

14.2 環境負荷を最小にする治水専用ダムに関する研究(2)

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 20

担当チーム：河川・ダム水理チーム

研究担当者：箱石憲昭、宮脇千晴、海野仁

【要旨】

近年、治水のみを事業目的とする治水専用ダムが、環境面から注目されてきている。この種のダムは、常時には、流水を遮断することなく流下させ、洪水時には、低位の河床付近に配置した洪水調節放流設備で洪水を調節し、下流の治水に有効に働く形式のものである。一方、各種治水事業における環境問題への関心が高まっており、治水と環境を調和させた事業の展開が求められている。しかしながら、既存の治水専用ダムでは、ダムの構造面など制約条件が多く、より一層の環境面への配慮がなされない状況となっている。環境負荷を最大限軽減するためにも、既存ダムの設計とは異なる視点からダム本体構造・放流設備の設計を検討していくことが必要となっている。

本研究で対象とするダムは、環境負荷を更に小さくし、かつ貯水容量を有効に活用する洪水防御施設として洪水調節操作の必要ない流量については現況河道と同様、流水を遮断することなく流下させ、洪水調節の必要がある大出水時のみ貯留を行う新形式の治水専用ダムである。本研究は、ダムに必要な放流設備の規模、形状及び操作方法等を検討するものである。本研究では、これらの可能性についてフィジビリティスタディの観点で検討した結果をとりまとめた。

キーワード：治水専用ダム、環境負荷、ゲート設備、ゲート操作、貯水池内堆砂

1. はじめに

近年、治水効果のみを有する治水専用ダムが環境面から注目されてきている。このダムは、常時には川と同じ流れの形態を有している。洪水時には、低位の河床付近に配置した洪水調節放流設備で洪水を調節して、下流の治水に有効に働く形式のものである。また、各種治水事業に対するさらなる環境問題の関心が高まっており、治水と環境を調和させた事業の展開が求められている。既存の治水ダムでは、ダムの構造面など制約条件が多く、環境面への対応が困難な状況となっている。このため、環境負荷を最大限軽減するためには、既存ダムの設計とは異なる視点からダム本体構造・放流設備の設計を検討していくことが必要である。

上記に鑑み、本調査では、対象ダム規模を選定して、そのダムにおける環境負荷を最小にするために必要な放流設備の規模・形状及び操作方法等について検討している。

2. 調査概要

対象ダムは、ダム高を 70m 程度とし、流域面積を

50km²,100km²,200km²とした。また、ダム地点での河道断面は、底面 20m 左右岸の勾配 1:1 の台形断面とし、河床勾配を 1/100 とする。調査は、対象ダムにおいて選定した対象洪水時の洪水調節計算を実施して、環境負荷を最小とするために必要なダムの空断面規模とそれに必要なゲート設備及びゲート操作を検討して、環境負荷を最小とするような治水専用ダムの可能性について検討した。

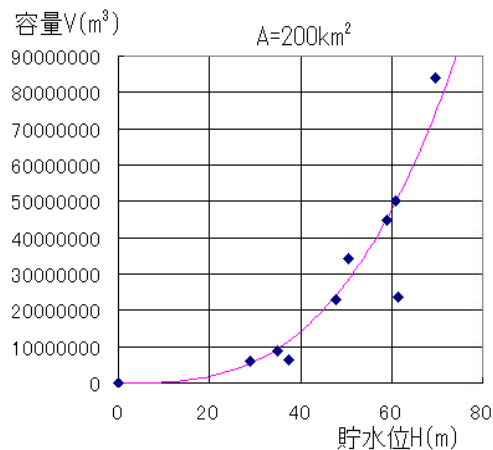
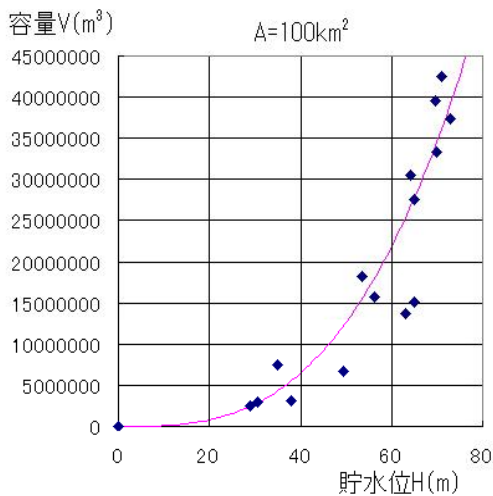
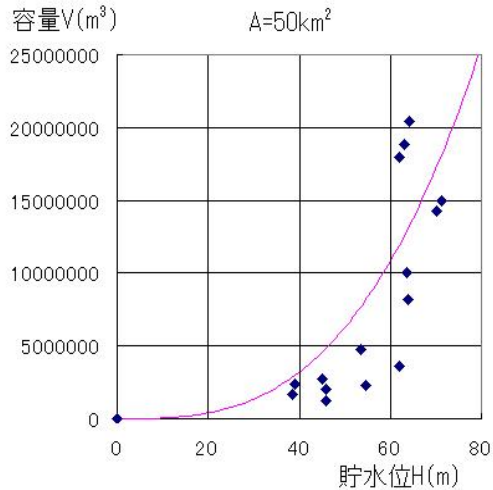
3. 検討対象ダムと洪水調節時の状況

対象ダムは、流域面積 50km²,100km²,200km² のダム高 70m 程度の重力式コンクリートダムを選定した。検討に必要な対象ダムの貯水池容量曲線、計画洪水及び治水計画等の各種諸元を以下に整理した。

3. 1 対象ダムの貯水位容量曲線他の条件

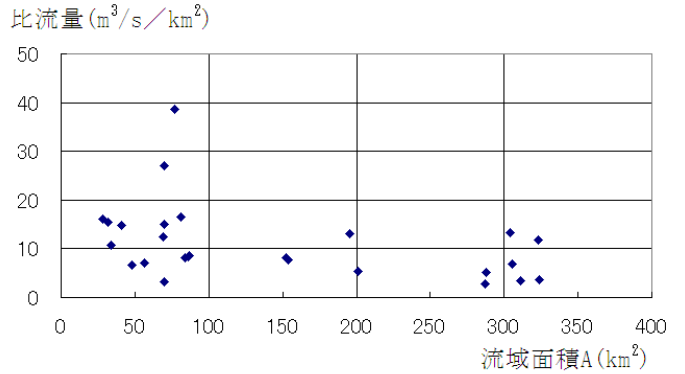
対象ダムの貯水位容量曲線は、既存ダムのデータから、容量 $V=\alpha H^3$ の式形を用いて、最小自乗法により算出した。検討結果を図—1 に示す。図—1 より、流域面積 50km²,100km²,200km² のダムでそれぞれ、 $\alpha=50$, $\alpha=101$, $\alpha=220$ が得られた。

3. 1. 1 対象洪水



図一 貯水位容量曲線

検討に用いる対象洪水は、1/100 確率流量を最大流量とし、継続時間を 24 時間程度の洪水ハイドロとする。管理ダムのうち、比較的 management 年数が長いダムの流入量から算定される 1/100 確率比流量 q と流域面積 A の関係を図一 2 に示す。図一 2 より、2 ダムを除き、 $q \leq 20$ となっている。この 2 ダムは地域別比流量図で比流量が大きくなっている地域の紀伊南



図一 2 流域面積～1/100 確率比流量

部に属しており、これを除外すれば、最大 $q=16$ である。

いま、地域別比流量図の関東地域の地域係数 $C=48$ を用いて、次式から流域面積 $A=100\text{km}^2$ の洪水流量 $Q(=qA)$ を求めてみる。

$$q = CA^{(A^{-0.05}-1)} = 18.6\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2 \dots \dots \dots (1)$$

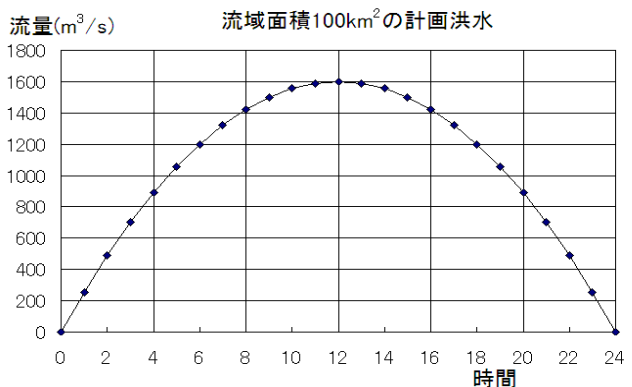
となり、 $A=100\text{km}^2$ なので、 $Q=1860\text{m}^3/\text{s}$ となる。これを、200 年確率流量 Q_{200} と考え、100 年確率流量 Q_{100} ($Q_{100}=Q_{200}/1.2$ と仮定) を求めると、 $1551\text{m}^3/\text{s}$ となり、切り上げて $1,600\text{m}^3/\text{s}$ とすれば、概ね、図一 2 の上限値と等しくなる。計画洪水としては、単純化して、流入量が洪水開始時で、 $0\text{m}^3/\text{s}$ で、上記ピーク流量が 1 2 時間後に発生して、2 4 時間で終了するハイドロとし、上に凸の 2 次関数

$Q_{in} = \alpha t(24-t)$ で表されると考えると、 $\alpha=11.1$ となる。

このため、計画洪水は、図一 3 となる。

3. 1. 2 治水計画

表一 1 に管理ダムの流域面積別のダム地点調節率を示す。なお、ダム地点調節率は、それぞれのダムについて $(1 - \text{計画最大放流量} / \text{計画高水流量}) \times 100 (\%)$ で算出した値の平均値である。これから、



図一 3 流域面積 100km² の計画洪水

表—1 ダム地点調節率

区分	直轄・公団ダム			補助多目的・治水ダム			
	100km ² 未満	100~200km ² 未満	200km ² 以上	20km ² 未満	20~50km ² 未満	50~100km ² 未満	100km ² 以上
流域面積							
ダム数	18	20	42	79	59	42	43
ダム地点調節率(%)	67.5	59.9	58.6	70.8	61.8	62.3	46.4

ダム地点調節率を50%として、対象洪水のピーク流量1,600m³/sを半分の800m³/sに減少させ、それに必要な貯水池容量が概略ダム高70m分の容量として考える。通常、治水専用ダムでは、これを調節するための設備は、ゲートレス放流管で設計される。

3. 1. 3 調節計算

調節計算では、1分間隔で計算し、1分間の流入量から流出量を引いた容量分の水位変化を繰り返し計算で求めるものとした。

放流設備からの放流量式は次式を用いる。

$$Q=CA(2gH)^{0.5} \dots \dots \dots (2)$$

管路流 $C=(-0.656(D/H)+0.82)^{0.5}$ $H/D \geq 1.8$

開水路流 $C=\{0.253(H/D)\}^{0.5}$ $H/D < 1.8$

ここに、Q;放流量(m³/s),C;流量係数,
A;出口断面積(B×D),
g;重力加速度(=9.8m/s²),H;作用水頭(m),
D;出口高さ(m),B;出口幅(m)

3. 1. 4 放流設備

式(2)でH=70m,Q=800m³/sの条件からB=7.04m、D=3.52m、とした。

3. 1. 5 ダム地点の河川状況

水位容量曲線を算定したダム地点において、河川の幅は10m~40m程度であり、ダム位置を河川上流部分と考え、幅を20m、河床勾配を1/100とした。河床断面は、この幅を底辺とする台形断面として考えて、左右岸の勾配を1:1とした。

3. 2 環境負荷を最小とする治水専用ダム¹⁾

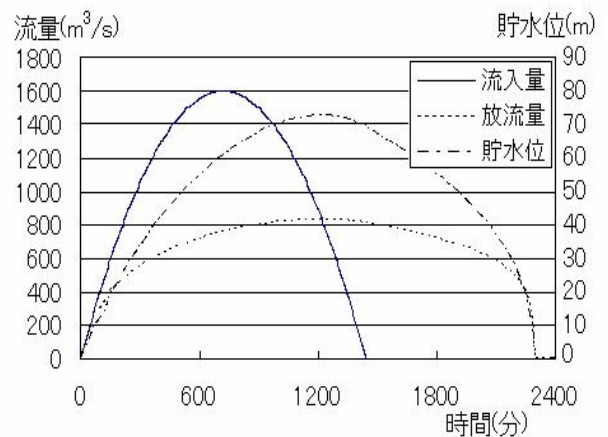
常時の貯留を要しない治水専用ダムでは、低位の河床高付近に洪水調節用放流設備を設け、積極的に土砂を流下させる試みがなされるようになっている。

ダムの設計を考えると、洪水調節用放流設備は所要の洪水調節を実施するのに必要な規模があればよい。洪水調節量が大きくなればなるほど出水時の放流量は小さくなるから、開口部は小さくて済むことになる。小さい開口部は、ダム堤体の構造上も好ましい条件となり、構造設計を容易にする。実際、ダム低位の堤体内の開口断面規模は無制限というわけにはいかない。上下流方向断面での2次元設計がなされる重力式コンクリートダムでは、マスコンクリートのひび割れ防止のため幅15m程度のブロックに分割されて建設されるが、底部に開口部を設けるとすると、ブロック内の開

口部以外の部分で上方のコンクリートと水圧を支えなければならない。このため開口断面は制約を受け、ダム高が高い場合の放流設備幅は5m程度が最大となっている。今、建設されている治水専用ダムでは、上記のような構造面からの条件を受けて、現況河川より幅がかなり小さくなるのが通常である。このため、中小の洪水で容易に水位が上昇することになる。また、常時においても、水量が多い場合には水位上昇が生じる。これは、環境面の観点から考えると、①放流設備内の流速が大きくなり易く、放流設備を通じた魚の遡上が阻害され易くなる。②洪水時の流入土砂が一時的に貯水池に堆積するため、下流への土砂の流出が洪水末期の流量の比較的小さい時点で大きくなるなどの問題が生じることとなる。このため、ここで考えている環境負荷を最小とする治水専用ダムは、計画上の洪水時には、上記のダムと同様な機能を有し、それ以下の中小洪水には、通常の河川と同様な機能を有する必要がある。

3. 3 計画洪水時の治水専用ダム

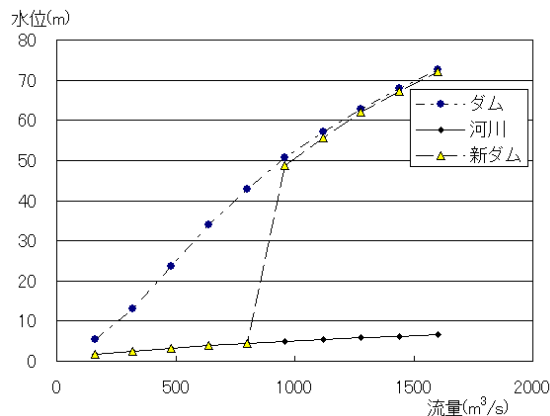
3. 1の条件で、計画洪水での調節計算を実施した結果を、図—4に示す。図—4より、流入量ピーク時、放流量は756.3m³/sとなり、この調節で水位は72.51mまであがり、最大放流量は829m³/sとなっている。計画洪水では、かなりの貯水位上昇となり、洪水時に上流河川から掃流される砂等は、粒径にもよるが、河幅が急に大きくなる貯水池上流端で、掃流力が小さくなり、



図—4 洪水調節計算結果

堆砂することになる。また、洪水終了時もまだ水位が高くなっており、自然の河川の状況にもどるまでかな

り時間がかかる。洪水終了後、水位が低下すると、それに伴って、貯水池上流端に堆砂していた砂を貯水池側に引き込むことが考えられ、水位が低下して、再び掃流力が回復した場合には、ダムから土砂を排出する状況が考えられる。



図—5 調節計算結果(A=100km²)

また、この計画洪水を0.1～0.9倍した場合の洪水調節計算結果からピーク流量と最大水位の関係と次式から得られるピーク流量時の河川の水位の関係を図—5に示す。

$$Q=1/n \cdot Ar \cdot R^{2/3} \cdot i^{0.5}$$

ここに、n:粗度係数(=0.03), Ar:河川断面積(m²)=h(B+h), B:河川幅(m), h:水深(m), R:径深(m), i:河床勾配(1/100)

図—5より、従来の治水専用ダム(ダム)では、どの洪水でも、河川水位にくらべて、水位がかなり高くなっており、河川幅に比べて放流設備の幅が小さく計画されているダムでは、このような中小洪水でも洪水調節され、貯水位の上昇が考えられる。この貯水位の上昇は、流入土砂が上流で貯留され、それは、上記に示す環境負荷を産み出すこととなる。このため、環境負荷を最小限にする治水専用ダム(新ダム)では、計画最大放流量まで河川と同じにする必要がある。

3.4 環境負荷を最小とする治水専用ダムの備えるべき条件¹⁾

常時の貯留を要しない治水専用ダムでは、常時(計画最大放流量以下の流量時)には、ダム上下流の連続性を確保し、土砂の通過等の障害が生じないものとし、計画洪水時(計画最大放流量以上の流量時)には計画上の治水効果を満足する必要がある。

常時のダム上下流の連続性を確保するためには、ダム底部に川幅程度の開口部が必要となる。この開口規模に関しては、構造面での検討結果からダム高100m程度であれば、幅7.5mまでの空洞が可能との

結論が得られている。まず、川幅程度の開口規模が実現可能と仮定して水理的な問題に絞って検討した。

計画上の治水効果を満足するためには、常時の川幅程度の開口部を、計画洪水時には洪水調節計画に即した断面に、ゲート等により開口断面を縮小する必要がある。なお、開口断面をゲートで全閉する場合には、洪水調節用に別途洪水調節放流設備(開口部)が必要になる。ここでは、全閉用ゲートに調節用の開口部をもたせることを考え、実現の可能性について検討する。

以上の要件をまとめると、以下のとおりとなる。

- ① 常時で土砂移動が大きい流量範囲では、魚類等の遡上や降下を考慮した連続性を確保するために、河川幅程度の開口部で開水路流れを確保する(但し、対象魚類やその遊泳速度等を考慮して、開口部分で遡上、降下ができない場合には、別途魚道水路が必要となる)。
- ② 常時で土砂の移動が顕在化する流量範囲では、移動する土砂の障害を生じない開口部と開水路流れの状況が必要である。
- ③ 計画洪水時は、洪水調節計画に対応した洪水調節放流設備が必要であり、管路流でピークカット放流量や治水容量を満足するよう検討する。ただし、計画洪水時には、貯水位の上昇に伴い土砂が移動しなくなるため、堆砂も考慮して検討する必要がある。洪水調節末期～洪水終了後における濁水放流の状況についても予測する必要がある。さらに、洪水調節時には放流水の流速を落とすための減勢工の検討も必要となる。
- ④ 計画洪水を上回る大洪水時にも極度の流況の悪化が無いような減勢工の検討や流木等による洪水調節放流設備の放流量の障害対策(網場やスクリーンなど)が必要となる。

4. ゲート操作と貯水池堆砂形状

4.1 検討条件

ダム堤体底部に放流設備を有する治水専用ダムは、平常時には流水を貯留しない一方、洪水調節時には貯水池内に一時的に流水を貯留することとなる。多くの濁りを伴った流入水は、貯水池内で急速に流速を落とすことから、比較的粒径の大きな土粒子を中心に、土砂が貯水池内に堆積する。堆積した土砂の一部は洪水末期に放流水と共に貯水池下流に放出されるものの、残りは貯水池底部に残存し、洪水終了

後も長期にわたって流水を濁らせることが懸念される。ここでは、環境負荷低減型治水専用ダムのゲート操作を設定し、洪水終了時における貯水池内堆砂形状について検討する。

検討対象ダムは、川幅程度の開口部を持たない従来型治水専用ダムと環境負荷低減型治水専用ダムとする。従来型治水専用ダムの底部にはB7.04m×H3.52mの常用洪水吐き1門を設置する。一方、環境負荷低減型治水専用ダムの底部には、川幅と同程度の堤体開口部と、これを塞ぐ寸法の流水遮断ゲートを設置する。環境負荷低減型治水専用ダムにも従来型治水専用ダムと同等の洪水調節機能を持たせる必要があることから、この流水遮断ゲートに、従来型治水専用ダムの常用洪水吐きと同一寸法の開口部を設けるものとする。貯水池の縦断形状・横断形状は、「3. 検討対象ダム」で設定したとおり、従来型治水専用ダム・環境負荷低減型治水専用ダムとも同一とする。

土砂の流れと貯水池内堆砂形状は、1次元河床変動計算により求める。この計算は、計算開始時刻における河床標高、河床の粗度係数、流入量、粒径別土砂流入量を入力し、各時刻・各地点における水位・土砂濃度・河床高を逐次求めるものである。計算対象洪水は、1/100 確率洪水とし、平常時流量 10m³/s、計画最大流入量 1,600m³/s (前出 図-3)、ダム下流への最大放流量は 800m³/s とする。流入水に含まれる土砂濃度は、先行研究²⁾を参考に、粒径別に次式で与える。

$$Q_{sj} = \alpha_j \cdot Q^{\beta_j} \quad (Q > Q_c)$$

ここで、 Q_{sj} :粒径 j の流砂量[m³/s]、 Q :流量[m³/s]、 α_j , β_j : 定数、 Q_c 土砂流入限界流量[m³/s] (土砂の流入する最小流量で、本検討では、5 m³/s とする)。

パラメータの設定においては、供給土砂特性の特徴を把握しやすくするために、生産土砂が大きい条件を想定し、800m³/(年・km²)程度を目安に設定した。設定値を、表-1に示す。 β_j は、細粒成分については既往のダムの検討結果を参考に、粗粒成分については既往堆砂実績の粒度分布における混合粒径の流砂量式の傾向を参考に決定した。

計算ケースは、従来型治水専用ダム1ケース、環境負荷低減型治水専用ダム3ケースの計4ケースとする(表-2)。環境負荷低減型治水専用ダムでは

ゲートの開閉時刻を設定できることから、開操作のタイミングによる洪水調節後の堆砂形状の差異を検討する。計算条件を、表-3に示す。

4.2 検討結果

4.2.1 流入量・放流量・放流SS

表-1 粒径区分と流入土砂量パラメータ

分類	粒径No.	粒径区分(mm)	代表粒径(mm)	$\alpha_j (\times 10^{-7})$	β_j
礫	1	9.52 ~	25.4000	335.23	1.10
	2	2 ~ 9.52	4.3630	1,340.92	1.10
砂	3	0.84 ~ 2	1.2960	293.05	1.40
	4	0.25 ~ 0.84	0.4580	35.11	2.00
	5	0.075 ~ 0.25	0.1370	32.61	2.00
シルト	6	0.0339 ~ 0.075	0.0504	5.72	2.30
	7	0.0129 ~ 0.0339	0.0209	7.99	2.30
	8	0.005 ~ 0.0129	0.0080	16.83	2.30
粘土	9	~ 0.005	0.0050	145.29	2.30

表-2 貯水池堆砂形状の検討ケース

ケース	ダム種別	ゲート閉操作	ゲート開操作
A	従来型	——	——
B-1	環境負荷低減型	Qin=800m ³ /s で全閉	H/D=1.8 で全開
B-2	環境負荷低減型	Qin=800m ³ /s で全閉	H/D=1.4 で全開
B-3	環境負荷低減型	Qin=800m ³ /s で全閉	H/D=1.0 で全開

注) Qin: 流入量 H: 貯水位

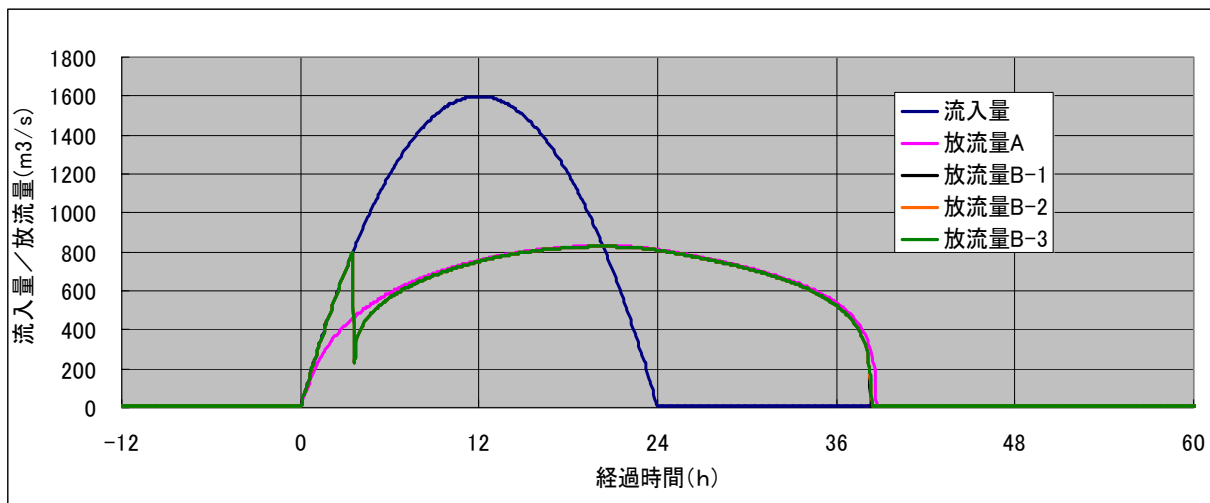
D: 流水遮断ゲートの開口部の高さ (=3.52m)

表-3 計算条件

項目	単位	値
計算時間刻み	sec	1~3
流下方向の空間刻み幅	m	100
流下方向の空間メッシュ数	個	111
横断面の鉛直方向分割厚さ	m	0.5
横断面の鉛直方向分割数	個	200
交換層厚	m	0.05
マンギの粗度係数	m ^{-1/3} ・sec	0.03
水の動粘性係数	m ² /s	0.000001
水の密度	kg/m ³	1,000
土粒子密度	kg/m ³	2,650
空隙率(間隙率)	—	0.4

各ケース共通の流入量、各ケース別の放流量の経時変化を図-6に示す。

従来型治水専用ダムのケースAでは、流入量が増加に転じた直後から洪水調節が始まり、流入量がピークを過ぎて減少に転じ、貯水位が最大となった時刻に放流量が最大となる自然調節方式のヒドログラフを描く。一方、環境負荷低減型治水専用ダムであるケースB-1~B-3では、流入量が計画最大放流量に達する直前から洪水調節が始まり、その後は従来型治水専用ダムと同様の放流量で遷移する結果となっている。ケースB-1、B-2、B-3はそれぞれ、貯水位が6.3m、4.9m、3.5mに低下した際に流水遮断ゲートを開操作するが、開操作のタイミングはそれ

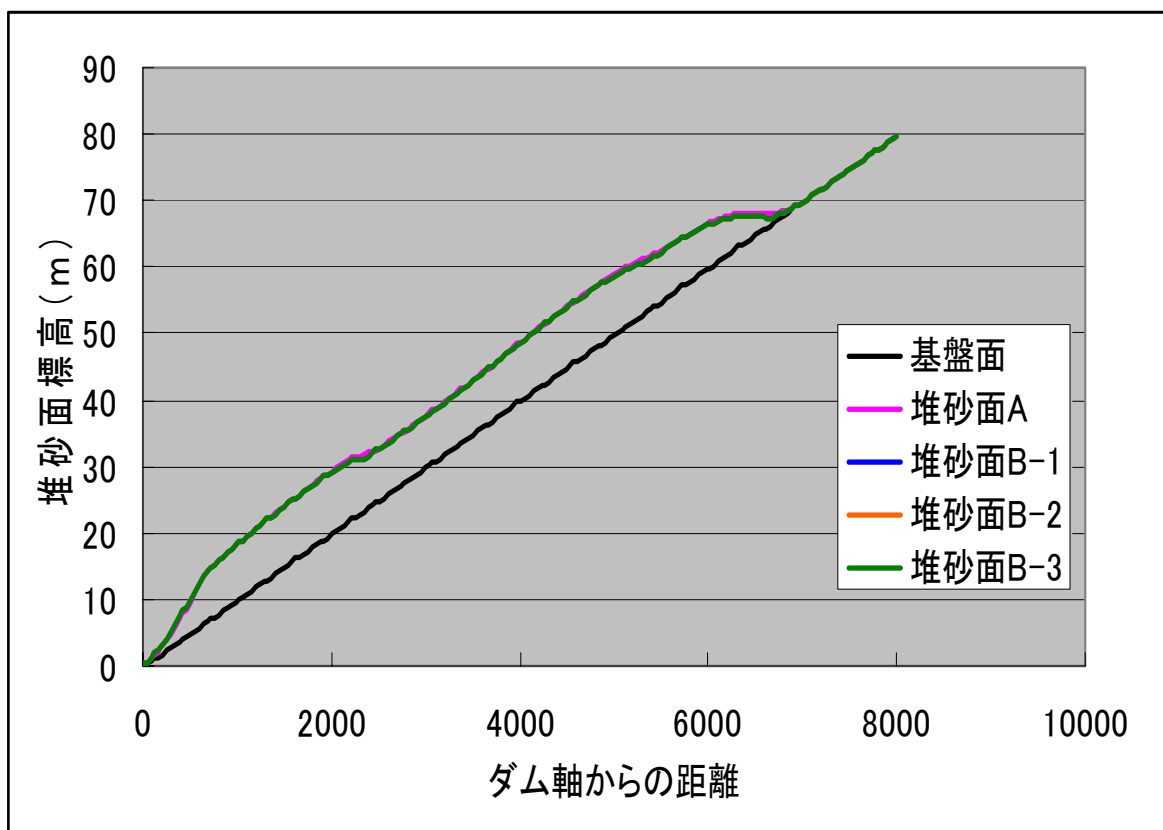


図—6 流入量・放流量の経時変化

ぞれ数分のずれであり、放流量の経時変化を示した図上では、ほとんど差の見られない結果となった。放流SSについても別途検討したが、環境負荷軽減型は従来型に比べ高濃度の濁水を放流する期間が数時間縮まったものの、ゲート操作の違いによる差異はほとんど見られない結果となった。これは、ゲート操作時には既に洪水が終わっており、流入量が常時数 m^3/s であり、掃流力が大きく発現されないためである。

4.2.2 貯水池堆砂形状

洪水調節終了後の貯水池内堆砂形状を図—7に示す。堆砂形状を見ると、環境負荷軽減型治水専用ダムの堆砂厚は従来型治水専用ダムに比べ、貯水池の中でも上流側で若干薄くなる結果となった。これは、環境負荷軽減型治水専用ダムが洪水初期の流入を調節せずに放流することから、1洪水での堆砂量が従来型治水専用ダムに比べ減少したためと考えられる。しかしながら、ゲートの開操作のタイミングによる堆砂形状の差異は、ほとんど見られない結果となった。これは、流入量を上に凸の二次関数で与えたた



図—7 貯水池堆砂形状 (48h後)

め、洪水調節末期に流入量・放流量・貯水位が急速に低下し、開操作の時刻に大きな差異が生じなかったことによる。流入量の低減が緩やかな流入波形を採用すれば、別の解が得られたとも考えられる。

ケース B-1 における貯水池内堆砂形状の時間変化

を、図-8(1)、(2)に示す。貯水池内堆砂は水位の上昇過程で増大し、貯水位がピークを過ぎ流入量も平常時流量に戻った「24h後」以降は減少する結果となった。堆砂量の増大はダム堤体近傍の標高の低い区間から始まり、上流側に拡大する様子がある

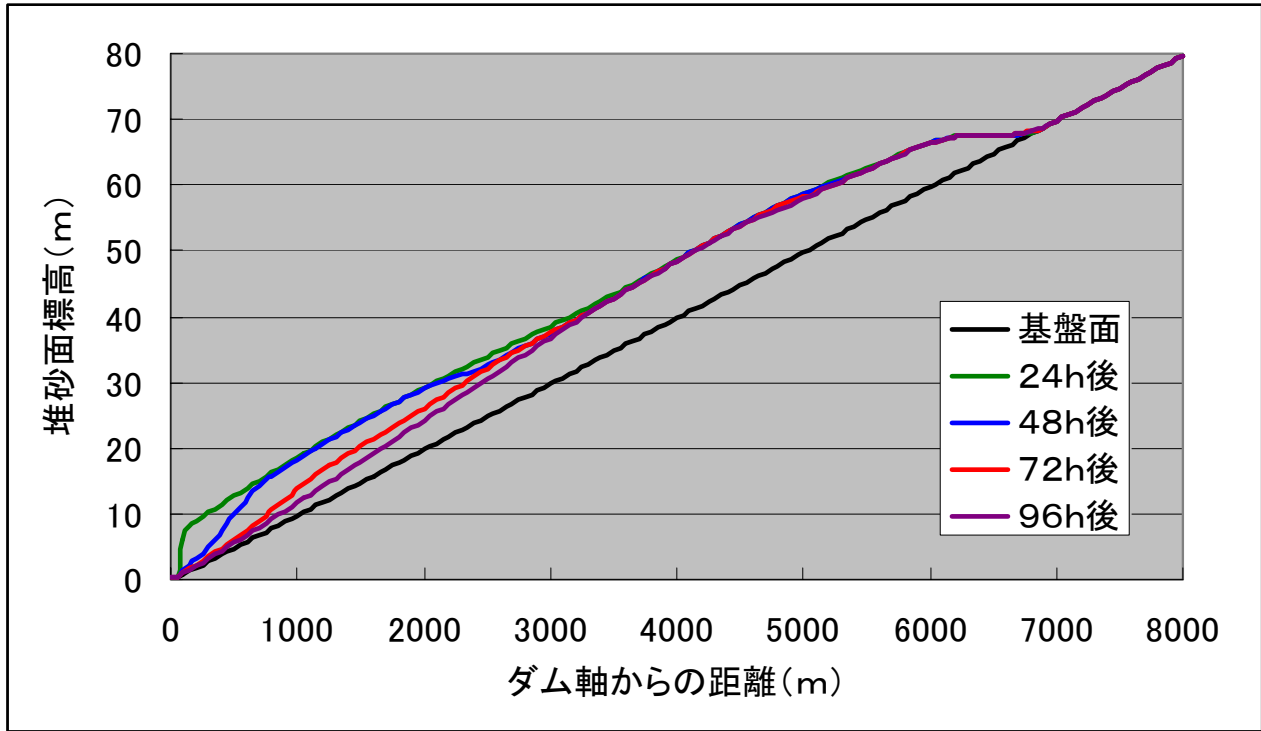


図-8(1) 堆砂形状の経時変化 (1/2)

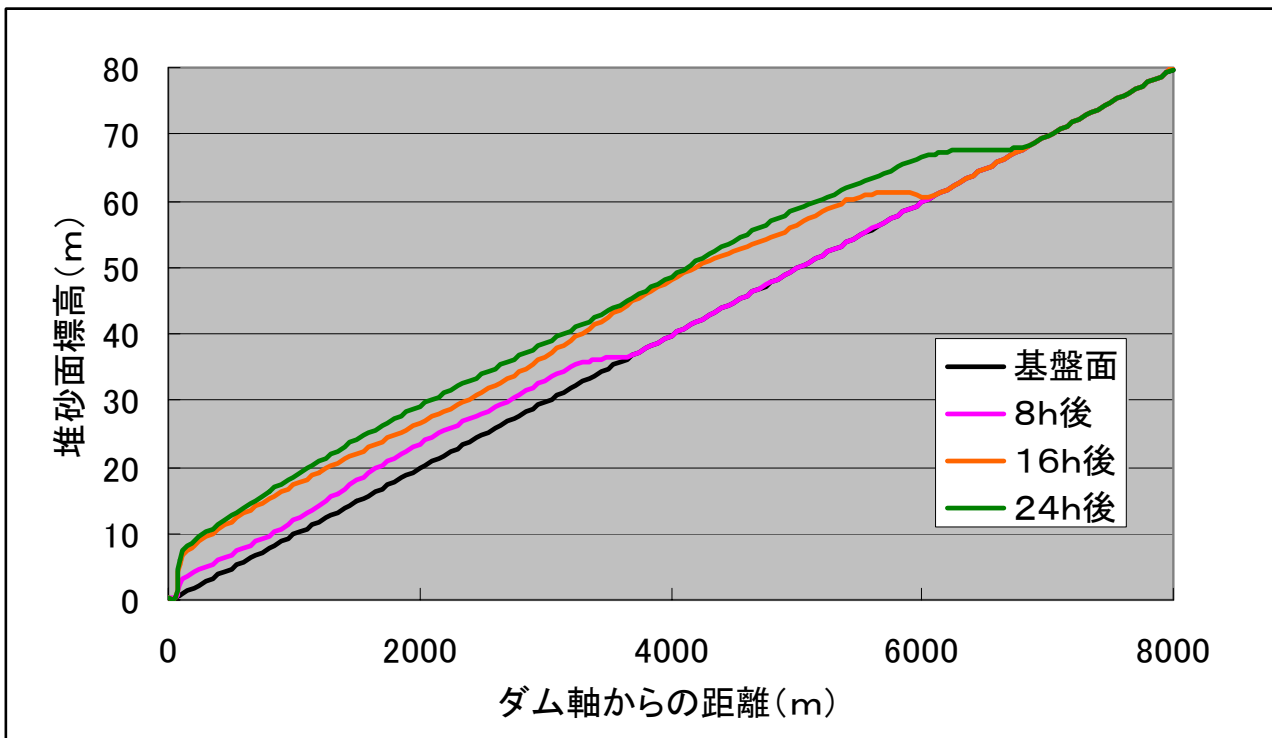


図-8(1) 堆砂形状の経時変化 (2/2)

がえる。また、堆砂量の減少についてもダム堤体近傍の区間から始まり、上流側に遷移する。貯水位がピークを迎えた直後には流入量もほとんどなくなるため、貯水池上流端に堆積した土砂は下流に移動せず、洪水終了後に結局、貯水池の上流側で堆砂が厚く残存する結果となった。この堆砂の経時変化については、いずれの計算ケースにおいても同様の傾向となっている。これは、計画洪水において同様な洪水調節効果を得られるようにしているために、ほぼ同じ傾向となっている。

以上、1/100確率規模の洪水時における治水専用ダムの貯水池堆砂形状については、以下のとおりまとめられる。

- ・環境負荷軽減型治水専用ダムは従来型治水専用ダムに比べ、貯水池の中でも上流側で若干堆砂厚が薄くなる傾向にある。
- ・環境負荷軽減型治水専用ダムのゲート開操作のタイミングを調整しても、洪水終了後の堆砂厚にはほとんど影響しない。

5. 治水専用ダムのゲート構造

5.1 ゲート規模と洪水調節機能

ダムのゲートの設置位置は、ダム堤体の上流面と下流面の2種類が考えられる。ここでは、ゲートをダム下流面に設置すると、ダムの空断面全てを作用圧力を受ける放流管として設計しなければならないため、上流面にゲートを設置して空断面を開水路とした方が経済的である(図-9参照)。

まず、3の条件で常時に必要な開口規模を考える。

計画最大放流量 $800\text{m}^3/\text{s}$ の流下断面の水深は、等流計算($I=1/100$, $n=0.030$)より 4.417m となり、下底 20m 、上底 28.834m の台形断面となる。この断面を確保するためには、ダム堤体への開口部は幅 30m 、高さ 5m 程度の矩形断面が必要となる。次に、ダム堤体構造面の検討結果から1ブロック 15m の場合、開口可能幅は 7.5m であり、上記の開口部を再現する場合には、4ブロックが必要となる。ここでは、1ブロックの開口最大規模として縦横同じサイズの 7.5m の空洞を考えて必要ゲートについて検討した。なお、開口高 7.5m は従来の放流管の設計で幅が 5m に制約されている場合のほぼ最大規模としたものである。この開口部を塞ぐゲートは、幅 7.7m 、高さ 8.1m の大きさが必要である。ゲートの操作を考えると、流量が計画最大放流量以下でゲート全開、それを上回った流量でゲートを操作して、洪水調節機能を満足する断面が必要となる。このゲート規模に洪水調節のために開けられる可能な断面は、シェルタイプのゲートの場合ゲート厚さ 1.8m が必要となり、矩形断面で縦 3.5m ×横 4.5m である。この断面を出口断面とした長さ 1.8m の放流管を考えると、呑口断面積を大きくしないと管内を正圧とする条件が守れなくなり、ゲートの剛性の条件から製作が難しくなる。このため、ゲート内での放流管とせずに、ゲート始端部に4面のナイフエッジを設置して、高水頭時にはそこからの水脈が下流の出口断面を飛び越えて、縦横 7.5m のダム空洞断面に流れる形状を考える(図-10参照)。これを4ブロック分セットできれば、ほぼ満足すると考えられる。また、これより大規模な洪水

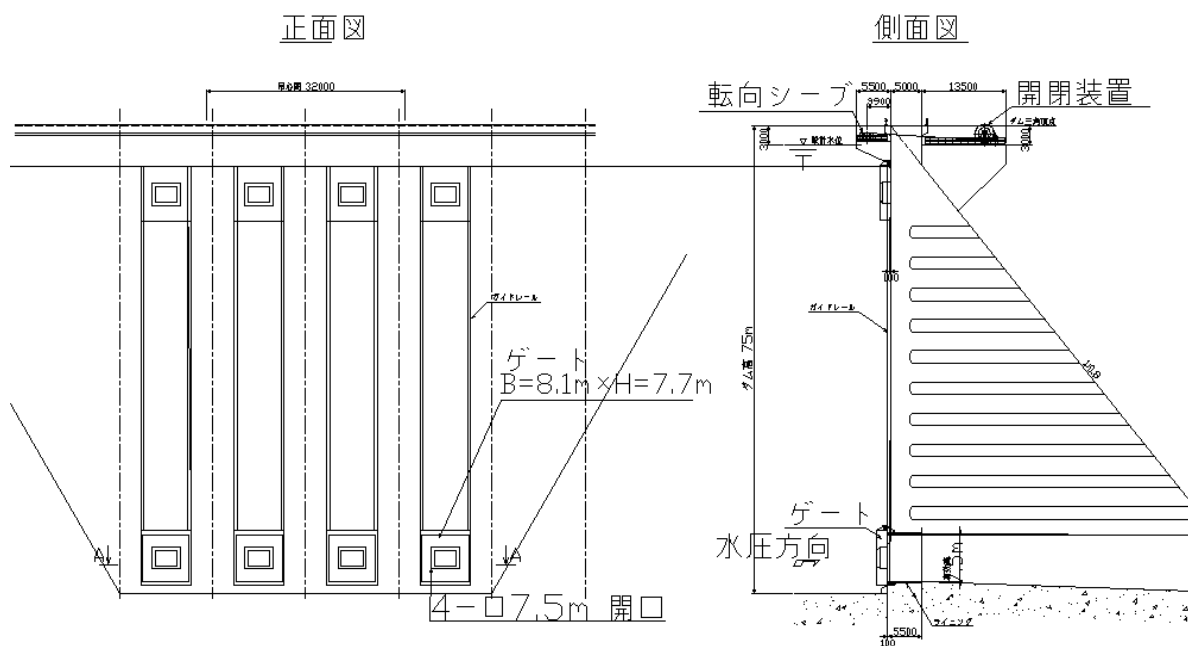


図-9 ゲート概要

5.2 治水専用ダムゲートについて

ゲート形式は、ゲート操作時の水深が小さいことから、扉体自重に比して水圧によるスライド抵抗やゴム抵抗が小さいので、構造の簡単な「スライドゲート」が適していると考えられる。扉体構造は横主桁方式（シェル構造を含む）と縦主桁方式が考えられるが、ここではゲートの左右端に荷重を伝達するシェル構造の横主桁方式とした。開閉装置の形式は開閉荷重がそれほど大きくないため、1モータ2ドラム方式のワイヤーロープウインチ方式が適している。また、この開閉装置の設置位置は、空洞断面から離れた位置となるように、転向シーブを用いて変向してゲート両端につないでいる。ゲート開閉時には下端からの放流水の上に開口部からの放流水が落下する状態が想定され、ゲート下流の水面が不安定になりやすく、この時に潜流の状態になればゲート振動等の悪影響が生じることとなるので、安定した開水路流となるような水路形状が望ましい。その他、ゲート開閉時に空気連行が生じる場合があるので、空気管の設置などでゲート背面への給気が容易に行えるようにする必要がある。概略設計での1門あたりの必要諸元は以下のとおりである。

- ①ゲートに作用する全水圧;4,500ton
- ②開閉荷重;120ton
- ③モータ容量;18.5kw1台
- ④設備重量;200ton (扉体重量;100ton)
- ⑤ゲート概算工事費;約6億円

この他ゲートを実際に設計する場合には、ゲート構造や操作などの詳細な検討及び水理模型実験による水理特性の検討が必要となる。

6. 減勢工

減勢工の検討においては、必要な放流設備の配置や構成により、種類等が決定される。図-12に示される治水専用ダム³⁾の場合では、ゲートレスの放流管2条で洪水調節と河川の連続性の確保を兼ねており、計画を上回り、ダムの安全を確保するための非常用洪水吐きも同じ減勢工で対応するものである。基本的に共通の減勢工で全ての放流設備の減勢をまかなうためには、設置される放流管からの水脈の拡幅形状と減勢池形状を一致させて、平面渦が発生しにくくするとともに、副ダムで排砂しやすいスリット構造にし、かつ副ダム下流での土砂の滞留や土砂の巻き込みが生じないような検討が必要である。その他、非常用洪水吐きからの放流が始まる計画を上回る大洪水時には、土砂の混入が無くなり、極度の流況の変化がなく、かつ、

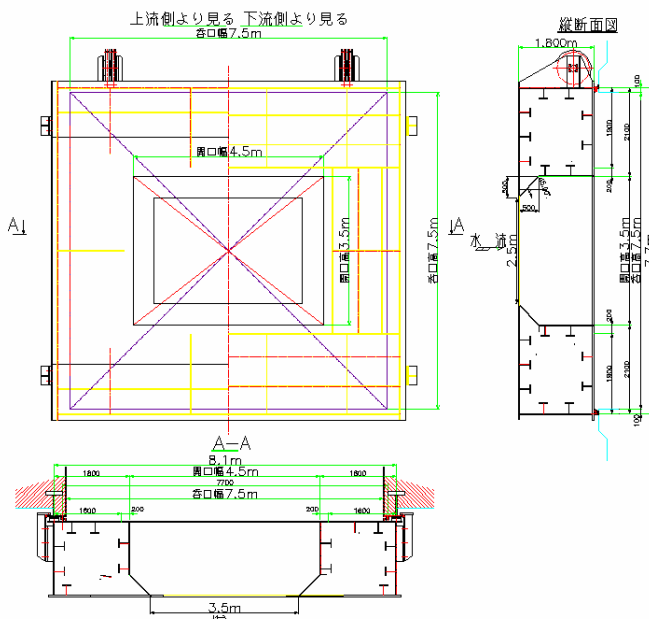


図-10 シェルタイプゲート

調節のための放流断面規模が必要になる場合は、ゲートは通常の放流管予備ゲート型式（図-11参照）として、洪水調節時には必要とされる開度で固定することが考えられる。どちらの形式でも、ゲート操作時の水頭は小さく、ゲート自重により閉可能である。ダム開口部の直上部にゲートを固定して、貯水位の上昇によりその固定が解除されて自重降下し、貯水位の低下にともないゲートと接続したカウンタウエイトが動く開閉システム等の操作の簡素化の可能性もある。

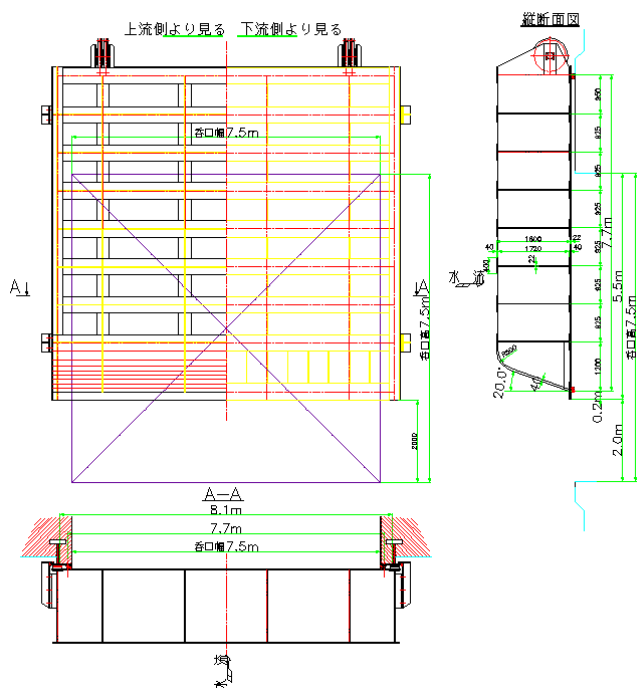
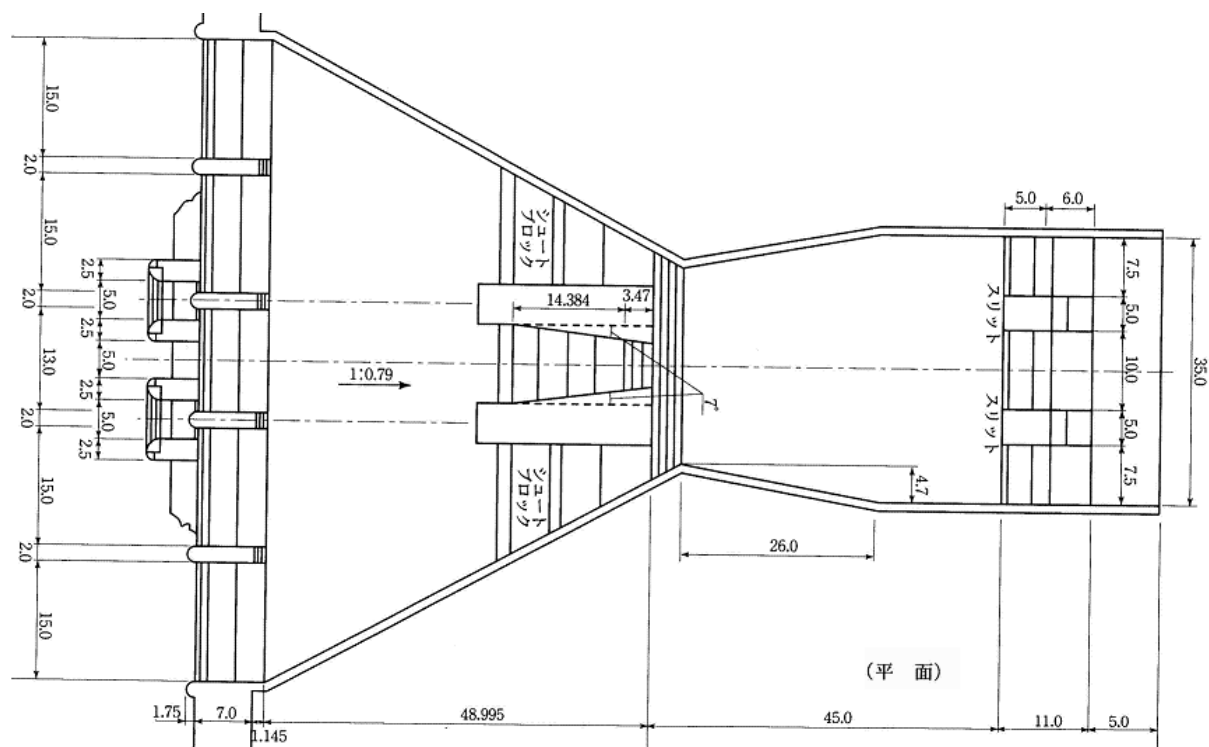


図-11 中間ゲートタイプ



図—12 治水専用ダム減勢工

適正規模の減勢工の役割が必要である。また、ここでは、副ダムによる跳水式の減勢工の場合を示している。常時の魚類等の移動に対して厳しい条件となる場合があるので、注意が必要である。このタイプの減勢工の他に、河道河床勾配が緩い場合など掘り込み式減勢工による対応が可能となり、これを用いることで、常時の魚類等移動なども可能となる場合も考えられる。今後、掘り込み式減勢工の適応性を含め検討する予定である。

7. まとめ

本論文は、環境負荷を最小にする治水専用ダムについて、フィージビリティスタディの位置づけで、対象ダムを仮定して検討した結果についてとりまとめたものである。今後は、ゲート操作時のダム空洞水路への流水の放流状況や給気の有無について検討していくとともに、減勢工の必要機能など更なる検討を進めていくつもりである。

環境負荷を最小とする治水専用ダムにおいて、以下の3つの機能がある程度満足する必要があると考えて検討を行った。

- ① 常時の魚類等の上下流の連続性を保つ機能。
- ② 常時の流量規模を越えて計画最大放流量まで土砂の連続性を保つ機能。
- ③ 計画上の洪水時に計画上の治水効果を満足する機能。

本検討では、この3つの役割を、開口部を有するゲートとダム底部の開口部分で分担することを考え、①と②の機能は川幅程度を確保する底部開口部分で、③の機能は開口部を有するゲートにおいて分担させた。その結果、対象ダムで求められる規模のゲートの製作および操作の可能性が十分あることがわかった。

参考文献

- 1) 柏井条介：ダム土砂管理技術、シンポジウム貯水池土砂管理の現状と将来、予稿集、2007
- 2) 櫻井寿之、箱石憲昭：「堆砂対策におけるダムからの土砂供給特性について」、土木技術資料 49-7、pp. 32~35、2007.7
- 3) 柏井条介、桜井力：五木ダム水理模型実験報告書—魚道の設置と排砂を考慮した洪水吐き—、土木研究所資料第3619号、1999

【英文要旨】

STUDY ON SINGLE PURPOSE DAM FOR FLOOD CONTROL WITH MINIMIZING ENVIRONMENT LOAD

Single purpose dam for flood control, taking environment aspects into consideration, draws attention recently. Ordinarily, this type of dam does not store any inflow discharge, however, in case of flooding it stores inflow discharge and releases small outflow through the outlet installed in the lower part of dam body near river bed to mitigate flood disasters downstream effectively. People's concern on environment problem caused by some flood disaster prevention projects becomes higher, so a progress of projects coordinating flood control on environment aspects is required; nevertheless, because of the structural limitation of dam facilities, further consideration on environment can not be taken for the present flood control dams. For the purpose of minimizing environment load, the studies from the deferent viewpoint on the design of dam structures and outlet facilities are indispensable.

This study focuses on a new type of single purpose dam for flood control. It does not block ordinal river flow, however, stores inflow discharge while large flooding so that it can minimize environment load and also utilize the flood control capacity of a reservoir. We have conducted the investigation on the size, shape and operation method of outlet facilities for this type of dam and also summarize the result the study from a viewpoint of feasibility for this type.

Key words : single purpose dam for flood control, environment load, gate facilities, gate operation, sedimentation in a reservoir