

1. はじめに

崩壊した土砂がどのような速度で斜面上を流下し、どこまで到達するかを知ることは防災関係者にとって極めて重要な問題である。もし推定できれば、危険区域の設定などの対策に有効な手掛かりとなる。前報⁽¹⁾では円弧状の斜面上を滑る崩壊土塊の運動を質点力学モデルで表し、室内崩壊実験結果を用いた計算例を示した。本報ではこの運動モデルをいくつかの崩壊事例に適用し、崩壊土塊の最大速度到達時間などの推定を試みた。また、運動解析に必要な動摩擦係数の検討も行った。

2. 計算に用いた崩壊土塊の運動方程式

図1に示すように安定を失った土塊が円弧上を滑るものとする、土塊の接線方向と法線方向の運動方程式は次の2式で表される。

$$m \frac{dv}{dt} = -mg \sin \varphi + fN \quad \dots (1) \quad m \frac{v^2}{a} = -mg \cos \varphi + N \quad \dots (2)$$

ここで、 m :質量、 v :速度、 f :動摩擦係数、 g :重力加速度、 φ :角度(φ_0 は土塊の初期位置における角度)、 N :垂直抗力、 a :円の半径とする。式の符号は反時計回りの方向を+とする。

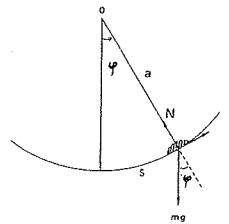


図1 運動モデル

(1), (2)式から次の(3), (4)式が導かれる。この過程については前報を参照されたい。

$$v^2 = \frac{2ag}{1+4f^2} \left[\{ (1-2f^2) \cos \varphi + 3f \sin \varphi \} - e^{2f(\varphi-\varphi_0)} \{ (1-2f^2) \cos \varphi_0 + 3f \sin \varphi_0 \} \right] \quad \dots (3)$$

また、(3)式の右辺を $F(\varphi)$ とすると $t = \pm a \int \frac{d\varphi}{\sqrt{F(\varphi)}} \quad (v \geq 0) \quad \dots (4)$ となる。従って、 a , f , φ_0 の値が明らかであれば(3), (4)式から崩壊土塊の運動は求まる。

3. 適用した事例と計算結果

計算に用いた事例は降雨によるもの5例、地震によるもの3例である(表1)。いずれも既発表の文献等から、崩壊土塊が円弧斜面上を流下したとみなされるものを選んだ。計算手順は、各事例の縦断面図から求めた円の半径 a 、土塊の初期位置における角度 φ_0 とともに任意の動摩擦係数 f を(5)式に代入し、速度が0、すなわち崩壊土塊が停止した位置と一致する f を逆算して、土塊の運動を求める方法をとった。ただし、計算にあたっては滑動中の土塊の質量・形状および f の値は変化しないものと仮定した。また、初速および地震力による影響は無視した。

計算結果を表1に示す。いずれも流下速度、到達時間などについて実測した例がないため、計算値との適合性について議論はできないが、これらの事例のうち竜ヶ水地区の崩壊について春山・下川⁽²⁾は、湾曲流路における土砂ののり上げ痕跡から速度と到達時間を推定している。その結果、崩壊地から約300m下流での速度は22m/秒程度、崩壊発生日点から被災地の中央地点までの到達時間は約22秒としている。筆者の計算によれば同一位置における速度は27.5m/秒、同じく到達時間は約24.7秒となり、春山らの結果にほぼ近い値を示している。いずれにしてもこの一例だけで判断するは不十分

分である。今後とも実測データの蓄積を図るとともに、前述のように筆者とは異なる方法による推定値との比較検討が望まれる。

3. 動摩擦係数の検討

動摩擦係数 f の値は直接的な方法では測定できないため、実験や現場の事例から逆算する方法しかない。事前に f の値を見積るためには何らかの指標との関係で表す必要がある。筆者が計算した事例では、 f の値は0.15~0.90とかなり広い範囲の数値を示している。しかし、動摩擦係数 f と土塊の初期位置における斜面勾配($\tan \phi_0$)の関係を示した図2によれば、両者の間には直線の関係がみられる。図2の破線は最小2乗法により求めたもので、その関係は $f = 0.62 \tan \phi_0 - 0.08$ で表せる(相関係数は0.927)。データ数は少ないがこの結果から、計算に必要な f の値は対象とする斜面の勾配(\tan)の約0.5~0.6倍した値を近似値として扱えるといえよう。したがって、崩壊が想定される斜面の土塊が円弧で近似できる斜面上を滑り落ちるものと仮定できれば、概算値ではあるがこの直線関係を用いて、崩壊土塊の運動を推定できることになる。

4. おわりに

ここでは円弧上を滑る崩壊土塊という限定のもとでの考察を行ったが、現実には複合斜面上を滑る場合も多い。この問題に対する検討は次の課題としたい。

<参考文献> (1)森脇・矢崎(1982):砂防学会概要集。(2)山田ら(1971):地すべり Vol.8, No.1。(3)河合(1975):地質ニュース第252号。(4)千葉県(1973):自然斜面における崩壊防止工法の検討(その1)。(5)春山・下川(1978):新砂防107。(6)田中ら(1982):地すべり学会発表論文集。(7)小林(1981):京大防災研年報。(8)科技庁(1979):1978年伊豆大島近海地震に関する特別研究

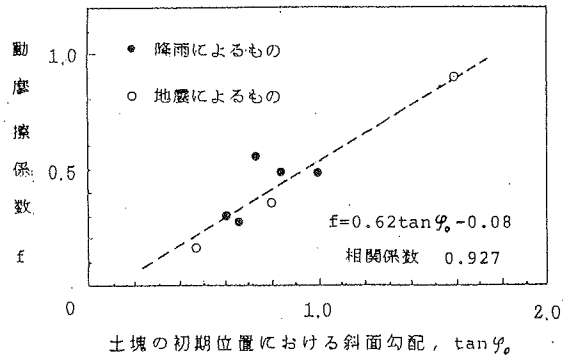


図2 f と $\tan \phi_0$ の関係

表1 適用事例と計算結果

事例	発生日時	誘因	地質	崩壊土量 (m^3)	ϕ_0 ($\tan \phi_0$)	ϕ_2	a (m)	計算結果		
								f	最大速度 (m/sec)	到達時間 (sec)
室内崩壊実験 ⁽¹⁾	1981.8	降雨	砂質土 (千葉県産)	3.7	40° (0.84)	14.5°	6	0.49	1.8	2.7
高場山地すべり ⁽²⁾	1970.1.22	"	風化砂岩 頁岩	139000	36° (0.73)	23°	120	0.56	4.2	10.2
紫藤地すべり ⁽³⁾	1972.7.5	"	ヤート 輝緑凝灰岩	94000	33.5° (0.66)	-1.5°	180	0.27	13.1	13.2
銚子市場本地区 ⁽⁴⁾	1972.9.6	"	砂質土	—	31.5° (0.61)	3°	135	0.30	9.3	11.5
竜ヶ水崩壊 ⁽⁵⁾	1977.6.24	"	安山岩	1800 ~2400	45° (1.00)	10°	832	0.48	28.9	27.5
伊豆大池地区 ⁽⁶⁾	1978.1.14	地震	ローム	37200	25° (0.47)	-6.8°	409.5	0.15	12.7	20.2
伊豆中木地区 ⁽⁷⁾	1978.5.9	"	凝灰岩	—	38.5° (0.80)	4.0°	139	0.36	11.4	11.5
伊豆トモ岬 ⁽⁸⁾	1978.1.14	"	凝灰再礫岩	150	38° (1.60)	30°	104.8	0.90	9.0	8.9

ϕ_2 : 崩壊土塊の停止位置における斜面角度