

神戸大学大学院 学生会員 ○小羽根 憲司
愛知県 正会員 早川 英司
神戸大学大学院 学生会員 霜永 勝之
神戸大学 正会員 河井 克之
神戸大学 正会員 飯塚 敦

はじめに 近年、谷地を埋めて造成した盛土の表面に不同沈下が発生しているという事例が報告されている¹⁾が、Brandon²⁾らはこの不同沈下の主な原因を水浸によるコラプスによって生じたものであると考え、現場試料を用いて様々な上載圧下での水浸試験を行った。図-1がその水浸試験の結果で、上載圧をかけた状態で水浸し生じたひずみ量の範囲が2曲線間に収まることを示しており、不飽和度の水浸時の体積変化は上載圧に関係があることが分かる。Brandon²⁾らは、深さ30mの谷埋め盛土を想定し、図-1の水浸試験結果から変化量を深さ方向に足し合わせることで、水浸後の盛土表面の不同沈下を表現しようとした。その結果、盛土の中央部分では沈下が起こり、盛土端部では隆起が起こることが分かった。本研究では、彼らと同様の谷埋め盛土を想定し、土塊内の間隙水圧分布を考慮した不飽和解析モデル^{2)~4)}を用いて降雨による浸水シミュレーションを行い、盛土表面の変位および盛土内部のコラプス挙動について調べた。

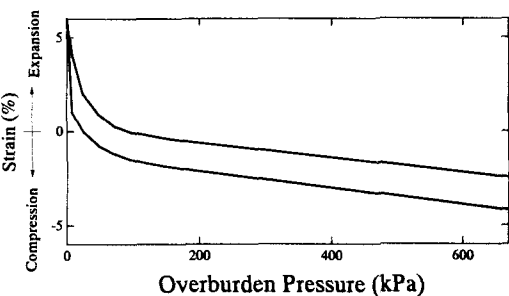


図-1 Brandon らによる水浸試験結果

解析条件 解析に用いた構成モデル及び初期値境界値問題の定式化は文献⁵⁾にまとめられているものを使用した。また、材料パラメータの決定には、Brandon²⁾らが行った水浸試験結果を参考にしている。解析メッシュ及び材料パラメータは図-2、表-1に示すとおりである。盛土底面、斜面は変形を拘束し非排水境界とした。各要素の初期鉛直応力は各要素の上載荷重分を与え、初期サクシオンは全要素に150kPaを与えている。解析する降雨状況として、降雨開始が盛土完成直後の場合(case1)と盛土完成後60日間放置した後の場合(case2)、さらに乾湿シミュレーションとして図-3のようなサイクルで乾燥と降雨を繰り返すcase3を考えた。

λ	κ	M	ν	k (m/day)	p_{r0} (kPa)	a	s_w (kPa)
0.060	0.010	1.333	0.3	0.01	98	60	122.5
A_d	B_d	A_w	B_w	$S_{r,0}$	S_r	R (m)	m
-38.2	6.61	-12.54	2.451	0.28	1.0	0.000004	0.5

表-1 材料パラメータ一覧(■：飽和土用のパラメータ、□：不飽和土用のパラメータ)

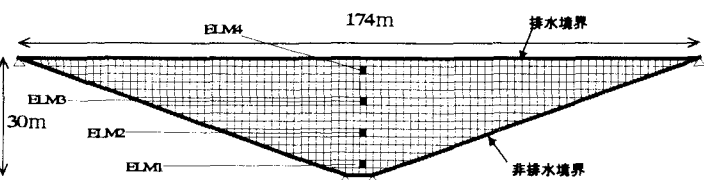


図-2 解析メッシュ図

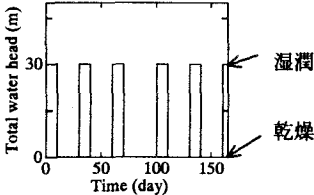


図-3 乾湿繰り返しサイクル

Kenji Kobane(Kobe University), Eiji Hayakawa(Pref. Aichi), Katsuyuki Simonaga, Katsuyuki Kawai and Atsushi Iizuka(Kobe University)

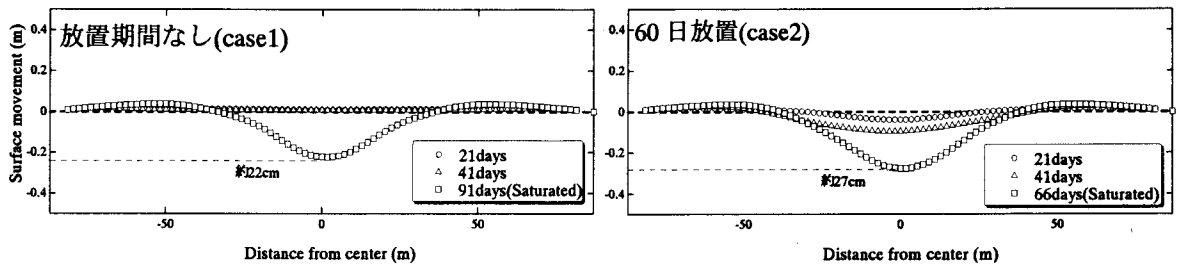


図-4 地表面変位(浸水シミュレーション)

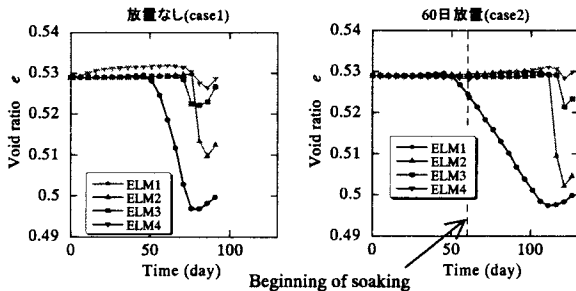


図-5 浸水シミュレーションにおける
時間～間隙比関係

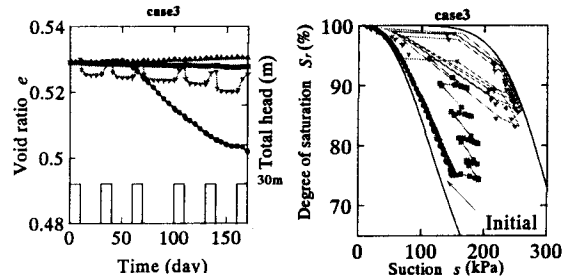


図-6 乾湿繰り返し時の
時間～間隙比関係

図-7 乾湿繰り返し時の
水分特性曲線

解析結果 図-4は浸水シミュレーションでの地表面変位の時間変化であるが、盛土中央部では沈下、盛土端部では隆起が現れ、これは Brandon らが予測した地表面変化とほぼ同じ結果となっている。図-5は盛土内要素の間隙比の時間変化を表したものであるが、盛土下部では圧縮量が大きく、盛土上部に向かうほど圧縮量が小さくなっていることから、初期鉛直応力の大きさが水浸による圧縮量に影響を与えている事がわかる。また、case2の最深部は降雨開始前にもかかわらず case1 とほぼ同時期にコラプスが発生している。このことから case1, case2 とともに最深部のコラプスの原因は降雨の浸透による飽和ではなく、盛土上部の間隙水が盛土下部へ移動する事によって起こる飽和であると考えられる。図-6は乾湿繰り返しシミュレーションにおける盛土内要素の間隙比変化であるが、盛土最深部の要素は乾湿繰り返しによる影響を受けずに、圧縮が進行している。また、盛土中部でのコラプスの発生が見られなかった。図-7は case3 の水分特性曲線である。盛土中上部の要素が、乾湿繰り返しによりヒステリシスを描き、高飽和度域に移行している。

結論 仮想の谷埋め盛土での浸水シミュレーションにおいて、雨水浸透によって盛土下部では沈下が、盛土上部では隆起が現れ、その結果盛土表面に生じる不同沈下を表現することができた。また、降雨開始前の盛土内のサクション分布により地表面の沈下量に違いが現れることが分かった。乾湿繰り返しシミュレーションの結果から、乾湿履歴によって盛土内の飽和度分布に違いが生じ、盛土内の不飽和領域の幅が地表面の沈下量に関係する事が分かった。

参考文献 1) Brandon, T.L. et al : Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol.116, No.10, pp.1536-1548, 1990. 2) 軽部ら：不飽和土の間隙水状態と土塊の力学的挙動の関係について, 土木学会論文集, No.535, III-34, pp.83-92, 1996. 3) 加藤ら：不飽和土の圧縮特性に及ぼす間隙水分布の影響に関する研究, 土木学会論文集, No.554, III-37, pp.57-69, 1996. 4) 軽部ら：不飽和土のせん断挙動と間隙水の状態の関係について, 土木学会論文集, No.575, III-40, pp.49-58, 1997. 5) 飯塚ら：間隙水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, No.659, III-52, pp.165-178, 2000.