：要因点 30 点以上 70 点未満**

  要因点 10 点未満で既設対策工効果がない、もしくは低い

- **危険度 c（危険度小）：要因点 30 点未満**

(3) 地形要素による評価

地形要素による評価手法では、土石流発生の素因となる地形的条件等により評価を行う。危険度判定を行う判定方法を表 4-5-4 に示す。

評価手法・判定基準のしきい値（単位面積当たりの長さ等）を設定するにあたっては、対象地域全体の状況を十分考慮して決定すること。

表 4-5-4　地形要素による危険度評価方法一覧

項　目	縮尺レベル	評価手法	判定方法
遷急線	1/25,000	明瞭なものの有無	ある場合は危険
	1/ 5,000	単位面積（ha）当りの長さ	長い場合は危険
崩壊・崩壊跡地	1/25,000	崩壊地の有無	ある場合は危険
	1/ 5,000	単位面積（ha）当りの個数	多い場合は危険
天然ダム	1/25,000～ 1/ 5,000	天然ダムの有無	ある場合は危険
谷頭地形	1/25,000	地形図上で青色表示される水系（流水のある水系）の末端付近の明瞭な谷頭地形の有無	ある場合は危険
	1/ 5,000	明瞭な谷頭地形の有無とその付近の崩壊地等の有無	ある　または 多い場合は危険
0 次谷	1/25,000	数で評価	多い場合は危険
	1/ 5,000	単位面積（ha）当りの数で評価	多い場合は危険
斜面勾配	1/25,000～ 1/ 5,000	単位面積（ha）当りの 30～50°斜面の占める割合で評価	多い場合は危険
渓床勾配	1/25,000～ 1/ 5,000	勾配 20° 以上（火山地帯 15° 以上）の渓流長で評価	長い場合は危険

4.5.3.3　GISでの表示方法

表示イメージを図4-5-2に示す。

GISでの表示は、他の災害形態のハザードと共通のマップに整理することを基本とする。主要な表示項目は、既往点検個所マップ（レベル1）の表示内容に加えて、以下とおりである。なお、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別画面で図示する。

- 危険渓流個所

  危険渓流と評価された渓流位置、流域、評価結果ランク区分及び写真等付帯情報

- 地形・地質情報

  現地調査で判明した情報（渓床堆積物の状況など）や空中写真判読結果（遷急線・崩壊地など）の情報

- 砂防ダム・ボックスカルバート等構造物

  構造物位置や諸元、堆砂状況などの情報



図 4-5-2　レベル 2（防災地質図）イメージ図（土石流）

表 4-5-5　「H8 点検」安定度調査表（土石流）[1)]

施設管理番号	N・＊・＊・＊・5・0・0・1

点検者	防災太郎
所属機関	○○○株式会社

［要因］(A)

項目	要因	評点区分	配点	評点
渓流の特性	発生流域面積渓床勾配15°以上の流域面積	0.50km²以上	10	4 (10)
		0.15km²以上0.50km²未満	8	
		0.15km²未満	④	
	最急渓床勾配	40°以上	⑩	10 (10)
		30°以上40°未満	5	
		30°未満	0	
斜面の特性	斜面勾配が30°以上の斜面の面積	0.20km²以上	8	2 (8)
		0.08km²以上0.20km²未満	6	
		0.08km²未満	②	
	草地及び灌木（樹高10m程度以下）の占める面積	0.20km²以上	8	0 (8)
		0.02km²以上0.20km²未満	4	
		0.02km²未満	⓪	
	不安定な土砂を伴う土工事の有無	有り	5	0 (5)
		なし	⓪	
	新しい亀裂，滑落崖の有無	有り	5	0 (5)
		なし	⓪	
	比較的規模の大きい崩壊履歴	有り	⑩	10 (10)
		なし	0	
合計			(A)	(56) 26 点

［道路構造］(C)=(B)+α

構造	評点区分	点数(α)	評点
流路幅	10m以上	−40点	−30
	5m～10m	㉚点	
	3m～5m	−20点	
	3m未満	± 0点	
桁下高さ	1m未満または橋梁・ﾎﾞｯｸｽｶﾙﾊﾞｰﾄのない場合	± 0点	−15
	1m～2m	− 5点	
	2m～3m	㉚点	
	3m～5m	−30点	
	5m以上	−40点	
合計		(C)	55 点

［履歴］(D)

評点区分	配点	評点
直近の対策後に、土石流により交通に支障が生じたことがある。	90	
交通に支障が生じたことはないが、土石流の発生履歴がある。	40	
土石流の発生履歴がない。	⓪	0
	(D)	0 点

(E)=MAX(C, D)

要因からの評点	(C) 55 点
履歴からの評点	(D) 0 点
(C)と(D)の内、大きい方	(E)=MAX(C, D) 55 点

［対策工］(B)

項目・区分		［要因］の合計評点(A) 20点以上	15点以上20点未満	10点以上15点未満	10点未満
既設対策工の効果の程度	「ない」・「低い」	㉚点	70点	50点	30点
	「普通」	70点	50点	30点	10点
	「高い」	50点	30点	10点	0点
	「十分」	0点			

(B) 100 点

［総合評価］

対応	判定
対策が必要と判断される。	
防災カルテを作成し対応する。	○
特に新たな対応を必要としない。	

［想定被災形態］

橋梁の破壊	
盛土流出	
路上への土砂氾濫堆積	○

＊該当欄に○印をつける

注）（ ）内は各項目の満点を示す。
該当する場合は配点欄に○印をつけると共に点数を記入する。
不明な場合は中間的な値を採用する。

4.5.4 ハザードマップ（レベル 3）

ハザードマップでは、砂防ダムやボックスカルバート等の効果を加味し、道路への影響評価を表示する。ハザードマップは影響評価の方法により、簡易評価ハザードマップ及び詳細評価ハザードマップに分けられる。記載する図面は個所別図（1:5,000～1:2,500）を基本とし、必要に応じ広域図（1:200,000～1:25,000）にもハザード評価等の情報を簡易に記載する。

- 簡易評価ハザードマップ（レベル 3-1）

  既往資料や地形解析により、土石流の氾濫する可能性のある範囲を図示したもの及び既往資料や現地調査データを用いて道路横断部の状況を評価・判定し、道路への影響評価を図示する。

- 詳細評価ハザードマップ（レベル 3-2）

  シミュレーションにより氾濫範囲を推定し、図示する。

4.5.4.1 必要な調査

ハザードマップ作成に必要な調査内容及び項目の目安を表 4-5-6 に示す。

表 4-5-6　簡易評価ハザードマップ作成に必要な項目の目安

評価精度	調査方法	調査項目
簡易評価（レベル 3-1）	「H8 点検」結果整理	道路構造物の諸元・流域面積
	土砂災害防止法調査結果整理	氾濫範囲
	既往災害履歴整理	氾濫範囲
	DEM（数値地形モデル）	渓床勾配・勾配区分・地形断面
	現地調査	道路構造物の諸元・清水の対象流量・渓床勾配・土石流水深・想定される最大礫径
詳細評価（レベル 3-2）	シミュレーション	氾濫範囲の推定

4.5.4.2 整理・評価方法

(1) 簡易手法による危険度判定（レベル 3-1）-1（氾濫範囲による評価法）

表 4-5-6 に示したデータをもとに、土石流氾濫範囲の設定を行う。氾濫範囲設定の流れを図 4-5-5 に示す。

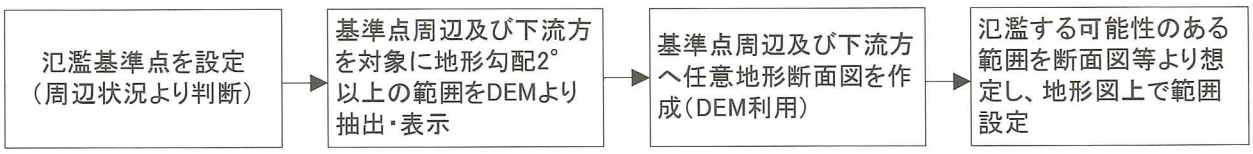


図 4-5-5　土石流氾濫範囲設定手順

DEM などの地形要素による設定を行う場合は、氾濫開始点の地形勾配（河床勾配）及び氾濫末端点の地形勾配（河床勾配）により設定する。なお、現地調査により、氾濫開始点や末端位置等が判明している場合は、その地点を優先して設定する。

土石流危険渓流及び土石流危険区域調査[2)]では、土石流の発生する区域を河床勾配で 15° 以上、危険区域の末端を 3° （火山砂防地域で 2° ）で設定している（末端の勾配は安全側を見て 2° に設定する場合もある）。以下に土石流危険渓流及び土石流危険区域調査による危険区域の設定方法を示す。

土石流危険区域（氾濫区域）は、地形、土石流堆積物の分布、過去の土石流の氾濫実績、更に、隣接する土石流危険渓流や地形、地質的に類似した土石流危険渓流における土石流氾濫状況等を参考にして総合的に定める。

土石流危険区域は、原則として土石流が発生する区域から河床勾配が 3° （火山砂防地域では、土石流発生実績がある場合は実績値を参考にして定め、ない場合は 2° を用いるものとする）になる地点までの渓床及び渓床からの比高数 m 程度以内の平坦部（扇状地及び谷底平野）とする。なお、土石流が発生する区域は、渓床勾配 15° （火山砂防地域では 10° ）以上の流域とする。

土石流危険区域を地形、堆積物から判断する着眼点には次のようなものがある。

a　扇状地形
b　巨礫群の存在
c　層状をなさない砂礫の混在した堆積物

渓床勾配 3° （火山砂防地域では、土石流発生実績がある場合は実績値を参考に定め、ない場合は 2° を用いるものとする）と土石流堆積物の分布の下端を比較して、下流側を土石流危険区域の下流端とする。横方向についても a，b，c を主な判断材料として危険区域を設定する。また、以下の場合には火山砂防地域外であっても河床勾配が 3° 以下の範囲を危険区域とする。

土石流の性質、地形条件によって河床勾配 3° 以下の区域においても家屋に被害の生じた例もあることから、特に細粒土砂を多く含む土石流、土砂流の流出する渓流では過去の実績を参考に、より緩勾配の区間まで危険区域とする。

河床勾配 3° の地点と海、湖、沼、本川までの距離が短い場合は、海、湖、沼、本川までの区間を含めて土石流危険区域とする。

上記手法等を参考に、氾濫区域の設定を行う。なお、土砂災害防止法[3)]で確実に氾濫区域（土砂災害警戒区域及び土砂災害特別警戒区域）に指定されている場合や、既往被災履歴があり、被災後も構造物等に変化がない場合は、上記判断を行わなくとも既往資料の区域を氾濫区域として設定してもよい。

(2) 簡易手法による危険度判定（レベル 3-1）-2（構造物の流下能力判定による方法）

簡易評価では、氾濫範囲の推定を行う方法の他、渓流横断部の道路構造物（カルバートなど）の流下能力と想定される発生土砂量より判定する方法がある。図 4-5-6 は、表 4-5-6 に示したデータをもとに、構造物の流下能力と想定発生土砂量による簡易評価方法について示したものである。以下に詳細な判定方法について示す。なお、判定に使用する雨量強度等各種パラメータについては、対象となる地域の都道府県等で実施されている土石流調査等で使用されているデータを利用して行う。

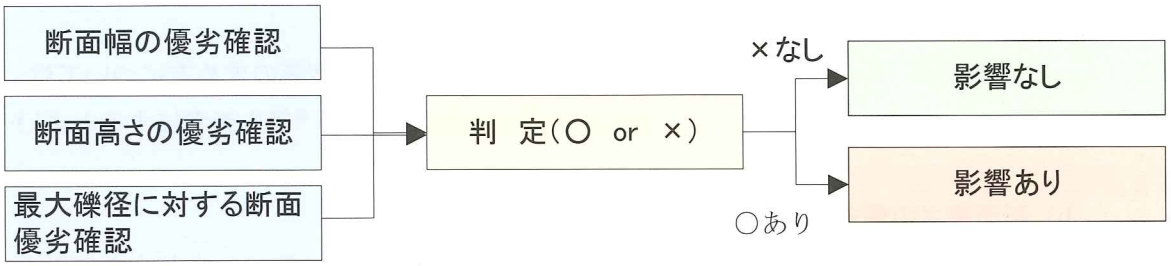


図 4-5-6　影響判定の流れ

a) 断面幅の優劣確認

断面の幅は土石流の流下幅以上かどうかで判定

土石流流下幅　＜　構造物の幅　　○

土石流流下幅　＞　構造物の幅　　×

◆ 土石流流下幅の算出

① 砂礫型土石流

$B_{d1}=1.5\sim3.0Q_{sp}^{1/2}$ （$A\leqq1.0k\ m^2$）

② 泥流型土石流

$B_{d2}=1.5\sim2.0Q_{sp}^{1/2}$ （$A\leqq2.0k\ m^2$）

ここで、

B_d ：土石流の流下幅

Q_{sp}：土石流のピーク流量

A ：流域面積

◆ 土石流のピーク流量 Q_{sp} の算出

① 砂礫型土石流

$Q_{sp}=4.7Q_p$

② 泥流型土石流

$Q_{sp}=3.5Q_p$

ここで、

Q_p：清水の対象流量（最大洪水流量）（m^3/sec）※1

Q_p= f･R･A /3.6

f：流出係数

R：洪水到達時間内の雨量強度（㎜/h）※2

A：流域面積（km^2）

※ 1：Q_pは、都道府県等で実施している土石流調査等で用いられている値を利用するのがよい。都道府県等の資料がない場合には、ラショナル式（合理式法）により算出可能である。

※ 2：洪水到達時間内の雨量強度等の求め方については、「土石流対策技術指針（案）」[4]等を参考にするとよい

b）断面高さの優劣確認

断面の高さ（H）は、土石流の波高（Hd）に、余裕高（ΔH，h）を加えた値以上か否かで判定

断面高さ ＞ 土石流の波高＋余裕高 ○

断面高さ ＜ 土石流の波高＋余裕高 ×

◆ 余裕高（ΔH，h）は以下のとおりとする。

① 河川としての余裕高：ΔH

設計土石流ピーク流量 Qsp	余裕高
200m^3/s 以下	0.6m
200～500m^3/s	0.8m

このとき、河床勾配による次の値以下にならないようにする。

勾 配	ΔH/H_d （H_dは次頁で算出）
1/10 以上	0.5
1/10～1/30	0.4
1/30～1/50	0.3
1/50～1/70	0.25
1/70～1/100	0.20

② 橋梁としての余裕高：h は、原則として h=0.5m とする

◆ 土石流の波高 Hd の算出

$$Hd = Q_{sp} / (B_d \cdot U_d)$$

ここで、

Q_{sp}：土石流のピーク流量

B_d：土石流の流下幅

U_d：土石流の流速

◆ 土石流の流速 U_d の算出（マニングの式）[5]

$$Ud=1/n \cdot R^{2/3} \cdot (\sin\theta)^{1/2}$$

ここで、

R：土石流の径深（m）=土石流の水深（H_d）

θ：渓床勾配（度）

基点（もしくは流速計測地点）上流 100m の平均

n：粗度係数

一般に自然河道ではフロント部で 0.1

後続流で 0.06

三面張りの流路工で 0.03 程度の値を使用する

c）最大礫径に対する断面優劣の確認

断面幅及び高さは、最大礫径の 2 倍以上か

断面幅・高さ　＞　最大礫径×2　○

断面幅・高さ　＜　最大礫径×2　×

◆ 最大礫径（dmax）の決定

対象渓流渓床区間あるいは山腹にある巨礫約 100 個以上について、現地で礫径を測定し、巨礫の頻度分布を作成し、累加曲線の 95%をもって最大礫径とする。断面の幅及び高さが、最大礫径（dmax）の 2 倍以上かどうかで危険度を判定。

(3) 詳細手法による危険度判定（レベル 3-2）

シミュレーションを利用した氾濫範囲設定を行う場合は、シミュレーション手法の特徴や設定パラメータ等に充分留意して実施すること。なお、土砂災害防止法関連調査で確実に氾濫区域に指定されている場合や、既往被災履歴があり、被災後も構造物等に変化がない場合は、上記判断を行わなくとも道路への影響ありと判断してよい。

4.5.4.3 GIS での表示方法

判定結果をもとに、簡易評価では道路への影響範囲及び評価を色分けで表示する。

なお、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別画面（ポップアップウィンドウ）で表示する。表示イメージを図 4-5-7、図 4-5-8 に示す。

更に、作成したハザードマップに、別途気象庁等より提供される 1 時間毎の雨量予測や 10 分間毎の雨量データ等を取り込むことも可能である。これら雨量データと、別途設定されている警戒基準雨量とを組み合わせることで、エリア毎・渓流毎のハザードをリアルタイムに表示することが可能になる。

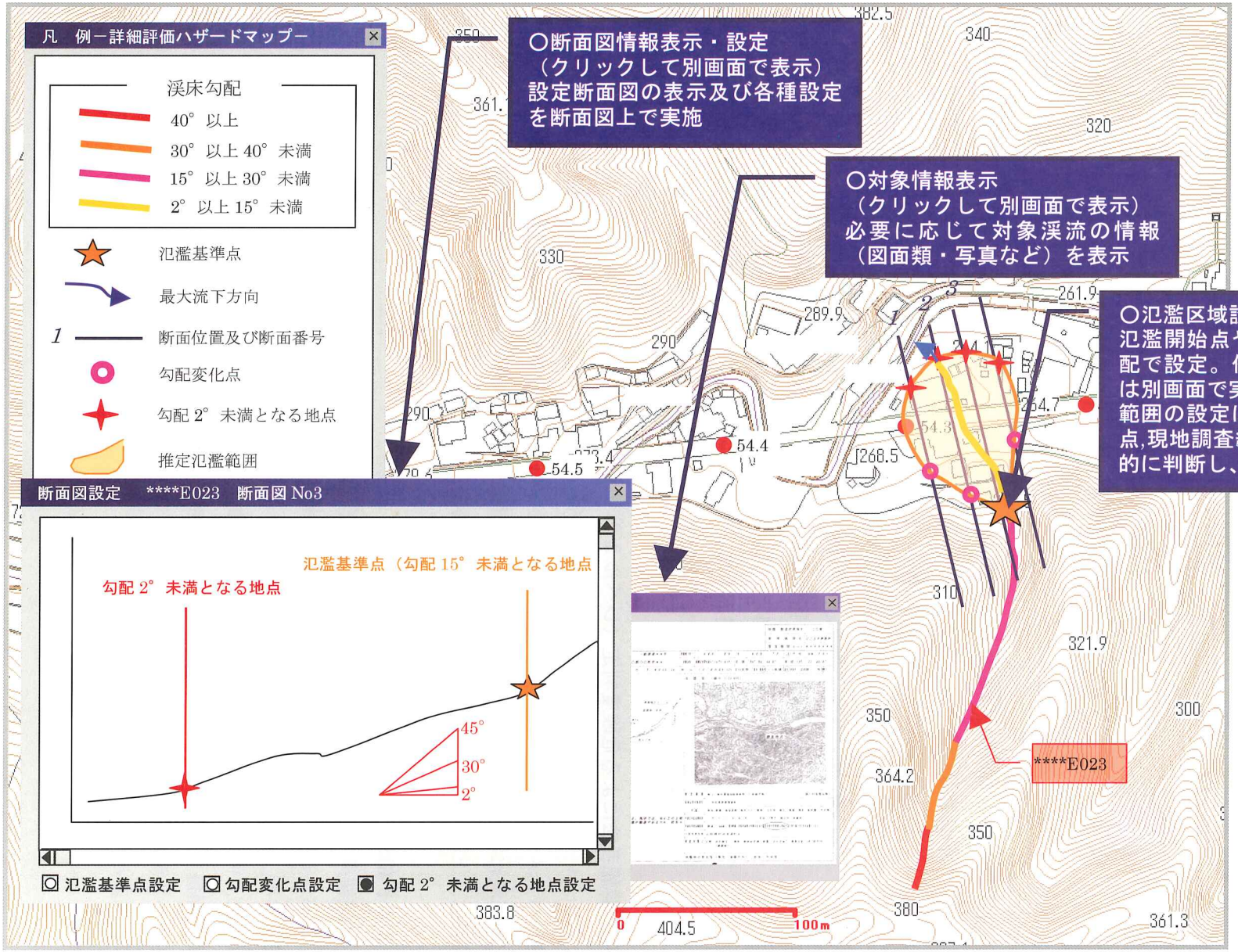


図 4-5-7　レベル 3-1（ハザードマップ：簡易評価）イメージ図（土石流-1：氾濫範囲による評価方法）

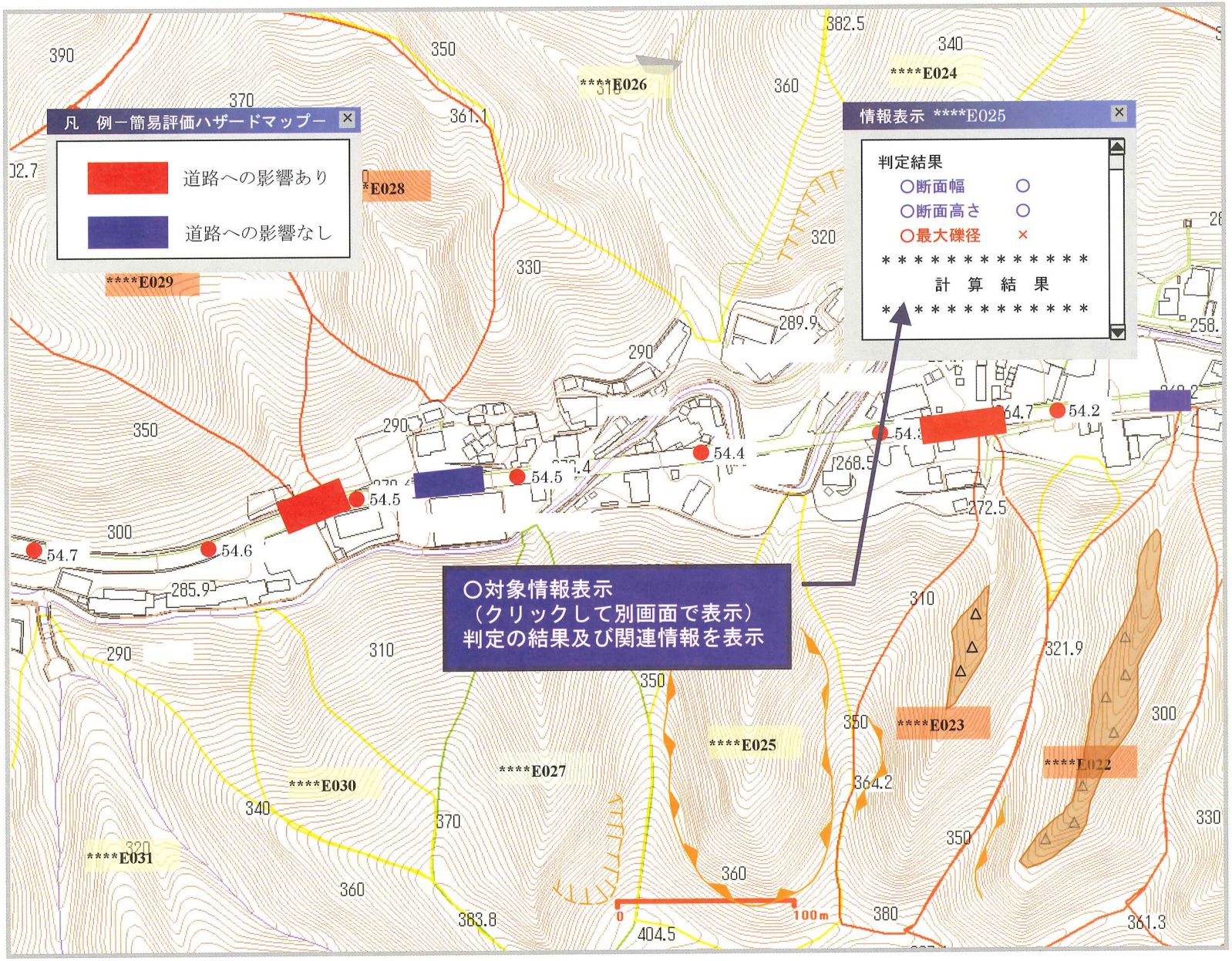


図 4-5-8　レベル 3-1（ハザードマップ：簡易評価）イメージ図（土石流-2：構造物の流下能力判定による方法）

4.6　地すべり

危険度評価フローを図 4-6-1 に示す。

4.6.1 被災履歴マップ（レベル 0）

被災履歴マップは、既往調査報告書・文献等の既往資料を収集整理して、近年に発生した災害の履歴ならびに地すべり地形分布状況（地すべり指定地、既往資料による明らかな地すべり地形分布等）を取りまとめて作成するものであり、各種災害形態を一括表示する。記載する図面は広域図（1:200,000～1:25,000）を標準とし、必要に応じ個所別図（1:5,000～1:2,500）を作成する。

4.6.1.1 必要な調査

被災履歴マップマップでは、既存資料に基づき、地すべりに関して以下の項目に関する情報等の取りまとめを行う。

表 4-6-1　被災履歴マップ作成に必要な項目の目安

調査内容	調査項目
被災履歴調査	被災位置（KP）、発生年月日（時）、災害形態･規模、素因・誘因、前兆現象の有無、気象・地震、既設対策工の有無･諸元、その他（動態・地下水観測データ等）

4.6.1.2　整理・評価方法

上記資料を収集整理して、被災個所、発生年月日（時刻・気象）、地すべり地形、災害形態･規模、素因･誘因、道路への影響程度（交通障害の内容）、既設対策工の諸元などを一覧表（表 4-2-1 参照）に整理する。

また、当該地に動態・地下水観測データや既設対策構造物の点検データ等がある場合には、現況での活動性に留意した情報の取りまとめを行うことが望ましい。

4.6.1.3　GIS での表示方法

GIS での表示は、他の災害形態のハザードと共通のマップに整理することを基本とする。主要な表示項目は以下のとおりである。

なお、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別画面で表示（図示）する。

・被災状況：被災位置（KP・上下線の別）、発生年月日、被災内容、崩土がある場合はその量あるいは岩塊の大きさ、通行止め状況、平面図、断面図、写真等
・発生源：地すべり規模、地すべり型、素因・誘因、写真等
・その他：前兆現象の有無・種類、動態観測データ、地下水観測データ、対策構造物の種類や点検データ、地すべり指定地の場合は管轄及び指定地番号・名称等

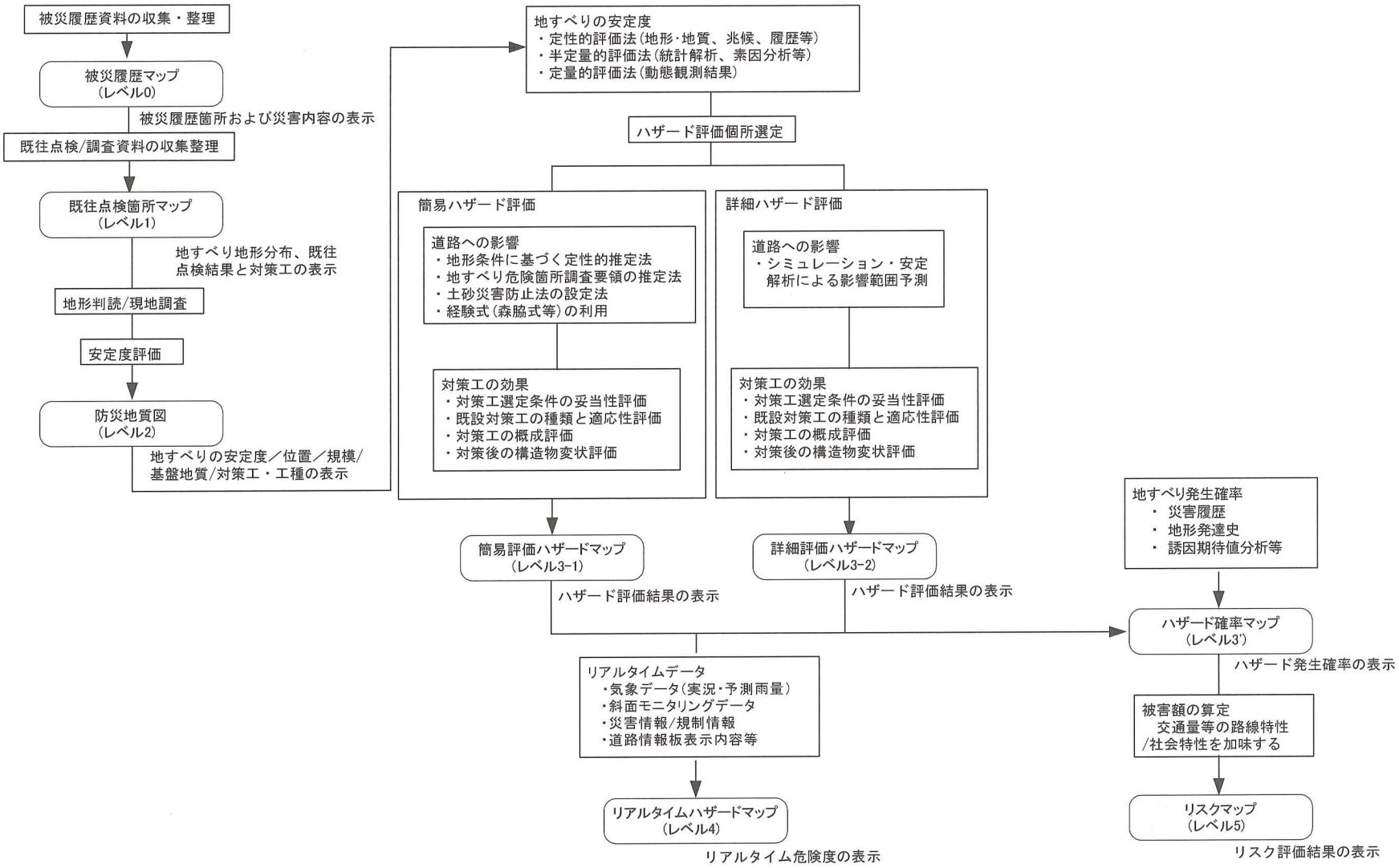


図 4-6-1　ハザード評価の詳細フロー（地すべり）

4.6.2　既往点検個所マップ（レベル 1）

既往点検個所マップ（レベル 1）は、被災履歴マップ（レベル 0）に対して、「H8 点検」結果及び防災カルテを用いた点検結果や、地すべり危険個所調査結果、既往調査報告書等に基づく地すべり個所の現況情報を加えて作成する。記載する図面は広域図（1:200,000～1:25,000）を標準とし、必要に応じ個所別図（1:5,000～1:2,500）を作成する。

4.6.2.1　必要な調査

既往点検個所マップ（レベル 1）は被災履歴マップ（レベル 0）と同様、机上調査を中心に作成する。作成のために必要な収集資料は、レベル 0 の調査項目（災害履歴）に加えて表 4-6-2 を目安とする。なお、地すべり地形の分布を把握するためのその他の既往資料としては、各種地すべり分布図（防災科学技術研究所、日本地すべり学会等編纂）や砂防関係指定地位置図（地すべり防止区域等）等が上げられる。

表 4-6-2　既往点検個所マップに必要な項目の目安

調査内容	調査項目
「H8 点検」結果、 防災カルテ点検結果、 既設対策工資料、 その他の既往資料	地すべり地形及びブロック区分：評点、総合評価、 亀裂や押し出しの進行性、構造物変状等の進行性、 既設対策工情報　など

4.6.2.2　整理・評価方法

被災履歴一覧表に加えて、道路防災点検、防災カルテ類を含む既往点検結果及び既往資料・対策工設計資料等から、危険度評点、評価一覧、既知の地すべり地形分布、対策工一覧等を整理する。この際、治山系の資料等も入手可能であれば、直接道路に関係しない場合でも、これらを併せて整理することが望ましい。

4.6.2.3　GIS での表示方法

GIS での表示は、他の災害形態のハザードと共通のマップに整理することを基本とする。主要な表示項目は、被災履歴マップ（レベル 0）の表示内容に加えて、以下のとおりである。なお、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別画面で図示する。

・「H8 点検」結果及び防災カルテ：総合評価（要対策・カルテ対応・対応不要の区分）、「H8 点検」の安定度調査表、防災カルテ（様式 A～C）

・「H8 点検」の総合評価に基づき、道路を下記の色で帯表示する。

要対策個所のうち未対策個所　：赤色
要対策個所のうち対策済み個所※、カルテ対応個所　：黄色
新たな対応を必要としない個所　：緑色
既往点検資料に記載があり、「H8 点検」で評価されていない個所：橙色

※他の災害形態では水色だが、地すべりでは対策効果判定を行うまでは黄色とする。

・評価対象個所の既往調査データ（平面図・断面図）等
・対策工情報（工種・施工年・現況・概成評価・変状、老朽化の有無・程度等）

4.6.3　防災地質図（レベル 2）

防災地質図では、空中写真・地形図判読、斜面内情報に関する既往資料整理（災害対策調査・土地条件調査：国土地理院）、リモートセンシング及び現地調査などから地すべりの詳細な地形・地質情報の把握や地すべり特性の検討ならびに地すべりの安定度評価をまとめ、既往点検個所マップに加える形で表示する。記載する図面は個所別図（1:5,000～1:2,500）を基本とし、必要に応じ広域図（1:200,000～1:25,000）にも発生源等の情報を簡易に記載する。また、対策工の選定条件等に関する詳細な情報収集を行う。

4.6.3.1　必要な調査

防災地質図作成に必要な調査内容及び項目の目安を表 4-6-3 に示す。

表 4-6-3　防災地質図に必要な項目の目安

調査内容	調査項目
既往資料調査 ・各種要因分析 ・各種観測データ解析	地すべり型、規模、素因、誘因、機構（断面） 動態観測結果、変動ランク等
地形判読（空中写真、地形図、衛星写真等）	地すべりブロックの輪郭と明瞭度（新鮮度）、 ブロック区分、土塊の移動方向等
現地調査	地すべり内の変形構造・兆候現象、地形・地質構造、地下水・湧水状況、構造物の変状等
既設対策工調査 〔構造物台帳等の管理資料＋設計報告書＋補足現地調査〕	対策工の有無及び工種 現況状況（破損や劣化の有無、効果等）

4.6.3.2　整理・評価方法

地形判読や現地調査結果と既往資料解析結果に基づいて、個々の地すべり地形の安定度を評価する。

ここで評価の対象とする地すべりは、特に見直しが必要と判断されない限り、既往点検個所マップにおいて、道路防災点検の総合評価が「対策が必要と判断される」もしくは「防災カルテを作成し対応する」とされたものか、点検が実施されていない個所または副次ブロックとし、「特に新たな対応を必要としない」ものは基本的にＣランクとする。

なお、空中写真判読やその他の参考資料等によって新たな地すべり地形を確認した場合には、改めて該当ブロックに対する安定度評価を行うものとする。

また、点検後、対策が実施されたものについては、対策工の効果判定を行う必要があるため、評価から除外しない。

地すべりブロックの安定度を評価する手法として以下のものが上げられる。

①定性的評価手法（地形･地質条件、兆候、履歴等に基づくもの）

②半定量的評価手法（統計解析、素因分析等に基づくもの）

③定量的評価手法（動態観測結果等に基づくもの）

これらの各手法は、当該地すべりブロックで取得が可能なデータの精度や量によって、使い分けを行うことが望ましい。各手法の使い分けの目安を表 4-6-4 にまとめる。

また、安定度評価の結果として、表 4-6-5 を目安として A～C のランク区分（対策工の有無を区別）を行い、個々の地すべりブロックに対して明記する。

表 4-6-4　地すべりの安定度評価手法と使い分けの目安

評価手法	適用条件 （必要なデータ）	評価手法の有効性、精度
①定性的評価手法 地形･地質条件、兆候、履歴等に基づく評価	・地形判読結果 ・地表踏査結果（地質・地表面状況） ・地すべり型や素因、機構を判定できる調査データ　など	個々の地すべりに対する評価が可能であるが、評価精度は、資料の質･量や技術者のレベルに左右される。一般的な評点法では、中程度の精度で同一基準による相対評価が可能。
②半定量的評価手法 統計解析、素因分析等に基づく評価	・広域の地形･地質データ （地形判読結果、地質構造） ・広域の地すべり分布図　など	統計処理･分析に資する、広域のデータがあれば有効である。手法によって、適用可能な地域（条件）が限定される場合がある。
③定量的評価手法 動態観測結果（変動ランク）等に基づく評価	・動態観測データ ・気象データ　など	動態観測データが継続的にあり、誘因との因果関係も明確にされている場合は有効であり、個々の地すべりに対して確定的な評価が可能である。

表 4-6-5　地すべりの安定度ランク区分の目安

安定度 ランク	既設 対策工	評価基準等
A ランク （不安定）	有（-1）	明瞭かつ未開析の地すべり地形を呈するか、活動中であることが明らかなもので、人為的な環境変化の有無に関わらず、道路に直接の被害を及ぼす可能性が大きいものあるいは影響を及ぼしているもの。道路防災点検において「対策が必要」と判断されたもの。
	無（-2）	
B ランク （準安定）	有（-1）	現状で直接的な地すべり活動の兆候は認められないが、地形的に古い滑落崖が存在するなどの明らかな地すべり地形を呈し、地すべり発生の素因を有するもので、人為的な環境変化等により再発する可能性が高く、その際に道路への直接の影響が想定されるもの。道路防災点検において「カルテ等の作成により継続監視が必要」と判断されたもの。
	無（-2）	
C ランク （安定）	有（-1）	地形特性として地すべり地形の特徴を有するが、現状では地形的条件等により十分に安定していると判断され、仮に大規模な環境変化が発生しても、拡大もしくは再発の可能性は小さいもの、あるいは活動しても地形条件等により道路への直接の影響が考えられないもの。道路防災点検において「特に新たな対応を必要としない」と判断されたもの。
	無（-2）	

(1) 定性的評価法

定性的評価法としては、個々の地すべりに対する専門技術者による詳細評価と、「道路防災点検要領」や「日本道路公団の地すべり危険度区分」のような、一般的な判定表を用いた簡易評価がある。

a) 専門技術者による詳細評価

道路から尾根部に至る範囲の精度のよい基図が整備されており、当該地すべりの諸特性及び変動状況等が詳細に把握されている個所については、地形・地質条件や兆候・履歴・変動、地すべり機構等に基づく専門技術者による定性的な評価が有効である。

地すべり地は、周辺斜面に比べて特異な緩斜面地形や凹凸地形・台地形等を呈することが多く、その活動性を示唆する様々な兆候現象（滑落崖・亀裂・構造物の変状等）の新鮮さや明瞭さ、発生頻度等に基づいて、定性的な安定度の評価を行うことが可能である。

また、地すべりは、斜面を構成する物質が重力によって下方に移動する現象の一形態であり、その発生から収束までに概ね一定の発達過程を経るとの観点に立てば、現在の状況がその発達過程のどの段階にあるかを位置付けることによって、中･長期的な地すべりの安定性を想定できる場合もある。「岩盤地すべり」･「風化岩地すべり」･「崩積土地すべり」･「粘質土地すべり」といった、一般的に用いられる地すべり型分類（渡他,1987）[1)] は、このような地すべりの地形発達史的観点に立つものであり、型や構成材料、ブロック化の程度等の違いによって、誘因に対する反応の鋭敏さや不安定度、運動速度等が異なるので、これらも参考にしてランク区分を行うことが望ましい。

b) 既存の判定基準を用いた簡易評価

対象区間に複数の地すべり地形が存在し、個々の地すべりに対する調査･観測データが乏しい場合などには、主に地形や地質条件に注目した既存の評点法や判定表の利用が、簡便かつ有効な評価手法となりうる。

参考資料として、「H8 点検」要領の評価項目例を表 4-6-6 に、地すべりの危険度区分表の例を表 4-6-7 に示す。

「H8 点検」要領に従って当該地すべりの安定度を評価する場合、「防災地質図」に表現する地すべりの安定度ランクは、素因的な地形・地質条件下における不安定度を評価するものであるため、既設対策工の効果補正を行わない段階での評点を参考とし、対策工の有無のみを区分表記する。

なお、安定度ランク区分の目安は以下のとおりとするが、境界値付近の地すべりについては、専門技術者の総合判断を加えて最終評価することが望ましい。

・地すべり履歴がある、または顕著な地すべり兆候がある

100 点　≧　評点（C）　＞　75 点　　：　A ランク

・軽微な地すべり兆候がある、または地すべり地形が明瞭か地質要因の該当項目が多い

75点　≧　評点（C）　＞　30 点　　：　B ランク

・兆候・履歴がなく、地質要因の該当項目はあるが地すべり地形が明瞭でない、またはやや明瞭～不明瞭な地すべり地形を呈するが地質要因の該当項目が乏しい

30 点　≧　評点（C）　≧7 点　　：　C ランク

表 4-6-6　「H8 点検」要領（1996）に基づく地すべり安定度評価表 [2)]

項目		着眼点		配点	評点
地すべり地形		滑落崖、丘状地形、緩傾斜地、等高線の乱れ、河川などへの押し出し当の地すべり地形が認められる。	明　瞭	30	
			やや明瞭	15	
			不 明 瞭	7	／30
地質等	地質構造等	断層･破砕帯		18	
		火山変質帯、温泉余土		18	
		流れ盤		14	
		受け盤		7	
		貫入岩構造、キャップロック構造		3	
		その他		0	／18
	母岩の岩質および年代	中･古生層（結晶片岩,堆積岩）		7	
		第三紀層（堆積岩）		7	
		第四紀層（未固結堆積物または堆積岩）		3	
		その他（火山岩,火成岩等）		0	／7
	湧水	あり（痕跡程度も含む）		10	
		なし		0	／10
			合計（最大65）		点
地すべり履歴		過去の災害,地すべりの記録や確かな伝承	あり	100	
			なし	0	／100
地すべり兆候		斜面の亀裂、隆起や陥没 斜面安定工の異常、変状 路面の隆起、亀裂等 小崩壊（兆候発生後対策が実施されたものは兆候なしとする）	顕著な兆候	100	
			軽微な兆候	75	
			兆候なし	0	／100
			合計（最大100）		点

【評価表を用いた安定度ランク区分の目安】

・地すべり履歴がある、または顕著な地すべり兆候がある。

100 点　≧　評点（C）　＞　75 点　　：　A ランク

・軽微な地すべり兆候がある、または地すべり地形が明瞭か地質要因の該当項目が多い。

75点　≧　評点（C）　＞　30 点　　：　B ランク

・兆候・履歴がなく、地質要因の該当項目はあるが地すべり地形が明瞭でない、またはやや明瞭～不明瞭な地すべり地形を呈するが地質要因の該当項目が乏しい。

30 点　≧　評点（C）　≧7 点　　：　C ランク

＊ただし、境界値付近の地すべりについては、専門技術者の総合判断を加えて最終評価することが望ましい。

表 4-6-7　地すべりの危険度区分（設計要領第一集；日本道路公団, 1999 より）[3)]

公共施設等第三者に与える被害程度	直接被害を及ぼす可能性大		影響を及ぼすと想定される		影響は及ぼさないと想定される	
道路本体に与える影響	特にトンネル、橋梁等構造物への影響が大きい		土工部への影響　有		土工部への影響　有	
規模 / 変状程度、地形特性	規模が大きい	規模が小さい	大	小	大	小
主亀裂、末端亀裂が発生しているもの。	危険度　特A					
活動中のブロックで、人為的な環境変化の有無に関わらず、地すべり発生の可能性が大きい。変動A及びB。						
明らかな地すべり地形を呈しているが、現在地すべり運動の兆候は認められない。 人為的な環境変化を直接の誘因として、すべり出す可能性が大きい。 また、地すべりが発生した場合、拡大の可能性があるもの。変動C程度。	危険度　A			危険度　B		
変動特性として地すべり地形を呈しているが、現状では安定。仮に地すべりが発生しても拡大の可能性は少なく、その時点での地すべり処理が比較的可能と判断されるもの。 変動Cを生じる可能性がある。					危険度　C	

危険度特A：路線設定を避けることを原則とする、危険度A：現地調査を十分に行い、必要な土質・地質調査、地下水調査、計測調査を行う　→　「Aランク相当」
危険度B：危険度Aに準ずるが、計測調査等を場合によって低減できる　→　「Bランク相当」
危険度C：現地調査を主体として排水処理等を検討する　→　「Cランク相当」

(2) 半定量的評価法

半定量的評価法としては、地域特性を重視した統計解析（数量化理論等）に基づく評価や、衛星画像・空中写真等の解析に基づく評価、すべり面の傾斜角とすべり面強度の関係に基づく評価等があり、これらは評価対象の地すべり特性あるいは評価区間の地形・地質特性等を加味した上で適用することが可能と思われる。

数量化理論等を用いた評価では、地すべり現象と周辺の地形特性や地質特性等との関与の度合いが解析対象となる。ここで、関与が大きな要素として取り上げられることの多い項目は、地形特性として、斜面勾配・斜面の縦断形状・遷急線の有無など、地質特性として、基盤地質の区分・表層地盤の種類や状況・断層破砕帯の有無など、その他として、植生状況・土地利用状況・兆候現象の有無などである。

すべり面の傾斜角（α）と地表面の傾斜角（β）、ならびにすべり面強度（ϕ）の関係に基づく安定性評価事例を図 4-6-2 に示す。ここでは、すべり面強度（ϕ）が、地域の特性値として事例解析に基づいて設定される数値となる。

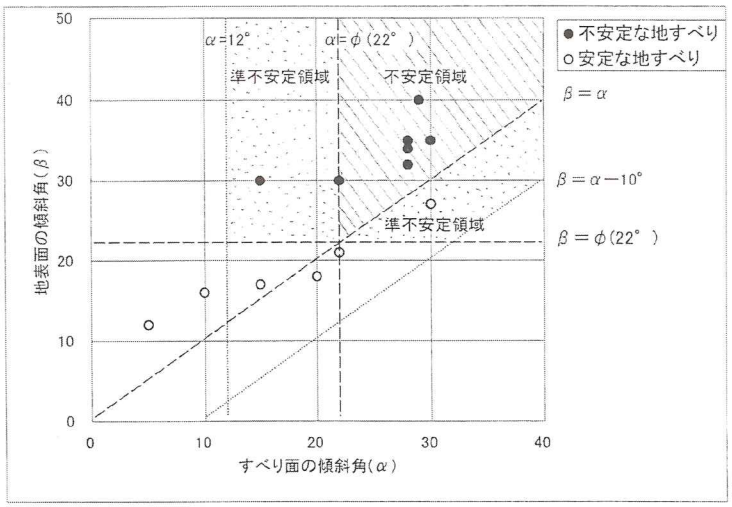


図 4-6-2　地すべりの安定性評価の例（上野他，2003）[4)]

(3) 定量的評価法

定量的評価法としては、個々の地すべりの動態観測データ（変動ランク）に基づく評価等が上げられる。継続的に動態観測データが取得されている地すべり地では、表 4-6-8～表 4-6-10 等に基づいて変動ランクを区分し、前出表 4-6-7 を参照するなどして個々の地すべりに対する確定的な安定度評価を行うことも可能である。

表 4-6-8　傾斜変動の程度（設計要領第一集；日本道路公団, 1999 より）[5)]

変動種別	日平均変動量（秒）	累積変動値（秒/月）	傾斜量の累積傾向の有無	傾斜運動方向と地形との相関性	活動性等
変動 A	5 秒以上	100 秒以上	顕著	あり	活発に運動中
変動 B	1～5 秒	30～100 秒	やや顕著	〃	緩慢に運動中
変動 C	1 秒以下	30 秒以下	ややあり	〃	継続観測が必要
変動 D	3 秒以上	なし（断続変動）	ややあり	なし	局部的な地盤変動、その他

表 4-6-9　伸縮計による地盤伸縮の程度（設計要領第一集；日本道路公団, 1999 より）[5)]

変動種別	日変位量（mm）	累積変位量（mm/月）	一定方向への累積傾向	変動形態（引張、圧縮、断続）	活動性等
変動 A	1mm 以上	10mm 以上	顕著	引張	活発に運動中、表層・深層すべり
変動 B	0.1～1mm	2～10mm	やや顕著	引張及び断続変動	緩慢に運動中、粘質土・崩積土すべり
変動 C	0.02～0.1mm	0.5～2mm	ややあり	引張及び圧縮	継続観測が必要
変動 D	0.1mm 以上	なし（断続変動）	なし	なし	局部的な地盤変動、その他

表 4-6-10　ひずみ変動の程度（設計要領第一集；日本道路公団, 1999 より）[5)]

変動種別	日変位量（μ/月）	変動形態		すべり面存在の地形・地質的可能性	活動性等
		累積傾向	変動状態		
変動 A	5,000μ以上	顕著	累積変動	あり	顕著に活動している岩盤～崩積土地すべり
変動 B	1,000μ以上	やや顕著	〃	〃	緩慢に活動している地すべり
変動 C	100μ以上	ややあり	累積、断続かく乱、回帰	〃	すべり面の存在有無を断定できないため継続観測必要
変動 D	1,000μ以上（短期間）	なし	断続、かく乱回帰	なし	すべり面なしすべり面以外の要因

4.6.3.3　GIS 上での表示方法

防災地質図（レベル 2）の表示イメージを図 4-6-3 に示す。

GIS での表示は、他の災害形態のハザードと共通のマップに整理することを基本とする。主要な表示項目は、既往点検個所マップ（レベル 1）の表示内容に加えて、以下とおりである。なお、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別画面で図示する。

- 既往資料解析結果
  地すべり型、規模、素因・誘因等は別画面で表示
- 地形判読結果
  ブロックの輪郭、ブロック区分、移動方向、主な変形構造等
- 現地調査結果（特に構造物・地表面の変状状況等）
- 地すべり安定度ランク区分
  A：赤色　　B：黄色　　C：緑色
- 対策工情報（工種等）
  対策工の有無を B-1（有）、B-2（無）等で識別

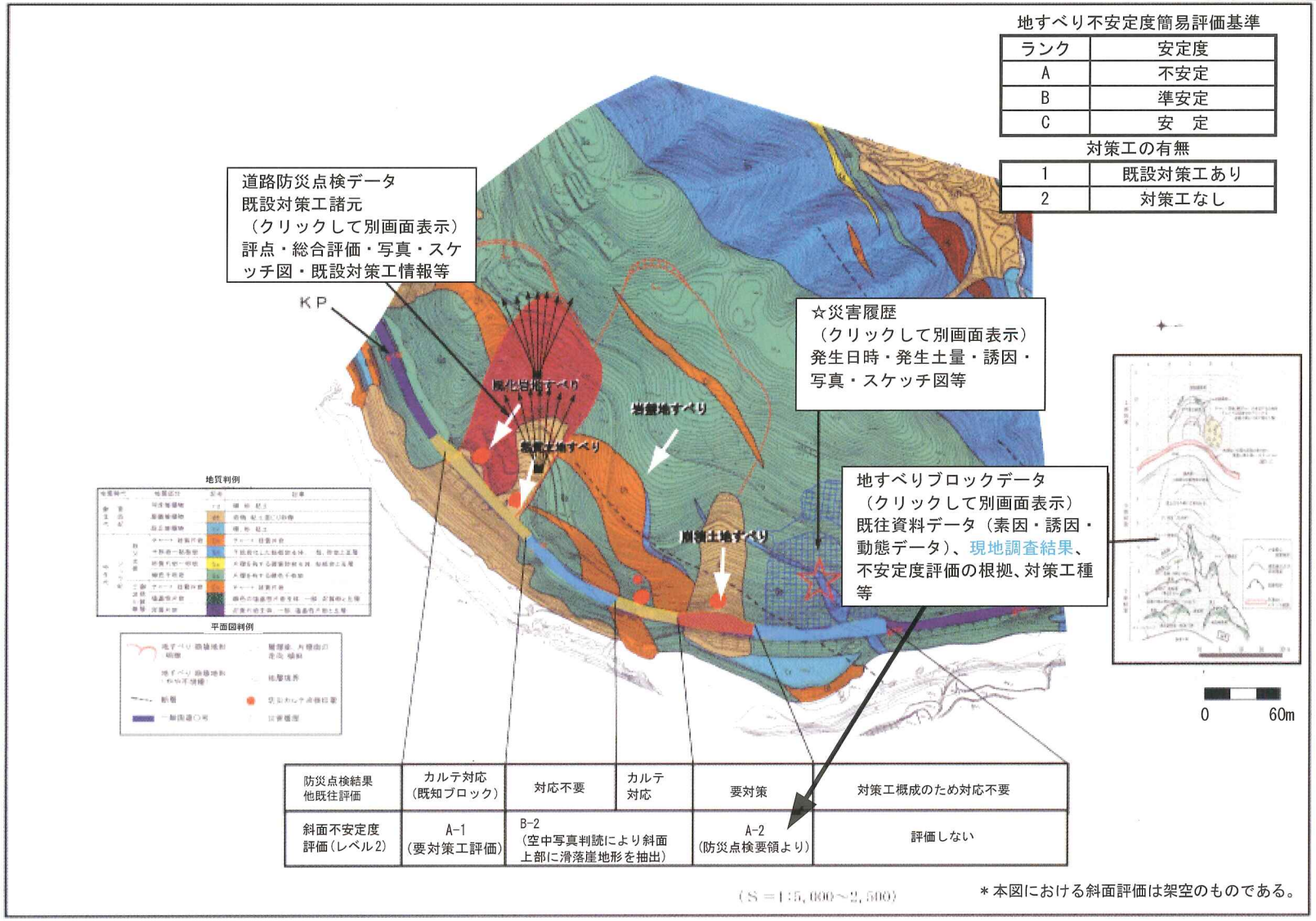


図 4-6-3　レベル 2（防災地質図）イメージ図（地すべり）　（S=1:5,000）

4.6.4　ハザードマップ（レベル 3）

ハザードマップでは、地すべりブロックの位置・安定性等を示した防災地質図に加え、土塊の到達範囲等を検討し、更に既設対策工の効果等を加味した道路への影響評価を表示する。ハザードマップは影響評価の方法により、簡易評価ハザードマップ及び詳細評価ハザードマップに分けられる。記載する図面は個所別図（1:5,000～1:2,500）を基本とし、必要に応じ広域図（1:200,000～1:25,000）にもハザード評価等の情報を簡易に記載する。

・簡易評価ハザードマップ（レベル 3－1）

地すべりの安定度に加え、土塊の到達範囲や平均的な変動量、ならびに既設対策工の効果について、現地に応じた定性的または経験的な評価手法に基づき、道路への影響の可能性を「被災危険度」として総合的に評価した結果を表示する。

・詳細評価ハザードマップ（レベル 3－2）

各種地すべりに適用可能な、到達範囲予測に関する高度な数値解析手法（シミュレーションなど）を用いて定量的な評価を行い、その結果を表示する。

4.6.4.1　必要な調査

ハザードマップ作成に必要な調査項目は、作成するハザードマップの精度や種類によって異なるが、防災地質図の作成に際して収集・整理した情報に加え、精度のよい地形基図（基図縮尺 1:2,500～1:1,000、DEM メッシュで 1～5m 程度）の取得、地すべりの詳細情報の取得、土塊物性データや対策工の選定・設計条件の確認等である。

表 4-6-11　ハザードマップ作成に必要な項目の目安

評価精度	調査方法	調査・評価項目
簡易評価（レベル 3-1）	地形判読（併せて縮尺 1:2,500～1:1,000 程度の高精度基図；1～5m メッシュ DEM 等の作成）	地すべり地形の輪郭と明瞭度（新鮮度）、ブロック区分、土塊の移動方向、地すべり地外の地形条件（道路との関係、土塊の不到達域の抽出）等
	現地調査（地表踏査、必要に応じてその他の地質調査）	地すべり地内の変形構造・兆候現象、地形・地質構造、地すべり断面、地下水・湧水状況、対策施設の変状・破損の有無や程度、地すべり地外の地形・地表面状況等
	資料調査	地すべりの素因・誘因・機構、動態観測データ、土塊の物性、対策工諸元、対策工選定・設計条件、効果の程度（排水状況、対策後の動態）等
詳細評価（レベル 3-2）	現地調査 資料調査	シミュレーション等の計算に必要な各種パラメータの設定あるいは取得

4.6.4.2　整理・評価方法

道路斜面における地すべり災害の簡易評価は、「防災地質図」作成時に区分した個々の地すべりブロックの安定度と、土塊到達範囲または移動量の推定結果、既設対策工の効果判定結果を総合的に勘案して行うもので、評価結果は、表 4-6-12 を目安として「被災危険度ランク（Ⅰ～Ⅲ）」として表現する。

なお、道路線形と地すべりブロックとの位置関係（地すべりブロック内・外－上・下）によって、被災形態や地すべりの移動量に対する道路への影響の程度が以下のとおり異なるため、あらかじめこれらを区分しておく必要がある。

・道路が地すべりブロック内を通過する場合－被災形態：道路の変形
・道路が地すべりブロック冠頂～上部にある場合－被災形態：道路脚部地盤の不安定化
・道路が地すべりブロックの末端～下部にある場合－被災形態：道路への土塊到達、変形

表 4-6-12　地すべりの被災危険度ランク判定表

土塊の影響 ＼ 不安定度		A（不安定）	B（準安定）	C（安定）
土塊が到達しうる、または移動量が大きいと想定される	a：対策工効果がない	Ⅰ	Ⅱ（～Ⅰ）	Ⅲ
	b:対策工効果はあるが不十分	Ⅱ（～Ⅰ）	Ⅱ	Ⅲ
	c：対策工効果は十分	Ⅲ（～Ⅱ）	Ⅲ	Ⅲ
土塊が到達しない、移動量がきわめて小さい		Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ

被災危険度ランク区分（Ⅰ～Ⅲ）の目安

【道路が地すべりブロック内を通過する場合及びブロック冠頂～上部にある場合】

Ⅰ：地すべりの不安定度及び想定移動量が大きく、対策工効果がないもの。

Ⅱ：現況の地すべりの安定度は準安定～安定状態であるが、想定移動量が大きく、対策工効果がないかあっても不十分なもの。

Ⅲ：現況の地すべり土塊が安定状態にあるか、対策工効果が十分なもの。または、地形条件等により想定移動量がないかきわめて軽微（道路に影響のない小ブロックのみ移動する程度）なもの。

【道路が地すべりブロックの末端～下部にある場合】

Ⅰ：地すべりの不安定度が大きく、土塊が道路に到達すると想定され、対策工効果がないかあっても不十分なもの。

Ⅱ：現況の地すべりの不安定度は準安定～安定状態であるが、土塊が道路に到達すると想定され、対策工効果があっても不十分なもの。

Ⅲ：現況の地すべり土塊が安定状態にあるか、対策工効果が十分なもの。または、滑動が生じても地形条件等により土塊が道路に到達しないもの。

(1) 簡易手法による被災危険度判定（レベル 3-1）

a) 地すべり土塊到達範囲の推定

地すべり土塊の到達範囲を推定する手法として以下のものが上げられる。

- 地形条件に基づく定性的推定法
- 地すべり危険個所調査要領の推定法
- 土砂災害防止法の設定法
- 経験式（森脇式）の利用

これらの各手法は、当該地すべりブロックで取得が可能なデータの精度や量、地すべり特性等に応じて使い分けを行うことが望ましい。各手法の使い分けの目安を表 4-6-13 にまとめる。

表 4-6-13　地すべり土塊の到達範囲推定手法と使い分けの目安

推定法	必要なデータ	推定の精度
地形条件に基づく定性的推定法	・高精度基図 ・地すべり断面 ・土塊性状 ・ブロック区分 ・動態観測データ等	詳細資料に基づけば精度は高いが、評価結果は技術者のレベルや資料の質に左右されやすい。
地すべり危険個所調査要領の推定法	・地すべり形状 ・地すべり規模	精度は低く、過度の範囲設定になる可能性がある。
土砂災害防止法の設定法	・地すべり形状 ・地すべり規模	地すべり周辺の地形条件をも加味すれば、比較的高精度である。地すべりの輪郭が不明瞭な場合や、内部のブロック化が顕著に進行している場合には、使用に際して留意が必要である。
経験式（森脇式等）の利用	・縦断面形状 ・地すべり形状	中程度の精度で、末端部の崩壊等に適用できる。
その他のシミュレーション的手法	・詳細土塊性状 ・詳細地形図 ・計算条件設定	高精度だが適用範囲が限られる。 計算パラメータの設定が重要である。

a) -1 地形条件に基づく定性的推定法

高精度の基図、地すべり断面、土塊性状、動態観測データ等の地すべり型分類や動態特性が判断できる詳細資料が整備されている地すべり個所においては、専門技術者の定性的な判断により、地形条件を十分に加味して地すべり土塊の到達範囲予測を行うことが有効と考えられる。

また、地すべり土塊の到達範囲（または影響範囲）を推定する際には、現地の地形条件に基づく「明らかに土塊が到達しない範囲」や「地形条件により土塊到達範囲や方向が明らかに規制される場合」に留意することが重要であり、あらかじめこれらを抽出しておくことが必要である。

「明らかに土塊が到達しない範囲」あるいは「地形条件により土塊到達範囲や方向が明らかに規制される場合」に該当する地形条件として以下の例が上げられる。

●大きく曲がる地すべりで、明らかに土塊が到達しない範囲がある場合

土砂の移動経路が大きく曲がっている地すべりは、側方部を主とする周辺地山が不動地山である場合が多く、明らかに土砂が到達しない範囲と考えることができる。

●地すべり地形の側方や端部が尾根や谷によって規制される場合

上記と同様に、大きく曲がっていたり、端部がくびれた状態（ボトルネック）であったりする地すべりは、土砂の移動経路を規制する尾根や谷地形が存在する場合が多く、これらの範囲も明らかに土砂が到達しない範囲と考えることができる。

●地すべりの移動方向下方に河川や谷が存在し、その先が逆傾斜になっている場合

地すべりブロックの下方に河川や谷、凹地が存在し、その先が逆傾斜になっている場合の土砂の到達範囲は、河床または谷地形の底点＋最大すべり面深度 Hmax 分の高さまでと考え、その高さに達した場合はこれより先に土塊は到達しないものと判断する。なお、既往の地質断面がない範囲での最大すべり面深度の想定は、地すべり幅とすべり面深度の関係等から概略的に求めてもよい。

a）-2 地すべり危険個所調査要領の推定法

「地すべり危険個所調査要領（H8.10）」（建設省河川局砂防部傾斜地保全課）では、「深い崩壊で、かつ平均斜面勾配 10° 以下の緩斜面」に対して、土塊の到達影響範囲をブロックの長さ（L）ならびに幅（W）の 2 倍の長さで画される長方形で規定している（図 4-6-4 参照）。また、同様の影響範囲の推定方法は、前出の「道路防災総点検要領：（財）道路保全技術センター」においても採用されている。

該当区間あるいは評価範囲に精度のよい地形図がなく、個々の地すべりに対する詳細な調査データがない場合には、上記の推定法により地すべり土塊の影響範囲を推定してもよいが、推定精度は概して低く、結果として過度の範囲設定を行う可能性がある。

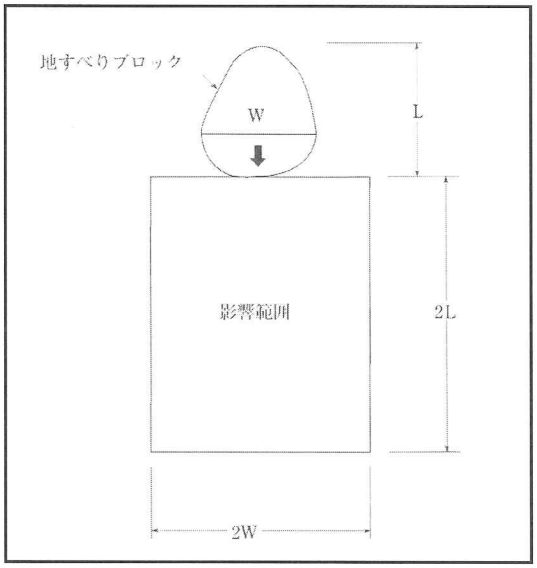


図 4-6-4　地すべり影響範囲（平成 8 年度道路防災点検要領，1996[6] より）

a）-3 土砂災害防止法の設定法

「土砂災害防止法（土砂災害防止に関する基礎調査の手引き）」では、「地すべり区域」とその下方で、地すべりの１回の活動による「著しい危害の恐れのある土地の範囲」ならびに「危害の恐れのある土地の範囲」を、対象とする地すべり土塊の長さ（L1）や土石等の移動による力等に基づいて、表 4-6-14 及び図 4-6-5 のように設定している。

特に、危害の恐れのある土地の範囲を設定する際には、「地形状況により明らかに土石等が到達しない区域」を抽出し、除外することも併せて推奨しており、精度のよい地形基図が存在し、地すべりブロックの輪郭が明確に把握できている場合には推定精度は比較的高いと言える。

ただし、地形開析等により輪郭が不明瞭化している地すべりや、内部のブロック化が顕著に進行した地すべりについては適用に際して留意が必要である。また、同法ではその影響範囲を、1 回の地すべり活動で到達しうる最大範囲として規定しているため、道路への土塊到達については、末端部下方の地形条件を十分に加味して最終的な判断を行うことが必要である。

表 4-6-14　土砂災害防止法における土地の設定（要約）

区分	設定条件
地滑り区域	地滑りしている区域または地滑りする恐れのある区域であり、地形的には地滑りブロック及び滑落崖を含む範囲である。
地滑り区域下方の地滑りによる著しい危害の恐れのある土地	地滑り区域から地滑り方向の土地の区域であって、地滑り地塊の滑りに伴って生じた土石等の移動による力が建築物に作用した時から 30 分が経過した時において、建築物に作用すると想定される力の大きさが、通常の建築物が著しい危害が生ずる恐れのある損壊を生ずることなく耐えること力の大きさを上回る土地の区域。 ただし、地滑り区域の下端からの水平距離は最大で 60m とする。
地滑り区域下方の地滑りによる危害の恐れのある土地	地滑り区域の下端から地滑り方向に対して地滑り土塊の長さ（L1）に相当する距離の範囲内の区域。ただし、地滑り土塊の長さ（L1）が 250m を越える場合は L=250m とする。また、地形条件により明らかに土石等が到達しないと認められる土地の区域は除く。

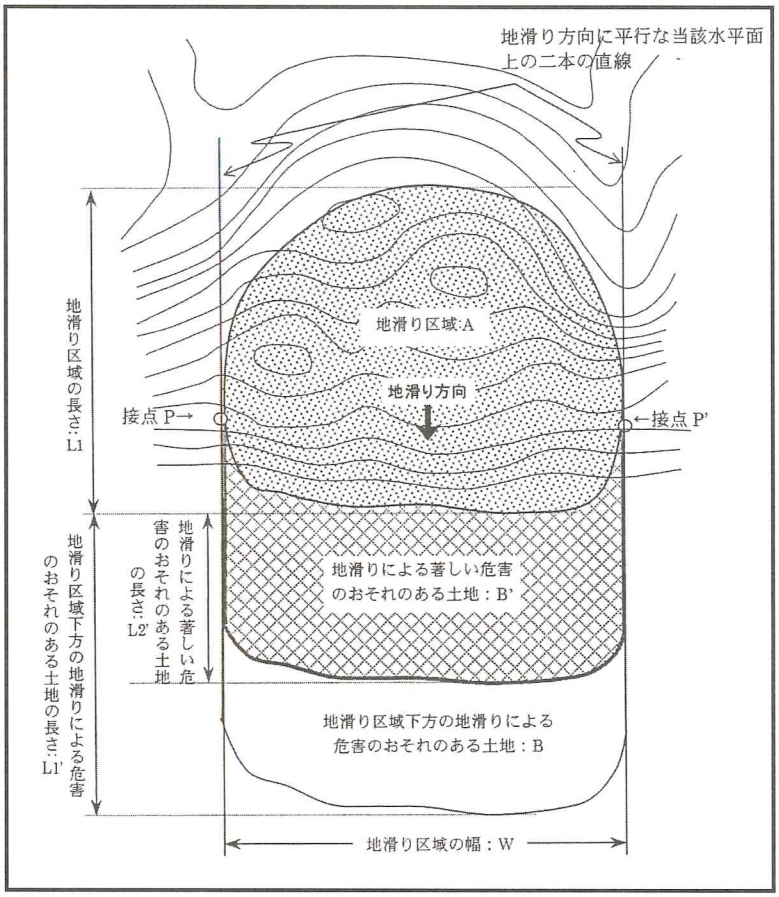


図 4-6-5　地滑り到達範囲の設定概念図（土砂災害防止に関する基礎調査の手引き，2001[7)]）

a）-4 経験式（森脇式等）の利用

地すべり末端部の急崖や、0 次谷状の集水斜面部において発生する、運動速度が速く、土塊の流動化が進行しやすい「崩壊性地すべり（深層崩壊、粘質土・崩積土地すべり～風化岩地すべりの一部）」の場合は、参考値として、例えば森脇（1987）[8)] による下記の直線回帰式等の利用が可能な場合もある。

$$L = \frac{H}{0.73\tan\theta_b - 0.21}$$

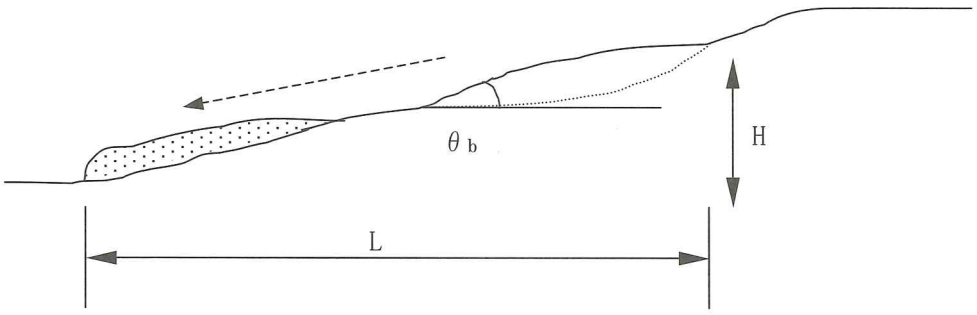


図 4-6-6　森脇式を利用する場合の地形条件

b)　**地すべり対策工効果の判定**

ここでは、当該地すべりブロックに対して対策工が既設されている場合の、地すべり対策工の効果判定の基本的な流れについて述べる。評価項目は以下のとおりとする。図 4-6-7 に、地すべり対策工の効果判定フローを示す。

対策工効果判定の総合評価は、下記の各項目に対する評価結果に基づいて、a～c の 3 ランクに区分する。

- 対策工選定条件の妥当性評価
- 既設対策工の種類と適応性評価
- 対策工の概成評価
- 対策後の構造物変状評価

「a：**対策効果なし**」：既設対策工がない、工種が地すべり防止目的ではない、工法が明らかに現地状況に適していない、対策工設計条件が妥当でないか未概成で対策後にも明らかな地すべり兆候が認められる場合。

「b：**対策効果はあるが不十分**」：現地に適した地すべり防止目的の対策工があり、変動の低減も認められるが、対策工設計条件に妥当でない部分がある、または対策工が概成していない場合。概成していても完全に活動を停止していない場合。

「c：**十分な対策効果がある**」：地すべり対策工が概成しており、完全に活動が停止していると判断される場合。

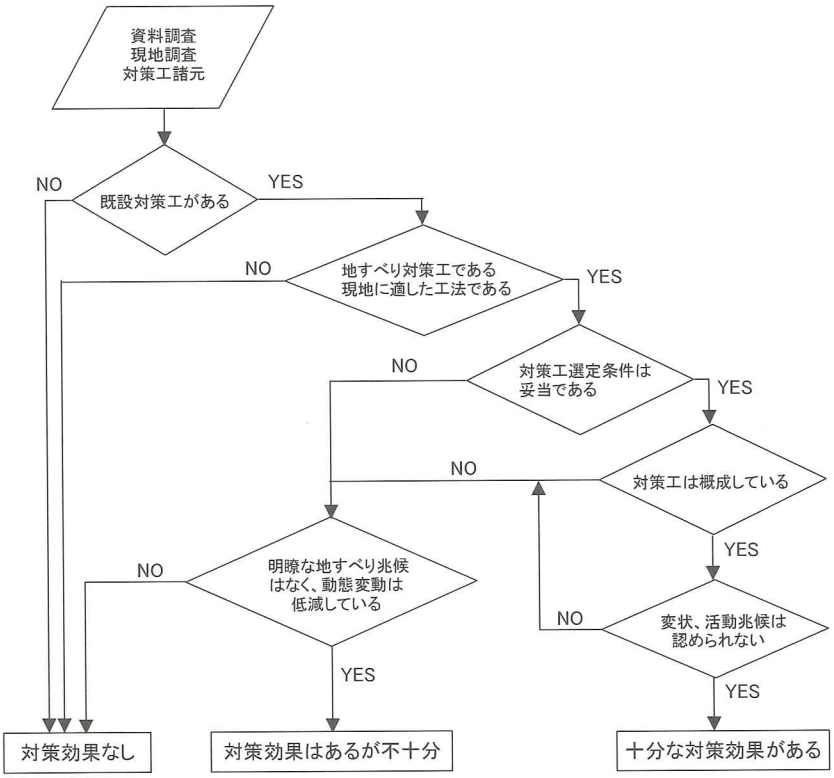


図 4-6-7　対策工効果判定フロー（案）

b）-1　対策工選定条件の妥当性評価

対策工選定（設計）条件としては、対策工設計時に設定される各安全率の妥当性、ならびに土塊の土質定数の妥当性について評価を行うものとする。

すなわち、各条件が下記の通則的な方法に基づく設定がなされ、採用された数値が一般的に見て妥当性のあるものかどうかについて検証を行い、現状安全率や土質定数の設定根拠が明確でなく、明らかに妥当でないものや、計画安全率が十分でないものについては、対策工効果が不十分と判断する。

●現状安全率、計画安全率の妥当性評価

動態観測データや地表面変状に基づく地すべりの活動度等を参考にし、設定された「現状安全率」の妥当性を確認する。

また、地すべりが及ぼす影響の重要度等を加味して設定される「計画安全率」の妥当性についても併せて検証する。

●計算条件（土質定数）の妥当性評価

計算条件として、妥当性評価を行う上で重要な入力項目は、地すべり土塊の土質定数である。中でも、地すべり土塊の単位体積重量γt、せん断強度（粘着力 c、内部摩擦角またはせん断抵抗角φ）は重要な定数であり、これらの採用値や設定根拠の妥当性を評価する。

＜単位体積重量＞

現地で取得された試験データもしくは、一般値として 18kN/m^3 が採用されることが多い。特に、岩盤地すべりや風化岩地すべりにおいて抑止工が採用されている場合などは、設定された単位体積重量の妥当性について留意が必要である。

＜せん断強度（c、φ）＞

対策工設計時の粘着力 c は、一般に 25 kN/m^2 を最大値として地すべり最大層厚から設定され、逆算法により一対の内部摩擦角φが算出される。また、地すべりの内部摩擦角の設定例は、前出の「土砂災害防止に関する基礎調査の手引き」[7)] に参考値が整理されている。

更に、最近では、採取したすべり面付近の試料を用いた室内試験（繰り返し一面せん断試験、リングせん断試験等）により、より実際に近い残留強度や完全軟化強度等を求め、これらを参考値として設計を行う例も見受けられる。以上の設定法の優劣については言及しないが、妥当性の評価においては、その設定根拠が明示されていることが重要である。

b）-2　既設対策工の種類と適応性評価

地すべりの対策工は、地すべり発生の誘因や地すべりタイプ、規模、ブロック化の程度等に応じて適切に選定されるものである。

当該地すべりに対する既設対策工の種類や施工量が、地すべりのタイプや、地形条件を含む諸特性から判断して現地に適応したものであるか、調査･設計時の報告書に基づいて、

その妥当性を評価する。また、施工された対策工が地すべり防止目的の工法であり、対象ブロック（副次ブロックを含む）全体を網羅しているかどうかについても併せて確認する。

参考として、表 4-6-15 に地すべりタイプに応じて採用される一般的な地すべり対策工法の種類を示す。

表 4-6-15　地すべり型と対策工法一覧表（道路土工ーのり面･斜面安定工指針ー[9] より）

主な原因		地すべりの型	対策工法										備考
			A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
自然誘因	降雨・融雪 浸透地下水 の増加 河川の浸食	岩盤地すべり	○	△	◎	△	◎	○	○	◎	◎	○	◎：最もよく用いられる工法 ○：たびたび用いられる工法 △：あまり用いられない工法
		風化岩地すべり	◎	△	◎	△	◎	○	○	◎	◎	○	
		崩積土地すべり	◎	○	◎	△	○	◎	◎	○	○	△	
		粘質土地すべり	◎	◎	○	○	△	◎	◎	△	△	△	
人為的誘因	切土工	岩盤地すべり	△	△	○	△	◎	◎	○	◎	○	○	
		風化岩地すべり	△	△	○	△	◎	◎	○	◎	○	○	
		崩積土地すべり	○	○	○	△	◎	◎	○	◎	○	△	
		粘質土地すべり	◎	◎	○	△	△	◎	○	○	△	△	
	盛土工	崩積土地すべり	△	△	○	△	△	◎	○	◎	◎	○	
		粘質土地すべり	△	△	△	△	△	◎	○	○	○	△	

摘要　A：地表水排除工（浸透防止工、水路工）
B：浅層地下水排除工
C：深層地下水排除工
D：地下水遮断工
E：排土工、段切り（のり面保護工を含む）
F：押え盛土工（擁壁工、枠工を含む）
G：河川構造物
H：杭工
I：シャフト工
J：アンカー工

b）-3　対策工の概成評価

地すべり対策工の場合、地すべりタイプによっては、対策効果の発現までに時間がかかる場合があり、このような地すべり個所では継続的に対策工の施工が実施され、当初計画に対して概成した時点でようやく所定の効果が得られることになる。

地すべり対策施工後は、一般に対策施設の維持管理と継続的な動態観測が実施されるので、これらの情報に基づいて、地すべり対策工概成の評価を行うものとする。

b）-4　対策工施工後の構造物変状評価

既設対策工の施工年度をあらかじめ把握し、対策工施工後に対策工構造物自体ならびにその他の人工構造物に変状が発生していないかどうかを、既往調査資料、構造物点検資料等に基づいて調査する。

この際、施工後に新たな人工構造物の変状が発生したり、既存の変状が進展したりしている場合や、対策工自体に変状・破損・劣化等が認められ、その性能や効果が明らかに低減していると判断される場合には、程度に応じて対策効果が不十分あるいはないものと判定する。また、対策工施工後の動態観測データ等が乏しく、地すべり地内の変状状況等から見ても活動停止の判断が困難な場合についても同様とする。

対策工構造物に発生しやすい破損･劣化の例として以下のものが上げられる。

表 4-6-16　地すべり対策構造物に見られる変状･破損の例

対策工の種類	変状・破損状況
水路工	・土砂の流入、植生の繁茂等による埋塞 ・水路側部の沈下・陥没・洗掘等による水路の破断 ・小規模ブロックを含む地すべり活動による水路の破断
横ボーリング工	・目詰まりによる排水不良 ・孔口付近の斜面崩壊による破損 ・排水による下部斜面の洗掘
集水井工	・底部への土砂埋積 ・集水ボーリング孔、排水管の目詰まり ・井筒の変形・亀裂（地すべり活動の関与を検討）
排土工	・のり面での亀裂、崩壊の発生（地すべり活動の関与を検討） ・のり面浸食の進行による不安定化
杭工	・杭頭部の変位 ・杭周辺の沈下 ・杭位置上部でのはらみ出し } いずれも地すべり活動の可能性あり
アンカー工	・ロードセル測定値：緊張力の低下または上昇（地すべり活動の関与を検討） ・受圧構造物の変状 ・アンカー頭部の劣化（腐食）
その他の留意	・動態観測データ、周辺構造物の変状の確認 ・地すべりブロック境界部（頭部、側部、末端部）付近の精査 ・小規模ブロック活動と大規模ブロック活動の区別

（2）詳細手法による被災危険度判定（レベル 3-2）

詳細評価による地すべりの被災危険度判定では、土塊の到達範囲予測に関して、地すべり現象に適用可能な数値解析手法（シミュレーション等）を用いてより定量的な評価を行うものとする。

なお、数値解析を用いる際には、対象地すべりの移動特性に対する適用性や各種パラメータの設定に対して、設定根拠の明示等の留意が必要である。

4.6.4.3　GIS での表示方法

道路被災危険度を簡易評価した場合（レベル 3－1）の表示イメージを図 4-6-8 に示す。レベル 3－1 及び 3－2 では、レベル 2 の表示内容に加えて、以下の項目について図示し、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別枠（別画面）で表示する。

・地すべりの安定度ランク区分（防災地質図同様）
・地すべり土塊の到達範囲あるいは移動量（ランクⅢに評価されるものは除外）：推定に用いた手法、必要に応じて断面図
・対策工の効果判定結果
・道路の被災危険度ランク：評価結果を色別表示　　Ⅰ：赤色
　　Ⅱ：黄色
　　Ⅲ：緑色

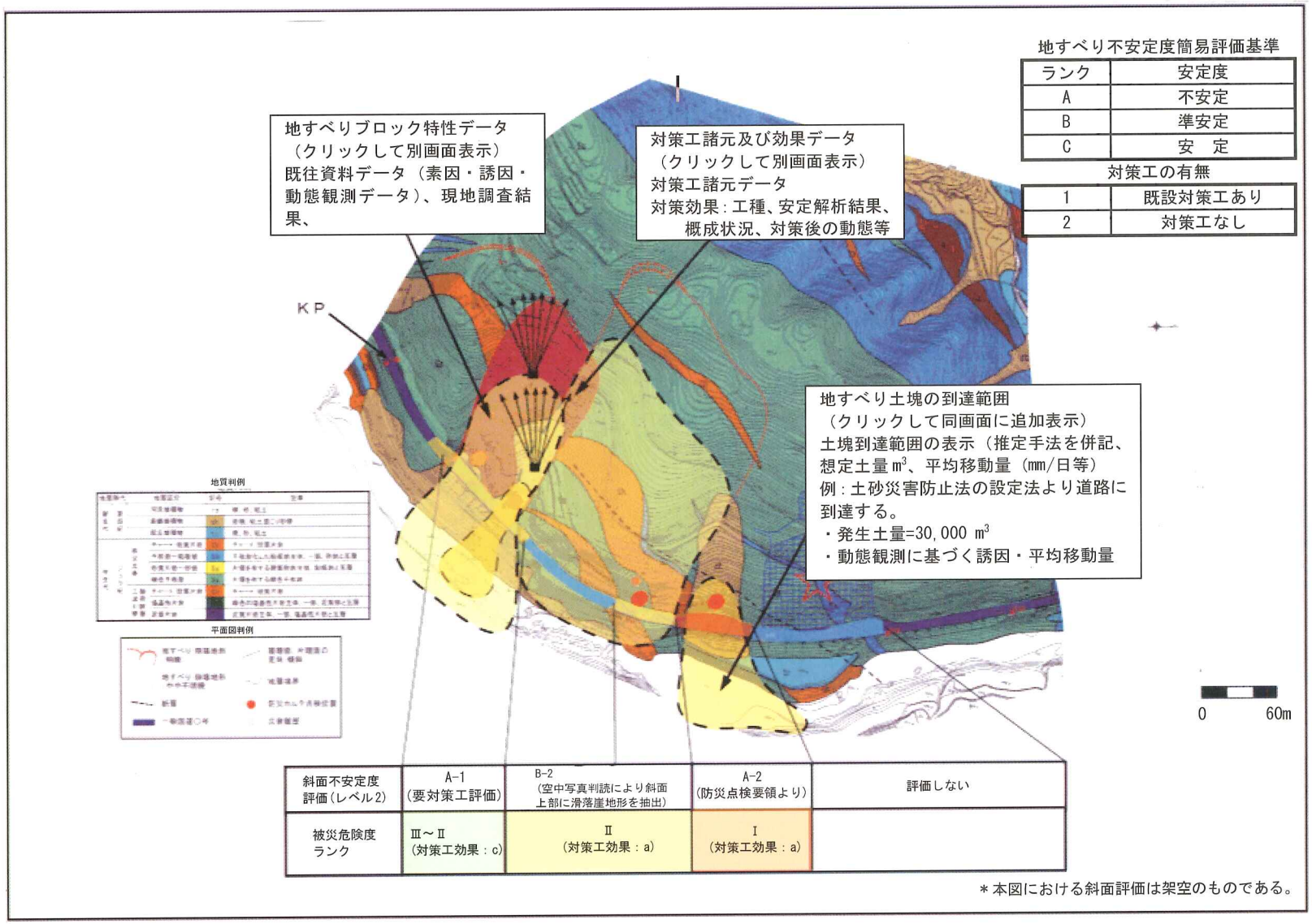


図 4-6-8　レベル 3-1（ハザードマップ：簡易評価）イメージ図（地すべり）　（S=1:5,000～2,500）

4.7　盛土

危険度評価フローを図 4-7-3 に示す。

盛土は地下水・表面水の浸透の他、基礎地盤が不安定（地すべり域・土石流堆積物・崖錐堆積物等）である場合には、その基礎地盤が滑動することにより崩壊する場合がある。また、中小河川沿いや海岸部では、盛土のり尻が河川・波浪の浸食を受けて崩壊する場合がある。

盛土の道路斜面ハザードマップ作成要領としては、①地下水・表面水の浸透、②基礎地盤の安定性、③河川・波浪による浸食、をもとに評価を行う。

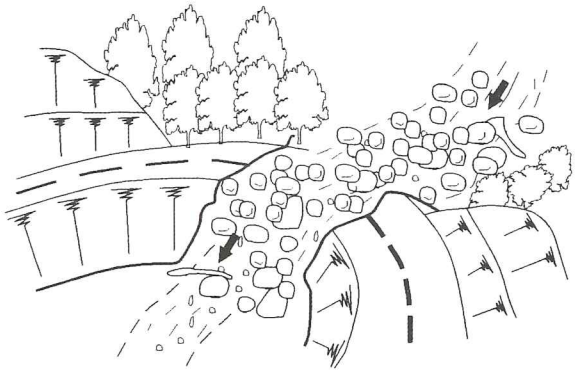


図 4-7-1　土石流による盛土の崩壊

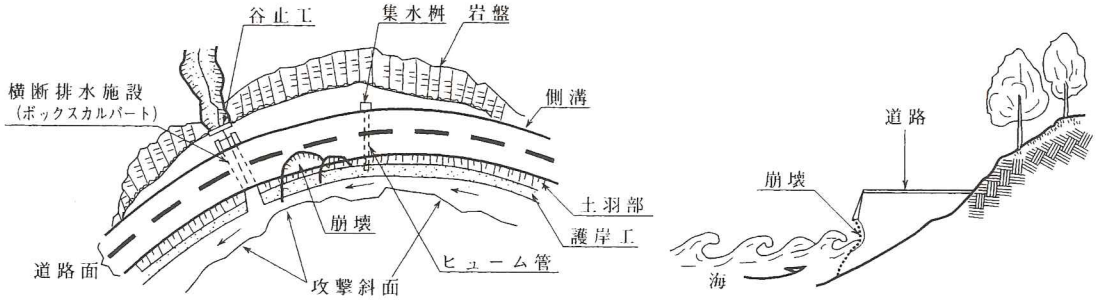


図 4-7-2　河川・波浪の浸食による盛土の崩壊

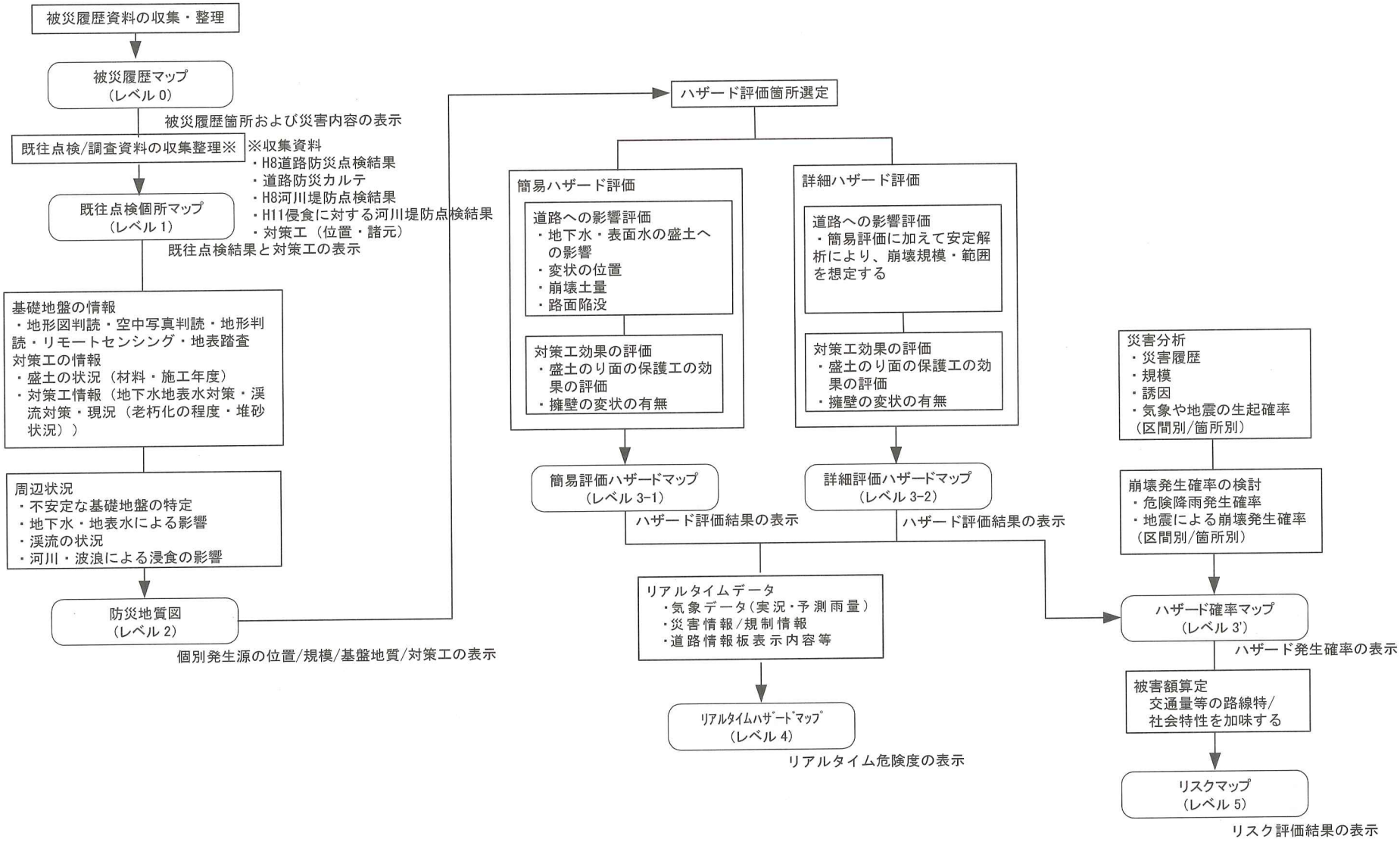


図 4-7-3　ハザード評価の詳細フロー（盛土）

4.7.1 被災履歴マップ（レベル0）

調査報告書、文献等の既往資料を収集整理して災害履歴を取りまとめる。「H8 点検」の安定度調査表（表 4-7-7）における履歴〔D〕の内、「被災あり」とされたものの他、「**4.2 崩壊**」「**4.5 土石流**」「**4.6 地すべり**」の各被災履歴を参照する。中小河川沿いや海岸部での河川・波浪の浸食による崩壊は、「H8 河川堤防の浸透に関する安全性の概略点検」（表 4-7-2)、「H9 同詳細点検」や「H11 浸食に対する河川堤防の点検」（表 4-7-3）なども参照する。

盛土の特性として、崩壊土量の割に復旧に時間がかかる、つまりハザードが斜面崩壊や地すべりと同じでもリスクが大きいことが挙げられる。リスク値を求め、リスクマップを作成するために、発生した災害の被災履歴を正確に残しておく必要がある。被災履歴の記録には表 4-7-4 などを活用する。

記載する図面は広域図（1:200,000～1:25,000）を標準とし、必要に応じ個所別図（1:5,000～1:2,500）を作成する。

4.7.1.1 必要な調査

既存資料をもとに、原則として表 4-7-1 の項目についてデータの取得を図る。

表 4-7-1 被災履歴マップ作成に必要な項目の目安

調査内容	調査項目
災害履歴調査	被災位置（KP)、発生年月日（時刻)、崩壊の発生原因、崩壊の発生源、落下経路、道路への影響の有無（全断面 or 半断面、延長距離)、崩壊の規模、交通障害の内容（実績)、素因・誘因、気象及び地震、既設対策工（工種、工費)、盛土施工年月日、その他

4.7.1.2 整理評価方法

上記資料を収集整理して、被災規模、年月日、災害規模、素因･誘因、被害状況、道路との位置関係などを一覧表（表 4-2-1 参照）に整理する。

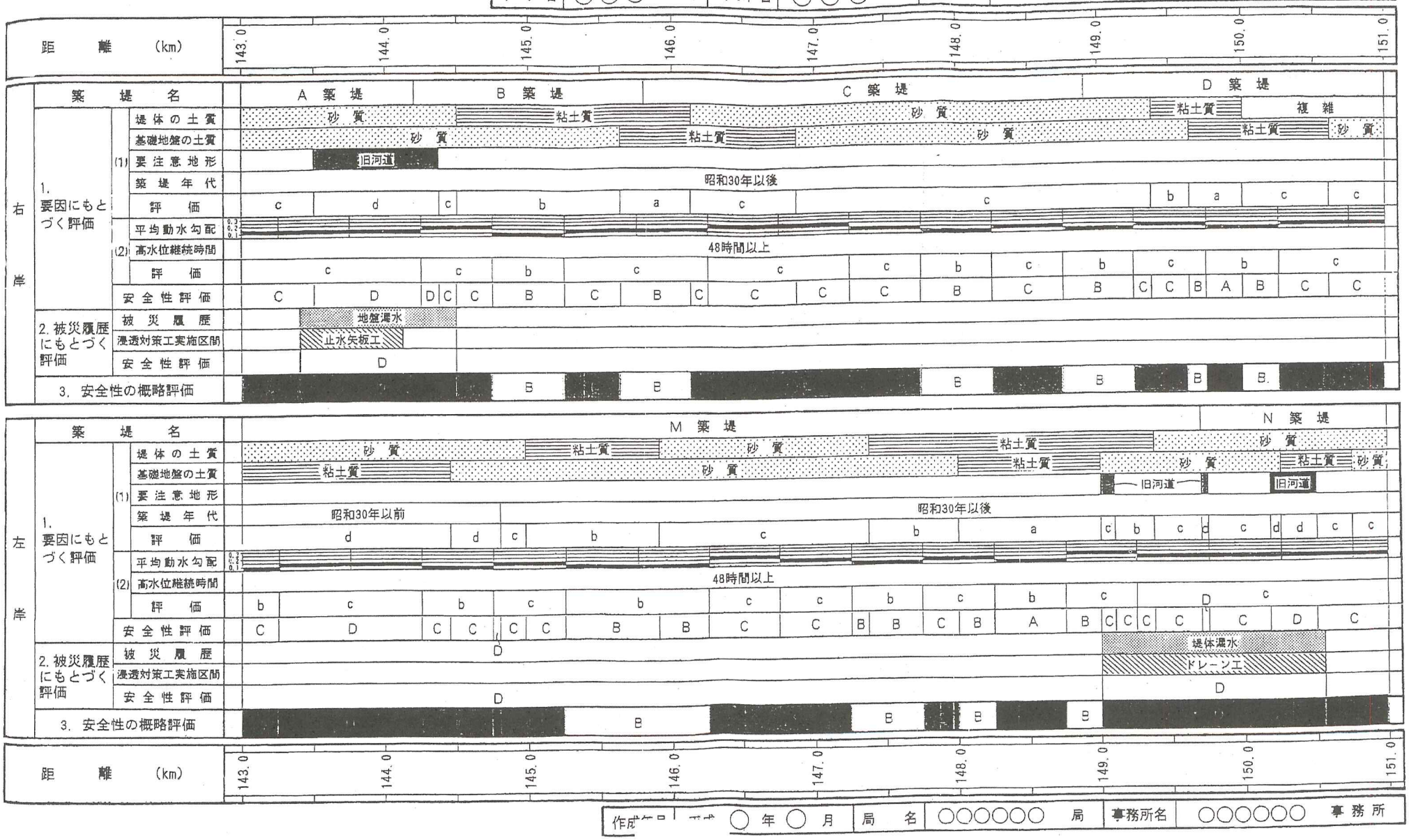
4.7.1.3 GIS での表示方法

「**4.2 崩壊**」「**4.5 土石流**」「**4.6 地すべり**」の各被災履歴マップ上に、被災履歴のある盛土を表示する。主要な表示項目は以下のとおりである。必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別画面で表示（図示）する。

・被災状況：被災位置（KP・上下線の別)、発生年月日、被災内容、崩壊土量、通行止め状況、平面図、断面図、発生源等の情報（基礎地盤の状況、誘因等)、スケッチ図、写真等

表 4-7-2　「河川堤防の浸透に関する安全性の概略点検」点検

水系名	○○○ 川水系	河川名	○○○ 川	区間	143.0 km～ 151.0 km	整理番号	7 ／ 14



作成年月	○年○月	局名	○○○○○○ 局	事務所名	○○○○○○ 事務所

表 4-7-3　「浸食に対する河川堤防の点検」点検表

様式－6　点検成果の取りまとめ

水系名	○○水系	河川名	○○川	箇所	右岸・左岸	追番	－

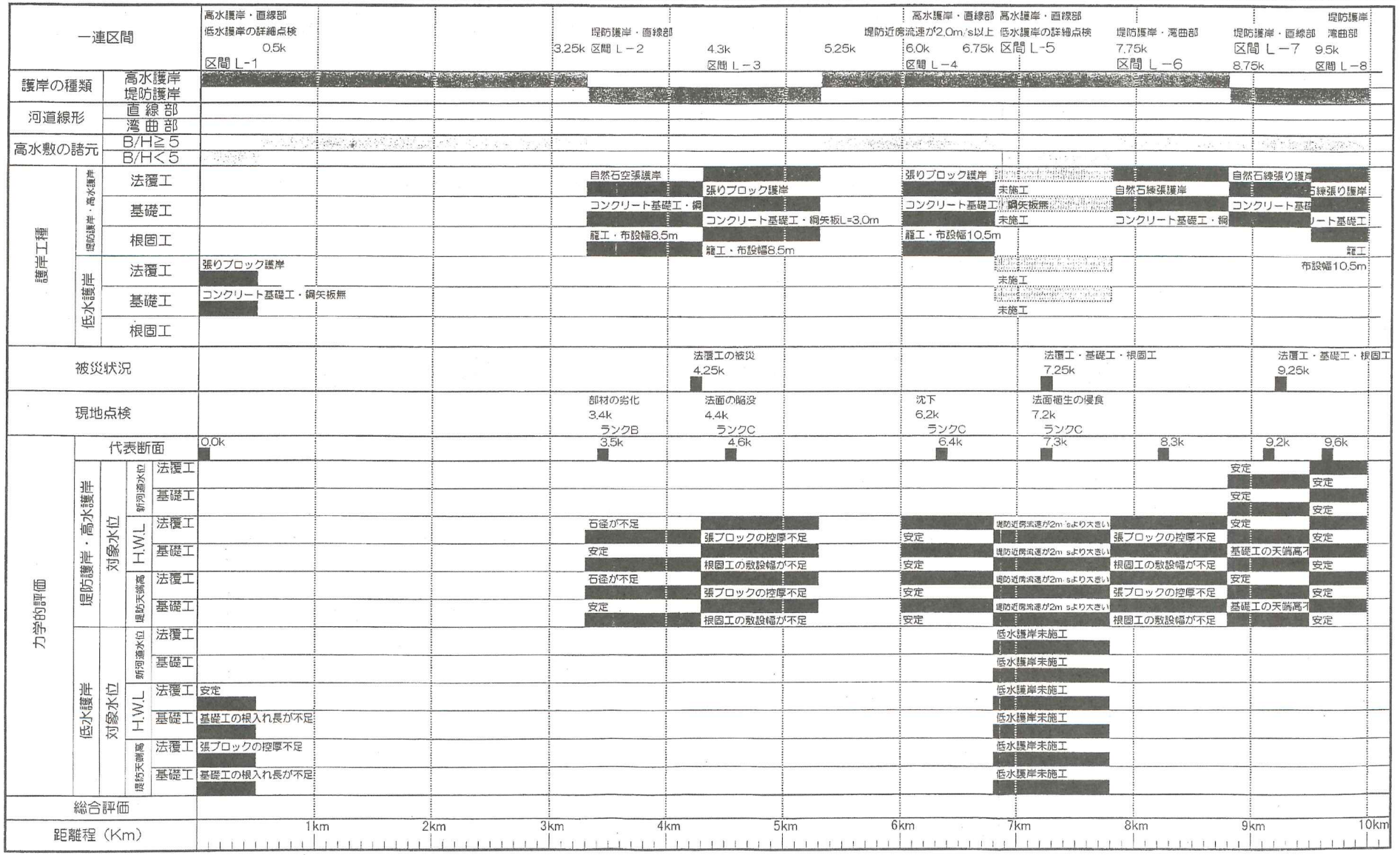


表 4-7-4　被災履歴記録表

施設管理番号		災害種別	－	発生位置	距離標(自)		(至)		上・下・他	
H２年度防災点検箇所	該当・非該当			東　経	°　′　.　″		北　緯	°　′　.　″		

平面図(被災・対策)	断面図(被災・対策)

現況写真・スケッチ	特記事項	
	発生年月日	平成　年　月　日
	規　模	幅、長さ、深さ(m)　m、　m、　m コメント：
	誘　因	降雨：連続　mm/　hr･d　最大　mm/hr　地震：震度　加速度　gal
	被　害	人身：死者　人、負傷者　人、　物損：　被害額：　百万円 コメント：
	通行止実績	全面　時間、片側　時間、路肩規制　なし
	対策工	施工年度：　対策工種：　概算工費：　百万円

4.7.2　既往点検個所マップ（レベル 1）

既往点検個所マップでは、「H8 点検」結果、防災カルテを用いた点検結果及び H8 河川堤防点検結果、「**4.2　崩壊**」「**4.5　土石流**」「**4.6　地すべり**」の各既往点検個所マップなどから、盛土の危険個所やその危険度を抽出する。

記載する図面は広域図（1:200,000～1:25,000）を標準とし、必要に応じ個所別図（1:5,000～1:2,500）を作成する。

4.7.2.1　必要な調査

既往点検個所マップ（レベル 1）は被災履歴マップ（レベル 0）と同様、机上調査を中心に作成する。作成のために必要な収集資料は、レベル 0 の調査項目（災害履歴）に加えて表 4-7-5 を目安とする。

表 4-7-5　点検個所マップ作成に必要な項目の目安

調査内容	調査項目
「H8 点検」結果、 防災カルテ点検結果、 既設対策工資料、 H8 河川堤防点検結果	起終点距離標、地形、地質、盛土材料、盛土施工年月日、湧水、要因評点［A］・総合評点［B］、個所別記録表の所見、変状等の進行性、既設対策工（地下水・地表水対策工等）、河川・波浪の影響

4.7.2.2　整理・評価方法

災害履歴一覧表に加えて、災害履歴、カルテ類を含む既往点検結果及び対策工から区間、危険度評点、評価一覧、対策工一覧を整備する。

4.7.2.3　GIS での表示方法

被災履歴マップ（レベル 0）の表示内容に加え、以下の項目について追加表示し、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別枠（別画面）で図示する。

・「H8 点検」結果、防災カルテ点検結果
・H8 河川堤防点検結果
・評価対象個所の既往調査データ（平面図・断面図・写真等）

4.7.3　防災地質図（レベル 2）

防災地質図では、空中写真・地形図判読、斜面内情報に関する既往資料整理（災害対策調査・土地条件調査：国土地理院）、リモートセンシング及び現地調査などから災害素因となる盛土の基礎地盤情報をまとめ既往点検個所マップに加える形で表示する。また、盛土の状況（材料・施工年）や対策工情報（地下水・地表水対策工等）の詳細について表示する。記載する図面は個所別図（1:5,000～1:2,500）を基本とし、必要に応じ広域図（1:200,000～1:25,000）にも発生源等の情報を簡易に記載する。

4.7.3.1　必要な調査

盛土の危険度評価は、「H8 点検」結果を参考に、必要に応じて現地調査を行う。防災地質図作成に必要な調査内容及び項目の目安を表 4-7-6 に示す。

表 4-7-6　防災地質図に必要な項目の目安

調査内容	調査項目
盛土の基礎地盤情報	崖錐堆積物－「4.2.3　崩壊」 土石流堆積物－「4.5.3　土石流」 地すべり域－「4.6.3　地すべり」 の各章参照
盛土の状況	材料、施工年、現況（老朽化の程度）
対策工情報	地下水・地表水対策、渓流対策、現況（老朽化の程度・堆砂状況）

4.7.3.2　整理・評価方法

表 4-7-6 の内容を整理し、不安定要因を抽出して、以下に述べる簡易手法により発生危険度を評価する。

(1) 崩壊発生源の安定度評価・予防工効果

検討対象として抽出した崩壊発生源の安定度と予防工の効果について、「H8 点検」の安定度調査表（表 4-7-7）の要因点〔A〕と対策工〔B〕の各項目の配点を参考に評価する。

・安定：d・・・要因点〔A〕：安定度調査表の要因点〔A〕の内、「基礎地盤」「地下水・地表水の盛土への影響」「渓流の状況」「河川水・波浪の影響」のいずれの項目も配点 0。

・・・対策工〔B〕：配点による区分なし。

・比較的安定：c・・・要因点〔A〕:「地下水・地表水の盛土への影響」の項目のみに配点がある。

・・・対策工〔B〕:「地表水・表面水対策」の「のり枠工、表面被覆工」「のり面排水工・植生張り工」「側溝」のいずれかの項目において配点がある。*1)

・準不安定：b・・・要因点〔A〕:「渓流の状況」のみ、もしくは「渓流の状況」と「地下水・地表水の盛土への影響」のみに配点がある。*2)

・・・対策工〔B〕:「渓流対策」の「上流・下流流路工、土留め擁壁」「上流流路工」「下流流路工」のいずれかの項目において配点がある。

・不安定：a・・・要因点〔A〕：上記以外

・・・対策工〔B〕：上記以外

1)　・・・上記以外の対策工（アンカー工等）は、想定外力との相対的な関係がわからないので、実際の安全率が高いか不明であり、予防工から除外する。また点検要領によると、側溝や表面排水溝について、土砂の堆積や落ち葉により効果を期待できない場合には「その他・なし」に記入することになっている。

2)　・・・安定度調査表の要因〔A〕「渓流の状況」において「渓流内に土石（砂）流、流木あり」の項目に配点がある場合には、土石流の情報を把握する必要がある。その場合の土石流の情報は「4.5　土石流」のレベル0・1では挙げられていない可能性が高い。その場合には土石流の危険個所として、「4.5.3　防災地質図（レベル2)」の章から対象とすることとする。同様に調査表の要因〔A〕「基礎地盤」において「地すべり・クリープ」「崖錐」の項目に配点がある場合、「4.2　崩壊」「4.6地すべり」の各章のレベル0・1において対象となっていることを確認し、対象となっていない場合には「4.7.3　防災地質図（レベル2)」の章から対象とする。

表 4-7-7　「H8 点検」　安定度調査表（盛土）

施設管理番号　N：＊：＊：＊：P：0：0：1

点検者	防 災 太 郎
所属機関	○○○株式会社

［要因］（A）

要因	評点区分	盛土区分毎の配点 片切・片盛部	両盛土部 渓流横過部	両盛土部 傾斜地部	両盛土部 平坦地部	両盛土部 切盛境部	各要因の内の最高評点
変状	構造的なクラック・開口亀裂あり	2	2	(2)	2	2	
	のり面下部の洗掘あり	3	3	3	3	3	
	補修箇所多数あり	2	2	2	2	2	
	のり面の肌落ちあり	1	1	1	1	1	2
	該当なし	0	0	0	0	0	(3)
基礎地盤	地すべり・クリープ	2	2	2	2	2	
	軟弱地盤	1	1	1	1	1	
	崖錐	1	1	(1)	1	1	1
	安定地盤	0	0	0	0	0	(2)
盛土材	砂質土	1	1	(1)	1	1	
	粘性土	0	0	0	0	0	
	礫質土	0	0	0	0	0	1
	不明	1	1	1	1	1	(1)
地下水・盛土・へ表面影響	のり尻部が湿潤	6	6	6	6	6	
	盛土のり面に流水跡あり	6	6	6	6	6	
	のり面・自然斜面に湧水あり	6	6	(6)	6	6	
	周辺の土地利用が湿潤	−	2	2	2	−	
	山側尻部に側溝なし	−	−	2	−	−	
	側溝、縦排水溝断面が不十分	4	4	4	2	6	6
	該当なし	0	0	(0)	0	0	(6)
渓流の状況 渓流の現況	渓流内に土(砂)石流，流木あり	3	3	−	−	−	
	上流側に崩壊地あり	2	2	−	−	−	
	常時流水はないが、ガリーがある	2	2	−	−	−	
	排水工呑口部への集水が悪い	2	2	−	−	−	0
	該当なし	(0)	0	−	−	−	(3)
渓流の状況 横断排水施設の現況	排水工断面(φ，D)が不十分	6	6	−	−	−	
	排水工流末処理不十分	3	3	−	−	−	
	盛土内部での排水工の屈曲・縮小あり	3	3	−	−	−	
	横断排水施設がない＊	6	6	−	−	−	0
	該当なし	(0)	0	−	−	−	(6)
河川水・波浪影響	のり尻が洪水，高潮時に冠水	2	2	2	2	2	
	洪水，高潮時に排水工流末が冠水	2	2	2	−	−	
	のり尻部が常時冠水（攻撃斜面）	1	1	1	2	2	
	のり尻部が常時冠水	1	1	1	1	1	0
	該当なし	0	0	(0)	0	0	(2)
	合計						(A) 10 点

注）（ ）各項目の満点を示す。
該当する場合は配点欄に○印をつけると共に点数を記入する。
不明な場合は中間的な値を採用する。

＊印の項目は、渓流の現況の要因「常時流水はないがガリーがある」と判断された場合にのみ評価を行う。

［対策工］（B）=（A）+ α

対策目的	得点区分	配点(α)	評点
変状対策	構造的な対策	(−4)	−4
	抑制工	−2	
	その他・なし	±0	
基礎地盤対策	地盤対策工，基礎の補強	−2	0
	その他・なし	(±0)	
地下水・表面水対策	地下水排除工，ｱﾝｶｰ付きのり枠工	−4	−3
	のり枠工，表面被覆工	(−3)	
	のり面排水工，植生張り工	−2	
	側溝	−1	
	その他・なし	±0	
渓流対策	堰堤・谷止工	−5	0
	上流・下流流路工，土留擁壁	−3	
	上流流路工	−2	
	下流流路工	−1	
	その他・なし	(±0)	
河川水・波浪対策	土留擁壁，護岸工(空石積は除く)	−1	
	その他・なし	±0	
	合計	(α) −7	(B) 3 点

※(A)が0点の場合対策工の効果補正は行わない

［履歴］（D）

項目	評点区分	配点	評点
被災	有り	(+30)	30
	なし	0	
規模	盛土の全流出（通行止）	(+70)	70
	盛土の一部流出，半壊（通行止）	+60	
	表面浸食（数日片側通行）	+45	
	軽微な損傷（即日通行可）	+40	
対策	盛土の全改修，十分な対策	(−70)	−70
	修繕程度，応急対策	−30	
	被災前と同様の対策、対策なし	0	
	合計	(D) 30 点	

［評点］（評点の換算）（B）→（C）

(B)	<0	0,1	2,3	4,5	6,7	8,9	10,11	12,13	14,15	>16
(C)	0点	10点	20点	30点	40点	50点	60点	70点	80点	90点

(E)=MAX(C, D)

要点からの評点	(C)	20 点
履歴からの評点	(D)	30 点
(C)と(D)の内、大きい方	(E)=MAX(C, D)	30 点

［総合評価］

対応	判定
対策が必要と判断される。	
防災カルテを作成し、対応する。	○
特に新たな対応を必要としない。	

(2) 発生危険度の判定

(1) で検討した安定度・予防工の効果から発生危険度を判定する。判定手法を図 4-7-4 にまとめ示す。

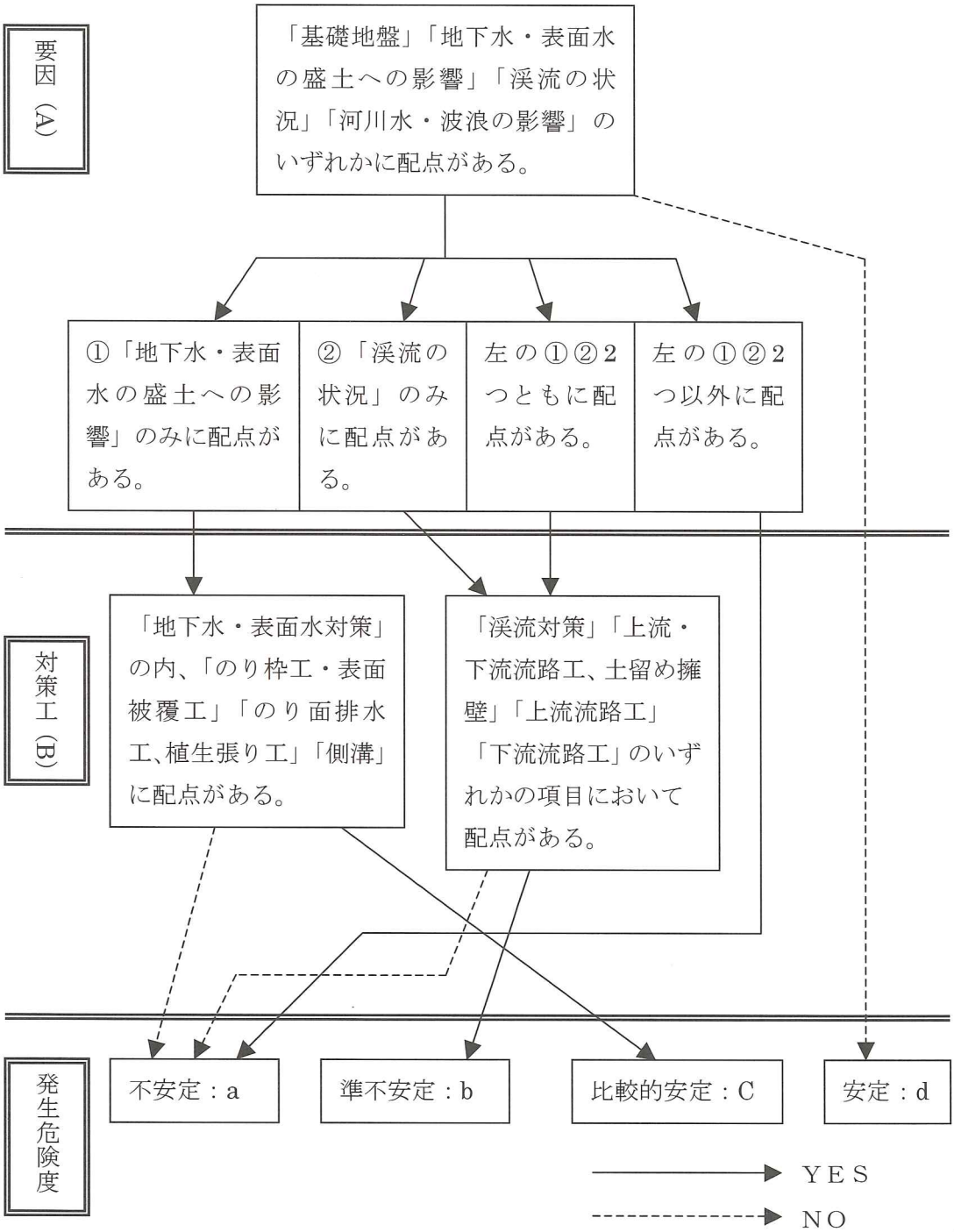


図 4-7-4　発生危険度の判定（盛土）

4.7.3.3　GIS での表示方法

GIS での表示は、他の災害形態のハザードと共通のマップに整理することを基本とする。表示にあたっては、崩壊・土石流・地すべりとの関連を確認する。主要な表示項目は、既往点検個所マップ（レベル 1）の表示内容に加えて、以下とおりである。

なお、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別画面で図示する。

・盛土の状況（材料、老朽化の程度等）

・地下水・地表水対策工の詳細情報（工種、選定条件、現況等）

4.7.4　ハザードマップ（レベル 3）

盛土のハザードマップは、基礎地盤の影響を大きく受けるため盛土単体で検討することは困難である。よって「**4.2　崩壊**」「**4.5　土石流**」「**4.6　地すべり**」による基礎地盤の状況から、発生源の安定性、崩壊経路、到達域、対策工効果等を評価して行う。詳細は各章を参照にする。このうち、到達域の評価方法により、簡易ハザードマップ及び詳細ハザードマップに分けられる。記載する図面は個所別図（1:5,000～1:2,500）を基本とし、必要に応じ広域図（1:200,000～1:25,000）にもハザード評価等の情報を簡易に記載する。

- 簡易ハザードマップ（レベル 3-1）

  簡易的な判定基準により効果の有無や道路への影響の程度に関して評価を行った結果を表示する。他の災害形態では、防災地質図（レベル 2）で行った発生源の安定度評価に加え、ハザードマップでは到達域の判定や待ち受け防護工の効果判定を行うことで道路への影響評価としている。しかし、盛土の場合、発生源は路盤と同一であり、発生源の安定度=道路の被災危険度となるため、簡易ハザードマップは事実上、防災地質図と同一となる。

- 詳細ハザードマップ（レベル 3-2）

  詳細分析を用いて発生源の安定性、崩壊発生確率、経路・到達域、既設対策工の効果等について評価して表示する。更に、既設対策工のポケット容量や耐力を評価して、道路への影響について表示する。

4.7.4.1　GIS での表示方法

レベル 3-1 及び 3-2 では、レベル 2 の表示内容に加えて、以下の項目について図示し、必要に応じて図面・写真等の詳細情報を別枠（別画面）で表示する。

・上部不安定斜面の到達予想範囲：想定した経路の平均勾配、拡散範囲、地被状況、断面図、写真等（レベル 3-2 の場合は、レベル 3-1 に加えて、詳細分析結果等）

＜参考文献：4.1節＞
1) (財)道路保全技術ｾﾝﾀｰ： 平成8年度道路防災総点検要領〔豪雨・豪雪等〕, pp. 2.
2) 例えば、(財)道路保全技術ｾﾝﾀｰ:平成8年度道路防災総点検要領〔豪雨・豪雪等〕, pp. 37.

＜参考文献：4.2節　崩壊＞
1) (財)道路保全技術ｾﾝﾀｰ：平成8年度道路防災点総検要領〔豪雨・豪雪等〕, pp. 45, 1996.
2) 新・斜面崩壊防止工事の設計と実例－急傾斜地崩壊防止工事技術指針－参考編：建設省河川局砂防部監修, (社)全国治水砂防協会, p. 182.
3) がけ崩れ災害の実態：土木研究所資料（平成11年7月), p. 85.
4) 土砂災害防止に関する基礎調査の手引き：(財)砂防フロンティア整備推進機構, 急傾斜地の崩壊編, p. 16, 2001.
5) 福田徹也, 佐々木靖人, 脇坂安彦：斜面崩壊規模および崩土到達距離と周辺微地形の関連性, 平成14年度研究発表会講演論文集, 応用地質学会, pp. 355-358, 2002.
6) 前出3)
7) 前出4) 参考資料-11
8) 本共同研究資料：平成14年度第一回全体会議（資料土研究③)
9) 前出2) p. 186
10) 中村太士, 新谷融：土砂堆積形状と堆積空間, 新砂防, vol. 35, No. 3, 1983.
11) 佐々木靖人, 柴田光博, 福田徹也, 片山弘憲：斜面の土層深とせん断強度の簡易試験法の開発, 応用地質学会平成14年度研究発表会講演論文集, pp. 359-362, 2002.
12) 沖村孝, 田中茂：一試験地における風化花こう岩斜面の土層構造と崩壊発生深さに関する研究, 新砂防, 116, 1980.
13) 沖村孝：潜在崩土層分布を利用した表層崩壊発生位置に関する研究, 新砂防, 124号, 1982.

＜参考文献：4.3節　岩石崩壊＞
1) (財)道路保全技術ｾﾝﾀｰ：平成8年度道路防災総点検要領〔豪雨・豪雪等〕, pp. 63, 1996
2) 例えば、土木学会：岩盤斜面の調査と対策, pp. 164, 1999.
3) (社)全国治水砂防協会, 建設省河川局砂防部監修：新・斜面崩壊防止工事の設計と実例－急傾斜地崩壊防止工事技術指針－参考編, pp. 175, 1996.
4) (社)日本道路協会：落石対策便覧, pp. 95, 2000.

＜参考文献：4.4 節　落石＞
1) (財)道路保全技術ｾﾝﾀｰ：平成 8 年度道路防災総点検要領〔豪雨・豪雪等〕, pp. 45, 1996.
2) (社)日本道路協会：落石対策便覧, pp. 267-268, 2000.
3) 前出 2)：pp. 18.
4) 前出 2)：pp. 13.
5) (社)日本道路協会：落石対策便覧に関する参考資料－落石シミュレーション手法の調査研究資料－, pp. 422, 2002.

＜参考文献：4.5 節　土石流＞
1) (財)道路保全技術ｾﾝﾀｰ：平成 8 年度道路防災総点検要領〔豪雨・豪雪等〕, 1996.
2) 建設省河川局砂防部砂防課：土石流危険渓流及び土石流危険区域調査要領（案), 1999.
3) (財)砂防フロンティア整備推進機構：土砂災害防止に関する基礎調査の手引き土石流編, 2001.
4) 建設省河川局砂防部砂防課：土石流対策技術指針（案), 1989.
5) 建設省河川局監修,（社）日本河川協会編：改訂新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説　調査編.

＜参考文献：4.6 節　地すべり＞
1) 渡正亮・小橋澄司：地すべり・斜面崩壊の予知と対策, 山海堂, pp. 42-43, 1987.
2) (財)道路保全技術ｾﾝﾀｰ：平成 8 年度道路防災総点検要領〔豪雨・豪雪等〕, pp. 79, 1996.
3) 日本道路公団：設計要領第一集,（財）道路厚生会, pp. 3-19, 1999 改訂.
4) 上野将司・中澤広行・内田純二：和泉層群地すべりの安定性評価, 地盤災害・地盤環境問題論文集（地盤工学会四国支部), 2003.
5) 前出 3), pp. 参 3-25.
6) 前出 2), pp. 66.
7) (財)砂防フロンティア整備推進機構：土砂災害防止に関する基礎調査の手引き（地滑り編), pp. 3, 2001.
8) 森脇寛：崩土の到達距離予測, 地すべり, 第 24 巻, 2 号, pp. 10-16, 1987.
9) (社)日本道路協会：道路土工－のり面工・斜面安定工指針, pp. 357, 1999 改訂.

＜参考文献：4.7 節　盛土＞
1) 建設省河川局治水課：河川堤防の浸透に関する安全性の概略点検について, p. 41, 1996
2) 建設省河川局治水課：侵食に対する河川堤防の点検について　点検要領, p. 24, 1999
3) (財)道路保全技術ｾﾝﾀｰ：平成８年度道路防災総点検要領〔豪雨・豪雪等〕様式-15, 1996
4) 前出, p. 112
5) (社)日本道路協会：道路土工－のり面工・斜面安定工指針, 470p., 1999 改訂.