

## 第六編 低水工事

### 第一章 總 說

#### 129. 低水工事

低水時に於ける河川流路を整理して流水幅を局限し、水深を増加して船舶の航行及び用水の取入に便する工事を低水工事と言ひ、高水工事と相俟つて河川改修工事の根幹をなすものである。

低水工事に二つの工法がある。

1) 河身改良 亂流、分派流を整理して流路を統一固定すると同時に、急激な屈曲は之を匡正し、河幅狭きに失する箇所は之を擴張し、廣きに過ぐる部分は之を縮小し、以て一定の流路幅員と水深とを維持する工事を謂ふ。

2) 運河化 主として舟航に便する爲に行はれ一名堰閘法とも言ふ。即ち河身改良による縮流だけでは舟航上必要な水深が得られない場合に、堰堤を造りその背水によつて水深を増加し、堰堤箇所には閘門を設けて舟運の聯絡を圖る工事を謂ふ。

舟運を目的とする場合には水深の問題とは別に河川勾配の如何によつて、上記の2工法の何れを採用すべきか定まる。即ち舟運に對しては流速  $v=0.6\sim 0.8$  m/sec が限度であつて、此の場合に(24)式を用ひ

$$v=c\sqrt{RS}=c\sqrt{dS}, \quad \therefore S=\frac{v^2}{c^2d}$$

とし、 $c=40$ 、 $d=1.0$  m と假定すれば  $S=0.225\sim 0.4\%$  となる。歐羅巴大陸の河川では  $S=0.5\%$  を限界として、勾配が是より緩ならば河身改良、急ならば運河化によるのを大體の標準とするが、之と河川の状況及び舟運の方法を異にする我が國では固より同日に論ずることを得ない。

本邦河川の大部分は急流であつて舟運に利用し得る範圍が極めて狭く、舟航の爲の低水工事を必要とする河川は利根川、荒川、信濃川、淀川、木曾川、北上川、最上川、筑後川、その他少數河川の下流部に限られるのであるが、河身改良は常に低水工事の工法たるに止らず、高水工事として施行せられる捷水路、分水路、水路附替、分流の如き各工種は實に河身改良工法に外ならず、且低水路を維持することは用水取入の爲は勿論、河岸の保護、堤防の保安上から當然必要とせられる所であるから、此の意味に於ける低水工事は高水工事と併せ施行せられなければならない。

次に地勢概ね平坦にして河川及び之を縦横に聯絡する運河を内陸舟運の爲に利用することが極度に發達した歐羅巴大陸と異なり、我が國の河川には運河化工法を適用すべき餘地が極めて乏し

いが、淀川、信濃川、北上川などの如く分水路の設けられた河川には分水路起點に堰堤及び閘門を設け、又幹川の水位が上昇した場合に之と支派川との舟運を聯絡する爲の閘門は利根川、荒川、木曾川、淀川等に設けられてゐる。

次に河口改良は高水及び低水工事兩様の目的を有し、前者は洪水を快疏せしめる爲に河口の埋塞を防止することを目的とするが、後者は更に進んで船舶の出入に便する爲に必要な水路幅と水深とを維持することを目的とし、信濃川河口(新潟)、最上川河口(酒田)、雄物川河口(土崎)、小矢部川河口(伏木)等が後者の適例である。

#### 130. 河身改良

河川の彎曲部に於ては流心が凹岸に偏して淵を作り、又流心が一方の河岸から對岸に移る場合の流心横過點には淺瀬を生ずることは前述の通りである。シラルドンの研究によれば状態良好なる河川に於ては第12圖に示すが如く淵は河岸に密接せず、淺瀬は殆ど流路に直角であつて水深著しく減少せず舟航の障礙となることが少いに反し、状態不良なる河川に於ては第13圖に示すが如く淵は河岸に密接し、淺瀬は流路に斜であつて水深極めて淺く舟航の障礙を醸す。例へば佛蘭西のロアル河の如きは状態極めて不良であつて流路延長84 kmの間に128箇所の淺瀬があると稱せられるが、河身改良の目的は第13圖の如き河身を改良して第12圖の如き状態に誘導するにある。

河身改良に2法あり、河身整正法と導流法とが是である。前者は流量、勾配等に應じて必要な流路幅員を定め、一定の法線以内に流水を局限するものであつて、主として護岸工法により概ね河川の下流部に適用せられる。又後者は河身整正工法を連続的に施行せず、局部的施行によつて流水を誘導し、以て低水工事の目的を達成せんとするものであつて、主として水制工法により概ね河川の中流部以上に施行せられる。

港灣として利用せられる河口附近を除いては舟航の爲に必要なとせられる水深は1.5~2.0 m、水路幅員は30~50 m、彎曲部の最小半徑は100~300 mであるが、幅員は寧ろ低水流量と流速との關係から定め、又最小半徑は特殊の場合を除いては1000 m以上が望ましく、且流路は必ずしも數學的曲線を採用するを要せず、大體現在水路に倣つて圓滑なる曲線形とすればよい。

一般に直線流路は不安定であつて所により流水の激突を蒙る危険があるから、緩流部に於ては成るべく流水の方向に倣つた緩やかな曲線流路とする方が安全であり、且維持も容易である。但し急流部に於ては曲線流路の凹岸の受ける激衝が餘りに大きく、此の部分に危険を増すが爲に却つて直線流路の方が安全である場合が多い。従つて勾配1/100以上の急流河川では河岸に岩盤が露出してゐる様な特殊の箇所の外は少くとも曲率の大きい彎曲を避ける。

河身整正法によると導流法によるとを問はず、河身改良の爲には次の諸工法が採用せられる。

1) 縮流 一定の低水法線を定めてその間に流水を局限するものであつて、その結果水深及び流速を増し、舟運を改善し得るのみならず上流からの流下土砂を沈澱せしめずして下流に流送し得る利益がある。

2) 浚渫 大體現在の低水路に沿つて河幅狭小なる部分を擴大し、水路中の淺瀬を除却するものであつて、淺瀬が岩盤の場合は碎岩船を使用し、砂礫の場合は浚渫船が使用せられる。ライン河のビンゲンからサント・ゴア間、ドナウ河のアイアン・ゲイト、ミシシッピー河のロック・アイランド・ラピッドの如きは著名なる岩礁除却の實例であるが、河中の砂洲は浚渫によつて之を取去つただけでは効果が少く、進んで上流からの土砂流下の原因を芟除するか、或は水制等によつて土砂の沈澱を阻止することが必要である。

3) 直流路 低水路中に舟航の障碍となる屈曲がある場合に之を除却する爲に直流路を開鑿するものであつて、我が國の河川改修工事に於ても高水工事と同時に施行せられてゐる。第128圖の荒川上流改修工事はその一例である。

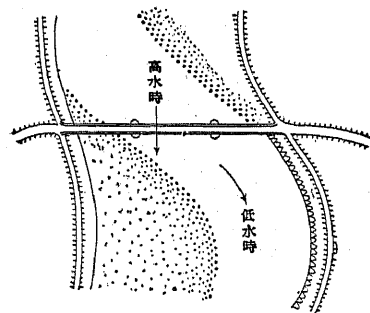
4) 派流締切 低水流路が數條に分れて亂流する場合にその内の一を選んで之を改修し、その他の分流又は派流を締切るものであつて、低水路維持上最も緊要とせられる。

5) 護岸及び水制 低水法線を維持する爲に河岸に護岸を設け、或は水制(横工及び縦工)によつて低水幅を局限するものであつて、低水工事の主工法に數へられる。

6) 床固 河床の低下を防止する爲に低水路を横斷して設ける工作物であつて、落差工は可航河川に於ては舟航の障碍となるが、用水取入等の爲には床固又は床留を必要とする場合が多い。

### 131. 直流路

流路の急彎曲を除却する爲に設けられる直流路は捷水路の別名であつて、流路短縮の結果、勾配従つて流速を増し流水の洗掘力を旺盛ならしめるが故に、初の彎曲が地質關係によらず、流勢



第264圖 低水時及び高水時流向

に基因する場合には直流路の方向その他に關し慎重なる注意を要する。

一般に低水の流向と高水のそれとは一致せず、前者は曲流しても後者は直流する傾向があり、従つて低水流路延長は高水流路延長よりも長いのを常とする。例へばガロンヌ河に於ては支川ロー河合流點以下低水流路延長は54kmであつて、此の間に21箇所の彎曲があるのに對し、高水流路延長は36kmであつて、此の

間に8箇所の彎曲があるに過ぎない。即ち第264圖に示すが如く、低水は曲流しても高水は直流するから、河川工事に就いては此の點に關する注意が必要であり、橋梁の橋脚の如きも高水時流向に従つてその方向を決定しなければならない。

低水路の方向は必ずしも之を高水の流向に一致せしめるを要しないが、唯低水護岸は高水時に於て流水が低水路上を斜に流過する場合にも破壊しないだけの堅牢なる構造としなければならない。

直流路の結果は低水位を低下せしめる。第67表はドナウ河の支川タイス河の實例である。

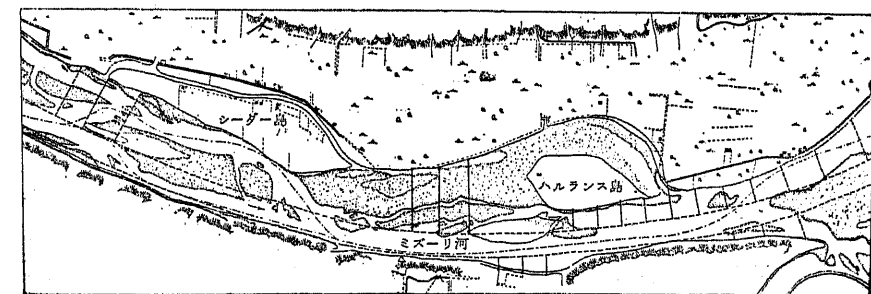
第67表 直流路の結果(タイス河)

河川	流量(m <sup>3</sup> /sec)		流路延長(km)			勾配(‰)		水位の變化(m)	
	低水	高水	改修前	改修後	比率	改修前	改修後	低水	高水
タイス	60	3600	1200	457	0.38	0.031	0.055	-1.11	+1.68
テメス	8	1000	336	143	0.43	—	—	-0.15	+1.08
キエロエス	15	1000	1004	546	0.54	0.016	0.040	-0.78	+1.60
マロス	36	2100	191	71	0.37	0.284	0.452	-1.6	+1.3
ホドラグ	15	1300	111	65	0.59	—	—	-0.45	—
ラアア	20	500	130	51	0.39	0.296	0.485	-0.73	—

表中高水位が上昇してゐるのは直流路と築堤との双方の結果と考へられる。

直流路又は捷水路を設けるに當つて新舊兩水路の延長に大差があり、従つて相當の落差が得られる場合には、新水路の全幅を開鑿せず、一部分だけを掘鑿し、流水の洗掘力を利用して殘部を完成せしめることがある。ヘーゲンの説によれば新水路の延長が在來水路のその1/2以下の場合には、大河川の場合全幅の1/12~1/20、小河川の場合1/2~1/5だけを導流路として開鑿すべしとあつて、我が國に於ても加治川、阿賀川その他に此の工法を採用して好結果を収めた實例もあるが、此の工法は亂流を生じて低水流路を荒廢せしめる虞があるから一般には奨め難い。

### 132. 派流締切



第265圖 ミズリ河派流締切

低水工事の爲に派流を締切る場合には締切堤を用ひる。洪水の流過を妨げる程度の締切を必要とする場合には締切堤は高い堤防とし、低水だけを締切つて洪水の流過を許す場合には中水位程度の低い堅牢な水制とする。

第 265 圖はミズウリ河デューファーソン市下流の派流締切を示す。

派流締切の場合の水理を考へるに一般に流路の幅員  $b$  と平均水深  $d$  との間に  $b=ad$  なる関係があるものと假定すれば

$$Q = Av = bdc\sqrt{RS} = acd^{\frac{5}{2}}\sqrt{S} = a^{-\frac{3}{2}}cb^{\frac{5}{2}}\sqrt{S}$$

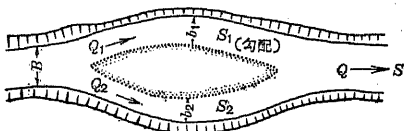
$c$  を常數と假定すれば

$$Q = k_1 b^{\frac{5}{2}}, \quad b = k Q^{\frac{2}{5}} \dots \dots \dots (125)$$

a) 第 266 圖に於て兩派流の長さ及び断面が同一であれば、流量  $Q$  は兩派流に均分せられ

$$B = k(2Q)^{\frac{2}{5}} = 2^{\frac{2}{5}} b_1 = 1.32 b_1 = \frac{4}{3} b_1 \dots \dots \dots (126)$$

或は  $b_1 = 0.75 B = \frac{3}{4} B \dots \dots \dots (127)$



第 266 圖 派流の水理

b) 兩派流の長さ、從つて水面勾配及び断面が同一でなく、流量  $Q$  が  $Q_1, Q_2 = mQ_1$  に分配せられる場合には  $c$  を常數、 $S_2 = \beta S_1$  と假定して

$$Q_1 = k_1 b_1^{\frac{5}{2}}, \quad Q_2 = k_1 \beta^{\frac{1}{2}} b_2^{\frac{5}{2}}$$

從つて  $b_1^{\frac{5}{2}} : \beta^{\frac{1}{2}} b_2^{\frac{5}{2}} = 1 : m, \quad \frac{b_1}{b_2} = \left(\frac{\beta}{m^2}\right)^{\frac{2}{5}} \dots \dots \dots (128)$

又  $Q = Q_1 + Q_2 = Q_1(1+m)$

$S = S_1$  として  $Q = k_1 B^{\frac{5}{2}}$  と置けば

$$B = b_1(1+m)^{\frac{2}{5}} = b_2 \beta^{\frac{1}{5}} \left(1 + \frac{1}{m}\right)^{\frac{2}{5}} \dots \dots \dots (129)$$

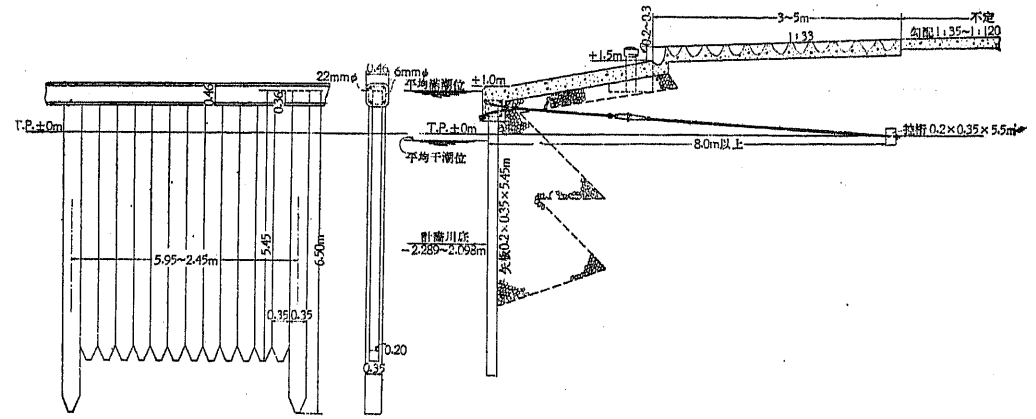
或は  $b_1 = \frac{B}{(1+m)^{\frac{2}{5}}}, \quad b_2 = \frac{B}{(1+m)^{\frac{2}{5}}} \left(\frac{m^2}{\beta}\right)^{\frac{2}{5}} \dots \dots \dots (130)$

天然河川に於ては派流の長さ、勾配、断面が同一であるとなつて拘らず、流量を兩派流に均分し、或は常に  $Q_1, Q_2$  の如く分配することは極めて困難であつて、流量の少い方の派流は土砂沈澱の爲に漸次その断面を減じ、從つて流量の漸減を見るが故に、派流を締切らないで流量の分配を一定に維持する爲には分派口に水制又は導水堤を設け、流量過少なる派流の呑口を擴大し、流量過大なる派流の呑口を縮小し、或は床固を設ける様な工法が行はれる。

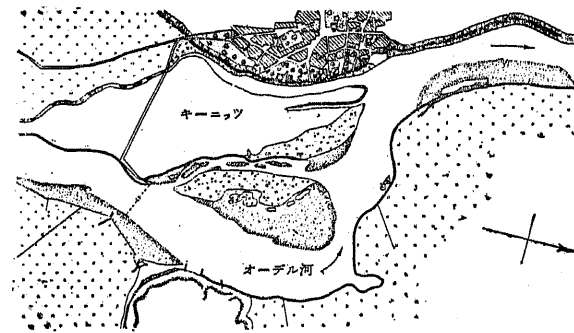
### 133. 護岸及び水制

低水路兩岸の浸蝕崩壊を防止する爲の護岸は捨石、捨ブロック、石張、ブロック張、コンクリート張、鐵線籠等によるのが普通であるが、假工事又は水深大なる箇所の法留工には杭柵、板柵等が使用せられ、船舶の碇繫を必要とする下流部には鐵筋コンクリート版柵、各種の矢板を使用した直立護岸が採用せられる。

第 267 圖は旭川改修の岡山市京橋下流の直立低水護岸を示す。



第 267 圖 旭川下流低水護岸



第 268 圖 オーデル河(1846年)

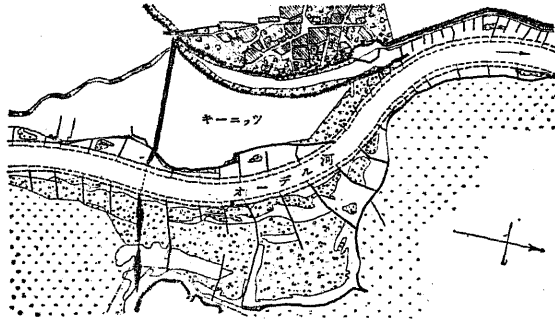
亂流を締切り過大なる流水幅を縮小して、一定幅員及び水深の低水路を造成する爲には適當の法線を定めて水制を出し、所謂導流法によつて流水を誘導し水制域に土砂の沈澱を促す工法を取る。

第 268, 269 圖は 1870~1872 年のオーデル河キーニツ 附近の低水工事の效果を示したもので、第 268

圖は改修工事前の 1846 年の河狀、第 269 圖は改修工事後の 1887 年の河狀である。

第 270 圖は利根川木下町地先の低水工事を示す。

第 271 圖は昭和 3~6 年に互つて施行せられた信濃川大河津下流中之口川分派口に至る延長 8 km の區間の低水工事であつて、新信濃川開鑿の結果洪水の流入を見なくなつた大河津下流の舊川は 600~900 m に達する在來河幅を必要としないと同時に、流水亂流して河狀常なく用水取



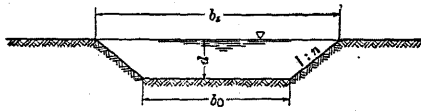
第269圖 オーデル河(1857年)

包柴、柳蛇籠、鐵線蛇籠、鐵線柵、捨石等の各種工法を混用した。

134. 低水路断面  
低水路の幅員は低

水流量、水面勾配、

所要水深の関係から定る。第272圖に於て低水路數幅を $b_1$ 、水面幅を $b_0$ 、兩岸勾配を $1:n$ 、水深



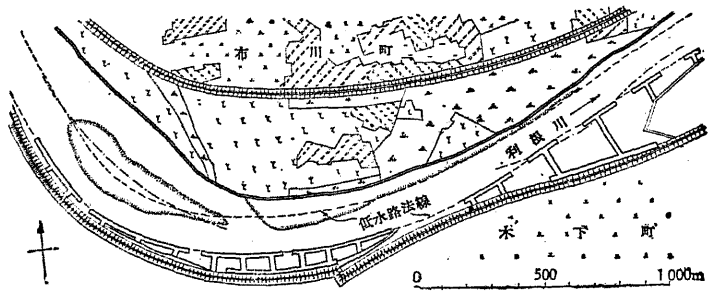
第272圖 低水路断面

から $b_0$ が求められる。

$d$ を適當に假定して(131)式から $b_0$ を計算することは簡單であるが、 $d$ を大きくして不自然に $b_0$ を小さくすることも、反對に $d$ を小さくして不適當に $b_0$ を大きくすることも水路の維持を困難ならしめて好結果を収め難い。最も安全なる方法は在來低水路中最も完全に維持せられて良好なる河狀を示す部分を標準として、その部分の水深及び幅員に倣つて低水路法線を定めることである。

低水路断面を決定するには又高水敷の高さと平均低水面との關係を考慮することを要し、普通には平均低水面を高水敷から1m低く取るのが標準である。第68表は我が國の河川に於ける低水路断面の實例である。表中水深は平均低水面以下の深さを表し、新北上川、新信濃川、新荒川の如き分水路に就いては高水敷たるべき原地盤からの掘鑿深を示す。

入及び舟航上の障礙甚だしきを加へるに至つたが爲に、幅員上流に於て80m、下流に於て100m、勾配 $1:3000$ の新低水路を造成した。水制には平行工及び横工を併用して、流水をして法線内の水深を維持せしめると同時に水制域に土砂を沈澱せしめたもので、粗朶沈床、鐵線猪子、



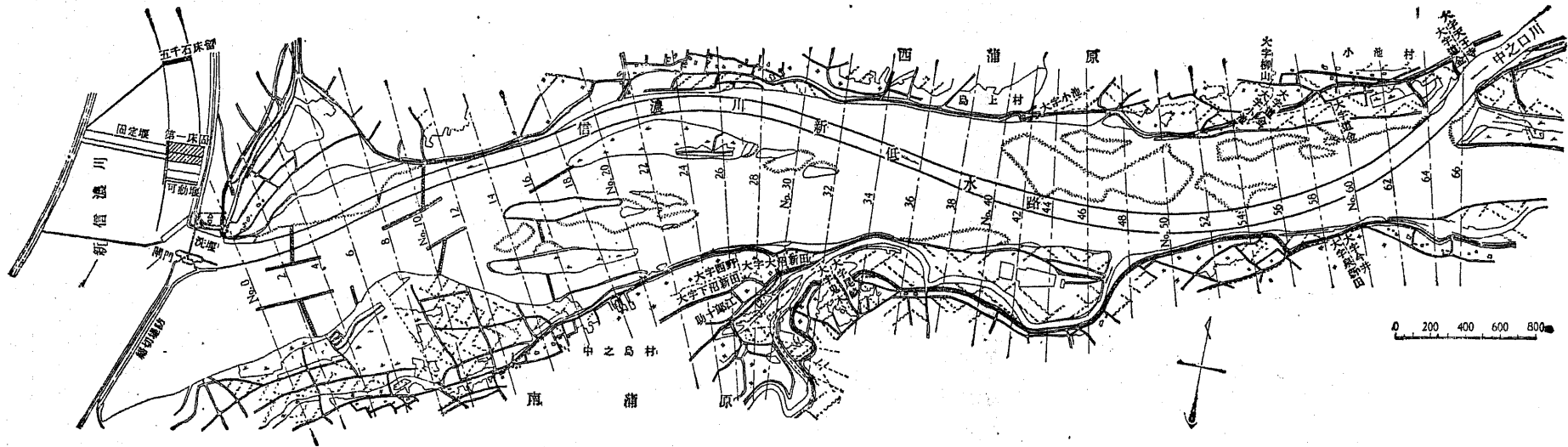
第270圖 利根川木下町地先低水工事

を $d$ とすれば流水斷面積は

$$A = \frac{1}{2}(b_0 + b_1)d = (b_0 + nd)d$$

$$Q = vA = c\sqrt{dS}(b_0 + nd)d$$

即ち  $Q = c\sqrt{S}(b_0 + nd)d^{\frac{3}{2}} \dots (131)$



第 271 圖 信濃川新低水工事

第 68 表 本邦河川低水路断面

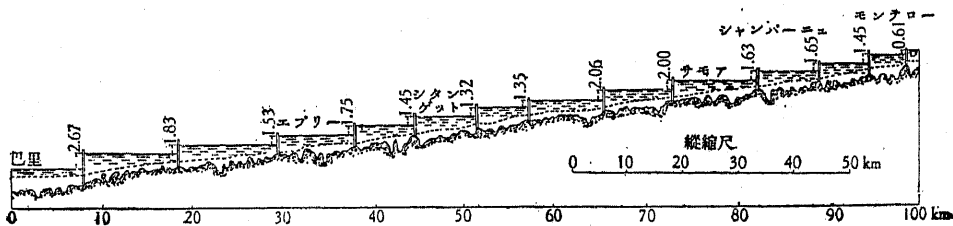
河 川 名	堤防距離(m)	低水路幅員(m)	同 水深(m)
岩 木 川	218~ 545	82~127	2.5~2.9
雄 物 川	380~ 600	—	—
新 北 上 川	290~ 455	110~145	2.7
最 上 川 上 流	320~ 800	—	—
同 下 流	255~ 818	—	—
阿 武 隈 川 上 流	182~ 400	—	—
同 下 流	420~1100	—	—
阿 賀 野 川	430~ 900	105~340	2.2~3.8
新 信 濃 川	218~ 545	91~182	1.8~3.0
信 濃 川 上 流	618~1596	82~182	2.8
神 通 川	145~ 727	180~220	2.2~4.8
庄 川	455	—	—
利 根 川 第 1 期	606~ 909	182~327	5.5~6.5
同 第 2 期	545	—	—
同 第 3 期	545~ 909	—	—
渡 良 瀬 川	182~ 545	112	2.8
新 荒 川	454~ 582	108~332	3.6
荒 川 上 流	300~ 550	55~ 90	1.8~2.1
多 摩 川 上 流	350~ 450	—	—
同 下 流	383~ 545	73~146	1.5~3.6
富 士 川	340~1450	—	—
木 曾 川	550~ 870	—	—
長 良 川	440~ 470	—	—
揖 斐 川	280~ 680	—	—
淀 川	545~ 818	145	1.2
旭 川	200~ 500	70~150	2.0~3.5
高 梁 川	327~1273	—	—
吉 野 川	720~1270	—	—
渡 川	330~1000	—	—
遠 賀 川	109~ 364	—	—
筑 後 川	250~ 950	—	—
大 濛 川	340~ 880	—	—
川 内 川	220~ 660	120~170	1.6~3.5

135. 運 河 化

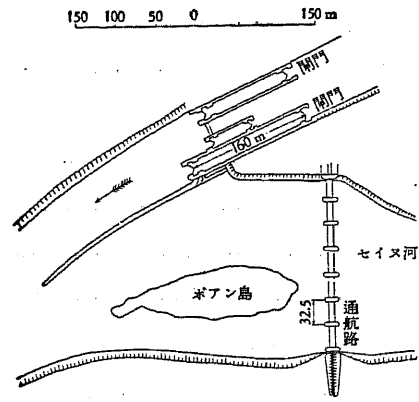
運河化又は堰閘法は主として舟運を目的とする低水工事であつて、適當の間隔を置いて堰堤を設け、河水を堰上げて舟航上必要な水深を保持せしめるにあり、堰堤に列んで上下兩水面の舟航を聯絡する爲に閘門を造る。

舟運を目的として施行せられた河川改修は 1834 年ポアレーが佛蘭西のヨンヌ河に於てバヌヴェルに可動堰を築造したのを嚆矢として、セイヌ、マインその他佛蘭西、獨逸の各河川に適用せられ、近くは米國のオハイヨ河にもその施行を見た。第 273 圖はセイヌ河運河化工事の内モンテロー・巴里間の断面を示す。又第 274 圖はセイヌ河下流ポーズに於ける堰堤と閘門との配置を示す。

我が國に於ては河川運河化工事の典型的實例なく、將來と雖も殆ど之を豫想することを得ないが、灌漑、發電、水道その他各種川水



第 273 圖 セイヌ河運河化工事(モンテロー・巴里間)



第274図 ホーブ堰堤及び閘門

の取入、舟運、水量調節等の目的の爲に河川を横断して堰堤を築くことはその例が頗る多く、特に分水路を造つた場合に平時は之を締切つて低水を舊川に流し、洪水時は舊川を締切つて高水を分水路に流す爲に、分水路を横断し堰堤、舊川を横断して水門を設けるのが普通であつて、淀川、信濃川、北上川はその適例である。新荒川に於ては岩淵地先に於て舊川を横断して水門を設けるに止め新川には堰堤を設けない。水量調節用の水門を洗堰とも言ふ。新信濃川起點に於ける堰堤、洗堰等の配置は第271圖に示す通りである。

## 第二章 堰 堤

### 136. 堰 堤

河水を堰上げる爲に河川を横断して設けられる工作物を堰又は堰堤と言ひ、我が國の河川改修に於ては堰堤、閘門等に関する工事を**特種工事**と呼んでゐる。

1) 堰堤の種別 溢流關係から堰堤を區別すれば高水時堤頂を越えて水を流下せしめるものを**溢流堰**と言ひ、然らざるものを**非溢流堰**と言ふ。

又水量調節關係から堰堤を區別すれば水位の昇降に應じて堰堤の一部又は全部を起伏開閉して水量の調節をなし得る構造のものを**可動堰**と言ひ、然らざるものを**固定堰**と言ふ。固定堰は運河化工事に於ては河水堰上高の低い場合の外は用ひられず、その他の目的で築造せられる堰堤に於ても洪水時流水の障碍を軽減する爲には可動堰とすることが望ましく、實地上は堰堤全長の内一部を可動堰として他の一部を固定堰とするか、或は固定堰の堤頂に可動扉を取付けて水量の調節を行ふのが普通である。

2) 堰堤の高さ 堰堤の高さは用水取入及び舟運關係から定むるが、堰閘法に於ては堰上高  $Y$  を大きく取れば堰堤の箇所数を減じ、 $Y$  を小さく取れば堰堤の箇所数を増す。沿岸耕地の排水の關係からは水位は堤内地盤高よりも 60~90 cm 低いものがよいが、 $Y$  が小さく従つて堰堤が多ければ閘門の通過に時間を浪費し、且流下土砂の多い河川では堰堤箇所毎に土砂の沈澱を助長する傾がある。

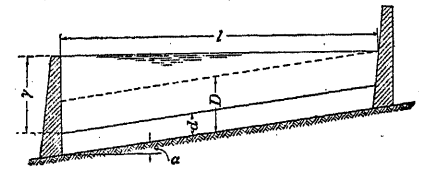
従つて  $Y$  の値は過大ならず又過小ならざるを要し、従前は  $Y=1\sim 2$  m に造られたが、現在で

は  $Y=3$  m 内外が最も適當とせられる。

3) 堰堤の間隔 第275圖に於て原水深を  $d$ 、所要水深を  $D$ 、堰上高を  $Y$  とすれば、河床勾配を  $S = \tan \alpha$  として

$$Y + d - Sl = D \dots \dots \dots (132)$$

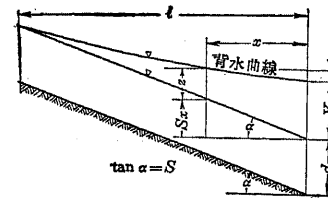
から堰堤の間隔  $l$  が算出せられる。堰閘法に於ては堰堤の背水を水平と假定するのが普通であつて、(132) 式も亦此の假定に立脚するのであるが、背水曲線の正確なる計算には (37) 式を用ひる。



第275図 堰堤の背水

ポアレーは計算を簡單にする爲に之を第276圖の如く鉛直軸を有する拋物線と假定した。

$$x^2 = \frac{4Y}{S^2} y \dots \dots \dots (133)$$



水位の上昇  $z$  は

$$z = Y - Sx \left( 1 - \frac{Sx}{4Y} \right) \dots \dots \dots (134)$$

$z$  の水位上昇を生ずる  $x$  の距離は

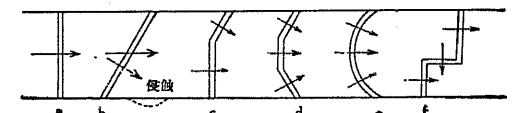
$$x = \frac{2}{S} (Y - \sqrt{Yz}) \dots \dots \dots (135)$$

第276図 ポアレーの背水曲線

(135) 式に於て  $z=0$  と置けば  $x = \frac{2Y}{S} = l$  であつて是が背水限界に當り、此の時の  $y$  の値は  $y=Y$  となる。

4) 堰堤の方向 堰堤の方向には第277圖の如き種類がある。(a) は河身に直角に造られたもの、(b) は渴水時の用水取入に便する爲に 45° 位の角度で斜に造られたもの、(c) 及び (d) は前兩者を混用したもの、(e) は弧形に造られたもの、(f) は特殊の形狀に造られたものである。

洪水時の流水方向は河身に平行であるが中水時の流水は堰堤に直角に流れる傾向があるから (b) の如き堰堤は下流對岸に浸蝕を蒙る不利があり、(c)、(d) は此の缺點を匡正して



第277図 堰堤の方向

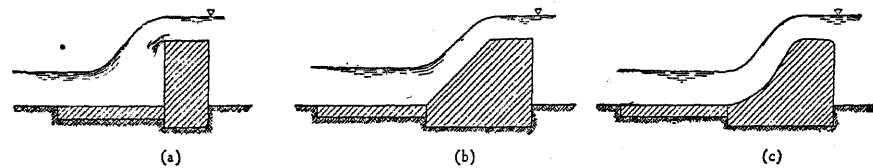
流水を中央の低水路に追ふ長所がある。(e) は (d) を更に改良した形であつて河岸の浸蝕が最も少い。又新信濃川の堰堤は (f) の様式に屬し、右岸寄低水路の部分に可動堰、左岸寄高水敷の部分に固定堰、之を聯絡して 100 m の隔壁を設けたものである。

5) 特殊通路 可動堰には之を伏臥又は開放した場合に舟航の障碍にならない様な特殊構造の通路を設けることがある。之を通船路と言ふ。その他の特殊通路には筏を流す爲の流筏路、流木を運す爲の流木路、魚類を遡上せしめる爲の魚道などがある。

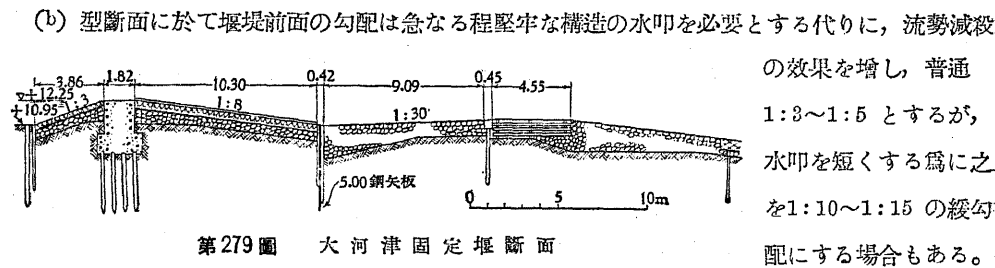
### 137. 固定堰

灌漑用水取入を目的とする堰堤の内簡単なものは捨石、鐵線籠、木工沈床、粹類、牛類で造られ、大規模なものには石積堰堤、コンクリート堰堤が採用せられる。發電又は水道用水貯溜を目的とする高堰堤は現今専らコンクリート又は鐵筋コンクリートで築造せられるが、河川改修工事の爲に設けられる低堰堤は石積堰堤又はコンクリート堰堤とするのが普通である。

固定堰の断面には第 278 圖に示す様な 3 様式がある。(a) は堰堤前面が直立壁をなすもので是と堰流との間に部分的の真空を生ずる缺點はあるが、堰堤を流下する水の動勢を速に減殺する爲には最も効果的であつて、主として砂防堰堤その他の低堰堤に採用せられる。(b) は堰堤前面を斜面としたもので堰流背面に真空を生じない代りに流水の動勢減殺の效果に乏しいから、水叩を延長しなければならぬ不利がある。(c) は堰堤前面を堰流の形狀に倣つて反向曲線に造つたもので溢流水の流下最も圓滑であるから、高い溢流堰には専ら此の断面を採用する。



第 278 圖 固定堰断面



第 279 圖 大河津固定堰断面

第 279 圖は新信濃川大河津固定堰の断面であつて、下流法は 1:8、コンクリート練石張とし、石はコンクリートの面から 10~15 cm 突出せしめて水勢の減殺を圖る。

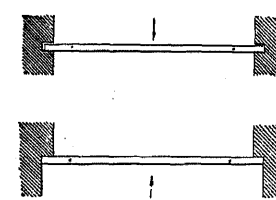
### 138. 可動堰

可動堰は 1) 河川の全幅に亘つて築造せられる場合、2) 河川全幅に亘る固定堰の堤頂上に設けられる場合、3) 堰堤の一部として固定堰に隣接して造られる場合の 3 種がある。

今日まで實用に供せられた可動堰の種類は頗る多く、最も簡單で原始的なものは角落堰であつて、是から進化したものに揚扉堰、轆子扉堰、ストーン式扉堰がある。ニードル堰も亦舊い可

動堰の様式であるが、是から轉化したものに簾堰及び合掌構堰がある。盾堰と稱せられるものの中にはテナル堰、ジラール堰、シャノン堰があり、更に是から轉化したものにベヤトラップ堰及びその變形たるパーカー堰、ラング堰がある。扉を圓筒形に造つたものに轉開堰又は轉動扉堰があり、扇形に造つたものにブラジル堰、ティンター式扉堰、ドラム堰などがある。

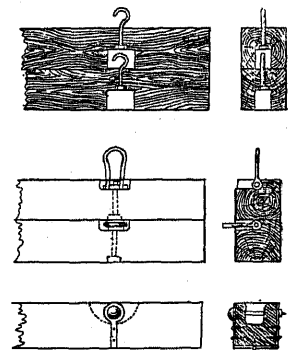
1) 角落堰 堰堤を石工堰柱によつて多數の區間に分ち、各區間毎に堰柱及び兩端側壁に設けられた鉛直の戸溝中に 15~30 cm の角材を落し、之を所要の高さまで積重ねて水流を遮断するもので、戸溝の代りに單に下流側だけに戸當を設ける場合もある(第 280 圖)。



第 280 圖 角落堰

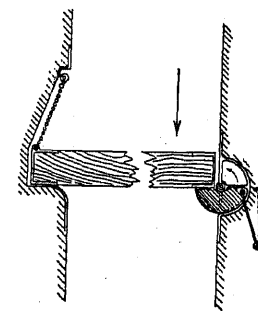
徑間は 3~6 m が普通で此の範圍では人力で開閉し得るが、是以上の徑間に對しては動力を必要とする。開閉に動力を用いた角落堰には徑間 10 m に達するものがあり、角材の代りに鋼製の圓形又は矩形中空桁を用いたものには徑間 10 m を超えるものすらある。角材又は是等の中空桁は支間と水壓とを與へてその断面を決定する。

角落堰の開閉には角材を引揚げるのが普通で、此の爲に第 281 圖に示した様に角材の兩端に鈎形鐵物、環、ボルト等を取付け、之に引揚用の鈎をかける。動力を使用する引揚装置には齒輪及び齒棒聯動装置が普通で使用せられる。



第 281 圖 角材引揚装置

出水の急激な河川に於ては角材引揚に要する時間を節約する爲に第 282 圖に示すが如く、角材の一端の戸當を可動的に作り之を廻轉せしめることによつて角材を一齊に取外すことがある。可動戸當の構造には此の外にも挺子の原理によるもの、楔を使用したものなどがある。角材の流失を防止する爲には他端に鎖を附して之を堰柱に緊結することもあるが、是は流水の爲に角材の損傷を



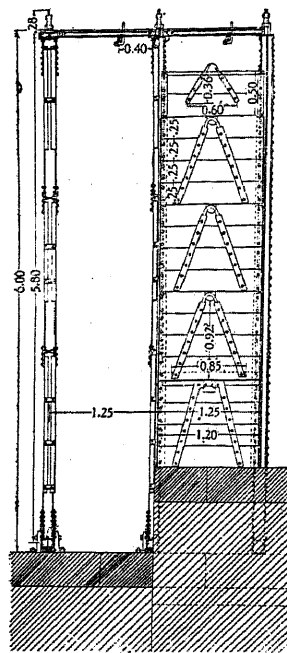
第 282 圖 角落堰可動戸當

招くのみならず、鎖切斷の虞がある。角材の代りに適宜の厚さの堰板を使用し且戸溝を浅く造れば水位が上昇して水壓が増せば堰板は撓曲の結果流失して自動的に堰は開放せられる。之を決瀉板と言ひ小規模の用水取入堰堤に屢々用ひられる。角落堰を洗堰として採用する實例は各地にあり、琵琶湖から發して淀川の幹川となる瀬田川の流量を調節する爲に設けられた南郷洗堰は總長約 1.3 m、之を幅 1.8 m の堰柱によつて幅 3.6 m の水通 32 區間

に分ち、又信濃川に設けられた大河津洗堰は總長約 145 m、之を幅 1.8 m の堰柱によつて幅 3.6 m の水通 27 區間に分つ。



2) 揚扉堰 角落堰に於て多數の角材を別々に取扱ふことの不便を避ける爲に角材數個を重ね



第283圖 ブウレー堰

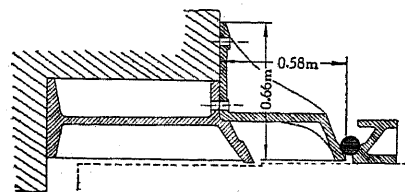
た高さの引揚扉を以て之に代へたものであつて、古來用水取入用の水門に最も普通に使用せられる。扉は木造を普通とし、開閉は多く人力によるが故に徑間は1~2mを適當とするが、斯くの如き小徑間の引揚扉に對して石工堰柱を造ることは、徒に流水斷面積を縮小する不利があるから、後述のニードル堰と同様に鋼製結構を堰柱として之に引揚扉を裝備したものをブウレー堰と言ふ。扉の引揚には特殊の機械設備を必要とするが、取扱簡便であつて且水深に應じて板の厚さを加減して扉の強度を一定ならしめ得る利益がある(第283圖)。

3) 轆子扉堰 洪水流過の障礙を軽減すると共に舟筏の通航を可能ならしめる爲に引揚扉の徑間を増大して堰柱數を減ずる場合には扉は鋼製とすることを要し、從つてその重量が増大するから開閉を容易ならしめる爲に對重を附し、且扉兩端の下流面に適宜の數の轆子を取付け、之に對應して戸溝下流面に形鋼又は鑄鋼製轆子床を嵌込む。更に徑間が増大した場合には開閉中扉が左右に動搖して戸溝底に衝突し、開閉運動に對する摩擦を増すから扉の

兩端面にも亦轆子を取付ける(第284圖)。扉の開閉には多く動力が使用せられる。

荒川下流改修に於て舊川に流入する高水量調節の爲に設けられた岩淵水門は此の種の轆子扉堰であつて徑間9.09mの水門5聯より成る。又大河津洗堰に於てもその後下部2.1mの高さの部分は角落を轆子扉に代へて堰の開閉の敏速を圖つた。

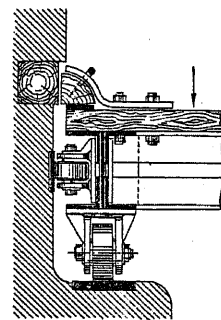
轆子扉に於ては轆子の爲に扉兩端の水密性が害せられるから此の部分に特別の水密装置を施す。水密装置は扉の上流面に設ける場合と下流面に設ける場合とがあるが、戸溝内に塵芥竹木片等の流入するのを防ぐ爲



第285圖 扉の水密装置

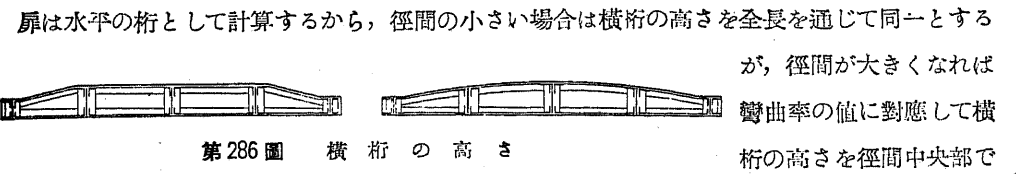
には前者の方がよい。

水密装置の最も普通なのは扉の端にZ形の鐵物を取付け、之と戸溝の縁に取付けられた特殊形狀の鐵物との間に扉から吊下した瓦斯管の如き圓管を當て、水壓によつて自動的に間隙を填塞せしめるのであつて、是



第284圖 轆子扉

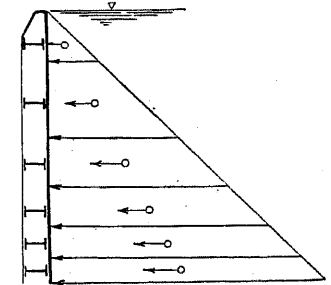
等の鐵物は總べて鑄鋼とする(第285圖)。又扉の下端には樺の如き木材を取付け之と堰脚との間の水密を圖る。



第286圖 横桁の高さ

扉は水平の桁として計算するから、徑間の小さい場合は横桁の高さを全長を通じて同一とするが、徑間が大きくなれば彎曲率の値に對應して横桁の高さを徑間中央部では増大し、兩端では減少するのが經濟的であり、且戸溝の構造上にも便利である(第286圖)。

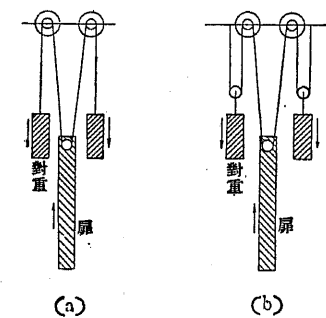
横桁は適當の間隔毎に縦桁を以て聯絡し、桁の上流面は皮飯を以て覆ふ。水深の如何に拘らず皮飯の厚さを一定ならしめる便宜上からは、扉の横桁は上部では疎に下部では密に配置して皮飯の應力を全高に互つて略々一定ならしめるのを通例とする(第287圖)。



第287圖 横桁の配置

皮飯は扉の上流側だけに設ければ充分なる場合もあるが、出水時扉開放直前の溢流を慮つてその上端及び之に接続して下流勾配面を皮飯を以て覆ふのがよい。

鋼扉開閉の爲には側壁及び堰柱上に構脚橋を架し、此の上に開閉機を裝備し、鐵索又は鐵鎖を使用して扉の捲揚及び捲卸を行ふ。對重は扉開閉用鐵索又は鐵鎖の他端に取付ける場合と、之を



第288圖 對重懸垂法

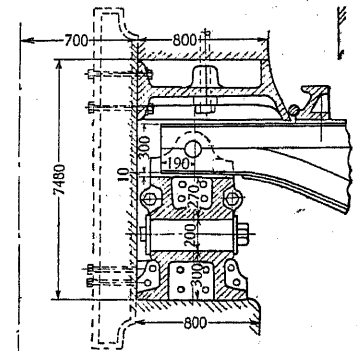
別の鐵索で扉に聯絡する場合とがある。對重は鑄鐵又は鐵筋コンクリートを以て塊狀又は桁狀に作る。

鋼扉は洪水時には必要の限度まで之を捲揚げるから、此の場合にも對重が水中に没しないだけの高さに構脚橋を造る。第288圖(a)の如き懸垂法による時は對重の昇降高は鋼扉のそれと同一であるが、(b)の如き懸垂法による時は前者は後者の1/2に減ずるから構

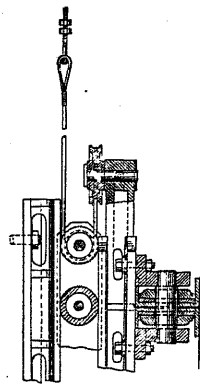
脚橋の高さの節約となる。

美觀を必要とする都會地及びその近郊に於ては堰柱を中空構造としてその中に對重を隱匿する場合が多い。

4) ストリー式扉堰 固定轆子の場合にはその摩擦が比較的大きいから徑間の増大するに從つて扉開閉に要する動力が激増する。此の缺點を除却するが爲に考案せられたものが

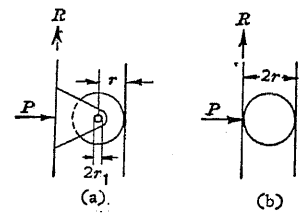


第289圖 ストリー式轆子列



第290圖 輓子列懸垂法

間自由に廻轉する輓子列を挿入するにあつて、扉の構造、水密性、開閉、對重等は



第291圖 戸當の摩擦

固定輓子扉と同一である。輓子列を吊下する鐵索の一端は第290圖の如く扉の上端に取付け、他端は構脚橋に取付けるから輓子列の昇降高は扉の昇降高の1/2に相當する。

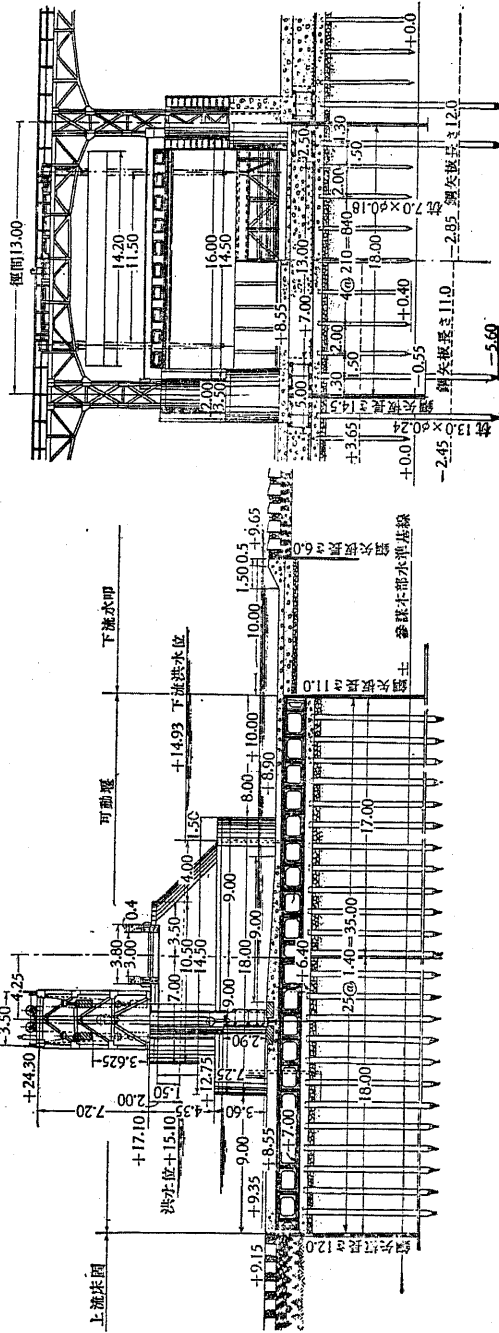
戸當に於ける摩擦  $R$  は扉に加はる水壓を  $P$ 、摩擦係数を  $\mu$ 、輓子の半徑を  $r$ 、輓子軸の半徑を  $r_1$  とすれば、引揚扉の場合には

$$R = \mu P, \quad \mu = 0.3 \sim 0.5 \quad \dots\dots\dots(136)$$

第291圖(a)の固定輓子扉の場合には

$$R = (\mu_1 r_1 + \mu_2) \frac{P}{r}, \quad \mu_1 = 0.10 \sim 0.20, \quad \mu_2 = 0.055 \sim 0.065 \quad \dots\dots\dots(137)$$

ストーン式扉であつて、徑間の大なる引揚扉の始ど全部が此の様式により、現に徑間25mまでの扉が此の様式で造られてゐる。ストーン式扉の特徴は輓子を扉に固定せず、第289圖の如く扉の下流面と戸溝の下流戸當とに設けた輓子床の間に自由に廻轉する輓子



第292圖 大河津可動堰

第291圖(b)のストーン式扉の場合には

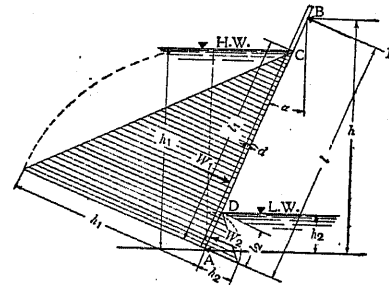
$$R = \frac{\mu_2 P}{2r} \quad \dots\dots\dots(138)$$

扉の水中重量を  $W_1$  とすれば捲揚の場合には  $W_1 + R$  の力を要する。對重の重量を  $W_1 - R$  と取れば捲卸の際には扉と對重とが釣合ひ、捲揚の際には差引  $2R$  を捲揚げるだけの動力で足る。

第292圖は信濃川の大河津可動堰を示す。全長180m、之を幅3.5mの堰柱を以て10徑間の水通に分ち、水通幅員14.5m、之に幅16m、高さ2.9mのストーン式扉を備へ、扉の昇降高7.5mで昇降速度は1m/minである。

ストーン式扉は對重を附して開閉動力を著しく軽減し得ると同時に取扱が簡便であり、且任意の位置に扉を停止せしめて水位の精密なる調節をなし得る利益がある。

5) ニードル堰 堰柱と堰柱との間に桁を架け渡し、之と堰鬮とに支承せしめてニードルと稱せられる角材を並列したものを謂ひ、堰柱は流水断面積を減少せしめない爲に石工を避けて鋼製結構に造るのが通例である。



第293圖 ニードル堰の外力

個々のニードルの寸法は第293圖を用ひ、次式の最大彎曲率の値から決定する。

$$M = \frac{b(h_1^3 - h_2^3)}{6h \cos^2 \alpha} \left[ h - h_1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{h_1^3 - h_2^3}{3h}} \right] \quad \dots\dots\dots(139)$$

茲に  $M$  = 最大彎曲率(tm),  $b$  = ニードルの幅(m),  $h_1$  = 上流水深(m),  $h_2$  = 下流水深(m),  $h$  = 上部支承の高さ(m),  $\alpha$  = ニードルの傾斜角を表す。通例  $h_2 = h_1$ ,  $h_2 = 0$ ,  $\cos^2 \alpha = 1$  として略算には

$$M = \frac{bh^3}{9\sqrt{3}} = 0.064bh^3 \quad \dots\dots\dots(140)$$

最初のニードル堰は佛蘭西に造られ、水位差1mでニードルの寸法は7×4cm、重量6kgであつたが、現存するニードル堰の數例は第69表に示すが如く水位差2m内外で9×9cm位が普通である。

第69表 ニードル堰

河 川	地 點	落差(m)	ニードル寸法(cm)	同 重量(kg)
セイ×河	マルト	2.4	8×8	16
ミュウズ河	—	2.5	9.9×(9.9~121)	25
マル×河	ジョアンヴル	3.0	12.5×12.5	50
モルダウ河	クレンカ	3.0	9.5×14	33
エムズ河	—	1.5~2.0	9×9	—

堰を開放するには人力又は動力を用ひて順次ニードルを取外すのが通例であるが、急を要する場合には上部の桁を取外して一時にニ

ードルを流すこともある。

水壓に抗してードルを起すに要する力  $P(t)$  は次式で與へられる。

$$P = \frac{b(h_1^3 - h_2^3)}{6h \cos \alpha} - \frac{bh^2}{6} \dots \dots \dots (141)$$

ードル堰の缺點は個々の角材を別々に取外すことの煩雜さと、角材間の間隙から漏水が多いことであつて、新しい角材を注意して列べた場合でも 3 mm, 甚だしきは 10 mm 位の間隙を生ずる。此の漏水量は

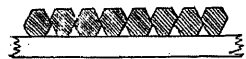
$$q = fl\sqrt{2g(h_1 - h_2)} \left[ \frac{2}{3}(h_1 - h_2) + h_2 \right] \dots \dots \dots (142)$$



茲に  $q$  = 漏水量 (m<sup>3</sup>/sec),  $l$  = 間隙の總和 (m),  $f$  = 流量係数,  $g$  = 重力加速度 = 9.8 m/sec<sup>2</sup>.



漏水を軽減する爲には第 294 圖の如き特殊のードルを使用することもある。



第 294 圖 特殊のードル

ードル堰の堰柱は 1.0~1.5 m 位の間隔に造られるのが通例であるから、之を河底に固定する時は舟筏の通航を不可能ならしめる缺點があり、之を匡正せんが爲に結構堰柱を河底に倒す構造に改良したのがポアレー堰である。第 295 圖に示したものはその一例であつて、現存する大多數のードル堰は何れも此の様式による。

堰を閉鎖する爲に堰柱を起立せしめる装置には種々の考案があるが、之に鉤棒を懸けて引起すか、或は第 296 圖の如く鐵鎖を用ひて順次に捲揚げる場合が多い。

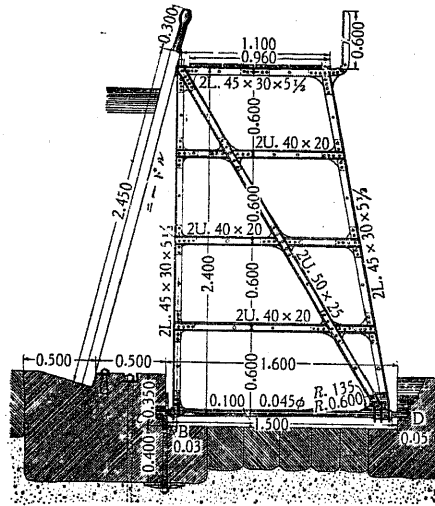
6) 簾堰 ードル堰の漏水を防止する爲に角材の上流面に帆布又は護膜布を覆ふ考案から轉じて、ードルを廢し之に代ふるに簾を以てしたものであつて、一名カメレー堰とも言ふ。

最初の簾堰は第 297 圖に示すが如くポアレー式鋼製可倒堰柱に木製の簾を支へさせ 鐵鎖によつて簾を捲取つた後に順次堰柱を河底に倒すものであつた。佛蘭西には簾堰の施工例が少くない。

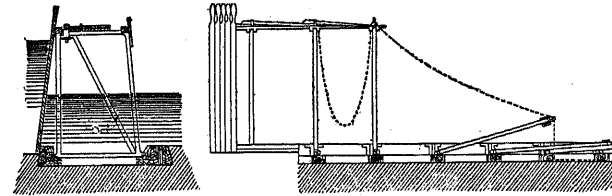
最初の簾堰は第 297 圖に示すが如くポアレー式鋼製可倒堰柱に木製の簾を支へさせ 鐵鎖によつて簾を捲取つた後に順次堰柱を河底に倒すものであつた。

佛蘭西には簾堰の施工例が少くない。

ードル堰の結構堰柱は水壓の 1/3 を支へるだけであるのに、簾堰のそれは全水壓を受けるか

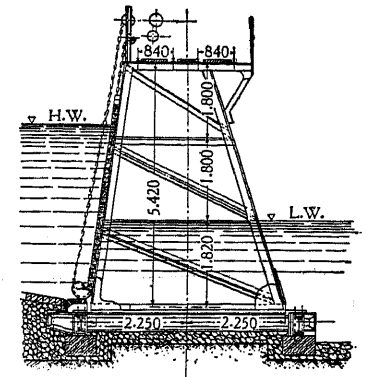


第 295 圖 ポアレー堰



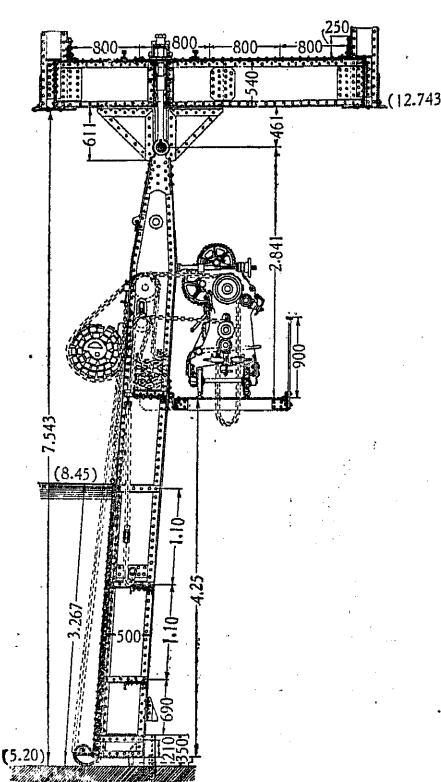
第 296 圖 ポアレー堰の起立

ら重強構造のものにしなければならぬ不利があるが、簾堰は簾を一部分だけ捲取るに止めて堰を半開状態に置き以て水量を調節し得る便宜がある。簾の板の厚さは水深に應じて上部は薄く下部は厚くする。工場製作によるが故に間隙が少く従つて又漏水が少い。

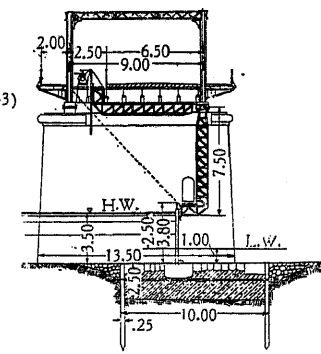


第 297 圖 簾堰

7) 橋堰 簾堰のポアレー式堰柱の代りに鉛直の桁を用ひ、その上端は鉸を以て橋梁に取り付け、



第 298 圖 橋堰(簾堰)



第 299 圖 橋堰(ードル堰)

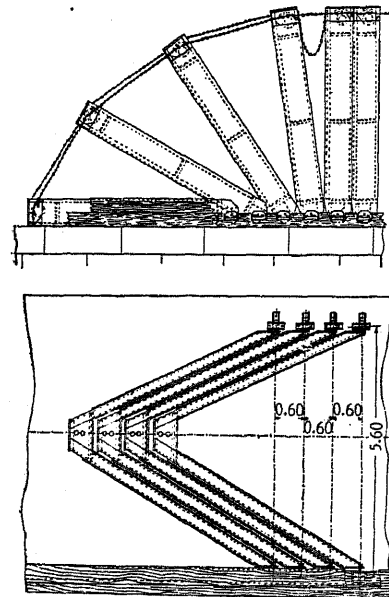
下端は堰閘に支承せしめたもので、簾を捲取つた後に桁の下端に取付けた鐵鎖によつて之を橋桁下に捲揚げるから、河底には障害物を止めない。

第 298 圖は此の種の橋堰を示す。橋堰は可動堰の最も理想的な様式の一つであるが、その爲に堅牢な橋梁の架設を必要とし、最も多額の工費を要するから、鐵道橋又は人道橋と兼用する場合の外は奨め難い。

第 298 圖は簾堰を橋堰に造つた例であるが、橋堰中には同様の原理を揚扉堰、ードル堰等に適用したものがあつた。第 299 圖は後者の例を示す。

8) 合掌構堰 鋼製可倒堰柱を並列し之によつて流水遮斷の目的を達せしめるのを原理とし、一名トーマス堰とも言ふ。堰柱は第 300 圖の如き合掌形結構から成り、堰を開放するには順次之を横に倒す

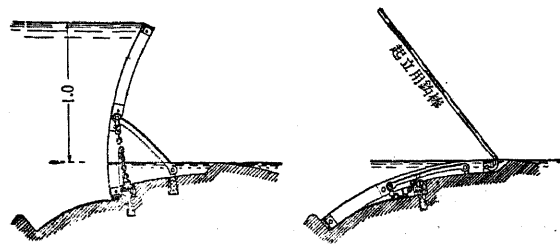
堰とも言ふ。堰柱は第 300 圖の如き合掌形結構から成り、堰を開放するには順次之を横に倒す



第300圖 合掌構堰

倒し、之を鎖ぎすには上流側から鐵鎖又は鈎棒を用ひてシャッターを引起す。

グレーフェ堰は第302圖に示すが如く、平水時にはシャッターが水壓と平衡を保つてゐるが、一定限度以上の

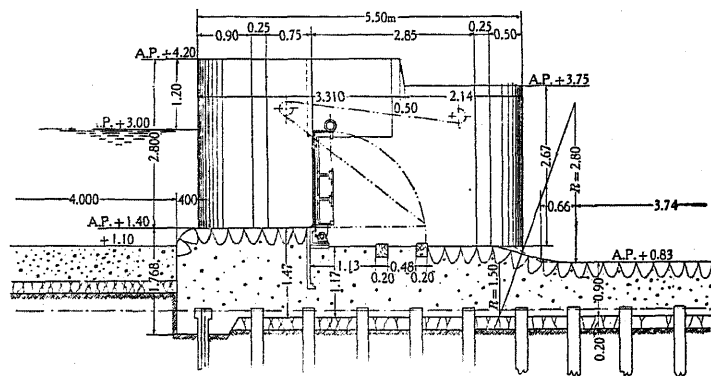


第302圖 グレーフェ堰

のであるが構造上隣接する堰柱は相重ならず、堰を閉鎖するには鐵鎖によつて堰柱を順次引起すことポーレー式堰柱と同様である。

9) 盾堰 水平軸の周りに廻轉するシャッターと稱する盾形扉によつて流水を遮斷するものを言ひ、その種類、様式ともに極めて多い。回轉軸はシャッターの底端に設けたものと、その中央部に設けたものと別がある。水壓に抗してシャッターを起立位置に支へるには下流側に支柱を設けるのが通例であるが、幅員の大きいシャッターを鋼製の堅牢なる構造とした場合には石工堰柱から可動突起を突出せしめて之を支へることもある。第301圖の東京市水道の多摩川調布仰筒場に設けられた盾堰は此の種の構造を有し、シャッター幅員 7.0 m、高さ 1.6 m のもの5聯から成る。

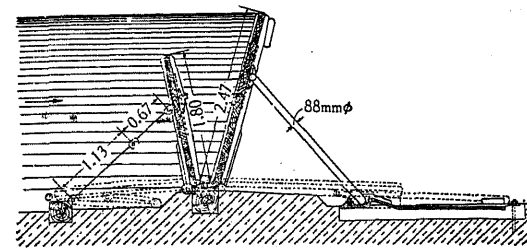
堰を開くには支柱又は突起を外してシャッターを河底に



第301圖 多摩川調布盾堰

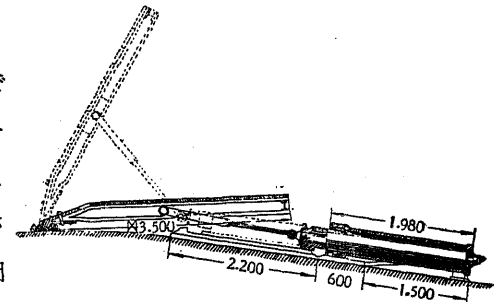
水位に達すれば水壓の爲に自動的に倒れる自動盾堰の一種であつて、盾堰には此の外にも水位が上昇すれば水壓の爲に自動的に開く構造のものが少ない。

テナール堰は第303圖の如き構造を有し シャッターは鉸によつて堰閘に取



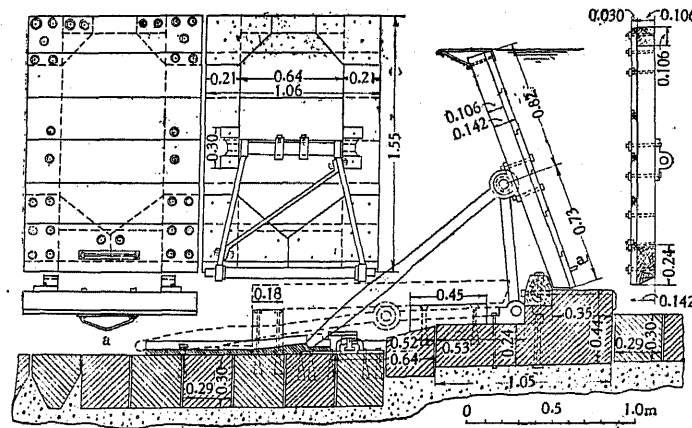
第303圖 テナール堰

に嵌入させるのであるが、水位差が大きい時は水壓に抗してシャッターを引起すことは勿論、支柱端をソケットに嵌込む作業が極めて困難であるから、本シャッターの上流側に別に副シャッターを設け、先づ之を起立して水壓を支へさせると同時に水勢を減殺してから本シャッターを起立させる。是がテナール堰の特徴であつて第303圖に示したシャッターは高さ 2.36 m、幅 2.23 m の寸法を有する。



第304圖 ジラール堰

ジラール堰は第304圖の如く支柱の下端をブランジャーに鉸結して、水壓を用ひてシャッターの



第305圖 シャノアン堰

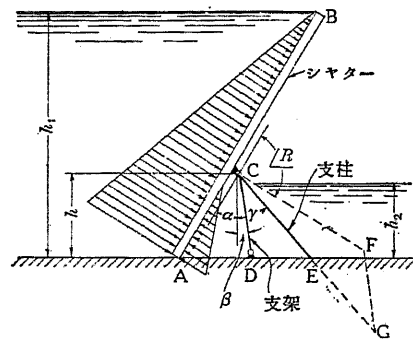
起倒をなさしめるものを謂ふ。伊蘭西には數箇所に此の種の堰が造られ、ヨンス河のイール・ブリューレーに造られたものは高さ 3.5 m、幅 4 m に達する。此の堰は水壓を使用するからシャッターの起倒が容易であり、且任意の位置にシャッターを停止せしめて堰を半開状態に置き得る便宜があるが、

水中に水壓管や水壓管を装置するが故に監視、修繕の困難なることが缺點である。

下端を河底に鉸結したシャッターは之を起立させるに大なる牽引力を要する不便あるが爲に、之を第305圖の如き構造に改めて水の抵抗を軽減したものがシャノアン堰である。即ちシャッターの

下端は起立時堰閘に支承せられるが此の部分には鉸を設けず、シャッターはその中央より稍々下部に設けられた鉸の點で支架及び支柱によつて支へられる。支架の下端は基礎コンクリートに鉸結し、支柱の下端はテナール堰と同じくソケットに嵌入する。

シャッターは木造又は鋼製とし、支架は鑄鋼製又は鋼構柱、支柱は鑄炭製が普通である。シャノアン堰各部の應力は第306圖を用ひて次の如く計算する。シャッターACの部分はAを支端、Cを緊定端とする桁、同BCの部分はBを放端、Cを緊定端とする桁として計算する。A、Cに於けるシャッターに直角なる反力 $R_A, R_B$ (シャッター幅1mにつき)は



第306圖 シャノアン堰の外力

定端とする桁、同BCの部分はBを放端、Cを緊定端とする桁として計算する。A、Cに於けるシャッターに直角なる反力 $R_A, R_B$ (シャッター幅1mにつき)は

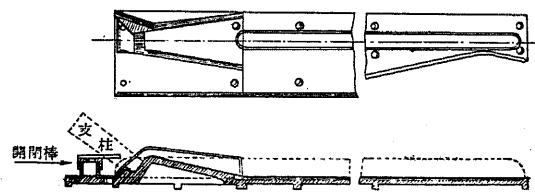
$$\left. \begin{aligned} R_A &= \frac{h_1^2 - h_2^2}{2.305 \alpha} - R_C \\ R_C &= \frac{h_1^3 - h_2^3}{6hc \cos \alpha} \end{aligned} \right\} \dots\dots (143)$$

$\overline{CF} = R_C$  に取り、 $\overline{FG}$  を  $\overline{CD}$  に平行に引いて力多角形 CFG を作れば

$$\left. \begin{aligned} \overline{CD} = \overline{FG} &= + \frac{R_C \cos(\alpha + \gamma)}{\sin(\gamma - \beta)} = + \frac{(h_1^3 - h_2^3) \cos(\alpha + \gamma)}{6hc \cos \alpha \sin(\gamma - \beta)} \\ \overline{CE} = \overline{CG} &= - \frac{R_C \cos(\alpha + \beta)}{\sin(\gamma - \beta)} = - \frac{(h_1^3 - h_2^3) \cos(\alpha + \beta)}{6hc \cos \alpha \sin(\gamma - \beta)} \end{aligned} \right\} \dots\dots (144)$$

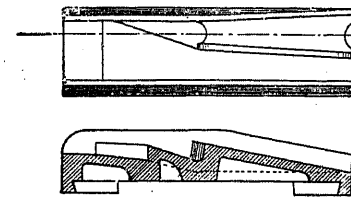
實例によればシャッターの高さABは支柱の長さCEに等しく取り、 $h$ は $h_1$ の35~45%、 $\alpha = 20 \sim 30^\circ$ に取る。

シャノアン堰の構造上最も考慮を要するものは支柱下端を支へるソケットである。シャノアンの考案に成るものは第307圖の如き構造を有し、支柱を外すには突起を有する棒を堰堤全長に亘つて装備し、之を側壁上から齒輪及び齒棒聯動装置によつて動かせば支柱は突起の爲にソケットから外されるのである。此の突起を順次支柱幅だけ累加した間隔に配置すればシャッターを順次1枚づつ倒すことができる。



第307圖 シャノアンのソケット

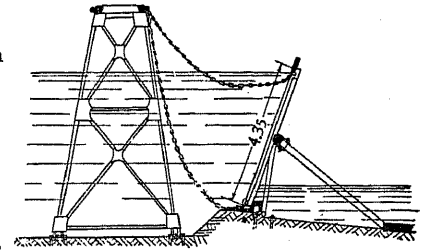
但し砂礫を流す河川に於てはその摩擦の爲に此の棒を牽引することが極めて困難であるから、此の缺點を除く爲にバスコアの考案したソケットは第308圖の如き構造を有し、支柱を外すには鉤棒を用ひてシャッターをその起立位置から更に少しく上流に引起せばソケットに設けられた導溝に沿つて支柱端が滑り、水壓によつて自らシャッターが倒れる。



第308圖 バスコアのソケット

シャノアン堰はニードル堰に比すれば漏水が少く、個々のシャッター間に存する8~10cmの間隙にはニードルなどを當て、一層漏水を軽減することが出来るが、その起伏運動は相當に困難であつて、特に流水の流速が大きい場合にはその起立が殆ど不可能なことさへある。堰の操作は第309圖の如くその上流に設けられたボアレー堰から鐵鎖によつて之を行ひ、又は手動ウヰンチを装備した臺船を使用する機会が多いが、後者は出水時には可なりの危険を伴ふ。

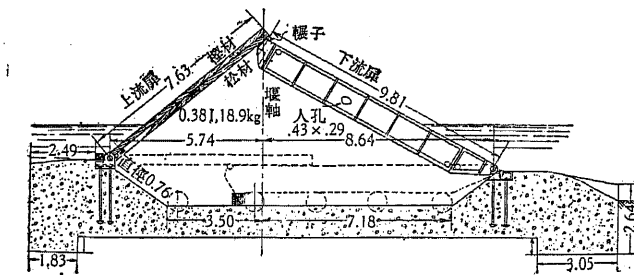
シャノアン堰のシャッターは幅1.0~1.5m、高さ2~4mを普通とするが、稀には高さ5.42mに達するものもある。我が國の施工例は高粱川及び淀川にあり、前者は用水取入の爲に設けた酒津堰堤の一部18mの區間をシャノアン堰としたもので、第305圖に示すが如く幅1.06m、高さ1.55mの木造シャッター16枚を備へる。又新淀川に



第309圖 シャノアン堰の操作

於て低水遮斷の爲に設けられた長柄起伏堰はバスコア堰であつて總長109m、幅1.22m、高さ1.89mのシャッター83枚を備へたが、昭和10年之を改造して幅員33.62m、高さ1.8mの揚扉堰3聯に改め、扉には轉動扉と同様の圓筒形扉體を採用した。

10) ベヤトラップ堰 盾堰の一般様式は一枚の扉を用ひて流水を遮斷するのであるが、是から轉化して上流と下流とに2枚の扉を用ひ水壓を利用して自動的に堰の開閉を爲さしめる二重盾堰と稱せられるものがあり、その代表的なものがベヤトラップ堰である。可動堰の各種様式の内大部分は佛蘭西で發明せられたものであるが、ベヤトラップ堰は米國のオハイヨ河で發達したもので、その形状がアメリカ・インディヤンの使用する鞆に類似する所から此の名がある。



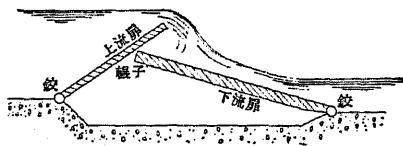
第310圖 ベヤトラップ堰

ベヤトラップ堰の普通の様式はホワイトの考案に成り、第310圖の如く上流扉及び下流扉ともにその下端を基礎コンクリートに鉸結せられ、下流扉の上端に設けられた轆子は上流扉を支へつゝその下側を滑動する。而して是等2枚の

扉によつて作られる三角形の扉下室は堰柱内に縦に設けられた暗渠によつて堰堤上下流の河水に聯絡する。暗渠は上下流2個の弁を有し、上流の弁を開いて下流の弁を閉ざせば扉は堰堤上流の

高水壓の爲に押し上げられて堰は起立し、反對に上流の弁を閉ざして下流の弁を開けば扉下室の水は堰堤下流の低水位まで下降し、扉は自重の爲に倒臥して堰は伏臥する。

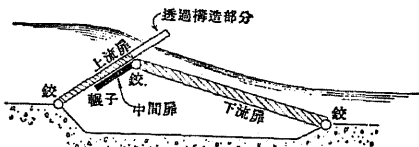
ベヤトラップ堰の設計上注意すべきことは上流扉を鉸結する堰閘が下流河床より高く、多少でも落差がある場合の外は扉の起立始動が不可能なことであつて、此の故に堰閘は河床より1m内外高く造るのを通例とする。多少でも扉が起立すれば落差増加の結果、その起立運動は加速せられる。第311圖に示したものはオハイヨ河シンナティ市附近に造られたホワイト堰である。



第311圖 ホワイト堰

ベヤトラップ堰の利益とする所は弁開閉の外は扉の起伏に動力を要しないこと、堰の起伏が極めて敏速なことであるが、其の缺點は扉を起伏の中間位置に停止せしめて小範圍の水位調節を行ひ得ないこと、盾堰の特徵として扉が水中に没するが故に砂礫を流す河川に在つては扉の磨耗を免れ難いことである。

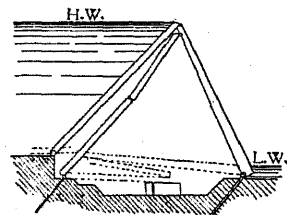
特にホワイト堰に於ては第311圖の如き扉起立の中途に於て溢流水の爲に扉に好ましからぬ應力を生ずる外、扉の起立運動を困難ならしめるが故に、此の缺點を改良して第312圖の如く上流扉の上部の一部に皮板を省いて格子状の透過構造とし下流扉の上端に中間扉を鉸結すると共に中間扉の下端は轆子によつて上流扉の下側を滑動せしめ、扉の起立位置に於ては上流扉上部の透過構造部分を中間扉によつて閉鎖せしめる様式のものがある。



第312圖 改良ホワイト堰

昭和6年改造せられた大河津可動堰の改造前の様式は此の種の改良ベヤトラップ堰であつて、

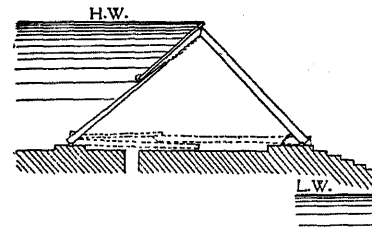
大河津自在堰と呼ばれ、幅19.24mのベヤトラップ扉8聯から成り、堰上高2.37m、扉1組の起立には2.0min、伏臥には1.5minを要するに過ぎなかつた。



第313圖 パーカー堰

パーカー堰は第313圖に示すが如きベヤトラップ堰の變形であつて、上下流の扉をその上端で鉸結し、上流扉を其の中央より少々上部の線で兩分して此の部分に鉸を設け、更にその上流側に別の補助扉を附して其の上端を下流扉に鉸結し、その下端に轆子を設けて基礎コンクリート上を滑動せしめる。

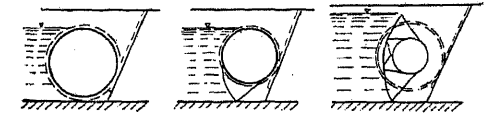
ラング堰は第314圖の如くパーカー堰の變形であつて、上流扉の中間の鉸より上の部分を省いて、その上端を下流扉の上端に鐵鎖を以て聯結し、短い上流補助扉を上流扉の背面に沿つて摺動又は滑動せしめる。



第314圖 ラング堰

此外ベヤトラップ堰の變形にはデユ・ボア堰、カロ堰その他の様式があるが、施工例の最も多いのはホワイト堰、パーカー堰、ラング堰の3種であつて、堰の徑間は48.6m、高さは5.0mまでのものが築造せられてゐる。

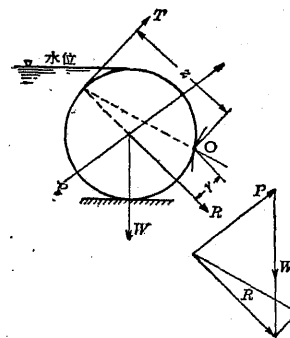
11) 轉開堰 轉開堰は轉動扉と呼ばれる鋼製圓筒形扉體を堰柱と堰柱との間に水平に横たへて河水を堰止める可動堰であつて、古い様式のものゝ單純なる圓筒形扉體を採用したが、此の様式では堰上高の増すに従ひ圓筒の徑を増し、自重が激増するから、自重軽減の目的で現今では扉體に翼板を附けて却つて圓筒の徑を減少する(第315圖)。



第315圖 轉開堰扉體

轉動扉は扉體の内部を十分に補強する結果、自重を増大するけれど従つて剛性に富み、流水、流木等のある河川に使用するに適する。堰を開閉するには扉體の兩端に齒輪を附し、之を堰柱に設けた斜路に取付けた齒棒に聯動せしめ、扉體

の一端に取付けた鐵索又は鐵鎖によつて之を捲揚げ又は捲卸すのが普通であるが、特許田原式轉動扉は上記齒輪を車輪に代へ齒棒を軌道に代へ吊下鐵鎖を用ひて扉體を安全に懸垂しながら捲揚及び捲卸を行ふものであつて、堰柱内斜路の勾配を急にして堰柱の長さを減少せしめ得る利益がある。



第316圖 轉動扉捲揚力

T = (Rr) / z ..... (145)

扉體は自重と水壓とを支へる水平の桁として計算する。自重をW、水壓をP、その合力をRとすれば、扉體捲揚の爲に必要な捲揚力Tは第316圖を用ひて次式で表される。

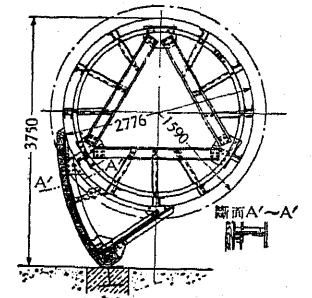
扉の自重は概算的には次式で表される。

W = 0.25(bh)^1.25 但し bh ≤ 300 ..... (146)

茲に W = 扉の自重(t)、b = 徑間(m)、h = 扉高(m) 堰の開閉は扉體の一端に取付けた鐵索又は鐵鎖によつて之を行ふ結果、扉體は扭力の作用を受けるが、その影響は輕微である。

水密装置は扉體兩端と扉體又は翼板底部とに設けられ、鋼板と木材とを混用するのを通例とする。

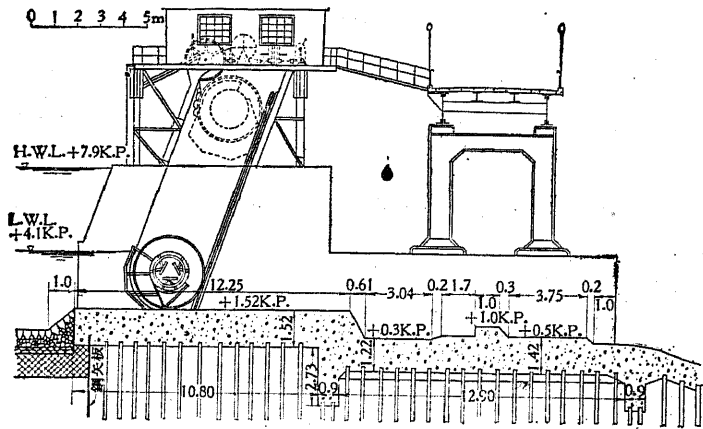
扉體は堰の開放に際して水面上に捲揚するのが普通で、中には



第317圖 翼板附扉體斷面

反対に水底に轉降せしめる様式のものも考案せられてゐるが、是は扉體の修理に不便である。

第317圖は翼板扉體の中央断面を示す。轉動扉は我が國に於ても水力發電の用水取入堰堤に



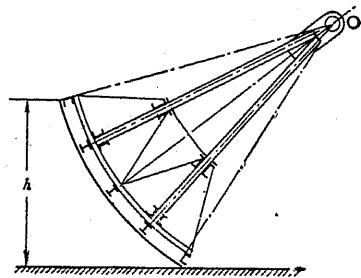
第318圖 新北上川飯野川轉開堰

各地に採用せられてゐるが第318圖は新北上川の飯野川可動堰に採用せられた昇開式轉動扉を示す。徑間 17.1 m, 堰上高 2.6 m, 扉體圓筒の直徑 1.7 m, 重量 38 t のもの 4 聯から成り、外に同一徑間の降開式轉動扉12聯を備へる。

現存する轉開堰の最大寸法は徑間 40 m を超え、扉體の高さ 5 m を超えるものがある。

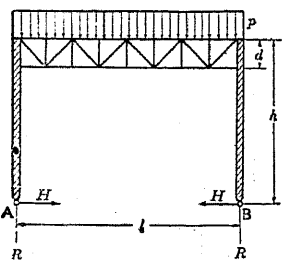
12) ティンター式扉堰 ティンター式扉は第319圖の様な扇形扉の圓弧面に皮板を施し、之によつて流水を堰止めるものであつて、我が國でも各地に採用せられてゐる。水壓は圓弧面に垂直に加はるからその合力は常に圓弧の中心、即ち扉の回轉軸上に集中し、水壓に偏心率の存在しない限り、その影響は回轉軸上の摩擦抵抗となるに過ぎず、扉の開閉が容易になされる利益がある。

堰を開放するには扉の兩上端、稀にはその一端に鐵索又は鐵鎖を取付けて之を水面上に捲揚げるから、扉の修理には便利であるが、その構造上溢流に對して薄弱なのが缺點である。



第319圖 ティンター式扉

回轉軸は高水面上に設けられるのを常とし、堰柱側面にピンを植込み之に扉の支材端を取付ける工法が我が國では一般に採用せられてゐるが、之にはピンの位置が絶対に正確でないと扉の取付が甚だしく困難となる缺點を伴ふ。



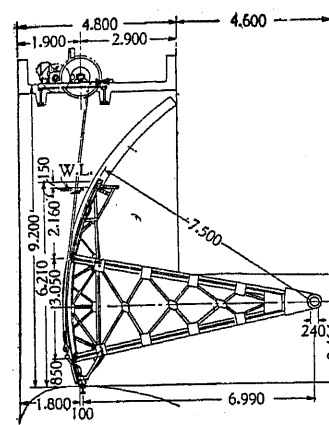
第320圖 ティンター式扉の外力 扉體は第320圖の如き剛構として計算せられる。扉の一端のみ

ティンター式扉の水密装置は可なり困難であるが、普通には皮板下端には木材を取付け、左右兩端面には護護板を取付け、水壓によつて自動的に扉と堰柱間の間隙を填塞せしめる。

に鐵索又は鐵鎖を附して之を捲揚げる場合にも扭力の影響は微弱である。扉の捲揚力は通例その自重だけから計算せられる。

ティンター式扉堰は水力發電用高堰堤の堤頂に附設せられる場合が多く、我が國の施工例は徑間は 10 m を超え、高さは 6 m を超えるものがある。第321圖はティンター式扉堰の一例を示す。

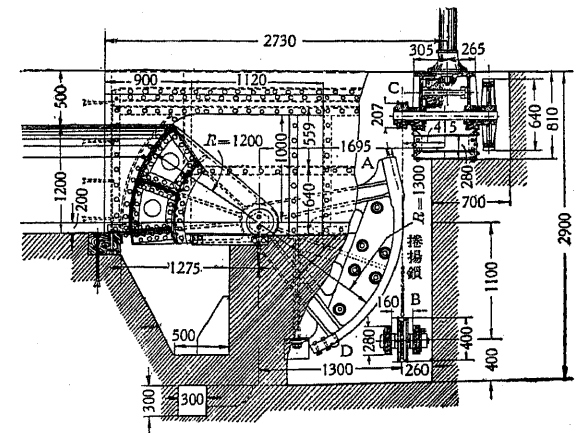
ブラジル堰は第322圖の如く、ティンター式扉に類似の扇形扉の回轉軸の反対側に扇形の對重を設けて扉開閉の動力を軽減したものである。堰を開放するには扉を捲揚げる代りに對重を捲卸す。閉閉用鐵鎖は一端を對重 AD の一端 A に固定し、滑車 B 及び C を經て對重の他端 D に終る。扉の開閉には齒輪聯動裝置によつて滑車 C を廻轉せしめる。



第321圖 ティンター式扉堰

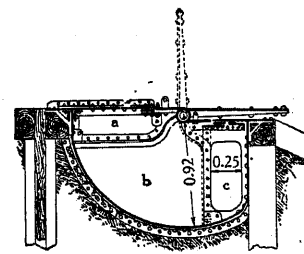
置によつて滑車 C を廻轉せしめる。

13) ドラム堰 是は第323圖の如く水壓を利用して扉の開閉をなさしめる堰の一種であつて、扉の略々中央部に水平の回轉軸を設け 扉を起立させるには暗渠によつて扉室内に堰堤上流の高水位の水を誘導して扉下半部に高水壓を働かせる。扉を伏臥させるには同じく暗渠によつて扉室内の水を堰堤下流に放出すれば扉はその上半部に働く高水壓の爲に水平に倒れるのである。

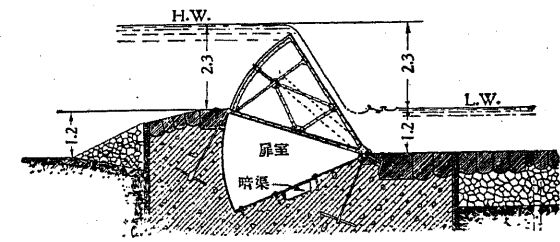


第322圖 ブラジル堰

第324圖に示したのも亦ドラム堰の一種であつて扉は扇形に造られ、扇形の中心に回轉軸を

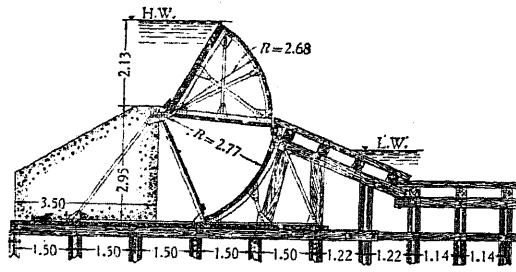


第323圖 ドラム堰



第324圖 扇形ドラム堰

有する。堰を閉鎖するには暗渠を通じて扉室内に堰堤上流の水を誘導すれば、水の浮力の爲に扉



第325圖 チャッテンダム

ドラム堰の一種である。

ドラム堰は總べて堰の開放時に扉が水中に没することゝ、堰を半開状態に保つことが出来ないことゝに就いてベヤトラップ堰と同様の缺點を持つ。

### 139. 可動堰の選定

可動堰設計上の原則は次の通りである。

- 1) 成るべく精密な水位の調節をなし得ること、
- 2) 堰を閉鎖した時は充分の水密性を有し漏水が少いこと、
- 3) 堰を開放した時は洪水、砂礫、氷雪又は舟筏の流下に對する障礙が少いこと、
- 4) 増水の急激な河川に於ては短時間に堰堤全長を開放し得ること、
- 5) 堰の開閉は日夜如何なる時刻たるを問はず、水位、天候その他に阻害せられず、又従業員に危険を與へることなしに容易に行ひ得ること、
- 6) 開閉操作の確實迅速を期する爲に開閉用機械装置は橋梁その他の如き固定構造部分に設けること、
- 7) 堰の可動構造部分は適時水面上に引揚げ得ること、
- 8) 堰の閉鎖時たると開放時たるとを問はず、堰堤各部の監視又は修理の爲に之に接近し得ること、
- 9) 堰の可動構造部分の取換は適当な水位状態の下に容易に之を爲し得ること、
- 10) 開閉に動力を使用する場合には動力故障時を慮つて他の種類の動力又は人力による補助開閉装置を併設すること、
- 11) 堰堤の築造及び維持の費用がその利用目的に對比して高額に失しないこと。

堰の開閉に電力を使用する場合には遠方制御装置を用ひるのが便利である。

可動堰の選定は上記の設計原則に照合して爲される。小規模のものには上記何れの様式を採用しても大差がないが、角落堰、ニードル堰の様な原始的なものは水位の精密な調節をするには便

が上昇し、堰を開放するには暗渠を通じて扉室内の水を堰堤下流に放出すれば扉が自重と水壓との爲に下降するのである。

此の様式のドラム堰は扇形扉の外側から水壓を受けることテインター式扉堰と同様であるが、第325圖に示すチャッテンダムは之と反對に扇形扉の内側から水壓を受け

利であつても、開閉に徒に時間を要するのみならず漏水が多い不利があり、盾堰は我が國にも2~3の施工例があるけれども操作が不確實な上にベヤトラップ堰、ドラム堰と同様に開放中は水中に没するが故に監視、維持、修繕に不便なるのみならず、我が國大多數の河川の如く砂礫を運ぶ急流河川に築造するに適しない。徑間の大きいことは總べての點から望ましいことではあるが、それと同時に水位の調節を精密ならしめる爲には堰扉を任意の位置に停止せしめ得る構造であることを要し、此の意味から言へば徑間の大きいベヤトラップ堰の如きは不適當である。操作確實であつて而も以上の様な缺點のない可動堰の様式としてはストーニー式扉堰、轉動扉堰、テインター式扉堰の3種を擧げる。

### 140. 堰堤の基礎

堰堤に就いては 1) 水壓力及び地震力に對して顛倒、滑動、壓潰を起さないこと、 2) 基礎版又は水叩がその底面に働く揚壓力の爲に破壊しないだけの厚さを有すること、 3) 水密性水叩を含んだ堰堤底幅が上流からの潜流を防ぐに足るだけの長さを有すること、 4) 水叩の幅は河底の洗掘を防ぐに充分であることを安定條件とする。揚壓力に就いては基礎が岩盤である場合と砂、砂利の如き滲透性地盤である場合とで著しくその趣を異にし、前者に於ては堰堤の上流端で全水壓力の 1/2~1/3、下流端で 0 と取るのが標準であるが、後者に於ては上流端で全水壓力を取り、下流端で 0 と取る。岩盤上の堰堤に就いては堰堤底幅は 1) の條件から定められるが、滲透性地盤上の堰堤に就いては 3) の條件から定められる。

堰堤が滲透性地盤上に造られた場合には水は上流から下流に向つて滲透する。但しその滲透徑路が増大するに従つて滲透流速は減少するから滲透水は地盤を攪亂して堰堤に危険を醸す程度に至らないのである。従つて此の種の堰堤に於てはその基礎地盤の如何に適應する底幅を定めることを要し、 $H$  を堰堤の落差、 $L$  を滲透徑路延長とすれば

$$L = cH \dots\dots\dots (147)$$

として、 $c$  を滲透係數と呼び、 $c$  は次表の値を取るのが實驗上安全とせられてゐる。

第70表 滲透係數

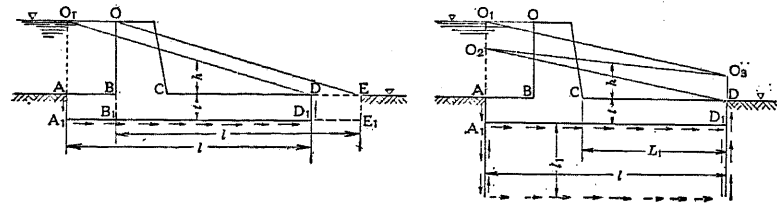
地 質	粒 大	$c$ の 値
泥土又は極微砂	60% は 100-孔篩を通過するもの	18
細 砂	80% は 75-孔篩を通過するもの	15
粗 砂	—	12
砂交り砂利又は礫	—	9~5

$c$  と  $H$  とが與へられた場合に (147) 式を満足するだけの  $L$  を得るに二つの方法がある。一は堰堤の上下流に水密性の水叩を設けて  $L$  を水平に延長すること、他は矢板による遮水壁を

設けて之を鉛直に延長することであつて、實地上には兩者が併用せられる。今是等の場合に於け



る滲透経路を考へるに、第326圖(a)に於て上流水叩 AB, 下流水叩 CD を設けた場合の滲透経路と下流水叩 CE だけを設けた場合のそれとは  $L=l+2t$  で兩者同一であつても、動水勾配線は夫々  $O_1D, O_1E$  であつて下流水叩の蒙る揚壓力が大きだけ後者が不利である。次に同(b)に於



第326圖 滲透経路

て水叩上流端に矢板壁を設けた場合の滲透経路と下流端に矢板壁を設けた場合のそれとは  $L=l+2t+2l_1$  で兩者同一であつ

ても、動水勾配線は夫々  $O_2D, O_1O_3$  であつて、同じく下流下叩の蒙る揚壓力が大きだけ後者が不利である。若し水叩上下流端に矢板壁を設けたとすれば滲透経路は  $L=l+2t+4l_1$  となり、動水勾配線は  $O_2O_3$  となつて勾配を減ずる。

此の故に滲透経路の上からは効果が同一であるとしても水叩は上流に延長し、矢板は上流端に設けるのが有利であるが、砂層の上に堰堤を築く場合の如きは砂の逃逸を防ぐ爲に單に上下流端のみならず、基礎の周圍を矢板で締切ることを必須要件とする。

但し矢板を2列に設けた場合と雖もその間隔が小さい場合、地質状態が不利な場合などには滲透水は第326圖(b)の點線の如き径路を取つて、矢板は1列だけの効果を有するに止ることがある。普通には矢板列の間隔が矢板の長さの2倍以内の場合にはその効果を1列と看做して、滲透経路を  $L=l+2t+2l_1$  と取る。

堰堤基礎又は水叩底面に働く揚壓力の水頭  $h$  は水叩上流端 A から測つた距離を  $x$  として次式で表される。

$$h = H - \frac{x}{c} \dots \dots \dots (148)$$

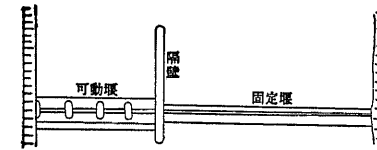
基礎版及び水叩の厚さ  $t$  は材料の比重を  $\rho$  とし、安全の爲に揚壓力に  $1/3$  の餘裕を見込んで次の如く取る。

$$t = \frac{4}{3} \frac{h}{\rho - 1} \dots \dots \dots (149)$$

141. 水 叩

堰堤上下流には水叩を設ける。上流水叩は岩盤上に造られた高堰堤には殆どその必要がないが、砂礫層上に造られた可動堰は勿論固定堰に於ても洗掘と透水とを防止する爲に必ず上流水叩

を設ける。洗掘は堰を流下する水勢に基因するのは勿論であるが、固定堰と可動堰とを1列に並置した場合、數聯の可動堰だけであつてもその徑間が大きい場合などには、扉を開放する度に流水が急激に此の部分に集中する結果堰堤上流に横流を生じ、その爲にも意外の洗掘を蒙る。而も堰堤上流の洗掘は扉を閉鎖すると同時に再び埋塞せられて之を認識することが困難であるから特に危険である。之に對しては上流水叩の外に固定堰と可動堰との境界に隔壁を設けることが有効である(第327圖)。



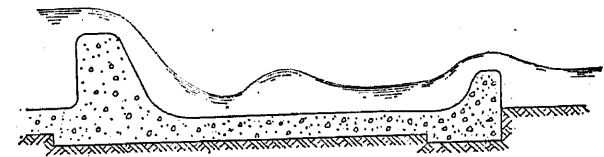
第327圖 隔 壁

上流水叩は水壓と揚壓力とが平衡を保つ關係上大なる厚さを必要とせず、その構造も亦簡易なもので充分である。之をコンクリートを以て施工した例もあるが、多くの場合に厚さ 1m 内外の粘土を粗朶沈床を押へ、必要に應じてその上にコンクリート・ブロックを並べる程度のものが採用せられる。大河津可動堰に於ても此の構造を採用して幅

20 m の上流水叩を設けたが、安全の爲に此の部分は滲透経路の延長からは除外した。

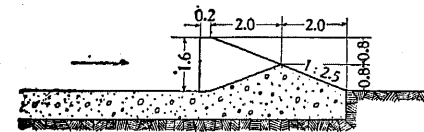
下流水叩は河床が堅牢な岩盤である場合の外は絶対に必要である。下流水叩の幅は滲透経路延長の必要からは(147)式から定められるが、溢流水による洗掘防止の爲には少くとも次式によつて算出した値以下であつてはならない。

$$L_1 = 1.64 \sqrt{cH} \dots \dots \dots (150)$$

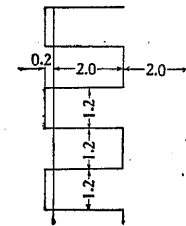


第328圖 阻 堰

但し下流水叩をコンクリート等を以て固めることは堰堤直下流の河床洗掘を防止し得るに止つ



て溢流水の水勢を減殺する效果に乏しく、従つて更にその下流相當の區間に瓦り捨石、沈床等を施工して河床の保護を圖らなければならない。水勢減殺の爲には阻堰、齒閘、阻柱その他種々の工法が採用せられる。

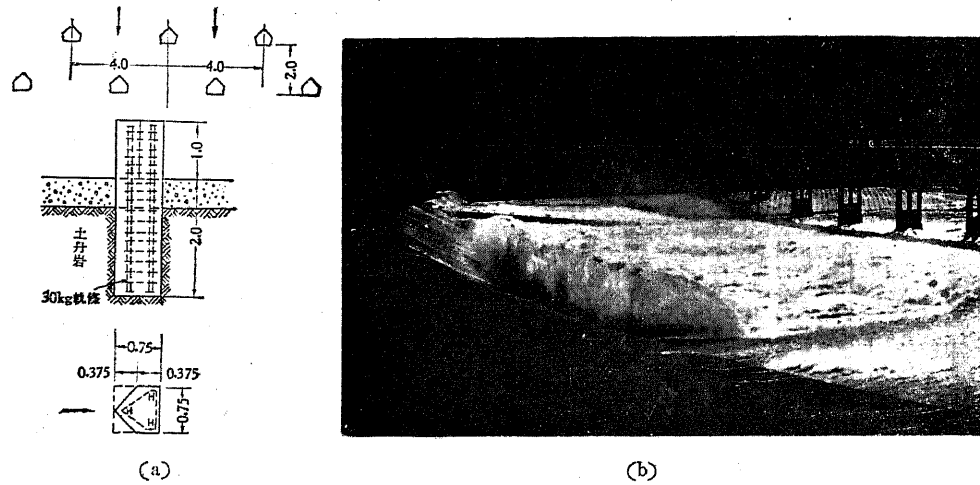


第329圖 齒 閘

阻堰は水密性水叩下流端に造られた低い副堰堤であつて、その上流に水褥を設けて溢流水の水勢を減殺することを目的とする(第328圖)。

齒閘は此の阻堰を齒狀に造つて水勢減殺の效果を強化したもので獨逸のレーボックの考案になり、1924年始めて實地上に應用せられたものである(第329圖)。

阻柱は水叩上流端に近く柱状突起物を設け、堰流を之に激突せしめてその流勢を減殺するものであつて、我が國に於ても新信濃川第2床固堰堤に第330圖に示す様な阻柱を採用して好結果を

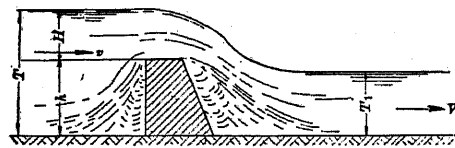


第330圖 阻 柱 (新 信 濃 川)

収めてゐる。阻柱は75cm角の鉄骨コンクリート構造とし、上流側には水切を付け且此の部分に限り厚さ19mmの鋼板を以て覆つたものを2列に配置したものであるが、阻柱の位置は堰堤直下流に選んだもの程効果が大きい。

142. 堰 堤 の 流 量

堰堤の溢流量に就いては(113), (117), (118)式に之を示したが、是等の公式は堰堤上流が理論上無限大の廣さを持つた湛水である場合に限つて適用せらるべきであつて、流水が一定の幅員、水深及び流速を以て流れる河川を横断して築造せられた堰堤に適用しては多少の誤差を生ずる。



第331圖 完全溢流堰

堰堤下流の水位が堤頂より低い場合の溢流を完全溢流、是より高い場合のそれを不完全溢流と言ふ。

1) 完全溢流堰 第331圖の様な堰堤が河川に直角に築造せられたものとして河川の幅員従つて

堰堤の長さをB、流量をQ、流量係数をfとすれば

$$Q = (BH + h)v = BTv$$

$$\therefore v = \frac{Q}{B(H+h)} = \frac{Q}{BT} \dots \dots \dots (151)$$

である。堰堤上流が鉛直面であるか傾斜面であるか従つて流量に影響があるが、之を鉛直面と

假定すれば次の如き結果が得られる。

$$Q = \frac{2}{3}fB\sqrt{2g} \left( \frac{H}{S_1 - S} \right) \left[ S_1^{\frac{3}{2}} - S^{\frac{3}{2}} \right] \dots \dots \dots (152)$$

$$V^2 = \frac{v^2}{S} = \frac{V^2}{2g}, \quad S_1 = S + H + \frac{v^2 h}{gH}$$

h=0の時(152)式は

$$Q = \frac{2}{3}fB\sqrt{2g} \left[ \left( H + \frac{v^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} - \left( \frac{v^2}{2g} \right)^{\frac{3}{2}} \right] \dots \dots \dots (153)$$

となり、此の場合は堰堤上流の河床が堤頂と一致し、所謂落差工の場合に歸着する。

堰堤が水流に斜に造られて河岸とφの角をなす場合には

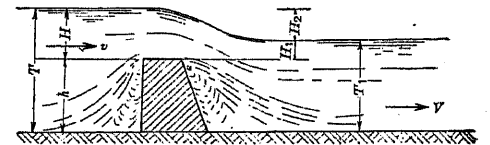
$$Q = \frac{2}{3}f \frac{B}{\sin \phi} \sqrt{2g} \left( \frac{H}{S_1 - S} \right) \left[ S_1^{\frac{3}{2}} - S^{\frac{3}{2}} \right] \dots \dots \dots (154)$$

$$S = \frac{v^2}{2g} \sin^2 \phi, \quad S_1 = S + H + \frac{v^2 h}{gH} \sin^2 \phi$$

2) 不完全溢流堰 第332圖の様な不完全溢流堰

の場合には

$$V = \frac{Q}{B(H_1+h)} = \frac{Q}{BT_1} \dots \dots \dots (155)$$



第332圖 不完全溢流堰

として次の様な結果となる。

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 = \frac{2}{3}f_1 B \sqrt{2g} \left[ S_1^{\frac{3}{2}} - S^{\frac{3}{2}} \right]$$

$$Q_2 = \frac{2}{3}f_2 B \sqrt{2g} \frac{H_1 - \frac{nV^2}{2g}}{S_2 - S_1} \left[ S_2^{\frac{3}{2}} - S_1^{\frac{3}{2}} \right] \dots \dots \dots (156)$$

$$S = \frac{v^2}{2g}, \quad S_1 = S + H_2 + \frac{nV^2}{2g}$$

$$S_2 = S_1 + \frac{v^2 h}{g \left( H_1 - \frac{nV^2}{2g} \right)}$$

nは係数であつてn=0.67に等しい。

若し堰堤上下流が無限大の廣さを持つた湛水である場合にはv=V=0となり、f=f1とすれば(156)式は

$$Q = fB\sqrt{2gH_2} \left[ \frac{2}{3}H_2 - H_1 \right] \dots \dots \dots (157)$$

是(118)式と同じ公式である。堰堤による水位上昇はH2である。

橋脚、堰柱等の様な障碍物による水位上昇も亦同様に計算する。第332圖の  $H_2$  を是等の障碍物による水位の上昇とし、水通總長を  $b$  とすれば

$$Q = \frac{2}{3}fb\sqrt{2g} \left[ S_1^{\frac{3}{2}} - S^{\frac{3}{2}} \right] + f_1b \left( T_1 - \frac{nV^2}{2g} \right) \sqrt{2gS_1}$$

$$S = \frac{v^2}{2g} \left[ 1 + \frac{B-b}{2b} \right], \quad S_1 = S + H_2 + \frac{nV^2}{2g} \quad \dots\dots\dots(158)$$

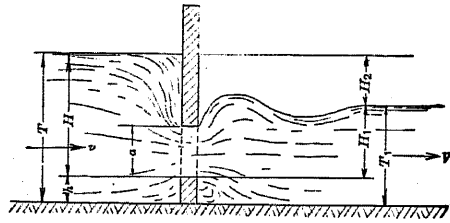
3) 水門の流量 水門が第333圖の如き半開状

態に置かれた時は閘の高さを  $h$ 、孔口の高さを  $a$  とすれば

$$Q = \frac{2}{3}f_1ab\sqrt{2g} \left[ \frac{S_1^{\frac{3}{2}} - S^{\frac{3}{2}}}{S_1 - S} \right]$$

$$S = \frac{v^2}{2g} \left[ 1 + \frac{B-b}{2b} + \frac{B}{2ab}(T-h-a) \right] + H_2 + \frac{nV^2}{2g}$$

$$S_1 = S + \frac{v^2 Bh}{abg}$$



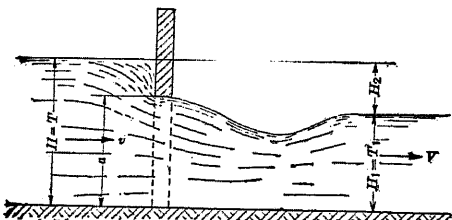
第333圖 水門の流量 (a)

.....(159)

堰閘が河床と同高の場合には  $h=0$  であつて  $S=S_1$  となり

$$Q = f_1ab\sqrt{2gS} \dots\dots\dots(160)$$

水門の扉が更に捲揚げられて第334圖の状態に達した場合には



第334圖 水門の流量 (b)

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 = \frac{2}{3}fb\sqrt{2g} \left[ S_1^{\frac{3}{2}} - S^{\frac{3}{2}} \right]$$

$$Q_2 = f_1b \left( T_1 - \frac{nV^2}{2g} \right) \sqrt{2gS_1}$$

$$S = \frac{v^2}{2g} \left[ 1 + \frac{B-b}{2b} \right] + (T-a) \left[ \frac{Bv^2}{4abg} + 1 \right]$$

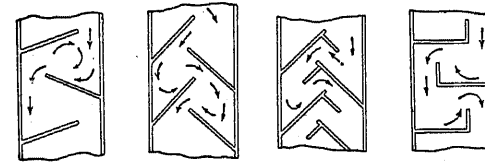
$$S_1 = S + a + \frac{nV^2}{2g} - T_1 \quad \dots\dots\dots(161)$$

143. 特殊通路

堰堤築造による流木、流筏の障碍を除却する爲に特殊の場合に限つて流木路、流筏路が設けられる。水深は 90 cm 内外、幅員は 12 m 位、勾配は 1:20~1:25 が適當とせられる。我が國で

も京都府桂川筋の用水堰堤には簡単な流木路の設備があるが、水力發電用の高堰堤では流木路の代りにベルト・コンヴェヤーによつて流木の運搬を行ふ。富山縣庄川上流の小牧(高さ 79.2 m)、祖

山(高さ 73.2 m)兩堰堤の如きがそれである。

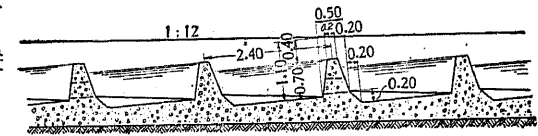


第335圖 斜面式魚道

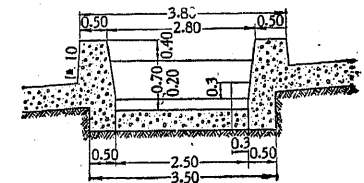
可動堰であつても固定堰であつても遡河魚族の通路を遮断する場合には必要に応じて魚族の遡上し得る特殊の斜路を作る。之を魚道又は魚梯と言ふ。

魚道には適當の水深と勾配とを必要とし、魚道への流入水量を調節する爲に上流端に角落等を備へるを通例とする。勾配は 1/10 以下

の緩勾配であることを要し、猶水勢を緩和して魚溜たるべき緩流速の箇所を造る目的を以て第335圖の如く左右交互に隔壁を設ける。



第336圖は新信濃川第2床固堰堤に設けた魚道を示す。延長約 100 m、幅 2.8 m、水深 70 cm、平均勾配 1:12 であつて 2.4 m 間隔に隔壁を設け、その下部に左右交互に 30 cm 角の水通孔を穿つ。



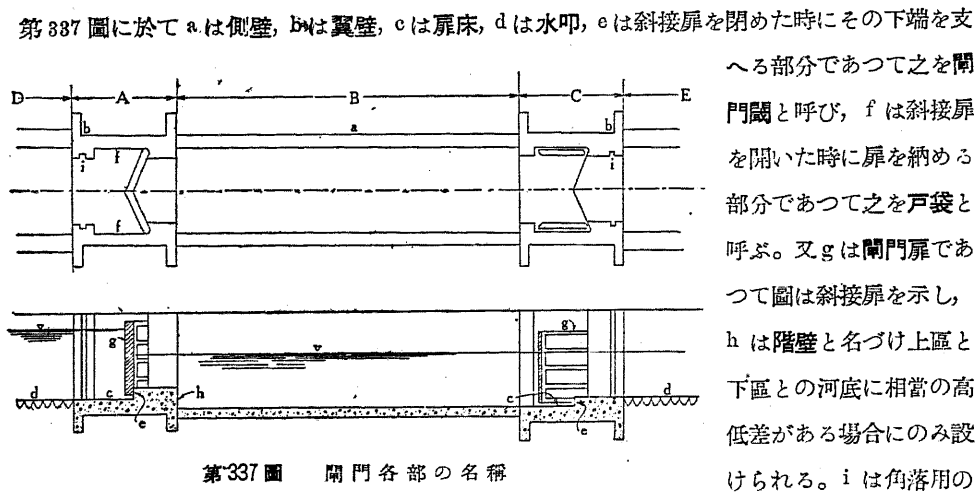
第336圖 新信濃川第2床固魚道

第三章 閘 門

144. 閘 門

閘門は高低兩水面の舟運を聯絡する工作物であつて、1489年伊太利ミラノの大伽藍建設に當り石材運搬の爲にフェリッピ・ヴェスコッチによつて築造せられたのを嚆矢とすると傳へられる。閘門は運河化工事の基本的工種であつて、我が國の河川改修に於ても利根川、江戸川、荒川、木曾川、淀川、信濃川、阿賀野川、最上川、北上川などに特種工事として築造せられてゐる。

1) 各部の名稱 閘門は第337圖に示すが如く A, B, C の3部から成り、A, C を扉室、B を開室と言ふ。扉室は扉の開閉の行はれる部分、開室は船舶を收容する部分であつて、扉室の内高水位の側にある A を前扉室、低水位の側にある C を後扉室と言ふ。運河に於ては閘門と閘門との間の水路の部分 D, E を運河區と呼び、前扉室に接続する部分 D を上區、後扉室に接続する部分 E を下區と呼ぶ。



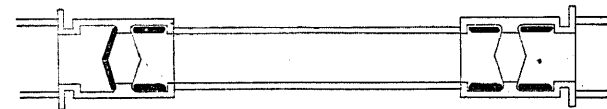
第337圖 閘門各部の名稱

第337圖に於て a は側壁, b は翼壁, c は扉床, d は水叩, e は斜接扉を閉めた時にその下端を支へる部分であつて之を閘門闕と呼び, f は斜接扉を開いた時に扉を納める部分であつて之を戸袋と呼ぶ。又 g は閘門扉であつて圖は斜接扉を示し, h は階壁と名づけ上區と下區との河底に相當の高低差がある場合にのみ設けられる。i は角落用の

戸溝で閘門修繕等の場合之に角落を挿入して締切を行ひ内部を排水する爲に利用せられる。

2) 通閘 船舶が閘門を通過することを通閘と言ひ、通閘の場合の上下兩區の水位差を閘程と言ふ。船舶が下區から上區に移らんとする場合には前扉室の扉を閉じて船を閘室に入れ、後扉室の扉を閉じた後上區の水を閘室に入れ、閘室内の水位が上區と同一になるのを待つて前扉室の扉を開いて船を上區に送る。船舶が上區から下區に移る場合には此の順序を逆に行ふ。

3) 閘門の種類 普通の閘門では前扉室側の水位が常に高いのであるが、河川の感潮區域に於ける閘門及び支川の合流點に設け



第338圖 複式閘門

られた閘門では干潮時又は減水時に於て却つて後扉室側の水位が高くなることがあり、之に對して斜接扉を用ふるならば各扉室に方向反對の2對の扉を備へなければならない。横利根閘門及び小名木川閘門はその例であつて、之を複式閘門と言ひ、此の種の閘門に於ては外水面に對する扉室を外扉室、内水面に對するものを内扉室と言ふ(第338圖)。

此の場合斜接扉の代りに引揚扉又は引込扉を使用して、その内外兩面に水壓を受けさせる構造にすれば扉の数は各扉室1枚づゝとなり、且扉室の構造を經濟化することが出来る。

又運河及び運河化せられた河川に於ては並列して2個の閘門を設ける場合が多く、之を双閘と呼ぶ。双閘に於てはその寸法を相違せしめ、船舶の大小に應じて何れかの閘門を使用するのが普通である。第274圖のボーズ閘門の左岸寄のものは双閘の例である。

4) 閘門の寸法 閘門の寸法は通航船舶の大小によつて定る。運河閘門では水の節約を圖る必要あるが爲に、閘門の長さ、幅ともに最大寸法の船1艘を容れるを標準とし、河川閘門では水を

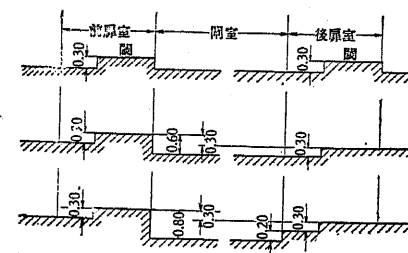
節約する必要がないから一時に多數の船を通閘せしめるを便とし、一般に大型の閘門を造る。荒川下流、淀川下流等の如く小舟の通航の多い場合は1時間の最多船舶數、1回の通閘時間、1回の通閘に收容せられる船舶數等を考慮して閘門の寸法を決定する。

歐羅巴大陸の運河閘門では最大寸法の船の寸法を標準として長さには0.5~1.5m、幅には0.3~0.6m、深さには0.3~0.5mの餘裕を付けてその寸法を決定する。例へば獨逸の如きは閘門を3級に分つて第1級の寸法を有效長55m、有效幅7.5m、閘深2.5mと定めてゐるが、上記の如き我が國の河川閘門の餘裕寸法は一般に遙かに是より大きく、幅には1~2m、最低水位から測つた閘深には船舶最大吃水に對して0.3~1.0mの餘裕を與へ、長さは最大寸法の船舶3艘を容れて猶餘裕あるものも少くない。

第71表は我が國河川閘門の主要寸法である。

第71表 閘門主要寸法

閘門名	河川名	扉室幅 (m)	閘室長 (m)	有效長 (m)	閘深 (m)	閘高 (m)	側壁天端 (H.W.L.上 m)	扉天端 (H.W.L.上 m)	扉様式
横利根	利根川	10.9	69.7	91.0	2.60	0.33	1.50	1.05	複式
關宿	江戸川	9.0	60.0	70.0	1.50	0.30	1.50	1.05	斜接扉
小名木川	荒川	10.9	71.0	91.0	2.33	0.38	2.20	1.20	複式
小松川	同	11.0	76.5	91.0	2.33	0.05	2.20	1.25	引揚扉
船堀	同	11.0	76.5	91.0	2.33	0.05	2.20	1.25	引揚扉
大河津	信濃川	10.9	60.0	72.0	1.50	0.30	1.50	0.90	斜接扉
毛馬第1	淀川	11.4	75.4	89.9	2.03	0.77	2.61	0.74	斜接扉
毛馬第2	同	11.4	92.4	106.3	2.03	0.35	1.44	1.07	斜接扉
三柄	同	8.0	72.9	83.1	2.17	0	1.52	1.47	引揚扉
傳法第2	同	5.5	73.9	80.0	3.46	0.30	0.91	0.72	引込扉
六軒屋第2	同	10.9	109.3	124.9	2.39	0.35	0.91	0.24	斜接扉
船頭平	木曾川	5.5	24.4	36.8	2.17	0.63	1.80	0.79	斜接扉
下瀬	最上川	5.0	42.0	51.5	1.80	0.30	1.50	0.80	斜接扉
脇谷	北上川	7.9	48.0	60.0	1.50	0.30	1.70	0.40	引揚扉
小阿賀	阿賀野川	5.4	72.0	80.0	1.10	0.30	1.50	0.35	斜接扉



第339圖 扉室及び閘室敷高

閘門の有効長とは大體扉から扉までの距離を指して言ひ、閘深は平均低水位から測る。

5) 閘門闕 斜接扉式閘門に於ては閘門闕を扉床より約30cm高くする。階壁のない閘門に於ては前後兩扉室の闕は同高であるのが普通であるが、場合によつては後扉室の闕を前扉室の扉床と同高に置くこともある。

閘室の敷高は大體後扉室の扉床と同高とし、或は是よ

り 20~30 cm 低く造る(第 339 圖)。

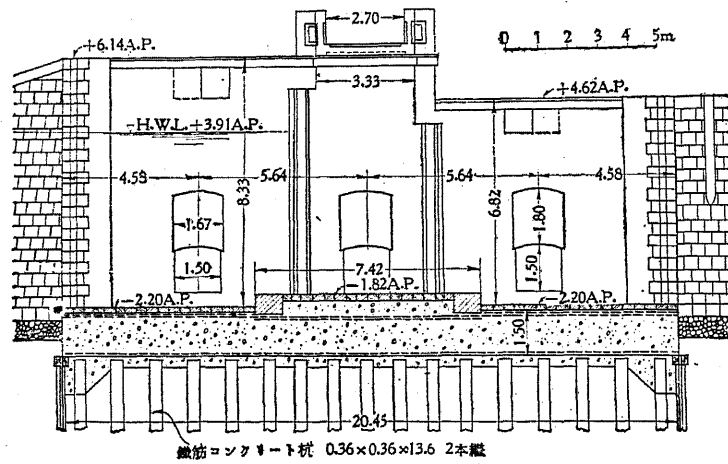
### 145. 閘門の構造

閘門各部の構造を説明する。

1) 扉室 閘門の扉室は底版、側壁、翼壁等の部分から成り、従前は石材、煉瓦等で築造せられたが現今はコンクリート、鉄筋コンクリート等が専ら使用せられ、隅石、角落用溝石、閘門扉用戸當石、闕石、笠石等に限つて花崗岩の切石を使用し、又船棹の尖端で底版表面が損傷を受ける虞ある場合にはその表面に厚さ 12~15 cm の切石を張る。

基礎が岩盤である場合は此の上に直ちに底版コンクリートを施工するが、地盤軟弱なる場合には井筒基礎、杭打基礎等を施工した上に鉄筋コンクリート底版を築造する。北上川の脇谷閘門は岩盤基礎の例、利根川の横利根閘門、江戸川の關宿閘門、淀川の三栖閘門、毛馬閘門等は井筒基礎の例、荒川の小名木川閘門、船堀閘門等は杭打基礎の例である。小名木川閘門に於ては基礎の周囲を矢板で締切り、長さ 13.6 m、86 cm 角の鉄筋コンクリート杭を 2 本繼として打込み、船堀閘門に於ては同じく締切矢板を施した中に長さ 22.7 m、末口 23 cm の米松杭を打込んで、その尖端を何れも砂層に達せしめた。

底版の厚さ  $t$  は應力計算から定るが、扉室幅  $b$  の  $1/5 \sim 1/7$  に取るのが大體の標準である。



第 340 圖 小名木川閘門前扉室

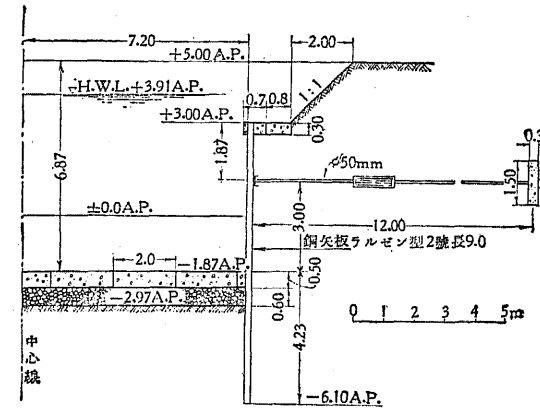
側壁の高さは附近の堤防と同一にするのを通例とし、従つて我が國の河川閘門では最高水位上 1.5~2.2 m と取るが、閘室及び後扉室の側壁に限つて最高水位上 0.7~1.0 m の範囲に築造する場合もある。

第 340 圖は小名木川閘門の前扉室を示す。

側壁は土壓の外に水壓を受ける擁壁として計算し、裏込土砂は外水位まで浸潤したものと假定

側壁は近來鉄筋コンクリートで築造せられる場合が多いが、その場合でも下部の給排水用閘渠を設ける部分だけは断面の厚い無筋コンクリートにする。

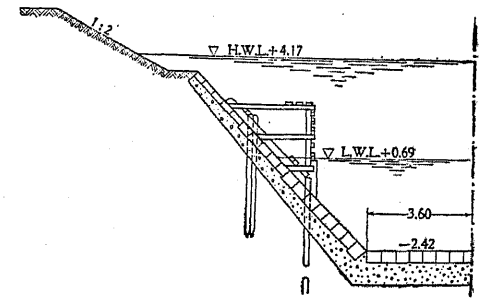
側壁の高さは附近の堤防と同一にするのを通例とし、従つて我が國の河川閘門では最高



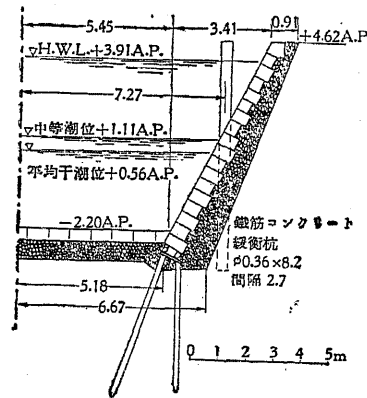
第 341 圖 船堀閘門閘室

は鋼矢板直立壁の例、大河津閘門は石積斜面壁の例、横利根閘門、小名木川閘門はブロック積斜面壁の例である。又脇谷閘門は岩盤を切取つてその上に厚さ 1.7 m、勾配 1:0.25 のコンクリート斜面壁を施工した。

斜面壁の場合に傾斜が緩に過ぎると閘室内の水位下降に際して船が兩岸法面に乗上げる危険があり之を避ける爲に鉄筋コンクリート又は木材緩衝杭を以て閘室有効幅を制限することがある。木



第 342 圖 横利根閘門閘室



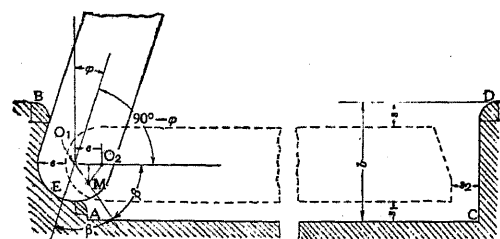
第 343 圖 小名木川閘門閘室

材緩衝杭は布木を以て繋ぎ、梁木を架け渡した上に敷板を張れば之を曳船道として利用することが出来る。

閘室の底部は栗石、砂利等を敷均した上に石張又はコンクリート・ブロック張を行ふ程度で充分であつて、岩盤の場合には切取の儘にするか或はその上に薄くコンクリートを被覆する。

第 341 圖は船堀閘門閘室、第 342 圖は横利根閘門閘室、第 343 圖は小名木川閘門閘室を示す。

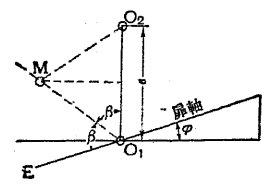
3) 戸袋 第 844 圖の様な閘門斜接扉の戸袋に於て AB の部分を隅凹、CD 部分を矩隅と言ふ。隅凹は扉の隅柱の廻轉する部分であつて扉閉鎖時はその推力を蒙るから、コンクリート側壁の場合にも此の部分に限つて切石を用ひ、或は第 845 圖の如き戸袋鐵物を用ひる。隅凹は必ず曲面に造られることを要する



第344圖 開門戸袋

そこから逃逸する爲には  $s_1, s_2$  とともに成るべく大きく取るのがよい。戸袋の寸法は扉の寸法に是等の餘裕を加へて定り、小名木川開門に於ける戸袋の深さは  $b=90 \text{ cm}$  である。

隅凹部の餘裕は隅柱の偏心距離に基づく。蓋し隅柱が常に隅凹面に接觸する時は扉開閉の摩擦が大きく、且兩者磨耗の眞があるから、隅柱は扉閉鎖の際だけに接觸せしめ、その他の位置ではその間に間隙を作らせる爲に回轉軸と隅柱中心との間に偏心距離を設けるのである。第346圖に於て



第346圖 隅柱の偏心距離

扉閉鎖時に  $O_1$  にあつた隅柱中心が同開放時に  $O_2$  に移るものとすれば回轉軸  $M$  は  $O_1 O_2$  の二等分垂線と  $\angle O_2 O_1 E$  の二等分線との交點から求められる。

偏心距離  $O_1 O_2 = e = 10 \sim 20 \text{ mm}$  と取るのが通例である。

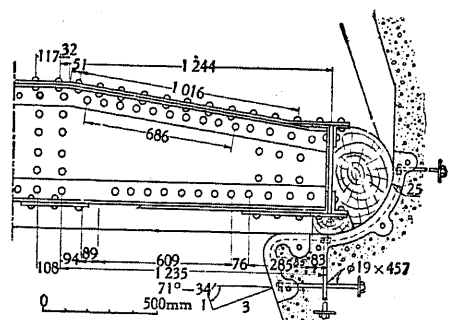
引揚扉の場合には戸溝の外、戸袋を要しないが、引込扉の場合には扉の幅だけの長さの戸袋を設ける。

146. 開門扉

開門扉には單扉と複扉とがあり、前者には旋開扉、引揚扉、引込扉等の種類があるが、後者は所謂斜接扉を以て代表的様式とする。開門扉として古來最も廣く使用せられるものは斜接扉であるが、小型開門には旋開扉が使用せられ、近來は引揚扉、引込扉が大型開門にも採用せられる。斜接扉は開閉に動力を要することの少い利益があるが、多少でも落差があり流速がある場合には開閉ともに殆ど不可能であるのに比して引揚扉や引込扉は開閉の動力は多少増大しても開閉操作が確實安全である上に、上區と下區との落差が逆轉する場合の如きは斜接扉8枚の代りに2枚の扉を以て足る利益がある。但し扉の重量だけから言へば引揚扉2枚の方が斜接扉8枚より重量が大

が、矩隅は直面であるのを原則とし、圖の  $D$  の部分に限つて適當の丸味を附ける。

扉が開かれて戸袋内に收容せられた時にはその前後左右に適當の餘裕がなければならない。 $s$  と  $s_1$  とは  $5 \sim 10 \text{ cm}$ ,  $s_2$  は  $10 \sim 20 \text{ cm}$  を普通とするが、扉が戸袋内に入出する場合に水が成るべく速に扉の背面に侵入し、或は



第345圖 戸袋鐵物

きい場合が多い。

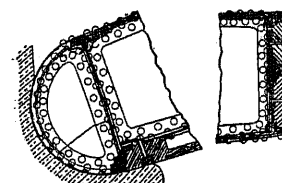
例へば幅及び水位差略々同一である横利根(複式)、小名木川(複式)、船堀(引揚扉)の3開門を比較すると次表の如き結果となる。

第72表 開門扉の比較

開門	扉様式	大門扉數	同重量(t)	小門扉數	同重量(t)	計重量(t)	比較
横利根	複式	4	24.1	4	13.1	148.8	0.99
小名木川	複式	2	14.5	6	11.8	99.8	0.67
船堀	引揚扉	1	80.0	1	70.0	150.0	1.00

扉の材料は大型のものは鋼製、小型のものは木造、その中間のものには鋼製の框構に板張を施した複式扉も採用せられる。又通航船舶の關係上開門の上に架橋することが出来ない場合には扉の上に簡單な歩道橋を設けて扉閉鎖時の通行に便する。

1) 斜接扉 扉は總べて縦桁、横桁、板張又は皮紙の3要部から成り、木造扉の場合には桁は角材、鋼製扉の場合には壓延鋼又はその合成断面とする。縦桁の内隅凹内にあつて回轉軸を爲すものを隅柱、他端にあつて他方の扉と斜接するものを斜接柱と言ふ。



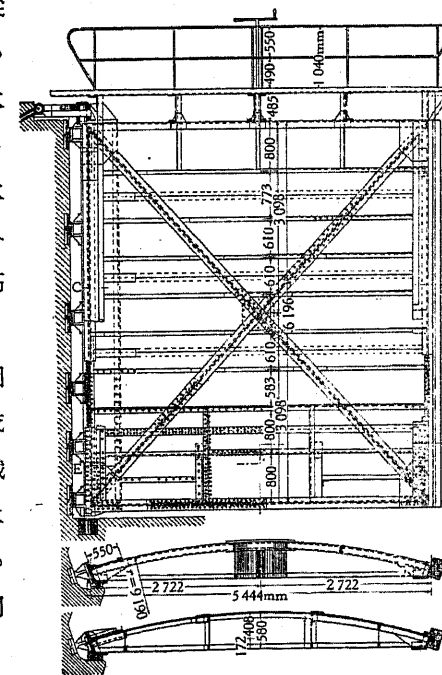
第347圖 隅柱

斜接扉に横桁式と縦桁式との2様式がある。

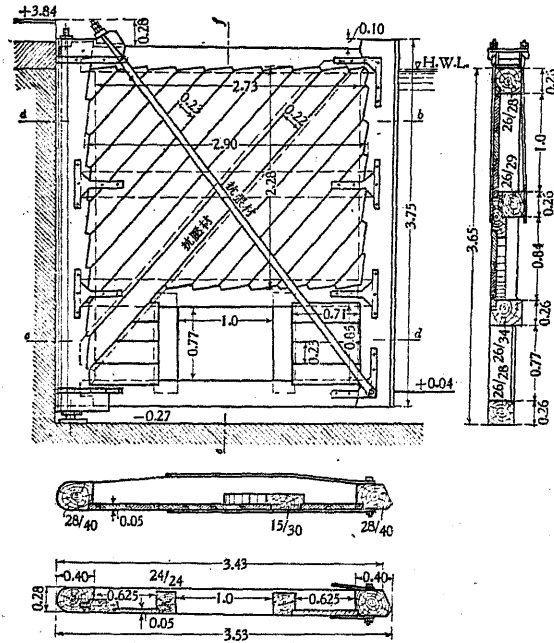
前者に於ては中間の縦桁は補助材に過ぎず、水壓は横桁から隅柱を経て等布的に側壁に傳へられるが、後者に於ては中間の横桁は補助材に過ぎず、水壓は縦桁から上下の横桁を経て集中的に側壁に傳へられる。普通には横桁式が採用せられるが、扉の高さが大きい場合には縦桁式が有利とせられる。

従つて横桁式の扉では閉鎖時には隅柱は第345圖又は第347圖の如く全面的に隅凹に接觸するか、或は第348圖の如く適當の間隔毎に設けられた軸當鐵物で隅凹に接觸するを要するが、縦桁式の場合には扉の上下兩端だけに軸當鐵物を使用すれば充分である。第348圖は獨逸ドルトムンド・エムズ運河の開門扉の例である。

横桁は上部では球に、下部では密に配置し、板の



第348圖 隅柱軸當鐵物



第349圖 木造扉

應力，従つてその厚さを一定にするのが普通である。

木造扉では第349圖の如く扉の變形を防ぐ爲に隅柱の上部から斜接柱の下部に向つて抗張材を，斜接柱の上部から隅柱の下部に向つて抗壓材を入れ，或は板を斜の方向に張るのが通例である。鋼製扉では皮飯を釘綴ることによつて充分の剛性が得られるが，場合によつては對角線の方向に抗張材を挿入する。

鋼製扉に於て水密の爲には皮飯は扉の片側に張るだけで充分であるが，扉の自重が大きい場合に水の浮力を利用してその變形を防ぎ，且開閉運動に對する摩擦を軽減する目的で，下部に限つて扉の兩

側に鋼飯を張り之を空氣室とすることがある。横根閘門の如きがその例である。

扉に働く外力の主なるものは水壓，自重，浮力及び反力である。

第350圖に於て  $W$  を扉の自重， $B$  を浮力， $l$  を扉の幅， $h$  をその高さとし， $W$  と  $B$  とが共に扉の中心に作用するものとすれば側壁に加はる水平力は

$$Z = \pm \frac{(W - B)l}{2h} \dots\dots\dots(162)$$

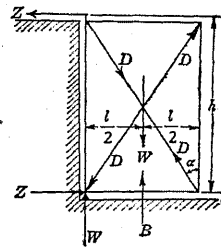
隅柱の下部軸受鐵物に加はる鉛直壓力は  $(W - B)$  である。但し通水以前の狀態では  $B$  を考慮しないのは勿論である。

又扉の對角線の方向に抗張材及び抗壓材を設けた場合に之に働く張力及び壓力は

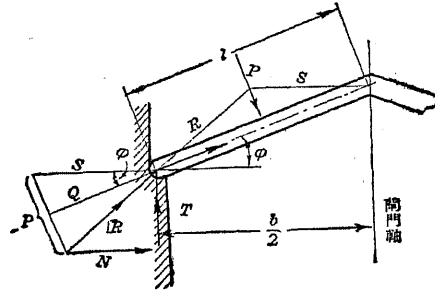
$$D = \pm \frac{W - B}{2 \cos \alpha} \dots\dots\dots(163)$$

扉を閉鎖した場合には扉は水壓力  $P$  に基因する彎曲と軸壓力とを蒙る。第351圖に於て彎曲率を  $M$ ，軸壓力を  $Q$  とすれば

$$\left. \begin{aligned} M &= \frac{1}{8} p l^2 = \frac{1}{8} Pl \\ Q &= \frac{1}{2} P \cot \varphi \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(164)$$



第350圖 扉の自重及び浮力



第351圖 扉の水壓

桁は(163)，(164)式から設計せられ，皮飯は水壓から設計せられるが，その最少厚は10mmと取るのが普通である。

次に水壓力  $P$  は側壁の反力  $R$ ，他方の扉の反力  $S$  と釣合ひ

$$R = S = \frac{1}{2} P \operatorname{cosec} \varphi$$

然るに

$$P = pl = \frac{1}{2} pb \sec \varphi$$

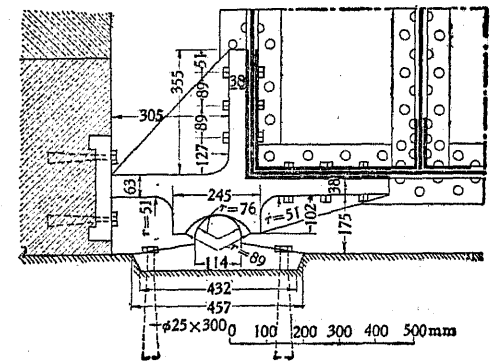
$$\left. \begin{aligned} R = S &= \frac{1}{2} pb \operatorname{cosec} 2\varphi \\ N = R \cos 2\varphi &= \frac{1}{2} pb \cot 2\varphi \\ T = R \sin 2\varphi &= \frac{1}{2} pb \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(165)$$

即ち  $R$  の分力の内  $T$  は一定であるが  $N$  は  $\varphi$  の増すに従つて減少し， $\varphi = 45^\circ$  の時には  $N = 0$  となる。實例によるに  $\tan \varphi = 1:3 \sim 1:2$ ，或は  $\varphi = 18.5^\circ \sim 26.5^\circ$  であつて， $\varphi = 22.5^\circ$  と取れば  $N = T = \frac{1}{2} pb$  となる。

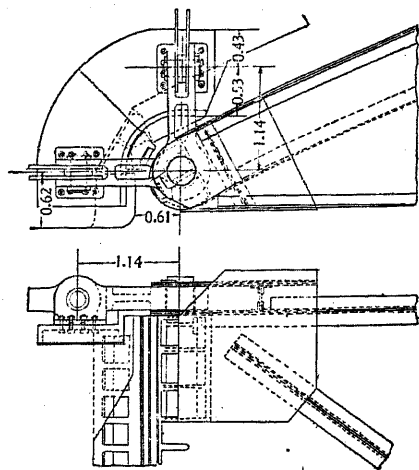
側壁は是等の力に對して充分安全に築造せられるを要する。

隅柱の下端には鑄鋼製ソケットを取付け，之を支へる軸受鐵物の樞軸は鋼製又は特殊鋼製とし，荷重1kgにつきソケットとの接觸面積  $1 \text{ mm}^2$  を大體の標準としてその徑を定める。樞軸直徑の實例は100~120mmであつて，我が國の例でも横根閘門や小名木川閘門が102mm，關宿閘門が114mmである。第352圖は關宿閘門扉の軸受鐵物を示す。

隅柱の上端には鑄鋼製の取付鐵物を設け側壁コンクリート内に錨錠する。取付鐵物には種々の考案が實施せられてゐるが，扉の位置によつて反力  $Z$  の方向を異にするから錨錠釘は必ず2方向以上に之を設け，且多少隅柱を鉛直に調節し得る構造であることを要する。第353圖は斯の種の取付鐵物を示す。又第354圖は小名木川閘門の取付鐵物であつて特殊の調節裝置が施してある。



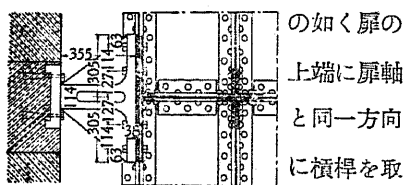
第352圖 關宿閘門扉ソケット及び軸受鐵物



第353圖 扉取付鐵物

の材料などが使用せられ、價格及び將來の取換を考慮して數本繼合はせて用ひるのがよい。

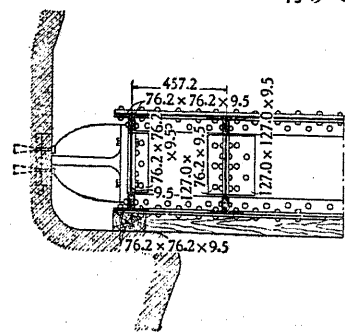
斜接扉の開閉装置には種々の様式が採用せられてゐる。最も簡單なのは第



356圖 (a)

の如く扉の上端に扉軸と同一方向に横棒を取付けてその

端を

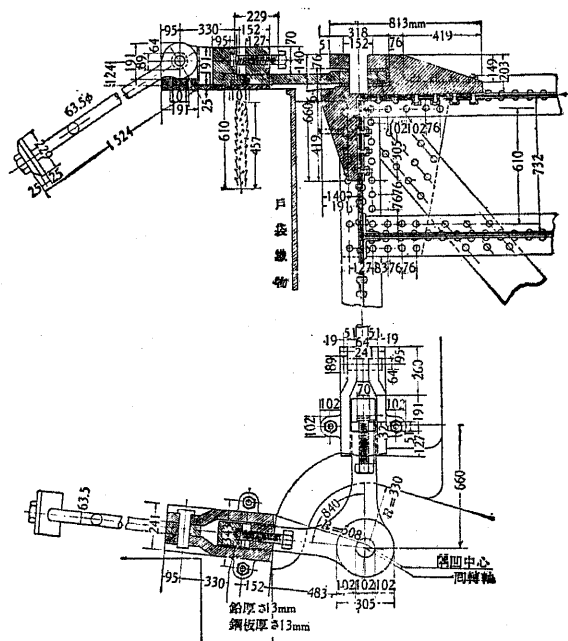


第355圖 開閉開門扉中間軸當鐵物

廻轉し、或は同(b)の如く扉の前後兩側に鐵索又は鐵鎖を取付け、一方を緩めると同時に他方を捲取つて開閉を行ふのであるが、我が國で多く採用せられるのは第356圖(c)の如き齒棒及び齒輪聯動装置である。

齒棒及び齒輪聯動装置には曲線齒棒と直線齒棒との別があるが、前者は齒棒に變形を起す缺點があるから、多くは後者が採

用せられる。



第354圖 小名木川開門扉取付鐵物

縦桁式扉に於ては下部ソケット及び上部取付鐵物が同時に軸當鐵物を兼用するが、隅柱が全面的に隅凹側壁に接觸しない構造の横桁式扉に於ては此の外に中間の軸當鐵物を設けることを要し、隅凹切石の面にも鐵物を埋込んでその摩擦を防ぐ。鑄鋼製を普通とし、構造の一例は第355圖に示す通りである。

斜接扉に於ては斜接柱が他方の扉のそれと接觸する部分、隅柱が隅凹側壁と接觸する部分及び下端横桁が闕と接觸する部分に水密装置を施す。普通良質

第357圖は小名木川開門の齒棒及び齒輪開閉装置を示す。又第358圖は車輪の周上の一點と扉とを桁を以て聯絡し車輪を廻轉して扉を開閉するもので、扉開閉運動の終始に於ける角速度が小さいのを特色とする。

斜接扉の開閉に要する力は 1) 樞軸に於ける摩擦、2) 扉前面の水の抵抗、3) 不同水位による抵抗、4) 取付鐵物のピンに於ける摩擦から計算せられる。

W を樞軸に加はる重量、r を樞軸の半径、l<sub>1</sub> を樞軸から齒棒取付箇所に至る距離、μ を摩擦係數とすれば摩擦力率は

$$M_1 = \int_0^r \frac{\mu W}{\pi r^2} 2\pi x^2 dx = \frac{2}{8} \mu W r$$

故に齒棒取付箇所に於て扉に垂直に加へらるべき力は

$$F_1 = \frac{M_1}{l_1} = \frac{2}{8} \frac{\mu W r}{l_1} \dots \dots (166)$$

次に水の單位重量を w、扉の角速度を ω、その線速度を v = ωx、K を係數、扉の幅を l、その高さを h とすれば單位水壓力は

$$p = \frac{w K v^2}{2g} = \frac{w K}{2g} (\omega x)^2$$

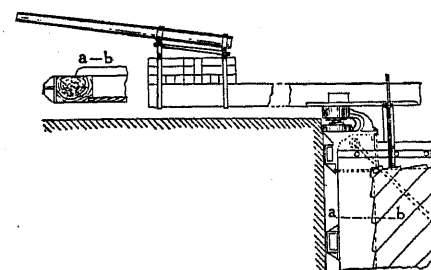
であるから、その力率は

$$M_2 = \int_0^l \frac{w K}{2g} (\omega x)^2 x h dx = \frac{w K}{8g} \omega^2 l^4 h$$

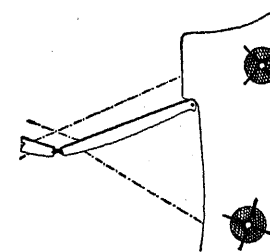
$$F_2 = \frac{M_2}{l_1} = \frac{w K}{8g} \frac{\omega^2 l^4 h}{l_1} \dots \dots (167)$$

次に扉前後の水位が平均せず、ΔH の水位差があるのに扉を開放する場合の抵抗は最も大きく、扉の下底から測つた高水位を H<sub>1</sub>、同低水位を H<sub>2</sub> = H<sub>1</sub> - ΔH とすれば水の抵抗力率は

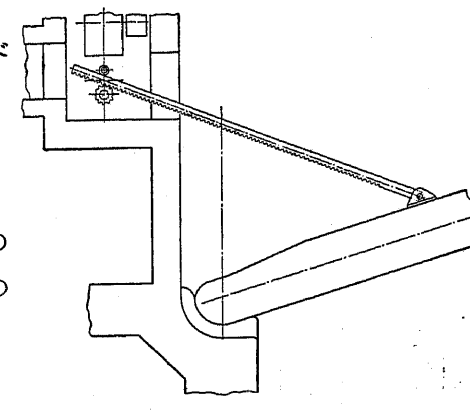
$$M_3 = \frac{w l^2}{4} (H_1^2 - H_2^2) = \frac{w l^2}{2} (2H_1 - \Delta H) \Delta H$$



(a)

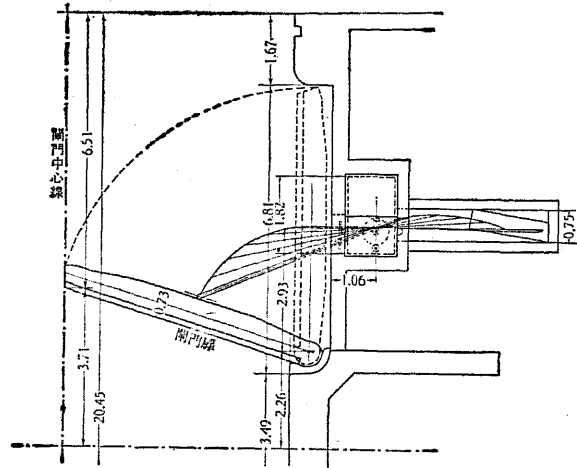


(b)



第356圖 斜接扉開閉裝置





第357圖 齒棒及び齒輪開閉装置

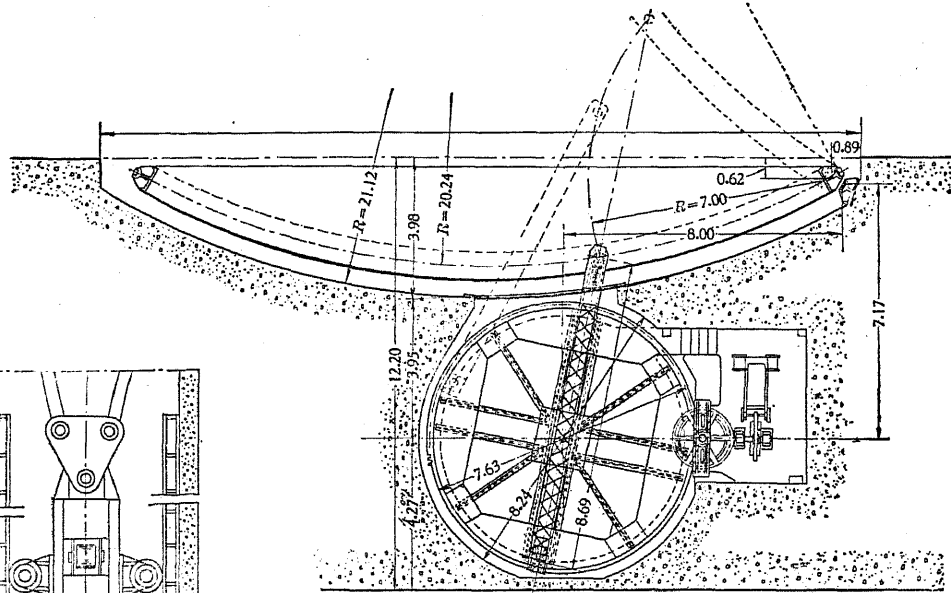
$$F_3 = \frac{M_3}{l_1} = \frac{wl^2}{2l_1} (2H_1 - \Delta H) \Delta H$$

$$\approx \frac{wl^2 H_1 \Delta H}{l_1} \dots (168)$$

最後に樞軸及びピンの半径を  $r$  とし、扉の自重に基因する水平力  $Z$  を(161)式から求めるものとすれば摩擦力率は

$$M_4 = \int_{-r}^{+r} \frac{\mu Z}{2r} \sqrt{r^2 - x^2} dx$$

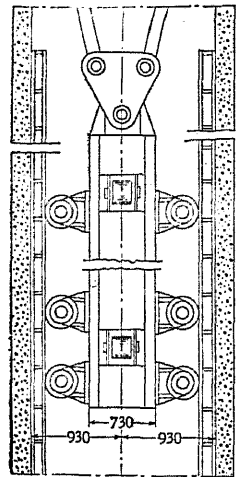
$$= \frac{\mu Z \pi r}{4}$$



第358圖 車輪開閉装置

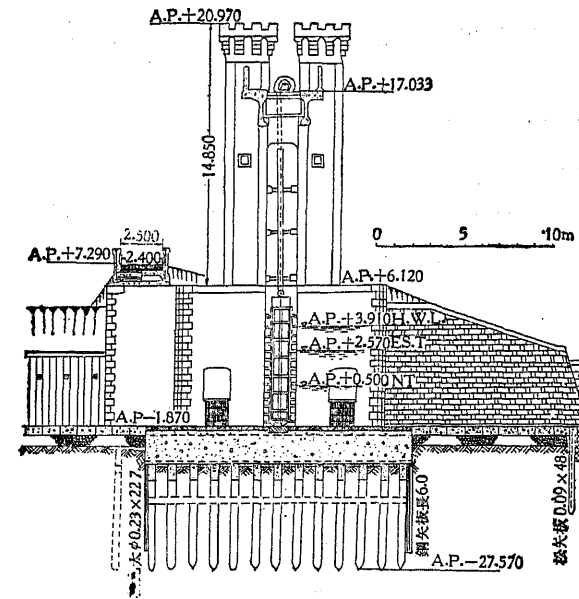
$Z$ は上下に反対の方向に働くから力率は2倍となり

$$F_4 = \frac{2M_4}{l_1} = \frac{\mu \pi r l W}{4l_1 h} \dots (169)$$



第359圖 引揚扉輦子

2) 引揚扉 閘門用引揚扉は揚扉堰に於けると同様であつて、唯扉の前後両面に水圧を受ける場合には両側に皮飯を張つて空氣室を造り、水の浮力を利用して捲揚動力を軽減する。閘門扉は可動堰、水門等と異なり、



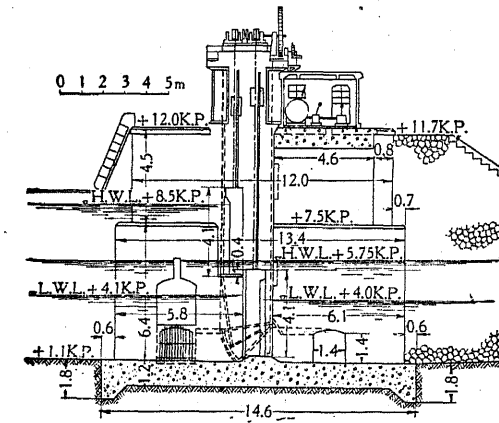
第360圖 船堀閘門前扉室

り、水位差のない場合に昇降するのを原則とするからストーン式扉の如き輦子列を用ひることは稀で、多くは固定輦子を採用する。扉の前後両面に水圧を受ける場合には第359圖の如く両側に輦子を取付け、猶扉の左右両端にも側輦子を設ける。

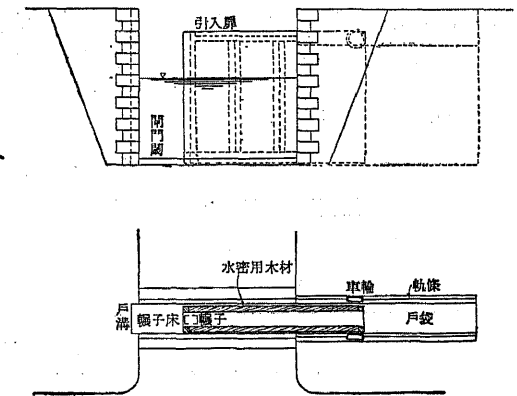
第360圖は引揚扉式の船堀閘門前扉室を示し、扉は高さ約6.9m、幅18.4m、厚さ中央で1.0m、両端で72.6cm、輦子は径300mmのものを前後両側各々12個づゝ、側輦子は径200mmのものを左右両端各々2個づゝを設けた。

水密装置は左右両端は扉の両端及び戸溝壁に木材を取付けて兩者を密着せしめ、底端は扉の下端横桁に同じく木材及び護謨板等を取付けて扉床と密着せしめる。

引揚扉を複扉に造つたものは塔の高さを節約し得る利益があり、我が國でも北上川の協谷閘門



第361圖 協谷閘門後扉室



第362圖 閘門引込扉

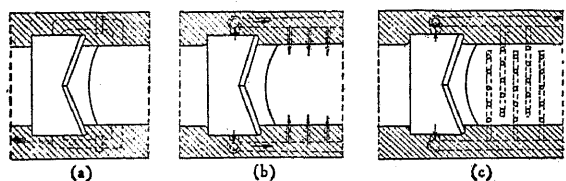
に採用せられてゐる。即ち前扉室に於ては高さ4.80mの上下扉2枚を用ひてその重りを30cm、後扉室に於ては高さ4.10mの上下扉2枚を用ひて重りを40cmとする(第361圖)。

3) 旋開扉 斜接扉と同様に隅柱を軸として廻轉する單扉によつて閘門の開閉を行ふもので、昔は小型の閘門の場合にだけ使用せられたが、近來は相當の閘門にも採用せられる。佛蘭西のセイヌ河、ロアル河などには旋開扉が多い。

4) 引込扉 上部に桁を渡し或は橋梁を架けて之に扉を懸垂する様式のものゝ舟運の妨害となるから閘門扉には適しない。而も引込扉を底端の輻子だけで支へさせてその開閉運動を行はせることは危険である。仍つて現今行はれる引込扉の様式は扉前端の底部に輻子を設け、後端の頂部兩側に車輪を附し、扉を此の3點で支へさせて輻子床又は軌條に沿つて輻子又は車輪を轉動せしめる(第362圖)。

147. 給排水設備

閘室内の水位を變化させる爲の給排水設備に2様式がある。1) 閘門扉に小型の水門扉を取付けたものと、2) 扉室又は閘室側壁又は底版内に暗渠を設け之に弁を裝備しはものとあつて、此の暗渠を閘渠と呼ぶ。

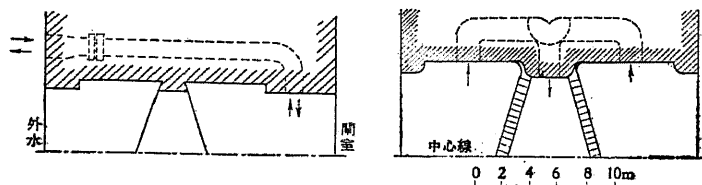


第363圖 閘渠の配置

閘門扉に設けた水門扉の例は小型の閘門には頗る多く、近來は相當の大型閘門にも用ひられる。第348圖もその一例である。扉は引揚扉が普通であるが、水平軸の周りに廻轉する回轉扉を用ひる場合もある。

猶小型の引揚扉式閘門の場合には水門扉を省き閘門扉を少しく引揚げて水門扉の代用をなさしめる場合もある。

閘渠の配置は第363圖に示す通りである。(a)は閘渠を扉室側壁内に設けたもので、最も普通の様式に屬し、(b)は閘渠を閘室側壁に延長し、是から多くの小暗渠を分岐せしめたもの、(c)は同様の小暗渠を閘室底面に設け數多の



第364圖 横利根閘門閘渠

第365圖 小名木川閘門閘渠

小孔から水を出入せしめるもので、共に閘門の寸法及び閘程が大きい場合に給排水を迅速に行つて而も閘室内の船舶に動搖を與へないことを主眼とする。(c)はパナマ運河のガトゥーン閘門に採用せられた方法である。(a)の方法は大河津閘門、關宿閘門、船堀閘門その他各地に採用せら

れてゐるが、横利根閘門、小名木川閘門等の様な複式閘門では閘渠の吐口を戸袋内に設けると戸袋に收容せられてゐる逆扉の爲に水の流出を妨げられる不利があるので、第364圖、第365圖の様な特殊の配置に従つてゐる。

閘渠の寸法は我が國の河川閘門では高さ、幅ともに1.50m内外が普通であるが、前記ガトゥーン閘門の幹線暗渠の如きは直徑5.50mに達してゐる。

暗渠用弁には引揚扉、扇形扉、圓筒弁など各種の様式がある。我が國の河川閘門では横利根閘門がストーンー式引揚扉、關宿閘門、脇谷閘門、毛馬第2閘門、六軒屋第2閘門等が扇形扉、毛馬第1閘門が圓筒弁である。

148. 通 閘 時 間

通閘時間は船舶入閘、扉閉鎖、給排水、扉開放、船舶出閘などに費される時間の合計で決定せられるが、此の内最も多くの時間を費すのが船舶出入であつて、通閘時間の約50%を占める。

第 73 表 通 閘 時 間

所要時間	シャル・ロア 運 河	カナル・ドゥ ・サントル	テリヴァシオン・ ド・ラスカルブ	モルダサ (運 河 化)	横利根閘門
船舶入閘	4 - 20	4 - 10	2 - 0	20 - 0	2 - 45
扉閉鎖	35	40	30	30	2 - 0
給排水	2 - 55	3 - 10	3 - 30	30 - 0	1 - 45
扉開放	35	40	30	30	2 - 0
船舶出閘	6 - 10	5 - 20	2 - 0	15 - 30	2 - 10
合 計	14 - 25	14 - 0	8 - 30	66 - 0	10 - 40

水門扉による給排水時間は次の如く計算する。第366圖に於て扉前後の水位差を  $h$ 、水門扉の通水面積を  $a$ 、扉室部分の底面積を  $A$ 、側壁勾配 1:n なる閘室部分の長さを  $L$ 、底幅を  $b$ 、流量係数を  $f$  とする。給水時にありては閘室内の水位が  $x$  なる場合の流量は  $Q = fa\sqrt{2g(h_1-x)}$  であつて、 $dt$  時の間に閘室内の水位が  $dx$  だけ上昇するものとするれば

$$dQ = fa\sqrt{2g(h_1-x)}dt = [A + L(b + 2nx)]dx$$

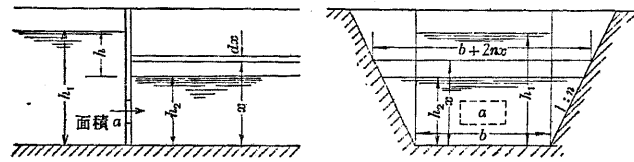
之を積分して給水時間は

$$t = \frac{A + bL + 2nL(h_1 - \frac{1}{3}h)}{fa} \sqrt{\frac{2h}{g}} \dots\dots\dots (170)$$

同様にして排水時間は

$$t = \frac{A + bL + 2nL(h_1 - \frac{2}{3}h)}{fa} \sqrt{\frac{2h}{g}} \dots\dots\dots (171)$$

閘室側壁が鉛直である場合には(170), (171)式に於て $n$ を含んだ項が消滅する。流量係数は普通



第366圖 給排水時間

同様に計算して給水時間は

$$t = \frac{2 \left[ A + bL + 2nL \left( h_1 - \frac{1}{3}h \right) \right]}{ca} \sqrt{\frac{lh}{R}} \dots\dots\dots(172)$$

排水時間は

$$t = \frac{2 \left[ A + bL + 2nL \left( h_1 - \frac{2}{3}h \right) \right]}{ca} \sqrt{\frac{lh}{R}} \dots\dots\dots(173)$$

流速係数  $c$  は閘渠の摩擦, 入口の抵抗, 彎曲などに基因する損失水頭から計算することを得べく, 短い閘渠で  $c=0.5 \sim 0.7$ , 長い閘渠では  $c=0.4$  位に下る。

排水時間が短く, 従つて水位の下降が急激であつても船舶には支障を來すことが少ないが, 給水時間が短く水位の上昇が急激に失すると船舶に動搖を與へる危険があるから, 水位の上昇速度は  $10 \sim 27 \text{ mm/sec}$  程度が普通である。パナマ運河閘門の例は  $33 \text{ mm/sec}$  で, 此の爲に前述の様な特殊の閘渠が採用せられてゐる。

猶河川閘門にはその必要がないが 運河閘門では水の節約が必要な場合があり, 此の爲に通開毎に閘室内の水の全部を下區に放流せず, 數箇の側設貯水池を設けて水位段階に應じて是等の貯水池に水を貯へ, 最後の段階の部分の水だけを下區に流す様な方法が行はれる。

## 第四章 水門 其の他

### 149. 水 門

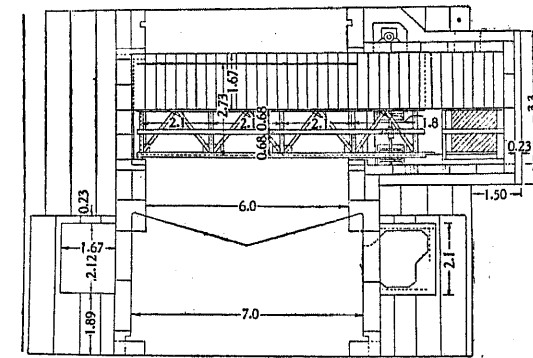
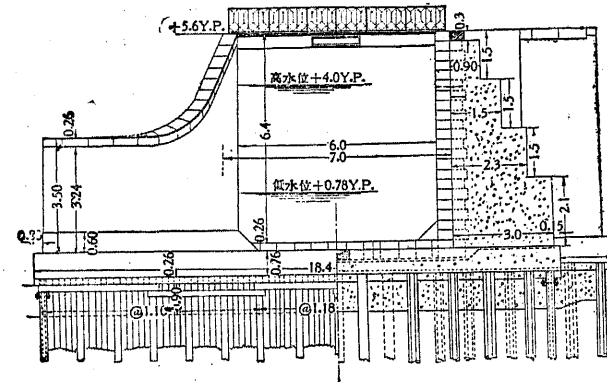
排水, 通航等の爲に支派川の合流點又は分岐點に設けられる工作物を水門と言ひ, 扉を備へて洪水時には之を閉切つて洪水の支派川に流入することを防ぐ。同じく河川改修工事の特種工事として施行せられる。

水門の構造は閘門の扉室と全く同一であつて, 給排水の爲に扉に水門扉を設けず, 側壁に暗渠を設けないだけの相違である。扉は斜接扉, 引揚扉が普通に採用せられる。利根川下流の印籠,

通  $f=0.62$  位を採用してよい。

次に閘渠の場合には閘渠の長さを  $l$ , その徑深を  $R$ , 流速係数を  $c$  とすれば流量は

$$Q = ca \sqrt{R} \frac{h_1 - x}{l} \text{ であるから,}$$



第367圖 小野川水門

小野川の2水門, 荒川下流の綾瀨, 隅田, 中川, 木下川, 新川の5水門などは何れも斜接扉を採用してゐるが, 閘門の場合と同様に斜接扉は出水の初期に於て機を逸せず之を閉鎖しなければ扉を破壊する危険がある。

引揚扉を備へた水門の例は荒川の岩淵水門, 北上川の福地水門などであつて, 後者に於ては脇谷閘門と同様に上下2枚の引揚扉を採用した。

第367圖は小野川水門を示す。

### 150. 樋門及び樋管

水門に類似して徑間概ね是より小さく, 目的上用水取入又は悪水排除を主とし舟航を從とする工作物を樋門又は樋管と呼び, 關東地方の一部では之を坎樋とも呼ぶ。

河川法に所謂河川に關する工事の爲に必要なを生じた他の工事として, 河川改修の附帶工事として施行せられる場合が頗る多い。

樋門又は樋管は水門と異なり, 堤防を横斷する暗渠として築造せられるのが普通で, 徑間の大きいものを樋門, 小さいものを樋管と呼ぶのが一般の慣例であるが, 兩者の間に截然たる區別はない。従つて樋管は殆ど舟埠を通せず排水だけを目的とする。

1) 材料 木造, 煉瓦造, コンクリート造, 鐵筋コンクリート造などがある中で, 近來最も多く行はれるのは鐵筋コンクリート造である。

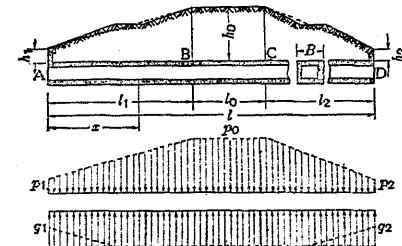
2) 断面 煉瓦造の場合には通例頂部を拱形にした拱渠が採用せられるが, 鐵筋コンクリート造の場合には方形又は矩形断面の函渠が最も多く, 断面積の小さい樋管には鐵筋コンクリート圓形管を用ひる場合もある。

通水断面積は最大取水量又は排水量から決定せられ, 舟航の從目的を有する場合には通航船舶

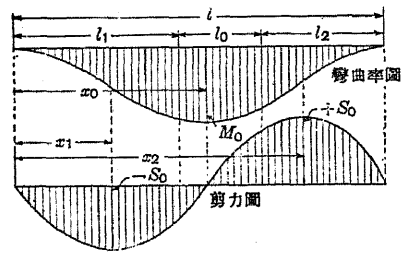
の最大寸法によつてその幅員を決定する。我が國の河川改修に於ける附帯工事とし築造せられた排水用樋門、樋管の斷面積は排水面積 100 ha につき 0.6~2.5 m<sup>2</sup> が普通で、緩流河川では平均 1.0 m<sup>2</sup>、急流河川では平均 2.0 m<sup>2</sup> 位になつてゐる。

函渠は幅員よりは高さを稍々大きくするのが經濟的であつて、通水斷面の關係上高さに比して著しく幅を増す場合には中間に隔壁を設けて 2 聯又は 3 聯函渠に造る。2 聯 暗渠の場合には之を双渠と言ふ。

3) 渠體 拱渠又は函渠として横斷面に就いての計算を行ふ外に、縦斷面に就いては桁として計算しなければならない。蓋し河川堤防を横斷して築造せられた暗渠は大體梯形荷重と拋物線形反力とを蒙る中空斷面の桁として彎曲應力及び剪應力を受け、此の彎曲が暗渠破壊の原因となる場合が珍しくないからである。



第 368 圖 暗渠の外力



第 369 圖 暗渠の應力

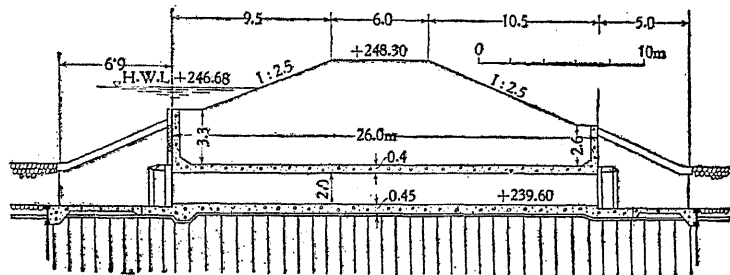
第 368 圖は堤防横斷面、暗渠縦斷面、安全の爲に等變反力を想定した場合の外力圖を示し、第 369 圖は此の想定の下に計算した彎曲率圖及び剪力圖を示したものである。

4) 基礎 等變反力の假定を採用した場合でも  $q_1 \neq q_2$  であるから、基礎杭は同一寸法のもの暗渠全長に互つて同一間隔に配置すればよいが、安全の爲には兩端よりは中央の杭寸法を増し、或はその間隔を縮小して反力を荷重の變化に對應せしめる。

暗渠の前後兩端には必ず相當の長さの矢板を打込んで

透水防止を圖る。

5) 水叩 暗渠呑口及び吐口には洗掘防止の爲に水叩を設ける。石張、コンクリート又は鉄筋コンクリート版が用ひられる。場合によつては水叩末端にも矢板を打込む。



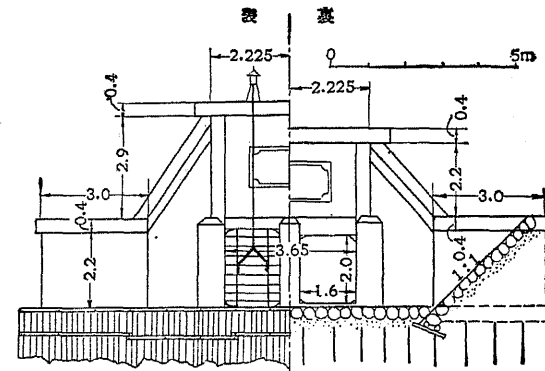
第 370 圖 富士川増穂樋門縦斷面

6) 翼壁 暗渠呑口及び吐口の左右は堤防との取合を完全にし、土砂の崩壊を防止する爲に左

右に開いた翼壁を設け、且之に接続して水路の兩側に袖石垣を設ける。

7) 胸壁 暗渠兩端の頂部には胸壁を設けて土砂の崩落を防止すると共に門扉閉閉の爲の踊場を造る。之を正面壁とも言ふ。

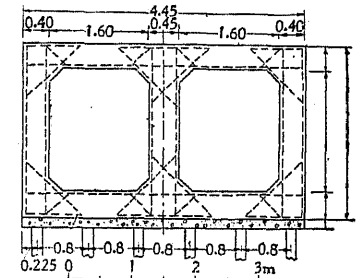
8) 門扉 樋門又は樋管用の扉には斜接扉、引揚扉、鉛直軸の周りに廻轉する旋開扉、水平軸の周りに廻轉する垂扉などが用ひられる。木造、鋼製或は兩者併



第 371 圖 増穂樋門正面

用の合成扉が使用せられるが、取付鐵物以外は木材にする場合が最も多い。開閉機は多くは手動により大型樋門に對して稀に動力を用ひる。洪水時門扉が危険に瀕した場合の非常締切用として樋門又は樋管の川裏側末端には戸溝を設けて角落を備へるのがよい。

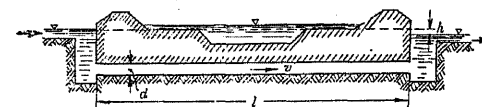
第 370 ~ 372 圖は夫々富士川改修工事に於ける増穂樋門の縦斷面、正面、横斷面を示す。



第 372 圖 増穂樋門横斷面

### 151. 伏 越

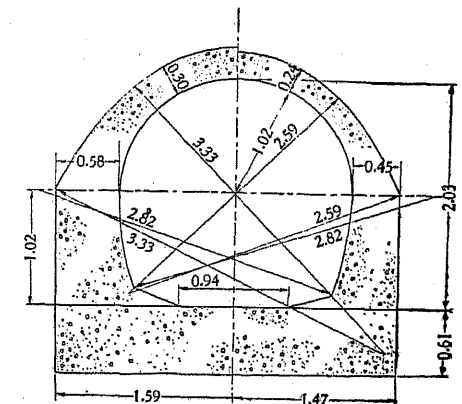
用排水路が河川、運河等と交叉する場合に之を横斷してその河床下に設けられる第 373 圖の如き工作物を我が國では伏越又は伏樋と呼び、同じく附帯工事として施工せられる場合が少くない。



第 373 圖 伏 越

コンクリート又は鉄筋コンクリートの拱渠、函渠又は管渠として築造せられ、その兩端には堅坑を設けて用排水渠と聯絡する。

我が國の河川改修の附帯工事として施行せられた伏越の著名なる例は岡山縣の高梁川筋淺口郡船穂村大字水江地先に設けられたもので、右岸堤内 1 020



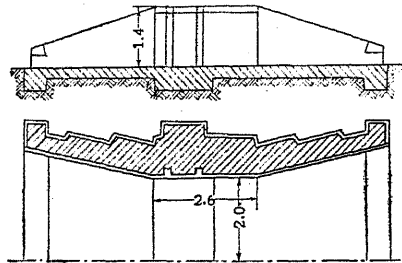
第 374 圖 高梁川水江伏越横斷面

haの水田に對して左岸から最大 4.7 m<sup>3</sup>/sec の灌漑用水を送ることを目的とし、長さ 735 m、断面は第 374 圖に示す様な幅 2.03 m、高さ 2.03 m の馬蹄形である。

洪水期間中樋門、樋管類を閉鎖する結果堤内地の一部に湛水を見る様な場合には別に堤内に排水用の幹線水路を設けて河川下流部に於て、又は直接海に向つて排水せしめることがあり、之を内水幹線と呼んでゐるが、内水幹線工事の爲には屢々伏越を必要とする。木曾川、淀川の如きがその例である。

### 152. 陸 閘

堤内と堤外との交通の爲に坂路によつて堤防を乗越える代りに堤防を或高さまで切開き、洪水時には之を締切る構造とした工作物を陸閘と呼び、我が國の河川堤防に於ても各地にその例がある。



第 375 圖 陸 閘

陸閘は堤防の弱點であり、管理が嚴重を缺いて出水時締切の時機を失すると不測の災を醸す虞があるから、成るべくその箇所數を減するのが望ましい。

陸閘の構造は第 375 圖に示す様に左右兩側の堤防切斷面を煉瓦、コンクリート、鐵筋コンクリート擁壁を以て保護すると同時に底面をコンクリートで固め、擁壁には幅 10~25 cm の戸溝を設け、出水時には之に

角落又は堰板を挿入し、その内側に土俵などを積んで水留とするのであるが、1 m 位の間隔を以て 2 條の戸溝を設け、堰板を 2 重にした間に土砂を填充して締切を行ふものもある。

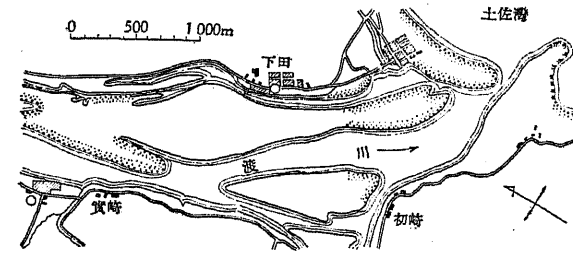
陸閘の幅は前後の道路幅員から定り、3~6 m が普通であるが、幅が大きい場合には洪水締切の場合に限つて中間に中柱を建込み 2 徑間にする。敷高は計畫高水位と同高又は是より稍々低くするのが普通であつて、此の場合は堤防の安全を脅される危険が少い。場合によつては敷高を堤内地盤と同高にすることがあり、此の場合には計畫高水位以下 1.0~1.5 m に下ることがあつて嚴重なる管理を必要とする。

## 第五章 河口改良

### 153. 河口の埋塞

河口が土砂の爲に埋塞するのを防止することは常に洪水快疏を目的とする高水工事として必要であるばかりでなく、舟航を目的とする低水工事としても必要である。唯前者の爲には一定の流水断面積が與へられさへすれば、特定の水深を必要としないのに反し、後者の爲には船舶の出入

を可能ならしめるに足る一定の水深を必要とし、同時に河口に於て打込波による碎波を生じないことを要する。例へば茨城縣那珂川河口(那珂湊)、千葉縣利根川河口(銚子)、静岡縣狩野川河口(沼津)、兵庫縣圓山川河口(津居山)、鳥取縣千代川河口(賀露)などの様に高水工事の目的を達した



第 376 圖 渡川河口

ただけでは船舶の出入を安全且確實ならしめるには足りないのである。

河口埋塞の原因は之を三大別する。

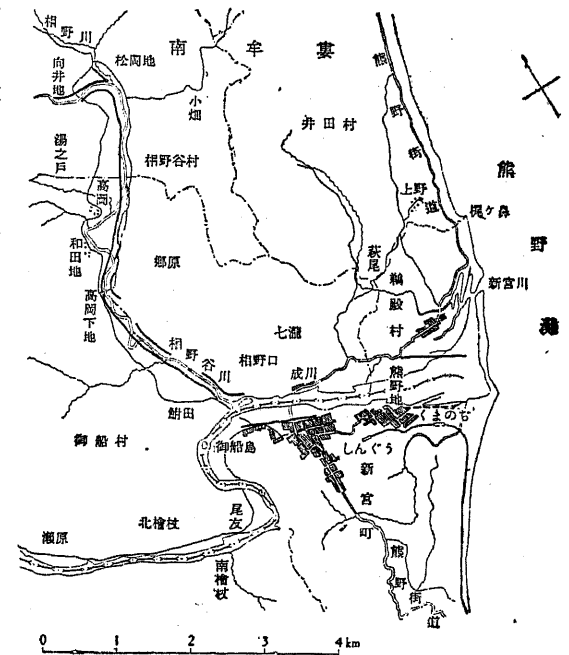
1) 流送土砂 河川が上流から流送して來た土砂を流水勢力の喪失した河口附近に沈澱せしめる結果河口を埋塞する場合。

2) 漂砂 潮流又は風浪の作用による海岸漂砂の爲に河口を埋塞せられる場合。特に主潮流に伴ふ副潮流として常に一定の方向に流れる沿岸潮流、又は日本海沿岸に於ける冬季の西北風の如き強い恒風に基因する漂砂などは河口埋塞の有力なる動因をなすのである。

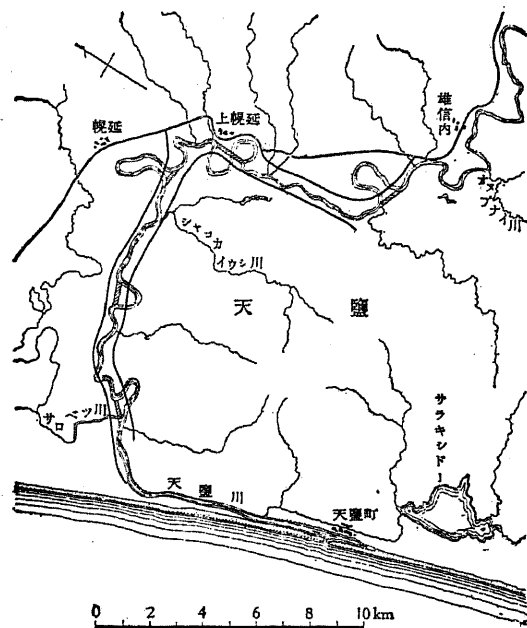
3) 移動砂丘 海岸砂丘が風の爲にその方向に移動する結果河口を埋塞する場合。砂丘とは波浪の爲に海濱に打上げられた砂が更に風によつて後方に吹送られて丘狀に堆積したものを指し、山形縣や新潟縣の海岸にもあるが、その最も著しいものは茨城縣鹿島灘沿岸の砂丘と鳥取縣蒲生川河口から千代川河口に亙る大砂丘とである。

是等の原因は多くの場合相伴つて起るを常とするが、潮流又は風浪の爲に水中を海濱に沿つて移動して來た漂砂が河口附近に於て河水と衝突し、或は河水によつて上流から流送せられて來た砂礫が同じく河口附近で逆風浪と衝突する場合に生ずる砂洲は通例次の様な二つの形態を取る。

1) 河川の流量が大きいか、風浪が弱い季節には砂は河水の爲に海中遠く押流され、河川の流量が小さいか、風浪が強い季節には砂は河口に沈澱して之を埋塞する。本邦河川の多くは此の理によつて冬は殆ど



第 377 圖 新宮川河口



第378圖 天鹽川河口

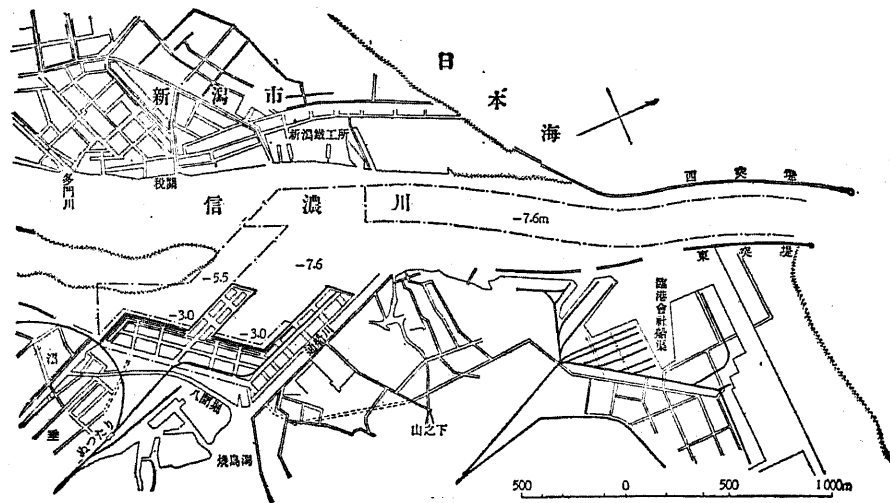
河口を埋塞せられ、夏の出水に際して砂洲を洗掃し、此の現象を無限に循環せしめてゐる。阿武隈川、渡川(第376圖)、新宮川(第377圖)その他大小の河川に此の實例が多い。

2) 河川の流量と漂砂の原因である風浪又は潮流とが平衡を保つ場合には砂洲は漸次漂砂の方向に延長して河口をその方向に曲げる。我が國に於ても日本海沿岸の大河川は此の理によつて河口が彎曲する傾向があり、北海道の石狩川の流末は海濱に沿つて東北に流れること約4 km、同じく天鹽川(第378圖)は同じく南に流れること約7 km に達してゐる。

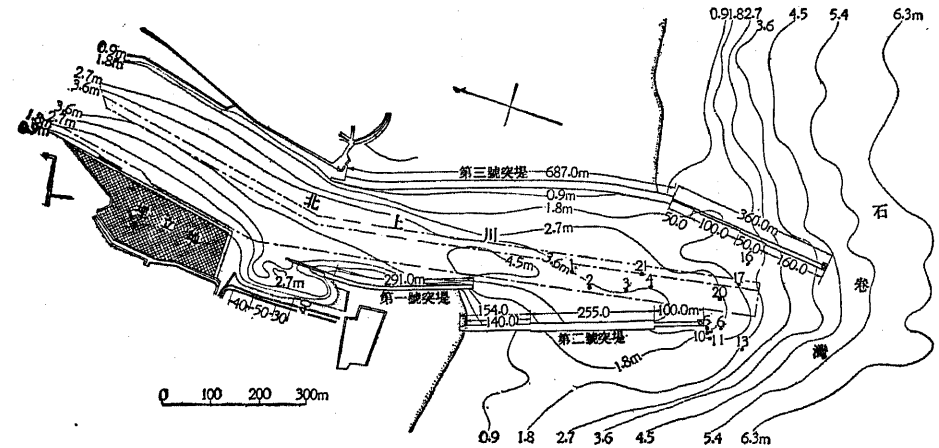
154. 河口維持

河口を維持する方策は上記3個の原因に對して各別に講ぜられなければならない。

1) 流送土砂の對策 流送土砂が夥しくその沈澱が河川の流末全般に亘る場合にはその河口を

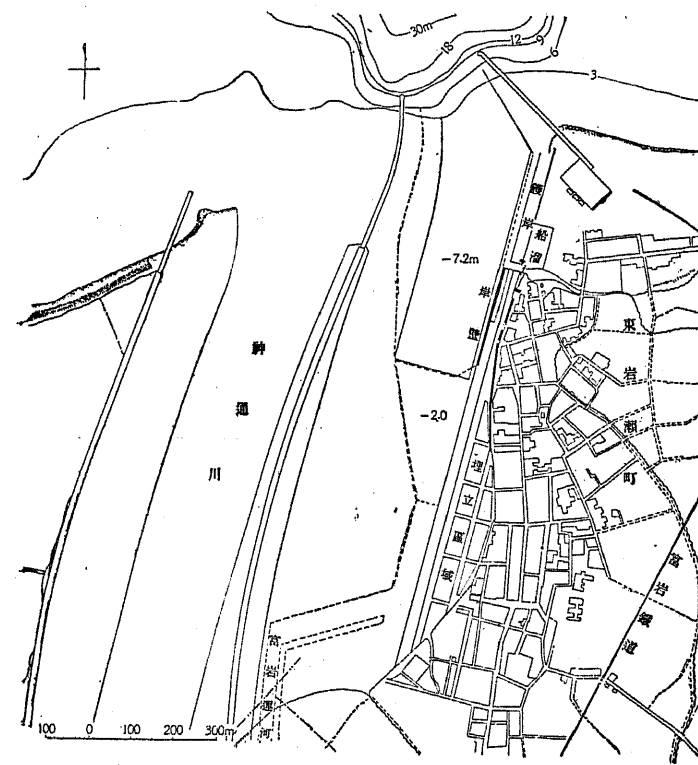


第379圖 信濃川河口



第380圖 北上川河口

船舶出入の爲に利用し得る程度に改良することは殆ど不可能に屬し、或は水路附替を行ひ或は分水路を設けて洪水時放水路と航路とを分離することが唯一の對策であつて、雄物川河口の土崎



第381圖 神通川河口

港、信濃川河口の新潟港、小矢部川河口の伏木港、北上川河口の石巻港などがその適例である。

第379圖の信濃川河口は新信濃川開鑿の結果洪水による夥しい流送土砂の災厄から免れたので、河口に延長1517 mの西突堤及び615 mの東突堤を設けて港内を-7.6 mに浚渫し、以て新潟港を修築することに成功したのである。

又第380圖の北上川河口は同様に新北上川開鑿の結果洪水と絶縁するに至つたので河口に延長夫々1047 m及び509 mの東西兩突

堤を設け、石巻港の港内を -4.5 m に浚渫して河口改良の目的を達した。

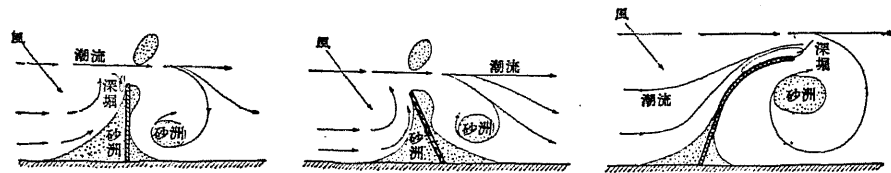
次に最上川河口の酒田港、神通川河口の東岩瀬港などは河口附近に限り水路附替を行つて河口を移動せしめ、舊河口を港口として廢川敷に港灣を營んだものであつて、同じく河口改良の一種に數へられる。

第 381 圖は神通川河口を示す。東突堤は延長 410 m、西突堤は神通川新河口右岸に設けられて延長 320 m である。

是等の河川と異なつて流送土砂が左迄著しくなく、且その沈澱堆積が河口附近に限定せられる場合には導流堤を海中に突出して、その堤頭を相當の水深箇所に達せしめさへすれば従來河口附近に沈澱した土砂を深海に運んで河口の埋塞を防止し得る場合が多い。

導流堤の目的は流水幅を狭めて流速を増し、その洗掃力を利用して河口を維持するにあるから原則として左右 2 本を設け、その間隔を堤頭に近づくに従つて漸減するのを常法とするが、河口附近で流路が彎曲し流心が凹岸に偏する場合にはその凹彎曲の側だけに曲線導流堤を設けさへすれば相當の水路幅と水深とが維持せられる。此の場合凸彎曲の側にも導流堤を設けるとすればその長さを前者より多少短くする。河川が彎曲しない場合でも潮流、恆風などの關係上導流堤を曲線形に造る場合には潮流に對して上流、恆風に對して風上のもを長くするのがよい。

2) 漂砂の對策 漂砂に對しては海中に防砂堤を突出し、之によつて砂を停留せしめるか、或は防砂堤の方向を漂砂の方向に順應せしめて砂を堤頭附近の深海に導くのが一般の對策である。蓋し漂砂の特に激しい砂濱に於ては防砂堤によつて完全に之を阻止することは不可能であるから、巧に之を誘導して河口の埋塞を防止するのである。一般に海濱に直角又は漂砂の方向に反して傾斜した防砂堤はその外側に砂洲を生じ易いが、漂砂が激しい場合には直ちに埋没し、更にその堤頭を掠めて砂の移動が起るから河口の防砂堤は必ず恆風又は潮流の方向に傾斜又は彎曲せしめる(第 382 圖)。



第 382 圖 防砂堤の方向

特別に漂砂の激しい海濱では河口に於ける 1 本の大防砂堤だけでは漂砂防止の目的を達することが出来ないから、更にその外側に數本の短い副防砂堤を並設することが効果的である。是等の副防砂堤はその内外兩側に砂を停留せしめるのが目的であるから何れも海岸に直角に造り、その間隔は堤長の 2 倍前後に選ぶ。

3) 移動砂丘の對策 海濱の砂が風の爲に吹送られ、河川敷内に堆積して河口を埋塞するのに對しては海岸砂防工事を施して砂の移動を防止する。此の場合に防砂堤又は導流堤の根幹部を多少高めて砂防の用に供することもあるが、是等は殆どその功を奏せず、砂は幾許ならずして堤體を埋没して之を乗越すに到るのを常とする。

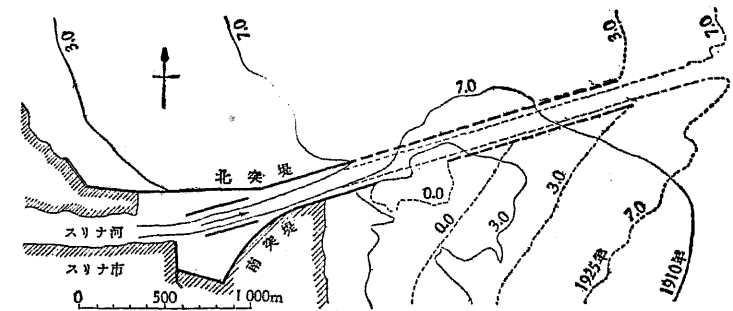
砂丘の移動を防止する爲に砂自體の力を利用して是が安定を圖るのが海岸砂防工事の要諦であつて、普通に行はれる方法は簀立工、粗朶柵工、連東葉工の如きものを縦横基盤目に施工してその間に砂を溜め、是等の假工事が砂に埋没すれば更にその上に同一工法を繰返して砂丘を固定し、その間にグミ、ハゲシバリの様な砂地に適する灌木を生育せしめ、追つて松苗等を植付けて防風林を造成するのである。松苗を植ゑる場合に一面に敷葉工を行へば、砂の飛散を防ぎ、水分の蒸發を妨げると同時に葉が腐つた時にはそれが苗木の肥料となる。此の種の海岸砂防工事の成功せる實例は茨城縣村松海岸、大洗海岸等に見出される。

155. 河口突堤

河口に造られる防波堤、導流堤、防砂堤兼用の工作物を突堤と言ふ。

1) 方向 突堤の方向

は漂砂のない海濱で河川の流送土砂を深海に導くと同時に水落の水深を維持するだけの目的の場合には河川流路に倣つて直線又は曲率の小さい曲線で海岸から直角に突出してよいが、漂砂を伴ふ潮

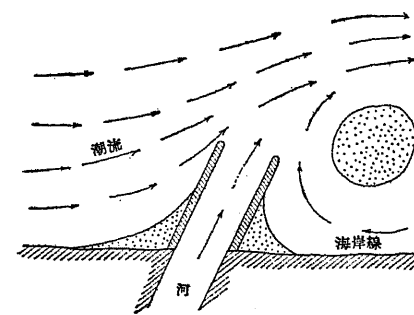


第 383 圖 スリナ河口

流又は強風のある海濱では潮流又は強風の方向に順應した曲線で海岸から斜に突出するのがよい。

ナイル河、ドナウ河、ミシシッピー河、遼河などの河口突堤は前者の例であつて、第 383 圖はドナウ河三角洲の中央水道スリナ河口を示す。

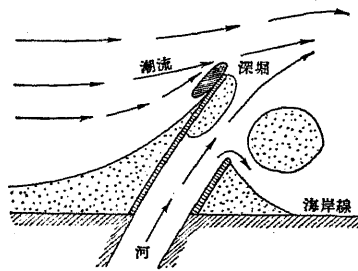
又後者の場合に於ては第 384 圖の如く潮流と河水とが相俟つて土砂を河口から洗掃する利益があり、上流側又は風上側の突堤を多少長くした方が一層効果的で



第 384 圖 平行突堤

あると同時に船舶の出入にも便利であるが、兩岸の突堤延長が相違し過ぎる場合には第385圖の様に長い方の突堤の内側及び短い方の突堤の堤頭に近く砂洲を生じ、却つて航路を不良ならしめる。

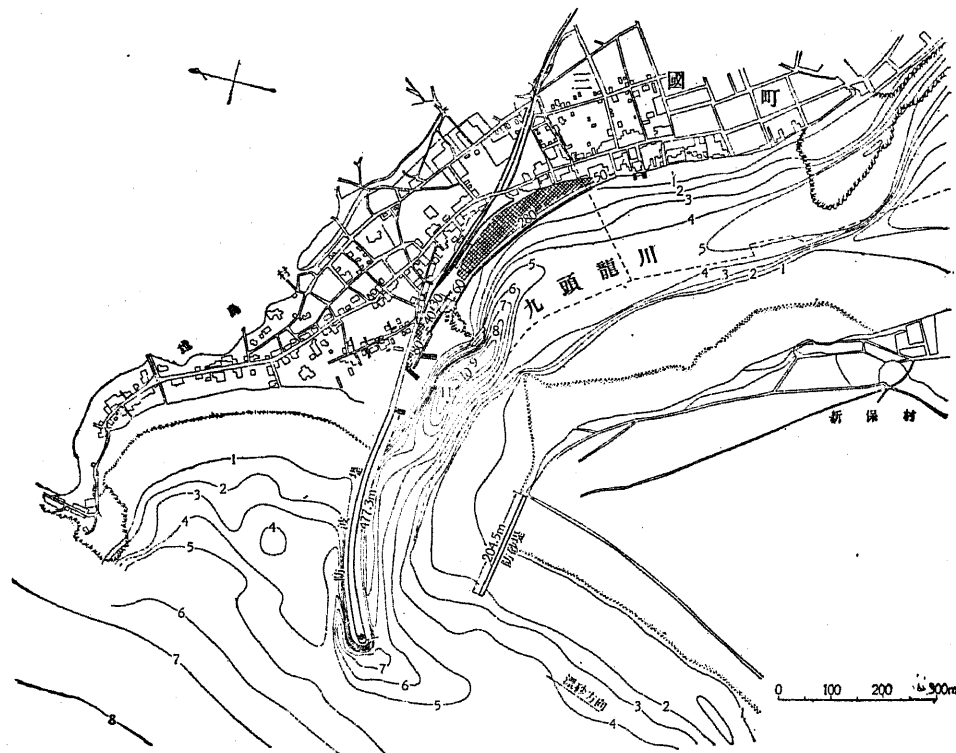
2) 長さ 突堤の長さは所要の水深に相當する等深線附近まで延長するのが原則であるが、漂砂を顧慮する場合には波浪の小さい海濱では平均干潮面以下5m、波浪の大きい海濱では同じく6~7mの水深に達すれば海底の砂の移動がないものと考へてよい。



第385圖 跛行突堤

但しドナウ河、ミシシッピー河などの様に流送土砂の多い河川では突堤を延長するに従つて砂洲前進する傾向があつて、更に突堤の延長を必要とする場合が多い。遼河河口の如きもその例である。

3) 高さ 突堤の高さは單に防砂及び導流だけを目的とするならば平均満潮面と同高、或は是より低くても差支ないが、防波を目的とする場合には平均満潮面上 1.2~1.5m に造るのが通例である。



第386圖 九頭龍川河口突堤

4) 構造 突堤の構造には捨石堤、コンクリート・ブロック堤、矢板堤、捨石及びブロック混成堤、函塊堤などが採用せられる。

突堤に就いて特に注意すべきは河口突堤は河川の流れを誘導する關係上その内側に沿つて洗掘を蒙ることである。突堤が曲線形に造られた場合には特にその傾向が著しいから、捨石、粗朶沈床などによつて洗掘防止を圖る。第386圖は九頭龍川河口の突堤であつて、左岸は防砂堤、右岸は防波堤の效用をなし、前者は捨石及びブロック混成堤、後者は捨石堤である。