

(1) 關東水力電氣會社の佐久發電所取入口堰堤全景(下流面)



## 關東水力佐久發電所に於ける 取入堰堤のエプロン延長工事

關東水力電氣株式會社土木課長

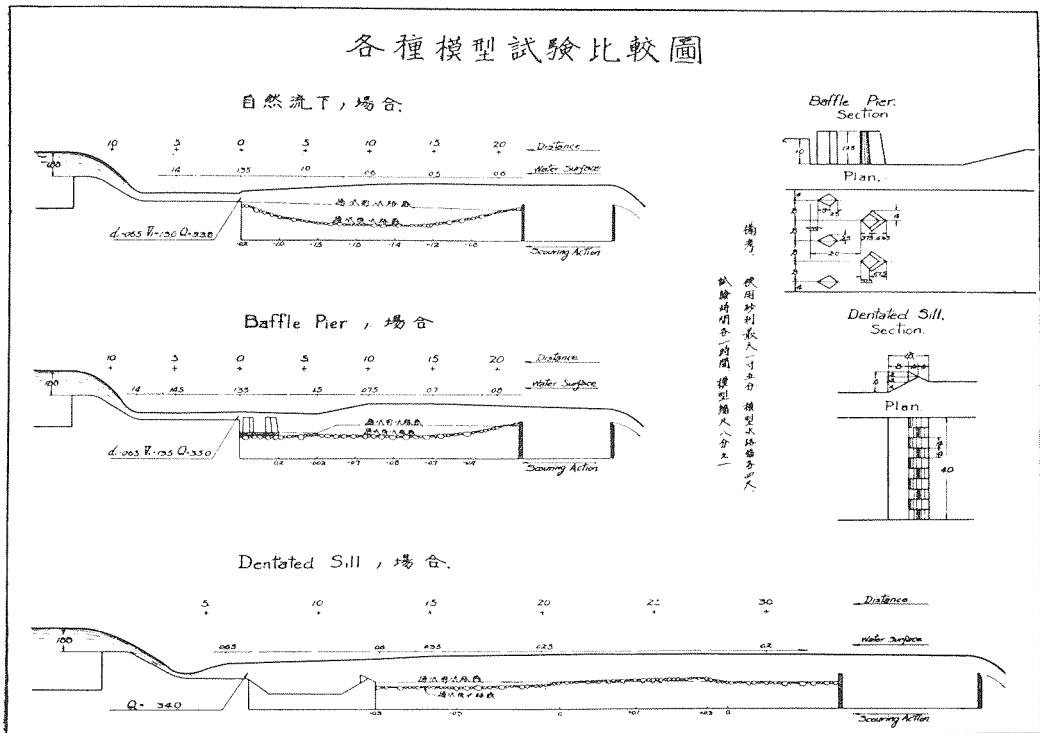
下 田 尾 佐 市

### 1 堰堤の概要

本堰堤は上越線岩本驛下流約一哩の所にあります。利根川を横斷して築造した長さ354尺の取水堰堤であります。固定堰と可動堰との二部からなつて居りまして、固定堰は最高所40尺であります。可動堰堤は高さ15尺徑間58尺のローリング・ゲート三連と、同高さ巾21尺の制水門二門とよになつて居ります。此他、巾12.5尺高さ30尺の土砂吐水門三門、巾15尺の筏道及び同巾の魚道等の設備がしてあります。

堰堤の基礎たる岩質は安山岩であります

風化性を帯びて居まして殊に魚道側の殆ど當時使用する制水門下流の河床は、不幸にして軟質で砂岩の如き形態をして居ました。依つて昭和三年末竣功當時から何等かエプロン保護装置を施す必要のある事を認め、或る程度まで他の部分よりも水叩を長くして置きました。竣功當時の對案としては堰堤はエプロンをハイドロリックジャムブの生ずる位置迄延長するか、別に低いサブマーゼダムを築造してプールを作り、以てウォータクッションに供するか等の事を考へて居ましたが、何分工費の嵩む事であり又時を争ふ必要も無かつたので、實際運轉状態に於て自然が如何



なるものを要求するかを、構造物に危険を及ぼさない程度に見定める事が最も得策ならんと思惟し、今日迄約三ヶ年放任して來ました。

## 2 堰堤下流洗掘狀況

昭和三年末より昭和六年末に至る約三ヶ年に亘る運轉期間中に次第に洗掘が増して來ました。土砂吐水門は水深なる爲、洪水時又は月一回位の斷水日以外には可成開かない様に努めて參りましたが、流速激しき爲と、排出物の摩擦により殆どハイドロリック・ジャムブの理論による必要なる水深を作りました。ローリングゲートは、度數に於て年二三回、流量に於て二三萬個を以て襲來する出水時のみ使用する程度でありまして、其時はテールウオータの水深も相當ありウオータクッション作用が充分である爲めか河床の洗掘微量にしてほぼ原形を保つて居ました。

最後に制水門下流は、堰堤溢流水量の80パーセント位迄こゝより流下したためと、河床

の軟質なるとにより最も多く洗掘されました。この側の流勢は魚梯基礎に沿ふて走る爲、之が保護をも兼ねて特に考慮を要する場所があります。最も流速激しい土砂吐水門及び制水門下流の張石、又はローリングゲート部分の固定堰のコンクリートエブロン等の既設構造物は、何等損傷を蒙むつて居ませんでした。

## 3 模型試験

それで何とか對策を講じなければならぬ時期が到來致しましたので、複雑な水理問題を討究するには模型試験を行ふに如かずと推断したのであります。堰堤エブロン保護工法としては多くの實例がありますが、最初より築造する場合と今度當社の如く洗掘されたるものに対する處理方法とはいくらか其の趣を異にします由つて最も現地に當嵌め易いもの即ち最近成功せりと稱せらるゝ獨逸のレーボック博士の發明に成る Dentated Sill 型と、

米國加州 Pit NO3 及 NO4 發電所取入堰堤に於て使用された、Baffle Pier 形とを主として實驗して見ました。最初は在來表された Hydraulic Jump Formula なるものが、模型試驗により實證されるかどうかを行つて見ました處、案外能く一致しました。土砂吐水門部を 1/5 縮尺の模型で實驗致しました結果は下記の通りであります。

Hydraulic Jump Formula

$$d_2 = \frac{V_1^2}{4g} \pm \sqrt{\frac{V_1^2}{2g} \left( \frac{V_1^2}{8g} + d_1 \right)}$$

$d_2$  = 洗掘され得る河床に於ける必要なる淵 (Pool) の深さ

$d_1$  = Pool に入る前の水の深さ

$V_1$  = 同 流速

$g$  = 重力に依る加速度

上記方程式に模型試驗の data を當嵌めて見ますと

實驗 番號	實驗に依る數値		方程式に依る比例		
	$d_1$	$V_1$	$d_2$	$d_2$	
1	0.37	11.2	2.20	2.27	1.032
2	0.4)	13.4	2.87	3.15	1.096
3	0.55	15.2	3.83	4.08	1.066
				平均	1.064

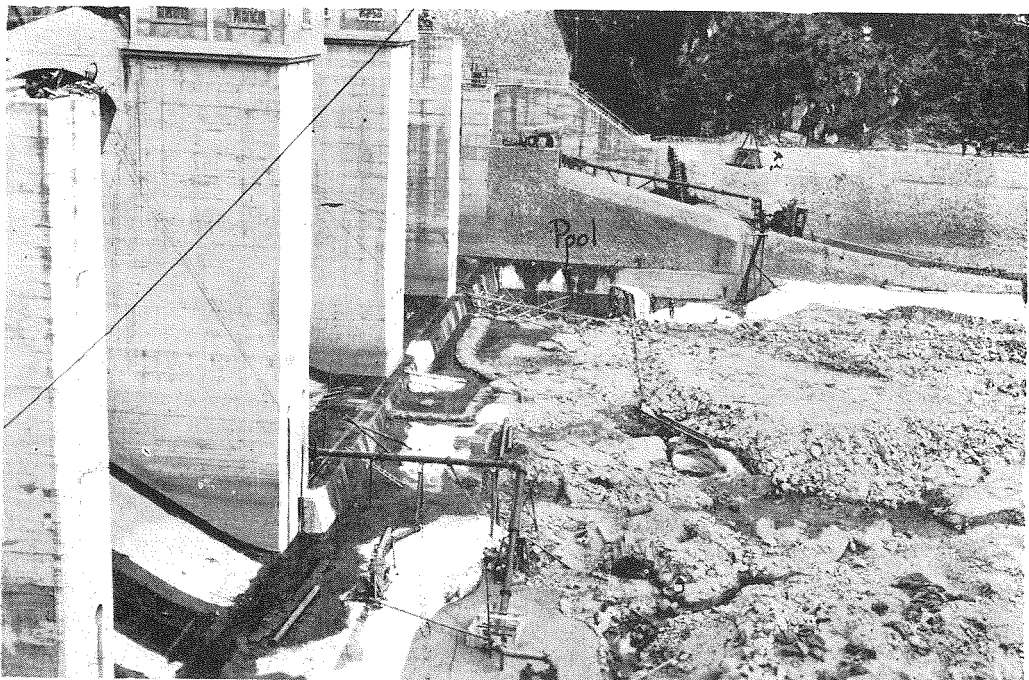
備考 方程式の  $d_2$  より實驗の  $d_2$  が小なるは摩擦等が存在する爲であらうと思はれます。

此の結果に力付けられまして、制水門下流の洗掘状態を調べました處、大體上記の原則に従つて居る事が判明しました。

模型試驗は現存筏道を利用しましたので、水量を豊富に使用出来ましたから、相當大きなものを採用し、河床の部分には最大一寸五分の砂利を用ひました。

實驗の總數五十一回行ひました。この結果を總括して見ますと大體次の通りであります。最も有効で無難の方法は自然の法則に倣ひ Pool に依つて Hydraulic Jump を生ぜしめ、

(2) 土砂吐門下流新設プール並に Rolling Dam 下流の E iron 延長工事



以て水の Kinetic Energy を減殺せしめる事でありました。Baffle Pier の試験に就ては形状配列に多大なる研究を要し、又水量の變化に對しても其の作用が甚しく異り、構造的にも施工が厄介でありましたから採用を見合せました。Dentated Sill も其寸法位置を決定するには相當研究を要しますが、Baffle Pier より容易でありました。Baffle Pier と同じく適合しなかつた場合は、水の刎上り甚しく又其下流に強き真空區域を生じました。然しレーボック博士の Dentated Sill を適當に配置すれば、有効に河床の洗掘を防止し得る事を實驗により確證することを得ました。

#### 4 設計の決定

土砂吐水門下流エーブロンは、現在洗掘されたものを整理してコンクリート張りのプールとしました。ローリングゲートの部分は現存エーブロンに侵蝕しない様に、カットオフ

ウォールを設けて之にコンクリート・スラブを延長して置きました。最後に制水門下流は最も注意を要する箇所でありまして、大體の設計は自然の要求に倣ひブールを應用しましたが、魚道基礎に沿ふてゐる爲め水勢を早く殺す様研究して見ました處、Dentated Sill を併用する事が最も有効でした。(實驗比較圖參照) この場合の Dentated Sill の位置は普通設計の逆になつて居ります、即ち普通ならばブールの手前に置いてありますが、斯る點が最初から設ける場合と相違して居ます。

#### 5 Dentated Sill の説明

レーボック博士の Dentated Sill は我國に於ても特許權(特許第六八三一四號)を有つて居りまして、次の様に説明してあります。

特許第六八三一四號明細書

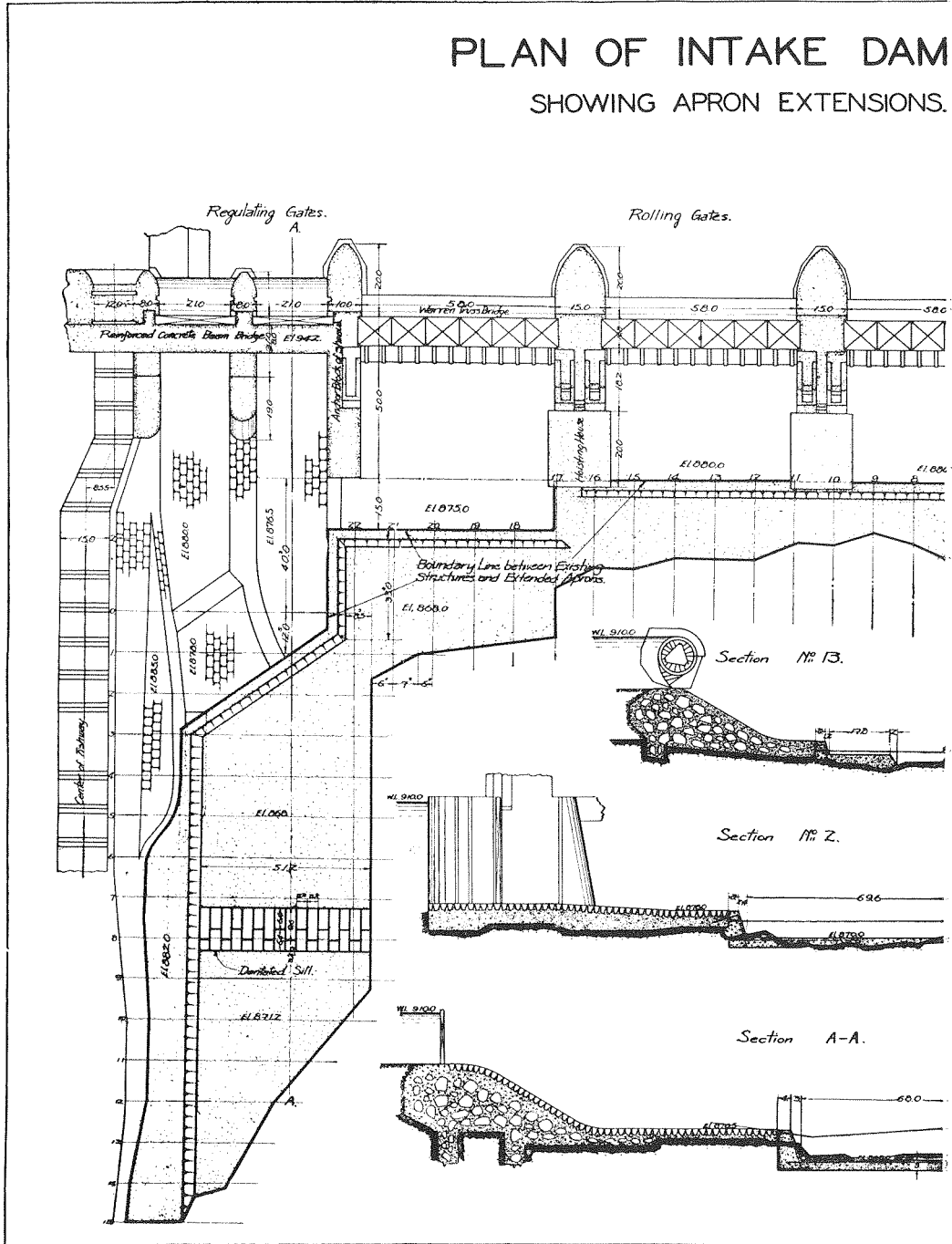
水路底の洗去防止装置  
發明の性質及目的の要領

(3) 制水門下流新設ブール並に Dentated Sill.



本發明は瀧 堰及其他の水中工作物に接近せる水路底の洗去せらるゝを防止する装置に係り、瀧、堰又は他の工作物の直下下流の河末を保護する水叩と該水叩の最下流端に當り、且つ該水叩上の射水流の

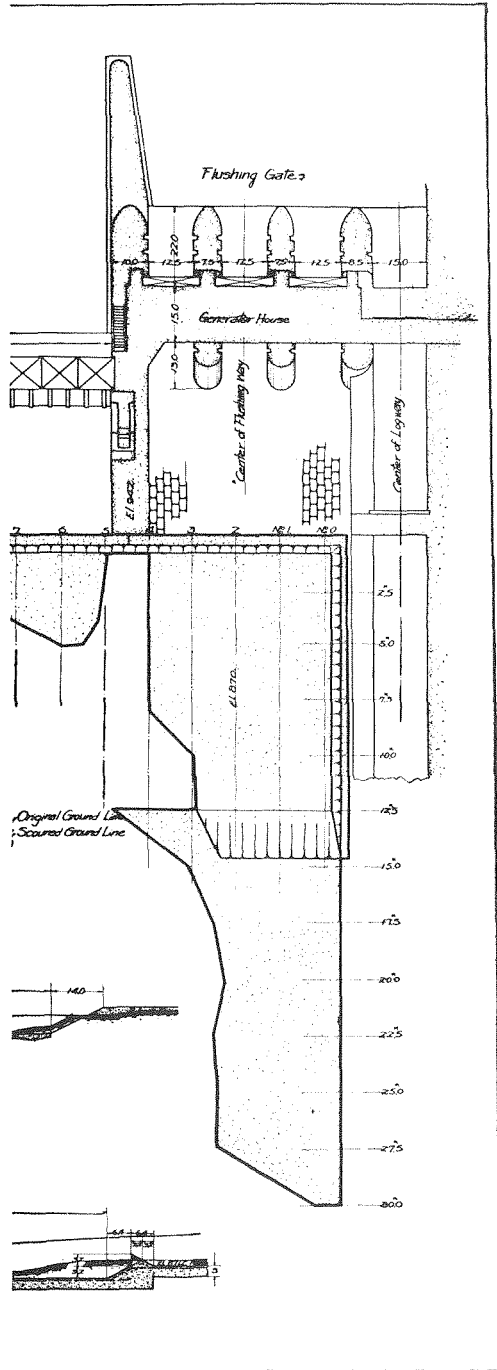
上に生ずる、表面渦流と流水の分るゝ出口に配置したる低き閘とよりなり、該閘は更に上流に向て急傾斜面を有する一列の齒型を具備する構造より成り、其目的とする處は瀧或は堰等に於て河底接近部の急



速度を表面渦流の下流にて可成速に除去し、以て水  
路底の洗去を防止せんとするにあり。

圖面の略解 (次頁の圖)

第一圖は本發明の裝置を上流に向つて見たる透視



圖にして、第二圖は瀧に應用したる時の河床附近の  
断面圖、第三圖は洪水門及其上下流に接続せる水河  
床の縦断面圖 第四圖は第二圖第三圖の右方の部分  
を擴大せるものなり。

發明の詳細なる説明

凡そ水は平場及堰の上を衝流に又は洪水門下を通  
して落下する際は波の速度以上の流出速度を生ず  
即ち普通流水の程度より變じて、河床に殊別の破壊  
的結果を與ふる所謂射水の狀態となるものなり。此  
の射水程度を普通の流水に恢復し、乃ち流速を波の  
速度以下とせんが爲 種々の考案、例へば瀧の衝撃  
を受くる深き水樽、又は種々の裝置、乃ち水流の方  
向に配置したる多数の隔壁を設備、或は格子形の  
圓等を設備する等、種々の考案施されたるも、水底  
の局部の洗除は表面渦流の終端下の河床に表はれ  
之れを防止することは殆ど不可能なりしなり。本發  
明は此缺點を除くために考案せるものなり。

第二圖の瀧(c)第三圖の水門(d)の直下流に於ける  
河床(b)を保護せる普通の平なる水叩の最下流端に  
於て、同水叩と共に完全に築造したる低き屋根型の  
堰の裝置あり。此の堰は其上面のの上流側に配列せら  
れたる窗型(f)の設備あり、此の各窗の上流に向へ  
る面は垂直にして、下流に向ける面は復傾斜をなす  
ものなり。

水叩(a)上に於ける水は射水流(g)の上に水路を  
横切りたる水平軸を有する表面渦流(h)を形成す。  
第二、三及四圖に示す如く窗(c)は、流水が此の表  
面渦流より分るゝ出口に配置せらる。此如して河床  
(b)の附近にて流水の急流部は窗型(e)~(f)の  
働きにより、上方に靜かに遍移さるゝものなり

河床を害し得ざる表面速度は此方法により益々強  
めらるゝと同時に河床接近部に於ける危険速度は從  
つて益々緩和せられ、同時に水叩(a)の下流にて河  
床(b)の保護工なき部分に於て 流水下に地面渦流  
(i)を起すべし、此の渦流の下部にして地面に接す  
る部分は上流に向つて流るゝものなり。窗型(f)間  
の溝を通して下流に奔流する薄き噴出水は、扇狀に  
展開して此の地面渦流中上流に向へる流れに注意す  
故に地面渦流の下部に於ける流速は、河床(b)の保  
護工なき部分にも、格別の影響を與へざる程度の緩  
流に鎮下せらる。如斯にして地面渦流(i)は常に河  
床の洗去せらるゝを防ぐ みならず、却て窗(e)附  
近に堆積物をも生ずるは多数實驗の (以下55頁へ)