

掘削に伴う斜面崩壊メカニズムの解明

武蔵工業大学 学 〇小板橋 拓馬 正 末政 直晃
独立行政法人労働安全衛生総合研究所 正 伊藤 和也 正 豊澤 康男

1. はじめに

斜面崩壊は、豪雨や地震のような自然現象と建設工事等による人為的なものによって引き起こされる。後者の人為的な誘因による斜面崩壊として、道路拡張工事や急傾斜地対策工事において、自然斜面の下方を取り去ることや斜面を急勾配にすることが挙げられる。このような斜面崩壊は、崩壊発生の前兆現象が明確に現れず、一瞬のうちに土塊の滑動が起こり崩壊に至る場合が多い。そのため、労働者が退避する時間的余裕がなく避難を困難なものとしている。しかし、崩壊時には何らかの前兆現象が生じていることは知られており、斜面崩壊のメカニズムを理解することにより、崩壊を事前に予測することが可能と考えられる。本研究では、試験盛土斜面の崩壊実験(以下、現場実験)¹⁾の結果を、遠心模型実験にて再現するために、幾つかの条件を変化させた実験を行い、これらの影響について検討を行う。本報告では、現場実験結果と2次元的な掘削方法にて行った遠心模型実験結果²⁾と3次元的な掘削方法にて行った実験結果を比較することで、掘削方法の影響について考察を行った。なお、現場実験については既報¹⁾を参照されたい。

2. 遠心模型実験

2. 1 3次元的な掘削の実験概要

現場実験を再現するために、図-1に示すような現場の1/25縮尺モデルの模型地盤を作製し、遠心加速度25G場にて掘削実験を行った。また、現場実験の掘削幅が2.5mであることと崩壊状況を3次元で捉えるために、盛土幅が20cmの地盤に対して左右に5cmの未掘削部を設けた掘削幅10cmの条件で実験を行った。なお、2次元的な掘削では、同じ土槽を用いて、掘削幅20cmの条件で実験を行っている。使用した試料は、現場実験にて使用した成田砂を最大粒径が2.0mmとなるように粒度調整したものである。現場実験での転圧により締め固めた地盤を再現するために湿潤密度($\rho_t=1.742\text{g/cm}^3$)が等しくなるように締め固め圧力を調整し、1層2cmの地盤を10層に分け、高さ20cm、斜面角度45°の地盤を作製した。また、地盤の底盤部分は、地山を想定して強く締め固めた関東ロームを使用した。掘削方法は、遠心場掘削装置を用いて1回の切り取り高さを実地盤換算にて現場実験と等しくなるように2cmとし、掘削終了後、2分間放置した。これを崩壊するまで繰り返し、切り取り高さ約16cmまで掘削を行った。斜面天端の変位は、図-1に示す位置に接触型変

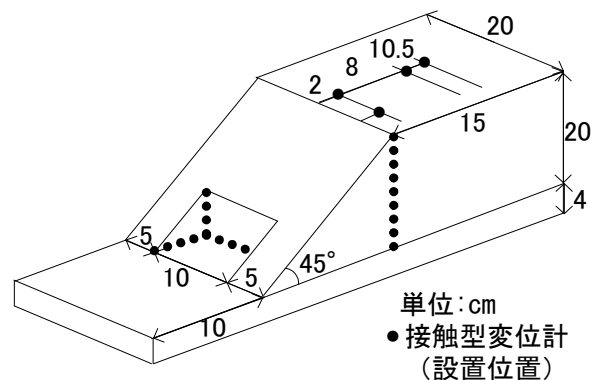


図-1 模型地盤

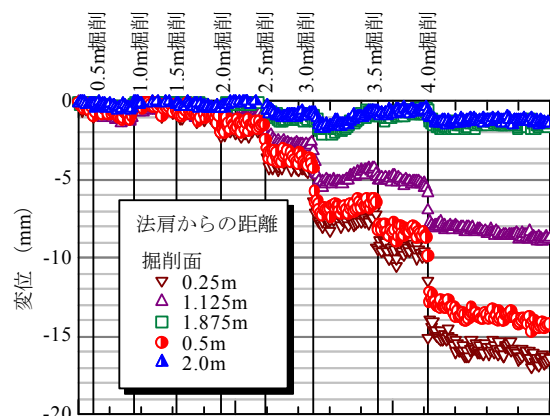


図-2 鉛直変位量 (2次元的な掘削)

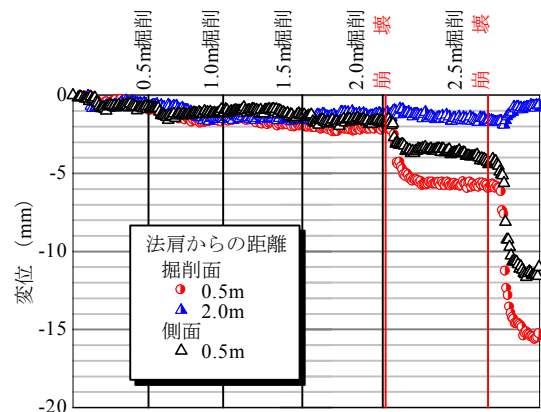


図-3 鉛直変位量 (3次元的な掘削)

キーワード 斜面安定, 労働災害, 法面

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 地盤環境工学研究室 TEL 03-5707-2202

位計を設置して計測を行った。以下の実験結果については、すべて実地盤に換算した値で示す。

2.2 実験結果

掘削方法の違いによる影響について考察する。図-2 に 2 次元的な掘削方法を用いた際の鉛直変位量、図-3 に 3 次元的な掘削方法を用いた際の鉛直変位量を示す。2 次元的な掘削方法を用いた際の変位量は、切り取り高さ 1.5m から生じ、さらに掘削を続けたところ切り取り高さ 1.5m 以降の掘削段階においても変位は生じたものの崩壊には至らなかった。一方、3 次元的な掘削方法を用いた際の変位量は、切り取り高さ 1.5m まではほとんどみられなかった。しかし、切り取り高さ 2.0m に達した際に小規模であるが法面内から崩壊が生じ、切り取り高さ 2.5m に達した際にも同様に法面内から崩壊が生じた。以上のように掘削方法によって崩壊挙動だけでなく変形も大きく変化した。この原因として、側面の境界条件を変化させたことが影響を及ぼしていると考えられる。すなわち、2 次元的な掘削方法では、側面にメンブレンとグリスを用いて実験を行ったために遠心力による自重増加や掘削による地盤全体の変形を容易にしたものと考えられる。

遠心模型実験結果と現場実験結果について比較・検討する。現場実験では、切り取り高さ 2.5m に達した際に法面内から崩壊が生じ、さらに、切り取り高さ 3.0m においても法面内から大規模な崩壊が生じた。今回実施した 3 次元的な掘削では切り取り高さ 2.0m において崩壊しているが、その崩壊形状は、現場実験と同様に法面内から生じて曲線を含んだ形状を示しており(写真-1)、地盤強度のバラツキ等の影響によるものと思われる。なお、急傾斜地対策工事現場における斜面崩壊による労働災害では写真-1 のような崩壊形状が多い。次に、現場実験と遠心模型実験の鉛直変位結果を比較した。これは、遠心模型実験の接触型変位計の設置位置と現場実験での変位計の設置位置が同様な箇所(法肩からの距離 0.5m)にて得られた鉛直変位を掘削段階毎の変位量(Δh)と 1 回目の崩壊時の変位量を比較したものである。3 次元的な掘削では、掘削初期段階での変位量は現場実験結果と同様にあまり見られず、崩壊時の変位量もほぼ整合する傾向が得られた。一方、2 次元的な掘削では、現場実験結果と比較して切り取り高さ 1.5m に達した際に大きな変位が生じており、地盤全体での変形が容易であったことが考えられる。以上のことから、掘削方法を 3 次元とすることで崩壊形状、鉛直変位量とともに現場実験に近似した結果が得られ、より現場実験を再現することができたと考えられる。

3. まとめ

盛土築造斜面による現場実験およびそれをモデル化した遠心模型実験を行い、掘削方法を変化させることで斜面崩壊現象に与える影響について考察し、遠心模型実験の再現性を検討した。その結果、以下の知見を得た。

1. 現場実験と同じように3次元的な掘削方法で行った遠心模型実験では、現場実験と同様な崩壊形状となった。
2. 崩壊が生じる切り取り高さが異なったものの掘削初期段階と崩壊時の変位量は、現場実験と整合した。

今後は、現場実験と遠心模型実験に用いた地盤中の応力状態等を数値解析によって明らかにする予定であり、遠心模型実験では、より現場実験条件に適合させるために未掘削部の試料の変更、延長を検討している。

<参考文献>

- 1) 堀井ら：切土掘削工事中の斜面崩壊機構に関する実物大実験（その1～実験概要），第1回地盤工学研究発表会
- 2) 小板橋ら：切土掘削工事中の斜面崩壊機構に関する実物大実験（その2～実験結果と遠心模型実験による再現実験），第1回地盤工学研究発表会



(現場実験)

(遠心模型実験)

写真-1 崩壊状況

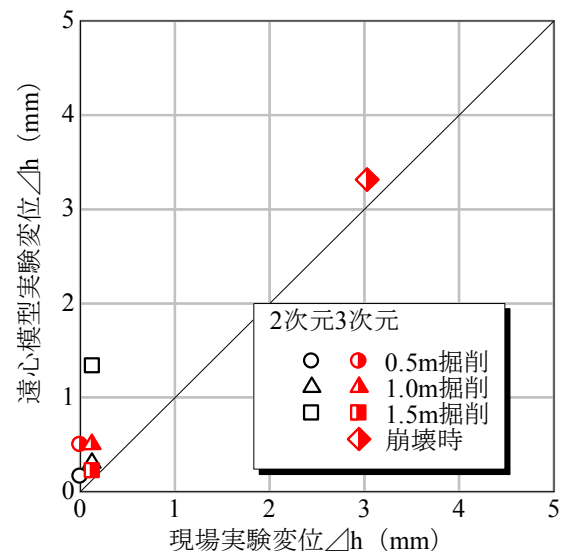


図-4 鉛直変位量比較