永定河蘆溝橋滾壩

消力試驗報告書

中國第一水工試驗所

443.361
454.3

永定河蘆溝橋滾壩消力試驗報告書

試驗日期：二十五年九月一日至二十五年九月二十五日

目　　錄

一　蘆溝橋滾壩略述及試驗目的
二　構造
三　水量與比降
四　試驗情形
五　各試驗之論述
六　結論

插　　圖

第一圖　無消力設備試驗
第二圖　蘆溝橋滾壩流水情形
第三圖　含消力設備試驗
第四圖　含消力設備試驗
第五圖　玻璃渠內蘆溝橋滾壩模型圖

688456
3 0529 1604 0

附　圖

一　蘆溝橋滾壩位置地形圖

二　永定河中上游工程急修理蘆溝橋滾壩海漫工程詳圖

三　宣惠壩模型圖

四　蘆溝橋滾壩海漫試驗模型圖

五　木製玻璃渠結構圖

永定河蘆溝橋滾壩消力試驗報告書

一蘆溝橋滾壩略述及試驗目的

蘆溝橋滾壩位於蘆溝橋迤西，為永定河減水道八小清河之橫縱工程。長157.45公尺，分為九孔，兩邊二孔流水寬度為15.75公尺，中部六孔流水寬度為18.25公尺。每橋墩寬2.35公尺。壩頂高度在大沽海面以上61.06公尺。下游出淺與河底同高，低於壩頂2.52公尺。由壩頂至下游淺處約為2.52：9.8之斜面。

本試驗為永定河市工程處委託之試驗工作。其目的在減小下游壩附近河底之冲刷，使其對於壩體不致發生危險。關於資料方面，本所由該委託機關所得者，計蘆溝橋滾壩位置地形圖一張(附圖一)。蘆溝橋滾壩詳圖一張(附圖二)。上次可供參攷之數字為：

滾壩上游洪水位為　63.43公尺。

滾壩頂高度為　61.06公尺。

滾壩洪水量為　1334立方公尺每秒。

北京圖書館藏

按照橋梁設計工程計劃（附圖二），橋長為0.5公尺之[illegible]公尺梯形溝水渠，安置於橋墩之兩端。溝渠與下游河道銜接，由橋墩至渠末之距離為2.5公尺。溝渠以混凝土構成，斜坡部份以鋼筋混凝土製之。在溝渠以下7.3公尺範圍以內之河槽，按以砌石及沙礫鋪成，其詳形可參閱附圖二。本試驗目的在探討橋墩、溝渠之最適當設計，並求一適合之消力設備。

二 模 型

試驗模型，共分兩型：

A. 試驗模型，係利用[illegible]試驗模型之一部（以下簡稱水槽型）。有宮產模型由九水部、水庫段、漸縮段、下游河道段、消波池、溢水堰，及尾門組成（附圖三）。下游河道段5.85公尺，寬1.45公尺為直形，縱坡為1:23，溢水堰高0.20公尺，在此直形部之中部，安置橋墩模型（附圖三與四）。使水流發生紊亂現象，然後使之消力設備於下游河道，而達產消能效果，由橋墩至渠末之距離為3.5公尺之活動段。為水試驗之方便，在渠之上游設置尺一處，下游設置尺二處，用以測量水位，並設水量以測定流量之。下游水位則利用溢水堰操縱之。

在上述長1.45公尺之模型河道內，按按產消能設備之結構安置模型，然後

型比例過小，河床之變遷，沙質不易冲刷。且下游發現漫溢，與自然界者全不符合。自經詳試驗所得決定之最低水深，規定模型比例尺為 1:50，如此則河槽寬度縮小太甚。故本試驗只能取用全堰之一部，將原八孔之橋墩縮減至四孔，而每孔之寬度則仍與自然原堰相同，計中部二孔橋墩中心距離為 0.412 公尺，合自然界者為 20.6 公尺。而邊二孔的橋墩中心至岸牆為 0.3 公尺，合自然界者為 15 公尺。而邊岸牆則改成直邊形。堰之寬度雖改小，但以全堰形式一律，對於河槽冲刷情形，當無影響。至其流水量，因寬度改變，自亦減小。所關重要者，在仍維持原有之水深也。

B. 玻璃渠：為本試驗迅速起見，除利用上述寫應堰模型外，更設置玻璃渠模型於本試驗所原有之木製玻璃渠中，以作本試驗之輔助試驗。

玻璃渠共長 20.3 公尺，寬 0.5 公尺，高 0.6 公尺，渠之首部 5 公尺範圍內為量水堰部，尾端設有堰用以蓄水渠內水位，在試驗時期內，於渠之一邊安置玻璃管，以察流水情形（附圖五）。

玻璃渠內裝置橋墩模型比例尺亦為 1:50，以木製成（第五圖），計墩頂高於渠底 0.15 公尺，下游墩底高於渠底 0.0996 公尺，上下游河槽段各長 2 公尺，河槽上下居端設有板墻，其高度與槽底相同。

在渠之上游設標尺一處，以測量上游水位，墩部與下游之水位，則以活動標尺測

驗之。

模型河槽之市用砂，經到兩感官廠測試驗之砂質，其顆粒分配為：

直徑大於 1.5 公厘……8.23 %（重量百分數）

直徑 1.5 至 1 公厘……9.14 %

直徑 1 至 0.75 公厘……21.16 %

直徑 0.75 至 0.5 公厘……26.40 %

直徑 0.5 至 0.4 公厘……3.75 %

直徑小於 0.4 公厘……31.32 %

本試驗在作各種消力設備之比較，以察其優劣。模型內冲刷程度頗小者，在自然系統中未為最佳。對於冲刷之深度，固應作「定量」之推算，但以缺乏該為河槽重要資料之研究，頗感困難。本試驗只能作為「定性」而非「定量」之研究。故有在消力試驗以前研究重要。

由各試驗來知大模型與玻璃槽內水流不揚砂與消力設備相同時，河槽之冲刷情形符合，足以證明採用較短之模型對於河槽之冲刷，並無任何影響。

本試驗於証明玻璃槽內與大模型內之冲刷情形相同後，乃放棄大模型之試驗，採用玻璃槽模型。不但測驗迅速，且遠較精確。同時對於渠部之流水情

形，亦頗繁雜。能作數為深切之研究。

三 水量與比降

淡水最大水量為 1330 每秒立方公尺，其流水寬度為 141 公尺。玻璃溪模型之流水寬度為 0.5 公尺，合自然界者為 25 公尺。其流水量合自然界者應為 230.5 每秒立方公尺。模型流水量，在上游水面每坡度時為 0.0093 每秒立方公尺，合自然界者為 165 每秒立方公尺。與前值相比，相差百分之三十。

淡水之流水量，與上游河槽之比降亦有關係，在假定上游河槽無坡度時之流水量自當小於原有之流水量。關於淡水河之河槽比降，並無任何記載，以作試驗之參考，而模型水量與下游河槽冲刷之情形，則與河之比降有密切之關係。在淡水下游設水量固定，則比降愈大，河水亦愈淺。其冲刷程度亦愈大。今以缺乏比降與流水深之數字，故只得採用一較大之比降，以作試驗之標準。

本試驗所採用之比降為 1:700，並使上游靠近淡水之槽底與頂頂同高。在淡水流之高度為 0.0474 公尺時（模型流水高度）其流水量為 0.0119 每秒立方公尺（模型寬 0.5 公尺），合自然界者為 210 每秒立方公尺，與原水量相差百分之十，若再考慮上游比降，則可使模型水量與自然界相符合。然以所採用 1:700 之比降，已似太大。故試驗水量仍以 0.0119 每秒立方公尺為標準，且原水量之確實與否？尚屬

疑問也！

據現下游河槽內水深，可以 Forchheimer 流速公式推算之。

設坡降 $J = 1:700$

糙度係數 $n = 0.02$

平均水深 $h_m = 2.3\ m$

河槽水面寬度 $b = 157.45$ 公尺

則 $v_m = 3.39$ 每秒公尺

水量 $Q = v_m \cdot b \cdot h_m = 3.39 \cdot 157.45 \cdot 2.3$

$= 1230$ 每秒立方公尺

按以上之計算，在坡降為 1:700 時之下游水深約為 2.3 公尺，其流水量亦與模型內所測定者相符合。本試驗即以此值作為下游水深之最低限。

四 試驗情形

每次試驗時間約為一小時，河槽之冲刷或尚未達至其最深之程度，所以取用同一試驗時間，以作各試驗冲刷之比較。

試驗水量採用 0.0119 每秒立方公尺之最大水量。因下游河槽之冲刷，在水量最大時為最巨也。

每次試驗以前，先將下游打壩，按將規定之高度作平。由下游徐徐放水入渠，待其已達所規定之深度，然後再由上游放水，使堰頂水深至高水時應有之深度。

上游水位以鋼尺讀出之。下游水深及深槽部之水位，則以活動鋼尺測驗之。本渠尾端設有針閘，用以控制下游水深。試驗完結後，徐徐減小水量，同時以針閘繼持下游之相當水深，在停止試驗時不致發現過分之冲刷。試驗停止後，測繪下游河槽各處之橫斷面。

五 各試驗之論述

為便於河槽之冲刷程度起見，先設寬20公尺與河底同高之平滑漫(第一圖)。使高水由堰頂流過，堰頂溢水深度為2.37公尺(模型深度0.0474公尺)。高水量為1184.4每秒立方公尺(模型水量0.0119每秒立方公尺)。下游河槽水深為2.3公尺，本試驗在大模型內舉行之。滑漫以上之流水深度在模型內約為0.02公尺(合自然尺者1公尺)其流速為 $v=\frac{0.0119}{0.5\cdot 0.02}=1.19$ 公尺或射流，可以射流與混流之交界流速 $v=\sqrt{g\cdot t}$ 證明之。若流速 v 大於 $\sqrt{g\cdot t}$ 則為射流，按此式得 $\sqrt{g\cdot t}=\sqrt{9.81\cdot 0.02}=0.444$ 每秒公尺，$v=1.19>0.444$，故為射流，射流離滑漫以後，始徐徐變混流狀態，

其力甚大，足以刷深槽底。第一圖為河槽冲刷後之橫斷面及河槽中部縱斷面圖。在整治漫處河槽最深冲至2公尺，至海漫18公尺至38公尺範圍以內冲刷最深為5.5公尺。

消殺動力，減小河槽之冲刷，在破出堤之射流，能於翻海漫以前即變為紊流。橫吉之所發水於出海漫以前已消殺其冲刷河槽之能力，其條件在使海漫以上發現水面斜迴流。蓋紊流與射流交界處極容發現斜迴流之可能也。

斜迴流之發現與否，在視下游措施之水深。第一圖內之水深為2.3公尺，無發現斜迴流之可能，第二圖為研究淺流水情形及測之可以發現斜迴流應有下游最低水位之試驗，試驗時逐步提高下游水位，至海漫遠前發現斜迴流為止。其最小深度經試驗得為3.22公尺（模型深度為0.068公尺）（第二圖B）。斜迴流之長度約為9.5公尺（模型長度為0.19公尺）。海漫上之射流深度為0.9875公尺（模型深度為0.01975公尺）。試驗水重與單寬相同為0.0119每秒立方公尺。

使海漫以上可以發現斜迴流所應有之最小下游水深，亦可用 Koch 氏也 Stilgebrandt 氏修計算之。今設予考慮表1公尺範圍以內之流量以每秒立方公尺計，t_1 為海漫上之射流深度；t_2 為可以發現斜迴流之下游水深；均以公尺計，則按 Koch 氏公式：

$$L_1 = \frac{h}{2}\left[\sqrt{1+\frac{8Z}{1227h_1^3}}-1\right]$$

(2)

其中水量以其比為 1 公尺時為 $Z = 0.0119 \cdot 2 = 0.2385$ 每秒立方公尺；

L_1 為試驗時水深為 0.0975 公尺，

$$\text{得 } L_1 = \frac{0.0975}{2}\left[\sqrt{1+\frac{8\times 0.2385}{1227\times 0.0975^3}}-1\right]$$

$= 0.06$ 公尺合自然水深為 3.3 公尺。

若下游水深小於 3.3 公尺，則可用各種消能設法以降低消波以上可以發現的現象，並於消波前發生跳水力量。第四圖為模型橫截 1 公尺之海堤，下游水深為 2.3 公尺，使消波以上之下游水深為 3.3 公尺。海堤基底的等於卧浪波之長度為 10 公尺，於基礎設 0.5 公尺高度形檻，使底上面與河床同高（視第五圖）。試驗水量為 0.0119 立方公尺每秒，在消波以上水面呈現起浪，河槽在海浪處未見沖刷，惟護堤基距海堤約 8 公尺處，1.5 公尺。除設護堤之試驗外，並於此模型內作相同之試驗，河槽之沖刷深度，與胡理以，且甚於此。第三圖下游水深為 3.0 公尺，海堤寬 10 公尺，與槽底同高，基礎設高 0.5 公尺之長形檻，河槽靠海堤處未沖刷，距海堤 8 公尺處有深的

1.5公尺。

今試驗採用方形齒樓(第五圖)，由前實驗與消力試驗已證其功效佳於 Belloch 所用之三角形齒樓，擋之高寬與樓高之2.5倍，齒與齒隙之寬度相同等樓高之1.5倍，採用方式齒樓，齒頂成方形頗為堅固，對於流石中擊之抵抗力較大，不易損傷，且易於保護。

六 結 論

一、下游河槽之冲刷及消力之設備，與下游之水深有密切之關係，在同一水量，下游愈深，則其能力愈小，故消力設備亦愈簡單。

二、減殺小流水之能力，在寬海漫之上發現水面卧波現象，如此則水流離海漫以前已發現流速，在本試驗之情形，當下游水深為3.4公尺，則海漫以上即可發現卧波。

三、海漫斜坡過長，非適宜之寬度，與等水面卧波之長度，在本試驗則為10公尺，但在此次消力試驗証明將海漫加寬對於減少壩底冲刷之功效亦甚有限。設計時應得一較佳和適合之海漫，以求經濟。

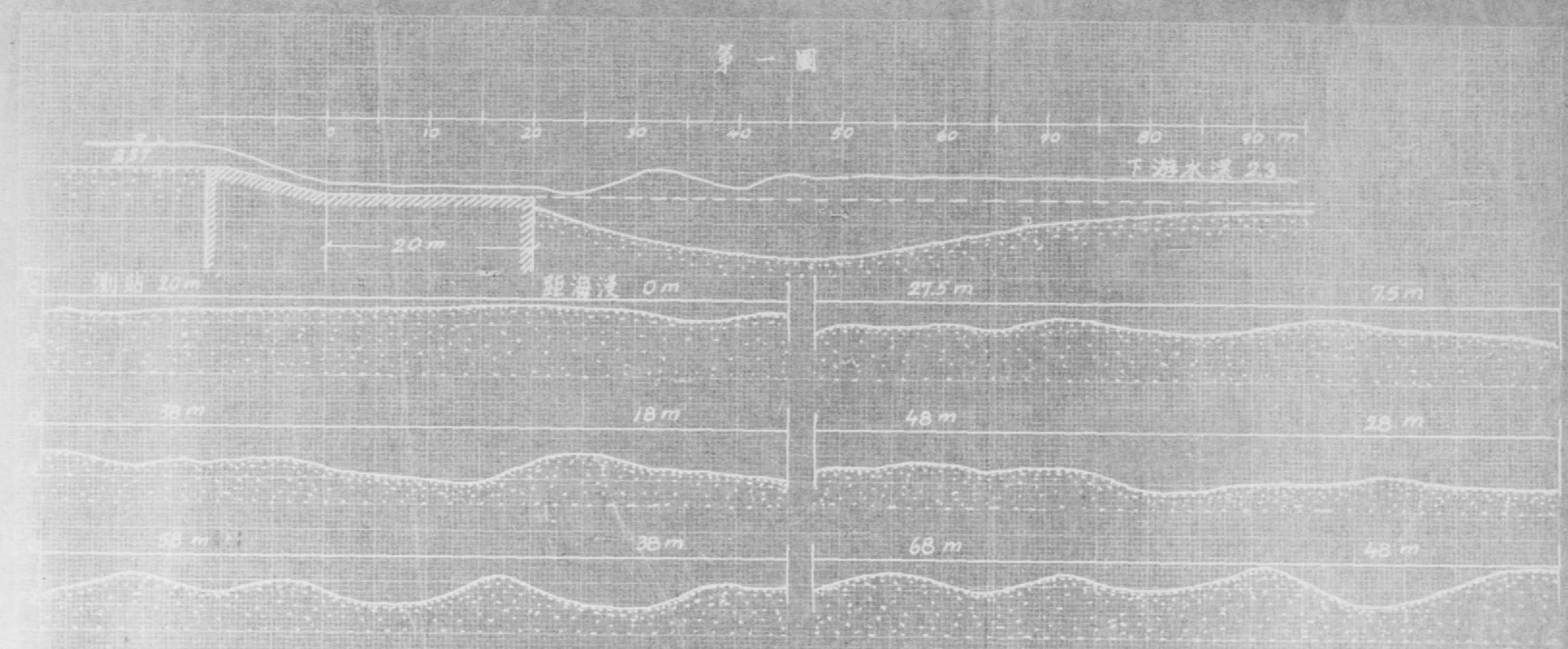
四、齒形樓之主要作用為防禦冲刷之功效，故將漫堤流水於出口以前成混流式，若水由堤頂出，則將減小河槽之冲刷程度，但其效效較微。

五、下游河水過淺在海漫以上不能發現卧波時，可用降低海漫之法。按本試驗所定下

時，深度在2.3公尺時，以採用第四圖之消力設備為適宜。（第四圖消力設備詳圖）

海堤寬10公尺，低於標高1公尺，高潮堤護高0.5公尺之圓形樓，使其上面與堤頂同高。

六、海潮以下之河槽以無特別保護之必要，如有適合之消力設備時，海潮直接衝擊之處亦無別之可能，但海潮挾之泥，雖發現沖刷，但對於堤身不致發生危險。



第一圖 無消力設備試驗 海淺寬20公尺 下游水深2.32公尺 (大模型試驗)

模型比例尺 1:50

本圖比例尺 1:10

圖內尺寸為自然界尺寸以公尺計

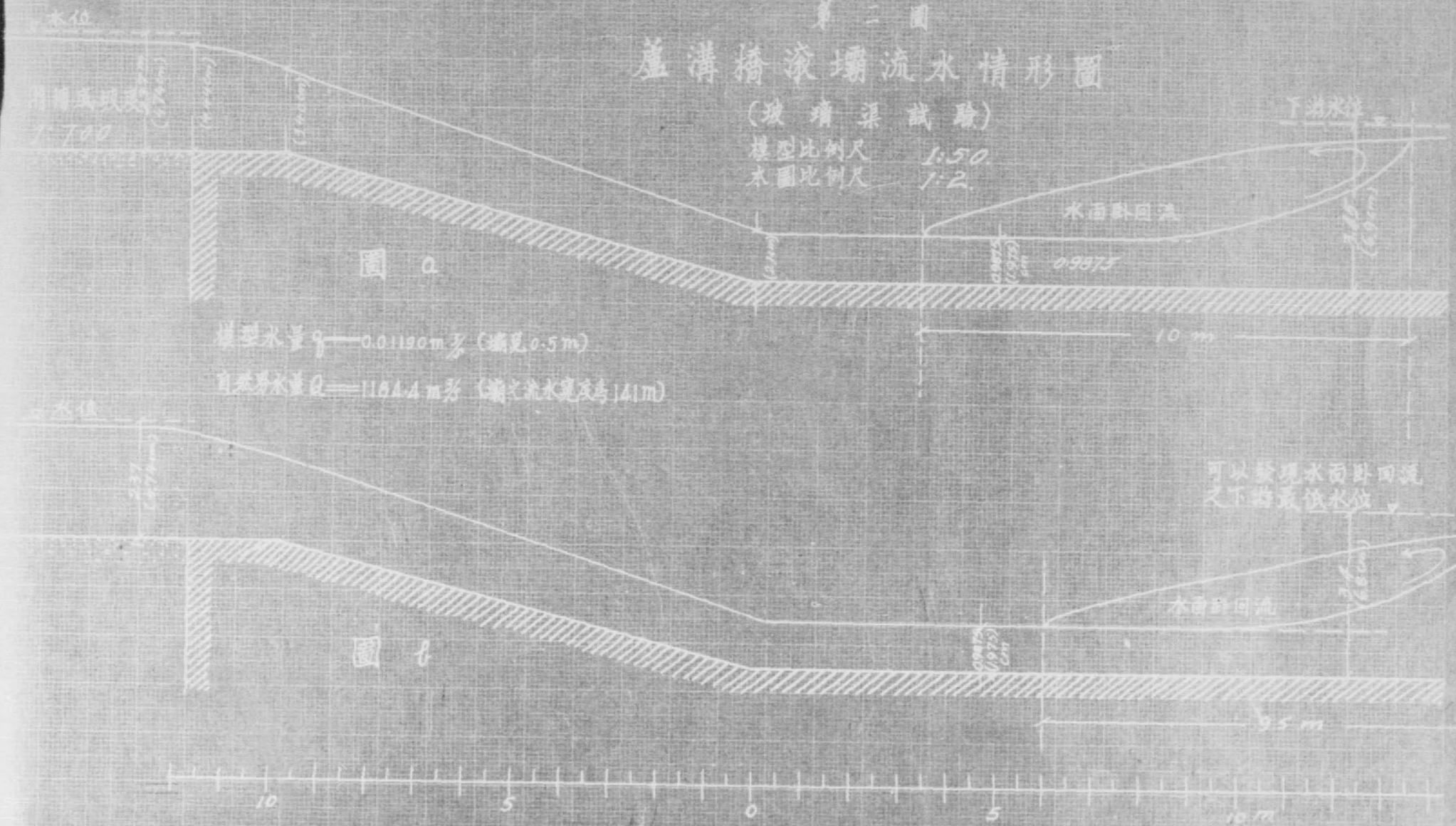
第二圖

蘆溝橋滾壩流水情形圖

(玻璃渠試驗)

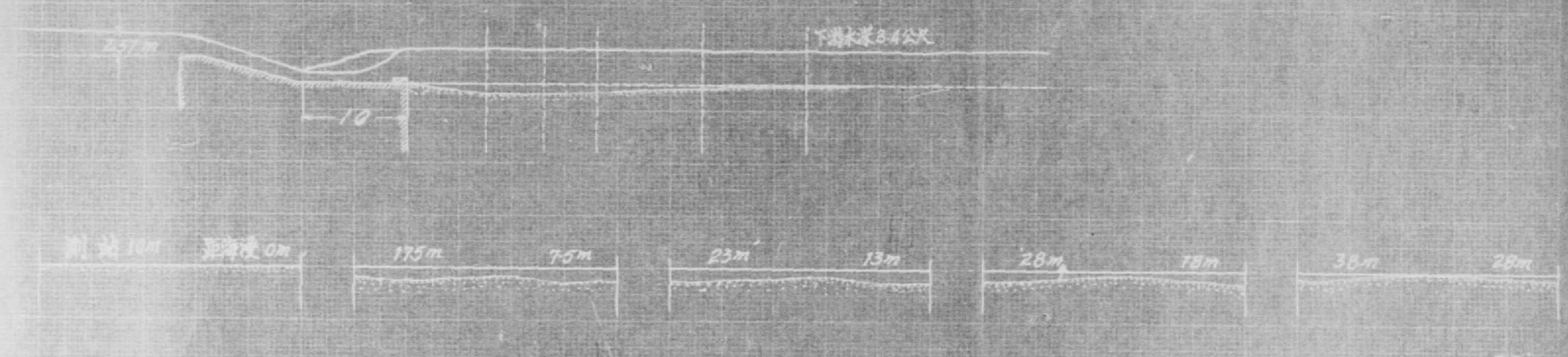
模型比例尺 1:50

水圖比例尺 1:2

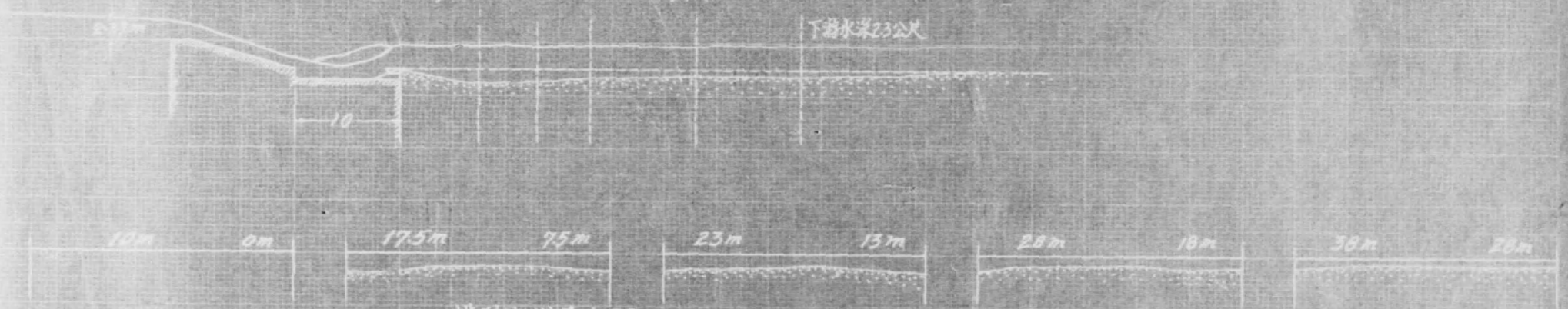


模型流水寬度為0.5公尺 圖內尺寸為自然界之尺寸 在括弧內者為模型尺寸

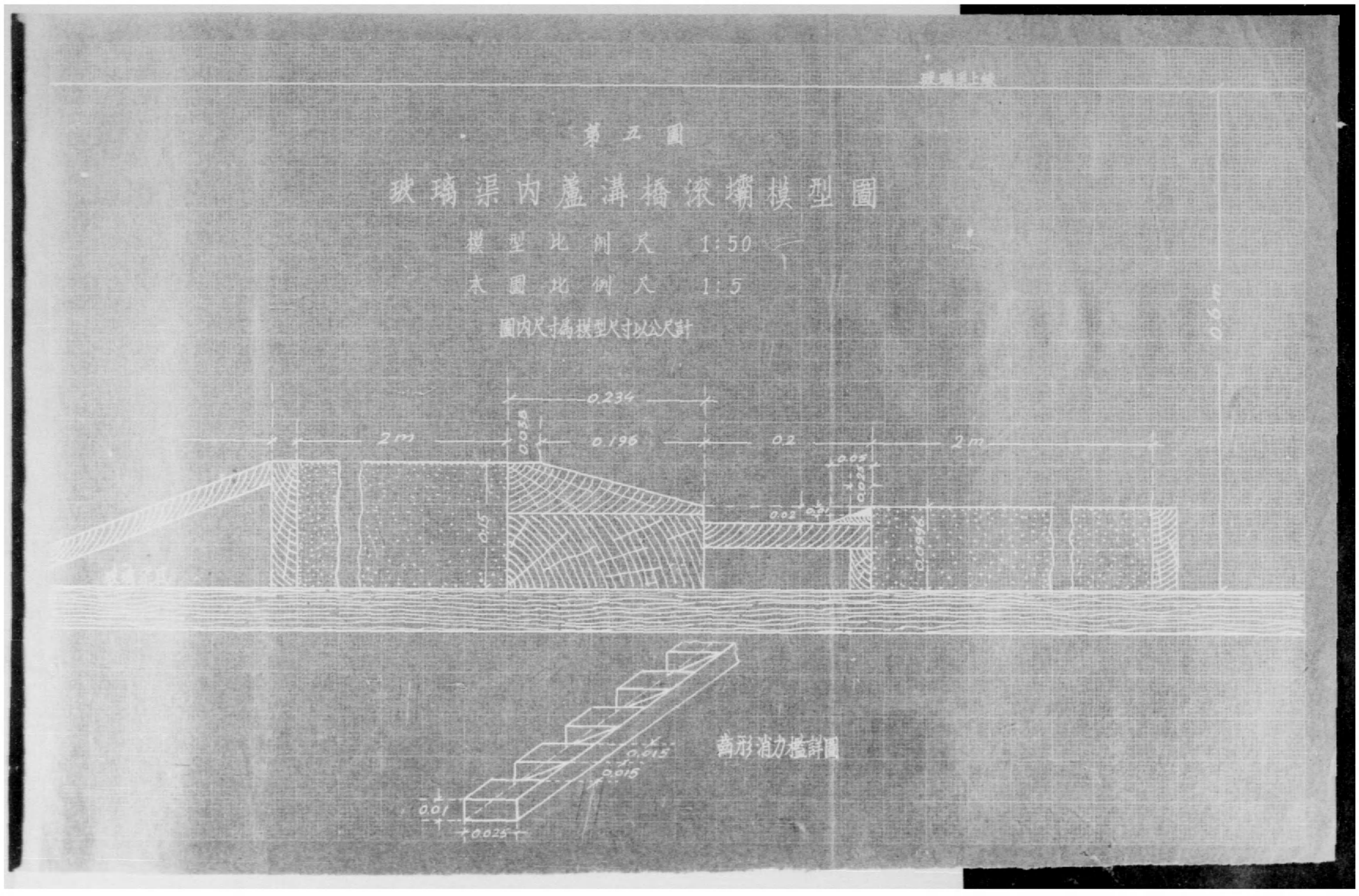
第三圖　含消力設備試驗　下游水深3.4公尺　海漫寬10公尺　齒形檻高0.5公尺

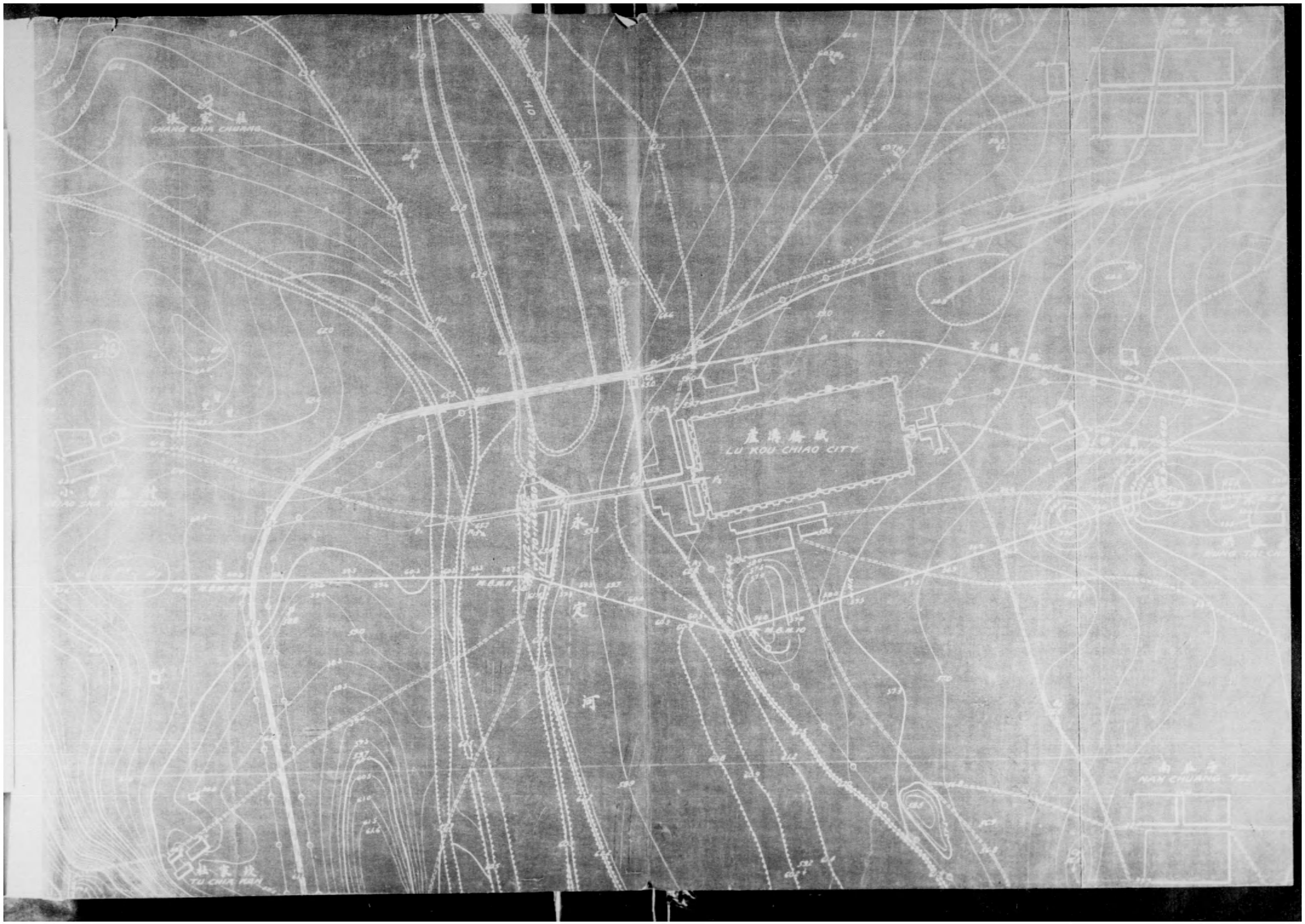


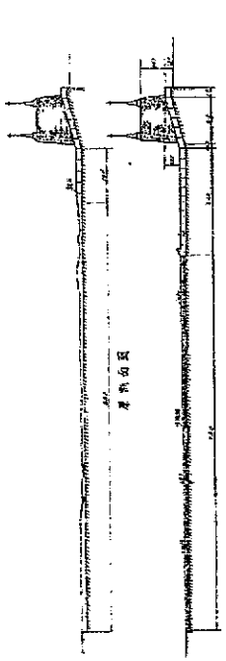
第四圖　含消力設備試驗　下游水深23公尺　海漫寬10公尺　並落深1公尺
齒形檻高0.5公尺　上面與檻底同高

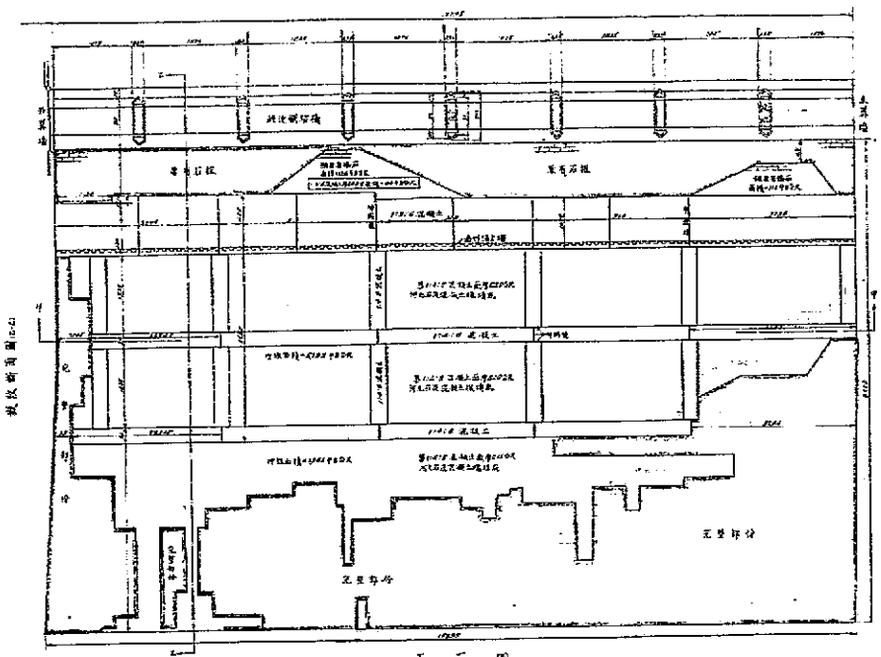


模型比例尺 1:50
本圖比例尺 1:10
圖內尺寸為自然界之尺寸以公尺計


第五圖
玻璃渠內蘆溝橋滾壩模型圖
模型比例尺 1:50
本圖比例尺 1:5
圖內尺寸為模型尺寸以公尺計
0.234
2m
0.196
0.2
2m
0.05
0.02
0.015
0.015
0.01
0.025
齒形消力檻詳圖

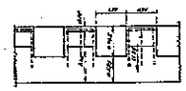

CHANG CHIA CHUANG
LU KOU CHIAO CITY
NAN CHUANG TZE
TU CHIA MIEN



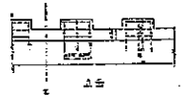


平面圖

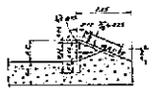
比例尺 四百分之一



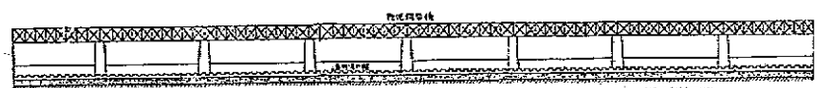
平面



立面

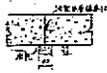


剖面 2-2



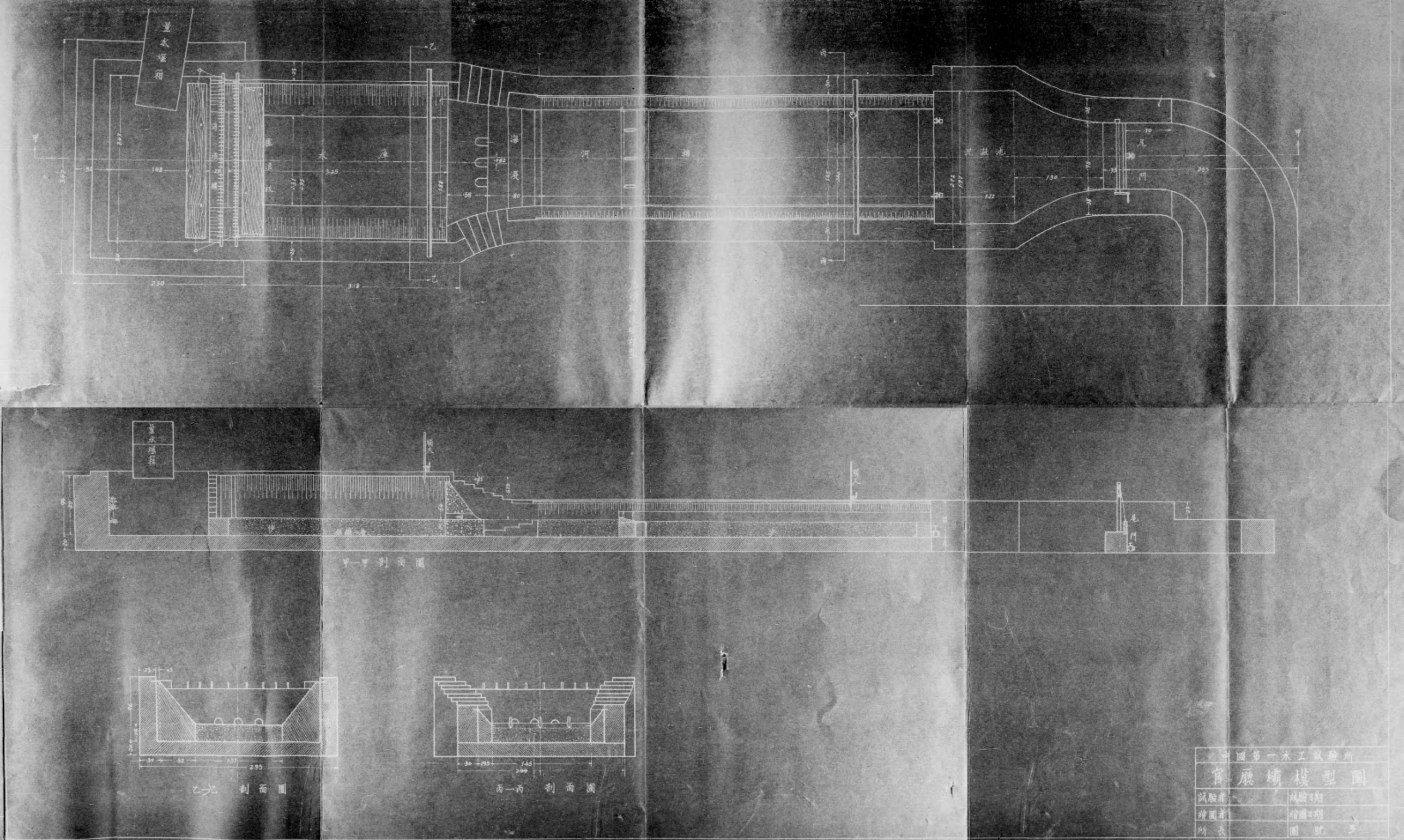
正面圖

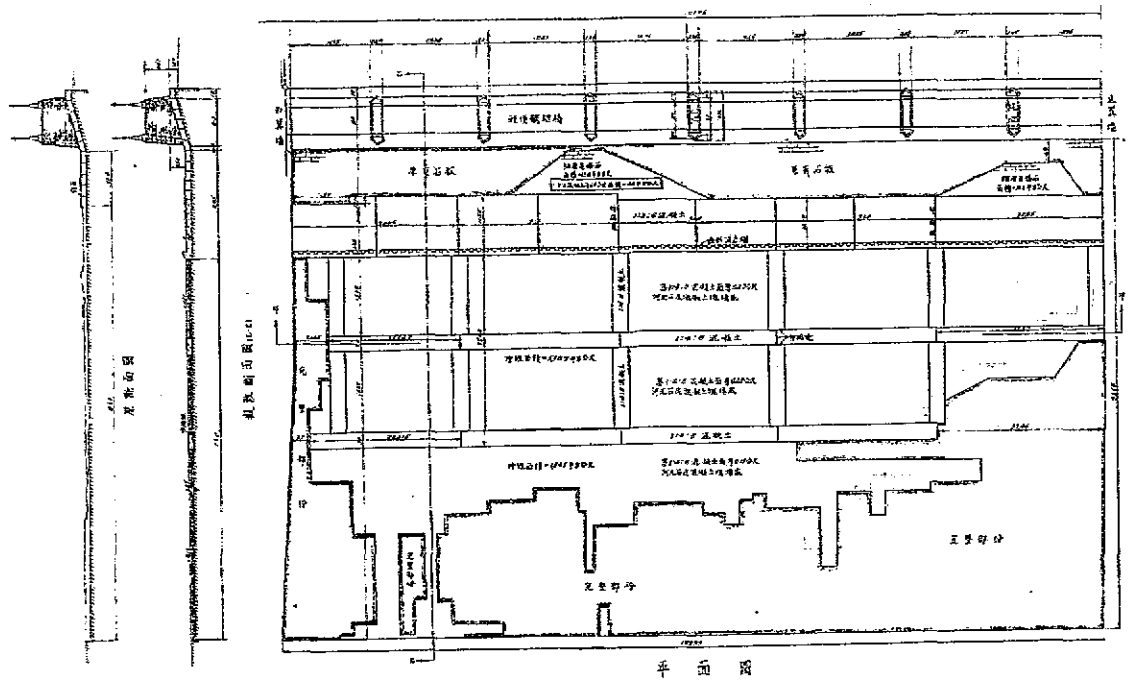
比例尺 四百分之一

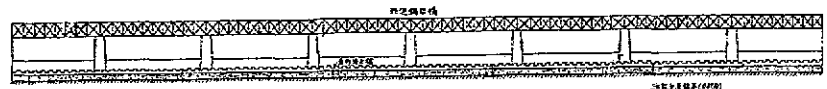


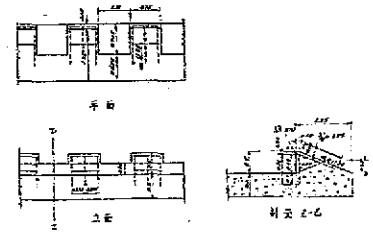
永定河中上游工程處			
修理護溝橋涵牆海漫工程修正詳圖			
比例尺		42 圖	
日期	四十六年一月廿六日	校核者	徐達坤
設計者	陳昌祺	副工程師	高尚彥
繪圖者	徐達坤	技工程師	徐達坤

圖號 205-48


量水堰箱
量水庫
河槽
沉澱池
閘
甲—甲 剖面圖
乙—乙 剖面圖
丙—丙 剖面圖
中國第一水工試驗所
官廳壩模型圖
試驗者
繪圖者
所長
試驗日期
繪圖日期
圖號

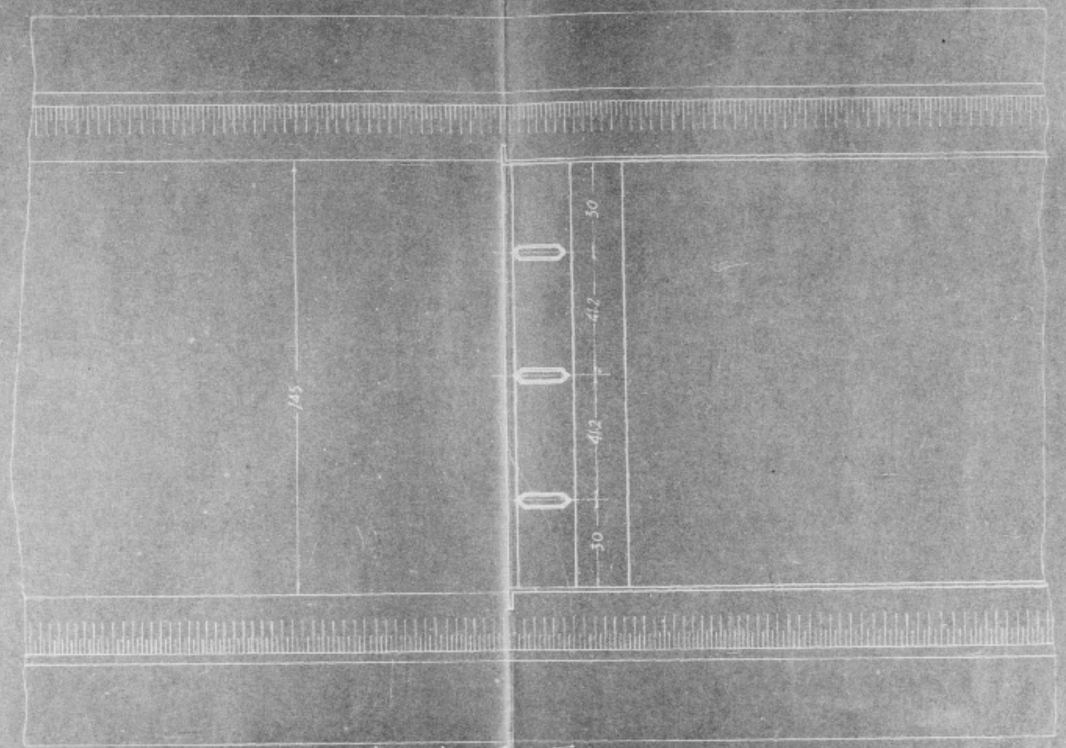




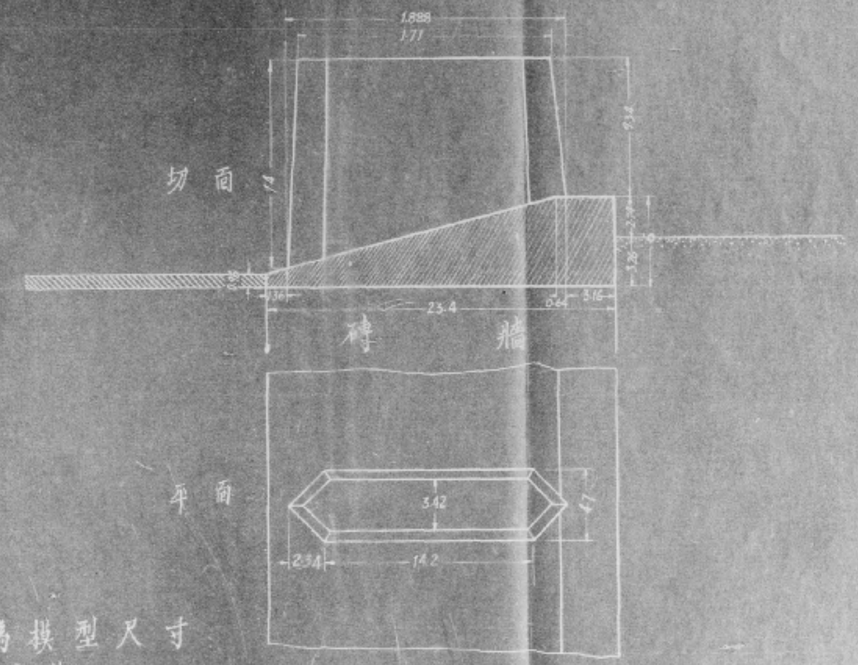


永定河中上游工程處			
修理蘆溝橋康熙海沒工程修正詳圖 比例尺　如圖			
主　題	[illegible]	校核者	徐立信
負責者	陳昌勝	科長工程師	[illegible]
繪圖者	徐立信	組工程師	[illegible]

民國 [illegible] 年 4 月



模型平面

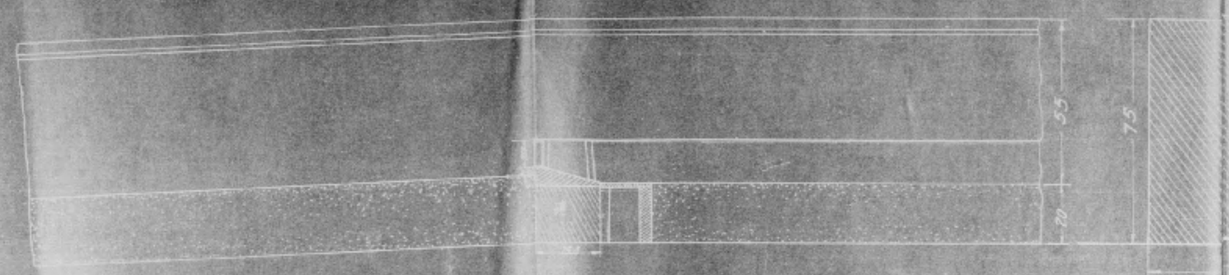


圖內尺寸為模型尺寸
以公分計

比例尺 1:2½

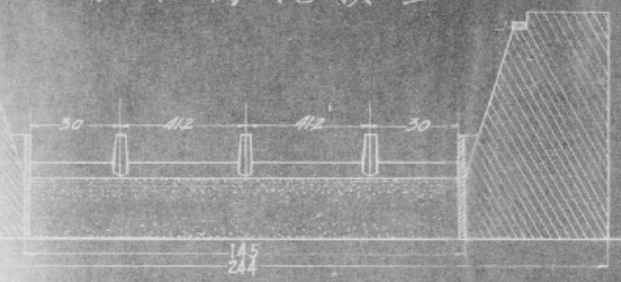
木製壩與橋礎

由下游視模型

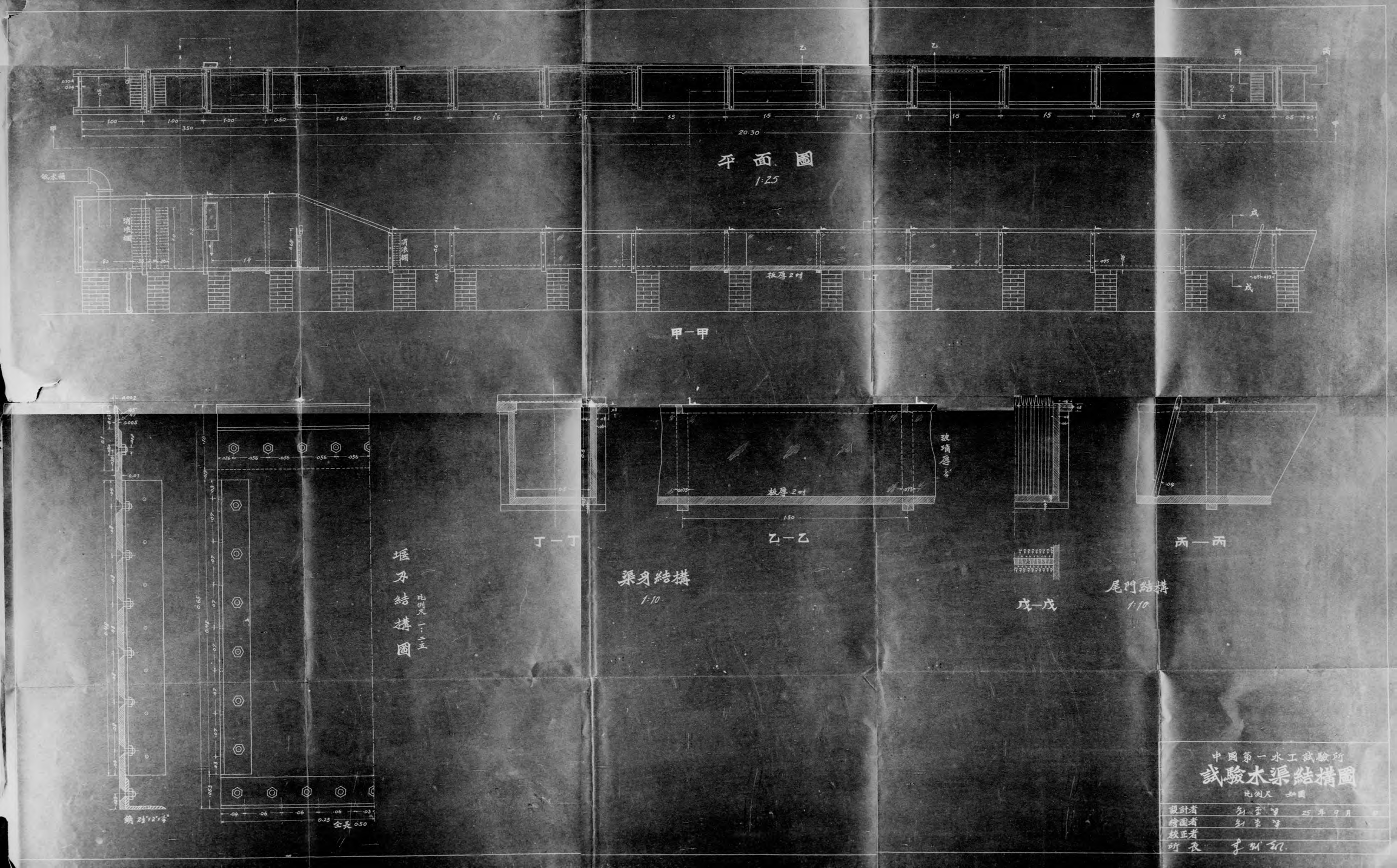


模型縱斷面

本圖比例尺 1:12½
模型比例尺 1:50



中國第一水工試驗所			
蘆溝橋滾壩消力試驗模型圖			
設計者		設計日期	25年8月
繪圖者		繪圖日期	25年8月
所長 李賦新		圖號	4


平面圖
1:25
甲—甲
丁—丁
乙—乙
丙—丙
戊—戊
堰刃結構圖
比例尺 一:二五
渠身結構
1:10
尾門結構
1:10
板厚2吋
玻璃屋蓋
鐵 2½"×2½"×⅜"
全長 0.50
中國第一水工試驗所
試驗水渠結構圖
比例尺 如圖
設計者
繪圖者
校正者
所長