

年

卷

期

11

6

第

第

216

第十一卷 第六期

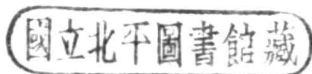
中華民國二十五年十二月

第六屆年會論文專號

要目

陝西之灌溉事業
 劉澗船閘之設計及實施
 永定河之挑水壩與透水壩
 陝西渭惠渠土渠工程
 渭惠渠攔河大壩工程計劃及實施情形

共論文十一篇



中國水利工程學會

總幹事通訊處：

杭州南城腳下六號

出版委員會通訊處：

南京梅園新村三十號

董 事 會

李儀祉	張含英	陳懋解	須 愷	李書田	沈百先	張自立
孫輔世	汪胡楨	陳洪恩	徐世大	彭濟羣	高鏡瑩	許心武
鄭肇經						

執 行 部

會 長 李儀祉 副會長 李書田 總幹事 張自立

特 種 委 員 會

出版委員會	汪胡楨(委員長)	顧世楫	李儀祉	張含英	周鎮倫
		武同舉	高鏡瑩	戴 祁	鄭肇經
		須 愷	許心武	張 炯	孫輔世
		蔡 振			
職業介紹委員會	須一愷(委員長)	孫輔世	宋希尚	李書田	陳懋解
會員委員會	陳洪恩(委員長)	洪 紳	陳澤榮	徐世大	蕭開瀛
會所委員會	陳懋解(委員長)	須 愷	汪胡楨		
基金保管委員會	李儀祉(委員長)	張自立	孫輔世		

機 關 會 員

建設委員會 江蘇省建設廳 導淮委員會 華北水利委員會 永定河河務局 中央大學 唐山工程學院 河北省建設廳 浙江省建設廳 揚子江水利委員會 山東省建設廳 陝西省水利局 河北工業學院 浙江省水利局 建設委員會模範灌溉管理局 北洋工學院 南京市工務局 全國經濟委員會水利處 黃河水利委員會 湖南大學 浙江大學 廣西省政府經濟委員會 全國經濟委員會水利委員會 福建建設廳水利總工程處 全國經濟委員會江漢工程局 廣東國民大學

本刊國外通信編輯

(美國)	黃文熙	張光斗	(荷蘭)	李丕濟
(德國)	陳克誠	薛履坦	(安南)	粟宗嵩
(英國)	孫士熊		(印度)	王鶴亭

出版委員會緊要啟事

逕啟者本會會員會費照章應於每年一月份起算向例未繳會費者應暫行停寄刊物現在明歲新年轉瞬即至水利月刊第十二卷第一期暨第二輯水利珍本叢書第一冊均可于元旦日如期出版凡吾會員定均以先覩爲快故請從速將明歲會費於年內匯交杭州南城脚下六號張總幹事以免遲延寄奉再自明年起本會定期刊物決于每月一日準期出版偶有意外愆期亦必專函奉達此後如遇逾期不到之刊物務請儘兩月內賜函催詢自當查明補奉如過兩月恕不照補尙祈鑒諒爲幸此致

貴會員台鑒

中國水利工程學會出版委員會啟

東方雜誌

創刊三十餘年來第一次的盛舉

東方雜誌自從民國紀元前八年（一九〇五年）創刊以來，現在已有三十餘年的歷史。在這三十三年中，除了滬戰期間停刊數月外，從不曾間斷過。本誌始終站在客觀的與進步的立場上，擔負介紹新知與傳播文化的重要任務。到了現在，因為國際的日趨嚴重，對於本國情形的了解，國際形勢的正確認識以及新知的獲得，更是顯得迫切了，因此本誌所負的任務，也更加重大起來。現在除一方面積極改進編輯方式，充實內容，以盡本誌應盡的責任外，另一方面為擴大本誌的服務範圍起見，特自本年十月十五日起，舉行特價三個月，廣徵定戶。

優待舊定戶
廣徵新定戶

特價
三個月

本誌每半月出版一冊，每冊篇幅約一百三四十面，內有影寫版精印東方畫報十六面，特大號篇幅加多一兩倍。平時定閱本誌，除郵費不計外，平均每冊只合國幣一角五分，以本誌的質量而取費低廉如此，在國內定期刊物中無可與比。現在特價期內，每冊只約合國幣一角二分，使讀者的負擔愈益減低。期於原有定戶之外，廣徵新定戶。本誌定戶之多，在國內固屬首屈一指，較之先達諸國通行的雜誌，尙未見略乎其後，但國人閱讀雜誌的興趣和需要，以及本國雜誌努力改進的程度，正可於本誌此舉觀之。尙祈愛護本誌的新舊定戶：已定閱者提前續定，未定閱者即日躉訂，早日造成本國雜誌銷數的最新紀錄，那就是我們最所盼望的了！

特價辦法

- (1) 特價期限，自本年十月十五日起，至二十六年一月十五日止。
- (2) 凡在特價期內，定閱本誌全年二十四期者，國內連郵費只收國幣二元八角（原定價三元六角）；定閱半年十二期者，國內連郵費只收國幣一元五角（原定價二元九角）。國外定閱，除照上列特價外，每冊另加郵費二角。
- (3) 舊定戶之未滿期者，於特價期內提前續定，亦得照特價計算。

本誌內容

時事	現代史料	文藝	婦女與家庭	各國著名雜誌論交摘要	東方論壇	東方畫報
----	------	----	-------	------------	------	------

商務印書館發行

華安合羣保壽公司

總公司 上海 靜安寺路
分公司 各省各埠及國外南洋等處共百餘處

爲各界服務

查人壽保險爲社會進步之合作事業亦個人經濟家庭生計之唯一保障歐美日本諸先進國且藉此集中民間資財以充實國家經濟力量故國勢強盛我國外侮日逼民力凋敝若非積極謀經濟之充裕不足以抗強敵而欲謀經濟充裕又非提倡人壽保險不爲功蓋壽險事業有集中資財之効力也

本公司爲國人自營之唯一保壽公司創立於民國元年慘淡經營規模具備聘請專家辦理各種人壽保險頗蒙社會讚許如荷

各界以保壽事項見詢或惠予投保無不竭誠歡迎

上海總公司

電報「羣」五〇二八
電話九四〇七六

上海

西門子電子機廠

本廠代表世界馳名之德國鋼鐵聯合公司承辦各種最優等鋼鐵材料並供給各種電機電料管子及著名賴生銅板樁等



一卷至十卷

水利月刊合訂本發售

自創刊號起至二十五年六月止每卷一册用冲皮脊包角布面燙金裝訂高5公分闊19公分每卷實價國幣三元郵費在內存書無多欲購從速

中國水利工程學會出版委員會總發行

南京梅園新村三十號

Hydraulic Engineering

The Journal of The Hydraulic Engineering Society of China

Vol. XI

December. 1936

No. 6

Annual Conference Number

CONTENTS

- | | | |
|----|--|--------|
| 28 | The Irrigation Enterprises in Shensi, by Mr. H. Li | P. 301 |
| 29 | The designing and Construction of the lock at Lin Lau Chien on the Grand Canal, by Mr. L. K. Chang | P. 324 |
| 30 | The formation and destruction of the Tai Hu, by Mr. Woodson Wang | P. 407 |
| 31 | The cause and prevention of floods, by Mr. Y. R. Chow | P. 410 |
| 32 | The spur dikes and Permeable dikes built in the Yung Ting Ho, by Mr. S. T. Hsu | P. 414 |
| 33 | On the Earth-work of the Wei Canal in Shensi, by Mr. C. Fu | P. 429 |
| 34 | The Earthwork valuation of the Ancient days, by Mr. Woodson Wang | P. 439 |
| 35 | The Construction of the weir in the Wei River, by Mr. C S. Lin | P. 443 |
| 36 | The relation of vegetable Covering to River Conservancy and soil erosion by Mr C. Fan | P. 469 |
| 37 | The Designing of dam for storage Reservoirs, by Mr. S. Chow | P. 483 |
| 38 | A Slide rule for Computing Active and Passive Earth-Pressure, by Mr. T. Loh | P. 499 |

Editor, Woodson Wang; Circulation and Advertising Manager N. L. Hsu, The "Hydraulic Engineering" is Published Monthly by the Hydraulic Engineering Society of China 80 Plum Garden, Nanking, China. Yearly Subscription Payable in Advance China \$2.40 Elsewhere, \$ 3.60 (Chinese Currency). Single Issues, \$0.20 Special Numbers at Special Price.

水 利 月 刊

第十一卷 第六期

中華民國二十五年十二月

(第六屆年會論文專號)

目 錄

本刊文責由著者自負

28 陝西之灌溉事業 (李儀祉)	301頁
29 劉澗船閘之設計及實施 (張倫官)	324頁
30 太湖之構成與退化 (汪胡楨)	407頁
31 水災的成因和減少水災的方法 (周郁如)	410頁
32 永定河之挑水壩與透水壩 (徐世大)	414頁
33 陝西渭惠渠土渠工程 (傅 健)	429頁
34 古代土工計價法 (汪胡楨)	439頁
35 渭惠渠攔河大壩工程計劃及實施情形 (劉鍾瑞)	443頁
36 植物被覆與水利及沖刷之關係 (萬 晉)	469頁
37 蓄水壩断面之計算 (周 尙)	483頁
38 土壓力及土抗力之計算尺 (駱 勝)	499頁

陝西之灌溉事業

李儀祉

- 一 引言
- 二 泛論灌溉
- 三 陝西農事概況
- 四 陝西灌溉之歷史
- 五 陝西之氣候暨土質
- 六 陝西灌溉之擴充可能性
- 七 正在進行中之陝西灌溉新事業

一 引 言

本篇之意在使注意陝西灌溉事業者能得一概括之印象。利用新學理以實施灌溉工程，在吾國當以涇惠渠為創舉。洛惠及渭惠兩渠，則本涇惠渠之經驗而為之。但畢竟經驗尚太少，尤其是工程家不知農學，在未舉工程以前又未能得農學家為之指導，都是缺憾。涇惠渠雖已完成，但應當改善之處尚多。洛惠及渭惠二渠將來的成效如何，完全視工程家與農學家的合作精神如何。陝西建設年來除水利工程以外，幾乎全部精神用在公路及市政建設兩方。農業一項絕少進步。余一年以前即主張農業與水利要並肩而進。但以政府實力人民程度皆有所不及，尚未達所望。涇惠渠區域有兩個農事試驗場。一個是屬於陝西棉產改進會的，一個是金陵大學的。前者專注於植棉之試驗，後者注重於一

般作物，正在試驗時期，尙未能得到指導農民如何灌溉如何施肥如何治田之功用。所以涇惠渠的成效，如今只可說做得到百分之三十。尙有百分之七十，一半要望於灌溉方法之改良，一半要望於農事之進步。涇惠渠適經西北農林專門學校之前面而過，將來需要担任起整個的使命來。所以余主張在農專之前辦一大規模之灌溉試驗場。又思創設一西北水土經濟研究所總而言之，陝西農利，要達到百分之百的成效，恐尙須十年之努力。

二 泛論灌溉

灌溉之事爲設法利用地上之水，補雨水之缺陷，以利植物之生長。

地上之水包括地面上的如海、湖、河流等水，及地面下的地下水及地水等。統名之曰水藏 *Wasser vorrat* *Water provision*。

向來人認爲地上之水藏，不增不減，永遠是一定的。但 *Haas* 證明了地上之水損失於礦物構成者，有百分之五。*Hörbiger* 認爲水因解體，氫氣騰空逸出地球重力範圍而不返者，每年有百分之二十，須由地球以外補充之。

水藏之量既若有恆，蒸發而爲雲霧，降落而爲雨雪，匯流而爲河川，以復入於海，入於地下，謂之水之循環 *Kreislauf des wassers*, *Circulation of water*。地上生物，皆於水之循環途中各挹其所需及所能得之量以滋生長。不得則死，得之不充則其生也瘠，得之充則其生也豐。水過其量亦死。

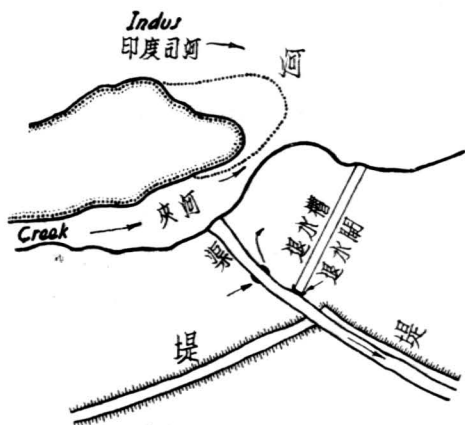
水爲生物利用後，仍由透發 *Transpiration* 復歸天空，凝結爲雨以返於海。故 *Krüger* 以爲生物用地上之水僅用其利息耳。於水藏之資本無損也。如是則生物與礦物之用水有信用與賴債之根本相異。水之循環利用以收生產之效，謂之水操 *Wasserhaushaltung*。地面上因地形及氣候上種種之不相同，使雨澤不能均霑。吾國各地每年雨量由二五〇〇mm（廣東）以至於〇（戈壁）。

雨澤不足之地，除沙漠地及黃土高阜地以外，猶幸有山嶺上久積

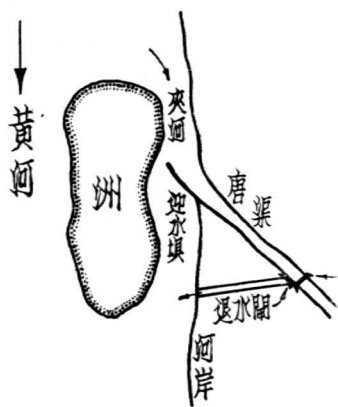
之雪（祁連，賀蘭，天山，雪山，陰山等），河川中不斷之流，及地下之蘊藏，可用人工以補天之所不足。是之謂灌溉 *Bewässerung*, irrigation.

故灌溉所需之水源不一，可分為：

- (一) 河流 或用其中水，低水，或兼用其洪水。或但用其洪水，如埃及，印度，及我國綏遠，甯夏諸渠。用河流之水灌溉者，或築堰穿渠，使水自流入田。或不築堰但築排水，領水壩（如 *Indus* 河及甯夏黃河諸渠）。或並領水壩而無之，如後套諸渠。



圖一



圖二

亦有用人畜力或機力或水力或風力以汲引溉田者。用水力者如甘肅靖遠皋蘭之黃河，陝西石泉漢陰等處，四川許多地方。用風力者如江蘇太湖流域及江北。用電機力者，如蘇錫常等處。用人畜力者，遍於全國，分為水車，水戽，桔槔。

- (二) 泉 引泉者或逕穿渠引之。或須先用範泉 *Quellenfassung* 工程。或作大陂瀘之。（古之芍陵（安徽）鑑湖（浙江）等等）以利灌

溉。

(三) 地下水 地下水源或為地下流水 *Untergrundstrom*，或為地水 *Grundwasser*。引用之法或鑿井以汲之。汲之之法，或用人畜力（水車，桔槔，轆轤），或用機力。一井之水量不充，或同多井為一以電力汲之（美國）。在荷蘭則主要在，以活動堰調節地下水面以為灌溉。

(四) 山嶺積雪 *Gletoher, glacial* 我國西北之天山，雪山，祁連山，賀蘭山，陰山等皆常有積雪，春暖融注而下，以利灌溉，為利甚溥。（新疆天山南北，河西，阿拉善，阿爾泰，柴塔木等處）地面蒸發過烈，則作陰井以通渠（新疆）。

(五) 山洪 夏季山洪暴發，攔水灌溉，其水至沃。綏遠大青山，晉北諸山多有之。又灌溉之方式，可分為地面灌溉 *Surface irrigation* 及地面下灌溉 *Subterranean irrigation*。前者為普通所用之法。後者分為二種：（一）以罅管埋鋪地下，通水入內，使罅管透出之水，適及植物之根際（二）如荷蘭所用之法，調節地下水面，乾季需水，則高其水面，使水能以毛細管之力，達於植物根際。溼季則落其水面，使不至水太多。地下灌溉較之地面灌溉，優點甚多。（一）水量不受地面蒸發之損失，（二）地面不至因灌溉而變動，然其費則甚昂也。

又灌溉之種類，可按其施用作物之種類分為

(1) 旱 溉 (2) 溼 溉 及 (3) 稻 溉
 (1) *Arid irrigation* (2) *Humid irrigation* 及 (3) *Rice irrigation*

種麥(需水少)

種豆棉(需水次多)

種水稻(需水最多)

灌溉有單獨施行者，有必須與排水並行者，在歐洲有恆言曰：*Ohne Entwässerung, keine Bewässerung*（無排水即無灌溉）但在吾國黃土地帶，則有不盡然者。此由於黃土有自然排水之力也。

又舊式灌溉與新式灌溉有可得而言者：

中國舊式灌溉引用河流者亦分爲二種：一曰一首制 *irrigation canal with one head*，一曰多首制 *Canal with many heads*。一首制如昔時之鄭國渠，白公渠，李冰渠等皆是。漢中之山河堰亦然。多首制則如陝西之塔水，冷水，廉水等許多堰。甯夏諸渠亦然。新事開闢之涇惠，渭惠，洛惠等渠皆爲一首制。印度司河昔日舊渠，皆爲多首制，後英人改爲一首制，然亦發現許多一首制之許多缺點：

- 一 一首制需龐大之幹渠與渠堤，多首制則分爲數渠而渠與堤皆小。
- 二 一首制之渠堤如爲洪水沖毀，不易修復。一面爲水，一面爲正長茂盛之田禾，無處取土。多首制則易於修理。
- 三 一首制有一部分破壞，則影響全局，多首制則可避免此弊。
- 四 一首制上游易於霸佔渠水使下游水量不足，多首制則可避免此弊。

以此之故，故印度灌溉至今日殆有復古之傾向。然究竟一首制之優點亦甚多，管理統系易於劃一。故頗有人主張仍用一首制而另設輔佐渠以補其失。

多首制不用堰者爭端較少，而用堰者則爭端甚多。如陝西諸多首制舊渠，往往有下游堰民偷毀上游之堰，以至彼此鬥毆，常致死傷人命。故此等渠不如採用一首制。山河堰爲一首制，然亦有同樣之弊。即下游之人欲淺深上游幹渠而上游不肯。上游之人甯泮水入河，不肯以多利濟下游之人。要之在立法之善與管理之得人耳。

一首或多首制亦多爲地形所限，不能不採取一定之制者。如下游不易引水，則採用一首制。一首制之渠不能及遠，則採多首制。

三 陝西農業概況

陝西現有河流灌溉面積連涇惠渠計之共 1,192,899 畝。其中：
百分之 五四·一 屬於渭河流域，

四二·六

漢江流域，

一·八

陝北各河流域，

一·五

濠、芝二水(韓城界入黃河)。

以上面積屬於稻田者約 443,456 畝，佔百分之三七(漢江流域及秦嶺北麓，)屬於麥棉田者 749,443 畝，佔百分之六三(渭河流域)。

其引水用自然重力者約百分之九十五，用人畜等力及用水輪者百分之五，(此為概估屬於後者灌田以六萬畝計)用水輪者多在漢江流域與安一帶。

用地下水灌溉者尚無確切調查，分為鑿井鑿泉二種。泉水灌溉大抵已統計於上類。井之數粗估為五千眼，每眼平均溉地以十畝計，約五萬畝。與平或陽長安涇陽一帶。

陝西全省面積約三萬萬畝。農耕面積據前農商部統計為五二、五〇〇、〇〇〇畝。不過為全省面積百分之十七。按陝西人口比較，每人只有(註一) 三·五畝。灌溉面積俟渭洛及關中各渠成後，以三百萬畝計，又為農耕面積百分之十七。全省面積百分之二·八九耳。(美國灌溉面積為全國面積之百分之二·七)由是可見陝西農業之大部分仍恃旱地，而陝西人民之生計，又不能專恃農耕也。

陝西地理以天然區分為三大區。氣候及農作物皆因之不同。曰陝中區，(舊稱關中區名義不切)，曰陝南區，曰陝北區。陝中區農耕地面較廣約佔其全面積百分之六十。陝北、陝南大半為山嶺地不利耕種。平均農耕地不及百分之十。農耕地面又多為坡地，勞多獲少。不適於農耕之山嶺地又多乏林木，殊為可惜。未墾之荒地，據中國之經濟年鑑為九三

(註一)農村復興委員會之調查

	渭南全體 平均	渭南中農 平均	鳳翔全體 平均	鳳翔中農 平均	綏德全體 平均	綏德中農 平均	備 註
1928	每人 5.70 畝	7.00	2.28	4.10	1.44	2.69	是數年為荒災
1933	4.44	6.63	2.16	4.77	1.04	2.30	據周自齊等之調查(渭南上原 1 畝口 一人原下 3 百人原上每人 16 畝 原下 5.4 畝)

五六六〇畝，大部分在陝北及陝中區之北部。匪患平復以後，正可利用屯墾以增加生產之地。陝北各山溪之水亦可利用。又若能將渭河及黃河施以治導，各荒溪加以制馭，則由河灘及溝壑可以收回之良田當在五百畝萬（黃河二百萬畝，其他一百萬）。此等良田亦大半可施以灌溉。

今謀開發西北，增加生產，則宜由地方政府在西北作有效之組織，中央政府加以協助，合水利、農功、森林、畜牧各方之力，切實合作定為大計，其目的應如下：

- 一 利用移民盡量開墾可耕而未耕之荒地，使農耕面積儘可能的增加。
- 二 凡地面上與地面下之水，求盡可能的利用。
- 三 五年以內增加灌溉面積，使達到五百萬畝，使為全省面積百分之五。（治河浚溪所得在內）
- 四 廣開溝洫使有餘雨量能深入地內，蘊藏於地面下。
- 五 作堰坊以增加地下儲蓄。
- 六 廣植樹木以減少風霜對田禾之害，且減少地面蒸發。
- 七 灌溉所不及之地，切實清理農耕地面之阡陌 *Feldbereinigung*，使農事之效力倍增，而雨水能盡量儲蓄。
- 八 增強農作物之發育（完全視農學家之努力）以變好自然的水操 *Natürliche Wasserhaushaltung* 使十年以內農產視現在須增加百分之五十。
- 九 不適於農耕之地，儘量培植林場及開發牧場，使十年以內每年須有若干木材若干牛羊毛革出產。
- 十 天然產物由政府代人民籌劃，如何推銷及如何製造為成品運售於外。

按陝西三區情形之殊，不能強之使同。陝中高低平原廣大，宜注重農產，麥棉大豆宜大量繁殖。陝南山嶺重疊，宜注重林產。木材而外，桐油，漆，櫟，竹，及他製紙原料，宜大量繁殖。陝北山多地瘠，宜注重牧產，皮革乳

酪宜大量產生。陝南出產大部份以漢口上海爲委，陝中出產則恃隴海鐵路及渭黃水運以天津海州爲委。陝北出產則分由汾州正太及西安隴海運出。將來需要兩條鐵路以爲此區之出路，一是由正太線之榆次經汾陽離石吳堡綏德而達榆林，一是由隴海之渭南經蒲城，洛川，甘泉，膚施，延長，延川，清澗至綏德與北綫相連。如是則陝北之煤油，油母頁岩，無量蘊藏之煤，可以開採，毛革乳酪等工業，可以興舉。而使交通便利人民安堵，土匪無處潛藏，國防可以鞏固，其益更莫可勝言也。

四 陝西灌溉之歷史

后稷教民稼穡據說是在陝西武功一帶開始。及今武功城東有后稷教稼台，城內有姜嫄祠，后稷祠。這固然無切實考據，但中國農業文化是發源於西北，無可置疑的。公劉生地說是在現在的邠縣。大王居邠，狄人侵之，見於孟子。豳風七月流火一章，即是邠州當時整個農業的歌謠。邠州居涇河之中游，其西爲涇川與邠州同爲肥沃之地，宜黍稷菽稻，梨棗尤豐。豳風九月穫稻，需灌溉者也。可見有周之時，此處水利已盛。蓋吾華民族先在黃河上游，文化已舍游牧而進於農藝。黃河及涇渭之洪積帶皆爲其所經營。後爲游牧民族所偏，沿河而東下者先處於汾渭之郊。漸及於河洛江淮。有周之民後數百年始沿涇水而下，爲游牧民族偏之不已，遂踰梁及岐，陶復陶穴而居，漸乃昌大。黽黽周原，大田作稼，以致富強，取商而代之。農業水利至是更進於完備。周禮稻人掌稼下地，以瀦蓄水，以防止水，以溝瀆水，以途均水，以列舍水，以治瀉水，以涉揚其芟，作田，整個的灌溉及排水工程無不具備。周禮職方氏載雍州冀州宜黍稷未云稻，此指大多數作物而言。今之鄠縣盩厔郿縣長安藍田各縣沿秦嶺山下稻田縱橫，皆周時建都豐鎬舊地，靈台靈囿之所在。當時水利當爲九州模範。周既分封諸侯，諸侯各私其國，經營農業各盡其力。故吾華農業至周代而大盛。灌溉之事，如葛掩(註二)孫叔敖(註三)之於楚，子驪子產(註四)之於鄭，史起(註五)之於魏，載在史籍。鄭地沃衍必分割於韓魏，韓魏

之人水工經驗必特富。故後來韓欲疲秦便命鄭國說秦於谷口鑿渠引涇，緣北山行絕治清漆沮諸水而注之洛，溉田四萬五千頃。周時之尺當今〇·七五尺（〇·二三公尺），故四萬五千頃約當今二萬五千頃。關中斥鹵以此化爲膏沃而秦以強。秦既獲水利之助而知其益，爾時秦地東及肴函，北及朔漠而有上郡，南併巴蜀，故遣李冰爲太守，開鑿岷江灌成都盆地，遺蒙恬定朔開金積等渠。

漢承秦緒亦頗見水利之功效，故極力提倡既引灃注昆明池，又開漕渠由^(註六)長安至潼關以通舟楫，兼利灌溉，又鑿龍首渠引洛穿商顏灌商顏以東地未成，即今洛惠渠之先驅。鄭國渠年久湮廢，於是後漢趙中大夫白公又另開渠谷口渠尾入櫟陽，溉田四千五百頃，其所以不能如鄭國溉田之多者，大抵鄭國只圖邀功之多而未計水量之多寡，所謂四萬五千頃未必實有其數。白公鑿於鄭國之失，實事求是，故小其規模。自此以後，迄於唐末歷千餘年不敗，宋元明各有修理，及清初而廢，僅引小泉以溉數萬畝地，名曰龍洞渠，漢時白公渠而外，其他水利工程亦復不少。其著者如漢中之山河堰，又名蕭曹堰，溉田十萬餘畝及今不替，其他水利開於秦漢時期者甚多，其久湮廢而不可蹤跡者爲鄭國渠鄭當時漕渠^(註七)成國渠，漳渠，蒙籠渠，靈輿渠。

(註二) 左傳蓋掩書土田，度山林，鳩藪澤，辨京陵，表淳囿，數疆潦，規偃澗，町原防，牧隰皋，井衍沃，量入修賦。

(註三) 孫叔敖作期思之陂，灌雲雲之野，（淮南子）又作芍陂。

(註四) 左傳襄十鄭子駟爲田洫，又襄三十子產使……田有封洫，廬有井伍。

(註五) 呂氏春秋都有聖令時爲走公決漳水灌鄆旁，終古斥鹵生之稻梁。

(註六) 鄭當時見漢書溝洫志

(註七) 視下圖（陝西通志關中古渠圖）



五 陝西之氣候及土質

陝西氣候之測驗，常以西安漢中及榆林代表三區。西安測候所，設於民國二十年。漢中及榆林分所，則始設於二十四年。茲舉四年中西安各月之平均溫度於下。

中華民國二十一至二十四年逐月溫度統計表

年 月	1932			1933			1934			1935			四年統計		
	最高溫度	最低溫度	平均溫度	最高溫度	最低溫度	平均溫度	最高溫度	最低溫度	平均溫度	最高溫度	最低溫度	平均溫度	絕對最高	絕對最低	標準平均
月份	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
一月	16.5	-12.0	1.3	14.0	-13.0	-2.4	10.0	-12.5	-1.7	10.3	-8.5	-1.0	16.5	-13.0	-1.0
二月	16.0	-8.5	1.6	18.5	-11.5	4.0	14.8	-10.4	1.8	20.6	-7.7	3.2	20.6	-11.5	2.7
三月	28.0	-10.3	10.1	26.0	-7.5	7.3	24.0	-6.0	7.7	25.3	-4.0	10.1	28.0	-10.3	8.8
四月	35.0	2.3	16.6	34.5	2.0	14.7	25.2	0.2	12.5	32.7	1.0	14.4	35.0	0.2	14.6
五月	39.0	5.0	22.9	33.5	1.5	20.7	37.0	4.5	22.0	37.0	8.3	19.7	39.0	1.5	21.3
六月	40.3	15.0	28.7	38.7	13.5	26.5	42.5	11.0	26.4	38.6	10.0	26.6	42.5	10.0	27.1
七月	40.0	18.0	29.1	41.5	17.0	28.4	45.2	18.5	29.8	40.0	14.5	26.0	45.2	14.5	28.3
八月	33.0	18.0	29.2	42.5	14.5	27.1	39.0	15.8	25.4	36.5	17.5	25.6	43.0	14.5	26.8
九月	31.5	8.0	21.0	34.0	10.0	21.3	35.0	11.0	20.9	30.3	6.8	19.9	35.0	6.8	20.8

十月	28.0	0.5	15.8	27.5	-1.0	12.5	23.9	-1.0	11.9	25.5	4.3	15.9	28.0	0.5	14.0
十一月	24.5	-8.0	8.6	22.0	-4.8	7.4	17.2	-6.3	5.4	17.2	-2.7	6.2	24.5	-8.0	6.9
十二月	11.7	-12.8	1.2	16.0	-6.5	2.1	10.0	-6.5	1.5	12.0	-9.5	1.6	11.7	-12.8	0.8
全年	43.0	-12.8	15.5	42.5	-13.0	14.1	45.2	-12.5	13.6	40.0	-9.5	13.8			14.3

陝西雨量近三年來雨水尚適時，茲以二十二，二十三，二十四三年各月之雨量平均數列如下表：

一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年
4.2	9.2	27.2	41.2	46.5	43.4	115.2	98.3	71.1	72.3	31.2	10.2	570.6

是三年中之全年雨量二十二年為567 mm，二十三年為579 mm，二十四年則為613 mm。然二十一年及是年以前之雨量可考者則甚為歉澇，茲舉之如下：

二十一年西安雨量

一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月	全年
1.0	13.0	9.8	13.5	10.3	25.0	57.5	84.7	54.2	2.5	2.5	0.3	334.6

渭北雨量較渭南為歉，同年之全年雨量，擇幾縣比較之如下

渭河以南					渭河以北						
藍田	長安	臨潼	渭南	華縣	乾縣	興平	咸陽	鳳翔	岐山	武功	蒲城
107.5	334.6	393.2	462.0	466.5	299.5	286.7	259.5	233.1	200.6	243.3	268.5

按前第一表之平均數而以十二月至二月為冬，三，四，五三月為春，六，七，八三月為夏，九，十，十一三月為秋，則雨量之落於冬季者為百分之四，春季為百分之二十，夏季為百分之四十，秋季為百分之三十。

小麥最要需雨之時為九月，(播種期秋分以前)十一月(長苗期白露)四月(發育期清明)棉花最要需雨之時為五月(播種期立夏以前)及六，七，八三月，九月以後則不需雨。蒸發之量，冬季平均每日○·九公厘，春季四·四，夏季五·七，秋夏一·六，民國二十三年之蒸

發，超過雨量幾一倍。

每年雨量最感缺乏時爲一月及六月，而六月以爲植物發育時期，同時蒸發量亦強，故特感困迫。

大旱之年，可使禾苗完全枯死，赤地千里，陝西穀禾收成，分夏秋二料，夏季收穫爲小麥，大麥，青豆，爲人畜食百分之八十所需糧，不收則爲大凶。秋季收穫爲小米，糜子，蕎麥，爲人食百分之二十所需糧，不收則爲小凶。二料全不收則成饑饉。余前曾統計關中饑饉自商代（一三九〇 B. C.）起至民國二十年，凡經一六三次，其中十五次爲水潦災，十二次爲蝗災，七次爲蝗兼旱災，一次爲蝗兼潦災，一百二十八次爲旱災，若並七次計之，爲一百三十五次，史志未可考之饑饉，當不止此。

最近之大饑饉爲 1873, 1900, 1928 三年，皆餓死人民無算。

秦嶺以南雨量較豐，如二十一年之旱年，南鄭雨量總數爲 559.3，二十二年爲 683.5，二十三年爲 830.7。

土壤之在陝中區經地質調查所及北平研究院調查甚詳。（調查全區面積一六八〇〇平方公里，原上一二二〇〇平方公里，原下四六〇〇平方公里）其調查渭河流域之土壤，共分五類，（一）爲紅色土，位於秦嶺北坡，爲棕紅色粘壤質無石灰反應宜林，（二）爲黃壤居沖積平原之上，爲棕黃至灰黃色之原生或次生黃土，石灰性反應強烈，宜小麥，高粱棉花，面積佔全區三分之二，（三）沙苑土係灰白色粗沙大部在朝邑，渭南間渭河以北，宜果蔬，（四）香河土位於黃壤土及濕土之間，多壤砂及砂壤性，呈灰黃及深灰色，含石灰極富，有灌溉之利，農業發達，宜玉米棉花小米小麥高粱，（五）濕土分佈於渭域及其支流兩岸低地，爲灰白色之沙質或壤砂質，石灰性極強，水分充足，宜水稻棉花玉米小米高粱，一部分含有鹹性。

黃土既佔陝西（中，北）之全部，故陝西農業之在黃土區域者，佔重要成分，在陝西境內者，大約可分三種，一種爲真正 Loess 一種爲 Richthofen 之 Seelöss，一種爲陝北之 Sandlöss 或 Löss-sand。

前者見於渭河谷中之高原，其次見於平原，後者見於綏綏一帶。其成因大抵由風携帶自北而南。陝北之 Sandloess 可稱為半生未熟之 Löss 至渭谷則已成熟。風携之質入於水下或為雨水冲下，沉澱湖底則為 Seelöss。後者多含城質以此故也。

世界農業之建基於 Loss 者有

黃土 { 中國 西域 } 黑土 { Dess-Arabien Galizien } 荷土 { Mrgdeburger-Böden 德國中部 美國中部 } 紅土 { 波 斯 印 度 }

故 Löss 不能專譯為黃土，而其對於農業之沃瘠，亦不能同視之也。

陝西之黃土所以異於他方者，即苟得雨水雖無充分肥料亦可滋長（註A）Sheidig 以為黃土有自肥之功能，蓋黃土深處水層之下，土質濕潤，其中所含礦質已飽和水中而為濃溶液。若雨澤下降，以黃土中垂直之細管，易使土表與深層相聯絡，於是按瀾散定律 Diffussion law 溶液之飽和礦質必瀾散於全管而上升，以達植物之根。此理確實與否，尚未可定。



黃土若遇雨水缺乏則易致旱災，故西北灌溉特要。不能灌溉者，則純恃乎天。

余於二十二年曾寄中國黃土數樣於 Sheidig 供其研究。其第二號取之汜水縣為真正黃土，比重二·六三，含 ca 10% 礫 疏性 47.2% 黏着性 7.3 毛細管性 178cm 滲透性真正黃土含草根管（註九）在壓力 $P=22.8 \text{ kg/cm}^2$ 之下 $K=4 \times 10^{-4} \text{ cm/min}$ 同樣土特別緻密而未經動亂在壓力 $P=3 \text{ kg/cm}^2$ 之下得滲透 $K=6.6 \times 10^{-5} \text{ cm/min}$

按 Atterberg 法試驗列表

No	比重 S	容積量 J	疏性 n	疎係數 E	捲性界 R	流性界 F	粘着係數	滲透率	毛細管	滲水量 %
2 生成黃土	2.63	1.4	47.2	0.89	19.3	27.1	7.3	4.4×10^{-4}	610	1.60
1 河床土	2.63	1.6	39.5	0.65	18.4	23.0	4.6	5.7×10^{-5}	188	1.71

(註A) Sheidig, Der Löss

河堤土	2.63	1.6	40.0	0.67	22.0	28.4	6.4	202	3.80
洪堤土	2.63	1.7	37.6	0.60	18.7	44.7	26.0	>900	7.40

$$F-R=E, n=(1-\frac{j}{s})100\%, E=\frac{n}{1-n}$$

黃土含水之量按 Sheidig 之試驗，重率 27% 容率 40% 其吸收水分極速而蒸發則緩。Sheidig 曾以上試驗所壓之塊周圍通乾氣經二十小時蒸發 25g，五十小時蒸發 60g，七日始全乾，又按 Keilhark 真正黃土可吸收至 55% 之水，土內含草根管者，吸收水量，大於沖積土。

黃土中所含之草根管，為水在土中循環之要道，視圖可知。此管寬至 1mm，無毛細管升力，只能瀉水向下，毛細管之升力，則在土中之細隙中。

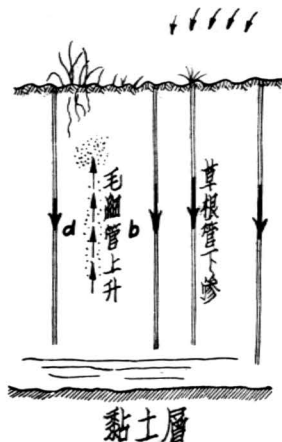
黃土下有黏土層（色紅俗名壩土）者，於農業最利，因其可以蓄水也，諺云，黃蓋壩，力量大似牛。

黃土土粒之大小，分配如下圖，（見 15 頁）黃土畧含沙質，缺乏膠質。

黃土耕作數千年可無 Humus 發生，此皆其特徵也。

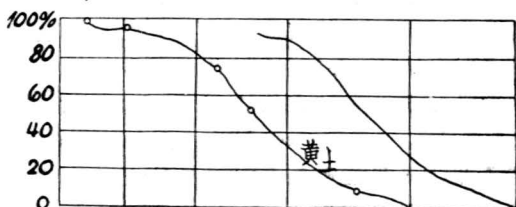
陝北黃土沙質較重，且多半仍保存沙丘 Sand dune 之形態，陝北耕地論畝，約合三畝，一畝之收穫，與渭河流域一畝相當。

陝南漢江及其支流之大者，如西鄉河，月河等流域，其土質與四川盆地相若，為黃土之所不及至。



(註六) 全乾之土柱 250um 376g 重吸收水 101g 草根管 Wurzelrohr 姑如此名之其成因未能確定。

Sand		Loam		Clay		
medium	fine	coarse	fine	coarse	fine	
0.5	0.2	0.2-0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.005	0.005-0.002



見 Sheidig 之汧水黃土分析

六 陝西灌溉擴充之可能性

論灌溉擴充之可能性應問(一)是否有許多地土面積,可以施灌溉者,(二)是否有許多水量可以供其灌溉者,第一問題可施灌溉之地土面積可分為四種:

第一種為河牀兩岸之灘地,尋常洪水不至淹沒,而非常洪水則可致淹沒,若制馭河牀兼築堤防則可免。是種地面濱河,引溉自易,計渭河兩岸可得二百萬畝(寶鷄至龍門),黃河兩岸(龍門至潼關)可得二百萬畝。

第二種各河流之沖積帶為洪水所不及者,為最便於灌溉之地面。但以碎石堆低堰便可引水。引水不能至高處,凡舊有之灌溉而積,大抵皆屬於此類,其面積為現時灌溉所不及者尙屬寥寥。合諸大小河流計之,常在百萬畝以上。

第三種較高之平原,大半為黃土原,如涇洛渭三渠所灌溉者是也。

其引水須築堅固之堰，開渠亦長，引水可至較高之地。渭河兩側此類平原最廣。但就渭北一帶計之，已在五百萬畝以上（論其形勢為水流可及者）。漢江較狹，然可擴充灌溉之地亦多，約有四十萬畝。

第四種為坡地，引山洪為灌溉，或名雷公田，其面積有限，茲不計。

概括論之，陝西之灌溉問題，不在可溉地面之不足，而在水量之不足。茲計算陝西各河水量，概括計之。但計其出口之量，計陝西諸水其出境之口有四：一為潼關之黃河，一為維南之洛水，一為荆紫關之丹江，一為白河之漢江。除洛水細流不計計，外其平均流量（嘉陵江未計）為：

黃河 1200 cum/sec, 漢江 20 cum/sec, 丹江 10 cum/sec。

此水若能全用之，可得灌溉面積五千萬畝，然而事實不可能也。蓋減水之時，數倍低於是，且舟運需水，亦不可奪。茲先以增加灌溉五百萬畝計，須用此數之百分之十，即 140 cum/sec，每年所需水量為：

$$365 \times 86400 \times 140 = 4,414,000,000 \text{ cum.}$$

此數若分配於黃河漢江及丹江流域，按 100:10:1 之例粗算之，則黃河流域應用 4000 Mill cum，漢江應用 400 Mill cum，丹江應用 40 Mill cum 如是則：

黃河流域之平均灌溉給水量須為 127 cum/sec 漢江為 12.7 cum/sec 丹江為 1.27 cum/sec。

涇惠用平均流量 14 cum/sec 洛惠用平均流量 12 cum/sec，渭惠用平均流量 24 cum/sec，共 40 cum/sec。

其他現有之灌溉舊渠，在渭河以南者共估計為 20 cum/sec，渭河以北者共估為 8 cum/sec，陝北諸河灌溉共估為 2 cum/sec，總計 70 cum/sec。是已用百分之五十五，所餘亦不過百分之二十七。然諸河灌溉尚未達五百萬畝之百分之五十五，而用水已超過之，則水之虛耗者多也。早必於灌溉方法中求補益之。

除涇惠洛惠渭惠為新創灌溉事業外，其他各河灌溉皆有現成局面。此後問題，即是以科學方法整理舊渠，以求能達五百萬畝之數。井水

灌溉之現有者，尙未有確切統計。相估之全省有井五千眼，每眼溉地以十畝計，不過五萬畝。況此等井將來大有以河渠灌溉取而代之之勢，（如涇陽之井因涇惠渠而廢，將來與平咸陽之井自必以渭惠渠而廢）。故從大處着眼可不必計。然井水灌溉仍可望擴充，以補渠水之不及。惟高原之地井水甚深，鑿深井之費甚昂，農民力所不及，其將來能擴充至何程度亦難預料。

灌溉之可能既極有限制，高原之地，爲灌溉所萬不能及，是必用他法救濟之：

- 一、儲蓄雨水量於地下，溝洫，堰澆，
- 二、減少蒸發量，繁育植物，植樹。

此二事一時俱未能做到，緣其需整個農民照目的去做也，陝西辦理水利之方針，分爲步驟如下：

第一步 先擇收效最宏之水利計劃做之，如涇洛渭三渠。

第二步 一一去整理舊渠，以增加其效力。

第三步 整理黃河及渭河，以保護灘地並施灌溉。

第四步 清理土地作溝洫。

第五步 設堰澆增蓄水量。

此五事大概依此步驟，但先後不必完全依之。如清理土地，隨時可以作之。又培植林木之事屬林務局，陝西林務頗能於水利合作之效，如河灘地之處理規章，皆由水利局與林務局合定之，彼此互助之處甚多。

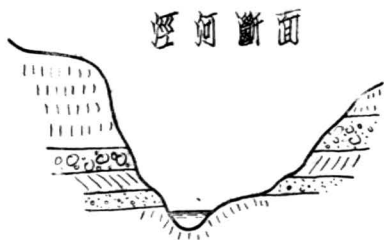
又水利之進行，除涇惠渠以急不及待早日開始，以後辦理其他水利工程皆隨交通前進，隴海鐵路通至潼關，約大荔水路約五十公里，故洛惠工程材料運輸便利，渭惠渠亦搶先一步，然時火車運材料已可至咸陽，咸陽至工地尙有約一百二十公里之路，用汽車運輸，故運輸一項，所用汽油已數萬元，梅惠渠開始，已將在隴海鐵路達郿縣之時，故運輸得便利最多，候鐵路達寶雞，再作汧惠渠，同時漢中各堰，亦可着手整理矣。

七 現在進行之新灌溉事業

涇惠、洛惠、渭惠三渠，一引涇水，一引洛水，一引渭水，所灌溉者同為渭北平原，黃土區域之地，故其性質相同，所用方法亦同。所不同者，涇惠以前有鄭國，白公已成而廢之灌溉舊規，洛惠以前，有龍首方成而毀之灌溉陳迹，渭惠則前無古人，雖有成國渠、韋渠等，大概所引者仍為汧水、漳水，非如現在之規模。

涇河源於甘肅之六盤山，流至涇陽之鍾山谷口，流域面積約四〇〇〇〇平方公里。其在甘肅境內分為馬連河及涇河二系。馬連河上為環縣之環河，又納廣陽之東河，鞏縣之大延川及他水，所排瀉之地概為黃土高原，故水濁。涇河系源於平涼以西，所納汭河、洪河、黑河、蒲河，皆同源一山，水較清。至陝西境內，又納盤溝、黑水二河，至郿縣以東之斷涇入峽約八十公里，至谷口出峽，為涇惠渠首，入黃土平原，河谷之地在上游大抵下部為岩石，上部為黃土所覆掩，故水小時可極清，以其不經黃土層也。

洪水時或大雨時行，則水極渾濁，以剝蝕黃土故也。環河、馬連河所過為吾國境內黃土極厚之處，加以地震屢現，山裂岸崩亦屢常事，故供獻於涇河之泥土為最。涇河上游之支流，於涇川、郿縣等處略有灌溉，下游至高陵之涇口入渭。



涇河流量於十二及一月間例甚小，最小者至五·六立方公尺秒，然平均流量各月均在八立公秒以上。三月以後漸增，五月以前例來小漲數次，六月則又小，最小之流量亦或見於七月，二十一年七月竟落至三·四。然此實罕遇。洪漲之水，亦自七月中起光臨，非常洪漲見於二十二年八月（一一二五〇秒立公尺）。九月以後復漸減。冬季之涇水，論者

以爲上游地下供水之土層，爲凍冰所封，迨天暖冰消，來源漸暢，復加以山上雪漸溶化，大水時來，至六、七月間之涸水，大抵由於引用以灌溉者多，故水量驟減，此現象於二十一年之旱年特別顯著。

洛河源於靖邊之白于山下，納保安之同水，華池水，過甘泉，鄜縣，洛川，納葫蘆河，及中部之沮水，及黃梁，石門等河，過白水至澄城之老猷，爲洛惠渠首。流域面積約二萬平方公里，其上游鄜縣之葫蘆河，洛川之寺兒河，約有灌溉。河降約爲千分之一、二。所過之地甘泉以上爲山地，至鄜縣洛川則兩岸爲黃土高原，河谷甚深，多行峽中，平時水不甚濁，大水則含泥至百分之三十。其情形與涇河相類，至大荔繞鐵連山而向東。

渭河源於甘肅渭源之鳥鼠山，經隴西，武山，甘谷，天水，納甚濁之葫蘆河，至寶雞入陝境，左納源於北山之汧，漳等水，右納秦嶺諸水，至鄜縣以西之余家堡，爲渭惠渠首。寶雞以上河在峽中寬不過 50m 至 100m，出

則南爲秦嶺，襯以土原，北岸爲黃土高原，距山較遠，河谷之最寬處至十餘公里。鄜縣渠首處河牀猶寬一公里餘。渭河所含泥沙較遜。

洛渭二水之流量與涇河完全一致。但六、七二月並不如涇河涸減之烈。(二十三—二十四兩年)其原因大抵由於洛渭上游引水灌溉者少，故其影響微也。洛水最小流量爲三·七一秒立方公尺，(二十三年六月)最大爲二四一三秒立方公尺(二十二年八月)渭水最小流量爲一八·六〇(二十三年七月)最大流量二八〇八·九秒立方公尺，(二十四年九月)洛水之各月平均流量最小者爲六·八七秒立方公尺，(二十四年一月)渭河則各月皆在三十秒立方公尺以上。

涇河洛河之洪漲皆來之極驟，尤以涇河在谷口爲最。其洪波傳播之速，每小時可四、五公里，此種現象對於渠首及渠身之保護頗予以煩難。

三渠工程綜合論述

(一) 三渠之位置

涇惠渠起涇陽縣鍾山谷口(涇谷)涇河左岸,終於臨潼樸陽,兩金,尾入石川河,及高陵釣魚溝,尾入渭河,與後漢白公渠規模相類。首尾高差約七十公尺。溉渭河以北醴泉涇陽,三原,高陵,臨潼五縣之地,六十五萬畝。

洛惠渠起於澄城縣之猷頭,洛河左岸終於朝邑之小伏坡,尾入黃河及大荔劉家斜等處,尾入洛河。首尾高差六十公尺。渠黃洛二河之間大荔,朝邑(馮翊平原)二縣地,預計五十萬畝。

渭惠渠起郿縣余家堡,渭河左岸終於咸陽以東。首尾高差八十公尺。溉渭河以北扶風,武功,興平,咸陽四縣地,預計七十萬畝。

(二) 三渠之供水

涇河水量以 $16\text{cum}/\text{sec}$ 設計,洛河以 $15\text{cum}/\text{sec}$ 設計,渭惠渠以 $30\text{cum}/\text{sec}$ 設計。蓋渭河水裕,可以多取,而涇洛則否也。

(三) 三渠之工程性質

三渠工程性質皆同,皆於河中設堰,抬高水面以增水頭 *torflut command* 穿渠引導,由幹渠分入支渠,由支渠分入小渠以入田間。在堰之上設進水渠,進水渠下設退水槽及操縱機關,幹渠分支處設分水閘,幹支等渠,於適當處設斗門以入小渠。



(四) 三渠之堰址

涇惠及洛惠設堰之處河牀皆為堅實之灰岩,兩岸亦然且岩層向上游傾降,且河谷窄狹,適於作堰。渭惠渭河牀址則為砂礫丸石,且河牀亦較寬(一〇〇〇公尺)。

(五) 三渠之堰工

本以上之情形,故三渠作堰根本不能相同,涇惠用混凝土,以無大塊石故,洛惠則取石甚易,故用 *Cyclopean masonry* 惟以堰之表面易受滾水冲刷,故涇堰之面復用鋼筋混凝土鑲厚一公尺,洛惠則用五面修平之片石,以洋灰漿砌之,二堰之式俱為 *Ogee*,堰



址更設 Cut off wall 以抵抗平橫推力。渭堰則不然，該處河中有沙石洲甚高，其南有一河汶，即用沙土堆填為壩，北股正槽寬五百公尺，則簽打鋼板樁(註十)二道深三公尺，即於其上作混凝土，而堰面亦用片石鑲砌。三渠堰之尺寸如下表：

	頂 公 尺 長	頂 公 尺 寬	堰 公 尺 高	基 公 尺 寬
涇	68	4.00	9.2	17.00
洛	150	5.00	16.2	22.50
渭	500	2.00	3.2	8.00

堰址之前須作跌水牀 Apron 以防沖襲。涇洛二堰皆處於一跌水之上，跌水牀質為灰岩，年年後退尤為可慮。幸此時尚有相當距離，故跌水牀雖有計劃尙未施工。渭惠則以方一公尺鉛絲籠裝石平鋪為跌水牀，寬十五公尺。跌水牀之前端，又為混凝土橫牆一道，厚一公尺。

河中泥沙不免淤積堰後，以致浸入渠中。涇堰於施工時為改水方便，留有二孔，後加修理，塞其一，只留一孔，寬二公尺，以助刷沙。洛惠即以進水渠中距堰二百公尺之退水閘為沖沙之用。故堰身未留有閘。渭渠則於左端與進水閘相鄰處，設一沖沙閘，有二孔寬各二公尺。高二·五公尺其檻較低於進水閘檻〇·五尺。

堰之兩端作翼牆，以與河岸固結，在三堰皆同。

堰之設計涇堰滾流之高為 15m，洛堰為 4.75 m 渭堰為 3.4 m。

(六) 三渠之操縱機關

涇渠之操縱機關本設於堰上進水洞口，分三孔，每孔高 1.75m，寬 1.5m，以鋼門用齒輪螺桿啓閉。後以其啓閉不靈致洪水不及操縱，乃於堰下游二公里處，設操縱機關，進水閘二孔，退水閘三孔，孔各二公尺寬。其旁更設一滾水堰，頂長八公尺，以防不虞。堰頂低於閘柱頂〇·五公

(註十) 軟鋼含銅 0.4% 35.39kg/m d = .09m 118.6kg/m²

尺。

洛惠渠鑑於涇惠之失，故其操縱機關即設於堰之下游進水渠內二〇〇公尺處，進水渠底深於堰頂二公尺，底寬五公尺，進水閘二孔，退水閘三孔，及滾水堰同涇惠孔各寬二公尺，退水閘同時亦作沖沙之用。

渭惠渠之操縱機關則緊設於攔河堰之左端，沖沙閘二孔，孔各二公尺寬，進水閘六孔，孔各寬二公尺，此處無退水閘，惟幹渠中堰之下游五公里處，另設水閘二孔，各寬四九三公尺，及排洪閘一孔寬亦同，用弧形門 Sector gate，其啓閉機三渠皆大同小異。

(七) 三渠之水首

水首者自進水口以下至可供灌溉處，三渠各不相同。

涇渠首為石渠 1879m，內有三洞，洞之橫斷面為 14.82m。為新鑿者，一長 359m，一長 25 m，一長 41 m，餘為拓寬舊龍洞石渠（由寬 2.5 拓寬至 6m）。渠上有排山洪之橋十一座，石渠之下為土渠 9351m，內有深至 20 m 之壑 3700m，大橋二座，小橋五座，頗糜巨款，渠之坡度二千分之一。

洛渠首長至二〇四〇〇公尺，鑿洞者五：

一洞長 264.56m 二洞 777.40m 三洞 574.92m 四洞 184.41m 五洞 303.70m

四洞已成，五洞尚未，洞之橫斷積為 6.37m² 高 2.7m 寬 3.6m，降 1/1000，潤周 7.41m，R=0.846m，n=0.012，V=2.36m/s，Q=14.8m³/s。

洞之所過大半為黃土，然亦有遇沙層致工作困難，洞皆用料石鑲砌。

大渡槽二	溝深	溝寬	渡槽長	渡槽寬	建築式	
饒村	30m	50m	213ft	11m	二穿	寬80m 鋼骨混凝土
曲里	25m	110m	440ft	11m	架樑及一穿	80m 同 上

此外小渡槽橋梁多處。

(八) 三渠之分水法

涇渠渠首而下分為總幹渠（即首渠）長 11.230km，南幹 38.00km，北幹 17.20km，一支 21.30km，二支 12.88km，三支 24.05km，四支 20.55km，

五支 38.50km, 六支 22.97km, 七支 6.48km, 八支 34.60km。各幹支俱以其供水多寡漸減其寬度, 由 6.0m 至 1.5m。降度最大千分之二, 最小三十六百分之一。去年灌溉成績如下:

總幹	12717.6畝	南幹	127816.9畝	北幹	28083.0畝	一支	30915.3畝
二支	24083.8畝	三支	112368.3畝	四支	81854.6畝	五支	84055.0畝
六支	34717.6畝	七支	12767.6畝	八支	81484.1畝		

洛惠首渠(至義升堡)而下分為:

	中支	東支	西支	中東支	中西支
長km	6	28.3	12.4	21	11
流量Cm/sec	15	9	6	10	5

渭惠暫時進行者, 為第一支渠, 長 40km, 渠降 1:1000 至 1:2500, 普通 1:2000, 渠底寬由 9m 至 7m, 側坡 1:1。

第二期中將擴充第二第三支渠, 以達於咸陽。

(九) 三渠之其他建築

涇惠渠建設時交通未便, 經費短絀, 故橋梁跌水等建築皆不甚健固。橋梁多以木, 磚為之, 跌水亦以磚為之而敷以洋灰。洛惠渭惠多加改良, 橋梁多以鋼骨混凝土為之, 橋面鋪 \square 鐵軌以利火車行走, 跌水則以磚及混凝土混合為之, 其鼻及跌水床亦改良甚多。

斗門在涇惠初以木製, 不免罅漏, 後皆改用鐵門。洛惠渭惠皆沿其制。渭惠更有改良之處。

渭惠渠建築物之最大者, 厥推漆水河渡槽, 溝深十公尺以上, 分九孔, 每孔寬八公尺, 總計跨度七十二公尺, 用鋼骨混凝土築成。橋柱入地二公尺, 上游用木板樁一道為護, 四柱一排, 柱之腳有木板圍繞, 橫梁每三孔連為一體。備有伸縮縫二, 縫間以臭油及紫銅板隔之。

劉澗船閘之設計及實施序

昔鄭喬與吳中水利，著書成篇，潘靳治大河洪流，詳錄於卷，不獨誌所經過，貫其一得，要亦質諸高明，藉匡三失。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，委戈君涵樓爲局長，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，遽於今年四月以積勞成疾，齋志九京，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勵，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。自知譚陋不文，誤謬必多，尙希邦人君子，進而教之，幸甚！幸甚！本篇之成，承沈建初王君詒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

- 第一節 引言
- 第二節 船閘地位及概要
- 第三節 工程經費及實際施工進行時期
- 第四節 船閘造成後之利益

第二章 設 計

- 第五節 設計之視域及規定
- 第六節 閘牆 (Lock wall) 之設計
- 第七節 撐牆 (Buttress or Counterfort) 之設計
- 第八節 基礎 (Footing) 之設計
- 第九節 基樁 (Foundation pile) 之設計
- 第十節 鋼板樁 (Steel sheet pile) 之設計
- 第十一節 輸水道閘閘 (Valve) 之設計
- 第十二節 輸水道大小及進水出水時間之計算

第三章 實 施

- 第十三節 土工
 - 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 材料之量價
 - 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. 混凝土樁之製造與試驗

第十五節 基樁工程

- a. 基樁之號及監工
- 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

第十七節 鋼筋混凝土工程

- 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 鑲工及石工

- a. 閘門及活動橋
- b. 石工
- c. 輸水道鋼管

第十九節 整理工程

第四章 討 論

- 第二十節 基礎之設計及施工應取之態度
- 第二十一節 運用工程新開公式之討論
- 第二十二節 石子採取方法之討論
- 第二十三節 水泥之貯藏及其單位容量之討論
- 第二十四節 混凝土加水量之討論
- 第二十五節 混凝土在冰凍時工作之討論
- 第二十六節 船閘各部佈置及設計之討論

劉澗船閘之設計及實施

張 倫 官

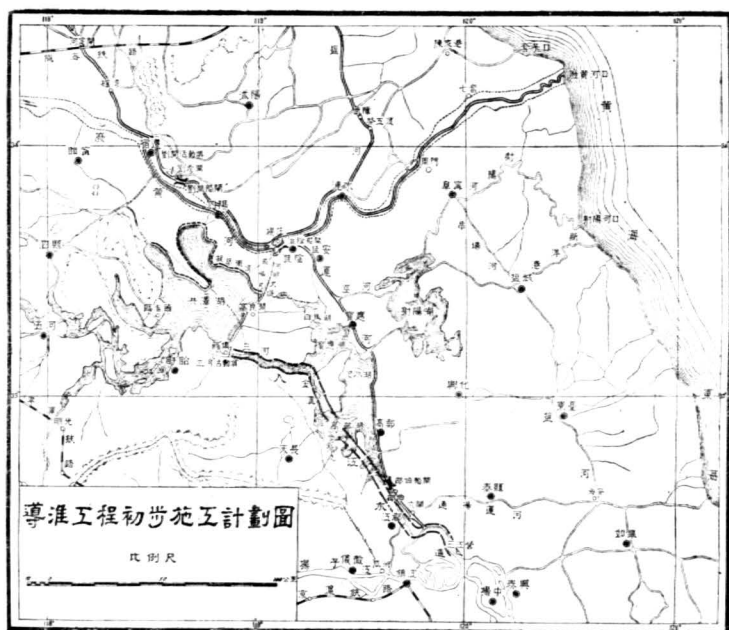
第一章 總 論

第一節 引 言

劉澗船閘，為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為準，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，叢家口，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，分頭勘測規劃，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，（劉澗船閘為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，謹書經過，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，露而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 (Steel mitre gate) 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，故回伏之力，二分鐘之時，已能啓閉裕如。為

免船隻之直接撞擊，於適當處，均裝置保護木樁，以資保護。靠近閘廂兩岸，各設鋼筋混凝土架柵一行，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，結果由上海馮記營造廠得標，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

		元	
1. 馮記營造廠標價			285,071.81
2. 土工費			
上游引河土方(挖深二公尺)	61,000 公方	@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(砌工)	25,200 公方	@0.11	2,772.00
填土工程(遠步及塊石)	64,000 公方	@0.25	16,000.00
攔河壩(料、土、樁及鉛絲等)	27,000 公方	@0.60	16,200.00
防黃圍堤(挑土、打砌)	13,500 公方	@0.24	3,240.00
3. 本會自辦鋼料			
$\frac{3}{8}$ 吋至 $1\frac{1}{2}$ 吋 鋼筋	(英購)	456 噸 @112	51,072.00
鋼板樁及零件	(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
$\frac{3}{4}$ 吋至 $1\frac{1}{2}$ 吋 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

* 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

劉 澗 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(0.58-0.27××20.0公尺長)	507	噸	73.00	26.00	99.00	29,799.00
2	——(0.50-0.20××15.0公尺長)	27	噸	30.00	19.00	49.00	1,029.00
3	——(0.30-0.20××12.0公尺長)	58	噸	26.00	16.00	42.00	2,436.00
4	——(0.50-0.20××10.0公尺長)	550	噸	26.00	15.00	41.00	22,550.00
5	——(0.50-0.20××9.0公尺長)	39	噸	22.00	13.00	35.00	1,365.00
6	——(0.50-0.20××8.0公尺長)	475	噸	18.00	12.00	30.00	14,190.00
7	——(0.20-0.15××8.0公尺長)	196	噸	15.00	11.00	26.00	5,096.00
8	杉木排樁工料價(0.15-0.17××3.0公尺長)	527	噸	1.20	1.00	2.20	1,159.40
9	組生式工鋼板樁長23.5公尺打樁工價	52.8	公尺	60.00	60.00	120.00	3,168.00
10	——	19.8	噸	50.00	50.00	990.00	549.00
11	——	16.0	噸	43.00	43.00	688.00	688.00
12	——	10.0	噸	28.00	28.00	280.00	280.00
13	組生式工鋼板樁長23.5公尺打樁工價	82.4	噸	55.00	55.00	4,532.00	4,532.00
14	——	12.4	噸	50.00	50.00	620.00	620.00
15	——	20.0	噸	45.00	45.00	900.00	900.00
16	——	40.0	噸	40.00	40.00	1,600.00	1,600.00
17	——	8.0	噸	38.50	38.50	308.00	308.00
18	——	2.4	噸	33.00	33.00	79.20	79.20
19	——	8.0	噸	30.00	30.00	240.00	240.00
20	1:3:6比例普通水泥混凝土料價	699	立方呎	17.00	1.50	18.50	12,006.50
21	1:3:6比例石灰三和土料價	457	噸	5.50	1.50	7.00	3,199.00
22	1:2:4比例普通水泥混凝土料價	3578	噸	22.00	4.50	26.50	94,634.20
23	1:4:8比例普通水泥混凝土料價	27	噸	14.50	1.50	16.00	432.00
24	臨岸牆1:2:4比例普通水泥混凝土料價	278	噸	22.00	28.50	50.50	11,074.40
25	鋼筋水泥混凝土接樁工料價	16	噸	22.00	28.80	50.80	812.80

鋼筋由委員會自備

本項估計數量,以較除樁長之尺也為準

鋼筋由委員會自備

鋼筋由委員會自備

劉潤船閘估價單 (續)

項 目	工 程 類 別	估計 數量	單 位	單 價		備 註	
				料	工		
				價		總 價 元	
				共 價			
26	亂石填土料價	3528	立方呎	6.50	1.40	7,900	18,391.20
27	鐵絲籠亂石填土料價	521	立方呎	8.50	1.50	10,000	3,210.00
28	水泥灌石塊工料價	906	立方呎	10.00	1.50	11,550	10,419.00
29	水泥砌石塊工料價	2223	立方呎	10.00	2.20	12,200	27,364.60
30	裝設上游閘門以及閘閘鐵件全部工價	2	扇	—	400.00	400.00	800.00
31	裝設下游閘門以及閘閘鐵件全部工價	2	扇	—	600.00	600.00	1,200.00
32	閘門頂中合板工料價	2	千木尺	100.00	10.00	110.00	242.00
33	裝設輪軸連閘閘鐵件工價	1	套	150.00	—	150.00	300.00
34	裝設活動輪及閘有軌連等工料價	1	座	800.00	200.00	1,000.00	1,000.00
35	選擇標識木及泥板等工料價	24	千木尺	100.00	10.00	110.00	2,667.50
36	裝格工料價(用於亂水道進口)	12	千木尺	100.00	10.00	110.00	300.00
37	填塞及閘閘鐵木工料價	556	立方呎	1.20	0.50	1,700	1,402.50
38	卵石路面工料價	771	平方公尺	1.20	0.50	1,700	935.00
39	1/2" 鉛釘	926	個	0.11	0.10	0.21	161.91
40	3/4" 鉛釘	104.5	個	0.12	0.11	0.23	211.60
41	3" 白鐵管	1200	公尺	4.00	—	4,000	418.00
42	代價鐵匠	1500	工	—	1.40	1,400	1,680.00
43	代價小工	200	工	—	0.50	0.50	750.00
44	代價木匠	200	工	—	1.40	1.40	280.00
45	鋼板格與石坡邊工價	200.0	公尺	—	3.00	3.00	600.00
共 計						285,071.81	

鐵絲籠工料價在內
閘門各件及閘閘鐵件由委員會自備
閘門各件及閘閘鐵件由委員會自備
鐵絲釘料價在內
輪木道閘閘鐵件由委員會自備
標識鐵件及活動連等軌條等由委員會自備
鐵絲釘等工料價在內
魚雷等料價在內
鐵絲釘等工料價在內

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)

*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。

規定如下:(爲求計算便利起見,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
混凝土與縐紋鋼筋之黏合應力	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

爲計算簡單起見,無論上游或下游之裝設閘門部份建築物,一律分爲六段,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均相稱,故僅計算其一半足矣。今取下游之左半面(面向上游)而計算之,上游從略。

閘牆所受外力,一面爲水,一面爲土,土上或有過頂荷重 (Surcharge Load) 該項荷重,規定爲每平方英尺 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	
1a	無	20.2	20.2	11.0	最大閘門推力 (Maximum gate thrust)
1b	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 = 每英尺寬開牆所受之泥土總壓

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)

ϕ = 泥土之靜止角 (Angle of repose of earth) = 29° - 30°

在荷重方式 IIb 時，開牆無水，泥土壓力占勝，則規定泥土施全力以侵開，面上並加過頂荷重。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。

計算開牆厚薄，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 $\frac{wl^2}{10}$ 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 英尺處一段開牆而計算之：

1. 荷重方式 IIb (計算靠土一面鋼筋)

$$\text{單位泥土壓力} = w(h+h') \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

$$= 100 \left(43.3 + \frac{800}{100} \right) \frac{1 - \sin 29^\circ - 30'}{1 + \sin 29^\circ - 30'}$$

$$= 1750 \frac{\text{磅}}{\text{呎}^2}$$

$$M = \frac{wl^2}{10}$$

$$= \frac{1750 \times (2.4 \times 3.28)^2}{10}$$

$$= 10,900 \frac{\text{呎磅}}{\text{呎}}$$

$$d = \sqrt{\frac{M}{Kb}}$$

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

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

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

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

$$= \frac{6,900}{.874 \times 12 \times 40} = 16.15 = 0.42 \text{公尺}$$

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

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

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

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 (計算靠水一面鋼筋)

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

$$\begin{aligned} \text{單位泥土壓力 (半力且無過頂荷重)} &= \frac{1}{2} wh \frac{1 - \gamma_n \phi}{1 + \sin \phi} \\ &= \frac{1}{2} \times 100 \times 13.2 \times 3.28 \frac{1 - \sin 29^\circ - 30^\circ}{1 + \sin 29^\circ - 30^\circ} \\ &= 740 \frac{\text{磅}}{\text{呎}^2} \end{aligned}$$

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

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

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 Steel) 既依法求得，其直行鋼筋，則用 $\frac{m}{2} \phi 12''$ 中至中以連轂之。

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，閘牆與基腳之職。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

見,還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_a (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

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

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

$$W = W_1 + W_2 = 400,500 \text{ 磅}$$

*為安全計,閘門下游之水頭不計。

泥土之總壓力(半力) $=E_1$

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

$$= 190,000 \text{ 磅}$$

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

單位剪力 (Unit Shear)

$$= \frac{S+W-E}{jbd}$$

$$= \frac{1,010,000 + 400,500 - 190,000}{0.874 \times 63 \times 200} = \frac{1,220,500}{11,000} = 110 \text{ 磅/吋}^2$$

如用 $6 - 5''$ 鋼箍 (Stirrups) 則

$$\text{鋼箍之距離 } S = \frac{f_s A_s}{b(V - V_c)}$$

$$= \frac{16,000 \times 6 \times 0.39}{63(110 - 40)} = 8.5 \text{ 吋}$$

實際距離係用 8 吋以策安全

2. 荷重方式 II_b (計算靠土一面鋼筋)

已知 水深 = 0

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

$$\text{填土深} = 13.2 \text{公尺} = 43.4 \text{呎} \quad \text{餘同 } I_a$$

泥土之總壓力(包括過頂荷重) = E_2

$$= \frac{1}{2} Wh(h+2h') \frac{1-\sin \phi}{1+\sin \phi} \times b$$

$$= \frac{1}{2} \times 100 \times 43.4 \left(43.4 + 2 \times \frac{800}{100} \right) \times \frac{1-\sin 29^\circ - 30^\circ}{1+\sin 29^\circ - 30^\circ} \times 12.8$$

$$= 560,000 \text{磅}$$

$$\text{力率 (Moment)} = E_2 \times \frac{h}{3} \times \frac{h+3h'}{h+2h'}$$

$$= 560,000 \times \frac{43.4}{3} \times \frac{43.4+3 \times 8}{43.4+2 \times 8} = 560,000 \times 16.3$$

$$= 9,150,000 \text{呎磅}$$

假定有效深度為 175 吋則

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

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

$$= 46.5 \text{吋}^2$$

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

$$\text{單位剪力} = \frac{E_2}{j b d}$$

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

$$= 51 \frac{\text{磅}}{\text{吋}^2}$$

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，則有損失之虞。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，(Lime 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「以混凝土為混凝土」。(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) x。參閱第六圖) 故：

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

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

基上泥土，閘門及水之重量，尚未計算在內。

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 x

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_a 時，其顛覆原動力為最大，此時閘廂水面高度為 20.2 公尺，下游為 11.0 公尺。如第八圖所示，水在 A 點時，其水頭 (Head) 為 11.7 公尺，此水依照虛線所示路徑，逐漸滲漏，至 D 點時，其水頭為 2.5 公尺，故依比例方法，可求得水在 B 點時，其水頭為 8.5 公尺，壓力為 $1750 \frac{\text{磅}}{\text{呎}^2}$ ，在 C 點時，其水頭為 5.8 公尺，壓力為 $1200 \frac{\text{磅}}{\text{呎}^2}$ 則：

水之上壓總力⁽¹⁾ (Total up-lift)

$$= \frac{1750+1200}{2} \times (\text{閘基在平面上之投射面積 (Projected area)}) \\ = 1475 \times 3470 = 5,120,000 \text{ 磅}$$

今以 E₁ 點為各項力率之根據點 (Take moment about point E₁)

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

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

$$\text{水重之力率} = 3,540,000 \times 10.5 \times 3.28 = 122,000,000 \text{ 呎磅}$$

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

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

$$\text{閘門重之力率} = 120,000 \times 7.3 \times 3.28 = 2,900,000 \text{ 呎磅}$$

顛覆抵抗總力率 = $554,900,000$ 呎磅

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

$$= \frac{554,900,000 - 178,600,000}{19,940,000 - 5,120,000} = \frac{376,300,000}{14,820,000}$$

(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。

$$=25.4呎=7.75公尺$$

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。

B. 強度 (Strength) 次言強度。今取第四段 (參閱第六圖) 為例，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) 以背鐘行方向者為正，計算面部鋼筋用之。循鐘行方向者為負，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	II _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) 視為一自由體 (Free body) 以其安定不動，則根據力學原理，其諸垂直力之代數和 (Algebraic Sum of all vertical forces) 應等於零。或以式表之：

$$\Sigma V=0$$

(3) 假定全部推力，施於本段。

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，而視為一自由體，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，較上壓力為小，故其平衡力係向下的，而其力率為正。上述閘門推力之作用，全由兩旁閘牆傾承而成，故此垂直平衡力之作用點 (Point of application) 可視為在牆中間也。

上壓力 (Up-ward pressure) 之計算，可應用下列二式：

$$P_1 = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{6e}{L} \right)^{(\ast)}$$

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

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

e = 偏倚度 (Eccentricity)

P_1, P_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

最大力率在本段之中線，依照荷重方式 Ia 計算各項力率如下：

正力率 (以 E_4 為根據點 (Take moment about Point E_4) 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

(*) 因基脚非長方或正方形，故用此公式算出之數係近似值

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 $\frac{= 73,470,000 \text{ 呎磅}}$

負力率

1. 土壓之力率 (半力) ⁽⁵⁾

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

2. 上壓力之力率 $2,360,000 \times 5.22 \times 3.28 = 40,500,000$ 呎磅
負力率總量 $\frac{= 44,450,000 \text{ 呎磅}}$

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

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

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 Urquhart and O'Rourke P. 117—P. 119 所載者)

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

(5) 填土深一部為 13.2 公尺,一部為 12.7 公尺,今取 13.2 公尺

$$M_1 = Kbd^2 = 107.7 \times 12 \times 116^2 = 15,600,000 \text{ 呎磅}$$

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

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

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

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

選用 $1\frac{1}{2}$ " 鋼，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。

$$\begin{aligned} \text{底部鋼筋} = A_{s'} &= \frac{A_s \cdot (1 - k)}{k - \left(\frac{d'}{d}\right)} \\ &= \frac{7.2(1 - 0.379)}{.379 - \left(\frac{8}{110}\right)} = 14.6 \text{ 吋}^2 \end{aligned}$$

選用 $1\frac{1}{2}$ " 鋼，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 IIb 時之各項力率，而計算底部鋼筋及鋼箍 (Stirrups) 正力率 (仍以 E_s 點為根據點)

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

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

$$3. \text{ 閘門重之力率} \quad 60,000 \times 2.50 \times 3.28 = 490,000 \text{ 呎磅}$$

$$4. \text{ 過頂荷重之力率} \quad 120,000 \times 8.45 \times 3.28 = 3,320,000 \text{ 呎磅}$$

$$\text{正力率總量} = 43,110,000 \text{ 呎磅}$$

負力率

$$1. \text{ 土壓之力率} \quad 560,000 \times (16.3 + 1.5 \times 3.28) = 11,900,000 \text{ 呎磅}$$

$$2. \text{ 上壓力之力率} \quad 2,000,000 \times 5.22 \times 3.28 = 34,300,000 \text{ 呎磅}$$

$$\text{負力率總量} = 46,200,000 \text{ 呎磅}$$

(6) 見本章第七節

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

$$= 242,000 \text{ 呎磅}$$

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

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 。(以濶一尺之基脚計) 則:

$$V = (\text{牆邊以右之全部上壓力}) - (\text{牆邊以右基脚之重})$$

$$= 110,000 - 29,000 = 81,000 \text{ 呎}^2$$

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

如用 $1 - \frac{5}{8}$ 吋 則

$$\text{鋼筋之距離 } S = \frac{f_s \times A_s}{b(V - V_0)} = \frac{16,000 \times .39}{12(70 - 40)} = 17.3 \text{ 吋}$$

力率在基脚中綫為最大, 地位漸向左移, 力率逐漸減少, 惟為數不大, 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, 實為一良好建閘之處, 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, 計為每平方呎自 350 至 400 磅。隔基單位壓力 (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 I_b 而上游方面, 則應依據 III_b 也。

基樁之排列,以木樁完全負擔上面壓力為原則,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:

劉潤船閘基樁荷重表

地 位	基 樁 尺 寸			表 面 摩 擦 力		荷 重
	大頭徑	小頭徑	長 度	公斤/平方公尺	磅/平方呎	
上 游 閘 基 井 穴 及 輸 水 道	公尺	公尺	公尺			公斤
	0.38	0.23	20	1710	350	32,700
	0.30	0.20	8	1710	350	10,900
	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
下 游 閘 基	0.20	0.15	8	1710	350	7,550
	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 (Larsen) 鋼板樁 1 G B 號及 J 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)
1 G B	$\frac{5}{16}$ "	5.44呎 ²	24.3 磅	7.82呎 ³
J	$\frac{9}{16}$ "	9.31呎 ²	41.66磅	25.35呎 ³

鋼板樁之背面以C形鋼作橫樑而連綴之，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 公頓，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，未免遺憾，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
 c = 進水門之流量係數 = 0.84*
 g = 地心吸力之加速度 = 9.8 公尺/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
 S = 坡度比例 = $1 \frac{1}{2}$

將第十四圖分爲二段，自低水位至台級處爲第一段，自台級處至高水位爲第二段

甲、進水時間

一段 $y = h_1 - h$

$$dy = -dh$$

$$A = b_1 l + 2Sl y = b_1 l + 2Sl(h_1 - h) = b_1 l + 2Slh_1 - 2Slh$$

命 $K_1 = b_1 l + 2Slh_1$ $K_2 = 2Sl$

則 $A = K_1 - K_2 h$

$$dQ = ac\sqrt{2gh} \cdot dt = A dy = -Adh$$

命 $K_3 = ac\sqrt{2g}$

* 引用 Hydraulics of Miami Flood Control Project 中公式 $C = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{2gL}{C^2 n^2 R}}}$ 計算而得
 式中 R = 水文半徑 (Hydraulic Radius) = 0.596 (平均數) $g = 9.8$
 L = 平均水流長度 = 60 公尺 $C^2 = \frac{R^{\frac{2}{3}}}{n^2} = \frac{(0.596)^{\frac{2}{3}}}{(0.013)^2} = 4990$

$$\begin{aligned}
 \text{則} \quad K_2 dt &= \frac{K_2 h - K_1}{\sqrt{h}} dh \\
 &= (K_2 h^{\frac{1}{2}} - K_1 h^{-\frac{1}{2}}) dh \\
 K_2 \int_0^{t_1} dt &= \int_{h_1}^{h_2} (K_2 h^{\frac{1}{2}} - K_1 h^{-\frac{1}{2}}) dh \\
 K_2 t_1 &= \left(\frac{2}{3} K_2 h^{\frac{3}{2}} - 2K_1 h^{\frac{1}{2}} \right) \Big|_{h_1}^{h_2} \\
 t_1 &= \frac{\frac{2}{3} K_2 (h_2^{\frac{3}{2}} - h_1^{\frac{3}{2}}) - 2K_1 (h_2^{\frac{1}{2}} - h_1^{\frac{1}{2}})}{K_2} \dots\dots\dots(1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{二段} \quad A &= (b_1 + 2)l + 2Sl_1 \\
 &= (b_1 + 2)l + 2Sl(h_1 - h) \\
 &= (b_1 + 2)l + 2Slh_1 - 2Slh
 \end{aligned}$$

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

$$\text{則} \quad A = K_4 - K_4 h$$

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

(1) + (2) 化簡則

$$\text{進水時間 } t_1 = \frac{l \left(\frac{8}{3} Sh_1^{\frac{3}{2}} + 4h_2^{\frac{1}{2}} + 2b_1 h_1^{\frac{1}{2}} \right)}{a.0\sqrt{2g}}$$

$$= \frac{106 \left(\frac{8}{3} \times 1.5 \times 9.2^{\frac{3}{2}} + 4 \times \sqrt{5} + 2 \times 17.5 \sqrt{9.2} \right)}{9.8 \times 0.84 \sqrt{2 \times 9.8}}$$

$$= 660 \text{ 秒}$$

$$= 11 \text{ 分}$$

乙、出水時間

二段 $A = (b_1 + 2 + 2Sh_1)l - 2Slh$
 $= b_1l + 2l + 2Slh_1 - 2Slh$

命 $K_5 = b_1l + 2l + 2Slh_1$

則 $A = K_5 - K_2h$

$$dQ = a \cdot c \sqrt{2g(n_1 - h)} dt = -Ady$$

$$K_3 \sqrt{y} dt = -(K_5 - K_2h) dy$$

$$= -(K_5 - K_2h_1 + K_2y) dy$$

$$K_3 \int_0^{t_2} dt = \int_{h_1}^{h_3} \frac{K_5 - K_2h_1 + K_2y}{\sqrt{y}} dy$$

$$K_3 t_2 = \left(-2K_5 y^{\frac{1}{2}} + 2K_2 h_1 y^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} K_2 y^{\frac{3}{2}} \right) \Big|_{h_1}^{h_3}$$

$$t_2 = \frac{2(K_2 h_3 - K_5) h_3^{\frac{1}{2}} - \frac{2}{3} K_2 h_3^{\frac{3}{2}} - \frac{4}{3} K_2 h_1^{\frac{3}{2}} + 2K_5 h_1^{\frac{1}{2}}}{K_3} \dots (3)$$

一段 $A = b_1l + 2Slh_3 - 2Sl(h_3 - y)$

$$= b_1l + 2Sly = b_1l + K_2y$$

$$K_3 \sqrt{y} dt = -Ady = -(b_1l + K_2y) dy$$

$$K_3 \int_0^{t_2} dt = \int_{h_3}^0 \frac{b_1l + K_2y}{\sqrt{y}} dy$$

$$K_3 t_2 = - \left(2b_1l y^{\frac{1}{2}} + \frac{2}{3} K_2 y^{\frac{3}{2}} \right) \Big|_{h_3}^0$$

$$t_2 = \frac{2b_1l h_3^{\frac{1}{2}} + \frac{2}{3} K_2 h_3^{\frac{3}{2}}}{K_3} \dots (4)$$

(3) + (4) 化簡則

$$\text{出 時 間 } t_2 = \frac{2l \left[(b_1 + 2 + 2Sh_1) b_1 \frac{l}{2} - \frac{4}{3} Sh_1 \frac{l^3}{2} - 2h_1 \frac{l}{2} \right]}{a \cdot c \sqrt{2g}}$$

$$= \frac{2 \times 106 \left[(17.5 + 2 + 2 \times 1.5 \times 9.2) \times \sqrt{9.2} - \frac{4}{3} \times 1.5 \times 9.2 \frac{3}{2} - 2 \times \sqrt{4.2} \right]}{9.7 \times 0.84 \sqrt{2 \times 9.8}}$$

= 484 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	分

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，入裏運河逆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，於開工未訂立合同之前，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，故遂轉移於馥記營造廠，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，一面由馥記增加工資，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，故須築堤以範之。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。堤工均須扞驗，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，工伙千名，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，率督民伙，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，而此時開工未完，各項損失，將不可言喻，為防萬一，有奉令搶築防黃圍堤之舉。

開址四周，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，其斷絕者連綴之，高度不足者增培之，礮工祇打一遍，蓋因時機急迫，恐因俄而失時也。

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，雜工礮工，以日工計，每晚發放，計雜工每工 0.30 元，礮工每工 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
礮工(打礮一遍)	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，以爲建築及行人之用，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，爲數甚巨，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，預爲留起不挖，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，係由龍記招工承攬，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
礮工(打礮三遍不保扞)	每公方	0.10元
合 計		0.58元

e. 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，壩身係用稽料與土間錯堆成，中插杉木樁，樁與樁各用鉛絲繫住，前坡 1:0.3，全用掃工，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

第 頁

項目	品 名	尺 寸 大 小	報 到 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 派員驗收爲禱此呈 導 進 委 員 會 鑒 核 劉老澗船閘工程局						
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霉者。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，以定其含泥量之多寡。

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，係用篋盛石，一人推篋，使其左右搖動，一人自上注水，以自篋眼流出之水現白色為度。又有一法，則將篋沉於水中而淘洗之，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）

o. 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 $3/8''$ 方形網紋鋼筋二根，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

試 數	成 份	年 齡	淨跨度	樑 寬 b	樑 深 d	鋼 筋 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	3,300 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	"	"	"	"	2.37	"	1,120	2,850 "
10	"	"	"	"	"	"	1,240	3,160 "
11	"	"	"	"	"	"	1,240	3,160 "
12	"	"	"	"	"	"	1,280	3,260 "
							平 均	2,985 磅/吋 ²

由上載試驗結果，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 基樁為全關最重要工程，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，例如上游開基基樁，自1001號起，下游開基基樁，自2001號起，千數之內，復按各樁之長短大小，以百數指明之。例如上游開基基樁長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	本日做數量	連前累計數量	預定數量	未完數量	平均每樁荷重	備	註
工附	作記	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

打樁觀察記載表

第 號打機 鍾重 公頓 中華民國 年 月 日天氣： 上午 下午 第 頁

種類	尺寸	樁號	第一鍾起時 時 分	末五鍾記錄五次平均										末鍾止時 時 分	端去長度	有效長度	備	註
				1		2		3		4		5						
				鐘高	鐘落	鐘高	鐘落	鐘高	鐘落	鐘高	鐘落	鐘高	鐘落					

附 註	1. 機 匠 一 人 2. 打 樁 工 人 一 人 3. 小 工 一 人	附 註	1. 鍾高以公尺計 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 開址地層，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，囑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，一時工作頓行緊張，(參閱第二十四圖) 一面又令包工人裝設發電機，使夜間工作，無光綫不足之虞。

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 (不包含夜工) 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，發現上游開基 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 錘重四公頓
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 錘重四公頓 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	5.53	16,200	
17	2.0	5.5	5.8	5.7	5.8	6.0	5.76	15,900	
18	2.0	6.3	6.2	6.5	6.3	6.4	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，惟為求開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，若本開所用之蒸氣錘，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。本開所用之最高樁架，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. Wellington) 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：

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

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

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,此綫適經過並貼着於試驗木樁之一面,線之一端,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 (公頓)	總荷重 (公頓)	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	30	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 Safty) 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 餘顆，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，又鋼筋混凝土架柵，亦曾於後排基樁，加做拉力樁，以防架柵之往前傾倒，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，不得越雷池一步，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。統計全板樁工，長短六百五十餘塊，於二十四年四月開始，半載而後成，各種鋼部樁之平均工速作如下：

板橋號數	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 G B	23,5	5	2—4
3	17,9	9	4
1 G B	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. 鋼筋之紮配 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,則須搭蘆蓬,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,於是此開基工程,即於叮噹聲中開始矣,此後每閱一小時,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:

下游開基工作記錄

開工時間	二十七日上午八時二十五分
完工時間	二十九日上午四時二十五分
工作時間	四十四小時
拌和機具數	四具
開基混凝土毛體積	924.7 立方公尺
埋在混凝土中鋼筋體積	20.6 立方公尺 (158 公噸)
埋在混凝土中填塊體積	1.1 立方公尺
開基混凝土淨體積	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

機 別	工 數 別	自 水 運 至 商 間	水 泥 過 篩	篩 水 泥	撈 水 泥	撈 石 子	撈 黃 砂	挑 水	搬 混 凝 土	搗 混 凝 土	雜 工	機 器 匠	木 匠	共 計	備 註
拌 和 攪 拌 數	1				6	12	6	2	4		10	2		42	
	2				6	6	6	1	4		10	2		35	
	3				4	3	6	1	5		10	2		36	
	4				4	6	8	2	4		10	2		36	
公共 總 計	工作 總 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 施 壓 力	單 位 壓 力	
					每平方公分	每平方呎
G 1	28 磅	15.2 公分	181 平方公分	24,400 公斤	135 公斤	1,915 磅
G 3	23,0 磅	14.9 公分	175 平方公分	28,000 公斤	160 公斤	2,280 磅
G 5	26 磅	15.0 公分	171 平方公分	31,600 公斤	179 公斤	2,540 磅
G 7	23 磅	15.1 公分	179 平方公分	20,250 公斤	113 公斤	1,610 磅
G	28 磅	15.1 公分	179 平方公分	30,000 公斤	168 公斤	2,380 磅

又 年 齡……八 週 餘 同 上

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

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。

c. 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:

上游閘基工作記錄表

開工時間	十二月二日上午七時五分
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

試數	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 ½ 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星工程之澆製 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，方許接做第二層樓板，以免因釘立樓板之震動，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，即令包工人裝置吊車，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

之絨毛毯三層，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，間亦用人工拌和。

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，或面部平滑，則須新鑿毛面如第五十四圖，再用法銜接之，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，用鋼板為面，工字鋼等為骨，為便於起卸轉運起見，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，合計為 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) 分為 80 節，帽釘共 30,400 只，(徑 1") 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，為時僅及一月，該廠工作之努力與迅速，誠堪嘉許，第五十八圖為機器帽釘情形，第五十九圖，為下游輸水道竣工攝影。

第十九節 整理工程

開工既全部告竣，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，以為基礎，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，即為了事，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，如荷重能力已遠或已相近，則以停止錘打為宜。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:

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

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

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

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公噸	2公尺	2.4			
2	73秒	"	"	2.4			
3	61	"	"	2.3	2.37公分	20,200公斤	85
4	76	"	"	3.8			

5	64	3公噸	3公尺	3.4			
6	64	"	"	3.9	3.70	23,800公斤	100
7	50	"	2 "	2.2			
8	52	"	"	2.1			
9	60	"	"	1.9	2.07	21,600公斤	91
10	38	"	1 "	1.2			
11	42	"	"	0.8	1.00	14,100公斤	59

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 $3.7 \times \frac{1}{2} = 1.23$ 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，一部份先克服樁面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，以著者劉調之經驗，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，應大於木樁二倍以上。我國工程界習用較重之錘，故可不慮其過輕。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，如打樁經過良好，則減低為 5 或 4，亦無不可，至於錘落之須極端自由，而毫無繚擊，樁頭之須新鋸，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 倍木樁重
4. 錘落須自由
5. 樁頭須新鑄,並不得加墊塊
6. 須無鐵錘反跳 (Rebond) 現象

基礎土質,因地而異,其性質隨時有變,(如晴雨等)打樁方法或用機械,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。工人為貪圖取巧,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。故桶裝實較袋裝為宜,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,又可收工堅料實之效。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	最弱總壓力	單 位 壓 力	
					每平方公分	每平方呎
1	三月	7.62×7.62×7.62 ^{公分}	58.0 ^{平方公分}	16,600 ^{公斤}	286 ^{公斤}	4,050 ^磅
2	“	“““	“	19,700	340	4,820
3	“	“““	“	20,600	355	5,050
4	九月	“““	“	12,000	207	2,940
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 (Litor) 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,能否照常進行,殊成問題。著者爲欲研究冰凍對於混凝土之影響起見,曾於冬日製成試驗圓柱若干,置諸戶外,四面用儲草之蔴袋護衛,經十二日拆模,其試驗結果如下表,

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	……人工拌和
石子	……淮陰老子山	貯藏方法	……置於室外用蔴袋 蔴袋遮護不澆水
年 齡	……11週	加水程度	……充分潤濕

試 數	重 量	直 徑	面 積	最後總壓力	單 位 壓 力		備 註
					每平方公分	每平方吋	
J3	29 $\frac{1}{2}$ 磅	15.1 公分	179 平方公分	23,500 公斤	131 公斤	1,860 磅	
J4	29.0	15.0	177	26,400	149	2,110	
J5	29 $\frac{1}{2}$	15.1	179	22,200	124	1,760	
J6	29 $\frac{1}{2}$	15.0	177	22,600	128	1,820	
J7	30.0	15.2	181	33,000	182	2,600	
J8	30 $\frac{1}{2}$	15.6	191	35,200	184	2,620	
J9	28.0	14.8	173	31,500	182	2,590	
J10	30.0	14.9	175	29,800	170	2,420	

試驗柱製於二十四年十二月十九日,越時11週作壓力試驗,其經過日期之溫度如第六十圖。

觀上表,可知混凝土在冬日澆製,若保護周密,拆模時期較長,當無大礙,惟爲慎重起見,或在北方天氣較寒之處,則仍以停止工作爲宜也。

第二十六節 船閘各部佈置及設計之討論

著者辦理劉澗船閘工程既竣,巡視各部,見此偉大工程竟告厥成,中心愉快莫可言宣,惟覺船閘各部,因環境及時間之變遷,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。

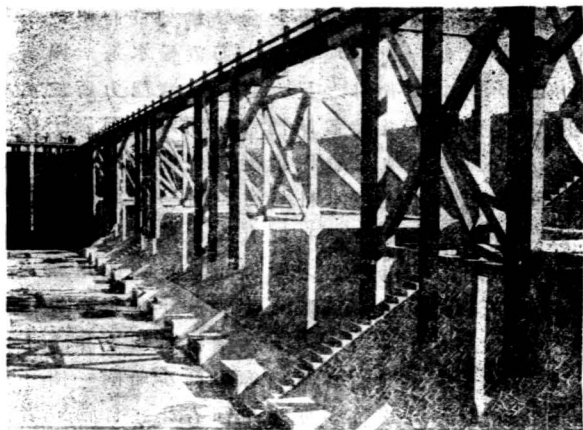
查船閘設計時,橫貫於吾人心中者,除工程上立場各點外,厥爲

濟，蓋導淮二年計劃，欲以最低限度之金錢，建築最高限之工程，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為牆，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) 則兩旁開闢井穴，亦可省去。

鋼板樁翼牆，(板樁長 23.5 公尺) 常設計時，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。

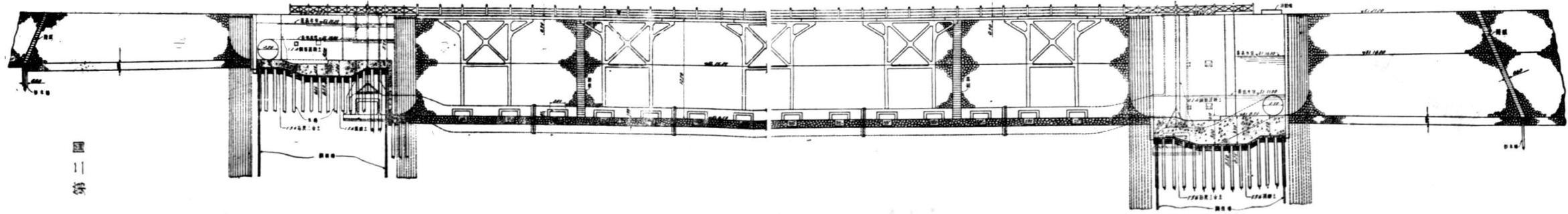
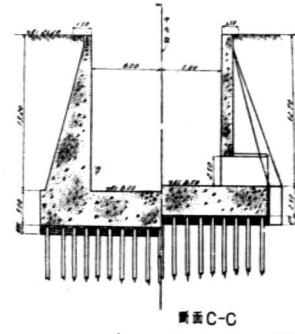
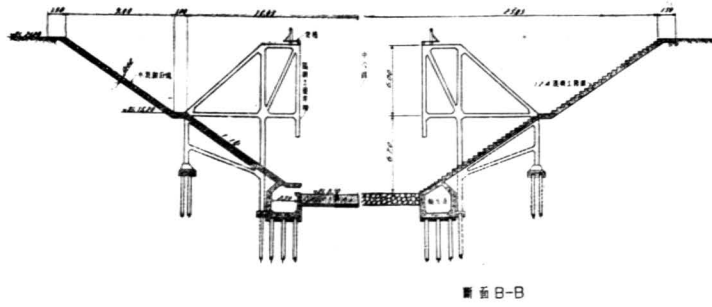
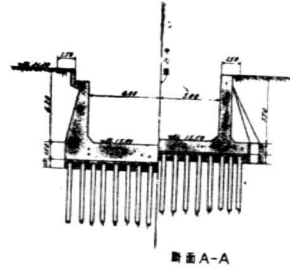
上下游閘基容積甚大，內部鋼筋甚多，若不一氣呵成，如何接頭，殊難佈置，若連續工作如本閘所為，則事前佈置，殊覺吃力，且工作時間夜以繼日，晚間工作較之白晝，總覺較遜一籌，而主管人員難以貫徹始終，監視到底，尤覺遺憾（本閘當時係邀請邵淮兩局工程師率領工程人員前來贊助，故覺應付裕如，在他處恐未必能辦到）故以後再有如此閘工，在設計時，似應注意及此也。



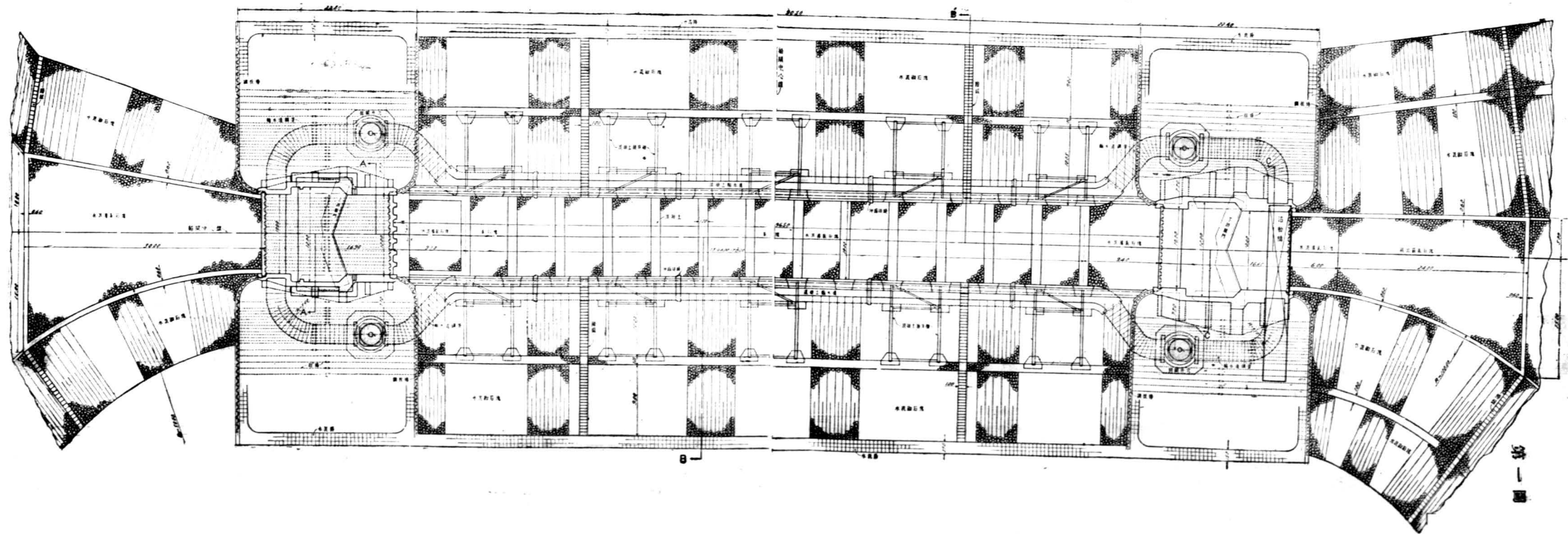
第三圖 船閘竣工攝影(一)



第四圖 船閘竣工攝影(二)



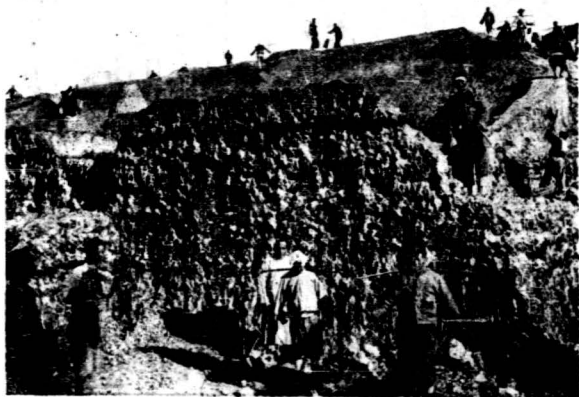
第一圖



第一圖



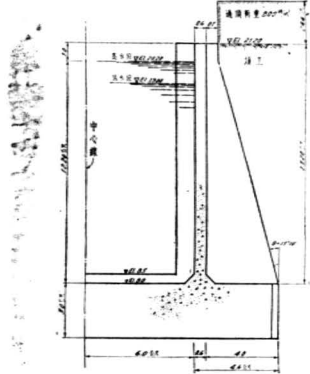
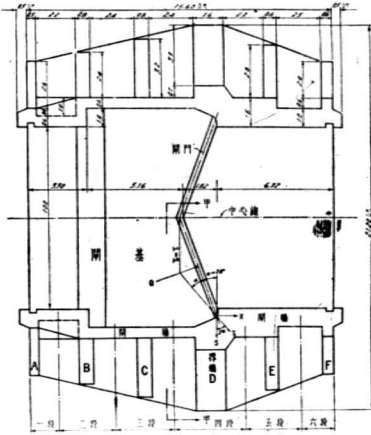
第五圖 船閘竣工攝影(三)



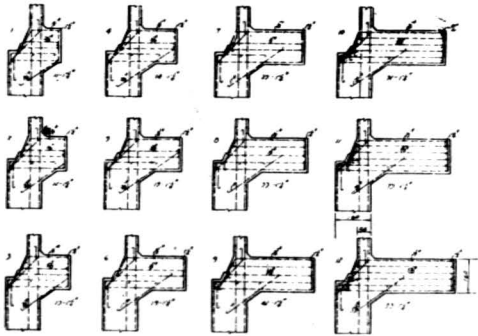
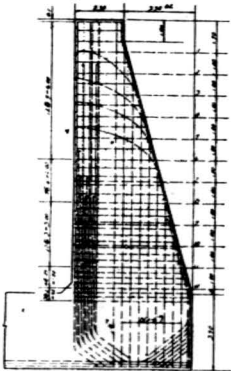
第十五圖 土層夾雜沙礫情形(一)
(白色者即砂礫)

下游開基平面圖

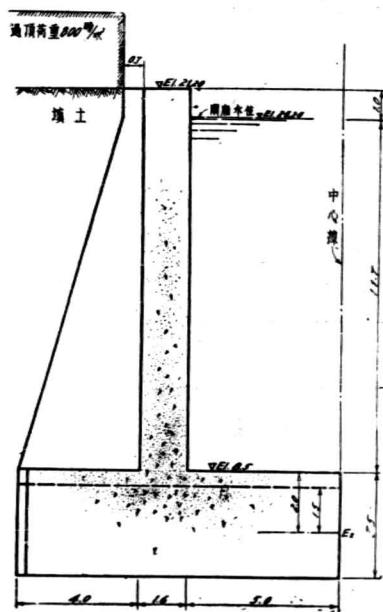
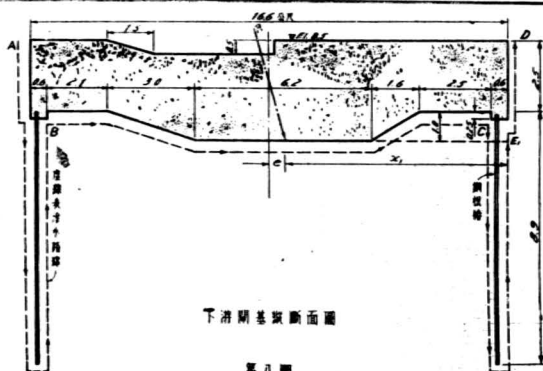
第六圖

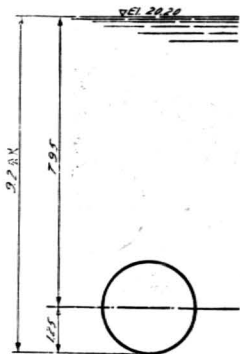


圖一平一

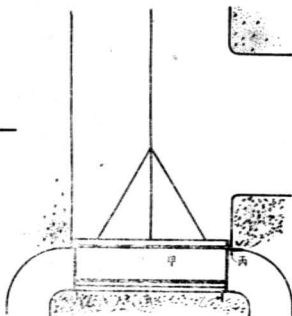


第七圖 閘基D與閘基剖面圖

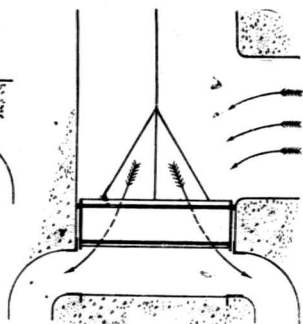




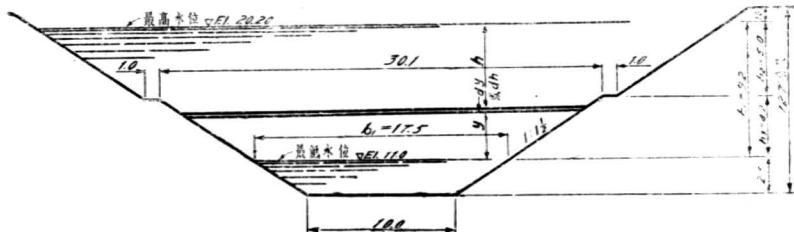
第十一圖



第十二圖



第十三圖



第十四圖



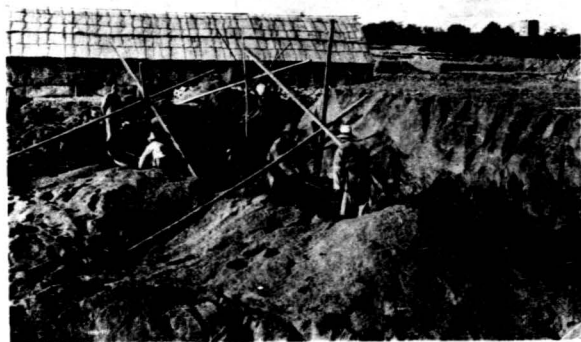
第十六圖 土層夾雜砂礫情形(二)
(白色者即砂礫)



第十七圖 篩石子攝影

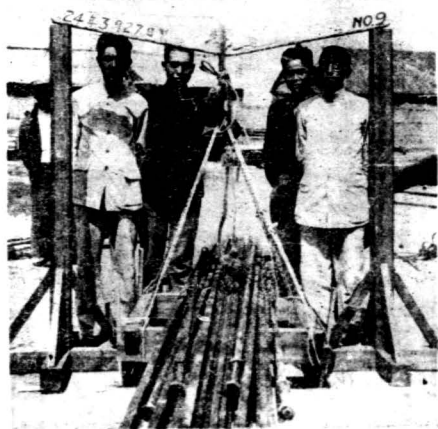
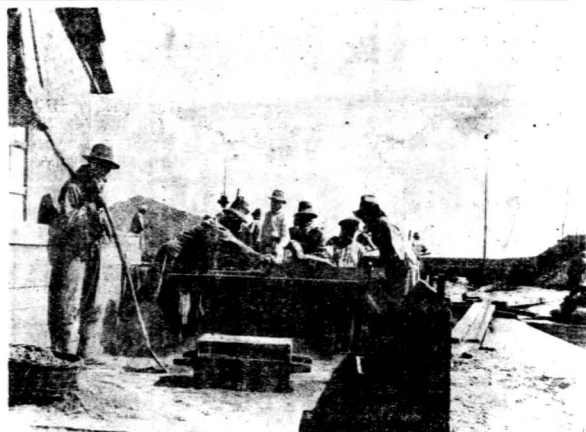


第十八圖 洗石子攝影

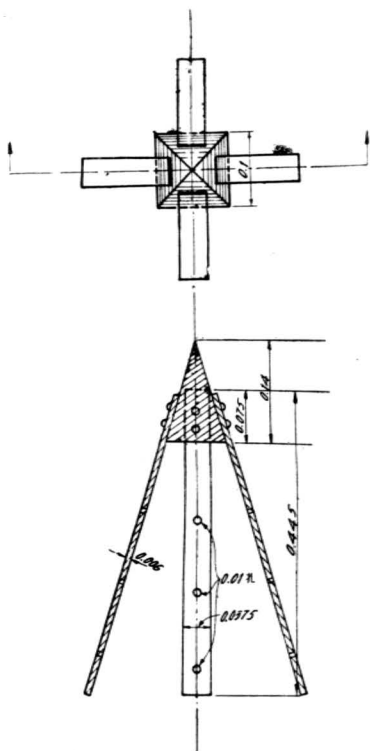


第十九圖 篩黃沙攝影

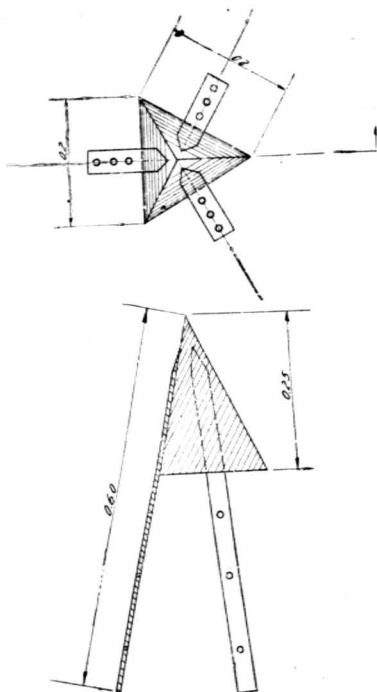
第二十圖
篩水泥攝影



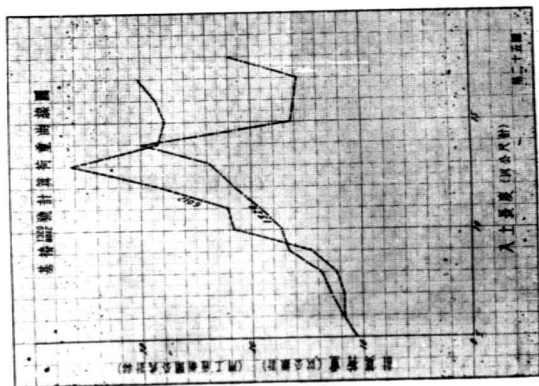
第二十一圖
試驗混凝土樑情形



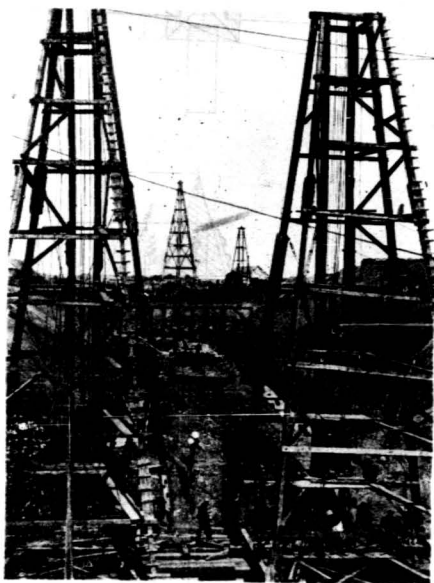
第二十二圖 四角形鐵榫尖



第二十三圖 三角形鐵榫尖



第二十四圖
打樁工作緊張情形



第二十六圖
6012號斷樁攝影

第二十七圖

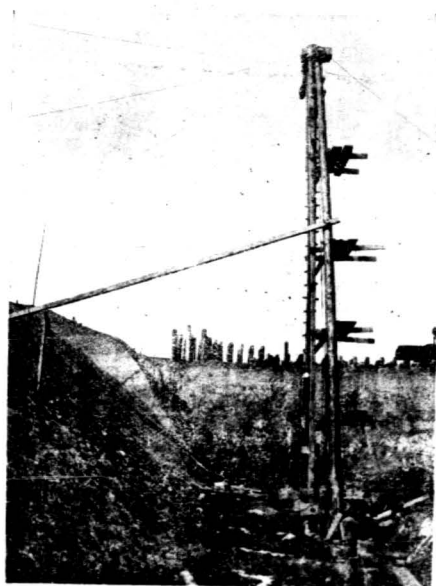
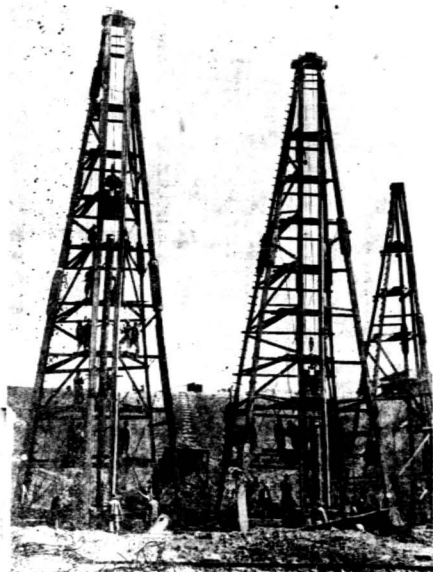
1320號斷樁情形



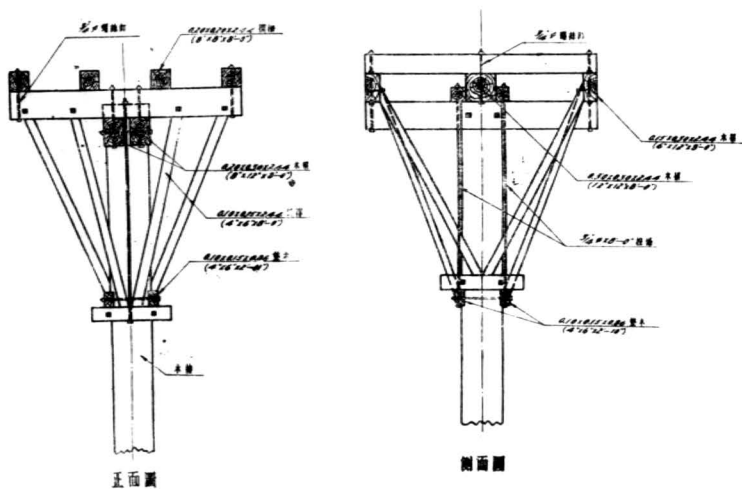
第二十八情

蒸氣錘工作情形

第二十九圖
普通 樁 架 攝 影

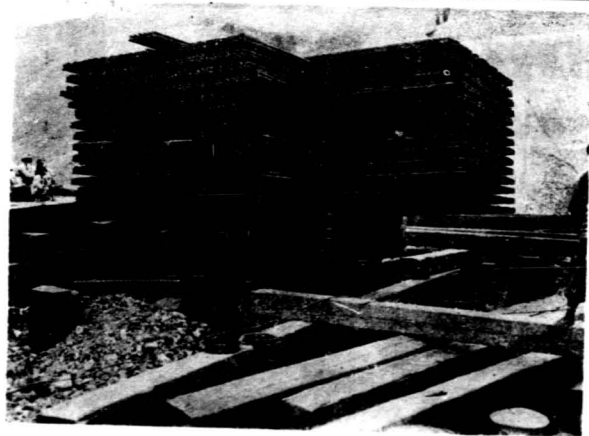


第三十圖
簡單 樁 架 攝 影

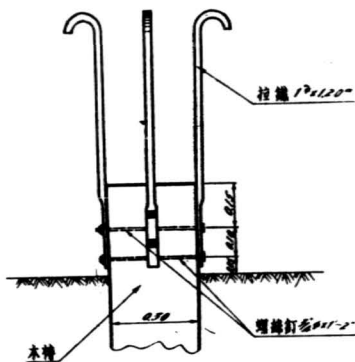
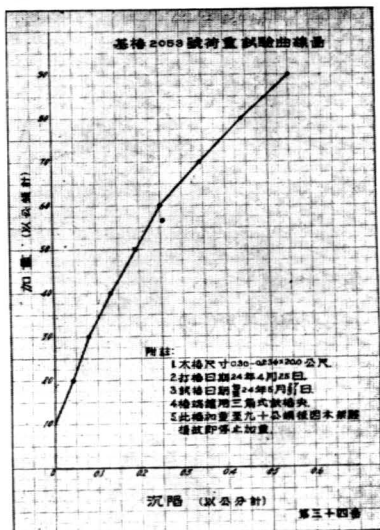


第三十一圖 試驗木樁荷重之木架

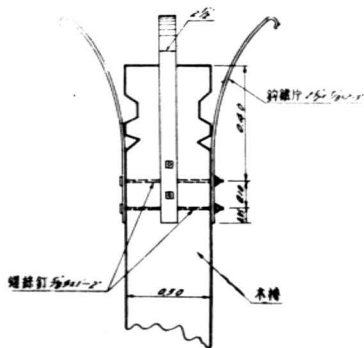
第三十二圖
荷重試驗木架攝影



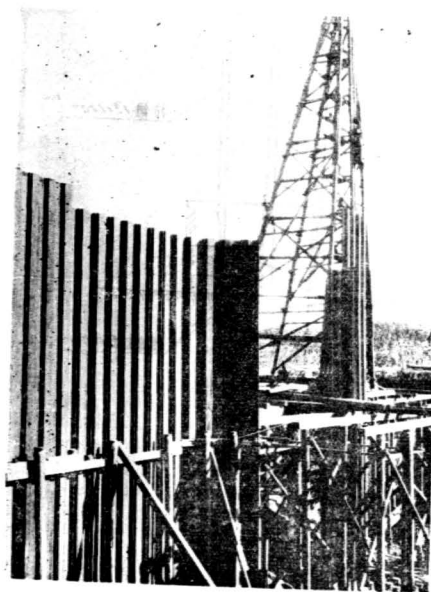
第三十三圖
荷重試驗加重至九
十公噸時攝影



第三十五圖

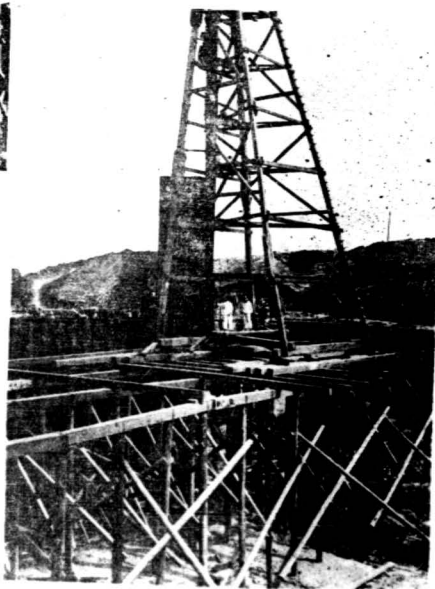


第三十六圖



第三十七圖

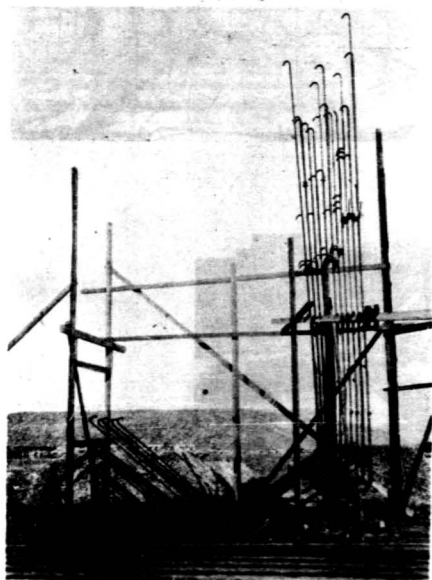
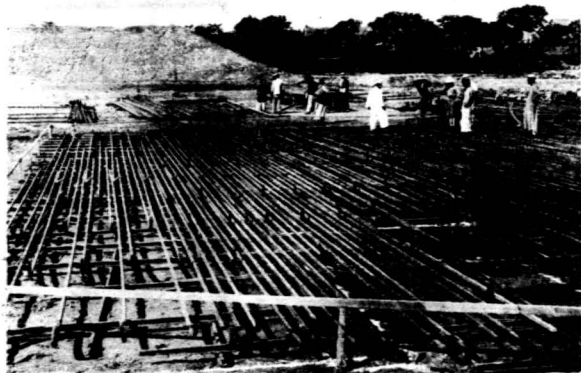
錘打鋼板樁情形(一)



第三十八圖

錘打鋼板樁情形(二)

第三十九圖
下游閘基鋼筋試裝

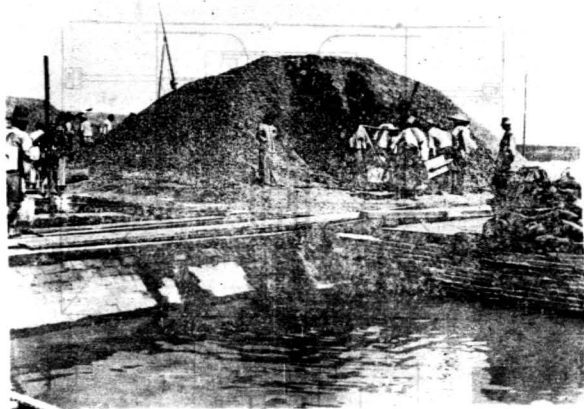


第四十圖
撐肋D鋼筋試裝

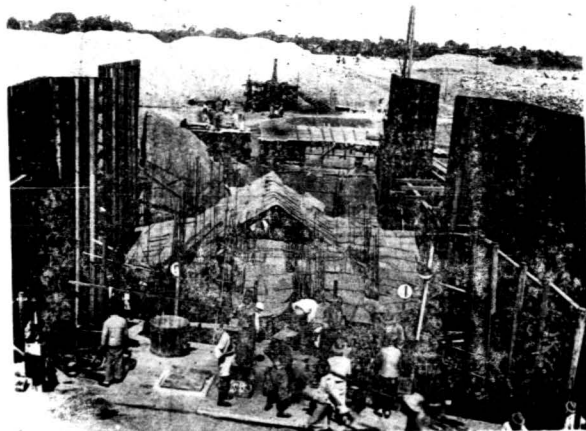
第四十一圖
下游開基鉄架



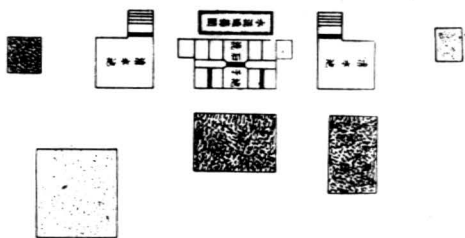
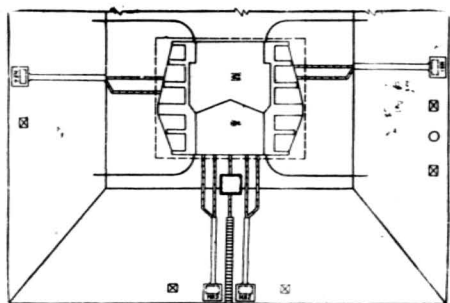
第四十二圖
清水蓄水池



第四十三圖 石子之堆積



第四十四圖 下游閘基之蘆蓬

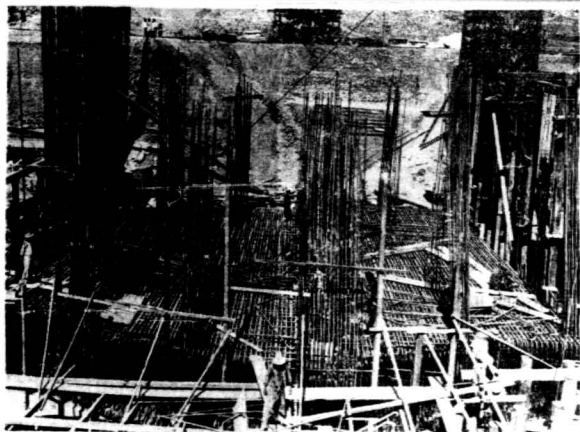


第四十五圖 澆製下游側基泥凝土工場の量圖

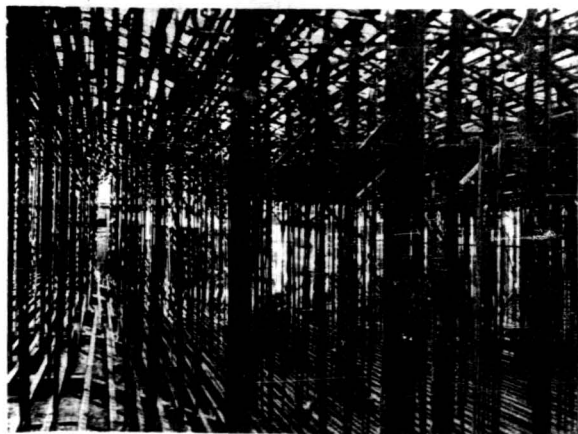
圖 例

片道	片道	引管	排水	排水管	土層	鋼筋	鋼筋	鋼筋	鋼筋	鋼筋	鋼筋

小 冊 子



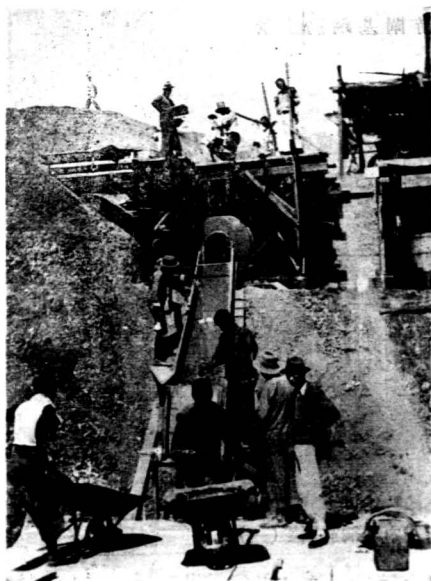
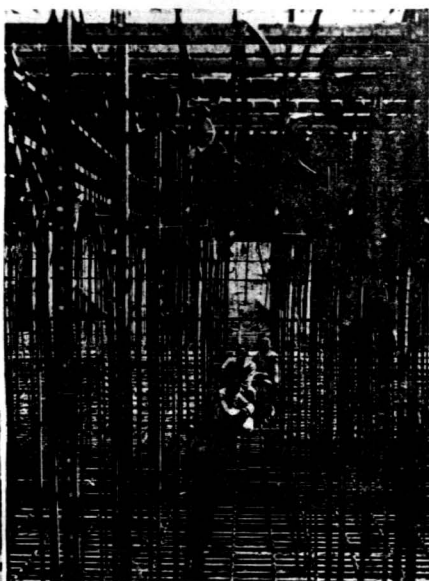
第四十六圖 下游閘基鋼筋全景



第四十七圖 下游閘基內部鋼筋攝影(一)

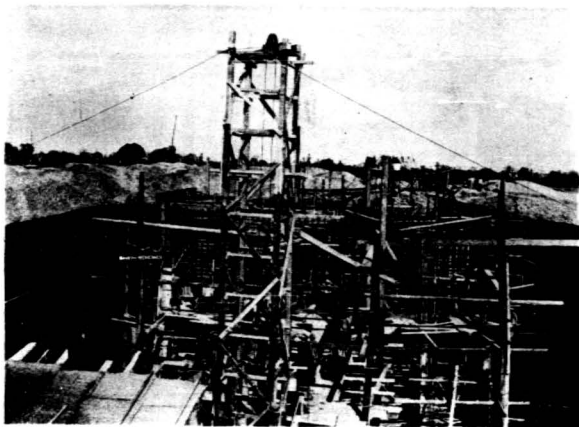
第四十八圖

下游閘基內部鋼筋攝影(二)

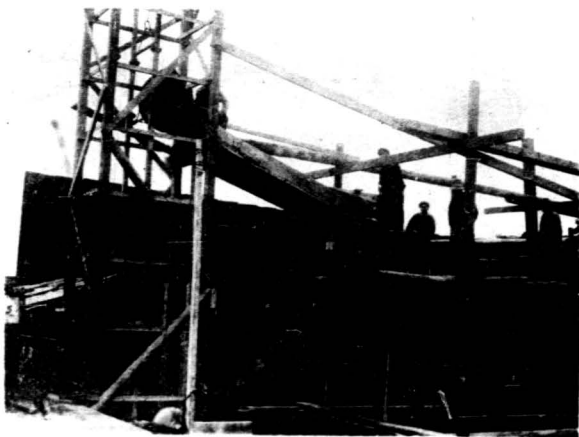


第四十九圖

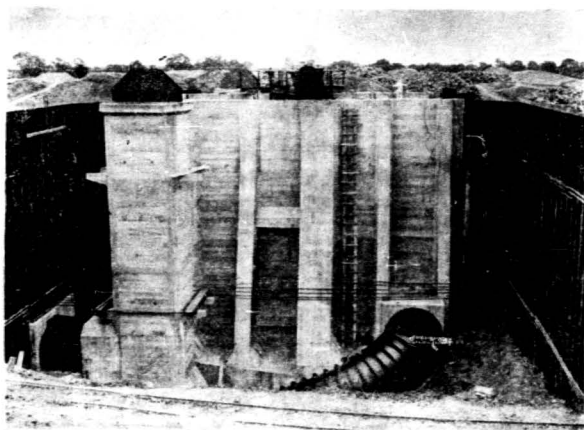
拌和機之工作情形



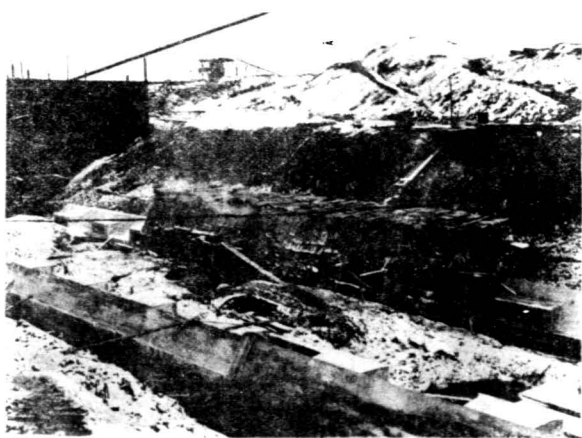
第五十圖 澆製下游閘牆時全景



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 輸水道之防凍蘆蓬

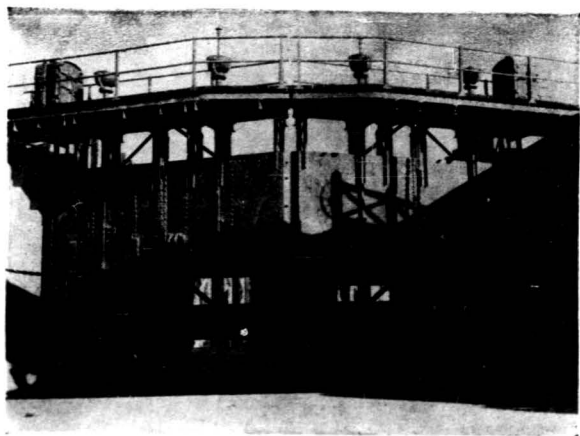
第五十四圖
新舊混凝土接合處之整理工作



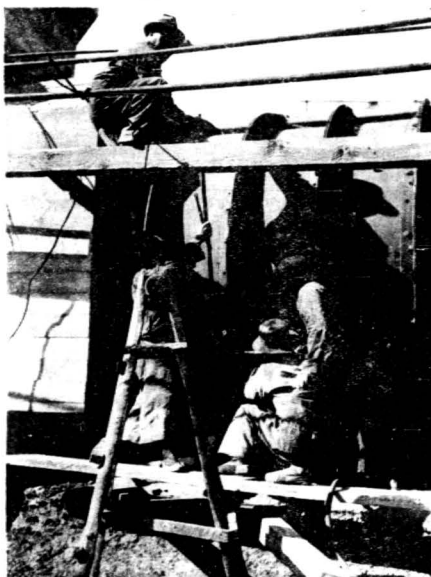
第五十五圖
混凝土之蓋護及澆水工作



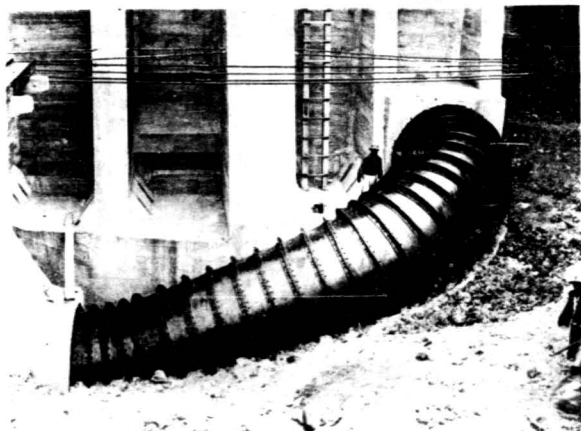
第五十六圖
下 游 閘 門 攝 影



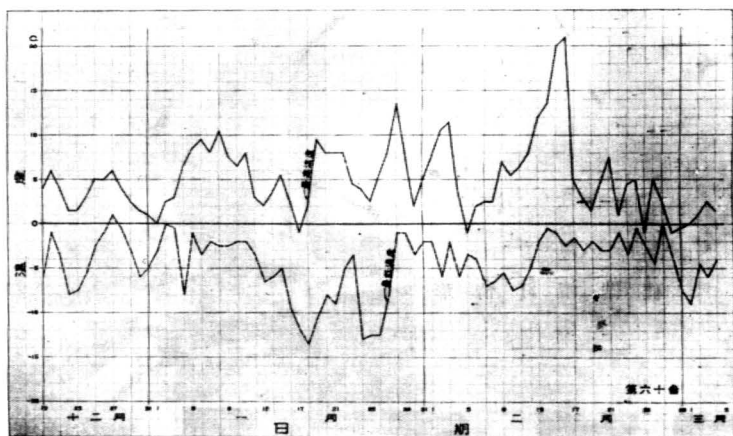
第五十七圖
上 游 閘 門 攝 影



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



太湖之構成與退化

汪 胡 楨

一 太湖之構成

自宜興以東，青浦以西，常熟以南，嘉興以北縱橫一百方公里間湖泊成羣，其大者為澱山陽城澄湖元蕩龐山（已律掣）獨野而太滿為其中巨擘，此等滿泊之造成，昔人恆以為屬于揚子江歧流之子遺，情據丁文江先生之論斷^(註一)則該地原屬一大盆地，與海相通，經作者多次之視察，深信其言非虛。此巨湖之造成，蓋由於揚子江與錢塘江為構造三角洲關係江岸向東延展，進行甚速，致將一部分海面，環抱於內，及兩江江岸相遇，遂成為內海，天日宜歛諸山水流注有間，久之鹽分消失而成淡水湖。

丁文江先生曾將蘇浙沿海城山建立年代繪成一圖，^(見註一)證明自太倉至嘉善線以東之地，係有史以後增漲之地。於此圖中所可注意者，錢塘江沿岸諸城邑，如海寧海鹽嘉興平湖諸城，建立均甚早，約在公元三世紀至五世紀間。又據近年研究吳越史地者之考查^(註二)金山居有人類，當遠在新石器時代。有他丁氏圖中註明崑山之建立遠在公元前二〇五年，松江在公元七五一年，青浦在七世紀間，上海在一一三〇年，故可知錢塘江岸之延長，係自平湖向東北以達松江，揚子江岸之延長，係自無錫崑山向東南以達青浦，而與錢塘江岸相遇於上海之南。

二 太湖面積之減縮

此巨湖構成後，仍藉多數支港與揚子錢塘兩水相通以洩積水，因江口水中所含細泥甚多，每遇大潮，被其沖起，由各支港灌入湖內，逐漸淤澱，湖面遂因以漸小。據淺浦局之研究^(註三)知潮水中含泥量與月齡及潮差有一定之關係，即潮差愈大，則含泥量愈多，潮差以愈近東部為愈大，故淤澱當開始於巨湖之東。因氣候之適宜，菱蘆等水生植物，繁殖於淺水之中。由是因生物及細泥沉澱作用，淤澱更速，乃成陸地。同時各支港經流既久，河槽逐漸深鑿地中，洪水位因以低落，陸地乃益高，人類可以生息其間矣。人口日密則需要農地愈多，圍墾湖地之風大熾，湖之東部遂被割裂而成多數小湖。西部因潮汐影響較小，淤澱亦緩，故迄今猶得保存即今之太湖是也。

太湖流域現存湖泊面積，前太湖流域水利工程處曾加量算。^(註四)共計3,360平方公里，其中重要湖泊之面積如次表。

太湖	2,213 平方公里
陽城湖	111 平方公里
隔湖	187 平方公里
澱山湖	94 平方公里
澄湖	48 平方公里
獨墅	14 平方公里
崑城	16 平方公里
洮湖	85 平方公里
固城	66 平方公里
西洑	14 平方公里
尙湖	12 平方公里
北蕪	10 平方公里
溧陽三塔蕪	21 平方公里
元蕪	16 平方公里

湖泊減少之結果，可使洪水位增高。但洩水尾閘年久自然刷深，故

洩水量因時俱進。兼以各尾閘之洩量隨水位而陡增，水位愈高，則洩量愈鉅，故全區域內洪水位，並不因湖面積逐漸減少而驟增。（若大規模圍墾洪水時期不令蓄水，自當別論。）

流入太湖各山水，挾帶泥沙，亦必不少。但此種泥沙，苟入太湖，必在進湖處沉澱，斷無越過廣闊湖面而沉澱於青浦吳江一帶之理。

參 考 資 料

- 註一 丁文江著汪胡楨譯揚子江下游之地質載太湖流域水利季刊一卷三期
- 註二 金山奄城訪古記陳志真等著
- 註三 黃浦之水文浚浦局出版胡品元譯載太湖流域水利季刊一卷二期
- 註四 太湖流域湖泊面積表載太湖流域水利季刊二卷四期

水災的成因和減少水災的方法

周 郁 如

近年每到七八月間河水盛漲之際，展閱報紙，多載各地水災消息，不僅漂沒人畜廬舍，甚者城郭市街水深及丈，數日不能舉火；而曾經征工興辦水利工程省區，水災消息大為減少。可見事在人為，諺云，禍福無門，惟人自召，信非虛語。茲就見聞所及，述水災的成因和減少水災的方法如次：

水災的成因

(甲) 由於雨量集中 雨量集中於某一區域，繼續降落，經過一週至兩週，該區土壤水分過剩，河流排洩量比較集中的雨量，過於狹小，輸洩不及。結果水位驟昇，河流因而盛漲，氾濫成災。例如岷江流域近年記錄，於三十至四十小時內，雨量超過三百公厘時，下游必遇水災。

(乙) 由於與水爭地 一般河流因交通文化關係，人口繁殖最速，沿河低窪之地應留為停蓄或氾濫洪水區域，因地價昂貴之故，或墾為耕地，或營造住宅，與水爭地，使水道狹隘，不能容納洪水。盛漲之時，洪水經過該河固有氾濫區域，原不足怪，而受災者不咎己之不能擇地而處而咎水之無情。

(丙) 由於河流自身造成 水源出於山地，由各山谿匯成河流，含挾沙石，其量至富。沖積層或沖積平原皆係由此造成。多數河流之含沙量為百分之六至七，河床坡度較急者可至百分之三十五，故河槽最易為沙石淤塞。每經過洪水之後，故道淤塞，河流脫槽而出，改決新道。新道淤塞，或復歸舊道或另闢新道。如是淤塞沖決，展轉循環，成為大患。

(丁)由於無整個造林計劃 山地林木稀少,雨水降落坡地,不稍蓄。久雨之後洪水暴發,坡地表土即被沖刷,直洩入河,為河流盛漲及淤停帶沙石之主因。

減少水災的方法

治河應依河流之位置而異其治理的方法。河流位置,未出山前為山流。出山後,河床坡度稍緩,但比降仍大,似可稱為中游。既達平原,距海不遠,比降甚小,似可稱為下游。茲因其位置大略述其主要治理方法如下。

(甲) 山流

(1) 河流未出山峽,應選適當山谷而有固定峽口之處作攔洪壩,造成大蓄水庫,以紓緩山洪出山時間,可以減小壩身下游河流水位之猛昇猛降。例如美國西南可羅拉多河建築波爾達大堰隄,以防山洪。將來隄成之後,不但無山洪暴發之事,並可在蓄水庫內,儲蓄洪水,用閘門節制流量,徐徐放出,作灌溉,航運,水力發電各種有益工作。惟攔洪壩身上游須防淤填,下游河底,須防沖刷。又山流之較小者,亦應逐段施工築壩,減小比降,以治理之。兩岸山坡除造林外,亦可逐段開為階田,以免雨水沖刷坡地表土,直洩入河。

(2) 每一流域之山坡地,應有整個造林計劃,廣植樹木,以固結土質,減少沖刷;並停蓄降雨量而減小河流之洪水峰。

(3) 開墾山地應有限制,勿使雨水沖刷坡地泥沙,流入河內以增加河流之含沙量。

(乙) 中游 河流出山後,初達平壤,其勢仍猛。隄防閘壩,各種工程,皆難以耐久。應多開引水堰渠以分其勢,最好依地形分配,散布渠堰溝澮,以資灌溉之用,而減少正流之水災。例如都江堰因岷江初出平壤,每遇洪水輒演水災。自李冰鑿離堆引水一部分入內江,並將內外兩江分為八大支流,以殺其勢。內江有灌溉之利,外江少氾溢之災,成為成都

平原之保險工程。又例如秦廢井田，久之渠堰淤塞灌溉廢而水患遂興。

(丙) 下游 河流在平原中比降減小，水流速度不復能輸送挾帶於水中之泥沙，遂隨處沉澱淤積，不能逐流而下。應多築導水夾隄，束水攻沙，使河流自浚河槽，俾水由地中行，以免河水四溢潰決成災。例如黃河有內隄外隄，皆係平行夾隄。恩格爾斯博士研究治理黃河方案，主張固定中水位河槽為最有利，其意亦在使河流自浚河槽，保持而固定之。

又河流入海，其河口有淤塞之患者，亦應疏濬或作引隄，使水暢流入海，即可減少水患。例如上海浚浦工程局逐漸改良黃浦江河道及河口，即用此法。

(丁) 在河流中下游所灌注的湖泊，逐漸淤淺，不能為河流稍停洪水應濬深湖泊，增加其容積，以消納一部分洪水，而減小河流中下游之洪水峯。

(戊) 政府應測量河道地形，並制定法令，禁止人民與水爭地。例如廢田還湖過去已成為有力的主張，似應規定實施方法。又如沿河低地，其高程在洪水線下者，應設法防禦洪水。或禁止人民在洪水氾濫可及區域內居住。但黃河流域有特殊情形，暫作例外。

以上所述關於水災的成因和減少水災的方法，於此短篇中，殊難列舉無遺。惟最當注意者，考查每次洪水登峰造極之水位（即洪水峰），經過之時間極短，而其潰決隄岸毀損工程之力量乃最大。國家年耗巨資，如黃河工程有時不敵十數小時或數小時洪水之力量。研究水利工程之技術人員，熟知河流之水位流速流量含沙量蒸發量等水文資料而忽視夫洪水登峰造極時之水勢。水文資料可由測驗而得其數量，洪水水勢之猛烈，似又出乎吾人所能測驗之數量以外。蓋洪水暴發時其急溜之洶湧在中流者常高出於其兩側，含沙挾石，大有當之者無不披靡之概。水之本質至弱，而其急溜洶湧之勢，乃至無可防範抵禦。素以水患著聞之各河流，洪水暴發時似皆不免有此現象。吾人若能使此洶湧有力之急溜，於短時間內安流順軌而去，則水災可以減少。希望總攬水

利行政的全國經濟委員會暨掌理各省水利行政的省政府，提綱挈領，對於素以水患著聞而人民頻年因水災損失甚巨之各河流，定出治理方案，於河流之各段，極力設計有效方法，以降低其洪水峰，俾免河水漫溢潰決。以我國偉大的羣力，若能用力於此一點稍假時日，似不難使各河流皆臻安瀾之慶而為國民經濟建設之助也。

永定河之挑水壩與透水壩

徐世大

永定河爲一驟漲驟消之河。其漲也，拍岸盈堤，有漫溢之患。其消也，變溜搜根，有沖決之虞。備漫溢者以培堤爲主，減壩爲輔，防沖刷者以埽爲主，凌船爲輔。凌船之用，在使水歸中泓，然其效甚微，故旋設旋輟，一意於埽矣。以永定河兩堤離產石之區甚遠，而運輸全恃駝力，故除盧溝橋附近，左岸自石景山之北金溝起凡二十二里又九十六丈，右岸自盧溝橋南雁翅起五里又一百三十丈爲石堤，用以保衛舊都外，沿河工事，無用石者。埽之取材，爲借葦樁木易致之物，順堤脚而保護之，尙能收一時之效。至於挑水之槌壩，雖中國水工不乏先例，而以無石故，永定河未有用者。

民國十三年七月永定河大水，南岸高陵決口八百公尺，保河莊決口三百公尺，小馬廠決口八百公尺，夏家場決口八百公尺，北岸黃土坡附近之堤亦岌岌可危。十四年由督辦永定河堵口工程事宜處辦理堵口事宜，始於各口門之上游，建築砌石挑水壩一道，以資防護。計高陵一道，長四百公尺，保和莊一道，長八百五十公尺，馬廠一道，長四百五十公尺，夏家場一道，長四百五十公尺，所謂第一壩至第四壩也。其黃土坡附近，則由京奉鐵路局建築短挑水壩一排，共六道，長自二十公尺至五十公尺，壩之間距爲一百公尺。

自第一至第四挑水石壩，均堆土成壩身，壩頂高度在估計洪水位上約一公尺，寬六公尺。壩高約四公尺至六公尺不等。壩頭平面成圓弧形，圓頭向下游，以石塊包砌壩坡，壩脚則以鐵絲網裝石或堆石護之。自

壩頭以外，上游則以砌磚護坡，下游無之，壩之方向，大都視水流方向而向下斜，尤以第三第四兩壩，向下斜十八度及十五度也。

聞建議築挑水壩時，頗有逆料其失敗者。蓋以永定河素無挑水之制，不免狃於舊習也。然此項挑水壩，經數年之後，壩之前後，多已落淤，保障堤防之功用，較之舊壩，自有天淵之別。蓋（一）壩之永久性，非柴壩可比。（二）壩之修防，較柴壩為易，且壩即不守，尚可退而守堤。（三）壩所掩護為其長度之二倍以上，且上游亦受相當掩護。淤成高灘後，即不易再受冲刷。

故民國十八年永定河決口之堵築工事，亦採用挑水壩。但十九年堵口工程，僅成土胎數道，自無禦水能力。二十年續辦堵口工程，築有南二段新三壩一道，長三百公尺，新四壩一道，長二百五十公尺，北三段石壩二道，各長二百公尺，其式樣及方向，均如十四年之例。

然此種挑水石壩，亦有其缺點。（一）石料甚為昂貴。如二十年堵口工程，周口店石料運至金門關，每華方合洋二十元零五角，鐵路運費在外。唐山石料每華方售價三元八角，北寧路運至黃土坡運費在外。由黃土坡運至南二段每華方十二元，其黃土坡卸站費尚不在內。本年永定河增固工程，由唐山購運石料，由黃土坡運至南二三四段，每立方公尺價六元二角（約合每華方二十元零三角），而鐵路半價運費尚不在內，（每立方公尺合三元五角）。而壩頭所需石料六公尺壩約須一千八百立方公尺，三·六公尺壩約須九百六十立方公尺，壩腳堆石則為二千四百至二千八百立方公尺，視壩高及長而異。故僅石料一項，已須三萬數千元至四萬數千元之鉅矣。（二）此種石壩，因係土胎土頂，必須在乾地建築，故歷次工程均先在盧溝橋減壩導永定河水入小清河，俟河身乾涸後，方可施工。若單獨建造，勢必先築攔水工事。（三）此種石壩因係土胎土頂，故不能任洪水越過壩頂，其挑溜之能力或增，而掛淤之能力大減。尤以上游為甚，幾無掩護能力。故第四壩曾經一度冲斷，數度冲毀。（四）因挑溜過甚，且壩頭成弧形，而壩又向下斜，致溜勢斜向下游堤岸，

保護堤岸之功用大減。如新三壩祇能保護壩身等長之一段。(五)因壩頭弧形，有增加渦流之勢，故壩頭附近，恆沖刷甚深，壩頭甚易毀損，如新四壩壩頭三四年來毀損過半，北三段第二挑水壩壩頭亦坍陷。

按此種挑水壩，其式甚古，近年來試驗之結果，壩頭以成方形為宜，但其坡面須極平坦，(約為直一比橫五)。著者於草擬永定河治本計畫時，即主張改用此式。今年舉辦永定河中游增固工程，即築此種方頭石壩一座於新三壩與舊四壩之間，經兩次洪水峯後，其下游直至透水壩均已掛淤，至為迅速，其上游則因新三壩下斜過甚，未能挑遠，雖仍沿壩而行，而其力已微，壩身亦無損壞。九月六日大漲後且完全挑開矣。

又為防堤腳沖刷，實無庸築壩高過洪水位。若築至中水位，使洪水能漫壩而過，其挑溜掛淤之功用，實遠過之。按永定河中水位與洪水位之差約為一公尺半，則三、六公尺之挑水土壩，可減為一、六公尺之堆石壩，壩頂寬二、〇公尺，壩頭方形，平坡一比五，壩上游一比一、五坡，下游一比二坡，則每公尺所需石料，為七、六八立方公尺，壩之上下游均以柴排拋石保護，寬十六公尺，厚〇、三公尺，約為四、八立方公尺，兩者共為一二、四立方公尺。除壩頭約須二〇八立方公尺外，築一長三百公尺之壩，所需石料約略與砌石土壩相等，而建築較易，收效較宏也。

然此種石壩，其價仍嫌過昂，著者規畫永定河治本工程時，擬代之以透水壩。二十年堵口第二期工程，亦曾列入，然以款項不足，而當事者亦頗疑慮，未克實現。直至今春，始於永定河中游增固工程築成透水壩四道，一在北三段，計長一百公尺，一在南三段，計長一百公尺，二在南二段，各長一百五十公尺。

但透水壩之試辦，永定河河務局於十八年修春工時，實開其端，其法僅以椿木兩排，中夾壩龍，椿木既短，透水亦微，上下游河底，亦未加以保護，故遇洪即毀。二十年堵口工程所以延未興辦者，亦恐蹈其覆轍也。

本年所築之透水壩，實為美國密士失必河之舊式，以椿木兩行，自

堤脚釘至壩頭。中線方向，略向下斜約五度。行之中距爲二、五公尺，樁之中距爲二、〇公尺。樁長爲九公尺，入土約六公尺五寸。其堤坡一段，則僅上游一排。樁頂高度在堤坡較堤頂低〇、七五公尺，逐漸下斜，至壩頭在洪水位下一公尺。每排之樁均以縱木聯繫，兩行之樁，則以斜撐木及橫木聯繫之。壩頭成長方形，長七、五公尺，寬四公尺，用樁木十二棵，均有橫木及斜撐聯繫。上游一排樁間，以柳枝橫直編成籬眼，壩基用柳枝編成柴排，上壓以石。

此四道透水壩築成後，於本年七月遭遇第一次洪水後，即顯其能力。如北三段透水壩，南三段透水壩，均落淤甚速，尤以南二段第二透水壩，距第四壩上游一千九百餘公尺之遠，第四壩上游向爲險工，即前述曾經沖毀數次者，而一經洪水，全部掛淤。惟第二透水壩上游之第一透水壩，雖曾在壩頭外沖成一槽，以水落太驟，大溜直向壩身，致被沖斜樁木五組，柴排亦走失一部。但在第二次洪水過後，大溜即向外移，自新石壩至第二透水壩（包括第一透水壩在內）之間，均已掛淤，其原沖處僅留死水坑一，當即拋石填滿，復經九月六日之洪水，其情形更爲良好。

此種透水壩收效如此之宏大，實非初料所及。

透水壩與石壩較，其優點有四，（一）造價較廉，蓋一透水壩所費與同長之石壩較，約爲二、五與一之比，如本年所造新石壩，長二百公尺，實費六萬四千餘元，如改爲透水壩，則所費不過二萬四千元也。（二）流馴而掛淤遠，石壩因偏流挑遠，故發生迴溜旋渦，而透水壩則無此病，大溜穿壩而過，其勢甚馴，淤即隨之，掛淤之遠，約爲壩長之六倍，而石壩不過二倍半，則一透水壩之所費，其掩護之堤，可六倍於同一費用之石壩矣。（三）隨時可築，如石壩（指現在之砌石土壩）必須攔水或導水，而此則不妨於水中築之。（本年因建築石壩，仍在盧溝橋導水入小清河，故在乾地建築，但此非必需。）（四）建築可求速成，本年所築北三段透水壩，所費時間，不過十五日，若石壩至少須四十日。

此種透水壩掩護堤岸之功效，不特較石壩爲廉，且較之柴壩亦可

稍省。例如一百公尺長之透水壩，今年造價爲一萬四千餘元，其掩護之堤岸爲六百公尺，而六百公尺之壩工，約需一萬八千元。

此種透水壩，自不能謂爲盡善盡美，尤以在低水時，此壩毫無挑水能力，其造價亦尙嫌過鉅。然今年所用椿木，係黃花松，每棵價銀已達二十一元至二十五元之鉅，若易以本地產之白楊木，當可節省十五元即每公尺十五元。又石料仍嫌過貴，而臨時小量之購運，所費更多，有建議改拋石爲拋磚者，磚之比重，約爲石之十分七，而在永定河兩岸，磚價約僅石價之半，故用磚較之用石爲廉，實則在水中之磚，其下沉之力，不過石之十分六，故用磚與用石相差無幾，但購買較便耳。（堆石壩如改用磚，則所省較鉅。）又如將下游一行椿木打至與柴排拋石齊平，或稍過之，則椿長可以縮短，而價亦廉。若照此計算，一百公尺長之透水壩，其價或可減至一萬三千元，較之柴壩，更爲值得矣。

計畫方面微嫌欠缺者，爲柴排稍嫌過薄，而柴排壩基上游較下游爲寬也。將來應將柴排加厚，而下游柴排基應較寬於上游。蓋於上游水流過透水壩時，因受柳枝編籬之阻，微生水頭，故下游速率略增，較易沖刷。如此次第一透水壩之椿木向下游斜，即可證明矣。其柳枝編籬之眼，亦嫌稍密，因發洪時，隨水而來之柴草，多掛於籬眼，而使透水之功效消失。

美國密士失必及密沙里河，最近數年用三腳架式之透水壩，功效更宏，但永定河爲驟漲驟消之水，能否應用，尙待試驗。以在小水時，即此次所造之柳籬透水壩，尙不發生效驗，若三腳架式，空距更寬，其效自更微弱。尤以壩頭一經淤積，若水由壩身中間過者，更少改道之可能。且三腳架式造價似較鉅，以其每組爲三椿，而柳籬則爲兩椿也。

永定河各壩位置見圖一，地形圖爲民國二十年測，其時正值堵口工程實施，河身乾涸，然水流方向，亦有形跡可尋。虛線爲民國十年所測低水河岸綫，實線爲本年八月下旬所測水邊綫。但經九月六日洪水後，已有變遷，其情形似更佳也。

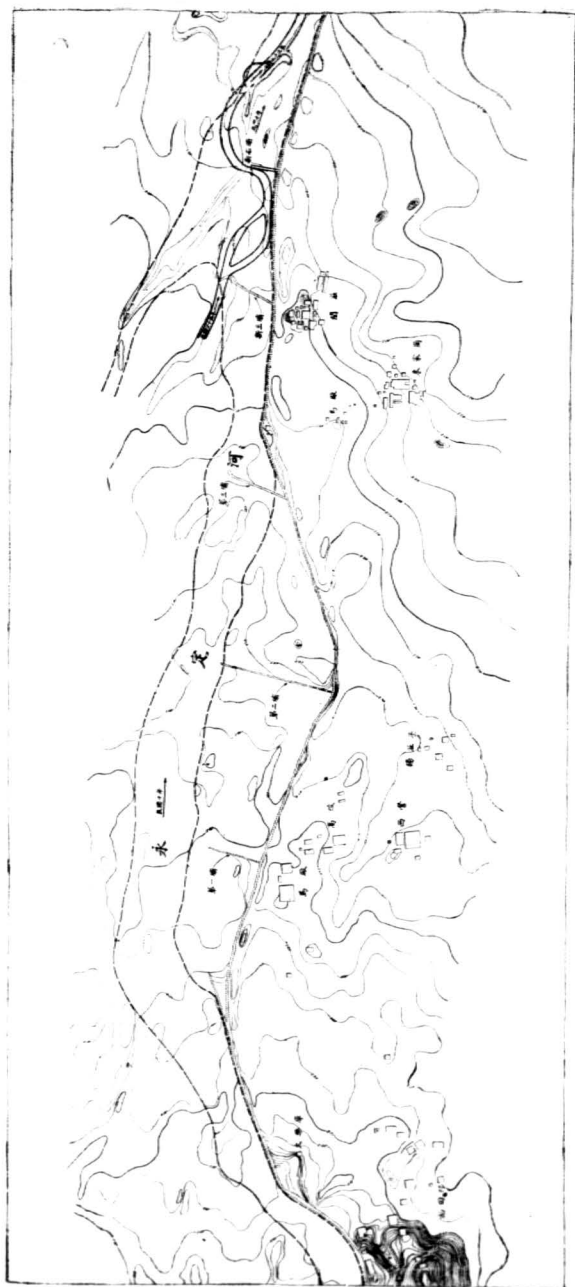
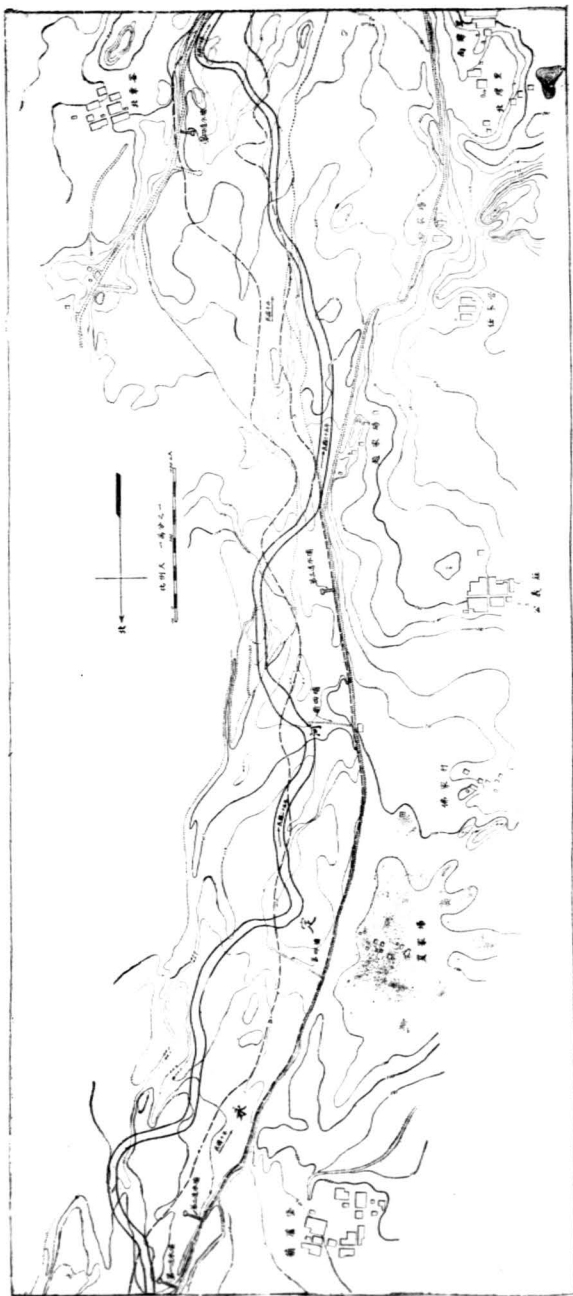
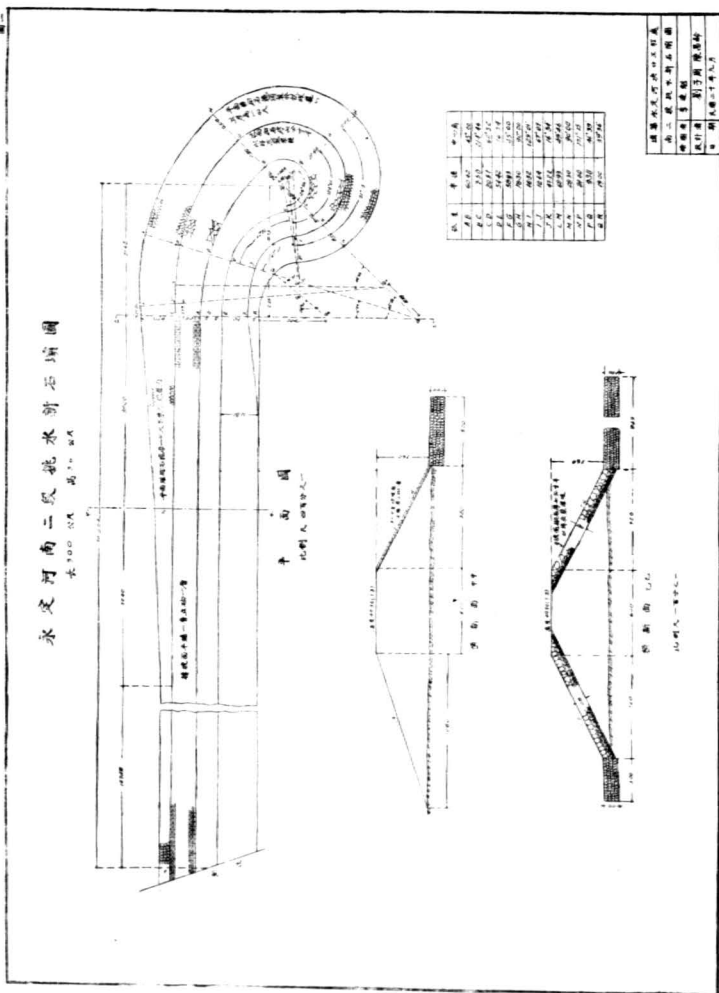
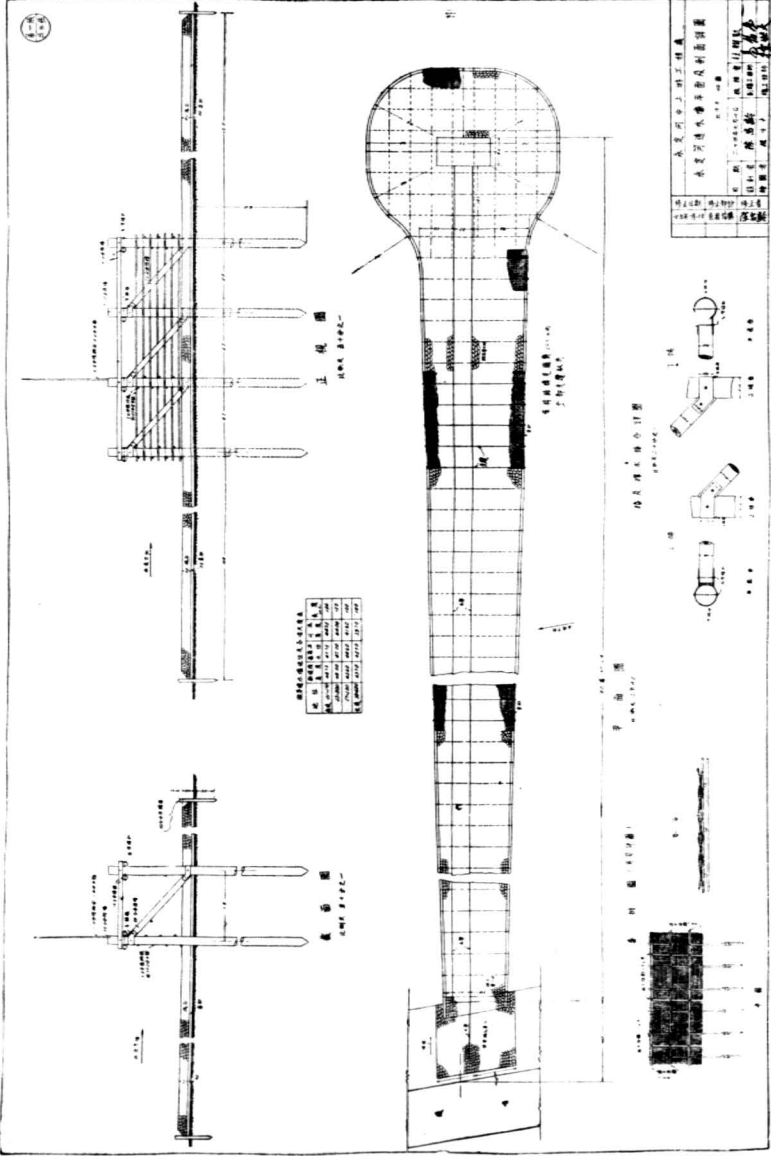


圖 一(甲)



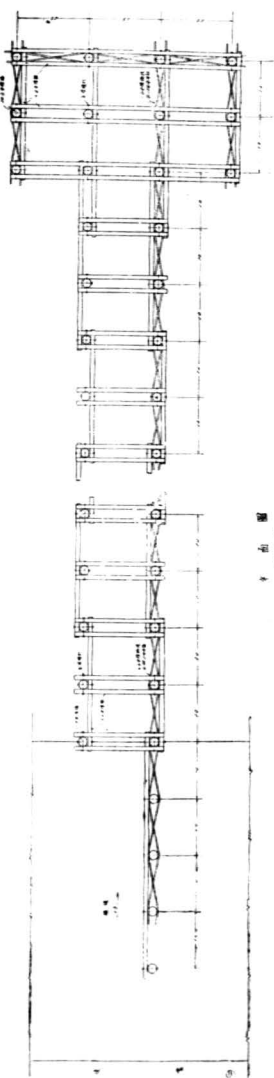
(2)一 圖



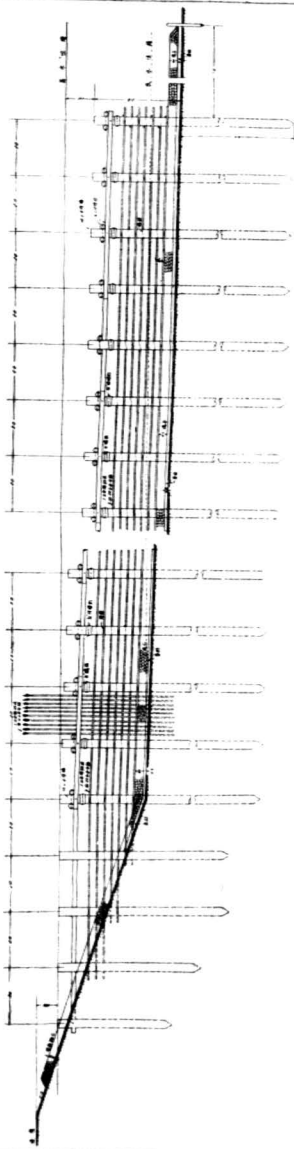


本圖係由上海工程局
 水電工程處建築及測量課
 設計
 監工
 繪圖
 校核
 日期
 1934.10.10

路工務局宿舍計畫



平面圖
比例 1:100

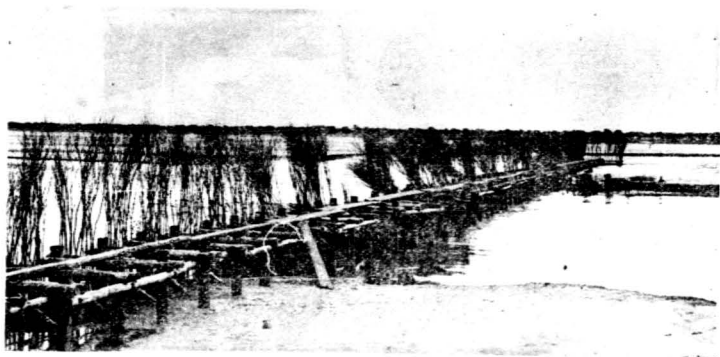


剖面圖
比例 1:100

長江河上流工程局
永安河進水壩水壩圖
比例 1:100
設計 孫國華
校核 孫國華
繪圖 孫國華
日期 1957.11.11

二十年所築石壩如圖二，本年所築石壩如圖三。

透水壩如圖四及五，其南二段第一透水壩初次過洪後情形如圖六。壩頭外黑影一條，即沖而未成之河槽。又圖七為南二段第二透水壩過洪水時情形，圖八為南二段第二透水壩下游掛淤情形。圖九為北三段透水壩掛淤情形。



圖六 南二段第一透水壩初次過水後情形



圖七 南二段第二道透水壩過水情形



圖八 南二段第二道透水壩上游淤澱情形

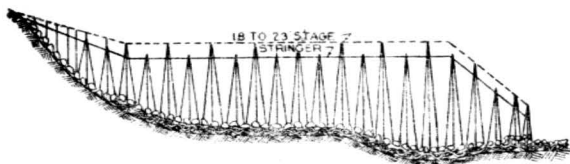


圖九 北三段透水壩掛淤情形

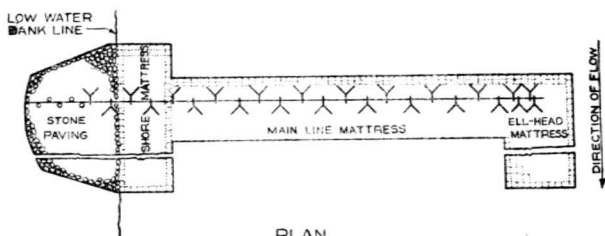
美國之三腳架式透水壩如圖十，錄自 "The Improvement of Lower Mississippi River For Flood Control and Navigation, By D. O. Elliott, 1932"

總之，永定河之用透水壩，此為第一次，其功效似遠較石壩為優。其所掩護之堤岸，約為壩長之六倍，若能每堤長一公里，築長一百公尺之透水壩二道，則永定河堤可永無沖決之虞，而河槽亦可較為固定而浚深。

圖 十



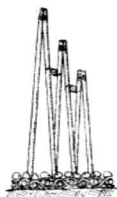
LONGITUDINAL ELEVATION



PLAN



2 ROWS



3 ROWS



4 ROWS

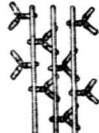
ELEVATION
(SHOWING ARRANGEMENT OF PILES)



2 ROWS



3 ROWS



4 ROWS

PLAN
(SHOWING ARRANGEMENT OF PILES)

PERMEABLE PILE DIKE
LOWER MISSISSIPPI RIVER
(NOT DRAWN TO SCALE)

附本年所建石壩及透水壩造價如下各表。

(一)挑水石壩建造費(高四公尺長二百公尺)

項 目	數 量	單 價	共 價
1 壩身土方	12,520立方公尺	0.20元	2,504.00元
2 壩脚挖槽土方	1,800立方公尺	0.15元	270.00元
3 坡面膠泥砌石	1,181立方公尺	5.20元	6,141.20元
4 坡面砌磚	1,400平方公尺	5.20元	7,280.00元
5 壩脚堆砌石	2,591立方公尺	1.00元	2,591.00元
6 鐵絲籠	595個	3.80元	2,261.00元
7 石料	4,590立方公尺	9.50元	43,605.50元
總共造價洋64,652.20元			

(二)一百公尺長透水壩建造費

項 目	數 量	單 價	共 價
1 壩身木架	全 座	4,181.00元	4,181.00元
2 壩頭木架	全 座	1,084.00元	1,084.00元
3 護堤木架	全 座	280.00元	280.00元
4 擋水柳枝網	116公 尺	4.85元	562.60元
5 壩基柴排	1,714平方公尺	1.563元	2,679.00元
6 拋石工料	559立方公尺	0.50元	279.50元
7 石料	559立方公尺	9.50元	5,310.50元
總共造價洋14,376.10元			

(三)一百五十公尺長透水壩建造費

項 目	數 量	單 價	共 價
1 壩身木架	全 座	5,263.60元	5,263.60元
2 壩頭木架	全 座	1,084.00元	1,084.00元
3 護堤木架	全 座	280.00元	280.00元
4 擋水柳枝網	164公 尺	4.85元	795.40元
5 壩基柴排	2,400平方公尺	1.563元	3,751.20元
6 拋石工料	800立方公尺	0.50元	400.00元
7 石料	800立方公尺	9.50元	7,600.00元
總共造價洋19,174.20元			

陝西渭惠渠土渠工程

傅 健

「中國水利工程學會，本年屆定雙十節在西安舉行年會，適逢陝西渭惠渠第一渠工程完工之期，此在中國水利工程之前途誠覺有加速之進步，爰將土渠工程之進行情形述於次。」

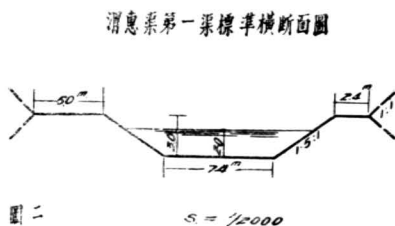
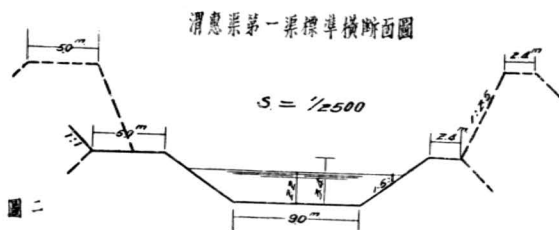
渭惠渠工程處，成立於去春三月，渠道定線後，於八月間正式開工，迄今一年有半，而第一期各項工程，次第完成，土渠工程，仍佔重要之一部，第一渠計長五十公里許，第一期自鄠縣余家堡大壩零點起，至武功漆水河渡槽止，共四十公里，合計土方數為二百二十二萬餘公方，全用人力開掘也，（附圖一）

渭惠渠灌溉面積略圖



渠綫坡度及標準断面 渭惠渠灌溉面積，位於高塬下沿河灘平原之地，故渠線依順下地形，自西而東，定線測量，自去歲四月起，至七月

止，測定渠道里程高度，及断面坡度橋樑跌水位置等，經過丈量地畝繪製圖表計算土方手續後，于八月份即開始購地興工，所有渠線，均採挖方面避免填土，以渠道挖土，較為堅實故也，渠水流量估計為三十二立方公尺秒，標準断面自零點至二十一公里五百一段，渠道底寬九公尺，高三公尺四公寸，水深二公尺二公寸，邊坡一·五比一，坡度為二千五百分之一，自二十一公里五百以下，渠底改寬七公尺四公寸，高三公尺，水深二公尺，邊坡同，坡度改為二千分之一，挖土較深處断面上部增高，各断面如圖二所示。



渠道土質 沿渠土質，多係深厚之黃壤土及黑黏土，地面腐植土僅四五公寸許，上段渠道，距河岸近，黃土層下有卵石及砂礫一層，渠底已達地下水，面，故水自湧出，惟厚僅數公寸耳。（圖三）

渠岸土質剖面 圖三



土渠施工步驟 渠道定綫後，行將開工，即招募工人到工地，先採小包工制，規定每工頭代工人五十名，可挖一百公尺，渠岸兩旁堆土距離，在三十公尺以內，因渠道自十六公里以下，平均挖土為二三公尺不等，上段挖土較深，自四五公尺至八九公尺不等，以出土較難，方價未定，故擬先完十六公里至四十公里一段，再集中工人挖深土，較易進行也。

八月廿二日正式開工，（附照片一）全渠每十公里分為一段，設監工員及測工各二三人，並收方計算填報告等工作，屆旬收方一次，計算工頭完成之土方數，照九成給價，扣一成作為押金，以每工人扣足一元為限，收方發款之期甚嚴，未嘗稍誤，故工人努力作工，每旬得款必多，從未有押方或發款誤期等事，甚得工人之信仰也。



(一) 土渠開工

土渠開工之初，工人僅二三百名，每旬完成方數有限，月餘後，方價微增，工人加多，漸增至二千餘名以上，至本年三月間，下段渠道完成，尚餘二分之一土方未作，上段十四公里土方約為一百萬公方，除自家村一段填方外，餘均六七公尺，工人以挖土艱難，出土不易，多裹足不前，乃從新規定方價，兼採大包工制，小工頭規定代工人百名以上為合格，堆

土距離在五十公尺以外，遇有沙石及水，照方數另加價，工人始逐漸增加，惟以工地情形特殊，工人生活不便，兼以糧價漲落不定，燃料供不應求，匪徒驚擾，農忙屆時，經過種種之變遷，自三月至九十月間，始完成全段工程，亦云艱矣。

土方價之增變 全渠土方估價，平均每公方為一角二分，在開工伊始，規定每公方八分給價，迄十月間，為增加土工人數計，乃按方增加一分，即平均挖深在三公尺者，每公方九分給價，每加深二公尺者，遞加一分，公工頭限期包土五萬或十萬以上者，完成後再按方加五厘，經此規定後，工人踴躍進行，人數增至二千名以上，得於數月間完成下段三十公里土方，惟十二月以後，天氣漸寒，土凍質堅，工人能力減少，土方進行數量較遜於夏秋季也。

上段方價，初定每公方一角，其深過三公尺者，每二公尺加一分，遇沙石水再加一分，嗣以糧價高漲，每元買麵十二三斤，工人減至七八百名，勢非增加方價無一維持，乃就工地情形，及工人能力等，度量每方照前再加價三分，惟於每百公尺完成後，一次發清，其中途因故停工或逃避者，僅得每旬發給之款數，故每百公尺完成後，工頭及工人一次得款八九百元至一千元，多不願中途放棄也。在此方價規定後，嶺堡白家村二段，深在八九公尺者，均得完成矣，余家堡一段，渠道因距河甚近，挖深在六七公尺以下，渠底且多沙石及積水，工作較為艱鉅，平均每百公尺沙石約佔百分之四十，水深一二公寸至四五公寸不等，規定方價，仍未能維持工人現狀，復採集團包工制，集三五名工頭，合包一段，方價定為不分上下層，平均每公方一角五分，遇沙石水每方按三角給價，此乃渭惠渠最後最大方價，較估計價及開工時之方價均倍之，但所餘土方僅三十萬，為數無多，得如期完成也。

就上項方價變更情形，及工人數之增減，實為因勢制宜，以工程之難易作給價之標準，俾工人得維持其水平生活，方不至誤工，其效力亦鉅也，小包工則工人實得其惠，剝扣少而所得者多，土深在八九公尺者，

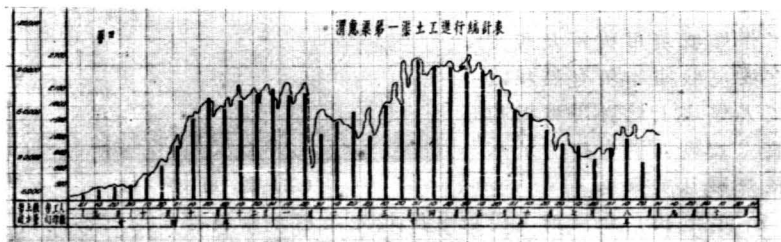
每公方僅費一角五分，以工人能力之限度所費尙覺廉耳，惟管理方面，較爲艱繁，督工者非實地管理，時與土工接近不可。

工人能率 渭惠渠招募之工人，多來自涇洛各工程地，及隴海路一部分，以河南工人佔最多數。約百分之七十，河北次之，陝籍工人最少，迄後漸次淘汰，絕少前來作工者，其最大原因，乃不習於此項勞工生活，故能力薄弱，兼有嗜好者，體力相差也，豫籍工人，耐勞喫苦，較河北工人尙有耐力，春夏秋冬皆爲作工得力之時，土深三公尺左右，每工每日可挖上五六公方，深土約三公方半至四公方，即土深在八九公尺者，每工每日亦可平均三公方，其比率（如表），深土係挖土一人，挑土三四人，淺

渭惠渠土工比較表

省 別	百 分 率	能 力
豫	百分之七十	每人每日挖土六公方
冀	百分之二十	五公方
魯	百分之五	五公方
晉	百分之二	三四公方
陝	百分之一	二公方半
其 他	百分之二	三公方

土則挖土一人，挑土一人至二人，惟冬季天氣寒凍，則工人能力銳減，因土凍結實，挖掘匪易，工人衣薄天短，故平均每工每日僅可完成四公方左右，茲將土渠開工迄今土工人數，及逐旬完成土方數表列於次。（圖四）



由此統計圖，可以知工人增減，及能力之大小，去歲十月上旬，及本年三月上旬，七月下旬三期，工人顯有勇猛之增加，是乃土方每加價一次，工人數即隨之增加也，再如圖中一二三月份，土方完成數與土工人數之比為少，是乃每年天氣最寒冷之時，過此則工人之能率較大，他如農忙之際，或氣象變遷，陰雨連綿等時期，工程亦受影響，吾人從事土方工程者，對於利用氣候及工人能力以增進工作效率者，可以得矣。

工人組織及管理 各工人多係小包工，由工頭一人招募工人百名，備土工用具等而已，兼有領工者數人，領導作工，作土工者，多係勞苦之輩，程度較低，識字無多，每日多斤斤于分厘之數，其組織較為簡單，惟工頭扣款扣方，工人多起糾爭，土工管理，較為煩瑣，去歲初開工時，以地方人民及工人均不悉彼此情形，時與鄉民起衝突，經過長時期後，糾紛漸少，此乃不可避免之情形，不過管理工人應從嚴耳。

鄆縣工地，依塬濱河，一切燃料，多仰給于山中柴草，惟以渠道與隴海路相繼開工，燃料乃供不應求，糧價亦因歉收而飛漲，此二者影響工程甚大，嗣由工程處自西安運煤及麵粉以調劑之，工人疾病，由長駐工地醫師診療，得免傳染，運料汽車，亦與工人往來之便，工人用具等亦不時代運工地，此在管理方面，固多繁瑣，乃工地實際情形如斯也。

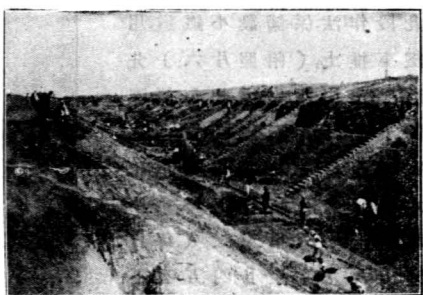
土渠作法 土渠於每段開工時，先依照斷面及中心樁定出邊坡，渠底距離，挖土，最後即為修坡（照片二）工作，修坡須用坡錘及規定之坡尺線繩等，須有熟練之工人作之，土鬆者用坡板拍實，完成後坡道一律，對於水流無礙，且美觀也。



(二) 渠道修坡

渠道狹長，愈深則上段坡愈陡，規定之標準斷面，挖深過三公尺四

以上，則邊坡改爲二·五比一，決非人可攀援而上，故作深土之惟一方法，即留出土之上坡道，「亦稱馬道，」惟過深則坡陡，故作成階級形，或與渠坡平行之曲坡道，（照片三）及作成入字形（照片四）分上，使挑土者上下有留息之餘地，則接力担土較便，每隔二三十公尺，兩岸各留坡道，此坡道須自地面直達渠底，寬須半公尺，過窄則天雨有下陷之慮，坡道乃惟一出土之路，開工時不可忽也。

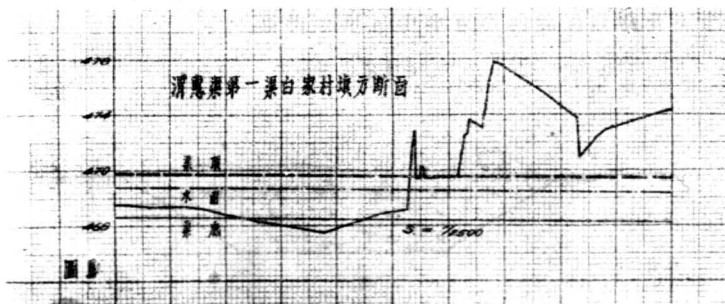


(三) 階級形上坡道



(四) 人形上坡道

填土作法及鐵車推土
全渠填土，除幾處大深坑（照片五）用夯工外，以白家村一段填方爲大，（附圖五）應挖部分高十一公尺許，應填部分爲六百公尺，地



面最低處凹下渠底四五公寸，取挖方之土壤之，共計土方五萬餘公方，此段作法，係鋪設小鐵道，用鐵車推土，（附照片六）先將渠南堤逐層填起，每層深四五公寸，用石碾碾實，南岸完成，復填北堤，共用鐵車十六輛，分晝夜班作工，每車平均挖土一人，推車二人，每日自十八九次至廿四五次不等，距離遠則次數較減，取土法如（附圖六）先取鐵車兩旁之土（1），再移鐵車于下，取兩邊之土（2），順次平進，週而復始，使渠底保持地平而無坎坷不平之阻礙，兩邊取土，亦較便也，上段余家堡零公里至三公里一段，因渠道鄰近為河，亦利用鐵車推土，開索道出土於河灘，使灘地上升，藉以保護河岸，東水中流，兩相得也。



(五) 大坑填方



(六) 鐵車推土

渠道鐵車推土法



圖六

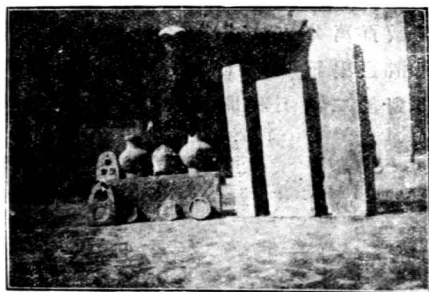
填方除小部分用人工夯外，多僱用牛工碾之，一半之力，可抵四旁工，往復碾之，較夯為堅實也，而取費甚廉，大可利用也，惟渠道以流水為最後目的，水則無孔不入，渠坡疏鬆，或填方不堅實者，危險性殊大，此在作填方時已特別留意，不過填方費而不堅實，遠遜於挖土也。

沙石方 上段渠道以下，多雜有砂礫卵石，及地下水，工作較為艱難，（照片七）工人能力亦減，每日每人可挖沙石二公方半，初開工均視為難工，多不願嘗試，加價後（每方三角）均次第開工，惟較費工具也。



（七）渠道河石工

沿渠古物 渠線所經之地，以郿縣境內出土古物為最多，挖下二公尺許，有古墓殉葬之物，及古磚陶器等，據考古者檢別，以漢器足多數，銅質有銅瓶、銅鏡、銅釜、銅劍、古泉等，陶器有瓶、罐、鬼灶、鬼鼎各類，及瓦頭紋磚、鐵鈿甚夥，均經分送各墜工處，由西安考古會派駐工地人員彙記，運送古物會保存矣，磚之大者，長一公尺一，寬二公寸二，厚一公寸六，中空外具花紋，亦漢時墓物也。（照片八）



（八）出土古物（大磚）

結 論

渭惠渠第一渠土工二百餘萬方，較以下各支渠土工為最大，經一

年之久，得以分段完成，（照片九）挖深至九公尺六七，在工作期間，經過寒熱天氣，及農忙之時，使吾人從事土工者，對於作工經驗，工人能力，

土方之艱深，人事之變遷，均與以莫大之參証，經此渠土工完成之實驗，知人工挖土，在吾國人工能力之下，可挖深十公尺以內，過此則人工之力不逮，且出土亦艱，新渠道應就自然之地形，竭力避免填方，而以挖方為主，因工易而費省，將來管理方面，亦極易也。



（九）成完渠之一段

吾國土方工程之大者，古時如長城運河之開築，惜無詳記可考，近代若鐵道公路之建設，導淮入海之渠道，及填淤挖引河，以及黃河長江堤岸等等，均土工之大者，吾陝除公路之修築外，涇洛渭三渠渠道土方，輒數百萬公方，故土方之重要性，關乎經濟建設為大，今謹述記個人參與渭惠渠第一渠土方工程之經歷，藉作考證於萬一，雙十節此渠放水後，對於二期工程開始，及新渠道放水後情形，就觀察所得，當再詳記之也。

古代土工計價法

汪 胡 楨

古代於土木工程記事者多，記方法者少。有之，則自宋李明仲營造法式始。其後復有元沙克什河防通議，清欽定河工則例諸書。若細心玩誦，亦可略窺古代辦理工程之方法。茲取以上各書中所載土工計價法輯爲此篇。

一 宋代

宋代工值承唐代之舊以功爲單位，功即一人工作一日之謂。功有長功中功短功之別，每年四月五月六月七月爲長功，二月三月九月爲中功，十月十一月十二月正月爲短功。凡稱功者，均以中功爲率，長功加十分之一，短功減十分之一。（此制唐代已有之見唐六典）計算土方以一立方尺爲單位，又有以擔計者，則每擔重六十斤。掘土搬運於六十步以內者，每七十立方尺爲一功，如地堅硬或砂礫相雜者，每五十立方尺爲一功。

凡掘土裝車及筐籃每三百三十擔爲一功，如地堅硬或砂礫相雜者，每一百三十擔爲一功。

凡開掘及填築城垣，每五十立方尺爲一功，削掘舊城及就土修築女頭牆及護嶮牆者亦如之。

凡於三十步內供土築城，自地至高一丈，每一百五担爲一功，自一丈以上至二丈每一百担爲一功，自二丈至三丈，每九十担爲一功，自三丈至四丈每七十五擔爲一功，自四丈至五丈每五十五擔爲一功。

凡開掘牆基，每一百二十立方尺爲一功。

凡穿井開掘自下出土每六十立方尺爲一功，若深五尺以上每功減一立方尺，減至二十立方尺爲止。

凡於十五步外取掘土兼搬運裝船者，以一百五十担爲一功，三十步外者，以一百擔爲一功。

二 元 代

元代計工亦以功爲單位，其分別長中短三功，謂循唐代六典之舊例，惟長功加十分之一，短功減十分之二，與宋代略有不同。沙克什云「凡役夫每日收五時，辰功每時收二分，如遇風雨寒暑所避時除破，役夫每日辨明入役，酉時放罷，河防緊急，不拘此例。夏至後至立秋，自己正至未正兩時，放役夫息。」換言之，即每日工作時間爲十小時，自天明爲始，在長功之月因天明較早，故上午七時至九時間，即可工作，此二小時之工作以雙工計，故長功爲十一分也。夏至至立秋因天氣炎暑，則自上午十時至下午二時休憩。

元代土方與宋代同，以一立方尺爲單位其給價之規定如次：

1. 開掘柱窩以一百立方尺爲一功，打築以三十立方尺爲一功，還土以五十立方尺爲一功。

2. 築隄裝担以二百立方尺爲一功，打築以八十立方尺爲一功，挑運遠近另計。

3. 開挑塞河裝擔，有泥濘以一百五十立方尺爲一功，無泥濘以三百立方尺爲一功。

其挑土之功，按運程長短而計算，其計價方法如次：

『凡一步內取土，以一百尺爲功，每展一步，則減土積一尺，展至五十步以五十尺爲功，每十人破鐵杵二功，五十一步至一百步取土，每展五步減土一尺，展至一百步以四十尺爲功，每十五人破鐵杵二功，一百一步至二百步取土，每展十步減土一尺五寸，展至二百步以二十五尺

爲功。每二十人破鐵杵二功，二百一步至三百步取土，每展一十步減土六寸，展至三百步以一十九尺爲功。每二十五人破鐵杵二功，三百一步至四百步取土，每展一十步減土五寸，展至四百步以一十四尺爲功。每三十人破鐵杵二功，四百一步至五百步取土，每展十步減土三寸，展至五百步以一十一尺爲功。每三十五人破鐵杵二功，五百一步以上計担子，往來六十里每石重六十斤爲功，若展步則皆以里法三百六十步約爲里數，計擔子遭數折土尺爲功，展至三千六百步，以一尺五寸爲功，每四十人破鐵杵二功，若遇泥濘泉石之類，并冬月地凍日短雨雪，官司臨時相度增減。

運程超過五百步時，則以担子計算，每担重六十斤（約等於土積半立方尺）行六十里爲一功。例如運程爲五百四十步，即等於一里半，則運土二十次，連回空在內，共行六十里，即每功共運土十立方尺。又如運程爲十里，則運土三次，連回空在內，共行六十里，即每功運土一立方尺半。

以上方法，名曰歷步減土法，若遇泥濘泉石之類，并冬月地凍日短雨雪，得由官司臨時相度增減。

三 清 代

清代計算土方，以長闊各一丈高一尺之土積爲單位，名曰一方，其計值不以工而以銀。

前清於各隄河土工給價，由政府規定，歷朝均有修正，茲將乾隆十九年漕規錄下以示一斑：

1. 黃河創築加幫隄工并填壩壓埽等工，其工價應按運程遠近及乾濘難易如次表：

土	工	種	類	離隄遠近	每方工費(銀兩)
乾地取土				15—50丈	0.125
乾地取土				50—100丈	0.136

澤地取土	15—50丈	0.136
澤地取土	50—100丈	0.150
堤根有積水坑塘佔礙必須繞越乾地取土	50—150丈	0.170
堤根有積水坑塘佔礙必須繞越澤地取土	50—150丈	0.180
隔堤隔河乾地取土	200—300丈	0.190
隔堤隔河澤地取土	200—300丈	0.200
水廩取土	30—50丈	0.250

2. 河土給價規定如下

土	工	種	類	每方工資(銀兩)
乾地挖挑				0.080
厚水				0.150
淤沙爛泥不能挖置不能盛須用木杓起疊以布兜盛送				0.136
稀淤如潭漿人夫不能站立須用跳板接脚以木杓盛入木桶挨次排列傳遞達岸				0.150
瓦礫土深入泥中結成一塊須用鐵鏈割挖挑送遠處堆積				0.150
小砂礫土猶如石子與土凝結需用鐵鏈築包				0.150
大砂礫土堅硬如石需用鐵齒犂角如器具擊破逐塊割挖挑送				0.200
爛勝土用船撈獲				0.173

結 論

綜觀以上計算土方工值方法，當以元代最為完備，其歷步減土法，與近代試驗結果，甚為吻合。且土工工資包含挖取搬運二大因子，元代於挖取與搬運分別計值，尤為合理。如遇難工，則由官司臨時相度增減，較之清代土工定價，一成不變，更富彈性也。

渭惠渠攔河大壩工程計劃及實施情形

劉 鍾 瑞

目 錄

- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 一、攔河大壩附近渭河形勢及地質 | (丁)定線測量 |
| 二、攔河大壩工程設計 | (戊)挖土工程 |
| 三、攔河大壩工程估計(附攔河大壩工程預算表) | (己)打樁工程 附打樁工程進度表) |
| 四、攔河大壩施工情形 | (庚)混凝土工程 |
| (甲)交通狀況 | (辛)壩面鋪石工程 |
| (乙)購料情形 | (壬)壩面鋪石龍碣片石工程及混凝土模塊工程 |
| (丙)專置機械 | (癸)翼壩及護岸工程(附攔河大壩工程實用數量表) |
| (子)打樁機 | |
| (丑)碎石機 | 五、結論(附攔河大壩平面圖及攔河大壩橫斷面圖) |
| (寅)混凝土拌合機 | |
| (卯)抽水機(附抽水機一覽表) | |

一 攔河大壩附近渭河形勢及地質

渭河自陝西寶雞縣之太寅谷出山口，流入黃土平原，即沿秦嶺之北與北原之南，以一千二百分一之比降東流，過歧山縣之蔡家坡，納南來之石頭河，仍沿平原之南岸下注。至攔河大壩址上四公里處，渭河正流轉向北折而抵魏家堡，其下水仍歸槽向東行。因擇北岸之黃土舊岸，及南岸清水河口之上，為建築攔河大壩壩址。河面在洪水位時，寬約八百公尺，惟兩岸既屬老岸，故洪水時期，亦可保持相當之堅固。此外渭河兩岸，皆感太寬，且土質多係新淤，故不宜建壩。壩址上下游河底之土質，在一公尺深時，均係粗砂，或淤泥。粗砂之下，即為卵石粗砂層，厚度由二

公尺至四公尺。此層之下，並發現頑石層。頑石之尺寸，由直徑二十公分至一公尺不等。壩址北端，由三百公尺至四百四十公尺一段河底，在三公尺之下，且發現黃膠土層，厚約二公尺。至壩址之下游，在五十公尺以內之地層，均無甚變動。

二 攔河大壩工程設計

渭河洪水量，據太寅鎮流量站之觀測，每秒可達四千五百立方公尺至五千立方公尺。因設計如左：

大壩排洪流量為每秒五〇〇〇立方公尺。

茲定壩長為四五〇公尺。

壩之實長為四四三·九公尺。

沖刷閘二孔各寬二公尺，共計四公尺。

依寬頂壩之公式，計壩頂之上應過水之高度為： $H^{\frac{3}{2}} = \frac{Q}{1.84W}$ ，

$$\therefore H^{\frac{3}{2}} = \frac{5000}{1.84 \times (443.9 + 4)}, \quad H = 3.32 \text{ 公尺。}$$

計算水壓力時，H按三·五公尺計。

壩址為礫石及砂層，礫石之中並間有百分之十重一百公斤以上之頑石，故壩底之透水係數按 Bligh's 公式 $L=CH$ ，式中 C 可採用六，故壩底最大透水之長度 $L=6 \times 3.5=20$ 公尺。

防止壩底透水之流動計，可用不透水牆及板樁兩種方法；茲採用板樁，以防止流動之透水；而壩底上下游各打板樁之後，對於壩址之載重，亦有相當之保障。

此壩所採用板樁，為上下兩排各長三·三公尺至四公尺，因河底多係頑石，故採用鋼質板樁，以能穿過頑石層，較為穩妥。又鋼質入河底之後，難免受水中養化作用，而逐漸腐蝕，故在鋼板樁製造時，訂明鋼質之中，須含銅質至少千分之三·五，至千分之四，以延長其壽命。

壩身為 1:3:6 混凝土，因礫石係花崗石質，或間有百分之三為石

灰石，故壩身重量為每公方二·二噸。

壩面為花崗石砌，面層之厚度由〇·五公尺至〇·三公尺，其重量每公方亦為二·二噸。

按渭河河床之形勢，及灌溉面積內應需水面之高度，則大壩本身不必太高；如能在渭河低水位時，保持一定之高度，則流入平原之內，均可獲得渠水。故壩頂較壩址處河底僅高出三公尺。

壩下滾水沖刷之力，為壩身之大害，故壩腳之防護，甚為重要。應需之長度，按 Bligh's 公式：

$$L = 3\sqrt{CH} \quad \text{式中 } H \text{ 為 } 3.5 \text{ m, } C \text{ 為 } 6, \text{ 故 } L = 3\sqrt{6 \times 3.5} = 19.8 \text{ 公尺。}$$

壩腳長度採用一六·五公尺，緊貼腳壩之下，用大盤石裝入一公尺見方之鉛絲籠內密實鋪砌，其厚度由一公尺逐漸減至半公尺，共長一五公尺。此外另築混凝土橫樑一道，以保護鋪石工程，總共長一六·五公尺。

三 攔河大壩工程估計

1. 挖土工程	44,870 公方
2. 填土工程	188,500 公方
3. 片石護岸工程	3,778 公方
4. 鋼板樁工程	900 公尺
5. 壩腳鉛絲籠內砌片石工程	6,750 公方
6. 壩腳混凝土工程	675 公方
7. 壩身混凝土工程	7,221 公方
8. 南翼牆混凝土工程	432 公方
9. 擋水壩工程	
10. 抽水工程	
11. 零星工程	

攔河大壩工程預算表

類別	項 別	預算數	附 註
材	鋼板樁	105,000元	
	洋 灰	200,460元	
	洋灰石子	17,040元	
	塊 石	34,000元	
	沙 子	7,400元	
	洋 松 板	24,000元	
	石 灰	6,600元	
	木 料	10,000元	
	關 門	3,000元	
	料	鉛 絲	18,750元
雜 料		5,000元	
小 計		431,250元	
機 械 工 具	并合機	4,000元	
	汽油 鑽機	10,000元	
	木 子	1,500元	
小 計		17,000元	
工 費		85,325元	
雜 類		21,625元	
合 計		555,200元	

九分至一角，按材料裝卸之難易而定。船運每噸每里約三分五。以上運價，包括運費，上卸費，及渡河費。

(乙) 購料情形

攔河大壩材料，除砂子，石子，可在就近河灘採取外；其他如木料，鉄料，水泥，及鋼板樁等，均須向外埠購辦；而尤以採辦鋼板樁，頗費斟酌。蓋

四 攔河大壩施工情形

(甲) 交通狀況

攔河大壩址在郿縣城之西北，距西安城約一百三十公里，中有渭河之隔，雖有西鳳公路由西安經咸陽與平武功以達鳳翔，但本處僅可利用其一段，而武功以上，尚有四十公里，由本處自行修築公路，以利交通。

渭河自咸陽以上，能否通航，向無正確調查；本處興工之初，為探尋航運之可能性計，曾派人沿河上溯，逐段視察。結果河運向西，可上溯九十里，而達武功之普集鎮。以後曾利用此段航路，運水泥二百噸。後以冬季水淺，每次往返費時約一月，故中止。

西安至咸陽路程，僅二十公里，但以一河之隔，而運輸倍感困難，俗諺所謂：『隔山不算遠，隔河千里遙』當可想見過河之困難也。

運輸工具，曾採用大車，牛車，汽車，及船舶數種，其運價概以每噸材料運送一華里計算。計大車及牛車每噸每里運費八分，材料長度以二十尺為限。汽車每噸每里運費

壩址地質，係頑石及粗砂之混雜物；而頑石之中，常雜以十分之一大礫石。則選購鋼板樁之厚度，及 Section modulus，必須力能承受汽錘之撞擊力。使礫石劈開；而鋼板樁之本身，須不致有彎曲及捲邊之弊；同時鋼板樁既深入地層，則腐蝕作用，必使之減少。故於各鋼板樁廠家相互比較之後，決採用 "Columbta" 廠之 BE II 一種。其化學成分，除鋼質為 Open Hearth 法採製外，並加入 $\circ \cdot \circ$ 三五至 $\circ \cdot \circ$ 四〇之銅質，以增強腐蝕之抵抗力。共計購鋼板樁長三·三公尺，四公尺，及六·六公尺三種，共二二八〇片，共重五〇〇噸。茲特將各廠鋼板樁之斷面及價格列表，以資比較。

鋼板樁種類價格比較表

號數	廠名	鋼板樁名	尺寸	每平方公尺面 積之重量	每噸實價
1.	Columbta	B Z II	$45^{\text{cm}} \times 22^{\text{cm}} \times 8^{\text{mm}}$	118.6 kg/m^2	達 10.8 ^S
2.	Siemens China Co.	Harssen II	$40^{\text{cm}} \times 20^{\text{cm}} \times 10.2^{\text{mm}}$	122 kg/m^2	達 12.15 ^S
附註 尚有沙比洋行及大美洋行標價更多未記					

壩身為 1:3:6 混凝土工程，約需水泥二〇·〇〇〇餘桶，合三千餘噸。即向天津啓新水泥公司批購，由天津裝船運至大浦及連雲港，再由隴海鐵路運到西安。每批約購一千噸，由天津發貨至連雲港約需時半日，由連雲港運至西安約需二十日，西安運至工程地約需兩月。總計水泥由出廠至大壩工程地，最快之運輸，亦須三個半月。購料及運輸計自二十四年九月開始，至二十五年六月止，尚未運清。水泥因運輸上之輾轉損失，故採購時即訂明鐵皮裝桶；（每噸價較袋裝者多三·六元）然經八次以至十次之上卸，及風雨之剝蝕，至工程地應用時，約有百分之五之損失。此項損失，包括受潮、破桶、及短少等項；而水泥本質，尚稱規律。由上述之事實，足見內地工程，因運輸上所負擔之損失，亦不在少數。袋裝水泥雖較鐵桶水泥為廉，而於內地工程，其運輸損失至少須

百分之二十。益以水濕，受潮，及破袋等，更屬不資。前涇惠渠工程所用之水泥，每袋運至工程地時，有時僅重一三〇磅，（按每袋水泥原重一八八磅）惟對於山路中，大車不能通行，則裝袋水泥可用驢馬馱運，較為方便。

大壩所用木料，均係木型板及腳手板。為運輸方便及使用便利計均採購三十尺長以內之美松板，其零星所用之支柱，橫帶，及雜料，均由當地購買。除十二尺至十五尺木椽，尚有木行經售外，其他花色雜料，多由本處按尺寸交各鄉鎮定購，然後送到工程地應用；就中二寸半至三寸厚長八尺之楊木板，均係自派木匠，在鄉中購辦。茲列木料價格表如左：

木 料 種 類 價 格 表

5"×8'	楊木板每寬 10 尺	售價 20元
2"×8'	楊木板每寬 10 尺	售價 12元至14元
1"×6'	楊木板每寬 10 尺	售價 3元5角至5元
12'長5"徑	松木桿 每根	售價 0.5元
14'長3 $\frac{1}{2}$ "徑	松木桿 每根	售價 0.7元
15'長3 $\frac{1}{2}$ "徑	松木桿 每根	售價 0.85元

12"×12"×30' 美松板 } 每千尺運到西安，價 162 元，由西安運至鄜縣
 3"×12"×24' 美松板 } 另加運費 36 元，共計 198 元。
 2"×12"×20' 美松板 }

由上表知美松板價值較為昂貴，然以長度適宜（本地木料長至五尺者甚少），廢料較少，且係做木型板務須平直，故購用美松板較為經濟。

（丙）購置機器

灤河壩長達四五〇公尺，且大部工程，均在水面下工作，故進度務

期迅速，因購置各項機器：(子)打樁機；(丑)碎石機；(寅)混凝土拌合機；(卯)抽水機。

(子)打樁機

鋼板樁工程，約三〇〇〇平方公尺，故選擇打樁機器，亦頗重要。平常購置汽錘，其重量及能力須能勝過其應打板樁本身之重量至少二倍或三倍，且為穩妥計，以採用較重之汽錘以免打樁時之困難。本處所採購之汽錘，為馬前康公司之“9B2”式。據該公司說明汽錘之情形如下：

汽錘共重 6760 磅，尺寸 24"×90"×92" 錘重 1500 磅，錘往返長度 $8\frac{1}{2}$ " 每分鐘錘往返 140 次，每錘之能力 8200 尺磅，應需鍋爐 40 馬力，汽管徑 $1\frac{1}{2}$ " 通常地址時汽錘能力可打 17"×17" 木樁入地 30—40 尺及最大之鋼板樁入地 50—60 尺。

由此觀之，在本工程之工作，確可勝任。據作者觀察，此錘為汽動式，較普通之汽缸動式，或拉錘，尚有下列各種長處：

1. 汽動式，係藉鞣上下移動，鞣之下端，與錘頭相接，鞣之速度既快（每分鐘一二〇次至一四〇次），則錘頭與樁頂常常靠緊，損壞樁頭之弊甚少。在本工程中鋼板樁樁頭甚薄，故對於樁頭之保護，尤為切要。若打鋼筋混凝土大樁或板樁，此種高速度之汽錘，尤為得力。

2. 汽錘本身連有『替打』（Cap）鐵一塊，其藉此鐵所傳佈之撞擊力，甚為均勻。

3. 汽動式汽錘其能力之大小，在不損壞樁頂範圍之內，可任意增減蒸氣壓力，以變化汽錘之能力；且氣壓愈大，汽錘振動愈快。則樁上所受之撞擊力，幾乎連續成一體，漸次入地，其反抗力（Rebound）漸減，則汽錘之效率自宏。

附屬汽錘之樁架絞車及鍋爐等，均採用本國工廠製造品鍋爐為五十馬力，絞車能力在單純上之拉力為一噸，樁架之高度為四十呎，均

由本處自行設計繪圖，交工廠承做。樁架之下，按裝跌輪四個，可自由變更九十度角方向。

汽錘價值為一四〇〇美金，另加樁架鍋爐絞車全套約六〇〇〇元，總計樁機全套價約一一，〇〇〇元。

(丑) 碎石機

大壩本身混凝土工程為八〇〇〇公方，須用碎石頗多，壩址附近河灘之內，所有卵石，大小不一，而硬度亦相差甚多，為增加碎石工作速率計，碎石機確為必要。蓋此機可將不合尺寸之頑石軋開，俾便應用；並可將卵石中之已被風化者軋作細砂而篩除之。

普通用人工軋五公分石礫，每公方約需費一元，而對於風化之石子，尚未能盡剔出。又壩工用石子，每日平均須二〇〇公方，故用人工軋石，需增多人數，而監督管理均生困難。

此機為唐山啓新水泥公司出品，為牙齒式 (Jaw Crusher) 每日工作十小時，其產量為一〇〇公方。用二十五馬力發動機，其動牙及靜牙之距離為 20"×16" 故十寸以下之頑石，均可經牙齒間打碎。其旋篩孔徑，分半吋及二吋半二種，所得石子之大小，為半吋至二吋半，故均甚適用。牙齒動輪轉度為每分鐘二五〇轉，旋篩之轉數為每分鐘二十六轉。篩軸坡度為十二分之一。全部機器運到鄂縣工程地約價二〇〇〇元。

發動機為二十五馬力之柴油機，係德國 "DEUTZ" 廠製，每分鐘五〇〇轉，每小時燒柴油量為十磅，發動後可晝夜不停，繼續至一個月。價值二二〇〇元。

(寅) 混凝土拌合機

大壩混凝土工程大部在水下工作，拌合混凝土時，務求迅速，以免誤事。因購置五馬力之拌合機二架候用。機為美國 "Rex" 廠出品，每次可拌 1:3:6 混凝土半袋，每日可拌六十公方。機之轉數為每分鐘十八轉。加入石子及灰沙與傾出混凝土，均有自動機械。全機裝於鉄輪車上，可自由移動，價值每架計二八〇〇元。機械與人力之比較，每架機械，可

省人工三十名。發動機附帶於併合機旁，可燃煤油或汽油。

(卯) 抽水機

大壩壩址，純係頑石及粗砂，故透水甚劇。鋼板樁頂較平常河水面低約二公尺，故抽水工作，為本工程之主要工程。蓋排水不利，一切工程均形停頓。在開工之始，曾備江蘇農具製造所出品之四吋抽水機及發動機三套，開工一月之後，即發現泉水甚湧，決難勝任，因重行添購，總計抽水機數列表如左：

抽水機一覽表

機 別	馬 力	數 量	備 考
煤油發動機	8馬力	2套	德國貨
煤油發動機	4馬力	1套	德國貨
柴油發動機	8馬力	2套	江蘇農具製造所出品
柴油發動機	4馬力	1套	江蘇農具製造所出品
柴油發動機	12馬力	1套	江蘇農具製造所出品
抽水機	4吋	1套	江蘇農具製造所出品
抽水機	6吋	2套	江蘇農具製造所出品
抽水機	8吋	1套	江蘇農具製造所出品

在工程進行時，最低限度，須有三套抽水機同時工作，方可不致誤事。又泉水湧出既多，而滲漏面積又廣，工段進行愈增長，則細流涓涓愈多。若使之集中一處，用大抽水機抽水，則以泉水來源既遠且緩，反不若用多數小抽水機，較為活動適宜。全部抽水設備約計七〇〇〇元。

(丁) 定綫測量

壩址橫跨渭河，須將中綫，先在兩岸測量準確，然後循此綫每隔二十五公尺分為一段。全壩計長四五〇公尺，共計分為十八段，各段之壩中心綫，壩外綫，前排鋼板樁綫，後排鋼板樁綫及壩脚綫，均用木樁打準，各段水平，亦分區分段進行，以便明瞭各段挖深情形，及排水情形。若各段木樁因挖土等工事致無法保留者，須另加邊樁或基綫，以免差錯。至向隔河所量之全壩距離，曾以四次不同方法，測量其長度，俾臻準確。

又大壩北端之引水閘及沖刷閘，均同時動工，故各項定綫均同時佈置，務求一氣呵成。

(戊) 挖土工程

挖土工程計分兩步。第一步先挖鋼板樁槽，挑成順溝，以能鏈打前排鋼板樁為度。第二步挖掘樁架鋪道。所有挖出之土，均置於應挖綫外至少五公尺處。樁槽挖通後，隨即進行抽水工作。遇緊急時，常將工人分晝夜兩班進行。

壩工由南端開始，逐漸向北進行，至三〇〇公尺處，已達渭河正流水邊；乃折轉，另挖後排鋼板樁槽位；抽水工作因亦逐漸擴大增多。挖土之時，遇有良好之粗砂，及可用之石子，均過篩另貯，以備建築混凝土壩身之用。

當由河面挖土深至一公尺，即入卵石子層，而挖樁槽時，適值隆冬，天氣甚冷，致進行甚感不便，故於開挖後排樁槽時，即鋪輕便鐵路，用土車將廢土運往大壩南端夾河之內。

土工均按公方給價，用人力挑挖樁槽，每公方約需工資三角，担土挖土約需工資一角四分（距離在五十公尺之內），挑挖石子沙子工資，每公方約四角。用小鐵車推土，每公方不分石子或沙土，價一角四分。

挖土之管理方法，除規定合理之價外，並須指揮工人，勿枉費氣力，為無謂之工作，因工人氣餒，影響工作甚巨，暨工者須時常保持工人效率，使之連貫一氣，尤須明賞罰，遇有特別出力或聰敏之工人，即予以獎勵，俾全體取法。

(己) 打樁工程

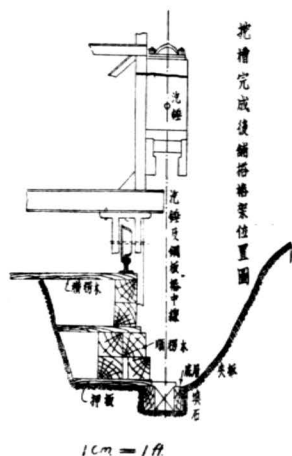
地脚土方挖完後，先用經緯儀測準樁位中綫；繼在樁位東西兩面各置 $6'' \times 12'' \times 30''$ 長木料一塊做鋼樁之夾板，務使夾板之中綫與樁位之中綫膾合。夾板之頂須較樁位之平低下三十公分。夾板之底須放平，勿使傾斜。夾板之間，每隔二公尺，用撐木撐好，並用拉勾拉準，俟上下四面均與尺寸找齊，即將兩面用石子及砂子填實；再由夾板之一面。鋪方

木楞，以便鋪道，移樁架鐵道距樁中綫之位置。因汽錘之大小，有固定尺寸，故在打樁之前，先將夾板鋪準，再將鐵道找準，則樁錘中心綫可與樁位中綫相合矣。

由河北岸上之材料廠鋪輕便鐵道過河，直達大壩樁位之旁，每次用小鐵車轉運三·三公尺長之鋼板樁六塊應用。

插樁時，用絞車將鋼板樁拉起，每次一對，同時插入夾板之中；先將樁身立直，俾左右前後四面，均須絕對垂直，繼在夾板之兩面，將樁扶緊，然後將汽錘徐徐放下。汽錘下部，有預製鋼質樁頂套，使樁之上端，適與之相合，樁錘本身重量，可壓鋼樁入地少許，再用垂球檢查樁身及錘身是否垂直，否則可移動樁架，以求準確，如第一圖：

第一圖



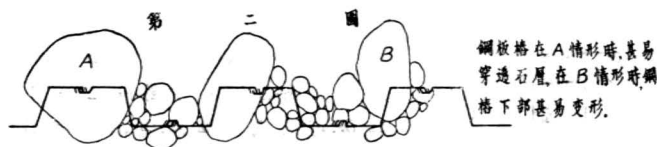
開汽錘起始之一分鐘內，尤以起首數錘，必須輕輕錘打，以防鋼樁移動位置；若其下部地層，特別鬆軟，則樁頭與錘底不致離開；否則易生易位之弊。打過二分鐘後，可將汽錘開滿，使樁迅速平安下降。至打入一·五公尺至二公尺時，即須暫停，再改打第二對。如此每樁分兩次打入，可使樁位特別規距。茲將打樁工程最易發現之弊端列左：

1. 鋼樁順樁位中綫向前或向後傾側；
2. 鋼樁與樁位中綫成正交向內或向外傾側；
3. 鋼樁樁頭打裂。

每次鋼樁立直之後，如所受之錘力均勻，或下部地層平勻，甚少上列諸弊。若偶有傾側，未即時補救，則縱地層平勻，鋼樁亦有逐漸偏依之弊。蓋各樁相連之接筭處，均有少許空隙。當受錘力之反應時，往往使空

隙偏移。糾正之法，可用繩索將樁之上部向反對方向牽拉之，俾逐漸回歸正位。每次偏倚，如在一時以內，則可於三公尺內糾正端正，如在三公尺以內，尚不能糾正滿意，可將板樁繼續向前插打（祇打入一·五公尺），直至樁身插直為止；繼將直樁一氣打入，使樁之前後均有一定之管束，當不致再有傾側也。

第二種現象，多係地層之下，有特大石塊，適阻止樁之前進。糾正之法，可連打數對鋼樁，俟其下部得到良好基址時，再一氣打入，則中間即有傾側，亦不致影響全部；且如此打法，即遇有多量之亂石，或較大之頑石，均可逐漸穿破；如第二圖，在鋼板樁遇到 A 石情形時，樁身甚易穿過石層，若遇 B 石情形時，須將鋼樁向前多打出三四對後，再返回重新錘打，方可獲良好結果。



如樁頂發現破裂現象；或因地下石層堅固，錘打之力，不能穿透石層；同時樁之本身，又不能屈撓，故樁頂承受汽錘壓力之後，祇有樁頭破裂。補救之方，如樁之長度較規定尺寸相差甚遠，即可將破裂之樁頭，用鋸鋸平，然後再繼續打下，或將每對鋼樁分開，作為二次打入，則樁之頂端亦可以保全。

本工程所用 "Columeta" 廠之 "RZ11" 鋼樁，其接筭在平面部分，對於打樁非常有益。當每次逐對打入時，其接筭正在兩樁之中心，而汽錘用力之處，正為兩樁斷面最厚之處，故其接受撞擊力強。次則每對鋼樁相連，經汽錘壓上樁頂後，兩面接筭均露於汽錘之外部，故樁頂無論發生若何現象，而前後之接筭，永可保持常態。故對於鋼樁之垂直，甚易保持。若一旦接筭打壞，勢非將損壞部分鋸去不可，但在本處工程中，均無此

弊。

又鋼板樁究竟能否打入石層，或大頑石層之問題，在本工程未動工之先，確為研究之中心。經此次工作之後，可作一肯定之結論：如地層為砂礫及石子，並含大頑石在百分之十五以內，而頑石之重量在半噸以內時，用八公厘厚鋼板樁，確可打穿，但在選擇鋼板樁時，宜取其厚度稍厚者為宜。

有時鋼樁接筭處適穿及地下水時，則流泉即沿接筭中心之空隙作噴泉上昇，故可知在本工程情況之下，鋼板樁接筭處確不致漏水。

統計本工程進行，每日平均約可打鋼樁十五公尺，合一五乘三等於四五平方公尺，但最快時，每日曾打樁三十九公尺，則合三九乘三等等一一七平方公尺矣。

此種工作，機械之力為多，故所需工人，均須富有經驗者，方可操縱一切。其主要之分配，計工頭二名，機器匠四名，鍋爐匠三名，樁工工人十五名，小工十二名。

打樁工程進度表

月	日	鋼板樁長度	打入根數	折合平方公尺	月	日	鋼板樁長度	打入根數	折合平方公尺
12	29	3.3公尺	11	34.485	2	2	3.3公尺	15	37.025
12	30	3.3公尺	9	28.215	2	6	3.3公尺	13	40.755
1	5	3.3公尺	11	34.485	2	7	3.3公尺	2	6.270
1	6	3.3公尺	8	25.080	2	10	3.3公尺	10	31.350
1	8	3.3公尺	22	68.960	2	11	3.3公尺	16	50.160
1	15	3.3公尺	17	53.295	2	12	3.3公尺	36	112.860
1	16	3.3公尺	14	43.890	2	13	3.3公尺	29	20.915
1	18	3.3公尺	4	12.540	2	14	3.3公尺	18	56.430
1	20	3.3公尺	11	34.485	2	17	3.3公尺	25	78.375
1	21	3.3公尺	12	37.620	2	18	3.3公尺	22	68.960
1	22	3.3公尺	6	15.080	2	19	3.3公尺	26	81.510
1	28	3.3公尺	5	15.675	2	21	3.3公尺	9	28.215
1	29	3.3公尺	18	56.430	2	23	3.3公尺	12	37.620
1	30	3.3公尺	17	53.295	2	26	3.3公尺	16	50.160
2	1	3.3公尺	11	34.485	2	27	3.3公尺	20	62.700

2	28	3.3公尺	10	31,350	3	26	4公尺	14	53,200
3	1	3.3公尺	17	53,295	4	27	4公尺	10	38,000
3	2	3.3公尺	10	31,350	4	28	4公尺	12	45,600
3	3	3.3公尺	10	31,350	5	1	4公尺	5	19,000
3	4	3.3公尺	10	31,350	5	8	4公尺	12	45,600
3	6	3.3公尺	8	23,080	5	10	4公尺	19	72,200
3	7	3.3公尺	4	12,540	5	13	4公尺	16	60,800
3	8	3.3公尺	9	28,215	5	14	4公尺	10	38,000
3	11	3.3公尺	12	37,620	5	15	4公尺	5	19,000
3	11	4公尺	2	7,600	5	15	3.3公尺	2	6,270
3	12	4公尺	14	53,200	5	16	3.3公尺	38	119,130
3	13	4公尺	14	53,200	5	17	4公尺	28	106,400
3	15	4公尺	14	53,200	5	18	4公尺	32	121,600
3	16	4公尺	10	38,000	5	19	4公尺	36	136,800
3	17	4公尺	12	45,600	5	27	4公尺	26	98,800
3	20	4公尺	20	76,000	5	28	4公尺	12	45,600
3	21	4公尺	7	26,600	5	29	4公尺	13	49,400
3	22	4公尺	16	60,800	5	30	4公尺	14	53,200
3	23	4公尺	3	11,400	5	31	3.3公尺	7	26,600
					總計		3.3 4.0公尺	537 376	3259 640

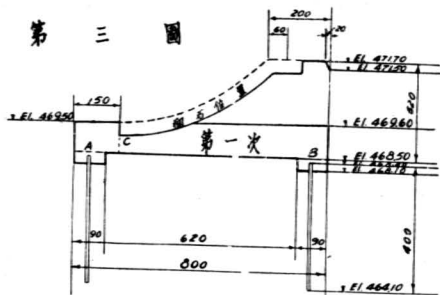
(庚) 混凝土工程

大壩全長四五〇公尺，每二十五公尺分為一段，段與段間，均有油氈及油膏作伸縮縫一道，寬二·五公分，以備壩身伸縮之需。

當鋼板樁打好後，即清除壩址，並於混凝土壩身木型板之上下方，各挖水溝一道，以利排水；排水溝之深，須在混凝土底面之下，以能排出全部地下水為度。

壩身断面，最高為三·二公尺，分兩次打築。第一次先立木型高一·五公尺，木型以厚二吋美松板構成，每隔三呎須有三吋呎通帶一條，其下端用撐木及螺絲固定，並須對於排水工作，絕不妨事為宜。構木型一段約需六十工。

壩底多係砂及卵石，故對於整理地底，除排水外，甚易着手。第一次混凝土工作，為包固鋼板樁頂，及築好壩之後部。至其前部，則築至一·五公尺為止，並須預留砌石之位置。如第三圖：



每段混凝土，約有一八〇公方，須於一日築完，故對於石子砂子及水泥之運輸，與脚手木之佈置，均須先期完備。

茲將混凝土工程應行注意各點分述於下。

(子) 未築混凝土之前，須詳細審察地址之情形，是否能承受壩身之壓力，如發現鬆軟之處，應加固地址，其法為填頑石細石，或打二公尺木樁，或築1:2:4混凝土土層，須視地址情形，分別進行。

(丑) 排除地下水之水道，須特別注意，以免地下水昇高，影響混凝土之凝結為得。

(寅) 木型板之支撐，甯使之特別堅固，勿稍存倖心。蓋混凝土在未凝結之先，其側壓力較水之側壓力相差一倍以上，偶一不慎即有走樣之弊。

(卯) 築混凝土之先，須視察各項材料是否齊全，及運輸是否經濟。又築第一次混凝土時，可將拌合機置於地址之上，俾拌好之混凝土即可傾入壩址之內。

(辰) 築混凝土時逐層進行，每層厚以三十公分為度，俾便搗杵等工作，惟在板樁樁頭部分，務使混凝土將板樁兩面包緊；並在A、B兩綫之間。切莫分層；蓋分層之處，最易漏水，且板樁之效用，專為防止水流透過，而A、B兩綫又為最易透水之處，故須切實注意也。

(巳) 混凝土工程之內，可摻入百分之十五大片石，此項片石之摻法，以不妨害混凝土本身之力量為準繩，故板樁及 C 層附近，均不宜摻加片石，以防止漏水。

(午) 壩身每隔二十五公尺為一段，計長八十二呎，茲計算伸縮縫之厚度如左：

每華氏表一度每呎伸縮係數，在水泥為 0.000007 ，在 $1:3:6$ 混凝土為 0.00000537 。

壩址溫度，最高為華氏一二〇度，最低為華氏一〇度，相差為華氏一一〇度。

故最大伸縮為 $(0.00000537 \times 110^\circ) 82' = 0.0484$ 呎 = 0.576 吋

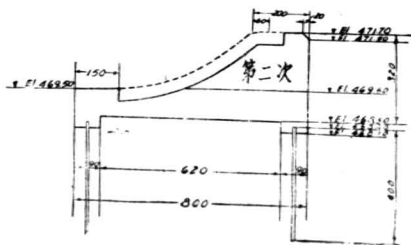
但在工作期間之溫度，適為華氏七〇度左右，故預留伸縮縫之厚為一吋，已足應用。

(未) 為防止橫方向之變動，乃在伸縮縫間，留出凹形混凝土槽，以備各段相互銜結，以免橫向之變動。

(申) 築混凝土時，搗杵之工，務須精密，蓋同一混凝土之配合，其結果之良否，全在搗杵之工是否得法為斷。

建築第二次混凝土時，須將第一次混凝土面完全鑿新，並洒淨水泥漿一層，俾新舊混凝土易於接合。

此次木型，為壩上方一面，撐立平直，即可應用。其下方鑲石部分之



第四圖

面即由混凝土逐層堆集而成，其壩頂平面部分，仍用木型收齊。至壩頂之定線及其坡度，均預先規定清楚，以免雜亂無章。計第二次構木型一段需六十工，一二兩次築混凝土一段，需二百工。又壩頂光面，另用 1:2 水泥沙塗抹平實，以增強混凝土之能力。參看第四圖。

(辛) 壩面鋪石工程

大壩原計劃純為 1:3:6 之混凝土工程，嗣以混凝土壩面易為水所剝蝕，故在距壩址三十里外，覓得石頭河產之大頑石，因鳩工遣匠開鑿頑石，切成平整之糙面，其厚以三五公分為最小限度，並須將頑石被水沖刷光滑之面，完全鑿去為準則。全壩約需石料二千公方，運輸一項，亦所費不貲；因由壩址至石頭河踏勘大路一條，修築寬四公尺半之大道，行駛汽車，包商運輸。每公方料石山價約合五·二元，由石頭河運至大壩工地約合九元。再砌壘於壩面，每公方約合二元，連同合縫灰漿計算，較 1:3:6 混凝土價尚相差不多。

砌壩面時，先將大壩混凝土面鑿毛，鋪 1:3:6 混凝土一層，然後將料石按列切平，先用厚五〇公分者為一列，次用四五公分者為一列，再間以三五公分者作第三列。各列之間，均用 1:3:6 混凝土填實；並須各列錯開填縫。將至石面時，則留深五公分，再用 1:2 砂灰勾作平縫，務使滾水過壩時，由石面可躍過灰縫。所有砌石所留之灰縫，均不得小於二·五公分，以備 1:2 灰漿有充分厚度，可發揮其粘着力及抗磨力。料石之外面均用糙面，以增加水流過壩面之摩擦力。壩面溝型即於砌石時按列找準，仍按二五公尺為一段，每段相接處，仍留二·五公分寬之伸縮縫，加鋪油氈，其外層以砂灰補齊。

(壬) 壩腳鉛絲籠碼片石工程及混凝土橫梁工程

壩身下游海漫易為滾壩水流所衝擊，加以河底係粗砂及頑石，故壩腳之防護，實不容忽視。故全部海漫，均用十號鉛絲編成二公寸方孔之一公尺見方鉛絲籠，內盛片石，分別排列而成。其長，按當地情形規定為一五公尺，並分為三種厚度，計一公尺，〇·七公尺及〇·五公尺。每

種各長五公尺爲一列,其第三列之外,復建混凝土橫樑一道,以防止鉛絲籠全部被水沖去。各列鉛絲籠內鋪砌片石分爲兩層,其底層用十公斤左右之頑石,上層則用三十公斤以上之大片石封蓋,然後再用十號鉛絲縱橫固結,蓋覆鉛絲籠頂面。至其外方橫樑,則用 1:5:6 混凝土建築,每隔一〇公尺留有伸縮縫一道。樑之下部,並備有一吋半鉄管,以便排洩積水。

攔河大壩工程進度表

分段	混 凝 土 工 程		砌壩面片石完工期	築壩脚混凝土完工期	砌壩鉛絲籠片石完工期
	第一層完工期	第二層完工期			
1	2月 29日	3月 23日	3月 31日	6月 8日	6月 9日
2	3月 13日	4月 5日	4月 21日	6月 28日	6月 6日
3	3月 5日	3月 26日	4月 4日	5月 28日	6月 2日
4	3月 16日	4月 6日	4月 17日	5月 28日	5月 30日
5	3月 10日	4月 1日	4月 9日	5月 27日	5月 29日
6	3月 17日	4月 8日	4月 23日	5月 26日	5月 30日
7	3月 12日	4月 2日	4月 14日	4月 24日	4月 27日
8	3月 27日	4月 3日	4月 11日	4月 24日	4月 26日
9	3月 21日	4月 3日	4月 17日	4月 23日	4月 26日
10	3月 29日	4月 10日	4月 20日	4月 23日	4月 25日
11	3月 24日	4月 4日	4月 18日	4月 22日	4月 25日
12	3月 31日	4月 10日	4月 19日	4月 21日	4月 23日
13	5月 13日	5月 17日	5月 31日	6月 10日	6月 13日
14	5月 29日	6月 1日	6月 10日	6月 12日	6月 13日
15	5月 28日	6月 2日	6月 11日	6月 13日	6月 15日
16	5月 30日	6月 3日	6月 12日	6月 14日	6月 15日
17	6月 1日	6月 4日	6月 13日	6月 14日	6月 16日
18	6月 3日	6月 5日	6月 13日	6月 15日	6月 18日

(癸) 翼牆及護岸工程

大壩北端緊貼沖刷閘及進水閘,(兩閘工程另文詳述)故其翼牆工程,即與閘工相連。閘之上下游,各用片石做護岸,計上游長一三〇公尺,下游長一二〇公尺,護岸坡度爲 1:1,鋪石厚度爲〇・四公尺。上游

護岸之高，超過壩頂四·八公尺，下游則僅超過三公尺。

大壩南端，適位河灘地之中，故另築南翼牆以束水，及防護土岸。翼牆用1:3:0 混凝土建築，牆頂較壩頂高出四·八公尺。

北翼牆與壩頂相連處，各建鐵梯，以便交通，而南翼牆後方，則填土與壩頂齊，並與護岸工程相連接。至土岸頂之寬，暫定為一〇公尺。

南翼牆上游護岸，為新築之堤防，本年大汛以前，尚未完成，俟汛期過後，再繼續進行。順河水面之土坡為1:1.5，另加石鋪面，以期堅固。至下游護岸工程，已築成四〇公尺，將來大汛期過，仍須繼續完成之。

五 結 論

攔河大壩壩址，純係砂石，在計劃之際，深以地基不固及地層透水為可慮，經再四考慮，始決定用鋼板樁作橫牆兩道，以隔斷地下透水；板樁既已合圍，則地基承重之力，亦因以加大。

水面以下工程之進行，務求迅速，以防意外。故凡挖槽、打樁、混凝土工程及片石工程等，均一氣呵成。本

攔河大壩工程實用數量表

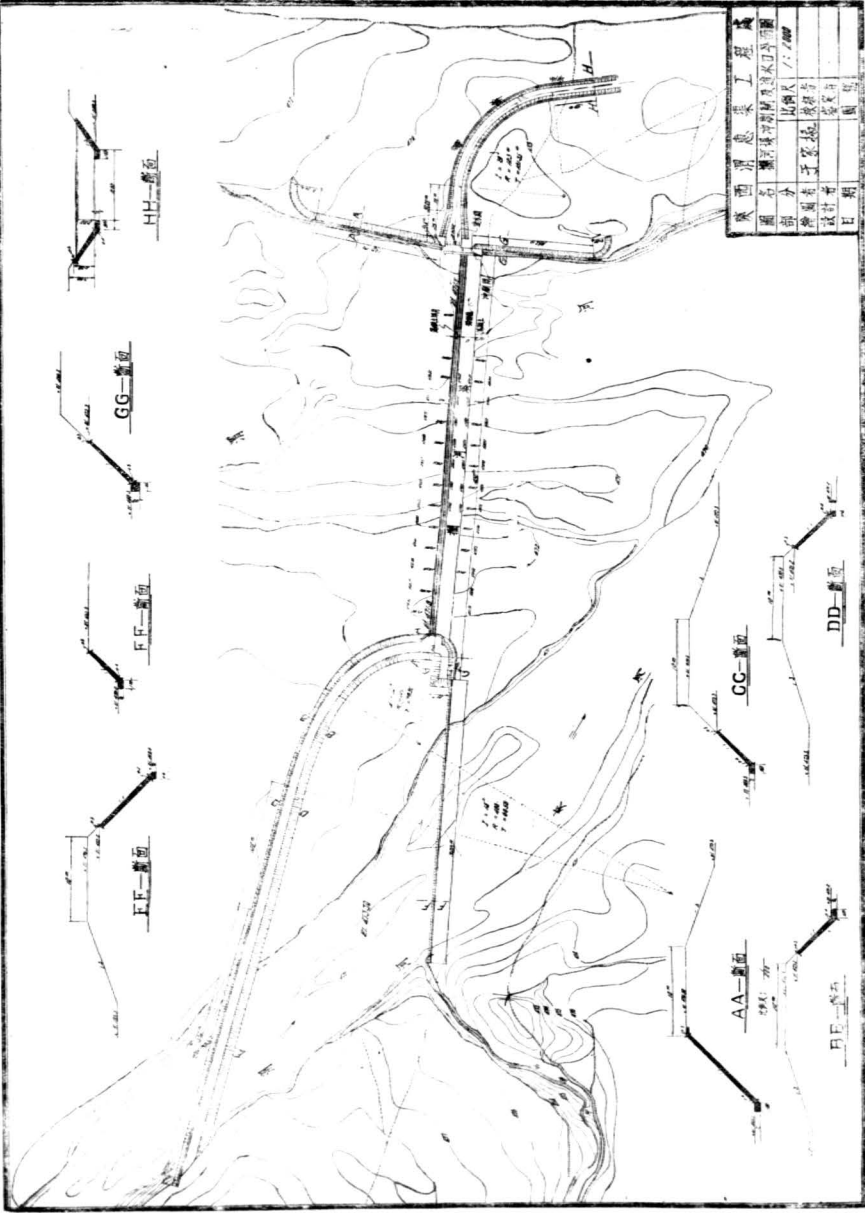
項 別	說 明	數 量
挖土工程	挖 沙	45936公方
	挖 土	5487公方
擋水壩工程	上游擋水壩長	200公尺
	下游擋水壩長	126公尺
	南夾河擋水壩長	187公尺
便橋工程	北河上游便橋長	80公尺，計16孔
	北河下游便橋長	110公尺，計19孔
	引河上游便橋長	70公尺，計6孔
	引河下游便橋長	72公尺，計22孔
鋼板樁工程	南河便橋長	43公尺，計13孔
	壩基前後兩排	900公尺
	共 3.3公尺樁	584付
	計 4.0公尺樁	370付
混凝土工程	壩 身	5892公方
	壩 脚	675公方
	南 翼 牆	432公方
砌石工程	壩 面 料 石	1329公方
護岸工程	坡 岸 片 石	565公方
	坡 脚 片 石	162公方
鉛絲籠工程	1公尺厚	2215個
	7公吋厚	2218個
	5公吋厚	2222個
	片 石	4767公方
填土工程	正 進 行 中	

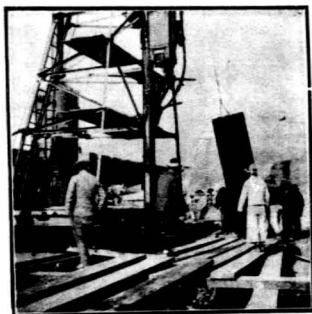
工程自廿四年三月計劃籌備，直至十月材料機械，始逐漸運到工地。自十二月份起，大壩雖已開始挖槽，而天氣嚴寒（氣溫曾降至攝氏零下八度）。實為關中歷年所僅見；繼以抽水不力，致打樁工作，稍受影響。但自廿五年二月廿七日起，晝夜趕工，曾無停息。中經五月下旬，桃汛水曾冲破圍堤一次，於是益信大壩工程非於伏汛以前完成不可。至五月三十日，打樁工程全部完成；六月五日，混凝土工程，完全告竣；六月十八日鋪石工程全部完工；六月下旬，清理壩址。原定七月一日，請長官驗收大壩；而七月一日下午五時，伏汛水至，水頭高達二公尺。頃刻之間，衝破圍堤，滾過大壩，濁浪滔天，壩上過水，深至一·四公尺。所幸先事防範，故所有材料，均保全無失；而大壩及冲刷閘等工程，均已發揮其攔河及排洪之效力矣。

欲求工程進行之迅速及可靠，捨機械之力不為功。而發動機械之燃料，亦為工程家必須顧慮之條件。據壩工經驗，所有機械之燃料，有汽油、煤油、柴油、及烟煤各種；機械原動力既未集中，則用人及管理頗為困難；而各機械動力，不致互相牽掣，亦為工程得力之處。惟汽機笨重，而內地運輸困難，益以附近不產烟煤，不易購運，遠不若柴油汽油轉運之便利，故取用油機，較為敏捷，然汽機轉數既緩，修理之費，自較油機為節省，故本工程所用較大發動機，仍採用汽機。

陝西處黃河上游，為吾國腹地；在隴海鐵路未到達以前，交通殊為困難，工程材料運輸，更覺不便；即國內外各建築公司，以不明瞭當地情形，無敢包工者。故本處各工程，均須自備機械工具及材料，直接招致工人進行；是以本處各職員除測量設計工程外，須兼辦招工及管理之事務；雖機器方面之購置，不無多費，然工竣之後，仍可移用他工，且少經一層包工之手續，在公家尤為經濟。

東西兩龍鐵路工程圖			
圖名	東西兩龍鐵路及河口平頂	比例尺	1:2000
部分	河口平頂	設計者	李容德
繪圖者	李容德	校核者	李容德
設計日期		校核日期	
日期		圖號	

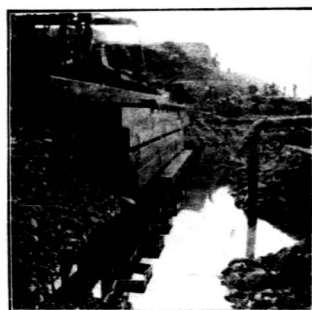




(一)打樁工程立鋼板樁(甲)



(二)打樁工程立鋼板樁(乙)



(三)已打好之鋼板樁(甲)



(四)已打好之鋼板樁(乙)



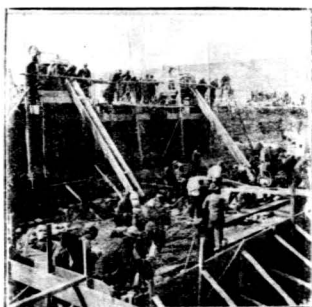
(五)挖土及打樁工程



(六)挖水工程



(七)第一層木型及地址立好



(八)大壩第一層混凝土工程(甲)



(九)大壩第一層混凝土工程(乙)



(十)運水泥小鐵車工作情形



(十一)立第二層混凝土木型



(十二)立第二層混凝土工作情形



(十三)立第二層混凝土工程完竣



(十四)壩面碼石(甲)



(十五)壩面碼石(乙)



(十六)壩脚鉛絲籠碼砌片石工程



(十七)編鉛絲籠工程



(十八)大壩完工後之前面



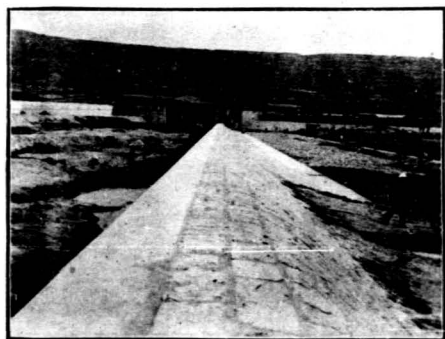
(十九)廿五年七月一日大壩過水情形(甲)



(二〇)廿五年七月一日大壩過水情形(乙)



(二一)大壩工程進行時全景



(二二)大壩工程完工後全景

植物被覆與水利及冲刷之關係

萬 晉

植物被覆(包括森林、灌木林、草地),之消極生產,對於一國之經濟,日漸重要。人口牲畜之增加,生活之增高,灌溉事業之發展,工商業之發達,因其直接間接仰賴于土水保存之迫切,有識之士,遂羣起注意此保存土水之植物被覆問題。歐美學者之探討研究者大不乏人,顯因問題之綜錯複雜,迄無正確之結論。但自一九一七年以來,經 Duley and Miller (註八)之畦狀實驗, (Plot Method) 各地做行,其結果已予吾人以新的啓示。亟爲蒐集編述,以告國人之關心土水經濟者。

吾人對於森林影響之知識

森林爲植物遮障之極峰,故研究植物影響者,多先樂就之,茲先自森林影響始。

森林影響約可分爲四大端,(一)森林與雨降,(二)森林與氣候,(三)森林與河流及冲刷,(四)森林與水源。

一 Brookes (註五)經多年之研究考證,以爲森林可增加雨降百分之一至百分之二。但在特殊情形之下,可因隱匿之凝結(Occult Condensation)雨量更可微增。Hirata (註十一)之實驗,則在「霧時,林中之雨量較林外雨量多百分之十至十一。然 Nicholson (註十八)參閱 Brookes (註見前)及 Zon (註二二)二氏研究之結論,則認爲理由不甚充足,不能以適合南非洲之情形要而言之,大約在常受海面吹送颶風地帶,森林確有接透雨量之可能,惟在大陸內地,則此可能性甚小。復次森林足

以減少與水利最有關係之地面逕流，此則迭經實驗證明，將于下文詳論之也。

二 森林對於氣候之影響，經近代學者之嚴格檢討，已證已往實驗家，如 Beeguere, Woikof, Blanford, Libernau 諸氏均不免過甚其辭。（註二一）但林內實驗，確證森林對於土溫土濕等之微細氣候，（Micro-climate）有重要影響。植物之遞嬗，幼林之蕃殖，（Regeneration）土壤動物之活動，均賴森林以蕃滋。嗣後地利問題愈趨嚴重時，此問題愈有探討價值也。

三 森林與水流及沖刷之問題，近十五年來，又引起世人之注意。雖 Chittenden（註六）猶為研究此問題者奉之為權威，然其結論自相矛盾，早經 Swain 駁斥。（註二十）Mead 之威斯康辛各河研究，（註十七）以及 Burr 氏之 Merrimac 河研究，（註四）雖應用之科學方法有差，其持論公允，尚為世所公認較為滿意者。

大規模之實驗，則以瑞士之 Emmenthal（註十三）及美國之車輪峽（註三）最為著名。然結論俱不足資森林與荒地對於水流及沖刷之比較，因沖刷劇烈而遭遺棄之 Yucatan（註七）及我國山西（註十四）等地，與 Emmenthal 及車輪峽情形迥然不同，一地之實驗，實不足以代表他處也。

四 森林與水源之問題，更為複雜，研究結果，更相矛盾。Ototzky（註十九）實驗俄國林內，地下水而較草地者為低。瑞典 Halden（註十）實驗在地下一公尺之土層上，林內土濕較荒地者為低，其原因係森林需要大量水份，供其發散。惟其如是，有人且主張吾人應清除森林以增加水源。美國 Hoyt and Troxell（註十二）分析車輪峽實驗及南加省實驗，證明車輪峽森林清除後，每年水源之量增加百分之十五。南加省森林焚燒後，每年水源之量增加百分之二十九。則力主此說，惟森林影響，可以助長滲漏，增加地下水之存滯。證以 Bates（1928）（註三）Autin（1932）（註一）Forsling（1931）（註九）等之實驗，則又與 Hoyt and Troxell 分析所得恰反。

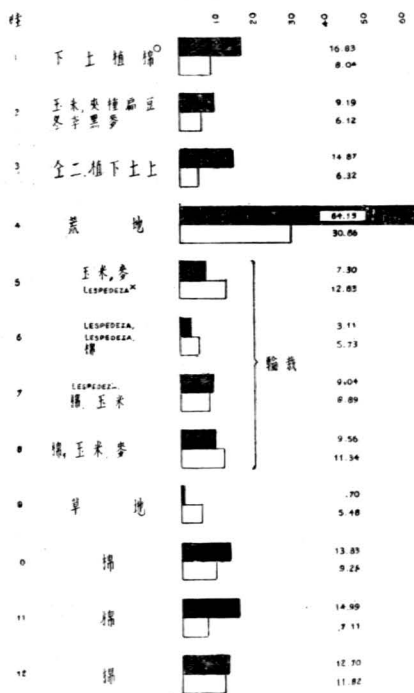
地面有森林地帶，大都泉水暢旺，(註十三)此類研究關係一國之水利政策甚巨，因問題之複雜與研究結論之欠完整，刻海外學者，仍在繼續探討中也。

結果紛歧之原因

一流域之水流行爲及現象，爲流域上互相關聯而又極端錯雜各因子活動及影響之總表現。凡地面坡度，氣候，土壤，土層，植物被覆，相互成爲綜雜之變數，(註二)決不能隔離其他所有因子，即定某一種結果爲某一種因子之成因。換言之，吾人不能僅測流量之一端，即定爲森林影響之反徵。又水源地面積廣大，森林影響河川流量之因子複雜，則又因經過地域之不同，而使因子更趨複雜，以致所得結論，每不正確。綜上二原因，正當辦法，應選擇未經人事摧鑿之天然區域，作爲實驗地段，區地務求其大小適中，因子務去其繁雜，控制其他因子，專事某一種因子影響之研究，則結果或比較正確也。

最近研究之發展

Duley & Miller 于一九一七年即着手于畦狀實驗。(即黃瑞采譯之流量標準地法)(註十五)以實驗并比較各畦因耕植方法之不同之土水損失。羅德明先後在中國青島及美國加省之 Berkeley 均仿行之(註十五)其法係於坡地上，劃地爲長方畦狀，(每畦佔百分之一或四十分之一英畝)緣以木板，上覆白鐵，高出地面可六英寸，以與外邊地面隔絕，畦之下端，承以量定畦內沖下之土水。Bennett 因之計劃一全美冲刷實驗，在美國各省，設立土壤冲刷實驗場十二處，從事實驗。其已公佈之結果，所指示于吾人者，至爲明切。(見下列各表圖)



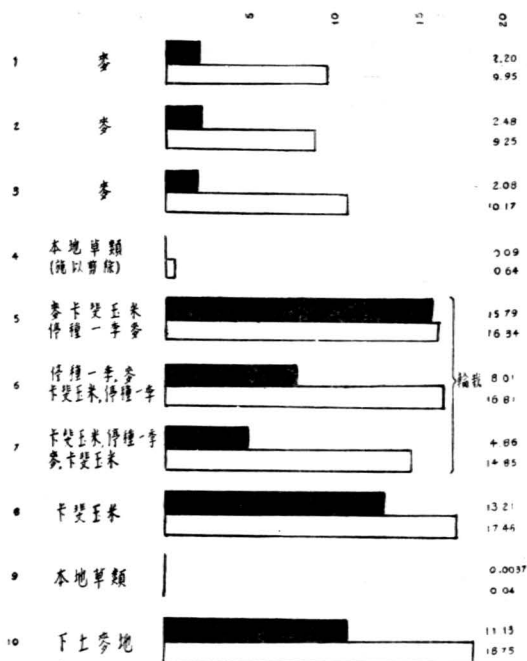
圖一 兩年中的土壤損失量與美國 North Carolina 省 Durham 之土壤沖刷量。Cecil 砂粒土。坡度 10% 經 1-10, 67, 72, 6' 點 11 6 x 148 E, 點 12 6 x 33 S

□ 表表上層損失噸數

○ 表表下層損失噸數

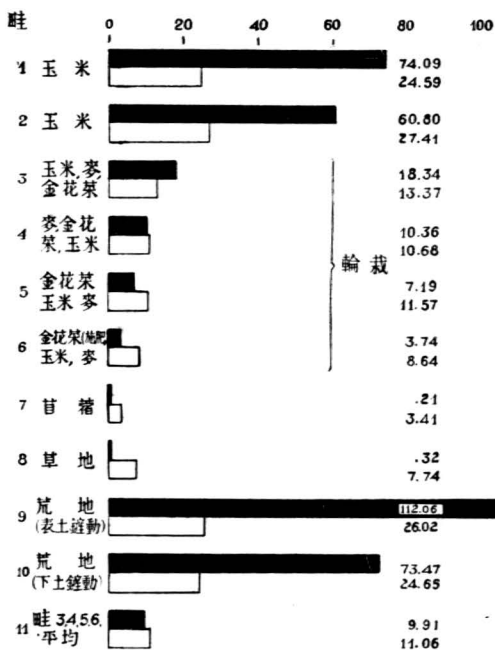
○ 表表表上以下之土(Subsoil)

× Le: 2084 高華美草種植物學家威利(威)所大品司一公尺在石華美草種植物學家威利(威)所大品司

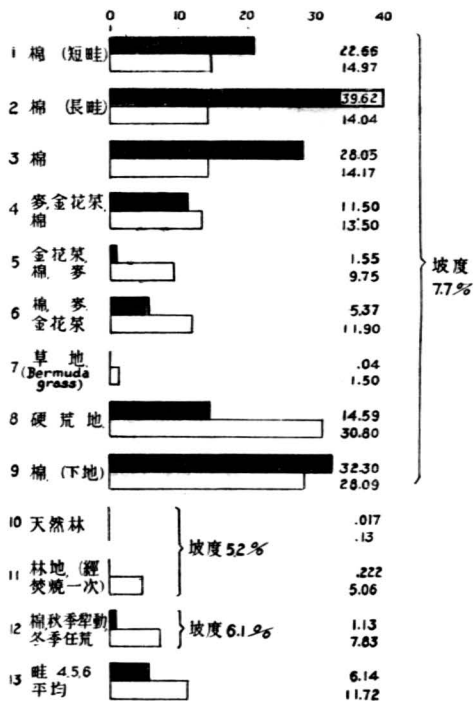


圖二：每年平均土壤損失來源。美國Kansas省Hays土壤中設置試驗場期間1930-1933 Colby(細砂黏土)坡度5%
平均雨量22.19英寸 畦1.6x35.3' 畦2.6x45.2' 其他6x72.6'

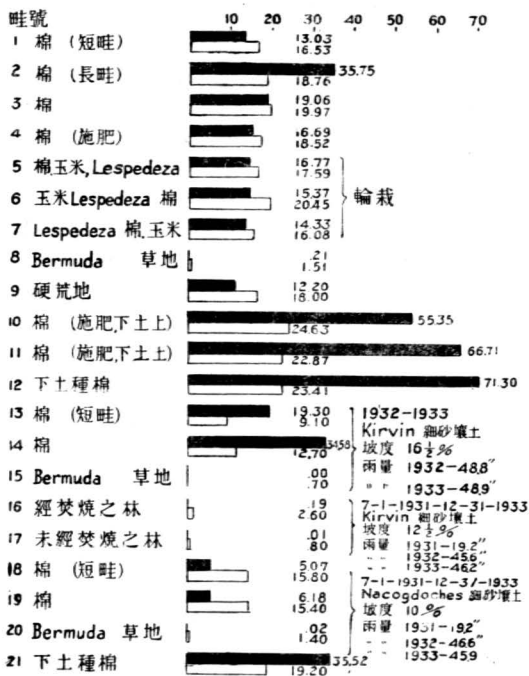
■ 每畝土壤損失噸數
□ 逕流損失(佔雨量百分數)



圖三 每年平均土水損失來源：美國米蘇里省
 Bethany 土壤沖刷實驗場 期間 1931-1933
 Shelby 細砂壤土坡度 8% 平均雨量 3354 英寸
 畦 1.6' x 145.7' 其他 6' x 72.85' ■ 每畝土壤損失噸數
 □ 逕流損失(占雨量百分數)

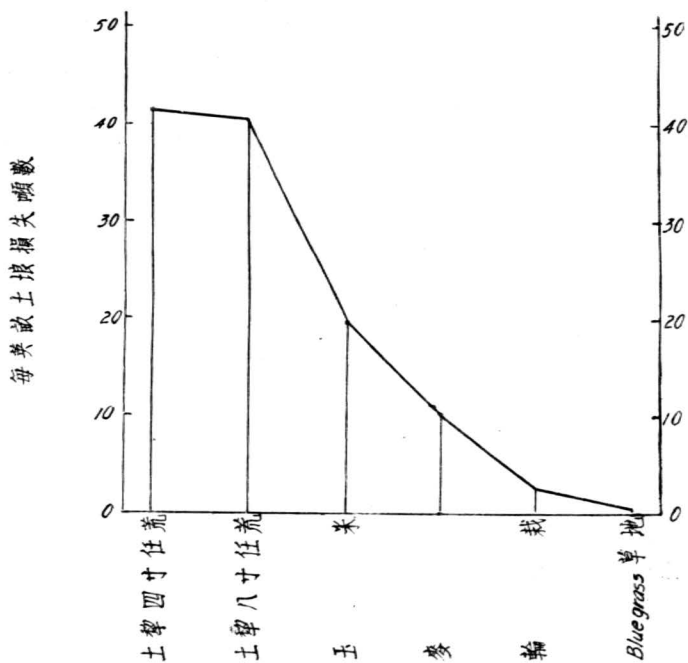


圖四 每年平均土水損失 來源：美國 Oklahoma 省 Guthrie 土壤沖刷實驗場 期間 1930-1933 Vernon 雜砂壤土，平均雨量 畦 1-932.92" 畦 10-12,3349" 畦 1,6'x36.3' 畦 2,6'x145.2' 其他 6'x726' ■ 每畝土壤損失噸數 □ 運流損失(占雨量百分數)

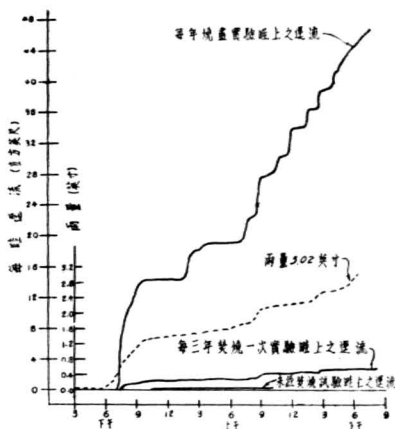


圖五 每年平均土水損失 來源：美國 Texas 省 Tyler 土壤沖刷試驗場 期間 1931-1933 Kirvin 細砂壤土，坡度 8.75%，平均雨量 42.31 英寸 畦 1.13, 18.6x36.5' 畦 2.6x145.8' 其他 6x72.9'

■ 每畝土壤損失噸數
□ 逕流損失 (佔雨量百分數)



圖六 每年平均土壤損失， 來源：英國米蘇里省 Columbia 農事試驗場， 期間：1918-1931 Shelby 壤土， 坡度：3.68%， 平均雨量：40.37 英寸。



圖七 來源：美國印第安North Fork森林實驗場。時間：一九三三年十二月三十一日至一九三四年一月一日。坡度：25%，地之面積：四十分之一英畝。

茲任意取第三圖作一解釋。此實驗地點所在為美國干薩斯省西部及奈卜拉斯加省之肥沃小麥地帶。坡度為百分之五，地下若繼續種植卡斐玉米，其土壤損失每英畝為十三・二一噸，逕流占雨量百分之十七。若本處草地，則每英畝之損失，土壤僅為一噸之・〇〇三七，逕流伴佔雨量百分之〇・四。換言之，本處草地之保存土壤及逕流之能力，強于玉米四百倍至三千五百倍之多。另一解釋，依上述土壤沖刷之速率，繼續種植玉米之土地，需時

七十五年至九十年，即可將其地面上之七寸肥土，完全沖刷消失。若係草地，此肥土之消失淨盡，須三十萬年。

綜觀各圖，土水損失最巨之地為荒地，此則在意料之中，然棉地，玉米地，麥地，土水損失之巨，或不易為人察覺者也。第五圖所示種植下土上之棉地，土水一項每英畝每年竟可損失七十一噸之多。損失量實可驚人。輪栽地上之土壤損失率皆小于上列二種土地。故農作方法，應提倡輪栽法。至若草地及林地之土水損失，則皆極微小，而第七圖所示未經焚燒林地水之損失，小于每年焚燒地上水之損失者四百六十三倍。（註十六）第六圖所示，為十四年平均之結果，土水損失，以草地為最少。

即最近美國康乃爾大學教授 Dr. Howe 主持之 Ithaca 土壤沖刷實驗場，公佈實驗結果。林地保存水之功能，尤為顯著。（表一）此實驗係在一九三六年三月一日至十九日間舉行，降雨雪共為九・四七

英寸,約在本年美國東部水災之前。(三月十八二十一兩日)事實之前後關聯與輝映,尤饒興趣也。

表一 水之損失

Ithaca 土壤冲刷試驗場,1936

地 別	坡 度	水 之 損 失 (佔雨量百分數)
番 薯 地	14%	75%
番 薯 地	14%	82%
林 地	27%	0.5%

耕植方法及習慣,影響于土水損失者亦巨。茲探美國 Texas 省 Spur 及 Iowa 省 Clarinda 土壤冲刷試驗場實驗所得結果作一比較。(表二)

表二 土水損失

種 植 方 法	坡 度	雨 量	土 之 損 失 (每畝噸數)	水 之 損 失 (佔雨量百分數)
棉, 際田, 田緣封閉	0.5	18.5	0.0	0.0
棉, 等高線行	0.5	18.5	0.0	6.5
棉, 沿坡上下行	0.5	18.5	0.0	8.8
玉米, 沿坡上下行 (畦 42' × 630')	8.4	2.6	34.5	9.4
玉米, 沿坡上下行 (畦 42' × 315')	8.4	2.6	20.0	9.5
玉米, 沿坡上下行 (畦 42' × 157.5')	8.4	2.6	11.0	11.5
玉米, 等高線行	8.4	2.6	0.0	0.0

此類明白正確之實驗，證明林地與草地為保存土水之最良工具。顧衣食之需，仍須仰賴于農地。平地固為農耕最安全地域，但必不得已須向坡地墾殖時，亦須變更農耕方法與習慣，而應提倡等高耕植、輪耕、條栽及階田等法。其陡峻坡地，尤須加以限制，以恢復林草之繁殖。即以美國而論，因鑒于土水損失之嚴重，在農部下，乃有土壤保存局之設立 Soil Conservation Service，在其指導之下，有土壤沖刷實驗場十二，示範設計區一百四十二，苗圃八十三，星羅棋布，遍及全國四十八省中之四十一省，每一設計區，轄一小流域，大小不等，平均約佔三萬英畝。其主要工作，即為區部設計，(Regional Planning) 將一流域之土地，詳細測量，并計劃或變更使用方法，指導農民如何保存土水，如何增加生產，計一九三五年一年之費，已超過二千八百萬元，而一九三六年除合衆政府再為增加經費外，各省亦自行設計從事于土水保存運動。「其防止沖刷事業之範圍，已超出林業之本身，而成為土地使用之整個問題」，(黃瑞采自美國明里蘇達大學通信) 此一嶄新與民生最有關係之事業，正方興未艾。方今國內災害頻仍，無間南北，各地需要土水之保存，殆無有甚于今日者。與其貪焦頭爛額之功，孰若謀一勞永逸之計。攻錯他山，吾人宜知所借鏡矣。

參考資料

1. Autin, John T. Research Report on Soil Porosity. Central States Forestry Exp. Sta. Ohio State Univ., Columbus, Ohio, 1932.
2. Bennett, H.H. Dynamic Action of Rains in Relation to Erosion in the Humid Region, Transactions, Am. Geophysical Union, 15th Annual Meeting, 1934
3. Bates C.G. and A. J. Henry, Forest and Streamflow Experiment at Wagon Wheel Gap, Colorado, Monthly Weather Review Supplement No. 50. U. S. D.A. Weather Bureau, 1928
4. Burr, Edward. The Influence of Forests on Streamflow in the Merrimac River Basin, 1911
5. Brookes C. E. P. The Influence of Forests on Rainfall and Runoff. Quarterly Journal, Royal Meteorological Society, Vol. 54, No. 225 London. 1928
6. Chittenden H.M. Forests and Reservoirs in their Relation to Streamflow With Particular Preference to Navigable Rivers. Trans. Am. Civil Engrs. Vol. 62. 1909
7. Temontzey, P. L. G. Etude Sur les Travaux de Reboisement et de gazonnement des montagnes Paris, 1878
8. Duley, F. L. and M. F. Miller. Erosion and Surface Runoff under Different Soil Conditions. Mo. Agr. Expt. Sta. Research Bull. 63. 1923
9. Forsling C. L. 1931. A Study of the Influence of Herbaceous Plant Cover on Surface Run-off and Soil Erosion in Relation to grazing on the Wasatch Plateau in Utah, U.S.D.A. Tech. Bull. No. 220.
10. Halden B. E. Influence of Forest Stands on the Distribution of Soil Moisture in Different Soils 1926.
11. Hirata, Tokutaro. Contributions to the Problem of the Relation between the forest and Water in Japan. Imperial Forestry Expt. Sta. Meguro Tokyo, Japan, 1929
12. Hoyt W.G. and H.C. Troxell. Forests and Streamflow Proceedings. Am. Soc. Civil Engrs, Vol. 58, No. 6, 1932
13. Huffel, Forests and Springs, Paris

14. Lowdermilk W.C. Forest Destruction and Slope Denudation in the Province of Shansi, China, *China Jour.* Vol.4, No.3, Shanghai, 1926
15. Lowdermilk W. C. Further Studies of factors affecting Surficial Run-off and Erosion. Proceedings, International Congress, Forestry Expt. Stations, Stockholm. (按此文即黃瑞采譯金陵大學農學院農林推廣叢刊第六號森林地面覆被物影響地面流量土層滲透量及山坡沖刷之試驗 廿四年五月初版)
16. Lowdermilk W.C. Still Further Studies on Absorption of Rainfall in its Relations to Surficial Runoff and Erosion, Transactions, Am. Geophysical Union, 15th Annual Meeting, 1934
17. Mead, Daniel W. Flow of Streams and factors that Modify it With special Reference to Wisconsin Conditions Bull. Univ. Wisc. No.4-25 Engi. Series Vol.6, No.5. 1911.
18. Nicholson J.W. The Influence of Forests on climate and Water Supply in Kenya (British East Africa.) East African Meteor. Service Forestry Department Pamphlet No.2, 1930
19. Ototzky P. Der Einfluss der Wälder auf das Grundwasser Zeitschrift für Gewässer Kunde. I. Band, Heft I. 1898
20. Swian G.F. Conservation of Water by Storage. Chester S. Lyman Lecture Series, Yale University Press 1914
21. Toumey J.W. Foundations of Silviculture upon an Ecological Basis. John Wiley Book Company, N. Y.
22. Zon, Raphael, Forests and Water in the Light of Scientific Investigations. U.S. Govt. Printing Office

蓄水之斷面壩計算

周 尙

1. 概論

蓄水壩之形狀現已有美滿之改進，所未臻盡善者，惟其安全程度耳。蓄水庫之安全關於下游生命財產甚巨，一旦潰決，蓄洪暴瀉，災情之慘，殊非泛濫之水所能比衡。故蓄水壩之計算，應較其他一切水利工程為精密者，即在此也。

現世所建蓄水庫，因欲增其容量，壩身往往甚高。因此而其所受之外力亦甚大，吾人對於各種外力之作用雖能明其因果，但抵禦之方向難達十足之安全。譬如氣溫增，則壩身之內力亦增，其結果可造成細微之裂痕，而成爲兆禍之因，吾人現能爲此謀者，除設接縫以供伸縮外，別無他術。至於在基層之上壓力，關於壩身之安全尤巨，苟能假定適當而利用之，自無問題。反之則足使安全係數大減，甚至因上壓力之急增而使壩身崩裂，故通常均有洩水設備，以免意外。但排洩工事對於水量之損失頗巨，在攔洪壩固無問題，而在蓄水壩則又當另作詳密之考慮矣。

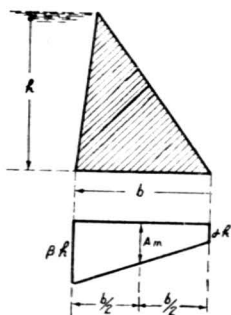
上壓力之大小，完全以壩基之地質如何而定，如壩基之石層有細微裂痕或虛隙，而在任何一處與水庫相貫通者，即可產生上壓力。但此細微虛隙之所在，非吾人所易知也。據各國在已建各壩測驗之結果而可斷言者，如 Schäfer 氏在 Östertalsperre，Borchard 氏在 Neyetalsperre，Link 氏在 Möhnetalsperre，Länge 氏在 Edertalsperre，以及歐美其他各處之蓄水庫，在向水面壩脚之上壓力，咸較背水面爲大，至於內外二面大小之差別，則

以壩基有無洩水工程而不同。未施排洩工事者，其上壓力之分佈大部為梯形，向水面之上壓力約等於水深，背水面約等於其半。壩基已施洩水工事者，其上壓力之分佈近似三角形，向水面約等於水深，背水面則近於零。但此項分佈狀態，以各處之地質變化萬狀，亦難視為確切不移之定例。茲將Länge氏數年前在Edertalsperre所測得之上壓力，列表於下，以供一覽。

蓄水庫壩身基層之地質狀況	上壓力以水深h之百分比計	
	向水面	背水面
1. 龜裂頗強之岩層	100	50-56
2. 普通岩層	80	50
3. 地質頗良而岩層堅實者	70	35
4. 岩層情況與3同並具洩水工事者	50-56	10

總括上述情形，對於基層上壓力之變化殊難下一斷語，而祇能以下列公式表示之（視第一圖）

第一圖



$$A_m = \frac{(\alpha + \beta)h}{2}$$

$$\Sigma A = \frac{(\alpha + \beta)h}{2} \cdot b$$

A_m = 上壓力

α 與 β 為水深之百分比

至於壩身所受之外力可有下列數種

1. 水壓力 W 其力向與壩面垂直，
2. 壩身之自重 G ，

3. 上壓力 A ,

4. 冰塊之撞力 B 。

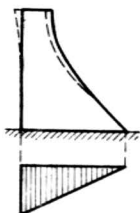
本身之重量作用有二，在蓄水時其性質係屬抵抗力，在水乾時則對於靠水一面之壩基施以壓力。關於冰塊之撞力據瑞士 Hilgard 氏在嚴寒地帶之測驗結果，每公尺壩長可以四十至七十五公噸計算之，惟按吾國情形，此點似可不顧。上壓力除在基層外，壩身各細縫中均可產生，其影響則達於在其上者之全部。惟是項上壓力之值，在設計時殊難憶測。故為穩慎起見，法俄二國工程師對蓄水壩之計算大都均採用（法國）賴維氏 (Porf. Levy) 所創之原則。即在靠水一面壩身每層所有之內力，不使小於該層之上壓力。是項規定其意義乃在應用全部上壓力。賴維氏云：向水一面之壩身每層均能發生裂縫，其形狀則以壩身受外力後之「變形」如何而定。在各裂縫中均有上壓力。但苟在某層其本身之重量大於該處之上壓力時，則裂縫可免，壩身之安全得因此而增加。

對賴維氏取用全部上壓力之原則，表示異議者頗不乏人。據反對者之意見，以為按此原則計算，其先決條件為壩身須在水下，并須依照阿希梅德氏之原理，壩身所失之重等於其所排擠之水量。（如壩身之比重每公方為 2.3 公噸時則應等於 1.3）。換言之，即壩基須能滲水，造成一淺水層，方為符合。然實際並不如是也。云云。嗣後克利佛宜教授 (Prof. Kriwoschein in Petrograd) 對上述意見作一答復。其意謂建築巨大之蓄水庫不應以節省工費為設計之主要目標，而應以壩身十足之安全為前題。對賴維氏之原則，亦不必固執一見，必以壩身各層均能浮游方云合理，此項設想乃屬錯誤云云。克氏爰擬「蓄水庫壩身之應用断面」一文，刊載於德國土木工程雜誌第九卷第七期。對於上壓力之顧慮，裂縫之阻免，及壩身断面之計算方法，均有明切之指示。故擇其重要者編譯於下，以供研究蓄水庫者之參考。克氏論文之要點，除採用賴維氏之原則外，加創一原則以作推算合理断面之根據。以下所述均係譯文，惟因原文詞句及公式均甚簡略，故有數處略為伸論，以資明晰，與原文字

句不甚符合。

水庫蓄滿時，在背水一面之壩身，其內力達於極限。在水乾時計算者大都定其內力為零。對後者吾以為須加考慮。余意在水乾時壩之外腳之壓力不應以零為標準，而應定一略大於零之值，譬如等於平均壓力四分之一因按第二圖壓力之分佈狀態，（水庫無水，向水面壓力達於極限背水面等於零。）苟施工時期，壩身尚未完全堅實，未克荷其本身之重量時，壩身即有側斜下陷之危險，如第二圖虛淺所示，因此壩身

第一圖



灣曲，向水一面之壩身即發生裂縫。Prof. S. Bolzetzky 曾按學理以研究壩身之「變形」。渠所得之結果，認為垂直之裂縫僅能發現於向水一面之壩身，故欲免除此弊，計算時背水一面壩身之最小壓力，不應以零為標準，而應定為 $\alpha \sigma_0$ ($\alpha > 0$, $\sigma_0 =$ 平均壓力)，在理想上如水乾時能使基層之壓力二面相等，實屬最佳。惟此種情形，祇能在「對稱」(Symetrie) 之斷面中求得之。然對稱斷面之建築費頗昂，（詳後）故為免除裂縫並使工程經濟起見，可定 α 為四分之一至二分之一。按此規定，壩之建築費較用普通計算方法所得者（即 $\alpha = 0$ ）略高（詳後）。但建築時堤身可無發生裂痕之弊，故擬據此及賴維氏所定之條件，以求壩身合理之斷面，即

第一條件：在水庫蓄滿時，向水一面壩身之內力不得小於該層所受之上壓力。（賴維氏之條件）

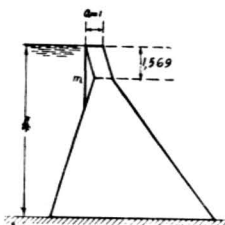
第二條件：在水庫乾時，背水一面壩身所有之內力（或基層壓力），不使為零，而以較大於零之值為標準。（克氏條件）

壩身斷面之寬度及形狀，即按此二條件計算決定之。此二條件亦可用二次微分方程表示之，但根據微分方程以求其積分難得圓滿之結果。不若將壩身分層計算，求其每層所有之內力，以其斷面之大小為

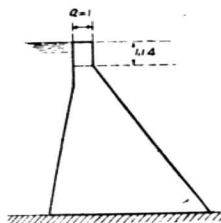
簡單。

關於断面之方式，茲取二種不同者以研究比較之。

第三圖



第四圖



甲 壩頂為斜方形（第三圖）向水面之倒向斜坡，可用翼牆 m 以支之。（作者曾數次實施之，並無困難）

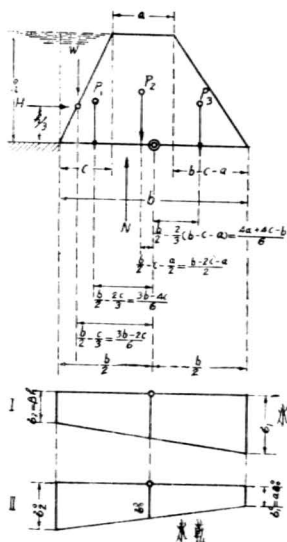
乙 壩頂為正方形（第四圖）

據此二者研究之結果，斜方形者並無優點可言，遠不及正方形者之為佳。

至於整個断面形狀之決定，可以三角形與梯形断面為基本断面，而計算其內力之大小。所得結果（詳後）頗足引起研究者之興趣。蓋按此方法無須先事計求壩身橫断面之形狀（即前後面之精確曲線），祇須以三角形為基本断面，而將其頂部改為正方形，按後列各公式計算之，即得一合理之橫断面。至於在一平行断面上，內力之分佈狀態，慕爾氏（Mohr）與賴維氏均經根據彈性原理，證明其為直線形。Timoshenko 教授亦曾以三角形及正方形為壩身之基本断面，根據彈性原理以研究其內力分佈之形狀。所得結果，則以梯形表示之。慕爾氏又以曲線形之橫断面為壩身之基本断面，而證明曲線形的內力分佈為不可能。結果渠仍假定其分佈為直線式。故據此原則，在前定二條件之下所求得之断面，自屬合理，因吾人所得之断面，與高大之三角基本断面，並無差異也。

2. 壩身橫斷面為梯形

第五圖

按第五圖設 γ 為壩身之比重,則

$$P_1 = \frac{\gamma h c}{2}$$

$$P_2 = \gamma ah$$

$$P_3 = \frac{\gamma (b-a-a) h}{2}$$

$$H = \frac{h^2}{2}$$

$$W = \frac{ch}{2}$$

垂直總壓力

$$N = \gamma \frac{(a+b)}{2} h + \frac{ch}{2} \dots \text{水滿時}$$

$$N_0 = \gamma \frac{(a+b)}{2} h \dots \text{水乾時}$$

若以断面底邊之中點為旋點則其能率 (Moment) 如下

$$m = \frac{h^3}{6} - \frac{ch}{2} \frac{(3b-2c)}{6} - \frac{\gamma hc}{2} \frac{(5b-4c)}{6} \\ - \gamma ah \frac{(b-2c-a)}{2} + \gamma \frac{(b-a-c)}{2} h \frac{(4a+4c-b)}{6}$$

若庫中水乾,則上式前列第一第二兩函數均等於零。欲定壩身底邊之闊 b ,則先使適合於賴維氏之原則,即按照第五圖使 $\sigma_2 = \beta h$,換言之即水庫貯滿時,向水面壩身之內力不使小於水之上壓力故 $\beta \geq 1$ 。

向水面壩身之斜度 (即第五圖內 c 之寬距),以水庫乾時背水

而壩身之內力 σ'_1 僅為平均壓力 σ''_0 之一部即等於 $\alpha \sigma''_0$ 為準則，而 α 須大於零。

故 $\sigma'_1 = \alpha \sigma''_0$ (克氏所創議)

假設 $\alpha = 0$ 則 $\sigma''_0 = 0$

換言之即水庫乾時所有外力之和適交於壩底之核點 (此係普通計算法)。

按普通力學原理中「重力偏中」之公式

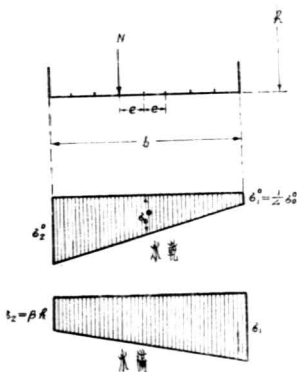
$$\sigma'_1 = \frac{N}{F} - \frac{M}{W}$$

N = 垂直之總力

F = 壩基之面積以一公尺長為單位

m = 能率 = $N \cdot e$

第十六圖



W = 抵抗能率 = $\frac{1 \alpha b^2}{6}$

b = 橫断面之闊

e = N 偏中之距離

σ = 基層所受之壓力

$$\sigma''_1 = \frac{N}{b} - \frac{6N \cdot e}{b^2} = \frac{N}{b} \left(1 - \frac{6e}{b} \right)$$

$$= \alpha \sigma''_0 = \alpha \frac{N}{b}$$

$$\alpha = 1 - \frac{6e}{b} \cdot \frac{e}{b} = \frac{1 - \alpha}{6}$$

設

$\alpha = \frac{1}{4}$	$\frac{e}{b} = \frac{1}{8}$	$\frac{2e}{b} = \frac{1}{4}$ (1)
$\alpha = \frac{1}{2}$	$\frac{e}{b} = \frac{1}{12}$	$\frac{2e}{b} = \frac{1}{6}$ (2)

按(1)(2)兩式之意義,在水庫乾時若假定向水面壩脚之壓力為平均壓力之四分之一,則N不能脫離底層中部四分之一之寬度。(視第六圖)苟以平均壓力之半為標準,則N不得越出中部六分之一之寬度。為經濟計以 $\sigma' = \frac{1}{4}$ 較為適宜。

總括上述各項規定,可將水滿時向水面及水乾時背水面壩基之最小壓力 σ'_2 與 σ'_1 之公式彙列於下:

$$\sigma'_2 = \beta h = \frac{N}{b} - \frac{6m}{b^2} \text{ (賴維氏之條件) } \dots\dots\dots(1)$$

$$\sigma'_1 = \alpha \sigma'_0 = \alpha \frac{No}{b} = \frac{No}{b} + \frac{6mo}{b^2} \text{ (克氏之條件) } \dots\dots\dots(2)$$

若將前列N, m, No, mo之值代入上式則得下列之基本公式

$$(1) \quad \frac{N}{b} - \frac{6m}{b^2} - \beta h = 0 =$$

$$= \frac{1}{b} \left[\gamma \left(\frac{a+b}{2} \right) h + \frac{ch}{2} \right] - \frac{6}{b^2} \left[\frac{h^3}{6} - \frac{ch}{2} \left(\frac{3b-2c}{6} \right) - \frac{\gamma hc}{2} \left(\frac{3b-4c}{6} \right) \right]$$

$$- \gamma ah \left(\frac{b-2c-a}{2} \right) + \gamma \left(\frac{b-a-c}{2} \right) h \left(\frac{4a+4c-b}{6} \right) - \beta h = 0$$

簡略之即得

$$(I) \quad \left[(\gamma - \beta) b^2 - (\gamma - 2) bc + \gamma a (b - a - 2c) - (h^2 + c^2) \right] = 0$$

由(2) $\frac{No}{b} + \frac{6mo}{b^2} = \alpha \frac{No}{b}$; 或 $No + \frac{6mo}{b} = \alpha No$ 可書為

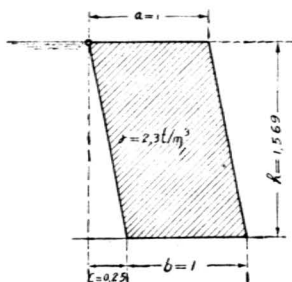
$$\gamma h \left(\frac{a+b}{2} \right) + \frac{6}{b} \left[-\frac{\gamma hc}{2} \left(\frac{3b-4c}{6} \right) - \gamma ah \left(\frac{b-2c-a}{2} \right) + \gamma \left(\frac{b-a-c}{2} \right) h \left(\frac{4a+4c-b}{6} \right) \right] - \alpha \gamma h \left(\frac{a+b}{2} \right) = 0$$

簡略之即得

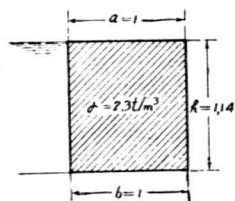
$$(II) \quad \left[C = -\frac{\alpha b(a+b) - 2a^2}{2(b+2a)} \right]$$

茲按(I)(II)兩式以計算前述斜方形與正方形之断面如下:

第七圖



第八圖



甲 斜方形

設 $\alpha = \frac{1}{4}$, 若總力綫不出断面中部四分之一之寬, 而 $\beta = 1, \gamma = 2.3$

$a = b = 1$, 則由 (II) 式可得

$$c = \frac{2 \times \frac{1}{4} - 2}{2 \times 3} = -\frac{1}{4} \quad \text{代入(I)式則得第七圖斜方形之高}$$

$$h = 1.569$$

乙 正方形

設 $a = b = 1, c = 0$, 代入 (I) 式則得第八圖正方形之高

$$h^2 = 1.3; h = 1.14$$

(3) 壩身橫斷面為三角形

設前節 (I) (II) 兩式內之 $a = 0$, 則該二式即適用於三角形之断面。

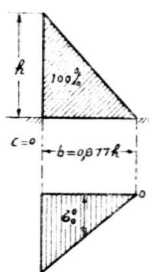
$$(I') (\gamma - \beta)b^2 - (\gamma - 2)bc - (h^2 + c^2) = 0$$

$$(II') c = \alpha \frac{b}{2}$$

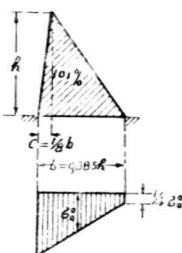
設 $\beta = 1, \gamma = 2.3, \alpha = 0, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, 1$;

則可得下列四種基本断面, 其壓力之計算, 僅以本身之重量為限。

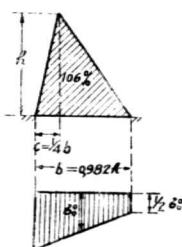
第九圖



第十圖



第十一圖



第十二圖

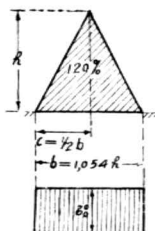
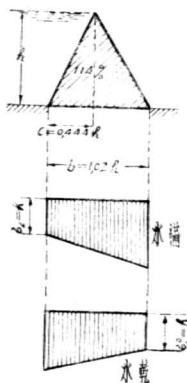


圖 號	α	c	b	橫斷面之面積
第 九 圖	$\alpha = 0$	$c = 0$	$b = 0.877 h$	100 %
第 十 圖	$\alpha = \frac{1}{8}$	$c = \frac{1}{8} b = 0.1106 h$	$b = 0.885 h$	101 %
第 十 一 圖	$\alpha = \frac{1}{4}$	$c = \frac{1}{4} b = 0.232 h$	$b = 0.928 h$	106 %
第 十 二 圖	$\alpha = \frac{1}{2}$	$c = \frac{1}{2} b = 0.527 h$	$b = 1.054 h$	120 %

上列各斷面極有研究之價值，擬名為「合理的應用基本斷面。」若將上列之表作以比較，則可知欲避免背面水牆腳之壓力 $\sigma'_i = 0$ ，其所增之面積實屬有限。譬如在 $\alpha = \frac{1}{4}$ 即最小之壓力等於平均壓力之四分之一，其所增之面積僅為百分之一。在 $\alpha = \frac{1}{2}$ 即最小之壓力為平均壓力之半，其所增之面積為百分之六。苟使壓力分佈均勻，則所增之面積頗巨（百分之二十）

第十三圖



備註：假定使水庫乾時之最小 σ_1^0 及水庫滿時

之最小 σ_2 相等，並使後者不小於 h

如 $a = 0$ ， $\gamma = 2.3$ ，則

$$c = \frac{b}{\gamma} = \frac{b}{2.3} = 0.435 b$$

$$b = 1.020 h, \quad c = 0.444 h$$

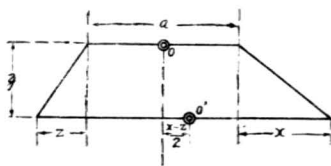
將此断面（第十三圖）與第九圖相較，

則所增之面積約為百分之十四。

4. 應用方法

本問題藉微分方程以求解決，難得確切之結果，已述於前。故應用時擬取分層計算法，將整個断面分為數梯形断面。以求後者應有之闊度，自頂至基按層計算，每層均按前二條件分立公式，是項方法甚為簡單，惟頗費時間。

第十四圖



$$\text{故設 } b = x + z$$

$$c = x - z$$

茲假設壩頂之闊為一公尺 ($a = 1$)，其上層并已計定，進而計算其次層（視十四圖），為簡單起見，假定梯形底邊之中點為「能率」之旋點。并不以 x 與 z 為變數，而取其和與差。因 x 與 z 之些小誤差，頗影響於旋點之地位也。

$$\text{或 } x = \frac{b+c}{2}$$

$$z = \frac{b-c}{2}$$

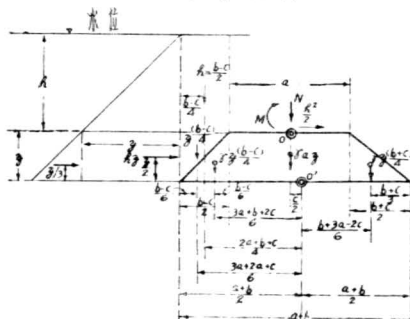
N_0 = 水庫乾時之自重壓力

m_0 = 水庫乾時因上層自重所生之「能率」

N 與 m 其意義與上同，惟在水滿時所產生者

ΔN_0 Δm_0 ΔN Δm 意義同上而屬局部增加者，將此加入已求出之 N 與 m ，藉作次層計算之根據。按此逐層遞加，即得最後之結果。

第十五圖



按第十五圖

$$1, \Delta N_0 = \gamma ya + \gamma y \frac{b+c}{4} + \gamma y \frac{b-c}{4}$$

$$2, \Delta N = \Delta N_0 + h \frac{b-c}{2} + y \frac{b-c}{4}$$

$$3, \Delta m_0 = \gamma y \left(\frac{b+c}{4} \right) \left(\frac{b-3a-2c}{6} \right) - \gamma ya \frac{c}{2} - \gamma y \left(\frac{b-c}{4} \right) \left(\frac{3a+b+2c}{6} \right) - N_0 \frac{c}{2}$$

$$4, \Delta m = - \frac{\gamma y_0}{12} (3a+b) - \frac{N_0 c}{2}$$

$$- \frac{h(b-c)}{2} \left(\frac{2a+b+c}{4} \right) - y \left(\frac{b-c}{4} \right) \left(\frac{3a+2b+c}{6} \right) + \left[\frac{h^2}{2} y + \frac{hy^2}{2} + \frac{y^3}{6} \right]$$

求未知數 b 與 c 可用下列二公式

$$(I) \sigma'_2 = h+y = \frac{N+\Delta N}{a+b} - \frac{6(m+\Delta m)}{(a+b)^2} \dots\dots\dots (\text{賴維氏之條件})$$

$$(II) \sigma'_1 = \alpha \frac{N_0+\Delta N_0}{a+b} = \frac{N_0+\Delta N_0}{a+b} + \frac{6(m_0+\Delta m_0)}{(a+b)^2} \dots\dots\dots (\text{克氏條件})$$

基前列 ΔN_0 , ΔN , Δm_0 , Δm 之值代入上式。同時顯及其上層亦有

與此相仿之公式,並按本文所列之條件,應有下列之關係。

$$\text{III} \begin{cases} h = \frac{N}{a} - \frac{6m}{a^2} \\ \alpha \frac{No}{a} = \frac{No}{a} + \frac{6mo}{a^2} \end{cases}$$

簡略之即得最後之實用公式,以求未知數 b 與 c ,

$$(I) \quad \left[\begin{aligned} & (h + (2\gamma - 1)y)b^2 + 2(2N + (3\gamma - 2)a \cdot y)b - 2(h - (\gamma - 1))bc + 2(6N \\ & - 4ah + (3\gamma - 2)ay)c - (3h + y)c^2 + 4(\gamma - 1)a^2y - 4((h + y)^2 - h^2) + \\ & (ha^2 - No + 6m) = 0 \end{aligned} \right]$$

$$(II) \quad \left[\begin{aligned} & (1 - \alpha)\gamma yb^2 + (1 - \alpha)(2No + 3\gamma ay)b - \gamma abc - 3(2No + \gamma ay)c + 2 \\ & (1 - \alpha)\gamma a^2y + ((1 - \alpha)Noa + 6mo) = 0 \end{aligned} \right]$$

在此二式中,直線括弧內之值,係等於零。但為核對起見,仍擬置之。

按此方程,形式雖繁,但實際上除 bc 兩數外,均屬已知數。惟欲解求 b 與 c 之值,其結果得一四次方乘之公式。欲使簡略,可將 b^2 與 c^2 及 b 乘 c 之值用近似值代之。則二公式即成爲一次方乘式。因此而得之誤差甚微,蓋 bc 之值本屬甚小,再加二次方乘,其影響更微。在實際應用上並無妨礙也。再將每次所求得 b, c 之值,代入 σ_1^0 及 σ_2^0 之公式內以核算之。若壓力過大則將 bc 部份略予展寬。

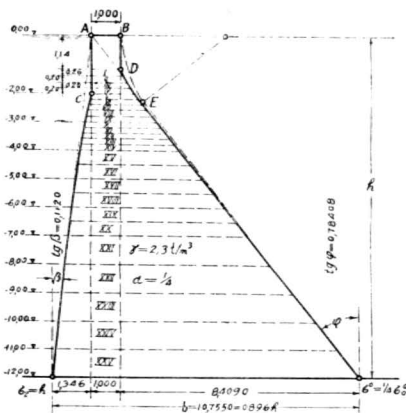
5. 應用断面之計算

壩頂斜方形之蓄水壩,實用并無優點,故其計算從略。(譯者之意見)茲將壩頂正方形之断面計算之。

按照第八圖基本断面正方形之高 $h = 1.14a = 1.14$, 設 $\beta = 1$, $\alpha = \frac{1}{4}$, $\gamma = 2.3$ 則與前定二條件均屬符合。計算所得之成果彙列於附表,断面見第十六圖。

倘吾人注意十六圖內外二面壩身斜坡之角度 $\text{tg} \beta$ 與 $\text{tg} \varphi$, 則知其並非直線,乃爲波形之曲綫。故爲實用計,向水面之斜坡應予以相當之

第十六圖



修改。在背水面之斜坡幾似直線，惟細察表內 $\lg p$ 之值，初則增加，至 $h = 2.8$ 以下，則漸減。由此可知其斜坡亦為波形之曲線，其坡度自頂至 $h = 2.8$ 處漸漸平坦，逾此則漸陡。在實用上亦改以直線為善。並將計算所得之值，包括於直線之內，如十六圖內虛綫所示。

在十六圖可使吾人注意者，乃將断面左右二邊綫引長則均交於 A 點，即三角形之頂點。其低邊之寬為 $0.896h$ 。查第十圖基本断面之闊為 $0.885h$ ，相差為 $0.011h$ 。

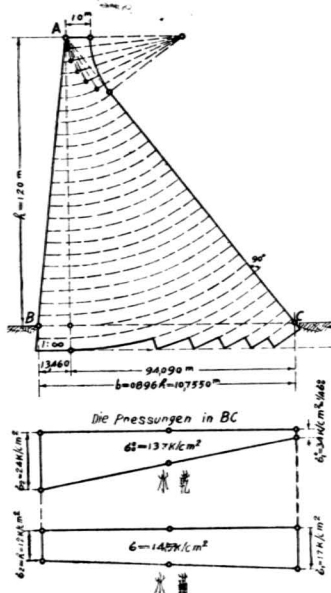
如將第十六圖與第十圖相較，則可知應用断面可將三角式之基本断面稍予修改得之。經此修改其面積較原有断面約增百分之二，若蓄水壩之高度愈大，則底寬與基本断面相差愈微，在無限之高度，則此 2% 即趨於零。若將改正之断面與第十圖之基本断面相較，則其面積僅增 $\frac{1}{2}\%$ 。

第十六圖及附表所列之有效範圍，在 $a = 5$ 公尺，其高度可至 36 公尺，若 $a = 10$ 公尺，則高可達 120 公尺，餘類推。

6. 舉例

設蓄水庫高為 120 公尺，壩頂闊為 10 公尺，試計算其壩基之最大壓力。(第十七圖)

第十七圖



滿時則在背水一面 (28 kg/cm^2) 兩值似相等。

7. 應用備考

本文所述對於壩身下滑之可能性並未考慮及之，蓋下滑之危險可在建築時藉上下層銜接縫之安排以阻免之。在水滿時背水面內力 ($\sigma(1+\text{tg}^2\varphi)$) 合理的分佈，如內力之方向與背水面『切綫』(Tangente) 之方向同，則亦可由上下層銜接縫之妥善安排而得之。

是項銜接縫可以 A 點為中點而作圓形，如十七圖所示。如是則壩基之齒形，亦出於自然。此種断面，對於基層壓力之分佈，實屬最完善者也。

1 庫中無水

查附表 No=147.176, $m_0 = -197.834$,

再按圖『抵抗能率』 $W = \frac{1 \times a^2}{6} =$

$$\frac{115.67}{6} \text{ 故 } \sigma' = \frac{N_0}{a} \pm \frac{6m_0}{a^2} = \left[\frac{14.176}{10.755} \mp \right.$$

$$\left. \frac{6 \times 197.834}{115.67} \right] 10 = \begin{cases} +34 \text{ t/m}^2 = \frac{1}{4} \frac{N_0}{a} \\ +239 \text{ t/m}^2 = 24 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

2, 庫中水滿

查第二表 $N=155.834, m=+47.876$.

$$876, W \text{ 同上. 故 } \sigma = \frac{N}{a} + \frac{6m}{a^2} =$$

$$\left[\frac{155.834}{10.755} + \frac{6 \times 47.876}{115.67} \right] 10 = \begin{cases} 170 \\ 120 \end{cases}$$

$$\text{t/m}^2 = h$$

$$\text{背水一面 } \max \sigma_2 = 170(1 + \text{tg}^2 \varphi) = 276 \text{ t/m}^2 = 28 \text{ kg/cm}^2$$

由此可見其最大之內力在庫中無水時係在靠水一邊 (24 kg/cm^2) 水

土壓力及土抗力之計算尺

略 騰

土壓力及土抗力之公式如下：—

$$P_a = \frac{1}{2} Wh^2 \times \frac{\cos^2(\rho + \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta - \alpha) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\rho + \delta) \cdot \sin(\rho - \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cdot \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2} \dots (1)$$

$$P_p = \frac{1}{2} Wh^2 \times \frac{\cos^2(\rho - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta - \alpha) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\rho - \delta) \cdot \sin(\rho - \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cdot \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2} \dots (2)$$

上二式中

P_a = 單位總壓力 (Unit Active Earth Pressure)

P_p = 單位總抗力 (Unit Passive Earth Pressure)

W = 土之單位重量

h = 護土牆之垂直高

δ = 總壓力綫與牆背垂直綫間之角度

ρ = 土之安眠角 (Angle of Repose)

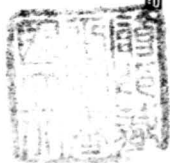
α = 牆背傾斜度 (向內傾為+, 向外傾為-)

β = 牆背土面與水平所成之角度

今設 $C_a = \frac{\cos^2(\rho + \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta - \alpha) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\rho + \delta) \cdot \sin(\rho - \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cdot \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2}$

$$C_p = \frac{\cos^2(\rho - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta - \alpha) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\rho - \delta) \cdot \sin(\rho - \beta)}{\cos(\delta - \alpha) \cdot \cos(\alpha + \beta)}} \right]^2}$$

則 (1) (2) 兩式可簡寫為



$$P_a = \frac{1}{2} W C_a h^2 \dots\dots\dots (3)$$

$$P_p = \frac{1}{2} W C_p h^2 \dots\dots\dots (4)$$

此計算尺惟一便利之處，即直接可以求得 C_a 或 C_p 之值，其原理極為簡單，係將圖表及普通計算尺二者相合而成，滑尺上各曲綫，表示 $\delta = 0^\circ$ 及在某一定值之 α 及 β 時 C_a 及 P (或 C_p 及 P) 之關係，(如欲 δ 為另一值時，則可另作一圖表以應用，) 惟此曲綫之橫軸分度，因需適合計算尺之應用，故作為對數分度，而縱軸分度，(即指示器上分度) 則仍為普通分度，此尺之應用法說明如下：—

先用 B 尺在 A 尺上置一 h 值，則 C_a 及 C_p 尺在 D 尺上所指示者，即為 h^2 ，然後再用指示器上垂直線與所指定之土之安眠角相交點，移置指定曲綫上，此時 D 尺上之值，即為 $C_a h^2$ 或 $C_p h^2$ 矣，然後再將此值，乘以 $\frac{1}{2} W$ ，即得 P_a (或 P_p) 之值矣，今更舉例如下：—

$$\text{今設 } \rho = 0^\circ \quad \alpha = +20^\circ \quad W = 1.8 \text{ Tons/m}^3$$

$$\rho = 30^\circ \quad h = 5\text{m} \quad (\delta = 0^\circ) \text{ 求 } P_a \text{ 及 } P_p \text{ 之值}$$

$$\text{從計算可得 } C_a = 0.206 \quad C_p = 5.26$$

$$P_a = \frac{1}{2} W C_a h^2 = \frac{1}{2} \times 1.8 \times 0.206 \times 5^2 \\ = 4.635 \text{ Tons/m}$$

$$P_p = \frac{1}{2} W C_p h^2 = \frac{1}{2} \times 1.8 \times 5.26 \times 5^2 \\ = 118.35 \text{ Tons/m}$$

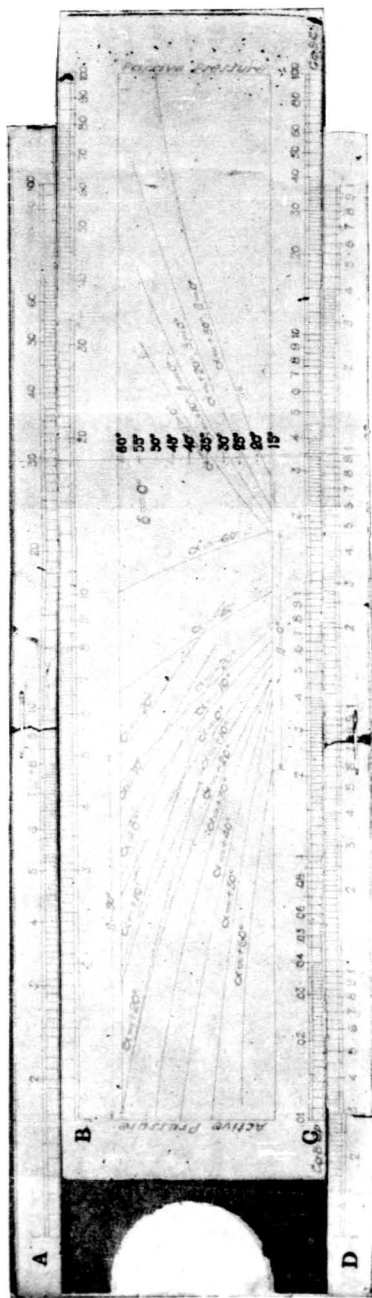
用計算尺求得

$$P_a = 4.6 \text{ Tons/m}$$

$$P_p = 110 \text{ Tons/m}^2$$

上二值中，以 P_p 之差誤較大，此完全由于所製計算尺不能精確所致，如能精細製造，則其差誤率當與普通計算尺相同也。





水 利

HYDRAULIC ENGINEERING

中國水利工程學會發行

PUBLISHED MONTHLY BY THE HYDRAULIC ENGINEERING

SOCIETY OF CHINA

南京梅園新村三十號

30 Plum Garden, Nanking, China

代售處 生活書店 上海福州路384號

鷄鳴書屋 南京楊公井

正中書局 南京太平路

中央書局 南京太平路

印刷者 東南印刷所 南京洪武路25號

本 刊 定 價 表

本期零售每册五角(郵費加一)

預 定	冊 數	書 價 連 郵 費	
		國 內	國 外
半 年	6 冊	\$ 1.20	
全 年	12 冊	\$ 2.40	\$ 3.06

精裝本(一卷至十卷)每卷三元

補購二卷至十卷各期按定價加倍

中華郵政特准掛號認爲新聞紙類
內政部登記證警字第一二二三號



中國水利珍本叢書

第一輯已出及將出各書

預約全年十二冊
冊價洋六元郵費在內
米色重磅道林紙印刷三十二開
中箱本配古雅書面除影印本外均係四五號鉛裝斷句

河防通議
合刻
至正河防記
全一冊本年一月出版

閩水集
韓國鈞題
全一冊本年二月出版

河防一覽
葉恭綽題
全四冊本年三四五六月出版

河渠紀聞
林森題
影印本 全四厚冊 本年七八九十月出版

南京梅園新村三十號

中國水利工程學會刊行