

## 掘削に伴う斜面崩壊メカニズムの解明（数値解析を用いて）

武蔵工業大学 学○日下部 澄音 小板橋 拓馬 正 末政 直晃  
 独立行政法人産業安全研究所 正 伊藤 和也 Tamrakar Surendra B. 豊澤 康男

### 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、崩壊に至ることもある。図-1 に示すように、近年の建設業における死亡者数は減少してはいるものの、土砂崩壊による死亡者は減少していない<sup>1)</sup>。このような災害を防ぐためには、斜面の掘削における斜面崩壊メカニズムを解明し、安全な対策工法を提案する必要がある。本研究では、実物大実験、遠心模型実験、数値解析を行った。

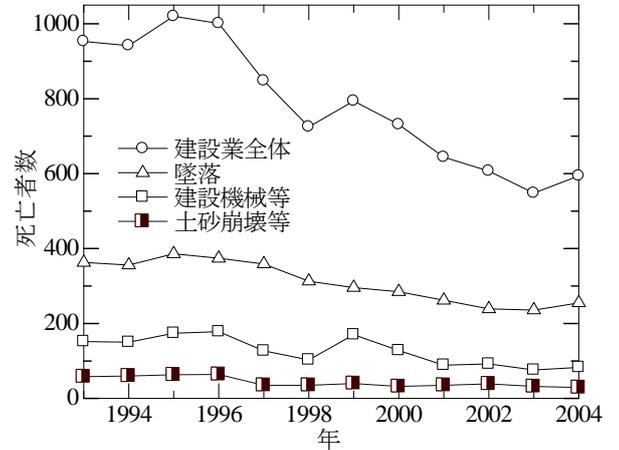


図-1 死亡者数の経年変化<sup>1)</sup>

本報告では実物大実験を再現した地盤について数値解析を行い、小板橋ら<sup>2)</sup>の報告にある遠心模型実験の結果と比較した。

### 2. 数値解析

#### 2.1 概要

数値解析には有限要素法を用いた地盤の変形解析を行うことのできる PLAXIS<sup>3)</sup>を用いた。斜面掘削時における天端の鉛直変位と地盤の塑性化領域について報告する。地盤は実物大実験のサイズとし、本体構造物である関東ロームの地山とその前方に築造された成田砂の腹付盛土から成る。表-1 に解析条件とそれぞれの試料についての入力パラメータ、図-2 に解析対象地盤のサイズをそれぞれ示す。図中の1~6は掘削段階（一回につき高さ 0.5m）を表している。解析パラメータである成田砂の湿潤重量には実物大実験時に現地で測定したもの、また、粘着力とせん断抵抗角には実物大実験で使用した試料の圧密定体積一面せん断試験により求めた値を使用している。

表-1 解析条件とパラメータ

材料モデル	モール・クーロン	地山	盛土
特性のタイプ	非排水	関東ローム	成田砂
湿潤重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )		16	15.4
水平方向透水係数 $k_x$ (m/day)		0.02066	0.03267
鉛直方向透水係数 $k_y$ (m/day)		0.02066	0.03267
ヤング率 $E_{ref}$ (kN/m <sup>2</sup> )		25000	3000
ポアソン比 $\nu$		0.35	0.35
粘着力 $c_{ref}$ (kN/m <sup>2</sup> )		5.2	22.6
せん断抵抗角 $\phi$		38.7	10.4

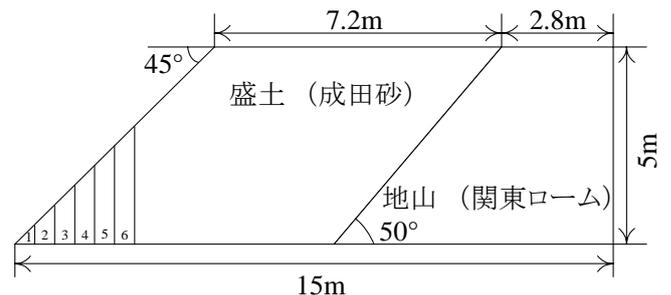


図-2 解析対象地盤のサイズ

#### 2.2 結果の比較と考察

以下に現れる値は全て実物大換算してある。図-3 に遠心模型実験における天端の鉛直変位と時間の関係を示す。これは接触型変位計により計測されたデータであり、法肩から 0.250、1.125、1.875、2.750m の位置に設置し掘削に伴う天端の鉛直変位を計測したものである。なお、図中の垂線は掘削の段階を示している。これ

キーワード 斜面安定 数値解析 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

によると法肩に近い変位計ほど大きな変位を計測しており、6回目の掘削により崩壊が生じている。この際、法肩に最も近い変位計が計測したのは約25mmの変位量である。図-4に数値解析を用いて同じ掘削を再現した場合の天端の鉛直変位と計算ステップの関係を示す。法肩から0.210mでの鉛直変位は最大で約16mmであり、遠心模型実験におけるそれと非常に近い値を得ることができた。図-3同様に、垂線が掘削の段階を示しているが、これらからは、1回目の掘削の後、変位は直線から曲線へと変化しているために、ここで地盤が塑性化し始めたのではないかと考えられる。その後緩やかに変位が増加していくが、図中に示すように、3回目と5回目の掘削後変位が大きく変化する箇所がある。これらの箇所において、地盤内部の応力状態を確かめた。図-5と6はそれぞれ3回目と6回目の掘削における塑性化領域と引張応力を持つ領域を示している。掘削面の底部の丸で囲んだ部分は塑性化した箇所を、また天端上部から斜面にかけての黒色の部分は引張応力を持つ領域を示している。塑性領域については、いずれの場合も掘削面底部から斜面上方に向かってのことにより、斜面崩壊は斜面底部が塑性化することで発生することと考えられる。また引張応力を持つ領域については、いずれの掘削段階においてもこれが天端部分に広く分布していることより、盛土は掘削に伴ってせん断破壊のみならず、引張破壊によって崩壊する可能性もあると分かる。さらには腹付盛土の天端の大部分においてクラック発生危険性があることも分かる。

### 3. まとめ

掘削に伴う斜面崩壊メカニズムを解明するために行った、実物大実験、遠心模型実験、数値解析より以下の知見を得た。

斜面崩壊は掘削面底部の塑性化により発生する。また、崩壊はせん断破壊のみならず、引張破壊でも生じる可能性があり、クラックの発生は天端のいずれの部分にも起こり得ることと考えられる。遠心模型実験との整合性は良く、鉛直変位に多少の違いはあるものの、鉛直変位の傾きや、5回目の掘削後に大きな鉛直変位が起こるという点が一致している。

### 参考文献

- 1) 建設業労働災害防止協会：労働災害データ、<http://www.kensaibou.or.jp/index.html>
- 2) 小坂橋ら：掘削に伴う斜面崩壊メカニズムの解明、第33回土木学会関東支部技術研究発表会（投稿中）
- 3) R.B.J.Brinkgreve et.al：PLAXIS 2D-version 8, Delft University of Technology & PLAXIS b.v., The Netherlands

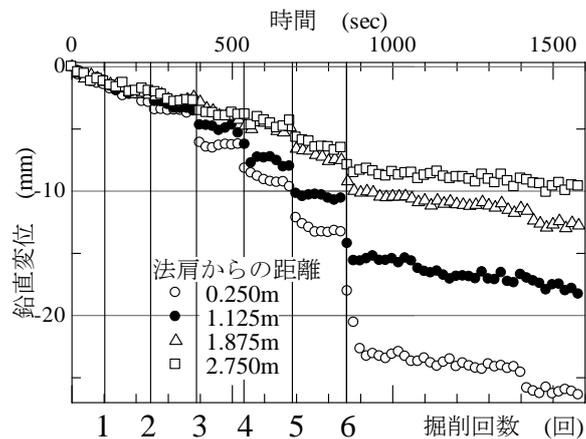


図-3 鉛直変位-時間関係  
(遠心模型実験)

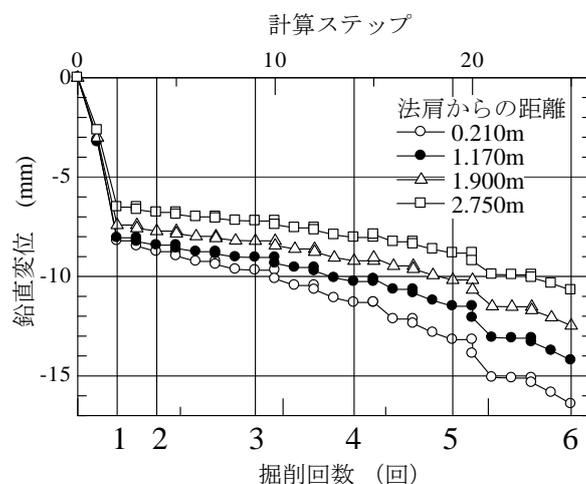


図-4 鉛直変位-計算ステップ関係  
(数値解析)

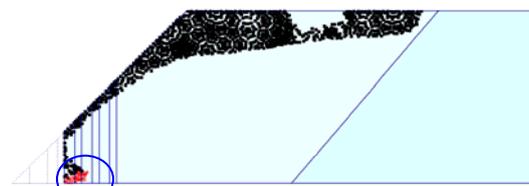


図-5 3回目掘削後の塑性領域と引張応力発生領域

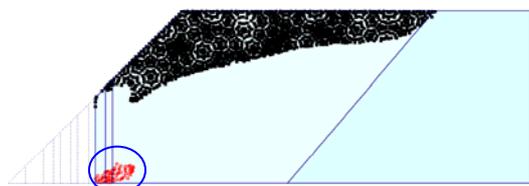


図-6 5回目掘削後の塑性領域と引張応力発生領域