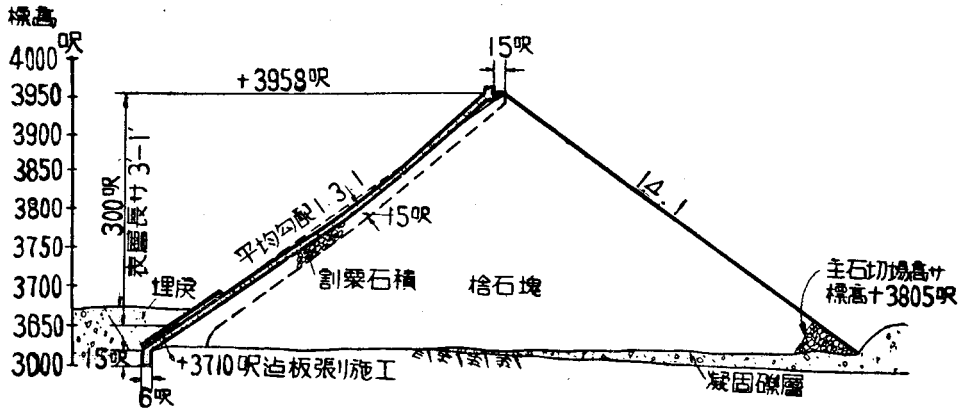


(2)

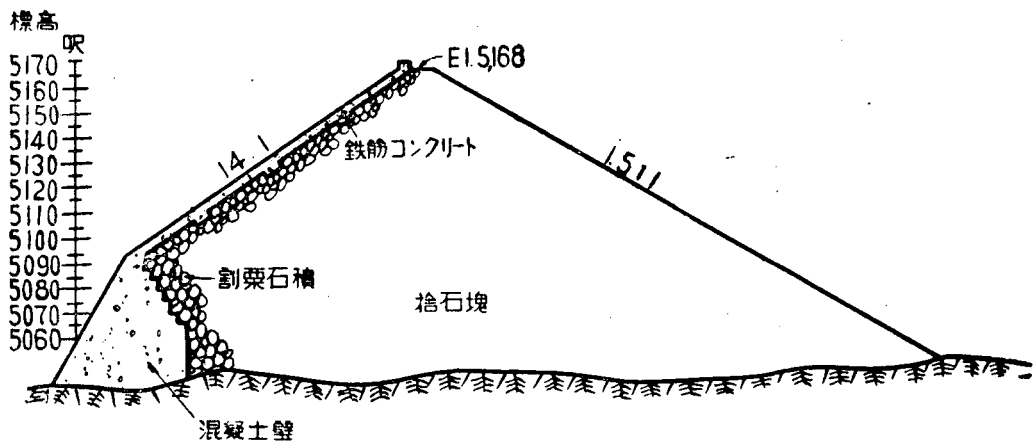
石塊堰堤 (續)

※ 高野宗久

第四圖



Salt Spring Dam / 断面



Bucks Dam / 断面

石塊堰堤の断面は土堰堤と同じく天端幅と上流法の法勾配とによつて決定される。初期時代の堰堤では下流側を 1:1 乃至 0.5:1. の如き急勾配とし、上流側は堰堤の滑動に對する安定度の見地より底幅を高さの 2 倍と成る様、決定されてゐた。下流法の急勾配採用は材料の節約と云ふことより他に其の理由を見出し得ないのであるが、之は一方に於て石塊が轉落する恐れがあるから其の防止の爲割栗擁壁或は表層石塊の積直しをする必要がある。故に此の節約と所要經費とが「バランス」するか或は後者が大きい様な場合には下流法勾配の決定は石塊の自然勾配に根據を置くのか最も科學的である。°では此の自然勾配は如何程かと言ふと實驗に依れば、1.3:1 乃至 1.4:1 であつて 1900 年、頃から後

に築造された石塊堰堤は總て 1.25:1 以上の緩勾配を採用してゐる。(第一表参照)

上流法勾配に就ては未だ定説無く種々雜多な値が採用されてゐる。先づ堰堤の安定度より考慮するときには前記の如く高さの 2 倍の底幅を有すれば充分なのであるから低い堰堤では相當な急勾配でも差支へ無い譯である。又材料の節約上からは無論石塊量少く法面積の小さい急勾配を採るべきである。然し堰堤の沈下及び施工の難易等を考へる時は後に述べる様に自然勾配より緩にする必要がある。結局材料費の節約と工事費の關係及び工事の安全度の比較になるのであるが、近時「アメリカ」で施工された高堰堤では高さの 2 倍以上 3 倍に近い底幅を與へてゐるものが多い。

第 五 表

堰 堤 名	堤 高	底 幅	堤 高 對 底 幅 比
Dix	270	691	1:2.56
New Bowmam	168	375	1:2.23
Bucks	118	340	1:2.90
Salt SpRirg	328	930	1:2.84

此の様に石塊の自然勾配或はこれに近い値が採用される傾向が強くなつてゐるのであるが、此の自然勾配採用の利點を述べる代りに Salt Spring Dam の上流勾配 (1.3:1) 決定の際に述べられた理由を掲げることとする。

(1) 捨石塊を割栗壁に先立つて施工し得ること。此の場合或る程度迄岩石轉落に因る労働者の危険を消滅し得ると言ふのも一つの理由であるが、主なる利點は石塊に充分初期沈下の時

間を與へた後割栗壁を築造し得ることである。

石塊の沈下は上部荷重と時間に關係あり、最初の三四ヶ月に起る沈下量は其後に起るものに比べ相當大きな値を示すのが普通である。

(2) 割栗石積壁の築造に「キャタピラードリツク」を使用し得ること即ち石材を「トラツク」で運搬し捨石塊上便宜な點に置けば「ドリツク」は石積壁上自由に動き廻つて壁を築造し得る。

天端幅は普通の場合堰堤を通過する道路として要求されるから堤高の大小に關らず最小 4.5 米位は採る必要がある。故に低い堰堤では底幅の相當「パーセンテージ」を占め上流法をかなり急にせねば不經濟になる場合が多い。

尙ほ上流法面は水に對し凹狀をなさしめて沈下に因る「コンクリート」表層の歪曲を防止するのが普通である。(第四圖参照)

以上述べた断面決定の要素を要約すれば、下流側は 1.3:1 乃至 1.4:1 上流側は自然勾配とし凹狀をなす様加減し、天端は幅 4.5 米以上とすること、従つて。

$$2.7 \times \text{高さ} + \text{天端幅} = \text{底面幅}$$

となる、然し低堰堤(高さ30米以下)の場合で小石塊を以て安全に堤體を施工し得る様な場合には必ずしも自然勾配の上流法を採る必要は無い。

割栗石積壁 (Rubble Wall)

これは堤體をなす石塊と表面の不透過層との間に置く岩石の層であつて今迄種々な名稱を與へられてゐる、即ち Hand-laid rock (手置石) Packed rock (密着石) DeRRick-laid Rock (デリック置石) 及び Placed rock (置石) 等で石積の性質と岩石の置き方を示し、いづれも捨石塊と相異し、より大塊を丁寧に積上げることがを表さんと試みてゐる様である。

石積壁の役目は剛體たる表面張と自由に沈下する捨石塊の中間に在つて半剛體として働くことである、即ち石塊の不同沈下を平均化して表層に傳へ、又一方表層に均等な基礎を與へるのである。

施工法は前述の如く大きな岩石を相互に充分な接觸面を有せしめる様人力或は機械力を以て

積上げ、空隙は小石塊又は岩屑を入念に充填して出来るだけ緻密に仕上げなければならぬ。積方としては谷積とするのが普通であるが布積とする場合は突起物其他に依つて上下兩層の連結を計る必要がある。表層に近い岩石程整形のものを用ひ、大體法勾配と一致せしめることは言ふ迄もない。

石積壁の厚さは第一表に示す如く多種多様であるが之を分類すれば次の三種とすることが出来る。

- (1) Relief 及 Madden dam 其の他多くの堰堤では底部最も厚く、頂部に最小断面を與へてゐる。之は水壓に比例せしめると言ふ考へに外ならないのであらう。
- (2) Escordido や Bearer Park dam の様にほんの形式的の石積を置いたもの。
- (3) Cncharas 及 Salt Spring dam の様に同一断面を與へたもの。

(2) の如く石積壁の重要性を認めないものは論外とし、(1) と (3) のいづれを採るべきか? に就ては galloway 氏は「Salt Spring dam の設計に當り私は石積壁の厚さは水壓のみならず沈下をも考慮して決定すべきであると信じた、即ち水壓は底部に於て最大を示すが、石塊の沈下は不同であり然も堤頂に於て最大値を生ずる、故に築造に當り石積壁の厚さは一樣とし、法面に直角に15呎を採用した」と言つてゐるが、其の沈下量を實測した結果第三圖に示す様に堤頂より高さの約 60% の點に最大沈下が生ずることが明になつた。又頂部の沈下は主として自重によるものであるから施工に當り充分な沈下時間を與へれば或は程度輕減せしめることが出来るのであるから、水壓に比例と迄は行

かなくとも高さの半分以下に於て相當の増厚をすることは必要であらう。

然らば實際上如何程の厚さを採るべきか？と言ふ問題が残るが、之は今迄全く技術者の判斷に依つて決定されて居たので數字的根據が無いただ近年築造の大堰堤では「デリック」を使用して石積を行ふ場合が多く、同機の運轉上少くとも 3 米の厚さを要求されるのと、諸堰堤の實績より推して 3 米乃至 6 米位が適當だらうと考へる。

遮水壁 (CUt-off Wall)

遮水壁の役目と構造は他形式の堰堤と殆んど同様であるが、石塊堰堤では表層と遮水壁だけで水密性を保つのであるから特に注意して設計施工せねばならぬ。即ち配合の混凝土を使用することは勿論断面は表層よりも厚くすること、岩盤中に充分深く入れて龜裂を遮斷し「グラウテイング」を行つて抵抗力を増大すること等は忘れてはならない。

表 層 (Facing)

石塊堰堤では堤體をなす捨石塊割栗石積共に水の滲透に對し實際上何等の障害をも與へないので是非不透過性の水密層を設ける必要がある。此の不透過層の位置に就ては断面の中央に置くものと、水側表面に置くものと 2 種類あるが、中央心壁は次の様の諸種の缺點があり推賞すべき設計ではない。

- (1) 心壁より上流側の捨石塊は水中に設置する結果となり半ば浮游した状態となつて水壓に對抗する機能が減殺されること。
- (2) 捨石塊の沈下は前述の如く水壓と重力の合成力とほぼ同方向に起るので心壁に扭力を及ぼし、破壊せしめる可能性が多いこ

と。

- (3) 堤體中に埋つてゐる爲、その監視と修繕が全々不可能であること。

以上の中 (3) の理由は石塊堰堤の様に沈下を續ける構造物にあつては殆んど致命的と言つて良いもので中央心壁を有する代表的な堰堤 Lower Otay Dam は築造後、18 年目に洪水溢流のため破壊してゐる。

之に反し水側表面に不透過層を置く場合は總ての石塊が水壓に對抗することが出來、監視が行届き又修繕も比較的容易であり、堤體の初期沈下を待つて施工し表層破損の度を減少せしめることも出来る。

次に表層の構造を述べなければならぬが之は使用される主要材料別に説明した方が良いと思ふ。

(1) 木材表層

初期の石塊堰堤に於ては殆んど全部此の木材表層が用ひられた、其の構造の主要を述べると先づ 12 吋角以上の角材或は押角を土台木として割栗石積壁に中心間隔 6 呎位に埋み「ボールド」で固定する。次に板張を施すのであるがこれは上部と下部を異にし、下部では 2 乃至 3 吋厚の板を出来るだけ大きな幅で 3 層に釘を以て打ち付ける此の場合中間層を上下の 2 層と直角に、即ち縦に板を置く事は言ふ迄もない。上部は同様の板を 2 層に打ち付けるのが普通である。板張と割栗石積壁との隙間には丁寧に石片を詰込んで張板を支持する様にし、板の継目には總て「マキハダ」を充填して水密度を高めてゐる。此の簡単な板張表層の壽命は案外長く少くとも 20 年は大丈夫である。實例に依るも First Bowman dam では木材の一部は 50 年も使

用に耐へ又 Sobrina dam では20年間使用した後、張替を行つてゐる。

木材表層の利點は安價で出来ることであつて「セメント」の運搬及骨材の採取が困難な山間避地で木材を豊富に得られる地點では最も良い工法である。殊に石塊堰堤を選定せねばならない様な地點では上記の條件を有することが多い。尚な木材表層は撓曲性に富んでゐるから沈下に依つて大きな被害が無い。故に先づ此の表層を施して捨石塊の沈下を充分に行はしめた後に混凝土表層と變へることも出来る。

(2) 混凝土表層

近年築造される高堰堤に於ては鐵筋混凝土表層が最も多く表層として採用されてゐる、之は現在の土木界では鐵筋混凝土は最も普遍的な材料であり、又一番其の作業の熟練者が多く、一方交通の便も良くなつて運搬が容易であるからであらう。

先づ最初に決定すべきことは表層の厚さであるが、之も何等理論的方法が無いので實例に依れば Dix dam では80米の水壓に對して45種、Salt SpRing damでは90米の水壓に對して90種の厚さを用ひてゐる。其の他二三の例より推定するに大體水深の1%の厚さがあれば充分な様である、然し水壓の他に沈下に依る灣曲も考へねばならないから水壓の零である頂部に於ても少くとも30種の厚さは必要であらう。尚ほ氣候が寒冷で水壓力を受ける様な場合より以上の厚さとせねばならない。

次に鐵筋量、之も正確な計算は不可能なので、實例より推定する以外手段は無い。一般に斷面の0.5%位が標準とされてゐる様である。配列は1呎以下の比較的細い鐵筋を、1呎以下の

間隔で縦横に1層中央或は上下2層に入れて龜裂の入るのを防いでゐる。先に第一圖で示したE Fの様な特に龜裂の入り易い箇所に對しては充分その對策を構せねばならぬ。

最後に施工は15米乃至20米角の「スラップ」として現場打をするのが普通である。大堰堤では此の15米乃至20米毎に伸縮繼手を設けU型の銅板、と「アスファルト」を用ひて水密性を保たしてゐるが、小堰堤で谷の形が良ければ繼手を設けず、ただ充分に石積壁間隙を混凝土を以て填め割栗石に密着せしめただけで目的を達する様である。一例を挙げれば標高1,500米以上に在る Bucks dam は常に零下の寒さとなる8年の冬期を徑過してゐるが少しの龜裂も發生してゐない。

(3) 鋼板表層

鋼板表層は今日のところ Skagway dam と Peurose — Rosemont dam の2に利用されてゐるに過ぎないが其の結果が良好なので今後益々利用される傾向がある。構造の大要は厚さ6耗~12耗、幅1.5米~2米、長4.5米~6米の鐵板を用ひ、水平繼手は銜頭接合或は重接合として帶鐵又は「ボルト」で簡単に締付た上銲接を施し、垂直繼手はL型鋼或はT型鋼を使用して割栗石積壁に固定し、12~13米毎に伸縮繼手を設けてゐる。

結 び

以上で大體石塊堰堤の主要構造に就て述べたのであるが他の堰堤に附隨する詳細部分は他型式の堰堤と殆んど同様であるから特に記述しないが余水吐に就ては土堰堤同様、洪水の溢流に因つて破壊される危険が最も多いから充分な斷面積を與へること。流水を阻害する様な構造

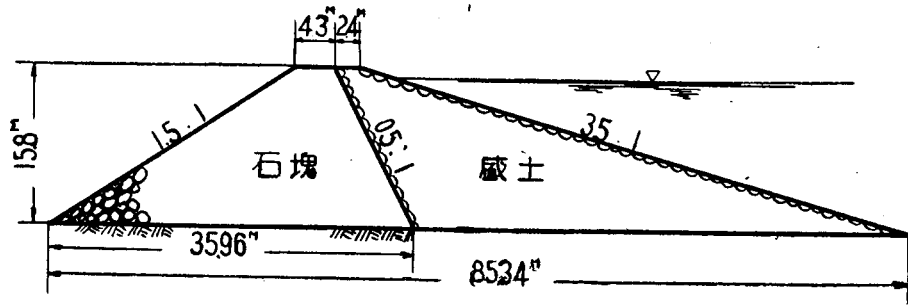
物を置いてはならない。1799年から1931年迄に破壊した石塊堰堤 12 の中、余水吐不充分的爲と見做されるものが4もあり最高率33%を占め、次に遮水の不充分的爲破壊したものが2で17%を示して居る事は石塊堰堤の設計に當り注意すべき點を明示するものである。

り發達したものであり、又土堰堤より石工堰堤への發展途中の形式と見做されるものであるから、此處に述べた標準断面以外に種々な堰堤断面があり一々紹介し盡され無い程であるが、以下に一二の断面を御覽に入れて、本稿を終ることとする。

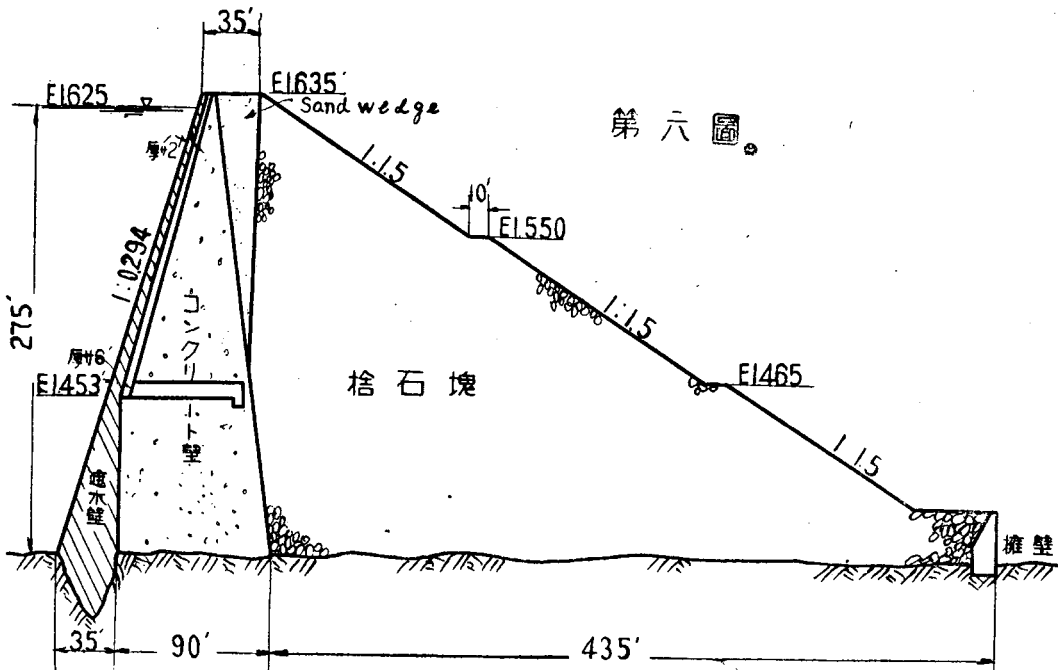
先に述べた通り石塊堰堤は全く過去の經驗よ

完

第五圖



ベスコバレー堰堤ノ断面



第六圖

シムソン堰堤ノ断面(支那九龍ヨリ12哩)