

# 風化土層内の大孔隙網と崩壊

九州大学農学部 細川雅永・丸谷知己  
竹下敬司

## 1. はじめに

昭和57年7月の長崎災害においては、一般に間隙水圧の上昇困難のため崩壊発生が少ないと考えられる粘土質風化土層斜面が数多く崩壊した。この実態から、竹下<sup>1)</sup>らは、粘土質風化土層斜面が崩壊する条件として土層内に自由水が流動しうのようなパイプ状の「大孔隙網」の存在が必要であると報告している。筆者は、パイプ状の大孔隙網による崩壊現象は、従来考えられているパイピングによる崩壊現象とは発生機構の異なるものと考えた。すなわち、パイピングによる崩壊理論は、土中浸透水が流動しゆるようなルーズな砂質斜面に適用され、その崩壊跡地でのパイプ自身は浸透水の流動によって形成されるものと考えられている。一方、今回調査した崩壊斜面は、厚いもので6m以上薄いもので2m以上の均密な粘土質土層から形成され、崩壊跡地に見られる大孔隙は、土層表層部のルートチャンネル（樹木の根系が腐食して形成される孔隙網）とは異なり、風化土層内に散在する未風化部分の割れ目と考えられる。筆者は、この割れ目が風化土層内においてパイプ網を形成し、そこに貯留された自由水圧によって斜面の破壊が進行するものと考えた。ここではまず、現地においてこの機構の特徴がどのように崩壊跡地形態の特徴として表われているかを調査した。次に実験により大孔隙網が崩壊機構に与える働きを観察した。なお、地下水の作用による河床堆積土砂の流動発生について、谷口<sup>2)</sup>らによって実験がおこなわれているのでその方法を参考にした。

## 2. 研究方法

### 1) 現地調査及び結果

現地調査においては、崩壊跡地の形状（長さ、幅、深さ、崩壊上部と下部及び地山傾斜）と大孔隙の数、径について計測した。調査結果を、表-1に示す。崩壊跡地の形態の特徴は2~6mと崩壊が深いことである。また、崩壊跡地内においては、基岩が露出している所はなく、風化土層が残存していた。図-2は、表-1の崩壊跡地No.2の平面図及び縦断面図、大孔隙の分布状況を表わしたものである。図では、大孔隙は崩壊跡地内縦断方向の傾斜変換点付近に多く分布する

表-1 調査結果一覧

崩壊地 No.	1	2	3	4	5	6	7	8
崩壊地 長さ	19.0m	27.0	15.0	20.0	33.0	29.0	30.0	24.0
	15.0m	19.0	8.0	13.0	23.0	17.0	20.0	17.0
崩壊地 深さ	2.0m	3.5	3.0	2.0	6.0	4.0	6.0	4.0
崩壊傾斜 上部	32°	41	48	56	75	60	40	42
	24°	22	25	25	24	27	16	29
崩壊傾斜 下部	28°	30	38	32	35	31	34	30
土 質	粘土	粘土	粘土	粘土	粘土*	粘土	粘土	粘土*
大孔隙 最大径	15cm	20	10	-	25	35	20	15
	2cm	2	1	-	2	2	-	-
大孔隙 最小径	6mm	5	4	-	8	5	(5)	(5)
大孔隙 個数	10個	11	9	8	8	10	9	6
形状 比	0.88	0.80	0.70	0.76	0.88	0.65	0.83	0.71

\* レキおよび砂混じり

表-2 実験結果一覧

実験番号	1	2	3	4	5
土層 傾斜 (°)	20	20	20	20	20
土層厚 (cm)	上部	10	10	10	10
	下部	5	5	5	5
水 頭 (cm)	80	116	81	81	120
崩壊 長さ (cm)	45	40	30	45	未崩壊
崩壊 時間 (秒)	28	10	33	90	未崩壊
含水率 (%)	実験前	18.4	17.7	10.6	23.4
	実験後	19.8	16.0	10.9	26.4
					-

注) \* は崩壊土体内部での値で、クラック貫入部では液状化していた。

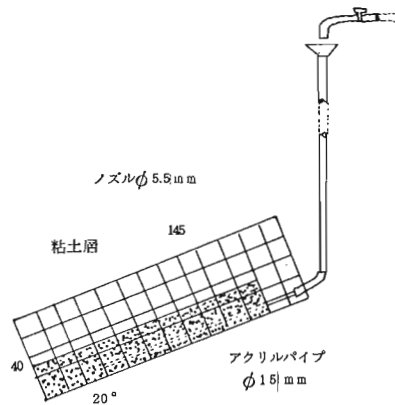


図-1 実験装置図

が、この傾向は他の崩壊跡地においても同様である。また、崩壊跡地平面形は、大孔隙の分布状況に応じて長楕円から卵円形へと崩壊跡地平面形状比（幅/長さ

) が 0.65 ~ 0.88 と変化している。

2) 実験及び結果

図-1 のようなアクリル板容器に硬度 18 mm ~ 20 mm (山中式硬度計による) に締め固めた粘土層を作り底部から 5 cm のところに 1ヶ所 (径 1 cm) のノズルを開けたアクリルパイプを埋設し、自由水圧が土層上部に加わるようにした。実験後の含水率は、崩壊土層内部のものである。ここでは、縦断方向成分のみについて検討しており、1つの大孔隙からの自由水圧による土層の変位、変形を観察した。結果は表-2 に示す。

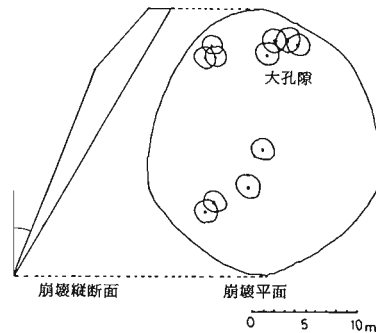


図-2 大孔隙分布図

3. 大孔隙密度と崩壊面積及び崩壊深

大孔隙密度を次のように定義したが、これは大孔隙の集中度合を示す指標となりうる。

$$P = \frac{N}{N \cdot \pi r^2 - \sum \Delta S} \quad (1)$$

$$1/P = \pi r^2 - \frac{\sum \Delta S}{N} \quad (2)$$

$P$ : 大孔隙密度個/ $m^2$ ,  $N$ : 大孔隙数,  $r$ : 半径( $m$ )  
 $\sum \Delta S$ : 大孔隙を中心とする円の重なり部 ( $m^2$ )  
 ここでは  $r = 1$  とした。

$$\therefore 1/P = \pi - \frac{\sum \Delta S}{N} \quad (3)$$

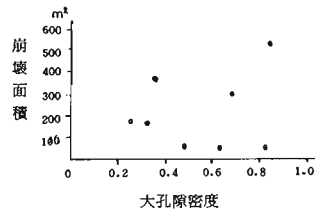


図-3 大孔隙密度と崩壊面積の関係

$P$  と崩壊面積及び崩壊深の関係を示したものが図-3, 図-4 である。図より、大孔隙が集中するほど崩壊が大となる傾向にあるが、崩壊面積においては相関性がない。これより、 $P$  が粗な場合発生する自由水圧が崩壊要因として効果がなかったと考える。これと実験結果より一定土層厚の崩壊には最低必要水頭の存在が推定される。なお、実験の観察より大孔隙からの自由水圧は、すべり面の形成及び土層せん断力として働いているようである。

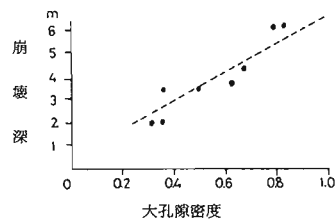


図-4 大孔隙密度と崩壊深の関係

4. 大孔隙網による崩壊過程

風化土層内の大孔隙網による崩壊は、長崎災害におけるような異常な集中豪雨時に発生するものと考えられる。それは、厚い土層内の大孔隙網に自由水が貯留され自由水圧が発生しなくてはならないからである。この崩壊過程について次のように考えた。第一に、先行降雨によって大孔隙網に除々に浸透水が貯留される。(長崎では 250 mm を記録している) 第二は、先行降雨に続く集中豪雨である。これにより粘土質土層は水で飽和され不透水層化するとともに大孔隙網に水が補給され始め自由水圧が上昇してくる。第三に、山腹斜面上昇した自由水圧がかかる。そして、発生した自由水圧がその部分の土層の条件 (厚さ, せん断抵抗力) を、上まわったときに崩壊すると考えた。

5. おわりに

本報告では、現地調査と実験から大孔隙網による崩壊を定性的に説明した。今後は、崩壊機構を力学的に検討し、崩壊発生地及び非発生地の要因分析を行ない崩壊危険地予測及び対策へと進めていきたい

引用文献

- (1) 竹下敬司: 第15回砂防学会シンポジウム 概要集, 49 ~ 60, 1982
- (2) 谷口義信・高橋正佑: 日林誌 65, 143 ~ 146, 1983