

金沢大学工学部 正員 西田義親
 全 高瀬信忠
 清水建設KK 射場正和
 石川高寿 〇 布本 博

1. はじめに

斜面の浸食崩壊に関する研究は水理学的条件および土質工学的条件の複雑な諸要素を伴うもので、いまは、実際問題を解決するには十分とはいえない現状である。本研究は、こうして浸食崩壊に影響を及ぼすと思われる、揚力および流体抵抗を考慮し砂れき石移動し始める時の平衡状態をとり扱い、実験値と比較検討するものである。

2. 理論的解析

平衡条件式は砂の粒子1個を対象としこの砂粒子を球と見、図-1のように上半分の斜面上に出ているものとする。また、斜面は半無限に続くものとし、土は粘着性がなく水によって完全に飽和されていて、浸透流は斜面に平行な流線を持ち、2次元流と仮定する。砂粒子の自重、浮力、浸透圧については赤井¹⁾の理論的考察と同じであるが、これに浸透流と表面流の流速差による揚力、さらに表面流による流体抵抗を考慮して計算を行なったものである。粒子の直径を d 、土の単位重量 γ_s 、水の単位重量 γ_w 、とすると、自重 G 、浮力 F 、浸透圧 P は、

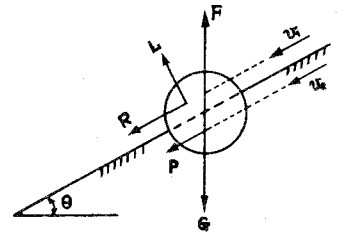


図-1

$$G = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^3 \gamma_s, \quad F = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^3 \gamma_w, \quad P = \frac{1}{2C} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 p, \quad \dots (1)$$

となる。 C は粒子の形と間隙の大きさによる係数で、 P は単位面積当りの浸透圧である。次に表面流速を v_1 、浸透流速を v_2 とすると流速差によって生ずる揚力 L は、

$$L = \frac{1}{6} \pi \rho_w d^2 (v_1^2 - v_2^2) \quad \dots (2)$$

となる。ここに、 ρ_w は水の密度である。また、表面流の流速による流体抵抗は、

$$R = \frac{\rho_w}{2} C_d v_1^2 \frac{\pi}{4} d^2 \times \frac{1}{2} = \frac{\pi}{16} C_d \rho_w d^2 v_1^2 \quad \dots (3)$$

ここに、 C_d は球の抵抗係数である。水中の砂粒子の単位重量を $(\gamma_s - \gamma_w)$ とすると、鉛直方向の力 N は

$$N = (G - F) \cos \theta - L = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^3 (\gamma_s - \gamma_w) \cos \theta - \frac{1}{6} \pi \rho_w d^2 (v_1^2 - v_2^2) \quad \dots (4)$$

となる。流れの方向の力 S は、

$$S = (G - F) \sin \theta + R + P = \frac{4}{3} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^3 (\gamma_s - \gamma_w) \sin \theta + \frac{\pi}{16} C_d \rho_w d^2 v_1^2 + \frac{1}{2C} \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 p \quad \dots (5)$$

水中の砂の内部摩擦角を φ とすれば安定の平衡条件式は

$$S = N \tan \varphi \quad \dots\dots (6)$$

である。以上の結果、(6)式に(4)、(5)式を代入し整理すると、平衡条件式は次のようになる。

$$\frac{d}{3} (\gamma_s - \gamma_w) \sin \theta + \frac{C_d}{8} \rho_w v_s^2 + \frac{P}{4C} = \frac{1}{3} \{ d (\gamma_s - \gamma_w) \cos \theta - \rho_w (v_s^2 - v_b^2) \} \tan \varphi \quad \dots\dots (7)$$

3. 実験

実験に用いた砂れきは表-1に示す。実験水路は勾配の可変式開水路で全長8m、内幅0.3m、内高0.25mの木製水路の内側に透明な合成樹脂

表-1

特性値 砂の種類	平均粒径 d (cm)	比重 G	摩擦角の正接 tan φ
粗砂 (A砂)	0.36	2.66	0.692
細砂 (B砂)	0.18	2.65	0.610

製の開水路をはめ込んだもので、勾配は $1/100, 2/100, \dots, 8/100$ について実験を行なった。斜面の表面は不均一のないように、できるだけ一様にする必要があるのでコテ仕上げを行ない、表面流の流速、水圧、流量の測定は砂れき移動開始する瞬間に行なった。

4. 考察

図-2は水深Hと崩壊してすべり出す砂層の厚さD(平均粒径)の比 H/D と勾配との関係を表わしたものである。これより粗砂、細砂などの斜面材料の種類にかかわらず勾配の増加に伴ない H/D の値は減少する傾向を示し、わずかながら実験による H/D の値が大きくなっているのは、図-1に示したとおり、その上半分が斜面上に出ているものと仮定したこと、斜面浸食に影響を与えるものとして考えられる雨水流の軟化列および斜面材料の土質工学的性質(形状、混合状態)などの影響を考慮に入れてはいないためと思われる。また、図-3は表面流速と勾配との関係、および有効応力に対する揚力の百分率と勾配との関係が表わしてある。この図から、斜面材料によって表面流速の値はほぼ一定値をとることがわかる。すなわち、斜面の崩壊は同一粒径の砂れきにおいては、表面流速が一定の値をとるような水深と勾配の組合せの時に起こるものと考えられる。有効

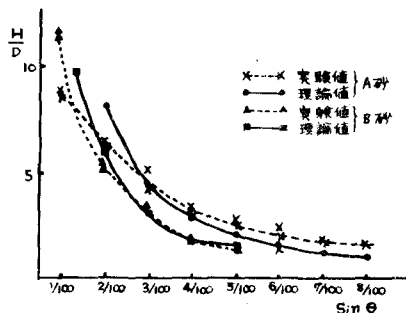


図-2

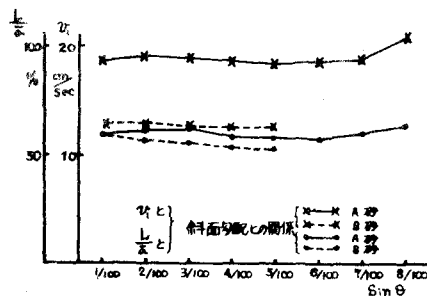


図-3

応力に対する揚力の割合から斜面勾配が変化してもほぼ一定値をとり、粗砂においては約60%、細砂においては約55%である。また粒径に関係なくほぼ一定値をとるものと考えられる。おわりに、本研究は文部省機関研究および試験研究による研究成果の一部であり、実験その他について種々と御協力願う、当時厚生、沢崎弘道、中塚元三の両氏に対して深甚の謝意を表する次第である。

—文献— 1) 赤井浩一: Disaster Prevention Research Institute, Bulletin No. 24, 1958.

2) 八木得次・入江義次・青木幸男: 土砂の水力輸送に関する研究, 港湾技術研究所報告 第6巻6号, 1967.