

集中豪雨による河川堤防崩壊メカニズムの解明

福島高専 学生会員 ○小野 里花子
 福島高専 正会員 金澤 伸一

1. 背景・目的

近年、日本各地で局所的集中豪雨が頻発し、それに伴い河川堤防の崩壊が発生している。河川堤防が崩壊する際の周囲に及ぼす被害は甚大であり、河川堤防は沿川住民の生活を守る防災施設でなければならない。しかしながら、現時点において洪水あるいは地震による堤防の不安定化や変形のメカニズム等は、すべてが解明されているわけではない。河川堤防崩壊原因は一般的知見として、浸透、越流、洗堀、地震がある。しかし、地盤工学的知見として内部破壊が考えられている。本研究では、内部破壊の実態を探ることによって河川堤防崩壊メカニズムを解明することを目的とする。

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）を用いた解析を行う。はじめに締固めを考慮した築堤解析を行った後、降雨を想定した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することを試みた。

本研究の解析モデルの有限メッシュ図を図1に、水分特性曲線を図2に示す。基礎地盤部分の材料パラメータを図3に示す。堤体部分は築堤時の圧密を考慮し、このうち透水係数をx方向に2倍に設定した。さらに排水層部分は透水係数をxy方向に500倍に設定した。

2. 1 築堤解析

築堤は、一層30cmずつ500kPaで締固めを行い、これを堤体高さが5mになるまで繰り返す。

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。堤体の左側を堤内地、右側を堤外地（河川側）とする。水位上昇する速さは、実際の堤防崩壊事例から約1.7cm/minとした。

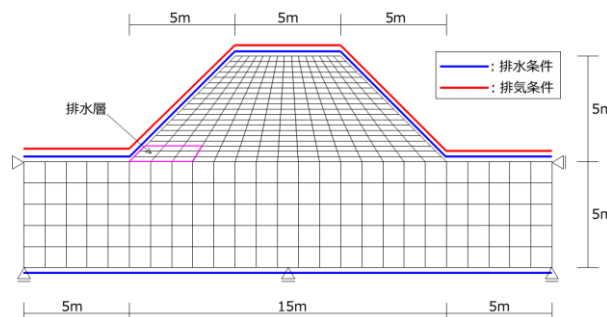


図1. 有限メッシュ図

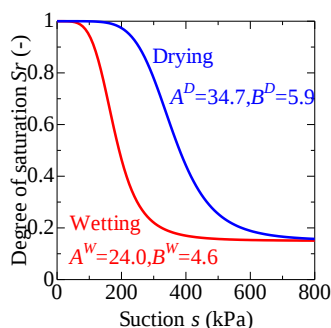


図2. 水分特性曲線

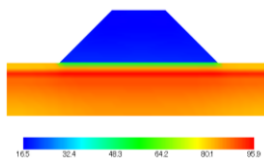
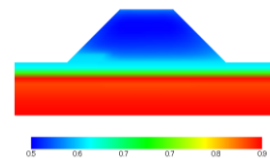
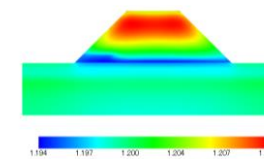
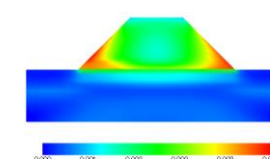
λ	κ	M	m
0.18	0.037	1.33	0.8
e_0	v	k_x	k_y
1.2	0.33	0.1	0.1
n	nE	Sr_0	G_s
1	1.3	0.15	2.7

図3. 材料パラメータ

3. 解析結果

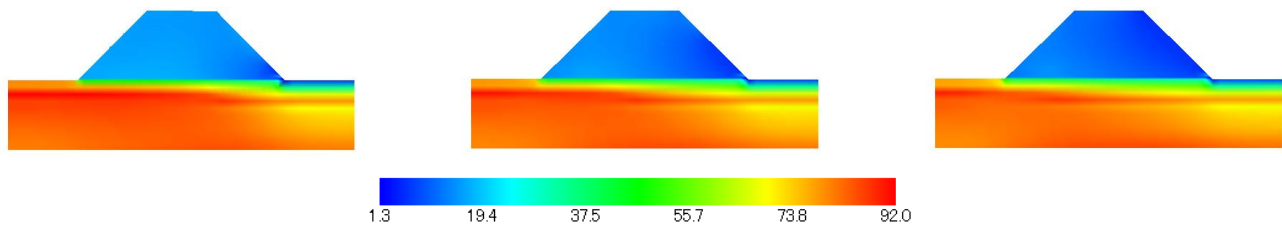
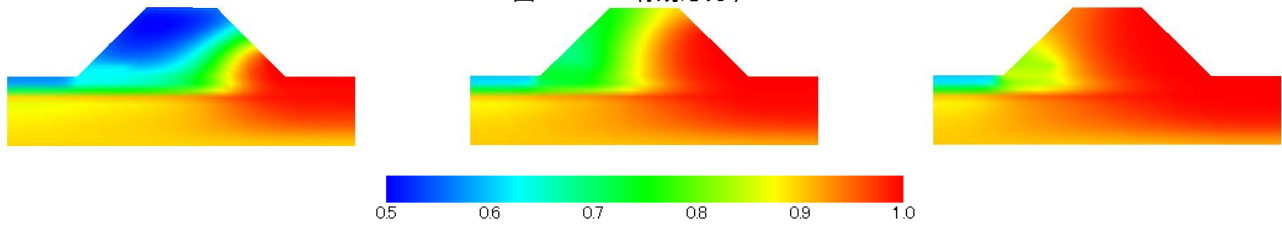
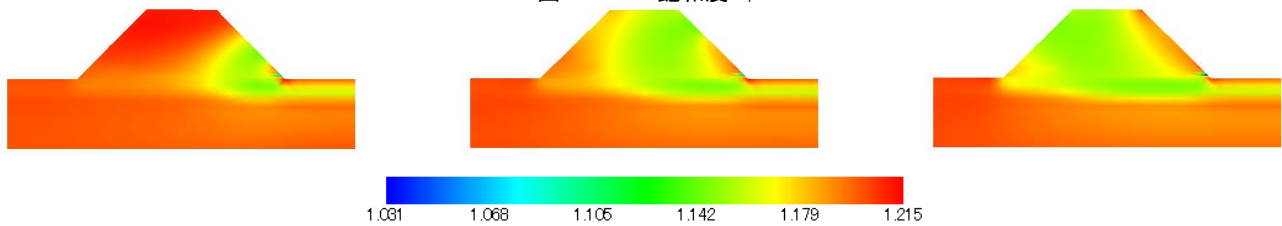
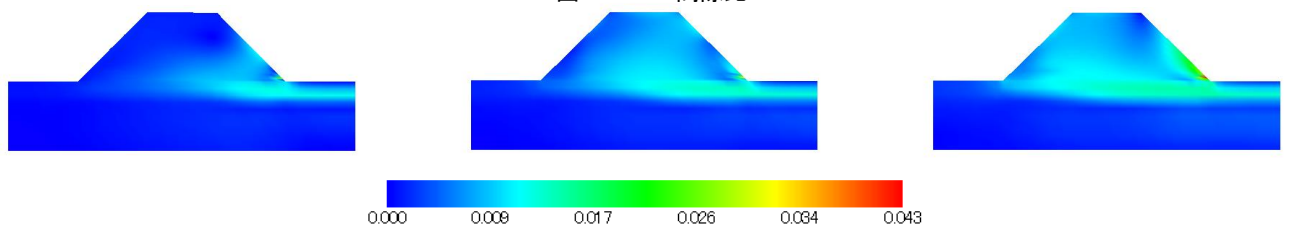
3. 1 築堤解析

図4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 である。平均有効主応力 p' をみると、築堤時の締固めの影響によって堤体下の基礎地盤に圧密の効果が発揮され値が大きくなっていることがみてとれる。飽和度 S_r は、堤体左下の値が若干大きくなっており、排水層が機能していることがみてとれる。また間隙比 e も同様に排水層の影響で、堤体左下部分の値が若干大きくなっている。さらにせん断ひずみ ε_s をみると、法尻部分が堤体内部に比べ大きな値になっており、築堤完了時で既に

図4 - 1. 有効応力 p' 図4 - 2. 飽和度 S_r 図4 - 3. 間隙比 e 図4 - 4. せん断ひずみ ε_s

キーワード：河川堤防，コラプス

連絡先：〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30 TEL：0246-46-0700

図5 - 1. 有効応力 p' 図5 - 2. 飽和度 S_r 図5 - 3. 間隙比 e 図5 - 4. せん断ひずみ ε_s

弱部になっていることがわかる。

3. 2 水位上昇解析

図5に、水位上昇時の各諸量を可視化したものを示す。各図は上から水位が1m時、3m時、5m時を抜粋したものである。

まず堤体内に着目すると、平均有効主応力 p' は、水位が上昇するに伴い浸透面から値が小さくなり、強度が低下していることがみてとれる。飽和度 S_r をみると、水位が上昇するに伴い浸透面から値が大きくなり飽和し、堤体内に広がっていることがわかる。間隙比 e は、水位が上昇するに伴い浸透面から値が小さくなり堤体内に広がっている。

右法尻部分に着目すると、せん断ひずみ ε_s が水位が上昇するに伴い右法尻から徐々に値が大きくなり、法尻が弱部になっていることがわかる。

4. 結論

以下に本解析で得た知見を示す。

(1) 水位上昇に伴い平均有効主応力 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。

(2) 水位上昇に伴い堤体内の強度が低下し体積が圧縮されたとともに堤体内が飽和状態に近づくことから、堤体内で不飽和度特有のコラプス（内部破壊）が起こっていると考えられる。

(3) 水位上昇に伴い右法面がひずみによるすべりを形成し、破壊モードが発生すると考えられる。

さらに今回の解析結果の妥当性を判断するために解析と同じ条件で解析を模擬した実験を行った。その結果、実験においても解析と同様の浸潤面の形成が確認できた。このことから、今回の解析結果は妥当であると判断でき、内部破壊のメカニズムの解明に寄与できると考えられる。

5. 展望

今後の展望として、異なる水位上昇速さで解析することで、水位上昇速さの違いがどのように堤体内に及ぼす影響の違いを解明する。

参考文献

- 1) 国土技術センター，河川堤防の構造検討の手引き（改訂版），pp.8-9，2012.
- 2) 金澤伸一，橘伸也，飯塚敦：盛土構造物の排水能力に対する解析的検討，土木学会論文集 A2，土木学会，Vol.71，pp.429-436，2016.
- 3) 公益社団法人日本道路協会：道路土工盛土工指針，pp.163，2010