

近畿測量専門学校 ○小林和夫
摂南大学 工学部 井上 治

1. まえがき

これまでわれわれの研究は、傾斜箱を使用して粒状体斜面崩壊のメカニズムの室内実験を行い、表層部の微視的移動状況を写真測量の計測法で解析図化機によって測定し、表層部の粒子移動と崩壊角 β 及び内部摩擦角 ϕ との関係を調べたものであった。これは、松岡らの研究による β と ϕ とは必ずしも等しくはならないという論旨に近い結果であった。前報では地盤表層部を補強し、崩壊減少を遅らせたときの地盤内部の粒子の移動状況を35mmカメラで撮影し、小型解析図化機で測定した結果、せん断ゾーンの幅が拡大していることが認められた。しかし、この実験では、始めに撮影間隔を指定しているため、途中で必要な場面があっても撮影はできなかった。そこで、今回の傾斜箱による室内実験は、再現性のあるCCDビデオカメラで撮影し、この結果をパソコンをベースとした画像計測装置を用いて、必要な画像を選びパソコン画面上で計測し、各粒子の移動量、移動方向角と崩壊角について調べたものである。

2. 実験概要

実験装置は図-1に示すように、傾斜箱に直径3mm、5mmのアルミ丸棒粒子を重量比3:2に混合したものを積み上げて地盤とした。このときの傾斜箱の底面の角度は 37° にし、これを初期状態とした。崩壊実験は、ピアノ線でつり上げた傾斜箱を、変速電動モーターでゆっくりと下にさせて、徐々に実験地盤を崩壊させていった。破壊に至るまでの粒子の移動現象をCCDビデオカメラで記録し、画像計測システムで測定した。傾斜箱の傾斜基準には固定端に取り付けた下げ振り、傾斜角の計測には最小目盛0.01mmのダイヤルゲージ、粒子のx、y座標には傾斜箱の前面に1cm格子線を設定した。

3. ビデオ画像計測装置による測定

このシステムの概要は図-2に示すようにCCDビデオカメラにパソコンをつないだものである。傾斜箱内の地盤の崩壊に至る状況を撮像し、必要な画像をパソコンに転送してデジタル画像に変換・記録した。この画像を計測用ソフト上に呼び出して、パソコン座標x、yにおいてマウスを用いて各粒子を計測した。ただし、用いたCCDカメラセンサー（Sony Camcorder：焦点距離7.5-97.5mm：Interlace1/60sec：画面サイズ768×494=379392画素（水平8.4 μ m、垂直9.8 μ m））の素子のアパチュア形状は長方形であるのに対し、パソコンの画素は正方形であるので、計測座標x、yの縮率は1:1となっていない。そのAspect比を求めると1:1.17を得たので、これを補正した。各々粒子の移動量はコンピュータ画面座標を、回転している傾斜箱の直角座標軸に変換して算出した。粒子の移動量と方向角は、図-3に示す式によって求めた。

4. 実験結果と考察

測定粒子の範囲と個数は、図-4に示すように傾斜箱の両端を除き、斜面中央部においてアトランダムに選んだ64個の粒子であり、

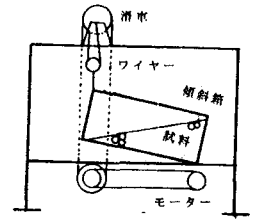


図-1 実験装置の概要

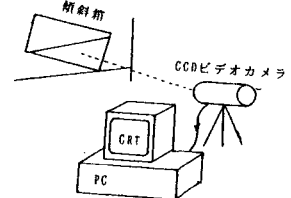


図-2 CCDビデオカメラによる計測装置の概要

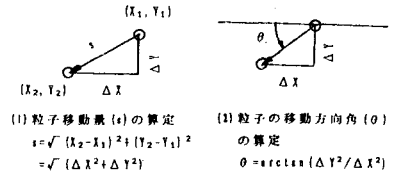


図-3 粒子の移動量(s)と移動方向角(theta)の算定



図-4 測定粒子の配置
(傾斜角 0°)

K a z u o K O B A Y A S H I , O s a m u I N O U E

これらを計測した。初期の状態 ($0-17^\circ$) と崩壊に近づいた状態 ($18-26^\circ$) についての移動量の分布及び方向角の分布は以下のようになった。

(1) 粒子の移動量の分布：粒子の移動量の分布は初期状態と崩壊付近の状況とに分けると、図-5、6 のようになった。初期の状況を表す図-5 は移動量 1 mm 付近を中心にほぼ左右対称な形で分布しているが、崩壊付近の図-6 は平らで、拡がり大きな分布を示している。移動量からみると、初期は小さくまとまっているが、崩壊に近づくと各々粒子の移動の大きさはばらつきが大きくなっている。

(2) 粒子の方向角の分布：粒子の移動方向角 (θ_0) の分布は $\theta_0 = 180^\circ + \theta$ として初期と崩壊付近の状況を示すと、図-7、8 のようになる。図-7 は、初期の状況では負 ($-$) の水平成分 (ΔX) が多く、また垂直成分 (ΔY) は上向きが多いことから、地盤の表層部は体積増加が生じ、地盤が隆起していることが伺える。図-8 では崩壊角に近い方向に多くの粒子が移動していることが分かる。

(3) 崩壊付近における水平・垂直の両成分の移動量の分布：図-9 は崩壊付近での粒子の移動量の水平成分 (ΔX) の分布を示している。これをせん断成分に対応して考えると、この図からは地盤中にせん断面は見いだすことはできない。地表面の方が移動量は大きな値になっている。これは粒状体の特性と考えられる。図-10 は粒子移動量の垂直成分 (ΔY) を示し、地表面の変化は大きいが、地盤中ではほぼ等しくなっている。このことは、 ΔX の成分から推測して、粒子の移動は流れるようになり、ダイレータンスー現象が少ないことを示している。

(4) 表層粒子の補強：崩壊角は、図-9、10 から表層粒子の移動を止めることにより、崩壊角は大きくなることが予想できるので、補強の1例として、上端をガムテープで止めたときの角度を測定してみた。その結果、無補強時に比較して 4° ほど増加することが分かった。

5. おわりに：これまでは 35 mm フィルムカメラで撮影し、ステレオ写真測定の計測法により小型解析図化機を用いて粒子の移動量等を測定してきた。今回は、実験の再現性があり、またこの種の実験では実験中の粒子をビデオ撮像中の画像を直接パソコンにデジタル信号として取り込み、コンピュータ画面で即時に計測ができる装置を開発したので、その一端をこれまでの実験の検証に用いてみた。この結果、これまでとそれほど差のない成果が得られた。

謝辞：本実験に協力いただいた摂南大学工学部土木工学科中川泰宏・藤本健太郎の両君に謝意を表す。

参考文献：①井上他：粒状体斜面変化に伴う斜面補強時の粒子移動、土木学会関西支部、1993年

②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

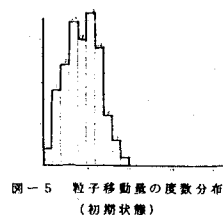


図-5 粒子移動量の度数分布 (初期状態)

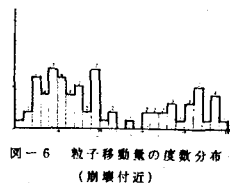


図-6 粒子移動量の度数分布 (崩壊付近)

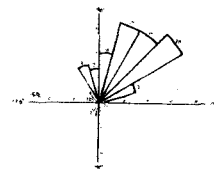


図-7 粒子移動の方向角 (θ) (初期状態)

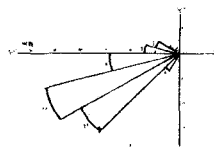


図-8 粒子移動の方向角 (θ) (崩壊付近)

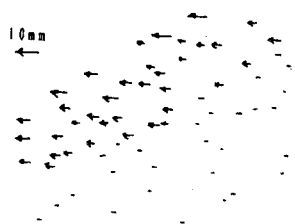


図-9 粒子移動量の水平成分 (ΔX) (崩壊付近)

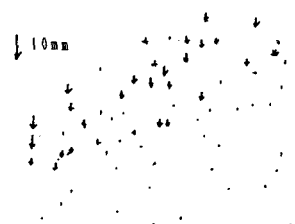


図-10 粒子移動量の垂直成分 (ΔY) (崩壊付近)