

第五章 堤 滝

水路に安全に水を引き入れる爲めには河川を横切つて堰堤を設ける。此の目的の爲めに設ける堰堤を取水堰堤と云ふ。其の他貯水池調整池を設ける場合にも堰堤が必要となる。本章では之等堰堤に關し説明する。

1. 取水堰堤の位置

上流發電所の位置其の他によりて大體取水口の位置は決定するわけであるが、其の附近に於て堰堤は最都合良き所を選び設けなければならない。即これが爲めの條件を列擧すると、

1. 堤は必ず岩盤上に築造する必要がある。止むを得ぬ時は所謂 floating foundation とする事があるがこれは從来多くの破壊した實例を残したもので堅固なるものとするには通常大なる工費を必要とし且又多額の維持費を必要とする事を豫期する必要がある。右の故に出来る丈岩盤の個所を選ぶ關係上岩盤が河底に表れた様な所が最適當であるわけである。

□. 河幅は狭い處が大體有利であるが流量の非常に多い急流では堰堤築造の際流水を處置するに困難を作ふから施工に容易なる様地點を選ぶべきである。即通常取水堰堤で

は成る可く渴水期を選び圖中 I の締切工にて河川を半分に締め切り、半分の堰堤を築造し次に II の締切工を設け I を取拂ひ流水を水門(土砂吐門を利用)を通じ流れしめ、他の半分の堰堤を築造する。

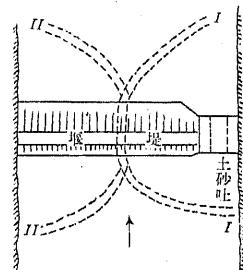
流水を遮断する關係上通常締め切りに困難を感じるから渴水期を選んで施工すべきで、従つて工期の上に於て考慮を要する。

八、堰堤は河の直線個所に河身に直角に設ける事を原則とし河川の屈曲部又は河川に斜めに設ける事は土砂が取水口附近に堆積し又は水路に侵入する原因となり易いから注意を必要とする。

2. 取水堰堤の高さ並に背水曲線

取水堰堤は單に水を水路に取引入る爲めのものであるから低いもので充分であるが然し工費の許す限り高い方がよい。即高ければ一層取水に安全になるばかりでなく、土砂吐門に依る土砂の排泄を容易ならしめる。且又多少たりとも上流に貯へられた水は發電に對して好影響を與へる。

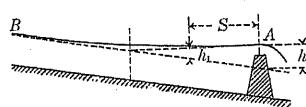
堰堤を築造すれば第 38 圖に示す様に h 丈の水面隆起を起す而して其の影響即背水の影響が上流に及ぼすから上流に於ける發電所橋梁の如きに對し注意が必要となる。堰堤



第 37 圖

の高さもこれで決定するわけである。

上流に於て背水の畫く背水曲線に對しては通常水理書に論ぜられてあるが、最簡單で且大きく結果が出て安全なものとして通常用ゐられて居るのは Poirée (ポアレ) の方法である。其の他 Merriman, Rühlmann 等種々な公式がある。夫々著者の水理書又は pocket book に見る事が出来事。



第 38 圖 背水曲線圖

る。
ポアレの方法に於ては
背水の影響の終端は圖中
A より水面水平であると

假定する背水の影響の二倍の距離にある B 點とする。

$$AB = 2nh \quad \dots \dots \dots (25) 1$$

である。河川勾配 $1/n$ とする。AB 間は兩點で切する拋物線と考へ堰堤より上流 S の距離に於ける嵩水の高さを h_1 とすれば

$$h_1 = \frac{(2h - \frac{1}{n}S)^2}{4h} \quad \dots \dots \dots (25) 2$$

である。

以上は河川が同一勾配同一斷面とした場合であつて、洪水時は大體左様に考へられるから、多く斯かる式が採用せられて居る。河幅並に勾配が著しく變化する場合には、各断面に於て流量等しとし水面勾配と断面より流量を計算す

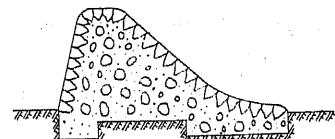
る式より摸索的に水面を求めて行けばよい。斯かる方法は Lyndon-Hydroelectric Power vol. I 第二章に見る事が出来る。本書は初步の水力電氣の参考書として判かり易く纏つて居る點で初めて英書を讀まんとする人に参考書として勧めておく。

以上の考慮の外堰堤を設ければ當然上流に土砂が堆積し河川の状況に變化を來たすから注意を要する。

上流に對する影響を少なくせんが爲め動堰を設ける場合が多い。動堰は轉動堰、ティンターゲート、スルースゲート、決瀉板等であるが之等を洪水時に開放して嵩水の高さを少なくするのである。尙ほ之等を設ければ洪水時に於て土砂を下流に流し、平水時に於て貯水作用を爲して發電に利益を與ふる事となる。

3. 取水堰堤の構造

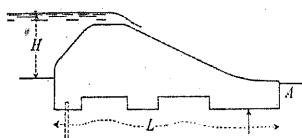
取水堰堤は通常低いから安定に對しては著しい考慮は必要とせぬが、岩盤上に堅固に基礎を設けて押し流され又は漏水の虞れ無き様にし、且洪水の爲めに洗掘されぬ様水叩きに注意を爲せば良い。圖の如く内部を玉石コンクリートとした構造を用ゐるのが普通である。



第 39 圖 取水堰堤構造圖

表面は石張りとなし特に堅固に施工して洪水時表面を大石が轉流する事を豫期しておかなくてはならぬ。

止むを得ざる場合岩盤上に基礎を設け難き時は基礎地盤を吟味して漏水無きを確かむるは勿論、基礎の長さ L (通常基礎面の凸凹に沿ふ延長を取る、creep distance と稱する、従つてシートパイルの如きものを用ゐれば甚だ長くする事が出来る) を大に保ち潜流を生ずるのを防ぐ。潜流を生ずる時は基礎の砂礫を動かし、piping の現象を生じ、遂に基礎が洗掘されるに至るのである。これは堰堤のみならず水門類の基礎設計にも注意を爲すべき事である。



第 40 圖 フローティング基礎

第 11 表
piping に対する安全表

基礎地盤	L と H の比
雲母質の細砂	15
石英質の細砂	12
粗質の石英砂	10
小砂礫	8
玉石	4

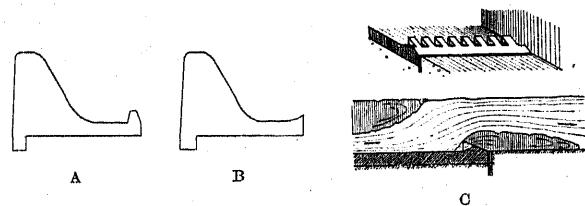
基礎地盤の砂礫の小なる程 piping を防ぐ爲め L を大にする必要がある下表は大體の標準である。然しだなる砂礫の場合には漏水に對して又別の用意を必要とする事は云ふ迄も無い。

斯かる堰堤の破壊の原因となるのは趾部 A の洗掘されるのと浮力 P に依り先づ趾部が破壊さ

れる事である。此の現象が起つた時は堰堤は全體が難無く抜け去るものであるから特に趾部の設計と維持とに細心の注意を必要とする。

基礎を岩盤の上に置く場合に於ても趾部に於ける岩盤は洗掘の虞れ多く、此の部分がやはり堰堤破壊の序曲となる場合が多い。此の部分の保護の爲めには出来る丈水叩部を延長する事が必要である。

堰堤を溢流せる水は下流に流れ水平部に於て猛烈なる流速を生じ遂に水跳作用 (water jump) を生じエネルギーを減滅するのであるが此の部分に於ける洗掘が特に著しい、故に此の部分の保護の爲めに水叩部を大いに延長する必要が生ずる。或は又第 41 圖 A の様に副堰堤を設けて水跳作用を近くにて起らしむる方法もある。B 圖の如く水を跳ね上らしめて趾部に近い岩盤の洗掘を防ぐも一つの方法である。C 圖に示したのは Rehbock 氏創案のもので構形を爲して居るものである。これは構の隙間より一部の水を流し



第 41 圖

出して水跳作用に依る逆流を中和し,其の部分の洗掘を防止せんとするものである。

副堰堤に對しては庄川小牧堰堤に於て,梯形副堰堤は利根川佐久發電所取水堰堤,信濃川鐵道省千手發電所取水堰堤に於て見學する事が出来る。

4. 動堰

動堰は前記せる如く洪水時に於ける嵩水を減少せしめる事と,土砂の流過の爲めに堰堤の頂部に設けるものであつて,洪水時に開放する様になつて居る。動堰の敷居を河床と同じ高さとしておけば洪水時に於て河川に對して堰堤設置の影響を殆無くする事が出来るわけである。

水門の門扉,機械類は概ね製造者に委託するものであつて製造者が獨特の技術を持つものであるから製造者と相談するが賢明である。

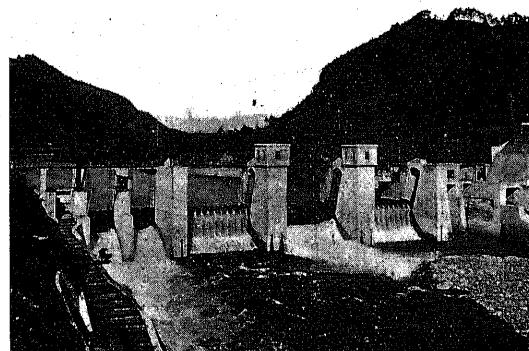
動堰として通常取水堰堤に用ゐられて居るものは轉動堰,ティンターゲート,スルースゲート,決瀉板であるがベアトラップ(芝川發電所),チルチングゲート(益田川小坂發電所)等も實例がある。外國の發電所の圖を見ると種々新奇のものを見出しえる。

然し我國の河川は洪水急激であるから操作上安全の點に關し特に注意を必要とする。

取水堰堤の動堰として割合に多く用ゐられて居るのは轉

動堰である。

轉動堰(Rolling dam)は直徑3~5米,長さ30~50米位の鐵構フレームの表面を鐵板張りとし圓筒としたもので,洪水時ピーヤの斜面に沿うて轉がし引き上げるものである(第42圖参照)。



第42圖 利根川佐久發電所取水堰堤

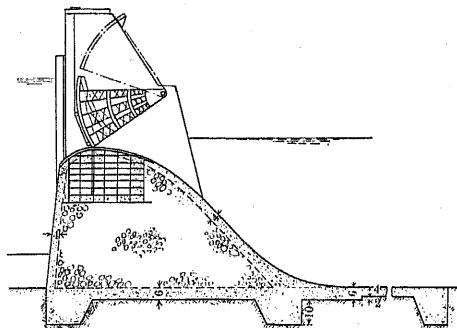
ピーヤの高さにより如何なる高さにでも捲き上げられるから,我國の如き洪水位高き河川に對しては適當と云ふ事になる。佐久發電所の外黒部川,飛驒川等多く採用せられて居る。

總べて動堰は洪水時開放を怠れば上流に被害を起し或は自身流失する虞れがあるから,操作は充分注意すると共に捲上裝置は豫備設備並に原動力を二重以上の設備とする事

が多い。

ティンターゲート (Tainter gate) は第 43 圖に於て見る如く、高さ 6 ~10 米、幅も略、同様な扇状の門扉である。カナダ要に相當する所に回転軸がある。此の門扉の特徴は構造が轉動堰に比し簡単であると、操作が容易で動力も少ない點であるが、洪水時の溢流水面が回転軸の上に来る事を許さぬから、洪水位高き我國河川としては多くの場合取水堰堤には不可能となる。高堰堤の場合には洪水の溢流幅が大となり、從つて水深小となるから高堰堤に於ては割合に多く採用せられて居る。例へば庄川筋の祖山、小牧、阿賀野川筋の鹿瀬、豊實、木曾川の大井等の各發電所堰堤に於て見る事が出来る。

スルースゲート (Sluice gate) は通常吾人が水門に於て見る所の扉を上下し開閉する門扉である。構造簡單で堅牢なる利益がある。門扉は通常重錘を以つて平衡せしめる故、

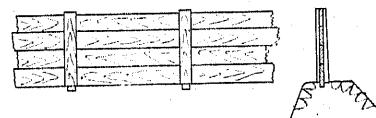


第 43 圖

引き上げ動力も著しく大ではない。然しそれ溢流水深が大であると構造も困難となる。門扉引き上げの際抵抗を小にする爲め門扉にローラーを附したもの roller gate と稱し、ローラーを門扉に固着せず第 44 圖の様に梯子状に一連につなげローラーの運動を少なくしたのを Storrey gate と云ふ。

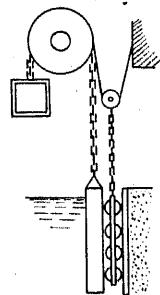
スルースゲートは取水口其の他の通常の水門に用ゐられる場合が多いが、動堰として用ゐられたのは九州大淀川發電所、飛驒川名倉發電所などである。

決瀉板と稱するのは九州川上川發電所に其の溢觧を發した一種の flash board である。極簡單な動堰として木曾川筋の發電所其の他で可なり採用せられて居る。第 45 圖に示す様に堰堤の頂部に柱を直ちに外れ易い様に立て、それに厚さ一二寸の板を落



第 45 圖

し込んだものである。洪水時に河川水位が上昇し板の上を著しく溢流する様になれば、水壓に堪へ得ざるに至り或る一個所より板が外れ初めれば全體はバラバラと全部外れて下流に流れ去るものである。柱や板の回収が不可能であつ



第 44 圖

ても工費が安いから償ひ得て経費は極めて安い。然し上流の溜り水が板の外れると共に一時に押し出して下流に害を及ぼす如き場合、又は減水後急に水位を回復する必要ある如き場合の如きには勿論不適當である。

5. 土砂吐門

第 37 図に示す通り堰堤には取水口の近くに水門を設け洪水時に開放して取水口の前に来たる土砂を下流に排出する。土砂が取水口より侵入して水路内に堆積する時は殆永久にそれを取り去る事は困難であるから土砂吐門は極めて大切な役目をなすものである。然るに往々失敗の実例を見る事が多いのは案外土砂吐の効果が遠方に及ばず取水口の前面の土砂を充分に排除出来ぬからである。故に土砂吐門は出来る丈取水口に接近して設け(餘り接近し過ぎると失敗の原因となる)且大きく設計する事が必要である。尙取水口並に土砂吐の前面に溺堤を設け、それを越した土砂を排除する様にすると效果が多い。堰堤が高いと取水口の敷を高くし且土砂吐の力が増すから此の意味に於て高い堰堤が望ましい。

土砂の非常に多い河では土砂吐門の代りに轉動堰を設けて洪水時に引き上げる。

土砂吐門の水門は通常スルースゲートを用ゐるが洪水時に操作し得る様設計すべきは勿論である。

6. 流筏木路

流木の量が少ない場合には堰堤の頂部に切り缺きを設け、それに角落し材を設けておけばよい。流木が相當滞つた折を見て角落しを外して流木を下流に落し遣るのである。木材が損傷する虞れある場合には木材が堰堤下流部の勾配を辿り落ちる様にし且水溜りに落ち込む様にする。木材の數量が甚だ多く終日作業するを要する時は木材又は鐵板にてシートを作り、一本宛下流に流し遣る場合もある。尙堰堤上流には木材を留め又は誘導する爲め、材木を針金にて連絡したブーム或は又網場(アバ、兩岸よりロープを河を横切つて張りそれを力として水面に材木を浮かして流材を抑止するもの)の様なものを設けて作業時間外は流材を阻止しあく設備が必要である。

場合に依つては流木を堰堤にて引き上げ、それを放水口の下流にて再び河川に流し入れる様な運材設備を設ける。此の種著明なるものは庄川筋祖山、小牧爾發電所にて見學し得られる。

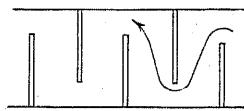
尙流木を取水口に於て水路に取り込み水槽に落木路を設けて河川に落下し、これで堰堤より放流する水を必要なからしめる例もある。之等の場合には流木は場合により甚だ長く曲つたものがあつて閉塞するが如き事の無き様注意が必要である。

筏は多く河川の下流部にあるから水力に於ては流筏路の實例は割合に少ないが流筏路は流木路よりも尙緩に作りコンクリート仕上げ又は表面に木材を張り、その上に筏が滑動する丈の水を流し人を載せた儘安全に筏を下流に流しやる様にする。此の種のものは紀州吉野川の吉野發電所又は十津川の摺子發電所等に於て見る事が出来る。インクラインを設ける實例は阿賀野川の鹿瀬、豊賀兩發電所堰堤に於て見る事が出来る。

7. 魚道

河川には概ね鮎、鮑、鱒、鰻其の他雜魚の溯河魚族があるから堰堤には魚道を必要とする場合が多い。

魚道には階段式と勾配式とエレベーター式の三種を數えられるが階段式が最普通の型式である。勾配式のものは緩



第 46 圖

斜面に沿うて魚が上の様にしたもので第 46 圖の様に流路を長くし且底面の抵抗を多くして水流を緩らしめたものである。

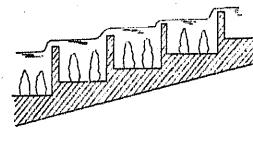
エレベーター式と稱するは庄川の小牧發電所堰堤に於て見得るもので(第 47 圖)高堰堤なるが爲め通常の魚道では效果薄き關係上、魚を堰堤趾部に於て貯め、それをエレベーターにて引き上げ、堰堤上流に放流する様になしたものである。

階段式魚道は第 48 圖の如く階段を設けそれに水を溢流せしめ魚をして飛び越えつゝ上流に溯らしむる方式のもので最普通のものである。

魚道勾配は $1/8$ 乃至 $1/20$ 位で魚道幅は大抵 2 米位あれば充分であるが 6 米位を要求されて居る例もある。魚は魚道の岸に沿うて上る事が多いから餘り幅廣い魚道は無意味だと稱する人もある。要するに勾配や幅等の規模の問題は寧ろ從たるもので魚の溯上に對し親切に設けられたものが良い魚道と稱しうれる。即階段の間の空所は深さは少なくも 1 米位あらしめ粗石を積み流れの抵抗を大ならしめる



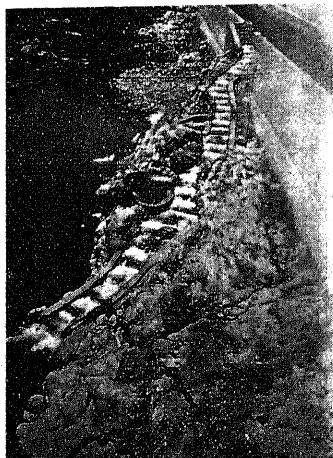
第 47 圖



第 48 圖 階段式魚道圖

と共に自然の河川の状態に近からしめ、魚をして休みつゝ

漸次階段を飛び越えしめる。第 49 圖寫眞に見る如くプールを設け休息所たらしむる如きも一つの方法である。



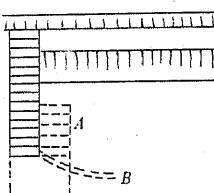
第 49 圖

第 48 圖の A の個所は少しく切り缺きを大きくし大なる魚の道路とする。B なる穴は前後に充分粗朶を置いて水勢を緩和した鰐のぐり穴である。

魚道の設計で最必要なは入口と出口である。就中入口(魚の)は最注意し魚が容易にそれを發見し得る様にす

る事が必要である。大體魚道は堀堤土砂吐に接して設ける方が良い、即土砂吐門の吐き口が將來河の流身となるからである。

魚は其の習性に依つて溯上し堀堤に接近し過ぎ入口を發見する事が不可能となる例が多いから圖に示す如く A の様に延長した例もあり又 B の様に副堀堤を設けて魚を誘導する様な方



第 50 圖

法もある。

魚を誘導する方法としては鵜繩(ウナハ)又は電氣網を用いた例を多く見る、共に其の效果は疑はしいが鵜繩はロープに鵜又は其の他の鳥の羽毛又は布の如きものを結んで魚を威するもので電氣網は兩岸からワイヤロープを張り、それに適當の間隔に又河の深さに應じて適當の深さに針金に鉤を附して垂らしそれに 50 ボルトの位の電流を通ずるものである。

魚道の出口は通常最後の階段の二三を角落しとなし高さを加減し得る様にし上流の水位の變化に應じ常に一定の魚の溯上に都合良き溢流水深(魚の大小に應じ 10~20 程度)を保たしめる様にする。上流水位の變動激しき時は特別の自働的裝置が必要となる。

魚道には上記の如く常に適當なる水を流すと共に夜間其の他魚の不溯上時にも苔類を保つ爲めに常に相當の水を放流しおく事が必要である。