

# 粒状体斜面の傾斜角の変化に伴う 粒子移動について

摂南大学工学部 正 井上 治  
近畿測量専門学校 正〇小林和夫  
摂南大学工学部 小路博之  
" 宮川佳之

## 1. まえがき

粒状体斜面の崩壊メカニズムの研究としては、昨今2次元モデル実験を通したD. E. M. モデルなどのソフトが開発され、コンピュータ処理する報告がある。しかし、粒子接点のすべりや実験装置の特性による粒子の移動や方向角についての研究はまだ少ないように思われる。本報は斜面崩壊に至る地盤表層部での粒子移動の報告<sup>1)</sup>に引き続き、アルミ丸棒を地盤とした地盤の傾斜角を除々に変化させ、各時点で静止状態の状況を写真測量技法によりスライドフィルムで撮影し、立体測定の原理で小型解析図化機を用いて粒子の移動量と方向角を解析したものである。この結果から、斜面表層部の粒子移動と崩壊角の関係、表層粒子を補強、及びしない場合の崩壊角の関係ならびにこのときの傾斜箱中の粒子移動の特性を調べた。

## 2. 実験概要

実験装置は図-1に示す通りで、傾斜箱は前報<sup>1)</sup>に比べ側壁の影響を少なくするため側壁(板)の間隔を長くして、525mm×290mm×190mmの寸法に製作した。地盤は直径の異なる5mmと9mmのアルミ丸棒粒子を重量比3:2に混合したものを積層地盤とした。水平地盤は傾斜箱の角度を35°に傾けた状態で地盤表面を水平にしたもので、これを初期状態とした。崩壊実験は傾斜箱を下方にゆっくりと下げ、各時点で静止させた状態で写真撮影した。その操作は崩壊が生じるまで遂行した。カメラにはContax RTSを用いた。撮影は初期(0°~10°)までは5°毎に、それ以降崩壊までは1°ずつの間隔で行った。実験は表層部の粒子の移動を補強しない場合、最上部表層粒子をガムテープで補強、または接着剤で補強した場合の3種類について行った。フィルムには35mmスライド用(ISO-400)を使用した。

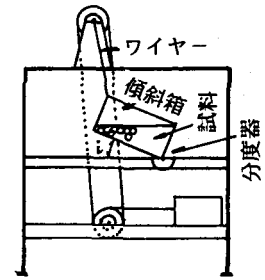


図-1 実験装置の概要

表-1

| 種類  | i      | φ      |
|-----|--------|--------|
| 無補強 | 29°30' | 28°10' |
| テープ | 34°50' |        |
| 接着剤 | 36°40' |        |

## 3. 写真計測法

計測に用いた解析図化機はこれまでに報告したADAM社 MPS-2である。35mmスライド用フィルムに粒子移動を連続写真として順次記録し、それらから選んだ2枚一組の立体写真を図化機で測定した。非測定用カメラを利用することから、粒子の測定に先立って、カメラのレンズ収差を補正するため、5本の糸を適当な間隔でぶら下げた平行線をカメラの縦横の位置で撮影して解析図化機で求めたそれらの平行性によりその収差を算出した。粒子移動の基準軸(X, Y)は傾斜箱の前面に取り付けた格子枠の4コーナーの座標測定により求めた。このことから、傾斜箱の回転に伴う座標変換の必要がなくなる。測定した粒子の個数は131個である。粒子の移動量( $\delta$ )と方向角( $\theta$ )は $\delta = \sqrt{[\Delta x^2 + \Delta y^2]}$ 及び $\theta = \arctan(\Delta y / \Delta x)$ (下向き+)で解析した。ここで、 $\Delta x = x_2 - x_1$ ,  $\Delta y = y_2 - y_1$ である。

## 4. 実験結果と検討

### (1) 崩壊角(i)とせん断抵抗角(φ)

地盤表層粒子を無補強(①), テープ(②), 又は接着剤で補強した場合(③)の地盤の崩壊角(i)は、表-1のとおりで、①, ②, 及び③の順に大きくなった。同じ混合割合の粒子を用いて、二軸直接せん断試験でせん断抵抗角を求めてみると $\phi = 28^\circ 10'$ となった。補強した②及び③と同様に、無補強

Osamu INOUE, Kazuo KOBAYASHI, Hiroyuki SYOJJI, and Yoshiyuki MIYAGAWA

①の場合にも  $i$  と  $\phi$  は不一致である。 $i$  と  $\phi$  はもともと不一致か、または傾斜箱の特性に基づくのか問題である。このことについて、粒子の移動特性の観点から以下に述べる。

## (2) 測定粒子の個数

測定粒子は図-2に示す通りで、表層部粒子は側壁付近を除きほぼ連続的に測定し、地盤中央部の粒子は測定精度を統一するため直径9mm粒子をアトランダムに選び合計131個を測定した。

## (3) $\Delta x$ , $\Delta y$ および $\Delta \theta$ 成分の分布

表層粒子52個について、移動初期 ( $0^\circ \sim 20^\circ$ ) と崩壊直前 ( $20^\circ \sim 28^\circ$ ) の  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  および  $\Delta \theta$  成分の分布を示せば図-3, 4, 5, 6, 7 及び 8 の通りである。 $\Delta x$  分布から上方向に凸の確率分布曲線に似た分布を示し、次第に移動量が多くなり、崩壊直前には曲線分布の中央から大きく離れた粒子がみられ、表面を大きく動いたことが伺える。 $\Delta y$  成分においても同じような傾向がみられる。また、 $\Delta \theta$  成分から各粒子が接触面に沿って色々な方向に向いているが、崩壊直前になると  $15^\circ \sim 39^\circ$  の方向に動くものが20%程度増加している。

## (4) 傾斜箱中の粒子移動 ( $\Delta x$ , $\Delta y$ )

傾斜箱の地盤中における粒子の移動特性をみるため、地盤中の9mm粒子78個について測定した。その結果を  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  成分で示すと図-9, 10の通りである。 $\Delta x$  成分は地盤のせん断ひずみに対応するものと考え、表層部の粒子移動は大きい。地盤中に発生するすべり面は等しい  $\Delta x$  の位置をつなぎ推定できる。 $\Delta y$  成分はダイレイタンス現象に対応して、傾斜箱の側壁(右側)の部分に体積変化が大きくなるところが現れている。この現象は崩壊角に影響するものと思われる。表層部を補強すると体積増加を防ぎ、せん断抵抗が増すものと推論される。

## 5. おわりに

傾斜箱を用いて傾面の崩壊に至るまでの粒子の移動量を小型解析図化機で立体測定した。得られた主なものは次のとおりである。

- 1) 崩壊角度とせん断抵抗角は一致しない。
- 2) 斜面表層部を補強すると崩壊角度は増加した。
- 3) 傾斜箱による地盤は崩壊直前にはほとんどの粒子が移動する。

## 参考文献

- 1) 井上治, 小林和夫: 粒状体斜面崩壊時の粒子の移動について, 平成3年土木学会関西支部講演概要集, 1991年

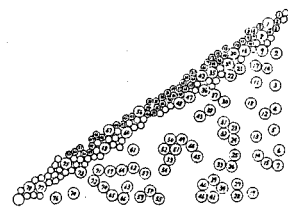


図-2 測定粒子の配置

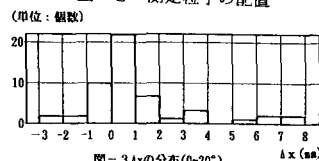


図-3  $\Delta x$  の分布 ( $0^\circ \sim 20^\circ$ )

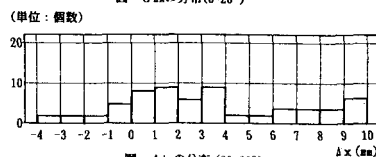


図-4  $\Delta x$  の分布 ( $20^\circ \sim 28^\circ$ )

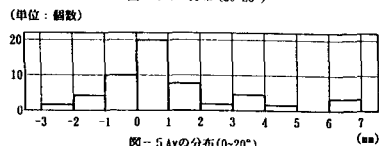


図-5  $\Delta y$  の分布 ( $0^\circ \sim 20^\circ$ )

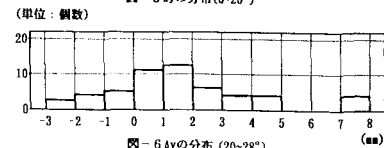


図-6  $\Delta y$  の分布 ( $20^\circ \sim 28^\circ$ )

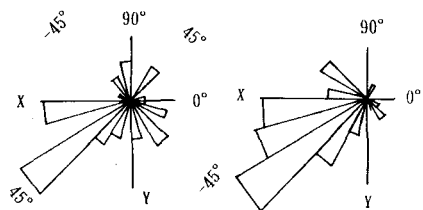


図-7  $\Delta \theta$  の分布 ( $0^\circ \sim 20^\circ$ )



図-8  $\Delta \theta$  の分布 ( $20^\circ \sim 28^\circ$ )

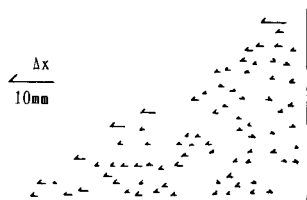


図-9  $\Delta x$  の成分 ( $0^\circ \sim 28^\circ$ )

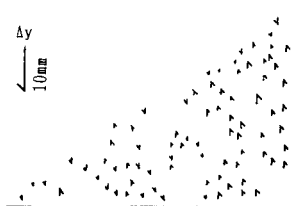


図-10  $\Delta y$  の成分 ( $0^\circ \sim 28^\circ$ )