

ダム洪水吐きにおけるカスケード型減勢方式の採用について

村田 雄一¹・後藤 誠志²

¹中国地方整備局 殿ダム工事事務所 調査・品質確保課 (〒680-0151 鳥取県鳥取市国府町宮下1221)

²中国地方整備局 殿ダム工事事務所 調査・品質確保課 (〒680-0151 鳥取県鳥取市国府町宮下1221)

殿ダムは、鳥取県東部を流れる千代川水系袋川の上流、鳥取市国府町殿地先に建設を進めている堤高75m、堤体積約200万m³、総貯水量12,400,000m³の中国地方整備局管内では直轄初となるロックフィルダムである。

殿ダムでは、洪水吐きシュート部において越流水の減勢効果を期待する「カスケード型減勢方式」を国内で初めて採用した。

本稿では、「カスケード型減勢方式」について、水理模型実験による減勢効果の確認とともに、構造物の縮小による周辺環境へのインパクトの低減、施工コストの縮減並びに施工合理化の検証について報告を行うものである。

キーワード ダム洪水吐き, 減勢方式, コスト縮減

1. 減勢方式とその課題

(1) 減勢方式

ダムからの放流水は、その高低差によりダム築造前に河道を流下する水と比べ、はるかに大きな運動エネルギーを持つことから、ダム下流河川に与える影響を考慮し、洪水吐き導流部の末端部に減勢工を設置することが一般的である。

殿ダムにおいても、高低差が約60m程度あることから減勢工を設けることとしている。

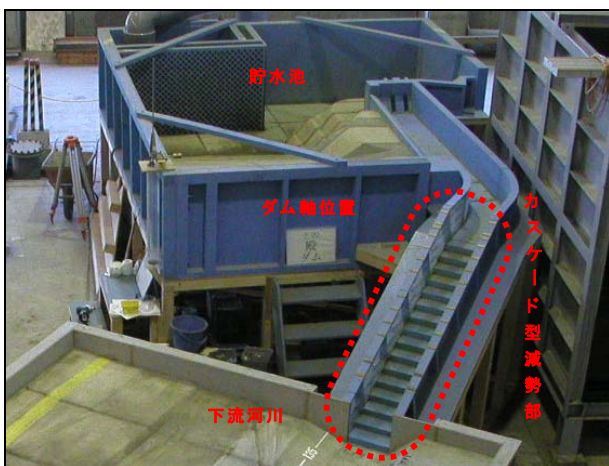
一般的な減勢方式としては、ダム直下流に副ダムを

設置して減勢池を設け、流下する流水に跳水を形成させて減勢する「跳水式減勢方式」がある。

(2) 課題

しかしながら、この跳水式減勢方式は、大規模な減勢池の設置が必要となることから、副ダム及びそれに接続する側壁についても大規模なものとなり、また、それに伴って下流河道等の地形改変も大きくなる(写真-2)。

殿ダムにおいても、従来方式の跳水式減勢方式では、減勢池が長さ100mを越え、更に導流壁も高く、下流域に対する大規模な地形改変を余儀なくされていた。



【写真-1】 模型実験全体配置図 (模型上方より)



【写真-2】 跳水式減勢方式 (十勝ダム)



【写真-3】カスケード型減勢方式による減勢状況（計画最大放流量：模型実験）

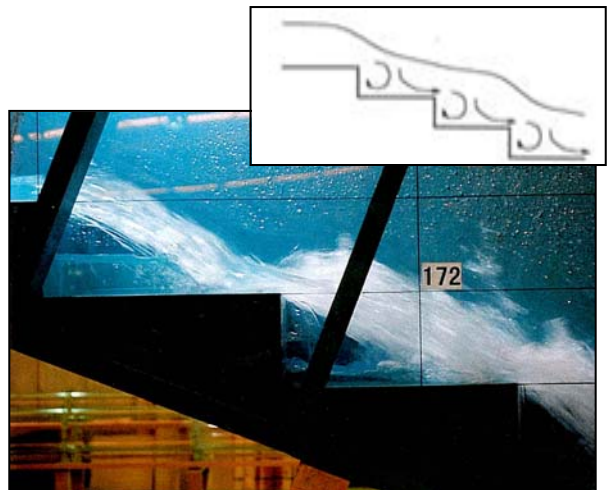
また、減勢方式の課題ではないが、ロックフィルダムの場合、堤体を横断する洪水吐き等のコンクリート構造物については、堤体との材料特性の違いによる影響を考慮して、堤体外に設置することとなるため、地形改変も大きくなり、他のダム形式に比べ更に環境負荷を与えることとなる。

2.カスケード型減勢方式の概要と設計検討

(1) カスケード型減勢方式の概要

そのような課題に対し、殿ダムの減勢方式については、国内では研究段階ではあるが、所期の減勢効果が図られ、周辺環境への改変低減が期待されている「カスケード型減勢方式」を採用することとした。

カスケード型減勢方式は、通常の洪水吐きシュートでは滑らかなカーブで擦り付ける水路面を、階段形状とするもので、これによって流れの加速を抑制し減勢効果を



【写真-4】階段部の減勢状況（階段部拡大：模型実験）
【図-1（右上）】階段部流況模式図

もたせる減勢方式である。

洪水吐きの構造を導流部と減勢工を同一構造体とすることで、その構造規模が大幅に縮小されるとともに、周辺環境へのインパクトの低減が可能となる。（写真-3、写真-4、図-1）。

(2) 設計検討の手順

設計検討にあたっては、カスケード型減勢及び跳水式減勢の減勢効果を確認する必要があり、このため、それぞれの減勢方式において、ダム設計洪水流量（1,100m³/s）を流下させたときの流下水の残余エネルギー（比力、全水頭）を測定・比較することとし、縮尺1/30の洪水吐き模型にて検証実験を行った。

また、階段シュート部に対する水面形・作用圧力等の計測を行い、階段ステップ高さや導流壁高さ等基本形状の決定を行った。

なお、シュート部に設置する階段ステップ高については、設置段数等を考慮し、H=0m、1.25m、2.5m、3.125m、5.0mの5パターンを設定した。

【表-1】検証結果

ダム設計洪水流量：Q=1,100m³/s

カスケード型減勢方式	ステップ形状		終端水深	流入水深	比力	全水頭
	高さ	段数	h ₂ (m)	h ₁ (m)	M ₀ (m3)	H ₀ (m)
	0	無	16.75	1.97	3268.79	41.74
	5	10	13.33	2.87	2306.37	21.69
	3.125	16	12.82	3.04	2187.35	19.75
	2.5	20	13.47	2.82	2340.12	22.26
	1.25	40	14.57	2.49	2622.41	27.44
跳水式減勢方式			11.93	3.69	2125.72	20.41

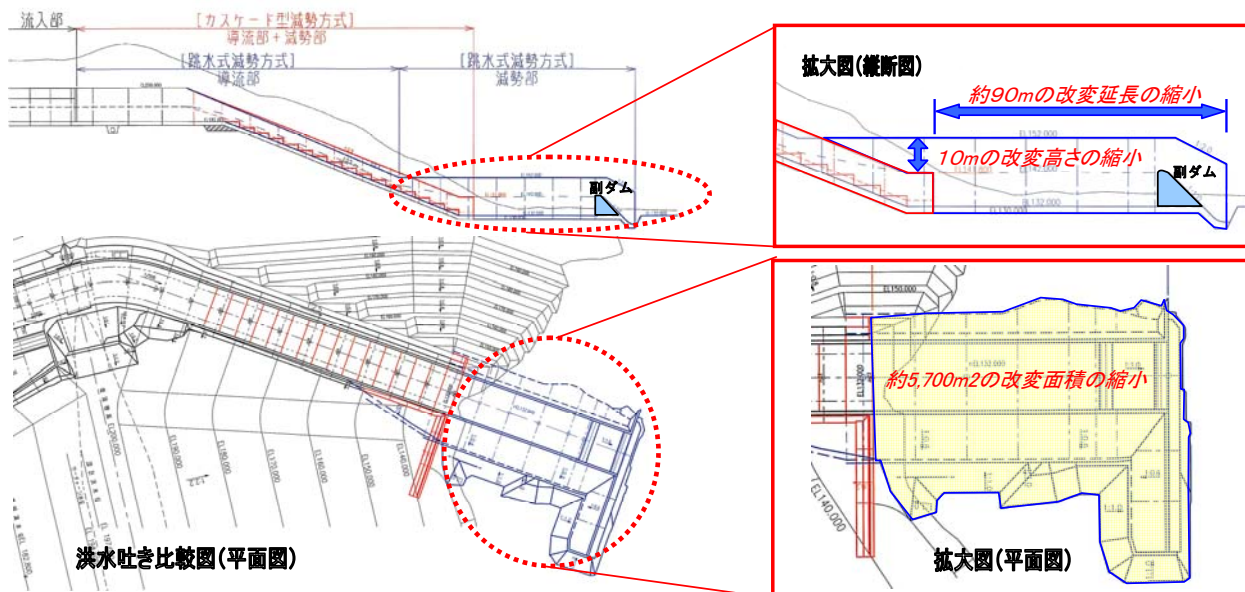
比力及び全水頭ともに、跳水式とほぼ同等の減勢が得られている。

【参考】計画最大放流量：Q=200m³/s

カスケード型減勢方式	ステップ形状		終端水深	流入水深	比力	全水頭
	高さ	段数	h ₂ (m)	h ₁ (m)	M ₀ (m3)	H ₀ (m)
	0	無	6.28	0.51	441.62	21.50
	5	10	4.01	1.05	220.04	5.88
	3.125	16	4.59	0.86	265.22	8.12
	2.5	20	4.60	0.85	265.35	8.23
	1.25	40	4.55	0.86	260.96	8.01
跳水式減勢方式			5.58	0.59	357.81	15.09

カスケード型が比力及び全水頭ともに、跳水式と比べ、大きく減勢されている

洪水吐き比較図(縦断面)



【図-2】跳水式減勢方式とカスケード型減勢方式の構造比較

3. カスケード型減勢方式採用の効果

(1) 減勢効果の確認

ダム設計洪水流量 (1,100m³/s) における減勢効果については、表-1に示すとおり、カスケード型減勢方式のステップ高2.5m以上で、流下水のエネルギーを示す比力及び全水頭が、跳水式減勢方式の主減勢後の位置となる副ダム直下流と同等の値、すなわち、比力で約2,200m³、全水頭で約20mとなり、カスケード型減勢方式が跳水式減勢方式の主減勢池の減勢機能と同等の減勢機能を有していることが確認された。

また、平年時の洪水となる計画最大放流量 (200m³/s) では、1.25mのステップ高においても、跳水式減勢方式と比較し、比力及び全水頭ともに大きく下回っており、非常に大きい減勢効果が得られることが確認された (表-1)。

(2) 周辺環境へのインパクト低減効果

カスケード型減勢方式採用の目的である周辺地形の環境への影響については、跳水式減勢方式において下流域で設置されていた主減勢工の省略及びそれに伴う掘削範囲の縮小により、跳水式減勢方式と比べ、約5,700m²の大幅な改変面積の低減が図られた (図-2)。

(3) コスト縮減効果

シュート部にて減勢効果を持たせるため、階段工の設置及び導流部側壁の大型化により、シュート部でのコンクリート量は跳水式減勢方式と比べて若干増量とはなったが、跳水式減勢の主減勢池等が不要となったことによ

り、コンクリート総量で約17,000m³の削減が図られ、約4.2億円のコスト縮減が可能となった。

(4) 施工の合理化

従来、シュート部の施工に際しては、斜め形状にコンクリート面を仕上げることから、一般的なスライド型枠ではなく、コンクリート打設時の型枠の浮き上がりを防ぐため、より強固な型枠構造である「浮き型枠」による施工を余儀なくされていた。

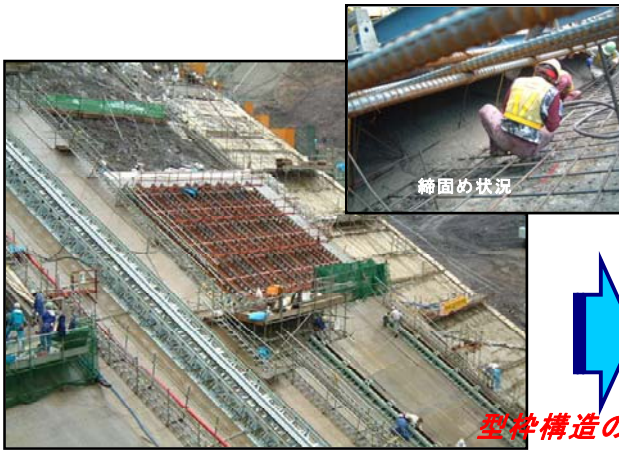
この浮き型枠は、一般的な型枠と比べて設置構造が複雑であることから、その設置には多くの時間と労力が必要であるとともに、斜めシュート部では型枠と鉄筋、打設面に挟まれた狭隘な施工空間が生じ、劣悪な作業環境となることから、施工にあたっては、高度なコンクリート打設技術が必要であった (写真-5)。

しかしながら、カスケード型減勢方式においては、シュート部形状を階段形状として鉛直構造とすることにより、一般的なスライド型枠の使用及びコンクリートの水平打設が可能となり、その施工性や作業環境について多大な改善が図られるものとする (写真-6)。

4. 今後の課題

殿ダムにおける減勢方式で、カスケード型減勢方式を採用することにより、放流する流水の主なエネルギーは減勢されることが確認された。

今後は、主減勢後の現河川への安定した放流の検討とともに、下流河道等周辺環境への影響に配慮しながら、



【写真-5】従来構造による施工状況
(徳山ダム)

空枠構造の単純化
狭窄部作業の解消



【写真-6】鉛直構造の施工状況
(温井ダム)

河道内最終減勢の方法について検討・設計を行う。

また、今後の実施工にあたり、洪水吐きシュート部の施工について、施工歩掛かり調査を実施し、最終的な施工合理化の検証を行うものとする。

謝辞：最後に、本報告にあたって、多大なご指導および助言を頂いた独立行政法人土木研究所水工研究グループ河川・ダム水理チームの関係各位にお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 柏井条介：コスト縮減における放流設備の水理設計の考え方と検討事例，ダム技術，No. 236，pp. 9～19，2006