

底版コンクリートを考慮した鋼製透過型砂防堰堤への礫衝突応答解析

伊藤忠テクノソリューションズ (株) ○松澤遼

(一財) 砂防・地すべり技術センター 嶋丈示 武田一平

防衛大学校 別府万寿博

砂防鋼構造物研究会 山口聖勝 石川信隆

政策研究大学院大学 水山 高久

1. 緒言

コンクリートの重力式堰堤は巨礫の衝突により破損すると、そのまま安定性に影響する。これに対して鋼製透過型堰堤は巨礫の衝突による変形を許容しているが¹⁾、堤体の安定性について言及したものはない。本研究は、鋼製フレームに巨礫が衝突した際、安定解析の安全限界程度の極めて大きな土石流荷重を受ける底版コンクリートを考慮した鋼製透過型堰堤の応答について数値シミュレーションを行い、底版コンクリートへの影響を調べたものである。数値解析には、衝撃解析ソフト AUTODYN を用いた。

2. 鋼製透過型砂防堰堤モデルと土石流荷重の設定

2. 1 鋼製透過型砂防堰堤モデル

解析の対象とした鋼製堰堤を図-1 に示す。上部の鋼製堰堤は直径 508mm と直径 318.5mm の鋼管を接合した形状である。堰堤の高さは 8.0m である。簡単のため、鋼管同士の接合部は詳細にモデル化していないが、鋼管の直径、肉厚等は全てシェル要素により忠実にモデル化した。底版コンクリートは幅 7.0m×奥行 8.4m×高さ 2.0m の直方体形状であり、鋼製堰堤基礎部の根入れ深さは 1.0m である。鋼製堰堤の底面には厚さ 22mm のベースプレートを模擬した。鋼材は STK490 を使い、コンクリートの圧縮強度は 18MPa である。礫は完全弾性体と仮定した。

2. 2 土石流荷重の設定

本研究では礫の衝突のみ検討を行う。既存の研究^{1), 2)}に基づき、土石流荷重として礫の直径を 3.0m, 衝突速度は 8.45m/s とした。

3. 解析

3. 1 解析条件

本研究では、衝突位置の影響を評価するため、鋼製堰堤の上部と下部に対して礫を衝突させた。解析条件を図-2 に示す。鋼製堰堤の根入れ部と底版コンクリートは剛結合した。底版コンクリートの底面には固定条件を設定した。

3. 2 解析結果

(1) 上部衝突

図-3 に鋼製堰堤の相当塑性ひずみ分布を示す。礫の衝突位置を中心として中央の上流側鋼管、および鋼管同士の接合部に局所的な塑性変形が生じた。最終的に礫体は最終的に反跳し、堰堤は倒壊に至っていない。

図-4 は底版コンクリートの破壊状態図である。中央列

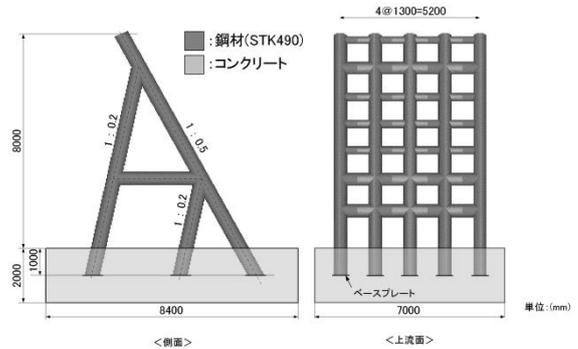


図-1：底版コンクリートを考慮した鋼製透過型砂防堰堤モデル

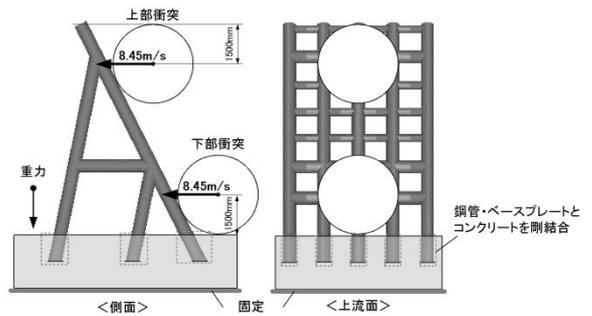


図-2：解析条件

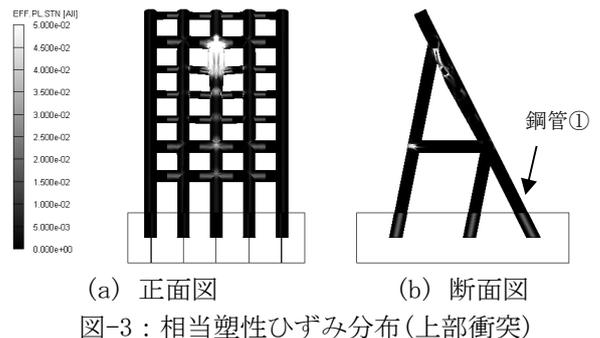


図-3：相当塑性ひずみ分布(上部衝突)

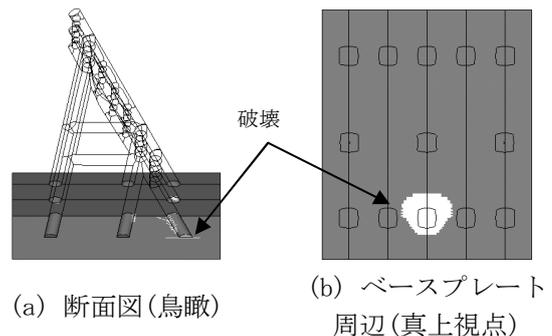


図-4：コンクリートの破壊状態(上部衝突)

鋼管①のベースプレートを中心に破壊が生じたが、版全体に及ぶ破壊ではなかった。また底面の固定位置で破壊は生じていない。

(2) 下部衝突

図-5 に鋼製堰堤の相当塑性ひずみ分布を示す。礫の衝突位置近傍に塑性変形が集中したが、最終的に礫体は反跳し、堰堤は倒壊に至っていない。図-6 は底版コンクリートの破壊状態図である。上流側のベースプレートを中心に破壊が生じ、上部衝突に比べ破壊の範囲は大きい。ただし、下部衝突についても版全体に及ぶ破壊には至っておらず、また底面の固定位置においては破壊が生じなかった。

4. 結果及び考察

図-7 は礫体の衝突荷重時刻歴である。高周波成分が含まれるため、移動平均処理を施した線を併記している。上部衝突では衝突後 80ms で約 5MN の最大荷重が発生した。一方、下部衝突では上部衝突に対して荷重の立ち上がり早い。衝突後 60ms で約 6MN の最大荷重が生じ、上部衝突に対して下部衝突は堅い応答を示しており、衝突位置による応答の違いが認められた。これは、下部の衝突位置の方が構造としての剛性が大きいため、上部衝突より大きい衝突荷重が得られたと考えられる。底版コンクリートの破壊状態にも衝突位置による違いが認められ、下部衝突の方が比較的広範囲である。

図-8 は礫体の衝突エネルギーと、鋼製堰堤および底版コンクリートの吸収エネルギーの時刻歴を示している。比較のため礫体の初期運動エネルギーで除した比率としている。上部衝突、下部衝突ともに礫体の持つ衝突エネルギーのほとんどが鋼製堰堤に伝達していることが分かる。最終的にコンクリートに伝達したエネルギーは上部衝突で 0.1%、下部衝突で 1.3%と下部衝突の方が大きい。エネルギー伝達の観点から、衝突位置によらず底版コンクリートへの影響は少ないことがわかった。

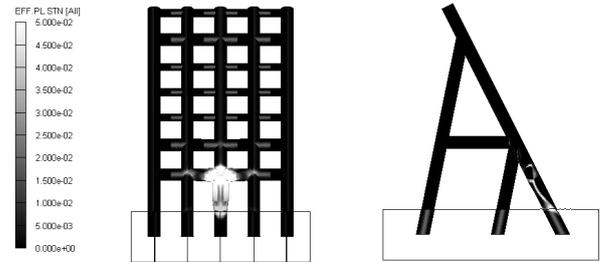
解析結果より、今回想定した条件においては衝突荷重や底版コンクリートの破壊状態等、局所的な応答に関して衝突位置による影響が認められたものの、エネルギー伝達の観点からは、衝突位置による底版コンクリートへの影響は少なく、衝突エネルギーのほとんどが鋼製堰堤に吸収されることがわかった。

5. 結言

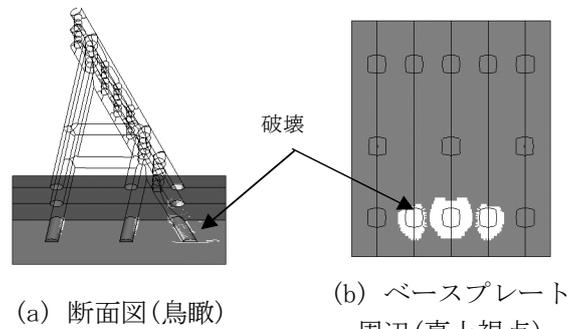
本研究の結果から、安定性を損なうような巨礫の衝突に対しても、鋼製透過型堰堤の鋼管フレームによって衝突エネルギーを吸収し、転倒・滑動といった安定性にまで影響することは無いことを示唆していることがわかった。

参考文献

- 1) 別府万寿博, 松澤遼, 嶋丈示, 石川信隆, 水山高久: 極めて大きな土石流荷重を受ける鋼製透過型堰堤の耐衝撃性に関する解析的検討, 平成 27 年度砂防学会研究発表概要集, 平成 27 年 5 月
- 2) 山口聖勝, 石川信隆, 田村毅, 嶋丈示, 水山高久: 極めて大きな土石流流体力を受ける砂防堰堤の極限状態における安定計算法, 平成 27 年度砂防学会研究発表概要集, 平成 27 年 5 月



(a) 正面図 (b) 断面図
図-5: 相当塑性ひずみ分布(下部衝突)



(a) 断面図(鳥瞰) (b) ベースプレート周辺(真上視点)
図-6: コンクリートの破壊状態(下部衝突)

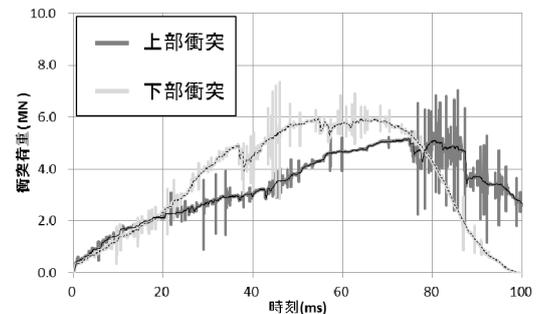


図-7: 衝突荷重の時刻歴

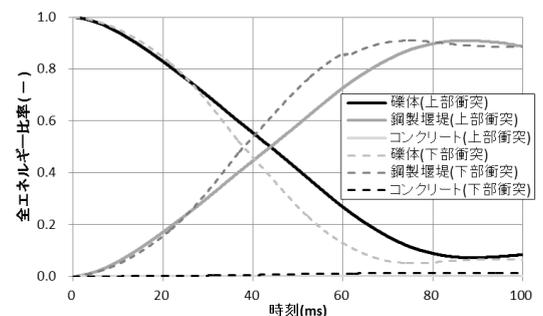


図-8: 衝突および吸収エネルギーの時刻歴