

中央水利實驗處
研究試驗報告

甲種：水工模型試驗

第七號

陝西漢惠渠進水閘滾水壩
及筏道模型試驗報告書

中華民國三十七年五月

陝西漢惠渠進水閘滾水壩
及筏道模型試驗報告書

序

近世工程設計，因科學之演進，理論與核算益趨精確，成果日宏。惟水利工程之設計，則以河流水性各各不同，難以一成之定論，適應複雜之變化。故疏導宣洩之法，堤防障堰之功，合則安瀾順翕，化瘠土爲沃區；不則巨浸稽天，淪平原於澤國。而凡所措施，宜於此者未必悉宜於彼；適於昔者未必仍適於今，因地制宜，各不相襲。是以水工之設計，關係繁複，其技術之進展，稍亦濡遲。蓋自來治水力學者，物理學家恆假設水流爲無黏滯性之理想液體，因而計算其流動之定律，特水流固非絕對無黏滯性者，其爲值雖微，而實具有決定性之因素，以故水工計劃實施以後，往往多所鑿枘。至工程師之從事水力研究者，頗思矯此闕失，遂舍理論而崇經驗，蒐集測驗資料，列爲公式，參酌基本關係，而分別傳以係數，以漸符合實際情況。然當設計之時，選擇係數，仍苦無一定之據依，苟或毫釐之差，詎能免於千里之謬？迨西曆一八九八年，德國特萊司登水工教授恩格斯氏，始創水工模型試驗，應用相似性力學原理，做製海港河渠堤堰閘壩之模型，參酌天然水性，調合水流，引注其中，用以觀測其變化現象，因微察著，以例證真，隨工程之目標，逐一改正其設施，以期於至當。於是驗諸一室而不訛，施諸實際乃有準，其成效之完滿，迴

非憑虛冥想，捫闔求步者所可比擬。然後水工技術，日臻孟晉，匪獨省工節帑，其成果之安全，於以有保障焉。

我國舉辦水工模型試驗，昉於民國二十四年，前全國經濟委員會既設置中央水利研究實驗機構，乃於南京清涼山麓，拓地庀材，籌建水工試驗大廈；復先假國立中央大學隙地，建立臨時水工試驗室，辦理模型試驗，以應當時各項水利工程之急需。繼而抗戰軍興，國府西遷，雖在時會艱虞器材廹竭之際，猶先後於重慶成都昆明武功等處，設立水工試驗機構，各依地區之需要，分別研究試驗，粗獲成果。三十五年國府還都，積極復員建設，尤致意於水利工程之興復。本處乃儘先修建原設中央大學之臨時水工試驗室，並趕築清涼山之水工試驗大廈，其昆明水工試驗室則遷移北平，改設北平水工試驗所。務期今後水工試驗技術，廣大發揚，庶幾裨益於全國水利之建設；且進而與世界各國互相聯繫，作技術上之交換，以資切磋。爰舉歷年辦理之各項水工試驗及研究報告六十餘種，擇尤彙編，附以英文摘要，用備中外學者之觀覽。第規模草創，精研有待，茲編之成，又復匆促，率陋粗疏之處，尚冀當世鴻碩有以繩正之！

中華民國三十七年五月

鄭肇經

中央水利實驗處研究試驗報告一覽

甲種 水工模型試驗

- 第一號 導淮入海水道楊莊活動壩模型試驗
- 第二號 導淮入江水道三河活動壩模型試驗
- 第三號 四川長壽龍溪河水力發電廠攔河壩模型試驗
- 第四號 廣東北江蘆苞活動閘模型試驗
- 第五號 四川綦江船閘模型試驗
- 第六號 陝西黑惠渠模型試驗
- 第七號 陝西漢惠渠進水閘滾水壩及筏道模型試驗
- 第八號 甘肅湟惠渠進水閘及陡坡模型試驗
甘肅夏惠渠陡坡模型試驗
- 第九號 四川洪雅花溪渠幹渠跌水模型試驗
甘肅蘭豐渠崔家崖跌水模型試驗
- 第十號 四川綦江羊蹄峒蓋石峒滾水壩模型試驗
- 第十一號 陝西褒惠渠模型試驗
- 第十二號 雲南彌勒甸溪滾水壩模型試驗
陝西澇惠渠工程計劃之研究
貴州漣江攔河壩模型試驗
陝西渭惠渠攔河壩模型試驗
湖北金水流域洩洪堰模型試驗
- 第十三號 四川江北郭家沱虹吸溢道模型試驗
- 第十四號 四川綦江石溪口花石子滾水壩船閘模型試驗
- 第十五號 漢渝公路汽車渡船模型試驗
- 第十六號 四川長壽桃花溪水電廠暗渠及引水管水流情形之探討

第十七號 揚子江筲箕背灘模型試驗

第十八號 揚子江小南海灘模型試驗

第十九號 安徽華陽河洩水閘模型試驗

乙種 水工研究

第一號 水槽兩壁對於臨界拖引力之影響

第二號 砂土壩基滲水之探討

處 驗 實 利 水 中 央
會 員 委 纂 編 告 報 工 水

纂 編 總

經 肇 鄭

纂 編 總 副

泰 葆 譚

輯 編

之 琢 姚

幹 年

煜 世 俞

國 彭

海 鏡 嚴

葆 昶

輯 編 副

成 志 吳

熙 林

霞 子 陳

高 陳

緒 賡 張

輯 編 理 助

德 宏 陳

來 泰

生 文 焦

亢 顏

治 宗 陳

NATIONAL HYDRAULIC RESEARCH INSTITUTE

RESEARCH BULLETIN

HYDRAULIC MODEL STUDIES

BOARD OF EDITORS

CHENG, CHAO-CHING	<i>Chief Editor</i>
TAN, PAO-TAI	<i>Assistant Chief Editor</i>
YAO, CHO-CHIH	<i>Editor</i>
JAUNG, GOA-GAN	<i>Editor</i>
YU, SHIH-YU	<i>Editor</i>
CHIANG, PENG-NIEN	<i>Editor</i>
YEN, CHING-HAI	<i>Editor</i>
LEE, PAO-CHIEN	<i>Editor</i>
WU, CHIH-CHENG	<i>Associate Editor</i>
MAO, CHANG-SHI	<i>Associate Editor</i>
CHEN, TZE-SHIA	<i>Associate Editor</i>
CHEN, KAO-LING	<i>Associate Editor</i>
CHANG, KENG-HSU	<i>Associate Editor</i>
CHEN, HUNG-TE	<i>Assistant Editor</i>
KING, TAI-LAI	<i>Assistant Editor</i>
CHIAO, WEN-SHENG	<i>Assistant Editor</i>
YEN, KANG-TSUNG	<i>Assistant Editor</i>
CHEN, TZONG-CHIH	<i>Assistant Editor</i>

陝西漢惠渠進水閘滾水壩及筏道模型試驗報告書

目 錄

漢惠渠進水閘及滾水壩模型試驗

一 緣起	1
二 進水閘模型試驗	1
甲 試驗資料之依據	
乙 試驗之進行及其結果	
丙 結論	
三 滾水壩模型試驗	3
甲 模型之設計及製造	
乙 試驗之進行及其結果	
丙 結論	
四 壩底滲漏試驗	5
甲 試驗之方法	
乙 試驗之結果	
丙 試驗結果之探討	
丁 建議	
五 附圖目次	10
1 漢惠渠進水閘渠底冲刷圖	
2 漢惠渠攔河壩水流及冲刷圖	
3 漢惠渠攔河壩水位流量曲線圖	
4 漢惠渠滾水壩上浮力計算圖	
5 漢惠渠滾水壩壩底上浮力圖	
6 漢惠渠滾水壩壩底滲漏水流綫及等位綫圖(一)	
7 漢惠渠滾水壩壩底滲漏水流綫及等位綫圖(二)	
8 漢惠渠滾水壩壩底滲漏水流綫及等位綫圖(三)	
9 漢惠渠滾水壩壩底滲漏水流綫及等位綫圖(四)	

漢惠渠筏道模型試驗

一 緣起	16
甲 委託機關與試驗日期	
乙 筏道設計概要	
丙 試驗資料之根據	
丁 試驗之目的與範圍	
二 模型設計與試驗設備	17
甲 模型之比例率	
乙 模型之製造	
丙 試驗之設備	
三 試驗之經過及其結果	18
甲 原設計筏道試驗	
乙 變更筏道坡度及粗糙率試驗	
1 試驗第一組	
2 試驗第二組	
3 試驗第三組	
4 試驗第四組	
5 試驗第五組	
丙 筏道流量與上游水位關係試驗	
四 模型與試驗之準確度及試驗結果之引伸	22
甲 模型與試驗之準確度	
1 模型之準確度	
2 試驗之準確度	
乙 試驗結果之引伸	
1 筏道之流量與上游水頭關係	
2 筏道之水深及水躍之位置與迴溜之長度	
五 結論	26

六 附圖目次 27

- 1 漢惠渠攔河壩及筏道平面佈置簡圖
- 2 漢惠渠筏道原設計詳圖
- 3 漢惠渠攔河壩及筏道下游水位與流量關係曲線圖
- 4 漢江沔縣水文站流量期間曲線
- 5 漢惠渠筏道模型試驗設備圖
- 6 漢惠渠原設計筏道水流情形圖
- 7 第一組試驗圖
- 8 第二組試驗圖
- 9 第三組試驗圖
- 10 第四組試驗圖
- 11 第五組試驗圖
- 12 漢惠渠新型筏道水流情形圖
- 13 漢惠渠新型筏道詳圖
- 14 漢惠渠筏道水位流量關係曲線圖
- 15 Nikuradse 氏試驗 ψ 與 Re , $\frac{Rh}{\epsilon}$ 之關係曲線圖

漢惠渠進水閘及滾水壩模型試驗

一 緣 起

陝南土地肥沃，氣候溫和，惟因雨量不足，常有歉收之患。陝西省水利局為補救計，於沔縣附近，引漢江之水，灌溉兩岸農田。其渠首工程包括攔河滾水壩及進水閘，並於攔河滾水壩之側，闢一筏道，以利木筏之通航。幹渠之流量為每秒11立方公尺，可灌地十一萬畝。本處接受該局委托，舉辦此項工程之試驗，於民國二十八年二月開始，二十九年四月完成，試驗之問題計有下列四端。

甲 進水閘下游之冲刷問題。

乙 滾水壩下游之冲刷問題。

丙 滾水壩滲漏問題。

丁 筏道之效能。

本篇係綜述上列甲、乙、丙、三項試驗之成果，筏道專題試驗，另行舉辦，並另編報告。

本試驗由技正譚葆泰設計模型並主持試驗，技士姜國幹技佐徐恩允黃錫耕監製模型並辦理試驗，技佐黃錫耕繪製圖表，技正譚葆泰編製報告。

二 進水閘模型試驗

甲 試驗資料之依據

漢惠渠進水閘有二孔，每孔寬1.65公尺。閘墩寬1.0公尺。進水閘總寬4.3公尺。進水閘之中心距離護坦末端9.3公尺。護坦下游為放寬段，長3.05公尺。與土渠連接。土渠底寬4.4公尺，兩邊岸坡1:1。閘內上游洪水位為586.20公尺，閘下土渠之正常水位為581.40公尺，水深2.0公尺，上下游水位差為4.80公尺，流量為每秒11公方，土渠平均流速為0.86秒公尺。

本試驗模型比例率爲 1:25, 模型流量爲 $\frac{11000}{(25)^{2.5}} = 3.52$ 秒公升, 土渠中之水深爲 $\frac{200}{25} = 8$ 公分, 平均流速爲每秒 17.2 公分, 模型活動河床所用沙礫, 相當於模型土渠之水深時, 其臨界冲刷速度爲 18 秒公分, 合原型 90 秒公分。

乙 試驗之經過及其結果

在舉行試驗以前, 曾作預備試驗, 決定上游水位爲 586.20 公尺, 下游水位爲 581.40 公尺, 流量爲 11 秒公方。及閘門應行開啓之尺寸。然後利用水槽末端之活動堰, 提高下游水位。鋪平河床沙礫, 校正流量, 再將下游水位逐漸降低至正常水位, 於是試驗開始。待河床冲刷達到平衡狀態後, 停止水流, 測繪河床之縱斷面(參見圖 1)。

1 原型進水閘(未加消力檻) 流量爲 11 秒公方, 上游水位爲 586.20 公尺, 下游土渠中爲正常水深。在該項情形之下, 水流自閘門下外射, 發生水躍。閘墩後有迴溜, 水流異常混亂。冲刷達到平衡狀態後, 土渠最大之冲深值爲 2.6 公尺, 距離護坦末端約 9 公尺。坦末垂直淘深約 0.7 公尺。

2 原型進水閘(加消力檻) 護坦末端加設高 30 公分, 寬 40 公分之消力檻。流量及水位, 與上述相同, 閘門下之水流, 在消力檻前發生水躍, 平穩在檻上流瀉。水流情形, 較爲和緩。冲刷達到平衡狀態後, 土渠中之最大冲深值爲 2.0 公尺, 距離護坦末端約 8 公尺。坦脚河床已不復垂直淘深。

丙 結 論

護坦末端加設高 30 公分, 寬 40 公分之消力檻, 可以改進水流情形, 並避免坦脚河床之垂直淘深。

設進水渠常年有相當之水深, 使水量節制得宜, 不使越過最大限度, 且在渠道乾涸初次放水時, 使水量逐漸增加, 勿使冲刷渠底, 則護坦下游之鋪石, 可以節省。

三 滾水壩模型試驗

甲 模型之設計及製造

滾水壩高 4.5 公尺，寬 210 公尺，下游正常水深為 5.96 公尺，洪水流量為 3500 秒公方。壩之下游河床上平均流速為 2.8 秒公尺。滾水壩試驗，係在玻璃水槽中舉行。模型比例率為 1:36。水槽寬 25 公分，合原型 9 公尺，相當於 9 公尺寬之流量為 $3500 \times \frac{9}{210} = 150$ 秒公方，模型流量為 $\frac{150 \times 1000}{(36)^2 \cdot 5} = 19.29$ 秒公升。下游正常水深為 $\frac{5.96 \times 100}{36} = 16.56$ 公分，壩之下游河床上平均流速為 46.59 秒公分。模型活動河床所用砂礫之臨界冲刷速度約為 51 秒公分，合原型 3.06 秒公尺。滾水壩模型係用洋灰漿澆成，表面上臘打光。

乙 試驗之進行及其結果

舉行冲刷試驗前，先將下游活動河床砂礫鋪平，由量水槽徐徐放水流入模型，同時將下游水位提高，不使水流冲刷河床，待流量達 19.29 秒公升時（相當於原型最大流量 3500 秒公方），將下游水位逐漸降低至正常水位 583.11 公尺（水深 5.96 公尺）。於是試驗開始，觀察水流及冲刷情形。經一小時後（約合原型 6 小時）描繪水流及河床冲刷形狀，再將下游水深分別降低 20%（水位 581.92 公尺），及 30%（水位 581.32 公尺），繼續試驗至河床冲刷達平衡狀態為止，並記錄河床冲刷值。

觀察水流情形，係利用過錳酸鉀溶液，以玻璃管注射水中，用以辨別水流線，同時在玻璃槽壁上，描繪其情形，舉行試驗時，河床上不鋪砌石塊，藉以明瞭水流冲刷情形及冲刷之趨勢（參見圖 2）。茲列試驗結果如次：

1 原型滾水壩（不加消力檻） 流量為 3500 秒公方，下游正常水深為 5.96 公尺，即水位為 583.11 公尺。當該流量及水位時，滾水壩水流為完全跌流（Complete free-

fall)，即下游水位對滾水壩之水頭，不發生影響。水流自壩頂滾瀉，緊貼壩面，至護坦上發生水躍，水面上則為迴溜。

壩頂水位之高度實測為 585.32 公尺，即水頭為 3.67 公尺，較設計所用之值約低 0.77 公尺。

滾水壩斷面形狀，堪稱優良。放水一小時後（約合原型 6 小時），河床冲刷最深值為 4.7 公尺，距護坦末端 13 公尺之坦脚，垂直淘深為 0.7 公尺。

水流與河床冲刷情形與下游水深最有關係。為安全起見，將下游水深降低 20% 及 30%，再行試驗。

當下游水深降低 20% 時（水位為 581.92 公尺），水流自壩頂下注，在護坦末端發生立波水躍 (Standing Wave)，水面上不復發生迴溜。

當下游水深降低 30% 時（水位為 581.32 公尺），水流緊貼護坦平射而出。其流速甚大，故河床床面砂礫，被水流所挾行，護坦下游之河床稍受冲刷。水流與河床間略有空隙，平射流之流速甚大，吸收空隙之水分，因而發生負壓，水流被迫下降，演成捲流，淘深河床（見附圖），及至河床被刷深至相當程度時，水流與河床內之空隙增加，適足以產生迴溜，沿河床逆流而上，平衡負壓。於是水流復變為平射式。在該項情形之下河床已被刷深，因迴溜作用挾帶河床上沙礫向上游移動，逐漸淤積。淤達相當高度時，水流與河床間之空隙，又復減低，不足以產生迴溜，則復發生負壓，使水流平射下注，如是循環不已。

上述水流情形，最不穩定。水流下射時，微有震盪，對於滾水壩之安全最屬危險。

當下游水深降低 20%，冲刷達平衡狀態後，河床冲刷最深值為 7 公尺，距離護坦末端約為 38 公尺。

當下游水深降低 30%，冲刷達平衡狀態後，河床冲刷最深值為 5.4 公尺，距離護坦末端約為 42 公尺。

2 原型滾水壩（加消力檻） 當下游為正常水深時，水流緊貼壩面，並未發生迴溜。滾水壩形狀，堪稱優良。河床之冲刷，因坦脚被水流垂直淘深，故再作加設消力檻試驗。

消力檻高 50 公分，寬 60 公分，設於護坦末端。試驗時之流量為 3500 秒公方，下游為正常水深（水位 583.11 公尺）。壩之上游水位仍為 585.32 公尺，（即水頭為 3.67 公尺），與未加消力檻時相同，仍為完全跌流。放水一小時後，河床冲刷最深值為 2.9 公尺，距護坦末端約 13 公尺。護坦末端河床已不再有垂直淘深現象，且有淤積。

下游水深降低 20% 時，水流仍為迴溜水躍。護坦上之水面有迴溜，惟不若未加消力檻之發生立波水躍，證明消力檻具有保持迴溜之能力。冲刷達平衡狀態後，河床最大冲深值為 4.0 公尺，距護坦邊緣 15 公尺。

下游水深降低 30% 時，護坦上水流不復有迴溜發生而為平射流。但平射流因受消力檻之影響，向上遠射，致使水流與活動河床之間有充分之空隙，產生迴溜，平衡負壓。水流因以固定。冲刷達平衡狀態後，最大冲深值為 6.0 公尺，距離護坦末端約 26 公尺。

丙 結 論

1 滾水壩護坦末端加高 50 公分，寬 60 公分之消力檻，使水流情形固定。同時避免坦末河床垂直淘深，不致危及壩之安全。

2 滾水壩下游河床，如常年有相當之水深（地下水滲漏），則護坦下游之乾砌石塊可以節省。設下游當枯水時完全乾涸無水。而河水暴漲越壩下注，則消力檻之設備，亦不能防止坦脚被刷，應酌量護砌石塊，保護坦脚。鋪石之長度，根據河床冲刷圖，建議用 20 至 25 公尺。

四 壩底滲漏試驗

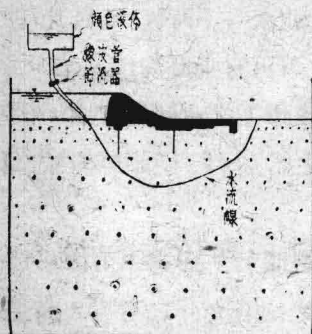
甲 試驗之方法

壩底滲漏，關係壩之安全至巨，本處為求試驗結果精確起見，特採用下列兩法試驗之，藉以互相校對試驗之結果。

1 直接滲透法

此試驗係在長 75 公分，闊 17 公分，高 55 公分之玻璃槽內舉行（見後圖）。槽

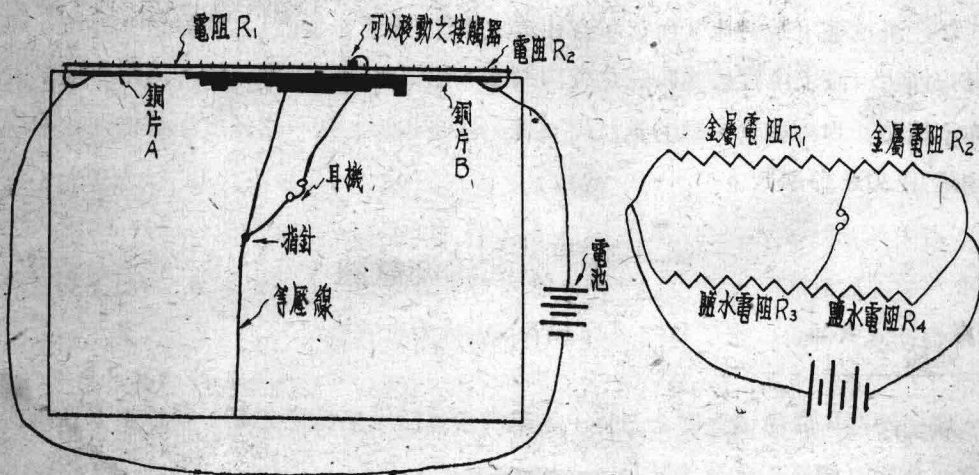
內填白沙，沙上安置滲水壩模型。然後自壩之上游引水入槽，水流經壩底滲漏而出。設於壩之上游各處用玻璃管注以顏色液，顏色液則隨壩下水流移動，而得知壩下滲漏



之水流線。依據位流 (Potential flow) 之理論，繪得與水流綫成直交之曲線，即為等壓線羣 (A Set of Equi-Pressure)。兩線所成之網即流線網 (Flow net) 也。由流線網計算上浮力之方法另述之。

2 電似法 (Electric Analogy Method)

欲求壩底某點之滲漏流速，普通根據 Darcy 氏公式 $(V = K \frac{H}{L})$ 計算。此公式與電學中 Ohm 氏公式 $(I = \frac{E}{R} = K \frac{E}{L})$ 相似，故利用此電學原理，作下列裝置，能求得壩底之流線網。



此次試驗係用一長 75 公分，闊 48 公分之玻璃櫃，內盛鹽水。除壩之上下 A, B, 兩銅片外，餘皆為絕緣體。然後接電阻 R_1 之一端於 A 銅片上，其他端順接電阻 R_2 。 R_2 之