

斜面崩壊による労働災害の
防止対策に関する調査研究会
報 告 書

平成 22 年 3 月

斜面崩壊による労働災害の防止対策に関する調査研究会

独立行政法人 労働安全衛生総合研究所

はじめに

土砂崩壊による労働災害は、主に斜面掘削や溝掘削などの掘削工事において発生しており、年間約20～30件の死亡災害が発生している。これらの土砂崩壊による労働災害は、(1) 溝掘削時の溝崩壊、(2) 斜面の切取り工事中の斜面崩壊による労働災害がほとんどを占めている現状である。溝掘削工事については「土止め先行工法」などの普及により、土砂崩壊による災害が減少する等、一定の効果が表れている。しかし、土砂崩壊のなかでも斜面崩壊による労働災害は目立った減少が見られない状況であり、斜面崩壊による労働災害の防止措置の強化を図る必要がある。

このため、独立行政法人労働安全衛生総合研究所では、平成21年3月から「斜面崩壊による労働災害の防止対策に関する調査研究会」を開催し、有効な斜面崩壊による労働災害防止対策の強化を図るため、斜面崩壊による労働災害の防止措置の現状、斜面崩壊防止工法の普及状況及び問題点等を調査し、実態の分析と同種災害防止対策に関する所要の検討を行ってきた。

本調査研究会においては、これまで4回の調査研究会を開催するとともに、具体的な対策等について検討するため4回のワーキンググループを開催した。本報告書は調査研究会の検討結果等を踏まえ、斜面崩壊による労働災害を防止する対策等を取りまとめたものである。

なお、本調査研究会の運営、報告書の作成にあたり、御協力頂いた日下部座長をはじめ、本調査研究会委員各位並びに竹村WG長をはじめ、ワーキンググループ委員各位の御協力に対し、厚くお礼申し上げます。

平成22年3月

(独)労働安全衛生総合研究所

目次

1. 調査研究会の概要	1
1.1. 調査研究会設置趣旨	1
1.2. 調査研究会等のメンバー	2
1.3. 調査研究会の活動	4
2. 斜面崩壊による労働災害の現状	5
2.1. 斜面崩壊による労働災害の調査・分析	5
2.1.1. 発注機関別による災害発生状況	5
2.1.2. 工事規模別による災害発生状況	6
2.1.3. 工事種別による災害発生状況	8
2.1.4. 崩壊地山に関する分析	9
2.1.5. まとめ	12
2.2. 斜面崩壊による労働災害の崩壊形態・崩壊原因の分類方法について	12
2.2.1. 分類方法	12
2.2.2. 崩壊形態・崩壊原因の傾向について	14
2章の参考文献	16
3. 本調査研究会の検討事項	17
3.1. 本調査研究会の立場	17
3.2. 目的	17
3.2.1. 目的	17
3.2.2. 適用対象	17
4. 斜面下での安全な施工方法	18
4.1. 発注者・設計者・施工者の3者の斜面崩壊の危険性の共有化	18
4.2. 設計・施工段階別点検表(表-4.1)	21
4.3. 日常点検表(表-4.2)	23
4.4. 異常時対応シート(表-4.3)	26
4章の参考文献	27
5. 安全性の検討に際してのハード的対策の概念	28
5.1. ハード的対策の概念	28
5.2. 作業時に作業員が切土部の下部に進入しない又は短時間の進入で済む方法	30
5.2.1. ユニット化した部材の設置で構造物を構築する方法	30
5.2.2. 無人化施工により構造物を構築する方法	30
5.3. 斜面(残斜面と切土部)を補強する方法(変状が生じても避難する時間を確保し崩壊土砂が可能な限り拡散しない方法を含む。)	31
5.3.1. 斜面を補強する方法～地山補強土工法	31
5.3.2. 変形を許容する比較的簡易な方法～簡易のり面工	33
5.3.3. 変形やひずみを感知するセンサー類と組み合わせた方法	36
5章の参考文献	36
6. 今後の課題(責任分担・資格・コスト負担・教育)	37
6.1. 教育の実施等	37
6.2. 発注者の配慮等	37
6.3. 今後の課題	37
資料集 安全性の検討に際してのハード的対策	38

1. 調査研究会の概要

1.1. 調査研究会設置趣旨

独立行政法人労働安全衛生総合研究所に設置した本調査研究会の設置趣旨は以下のとおりである。

「斜面崩壊による労働災害の防止対策に関する調査研究会」設立趣旨

1 趣旨・目的

土砂崩壊による労働災害の防止対策の溝掘削工事については「土止め先行工法」などの普及により、土砂崩壊による災害が減少する等、一定の効果が表れている。しかし、土砂崩壊のなかでも斜面崩壊による死亡災害は目立った減少が見られない状況であり、斜面崩壊による労働災害の防止措置の強化を図る必要がある。このため、独立行政法人労働安全衛生総合研究所において、調査研究会を設置して、斜面崩壊による労働災害の防止措置の現状、斜面崩壊防止工法の普及状況及び問題点等を調査し、実態を分析し、同種災害防止対策に関する所要の検討を行う。

2 検討項目

(1) 斜面崩壊による労働災害防止のための新しい措置について

溝掘削工事の「土止め先行工法」に対応するような工法の導入等、技術進歩等に対応した斜面崩壊防止のための新しい措置について検討する。

(2) 計測施工法・斜面下での作業の見直しなどについて

斜面崩壊による労働災害防止対策を強化するため、技術進歩に対応した計測施工法・斜面下での作業が必要ない施工法等について検討する。

3 調査研究会のスケジュール等

月1～2回程度の頻度で調査研究会を開催し、4～5回程度開催する。

必要に応じて専門部会（以下、ワーキンググループと呼ぶ）を開催することとする。

4 設置期日

平成21年3月24日

5 設置期間

平成21年3月24日から平成22年3月31日まで

1.2. 調査研究会等のメンバー

本調査研究会およびワーキンググループのメンバーは以下のとおり。

調査研究会メンバー等一覧

(順不同、敬称略)

座長	日下部 治	東京工業大学 大学院理工学研究科 土木工学専攻 教授
委員	竹村 次朗	東京工業大学 大学院理工学研究科 土木工学専攻 准教授
	末政 直晃	東京都市大学 大学院工学研究科 都市工学専攻 教授
	藤沢 和範	独立行政法人土木研究所 土砂管理研究グループ 地すべりチーム 上席研究員
	梅田 修史	独立行政法人森林総合研究所 林業工学研究領域 森林路網研究室 室長
	舘山 勝	財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 部長
	菊池 秀二	東日本高速道路株式会社 技術部 技術管理課 課長補佐 (平成 21 年 5 月より)
	加藤 孝夫	東日本高速道路株式会社 技術部 技術管理課 調査役 (平成 21 年 5 月まで)
	川合 康文	東京都 土木技術センター 所長
	扇原 博	横浜市 都市整備局 公共事業調査室 室長
	桧皮 政輝	大成建設株式会社 安全・環境本部 安全部長 (平成 21 年 5 月より)
	前川 邦男	大成建設株式会社 安全・環境本部安全部長 (平成 21 年 4 月まで)
	野中 格	株式会社熊谷組 顧問
	片桐 雅明	株式会社日建設シビル 技術開発部 技術長
	高橋 元	建設業労働災害防止協会 技術管理部 部長
	別木 孝	国土交通省 大臣官房 技術調査課 課長補佐 (平成 21 年 4 月より)
	森田 宏	国土交通省 大臣官房 技術調査課 課長補佐 (平成 21 年 3 月まで)
高 忠敏	農林水産省 林野庁 林政部 経営課 林業労働対策室 課長補佐	
田中 敏章	厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課 建設安全対策室長	
オブザーバー	吉田 哲	厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課 建設安全対策室 主 任技術審査官 (平成 21 年 7 月より)
	本山 謙治	厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課 建設安全対策室 主 任技術審査官 (平成 21 年 6 月まで)
	船井雄一郎	厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課 建設安全対策室 技 術審査官 (平成 21 年 4 月より)
	大村 倫久	厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課 建設安全対策室 技 術審査官 (平成 21 年 3 月まで)
事務局	豊澤 康男	独立行政法人労働安全衛生総合研究所 研究企画調整部 部長
	玉手 聡	独立行政法人労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ 上席 研究員
	高木 元也	独立行政法人労働安全衛生総合研究所 人間工学・リスク管理研究グル ープ 主任研究員
	伊藤 和也	独立行政法人労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ 研究 員

ワーキンググループメンバー等一覧

(順不同、敬称略)

座長	竹村 次朗	東京工業大学 大学院理工学研究科 土木工学専攻 准教授
委員	末政 直晃	東京都市大学 大学院工学研究科 都市工学専攻 教授
	藤沢 和範	独立行政法人土木研究所 土砂管理研究グループ 地すべりチーム 上席研究員
	中島 高志	横浜市 環境創造局 施設整備部 公園緑地整備課 課長補佐
	村上 隆博	財団法人神奈川県都市整備技術センター 県央支所 所長
	高柳 剛	財団法人鉄道総合技術研究所 防災技術研究部 地盤防災研究室 研究員
	緒方 明彦	株式会社熊谷組 土木設計部 土工・開削グループ 部長
	児島 郁男	多摩火薬機工株式会社 代表取締役
	岩佐 直人	日鐵住金建材株式会社 商品開発センター開発企画部
	林 豪人	岡三リビック株式会社 技術部技術企画室 課長代理
	藤井 俊逸	藤井基礎設計事務所 技術部 部長
委員兼 事務局	豊澤 康男	独立行政法人労働安全衛生総合研究所 研究企画調整部 部長
	玉手 聡	独立行政法人労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ 上席 研究員
	高木 元也	独立行政法人労働安全衛生総合研究所 人間工学・リスク管理研究グループ 主任研究員
	伊藤 和也	独立行政法人労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ 研究員
オブザー バー	吉田 哲	厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課 建設安全対策室 主任技術審査官
	船井 雄一郎	厚生労働省 労働基準局 安全衛生部 安全課 建設安全対策室 技術審査官
	高橋 元	建設業労働災害防止協会 技術管理部 部長

1.3. 調査研究会の活動

本調査研究会およびワーキンググループの活動は以下の日時・議題にて実施された。

第1回調査研究会

- 開催日時 平成21年3月24日
議 題 (1) 調査研究会設立趣旨について
(2) 斜面崩壊による労働災害の状況等について
(3) 斜面崩壊による労働災害の防止対策等に関する意見交換

第2回調査研究会

- 開催日時 平成21年5月18日
議 題 (1) 斜面崩壊による労働災害の防止対策に関する話題提供
ア 安全教育・安全管理について
イ 斜面崩壊の前兆現象について
(2) ワーキンググループ(WG)設置およびWG内での検討内容について

第1回ワーキンググループ

- 開催日時 平成21年7月2日
議 題 (1) 斜面崩壊による労働災害防止のための新しい措置等検討ワーキンググループ設置要綱について
(2) 斜面崩壊による労働災害の状況について
(3) 本委員会での議論の方向性およびWGでの検討内容について

第2回ワーキンググループ

- 開催日時 平成21年7月29日
議 題 (1) ソフト対策についての検討
(2) ハード対策についての検討

第3回ワーキンググループ

- 開催日時 平成21年9月1日
議 題 (1) ソフト対策についての検討
(2) ハード対策についての検討

第3回調査研究会

- 開催日時 平成21年9月28日
議 題 (1) ワーキンググループ報告書(案)についての検討

第4回ワーキンググループ

- 開催日時 平成21年10月15日
議 題 (1) 第3回本委員会での経過報告
(2) ワーキンググループ報告書の要点について

第4回調査研究会

- 開催日時 平成21年12月21日
議 題 (1) ワーキンググループ報告書(案)についての検討
(2) 調査委員会報告書について

2. 斜面崩壊による労働災害の現状

2.1. 斜面崩壊による労働災害の調査・分析

本節では、斜面崩壊による労働災害事例の調査分析から、その特徴や問題点を示す。なお、本節の詳細については、文献 ①②に詳しく記載されている。本調査は、建設業における死亡災害事例および重大災害事例から、道路工事・土地造成等により斜面を切取る切土掘削工事中に発生した斜面崩壊を、1989（昭和 64／平成元）年から 2002（平成 14）年の 14 年間について調べたものである。本報では、該当した 180 件の中から、詳細について把握することができた死亡災害 129 件、重大災害 20 件（うち 18 件は死亡災害と重複）の計 131 件について調査・分析を行った。

2.1.1. 発注機関別による災害発生状況

図-2.1 は発注機関別による災害発生件数を示したものである。なお、同図には、工事種類別についても併せて表示している。まず、工事種別について見ると、道路工事中における災害が全体の 7 割近くを占めており道路工事中の事故による災害が多いことが分かる。また、発注機関別について見ると、調査対象とした工事の性格上、国や都道府県・市町村が発注した、いわゆる公共工事が災害件数の大部分を占めていることが分かる。特に、地方公共団体（都道府県、市町村）が発注した工事による災害が、全体の約 8 割を占めており、災害が多く発生している。なお、公共工事のみに限定すると、約 9 割が地方公共団体の発注であり、国が発注した工事は 1 割にも満たなかった。公共工事の着工について、国土交通省は公共工事着工統計調査(1999(平成 11)年度終了)③としてまとめている。図-2.2 に 1989 年から 1999 年までの公共工事着工の年度別推移を示す。機関別で見ると、地方公共団体が発注した工事額は全体の 70～75%を占めている。災害件数を工事額と関連づけて比較すれば、地方発注の工事は災害が多い。しかしながら、国発注工事の 1 件当たりの工事額と地方発注のそれでは、国発注工事の方が大規模であり、地方公共団体の発注工事は工事額が少ない小規模工事が数多くあると考えるのが普通であろう。従って、地方の発注工事が工事 1 件当たりの災害発生確率が高いとは断定できない（統計調査では、全ての工事を対象とした調査を行うことはできないため、工事件数についての記述はない）。但し、地方発注の工事は着工額と災害発生件数の年度別推移の増減傾向が合致していることや、絶対的な災害件数が多いことは事実であり、地方公共団体が発注するいわゆる小規模工事での労働災害を抑止することが、建設工事中の斜面崩壊による労働災害の減少に大きく寄与するものと思われる。

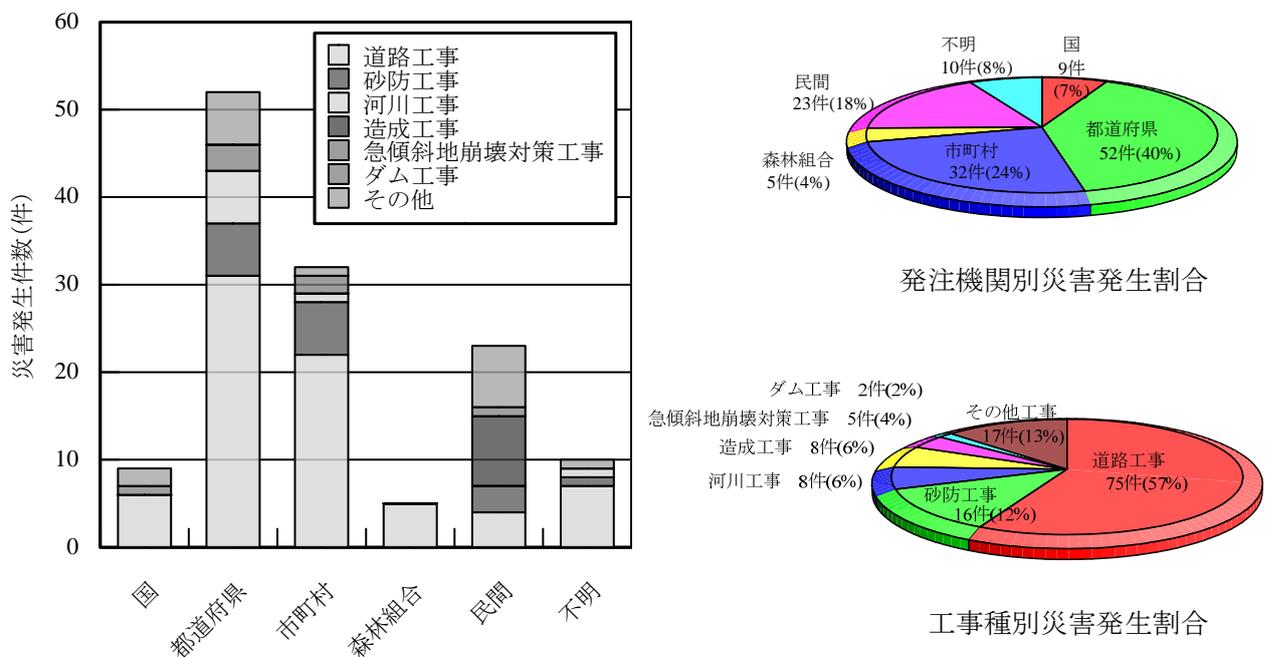


図-2.1 発注機関別災害発生件数

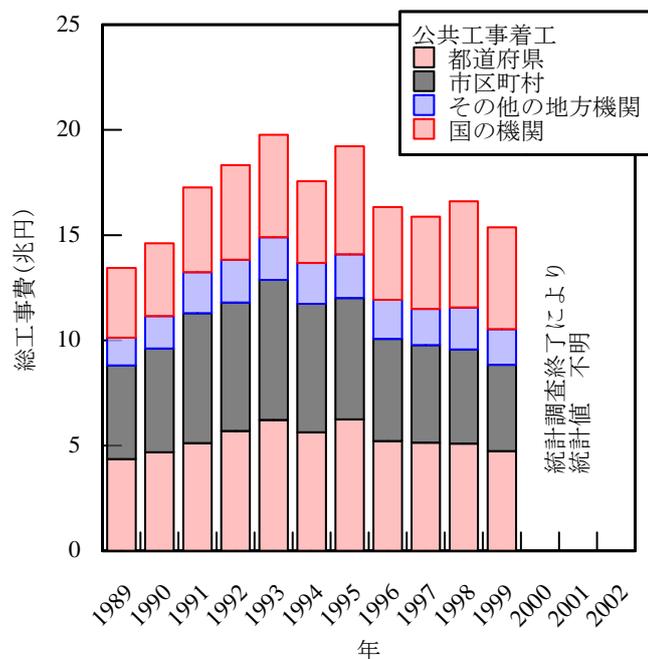


図-2.2 公共工事着工統計

2.1.2. 工事規模別による災害発生状況

災害が発生した工事規模に関連する項目として、請負金額、下請次数、工期、災害発生時の作業人数について調査を行った。表-2.1 は請負金額と下請次数の関係を示したものである。なお、ここでの下請次数とは、災害によって被災した労働者が所属していた会社の下請次数のことである。また、請負金額についてもその会社が受注を受けた金額である。まず、請負金額別に見ると、2000万円未満の請負金額による工事での災害が3割を占め、次いで2000万円～4000万円、4000万円～6000万円の順となり、請負金額が高いほど災害件数は減少している。次に下請次数別で見ると元請けの災害が約6割であり、その中でも2000万円未満の請負金額による工事での災害が最も多かった。

表-2.1 災害が発生した工事での請負金額と下請け次数の関係

下請け次数 請負金額(円)	下請け次数							計
	元請け	一次 下請け	二次 下請け	三次 下請け	四次 下請け	五次 下請け	不明 下請け	
～2000万	24	8	5	1		1		39
2000万～4000万	15	4						19
4000万～6000万	10	1						11
6000万～8000万	3							3
8000万～1億	5							5
1億～2億	6							6
2億～	1	1		1				3
不明	10	14	9	2			10	45
計	74	28	14	4	0	1	10	131

図-2.3 に工期別の災害件数分布を示す。工期別の分布では半年以内の工期が77件あり、工期が不明な14件を除くと全体の65%を占めている。このことから概して短い工期の工事において災害が多く発生している様子が伺える。

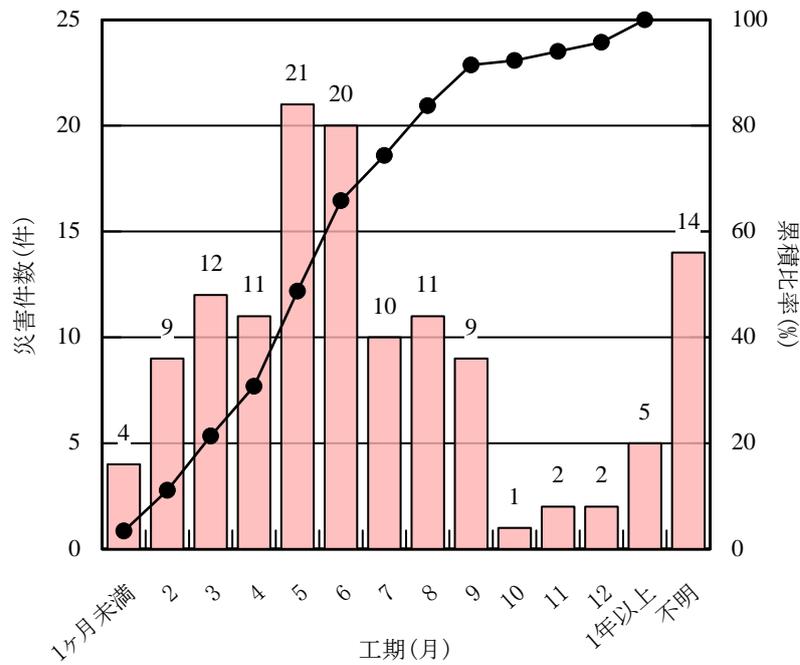


図-2.3 工期別災害件数

図-2.4 は災害発生時の作業人数別での災害発生件数を示したものである。作業人数別に分類すると1~4名の作業人数で47件の災害が発生しており、これは全体の36%を占めている。また、10名以下の作業人数での災害が全体の90%以上であり、災害が発生している現場規模はそれほど大きくないことが分かる。

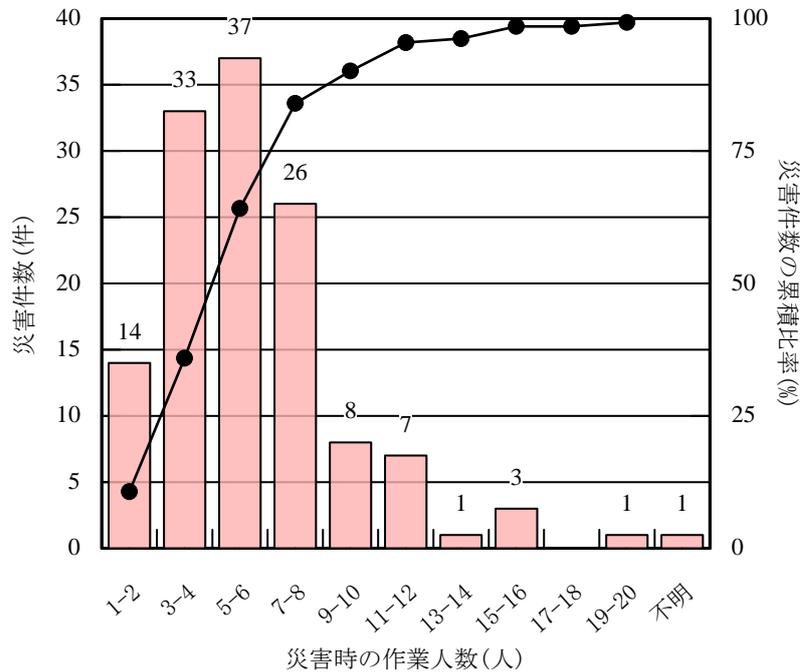


図-2.4 災害発生時の作業人数別での発生件数

以上のことから、切土掘削工事での労働災害は請負金額が低額で、工期が短く、かつ作業人数が少ない、いわゆる小規模工事で多く発生していることが指摘できる。中小規模の施工業者は、安全衛生管理に関する十分な知識やノウハウを有する者が不足、あるいは、そのような人材を自ら確保することが困難であると言われており⁴⁾、そのような背景も小規模工事にて労働災害が多発する原因の一つとして考えられる。

2.1.3. 工事種別による災害発生状況

一般に斜面を安定化する対策工法としては①擁壁工と②法面保護工がある。斜面崩壊災害を工事種別にて分類すると図-2.5 のようになる。なお、災害件数の合計が 135 件となっているが、これは擁壁工と法面保護工を併用した工事が 4 件あるためである。この図から、工事種別では擁壁工が全体の約 7 割を占め、発生した労働災害の多くが擁壁工に関係する工事であることが分かる。

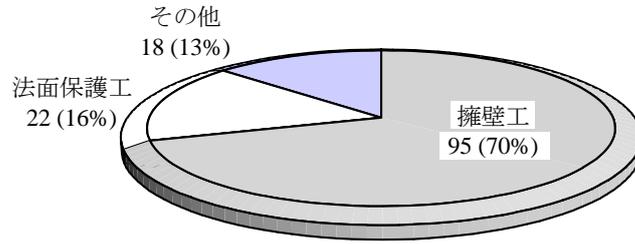


図-2.5 災害の工事種別分類

図-2.6 は災害発生時に被災者が行っていた作業について、それぞれの対策工法別に分類したものである。擁壁工に関係する工事では、地山・法面掘削(28 件)や床掘り(11 件)のような擁壁を施工するために行う掘削作業中に災害が多い。図-2.7 は、切土斜面直下における擁壁工の施工状況の一例であり、図-2.8 は、図-2.7 のような切土掘削を行って擁壁工を構築する時の斜面崩壊危険度を施工手順に沿って時系列として模式的に描いたものである。擁壁設計実務では完成型において安定が検討されるが、危険度が最大になると想定される床付け・床均し時における安定の検討は通常行われず、そのような斜面崩壊の防止対策工がなされないままに人力作業が行われているのが実態である。

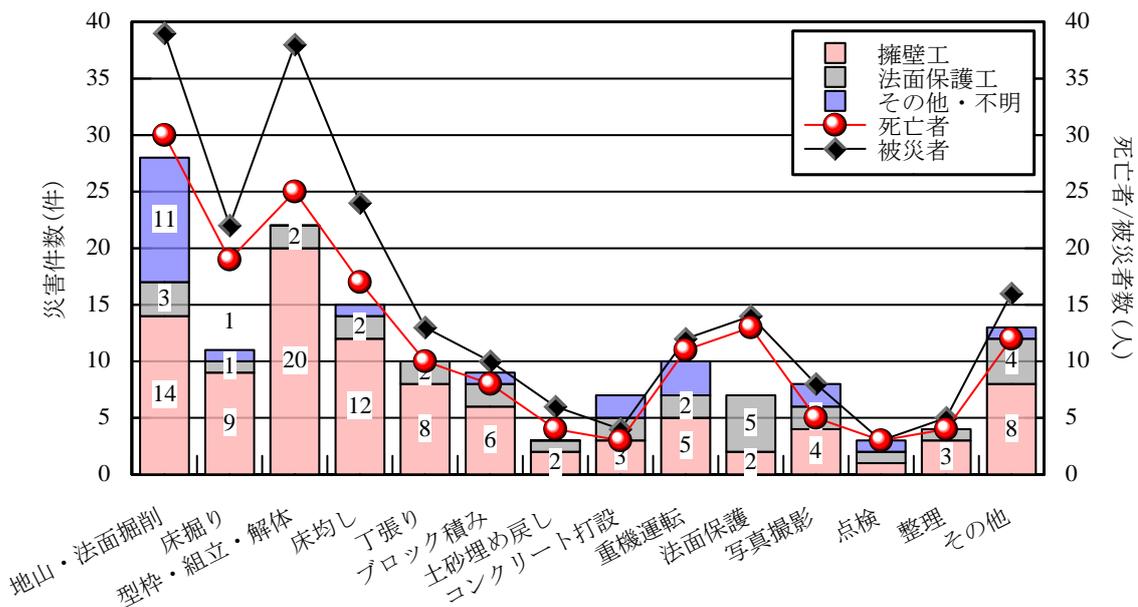


図-2.6 災害発生時に被災者が行っていた作業



図-2.7 切土斜面直下における擁壁工の施工状況の一例

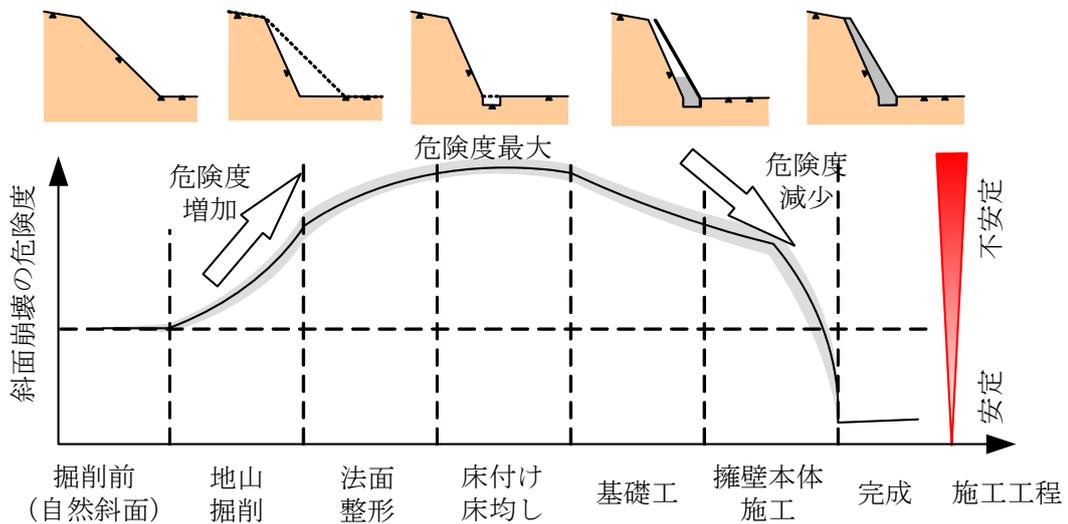


図-2.8 擁壁工を構築時の斜面崩壊危険度の時系列模式図

また、擁壁工では擁壁築造に関連する型枠の組立・解体(22件)や床均し(14件)、丁張り(8件)、ブロック積み(9件)のように、地山・法面掘削には直接関係しないが、切取った斜面の近くで行う作業中において被災する場合も多い。これは、擁壁を築造する型枠の組立・解体作業では、擁壁と地山との狭い場所で行わなければならない作業であり、斜面崩壊が発生した際に逃げ遅れてしまうことや、地山より急勾配に切土掘削を行い不安定化している法面付近で作業しなければならない施工方法の欠点なども指摘できる。擁壁工の施工に関するこのような問題は、1980年代に建設業労働災害防止協会(労働省)⁶⁾や奥園⁶⁾によって指摘され、彼らにより幾つかの対応策なども提案されているが、現在でも多くの災害が発生している現状にある。また、発注者に提出する施工管理資料のため、床均しが終わった現場(一番危険な状態)で、斜面下に入ったの写真撮影・寸法計測時での災害も1割前後見られる。このような施工監督上の要請による作業での労働災害が土砂崩壊災害のさらなる減少を妨げている要因となっている。

2.1.4. 崩壊地山に関する分析

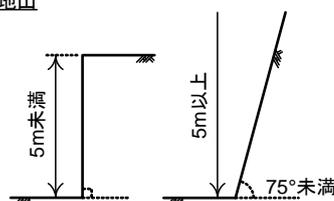
(1) 崩壊地山の地形的特徴

地形的に斜面崩壊を誘発する要因として斜面勾配と斜面高さがある。労働安全衛生規則(以下、安衛則)では第6章「掘削作業時における危険の防止」の中で、明り掘削作業について安衛則第356条および第357条にて法面勾配と高さの基準が示されている⁷⁾。図-2.9は安衛則第356条・第357条

に示されている明り掘削作業での掘削面の勾配の基準を示したものである。これは、手掘り(パワー・ショベル、トラクター・ショベル等の掘削機械を用いないで行う掘削の方法)による地山の掘削作業に適用され、地山の種類と掘削面の高さに応じ、勾配をそれぞれの値以下にすることとされている。今回調査した災害事例での斜面勾配と高さの関係を労働安全衛生規則に準じて分類すると、表-2.2 のようになる。なお、今回調査した災害事例では、安衛則第 357 条に該当する地山は存在しなかった。表中の灰色で示された箇所は、斜面高さと勾配の関係が安衛則第 356 条にて規則違反となるものであり、「岩盤または堅い粘土からなる地山」での規則違反は点線、「その他の地山」での規則違反は二重線で示している。今回の調査結果から、労働災害の発生頻度が高い勾配は 60 度以上 75 度未満であった。斜面崩壊についてまとめた「がけ崩れの実態」によれば、我が国で発生したがけ崩れは、40 度から 49 度の勾配において最も発生頻度が高く⁸⁾、労働災害の発生頻度は、自然斜面の崩壊に比べて、急勾配な場合が多いことが言える。

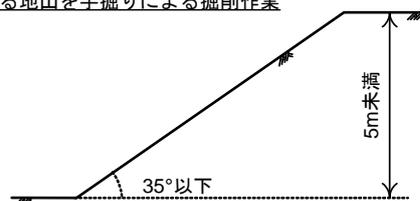
労働安全衛生規則第356条

- ・ 岩盤または堅い粘土からなる地山

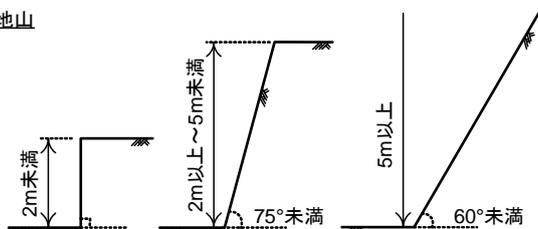


労働安全衛生規則第357条

- ・ 砂からなる地山を手掘りによる掘削作業



- ・ その他の地山



- ・ 発破などにより崩壊しやすい状態の地山

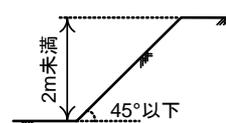


図-2.9 労働安全衛生規則第 356・357 条により規制された地山の高さ勾配の関係

表-2.2 崩壊斜面の高さ・勾配別分類

	60° 未満	60° 以上 75° 未満	75° 以上 90° 未満	90°	不明	計
2m 未満		1	1	2		4
2m 以上 5m 未満	1	15	8	1		25
5m 以上 10m 未満	8	12	3	3	1	27
10m 以上 30m 未満	10	16	5	1	1	33
30m 以上 50m 未満	2	1			1	4
50m 以上	1	3				4
不明	8	12	4	1	9	34
計	30	60	21	8	12	131

安衛則第 356・357 条は、前述したように手掘り(パワー・ショベル、トラクター・ショベル等の掘削機械を用いないで行う掘削の方法)による法面勾配と高さの基準が示されている。しかしながら、機械による地山の掘削や掘削作業以外の作業を行っている場合には、それらの制限は無い。表-2.2 中の規則違反の範囲にある 53 件のうち、手掘りによるものは僅かであり、そのほとんどが機械による掘削や掘削作業以外での被災であった。しかしながら、機械による掘削により形成された法面であっても、仕上げや修正等を手掘りで行う場合には、安衛則第 356・357 条が適用される。今回の調査から、機械による掘削であっても法面が急勾配の場合には多くの労働災害が発生していることが判明したため、今後は掘削の方法に拘わらず何らかの対策を講ずる必要があるのではないかと考えている。

(2) 崩壊規模

図-2.10 は斜面災害を崩壊土砂量別に分類したものである。崩壊土量が 50m³ 未満の小規模なものが 60 件あり、不明(24 件)を除くと全災害の 6 割を占めている。このことから、労働災害が発生する斜面崩壊の規模は概して小規模であることが分かる。前述したが、一般的に小規模崩壊は大規模な地すべりのように変形が長期間に渡るものは少なく、一瞬のうちに土塊の滑動が起こる。そのため、法面付近にて作業している労働者は、気づいたとしても既に避難する時間的余裕がほとんど無いため、被災してしまうものと思われる。

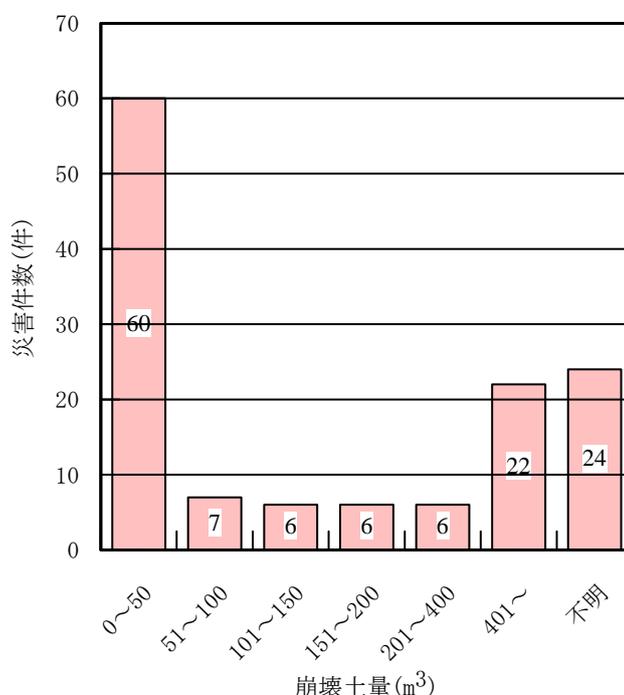


図-2.10 崩壊土量別分類

(3) 地盤調査

労働安全衛生規則では、第 355 条「作業箇所等の調査」において、“地山の掘削作業において労働者に危険が及ぶおそれのあるときには作業箇所及びその周辺の地山について調査しなければならない”、とされている。これは、掘削箇所の地形及び地質、気象条件、埋設物の種類、掘削の方法等を勘案してなされるべきであるが、掘削面が 2m 以上の掘削を行うときに“労働者に危険がおよぶおそれがある”という文言に原則該当する⁹⁾。また、法面勾配と高さに関して前述した図-2.9 に示したような地山の分類を行っており、計画段階では少なくとも何らかの地盤調査を行っているものと思われる。これらの災害事例の中には、当初の計画では掘削面が 2m 以下の掘削であった工事が、何らかの理由により 2m 以上の掘削を伴う工事へと設計が変更された場合に、作業箇所等の調査を行わず被災した事例も存在した。また、今回調査した 131 件の中で何らかの形で地盤強度が分かった事例は 18 件であった。本来であれば地盤強度等が決定しないと対策工の設計は出来ないはずであり、どのような条件のもとで発注・設計・施工したのか、さらに調査を行う必要がある。

2.1.5. まとめ

災害原因等について分析すると、主に次の諸点が指摘できることがわかった。

- ① 崩壊の前兆現象への適切な対応がなされていない
- ② 十分な科学的知見を得る調査が不足している
- ③ 専門的な技術的知見が生かされていない
- ④ 小規模工事で土砂災害が多発している
- ⑤ 施工時における安全な人的配置という視点が欠如している。

これらの調査結果を踏まえ、はじめに施工前・施工中の具体的な問題点を抽出し考察を行った。次に、地盤工学に携わる技術者から見た崩壊形態・崩壊原因の類型化を行い、その傾向を把握するためのデータベースの構築を試みた。

2.2. 斜面崩壊による労働災害の崩壊形態・崩壊原因の分類方法について

斜面掘削工事では、崩壊形態についての規模別・地質別分類や施工上・自然原因による崩壊原因を明確にすることによって、事前調査により崩壊の因子を排除することができるものと考えられる。そこで本節では、斜面崩壊により労働災害となった事例について、地盤工学に携わる技術者から見た崩壊形態・崩壊原因の類型化作業を行った。

なお本節は、厚生労働省科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業 課題番号H20-労働一般-001、代表研究者：日下部治）の補助を受けて実施したものを一部抜粋したものである。

2.2.1. 分類方法

(1) 崩壊形態

奥園が示した崩壊形態分類図¹⁰⁾ (図-2.11) を参考にして、規模別分類と地質別分類に分けて記載することとした。

- ・ 規模別分類
 - ・ 落石、浸食、表面剥落（特に不安定要因は持たないが急勾配な法面）
 - ・ 表層崩壊（土質、岩質（物性）や地下水位等の不安定要因を持つ法面）
 - ・ 大規模崩壊、地すべり性崩壊（地質構造上で不安定要因をもつ法面）
 - ・ 不明
 - ・ その他
- ・ 地質別分類
 - ・ 粘性土（第四紀層粘性土、火山灰質粘性土（関東ローム）、強風化泥岩、温泉余土、火山泥流）
 - ・ 砂質土（山砂、砂丘、火山灰砂質土（シラス）、マサ）
 - ・ 崩壊土・風化表層土（崩積土（崖錐）、風化表層土、段丘礫層）
 - ・ 亀裂の少ない固結度の少ない岩（新第三紀層、古第三紀層、熱水変質した火成岩、凝灰岩、粘土化した蛇紋岩など）
 - ・ 固結度は高いが亀裂の多い岩（中古生層、火成岩）
 - ・ 不明
 - ・ その他

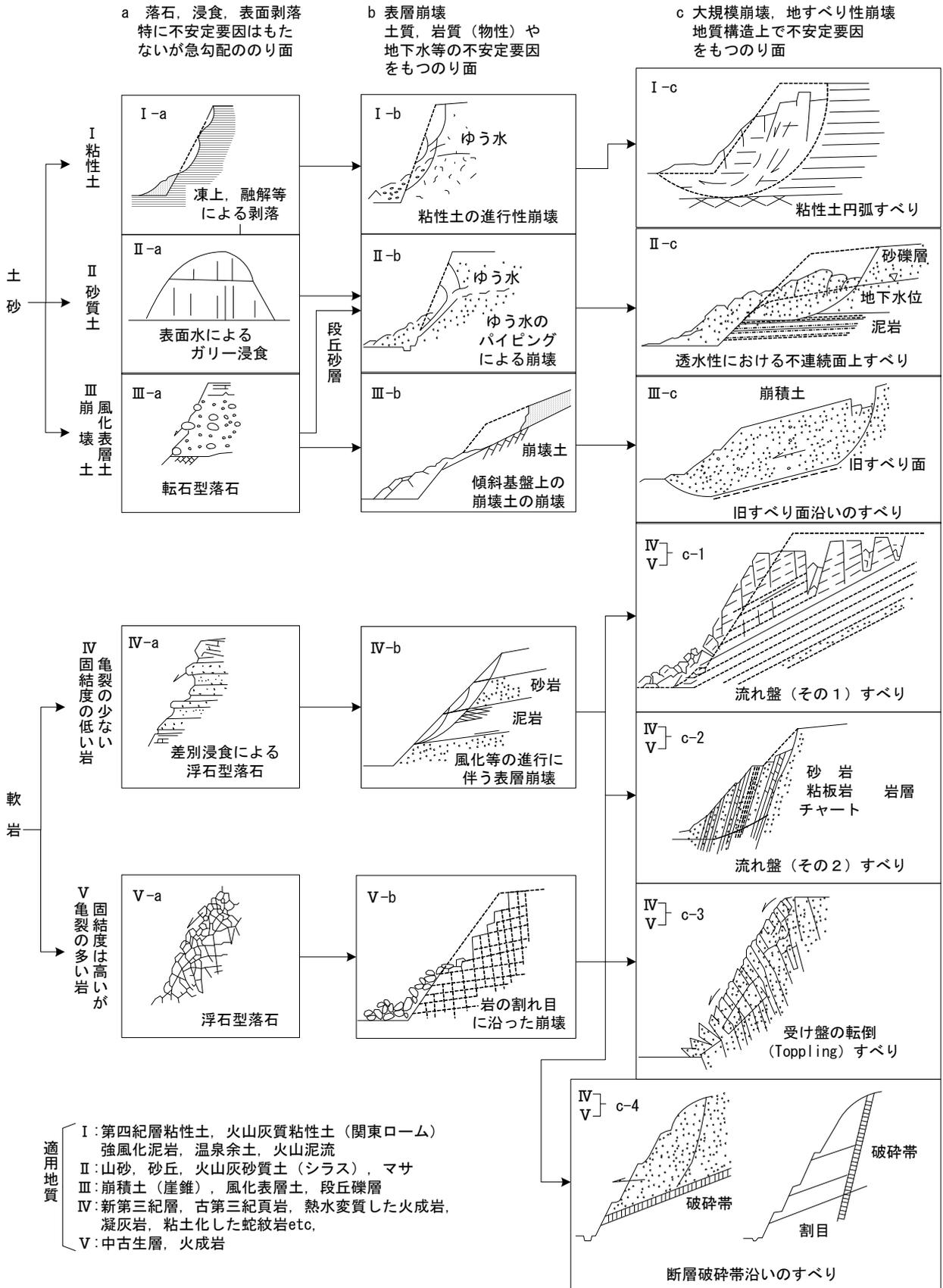


図-2.11 崩壊形態分類図(奥園原図) 10)

(2) 崩壊原因

施工上によるものと自然原因に分けて記載することとした。

- ・ 施工上
 - ・ 急勾配掘削
 - ・ 床掘りの掘削
 - ・ 上載荷重（重機等による）
 - ・ その他
 - ・ 不明
 - ・ 無し
- ・ 自然原因
 - ・ 降雨・雪
 - ・ 地震
 - ・ 地下水・湧水
 - ・ その他
 - ・ 不明
 - ・ 無し

(3) 予見可能性の有無

専門家から見た場合の予見可能性について言及する

- ・ 有り（施工中に崩壊履歴があった）
- ・ 有り（数日前に降雨があった）
- ・ 有り（小石がばらばら落ちていた）
- ・ 有り（法面上部にクラックが発生していた）
- ・ 有り（湧水が泥水になっていた）
- ・ 有り（その他）
- ・ 無し
- ・ 不明

2.2.2. 崩壊形態・崩壊原因の傾向について

本章では、前節までの分類分けについて、1989年、1992年～1993年の3年間に発生した死亡災害事例51件中、詳細を確認することができた37件について実施した。以下に、斜面掘削工事における土砂崩壊による労働災害の崩壊形態および崩壊原因の傾向を示す。

(1) 崩壊形態の傾向

・ 規模別分類

規模別に分類した結果を図-2.12に示す。表層崩壊が21件あり、全体の60%弱を占めている。また表層崩壊と落石、浸食、表層剥落による災害を含めると87%となり、小規模な崩壊によって被災していることが多いことが分かる。既往の調査・分析結果でも労働災害となる崩壊規模は崩壊土量が50m³未満の崩壊が全体の6割を占めていることが分かっており、これらとも合致する。

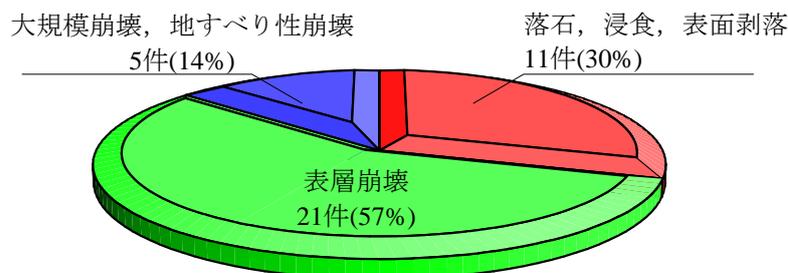


図-2.12 崩壊形態・規模別分類

・ 地質別分類

地質別に分類した結果を図-2.13 に示す。崩壊土・風化表層土がもっとも多く 13 件、その後に砂質土と固結度は高いが亀裂の多い岩が 4 件となっている。崩壊土・風化表層土に該当する災害事例の多くは、斜面下部に岩盤などの基盤層があり、その上部に堆積しているこれらの土砂が崩壊している。この場合には、事前に簡易的に何らかの地盤調査を行ってれば未然に防げた可能性が高い。

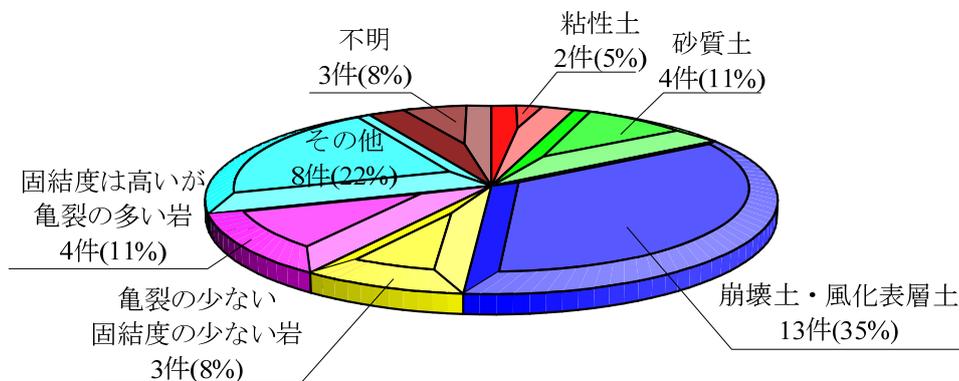


図-2.13 崩壊形態・地質別分類

(2) 崩壊原因の傾向

・ 施工上による崩壊原因について

施工上による崩壊原因について分類した結果を図-2.14 に示す。急勾配掘削が 17 件で全体の 46%、床掘り掘削が 13 件で 35% を占めており、これらの原因により崩壊していることが分かる。

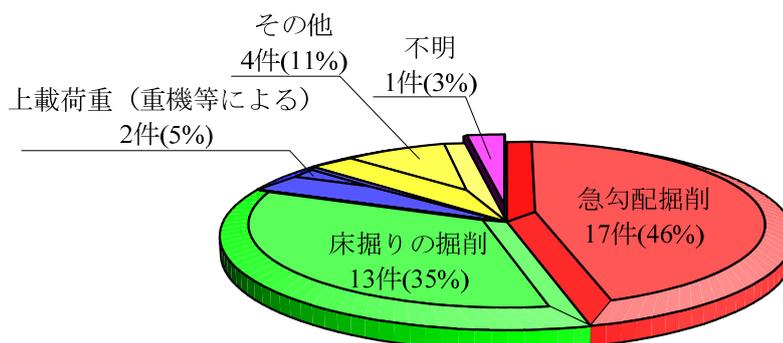


図-2.14 崩壊原因・施工上

・ 自然現象による崩壊原因について

自然現象による崩壊原因について分類した結果を図-2.15 に示す。降雨・雪、地下水・湧水といった水に関連する原因によって崩壊した事例が全体の約 6 割となっており、水が崩壊に何らかの影響を与えていることが分かる。

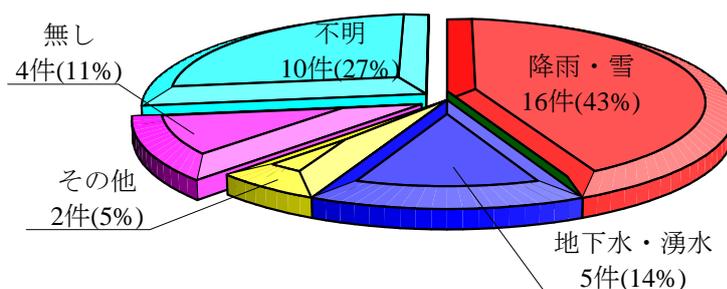


図-2.15 崩壊原因・自然現象

(3) 予見可能性の有無についての傾向

地盤工学の専門家から見た場合の予見可能性について分類した結果を図-2.16 に示す。不明や無しも多いが、同じ箇所を施工中に崩壊履歴があった事例や崩壊前に小石がパラパラと落ちるといった崩壊の前兆現象が報告された事例が 22%存在しており、事前に何らかの処置をすれば、防げた可能性が高い。

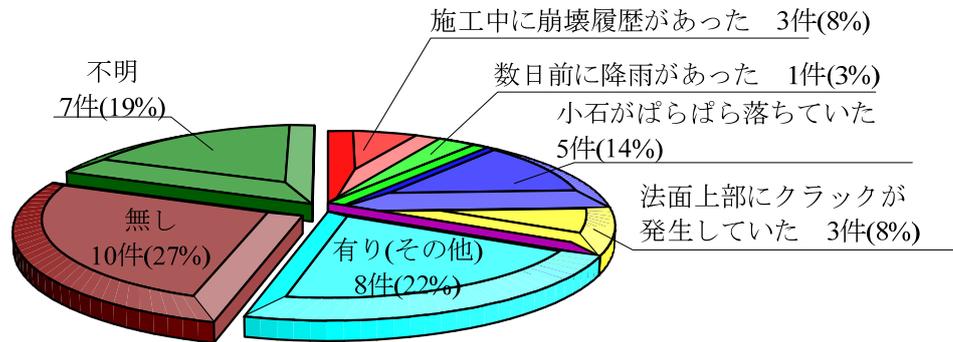


図-2.16 予見可能性の有無

2章の参考文献

1. 伊藤和也、豊澤康男、Tamrakar S. B.、堀井宣幸：建設工事中の斜面崩壊による労働災害の調査・分析、日本地すべり学会誌、Vol. 41、 No. 6、 pp. 17-26、 2005.
2. 伊藤和也、豊澤康男、堀井宣幸：2. 切土掘削工事現場における斜面崩壊による労働災害の調査・分析、労働安全衛生総合研究所特別研究報告、JNIOHS-SRR-NO.35 (2007)、 pp. 7-18、 2008.
3. 国土交通省総合政策局情報管理部：公共工事着工統計調査、基礎統計資料、<http://www.mlit.go.jp/toukeijouhou/chojou/index.html>
4. 労働省：第9次労働災害防止計画
5. 建設業労働災害防止協会(労働省監修):切取り工事の安全、建設業労働災害防止協会、pp. 108-111、1979.
6. 奥園誠之：擁壁裏側掘削中の安全管理の怠慢は命取りとなることがある、これだけは知っておきたい斜面防災100のポイント、鹿島出版会、 pp. 90-93、 1986.
7. 厚生労働省安全衛生部編：安衛法便覧 平成16年度版(I)、労働調査会、2750p、2004.
8. 門間敬一、千田容嗣、海老原和重：がけ崩れの災害の実態、土木研究所資料、No. 3651、180p、1999.
9. たとえば、厚生労働省安全衛生部編：安衛法便覧 平成14年度版(I)、労働調査会、p. 914、2002.
10. 奥園誠之：小規模崩壊は物性(土質)に、大規模崩壊は地質構造に支配される、これだけは知っておきたい斜面防災100のポイント、鹿島出版会、 pp. 7-9、 1986.

3. 本調査研究会の検討事項

3.1. 本調査研究会の立場

本調査研究会では、斜面崩壊による労働災害の現状を受け、計 4 回の調査研究会および 4 回のワーキンググループを開催した。調査研究会委員の斜面崩壊による労働災害防止対策についての主な基本的な共通認識は次の 4 点にまとめられる。

1. 溝掘削時の土砂崩壊による労働災害を防止する対策と斜面掘削時の斜面崩壊による労働災害を防止する対策は大きく異なるものである。すなわち、溝崩壊による労働災害を防止する「土止め先行工法」の考え方をそのまま斜面掘削に適用することは現実的でない。斜面掘削時の崩壊による労働災害を防止する対策を新たに示す必要がある。
2. 中小規模工事で発生しているような死亡災害が大規模工事ではほとんど発生していない。大規模工事の多くでは、経験豊富な機関が地盤調査、設計・施工を実施するため死亡災害を回避する安全管理の仕組みが機能しているからである。しかしながら、中小規模工事では構造物を築造するための工事に付随して斜面掘削が行われることが多いため、構造物の施工にかかる作業手順や安全対策については検討されるが、必ずしも斜面崩壊に対する危険性の認識が高くなく、安全管理の仕組みも十分には機能せず、結果的に災害が多くなっているのが現状と考えられる。そのため、中小規模の工事において安全管理が機能するような方策を検討し、提案することが必要である。
3. 斜面崩壊による労働災害で毎年 20～30 名の労働者が死亡している実態を鑑みると、人の命を大切にするためには、費用対効果を考慮しつつも必要十分なコストを投じて斜面工事の安全性を高めるべきである。
4. 斜面崩壊による労働災害防止対策としての関係者への教育は重要である。本報告書の内容を含め防止対策に関する知見が斜面掘削工事に係わる全関係者に周知されることが望まれる。

以上のような本調査研究会の認識に基づき、斜面崩壊による労働災害の防止対策に関する目的および適用対象を以下のように設定をした。

3.2. 目的

3.2.1. 目的

労働安全衛生関係法令と相まって、擁壁工等工事における中小規模の斜面掘削作業又は斜面下での作業において、適切な対応をとることにより、地山の崩壊又は土石の落下を防止し、もって擁壁工等工事における労働災害の防止を図ることを目的とする。

3.2.2. 適用対象

擁壁設置等のために中小規模の斜面掘削作業を伴う工事を対象とする。

ここで、「中小規模な斜面掘削作業」とは、切土部の掘削高さが概ね 10 メートル以下の斜面掘削作業をいい、掘削方法は機械掘削又は手掘りのいずれも含むものとする。

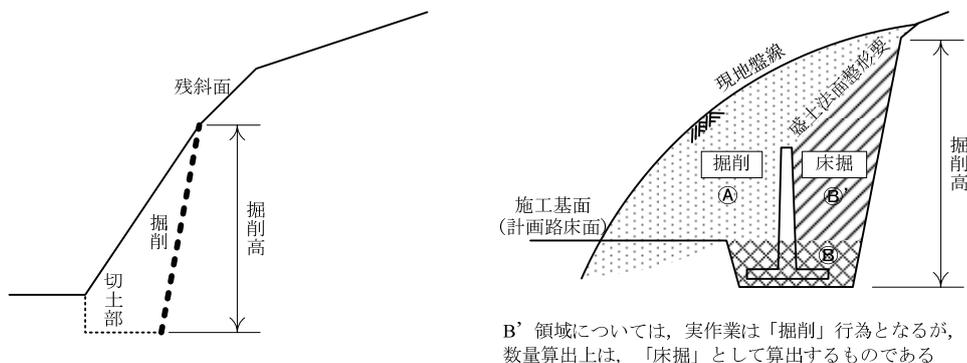


図-3.1 用語の定義

以下に本調査研究会での検討結果および課題を示す。

4. 斜面下での安全な施工方法

4.1. 発注者・設計者・施工者の3者の斜面崩壊の危険性の共有化

掘削勾配は地質状況と高さによって決定されるが、斜面崩壊による労働災害が多い小規模工事では、事前にボーリング等の詳細な地質調査がされていないことが多く、施工後に地質状況が設計と異なることが判明するケースがある。そのような場合、工事を一旦止めて、設計変更や対策工を検討する必要があるが、労働災害となつたいくつかの事例の中には、危険性を正しく判断する技術力を持たない施工業者によって危険と知りつつも作業を行い被災したケースや、発注者・設計者が現場の状況を的確に判断出来ずに施工を行い被災したケース等が報告されている。

これらは、斜面崩壊の危険性を予測することが非常に難しいことによるが、発注者・設計者・施工者の相互コミュニケーション不足や現場情報の共有化が満足に機能していないことが一因として考えられる。

斜面工事は、工程やパターンが多様にあること等からハードだけに頼った対策では費用対効果を考えると難しい場合が多いことから、設計・計画・施工の各段階において適正で有効なリスクアセスメントを実施することが不可欠である。

斜面掘削工事におけるリスクアセスメント実施上の難しさは地盤内部を完全には掌握できないことにある。地盤リスクを低減するためには、まず事前の地盤調査を行的確にリスクを把握することであるが、斜面掘削では実際に掘削してみて初めて地盤の性状が明らかになることも少なくない。地盤リスクの特徴は、施工途上で新たな地盤リスクが判明するという点にあることを認識し、斜面崩壊による労働災害のリスクを施工段階毎に的確にリスクを判断して必要な対策を適切に講じることによりリスクを低減させることが効率の良い安全対策だと考えられる。

設計段階で知り得なかった新たな地盤リスクが施工段階で判明した場合は、その時々で新たにリスクアセスメントを実施する必要があり、その際には、発注者・設計者・施工者の3者等の工事関係者が積極的に係わり、斜面崩壊の危険性について共通の情報を共有化することが重要である。これをフロー「一連の流れ」で表すと図-4.1のようになる。本調査研究会ではこのようなフローに従って斜面掘削工事におけるリスクを低減することを提案する。

さらに本調査研究会では、発注者・設計者・施工者の3者が斜面崩壊の危険性について共通の情報を共有化し、施工途上で判明した新たな地盤リスクに対応するための「手段」として、調査・計画・設計から施工終了までの全ての工程で掘削地山の情報を共有化する以下の3つの点検表を提案する。

1. 設計・施工段階別点検表（表-4.1）
2. 日常点検表（表-4.2）
3. 異常時対応シート（表-4.3）

調査・計画・設計から施工終了までの一連の流れとそれぞれの点検表の適用箇所について図-4.1に示す。地山に関する情報は、次のように工事中の各段階で増えていく。

①設計時	： 伐採前の露頭情報	草木に覆われていて、不明な点が多い（設計者の視点）
②施工計画時	： 伐採前の露頭情報	草木に覆われていて、不明な点が多い（施工業者の視点）
③丁張設置時	： 伐採後の露頭情報	草木が無くなり露頭が見えやすく地形形状も確認できる
④掘削工事	： 切土中の地山の状況	切土面、地山の変状を直接確認できるようになる
⑤床掘終了時	： 切土後の地山の状況	切土面が全て確認でき、設計時の想定地盤条件との比較を含めた工事に入る直前の安全性検討結果の妥当性を検証できる
⑥擁壁等工事	： 切土後の地山の状況	切土面が風雨にさらされ風化が進むなど地山が変化することがあり、その変状を直接確認することができる

このように、地山の新しい情報が得られるタイミングで、地山の状況や変状の様子を次の 2 つの点検表に従い点検していく。

「設計・施工段階別点検表」

①設計時、②施工計画時、③丁張設置時、④掘削工事、⑤床掘終了時の各段階ごとに、特に注意の必要な切土部の調査項目について点検を行う。

「日常点検表」

施工業者が④掘削工事、⑥擁壁等工事実施期間の作業開始・終了時に、掘削面の地山状況を点検する。

この 2 つの点検表によって、調査・計画・設計から施工終了までの全ての工程での掘削地山の情報を共有化する。これらの点検表によって、1 項目でも該当した場合には安全性の検討を行うことにしており、斜面崩壊の危険要因の芽を早期に摘むことができ、安全な施工ができる。また、「日常点検表」にて変状が発生した場合には「異常時対応シート」を作成し、発注者に報告することで崩壊危険性についての情報の共有化を図る。

なお、本報告書では、斜面崩壊による労働災害が多い公共団体発注工事を主な対象としているが、民間発注工事についてもこの思想に基づいて検討することが望ましい。

それぞれの点検表の使用方法について以下に示す。

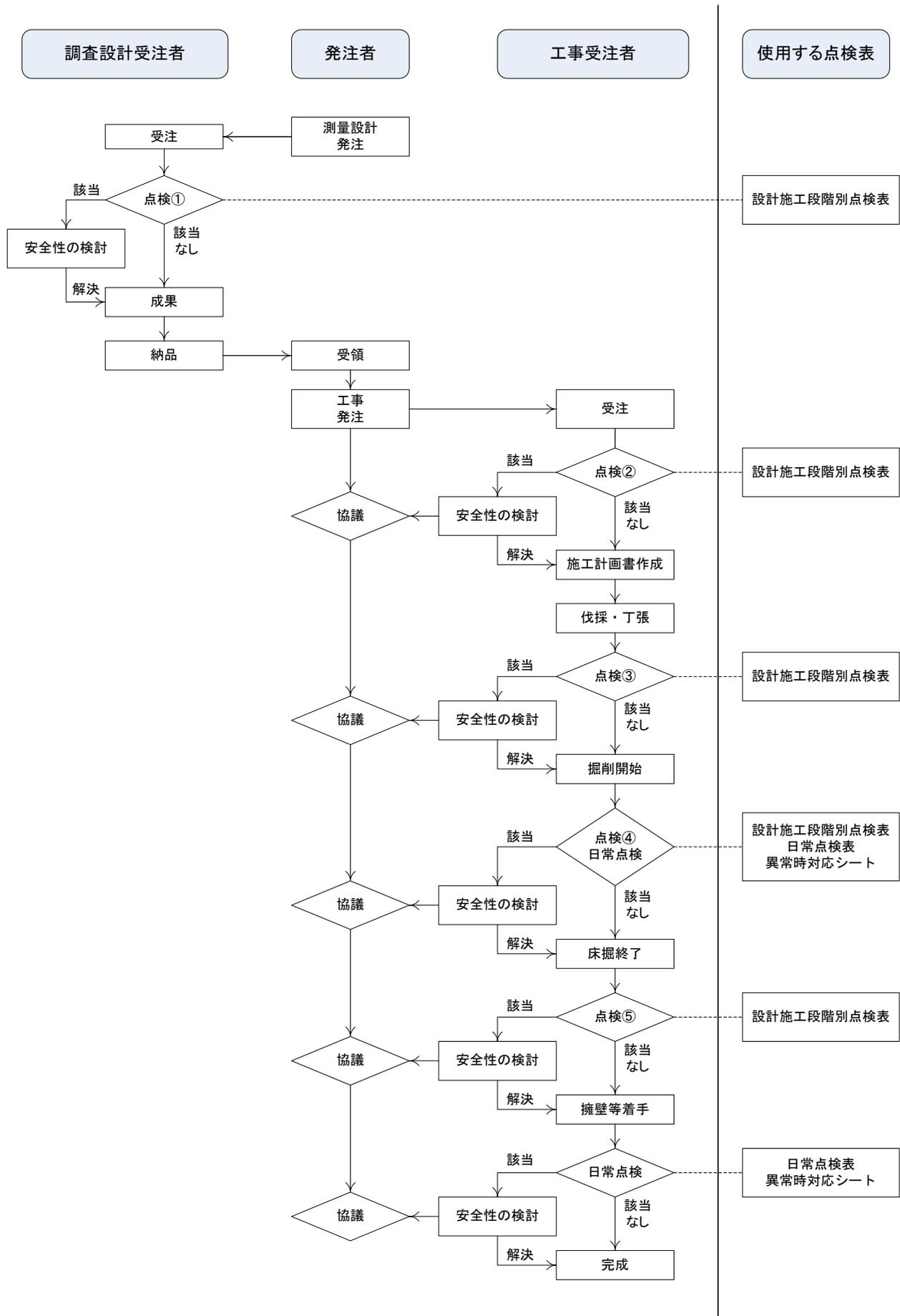


図-4.1 調査・計画・設計から施工終了までの一連の流れ

4.2. 設計・施工段階別点検表（表-4.1）

労働安全衛生規則第 355 条及び土木工事安全施工技術指針（第 7 章土工工事第 1 節一般事項）によれば、あらかじめ地山の形状、地質等、含水、亀裂の状況を調査することとされている¹⁾。ここでは、現地踏査等目視による場合において特に留意する点を抽出して設計・施工段階点検表とした。なお、それぞれの点検項目は道路土工土質調査指針内の「特に注意の必要な切土部の調査等」²⁾、道路土工のり面工・斜面安定工指針内の「特に注意の必要な切土部の調査等」³⁾を網羅するように作成した。

この点検表で 1 項目でも該当する項目があれば安全性の検討を行い、施工の安全を確保することとした。各段階での点検項目と流れについて以下に示す。

① 設計段階

発注者は多くの工事において調査設計会社等に調査設計を発注することが多い。調査設計受注者は、設計・施工段階別点検表①によって掘削する地山の状況を確認し、設計を行うものとする。成果品を納品する場合には、設計・施工段階別点検表①をあわせて提出する。設計段階では確認できない項目については未確認であることを明記し、どのような条件で設計を行ったのかが明確になるようにする。

なお、工事によっては調査設計を発注者が行う場合がある。その場合には、これらの検討は当然のことながら発注者が行う。

② 施工計画

設計施工段階別点検表②以降は工事受注者（施工者）が記載するものである。

発注者は工事を発注する際に、調査設計会社から納品された設計・施工段階別点検表①を工事受注者に提供し、掘削する地山の状況についての情報の共有化を図る。受注者は、この設計・施工段階別点検表①をもとに再度確認を行い（設計・施工段階別点検表②）、新たな情報が加わればそれを反映させて施工計画書を作成する。

③ 丁張

掘削着手前に樹木を伐採するため、丁張検査では地山表面の状況が明確となる。この段階で設計・施工段階別点検表③によって点検を行う。

④ 掘削工事中

掘削工事中には、潜在的な地質の変化等が露出する可能性がある。このような変化が掘削工事中に確認された場合には、設計・施工段階別点検表④に記入する。

掘削工事中には、仕様の勾配を確保できない場合もあるため、掘削勾配について点検する項目を追加している。

⑤ 床掘終了時

床掘終了時は、掘削面が全て現れ擁壁等設置作業を開始する最終点検となる。また、床掘検査で発注者が確認をするため、段階確認として設計・施工段階別点検表⑤によって点検を行う。

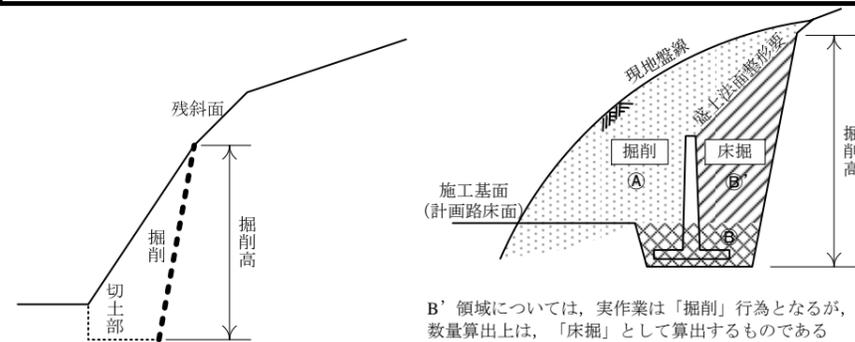
それぞれの段階において点検項目に該当する項目があれば「安全性の検討」を行う。ここで、「安全性の検討」は、ボーリング等の詳細調査を行い、崩壊形態を想定し切り取り斜面の安定計算を行うことが理想ではあるが、該当するか否かの判断基準が担当者の経験によることや、該当項目が必ずしも崩壊につながるとは限らないこと等から、複数の経験者の意見を聞き、詳細調査を行うか、仮設のハード対策を行うか、注意して施工するか等の判断をする。安全性が確保できない場合には、工法変更などについての検討が必要となる。工事における「安全性の検討」に関するフローチャートを図-4.2 に示す（①設計段階はこれに順ずるものとし、完成を設計成果納品とする）。なお、ハード的な対策方法については、5 章にその詳細が記載されている。

これらの検討費用については、工事発注後は発注者と協議の上決定することが望ましい（基本的には、現場管理費の安全費に積み上げるなど設計変更で対応する）。

表-4.1 設計・施工段階別点検表

この点検表は、掘削する地山の露頭（①設計、②施工計画）、表面（③丁張り）、内部（④掘削工事中 ⑤完了時）と地山の状況が確認できる状態ごとに特に注意の必要な切土部の調査項目をチェックするためのものである。1項目でも有があれば安全性の検討を行い、安全な掘削勾配とするなど、施工の安全を確保してから次の段階に進む。

工事箇所名		有無未に○印をつける： 有=現象が有る / 無=現象が無い / 未=未確認（確認出来ない）									
位置	要因	項目	現象（確認内容）	①設計	②施工計画	③丁張	掘削		道路土工 土質調査指針		のり面工・ 斜面安定工指針
							④工事中	⑤完了時	特に注意の必要な切土部の調査等		
残斜面	地形	地すべり地	亀裂、段差、等高線の乱れ等がある	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有 無	有 無	3-3-2-(3)	4-4-(7)	
		浮石転石	不安定な状況にある	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有 無	有 無		4-4-(10)	2-3-6
		オーバーハング	新鮮な崩落が認められる	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有 無	有 無			
切土部斜面	地質 (土・岩質)	崩積土・強風化斜面	不均一で軟弱な土質である	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有 無	有 無	2-3-1-(2) i	4-4-(2)	2-3-2-(3) i
		砂質土等	特に浸食に弱い土質である	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有 無	有 無	2-4-1-(2) ii		2-3-2-(3) ii
		風化が速い岩	表層から土砂化する岩である	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有 無	有 無	2-4-1-(2) ii i		2-3-2-(3) iii
		割れ目の多い岩	亀裂が多く、もろい岩である	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有 無	有 無	2-4-1-(2) iv		2-3-2-(3) iv
	構造	流れ盤	流れ盤亀裂で簡単に剥離する	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有 無	有 無	3-3-2-(6) ii		2-3-2-(3) v
		破碎帯など	すべる可能性がある弱層がある	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有 無	有 無	3-3-2-(2)		2-3-2-(3) iv
	湧水	地下水	多量で濁りがある	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有 無	有 無	2-4-1-(2) v	4-4-(4)	2-3-2-(3) vi
	凍結	凍結融解	凍結・融解が著しく起こる	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有 無	有 無		4-4-(3)	
	災害記録	斜面崩壊	近傍工事箇所での崩壊履歴がある	有 無 未	有 無 未	有 無 未	有 無	有 無	3-2-6-(1) (2)		
	掘削勾配	自立性	掘削作業で仕様の勾配が確保できない	—	—	—	有 無	—			
月/日 点検者サイン				/	/	/	/	/			
施工の安全性の確保が出来ている 月/日 確認者サイン				/	/	/	/	/			

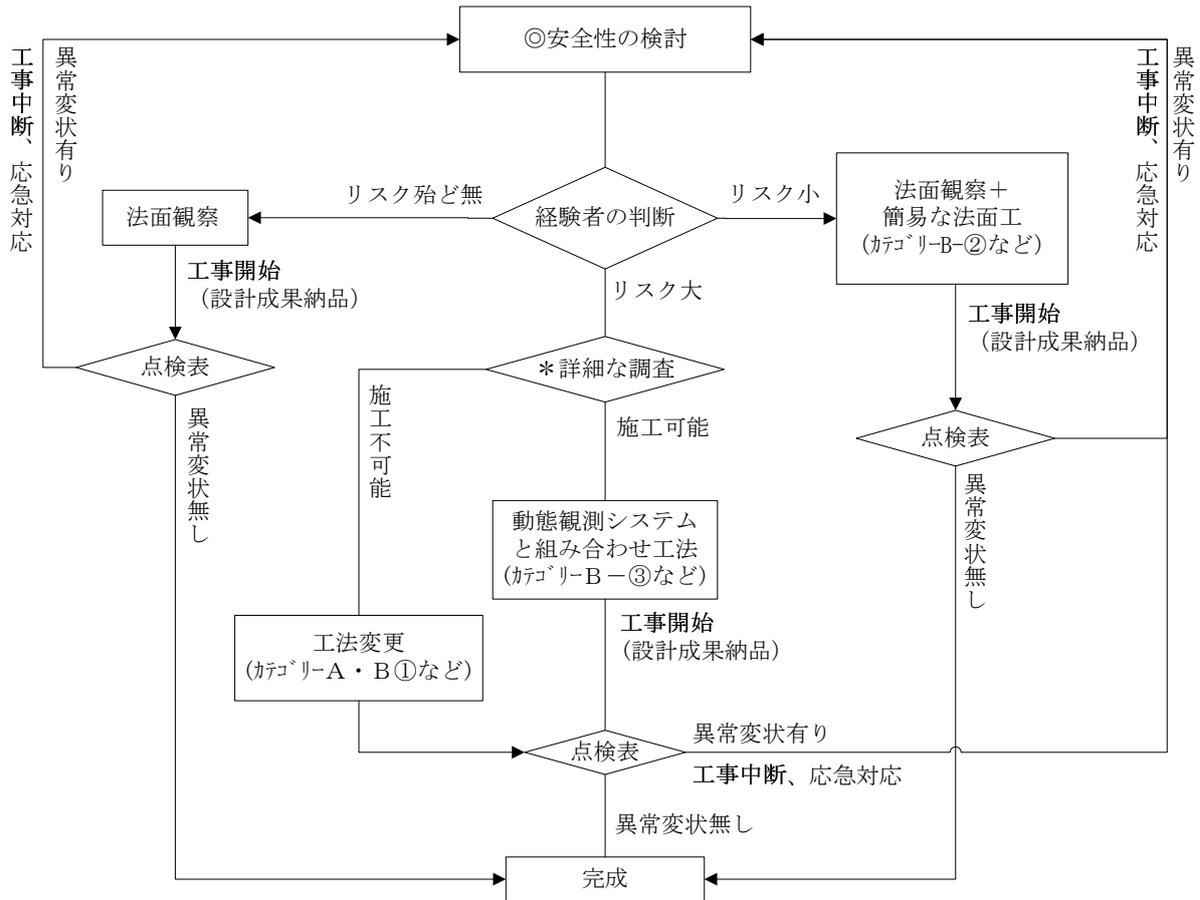


B' 領域については、実作業は「掘削」行為となるが、数量算出上は、「床掘」として算出するものである

↑
掘削工事に現象が確認できたら記入する

参考資料

- 道路土工 (1) 土質調査指針、(2) のり面工・斜面安定工指針
- 道路防災点検要領 (道路土工のり面工・斜面安定工指針付録3)
- 道路土工擁壁工指針参考資料1)



◎①設計段階は完成を設計成果納品とする
 ＊詳細な調査とは、ボーリング等の地質調査であり、地質の専門家の判断を仰ぐこと
 注：点検表は設計・施工段階別点検表及び日常点検表（④⑥段階）

ハード対策の 카테고리（詳細については、5章及び表-5.1を参照）

カテゴリー	A				B				
目的	作業時に作業員が切土部の下部に進入しない、又は短時間の進入ですむ方法				斜面（残斜面と切土部）を補強する方法（変状が生じても避難する時間を確保し崩壊土砂が可能な限り拡散しない方法を含む）				
対策方法	A-①		A-②		B-①	B-②	B-③		
	吊りカゴ枠	残存型枠	大型ブロック	圧入機利用杭等	無人化施工により構造物を構築する方法	斜面を補強する方法	変形を許容する比較的簡易な方法	変形やひずみを感知するセンサー類を組み合わせた方法	
	吊りカゴ枠	残存型枠	大型ブロック	圧入機利用杭等	吊りカゴ枠	大型ブロック	地山補強土工法	簡易法面工	動態観測システムと組み合わせた施工方法

図-4.2 工事における安定性の検討に関するフローチャート

4.3. 日常点検表（表-4.2）

このチェックシートは掘削作業および掘削斜面下にて擁壁工等の作業を行う場合に、作業開始・終了時、緊急時に斜面の変状等を確認するためのものである。変状等が確認された場合は、作業を中止し応急対応を施し、監督員に報告するとともに、異常時対応シート（4.4、表-4.3 参照）を作成し、安全が確保されたことを確認してから作業を再開する。なお、この点検表は成果として提出するものではなく、日々の安全管理のために使用するものである。

表-4.2 日常点検表

日常点検表

この点検表は④掘削工事及び、⑥掘削斜面下で擁壁工等の作業を行う場合に作業開始、終了時等（注1）に斜面の変状等を確認するためのものである。
 変状等が確認された場合は、作業を中止し、応急対応を施し、監督員に報告するとともに、異常時対応シート（別添）を作成し、安全が確保できてから作業を再開すること。

工事名		請負業社名	
箇所名			

有か無に○印をつける：有=現象が有る（ただし、風や振動等による原因が明確な極微小なものは除く） 無=現象が無い

位置	項目	現象 *注1 (チェック時期)	月/日															
			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			()	()	()	()	()	()	()	()	()	()	()	()	()	()	()	
切土掘削部	切土勾配	丁張りとは合致していない	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
	亀裂	進展する恐れがある	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
	はらみ	進展する恐れがある	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
	落石	小石程度が連続して起こる	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
	崩壊	肌落ち等が連続して起こる	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
	湧水	量に変化が起きる	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
		濁りが発生する	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
	浮石転石	変動が見られる	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
	その他	異常が見られる	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
残斜面及び周辺	亀裂	進展する恐れがある	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
	はらみ	進展する恐れがある	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
	崩壊・落石	拡大する恐れがある	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
	浮石・転石	変状が見られる	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
	樹木	根曲がりなど根に変状がある	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
	構造物	変状が見られる	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
	その他	異常が見られる	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無
その他	降雨時の排水・法面保護対策に異常がある	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	
	危険箇所の立入り禁止措置に異常がある	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	
	点検者サイン																	

* (注1) チェックの時期
 (1) 作業開始前
 (2) 作業終了時
 (3) 降雨の後、特に大雨あるいは日照りの続いた後の降雨時
 (4) 地震後特に震度4以上の地震の後
 (5) その他必要に応じて

設計・施工段階別点検表と日常点検表における地山調査フローを図-4.3に示す。各項目にて1項目でも該当するものがあれば、経験者により安定性の検討を行い、安定性が確保できない場合、仮設的なハード対策により安全を確保するか工法変更を選択するといった流れとなる。

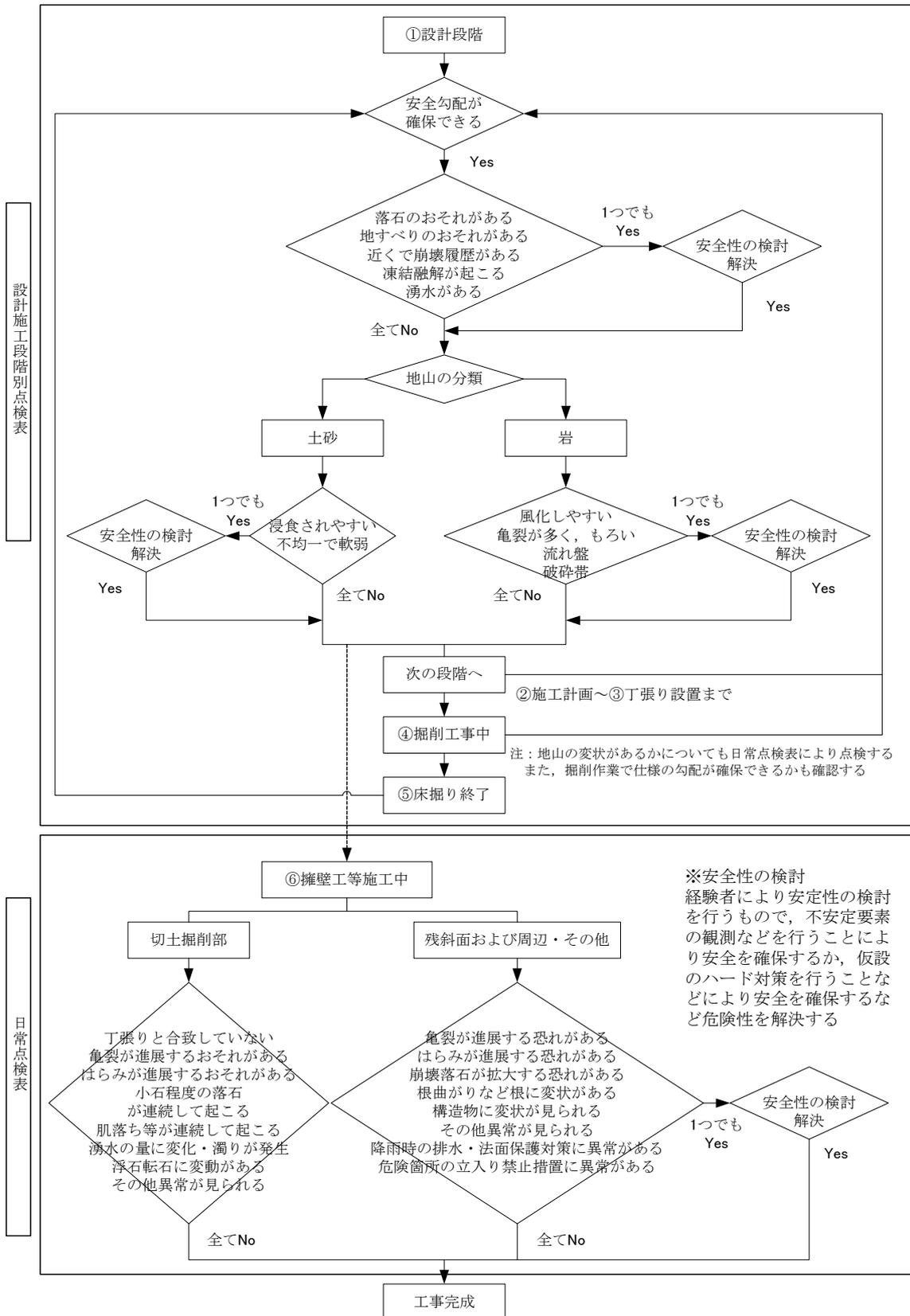


図-4.3 地山調査フロー

4.4. 異常時対応シート（表-4.3）

異常時対応シートは法面に何らかの異常が発生した場合に必要な情報を遺漏なく収集するためのものである。異常時対応シートは、受注者が発注者に報告する書式とし、記録として残すものとする。記載例を図-4.4 に示す。

表-4.3 異常時対応シート

異常時対応シート

現場事務所のわかり易いところに置くこと
記入できるところだけ記入すればよい

1	発生日時	平成 年 月 日 (曜日)				
2	記録者	氏名:		所属:		
3	発生時の作業	班長:	作業員:	名	作業内容:	
4	一次連絡	報告	受信者(現場責任者):		報告者(発見者等):	月 日 時
		作業員の安全	作業員の安全		内容	
			<input type="checkbox"/> 確保	<input type="checkbox"/> 被害		
			<input type="checkbox"/> 亀裂(法肩上方、法面) <input type="checkbox"/> 崩壊(全体、局部) <input type="checkbox"/> 落石 <input type="checkbox"/> 構造物変形			
変状形態	作業中止判断		<input type="checkbox"/> 中止	<input type="checkbox"/> 続行	<input type="checkbox"/> その他	
応急対応	応急対応					
5	二次連絡	報告	受信者(発注者):		報告者(現場責任者):	月 日 時
		変状状況	変状の規模(幅・斜長・深さ)、変形量(土塊移動量、亀裂幅、段差など) スケッチ又は写真に記入(別紙)			
		変状要素誘因など	変状要素因	変状誘因	内容	
		<input type="checkbox"/> すべり面粘土	<input type="checkbox"/> 豪雨			
		<input type="checkbox"/> 流れ盤すべり	<input type="checkbox"/> 融雪			
		<input type="checkbox"/> 土が軟らかい	<input type="checkbox"/> 土工バランス			
		<input type="checkbox"/> 湧水	<input type="checkbox"/> 地震			
6	対応指示・結果報告	今後の対応に関する指示事項				
		対応結果報告	受信者(発注者):		報告者(現場責任者):	月 日 時
		対応内容				
7	緊急連絡先(事前に記入)	・発注者		tel		
		・請負人(本社)		tel		
		・請負人(現場)		tel		
		・下請負人		tel		
		・コンサルタント		tel		

異常時対応シート

現場事務所のわかり易いところに置くこと
記入できる箇所だけ記入すればよい

1	発生日時	平成 21 年 10 月 2 日 (金曜日)			
2	記録者	氏名: 藤井	所属: OO建設		
3	発生時の作業	班長: 伊藤	作業員: 3 名	作業内容: 掘削工事	
4	一次連絡	報告	受信者(現場責任者): 藤井	報告者(発見者等): 伊藤 10月2日 10時	
		作業員の安全	作業員の安全	内容	
	変状形態	<input type="checkbox"/> 確保 <input type="checkbox"/> 被害	内容	掘削機が傾き、斜土も、土で崩壊	
		<input type="checkbox"/> 亀裂(法面上下、法面)			
<input type="checkbox"/> 崩壊(全体、局部)					
応急対応	作業中止判断	<input checked="" type="checkbox"/> 中止 <input type="checkbox"/> 続行 <input type="checkbox"/> その他			
応急対応	応急対応	掘削機を停止して、当面崩壊域付近は目視確認			
5	二次連絡	報告	受信者(発注者): 板垣 10月2日 11時	報告者(現場責任者): 藤井	
		変状状況	変状の規模(幅・斜長・深さ)、変形量(土塊移動量、亀裂幅、段差など) スケッチ又は写真に記入(別紙)		
	変状要素誘因など	変状要素 <input type="checkbox"/> すべり面粘土 <input type="checkbox"/> 流れ盤すべり <input type="checkbox"/> 土が軟らかい <input type="checkbox"/> 湧水	変状誘因 <input type="checkbox"/> 豪雨 <input type="checkbox"/> 融雪 <input type="checkbox"/> 土工バランス <input type="checkbox"/> 地震	内容 25mの降雨 同じ部分で粘土、泥岩(灰色)と 泥岩(灰色)境界が不明で、土質不明	
6	今後の対応に関する指示事項	<ul style="list-style-type: none"> ・しばらく様子を見る(背後や周辺の状況の有無) ・専門のコンサルタントに現状を伝え、今後の対応を指示 ・NO.253~+10まで土質調査を実施し、調査結果を報告 			
	対応結果報告	受信者(発注者): 板垣	報告者(現場責任者): 藤井	10月16日	
7	緊急連絡先(事前に記入)	対応内容	<ul style="list-style-type: none"> ・今回の、背後や周辺の崩壊の拡大はない。 ・専門のコンサルタントに現状を報告して、拡大の可能性は低いと判断。 ・10/16に今後の対応について、専門家に意見を伺って、土質調査の結果を報告し、OK。 ・NO.253~+10まで調査し、作業員も同知した。 		
		緊急連絡先	発注者	板垣 主任	tel 〇-〇-〇
		請負人(本社)	OO建設 土木技術課	tel 〇-〇-〇	
		請負人(現場)	OO建設 藤井	tel 〇-〇-〇	
		下請負人	OO組 伊藤	tel 〇-〇-〇	
		コンサルタント		tel	

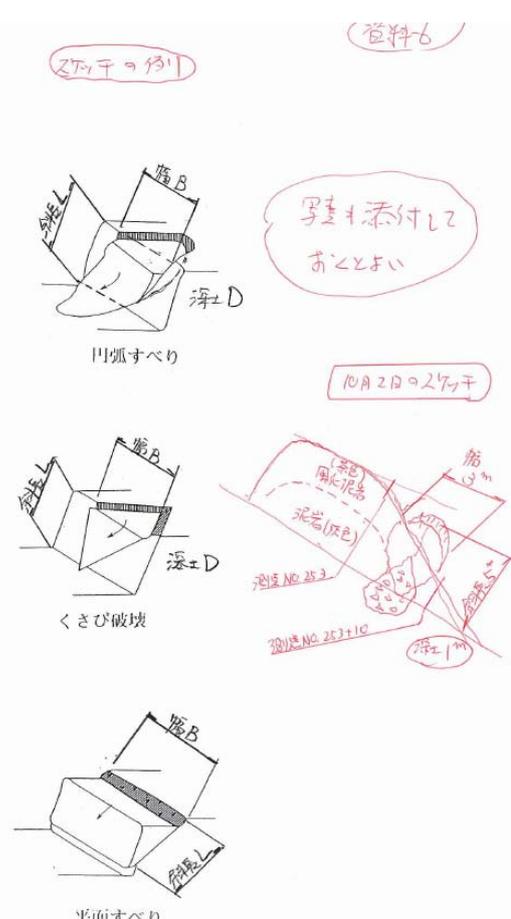


図-4.4 異常時対応シート記載例

4章の参考文献

1. 国土交通省大臣官房技術調査課 監修：土木工事安全施工技術指針—平成13年改訂版—、2001.
2. 日本道路協会：道路土工-土質調査指針、2007.
3. 日本道路協会：道路土工-のり面工・斜面安定工指針、2007.

5. 安全性の検討に際してのハード的対策の概念

5.1. ハード的対策の概念

溝掘削工事では掘削溝の形態・作業方法がほぼ同じであるため「土止め先行工法」で示された工法がハードの対策として有効に機能している。一方、今回対象としている斜面工事では、地形、斜面の高さ、湧水などの地盤条件が工事箇所毎に変化するとともに、作業工程や擁壁工等の対策工の種類に応じた掘削方法が多様にあることから費用対効果を考えると崩壊を百パーセント防止するようなハードだけでの対策は難しい。そこで、斜面崩壊による労働災害を低減することを目的とするようなハード対策について、下記の観点・概念によって整理を行なった。

A. 作業時に作業員が切土部の下部に進入しない又は短時間の進入ですむ方法

- ①ユニット化した部材の設置で構造物を構築する方法
- ②無人化施工により構造物を構築する方法

B. 斜面（残斜面と切土部）を補強する方法（変状が生じても避難する時間を確保し崩壊土砂が可能な限り拡散しない方法を含む）

- ①斜面を補強する方法
- ②変形を許容する比較的簡易な方法
- ③変形やひずみを感知するセンサー類と組み合わせた方法

これらの観点・概念に相当する工法を以下に示す。

A-①に相当する工法

- ・吊りカゴ枠
- ・残存型枠による擁壁
- ・大型ブロック擁壁
- ・圧入機による杭工法

A-②に相当する工法

- ・無人化施工による吊りカゴ枠
- ・無人化施工による大型ブロック擁壁

B-①に相当する工法

- ・地山補強土工法

B-②に相当する工法

- ・簡易のり面工

B-③に相当する工法

- ・動態観測システムと組み合わせた施工方法

対策方法や適用条件などについてまとめた一覧表を表-5.1 に示す。なお、本報告書で示した工法は、斜面崩壊による労働災害を低減する観点・概念を満足する工法を全て網羅しているわけではない。そのため、このような観点・概念を満足するような工法や商品を今後追加していくことが望まれる。

表-5.1 ハード対策比較一覧表

カテゴリ	A				B		
	作業時に作業員が切土部の下部に進入しない、又は短時間の進入ですむ方法				斜面（残斜面と切土部）を補強する方法（変状が生じても避難する時間を確保し崩壊土砂が可能な限り拡散しない方法を含む）		
目的	作業時に作業員が切土部の下部に進入しない、又は短時間の進入ですむ方法				斜面（残斜面と切土部）を補強する方法（変状が生じても避難する時間を確保し崩壊土砂が可能な限り拡散しない方法を含む）		
対策方法	A-① ユニット化した部材の設置で 構造物を構築する方法		A-② 無人化施工により構造物を 構築する方法		B-① 斜面を 補強する方法	B-② 変形を許容する 比較的簡易な方法	B-③ 変形やひずみを感じず センサー類を組み合わせた方法
	吊り カゴ枠	残存 型枠	大型 ブロック	圧入機 利用杭等	吊り カゴ枠	大型 ブロック	簡易 法面工
永久 仮設	永久				永久	仮設	永久・仮設
適用条件	排水機能が 必要な箇所		排水機能が必 要な箇所		重機が動ける スペースがあ ること	重機が動ける スペースがあ ること	逆巻き工法等によって 地山が安定していること
	重機が動け るスペース があること		重機が動けるスペースがあること				
従来 の方法	背後の地山が 一時的に安定していること		背後の地山が 一時的に安定していること		なし	なし	吹付け工
	布団カゴ	木製・ 鋼製型枠	現場打設擁壁				

5.2. 作業時に作業員が切土部の下部に進入しない又は短時間の進入で済む方法

崩壊の危険性の高いと判断された斜面において、①人が危険箇所近づかなくても済む工法（例えば掘削を伴わない本設として利用可能な方法）や②擁壁築造や山留め工事において、プレキャスト部材やユニット化された部材を使用することにより、背面（斜面下）作業期間だけでなく、施工期間そのものを短縮することにより、斜面が劣化、崩壊する前に安定化させることを目標とした方法である。

5.2.1. ユニット化した部材の設置で構造物を構築する方法

既存工法・製品から上記の概念を満足する以下の4種類を抽出・掲載した。

(1) 吊りカゴ枠

吊りカゴ枠は、あらかじめ組み立て、中詰めしたカゴを重機で運搬し、所定の位置に設置して擁壁・護岸・床固め等を構築する方法である。

(2) 残存型枠（捨て型枠）による擁壁

残存型枠（捨て型枠）工法は、型枠工の省力化（熟練技能工不要、型枠取り外し作業の割愛、作業の安全性向上等）を目的に検討された技術であり、型枠としては、コンクリート・鋼製・木製・古タイヤ等がある。この工法は、施工期間自体はそれほど変わらないが、既存の現場打設擁壁の作業にて発生する擁壁背面の型枠取り外し作業が割愛できる利点があるため、ここに掲載した。

(3) 大型ブロック擁壁・プレキャスト擁壁

背面での型枠作業をなくし、設置後すぐに埋め戻すことにより危険な状態を極力短期間に出来る。埋め戻しは流動化処理土などを利用することで背面作業を減らすことも可能である。

(4) 圧入機による杭工法

土留め壁（鋼矢板・H鋼杭、コンクリート矢板など）をそのまま擁壁（本設）として利用する工法、この場合背面の掘削が不要となることから、災害が発生する可能性が低くなる

以上の方法は施工方法によっては、従来工法よりもコスト縮減となる場合もある。ここで挙げた事例を参考に、各施工者が材料にユニット化等を工夫し、切土部の下部にて作業する時間を可能な限り少なくすることが重要である。

なお、これら抽出したユニット化した施工方法については、添付資料に詳細に記載されている。

5.2.2. 無人化施工により構造物を構築する方法

無人化施工は、人が立ち入ることの出来ない危険な場所での施工に用いられ、災害の対策工事・復興工事などに適用されている。なお、吊りカゴ枠およびブロック擁壁の無人化施工事例について添付資料に詳細に記載されている。

5.3. 斜面（残斜面と切土部）を補強する方法（変状が生じても避難する時間を確保し崩壊土砂が可能な限り拡散しない方法を含む。）

斜面のり尻部を掘削して、擁壁等の構造物を築造する際、不安定な状態になる掘削面に鉄筋等の補強材を挿入して、その頭部にのり面工を設置して掘削面を安定化させる方法である。なお、この方法は、土塊の変形とともに補強材に抵抗力が発生することから、斜面変状が生じても一気に崩壊する確率は低い。したがってこの特性を利用して、補強材の長さ、補強材径、補強材間隔やのり面工の種類等と現場条件を考慮して組み合わせることにより、永久構造物としての利用、斜面変状が生じても作業員が避難できる時間を確保するための利用、斜面崩壊時の土砂拡散防止となる利用等が可能と考えられる。

5.3.1. 斜面を補強する方法～地山補強土工法

斜面崩壊を原因とした労働災害の防止のための斜面補強対策として、地山補強土工法が最適と考えられる。その理由として、斜面崩壊による労働災害の約6割は表層崩壊により発生していること、比較的安価な工法であり小規模工事にも適用可能であると考えられることが挙げられる。なお排水補強工は掘削地山の地下水位が高い場合の補助工法として考えられる。

地山補強土工法は、擁壁などの構造物築造のために掘削する斜面が不安定である場合に、以下の用途として検討される。

- ・ 土留め構造物の代替としての永久のり面もしくは構造物背面の地山のすべり抑止としての永久構造物
- ・ 掘削斜面の斜面安定工としての仮設構造物

地山補強土工法の特徴を踏まえ、ここでは小規模掘削工事における斜面補強対策として、表-5.2に示す2案を提示した。

表-5.2 斜面補強対策案

対策案	期待される効果	使用材料
B-① I	斜面崩壊抑止	地山補強材＋金網＋のり面工 (受圧板、頭部連結材もしくは吹付けコンクリート工)
B-① II	表層すべりの抑止	短い地山補強材＋金網＋のり面工 (受圧板、頭部連結材もしくは吹付けコンクリート工)

なお上記の対策案については、崩壊が想定される規模により、前面を全て石積み擁壁などにより保護できること、それにより本設構造物として安定が確保できる場合は、仮設として利用可能である。ただし、斜面安定の考え方に短期という考え方を適用する事が難しいことから、前面の擁壁と一体として本設構造と考えるか、地山補強材を挿入した範囲を本設として利用するか、経済性及び安全性の観点から十分に検討する必要がある。

対策案の概要を以下に示す。なお、いずれの案も土砂の拡散による労働災害の防止を目的とした金網の設置又は吹付けコンクリート工を想定しており、標準勾配での逆巻き施工を必須とする。

(1) B-①-I 斜面崩壊防止[地山補強材+金網+のり面工(受圧板、頭部連結材もしくは吹付けコンクリート工)]

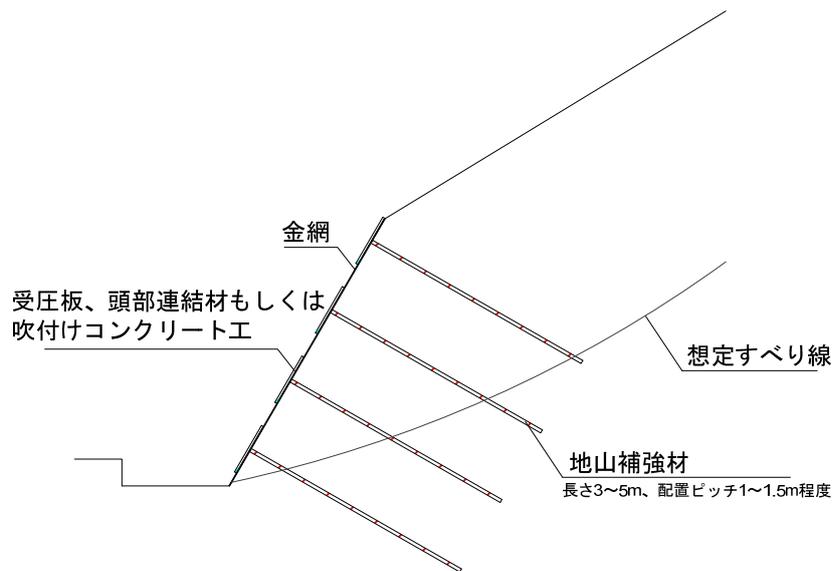


図-5.1 B-①-I 概要図

B-①-I は、一般的な地山補強土工法の仕様であり、補強材およびのり面工による斜面安定効果と金網による土砂拡散防止効果を図ったものである(図-5.1)。

斜面を安定化することにより斜面崩壊を防止することができ、深さ 3m 程度までのすべりに対しても対応可能である。また、万が一斜面崩壊が生じた場合でも、地山の変形から崩壊までの時間を稼ぐことが期待できる。

ただし、想定されるすべりが深い場合には補強材が長くなり、打設に費やす時間が長い。そのため全体工程に及ぼす影響が大きくなる。また、補強材打設には削孔機やグラウトミキサーなどの機材が必要となる。

(2) B-①-II 表層すべりの防止【短い地山補強材+金網+のり面工(受圧板、頭部連結材もしくは吹付けコンクリート工)】

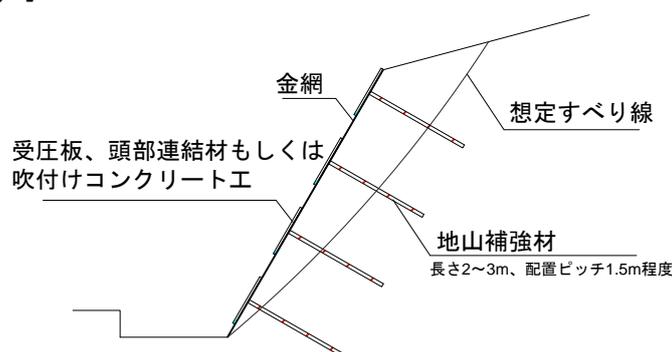


図-5.2 B-①-II 概要図

B-①-II は、B-①-I の補強材を短くし、全体工程に及ぼす影響を最小限にしたものである(図-5.2)。表層 2m 程度以浅の斜面の劣化状態が、将来斜面崩壊を起こさせる恐れがあると判断される場合に適用される。B-①-I と同様に斜面を安定化することにより斜面崩壊を防止することができ、崩壊を生じたとしても地山が変形してから崩壊するまでの時間を稼ぐことが期待できる。ただし斜面補強効果は表層すべりに限定される。また、補強材打設には削孔機やグラウトミキサーなどの機材が必要となる。

5.3.2. 変形を許容する比較的簡易な方法～簡易のり面工

のり面工は、一般的にのり面の風化浸食や表層崩壊の防止を目的として用いられるが、ここでは、仮設の小規模掘削工事に用いられる「金網張り工」又は「モルタル吹付け工」などの簡易なりのり面工について示す。

簡易なりのり面工は、のり面表層のごく小規模な崩壊に対して土砂の拡散防止がある程度できること、及びのり面の損傷状態が判別しやすいことから、のり面に変状が生じた際に、のり面下での作業を中断し作業員を避難させる等の措置を早期にとることが可能となることが期待できる。しかし、これらの方法は、経験的な手法として用いられるものであり、地山の深いすべりを抑止することはできず、また変状が生じてから崩壊に至るまでの時間が定量的ではない点に十分留意する必要がある。そのため、簡易な計測を行い、一般的な計測管理値を参考に崩壊危険性の判定を行うことが望ましい。

本報告書では、小規模掘削工事中における簡易なりのり面工として、表-5.3 に示す以下の 2 案を提示する。

表-5.3 簡易なりのり面工による対策案

対策案	期待される効果	使用材料
B-② I	土砂拡散防止	目串+金網
B-② II	土砂拡散防止 (変状の予兆の監視)	目串+モルタル吹付け (ラス網含む)

以下に対策案の概要を示す。いずれの案も標準勾配での逆巻き施工を必須とする。またここで示す対策案は、長さ 500mm 以下の棒状の材料（一般的には長さ 400mm 以下の目串に代表される）を掘削面に配置してネット工やモルタル吹き付け工等の簡易なりのり面工を施す方法を想定している。また、目串は、一般的に用いられる金属製のアンカーピン（φ13～16mm）の他に竹やプラスチック材なども含まれる。

なお、「のり面保護工に関する質疑応答集」（全国特定法面保護協会、H12）第 4 章 モルタル・コンクリート吹付け工編（p36）によると、アンカーピンは、のり面上での打込み作業が可能な程度ということで、一般的にはφ13～16mm、長さ 200～400mm のものが使用されている¹⁾。

(1) B-②-I 土砂拡散防止 [目串+金網]

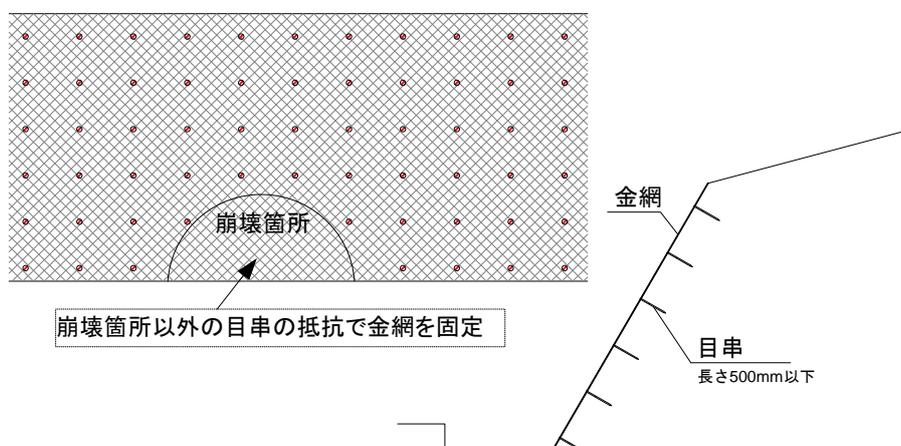


図-5.3 B-②-I 概要図

B-②-I は、金網による土砂拡散防止効果を期待するものである（図-5.3）。掘削段階ごとに金網を目串等で固定する。特殊な機材が不要なため、全体工程に及ぼす影響が少ないうえ経済的にも有利である。斜面そのものに対する補強効果は期待できないが、崩壊箇所以外での目串の抵抗により崩壊箇所での土砂の崩壊・拡散を防止でき、変形から崩壊まで時間をある程度稼げることが経験的にわかっている。ただし地盤条件や掘削規模に応じ定量的な設計を行う場合は、金網や目串の仕様に関してより詳細な検証が必要となる。

(2) B-②-II 土砂拡散防止 [目串+モルタル吹付け (ラス網含む)]

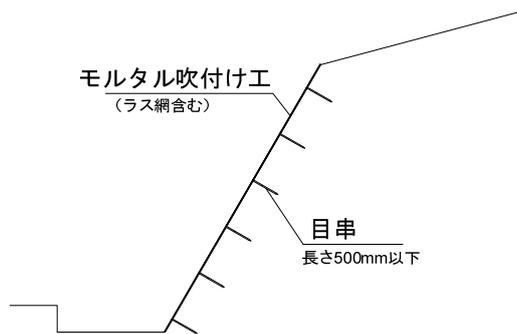


図-5.4 B-②-II 概要図

B-②-II は、モルタル吹付け工による土砂拡散防止効果を期待するものである（図-5.4）。掘削段階ごとにラス網を目串で固定し、モルタル吹付けを行う。岩板亀裂が多い場合は亀裂にモルタルを注入することもある。風化しやすい地山に対する仮設ののり面保護工として多くの実績があり、経験的に効果があることがわかっている。また崩壊箇所以外での目串の抵抗力により、崩壊箇所の土砂の崩壊・拡散を防止することが期待できる。副次的効果として、のり面の変状がクラックの発生により察知しやすくなり、避難する時間が確保しやすくなることを期待できる。ただしモルタル吹付けのための特殊な機材を必要とし、さらにモルタルの養生期間が必要となるため、工事の規模によっては全体工程や工費に及ぼす影響が無視できないことが考えられる。

以上、斜面（残斜面と切土部）を補強する方法および変状が生じて避難する時間を確保し崩壊土砂が可能な限り拡散しない方法として、B-①-I～II、B-②-I～II の 4 つの方法を提案した。これらのメリットや留意点を表-5.4 に示す。

表-5.4 斜面（残斜面と切土部）を補強する方法（変状が生じてでも避難する時間を確保し崩壊土砂が可能な限り拡散しない方法を含む）の概略一覧表

対策方法 ^{*1}	B-①		B-②	
	I	II	I	II
期待される効果	斜面崩壊防止	表層すべり防止	土砂拡散防止	土砂拡散防止 (変状の予兆監視)
概略図				
主な使用材料	<ul style="list-style-type: none"> 地山補強材 金網 受圧板、頭部連結材、吹付けコンクリート 	<ul style="list-style-type: none"> 地山補強材 金網 受圧板、頭部連結材、吹付けコンクリート 	<ul style="list-style-type: none"> 目串 金網 	<ul style="list-style-type: none"> 目串 吹付けモルタル（ラス網含む）
対象とする崩壊深さ	3m程度まで	2m程度まで	ごく表層	ごく表層
供用期間	本設 ^{*2}	本設 ^{*2}	仮設	仮設
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 比較的深いすべりに対しても対応可能 万が一斜面崩壊が生じた場合でも、地山の变形から崩壊までの時間を稼ぐことが期待できる 	<ul style="list-style-type: none"> 削孔長がa案より短いため、全体工期に及ぼす影響を少なくすることが可能 万が一斜面崩壊が生じた場合でも、地山の变形から崩壊までの時間を稼ぐことが期待できる 	<ul style="list-style-type: none"> 特殊な機材が不要なため、全体工程に及ぼす影響が少ないうえ経済的にも有利 崩壊箇所以外での目串の抵抗力による土砂拡散防止効果が期待でき、変形から崩壊まで時間をある程度稼げることができる 	<ul style="list-style-type: none"> 風化しやすい地山に効果がある 目串の抵抗により土砂拡散防止効果が期待でき、変形から崩壊まで時間をある程度稼げることができる のり面に生じたクラックの発生により、のり面の変状を察知できる
留意点	<ul style="list-style-type: none"> 想定されるすべりが深い場合には長い補強材が必要となり全体工程に及ぼす影響が大きくなる 補強材打設には削孔機やグラウトミキサーなどの機材が必要となる 	<ul style="list-style-type: none"> 表層2m程度以浅の斜面の劣化状態が、将来斜面崩壊を起こさせる恐れがあると判断される場合に適用 補強材打設には削孔機やグラウトミキサーなどの機材が必要となる 	<ul style="list-style-type: none"> 地山のすべり自体に対する抑止効果はないため、のり面の変状に注意するとともに、変状が認められた場合はのり面下での作業を中止し避難すること 	<ul style="list-style-type: none"> 地山のすべり自体に対する抑止効果はないため、のり面の変状に注意するとともに、変状が認められた場合はのり面下での作業を中止し避難すること モルタル吹付けのための特殊な機材を必要とし、さらにモルタルの養生期間が必要となる

*1 いずれの対策案も、標準勾配での逆巻き施工を必須とする。

*2 永久のり面、もしくは地山の性状により掘削斜面の補強が必要かつ土留め擁壁のみでは本設として機能しない場合。ただし適用目的によっては仮設としても用いられる。

5.3.3. 変形やひずみを検知するセンサー類と組み合わせる方法

災害復旧工事現場などの崩壊の危険が伴うことが明確な現場では、モニタリングを行いながら施工されている。添付資料では、各機関におけるこれらの事例について紹介している。ただし、斜面規模などからすれば、添付資料で紹介した判定基準がそのまま使用できるかどうかについては今後の課題であり、中小規模工事での動態観測事例を収集してその判定基準の確立を図ることが必要である。

5章の参考文献

1. 社団法人全国特定法面保護協会：のり面保護工に関する質疑応答集、2000

6. 今後の課題（責任分担・資格・コスト負担・教育）

6.1. 教育の実施等

4章に示した3つの点検表は、地盤技術者ではない作業員でも分かり易いように配慮した。しかしながら、点検表の「項目・現象の意味」をきちんと理解するには、教育・訓練を受け、よりの確な判断ができるようになることが望ましい。また、最終的に崩壊などから作業員の命を守るには、崩壊前兆現象の理解や、崩壊発生時の対応などを、日ごろから勉強しておくことも大事となる。

そこで、擁壁工事等に従事する監督者・作業員に対し、以下のような教育・訓練を実施し、安全に対する知識や意識レベルを向上させていく必要がある。そのためには、工事現場の規模に応じ、教育訓練計画をたて、実施し、実施記録を残すことが望ましい。

・講習会への参加

安全に対する認識を向上させるための講習会への参加（発注機関主催や各種防災団体など）

・社内勉強会の実施

- 1) 設計・施工段階別点検表の各項目について、
- 2) 日常点検表の各項目について
- 3) 崩壊前兆現象について
- 4) 変状発生時の対応について
危険法面に近づかない
危険法面に人が入れないようにする
応急対応の例

この社内勉強会は、例えば日雇いの作業員の日常指導も含まれる。

6.2. 発注者の配慮等

公共団体発注の工事については、国交省が「公共工事の品質確保の促進に関する法律」を踏まえ、工事の品質の確保、コストの縮減、さらには事業の円滑な執行を図るため、工事着手段階及び工事中に発注者、施工者及び設計者の3者が参加して設計の意図を共有し適切な設計・施工方法を協議、調整する場を設けている。この概念は、本調査研究会にて提案されたものと共通するものであり、国交省以外の発注機関においても同様の検討がされることが望ましい。

なお、本報告書では、斜面崩壊による労働災害が多い公共団体発注工事を主な対象として述べてきたが、民間発注工事についてもこの思想に基づいて検討されることが望ましい。

6.3. 今後の課題

本研究委員会では、「責任の所在」、「資格」についても議論が出た。しかし、これらの問題は様々な問題を内挿しており、重要性を指摘することが出来るが、明確な結論を出すには及ばなかった。また、今回検討した発注者、施工者及び設計者の3者以外にも、崩壊の影響がある敷地境界外の問題なども、実際に運用する場合には解決すべき課題となる。

これらの課題は、今後、本研究委員会報告書の公開により、本研究委員会の思想・コンセプトが浸透した際に、再度検討を行う事項と考えられる。

資料集 安全性の検討に際してのハード的対策

安全性の検討に際してのハード対策について

斜面崩壊による労働災害防止のための新しい措置検討ワーキンググループ
ハード対策班報告書

「斜面崩壊による労働災害の防止対策に関する調査研究会」

斜面崩壊による労働災害防止のための

新しい措置検討ワーキンググループ

ハード対策班

2010年2月

1. はじめに

斜面崩壊による労働災害は、擁壁を施工するための自然斜面やのり面の掘削作業時、急勾配に切り取りした斜面近傍で行なう作業（型枠組み立て・解体、床均し、ブロック積み）時に発生していることが多い。したがって、斜面崩壊による労働災害を低減することを目的とするハード対策については、下記の観点から整理を行なった。

A. 作業時に作業員が切土部の下部に進入しない又は短時間の進入ですむ方法

- ①ユニット化した部材の設置で構造物を構築する方法
- ②無人化施工により構造物を構築する方法

B. 斜面（残斜面と切土部）を補強する方法（変状が生じても避難する時間を確保し崩壊土砂が可能な限り拡散しない方法を含む）

- ①斜面を補強する方法
- ②変形を許容する比較的簡易な方法
- ③変形やひずみを感知するセンサー類と組み合わせた方法

A-①に相当する工法

- ・吊りカゴ枠
- ・残存型枠による擁壁
- ・大型ブロック擁壁
- ・圧入機による杭工法

A-②に相当する工法

- ・無人化施工による吊りカゴ枠
- ・無人化施工による大型ブロック擁壁

B-①に相当する工法

- ・地山補強土工法

B-②に相当する工法

- ・簡易のり面工

B-③に相当する工法

- ・動態観測システムと組み合わせた施工方法

これらの工法について対策方法や適用条件などについてまとめた一覧表を表 1.1 に示す。

表-1.1 ハード対策比較一覧表

カテゴリー	A				B		
目的	作業時に作業員が切土部の下部に進入しない、又は短時間の進入ですむ方法				斜面（残斜面と切土部）を補強する方法（変状が生じても避難する時間を確保し崩壊土砂が可能な限り拡散しない方法を含む）		
対策方法	A-① ユニット化した部材の設置で 構造物を構築する方法		A-② 無人化施工により構造物を 構築する方法		B-① 斜面を 補強する方法	B-② 変形を許容する 比較的簡易な方法	B-③ 変形やひずみを感じず センサー類を組み合わせた方法
永久 仮設	吊り カゴ枠	残存 型枠	大型 ブロック	吊り カゴ枠	地山 補強土工法	簡易 法面工	動態観測システムと 組み合わせた施工方法
適用条件	排水機能が 必要な箇所 重機が動け るスペース があること		永久 排水機能が必 要な箇所 重機が動けるスペースがあること		永久	仮設	永久・仮設
従来の方法	布団カゴ	木製・ 鋼製型枠	現場打設擁壁	なし	なし	吹付け工	逆巻き工法等によって 地山が安定していること

なお、調査・計画・設計～発注・受注～施工までのフローの中で、斜面崩壊による労働災害を低減することを目的とするハード対策の検討時期を整理したものが図 1.1 である。ハード対策を検討する時期としては、発注前調査・計画・設計の時点、受注後受注業者が現地条件をもとに床掘仕様安全施工可否を行なう時点であるが、今回整理したハード対策の特徴を理解して、できるだけ早い時点で斜面崩壊による労働災害を低減するハード対策を選定することが望ましい。

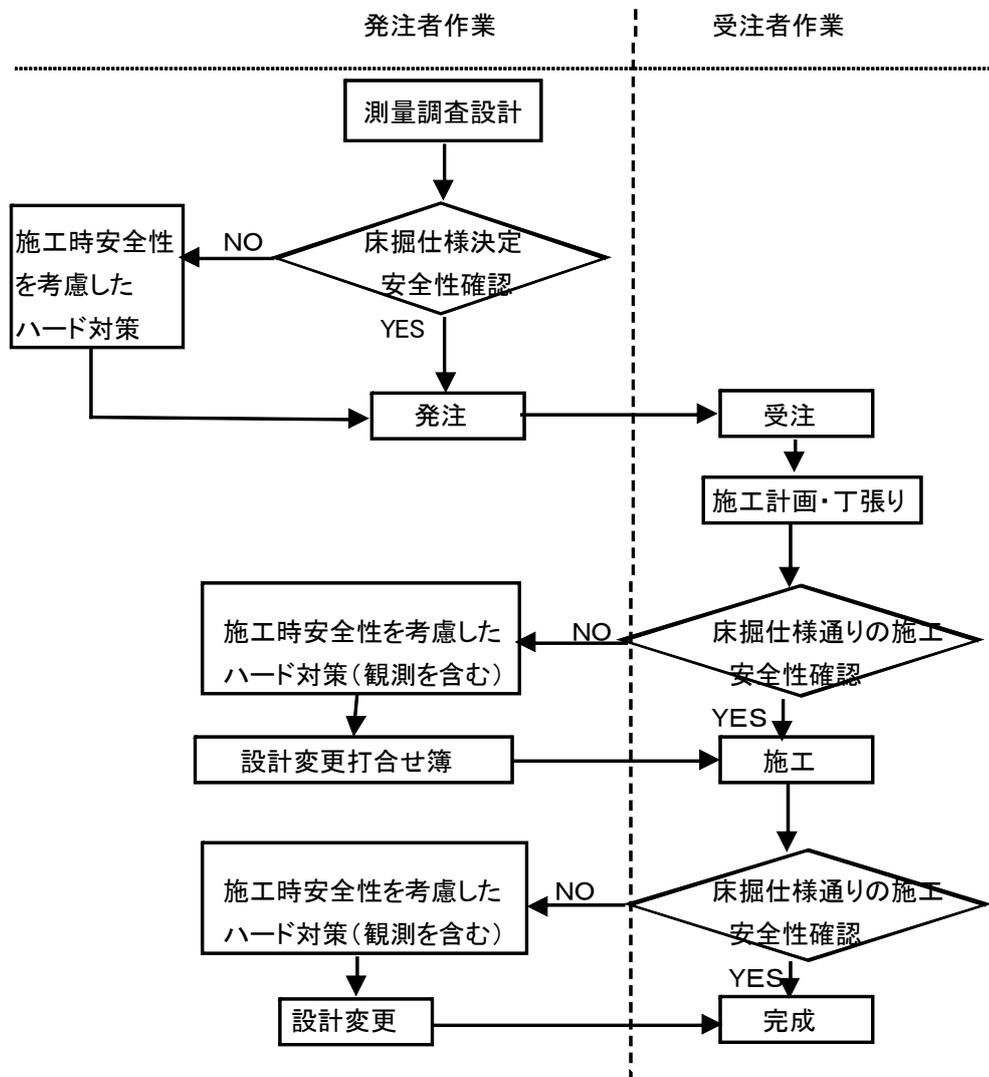


図 1.1 施工までのフロー

2. 作業時に作業員が切土部の下部に進入しないまたは短時間の進入ですむ方法

ここで、紹介する方法は、擁壁築造や山留め工事において、プレキャスト部材やユニット化された部材を使用することにより、背面（斜面下）作業期間だけでなく、施工期間そのものの短縮することにより、斜面が劣化、崩壊する前に安定化させる事を目標とした方法。および、床堀により崩壊の危険性の高いと判断された斜面において、掘削を伴わない本設として利用可能な方法である。

ここで挙げた事例を参考に、各施工者が材料にユニット化等を工夫し、切土部の下部にて作業する時間を可能な限り少なくすることが重要である。

2.1. ユニット化した部材の設置で構造物を構築する方法

2.1.1. 吊りかご枠

(1) かご工の概要

一般にかご工は、図 2.1 に示すように、外殻材の剛性によって鉄線カゴ工（布団カゴ・蛇カゴ）と溶接金網カゴ工に分類できるが、基本的には、栗石を金網や溶接金網等の外殻材内に詰めて箱状または筒状にした状態で多段に積み、土留め、護岸や床固め等に使用するもので、鉄線カゴ工は上下方向に木杭等、溶接金網カゴ工はそれ自体の構造で上下に一体化を図り、前者は高さ 2.0m以下、後者は高さ 8.0m以下で使用するとしている。

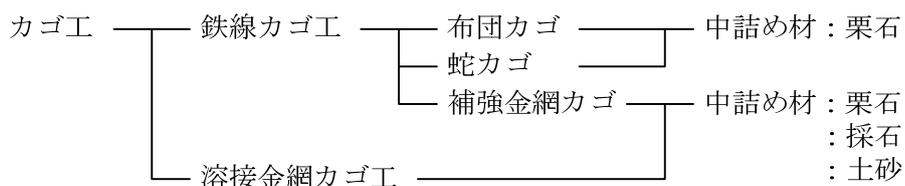


図 2.1 カゴ工の分類



図 2.2 布団カゴ



図 2.3 蛇カゴ



図 2.4 補強金網カゴ



図 2.5 溶接金網カゴ

(2) 吊りカゴの概要

吊りカゴは、あらかじめ組み立て、中詰めしたカゴを重機で運搬し所定の位置に設置して擁壁・護岸・床固め等を構築する方法である。標準タイプを基本に外殻材を補強したタイプであり、無人化施工にも対応できる。

① 吊りカゴの組み立て・設置手順 (図 2.6～2.9)



(1)



(2)



(3)



(4)



(5)



(6)



(7)



(8)

図 2.6 吊りカゴの組立



図 2.7 カゴへの中詰め



図 2.8 運搬



図 2.9 所定の位置に設置

2.1.2. 残存型枠（捨て型枠）工法

残存型枠（捨て型枠）工法は、型枠工の省力化（熟練技能工不要、型枠取り外し作業の割愛、作業の安全性向上等）を目的に検討された技術であり、型枠としては、コンクリート・鋼製・木製・古タイヤ等がある。

(1) コンクリート製

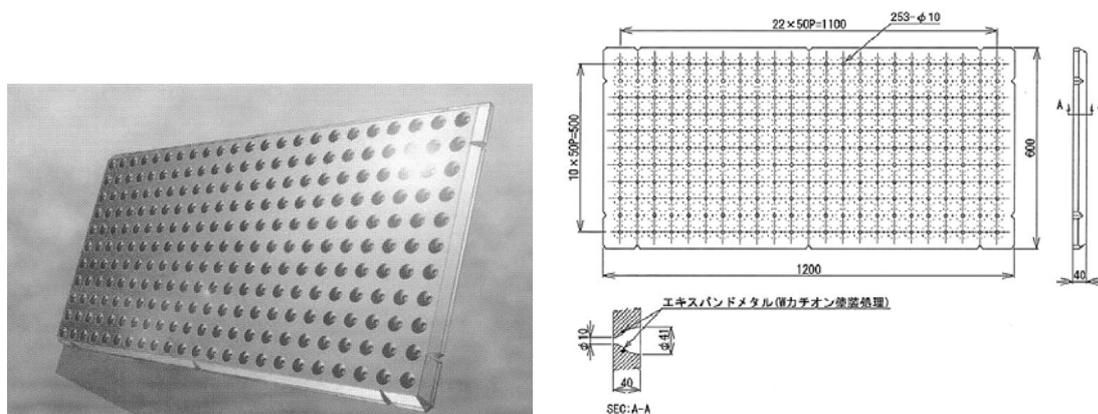


図 2.10 コンクリート製残存型枠の例（質量 50kg/枚、ミニタイプ 400×800 22kg/枚）



図 2.11 施工例（半径 10m 以下の曲率には適用不可）

直接工事費：6,900 円/m²~7,200 円/m²

	従来技術	本工法
コスト	854,000 円/100 m ²	718,000 円/100 m ² (16%ダウン)
日あたり施工量	32 m ² /日	50 m ² /日 (35%向上)

(2) 鋼製残存型枠

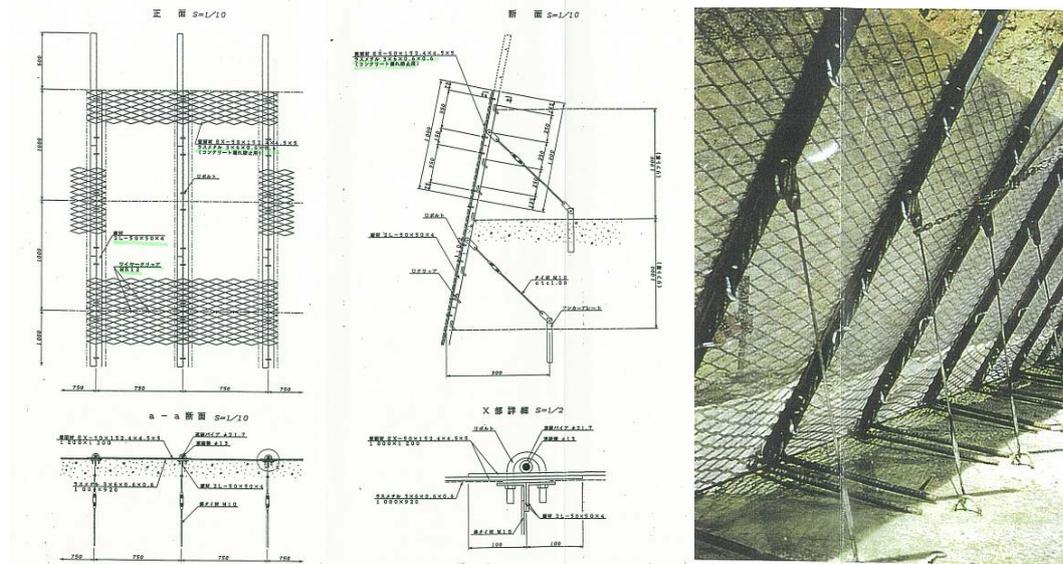


図 2.12 鋼製残存型枠の概要



図 2.13 施工状況

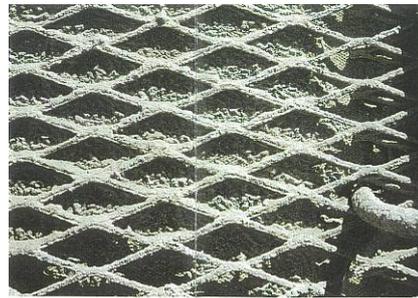


図 2.14 コンクリート打設後の状況

	従来工法	残存型枠工法 (メッキ)
コスト比較	型枠工 8,500 円/m ²	材料費 6,500 円/m ²
	足場工 3,000 円/m ²	組立費 1,000 円/m ²
	合計 11,500 円/m ²	合計 7,500 円/m ² (35%ダウン)

<参照> 無人化施工用ユニット型鋼製残存型枠の例



(3) 木製残存型枠

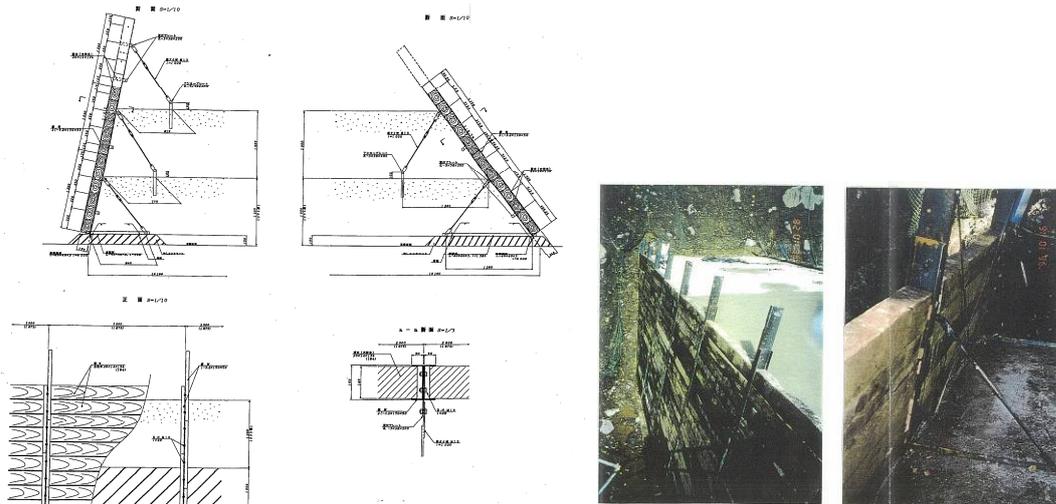


図 2.15 木製残存型枠の概要

	従来工法	木製残存型枠
コスト比較	型枠工 8,500 円/m ² 足場工 3,000 円/m ² 合計 11,500 円/m ²	材料費 : 8,000 円/m ² 組立費 : 1,200 円/m ² 合計 : 9,200 円/m ² (20%ダウン)

(4) 古タイヤ残存型枠

古タイヤ（年間総発生数約 80 万ト：1990~1992 年資料）発生し、廃材としての古タイヤの有効利用

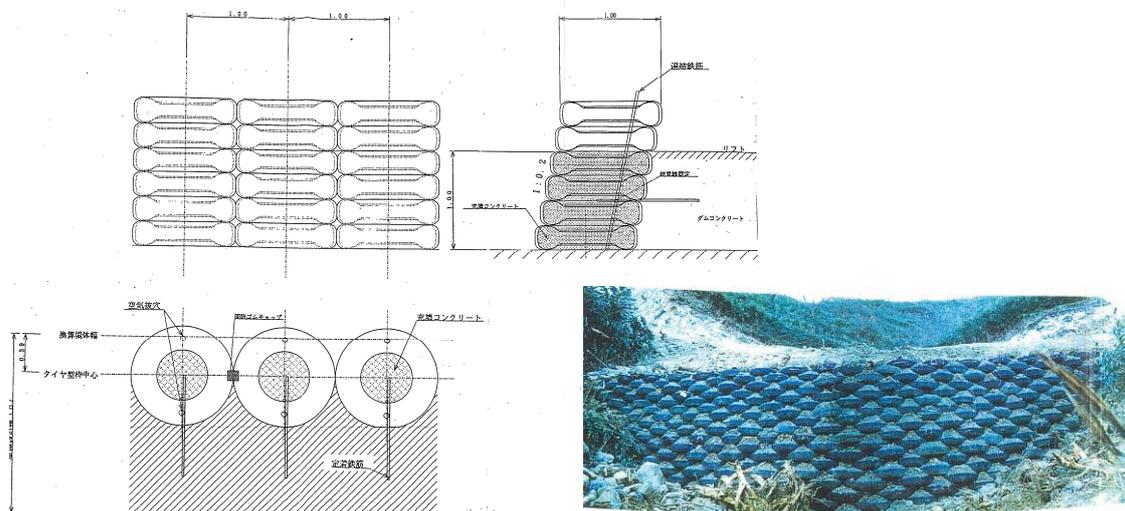


図 2.16 古タイヤ残存型枠の概要

	従来工法	古タイヤ残存型枠
コスト比較	型枠工 8,500 円/m ² 足場工 3,000 円/m ² 合計 11,500 円/m ²	直接材工費 トラック用タイヤ (φ 1 m) 5,300 円/m ² 鉄筋 (D19, l=1m) 400 円/m ² 合計 : 5,700 円/m ² (50%ダウン)

2.1.3. 大型ブロック積み擁壁

- ・ ブロックが大型のため施工が早い
- ・ 各段を施工する毎に背面の埋め戻しを行うことになるため、床付け時の最も危険な状態から段階毎に安全率を増すこととなる。
- ・ 場所打ち擁壁に比べ、埋戻し時に前面が解放された状態であるため、斜面が崩壊した場合でも避難経路が確保出来る。
- ・ 背面の埋戻しを流動化処理どのような転圧不要の工法を採用することで背面作業を無くすことも可能なものもある。
- ・ 適用の最大高さは一般的に 10m 程度である。(製品により 15m 程度まで対応可能なものもある)

大型ブロック積み擁壁は、比較的高い擁壁に利用されているが、これらを上手く利用することで、施工期間を短くして斜面への影響を少なく抑えることを目指す。

2.1.4. プレキャスト擁壁

背面での型枠作業をなくし、設置後すぐに埋め戻すことにより危険な状態を極力短期間に出来る。埋め戻しは流動化処理土などを利用することで背面作業を減らすことも可能。

また、逆 L 型擁壁を利用することで床掘削を低減することも可能となる。

プレキャスト擁壁には、いろいろな種類がある、背面掘削を少なくすることを目的とする場合は、逆 L 型擁壁が適している。しかし、現場打ち擁壁(L 型など)や重力式擁壁に比べて経済性が劣ることになる。また、適用高さも 3.0m 程度となる。このためプレキャスト擁壁の採用には、施工性の良さ、早さ以外にも斜面の安定性についても考慮して比較検討する必要がある。

2.1.5. 土留め壁をそのまま擁壁とする工法

土留め壁(鋼矢板、H 鋼杭、コンクリート矢板など)をそのまま擁壁(本設)として利用する工法、この場合背面の掘削が不要となることから、災害が発生する可能性が低くなる。

コンクリート矢板の様にそのまま本設利用出来るタイプと、鋼材(鋼矢板など)を使用するタイプがあるが、後者は仮設材を本設に利用するため、設計の考え方、使用する許容応力度などに注意が必要であり、また鋼材であることから長期使用ではコンクリートによる被覆などの腐蝕対策も必要である。どの工法でも使用する壁体の剛性などにより自立出来る高さ(擁壁高さ)が変わるが、一般的に 3.0m~9.0m 程度までが適用範囲である。

2.2. 無人化施工

無人化施工は、人が立ち入ることの出来ない危険な場所での施工に用いられ、災害の対策工事・復興工事などに適用されている。ここでは、吊りカゴ枠およびブロック擁壁の無人化施工事例を取り上げる。

2.2.1. 吊りかご枠の事例

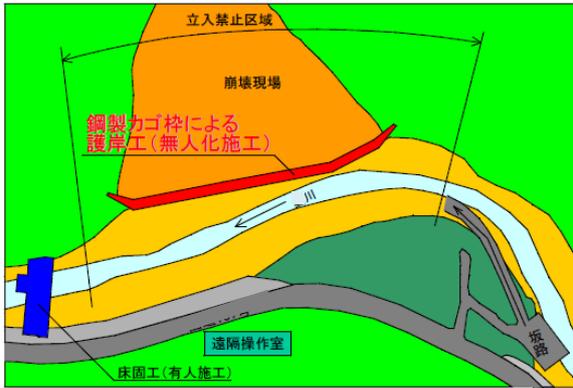


図 2.17 工事概要

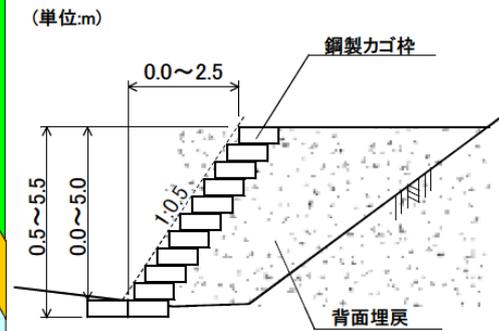


図 2.18 護岸工断面

無人化施工に使用した遠隔操作式の建設機械等は表 2.1 のとおりである。

表 2.1 遠隔操作機械等一覧

機械・装置	規格	対象作業	備考
バックホウ	1.4m ³ 級	標準バケット	除石・掘削・床堀・積込・埋戻 車載カメラ 搭載
		ブレーカ	
		把持装置	
バックホウ	0.8m ³ 級	標準バケット	除石・掘削・床堀・積込・埋戻
		ブレーカ	
ブルドーザ	20t級	掘削押土・敷均し・河床整正	
クローラダンプ	11t級	土砂及びカゴ枠運搬	
カメラ	車載式 (無線) 固定式 (有線)	カゴ枠据付	



図 2.19 吊金具



図 2.20 全回転式把持装置

(1) 全回転式把持装置と専門吊金具

護岸工に使用した鋼製カゴ枠を直接掴んだ場合、カゴ枠形状が変形するため吊上げ用の金具を取付けて材料自体の変形を抑えた。この金具の吊り部は必ず上を向く形状となっており、一度設置したカゴ枠を再度吊上げて据付調整を図るときに有効であった。

この吊り金具を掴み鋼製カゴ枠を吊上げるため、バックホウに全回転式把持装置（先端には吊金具を掴みやすくするためのフック有）を取り付けた。把持装置は 360° 回転するタイプで、吊上げた状態でのカゴ枠の揺れ止めや設置位置の調整に効果を発揮した。

(2) カゴ枠制作と運搬

カゴ枠制作は無人化施工区域外で行われた。ここで、無人化施工で吸出し防止材を設置することが困難と判断したため、本来ならカゴ等の外側に設置する吸出し防止材をカゴ枠内部に取付けた。

当初、カゴ枠の運搬はバックホウで行う予定であったが、遠隔操作式のクローラダンプに積み込み、設置位置付近まで運搬した。クローラダンプには最大で 5 個のカゴ枠が積めるため作業効率は大幅に向上した。



図 2.21 吸出し防止材取付



図 2.22 カゴ枠運搬状況

(3) カゴ枠設置

カゴ枠の設置精度を上げるため、予めマーキングしておいたカゴ枠を並べた。このカゴ枠を基準に、隣り合うカゴ枠を並べたことにより設置精度が向上した。

護岸法線の見通しの目印として、コンクリートを詰め、ターゲットを付けた一斗缶を用意した。これを目印に対岸からプリズムを必要としない測距儀を用いて距離、角度を測定するとともに、建設機械に備え付けた車載カメラと、上流に設置した固定カメラを利用することによって、設計どおりの法線で護岸を設置することができた。



図 2.23 マーク付きカゴ枠



図 2.24 目印設置状況



図 2.25 車載カメラ



図 2.26 固定カメラ



図 2.27 カゴ杵設置状況

(4) 出来高及び品質

本工事（本護岸）の出来形規格値は右表のとおりである。無人化施工では制度が若干低下することが考えられたのでマイナス側の規格値だけを設定した。

プリズムを必要としない光波測距儀を用いて測量した結果、護岸延長の測点毎の誤差は-17～+2mm、高さは-28mm～+187mm であり、規格値を満足していた。品質管理として、本来であれば盛土の締め固め試験と現場密度の測定を行うが、本工事では現場に作業員が立ち入れないため品質管理試験は実施できなかった。

表 2.2 出来形規格値

工種	項目	規格値
護岸工	高さ	-200
	延長	-200

(5) 作業効率

無人化施工の作業効率は、通常施工に比べ掘削作業で 5 割、盛土作業で 3 割、転石破砕は 9 割であった。盛土作業の効率が悪いのは、護岸背面の盛土であったため操作位置からは現場状況の確認が困難であったためである。

全体的な作業効率の低下要因としては、施工現場において丁張等が設置できないため作業に手戻りが生じたことや、遠隔操作では遠近感が把握しにくかったことが挙げられる。

2.2.2. 大型ブロックの無人化施工事例¹⁾

(1) ブロック形状



図 2.28 無人化施工対応自立式型枠ブロック

表 2.3 無人化施工対応自立式型枠ブロック諸数量表

据え付け寸法(mm)			体積 (m ³)	質量 (t)
高さ	幅	厚さ		
1170	2000	920	0.851	1.957

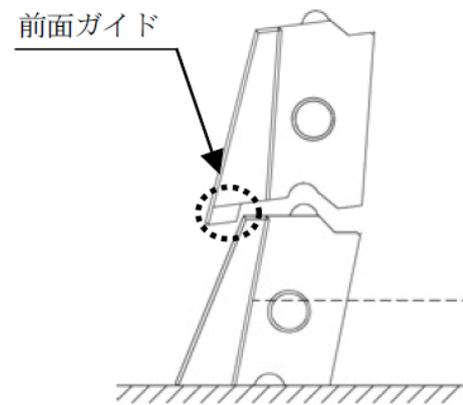


図 2.29 据付解説図

(2) 施工

- ①基礎均し : 土工(計画の床掘・掘削)終了後に基礎均し
- ②ブロック据付 : ブロックをクレーンで据付
- ③コンクリート投入 : ブロック背面にコンクリートを投入
- ④コンクリート締めめ : ブロック背面のコンクリートを締めめ
- ⑤コンクリート締めめ : ブロック背面のコンクリートを養生
- ②～⑤の作業を繰り返す



図 2.30 無人化施工対応自立式型枠ブロック施工例

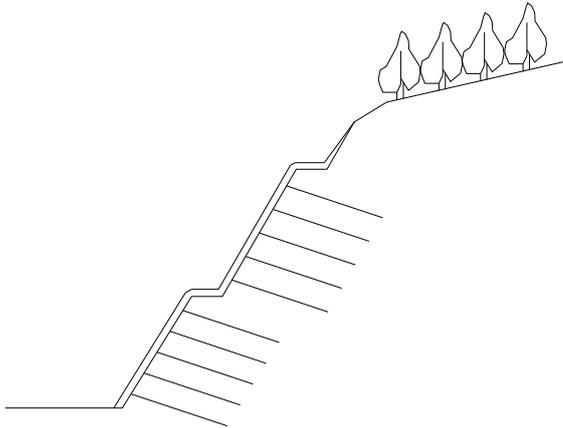
3. 斜面（残斜面と切土部）を補強する方法（変状が生じても避難する時間を確保し崩壊土砂が可能な限り拡散しない方法を含む。）

3.1. 斜面を補強する方法～地山補強土工法

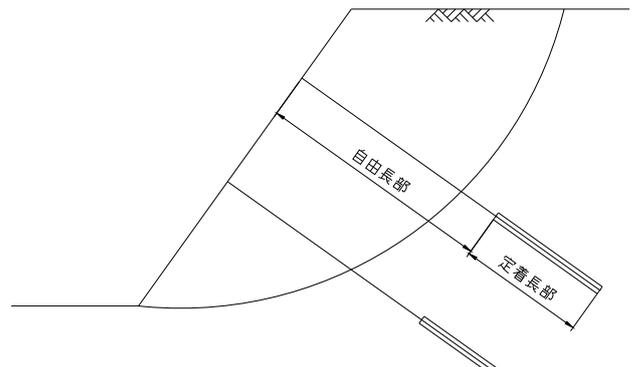
3.1.1. はじめに

斜面補強対策として考えられる代表的な工法を以下に示す。（図 3.1）

- ・ 地山補強土工法（表層崩壊の防止）
- ・ グランドアンカー工（地すべりの抑止）
- ・ のり枠工（表土の風化防止）
- ・ 排水補強工（地下水位の排除）



(1) 地山補強土工法



(2) グランドアンカー工



(3) のり枠工



(4) 排水補強工

図 3.1 代表的な斜面補強工法

これらのうち、斜面崩壊を原因とした労働災害の防止のための斜面補強対策として、地山補強土工法が最適と考えられる。その理由として、斜面崩壊による労働災害の約6割は表層崩壊により発生していること、比較的安価な工法であり小規模工事にも適用可能であると考えられることが挙げられる。なお排水補強工は掘削地山の地下水位が高い場合の補助工法として考えられる。

地山補強土工法は、擁壁などの構造物築造のために掘削する斜面が不安定である場合に、以下の用途として検討される。

- ・ 土留め構造物の代替としての永久のり面もしくは構造物背面の地山のすべり抑止としての永久構造物
- ・ 掘削斜面の斜面安定工としての仮設構造物

3.1.2. 地山補強土工法の概要

(1) 特徴

地山補強土工法は、鉄筋やロックボルトなどの比較的短い棒状補強材を地山に多数挿入することにより、地山と補強材の相互作用によって切土のり面全体の安定性を高める工法である。

地山補強土工法のメリットを以下に示す²⁾。

- ・ 補強材、施工機械が軽量・小規模であるため、施工の省力化を図ることができる。
- ・ 逆巻き施工が可能なることから、安全な施工を図ることができる。
- ・ 変状が生じた場合でも、増し打ち等での対応が可能である。

また本工法を適用する際の留意点を以下に示す²⁾。

- ・ 深いすべり面を有する大規模な斜面崩壊に対しては十分な補強効果が望めない。
- ・ 多少の変形を許すことによって斜面崩壊を抑制する工法である。ただし許容される変形量に関して統一的な見解はない。
- ・ 逆巻き施工の際、一時的に素掘り状態が発生するため、最低 1~2m 程度の自立高さが必要となる。
- ・ のり面工は、のり面全体の安定性にも寄与するため、早期にのり面工を実施する必要がある。

本工法の適用範囲としては、一般的にすべりの深さが 3m 程度以下、すべりの長さが 30m 以下である (図 3.2)

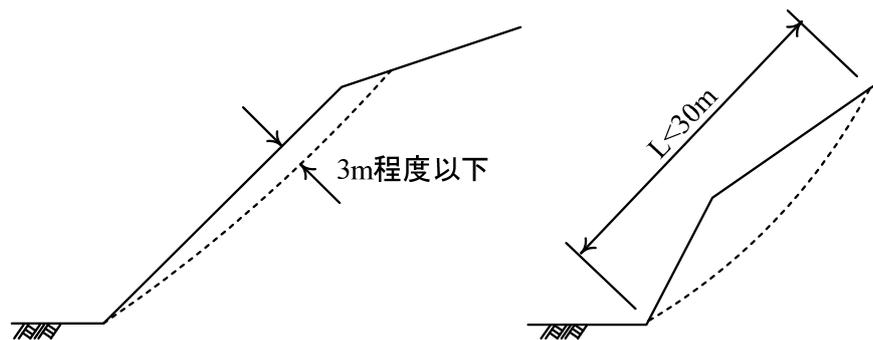


図 3.2 地山補強土工法の適用範囲

(2) 設計における補強メカニズムと安定性評価

地山補強土は比較的新しい技術である。ここでは、地山補強土の補強メカニズムのうち極限釣り合い法について簡単に紹介する。また、崩壊が軽微である場合に過去の事例に基づいて配置等を決定する経験的設計法について紹介する。

① 極限釣り合い法による補強土工法の設計概念

一般的に用いられている地山補強土工法の設計法には、道路土工 切土・斜面安定工指針³⁾、NEXCO の設計要領²⁾によるものと鉄道構造物等設計標準⁴⁾によるものがある。なお、鉄道構造物等設計標準は主に剛な壁体を有する永久構造物を対象としており、仮設斜面の補強に適用することを考えると高級なものとなる。ただし、仮設斜面の補強のみならず本設構造物の一部としても構築する場合はこの限りではない。

設計では、円弧すべりなどのすべり計算を元に、補強材と地山との摩擦による引抜き抵抗力に期待し、補強材の引止め効果と締付け効果の合力により、想定されるすべりに対して抵抗する (図 3.3)。すべりに対する計画安全率を満たすように補強材の長さや配置を決定する。計画安全率を表 3.1~3.2 に示す。

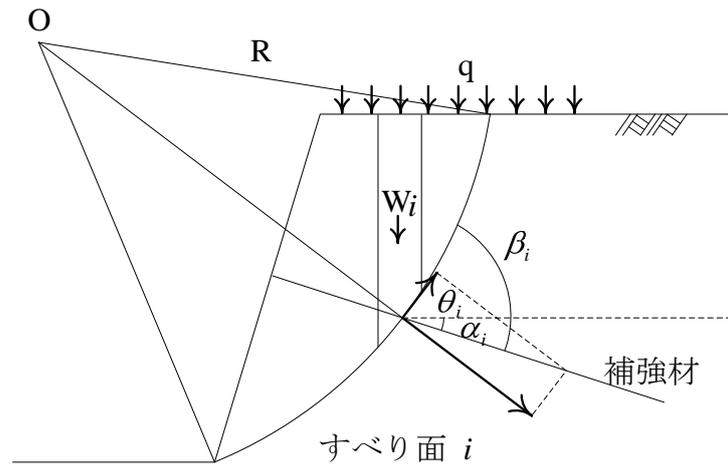


図 3.3 引止め効果と締付け効果

表 3.1 すべりに対する計画安全率*

項目	計画安全率
永久(長期)	$F_s \geq 1.20$
仮設(短期)	$F_s \geq 1.05, 1.10$

表 3.2 極限周面摩擦抵抗の安全率

項目	安全率
永久(長期)	$F_{sa} = 2.0$
仮設(短期)	$F_{sa} = 1.5$

*仮設の計画安全率は、①掘削開始から最下段の補強材設置までの施工時の計画安全率を $F_s \geq 1.05$ とし、②最下段の補強材設置後から埋戻し前までの存置期間の計画安全率を $F_s \geq 1.10$ としている。

② 経験的設計法

地山補強土工法的设计法は、崩壊が軽微であるか否かという観点から、過去の事例に基づいて配置等を決定する経験的設計法と、力学的安定性の検討を行い、配置等を決定する安定計算による設計法とに分けられる。ここで軽微な崩壊とは、表層 2m 程度以浅の斜面の劣化状態が、将来斜面崩壊を起こす恐れがあると判断される場合をいう。

経験的設計法を用いる場合は、崩壊対策として標準勾配で切土をしたときに、深さ 2m 程度の浅い崩壊または緩んだ岩塊の崩落が予想される場合に限定し適用することができる。

表 3.3 は NEXCO の設計要領に記載されている経験的設計法の諸元である²⁾。これより補強材の長さを短くしたり、間隔を広くしたい場合には、安定計算を行わなければならないとされている。

表 3.3 経験的設計法諸元

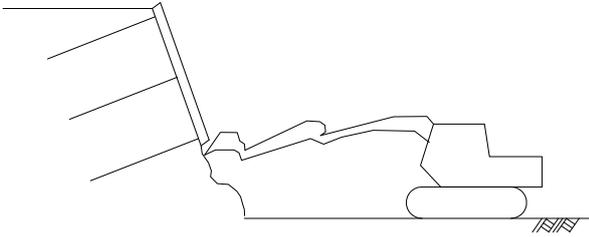
項目	諸元
削孔径	$\phi 65$
補強材径	D19 ~ D25
補強材長	2 ~ 3m ^{*)}
打設密度	約 2m ² 当たり 1 本
角度	水平下向き 10° ~ のり面直角

*) 深さが 1m であると予想される場合には 2m、深さが 2m であると予想される場合には 3m を目安とする。

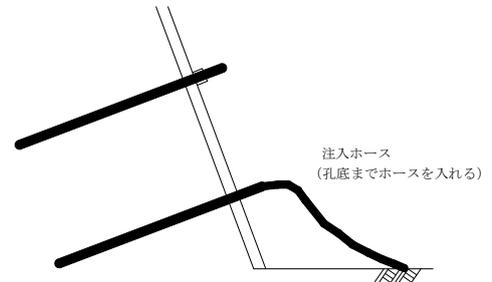
(3) 施工

施工は原則として逆巻き施工で行う。代表的な施工手順を図 3.4 に示す。

(1) 所定高さの掘削



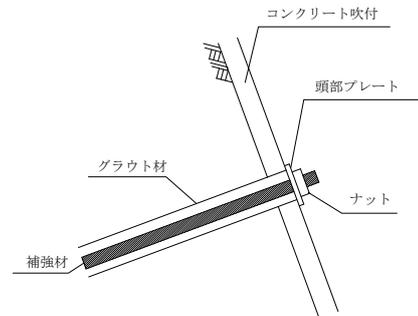
(4) グラウト注入



(2) 仮設のり面工施工



(5) のり面工での頭部締付け



(3) 地山の削孔

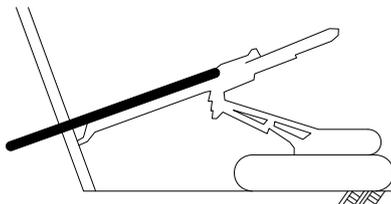


図 3.4 施工手順 (のり面工が吹付けコンクリートの場合)

(4) 使用材料

① 補強材

一般的に異形鉄筋やロックボルトなどの比較的安価な棒状補強材（図 3.5）が多く用いられる。仮設目的（放置期間 2 年未満）であれば防食加工の必要はなく、孔壁崩壊が生じやすい地山に対しては自穿孔ボルトも使用可能である。ただし、斜面の補強とともに永久構造物の一部として使用する場合には防食加工が必須となり、自穿孔ボルトの適用性については各分野の基準・指針を参考にすることが望ましい。

先端拡大型補強材（図 3.6）は引抜き変位が大きい段階でも抵抗力を発揮し、斜面の変位が大きくなっても崩壊をある程度抑制できると考えられる。

また施工性を優先させる場合、グラウト材を用いないねじ込み式のらせん型補強材（図 3.7）や、打込み式のアンカー（図 3.8）を用いることも考えられる。



図 3.5 ロックボルト

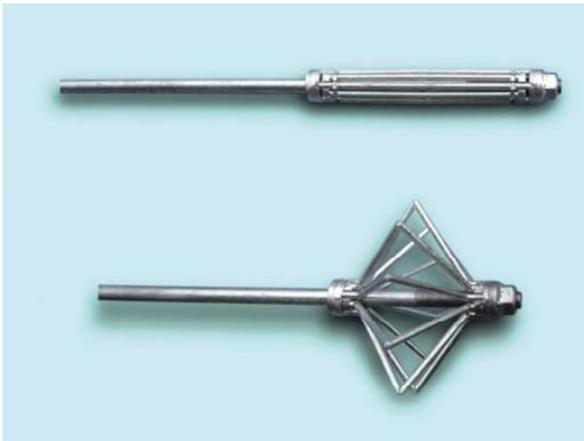


図 3.6 先端拡大型補強材



図 3.7 らせん型補強材



図 3.8 打込みアンカーの一例（電柱固定用）

② のり面工

地山補強土工法において、のり面工は単にのり面近くの局所的な安定性を確保するのみでなく、補強土のり面全体の安定性にも大きく寄与している。最も一般的に用いられるのり面工は吹付けコンクリート工である（図 3.9）。ただし吹付け後から補強材打設までに養生期間が 1～2 日間必要となること、かつ専用の機材が必要となることから、工期や費用が限られている小規模掘削工事への適用にはやや難点がある。

吹付け工以外ののり面工として、ネット+頭部連結材（図 3.10）あるいは受圧板（図 3.11）がある。これらは主に本設として用いられるものであるが、軽量で作業員一人により設置可能であり、複数の現場で転用可能な仮設材として小規模掘削工事にも適用可能であると考えられる。ただし、仮設材として使用する場合には、段階的に受圧板等を取り外す際の法面の安定性を検討することが必要である。



図 3.9 吹付けコンクリート工



図 3.10 ネット+頭部連結材

【上記は本設の例】

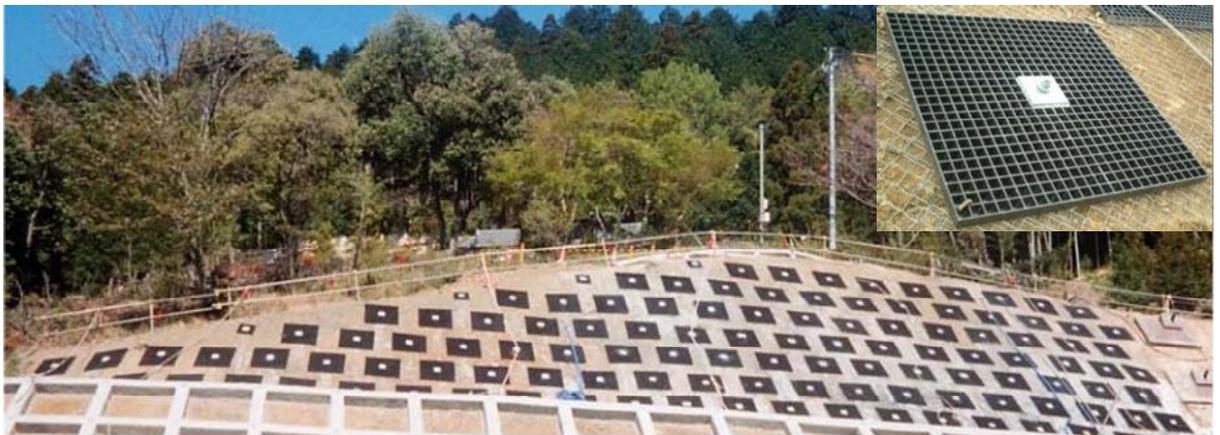


図 3.11 受圧板

【上記は本設の例】

3.1.3. 地山補強土工法による斜面崩壊防止例

(1) 橋梁基礎施工中の崩壊 (図 3.12~3.14)

砂岩を法高 10~12m 掘削した段階ですべりの兆候を発見したため、応急処置としてネット防護および捨てコンを打設した。しかし翌日に深さ 1~1.5m 程度の斜面崩壊が生じた。

崩壊後に以下の対応を行って以降、斜面崩壊は生じなかった。

- ① 崩壊斜面を再掘削
- ② 鉄筋挿入工を実施
- ③ 補強材の頭部を鉄筋で接合
- ④ のり面工として吹付けコンクリート工を実施



図 3.12 崩壊時



図 3.13 切りなおし、鉄筋挿入工+頭部連結

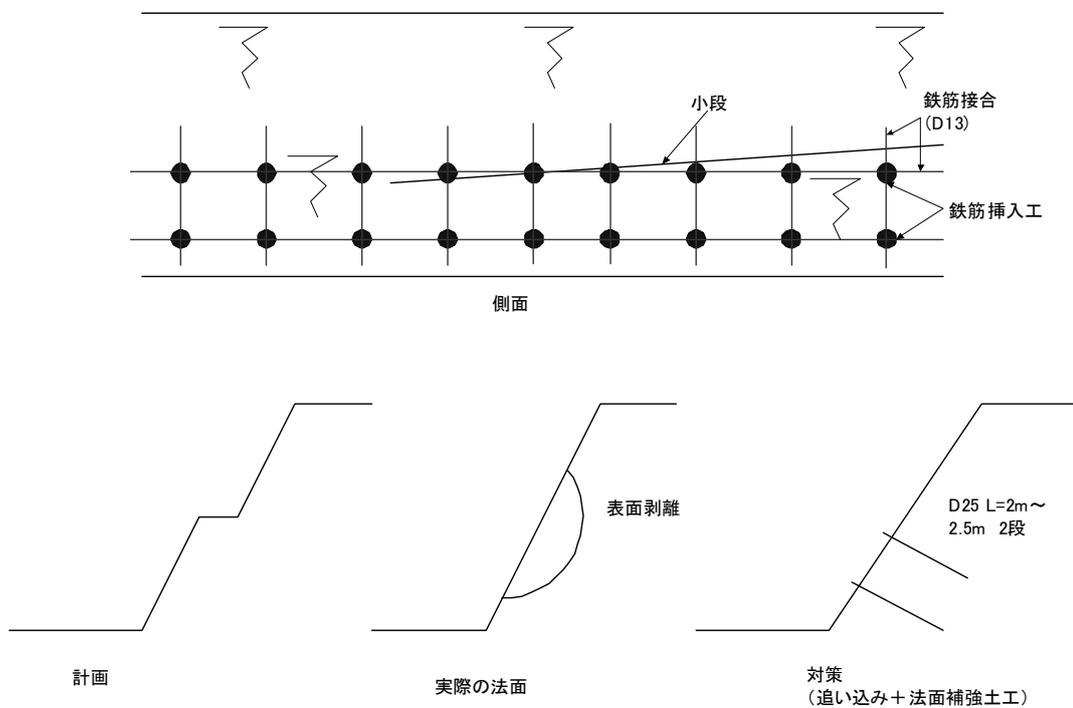


図 3.14 対策工の概要

(2) 急傾斜地崩壊防止事業での施工中 I (図 3.15~3.17)

地山補強土工法を施工した下部斜面に、のり枠を構築するため掘削工を行っていた。降雨後にのり尻付近に亀裂が生じ、翌日に斜面が崩壊した。降雨により砂岩中の破碎層が弱層となり、すべりが発生したと考えられる。崩壊深さは1~2m程度。

本例では地山補強土工法を行った上部斜面にまで崩壊が到達しておらず、地山補強土工法の斜面補強効果を実証しているといえる。



図 3.15 崩壊箇所全景



図 3.16 崩壊部

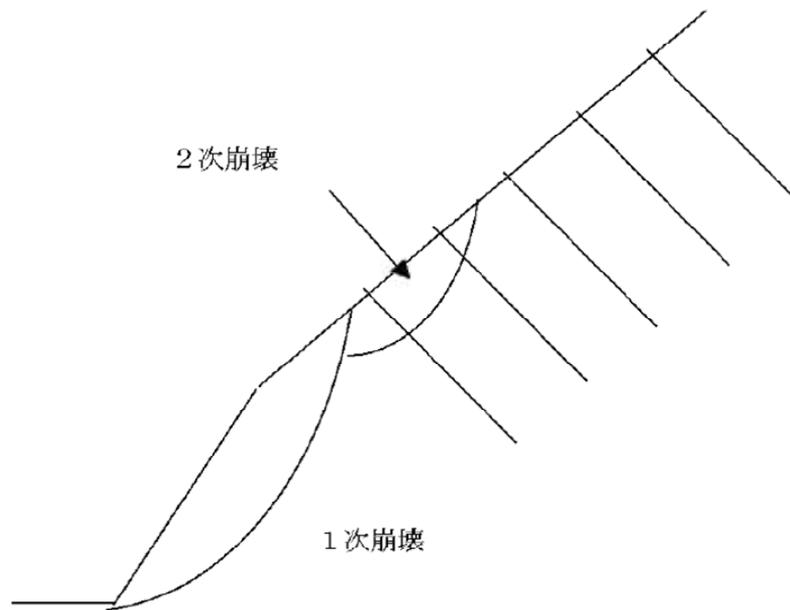


図 3.17 崩壊箇所概要

(3) 急傾斜地崩壊防止事業での施工中Ⅱ (図 3.18~3.20)

本設の地山補強土工法の施工後に降雨があり、翌日に小崩壊が発生した。崩壊深さは 1m 程度。地山補強土工法によって崩壊の拡大を防止できたと考えられる。またラス網と受圧板により土砂の飛散も抑制されている。なお対象地盤は土砂であり、十分な摩擦抵抗力が期待できないため先端拡大型補強材を用いている。



図 3.18 崩壊箇所全景



図 3.19 崩壊箇所

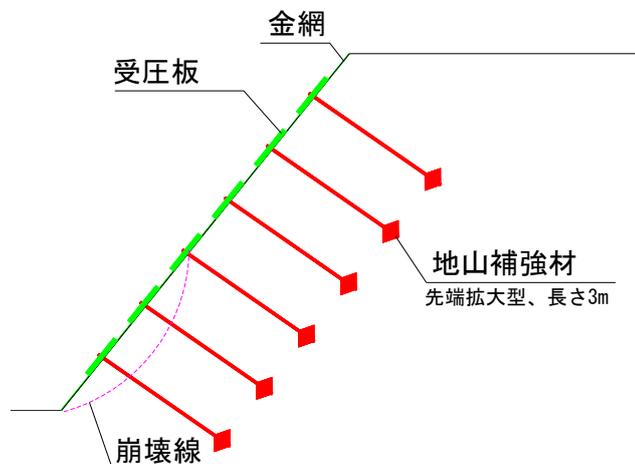


図 3.20 崩壊箇所概要

3.1.4. 斜面崩壊による労働災害防止のための対策案

以上を踏まえ、小規模掘削工事における斜面補強対策として、表 3.4 に示す 2 案が考えられる。

表 3.4 斜面補強対策案

対策法	期待される効果	使用材料
B-① I	斜面崩壊抑止	地山補強材+金網+のり面工 (受圧板、頭部連結材もしくは吹付けコンクリート工)
B-① II	表層すべりの抑止	短い地山補強材+金網+のり面工 (受圧板、頭部連結材もしくは吹付けコンクリート工)

なお上記の対策案については、崩壊が想定される規模により、前面を全て石積み擁壁などにより保護できること、それにより本設構造物として安定が確保できる場合は、仮設として利用可能である。ただし、斜面安定の考え方に短期という考え方を適用する事が難しいことから、前面の擁壁と一体として本設構造物と考えるか、地山補強材を挿入した範囲を本設として利用するか、経済性及び安全性の観点から十分に検討する必要がある。

以下に対策案の概要を示す。なお、いずれの案も土砂の拡散による労働災害の防止を目的とした金網の設置もしくは吹付けコンクリート工を想定しており、標準勾配での逆巻き施工を必須とする。

(1) B-①-I 斜面崩壊防止【地山補強材+金網+のり面工 (受圧板、頭部連結材もしくは吹付けコンクリート工)】

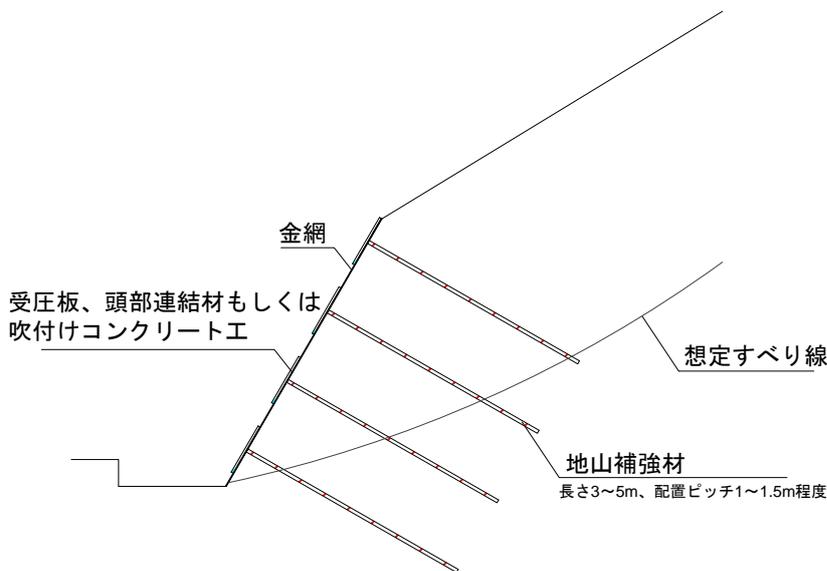


図 3.21 B-①-I 概要図

B-①-I は、一般的な地山補強土工法の仕様であり、補強材およびのり面工による斜面安定効果と金網による土砂拡散防止効果を図ったものである。

斜面を安定化することにより斜面崩壊を防止することができ、深さ 3m 程度までのすべりに対しても対応可能である。また、万が一斜面崩壊が生じた場合でも、地山の変形から崩壊までの時間を稼ぐことが期待できる。

ただし想定されるすべりが深い場合には補強材が長くなり、打設に費やす時間が長い。そのため全体工程に及ぼす影響が大きくなる。また補強材打設には削孔機やグラウトミキサーなどの機材が必要となる。

(2) B-①-II 表層すべりの防止【短い地山補強材+金網+のり面工（受圧板、頭部連結材もしくは吹付けコンクリート工）】

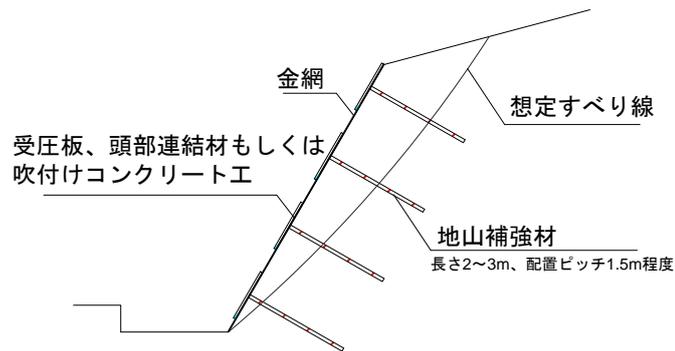


図 3.22 B-①-II 概要図

B-①-II は、B-①-I の補強材を短くし、全体工程に及ぼす影響を最小限にしたものである。ただし表層 2m程度以浅の斜面の劣化状態が、将来斜面崩壊を起こさせる恐れがあると判断される場合に適用される。a 案と同様に斜面を安定化することにより斜面崩壊を防止することができ、崩壊を生じたとしても地山が変形してから崩壊するまでの時間を稼ぐことが期待できる。ただし斜面補強効果は表層すべりに限定される。また、補強材打設には削孔機やグラウトミキサーなどの機材が必要となる。

3.2. 変形を許容する比較的簡易な方法～簡易のり面工

3.2.1. 概要

一般的にのり面工は、のり面の風化浸食や表層崩壊の防止を目的として用いられるが、ここでは、仮設の小規模掘削工事に用いられる「金網張り工」または「モルタル吹付け工」などの簡易なりのり面工について示す。

この簡易なりのり面工は、のり面表層のごく小規模な崩壊に対して土砂の拡散防止がある程度できること、およびのり面の損傷状態が判別しやすいことから、のり面に変状が生じた際に、のり面下での作業を中断し作業員を避難させる等の措置を早期にとることが可能となることが期待できる。しかしこれらの方法は、経験的な手法で用いられることが多いため、地山のすべりを抑止することはできず、また変状が生じてから崩壊に至るまでの時間が定量的ではない点に十分留意する必要がある。そのため、一般的な計測管理値を参考に簡易な計測をおこなうことが望ましい。

3.2.2. 簡易のり面工による対策案

小規模掘削工事ににおける簡易なりのり面工として、表 3.5 に示す以下の 2 案が考えられる。

表 3.5 簡易なりのり面工による対策案

対策案	期待される効果	使用材料
B-② I	土砂拡散防止	目串+金網
B-② II	土砂拡散防止 (変状の予兆の監視)	目串+モルタル吹付け (ラス網含む)

以下に対策案の概要を示す。いずれの案も標準勾配での逆巻き施工を必須とする。またここで示す対策案は、長さ 500mm 以下の棒状の材料（一般的には長さ 400mm 以下の目串に代表される）を掘削面に配置してネット工やモルタル吹き付け工等の簡易なりのり面工を施す方法を想定している。また、目串は、一般的に用いられる金属製のアンカーピン（φ13～16mm）⁵⁾の他に竹やプラスチック材なども含まれる。

なお、「のり面保護工に関する質疑応答集」（全国特定法面保護協会、H12）「第 4 章 モルタル・コンクリート吹付け工編」（p36）によると、アンカーピンは、のり面上での打込み作業が可能な程度ということで、一般的にはφ13～16mm、長さ 200～400mm のものが使用されている⁵⁾。

(1) B-②-I 土砂拡散防止 [目串+金網]

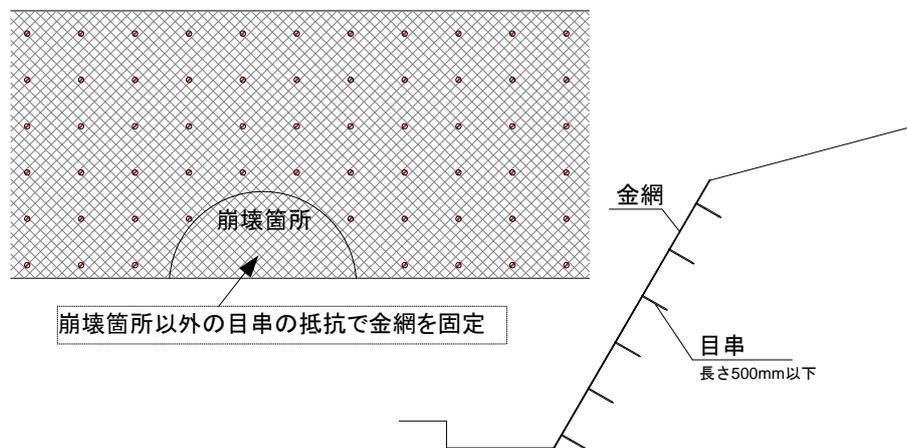


図 3.23 B-②-I 概要図

金網による土砂拡散防止効果を期待するもの。掘削段階ごとに金網を目串等で固定する。特殊な機材が不要なため、全体工程に及ぼす影響が少ないうえ経済的にも有利である。斜面そのものに対する補強効果は期待できないが、崩壊箇所以外での目串の抵抗により崩壊箇所での土砂の崩壊・拡散を防止でき、変形から崩壊まで時間をある程度稼げることが経験的にわかっている。ただし地盤条件や掘削規模に応じ定量的な設計を行う場合は、金網や目串の仕様に関してより詳細な検証が必要となる。

(2) B-②-II 土砂拡散防止 [目串+モルタル吹付け (ラス網含む)]

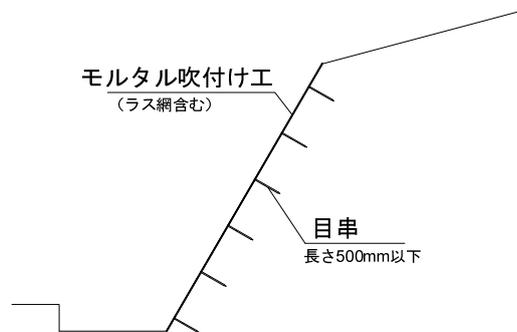


図 3.24 B-②-II 概要図

モルタル吹付け工による土砂拡散防止効果を期待するもの。掘削段階ごとにラス網を目串で固定し、モルタル吹付けを行う。岩板亀裂が多い場合は亀裂にモルタルを注入することもある。風化しやすい地山に対する仮設ののり面保護工として多くの実績があり、経験的に効果があることがわかっている。また崩壊箇所以外での目串の抵抗力により、崩壊箇所の土砂の崩壊・拡散を防止することが期待できる。副次的効果として、のり面の変状がクラックの発生により察知しやすくなり、避難する時間が確保しやすくなることが期待できる。ただしモルタル吹付けのための特殊な機材を必要とし、さらにモルタルの養生期間が必要となるため、工事の規模によっては全体工程や工費に及ぼす影響が無視できないことが考えられる。

3.2.3. 斜面（残斜面と切土部）を補強する方法および変状が生じても避難する時間を確保し崩壊土砂が可能な限り拡散しない方法のまとめ

以上、斜面（残斜面と切土部）を補強する方法および変状が生じても避難する時間を確保し崩壊土砂が可能な限り拡散しない方法として、B-①-I～II、B-②-I～II の 4 つの方法を提案した。これらのメリットや留意点を表 3.6 に示す。

表 3.6 斜面（残斜面と切土部）を補強する方法および変状が生じて避難する時間を確保し崩壊土砂が可能な限り拡散しない方法の概略一覧表

対策方法 ^{*1}	B-①		B-②	
	I	II	I	II
期待される効果	斜面崩壊防止	表層すべり防止	土砂拡散防止	土砂拡散防止 (変状の予兆監視)
概略図				
主な使用材料	<ul style="list-style-type: none"> 地山補強材 金網 受圧板、頭部連結材、吹付けコンクリート 	<ul style="list-style-type: none"> 地山補強材 金網 受圧板、頭部連結材、吹付けコンクリート 	<ul style="list-style-type: none"> 目串 金網 	<ul style="list-style-type: none"> 目串 吹付けモルタル（ラス網含む）
対象とする崩壊深さ	3m程度まで	2m程度まで	ごく表層	ごく表層
供用期間	本設 ^{*2}	本設 ^{*2}	仮設	仮設
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 比較的深いすべりに対しても対応可能 万が一斜面崩壊が生じた場合でも、地山の变形から崩壊までの時間を稼ぐことが期待できる 	<ul style="list-style-type: none"> 削孔長が a 案より短いため、全体工期に及ぼす影響を少なくすることが可能 万が一斜面崩壊が生じた場合でも、地山の变形から崩壊までの時間を稼ぐことが期待できる 	<ul style="list-style-type: none"> 特殊な機材が不要なため、全体工程に及ぼす影響が少ないうえ経済的にも有利 崩壊箇所以外での目串の抵抗力による土砂拡散防止効果が期待でき、変形から崩壊まで時間をある程度稼げることができる 	<ul style="list-style-type: none"> 風化しやすい地山に効果がある 目串の抵抗により土砂拡散防止効果が期待でき、変形から崩壊まで時間をある程度稼げることができる のり面に生じたクラックの発生により、のり面の変状を察知できる
留意点	<ul style="list-style-type: none"> 想定されるすべりが深い場合には長い補強材が必要となり全体工程に及ぼす影響が大きくなる 補強材打設には削孔機やグラウトミキサーなどの機材が必要となる 	<ul style="list-style-type: none"> 表層 2m 程度以浅の斜面の劣化状態が、将来斜面崩壊を起こさせる恐れがあると判断される場合に適用 補強材打設には削孔機やグラウトミキサーなどの機材が必要となる 	<ul style="list-style-type: none"> 地山のすべり自体に対する抑止効果はないため、のり面の変状に注意するとともに、変状が認められた場合はのり面下での作業を中止し避難すること 	<ul style="list-style-type: none"> 地山のすべり自体に対する抑止効果はないため、のり面の変状に注意するとともに、変状が認められた場合はのり面下での作業を中止し避難すること モルタル吹付けのための特殊な機材を必要とし、さらにモルタルの養生期間が必要となる

*1 いずれの対策案も、標準勾配での逆巻き施工を必須とする。

*2 永久のり面、もしくは地山の性状により掘削斜面の補強が必要かつ土留め擁壁のみでは本設として機能しない場合。ただし適用目的によっては仮設としても用いられる。

3.3. 変形やひずみを検知するセンサー類と組み合わせた方法

のり面の施工にあたっては、安全管理の観点からのり面崩壊の予兆を早期に発見する必要がある。予兆の発見方法としては、チェックシートを用いたのり面の日常点検や、施工中ののり面観察による異常発見を基本とするが、計器を用いたのり面地盤の動態観測（地表の変位の測定など）は、客観的にのり面の異常を早期に知る方法であり重要である。特に急勾配掘削を行う場合など斜面崩壊の危険性が高い施工条件では、動態観測を行いながらの施工が望ましい。

3.3.1. ひずみ量を管理基準とする方法

NEXCO では、構造物掘削などの急勾配（1:0.0～1:0.5）の切土補強土を実施する場合は動態観測を行いながら掘削する事を原則としている。この時の管理体制や管理値を以下に示す。

(1) 管理体制

- ① 計測期間：対象構造物掘削の施工開始から埋め戻し終了までの期間とする。
- ② 計測頻度：作業開始前と作業終了後の1日2回を標準とし、各段の掘削作業開始後にも計測を行う。
- ③ 計測体制：計測体制としては、以下の2通りが考えられる。
 - (a) 通常の動態観測が必要な場合
 - (b) 厳密な動態観測が必要な場合（鉄塔や家屋などの構造物が接近している場合）

(a) 通常の動態観測

表 3.7 通常の動態観測の項目²⁾

計測項目	使用器機	計測配置	計測頻度
目視観察*1	—	—	1日2回および各段の掘削作業開始前後
のり肩水平（鉛直）変異*2	光波測距儀	のり肩部に2点	
地表変異	地表面伸縮計	L=2H程度、自記記録式	

*1 目視観察では壁面、掘削上部斜面を重点的に観察する。

*2 水平変異のチェックをするため鉛直変異も参考値として測定する。

*3 のり肩に変位杭を設置し、地表面伸縮計により地表変位を計測する。

また、地下水位観測は必要に応じて追加することとする。

(b) 厳密な動態観測

鉄塔などの近接構造物の状況、現場条件を勘案し、上記の(a)項目の他に以下の項目を適宜追加する。

表 3.8 厳密な動態観測の項目²⁾

計測項目	使用器機	計測配置	計測頻度
地中変位	孔内傾斜計	傾斜計の長さは、1.5H または H+5m のうち短い方とする。 H：掘削深度 計測間隔 1m	1日2回および各段の掘削作業開始前後
補強材軸力	補強材軸力計	—	

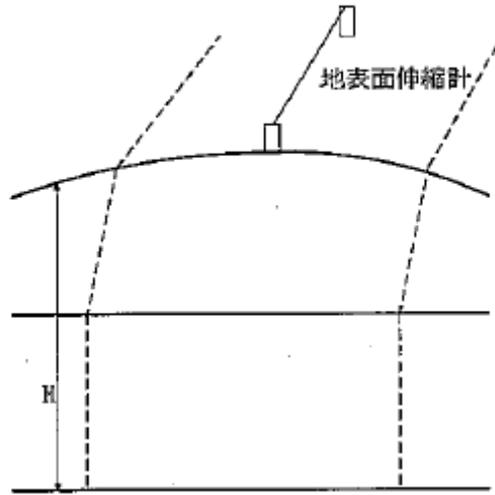


図 3.25 動態観測計器の配置図例（正面図）²⁾

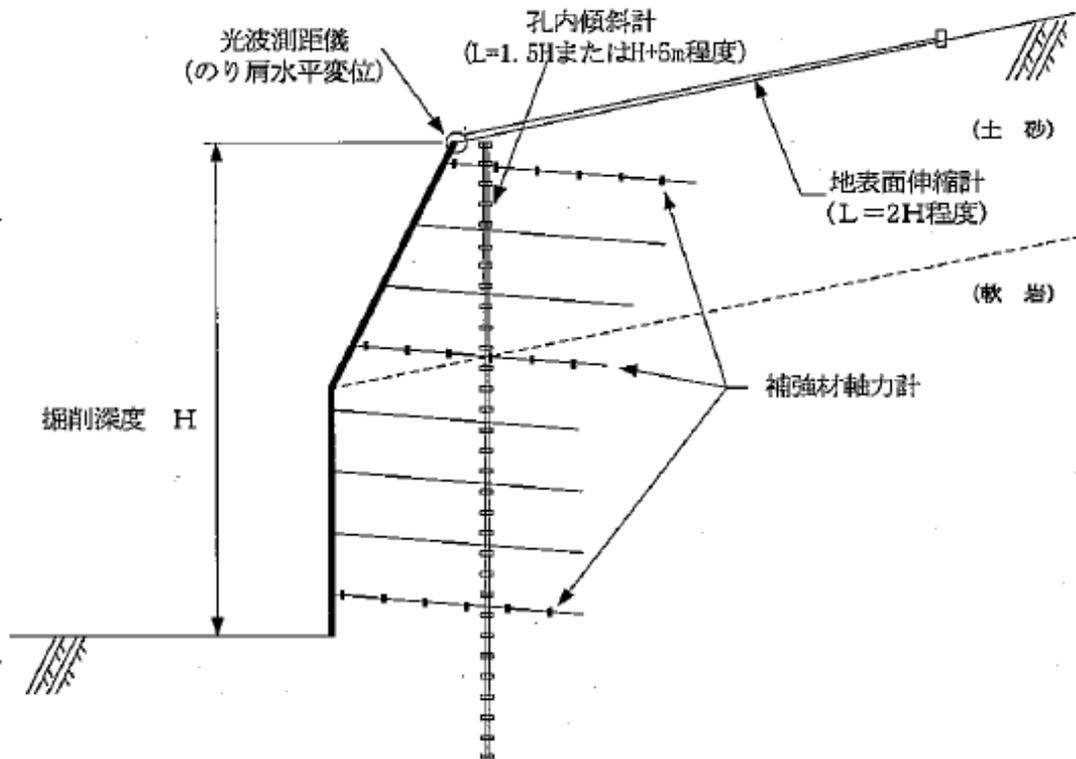


図 3.26 動態観測計器の配置図例（横断面図）²⁾

(2) 管理基準（ひずみ量）

掘削斜面が急勾配 (1:0.0~1:0.5) の場合、施工時の安全に関する動態観測の重要性が高くなるため、表 3.9 に示す管理基準の目安値を設定し、図 3.27 に示す判断フローに沿って現場計測管理を行うものとする。ここで、管理基準の指標値はのり肩の水平変位量から算定する見掛けのせん断ひずみ ($\gamma = \delta / H$: δ = のり肩水平変位、 H = 掘削高) とした。なお、表 3.9 は急勾配掘削のデータであることから、緩勾配に適用する事はできない。

表 3.9 管理基準の目安値²⁾

(単位：%)

	土砂	軟岩	硬岩	備考
通常レベル	$0.2 \geq \gamma$	$0.15 \geq \gamma$	$0.1 \geq \gamma$	通常の計測を行う。ただし上方斜面の変状観察も行うものとする。
警戒レベル	$0.2 < \gamma \leq 0.4$	$0.15 < \gamma \leq 0.3$	$0.1 < \gamma \leq 0.2$	計測頻度を増やすか連続計測を行う。注意深く、掘削面およびその上方斜面の亀裂やはらみ出しの変状の観察を行う。また、変位が急増した際、中止レベルに移行するとともに、直ちに退避できる体制を取るものとする。
中止レベル	$\gamma > 0.4$	$\gamma > 0.3$	$\gamma > 0.2$	まず応急的に押え盛土等で地山の変形を抑える。変位増加が止まらない場合は、状況により早急に退避する。変位増加が収まった場合は、掘削面上方の亀裂の位置などから地山のゆるみ域を推定し、設計の検討を行い増し打ち等の適切な対応を行う。

($\gamma = \delta / H$: δ = のり肩水平変位、 H = 掘削高)

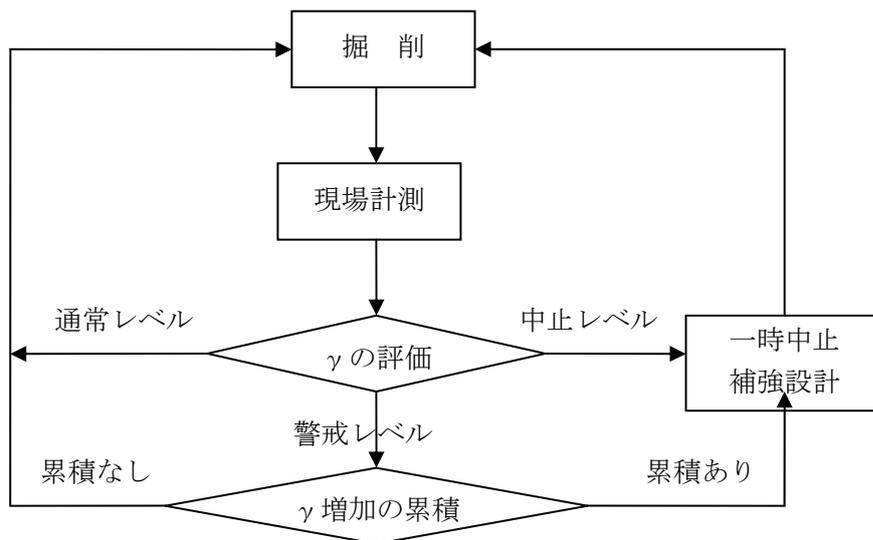


図 3.27 管理基準の判断フロー²⁾

3.3.2. ひずみ速度を管理基準とする方法

斜面の動態観測による管理基準の一つとして、斜面の変位から換算される斜面のひずみ速度に基づく管理基準値が適用される場合がある。ひずみ速度に基づく斜面の管理基準値は、主に地すべりなど大規模な斜面災害を対象して適用されている。

(1) ひずみ速度と斜面崩壊の関係

JHで行った実物大実験の時間～変位・ひずみ速度の関係を図-3.28に示す²⁾。この図から、健全に施工されたケースは変位が収束した段階で次の掘削が行われているのに対し、崩壊したケースでは変位が収まらない段階で次の掘削を行っている。これは、変位が進行している段階で次の掘削を行うと崩壊の危険性が高い事を意味している。したがって、変位が収まっているのを確認して次の掘削を行う必要がある。

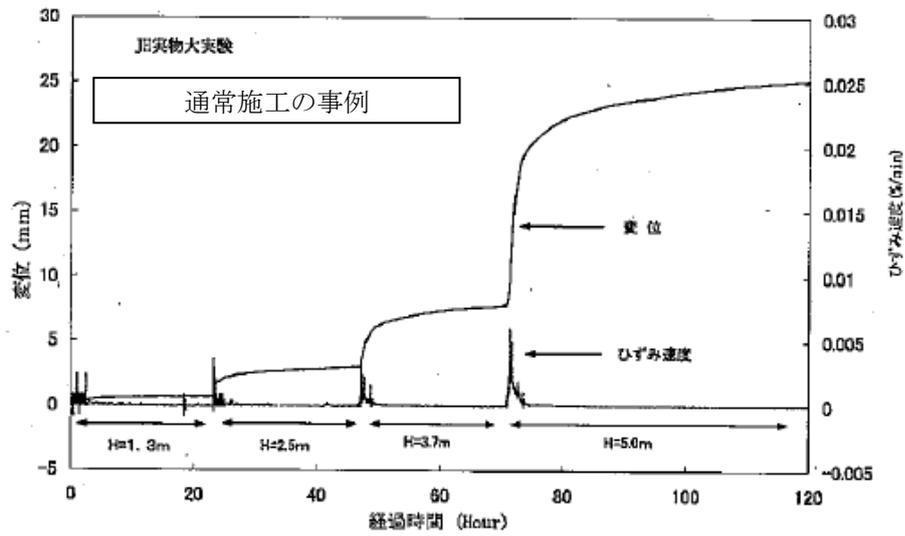
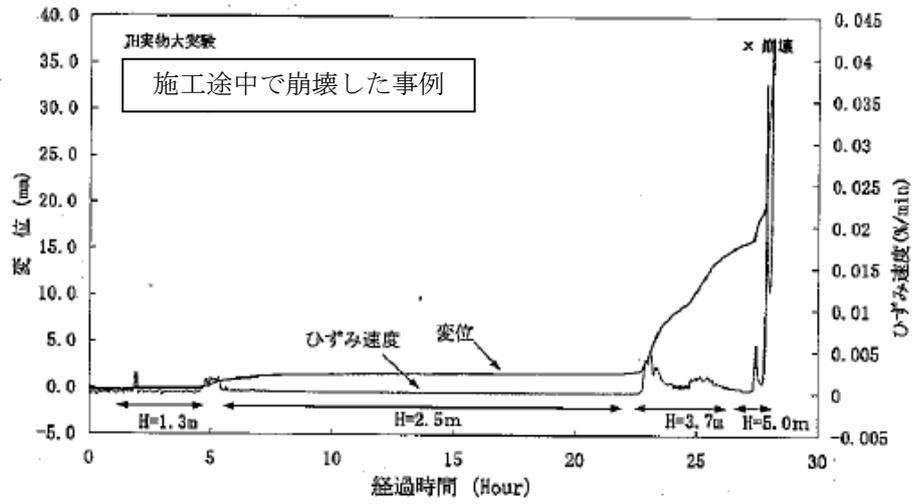


図 3.28 時間～変位・ひずみの関係 (JH 実物大実験) 2)

(2) 管理基準 (ひずみ速度)

参考値として、過去に鉄道でひずみ速度に基づいて管理基準値が設定された例を表-3.10、図-3.29に示す。基準値は主に一時間あたりの変位量(mm)によって設定される。なお、ひずみ速度が $10^{-6}(1/min)$ 以上であれば要警戒、 $10^{-5}(1/min)$ 以上であれば嚴重警戒にあたるとの判断が斉藤⁶⁾によって示されている。

表 3.10 鉄道における地表面変位に基づく管理基準値設定例^{7)~9)}

場所	概要	警報 設定値	詳細	ひずみ速度換算 (伸縮計延長 10m)
飯山線 高場山 T	昭和 44 年 12 月 28 日 運転停止 昭和 45 年 1 月 22 日 斜面崩壊	4mm/h	①列車停止 (4mm/h) ②作業安全基準 (60mm/d)	① 6.6×10^{-6} (1/min) ② 4.1×10^{-6} (1/min)
上越線 湯桧曾	昭和 50 年 4 月 14 日 土石流発生 二次崩壊を監視	4mm/h	①運転規制 (4mm/h・3 回鳴動) ②列車停止 (3 回目の警報ベル鳴 動間隔が 10 分以内)	② 3.0×10^{-5} (1/min)
信越本線 小諸	昭和 57 年 9 月 12 日 変状進行 滑落崖付近の移動監視	3mm/h	①危険区域立入禁止 (3mm/h) ②監視員常駐 (5mm/h) ③列車停止 (10mm/h)	① 5.0×10^{-6} (1/min) ② 8.3×10^{-6} (1/min) ③ 1.6×10^{-5} (1/min)
信越本線 青海川駅	平成 19 年 7 月 16 日 中越沖地震、 斜面崩壊復旧工事	2mm/h	①作業安全基準 (2mm/h)	① $3.3 \times 10^{-6}(1/min)$

段階	種別	変位速度 (mm/日)			
		1	10	100	500
建設	道路	○			
	道路	○	◎		
	道路	○			
	道路		○	◎	
	ダム			○	◎
維持管理	道路		○	●	
	道路			◎	●
	道路		◎	●	
	道路			◎	
	道路			◎	
	鉄道			◎	●
	鉄道			●	
鉄道			●		

注) ○: 対策検討・実施、注意、点検強化など
◎: 作業中止、一時退避、警戒体制、立入禁止など
●: 住民避難、通行止、列車抑止、嚴重警戒など

図 3.29 地表変位速度に関する管理基準の既往例まとめ¹⁰⁾

参考文献

1. 前田稔、中村智之：無人化施工対応自立式型枠ブロックについて、土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集、Disk2、6-250、2007.
2. 東日本高速道路、中日本高速道路、西日本高速道路：切土補強土工法設計・施工要領、2007.
3. 日本道路協会：道路土工-切土工・斜面安定工指針 平成 21 年度版、2009.
4. 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 土構造物、2007.
5. 全国特定法面保護協会：のり面保護工に関する質疑応答集、2000.
6. 斉藤迪孝：“斜面崩壊予測”、土と基礎 Vol.29 No.5、昭和 56 年 5 月、p77~82
7. 粕淵輝雄：“信越線小諸－滋野間の地すべり対策”、鉄道土木 Vol.25 No.6、昭和 58 年 6 月、p51~56
8. 飯野義政：“上越線湯桧曾－土合間線路埋没災害”、鉄道土木 Vol.18 No.6、昭和 51 年 6 月、p47~52
9. 横井進一 他：“新潟県中越沖地震による被災と復旧工事”、日本鉄道施設協会誌 Vol.46 No.6、平成 20 年 6 月、p26~31
10. 切土法面の調査・設計から施工まで編集委員会編：“切土法面の調査・設計から施工まで”、社団法人地盤工学会、平成 10 年 1 月、p339~470