

## Shipshaw 発電所について

正員 市 浦 繁\*

Shipshaw No. 2 発電所はカナダのケベック州にあり、北大西洋に注ぐ St. Laurence 河の支流 Saguenay 河の下流部に位置している。本発電所は第二次世界大戦のアルミニウムの需要に應じて急いで建設されたものであるが、その水圧管路は鋼板の節約と對爆の見地から、岩盤中に堅坑と水平隧道を組合わせてコンクリートで巻立てた所謂超高压隧道を採用している事は興味が深い。又本発電所はすぐ上流の Shipshaw No. 1 (別名 Chute-à-Caron) 発電所 (200 000 HP) 及 22 哩上流の Isle Maligne 発電所 (540 000 HP) 並に貯水池として使用されている St. John 湖, Passe Dangereuse 貯水池, Manouan 湖と密接な関連を持った一貫開發の一部となつている。このうち特に技術的に興味が深いのは Manouan 堰堤で、St. John 湖の北方 225 哩にあるが工事用道路の建設を行わずに、堰堤築造に要する人員、資材は總て空輸に依つた。従つて堰堤の型式も特殊なもので石積木枠式 (Rockfill timber-crib dam) と云ふ變つた型式を採用している。又 Shipshaw No. 2 発電所は 2 年足らずの短期間に完成しているが之は機械力を極度に利用した結果である。

Saguenay 河は流域面積 78 000 km<sup>2</sup>、最大流量 9 180 m<sup>3</sup>/s、平均流量は 1 470 m<sup>3</sup>/s で常時調整流量は 1 200 m<sup>3</sup>/s である。貯水池は Manouan 湖, Passe Dangereuse 貯水池及び St. John 湖の 3 つである。概要を表示すれば次のようになる。

貯水池名 項目	單位	Manouan 湖	Passe Dangereuse 貯水池	St. John 湖
流域面積	(km <sup>2</sup> )	4 800	11 850	78 000
湖面標高	(m)	500	442	102
有効水深	(m)	6.4	33.6	6.1
貯水量	(m <sup>3</sup> )	22.2億	51.7億	48億

Saguenay 河筋の 3 つの発電所のデータを表にすれば次のようになる。

發電所名 項目	Isle Maligne	Shipshaw No. 1	Shipshaw No. 2
完成年度	1925	1930	1943
最大使用水量 m <sup>3</sup> /s	1 300	565	1 415
總落差 m	33.5	47.2	63
發電機容量 KVA	420 000	200 000	880 000

Manouan 貯水池の堰堤は圖の如く石積木枠堰堤であるが、St. John 湖より 362 km 北方にあり道路を建設する暇が無かつたので、現地調査は勿論工事用の人員、機械、資材等も總て空輸に依つた。建設工事の輸送を飛行機で行う事は米國ではそれ程珍らしい事ではないらしいが、我々には想像する事さへ難かしい。石積木枠と云ふ型式も彼地では堰堤工事が發達する以前に小規模の工事に屢々使用されたものらしいが、一種の石塊堰堤と考へられる。木材の腐蝕を防ぐ爲に屋根を設けてある事も當然の歸結かも知れぬが一寸奇異な感を受ける。工事期間は僅か 10 ヶ月であつたが、宿舍、食堂、病院等も小規模準ら完備していた、勞務者は最大 443 人、平均 260 人であつた。主な工事用設備は 3/4 yd. ガソリンドラッグライン 1 臺、3/4 yd デイゼルシヨベル 1 臺、トラクター 7 臺、6 cuyd の Athy Wagon 2 臺、315 cuft/min. のデイゼルコンプレッサー 3 臺、1.5 t 及び 2 t のトラック 4 臺及び 8 頭の曳馬と數頭の牛であつた。取水路では 17 300 m<sup>3</sup> の岩盤を掘鑿したが之は總て堤體の石積に使用された。基礎岩盤の掘鑿は 726 m<sup>3</sup> であつたが別に約 9 180 m<sup>3</sup> の凍結した土砂を爆破する必要があつた。設計には水壓を考慮しなかつた。それは EL. 625 で水壓を加えた時より EL. 630 で水壓を考慮しない場合の方が荷重として大きくなるからである。

Passe Dangereuse 貯水池堰堤は全部で 4 ある、即ち主堰堤 (No. 1) と 3 つの Cut-off 堰堤 (No. 2, No. 3, No. 4) より成つている。No. 1 堰堤はコンクリート重力式で Peribonca 河を横斷して築造され高さ最高 48 m、長さ 362 m である、この中 162 m は門扉部、142 m は溢流部でありこゝには 3 m の洪瀉板がある。コンクリート量は 116 500 m<sup>3</sup> であつた。溢流量は堰堤門扉のみで 1 500 m<sup>3</sup>/s (=0.9 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>)

\* 通商産業省資源廳電力局電力課

であるが洪水板が外れれば  $3540 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $=2.12 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ) に増加する。又別に低部排水門扉 (幅  $3.3 \text{ m}$ , 高サ  $4.9 \text{ m}$ ) が 13 門あり  $15.3 \text{ m}$  の水壓の下に 1 門に就き  $185 \text{ m}^3/\text{s}$  流下し得るようになってゐる。基礎の揚壓力は下流側水深の  $100\%$  と、貯水池水深と下流側水位との差の  $50\%$  を上流側から一様に減じ堤跡部で 0 になる三角形の水壓を加えた梯形揚壓力を考えた。コンクリートの水平継目に對する揚壓力は上流端で水壓の  $50\%$  をとり一様に減じて下流端で 0 となるように考えた。但し門扉部の水平継手では  $100\%$  を採つた。氷壓は EL. 230 で  $14900 \text{ kg/m}$  とし地震荷重は  $5.5\% g$  をとつた。コンクリートの許容壓縮應力度は 28 日強度が  $210 \text{ kg/cm}^2$  のコンクリートで  $52.7 \text{ kg/cm}^2$ , 許容剪斷應力度は  $26.4 \text{ kg/cm}^2$  岩盤とコンクリートの摩擦係数は  $0.65$  とし地震時は  $0.80$  とした。平時はコンクリートに張力が生じないように設計したが地震時は  $1.05 \text{ kg/cm}^2$  まで許容しそれ以上の張力に對しては鐵筋で補強した。應力計算によれば最大垂直壓縮應力は  $17.5 \text{ kg/cm}^2$ , 堰堤斜面に平行な壓縮應力は  $21.0 \text{ kg/cm}^2$ , 又最大剪斷應力  $9.4 \text{ kg/cm}^2$  であつた。伸縮継手は  $9\sim 15 \text{ m}$  毎に設け、継目には水止めとして徑  $15.3 \text{ cm}$  の半圓型で  $25.4 \text{ cm}$  の翼のある銅板を使つた。屈曲部にはアスファルトの後づめをし又揚壓力を減らすために深サ最低  $6.1 \text{ m}$  のグラウトカーランを堰堤部に接して作つた。岩盤の悪い所は徑  $5.1 \text{ cm}$  のダイヤモンドドリルを用いて  $36.6 \text{ m}$  の深サまでグラウトを行つた。グラウトの壓力は浅い所では  $50 \text{ lb/in}^2$  ( $3.5 \text{ kg/cm}^2$ ) から深い所では  $100 \text{ lb/in}^2$  まで上げた。下流水位の低い低部排水口の下にはコンクリートの射流破り (jet breaker), 又堤頂門扉の下流部にも洗掘防止施設を作つた。堤頂門扉は幅  $6.7 \text{ m}$  高サ  $11.3 \text{ m}$  の標準固定ローラー型で水壓に氷壓が  $7430 \text{ kg/m}$  だけ垂直  $61 \text{ cm}$  の中に作用するものとして設計された。

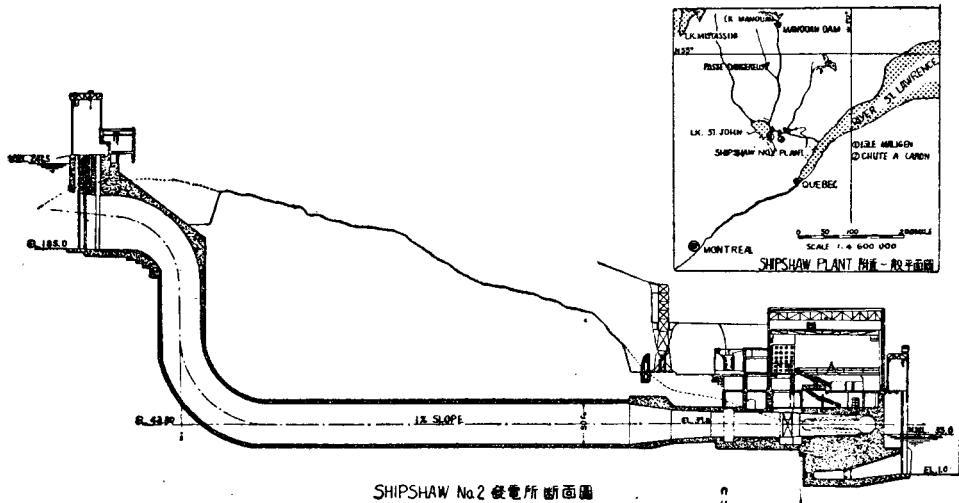
Cut off 堰堤 No. 2 は石積木枠型で基礎岩盤上に築造されてある。高サは最大  $12.8 \text{ m}$  で  $1.83 \text{ m}$  の餘裕高を含んでいる。設計は大體 Manouan 堰堤と同一であるが大きい木材が使えるので枠が大型になつてゐる。

Cut off 堰堤 No. 3 は土堰堤で、十分に粗細混合した砂質の礫を  $6 \text{ in}$  の厚サの層に、ブルドーザーで敷きならしトラクターで 6 回以上丁寧に輾壓した。餘裕高は波浪を考慮して  $4 \text{ m}$  とつた。之は對岸距離が  $11.3 \text{ km}$  あり且恆風にさらされているためである。

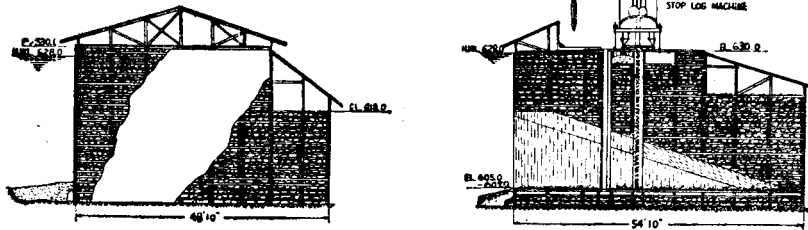
Cut off 堰堤 No. 4 も大體之と同一構造である。

Shipshow 發電所は既述の如く No. 1 (別名 Chute à à-Caron) 及び No. 2 の 2 つに分れてゐる。No. 2 は戦時中に建設されたのであるが No. 1 に對しパラレルになつて居り計畫に際し河川の水は No. 2 で優先的に使用されるやうにし、No. 1 は No. 2 完成後の豫備施設とするように考えた。No. 1 發電所の堰堤は高サ  $58 \text{ m}$  のコンクリート重力堰堤であるがこの堰堤工事に行つた假締切工事は流速が早かつたため變つた方法で行われた。即ち河川の斷面に合せたコンクリート柱を河岸にたて置き適當な時期に基礎を爆破して横倒しにし一時に締切りを行つた\*。No. 2 は 1940 年頃から調査を開始し實際に工事にかゝつたのは 1942 年の夏頃である。地質調査の結果は良好で重要箇所では垂直及び斜式掘削が行はれたが最大  $61 \text{ m}$  まで掘つた所コアの採取率は平均  $95\%$  以上であつた。1941 年になるとアルミニウムの需要が緊急な問題となり No. 2 發電所が完成するまでのギャップを出来るだけ埋めるため No. 1 に 2 機増設されたが之は最初から No. 2 に移設出来るように設計され現在 No. 2 の方で運轉されている。No. 2 發電所設計上の根本問題には、完成を急いだ事と設計を調和させると云ふ事の外に戦争による制扼があつた。即ち連合國側の戦時用商船建造のため鋼板が不足した事と、No. 2 の地理的位置から爆撃の危険にさらされると云ふ事であつた。このような理由で水壓管路は露出した鐵管路を止め、堅坑と隧道による所謂超高壓隧道を採用したのである。取水口、水壓管路、發電所及び放水口の位置に就ては 3 つの案が考えられたが、 $1/1200$  の模型を造つて種々検討した結果、地形、地質、利用し得る落差、發電所基礎及び放水口の掘鑿量、工期等を考慮した結果現在の設計が採用された。No. 1 發電所から No. 2 の取水口までに 4 ケ所の堰堤を作る必要があつた。この内 3 つは最初土堰堤として計畫されたが地質及び工期の関係で結局全部コンクリート堰堤として築造された。圖は取水口ブロック、隧道、發電所の標準斷面である。隧道は内徑  $9.15 \text{ m}$  でコンクリートで巻立てゝある。岩盤のかぶり高が  $12 \text{ m}$  以下の所から鐵管を挿入して之は Y 型に分岐して水車のケーシングに接続してゐる。分岐管の内徑は  $5.5 \text{ m}$  である。鐵管は全部熔接され、鐵筋コンクリートで巻いてある。水壓管路は平均  $226 \text{ m}$  ある。

\* 石井頼一郎著 ゼムの話 P. 73 参照



SHIPSHAW No.2 發電所 断面圖



MANOUAN 貯水池 堤堰 断面圖

## 米 國 の 洪 水 豫 報 の 一 端

正員 米 元 卓 介\*

洪水豫報は洪水調節にも洪水被害の防止にも非常に役立つものである。米國の Weather Bureau は絶えず洪水警報に關する仕事の發達に努力しているが近年の状態を Engineering News Record の 1948 年末の 3 卷にわたつて述べているから紹介する。

(1) Flood Forecasts that Reduce Losses, Merril Bernard, Nov. 25: 水位上昇による浸水被害を防ぐには土囊等の應急準備をするにも、物件を安全地帯に

避難せしめるにも、それだけの十分な時間を要する。豫報は時機を失せず、完全で、正確なるを要し、尙最高水位のみならず水位上昇、下降の全體の姿即ち水位圖全體が欲しい。豫報は早ければ早い程役に立つのであるから先づ大ざつぱりに豫報を發し、時間の経過につれて降雨觀測値を以て豫想値に置換へて修整してゆけばよい。

Weather Bureau では豫報技術の適用範圍から考へて幹川豫報、支流豫報及び水源豫報の 3 型に分けてゐる。米國の洪水被害高は年額平均 22,500 萬弗であ

\*早稻田大學助教授