

振動下の粒状体斜面の崩壊現象とその補強方法

名古屋工業大学 正 会 員 松岡 元・劉 斯宏
" 学生会員 ○飯塚 洋介・中村 潤平

振動下における粒状体斜面の崩壊現象を調べるため、アルミ丸棒積層体斜面を振動台上で水平振動させる 2 次元模型実験を行い、斜面崩壊時の加速度を測定して震度法による計算値との比較を行った。また、その斜面の補強方法についても同様の振動台実験によって検討した。

1. 震度法に基づいた斜面の安定解析¹⁾

図-1 に示すような斜面表層の平行なスベリ面上の土要素 abcd に水平振動力 $k_h W$ が作用した場合の安全率 F_s は、土の内部摩擦角を ϕ とすると次式で表される。

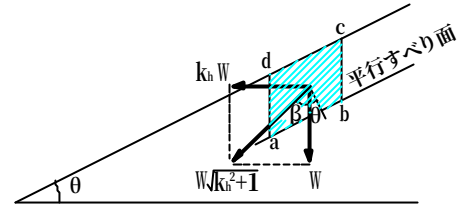


図-1 震度法による斜面安定解析

表-1 無補強斜面の崩壊時の水平震度 k_h の実験結果と計算結果の比較

斜面角度	実験結果	計算結果
$\theta = 15^\circ$	$k_h = 0.20$	$k_h = 0.18$
$\theta = 20^\circ$	$k_h = 0.11$	$k_h = 0.09$

$$F_s = \frac{\text{スベリに抵抗する力}}{\text{スベリを起こさせる力}} = \frac{W \sqrt{k_h^2 + 1} \cos(\beta + \theta) \tan \phi}{W \sqrt{k_h^2 + 1} \sin(\beta + \theta)} = \frac{\tan \phi}{\tan(\beta + \theta)} \quad (1)$$

ここで、斜面崩壊時(安全率 $F_s=1$)には $\phi = \beta + \theta$ となる。そして、 $k_h = \tan \beta = \tan(\phi - \theta)$ より斜面崩壊時の k_h は求まる。

2. 無補強斜面の水平振動による崩壊

写真-1 に示すようにアルミ丸棒（直径 1.6、3mm、長さ 50mm、混合重量比 3:2）を台形状に振動台上に積み上げる。そして、振動台上とアルミ丸棒積層体斜面の内部に加速度計を設置して、振動台を水平方向に振動させて斜面崩壊を起こさせた。斜面角度 $\theta = 15^\circ$ （上辺 5cm、下辺 80cm、高さ 10cm の台形）、 $\theta = 20^\circ$ （上辺 5cm、下辺 60cm、高さ 10cm の台形）の 2 ケースに対して実験を行った。実験結果より、表層にある粒子が徐々に滑っていくのが観察される。これは、斜面表層の粒子が滑る「表層スベリ」が水平振動力が加わった場合でも斜面崩壊の引き金になることを示している²⁾。表-1 に実験結果と震度法による計算結果との比較を示す。実験結果と震度法による計算結果とがほぼ一致しているのが見られる。

3. 補強斜面の水平振動による崩壊

上記の無補強斜面の振動による崩壊現象の引き金が「表層スベリ」であることがわかったので、その引き金を抑えることを意識して、次のような 4 種類の粒状体斜面の補強方法を試みた。

- 1) ガムテープによる表層補強：ガムテープを台形状斜面の全表層(表面から厚さ 1cm まで)のアルミ丸棒の前面と後面に貼り付ける(写真-2 参照)。
- 2) 両端擁壁補強：擁壁を意識して、上記のガムテープによる表層補強と同面積を斜面左右の下端部に 2 分してガムテープで三角形に貼り付ける(写真-3 参照)。
- 3) ポリエチレン製「土のう」による表層補強：ポリエチレン製(実際の「土のう」袋を切ったもの)2 次元「土のう」模型(幅 41mm、高さ 10mm)を連結して、台形状斜面の全表面に設置する(写真-4 参照)。
- 4) 紙製「土のう」による表層補強：紙製 2 次元「土のう」模型(幅 41mm、高さ 10mm)を連結して、3) と同じように設置する(写真-5 参照)。

以上の補強方法を行ったところ、表-2 に示すように表層への補強は、いずれの場合も、補強しない場合より大きい加速度を与えなければ、崩壊に至らないことが分かった。一方、擁壁による補強では崩壊時の加速度は無補強時と近いものであった。このことは、崩壊の引き金である「表層スベリ」に対する補強が

効果的であることを示している。

表-2 補強斜面の崩壊時の水平震度 k_h の実験結果

4. 考察

無補強斜面での水平振動による崩壊は、実験観察から表層スベリによるものと観察された。したがって、斜面補強にはその引き金である表

層付近の粒子の移動を止めるべく、表層付近をガムテープで補強したり、「土のう」模型を斜面表面に設置した。その結果、振動に対する斜面補強としても効果的であることがわかった。このことは、表層部分の粒子の移動を抑えることによって斜面内部のせん断抵抗で斜面全体の崩壊に抵抗するようになり、崩壊時の加速度が増大するものと解釈される。一方、擁壁補強では引き金となる表層粒子に対する補強でないの

で、効果が小さいと考えられる。

参考文献：1) 地盤工学会編：入門シリーズ14 斜面安定解析入門, pp.65-74, 1989. 2) 松岡 元・杉山要一郎：粒状体斜面の崩壊機構とそれに基づく補強方法に関する一考察、土木学会論文集、No.505/III-29、pp.141-149、1994.

斜面角度	ガムテープによる表層補強	ポリエチレン製「土のう」による表層補強	紙製「土のう」による表層補強	擁壁補強
$\theta = 15^\circ$	$k_h = 0.53$	$k_h = 0.47$	$k_h = 0.41$	$k_h = 0.23$
$\theta = 20^\circ$	$k_h = 0.48$	$k_h = 0.40$	$k_h = 0.35$	$k_h = 0.13$



写真-1 無補強斜面：(a)斜面角度 15° 、(b)斜面角度 20°

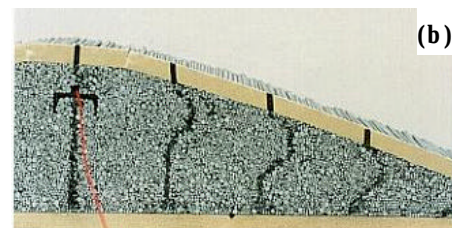


写真-2 ガムテープによる表層補強：(a) 振動前、(b)崩壊時

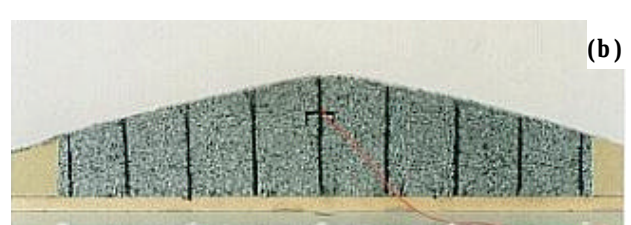


写真-3 両端擁壁補強：(a) 振動前、(b)崩壊時



写真-4 ポリエチレン製「土のう」による表層補強：(a) 振動前、(b)崩壊時

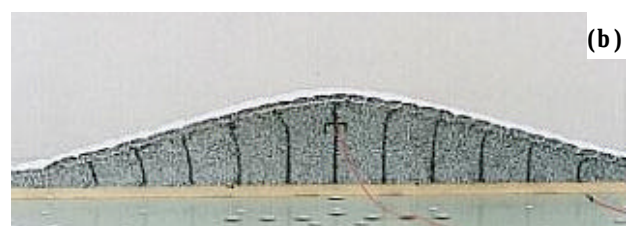


写真-5 紙製「土のう」による表層補強：(a) 振動前、(b)崩壊時