

砂防堰堤の水平打継目における簡易的安定性評価手法について

八千代エンジニアリング株式会社 ○池田誠
国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部 瀧口茂隆, 鈴木啓介

1. はじめに

砂防堰堤に土石流が直撃した場合の被災形態の一つとして、堰堤堤体の内部破壊も見受けられ（たとえば1997年 針原川）、内部破壊は基礎地盤の「転倒・滑動・地盤反力」の安定条件より相対的に危険度が高い場合もあると推測される。

本検討では、水平打継目に着目した内部破壊に対する簡易的な安定性評価方法と、内部応力状態の特徴の整理、水平打継目が劣化した場合の影響と、内部破壊に対する対応策とその効果について、試行的に検討を行ったので報告する。

2. 検討条件

2.1 モデル砂防堰堤

水平打継目の検討を行う上での架空のモデル砂防堰堤を設定した。モデル砂防堰堤の条件は、表1の通りとした。

表1 モデル砂防堰堤の検討条件

項目	検討条件
外力条件	土石流ピーク流量 : 100m ³ /s 最大礫径 : 1.0m
地形条件	溪床幅 : 10m 溪床勾配 : 1/10 堆砂敷き : 満砂
コンクリート強度*	せん断強度 : $\tau_c = 2,760\text{kN/m}^2$ 短期許容圧縮応力度 : $\sigma_{ca} = 6,750\text{kN/m}^2$ 短期許容引張応力度 : $\sigma_{ca} = 337.5\text{kN/m}^2$ 内部摩擦係数 : $f = 0.7 (\phi 35^\circ)$ せん断目標安全率 : $n = 4$
堰堤形状	堰堤高 : 14.5m 水通し天端幅 : 3.0m 袖高 : 3.0m

2.2 水平打継目の安定性の検討手法

水平打継目の内部応力は、堰堤の高さ0.5mごとに堤体内部の水平打継目の照査面を設け、その上部に作用する外力に対して安定計算を行い、各照査面の安定計算結果を取りまとめる方法を採用した(図1)。

① 照査面のせん断(滑動)に対する照査

Hennyの式によって、照査面のせん断の安全率を算定した。

$$n = \frac{f \times V + \tau_c \times L}{H}$$

② 照査面の鉛直応力・転倒に対する照査

照査面の上下流端部の鉛直応力は偏心距離を用いた次式によって算定した。

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{V}{B} \times \left\{ 1 \pm \left(6 \times \frac{e}{B} \right) \right\}$$

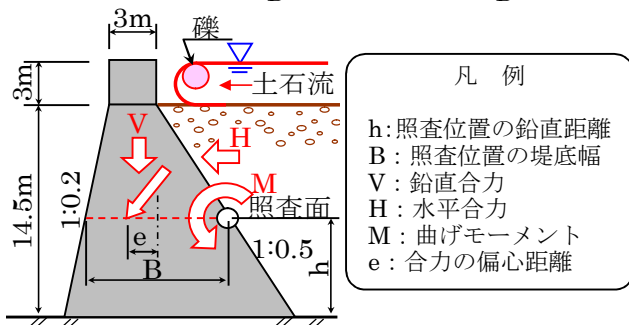


図1 モデル砂防堰堤の基本形状

3. 水平打継目の内部応力状態の特徴

水平打継目の応力状態の特徴を把握するために、モデル砂防堰堤に土石流流体力と直径1mの礫の衝撃力を作用させた場合の検討を行った。

検討結果は、図2に示す通りであった。

最小鉛直応力はコンクリートの短期許容引張応力度に収まる値であるが、最大280kN/m²程度の引張応力が発生することが確認された。

一方、せん断安全率は水通し付近は礫の衝突による影響で安全率が低下する範囲があるものの、極めて高い安全率を有しており、堰堤上部に向かうに従い安全率が高くなる傾向が確認された。

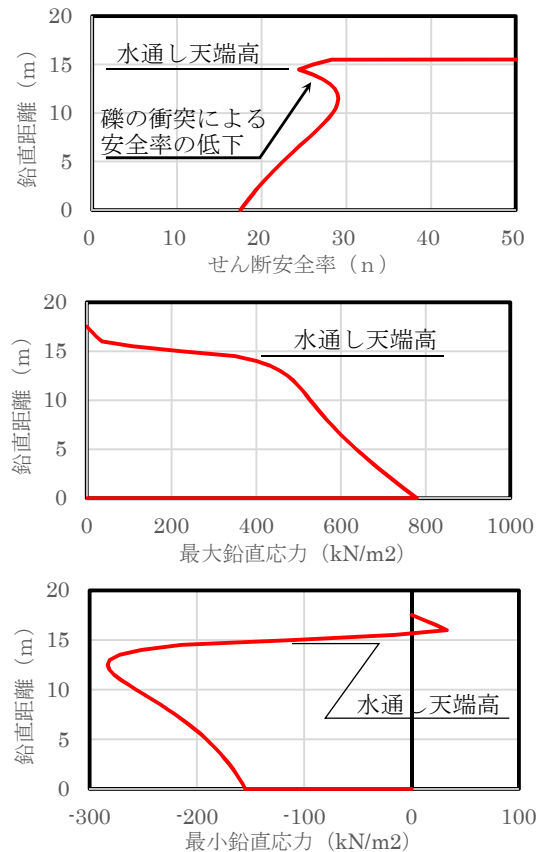


図2 内部応力の検討結果

せん断安全率が極めて高い値を有する原因について、せん断抵抗力の内訳を、摩擦係数に起因する抵抗力($f \times V$)と、せん断強度に起因する抵抗力($\tau_c \times L$)に整理したところ、図3の結果が得られた。せん断破壊に対する抵抗力は、せん断強度に起因する抵抗力($\tau_c \times L$)が殆どを占めることが明らかとなった。

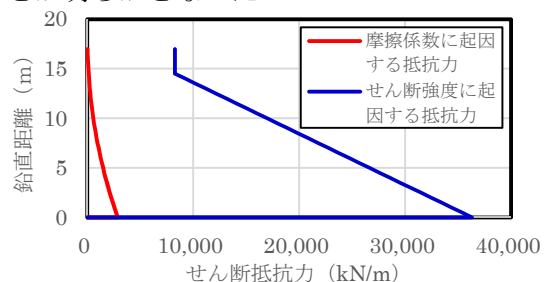


図3 せん断抵抗力の内訳

4. 水平打継目が劣化した場合の安定性

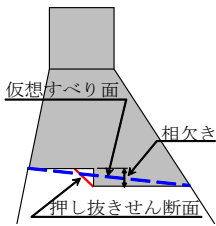
本モデル砂防堰堤での水平打継目の内部破壊は、コンクリートのせん断強度と引張強度によって安定を確保されていることが明らかとなった。

ここで、水平打継目の老朽化や施工不良等によってクラック等が発生し、コンクリートのせん断強度 (τ_c) が得られない状態となった場合、水平打継目を境に破壊することが懸念される。

ここでは、コンクリートのせん断強度 (τ_c) を見込まない場合の安定性について検討を行った。結果と特徴は、内部応力図 (図4) に示した。

5. 相欠きによる水平打継目対策の効果

水平打継目の補強方法としては、堤体上流側への補強鉄筋の埋設、水平打継目へのキーの設置などが考えられる。本検討では、水平打継目の上下流方向に段差を設ける相欠きによる補強の効果を検討した (図5)。



- ① 相欠き部のコンクリートの押し抜きせん断面は 45° と仮定し、コンクリートのせん断強度の抵抗を期待した (図中赤)。
- ② 上下流端を結んだ直線の下流上流りの仮想すべり面に対して安定性を評価した (図中青)。

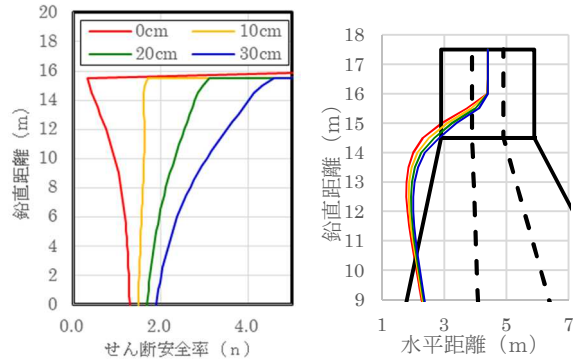
図5 相欠きのイメージ図

相欠きの安定検討は、下流側の打継目の高さを10cm, 20cm, 30cmと高く計画する3ケースで検討した。検討結果を整理すると図6に示す通りである。相欠きによる補強効果の特徴として、次の事項が明らかとなった。

- ① せん断安全率は著しく向上した。この向上は、押し抜きせん断部のせん断強度 (τ_c) に起因しており、仮想すべり面が

下流上がりとなる効果は殆どない。

- ② 転倒に対する効果は小さく、鉄筋等による補強計画が必要となると考えられる。



【せん断に対する効果】 【転倒に対する効果】

図6 相欠きの効果

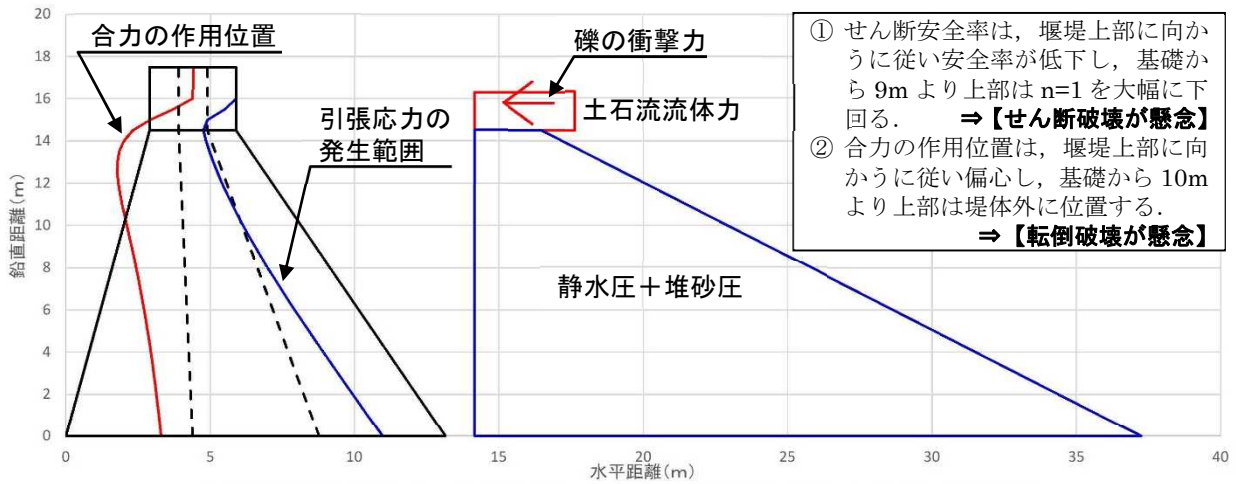
6. まとめ

本検討の結果、堰堤の上部に劣化した水平打継目が位置する場合、安定性の低下が著しい傾向にあった。今後、砂防堰堤の点検時には、このような傾向に留意することが求められる。

本検討で礫の衝撃力の評価は、現行技術基準に示される袖部の安定性評価方法を簡易的に用いたが、水通しより下位の堤体内部までこの手法を採用してよいか、今後の検討が求められる。

参考資料

- ※ 「砂防基本計画策定指針 (土石流・流木対策編) および土石流・流木対策施設設計技術指針に基づく計画・設計事例の解説<第2版>」 H29.9.1, 一般財団法人 砂防・地すべり技術センター



- ① せん断安全率は、堰堤上部に向かうに従い安全率が低下し、基礎から9mより上部は $n=1$ を大幅に下回る。 ⇒ 【せん断破壊が懸念】
- ② 合力の作用位置は、堰堤上部に向かうに従い偏心し、基礎から10mより上部は堤体外に位置する。 ⇒ 【転倒破壊が懸念】

合力の作用位置 (図中 右: 水平荷重イメージ、左: 合力作用位置、破線: ミドルサードの範囲)

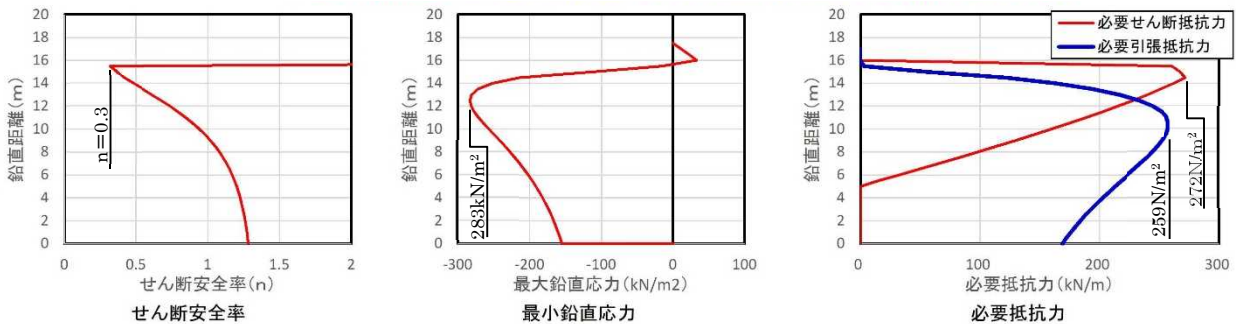


図4 内部応力図 (非越流部)