

中國水利工程叢書

劉澗船閘之設計及實施

張倫官著

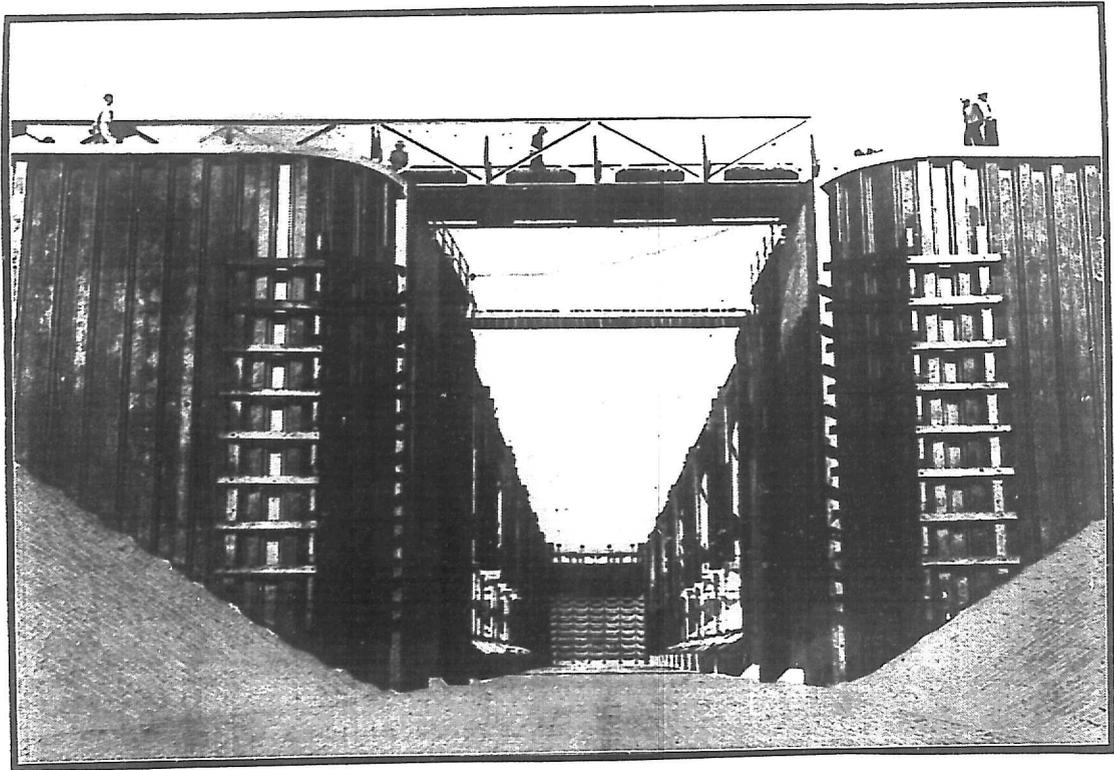
中國水利工程學會發行

中國水利工程叢書

劉澗船閘之設計及實施

張倫官著

中國水利工程學會發行



劉 澗 船 閘

序

昔鄭喬興吳中水利，著書成篇，潘靳治大河洪流，詳錄於卷，不獨誌所經過，貢其一得，要亦質諸高明，精匡三失。是知躬承其役，思慮或有未周，樂觀厥成，敘述豈容獨缺。况導淮爲百年大計，船閘係新式巨工者哉。溯民國二十三年四月，導淮委員會設立劉澗船閘工程局於江蘇之宿遷，委戈君誦樓爲局長，倫官爲工程師。其時戈君辦理疏浚六塘河工未畢，不克就任，局長職務，乃由倫官兼代。而倫官適在導淮會校核邵伯淮陰劉澗三船閘設計竣事，奉命後，即馳赴宿遷組局進行。是年八月，戈君來局視事，從此指導得人，遵循有自，惟戈君同時兼任江蘇省政府導淮入海工程處總工程師，東西奔走，席不暇煖，逮於今年四月以積勞成疾，薨志九京。戈君長才卓識，一旦云殂，其應響所及，豈獨倫官個人失其南鍼者哉。所幸船閘工程，上仰 委員長暨總工程師之啓迪引發，下賴諸同仁之協力勸勤，並慎守戈君之遺規，得於二十五年七月全部告竣，爰將工程設計及實施經過，彙成此篇，作一忠實之報告。自知諳陋不文，誤謬必多，尙希邦人君子，進而教之，幸甚幸甚。本篇之成，承沈建初王君麓吳崇彬吳友仁孫子容諸君協力襄助，或搜羅材料，或詳加校閱，或繪製圖表，著者深爲銘感，并以誌謝！

民國二十五年八月 鄞縣張倫官於宿遷工次

劉澗船閘之設計及實施

目 錄

第一章	總論	1—7
第一節	引言	1
第二節	船閘地位及概要	2
第三節	工程經費及實際施工進行時期	3
第四節	船閘造成後之利益	7
第二章	設計	7—31
第五節	設計之根據及規定	7
第六節	閘牆 (Lock wall) 之設計	8
第七節	撐牆 (Buttress or Counterfort) 之設計	12
第八節	基脚 (Footing) 之設計	16
第九節	基樁 (Foundation pile) 之設計	24
第十節	鋼板樁 (Steel sheet pile) 之設計	25
第十一節	輸水道閘閘 (Valve) 之設計	26
第十二節	輸水道大小及進水出水時間之計算	26
第三章	實施	31—53
第十三節	土工	32

	a. 開塘土工	
	b. 引河及築堤	
	c. 防黃圍堤	
	d. 填土工程	
	e. 中運河攔河壩	
第十四節	材料之處置	35
	a. 材料到工之呈報檢驗及記錄	
	b. 沙石水泥之過篩及沖洗	
	c. 混凝土樑之製造與試驗	
第十五節	基樁工程	38
	a. 基樁之編號及監工	
	b. 施工之困難及速度	
	c. 木樁之掘驗及斷裂情形	
	d. 打樁方法及其荷重之計算	
	e. 基樁荷重之實驗	
	f. 拉力樁 (Tension pile) 之添設	
第十六節	鋼板樁工程	45
第十七節	鋼筋混凝土工程	45
	a. 鋼筋之紮配	
	b. 下游閘基之澆製	
	c. 上游閘基之澆製	
	d. 上下游閘牆及其他零星工程之澆製	
第十八節	鐵工及石工	51
	a. 閘門及活動橋	
	b. 石工	

o. 輸水道鋼管

第十九節 整理工程53

第四章 討 論53—61

第二十節 基礎之設計及施工應取之態度53

第二十一節 運用工程新聞公式之討論54

第二十二節 石子採取方法之討論56

第二十三節 水泥之貯藏及其單位容量之討
論57

第二十四節 混凝土加水量之討論58

第二十五節 混凝土在水凍時工作之討論58

第二十六節 船閘各部佈置及設計之討論59

劉澗船閘之設計及實施

張 倫 官

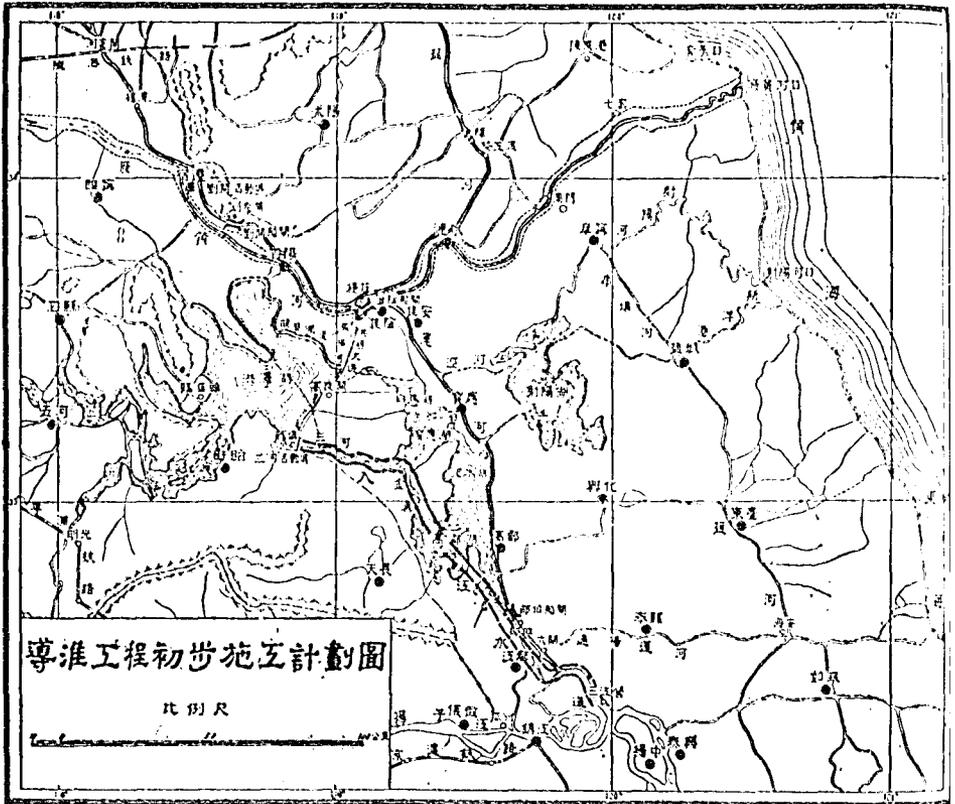
第一章 總 論

第一節 引 言

劉澗船閘，爲導淮航運工程計劃中七閘之一。導淮工程計劃治運綱要曰：「運河中設七閘，初辦以通行九百噸船爲準，但留將來擴增至二千噸之餘地。七閘所在，自揚子江起：一，邵伯鎮，二，淮陰，三，劉老澗，四，河定閘，五，得勝閘，六，義家口，七，蔣家溝，以達黃河。各閘之間，水深不足者，挖深之，堤缺者，完補之，增高之；舊閘一律廢除。」夫導淮之說，由來已久，徒以工大款巨，兼以經緯萬端，衆說紛芸，是以屢起屢敗，實施無期，卒使淮民不食水之利，而受水之害，良可慨也。民國肇造，政府眷懷淮禍，於十八年特設導淮委員會，選任專門人才，分頭勘測，劃劃，殫一年之力，始擬定技術報告，復經召集有關係之各省政府代表，水利機關代表，及國內外水利專家，會萃一堂，博諮周議，導淮工程計劃，於焉決定；不數年而有建築劉澗船閘之議，（劉澗船閘爲導淮初步施工計劃中各工程之一）而設計，而實施，以至於成。著者欣逢其會，躬與始終，忘其剪陋，謹再經過，邦人君子，幸教正焉。

第二節 船閘地位及概要

劉澗船閘，建於江蘇宿遷境內之中運河，靠近古劉老澗，因名劉澗。(參閱導淮工程初步施工計劃圖) 船閘



總長 130 公尺，上下端各有鋼筋混凝土建築物一座，備裝閘門之用，閘廂淨長 106 公尺，淨寬 10 公尺，兩坡以 $1:1\frac{1}{2}$ 之斜坡直達於岸，坡面及底，均以亂石塊平鋪之。

接通船閘之上下游引河，於近閘 30 公尺以內處，亦各鋪有亂石塊，以保護河底及坡面。船閘兩旁，各設輸水道一行，司閘廂進出水之職，而由開關四具節制之。輸水道在泥土覆藏部份為鋼製圓管，徑 2.5 公尺，露面處為鋼筋混凝土築成，作不等邊之五角形，大小稱鋼管。下游混凝土建築物上，設活動橋一座，以利兩岸交通。上下游各設人字鋼門 (Stool mitro gato) 一對，上游之門，高 4.7 公尺，寬各 5 公尺有奇，下游之門，高 12.7 公尺，寬如上游，各門裝置，俱極靈巧，故四伏之力，二分鐘之時，已能啓閉裕如。為免船隻之直接撞擊，於適當處，均裝置保護木椿，以資保護。靠近閘廂兩岸，各設鋼筋混凝土架棚一行，所以備船隻之繫扶，並阻其過於靠岸，而有傾覆之虞也。第一至第二圖為船閘平面及斷面圖，第三至第五圖為船閘竣工攝影，讀者可據以參考，不難一目了然矣。

第三節 工程經費及實際施工進行時期

船閘之設計既定，爰於民國二十三年五月，登報招標，結果由上海菴記營造廠得標，標價為國幣 285,071.81 元；* (詳細項目參閱估價單) 而土工施工費及本會自備材料，尚不在內，茲將本閘全部所需經費列表如下：

建築劉澗船閘全部工程銀額表

1. 菴記營造廠標價

元
285,071.81

* 原標價為國幣 332,393.50 元，工程進行時，各部均有改變與改善，故標價減低如上

2. 土工費

上游引河土方 (挖深二公尺)	61,000 公方	元 @0.15	9,150.00
下游引河土方 (挖深八公尺)	243,000 公方	@0.33	80,190.00
閘塘挖土 (挖深八公尺)	48,000 公方	@0.33	15,840.00
上游築堤 (碾工)	25,200 公方	@0.11	2,772.00
填土工程 (遠步及礮石)	64,000 公方	@0.25	16,000.00
攔河壩 (料,土 椿及鉛絲等)	27,000 公方	@0.60	16,200.00
防黃圍堤 (挑土,打礮)	13,500 公方	@0.24	3,240.00

3. 本會自辦鋼料

$\frac{3''}{8}$ 中至 $1\frac{1''}{2}$ 中鋼筋	(英購) 456噸	元 @112	元 51,072.00
鋼板椿及零件	(英購) 550噸	@190	104,500.00
輸水道開關	(英購) 4噸	@600	2,400.00
閘門及附件	(英購) 80噸	@850	68,000.00
$\frac{1''}{4}$ 中至 $1\frac{1''}{2}$ 中鋼筋	(中購) 55噸	@135	7,425.00
工字鐵及水流鐵等	(中購) 60噸	@140	8,400.00
輸水道鋼管	(中購) 88噸	@400	35,200.00
共 計			705,460.81

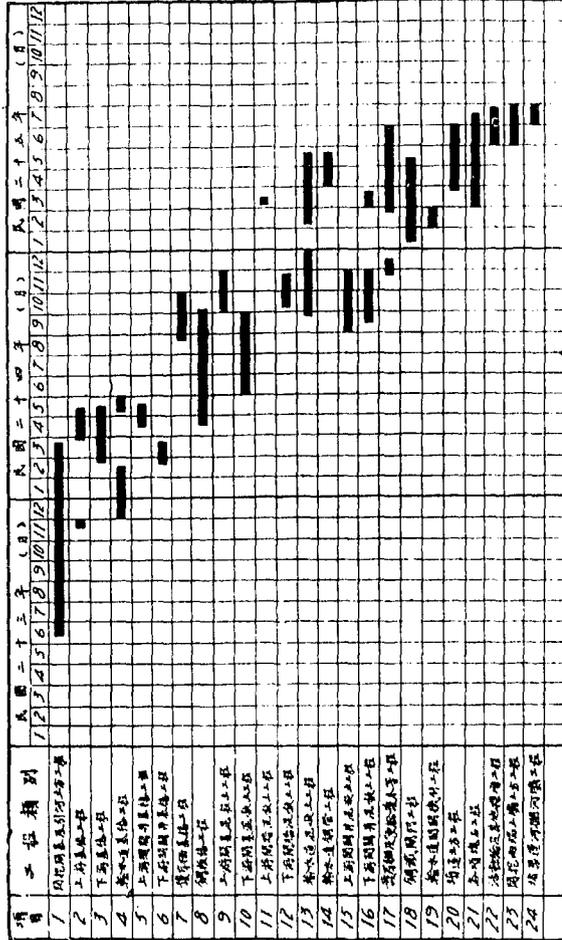
本會自辦鋼料,大半直接購自英國,上列單價,係將每英磅折合國幣十五元換算而得,各貨均運至上海爲止,自上海運至工作地點,各費須由本會負擔,此項費用尙未計算在內也。

本工程之合同,及施工章程,已由導淮委員會編印成冊,茲不附述。

劉澗船閘工程局,係於二十三年四月杪奉令籌設,凡一閱月,而規模粗具,亟於六月初從事閘塘土方,以時

值農忙，阻礙甚多；其後土方完成，開始木樁及鋼板樁工程，復因土質堅硬，倍極困難，而包工人因同時承造邵伯，淮陰，劉澗三大船閘，人工器具多，未能招辦充裕，劉澗居邵淮上游，各項工程，往往須俟兩閘完工後，方能大舉進行，此又意外之打擊也。假如天時地理物質三者機緣較佳，則劉閘之完成，當可提早數月，茲將各項工程進行日期繪圖如下：

劉澗船閘工程實際施工進行日期圖



劉 潤 船 閘 估 價 單

項 目	工 程 類 別	估計 數量	單 位	單 價			總 價 元	備 註
				料	工	共 價		
1	松木基樁工料價(0.38—0.23××20.0公尺長)	307	顆	75.00	26.00	99.00	29,799.00	
2	————(0.30—0.20××15.0公尺長)	21	顆	30.00	19.00	49.00	1,029.00	
3	————(0.30—0.20××12.0公尺長)	58	顆	26.00	16.65	42.60	2,436.00	
4	————(0.30—0.20××10.0公尺長)	550	顆	26.00	15.00	41.00	22,550.00	
5	————(0.30—0.20××9.0公尺長)	39	顆	22.00	13.00	35.00	1,365.00	
6	————(0.30—0.20××8.0公尺長)	473	顆	18.00	12.00	30.00	14,190.00	
7	————(0.20—0.15××8.0公尺長)	190	顆	15.00	11.00	26.00	5,096.00	
8	杉木排樁工料價(0.15—0.14××3.6公尺長)	527	顆	1.20	1.00	2.20	1,159.40	
9	賴生式3號鋼板樁長23.5公尺打樁工價	52.8	公尺	—	60.00	60.00	3,168.00	鋼板樁由委員會自備
10	————17.5 ” ” ”	10.8	顆	—	50.00	50.00	540.00	木項估計數量,以板樁橫長之尺度為準
11	————10.0 ” ” ”	16.0	顆	—	43.00	43.00	688.00	
12	————5.6 ” ” ”	10.0	顆	—	28.00	28.00	280.00	
13	賴生式I.G.B. 號鋼板樁長23.5公尺打樁工價	82.4	顆	—	55.00	55.00	4,532.00	
14	————17.9 ” ” ”	12.4	顆	—	50.00	50.00	620.00	
15	————11.75 ” ” ”	20.0	顆	—	45.00	45.00	900.00	
16	————8.9 ” ” ”	40.0	顆	—	40.00	40.00	1,600.00	
17	————8.0 ” ” ”	8.0	顆	—	38.50	38.50	308.00	
18	————6.6 ” ” ”	2.4	顆	—	33.00	33.00	79.20	
19	————6.0 ” ” ”	8.0	顆	—	30.00	30.00	240.00	
20	1:3:6比例普通水泥混凝土工料價	649	立方公尺	17.00	1.50	18.50	12,006.50	
21	1:3:6比例石灰三和土工料價	457	顆	5.50	1.50	7.00	3,199.00	
22	1:2:4比例鋼筋水泥混凝土工料價	3518	顆	22.00	4.90	26.90	94,634.20	鋼筋由委員會自備
23	1:4:8比例普通水泥混凝土工料價	27	顆	14.50	1.50	16.00	432.00	
24	護岸樁1:2:4比例鋼筋水泥混凝土工料價	218	顆	22.00	28.80	50.80	11,074.40	鋼筋由委員會自備
25	鋼筋水泥混凝土接樁工料價	16	顆	22.00	28.80	50.80	812.80	———— ” ————
26	亂石塊工料價	2328	顆	6.50	1.40	7.90	18,391.20	
27	鐵絲籠亂石塊工料價	321	顆	8.50	1.50	10.00	3,210.00	鐵絲籠工料價在內
28	水泥灌石塊工料價	906	顆	10.60	1.50	11.50	10,419.00	
29	水泥砌石塊工料價	2243	顆	10.00	2.20	12.20	27,364.60	
30	裝設上游開門以及開關機件全部工價	2	扇	—	400.00	400.00	800.00	開門各件及開關機件由委員會自備
31	裝設下游開門以及開關機件全部工價	2	扇	—	500.00	600.00	1,200.00	開門各件及開關機件由委員會自備
32	開門頂平台板工料價	2.2	千木尺	100.00	10.00	110.00	242.00	螺絲釘料價在內
33	裝設輪水道開關機件工價	2	套	—	150.00	150.00	300.00	輪水道開關機件由委員會自備
34	裝設活動橋及機件軌道等工料價	1	座	800.00	200.00	1,000.00	1,000.00	橋樑鐵件及活動機件軌條等由委員會自備
35	護岸樁護木及跳板等工料價	24.25	千木尺	100.00	10.00	110.00	2,667.50	螺絲釘等工料價在內
36	鐵格子工料價(用於輪水道進口)	2	個	120.00	30.00	150.00	300.00	角鐵等料價在內
37	胸牆及圍牆護木工料價	12.75	千木尺	100.00	10.00	110.00	1,402.50	螺絲釘等工料價在內
38	彈石路面工料價	550	平方公尺	1.20	0.50	1.70	935.00	
39	1/2" 鋼釘	771	個	0.11	0.10	0.21	161.91	
40	3/4" 鋼釘	920	個	0.12	0.11	0.23	211.60	
41	3" 白鐵管	104.5	公尺	4.00	—	4.00	418.00	
42	代僱鐵匠	1200	工	—	1.40	1.40	1,680.00	
43	代僱小工	1500	工	—	0.50	0.50	750.00	
44	代僱木匠	200	工	—	1.40	1.40	280.00	
45	鋼板樁與石坡接縫工程	200.0	公尺	—	—	3.00	600.00	
共 計						285,071.81		

第四節 船閘造成後之利益

江北運河，原為南北航運要道，徒以水利不修，河床日就淤塞，近則除高水位時季以外，吃水三尺之小輪，即難以通行，船閘造成之後，吃水六尺載重九百噸之船，長年可自揚子江直達宿遷。（邵伯、淮陰、劉澗三船閘同時興工故云）農產物之輸出，與外埠貨物之運入，均可藉此暢運無阻，其有裨於江北一帶之民生，豈淺鮮耶？

第二章 設 計

劉澗船閘之設計，盡多數專門工程師之心力，殫半載之久，幾經磋商改善，始決定採用今式，各部結構應力之計算，不厭其詳，是以篇幅浩繁，勢難盡述，本章所載，係就主要部份，將根本算式，供諸同好，讀者誠能舉一反三，依式運用，則詳細計算亦不難推求而得矣。

第五節 設計之根據及規定

根據導淮航運計劃劉澗船閘之上下游水面高度如下：

上游水面高度.....最高	20.2 公尺
.....最低	19.0 公尺
下游水面高度.....最高	16.0 公尺
.....最低	11.0 公尺

最大水頭差 (Maximum lift) 為 9.2 公尺，最大通行之船，吃水深為 2 公尺，今規定在最低水位時，船底下留餘

地 0.5 公尺,則上游門檻高度應為 16.5 * 公尺,下游門檻高度,應為 8.5 公尺。在最高水位時,規定水面上留餘地 1.0 公尺,故閘牆頂高應為 21.2 公尺。

計算所用之單位重量 (Unit Weight) 及安全應力 (Working Stress) 規定如下: (為求計算便利起見,各種單位,姑仍取英制)

1. 單位重量 (Unit Weight)

水	每立方英尺重	62.5磅
泥土	每立方英尺重	100.0磅
鋼筋混凝土	每立方英尺重	150.0磅

2. 安全應力 (Working Stress)

鋼筋應拉力	每平方英寸	16,000.0磅
混凝土應壓力	每平方英寸	650.0磅
鋼筋應壓力	15倍混凝土之壓力	
混凝土應剪力	有鋼筋設備者	每平方英寸 120.0磅
	無鋼筋設備者	每平方英寸 40.0磅
混凝土與綫紋鋼筋之黏合應力	每平方英寸	100.0磅
混凝土之承重應壓力 (Bearing Stress)	每平方英寸	500.0磅

第六節 閘牆 (Lock Wall) 之設計

為計算簡單起見,無論上游或下游之裝設閘門部份建築物,一律分為六段,每段各包含撐牆 (Buttress or Counterfort) 一個,如第六圖。此項建築物其中綫之兩面

* 因上游堤防高度不足,建築時奉令改低一公尺,惟當時閘閘井穴,業已完工,輸水道須與之接通,故不能隨之改低。

均相稱，故僅計算其一半足矣。今取下游之左半面（而向上游）而計算之，上游從略。

閘牆所受外力，一面為水，一面為土，土上或有過頂荷重 (Surcharge Load) 該項荷重，規定為每平方英尺

800 磅，惟水面有低有高，過頂荷重或有或無，故全閘荷重，有種種方式，茲列表於下：

劉澗船閘下游荷重方式表

符 號	過頂荷重有無	水 面 高 度			附 註
		上 游	閘 廂	下 游	
Ia	無	20.2	20.2	11.0	最大閘門推力 (Maximum gate thrust)
Ib	有	''	''	''	''
IIa	無	不定	無水	16.0	無水修理時期
IIb	有	''	''	不計	'' ''
IIIa	無	20.2	20.2	16.0	洪水時期
IIIb	有	''	''	''	''
IIIc	有	''	16.0	''	''

計算泥土壓力係用來根氏公式 (Rankine's formula)

$$P = \frac{1}{2} Wh^2 \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \dots\dots\dots \text{無過頂荷重}$$

$$\text{或 } P = \frac{1}{2} Wh(h+2h') \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \dots\dots\dots \text{有過頂荷重}$$

式中 P = 每英尺寬閘牆所受之泥土總壓

W = 每立方英尺之泥土重 = 100 磅

h = 填土深

h' = 過頂荷重之化高 (Equivalent Surcharge height)

∅ = 泥土之靜止角 (Angle of repose of earth) = 29°

-30'

在荷重方式 IIb 時,閘扇無水,泥土壓力占勝,則規定泥土施全力以侵閘,而上並加過頂荷重。若在 Ia 與 IIIa 時,牆外水力占勝,則假定泥土壓力祇施其半,且無過頂荷重,所以策萬全也。

計算閘牆厚薄,可視該牆為一連續樑 (Continuous beam) 而撐牆 (Counterfort) 為之支。(Support) 牆之厚薄,定為上下相等,則計算時,應取其最低一段以為準則。灣曲力率 (Bending moment) 無論正負,均規定為 $\frac{wl^2}{10}$ 一跨度 (Span) 取兩撐牆間之淨距。牆內鋼筋分置兩面,以抵抗任何荷重方式之正負灣曲力率,而免灣曲鋼筋之勞。今以撐牆 C,D 間之牆,(參閱第六圖) 取其離牆頂 13.2 公尺,或 43.3 英尺處一段閘牆而計算之:

1. 荷重方式 IIb (計算靠水一面鋼筋)

$$\begin{aligned} \text{單位泥土壓力} &= w(h+h') \frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi} \\ &= 100 \left(43.3 + \frac{800}{100} \right) \frac{1-\sin 29^\circ-30'}{1+\sin 29^\circ-30'} \\ &= 1750 \frac{\text{磅}}{\text{呎}^2} \\ M &= \frac{wl^2}{10} \\ &= \frac{1750 \times (2.4 \times 3.28)^2}{10} \\ &= 10,900 \frac{\text{呎磅}}{\text{呎}} \\ d &= \sqrt{\frac{M}{Kb}} \end{aligned}$$

$$= \sqrt{\frac{10,900 \times 12}{107.7 \times 12}} = \sqrt{102} = 10.1 = 0.256 \text{公尺}$$

$$V = \frac{1}{2} wl$$

$$= \frac{1}{2} \times 1750 \times 2.4 \times 3.28 = 6,900 \frac{\text{磅}}{\text{呎}}$$

$$d = \frac{V}{jbV_c}$$

$$= \frac{6,900}{.874 \times 12 \times 40} = 16.5 = 0.42 \text{公尺}$$

取用閘牆總厚為 0.6 公尺或 23.6 吋鋼筋中線離牆面深 3 吋，則閘牆有效深度 (Effective depth) 為 20.6 吋

$$\Lambda_s = \frac{M}{f_s jd}$$

$$= \frac{10,900 \times 12}{16,000 \times .874 \times 20.6} = 0.46 \frac{\text{吋}^2}{\text{呎}}$$

選用 $\frac{5}{8}$ 吋綫紋鋼筋，8" 中至中，其斷面積為 0.59

$\frac{\text{吋}^2}{\text{呎}}$

2. 荷重方式 III^a (計算靠土一面鋼筋)

$$\text{單位水之壓力} = 12.2 \times 3.28 \times 62.5 = 2,500 \frac{\text{磅}}{\text{呎}^2}$$

單位泥土壓力 (半力且無過頂荷重)

$$= \frac{1}{2} wh \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

$$= \frac{1}{2} \times 100 \times 13.2 \times 3.28 \frac{1 - \sin 29^\circ - 30^\circ}{1 + \sin 29^\circ - 30^\circ}$$

$$= 740 \frac{\text{磅}}{\text{呎}^2}$$

$$\text{閘牆所受淨壓力} = 2500 - 740 = 1760 \frac{\text{磅}}{\text{呎}^2}$$

$$\begin{aligned} M &= \frac{wl^2}{10} \\ &= \frac{1760(2.4 \times 3.28)^2}{10} \\ &= 10,900 \frac{\text{呎磅}}{\text{呎}} \end{aligned}$$

完全與 II^b 相同

閘牆部位漸高，則所需鋼筋漸少（因牆之厚薄上下相同）亦不難依法推求矣。

主要鋼筋 (Main Stool) 既依法求得，其直行鋼筋，則用 $\frac{m}{2}$ 中至中以連繫之。

在 D, E 及 F 撐牆間之閘牆，因係抵抗閘門推力關係，故特別加厚，而撐牆 A, D 間之閘牆，置有斜鋼筋若干條，（參閱第十圖）此項鋼筋，專司聯絡撐牆 D，閘牆與基脚之職。蓋撐牆 D 承受閘門推力甚大，故閘牆如無相當設備，誠恐有損裂之虞也。

第七節 撐牆 (Buttress or Counterfort) 之設計

撐牆之形狀均定為楔形，(Wedge Shape) 在荷重方式 I_a 時，其鋼筋應置於靠水一邊。在 II^b 時，其鋼筋應置於靠泥一邊，同時其靠水一邊所受之力為壓力，且撐牆與閘牆係同時做成，故此時之撐牆，可依照 T 形樑設計。惟環觀諸撐牆（參閱第六圖）除撐牆 C 可作純粹之 T 形樑計算外，其餘皆形狀不整，計算殊覺複雜。故為求

計算簡單及統一起見,擬以仿照長方形樑計算較為適宜。今以撐牆 D 為例,而計算其底部鋼筋:

1. 荷重方式 I_n (計算靠水一面鋼筋)

已知 閘門上游水深 = 12.2公尺 = 40.0呎

閘門下游水深 = 2.5公尺 = 8.2呎

閘門寬 = 5.5公尺 = 18.0呎

撐牆負擔外力寬度 (閘門上游) = 2.38公尺
= 7.8呎

撐牆負擔外力寬度 (閘門下游) = 1.52公尺
= 5.0呎

過頂荷重 = 0

填土深 = 12.7公尺 = 41.6呎

閘門總推力 (Total gate thrust) (參閱第六圖) = Q^*

$$= \frac{1}{2} \times 62.5 \times 40 \times 40 \times 18 = 900,000 \text{磅}$$

因閘門推力所生之向撐牆總壓力 = $S = T_1 \cos 2\alpha$

但
$$T_1 = \frac{Q}{2 \sin \alpha}$$

故
$$S = \frac{Q \cos 2\alpha}{2 \sin \alpha}$$

$$= \frac{900,000 \times \cos 40^\circ}{2 \sin 20^\circ}$$

$$= \frac{900,000 \times .766}{2 \times .342} = 1,010,000 \text{磅}$$

水向閘牆之總壓力 = W

*為安全計,閘門下游之水頭不計。

$$\text{閘門上游 } W_1 = \frac{1}{2} \times 62.5 \times 40 \times 40 \times 7.8 = 390,000 \text{ 磅}$$

$$\text{閘門下游 } W_2 = \frac{1}{2} \times 62.5 \times 8.2 \times 8.2 \times 5.0 = 10,500 \text{ 磅}$$

$$W = W_1 + W_2 = 400,500 \text{ 磅}$$

泥土之總壓力 (半力) = E_1

$$= \frac{1}{2} \times 100 \times 41.6 \times 41.6 \times 12.8 \times \frac{1 - \sin 29^\circ - 30}{1 + \sin 29^\circ - 30}$$

$$= 190,000 \text{ 磅}$$

結果力率 (Resulting moment)

$$= 1,010,000 \times \frac{40}{3} + 390,000 \times \frac{40}{3} + 10,500 \times \frac{8.2}{3}$$

$$- 190,000 \times \frac{41.6}{3}$$

$$= 13,450,000 + 5,200,000 + 29,000 - 2,640,000$$

$$= 16,040,000 \text{ 呎磅}$$

$$d = \sqrt{\frac{M}{Kb}} = \sqrt{\frac{16,040,000 \times 12}{107.7 \times 63}} = \sqrt{28,400} = 169 \text{ 吋}$$

今定撐牆底脚有效深度為 200 吋，寬度為 1.6 公尺或 63 吋 (參閱第七圖) 則

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{16,040,000 \times 12}{16,000 \times 0.874 \times 200} = 69 \text{ 平方吋}$$

用 $45 - 1 \frac{1}{4}$ 吋鋼筋其斷面積為 70 平方吋

單位剪力 (Unit Shear)

$$= \frac{S + W - E}{j b d}$$

$$= \frac{1,010,000 + 400,500 - 190,000}{0.874 \times 63 \times 200} = \frac{1,220,500}{11,000}$$

$$= 110 \frac{\text{磅}}{\text{吋}^2}$$

如用 $6-\frac{5''}{8}$ 鋼箍 (Stirrups) 則

$$\begin{aligned} \text{鋼箍之距離 } S &= \frac{f_s A_s}{b(V - V_c)} \\ &= \frac{16,000 \times 6 \times 0.39}{63(110 - 40)} = 8.5 \text{ 吋} \end{aligned}$$

實際距離係用 8 吋以策安全

2. 荷重方式 IIb (計算靠土一面鋼筋)

已知 水深 = 0

$$\text{過頂荷重} = 800 \frac{\text{磅}}{\text{呎}^2}$$

填土深 = 13.2 公尺 = 43.4 呎 餘同 I_a

泥土之總壓力 (包括過頂荷重) = E₂

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} Wh(h+2h') \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \times b \\ &= \frac{1}{2} \times 100 \times 43.4 \left(43.4 + 2 \times \frac{800}{100} \right) \times \frac{1 - \sin 29^\circ - 30'}{1 + \sin 29^\circ - 30'} \\ &\times 12.8 = 560,000 \text{ 磅} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{力率 (Moment)} &= E_2 \times \frac{h}{3} \times \frac{h+3h'}{h+2h'} \\ &= 560,000 \times \frac{43.4}{3} \times \frac{43.4+3 \times 8}{43.4+2 \times 8} = 560,000 \times 16.3 \\ &= 9,150,000 \text{ 呎磅} \end{aligned}$$

假定有效深度為 175 吋則

$$A_s = \frac{M}{f_s j d C_{s0}} \quad (\theta = 15^\circ - 10'' \text{ 參閱第六圖})$$

$$= \frac{9,150,000 \times 12}{16,000 \times .874 \times 175 \times \cos 15^\circ - 10^3}$$

$$= 46.5 \text{ 吋}^2$$

用 $31-1\frac{1''}{4}$ 吋鋼筋其總面積為 48.5 吋²

$$\text{單位剪力} = \frac{E_2}{jbd}$$

$$= \frac{560,000}{11,000}$$

$$= 51 \frac{\text{磅}}{\text{吋}^2}$$

上列算式，係計算撐牆底部所需之鋼筋及鋼箍，地位逐漸增高，鋼筋可逐漸減少，鋼箍亦可將總斷面積減少，或將箍之距離加大。第七圖示撐牆 D 鋼筋佈置情形。

第八節 基脚(Footing)之設計

基脚之要素有二：曰安定。(Stability) 曰強度。(Strength) 安定如不足，則有覆顛 (Over-turning) 或移動 (Sliding) 之患。強度如之足，則有損裂之虞。今先言安定：

A. 安定 (Stability) 查下游閘基連同上面閘牆及撐牆之總體積為 1587.9 立方公尺，其總重量為 8,420,000 磅。閘基做法，係先打木樁，次鋪石灰三和土，(Limo Concrete) 次鋪 1:3:6 混凝土，(Concrete) 然後方做正式之閘基，故其摩擦係數 (Coefficient of friction) 可視為「以混凝土與混凝土」。(Concrete on concrete) 其數今定為 0.65。則：

$$\text{移動抵抗力} = 8,420,000 \times 0.65 = 5,470,000 \text{ 磅}$$

至於移動原動力，為閘門推力 Q 之分力 (Component

of gate thrust) \times 參閱第六圖) 故:

$$\begin{aligned} \text{移動運動力} &= 2x = 2T_1 \sin 2\alpha = \frac{Q \sin 2\alpha}{\sin \alpha} \\ &= \frac{900,000 \times \sin 40^\circ}{\sin 20^\circ} = 1,700,000 \text{ 磅} \end{aligned}$$

$$\text{安全率 (Factor of safety)} = \frac{5,470,000}{1,700,000} = 3.2$$

基上泥土,閘門及水之重量,尙未計算在內。

欲計算閘基對於顛覆是否安全,其方式較繁,今詳述之:

1. 顛覆原動力

閘門推力之分力 \times
基下水之上壓力 (up-lift)

2. 顛覆抵抗力

基上水重
基上土重
全部混凝土重
閘門重

今將基下水之上壓力說明之:查在荷重方式 I_n 時,其顛覆原動力爲最大,此時閘廂水面高度爲 20.2 公尺,下游爲 11.0 公尺。如第八圖所示,水在 A 點時,其水頭 (Head) 爲 11.7 公尺,此水依照虛綫所示路徑,逐漸滲漏,至 D 點時,其水頭爲 2.5 公尺,故依比例方法,可求得水在 B 點時,其水頭爲 8.5 公尺,壓力爲 $1750 \frac{\text{磅}}{\text{呎}^2}$ 。在 C 點時,其水頭爲 5.8 公尺,壓力爲 $1200 \frac{\text{磅}}{\text{呎}^2}$ 。則:

水之上壓總力⁽¹⁾ (Total up-lift)

$$= \frac{1750+1200}{2} \times \left(\text{閘基在平面上之投射面積 (Projected area)} \right)$$

$$= 1475 \times 3470 = 5,120,000 \text{ 磅}$$

今以 E_1 點為各項力率之根據點 (Take moment about point E_1)

$$x \text{ 之力率} = 1,700,000 \times \left(\frac{12.2}{3} + 3 \right) \times 3.28 = 39,600,000 \text{ 呎磅}$$

上壓水力之力率 = $5,120,000 \times 8.24 \times 3.28 = 139,000,000$ 呎磅
 顛覆原動總力率 = $178,600,000$ 呎磅

⁽²⁾
 水重之力率 = $3,540,000 \times 10.5 \times 3.28 = 122,000,000$ 呎磅

土重之力率 = $7,860,000 \times 8.4 \times 3.28 = 216,000,000$ 呎磅

混凝土重之力率 = $8,420,000 \times 7.75 \times 3.28 = 214,000,000$ 呎磅

閘門重之力率 = $120,000 \times 7.3 \times 3.28 = 2,900,000$ 呎磅
 顛覆抵抗總力率 = $554,900,000$ 呎磅

$$x_1 \text{ (參閱第八圖)} = \frac{(\text{抵抗總力率}) - (\text{原動總力率})}{(\text{總重量}) - (\text{水之上壓力})}$$

$$= \frac{554,900,000 - 178,600,000}{19,940,000 - 5,120,000}$$

$$= \frac{376,300,000}{14,820,000}$$

$$= 25.4 \text{ 呎} = 7.75 \text{ 公尺}$$

合力線 (Line of Resultant) 與閘基相交之點，在中央安全段 (Middle third) 以內，故知無顛覆之虞也。

(1) 算出之數係近似值，但不至大錯。

(2) 係水重，算法甚易而算式甚繁，故不詳列，下同。

B. 強度 (Strength) 次言強度。今取第四段 (參閱第六圖) 爲例,而計算基脚之厚薄及鋼筋之多寡。以面向上游,截取基脚之左半,如第九圖。其力率 (Moment) 以背鐘行方向者爲正,計算面部鋼筋用之。循鐘行方向者爲負,計算底部鋼筋用之。基脚各部剪力,如超過 $40 \frac{\text{磅}}{\text{呎}^2}$ 則須設鋼箍 (Stirrups) 以補救之。荷重方式之適用於上述三項計算者如下:

計算種類	面部鋼筋	底部鋼筋	剪 力
荷重方式	I _a	II _b	III _b

力率之應計算者如下:

1. 土重之力率 (Earth weight moment)
2. 混凝土重之力率 (Concrete Weight moment)
3. 水重之力率 (Water Weight moment)
4. 水壓之力率 (Water pressure moment)
5. 閘門推力之力率 (3)(Gate thrust moment)
6. 閘門重之力率 (Gate weight moment)
7. 土壓之力率 (Earth pressure moment)
8. 上壓力之力率 (Up-ward pressure moment)
9. 垂直平衡力之力率 (Moment. of vertical balancing force)
10. 過頂荷重之力率 (Surcharge load moment)

上列第九項須加以說明如下:

截取第四段全段 (參閱第六圖) 視爲一自由體 (Free body) 以其安定不動,則根據力學原理,其諸垂直

(3) 假定全部推力,施於本段。

力之代數和 (Algebraic Sum of all vertical forces) 應等於零。
或以式表之：

$$\Sigma V=0$$

惟事實有未盡然者，蓋因閘門推力之故，使基下壓力，偏向下游，換言之，即閘門推力，有將閘門上游各項重量之一部，使閘門下游基地分任之作用。故若截取任何一段，而視爲一自由體，則各該段各項重量之和，必不能等於該段之上壓力。惟因其在安定狀態中，故知必有一力，使之平衡。此力無以名之，姑名之曰垂直平衡力。就本段而論，重量之和，較上壓力爲小，故其平衡力係向下的，而其力率爲正。上述閘門推力之作用，全由兩旁閘牆傳承而成，故此垂直平衡力之作用點 (Point of application) 可視爲在牆中間也。

上壓力 (Up-ward pressure) 之計算，可應用下列二式：

$$P_1 = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{6o}{L} \right) \quad (4)$$

$$P_2 = \frac{P}{A} \left(1 - \frac{6o}{L} \right)$$

上式 P_1 = 基脚最下端之單位壓力

P_2 = 基脚最上端之單位壓力

P = 閘基所承受之淨重

A = 基脚在平面上之投射面積

L = 基脚之縱向長度

o = 偏倚度 (Eccentricity)

(4) 因基脚非長方或正方形，故用此公式算出之數係近似值

P_1P_2 既得,則任何部份之單位壓力,即可比例而得。今將本段左半之上壓力,依荷重方式 Ia 及 IIb 計算,所得結果,列表於下:

荷重方式	Ia	IIb
總上壓力	2,360,000磅	2,000,000磅

最力率在本段之中綫,依照荷重方式 Ia 計算各項力率如下

正力率 (以 E_2 為根據點 (Take moment about Point E_2) 參閱第九圖)

1. 土重之力率 $526,000 \times 8.74 \times 3.28 = 15,100,000$ 呎磅

2. 混凝土重之力率 $1,240,000 \times 5.95 \times 3.28 = 24,200,000$ 呎磅

3. 水重之力率 $423,000 \times 3.16 \times 3.28 = 4,400,000$ 呎磅

4. 水壓之力率 a. 閘門上游 (水面高度 20.2 公尺)

$$385,000 \times \left(\frac{12.2}{3} + 1.5 \right) \times 3.28 = 7,050,000 \text{ 呎磅}$$

b. 閘門下游 (水面高度 16.0 公尺)

$$96,500 \times \left(\frac{7.5}{3} + 2.0 \right) \times 3.28 = 1,430,000 \text{ 呎磅}$$

5. 閘門推力之力率

$$1,010,000 \times \left(\frac{12.2}{3} + 1.5 \right) \times 3.28 = 18,500,000 \text{ 呎磅}$$

6. 閘門重之力率 $60,000 \times 2.5 \times 3.28 = 490,000$ 呎磅

7. 平衡力之力率 $111,000 \times 6.3 \times 3.28 = 2,300,000$ 呎磅

正力率總量 $= 73,470,000$ 呎磅

負力率

1. 土壓之力率 (半力) (5)

(5) 填土深一部為 1.32 公尺,一部為 12.7 公尺,今取 1.32 公尺

$$204,000 \times \left(\frac{13.2}{3} + 1.5 \right) \times 3.28 = 3,950,000 \text{ 呎磅}$$

$$2. \text{ 上壓力之力率 } 2,360,000 \times 5.22 \times 3.28 = 40,500,000 \text{ 呎磅}$$

$$\text{負力率總量} = 44,450,000 \text{ 呎磅}$$

$$\text{結果力率} = \frac{(\text{正力率} - \text{負力率})}{\text{寬度}} = \frac{29,020,000}{3.9 \times 3.28} = 2,280,000 \text{ 呎磅/呎}$$

$$b = \sqrt{\frac{M}{Kb}} = \sqrt{\frac{2,280,000 \times 12}{107.7 \times 12}} = 146 \text{ 吋}$$

今定基脚厚為 3.0 公尺,或 118 吋,其有效深度為 110 吋,而底面均置鋼筋,以補其強度之不及。則:

(計算公式係引用 Design of Concrete Structures by Urganhart and O'Rourke P.117—P.119 所載者)

$$M = 2,280,000 \times 12 = 27,400,000 \text{ 吋磅}$$

$$M_1 = Kbd^2 = 107.7 \times 12 \times 110^2 = 15,600,000 \text{ 吋磅}$$

$$M_2 = 27,400,000 - 15,600,000 = 11,800,000 \text{ 吋磅}$$

$$A_{s1} = \frac{M_1}{f_s j d} = \frac{15,600,000}{16,000 \times .874 \times 110} = 10 \text{ 吋}^2$$

$$A_{s2} = \frac{M_2}{f_s (d - d')} = \frac{11,800,000}{16,000 (110 - 8)} = 7.2 \text{ 吋}^2$$

$$\text{面部鋼筋} = A_s = A_{s1} + A_{s2} = 17.2 \text{ 吋}^2$$

選用 $1\frac{1}{2}$ " 中,分置三行,行各 5" 中至中,其總斷面積為 16.2 吋²,較需要者略少;惟一部份基脚厚實為 3.5 公尺,而非 3.0 公尺,故不致有何危險也。

$$\text{底部鋼筋} = A_{s'} = \frac{A_{s2}(1-k)}{k - \left(\frac{d'}{d}\right)}$$

$$= \frac{7.2(1-0.379)}{.379 - \left(\frac{8}{110}\right)} = 14.6 \text{ 吋}^2$$

選用 $1\frac{1}{2}$ " 中,分置三行,行各 5" 中至中,其總斷面積

為 11.2 吋²。鋼筋少用之理由同上。

今以荷重方式 II_b 時之各項力率，而計算底部鋼筋及鋼箍 (Stipus)。

正力率 (仍以 E₂ 點為根據點)

1. 土重之力率 $526,000 \times 8.74 \times 3.28 = 15,100,000$ 呎磅
 2. 混凝土重之力率 $1,240,000 \times 5.95 \times 3.28 = 24,200,000$ 呎磅
 3. 閘門重之力率 $60,000 \times 2.50 \times 3.28 = 490,000$ 呎磅
 4. 過頂荷重之力率 $120,000 \times 8.45 \times 3.28 = 3,320,000$ 呎磅
- 正力率總量 = 43,110,000 呎磅

負力率

1. 土壓之力率 $560,000 \times (16.8 + 1.5 \times 3.28) = 11,900,000$ 呎磅
 2. 上壓力之力率 $2,000,000 \times 5.22 \times 3.28 = 34,300,000$ 呎磅
- 負力率總量 = 46,200,000 呎磅

$$\text{結果力率} = \frac{(\text{負力率}) - (\text{正力率})}{\text{寬度}} = \frac{3,090,000}{3.9 \times 3.28}$$

$$= 242,000 \text{ 呎磅}$$

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{242,000 \times 12}{16,000 \times .874 \times 110} = 1.9 \text{ 吋}^2$$

前項複式鋼筋 (Double reinforcement) 中之壓力鋼筋 (Compressive Steel) 已足以應付有餘，剪力在牆之內邊沿為最大，今名此剪力為 V。(以闊一尺之基脚計) 則：

$$V = (\text{牆邊以右之全部上壓力}) - (\text{牆邊以右基脚之重}) = 110,000 - 29,000 = 81,000 \frac{\text{#}}{\text{吋}}$$

$$\text{單位剪力} = \frac{V}{bjd} = \frac{81,000}{12 \times .874 \times 110} = 70 \frac{\text{#}}{\text{吋}^2}$$

(6) 見本章第七節

如用 $1 - \frac{5''}{8}$ 之則

$$\text{鋼箍之距離 } S = \frac{fs \times As}{b(V - V_0)} = \frac{16,000 \times .39}{12(70 - 40)} = 17.3 \text{ 吋}$$

力率在基脚中綫爲最大，地位漸向左移，力率逐漸減少，惟爲數不大，鋼筋不能減少；待至牆外，力率大減，鋼筋亦可少用也。基脚鋼筋之佈置參閱第十圖。

第九節 基樁(Foundation pile)之設計

劉潤船閘基礎地層之情形，事先曾有詳細之鑽驗，其地層均係膠泥，(Clay) 夾雜砂礫，故就基礎而論，實爲一良好建閘之處，此類地層既無成片之硬石層，故基樁之力，全賴其表面與泥土間之摩擦力，此項表面摩擦力，(Skin friction) 事前亦曾作實際之試驗，計爲每平方呎自 350 至 400 磅，閘基單位壓力 (Unit foundation pressure) 應就各項荷重方式所生之壓力中，而取其最大者。故閘門下游基樁之計算，應依據荷重方式 Ib 而 upstream 方面，則應依據 11b 也。

基樁之排列，以木樁完全負擔上面壓力爲原則，並規定中距最小不得過 $2\frac{1}{2}$ 倍基樁之徑，(大頭) 最大亦不逾 4 至 5 倍。

茲將各種基樁之尺寸，及規定荷重等，列表如下：

劉澗船閘基樁荷重表

地 位	基 樁 尺 寸			表 面 摩 擦 力		荷 重
	大頭徑 公尺	小頭徑 公尺	長 度 公尺	公 斤 平 方 公 尺	磅 平 方 呎	
上 游 閘 基	0.33	0.23	20	1710	350	32,700
	0.30	0.20	8	1710	350	10,900
井 穴 及 檢 水 道	0.30	0.20	15	1710	350	20,200
	0.30	0.20	12	1710	350	16,100
	0.30	0.20	10	1710	350	13,500
	0.30	0.20	8	1710	350	10,900
	0.30	0.20	8	1710	350	10,900
	0.20	0.15	8	1710	350	7,550
下 游 閘 基	0.38	0.23	20	1955	400	37,500

第十節 鋼板樁(Steel sheet pile)之設計

鋼板樁之設計,以能滿足下列各條件為原則:

1. 滲漏長度,(Length of percolation)不得少於最大水頭差(Maximum lift)之十倍。
2. 鋼板樁之末端,必須插入堅硬可靠之土層內。
3. 鋼板樁必須深入土中,使其全身不致被土壓力所搖動。

本工程所用者係賴生(Larsson)鋼板樁1GB號及3號二種,其性質如下表:

號 數	腹 厚 (Web thickness)	斷 面 積 (Sectional area)	每 呎 重	斷 面 係 數 (Section modulus)
1GB	5 16	5.17呎 ²	24.3 磅	7.82呎 ³
3	9 16	9.37呎 ²	41.66磅	25.35呎 ³

鋼板樁之背面以工形鋼作橫檔而連綴之,其露出

地面過高者，即用拉條繫於橫樑而拉住之。

第十一節 輸水道開關(Valve)之設計

關於輸水道開關之設計，頗覺新穎靈巧，蓋本閘最大水頭差 (Maximum lift) 為 9.2 公尺，輸水道鋼管部份直徑為 2.5 公尺，若用普通閘門式開關 (Gate Valve) 其平均水頭為 7.95 公尺，(參閱第十一圖) 在閘門 (指開關之閘門) 上之單位壓力為 $7,950 \frac{\text{公斤}}{\text{平方公尺}}$ ，總壓力為 39,000 公斤，或 39 公噸，無論此項開關，製造如何巧妙靈活，其一啓一閉，必費九牛二虎之力，可不言而喻，至於其造價之奇昂，猶為餘事。今欲避免上項二種缺點，而欲其啓閉靈便，結構簡單，於是有圓筒式開關 (Drum Valve) 之設計。

如第十二圖所示，所謂圓筒式開關者，僅一圓筒甲，及乙丙二鋼圈而已。此時圓筒底部及上部外圈，各與乙或丙鋼圈相接觸，故水不能流動。若圓筒上舉如第十三圖所示，則水即可穿過圓筒內部，而向四面流出。此種開關之特點，在水壓力作用於圓筒四周，保持平衡，對於開關之啓閉無絲毫之阻礙，而其構造之簡單，尤為他種開關之所望塵莫及者也。

第十二節 輸水道大小及進水出水時間之計算

為求時間經濟起見，船隻過閘，須令其愈速愈妙。過閘時間，包含啓閉閘門，船隻進出，及進水出水。閘門啓閉之輕巧靈便，已如前述，故進水出水，若費時過久，未免遺

域，惟進出水時間減少，則輸水道斷面積須加大，對於建築經費，亦須加以考慮，故經權衡輕重審慎考慮之結果，定輸水道之斷面積為 4.9 平方公尺。（左右各有輸水道一行，則總斷面積為 9.8 平方公尺）至進水與出水，究竟各需時若干，其計算原理與方法，讀者諸君，想必樂聞其詳，請推演之：

今命 l = 船閘容水部份之長度 = 106 公尺

o = 進水門之流量係數 = 0.84*

g = 地心吸力之加速度 = $9.8 \frac{\text{公尺}}{\text{秒}^2}$

t = 進出水時間之變數

t_1 = 進水時間

t_2 = 出水時間

A = 面積之變數

Q = 流量之變數

a = 輸水道之總斷面積 = 9.8 平方公尺

h = 水頭之變數

y = 閘內水深之變數

s = 坡度比例 = $1 \frac{1}{2}$

將第十四圖分為二段，自低水位至台級處為第一

* 引自 Hydraulics of Miami Flood Control Project 中公式 $C = \frac{l}{1 + \frac{2gl}{U_1^2 R}}$

計算而得式中 R = 水文半徑 (Hydraulic Radius) = 0.596 (平均數) $g = 9.8$

$$l_1 = \text{平均水流長度} = 60 \text{公尺} \quad C_1^2 = \frac{R^2}{n^2} = \frac{(0.596)^2}{(0.013)^2} = 4990$$

段,自台級處至高水位為第二段

甲、進水時間

$$\text{一段} \quad y = h_1 - h$$

$$dy = -dh$$

$$\Lambda = b_1 l + 2Sly = b_1 l + 2Sl(h_1 - h) = b_1 l + 2Slh_1 - 2Slh$$

$$\text{命} \quad K_1 = b_1 l + 2Slh_1 \quad K_2 = 2Sl$$

$$\text{則} \quad \Lambda = K_1 - K_2 h$$

$$dQ = ac\sqrt{2gh} \cdot dt = \Lambda dy = -\Lambda dh$$

$$\text{命} \quad K_3 = ac\sqrt{2g}$$

$$\text{則} \quad K_3 dt = \frac{K_1 h - K_2 h^2}{\sqrt{h}} dh$$

$$= (K_2 h^{\frac{1}{2}} - K_1 h^{-\frac{1}{2}}) dh$$

$$K_3 \int_0^{t_1} dt = \int_{h_1}^{h_2} (K_2 h^{\frac{1}{2}} - K_1 h^{-\frac{1}{2}}) dh$$

$$K_3 t_1 = \left[\frac{2}{3} K_2 h^{\frac{3}{2}} - K_1 h^{\frac{1}{2}} \right]_{h_1}^{h_2}$$

$$t_1 = \frac{\frac{2}{3} K_2 (h_2^{\frac{3}{2}} - h_1^{\frac{3}{2}}) - K_1 (h_2^{\frac{1}{2}} - h_1^{\frac{1}{2}})}{K_3} \dots \dots (1)$$

$$\text{二段} \quad \Lambda = (b_1 + 2)l + 2Sly$$

$$= (b_1 + 2)l + 2Sl(h_1 - h)$$

$$= (b_1 + 2)l + 2Slh_1 - 2Slh$$

$$\text{命} \quad K_4 = (b_1 + 2)l + 2Slh_1$$

$$\text{則} \quad \Lambda = K_4 - K_2 h$$

$$\begin{aligned}
 K_3 \int_0^{t_1} dt &= \int_{h_2}^0 \frac{(K_2 h - K_4)}{\sqrt{h}} dh \\
 &= \int_{h_2}^0 (K_2 h^{\frac{1}{2}} - K_4 h^{-\frac{1}{2}}) dh \\
 K_3 t_1 &= \left[\frac{2}{3} K_2 h^{\frac{3}{2}} - 2K_4 h^{\frac{1}{2}} \right]_0^{h_2} \\
 t_1 &= \frac{2K_4 h_2^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} K_2 h_2^{\frac{3}{2}}}{K_3} \dots\dots\dots(2)
 \end{aligned}$$

(1) + (2) 化簡則

$$\begin{aligned}
 \text{進水時間 } t_1 &= \frac{l \left(\frac{8}{3} S h_1^{\frac{3}{2}} + 4 h_2^{\frac{3}{2}} + 2 b_1 h_1^{\frac{1}{2}} \right)}{n \cdot c \sqrt{2g}} \\
 &= \frac{106 \left(\frac{8}{3} \times 1.5 \times 9.2^{\frac{3}{2}} + 4 \times \sqrt{5} + 2 \times 17.5 \sqrt{9.2} \right)}{9.8 \times 0.84 \sqrt{2 \times 9.8}} \\
 &= 660 \text{ 秒} \\
 &= 11 \text{ 分}
 \end{aligned}$$

乙、出水時間

$$\begin{aligned}
 \text{二段 } A &= (b_1 + 2 + 2S h_1) l - 2S l h \\
 &= b_1 l + 2l + 2S l h_1 - 2S l h
 \end{aligned}$$

$$\text{命 } K_5 = b_1 l + 2l + 2S l h_1$$

$$\text{則 } A = K_5 - K_2 h$$

$$dQ = n \cdot c \sqrt{2g(n_1 - h)} dt = -A dy$$

$$\begin{aligned}
 K_3 \sqrt{y} \cdot dt &= -(K_5 - K_2 h) dy \\
 &= -(K_5 - K_2 h_1 + K_2 y) dy
 \end{aligned}$$

$$K_2 \int_0^{t_2} dt = \int_{h_1}^{h_3} \frac{K_0 - K_2 h_1 + K_2 y}{\sqrt{y}} dy$$

$$K_2 t_2 = \left[-2K_0 y^{\frac{1}{2}} + 2K_2 h_1 y^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} K_2 y^{\frac{3}{2}} \right]_{h_1}^{h_3}$$

$$t_2 = \frac{2(K_2 h_1 - K_0) h_3^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} K_2 h_3^{\frac{3}{2}} + \frac{4}{3} K_2 h_1^{\frac{3}{2}} + 2K_0 h_1^{\frac{1}{2}}}{K_2} \dots (3)$$

一段 $\Lambda = b_1 l + 2S l h_3 - 2S l (h_3 - y)$

$$= b_1 l + 2S l y = b_1 l + K_2 y$$

$$K_3 \sqrt{y} dt = -\Lambda dy = -(b_1 l + K_2 y) dy$$

$$K_3 \int_0^{t_2} dt = \int_{h_3}^0 \frac{b_1 l + K_2 y}{\sqrt{y}} dy$$

$$K_3 t_2 = - \left(2b_1 l y^{\frac{1}{2}} + \frac{2}{3} K_2 y^{\frac{3}{2}} \right)_{h_3}^0$$

$$t_2 = \frac{2b_1 l h_3^{\frac{1}{2}} + \frac{2}{3} K_2 h_3^{\frac{3}{2}}}{K_3} \dots (4)$$

(3) + (4) 化簡則

$$\text{出水時間 } t_2 = \frac{2l \left[(b_2 + 2 + 2Sh_1) h_1^{\frac{1}{2}} - \frac{4}{3} Sh^{\frac{3}{2}} - 2h_3^{\frac{1}{2}} \right]}{a. c \sqrt{2g}}$$

$$= \frac{2 \times 106 \left[(17.5 + 2 + 2 \times 1.5 \times 9.2 \times \sqrt{9.2} - \frac{4}{3} \times 9.2^{\frac{3}{2}} - 2 \times \sqrt{4.2}) \right]}{9.8 \times 0.84 \sqrt{2 \times 9.8}}$$

$$\times 1.5 \times 9.2^{\frac{3}{2}} - 2 \times \sqrt{4.2} \Big]$$

$$= 484 \text{ 秒}$$

=8分4秒

附船隻過閘時間表

1. 單程

關下游閘門	2.5 分
進水	11.0 分
開上游閘門	2.5 分
船隻進閘	15.0 分
關上游閘門	2.5 分
出水	8.0 分
開下游閘門	2.5 分
船隻出閘	7.0 分
共計	51.0 分

2. 雙程

船隻進閘	15.0 分
關上游或下游閘門	2.5 分
進水或出水(平均)	9.5 分
開上游或下游閘門	2.5 分
船隻出閘	7.0 分
共計	36.5

第三章 實 施

劉澗船閘工程,由導淮委員會特設劉澗船閘工程局辦理之工程局成立於二十三年四月底,即於同年六月初開始工作,於二十五年七月完全竣工,為時凡二載有奇,是役也,因閘址地處淮北腹地,交通環境,兩感困難,木料鋼件水泥等材料,須由長江進瓜州口,入襄運河道

流行三百六十里至淮陰（一名清江浦）在淮陰須過舊閘三所，入中運河，再逆流行百四十里，方達工次。過閘時因水流湍急，危險非凡，而一遇雨季旱季，一則水勢暴漲，閘間流水更急，一則水面低落，裏運中運，淤淺畢露，交通均為斷絕。若欲避免上述過閘之煩，則材料須於淮陰上岸，陸運至楊莊，再行航運至工次。一轉移間，不知耗費多少光陰與金錢，此就交通上言之也。宿（宿遷）泗（泗陽）素稱匪區，民十七八之間，幾於遍地皆匪，而建閘之所，尤為匪徒出沒之中心，同人等寄居於此，往往一夜而數驚。此就當地環境而言也。當地環境既如此，交通不便又如彼，如此偉大工程，欲其順利進行，殊覺為難，幸在工同人，均能以堅毅卓絕之精神，以與惡劣環境相奮鬥，上下一心，共策進行，卒使此偉大工程，至於完工，亦幸事也。

第十三節 土 工

a. 閘塘土工 為求全部工程迅速完成起見，於閘工未訂立合同之前，先由局僱工，將應挖之閘塘，開始工作，閘塘長寬深，各稱船閘各部之需要，而寬留工作餘地。以土質堅硬，兼夾雜多量砂礫，（參閱第15第16二圖）工作極感困難，其後船閘合同訂立，此項工程規定由承包人負責完成，故遂轉移於敵記營造廠，另行僱工繼續工作，亦因挖土既深（最深處達12公尺）土質又硬，難以順利進行，乃由著者，就實地情形，將挖土範圍，在不妨礙工作原則之下，縮小至最低限度，計可少挖土方四分之一，計一萬五千餘公方，一面由敵記增加工資，以廣招來，進

行方稱順利，但至完工時，前後工作已六閱月矣。

b. 引河及築堤 引河分上游下游，上游之河，因水位高出地面數公尺，故須築堤以籠之。下游最高水位，離地尺許，故無須堤防，本項工程，係由局招工自做，上下游各由一包工承攬，上游挖河深 2 公尺，底寬 40 公尺，兩坡 1:2 每公方價 0.15 元。築堤高 5 公尺，頂寬 4 公尺，兩坡 1:2，堤土即用挖出河土，故土方不給價，惟給礮工每公方 0.11 元，堤工均須打驗，以期堅固。下游挖河深 8 公尺，底寬 30 公尺，兩坡 1:2 每公方平均價 0.33 元，工伙 1 名，從事工作，凡三閱月而工成。

上游堤防，及下游引河，於完工後翌年之春間，由工程局於適當處栽草種樹，以護坡面，草係選取爬根之草，每方尺下種一撮，樹則係楊柳之類，每四公尺插種一株，不數月而皆蔚然可觀，當夏秋之季，雨水連綿，而各處坡面，毫無蝕損，於焉知功效之大也。

c. 防黃圍堤 民國二十四年七月，黃河在董莊決口，黃水奪堤而出，直入中運，運水激漲，而運河兩岸堤防，或殘缺不齊，或高度不足，雖經沿運各縣政府，督率民伙，晝夜搶護，而時機迫切，安危未決，萬一運堤決口，則水勢氾濫，兩岸田地，必致盡成澤國，而此時閘工未完，各項損失，將不可言喻，為防萬一，有奉令搶築防黃圍堤之舉。

閘址四周，本有運河舊堤，及本局新築之堤防與堆土，惟皆不相連接，至是乃盡量利用此項堤工，其斷裂者連綴之，高度不足者增培之，礮工祇打一遍，蓋因時機急迫，恐因礮而失時也。

本項工程之施行，取零星小包工制，每工伙三十名，設一頭目，指定一取土坑，使取土以築堤，每日估其工作數量，以每公方 0.155 元之代價按值以給，由頭目具領分派，至該取土坑完全完工後，再為最後之清算，雜工碾工，以日工計，每晚發放，計雜工每工 0.30 元，碾工每工 0.34 元，凡一月而事成。是役也，雖事出匆忙，而事前有充分之佈置與準備，故工作期間，對於工場之管理，秩序之維持，以及工資之發放，均能有條不紊，凡事預則立，旨哉斯言也。

防黃圍堤，計土方一萬三千餘公方，預算工費四千二百元，實付三千二百元，總算每公方單價如下：

挖土	每公方	0.155元
雜工（挑水澆水耙土等）	每公方	0.037元
碾工（打碾一遍）	每公方	0.045元
	合 計	0.237元

d. 填土工程 船閘完工之後，以其高度超過地面五公尺左右，而船閘兩旁，必須有空曠之地，以為建築及行人之用，故需用巨量土方，以填高之。此項土方，除由閘塘挖出之土五萬餘公方充用外，尚不足七萬公方，為數甚巨，若不於事先有周密之計劃，則臨時必致取土無着或工費奇昂，故著者於全部土工未開始之時，即從事通盤籌劃，於無須築堤之下游引河之一段，預為留起不挖，俟閘工完工需土時，即從事完成下游引河，而將挖出之土，移作填土之用，如是佈置，約可省工費一萬五千元。

本項土工，係由馥記招工承攬，單價如下：

挖河(深 8 公尺)	每公方	0.33元
運土費(遠步 200 公尺)	每公方	0.15元
俄工(打俄三遍不保打)	每公方	0.10元
合 計		0.58元

a. 中運河攔河壩 攔河壩長 112 公尺,頂寬 10 公尺壩高自 3.5 公尺至 11 公尺不等,壩身係用糞料與土間錯堆成,中插杉木椿,椿與椿各用鉛絲繫住,前坡 1:0.3 全用掃土,後戩坡 1:3,全用泥土,全壩體積計 27000 公方,用款一萬六千餘元,係由本局招工自築。

第十四節 材料之處置

a. 材料到工之呈報檢驗及記錄 凡各項材料到工,於未起岸之前,由包工人填具材料報到單,呈請工程師,指派驗收人員,前往檢驗,驗收員於驗收完了後,即在原單上填明驗收數量,並附註考語,送呈工程師核閱蓋印,上項材料報到單,複寫二份,工程局與包工人,各執一紙備查其式樣如下:

材 料 報 到 單 第 批

項品	品名	尺寸大小	報到數量	驗收數量	單位	指派驗收員	驗收考語
1							
2							
3							
4							
謹呈者本表上列各項材料業於本日運到工地請即 派員驗收為禱此呈 導 進 委 員 會 鑒核 劉老湖船閘工程局							驗收者 月 日
備 註							

核 閱 者

各項材料檢驗之標準，水泥必須原封桶裝或袋裝，如用袋裝，則用鐵杆插驗其硬塊多少，以定取捨。石子石塊須質地堅硬，大小合度，而清淨純粹者。黃砂須潔淨粗粒，而不夾雜貝殼等有機物者。木樁須正直無裂縫及腐爛者。黃砂之含泥量，規定不得超過百分之五，檢驗方法，係用玻璃瓶貯砂加水，上下搖動，使砂內之泥，全部溶於水中，然後放置淨處，閱四小時後，量其砂面所積泥土之厚薄，以定其含量之多寡。

材料經檢驗合格後，即准許其上陸或入棧，材料員即根據驗收數量登記入冊。

b. 砂石水泥之過篩及沖洗 石子來自遠方，轉輾搬運，難免夾雜塵土外物，而敲碎時，大小亦難均勻，故須過篩及沖洗。用於1:3:6混凝土之石子，以能過5公分篩眼者為合格；用於1:2:4混凝土之石子，以能通過2.5公分篩眼者為合格。（參閱第十七圖）

沖洗石子之法，係用筐盛石，一人推筐，使其左右搖動，一人自上注水，以自筐眼流出之水現白色為度。又有一法，則將筐沉於水中而淘洗之，如第十八圖所示。

黃砂以能通過0.5公分篩眼者為合格，水泥堆置日久難免成塊，故亦用細眼之篩篩之，其留在篩上之塊粒水泥，一律屏棄不用。（參閱第十九圖，第二十圖）

c. 混凝土樑之製造與試驗 為欲明瞭到工材料所配製混凝土之強度，是否合於設計時之規定，殊有實地試驗之必要，爰就到工各種材料，配合製成小樑而試驗之，其試驗情形如第二十一圖。工場中水泥與黃砂只

有一種，水泥係啓新馬牌，黃砂係宿遷產，惟石子則有二種，一產淮陰老子山，一產山東台兒莊，爰將二種石子，分製二組而試驗之，每組之樑，均用 1:2:4 混合製成，48 小時後，拆去木模，放入水中，待四星期後，取以試驗，樑之尺寸為 $3'' \times 3'' \times 6'-0''$ 內，置 $\frac{3}{8}''$ 方形綑紋鋼筋二根，試驗時之淨跨度為 5 英尺，各組試驗結果如下：

第一組 用老子山石子試驗結果表

號數	成份	年齡	淨跨度	樑寬 b	樑深 d	鋼筋面積 A_s	最後集中荷重 P	混凝土所受最大 單位壓力
1	1:2:4	28日	5'-0''	3''	2.12''	0.281 方吋	1,210 磅	3,800 磅/吋 ²
2	''	''	''	''	''	''	1,500	4,700 ''
3	''	''	''	''	''	''	1,420	4,500 ''
4	''	''	''	''	''	''	1,010	3,200 ''
							平均	4,050 磅/吋 ²

第二組 用台兒莊石子試驗結果表

號數	成份	年齡	淨跨度	樑寬 b	樑深 d	鋼筋面積 A_s	最後集中荷重 P	混凝土所受最大 單位壓力
5	1:2:4	28日	5'-0''	3''	2.12''	0.281 方吋	910 磅	2,850 磅/吋 ²
6	''	''	''	''	''	''	1,010	3,200 ''
7	''	''	''	''	''	''	860	2,700 ''
8	''	''	''	''	''	''	860	2,700 ''
9	''	''	''	''	2.17	''	1,120	2,850 ''
10	''	''	''	''	''	''	1,210	3,160 ''
11	''	''	''	''	''	''	1,240	3,160 ''
12	''	''	''	''	''	''	1,280	3,260 ''
							平均	2,985 磅/吋 ²

由上述試驗結果，知老子山石子較優於台兒莊石子，故凡混凝土所用石子，一律採用老子山產。

第十五節 基樁工程

a. 基樁之編號及監工 基樁為全閘最重要工程，故監工務求精密認真，記錄務求詳細明瞭。為求監工嚴密起見，每一樁架，派一監工員監視之，為求記載詳明，便於查考起見，由工程師規定記載格式，編定基樁號數，責令各監工員遵照辦理。

基樁編號，以地位分類，以千數為指數，例如上游閘基基樁，自 1001 號起，下游閘基基樁，自 2001 號起，千數之內，復按各樁之長短大小，以百數指明之。例如上游閘基基樁長 8 公尺者，自 1001 號起，長 20 公尺者，自 1301 號起，故凡舉一樁號，即可知其為何處何種之樁，記載格式，分打樁觀察記載表及打樁日記二種，如附表所示。凡一監工員，一日內監視之工作，舉凡樁架號數，天氣晴雨，錘高，錘重，陷落數量，木樁荷重，以及工作人數等等，無不詳為記入於打樁觀察記載表內。該表例於翌晨由各監工員送入辦公室，經技術員或副工程師校核及工程師核閱後，再將全部工作數量歸納記入於打樁日記。故觀打樁觀察記載表，可洞悉各監工員一日間所監視之樁工及其荷重等等，觀打樁日記，可知一日間全部工作數量，條理分清，查考極易。又有進者，以每一監工員為單位，而令監視及記錄一日間之工作，責任既專，樂於努力，此則規定此種記載格式之微旨也。

導淮委員會劉老澗船閘工程局

打樁日記

天氣： 上午 下午 中華民國 年 月 日 第 頁

種類尺寸	本日敲成數量	連前累計數量	預定數量	未完數量	平均每樁荷重	備註
工 作 附 記	1.打樁機 部 2.機匠 名 3.打樁工人 名 4.小工 名					

記載者 副工程師 工程師 局長

導淮委員會劉老澗船閘工程局

打樁觀測記載表

第 號打機 鐘重 公頓 中華民國 年 月 日天氣： 上午 下午 第 頁

種類 尺寸	樁號	第一鐘起時		末五鐘記錄										末鐘止時		鐘去長度	有效長度	備註		
		時	分	1		2		3		4		5		鐘高	陷落					
				鐘高	陷落	鐘高	陷落	鐘高	陷落	鐘高	陷落	鐘高	陷落						五次平均	
附 記	1.機 匠 人 2.打樁工人 人 3.小 工 人										附 註	1.鐘高以公尺計 2.陷落以公分計								

監工者 副工程師 工程師 局長

b. 施工之困難及速度 閘址地層係緊壓之膠泥 (Compacted clay) 兼夾雜砂礫, 既如前述, 則打樁困難, 自在意中, 工程師為欲減少阻礙工作順利起見, 規定鐵樁尖二種, 包工人鑲於樁端使用。甲種係四角式, 如第二十二圖所示, 每個重 7.5 公斤, 8 至 10 公尺木樁用之。乙種係三角式, 如第二十三圖所示, 每個重 18.5 公斤, 2 至 20 公尺木樁用之。

各樁雖一律鑲用鐵樁尖, 但進行仍極遲緩, 為圖全部工程迅速完工起見, 不得不令包工人多添工具, 以便增加打樁單位, 增僱工人, 俾可夜以繼日, 一時工作頗行緊張, (參閱第二十四圖) 一面又令包工人裝設發電機, 使夜間工作, 無光線不足之虞。

全部基樁, 大小凡一千六百餘根, 於二十三年十一月開工, 凡十閱月而全部告竣, 其各種基樁每日 (不包舍夜工) 工作數量如下:

8 公尺木樁	每日 5—7 顆
10 公尺木樁	每日 4—5 顆
12 公尺木樁	每日 3—4 顆
15 公尺木樁	每日 2—3 顆
20 公尺木樁	每日 2—3 顆

c. 木樁之掘驗及斷裂情形 檢查全部打樁記錄發現上游閘基 20 公尺基樁, 有數顆情節可疑, 爰加研究與檢討, 各樁之記錄如下:

樁號6012觀測記載表

入土長度 公尺	錘高 公尺	陷落尺寸(公分)					平均 陷落	荷重 公斤	備註
		1	2	3	4	5			
6.0	3.0	14.5	12.4	14.0	15.2	15.2	14.26	11,700	1 樁頭加三角鐵尖 2 第五號樁架 3 錘重四公噸
7.0	3.0	15.2	14.2	14.6	13.9	14.1	14.40	11,700	
8.0	3.0	13.2	13.4	13.2	14.0	13.6	13.48	12,300	
9.0	3.0	12.1	11.6	9.9	10.6	11.0	11.04	14,500	
10.0	2.0	3.8	3.5	3.5	3.4	3.5	3.54	21,700	
11.0	2.0	3.5	3.4	3.3	3.5	3.3	3.40	22,200	
12.0	2.0	2.2	2.1	2.1	2.1	2.0	2.10	28,500	
13.0	3.0	3.1	2.9	2.7	3.0	2.8	2.90	36,500	
14.0	3.0	4.4	4.2	4.5	4.5	4.6	4.44	28,400	
15.0	3.0	4.7	4.5	4.4	4.5	4.7	4.56	27,900	
16.0	3.0	4.3	4.3	4.4	4.6	4.5	4.42	28,500	
17.0	3.0	4.0	4.1	3.9	4.0	4.0	4.00	30,300	

樁號1320觀測記載表

入土長度 公尺	錘高 公尺	陷落尺寸(公分)					平均 陷落	荷重 公斤	備註
		1	2	3	4	5			
5	2.0	8.7	9.9	10.0	10.2	10.3	9.82	10,700	1 用三角式樁尖 2 錘重四公噸 3 第四號樁架
6	2.0	8.5	8.5	8.3	8.3	8.5	8.42	12,000	
7	2.0	7.8	8.0	7.5	7.5	7.5	7.66	12,000	
8	2.0	7.1	7.3	7.3	7.0	6.8	7.10	13,700	
9	2.0	5.5	5.3	5.3	5.3	5.6	5.40	16,600	
10	2.0	5.3	5.0	5.3	5.0	5.0	5.12	17,200	
11	2.0	3.8	4.7	4.5	4.7	4.0	4.34	19,200	
12	2.0	3.5	3.5	3.5	3.5	3.7	3.54	21,700	
13	2.0	2.8	3.3	3.5	3.0	3.0	3.12	23,300	
14	2.0	1.3	1.5	1.8	2.3	2.5	1.88	29,900	
15	2.0	5.3	5.5	5.8	5.6	5.3	5.50	16,400	
16	2.0	5.5	5.8	5.5	5.5	5.6	5.58	16,200	
17	2.0	5.5	5.8	5.7	5.8	6.0	5.76	15,900	
18	3.0	6.3	6.2	6.5	6.3	6.7	6.40	22,100	

根據上列二表，可將木樁入土長度為橫軸，算出荷重為縱軸，畫成曲線如第二十五圖，由此圖可見此二木樁在入土 13 至 14 公尺之際，其荷重力突然下降，復經查詢當時情形，據監工員記憶所得，謂樁號 6012 樁身始終正直，而 1320 樁身則於中途傾斜，此數樁無論其在地下情形如何，本無礙於大局，惟為求閘基之盡善盡美及學術上之推討起見，殊有推究真相之必要，爰呈准導淮委員會總工程師，從事發掘，結果是二樁者，皆已損裂，至其損裂方法與情形，實屬意想不到，乃由著者攝影如第二十六、第二十七、二圖。上項斷樁，於發掘後，即將損斷部份鋸去，而接以鋼筋混凝土樁，以資補救。

d. 打樁方法及其荷重之計算 打樁方法，落錘（Drop hammer）與蒸氣錘（Steam hammer 參閱第二十八圖）並用，落錘之長處在可視樁之大小而定錘之輕重與其落下之高低，其短處則為偶一不慎，常有使木樁損斷之虞，蒸氣錘之長處在工作敏捷，且萬無損裂木樁之虞，其短處在價目昂貴，且某種蒸氣錘，因其製造時之固定設計，祇能打某種木樁，若本閘所用之蒸氣錘，小號木樁，尚堪應付，稍大木樁，已非其力所堪勝任矣。

樁架分二種，甲種為普通樁架，如第二十九圖，構造較為複雜，故任何高度均可搭製。本閘所用之最高樁架，高度為 34 公尺，此項樁架頗覺笨重，占地既廣，移動亦難。乙種為簡式樁架，如第三十圖，構造甚為簡單，移動亦極靈便，小號木樁之錘打及工作地位狹小如槽溝等，甚為適用。

計算木樁荷重係應用惠靈頓氏 (A. M. Wollington) 在「工程新聞」所發表之打樁公式,即世所稱為「工程新聞公式」(Engineering News formula) 者,其公式如下:

$$P = \frac{2Wh}{S+1} \quad \text{用於落錘}$$

$$= \frac{2Wh}{S+0.1} \quad \text{用於蒸氣錘}$$

上式 P = 木樁之安全荷重,以磅計

W = 錘重以磅計

h = 錘之下落以英尺計

S = 木樁最後數次之平均陷落以英吋計

著者以上式均用英制,不合我國制度,爰為化易如

下:

$$P = \frac{16.4Wh}{S+2.5} \quad \text{用於落錘}$$

$$= \frac{16.4Wh}{S+0.25} \quad \text{用於蒸氣錘}$$

上式 P 與 W 以公斤計, h 以公尺計, S 以公分計。

o. 基樁荷重之實驗 為欲明瞭全部基樁由計算所得之荷重,能否合於實際起見,爰有荷重實驗之舉,實驗之法,選木樁之十分垂直者,配以木架, (參閱第三十一第三十二圖) 每約十二小時加重一次,同時記錄其沉陷數量,測量沉陷,必須十分精細慎重,否則難期精確。著者之法,係在木樁左右兩邊,選取可靠之物,如已打木樁等,於其適當處,各釘鐵釘,此釘之地位須如以細線連之,此綫適經過并貼着於試驗木樁之一面,綫之一端,繫於鐵釘,一端繫一鐵器,而掛於另一鐵釘之上,然後用硬

鉛筆將此線與樁面（試驗樁）貼着之點畫出，如是每加重一次，照畫一次，則每次木樁之沉陷，即可於樁面上量得矣。

全閘各部基樁，均經擇要作荷重試驗，結果均稱滿意。下游閘基基樁試驗更多，蓋其荷重特重，且為全閘主要部份，不得不特別慎重也。茲將樁號 2053 之下游閘基 20 公尺基樁試驗記錄列表於下：

樁號 2053 荷重試驗記錄表

加重次數	加重日期			加重 (公噸)	總荷重 (公噸)	觀測日期			陷落 (公分)	總陷落 (公分)	備註
	月	日	時			月	日	時			
1	5	27	5	10	10	5	27	16 $\frac{1}{2}$	0.00	0.00	
2	5	27	16 $\frac{1}{2}$	10	20	5	28	5	0.04	0.04	
3	5	28	5	10	45	5	28	16 $\frac{1}{2}$	0.04	0.08	
4	5	28	16 $\frac{1}{2}$	10	40	5	29	5	0.05	0.13	
5	5	29	5	10	50	5	29	16 $\frac{1}{2}$	0.06	0.19	
6	5	29	16 $\frac{1}{2}$	10	60	5	30	5	0.06	0.25	
7	5	30	5	10	70	5	30	16 $\frac{1}{2}$	0.09	0.34	
8	5	30	16 $\frac{1}{2}$	10	80	5	31	5	0.10	0.44	
9	5	31	5	10	90	5	31	14 $\frac{1}{2}$	0.11	0.55	

第三十三圖為樁號 2053 加重至 90 公噸時攝影，第三十四圖則為根據上表繪成之曲線，閱該圖，可見該樁加重至 60 公噸以內，其每加重 10 公噸之沉陷，頗有規則，過此則其沉陷突增，因此可知加重至 60 公噸時，木樁之荷重彈性限度 (Elastic Limit) 已到，今若定安全率 (Factor of Safety) 為 2，則此木樁之安全荷重為 30 公噸。

f. 拉力樁 (Tension Pile) 之添設 上游閘基基樁，曾於最上游之三排計 30 餘根，做成拉力樁，以減輕閘門下

游基樁之負擔,其做法如第三十五圖,又鋼筋混凝土架棚,亦曾於後排基樁,加做拉力樁,以防架棚之往前傾倒,其式樣如第三十六圖。

第十六節 鋼板樁工程

鋼板樁施工之困難,較木樁為尤甚,蓋鋼板樁最長長度達 23.5 公尺,而 1GB 號者,樁身甚為細軟,難以吃力,且板樁此連彼接,左右均有連帶關係,若一樁損壞,或略有彎曲,第二樁即不能打下,不如基樁之各為單位故也。是以錘打鋼板樁,務須十分小心謹慎,鐵錘之上舉,必有一定限度,不得越電池一步,蓋一舉之失,全局皆非,不得不如是也。本閘工程有錘打鋼板樁一塊,費時至五六晝夜者,亦可見工作之困難矣。統計全部樁工,長短六百五十餘塊,於二十四年四月開始,半載而後成,各種鋼板樁之平均工作速度如下:

板樁號數	長 度	錘打時入土深	每日工作數 (不包含夜工)
3	23.5公尺	8公尺	4-6塊
1 GB	23.5	5	2-4
3	17.9	9	4
1 GB	17.9	6	2-4
"	8.9	6	2-4
"	8.0	6	2-4
"	6.0	6	2-4

第三十七第三十八二圖為打鋼板樁情形

第十七節 鋼筋混凝土工程

a. 鋼筋之繫配 因本閘各部鋼筋結構均極複雜,

且鋼筋係本會自備，切斷搭配，一有差誤，大則應響開工，小亦耗費鋼料，故於事先除有充分之研究計劃與計算外，復就各部份之形狀尺寸實地試行紮配，庶幾有充分把握，而無臨時雜亂之虞，第三十九圖為下游閘基鋼筋實地試紮時情形，第四十圖為下游撐牆 (Counterfort) D 鋼筋實地試紮時情形。

b. 下游閘基之澆製 下游閘基計有體積九百二十餘公方，容積既大，需料甚多，故事先曾有嚴密之籌劃與佈置，其上層鋼筋，為數甚多，重量亦大，特設鐵架以載之，如第四十一圖，是時適值黃水南注，運水渾濁，特設池濾清而蓄之，如第四十二圖，一切應用材料，均移置靠近之處，以便臨時取用，如石子則堆積成山，如第四十三圖。閘基體積甚大，必須日夜繼續工作，以期完善迅速，但萬一中途下雨，勢必將灰漿沖散，影響強度，則預搭蘆蓬，以遮護之，如第四十四圖，他如材料堆置之處所，裝設拌和機之地位，工人往來之途徑，以及工人工作之分配，事無鉅細，無不一一預為籌劃，其全部工場佈置，則如第四十五圖。

下游閘基，係二十四年九月二十七日開始澆製，是日清晨，由包工人將一應機械工具工人佈置就緒，各拌和機，均先開空車注水洗淨，各工人均各事其事，各站其位。工程師乃率領全體員司巡視各處，對於機械之運用，工具之分配，工人之職司，均詳加指示與檢查，諸事齊備，乃令鳴鐘，於是此閘基工程，即於叮噓聲中開始矣，此後每間一小時，鳴鐘三下，則有一員巡行各拌和機，而鈔錄

其一小時內之盤數。(每一拌和機,均派有監工員監視與記錄)由此盤數,即可算知其所成數量。工人與員司,均以六小時為一班,輪流接替。在工程進行時,並隨時抽做高一呎徑六寸之試驗柱若干,以便日後試驗,茲將工作記錄,工人分配及試驗結果,分錄於下:

下游閘基工作記錄

開工時間	二十七日上午八時廿五分
完工時間	二十九日上午四時廿五分
工作時間	四十四小時
拌和機具數	四具
閘基混凝土毛體積	924.7 立方公尺
埋在混凝土中鋼筋體積	30.6 立方公尺(158 公噸)
埋在混凝土中填塊體積	1.1 立方公尺
閘基混凝土淨體積	903.0 立方公尺
總計盤數	4624 盤
每盤所用材料數量	水泥 141 磅 石子 6 立方英尺 黃砂 3 立方英尺 水 34—42 公升
共用水泥桶數	1756.5 桶 (篩出 39 桶,剔出 33 桶已除去)
每盤出貨	0.195 立方公尺
平均每機每小時出貨	5.1 立方公尺
每機每小時出貨最高記錄	7.6 立方公尺

每公方混凝土所需材料 水泥 1.95 桶
 石子 0.872 立方公尺
 黃砂 0.436 立方公尺
 水 170—210 公升

下游閘基工作人數統計表

人 數 別	工 別	自 運 泥 間	水 泥 總 量	稀 水 泥	檢 水 泥	檢 石 子	檢 黃 砂	挑 水	攪 混 凝 土	搗 混 凝 土	雜 工	機 器 匠	木 匠	共 計	備 註
拌 和 機 數	1				6	12	6	2	4		10	2		42	
	2				6	6	6	1	4		10	2		35	
	3				4	8	8	1	5		10	2		36	
	4				4	6	8	2	4		10	2		36	
公共 總	工作 計	30	16							34			4	84	
														233	

下游閘基抽做圓柱試驗結果表(中央大學試驗)

水泥牌號……唐山啓新 混合比例……1:2:4
 黃砂產地……宿 遷 混合方法……機器拌和
 石子產地……淮陰老子山 貯藏方法……浸入水中
 年 齡……四 週 加水程度……充分潤濕

號數	重 量	直 徑	面 積	最後總壓力	單 位 壓 力	
					每平方公分	每平方吋
	磅	公分	平方公分	公斤	公斤	磅
G 1	28 $\frac{3}{8}$,,	15.2 ,,	181 ,,	24,400 ,,	135 ,,	1,915 ,,
G 3	28.0 ,,	14.9 ,,	175 ,,	28,000 ,,	160 ,,	2,280 ,,
G 5	26 $\frac{3}{8}$,,	15.0 ,,	171 ,,	31,600 ,,	179 ,,	2,540 ,,
G 7	28 $\frac{3}{8}$,,	15.1 ,,	179 ,,	20,250 ,,	113 ,,	1,610 ,,
G 9	28 $\frac{3}{8}$,,	15.1 ,,	179 ,,	30,000 ,,	168 ,,	2,380 ,,

又年齡……八週 餘同上

	磅	公分	平方公分	公斤	公斤	磅
G 2	29 ½ "	15.2 "	181 "	40,000 "	221 "	3,140 "
G 4	27 ½ "	15.0 "	177 "	32,000 "	181 "	2,570 "
G 6	26 ¾ "	14.6 "	167 "	30,000 "	180 "	2,550 "
G 8	26 ¾ "	14.5 "	165 "	32,000 "	194 "	2,760 "

第四十六圖示下游閘基鋼筋全景,第四十七,四十八,二圖示閘基內部鋼筋情形,第四十九圖示拌和機之工作情形。

o. 上游閘基之澆製 澆製上游閘基之事先籌劃與佈置,與下游閘基相仿,惟因體積較小,措手較易耳。工作進行時,亦曾有同樣之記錄與抽做試驗圓柱,茲將結果,附錄於下:

上游閘基閘工作記錄表

開工時間	十二月二日上午七時五十分
完工時間	十二月二日下午二十一時五十分
工作時間	十四小時四十五分
拌和機具數	四具
閘基混凝土毛體積	354.9 立方公尺
埋在混凝土中鋼筋體積	5.3 立方公尺
埋在混凝土中填塊體積	0.4 立方公尺
閘基混凝土淨體積	349.2 立方公尺
總計盤數	1840 盤
每盤所用材料數量	水泥 141 磅
	石子 6 立方英尺

	黃砂 3 立方英尺
	水 34-42 公升
共用水泥桶數	695.5 桶 (篩出 32 桶已除去)
每盤出貨	0.19 立方公尺
平均每機每小時出貨	6.00 立方公尺
每機每小時出貨最高紀錄	7.8 立方公尺
每公方混凝土所需材料	水泥 1.99 桶
	石子 0.896 立方公尺
	黃砂 0.448 立方公尺
	水 170-210 公升

上游閘基抽做圓柱試驗結果表

水泥牌號	……唐山啓新	混合比例	……1:2:4
黃砂產地	……宿遷	混合方法	……機器拌和
石子	……淮陰老子山	貯藏方法	……浸入水中
年齡	……四週	加水程度	……充分潤濕

號數	重量	直徑	面積	最後總壓力	單位壓力	
					每平方公分	每平方吋
I ₁	30.0 磅	15.5 公分	188 平方公分	18,100 公斤	96.4 公斤	1,370 磅
I ₂	29.0 磅	15.1 公分	179 平方公分	27,000 公斤	150.5 公斤	2,220 磅
I ₃	28.5 磅	14.0 公分	174 平方公分	29,600 公斤	170.0 公斤	2,420 磅
I ₄	30.0 磅	15.0 公分	177 平方公分	23,900 公斤	135.0 公斤	1,920 磅

上表 I₁ 之結果特劣,大約係製造時兩面不平,或搗固功夫欠到之故。

d. 上下游閘牆及其他另基工程之澆製 上游閘

牆高六公尺，下游閘牆高 13 公尺，勢難一氣呵成，故皆分層澆製，每層最高以 1.5 公尺為限，一層完工後，須經過 48 小時，方許接做第二層模板，以免因釘立模板之震動，而致損及已成混凝土之強度。下游閘牆甚高，混凝土之搬運，若全用人工，殊覺費力，故在澆製上半部閘牆時，即令包工人裝設吊車，以便運輸。第五十圖係澆製下游閘牆時全景。第五十一圖係吊車傾倒混凝土情形。第五十二圖為完工後之下游閘牆。

輸水道長度過大，故分為五段澆製，各段接頭處，均嵌以滿塗柏油之油毛毡三層，以備伸縮。輸水道中有一段，係在冬季澆製，是時晚間溫度，在攝氏零下 5 度，白晝在零度左右，故令包工人四面搭篷，如第五十三圖，篷內生火，使其溫度在攝氏 5 度以上，並保持至三日三夜之久。

大量之混凝土工程，均用機器拌和，小量者，則亦用人工拌和。

凡混凝土之不能一氣呵成者，則於其停工時留一毛面，至第二次澆製時，如為時在三五日之內，則洗刷其面，再用 1:2 水泥灰漿澆注面上，以資銜接，如為時過久，或而部平滑，則須新鑿毛面如第五十四圖，再用上法銜接之，每次澆製混凝土，於完工後，其面部用麻袋蓋護，並隨時用水澆洒，如第五十五圖。

第十八節 鐵工及石工

a. 閘門及活動橋 上下游閘門（參閱第五十六，

五十七,二圖) 均由導淮委員會向英國工廠定製,用鋼板爲面,工字鋼等爲骨,爲便於起卸轉運起見,由英國散裝來工,再由包工人按圖配合,依法帽釘。活動橋鋼件,亦係由會向上海工廠定製,橋寬 2.8 公尺,長 18.0 公尺,橋底裝置活輪,行於鐵軌之上,橋旁置機關,以司啓閉;所有鋼件,均塗紅丹油一道,黑鉛油二道,以防銹爛。

b. 石工 石工分水泥灌石塊,水泥砌石塊,鐵絲籠亂石塊,及普通亂石塊四種。水泥灌石塊,係用石塊分層鋪砌,石與石之間,使其隔離約 2.5 公分,而 1:3:6 混凝土灌其空隙,閘廂之底,靠近下游部份用之。水泥砌石塊,係將塊石用 1:3 水泥砂漿砌造,上下游引河及閘廂坡面用之。鐵絲籠亂石塊,係用 10 號鉛絲,編造成籠,籠長 2 公尺,闊 1 公尺,深 1 公尺,中實大號塊石,每塊重 150 公斤左右,下游引河出口一部份用之。普通亂石塊,即用重約 150 公斤之石塊,分層鋪砌,上下游引河及閘廂一部份之底用之。

c. 輸水道鋼管 輸水道鋼管,係由上海大中華鐵工廠承造承裝,其單價計每噸 (2240 磅) 材料 162 元,帽釘及附件 53 元,人工及運輸 185 元,合計爲 400 元

鋼管材料既全數運到,即由該廠派定匠工日夜裝置,所有帽釘, (Rivet) 皆用機器帽釘,每具帽釘機 (Pneumatic hammer) 需工人五六名,每日平均能帽帽釘 470 只。

上下游輸水道,全部鋼管計長 76.3 公尺, (徑 2.5 公尺) 分爲 80 節,帽釘共 30,400 只, (徑 $\frac{3}{4}$ ") 下游鋼管,形

勢崎嶇，裝置頗難，於二十五年四月二十日開工，同年五月十九日完工，爲時僅及一月，該廠工作之努力與迅速，誠堪嘉許，第五十八圖爲機械帽釘情形，第五十九圖，爲下游輸水道竣工攝影。

第十九節 整理工程

閘工既全部告竣，乃由包工人將一切殘餘材料，廢棄物件，以及塵沙污垢，全體收拾清淨，並經工程師將船閘各部，細加察閱，如發現稍有疵瑕，即令重加琢磨，以期盡善盡美。

第四章 討 論

第二十節 基礎之設計及施工應取之態度

凡欲求建築物之安全，必先求其基礎之堅實，若在多山之區，則不難覓得堅硬石層，以爲基礎，若在平原區域，則地多沖積而成，不堪任重，故欲求基礎之堅實，勢非借重基樁不可，惟於其施工時，必須慎重將事，觀察周詳，方克收其實效，若一味草率，不顧一切，但求基樁之打下，即爲了事，則未有不債事者。以著者之經驗，凡插樁時，樁身務求其十分垂直，因我國建築界，習用重錘，故鐵錘之落下，除用以計算其荷重外，不宜過高，中途如發現傾斜，則必嚴加注意，是否因樁端遇着阻礙，如石塊等，或樁身斷裂，其因既明，再圖補救。若木樁沉陷在一公分以內，則應特別小心防其斷裂，如荷重能力已達，或已相近，則以

停止錘打爲宜。如遇地層全係流砂 (Quick sand) 則可試用沖水法 (Water jet) 此法著者辦理東台縣川東閘時，曾經採用，甚著成效，而未用此法以前，則倍覺困難也。

現在歐亞各地，如印度等處水利工程，間有不用基樁者，故基樁在現時，亦並非必需，要在設計者之佈置如何耳。

第二十一節 運用工程新聞公式之討論

工程新聞公式 $P = \frac{2Wh}{S+1}$ 以其式簡而易算，故人多樂於採用，惟其單位不合我國現行制度應化變之如下：

$$P = \frac{16.4Wh}{S+2.5} \quad (\text{安全率}=6) \dots\dots\dots (1)$$

$$= \frac{19.7Wh}{S+2.5} \quad (\text{安全率}=5) \dots\dots\dots (2)$$

$$= \frac{24.6Wh}{S+2.5} \quad (\text{安全率}=4) \dots\dots\dots (3)$$

上式 P = 木樁之安全荷重以公斤計

W = 錘重以公斤計

h = 錘之落下高度以公尺計

S = 最後三或五錘之平均沉陷以公分計

我國工程界習慣，喜用重量較大之鐵錘，蓋如是錘之落下 h ，可以減低，而收節省時間之效，但 h 與 P 之關係，不可不一研究，以求與實際相符，著者對此，曾於本閘基樁工作進行時，作多次之實地觀察，茲錄其代表記錄於下：

工程新聞公式中P與h之關係實驗記錄表

次數	相隔時間	錘重W	錘高h	沉陷S ₁	平均沉陷S	荷重P	荷重百分比
1		3公頓	2公尺	2.4公分			
2	73秒	”	”	2.4			
3	61	”	”	2.3	2.37公分	20,200公斤	85
4	76	”	3公尺	3.8			
5	64	”	”	3.4			
6	64	”	”	3.9	3.70	23,800公斤	100
7	50	”	2公尺	2.2			
8	52	”	”	2.1			
9	60	”	”	1.9	2.07	21,600公斤	91
10	38	”	1公尺	1.2			
11	42	”	”	0.8	1.00	14,100公斤	50

觀上表可見 P 之價值,受 h 高下不同之變化,今試細研其故,查 h=3 公尺時, S 為 3.7 公分,繩以力學公理,則 h=2 公尺時, S 應為 $3.7 \times \frac{2}{3} = 2.46$ 公分, h=1 公尺時, S 應為 $3.7 \times \frac{1}{3} = 1.23$ 公分,統觀上表 S 價值,均近似而略小,查鐵錘落下,着於樁頭時,其工作力 (Work done) 為 $W \times h$, 此力可分為二部份,一部份先克服樁而與泥土間摩擦力之墮性,及其他消耗工作。今命此力為 A,另一部份,則使木樁沉陷,今命此力為 B,以式表之如下:

$$W \cdot h \rightarrow A + B \dots \dots \dots (4)$$

(4) 式中 A 力無論 h 為 1 公尺 2 公尺或 3 公尺均須耗費,故近似而略小之 S 各值均為合理。又查 (1) 式中之分子 $16.4Wh$, 以一定之錘重,其值與 h 成正比,反觀其分母 $S+2.5$ 之值,雖亦與 h 成正比,但增減不如是其速,由此可知荷重 P 因 h 高下而結果不同,使用者

不可不注意也。至於 h 之值，究以何者為適度，則非借重實驗不可，以著者劉澗之經驗，錘高至少應在 2 公尺以上方為適宜。又 S 若少於一公分，則計算所得結果，亦不甚可靠。鐵錘之重，應大於木椿二倍以上。我國工程界習用較重之錘，故可不虞其過輕。又照工程新聞公式算出之荷重，其安全率為 6，似嫌過大，著者之意，如打椿經過良好，則減低為 5 或 4，亦無不可，至於錘落之須極端自由而毫無牽掣，椿頭之須新鋸，而不得用墊塊，則又世所共知，不待著者之喋喋也。

綜上所述，可知工程新聞公式，運用時，必須知其範圍與限度，茲再條列於下：

1. h 應大於 2 公尺，但不得過 5 公尺
2. S 應大於 1 公分
3. W 應大於 2 倍木椿重
4. 錘落須自由
5. 椿頭須新鋸，並不得加墊塊
6. 須無鐵錘反跳 (Robond) 現象

基礎土質，因地而異，其性質隨時有變，(如晴雨等) 打椿方法或用機械，或用人力，而工具之構造，又因地而異，故一處一時所得之結果，未必盡能適合於他處，神而明之，存乎其人矣。

第二十二節 石子採取方法之討論

普通習慣，石子之採取，無不由包工人在石山開鑿石塊，僱工敲碎後，再行運輸來工，但此有二弊，轉輾運輸，

污泥雜物，易於混入，其弊一。工人爲貪圖取巧，常將爛石山皮等混入，其弊二。欲免斯弊，莫若令包工人將石塊運工，而僱工再就地敲碎，則業主得以派員挑選與監視，而收純淨之功。

第二十三節 水泥之貯藏及其單位容量之討論

水泥一物，易受潮濕影響，而減退其強度。故桶裝實較袋裝爲宜，惟袋裝價賤，故人多用之。貯藏之法，須覓高燥之處，建造料庫，而收容之。料庫務求高爽堅固，不透風雨，地面須搭鋪木板，以避地下潮濕。

又建築物如在通都大邑，則水泥可以視實在之需要，隨時購運，既免建庫貯藏之煩，又可收工堅料實之効。若在外埠，交通不便之處，則勢非預貯不可。對於料庫之應注意各點，已如上述，而堆置日期，不能過久，尤須注意。著者曾將在工貯藏三月之水泥，與預留作試驗用之貯藏九月之水泥，做成灰砂方塊，以作試驗，則見到工九月之水泥，約失其原有強力之半，於此可知貯藏日期，對於強度之重要矣。試驗結果如下：

灰沙方塊試驗結果表

水泥牌號·····	唐山啓新	混合比例·····	1:3
黃沙產地·····	江蘇宿遷	貯藏方法·····	浸入水中
年 齡·····	四 週	加水程度·····	極 乾

號數	水泥貯 工時日	方塊尺寸	面積	最後總壓力	單位壓力	
					每平方 公分	每平方吋
1	三月	公分 7.62×7.62×7.62	平方公分 58.0	公斤 16,600	公斤 286	磅 4,050
2	”	—”—	”	19,700	340	4,820
3	”	—”—	”	20,600	355	5,050
4	九月	—”—	”	12,000	207	2,910
5	”	—”	”	9,600	165	2,350
6	”	—”	”	10,000	172	2,450

水泥之單位容量，易為人所忽視，水泥一鬆一實，其容量大有差別。劉閘工程，規定每立方英尺水泥以 94 磅為準則。故曾實地試驗，得 94 磅之鬆散水泥，其容量為 $12'' \times 12'' \times 14\frac{5}{8}''$ 。查水泥以重量計，在我國工程界，尚屬少聞，故普通所用 1:2:4 混凝土，其水泥成份，實屬不足，深望以後辦理工程者，能取法於是也。

第二十四節 混凝土加水量之討論

混凝土之加水量，通常每桶水泥，自 90 公升 (Liter) 至 110 公升，視砂石潤濕程度而異。欲求混凝土發生最高強度，則加水自以略少為宜。但鋼筋混凝土，因有鋼筋之阻礙，使混凝土難以隨意流動，更兼拌和較乾之混凝土，搗固工作，一不經意，每易存留孔隙。故著者之意，加水量以使混凝土充分潤濕，較為適宜也。

節二十五節 混凝土在冰凍時工作之討論

凡一工程之建築，無論業主與包工，無不欲其早日觀成。而一遇冬季，各項材料，多有冰凍之虞，混凝土工程，

境及時間之變遷，似尙有可以改進之處，謹述於下，以供研討，詩云：如切如磋，如琢如磨，海內賢達，進而教之，則幸甚矣。

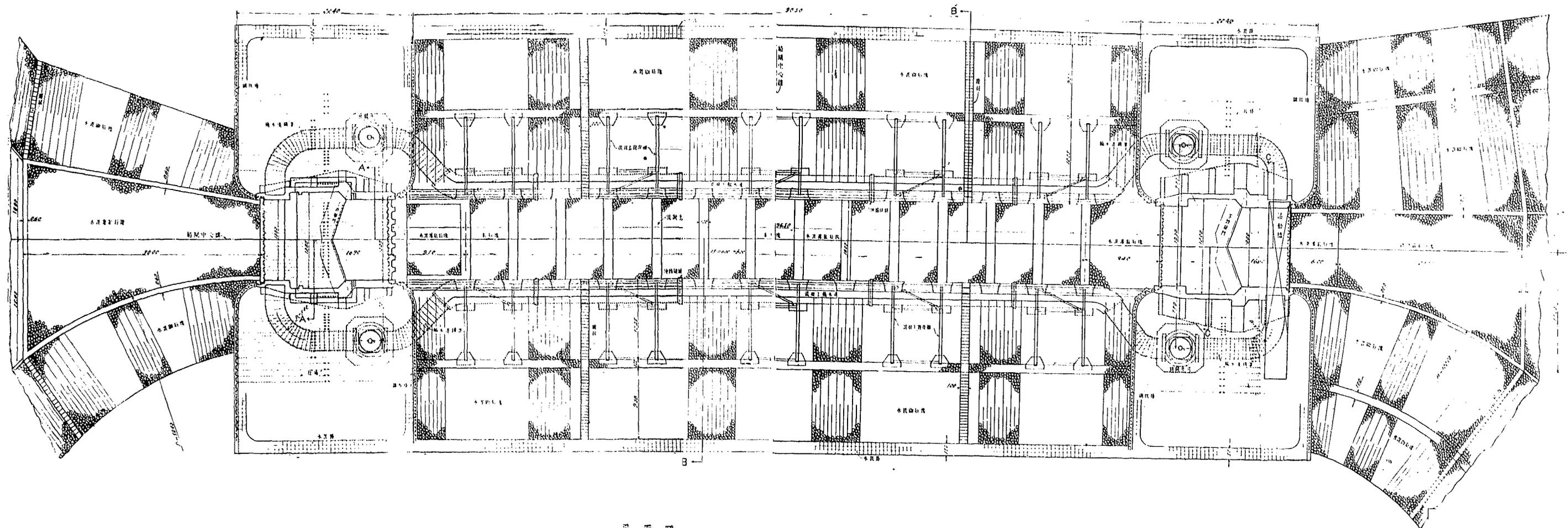
查船閘設計時，橫貫於吾人心中者，除工程上立場各點外，厥爲經濟，蓋遵准二年計劃，欲以最低限度之金錢，建築最高限度之工程，普通船閘工程，其閘牆閘底，幾皆用整塊混凝土，而置輸水道於閘牆之中，劉澗船閘若襲用此法，則工程費用之巨大，必非經濟能力所能允許，幾經思維與籌劃，始決定將上下游裝置閘門部份，用鋼筋混凝土建造閘廂部份，即就兩邊土坡加砌石塊，以資保護，護岸架棚，最初擬用極簡單之木樁木樑搭成，所費甚微，其後以木料易腐，船閘一經通航，修換即感困難，且以閘工之偉大，配以木質架棚，亦似有傷觀瞻，故即改用鋼筋混凝土架棚，而工費亦因此增大，由今思之，閘廂兩邊不如改用賴式三號鋼板樁爲牆，如此則上下游鋼板樁翼牆，可省去一半，加以石坡，鋼筋混凝土架棚及多挖土方之工費，當與上項三號鋼板樁牆不相上下，而全閘觀瞻之增進則收獲不少，又有進者，閘廂容量既小，船閘一開一放之耗水量亦因而減少，船隻過閘時間亦可連帶節省，此在目前，或者關係較少，而數十年後之中國，則必當注意及之矣。

閘廂兩旁，既改用鋼板樁牆，則輸水道即可移置閘廂之底，輸水道下之基樁，以劉澗基地土質而論，似可全部省去，其進口處，擬改設司東式插門，(Stoney gate) 則兩旁開關井穴，亦可省去。

鋼板樁翼牆，(板樁長 23.5 公尺) 當設計時，為節省經費起見，出土高者用賴生式 3 號，出土低者，用 1GB 號，但 1GB 號因樁身細軟，施工時頗感困難，填土完工後，微顯凹凸不齊，雖無妨大局，要非盡善盡美，故該項板樁如經濟能允許，以改用 3 號者為宜。

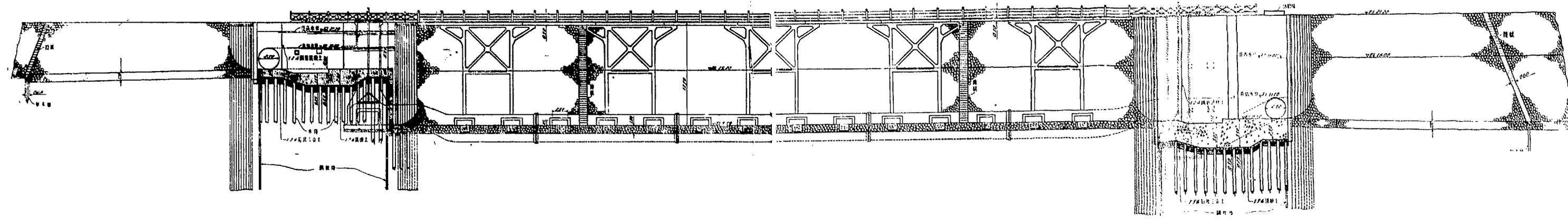
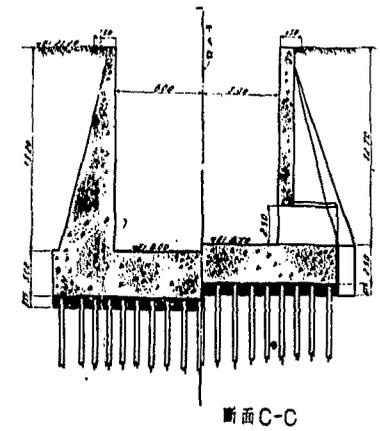
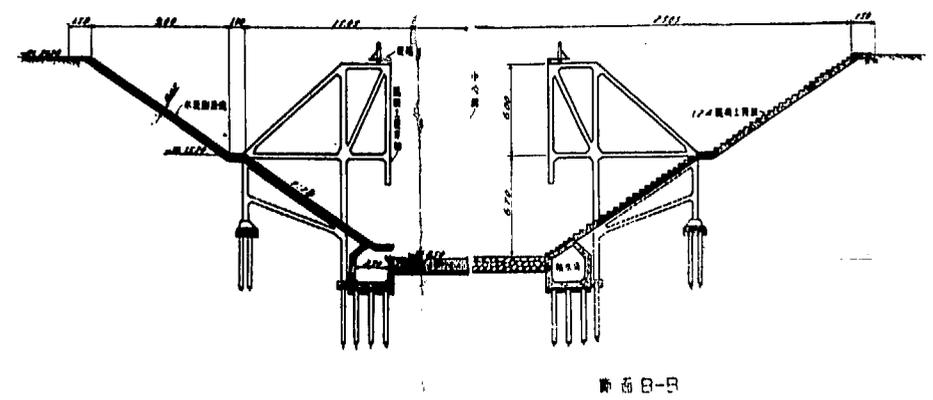
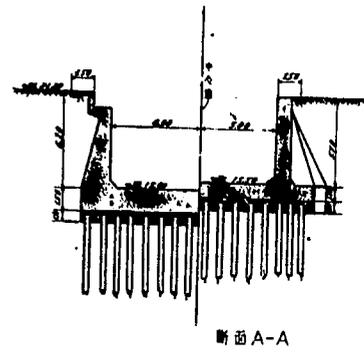
上下游閘基容積甚大，內部鋼筋甚多，若不一氣呵成，如何接頭，殊難佈置，若連續工作如本閘所為，則事前佈置，殊覺吃力，且工作時間夜以繼日，晚間工作較之白晝，總覺較遜一籌，而主管人員難以貫徹始終，監視到底，尤覺遺憾（本閘當時係邀請邵淮兩局工程師率領工程人員前來贊助，故覺應付裕如，在他處恐未必能辦到）故以後再有如此閘工，在設計時，似應注意及此也。

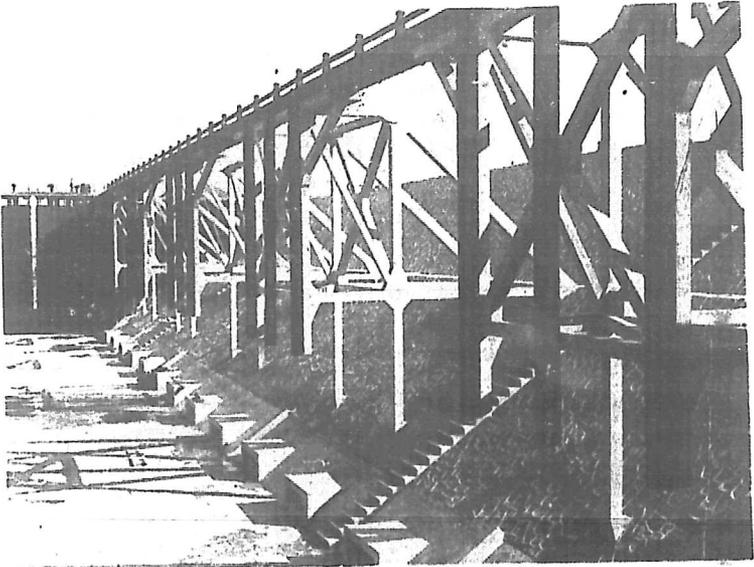
第一圖



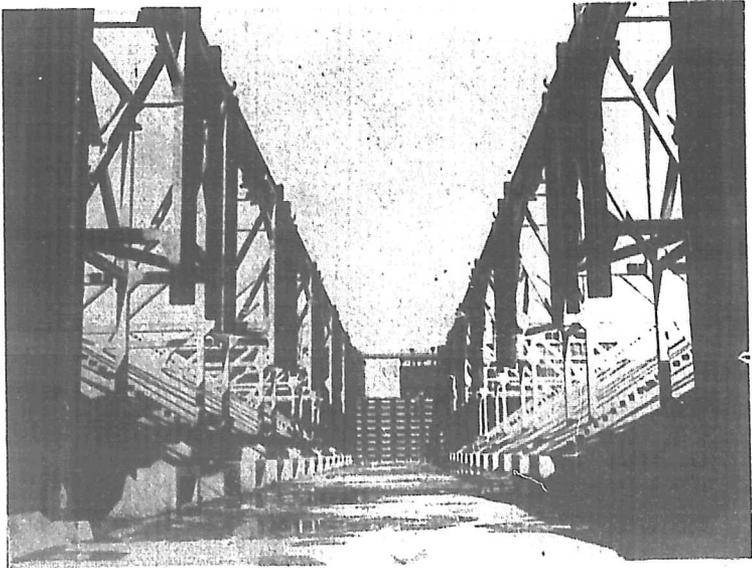
平面圖

第 二 圖

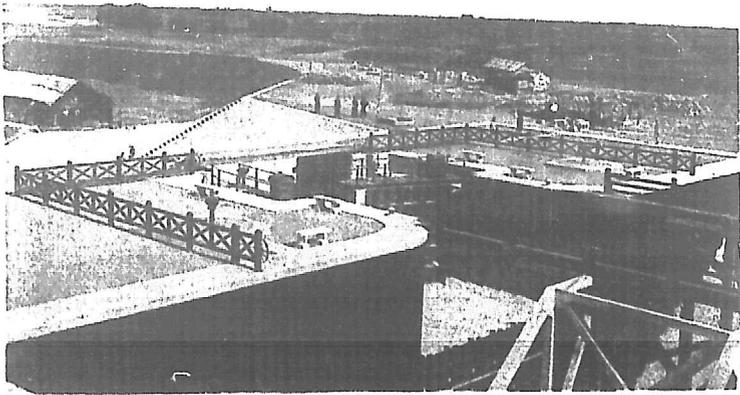




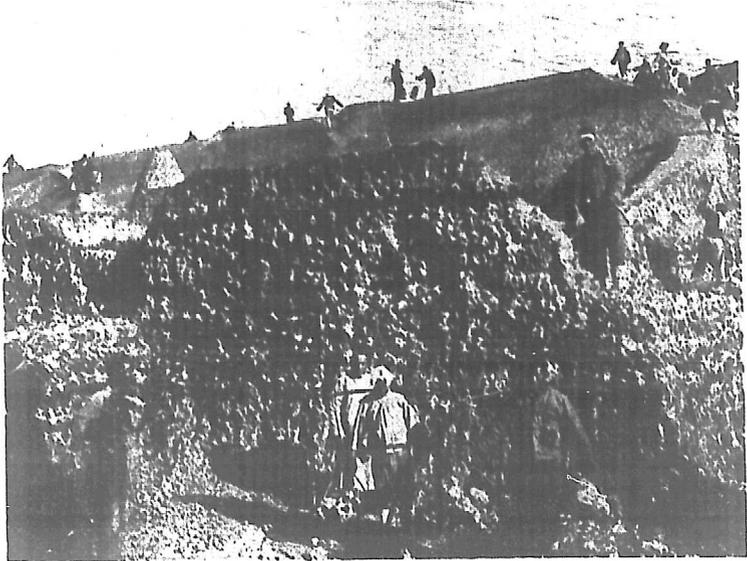
第三圖 船閘竣工攝影(一)



第四圖 船閘竣工攝影(二)

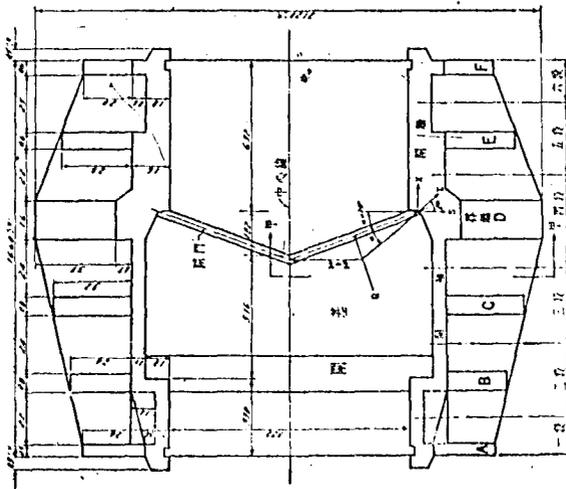
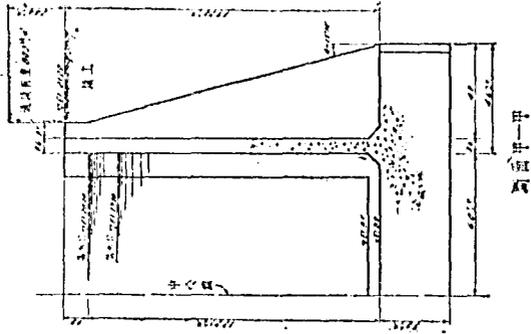


第五圖 船閘竣工攝影(三)



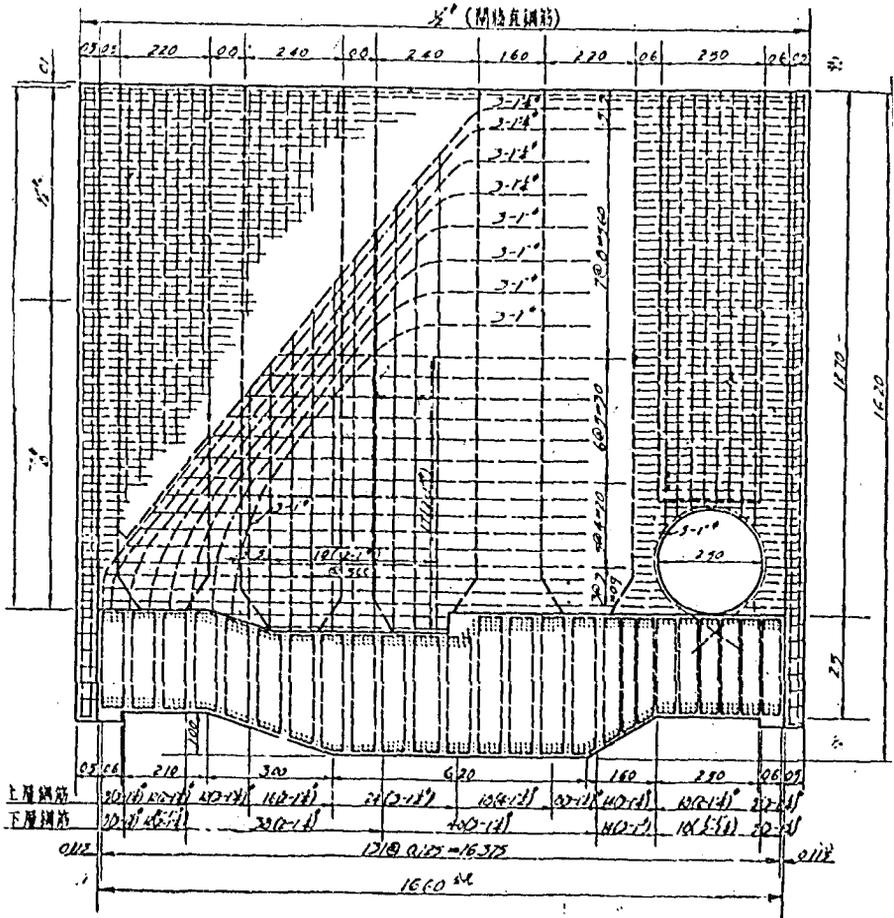
第十五圖 土層夾雜沙礫情形(一)
(白色者即砂礫)

(64)

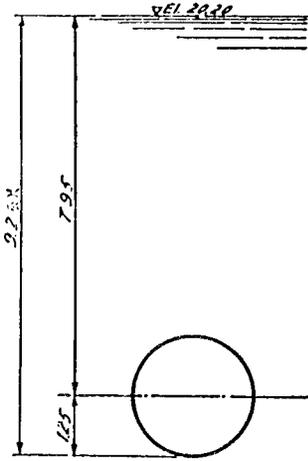


上 閘門平面圖

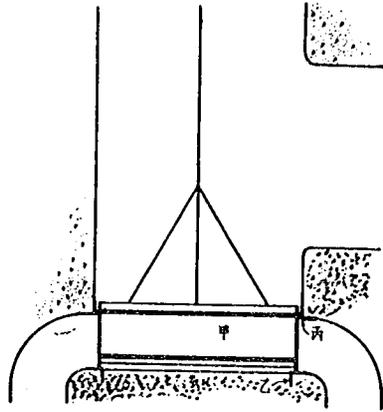
五八圖



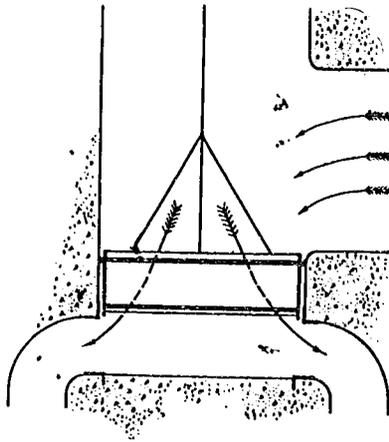
第十圖 閘牆及基脚鋼筋佈置圖



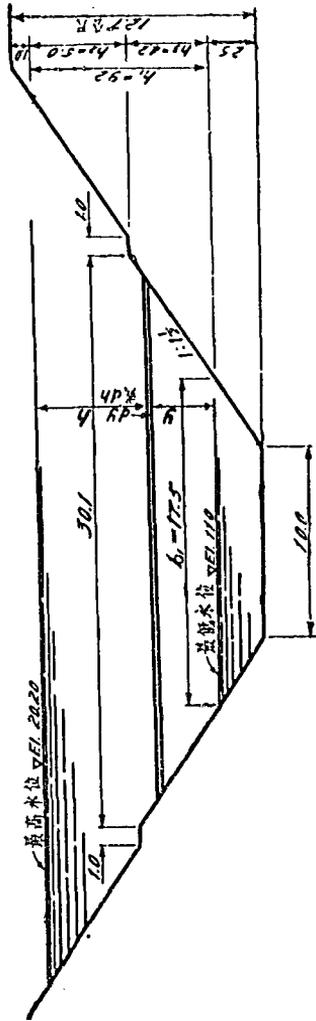
第十一圖



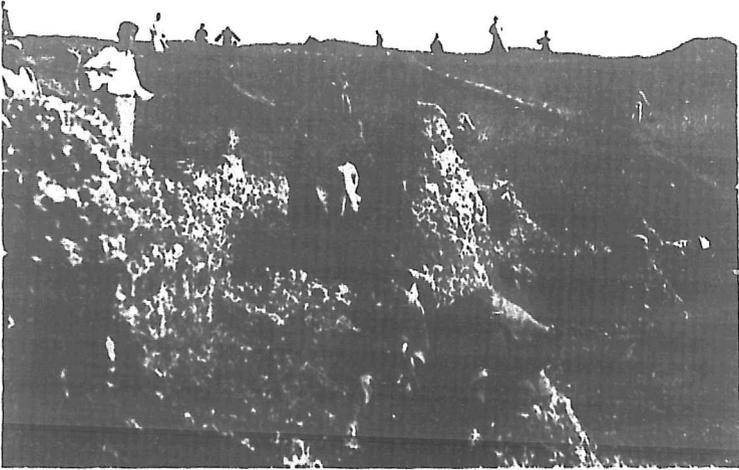
第十二圖



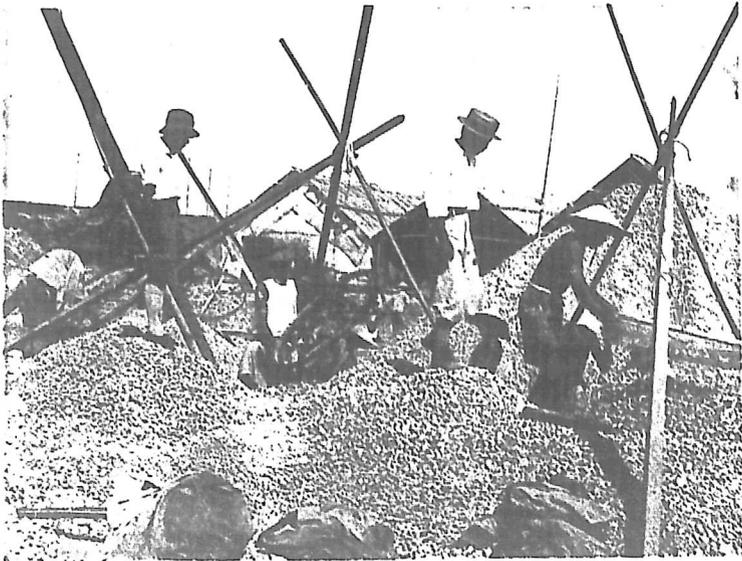
第十三圖



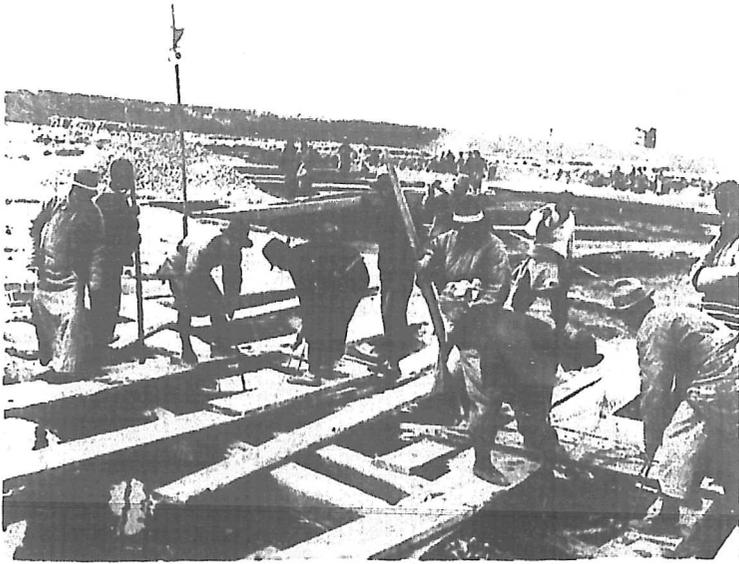
第十四圖



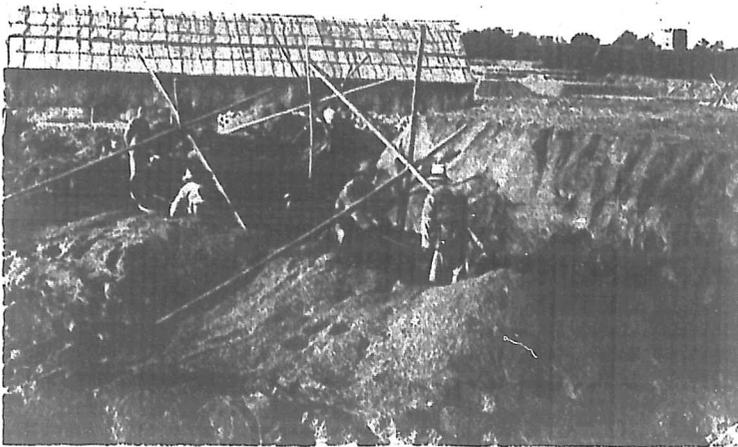
第十六圖 土層夾雜砂礫情形(二)
(白色者即砂礫)



第十七圖 篩石子攝影
(71)



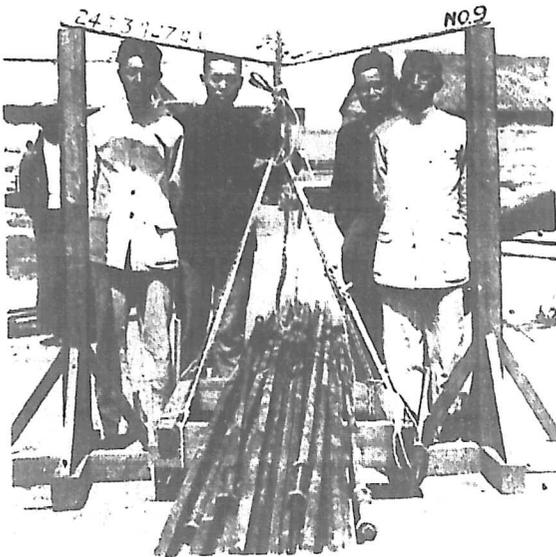
第十八圖 洗 石 子 攝 影



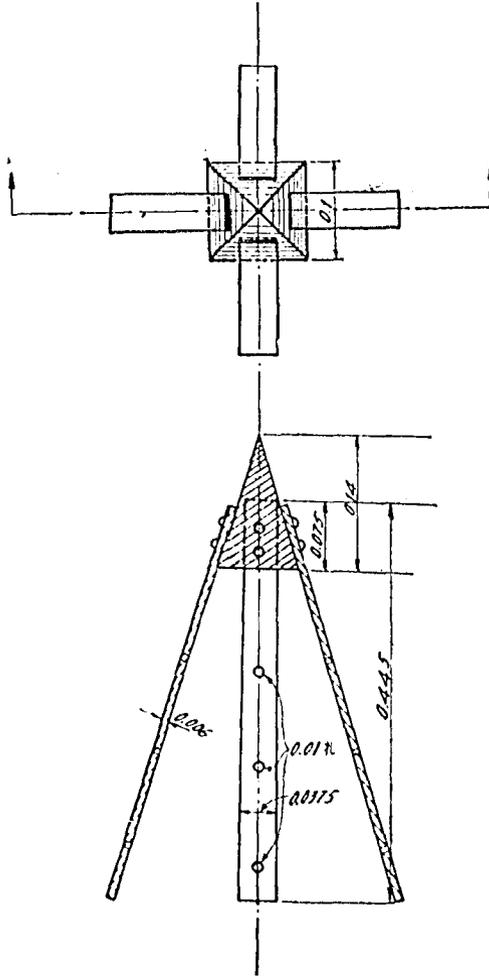
第十九圖 篩 黃 沙 攝 影



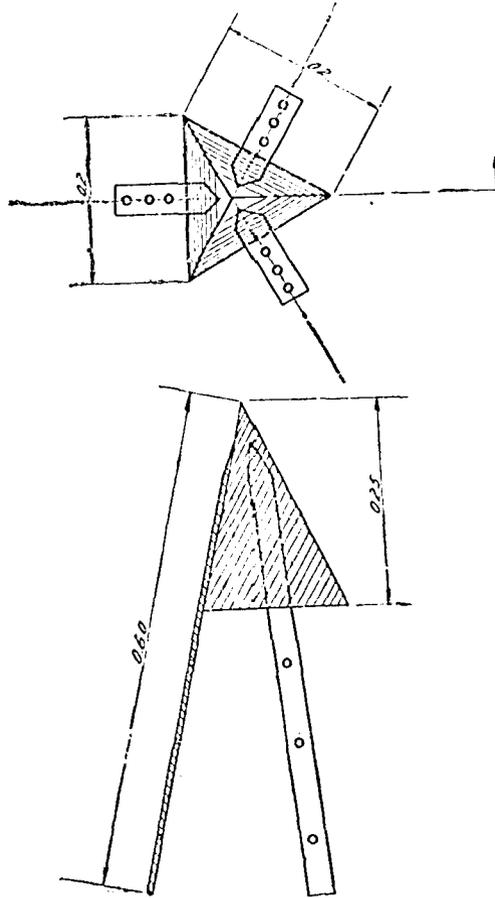
第二十圖 篩水泥攝影



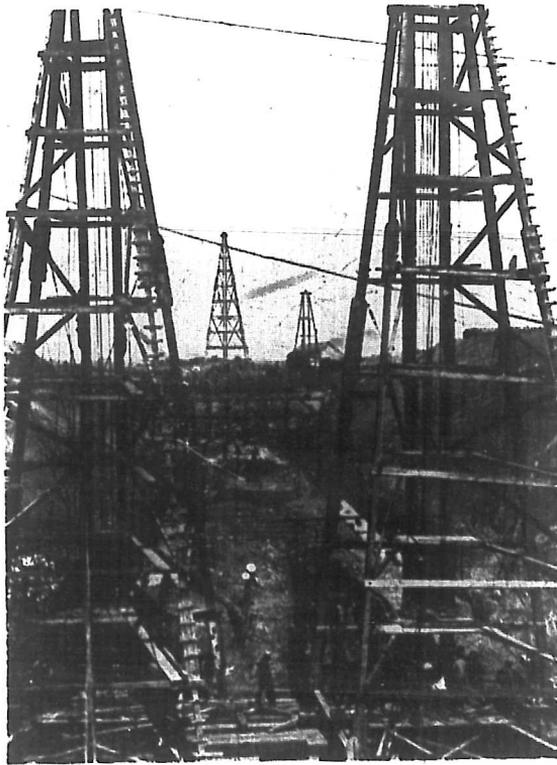
第二十一圖 試驗混凝土樑情形
(73)



第二十二圖 四角形鐵榑尖

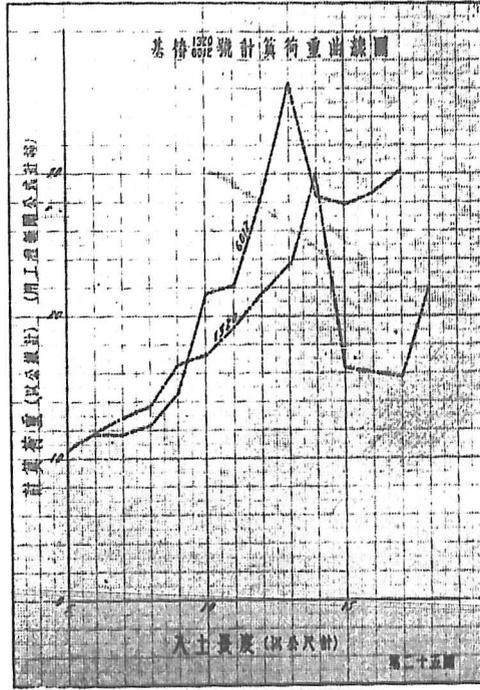


第二十三圖 三角形鐵楔尖

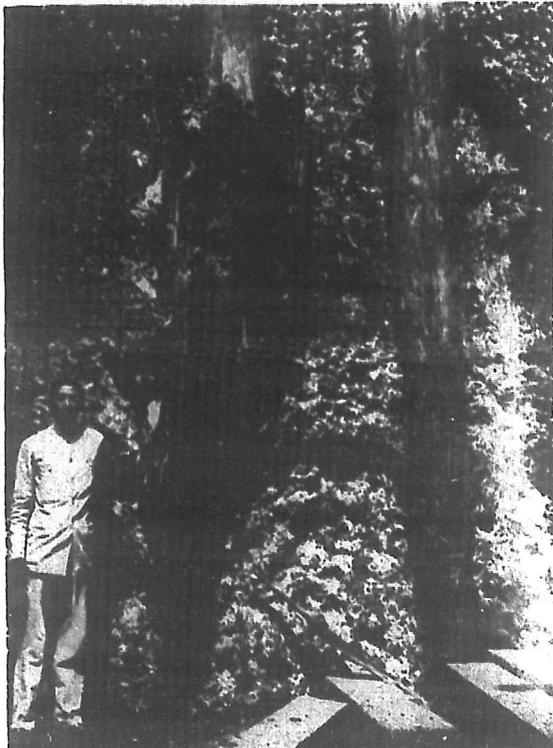


第二十四圖 打樁工作緊張情形

第二十五圖

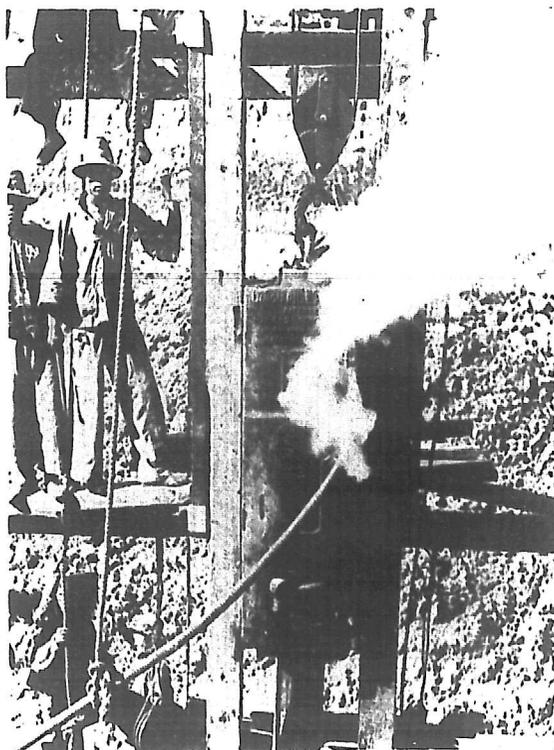


第二十六圖 S012號斷樁攝影

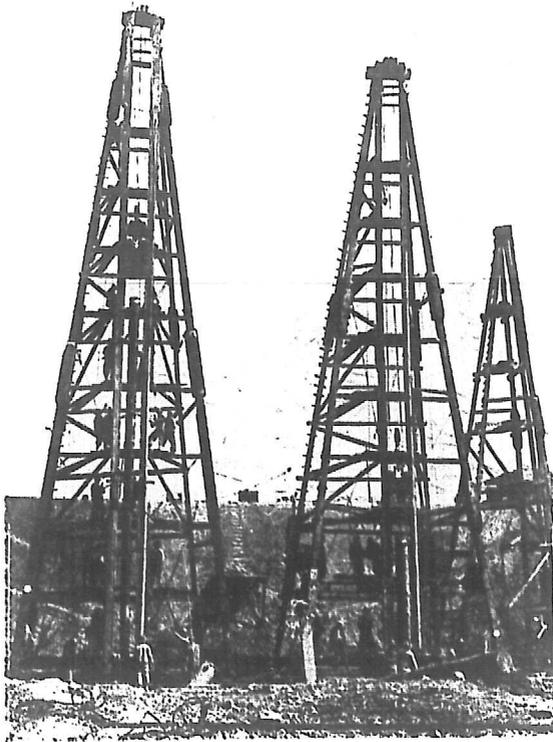




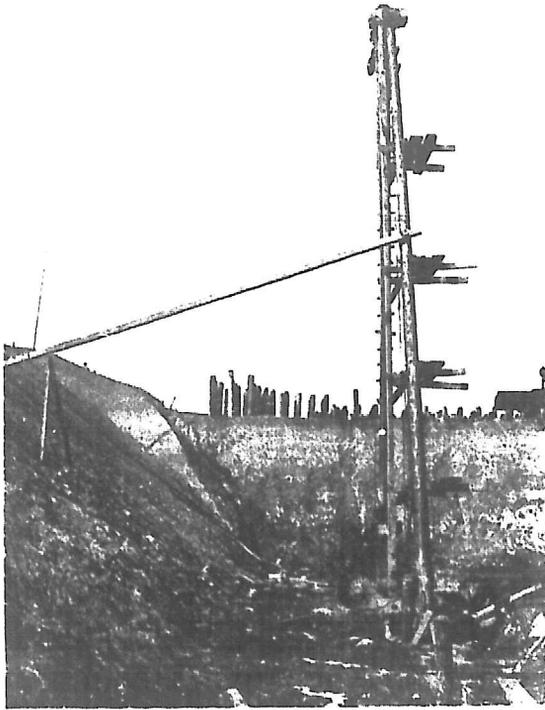
第二十七圖 1320號漸樁情形



第二十八圖 蒸氣錘工作情形

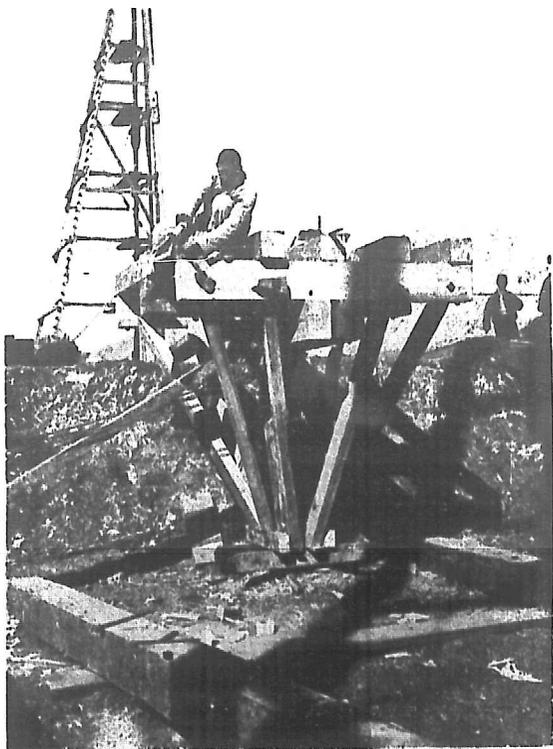


第二十九圖 普通樁架攝影



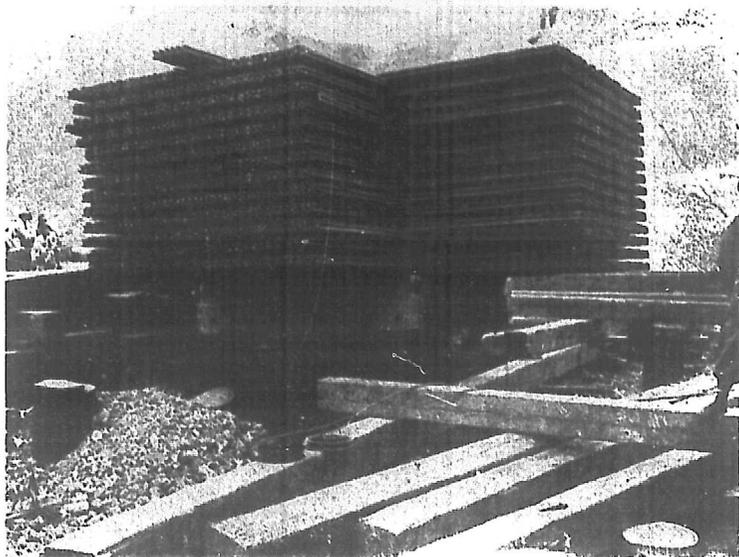
第三十圖 簡單樁架攝影

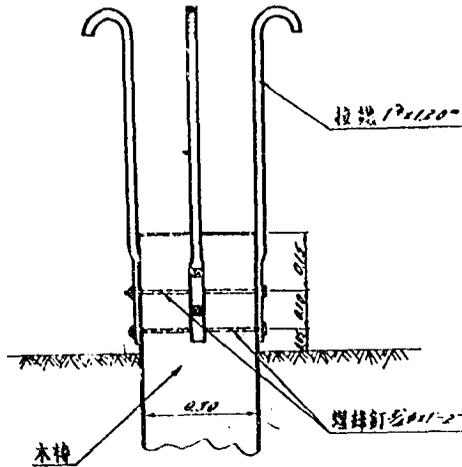
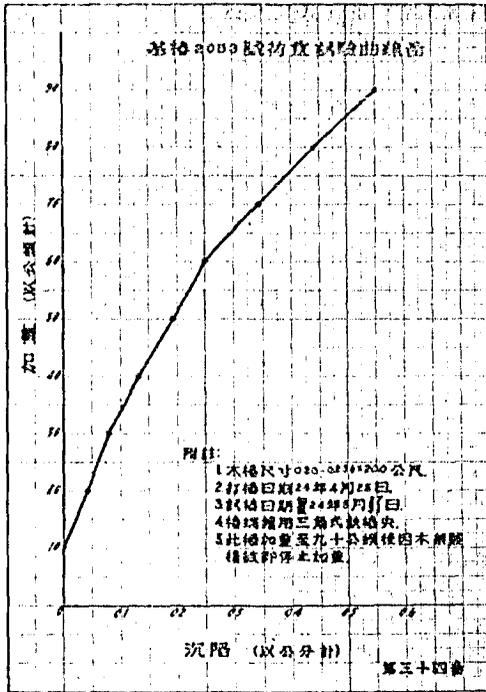
第三十二圖 荷重試驗木架攝影



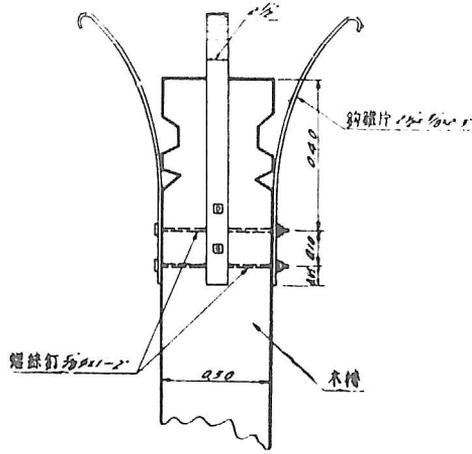
第三十三圖 荷重試驗加重至九十公噸

時攝影



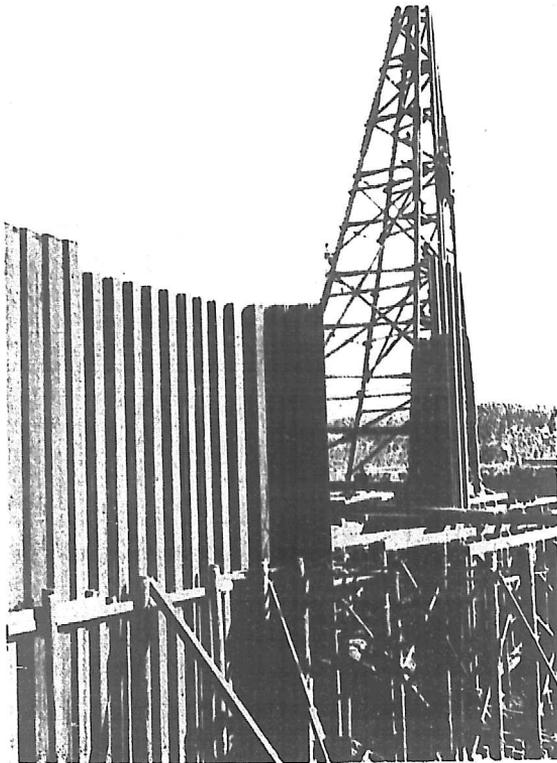


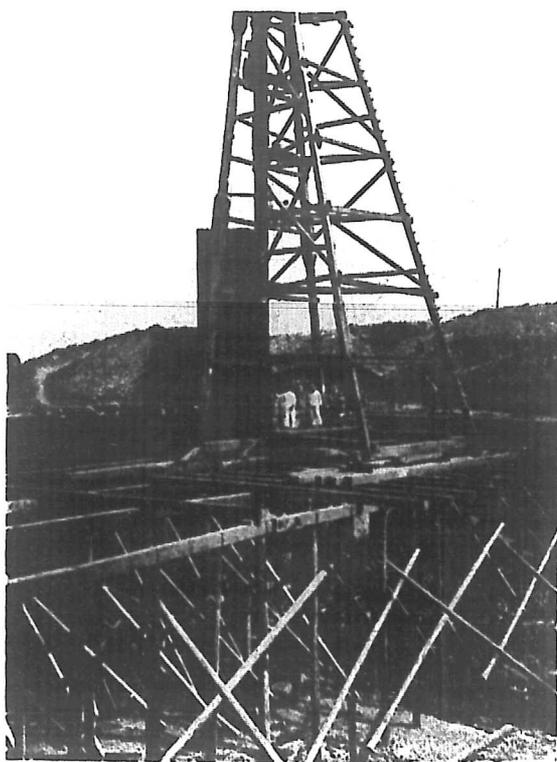
第三十五圖



第三十六圖

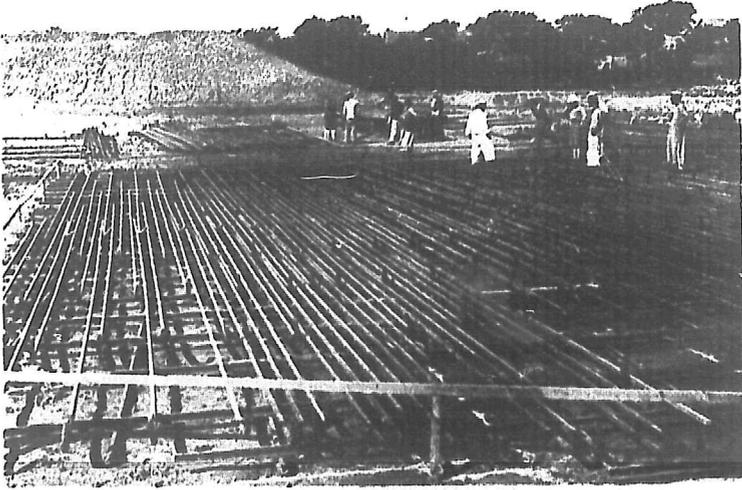
第三十七圖 錘打鋼板樁情形(一)



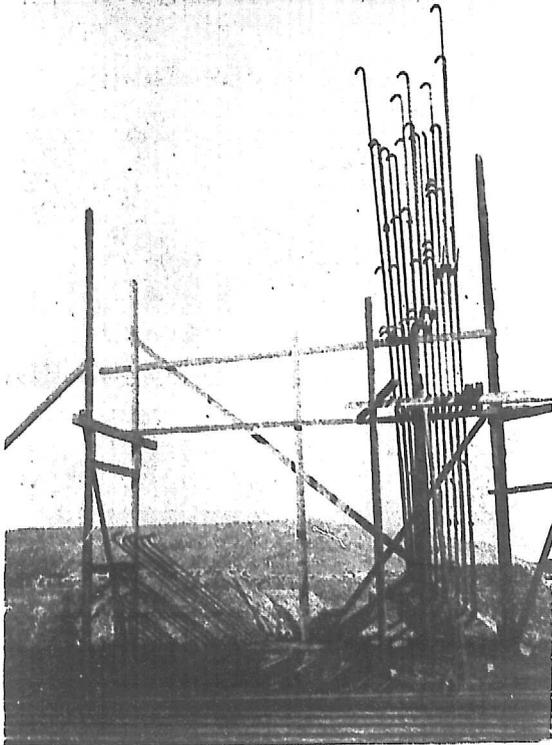


第三十八圖 錘打鋼板樁情形(二)

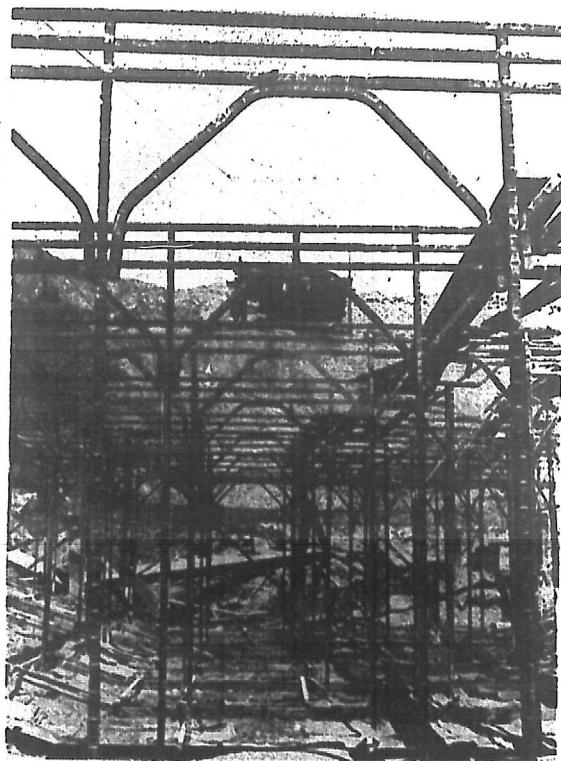
第三十九圖 下游閘基鋼筋試紮



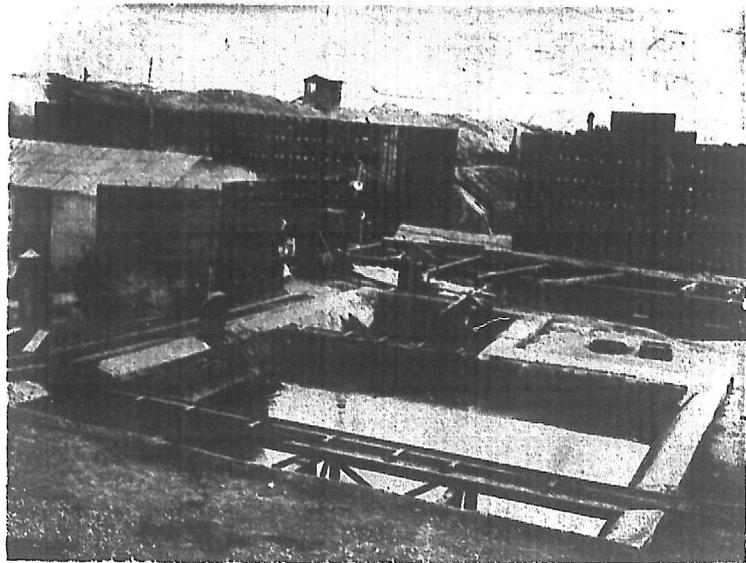
第四十圖 撐牆D鋼筋試紮

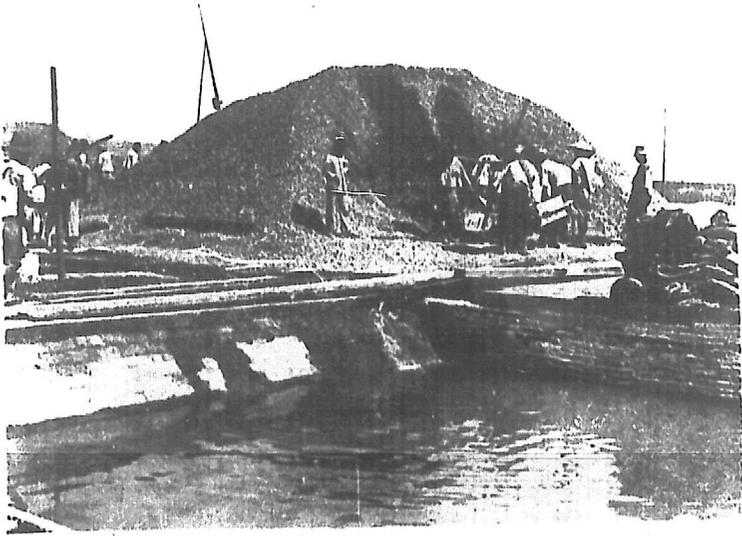


第四十一圖 下游閘基鐵架

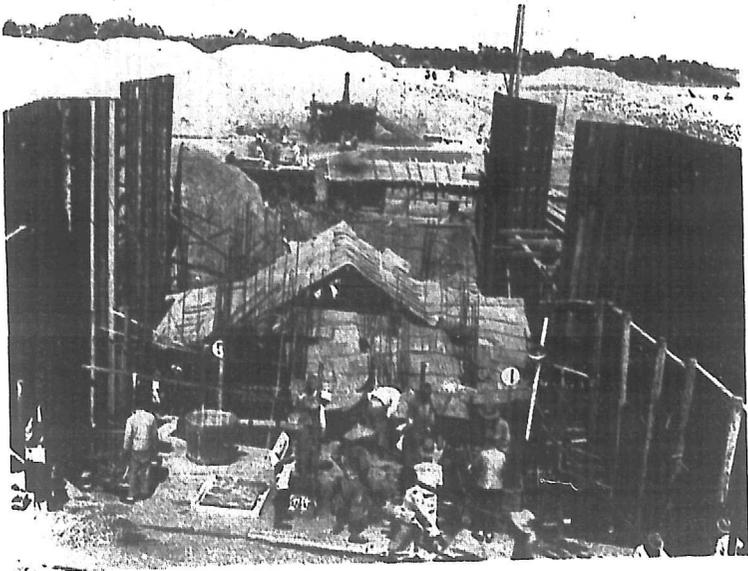


第四十二圖 清水蓄水池

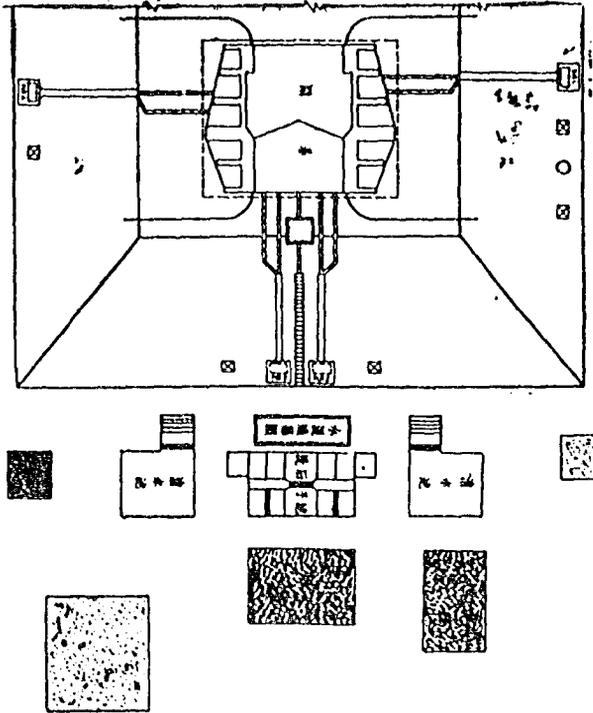




第四十三圖 石子之堆積



第四十四圖 下游閘基之蘆蓬

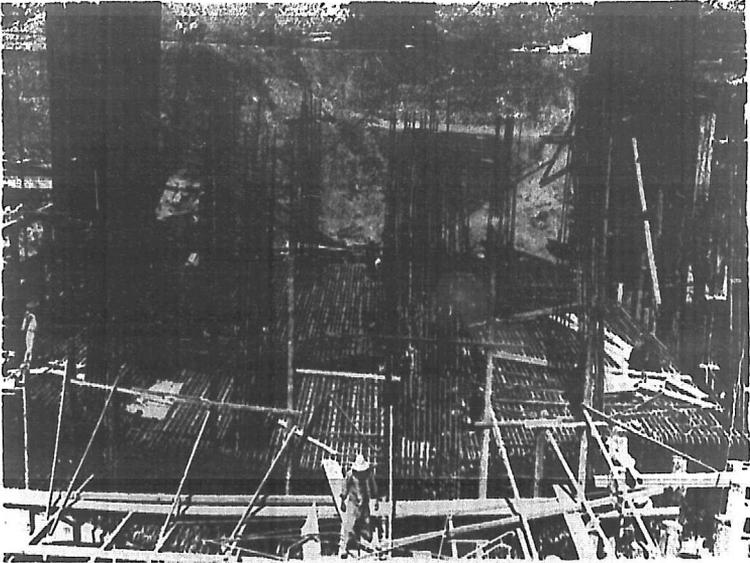


第四十五圖 澆製下的開基泥澆土工場佈置圖

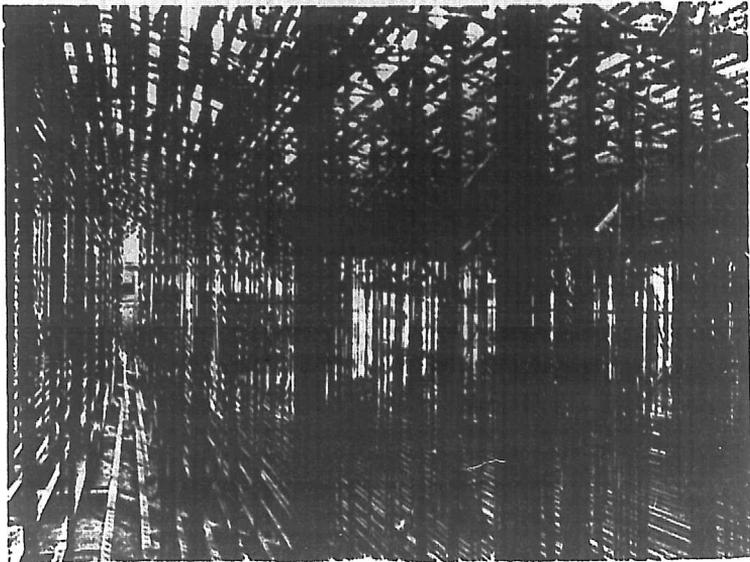
42號

圖 例

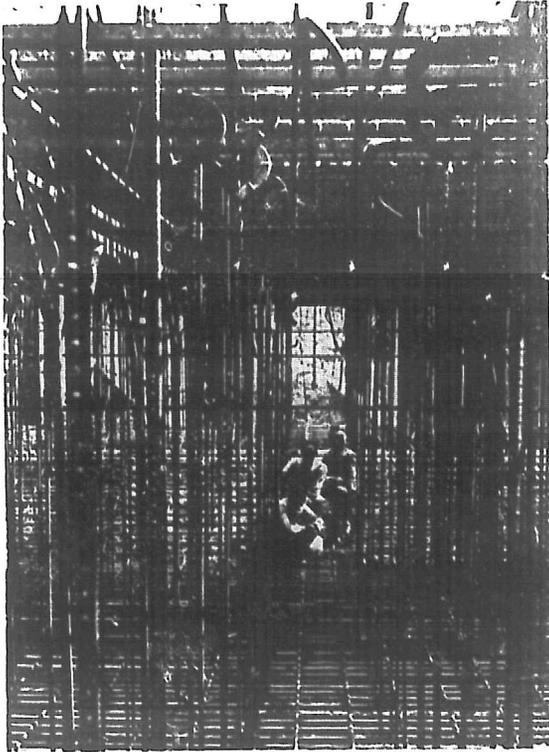
戶底	戶底	行車	件車	機車輪	木樁	鋼板	鋼板	磚	沖地	石子地



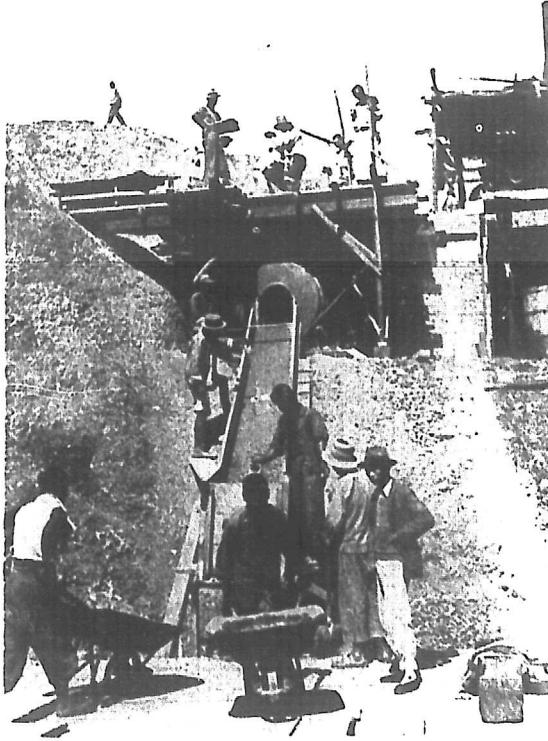
第四十六圖 下游閘基鋼筋全景



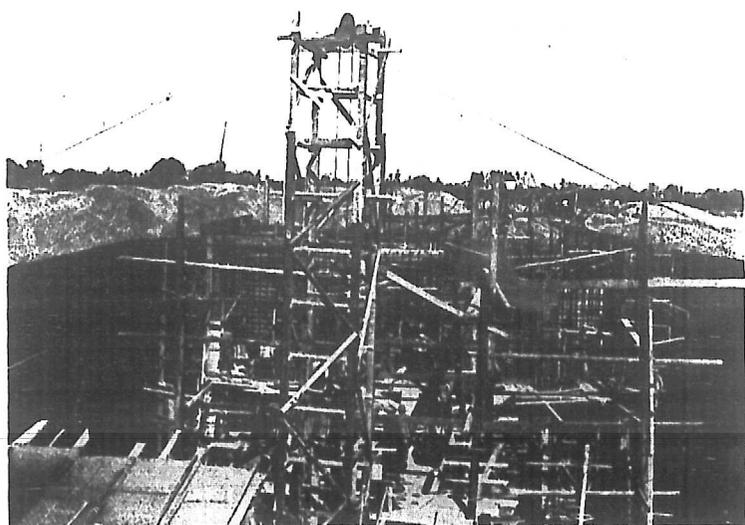
第四十七圖 下游閘基內部鋼筋攝影(一)



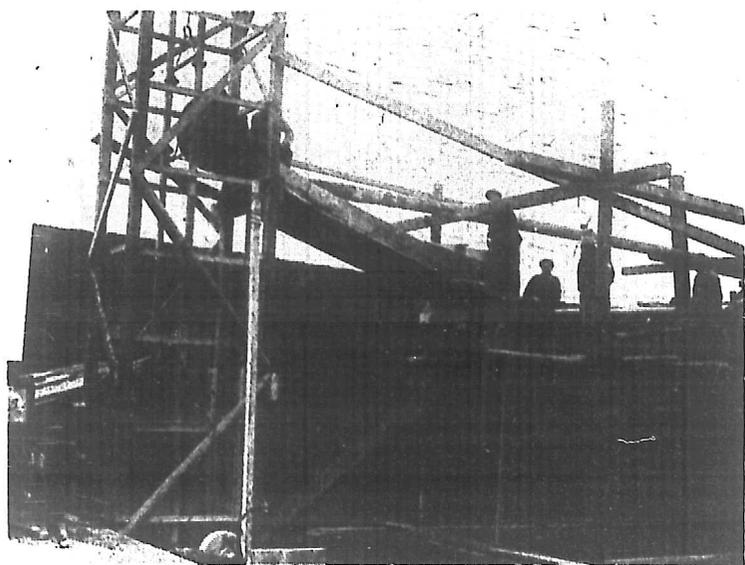
第四十八圖 下游閘基內部鋼筋攝影(二)



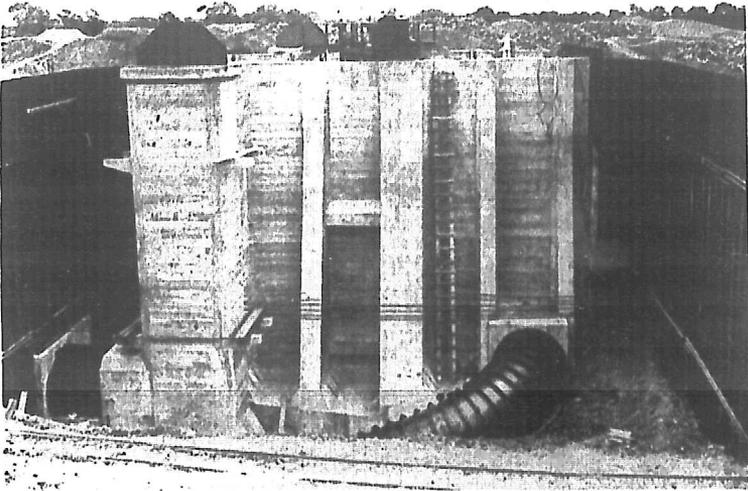
第四十九圖 拌和機之工作情形



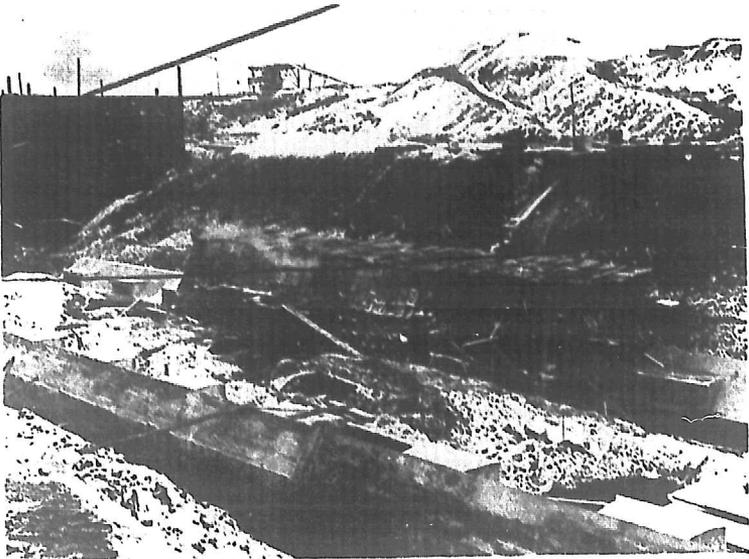
第五十圖 澆製下游閘牆時全景



第五十一圖 吊車傾倒混凝土情形



第五十二圖 完工後之下游閘牆



第五十三圖 輸水道之防凍蘆葦

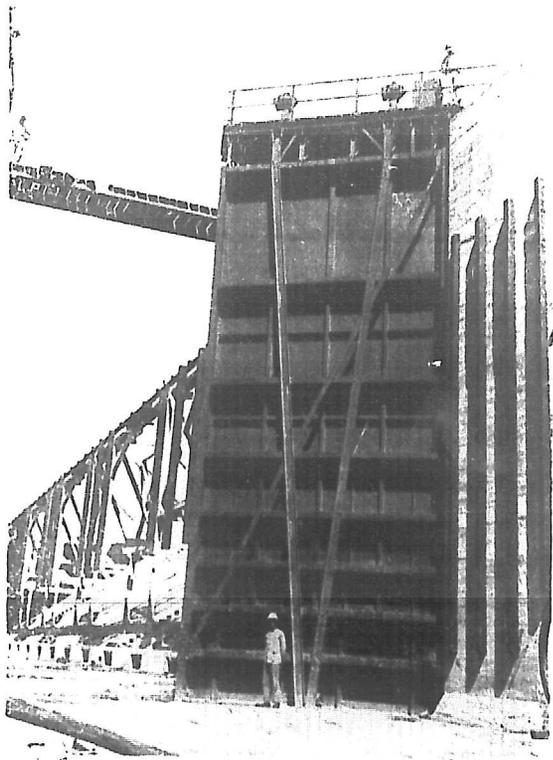


第五十四圖 新舊混凝土接合處之整理工作

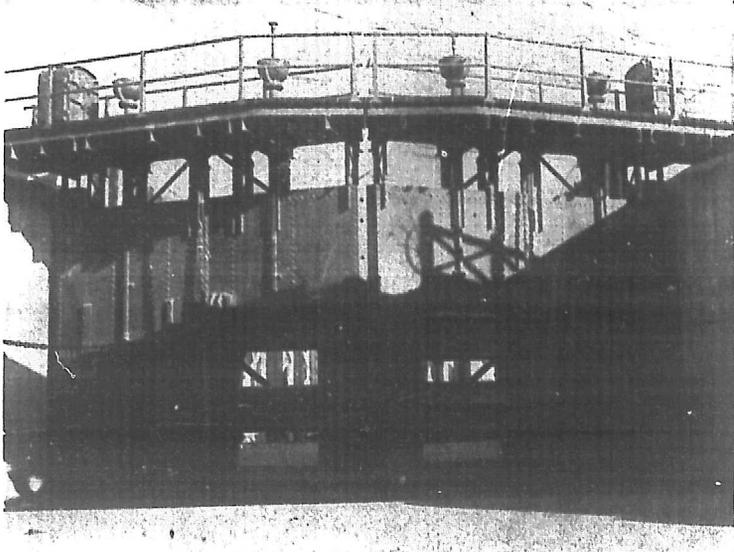


第五十五圖 混凝土之蓋護及澆水工作

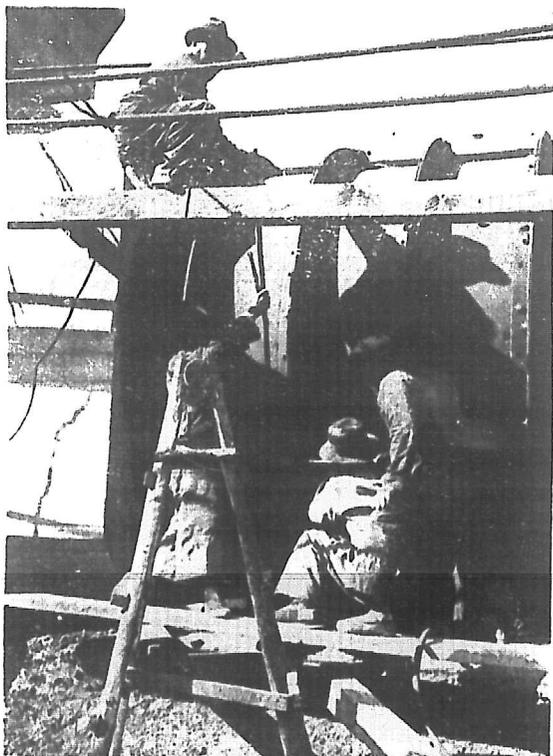
第五十六圖 下游閘門攝影



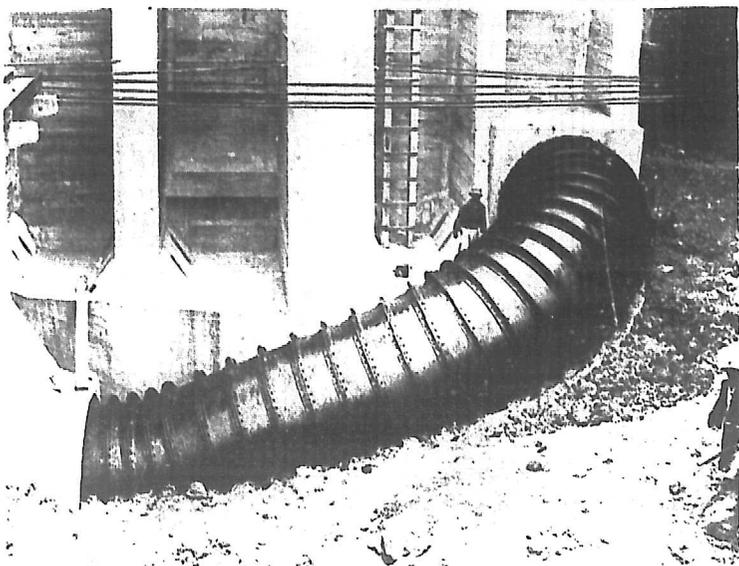
第五十七圖 上游閘門攝影

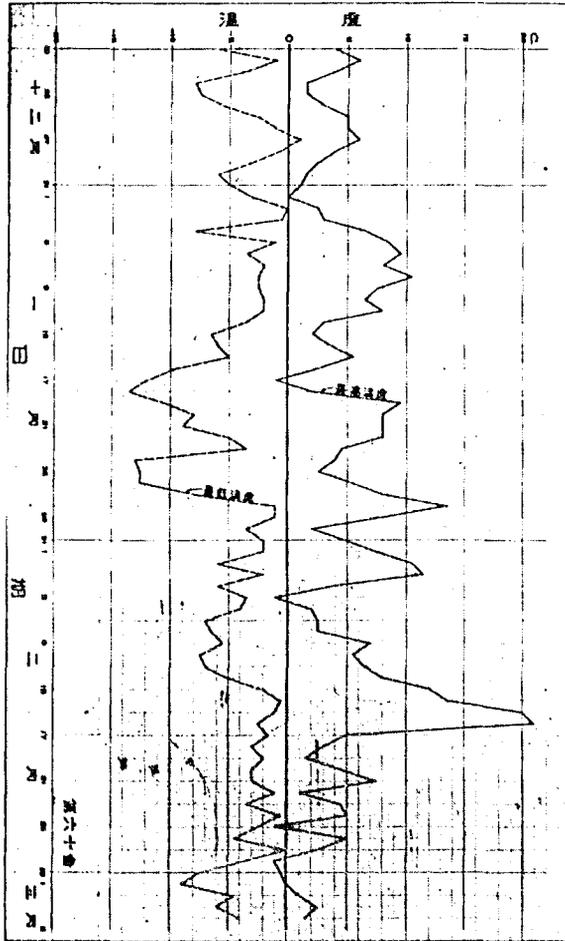


第五十八圖 機器帽釘情形



第五十九圖 下游輸水道鋼管竣工攝影





中國水利工程叢書
劉澗船閘之設計及實施

中華民國二十六年一月初版 1—500

每冊實價八角

著 者 張 倫 官

發行者 中國水利工程學會
南京梅園新村三十號

印刷者 東南印刷所
南京洪武路二十五號

