

1. はじめに

豪雨型山崩れは、表層斜面内への雨水の浸入によって生ずるが、その多くは下層との間の表層崩壊である。ここでは、比較的堅い地盤の上にある表層斜面が、下層との間に発生するパイピング現象によって崩壊の引き金を与えられ、それによって崩壊が発生するとした。こうした条件を前提とした上で、砂質斜面における有限崩壊モデルを考えた。

2. 有限崩壊の考え方

図-1は、上で述べたような二層構造斜面であり、A点付近で、二層目内の浸透水が層間の境界に進出して来たとする。その場合、A点付近の土体はAB線に沿ってすべりやすくなり、わずかでも、A点付近の土体が下方に移動すれば、その上部の三角形土体がAF面に沿ってすべろうとする。こうなると、AE面に働く主動土圧 $F_1$ が土体ABDEに作用し、同時にAB面では、浸透水のために通常の摩擦係数より小さくなり、この土体が下方のBD面をカFで押すことになる。一方、斜面をささえているB点より下側では、BD面に加わるカFが三角形土体BCDの受働土圧より大きくなれば、BC面ですべりが発生し、結局、全土体ABCFが崩壊することになる。

パイピングを契機とした斜面崩壊を以上のように考えると、BD面に上方から作用するカFは、 $F = F_1 + F_2$  (1) となる。上式中、 $F_2$ は四角形土体ABDEが斜面下方に作用するカであり、次式で表せられる。

$$F_2 = W_2 \sin \theta - F_c = Ydl \cos \theta (\tan \theta - \tan \varphi_e) \quad (2)$$

ここに、 $W_2$ : 土体ABDEの重量、 $F_c$ : 同じ土体の抗力による摩擦カ、 $Y$ : 土体の単位重量、 $l$ : ABの長さ、 $\tan \varphi_e$ : 水が浸透した状態での土体底面の摩擦係数である。この $\tan \varphi_e$ は、内部摩擦角 $\varphi$ の底面における値と考えてもよいが、ここでは、Reynoldsの液体摩擦や、動摩擦の考え方に習い、区別して $\varphi_e$ とおいた。

さて、全土体ABCFの崩壊は、(1)式のFが三角形土体BCDの受働土圧 $F_3$ より大きくなったときに発生する。したがって、 $F = F_1 + F_2 \geq F_3$  が成立し、限界状態での $F_2$ は次式で求められる。

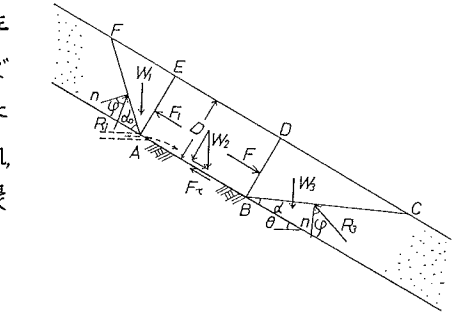


図-1 表層崩壊の模式図

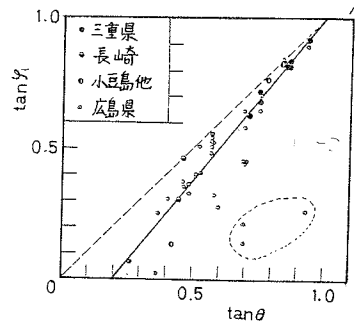


図-2 現場のデータによる  $\tan \theta$  と  $\tan \varphi_e$

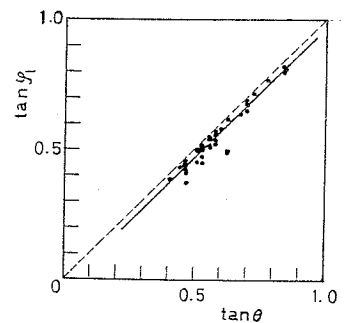


図-3 赤木山のデータによる  $\tan \theta$  と  $\tan \varphi_e$

一方、斜面下部のBD面に作用する受働土圧 $F_3$ に関しては、クーロン流の力の関係より、次式

$$F_3 \cos \theta = (W_3 + F_3 \sin \theta) \tan(\alpha + \varphi - \theta) \quad (5)$$

が成立する。ここに、 $\theta$ ：斜面の傾斜角、 $\alpha$ ：斜面とすべり面との角、 $\varphi$ ：砂質土体の内部摩擦角、 $W_3$ ：三角形BCDの土体重量、 $R_3$ ：反力である。上式の $W_3$ は  $W_3 = (1/2) \gamma D^2 \cot \alpha$ 、 $\gamma$ ：単位重量で与えられ、 $F_3$ は次式で求められる。

$$F_3 = \frac{\gamma D^2 \tan(\alpha + \varphi - \theta)}{2 \cos \theta \tan \alpha \{1 - \tan \theta \tan(\alpha + \varphi - \theta)\}} \quad (6)$$

このとき、すべり面は、 $F_3$ を最小とする面で発生するので  $dF_3/d\alpha = 0$  より、次式で求められる。

$$\alpha = \frac{1}{2} \sin^{-1} \left( \frac{-\tan \theta}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right) + \frac{\beta}{2} \quad (7)$$

但し、 $\beta = \sin^{-1} (b / \sqrt{a^2 + b^2})$

$$a = 1 + \tan \theta \sin 2(\varphi - \theta) - \cos 2(\varphi - \theta)$$

$$b = \sin 2(\varphi - \theta) + \tan \theta \cos 2(\varphi - \theta)$$

同様にして、斜面上部のAE面に作用する主働土圧 $F_1$ は

$$F_1 = \{ \gamma D^2 \tan(\alpha_0 - (\varphi - \theta)) \} / [ 2 \cos \theta \tan \alpha_0 \{ 1 + \tan \theta$$

$$\times \tan(\alpha_0 - (\varphi - \theta)) \} ] \quad (8)$$

となり、 $dF/d\alpha_0 = 0$

より、すべり面の角 $\alpha_0$ は次式のようになる。

$$\alpha_0 = 90^\circ - \frac{1}{2} \left\{ \sin^{-1} \left( \frac{\tan \theta}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right) + \beta \right\} \quad (9)$$

### 3. 結果

図-2、図-3は、内部摩擦角 $\varphi$ を適当に仮定して求めた $\alpha$ と $\alpha_0$ より、現場のデータの $l/D$ を用いて $\tan \varphi_e$ を求めたものである。図-4は、ここで求めた $\varphi_e$ (図中の実線)を用いて計算した $l/D$ と実測値との比較である。図-5、図-6は、室内実験による場合の装置と実験より求められる $\tan \varphi_e$ を示したものであり、図-7は、この値を用いて $l/D$ を求めた計算値と実測値を示したものである。このような $l$ と $\theta$ の傾向は寺島等の実験結果においとも一部みられるところである。

1) 寺島他：防災センター、才24号、2) 林：科研自災報告、858年

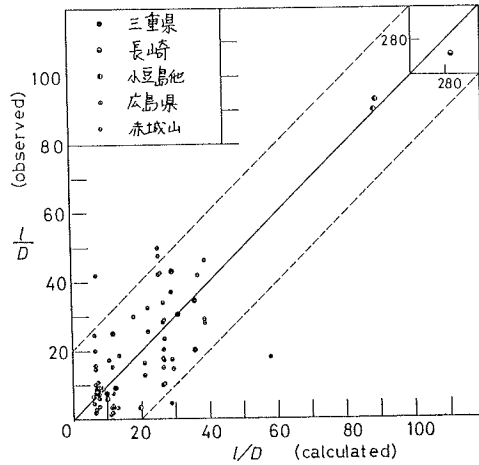


図-4 現場のデータによる崩壊長の計算結果

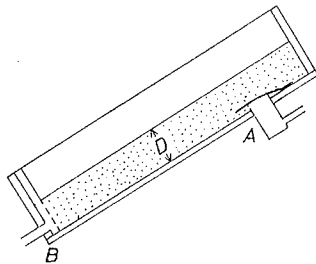


図-5 実験装置の概要

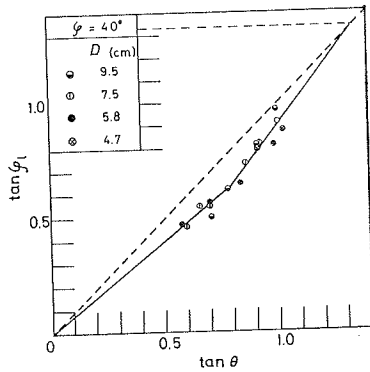


図-6 実験結果からの $\tan \theta$ と $\tan \varphi_e$

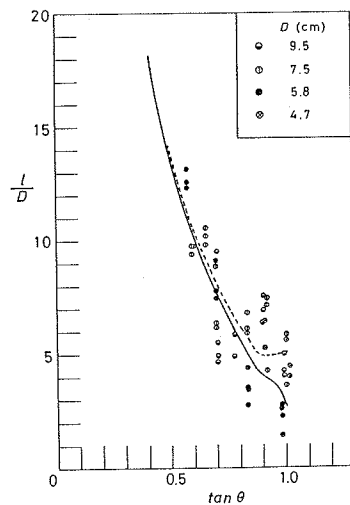


図-7 無次元崩壊長の推定値 (実験値による)