

小石原川ダム洪水吐きの配置設計について

独立行政法人水資源機構

関西・吉野川本部 管理調整課長¹ ◎一ノ瀬 泰彦
朝倉総合事業所 調査設計課 ○國居 史武

1. はじめに

小石原川ダムは、福岡県朝倉市及び東峰村に建設される堤高 139m の多目的ダムである。小石原川ダムはロックフィルダムであるため、堤体外の地山部に洪水吐きを設置することになる。したがって、洪水吐きの配置設計にあたっては、周辺環境への影響を低減させるためにも、地形の改変を極力少なくし、設計合理化を図ることが重要となる。

小石原川ダムでは、地形・地質を踏まえた配置設計に加え、洪水吐きシュート部を階段形状とし、シュート部自体に減勢機能を持たせる階段式シュートを採用している。

本稿は、小石原川ダムにおける洪水吐きの配置設計の考え方、洪水吐きシュートに階段式シュートを採用するにあたっての検討経過について報告するものである。

2. 配置設計にあたっての配慮事項

小石原川ダムの洪水吐きは、ダムサイト左岸下流の地すべりブロックを避けるため、ダムサイト右岸側に配置しているが、その場合の課題として、以下が挙げられる(図-1 参照)。

課題①：掘削量および改変面積の低減

洪水吐きを設置する右岸側は地形が急峻であることから、配置設計にあたっては山側と川側との配置バランスを考えながら、掘削量と改変面積をできるだけ低減する必要がある。

課題②：減勢工と地すべりブロックとの隔離

ダムサイト左岸下流側には大規模な地すべりブロックが存在し、地すべりブロック裾部は河床付近までかかることから、減勢工の配置設計にあたっては、掘削等も含め、地すべりブロックに影響が及ばないように、地すべりブロックとの隔離に配慮する必要がある。

課題③：ダムからの放流水が及ぼす影響の低減

洪水吐きからの放流水がダムサイト左岸下流地すべりブロック裾部の崩積土を払うことにより地すべりブロックの安定性を損なう可能性が大きいこと、地すべりブロック直下流は江川ダムの貯水池上流端に位置していることから、洪水吐きからの放流水が江川ダムの管理に支障を来たすことがないように減勢後の流況を安定化させておく必要がある。

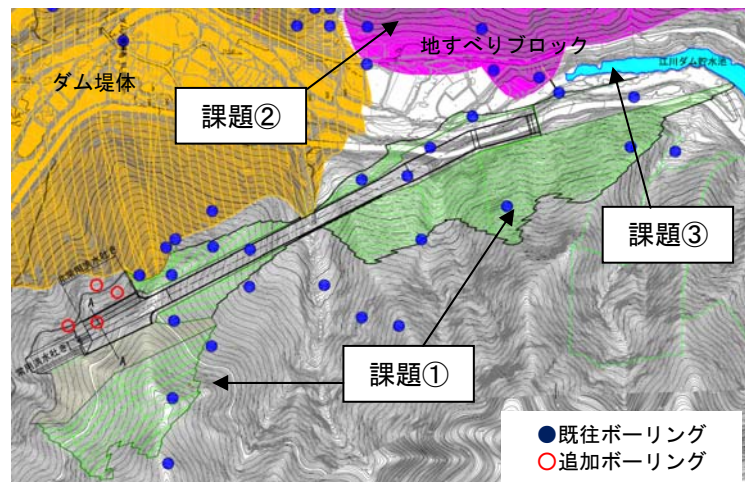


図-1 配置検討にあたっての課題

3. 地形・地質を踏まえた配置設計

3.1 流入部配置

図-2 に洪水吐き流入部の地質断面図を示す。原計画は、常用洪水吐き、非常用洪水吐きの流入部において右岸天端の掘削量が大きくなっていることから、できるだけ川側に流入部を配置することを検討した。検討にあたっては、洪水吐きの流入部基礎はCL級以上に設置することを基本とし、図-1 に示す洪水吐き流入部の川側で追加ボーリング調査を行い、地質状況を確認した。その結果、原計画よりも川側に非常用洪水吐きの流入部基礎を配置することができることを確認し、原計画に比べて地形改変を小さくすることが可能となった。

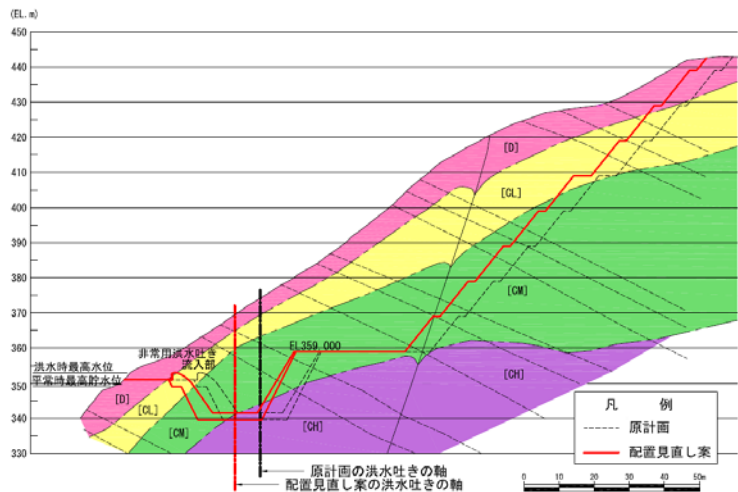


図-2 流入部配置概念図（図1のA-A断面）

3.2 減勢工配置とその課題

図-3 に減勢工配置比較図を示す。原計画では、減勢工を右岸地山内に配置して地すべりから離れた配置としているため、掘削法面が長大となり掘削量も大きい。

配置見直し案では、シュート部と減勢工をできるだけ川側に配置することで地山の掘削量を減らせたものの、水理特性を考慮して一次減勢工までを直線配置とした結果、二次減勢工の末端が地すべりブロックに近接した配置となり、減勢工施工に伴う掘削が地すべりブロックにかかる可能性がある。また、二次減勢工末端から下流河道までに取付水路を配置した場合でも掘削が左岸地すべりブロックにかかることから、左岸地すべりブロックを回避できる配置とするのは困難である。さらに、減勢工対象流量 $620\text{m}^3/\text{s}$ (ダム設計洪水流量 $920\text{m}^3/\text{s}$ / 1.5) での水理計算¹⁾において、減勢工末端において小石原川ダムの堰上げによる位置エネルギーが残存している。

以上のことから、洪水吐きの配置設計にあたり、これらの課題を解決するためには、シュート部下流の減勢工規模の縮小が求められた。

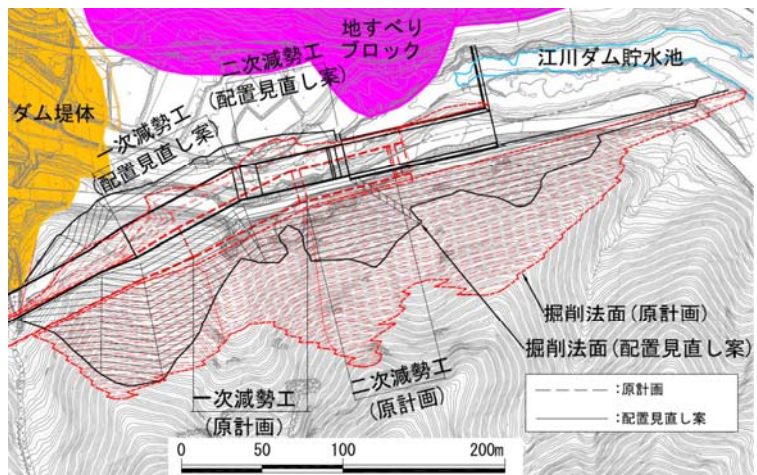


図-3 減勢工配置

4. 階段式シュートの検討

4.1 階段形状の概略検討

小石原川ダムでは、上述した課題解決を図るため、洪水吐きシュート部自体に減勢機能を持たせて流水のエネルギーを低下させることができる階段式シュートの採用を検討した。階段形状の概略検討にあたり、シュート部水路幅は流入部の側水路末端と同じ 15m、縦

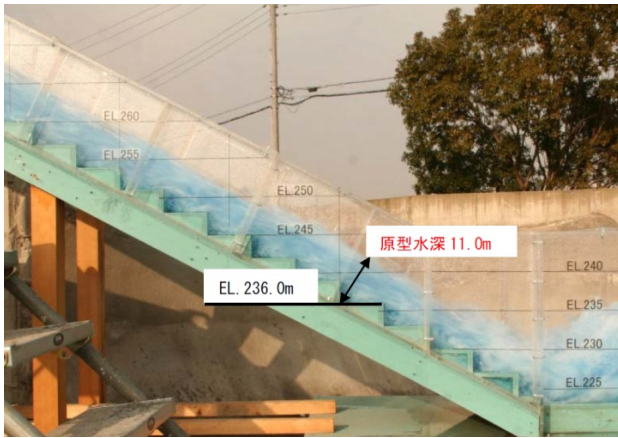


図-4(a) シュート部の流況 (s=3.0m)

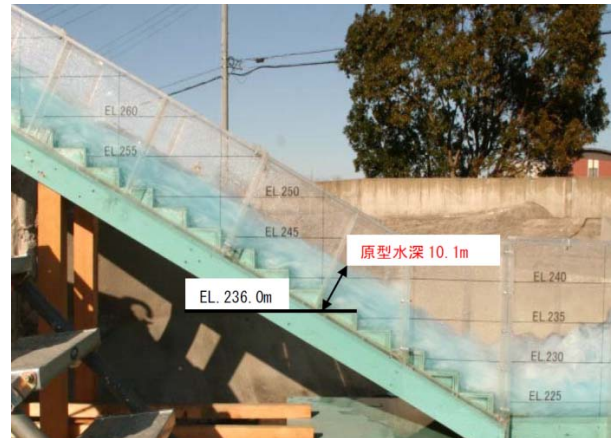


図-4(b) シュート部の流況 (s=2.5m)



図-5(a) 減勢工の流況 (s=3.0m)



図-5(b) 減勢工の流況 (s=2.5m)

断勾配は現地形に合わせて 1:2.0 とした。また、既往文献²⁾を参考に最上段越流時の限界水深(d_c)に対するステップ高(s)の比(s/d_c)を 0.4 と 0.5 とし、対象流量がダム設計洪水流量 $920\text{m}^3/\text{s}$ と減勢工対象流量 $620\text{m}^3/\text{s}$ の 2 ケースでステップ高(s)を算定した。その結果、ステップ高(s)は 2.5m~3.0m 程度となった。

4.2 水理模型実験による確認

概略検討結果から求められたステップ高 3.0m とステップ高 2.5m のケースにおける洪水吐き形状 (縮尺 1/40) により水理模型実験を行い、ダム設計洪水流量を流下させたときの流況及び減勢効果 (全水頭、流速等) を確認した。

① シュート部の流況

ダム設計洪水流量流下時の流況を比較すると、シュート部始端では側水路合流後の乱れが残存し横断方向の流速・水位に偏りがあるものの、階段式シュートを流下することにより横断方向の流況の均一化が進んでいる。また、ステップ高 2.5m の場合はステップ高 3.0m よりシュート部の水深が低くなることから減勢効果は小さくなっていると考えられる (図-4(a), (b) 参照)。

② 減勢工の流況

ダム設計洪水流量流下時の減勢工の流況を比較すると、ステップ高 2.5m の場合はステップ高 3.0m に比べて減勢効果が小さくなっているため、減勢工始端付近における露出射流長がステップ高 3.0m に比べて 2m 程度長くなっていると考えられるが、減勢工における減勢状況はほぼ同じで、減勢工終端付近の縦断水面勾配は概ね平坦となっており、ステップ高

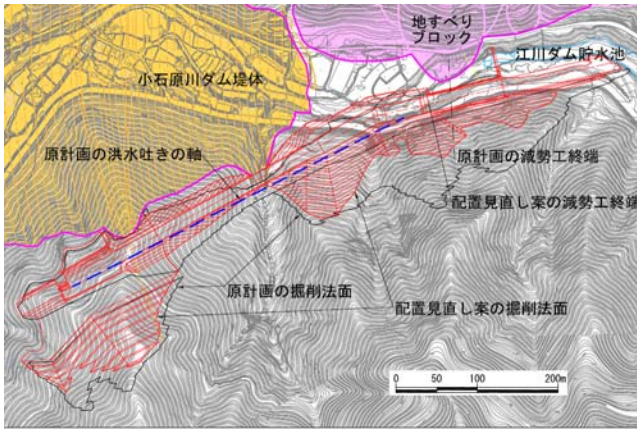


図-6(a) 洪水吐き平面配置比較図
(原計画と配置見直し案)

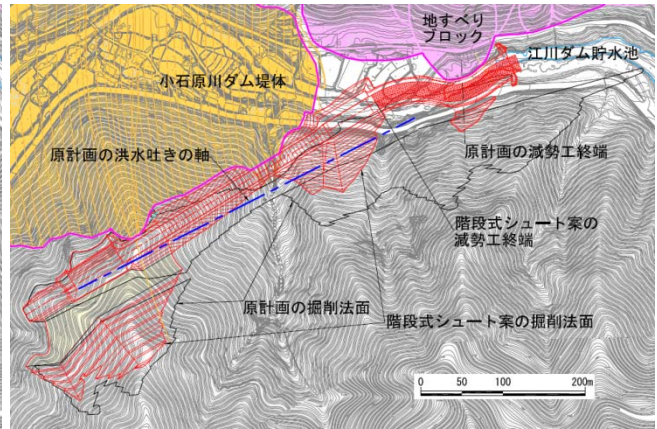


図-6(b) 洪水吐き平面配置比較図
(原計画と階段式シュート案)

2.5m, 3.0m とともに減勢工及び下流河道において安定した流況となる (図-5(a), (b) 参照)。

③ 導流壁高・ステップ高の決定

シュート部の導流壁高は、ダム設計洪水流量流下時の壁沿いの最高水位に対して、模型縮尺効果の影響を考慮して最高水位の補正を行い決定した³⁾。その結果、ステップ高 2.5m の場合のシュート部の水面高はステップ高 3m に比べて必要導流壁高を 1m 程度低くすることができることを確認した (図-4(a) (b) 参照)。

以上のことから、シュート部のステップ高は、前述①と②で述べた結果も踏まえて、経済的に有利となる 2.5m (水平長 5m, 全 47 段) とした。

5. まとめ

洪水吐きの配置設計において、流入部から減勢工終端までを直線形状としたうえで洪水吐きの軸を川側に寄せる配置とすることで、原計画に比べて改変面積および地山掘削量の低減を図ることが可能となった (図-6(a) 参照)。また、階段式シュートを採用により減勢工規模の縮小が可能となり、さらに減勢工を掘り込み式とすることで、流況に大きな問題を与えることなく減勢工全体の延長を縮小させることができ、ダム本体工事における仮設備等の施設配置上の制約の緩和にも繋がった (図-6(b) 参照)。

掘り込み式減勢工から下流側は、S 字状の平面線形としたブロック積護岸の水平勾配水路とすることで、掘削範囲の影響回避、及び地すべりブロックの安定性を損なわない配置が可能となっただけでなく、跳水後の流れの加速を防ぐことで減勢工から下流の流況を安定化させることができた。

今後は、階段式シュートの施工方法の合理化などを図りながら、更なるコスト縮減に取り組んでいく所存である。

参考文献

- 1) 多目的ダムの建設-平成 17 年度版 第 5 巻 設計Ⅱ編, p189
- 2) 箱石憲昭：世界における階段式洪水吐き (Stepped Spillway) の現状, 大ダム, No. 172, p20-29, 2000. 7
- 3) 柏井条介, 大黒真希：階段式導流部水理模型実験における模型縮尺の影響, ダム技術, No. 232, p46-56, 2006. 1