

令和5年度
林道構造物の安定性及び防災効果に係る
調査委託事業

報 告 書

令和6年2月

林野庁森林整備部整備課

目 次

| | |
|---------------------------------------|------------|
| 1 事業の目的と概要 | 1 |
| 1.1 事業の目的 | 1 |
| 1.2 事業の内容 | 1 |
| 1.3 調査・分析の方針 | 2 |
| 2 林道の被災リスクについての調査・分析 | 6 |
| 2.1 調査対象・分析方法 | 6 |
| 2.2 災害実態調査結果（資料調査） | 9 |
| 2.3 林道の被災発生規模を高める要因の分析結果 | 24 |
| 2.4 被災リスク要因分析の評価 | 27 |
| 3 構造物等の投資効果についての調査・分析 | 32 |
| 3.1 調査対象・分析方法 | 32 |
| 3.2 災害実態調査結果（現地調査） | 34 |
| 3.3 構造物等の投資効果の分析結果 | 75 |
| 3.4 構造物等の投資効果の評価 | 81 |
| 4 林道の盛土安定条件等の検討 | 83 |
| 4.1 盛土安定条件の検討方法 | 83 |
| 4.2 盛土安定条件の検討結果 | 88 |
| 5 林道構造物の安定性及び防災効果についての提案 | 102 |
| 5.1 分析結果を踏まえた投資効果を高めるための提案 | 102 |
| 5.2 今後の課題 | 104 |
| 6 検討委員会の運営 | 105 |
| 6.1 検討委員会の開催状況 | 105 |
| 6.2 検討委員会の議事概要 | 107 |
| 【巻末資料】 | |
| ①災害査定資料の一覧整理表 | |
| ②林道の被災リスクについての分析グラフ | |
| ③林道災害箇所の実地調査結果個表 | |
| ④第1回検討委員会資料 | |
| ⑤第2回検討委員会資料 | |

1. 事業の目的と概要

1.1 事業の目的

台風や集中豪雨により災害が激甚化・頻発化する中、林道の強靱化・長寿命化の観点から崩れにくい路線設計、路体の造成、構造物の配置等が必要である。

このような中、強靱な構造をもった林道の作設は、被災リスクの低減と維持管理コストの削減に繋がり、ライフサイクルコストの低減効果が高いと考えられているが、定量的な分析が十分ではない状況にある。

また、事業主体である都道府県や市町村の林道整備は、苦しい財政事情等を背景に林道開設コストの縮減に向けた意識が強く、安定性や防災効果の観点から本来設置すべき構造物を設置していないなど、強靱さを十分に確保するには至っていないことも懸念される。

このため、令和4年度林道の山地災害等被害抑制効果に係る調査事業（以下「令和4年度調査事業」という。）により、地方自治体に対し、林道の維持管理や巡視の状況に関するアンケートを実施し、当該取組の実施状況や費用等を把握した。また、近年の災害復旧に関する資料を収集し、林道規格や開設年度、降雨量と被災の関係をまとめた。

引き続き、中長期的な林道の被災リスクと構造物の安定性・防災効果を踏まえた投資効果との関係を定量的に分析、試算及び検証し、対策の効果をわかりやすく示すために災害査定や林道の安定条件等に関するデータを収集し、施設の防災効果を定量的に示す手法を検討する。

また、災害に強く強靱な林道整備に資するよう自治体の災害に強い林道計画策定や予算措置を促進するため、盛土材料ごとの適正な盛土高・盛土法面勾配の検討に資する資料を作成する。

（本事業仕様書「3.事業の目的」より）

1.2 事業の内容

本事業の内容は以下のとおりである。

（1）災害実態調査

近年の林道施設災害について、令和4年度調査事業で収集した災害査定資料等も活用し、被災原因、被災内容（被災した構造物の種類など）、被災地の地形・地質条件、対策工の内容を分析・整理する。

（2）林道の安定条件等の確認

林道を構成する盛土については、構築する砂質土等の盛土材料や盛土の勾配・

高さごとに、安定解析手法等により安定条件を把握する。

(3) 林道災害リスクの定量化分析手法の検討等

(1) 及び(2)並びに令和4年度調査事業の結果を参考に、降雨強度等の要因と林道災害の発生頻度等の被災リスクとの関係を検証するとともに、構造物による被災リスクの低減効果を定量的に分析し、構造物の投資効果を示すため3か所以上の現地調査により試算の妥当性を検証する。

(4) 検討委員会の運営等

事業の実施に当たっては、学識経験者等で構成された検討委員会を設置し、その運營業務を行う。検討委員会は2回以上開催し、具体的な調査方法や分析について技術的指導及び助言を受ける。検討委員会の開催状況等については、6章を参照。

(5) とりまとめ

(1)～(4)を踏まえ、施設による防災効果等の取りまとめを行う。

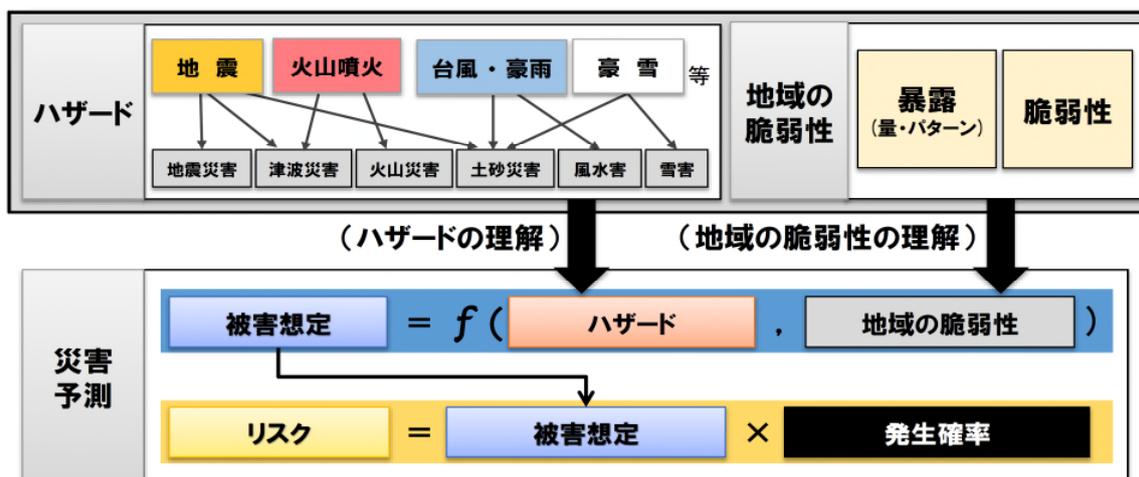
1.3 調査・分析の方針

(1) 本事業における被災リスクや投資効果の前提条件

1) 林道災害におけるリスクに関わる要素

1.1にあるように、本事業では中長期的な林道の被災リスクと構造物の安定性・防災効果を踏まえた投資効果との関係の定量的な分析、試算及び検証を目的とするが、本事業における被災リスクや防災効果を以下のとおり定義する。

一般的に自然災害のリスクは、「ハザード」「暴露」「脆弱性」の3要素が相互に作用して決定されると考えられている(図1.1)。これらの要素について、林道災害における具体的な対象を表1.1のように設定した。



内閣府「防災スペシャリスト養成」企画検討会 資料を一部抜粋
 (https://www.bousai.go.jp/kaigirep/kentokai/bousai_specialist2/14/kento14.html)

図 1.1 地域の災害リスク予測の模式図

表 1.1 林道災害におけるリスク等に関わる対象

| 要素 | 定義 | 林道災害での具体的対象 |
|------|-----------------------------------|---|
| ハザード | 地震、豪雨など、被害をもたらす原因となる現象 | ・台風、豪雨（令和4年度調査事業の結果より） |
| 暴露 | 災害の影響を受ける人々や財産などが、ハザードにさらされている程度 | ・林道そのもの（路体や構造物）や近接する山地、森林 ・林道下流等の被害を生じる可能性のある保全対象 ^{※1} （家屋や道路、鉄道など） ・併用林道等における一般車両や通行利用者 |
| 脆弱性 | 起きうる可能性のある災害に対して、被害の受けやすさや対応能力の低さ | ・林道周辺の地形、地質、植生などの自然的素因 ・林道の開設年、林道規格などの社会的素因 ・路体やのり面等の状態と、構造物 ^{※2} の有無、規格、工種 ・維持管理や点検などのメンテナンス |

※1 林道事業においては、いわゆる保全対象は設定されないが、林道災害時には被害が及ぶ可能性があるため設定される

※2 排水施設、のり面保護工、擁壁工、舗装工などの防災安全施設（橋梁やトンネルは除く）

2) 調査・分析の対象

被災リスクは図 1.1 のように被害想定×発生確率で表されるとされるが、林道においてはその評価手法や試算方法として一般的なものはない。そこで、林道の被災リスク及び構造物の投資効果を評価するため、表 1.1 の個々の具体的対象について調査し、頻度・程度の差を比較または傾向を分析することとする。この具体的対象の中には数値化が難しいものもあるため、調査分析については表 1.2 に整理したように定性的と定量的に分けて行う。

表 1.2 被災リスクや投資効果の調査対象

| 要素 | 林道災害での具体的対象 | 調査対象の選定 |
|------|--------------------------|---|
| ハザード | 台風、豪雨 | ×：想定ハザードが1つのみであり、他のハザードとの比較ができない。 |
| 暴露 | 林道そのもの（路体や構造物）や近接する山地、森林 | ◎：構造物の投資効果検討において、被害額等として調査・分析対象とする。 |
| | 林道下流等の被害を生じる可能性のある保全対象 | ◎：構造物の投資効果検討において、被害額等として調査・分析対象とする。 |
| | 併用林道等における一般車両や通行利用者 | ◎：構造物の投資効果検討において、被害額等として調査・分析対象とする。 |
| 脆弱性 | 林道周辺の地形、地質、植生などの自然的素因 | ○：多数の素因が関係しており災害発生との定量的な分析は難しいが、被災可能性が高い要因等の調査・分析対象とする。 |
| | 林道の開設年、林道規格などの社会的素因 | ○：素因と被災の因果関係の定量的な検証は難しいが、被災可能性が高い要因等の調査・分析対象とする。 |
| | 路体やのり面等の状態と、構造物の有無、規格、工種 | ◎：構造物の投資効果検討において、構造物の施工費や復旧費等として調査・分析対象とする。 |
| | 維持管理や点検などのメンテナンス | ○：実施の程度と被災の因果関係の定量的な検証は難しいが、被害低減効果等の調査・分析対象とする。 |

◎：定量的な調査・分析の対象とする

○：定性的な調査・分析の対象とする

×：調査・分析の対象としない

(2) 林道の被災リスク及び構造物等の投資効果の調査・分析方法

本事業の目的に対して、調査・分析評価は「被災の発生リスク（規模）を高める要因」と「構造物等の投資効果」の2つの視点で実施する。調査内容や分析・評価方法の概要を表 1.3 に整理する。調査内容等の詳細は各章にて記載する。

なお、今回の調査・分析は被災を受けた箇所を抽出しての検討であるため、被災箇所の評価にとどまり、路線全体や林道事業全体の投資効果やコストについて言及したのではない。

表 1.3 「林道の被災リスク」「構造物等の投資効果」についての調査・分析方法の概要

| 調査項目 | 調査内容 | 調査対象 | 分析・評価方法 |
|-----------------------|--|---|--|
| 被災の発生リスク（規模）を高める要因 | 収集した災害復旧に関する資料より、被災した林道の自然的素因、社会的素因、林道の諸元などを整理 | <ul style="list-style-type: none"> 被災状況が確認できる R5 年の被災林道 →4 道県 12 箇所 災害復旧に関する資料調査（令和 4 年度調査事業）で収集した過去災害 →13 道県 242 箇所 | <ul style="list-style-type: none"> ■分析方法 <ul style="list-style-type: none"> 被災発生規模と関連性の高い自然的素因、社会的素因、林道の諸元について相関分析 ■評価方法 <ul style="list-style-type: none"> 分析された被災規模を高める要因について、知見、事例や現地調査結果等から因果関係の妥当性を評価 |
| 構造物等の投資効果（被災箇所の現地調査） | 被災林道での現地調査により被災状況・原因を確認し、その原因を回避・軽減できる構造物等や維持管理を検討 | <ul style="list-style-type: none"> 被災状況が確認できる R5 年の被災林道 →4 県 12 箇所 災害復旧に関する資料調査で収集した過去災害の中で、復旧費用が大きく、投資効果が高い可能性がある被災林道（復旧済） →2 県 3 箇所 | <ul style="list-style-type: none"> ■分析方法 <ul style="list-style-type: none"> 災害発生防止や被災規模軽減に寄与する構造物等が設置してあった場合を想定し、その設置費用等と復旧費用軽減額の比を投資効果として算出。 ■評価方法 <ul style="list-style-type: none"> 投資効果の算出結果から、効果の高い構造物等や被災状況の評価 適正な施設設置の設置目的や設置が望ましい条件などを知見、事例や現地調査結果等から考察 |
| 構造物等の投資効果（盛土安定性の机上検討） | 盛土モデルを用いた安定解析による机上検討 | — | <ul style="list-style-type: none"> ■分析方法 <ul style="list-style-type: none"> 盛土について材料、勾配・高さごとに、安定解析により安全率を算出 ■評価方法 <ul style="list-style-type: none"> 安全率が確保できる条件整理と、安定化施設の追加による投資効果評価 |

2. 林道の被災リスクについての調査・分析

2.1 調査対象・分析方法

(1) 目的

近年の林道施設災害について、災害査定資料等により、被災原因、被災内容、被災地の地形・地質条件、対策工の内容を分析・整理した上で、降雨強度等のほか、被災規模に影響する自然的・社会的特性を分析する。

(2) 分析のための要因データ調査方法

近年の林道施設災害について本調査及び令和4年度調査事業で収集した災害査定資料から、林道被災の復旧事業費及び、被災に関係する可能性がある自然的要因、社会的要因、林道の諸元を机上調査した。

収集した災害査定資料の箇所数を表2.1.1に、それらの資料等より机上にて調査整理した情報を表2.1.2に示す。調査データ一覧については巻末資料①に添付する。

表 2.1.1 災害査定資料の収集路線数及び箇所数

| 被災年度 | 道県名 | 路線数 | 箇所数 |
|----------|------|-----|-----|
| 令和元年～4年度 | 北海道 | 3 | 3 |
| | 宮城県 | 10 | 30 |
| | 福島県 | 10 | 20 |
| | 栃木県 | 8 | 18 |
| | 神奈川県 | 6 | 25 |
| | 長野県 | 9 | 18 |
| | 岐阜県 | 10 | 18 |
| | 鳥取県 | 6 | 24 |
| | 広島県 | 9 | 20 |
| | 福岡県 | 4 | 10 |
| | 佐賀県 | 8 | 21 |
| | 長崎県 | 6 | 19 |
| | 大分県 | 10 | 16 |
| 令和5年度 | 新潟県 | 1 | 1 |
| | 長野県 | 3 | 3 |
| | 佐賀県 | 1 | 1 |
| | 鹿児島県 | 1 | 7 |
| 計 | 15 | 105 | 254 |

表 2.1.2 被災リスク分析のために調査整理した情報

| 変数 | 区分 | 調査データ | データ形式 |
|-----------|-----------------|-------------------------|-------|
| 目的変数 | 被害規模 | 復旧事業費 | 量 |
| | | 延長当たり事業費 | 量 |
| | | 復旧単価* ¹ | 量 |
| 説明変数 | 災害誘因 | 連続雨量 | 量 |
| | | 時間雨量 | 量 |
| | 自然的要因 | 地質* ² | 質 |
| | | 植生* ³ | 質 |
| | 社会的要因 | 保全対象の有無* ⁴ | 質 |
| | | 保全対象までの距離* ⁴ | 量 |
| | 林道の 諸元・構造 | 開設年度 | 量 |
| | | 林道規格 | 質 |
| | | 林道延長 | 量 |
| | | 幅員 | 量 |
| | | 利用区域面積 | 量 |
| | | 利用区域内蓄積 | 量 |
| | | 林道縦断勾配（全線） | 量 |
| | 被災箇所 の 状況 | 林道縦断勾配（被災箇所付近） | 量 |
| | | 斜面状態（切土・盛土、自然斜面） | 質 |
| | | 切土・盛土の高さ | 量 |
| | | 切土・盛土の勾配 | 量 |
| 崩壊斜面の地山傾斜 | | 量 | |

1 復旧単価（事業費を開設からの年数と延長で除した値）

*2 出典：産総研地質調査総合センターウェブサイト

（<https://gbank.gsj.jp/geonavi/geonavi.php>）

*3 出典：「第3回自然環境保全基礎調査植生調査報告書」（環境省生物多様性センター）（<http://gis.biodic.go.jp/webgis/index.html>）

*4 地理院地図より被災箇所の斜面下部または下流 2km 以内の保全対象（家屋、公共施設、農地、道路など）を確認

（3）被害規模（目的変数）の設定と分析対象データの抽出

被災リスクとして被災規模を分析の目的変数とする。今回の検討での被害規模の指標は、①復旧事業費総額に加え、②延長当たり事業費、③復旧単価*（事業費を開設からの年数と延長で除した値）、の3つを設定した。

また、収集した災害査定資料では、土工、法面工、排水施設工などの採用頻度が高い。被災リスクの分析に当たっては、それらの工種に着目し、工事金額が高額に

なる可能性がある以下の工種による復旧箇所を除いて分析を行った。

* 参考文献：林道台帳の集計による林道施設災害復旧事業費の実態解明, 渡部他, 森林利用学会誌, 2022, 37 巻 3 号

- | | | |
|--------|---------|----------|
| ・特殊盛土工 | ・地下水排除工 | ・暗渠排水工 |
| ・アンカー工 | ・杭打工 | ・落石雪害防止工 |
| ・防護柵工 | ・橋梁工 | ・カルバート工 |
| ・護岸工 | ・護床工 | |

(4) 分析方法

災害誘因である降雨量データを除く説明変数について、被害規模との単回帰分析の実施により相関性が比較的高いデータを抽出した。その相関性が高いデータに降雨量を組み合わせたものと被災規模を重回帰分析することで、被災リスク（規模）を高める要因として有意な変数を推定した。

(5) 評価方法

分析された被害規模を高める要因について、一般的な知見、事例や現地調査結果等から因果関係の妥当性を評価した。

2.2 災害実態調査結果（資料調査）

（1）被災原因

収集した 254 箇所の災害事例について被災の原因となった災害の種類を整理した。原因としては豪雨や台風がほとんどであり、降雨による斜面の不安定化や溪流の出水が直接的な原因と考えられる。そのほか、地震や融雪、地すべりによるものがあった。

表 2.2.1 被災の原因となった災害の種類と箇所数

| 災 害 | 箇所 |
|------|-----|
| 豪雨 | 147 |
| 台風 | 103 |
| 地震 | 2 |
| 融雪 | 1 |
| 地すべり | 1 |

（2）被害額（復旧費）

収集した 254 箇所の災害事例を復旧事業費（申請額）区別に集計した結果を整理した（図 2.2.1）。これによると、復旧事業費区分で 1 百万円から 10 百万円の件数が 88 件と最も多く、その後、金額と件数は反比例の傾向を示している。100 百万円以上は 15 件となっている。復旧事業費区分が 100 百万円を超える 15 件については、被災延長が長いもの、特殊盛土工やアンカー工などコストが高い対策工を計画しているケースがみられる。

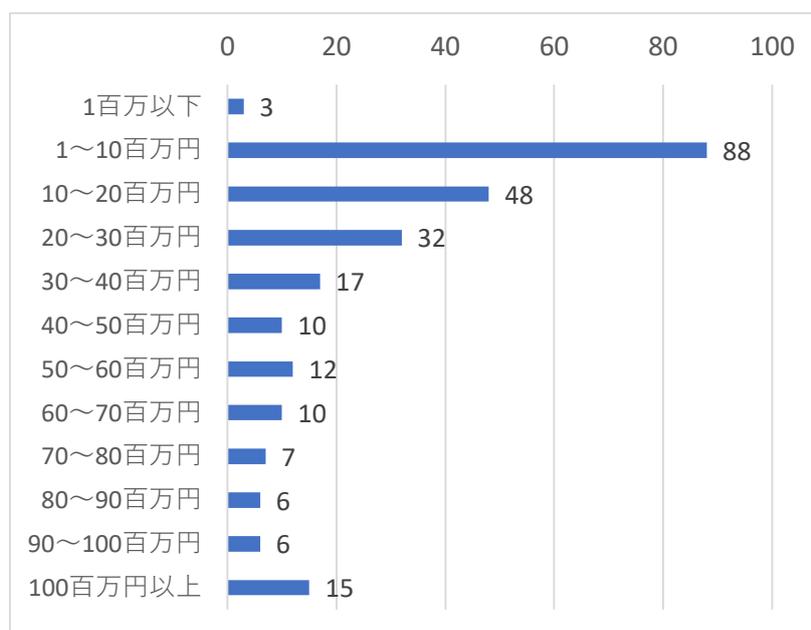


図 2.2.1 復旧事業費別の箇所数

(3) 対策工

収集した 254 箇所 の災害事例のうち、計画された対策工がわかる 160 箇所について、工種別に整理した。対策工については、22 工種にまとめられた(図 2.2.2)。最も多い工種は土工で、すべての箇所 で計画されていた。多い順に法面保護工(113 箇所)、擁壁工(100 箇所)、舗装工(88 箇所)、排水施設工(72 箇所)の順となっており、これらは林道災害復旧における主要な工種と言える。

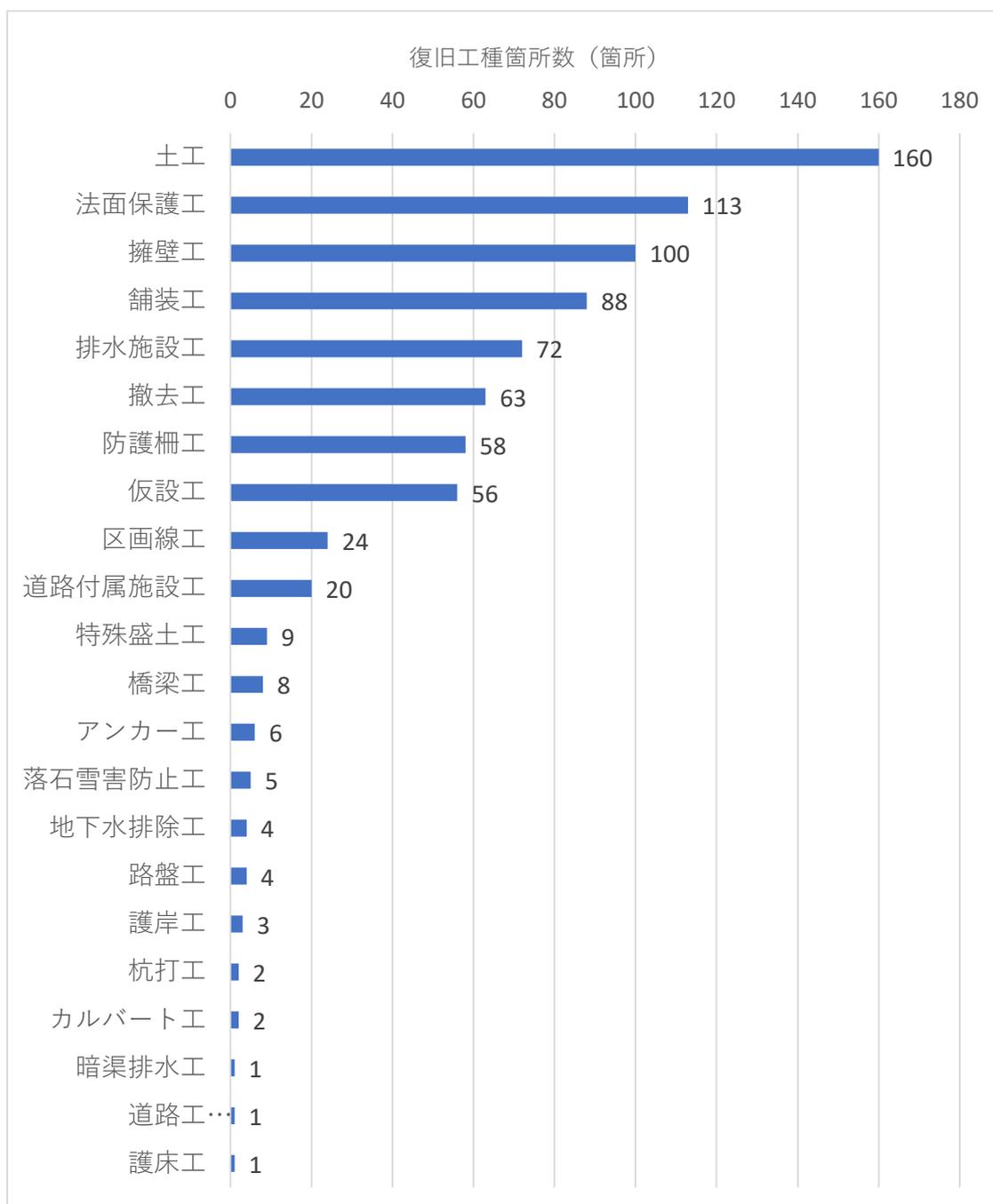


図 2.2.2 復旧工種別の箇所数

(4) 被災延長

収集した 254 箇所の災害事例のうち、被災延長区別の箇所数で整理した。これによると被災延長 10m～20m が最も多く、その後は延長が伸びるとともに箇所数が減少する傾向がみられた（図 2.2.3）。被災延長が 300m 以上の箇所は 12 箇所存在し、最も長い個所は 1,550m(宮城県丸森町鷺の平線 1 号箇所：令和元年台風第 19 号による暴風雨で被災)であった。

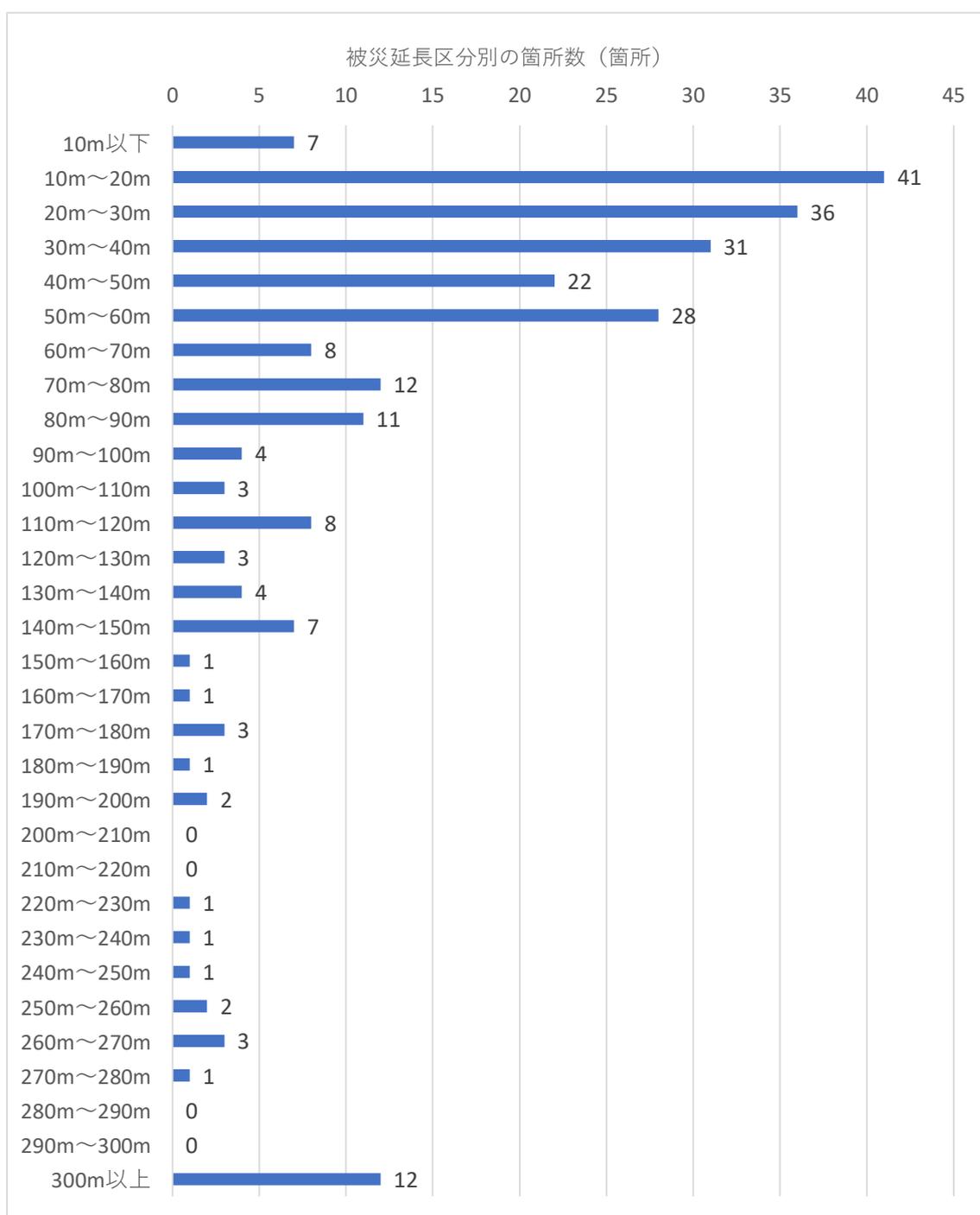


図 2.2.3 被災延長区別の箇所数

(5) 林道の規格

収集した 254 箇所 の災害事例のうち、林道規格別の箇所数を整理した。これによると、1 級が 106 箇所、2 級が 130 箇所、3 級が 13 箇所、軽車道が 5 箇所であった (図 2.2.4)。

路線当たりの箇所数をみると、1 級では 0.101 箇所/路線、2 級では 0.011 箇所/路線、3 級では 0.003 箇所/路線、軽車道では 0.007 箇所/路線であった (表 2.2.2、図 2.2.5)。1km 延長当たりの箇所数をみると、1 級では 0.0149 箇所/km、2 級では 0.0047 箇所/km、3 級では 0.0027 箇所/km、軽車道では 0.0056 箇所/km であった。

1 級において、他よりも 1 路線当たりの箇所数で 10 倍以上、1 km 延長当たりの箇所数で 3~5 倍程度と大きな値となっている。これは、1 級は林業のみならず地域内又は地域間をつなぐ主要な道路となっていることから延長が長く、大災害時には複数箇所が被災する傾向があること、また、比較的大きな被災となる場合が多いことが原因と考えられる。

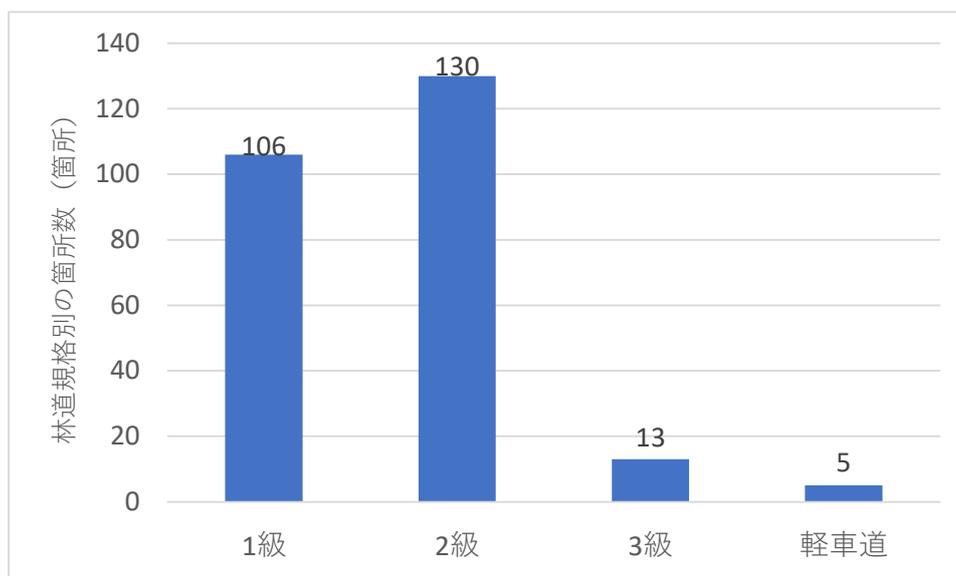


図 2.2.4 林道規格別の箇所数

表 2.2.2 規格別路線状況と被災割合

| 道路規格 | 被災 箇所数 | 15道県 | | 割合 | |
|------|-----------|--------|------------|---------------------------|-----------------------------|
| | | 路線数 | 延長(m) | 1路線当たりの 箇所数 (箇所/路線) | 1km延長当たりの 箇所数 (箇所/km) |
| 1級 | 106 | 1,050 | 7,116,760 | 0.101 | 0.0149 |
| 2級 | 130 | 12,043 | 27,660,058 | 0.011 | 0.0047 |
| 3級 | 13 | 3,762 | 4,875,594 | 0.003 | 0.0027 |
| 軽車道 | 5 | 738 | 889,369 | 0.007 | 0.0056 |

※15道県の数値は令和3年度実績

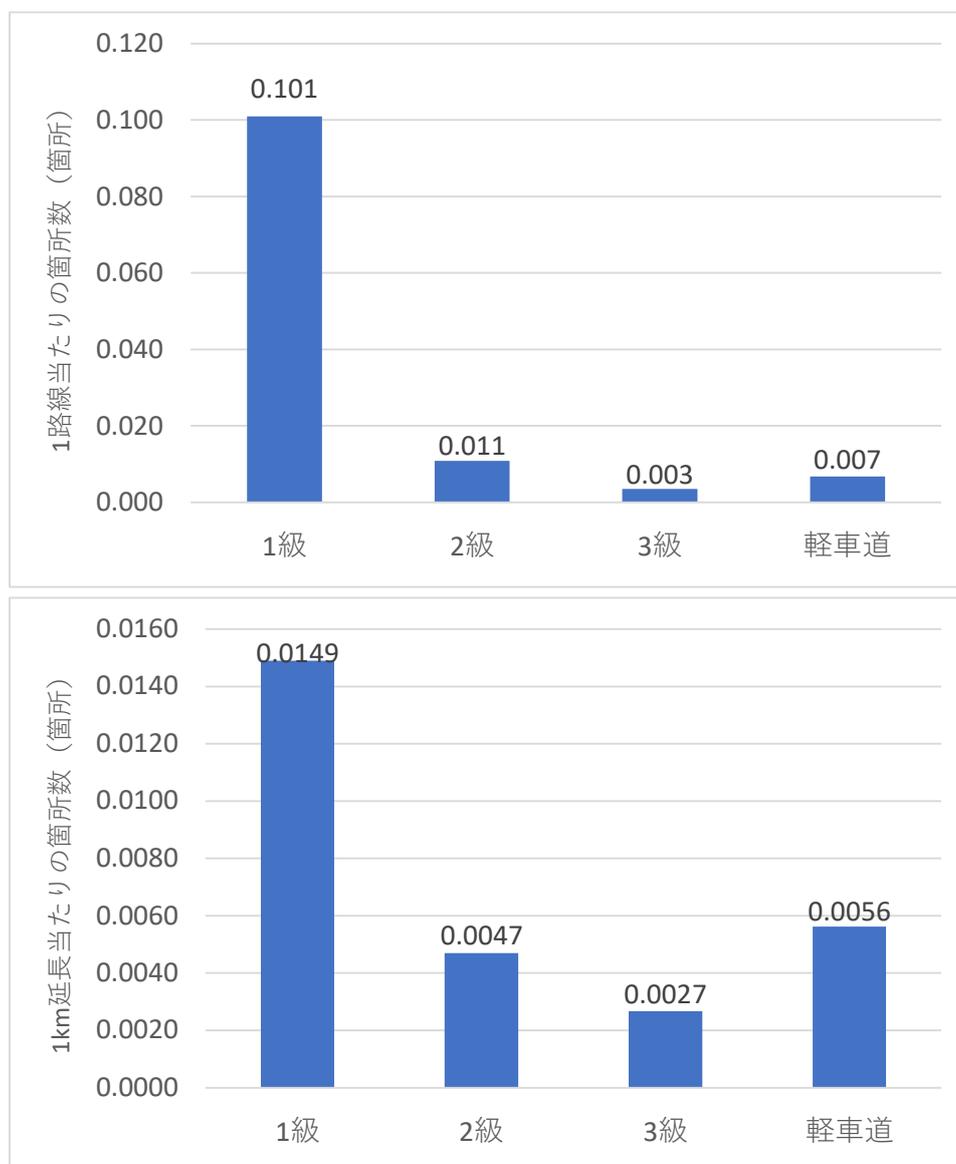


図 2.2.5 林道規格別の被災割合

(上図：1路線当たりの箇所数 下図：1km延長当たりの箇所数)

(6) 開設年度

収集した 254 箇所 の災害事例のうち、開設年度の情報が ある 121 箇所について、年代別に被災箇所数を整理した (図 2.2.6)。これによると 1970 年代が 30 箇所と最も多く、ついで 1980 年代の 21 箇所、1950 年代の 15 箇所の順であった。

全国の開設実績延長の情報が ある 1970 年代以降について、年代別の全国の開設実績単位延長当たりの箇所数を整理した (表 2.2.3, 図 2.2.7)。これによると 2000 年代が 0.0012 箇所/km、1970 年代が 0.0008 箇所/km、1980 年代が 0.0007 箇所/km、1990 年代が 0.0006 箇所/km、2010 年代が 0.0002 箇所/km の順であった。

施設等の老朽化に伴い被災リスクが高くなる傾向があることから、年代が新しくなるにつれて被災箇所数が少なくなっていくと考えられるが、2000 年代は他の年代に比べて高くなっている。2000 年代の被災箇所を確認したところ、被災した 9 箇所のうち 7 箇所は同一地域 (福岡県添田町) であり、一部の地域に集中していた。被災の集中した箇所における地質等の素因や降雨等の誘因が特異であった可能性もあり、今回の情報だけでは 2000 年代に開設した林道に問題があるとは言えないものであった。

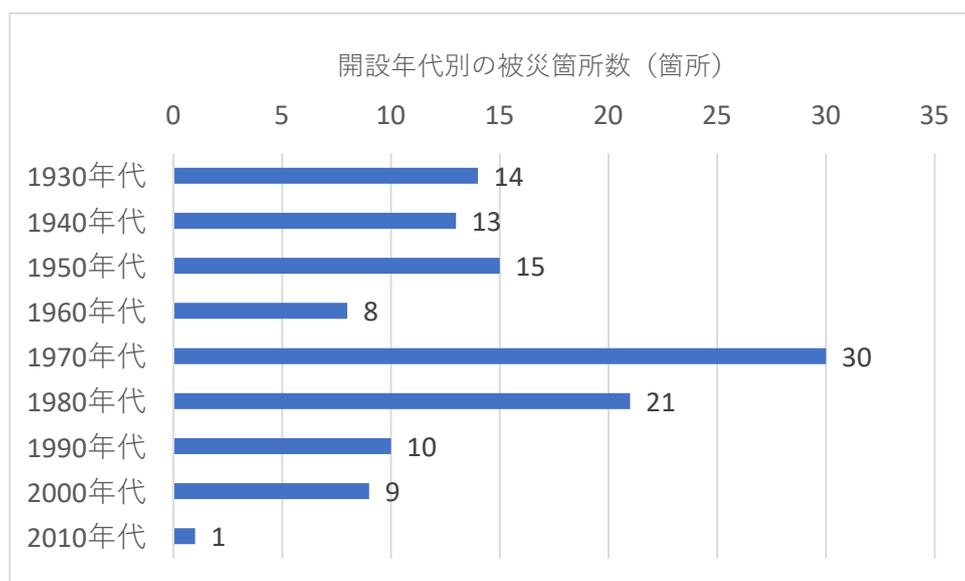


図 2.2.6 開設年代別の被災箇所数

表 2.2.3 開設実績延長当たりの被災箇所・被災路線の割合

| 開設年代 | 被災箇所数 | 被災路線数 | 新設実績(km) | 1kmあたりの被災箇所数(箇所/km) | 1kmあたりの被災路線数(路線/km) |
|--------|-------|-------|----------|---------------------|---------------------|
| 1930年代 | 14 | 4 | — | — | |
| 1940年代 | 13 | 7 | — | — | |
| 1950年代 | 15 | 7 | — | — | |
| 1960年代 | 8 | 6 | — | — | |
| 1970年代 | 30 | 13 | 36,267 | 0.0008 | 0.00036 |
| 1980年代 | 21 | 9 | 30,980 | 0.0007 | 0.00029 |
| 1990年代 | 10 | 4 | 17,568 | 0.0006 | 0.00023 |
| 2000年代 | 9 | 4 | 7,441 | 0.0012 | 0.00054 |
| 2010年代 | 1 | 1 | 4,766 | 0.0002 | 0.00021 |
| 情報なし | 133 | 46 | — | — | — |

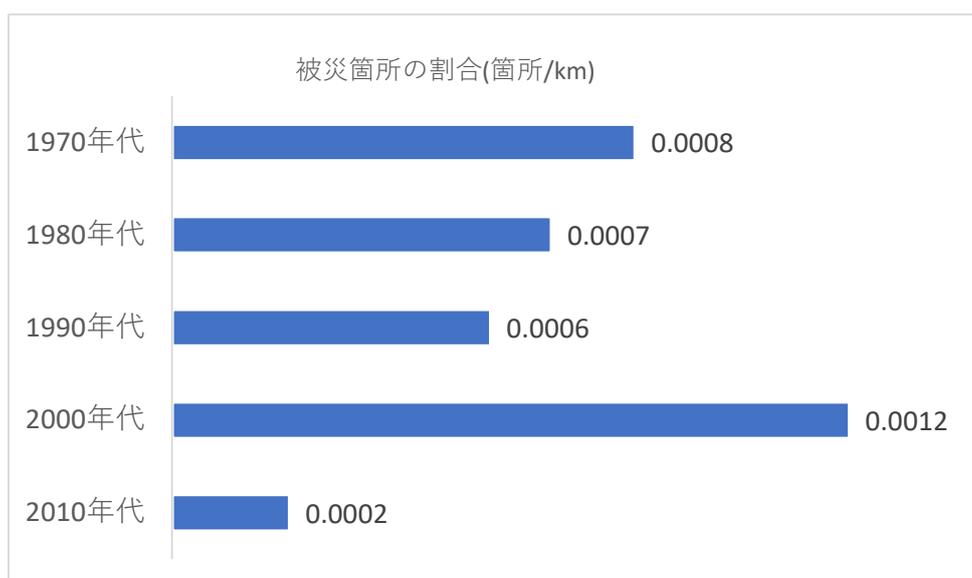


図 2.2.7 開設実績延長当たりの被災箇所の割合(箇所/km)

(7) 地質

表層地質図から地質が判明した被災箇所について、「堆積岩」、「変成岩、付加体」、「火山岩」に分類し、地質ごとに被災箇所数、延長、復旧事業費を整理した。

今回収集した資料では、火成岩での発生が 166 箇所と最も多かった。被災の平均延長は、39.9～57.3mとなっており、地質の違いによる大きな差は確認されなかった(表 2.2.4、図 2.2.8)。

被災箇所数当たりの事業費は堆積岩が最も大きく、ばらつきも大きかった。これは、地震による山腹崩壊で残土処理量が多い、アンカー工などコストが高い対策工を計画したなどの要因が考えられる(表 2.2.5、図 2.2.9)。

表 2.2.4 地質別の被災箇所数及び延長

延長単位：m

| 地質 | 箇所数 | 延長/合計 | 延長/箇所数平均 |
|---------|-----|-------|----------|
| 堆積岩 | 42 | 2,401 | 57.2 |
| 変成岩・付加体 | 61 | 2,436 | 39.9 |
| 火成岩 | 166 | 9,506 | 57.3 |

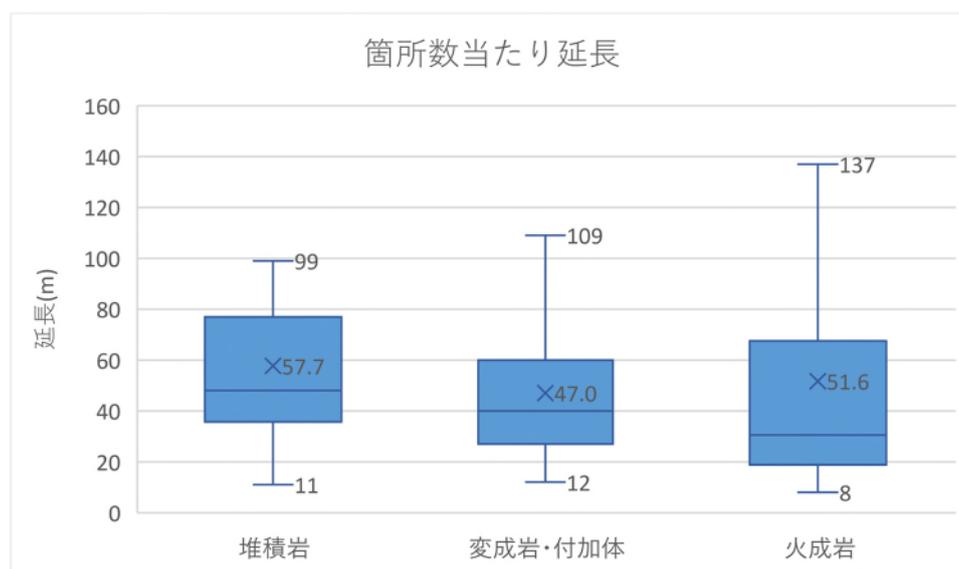


図 2.2.8 地質別の被災箇所数及び延長

表 2.2.5 地質別の復旧事業費

単位：千円

| 地質 | 箇所数 | 復旧事業費/合計 | 復旧事業費/箇所数平均 |
|---------|-----|-----------|-------------|
| 堆積岩 | 42 | 1,667,301 | 39,698 |
| 変成岩・付加体 | 61 | 1,869,249 | 30,643 |
| 火成岩 | 166 | 3,632,127 | 21,880 |

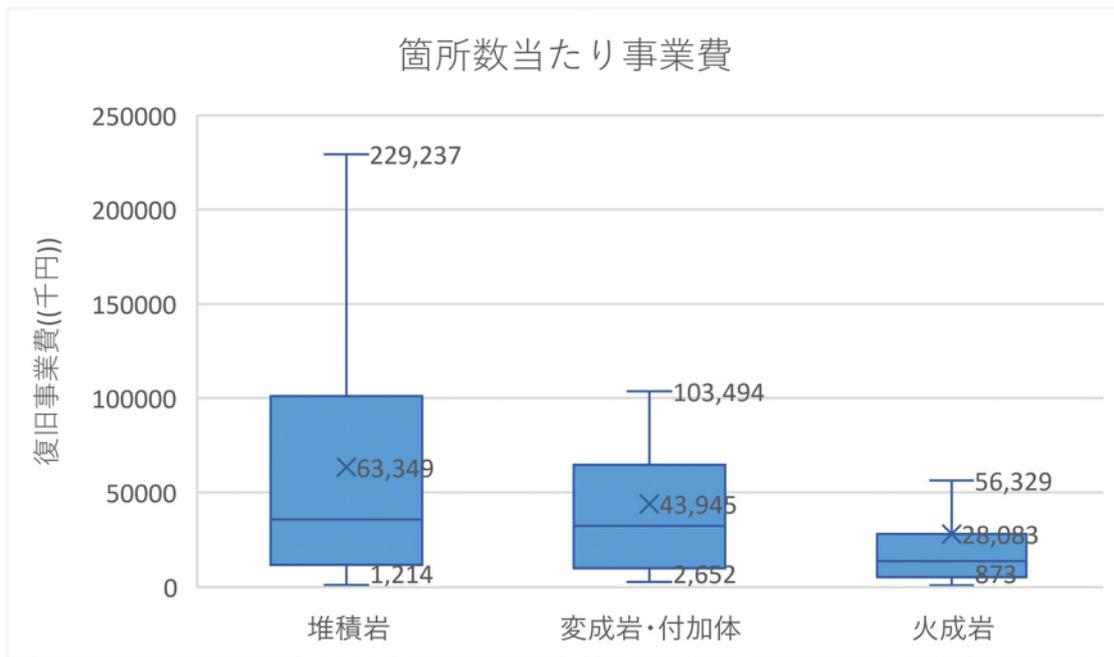


図 2.2.9 地質別の復旧事業費

(8) 保全対象

収集した 254 箇所 of 災害事例のうち、被災箇所から 2 km 以内にある保全対象及び、保全対象までの距離を整理した。保全対象が 2km 以内に存在する被災箇所数は 131 箇所であった。保全対象としては家屋等が 57 件と最も多く、不明道路(市町村道ほか)、県道、国道が合わせて 45 件となっている(図 2.2.10)。

また、被災箇所から保全対象までの距離は平均で 500m 以内が 52 箇所と最も多く、比較的近接している状況が伺える(図 2.2.11)。

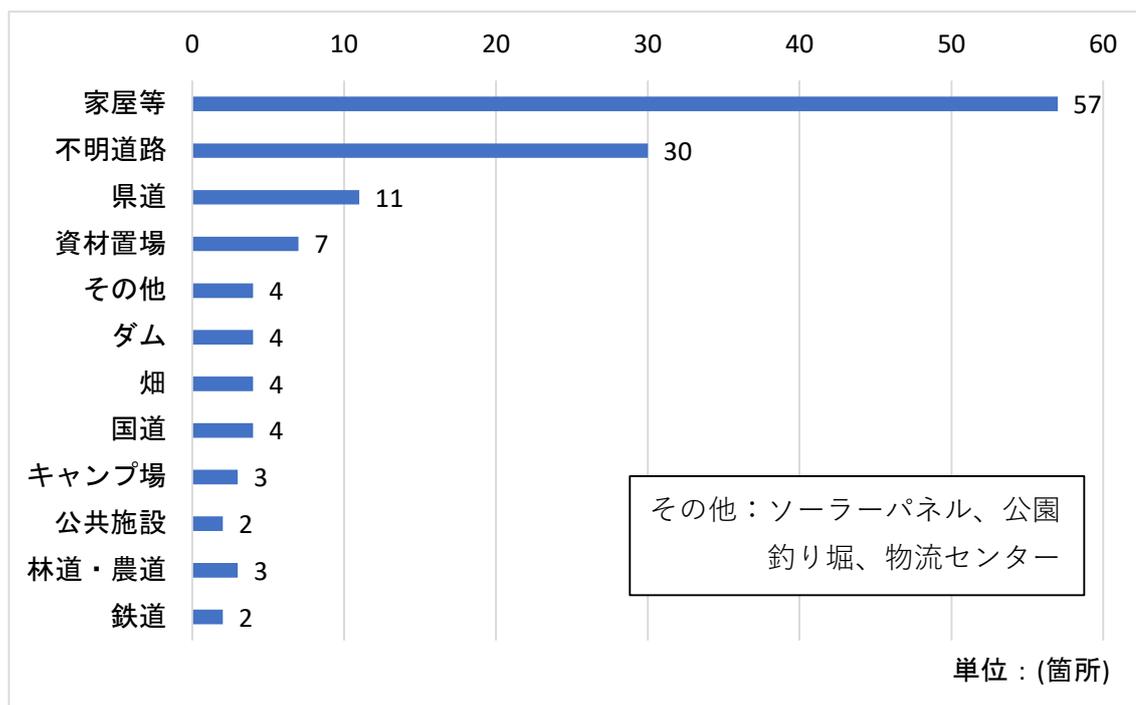


図 2.2.10 保全対象の種類別の被災箇所数

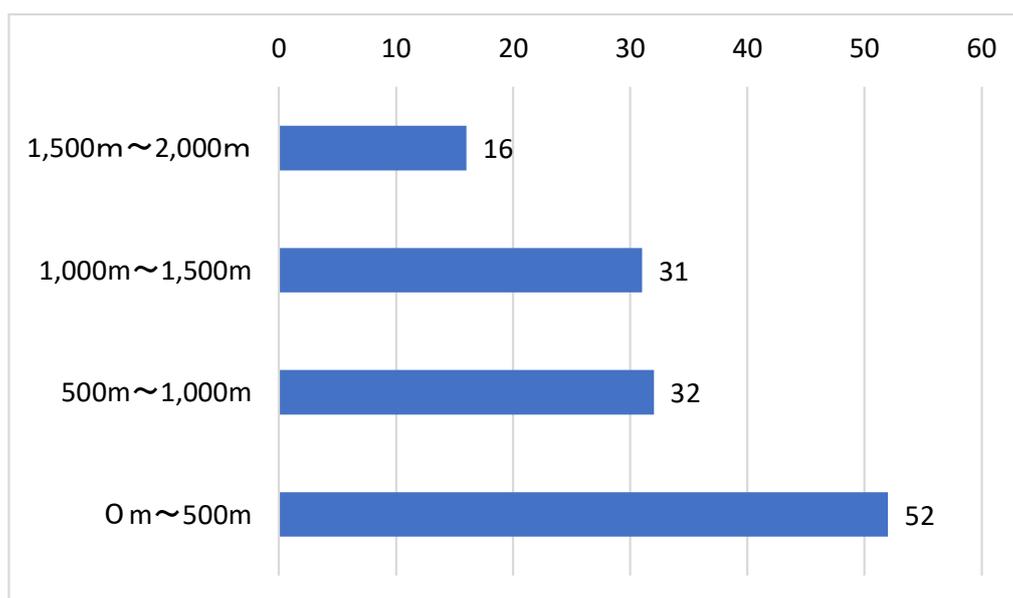


図 2.2.11 保全対象までの距離別の被災箇所数

(9) 利用区域面積、利用区域内蓄積

収集した 254 箇所の災害事例のうち、利用区域面積及び利用区域内蓄積を整理した。利用区域面積は 200～500ha が 63 箇所と最も多く、次いで 500～1,000ha の 55 箇所であった（図 2.2.12）。利用区域内蓄積は 10,000～20,000m³ が 43 箇所と最も多く、次いで 200,000～300,000m³ が 38 箇所で、二つのピークのある分布となった（図 2.2.13）。

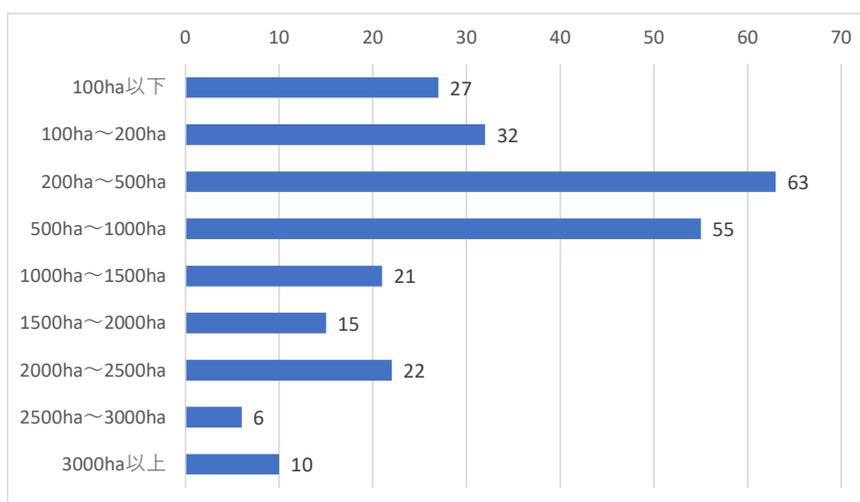


図 2.2.12 利用区域面積別の被災箇所数

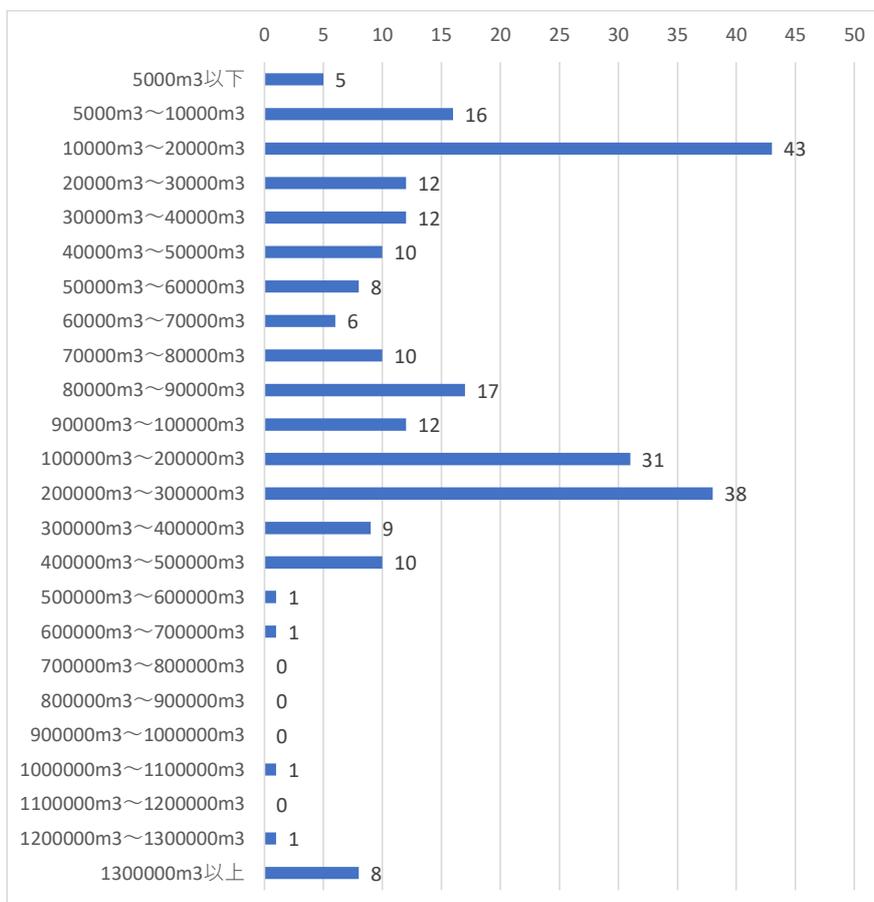


図 2.2.13 利用区域内蓄積別の被災箇所数

(10) 林道縦断勾配

林道の縦断勾配が確認できた被災箇所について、勾配別に被災箇所数を整理した。被災箇所の縦断勾配で最も多いのは4~5°であり、その角度をピークとして正規分布に近い形状となっており、急傾斜であっても箇所数は増加する傾向はみられなかった(図2.2.14、図2.2.15)。

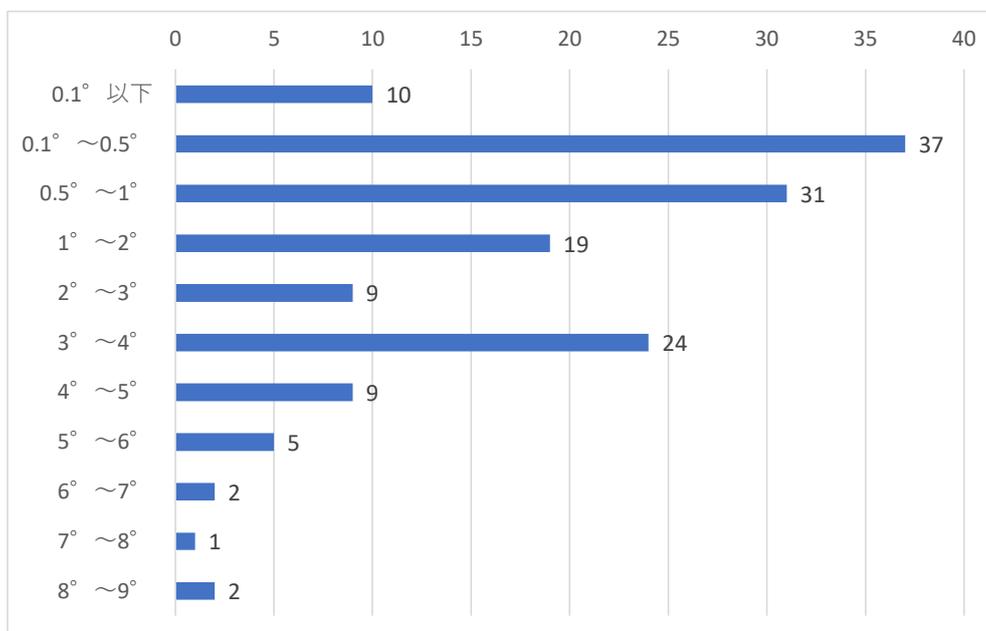


図 2.2.14 林道縦断勾配 (全線)

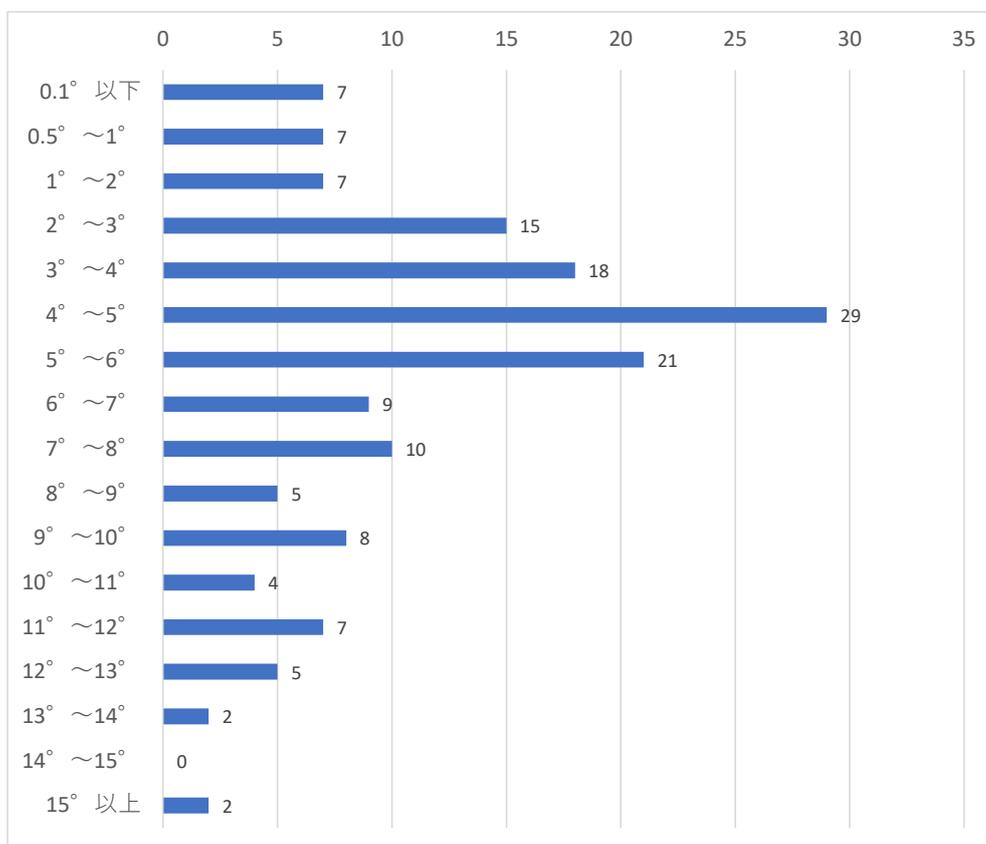


図 2.2.15 林道縦断勾配 (被災箇所付近)

(1 1) 斜面状態

収集した 254 箇所の災害事例について、斜面状態の種別、高さ、勾配を整理した。被災箇所は、斜面の種類では自然斜面が、切土における高さは 10～15m、切土勾配は 30～40° が最も多かった。崩壊斜面の地山傾斜は 35～40° の比較的急斜面での被災が多かった（図 2. 2. 16～図 2. 2. 19 災害事例の写真にて判読）。

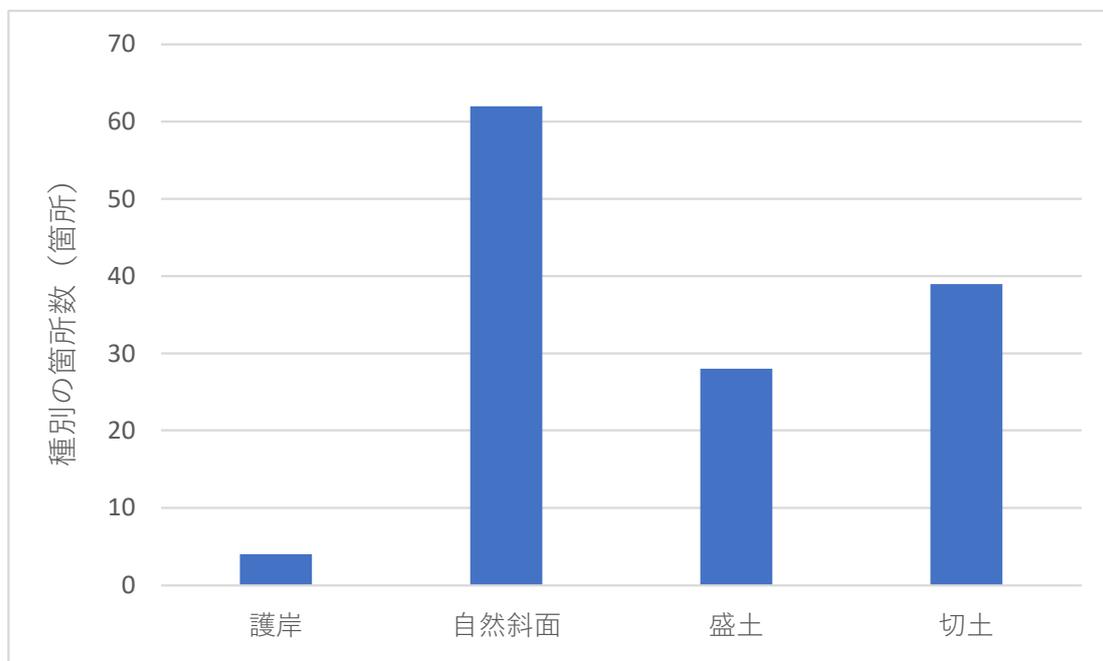


図 2. 2. 16 切土・盛土、自然斜面の種別の被災箇所数

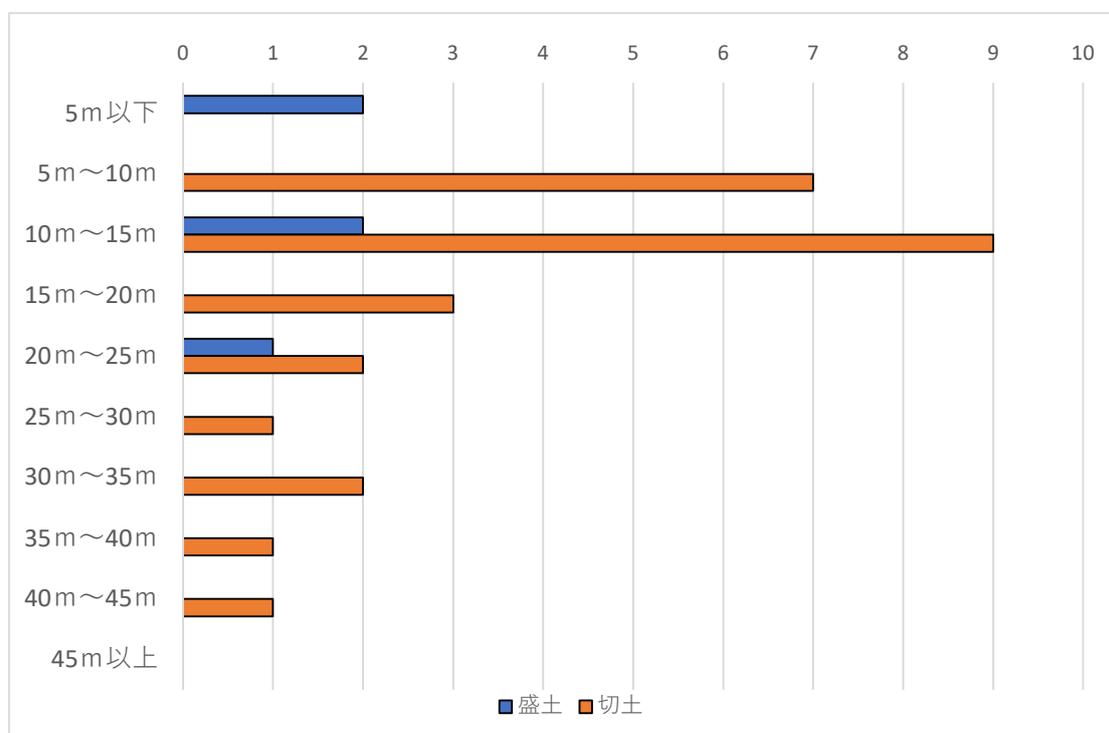


図 2. 2. 17 切土・盛土の高さ別の被災箇所数

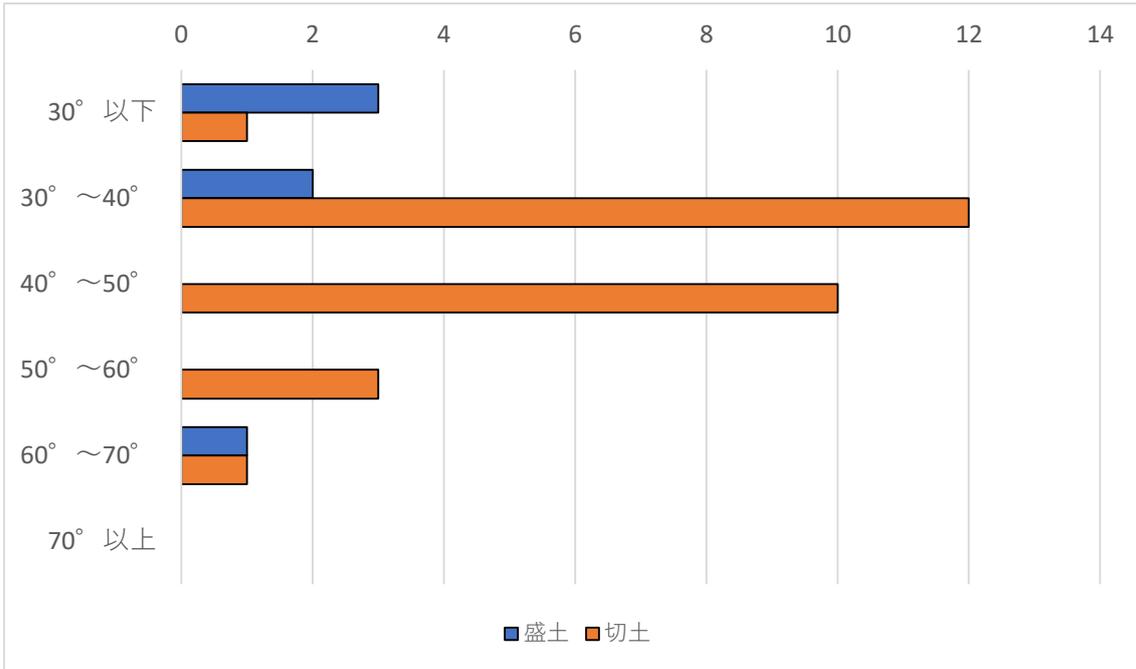


図 2.2.18 切土・盛土の勾配別の被災箇所数

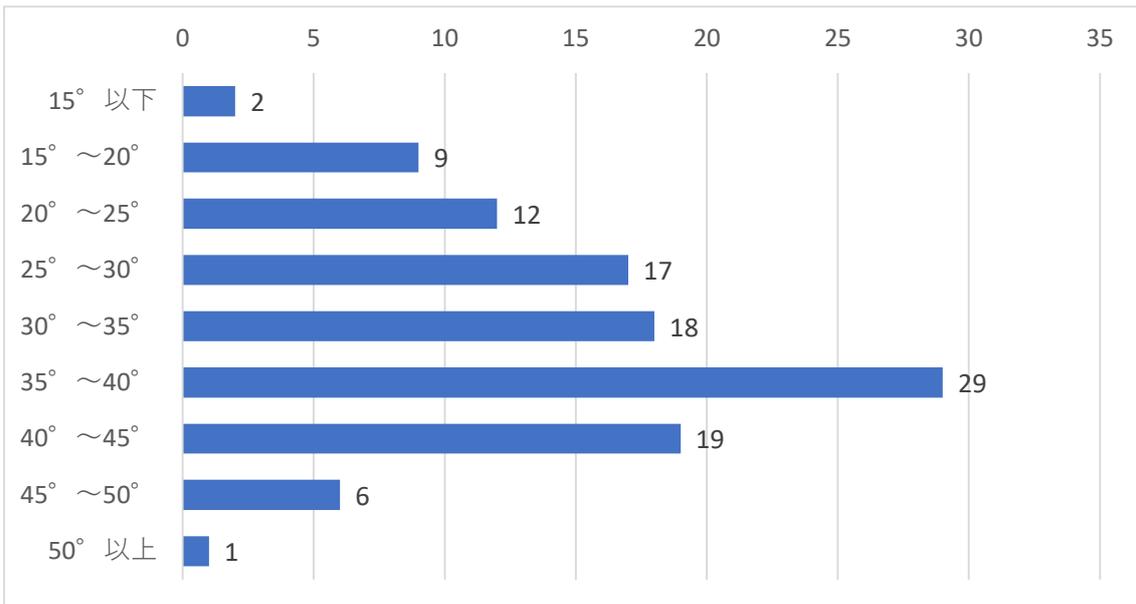


図 2.2.19 崩壊斜面の地山傾斜別の被災箇所数

(12) 確率降雨量による整理

1時間降水量及び24時間降水量と10年確率雨量の比を整理した(図2.2.20、表2.2.6)。10年確率雨量は各道県で公表されている降雨強度に関する情報を使用して算出した。観測された降雨が10年確率雨量を超える場合は、比が1.0以上となる。なお、1時間の10年確率雨量が求められたのは206箇所、24時間の10年確率雨量が求められたのは172箇所、両方が求められたのは163箇所であった。

両方が求められた163箇所のうち、1時間降水量が10年確率雨量未満であった箇所は109箇所(約67%)、24時間降水量が10年確率雨量未満であった箇所は47箇所(約29%)で、両方が10年確率未満であった箇所は39箇所(約24%)であった。1時間降水量、24時間降水量ともに10年確率を下回っていたにもかかわらず被災した39箇所については、先行降雨や24時間を超える総雨量などの別の条件が想定を超えるものであった可能性や、維持管理等が十分でなかった可能性などが考えられる。

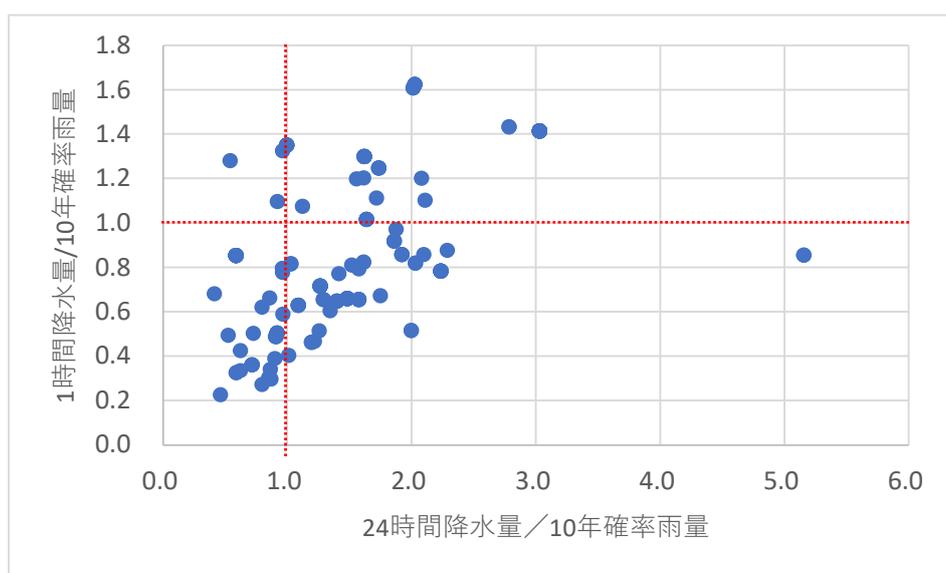


図 2.2.20 時間降水量の確率雨量比

表 2.2.6 10年確率雨量比の箇所数

| 10年確率雨量 | 24hが1未満 | 24hが1以上 | 合計 |
|---------|---------|---------|-----|
| 1hが1以上 | 8 | 46 | 54 |
| 1hが1未満 | 39 | 70 | 109 |
| 合計 | 47 | 116 | 163 |

2.3 林道の被災発生規模を高める要因の分析結果

(1) 説明変数と目的変数の単回帰

災害査定資料では、降雨により被災した事例が 95%以上であるため、降雨量は災害復旧事業費を説明する要因の一つと考えられる。さらに他の説明変数を加え、重回帰分析により災害復旧事業費の予測式を検討した。

各説明変数と災害復旧事業費との相関性を評価するため、説明変数と目的変数の単回帰分析を実施した。単回帰分析結果の R2 値（決定係数）を表 2.3.1 にまとめた。また各相関をグラフ化したものを巻末資料②として添付した。

このうち、相関性が比較的高い項目（表 2.3.1 に赤字で示す）を選び、降雨量と合わせて説明変数とした。各事業費の説明変数を表 2.3.2 に示す。降雨量は災害査定資料から最大 24 時間雨量と最大時間雨量が得られるが、互いに関連性の高い説明変数が存在すると回帰式の精度が低下するため、どちらか一方を説明変数として使用した。

表 2.3.1 説明変数の R2 値

| 説明変数 | 復旧事業費 | 延長当たり事業費 | 復旧単価 | 備考 |
|-----------|----------------------|--------------|--------------|----------------------------|
| 利用区域面積 | 0.251 | 0.069 | 0.0132 | 復旧事業費ではやや相関性有 |
| 利用区域内蓄積 | 0.226 | 0.0551 | 0.0193 | 利用区域面積と類似内容で R2 も類似のため、不採用 |
| 保全対象の有無 | 0.026 | 0.008 | 0.018 | 相関性低い |
| 保全対象までの距離 | 0.0149 | 0.0113 | 0.0035 | 相関性低い |
| 地質 | 0.0122 | 0.0244 | 0.058 | 相関性低い |
| 植生 | 0.054 | 0.075 | 0.225 | 復旧単価ではやや相関性有 |
| 崩壊箇所地山勾配 | 0.0004 | 0.0364 | 0.1387 | 復旧単価ではやや相関性有 |
| 林道縦断勾配 | 0.0093 | 0.0561 | 0.0219 | 相関性低い |
| 全線縦断勾配 | 9.0×10^{-5} | 0.0023 | 0.0146 | 相関性低い |
| 林道規格 | 0.0110 | 0.023 | 0.320 | 復旧単価ではやや相関性有 |
| 幅員 | 0.0386 | 0.0436 | 0.399 | 林道規格と類似内容で R2 も類似のため、不採用 |
| 供用年数 | 0.25 | 0.20 | 0.40 | 回帰係数が有意でないため不採用 |
| 切土・盛土高 | 0.105 | 0.290 | 0.0921 | 延長当たりではやや相関性有 |
| 切土・盛土勾配 | 0.0025 | 0.027 | 0.0528 | 相関性低い |
| 斜面状態 | 0.038 | 0.065 | 0.36 | 復旧単価ではやや相関性有 |

(2) 重回帰分析

決定した説明変数を用いて6パターンの重回帰分析を実施した。分析結果を表2.3.3にまとめる。R2値は一般的には0.5で精度がやや良いとされるが、今回の検討では0.32～0.57となった。この中で、得られた回帰係数が負で実際の傾向と逆であるようなケースは有意でないと判断した。

重回帰分析によるR2値と回帰係数の有意性から、①時間降水量、②利用区域面積、③切土・盛土高の組み合わせについて、復旧事業費と相関性があると評価された。

重回帰分析による目的変数（復旧事業費）の予測式を式2.3.1に、予測値と実測値の比較を図2.3.1に示す。

表 2.3.2 説明変数の組み合わせ

| 目的変数（被害規模） | 説明変数の組み合わせ | |
|------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 復旧事業費 | ・降雨量(24時間) ・利用区域面積 ・切土・盛土高 | ・降雨量(1時間) ・利用区域面積 ・切土・盛土高 |
| 延長当たり事業費 | ・降雨量(24時間) ・切土・盛土高 | ・降雨量(1時間) ・切土・盛土高 |
| 復旧単価 | ・降雨量(24時間) ・林道規格 ・斜面状態 | ・降雨量(1時間) ・林道規格 ・斜面状態 |

表 2.3.3 重回帰分析結果

| 目的変数 | ケース | 説明変数 | 評価項目 | 結果 | |
|----------|------|----------------------------------|----------|-----------|---|
| 復旧事業費 | ケース1 | ・降雨量(24時間) ・利用区域面積 ・切土・盛土高 | R2値 | 0.41 | × |
| | | | 回帰係数の有意性 | 有意でない係数あり | |
| | ケース2 | ・降雨量(1時間) ・利用区域面積 ・切土・盛土高 | R2値 | 0.35 | ○ |
| | | | 回帰係数の有意性 | 有意 | |
| 延長当たり事業費 | ケース3 | ・降雨量(24時間) ・切土・盛土高 | R2値 | 0.45 | × |
| | | | 回帰係数の有意性 | 有意でない係数あり | |
| | ケース4 | ・降雨量(1時間) ・切土・盛土高 | R2値 | 0.32 | × |
| | | | 回帰係数の有意性 | 有意でない係数あり | |
| 復旧単価 | ケース5 | ・降雨量(24時間) ・林道規格 ・斜面状態 | R2値 | 0.49 | × |
| | | | 回帰係数の有意性 | 有意でない係数あり | |
| | ケース6 | ・降雨量(24時間) ・林道規格 ・斜面状態 | R2値 | 0.57 | × |
| | | | 回帰係数の有意性 | 有意でない係数あり | |

復旧事業費(千円)

$$\begin{aligned} &= 111 \times \text{時間最大降雨量(mm)} + 59 \times \text{利用区域面積(ha)} \\ &\quad + 1625 \times \text{切土・盛土高(m)} - 31461 \quad (\text{切土・盛土がある場合}) \end{aligned} \quad (\text{式 2.3.1})$$

$$\begin{aligned} &= 246 \times \text{時間最大降雨量(mm)} + 20 \times \text{利用区域面積(ha)} + 3078 \\ &\quad (\text{切土・盛土がない場合}) \end{aligned}$$

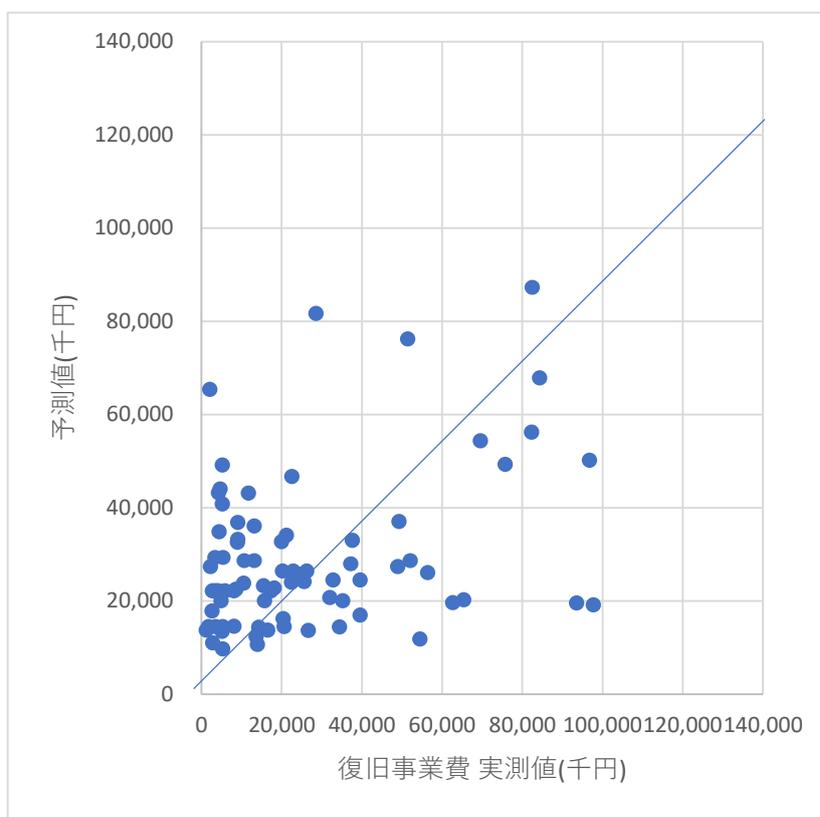


図 2.3.1 復旧事業費の実測値と予測値の比較

2.4 被災リスク要因分析の評価

本調査において収集した災害事例からは、災害規模に影響を与える要因としては、利用区域面積、林道規格、切土・盛土高、斜面状態（切土・盛土・自然斜面）があり、特に復旧事業費（総額）と①時間降水量、②利用区域面積、③切土・盛土高の組み合わせに相関性があると分析された。

ここで、林道・作業道の開設に関するマニュアル等や被害実態に関する論文等から、林道・森林作業道の被災リスクを高める要因等を表 2.4.1 に整理した。これら文献等では被災の発生頻度や発生可能性が高い条件に関するものが多く、被害規模に関するものは少なかったが、その要旨と照らした結果、下記のとおり、①時間降水量を除き、被災リスク（災害規模）を高める要因として②利用区域面積、③切土・盛土高の妥当性はあると評価した。ただし、受害要因として抽出された利用区域面積、切土・盛土高などのほか、表 2.4.1 に整理したのももリスク要因としては十分配慮すべきであり、これらが複雑に重なり合い林道の被災リスクが高まることが推察される。

また、一般的に被災リスクと関係性が高いと指摘されている縦断勾配や法面勾配、地山勾配は、今回目的変数としている被災リスク（災害規模）との相関は認められず、頻度と規模のリスクは別の要因に影響を受けることも考えられる。

①時間降水量

- ・時間降水量について、被災リスク要因として挙げているものは確認できなかった。
これは、林道災害においては資料的に時間的解像度が低く、解析が難しいためと思われる。
- ・類似した指数の連続雨量（最大 24 時間雨量）では、発生頻度との明瞭な傾向が確認されているが、復旧事業費との関係性は確認できなかったとある。
- ・当初、降雨量と被害規模は相関するとの前提であったが、そうではない可能性もあり、比較的小規模の降雨でも箇所当たり復旧費用の大きい災害が発生することが示唆される。

②利用区域面積

- ・利用区域面積について、被災リスク要因として分析項目に挙げているものは確認できなかった。利用区域面積は林道の特有の指数であるが、被災要因として想定しづらいためと思われる。
- ・比較的類似する要因としては被災箇所の集水面積があるが、これについては、崩壊土量に及ぼす要因として挙げられており、災害箇所を含む周辺域の集水面積が大きければ、多くの雨水が集中することから崩壊土量への影響が大きくなると考察されている。

- ・林道の斜面位置によっては、利用区域面積と集水面積は相関しない場合もあるが、被災リスクを高める要因として妥当性はあると考えられる。災害査定資料では降雨により被災した事例が95%以上であるため、降雨量は災害復旧事業費を説明する要因の一つと考えられる。さらに他の説明変数を加え、重回帰分析により災害復旧事業費の予測式を検討した。

③切土・盛土高

- ・切土法面は1.5m以上あるいは2.9m以上で崩壊の被害が多いとされている。
- ・盛土法面は、川に接しない斜面についてはのり高が4.9m以上で崩壊しやすいとある。
- ・切土や盛土が高い場合は、被災を受けやすくなるのが容易に想定でき、また崩壊した場合も土量や面積が大きくなるため、被災リスクを高める要因としては妥当と考えられる。

表 2.4.1 林道・作業道の被災リスクを高める要因(1/4)

| | | |
|-------|------|---|
| 災害誘因 | 連続雨量 | <ul style="list-style-type: none"> ・林道台帳のデータから推定した林道被害発生頻度は、最大24時間雨量が100mm増えるごとに災害発生頻度は5.2倍となり、最大24時間雨量=100mmで3.4×10^{-3}箇所/km・回、400mmでは4.9×10^{-1}箇所/km・回となる^{*10} ・降雨規模と1箇所当たりの復旧事業費は、富山県のデータからは明確な傾向はみられなかった^{*11} |
| | 時間雨量 | 分析結果は確認できず |
| 自然的要因 | 地質 | <ul style="list-style-type: none"> ・崩壊土量に及ぼす諸要因の影響を分析した結果、地質、集水面積、斜面形状、縦断勾配、斜面方位の順に高い影響を及ぼす^{*7} ・相対的に脆弱と考えられるものは、砂や泥などの互層などの未固結堆積物や未固結の火山砕屑岩、花崗岩の強風化部分、片理の発達した変成岩類、蛇紋岩などには注意を要する^{*9} ・断層や褶曲構造などの地質構造が斜面崩壊等に影響する場合も多い^{*9} |
| | 植生 | <ul style="list-style-type: none"> ・1齢級の森林で、皆伐時に作設された集材路（特に急傾斜地）からの崩壊が多く発生しており、崩壊箇所の発生割合も明らかに高い傾向がみられた^{*8} |

表 2.4.1 林道・作業道の被災リスクを高める要因(2/4)

| | | |
|----------------------|----------------|--|
| <p>自然的 要因</p> | <p>地形</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・被災割合が最も高かったのは、凹地の 46%、次いで平行斜面*² ・遷急点がある斜面で多くの崩壊が発生している*³ ・地表面の侵食が進み、崩壊しやすい「侵食域」では道をつくることは避けるべき*³ ・(溪流横断部での被災) 林道災害は集水域内崩壊面積の規模とはあまり関係がなく、集水域内に崩壊がないものは安全度が高く、崩壊があるものは危険度が高くなることがわかった*⁵ ・(溪流横断部での被災) 一般に軽視されがちな集水面積の小さい溪流で、林道災害の危険性が高い結果となった*⁵ ・崩壊が発生した多くの地点の周辺地形斜面形状が、平行斜面と凹斜面が複雑に混在しており、集水しやすい地形条件となっていたことが判明し、崩壊土量との相関が最も大きくなったと考えられる*⁷ ・0次谷、断層(破碎帯)、地すべり地形、といった危険地形を通過しなければならない場合、斜面の改変を伴う区間は最短を基本とし、構造物や法面保護などの適切な対策を施さないと崩壊の要因となる可能性がある*⁸ ・斜面勾配が 30~35 度を超える場合は、構造物により安定した基礎地盤を確保しないと崩壊の要因になる可能性がある*⁸ |
| <p>社会的要因</p> | <p>保全対象の有無</p> | <p>分析結果は確認できず</p> |
| <p>林道の 諸元・構造</p> | <p>開設年度</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・施設等の老朽化に伴い被災リスクが高くなり、年代が新しくなるにつれて被災箇所数が少なくなる傾向がある*¹⁵ ・開設後経過年数と復旧単価の間に明瞭な比例関係は認められなかった*¹² ・損壊の約 6 割は開設後 1 年以内に、約 9 割は 2 年以内に発生していた*¹³ |
| | <p>林道規格</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・高規格になるほど復旧単価は高くなる傾向がみられた*¹² |
| | <p>林道延長</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・林道災害の有無には、迂回率(直線距離に対する迂回による延長距離の割増し係数)が大きく影響する*⁴ |
| | <p>幅員</p> | <p>分析結果は確認できず</p> |

表 2.4.1 林道・作業道の被災リスクを高める要因(3/4)

| | | |
|--------------|------------------|---|
| 林道の 諸元・構造 | 利用区域面積 | <p>分析結果は確認できなかったが、比較的類似する集水面積としては下記がある</p> <ul style="list-style-type: none"> 崩壊土量に及ぼす諸要因の影響を分析した結果、地質、集水面積、斜面形状、縦断勾配、斜面方位の順に高い影響を及ぼす。災害箇所を含む周辺域の集水面積が大きければ、多くの雨水が集中することから崩壊土量への影響が大きくなることが考えられる*7 |
| | 利用区域内蓄積 | 分析結果は確認できず |
| | 維持管理 | <ul style="list-style-type: none"> どの地質でも横断排水溝設置後、2年目から3年目にかけて急激に閉塞が進んでいる。経過年数4年目以降は地質に関わらず、平均閉塞率は100%近くなる傾向がある*7 |
| | 林道縦断勾配 (全線) | 分析結果は確認できず |
| 被災箇所の 状況 | 縦断勾配 (被災箇所) | <ul style="list-style-type: none"> 路線縦断勾配が10%以上で、崩壊土量に及ぼす影響が大きい結果となった*7 縦断勾配が10度以上の路線では、路面侵食が起りやすくなる*1 被災要因に関連する指針の項目は、縦断勾配47%、横断排水の設置37%の2つが大きなウェイトを占めている*2 縦断勾配が9度以上になると路面洗堀の発生が増え、11度以上ではほとんどの箇所で洗堀が起きていた*6 林道の災害発生率は林道縦断勾配及び迂回率に大きく影響を受ける*4 路面が侵食しやすい条件は、路面勾配が急勾配6.1°以上で、路面上部の被陰が25%未満*14 |
| | 斜面状態(切土・盛土、自然斜面) | <ul style="list-style-type: none"> 自然斜面よりも切土法面・盛土で発生頻度が高く、切土と盛土では発生頻度に大きな違いはなかった*13 |
| | 崩壊斜面の 地山傾斜 | <ul style="list-style-type: none"> 被災割合が最も高かったのは、30°超40°以下の46%、次いで40°超50°以下の31%となっている。斜面傾斜が30°を超えると被災割合が上昇する*2 地山傾斜は30度以上、切土法面は150cm以上で崩壊の被害が多発*1 崩壊の大半は30度以上の急傾斜地で発生しており、特に35度以上の斜面に崩壊発生が集中*3 40度以上の急傾斜地という条件が路側崩壊に強く影響する*6 |

表 2.4.1 林道・作業道の被災リスクを高める要因(4/4)

| | | |
|---------|-------------|--|
| 被災箇所の状況 | 切土・盛土の高さ、勾配 | <ul style="list-style-type: none"> ・地山傾斜は 30 度以上、切土法面は 150cm 以上で崩壊の被害が多発*¹ ・割合が最も高かったのは 40° 超 50° 以下の 50%、次いで 30° 超 40° 以下の 33%となっている。斜面傾斜が 30° を超えると被災割合が上昇する*² ・斜面傾斜が大きくなるにつれ増加し、40 度以上で急増した。損壊箇所の約 7 割は勾配が 30 度以上の斜面で発生していた。切土損壊箇所から上下斜面の勾配をみると、上流側より下流側が急になる遷急点で損壊が多く発生していた*¹³ ・切土のり面の崩壊しやすい条件はのり面高が 2.9m 以上でのり面勾配が 46° 以上*¹⁴ ・盛土のり面の崩壊しやすい条件は、川沿いの斜面：水流が当たる攻撃斜面・直走斜面、川に接しない斜面はのり高が 4.9m 以上、のり高 4.9m 未満では、斜面の中～上部で勾配 44° 以上*¹⁴ |
|---------|-------------|--|

注) 森林作業道は林道規程・林道技術基準に基づいた構造ではないが、山地斜面等に設置された路網の脆弱性・被害発生傾向としては参考となるため、あわせて整理した。

注) 各要因の出典は下記のとおり。

- *1 森林作業道開設の手引き(独立行政法人森林総合研究所、石川県農林総合研究センター林業試験場、岐阜県森林研究所, 2012 年 11 月)
- *2)「耐久性のある作業道及び集材路等の作設手法の確立に向けた実態調査」報告書(林野庁森林整備部整備課, 令和 4 年 3 月)
- *3)崩壊危険地がわかりやすい地図を道づくりに活用する(臼田寿生, 2017)
- *4 愛媛県の民有林における林道災害の要因分析(呉在萬ほか, 1999)
- *5 溪流横断部における林道災害の研究(近藤恵市, 1994)
- *6 多摩地区における森林作業道作設マニュアル(東京都農林総合研究センター, 平成 24 年 3 月)
- *7 南九州における森林路網の維持管理に関する実態分析(井内祥人, 2020)
- *8 国有林における林地保全に配慮した施業の手引き(林野庁国有林野部, 令和 4 年 3 月)
- *9 長野県森林作業道作設マニュアル(長野県作業路作成マニュアル作成検討委員会, 平成 23 年 1 月)
- *10 降雨因子に応じた林道災害発生頻度モデルのベイズ推定(宗岡寛子ほか, 2023)
- *11 降雨規模に応じて林道災害発生頻度を予測するモデルを構築(宗岡寛子ほか, 2023)
- *12 林道台帳の集計による林道施設災害復旧事業費の実態解明(渡部優ほか, 2022)
- *13 山地災害リスクを回避・軽減する現地判定技術の開発(鳥取県業試験場 平成 28 年度業務報告)
- *14 林内路網における切土・盛土のり面崩壊・路面侵食の発生条件(佐藤弘和ほか, 令和 2 年北海道森づくり研究成果発表会要旨集)
- *15 令和 4 年度林道の山地災害等被害抑制効果に係る調査事業報告書(林野庁森林整備部整備課, 令和 5 年 3 月)

3. 構造物等の投資効果についての調査・分析

3.1 調査対象・分析方法

(1) 目的

近年の林道施設災害について、被災箇所の現地確認を行い、被災施設、被災原因、被災状況、被災箇所の特徴を把握した上で、災害発生の防止や被災規模軽減に寄与する対策等（適正な構造物等の設置や維持管理の実施）を検討し、その投資効果を試算することを目的とする。

(2) 災害実態把握の調査方法

災害箇所において、林道の諸元、被災状況・程度、既設構造物の工種・規模などの現地確認を行った。その上で、被災原因を推定し、災害発生防止や被災規模軽減に有効な構造物等を検討した。

(3) 調査箇所

調査箇所を表 3.1.1 に整理した。

目的の達成には、被災状況を現認できることが望ましいため、本年度災害が発生した箇所を基本として地質的な特徴（構造帯、第三紀層、シラスなど）等から調査箇所を選定した。また、令和 4 年度調査事業で収集した過去災害の中で、復旧費用が大きい箇所でも調査を実施した。

表 3.1.1 現地調査の実施箇所

| 対象 | 県名 | 路線名 | 箇所数 |
|--|------|---------------|-----|
| 被災状況が現認できる 令和 5 年度の被災林道 | 新潟県 | 小佐渡 2 号線 | 1 |
| | 長野県 | 美ヶ原線 | 各 1 |
| | | 馬越線 天白高鳥谷線 | |
| | 佐賀県 | 上不動線 | 1 |
| | 鹿児島県 | 根占中央線 | 7 |
| 復旧費用が大きい被災林道 (令和 4 年度調査事業で収 集した過去被災林道) | 佐賀県 | 山頭線 | 1 |
| | 長崎県 | 西彼杵半島線 | 2 |
| 計 | 5 | 8 | 15 |

(4) 分析方法

調査結果により確認された被災の原因に対して、災害発生防止や被災規模軽減に寄与したであろう構造物等について検討を行い、それらの想定構造物等の工事費用と災害の軽減費用より投資効果の算出を下記により行った。

- ①被災事例から、災害発生防止や被災規模軽減に寄与する構造物等が設置してあった場合を想定し、下記を投資効果として算出

$$\frac{\text{復旧費用} - \text{被災軽減施設の設置時の想定復旧費用}}{\text{被災軽減施設の想定工事費}}$$

- ②被災原因が排水施設の機能低下であった被災事例について、降雨強度を高めた施設の設置を想定し、下記を投資効果として算出

$$\frac{\text{降雨強度を高めた施設設置時の想定復旧費用}}{\text{降雨強度を高めた施設の想定工事費}}$$

※適正な施設を設置することで、被害がほぼ発生しなかった場合と被害規模が半分程度に低減できた場合の2グレードで検討

※ 1章 1.3(2)で、投資効果の調査対象として、保全対象や一般車両、通行利用者への経済損失を挙げたが、災害資料等からそれらのデータが得られず、今回は分析を行えなかった。

(5) 評価方法

算出結果を投資効果として、「1を上回れば効果あり」などの評価をするとともに、被災軽減に対する中長期的な効果の視点から、施設の設置目的や設置が望ましい条件などについて現地調査検討結果や一般的な知見、事例等から考察した。

なお、今回の調査・分析は被災を受けた箇所を抽出しての検討であるため、被災箇所・被災施設の評価にとどまり、路線全体や林道事業全体の投資効果やコストについて言及したものではない。

3.2 災害実態調査結果（現地調査）

（1）小佐渡 2 号線（新潟県）

1) 災害の概要

令和 5 年 5 月 6 日～7 日にかけて発生した豪雨災害であり、最大 24 時間雨量としては 83.0 mm、最大時間雨量としては 7.0 mm を観測している。林道での主な被災状況としては「路肩決壊」に区分される。

表 3.2.1 林道及び被災の概要

| | |
|------|------------------------------|
| 路線名 | 小佐渡 2 号線（新潟県） |
| 路線延長 | 12,608m |
| 被災要因 | 令和 5 年 5 月 6 日～7 日発生 of 豪雨災害 |
| 被災形態 | 路肩決壊 |

2) 被災状況

被災状況としては、林道が既設擁壁工（逆 Y 型ブロック）と共に、幅約 50m、高さ約 15m 程度崩落し、土中用ガードレールや山側 U 型側溝も同時に被災している。小佐渡 2 号線の林道起点箇所而立入禁止看板を設置し、一般車両の立入は不可能な状態にある。



写真 3.2.1 林道の状況（起点側）



写真 3.2.2 崩壊源頭部の状況



写真 3.2.3 崩壊地内の状況

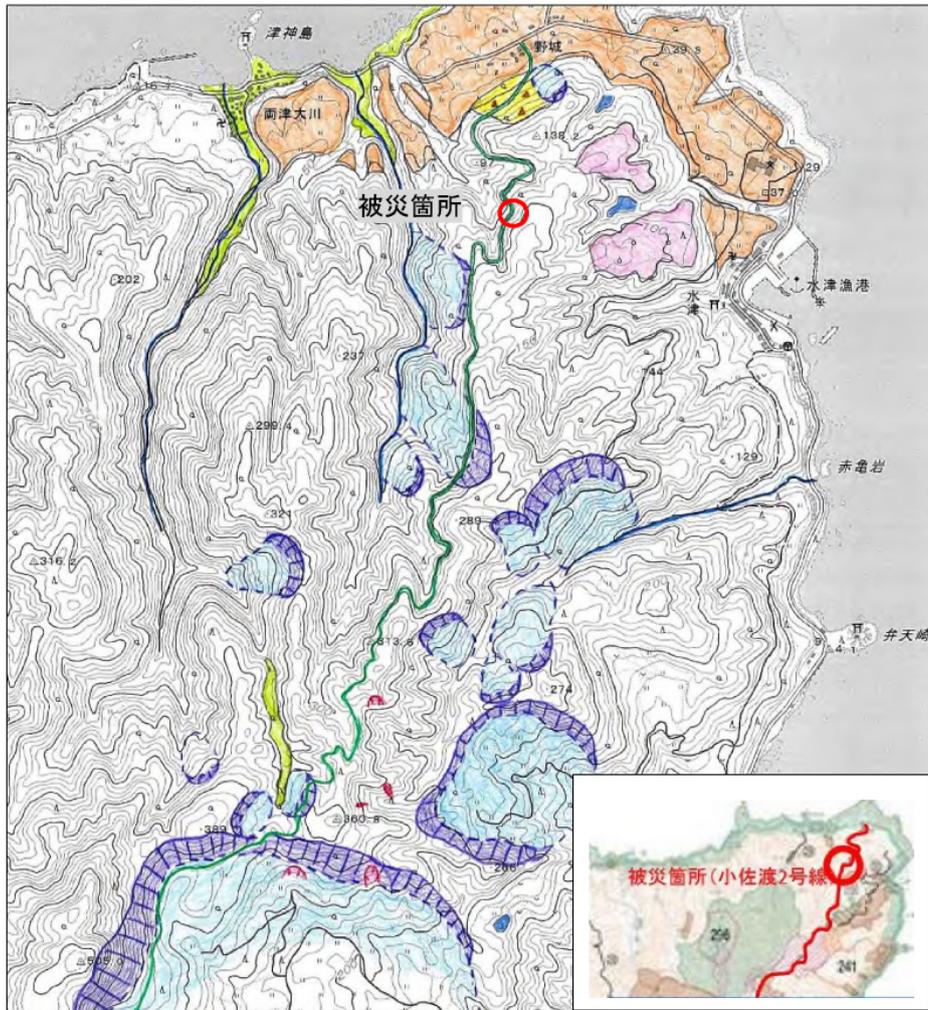


写真 3.2.4 林道の状況（終点側）

3) 地形等判読結果

被災箇所周辺の林道付近の稜線を中心に、西側と東側の斜面で地すべりが発達している。特に南部の諏訪川上流では、長さ 1km に達する大規模な地すべりが存在する。

地質は新第三紀のデイサイトー流紋岩火砕岩である。



| 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 | 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 |
|----|-----------|-------|---|----|------------|-------|---|
| 1 | 低地・谷底・河床 | | 低地や河川、溪流の谷底や河床。現在も土砂・砂礫の侵食や運搬、堆積が行われている。 | 6 | 崩壊地 | | 無植生の表土や草地、基盤岩から成り、崩壊や表層崩壊で生じた急傾斜の斜面。 |
| 2 | 河岸段丘(低位面) | | 低地・谷底・河床よりも高位の平坦面。 | 7 | 地すべり | | 斜面の滑落による滑落崖と下方へ移動した移動土塊で構成される地形。 |
| 3 | 河岸段丘(高位面) | | 河岸段丘(低位面)よりも高位の平坦面。 | 8 | 山頂緩斜面・小起伏面 | | 山頂部や稜線付近のやや平坦な緩斜面。過去の侵食面が地殻変動で隆起した場合に形成される。 |
| 4 | 扇状地 | | 山地の出口付近における扇状の堆積面。河川や溪流が山地から平地(低地)出口付近に流出した土砂を堆積して形成された緩傾斜の堆積面。 | 9 | 断層・リニアメント | | 地震・断層活動や地質的弱線などにより直線～曲線状に連続する谷線や亀裂、小崖などの地形。 |
| 5 | 崖錐 | | 流水ではなく主に急崖や露岩地からの落石や匍行による堆積地で扇状地よりもやや急傾斜の斜面。 | | | | |

図 3.2.1 被災箇所周辺の地形判読図

4) 構造物配置状況

被災時に設置されていた構造物として、以下のものが挙げられる。

- ・ 路面舗装（谷側アスカーブ一部区間で無し）
- ・ 山側 U 型側溝（排水路用途）
- ・ 山側 U 型側溝（用水路用途）
- ・ 上流部横断側溝（用水路用途、グレーチング無し）
- ・ 上流部山側 U 型側溝（用水路用途）

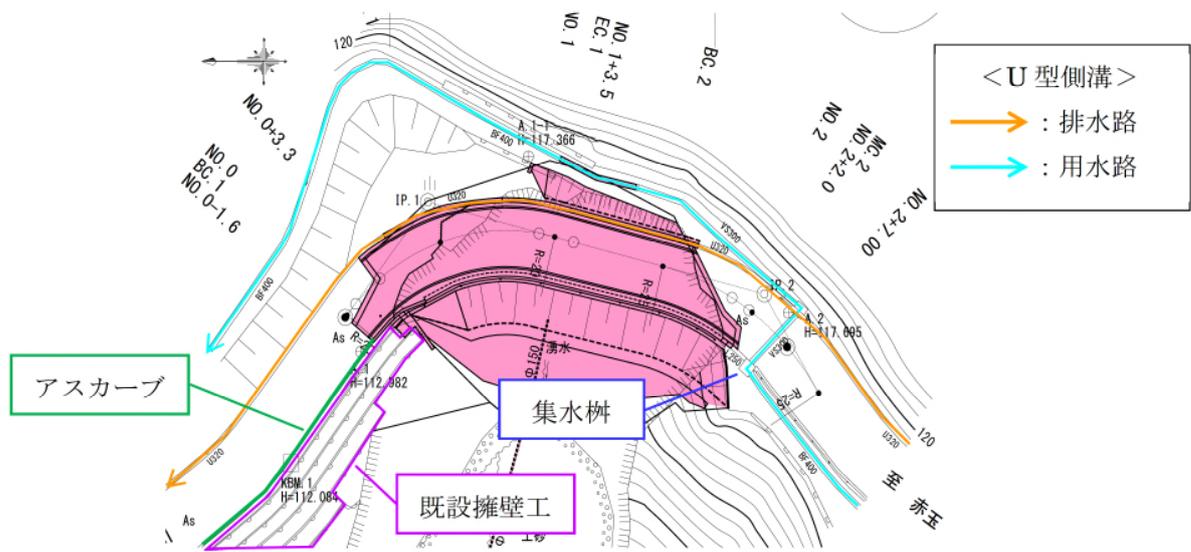


図 3.2.2 構造物配置状況

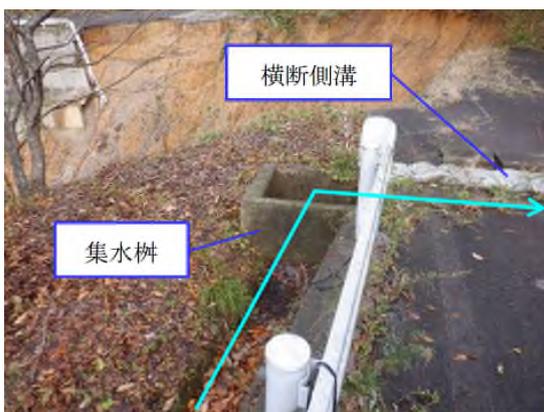


写真 3.2.5 用水路の集水樹

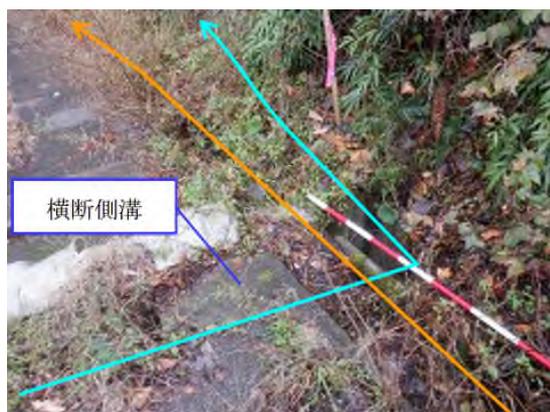


写真 3.2.6 排水路、用水路の黄砂箇所



写真 3.2.7 被災箇所頭部の排水路



写真 3.2.8 排水路、用水路の全体状況

5) 被災原因

現地状況より想定される直接的な被災原因としては、排水路及び用水路での集排水能力の不足による越流水の侵食が考えられるが、素因としては以下の点が考えられる。

表 3.2.2 被災原因（路肩決壊）

| | 被災要因 |
|------|---|
| 素因 | <ul style="list-style-type: none"> ・ U型側溝の維持管理不足 (堆積土砂や落葉の放置、草本類の侵入) ・ U型側溝の線形設定 ・ アスカーブの未設置 |
| 被災原因 | <ul style="list-style-type: none"> ・ 排水路及び用水路からの越流水による侵食 |

・ U型側溝の維持管理不足

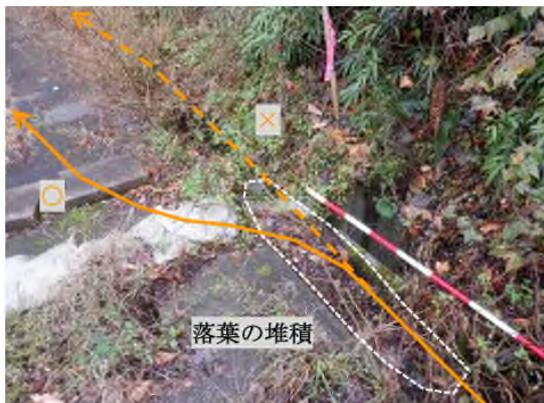


写真 3.2.9 U型側溝の落葉堆積状況



写真 3.2.10 U型側溝の土砂・落葉堆積状況

・ U型側溝の線形設定

(2) 山頭線 (佐賀県)

1) 災害の概要

令和元年8月27日～令和3年2月26日にかけて発生した地すべり災害であり、最大24時間雨量としては478.0mm、最大時間雨量としては85.0mmを観測している。林道での主な被災状況としては「その他（地すべりによる路体の隆起、変状）」に区分される。

表 3.2.3 林道及び被災の概要

| | |
|------|-----------------------|
| 路線名 | 山頭線 (佐賀県) |
| 路線延長 | 8,247m |
| 被災要因 | 令和元年8月27日～令和3年2月26日発生 |
| 被災形態 | 地すべり災害 |

2) 被災状況

被災状況としては、令和元年8月豪雨により間隙水圧が上昇したことにより、土塊が不安定化し地すべり活動が進行し、林道及びブロック積擁壁に変状が生じた。令和5年12月時点では、復旧工事が実施され、ボーリング暗渠工及び杭工が施工されている。ボーリング暗渠工の出水は確認されず、2号ボーリング暗渠工の一部に水滴が確認されたのみである。



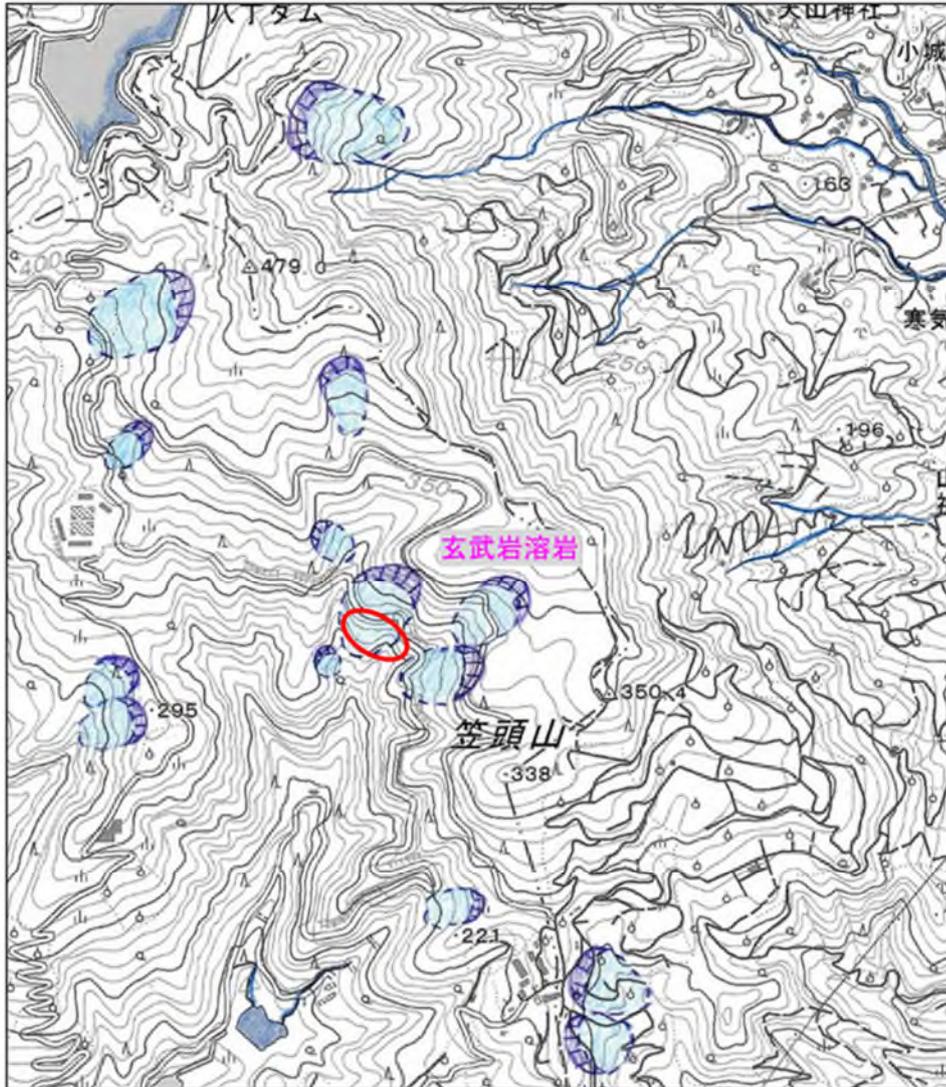
写真 3.2.11 路肩の隆起 (被災当時) 写真 3.2.12 山側水路の変状 (被災当時)



写真 3.2.13 1号ボーリング暗渠工流末 写真 3.2.14 2号ボーリング暗渠工孔内

3) 地形等判読結果

- ・被災箇所は地すべり移動土塊の内部にある
- ・被災箇所周辺にも明瞭な地すべり移動土塊がある
- ・北東側の緩斜面は新第三紀の玄武岩溶岩である



| 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 | 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 |
|----|-----------|-------|---|----|------------|-------|---|
| 1 | 低地・谷底・河床 | | 低地や河川、深流の谷底や河床。現在も土砂・砂礫の侵食や運搬、堆積が行われている。 | 6 | 崩壊地 | | 無植生の表土や草地、基盤岩から成り、崩壊や表層崩壊で生じた急傾斜の斜面。 |
| 2 | 河岸段丘(低位面) | | 低地・谷底・河床よりも高位の平坦面。 | 7 | 地すべり | | 斜面の滑落による滑落崖と下方へ移動した移動土塊で構成される地形。 |
| 3 | 河岸段丘(高位面) | | 河岸段丘(低位面)よりも高位の平坦面。 | 8 | 山頂緩斜面・小起伏面 | | 山頂部や稜線付近のやや平坦な緩斜面。過去の侵食面が地殻変動で隆起した場合に形成される。 |
| 4 | 扇状地 | | 山地の出口付近における扇状の堆積面。河川や深流が山地から平地(低地)出口付近に流出した土砂を堆積して形成された緩傾斜の堆積面。 | 9 | 断層・リニアメント | | 地震・断層活動や地質的弱線などにより直線～曲線状に連続する谷線や亀裂、小崖などの地形。 |
| 5 | 崖錐 | | 流水ではなく主に急崖や露岩地からの落石や崩行による堆積地で扇状地よりもやや急傾斜の斜面。 | | | | |

図 3.2.6 被災箇所周辺の地形判読図

4) 構造物配置状況

被災時に設置されていた構造物として、以下のものが挙げられる。

- ・路体舗装
- ・山側U型側溝

5) 被災原因

現地状況より想定される直接的な被災原因としては、被災箇所が潜在的な地すべり地形であることが考えられる。

表 3.2.4 被災原因（地すべりによる路体の隆起や変状）

| | 被災要因 |
|------|---|
| 素因 | <ul style="list-style-type: none">・潜在的な地すべり地形での路線設定・地すべり変動への対策が未実施 |
| 被災原因 | <ul style="list-style-type: none">・地すべり変動による土塊の移動 |

(3) 上不動線（佐賀県）

1) 災害の概要

令和5年6月30日～7月10日にかけて発生した豪雨災害であり、最大24時間雨量としては99.0mm、最大時間雨量としては14.0mmを観測している。林道での主な被災状況としては「法面崩壊」に区分される。

表 3.2.5 林道及び被災の概要

| | |
|------|---------------------------|
| 路線名 | 上不動線（佐賀県） |
| 路線延長 | 4,845m |
| 被災要因 | 令和5年6月30日～7月10日発生 of 豪雨災害 |
| 被災形態 | 法面崩壊（表層崩壊） |

2) 被災状況

被災状況としては、3年災復旧による緑化工（植生シート）が施工されている法面崩壊により、転石混じりの土砂が林道へ流出しており、車両の通行が困難な状態にある。崩壊斜面の滑落崖は2.0m程度であり、斜面内には複数の巨石が点在し、斜面の背面には巨大な露岩の急崖が存在する。



写真 3.2.15 林道への土砂流出状況



写真 3.2.16 崩壊土砂内の巨石



写真 3.2.17 滑落崖の状況

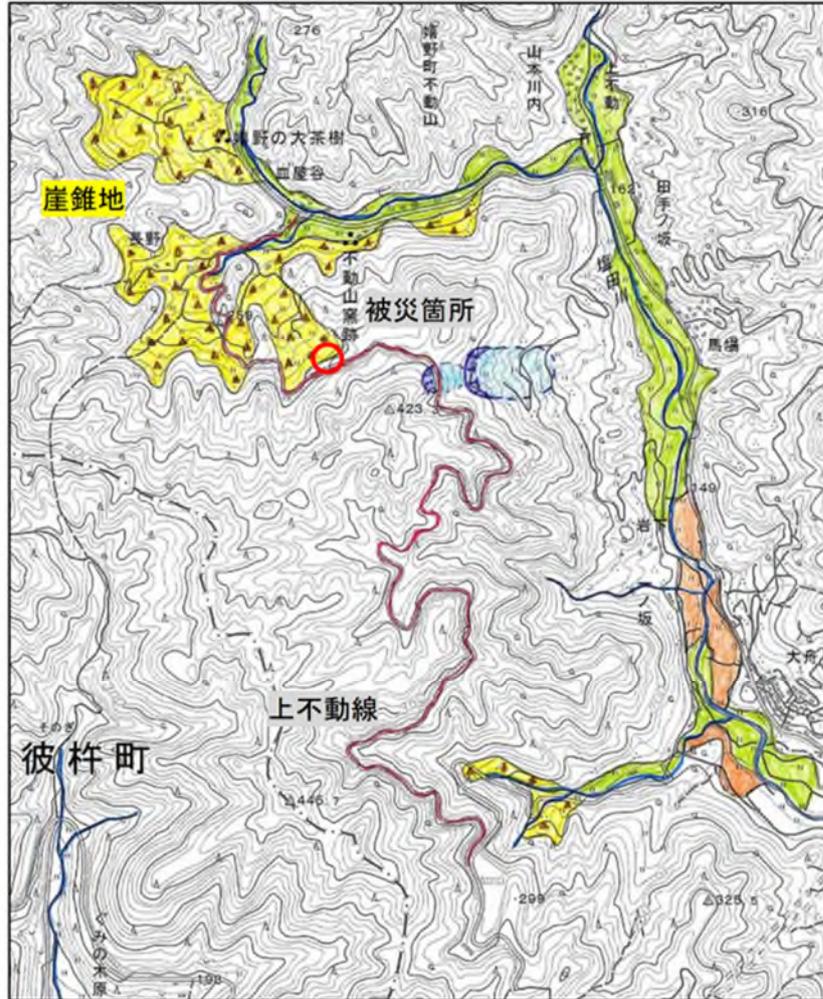


写真 3.2.18 斜面背面の露岩の急崖

3) 地形等判読結果

被災箇所は、下方が崖錐性緩斜面、上方はやや急な山地斜面である。

被災箇所の元地形が谷型斜面となっている。そのため、地下水が集水しやすい地形であり、地盤のゆるみが原因で崩壊が生じた可能性が考えられる。



| 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 | 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 |
|----|-----------|-------|---|----|------------|-------|---|
| 1 | 低地・谷底・河床 | | 低地や河川、溪流の谷底や河床。現在も土砂・砂礫の侵食や運搬、堆積が行われている。 | 6 | 崩壊地 | | 無植生の表土や草地、基盤岩から成り、崩壊や表層崩壊で生じた急傾斜の斜面。 |
| 2 | 河岸段丘(低位面) | | 低地・谷底・河床よりも高位の平坦面。 | 7 | 地すべり | | 斜面の滑落による滑落崖と下方へ移動した移動土塊で構成される地形。 |
| 3 | 河岸段丘(高位面) | | 河岸段丘(低位面)よりも高位の平坦面。 | 8 | 山頂緩斜面・小起伏面 | | 山頂部や稜線付近のやや平坦な緩斜面。過去の侵食面が地殻変動で隆起した場合に形成される。 |
| 4 | 扇状地 | | 山地の出口付近における扇状の堆積面。河川や溪流が山地から平地(低地)出口付近に流出した土砂を堆積して形成された緩傾斜の堆積面。 | 9 | 断層・リニアメント | | 地震・断層活動や地質的弱線などにより直線～曲線状に連続する谷線や亀裂、小崖などの地形。 |
| 5 | 崖錐 | | 流水ではなく主に急崖や露岩地からの落石や匍行による堆積地で扇状地よりもやや急傾斜の斜面。 | | | | |

図 3.2.7 被災箇所周辺の地形判読図

4) 構造物配置状況

被災時に設置されていた構造物として、以下のものが挙げられる。

- ・路体舗装
- ・山側U型側溝
- ・3年災復旧既設法面工（斜面侵食防止として設置）

5) 被災原因

現地状況より想定される直接的な被災原因としては、被災箇所は地下水が集水しやすい谷型斜面であり、地盤のゆるみが生じやすい地形であることが考えられる。また、過去に被災履歴があり山腹工が施工されていたが、対策工選定が不十分であったことも考えられる。

表 3.2.6 被災原因（法面崩壊）

| | 被災要因 |
|------|---|
| 素因 | <ul style="list-style-type: none">・潜在的に地下水が集水しやすい地形・既設山腹工の対策工法選定が不十分 |
| 被災原因 | <ul style="list-style-type: none">・谷型斜面への地下水の集水 |

(4) 西彼杵半島線 3号箇所 (長崎県)

1) 災害の概要

令和3年8月16日～8月17日にかけて発生した豪雨災害であり、最大24時間雨量としては139.0mm、最大時間雨量としては25.0mmを観測している。林道での主な被災状況としては「その他(地すべりによる法面崩壊等)」に区分される。

表 3.2.7 林道及び被災の概要

| | |
|------|-------------------------|
| 路線名 | 3号箇所(長崎県) |
| 路線延長 | 25,186m |
| 被災要因 | 令和3年8月16日～8月17日発生した豪雨災害 |
| 被災形態 | その他(地すべりによる法面崩壊等) |

2) 被災状況

被災状況としては、令和3年8月豪雨により間隙水圧が上昇したことにより、土塊が不安定化し地すべり活動が進行し、山腹斜面頭部のクラックや一部法面崩壊が生じた。法面崩壊によって林道に土砂が流出したが、車両の通行を妨げる規模ではなかった。令和5年12月時点では、復旧工事が実施され、被災箇所にモルタル吹付工が施工されている。モルタル吹付工の変状や破損は確認されなかった。

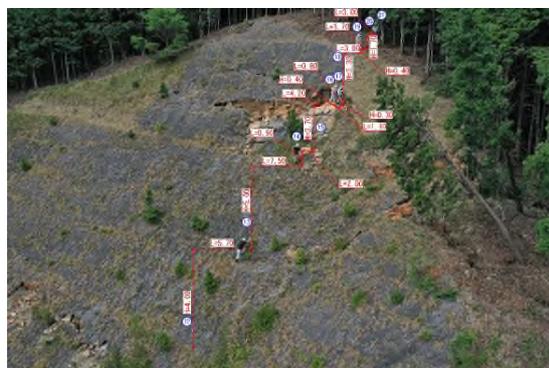


写真 3.2.19 土砂流出状況(被災当時) 写真 3.2.20 山腹斜面のクラック(被災当時)

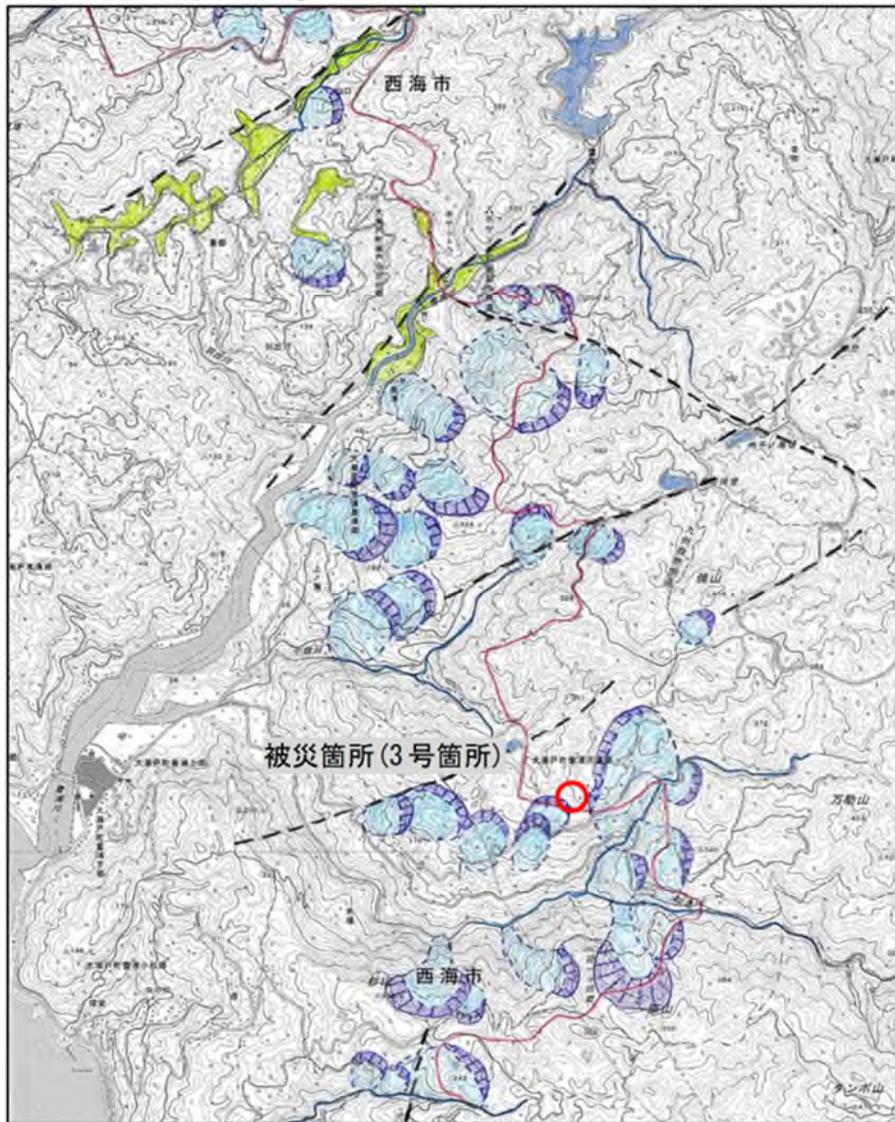


写真 3.2.21 モルタル吹付工(起点側)

写真 3.2.22 モルタル吹付工(終点側)

3) 地形等判読結果

- ・被災箇所は地すべり地であり、周囲には地すべりが多数存在する。
- ・地形は標高 300～400mの低山地で定高性があり、急激な隆起と西～北西側にやや傾動する。
- ・北東－南西、北西－南東方向の断層またはリニアメントが発達している。
- ・地質は白亜紀の変成岩類である。



| 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 | 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 |
|----|-----------|-------|---|----|------------|-------|---|
| 1 | 低地・谷底・河床 | | 低地や河川、渓流の谷底や河床。現在も土砂・砂礫の侵食や運搬、堆積が行われている。 | 6 | 崩壊地 | | 無植生の表土や草地、基盤岩から成り、崩壊や表層崩壊で生じた急傾斜の斜面。 |
| 2 | 河岸段丘(低位面) | | 低地・谷底・河床よりも高位の平坦面。 | 7 | 地すべり | | 斜面の滑落による滑落崖と下方へ移動した移動土塊で構成される地形。 |
| 3 | 河岸段丘(高位面) | | 河岸段丘(低位面)よりも高位の平坦面。 | 8 | 山頂緩斜面・小起伏面 | | 山頂部や稜線付近のやや平坦な緩斜面。過去の侵食面が地殻変動で隆起した場合に形成される。 |
| 4 | 扇状地 | | 山地の出口付近における扇状の堆積面。河川や渓流が山地から平地(低地)出口付近に流出した土砂を堆積して形成された緩傾斜の堆積面。 | 9 | 断層・リニアメント | | 地震・断層活動や地質的弱線などにより直線～曲線状に連続する谷線や亀裂、小崖などの地形。 |
| 5 | 崖錐 | | 流水ではなく主に急崖や露岩地からの落石や匍行による堆積地で扇状地よりもやや急傾斜の斜面。 | | | | |

図 3.2.8 被災箇所周辺の地形判読図

4) 構造物配置状況

被災時に設置されていた構造物として、以下のものが挙げられる。

- ・路体舗装
- ・特殊配合モルタル吹付工（法面侵食防止のため設置）

5) 被災原因

現地状況より想定される直接的な被災原因としては、被災箇所が潜在的な地すべり地形であることが考えられる。

表 3.2.8 被災原因（その他（地すべりによる法面崩壊））

| | 被災要因 |
|----|--|
| 素因 | <ul style="list-style-type: none">・潜在的な地すべり地形での路線の設定・地すべり変動への対策が未実施 |

(5) 西彼杵半島線 5号箇所 (長崎県)

1) 災害の概要

令和3年8月11日～8月17日にかけて発生した豪雨災害であり、最大24時間雨量としては172.0mm、最大時間雨量としては61.0mmを観測している。林道での主な被災状況としては「路肩決壊」に区分される。

表 3.2.9 林道及び被災の概要

| | |
|------|---------------------------|
| 路線名 | 5号箇所 (長崎県) |
| 路線延長 | 25,186m |
| 被災要因 | 令和3年8月11日～8月17日発生 of 豪雨災害 |
| 被災形態 | 路肩決壊 |

2) 被災状況

被災状況としては、令和3年8月豪雨により林道待避所の山側斜面からの表流水の侵食により林道路肩部が既設木柵工とともに崩落している。また、既設法面保護工の基礎土留工の傾倒も生じている。令和5年12月時点では、復旧工事が実施され、路体舗装工、法面保護工、待避所の排水施設工が施工されている。



写真 3.2.23 路肩決壊状況 (被災当時)

写真 3.2.24 既設土留工の傾倒 (被災当時)

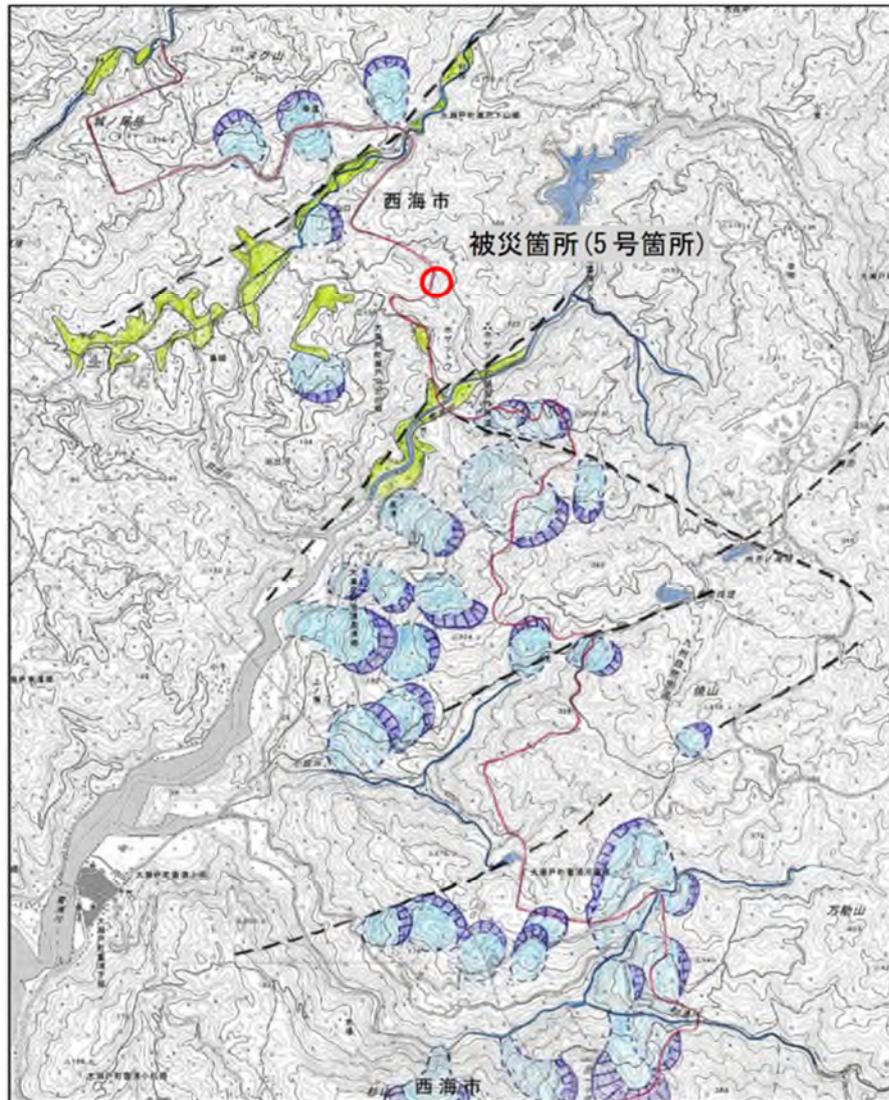


写真 3.2.25 林道の状況

写真 3.2.26 待避所の排水施設工の流末状況

3) 地形等判読結果

- ・地形は標高 300～400mの低山地で定高性があり、急激な隆起と西～北西側にやや傾動する。
- ・北東－南西、北西－南東方向の断層またはリニアメントが発達している。
- ・地質は白亜紀の変成岩類である。



| 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 | 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 |
|----|-----------|-------|---|----|------------|-------|---|
| 1 | 低地・谷底・河床 | | 低地や河川、深流の谷底や河床。現在も土砂・砂礫の侵食や運搬、堆積が行われている。 | 6 | 崩壊地 | | 無雑生の表土や草地。基盤岩から成り、崩壊や表層崩壊で生じた急傾斜の斜面。 |
| 2 | 河岸段丘(低位面) | | 低地・谷底・河床よりも高位の平坦面。 | 7 | 地すべり | | 斜面の滑落による滑落崖と下方へ移動した移動土塊で構成される地形。 |
| 3 | 河岸段丘(高位面) | | 河岸段丘(低位面)よりも高位の平坦面。 | 8 | 山頂緩斜面・小起伏面 | | 山頂部や稜線付近のやや平坦な緩斜面。過去の侵食面が地殻変動で隆起した場合に形成される。 |
| 4 | 扇状地 | | 山地の出口付近における扇状の堆積面。河川や溪流が山地から平地(低地)出口付近に流出した土砂を堆積して形成された緩傾斜の堆積面。 | 9 | 断層・リニアメント | | 地震・断層活動や地質的弱線などにより直線～曲線状に連続する谷線や亀裂、小窪などの地形。 |
| 5 | 崖錐 | | 流水ではなく主に急崖や露岩地からの落石や匍行による堆積地で扇状地よりもやや急傾斜の斜面。 | | | | |

図 3.2.9 被災箇所周辺の地形判読図

4) 構造物配置状況

被災時に設置されていた構造物として、以下のものが挙げられる。

- ・路体舗装
- ・植生シート工、木柵工（法面侵食防止のため設置）

5) 被災原因

現地状況より想定される直接的な被災原因としては、林道待避所の山腹斜面からの表流水による侵食が考えられるが、素因としては以下の点が考えられる。

表 3.2.10 被災原因（路肩決壊）

| | 被災要因 |
|------|--|
| 素因 | <ul style="list-style-type: none">・排水施設の未設置・林道終点側の自由勾配側溝による排水機能不足 |
| 被災原因 | <ul style="list-style-type: none">・林道待避所の山腹斜面からの表流水による侵食 |

- ・林道終点側の自由勾配側溝

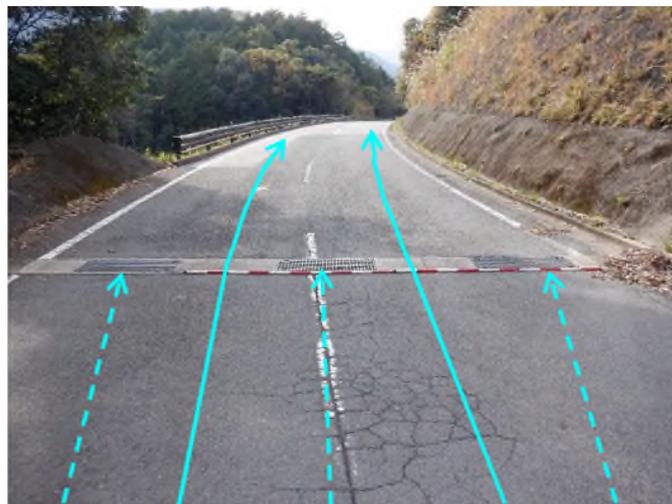


写真 3.2.27 林道終点側の自由勾配側溝

以下に想定される被災当初の流水の動きを示す。



写真 3.2.28 想定される被災当初の流水の動き（被災当初の空中写真）

(6) 根占中央線 1～4 号箇所 (鹿児島県)

1) 災害の概要

令和 5 年 8 月 7 日～8 月 9 日にかけて発生した台風 6 号に伴う豪雨災害であり、最大 24 時間雨量としては 463.0 mm、最大時間雨量としては 48.0 mm を観測している。林道での主な被災状況としては 1 号箇所が「路肩決壊」、2 号箇所が「法面崩壊」3 号箇所が「法面崩壊・路肩決壊」、4 号箇所が「法面崩壊」に区分される。

表 3.2.11 林道及び被災の概要

| | |
|------|---|
| 路線名 | 根占中央線 1～4 号箇所 (鹿児島県) |
| 路線延長 | 12, 226m |
| 被災要因 | 令和 5 年 8 月 7 日～8 月 9 日発生 of 台風 6 号に伴う豪雨災害 |
| 被災形態 | 路肩決壊・法面崩壊 |

以下に対象箇所の位置について示す。



図 3.2.10 被災箇所位置図

2) 被災状況

・ 1号箇所

被災状況としては、令和5年8月の台風6号に伴う豪雨により林道の表流水の侵食が発生し、林道路肩部が幅約10m、高さ約10m崩落している。同箇所は復旧工事が未着手であり、一般車両の通行は不可能な状態である。



写真 3.2.29 路肩崩壊状況（被災当時）



写真 3.2.30 路肩崩壊状況（現状）



写真 3.2.31 既設 L 型側溝



写真 3.2.32 流末処理された L 型側溝

・ 2号箇所

被災状況としては、令和5年8月の台風6号に伴う豪雨により既設緑化工（植生シート）が施工されている法面崩壊が発生し、転石混じりの土砂が林道へ流出しており、車両の通行が困難な状態にある。



写真 3.2.33 法面崩壊状況(被災当時)



写真 3.2.34 法面崩壊状況(現状)



写真 3.2.35 崩壊地周辺斜面状況



写真 3.2.36 崩落した緑化工

・ 3号箇所

被災状況としては、令和5年8月の台風6号に伴う豪雨により林道の表流水の侵食が発生し、林道路肩部が幅約27m、高さ約10m崩落したほか、山腹斜面の崩壊が発生し、転石交じりの土砂が林道へ流出しており、車両の通行が困難な状態にある。



写真 3.2.37 路肩崩壊状況(被災当時)



写真 3.2.38 法面崩壊状況(被災当時)



写真 3.2.39 路肩崩壊状況(現状)



写真 3.2.40 法面崩壊状況(現状)

・ 4号箇所

被災状況としては、令和5年8月の台風6号に伴う豪雨により緑化工（植生シート）、水路工が施工されている法面崩壊が発生し、転石混じりの土砂が林道へ流出しており、車両の通行が困難な状態にある。



写真 3.2.41 法面崩壊状況(1) (被災当時)



写真 3.2.42 法面崩壊状況(2) (被災当時)



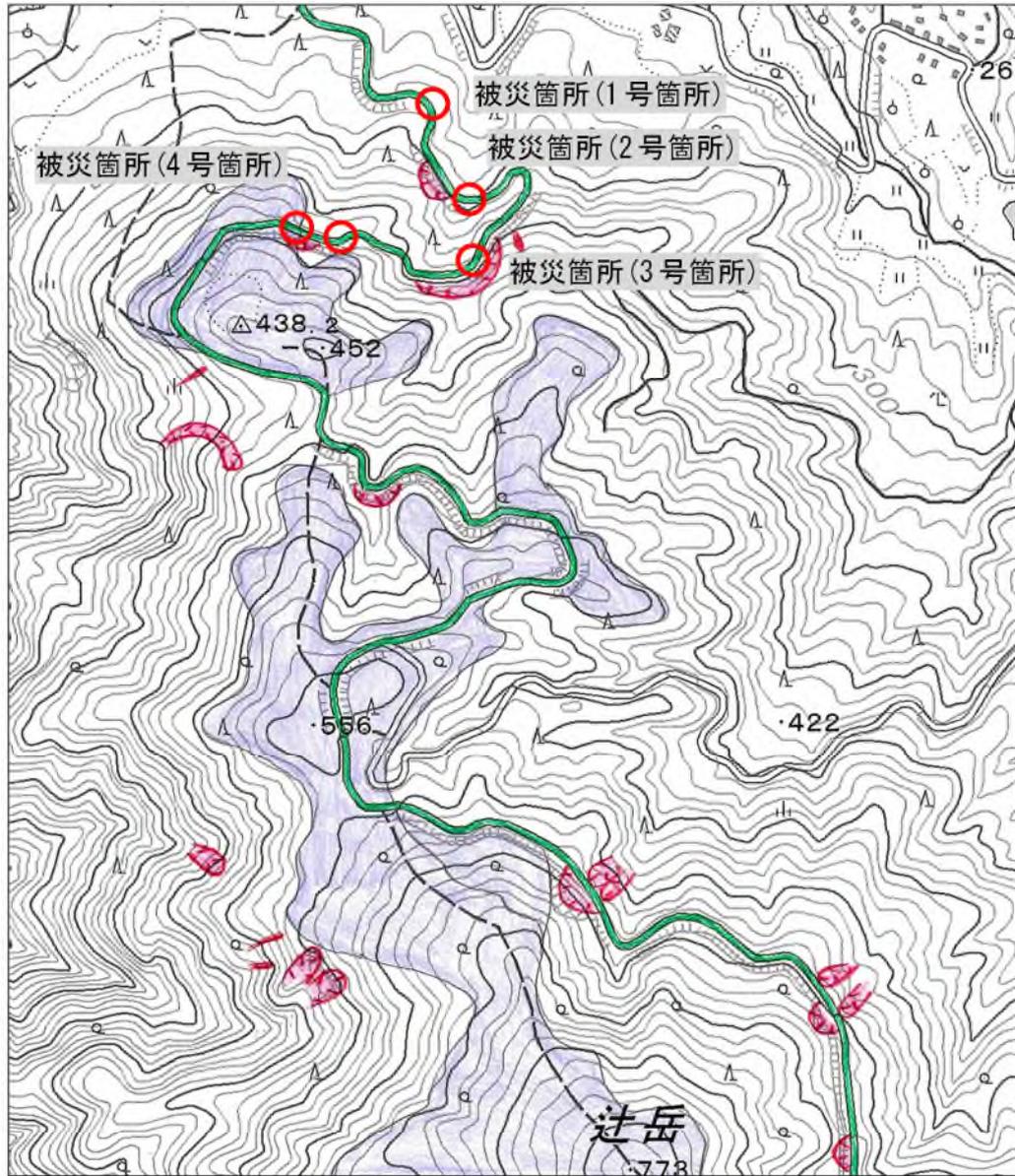
写真 3.2.43 法面崩壊状況(1) (現状)



写真 3.2.44 法面崩壊状況(2) (現状)

3) 地形等判読結果

- ・対象林道は鹿児島県南部の火山地にあり、稜線北側の山地斜面の中の緩斜面を走る路線である。
- ・地質は火砕流によるシラス・火山灰堆積物である。



| 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 | 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 |
|----|-----------|-------|---|----|------------|-------|---|
| 1 | 低地・谷底・河床 | | 低地や河川、溪流の谷底や河床。現在も土砂・砂礫の侵食や運搬、堆積が行われている。 | 6 | 崩壊地 | | 無植生の表土や草地、基盤岩から成り、崩壊や表層崩壊で生じた急傾斜の斜面。 |
| 2 | 河岸段丘(低位面) | | 低地・谷底・河床よりも高位の平坦面。 | 7 | 地すべり | | 斜面の滑落による滑落崖と下方へ移動した移動土塊で構成される地形。 |
| 3 | 河岸段丘(高位面) | | 河岸段丘(低位面)よりも高位の平坦面。 | 8 | 山頂緩斜面・小起伏面 | | 山頂部や稜線付近のやや平坦な緩斜面。過去の侵食面が地殻変動で隆起した場合に形成される。 |
| 4 | 扇状地 | | 山地の出口付近における扇状の堆積面。河川や溪流が山地から平地(低地)出口付近に流出した土砂を堆積して形成された緩傾斜の堆積面。 | 9 | 断層・リニアメント | | 地殻・断層活動や地質的弱線などにより直線～曲線状に連続する谷線や亀裂、小崖などの地形。 |
| 5 | 崖 壁 | | 流水ではなく主に急崖や露岩地からの落石や崩行による堆積地で扇状地よりもやや急傾斜の斜面。 | | | | |

図 3.2.11 被災箇所周辺の地形判読図

4) 構造物配置状況

被災に影響すると考えられる構造物としては、以下のものが挙げられる。

| 路肩崩壊 | 法面崩壊 |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ・流末水路工 ・横断水路工 | <ul style="list-style-type: none"> ・法面保護工 |

5) 被災原因

現地状況より想定される直接的な被災原因としては、林道上の表流水による侵食(路肩決壊)および法面保護工の工法選定が不十分であることが考えられる。各箇所での被災の素因及び原因としては以下の点が考えられる。

表 3.2.12 被災原因

| 箇所 | 被災状況 | 被災要因 | |
|------|--------------|------|-----------------------------|
| 1号箇所 | 路肩決壊 | 素因 | ・排水施設流末処理の不備 |
| | | 被災原因 | ・林道上の表流水による侵食 |
| 2号箇所 | 法面崩壊 | 素因 | ・既設山腹工の対策工法選定が不十分 |
| | | 被災原因 | ・豪雨による法面崩壊 |
| 3号箇所 | 路肩決壊 法面崩壊 | 素因 | ・排水施設が不十分(横断排水不足) |
| | | 被災原因 | ・林道上の表流水による侵食 ・豪雨による法面崩壊 |
| 4号箇所 | 法面崩壊 | 素因 | ・既設山腹工の対策工法選定が不十分 |
| | | 被災原因 | ・豪雨による法面崩壊 |

(7) 根占中央線 5～7 号箇所 (鹿児島県)

1) 災害の概要

令和5年8月8日～8月9日にかけて発生した台風6号に伴う豪雨災害であり、最大24時間雨量としては489.0mm、最大時間雨量としては66.0mmを観測している。林道での主な被災状況としては5号箇所が「法面崩壊」、6号箇所が「路肩決壊」、7号箇所が「法面崩壊」に区分される。

表 3.2.13 林道及び被災の概要

| | |
|------|------------------------------|
| 路線名 | 根占中央線 5～7 号箇所 (鹿児島県) |
| 路線延長 | 12,226m |
| 被災要因 | 令和5年8月8日～8月9日発生した台風6号に伴う豪雨災害 |
| 被災形態 | 路肩決壊・法面崩壊 |

以下に対象箇所の位置について示す。



図 3.2.12 被災箇所位置図

2) 被災状況

・ 5号箇所

被災状況としては、令和5年8月の台風6号に伴う豪雨により緑化工（植生シート）が施工されている法面崩壊が発生し、転石混じりの土砂が林道へ流出しており、車両の通行が困難な状態にある。



写真 3.2.45 法面崩壊状況（被災当時）



写真 3.2.46 法面崩壊状況（現状）



写真 3.2.47 崩壊地周辺斜面



写真 3.2.48 既設緑化工の施工状況

・ 6号箇所

被災状況としては、令和5年8月の台風6号に伴う豪雨により林道の表流水の侵食が発生し、林道路肩部が幅約10m、高さ約10m崩落している。同箇所は路肩決壊の範囲が小さく車両通行は可能であるが、5号箇所の法面崩壊の崩土により、林道基点側への通行は不可能である。



写真 3.2.49 路肩決壊状況(被災当時)



写真 3.2.50 路肩決壊状況(現状)



写真 3.2.51 既設排水施設流末状況



写真 3.2.52 既設排水施設閉塞状況

・ 7号箇所

被災状況としては、令和5年8月の台風6号に伴う豪雨により法面崩壊が発生し、転石混じりの土砂が林道へ流出した。令和5年12月現在は林道上の崩土については撤去されており、一般車両の通行は可能となっている。



写真 3.2.53 法面崩壊状況(被災当時)



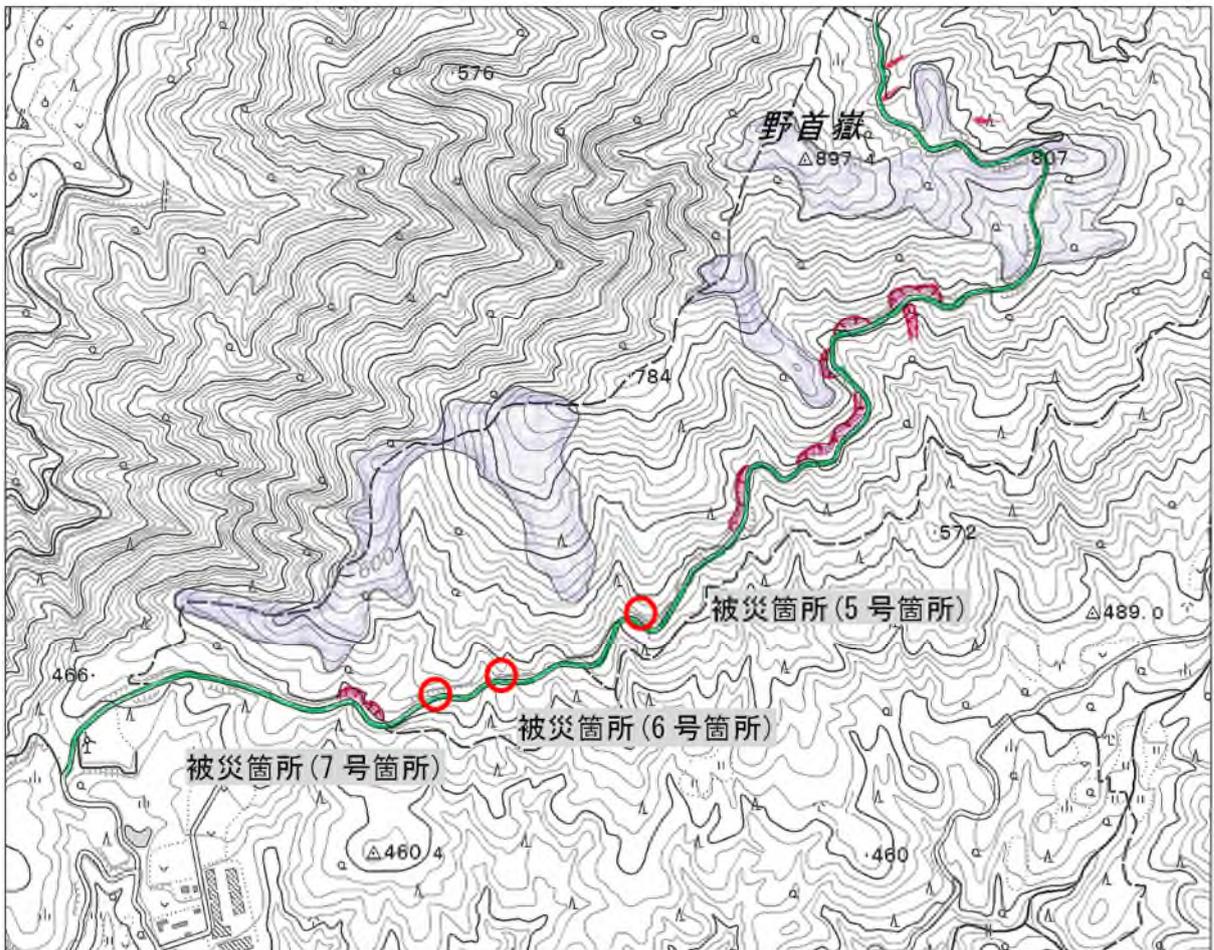
写真 3.2.54 法面崩壊状況(被災当時)



写真 3.2.55 林道復旧状況

3) 地形等判読結果

- ・対象林道は鹿児島県南部の火山地にあり、稜線南東側のやや緩斜面となる斜面を南西-北東方向に走る路線である。
- ・地質は火砕流によるシラス・火山灰堆積物である。



| 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 | 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 |
|----|-----------|-------|---|----|------------|-------|---|
| 1 | 低地・谷底・河床 | | 低地や河川、深流の谷底や河床。現在も土砂・砂礫の侵食や運搬、堆積が行われている。 | 6 | 崩壊地 | | 無植生の表土や草地、基盤岩から成り、崩壊や表層崩壊で生じた急傾斜の斜面。 |
| 2 | 河岸段丘(低位面) | | 低地・谷底・河床よりも高位の平坦面。 | 7 | 地すべり | | 斜面の滑落による滑落崖と下方へ移動した移動土塊で構成される地形。 |
| 3 | 河岸段丘(高位面) | | 河岸段丘(低位面)よりも高位の平坦面。 | 8 | 山頂緩斜面・小起伏面 | | 山頂部や稜線付近のやや平坦な緩斜面。過去の侵食面が地殻変動で隆起した場合に形成される。 |
| 4 | 扇状地 | | 山地の出口付近における扇状の堆積面。河川や深流が山地から平地(低地)出口付近に流出した土砂を堆積して形成された緩傾斜の堆積面。 | 9 | 断層・リニアメント | | 地震・断層活動や地質的弱線などにより直線～曲線状に連続する谷線や亀裂、小崖などの地形。 |
| 5 | 崖錐 | | 流水ではなく主に急崖や露岩地からの落石や匍行による堆積地で扇状地よりもやや急傾斜の斜面。 | | | | |

図 3.2.13 被災箇所周辺の地形判読図

4) 構造物配置状況

被災に影響すると考えられる構造物としては、以下のものが挙げられる。

| 路肩決壊 | 法面崩壊 |
|--------|--------|
| ・流末水路工 | ・法面保護工 |

5) 被災原因

現地状況より想定される直接的な被災原因としては、林道上の表流水による侵食(路肩決壊)および法面保護工の工法選定が不十分であることが考えられる。各箇所
の被災の素因及び原因としては以下の点が考えられる。

表 3.2.14 被災原因

| 箇所 | 被災状況 | 被災要因 | |
|------|------|------|----------------------------|
| 5号箇所 | 法面崩壊 | 素因 | ・既設山腹工の対策工法選定が不十分 |
| | | 被災原因 | ・豪雨による法面崩壊 |
| 6号箇所 | 路肩決壊 | 素因 | ・排水施設流末処理の不備 ・排水施設の管理不足 |
| | | 被災原因 | ・林道上の表流水による侵食 |
| 7号箇所 | 法面崩壊 | 素因 | ・既設山腹工の対策工法選定が不十分 |
| | | 被災原因 | ・豪雨による法面崩壊 |

(8) 美ヶ原線 (長野県)

1) 災害の概要

令和5年5月7日～8日にかけて発生した豪雨災害であり、最大24時間雨量としては83mm、最大時間雨量としては10mmを観測している。林道での主な被災状況としては「路肩決壊」に区分される。

表 3.2.15 林道及び被災の概要

| | |
|------|------------------------|
| 路線名 | 美ヶ原線 (長野県) |
| 路線延長 | 14,809m |
| 被災要因 | 令和5年5月7日～8日にかけての5月豪雨災害 |
| 被災形態 | 路肩決壊 |

2) 被災状況

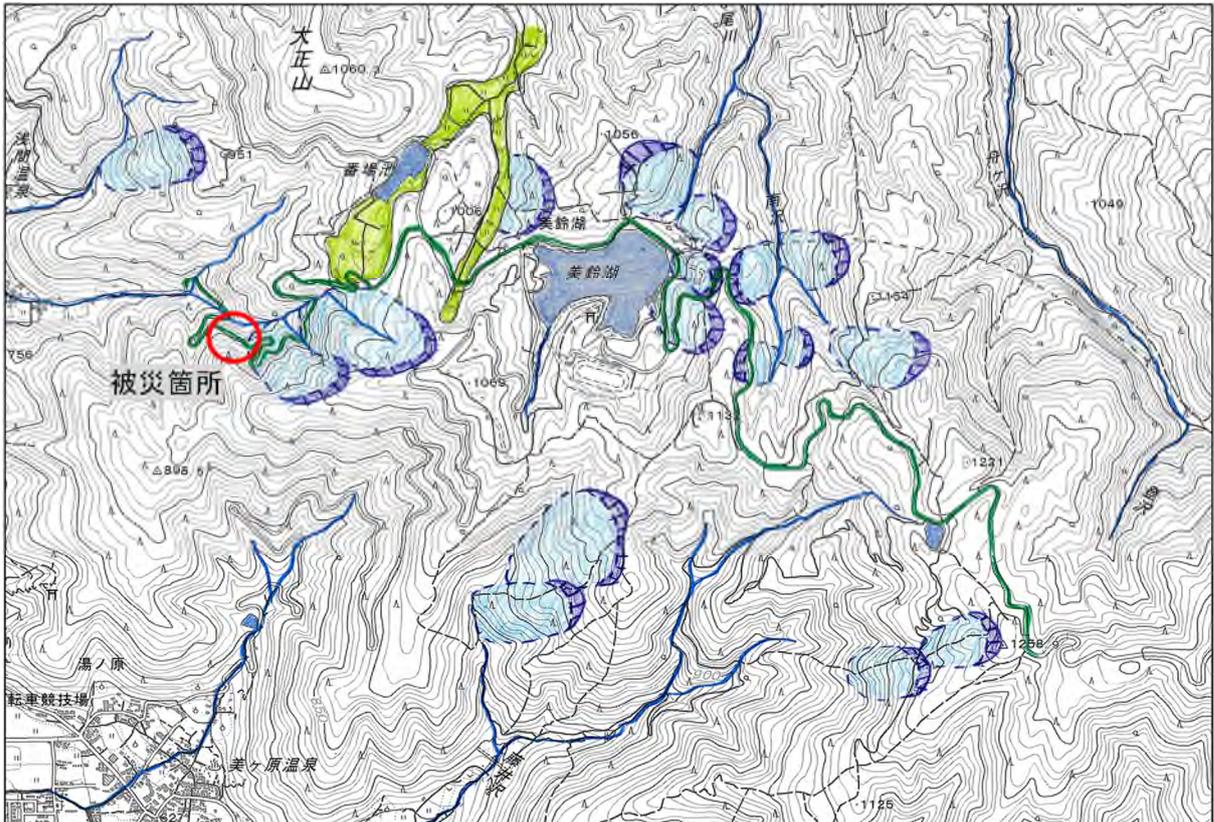
被災状況としては、林道路肩部が既設石積擁壁とともに、幅約1.6m程度崩落し、土中用ガードレールも同時に被災している。同箇所は、通行を規制するゲート等の施設はなく、一般の車両も通行出来る状態にあり、現状においても車両通行可能な状態にある。



写真 3.2.56 被災状況(起点側より撮影) 写真 3.2.57 被災状況(終点側より撮影)
(矢線は、流下方向を示す)

3) 地形等判読結果

- ・被災箇所は地すべり移動土塊付近にある。
- ・被災箇所周辺にも地すべりが多数存在する。
- ・地質は新第三紀の玄武岩質安山岩である。



| 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 | 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 |
|----|-----------|-------|---|----|------------|-------|---|
| 1 | 低地・谷底・河床 | | 低地や河川、溪流の谷底や河床。現在も土砂・砂礫の侵食や運搬、堆積が行われている。 | 6 | 崩壊地 | | 無植生の表土や草地、基盤岩から成り、崩壊や表層崩壊で生じた急傾斜の斜面。 |
| 2 | 河岸段丘(低位面) | | 低地・谷底・河床よりも高位の平坦面。 | 7 | 地すべり | | 斜面の滑落による滑落崖と下方へ移動した移動土塊で構成される地形。 |
| 3 | 河岸段丘(高位面) | | 河岸段丘(低位面)よりも高位の平坦面。 | 8 | 山頂緩斜面・小起伏面 | | 山頂部や稜線付近のやや平坦な緩斜面。過去の侵食面が地殻変動で隆起した場合に形成される。 |
| 4 | 扇状地 | | 山地の出口付近における扇状の堆積面。河川や溪流が山地から平地(低地)出口付近に流出した土砂を堆積して形成された緩傾斜の堆積面。 | 9 | 断層・リニアメント | | 地震・断層活動や地質的弱線などにより直線～曲線状に連続する谷線や亀裂、小崖などの地形。 |
| 5 | 崖錐 | | 流水ではなく主に急崖や露岩地からの落石や匍行による堆積地で扇状地よりもやや急傾斜の斜面。 | | | | |

図 3.2.14 被災箇所周辺の地形判読図

4) 構造物配置状況

被災に影響すると考えられる構造物としては、以下のものが挙げられる。

- ・路面舗装（谷側アスカーブ無し）
- ・山側L型擁壁（上流横断側溝に接続）
- ・上流部横断側溝（一部グレーチング）

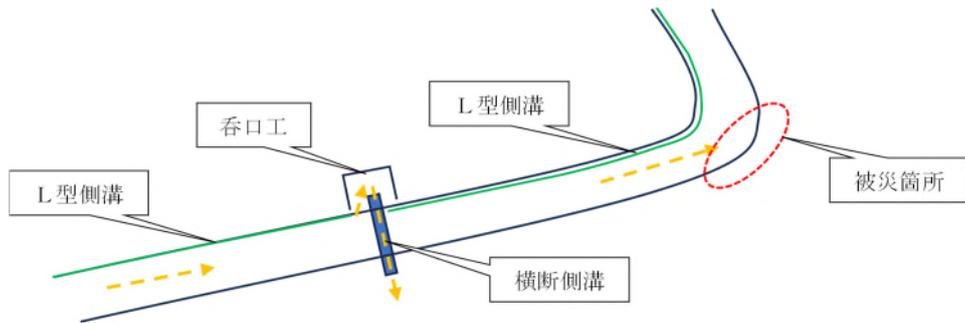


図 3.2.15 模式平面図（矢線は、流水方向を示す）



写真 3.2.58 上流部横断側溝
（グレーチングは部分配置）



写真 3.2.59 横断側溝グレーチング
（グレーチングの溝部が細く、
落葉等により目詰まりが生じている）



写真 3.2.60 L型側溝呑口接続部
（呑口工への接続部は落葉により閉塞）



写真 3.2.61 路面横断勾配状況
（横断側溝～被災箇所）
（横断勾配は明瞭ではない）

5) 被災原因

現地状況より想定される直接的な被災原因としては、路面表流水の被災箇所への集中であると考えられるが、素因としては以下の点が考えられる。

表 3.2.16 被災原因（路肩欠損）

| | 被災要因 |
|------|--|
| 素因 | <ul style="list-style-type: none">・ 上流部 L 型側溝の呑口工への排水不良・ 横断側溝のグレーチング面積不足・ 横断側溝グレーチングの目詰まり・ 横断側溝下流側の横断勾配不足・ アスカーブの未設置 |
| 被災原因 | <ul style="list-style-type: none">・ 路面表流水の被災箇所への集中 |

(9) 馬越線 (長野県)

1) 災害の概要

令和5年6月1日～3日にかけて発生した豪雨災害であり、最大24時間雨量としては167.0mm、最大時間雨量としては23.0mmを観測している。林道での主な被災状況としては「路体流出」に区分される。

表 3.2.17 林道及び被災の概要

| | |
|------|------------------------------------|
| 路線名 | 馬越線 (長野県) |
| 路線延長 | 3,501m |
| 被災要因 | 令和5年6月1日～3日にかけての梅雨前線による大雨及び台風第2号災害 |
| 被災形態 | 路体流出 (谷出口) |

2) 被災状況

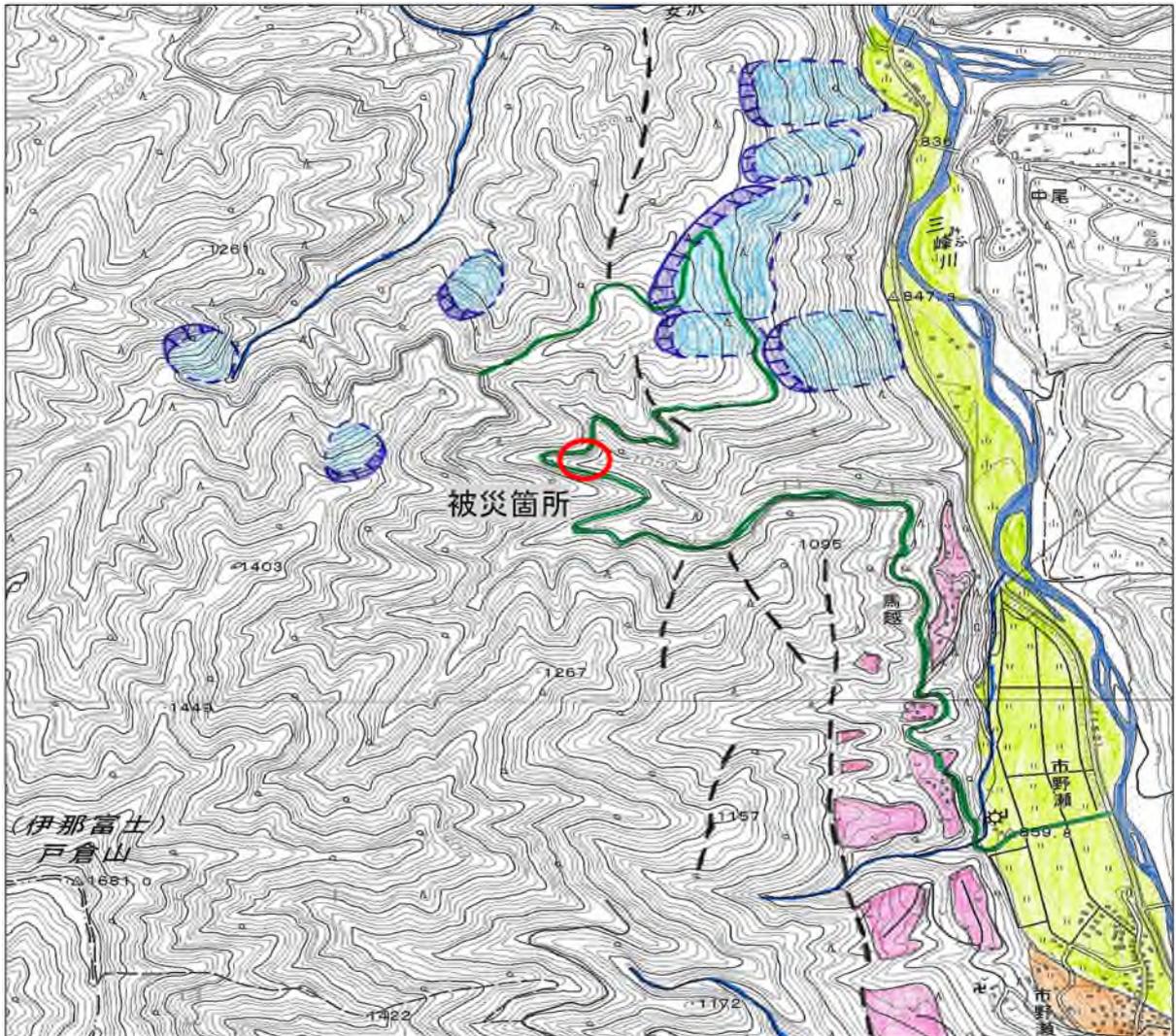
被災状況としては、谷からの土石流及び流水により、谷出口の盛土が侵食を受け、路体上部が欠損・流出している。流出した盛土は、高さ5m程度であり、盛土下部に設置された擁壁・横断暗渠は損傷していないものの、上流部に設置されていたと考えられる呑口工は、埋塞により確認出来ない状況である。



写真 3.2.62 被災状況

3) 地形等判読結果

- ・被災箇所周辺の山地北部東側斜面では、やや規模の大きい地すべりが密集して見られる。
- ・三峰川沿いの南北方向に断層やリニアメントが数本見られる。
- ・地質は白亜紀の花崗岩類である。



| 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 | 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 |
|----|-----------|-------|---|----|------------|-------|---|
| 1 | 低地・谷底・河床 | | 低地や河川、深流の谷底や河床。現在も土砂・砂礫の侵食や運搬、堆積が行われている。 | 6 | 崩壊地 | | 無植生の表土や草地、基盤岩から成り、崩壊や表層崩壊で生じた急傾斜の斜面。 |
| 2 | 河岸段丘(低位面) | | 低地・谷底・河床よりも高位の平坦面。 | 7 | 地すべり | | 斜面の滑落による滑落崖と下方へ移動した移動土塊で構成される地形。 |
| 3 | 河岸段丘(高位面) | | 河岸段丘(低位面)よりも高位の平坦面。 | 8 | 山頂緩斜面・小起伏面 | | 山頂部や稜線付近のやや平坦な緩斜面。過去の侵食面が地殻変動で隆起した場合に形成される。 |
| 4 | 扇状地 | | 山地の出口付近における扇状の堆積面。河川や深流が山地から平地(低地)出口付近に流出した土砂を堆積して形成された緩傾斜の堆積面。 | 9 | 断層・リニアメント | | 地震・断層活動や地質的弱線などにより直線～曲線状に連続する谷線や亀裂、小崖などの地形。 |
| 5 | 崖錐 | | 流水ではなく主に急崖や露岩地からの落石や崩行による堆積地で扇状地よりもやや急傾斜の斜面。 | | | | |

図 3.2.16 被災箇所周辺の地形判読図

4) 構造物配置状況

現地にて確認された構造物として、以下のものが挙げられる。

- ・ 上流谷止工
- ・ 盛土（流出）
- ・ 擁壁工、暗渠工

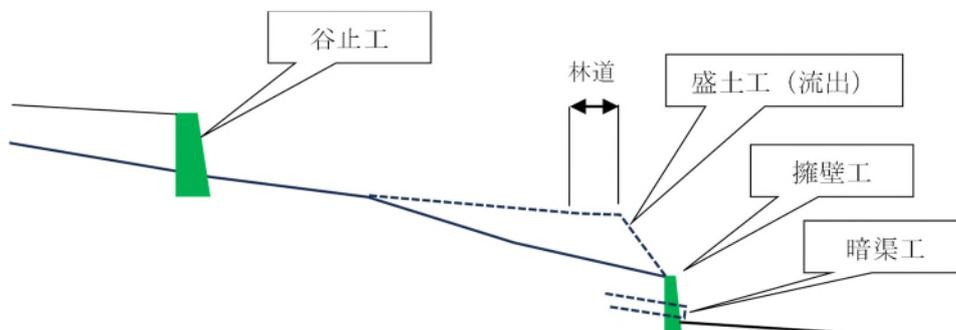


図 3.2.17 流出部模式横断面図

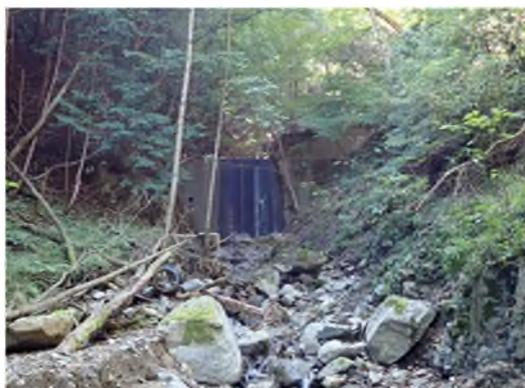


写真 3.2.63 流出部上流谷止工



写真 3.2.64 擁壁及び残留盛土のり面

5) 被災原因

現地状況より想定される被災原因としては、土石流及び流水による盛土の侵食であると考えられるが、素因としては以下の点が考えられる。

表 3.2.18 被災原因（谷出口路体欠損）

| | 被災要因 |
|------|-------------------|
| 素因 | ・ 呑口工埋塞時の路体保護不足 |
| 被災原因 | ・ 土石流及び流水による盛土の侵食 |

(10) 天白高鳥谷線 1号箇所その1 (長野県)

1) 災害の概要

令和5年6月1日～3日にかけて発生した豪雨災害であり、最大24時間雨量としては182.0mm、最大時間雨量としては26.0mmを観測している。林道での主な被災状況としては「法面崩壊」に区分される。

表 3.2.19 林道及び被災の概要

| | |
|------|------------------------------------|
| 路線名 | 天白高鳥谷線 (長野県) |
| 路線延長 | 3,067m |
| 被災要因 | 令和5年6月1日～3日にかけての梅雨前線による大雨及び台風第2号災害 |
| 被災形態 | 法面崩壊 (表層崩壊) |

2) 被災状況

被災状況としては、簡易吹付のり砕工施工箇所において、幅約5m深さ0.8mの規模にて表層崩壊が発生している。崩壊は地層の節理面に沿ってクサビ状に発生しており、崩壊土砂には、岩塊が認められる。



写真 3.2.65 表層崩壊状況



写真 3.2.66 崩壊岩塊

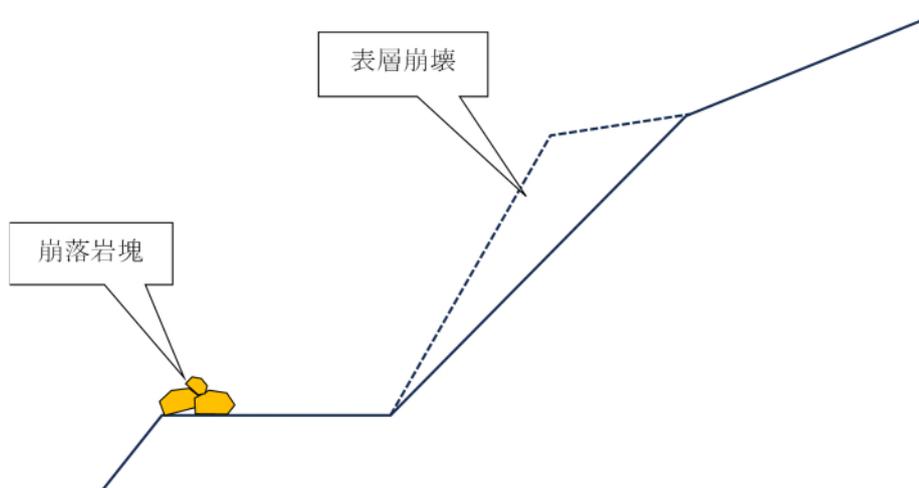
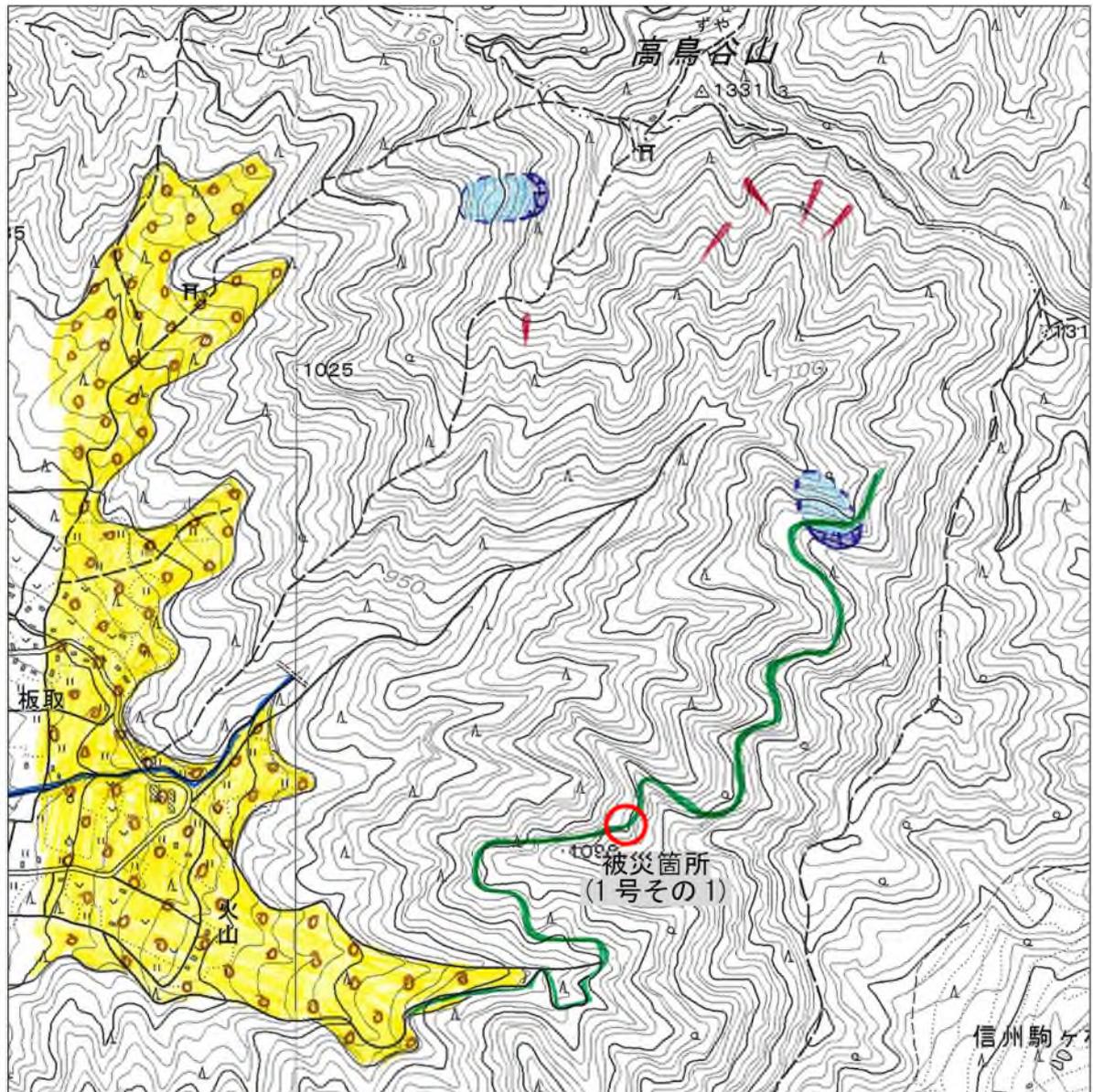


図 3.2.18 崩落部模式横断図

3) 地形等判読結果

- ・ 東側は緩傾斜の扇状地が広がる。
- ・ 地質は白亜紀の変成岩類である。



| 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 | 番号 | 地形名称 | 記号・凡例 | 内容・定義 |
|----|-----------|-------|---|----|------------|-------|---|
| 1 | 低地・谷底・河床 | | 低地や河川、溪流の谷底や河床。現在も土砂・砂礫の侵食や運搬、堆積が行われている。 | 6 | 崩壊地 | | 無植生の表土や草地、基盤岩から成り、崩壊や表層崩壊で生じた急傾斜の斜面。 |
| 2 | 河岸段丘(低位面) | | 低地・谷底・河床よりも高位の平坦面。 | 7 | 地すべり | | 斜面の滑落による滑落崖と下方へ移動した移動土塊で構成される地形。 |
| 3 | 河岸段丘(高位面) | | 河岸段丘(低位面)よりも高位の平坦面。 | 8 | 山頂緩斜面・小起伏面 | | 山頂部や稜線付近のやや平坦な緩斜面。過去の侵食面が地殻変動で隆起した場合に形成される。 |
| 4 | 扇状地 | | 山地の出口付近における扇状の堆積面。河川や溪流が山地から平地(低地)出口付近に流出した土砂を堆積して形成された緩傾斜の堆積面。 | 9 | 断層・リニアメント | | 地震・断層活動や地質的弱線などにより直線～曲線状に連続する谷線や亀裂、小崖などの地形。 |
| 5 | 崖錐 | | 流水ではなく主に急崖や露岩地からの落石や崩行による堆積地で扇状地よりもやや急傾斜の斜面。 | | | | |

図 3.2.19 被災箇所周辺の地形判読図

4) 構造物配置状況

現地にて確認された構造物として、以下のものが挙げられる。

- ・簡易吹付のり砕工（崩壊箇所）
- ・モルタル吹付工（起点側隣接箇所）



図 3.2.67 構造物配置状況

5) 被災原因

現地状況より想定される被災原因としては、降雨に伴う地盤強度低下による表層崩壊であると考えられるが、素因としては以下の点が考えられる。

表 3.2.20 被災原因（表層崩壊）

| | 被災要因 |
|------|---------------------|
| 素因 | ・地質構造（流れ盤） |
| 被災原因 | ・降雨に伴う地盤強度低下による表層崩壊 |

3.3 構造物等の投資効果の分析結果

(1) 被災形態の整理

現地調査により確認した被災形態等を整理し、以下に示す。

表 3.3.1 被災形態

| 都道府県 | 路線名 | 被災形態 | 被災原因 |
|-------------|--------------|------|--------------------------|
| 新潟県 | 小佐渡 2 号線 | 路肩決壊 | 越流水による侵食、 側溝の維持管理不足 |
| 佐賀県 | 山頭線 | 地すべり | 地すべり変動 |
| | 上不動線 | 法面崩壊 | 地下水の集中 |
| 長崎県 | 西彼杵半島線 (3 号) | 地すべり | 地すべり変動 |
| | 西彼杵半島線 (5 号) | 路肩決壊 | 表流水による侵食 |
| 鹿児島県 | 根占中央線 (1 号) | 路肩決壊 | 表流水による侵食、 流末処理不良による侵食 |
| | 根占中央線 (2 号) | 法面崩壊 | 降雨 |
| | 根占中央線 (3 号) | 法面崩壊 | 降雨 |
| | | 路肩決壊 | 表流水による侵食 |
| | 根占中央線 (4 号) | 法面崩壊 | 降雨 |
| | 根占中央線 (5 号) | 法面崩壊 | 降雨 |
| | 根占中央線 (6 号) | 路肩決壊 | 表流水による侵食、 流末処理不良による侵食 |
| 根占中央線 (7 号) | 法面崩壊 | 降雨 | |
| 長野県 | 美ヶ原線 | 路肩決壊 | 表流水による侵食、 呑口工への排水不良 |
| | 馬越線 | 路体流出 | 土石流による盛土侵食 |
| | 天白高鳥谷線 | 法面崩壊 | 降雨 |

(2) 構造物等の投資効果

各被災形態において代表的な箇所、被災原因を踏まえ、災害発生防止や被災規模軽減に寄与する構造物等が設置してあった場合を想定し、その投資効果について整理を行った。

1) 路肩決壊

長崎県西彼杵半島線(5号)においては、山腹斜面からの表流水と路面を流下する雨水が斜面下部法面に集中したことが被災原因と考えられることから、対策工としては水路工の整備が考えられる(被災時は山腹斜面からの表流水に対する排水施設は未設置)。その対策工の設置費用及び投資効果を以下に示す。

山腹や路面からの排水が集中することで路肩・盛土が侵食・崩落するような場合、水路工など比較的安価な構造物の設置により被害が軽減できるため、その投資効果は高いと言える(この試算事例では約15~30)。

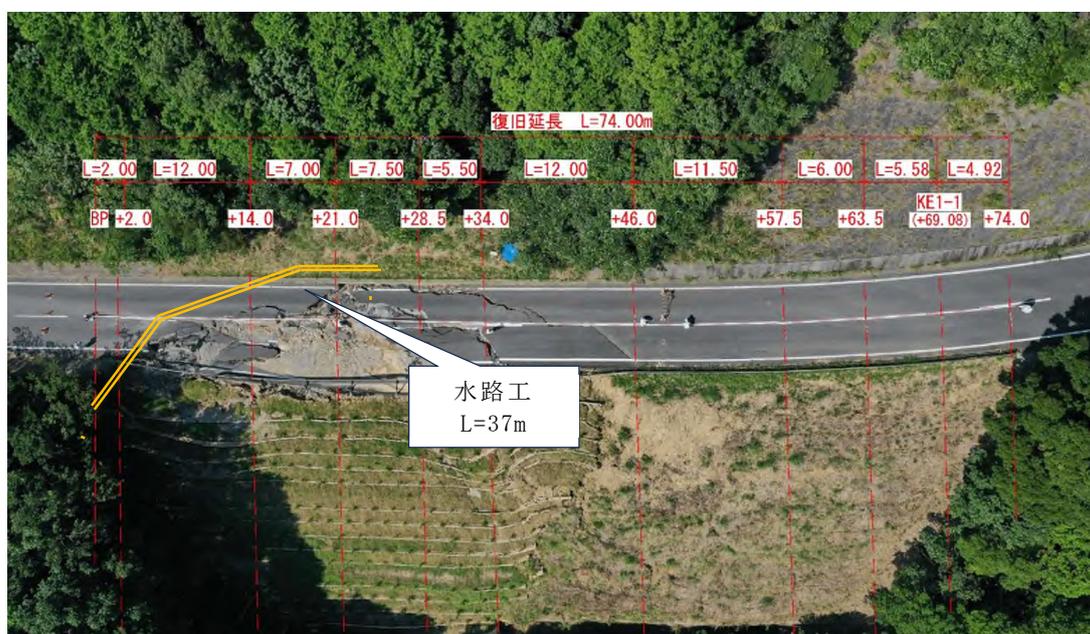


写真 3.3.1 対策工配置計画写真

表 3.3.2 投資効果試算(路肩決壊)

| 項目 | 構造物等 | 工事費 | |
|------------------------|--------------------------|-----------------------------|------|
| 復旧費用 (災害査定資料より) | 土工、植生シート、側溝、 横断水路工 ほか | 73,322 千円 | |
| 被災規模軽減に寄与する 構造物と工事費 | 水路工 | 2,368 千円 | |
| | 小計 | 2,368 千円 | |
| 被災軽減施設の設置時の 想定復旧費用 | 被害なし | 0 千円 | |
| | 被害規模が半分 | 36,661 千円 | |
| 投資効果 | 被害なし | $(73,322 - 0) / 2,368$ | 31.0 |
| | 被害規模が半分 | $(73,322 - 36,661) / 2,368$ | 15.5 |

2) 法面崩壊

鹿児島県根占中央線（4号）においては、降雨により安全度が低下したことにより、切土法面（客土吹付工、高さ30m程度、勾配30度程度）について、表層崩壊が生じた可能性があることから、対策工としては、のり砕工、補強土工の施工による安全率の確保が考えられる。その対策工の設置費用及び投資効果を以下に示す。

構造物による法面保護工は工事費単価が高額となることが多いため、土工・客土吹付工（ $t=1\text{cm}$ ）など簡易な工法による復旧と比較すると、投資効果は低いものとなる（この試算事例では0.2～0.3）。ただし、土工・客土吹付工による原型復旧の場合、本災害時と同程度の降雨で再崩壊や拡大崩壊が想定され、被災と復旧を繰り返した場合、強靱な構造物への転換が中長期的な視点では投資効果が高くなることが考えられる（この試算事例では3～5回程度被災すると逆転する）。

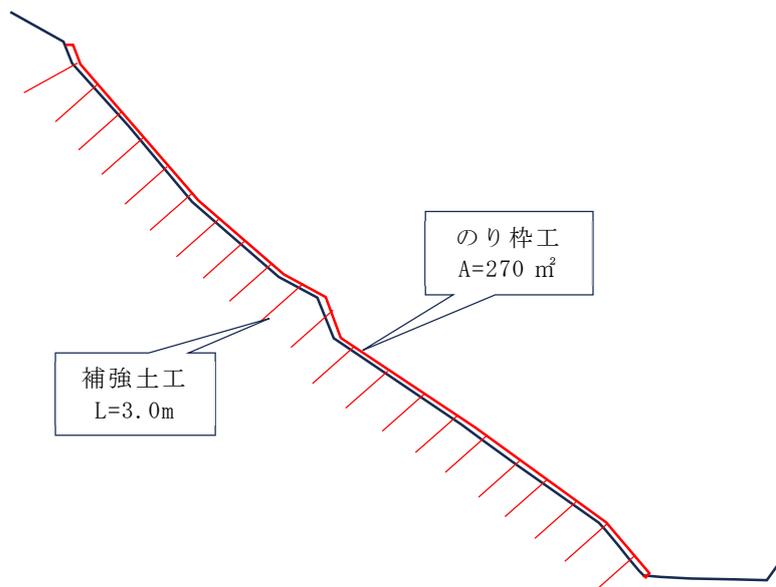


図 3.3.1 対策工計画断面図

表 3.3.3 投資効果試算（法面崩壊）

| 項目 | 構造物等 | 工事費 | |
|------------------------|---------------------------|----------------------------|-----|
| 復旧費用 (災害査定資料より) | 土工、転石破碎、客土吹付工、 U字側溝 ほか | 9,029 千円 | |
| 被災規模軽減に寄与する 構造物と工事費 | のり砕工 | 15,201 千円 | |
| | 補強土工 | 11,217 千円 | |
| | 小計 | 26,418 千円 | |
| 被災軽減施設の設置時の 想定復旧費用 | 被害なし | 0 千円 | |
| | 被害規模が半分 | 4,515 千円 | |
| 投資効果 | 被害なし | $(9,029 - 0) / 26,418$ | 0.3 |
| | 被害規模が半分 | $(9,029 - 4,515) / 26,418$ | 0.2 |

3) 谷出口での路体流出

長野県馬越線においては、溪流横断部において土石流により路体が欠損していることから、対策工としては、路面舗装、盛土のり面保護工が考えられる。その対策工の設置費用及び投資効果を以下に示す。

本事例では現地状況から、被災規模軽減に寄与する構造物としては比較的安価なコンクリート舗装を想定しているが、投資効果的にはあまり高くない（この試算事例では 0.6～1.1）。カルバートや排水暗きよの拡幅などをした場合は被災軽減に大きく寄与するが、投資効果としてはさらに低下する。溪流横断箇所道路の道路構造や被災原因が様々であるため、投資効果の画一的な評価は難しいが、路線の重要度や被災履歴を考慮した上で初期構造物や復旧工法を選択することが中長期的な視点では重要となってくると考えられる。

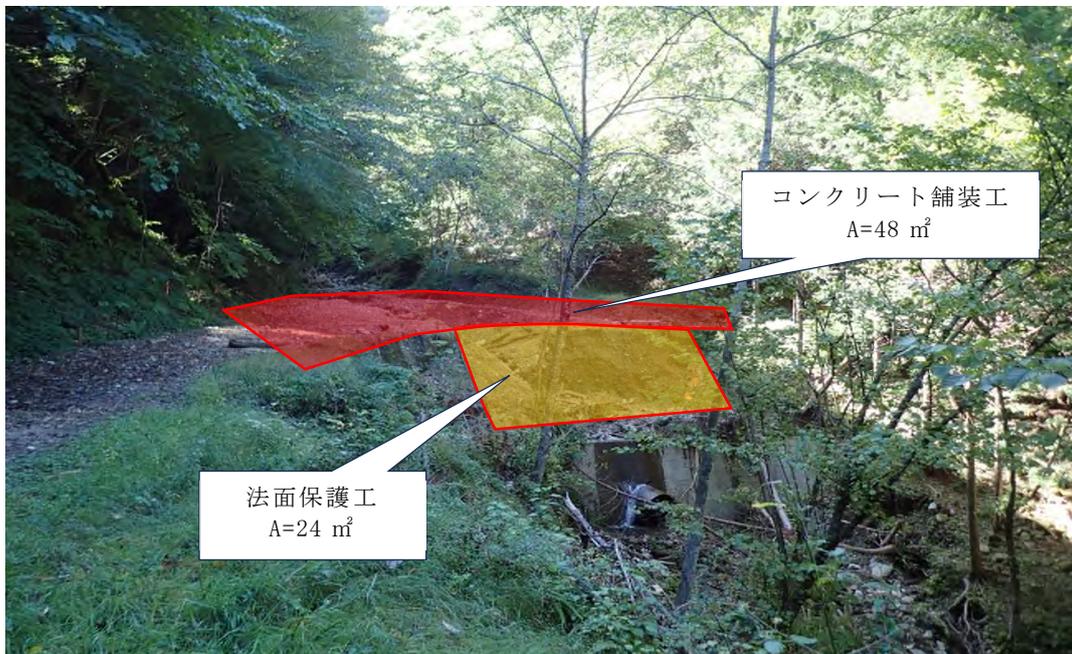


写真 3.3.2 対策工配置計画写真

表 3.3.4 投資効果試算（谷出口路体流出）

| 項目 | 構造物等 | 工事費 | |
|------------------------|--------------|-------------------------|-----|
| 復旧費用 (災害査定資料より) | 土工、植生シート工 ほか | 1,166 千円 | |
| 被災規模軽減に寄与する 構造物と工事費 | コンクリート舗装 | 567 千円 | |
| | 法面保護工 | 480 千円 | |
| | 小計 | 1,047 千円 | |
| 被災軽減施設の設置時の 想定復旧費用 | 被害なし | 0 千円 | |
| | 被害規模が半分 | 583 千円 | |
| 投資効果 | 被害なし | $(1,166 - 0) / 1,047$ | 1.1 |
| | 被害規模が半分 | $(1,166 - 583) / 1,047$ | 0.6 |

4) 地すべり

佐賀県山頭線においては、地すべりが生じていることから、事前の対策としては、地下水排除工であるボーリング暗きょ工が有効であると考えられる。その対策工の設置費用及び投資効果を以下に示す。

地すべり対策の抑止工は非常に高額となるため、地すべりの可能性がある区間に林道を開設する場合は、事前に地下水排除等の抑制工を施工しておくことによる投資効果は高いと言える（この試算事例では約5～10）。しかし、地下水排除等の抑制工も高額であるため、路線計画時点での地質・地形リスクの調査により危険箇所を避けることが重要と言える。

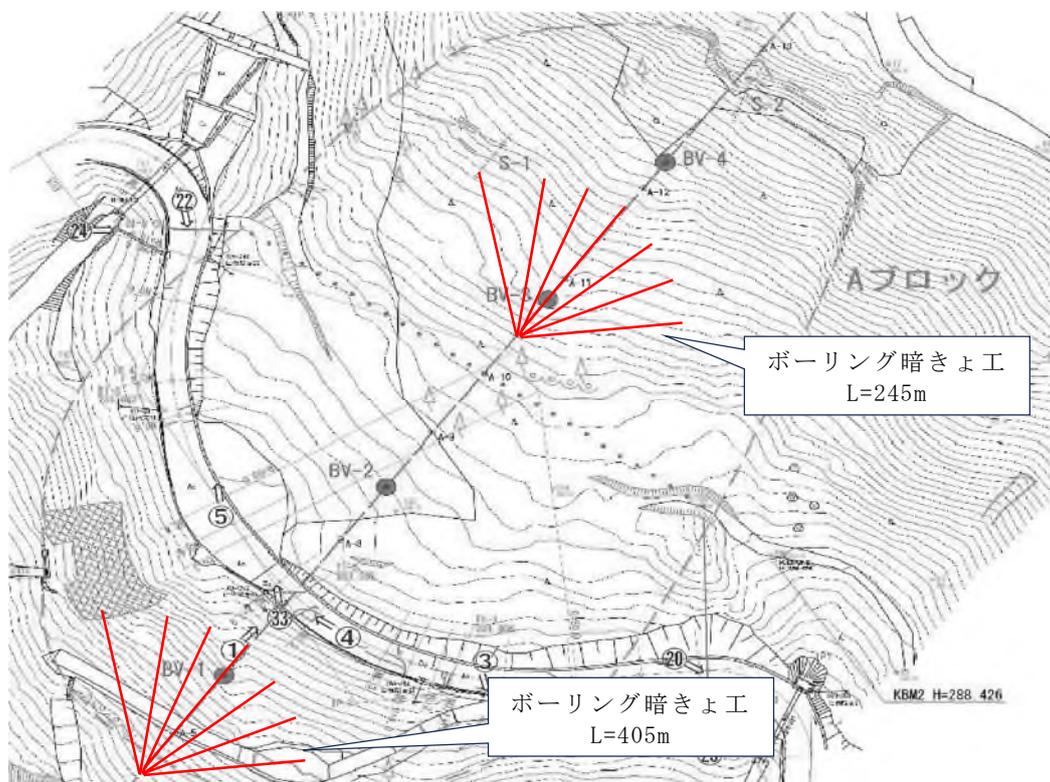


図 3.3.2 対策工計画平面図

表 3.3.5 投資効果試算（地すべり）

| 項目 | 構造物等 | 工事費 | |
|------------------------|-------------------------|-------------------------------|------|
| 復旧費用 (災害査定資料より) | 杭打工、擁壁工、土工、ボーリング暗きょ工 ほか | 199,157 千円 | |
| 被災規模軽減に寄与する 構造物と工事費 | ボーリング暗きょ工 | 18,384 千円 | |
| | 小計 | 18,384 千円 | |
| 被災軽減施設の設置時の 想定復旧費用 | 被害なし | 0 千円 | |
| | 必要抑止力が半分 | 99,579 千円 | |
| 投資効果 | 被害なし | $(199,157 - 0) / 18,384$ | 10.8 |
| | 必要抑止力が半分 | $(199,157 - 99,579) / 18,384$ | 5.4 |

5) 維持管理不足

今回調査した被災箇所において、水路等の排水施設が維持管理不足により機能が低下していた箇所が複数確認された。これらが機能していた場合は、被害が軽減されたことも考えられるため、その維持管理による投資効果を以下に示す。

林道延長によるが、維持管理に対する被害軽減の投資効果は高い場合が多い（この試算事例では0.6～21.6）。維持管理は通常実施されており、その費用は必ず発生しているため、被災につながるポイントを理解した上で、適正な維持管理が実施されていれば、被害抑制の効果は高くなるものと考えられる。



写真 3.3.3 側溝の閉塞



写真 3.3.4 横断水路の閉塞

表 3.3.6 投資効果試算（維持管理不足）

| 路線名・箇所番号 | 復旧費用 工事費 | 維持管理費 | 投資効果 | |
|-----------|-------------|----------|------------|------|
| | | | 被害規模が半分 | |
| 小佐渡 2 号 | 116,100 千円 | 2,686 千円 | 被害規模が半分 | 21.6 |
| | | | 被害規模が 2 割減 | 8.6 |
| 根占中央線 1 号 | 26,648 千円 | 2,604 千円 | 被害規模が半分 | 5.1 |
| | | | 被害規模が 2 割減 | 2.0 |
| 根占中央線 6 号 | 26,645 千円 | 2,604 千円 | 被害規模が半分 | 5.1 |
| | | | 被害規模が 2 割減 | 2.0 |
| 美ヶ原線 | 16,170 千円 | 5,050 千円 | 被害規模が半分 | 1.6 |
| | | | 被害規模が 2 割減 | 0.6 |

注) 維持管理費は令和 4 年度調査事業による自治体アンケートの集計結果から林道規格別・単位距離当たりの平均値と、被災林道の延長より算出

3.4 構造物等の投資効果の評価

本調査において被災箇所を確認を行い、災害発生の防止や被災規模軽減に寄与する対策等（適正な構造物等の設置や維持管理の実施）による投資効果の試算概要と、そこから考察される効果的な構造物や路線・林道構造等を表 3.4.1 に整理した。

投資効果が高くなる状況としては下記があり、林道開設時等において積極的な投資を行うべきものと言える。

- ・ 比較的安価な構造物（横断水路工や側溝など）により排水を適切に行える場合
- ・ 復旧に非常に高額な対策が必要な災害（地すべり）に対する事前対策
- ・ 路線・林道構造の計画時における、地形地質リスクを把握するための現地調査
- ・ 適切な維持管理

また、今回の検討では、土工等の簡易な工法のみで復旧される場合、安全性の高い構造物を設置することは投資効果が低くなる結果となった。このような復旧の場合、再崩壊や拡大崩壊により復旧費用が多重化することがあるため、中長期的な視点での投資効果を考慮した構造物等の設置が望まれる。

表 3.4.1 投資効果の分析結果概要と効果的な構造物等の考察

| 被災形態 | 投資効果 | 投資効果の理由と効果的な構造物等の考察 |
|---------------|-----------------------|--|
| 路肩決壊 | 高い (約 15~30) | <ul style="list-style-type: none"> 排水等が原因で路肩が侵食・崩落する場合、水路工など比較的安価な構造物の設置により被害軽減が期待できるため、その投資効果は高い |
| 法面崩壊 | 低い (0.2~0.3) | <ul style="list-style-type: none"> 被災する法面が土工の場合、安全率を高める構造物である法面保護工は工事費単価が高額となるため、投資効果は低いものとなる 事前に崩壊する箇所の予想が難しいため、必要以上に安全性の高い構造物の設置は難しいことが考えられる 前章(表 2.4.1)にあるように法面高や傾斜が大きくなると崩壊の被害が多発するため、法面規模ができるだけ小さくなるような路線計画が有効 簡易な工法による復旧の場合、再崩壊や拡大崩壊が想定され、強靱な構造物へ転換することで中長期的な視点では投資効果が高くなることが考えられる |
| 路体流出 (谷出口) | あまり高くない (0.6~1.1) | <ul style="list-style-type: none"> 投資効果試算では、比較的安価な構造物を被害軽減施設として採用したが、復旧投資効果的にはあまり高くなかった カルバートや排水暗きょの拡幅などを被害軽減施設とした場合は投資効果としてはさらに低下する可能性がある 溪流横断箇所の被災原因や構造は様々であるため投資効果の画一的な評価は難しいが、路線の重要度、溪流の荒廃状況、被災履歴などを考慮した上で、構造物や復旧工法を選択することが中長期的な視点では重要となってくると考えられる |
| 地すべり | 高い (5~10) | <ul style="list-style-type: none"> 地すべり対策の抑止工は非常に高額となるため、地すべりの滑動可能性が高い区間に林道を開設する場合、事前に地下水排除等の抑制工施工の投資効果は高い 地下水排除等の抑制工も高額であるため、路線計画時点での地質・地形リスクの調査により危険箇所を避けることが重要 |
| 維持管理不足 | 高い場合が多い (0.6~20程度) | <ul style="list-style-type: none"> 林道延長によるが、維持管理に対する被害軽減の投資効果は高い場合が多い 通常行われている維持管理の中で、被災につながるポイントを理解した上で、適正な維持管理が実施されていれば、被害抑制の効果は非常に高くなるものと考えられる |

4. 林道の盛土安定条件等の検討

4.1 盛土安定条件の検討方法

(1) 検討目的

林道を構成する盛土については、標準的なのり面勾配により構築される場合が多く、盛土材料や高さに応じた安定度評価が行われることは少ない。このため、条件によっては安定度不足となり盛土の崩壊の可能性がある。このことから、盛土材料や盛土の勾配・高さごとに、安定解析により安定度を確認することを目的とする。

(2) 林道必携（技術編）の盛土に対する記述状況

林道における盛土形状の基準となる「令和4年度 林道必携 技術編：日本林道協会」（以下、林道必携）P83～91における、盛土構造及び安定度に関する記述を以下に示す。

① 盛土構造

盛土ののり面勾配、小段形状を以下に示す。のり面勾配は1:1.5を標準とするが、基礎地盤の勾配により1:1.2とすることができる。また、1:1.2より急にする場合には、土留工等の構造物を含めた安定計算を行う必要がある。

表 4.1.1 盛土構造

| 項目 | 条件値 | 備考 |
|-------|-----------------------|---------------------------------|
| のり面勾配 | 1:1.5を標準 | 特別に安定計算を行う必要が無いと判断される場合 |
| | 1.1.2（法尻基礎地盤形状による） | 法尻の基礎地盤傾斜が1:2.0～3.0より急で10m以下の場合 |
| | 1:1.2より急にする場合に安定計算を行う | |
| 小段 | 幅 0.5～1.0m | 5mを超える場合 |
| | 高さ 5m ごと | |

（林道必携 P89）

②安定計算

ア) 安定計算の必要性

盛土に適した材料を使い、盛土のり面を標準勾配で施工する場合は、安定計算を行わないことができる。

表 4.1.2 盛土材料及び盛土高に対する標準のり面勾配 (参考)

| 盛土材料 | 盛土高 | 勾配 | 摘要 |
|---|----------|-------------------|---|
| 粒度の良い砂 (S)、礫及び 細粒分混じり礫 (G) | 5 m 以下 | 1 : 1.5 ~ 1 : 1.8 | 基礎地盤の支持力が十分にあり、浸水の影響がなく、締固め管理基準値を満足する盛土に適用する。 () の統一分類は代表的なものを参考に示したものである。 標準のり面勾配の範囲外の場合は安定計算を行う。 |
| | 5 ~ 15m | 1 : 1.8 ~ 1 : 2.0 | |
| 粒度の悪い砂 (GS) | 10m 以下 | 1 : 1.8 ~ 1 : 2.0 | |
| 岩塊 (ずりを含む) | 10m 以下 | 1 : 1.5 ~ 1 : 1.8 | |
| | 10 ~ 20m | 1 : 1.8 ~ 1 : 2.0 | |
| 砂質土 (SF)、硬い粘質土、 硬い粘土 (洪積層の硬い粘質土、粘土、関東ローム等) | 5 m 以下 | 1 : 1.5 ~ 1 : 1.8 | |
| | 5 ~ 10m | 1 : 1.8 ~ 1 : 2.0 | |
| 火山灰質粘性土 (V) | 5 m 以下 | 1 : 1.8 ~ 1 : 2.0 | |

注：盛土高は、のり肩とのり尻の高低差をいう。
(出典) 道路土工-盛土工指針 日本道路協会 H22.4

(林道必携 P87)

イ) 安定解析式

安定計算は、すべり面上の土塊の表面の変化点とともに、6~8 個程度に分割して、最も安全率の小さいすべり面について行う。

a) 過剰な間隙水圧のない場合

$$F_s = \frac{R \sum S \cdot \ell}{\sum W \cdot x} = \frac{\sum (C \cdot \ell + W \cdot \cos \theta \cdot \tan \phi)}{\sum W \cdot \sin \theta}$$

ここに F_s : 安全率
 R : 円弧の半径 (m)
 W : 分割片の重量 (kN/m)
 ℓ : 各分割片がすべり面を切る弧長 (m)
 S : 土のせん断強さ (kN/m²)
 $= C + \sigma \cdot \tan \phi$
 ここに C : 土の粘性土 (kN/m²)
 σ : すべり面土の垂応力 (kN/m²)
 ϕ : 土の内部摩擦角 (度)

(林道必携 P87)

b) 間隙水圧を考慮する場合

- ・ 高含水比粘性土等による施工中の盛土
- ・ 湧水または浸透等の避けられない盛土
- ・ 流水又は貯水に接する盛土

$$F_s = \frac{R \sum S \cdot \ell}{\sum W \cdot x} = \frac{\sum \{C' \cdot \ell + (W \cdot \cos \theta - u \cdot \ell) \tan \phi'\}}{\sum W \cdot \sin \theta}$$

ここに S : 土のせん断面強さ (kN/m²) = C' + σ' · tan φ'
ここに C' : 有効応力に基づく土の粘性土 (kN/m²)
σ' : すべり面上の垂直方向の有効応力 (kN/m²) = σ - u
φ' : 有効応力に基づく土の内部摩擦角 (度)
u : すべり面に作用する間隙水圧 (kN/m²)
F_s、R、W、ℓ、x、φ、σ : 3 の計算式の記号に同じ

(林道必携 P87)

ウ) 安全率

計算によって求められた盛土の安全率は、**1.2 以上**を標準とする。

(林道必携 P89)

(3) モデル解析条件

盛土の高さ、勾配、地盤条件を変化させた盛土モデルを用い、安定解析により安定度の評価を行う。

①土質定数

安定度評価を行う盛土の土質定数としては、下表に示される、礫質土、砂質土、粘性土の3ケースについて表中の値より設定を行う。

表 4.1.3 設計時に用いる土質定数の仮定値

| 種類 | 状態 | 単位体積重量 (kN/m ³) | せん断抵抗角 (度) | 粘着力 (kN/m ²) | 地盤工学会基準 ^(注2) | |
|----------|----------------------------------|---------------------------------------|-------------|--------------------------|-------------------------|----------|
| 盛土 | 礫および礫まじり砂 | 締め固めたもの | 20 | 40 | 0 | {G} |
| | 砂 | 締め固めたもの | 20 | 35 | 0 | {S} |
| | | 粒径幅の広いもの 分級されたもの | 19 | 30 | 0 | |
| | 砂質土 | 締め固めたもの | 19 | 25 | 30以下 | {SF} |
| | 粘性土 | 締め固めたもの | 18 | 15 | 50以下 | {M}, {C} |
| 関東ローム | 締め固めたもの | 14 | 20 | 10以下 | {V} | |
| 自然 地盤 | 礫 | 密実なものまたは粒径幅の広いもの | 20 | 40 | 0 | {G} |
| | | 密実でないものまたは分級されたもの | 18 | 35 | 0 | |
| | 礫まじり砂 | 密実なもの | 21 | 40 | 0 | {G} |
| | | 密実でないもの | 19 | 35 | 0 | |
| | 砂 | 密実なものまたは粒径幅の広いもの | 20 | 35 | 0 | {S} |
| | | 密実でないものまたは分級されたもの | 18 | 30 | 0 | |
| | 砂質土 | 密実なもの | 19 | 30 | 30以下 | {SF} |
| | | 密実でないもの | 17 | 25 | 0 | |
| | 粘性土 | 固いもの (指で強く押し多少へこむ) ^(注1) | 18 | 25 | 50以下 | {M}, {C} |
| | | やや軟らかいもの (指の中程度の力で貫入) ^(注1) | 17 | 20 | 30以下 | |
| | | 軟らかいもの (指が容易に貫入) ^(注1) | 16 | 15 | 15以下 | |
| | 粘土およびシルト | 固いもの (指で強く押し多少へこむ) ^(注1) | 17 | 20 | 50以下 | {M}, {C} |
| | | やや軟らかいもの (指の中程度の力で貫入) ^(注1) | 16 | 15 | 30以下 | |
| 関東ローム | 軟らかいもの (指が容易に貫入) ^(注1) | 14 | 10 | 15以下 | | |
| | | 14 | 5(ϕ) | 30以下 | {V} | |

道路土工 盛土工指針 P101

表 4.1.4 盛土材土質定数

| | 単位体積重量 γ | せん断抵抗角 ϕ | 粘着力 c |
|-----|---------------------|---------------|---------------------|
| 礫質土 | 20kN/m ³ | 40° | 0kN/m ² |
| 砂質土 | 19kN/m ³ | 25° | 5kN/m ² |
| 粘性土 | 18kN/m ³ | 15° | 10kN/m ² |

注) ここでは粘着力は一般的な値を用いたが、各種試験等により現地の土質の値を求めることが望ましい。

②盛土形状

盛土形状としては、盛土高 5m 以下は小段なし、盛土高 5m を超える場合は幅 1m の小段を適用するものとする。のり面勾配としては、1:1.0、1.2、1.5、1.8、2.0 の 5 ケースを適用するものとする。

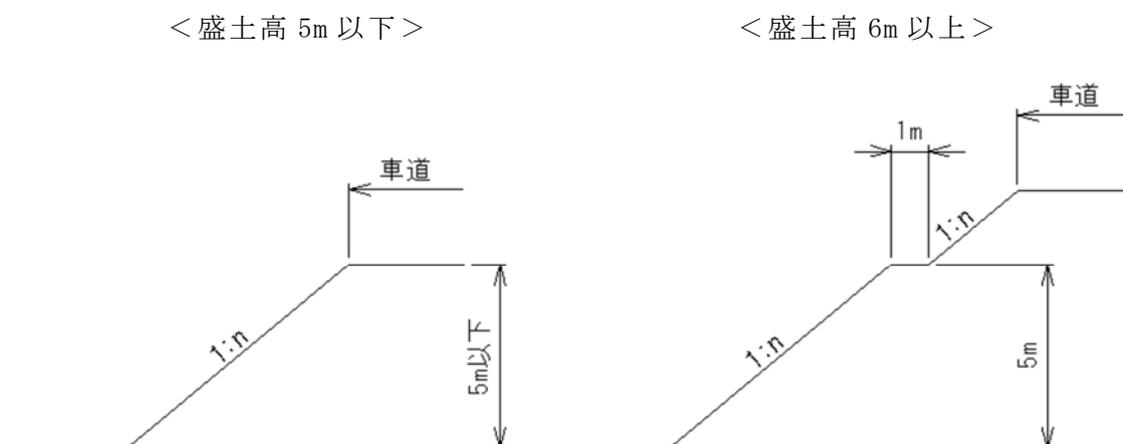


図 4.1.1 盛土モデル形状

表 4.1.5 盛土形状

| 項目 | 条件 | 備考 |
|-----|-----------------------|-------|
| 盛土高 | 1~20m 1mピッチ | |
| 勾配 | 1:1.0、1.2、1.5、1.8、2.0 | 5 ケース |
| 小段 | 5mを超える場合に幅 1m | |

③地下水位条件

地下水位としては、水位なし、水位＝地表面の 2 ケースについて検討を行う。

表 4.1.6 地下水位条件

| 項目 | 条件 | 備考 |
|------|-------------|-------|
| 地下水位 | 水位なし、水位＝地表面 | 2 ケース |

④安定解析式

安定解析式としては、「林道必携」P88 に示されている以下の式を用い、「最小安全率円弧すべり」により安全率を算出するものとする。また、安定性の評価基準とする安全率は、 $F_s=1.20$ 以上を安定とする。

$$F_s = \frac{\Sigma \{ C' \cdot l + (W \cdot \cos\theta - u \cdot l) \tan\phi' \}}{\Sigma W \cdot \sin\theta}$$

F_s : 安全率
 C' : 粘着力 (kN/m^2)
 ϕ' : 内部摩擦角 ($^\circ$)
 u : すべり面に作用する間隙水圧 (kN/m^2)

4.2 盛土安定条件の検討結果

(1) 解析結果 (水位なし)

① 礫質土

礫質土における安定解析結果を以下に示す。

表 4.2.1 礫質土－水位なしケース 安全率

| 盛土高さ | 勾配 | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1:1.0 | 1:1.2 | 1:1.5 | 1:1.8 | 1:2.0 |
| 1.0m | 1.136 | 1.307 | 1.589 | 1.877 | 2.108 |
| 2.0m | 0.955 | 1.130 | 1.373 | 1.612 | 1.795 |
| 3.0m | — | 1.057 | 1.286 | 1.514 | 1.681 |
| 4.0m | — | 1.015 | 1.262 | 1.512 | 1.682 |
| 5.0m | — | 1.009 | 1.262 | 1.512 | 1.682 |
| 6.0m | — | 1.009 | 1.262 | 1.512 | 1.682 |
| 7.0m | — | 1.009 | 1.262 | 1.512 | 1.682 |
| 8.0m | — | 1.009 | 1.262 | 1.512 | 1.682 |
| 9.0m | — | 1.009 | 1.262 | 1.512 | 1.682 |
| 10.0m | — | 1.009 | 1.262 | 1.512 | 1.682 |
| 11.0m | — | — | 1.262 | 1.512 | 1.682 |
| 12.0m | — | — | 1.262 | 1.512 | 1.682 |
| 13.0m | — | — | 1.262 | 1.512 | 1.682 |
| 14.0m | — | — | 1.262 | 1.512 | 1.682 |
| 15.0m | — | — | 1.262 | 1.512 | 1.682 |
| 16.0m | — | — | 1.262 | 1.512 | 1.682 |
| 17.0m | — | — | 1.262 | 1.512 | 1.682 |
| 18.0m | — | — | 1.262 | 1.512 | 1.682 |
| 19.0m | — | — | 1.262 | 1.512 | 1.682 |
| 20.0m | — | — | 1.262 | 1.512 | 1.682 |

解析結果より、1:1.5～1:2.0においては、一定の高さから安全率が同値となる。これは、円弧すべり形状が単一のり面内となるためである。

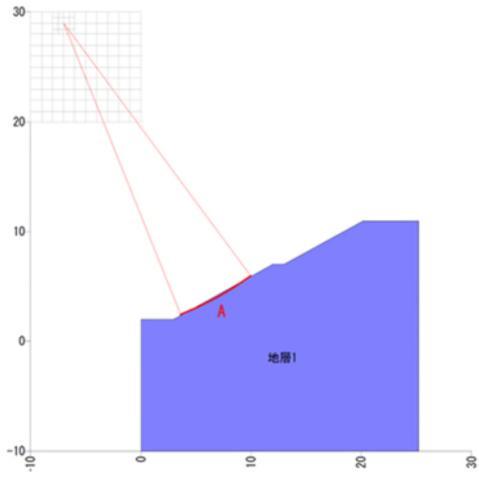


图 4.2.1 1:1.8 H=10m ($F_s=1.512$)

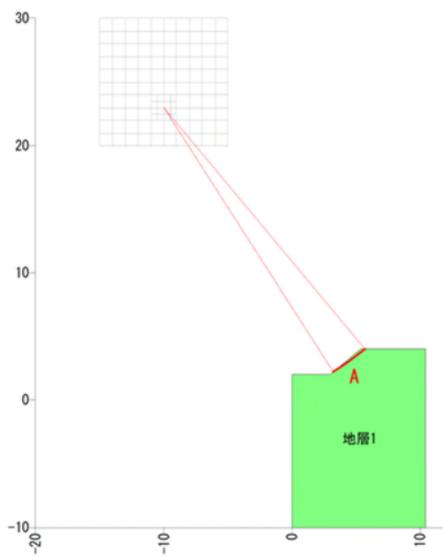


图 4.2.2 1:1.2 H=2.0m ($F_s=1.130$)

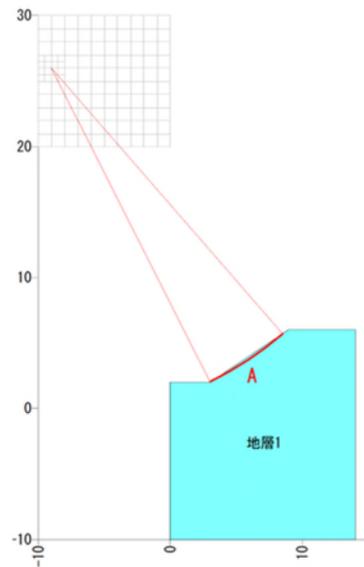


图 4.2.3 1:1.5 H=4.0 ($F_s=1.262$)

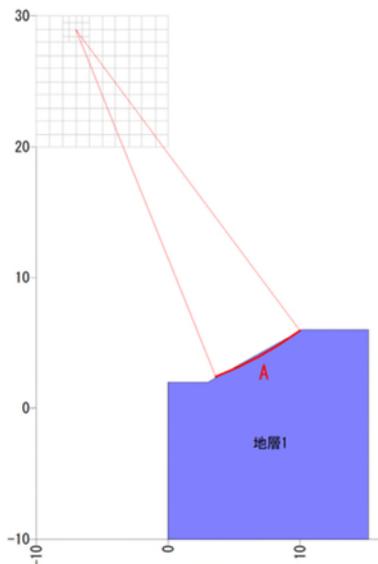


图 4.2.4 1:1.8 H=4.0m ($F_s=1.512$)

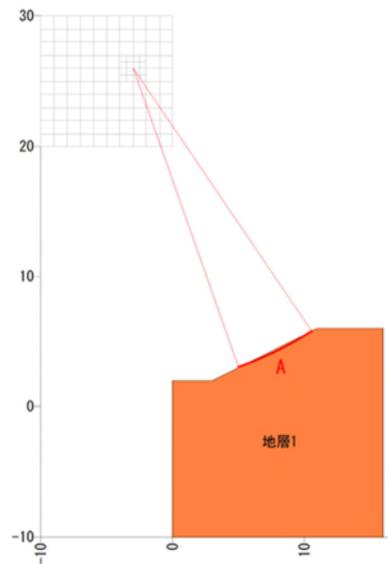


图 4.2.5 1:2.0 H=4.0 ($F_s=1.682$)

②砂質土

砂質土における安定解析結果を以下に示す。

表 4.2.1 砂質土－水位なしケース 安全率

| 盛土高さ | 勾配 | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1:1.0 | 1:1.2 | 1:1.5 | 1:1.8 | 1:2.0 |
| 1.0m | 3.434 | 3.835 | 4.518 | 4.949 | 5.503 |
| 2.0m | 2.097 | 2.217 | 1.929 | 2.105 | 2.226 |
| 3.0m | 1.315 | 1.760 | 1.587 | 1.993 | 1.866 |
| 4.0m | 1.138 | 1.445 | 1.409 | 1.566 | 1.677 |
| 5.0m | 1.032 | 1.139 | 1.298 | 1.455 | 1.560 |
| 6.0m | 1.036 | 1.137 | 1.295 | 1.449 | 1.555 |
| 7.0m | — | 1.124 | 1.252 | 1.417 | 1.510 |
| 8.0m | — | 1.096 | 1.206 | 1.361 | 1.462 |
| 9.0m | — | 1.071 | 1.165 | 1.317 | 1.419 |
| 10.0m | — | 1.041 | 1.128 | 1.279 | 1.380 |
| 11.0m | — | — | — | 1.270 | 1.371 |
| 12.0m | — | — | — | 1.254 | 1.354 |
| 13.0m | — | — | — | 1.236 | 1.335 |
| 14.0m | — | — | — | 1.217 | 1.316 |
| 15.0m | — | — | — | 1.198 | 1.298 |
| 16.0m | — | — | — | 1.193 | 1.292 |
| 17.0m | — | — | — | — | 1.283 |
| 18.0m | — | — | — | — | 1.272 |
| 19.0m | — | — | — | — | 1.261 |
| 20.0m | — | — | — | — | 1.250 |

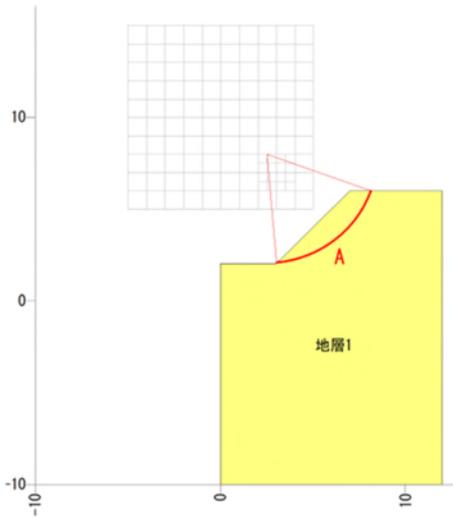


图 4.2.6 1:1.0 H=4.0 ($F_s=1.138$)

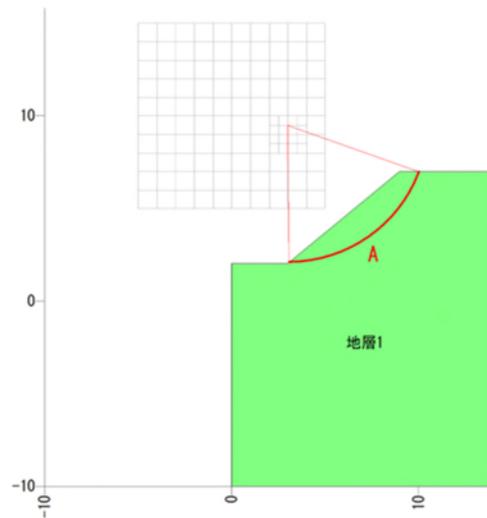


图 4.2.7 1:1.2 H=5.0 ($F_s=1.139$)

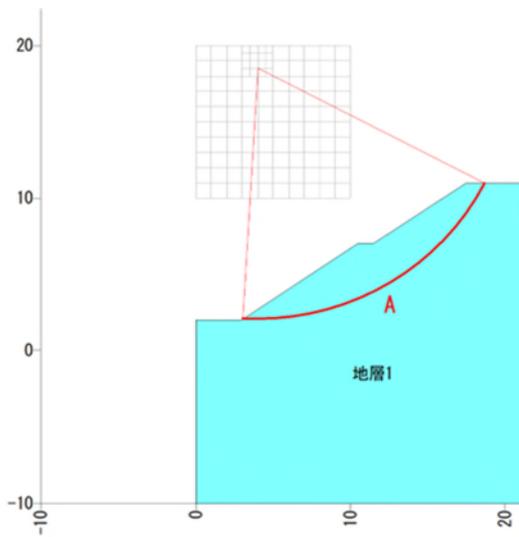


图 4.2.8 1:1.5 H=9.0 ($F_s=1.165$)

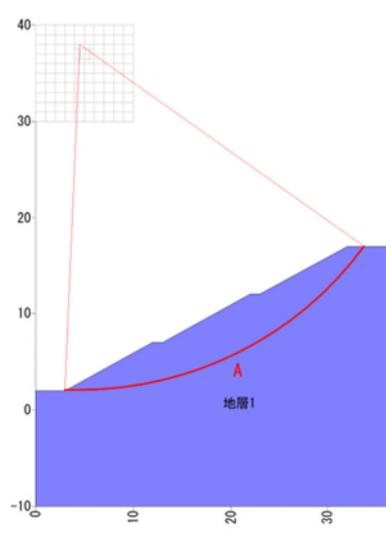


图 4.2.9 1:1.8 H=15.0 ($F_s=1.198$)

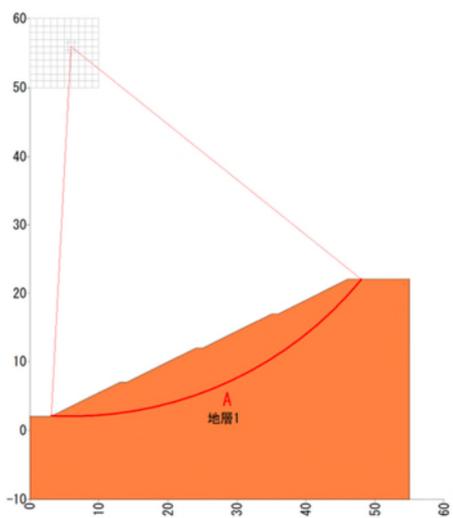


图 4.2.10 1:2.0 H=20.0 ($F_s=1.250$)

③粘性土

粘性土における安定解析結果を以下に示す。

表 4.2.3 粘性土－水位なしケース 安全率

| 盛土高さ | 勾配 | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1:1.0 | 1:1.2 | 1:1.5 | 1:1.8 | 1:2.0 |
| 1.0m | 5.782 | 6.364 | 7.158 | 8.760 | 9.067 |
| 2.0m | 3.024 | 3.326 | 2.480 | 2.589 | 2.679 |
| 3.0m | 1.626 | 2.436 | 1.861 | 1.980 | 2.060 |
| 4.0m | 1.343 | 1.421 | 1.546 | 1.659 | 1.733 |
| 5.0m | 1.157 | 1.241 | 1.352 | 1.461 | 1.531 |
| 6.0m | 1.081 | 1.162 | 1.270 | 1.377 | 1.445 |
| 7.0m | | 1.076 | 1.185 | 1.288 | 1.355 |
| 8.0m | | 1.005 | 1.110 | 1.211 | 1.276 |
| 9.0m | | 0.944 | 1.048 | 1.145 | 1.210 |
| 10.0m | | 0.894 | 0.994 | 1.091 | 1.155 |
| 11.0m | | | | | 1.124 |

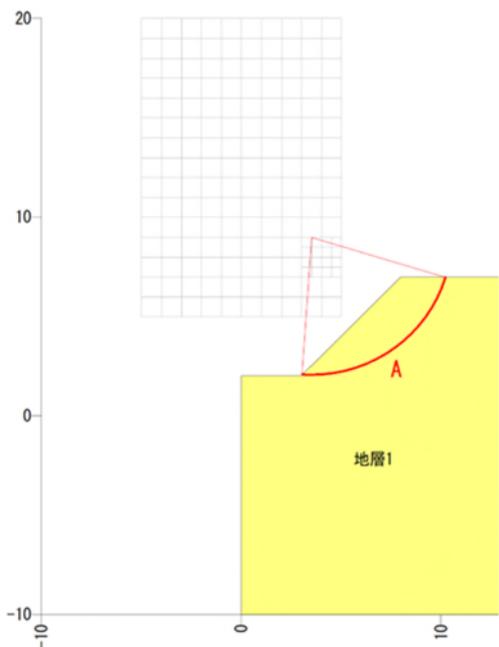


図 4.2.11 1:1.0 H=5.0(Fs=1.157)

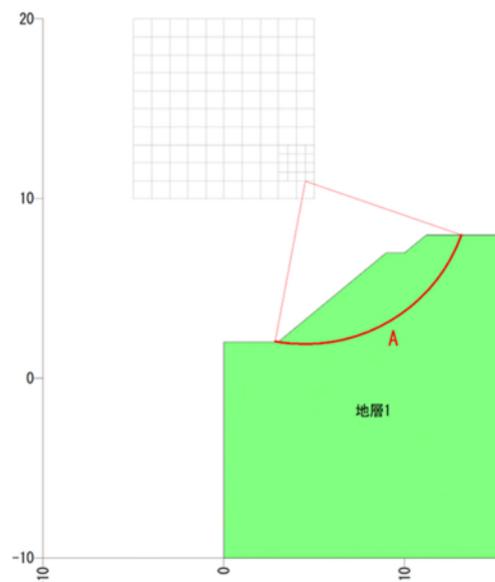


図 4.2.12 1:1.2 H=6.0(Fs=1.162)

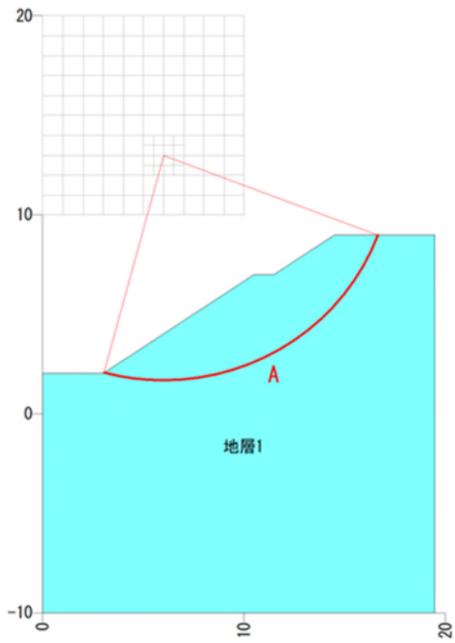


图 4.2.13 1:1.5 H=7.0 ($F_s=1.185$)

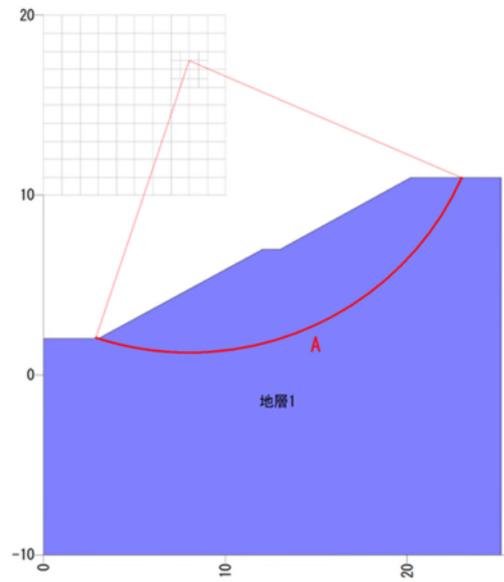


图 4.2.14 1:1.8 H=9.0 ($F_s=1.145$)

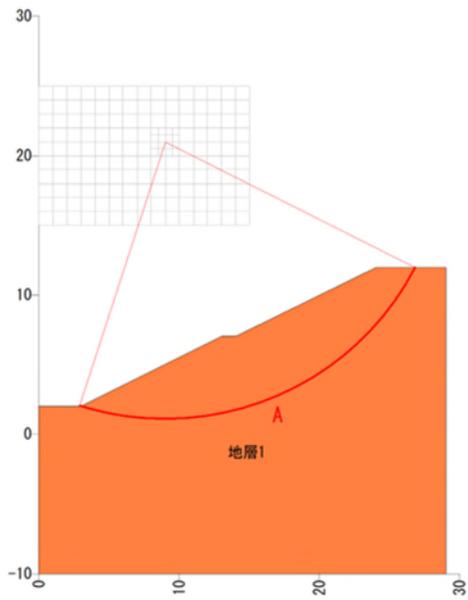


图 4.2.15 1:2.0 H=10.0 ($F_s=1.155$)

④安定高さ

各材料において安定が確保される高さは以下のとおりである。

表 4.2.4 安定確保高さ（水位なし）

| 盛土材料 | 安定確保高 | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1:1.0 | 1:1.2 | 1:1.5 | 1:1.8 | 1:2.0 |
| 礫質土 | — | 1.0m | 20.0m | 20.0m | 20.0m |
| 砂質土 | 3.0m | 4.0m | 8.0m | 14.0m | 20.0m |
| 粘性土 | 4.0m | 5.0m | 6.0m | 8.0m | 9.0m |

(2) 解析結果（水位あり）

地下水位を考慮した場合の安定解析結果を以下に示す。

①礫質土

地下水位がある場合における礫質土の安定解析結果を以下に示す。

表 4.2.5 礫質土－水位ありケース 安全率

| 盛土高さ | 勾配 | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1:1.0 | 1:1.2 | 1:1.5 | 1:1.8 | 1:2.0 |
| 1.0m | 0.258 | 0.384 | 0.566 | 0.747 | 0.894 |
| 2.0m | 0.111 | 0.251 | 0.431 | 0.586 | 0.703 |
| 3.0m | 0.061 | 0.195 | 0.361 | 0.519 | 0.615 |

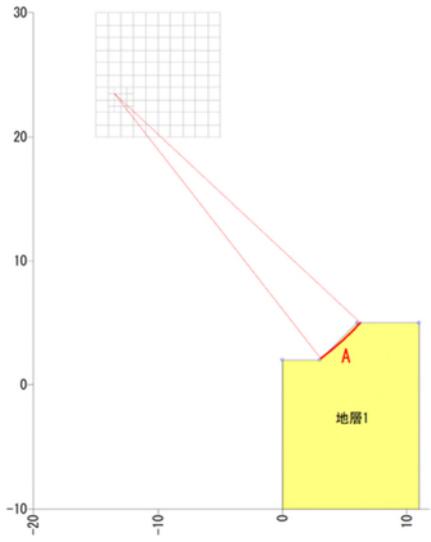


图 4.2.16 1:1.0 H=3.0 ($F_s=0.061$)

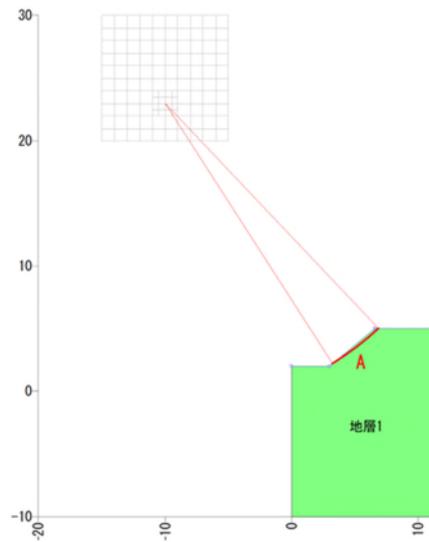


图 4.2.17 1:1.2 H=3.0 ($F_s=0.195$)

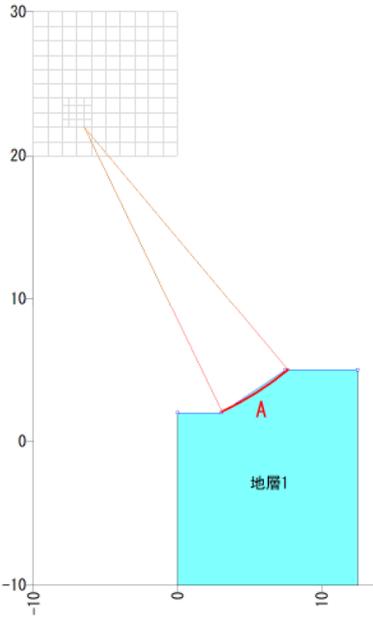


图 4.2.18 1:1.5 H=3.0 ($F_s=0.361$)

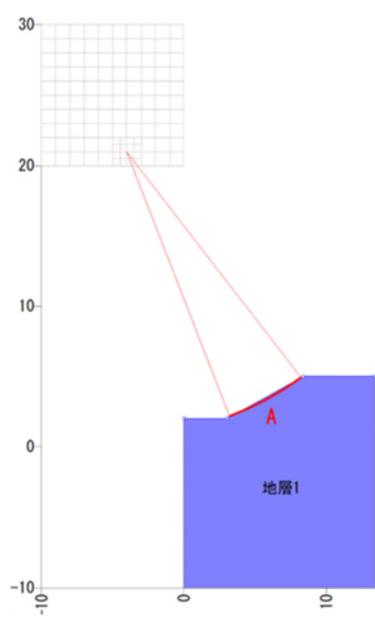


图 4.2.19 1:1.8 H=3.0 ($F_s=0.519$)

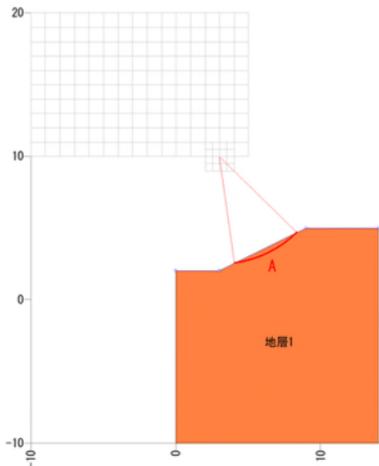


图 4.2.20 1:2.0 H=3.0 ($F_s=0.615$)

②砂質土

地下水位がある場合における砂質土の安定解析結果を以下に示す。

表 4.2.6 砂質土－水位ありケース 安全率

| 盛土高さ | 勾配 | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1:1.0 | 1:1.2 | 1:1.5 | 1:1.8 | 1:2.0 |
| 1.0m | 2.741 | 3.157 | 3.754 | 4.057 | 4.567 |
| 2.0m | 1.455 | 1.722 | 1.826 | 1.315 | 1.373 |
| 3.0m | 0.769 | 0.840 | 0.936 | 1.011 | 1.069 |
| 4.0m | 0.625 | 0.687 | 0.767 | 0.860 | 0.910 |

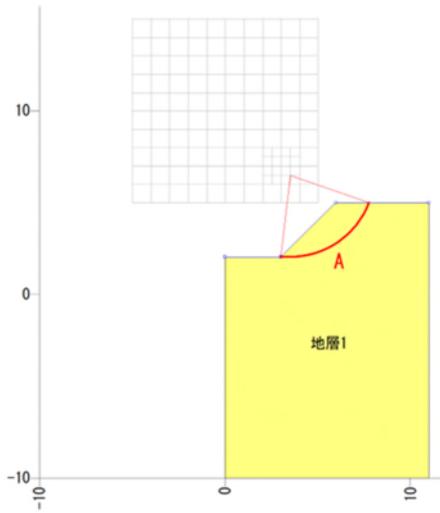


图 4.2.21 1:1.0 H=3.0 ($F_s=0.769$)

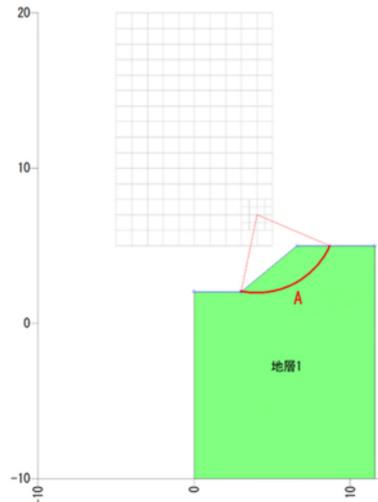


图 4.2.22 1:1.2 H=3.0 ($F_s=0.840$)

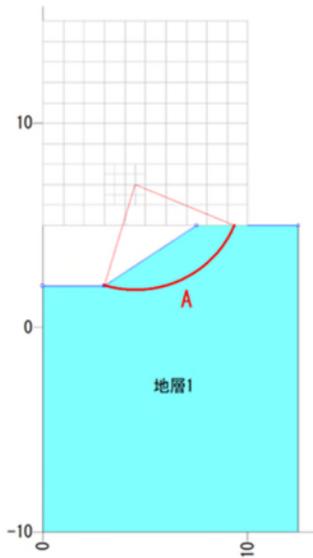


图 4.2.23 1:1.5 H=3.0 ($F_s=0.936$)

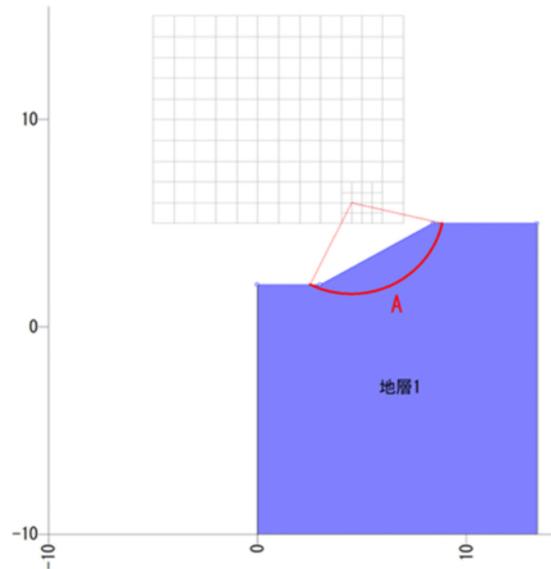


图 4.2.24 1:1.8 H=3.0 ($F_s=1.011$)

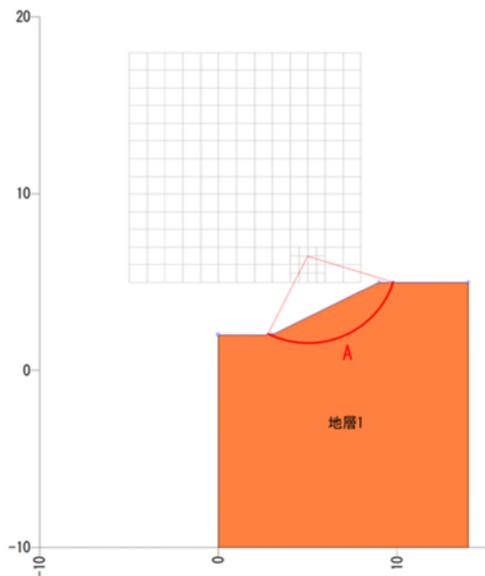


图 4.2.25 1:2.0 H=3.0 ($F_s=1.069$)

③粘性土

地下水位がある場合における粘性土の安定解析結果を以下に示す。

表 4.2.7 粘性土－水位ありケース 安全率

| 盛土高さ | 勾配 | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1:1.0 | 1:1.2 | 1:1.5 | 1:1.8 | 1:2.0 |
| 1.0m | 5.357 | 6.024 | 6.609 | 7.992 | 7.765 |
| 2.0m | 2.644 | 2.983 | 3.430 | 4.027 | 4.369 |
| 3.0m | 1.245 | 1.306 | 1.364 | 1.420 | 1.449 |
| 4.0m | 0.969 | 1.025 | 1.085 | 1.135 | 1.165 |
| 5.0m | 0.805 | 0.851 | 0.914 | 0.963 | 0.992 |

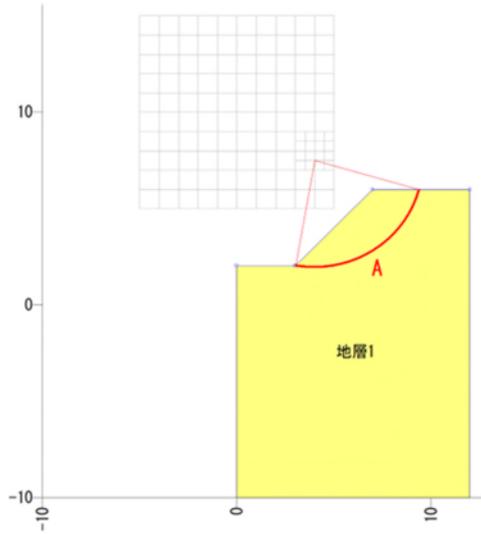


图 4.2.26 1:1.0 H=4.0($F_s=0.969$)

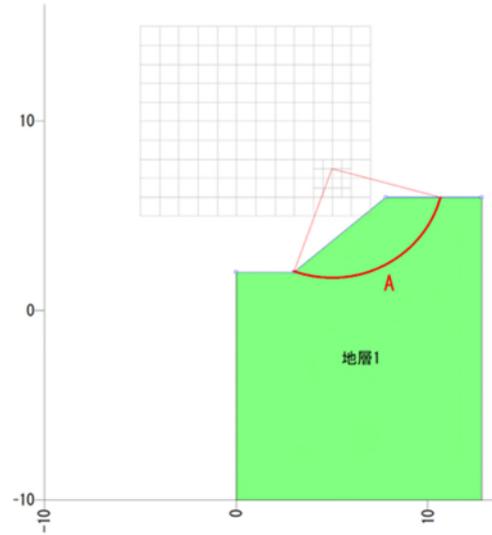


图 4.2.27 1:1.2 H=4.0($F_s=1.025$)

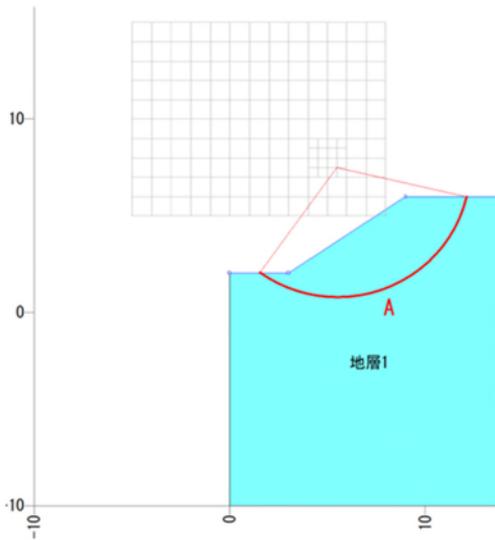


图 4.2.28 1:1.5 H=4.0($F_s=1.085$)

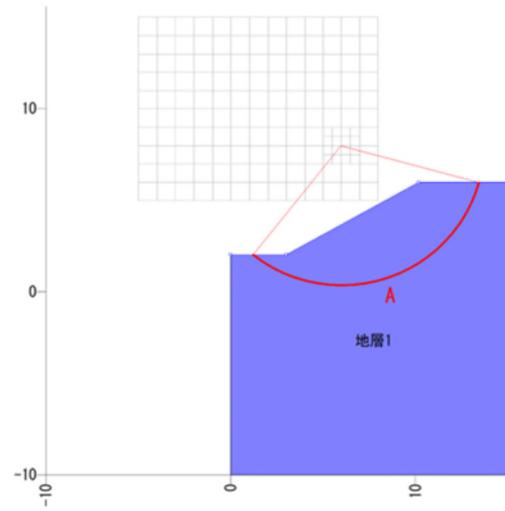


图 4.2.29 1:1.8 H=4.0($F_s=1.135$)

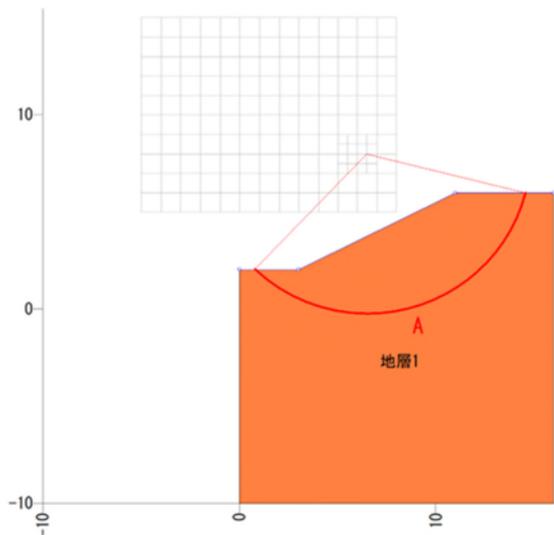


图 4.2.30 1:2.0 H=4.0 ($F_s=1.165$)

④安定高さ

地下水位がある場合における各材料の安定が確保される高さは以下のとおりである。

表 4.2.8 安定確保高さ（水位有り）

| 盛土材料 | 安定確保高 | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 1:1.0 | 1:1.2 | 1:1.5 | 1:1.8 | 1:2.0 |
| 礫質土 | — | — | — | — | — |
| 砂質土 | 2.0m | 2.0m | 2.0m | 2.0m | 2.0m |
| 粘性土 | 3.0m | 3.0m | 3.0m | 3.0m | 3.0m |

(3) 解析結果からの考察

地下水位を考慮した場合の安定解析結果を以下に示す。

①地下水位の無い場合

- ・土質定数については、一般値を適用しており、現場毎に異なることから、算出された安全率は、絶対値として取り扱わず、安定度の傾向を判断するものとして取り扱う必要がある
- ・土質定数としては、砂質土（ $\phi=25^\circ$ 、 $c=5\text{kN/m}^2$ ）が一般土に近い値と考える
- ・礫質土の場合、想定円弧すべり深が浅いため、のり面緑化工による表層崩壊緩和等の対策が有効と考えられる
- ・算出された安全率は、絶対値でないことから、安全率的に安定度が確保されている場合においても、10m を超える高盛土等については、ジオテキスタイルによる補強を併用するなど制約条件などが必要である

②地下水位の有る場合

- ・いずれの条件でも安定度は低く、排水対策による地下水位低下が必要と考える
- ・砂質土、粘性土については、深いすべりが想定されるため、盛土材全体への排水対策が必要と考える

【参考】他基準における盛土標準勾配

①設計要領 第一集 土工：NEXCO P3-13

表3-3 盛土材料および盛土高に対する標準のり面勾配

| 盛土材料 | 盛土高(m) ^{注1)} | のり面勾配 |
|----------------------------------|-----------------------|-------|
| 粒径幅の広い砂 礫および礫混じり砂 | 0~6 | 1:1.5 |
| | 6~15 | 1:1.8 |
| 分級された砂 | 0~10 | 1:1.8 |
| 岩塊・ずり | 0~10 | 1:1.5 |
| | 10~20 | 1:1.8 |
| 砂質土・硬い粘質土・硬い粘土 (洪積層の粘性土, 粘土等) | 0~6 | 1:1.5 |
| | 6~10 | 1:1.8 |
| 軟らかい粘質土(関東ローム等) | 0~6 | 1:1.8 |

注1) 盛土高とは、路肩からのり尻までの直高をいう

②宅地防災マニュアルの解説：宅地防災研究会編集 P141

表-① 盛土材料及び盛土高に対する標準のり勾配の目安

| 盛土材料 | 盛土高(m) | 勾配 | 適用 |
|---|--------|-------------|---|
| 粒度の良い砂(S)、 礫及び細粒分混じり礫(G) | 5m以下 | 1:1.5~1:1.8 | 基礎地盤の支持力が十分あり、浸水の影響のない盛土に適用する。 ()の統一分類は代表的なものを参考に示す。 本表の範囲外の場合は、安定計算を行う。 |
| | 5~15m | 1:1.8~1:2.0 | |
| 粒度の悪い砂(SG) | 10m以下 | 1:1.8~1:2.0 | |
| 岩塊(ずりを含む) | 10m以下 | 1:1.5~1:1.8 | |
| | 10~20m | 1:1.8~1:2.0 | |
| 砂質土(SF)、硬い粘質土、硬い粘土(洪積層の硬い粘質土、粘土、関東ローム層など) | 5m以下 | 1:1.5~1:1.8 | |
| | 5~10m | 1:1.8~1:2.0 | |
| 火山灰質粘性土(V) | 5m以下 | 1:1.8~1:2.0 | |

③鉄道構造物等設計基準・同解説 土構造物：丸善株式会社 P39、76

(2) 盛土のり面勾配は、表3.1.1に示すものを標準とする。ただし、のり面勾配の変化する位置が支持地盤より3m以下となる場合は、これより上のり面勾配と同じ勾配とすることができる。また、ジオテキスタイルなどの補強材で盛土を補強した場合は、この限りでない。

表 3.1.1 性能ランクと盛土の標準のり面勾配

| 施工基面からのり高(m) | 性能ランクI | 性能ランクII | 性能ランクIII |
|--------------|--------|-------------|----------|
| 9m未満 | 1:1.8 | 1:1.5~1:1.8 | 1:1.5 |
| 9m以上15m未満 | 1:2.0 | 1:1.8~1:2.0 | 1:1.8 |
| 15m以上 | 1:2.3 | 1:2.0~1:2.3 | 1:2.0 |

2.5.2 土構造物の性能ランク

土構造物の全体系に対する要求性能の水準を区分する際には、次に示す性能ランクを用いるものとする。

性能ランクI：常時においては小さな変形であり、極めて稀な偶発作用に対しても過大な変形が生じない程度の性能を有する土構造物。

性能ランクII：常時においては通常の保守で対応出来る程度の変形は生じるが、極めて稀な偶発作用に対しても壊滅的な破壊には至らない程度の性能を有する土構造物。

性能ランクIII：常時においての変形は許容するが、比較的しばしば生じる作用に対しては破壊しない程度の性能を有する土構造物。

5. 林道構造物の安定性及び防災効果についての提案

5.1 分析結果を踏まえた投資効果を高めるための提案

林道の被災発生規模を高める要因の分析、構造物等の投資効果、盛土安定条件等の検討結果から、投資効果及び防災対策を高めるための林道構造や構造物等を、①開設計画時、②維持管理時、③被災復旧計画時に分けてまとめる。

① 開設計画時

林道施設災害復旧事業では、原形復旧あるいは従前施設の効用を復旧することが基本となる。このため、被災リスクを考慮した適正な構造物等の設置が開設時にされない場合、被災と復旧を繰り返す可能性があり、開設と維持管理を含めた林道事業のトータルコストが膨大となる。これらトータルコストを抑制するため、開設時には表 2.4.1 や表 3.4.1 を踏まえ、下記の考えに基づき投資効果の高い施設等を計画・設置することが望ましい。

- ・林道の路線計画時には、表 2.4.1 の中で地形・地質等の自然的要因のリスクが高い範囲はできるだけ避ける。そのため「CS 立体図や空中写真等の判読による脆弱な地形・荒廃地の判読」「現地踏査による地形・地質リスクの把握」を行い、林道のルートを検討する。
- ・林道の構造（縦断勾配や法面勾配・高さなど）について、被災リスクをできるだけ低減した設計とする。
- ・ルート選定や路体構造において高被災リスクが避けられない場合は、安定化のための構造物等の設置費用と、被災時修繕コストや維持管理コスト等を比較検討の上、適切な構造物等を採用するなど、強靱な構造をもった林道を作設する。
- ・路面洗掘または路肩決壊を最小限に抑えるためには、豪雨等にもならない路面を流下する水の影響を最小限とすることが重要で、横断排水施設等の比較的経済性の良い施設を適切に設置することが有効と考えられる。
- ・盛土については、安全率的に安定度が確保されている場合においても、のり面緑化工による表層崩壊緩和等の対策や、10m を超える高盛土等ではジオテキスタイルによる補強を併用するなどが必要。また、地下水位がある場合は、いずれの条件でも安定度は低いため、排水対策による地下水位低下が必要である。
- ・上記のような強靱な林道を作設するためには、路線選定・設計段階での調査・計画費用や、構造物の設置工事費用といった初期投資は必要となるが、被災リスク低減により中長期間でのコストの削減が期待でき、林道事業のトータルコストの低減につながるものと考えられる。

また、林道の計画等における費用対効果分析では、家屋等の保全対象へ被害を想定していない。近年の災害が激甚化・頻発化する中では、林道災害を起因とする保全対象への被害も懸念される。さらに、不特定多数が利用する林道では、被災による一般車両の通行障害等によって一般交通便益・アクセス時間短縮等便益等の経済損失も発生する。これらのように、林道計画地周辺の社会的条件等で被害規模が大きくなると想定される場合、林道規程に準じた計画設計としつつも災害発生防止や被災規模軽減に寄与する構造物を積極的に配置するといったことも考慮すべきである。

②維持管理時

今回の現地調査でも確認されたが、維持管理によって排水施設の機能が発揮された場合、災害の防止や軽減ができたと考えられる例は少なくない。林道被災は雨水によるものが大部分を占めることから、下記のような水処理対策を念頭においた維持管理に取り組むことで災害の予防につながるものと考えられる。

- ・横断排水溝設置後4年目以降は地質に関わらず平均閉塞率は100%近くなる傾向があるとの報告もあることから、排水施設は閉塞することを前提に維持管理を定期的に行う。
- ・維持管理や巡回パトロールを降雨中や降雨後に行うことで、排水対策の不適切な箇所や、湧水箇所、表流水が集中する箇所などの災害が予測される箇所の把握に努め、必要な対策を講じる。

なお、維持管理費は年間213～341円/m（実施路線延長に対する平均値、令和4年度調査事業による自治体アンケートの集計結果、令和4年度調査事業報告書p.43より）であり、継続的に発生する費用ではあるが、被災時の復旧費用1,248～26,031円/m（表5.1.1参照、路線延長に対する中央値、令和4年度調査事業による収集した災害査定資料の集計）に対する投資効果は高いといえる。

表 5.1.1 林道規格ごとの路線延長1m当たり復旧事業費の平均値、中央値

| 等級 | データ数 | 路線延長m当たりの復旧事業費(円) | |
|-----|------|-------------------|--------|
| | | 平均値 | 中央値 |
| 1級 | 98 | 3,090 | 1,333 |
| 2級 | 126 | 11,794 | 3,778 |
| 3級 | 13 | 31,595 | 26,031 |
| 軽車道 | 5 | 4,921 | 1,248 |

③被災復旧計画時

被災復旧においては、当初の林道構造や構造物の脆弱性を把握した上で、被災を繰り返さないために、下記のような中長期的な視点での投資効果を考慮した構造物等の計画・設置が望ましい。

- ・法面崩壊や地すべりなどは被災箇所の事前予想が難しい場合がある。一方、被災箇所は原形復旧では再崩壊や拡大崩壊が想定されるため、災害関連事業や周辺の林道改良事業も併せて検討する。
- ・溪流横断箇所の被災原因や元構造は様々な条件があるが、路線の重要度、溪流の荒廃状況、被災履歴などを考慮した上で、復旧工法を選択する。

5.2 今後の課題

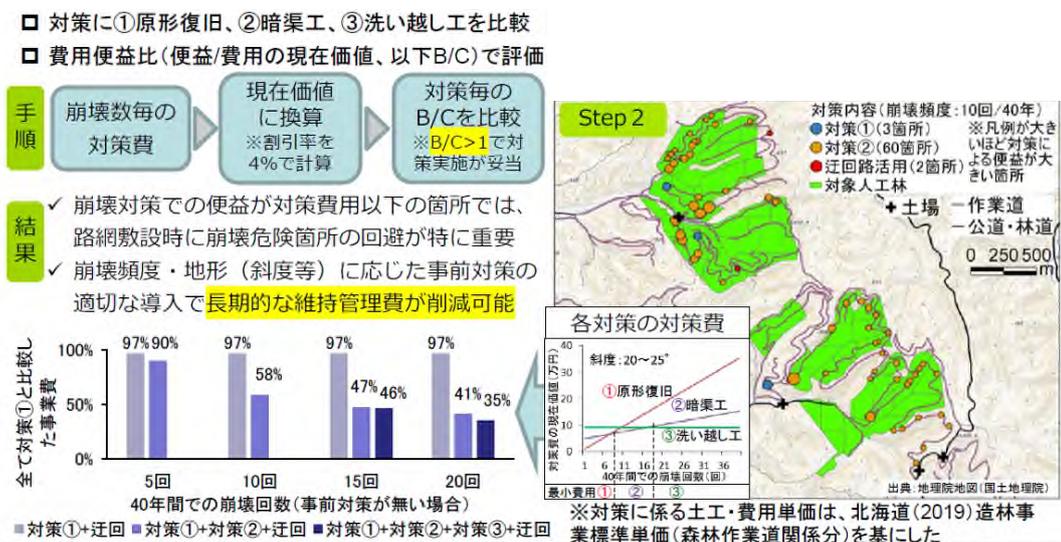
今回の調査分析結果及び検討会の意見を踏まえ、林道災害リスクや対策工の投資効果について、分析の方向性や課題を整理した。

①保全対象や通行障害等の経済損失も考慮した施設等投資効果の検討

先に提案したように、保全対象や通行障害等の経済損失も考慮した場合には、施設の投資効果は高くなることが予想される。令和4年度調査事業及び今回の収集資料では保全対象等の被災事例はなかったが、そのような事例の収集・分析や保全対象に近接する林道や一般車両通行が多い林道などで、経済損失の評価による施設等投資効果の算定を試みる。

②集材等の利用頻度や土場等の位置を考慮した施設等投資効果の検討

林道被災は林道の主目的である集材等への影響を及ぼす。その損失を考慮するため、モデル林道において利用頻度や土場等の重要地を複数ケース設定することにより、下図のような施設等投資効果の算定を試みる。



引用:森林路網における最も経済的な崩壊対策はどれ?~費用便益分析による崩壊対策の最適化~(津田高明ほか, 令和2年北海道森づくり研究成果発表会要旨集)

6. 検討委員会の運営

6.1 検討委員会の開催状況

本調査の検討内容について有識者の意見を聴取するため、検討委員会を開催した。検討委員会の委員を表 6.1.1 に、開催状況を表 6.1.2 に示した。

表 6.1.1 検討会委員

| 氏名 | 所属 | 役職 | 備考 |
|-------|--|-------------|-------------|
| 大丸 裕武 | 石川県立大学 生物資源環境学部 環境科学科 流域環境学研究室 | 教授 | 委員 |
| 鈴木 秀典 | 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 林業工学研究領域 森林路網研究室 | 室長 | 委員 |
| 臼田 寿生 | 岐阜県森林研究所 森林資源部 | 主任専門 研究員 | 委員 |
| 宗岡 寛子 | 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 林業工学研究領域 森林路網研究室 | 主任 研究員 | オブザーバ 委員 |

表 6.1.2 開催状況

| 開催日時 | 内容 |
|---------------------------------|--|
| 令和 5 年 10 月 18 日 13:30~15:30 | 林道構造物の安定性及び防災効果に係る調査検討委員会 第 1 回検討委員会 会場：つくば研究支援センター 研修室 C 対面・web 併用 |
| 令和 6 年 1 月 26 日 10:00~11:30 | 林道構造物の安定性及び防災効果に係る調査検討委員会 第 2 回検討委員会 会場：農林水産省林野庁入札室 対面・web 併用 |



写真 6. 1. 1 第 1 回検討委員会開催状況

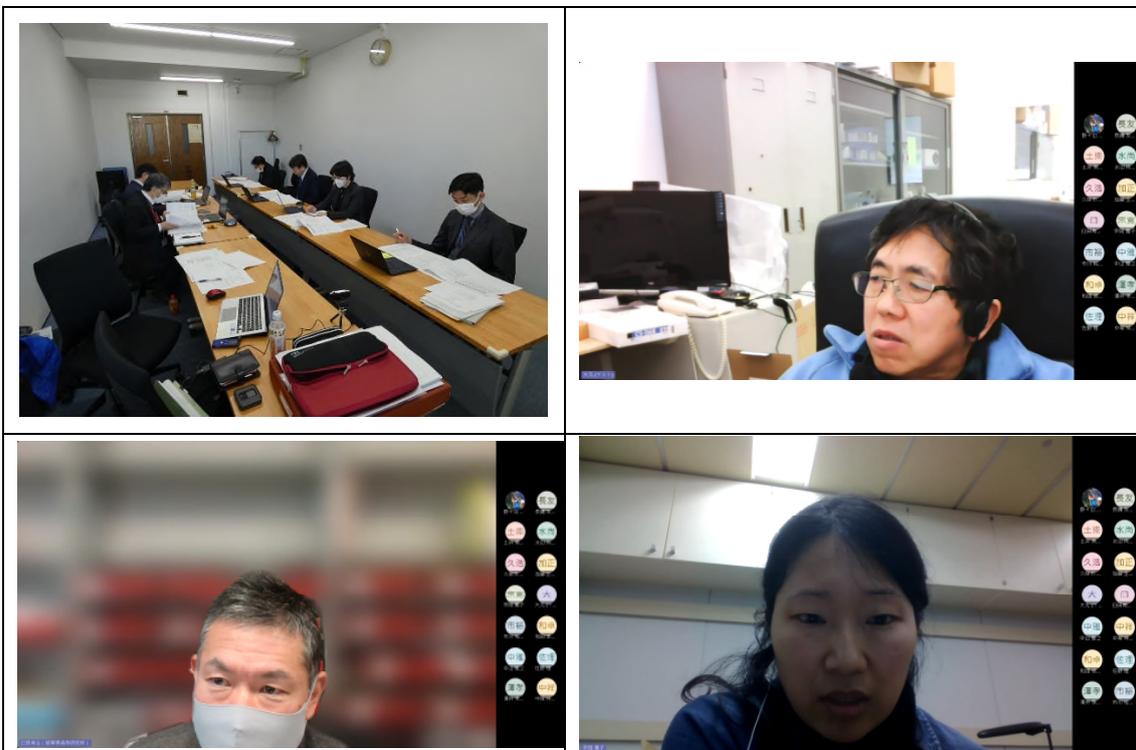


写真 6. 1. 2 第 2 回検討委員会開催状況

6.2 検討委員会の議事概要

各検討委員会の議事概要について以下に示した。

(1) 第1回検討委員会

1) 開催日時等

日時：令和5年10月18日（水）13：30～15：30

場所：つくば研究支援センター 研修室C

参加者：大丸委員、鈴木委員、臼田委員(web)、宗岡オブザーバ

2) 議事

- ① 検討委員会の設立趣旨・検討方針
- ② 林道の被災リスクと構造物の投資効果についての分析方針
- ③ 林道災害の実態調査（資料調査）
- ④ 林道災害の実態調査（現地調査）
- ⑤ 林道の盛土安定条件等の確認

3) 質疑応答

議事の中で、以下のようなご意見・要望がありました。

【投資効果に保全対象を組み込むことについて】

- ・ 暴露として下流の保全対象を入れている点について、視点としては重要であるが、林道の被災リスクとは別に扱うべきではないか。保全対象を考慮すると、流域全体、コミュニティ全体というスケールでないと、取り込むことは難しいのではないかと。組み込むのであれば、しっかりしたロジックを入れないといけない。ただ、今回の検討で入れることはできなくても言及はしていかないといいけない。（大丸委員）
- ・ 林道災害による下流の保全対象への影響は大きい場合がある。集落に近い部分は費用が掛かっても施設を入れるべきという方針が必要だと思う。（臼田委員）
- ・ 人家等の保全対象への影響を想定する場合は、2キロ以内はアウトといった単純なものではなく、見通し角とか、ある程度のメカニズムを持ったイメージを提示した方がよい。（大丸委員）

【被災リスク・投資効果の評価手法について】

- ・ 復旧費用の検討には利用区域も考慮できないか。林道の復旧により木材生産や森林管理に貢献する点、そのあたりも評価できるといいと思う。（臼田委員）
- ・ 岐阜県内の災害では、傾斜が急な地区ほど被害額が大きいという傾向が出ている。傾斜の観点での分析も検討してほしい。（臼田委員）
- ・ 切土と自然斜面の被災リスクは違うので、評価の仕方は変えた方がいい。通常、切土は地形改変により生じるリスクがあるため、元の地形からどれだけ変えたかのような評価もできるのではないかと。（大丸委員）
- ・ 分析資料によると被災が発生した際の確率雨量に大きな差がある。数年に一度の雨と数百年に一度の雨で崩れた場所のように、誘因の大きさが異なる事例を一緒に扱うのではなく、規模の大小による分けも大事。（大丸委員）
- ・ 復旧費用が大きい箇所は、本来のルート選定自体が問題というのもある。今回の委員会の内容とずれる部分もあるが、本来開設すべきでない条件も明らかにできるとよい。（臼田委員）

【被災の要因・復旧施設について】

- ・路肩の崩壊は、路面水の影響はもちろんあるが、地下水が路肩に染み出して、路肩がゆるんでいるのではないか。路肩の構造等が湧水に対して強度が不十分であったことも要因として考慮すること。(臼田委員)
- ・渡河部分で路体が流れたケースは岐阜県でも見られる。暗渠が詰まるのはなかなか防ぎにくい。下流に保全対象があるような場合は、閉塞した場合を想定して盛土が流出しない対策がいるのでは。そのあたりも提案として入れてほしい。(臼田委員)
- ・3つの事例の投資効果の計算について、比較的簡易な構造物（アスカーブ）で高い投資効果があるというのは良い事例。ただ、行き過ぎると路線全区間でアスカーブ、全てに排水施設となってしまう。路線全体の話にならないように、必要な箇所条件が明確になるような整理をしてほしい。(鈴木委員)

【盛土安定条件の検討について】

- ・地下水位ありの計算条件は、水位＝地表面という非常に厳しいものに設定しているので、結果の解釈には注意したほうがよい。(宗岡オブ)
- ・マサ土や破砕帯などの特殊土による盛土安定条件が明らかになると現場で有用。(大丸委員)

(2) 第 2 回検討委員会

1) 開催日時等

日時：令和 6 年 1 月 26 日（金）10:00～11:30

場所：農林水産省 林野庁入札室及び web 会議

参加者：大丸委員(web)、臼田委員(web)、宗岡オブザーバ(web)

欠席：鈴木委員

2) 議事

- ① 林道の被災リスク並びに構造物等の投資効果の調査・分析方法
- ② 林道の被災リスクについての調査・分析
- ③ 構造物等の投資効果についての調査・分析
- ④ 林道の盛土安定条件等の検討
- ⑤ 林道構造物の安定性及び防災効果について今後の課題・方針

3) 質疑応答

議事の中で、以下のようなご意見・要望がありました。

【議事①～③について】

- ・ 今回の収集分析は被災を受けた箇所を取り上げた検討であり、個々の被災箇所でのコスト評価にとどまる。誤解をまねかないように、路線全体や林道事業全体のコストに言及したものではないことを最初に記載しておいた方がよい。
(大丸委員)
- ・ 林道や構造物の復旧費用を損失として評価しているが、直近下流に保全対象がある場合などにはリスクや損失を検討する必要がある。大きな確率でなくても重要な保全対象が被害を与える可能性がある場合などでは、安全側に配慮という考え方もある。(大丸委員)
- ・ 林道や構造物の復旧事業費を目的変数としており、保全対象への被害を考慮していないため、保全対象の有無との相関性は低くなる。ただし、今回の分析の中では保全対象の被害額の想定や便益効果は難しい。(臼田委員)
- ・ 林道計画や構造検討時に下流の保全対象へ影響が及ぶ可能性があるかを確認し、保全対象に影響が及ぶ可能性がある場合には、被災許容限度や防災対策の必要性を検討することが重要である。(臼田委員)
- ・ 保全対象への影響を考慮することは、構造物の投資効果にも影響する。構造物等の施工の経済性のみでなく、保全対象の被害額を想定すれば、強靱な対策が必要という考えを導けるのではないか。(臼田委員)
- ・ 法面保護工など構造物を検討する際には、できるだけ複数の対策パターンを立案して、イニシャルコストだけでなくトータルコストや保全対象への影響により対策工を選定することが重要である。(臼田委員)
- ・ 被災リスクに利用区域面積や切土盛土高が大きい影響があるという分析結果は妥当である。利用区域面積が大きいと通行不能時の影響も大きくなるため、そのような路線では点検や管理を強化することが重要である。また、切土盛土が高くなるような路線計画はできるだけ避けることも重要。(臼田委員)
- ・ 排水施設等の管理不足による被災が目立つとの考察には同意する。点検や維持管理の強化による予防対策をとることで被災を減らすことが重要。(臼田委員)
- ・ 林道は受益者負担ということで、地元の方がほぼ無償の形で維持している場合がある。そのような場合も考慮して投資効果として評価できるといい。(宗岡オ

ブ)

- ・復旧単価という指標を用いているが、長期間林道を維持管理する中で平均的に毎年どれぐらいのコストが掛かっているかを見る指標であって、今回の目的変数には適さないと思う。(宗岡オブ)

【議事④～⑤について】

- ・盛土の崩壊防止の対策は非常に重要だと思う。「林道技術基準の解説」の改正案には異論ない。(臼田委員)
- ・利用頻度が高い林道では維持コストが安くなるという話もある。利用頻度を継続的に高めるような森林計画による路線と、利用頻度が一時的に集中するような路線での維持コストや被害状況なども評価してはどうか。(大丸委員)