

10. 切土掘削工事現場における斜面崩壊による労働災害の防止対策について *

豊澤康男 **, 伊藤和也 **

10. Labor Accidents Caused by Slope Failures and Preventive Strategies.

by Yasuo TOYOSAWA** and Kazuya ITOH****

Abstract; In Japan, slope failures have caused a number of fatalities and economic loss throughout time. Most of the human-induced slope failures occurred due to the destabilization of slope when the lower part of a natural slope was removed or the slope was steepened during construction works.

Risk assessment was stipulated in the Article 28-2 of ISHL (Industrial Safety and Health Law) in 2006. To implement the risk assessment for preventing labor accidents caused by the slope failures, it is necessary to understand the hazards both in terms of quantitative and qualitative aspects. In particular, when the ground condition has a high degree of uncertainty, it is important to take a comprehensive approach. The construction safety should be considered as part of planning from commencement of a project. In general, the first and foremost priority would be design and construction procedures. The appropriate design should be based on good site investigation and justified evaluation for slope stability. In addition, even if the safe construction procedures are conducted, a slope monitoring system may be adopted to compensate the remained chance of slope failure. This report presents the effective risk assessments in combination with 1) review of the necessity of operations on the excavated slopes in construction sites, 2) site investigation and the evaluation of slope stability during the construction, 3) safe construction procedures and 4) slope monitoring as follows.

- 1) Review of the necessity of operations: Although most of the slope excavations are excavated by the excavators, the workers may have to enter dangerous areas near the excavated slope. The contractor must review this necessity and alternate construction methods requiring no operation below the excavated slope should be employed.
- 2) Site investigation and evaluation slope stability under the construction: It is necessary to evaluate the stability of slope and risk of slope failure not only after the completion of construction but also under the construction.
- 3) Safe construction procedures: It is a fundamental requirement to employ a construction method that can ensure safety throughout excavation of slopes from the start to the completion of excavation. The authors recommend a simpler and cheaper method with the use of retaining walls installed after sheet piles or pressing the H-section steel beams into the slope to prevent the slope failure.
- 4) Slope monitoring: The construction should be conducted by assuring safety of the slope throughout the construction process based on the slope monitoring data such as ground deformations obtained from displacement sensors, high precision tilt-sensors and etc.

Keywords; Labour accident, Excavation, Slope failure, Slope-cutting work

* 土木学会安全問題研究論文集 (Vol. 2, pp.143-148, 2007) で一部発表

** 建設安全研究グループ Construction Safety Research Group

1. はじめに

我が国の地形は急峻で地形構造が複雑であり、斜面を形成している土砂・岩石の性状等についても崩壊しやすい条件下にある。さらに、梅雨、台風等に伴う集中豪雨や、寒冷地帯の凍結融解、地震など斜面の安定にとって厳しい環境下におかれている。切土掘削工事は、このような自然斜面の下方部分を掘削したり、斜面の勾配を急勾配にしたりする場合が多く、地山内部のせん断応力を増加させたり、地山の強度を低下させる結果を招き、斜面の安定性を失わせることになりやすい。さらに、切土掘削工事に起因する崩壊現象は、地すべり現象とは異なり、崩壊の前兆現象が顕著にあらわれることもなく一瞬のうちに土塊の滑動が起こるため、避難の時間的余裕がほとんど無いと考えられてきた。

このような斜面の切土掘削工事による労働災害を防止するためには、切土掘削工事の問題点を洗い出し、その

解決策を講じる必要がある。

本章では、前章までの切土掘削工事における労働災害の調査・分析結果、斜面崩壊メカニズムの解明、中小規模掘削工事にて適用可能な動態観測（情報化施工）システムの開発等を受け、①切土掘削工事における国内の各機関で用いられている掘削勾配に関する主な規制・設計基準について示すとともに、②切土掘削工事における施工上の問題点と、③対策方法について考察する。

2. 国内の各種設計基準における掘削勾配について

切土斜面の計画・設計上重要なことは、掘削斜面の勾配・高さの決定である。地形や土質に応じ、また掘削後の法面保護工の有無なども勘案し、完成後および施工中の崩壊に対して安全な勾配・高さを設定しなければならない。国内の各機関で用いられている規制および設計基

Table 1 Design standard for the slope angle in Japan.
国内における掘削勾配に関する主な基準

区分	基準等	所管・発行	内容・特徴	対応	
				仮設	本設
労働安全	労働安全衛生規則	厚生労働省	第 356 条・357 条に掘削作業において掘削地盤の種類・掘削高さに応じた勾配を規定	○	
造成	都市計画法施行令	国土交通省	第 28 条に開発行為によって発生した崖、切土面の処理について規定		
	都市計画法施行規則		第 23 条に切土面を擁壁で覆わなくても良い範囲（地盤の種類、高さ）を規定		
	宅地造成法等規制法施行令		第 4 条、5 条、13 条に切土面を擁壁で覆わなくても良い範囲およびその廃水処理等について規定		
	宅地造成マニュアル		開発行為によって生じた崖、切土に擁壁を設置しなくても良い範囲について記述		○
道路	道路土工のり面工・斜面安定工指針	日本道路協会	道路構造物の斜面関係基準として最も広く用いられている		○
	道路土工擁壁指針		擁壁背面の地山掘削時における留意点が示されている	○	
	設計要領 第一集 土工・舗装・排水・造園	日本道路公団			○
鉄道	鉄道建造物等設計標準・同解説 土構造物	鉄道総合技術研究所	平成 19 年の改訂で他に先駆けて性能照査型設計に移行した		○
河川	河川砂防技術基準（案）・同解説	日本河川協会	堤防・護岸の裏のり勾配に関する規定がある	○	○
農林	土地改良事業計画設計基準・計画「農道」	農林水産省	人力掘削、機械掘削で異なる標準切土勾配としている	○	○
	林道基準	林野庁	他の基準に比べて基準切土勾配が急である		○

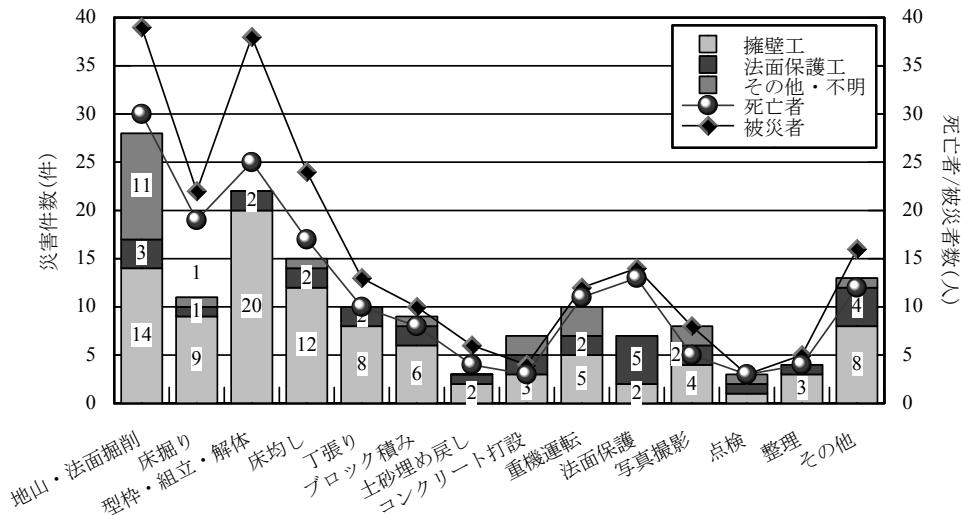


Fig. 1 Types of construction work that the suffering workers were doing at the time of accident.
災害発生時に被災者が行っていた作業

準をTable 1に示す。ここでは、仮設・本設の対応状況について示しているが、仮設について検討されているものの全てにおいて「労働安全衛生規則を満足しなければならない」旨の記載がある。すなわち、施工中の斜面勾配・高さについては、事実上、労働安全衛生規則が最低限遵守すべき基準となっている。

労働安全衛生規則以外の現行の各種規則および設計基準は、主として工事終了後の斜面における斜面崩壊を防止するためのものであり、施工中の断面設計についてはほとんど考慮されていない。施工中の労働災害は、小規模な崩壊が多いが、これらを想定した設計基準となっていないと言える。また、現行の設計基準では、地山条件が主として物性（硬岩、軟岩、砂質土等）によって決定されており、斜面安定に大きな影響を与える地質構造（例えば、流れ盤、受け盤）や地下水の条件等が十分には考慮されていない問題点も指摘できる¹⁾。

3. 切土掘削工事における施工上の問題と対策

切土掘削工事現場における斜面崩壊による労働災害を防止するためには、工事の計画段階から設計・施工に至るまでの全体を通した包括的な見直しが必要である。以下に、労働災害に関する調査・分析から得られた施工上の問題点と対策の方向について述べる。

3.1 切取り斜面下で行う各種作業の見直し

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、災害発生時に被災者が行っていた作業を、それぞれの対策工法別に分類した結果をFig. 1に示す²⁾。この災害件数および死亡者・被災者数から、各種作業について、以下のことが言える。

3.1.1 地山・法面掘削、床掘り、床均し、丁張り、ブロック積み

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の災害が最も多い。擁壁工では、完成後には安定勾配であっても、擁壁を設置する施工工程では不安定な急勾配で掘削を行うことが多い。労働安全衛生規則に示されている施工中の掘削勾配は、他の各機関で採用されている設計基準のそれよりも急勾配であることもあり、短期間とはいえ施工中の斜面は過酷な条件下となる場合がある。

擁壁工では、地山・法面掘削後に、床掘り、床均し、丁張り、ブロック積みなどの作業で作業員が斜面下に入る場合がある。床掘り作業は、斜面法尻部を切土することと同じであり、斜面安定性は急激に低下する。このような床掘り作業や斜面下部で行う床均し、丁張りなどの作業は、擁壁設置のために必要な作業であるが、人間が命をかけて行う作業ではない。ドラグショベルなどによる機械掘りにより構造上必要な精度で仕上げることや、「土止め先行工法」などで用いられる建て込み簡易土留めなどの崩壊防止対策で安全を担保することが必要と考えられる。

3.1.2 型枠の組立・解体

擁壁工では、切取った斜面の近くで行う型枠の組立・解体（22件）作業中において被災する例が多い。

擁壁の型枠の組立・解体は、擁壁と急勾配に切土掘削した斜面との間の狭い場所で行わなければならない作業であり、斜面崩壊が発生すると逃げ場所がないために逃げ遅れて被災する例が多い。不安定化している斜面付近で作業しなければならない施工方法の欠点と言える。排水の確保など解決しなければならない問題もあるが、擁

壁裏側（斜面側）の型枠を取り外さないで、そのまま本設として利用する工法の開発や、型枠を取り外す際に擁壁と地山の狭い箇所には作業員が入らなくてもよい工法とするなど、工法そのものの見直しが必要であろう。

3.1.3 写真撮影・寸法計測など

発注者に提出する施工管理資料のため、床均しが終わった状態、つまり、幾何学的形状としては最も危険な状態で、斜面下に入り写真撮影や寸法計測などを行って被災する例が後を絶たない。少々の精度は犠牲にしても、離れた安全な場所からの写真撮影や寸法計測で足るものとすべきであろう。

3.1.4 フトン籠の設置など

フトン籠による土留めの設置に当たっては、通常作業者がフトン籠の内側に入って、一個ずつ石をきれいに並べていくという作業を行っている。そのため出来上がりは非常にきれいである。しかし、不安定だからこそフトン籠を設置するような斜面の下で、法尻にフトン籠を置いて、その中に人が入って石をきれいに並べていくという作業を命がけで行う必要があるとはいえない。

平成17年11月、農業用水路復旧工事現場において、地山掘削後に土留め工としての大型フトン籠の中で5名の作業員が詰石作業を行っていたところ、地山の斜面が突然崩壊し、フトン籠内で作業していた2名が生き埋めとなり亡くなる労働災害が発生した³⁾。フトン籠は地下水を確実に排水し、施工も比較的簡単なことから災害復旧工事などで多用される。この災害ではフトン籠を乗り越えるのに時間がかかったため被災している。ドラグショベルなどの建設機械でフトン籠に直接に石を投入する方法など、崩壊のリスクが高い箇所へ安易に立ち入らない施工方法とすべきである。なお、フトン籠については、安全な場所でフトン籠に石を投入し、クレーンなどの建設機械によって吊り上げて設置する、吊り上げ型カゴ枠などが製品化されている。このような安全な作業方法の導入を検討すべきである。

3.2 施工途上の斜面安定性の検討

斜面安定の評価は非常に難しいことが知られている。地盤を対象とする工事では、次のような不確定な要素が存在するからである。

- ・地盤が本来持っているばらつき（地盤は、地殻変動や浸食・堆積といった自然現象の履歴や、さらには盛土工事等の人工的な工事の履歴を受けてきたことが考えられること）
- ・弱面や亀裂の存在、風化の進行状態、地盤内の水みちの存在など、地盤内はブラックボックスと言って過言ではないこと。
- ・一つの測定箇所を周辺を代表させることによるばらつき（例えば、ボーリング等による地盤調査が50m毎に

しか行われていないにもかかわらず、その中間地点での地盤定数を推定している場合など）

- ・計測値から地盤定数を求める際のばらつき（例えばN値から $C \cdot \phi$ を推定する際のばらつきや異方性の影響など）
 - ・主働土圧と地盤内のすべりによる土圧の値の違い（つまり、モビライズされる地盤強度の評価の困難さ）など
- こうした地盤情報の不確実性のため、地盤に関する性能設計（限界状態設計法）としてEU等ではEurocode7とISO2394が普及し始めている。日本においても、国土交通省の委託で土木学会が「土木・建築にかかる設計の基本」（2002年）がまとめられ、性能設計が構造物設計に取り入れ始められている現状である。

しかしながら、崩壊前兆現象、崩壊に至るまでの挙動、限界状態設計法で云われる「終局状態・全体安定性の喪失」はどのような状態なのか、さらには崩壊そのものの挙動・掘削に伴う土圧の再配分等についての体系化された知見が十分とはいえない。また、限界状態設計法では、使用限界状態、修復限界状態、終局限界状態の3つの状態に分類して照査するとされているが、仮設構造物は、仮設であることから通常の構造物より安全性に余裕がない状態で設計されて土留め部材の剛性、強度、断面性能を小さくする可能性がある。このため、「終局限界状態」での照査を誤ると、情報化施工と併せて行うなどの安全策を講じないと、本当に危ない状態を見過ごす危険性がないとは言えない。要求性能を明確化し、現場の状況に応じて起こり得る崩壊のメカニズムを理解したうえで、「終局限界状態」を設定することなど、性能設計（限界状態設計法）の適用に当たっては留意すべき課題も多い。

土木・建築構造物では、全ての外力、構造物の抵抗力、変形に関する情報を施工前に完全に掌握し、設計に関する細目を決め、施工は設計を忠実に実現することで完成に至ることが当然と考えられている。地盤構造物の設計についても、このような設計・施工の考え方をすべきであるが、地盤の内部は完全には掌握し切れていない「ブラックボックス」であり、地盤調査や施工中の情報化施工により計測した事項のみが明らかになっているということを十分に認識した設計・施工が不可欠である。

災害現場の近くで同じような崩壊が起こったにもかかわらず対策を講ぜずに作業を続けて、同種の崩壊で死亡災害となったという事例も多い。工事開始後に想定していた地盤と異なっていることが判明した場合や工事現場の近隣で崩壊が発生した場合などでは、それらの新しい情報に基づき柔軟に設計・施工計画を見直すことが必要である。

比較的小規模の構造物の場合には、各設計基準にて標準設計図面を作成し、業務の省力化を図る場合もあるが、この場合はそれらの判断が合理的なものなのかを確認す

る必要がある。

当たり前のことだが、基本に戻って、①適正な地盤調査結果に基づく②設計を行い、③それを具現化するしっかりした施工図、施工計画を作成し、④施工図、施工計画どおりに施工し、⑤計測により斜面や土留めの状態を常に観測し、安全性を確認しながら施工を進めることが必要である。

斜面の安定計算に関しては、完成後の安定計算はしているが、施工時の安定計算はされていないことが多いなど、従来から施工過程の安全が軽視されがちな傾向がある。事前調査に基づく安定計算による斜面の安全性の確認が不可欠である。ただし、上述したように地盤の不確実性があることから安定計算の結果で安全率が1を上回ったとしても崩壊の危険性がないとは言えない。3.3で述べる「逆巻き施工」の採用や、3.4で述べる「計測施工」との併用により全施工過程を通して安全なものとするのが大切である。

さらに、今後の掘削工事では、合理的な冗長性(redundancy)やフェールセーフ(アイテムに故障が生じてでも安全性が保持されるように配慮する設計思想)の概念を導入することが重要になると考える。コンピュータや機械系で使われる厳密な意味でのフェールセーフは掘削工事には馴染みがたいが、広義のフェールセーフやフォールトレランス(冗長系による高信頼化の方法、つまり、故障が発生することを認めるが、他の系でこれをカバーして、システムとして障害のないようにするアプローチ。基本的には多重系を構成する。)といった安全の概念を導入することが望ましい。

土留め支保工の安全化、工法の多重化やフェールセーフ化とともに、必要に応じて情報化施工を実施することである。この場合、計測関連機器のフェールセーフ化も欠かせない。外力等を自らの基準で判断し、情報化施工等を組み入れて全体系として安全であるような合理的な設計・施工を行うことがより一層求められるといえる。

3.3 安全な施工方法の開発・普及

開削工事では土留めをすることが現在の日本においてはほぼ常識となっている。小規模な開削工事である溝掘削についても、厚生労働省の通達(平成15年通達)等によって「土止め先行工法」の普及・定着が図られている⁴⁾。

斜面掘削においても開削工事と同じように土砂崩壊の危険があるにもかかわらず、Photo 1にあるような土留め等の対策をせずに工事が行われる場合が多々ある⁵⁾。崩壊の危険性がある場合は、上述の3.2のような検討を行い、斜面の勾配を緩くする、土留めなどの防護策を講じるなどの対策が必要である。

現状の施工法としては、このような危険性を解消する工法として地山の掘削と切土斜面の防護を段階的に交互



Photo 1 Overview of the construction site.
林道工事現場における施工状況

に行いながら、上部から切土斜面の安定を図っていく、いわゆる「逆巻き(逆打ち)施工」と呼ばれる施工法がある。Table 2に逆巻き施工が可能な工法を大別して示す。なお、工法については、国土交通省の新技術情報提供システムNETISに登録されている工法を代表例として示した。この他多くの工法が開発されている。従来の施工法と比較すればコストは単体としては割高ではあるが、急勾配に対応していたり緑化が可能であったりするなど、施工全体としてはコスト的に遜色ない場合もある。施工中の安全が確保されるこれらの工法について、計画段階で検討すべきであろう。

開削工事において用いられる土留めの種類は多く、条件に応じて適した土留め工が採用されている。斜面掘削工事においても、地形や地盤状況などに応じて最適な防護策が選定できることが望ましい。肝心なのは、通常の地下掘削工事などと同じように斜面掘削工事においても、掘削から完成まで、施工中を通して安全な状態にしておくことである。逆巻き施工に限らず、すべての施工過程が安全となるような工法を採用することが基本である。

中小規模掘削工事において、掘削から完成までの安全を確保する施工法の例として、以下の①～③に示すようなアイデアを紹介する。なお、ここに示すFig. 2～Fig. 4はあくまで簡易で安全な施工法のアイデアを示す模式図であり、実施工に適用する際には土留めの強度、安定性など、詳細な検討が必要である。

3.3.1 H鋼やシートパイルを斜面に打設する施工方法(1) (Fig. 2参照)

簡単な施工法としてFig. 2に示すように、あらかじめ斜面にシートパイルやH鋼を打設して地山の崩壊を防止したうえで、擁壁工の施工を行う工法が考えられる。この図は、施工中の斜面崩壊の防護工法の施工手順を示したものである。施工中の全工程、つまり(1)の掘削前(自然斜面)の状態から、もたれ式擁壁、重力式擁壁等を設

Table 2 Construction methods using safety procedure.
逆巻き施工が可能な施工法の代表例

	プレキャスト受圧板 (グラウンドアンカー工法)	プレキャスト板 (地山補強土工法)	法枠 (グラウンドアンカー工法, 地山補強土工法)	現場打ち擁壁 (地山補強土工法)	その他の材料による工法 (地山補強土工法)
工法概要	グラウンドアンカーの表面工にプレキャストコンクリート受圧板を使用して, 1 段 (2.0m ~ 3.0m) ごと上から下へ順次施工を行っていく	地山補強土工の表面工にプレキャストコンクリート板を使用して, 1.2m ほどの補強土壁を 1 段ごと仕上げ, 上から下へ順次施工を行っていく	法面を 1 段 5m ~ 6m ごと掘削を行い格子状の現場打ちコンクリートを打設し養生を行ってからアンカーを定着させる	法面を掘削しながら 1 段ごと補強材を打設しながらモルタル吹付けを行い, 養生を行ってから補強材を定着して次段施工を行い, 完了後足場, 型枠を組み, もたれ擁壁を施工する	地山補強土の表面工に FRP の格子状や鋼製井桁があり, 法面を掘削後 1 段ごとに補強材を施工後パネルと定着させ最後に厚層基材を吹付ける
適用勾配	5分 (63.4°) ~	1分 (84.3°) ~ 5分 (63.4°)	5分 (63.4°) ~	5分 (63.4°) 程度	6分 (59.0°) ~

置するまでを安全に施工できる。

この工法の特徴は, Fig. 2 の (2) のように斜面の中腹に, シートパイルや, 所定の間隔を置いて H 鋼を打設することである。H 鋼の間には矢板を挿入し, いわゆる親杭横矢板方式と同じような土留めを構築し, その前面において斜面保護擁壁を築造することが出来る。H 鋼やシートパイルは場合によっては Fig. 2 の (4) 又は (6) のようにコンクリート擁壁中に埋め殺してもよい。

3.3.2 H 鋼を斜面に沿わせて設置する施工方法 (2) (Fig. 3 参照)

Fig. 3 に示すように斜面の上端部を切土し, そこに擁壁用型枠を設置する。擁壁用型枠と斜面に沿って設置した親杭との間に切梁を介装して壁用型枠を支持する。擁壁用型枠の下方を敷設する擁壁用型枠の分だけ切土し, 差込み爪を差し込んで次の擁壁用型枠を敷設するとともに擁壁用型枠と親杭の間に切梁を介装する。これを順次繰り返し, その後, 斜面と各擁壁用型枠との隙間から擁壁材のコンクリートを充填硬化し, 保護擁壁を築造する。なお, 親杭などの仮設工が大がかりとなる場合は足場等設備面での検討が必要である。

3.3.3 アイランド工法と親杭横矢板の土留めを併せたような施工方法 (3) (Fig. 4 参照)

Fig. 4 (1) に示すように, 斜面に三角状の溝を奥行き方向に掘削 (親杭を挿入するための穴だけを掘削してもよい) し, その溝 (又は穴) に親杭を各々埋設した後, 親杭の上端部側の斜面を切土し, 各親杭間に露出した地盤を押さえるため横矢板を上部から挿入する。次いで, 横矢板の下部の斜面をさらに切土し, また矢板を各親杭に

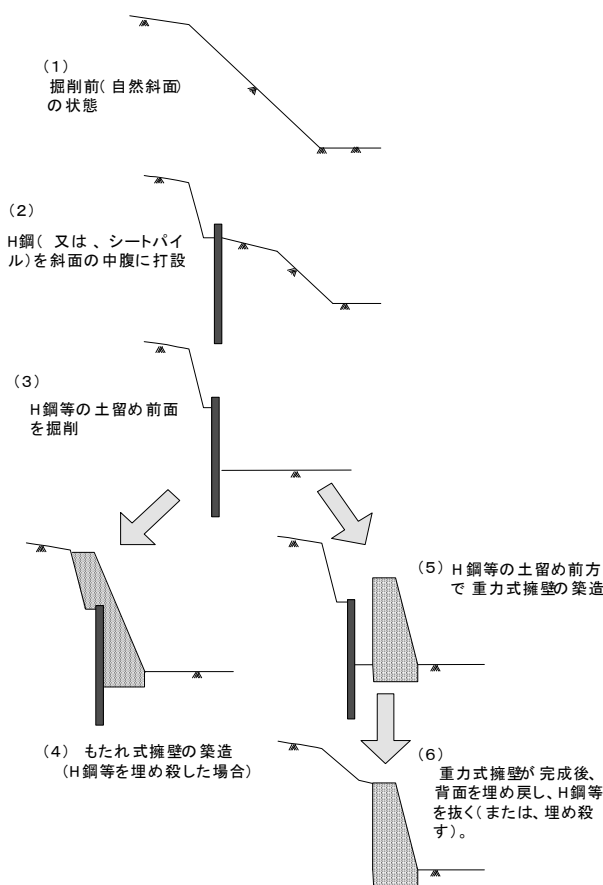


Fig. 2 An example of protection method for slope failure (1).
斜面崩壊の防護工法の一例 (1)

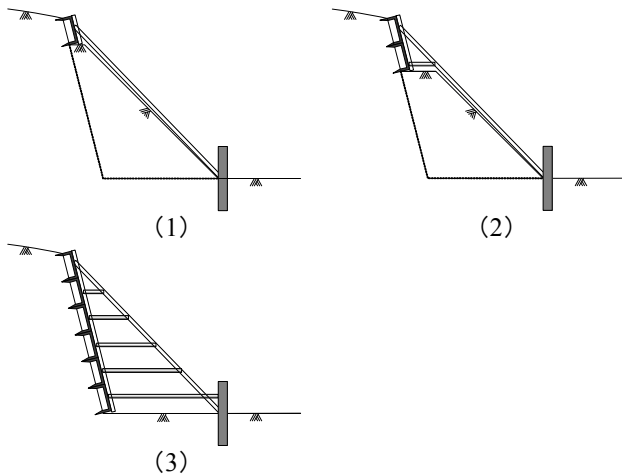


Fig. 3 An example of protection method for slope failure (2).
斜面崩壊の防護工法の一例 (2)

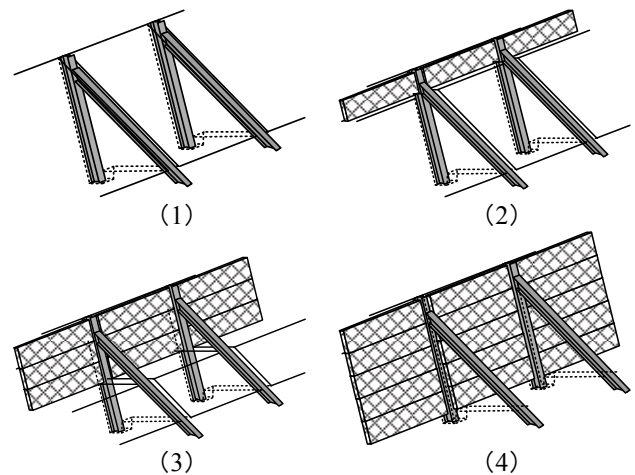


Fig. 4 An example of protection method for slope failure (3).
斜面崩壊の防護工法の一例 (3)

沿って切土面に落とし込む。これを繰り返し斜面下部まで掘削する (Fig. 4 (4) 参照)。アイランド工法と親杭横矢板の土留めを併せたような土留めの考え方である。

3.4 斜面の動態観測による情報化施工の普及

上記で述べたような安全な工法で施工することが基本的に必要である。しかし、工事箇所から斜面が長く続くような長大斜面などではその効果が不明確な場合もある。工事に際しては、日々の工事の前に、斜面の状況を詳細に点検することが労働安全衛生規則第358条等に規定されている。しかし、斜面の点検は、草や樹木の多い茂る斜面では細かい亀裂や割れ目を発見することは困難であり、目視による監視には限界がある。また、自然斜面を主な対象とするこの種の工事では、十分な調査を行い設計を行ったとしても、完全に状況を把握できるものでもなく、未知の部分を残して工事を行っているものである。また、事前の調査にかかる費用にも限界があり、現場状況の把握の上で残されている不確かさ・不透明さをカバーすることが重要となる。地盤工学分野では、不確実性が高い自然地盤を相手にすることが多いため、力学的手法の限界が認識されて、計測や観察によって地盤挙動を見極めながら施工することの重要性がTerzaghi & Peck等により古くから指摘されてきた⁶⁾。Terzaghi & Peckが提唱した“Observational Procedure (情報化施工又は観測施工)”は主に軟弱地盤を対象として発展してきたが、近年では大断面トンネル、長大斜面、高ダムなど、従来の設計では対応できない規模の現場において適用されている⁷⁾。

本プロジェクト研究では、これらの技術を援用し、中小規模掘削工事において適用可能な動態観測システムの開発を行ってきた。特に、切土掘削工事によって発生す

る崩壊現象は、地すべり等の現象とは大きく異なり、時間的余裕がほとんど無いうちに土塊の滑動が起こることや、崩壊の前兆現象が顕著にあらわれる場合が少ないため、崩壊現象の発生の予測が困難な場合が多い。しかしながら、崩壊前には微小ではあるが斜面は変状しており、高精度な変形・傾斜・ひずみ等を計測するシステムを用いることで、計測値の変化の絶対量と変化度合いから地山の状況を判断する動態観測を行えることを確認した^{8)~10)}。このような計測器による動態観測ならば、目視の困難さ、地盤条件の不透明さをカバーし、さらには設計変更を行う際の発注者側への定量的な証拠として利用することが出来るであろう。Table 3は計測技術のうち地すべり・急傾斜地に用いられるものを一覧としたものである¹¹⁾。これらの計測技術には、それぞれに一長一短があり必ずしも施工中の安全を確保するための動態観測に適用できないものもあるが、それぞれの特徴を目的に応じて補完しつつ崩壊の予兆を把握することが望ましい。

3.5 労働安全衛生マネジメントシステムの適用

平成11年労働省告示において「労働安全衛生マネジメントシステムに関する指針」が示され、平成18年4月1日施行の労働安全衛生法において、労働安全衛生関係法令に規定される最低基準としての危害防止基準を遵守するだけでなく、「リスクアセスメント」が事業者の努力義務として規定された。この「リスクアセスメント実施の努力義務化」により、多くの建設業の事業者は本格的にリスクアセスメントの導入を進めているところであるが、まだ多くの企業（特に中小企業）では試行錯誤の段階である。切土掘削工事においても、上述したような安全対策を労働安全衛生マネジメントシステムに取り込むことが必要であると考えられる。

労働安全衛生マネジメントシステムでは、リスク低減措置の優先順位を次のように示している¹²⁾。

- ① 設計や計画の段階における措置
- ② 工学的措置
- ③ 管理的措置
- ④ 個人用保護具の使用

斜面崩壊による労働災害の防止に関しても、対策を当該リスク低減措置の優先順位に従って実施するのが望ましい。

4. まとめ

斜面崩壊による労働災害を防止するには、計画の段階から設計・施工まで全体を通して包括的な見直しを行い、計画から施工までの全工程を通して安全な状態にすることが必要である。そのためには、次に示すような、①切取り斜面下で行う各種作業の必要性の見直し、②施工途上の斜面安定性の検討、③安全な施工方法の採用、及び④計測施工方法を必要に応じて組み合わせて導入することが必要である。

(1) 切取り斜面下で行う各種作業の見直し

いわゆる「機械掘り」においても、作業者が斜面下の危険箇所へ近づくことがある。例えば、床掘り箇所での床均し、写真撮影、計測、砂利等の敷詰め、フトン簗内に石を詰める作業、型枠の組立・解体作業などがある。作業者が斜面下の危険箇所へ近づかなければならないような作業がある場合は、本来の「機械掘り」とは言えない。崩壊の危険性のある切取り斜面下でのこのような作業が本当に必要なかを見直し、作業者が危険にさらされる斜面下での作業を行わずともよいような施工法とすべきである。

(2) 施工途上の斜面安定性の検討

完成後の安定計算はされているが、施工時の安定計算はされていないことが多いなど、施工過程の安全が軽視されがちである。地盤調査などの事前調査に基づき安定計算による斜面の安全性の確認が不可欠である。ただし、地盤の不確実性を考慮し、斜面安定性の検討に当たっては「逆巻き施工」の採用や、「計測施工」との併用が必要である。

(3) 安全な施工方法の採用

斜面掘削において崩壊の危険性がある場合は、斜面の勾配を緩くする、土留めなどの防護策を講じるなどの対策が必要である。斜面掘削においても、掘削から完成まで、施工中を通して安全な状態にしておくことである。「逆巻き施工」や「仮設の土留めの設置」によりすべての施工過程が安全となるようにすることが基本である。

(4) 情報化施工の導入

安全な工法で施工することが基本的に必要であるが、

安全を担保するには目視点検による定性的な状況把握とともに、データに基づく定量的な判断が必要である。崩壊前の変位・角度変化は微小であることから、高精度な伸縮計・傾斜計などの計測値の変化の絶対量と変化の度合いから地山の状況を判断する“Observational Procedure (情報化施工又は観測施工)” (計測に基づき危険性を予測しながら工事を進めること)を実施すべきものとする。

参考文献

- 1) (社)土質工学会 掘削工事の安全技術に関する調査研究委員会(労働省委託):掘削工事の安全技術に関する調査研究報告書, 141p, 1986.
- 2) 伊藤和也, 豊澤康男, 堀井宣幸: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, JNIOSSH-SRR-NO.35 (2007), 投稿中.
- 3) 伊藤和也, Timpong S., 豊澤康男:掘削工事の土砂崩壊による労働災害の調査・分析, 土と基礎, 投稿中.
- 4) 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監修:土止め先行工法に関する指針とその解説, 建設業労働災害防止協会, 202p, 2004.
- 5) 豊澤康男, 伊藤和也:土砂崩壊による労働災害の防止対策について, 土木学会安全問題研究論文集, Vol. 2 (2007年11月), pp.143-148, 2007.
- 6) Terzaghi, K. and Peck, R.B.: Soil Mechanics in Engineering Practice, John Willy & Sons, Inc., 1969.
- 7) 地盤工学会切土法面の調査・設計から施工まで編集委員会:地盤工学・実務シリーズ5 切土法面の調査・設計から施工まで, 476p, 1998.
- 8) 豊澤康男, 伊藤和也, Tamrakar S. B., 三田地利之, 国見敬, 西條敦志, 大久保智美:半導体加速度センサーを利用した高精度傾斜計による斜面崩壊予知の検討, 労働安全衛生総合研究所特別研究報告, JNIOSSH-SRR-NO.35 (2007), pp. 103-110, 2008.
- 9) 玉手聡, 遠藤明:斜面工事における簡易な安全監視のためのスクリー貫入型表層ひずみ計の開発とその適用性に関する実験的研究, 労働安全衛生総合研究所特別研究報告, JNIOSSH-SRR-NO.35 (2007), 投稿中.
- 10) 伊藤和也, 豊澤康男, 武山峰典, 佐野哲也:レーザー光と光センサーによる斜面崩壊の事前予測・崩壊システムの開発, 労働安全衛生総合研究所特別研究報告, JNIOSSH-SRR-NO.35 (2007), 投稿中.

Table 3 Observational method for slope movement.
動態観測の計測例 (文献¹¹⁾ を加筆・修正)

計測項目	計測形式	計測装置名	計測原理等	基準類
水平変位	地表設置	機械式・電気式変位計	ぬき板・クラックゲージ	
		機械式・電気式変位計	伸縮計	JGS1725
	ボーリング孔	電気式ひずみ計	地中ひずみ計	JGS1731
		挿入型電気式傾斜計	可とう管の傾斜量を計測	
		電気式傾斜計	固定式多段傾斜計	
3次元変位	リモートセンシング	(スキャン式) レーザー測距儀	無反射板レーザー距離計測	
		SPT	レーザー光とデジタルカメラ	
		ステレオ写真	デジタルカメラによる	
		赤外線熱画像	赤外線サーモグラフィ	
	地表設置	変位杭	トータルステーション	JGS1711
		GPS	人工衛星からの電波	
		固定式反射鏡	(自動) トータルステーション	
		精密写真測量計測	マーカースとデジタルカメラ	
無次元変位	ボーリング孔	機械式・電気式相対変位計	アンカー	
傾斜変動量	地表設置	水管式地盤傾斜計	気泡管中の気泡の位置	JGS1721
	ボーリング孔	電気式傾斜計 (気泡検出)	気泡位置を電氣的に検出	
		電気式傾斜計 (加速度検出)	加速度計の応用	
ひずみ	地表・地中設置	光ファイバセンサ	光伝達特性のひずみ依存性	
	地中設置	電気式ひずみ計	地中ひずみ計	JGS1731
水文関係	ボーリング孔	地下水位計	水圧から水位を換算	JGS1312
水分量変化	地表設置	土壌水分計	水分量の変化	
		(固定式) 比抵抗二次元探査	電極 (電位・電流)	
震動・破断	地表・地中設置	メタルケーブル	ケーブル破断による通信障害	
		振動センサー	ケーブルの静電容量変化	
震動	ボーリング孔	落石 (崩落) 検出システム	振動検出器	
		AE 検出システム	AE センサー	

11) 中田文雄：技術の現状とこれから求められるもの 計測技術の現状と将来展望，地質と調査，2003年第3号，pp. 2-9，2003.

12) 建設業労働災害防止協会：＜改正＞建設業労働安全衛生マネジメントシステムガイドラインの解説，建設業労働災害防止協会，90p，2006.

(平成 20年3月3日受理)