

法尻掘削における斜面崩壊の予測・検知手法に関する研究

伊藤和也^{*1} 豊澤康男^{*1} 玉手 聡^{*1} 武山峰典^{*2}
村山盛行^{*2} 小坂橋琢馬^{*3} 末政直晃^{*3}

斜面崩壊による労働災害は毎年繰り返し発生し、これらの中には一時に3人以上の死傷者を出す重大災害が多く含まれる。特に道路拡張工事や急傾斜地対策工事では、重力式擁壁などの対策工を実施するために法面勾配を従来より一時的に急勾配とする切土掘削作業が行われており、この施工中における労働者が被災する事故が報告されている。本研究は、平成19～20年度の2年間「イノベーション25研究」として実施し、法尻掘削時における斜面崩壊の予測・検知手法について、(1)法尻掘削による斜面崩壊の変形挙動および対策工の検討、(2)廉価で高精度な計測機器システムの開発についての研究を行ったものである。

キーワード: 労働災害, 斜面崩壊, 法尻掘削, 動態観測, 土圧

1 はじめに

斜面崩壊による労働災害は毎年繰り返し発生し、これらの中には一時に3人以上の死傷者を出す重大災害が多く含まれる。特に道路拡張工事や急傾斜地対策工事では、重力式擁壁などの対策工を設置して最終的な安定性を向上させるケースが多く見られる。しかし、これらの施工中には、法面勾配を従来より一時的に急勾配とする切土掘削作業や、床付けに伴う法尻部の掘削作業などが行われており、施工中は崩壊危険性が高い状態が続くことになる。

本研究では、労働災害の大半を占める中小規模の斜面掘削工事現場においても、コスト面および技術面からも適用することが可能な動態観測システムの開発を行った。具体的には、(1)法尻掘削による斜面崩壊の変形挙動および対策工の検討、(2)廉価で高精度な計測機器システムの開発の2点について研究を実施した。

なお、本研究は「イノベーション25」の安全・安心な社会 社会科学融合減災技術にある「安全性計測及び評価方法の基板技術の開発」に合致する研究とされ、「イノベーション25研究」として実施されたものである。

2 研究概要

本研究では次の2つの問題について検討した。

1) 法尻掘削による斜面崩壊の変形挙動および対策工の検討

2) 廉価で高精度な計測機器システムの開発

上記1)では、過去に実施した現場実験および遠心模型実験を再現した3次元有限要素解析結果から、法尻掘削によって発生する斜面崩壊メカニズムについて把握した。次に、法尻掘削面に土止めを施す場合の設計土圧について遠心模型実験を実施し、設計法との比較を行った。

また、2)ではレーザー光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を行った。

3 研究結果のまとめ

1) 法尻掘削による斜面崩壊の変形挙動および対策工の検討

大規模実大実験結果および遠心模型実験を再現した3次元有限要素解析から、法尻掘削による斜面崩壊メカニズムについて以下のことが分かった。

(1) 法尻部の掘削によって発生する斜面崩壊メカニズムは、法尻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、そこから上部に発展していく“進行性破壊”が主である。

(2) 実大実験の緩地盤を再現した解析では、掘削に伴い塑性領域が天端方向に向かって拡大する結果を示した。また、密地盤を再現した解析結果では、掘削の進行に伴い掘削面下部でのみ塑性領域がみられ、法尻部が局所的に崩壊した後、上部にあった土塊が崩落した実大実験結果を反映した結果が得られた。

上記のような崩壊メカニズムから、法尻掘削時の安全対策として、掘削面に仮設の土止めを施し、地盤を補強しながら段階的に掘削し、最終的に本設の重力式擁壁等を設置する方法が有効であると考えられる。仮設土止めにかかる土圧を遠心模型実験および設計法により算出し、両者を比較した。その結果、次のことが分かった。

(3) 遠心模型実験から得られた土止めに作用する土圧は、試行くさび法から得られる土圧の6割～9割であり、試行くさび法では、土圧を過大に見積もることが分かった。

2) 廉価で高精度な計測機器システムの開発

斜面崩壊による労働災害は、崩壊箇所が急勾配に掘削された箇所において発生し、崩壊規模についても工事規模に応じてほぼ予想できる。したがって、「いつ発生するか」を予想できれば良い。崩壊直前には微小ではあるが斜面に何らかの前兆現象が生じており、施工中に切土法面を動態観測することにより、斜面崩壊の事前予測は可

*1 (独)労働安全衛生総合研究所。

*2 (株)フィールドテック。

*3 武蔵工業大学 (現, 東京都大学)

連絡先: 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6

(独)労働安全衛生総合研究所 建設安全研究グループ 伊藤和也^{*1}

E-mail: k-ito@s.jniosh.go.jp

能であると考えられる。そのような観点から、本研究では切土掘削工事にて使用可能な廉価かつ高精度な変位計測システムとしてレーザー光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を行い、以下の結論を得た。

- (1) 強制変位によるキャリブレーション試験によって2次元変位計測システムから得られる変位と実際の真値との誤差は、 $\pm 0.5\text{mm}$ であった。
- (2) バイリニア内挿法を応用した補正演算機能を加えることによって、誤差は $\pm 0.05\text{mm}$ の幅に収まり、高精度な計測システムの構築ができた。

主要な出版物

英文

国際研究集会

- 1) Toyosawa, Y, Timpong S, Itoh K. Lessons Learned from Slope and Trench Failure in Japan. the 6th International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering. 2008.
- 2) Itoh K, Timpong S, Toyosawa Y. Case History of Labor Accident due to Slope Failure during Slope Excavation and Its countermeasure work. the 6th International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering. 2008.

和文

査読付き論文

- 3) 玉手聡, 伊藤和也, SB Tamrakar : 表層ひずみ計測による施工時斜面の崩壊監視に関する実験的研究. 土木学会論文集 C. 2009 ; Vol.65, No.1 : 1-18.

- 4) 伊藤和也, 豊澤康男. 斜面下部の掘削切り取りによる斜面不安定性に関する実物大斜面崩壊実験. 土木学会論文集 C. 2009 ; Vol.65, No.1 : 254-265.

国内口頭発表

- 5) 小坂橋拓馬, 末政直晃, 伊藤和也, 豊澤康男. 掘削に伴う斜面崩壊メカニズムの解明. 第42回地盤工学研究発表会. 2007.
- 6) 伊藤和也, Timpong S, 豊澤康男. 法尻掘削時の土止めの違いが斜面崩壊に与える影響. 第62回土木学会年次学術講演会. 2007.
- 7) 小坂橋拓馬, 末政直晃, 伊藤和也, 豊澤康男. 法尻掘削による斜面崩壊に関する遠心模型実験. 第62回土木学会年次学術講演会. 2007.
- 8) 豊澤康男, 伊藤和也. 労働災害からみた日本における建設事故について. 第43回地盤工学研究発表会. 2008.
- 9) 小坂橋拓馬, 末政直晃, 伊藤和也, 豊澤康男. 切土掘削による斜面崩壊メカニズムに関する検討～実物大実験とFEM解析結果の比較～. 第43回地盤工学研究発表会. 2008.
- 10) 伊藤和也, Timpong S, 豊澤康男, 小坂橋拓馬, 末政直晃. 切土掘削工事による斜面崩壊を防止する対策工に関する遠心模型実験, 崩壊時に発生する土圧の計測および試行くさび法との比較. 第63回土木学会年次学術講演会. 2008.