

降雨浸透履歴を受けた盛土の安定評価に対する解析的検討

新潟大学大学院 学生会員 ○ 山下 大輝 飯田 輝良
 新潟大学 正会員 金澤 伸一

1. 研究背景・目的

近年、気候変動による集中豪雨の増加によって盛土の崩壊事例や被害が数多く報告されている。本来、盛土は、強度・変形特性の向上のため、施工時に締め固めによる管理が行われているが、降雨による盛土崩壊の詳細な要因分析やそのメカニズムが十分に解明されておらず、それに向けた研究が行われている。山下ら¹⁾は降雨強度に着目した盛土の降雨解析を実施し、各種降雨強度での地盤内状態などを明らかにしてきた。しかしながら、一度豪雨を受けた盛土に再度豪雨が与えられた際の地盤内状態や、安全性は十分に解明されていない。そこで本研究では、降雨浸透履歴に着目した降雨解析を行い、盛土内部の水分状態および地盤内状態の把握・検討を試みた。

2. 解析条件

本研究では、空気溶存型の不飽和土/水/空気連成有限解析コード²⁾を用いた盛土の降雨解析を行った。図-1に解析領域を示す。また、盛土材料は基礎地盤を含めて全域でシルト混じり砂を想定し、初期飽和度を70%に設定した。図-2、表-1に水分特性曲線、材料諸量を示す。また、降雨解析を行うにあたり、盛土の築

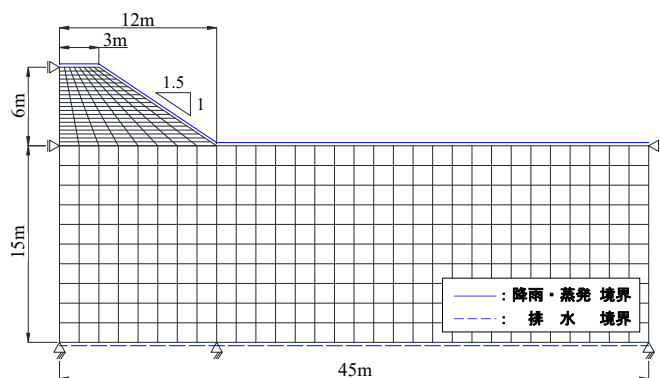


図-1 解析領域

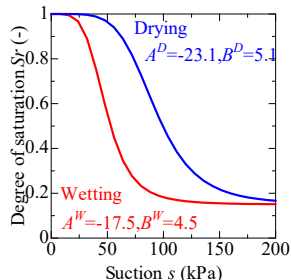


図-2 水分特性曲線

表-1 材料諸量

λ	κ	M	
0.100	0.010	1.33	
m	n	n_F	
0.80	1.0	1.0	
e_0	v	S_{r0}	G_S
0.90	0.33	0.15	2.7
k_x [m/day]	k_y [m/day]	ρ_a [t/m ³]	
0.87	0.87	0.0012	

造解析を実施した。図-3に築造解析フローを示す。降雨解析は、降雨履歴を考慮するため、降雨と放置を繰り返して行った。降雨については、降雨境界（盛土天端・法面・基礎上面）に降雨強度 30mm/hour 相当の流量を1日間与えた。これは、気象庁が発表している日降雨量の歴代 10 位に相当する降雨量であり、災害級の豪雨である。放置に関しては降雨の頻度による盛土への影響を把握するため、その期間を 29 日（豪雨頻度：1カ月に1度程度）・6日（豪雨頻度：1週間に1度程度）・2日（豪雨頻度：3日に1度程度）の計3種想定し、「降雨→放置」を3回繰り返した。なお、放置時は蒸発境界（盛土天端・法面・基礎上面）にペンマン式によって求めた可能蒸発散量（2022年日本平均）を与えた。図-4に降雨解析フローを示す。

3. 解析結果

図-5(a)に各放置期間における1サイクル毎の降雨および放置終了時の飽和度を、図-5(b)に1サイクル毎の降雨終了時のせん断ひずみを示す。なお、盛土部分を拡大して示してある。

図-5(a)より、降雨履歴を受けた盛土の水分状態の把握を行う。まず、放置期間 29 日の場合、降雨終了時

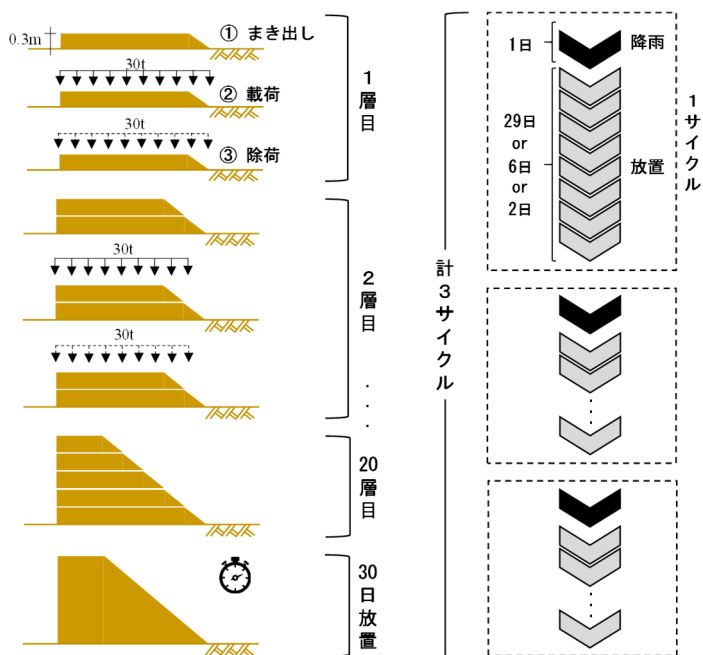


図-3 築造解析フロー

図-4 降雨解析フロー

は降雨境界付近で飽和度が 100%に迫っており降雨が盛土内部に浸透していることが確認できるが、すべてのサイクルで降雨の浸透具合は概ね同等となっていることがわかる。これは、放置期間において蒸発境界から盛土内部にかけて飽和度が十分に低下し、盛土全体の飽和度が築造時と概ね同等まで回復したことを示している。つまり、降雨時の盛土内部の水分状態が降雨履歴の影響を受けないことが示唆された。その一方で、放置期間 6 日の場合、先ほど同様、放置終了時は降雨終了時に比べて蒸散作用による飽和度の低下が確認できるが、盛土の広範囲で飽和度が 50~60%とやや高飽和度を保つ結果となった。また、放置期間 2 日とさらに短くなると、蒸発境界付近では蒸発作用による飽和度の低下が確認できるものの、盛土内部では高飽和度状態が保たれることが確認できた。このように、放置期間が短くなるにつれて、十分に蒸発作用が発揮されず、特に盛土内部で中~高飽和度状態が保たれるため、再度降雨を受けた際に広範囲で飽和することが明らかとなり、降雨履歴によって豪雨を受けた際の盛土内の水分状態に違いが生ずることを解析的に表現できた。

次に図-5 (b) より、降雨履歴を受けた盛土の安定性の評価を行う。これより、放置期間によらず降雨終了時の盛土は盛土底部および盛土法尻付近でせん断ひずみが大きくなることわかる。せん断ひずみが大きくなるとせん断抵抗力が低下し、特に法尻付近ではすべり

破壊の可能性が高くなると考えられる。また、放置期間が短いほど盛土底部のせん断ひずみは大きく、かつ広域になるものの、盛土法尻付近のせん断ひずみ分布は放置期間によらず概ね同様であることが確認でき、すべりに対する安全性の観点では、放置期間は大きく影響しないことが示唆される結果となった。

4. まとめ

本研究では、降雨浸透履歴に着目した盛土の降雨解析を行い、盛土内部の水分状態および安定性に関して以下の知見を得た。

- ① 降雨履歴によって盛土内部の水分状態に違いが生じることを解析的に明らかにした。特に、放置期間が短くなるにつれ、蒸発作用が盛土内部まで機能せず、再度降雨を受けた際に、より広範囲で飽和する傾向にあることを明らかにした。
- ② 豪雨を受けた盛土は放置期間によらず法尻部が弱部となる可能性があることをせん断ひずみ分布より明らかにした。

5. 参考文献

- 1) 山下大輝, 金澤伸一: 降雨強度と継続時間に着目した盛土の応力解析, 土木学会関東支部新潟会 第 40 回研究調査発表会, III-313, 2022.
- 2) Kanazawa S., Toyoshima K., Kawai K., Tachibana S. and Iizuka A.: Analysis of mechanical behavior of compacted soil with F.E. method, journal of JSCE, No.68 (2), pp.291-298.

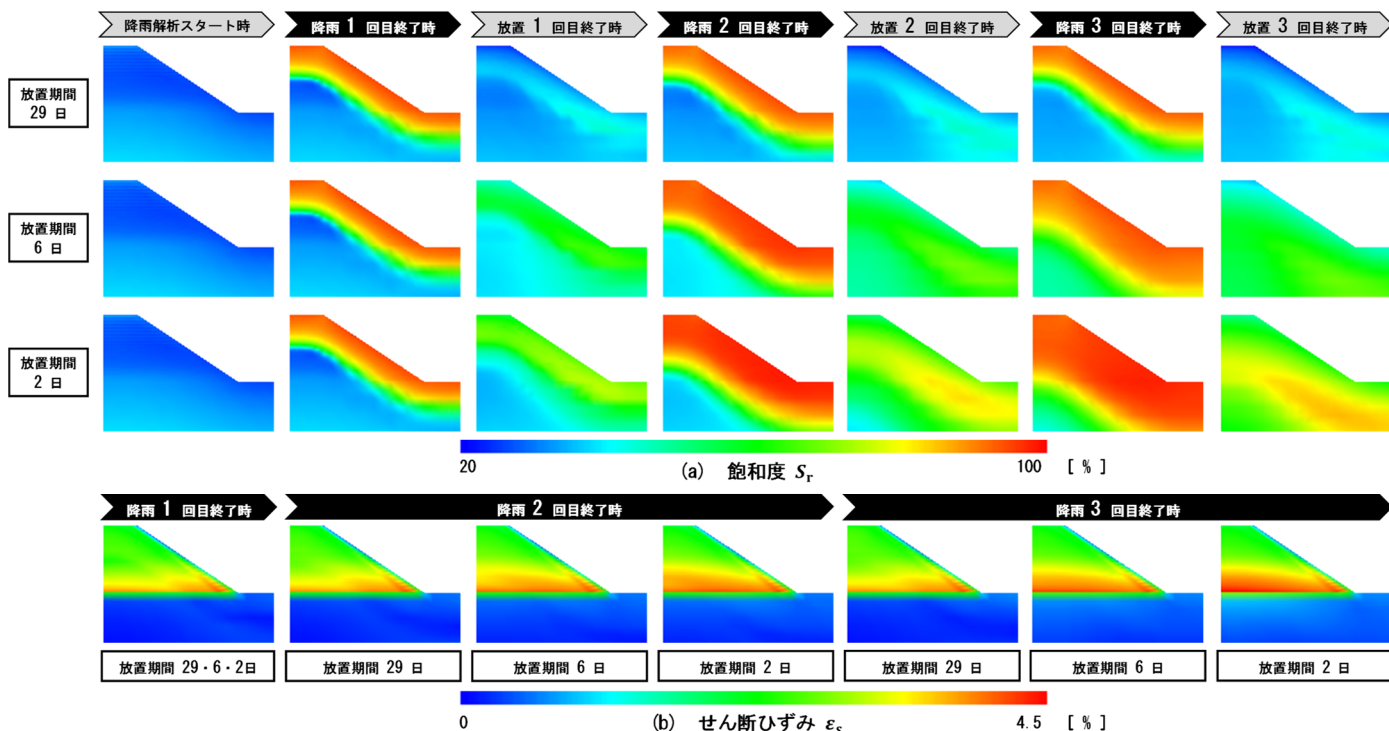


図-5 各放置期間におけるサイクル毎の降雨および放置終了時の(a)飽和度および(b)せん断ひずみ