

土砂崩壊による労働災害の防止対策について

Labor accidents caused by slope failures and preventive strategies

豊澤康男*, 伊藤和也**

Yasuo Toyosawa, Kazuya Itoh

*博(工), (独)労働安全衛生総合研究所部長, 建設安全研究グループ(〒204-0024 東京都清瀬市梅園1丁目4-6)

**博(工), (独)労働安全衛生総合研究所研究員, 建設安全研究グループ(〒204-0024 東京都清瀬市梅園1丁目4-6)

This paper presents an analysis of fatal accidents caused by slope failure. Following major conclusions can be drawn: 1) The labor accidents are likely to occur in a small construction project with small project cost and relatively short construction period that conducted by small contractor. 2) By considering the scale of slope failure, most of the slope failures occurred when the gradient of slope was 60 to 75 degrees, and the amount of collapsed soil was less than 50 m³. 3) It is necessary to provide comprehensive safe procedures throughout the construction concerning the site investigation and stability of slope under construction, safe construction procedures, slope monitoring and review of the necessity of operations etc., on the excavated slopes in the construction sites.

Key Words: labour accident, excavation, slope failure, slope-cutting work

キーワード: 労働災害, 掘削, 土砂崩壊, 切土掘削工事

1. はじめに

掘削工事における土砂崩壊災害によって年間約 20 人前後が死亡している。このうち約半数近くが斜面関連の工事中に発生している災害である。これらの工事では、斜面は最終的には安定な構造となるものの、その施工過程において十分な対策も取られないまま不安定な状態で作業が行われていることがある(例えば写真-1)。このような労働災害は、計画・設計・施工の各段階において十分な対策を講ずることにより解決するものと考えられる。一方、残りの半数は溝掘削等の開削工事における土砂崩壊災害による死亡者である。溝崩壊による災害は「土止め先行工法」の普及等に対応して減少傾向にある。本報では斜面掘削工事における問題を指摘するとともに対策について考察する。



写真-1 斜面下での擁壁工の施工状況

2. 斜面掘削時における労働災害発生状況¹⁾

2.1 調査の対象および項目

建設業安全衛生年鑑²⁾に掲載されている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

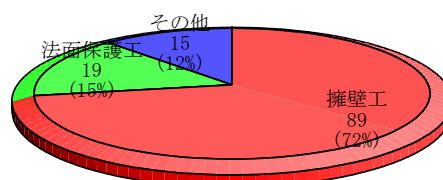


図-1 死亡災害の工種別分類

斜面崩壊災害を、1989（昭和 64／平成元）年から 2001（平成 13）年の 13 年間について調べた。その結果、死亡災害 162 件、重大災害 29 件（うち 27 件は死亡災害と重複）の計 164 件の災害がそれに合致した。本報では、その中から、詳細について把握することができた死亡災害 119 件、重大災害 20 件（うち 18 件は死亡災害と重複）の計 121 件について調査・分析を行った。なお、分析要因は①工事・管理関連要素（工事規模、安全管理状況等）、②災害発生状況（崩壊規模、崩壊形状等）などである。

2.2 工事種別による災害発生状況

斜面を安定化する対策工としては、大別すると①擁壁工、②法面保護工、がある。斜面崩壊による死亡災害の約 7 割は擁壁工の施工中のものが占めている現状であった（図-1 参照）。擁壁工における代表的な被災状況を模式図で示すと図-2 のようになる。また、擁壁工の施工途上の危険性の変化を概念図として表すと図-3 のように、地山の掘削を始めてから切土斜面の崩壊危険性は徐々に増加していき、床付け・床均し、基礎作業時が最も危険性が高く、擁壁本体の施工まで危険性の高い状況が続くことになる。災害発生時に被災者が行っていた作業について 121 件の死亡災害等を分析したところ、擁壁工では図-4 に示すように擁壁築造に関連する型枠の組立・解体(20 件)や床均し(11 件)、丁張り(8 件)、ブロック積み(6 件)のように、地山・斜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ケースが多いことが判明した。急勾配に切土掘削を行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問題点なども指摘できる。

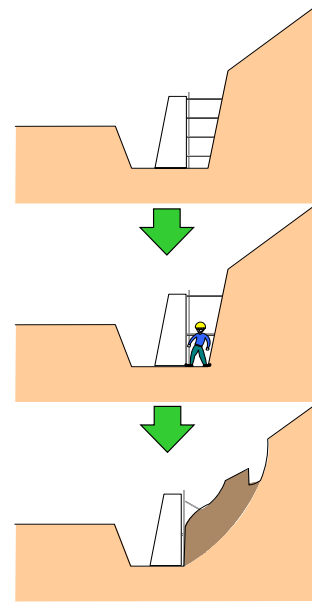


図-2 典型的な災害事例

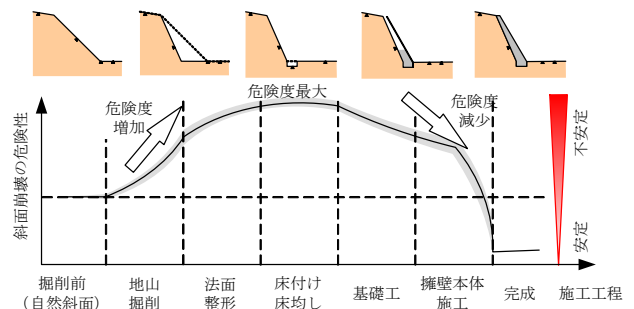


図-3 擁壁工施工途上の危険性変化の概念図

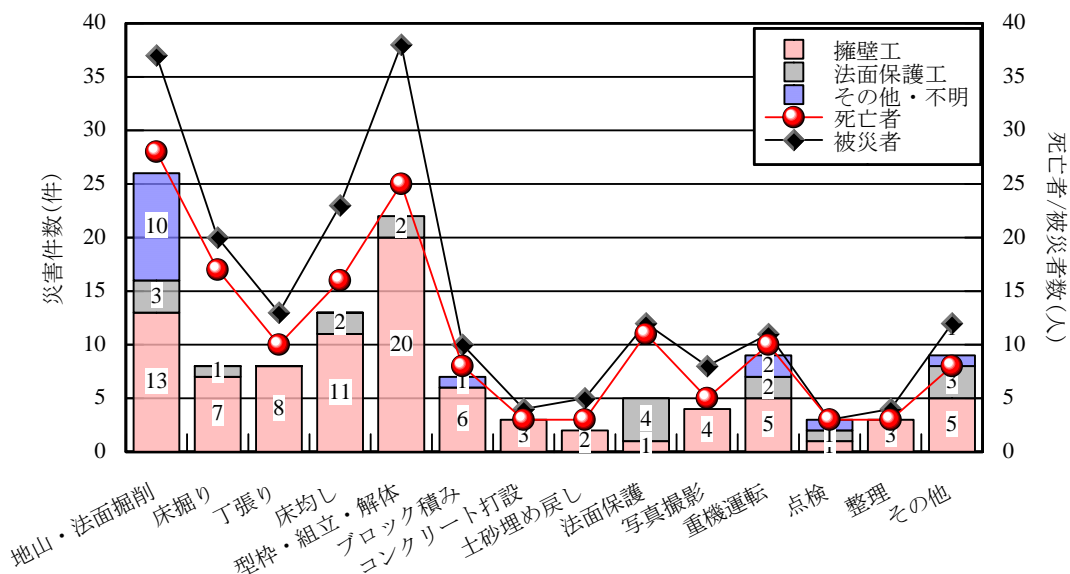
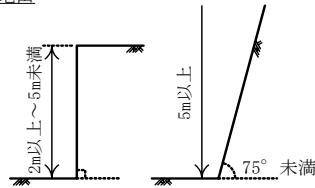


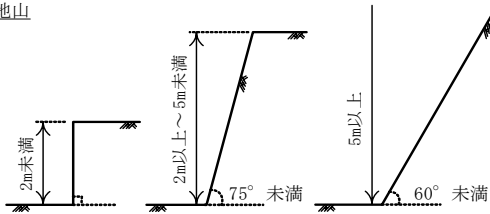
図-4 災害発生時に被災者が行っていた作業

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

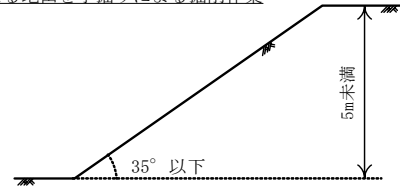


・ その他の地山



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



・ 発破などにより崩壊しやすい状態の地山

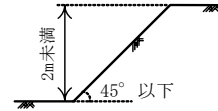


図-5 労働安全衛生規則第 356 条および第 357 条により規制された地山の高さ・勾配²⁾

表-1 崩壊斜面の高さ・勾配別分類

勾配 斜面高さ	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	14	8	1		24
5m 以上 10m 未満	7	12	3	3	1	27
10m 以上 30m 未満	10	15	5	1	1	32
30m 以上 50m 未満	1	1			1	3
50m 以上	1	3				4
不明	6	9	3	1	9	28
計	26	55	20	8	12	121

2.3 崩壊地山の高さ・傾斜等による災害発生状況

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³⁾。図-5 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。これにより、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。なお、本条文は手掘り(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るものであるが、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などには、本条文が適用されると考えられる。

今回調査した災害事例での斜面勾配と高さの関係を本規則に準じて分類すると、表-1 のようになる。斜面崩壊は 60 度以上 75 度未満の勾配にて多く発生している。自然の斜面崩壊にて発生頻度が高い勾配は 40 度～49 度であり、労働災害は急傾斜に斜面を施工する際に多く被災することを示している。なお、表中の灰色で示された箇所は、斜面高さ・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。

安衛則第 356 条の規則違反とならない勾配 60 度未満でも斜面高さ 5m-10m で 7 件、10m-30m で 10 件の災害が発生している。たとえ勾配 60 度未満であっても地山の崩壊又は土石の落下による危険のおそれがあるときはあらかじめ当該危険を防止する措置を講じる必要がある。同趣旨については安衛則第 361 条・第 534 条に示されている。

崩壊土量が 50m³ 未満の小規模なものが 58 件あり、不明分(21 件)を除くと全災害の 6 割を占めている。また、今回調査した 121 件の中で何らかの形で地盤強度が分かった事例は 17 件であった。本来であれば地盤強度等が不明である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。

2.4 発注機関別による災害発生状況

発注機関別について見ると、工事の性格上、国や都道府県・市町村が発注した公共工事が災害件数の大部分を占めている。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 割を占めている。工事量が多いことが原因であるが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制することが、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。また、工事種類別では道路工事が全体の約 7 割を占めていた。

2.5 請負金額別による災害発生状況

請負金額(災害によって被災した労働者が所属していた会社が受注を受けた金額)と下請次数(その会社の下請次数)の関係をみると、請負金額 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、請負金額が高いほど災害件数は減少している。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。

3. 斜面掘削工事における施工上の問題と対策

災害事例は上述したような傾向があるが、このような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た包括的な見直しが必要であり、次のような施工上の問題点とその対策が指摘できる。

3.1 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。ボーリング等による地盤調査などの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。

災害現場の近くで以前に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。掘削現場の付近で崩壊があった場合は、同種の崩壊の可能性のあることを考慮して設計・施工法等の見直しを図る必要がある。

3.2 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ところである。

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、前述したように斜面掘削では土留めなどの対策がなくても工事が行われる場合がある(写真-1)。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と考えられる。

現状では、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“逆巻き工法”と呼ばれる工法があり、普及が進んでいる。しかしこの工法は、斜面上部にアースアンカーを打設するために建設機械を設置する機械足場などの場所の確保が必要となるなど、必ずしも全ての現場に適応できるわけではない。

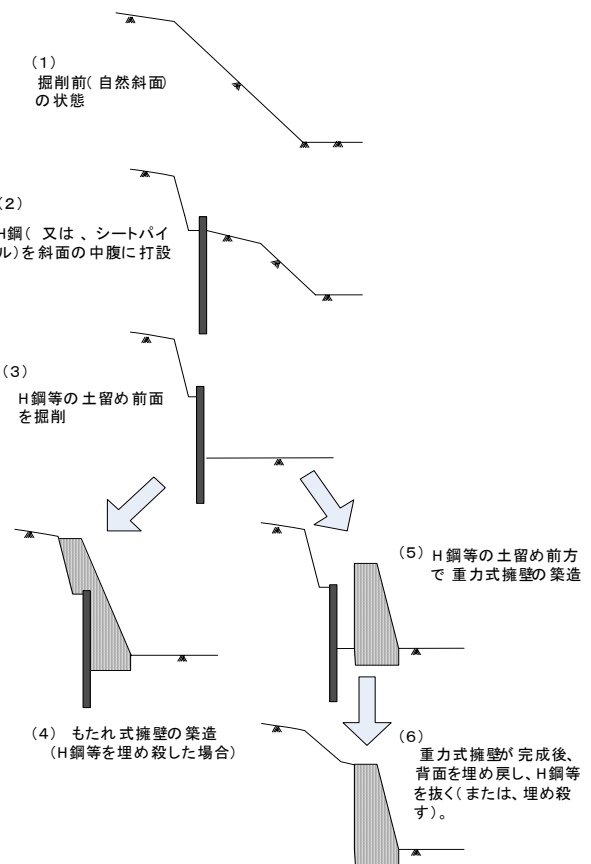


図-6 斜面崩壊の防護工法の一例(1)

開削工事において用いられる土留めの種類は多く、条件に応じて適する土留めが採用されている。斜面掘削においても、地形・地盤状況等に応じて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を伴う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。この逆巻き工法に限らず、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。これを具現化する工法として例えば、次の(1)から(3)に示すような施工方法が考えられる。

(1) 施工方法(1) (図-6 参照)

簡単な施工法として図-6 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。これによると施工中の全工程、つまり(1)の掘削前(自然斜面)の状態から、もたれ式擁壁、重力式擁壁等を設置するまでを安全に施工できる。

この工法の特徴は、図-6の(2)のように斜面の中腹に、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鋼の打設には、建柱車を用いて予め孔を開けておく方法などが考えられる。この場合、H鋼の根入れを十分にとるか、必要に応じて、これらを支持する構造物を設置することになる。H鋼の代わりにシートパイルを連続して打設してもよい。H鋼やシートパイルは場合によっては図-6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。

(2) 施工方法(2) (図-7 参照)

法面の上端部を切土し、そこに擁壁用型枠を設置する。擁壁用型枠と立設された親杭との間に切梁を介装させ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共に擁壁用型枠と親杭の間に切梁を介装する。これを順次繰り返す。その後、法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おお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) 施工方法(3) (図-8 参照)

斜面に対し三角状溝を幅方向に掘削(親杭を挿入する穴だけでもよい)し、その溝(又は穴)に親杭を各々打設した後、斜面において親杭の上端部側を切土し、各親杭間に横矢板を介装する。次いで、横矢板の下部を切土し、矢板を各親杭に沿って切土面に落とし込む。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。

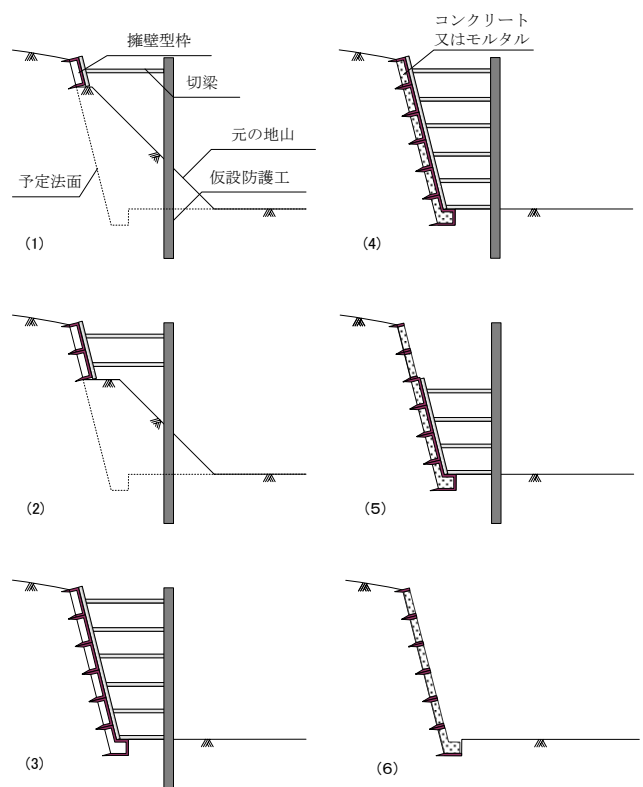


図-7 斜面崩壊の防護工法の一例(2)

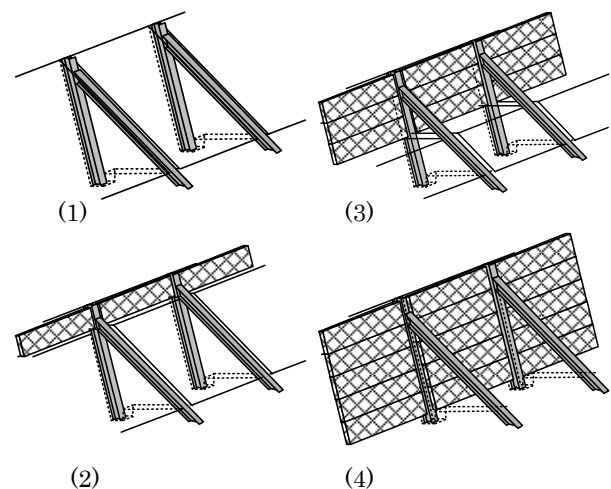


図-8 斜面崩壊の防護工法の一例(3)

3.3 計測施工の普及

上記 3.1 及び 3.2 で述べたような安全な工法で施工することがまず必要であるが、長大斜面などでは上記施工法の効果が不明確な場合もある。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

判断する計測施工（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。

筆者らが現場模型実験等を行った結果から、0.2 程度度までを高精度に測定できる高精度傾斜計は崩壊予知に有効である可能性が高いことがわかった⁴⁾。また、当研究所では、この他にも、崩壊予知用として、レーザーと光センサーを利用した 2 次元変位計測システム⁵⁾や貫入型パイプひずみ計を開発している。簡易・安価でかつ信頼性の高い計測器の普及が望まれるところである。

3.4 切取り斜面下で行う各種作業の必要性の見直し

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、布団籠内に石を詰める作業、型枠の組立・解体作業などがある。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のかを見直し、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を採用すべきである。

(1) 床掘り・床均し

床掘り・床均しに関しても人が斜面下に入って寸分たがわず仕上げる必要性がどこまであるのか疑問のあるところである。バック・ホウなどで、構造上必要な精度で仕上げても問題はほとんど生じないと思われる。

(2) 型枠の組立・解体

図-2 に示すように、切り取った斜面と型枠の間に入って行う作業は、斜面崩壊が発生した際に逃げるができない最も危険な作業のひとつといえる。排水の確保など解決しなければならない問題もあるが、裏側（斜面側）の型枠などを埋め殺す（取り外さないでそのまま埋めてしまう）ことにより、人が入らなくてもいいようにするなど、工法そのものを見直しが必要と考える。

(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、床均しが終わった現場（つまり、一番危険な状態）で、斜面下に入って写真撮影・寸法計測などを行う必要があるのか疑問である。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るべきであろう。

(4) 布団籠の設置など

布団籠による土留めの設置に当たっては、作業者が布団籠の内側に入って、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だ。しかし、不安定だからこそ布団籠を設置するような斜面の下で、法尻に布団籠を置いて人がその中に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のか、見直すべきであろう。実際、平成 17 年 11 月には、布団籠の内側に入って作業中に斜面崩壊が起こり逃げ遅れて 2 名が亡くなったという事例もあった。バック・ホウ等の建設機械で布団籠に直接に石を投入する方法など、安全な作業方法を検討すべきである。

4. まとめ

土砂崩壊災害による労働災害の半数を占めていた溝掘削工事における災害は、平成 15 年に発出された「土止め先行工法」の普及などに対応して減少傾向にある。一方、斜面崩壊による労働災害については、溝掘削工事における災害ほどの減少がみられない。そのため斜面崩壊による労働災害 121 件について調査・分析を行った。それらから得られた知見をまとめると以下ようになる。

- 1) 発注機関別にみると、災害発生件数の約 8 割が地方公共団体発注の工事であった。また、工事種類別では道路工事が全体の約 7 割を占めていた。
- 2) 建設工事中の斜面崩壊による労働災害の約 7 割は擁壁工施工時によるものであった。作業別に分類すると、地山や斜面の掘削作業の他に擁壁築造に関連して法面近くで作業している際の被災も多いことが分かった。
- 3) 崩壊した地山の分析結果から、労働災害となる斜面崩壊は 60 度以上 75 度未満の勾配にて多く発生していた。自然の斜面崩壊にて発生頻度が高い勾配は 40 度～49 度であり、労働災害は急傾斜に斜面を施工する際に多く被災することを示している。
- 4) 崩壊土量は 50m³ 未満が全体の 6 割を占めており、いわゆる小規模崩壊での被災が多い。
- 5) 斜面掘削工事の安全化を図るには、①施工途上の斜面安定性の検討、②安全な施工方法の開発・普及、③計測施工方法の開発・普及及び④切取り斜面下で行う各種作業の必要性の見直しなどによる計画・設計から施工に至るまでの包括的な安全対策が必要である。

参考文献

- 1) 伊藤和也，豊澤康男，S.B.Tamrakar，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) 例えば，建設業労働災害防止協会：平成 14 年度版 建設業安全衛生年鑑，建設業労働災害防止協会，247p，2002。
- 3) 例えば，厚生労働省安全衛生部偏：安衛法便覧 平成 16 年度版(I)，労働調査会，2750 p，2004。
- 4) 豊澤康男，S.B. Tamrakar，伊藤和也，国見敬，西條敦志，大久保智美；高精度傾斜計による土砂崩壊事前予知の可能性について—現場模型実験等の結果から—，第 42 回地盤工学研究発表会，pp.2035-2036，2007
- 5) 伊藤和也，武山峰典，豊澤康男，佐野哲也：レーザーと光センサーを利用した 2 次元変位計測システムの開発と切土斜面の動態観測への適用，土木学会論文集 C，vol.63，No.2，pp.502-515，2007

(2007 年 8 月 17 日受付)