

III-12

豪雨時緩斜面の崩壊機構に関する実験的研究

長崎大学工学部 正 員 伊勢田哲也 持下 輝雄

長崎大学工学部 学生員 川内 俊英・島飼 静久

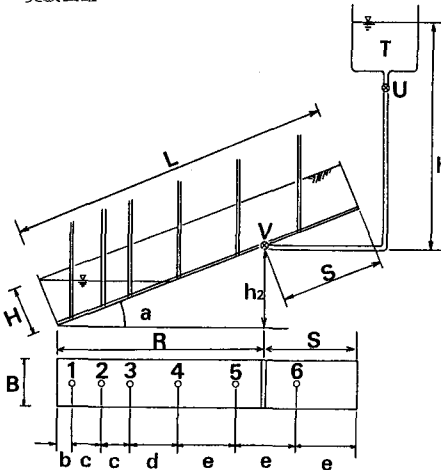
1. まえがき

昭和57年7月23日、長崎地方に於いて梅雨末期の集中豪雨が飛来し、この災害によって死者の数は299名にものぼった。その死者の90%近くが土砂災害の犠牲者であった。中でも、長崎市本河内町奥山地区の大規模山崩れに代表されるように、平均勾配が30度以下の緩斜面での崩壊がかなりの数にのぼっている。この場合、通常の斜面安定計算によれば、安全率は2以上となる。従って傾斜角は崩壊原因としての説明にはならない。そこで崩壊の原因として浸透水圧に着目し、特に被害の大きかった、長崎市本河内町奥山地区の崩壊斜面をモデルとした模型を製作し、これに浸透水圧を荷担させて、挙動を観察するといった実験を試みた。

2. 模型実験の方法と結果

(1) 実験装置

実験装置は図-1の通りである。図の水タンクTのコックUを開くと、入水孔Vより水が浸透する様になっている。模型槽の底部には、透水層として均等にせん孔したダンボール紙を敷き詰めてある。ダンボールの、斜面上端及び側部はガムテープで水の流出を止めである。また、入水孔の真上の部分のダンボール紙にもガムテープを貼って水圧を分散している。試料はHの厚さで、現場の密度になるべく近い状態に締め固めてある。図-1の1から6までの番号は、内部水圧測定用のマノメーターの位置を示したものである。模型の傾斜角は22.5度で、上述の奥山地区の平均勾配とほぼ同じにしてある。その他の寸法は図1を参照されたい。

図1
実験装置 断面図


H = 15 cm
L = 100 cm
B = 30 cm
a = 22.5°
S = 32 cm
h₁ = 153.5 cm
h₂ = 26.0 cm
R = 68 cm
b = 5 cm
c = 10 cm
d = 15 cm
e = 20 cm

(2) 試料

試料は奥山地区の崩壊斜面から採取した土である。この土の土質分類名はシルト質粘土である。この試料の諸物性値は、現場と、模型槽に締め固めた状態とのそれぞれに於いて測定した。結果は表-1、表-2にまとめた。なお実験に用いた試料は、現場の土からシキを除いたものである。

(3) 実験操作及び結果

まず実験に先立ち、図-1のコックUを少し開いて一兩日水を流し続け、自由水面が水平になるようにした。その状態を定常状態としてマノメーター及び、タンクTの目盛りの水位を読み取り、コックUを開放して水を流し、4分毎にそれぞれの目盛りを読み取っていった。マノメーターの目盛りは、図-1の静水面を0に取ったものである。タンクTの目盛りは、入水孔Vからタンクの水面までの高さh₁を、初期状態で153.5cmとして読んだものである。タンクの水位の挙動

表1

諸物性値	現場
e	1.635
w [%]	53.0
S _r [%]	88.5
G _s [t/cm ³ /15℃]	2.73
P _t [g/cm ³]	1.585
P _d [g/cm ³]	1.036

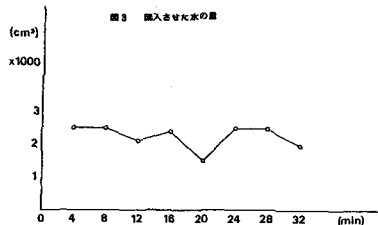
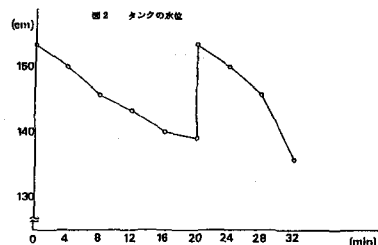
表2

諸物性値	実験
e	2.076
w [%]	53.0
S _r [%]	69.7
G _s [t/cm ³ /15℃]	2.73
P _t [g/cm ³]	1.358
P _d [g/cm ³]	0.888

は図-2、4分毎に流入させた水の量は図-3にそれぞれ示している。

図-4は、マンノメーターの水位の挙動を表したものである。図-2、図-3とも20分のところで同じような挙動が見られる。これは20分経過した時点で、タンクの水を初期状態と同じ高さまで補給した為である。

実験開始後28分の所で土は崩壊した。崩壊状況を述べてみる。まず、斜面下端部からの湧水が増加し、クラックが顕著に現れて下端の土が少しずつ盛り上がり、また、やがて湧水に混じって流出する土の量が増加し始め、クラックも大きくなり、そこからも水が流出し始めた。槽の側面から見ると、ボイリング現象が観察された。向もなく斜面下端部が大きく盛り上がり、土が大量に流出して模型斜面は崩壊した。なお、マンノメーターの水位の挙動に關しては、模型実験の有限要素法による浸透流解析について述べた報告¹¹⁾で、計算値による圧力水頭と比較しているのので参照されたい。



3. 考察

本実験を単にボイリング現象として考えると、図-5において、 H は土の厚さ、 α は傾斜角、 h はボイリング破壊が生じる限界の水頭、 p' は槽の底部に発生する下向きの応力、 U はボイリングによって生じる上向きの応力と仮定すると p' 及び U は

$$p' = (\rho_{sat} - \rho_w)gH = \rho'gH$$

$$U = h \cdot \rho_w \cdot g \cos \alpha$$

という式で表せる。なお ρ_{sat} は土の飽和密度、 ρ_w は水の密度である。ボイリングが生じる限界において、 p' と U が等しくなる事は明らかである。即ち、

$$p' = U, \rho'gH = h \cdot \rho_w \cdot g \cos \alpha \quad \therefore h = \rho'H / \rho_w \cos \alpha$$

ここで、 $H = 15 \text{ cm}$ 、 $\alpha = 22.5^\circ$ 、 $\rho_w = 1.0$ 、 $\rho_{sat} = 1.59$ を代入すると、

$$\rho' = 1.59 - 1.0 = 0.59 \text{ g/cm}^3 \quad h = 0.59 \times 15 / \cos 22.5^\circ = 9.5 \text{ cm}$$

即ち、破壊が単にボイリング現象であるなら、 $h = 9.5 \text{ cm}$ の時に破壊するはずである。しかしこの実験では $h = 18 \text{ cm}$ で破壊した。計算値と実験値にこれだけの差が出た原因としては、模型装置の壁面における摩擦抵抗等が考えられる。また、当実験で用いたマンノメーターは、圧力水頭の挙動を追うための目安的なものであるため、その読みに正確さを欠いていることも考慮に入れなければならないだろう。

4. あとがき

この実験装置は初期のものに比べて、かなりの改良が加えられているのであるが、現場を正確にシミュレートした模型というには、まだまだほど遠い。今後、更に改良を加えて精密な模型装置による詳細な実験・解析を行なう所存である。なお本研究遂行にあたり、文部省自然災害科学費の補助を受けたことを附記する。

引用文献：(1)伊勢田・棚橋・川原・有吉：緩斜面模型実験の非定常浸透流・安定解析，昭和58年度土木学会西部支部講演概要Ⅱ，1984

