

斜面形状を考慮した盛土の応力解析

応用地質株式会社

正会員 ○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ことが考えられる。

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として各層に荷重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

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、また降雨・蒸発散量を10年分与えた法面形状の違いによる盛土内部の応力解析の結果を用い、突発的集中豪雨として1時間当たり10mm~80mmの降雨量を1時間と降雨継続5時間盛土に与えることで盛土破壊の評価を行った。

表1. 材料定数

λ	κ	M	m	S_0	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

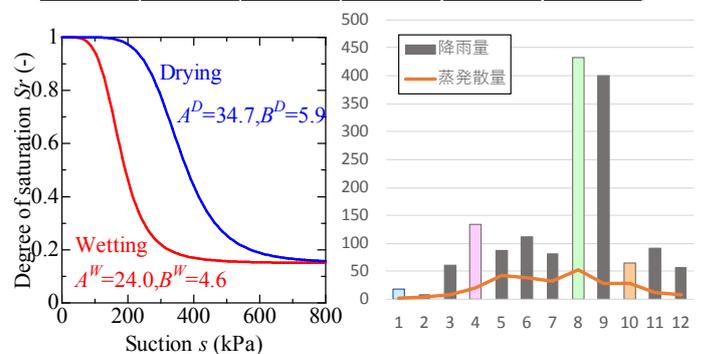


図1. 水分特性曲線

図2. 降雨条件

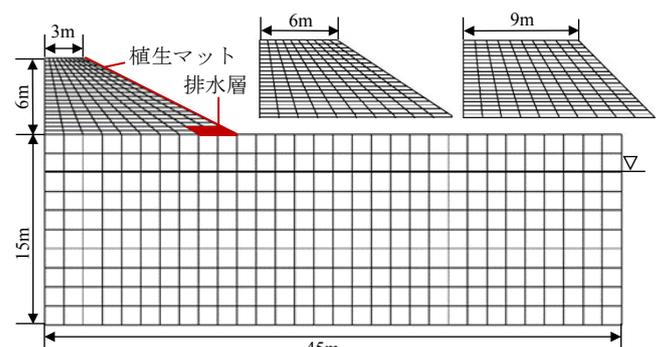


図3. 解析領域

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

表2. 盛土破壊の評価 (3m)

8月 (3m)		降雨継続時間				
		1時間	2時間	3時間	4時間	5時間
降雨量	10mm	○	○	○	○	○
	20mm	○	○	○	○	○
	30mm	○	○	○	○	○
	40mm	○	○	○	×	×
	50mm	○	○	×	×	×
	60mm	○	×	×	×	×
	70mm	×	×	×	×	×
	80mm	×	×	×	×	×

表3. 盛土破壊の評価 (6m)

8月 (6m)		降雨継続時間				
		1時間	2時間	3時間	4時間	5時間
降雨量	10mm	○	○	○	○	○
	20mm	○	○	○	○	○
	30mm	○	○	○	○	○
	40mm	○	○	○	×	×
	50mm	○	○	×	×	×
	60mm	×	×	×	×	×
	70mm	×	×	×	×	×
	80mm	×	×	×	×	×

表4. 盛土破壊の評価 (9m)

8月 (9m)		降雨継続時間				
		1時間	2時間	3時間	4時間	5時間
降雨量	10mm	○	○	○	○	○
	20mm	○	○	○	○	○
	30mm	○	○	○	○	○
	40mm	○	○	○	×	×
	50mm	○	○	×	×	×
	60mm	×	×	×	×	×
	70mm	×	×	×	×	×
	80mm	×	×	×	×	×

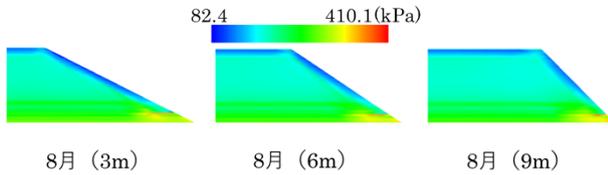


図4. 平均有効主応力 p'

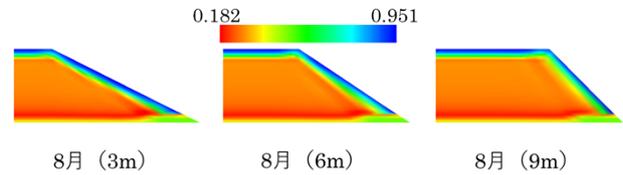


図5. 飽和度 S_r

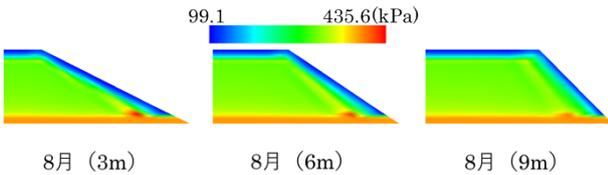


図6. サクション s

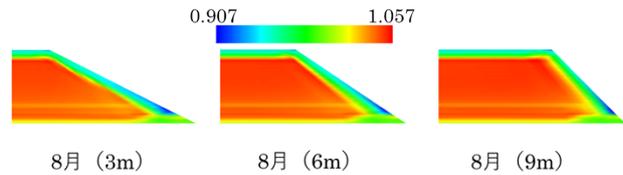


図7. 間隙比 e

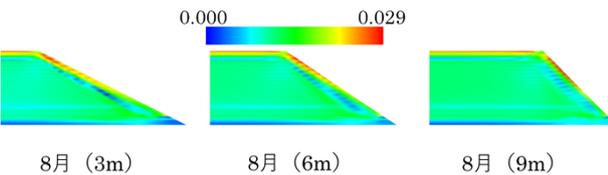


図8. せん断ひずみ ϵ_s

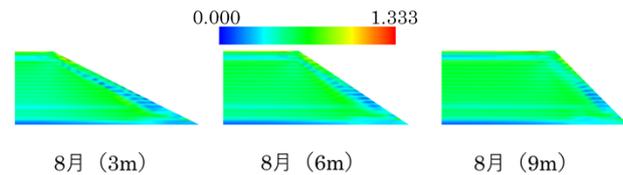


図9. 限界状態接近比 η/M

3. 解析結果および考察

表1~3に降雨量の多い8月に築堤し10年供用後に与えた降雨量とその継続時間をまとめ、盛土の破壊を評価したものを示す。これらの表から、どの法面形状の盛土も降雨継続時間と降雨量の増加に伴い破壊の危険性が高くなり、また法面形状の違いによる差はあまりみられない。

また、供用後に30mm/hの突発的集中豪雨を与えたものを図1~6に示す。図4の平均有効主応力分布より、どの形状の盛土も盛土法面の表層部の値が小さくなっている。本来であれば、圧密の効果によって平均有効応力の値は大きくなるが降雨の影響によって小さくなったと考えられる。また、勾配が急になるにつれて法先の値は大きくなっており、図7の間隙比分布より、勾配が急になるにつれて若干法先に集中して値が小さくなっている。このことから法先に圧縮力が加わっていると考えられる。図5の飽和度分布より、勾配が急になるにつれて盛土法面の表層部の値が大きくなっている。このことから、降雨が盛土表層に沿って浸透していることが確認でき、表層すべりが示唆される。これ

は、突発的集中豪雨という急激な雨を与えたことにより、浸透能を越えたため、表層に流れ出たと考えられる。図6のサクシオン分布より、角度が急になるにつれて盛土法面の表層部から法先部分に向かって値が小さくなっている。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、法面形状が緩やかな盛土と比較して急な盛土は盛土内の強度が低下していると考えられる。図8のせん断ひずみ分布より、どの盛土も円弧すべりの破壊モードが見られ、角度が急になるにつれて表層部から法先に集中して値が大きくなっている。せん断ひずみは3~6%で破壊の危険性があることから、急な応力変化によって破壊の危険性が考えられる。最後に図9の限界状態接近比分布より、せん断ひずみと同様にどの盛土にも円弧すべりの破壊モードが見られるものの、どの形状の盛土も1.33未満であったことから破壊が懸念されないと考えられる。

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.