

外水位変動過程における河川堤防崩壊メカニズムの解析

福島高専 学生会員 ○一条つばさ
 福島高専 正会員 金澤伸一
 福島高専 学生会員 小野里花子

1. 背景・目的

近年、局地的な豪雨に伴う河川堤防の決壊が日本各地で頻発している。しかしながら、堤防決壊の機構について十分に解明されてはいないのが現状である。本研究では、降雨強度の違いによる影響を考慮することで堤体にどのような影響を与えるのか検討することを目的とした。そのため、空気溶存型の不飽和土/水/空気連成要素有限法解析プログラム (DACSAR-MP) を用いて築造解析を行い、その後、降雨による河川水上昇時の堤体内の飽和度の変化による浸潤面形成や、サクシオン等の変化が堤体に及ぼす影響を解析的に表現することを試みた。

2. 研究方法

本研究では、不飽和土/水/空気連成要素有限法解析プログラム (DACSAR-MP) を用いた築造解析を行う。締固めを考慮した築堤解析を行った後、水位上昇解析を行い、堤体内に及ぼす影響を解析的に表現した。図-1に、解析モデルの有限要素メッシュ図、図-2に水分特性曲線を示す。また図-3に材料パラメータを示す。

2.1 築堤解析

築堤解析では、一層 30cm ずつ盛り立て、500kPa で締固めを行い、堤体高さが 5m になるまで繰り返し築堤した。基礎地盤は縦 3m、横 45m とし、堤体は縦 5m、上端 5m、下端 25m、勾配は 1:2 とした。堤体の左下縦 0.6m、横 6m の排水層を設けた。

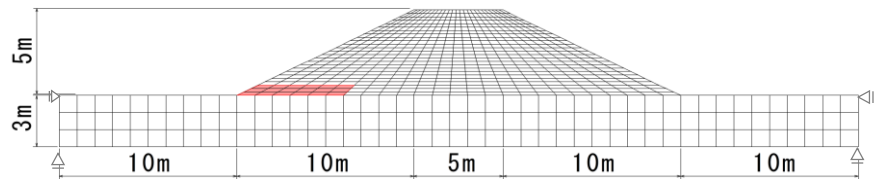


図-1 有限要素メッシュ図

2.2 水位上昇解析

水位上昇解析では、集中豪雨を想定し河川水の水位を上昇させる。堤体の右側を堤外地とする。水位上昇する速さは、約 3.5cm/min、35cm/min とした。

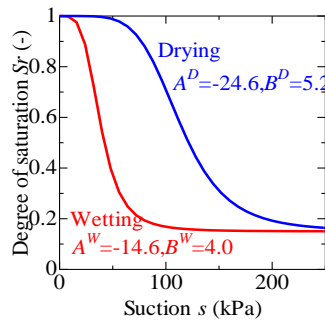


図-2 水分特性曲線

λ	k	M	m	n	nE
0.13	0.013	1.33	0.8	1	1.3
e_0	ν	kx	ky	S_{r0}	G_s
1	0.33	17.3	8.7	0.15	2.7

図-3 材料パラメータ

3. 解析結果

3.1 築堤解析結果

図-4~8に、築堤完了後の各諸量を可視化したものを示す。左から、平均有効主応力 p' 、飽和度 S_r 、間隙比 e 、せん断ひずみ ϵ_s 、サクシオン S である。

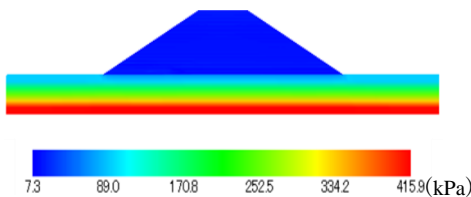


図-4 平均有効主応力 p'

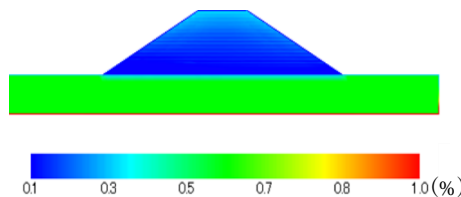


図-5 飽和度 S_r

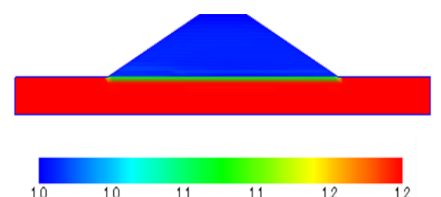


図-6 間隙比 e

キーワード 河川堤防 降雨強度 応力解析

連絡先 〒970-8034 福島県いわき市平上荒川長尾 30 福島工業高等専門学校
 都市システム工学科金澤研究室 TEL 0246-46-0827

平均有効主応力 p' より、築堤時の締固めによる圧密の効果が発揮され、基礎地盤が堤体に比べ高い値を示している。間隙比 e からも圧密による効果がみて取れる。せん断ひずみ ε_s をみると、法尻が堤体内に比べ高い値を示している。破壊に至るほどではないが、築堤完了時点で既に法尻が弱部になっている可能性が考えられる。

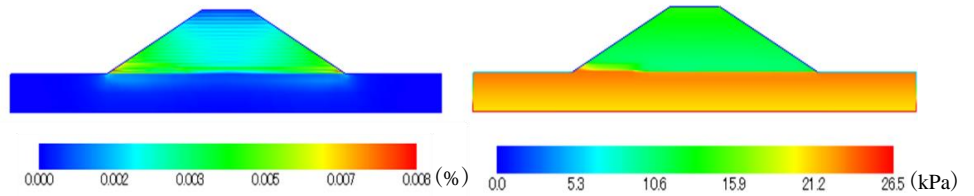


図-7 せん断ひずみ ε_s

図-8 サクシオン S

3. 2 水位上昇解析結果

図-9～13に、水位上昇時の各諸量を可視化したものを示す。まず平均有効主応力 p' をみると、どちらの降雨強度も水位が上昇するに伴い、浸潤面から堤体内の値が低くなっており、堤体内の強度が低下していることが考えられる。間隙比 e より、どちらの降雨強度も水位上昇に伴い浸潤面から堤体内の値が低くなっており、堤体内の体積が圧縮されていることが考えられる。しかしながら一方で、速度 3.5m/min と 35cm/min を比べると、速度の遅い 3.5m/min のほうが低くなっている。飽和度 S_r をみると、どの降雨強度も水位上昇に伴い浸潤面から堤体内と基礎地盤の値が高くなっている。また間隙比 e と同様に速度の遅い 3.5cm/min のほうが 35cm/min より値がより高くなっている。せん断ひずみ ε_s より、どの降雨強度も水位が上昇するに伴い堤体内の値が高くなっている。浸潤面に着目すると、右法尻の値が卓越し水位上昇に伴い進行しており、ひずみによるすべりが形成されていることが見てとれる。

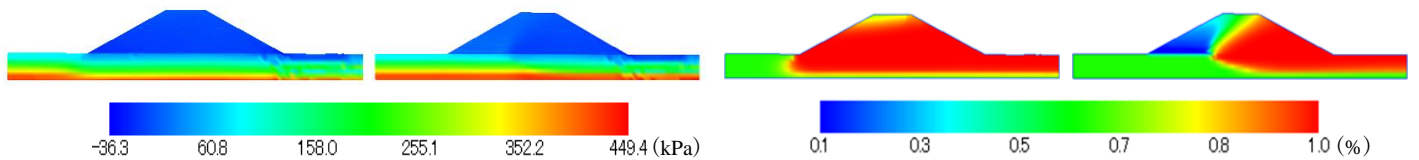


図-9 平均有効主応力 p'

図-10 飽和度 S_r

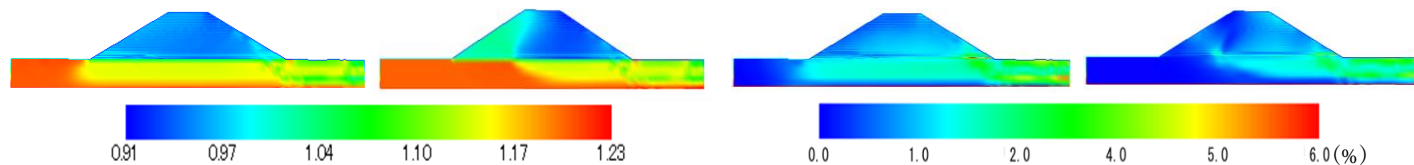


図-11 間隙比 e

図-12 せん断ひずみ ε_s

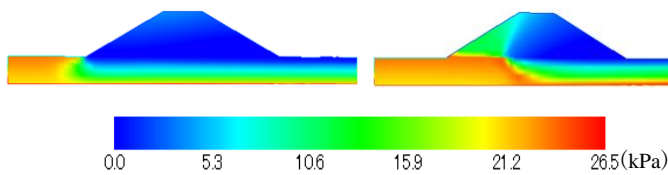


図-13 サクシオン S

4. 結論

水位上昇に伴って有効主応力 p' が低くなり、またそれとともに間隙比 e も低くなったことから、堤体内の強度が低下し体積が圧縮されたと考えられる。また、堤体内の体積が圧縮されたとともに堤体内が飽和状態に近づくので不飽和土特有のコプラス（内部破壊）が起こっていると考えられる。せん断ひずみの可視化結果から右法尻がひずみによるすべりを形成することが示唆される。また、水位上昇の速さが遅いほど、基礎地盤から堤体内にかけて浸透破壊が進むと考えられる。

参考文献

1) 小野里花子, 金澤伸一, 松崎慎也: 外水位変動が堤体内の応力状態に及ぼす影響, 第 52 回地盤工学研究発表会, pp.999-1000,2017.