

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 小坂橋 拓馬 日下部 澄音 正 末政 直晃
 独立行政法人 産業安全研究所 正会員 Tamrakar S.B. 伊藤 和也 豊澤 康男

1. はじめに

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。後者の人為的な誘因として、斜面の切取り工事中において、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により、斜面を不安定化させることが挙げられる。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、それらの中には死亡災害あるいは重大災害(一度に3人以上が被災する災害を呼ぶ)に至る場合が少なくない。加えて、労働災害が発生するような斜面崩壊では、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のものとしている。本研究では、試験盛土斜面の崩壊実験(実物大実験)および、その遠心模型実験より、斜面掘削に伴う斜面崩壊メカニズムを解明することを目的としている。本報告では、実物大実験と遠心模型実験の比較結果を報告する。

2. 実物大実験

2.1 概要

宅地造成地域内において実物大実験を行った。実験は、斜面角度50°、高さ5mで切り取った地山(関東ローム)を本体構造とし、腹付盛土の形式で、斜面角度45°、高さ5mとなる盛土を作製した。実験に供した盛土材料は現地発生土である成田砂($\rho_s = 2.663\text{g/cm}^3$)である。盛土は、1層の厚さが0.5mとなるようにまき出し、10層に分けて作製した。また、ブルドーザーによる転圧回数により、締め固めの程度を変化させた2種類の盛土を築造した。ここで、盛土の築造後の物性について表-1に示す。それぞれの盛土幅は3.5mであるが、隣の斜面状態を保護する目的で1mの未掘削部を設け、実際の掘削幅を2.5mとして、実験を行った。

掘削順序は、崩壊したときに他の地盤への影響を防ぐために、弱い地盤であると考えられる転圧回数0回の地盤から行った。掘削は、バックホーにより、1回の切り取り高さを約0.5mとし、最大で7回、高さ約3.5m切り取るという方法を用いた。高さ0.5m切り取るごとに5分間放置し、盛土の変形、傾斜を計測した。試用した計測機器は、ワイヤー式伸縮計、レーザー光と光センサーによる変位計¹⁾、高精度傾斜計²⁾であり、図-1の位置にそれぞれ設置した。

2.2 実験結果

本報告では特長的な結果が得られた成田砂(転圧回数0回)の結果について以下に示す。図-2はレーザー光と光センサーによる鉛直方向と水平方向の変位の経時変化を示したものである。切り取り高さ2.5mまではほとんど変化はなかったが2.5mに達したときに部分的な崩壊が生じ、3.0m掘削後に上面で大規模な崩壊が生じた。また、実験後、天端部分に法肩から1.4mと1.9mの位置に、2本のクラックを確認した。

表-1 盛土の物性値

	含水比 w (%)	湿潤密度 ρ_t (g/cm^3)
成田砂 (締め固め程度: 大)	25.6	1.688
成田砂 (締め固め程度: 小)	26.1	1.445

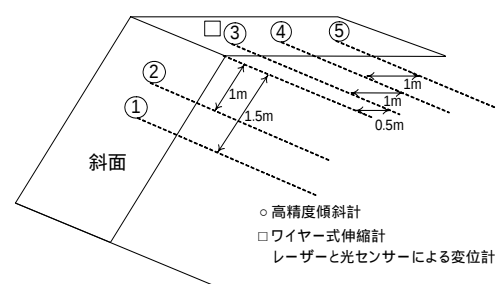


図-1 変位計位置

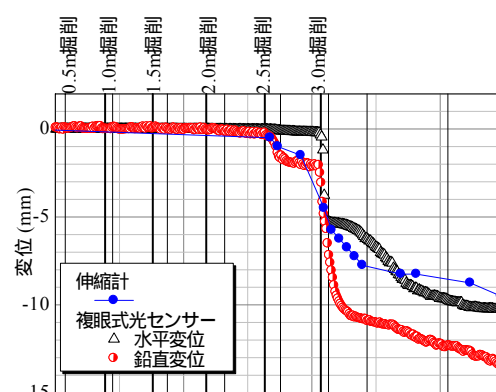


図-2 実物大実験結果

キーワード 斜面安定 遠心模型実験 掘削

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

3. 遠心模型実験

3.1 概要

本実験は全て（独）産業安全研究所の所有している遠心模型実験装置にて行った。実物大実験を再現するために、図 - 3に示すような現場の1/25モデルの模型地盤を作製し、遠心加速度25G場にて実験を行った。使用した試料は、実物大実験にて使用した試料を最大粒径2.0mmに粒度調整したものである。これを現場の含水比、および湿潤密度と等価となるように締め固め圧力を調整し、1層の高さが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、関東ロームを、強い締め固め圧力（150kPa）にて圧縮して作製している。掘削には、遠心場掘削装置³⁾を用いた。1回の切り取り高さを、実物大実験と等価となるように2cmとし、最大で8回、高さ約16cmの切り取りを行った。遠心模型実験では、高さ2cm切り取るごとに2分間放置し、その間の盛土の変形、傾斜について、接触型変位計、および加速度計により計測した。

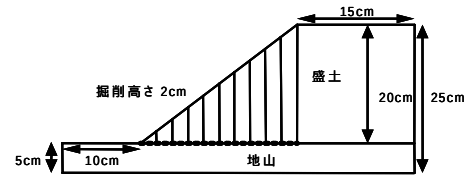


図 - 3 模型地盤

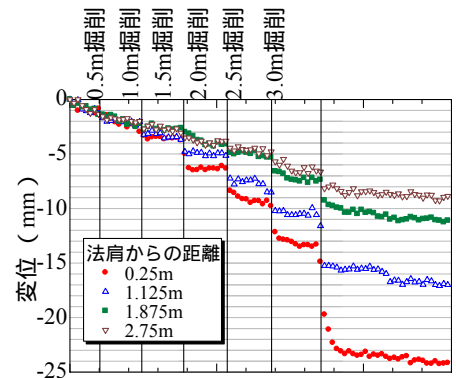


図 - 4 遠心模型実験結果

3.2 実験結果

以下の値については、全て実地盤換算で示す。図 - 4 に接触型変位計から得られた鉛直変位の経時変化を掘削ステップとともに示す。0.5m 掘削から徐々に変位量は増大し、3.0m 掘削後、放置時間中に崩壊に至った。クラックは、法肩から 1.75m の位置にて発生しており、実物大実験でのクラック発生位置に近い傾向が見られた。実験終了後の模型地盤を写真 - 1 に示す。



写真 - 1 崩壊した模型地盤

3.3 実物大実験との比較

遠心模型実験と実物大実験を鉛直変位から比較する。実物大実験は、法肩から 0.5m の地点に変位計が設置してあるが遠心模型実験では、0.25m、1.125m、1.875m、2.75m に設置した。そこで、0.25m と 1.125m 間は線形に変位していると仮定して 0.5m 地点の変位を換算した。図 - 5 は、実物大実験、遠心模型実験の各ステップの変位量 h をプロットしたものである。初期のステップでは、実物大実験では、ほとんど変位が見られないのに対して、遠心模型実験では、段階に応じて変位が見られる。そして、崩壊するステップに近づくにつれ、両者の変位量は等しくなっていくことが分かる。この様に初期状態では変位量が一致しない原因として、側面の境界条件が考えられる。すなわち、実物大実験では、盛土築造に際して端部は異なる実験盛土であり、側面の境界条件は“粗”である。一方、遠心模型実験では、視覚的な把握や現象を単純化するために、土槽側面に貼付したメンブレンとグリスにより、側面の摩擦力を除去し、境界条件は、“滑”としている。このような境界条件の違いが、両者の崩壊形状と共に変位量に影響を与えたものと推察される。

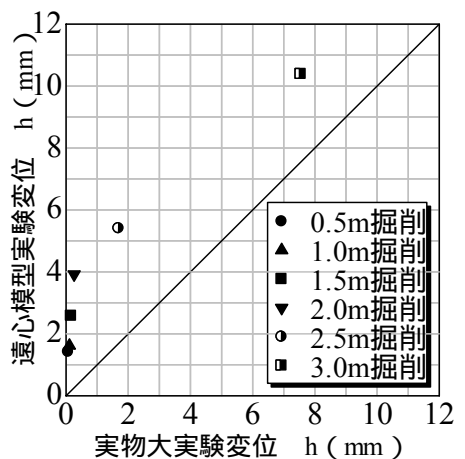


図 - 5 鉛直変位量比較

4. まとめ

遠心模型実験により、実物大実験を再現した。遠心模型実験結果と実物大実験結果の比較から、切り取り高さ 3.0m 掘削後に崩壊が生じ、斜面の天端部分にクラックが発生したことが一致した。今後、実物大実験を正確に再現するために三次元的な崩壊、側面の境界条件について考慮し、遠心模型実験を行う予定である。

参考文献 1) 伊藤ら「レーザー光と光センサーを利用した土砂崩壊検知システムの開発」、第 44 回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.369-372, 2005,
2) タムラカルら、「実大実験による法尻掘削に起因する斜面崩壊の前兆現象の検討」、第 35 回安全工学シンポジウム, pp. 319-322 2005, 3) S.B.Tamrakar et.al, failure mechanism of slopes in the centrifuge using in-flight excavator, international symposium landslide hazard in orogenic zone from the himalaya to island arc in asia pp.259