

異なる透水履歴を受けた模型盛土の健全性の評価

山口大学 正会員 ○梶山 慎太郎

山口大学 正会員 中田 幸男

株式会社技工団 非会員 畑 裕斗

1. 目的 盛土は水の浸透による内部侵食によって、竣工時から徐々に健全性が低下する。ダム等の常に浸潤線がのり面と接することが想定された盛土構造物では、多くの研究者が内部侵食に関する研究¹⁾を行っているが、道路盛土の様に、平常時と降雨時で水位が変動する盛土に関する研究は少ない。一方で平成30年7月豪雨では、広島県道路では盛土崩壊が発生し、降雨による土砂災害によって人的被害のみならず交通網への被害が発生し、高速道路では全線の復旧に約3ヶ月間を要した²⁾。この様に、長雨や近年増加する局地的大雨による土砂災害に関して、常時から盛土の健全性の評価しておくことがますます重要になると考えられる。そこで本研究では、模型盛土に異なる透水履歴を与え、盛土内の流量、水位およびのり面表面の加速度の変化量を健全性の指標に定め、透水履歴の違いによる健全性の評価を行った。

2. 実験条件および実験手順 実験には、珪砂4号、珪砂V5号、珪砂6号、珪砂7号、珪砂9号をKenny³⁾らの提案した内部安定指標で不安定となる粒度となるように調整した試料を用いた。模型盛土は相対密度40%と相対密度65%になるように作製し、各相対密度で後述する3つの透水条件で計6ケースを行った。実験装置の概要図を図-1に示す。内寸が幅510mm、高さ240mm、奥行き100mmの模型土槽内に模型盛土を作製した。浸透水は、盛土斜面の背面に繋がる高さの調節が可能なタンクから供給される。ポンプを用いてタンクに水を常に供給し、タンクの位置を一定に保つことで盛土右端の地下水位を一定にしている。そして、盛土右端の地下水位を変化させることにより、模型盛土に異なる透水履歴を与えた。この右端の地下水位は、常時の場合には、のり面より低くなるように調整し、模型土槽底面からの距離を130mmとした。また、強い降雨等による高水位時の右端の地下水位は190mmと設定し、実験を行った。実験は、それぞれの相対密度の模型盛土に対して3つの異なる透水履歴を与えた。1つ目の透水条件は、盛土竣工直後に水位上昇があった事を想定し、右端の地下水位を190mmで8時間透水を行ったもの(A)、2つ目は、常に盛土内に地下水が存在し、強い降雨等による地下水位上昇が起こった事を想定し、右端の地下水位を130mmで72時間透水を行い続けた後、その地下水位を190mmに上昇させ、8時間透水を行ったもの(B)、3つ目は、常時は地下水が存在せず、降雨等により繰り返し水位が変動した後に強い降雨等による地下水位上昇が起こった事を想定し、右端の地下水位を24時間おきに130mmと0mmに変化させる履歴を二回繰り返した後、地下水位を190mmに上昇させ、8時間透水を行ったもの(C)に対して行った。以下、相対密度65%、透水条件A、B、Cで行った実験をCase1, 2, 3, 相対密度40%、透水条件A、B、Cで行った実験をCase4, 5, 6とそれぞれ記す。また、盛土内部の水位変化の測定は5分間隔で撮影した画像から行い、水位の視認性を高くするために食紅で着色した。

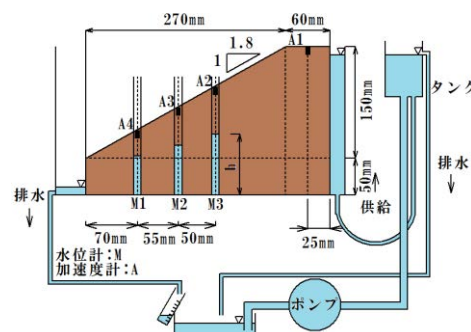


図-1 実験装置概観

表-1 実験条件一覧

Case	相対密度 D_r (%)	透水条件	崩壊の有無
1	65	A	無し
2		B	無し
3		C	無し
4	40	A	無し
5		B	実験開始から4353分後崩壊
6		C	実験開始から4737分後崩壊

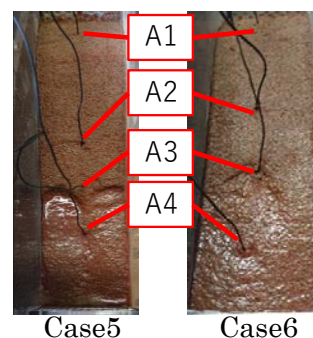


図-2 崩壊時の斜面の様子

キーワード 内部侵食, 模型盛土, 地下水位

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1

TEL 0836-85-9326

3. 実験結果 各ケースの実験条件および実験後の崩壊の有無を表-1 に示す。本研究では、Case1, 4 を健全の基準として相対密度ごとに比較し、透水流量が基準よりも低下していた場合、水位が基準よりも上昇した場合、健全性が低下したと判断した。表に示す通り、Case5, 6 では模型盛土が崩壊した。一方で、図-2 に示す様に加速度計 A4 周辺で斜面崩壊したものの、加速度計近傍ではほとんど崩壊していなかった。このことから、盛土の健全性を評価するために加速度計を用いた場合、設置箇所によっては危険性を過小評価してしまう可能性があり、加速度計のみでの評価は不適であると考えた。盛土右端の地下水位を高水位へと上昇させた時点からの透水流量および地下水位の時間変化を図-3 に示す。なお、地下水位は実験者が手動で所定の水位まで上昇させるため、実験ごとに差がほとんど無いために代表値として Case1, 4 を示している。Case5, 6 に関しては、小崩壊発生後は崩壊した表面から水が流れ出たため以降の流量は示していない。図-3 より相対密度に係らず、Case2, 3, 5, 6 は Case1, 4 よりそれぞれ透水流量が減少し、排水性が低下したことが明らかとなった。また、流量の低下の程度は繰り返し透水を行ったものの方が小さいことが明らかとなった。実験によって得られた地下水位を高水位へと上昇させた時からの盛土内水位の時間変化を図-4 に示す。図中の地下水位は、図-3 と同様の理由で Case1, 4 の結果を示している。水位計 M2, M3 は初期の水位に各実験で差異があったため、水位計 M1 のみで比較することとした。また、Case5 の崩壊以降、水位計 M1 は水位が盛土の斜面より高いことを示したため、崩壊部以下は盛土内全てに浸透が起きていると考え、以降の水位を示していない。Case2, 3 の水位は Case1 と同程度であり、透水履歴の違いは認められなかった。一方、Case5, 6 とともに崩壊した時の地下水位と同じ地下水位の時の Case4 の盛土内水位を比較すると Case4 より上昇することが明らかとなった。Case5 と 6 を比較すると、図から、Case5 の方がより水位が上昇することが明らかである。最後に、健全性の評価を表-2 に示す。健全性の評価は、各項目の値に変動があったものの、崩壊に至らなかったものを低下、崩壊したものを消失と示している。表中の数字は、高水位時の Case1, 4 と Case2, 3, 5, 6 の高水位時あるいは崩壊時の水位と比較し、流量および盛土内水位がどの程度変動したかを示している。表から、流量では、高水位時に崩壊が発生しないケースにおいても、崩壊したケースと同程度以上の健全性の低下が認められた。これより、流量による健全性の評価は、相対密度を考慮する必要があることが示唆された。一方水位では、定量的な値は示せていないものの、相対密度によらず盛土内水位の上昇によって健全性が評価できる可能性が示唆された。

たため、崩壊部以下は盛土内全てに浸透が起きていると考え、以降の水位を示していない。Case2, 3 の水位は Case1 と同程度であり、透水履歴の違いは認められなかった。一方、Case5, 6 とともに崩壊した時の地下水位と同じ地下水位の時の Case4 の盛土内水位を比較すると Case4 より上昇することが明らかとなった。Case5 と 6 を比較すると、図から、Case5 の方がより水位が上昇することが明らかである。最後に、健全性の評価を表-2 に示す。健全性の評価は、各項目の値に変動があったものの、崩壊に至らなかったものを低下、崩壊したものを消失と示している。表中の数字は、高水位時の Case1, 4 と Case2, 3, 5, 6 の高水位時あるいは崩壊時の水位と比較し、流量および盛土内水位がどの程度変動したかを示している。表から、流量では、高水位時に崩壊が発生しないケースにおいても、崩壊したケースと同程度以上の健全性の低下が認められた。これより、流量による健全性の評価は、相対密度を考慮する必要があることが示唆された。一方水位では、定量的な値は示せていないものの、相対密度によらず盛土内水位の上昇によって健全性が評価できる可能性が示唆された。

4. 結論 本研究では、模型盛土に異なる透水履歴を与え、その健全性の評価を行った。以下に、得られた知見をまとめる。(1) 加速度計による盛土の健全性評価は、設置箇所によっては過小評価してしまう可能性があり、加速度計のみでの評価は不適であると考えた。(2) 相対密度に係らず、Case2, 3, 5, 6 は Case1, 4 よりそれぞれ透水流量が減少し、排水性が低下することが明らかとなった。また、流量の低下の程度は繰り返し透水を行ったものの方が小さいことが明らかとなった。(3) 相対密度 65%の時、盛土内水位は透水履歴の違いは認められなかった。相対密度 40%の時は、Case5, 6 とともに盛土内水位は Case4 より上昇することが明らかとなった。また、水位上昇量は継続的に透水を行った方が水位が上昇することが明らかとなった。

参考文献 1)瀧澤歩実他, 第 53 回地盤工学研究発表会論文集, pp.1065-1066, 2018. 2)国土交通省, <http://www.mlit.go.jp/common/001255643.pdf>, 2019/03/29 閲覧, 3) Kenny, T. C and Lau, D, Canadian Geotechnical journal, 22(2), pp215-225, 1985.

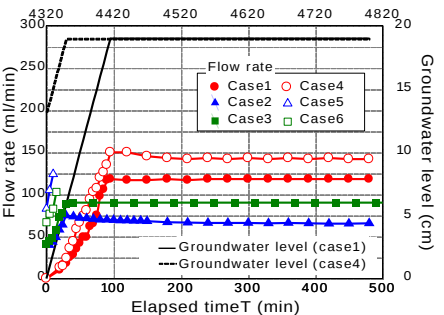


図-3 流量と地下水位の時間変化

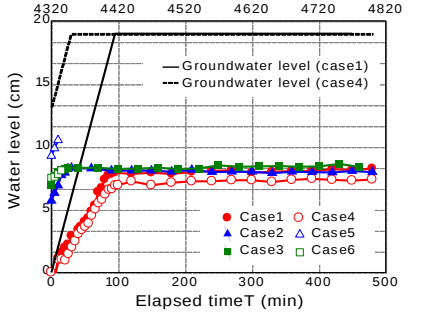


図-4 盛土内水位と地下水位の時間変化

表-2 健全性の評価

Case	流量	盛土内水位
1	健全	健全
2	健全性低下(45%減少)	健全
3	健全性低下(24%減少)	健全性低下(2%上昇)
4	健全	健全
5	健全性消失(23%減少)	健全性消失(91%上昇)
6	健全性消失(17%減少)	健全性消失(24%上昇)