

降雨条件の違いによる盛土の浸透特性に関する実験的検討

福島工業高等専門学校 学生会員 ○殿木 雄大
福島工業高等専門学校 学生会員 鈴木 颯人
福島工業高等専門学校 正会員 金澤 伸一

1. 研究背景/研究目的

近年，集中豪雨による災害が世界中で頻発している．国内においても令和元年台風 19 号による豪雨災害が記憶に新しい．降雨による盛土の崩壊は，飽和度の増加に伴う土の質量の増加や，土のせん断抵抗の低下が原因として挙げられる．特に，降雨時の盛土内部の浸潤線の上昇と間隙水圧の増加が盛土の安定性に大きく影響する．降雨による盛土への浸透現象を把握し，それが安定性に及ぼす影響を明らかにすることが降雨による盛土崩壊メカニズムの解明につながる最重要課題である¹⁾．
そこで本研究では，模型土槽を用いた降雨浸透実験を行う．模型土槽内部には飽和度を把握するための土壌水分計を設置し，さらに内部の応力状態を把握するために，サクシオンを計測するためのテンシオメーターを設置する．降雨は 30mm/h，120mm/h の 2 パターンの降雨強度を設定し，模型盛土崩壊までの飽和度とサクシオン推移を把握する．

2. 研究方法

2-1 実験条件

図 1 に実験装置の概要を示す．100cm×80cm×50cm のアクリル土槽内に 10cm の基礎地盤と盛土(高さ 30cm，勾配 1 : 1.5)を作製する．盛土部は締固め性を考慮して，珪砂 6，7，8 号を 5:2:5 で混合した試料を使用する．表 1 に混合土の物性を示す．土槽上部に設置したスプレーノズルを用いて降雨を再現する．降雨強度²⁾は，突発的な集中豪雨を模擬した 120mm/h と，長時間継続すると災害を引き起こす恐れのある 30mm/h の 2 パターンを設定した．飽和度の計測には土壌水分計を用いる．サクシオンの計測にはテンシオメーターを用いる．

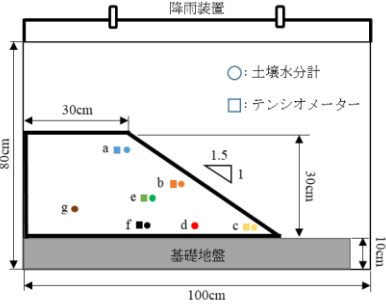


図 1 実験装置

表 1 混合度の物性

最適含水比	8.20%
最大乾燥密度	1.57g/cm ³
土粒子密度	2.61g/cm ³
相対密度	15.03%

3. 実験結果

図 5 に，降雨強度 120mm/h を与えたときの盛土が崩壊に至るまでの様子を示す．降雨を与えて 33 分後に法先付近の土塊が移動し亀裂が発生した(A)．その後，時間の経過とともに亀裂が上方方向に順次拡大した(B)(C)．盛土に浸透しきれない降雨によって法先の強度が低下し，崩壊に至るという既往の研究⁴⁾と同様の結果が確認できる．

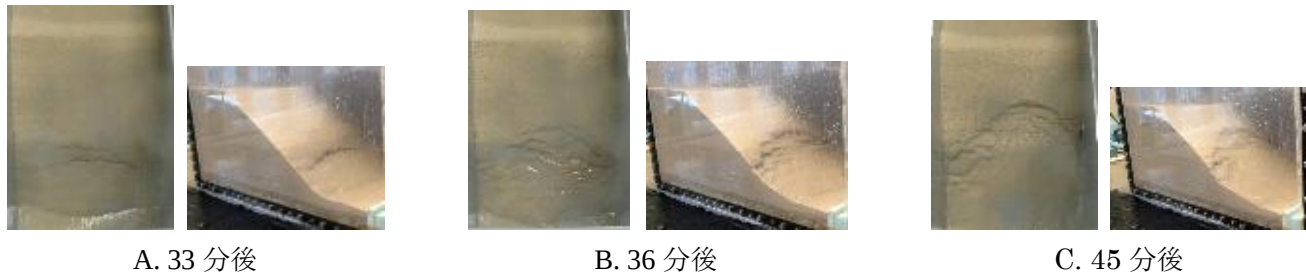


図 5 崩壊の様子(120mm/h)

キーワード 盛土 斜面崩壊 降雨浸透

連絡先 〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30 福島工業高等専門学校 TEL 0246-46-0700

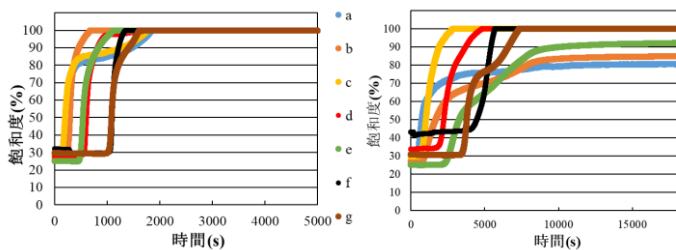


図6 飽和度推移(120mm/h)

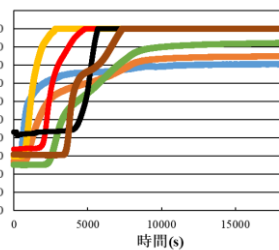


図7 飽和度推移(30mm/h)

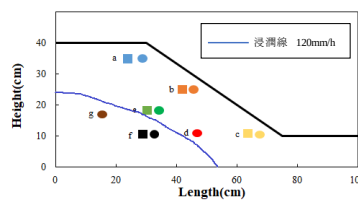


図10 降雨15分後の浸潤線

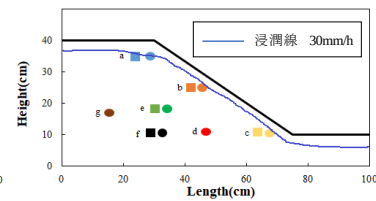
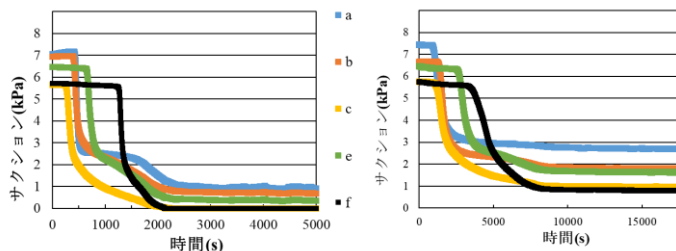
図11 降雨15分後の浸潤線
(降雨強度 30mm/h)

図8 サクション推移(120mm/h)

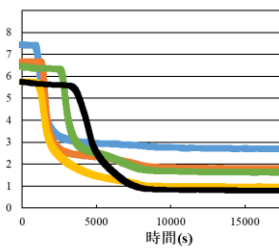


図9 サクション推移(30mm/h)

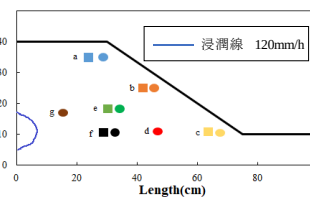


図12 降雨30分後の浸潤線

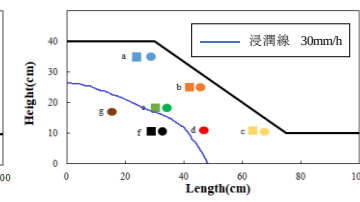


図13 降雨60分後の浸潤線

降雨強度 30mm/h の実験では、降雨を 5 時間与えたが盛土は崩壊に至らなかった。

図 6 に降雨強度 120mm/h の飽和度推移を示す。降雨開始後、斜面表層(a, b, c)→盛土内部(d, e)→盛土底部(f, g)の順に飽和度が上昇した。降雨から 27 分後にすべての箇所では飽和度が 100%に達した。図 7 に降雨強度 30mm/h の飽和度推移を示す。降雨強度 30mm/h における浸透の順序は降雨強度 120mm/h と同様に、斜面表層→盛土内部→盛土底部の順で飽和度が上昇したが、浸透の速度は降雨強度 120mm/h に比べて遅いことが確認できる。図 8 に降雨強度 120mm/h のサクション推移を示す。飽和度の上昇に伴い、サクションが低下し、法先の c 点及び盛土内部の f 点のサクションが 0kPa となっている。図 9 に降雨強度 30mm/h のサクション推移を示す。120mm/h 時と同様に飽和度の上昇に伴い、サクションが低下していることが確認できる。

図 10, 11, 12, 13 に模型実験で観測された浸潤線を示す。飽和度推移と同様に浸潤線からも降雨強度による浸透特性の違いが確認できる。

図 11 から降雨強度 120mm/h では降雨 30 分後にはほとんどの領域に降雨が浸透していることが確認できる。降雨 30 分後の飽和度はすべての箇所では 100%であり、サクションは降雨 36 分後に全箇所では下限のピークを迎えており、浸潤線から測定結果の妥当性を確認できる。

4. まとめ

- ・降雨強度 120mm/h のような盛土の浸透能を超える豪雨の際には、浸透しきれない降雨によって法先が弱点となり、崩壊につながった。
- ・土壌水分計及びテンシオメータを用いて、飽和度・サクション推移を分析した結果、降雨による飽和度の上昇とそれに伴うサクションの低下が確認され、法先が弱部となることが判明した。

本研究では土壌水分計と自作したテンシオメータを用いて模型盛土への降雨浸透実験を実施した。降雨強度の違いによる、崩壊形態の観測や要因となる水分特性(飽和度-サクション)の分析を行い、崩壊の起因となる場所として法先を選定することができたため、今後の盛土長期供用過程における盛土構造物の維持管理に対してモニタリングが可能となる。本研究の成果は盛土崩壊メカニズムの解明の一助になったと考える。今後は層厚等の施工条件を変化させた実験及び数値解析を行い盛土崩壊メカニズムの解明に努める。

参考文献

- 1) 朱偉, 山村和也, 石田哲郎: 降雨浸透が盛土の斜面破壊に及ぼす影響, 土木学会論文集 No.541,1996.
- 2) 気象庁: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>.
- 3) 酒匂一成, 小島淳, 檀上徹, 深川良一: 間隙空気圧測定を考慮したテンシオメータの改良について, 土木学会第 64 回年次学術講演概要集, pp.559,2009.
- 4) 殿木雄大, 鈴木颯, 金澤伸一: 降雨強度の違いによる盛土崩壊メカニズムの検討, 第 53 回地盤工学研究発表会論文集, pp.1131-1132,2019.