

## 火山灰地盤の斜面崩壊挙動に対する不連続体解析方法の検討

北海道大学大学院工学研究科 正会員 ○石川 達也  
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 三浦 清一  
 北海道大学大学院工学研究科 正会員 横浜 勝司  
 室蘭工業大学工学部 正会員 川村 志麻

### 1. はじめに

北海道に広く見られる火山灰質粗粒土で構成される斜面では、スレーキングや凍結融解作用などに起因する火山灰質粗粒土の力学的な劣化が、豪雨時や融雪期に大規模な斜面崩壊・地すべりなどを誘発し、被害を拡大させている。本報告では、火山灰地盤の斜面崩壊挙動を検討可能な数値解析手法の開発を目的として、不連続体解析手法の一種である不連続変形法 (DDA) <sup>1)</sup>により火山灰質土斜面の斜面崩壊シミュレーションを行い、模型試験結果 <sup>2)</sup>と比較検討することにより、斜面崩壊挙動に対する DDA の適用性について検討する。

### 2. 解析方法

解析モデルの火山灰質土斜面は、模型試験の斜面を模擬して、同一の形状・寸法を有する斜面傾斜角度 ( $\theta=45, 50, 55^\circ$ ) が異なる、3種類の解析モデルを作製した (図-1)。また、斜面崩壊挙動に対する解析メッシュの影響を検討するために、火山灰質土ブロックの切り方 (DDA ブロックの形・大きさ) が異なる、4種類の解析メッシュ、すなわち a)ランダムメッシュ (ブロック大)、b)ランダムメッシュ (ブロック小)、c)規則メッシュ (ブロック大、斜面平行・鉛直方向)、d)規則メッシュ (ブロック大、斜面平行・斜面垂直方向) を用いた (図-2)。

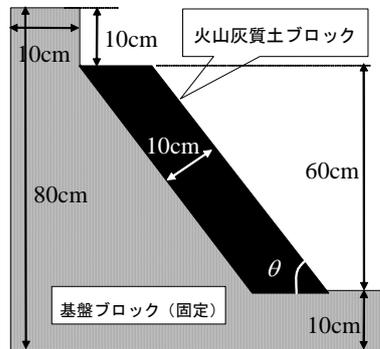


図-1 DDA 解析モデル概略図

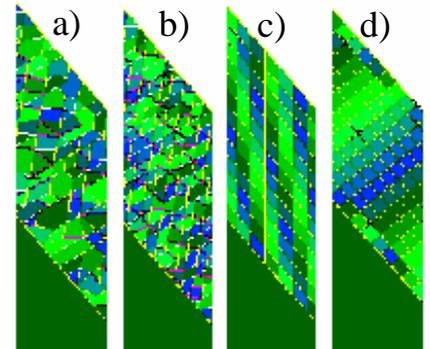


図-2 DDA 解析モデル概略図

表-1 斜面モデルの概略

モデル名	ブロック数	平均粒径
a)	728	5.6mm
b)	1424	4.1mm
c)	677	6.1mm
d)	635	6.3mm

表-2 解析パラメータ

要素特性	斜面	基盤
密度(g/cm <sup>3</sup> )	0.81	0.81
ヤング率(GPa)	2.25	22.5
ポアソン比	0.343	0.343
粘着力	0	0

図-1 DDA 解析モデル概略図  
 図-2 DDA 解析モデル概略図  
 表-1 斜面モデルの概略  
 表-2 解析パラメータ

また、DDA ブロックは2次元平面ひずみ線形弾性要素である。また、表-1に、各解析モデルの火山灰質土ブロックの要素数、平均粒径をまとめて示す。解析パラメータは模型試験で用いた試料に類似した材料特性を有する富川火山灰土の静的三軸圧縮試験 <sup>3)</sup>より得られた値を使用した (表-2)。ただし、火山灰質土ブロック間の粒子間摩擦角  $\phi_\mu$  については、三軸試験結果の内部摩擦角  $\phi=44^\circ$  を考慮して、 $\phi_\mu=0\sim40^\circ$  の範囲のパラメータとして設定し、斜面崩壊に対するその影響度を検討した。なお、基盤と火山灰質土層境界の摩擦の影響を検討するために、基盤ブロックと火山灰質土ブロック間の粒子間摩擦角  $\phi_\mu$  については、 $\phi_\mu=0^\circ$  (滑らかな斜面) と  $\phi_\mu=40^\circ$  (摩擦のある斜面) の2通りに設定した。

### 3. 解析結果と考察

図-3は、解析前後の各要素の重心位置の変化を、要素の変位量が大きいほど色の濃い変位ベクトルとして示したものである。図に示すように、色分けした変位ベクトルから斜面崩壊時の大まかなすべり面が推定できる。まず、解析条件が解析モデルの斜面崩壊挙動に与える影響について検討する。ランダムメッシュと規則メッシュの斜面崩壊挙動を比較すると、規則メッシュでは表面から火山灰質土層厚の1/3程度の深さに斜面に平行なすべり面が生じるのに対して、ランダムメッシュではすべり面が斜面下方で表層に達しており若干円弧状

キーワード 火山灰質粗粒土, 斜面安定, 不連続体解析, 模型試験

連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8 北海道大学大学院工学研究科 TEL011-706-6202

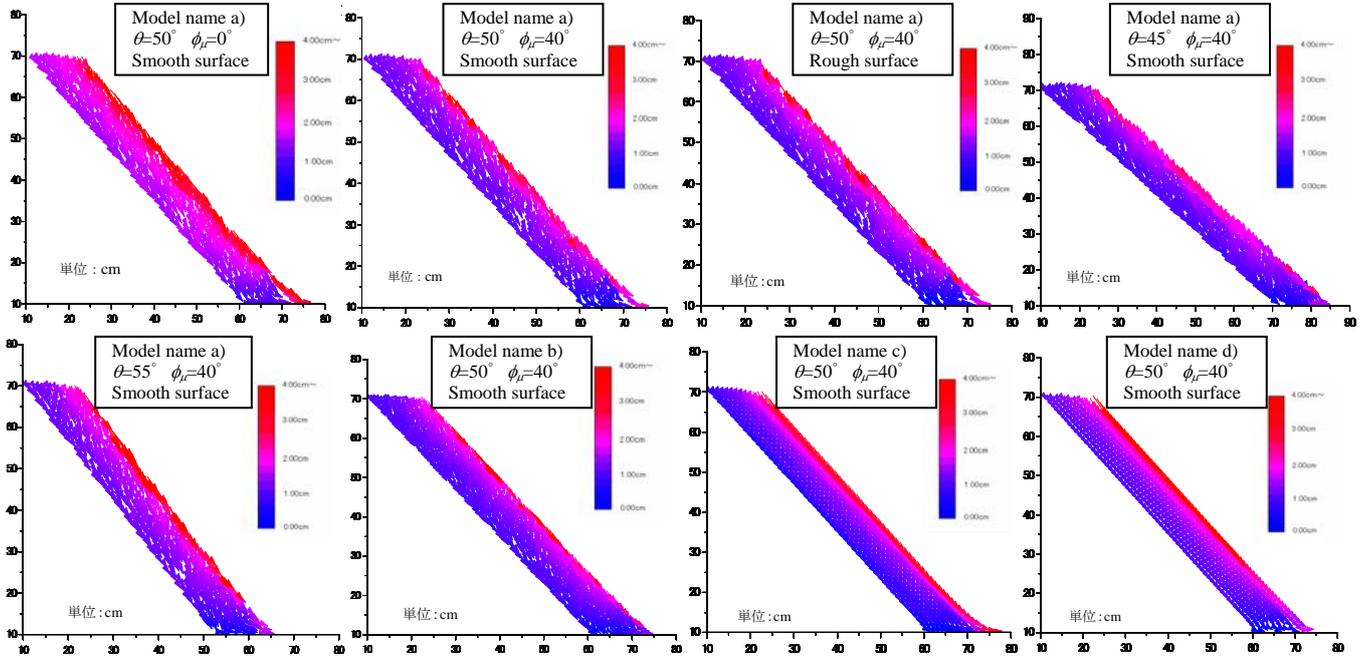


図-3 各解析モデルの変位ベクトル図

になることがわかる。また、火山灰質土ブロック間の粒子間摩擦角の影響については、 $\phi_{\mu}=0^{\circ}$  の条件でほぼ斜面全体で滑動するのに対し、摩擦角が大きくなるとすべり面の位置が浅くなることがわかる。なお、基盤ブロックと火山灰質土ブロック間の粒子間摩擦角 $\phi_{\mu}$ の影響やブロックサイズの影響については、今回の解析ではあまり違いは見られなかった。次に、火山灰地盤の斜面崩壊挙動に対する不連続体解析の適用性について検討する。図-3から、斜面傾斜角度の影響については、角度が増すごとにすべり面の位置がより深くなり、その崩壊パターンは $\theta=50, 55^{\circ}$  の斜面では円弧すべりに近く、 $\theta=45^{\circ}$  の斜面では平面すべりに近いことがわかる。これは模型試験結果の定性的な傾向と一致するものであり、不連続体解析方法の適用可能性を示唆する結果であると考えられる。しかしながら、崩壊後の斜面全体の変形量について解析結果と試験結果を比較すると(図-4)、 $\theta=45^{\circ}$  の斜面のように試験結果に近い解析結果が得られる場合もあるが、 $\theta=50^{\circ}$  の斜面のように試験結果で見られる火山灰地盤の顕著なダイレイタンスー挙動が解析結果では見られないといった差が現れる場合もあった。これは、DDAブロック同士のかみ合わせが粒子間摩擦角の影響を上回る程度に強く、ブロックの移動が抑制されたため、試験結果に比べて $\theta=50^{\circ}$  の斜面では崩壊規模が小さくなり、その結果、斜面の崩壊に伴うダイレイタンスー挙動を十分表現できなかったことが原因と考えられる。

4. まとめ

本報告では、解析モデルの作成方法や解析パラメータの設定方法など解析条件の影響評価を通して、火山灰地盤の斜面崩壊挙動に対する不連続体解析手法の適用性について検討した。その結果、斜面崩壊挙動の定性的な把握に対するDDA解析の有用を示すことはできたものの、ダイレイタンスー挙動が卓越する場合には崩壊前後の斜面体積変化を充分模擬することができなかった。今後、この課題について検討を継続する予定である。

【参考文献】 1)Shi,G.H.: Block System Modeling by Discontinuous Deformation Analysis, Univ. of California, Berkeley, Dept. of Civil Eng., 1989. 2)井野・川村・木幡・三浦・石川・横浜:降雨による北海道火山灰質土斜面の崩壊とその評価に関する模型実験, 土木学会第62回年次学術講演会,2007(投稿中). 3)Ishikawa, Ozaki & Miura: Influence of degree of saturation on strength characteristics of crushable volcanic coarse-grained soils, Proceedings of the 3rd Asian Conference on Unsaturated Soils, 2007(In pres.).

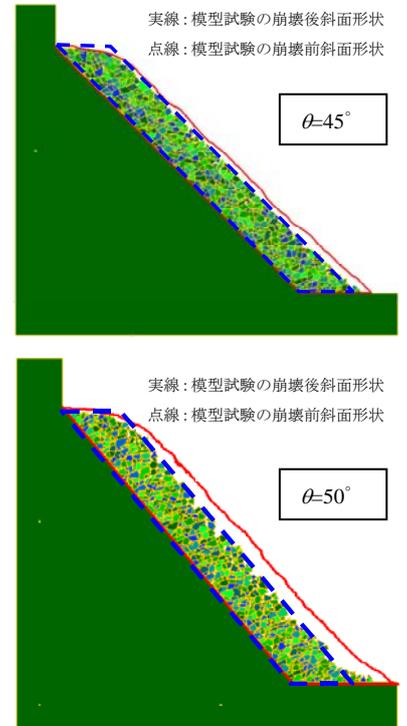


図-4 解析結果と試験結果