

図一2 災害発生時に被災者が行っていた作業

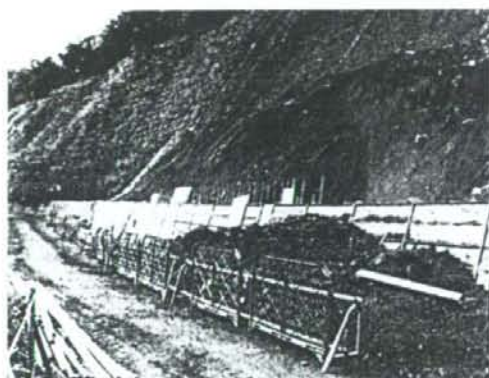
では、完成後には安定勾配であっても、擁壁を設置する施工過程では急勾配となる掘削作業が多く、短期間とはいえ過酷な条件下となる。また、擁壁基礎設置のために必要な床掘り作業は、本来滑動に抵抗する箇所を取り去ることであり、斜面の安定性を急激に低下させる。機械による掘削により構造上必要な精度で仕上げて危険な箇所に作業員が立ち入らないような施工方法とするか、崩壊を防止するための対策工を行ってから立ち入るなどの見直しが必要であろう。

(2) 床均し、型枠の組立・解体、丁張り、ブロック積み

擁壁工には急勾配に掘削した斜面近傍で行う作業が多く存在する。そのような作業中の被災が掘削作業中の被災よりも多い（型枠の組み立て・解体（20件）や床均し（12件）、丁張り（8件）、ブロック積み（6件））。写真一1は型枠の解体中に発生した労働災害事例の写真である。重力式擁壁を築造する際の型枠の組立・解体作業は、擁壁と地山の間の狭い場所で行うため、斜面崩壊が発生した際に逃げ場がない状態となる。これら掘削後の急勾配な斜面近傍にて行う作業は、擁壁工の施工的な欠点とも言え、最も危険な作業の一つと言える。排水の確保など解決しなければならない問題もあるが、斜面側の型枠を取り外さずにそのまま本設として流用することや、型枠を取り外す際に擁壁と地山の伏置な箇所に作業員が入らなくてもよい手段を講じる必要がある。

(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、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



写真一1 型枠の解体中に斜面が崩壊した労働災害事例

っている際に被災する例が後を絶たない。少々の精度は犠牲にしても、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。

現在の日本において、開削工事では土留めをすることが常識となっている。小規模な開削工事である溝掘削工事についても、厚生労働省の通達（平成15年通達）等によって普及・定着が図られている¹⁾。しかしながら、斜面の切土掘削工事では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、土砂崩壊対策をせずに工事が行われる場合が多々ある。

次章以降では、擁壁を施工するために行う掘削作業での斜面崩壊挙動を把握するために実施した実物大斜面崩壊実験と、簡易な土留め工を設置したものの崩壊を抑制することができなかった災害事例を対象とした遠心模型実験について示す。

3. 法尻部を掘削した実物大斜面崩壊実験

擁壁工施工中の斜面崩壊挙動を確認するために、実

物大規模の試験盛土にて切り取り工事中の斜面崩壊を再現する実験を実施した。

(1) 施工概要

大型宅地造成地域内において、高さ5m、斜面角度 50° に切り取った地山を本体構造とし、腹付盛土形式で、高さ5m、斜面角度 45° の試験盛土を作製した(写真-2)。使用した試料は、現地発生土である関東ロームと成田砂である。斜面の切り取りは、バックホーを用いて行った。掘削方法は、1回の切り取り高さが約0.5m毎とし、1回の掘削終了後、約5分間放置し、崩壊するまで掘削を行った。なお、掘削幅は2.5mとした。斜面の変形挙動は、幾つかの計測器を用いて実施しているが、ここでは、天端に設置した伸縮計と光センサー式2次元変位計の結果について示す。

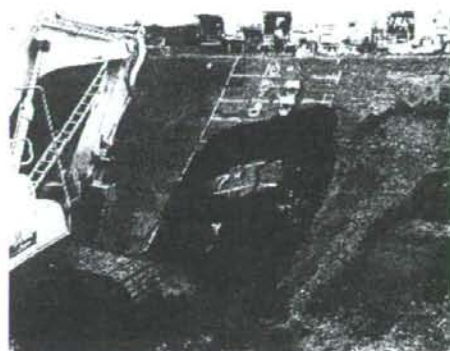
(2) 実験結果の一例

誌面の都合上、成田砂にて実施した結果について示す。斜面の崩壊状況を写真-3に、伸縮計と光センサー式2次元変位計の変位計測結果を図-3に示す。切り取り高さ2.5m掘削中に全ての計測器が変動し、放置期間時間中に法面内から部分的な崩壊に至った(写真-3(a))。このとき、変位計は掘削中に約3.0mmの変形が生じ、放置時間中にさらに1.0mm～2.0mm変形した。掘削をさらに切り取り高さ3.0mまで行ったところ、掘削終了直後に天端を含めた大規模な崩壊が発生した(写真-3(b))。

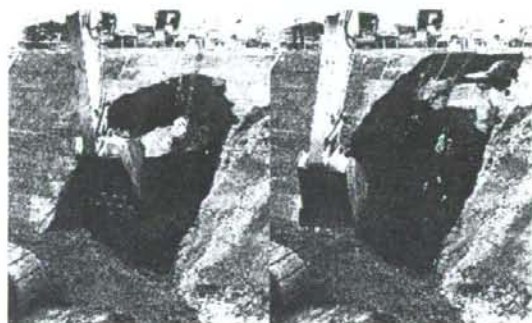
擁壁工施工中の斜面崩壊挙動を確認するために実施した実物大斜面崩壊実験から、法尻部の掘削により掘削面下部に応力が集中することで、局所破壊が起き、その破壊が上方方向に進展していく“進行性破壊”となるような傾向が観察された。



写真-2 実物大規模実験に使用した試験盛土



(a) 1回目崩壊



(b) 2回目崩壊（連続的に法肩まで崩壊）

写真-3 斜面の崩壊状況

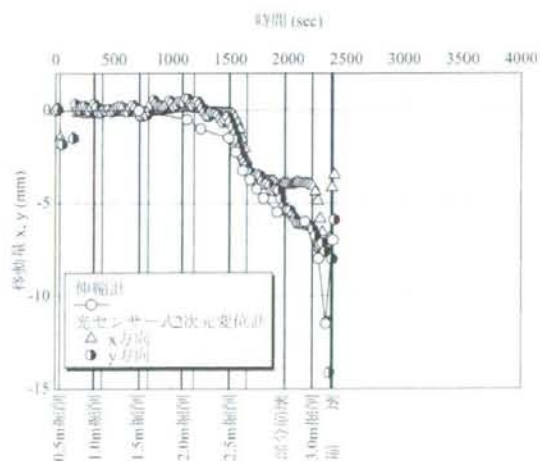


図-3 実物大斜面崩壊実験での天端の変位の時刻歴

4. 遠心模型実験による労働災害事例の再現

斜面崩壊に限らず実物大規模で行う実験は、コスト・時間・手間・安全性の制約のために容易ではない。地盤工学分野では、これらの制約を解消する手法として、遠心模型実験手法が開発・発展してきた。ここでは、遠心模型実験手法について説明し、それを

労働災害事例の再現のために利用した実験結果について示す。

(1) 遠心模型実験とは？

遠心模型実験装置の概形は、写真—4のようなものである。回転する主桁（ビーム）の端部にプラットフォームと呼ばれる“ぶらんこ”があり、そこにあらかじめ作製した模型地盤を搭載する。その状態からビームを高速（毎分20回転から150回転）で回転させると、地球の重力加速度と遠心加速度の合計加速度の方向にプラットフォームが振り上がる（図—4）。しかし、重力は遠心力よりも十分に小さいため、合計加速度はほぼ水平方向に働いて、模型地盤の鉛直下向きに加速度が作用する仕組みとなっている。地盤を構成する土の変形・破壊特性は、一般的に拘束圧によって著しく変化する。したがって、模型の土要素に実物の土要素と同じ変形・強度を発揮させるためには拘束圧を実物と同じにすることが必要となる。遠心模型実験手法は、遠心力を重力と見立てて縮尺模型に働く重力をあたかも現場と同じにすることができる実験手法であり、海上空港埋め立ての圧密沈下挙動、斜面崩壊問題、掘削工事・トンネル工事の変形問題のような静的問題か

ら、地中構造物・杭基礎構造物の地震時安定問題のような動的問題に至るまで、地盤を扱う研究では様々な分野において取り入れられ、破壊や変形メカニズムの解明のために利用されている¹⁾。

(2) 取り上げる労働災害事例について

幾何学的形状から最も不安定になる重力式擁壁などの施工中の安全性を確保するための手段として、

① 勾配を緩くする

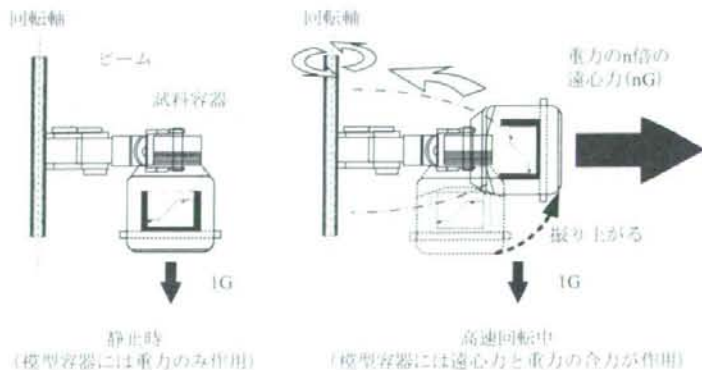
② 別工法への変更（逆巻き工法、ロックボルト、アンカー等）

③ 崩壊を抑止できる土留め等の対策

が考えられる。全てにコストの問題があり、その他①では近接地への影響、②や③では発注先の了解が必要など、安全性を確保するためには幾つかの検討すべき事案がある。労働災害事例の中には、単管、コンパネ、敷鉄板など現場にある材料を使用した簡易的な土留めにより対処しようとしていたが、実際に斜面が崩壊した場合には、崩壊を抑止できずに被災してしまった事例が散見された。図—5はそのような災害事例の崩壊状況のイメージを示したものである。この災害は、ブロック積み擁壁築造の施工中に発生したものである。斜面勾配65度、高さ約4mの法面下部に擁壁の基礎を設置するためにドラグショベルにて深さ約1.4m、幅約1.4m掘削し、法面下部を長さ3mの単管およびコンパネで簡易的に土留めした内部で作業を行っていたところ、上部法面が幅約4m、高さ約4m、奥行き約0.8mの規模で崩壊し、2名の作業員が生き埋めとなり死亡したものである。このような災害事例について遠心模型実験を行い、災害状況の再現および土留めの剛性が崩壊に与えた影響を確認した。



写真—4 遠心模型実験装置
(後労働安全衛生総合研究所所有)



図—4 遠心模型実験の回転の様子

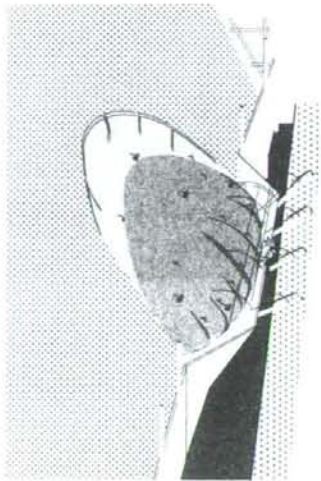


図-5 労働災害事例のイメージ図

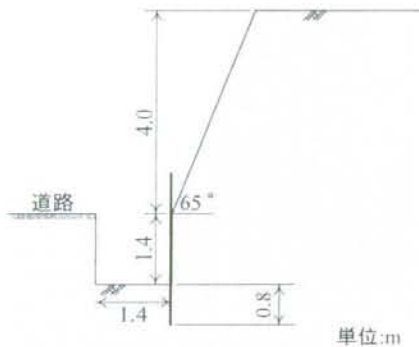


図-6 労働災害事例の断面図

(3) 遠心模型実験による再現実験

(a) 実験概要

上記の労働災害事例を図-6のような断面図と仮定し、縮尺1/25で図-7のようなモデル化を行い、遠心加速度25G場にて実験を行った。実験は、遠心場掘削装置を用いて掘削領域(図-7)を段階的に掘削することで不安定化させた。実験ケースは、土留めの種類を、(a) 単管パイプとコンパネにより作成することを想定した簡易土留め壁(以下、簡易土留め壁、写真-5(a))と、(b) 規格品である鋼矢板(写真-5(b))とした2ケースである。なお、実験に用いたモデル単管パイプとモデル鋼矢板は、曲げ剛性EIが実際と等価となるφ2mmのアルミ棒と波板状に加工した厚さ0.3mmのアルミ板である。また、コンパネは磁気カードにてモデル化した。

(b) 実験結果および考察

簡易土留め壁の崩壊挙動を写真-6に時間(掘削)

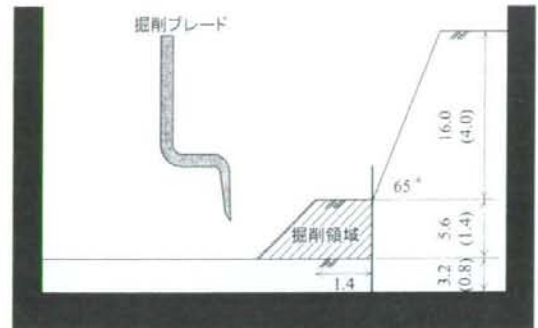
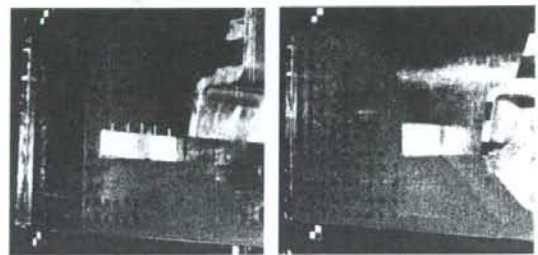


図-7 実験概略図



(a) 簡易土留め壁

(b) 鋼矢板

写真-5 実験ケース

経過として示す。崩壊は、30コマ/秒のビデオカメラで挙動を把握できないような急激な崩壊となった。簡易土留め壁を用いた場合の崩壊形状は、土留め壁が前方に倒れており、作業員が溝内にて作業することを考えると危険となる。また、簡易土留め壁は、斜面崩壊により単管パイプも変形しており、仮に塑性変形を考慮したとしても土砂崩壊に耐えられるだけの強度は有していないことが分かる。

鋼矢板を用いた場合の掘削過程を写真-7に示す。鋼矢板では変形が全く見られずに掘削を行うことができた(写真-7(a))。そこで、鋼矢板を用いたケースでは、一定時間経過後、遠心加速度を増加させることで斜面を崩壊させ、その際の崩壊形状を確認することとした。写真-7(b)~(c)は崩壊時の経時変化を示したものである。崩壊時の遠心加速度は約36Gであり、斜面高さは約5.8mに相当する。斜面が崩壊しても鋼矢板により抑止されており、作業員の被災は免れる可能性が高い。

このように剛性が高い土留めを用いれば崩壊は免れ、万が一崩壊しても被災を軽減することができる。しかし、土留めは仮設構造物であり、本設構造物と同等とすることは本末転倒であろう。最適な設計・施工を行うためには崩壊時に発生する土圧を正確に算定することが今後の検討課題だろう。

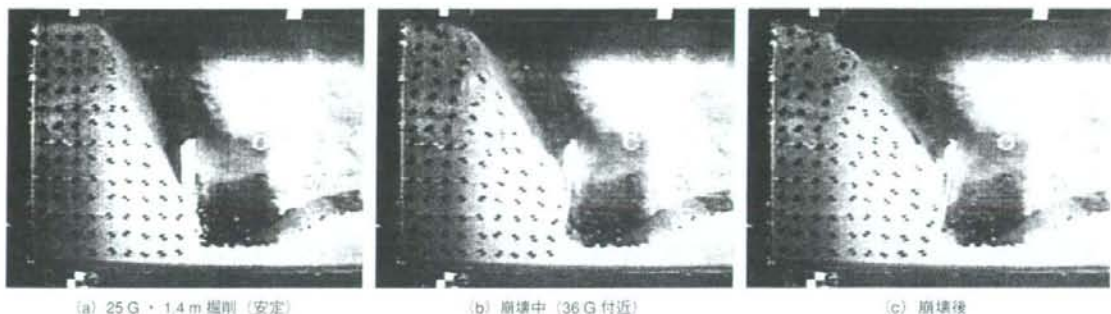


(a) 1.2 m 掘削時

(b) 崩壊時 (1.4m 掘削時)

(c) 崩壊後

写真-6 粘土留の壁での崩壊挙動



(a) 25 G・1.4 m 掘削 (安定)

(b) 崩壊中 (36 G 付近)

(c) 崩壊後

写真-7 鋼矢板での崩壊挙動

5. おわりに

本報では、切土掘削工事における斜面崩壊による労働災害について、最近14年間の労働災害事例の調査・分析結果から、その傾向を示した。さらに、斜面崩壊現象とその対策手法について、実物大実験と遠心模型実験の結果を紹介した。

斜面の安定問題は、対象とする地盤の性質が複雑なこと、地盤の種類が千差万別であること、多くの因子が土の挙動を支配しているなど、学術的にも十分説明がされているとはいえない。その中でも、蓄積された知見や過去の貴重な経験、特に労働災害という尊い犠牲から教訓を引き出し、現場に還元して災害防止の一助とすることが必要である。

世界で最も労働災害が少ない国はイギリスである。イギリスでは、土止め先行工法と類似の工法が1983年に出版された実用的なガイドライン「Trenching Practice」に記載されている⁶⁾。言い換えれば、溝掘削工事に関してはイギリスよりも約20年遅れていたことになる。斜面工事中の対策に関しては、未だに結論が得られておらず、我が国が先陣となり現場で適用可能なガイドラインなどの対策を打ち出すことが望まれる。

なお、本報告の作成の一部には、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）の補助を受けたことを付記する。

ICJMA

〔参考文献〕

- 1) 例えば、建設業災害防止協会：平成19年度版建設業安全衛生年鑑、建設業災害防止協会、216p（2007）
- 2) 伊藤和也・豊澤康男・Tamrakar S. B・堀井寛幸：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41（6）、pp.17-26（2005）
- 3) 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）
- 4) 伊藤和也・豊澤康男・Tamrakar S. B・Timpong S・堀井寛幸：切土掘削工事における斜面崩壊メカニズムに関する検討、労働安全衛生総合研究所特別研究報告、JNOSH-SRR-Nu.35（2007）、pp.73-90（2008）
- 5) 例えば、高田直俊・日下部治：講座「遠心模型実験」Ⅲ、原理、土と基礎、35-12、pp.89-94（1987）
- 6) Irvine D. J. and Smith R. J. H.: Trenching Practice. CIRIA. 62p（1983）

〔筆者紹介〕



伊藤 和也（いとう かずお）
 厚生労働安全衛生総合研究所
 建設安全研究グループ
 研究員



豊澤 康男（とよさけ たかお）
 厚生労働安全衛生総合研究所
 建設安全研究グループ
 部長

斜面掘削工事中の土砂崩壊による労働災害の崩壊形態・崩壊原因の傾向について

(独)労働安全衛生総合研究所 ○国際 伊藤和也, 国際 豊澤康男
東京工業大学 国際 井澤淳, 国際 高橋章浩, 国際 竹村次朗, 国際 日下部治

Keywords: 斜面崩壊, 労働災害, 傾向

1. はじめに

一般的に土砂崩壊発生の誘因は豪雨や地震のような自然現象と建設工事等の人為的なものの2種類に分けることができる。後者の誘因により、建設工事に従事する労働者が被災する労働災害が毎年繰り返し発生している。図-1に建設業に關する労働災害の年度別推移を示す。土砂崩壊による労働災害の死亡者は、1990年代に毎年40~80名前後で推移していたが、近年の公共工事市場の縮小などにより2007年には20件まで減少してきた。そのうち約半数が道路建設工事等における斜面の切り取り工事などにおける斜面崩壊によるものである。こうした災害の有効な防止対策を樹立するために、災害事例を調査し、斜面掘削工事中の土砂崩壊による労働災害の崩壊形態・崩壊原因の傾向について分析を行った。

2. 調査対象および崩壊形態・崩壊原因の分類方法

本研究では、斜面掘削工事中の土砂崩壊による死亡災害事例について調べた既往の調査・分析結果³⁾をもとに、地盤工学に携わる技術者から見た崩壊形態・崩壊原因の類型化作業を行うためのデータベースシート(以下、DB)を作成した(図-2)。DBの詳細について以下に示す。

(1) 崩壊形態

奥図が示した崩壊形態分類図³⁾を参考に、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

- a. 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)
- b. 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)
- c. 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)

地質別分類

- I. 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)
- II. 砂質土(山砂, 砂丘, 火山灰砂質土(シラス), マサ)
- III. 崩壊土・風化表層土(崩積土(崖錐), 風化表層土, 段丘礫層)
- IV. 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)
- V. 固結度は高いが亀裂の多い岩(中古生層, 火成岩)

(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。



図-1 労働災害の年度別推移¹⁾



図-2 データベースシート



図-3 崩壊形態・規模別分類

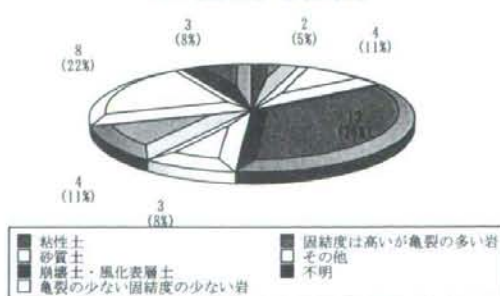


図-4 崩壊形態・地質別分類

Analysis of labor accidents caused by slope failure during slope cutting work

K. Itoh, and Y. Toyosawa (National Institute of Occupational Safety and Health, Japan)

J. Izawa, A. Takahashi, J. Takemura, and O. Kusakabe (Tokyo Institute of Technology)

施工上

- 急勾配掘削
- 床掘りの掘削
- 上載荷重（重機等による）

自然原因

- 降雨・雪
- 地震
- 地下水・湧水

他に、予見可能性の有無（専門家から見た場合の崩壊の前兆の有無）、回避可能性の有無（現状として回避は可能であったか）、災害回避可能性の有無（何らかの改善処置により災害を免れることができたか）なども検討し、DBに記載することとした。

3. 崩壊形態・崩壊原因の傾向について

本報では、上述のような分類分けを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出来た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

規模別に分類した結果を図-3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³⁾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。

地質別に分類した結果を図-4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地質が崩壊している。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いれば未然に防げた可能性が高い。

(2) 崩壊原因の傾向

施工上による崩壊原因について分類した結果を図-5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。

自然現象による崩壊原因について分類した結果を図-6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。

(3) 予見可能性の有無について

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-7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。

4. 結論

斜面掘削工事の土砂崩壊による死亡災害事例について、地盤工学に携わる技術者から見た崩壊形態・崩壊原因の傾

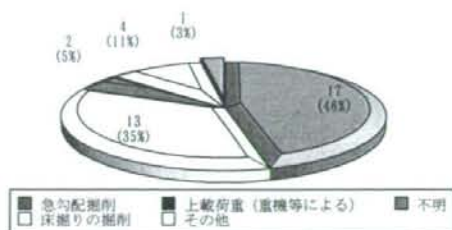


図-5 崩壊原因・施工上

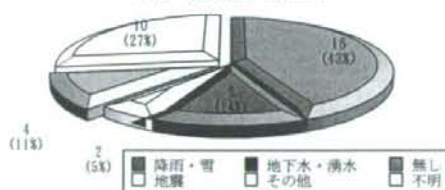


図-6 崩壊原因・自然

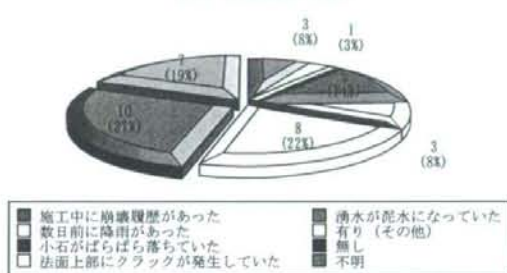


図-7 予見可能性の有無

向について分析を行った。その結果、崩壊形態として規模別には表層崩壊や落石のような小規模崩壊、地質別としては基盤層に堆積した崩壊土・風化表層土によって多くが被災していることが分かった。また、崩壊原因として降雨・雪、地下水・湧水など水が崩壊に影響を及ぼしている傾向が見られた。

今後、調査件数を増やすことにより、①施工法の問題、②発注形態の問題、③施工中の人員配置の問題（写真撮影や測量など）といった斜面掘削工事の土砂崩壊による死亡災害の問題点が統計量として得られるものと考えている。

謝辞

本研究は、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）の補助を受けた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 例えば、建設業災害防止協会：平成19年度版建設業安全衛生年鑑、建設業災害防止協会、216p、2007。
- 伊藤和也、豊澤康男、Tamrakar S. B.、堀井直幸：建設工事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。
- 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。

斜面掘削工事中の土砂崩壊による労働災害の特徴とその対策について

(独)労働安全衛生総合研究所 ○国際 豊澤康男, 国際 伊藤和也
東京工業大学 国際 日下部治, 国際 竹村次朗, 国際 高橋章浩, 国際 井澤淳

Keywords: 施工管理, 斜面, 掘削

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 20-30 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適切な対策を講ずることにより解決するものと考えられる。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。

2. 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。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(図-1 参照)。

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、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明らかになった²⁾。擁壁工には図-2 (1) のような「床掘り・床均し中の災害」および図-2 (2) のような「型枠の組立・解体作業中の災害」が典型的な災害である。

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高齢な工事従事者が被災する例が多い、⑥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。

3. 斜面掘削工事における施工上の問題と対策

土砂災害を労働災害の視点から見ると、地盤の崩壊という力学的現象の解析・予測技術の不完全さに加えて、工事の発注形態、工事の規模、施工形態、工事従事者の技術力や年齢などの社会的・人的要因が死亡災害の原因となっている場合も見られ、土砂崩壊災害の防止に向けて社会動態と災害との総合的な視点が必須である。

ここでは、施工前、施工中の具体的な問題点に絞って考察する。

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



写真-1 斜面下での擁壁工の施工状況

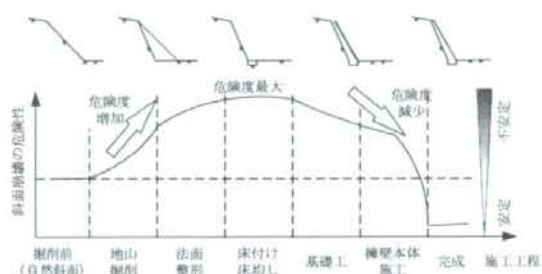


図-1 擁壁工施工途上の危険性変化の概念図

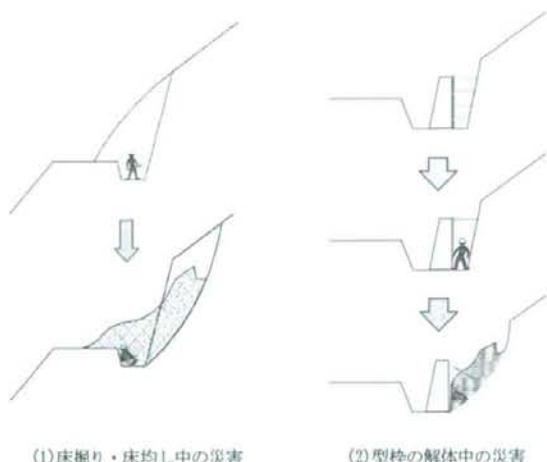


図-2 擁壁工における典型的な災害

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科学的な事前調査に基づく斜面の安全性の検討が不足していると云える。①小規模な崩壊が起きた、②小石がバラバラと落ちた、③災害現場の近くで同じような崩壊が起こったなどの崩壊の前兆現象があったにもかかわらず対策を講ぜずに作業を続けて、土砂崩壊で死亡災害となったという事例も多い。このような場合は、崩壊の可能性のあることを考慮して設計・施工方法等の見直しを図る必要がある。崩壊の前兆現象への適切な対応がなされていないことが窺える。

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ほぼ常識となっており、多くの土留めの種類から条件に応じて適する土留めが採用されている。しかしながら、斜面掘削工事では、必ずしも専門的な技術的知見が生かされていないと云える。崩壊の危険性がある場合は、地形・地盤状況等に応じて①斜面の勾配を緩くする、②アースアンカーの設置、③土留めの設置などの防護策を選定し、掘削から完成までを通して安全な状態とする必要がある。

3.3 切り斜面下で行う各種作業の見直し

施工時における安全な人的配置という視点も欠如していると考えられる。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斜面下でのこのような作業の必要性を見直し、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すむような施工法を採用することが望ましい。

(1) 床掘り・床均し

図-2(1)に示すような床掘り・床均し作業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あるのか疑問のあるところである。①床掘りの必要がない擁壁の形式・構造とする、②バック・ホウなどで構造上必要な精度で仕上げてもいいとする、などの対策を考える必要があると思われる。

(2) 型枠の組立・解体

写真-2および3は型枠の解体・組立て中に発生した災害現場の写真である。切り取った斜面と型枠の間に行う作業は、斜面崩壊が発生した際に逃げるの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、工法の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(一番危険な状態)で、斜面下に入った写真撮影・寸法計測時の災害も多い。少々精度は落ちるものの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など作業方法を再考する必要があると思われる。

(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。不安定だからこそ布団籠を設置するような斜面の下で、法尻に布団籠を置き人がその中に入って石を並べるという作業は見直すべきものと云える。

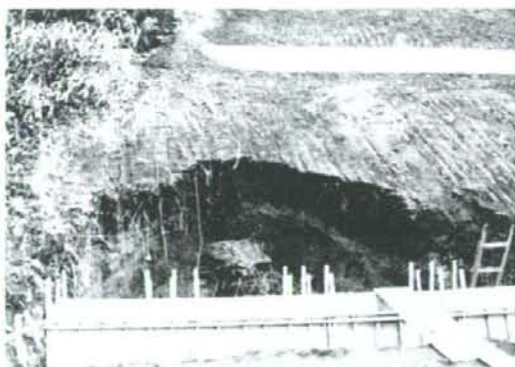


写真-2 型枠解体中の災害事例



写真-3 型枠施工中の災害事例

3.4 計測施工の普及

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情報化施工(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。

4. まとめ

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・普及および④切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適切な安全対策が必要である。

謝辞

本研究は、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)の補助を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 例えば、建設業災害防止協会:平成19年度版建設業安全衛生年鑑、建設業災害防止協会、216p、2007。
- 2) 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。