

植生が持つ斜面崩壊防止機能に対する解析的検討

新潟大学大学院 非会員 ○藤野 隼輔 学生会員 湯嶋 颯太
新潟大学 正会員 金澤 伸一

1. はじめに

山地における植生は斜面崩壊防止機能を備えており、降雨時の斜面崩壊発生を抑制している。その機能の主なものとしては以下の3つが挙げられる。

- (機能1) 根系からの吸水による地盤の乾燥保持
- (機能2) 根系が地盤緊縛によるせん断抵抗力増加
- (機能3) 樹木の葉や草による遮蔽で、地盤への降雨浸透が低減される作用

これらの機能を活用して盛土や切土の法面安定性を確保する工法に植生工がある。主に、芝などの植物を法面に繁茂させることで、表層崩落を防ぐ他、周囲の環境とも調和できるメリットがあり、構造土工のみに頼らない法面保護の手法として導入が進んでいる。しかしながら一方で、その効果を解析的に検証した事例はなく、今後も植生工の導入を進めるためには解析による定量的評価が必要である。

そこで本研究では、(機能2)、(機能3)の数値解析への転用に必要な諸量を得るために、2種類(植生工法面、裸地法面)の模型を作製して、事前実験を行い、植生工を施した法面における上記3つの機能を数値解析によって検証した。さらに、降雨時における飽和度とサクシジョンの変化を比較検討した。

2. 事前実験

本実験は、植生工の飽和低減率と降雨浸透量低減率を得ることを目的として行った。

図1に実験装置の概要を示す。アクリル土槽内に淡路島産真砂土を用いて、基礎50mm、盛土高さ160mm、法面勾配1:1.5の寸法で作製した。植生工に

用いる植物は高麗芝とし、それが植え付けられたマットを天端と法面部に取り付けた。また降雨範囲は天端と法面部のみとし、強度30mm/hourで5時間の降雨を与えた。実験中は飽和低減率決定のための土壌水分計でのモニタリングと、降雨浸透量低減率決定のための表流水及び降雨量の計測を行った。表流水計測のために、基礎地盤をビニールシートで覆い塩ビパイプを接続し、アクリル土槽を3度傾けた。

図2に相対飽和度(植生工/裸地)の経時変化を示す。相対飽和度は最終的に約80%で一定となったことから、植生工は裸地に比べて飽和度の上昇を約20%抑えられることがわかった。したがって飽和低減率は約20%という結論に至った。また計測した時間内での降雨量は11.9L、表流水は2.3Lとなった。この結果より表流水は降雨量の約20%に相当することが確認できたため、降雨浸透量低減率は概ね20%とした。

3. 解析条件

表1に材料定数、図3に水分特性曲線、図4に解析領域を示す。数値解析には不飽和土/水/空気連成有限要素解析プログラム(DACSAR-MP)¹⁾を用い、実規模における1年間の降雨浸透を想定して解析を行った。材料は粘性土を含んだ真砂土、降雨量は新潟市の歴代最多年である1958年のデータを用いた。また裸地法面の初期飽和度を50%、初期サクシジョンを26.1kPaとし、植生工法面(イネ科)の値については後述する。前述のとおり、崩壊防止機能は3つあり、その全てを解析で再現する必要がある。まず(機能1)

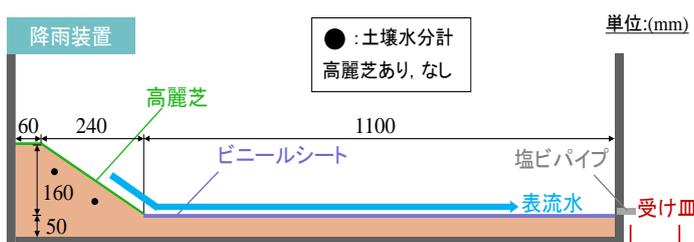


図1 実験装置概要

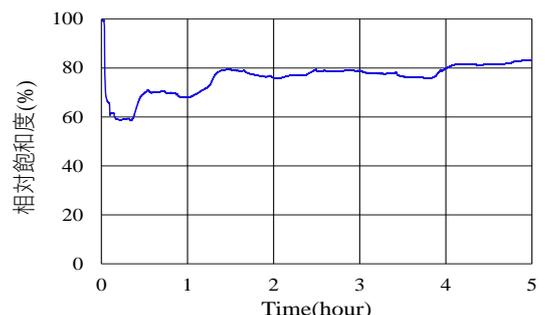


図2 相対飽和度の経時変化

について植生工での吸水量は1年を通じて2.0mm/dayで一定とした。次に(機能2)は初期有効応力と初期サクシジョンの増加及び初期飽和度の低減として導入した。裸地の初期飽和度50%と、事前実験で決定した飽和低減率20%を基にして、植生工の初期飽和度は40%とし、初期サクシジョンは27.6kPaとした。そして植生工における裸地からの初期有効応力増加量は、式(1)に示す不飽和土の有効応力の式より0.19kPaとした。

$$\Delta\sigma' = \sigma^{net} + \Delta s \times \Delta S_e \quad (1)$$

$\Delta\sigma'$: 不飽和土の有効応力変化量テンソル

σ^{net} : ネット応力テンソル

Δs : サクシジョン変化量

ΔS_e : 有効飽和度変化量

最後に(機能3)は月ごとの降雨量入力値の低減として導入した。裸地の場合は実際の降雨量通り入力し、植生工の場合は降雨浸透量低減率20%を考慮した値を入力した。

4. 解析結果

図5に飽和度及びサクシジョンの表層部と内部での経時変化を示す。飽和度は、表層部と内部の双方で、植生工が裸地より低い値を維持して推移する結果となった。5月は両法面の表層部の飽和度が前月より減少する結果となったが、その減少量は裸地が8.1%、植生工が8.7%だった。またサクシジョンにおいては、5月に表層部で植生工の方が増加量が大きい結果となった。

表1 材料定数

λ	κ	M	
0.100	0.010	1.33	
m	n	n_E	
0.80	1.0	1.3	
e_0	ν	S_{r0}	G_s
0.80	0.33	0.20	2.7
k_x [$\mu\text{m/s}$]	k_y [$\mu\text{m/s}$]	ρ_t [Mg/m^3]	
1.0	1.0	1.709	

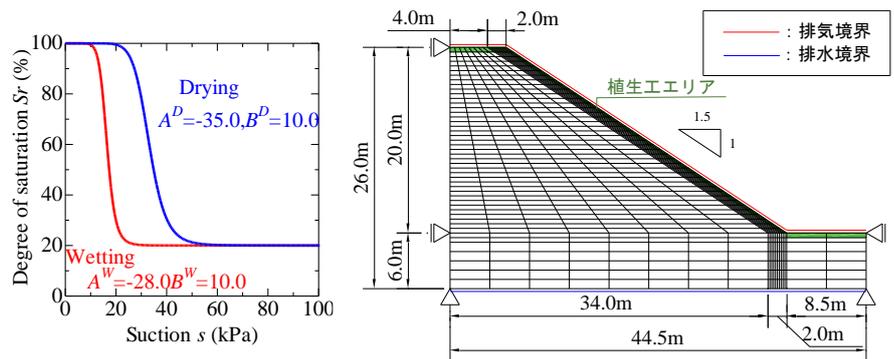


図3 水分特性曲線

図4 解析領域

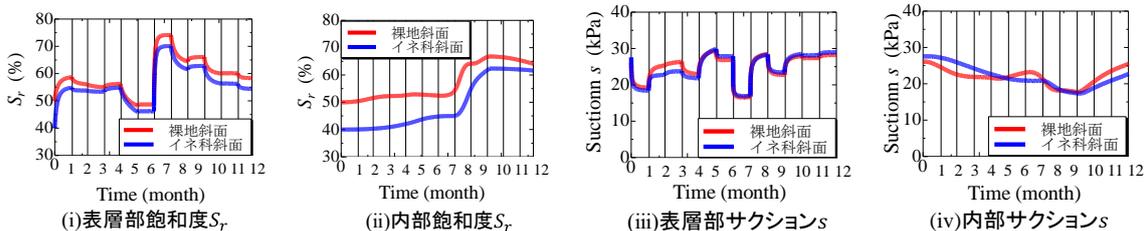


図5 飽和度 S_r 及びサクシジョン s の経時変化

5. 考察

植生工の飽和度が裸地より低い値で推移したのは、(機能2)の初期飽和度低減の効果が最も大きいと推測できる。5月や10月の飽和度減少とサクシジョン増加の促進、かつ7月や9月の飽和度増加とサクシジョン減少の抑制が起こった要因については、初期のみの飽和度を決定する(機能2)は影響しないため、(機能1)及び(機能3)が影響していると考えられる。よって、降雨時は各機能がそれぞれ別の効果を発揮し、その効果が複合することで崩壊防止機能として発揮していると推察できる。その結果、植生工は裸地に比べて降雨時に飽和度増加とサクシジョン低下を抑制する傾向があることが確認できた。このことから裸地は元の含水量が植生工より多いため、突発的な豪雨があった場合、飽和化が速まり崩壊の危険性が高くなることが予想される。

おわりに、今後は1年を通して気温の変動に伴うように吸水量も変動させたり、降雨量に沿うように降雨浸透量低減率も変化させたりして実際の状況に近づけることで、より精度の高い定量的評価を行うことが出来るだろう。

6. 参考文献

大野進太郎, 河井克之, 橘伸也, 有効飽和度を剛性に関する状態量とした不飽和土の弾塑性構成モデル, 土木学会論文集, Vol.63, No.4, pp.113, 2-1141, 2006.