切土掘削工事中の斜面崩壊機構に関する実物大実験～試料の違いによる影響について～

武蔵工業大学大学院　学○小板橋拓馬　正　末政直晃
(独)労働安全衛生総合研究所　正　伊藤和也　Tamrakar S.B　豊澤康男
(株)技研製作所(元　武蔵工業大学大学院)　正　日下部　澄音

1.はじめに

道路拡幅工事や急傾斜地対策工事では、従来よりも斜面の勾配を急にし、そこに重力壁等を設置し斜面を安定にすることが多くある。これらの構造物は最終的には斜面を安定化させることができるが、その設置過程においては斜面が不安定化し、崩壊に至ることがある。このような災害を防ぐためには、切土掘削工事における斜面崩壊機構を解明し、廉価で経費に余裕のない中小規模工事でも利用可能な計測施工技術や安全な対策方法の提案が必要である。本報告では、2 種類の試料（成田砂、関東ローム）を用いた盛土斜面の法尻部からの切土掘削による実物大斜面崩壊実験の結果について示す。そこで、両実験を比較することで、異なった試料における斜面崩壊現象の違いについて考察する。

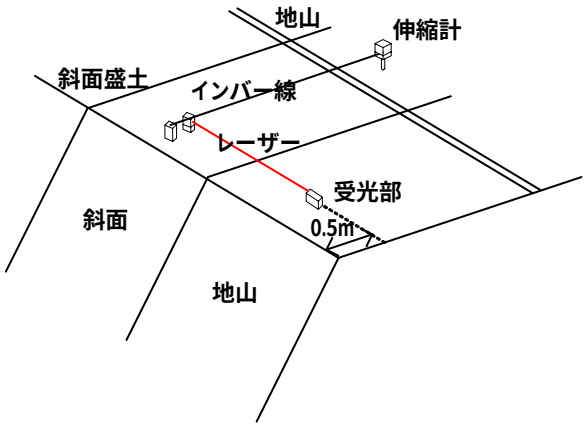
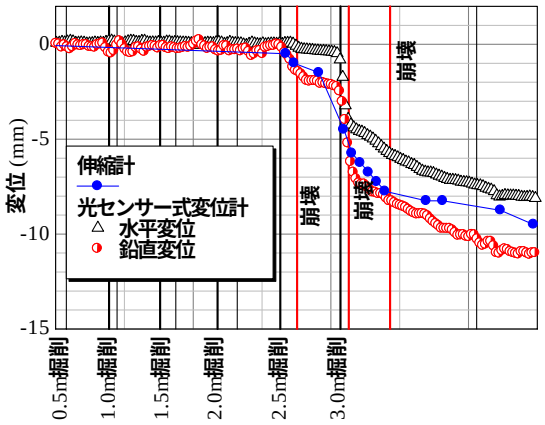


図-1　計測器設置位置

2 実物大実験

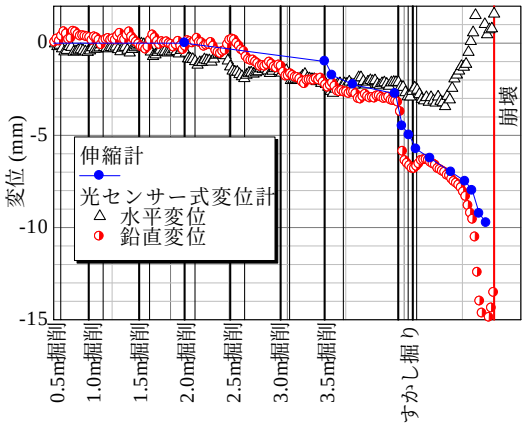
2.1 施工概要

盛土斜面による実物大実験は、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（関東ローム）を本体構造とし、腹付盛土形式で、高さ5m、斜面角度45°の斜面を築造して行った。実験に使用した盛土材料は、現地発生土である関東ロームと成田砂である。これら2種類の試料について、転圧回数を0回、5回とそれぞれ変化させ、幅3.5mとなる4種類の試験盛土を作製した。本報ではそのうちの転圧0回の結果について報告する。作製された盛土に対して原位置試験（スウェーデン式サウンディング試験、簡易動的コーン貫入試験）を行った。その詳細については文献[1]が詳しいが、成田砂では深さに比例して強度が発現しているのに対して、関東ロームではほぼ一定強度となっており、地盤材料の特徴がよく見られる結果となっている。



部分的な崩壊

図-2 掘削段階での各種計測器の挙動と崩壊状況(成田砂)



すかし掘りによる崩壊

図-3 掘削段階での各種計測器の挙動と崩壊状況(関東ローム)

キーワード　斜面安定，労働災害，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　ＴＥＬ03-5707-2202

2.2実験概要

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 回の切り取り高さを約 0.5m、掘削幅約 2.5m とし、1 回の掘削終了後、約 5 分間放置した。掘削は、崩壊するまで行うが、計測器の都合上、最大で 7 回（高さ約 3.5m）までとした。地盤変形挙動を把握するため、法面天端の変位をワイヤー式伸縮計（以下、伸縮計）およびレーザー光と光センサーによる 2 次元変位計 [2)]（以下、光センサー式変位計）を**図-1** に示す位置に設置して計測した。

2.3実験結果と考察

図-2 に成田砂、**図-3** に関東ロームの光センサー式変位計による鉛直・水平変位、そして伸縮計による変位の経時変化を代表的な崩壊状況とともに示す。まず、成田砂は、切り取り高さ 2.5m まで変位が見られなかった。しかし、2.5m 掘削中から徐々に変形し、伸縮計と光センサー式変位計の鉛直方向に約 2mm 変位した際、その放置時間中に斜面内にて部分的な崩壊が生じた（**図-2** 写真参照）。その後、さらに切り取り高さ 3.0m 掘削中から、水平変位とともに緩やかに変位が始まり、鉛直変位が 8mm 程度変位した際、片側の側面を含めた崩壊が生じた。関東ロームは、2.5m 掘削中から光センサー式変位計による水平・鉛直変位、伸縮計にて変位が計測されたが、成田砂で崩壊が生じた変位量（2mm）に達しても崩壊に至らず、結果的に、通常の掘削段階では崩壊は生じなかった。そのため、下段部分を掘削してオーバーハング状態にする“すかし掘り”を行ったところ、光センサー式変位計による鉛直方向に 15mm、伸縮計に 10mm 程度変位した際、天端部分から大規模な崩壊が生じた（**図-3** 写真参照）。経時変化については上述のようであるが、水平方向と鉛直方向の変形について地盤条件の違いが与える影響を確認するために、図-4～5 に水平変位と鉛直変位の関係をそれぞれ示す。まず、成田砂では、3 回の崩壊が発生している。その中でも法面内にて発生した崩壊直前の挙動は、鉛直変位が沈下し、水平変位が変化していない状態にて発生している。その後の 2 回の崩壊直前の挙動は、水平・鉛直変位ともに急激な挙動を数 mm 程度示していることが分かる。労働災害が発生するような斜面崩壊は、最初に発生するような法面内崩壊によるものが多いため、この崩壊直前の挙動を把握することは重要だと考えられる。一方、関東ロームでは、通常の掘削段階では崩壊が生じなかったが、特徴的な変位挙動は見られなかった。また、すかし掘り後での崩壊直前の挙動は、成田砂の法面内崩壊直前と同様に、その変位量は鉛直方向が卓越している。以上のことから地盤材料の違いにより変形挙動に大きな差があることが分かった。

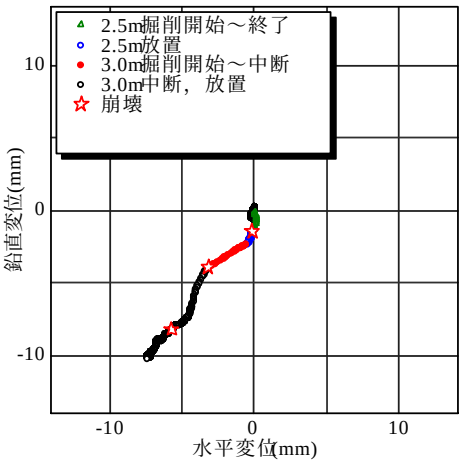


図-4　水平・鉛直変位の挙動(成田砂)

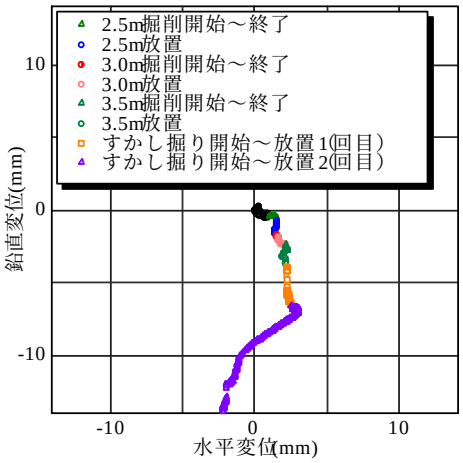


図-5　水平・鉛直変位の挙動(関東ローム)

3.まとめ

盛土築造斜面による実物大実験を行い、掘削に伴う斜面崩壊現象の把握および異なった試料における斜面崩壊現象の違いについて考察を行った。その結果、以下の知見を得た。

1. 崩壊直前の変位量は約 8mm（成田砂）、15mm（関東ローム）であり微小変位ではあるが計測することが出来た。このことから、斜面を計測することによって崩壊の事前予測も可能であると考えられる。
2. 光センサー式変位計から得られた掘削段階初期での水平・鉛直変位に着目したところ、成田砂では鉛直方向に沈下したのに対して、関東ロームでは、ほとんど動きが見られなかった。また、崩壊直前の挙動は、掘削方法にかかわらず、両者とも鉛直方向に変位が生じた際に発生した。

なお、本研究では法肩部のみに計測器を設置しているが、設置位置により傾向は異なることも考えられる。そのため、計測器の最適な設置位置についても今後検討しく予定である。

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 41 回地盤工学研究発表会、投稿中　2)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～複眼タイプによる 2 次元変位計測～」、第 41 回地盤工学研究発表会、投稿中