第Ⅲ部門

個別要素法を用いた盛土斜面における降雨時斜面崩壊シミュレーション解析

関西大学環境都市工学部都市システム工学科	学生員(〕清水	貴大
関西大学学長	フェロー	楠見	晴重
関西大学大学院理工学研究科	学生員	錦桌	景仁
関西大学環境都市工学部	正会員	中村	真

1. 緒言

日本国内では、降雨により発生する土砂災害が非 常に多く発生している.このような災害に対して、 住民の安全や快適な暮らし、社会基盤施設の機能性 の確保のためにも対策を講じる必要がある.

そこで本研究では、地下水位や物性パラメータが 斜面崩壊に及ぼす影響の解明を目的とし、個別要素 法を用いて実際の崩壊現場における盛土地盤の挙動 を把握するためのシミュレーション解析を行う.

2. 斜面の概要

本研究では実際の道路における崩壊を取り上げた. 当現場は盛土による斜面であり,前日から降り続い た雨によって崩壊した。

崩壊規模は,最大幅50m,斜面長105m,最大層厚 11mで,崩土量は約19,000m³とされている.地形と しては谷地形で,もともと地下水が集まりやすい区 間であった.また既往ボーリング調査結果から,岩 盤中からも地下水が供給されやすい区間でもあった.

3. 個別要素法の概要

個別要素法(Distinct Element Method ;DEM)は構造体を粒子形状の要素からなる集合体でモデル化し, 粒子ごとに式(1)の運動方程式を立てる.図-1 は粒 子モデルの模式図を示し,粒子間には作用力が働い ている.粒子間作用力は式(2)より求まる.

$$m \overset{\cdot}{u} + C \overset{\cdot}{u} + F = 0 \qquad (1)$$

 $F_{ij} = -F_{ji} = k\Delta n \qquad (2)$



図-1 微視的な粒子の接触状況

ここで, C:減衰係数, u:粒子の変位ベクトル, m:質量, k:ばね定数, Δn :オーバーラップ

4. 二軸圧縮試験シミュレーション解析

DEM では、シミュレーション対象の物性値は粒子間のパラメータに支配される.しかしながら、DEM におけるパラメータ決定手法は確立されていないのが現状である.そこで本研究では、二軸圧縮試験シ ミュレーションの逆解析を実施することにより、盛 土地盤の強度を再現し得る値、粘着力:c=0.938(kPa) と内部摩擦角:φ=34.615(°)を決定した.

5. 斜面崩壊解析概要

5.1 解析モデルの作成

本研究では,現場断面図より 1/300 スケールの 解析モデルを作成した.また降雨に伴う地下水位の 変化が斜面崩壊に及ぼす影響を検討するために,異 なる地下水位(盛土下位より盛土幅の 1/4, 1/2, 3/4) について検討した.

解析モデル中の白色粒子は斜面基礎部,茶色粒子 は斜面谷底堆積物,赤色粒子は盛土部を表している.

また解析モデルは、自然落下によって粒子を重鎮 し、それを斜面形状に切り取ることによって作成し た.現場断面図と解析モデルをそれぞれ図-2、図-3 に示す.解析モデルの諸元は次頁の表-1に示す.



Takahiro SHIMIZU, Takahito NISHIKI, Makoto NAKAMURA and Harushige KUSUMI ub70058@kansai-u.ac.jp



図-3 解析モデル

表-1 解析モデルの諸元

粒子総	粒子総数	
粒子半径	最大	0.14cm
	最小	0.06cm
モデル寸法	x 軸方向	45.3 cm
	y 軸方向	12.6cm

5.2 地下水位の設定

本解析において,地下水位を水平に上昇させてい く case1 と基盤岩斜面平行に上昇させていく case2 を想定し,比較検討した.また水位の設定は盛土幅 の 1/4, 1/2, 3/4 を想定し,盛土における地下水浸水 部を黄色粒子で表すこととする.また水圧の作用は, 浸水領域の摩擦係数が低下することでモデル化した. 図-4,図-5 に盛土幅および水位 1/4, 1/2 を例とした 水位変遷の概念図を示す.



図-5 case2 における水位上昇モデル

6. 解析結果

本研究において,摩擦係数 µ を 0.5 から 0.05 に低 下させた結果を示す.図-6,図-7 に地下水が盛土幅 の 1/2 における 2 ケースを,図-8,図-9 に地下水位 が盛土幅の 3/4 における 2 ケースを示す.

case1 では崩壊が小さく崩土の移動距離も小さく case2 では盛土残土量が少なく崩土移動距離も大き い.次に,図-10、図-11 に水位が盛土幅の 1/2 にお ける崩土移動速度を示す.case1 と case2 の比較にお いて, case1 ではすべり出し速度は遅いが堆積終了時 間が長く, case2 ではすべり出し速度は僅かながら速いが堆積終了時間が短いという結果が得られた.

7. まとめ

個別要素法を用いた数値解析によって,降雨によ る水位変化に伴う斜面崩壊を,摩擦係数の低下とし て表現し,水位の違いによる影響を捉えることがで きた.しかし,今回得られた斜面崩壊形態は,物性 パラメータや崩壊形態が現実的な解析には至らなか ったなどの課題があるため,今後はより実現象に近 いモデルを作成し,地下水の影響を適切に考慮する ことで崩壊に至った時の地下水位を検討する.



⊠-6 μ =0.05, case1-1/2 ⊠-7 μ =0.05, case2-1/2



⊠-8 μ =0.05, case1-3/4 ⊠-9 μ =0.05, case2-3/4



図-10 崩土移動速度 case1-1/2





参考文献

1) 有限要素法による地すべり解析,日本地すべり 学会編,--山海堂,2006.