

(45) 地下水による土砂の流動発生について

宮崎大学農学部 ○谷口義信 高橋正佑
研究生 千堂知浩

1. まえがき

桜島における火山噴出物堆積地の土石流発生地点の跡地をみると、ボラのような粗粒物質のところでは、表面の火山灰層が洗い流されると、大部分の水は地表面下にもぐるとの考え方られ、こうしたところでは表面流の痕跡が認められるのは比較的少ない。これらの谷頭はほとんどが急激な段差を伴って、その下にはガリ一が形成され、その上部の地表面は細粒物質で覆われているのが一般である。こうした部分および両岸部から供給された大部分の水はガリ一の地表面下へもぐつているものと考えられる。ここではこうしたこと主眼に地表面下へもぐつた水（これを地下水と呼ぶ）によって発生する土砂の流動について検討した。

2. 実験装置および実験方法

実験は図-1、図-2に示すような河道内の状況を想定し、図-3に示す実験装置を用いて行った。すなわち実験装置は水路と傾斜型貯水パイプから成り、②、③---⑦は水路底面からの地下水供給パイプであり、これを地下水供給装置の⑧、⑨---⑩につないだものである。このときの②と⑧、③と⑨等の高差は90.7cmであった。使用材料は表-1に示す3種類で、堆積層は10cmとした。なお図-4は図-3の水路の部分側面図で、地下水は④、⑤等のパイプから横断方向に一様に供給されるようにした。

3. 地下水の作用による土砂流動の発生

地下水が図-1に示すような状態となつてゐることとする。地下水面上の土砂の容積濃度を C_k 、地下水面上の空隙率を η 、含水率を w 、土砂粒子の密度 ρ 、水の密度を ρ_w 、土砂の内部摩擦角を ϕ とすれば、水路底面からの高さにおけるつり合いはつぎのようになる。

$$\left\{ \frac{\sigma}{\sigma-\rho} (1-\eta)(1+w) (1-\frac{H_0}{H}) + C_k (\frac{H_0}{H} - \frac{\eta}{H}) + \frac{\rho}{\sigma-\rho} (\frac{H_0}{H} - \frac{\eta}{H}) \right\} \tan\phi = \frac{\sigma}{\sigma-\rho} (1-\eta)(1+w) (1-\frac{H_0}{H}) + C_k (\frac{H_0}{H} - \frac{\eta}{H}) \tan\phi \quad \dots \dots (1)$$

ここで $(1-\frac{\eta}{H}) = \xi_g$ とおくと、 $\xi_g = \left\{ 1 + \frac{\frac{\sigma}{\sigma-\rho} (1-\eta)(1+w) (\tan\phi - \tan\theta)}{(C_k + \frac{\rho}{\sigma-\rho}) \tan\theta - C_k \tan\phi} \right\} (1-\frac{H_0}{H}) \quad \dots \dots (2)$ 式(2)の ξ_g は $0 \leq \xi_g \leq 1$ なければならないから、この条件を式(2)に代入すると、 $1 - 1/\left\{ 1 + \frac{\frac{\sigma}{\sigma-\rho} (1-\eta)(1+w) (\tan\phi - \tan\theta)}{(C_k + \frac{\rho}{\sigma-\rho}) \tan\theta - C_k \tan\phi} \right\} \leq \frac{H_0}{H} \leq 1 \quad \dots \dots (3)$ 。 $\frac{H_0}{H}$ の最小値を ξ_g' 、最大値を ξ_g'' とすれば、 $\frac{H_0}{H} = \xi_g$ となるのは $\xi_g = 1$ のときであり、これによる計算値が表-2に示す材料(A)および(B)の計算値である。その測定値が実測値である。

つぎに図-2のようない状態となつたときのつり合い方程式は、 $\left\{ (C_k + \frac{\rho}{\sigma-\rho}) \tan\theta - C_k \tan\phi \right\} (\frac{H_0}{H}) = (C_k + \frac{\rho}{\sigma-\rho}) \tan\theta - C_k \tan\phi + \frac{\rho}{\sigma-\rho} (\frac{H_0}{H} - 1) \tan\theta \quad \dots \dots (4)$ 。ここで $(1-\frac{\eta}{H}) = \xi_g$ とおくと、 $\xi_g = \frac{\frac{\rho}{\sigma-\rho} \tan\theta}{C_k \tan\phi - (C_k + \frac{\rho}{\sigma-\rho}) \tan\theta} (\frac{H_0}{H} - 1) \quad \dots \dots (5)$ 。 $0 \leq \xi_g \leq 1$ の条件を式(5)に代入すると、 $1 \leq \frac{H_0}{H} \leq C_k (\frac{\rho}{\sigma-\rho} - 1) (\frac{\tan\phi}{\tan\theta} - 1) \quad \dots \dots (6)$ 。この場合の $\frac{H_0}{H}$ の最小値を ξ_g' 、最大値を ξ_g'' とすれば、地下水面上が次第に上昇して、土砂の移動が起るのは $\frac{H_0}{H}$ が最小値のときである。しかしこのときほどの値は ξ_g ではなく、粒子の最小粒径から決定されるべきであり、本実験のようにほぼ均一な粒径の礫ではこれを平均粒径とみなして、 $\xi_g = \frac{d_m}{H}$ に $d_m = 6.20\text{mm}$ 、 $H = 10\text{cm}$ を用いて、これを式(5)に代入した時の値を最小値とすべきである。このときの最小値を ξ_g' とすれば、 $\xi_g' = 0.938 + 0.062 C_k (\frac{\rho}{\sigma-\rho} - 1) (\frac{\tan\phi}{\tan\theta} - 1) \quad \dots \dots (7)$ となり、その計算値が表-2の材料(c)に対して計算値として示して

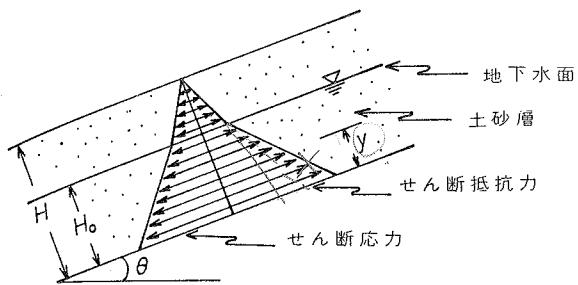


図-1 地下水面ができたときの堆積層内の状況

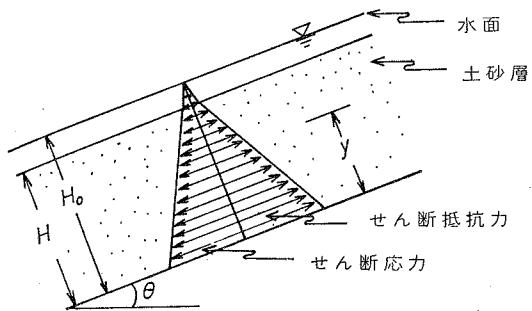


図2 表面流ができたときの堆積層内の状況

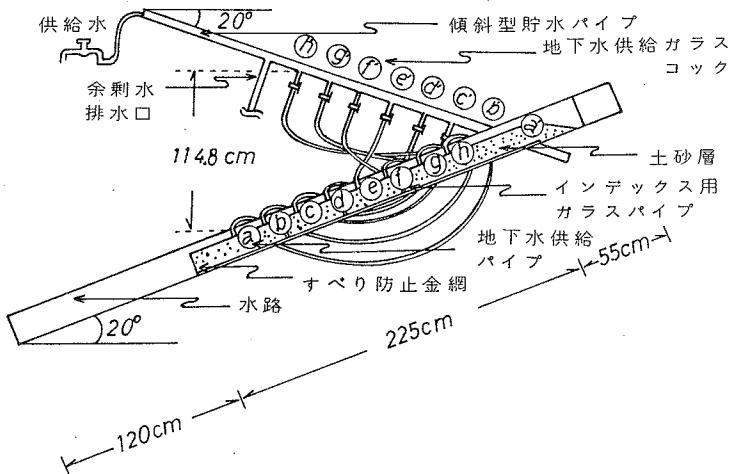


圖-3 模型實驗裝置

材料	(A)	(B)	(C)
平均粒径 (mm)	0.65	3.20	6.20
比重	2.63	2.65	2.64
内部摩擦角 (度)	36	36	43
透水係数 (cm/sec)	0.105	0.178	—

表-2 $c, n, w.$ と η_g, η_s の関係

材料	実験NO	容積濃度 C (%)	間ゲキ率 n (%)	含水率 w (%)	$\eta_{\text{実測}}/\eta_{\text{計算}}$
(A)	1	57.92	42.08	9.09	0.87
	2	61.20	38.80	9.09	0.91
	3	56.08	43.92	9.09	0.92
(B)	1	53.64	46.36	24.86	0.99
	2	56.35	43.65	24.86	0.97
	3	52.98	47.02	24.86	0.92
(C)	1	57.29	—	—	1.07
	2	62.26	—	—	1.15
	3	53.99	—	—	1.06
					$\eta_{\text{計算}}$
					0.98
					0.99
					0.97
					0.96
					0.98
					0.95
					1.03
					1.04
					1.02

ある。(C)に対する実測定値
が計算値である。材料
(A), (B), (C)とも実測値と
計算値は比較的良好な対
応を示している。

4. 終とめ

地下水の作用による土砂の流動発生について実験結果からの考察を試みたが、これには透水性の相違、すなわち構成材料の粒径の相違によつて地下水位があら高さになると全面流動が起るタイプと、地下水位が上昇して表面流が形成され、これがあら高さにみると層状の移動が起る

タイプの2つがあ
る二ヒゲ明らかに
ひとつだ。

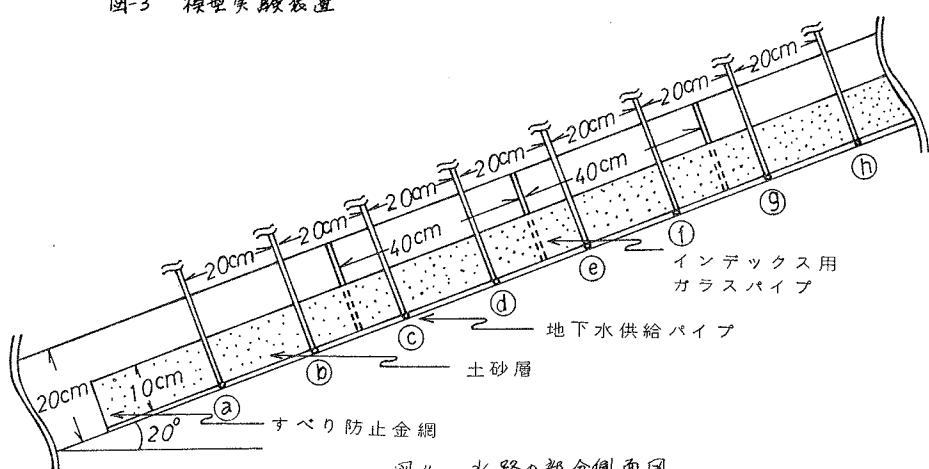


図-4 水路の部分側面圖