

不飽和土/水/空気連成解析を用いた盛土構造物の力学挙動解析

福島工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○五十嵐 日菜
福島工業高等専門学校 正会員 金澤 伸一

1. 目的

近年、集中豪雨などの異常気象による災害が世界中で頻発している。それに起因して、盛土構造物の品質を築堤から供用まで継続的に評価・検討できる解析手法の確立が急務であり、初期応力の把握が重要であると考えられる。通常、盛土構造物は安定性や変形特性の向上を目的とした締固め土で構成されているが、集中豪雨が要因となり盛土構造物の崩壊事例が数多く報告されている。

現在、盛土の豪雨に対する安定性の評価に対し、道路工—盛土工指針では、基礎地盤の処理や盛土材料の品質・締固めの程度・水の処理の4つに強く依存しており、その中でも排水処理が重要視されている。それに加え、盛土の施工・維持管理が技術者の経験則に依存している。そういったことを踏まえ、今後は集中豪雨に対する維持管理が重要視されると考えられる。

そこで本研究では、不飽和土/水/空気連成有限要素法解析プログラム(DACSAR-MP)を用いて、締固めと様々な施工時期に対する築堤解析を行う。

2. 研究方法

表1、図1に解析に用いる(基礎地盤、盛土ともに)材料パラメータおよび水分特性曲線を示す。また、図3に解析対象となる盛土とその解析領域を示す。解析領域のサイズは、縦15m×横45mの基礎地盤と天端3m、下端15m、高さ6mの盛土を想定し基礎地盤は地表面から3mまで飽和とした。施工期間は1カ月間とし、一層30cmの撒き出し後、荷重条件500kPaとして各層に載荷と除荷を行うことで締固めを表現した。また、変位境界は基礎地盤の下端を鉛直・水平方向固定とし、平面ひずみ解析を行った。基礎地盤の水位境界は上下を排水境界、左右を非排水境界とする。また排水対策として、法先部分に排水層(長さ3m、高さ0.6m)と法面すべてに根要素として植生マットを表現した(蒸散効果のみを扱う)。排水層については盛土工指針に示されている条件内で、透水係数を堤体の500倍(透気係数は透水係

数の100倍)に設定した。使用した降雨条件を図2に示す。ここでは、日本の平均降雨量(約1750mm)を模擬するため、栃木県宇都宮市の年間降雨量(2016年)の降雨条件を用いた。また、解析には春・夏・秋・冬を図のように選定して行い、各季節を1日分に直した降雨量を築堤過程に与えて解析を行った。蒸発量についても降雨時期と合わせている。

本研究では、築堤時期の違いによる盛土内部の初期応力解析を行った卒業研究に続き、(i)盛土の天端長さ3m、6m、9mの築堤解析を行い、法面の角度の違いによる盛土内部の初期応力解析(ii)(i)の結果を用い、築堤完了した盛土(各季節・天端長さ3m、6m、9m)に降雨・蒸発散量を10年分与え、築堤時期の違いによる10年間の盛土内部の応力解析を行った。

表1. 材料定数

λ	κ	M	m	S_{r0}	k_a
0.18	0.037	1.33	0.8	0.15	1.00
n	n_E	a	v	G_s	k_w
1.0	1.3	10.0	0.33	2.7	0.01

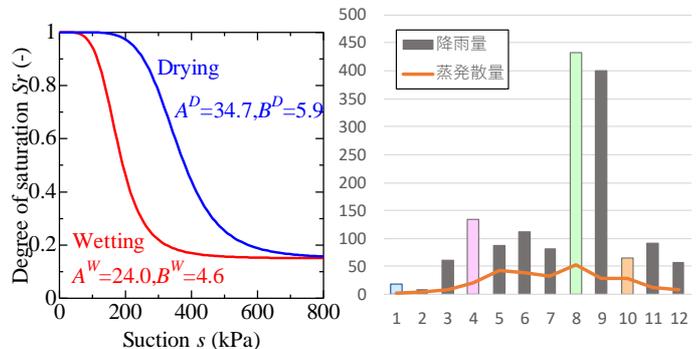


図1. 水分特性曲線

図2. 降雨条件

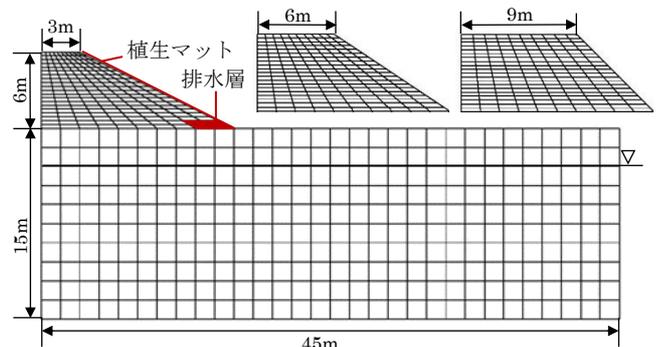


図3. 解析領域

キーワード 盛土構造物, 不飽和土, 降雨浸透解析

連絡先 〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾30 福島工業高等専門学校 TEL 0246-46-0736

3. 解析結果および考察

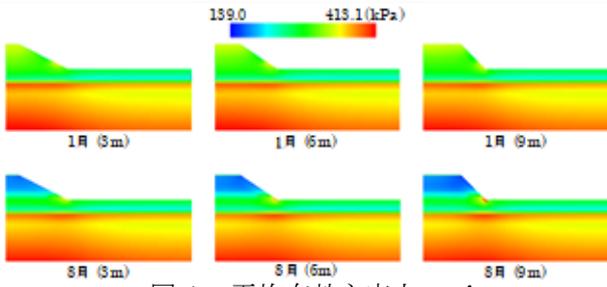


図4. 平均有効主応力 p'

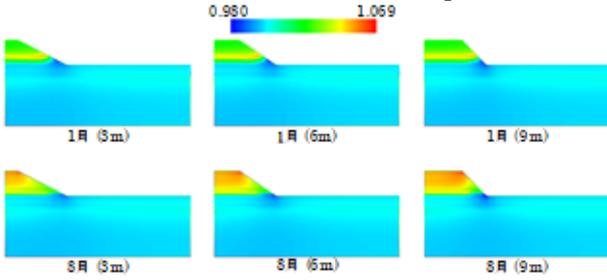


図6. 間隙比 e

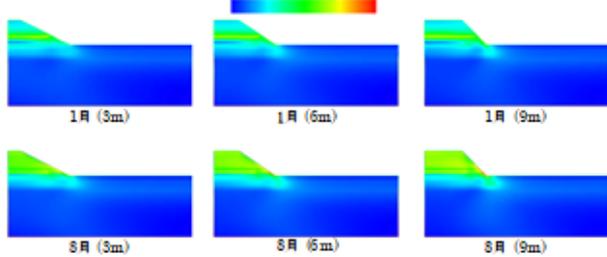


図8. せん断ひずみ ϵ_s

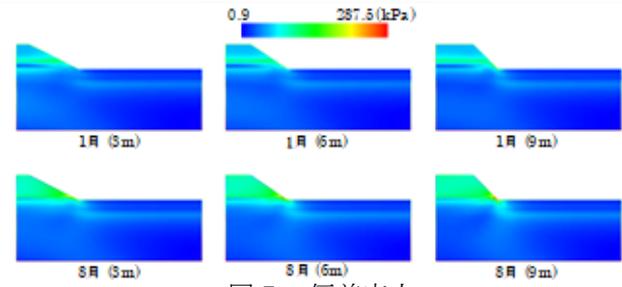


図5. 偏差応力 q

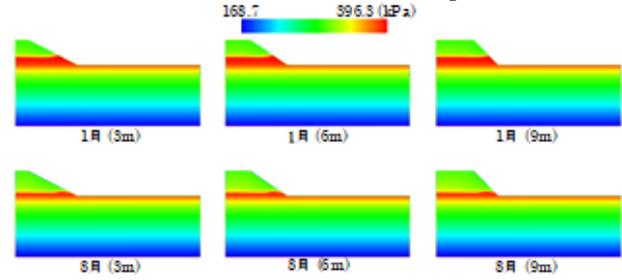


図7. サクション s

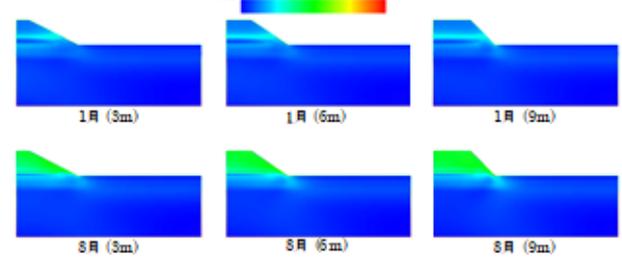


図9. 限界状態判断比

3. 1. 季節の違いによる考察

まず基礎地盤について、図4の平均有効主応力より、どの時期も盛土直下において深くなるほど値が大きくなっており、図6の間隙比より、どの時期も盛土直下において深くなるほど値が小さくなっている。これは、盛土が築堤されたことによる圧密効果が十分発揮されていると考えられる。

次に盛土内部について、図4より、降雨量が少ない冬の値が大きく、反対に降雨量の多い夏の値が小さい。また、図6より、冬の値が夏より小さく、夏の値は斜面部分が多い。これは、降雨による体積膨張が生じたことや、図7のサクシオン分布より夏のサクシオンが消失したことが原因として考えられる。また、サクシオンが大きい(不飽和状態)ほど、強度・変形特性が向上するため、降雨量が少ない季節の方がより盛土内の強度が大きいものと考えられる。それに伴い、図8のせん断ひずみ分布より、冬の値は小さくなっているが、夏では斜面にわずかな円弧すべりの形が現れている。値としては最大で1.8%程度であり、集中豪雨などの異常気象が

発生すると破壊に至る危険性があると考えられる。

3. 2. 角度の違いによる考察

図4より、天端長さ3mの盛土と比較して長さ9mの盛土の法先の値が大きくなっており、図6より、法先の値が小さくなっている。これより、法面の角度が急になるにつれて法先に集中的に圧縮力が加わっていると考えられる。また、図8より、天端長さ3mの盛土と比較して長さ9mの盛土の法先の値が大きくなっている。これより、法面の角度が急になるにつれて破壊の危険性が法先に集中して高くなっていると考えられる。

本研究結果より、盛土築堤から10年後に築堤時期の違いによる盛土内部の影響が確認され、さらに法面の角度が急になるにつれて法先に集中して破壊の危険性が高くなると考えられる。

参考文献

解析による施工時期の違いが盛土の初期応力に与える影響, 土木学会論文集 A2 (応用力学), Vol. 71, pp. 429-436, 2015.