

### 縦断方向の浸透流による堤防強化対策への影響

独立行政法人 土木研究所 正会員 ○齋藤由紀子、森 啓 年  
独立行政法人 土木研究所 正会員 荒 金 聡、杉田 秀樹

#### 1. はじめに

全国の直轄管理堤防では、洪水時の浸透安全性についての点検が実施されている。堤防のある区間に対し、代表する横断面の土質構造に基づいて照査を行い、安全性が不足する場合は強化対策の検討を行っている。実際には堤防は長大な線的構造物であり、浸透現象は堤防縦断方向の土質構造の影響を受けることが明らかになってきた<sup>1),2)</sup>。本報では、縦断方向の浸透流の影響を考慮し、堤防強化対策の効果を把握するため、三次元浸透流解析を行ったので報告する。

#### 2. 検討方法

解析モデルは、特定の河川を対象としたものではなく、堤体の高さ 5m、のり面勾配 1:3、河床勾配 1:250 で、縦断方向 1,000m、横断方向 300m の範囲という単純な条件とした。検討した浸透対策を表-1 に示す。浸透対策には、川表（堤外地）からの河川水の浸透を遮断する方法と、いったん浸透した水を川裏（堤内地）へ排水する方法があり、実務では施工性・経済性等の適用性を評価した上で最適な工法を選択する。今回は、川表で遮水する対策として、表のり面被覆工法と矢板工法を、川裏で排水する対策として、ドレーン工法と透水トレンチ工法を検討対象とした（図-1～6）。堤体と基礎地盤の飽和透水係数は、事前に行った二次元浸透流解析より各対策の効果が明確に現れる条件を抽出し、設定した。また、Case4 の透水ゾーンは、基礎地盤内に堤体と交差するように存在する旧河道を想定しており、過去の検討よりパイピング安全性が低い構造という結果が得られていることから今回の検討に加えた<sup>2)</sup>。その他の不飽和浸透特性、各浸透対策の飽和透水係数等は、河川堤防の構造検討の手引き<sup>3)</sup>にしたがって設定した。解析は、洪水外力として図-7 に示す降雨量および河川水位を与え、三次元浸透流解析プログラム Dtransu-3D・EL を用いて実施した。

表-1 検討ケース

Case	浸透対策	透水係数 (m/s)	堤体 透水係数 (m/s)	基礎地盤 透水係数 (m/s)
1	表のり面被覆	5E-8 <sup>*</sup>	3E-5	1E-6
2	矢板	1E-7 <sup>*</sup>	3E-4	1E-6
3	ドレーン	1E-3	3E-6	5E-4
4	透水トレンチ	1E-3	3E-5	1E-6

※モデルの厚さに応じて換算

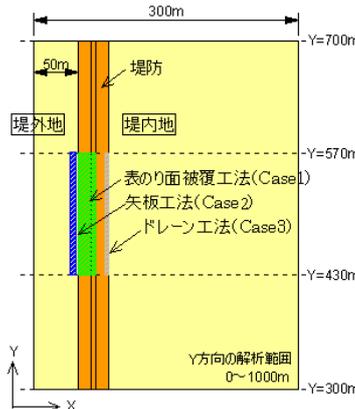


図-1 Case1～3 モデル平面

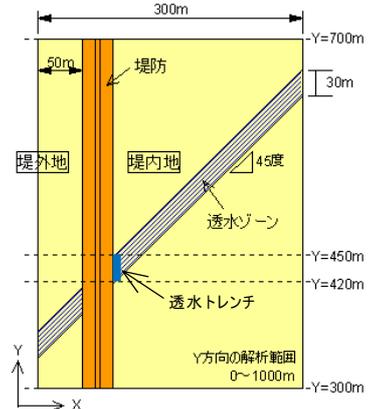


図-2 Case4 モデル平面

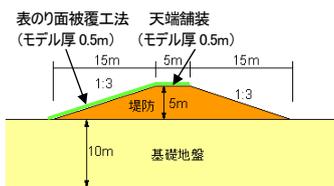


図-3 Case1 モデル断面

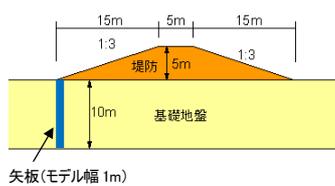


図-4 Case2 モデル断面

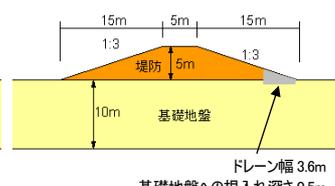


図-5 Case3 モデル断面



図-6 Case4 モデル断面

#### 3. 検討結果

##### 1) 川表で遮水する浸透対策の効果

①表のり面被覆工法 (Case1) Case1 について、堤体内水位が最も上昇する高水位継続時間終了時点 (230h) における、堤体裏のり肩水位の縦断形状を図-8 に示す。表のり面被覆の対策を行うことにより、対策区間のやや外側から裏のり肩水位が低下する効果が見られるが、二次元対策断面の解析結果と同程度まで水位が下がるのは、対策区間に入って縦断方向に 10m 程度の距離を要することがわかる。ここで、対策区間端部から、二次元解析結果と同等の対策効果が得られるまでの区間を、遷移区間と定義する。今回の検討で、表のり面被覆工法は、堤防縦断方向の水の浸透の

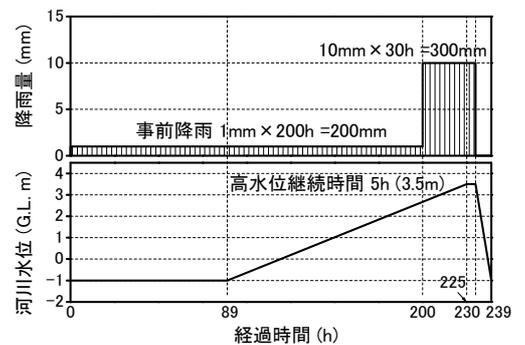


図-7 洪水外力

キーワード 河川堤防, 浸透, 堤防強化対策, 浸透流解析

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1番地6 TEL.029-879-6771, FAX.029-879-6735

影響を受けて遷移区間が存在することがわかった。堤体と基礎地盤の内部摩擦角を30°、35°と仮定し、粘着力を1kN/m<sup>2</sup>見込んで円弧すべり安全率を求めたところ、図-8に示すとおり、対策区間の端部と中央では0.1程度の違いが生じた。

②矢板工法 (Case2) Case2について、230h時点における矢板周辺の流速ベクトルを図-9に示す。矢板設置区間の上流側端部において、無対策区間から対策区間へ浸透水の回り込みが生じていることがわかる。この傾向は、下流側端部にも同様に見られた。このように、矢板工法は縦断方向の浸透流の影響を受けることから、表のり面被覆工法と同様に、対策効果発現の遷移区間が生じると考えられる。

Case1とCase2の結果より、川表で河川水を遮断する工法は、いずれも対策効果発現の遷移区間が存在する可能性があることがわかった。遷移区間の長さについては、堤体や基礎地盤の透水係数の大きさ・組み合わせ等様々な影響因子があると考えられる。

2) 川裏で排水する浸透対策の効果

①ドレーン工法 (Case3) Case3について、230h時点における堤体裏のり尻排水量の縦断分布を図-10に示す。ドレーン工法は、対策区間内では二次元解析結果とほぼ同等の水位低下効果を示した。Case1と同様に土質定数を設定し、円弧すべり安全率を求めたところ、対策区間の端部では二次元対策断面と同程度の安全率を示した。一方で、図-10に示すとおり、対策区間の上下流端では、排水量が集中する傾向が見られた。

②透水トレンチ工法 (Case4) Case4について、230h時点における裏のり尻鉛直局所動水勾配の縦断形状を図-11に示す。無対策の場合、透水ゾーン内の局所動水勾配は照査基準の0.5を大きく超過しているが、透水トレンチを設置することにより、二次元解析結果と同等の対策効果を示した。一方で、図-12に示すとおり、対策区間の上流端では、堤体裏のり尻排水量が集中する傾向が見られた。

Case3とCase4の結果より、川裏から浸透水を排水する工法は、対策区間の端部に水が集中する可能性があることがわかった。対策区間の端部においては、ドレーンや透水トレンチの目詰まりに対する監視等維持管理について特に留意が必要であることが窺える。

4. まとめ

堤防強化工法に関する三次元浸透流解析を実施した結果、表のり面被覆工法や矢板工法など、河川水の浸透を遮断する対策は、堤防縦断方向の浸透流により、対策効果発現までの遷移区間が生じる可能性があることがわかった。一方、ドレーン工法や透水トレンチ工法など、浸透水を排水する対策は、遷移区間は生じないものの対策端部に水が集中する傾向があり、維持管理に留意が必要であることがわかった。今後は、実験や現場観測により解析結果を検証していくことが必要である。

- 参考文献 1) 齋藤他：堤防の安全性に及ぼす上下流の影響、土木学会第62回年次学術講演会、3-284、2007.9。  
 2) 齋藤他：堤防の浸透安定性に及ぼす縦断土質構造の影響、河川技術論文集第14巻、pp.79-84、2008.6。  
 3) 財団法人国土技術研究センター：河川堤防の構造検討の手引き、2002.7。

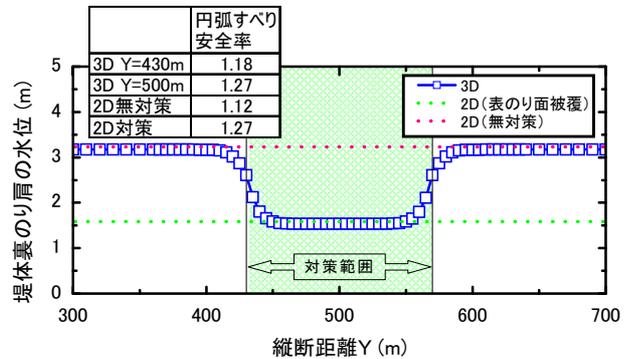


図-8 Case1 裏のり肩水位の縦断形状

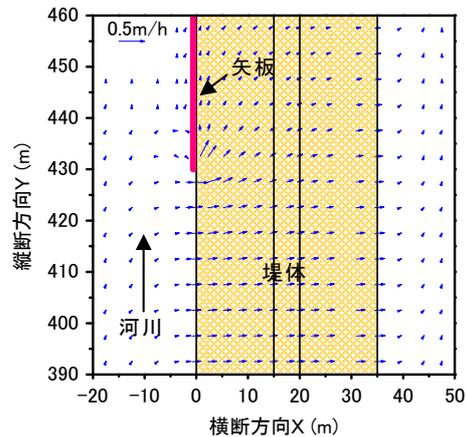


図-9 Case2 矢板周辺の流速ベクトル(G.L.-1.5m~-1m)

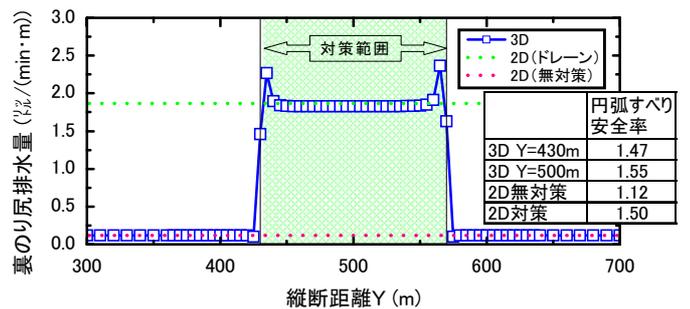


図-10 Case3 裏のり尻排水量の縦断分布

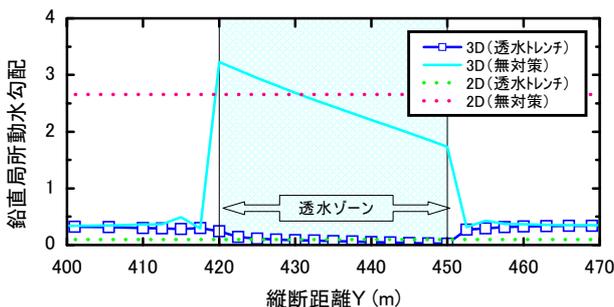


図-11 Case4 鉛直局所動水勾配の縦断形状

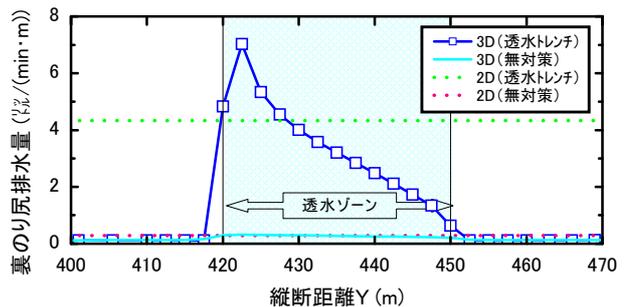


図-12 Case4 裏のり尻排水量の縦断分布