

降雨時における浸透と崩壊との関連性に関する室内土槽試験

立命館大学大学院 学生会員 ○檀上徹
立命館大学 正会員 酒匂一成
立命館大学 非会員 深川良一

1. はじめに

近年、地球温暖化等の異常気象の影響から、日本各地で集中豪雨による斜面崩壊が発生している。これまで、斜面崩壊に関する多くの研究¹⁾が行われてきたが、メカニズムの解明には未だ至っていない。メカニズムの解明に当たり、降雨時における地盤内の水分挙動を把握することは非常に重要であり、テンシオメータを用いた計測が、これまでに多く行われてきた²⁾。本研究では、テンシオメータを用いて室内土槽試験を実施し、降雨時における地盤内の浸透と崩壊の関係性を検証した。

2. 試験概要

本試験では人工降雨装置を用いて、所定の降雨量で8ケースの試験(表-1)を行った。試験条件、土質条件、

表-1 各ケースの概要

Case	平均時間雨量 (mm/h)	のり肩亀裂	のり先崩壊
1	50	○	○
2	50	○	○
3	50	○	○
4	33.86	○	○
5	77	○	○
6	20		○
7	50		○
8	50		○

表-2 試験条件

境界条件	上面	注水
	底面	非排水
	のり面	注水
	のり先	排水
斜面勾配		45°
降雨強度		表-1を参照
土槽の大きさ		高さ0.7m×幅1.0m 斜辺1.0m

表-3 土質条件

試料	滋賀県信楽産まさ土 (9.5mmふるい通過試料)
設定含水比 w	5(%)
設定乾燥密度 ρ_d	1.52(g/cm ³)
設定間隙比 e	0.72
土粒子密度 ρ_s	2.615(g/cm ³)
透水係数 k	9.15×10 ⁻⁶ (m/s)

モデル斜面を表-2、表-3、図-1に示す。底面はシートを敷き非排水条件とし、側面との摩擦を減らすために、摩擦係数の低いテフロンシートを設置した。試料は滋賀県信楽産まさ土を使用し、湿潤密度が1.60g/cm³となるように、0.05mの層ごとに敷き詰め、ランマーを用いて締め固めを行う。土槽作成後、計測機器までテンシオメータを挿し込み、周りの土と馴染ませるために一晩おき、翌日に斜面を形成し、試験を行った。

3. 試験結果の解釈

降雨により浸透が始まってから、崩壊に至るまでのテンシオメータの計測結果例を図-2に示す。降雨が浸透するまでの初期の計測値は、地盤内に負圧が働くため負圧を示す。浸透水が計測地点に達すると、周辺のサクショ

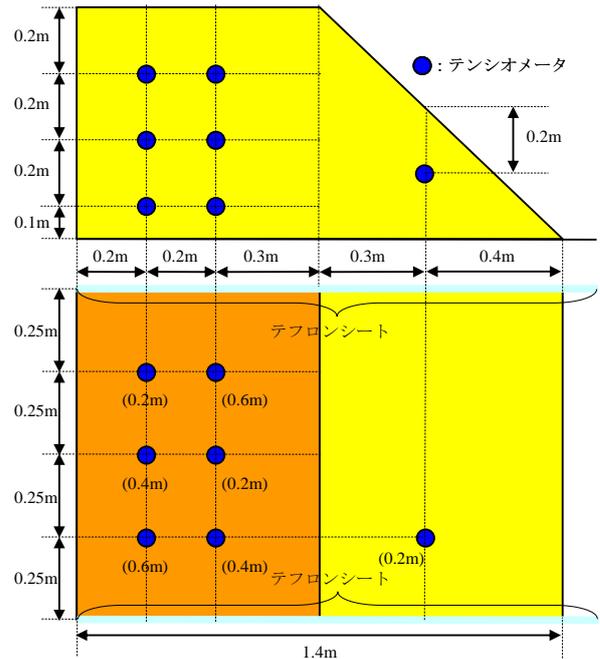


図-1 モデル斜面

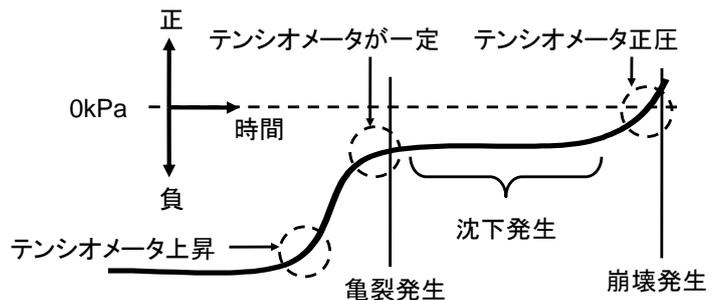


図-2 テンシオメータの計測結果例

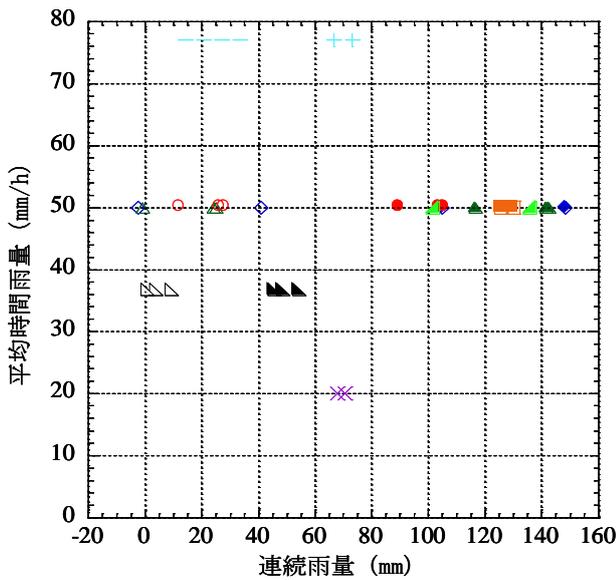
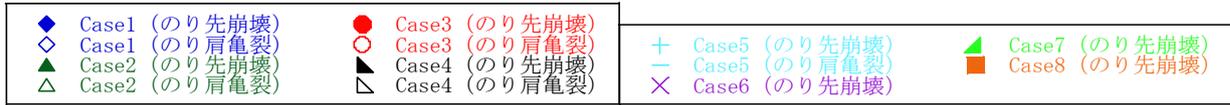


図-3 テンシオメータが一定となった時からの連続雨量-平均時間雨量

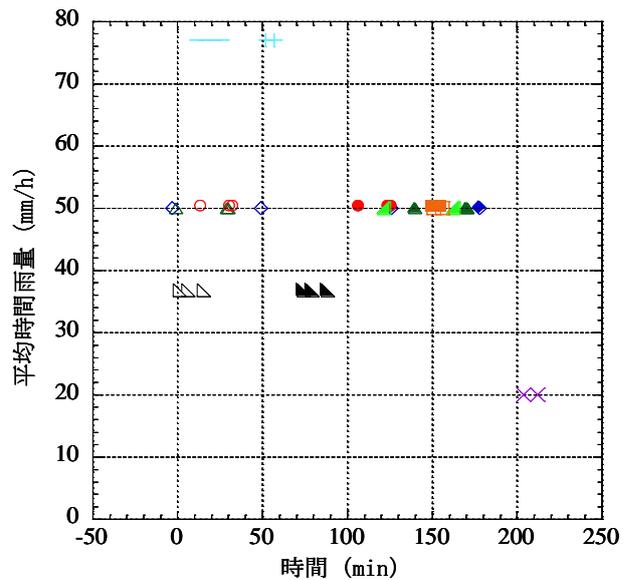


図-4 テンシオメータが一定となった時からの時間-平均時間雨量

ンが減少することから、テンシオメータの計測値が上昇する。その後、周辺の地盤が浸透水により均一に不飽和状態になると、テンシオメータの計測値は一定となる。テンシオメータが一定になると、斜面やのり肩に亀裂が発生することが確認されている。続いて、のり肩付近で沈下が発生し、地下水の上昇などにより計測地点が飽和に近づくと、再び上昇し、テンシオメータの計測値は正圧に達する。テンシオメータの正圧後は、せん断強度の低下に伴い、のり先崩壊やのり肩崩壊が発生する。試験条件や設置する深度により、発生時間は異なるが、一般的なテンシオメータの計測データの解釈としては、図-2のような挙動を示すことが言える。

4. 試験結果

図-3 は、各試験における深度の浅いテンシオメータ (0.2m 深さ) が一定になった時点の連続雨量を「0」とした場合における、のり肩の亀裂とのり先崩壊時の連続雨量 - 平均時間雨量で表したものである。のり肩の亀裂は、テンシオメータが一定になってから連続雨量が 40 mm 以内に全て発生しており、テンシオメータが一定になった時間とほぼ同じ時間に発生していることから、平均時間雨量に関係なく発生すると考えられる。

平均時間雨量 50 mm/h におけるのり先崩壊のデータより、連続雨量 90~150 mm の範囲に散らばっていることが分かる。この要因としては、試験に用いた降雨装置の精度が挙げられる。今回用いた降雨装置の精度が ±20% 以内ということから、仮に 120 mm を基準と考えた場合、ほとんどが範囲内であることが分かる。一方、平均時間雨量によりのり先崩壊が発生する連続雨量が異なることか

ら、のり肩の亀裂でみられた傾向とは異なることが分かる。ここで、50 mm/h が最も崩壊までの連続雨量が多いが、その要因は現段階では不明である。

図-4 は、図-3 の横軸を時間軸に書き換えたものである。のり肩の亀裂に関しては、図-3 と同様に平均時間雨量に関係なくテンシオメータが一定になってから 50 分以内にはほぼ同じタイミングで発生している。一方、のり肩崩壊に関しては、時間雨量が大きくなると崩壊までの時間が短くなる傾向がある。しかしながら、平均時間雨量 50 mm/h 以外のサンプルデータ数が少ないことから、はっきりとしたラインを引けず、今後の課題だと考えられる。

5. おわりに

本試験では、テンシオメータを用いて浸透挙動を把握し、崩壊との関連性を室内土槽試験において検証した。その結果、浅い地点に設置したテンシオメータが一定になった時点の連続雨量を「0」とした場合、のり肩亀裂はテンシオメータが一定となった直後に発生し、のり先崩壊は連続雨量が 120mm 付近で発生することが分かった。今後は、雨水浸透を明確にし、崩壊メカニズムの解明を行っていきたい。

参考文献

- 1) 矢田部龍一, 八木則男, 榎明潔: 降雨による砂質土斜面の崩壊発生時期の予測法に対する検討, 土木学会論文集, 第 376 号, pp.297-305, 1986.
- 2) 北村良介, 酒匂一成, 加藤俊二, 水島俊基, 今西肇: 降雨時しらす斜面の浸透・崩壊に関する室内土槽試験, 地盤工学ジャーナル, Vol.2, No.3, pp.149-168, 2007.