

不飽和地盤に及ぼす植物の吸水作用の影響

鉄建建設（株）正会員 ○霜永 勝之
神戸大学 正会員 河井 克之

大林組（株）非会員 岸本 康照
神戸大学 正会員 飯塚 敦

1. はじめに 近年、アースダムや高速道路盛土の表面に植生を設け、強度増加を図ることが一般的になってきた。植生が力学的安定性や環境にもたらす利点は大きいが、その定量的な評価は植生の持つ複雑な生理現象などが理由でこれまで経験的に培われてきた手法に基づいていたと言える。今回の解析では、特に植生の吸水作用に注目し、その影響を定量的に評価するため土塊内の間隙水分布状態を考慮した不飽和構成モデルに蒸散の効果を組み入れ土／水連成有限要素解析から地盤に及ぼす影響について検討を行った。また、地表面からの蒸発量を考慮するため極端な気象条件を2ケース設定し、蒸発に関する考察も行った。

2. 解析条件 まず飯塚ら¹⁾が定式化を行った不飽和土構成モデルの初期値境界値問題に植生による吸水作用を組み込むため連続式を次式で与えた。

$$v_{i,i} = S_r \dot{\epsilon}_v - n \dot{S}_r - \xi \quad (\xi: \text{土中単位体積から単位時間内に消失する間隙水量})$$

今回解析に用いた解析メッシュ及び材料パラメータは表-1、図-1 に示す。A, B は水分特性曲線の形状を決定するパラメータである。上端、下端は非排水境界、右端は対称性を考慮して非排水境界、左端は排水境界とした。なお変位境界は図-1 に示すとおりである。各要素の初期サクションは全要素 29.4kPa とし、仮想地盤が定常状態に落ち着いた後に植樹を行った。植種の異なるシミュレーション (CaseA) では植種は吸水量、根範囲の異なるヤナギ、スギ、トウモロコシの3種であり図-1 に示すように根要素を設定した。気候の異なるシミュレーション (CaseB) では上面を流量境界とし、異なる2ケースの気象条件として Asswan 地域(乾燥気候)、Bombay 地域(湿潤気候)を設定し、上面は流量境界とし、蒸発量、降雨量を与えた。なお、植種は蒸発の影響のみを考察するために根要素に同じ植種を設定し、蒸発量の算定には温度や湿度といった環境因子を考慮できる Penmann 式²⁾を用いた。

表-1 材料パラメータ (ハッチングされたパラメータ：不飽和土解析に用いるパラメータ)

λ	κ	M	ν	k (m/day)	p_{r0} (kPa)	s_w (kPa)	a
0.060	0.010	1.333	0.3	0.25	98	122.5	60
A_d	B_d	A_w	B_w	S_{r0}	S_{rf}	R (m)	m
7.0	4.0	-3.0	4.0	0.28	1.0	0.000004	0.5

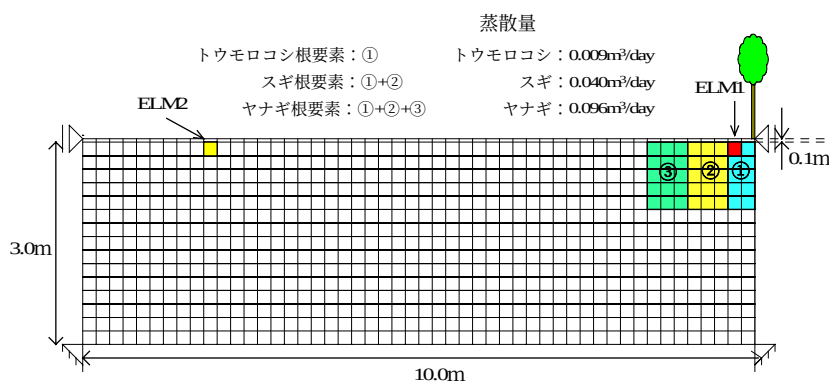


図-1 解析メッシュ図

Key word 植生 蒸散 蒸発

連絡先 兵庫県神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学工学部建設学科 飯塚 敦

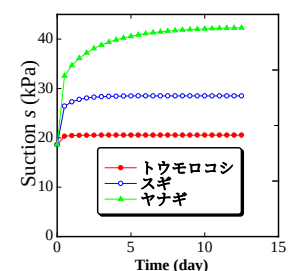


図-2 時間－サクション (ELM1)

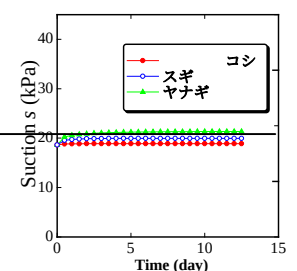


図-3 時間－サクション (ELM2)

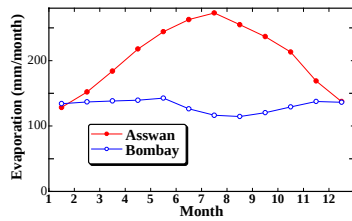


図-4 年間蒸発量

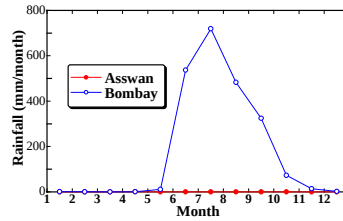


図-5 年間降雨量

3. 解析結果 CaseAの時間-サクシオン関係を図-2, 図-3 に示す。図中の日数は植樹からの日数である。図-2,図-3 から根要素から離れるにつれて吸水の影響によるサクシオン増加が弱まることが見てとれる。また植種の違いにより定常状態を迎える時期が異なり、サクシオン増加量が異なることが分かる。CaseB の両地域の年間蒸発量, 年間降雨量, シミュレーションから得られた年間サクシオン分布をそれぞれ図-4, 図-5, 図-9 に示す。図からわかるように Asswan 地域では年間を通じてほとんど降雨が無い。4月から7月は蒸発量が増加傾向にあり、地表以下のサクシオンが増加している。その後7月から12月は蒸発量が小さくなり、地表以下サクシオンが減少する。一方, Bombay 地域は4月から7月は雨季のため降雨量が多く、蒸発量がいいため7月には地盤がほぼ飽和してしまっており、サクシオンはほとんど発現しない。その後、7月から12月は蒸発量はほとんど変化しないが、降雨は減少し、12月には地表以下のサクシオンも高まる。図-6,7,8 は年間の地表面変位の比較であるが、地域差が顕著に現れているのが分かる。Asswan のような年間を通じて降雨がほとんど無い地域では蒸発量が増加する期間には地表面が収縮により沈降する傾向が見られ、減少する期間には隆起する傾向が見られる。また Bombay のような年間を通じて蒸発量の変化がほとんど無いような地域では降雨量が増加する期間においては地表面変位が隆起する傾向が見られ、降雨量が減少する期間には沈降の傾向が見られる。両地域を比較すると、Bombay のように年間で雨季と乾季が明確でサクシオンの変化が大きいほど、地表面変位が大きく現れることが分かる。

4. まとめ 植種の違いによる吸水量の差がサクシオンの差を生み、地盤環境への影響も大きく異なることが分かる。また気候の違いを考慮したシミュレーションでは、仮想地盤内のサクシオン分布が蒸発量と降雨量が大きく依存し、このサクシオン分布の相違により地表面変位が大きく異なることが分かった。

参考文献 1) 飯塚ら：間隙水分分布の違いを考慮した不飽和土の土／水連成解析,土木学会論文集, No659, III-52, pp.165-178, 2000 .2) Penman, H.L: Natural evapotranspiration from open water, bare soil and grass, *Proc. Roy. Soc. London*, A193, pp.120-146, 194

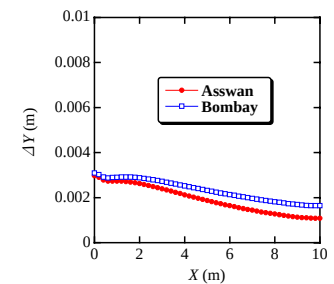


図-6 地表面変位 (4月)

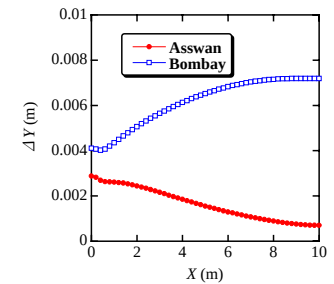


図-7 地表面変位 (7月)

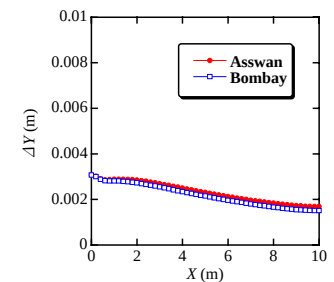


図-8 地表面変位 (12月)

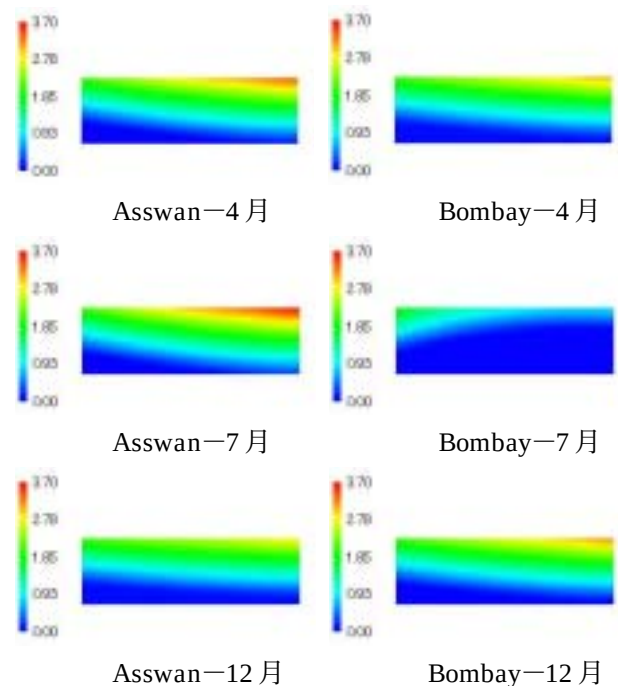


図-9 両地域の年間サクシオン分布図