

郵 政 省 正会員 ○杉山 要一郎
名古屋工業大学 正会員 松岡 元
名古屋 市 田島 準

一般に砂や礫などの粒状体が外部からの攪乱のない状態のもとで静止し得る最大の角度のことを安息角と呼び、ゆる詰め砂の内部摩擦角と等しいと考えられてきた¹⁾。しかしながら、先の研究^{2), 3)}により、斜面の崩壊角度とせん断試験から求まる内部摩擦角 ϕ とは必ずしも一致せず、これは斜面表層で生じる粒子間の「ころがり摩擦」とせん断試験で生じる粒子間の「すべり摩擦」の差であるとの考えが示唆された。そこで、本研究では2次元粒状体モデルとして各種径のアルミ棒積層体に種々の補強を施して、斜面を傾ける傾斜箱の模型実験を行い、粒状体斜面の崩壊機構と効果的な補強方法について考察した。この時、特に斜面表層の粒子の「ころがり現象」と斜面内部の粒子の「すべり現象」の差異に着目する。

1. 試料および実験装置

$\phi 1.6\text{mm}$ と $\phi 3\text{mm}$ および $\phi 5\text{mm}$ と $\phi 9\text{mm}$ 、長さ50mmのアルミ丸棒積層体(混合重量比はともに3:2)および、 $\phi 5\text{mm}$ と $\phi 8\text{mm}$ 、長さ50mmのアルミ丸棒をプレスした楕円形(長短径比1.4)の偏平棒積層体(混合重量比は3:2)を粒状体の2次元モデルとして、斜面を傾ける傾斜箱の模型実験を無補強の場合と各種補強を施した場合について行った。写真-1に傾斜箱の模型実験装置の全景を示す。これは、モーターによりワイヤを巻き上げることによって、2次元粒状体試料を水平から徐々に傾斜させていき、粒状体斜面の崩壊を引き起こさせる装置である。補強方法については、種々試みた結果、比較的補強効果のあった①斜面表面に錘としてビニールテープで接着された真鍮板(2

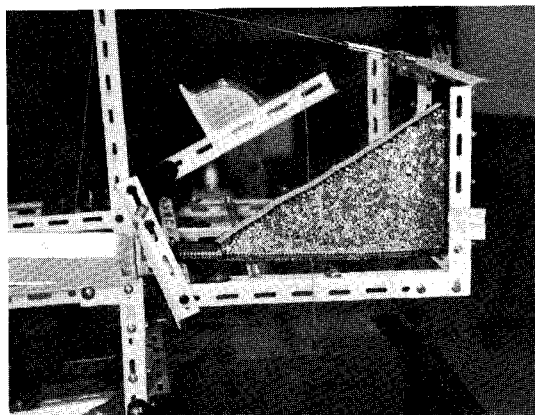


写真-1 傾斜箱の模型実験装置の全景

5mm×5mm×50mm-21g/cmの荷重と25mm×10mm×50mm-42g/cmの荷重の2種)を並べる方法(写真-2参照)と斜面表層の両側面に幅1cmのガムテープを貼り付ける方法(写真-3参照)、を採用した。なお、いずれの場合もテープは斜面の上端において傾斜箱に固定されている。

2. 実験結果と考察

表-1は実験結果の要点を示す。偏平棒の横積・縦積とは、それぞれ棒断面の長径方向が斜面表面に対して水平の場合と垂直の場合をいう。錘(21g/cm)とは、25mm×5mm×50mmの真鍮板を並べた場合を、錘(42g/cm)とは、厚さが2倍の25mm×10mm×50mmの真鍮板を並べた場合を意味している。 $l=32.5\text{cm}$ とは、斜面長40cmの内、上部の32.5cmの部分に錘を並べたり、側面にテープを貼り付けたりして補強していることを意味している。いずれの場合も、斜面の上端において傾斜箱に固定されている。表中の崩壊角度とは、明確なスベリ線を伴って粒子が崩れ落ちた状態での水平面からの斜面角度であって、表層の粒子数個が動いたり、ころがり落ちた状態や、表層がわずかに動いた状態、単にきれつ線が少し生じた状態とは区別した。何回か同じ条件で実験を行った場合には、崩壊角度の平均値とカッコ内にその実験回数を記している。

無補強で偏平粒子を横積と縦積とした場合、崩壊角度が 34° で等しくなるのは、表層における粒子接点角の

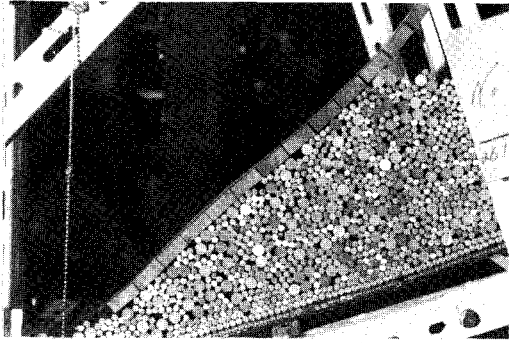


写真-2 斜面表面に錘を載せる実験

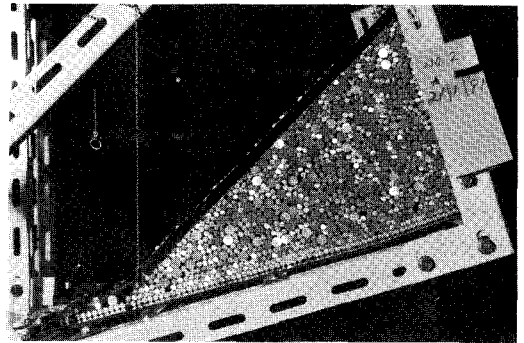


写真-3 斜面表層側面にガム・テープを貼る実験

抵抗しやすい部分での分布が近いためと考えられる²⁾。斜面表面に錘をのせる実験では、錘の重量が増せば崩壊角度は大きくなり、この傾向は試料が変化しても変わらない。これは、有効垂直応力 σ' が増加し、斜面全体のせん断抵抗($\tau_c = \sigma' \cdot \tan \phi$)が増えるためと考えられる。ところが、斜面表層の側面にガム・テープを貼る実験では、表層付近の粒子の回転や移動を拘束しただけで、 σ' は無補強の場合と比べて変化していないにもかかわらず、崩壊角度が増しており興味深い。この結果から考えられることは、表層の粒子のころがりや斜面全体の崩壊の「引き金」になるようであり、それをテープなどで抑えることが予想外の効果をもたらしたということである。これは、テープなどで表層部分の粒子のころがりやを抑えることによって、斜面内部のせん断抵抗(すべり抵抗)で斜面全体の崩壊に対抗するようになり、ころがり摩擦とすべり摩擦の大きな差に基づいて崩壊角度が飛躍的に増大するものと考えられる。この考え方が正しければ、斜面全体のせん断抵抗が大きい粒子構造で、斜面表層の粒子のころがりやが比較的容易な粒子構造の場合、表層の側面にテープを貼る補強を施せば、より大きな補強効果が得られることになる。表-1中の $\phi 5$ 偏: $\phi 8$ 偏=3:2で縦積の試料に、斜面表層の側面に幅1cmのテープを貼った場合を見ると、崩壊角度は54°となっている。これは、横積の場合の45°を大きく上回っている。一般に、粒子の長径がせん断方向となす角が大きい程、内部摩擦角度 ϕ は大きいとされ、先の研究³⁾では $\phi 5$ 偏: $\phi 8$ 偏=3:2の場合、縦積で $\phi = 41.5^\circ$ 、横積で $\phi = 31.9^\circ$ と測定されている。このことは、上記の斜面崩壊角度の傾向と一致しており興味深い。なお、 $\phi 5$ 偏: $\phi 8$ 偏=3:2で縦積の実験後、側面に貼り付けたテープとテープに接着しているアルミ棒の合計の重量を測定したところ、約440gであった。この実験の崩壊角度54°は、斜面表面に682.5g(=21g/cm \times 32.5cm)の錘を載せた場合の、全ての試料に対する崩壊角度40°、41°、46°、53°を上回っており、表層にテープを貼るだけで大きな補強効果があるといえる。

表-1 傾斜箱の模型実験による崩壊角度

補強方法	粒径・形状・混合比			
	$\phi 1.6 : \phi 3$ =3:2	$\phi 5 : \phi 9$ =3:2	$\phi 5$ 偏: $\phi 8$ 偏 =3:2(横積)	$\phi 5$ 偏: $\phi 8$ 偏 =3:2(縦積)
無補強	30° (2)	29° (4)	34° (2)	34° (2)
錘(21g/cm, $l = 32.5$ cm)	40° (2)	41° (2)	46° (1)	53° (1)
錘(42g/cm, $l = 32.5$ cm)	50° (1)	52° (3)	55° (1)	62° (1)
テープ(幅1cm, $l = 32.5$ cm)	43° (3)	46° (2)	45° (1)	54° (2)

参考文献

- 1) Terzaghi, K. (1943): Theoretical Soil Mechanics. John Wiley & Sons. p. 8.
- 2) 松岡・大橋・恩田・松倉(1989): 第24回土質工学研究発表会, 590, pp. 1607-1610.
- 3) 恩田・松倉・松岡・大橋(1989): 第24回土質工学研究発表会, 589, pp. 1605-1606.