

論 説 報 告

第 21 卷 第 9 号 昭和 19 年 9 月

信濃川水力発電取水堰堤假締切工事に就て

會 員 工 學 士 小 川 金 治*

On the Construction Work of the Cofferdam for the
Sinanogawa Hydro-Electric Work

By Kinzi Oda, C. E., Member.

要 旨

本編は鐵道省信濃川水力発電取水堰堤假締切工事の内主として假締切に關し、設計、施工及び費用に就き記述したものである。

第 1 章 概 説

鐵道省信濃川水力発電工事の内取水設備は新潟縣中魚沼郡貝野村に施設され、此處に信濃川を横斷する取水堰堤を造り、其の直上左岸に取水口を設けるのである（第 1 圖及び第 2 圖参照）。取水堰堤はコンクリート造直線重力型で、容積約 78000 m³、頂延長 530 m ある。その内 181 m は溢流堰堤で他は無溢流堰堤並に魚梯及び流筏路よりなつてゐる。溢流堰堤は基礎盤より頂高まで最大 9.7 m、無溢流堰堤は 18.3 m ある（第 4 圖参照）。溢流堰堤の頂高は施工前の信濃川水平面と低水面との中間にあるが、この上に roller gate 柵間 10.3 m、高さ 7.9 m、重量約 80 t のもの 2 門、柵間高さ各 7.9 m の排砂用のもの 2 門を設けて、この高さだけ水を堰上げて取水するのである。

信濃川この附近の最大洪水量は 5570 m³/sec、平水量は 108 m³/sec、低水量は 156 m³/sec、濁水量は 120 m³/sec であるが、大正 14 年より昭和 9 年に至る過去 10 年間に於ける 557 m³/sec 以上の洪水は平均 1 年間 27 日、895 m³/sec 以上の洪水は平均 1 年間 9 日に及んでゐる。斯の如く平時流量多く、而も屢々洪水の襲來する河水を如何に處理するかが堰堤工事の施工順序を支配する重大なる素因となる。堰堤施工前この附近信濃川本流は平時は第 1 圖に示す如く左岸を流れてゐて、右岸は殆んど陸上部分となつてゐるから、堰堤右岸部を施工することは比較的容易であるが、堰堤左岸部に着手するにはこの莫大なる流量を他處に兼してからでなければならない。これが爲に當工事に於て採用した方法は、先づ陸上部分に介在する右岸部溢流堰堤を先に施工し、次に本編に於て記述する假締切に依つて左岸部を締切ると同時に、河身をして既設右岸部溢流堰堤上に導流せしめ、然る後に堰堤左岸部を施工することである。

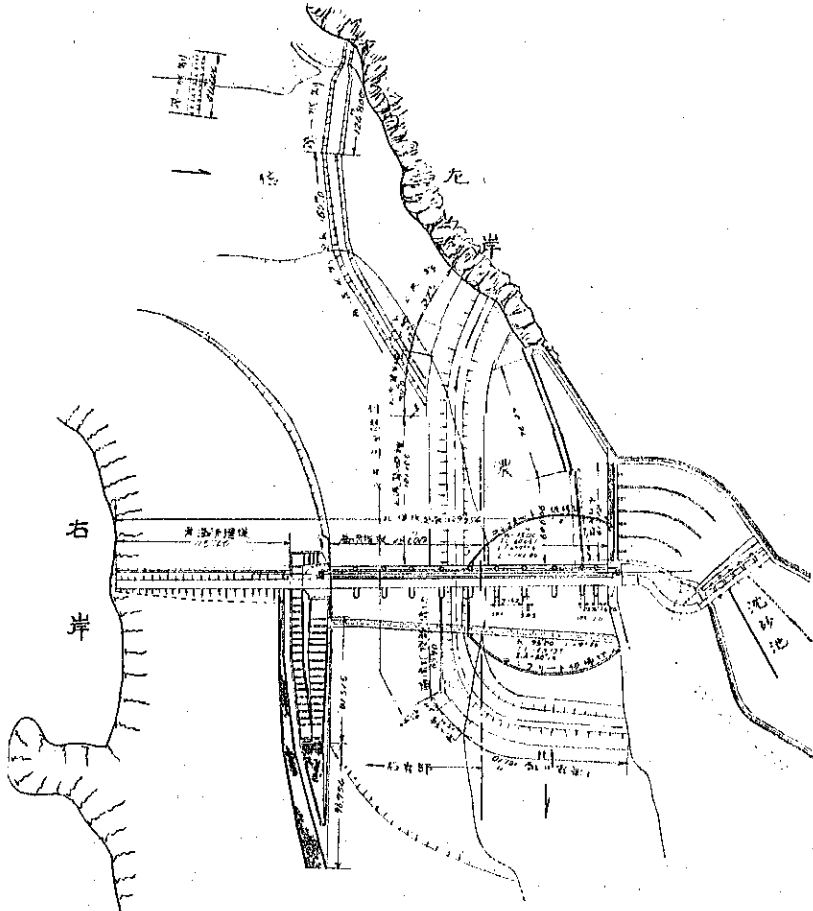
假締切工は第 1 段として川倉と蛇籠とを併用した粗締切を造るのであるが、これでも仕事に支障なき程度に水を制限することは困難であるから、第 2 段として此の粗締切の内側にコンクリートよりなる木締切を造つて、施工區域外に流水を出来る丈驅逐して仕舞ふのである（第 1 圖及び第 3 圖参照）。

此の第 1 段の粗締切は堰堤右岸部竣工後昭和 8 年 12 月栗原組の請負で起工され、9 年 11 月に竣工し、請負

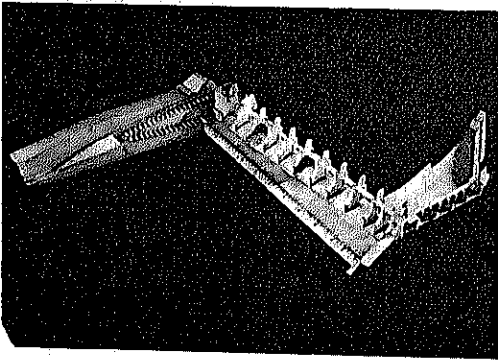
* 鐵道技師 鐵道省信濃川電氣事務所勤務

金額は 365 800 圓で、之にセメント及び電力其の他を入れると 372 800 圓を要したことになる。第 2 段のコンクリート本締切は堰堤左岸部に包含されて昭和 9 年 12 月栗原組に請負され約 228 000 圓を要する見込みである。

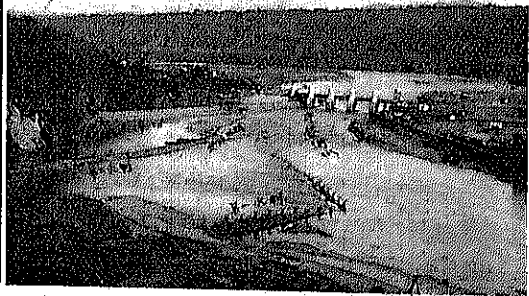
第 1 圖 取水堰堤假締切一般平面圖



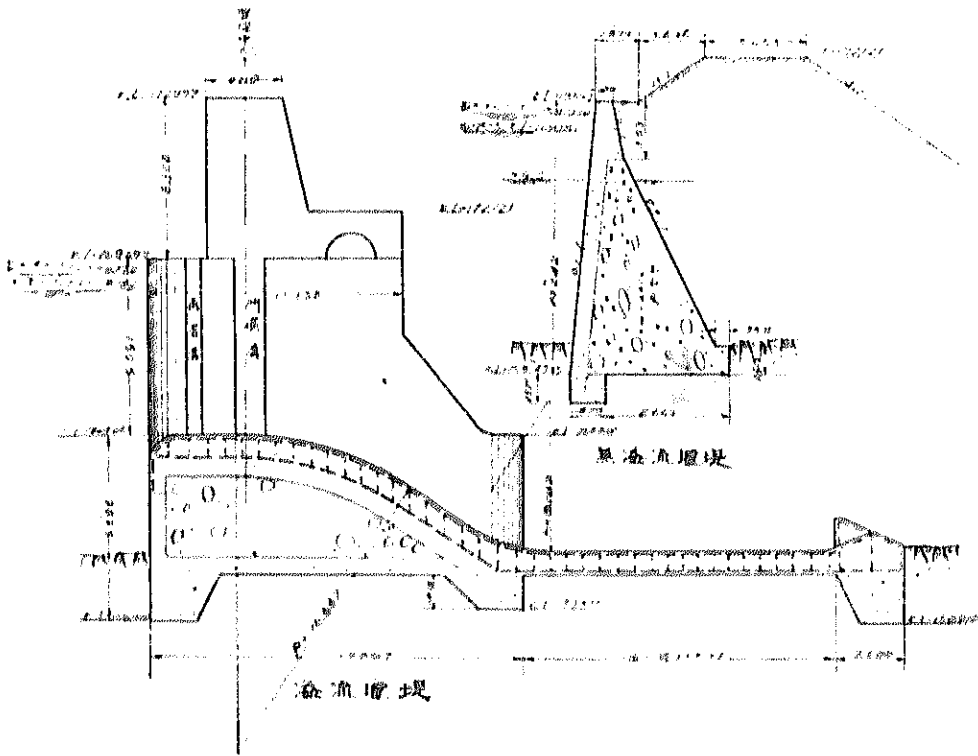
第 2 圖 取水堰堤模型



第 3 圖 粗締切工



第4圖 堰堤標準断面圖



第2章 假締切施工順序

假締切施工順序(第1圖及び第2圖参照)は先づ初めに昭和8年より9年に至る冬の洪水期中に右岸間陸上部分に設くる導水用付替河川の掘鑿に全力を集中し、充分完全な水路を造つて置かなければならない。然らざれば本流を阻したる時水位の上昇を起し、締切の効果減ずることになる。而して之に次ぎ直ちに締切を築造して河身を右岸部に狭きんとして、締切築造箇所は上下流共に水深約10mあり且流速かなり大なる爲にその築造は至難である。これら爲に付替河川掘鑿と相前後して上流に第1及び第2水制を築造し、河身の方向を付替河川に或る程度まで轉向せしめたる後、更に進んで、第2水制と上流締切工より分岐したる分枝水制とを結んで仕舞ふと、ここに初めて流水の大部分は付替河川に移り、既設右岸部溢流堰堤門上を流下する様になる。この第2水制と假設の分枝水制とを結ぶ最後の攻めこそ本工事難中の白眉である。これが出来上ればその内側は静水を湛える様になるから、たとひ水深10mありと雖も締切を築造することは易々たるものである(第5圖参照)。

かくして假締切が出来上ると次いでその内側にあるコンクリート本締切を施工するのであるが、上流下流河川を先に施工するかは假締切を遮断する水に支配されることで、實際は下流より施工した。

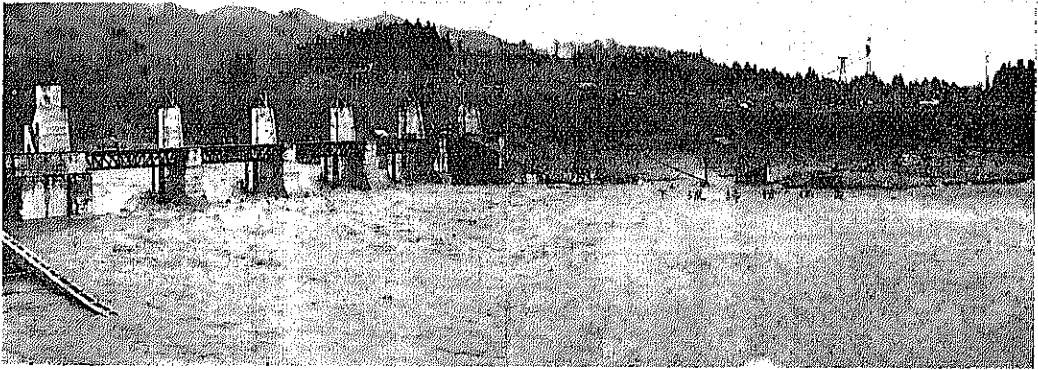
第5圖 假締切工程圖表

作業名	月										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
付替河川掘鑿	[Shaded]										
第1水制	[Shaded]										
分枝水制	[Shaded]										
上流部締切工	[Shaded]										
分枝部締切工	[Shaded]										
本締切工	[Shaded]										
既設堰堤締切	[Shaded]										
右岸部締切工	[Shaded]										
左岸部締切工	[Shaded]										

第3章 假締切構造

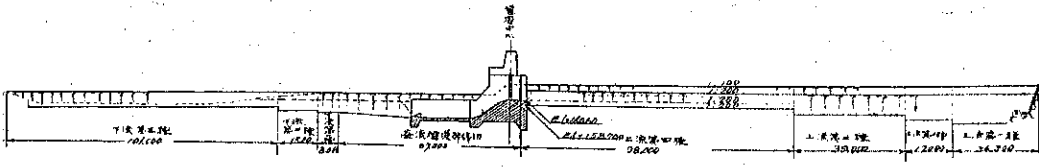
粗締切が完成して河身を右岸部溢流堰堤上に敷した場合に、溢流堰堤は所謂 lawdam であつても、その頂高は低水面以上にあるし、且つ在來の廣い河幅を溢流堰堤 4 門に狭めて流下せしむるのであるから、水位の上昇はかなり著しい。それ故に締切工の天端を幾何の洪水を防ぐ高さに定めるかは重要な事柄である。本設計に於ては締切の天端は毎年 3, 4 回は出ると豫想される $140 \text{ m}^3/\text{sec}$ の洪水を防ぐまでの高さに停め、若しそれ以上に出水した場合は豫め締切内部に水を流入せしめて置き、water cushion に依つて溢流する水勢を中和し、その被害を軽減せしめんとするのである（第 6 圖参照）。

第 6 圖 出水 $1370 \text{ m}^3/\text{sec}$ の爲に假締切を溢流す（昭和 10.4.16）



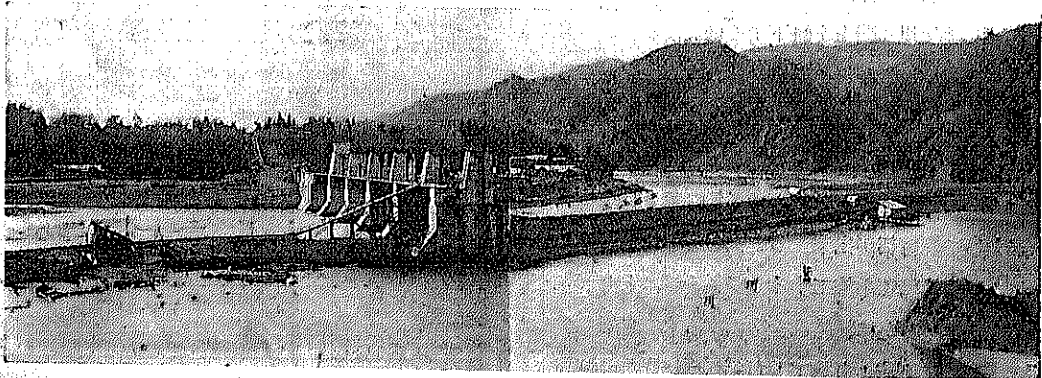
第 1 水制は延長 40 m あり、第 2 水制は延長 285 m あるが、その内 125 m は省負擔で施工し、分岐水制を含む 160 m は構造簡單ではあるが請負人が施工の手段として造つたものである。

第 7 圖 粗締切工縦斷面圖



締切工は上流 182 m、堰堤部 67 m、下流 124 m、計 373 m ある（第 7 圖及び第 8 圖参照）。その断面は第 10、

第 8 圖 竣功せる粗締切（昭和 9. 11. 20）

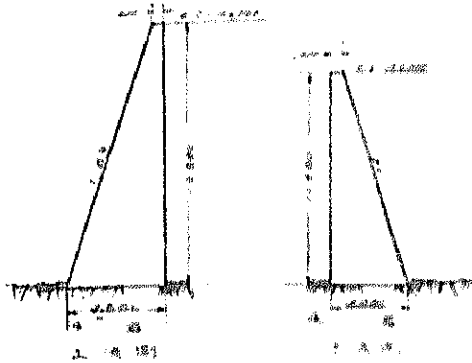


11. 12 圖に示す如し。

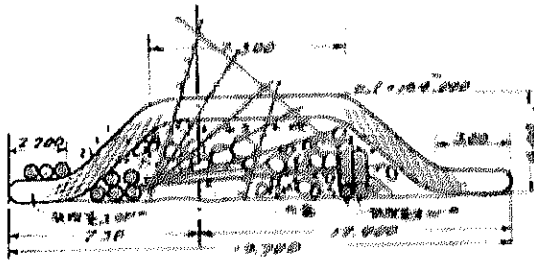
コンクリート締切は上下流共に拱型で、半径 75 m、延長は直線部分を含み上流 107 m、下流 150 m、計 257 m あり。断面は第 9 圖に示す如く梯形で、圧着まで掘削しコンクリートを施工するのである。コンクリート総量 6070 m³、掛懸量は位相を除き 7700 m³ あり。

粗締切の内、水制工及び締切工は共にその構造は川倉を骨とし、玉石或は土礫交り玉石を肉とし、蛇籠を皮として

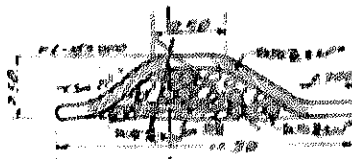
第 9 圖 コンクリート假締切工概観断面圖



第 10 圖 水制工概観断面圖



第一水制(具一)



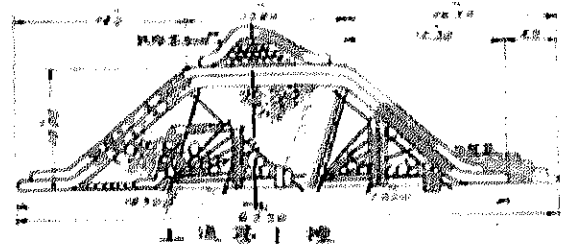
第二水制(具二)



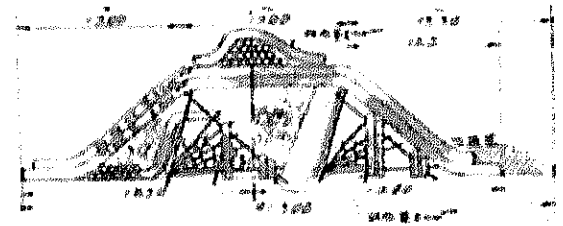
第三水制

であるが、兩者は使用目的上その趣を異にしてゐる。水制工は水流に對して一つの障礙を作り、流水を擧突せしむると言ふよりも寧ろ透過せしめて、その方向を變へる一種の通過工であるから、多少の濁水は却つて良い効果を與へる。之に反し締切工は内部に粘土と玉石交り土礫

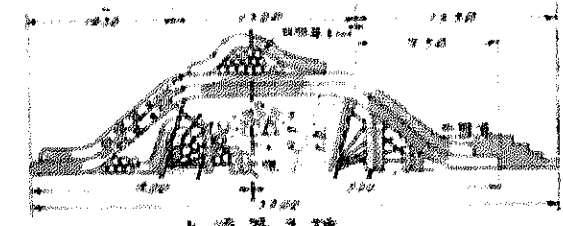
第 11 圖 粗締切工上流側断面圖



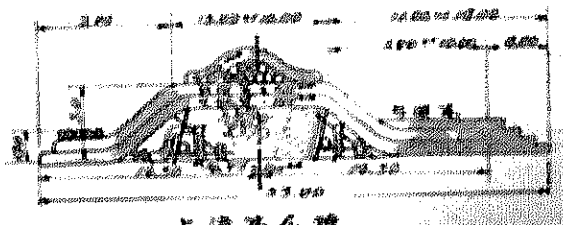
上流第 1 種



上流第 2 種



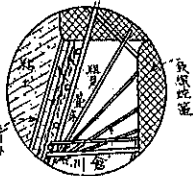
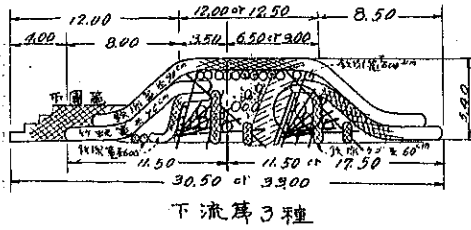
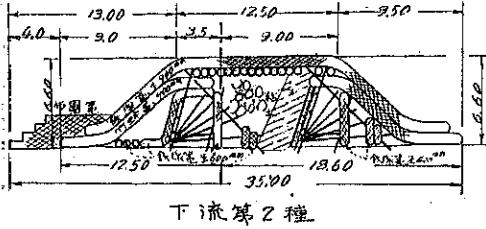
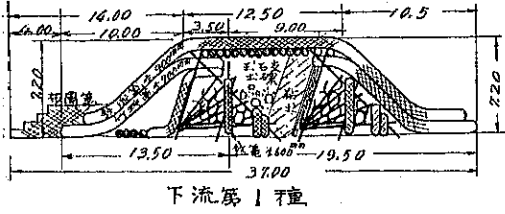
上流第 3 種



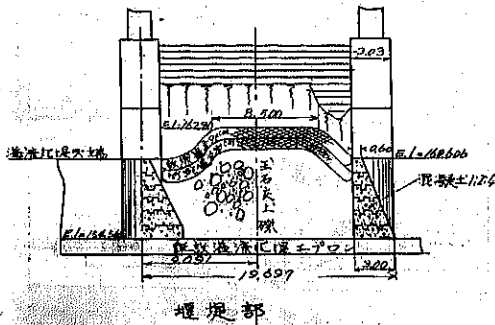
上流第 4 種

とを填充して水流を遮斷する非透過工であるから、場合によつては流水に撃突しても、飽くまで水を遮斷しなければならぬものである。尙この土礫交り玉石を填充することは徐々に沈下を起して、中に泥滓を充たし、流水の滲透を阻止する力はかなり大きい(第10, 11, 12, 13, 14圖参照)。

第12圖 粗締切工下流標準断面圖



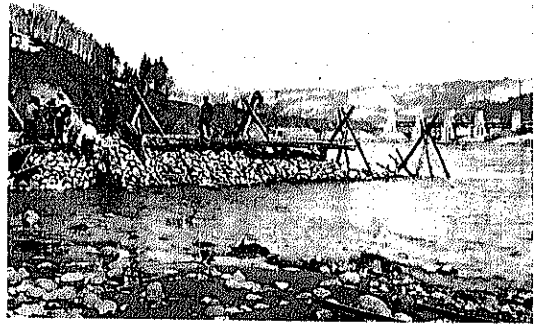
締切粘土填充箇所詳細圖



水制工は川倉を1列に並べ、之に重錘籠を載せて流失せざる様に鎮壓したる後、玉石を填充し、蛇籠で覆ひ第10圖に示す如き断面を形成するのである。締切工に於ても之と略々同様であるが、之は川倉を前後2列に並べ、後の川倉の前側には粗梁を密に建懸け、之を疊て抑へ、その上にシートを張り、その前に幅2mの粘土を詰め、然る後土礫交り玉石を填充し、蛇籠で覆ひ、裾には浦圍籠を据えて溢流せる場合の洗掘に備へ、かくして流水を遮斷して仕舞ふのである。

締切工の骨を形成する川倉は、當所で使用せるも

第13圖 第1水制

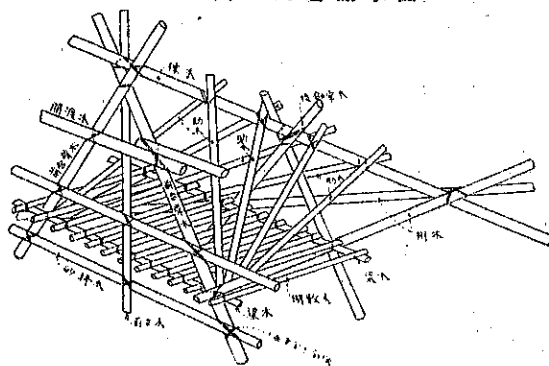


第14圖 粗締切工上流第4種

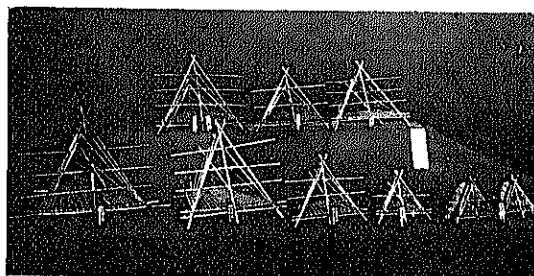


のは構造上純然たる川倉ではない。川倉と鳥脚(越中三叉)とを混用した一種の改良枠である(第15, 16 圖参照)。2 對の合掌木を有する點から見れば川倉であり、肋木を幾本も持つてゐる點から見れば鳥脚にも似てゐる。之は水深大にして流勢激しく、かなり大きな鎮壓を要する場所には好適な牛枠である。上流締切第 2 種水深約 10 m の箇所を設置する川倉は棟木長さ 18 m, 重量約 8 t, 1 基の價格約 500 圓であり、之に重錘籠を載せ土礫交り玉石を填充し、蛇籠を覆ひ、裾に蒲團籠を置いて締切を完成せば 1 m 當り約 1300 圓を要する。

第 15 圖 川倉標準圖



第 16 圖 川倉模型

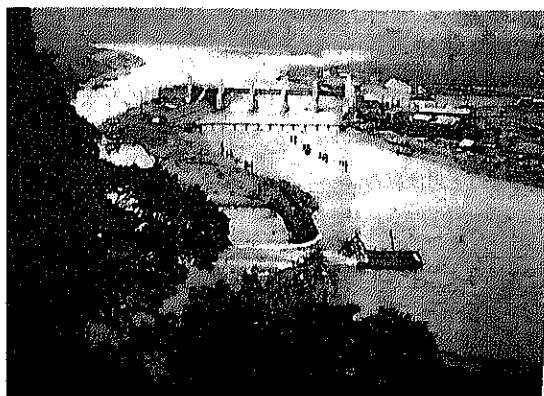


第 4 章 施工方法

第 1 節 水中に設ける締切工及び水制工

水中川倉設置に於て最も困難を感じたのは、第 2 水制と分岐水制とを結ぶ最後の攻めであつた。左岸を流過する河身を右岸に轉向せしめんが爲に、付替河川の拥撃をなし、水制を設けて導流しても仲々思ふ様には行かない、大部分の流水は依然として舊來の左岸を流れてゐる。この最後の攻めの完成を俟つて初めて河身は右岸に導流され水制で囲まれた内部は静水となるのである。さればこの最後の攻めを行ふ箇所は水勢激しく奔湍をなし、施工の困難は想像以上のものがあつた。この箇所水深約 5 m, 水面勾配 1/5 で、設置する川倉は棟木長さ 11 m, 重量約 7 t のかなり大きなものである。之を陸上で組立て、2 艘の pontoon で曳行し、設置箇所より約 20 m 前に來たとき河床に降し、流水を利用し、wire と捲揚機との操作による介錯の下に、所定の位置に据えるのである(第 17, 18 圖参照)。間断なく衝擊を與ふる流水の体力は、このかなり丈夫な川倉 3 基を潰滅せしめたほどである。隧道の支保工は多くは直壓力を受けるが、牛枠の部材の大部分は彎曲力を受ける様に出来てゐるから、激流に設置する川倉はその部材の傾斜加減や牛角の出し方には相當考慮を要する。最大の三角形を得んが爲めに牛角を短かくして結束するが如きは禁物である。所謂角を腐めて牛を殺す所以である。

第 17 圖 第 2 水制最後の攻め



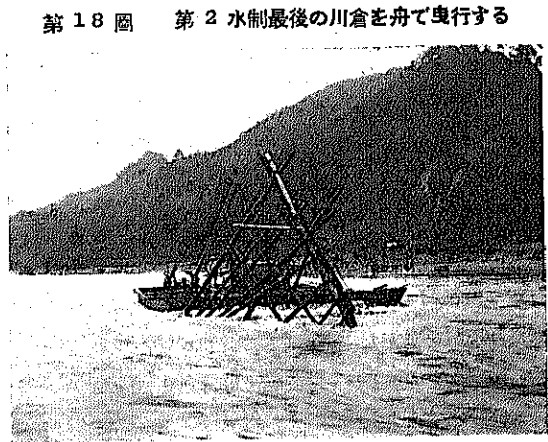
水中に設置する川倉は幾基も數多く一氣呵成に据え、重錘を載せ、然る後に玉石の填充をなせば仕事は早いが、その代り洪水に對する危険が甚だ多い。當所では最初この方法を探つて見たが洪水の爲に多數の川倉を流失したので、小口から遠次に仕上げて行く方法に変更した。

水中の粘土挿入は袋詰が俵詰にして施工する豫定であつたが、實際には殆んど静水中なる爲に、粘土の水中に於ける安息角を考慮に入れて、生粘土を用ひ填充土礫よりも粘土挿入を一步前進せしめて、兩者を並行に施工し得た。

水中に於て川倉に粗梁を縛り付けるには潜水夫を使ふ場合が多かつた。

第2節 鐵線蛇籠と竹蛇籠

蛇籠は鐵線及び竹製兩方を混用してゐる。鐵線蛇籠は竹蛇籠よりも耐久性に於て優つてゐることは勿論であるが、水中では竹製の方が弾力があつて施工に都合がよい場合もある。但し流水の衝擊の極めて大なる箇所では扮竹 3 本編の相當丈夫な竹蛇籠でも扮が折損し、玉石が流失したものが多かつた。用線 4mm、網目 130mm の鐵線籠にはかゝることはなかつた。価格は現場着で鐵線蛇籠の方が竹蛇籠よりも 3~4 倍高い。假締切工の如き假設物に於ては兩者を混用するところに妙味がある様に思はれる。



第3節 コンクリート本締切工

粗締切竣功直後コンクリート締切工に着手した。完成した粗締切がどの位の程度まで、水の滲透を阻止し得るかは不明であつた。初の施工計畫では、コンクリート締切の施工には湧水多量なりと推意して、sheet pile を block に建込み、その中を orange peel dredger で掘鑿する豫定であつた。然るに施工前、粗締切の滲透度を験する爲に、試みに口径 12 吋 50 IP centrifugal pump 3 臺で水替をなしたるに、相當水位の下降を見、小口から矢板で素掘し得ることが可能であると言ふ確信を得た。かくして下流側から施工を始め、小口から木製矢板で素掘をなし、掘鑿土礫は derrick crane と wire 畚との操作によつて排除した。

下流側コンクリート締切の掘鑿に當り最も湧水の多いとき使用した pump の數は、全部 centrifugal pump であるが、口径 15 吋 50 IP 3 臺、口径 12 吋 50 IP 4 臺、口径 10 吋 50 IP 4 臺、口径 10 吋 25 IP 7 臺、口径 8 吋 30 IP 1 臺で、計 750 IP に達し、排除した水は 7300 ft³/min. に及ぶ。それが爲に多量の電力を要し、下流側コンクリート締切工を完成するに要せる電力は約 900000 K.W.H.、金額 20700 圓に達した。

上流側コンクリート締切施工に當つては、床岩が深いこと、砂層が多かつたことゝの爲に木製矢板と sheet pile とを混用した。

而して上記の如く、多數の pump を使用したとは言へ、素掘をなし得たのは、付替河川の掘鑿を充分に行つた爲に、hydraulic gradient が比較的昂らなかつたこと、粗締切の施工が思つたよりも完全に行はれたことゝに因るものと思はれる。

第5章 工費其の他

第1表 粗締切工費

工 種	單 位	數 量	單 價	金 額	記 事
河 川 掘 鑿	m ³	68 559.0	0.900	61 703.100	
第 1 水 制	m	40.0	48.400	1 936.000	
第 2 水 制	〃	82.8	215.000	17 802.000	川倉棟木長 10.9
新 第 2 水 制	〃	42.0	85.000	3 570.000	〃 〃 5.5
上 流 締 切 第 1 種	〃	36.8	1 079.000	39 167.700	
上 流 締 切 第 2 種	〃	17.0	1 274.000	21 658.000	
上 流 締 切 第 3 種	〃	39.0	965.000	37 635.000	
上 流 締 切 第 4 種	〃	98.0	599.000	58 702.000	
溢 流 堰 堤 部	〃	67.0	403.000	27 001.000	
下 流 締 切 第 1 種	〃	8.0	917.000	7 336.000	
下 流 締 切 第 2 種	〃	15.0	793.000	11 895.000	
下 流 締 切 第 3 種	〃	101.0	645.000	65 145.000	
其 の 他				137.000	
支 給 品				計 353 687.800	請負金額
セメント	袋	1 595.0	1.175	1 874.125	
電 力	K.W.H.	600 500.0	0.023	13 811.500	
其 他				9 430.000	無代價品
				計 19 115.625	
			合 計	372 803.425	

之を工費及材料費に分ければ

工 費 238 219.700^円 材 料 費 134 583.725^円

第2表 粗締切従業人員

工 種	人 員
河 川 付 替	33 204 ^人
水 制	7 918
上 流 部 締 切	36 397
堰 堤 部 締 切	6 454
下 流 部 締 切	14 023
其 の 他	88 203
合 計	136 261

第 3 表 粗 締 切 材 料 表

材 料		單 位	上 流 部 切 締	堰 堤 部 切 締	下 流 部 切 締	水 制	合 計
種 別	型 状						
竹 蛇 籠	徑 90cm	m	8099	1403	3007	2744	15163
"	" 75 "	"				1273	1273
"	" 60 "	"	1531			2492	4023
鐵 線 蛇 籠	" 90 "	"	8705	1563	3761	2115	16144
"	" 60 "	"	7104		3300	4816	15220
布 團 籠	1.2×0.64	"	2212		1311	10	3533
粗 朶		束	2736		1435	39	4210
シ ー ト		m ²	983		415		1398
疊 床		枚	487		244		731
粘 土		m ³	1742	200	960		2902
玉 石		"	17787	4349	8675	4274	35085
土 礫		"	5519	2653	2657	2030	12859
川 倉	棟木長12.7	組	6				6
"	10.9m	"	4			9	13
"	10.0 "	"			2		2
"	9.1 "	"			4	1	5
"	8.2 "	"	12				12
"	7.3 "	"			32	4	36
"	6.4 "	"				14	14
"	5.5 "	"				20	20
"	4.5 "	"	52				52
ダ ル マ 籠	1.3×1.5	個				17	17
コ ン ク リ ー ト	1:2:4	m ³		254			254

第 4 表 コ ン ク リ ー ト 本 締 切 工 費

工 種	單 位	數 量	單 價	金 額	記 事
掘 鑿	m ³	7710	8.800	67848.000	請負金額
コ ン ク リ ー ト	m ³	6670	12.000	80040.000	
支 給 品				147888.000	
セ メ ン ト	袋	36215	1.175	42552.025	無代價品
電 力	K.W.H	1440000	0.023	33120.000	
其 他				4600.000	
				80272.025	
合 計				228160.625	

粗締切施工に當り現場材料置場より小運搬をなして完成するまでの工費を細別すれば(材料費を除く)第5表となる。

第5表 粗締切歩掛

種別	品名	単位	第1期			第2期			第3期			第4期			合計
			数量	単価	金額	数量	単価	金額	数量	単価	金額	数量	単価	金額	
川筋材(運搬)	土	m ³	12	20	240	20	20	400	10	20	200	25	20	500	27
	石	m ³	5	3	15	3	3	9	2	3	6	10	3	30	23
	木	m ³	3	3	9	3	3	9	3	3	9	9	3	27	27
川筋材(埋設)	土	m ³	15	20	300	15	20	300	22	20	440	20	20	400	30
	石	m ³	8	25	200	6	25	150	5	25	125	18	25	450	65
	木	m ³	2	25	50	2	25	50	1	25	25	18	25	450	20
築造費	築造費	日	10	10	100	10	10	100	1	10	10	8	10	80	12
	材料費	日	20	10	200	20	10	200	4	10	40	6	10	60	9
	管理費	日	20	10	200	20	10	200	5	10	50	7	10	70	14.8
計	築造費	日	10	10	100	10	10	100	1	10	10	8	10	80	12
	材料費	日	20	10	200	20	10	200	4	10	40	6	10	60	9
	管理費	日	20	10	200	20	10	200	5	10	50	7	10	70	14.8
計	築造費	日	10	10	100	10	10	100	1	10	10	8	10	80	12
	材料費	日	20	10	200	20	10	200	4	10	40	6	10	60	9
	管理費	日	20	10	200	20	10	200	5	10	50	7	10	70	14.8