

越流水深の大きな砂防堰堤の下流影響検討

中国支店 河川水工部 諸原 亮平、社会基盤本部 砂防センター 木村 啓祐、樋田 祥久、加藤 陽平、森 克味、名古屋支店 小川 義忠

越流水深の大きい水系砂防施設については、設置に伴い下流流況に大きな影響を及ぼすため、越流水深の低減策や詳細な流況把握が求められます。当社で実施した「南小川流域砂防堰堤水理検討業務」を題材に、課題に対する検討手法や解決策等の事例について紹介します。

※本業務は、国土交通省 四国地方整備局 四国山地砂防事務所からの委託で実施しました。

はじめに

高知県北東部に位置する一級河川吉野川水系の南小川流域は、計画流量が1,140m³/sと大きい流域ですが、急峻な地形はV字谷を形成し、谷幅が狭いという特性があります。現在、南小川流域において流出する土砂を抑制し、下流域での河床上昇による河川水位の上昇を防ぐことを目的とした砂防堰堤が計画されています(図1)。

砂防堰堤の計画箇所は、川幅が狭いことから洪水が流下する水通しの幅は25.0mと狭くなり、堰堤高11.0mに対して越流水深が8.1mと通常の砂防堰堤に比べて大きくなります(図2)。越流水深が大きい砂防堰堤では流速が大きくなるため、越流水や跳水による下流の橋梁や発電所周辺の既設護岸の洗堀等が問題となります。

本業務においては、既往検討結果¹⁾を踏まえ、水理模型実験により堰堤下流への影響を把握するとともに、越流水深の低減策を検討し、その低減効果の確認を行いました。

越流水深の大きい砂防堰堤下流における課題

当該堰堤整備に伴う下流への影響は、数値解析シミュレーション(3次元流体解析)を実施した結果、計画堰堤下流70m程度の範囲まで及ぶことが確認されています¹⁾。

そのため、水理模型実験を実施し、3次元流体解析結果の妥当性を検証するとともに、水漕池および水通しや前庭部^{せんでいぶ}における急縮・急拡による減勢効果等を確認し、適切な前庭保護工を計画する必要があります。

水理模型実験による砂防堰堤下流への影響検討

水理模型実験は水路模型および地形模型を用いて行いました。水路模型実験では越流水深に着目し、堰堤下流の流況変化を確認し、副堰堤設置の必要性について検討しました。また、地形模型実験は水路模型実験結果から設定した前庭保護工の効果を確認しました。各実験では流況変化を把握するため水位を計測し、堰堤を設置しない場合と比較して水深の変化を確認しました。

(1)水路模型実験

水路模型実験は現況河床勾配1/45の直線矩形水路へ図3のように1/100縮尺の堰堤模型を設置して行いました。実験は副堰堤の減勢効果を確認するため、堰堤下流に水叩き工を想定した滑面の塩ビ板を設置し、表1のケースについて実施しました。

表1 水路模型実験ケース

ケース	前庭部範囲	構造
①	30m	副堰堤
②	30m	副堰堤なし

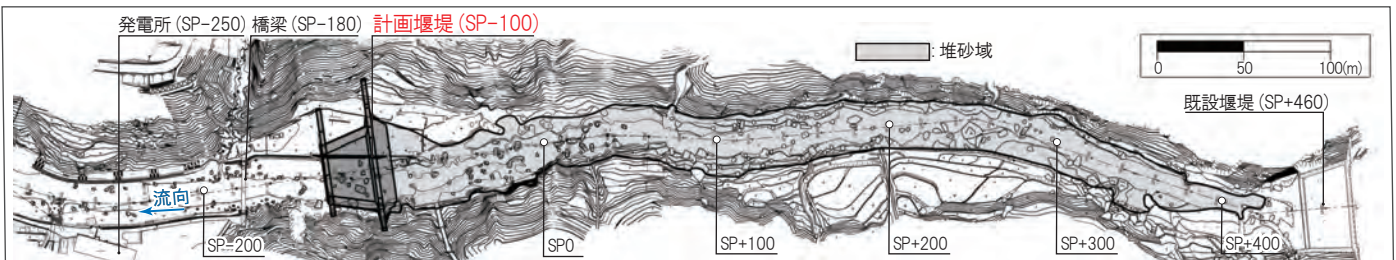


図1 計画堰堤平面図

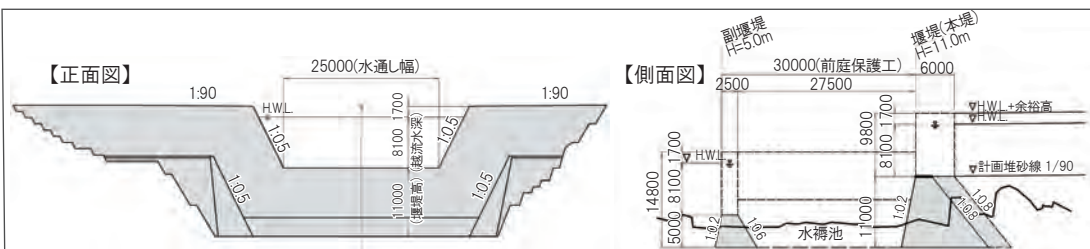


図2 計画堰堤正面図・側面図

【用語】
 水通し: 砂防堰堤の放水路
 跳水: 構造物を超える際に流速が急減し、水位が増加する現象
 水漕池: 堰堤(本堤)と、その下流に設置された副堰堤間の水叩き上にてできる池
 前庭部: 堰堤の下流に越流水が落下する部分
 前庭保護工: 越流水による局所洗堀等を防止する一連の構造物。副堰堤、垂直壁、水叩き、側壁護岸、護床工
 水叩き工: 越流水による洗堀を防止する構造物。前庭保護工の一部
 急縮・急拡: 水通し前後における流下断面の局所的な変化

水位計測範囲は250cmで、両ケースともこの範囲では水位変動は収束しませんでした。ケース①は副堰堤により流れが阻害され、ケース②に比べ流況が乱れる結果となりました(写真1、2)。そのため、地形模型実験は副堰堤を設置しない条件で実施しました。

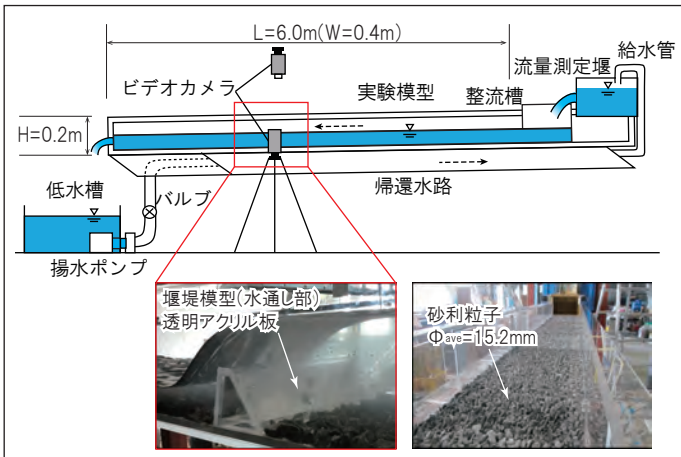


図3 水路模型実験の概要

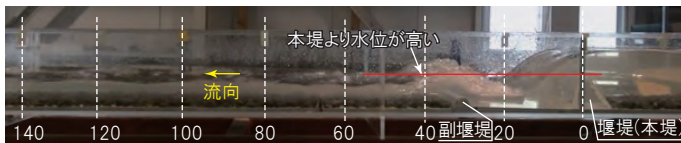


写真1 水路模型実験状況(ケース①)

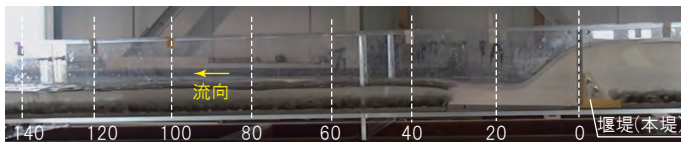


写真2 水路模型実験状況(ケース②)

(2)地形模型実験

地形模型実験に用いた地形模型は、現地地形を精度よく再現できるよう、LPデータを用いて3Dプリンターにより出力し、縮尺1/125の地形モデル模型(PLA樹脂)を製作し、個々の転石をスケールダウンした砂利を地形模型に張り付けて現地の転石等を再現しました。

実験の結果、下流への影響範囲は60m程度となりました。水通し部と側壁の急縮・急拡により、3次元的な流況(写真3)が発生し、減勢することによって水路模型実験の結果に比べて、影響範囲が短くなりました。

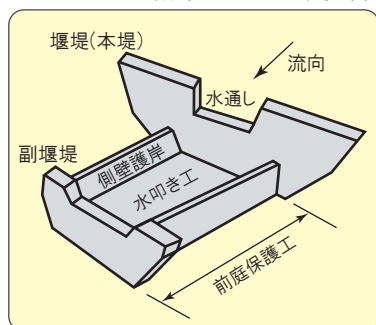


写真3 地形模型実験状況

3次元流体解析による砂防堰堤下流への影響検討

地形模型実験と同様の条件で3次元流体解析を実施し、妥当性の検討を行いました。解析の結果、前庭保護工の減勢効果が確認されるとともに、下流への影響範囲は60m程度と地形模型実験と一致し、再現性を確認できました。すなわち、3次元流体解析のみで堰堤下流の流況を把握することが可能となります(図4)。

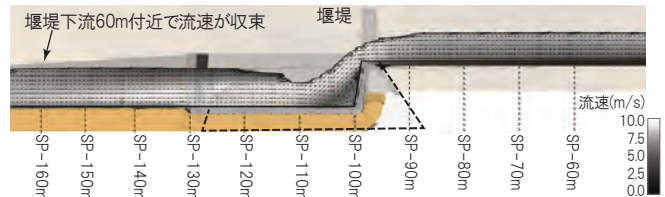


図4 3次元流体解析結果側面図(当初計画)

越流水深の低減策の検討

越流水深を低減するため、掘削影響を考慮した側壁位置を固定した条件で計画流量時に側壁の背面に落水が当たらないよう、水通し肩と側壁肩の位置を合わせることで水通し幅を広げ、越流水深が小さくなる水通し断面を設定しました(図5)。設定した水通し断面で3次元流体解析を行った結果、下流への影響範囲は30m程度と前庭保護工の範囲内で収束し、低減策は有効でした(図6)。

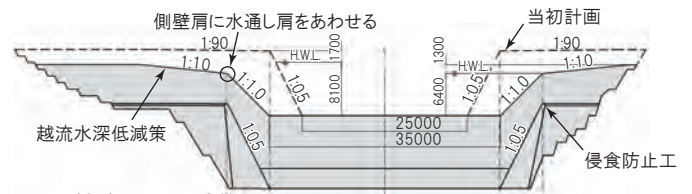


図5 越流水深低減策

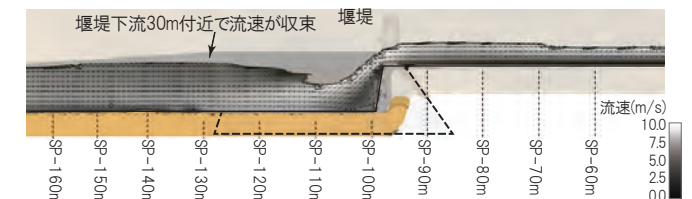


図6 3次元流体解析結果側面図(越流水深の低減策)

おわりに

砂防堰堤の越流水深は、下流の流況に大きな影響を及ぼします。そのため、急峻で谷幅が狭い流域では、越流水深を小さくする方を柔軟に検討し、その結果を従来の水理模型実験に代わって3次元流体解析で検証することにより、安全で周辺影響の小さい砂防堰堤を経済的に計画することが可能となります。

〔参考文献〕

- 1) 西島ら(2017), 越流水深の大きい砂防堰堤における施設本体及び周辺影響について, 平成29年度砂防学会研究発表会概要集, 184-185