

建設省北陸地方建設局

湯沢砂防工事事務所

市村 清

1. はじめに

本小論は、一般の砂防ダムの持つ効用の内、未満砂時における土砂の流出抑制機能と満砂後における流出土砂の調節機能について、砂防ダムに排砂門を設けゲートを操作することにより恒久的に保つ方法についてそのイメージを考案したものである。

2. 背景及び目的

従来、流出土砂抑制、調節を目的とするダムにおいては、その計画堆砂容量内で流出土砂を抑制し、満砂後は抑制土砂量無しでの調節土砂量のみ機能が發揮するとされている。

この場合抑制土砂量の値について必ずしも砂防基本計画にいう計画流出土砂量時の計画流出抑制土砂量のみを貯砂させたとはいいがたい。勿論その流域の特性や砂防計画完了途上の河川で計画流量外の中洪水による流出土砂についても有害土砂である場合にはその効果を發揮していることは論をまたない。

そこで常時はダムを空虚にしておき洪水時に堆砂させ、又、通常時に土砂を流送せしめる工夫（大口径、スリット、スクリーン等）が必要によりなされている。

砂防ダムにおけるゲート排砂は其の排砂機能を確実にし、かつ増大を図る為に検討するものである。つまり流出土砂のコントロールをゲートの開閉により、よりの確とし、その結果砂防基本計画の土砂量の外、粒径調節機能、下流河川に対する河床変動との整合性等にもその威力を發揮することとなろう。又、近年砂防ダムの位置について、その適地が少なくなりつつある現状により大型化してそのダムサイトを有効に利用することも考えられ、その場合には後述の大型ダムの方がゲート排砂に適しているので研究する必要がある。

3. 砂防計画とゲート排砂の関係

ゲート排砂と砂防計画との関連は、砂防基本計画における土砂処理は河川砂防技術基準によれば次式で与えられ、その量は一洪水に対する土砂量を計画量として取り扱っている。

$$E = (Q + A - B)(1 - \alpha) - C - D$$

E : 計画許容流砂量

Q : 当該計画基準点の直上流の計画基準点（複数の場合もある）における洪水の計画流出土砂量

A = 計画生産土砂量

B = 計画生産抑制土砂量

α = 河路調節土砂量の (Q + A - B) に対する割合

C = 計画流出抑制土砂量

D = 計画流出調節土砂量

ここにおいて、C及びDに必要な容量は、計画の規模に相当する降雨量に対する計画流出土砂量が発生する時点まで確保されているものと解されているが一般には中小洪水時の流出土砂量によりCの必要

容量は減少する場合が多い。ゲート排砂の場合、計画論的にはじに相当する容量はダムの計画堆砂容量から永久堆砂容量（排砂不可能容量）を差引いた量となる。

ゲート開閉により排砂される年間調節容量は砂防計画Ⅰ、Ⅱ式の因子ではないが未満砂においても土砂の調節効果を発揮し下流河川に対して必要により節分作用で経路調節の上、給砂可能となるのでそのもつ意義は大きいものと思われる。

4. 排砂計画

4. 1 河川条件

ゲート排砂は、その目的が有害な流出土砂量の種及び量をコントロールすることにより無害でかつ河川にとって必要な流出土砂に変換することにある。従

って、排砂に適した河川とは、まず流出土砂量を有害と無害に分けられることである。次に流送土砂は揺流形態が望ましい。又、河川汚濁が重大な支障とならない河川である。

4. 2 ダム条件

ゲート排砂の目的が流出土砂抑制、調節効果を期待しているので、山脚固定、縦横侵食防止の目的のダムには不向きである。但し排砂門敷高以下の排砂で山脚固定、縦横侵食防止の目的を達する場合はこれらと兼用することも可能である。又ゲート排砂は排砂する容量が大きい程効果は大なので高ダムが望ましくかつ、堆砂面積が大きい程流水が堆砂面を航行して侵食するので排砂量が多くなり好ましい。構造上排砂門の設置箇所は非越流部が一般であるので非越流部に排砂門が設けられ、かつ排砂期間中の堆砂地内の航行の方向が排砂門直上と排砂門の方向にきていることが重要である。

4. 3 排砂期間

砂防基本計画どおりあつかう有害土砂発生期間は計画の規模に相当する降雨により生産される土砂量の内許容流砂量を差引いたものである。したがって計画の規模に相当する降雨発生時が堆砂期間である。しかし、一般にはその予測は困難であること、及び排砂は一洪水ごとにゲートを開閉して（洪水時開、以後閉）行うのが最も好ましいが維持管理上問題が残る。そこで仮に河川計画との整合上洪水防衛計画で用いている洪水期間及び非洪水期間に準拠して次の如く設定する。

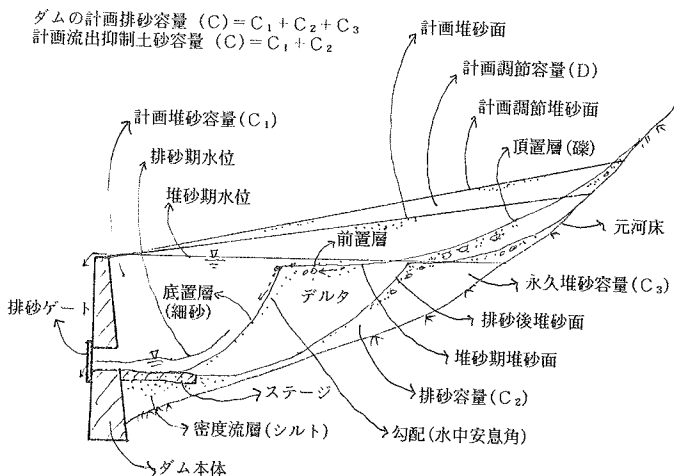
排砂期間＝非洪水期－ゲートを開けて必要土砂もしくは無害土砂を流送させる期間

堆砂期間＝洪水期－ゲートを閉めて有害土砂を堆積させる期間

排砂期間、堆砂期間の設定は、既往の流砂量状態及び雨量等の資料を基に慎重に検討するとともに下流の洪水防衛計画に洪水期間が定められていれば、それらとも十分整合性をもたせなければならない。

5. 排砂機構

砂防ダムにおける堆砂には非常に多くの因子が複雑な関係をもって影響しているが、特に密接な関係



をもつ因子としては、堆砂量に關係するものとして、流送上砂量、洪水量、河道勾配、堆砂捕捉率があり、形状に關係するのは、堆砂池形状、流入上砂粒度構成、上砂流送形態、貯水位等が考えられる。

一般の水抜暗渠をもつ砂防ダムと、排砂門を持つゲートダムとの相違は、上記因子の内、貯水位と捕捉率である。

水抜暗渠をもつ砂防ダムの堆砂池の疏水状態は、建設当初は洪水時のみダム越流部より流出され平常水は水抜暗渠より流出されているのが一般で、そのため堆砂池内の水位は常に一定することはなく、洪水時に一旦形成された堆砂池内の段丘（デルタ）が流水の減少による貯水位の低下にともない下流に移動し、次第にダムサイトに近づきついには暗渠敷高よりはは直線勾配で堆砂面が形成される。水抜暗渠が礫及び流木等で閉塞されると、堆砂面は次第に越流大端付近に近づき最後は越流大端からの平衡勾配に接近し現河床勾配の1/2～2/3程度の勾配をもつ満砂面が形成される。

次にゲートダムの場合は、ゲートを閉めて堆砂されている状態の場合は、流水は大端より越流されており、平水時及び洪水時の水位変動は水抜暗渠のそれに比し少なく、そのため一般の貯水ダムの堆砂機構に近似した、堆砂面が形成される。つまり掃流型式で運搬された砂礫は移動限界水深と等しい水深地点である付直（背水終端付直）に堆積し、デルタを形成しつつ次第にダムの方に進む。

デルタの形成は貯水位が常に一定である他掃流で流入する上砂量と捕捉率により決定される。ブローンによれば捕捉率は総貯水量～総平均流入水量比の関数で表されるとし、ノラーンは総貯水容量～流域面積比の関数で表されるとしている。一般には10～15十⁴㎡/1^{km}程度の堆砂容量をもったダムが適当である。又近傍に堆砂実績があればそれらも考慮して捕捉率を求めて堆砂に必要な容量を決定しなければならない。

次に、排砂機能であるが貯水の水压を利用し、主として管路流で排砂する方法と堆砂地を空虚にして開水路流で排砂する方法とがあるが、管路流の場合には排砂門周辺の土砂のみが半円漏斗状に排砂されるのみでデルタの排砂には不向きで、開水路流では堆砂面を流水が蛇行してエロージョン効果を高めて排砂効果をアップさせるので中小洪水程度は開水路流で流出させることが大切である。

6. 排砂門の設計

6.1 排砂門の位置

排砂門の位置は非残流部である補部に設けるものとし、かつその周辺にゲートを開けて排砂している期間主流の方向がわかっていることが大切である。又、排砂門の上流部に岩質又はコンクリート製のステージがあればなお一層排砂効果を高める。

6.2 排砂門の規模

排砂門の大きさは、機能上、構造上よりの制約条件により定まる。先ず機能上からは排砂に必要な条件である開水路流であること、流送砂礫及び流木により閉塞を起さないことである。排砂期間中の流量に対して全て開水路流である必要はなくゲートの規模、流送砂礫等の大きさとも相まって決定されるべきものである。一般には砂礫の閉閉についてはダム直傍の最大粒径の3倍以上の大きさを目安とすれば安全であるとされている。

次に構造上よりの節約条件であるが、先ず排砂設備の構造及び施工上からは次の様なことがいえる。

一般にゲート排砂を実施する砂防ダムは大型であり1ブロック15m程度の横継目を設けて施工するので堤体内に設ける排砂路の巾は1ブロックの1/3以下にすることが内部応力などから好ましいとされており、そのため排砂路の巾は5m以下に制約される。ゲートの形状は、一般には、極端に縦長や横長であると不経済になるばかりでなく構造的にも好ましくない。ゲートの適当な形状は、高さとの比が2/3～3/2程度とされており、従ってゲートよりみれば排砂路断面の最大は前述の巾5mと高さ7.5mとなる。

以上排砂門の規模はゲート等の構造物の適正な規模と排砂門の持つべき排砂機能を十分発揮するよう総合的に検討して決定する必要がある。

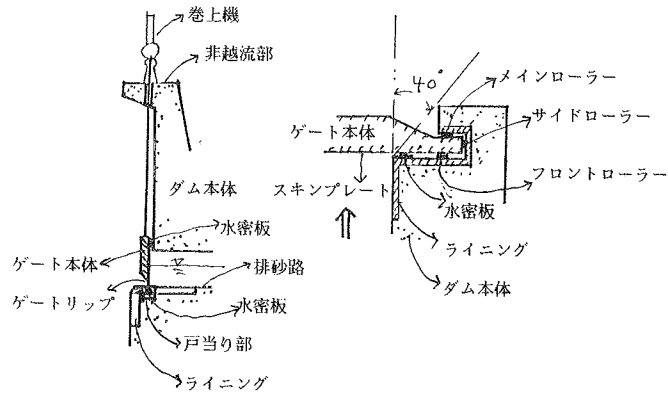
6. 3 排砂路の構造

排砂路の構造は流水の池、流砂による摩耗や衝撃等による損傷が大きいのので十分な強度をもった構造としなければならない。特にゲート戸当りの金物と路壁面は構造的に弱点となるのでステンレス又は石材等でライニングを行う必要がある。路の形状は一般には矩形断面を採用し必要により（水深が断面高の1.8倍以上の場合）谷口部にバルマウスを設ける。

6. 4 ゲートの構造

ゲートは排砂路出口に設けるものとしその構造は、水理条件の他に排砂条件が重なるため一般のゲートよりは特殊な機能が要求される。しかしながら、流送土砂の多い洪水時のゲート操作はないので、条件は大幅に緩和される。即ちゲート解放時の最悪事態は、ゲート断面一杯に満砂している状態で開ける時であり、この場合は設計において土砂の摩擦力による操作抵抗の増加を見込む必要がある。又、ゲート閉鎖時は流砂の少ない平水時に操作するので砂塵を伴う流水の遮断は起きない。ゲートの型式は水深10m以上、ゲート幅3m以上の場合はローラーゲートとし、それ以下の場合はスルースゲートが適する。

ゲート戸当り構造物は、排砂路側壁とスキムプレートとの交点から40°の拡がり角の範囲外に設けるものとし、排砂路下部の底部戸当り部は排砂時の損傷に十分耐え、かつ排砂路のライニングと一体となる構造として排砂路敷内に設ける。



7. おわりに

ダムにおける排砂は貯水容量の確保から貯水ダムでは流出土砂量の多い干頭ダムや宇奈月ダム等では実施されているが砂防ダムではいまだその例はない。近年砂防ダムの適地も少なくなってきておりダムサイトは貴重でいきおい大型化の傾向とならざるを得ない。又、砂防計画上からもダムを空にして許容流砂量を流すことが可能であればそれにこしたことはない。更に、池とすることにより観光等の付加価値を高め多用化の道も考えられるので、考に値するものと思われる。