

降雨浸透による斜面の水みち形成要因について

九州大学工学部 正 員 〇平田 登基男
九州大学工学部 正 員 橋本 武
九州大学土木工学科 坂内 晃

1. はじめに 豪雨時の斜面崩壊の発生要因の一つとして、崩壊跡に発見される空洞が注目され始めた。この空洞が豪雨時に多量の地下水の供給源となり、斜面崩壊が発生すると考えられるからである。土中に発生する空洞の生成過程についてはまた明らかにされておらず、フックサント現象によるもの(短期発生型)が、長期にわたって形成される水みちによるもの(長期発生型)が不明である。自然斜面中を流下する地下水の速度勾配は比較的小さく、他の条件が付加されなければフックサント現象は通常発生しないと考えられる。したが、斜面内の細粒分が長期にわたって流失し、その結果、比較的小さい粒子による水みちが形成されてゆくと考える長期発生型が妥当な解釈であると推定した。水みち形成のメカニズムを究明することは斜面崩壊防止や崩壊予知を知る上で非常に重要であると考え、そこでこの水みちの発生条件を明らかにするために表-1の17ケースについて室内模型実験を行ったのでここに報告する。

2. 実験概要 実験に用いた試料、供試体寸法および降雨発生装置は文献(1)に述べたとおりである。詳細については発表当日述べる。一定雨量を連続的に作用

表-1 実験の概要

No.	Name of soil	Intensity of rainfall(mm)	Depth of layer(cm)	Dry density (g/cm ³)	Total rainfall (mm)
1	Crushed sand	50	30	1.97(0.89)*	11800
2	Masa-soil	50	30	1.45(0.81)	10500
3	Sand(1)	50	30	1.22(0.72)	14400
4	Crushed sand	100	30	1.87(0.84)	26400
5	Crushed sand	25	30	1.91(0.86)	26400
6	Crushed sand	50	10	1.72(0.77)	12000
7	Crushed sand	50	30	1.55(0.70)	1200**
8	Crushed sand	50	10	1.29(0.58)	200**
9	Crushed sand	50	10	1.77	84000
10	Masa-soil	50	30	1.32(0.74)	12000
11	Masa-soil	50	M-20, R-10	1.21(0.67)	12000
12	Sand(1)	50	15	1.31(0.78)	12000
13	Crusher-run	50	S-5, R-10	1.32(0.78)	12000
14	Crushed sand	50	30	1.69(0.76)	12000
15	Crushed sand	50	S-20, R-10	1.58(0.71)	12000
16	Sand(2)	50	30	1.45	12000
17	Masa-soil	50	S-20, M-10	M=1.29 S=1.32	12000

*: (Y_d/Y_{dmax}), **: Failure

させた後、法肩部と法尻部で試料を採取し、単位体積重量を求め、粒度試験を行った。また、ピエゾメータ式の間引き水圧計を用い、土中の水圧を把握した。さらに法先付近には流出土砂量測定器を設置し、累積雨量と流出土砂量の関係も調べた。

3. 結果と考察 水みちの形成を確認する方法としては降雨実験終了後斜面を掘削して直接観察により確認する方法が考えられるが土を乱さない状態で掘削することの、技術上の困難さから、ここでは粒度分析結果を利用することにした。

すなわち、降雨は土中に浸透した後地下水となり、土中の細かい粒子を流失し、そのため実験前後で粒度曲線に変化が生じると考えられるからである。粒度曲線の変化を要約的に把握するために、通過率50%の粒径の変化をもって水みち形成の程度を把握しようとしたが、図-1の点線で示されるように、その変化は極

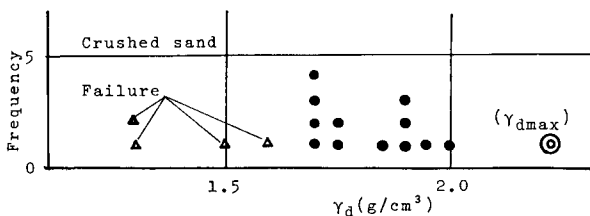


図-2 乾燥密度のヒストグラム(石砂)

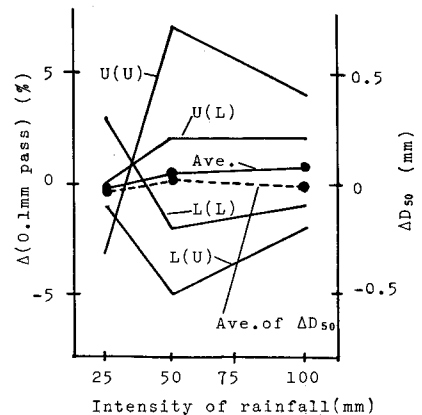


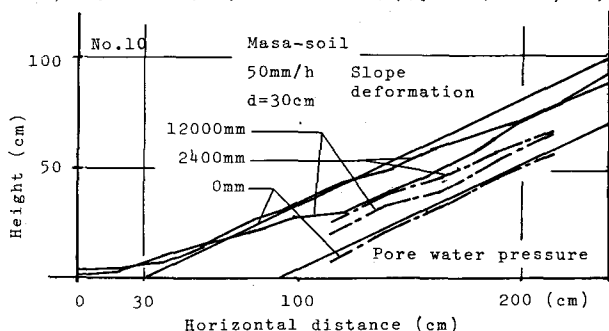
図-1 0.1mm径通過率及び50%通過径の雨量強度への影響

めて少く、水みち形成の指標としては不十分なものであった。そこで流出する土は細粒分に限られると判断されるので、 0.1mm 粒径の通過率の、実験前後の変化量 $\Delta(0.1\text{mm pass})$ を水みち形成の指標として採用した。図-1は雨量強度とそれとの関係を示したものである (U(U)は法面で採取した試料の表層部分を、U(L)は同じく下層部分を表わす。またL(U)は法底部分の表層部分を、L(L)は同じく下層部分を表わす)。各データはかなりばらつくが平均値で見ると雨量強度が増大するにつれて $\Delta(0.1\text{mm pass})$ の値が増加しており細粒分が流出していることを示している。本実験によるかきりでは、その他に層厚がうすく、均一な土の方が $\Delta(0.1\text{mm pass})$ の値は大きく、流出しやすいことが明らかとなった。また、土の種類によっても大きな差があることがわかった。またデータのばらつきが非常に大きく、今後更に検討を加える必要がある。

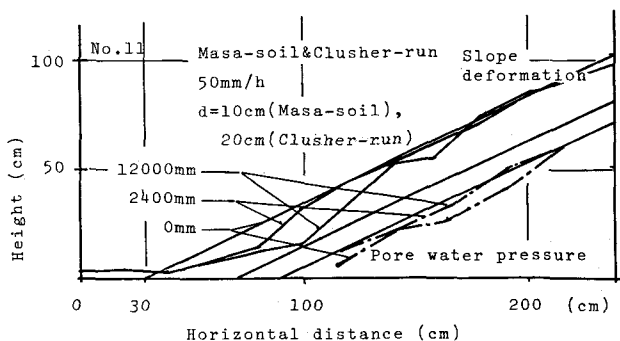
図-2は石粉(Crushed sand)の場合の乾燥密度の度数分布を示した。降雨開始4時間~24時間で崩壊したものは崩壊しなかった他のものに比較して明らかに密度が小さい。すなわち、密度が小さい場合は比較的小さい降雨で崩壊するが、密度が大きくなると崩壊しにくくなり、本実験においては 50mm/h の雨量強度で528時間 ($26400\text{mm}/100\text{mm}=15.5$ 年 1700mm は福岡市の年平均雨量) 継続しても決定的な崩壊は発生しなかった。しかし、その中でも比較的低密度の小さい場合は水みちが十分に形成されると崩壊することが十分に予想され、斜面の長期安定問題からも注目されよう。

図-3にはまさ土(Masa-soil)と碎石(Crusher-run)を用い、水みちが形成された場合の、降雨の法面への影響を調べたが、まさ土のみを用いた(a)では土中を流れる地下水位は高く、また、法面の雨裂発生も大きく、全般的な崩壊が発生していると言えるが、下層に水みち形成層を想定した(b)では浸透した雨水は透水係数の大きい碎石中を速やかに流下し、土中の間隙水圧も小さい。そのため法面上部の雨裂の発生は小さいが、碎石中を流下した地下水が集中する法底部では大きな法面流出が発生しており、土中に存在する水みちの果たす役割を端的に示していると言えよう。図-4は流出土砂量と累積雨量との関係を示しているが、下層に水みちを想定したまさ土と碎石の複合地盤の方が均一なまさ土地盤よりも流出土砂量が多く図-3の結果と同じく、水みちの存在が斜面崩壊に大きく影響を及ぼすことが指摘されよう。

参考文献(1) 平田 樹木, 土木学会支部発表会 (1985, 2) P340~341



(a) 均一地盤の場合



(b) 水みちが存在する場合

図-3 水みちの法面変形への影響

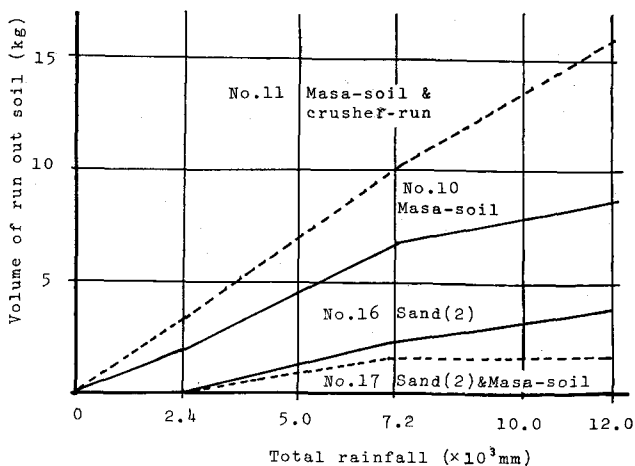


図-4 流出土砂量と累積雨量