

粒状体斜面崩壊時の粒子移動について

摂南大学工学部 正 井上 治
 近畿測量専門学校 正○小林和夫
 摂南大学工学部 和田 聡

1. まえがき

風化土などの傾斜地地盤で、降雨時に時々地盤の崩壊に先立って地盤表層部の土塊が落下することがある。この現象は、周知のことであるが、これらの現象の微視的な面からみたメカニズムの研究は少ないようである。しかし、斜面崩壊の事前現象の一つと考えれば、斜面崩壊時の予知に役立つであろう。この研究は傾斜地盤としてアルミ丸棒粒子を積み上げた傾斜箱を用いて、この箱を傾斜させて斜面を崩壊させた実験である。この崩壊に至るまでの斜面表層部の各粒子の移動量と方向角を小型の解析図化機を用いて計測したものである。この結果から、斜面の崩壊直前における斜面表層部の粒子の移動状況を調べた。

2. 実験の概要

実験装置は図-1に示す傾斜箱¹⁾(423×290mm)に直径の異なるφ5、φ9mmのアルミ丸棒を3:2の重量比で混合したものを積み上げ地盤とした。図に示すように傾斜箱を30°傾けた状態で水準器で地盤表面を水平にした。この状態を初期状態とし、実験は傾斜箱を一定速度で箱を下方にゆっくりと下げ地盤表面を傾けて、崩壊が生ずるまで遂行した。崩壊に至るまでの状況は写真測量技法により測定するため、Contax RTS カメラを用いて撮影した。撮影の間隔は、最初は傾斜約10°毎に、崩壊前になれば約1° 毎の間隔で行った。フィルムは35mmスライド用(ISO-100)を使用した。

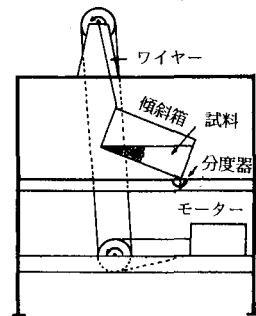


図-1 実験装置の概要

3. 解析図化機による計測

計測に用いた解析図化機は、ADAM社のMPS-2(最大70mmフィルムまで計測可能)である。アルミ丸棒粒子の移動は、一点に固定したカメラで35mmスライド用フィルムに連続写真として順次記録した。各区間の粒子移動量は、連続写真から選んだ二枚一組の実体写真を図化機で座標測定して、それらの写真の座標差から求めた。非測定用カメラを利用することから、粒子の移動測定に先立って、カメラのレンズ収差曲線を解析するため、数本の糸をぶら下げた鉛直線(平行線)をカメラ軸に関する回転0°と90°の位置で撮影した写真を計測して、その半径収差と接線収差を算定し、測定した写真座標の補正を行った。写真座標(X, Y)は写真コーナーの4個の指標座標の平均値による座標とした。X軸、Y軸は、それぞれほぼ水平、鉛直である。また、粒子の移動距離の成分(Δx, Δy)は、傾斜箱の回転に伴う座標変換を行って算定した。なお、この解析図化機の座標測定精度は、±4μmである。

4. 実験結果と検討

(1) データーの整理

傾斜箱の回転に伴う座標は、図化機で計測した座標(X, Y)から、傾斜箱の底面を基準軸とした座標(x, y)に変換して求めた。ただし、その座標変換には、次の式を用いた。

$$x = X \cos \alpha - Y \sin \alpha + A$$

$$y = Y \sin \alpha + X \cos \alpha + B$$

Osamu INOUE, Kazuo KOBAYASHI, and Satoshi WADA

ここで、 α は箱の回転角、A、Bは定数を表す。そこで、粒子の移動距離 δ は $\delta = \sqrt{[(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2]} = \sqrt{[\Delta x^2 + \Delta y^2]}$ により、また粒子の移動方向角 θ は $\theta = \arctan(\Delta y / \Delta x)$ で示した(θ ; 下向[+])。

(2) Δx , Δy および θ の分布

粒子の移動の測定区間は最初(初期状態 0°)から地盤の崩壊が起こる直前までの区間とした。ここでは崩壊が生じた傾斜角は 29° であり、それより前のフィルム2枚を取り出した。すなわち、 $26^\circ 55'$ ($0^\circ - 26^\circ 55'$)と $28^\circ 13'$ ($0^\circ - 28^\circ 13'$)の2区間である。これらのそれぞれについて、傾斜表層部に沿った粒子を84個選んだ。これらの各粒子中で動いた粒子のみについて、各粒子のx-軸方向およびy-軸方向の移動成分(Δx と Δy)を示せば、図-2、3および図-4、5の通りである。図-2、4は $26^\circ 55'$ で、図-3、5は $28^\circ 13'$ のものである。ここで、図-2と3とを比較すると、図-3では移動した粒子の数は28個から35個に増加しており、またその分布形状は拡大しており、その量も多くなっている。図-4と5をみると Δx 成分と同様の傾向を示している。図-6、7は移動方向角の分布を示している。これらの分布形状において、図-7 ($28^\circ 13'$)は図-6に比べ、特に $20^\circ \sim 30^\circ$ 付近の粒子が多くなっている。このことは、崩壊に近づくほど粒子は順次崩壊角に近く、粒子の数が増加するようになると思われる。図-8は斜面上における粒子のベクトル量を示したものである。この図から、移動量の最も大きい場所は斜面上の中央部よりやや上側の1/3斜面長にある。また、その方向角は $20^\circ \sim 30^\circ$ のものが多。このことはこの実験において崩壊に至る過程で斜面中央部付近から粒子移動が生じ、次第に下方に移って地盤の崩壊が起こったように思われる。崩壊直前に $20^\circ \sim 30^\circ$ の角度の粒子が多くなるという問題は、粒子配列などの今後の検討が必要になる。

5. おわりに

斜面上の各粒子の移動量を小型解析図化機を用いて、35mmスライド用フィルムを実体観測して求めた。得られた主な成果は、次のようである。

- (1) 斜面上の粒子の移動量と方向角を容易に測定できた。
- (2) 粒状体地盤の崩壊直前から地表面上の粒子の移動が生じること。
- (3) 地表面の移動は内部摩擦のようなものではなく、転がり摩擦や剥離のようなものと同じメカニズムをもつものと推定される。

謝辞

本実験にあたり、川惣電機工業(株)ADAM事業部には解析図化機を提供していただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 松岡元：粒状体斜面の崩壊機構に関する微視的考察、第24回土質工学研究発表会概要集、1989年

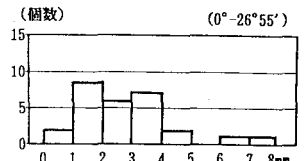


図-2 Δx の分布

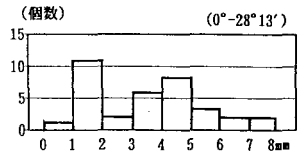


図-3 Δx の分布

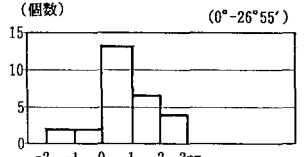


図-4 Δy の分布

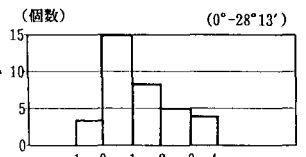


図-5 Δy の分布

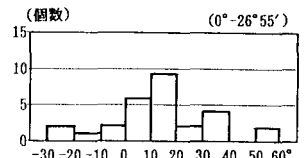


図-6 θ の分布

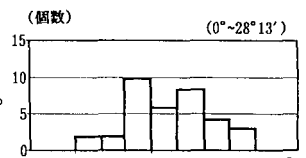


図-7 θ の分布

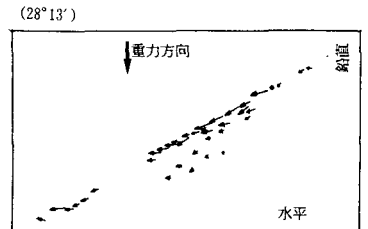


図-8 粒子の移動ベクトル