

全地連「技術フォーラム2023」横浜 河川合流部における堤防浸透流解析事例

基礎地盤コンサルタンツ株式会社

○小野寺 春斗、久賀 真一、星野 笑美子

1. はじめに

近年の豪雨により、東北地方の某河川において、河川合流部の堤内地で冠水が発生した。堤防を現地踏査すると、支川の堤体のり尻付近で漏水による噴砂を確認した。そのため、堤防浸透流解析により地下水が堤内地へ浸透するメカニズムを想定し、洪水による浸透破壊に対する安全性の照査を行った。本報告は、河川合流部における堤防浸透流解析事例を紹介する。

2. 地形地質概要

本調査地は、水深10～15m、川幅350m～600mの本川と、水深0.2～0.5m、川幅50～100mの支川の合流部である。漏水は支川側の、本川との合流部から約500m上流の堤防のり尻付近で生じた。漏水箇所は、旧河道・本川・支川に囲まれた微高地（自然堤防）に位置する（図-1）。

地質は、既存資料より、粘性土と砂の互層から成る堤防盛土（N=3～11）と、その下に砂礫層（N=11～50以上）が分布している。川裏の表層には、粘性土層（N=1）が分布している。

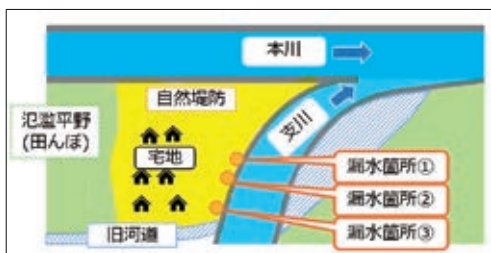


図-1 調査地周辺の地形分類

3. 現地踏査と漏水メカニズム

浸透流解析に先立ち、堤体形状や状況確認などの現地踏査を行った。

(1) 漏水箇所①② (No.0+60～No.1)

写真-1に漏水箇所①の漏水箇所の噴砂を、図-2に漏水メカニズムを示す。現地踏査の結果、堤防のり尻で噴砂跡を確認した。また、漏水箇所②で堤体のはらみだしも確認したことから、漏水は堤体の漏水と推定した。

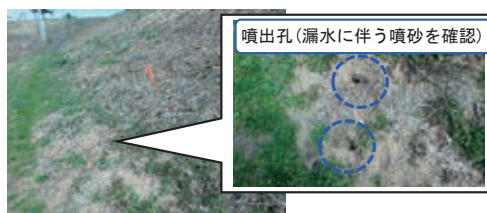


写真-1 漏水箇所①のり尻の噴砂跡

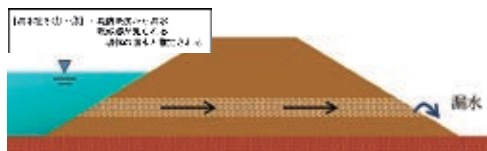


図-2 漏水箇所①②推定漏水メカニズム

(2) 漏水箇所③ (No.1+80)

写真-2に漏水箇所③を、図-3に漏水メカニズムを示す。堤防のり尻から5m程離れた民地から若干の噴砂跡が見られたことから、漏水は基盤漏水と推定した。



写真-2 漏水箇所③噴砂跡

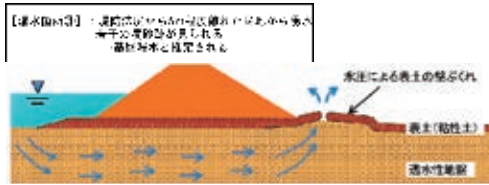


図-3 漏水箇所③推定漏水メカニズム

4. 解析条件

(1) 浸透に対する安全性照査

本調査では、洪水時のすべり破壊と基礎地盤の浸透破壊に対する安全性の照査を行った。

(2) 解析検討断面

浸透流解析を行う検討断面は、被災要因に応じた対策工の要否を検討するため、堤体内のり尻で漏水が発生した解析断面A (No.0+80.0)、堤体近傍の民家で基盤漏水が発生した解析断面B (No.1+80.0) とした。

(3) 浸透流解析ケース

解析ケースは、計画高水位に対する安全性の確認を目的とした「現況地盤解析」を検討した。

(4) 照査基準

表-1に浸透に対する照査基準値一覧表を示す。照査基準は、「河川堤防の構造検討の手引き」¹⁾を参考とした。築堤履歴の複雑さに対する割増係数 (α_1) は、約10年前以前の築堤履歴が不明で、その年以降に堤防が増築されていることから、築堤履歴が複雑な場合 ($\alpha_1=1.2$) とした。基礎地盤の複雑さに対する割増係数 (α_2) は、図-1より、旧河道に囲まれた不安定化につながる治水地形のため、被災履歴あるいは要注意地形がある場合 ($\alpha_2=1.1$) とした。

表-1 照査基準値一覧

項目	部位	照査基準値
すべり破壊に対する安全性	裏のり	$F_s \geq 1.58$ ($F_s = 1.2 \times \alpha_1 \times \alpha_2$)
	表のり	$F_s \geq 1.00$
パイピング破壊に対する安全性	被覆土なし	鉛直方向 (iv) < 0.5 水平方向 (ih) < 0.5
	被覆土あり	$G/W > 1.0$

(5) 河川水位波形

解析断面である支川の河川水位波形は、本川の河川水位波形から推定した。解析断面の河川水位は本川との合流部に近く、本川水位と連動していることから、計画高水位の継続時間、高水位継続時間および水位低下速度は同じであると考えられる。そのため、「河川堤防の構造検討の手引き」²⁾に準じて基準水位(支流の平水位)と水位上昇勾配を変更して波形を作成した。図-4に水位波形設定法を、図-5に基準水位を変更した支川の河川水位波形を示す。

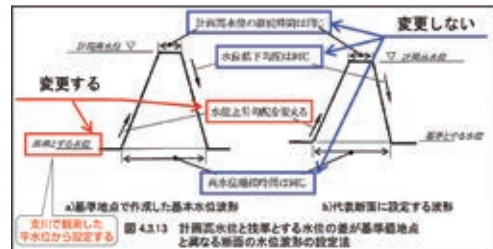


図-4 水位波形の設定法に加筆²⁾

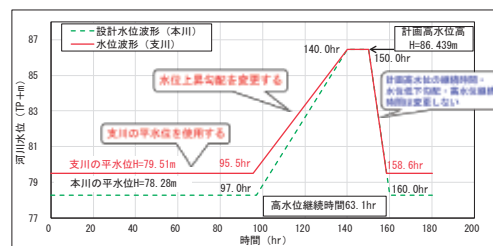


図-5 基準水位を変更した支川の河川波形水位

5. 浸透流解析結果

(1) すべり破壊に対する安全性検討結果

すべて照査基準値を満足する結果となった。そのため対策工は不要と評価した(表-2)。

表-2 すべり破壊に対する検討結果

検討箇所	裏のり		表のり	
	照査基準値	解析結果	照査基準値	解析結果
解析断面A (No. 0+80.0)	Fs ≧ 1.58	2.157 (OK)	Fs ≧ 1.00	3.109 (OK)
解析断面B (No. 1+80.0)		1.947 (OK)		3.376 (OK)

(2) パイピング破壊に対する安全性検討結果

解析断面A及び解析断面Bで、堤体漏水と基盤漏水に対する照査基準を満足しない結果となった(表-3、図-6)。そのため対策工が必要と評価した。

表-3 パイピング破壊に対する安全性検討結果

検討断面	被覆土	照査基準	検出項目	検出結果	判定
解析断面A (No. 0+80)	なし	ih < 0.5 = OK iv < 0.5 = OK	堤体 漏水 水平方向 ih 鉛直方向 iv	0.575 0.568	NG NG
	あり	G/W > 1.0 = OK	基盤 漏水 鉛直方向 G/W	0.272	NG
解析断面B (No. 1+80)	なし	ih < 0.5 = OK iv < 0.5 = OK	堤体 漏水 水平方向 ih 鉛直方向 iv	0.545 0.267	NG OK
	あり	G/W > 1.0 = OK	基盤 漏水 鉛直方向 G/W	0.361	NG

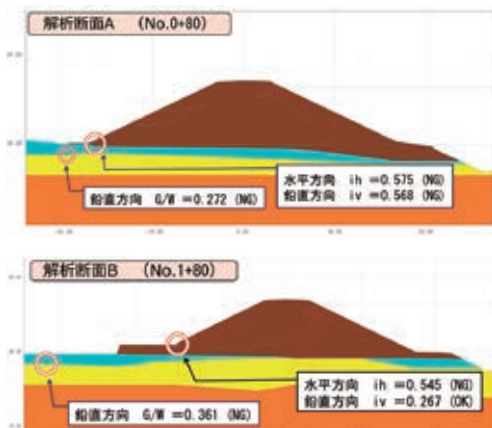


図-6 パイピング破壊に対する安全性検討結果

6. おわりに

本調査での河川合流部の堤体浸透流解析では、本川の河川水位波形を基に河川水位波形を作成することで、適切な堤防の浸透破壊に対する安全性の評価ができた。

《引用・参考文献》

- 1) 財団法人国土技術研究センター (2012): 河川堤防の構造検討の手引き (改訂版)、p.47。
- 2) 同上、pp.62-64。