

コンクリートスリット堰堤における透過断面の決定に関する解析

協和設計株式会社 防災グループ ○西岡 孝尚 中澤 圭一 南部 啓太 安田 真悟 阿部 達也
国土交通省 近畿地方整備局 紀伊山系砂防事務所 上田 成人 松田 裕也 中田 博貴

1. 概要と目的

掃流区間に設置する透過型砂防堰堤は、出水時に流水を堰上げることで流出する土砂を貯留し、ピークとなる流出量を低減して下流への土砂流出を防止し、土砂洪水氾濫を防止するとともに、中小洪水時や平時では河床の連続性を確保する施設に位置づけられる。今般、これらの目的に沿った型式にてコンクリートスリット堰堤を計画するにあたり、透過断面の決定に際して、計画対象流量を流下させる断面を確保する場合と堆砂肩の高さ (Z_s) と堆砂肩での水深 (h_s) の和よりスリット深さを大きくし、計画対象流量については、水通し断面を含む透過断面で流下させる場合の2つのケースのいずれを採用するかを議論した。

スリットの計画は、「設計要領 (河川編)」 (北陸地方整備局, H30.7) ¹⁾ (以下、「設計要領」) に記載されている方法に従うもので、この場合、透過断面の決定で計画対象流量を流下させる断面を確保する必要性が明確に記載されている。一方、「砂防施設設計要領」 (中部地方整備局, R2.7) ²⁾ では、スリット部を流下する流量として、スリット天端を越流しない場合と越流する場合の2ケースを記載している。

透過断面をこれらいずれの方法で決定するかは砂防堰堤の堤高を左右し、施設の構造規模と設計水位 (H.W.L.) や余裕高を含む用地範囲の設定に及ぶため、計画上の大きな課題である。しかしながら、これらについてはこれまでに十分な知見や報告がなく、また、模型実験等で結論を得るには費用と時間を要する。そこで、コンクリートスリット堰堤におけるこれらのケースで河床変動解析を実施し、堆砂肩の高さ (Z_s) を算定して、施設効果を確認し、透過断面の決定する際の知見を求めることとした。

2. 検討内容

対象の砂防堰堤の側面図を図-1に示す。ここでコンクリートスリット断面は、「堆砂肩の高さ」より定まるスリット高 $h=8.80m$ に対して、計画対象流量 $203m^3/s$ を流下させるために必要なスリット高さ $h=11.4m$ となり、スリット断面が後者により定まる。これをケース①とする。「設計要領 (河川編)」¹⁾では、「堆砂肩の高さ」の算定式で、計画対象流量が透過部断面で流下できることが適用条件とされている。一方、スリット断面を「堆砂肩の高さ」より定まるスリット高として、計画対象流量の不足分は水通し部の断面を流下させるという考え方があり、これをケース②とする。図-2にこれらの模式図を示す。

「堆砂肩の高さ」の算定式の適用条件について、計画対象流量を流下させるために必要なスリット高を確保するケース①と、スリット断面を「堆砂肩の高さ」より定まるスリット高とするケース②について、スリットによる堰上げによって進行する堆砂状況 (「堆砂肩の高さ」) を数値解析し、スリット断面決定の妥当性を評価することとした。

3. 解析条件

(1) 「設計要領」に示された検討フローと透過断面の算定

「設計要領」では透過部の検討フローを図-3のように示している。ここで、堆砂肩は、河道の流れが砂防堰堤で堰上げられて減勢し、安定した跳水を生じさせるのに必要なスリット深さが必要で、式(1)に示すスリット深さ $h \geq Z_s + h_s$ で計画することとされている。しかし、スリット断面で計画流量が流下できない場合には、堆砂肩の算定式や式(2)に示すスリット部流下流量の算定式が適用されないとしている。一方で、スリット天端を越流する場合として式(3)²⁾が示されている。

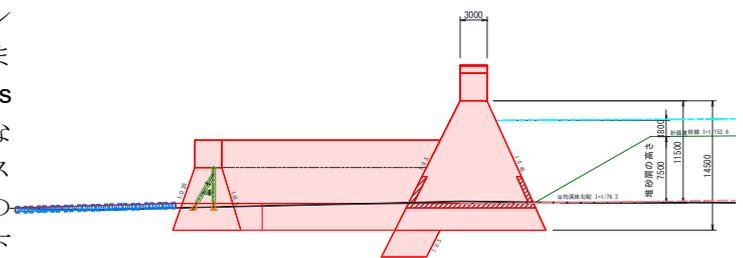


図-1 砂防堰堤の側面図

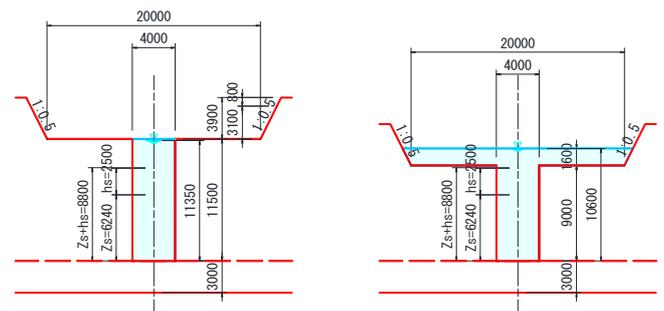


図-2 スリット断面の模式図

$$Z_s = \{F_r^2/2(1/\sqrt{r^2-1}) + 3\sqrt{r/r-1}\}(nQ/B_s\sqrt{i}) \dots (1)$$

$$Q = 2/3\mu b\sqrt{2gh^{3/2}} \dots (2)$$

$$Q = 2/3\mu b\sqrt{2gh^{3/2} + 2/15c\sqrt{2g(3B_1 + 2B_2)(h-H)^{3/2}}} \dots (3)$$

(2) 河床変動解析の計算条件

スリットによる堰上げによって進行する堆砂状況は、「iRICソフトウェアNays2DH」を用いた河床変動解析により求める。すなわち、平面2次元河床変動計算により堆砂形状（堆砂肩高Zs）を解析し、「設計要領」に示された堆砂肩の算定式による値や各ケースでの違いを確認する。計算条件を表-1に示す。

(3) 流量条件

流量条件によって堆砂肩高や土砂の移動速度が異なることから、複数パターンの流量条件で解析する。流量条件は、表-2に示すように、設計流量を定常流で流すパターン、72時間を対象とし、設計流量を2回、12時間継続させて流下させるパターン、72時間を対象とし、設計流量を3回、8時間継続させて流下させるパターン、設計流量をピーク流量として5回与えるパターンの全4パターンとした。

4. 解析結果

ケース①および②に対し、4パターンの流量条件での解析結果を表-3に一覧で示す。また、ここでは解析結果図として代表的に、非定常流Aでのケース①・②の河床変動高コンター図と水位・河床縦断面図を図-4に示す。

これら解析の結果、流量条件に関わらず、いずれの堆砂肩の高さも、ケース①がケース②を上回り、実際の降雨現象に近い非定常流での堆砂肩の高さは、ケース①で6.53m～7.34m、ケース②で5.93m～6.01mとなり、ケース①が大きく、式(1)の算定式による計算値Zs(6.24m)+hs(2.5m)=8.74m≒8.80mに近い値を示した。

表-3 解析結果一覧表

流量条件	堆砂肩の高さ		備考
	ケース①	ケース②	
203m/s	6.24m	—	流れの幅
定常流	9.39m	8.39m	
非定常流 A	7.34m	5.98m	72時間後
非定常流 B	6.58m	5.93m	72時間後
非定常流 C	6.53m	6.01m	

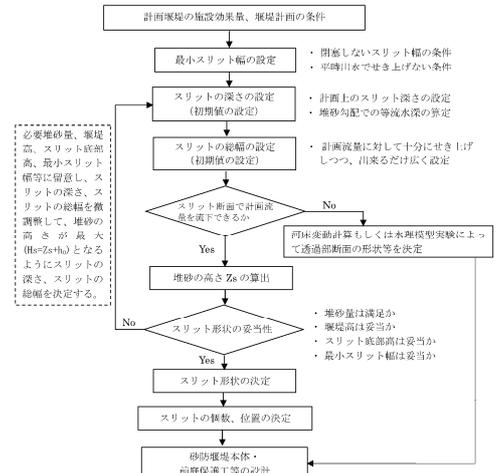


図-3 透過部の検討フロー①

表-1 計算条件

項目	条件	備考
地形条件	格子 (46×252)	1.0m×4.0m
河道幅 B	20m	流れの幅
河道延長 L	1,000m	直線水路を想定
河床勾配 i	1/76.3	対象地の河床勾配
粗度係数 n	0.035	
河床材料の粒径	混合粒径	採取土砂3地点平均
流量 Q	203m³/s	土砂含有10%

表-2 流量条件

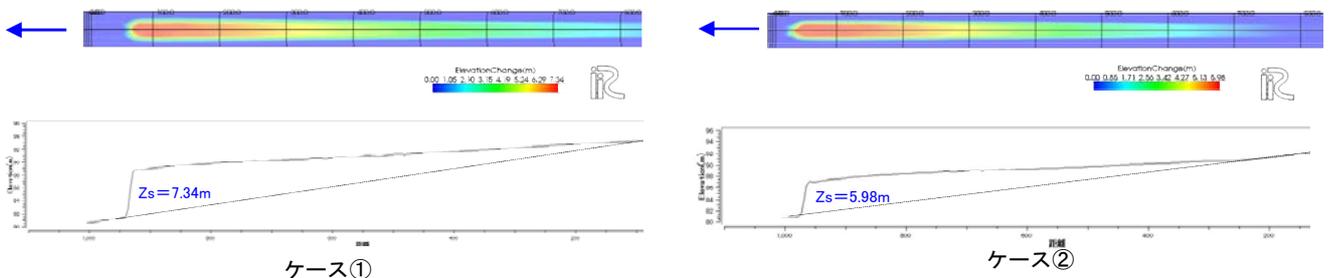
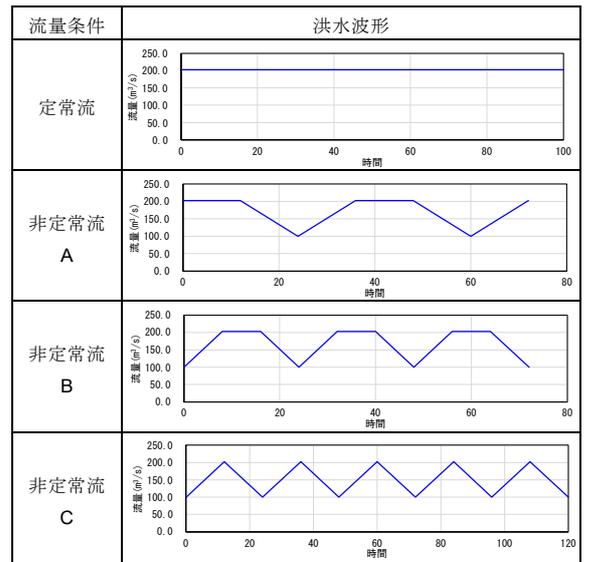


図-4 解析結果図 (非定常流 A)

5. まとめ

スリットによる堰上げ効果は、ケース①では堆砂肩高が算定式と同程度となり、ケース②では「堆砂肩の高さ」が算定式を下回って、期待する施設効果量が得られない可能性があることが分かった。これら解析の結果から、計画対象流量が透過部断面で流下できるケース①のスリット形状を採用する必要があると言える。

【参考文献】 1) 「設計要領 (河川編 第3章 砂防編)」 (北陸地方整備局, H30.7, p.III-95～102)
 2) 「砂防施設設計要領」 (中部地方整備局, R2.7, p.5-15)