

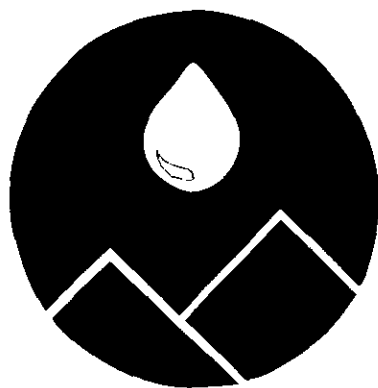


MOEA/WRB/ST--900029V1

理論水位流量率定曲線於台灣河川之  
應用評估探討--以基隆河流域水文站為例(1/2)

Evaluation of Theoretical Rating Curve for  
Natural Channel

-Application on Keelung River(1/2)



主辦機關：經濟部水資源局  
執行單位：國立交通大學防災工程研究中心

中華民國九十年十二月

「理論水位流量率定曲線於台灣河川之應用評估  
探討—以基隆河流域水文站為例(1/2)」

計畫期限：民國 90 年 7 月 31 日至民國 90 年 12 月 31 日

委託機關：經濟部水資源局

執行機關：國立交通大學防災工程研究中心

計畫主持人：許盈松 研究助理教授

共同主持人：楊錦釗 教授

研究人員：周湘俊 研究生

盧佩蒂 小姐

許裕雄 先生

委託機關：經濟部水資源局

執行機關：國立交通大學防災工程研究中心

中 華 民 國 九 十 年 十 二 月

## 摘要

1. 水文基本資料係水資源調配利用、防災預警、各項用水供需計畫研擬及水利工程規劃設計最重要之依據，而河川流量情形會直接影響到水資源開發與河川整治之效果。因此，如何準確決定流量成為水資源規劃利用及工程設計之重要關鍵。
2. 本計畫探討流量與水位之關係理論，並建立基隆河五堵站、介壽橋站等水文站理論率定曲線之模式及方法與步驟，除可檢驗水文站實測水位流量資料與率定曲線問題外，並可作為防洪規劃設計參考依據。
3. 水力履性圖一般應用上配合河段上下游斷面實測水位，並可由此圖推得對應之通過河段流量。再由  $N$  線相交於各流量之水力履性曲線點，為所對應之下游斷面正常流水深與流量，即可求得該斷面之理論率定曲線，如水文站受迴水影響相當小可忽略不計，則可代表該水文站之率定曲線。
4. 五堵站、介壽橋站等水位站之研究成果與 86~89 年實測水位流量資料比較，顯示本研究成果相當良好，更證明本研究結果之可信度極高。
5. 本研究針對基隆河疏浚前後之影響加以分析探討，並以 HPG 之成果及實測資料加以相互驗證比較，推得之理論率定曲線受河床變化影響相當明顯。因此在河道床形劇變時須重新計算推求，但在本研究模式已建立下只須修正地形條件即可進行。
6. 本研究方法與步驟因係根據實際詳細水理計算而得，在應用上不必作如 USGS 之複雜對照修正，理想水文站甚至可直接應用推求率定曲線，而實測水位流量資料僅在提供檢定驗證，能節省大量時間、

人力，且無高流量易偏離與可信度偏低問題。

## Abstract

The purpose of this study is to examine the feasibility of Yen's method of using the hydraulic performance graph (*HPG*) to construct the rating curve for natural rivers. So far the modification of the derivation for the theoretical rating curve has been completed. The one and two-dimensional water flow models, especially *HEC-RAS* 2.2 model which is adequately responded to the stage relation between the upstream and the downstream at selected reach, was cooperated, which might be used to provide the flow pattern data for *HPG* have also been validated through the application to some hypothetical cases. In order to examine the applicability of the *HPG* to such as Keelung River with natural or human-made including compound cross section channel, bridge, fixed bed, weir, and of a number of reaches together as a system. On the basis of the river cross section investigated a roughly estimated rating curve has been established. However, from the preliminary results obtained one can find that the *N-line* is not the line paralleled to the *Z-line* defined by the *HPG* conception and refer to be determined under the simulation of that the energy slope equals to the averaged bed slope at the downstream location which flow patterns through the natural river reach and the bridge pier and the hydraulic structure neighboring to the gage station has to be computed to derive the more accurate rating curve by using the modified *HPG* concept which is available after calibrating through the local sensitivity analyses for the hydrologic and hydraulic uncertainties.

## 謝誌

本計畫承蒙經濟部水資源局經費支持，得以順利完成研究工作，特此致謝。研究期間，水資源局林副局長襟江、黃組長慶光、鍾科長朝恭、林工程司杰熙等水利先進，熱心指正並提供許多重要河川資料，研究團隊不勝感激。此外本研究審查委員水利處第十河川局張副局義敏、水利處張課長震澤、台灣大學許教授銘熙、林教授國峰、交通大學葉教授克家等先進，周密審閱成果報告初稿，提供諸多指正與協助，本團隊謹致誠摯謝忱。

# 「理論水位流量率定曲線於台灣河川之應用評估探討 —以基隆河流域水文站為例(1/2)」

## 目錄

	頁次
摘要	I
謝誌	IV
目錄	V
第一章 前言	
1.1 計畫緣起及目標	1-1
1.2 前人研究	1-2
1.3 工作範圍及內容	1-3
第二章 研究區域現況概述	
2.1 基隆河流域特性	2-1
2.2 基隆河流域水文觀測站網現況	2-16
2.3 河川水位流量觀測作業現況	2-23
第三章 理論基礎	
3.1 水力履性曲線概論	3-1
3.2 水力履性圖特性分析	3-3

3.3 水力履性圖建立之步驟	3-5
3.4 配合迴水計算之原則	3-6
3.5 顏氏理論率定曲線繪製	3-8
第四章 研究成果	4-1
4.1 工作內容	4-1
4.2 選定水文站概況	4-2
4.3 數值模型建立與檢定驗證	4-3
4.4 顏氏理論率定曲線繪製	4-6
4.5 應用成果分析與檢討	4-8
第五章 結論與建議	5-1
參考文獻	R-1
附錄 A 五堵水位站照片	A-1
附錄 B 專家討論會記錄	B-1
附錄 C 期中審查意見處理情形	C-1
附錄 D 期末審查意見處理情形	D-1
附錄 E HEC-RAS 2.2 模式簡介	E-1
附錄 F TABS-2 模式簡介	F-1



## 表目錄

	頁次
表 2-1 基隆河歷年整治規劃計畫	2-6
表 2-2 基隆河流域主要雨量站基本數據	2-7
表 2-3 基隆河南湖大橋上游主要地點計畫洪水位表	2-8
表 2-4 基隆河南湖大橋上游各主要地點計畫河寬	2-10
表 2-5 基隆河各控制站頻率別洪峰流量	2-10
表 2-6 基隆河新建防洪工程設施一覽表	2-11
表 2-7 基隆河現有防洪工程設施一覽表	2-12
表 2-8 基隆河治理工程初期實施計畫工程內容表	2-12
表 2-9 基隆河六堵工業區以下河段排水工程設施表	2-13
表 2-10 基隆河流域各雨量站概況表	2-18
表 2-11 基隆河流域各水位站概況表	2-20
表 2-11 基隆河流域各水位站概況表	2-20
表 4-1 基隆河五堵(4) - 86 年河川實測流量	4-11
表 4-2 基隆河五堵(4) - 87 年河川實測流量	4-13
表 4-3 基隆河五堵(4) - 88 年河川實測流量	4-15
表 4-4 基隆河五堵(4) - 89 年河川實測流量	4-17
表 4-5 基隆河介壽橋 - 86 年河川實測流量	4-19

表 4-6 基隆河介壽橋 - 87 年河川實測流量	4-21
表 4-7 基隆河介壽橋 - 88 年河川實測流量	4-23
表 4-8 基隆河介壽橋 - 89 年河川實測流量	4-25
表 4-9 基隆河流域橋樑樑底高程及橋面高程統計表	4-27
表 4-10 基隆河河道迴水計算各斷面曼寧 n 值採用表	4-29
表 4-11 基隆河河道迴水計算各斷面曼寧 n 值修正採用表	4-31

## 圖目錄

	頁次
圖 1-1 美國地質調查署水文站率定曲線實例	1-5
圖 2-1 基隆河流域集水分區圖	2-14
圖 2-2 淡水河流域年雨量分布圖	2-15
圖 2-3 基隆河流域雨量站分布圖	2-21
圖 2-4 基隆河流域水位站分布圖	2-22
圖 2-5 涉水施測角度校正示意圖	2-28
圖 2-6 纜線施測流速設備圖	2-29
圖 2-7 鉛魚與流速計之位置圖	2-29
圖 3-1 緩坡明渠河段水力履性圖	3-10
圖 3-2 陡坡明渠河段水力履性圖	3-10
圖 3-3 流經橋墩流場之局部水位變化模擬比較	3-11
圖 4-1 基隆河五堵水位站相關位置圖	4-33
圖 4-2 基隆河五堵水位站位置與構造型式	4-34
圖 4-3 基隆河五堵水位流量站歷年大斷面比較	4-37
圖 4-4 基隆河介壽橋水位流量站歷年大斷面比較	4-35
圖 4-5 基隆河象神颱風洪水水位實測值與模擬值比較	4-36

圖 4-6 基隆河瑞伯颱風洪水水位實測值與模擬值比較	4-37
圖 4-7 基隆河 200 年及 10 年頻率洪水模擬結果	4-38
圖 4-8 基隆河五堵水位站河段水力履性圖	4-39
圖 4-9 基隆河五堵站理論率定曲線與實測值比較	4-39
圖 4-10 基隆河介壽橋水位站河段水力履性圖	4-40
圖 4-11 基隆河介壽橋站理論率定曲線與實測值比較	4-40
圖 4-12 基隆河五堵水位站河段水力履性圖	4-41
圖 4-13 基隆河五堵站理論率定曲線與實測值比較	4-41
圖 4-14 基隆河介壽橋水位站河段水力履性圖	4-42
圖 4-15 基隆河介壽橋站理論率定曲線與實測值比較	4-42
圖 4-16 基隆河實踐橋至五堵水位站河段水力履性圖	4-43
圖 4-17 基隆河實踐橋至五堵站河段水力履性圖之應用	4-43
圖 4-18 基隆河大直橋至民權河段水力履性圖	4-44
圖 4-19 基隆河大直橋至民權河段水力履性圖之應用	4-44
圖 4-20 基隆河瑞伯颱風洪水水位實測值與模擬值比較	4-45

## 第一章 前言

### 1.1 計畫緣起及目標

水文基本資料係水資源調配利用、防災預警、各項用水供需計畫研擬及水利工程規劃設計最重要之依據，而河川流量情形會直接影響到水資源開發與河川整治之效果。因此，如何準確決定流量成為水資源規劃利用及工程設計之重要關鍵。台灣河川具有流域狹小、坡度陡峻、沖刷及淤積情形嚴重與洪枯流量懸殊等特徵，使得水資源利用、管理及水利防洪等規劃工作格外地困難。就各種水資源及水利課題之數值模式或物理模式研究而言，所須配套輸入條件之水資源基本資料，其觀測誤差經常遠大於其界定之研究精度或敏感度範圍，特別是天然河川洪水位、高洪峰流量推估(包括洪水位及洪水最大流速量測)等的觀測調查。影響水位流量觀測資料精度之因素很多，其中站址與觀測方法最為直接影響所測結果之準確，尤其是台灣河川的流量站受限於天然條件且為便於觀測洪水流量，站址都施設於橋樑處，於主流橋墩下游面裝設自計水位計，用以記錄水位的時間過程。流速測定則通常使用流速儀或浮標測法，以面積流速法推求流量。爾後，若河床穩定，水位與流量關係關聯性佳，則由水位紀錄，可由率定曲線推算相當流量。事實上，台灣天然河川，斷面、流路經常變化，且都為具有洪水平原之不規則複式斷面，且經常有各類跨河構造物、防洪構造物如橋樑、固床工、攔河堰及潛堰等。尤其水位站施設於橋墩下游面，在橋墩分離圈(Flow Separation Pocket)影響範圍以內，水位除受主流影響外，更大受分離圈之水流影響。因此量出水位波動較大，且不易完全代表主流情形，此等人為干擾所造成之局部水理變化都會影響實

測資料的準確性。此外，台灣河川高流量的發生都為颱風，觀測不易，致使可供運用之實測水位流量資料都偏低，嚴重影響水資源利用、管理及水利防洪等規劃成果之不確定性 (Uncertainty)。因此，詳實評估台灣河川水文流量資料既有內涵與觀測現況，著手推導水位流量率定曲線新方法的評估與探討的研究工作，實是當務之急。

爰此，經濟部水資源局(以下謹稱 貴局)，特成立「理論水位流量率定曲線於台灣河川之應用評估探討—以基隆河流域水文站為例(1/2)」研究計畫，以甄選委託合宜研究團隊進行探討流量與水位之關係理論，並建立基隆河水文站之模式，以提供河防工作之參考。

## 1.2 前人研究

河川在指定水文站斷面之率定曲線，目前均由實測的流量及水位而定出。率定曲線測定使用後，如果河川或水文站斷面情況更改，率定曲線則需要重新測定。為了使用上的方便，美國地質調查署(US Geological Survey)利用實測之水位及流量結果，根據經驗及試誤將許多環狀關係轉換為單一基本標準率定曲線配合輔助圖以代表水面坡度差別之影響。圖 1-1 為 USGS 率定曲線之實例，使用時，根據指定水位先由基本率定曲線定出標準正常流量，(例如水文站水位為 40 呎時標準流量  $q_n$  為  $600 \times 10^3$  cfs)，再由輔助圖求出更正係數(correction factor)，然後二者相乘以求出流量。水面坡度用水位測站水位及輔助測點水位差  $F$  來表示。在不同水文站水位之標準水位差  $F_n$  從圖 1-1 左上角輔助圖讀出，再根據測得之實際水位差與標準水位差比  $F_a/F_n$ ，由右下角修正係數輔助圖讀出  $q_a/q_n$  (例如水文站水位為 40 呎時，標準水位差為 4.35。如實測水位差為 5.25， $F_a/F_n=5.25/4.35=1.2$ ，由輔助圖讀出  $q_a/q_n=1.1$ ，算出實際流量  $q_n=1.1 \times 600 \times 10^3 = 660 \times 10^3$  cfs)。

USGS 改良率定曲線須依據量測的結果求得，工作量甚大，費時費錢，又需要技術專人工作。因此於次要的水文站，改良率定曲線並不普及，流量估測準確度較低。

如前所述傳統水文作業，水位—流量率定曲線無法從理論推出，需要由費時費錢之實測數據推定，其主要原因為無法綜合計算表示各種可能迴水情形。近年來顏氏等(Yen and González, 1994)在考定定量流情況下，導出明渠水力履性圖(Open Channel Hydraulic Performance Graph, HPG)，該圖綜合河段所有可能水流條件之迴水剖面資訊，因此包含所有可能水位與流量間環狀關係，一般應用上根據上下游水位關係則由此圖推得對應之通過河段流量，進一步利用該圖能在不同尾水情形之下，決定明渠之水流容量 (flow capacity)，以滿足某重現期洪峰流量通過之需求，可作為定出水位流量率定曲線之理論基礎，以檢驗實測水位流量資料之可靠度。同時根據該理論定出率定曲線最大好處是大量減少實地量測工作，可靠度佳之量測資料只是用來驗證率定曲線之準確度，不再需要用大量之量測資料建立率定曲線，可省下大量時間及費用。楊錦釗、顏本琦等前已探討利用明渠水力履性圖理論定出率定曲線，並應用於天然河段以探討其可行性，同時提出修正方法與步驟。其研究過程中發現受不規則斷面及跨河構造物等整體幾何條件變化之影響，水力履性圖理論所定義之正常水深線 ( $N$  線) 不再如定形河槽 (prismatic channel) 可直接以平行底床線 ( $Z$  線) 之直線定出。應以水文站為下游邊界條件，並令該斷面之能量坡降等於平均河床坡度，進行迴水計算求出各流量之正常流水深  $y_n$ ，進而定出修正之  $N$  線。

### 1.3 工作範圍及內容

根據本計畫委辦說明書所載，第一期工作期限自簽約日起至 90 年 12 月底止，第二期自 91 年 1 月起至 91 年 12 月底止(需俟九十一年度預算核定通過後，據以辦理)。

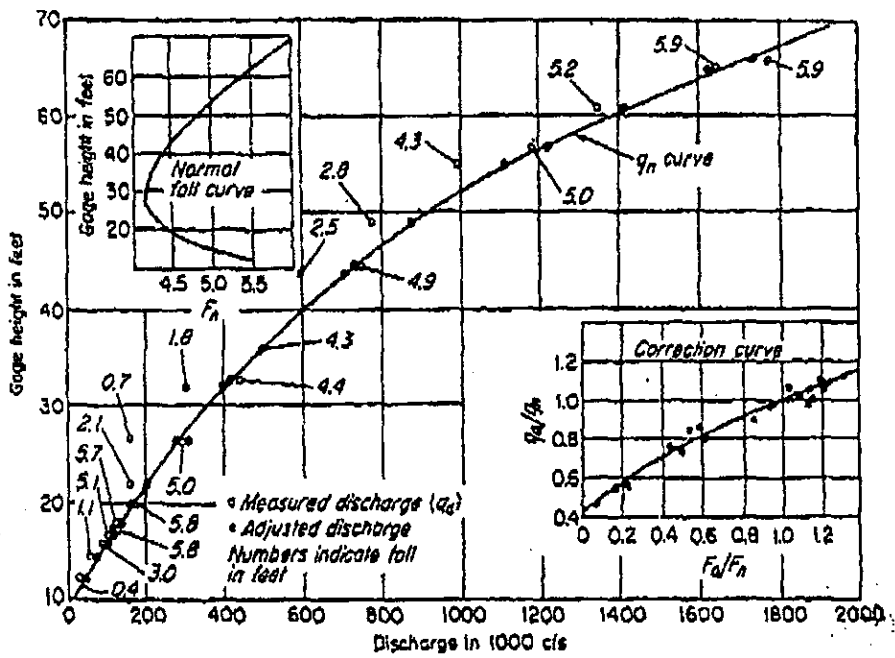
本計畫將分二期進行相關工作，其中第一期工作內容包括：

- (一) 完成理論率定曲線之推導。
- (二) 選定基隆河流域一站水位流量站作為應用之對象。
- (三) 蒐集選定站河川斷面資料及河道地形圖包括橋樑布置圖與水位站位置等資料及相關水文資料。
- (四) 推導及驗證選定水位流量站之可能率定曲線。
- (五) 探討橋墩對水位流量關係之影響分析。
- (六) 綜合分析研判影響水文站水位流量關係之因素。
- (七) 理論率定曲線上與實測之水位—流量關係比較及可行性探討。

第二期之工作將繼續第一期成果作進一步校驗以求增進率定曲線之可靠度，工作內容包括：

- (一) 預擬繼續蒐集斷面及河道地形圖包括橋樑布置圖與水位站位置等資料及相關水文資料。
- (二) 預擬探討河床糙率係數與坡度對測點水位流量關係之影響分析。
- (三) 預擬探討河床質級配與底床沖淤對測點水位流量關係之影響分析。
- (四) 預擬探討彎曲河道變化對測點水位流量關係之影響分析。
- (五) 預擬綜合分析建立水位流量關係修正方法，以精確估算水位站之可能率定曲線。
- (六) 撰寫標準作業程序與操作手冊





(Ohio 河, Metropolis, Illinois 水文站: 美國地質調查署)

摘自美國地質調查署報告

圖 1-1 美國地質調查署水文站率定曲線實例

## 第二章 研究區域現況概述

### 2.1 基隆河流域特性

基隆河河道蜿蜒而平緩，中、下游經台北盆地，與淡水河主流匯集於低窪之台北盆地，由於其自然排洪條件不佳，經常每逢豪雨成災。民國 76 年 10 月琳恩颱風侵襲，造成基隆河兩岸一千多公頃土地受到淹沒，尤以八堵至南港地區最為嚴重。民國 87 年 10 月瑞伯颱風與芭比絲颱風的連續造訪更造成汐止地區嚴重洪患，淹水持續長達十多小時。而針對瑞伯及芭比絲颱風之淹水紀錄顯示，汐止市淹水主要區域為各以江北橋及社后橋為中心的兩處方圓 600 公尺範圍，如大同路、忠孝東路、汐萬路、新台五線、長興街等，其淹水水位甚至漫越過江北橋及社后橋，淹水深度最大達約 2.5 公尺，淹水面積約 350 公頃，淹水深度平均約 0.9 公尺。為解決本流域治洪防災問題，水利主管單位已持續對基隆河進行整治規劃工作，歷年相關整治規劃計畫如表 2-1 所示。本節將綜合整理相關調查規劃成果就基隆河流域特性作一摘要簡述。

#### 一、集水區面積調查

基隆河係淡水河三大支流之一，發源台北縣平溪鄉青銅山，沿途流經平溪鄉、瑞芳鎮、基隆市、汐止市，由南港進入台北市後於關渡匯入淡水河，主流長為 86.4 公里，流域面積為 491 平方公里，其主要支流都為南北向，有南向北流之康誥坑溪、茄荖溪、保長坑溪、鄉長溪、下寮溪、暖暖溪；以及北向南流之北港溪、內溝溪、叭噠溪、鹿寮溪等，其集水分區圖如圖 2-1 所示。基隆河流域除下游台北盆地集中、上游局部狹小之河床平原外，其餘

皆為丘陵地、山地及台地。西部為大屯山支系，東部為雪山山脈之延伸，山丘標高雖低，但坡度均陡，地質屬中新世紀地層及第四紀地層之現代沖積層。流域特性可歸納如下：

### 1. 上游河谷區

該區域範圍涵蓋八堵、暖暖至上游火燒寮之區域，集水面積約 172.7 平方公里。由於該區屬於河谷地形較多，洪水發生皆為漫地流匯集到河道的型態，流域內植被變化將會改變該區域的降雨逕流關係。

### 2. 中游開發密集區

該區範圍由南湖大橋至八堵、七堵地區。由於該區近年來高度開發，人與水爭地，加上兩岸僅有十年防洪標準之護岸保護，亦是目前基隆河主要淹水區。

### 3. 下游都會區

該區域範圍為南湖大橋以下至淡水河匯流口。本區域已列入台北防洪計劃，故兩岸除南湖大橋至內溝溪段目前正規劃及施工中外，其餘下游地區至中山橋已設有 200 年防洪標準之堤防。基隆河下游段受堤防興建之作用，流域內之雨水係先經過排水系統，再匯入抽水站至基隆河，下游區域內的淹水已轉變成區域內之積水問題。

## 二、降雨分布及逕流狀況

基隆河流域因處於東北季風直接影響位置，其年雨量較台灣南部及中部區域為多，流域平均年降雨量高達 3,947 公厘，約為台灣地區年平均雨量之 1.6 倍，圖 2-2 為淡水河流域年雨量線分布圖，顯示基隆河流域有一降雨中心。整體雨量特性可歸納如下：

### 1. 東北季風影響強

本計畫區域位於中低緯度交界，屬亞熱帶氣候區，每年十月至翌年四月受東北季風影響，細雨綿綿，溫度較低。每年五月至十月間，為颱風季節，平均每年約有 2 至 3 次颱風來襲，颱風降雨強度大且範圍廣，經常造成大規模之災害。

## 2. 颱風侵襲災害大

颱風來襲常帶來大量雨量，本計畫區歷年來承受之颱風災害甚多，近年來造成較大災害之颱風有民國 76 年琳恩颱風、民國 87 年瑞伯颱風以及芭比絲颱風及 89 年象神颱風及 90 年桃芝、納莉颱風等。前述颱風有五場颱風皆發生於十月份，由於颱風氣流加上東北季風之作用，往往使降雨量特別高。

## 3. 夏日午後常有雷陣雨

由於受夏季高溫之影響，經常造成低壓帶產生直流降水，即所謂雷陣雨，雷陣雨時間不長但降雨強度卻頗強，常造成低窪或排水不良地區淹水。

表 2-2 為基隆河流域內主要雨量站火燒寮、瑞芳、五堵、及竹子湖等站之年平均雨量及一日、二日、三日暴雨之各頻率年降雨強度，以五堵雨量站為例，一日暴雨之二年、五年、十年、二十年雨量分別為 206、345、457、及 575 mm。由表 2-2 之資料可見在基隆河流域上游地區其雨量強度較大，約較瑞芳大約 20% 左右，而至五堵地區其暴雨量受兩側地形效應又再增大，而此上游地區雨量大約 12% 左右，但低頻率年之降雨程度反而較小，顯示不同類型之降雨在不同地區有相反的效應。

## 三、地形及河道斷面

基隆河自河口至南湖大橋為下游段，其河床平均坡降約為 1/6,700；自南湖大橋起至八堵大華橋為中游段，其平均坡降約為

1/4,900；自大華橋以上至侯硐介壽橋為上游段，其平均坡降約為1/250；侯硐介壽橋以上為山地河川。由於基隆河中、下游河道蜿蜒而平緩，加以河川兩岸土地高度開發，形成人與水爭地，而使河道窄縮，故其自然排洪條件不佳，每逢豪雨成災。依流域之地形、地勢狀況，歸納出本計畫區域之河道水理特性如下：

#### 1. 感潮河段特性

基隆河感潮河段上溯至汐止附近，於低流量時受潮汐之影響甚鉅。

#### 2. 河幅狹窄

基隆河上游段為地質堅硬之U型河槽，河道相當穩定。下游段地質鬆軟，兩岸土地高度開發使得河道窄縮，且沿河橋樑甚多，造成河道通水斷面不足。

目前基隆河中、上游河道正進行十年頻率洪水保護標準之治理工程，待初期整治工程完成後，應立即進行河道斷面測量，以提供200年防洪治理計畫複核工作之用。另依據「基隆河治理基本計畫」，各斷面計畫河床高、平均河床高、計畫洪水位詳表2-3所示，計畫寬度詳表2-4所示，基隆河各控制站頻率別洪峰流量如表2-5所示。

### 四、水利設施

#### 1. 堤防及護岸

依據台北地區防洪計畫，基隆河南湖大橋下游200年頻率防洪標準之堤防已興建完成；而在基隆河南湖大橋上游河段部分，前台灣省水利局已分別於民國78、81年完成南湖大橋至暖暖八堵橋河段及八堵橋至侯硐介壽橋河段之治理基本計畫，各河段訂定治理設施如表2-6、表2-7所示。

目前經濟部水利處第十河川局（以下簡稱十河局）正依據基隆河治理工程初期實施計畫，進行南湖大橋上游河段十年頻率洪水保護標準之治理工程，主要的工程是針對河槽通洪斷面不足之河段（北山大橋(二)至保長坑溪出口段）先行疏浚；並配合疏浚河段，於兩岸設置護岸，工程內容如表 2-8 所示。

## 2. 抽排水設施

目前基隆河中、上游有瑞芳、暖暖、八堵、六堵、汐止等五處抽水站供應基隆等地區之自來水源。另根據「台北地區防洪計畫」中基隆河沿岸既有及計劃興建中之抽水站計有 38 座。而台北縣政府亦正進行「基隆河初期治理計畫—應急堤後抽水設施及引水幹線」工程之規劃、設計、監造業務委託工作。

基隆河流域之排水包括山溝、都市排水，約計 39 條，其排水區域包括汐止市、瑞芳鎮、基隆市暖暖區、七堵區。另依據台灣省水利局民國 77 年基隆河治理規劃檢討結果，排水工程須配合處計有抽水站 12 處，引水幹線 4 條，長度 2,100 公尺，排水公幹線長度 5,731 公尺，詳表 2-9 所示。

表 2-1 基隆河歷年整治規劃計畫

時間	計畫名稱	辦理單位
77.07	基隆河治理規劃檢討報告	台灣省水利局
78.07	基隆河治理基本計畫(南湖大橋至暖暖八堵橋)	台灣省水利局
81.03	基隆河整治計畫河川工程整體規劃設計堤頂高程研擬	台灣省水利局
81.05	基隆河上游河段治理基本計畫(八堵橋至侯硐介壽橋)	台灣省水利局
84.07	淡水河整體洪水預報系統規劃	台灣省水利局
86.05	基隆河治理工程初期實施計畫	台灣省政府水利處
87.10	淡水河整體洪水預報系統模式之研發	台灣省政府水利處
89.03	基隆河洪水預報及淹水預警系統規劃工作	經濟部水利處
89.04	基隆河整體治理計畫規劃總報告	經濟部

資料來源：本研究整理。

表 2-2 基隆河流域主要雨量站基本數據

(單位：mm)

雨量站	頻率年	火燒寮	瑞芳	五堵	竹子湖
年平均雨量		4769	5114	4024	4227
一日暴雨	2	280	226	212	307
	5	383	314	320	479
	10	449	371	406	600
	20	511	426	500	719
	50	589	497	640	877
	100	648	550	761	999
	200	705	603	896	1122
二日暴雨	2	395	315	295	444
	5	557	444	458	725
	10	663	535	598	934
	20	764	625	760	1150
	50	893	748	1019	1450
	100	990	844	1257	1692
	200	1086	945	1538	1947
三日暴雨	2	455	374	343	503
	5	646	530	536	803
	10	771	645	703	1027
	20	890	763	900	1260
	50	1043	929	1216	1587
	100	1157	1065	1507	1851
	200	1271	1210	1855	2132

資料來源：台灣省水利局 1.基隆河治理基本計畫（南湖大橋至暖暖八堵橋），民國 78 年。2.基隆河上游河段治理基本計畫（八堵橋至侯硐介壽橋），民國 81 年。



表 2-3 基隆河南湖大橋上游各主要地點計畫洪水位表

地 點	断面號	新 断面號	累距	計畫 河床高	平均 河床高	計畫 洪水位	計畫 堤頂高
			(公尺)	(公尺)	(公尺)	(公尺)	(公尺)
南 湖 大 橋	0	43.1	0	-1.20	2.77	11.30	12.80
	4		1,880	-0.57	2.25	11.65	13.15
社 后 橋	067	50.1	3,380	-0.07	2.60	12.31	13.81
高速公路橋(4)	089		4,720	0.37	3.58	12.82	14.32
高速公路橋(3)	112		6,050	0.80	5.37	13.29	14.79
江 北 橋	144	61.1	7,460	1.27	3.85	14.07	15.57
汐止交流道橋	145		7,510	1.28	4.16	14.18	15.68
長 安 橋	189	68.1	9,520	1.98	4.02	15.54	17.04
高速公路橋(2)	212		10,600	2.34	4.34	15.98	17.48
高速公路橋(1)	213		11,350	2.59	6.98	16.03	17.53
千 祥 橋	214	74.1	12,100	2.84	6.01	16.28	17.78
百 福 橋	223	76.1	13,250	3.22	6.20	16.88	18.38
實 踐 橋		78.1	14,250	3.55	6.97	17.30	18.80
台 5 線輔助橋 1			16,400	4.26	10.17	18.55	20.05
台 5 線輔助橋 2			17,610	5.60	10.24	19.13	20.63
台 5 線輔助橋 3			18,860	7.00	10.89	19.81	21.31
崇 智 橋	356	92.1	19,830	8.07	9.62	20.26	21.76
大華橋(舊橋)	367	94.1	20,450	8.74	9.99	20.79	22.29
大華橋(新橋)			20,460	8.78	11.30	12.10	22.60
七堵交流道橋			21,296	9.70	14.67	22.00	23.50
攔 河 堰	411		22,180	12.01	14.54	22.43	23.93
八 堵 鐵 路 橋	412	97.1	22,530	13.08	14.93	22.74	24.24
八 堵 橋	413	98.1	22,550	13.14	14.89	23.06	24.56

表 2-3 基隆河南湖大橋上游各主要地點計畫洪水水位表 (續)

地 點	斷面號	新 斷面號	累距	計畫 河床高	平均 河床高	計畫 洪水位	計畫 堤頂高
			(公尺)	(公尺)	(公尺)	(公尺)	(公尺)
暖 江 橋	445	100.1	23,670	16.88	17.16	25.52	27.02
鐵 路 橋	466	102.1	24,430	19.08	23.20	27.90	29.40
瑞 慶 橋	501	105.1	26,195	23.50	26.17	29.86	31.36
鐵 路 橋	523	107.1	27,105	25.78	29.69	33.08	34.58
慶 安 橋	524	108.1	27,255	26.16	29.01	33.42	34.92
鐵 路 橋	556	112.1	28,905	31.17	33.28	37.68	39.18
國 芳 橋	567	113.1	29,684	33.76	34.23	39.88	41.38
介壽橋(瑞芳)	612	119.1	33,038	44.93	47.03	50.02	51.52
瑞 芳 橋	623	120.1	33,510	46.51	47.21	51.34	52.84
瑞 峰 橋	634	121.1	33,614	46.85	48.87	51.39	52.89
鐵 路 橋	666		35,504	55.80	57.83	61.19	62.29
鐵 路 橋	667	125.1	35,534	56.11	57.73	61.43	62.93
捌 河 堰			37,225	73.91	74.50	79.38	80.88
介壽橋(侯硐)	701	129.1	38,375	83.17	83.17	86.82	88.32

資料來源：台灣省水利局 1.基隆河治理基本計畫(南湖大橋至暖暖八堵橋)，民國 78 年。2.基隆河上游河段治理基本計畫(八堵橋至侯硐介壽橋)，民國 81 年。

表 2-4 基隆河南湖大橋上游各主要地點計畫河寬

斷面編號	計畫河寬(公尺)	斷面編號	計畫河寬(公尺)
00-04	160-170	29-43	110
05-10	140	44-60	100
11-18	130	61-70	60-70
19-28	120		

資料來源：台灣省水利局 1.基隆河治理基本計畫(南湖大橋至暖暖八堵橋)，民國 78 年。2.基隆河上游河段治理基本計畫(八堵橋至侯硐介壽橋)，民國 81 年。

表 2-5 基隆河各控制站頻率別洪峰流量

站別	流域面積 (km)	洪 峰 流 量 (cms)						
		200 年	100 年	50 年	20 年	10 年	5 年	2 年
關渡	490.77	4180	3910	3600	3180	2770	2310	1560
中山橋	401.07	3200	3000	2760	2400	2120	1780	1210
社後	314.45	2940	2750	2520	2180	1910	1580	1040
過港	274.19	2820	2640	2400	2080	1810	1480	960
保長坑溪 合流處	247.12	2740	2560	2330	2010	1740	1420	906
五堵	206.31	2630	2450	2220	1910	1650	1330	830
暖暖	154.46	1920	1760	1620	1390	1200	976	614
深澳	113.20	1380	1260	1160	992	862	705	448
圓山子	91.00	1090	990	910	780	680	560	360

\*摘錄自水利局規劃總隊「基隆河治理基本計畫」專題報告(南湖大橋至暖暖八堵橋)。

表 2-6 基隆河新建防洪工程設施一覽表

(單位：公尺)

岸別	工程名稱	工程內容		種類
		堤防	護岸	
右岸	北山堤防	3916		防洪牆
	樟江護岸		250	
	過港堤岸	1884		防洪牆
	仁德護岸		500	
	鄉長堤防	672		防洪牆
	東北護岸		360	
	堵北護岸		450	
	五堵堤防	2400	300	防洪牆
	百福護岸		1008	護岸及胸牆
	八堵護岸		280	
	瑞慶二號護岸		170	
	楓瀨一號護岸		850	
	瑞芳一號護岸		230	
	爪峰五號護岸延長		550	
左岸	樟樹堤防	2548		防洪牆
	過港堤岸		250	
	橋東堤防	3076		防洪牆
	保長坑護岸		250	
	五堵護岸		160	
	堵南堤防	2304		防洪牆
	六堵堤防延長	200		
	草濫護岸		600	
	瑞慶一號護岸		230	
	大寮護岸		410	
	爪峰四號護岸延長		155	
	爪峰一號護岸延長		170	

資料來源：台灣省水利局 1.基隆河治理基本計畫(南湖大橋至暖暖八堵橋)，民國 78 年。2.基隆河上游河段治理基本計畫(八堵橋至侯硐介壽橋)，民國 81 年。

表 2-7 基隆河現有防洪工程設施一覽表

(單位：公尺)

岸別	工程名稱	工程內容			種類	
		堤防	護岸			堤防加高加強
			長度	高度		
左岸	六堵堤防	1941			1900	
	爪峰二號護岸		828	1.0		防水牆
	東和堤岸		679	1.0		防水牆

資料來源：台灣省水利局 1.基隆河治理基本計畫(南湖大橋至暖暖八堵橋)，民國 78 年。2.基隆河上游河段治理基本計畫(八堵橋至侯硎介壽橋)，民國 81 年。

表 2-8 基隆河治理工程初期實施計畫工程內容表

岸別	工程名稱	工程內容 (公尺)	備註
左岸	樟樹護岸	2700	北山大橋(二)~高速公路橋(四)
	橋東護岸	4000	高速公路橋(三)~保長坑溪出口
	五堵護岸	160	五堵貨櫃連絡道橋(二)~千祥橋
	堵南護岸	1100	千祥橋~百福橋
	小計	7960	
右岸	北山護岸	4100	南湖大橋~高速公路橋(四)
	過港護岸	2900	高速公路橋(四)~江北橋
	江北護岸	2800	江北橋~東山護岸(含)
	堵北護岸	450	
	百福護岸	600	百福橋下游
	八堵護岸	400	八堵公路橋下游
	小計	11250	
合計	疏濬工程	7500	北山大橋(二)~保長坑溪出口
	護岸工程	19210	
	疏濬工程	7500	

資料來源：基隆河治理工程初期實施計畫，台灣省政府水利處，民國 87 年。

表 2-9 基隆河六堵工業區以下河段排水工程設施表

排水區	防洪工程	排水工程
六堵工業區及山區排水	六堵堤防	六堵抽水站
五堵百福社百三街排水	五堵防洪牆閘門	百福社區抽水站
保長坑溪排水	橋東防洪牆閘門	1.長安1,2號抽水站 2.長安引水幹線 3.S幹線 L=605m 4.背水堤 L=1000m
茄苳排水	橋東防洪牆閘門	茄苳1,2號抽水站
街後排水	橋東防洪牆閘門	1.街後抽水站 2.N幹線 L=948m 3.背水堤 L=800m
江北排水	過港防洪牆閘門	1.江北引水幹線 L=500m 2.江北抽水站
樟樹灣排水	樟樹防洪牆閘門	1.G幹線 L=1685m 2.下寮抽水站 3.下寮引水幹線 L=450m
社后排水	北山防洪牆閘門	1.社后1,2,3號抽水站 2.社后引水幹線 L=650m 3.C幹線 L=1150m 4.D幹線 L=1343m

資料來源：基隆河治理規劃檢討報告，台灣省水利局，民國77年。

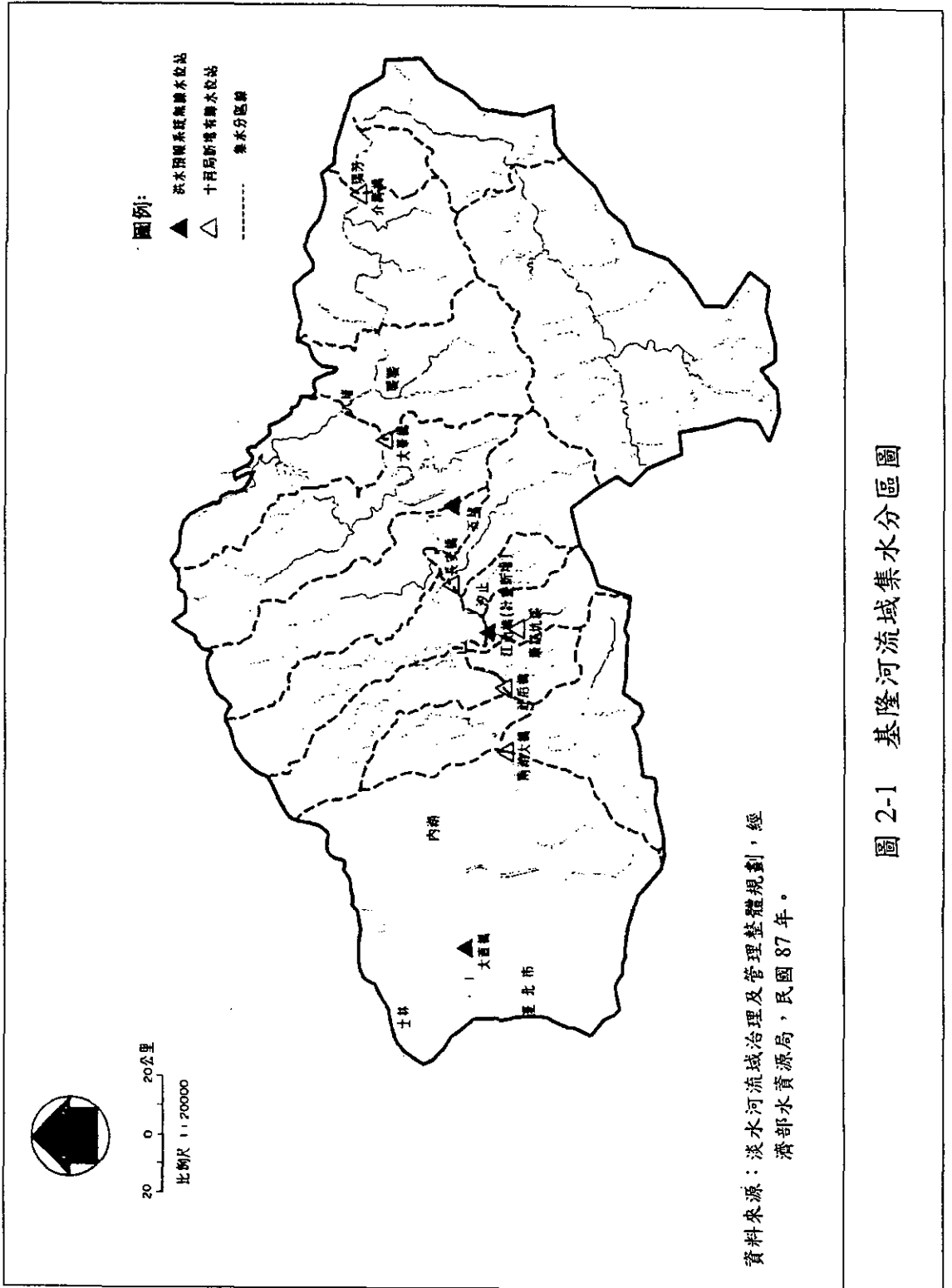


圖 2-1 基隆河流域集水區圖





## 2.2 基隆河流域水文觀測站網現況

### 1. 雨量站現況

基隆河流域各雨量站概況如表 2-9 所示，分布如圖 2-3 所示，分別隸屬於經濟部水利處及中央氣象局，包括流域內約 11 站，以及鄰近流域約 15 站，依資料傳輸方式可分為以下三種類型：

#### (1) 原洪水預報系統中以無線傳輸方式之雨量站

目前淡水河洪水預報系統在基隆河流域所使用之雨量站僅五堵雨量站，其餘像中正橋、竹子湖等鄰近流域十河局雨量站則沒有列入基隆河流域使用。

#### (2) 十河局新增之有線傳輸方式雨量站

十河局近幾年為有效監測基隆河流域降雨情況，乃在流域內之瑞芳、火燒寮、社后橋，以及鄰近流域之石碇等處建置雨量站。惟目前以有線傳輸的方式資料收集較耗時(目前全部有線測站收集一輪約需 30~40 分鐘)，且站數越多時間越久。

#### (3) 氣象局雨量站(含已建置完成及規劃中各雨量站)

目前中央氣象局與十河局在「淡水河流域洪水預報系統更新及改善工程」案中已有初步的協定，將配合洪水預報作業需求，提供所屬各雨量站即時監測資料，且在轉存技術上應無問題。

### 2. 水位站現況

基隆河流域曾觀測過之水位站概況如表 2-10 所示，分別隸屬於經濟部水利處及台灣電力公司，目前十河局使用中的水位站主要可分為以下二種類型，各水位站分布如圖 2-4 所示，說明如下：

#### (1) 原洪水預報系統中以無線傳輸方式之水位站

目前在淡水河洪水預報監測站內屬於基隆河流域有大直橋與五堵水位站，其中資料較完整則僅有五堵水位站。

## (2) 十河局新增之有線傳輸方式水位站

十河局近幾年來已在南湖大橋、康誥坑橋、社后橋、長安橋、大華橋及介壽橋（瑞芳）等處建置水位站，並利用有線傳輸方式將水位資料傳回板橋防洪指揮中心，目前設定為每小時記錄一次，且可供民眾直接上網查詢。

表 2-10 基隆河流域各雨量站概況表

站碼	站名	區域	經度	緯度	高度(m)	設置日期	所屬機關	備註
01B03	五堵	基隆市七堵區	121° 41' 12"E	25° 04' 51"N	16	52/01	水利處	流域內
01A41	中正橋	台北市水源路	121° 30' 35"E	25° 01' 17"N	5	66/11	"	鄰近
01A42	竹子湖	台北市陽明山	121° 31' 49"E	25° 10' 16"N	605	66/10	"	鄰近
	社后橋	台北縣汐止市	121° 37' 30"E	25° 04' 00"N	5	新建有線	"	流域內
6940	基隆	基隆市	121° 44'E	25° 08' N	26.7	33	中央氣象局	鄰近
C0A55	太平	台北縣雙溪鄉	121° 48' 55"E	24° 58' 23"N	460	76/05/01	"	鄰近
C0A59	大尖山	台北縣汐止市	121° 39' 28"E	25° 03' 12"N	326	76/05/01	"	流域內
C0A87	五指山	台北縣汐止市	121° 36' 22"E	25° 08' 19"N	685	84/01/01	"	流域內
C1A66	瑞芳	台北縣瑞芳鎮	121° 47' 35"E	25° 06' 54"N	101	76/05/01	"	流域內
C0A89	雙溪	台北縣雙溪鄉	121° 51' 20"E	25° 02' 17"N	40	84/01/01	"	鄰近
C0A95	鼻頭角	台北縣瑞芳鎮	121° 53' 55"E	25° 07' 03"N	118	84/01/01	"	鄰近
C0A86	大坪	台北縣萬里鄉	121° 38' 29"E	25° 10' 20"N	355	84/01/01	"	鄰近
C1A64	石碇	台北縣石碇鄉	121° 39' 47"E	24° 59' 38"N	140	76/05/01	"	鄰近
C1A65	火燒寮	台北縣平溪鄉	121° 44' 34"E	25° 00' 10"N	380	76/05/01	"	流域內

表 2-10 基隆河流域各雨量站概況表 (續)

站碼	站名	區域	經度	緯度	高度(m)	設置日期	所屬機關	備註
C0A9I	三重	台北縣三重市	121° 28' 44"E	25° 03' 54"N	108	86/12/01	中央氣象局	流域內
	五分山	台北縣平溪鄉	121° 46' 21"E	25° 04' 22"N	756	建置中	"	流域內
	光明寺	台北縣石碇鄉	121° 39' 28"E	25° 10' 39"N	423	建置中	"	流域內
6920	台北	台北市	121° 30'E	25° 02' N	5.5	-16	"	鄰近
C1A73	公館	台北市中正區	121° 31' 50"E	25° 00' 52"N	10	76/05/01	"	鄰近
C1A69	木柵	台北市木柵區	121° 35' 10"E	24° 58' 53"N	260	76/05/01	"	鄰近
C0A9A	大直	台北市中山區	121° 32' 11"E	25° 04' 43"N	49	86/12/01	"	流域內
C0A9F	內湖	台北市內湖區	121° 33' 59"E	25° 04' 52"N	124	86/12/01	"	流域內
C0A9G	南港	台北市南港區	121° 33' 39"E	25° 03' 31"N	489	86/12/01	"	流域內
C0A99	外雙溪	台北市內湖區	121° 33' 58"E	25° 06' 30"N	36	86/12/01	"	流域內
C0A9B	石牌	台北市北投區	121° 30' 20"E	25° 07' 05"N	250	86/12/01	"	鄰近
C0A9C	天母	台北市士林區	121° 31' 46"E	25° 07' 13"N	222	86/12/01	"	鄰近
C0A9E	士林	台北市士林區	121° 29' 39"E	25° 05' 29"N	230	86/12/01	"	鄰近

資料來源：中央氣象局提供之淡水河流域各雨量站、氣象站、中繼站基本資料，民國 89 年。

表 2-11 基隆河流域各水位站概況表

站號	站名	區域	集水面積 (km <sup>2</sup> )	高度 (km)	設站年度	測站年度	所屬機關
H032	五堵(3)	基隆市七堵區堵堵南里	200.89	3	37	37	經濟部水利處
H031	瑞芳(1)	台北縣瑞芳鎮爪峰里	94.03	3	29	47	"
H033	五堵(2)	基隆市七堵區堵堵南里	204.41	3	2	28	"
H034	五堵(1)	基隆市七堵區堵堵南里	204.09	3	-5	2	"
H035	松山	台北市南港區玉成里	332.77	-1	16		"
H036	中山橋	台北市中山區中山北路三段	397.5	-1	16	67	"
H078	介壽橋	台北縣瑞芳鎮東和里	94.75	43	70		"
H037	葫蘆堵	台北市士林區	398.37	-1	-4	16	"
H073	瑞芳(2)	台北縣瑞芳鎮龍鎮里	98.68	99	55	58	台灣電力公司
H074	洲美(2)	臺北市士林區洲美里	71.7	0	48	51	經濟部水利處
H077	大直橋	台北市中山區	388.44	-1	66		"
H058	五堵	基隆市七堵區五堵北街	204.41	3	51		"
H053	洲美	台北市士林區洲美里	*398.91	-1	48	51	"

資料來源：經濟部水資源局，台北防洪整體檢討計畫(三)，民國 87 年。

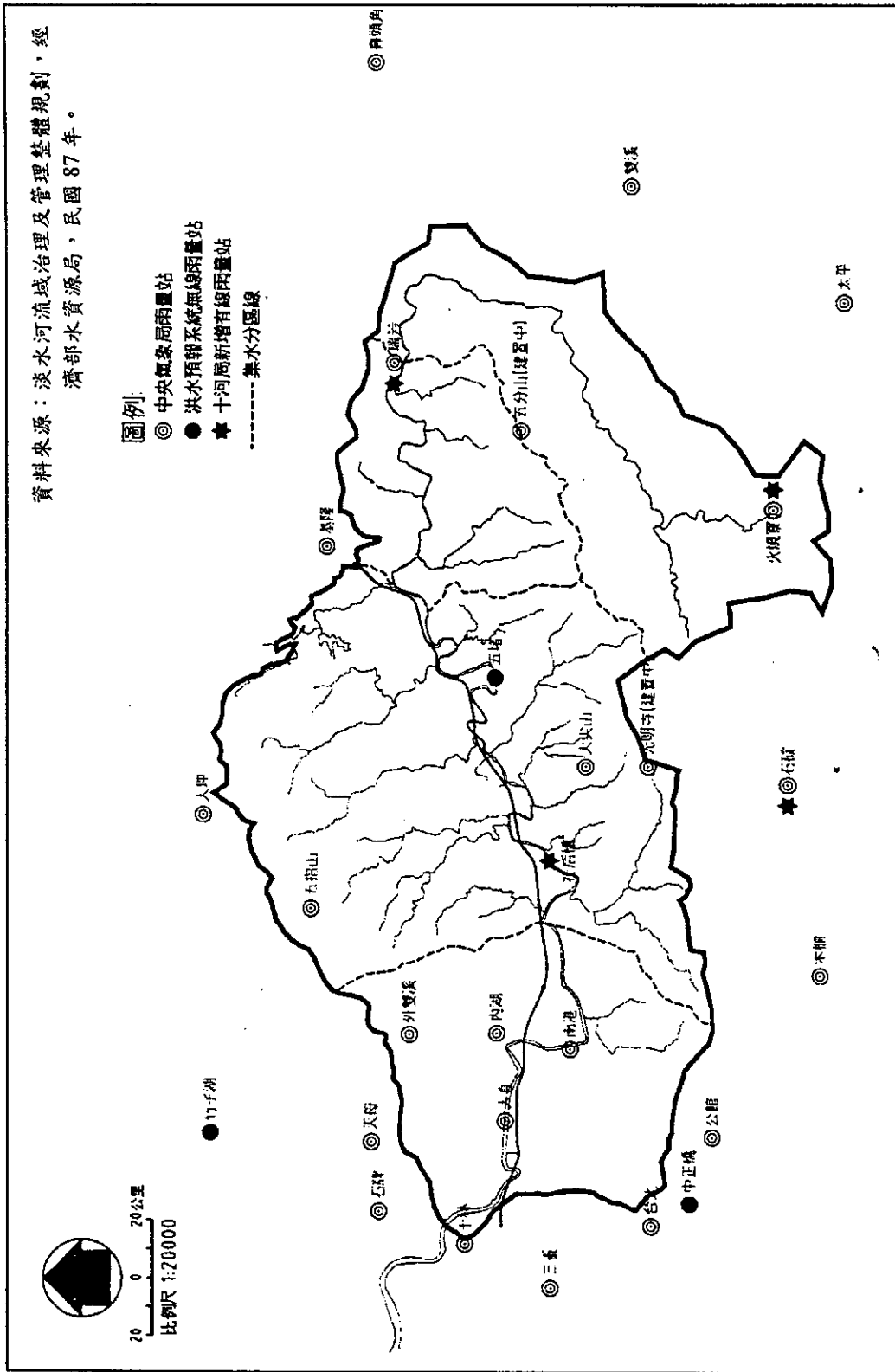


圖 2-3 基隆河流域雨量測站分佈圖

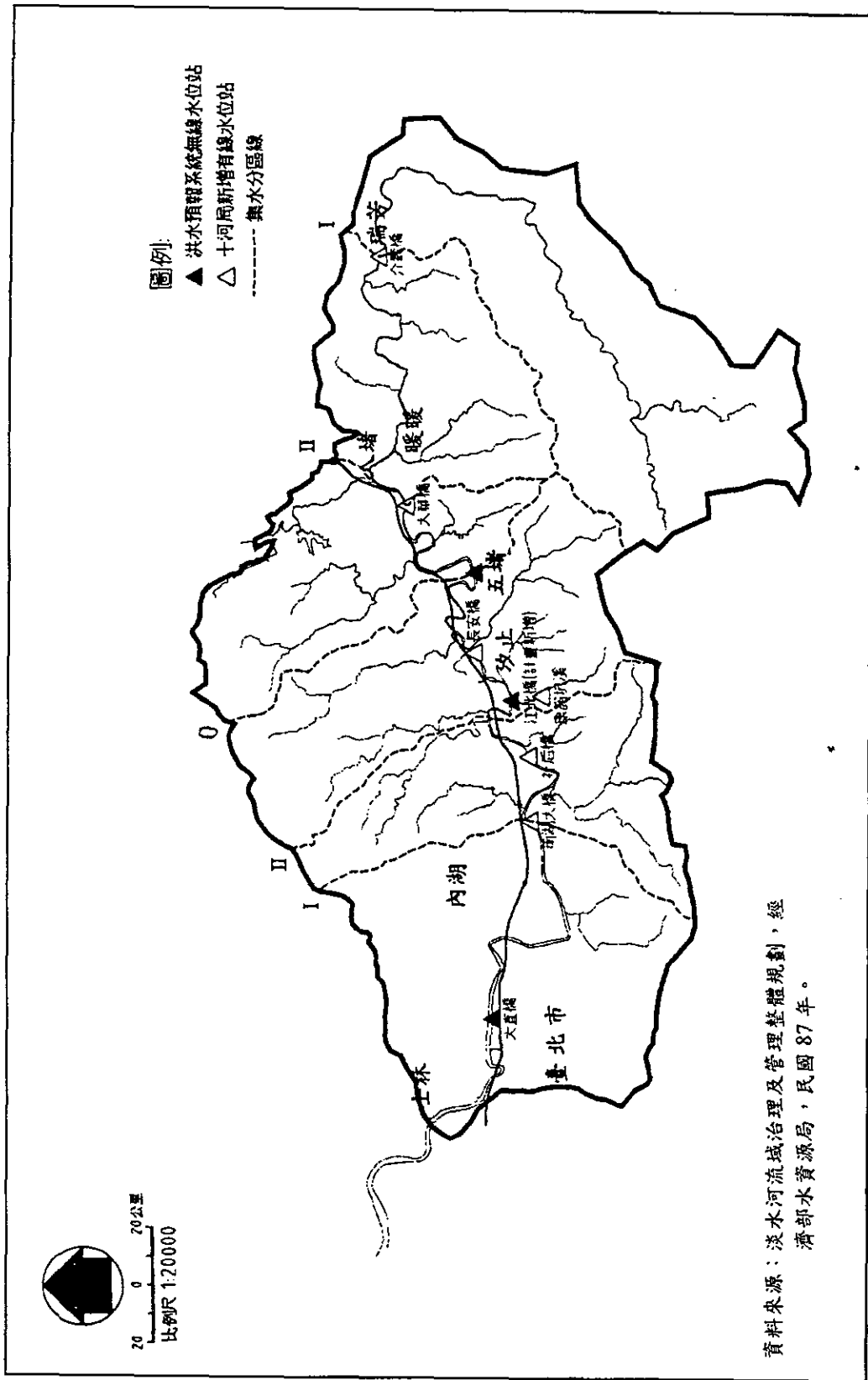


圖 2-4 基隆河流域水位測站分佈圖

## 2.3 河川水位流量觀測作業現況

### 一、觀測作業內容

河道的流量是指在單位時間內通過某斷面流通的水量。計算的單位，視流量大小和計算便利選用；每秒立方公尺（立方公尺／秒），每分鐘立方公尺（立方公尺／分），每小時立方公尺（立方公尺／小時），或每日立方公尺。流量可直接量容積，或由容積換算流量。大流量如天然河道中適用斷面積流速法。測量水面坡降根據理論計算斷面平均流速，再計算水路的控制斷面處之流量，或利用水工建築物（或變化規則）固定的斷面，也可間接計算流量。利用化學溶劑如食鹽，由濃度變化也可推算流量(台灣省水利局，1982)。

流量站的位置與觀測的方法有關，亦能直接影響所測結果之準確，故選站時須十分謹慎。實務工作上採用的條件如下：

1. 河道平直的地段比較規則，直線長度至少在河寬3倍以上。
2. 河床穩定常沖刷變化少，也就是兩岸固定斷面內流速均勻。
3. 不受迴水影響的河段：測站要選擇在控制斷面的稍上游，潮汐到達以上地點，或支流合流點下游。水庫的上下游和重要調整池下游也都需要設站。
4. 交通便利，觀測容易。
5. 在河流的控制斷面上觀測流量是很便利，控制斷面處的水位與流量關係較顯著。
6. 便利洪水流量測驗，利用跨河橋樑，亦是理想之設施地點。

測站選定後，通常須要施設下列設備：

1. 裝設自記水位計或水標尺：重要的測站須有自記水位計，用以



記錄水位的時間過程，確實掌握水位的變化。普通水位站，則只裝設水標尺，定時觀測水位之變化。

2. 設置測流吊箱：在無橋樑可利用之測站，應設置懸索吊箱，以測定水深，流速及懸移質採樣等。
3. 埋設大斷面固定槽：標準的測站，較完整考量應具備一系列五處斷面；中斷面為使用流速儀，較近的上下斷面為施設浮標測量流速，最外的上下斷面為觀測水面坡降。斷面位置經選定後，應在河流兩岸分別埋設固定樁。
4. 設立比降水尺：觀測各級水位之水面坡降。
5. 中斷面及測浮標二斷面均應設置斷面距離線，作為測量流速與斷面之根據。
6. 測站附近100公尺內，至少應設永久水準點一個，參考用水準點二個，自附近水準網接測高程，每年校正一次。

流速測定，通常使用流速儀或浮標測速，茲以旋杯式流速儀及浮標測速作業為例作說明。

#### (一) 旋杯式流速儀觀測作業

流速儀依轉動方向，可分為水平軸（旋葉式）流速儀及垂直軸（旋杯式）流速儀二種。旋葉式構造較為堅固，但靈敏度稍差，適用於流速快、含砂量大之河川。旋杯式構造輕而堅固，靈敏度又高，為流速測量之標準儀器。流速儀旋杯的旋轉速度，與水流速度成正比例，其相關係數經過試驗室率定求出。測量時，旋杯的旋轉數經過一組電線、電池傳到一套發音器，由音量數計出；使用碼錶記下所經過的時間，再根據檢定公式求出水流速度。通常用流速儀測定流速，多用下述方法。

1. 一點法：水深小於0.3公尺時，測水面下0.6水深之流速，作

為垂線平均流速。

2. 二點法：水深大於0.3公尺（若以鉛魚代替測深桿，水深須0.75公尺以上方用此法），測水面下0.2及0.8水深之流速，取算術平均值。
3. 三點法：水深大於2.0公尺時，測水面下0.2、0.6、0.8水深之流速，用下式計算垂線平均流速。

$$V = \frac{1}{4}(V_{0.2} + 2V_{0.6} + V_{0.8}) \quad (2-1)$$

使用流速儀測定（斷面）流量，一般規定如下：

1. 測每點流速的時間，規定須經歷40秒至70秒間，並至少應讀轉數20次以上。
2. 將全斷面劃分10~20個部分斷面，規定通過部分斷面內流量，應佔全斷面流量的5%。斷面之劃分，一般以河床平整、水深淺、流速低時，劃分寬度較大。若斷面高低不平，速度變化不規則，就須增加部分斷面。
3. 測量時，由左岸測至右岸，並量出測點在斷面上的位置，與測點所在之深度。
4. 將流速儀吊放在預知位置，就經由耳機響開始計數旋轉數時，按動碼錶，在時間超過40秒，而轉數適當時，停止錶針，記下轉數和所經過時間。
5. 若水流將懸索沖成弧形，應記下垂直及水流方向之水平角，在計算垂線深度時，應先作水平角校正，然後將懸索校正為垂直深度。
6. 務必使水中流速儀旋杯中心成平面，平行水流方向，則旋杯承受水流完全。風力往往影響流速，特別是水面下0.2水深處，在大風中不易把持流速儀在適當的方位。

7. 流速儀的構造，使用養護方法必須熟知。電池、電線、碼錶也要經常注意檢查，隨時保持良好的狀態。

## (二)浮標測速作業

浮標分水面浮標和深水浮標兩種，水面浮標是用來測表面流速或水面下最大流速（水面下約30公分或0.2水深）；深水浮標是測浮標下端的水深以上，到水面間垂線上的平均流速。應用水面浮標測量流速，僅限於流速儀不適用時才採用。夜間測量的浮標應有照明設備。浮標測流速要有上、中、下三斷面。上下斷面距離至少應比水面寬1.5倍為大，中斷面居中而且要選平直河段。

以浮標測量流速，須先在中斷面附近岸邊定點架設經緯儀、平板儀或六分儀，用量角法或交點法測定浮標經過上下斷面之位置。測量人員包括；於浮標一人，上斷面一人，下斷面一人，中斷面觀測儀器一人，由中斷面的人握停止錶並記錄，在上斷面上游相當距離處放下浮標，鳴笛舉旗，使岸上工作人員注意，俟浮標通過上斷面線時，立於上斷面觀測人員，亦鳴笛舉旗，定點測量員測定浮標在上斷面位置 $\alpha$ 角，同時按動停止錶，待浮標通過下斷面時，立於下斷面觀測人員，鳴笛舉旗，定點測量員再測 $\beta$ 角。得知浮標在下斷面位置，關停止錶，以上下斷面間距離，除以停止錶所指示的時間，所得的商數，便是浮標經過中斷面之表面流速，再乘以換算係數，即得垂線之平均流速。

實際上發生洪水，斷面測量不易，而且用經緯儀等在岸上測定浮標之行徑位置，也常因風、雨及浪之影響，不易瞄定。故一般利用浮標測量洪水流量時，大都利用橋樑為上斷

面，並在橋面之下游兩側，繪製距離線。另在橋樑下游適當地點，設置下斷面及設距離線。測量時，儘量把浮標往橋樑上游遠處拋擲，當浮標經過橋樑下時，記其位置及時間，浮標仍繼續流至下游，當其與下游斷面相交時，立於下斷面之觀測員，立即鳴笛舉旗，位於橋上之測量員，可就下斷面之距離線，定出浮標之位置及所經過的時間。至於斷面水深之測量，則利用測深錘在橋上吊測。如流速較大，可在岸上豎樁架設輔助索，便利測深錘之收放，和維持測線的垂直。由浮標所測定之表面流速，乘換算係數，求得垂線平均流速，再與相對應之斷面積相乘，即得洪水流量。

## 二、觀測施測方式

各項河川水文觀測項目之施測方式依天候條件及環境限制而異，國內外通見施測方式有涉水施測、纜箱施測、橋面施測及船中施測等四種，茲介紹如下：

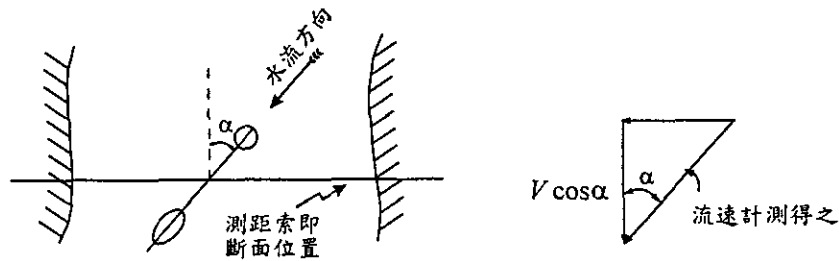
### 1. 涉水施測

此種測法多數在淺水之處，台灣地區春冬二季大部分河流均引用此法施測。惟在涉水前必須選擇一最合適之斷面，河槽均勻，小斷面間之變化甚少。然後張一測距索，使與水流方向成直角，有時因河床及流路不太規則，無法每處均成直角時，則需記下水流方向與測距索(即斷面)所成之角度，以便將流速校正。同時視全斷面河寬，分為合適之等分距離，然後由一岸起測並記載之。

測桿必須在選擇之斷面處保持垂直，先測水深，若水深 30

公分以上時，可用兩點法。即測全深之 0.2、0.8 兩點之流速平均之，作為該區分小斷面之平均流速。若用鉛魚以代替測桿，則水深在 0.75 公尺以上，方能用兩點法。若水深在 30 公分以下，常用一點法，即全深之 0.6。若使用微小流速儀時，雖在甚淺之斷面，仍能用兩點法。

涉測時，施測者站於測距索(斷面)之下游，應離測桿至少 30 公分處以免影響水流，同時注意流速儀之運行及測桿垂直放置。因流速儀與水流方向平行，若未與測距索垂直時，必須記下其角度，角度校正係數應為  $\cos\alpha$ 。因在計算時流速必須與斷面垂直(如圖 2-5 所示)，有時在區分小斷面近岸邊時，水流不動，可假定其流速為零。



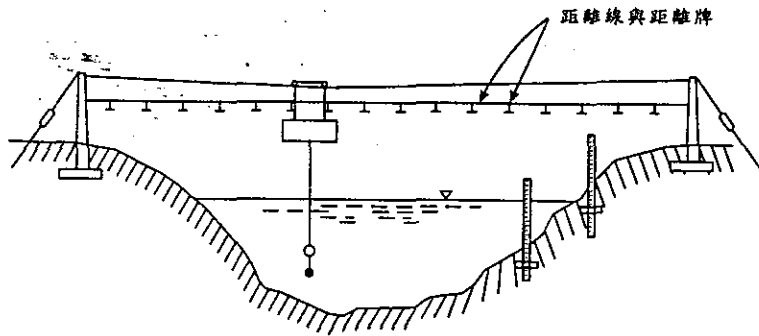
(資料來源：台灣省水利局，1982)

圖 2-5 涉水施測角度校正示意圖

## 2. 纜箱施測

在水深無橋樑之處可架設纜箱，供測流之用。流速儀以手拉吊索懸至河中或以纜箱內裝設捲軸器(或稱捲揚器)，以滑車懸掛鉛魚及流速儀，在吊索上均有記號(公尺、公分)，藉以觀測水深。測點距離則由距離索表牌觀測，以期獲知水深及測點，纜箱有坐、立兩種，滑車起重架則裝於纜箱中間，其左右位置全視操作之方便，(如圖 2-6 所示)。纜箱施測方式對河川上游水文觀測作

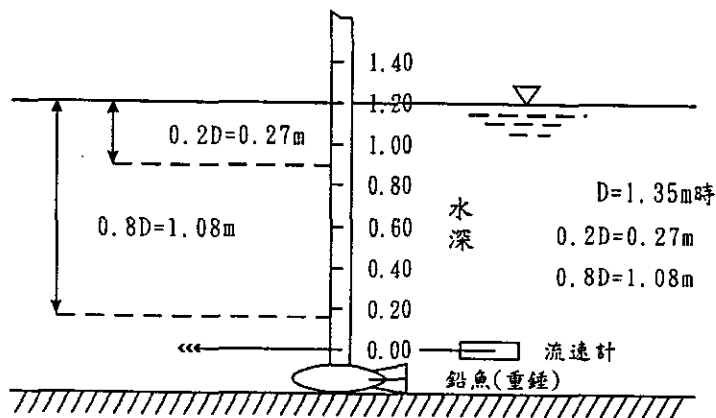
業，實有其必要性；惟其便利性與安全性方面仍有許多地方值得加以考量改進。



(資料來源：台灣省水利局，1982)

圖 2-6 纜箱施測流速設備圖

用此法測流時，水流方向若不與斷面垂直時，角度校正亦需予考慮，當流速儀下端之鉛魚到達河底時，宜輕輕拉起，若該點河床有不整齊之情形，即取其平均深度。在過稀泥或軟質河床時，鉛魚初著河床即記其深度，以避免鉛魚沈陷泥中。重錘(鉛魚)底至流速計水平軸之距離必須知道，因在量水深時，須加上此段距離(如圖 2-7 所示)。



(資料來源：台灣省水利局，1982)

圖 2-7 鉛魚與流速計之位置圖

### 3. 橋面施測

利用橋樑施測流量或水深時，應選橋與水流方向約成直角者為宜，同時橋下之河床要規則。利用橋面施測雖然有甚多困難及缺點。但在洪水時，此係一較為可行之測流地點。一般而言，在橋下游施測較上游為佳，因為水流經過橋孔時，多數漸與橋面垂直，同時吊索易量出與斷面線所成之角度，且可減少與橋欄杆相碰。用手拉吊索或移動吊車，在橋面上施測均甚方便，但懸掛重錘超過 30 磅時，以用捲軸器或吊車為宜。若重量超過 100 磅時，須用機器帶動，人手操作已不可能；水平角度校正與前節相同，應隨時為之。

#### 4. 船中施測

台灣地區利用小船施測，情形不多，僅淡水河、基隆河或大河流之下游近海口處，用小船橫渡施測。在中上游水深坡緩之處，有偶用竹筏施測者。用船筏施測，難以始終維持船在測水斷面上之位置。故常張一較堅固之鋼索上套滑車，一面與船相連，如此船可滑行在所需之斷面上，索上有距離記號，不必另張測距鋼索。

在船上施測，早期多用手執吊索或測桿(假使水不太深)，或在船筏上裝一橫桿，伸出船頭，儀器一部分裝置其上，用滑車帶動。但在風甚大時，因受波浪上下浮動影響，結果不易正確，在風速超過 15 哩/小時(24 km/hr) 時，不能用此法觀測。近年來，全球衛星定位系統(Global Positioning System, GPS)之應用逐漸普遍，亦非常適合研擬應用於船筏施測之定位方法。

### 三、資料整理分析作業

參考整理國內外通見之水文觀測資料整理分析作業內容，茲詳述如次。

### (一)水位記錄審核

就各河道分別校核水位，將河道上、中、下游三段各水位站同時期之水位繪成縱斷面圖，察看水面坡降是否合理，同時注意下列情形：

1. 凡同一河流，水位高低之差數，上游恒較下游為大。
2. 近海口有潮汐影響河段，愈近海口，水位高低之差數愈大。
3. 水位之漲落，上游常較下游為迅速。
4. 水位與風速、風向有關，風向與流向相反者，能使水位增高；風速愈大，其影響愈甚。
5. 核對自記水位計與普通水位計之記錄，是否相符。
6. 記載水位，是否有降雨而水位未上漲或無降雨而水位陡升之情形。

### (二)水位校正

#### 1. 不穩定河床之水位校正

不穩定河床之水位與流量之關係，時刻在變化，不能與水位流量換算曲線相符，校正時可先求出實測流量相當之水位，與觀測水位之差，以縱座標代表水位差數，橫座標代表日期，繪成水位改正曲線，則可將此段時間之水位讀數分別校正之。

#### 2. 流量測量期中水位變化之校正

一般規定施測流量時，水位變化在五公分以上，須作平均水位校正。

### (三)水位流量資料之記載與整理

#### 1. 時間水位記載表

河川水位發生激烈變化時，應將整個洪水過程記載於本表。時間



水位係由自記記錄紙上之水位曲線，每隔一小時，查讀水位高度，依序填入表內，計算日平均水位的方法有二：

(1)當洪峰發生在“整時”之計算：

設 $H$ 代表日平均水位， $h_0, h_1, h_2 \dots$ 各代表各時 $0, 1, 2, \dots$ 等之水位，則：

$$H = \frac{1}{24} \left( \frac{h_0 + h_1}{2} + \frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{h_2 + h_3}{2} + \dots + \frac{h_{23} + h_{24}}{2} \right) \quad (2-2)$$

$$= \frac{1}{24} \left( \frac{h_0}{2} + h_1 + h_2 + \dots + \frac{h_{24}}{2} \right)$$

(2)當洪峰發生在“不整時”之計算：

將發生洪峰水位（流量）之時段，先以面積平均法求出平均值( $h_n$ )後，再行計算日平均水位，設洪峰發生在 $h_3$ 與 $h_4$ 之間時：

$$h_n = \left( \frac{a+b}{2} \times 10 + \frac{b+c}{2} \times 50 \right) \times \frac{1}{60}$$

$$H = \frac{1}{24} \left( \frac{h_0}{2} + h_1 + h_2 + \frac{h_3}{2} + h_n + \frac{h_4}{2} + h_5 + \dots + \frac{h_{24}}{2} \right) \quad (2-3)$$

日最高、日最低水位欄，填寫當日發生瞬時最高，最低水位。瞬時最高水位欄，則應填記一次洪水過程中之瞬時最高水位，並記錄發生之年、月、日、時、分。表首之水系、河流、測站及颱風名稱，發生洪水之起迄日期，水尺編號及零點高度等，均應詳細填寫。

## 2. 水位月報表

水位月報表之記載格式，有普通水位站與自記水位站所用兩種，記錄之整理大同小異。首先須填寫各欄如水系、河流、站名及記載員等。普通站係將定時（6時、12時、18時）觀測之結果，逐時填入表內，而自記水位站是根據自記記錄紙上之水位曲線，每隔一日，查讀瞬時最高、最低水位，一一填入表內。

計算日平均水位，普通水位站是以三次觀測值之平均。自記水位站在枯水期，水位變化不大時，可利用三角板在水位曲線上，上下移動，當A、B兩塊面積相等時，畫一水平直線，即為日平均水位線。洪水期水位變化甚大，日平均水位應從「時間水位記載表」中檢出。

普通水位站之水尺如有改正數值，則應將讀數改正後，方能填入最高、最低及平均水位欄內。統計旬水位，將上、中、下三旬水位合計除以觀測日數為月平均水位。最高、最低水位欄，則填記月內發生之日最高、日最低水位。瞬時最高水位欄應填月內之瞬時最高水位，並記錄發生之日、時、分。

### 3. 水位流量年表整理

- (1) 由實測之流量資料求其相對之水位，利用半對數方格紙，水位列為縱座標，流量為橫座標點繪水位流量率定曲線。
- (2) 若河床穩定，水位與流量之關係亦相聯，則由水位記錄，可自率定曲線推算相當流量。因天然河川斷面經常變化，所以實際之測點不可能全部分布在曲線上，僅能根據測點散布之趨勢，繪製平均率定曲線。
- (3) 當實測點不在曲線上時，同一水位將有二個流量數值，一為實測值，一為曲線上查得之相對數值。若此二數值之差數百分比超過5%時，該測點之水位應予校正，同時在該測點前後之水位，亦應平均分配校正之。
- (4) 校正水位時，流量之差數百分比，以不超過5%為原則，但校正後之水位值，應選擇接近5%之水位值。
- (5) 根據校正後之水位，可自水位流量率定曲線推算每日之流量，填於水位流量年表。

(6) 洪水時之日流量，應從「颱洪水位流量記載表」中，檢出24小時之平均流量填入表內。

(7) 本年統計欄

A. 平均流量：以該年總逕流量(C.M.S-day)除全年日數。

B. 逕流量：

① C.M.S-day欄：欄記一年中日流量之總和。

②  $10^3 m^3$ 欄：總逕流體積 $=(\text{C.M.S-day} \times 86,400 \div 10^3)$

③ mm欄：逕流深度 $=\left(\frac{\text{逕流量}(m^3) \times 10^3}{\text{流域面積} \times 10^3}\right)$

C. 最大瞬時欄：由數次「颱洪水位流量記載表」中，比較年內所發生之瞬時最高水位、流量最大值，填入表內，並註明月、日、時、分。

D. 最高日平均、最低日平均：由水位流量年表檢出日最高、日最低水位流量填入表內及註明發生日期。

(8) 歷年統計

A. 平均流量：以歷年平均流量合計，除以觀測年數。

B. 逕流量：以歷年逕年量合計，除以觀測年數。

C. 最大瞬時：檢出歷年最大瞬時水位、流量之最大值，填入表內，並註明其年、月、日、時、分。

D. 最大日平均欄：檢出歷年最大日平均值，填入表內。

E. 最小日平均欄：檢出歷年最小日平均值，填入表內。

(9) 表內其他註明事項，如流域別、溪名、站名、流域面積，水尺零點高度等，均應詳細填寫。

## 第三章 理論基礎

### 3.1 水力履性曲線概論

天然河道常因迴水影響、斷面變化等因素而改變水深，其流況為非均勻流(Non-uniform Flow)，定量非均勻流沿河道之水深變化可以迴水微分方程表示如下(Chow, 1959)：

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - F_r^2} \quad (3-1)$$

式中， $y$  = 水深； $x$  = 沿河道座標； $S_0$  = 河道坡度； $S_f$  = 摩擦坡度 =  $\frac{V^2 n^2}{K_n^2} R^{4/3}$ ； $V$  = 平均流速； $n$  = 曼寧糙度係數； $K_n=1$ (公制單位)， $= 1.486$ (英制單位)； $R$  = 水力半徑 ( $= A/P$ )； $A$  = 通水斷面積； $P$  = 濕周長度； $F_r$  = 福祿數 =  $F_r = \frac{V}{\sqrt{gD}}$ ； $g$  = 重力加速度； $g$  = 重力加速度； $D$  = 水力均深 =  $A/T$ ； $T$  = 水面寬度。

依據 Chow (1959) 及 Henderson (1966)，在亞臨界流之情況下順向坡渠道之水面剖線有  $M1$ 、 $M2$  及  $S1$  等三種曲線。水面剖線可直接由式(3.1)積分或採用標準步推法求得，演算之起始條件需給予水深。早年在處理所謂兩湖問題間連接渠道之水流，Bakhmeteff(1932)提出定形渠道之三種類型輸水曲線 (Delivery Curve)，首先定義為在渠道上游端水深維持不變之情況下，當  $y_u$  = 常數，流量與另一端水深之關係曲線，亦即  $Q=f(y_d)$ ；或當  $y_d$  = 常數， $Q=f(y_u)$ ，其中  $Q$  為流量， $y_u$  及  $y_d$  分別為上、下游端之水深。在上游端水深不變之情況下，則下游端可有三種特殊水深：

### 1. 零流量水深

當上、下游水位相同時，流量等於零即  $Q=0$ ， $y_u=y_d-S_oL$ 。

### 2. 均勻流(正常流)水深

當  $y_u=y_d=y_n$ =常數時，流量相當於正常流( $Q_n$ )，此流量可由  $S_f=S_o$  計算  $Q=Q_n=f(y_u=y_d)$ ，不需迴水演算。

### 3. 最大流量水深

相應於任一上游水深，渠道最大流量發生於當下游水深為臨界水深時，即  $Q=Q_{max}=f(y_d=y_c, y_u=常數)$ 。當下游湖面低於臨界水深時，渠道流量並不會增加而超過  $Q_{max}$ 。

同樣地，在下游端水深不變之情況下，上游端亦有三種特殊水深：

#### 1. 零流量水深

當上、下游水位相同時， $Q=0$ ， $y_u=y_d-S_oL$ 。

#### 2. 均勻流(正常流)水深

當  $y_u=y_d=y_n$ ， $Q=Q_n=f(y_u=y_d)$ 。

#### 3. 最大流量水深

渠道下游水深已知，當該水深為臨界水深時，渠道發生最大流量，即  $Q=Q_{max}=f(y_d=常數=y_c, y_u)$ ，上游水深則依迴水演算之結果。

上述兩種情況，其均勻流水深點  $N$  為  $M1$  曲線與  $M2$  曲線之分異點，當流量大於  $Q_n$  時水面線為  $M2$  曲線，流量小於  $Q_n$  時則為  $M1$  曲線。

除上述兩種情況外，另一類型為渠道輸水量為定值，各流量之迴水關係可以定流量曲線 ( $Q$ -constant curve) 亦即水力履性曲線 (Hydraulic Performance Curve) 表示之(如圖 3-1 及 3-2 所示)，該曲

線顯示在某一流量下河段上、下游斷面水深  $y_u$  與  $y_d$  或水位  $H_u$  與  $H_d$  之間迴水關係，亦即  $y_u = f(y_d, Q = \text{常數})$ 。

緩坡渠道之水力履性曲線  $y_u$  隨  $y_d$  遞增(圖 3-1)，曲線之左界限為下游端水深為臨界水深， $y_d = y_c(Q)$ ，如圖示點  $C$ 。任一流量所對應之臨界水深可由下式求得：

$$\frac{A_c^3}{T_c} = \frac{Q^2}{g} \quad (3-2)$$

式中， $A_c$  及  $T_c$  為對應於  $y_c$  之通水面積及水面寬。對應於同一流量之正常水深  $y_u = y_d = y_n$ ，如圖示點  $N$ 。當水力履性曲線介於  $C_d$  與  $N$  兩點之間，其迴水曲線屬  $M2$  型；曲線在  $N$  點之右方時，其水面線屬  $M1$  型；當水深  $y_u$  及  $y_d$  極大時，該曲線漸近於  $45^\circ Z$  線(零流量線)，亦即  $y_u = y_d - S_o L$ ，表示上、下游水位相同。

同理，陡坡渠道亞臨界流之水力履性曲線亦可給如圖 3-2，該曲線在某一流量  $Q$  自點  $C_u$  開始，然後趨近於  $45^\circ Z$  線，起始點  $C_u$  為上游水深為臨界水深時所對應之下游水深。

### 3.2 水力履性圖之特性

水力履性圖乃綜合各種不同流量之明渠水力履性曲線，各曲線顯示各流量之上、下游水位關係，即  $y_u = f(y_d, Q)$ 。圖 3-1 及 3-2 分別為緩坡、陡坡渠道之  $HPG$  示意圖。

在緩坡渠道， $y_n > y_c$ ，其  $HPG$  具有下列主要特性：

1. 各不同流量之水力履性曲線，彼此不相交截，較大流量之曲線位於較小流量曲線之上方。
2. 水力履性曲線群之左界限曲線  $C$  (圖 3-1) 係各流量下游端達臨界水深之軌跡，下游臨界水深  $y_d = y_c(Q)$ ，可依式(3.2)求得。

3. 水力履性曲線群之右界限為  $45^\circ Z$  線(零流量線)，即直線  $y_u=y_d - S_oL$ ，當水深  $y_d$  及  $y_u$  極大時，所有曲線皆漸近於  $Z$  線。
4. 所有可能之流量，其正常水深所連接之軌跡，以  $N$  線稱之，此  $N$  線為  $y_u=y_d$ ，在  $Z$  線左方距離  $S_oL$  處。
5.  $N$  線將水力履性曲線群區分為兩個區域，在曲線  $C$  與  $N$  線間區域，其迴水曲線屬  $M2$  型；在  $N$  線與  $Z$  線間區域其迴水曲線則屬  $M1$  型。

陡坡渠道  $S1$  型迴水曲線之  $HPG$  (圖 3-2)，其主要特性如下：

1. 各不同流量之水力履性曲線，彼此互不交截，較大流量之曲線位於較小流量曲線之下方。
2. 水力履性曲線群在右界限曲線  $C_u$  (圖 3-2)，係各流量上游端臨界水深之軌跡，上游臨界水深  $y_u=y_c(Q)$ ，可依式(3.2)求得。
3.  $S1$  型水力履性曲線群之左界限為起始流量  $Q_s$  (Threshold Discharge) 之水力履性曲線(自曲線  $C_u$  開始)，該  $Q_s$  曲線於  $y_u$  及  $y_d$  極大時以  $Z$  線為漸近線 (因此速度水頭可忽略)，起始流量  $Q_s$  乃渠道坡度為臨界坡度時之流量，小於此流量渠道變成緩坡而不是陡坡；亦即臨界水深等於正常水深， $y_c(Q_s)=y_n(Q_s)$ ，或相當於臨界流量等於正常流量， $Q_s=Q_c(y_s)=Q_n(y_s)$ 。 $y_s$  可由均勻流與臨界流組合公式(3.3)計算求得：

$$\frac{R_s^{4/3} T_s}{A_s} = \frac{qn^2}{K_n^2 S_o} \quad (3-3)$$

並且只要  $y_s$  已計算求得，則  $Q_s$  即可以(3.2)式加以求得。

目前已有多種方法(Bakhmeteff, 1932; Chow, 1959)及電腦程式(如: *HEC-RAS*, 1998)可用以計算迴水水面線，這些方法或

模式可以專門的方式經由多次試誤運算中找出給定尾水位之河段水流流量，但是過程甚為煩瑣且無法提供涵蓋所有可能尾水位之水流容量全貌。該圖綜合河段所有迴水剖面資訊，一般應用上根據上下游水位關係可由此圖推得對應之通過河段流量。而除非渠道很短或渠道底床非常地平坦，在大多數情況下，渠道設計如處理河川防洪等問題則可以均勻流條件設計。如以堤防設計洪水水位為河段上下游之水位界限而不產生溢流之最大流量，實際上相當於以洪水水位之水深為正常水深對應之正常流量，如圖 3-2 中之  $Q_{nmax}$ 。因此利用 *HPG* 能在堤防之不同設計洪水水位情形之下，決定明渠之水流容量，以滿足某重現期洪峰流量通過之需求。其成對之水位流量關係即為理論水位流量率定曲線，如水文站迴水影響相當小可忽略不計，則可代表該水文站之率定曲線。

### 3.3 水力履性圖建立之步驟

緩坡渠道建立 *HPG* 之步驟如下：

1. 決定渠道兩端水深或水位之上下限範圍。
2. 繪出上、下游水位相等之  $Z$  線，即  $y_d = y_u + S_o L$ 。
3. 繪出  $45^\circ N$  線， $y_d = y_u$ ，此線距  $Z$  線左方  $S_o L$  處。
4. 擇定一流量  $Q$ ，計算其正常水深  $y_n = y_u = y_d$ ，並點繪此點於  $N$  線上。
5. 同步驟 4 之流量  $Q$ ，(a) 利用式(3.2)計算下游之臨界水深  $y_c$ ；(b) 以  $Q$  與  $y_c$  值作迴水演算求上游水深  $y_u$ ；(c) 將此組  $(y_u, y_d, Q)$  值點繪於 *HPG*，作為原曲線  $C$  之一點並為流量  $Q$  水力履性曲線之起點。
6. 同步驟 4 之流量  $Q$ ，選擇一可行之下游水深  $y_d$ ，並進行迴水演算求得上游水深  $y_u$ ，這組  $(y_d, y_u)$  構成流量  $Q$  水力履性曲線之一點。
7. 重複步驟 6，選定新的  $y_d$  值，並求  $y_u$ ，直至取得足夠之  $(y_d, y_u)$  數



據點，以繪出流量  $Q$  之水力履性曲線，此曲線起自曲線  $C$ ，跨過  $N$  線，當  $y_u$  及  $y_d$  趨大時，漸近於  $Z$  線。

8. 選定各不同之流量，重複步驟 4 至 7，以建立不同流量之水力履性曲線。
9. 連接各流量之臨界水深點(步驟 5)，即得曲線  $C$ 。

陡坡渠道  $SI$  水面線之  $HPG$ ，其建立步驟如下：

1. 決定渠道兩端水深或水位之上下限範圍。
2. 繪出上、下游水位相等之  $Z$  線， $y_d = y_u + S_o L$ 。
3. 利用式(3.3)計算渠道仍為陡坡(相當於最小流量  $Q_s$ )之水深，再依此水深利用式(3.2)計算  $Q_s$ 。
4. 擇定一  $Q \geq Q_s$ ，(a)利用式(3.2)計算上游之臨界水深  $y_c$ ；(b)以  $Q$  與  $y_c$  值作迴水演算求下游水深  $y_d$ ；(c)將此組  $(y_d, y_u = y_c, Q)$  數據點繪於  $HPG$ ，作為曲線  $C_u$  之一點，並為流量  $Q$  水力履性曲線之起點。
5. 同步驟 4 之流量  $Q$ ，選擇一可行之下游水深  $y_d$  (需大於  $C_u$  之  $y_d$ )，並進行迴水演算求得  $y_u$ ，這組  $(y_d, y_u)$  構成流量  $Q$  水力履性曲線之一點。
6. 重複步驟 5，選定新的  $y_d$  值，並求  $y_u$ ，直至取得足夠之  $(y_d, y_u)$  數據點，以繪出流量  $Q$  之水力履性曲線，此曲線起自曲線  $C_u$ ，隨  $y_u$  與  $y_d$  之增大而漸近於  $Z$  線。
7. 選定另一流量  $Q > Q_s$ ，重複步驟 4 至 6，以建立此一流量之水力履性曲線。選定其他可行之流量，重複本步驟，以建立各種不同流量之水力履性曲線。
8. 連接各流量之臨界水深  $C_u$  點(步驟 4)，即得曲線  $C_u$ 。

### 3.4 配合迴水計算之原則

上述緩坡渠道步驟 5(b)、6 及陡坡渠道步驟 4(b)、5 所需之迴水演算，目前已有多種方法(Chow, 1959)及電腦程式可資利用。本研究採用美國工兵團所發展以標準步推法求解水流能量方程式之一維水理模式 *HEC-RAS 2.2* (1988) 版進行計算。

建立天然河道水力履性圖所需之迴水計算仍參照定形河槽方法，根據河道現況，以各類構造物為邊界，將研究河段區分為若干河段，分別推求各段之水力履性圖，其迴水計算則大致區分為：

### 1. 一般河段

一般河道則可根據實際需要以適當距離決定上下游範圍，作迴水計算建立該河段之水力履性圖 *HPG*。

### 2. 固定堰或潛堰河段

則以潛堰為下游邊界，必須考量下游高、低流量的可能流況，分別取各流量水深計算水面剖線，建立該河段之水力履性圖 *HPG*。

### 3. 橋樑段

但天然河川斷面不規則且經常有各類跨河構造物及防洪構造物，如橋樑、固床工、攔河堰與潛堰等，能量損失水頭除考慮摩擦損失外，因斷面幾何變化的水頭損失不可忽略不計，而迴水計算的能量方程式速度水頭項亦不可忽略不計，因此利用 *HPG* 建立率定曲線圖的方法與步驟要適用需作修正。另台灣水文站都位於橋樑下游處，水位計如施設於橋墩區，水流除受主流影響外，更受橋墩區水流分離影響；因此量出水位波動較大，且不全部代表主流情形，理論率定曲線要適用須進一步作校正。在此情形下，倘若使用一般之一維斷面平均模式進行分析計算，可能無法反應橋墩影響的局部流況。為檢討本研究採用 *HEC-RAS 2.2* 版一維模式之適用性，本文則以 Yarnell 橋墩試

驗資料(Yarnell, 1934)為探討對象，結果如圖 3-3 所示，*HEC-RAS* 模式模擬值對於水流經過橋墩的上下游水位變化與試驗值比較相當符合，顯示對於施設於橋墩區外水位站已能適度反應受水流通過橋墩流場影響之上下游水位關係，但對於橋墩區局部水位變化則無法反應模擬。如水位站在橋墩區局部影響範圍內，即如圖 3-3 所示，本研究一維模式仍不足反應之水位變化較劇之橋墩區內水理關係，以致觀測水位與推求之理論率定曲線實際下游代表水位常有偏離。針對上述水文站複雜流況，則須以水深平均二維或三維模式進行計算，藉以檢核校正理論率定曲線，以提供水位站後續實際應用之準確性。

### 3.5 顏氏理論率定曲線繪製

對於單一河槽，*HPG* 根據河道斷面地形、底床高程變化（底床坡度）、曼寧糙率係數等參數藉助迴水計算即可推求而得(Yen and González, 1994)。其中定形河槽，能量損失水頭可僅考慮摩擦損失，迴水計算之能量公式因速度變化小，則速度水頭忽略不計，正常流（定義為斷面間平均能量坡降平行於平均底床坡降之水流， $\bar{s}_r = s_0$ ）上下游水位關係曲線通常為直線（*N-line*， $H_d = H_u - S_0 L$ ）且平行 *Z-line*（ $H_d = H_u$ ）。河段之正常流上下游水位關係曲線（*N-line*）則定義為各流量之水力履性曲線中平均能量坡降平行於平均底床坡降之上下游水位關係點連線，可簡化直接以平行 *Z-line* 之直線（ $H_u = H_d - S_0 L$ ）定出。天然河道則受不規則斷面及跨河構造物等整體幾何條件變化之影響，水力履性圖理論所定義之正常水深線（*N*線）不再如定形河槽，可直接以平行底床線（*Z*線）之直線定出。應修正以水文站為下游邊界條件，並令該斷面之能量坡降等於平均河床坡度，進行迴水計算求出各流量之正常流水深  $y_n$ ，進而定出修正之 *N* 線。本研究乃參照前

述迴水計算原則，根據河道現況，以各類構造物為邊界，將研究河段區分為若干河段，分別推求各段之  $HPG$ 。該圖綜合河段所有可能水流條件之迴水剖面資訊，因此包含所有可能水位與流量間環狀關係，一般應用上配合河段上下游斷面實測水位則可由此圖推得對應之通過河段流量。再由  $N$  線相交於各流量之水力履性曲線點為所對應之下游斷面正常流水深與流量即可求得該斷面之理論率定曲線。如水文站受迴水影響相當小可忽略不計，則可代表該水文站之率定曲線，除可檢驗水文站實測水位流量資料與率定曲線問題外，並可作為防洪規劃設計參考依據。

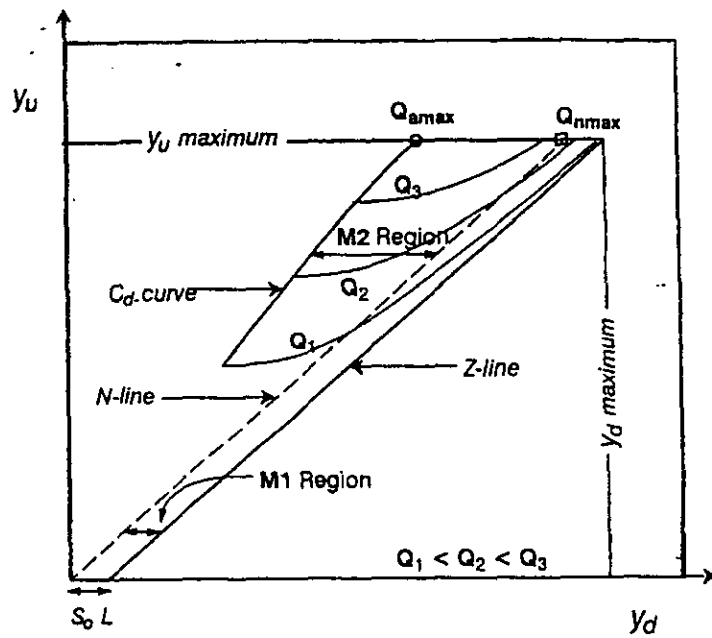


圖 3-1 緩坡明渠河段水力履性圖

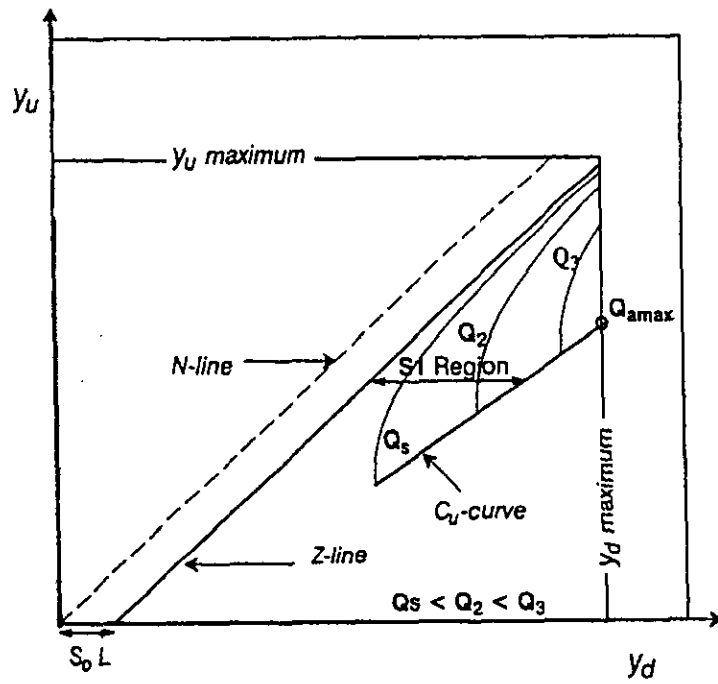


圖 3-2 陡坡明渠河段水力履性圖

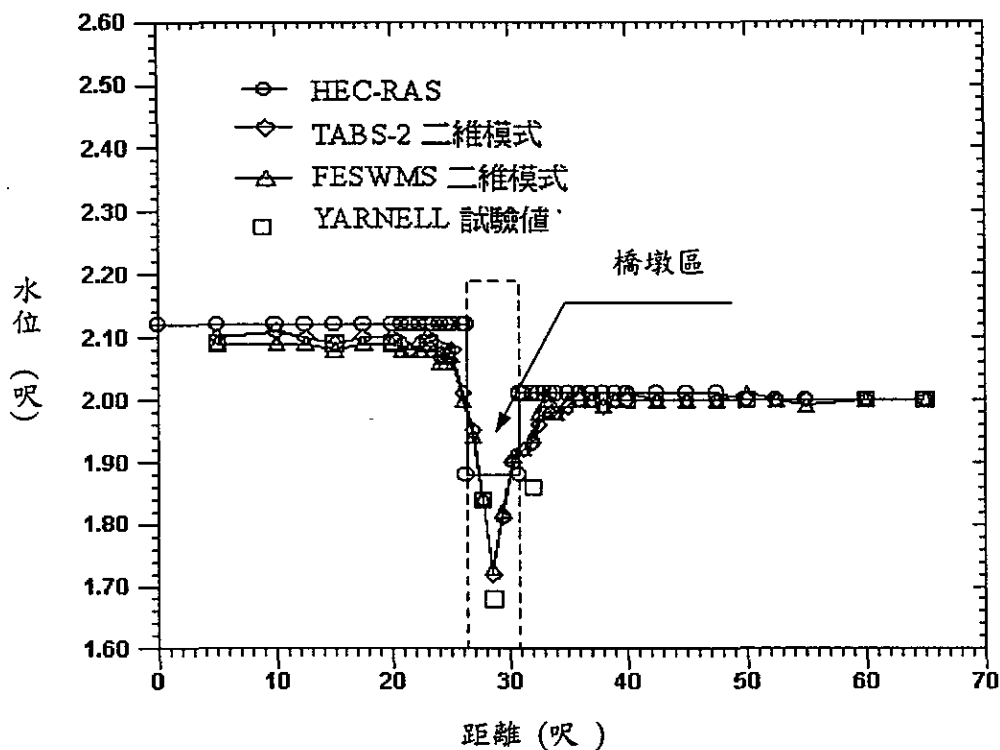


圖 3-3 流經橋墩流場之局部水位變化模擬比較

## 第四章 研究成果

### 4.1 工作內容

本計畫主要工作內容探討流量與水位之關係理論，並建立基隆河水文站理論率定曲線推導之模式及方法與步驟，以提供相關河防工作之參考。本計畫主要研究內容包括：

- (一) 完成理論率定曲線之推導。
- (二) 選定基隆河流域一站水位流量站作為應用之對象。
- (三) 蒐集選定站河川斷面資料及河道地形圖包括橋樑布置圖與水位站位置等資料及相關水文資料。
- (四) 推導及驗證選定水位流量站之可能率定曲線。
- (五) 探討斷面形狀、彎道等河道幾何條件與橋墩等跨河構造物對水位流量關係之影響分析。
- (六) 綜合分析研判影響水文站水位流量關係之因素。
- (七) 理論率定曲線與實測之水位—流量關係比較及可行性探討。

目前工作已完成理論率定曲線之推導方法及建立迴水計算電腦程式，並已選定實測資料較完整之基隆河五堵、介壽橋（瑞芳）水位站作為初步驗證應用對象。建立八十八年疏浚前後河道數值模型，並以前人研究成果與實測颱風洪水位與流量之資料檢定各項參數與輸入值，其具體成果摘要如下：

1. 前人研究與參考文獻蒐集與整理。

2. 基本資料蒐集、整理及分析：
  - (1) 選定適當之水文站。
  - (2) 水文站之水位、流量資料。
  - (3) 水位站之斷面及河道地形圖包括橋樑布置圖與水位站位置等資料。
  - (4) 水文站河段之斷面、坡度、河床糙度等。
  - (5) 其他相關水文、水理、地形等資料。
3. 暫選定基隆河五堵、介壽橋水位站作為應用之對象，建立八十八年疏浚前後河道數值模型，進行檢定驗證，並依據明渠水力履性圖完成理論率定曲線之推導。
4. 除與現場資料比對以檢討水位流量實測資料與率定曲線問題外，並針對相關重要影響參數進行分析驗證。

## 4.2 選定水文站概況

基隆河水位測站名稱、編號及其資料起迄年限如表 2-10，共有 13 站。目前仍繼續觀測的有在淡水河洪水預報監測站內屬於基隆河流域有大直橋與五堵水位站，十河局新增之有線傳輸方式水位站南湖大橋、康誥坑橋、社后橋、長安橋、大華橋及介壽橋（瑞芳）等處，共有八站，其中資料較完整則僅有五堵水位站。其相關位置如圖 2-4。本研究所選定的基隆河五堵(4)水文測站（站號 H058），位於基隆市七堵區堵北里，即約位於基隆河實踐橋上游斷面 80 五堵吊橋（如圖 4-1）附近，其水位站與流量站位置與構造型式如圖 4-2 所示，自民國 51 年設站觀測至今，86 年至 89 年實測水位流量資料如表 4-1~4-4 及圖 4-9 所示，此河段二百年頻率洪水洪峰流量為 2,630 秒立方公尺，河道主深槽曼寧粗糙係數採用 0.035。水位站位於基隆河中游段，根據



七十四年「基隆河治理規劃報告」，此河段河床平均坡降約為 0.00048，而根據八十九年「基隆河整體治理計畫規劃總報告草案」約為 1/4,900，本研究另參考實際水力計算之能量坡降結果，採用 0.0003 作為本研究水位站所在河段平均河床坡降。根據經濟部水利處第十河川局 86~89 年施測水位站大斷面資料，整理如圖 4-3 所示，迴水計算係以此大斷面為模擬範圍，並假設洪水東流於左右兩岸邊界內，整治前後水位站及附近河床現況如照片一至十所示。另基隆河介壽橋水文測站（站號 H078），位於台北縣瑞芳，即約位於基隆河介壽橋下游（如圖 4-1），施設於橋墩下游面，自民國 70 年設站觀測至今。86 年至 89 年實測水位流量資料如表 4-5~4-8 及圖 4-11 所示。此河段二百年頻率洪水洪峰流量為 1,380 秒立方公尺，河道主深槽曼寧粗糙係數採用 0.045。水位站位於基隆河上游段，根據七十四年「基隆河治理規劃報告」此河段河床平均坡降約為 0.0036，而根據八十九年「基隆河整體治理計畫規劃總報告草案」約為 1/250。本研究另參考實際水力計算之能量坡降結果，採用 0.0031 作為本研究水位站所在河段平均河床坡降。根據經濟部水利處第十河川局 88~89 年施測水位站大斷面資料，整理如圖 4-4 所示，同樣迴水計算係以此大斷面為模擬範圍，並假設洪水東流於左右兩岸邊界內。

### 4.3 數值模型建立與檢定驗證

HEC-RAS2.2 (1988) 模式（詳如附錄 A）之模擬演算係利用水流能量方程式以標準步推法(Standard Step Method) 推求各斷面之水位、流速等水力狀況。以模式分別模擬 89 年象神颱風洪、87 年瑞伯颱風洪，比較模擬洪水位與颱風痕跡水位資料以檢定驗證模式與相關參數，並分析基隆河初期治理計畫整治前 200 年及 10 年頻率洪水之水位剖面，其迴

水演算條件分述如次。象神颱風模擬係依據經濟部淡水河流域防洪指揮中心「象神颱風淡水河洪水報告」資料，洪峰流量各站推估分別為介壽橋1,600 cms、五堵1,900 cms與大直橋3,069 cms，以河口基隆河與淡水河匯流處基斷1（中國海專）為下游邊界，實測颱風痕跡水位為2.94公尺。瑞伯颱風模擬係依據台灣省政府水利處淡水河流域防洪指揮中心「瑞伯颱風淡水河洪水報告」資料，洪峰流量各站推估分別為介壽橋1,140 cms、五堵1,600 cms與大直橋2,100 cms（本研究方法推得），以河口基隆河與淡水河匯流處基斷1（中國海專）為下游邊界，實測颱風痕跡水位為2.36公尺。而200年及10年頻率洪水模擬係依據前水資會訂定大台北防洪計畫之設計條件，基隆河200年頻率之洪峰流量為3,200 cms，10年頻率之洪峰流量為2,120 cms，基隆河各控制站頻率別洪峰流量如表2-5所示，而200年頻率洪水情況下，淡海潮位採暴潮位1.91公尺，以河口基隆河與淡水河匯流處基斷1為起點往上游至基斷129為計算河段，下游邊界基斷1水位，200年頻率洪水採用7.71公尺，另10年頻率洪水為4.68公尺。

本研究迴水計算中所需之河川斷面資料，整治前係採用經濟部水利處88年12月施測之河道大斷面資料；初期治理計畫整治後係採用經濟部水利處89年施測之河道大斷面資料，河道洪水位定量流水理分析範圍全長約60公里。基隆河流域橋樑樑底高程及橋面高程統計如表4-9所示，曼寧粗糙係數 $n$ 參考臺灣省水利局「基隆河治理規劃報告」及國立台灣大學水工試驗所「基隆河整治對河川影響及監測系統之評估」，初步採用0.025~0.055（深槽與左右洪水平原不同值）如表4-10。

根據前述河道幾何資料與橋樑資料建立數值模型，模式模擬89年象神颱風結果如圖4-5所示。首先以表4-10為河道斷面給定之曼寧 $n$ 值，洪水位模擬值與實測水位比較，在南湖大橋以上至八堵橋河道有

明顯差異，分析原因係因該段河道蜿蜒有多處彎道存在，造成局部水流減速水位抬高現象。本研究乃針對彎道處對其曼寧 $n$ 值作修正，各斷面給定曼寧 $n$ 值修正整理如表4-11所示，再進行象神颱風模擬，則模擬值與實測洪水位比較，仍在南湖大橋以上至八堵橋間河道有差異外，其餘洪水位相當符合。最後依據象神颱風當時水情報導及水理情況研判，模擬值與實測洪水位之差異恐係橋樑處通水斷面發生遮蔽現象。依此以模式所提供斷面高程調整功能墊高北新大橋及五福橋至八堵橋等橋樑斷面底床高程，藉以調整通過斷面通水面積，其結果則模擬值與實測洪水位相當一致，但整體而言八堵橋以上河道洪水位因河道幾何條件受其下游水位差異迴水影響較小。

另為進一步驗證本研究所採用模式及相關參數之合理性，本研究則以表4-7所示針對彎道處對其曼寧 $n$ 值作修正後之值為依據，再進行瑞伯颱風模擬，則洪水位模擬值與實測颱風痕跡水位比較，其結果如圖4-6所示相當符合。圖4-7為在200年及10年頻率年洪峰流量條件下洪水位模擬結果，其水面線變化趨勢一致，其中五堵水位站河段（約基斷80至基斷81），200年頻率洪水流量下，基斷80之能量坡降為0.000296、福祿數為0.25；基斷81之能量坡降為0.000290、福祿數為0.24，而10年頻率洪水流量下，基斷80之能量坡降為0.000309、福祿數為0.24；基斷81之能量坡降為0.000315、福祿數為0.24，此河段大致趨近於均勻流，其能量坡降平均約0.0003，與本研究所採用平均河床坡降0.0003一致。而介壽橋水位站河段（約基斷119）水理迴水計算結果，200年頻率洪水流量下，介壽橋下游斷面之能量坡降為0.003135、福祿數為0.50；介壽橋上游斷面之能量坡降為0.002873、福祿數為0.48。而10年頻率洪水流量下，介壽橋下游斷面之能量坡降為0.003472、福祿數為0.51；介壽橋上游斷面之能量坡降為0.003114、

福祿數為0.49。此河段亦大致趨近於均勻流，其能量坡降平均約0.0031，與本研究所採用平均河床坡降0.0031一致。由模擬檢定驗證結果，顯示本模式及相關參數可適合本研究迴水演算及後續理論率定曲線推導之運用，且五堵水位站受迴水影響極小，基本上為條件較佳穩定的水文站。

台灣河川的水位流量站常受限於天然條件，且台灣天然河川，斷面、流路經常變化，都為具有洪水平原之複式斷面，經常有各類跨河構造物、防洪構造物如橋樑、固床工、攔河堰及潛堰等，此等人為干擾所造成之局部水理變化都會影響實測資料的準確性。此外，台灣河川高流量的發生都為颱風，觀測不易，致使可供運用之實測水位流量資料都偏低，嚴重影響水資源利用、管理及水利防洪等規劃成果之不確定性 (Uncertainty)。以基隆河為例，目前五堵水文站實測最大流量為 1,150 cms，約相當於 5 年頻率洪峰流量(1,210 cms)；而介壽橋水文站實測最大流量為 713 cms，約相當於 5 年頻率洪峰流量(705 cms)。根據實測水位流量資料迴歸之率定曲線，於外延應用於較高頻率洪峰流量時即遭遇極大的困難與不確定性，而觀測的颱風流量又都依據該水位站觀測洪水位以率定曲線推估而得，更增加相關水資源利用、管理及水利防洪等規劃成果之不確定性與可信度。因此，詳實評估現有河川水文流量資料既有內涵與觀測現況，著手推導水位流量率定曲線新方法的評估與探討的研究工作，實是當務之急。

#### 4.4 顏氏理論率定曲線繪製

本研究首先以五堵站河段（約基斷 80~81）河川斷面資料建立模型，下游斷面係採用五堵吊橋上游流量施測斷面（位置如圖 4-2）之 88 年大斷面資料為依據（如圖 4-3 所示），採用前經檢定可靠之曼

寧係數值（主深槽 0.035）及平均河床坡度（0.0003），並依據前述配合迴水計算之原則，推求河段之  $HPG$ 。即以下游斷面為邊界以臨界水深為起算條件分別計算各流量（100 cms 至 4,000 cms）不同流況條件之水面線變化。再依前人研究成果之方法與步驟，以水文站為下游邊界條件，並令該斷面之能量坡降等於平均河床坡度（0.0003），進行迴水計算求出各流量之正常流水深  $y_n$ ，進而定出  $N$  線。最後根據所得各組成對之流量與下游斷面水位點繪於以流量為橫座標、水位為縱座標之座標系統上，即可得如圖 4-8 所示基隆河五堵水位站正常流率定曲線。雖然水位站自記水位計位於施測流量斷面上游處，但根據迴水計算結果，流量施測斷面與 81 斷面計算水位深都在 3~4 公分之間，故本研究所得結果幾不影響其實際應用之代表性。以本研究而言，河寬約 80 公尺，就其河道斷面情況（如圖 4-3）幾可視為單一河槽，幾不受不規則斷面及跨河構造物幾何條件變化影響，基本上為條件較佳穩定的水文站，而本研究繪得率定曲線，又根據實際詳細水理計算而得，在應用上不必作如 USGS 之修正圖（如圖 3-1）對照修正。為驗證本研究所得率定曲線之可靠度，本研究再與五堵水位站 86~89 年實測水位流量資料比較如圖 4-9 所示，其中 87、89 年有較高流量實測值，顯示本研究所得結果與實測資料符合相當良好，而與 89 年實測資料符合度相當一致。又 89 年象神颱風最高水位為 17.98 公尺，根據經濟部水利處第十河川局推估洪峰流量為 1,900 cms，以本研究所得率定曲線內插求得約為 2,100 cms。而 87 年瑞伯颱風最高水位為 16.36 公尺，根據經濟部水利處第十河川局推估洪峰流量為 1,600 cms，以本研究所得率定曲線內插求得約為 1,630 cms。

本研究另以介壽橋站河段（約基斷 119）河川斷面資料建立模型，係採用介壽橋水位站施測斷面之 88 年大斷面資料為依據（如圖 4-4

所示)，採用前經檢定可靠之曼寧係數值（主深槽 0.045）及平均河床坡度（0.0031），並依據前述配合迴水計算之原則，以橋樑上下游斷面間為研究河段，推求河段之 *HPG*。成果如圖 4-11 所示基隆河介壽橋水位站正常流率定曲線即理論率定曲線，另再與介壽橋水位站 86~89 年實測水位流量資料比較如圖 4-11 所示，其中 87、89 年有較高流量實測值，也顯示本研究所得初步結果相當合理可靠，而與 87 年實測資料符合度相當一致。又 89 年象神颱風最高水位為 49.54 公尺，根據經濟部水利處第十河川局推估洪峰流量為 1,600 cms，以本研究所得率定曲線內插求得約為 1,550 cms。

#### 4.5 應用成果分析與檢討

天然河川之水位流量關係極為複雜，其影響因素眾多，如河床粗糙係數、底床坡降、床質級配、底床沖淤、彎道、流路變遷、潮汐及水工構造物等參數與影響因素都需配合實測資料加以綜合分析。由前節數值模型模擬檢定驗證結果，顯示本研究採用河床粗糙係數、底床坡降參數相當合理可靠，應可適合本研究迴水演算及理論率定曲線推導之運用。本節擬針對底床沖淤即斷面變化之影響加以分析探討，並另以實際應用 *HPG* 之成果加以相互驗證比較。本研究依據之斷面資料為 88 年 12 月施測，為基隆河初期治理疏浚前之斷面；為探討斷面變化之影響則另以 89 年 12 月施測之斷面即基隆河初期治理疏浚後之斷面推求河段之 *HPG*。圖 4-12 為五堵水位站整理所得之水力履性圖，其所推求得之理論率定曲線與 88 年斷面資料所推得及實測資料比較如圖 4-13 所示。以同一洪水位而言則較 88 年者對應較低之流量，以圖 4-3 斷面資料比較，89 年整治後斷面因堤岸填築較 88 年整治前斷面平均河床高程有稍微增高，致推得之理論率定曲線隨之稍有

變化，但變化不大而影響不顯著。圖 4-14 為介壽橋水位站整理所得之 *HPG*，其所推求得之理論率定曲線與 88 年斷面資料所推得及實測資料比較如圖 4-15 所示。以同一洪水位而言則較 88 年者對應較高之流量，以圖 4-4 斷面資料比較，89 年整治後斷面較 88 年整治前斷面河床有相當的刷深，致推得之理論率定曲線隨之變化，其影響相當明顯。為驗證本研究方法所求得水位站理論率定曲線之可靠度及是否可直接作率定曲線之應用，另利用五堵水位站下游有實測水位之實踐橋斷面當下游邊界，推求該河段 *HPG* 如圖 4-16 所示，根據與五堵站水位站之上下游水位關係則由此圖推得對應之通過河段流量，其應用結果如圖 4-17 所示。瑞伯颱風實踐橋最高水位為 16.02 公尺、五堵水位站最高水位為 16.36 公尺，由圖推得通過該河段的流量為 1,630 cms 和前述利用五堵站所推得之理論率定曲線(如圖 4-9)，以洪水位 16.36 公尺所對應求得之流量 1,630 cms 相同。但象神颱風實踐橋最高水位為 17.89 公尺、五堵水位站最高水位為 17.98 公尺，利用圖 4-17 所推得通過該河段的流量約為 1,200 cms 和前述利用五堵站所推得之理論率定曲線(如圖 4-9)以洪水位 17.98 公尺所對應求得之流量 2,100 cms 比較則明顯偏低。此係象神颱風時曾發生橋樑阻塞及溢流現象，其斷面水位關係並不代表通過五堵站流量之實際洪水縱坡，且通過五堵站之流量如同分析結果恐因溢流致兩站通過流量已有差異，則無法以 *HPG* 推求通過該河段流量，僅能依五堵站所推得之理論率定曲線保守估計約為 2,100 cms。由於基隆河下游缺乏有足夠實測水位流量資料之水位站，又為推求相關颱風之基隆河下游段流量，本研究則以民權橋、大直橋有實測颱風痕跡水位資料之兩站分別為另一研究河段上下游斷面，以大直橋斷面為下游邊界推求該河段之水力履性圖，其結果如圖 4-18 所示，再依據河段該兩站之上下游水位關係應用該圖推

德所對應之通過河段流量，如圖 4-19 所示，瑞伯颱風大直橋最高水位為 5.50 公尺、民權橋最高水位為 6.40 公尺，由圖推得通過該河段之流量為 2,100 cms，為驗證其可靠度則以本研究方法所分別推得之介壽橋站 (750 cms)、五堵站 (1,630 cms) 及大直橋 (2,100 cms) 流量資料再進行全河段瑞伯颱風模擬，洪水位模擬值並與實測颱風痕跡水位進行比較，結果如圖 4-20 所示，與圖 4-6 比較，則顯示本研究所得的流量已有較佳之符合度。而象神颱風大直橋最高水位為 7.30 公尺、民權橋為 7.90 公尺，由圖 4-19HPG 推得通過該河段之流量為 2,800 cms，較原第十河川局所推估之流量 3,069 cms 稍低，由於象神颱風有溢流現象發生，其上下游水位關係是否真實反應通過流量之洪水縱坡恐是其不確定因素。

由以上研究成果之分析研討，正足以說明 HPG 一般應用上配合河段上下游斷面實測水位，則可由此圖推得對應之通過河段流量。再由  $N$  線相交於各流量之水力履性曲線點為所對應之下游斷面正常流水深與流量，即可求得該斷面之理論率定曲線。如水文站受迴水影響相當小可忽略不計，則可代表該水文站之率定曲線，除可檢驗水文站實測水位流量資料與率定曲線問題外，並可作為防洪規劃設計參考依據。



表 4-1 基隆河五堵(4) - 86 年河川實測流量

年份：1997

觀測日期(月/日)	水面寬(m)	水位(m)	流量(c.m.s.)	流速(m/Sec)	斷面面積(m <sup>2</sup> )
01/14	30.00	4.78	5.53	0.51	10.95
01/29	30.00	5.05	10.60	0.67	15.88
02/20	30.00	5.13	15.80	0.85	18.66
02/27	28.00	4.76	3.55	0.40	8.78
03/12	28.00	4.65	2.74	0.36	7.66
03/21	32.00	5.52	35.60	1.09	32.60
04/08	30.00	4.70	3.49	0.42	8.36
04/29	28.00	4.60	2.10	0.35	6.08
05/14	28.00	4.53	1.92	0.34	5.64
05/27	28.00	4.98	8.25	0.67	12.24
06/13	28.00	5.24	18.40	0.77	23.80
06/24	30.00	4.93	8.10	0.65	12.40
07/02	30.00	4.63	2.56	0.38	6.78
07/18	30.00	4.78	1.98	0.39	5.04
07/24	22.00	4.69	1.05	0.30	3.51
08/06	13.00	4.64	.48	0.24	1.96
08/19	36.00	5.82	45.20	1.10	41.14
08/26	19.00	4.77	1.83	0.41	4.47
08/29	55.00	8.45	212.00	1.09	194.10
09/04	30.00	4.95	5.61	0.50	11.28
09/09	30.00	5.21	12.80	0.81	15.74
09/22	28.50	5.10	9.60	0.72	13.39

「理論水位流量率定曲線於台灣河川之應用評估探討—以基隆河流域水文站為例(1/2)」

10/02	32.00	5.48	21.90	1.16	18.84
10/15	27.00	4.79	2.51	0.42	5.92
10/22	28.50	4.86	3.12	0.44	7.11
11/03	29.00	5.23	13.00	0.82	15.92
11/20	30.00	4.71	1.49	0.36	4.16
11/25	19.00	4.66	1.14	0.29	3.99
12/09	42.00	5.98	49.80	1.27	39.12
12/17	29.00	5.08	9.25	0.72	12.84

註：- 表示缺資料,日期欄 / 表缺資料

資料來源：經濟部水利處第十河川局。

表 4-2 基隆河五堵(4) - 87 年河川實測流量

年份：1998

觀測日期(月/日)	水面寬(m)	水位(m)	流量(c.m.s.)	流速(m/Sec)	斷面面積(m <sup>2</sup> )
01/06	28.00	5.16	11.90	0.84	14.10
01/21	38.00	5.61	35.00	1.19	29.52
02/05	42.00	6.08	62.30	1.37	45.45
02/25	42.00	6.12	61.20	1.32	46.23
03/05	28.00	5.02	7.97	0.69	11.60
03/18	42.00	6.25	71.10	1.38	51.58
04/01	28.00	4.83	3.34	0.47	7.08
04/21	26.00	4.90	3.59	0.38	9.33
04/29	28.00	5.23	12.00	0.71	16.90
05/10	28.00	5.21	11.20	0.89	12.64
05/11	28.00	4.97	4.99	0.49	10.24
05/25	28.00	5.35	18.50	1.02	18.16
06/09	6.50	4.64	.33	0.38	.88
06/10	32.00	5.21	12.30	0.87	14.06
06/18	19.00	4.88	3.33	0.57	5.80
06/23	30.00	4.92	3.86	0.64	6.06
07/09	6.50	4.64	.33	0.38	.88
07/23	12.00	4.68	.89	0.45	1.97
08/06	12.00	4.76	.76	0.43	1.77
08/18	10.00	4.57	.41	0.33	1.24
08/25	11.00	4.67	.44	0.31	1.42
09/01	42.00	6.03	54.30	1.37	39.57
09/14	30.00	5.31	14.10	1.04	13.56

「理論水位流量率定曲線於台灣河川之應用評估探討—以基隆河流域水文站為例(1/2)」

09/21	19.50	4.98	3.50	0.71	4.94
10/08	45.00	5.99	40.40	1.51	26.67
10/16	80.00	13.15	703.00	1.27	554.30
10/16	80.00	15.12	1010.00	1.46	694.00
10/16	80.00	16.02	1050.00	1.37	765.60
10/19	45.00	5.59	28.30	0.89	31.85
11/11	15.00	5.07	5.59	0.71	7.90
11/26	42.00	6.29	65.60	1.69	38.82
12/17	32.00	5.53	17.30	0.72	24.02

註：- 表示缺資料,日期欄 / 表缺資料

資料來源：經濟部水利處第十河川局。

表 4-3 基隆河五堵(4)-88 年河川實測流量

年份：1999

觀測日期(月/日)	水面寬(m)	水位(m)	流量(c.m.s.)	流速(m/Sec)	斷面面積(m <sup>2</sup> )
01/14	40.00	6.29	67.10	1.85	36.26
01/27	30.00	5.14	8.80	0.52	17.06
02/02	10.00	5.52	17.80	2.00	8.88
02/24	30.00	5.23	10.50	0.57	18.54
03/10	30.00	4.97	5.10	0.39	13.04
03/22	52.00	6.97	120.00	1.53	78.60
04/02	30.00	5.21	10.40	0.57	18.28
04/26	17.00	4.63	1.13	0.41	2.73
05/12	30.00	5.12	8.94	0.49	18.18
05/26	28.00	4.72	1.89	0.21	9.06
06/07	39.00	5.92	39.80	1.57	25.29
06/17	30.00	5.13	8.90	0.50	17.90
06/28	28.00	4.97	3.27	0.42	7.74
07/01	26.00	4.73	1.81	0.34	5.36
07/15	17.00	4.59	.95	0.32	2.96
07/26	9.00	5.43	11.70	1.88	6.23
08/09	26.00	4.74	1.97	0.32	6.14
08/18	24.00	4.62	.92	0.24	3.88
08/26	15.00	4.60	.90	0.38	2.38
09/02	14.00	4.59	.76	0.19	3.95
09/09	14.00	4.61	.74	0.15	4.80
09/23	30.00	5.50	16.60	0.91	18.28
10/12	30.00	5.22	7.78	0.48	16.14

「理論水位流量率定曲線於台灣河川之應用評估探討—以基隆河流域水文站為例(1/2)」

10/19	50.00	6.60	81.80	1.73	47.18
10/21	30.00	5.72	22.70	0.94	24.04
10/26	30.00	5.00	4.87	0.42	11.70
11/03	30.00	5.02	4.36	0.40	10.78
11/09	28.00	5.10	5.36	0.55	9.66
11/17	16.00	4.92	2.79	0.45	6.21
12/07	38.00	5.90	36.00	1.44	25.04

註：- 表示缺資料,日期欄 / 表缺資料

資料來源：經濟部水利處第十河川局。

表 4-4 基隆河五堵(4) - 89 年河川實測流量

年份：2000

觀測日期(月/日)	水面寬(m)	水位(m)	流量(c.m.s.)	流速(m/Sec)	斷面面積(m <sup>2</sup> )
01/10	30.00	5.41	8.21	0.53	15.26
01/21	26.00	5.56	14.33	1.14	13.00
02/10	32.00	5.44	10.80	0.62	17.52
02/22	43.00	7.51	129.00	1.46	88.48
03/01	52.00	6.92	121.00	1.54	78.36
03/27	11.00	4.93	2.80	0.79	3.54
04/11	10.00	4.86	9.15	1.48	6.19
04/19	14.00	4.69	3.50	0.73	4.82
04/27	48.00	6.56	105.00	1.15	91.68
05/19	7.00	4.07	1.65	0.66	2.51
05/25	7.00	3.95	.96	0.33	2.89
06/01	7.00	3.97	1.32	0.46	2.87
06/15	24.00	4.90	18.90	0.91	20.82
06/30	20.00	4.20	1.41	0.16	8.80
07/05	14.00	4.46	5.52	0.65	8.50
07/09	52.00	8.29	205.00	1.24	165.88
07/09	56.00	9.04	249.00	1.22	204.44
07/20	12.00	4.25	2.29	0.49	4.69
07/25	9.50	4.21	1.25	0.24	5.28
08/03	22.00	4.66	4.61	0.52	8.88
08/18	22.50	4.51	1.81	0.25	7.24
08/28	22.00	4.86	8.66	0.52	16.56
09/06	26.00	4.66	3.72	0.23	15.96

「理論水位流量率定曲線於台灣河川之應用評估探討—以基隆河流域水文站為例(1/2)」

09/18	24.00	4.59	3.38	0.27	12.58
09/26	16.00	4.43	1.37	0.54	2.52
10/06	16.00	4.43	1.50	0.59	2.56
10/17	38.00	7.48	157.00	1.52	103.52
10/31	75.00	12.57	905.00	1.75	517.45
11/01	75.00	13.90	1170.00	1.90	614.20
12/13	48.00	8.80	385.00	1.63	235.89

註：- 表示缺資料,日期欄 / 表缺資料

資料來源：經濟部水利處第十河川局。



表 4-5 基隆河介壽橋 - 86 年河川實測流量

年份：1997

觀測日期(月/日)	水面寬(m)	水位(m)	流量(c.m.s.)	流速(m/Sec)	斷面面積(m <sup>2</sup> )
01/14	16.00	43.31	3.03	0.54	5.66
01/29	39.00	43.42	5.13	0.36	14.13
02/20	42.00	43.68	7.74	0.42	18.24
02/27	15.00	43.25	2.08	0.39	5.32
03/12	21.00	43.20	1.39	0.28	4.90
03/21	45.00	43.74	14.30	0.58	24.57
04/08	15.00	43.23	1.77	0.45	3.91
04/29	14.00	43.15	1.11	0.39	2.85
05/14	14.00	43.23	1.93	0.47	4.07
05/27	32.00	43.41	4.55	0.42	10.86
06/13	45.00	43.60	9.25	0.41	22.38
06/24	34.00	43.43	4.93	0.40	12.22
07/02	13.00	43.28	2.19	0.40	5.50
07/18	15.00	43.20	1.30	0.33	4.00
07/24	14.00	43.12	.85	0.31	2.70
08/06	7.00	43.05	.34	0.20	1.74
08/19	42.00	43.89	17.00	0.58	29.52
08/26	22.00	43.26	1.26	0.21	6.12
08/29	64.00	45.00	167.00	2.26	73.92
09/04	17.00	43.40	3.05	0.44	6.95
09/09	24.00	43.58	6.05	0.44	13.68
09/22	36.00	43.60	6.38	0.40	16.04
10/02	39.00	43.71	9.85	0.54	18.39

「理論水位流量率定曲線於台灣河川之應用評估探討—以基隆河流域水文站為例(1/2)」

10/15	16.00	43.28	1.29	0.26	4.94
10/22	15.00	43.28	1.32	0.27	4.93
11/03	30.00	43.62	7.46	0.55	13.54
11/20	15.00	43.23	1.14	0.25	4.62
11/25	15.00	43.20	.91	0.23	3.92
12/09	33.00	44.00	24.10	0.75	32.34
12/17	19.00	43.44	3.77	0.41	9.21

註：- 表示缺資料,日期欄 / 表缺資料

資料來源：經濟部水利處第十河川局。

表 4-6 基隆河介壽橋 - 87 年河川實測流量

年份：1998

觀測日期(月/日)	水面寬(m)	水位(m)	流量(c.m.s.)	流速(m/Sec)	斷面面積(m <sup>2</sup> )
01/06	20.00	43.53	6.07	0.49	12.33
01/21	30.00	43.75	14.70	0.55	26.60
02/05	34.00	44.02	30.30	0.79	38.18
02/25	32.00	44.00	30.20	0.91	33.28
03/05	18.00	43.41	3.60	0.37	9.80
03/18	38.00	44.10	36.10	0.92	39.10
04/01	17.00	43.27	1.51	0.26	5.73
04/21	19.00	43.30	1.92	0.26	7.46
04/29	24.00	43.50	6.33	0.50	12.65
05/11	18.00	43.37	3.25	0.48	6.73
05/25	21.60	43.67	4.95	0.45	10.93
06/10	24.00	43.51	6.03	0.50	12.05
06/18	12.00	43.29	2.47	0.54	4.59
06/23	11.00	43.24	1.57	0.44	3.58
07/09	15.00	43.12	.59	0.17	3.48
07/23	18.00	43.16	1.42	0.28	4.99
08/06	16.00	43.17	.77	0.20	3.90
08/18	8.00	43.04	.23	0.15	1.55
08/25	9.00	43.05	.26	0.16	1.66
09/01	45.00	44.48	67.30	1.20	55.92
09/14	28.00	43.52	8.22	0.48	17.10
09/21	10.00	43.25	1.57	0.46	3.41
10/08	28.00	43.86	17.20	0.74	23.36

10/16	60.00	45.46	174.00	1.19	146.00
10/16	60.00	45.85	396.00	2.24	176.60
10/17	60.00	46.33	530.00	2.72	195.15
10/19	26.00	43.60	8.23	0.41	20.28
10/27	60.00	46.00	327.00	2.32	140.95
11/11	26.00	43.45	2.76	0.24	11.28
12/02	30.00	43.49	5.62	0.37	15.16
12/17	38.00	43.60	8.00	0.46	17.44

註：- 表示缺資料,日期欄 / 表缺資料

資料來源：經濟部水利處第十河川局。

表 4-7 基隆河介壽橋 - 88 年河川實測流量

年份：1999

觀測日期(月/日)	水面寬(m)	水位(m)	流量(c.m.s.)	流速(m/Sec)	斷面面積(m <sup>2</sup> )
01/14	30.00	44.04	27.30	0.80	34.16
01/27	30.00	43.46	4.81	0.32	15.06
02/02	32.00	43.56	6.87	0.38	18.14
02/24	30.00	43.49	5.77	0.37	15.58
03/10	26.00	43.20	3.15	0.27	11.48
03/22	52.00	44.45	65.10	1.04	62.84
04/02	30.00	43.48	4.89	0.33	14.84
04/26	20.00	43.16	.90	0.14	6.21
05/12	32.00	43.53	7.09	0.38	18.42
05/26	24.00	43.26	1.34	0.16	8.63
06/07	30.00	43.93	22.20	0.70	31.84
06/17	30.00	43.43	3.71	0.27	13.64
06/28	24.00	43.33	2.29	0.22	10.48
07/01	22.50	43.23	1.53	0.17	9.11
07/15	21.00	43.17	.67	0.11	6.08
07/26	30.00	43.62	8.99	0.39	23.24
08/09	22.50	43.25	1.27	0.15	8.24
08/18	16.00	43.19	.79	0.15	5.32
08/26	14.00	43.13	.46	0.10	4.47
09/02	15.00	43.14	.45	0.09	4.82
09/09	21.00	43.30	3.54	0.54	6.50
09/23	34.00	43.63	10.60	0.46	22.98
10/06	36.00	44.16	35.60	0.83	42.93

10/12	28.00	43.44	4.70	0.33	14.24
10/19	42.00	44.20	37.20	0.76	48.63
10/26	24.00	43.28	2.81	0.24	11.54
11/03	22.00	43.26	2.11	0.18	11.46
11/09	30.00	43.51	4.55	0.27	16.78
11/17	21.00	43.33	1.92	0.17	11.63
12/16	30.00	43.87	16.20	0.53	30.58

註：- 表示缺資料,日期欄 / 表缺資料

資料來源：經濟部水利處第十河川局。

表 4-8 基隆河介壽橋 - 89 年河川實測流量

年份：2000

觀測日期(月/日)	水面寬(m)	水位(m)	流量(c.m.s.)	流速(m/Sec)	斷面面積(m <sup>2</sup> )
01/10	30.00	43.57	3.86	0.19	20.58
01/21	30.00	43.71	6.95	0.28	24.68
02/10	30.00	43.61	4.48	0.22	20.82
02/22	51.00	44.55	75.20	1.07	70.17
03/01	42.00	44.31	45.20	0.90	50.28
03/27	21.00	43.42	1.64	0.13	12.17
04/11	28.00	43.58	4.33	0.26	16.70
04/19	21.00	43.44	1.92	0.15	13.06
04/27	85.00	44.42	73.10	1.10	66.75
05/18	12.00	43.39	1.17	0.37	3.18
05/25	12.00	43.32	.80	0.28	2.84
06/01	13.00	43.40	1.43	0.34	4.22
06/15	54.00	43.77	11.10	0.66	16.83
06/30	11.00	43.39	1.30	0.35	3.67
07/05	52.00	43.60	4.61	0.38	12.04
07/20	12.00	43.39	1.33	0.35	3.75
07/25	9.00	43.33	.81	0.31	2.65
08/18	12.00	43.38	1.76	0.49	3.62
08/28	21.00	43.60	5.57	0.67	8.27
09/06	16.00	43.45	2.65	0.47	5.69
09/18	15.00	43.46	2.66	0.48	5.55
09/26	11.00	43.34	1.06	0.35	3.03
10/06	11.00	43.29	.57	0.22	2.58

「理論水位流量率定曲線於台灣河川之應用評估探討—以基隆河流域水文站為例(1/2)」

10/17	90.00	44.76	139.00	1.41	98.55
10/25	17.00	43.47	2.80	0.47	5.94
11/01	120.00	46.03	713.00	2.00	357.20
11/28	32.00	43.78	25.50	0.86	29.66
12/13	93.00	45.10	377.00	1.86	203.10
12/20	30.00	44.22	53.20	1.22	43.74

註：- 表示缺資料,日期欄 / 表缺資料

資料來源：經濟部水利處第十河川局。



表 4-9 基隆河流域橋樑樑底高程及橋面高程統計表

河流名稱	橋樑名稱	橋面寬	橋墩寬及個數	樑底高程	橋面高程	引測點	備註
基隆河	百齡橋	46.5	2.0*13	6.31	9.01	基右11A	
基隆河	承德橋	29	2.3*4	8.77	11.27	基右14A	
基隆河	捷運橋	6.5	2.4*3	10.11	13.11	基左15A	
基隆河	高速公路橋	40	3.3*3	---	---	基左15B	無法施測
基隆河	中山橋	25	6.0*2	3.97	10.62	基右16A	
基隆河	新生高架橋	40	6.0*2	10.86	17.46	基左16A	
基隆河	高速公路橋	29	3.14*7	---	---	基左16C	無法施測
基隆河	大直橋	20	1.2*9	5.01	8.01	基右19	
基隆河	高速公路橋	27	1.6*4	11.70	13.65	基左27A	
基隆河	民權橋	24	34.*4	11.16	14.66	基左28A	
基隆河	參帥一橋		4.8*2、2.4*2	15.37	17.77	基左20-8A	
基隆河	參帥二橋		2.0*5	11.72	13.32	基左34A	
基隆河	長壽橋	3.5	1.4*4	11.85	13.05	基左35A	
基隆河	成美橋	20	1.6*7	8.98	10.98	基右35B	
基隆河	成功橋	20	2.4*6	11.42	13.82	基右37T.P	
基隆河	南湖大橋	20	1.2*7	11.60	13.35	基右43	
基隆河	北山大橋		2.0*4	12.03	14.88	基右48	
基隆河	社后橋	14	3.95*4	10.72	12.02	基左50	
基隆河	高速公路橋	30	2.3*4	13.45	15.35	基左53	
基隆河	高速公路橋	30	2.3*3	14.57	16.47	基左57	
基隆河	江北橋	12	2.15*3	11.44	13.29	基右61	
基隆河	禮門街橋	14	2.15*3	12.40	13.85	基左62	
基隆河	高架(引道)	22.5	1.8*4	16.47	18.22	基左65T.P	
基隆河	長安橋	10	1.5*3	11.26	12.91	基左68	
基隆河	高速公路橋	30	2.3*5	16.00	17.90	基左72	
基隆河	高速公路橋	30	2.3*3	15.44	17.34	基左73	
基隆河	千祥橋	16	1.6*2	16.00	17.50	基左74	

表 4-9 基隆河流域橋樑樑底高程及橋面高程統計表 (續)

河流名稱	橋樑名稱	橋面寬	橋墩寬及個數	樑底高程	橋面高程	引測點	備註
基隆河	百福橋	16	1.6*2	15.83	17.33	基左76	
基隆河	實踐橋	20	2.0*2	15.41	17.21	基左79	
基隆河	新台5線高架橋	24	2.4*5	22.57	24.57	基左79	
基隆河	六堵橋	24	2.5*4	19.27	21.97	基右82T·P	
基隆河	五福橋	21	2.2*5	19.94	21.54	基右85	
基隆河	六合橋	21	2.2*3	19.18	21.08	基右88	
基隆河	七賢橋	21	2.2*4	20.95	23.45	基右90	
基隆河	崇智橋		3.0*4	19.54	20.94	基左92	
基隆河	大華橋		4.75*2	22.22	24.02	基右94	
基隆河	一高高架引道橋		2.0*2	---	---	基右96	無法施測
基隆河	八德橋		2.2*2	22.90	25.40	基左96-1	
基隆河	鐵路橋		4.0*4	21.97	24.07	基右97	
基隆河	八堵橋		4.1*4	26.77	28.88	基右98	

資料來源：本研究整理

表 4-10 基隆河河道迴水計算各斷面曼寧 n 值採用表

断面區分	主深槽 曼寧 n 值	洪水平原 曼寧 n 值	断面區分	主深槽 曼寧 n 值	洪水平原 曼寧 n 值
1	0.040	0.050	35	0.030	0.045
2	0.030	0.040	(長壽橋)	0.030	0.045
3	0.025	0.040	(成美橋)	0.030	0.045
4	0.025	0.040	36	0.030	0.045
5	0.025	0.040	37	0.030	0.045
6	0.025	0.040	(成功橋)	0.030	0.045
7	0.025	0.040	38	0.030	0.045
8	0.025	0.040	39	0.030	0.045
9	0.025	0.040	40	0.030	0.045
10	0.025	0.040	41	0.030	0.045
11	0.025	0.040	42	0.030	0.045
(百齡橋)	0.025	0.040	43	0.030	0.045
12	0.025	0.040	(南湖大橋)	0.030	0.045
13	0.025	0.040	44	0.030	0.045
14	0.0275	0.040	45	0.030	0.045
(承德橋)	0.0275	0.040	46	0.030	0.045
15	0.0275	0.040	47	0.030	0.045
(捷運橋)	0.0275	0.040	48	0.030	0.045
(高速公路橋)	0.0275	0.040	49	0.030	0.045
16	0.025	0.040	50	0.030	0.045
(中山橋)	0.025	0.040	(社後橋)	0.030	0.045
(松江橋)	0.025	0.040	51	0.030	0.045
(高速公路橋)	0.025	0.040	52	0.030	0.045
17	0.025	0.040	53	0.030	0.045
18	0.0225	0.040	(高速公路橋)	0.030	0.045
19	0.0225	0.040	54	0.030	0.045
(大直橋)	0.025	0.040	55	0.030	0.045
20	0.025	0.040	56	0.030	0.045
21	0.030	0.040	57	0.030	0.045
22	0.030	0.045	(高速公路橋)	0.030	0.045
23	0.030	0.045	58	0.030	0.045
24	0.030	0.045	59	0.030	0.045
25	0.030	0.045	60	0.030	0.045
(舊內湖橋)	0.030	0.045	61	0.030	0.045
26	0.030	0.045	(江北橋)	0.030	0.045
27	0.030	0.045	62	0.030	0.045
(內湖橋)	0.030	0.045	(汐止交流道橋)	0.030	0.045
(高速公路橋)	0.030	0.045	63	0.030	0.045
28	0.030	0.045	64	0.030	0.045
(民權大橋)	0.030	0.045	65	0.030	0.045
29	0.030	0.045	(高架引道)	0.030	0.045
30	0.030	0.045	66	0.030	0.045
31	0.030	0.045	67	0.030	0.045
32	0.030	0.045	68	0.030	0.045
33	0.030	0.045	(長安橋)	0.030	0.045
34	0.030	0.045	69	0.030	0.045
(麥帥二號橋)	0.030	0.045	70	0.030	0.045

截彎段

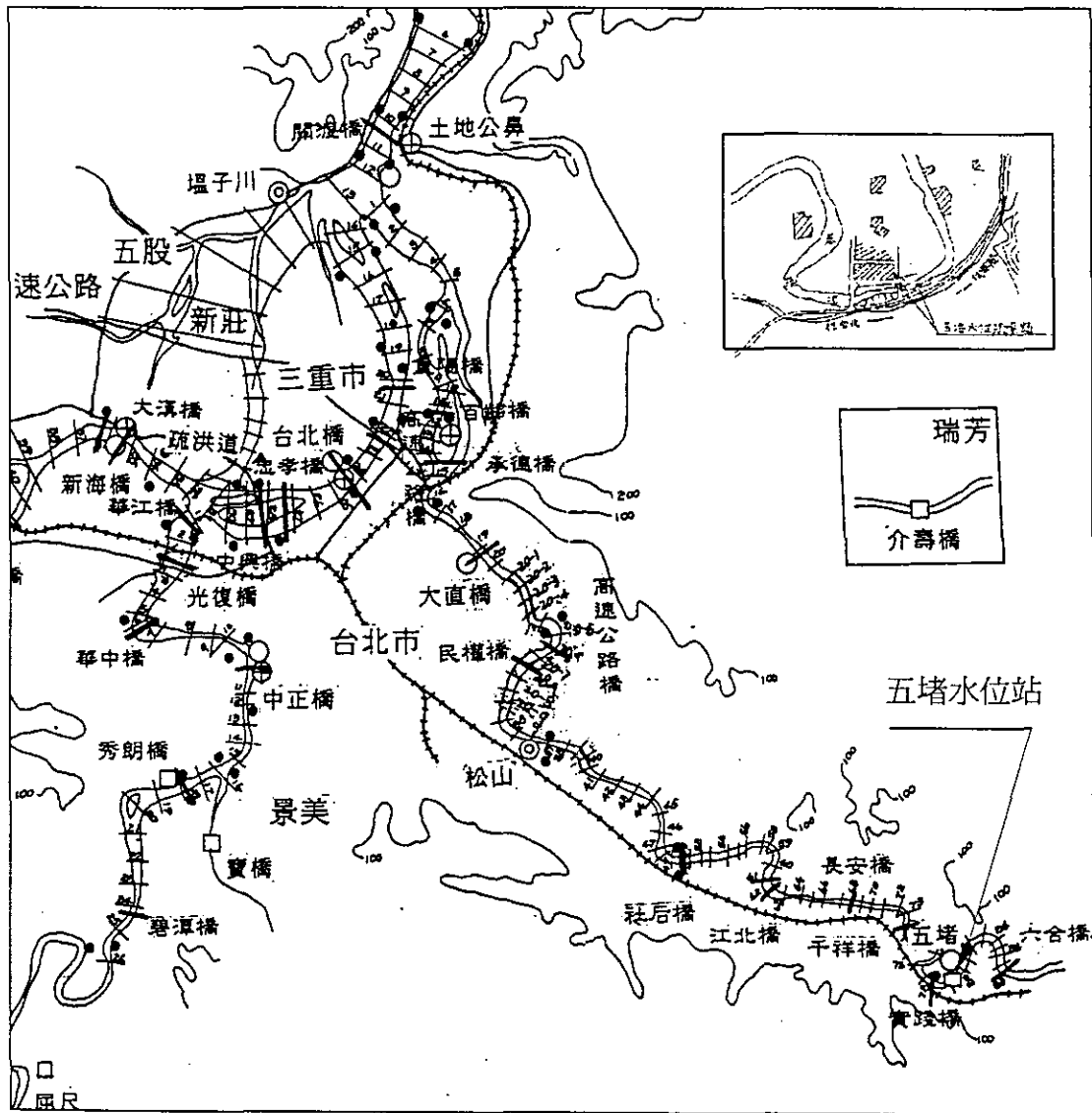
截彎段

断面區分	主深槽 曼寧 n 值	洪水平原 曼寧 n 值	断面區分	主深槽 曼寧 n 值	洪水平原 曼寧 n 值
71	0.030	0.045	99	0.040	0.055
72	0.030	0.045	100	0.040	0.055
(高速公路橋)	0.035	0.050	(暖江橋)	0.040	0.055
73	0.035	0.050	101	0.040	0.055
(高速公路橋)	0.035	0.050	102	0.040	0.055
74	0.035	0.050	(鐵路橋)	0.040	0.055
(千祥橋)	0.035	0.050	103	0.040	0.055
75	0.035	0.050	104	0.040	0.055
76	0.035	0.050	105	0.040	0.055
(百福橋)	0.035	0.050	(瑞慶橋)	0.040	0.055
77	0.035	0.050	106	0.040	0.055
78	0.035	0.050	107	0.040	0.055
(實踐橋)	0.035	0.050	(鐵路橋)	0.040	0.055
79	0.035	0.050	108	0.040	0.055
(新台5線高架橋)	0.035	0.050	(慶安橋)	0.040	0.055
80	0.035	0.050	109	0.040	0.055
(五堵吊橋)	0.035	0.050	110	0.040	0.055
81	0.035	0.050	111	0.040	0.055
82	0.035	0.050	112	0.040	0.055
(六堵橋)	0.035	0.050	(鐵路橋)	0.040	0.055
83	0.035	0.050	113	0.040	0.055
84	0.035	0.050	(國芳橋)	0.040	0.055
85	0.035	0.050	114	0.040	0.055
(五福橋)	0.035	0.050	115	0.040	0.055
86	0.035	0.050	116	0.045	0.055
87	0.035	0.050	117	0.045	0.055
88	0.035	0.050	118	0.045	0.055
(六合橋)	0.035	0.050	119	0.045	0.055
89	0.035	0.050	(瑞芳介壽橋)	0.045	0.055
90	0.035	0.050	120	0.045	0.055
(七賢橋)	0.035	0.050	(瑞芳橋)	0.045	0.055
91	0.035	0.050	121	0.045	0.055
92	0.035	0.050	(瑞峰橋)	0.045	0.055
(崇智橋)	0.035	0.050	122	0.045	0.055
93	0.035	0.050	123	0.045	0.055
94	0.035	0.050	124	0.045	0.055
(大華舊橋)	0.035	0.050	125	0.045	0.055
(大華新橋)	0.035	0.050	(鐵路橋)	0.045	0.055
95	0.035	0.050	(鐵路橋)	0.045	0.055
96	0.035	0.050	126	0.045	0.055
(攔河堰)	0.040	0.055	127	0.045	0.055
(七堵交流道)	0.040	0.055	128	0.045	0.055
(八德橋)	0.040	0.055	(攔河堰)	0.045	0.055
97	0.040	0.055	129	0.045	0.055
(八堵鐵路橋)	0.040	0.055	(侯硐介壽橋)	0.045	0.055
98	0.040	0.055			
(八堵橋)	0.040	0.055			

表 4-11 基隆河河道迴水計算各斷面曼寧 n 值修正採用表

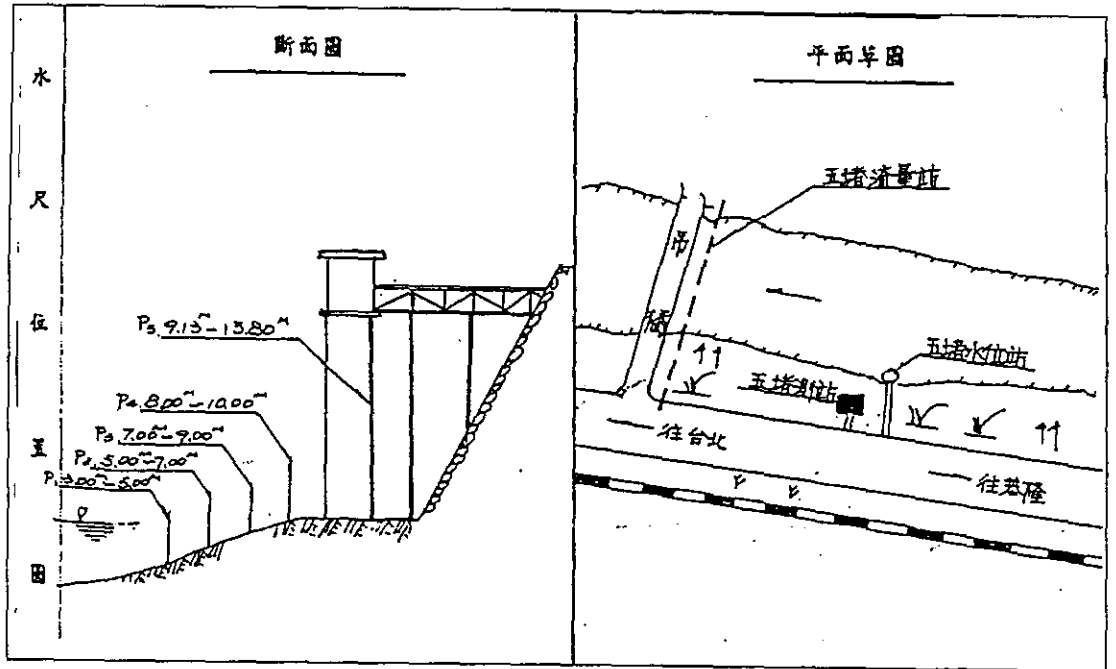
断面區分	主深槽 曼寧 n 值	洪水平原 曼寧 n 值	断面區分	主深槽 曼寧 n 值	洪水平原 曼寧 n 值
1	0.040	0.050	35	0.030	0.045
2	0.030	0.040	(長壽橋)	0.030	0.045
3	0.025	0.040	(成美橋)	0.030	0.045
4	0.025	0.040	36	0.030	0.045
5	0.025	0.040	37	0.030	0.045
6	0.025	0.040	(成功橋)	0.030	0.045
7	0.025	0.040	38	0.030	0.045
8	0.025	0.040	39	0.030	0.045
9	0.025	0.040	40	0.030	0.045
10	0.025	0.040	41	0.030	0.045
11	0.025	0.040	42	0.030	0.045
(百齡橋)	0.025	0.040	43	0.030	0.045
12	0.025	0.040	(南湖大橋)	0.030	0.045
13	0.025	0.040	44	0.030	0.045
14	0.0275	0.040	45	0.030	0.045
(承德橋)	0.0275	0.040	46	0.030	0.045
15	0.0275	0.040	47	0.030	0.045
(捷運橋)	0.0275	0.040	48	0.030	0.045
(高速公路橋)	0.0275	0.040	49	0.030	0.045
16	0.025	0.040	50	0.030	0.045
(中山橋)	0.025	0.040	(社後橋)	0.030	0.045
(松江橋)	0.025	0.040	51	0.030	0.045
(高速公路橋)	0.025	0.040	52	0.030	0.045
17	0.025	0.040	53	0.030	0.045
18	0.0225	0.040	(高速公路橋)	0.030	0.045
19	0.0225	0.040	54	0.030	0.045
(大直橋)	0.025	0.040	55	0.030	0.045
20	0.025	0.040	56	0.030	0.045
21	0.030	0.040	57	0.030	0.045
22	0.030	0.045	(高速公路橋)	0.030	0.045
23	0.030	0.045	58	0.030	0.045
24	0.030	0.045	59	0.030	0.045
25	0.030	0.045	60	0.030	0.045
(舊內湖橋)	0.030	0.045	61	0.030	0.045
26	0.030	0.045	(江北橋)	0.030	0.045
27	0.030	0.045	62	0.030	0.045
(內湖橋)	0.030	0.045	(汐止交流道橋)	0.030	0.045
(高速公路橋)	0.030	0.045	63	0.030	0.045
28	0.030	0.045	64	0.030	0.045
(民權大橋)	0.030	0.045	65	0.030	0.045
29	0.030	0.045	(高架引道)	0.030	0.045
30	0.030	0.045	66	0.030	0.045
31	0.030	0.045	67	0.030	0.045
32	0.030	0.045	68	0.030	0.045
33	0.030	0.045	(長安橋)	0.030	0.045
34	0.030	0.045	69	0.030	0.045
(麥帥二號橋)	0.030	0.045	70	0.030	0.045

断面區分	主深槽 曼寧 n 值	洪水平原 曼寧 n 值	断面區分	主深槽 曼寧 n 值	洪水平原 曼寧 n 值
71	0.030	0.045	99	0.040	0.055
72	0.030	0.045	100	0.040	0.055
(高速公路橋)	▲ 0.040	0.050	(暖江橋)	0.040	0.055
73	0.040	0.050	101	0.040	0.055
(高速公路橋)	彎道 0.040	0.050	102	0.040	0.055
74	0.040	0.050	(鐵路橋)	0.040	0.055
(千祥橋)	▼ 0.040	0.050	103	0.040	0.055
75	0.035	0.050	104	0.040	0.055
76	0.040	0.050	105	0.040	0.055
(百福橋)	▲ 0.040	0.050	(瑞慶橋)	0.040	0.055
77	0.040	0.050	106	0.040	0.055
78	0.040	0.050	107	0.040	0.055
(實踐橋)	彎道 0.040	0.050	(鐵路橋)	0.040	0.055
79	0.040	0.050	108	0.040	0.055
(新台5線高架橋)	▼ 0.040	0.050	(慶安橋)	0.040	0.055
80	0.035	0.050	109	0.040	0.055
(五堵吊橋)	0.035	0.050	110	彎道 0.045	0.055
81	0.035	0.050	111	0.045	0.055
82	0.040	0.050	112	0.040	0.055
(六堵橋)	彎道 0.040	0.050	(鐵路橋)	0.040	0.055
83	0.035	0.050	113	0.040	0.055
84	0.035	0.050	(國芳橋)	0.040	0.055
85	0.040	0.050	114	0.040	0.055
(五福橋)	▲ 0.040	0.050	115	0.040	0.055
86	0.040	0.050	116	0.045	0.055
87	0.040	0.050	117	0.045	0.055
88	0.040	0.050	118	0.045	0.055
(六合橋)	彎道 0.040	0.050	119	0.045	0.055
89	0.040	0.050	(瑞芳介壽橋)	0.045	0.055
90	0.040	0.050	120	0.045	0.055
(七賢橋)	▼ 0.040	0.050	(瑞芳橋)	0.045	0.055
91	0.040	0.050	121	0.045	0.055
92	0.035	0.050	(瑞峰橋)	0.045	0.055
(崇智橋)	0.035	0.050	122	0.045	0.055
93	0.035	0.050	123	0.045	0.055
94	0.035	0.050	124	0.045	0.055
(大華舊橋)	0.035	0.050	125	0.045	0.055
(大華新橋)	0.035	0.050	(鐵路橋)	0.045	0.055
95	0.035	0.050	(鐵路橋)	0.045	0.055
96	0.035	0.050	126	0.045	0.055
(攔河堰)	0.040	0.055	127	0.045	0.055
(七堵交流道)	0.040	0.055	128	0.045	0.055
(八德橋)	0.040	0.055	(攔河堰)	0.045	0.055
97	▲ 0.045	0.055	129	0.045	0.055
(八堵鐵路橋)	彎道 0.045	0.055	(侯硐介壽橋)	0.045	0.055
98	0.045	0.055			
(八堵橋)	▼ 0.045	0.055			



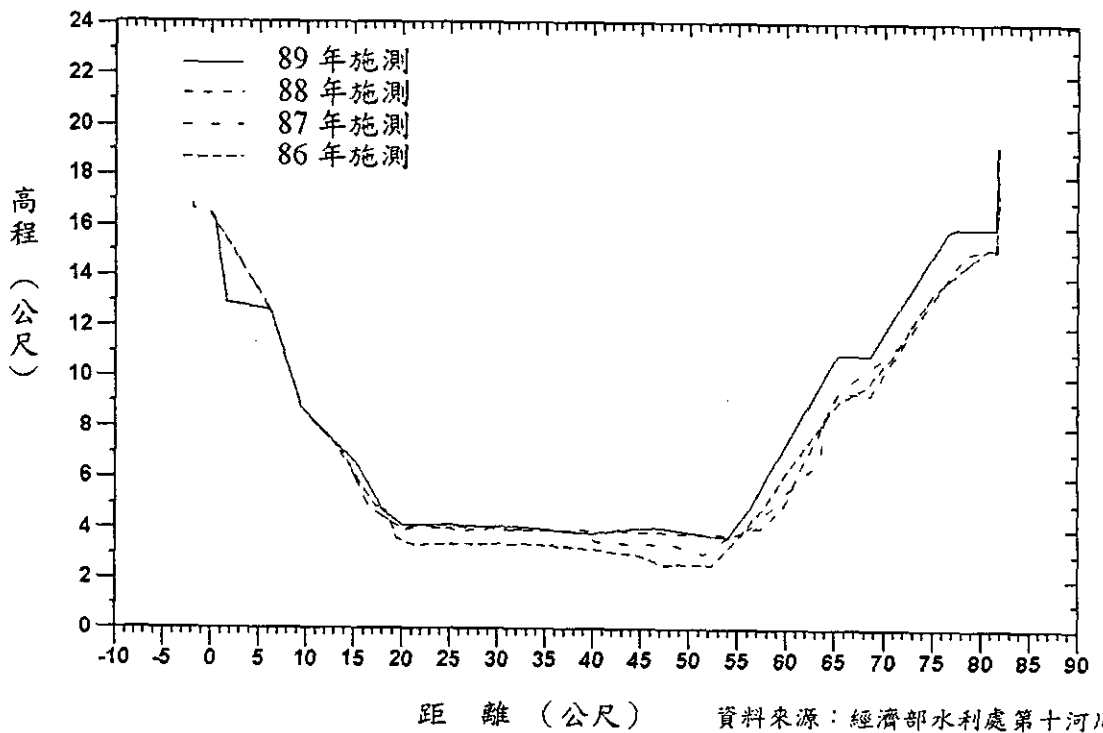
資料來源：經濟部水利處第十河川局

圖 4-1 基隆河五堵水位站相關位置圖



資料來源：經濟部水利處第十河川局

圖 4-2 基隆河五堵水位站位置與構造型式



資料來源：經濟部水利處第十河川局

圖 4-3 基隆河五堵水位流量站歷年大斷面比較



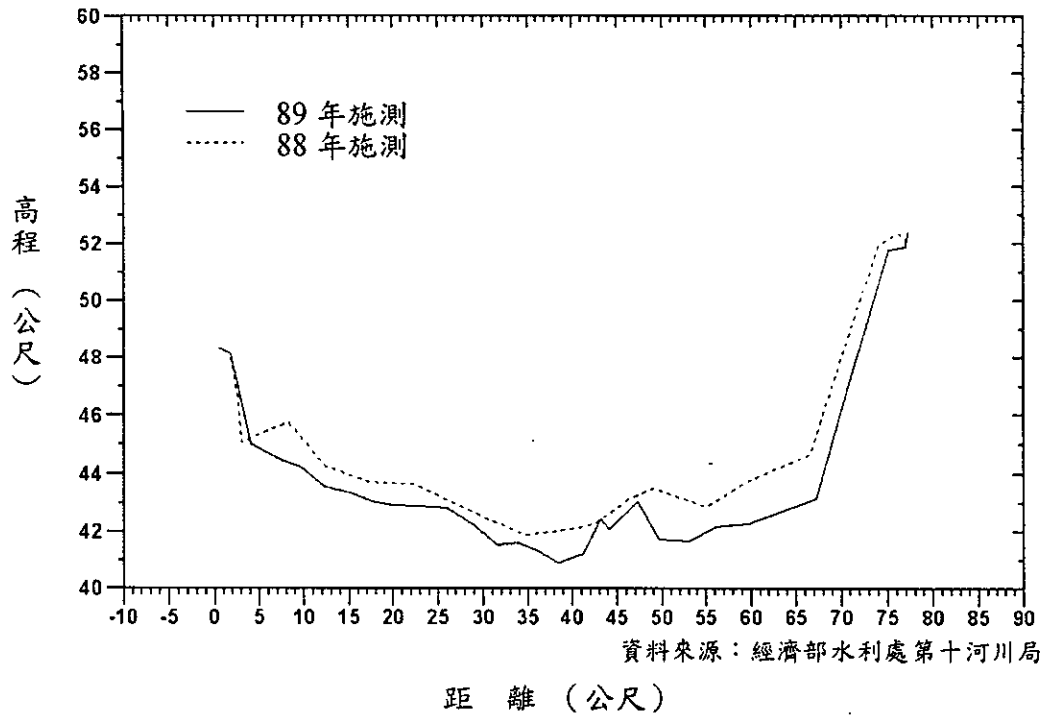


圖 4-4 基隆河介壽橋水位流量站歷年大斷面比較

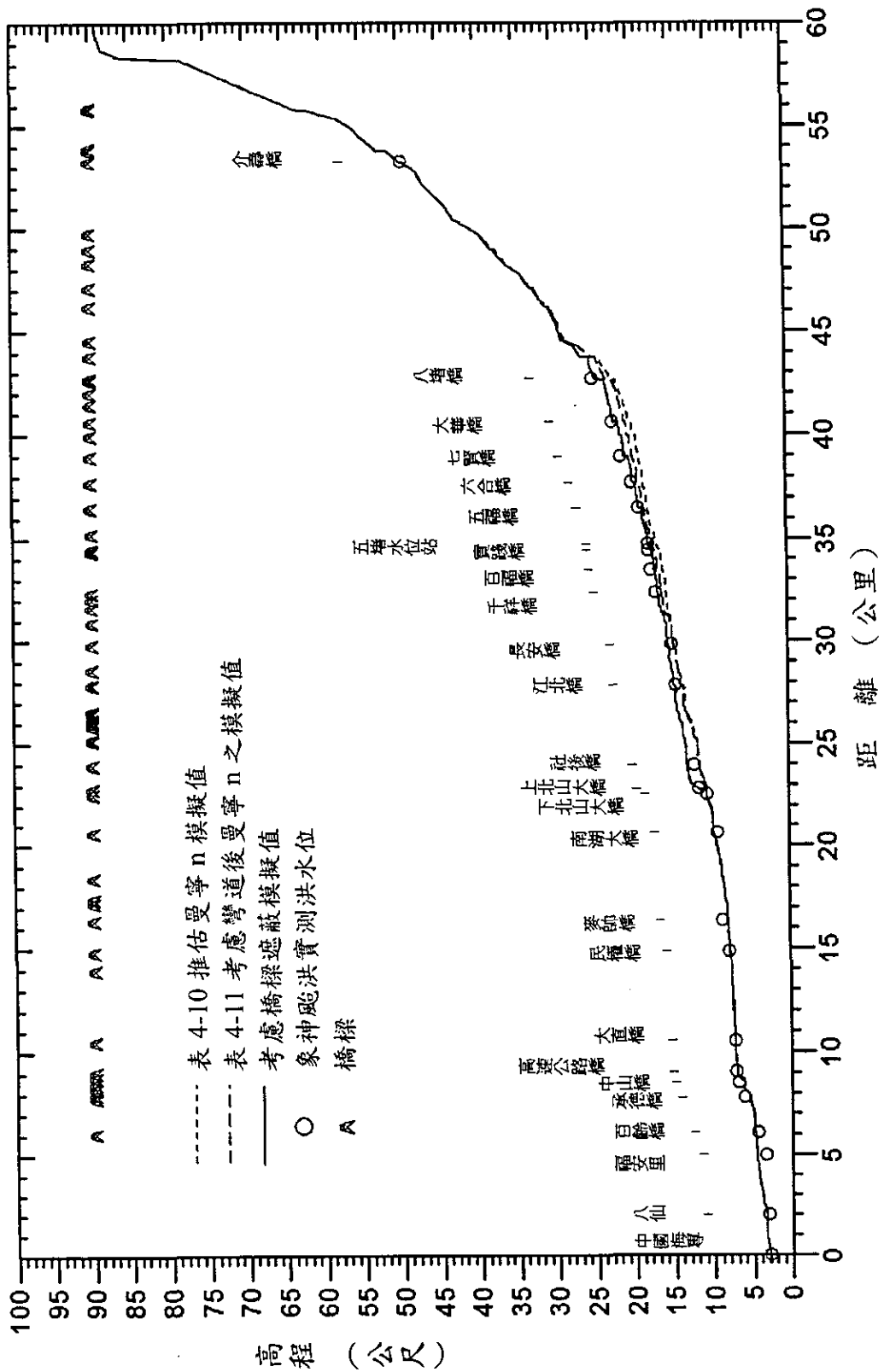


圖 4-5 基隆河象神馳洪水位實測值與模擬值比較

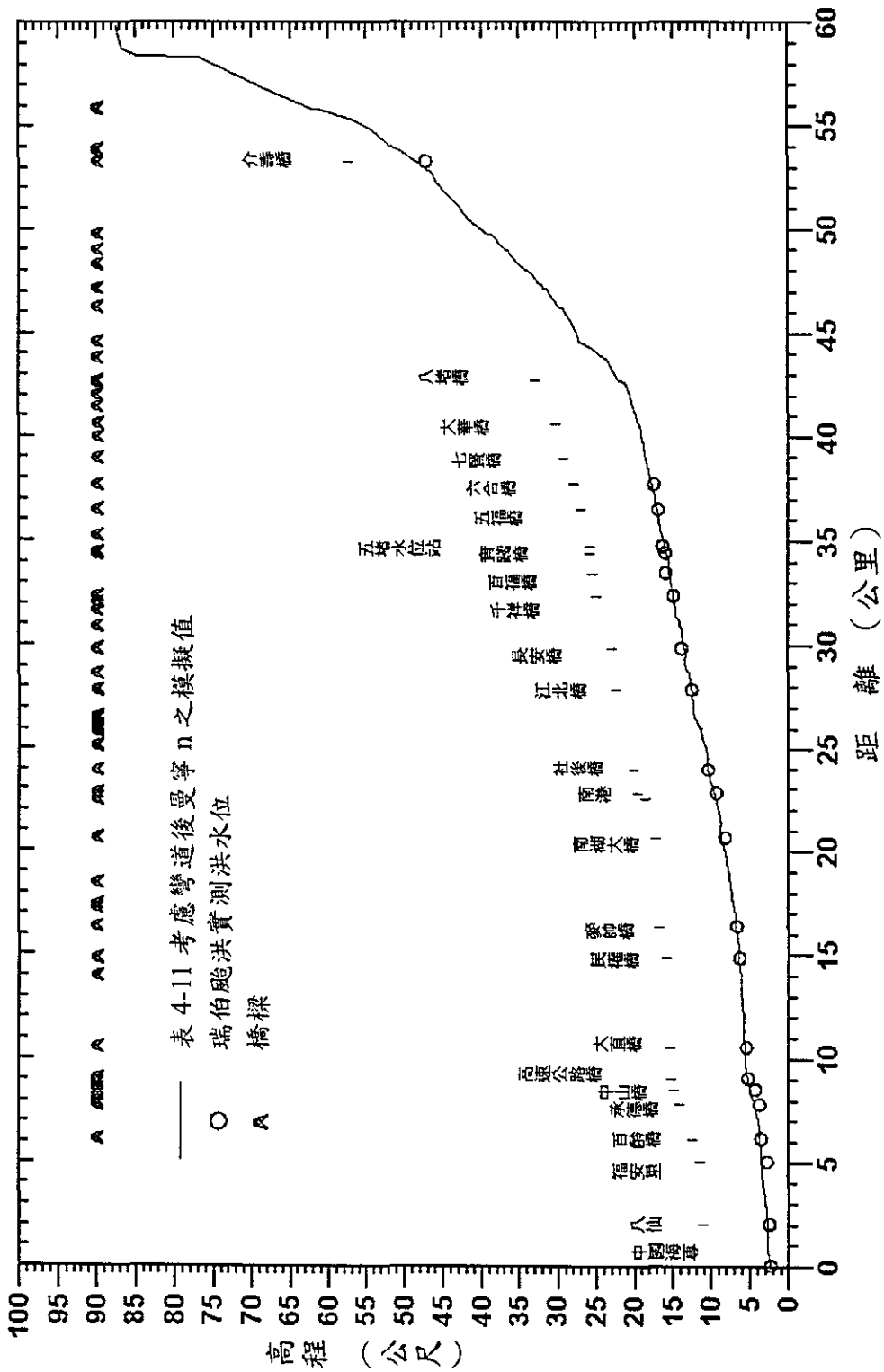


圖 4-6 基隆河瑞伯颱風洪水位實測值與模擬值比較

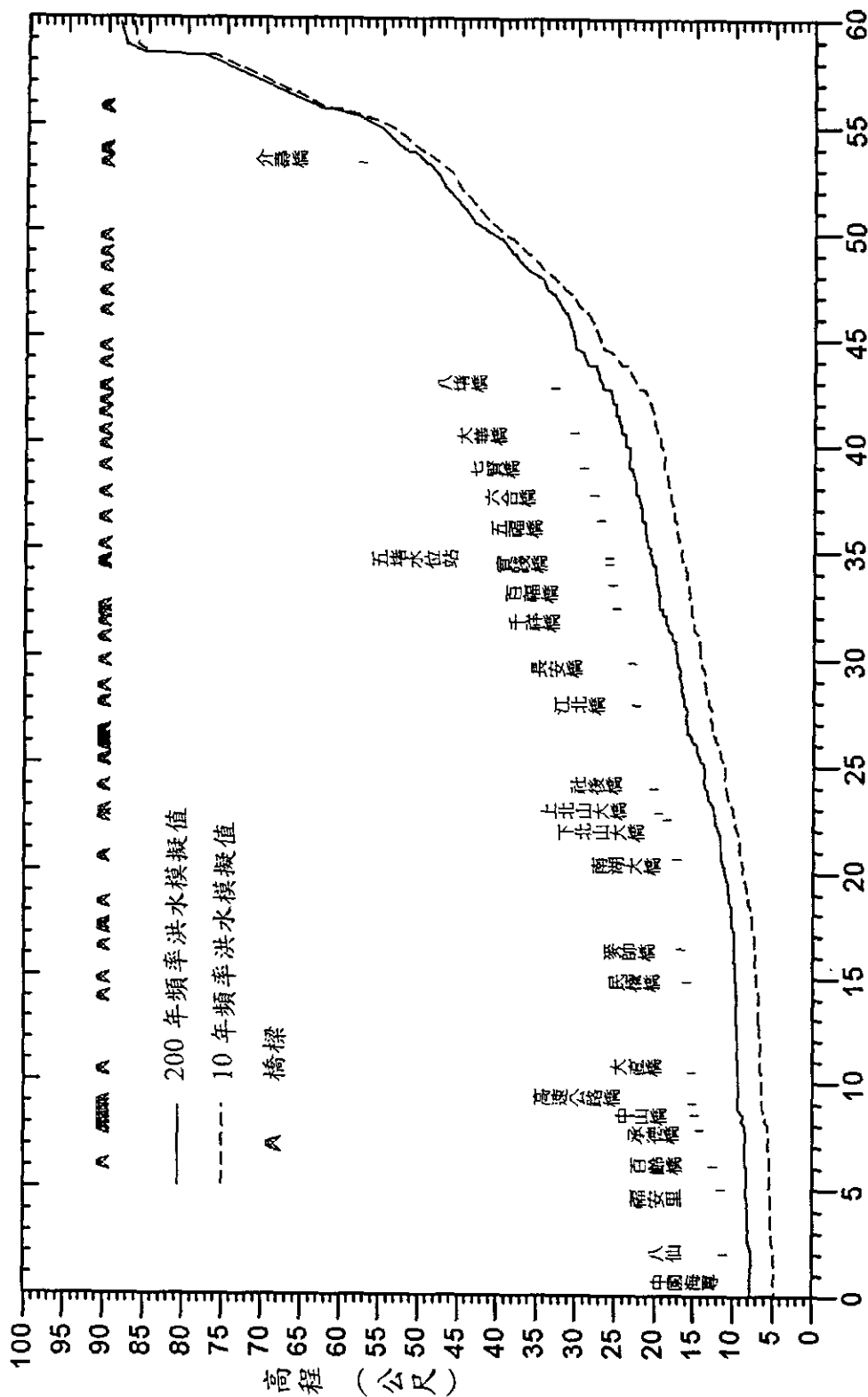


圖 4-7 基隆河 200 年及 10 年頻率洪水模擬結果

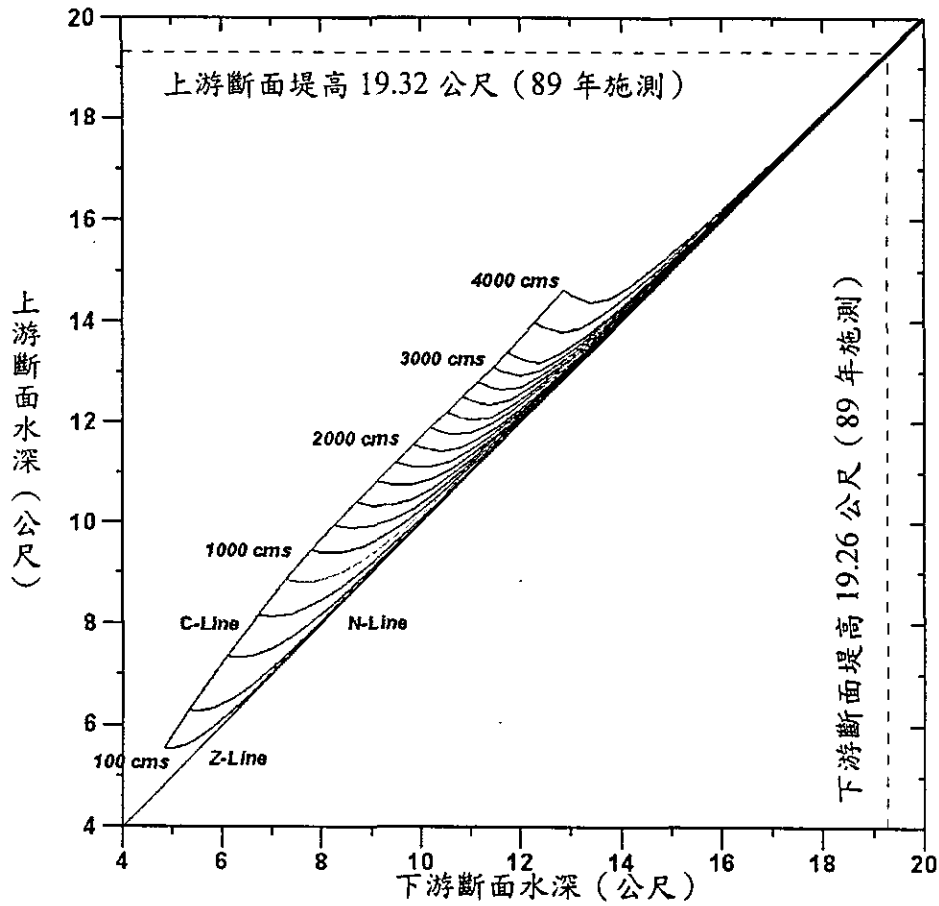


圖 4-8 基隆河五堵水位站河段水力履性圖

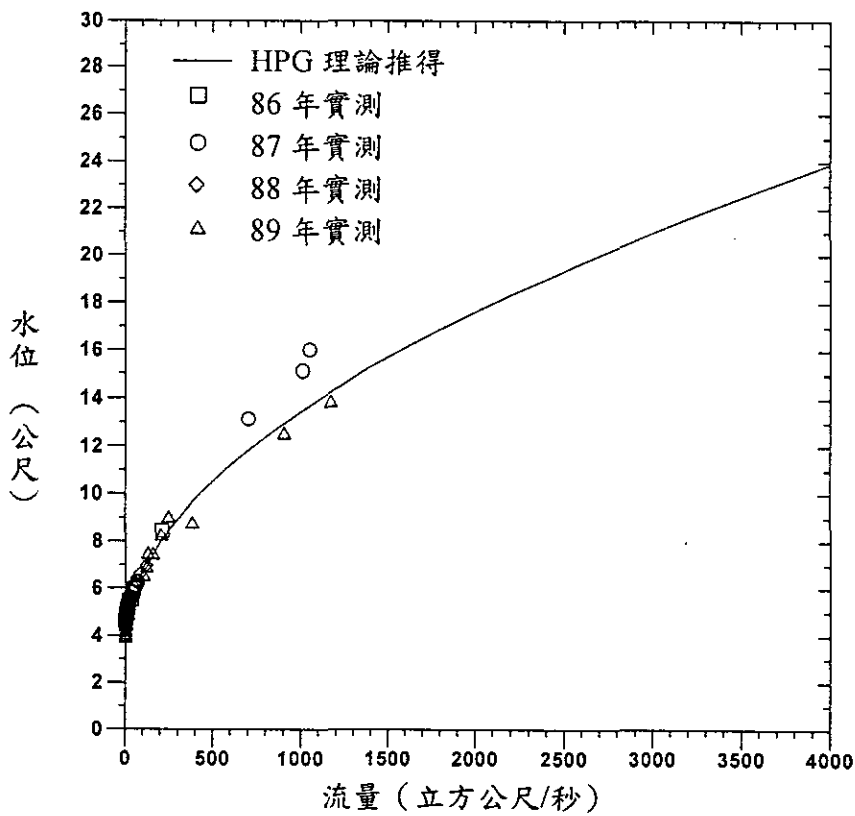


圖 4-9 基隆河五堵站理論率定曲線與實測值比較

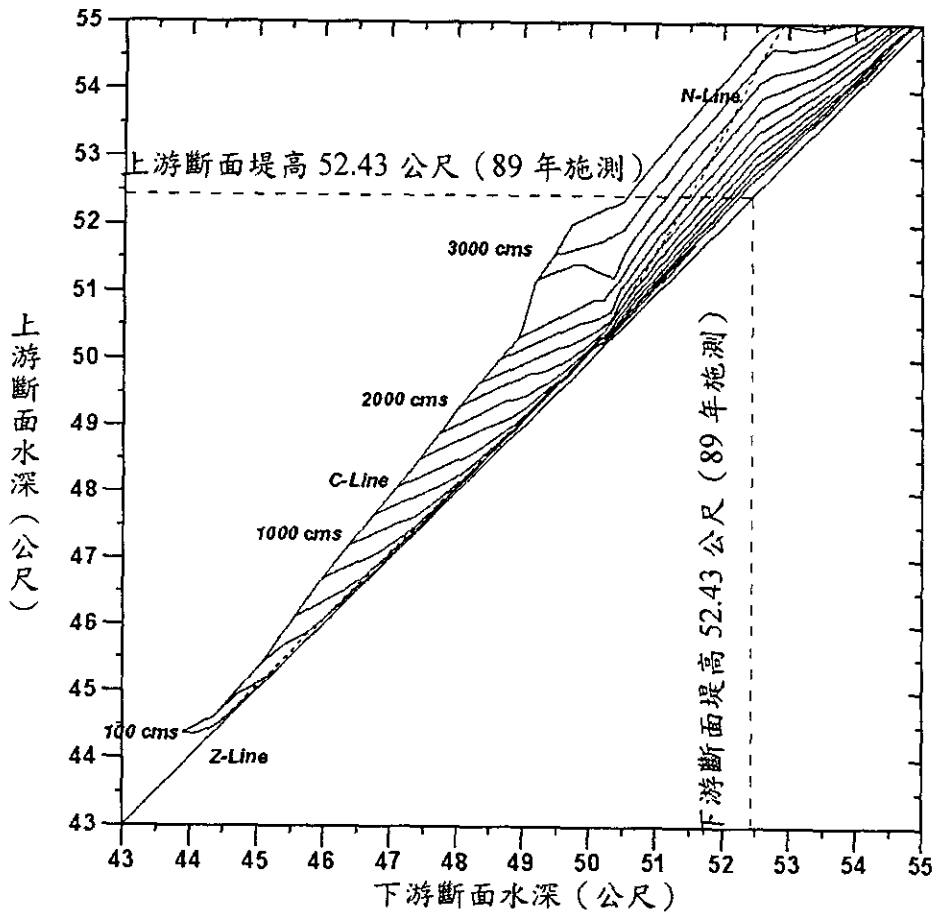


圖 4-10 基隆河介壽橋水位站河段水力履性圖

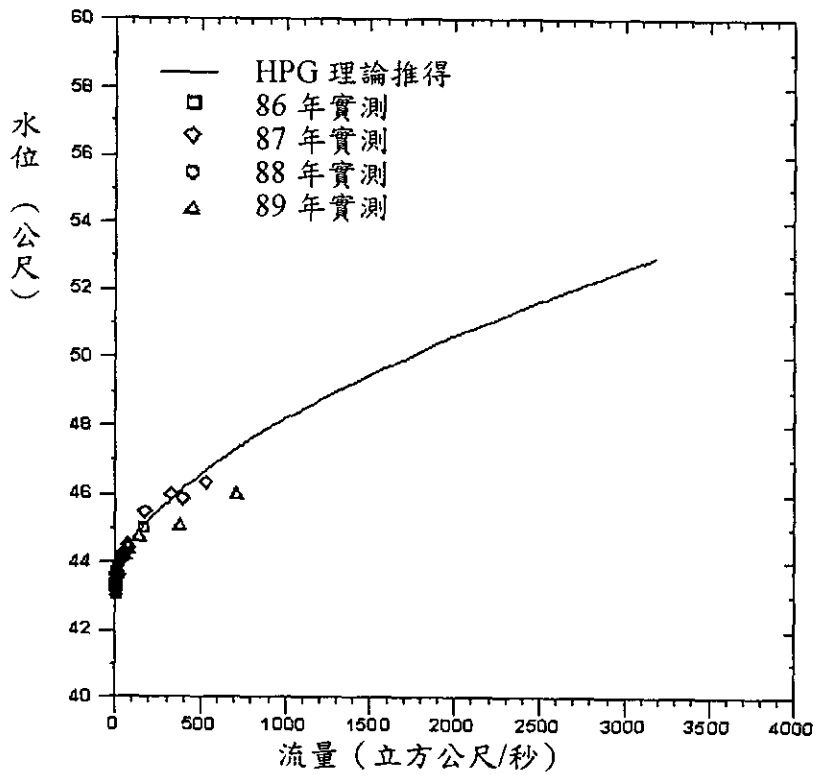


圖 4-11 基隆河介壽橋站理論率定曲線與實測值比較

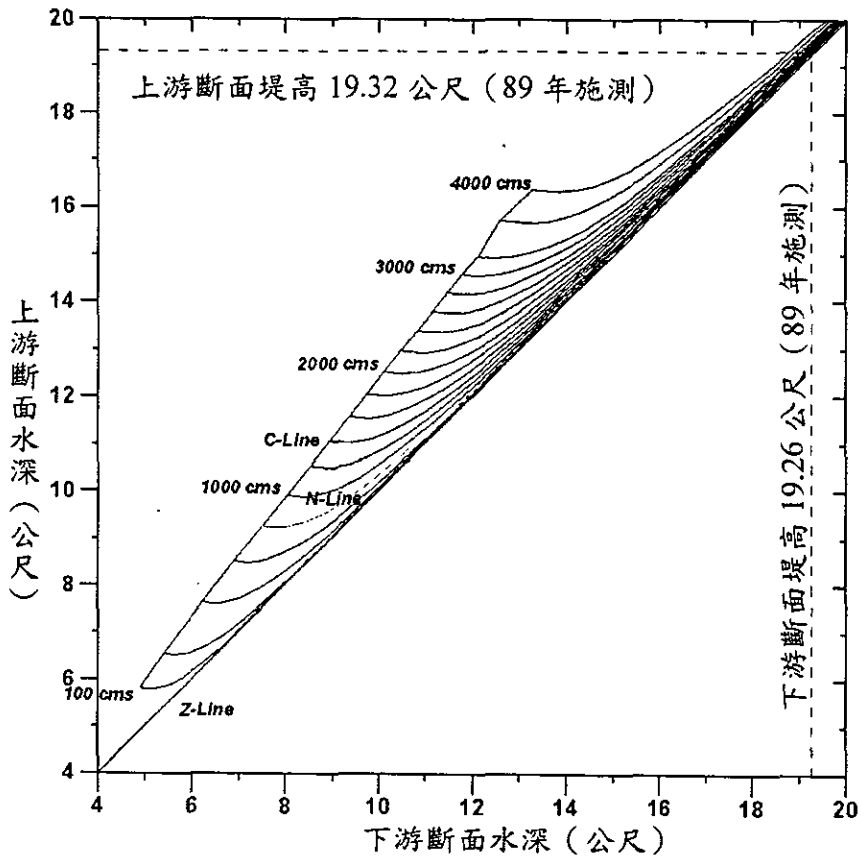


圖 4-12 基隆河五堵水位站河段水力履性圖

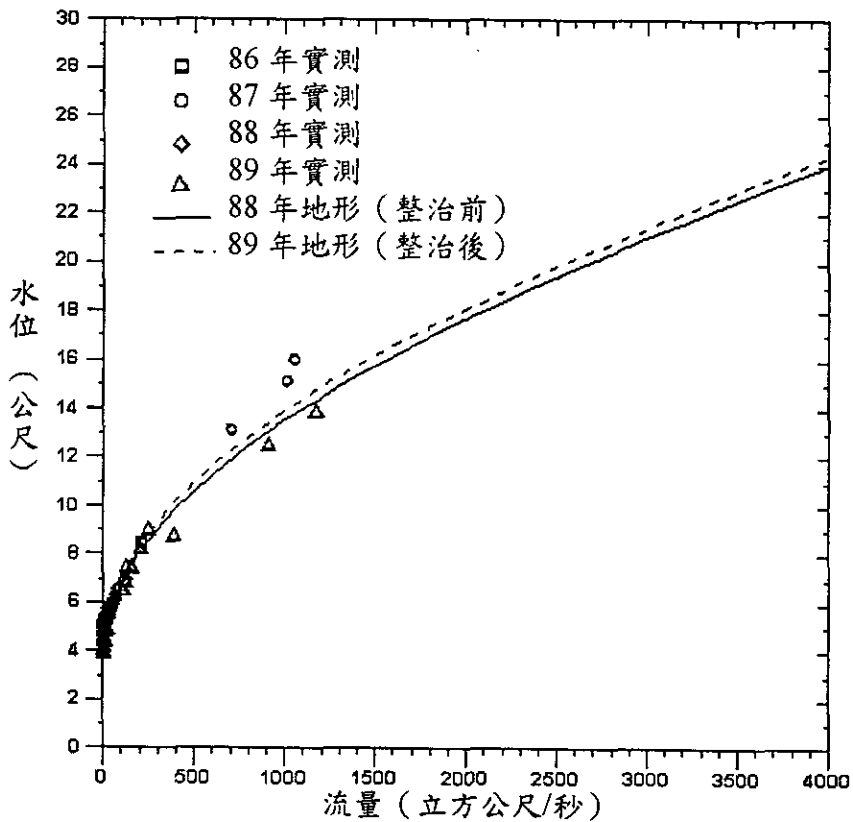


圖 4-13 基隆河五堵站理論率定曲線與實測值比較

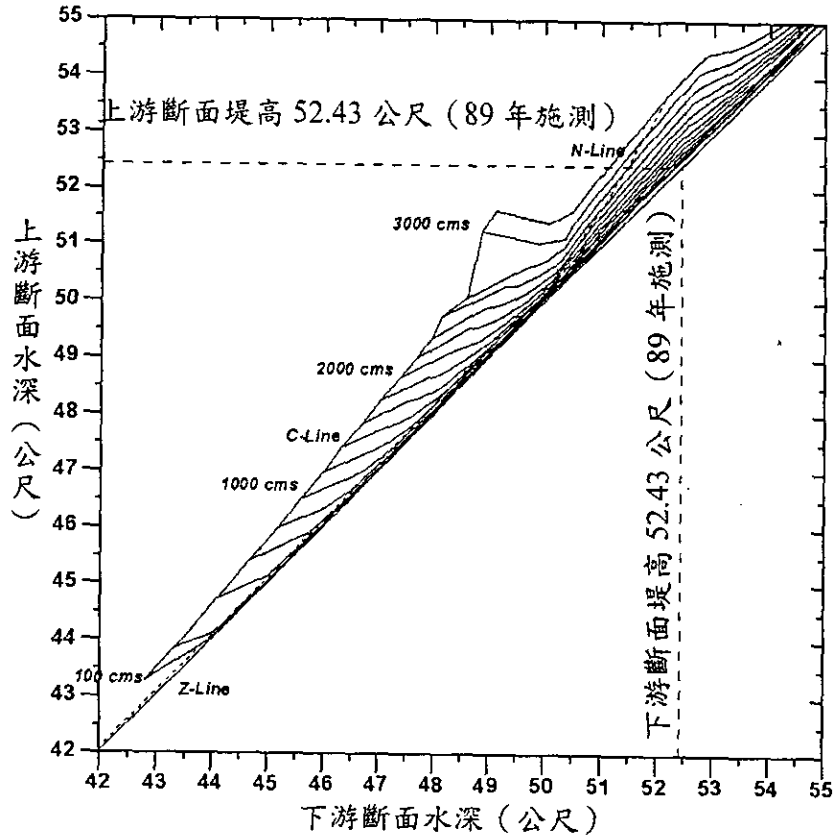


圖 4-14 基隆河介壽橋水位站河段水力履性圖

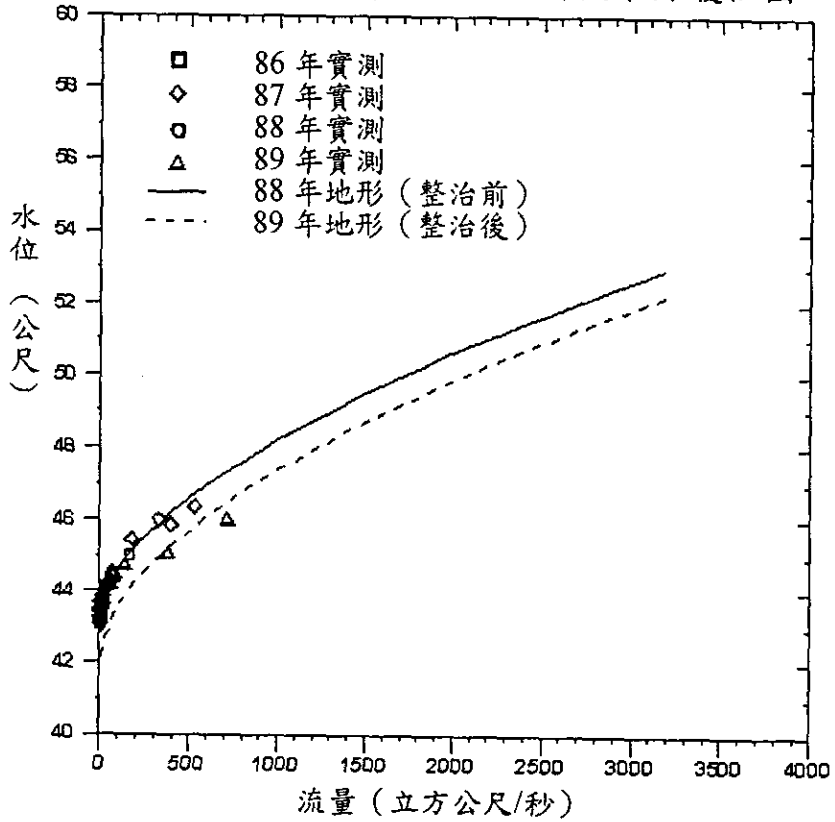


圖 4-15 基隆河介壽橋站理論率定曲線與實測值比較



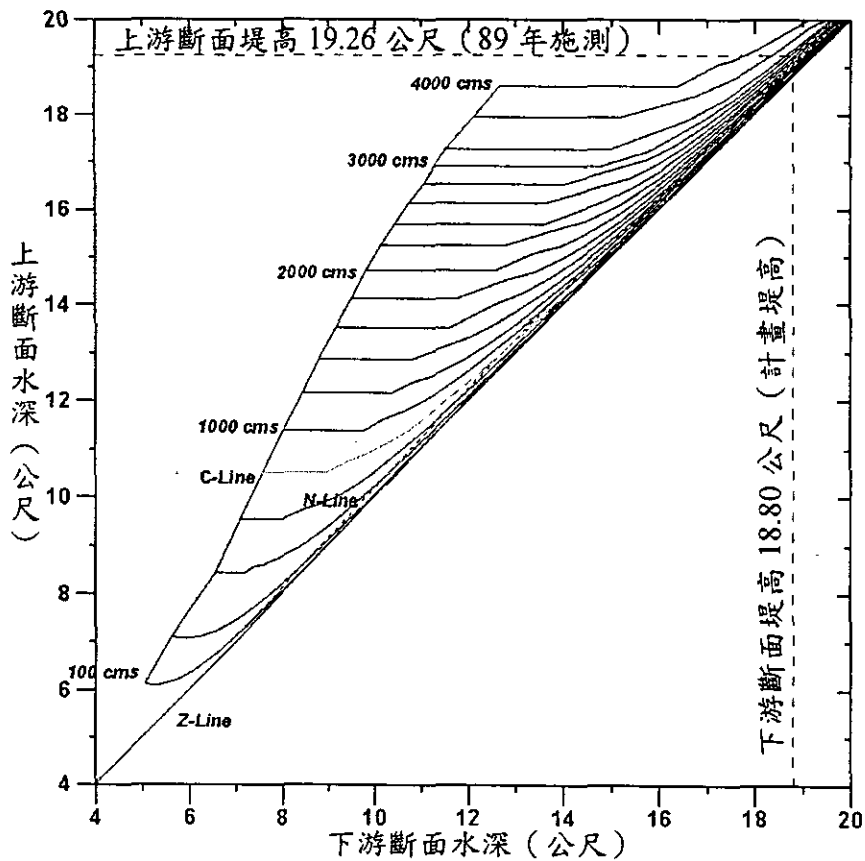


圖 4-16 基隆河實踐橋至五堵水位站河段水力履性圖

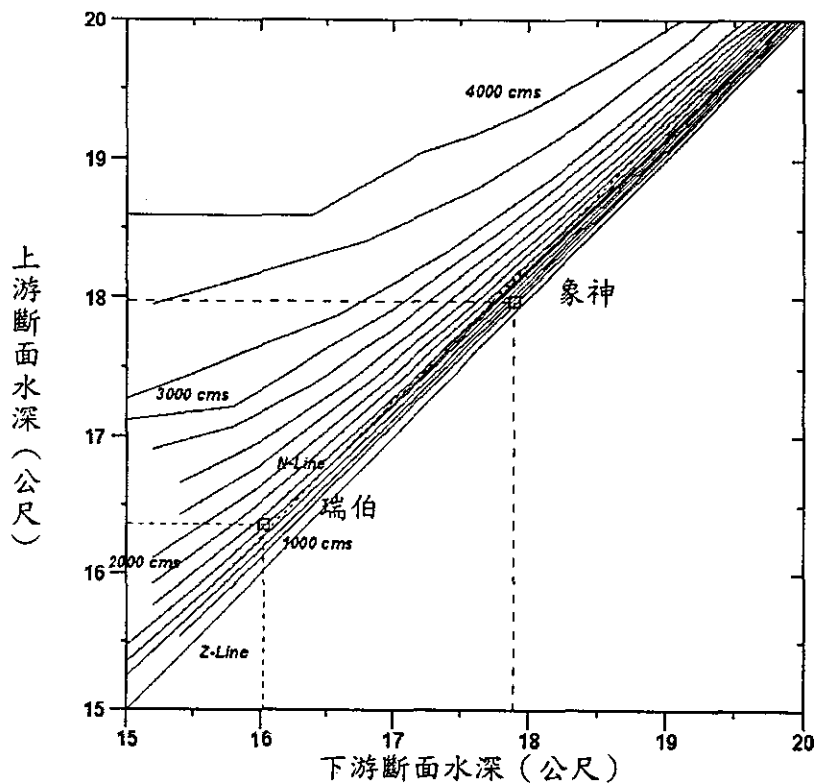


圖 4-17 基隆河實踐橋至五堵站河段水力履性圖之應用

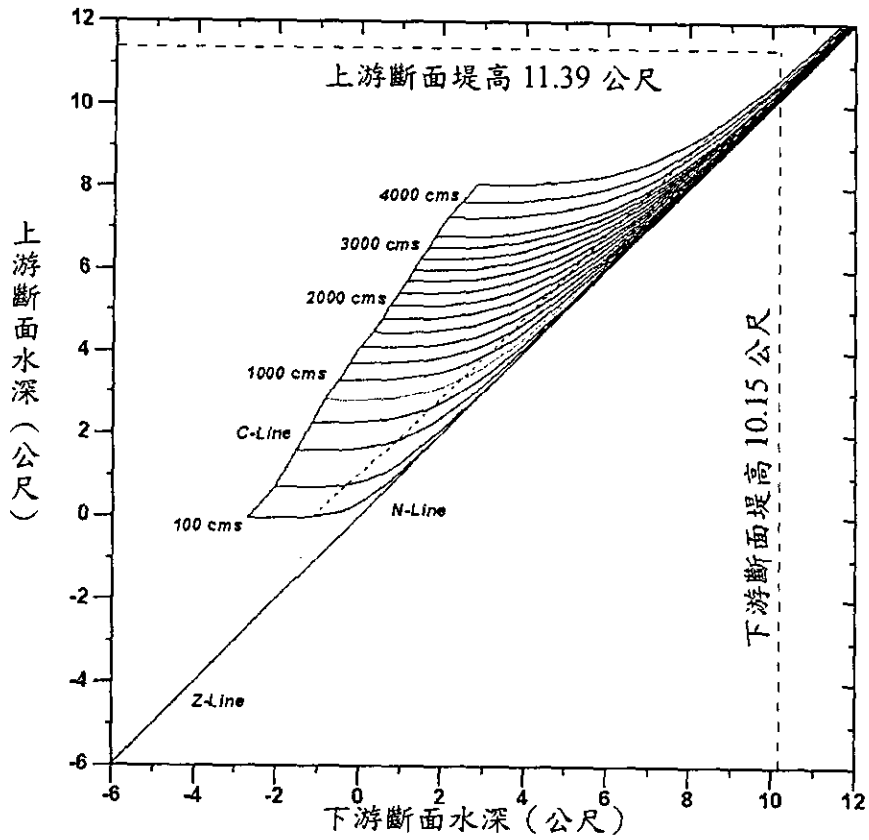


圖 4-18 基隆河大直橋至民權河段水力履性圖

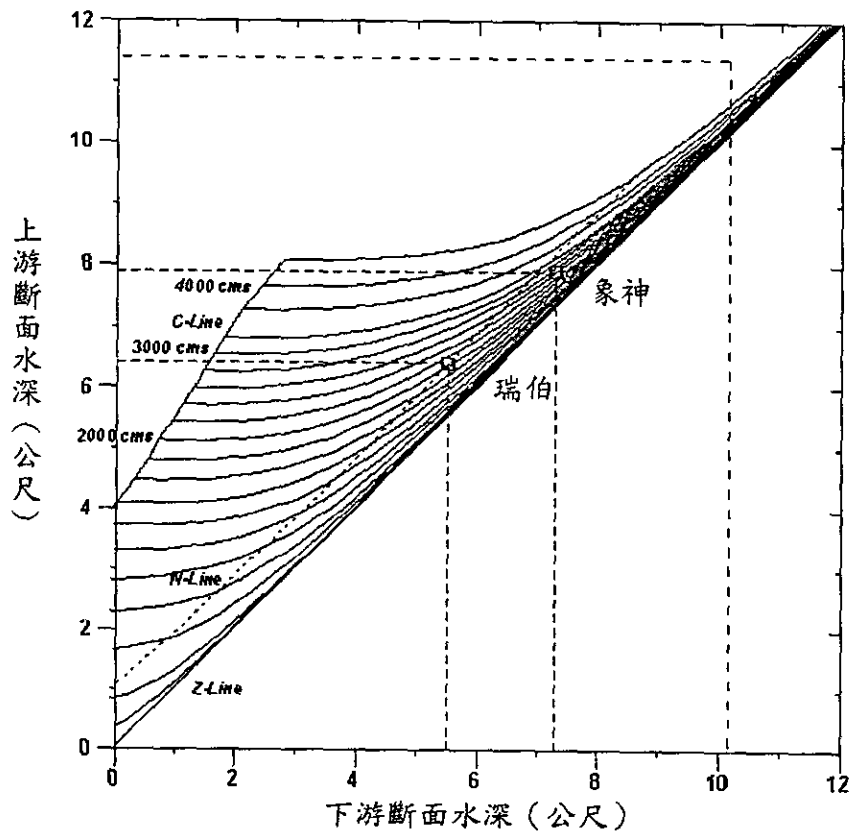
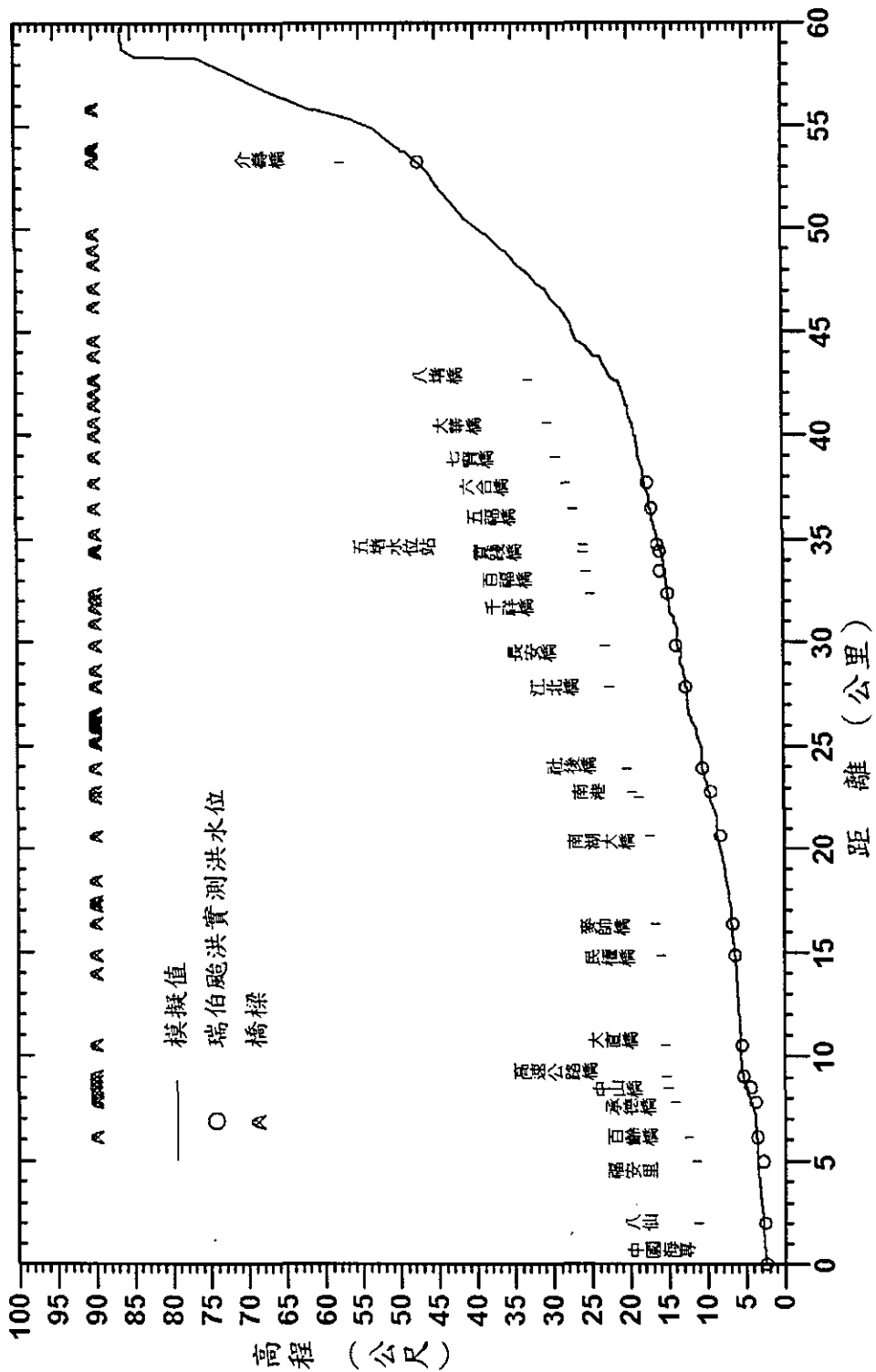


圖 4-19 基隆河大直橋至民權河段水力履性圖之應用



## 第五章 結論與建議

1. 本計畫探討流量與水位之關係理論，並建立基隆河五堵站、介壽橋站等水文站理論率定曲線之模式及方法與步驟，除可檢驗水文站實測水位流量資料與率定曲線問題外，並可作為防洪規劃設計參考依據。
2. 水力履性圖一般應用上配合河段上下游斷面實測水位則可由此圖推得對應之通過河段流量。再由  $N$  線相交於各流量之水力履性曲線點，為所對應之下游斷面正常流水深與流量，即可求得該斷面之理論率定曲線，如水文站受迴水影響相當小可忽略不計，則可代表該水文站之率定曲線。
3. 五堵站、介壽橋站等水位站之研究成果與 86~89 年實測水位流量資料比較，顯示本研究所得結果與實測資料符合相當良好，除證明實測資料有相當可靠度外，更證明本研究結果之可信度極高。
4. 本研究針對底床沖淤即斷面變化之影響加以分析探討，並以實際應用  $HPG$  之成果及實測資料加以相互驗證比較結果，推得之理論率定曲線受河床變化影響相當明顯，因此本研究方法在河道床形劇變時須重新計算推求，但在模式已建立下只須修正地形條件即可進行。
5. 本研究方法與步驟因係根據實際詳細水理計算而得，在應用上不必作如 USGS 之複雜對照修正，理想水文站甚至可直接應用推求率定曲線，而實測水位流量資料僅在提供已足夠之檢定驗證，能節省大量時間、人力，且無高流量偏離與可信度偏低問題。
6. 89 年象神颱風最高水位為 17.98 公尺，根據經濟部水利處第十河

川局推估洪峰流量為 1,900 cms，以本研究所得率定曲線內插求得約為 2,100 cms，可作為相關單位防洪規劃設計參考應用。

7. 未來將進一步驗證本研究結果的合理性，針對研究結果之水力參數與河道幾何參數等不確定性進行分析探討，以確認本研究成果的可靠度。

## 參考文獻

1. 郭朝雄、黃月娟、曠育呈，「臺北地區降雨強度一延時一頻率分析之研究(一)」，臺灣水利第35卷第2期，民國70年6月。
2. 台灣省水利局，「臺灣地區大型防災水文測站網調查規劃研究報告」，民國74年6月。
3. 台灣省水利局規劃總隊，「淡水河系(基隆河、三峽河)水資源開發調查規劃報告(二)」，民國75年6月。
4. 台灣省水利局，「基隆河琳恩颱風專題報告」，民國76年12月。
5. 台灣省水利局，「基隆河治理規劃檢討報告」，民國77年7月。
6. 台灣省水利局，「基隆河治理基本計畫(南湖大橋至暖暖八堵橋)」，民國78年7月。
7. 中興工程顧問社，「基隆河整治計畫河川工程整體規劃設計堤頂高程研擬」，民國81年3月。
8. 台灣省水利局，「基隆河上游河段治理基本計畫(八堵橋至侯硐介壽橋)」，民國81年5月。
9. 許銘熙，吳瑞濱，「河川二維流場水理之模擬」，臺灣水利季刊，第四十一卷第一期，民國82年3月。
10. 國立台灣大學水工試驗所，「基隆河整治對河川影響及監測系統之評估(一)、(二)、(三)」，民國84年1月。
11. 台灣省政府水利處，「基隆河治理工程初期實施計畫」，民國86年5月。
12. 王如意等，「台北防洪整體檢討計畫(二)」，台大農工所，民國86年6月。
13. 吳瑞濱，「二維水流與泥砂沖淤模式使用者手冊」，臺灣地區河川二維模式應用及推廣計畫，臺灣省水利規劃試驗所，民國87年5

- 月。
14. 王如意等，「台北防洪整體檢討計畫(三)」，台大農工所，民國 87 年 6 月。
  15. 台灣省政府水利處，「淡水河整體洪水預報系統模式之研發」總結報告，民國 87 年 10 月。
  16. 楊錦釧，「高屏溪率定曲線之評估探討 (一)、(二)」 (88/89)，曹公農業水利研究發展基金會。
  17. 經濟部水利處第十河川局，「基隆河洪水預報及淹水預警系統規劃工作」，民國 89 年 3 月。
  18. 經濟部，「基隆河整體治理計畫規劃總報告」，民國 89 年 4 月。
  19. 經濟部淡水河流域防洪指揮中心，「象神颱風淡水河洪水報告」，民國 89 年 10 月 31 日至 11 月 2 日。
  20. 許盈松，「天然河川流量及泥砂觀測技術與儀器本土化建置研究 (1/2)」，經濟部水資源局，民國 89 年。
  21. 許盈松，「河川自動化測深儀之研究」，經濟部水利處，民國 89 年。
  22. 吳瑞濱、楊錦釧、顏本琦、盧榮祥，「高屏溪率定曲線之評估探討」，第十二屆水利工程研討會論文集，D217~D224，民國 90 年 7 月。
  23. 台灣省政府水利處淡水河防洪指揮中心「淡水河流域台北防洪中心概況簡介」，水情資訊服務網：<http://www.tpwcdd10.gov.tw>。
  24. 淡水河觀測預報隊，「淡水河長期水理觀測暨洪水預報計劃颱風洪專題報告」，台灣省水利局第十工程處。
  25. Ang, A.H. S., and Tang, W.H., (1975) "Probability concepts in engineering planning and design, Vol.I: Basic principles", John Wiley & Sons, Inc.
  26. Ang, A. H-S and Tang, W. H., (1984) Probability Concepts in Engineering Planning and Design, Vol. II : Decision, Risk, and

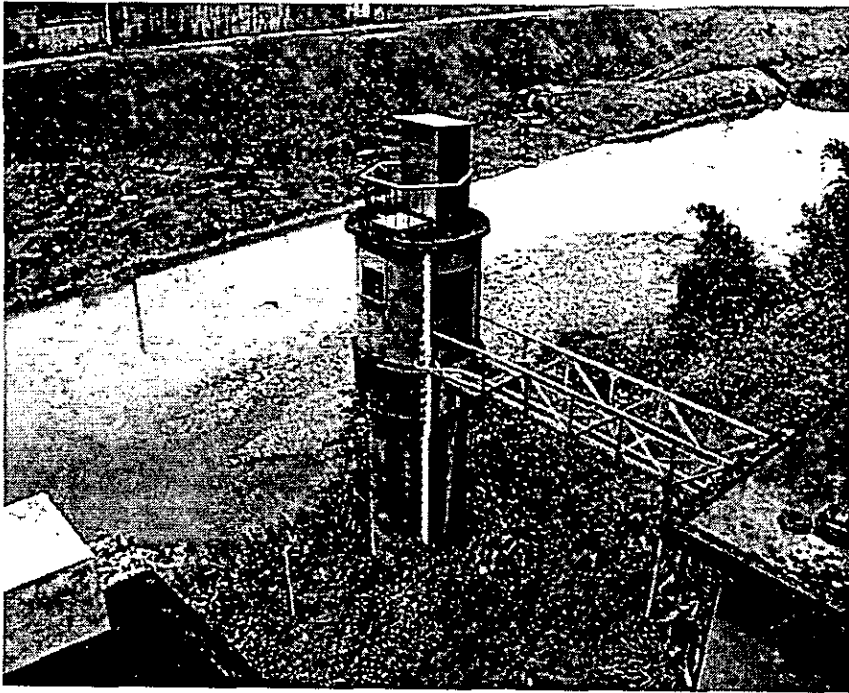
- Reliability, John Wiley and Sons, Inc., New York, N.Y.
27. Box, G. E. P. and Muller, M. E., (1958) "A Note On Generation Of Random Normal Deviates." *Ann. Math. Stat.*, Vol. 29, 610-611.
  28. Chow, V.T., *Open Channel Hydraulics*, McGraw-Hill Book Co., New York, N.Y. 1959.
  29. Cornell, C.A., 1972, "First-order analysis of model and parameter uncertainty", *Internat. Symp. on Uncert. in Hydrol. and Water Res. System*, Tucson, AR., 2:1245-1272.
  30. Dagpunar, J., (1988) *Principles of Random Variates Generation*, Oxford University Press, New York, N.Y.
  31. Der Kiureghian, A. and Liu, P. L., (1985) "Structural Reliability Under Incomplete Probability Information." *Journal of Engineering Mechanics*, ASCE, Vol. 112, No. 1, 85-104.
  32. Harr, M.E., 1989, "Probabilistic estimates for multivariate analysis", *Appl. Math. Modelling*, Vol.13, 313-318.
  33. HEC-RAS, *River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, Version 2.0*, Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Davis, California, April 1997.
  34. IDOT, Division of Water Resources, "Boneyard Creek Strategic Planning Study for Flood Control, Champaign County, Illinois, "Report, Illinois Department of Transportation, Division of Water Resources, Springfield, IL, 1986.
  35. Johnson, P. A., (1992) "Reliability-Based Pier Scour Engineering." *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol.118, No.10, 1344-1358.
  36. Larry W. Mays, and Yeou-Koung Tung *Hydrosystems Engineering And Management*, McGraw-Hill Book Co., New York, N.Y. 1992.
  37. Li, S. T. and Hammond, J. L., (1975) "Generation of Pseudo-random Numbers with Specified Univariate Distributions and Covariance Matrix." *IEEE Transactions on Systems, Man. and Cybernetics*,



- 557-561, Sep.
38. Liu, P. L. and Der Kiureghian, A., (1986) "Multivariate Distribution Models with Prescribed Marginals and Covariances." *Probabilistic Engineering Mechanics*, Vol.1, No.2, 105-112.
  39. McKay, M.D., 1988, "Sensitivity and uncertainty analysis using a statistical sample of input values", *Uncertainty Analysis*, ed. by Ronen, Y., CRC Press, Inc., Boca Raton, FL, 145-186.
  40. Parrish, R. S., (1990) "Generating Random Deviates From Multivariate Pearson Distributions." *Computational Statistics & Data Analysis*, Vol.9, 283-296.
  41. Press, W. H., Flannery, B. P., Teukolsky S. A., and Vetterling, W. T., (1989) *Numerical Recipes*, Cambridge University Press, N. Y.
  42. Ronning, G., (1977) "A Simple Scheme for Generating Multivariate Gamma Distributions with Non-negative Covariance Matrix." *Technometrics*, Vol.19, No.2, 179-183.
  43. Tung, Y.K. and Mays, L.W., (1980) "Risk Analysis for Hydraulic Design," *J. of the Hydraul. Div., ASCE*, 106(HY5): 893-913.
  44. Ronen, Y. ed., 1988, *Uncertainty Analysis*, CRC Press, Inc., Boca Raton, FL.
  45. Rosenblueth, E., 1975, "Point estimates for probability moments", *Proceedings, Natl. Academy of Science*. 72(10), 3812-3814.
  46. Thoft-Christensen, P., and Baker, M. J., (1982) *Structural Reliability Theory And Its Applications*, Springer-Verlag.
  47. Thomas, W. A., and MacAnally, W. H., Jr., "User's Manual for The Generalized Computer Program System Open-Channel Flow And Sedimentation TABS-2", *Hydraulics Laboratory, Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, U.S.Army*.
  48. Yen, B.C. "Dimensionally Homogeneous Manning's Formula," *Journal of the Hydraulics Division, ASCE*, Vol. 118, No. 9, pp.

- 1326-1332, 1992, Closure: Vol. 119, No. 12, pp.; 1443-1445, 1993.
49. Yen, B.C., and Gonzalez, J.A. (1994) Determination of Boneyard Creek flow capacity by hydraulic performance graph, Res. Rept. No.219, Water Resources Center, Univ. of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, Illinois
50. Yen, B.C., and Gonzalez, J.A. (2000) Open-Channel Capacity Determination Using Hydraulic Performance Graph, Journal of Hydraulic Engineering, February 2000.
51. Yeh, B.C. and Tung, Y.K., (1993) "Uncertainty and sensitivity of a pit migration model," J. of Hydraulic Engr., ASCE, 119(2): 262-281.

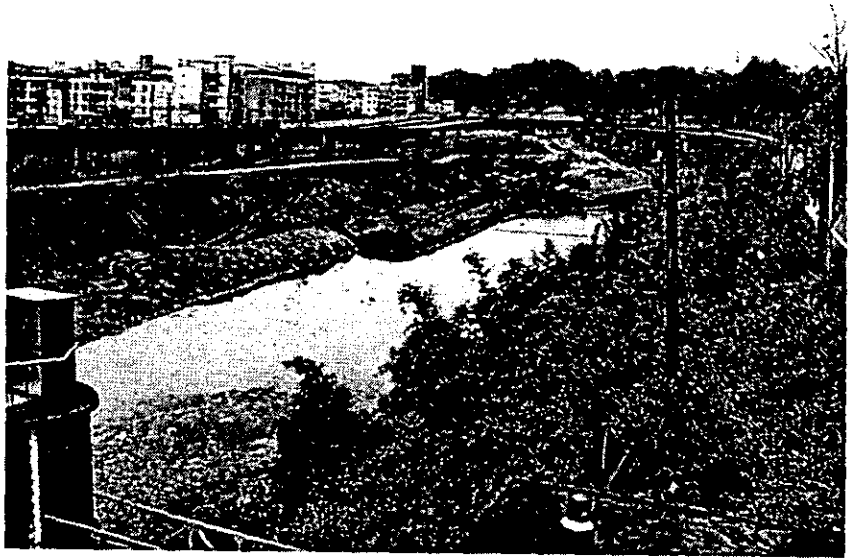
附錄 A 五堵水位站照片



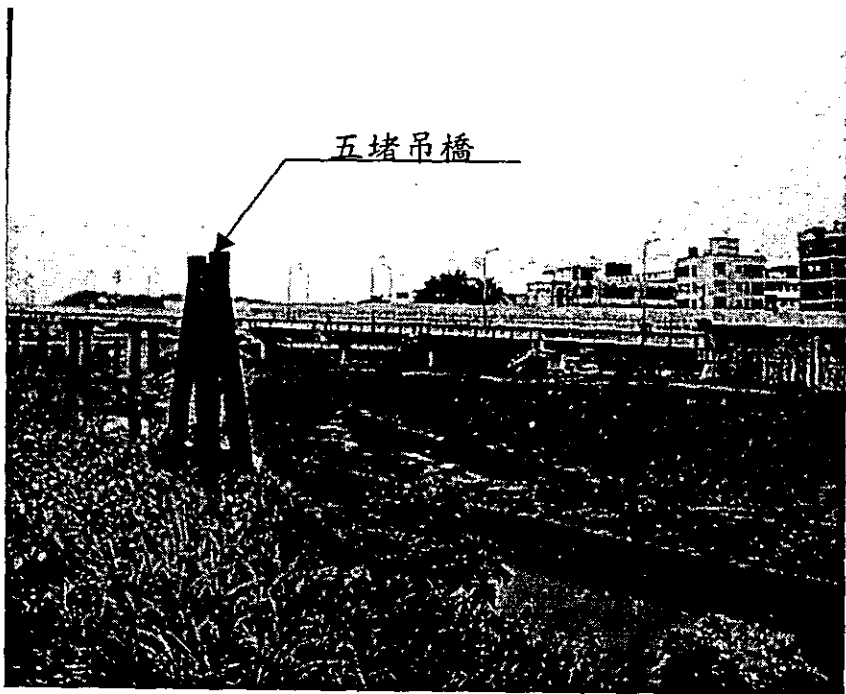
照片一 基隆河整治前五堵水位站情況



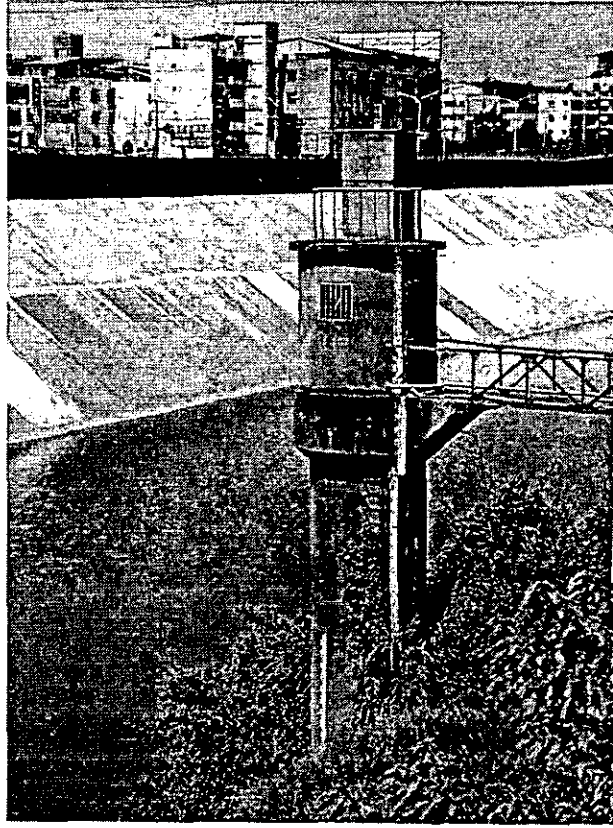
照片二 基隆河整治前五堵水位站附近景物實況



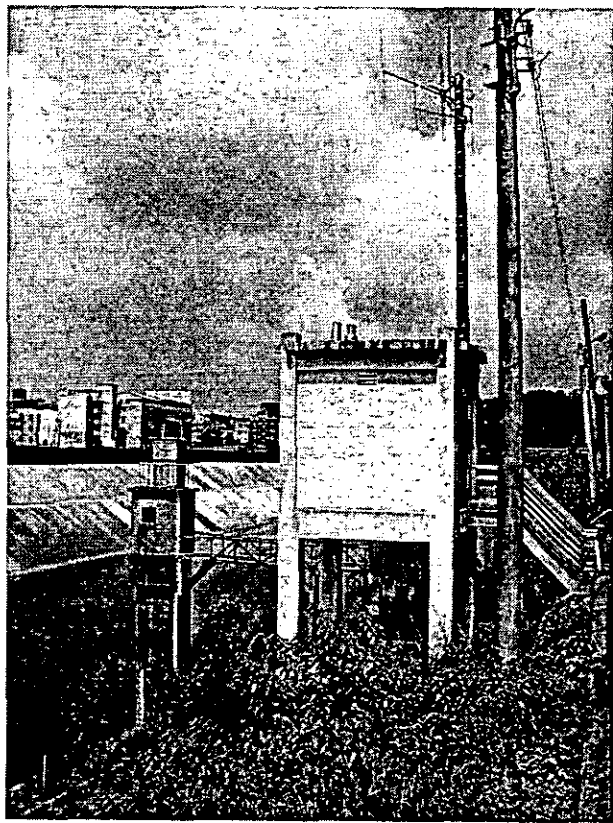
照片三 基隆河整治前五堵水文站上游河道實況



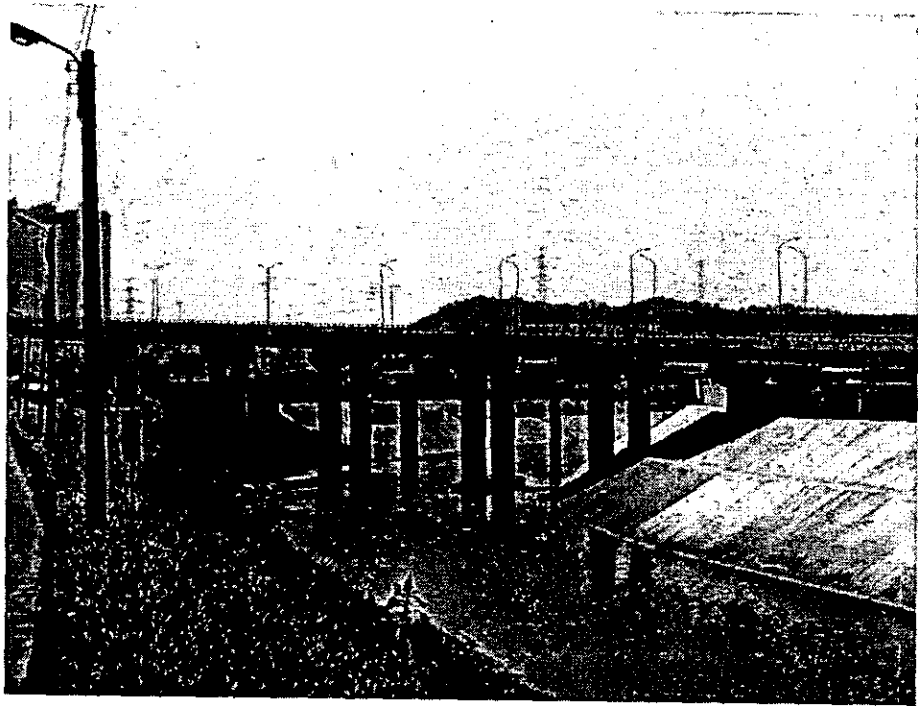
照片四 基隆河整治前五堵水文站下游河道實況



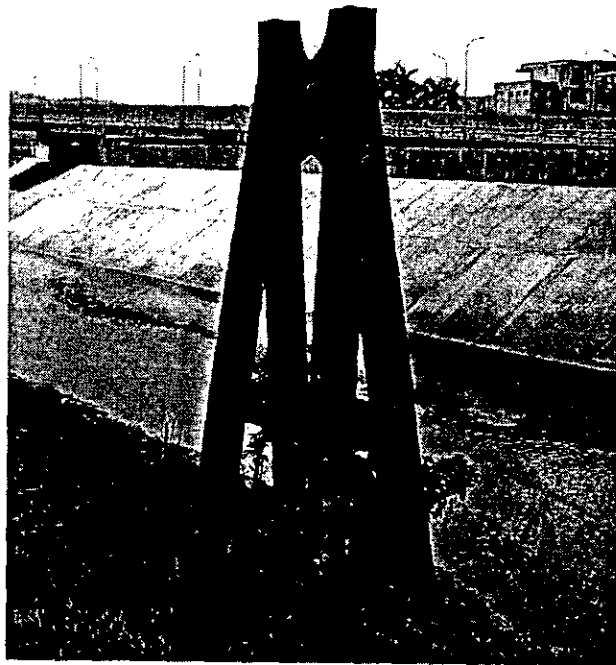
照片五 基隆河整治後五堵水位站情況



照片六 基隆河整治後五堵水位站附近景物實況



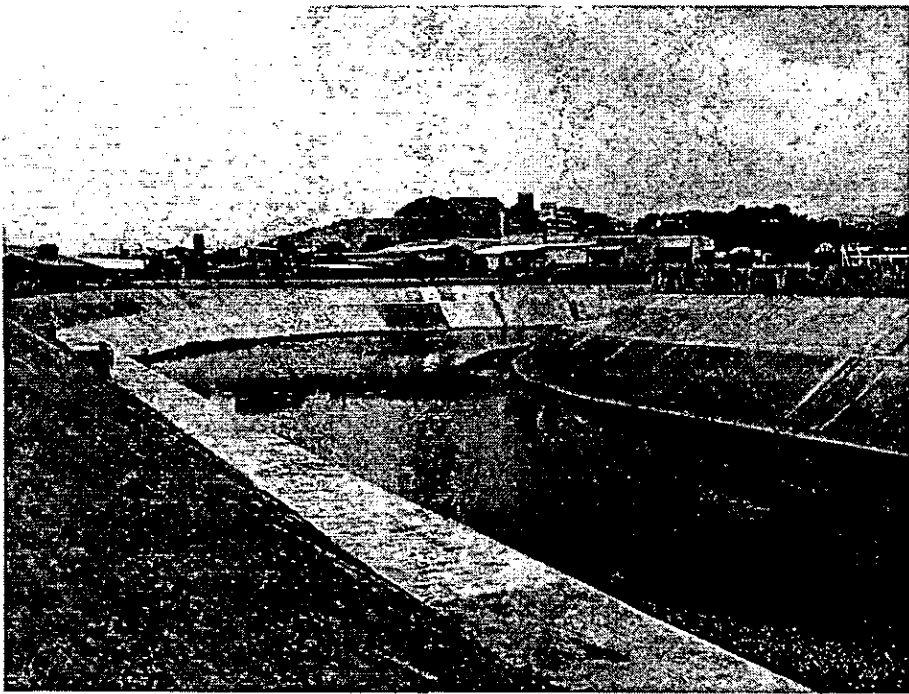
照片七 基隆河整治前五堵水文站上游河道實況



照片八 基隆河整治後五堵水文站下游五堵吊橋橋座



照片九 基隆河整治後五堵水文站下游橋樑



照片十 基隆河整治後五堵水文站下游河道實況

## 附錄 B 專家討論會記錄

時間：中華民國九十年八月二十九日（星期三）上午九點三十分

地點：國立交通大學電子資訊大樓五一室

主席：楊錦釧 教授

報告人：許盈松 研究助理教授

出席人員：（詳簽到簿）

計畫簡報：略

發言者	發言摘要
經濟部水利處 張炎銘課長	<ol style="list-style-type: none"><li>(1) 台灣水文觀測最困難的地方是流量的掌握，希望本計畫能夠對此有所助益。</li><li>(2) 因洪水發生時河川斷面會產生沖刷淤積的現象，甚至改道，所以流量觀測最難掌握的原因是斷面的變化。</li><li>(3) 水利處流量觀測除了每年三十次實測外，另有全程洪流量測驗。第一～第十河川局每年排一流量站實測全程洪流量，希望能掌握高水位、高流量資料。</li><li>(4) 高水位流量資料對防洪規劃非常重要，但受限於自然條件惡劣，且河川局人力不足，觀測極為困難。</li><li>(5) 目前水文流量觀測需要朝自動化的方向，否則資料的品質會越來越低。</li><li>(6) 水位流量率定曲線應用上最好不要外差，因為座標為 log 值，外差方向影響數值極大。</li></ol>



<p>經濟部水利處 第十河川局 林榮川先生</p>	<p>張副局長義敏提供之三點意見：  (1) 本計劃未來可否應用至感潮段的水位站。  (2) 目前基隆河正進行整站，河道斷面變化極大，本計畫率定曲線如何決定。  (3) 理論率定曲線是否比實測資料準確？  林榮川先生提供之意見：  (1) 因為人力的困難，觀察技術已在退步中。  (2) 洪水預報準確性已面臨率定曲線的精度問題。</p>
<p>經濟部水資源局 馬家驊先生</p>	<p>率定曲線建立後，建議能設計一個介面，使資料收集人員在得水位實測值時，可以快速取得該值所能展現之資訊以供決策參考。</p>
<p>交通大學土木系 葉克家教授</p>	<p>(1) 本理論水位流量率定曲線之實用性與高流量實測資料之取得有關連，建議於洪水期間與十河局之工程師密切配合，以獲得寶貴之洪峰流量資料。  (2) 本理論水位流量率定曲線較傳統流量延時曲線之優越處，建議加以說明，以利此一方法論之推廣。  (3) 洪水期間底床沖淤劇烈造成通水斷面之逐時改變，對洪水量之推估有甚大影響，建議對其改變量與推估洪水量間之敏感度作些分析。  (4) 本計劃完成後提出之技術規範應具有高度之實用價值，建議對有關之因子作周延之考量。</p>
<p>經濟部水資源局 黃慶光組長</p>	<p>(1) 水文觀測儀器之設置位於高流量時之影響以及橋樑束縮對率定曲線之影響可以再加以探討。  (2) 最大洪峰的量測是很困難的，但對於防洪安全是非常重要的。  (3) 洪水預警為防洪之主軸，而對於流量的推估可以略為高估以推高安全。  (4) 觀測技術需一點一點的克服，否則無法進步。</p>
<p>交通大學土木系 許盈松 研究助理教授</p>	<p>(1) 關於感潮河段必須要全潮量測的資料，以後可向第十河川局協助。  (2) 目前我們已有開發自動化之水深量測儀，與自製之流速儀，目前在進行測試中，希望能對流量觀測工作有所助益。</p>

交通大學土木系  
楊錦釗教授

- (1) 顏本琦教授所發展的 HPG 率定曲線為一使用在渠道的率定曲線，其斷面渠化且簡單，其實用價值需再進一步討論
- (2) 對於橋樑或斷面變化對率定曲線的影響可藉由理論的推導來獲得。
- (3) 對於流量觀測技術的規範因使用年代已久，可以從目前所掌握的技術並參考美國 USGS 等單位的方法從新加以規範，使未來的觀測人員有所依歸，並可提高量測的精度。
- (4) 感謝與會專家先進的慷慨指正。

## 附錄 C 期中審查意見處理情形

審查意見	處理情形
<p>經濟部水利處第十河川局 張副局長義敏</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 率定曲線的建立對十河局來講是十分重要的工作，可提供作為洪水預警的依據。</li> <li>2. 因為五堵水位站的河道剛整治過，所以用來驗證的資料必須考慮整治前後的差異。建議將整治前的資料列為參考；而整治後的資料須考慮象神及納莉颱風的颱洪流量。</li> <li>3. 理論與實測率定曲線何者為真值尚不可知，所以可參考其他模式的結果作為參考。</li> <li>4. 於高流量洪水時，感潮的影響應該很少，但也必須知道多大的洪流量時，感潮的影響才可忽略。</li> <li>5. 新店溪、大漢溪有很多整治過的河段可提供參考的資料。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝指正。</li> <li>2. 已遵照審查意見辦理，分別以八十八年及八十九年(初期治理計畫整治後)地形資料為依據分別推求探討。</li> <li>3. 目前並無可靠度較佳的其他模式的結果可供參考，未來會列入較理論的探討，包括各相關參數的不確定性分析探討。</li> <li>4. 有關感潮的影響擬列入未來持續探討的項目，包括此影響程度與流量的關係。</li> <li>5. 未來研究會列入後續比較探討對象。</li> </ol>
<p>台灣大學土木系 林國峰 教授</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 列期中報告的 3.1 式其中的 x、y 應為一般字型，而非下標。文章中水力履性曲線有 HPG 與 HPC 兩種表示，應統一使用一種說法。</li> <li>2. 率定曲線的驗證可能不能只拿水利處的資料來驗證，應找到其它的驗證方法。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 遵照審查意見修正，HPG 與 HPC 分別為水力履性圖及水力履性曲線，已在第二章(第 39 頁)加以說明。</li> <li>2. 未來研究會列入較理論的探討，包括各相關參數的不確定性分析探討。</li> </ol>

<p>台灣大學生工系 (原農工系) 許銘熙 教授</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 由期中報告中的圖 4-3 看來，五堵水位站的左岸其堤防只有約 17 公尺，而圖 4-7 的理論率定曲線的水位高卻高達 24 公尺。如此情形要交待一下，以免工程人員誤用。</li> <li>2. 由圖 4-7 看來做出的理論率定曲線是一對一的圖，但實際上的率定曲線並不是一對一的關係。</li> <li>3. 使用之理論率定曲線是否只受 manning n 值的影響。</li> <li>4. 除了使五堵水位站外，應再使用下游的江北橋水位站做為輔助站來校正結果。</li> <li>5. 期望報告中能再將理論說明的部分再加強，使能明確了解理論的發展。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 遵照審查意見加以補充說明。</li> <li>2. 理論率定曲線為理論推求之正常流率定曲線和一般實測呈迴線關係之率定曲線不同。</li> <li>3. 理論率定曲線非只受 manning n 值的影響，相關參數的影響未來會列入不確定性分析加以探討。</li> <li>4. 遵照審查意見辦理，另以下游有實測水位資料之實踐橋為研究河段上下游斷面繪製 HPG 推求流量以比較驗證成果。</li> <li>5. 遵照審查意見辦理。</li> </ol>
<p>經濟部水資源局 鍾科長朝恭</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建議以疏浚後的的資料來演算理論率定曲線，並考慮之後的暴雨與納莉颱風的流量。</li> <li>2. 報告中的理論部份太深，建議寫一個簡易的計算手冊，使未來的工作人員能容易操作與更新率定曲線。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 遵照審查意見辦理。</li> <li>2. 遵照審查意見辦理，擬列入下一期工作項目。</li> </ol>
<p>經濟部水資源局 林助理工程司杰熙</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 期中報告 4-3 頁中之水理計算能量坡降使用 0.0003，必須交待其數據之出處根據。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 遵照審查意見辦理 (第 16 頁)。</li> </ol>

經濟部水資源局

黃組長慶光

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1. 在報告中的各斷面是否其 manning n 值皆相同。                | 1. 各斷面的曼寧 n 值除參考前人研究成果外並經過檢定。 |
| 2. P23 雖然計畫中的理論基礎困難，但應用上的目標仍須交待清楚，使工作人員能容易了解。 | 2. 遵照審查意見修正。                  |
| 3. 理論率定曲線的限制條件要有明白界定與交待。                      | 3. 遵照辦理。                      |
| 4. 在期末報告中必須交待下一期後續需做的工作。                      | 4. 遵照辦理。                      |

## 附錄 D 期末審查意見處理情形

審查意見	處理情形
<p>經濟部水利處第十河川局 張副局長義敏</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 介壽橋位於瑞芳的上游，較無潮汐的影響，無法得知感潮對率定曲線的影響。</li> <li>2. 理論率定曲線的驗證十分重要，於下年度的計畫應再予以再強。</li> <li>3. 是否再考慮水庫放水時對率定曲線的影響。</li> <li>4. 理論率定曲線各個參數可以再詳細的敘述討論。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 本年度計畫工作尚未考量潮汐之影響，未來將酌予評估。</li> <li>2. 感謝指正。</li> <li>3. 下年度計畫中將先蒐集相關資料，再研擬評估內容。</li> <li>4. 影響率定曲線特性的參數，依影響來源可分類為邊界條件參數與起始條件參數。後者主要如降雨強度延時特性、流域特性、洪流漲水退水特性等；前者如下游水位變化（如感潮影響）、河渠斷面變化、水工構造物等。前列眾多變量參數，皆是本計畫下一年度中研討重點。</li> </ol>
<p>經濟部水利處 張課長震澤</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 台灣河川由於水文、地文特性影響，於洪水發生時，河川斷面因沖淤現象，致流量觀測常難掌握。因此建議對有關參數的不確定性能做周延之分析探討，使本報告完成後能具高度之實用價值。</li> <li>2. 本計畫係針對基隆河流域選定水文站作為應用對象。所採五堵站、介壽橋站等水位站為 86~89 年實測水位流量資料，建議納入 90 年疏浚完成之河道斷面資料及暴雨水位流量資料，再加檢核驗證並說明所推求理論率定曲線之修正。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 河川斷面沖淤之影響分析，將是本計畫下一年度之工作重點之一。</li> <li>2. 感謝指正。將納入下一年度工作內容。</li> </ol>

<p>經濟部水資源局 鍾科長朝恭</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.本案有值得繼續研究之必要，以推求更精準更具可靠度的水位流量率定曲線，俾作為防洪上實際之應用。</li> <li>2.五堵站與介壽橋站整治前與整治後之理論率定曲線與實測值比較，兩者結果不同，請加以說明。</li> <li>3.本研究是否適用於暴雨或颱風(如納莉)時的水位與流量之推估，請簡略說明，並建議於下年度針對前述狀況作更詳細的分析與評估。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.感謝指正與支持。</li> <li>2.依疏浚前後五堵站與介壽橋處斷面變化比較評估，發現可能因民國89年疏浚工作完成後(上半年)，因於該年10月發生象神颱風等較大洪水事件，以致於該年底進行之斷面量測結果較民國87年量測結果有不一致現象。如五堵站斷面比較顯示89年量測結果有部分淤積現象，而上游介壽橋站則有沖刷現象。此部分課題與詳因，本研究擬留待下年度工作中繼續詳加研討。</li> <li>3.本研究目前探討課題重點，主要聚焦於洪水過程中最大洪峰流量之率定曲線，故目前僅以定量流模式進行評估。一般就台灣河川集水區與河道尺度規模評估，主要河道洪水波傳遞時間皆在數小時內。若降雨強度變化不致過大，目前以定量流方式之考量應是夠足夠的。惟未來亦將此項課題進行更詳細評估。</li> </ol>
<p>經濟部水資源局 張科長廣智</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.報告中1-3頁倒數第二行中，「並以高屏溪里嶺大橋水文站之應用為例」，一文應予修正。</li> <li>2.本局目前有一水工模型試驗成果可提供作為理論率定曲線之驗證試驗。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.感謝指正，將予訂正。</li> <li>2.將列為下年度評估內容。</li> </ol>

<p>台灣大學農工系 許銘熙 教授 (書面意見)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.表 2-2 (第 2-7 頁) 所列基隆河流域主要雨量站之頻率分析,其所採用之雨量記錄年限請標明。不知是否有更新至最新之資料。</li> <li>2.本文採用之瑞伯、象神等颱風做為理論方法之驗證。當時颱風都造成基隆河五堵、汐止淹水情況。由率定曲線推估之流量是否包括溢岸之流量,請予說明。</li> <li>3.圖 4-3 五堵站之高程左岸僅 17 公尺,右岸也僅 19 公尺。象神風颶為例,水位達 18 公尺,圖 4-9 之率定曲線最高達 22 公尺,實已超過河川斷面之容量,其處理方式應詳加說明。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.感謝指正。將予修訂補充。</li> <li>2.感謝指正。期末成果中已將相關圖表標示堤線高程,以示其適用範圍。</li> <li>3.處理情形同前。</li> </ol>
<p>交通大學土木系 葉克家 教授 (書面意見)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.報告中之圖表如有摘自其他文獻者,請標示其出處。</li> <li>2.建請增列目前國內非傳統方法量測流量之相關文獻回顧。</li> <li>3.4-5 頁 10~11 行之敘述請再加修飾以求明確。</li> <li>4.流量站之理論率定曲線僅為水力履性圖之一特例,故日後在實際應用上,建議應對水力履性圖中之曲線族與相關因子間之關係加以探討。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.感謝指正。將予補充。</li> <li>2.將予補充。</li> <li>3.將予以修正。</li> <li>4.感謝指正。</li> </ol>
<p>經濟部水資源局 林助理工程司杰熙</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.建議將水力履性圖之使用步驟列於附錄中。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.使用水力履性圖的方法已大致列於文中,而相關操作手冊將於下一年度中配合教育訓練工作完成。</li> </ol>



經濟部水資源局

黃組長慶光

1. 希望能對理論率定曲線與實測率定曲線之間的區別有更明確的判定。
2. 感潮的影響對率定曲線而是十分重要；水位站若受感潮的影響則其率定曲線必須再以探討，且水位站的位置也必重新評估。此項工作必須列入第二年計畫中研究。
3. 是否可以考慮上游水庫放不同水量的水，則有不同的率定曲線相對應。

1. 感謝指正。未來將蒐集現行實測率定曲線作說明補充與比較工作。

2. 遵照辦理。

3. 本項課題將列入下一年度之評估內容。

## 附錄 E HEC-RAS 2.2 模式簡介

HEC-RAS 為美國工兵團所發展之一維水理模式進行計算，HEC-RAS 設計為多工環境下交談式使用之一維河流模擬系統，在 MS-WINDOWS 作業環境電腦上作具亞臨界流、超臨界流或混合流之河流網路的穩態流水剖面計算，亦可模擬橋樑、涵洞及攔河堰等水工構造物對水流之影響。

### B.1 基本方程式

模式之模擬演算係利用水流能量方程式以標準步推法(standard step method) 推求各斷面之水位、流速等水理狀況。能量方程式表示為：

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (\text{E-1})$$

其中，

$Y_1, Y_2$  : 斷面水深；

$Z_1, Z_2$  : 主河道轉化高程；

$g$  : 重力加速度；

$V_1, V_2$  : 平均速度 (總流量/總通水面積)；

$\alpha_1, \alpha_2$  : 能量係數；

$h_e$  : 上游斷面2 與下游斷面1間之總能量損失水頭。

$$h_e = L\bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (\text{E-2})$$

其中，

- $L$  : 流量權重之河段長度；  
 $\bar{S}_f$  : 上下游斷面間代表之摩擦坡降；及  
 $C$  : 突擴或突縮能量損失係數。

流量權重之河段長度 $L$ 可以下式表之

$$L = \frac{L_{lob}\bar{Q}_{lob} + L_{ch}\bar{Q}_{ch} + L_{rob}\bar{Q}_{rob}}{\bar{Q}_{lob} + \bar{Q}_{ch} + \bar{Q}_{rob}} \quad (\text{E-3})$$

其中，

$L_{lob}, L_{ch}, L_{rob}$  : 分別為左溢岸、深槽及右溢岸斷面河段長度；及

$Q_{lob}, Q_{ch}, Q_{rob}$  : 分別為左溢岸、深槽及右溢岸斷面間流量算術平均值。

斷面摩擦坡降由曼寧公式計算而得，一般河川的曼寧 $n$ 值推估如表4.1所

示：

$$S_f = \left( \frac{Q}{k} \right)^2 \quad (\text{E-4})$$

在HEC-RAS模式中代表摩擦坡降的可供選擇的表示式為：

平均通水公式（模式預設）

$$\bar{S}_f = \left( \frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2$$

平均摩擦坡降公式

$$\bar{S}_f = \frac{S_{f_1} + S_{f_2}}{2}$$

幾何平均坡降公式

$$\bar{S}_f = \sqrt{S_{f_1} \cdot S_{f_2}}$$

調合平均坡降公式

$$\bar{S}_f = \frac{2S_{f_1} \cdot S_{f_2}}{S_{f_1} + S_{f_2}}$$

## B.2 水流經橋樑之水理型態

河川常有跨河構造物存在如橋樑、攔河堰等，因橫阻水流，往往會抬昇河川水位，因此，演算時須考慮水位壅高效應以符合實際流況。

HEC-RAS模式對水流經橋樑之水理解析依其型態可分為三類：

（一）低水流況（Low flow）：當水面低於橋樑樑底高程時，依其流況可採用動量平衡公式或Yarnell公式，即

動量平衡公式（標準步推法），首先：

$$A_{BD} \bar{Y}_{BD} + \frac{\beta_{BD} Q_{BD}^2}{g A_{BD}} = A_2 \bar{Y}_2 - A_{P_{BD}} \bar{Y}_{P_{BD}} + \frac{\beta_2 Q_2^2}{g A_2} + F_f - W_x \quad (E-5)$$

其中，

$A_2, A_{BD}$  : 分別代表橋樑下游及其下游面斷面通水面積；

- $A_{P_{BD}}$  : 代表下游面橋墩面積；  
 $\bar{Y}_2, \bar{Y}_{BD}$  : 分別代表  $A_2, A_{BD}$  水流面積重心至水面之垂距；  
 $\bar{Y}_{P_{BD}}$  : 下游面橋墩浸水面積重心至水面之垂距；  
 $\beta_2, \beta_{BD}$  : 動量方程式之流速權重係數；  
 $Q_2, Q_{BD}$  : 流量；  
 $g$  : 重力加速度；  
 $F_f$  : 每單位水重之摩擦所生外力；及  
 $W_x$  : 每單位水重在水流方向因水重量所生之力。

其次，

$$A_{BU} \bar{Y}_{BU} + \frac{\beta_{BU} Q_{BU}^2}{g A_{BU}} = A_{BD} \bar{Y}_{BD} + \frac{\beta_{BD} Q_{BD}^2}{g A_{BD}} + F_f - W_x \quad (E-6)$$

最後，

$$A_3 \bar{Y}_3 + \frac{\beta_3 Q_3^2}{g A_3} = A_{BU} \bar{Y}_{BU} + \frac{\beta_{BU} Q_{BU}^2}{g A_{BU}} + A_{P_{BU}} \bar{Y}_{P_{BU}} + \frac{1}{2} C_D \frac{A_{P_{BU}} Q_3^2}{g A_3^2} + F_f - W_x \quad (E-7)$$

其中，

- $C_D$  : 水流流經橋墩的拖曳力係數；  
 $A_3, A_{BU}$  : 分別代表橋樑上游及其上游面斷面通水面積；  
 $A_{P_{BU}}$  : 代表上游面橋墩面積；

$\bar{Y}_3, \bar{Y}_{BU}$  : 分別代表  $A_3, A_{BU}$  水流面積重心至水面之垂距；

$\bar{Y}_{p_{BU}}$  : 上游面橋墩浸水面積重心至水面之垂距；

$\beta_3, \beta_{BU}$  : 動量方程式之流速權重係數；及

$Q_3, Q_{BU}$  : 流量。

Yarnell公式：

$$H_{3-2} = 2K(K + 10\omega - 0.6)(\alpha + 15\alpha^4) \frac{V_2^2}{2g} \quad (\text{E-8})$$

其中，

$H_{2-3}$  : 橋樑上下游斷面的跌水高；

$K$  : Yarnell 橋墩形狀係數；

$\omega$  : 下游斷面流速水頭與水深比；

$\alpha$  : 橋墩總面積除以未佈置橋墩總面積之數；及

$V_2$  : 下游斷面流速。

## (二) 壓力流 (高流量)

當橋樑上游水位高於樑底高程時，即發生孔口壓力流，其公式為：

$$Q = C_d A_{BU} \left[ 2g \left( Y_3 - \frac{Z}{2} + \frac{\alpha_3 V_3^2}{2g} \right) \right]^{1/2} \quad (\text{E-9})$$

其中，

$Q$  : 經過橋墩開孔的總流量；

$C_d$  : 壓力流流量係數；

$A_{BU}$  : 上游面橋墩開孔淨面積；

$Y_3$  : 上游斷面水力深度；及

$Z$  : 橋樑底部最大值至上游面斷面平均高程之垂距。

(三) 堰流 (weir flow): 當橋樑上游水位高於橋面高程時，部分水流以壓力流之型態流經橋底，而部分水流則以堰頂溢流型態流過橋面，其公式為：

$$Q = CLH^{3/2} \quad (E-10)$$

其中，

$Q$  : 溢流過堰之總流量；

$C$  : 堰流流量係數；

$L$  : 堰之有效長度；及

$H$  : 能量水頭與橋面頂高程差。

## 附錄 F TABS-2 模式簡介

TABS-2 為美國陸軍工程水道試驗站 (Department of the Army, Waterways Experiment Station, Corps of Engineers) 所發展出來之二維變量流動床數值模式 (Open-Channel Flow and Sedimentation, 簡稱 TABS-2)。

### C.1 基本方程式

以有限元素法求解根據水深平均理論而得之水深平均二維水流連續及動量方程式如下：

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}\right) + u\frac{\partial h}{\partial x} + v\frac{\partial h}{\partial y} = 0 \quad (\text{F-1})$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{1}{\rho}\left(\varepsilon_{xx}\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \varepsilon_{yy}\frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) + g\left(\frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x}\right) + \frac{\tau_x}{\rho h} = 0 \quad (\text{F-2})$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u\frac{\partial v}{\partial x} + v\frac{\partial v}{\partial y} - \frac{1}{\rho}\left(\varepsilon_{xx}\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \varepsilon_{yy}\frac{\partial^2 v}{\partial y^2}\right) + g\left(\frac{\partial z}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y}\right) + \frac{\tau_y}{\rho h} = 0 \quad (\text{F-3})$$

式中,

$u, v$ : 為流速之  $x, y$  分量;

$x, y$ : 水平方向笛卡爾座標;

$t$ : 時間;

$\rho$ : 水密度;

$g$ : 重力加速度;



$z$  : 底床高程 ;

$h$  : 水深 ;

$\epsilon_{xx}$ 、 $\epsilon_{xy}$ 、 $\epsilon_{yx}$ 、 $\epsilon_{yy}$  : 渦度黏滯性係數(亂流交換) ;

$\tau_x$ 、 $\tau_y$  : 外在曳引力, 如底床摩擦, 風, 克利茲

(Coriolis)作用力等 ;

若底床剪應力以曼寧公式表示, 則可寫成 :

$$\tau_x = \frac{\rho g u}{\left(\frac{1.486 h^{1/6}}{n}\right)^2} (u^2 + v^2)^{1/2} - \xi v_a^2 \cos \psi - 2 \rho h \omega v \sin \phi \quad (\text{F-4})$$

$$\tau_y = \frac{\rho g v}{\left(\frac{1.486 h^{1/6}}{n}\right)^2} (u^2 + v^2)^{1/2} - \xi v_a^2 \cos \psi + 2 \rho h \omega u \sin \phi \quad (\text{F-5})$$

其中,

$n$  : 曼寧  $n$  值 ;

$\xi$  : 經驗風剪力係數 ;

$v_a$  : 風速和方向( $\psi$ ) ;

$\omega$  : 地球之角轉動速率 ;

$\phi$  : 當地緯度 ; 及

1.486 : 公制到英制單位轉換。

## C.2 數值方法

如將(F-2)和(F-3)式乘以  $h$ ，可得基本動量方程式，其和(F-1)連續方程式為本模式基本控制方程式：

$$h \frac{\partial u}{\partial t} + hu \frac{\partial u}{\partial x} + hv \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{h}{\rho} (\varepsilon_{xx} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \varepsilon_{xy} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}) + gh \left( \frac{\partial z}{\partial x} + \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{gu}{\left( \frac{1.486h^{1/6}}{n} \right)^2} (u^2 + v^2)^{1/2} - \frac{\xi}{\rho} v_a^2 \cos \psi - 2h\omega v \sin \phi = 0 \quad (F-6)$$

$$h \frac{\partial v}{\partial t} + hv \frac{\partial v}{\partial x} + hu \frac{\partial v}{\partial y} - \frac{h}{\rho} (\varepsilon_{yx} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \varepsilon_{yy} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2}) + gh \left( \frac{\partial z}{\partial y} + \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{gv}{\left( \frac{1.486h^{1/6}}{n} \right)^2} (u^2 + v^2)^{1/2} - \frac{\xi}{\rho} v_a^2 \sin \psi + 2h\omega u \sin \phi = 0 \quad (F-7)$$

方程式(F-1)、(F-6)、(F-7) 分別代表河川中水深平均之連續方程式、 $x$  方向及  $y$  方向的動量方程式。經過上述假設與估計適當之參數值，控制方程式中之未知數為  $h$ 、 $u$ 、 $v$  三者，理論上應可由 (F-1)，(F-6)，(F-7) 式求解，但在實際應用上，因邊界幾何形狀往往甚為複雜，通常，上述偏微分方程組並無法求得其解析解，因此必須藉由數值方法求解，模式中所採用的為葛樂金(Galerkin)有限元素法。

亂流損失之渦度黏滯性係數即在方程式(F-2) 及(F-3) 式中  $\varepsilon_{xx}$ 、 $\varepsilon_{xy}$ 、 $\varepsilon_{yx}$ 、 $\varepsilon_{yy}$  等參數，表示亂流之交換率，其大小與亂流強度有關。亂流損失為導因於在空間裡加速和減速變化所產生之動量損失。在控制方程式裡，藉以一亂流交換係數加以處理（如方程式裡所示的  $\varepsilon_{xy}$ ），即  $x$

和  $y$  方向流速的二次導數。  $\epsilon$  的單位為  $lb\text{-sec}/ft^2$ ，對各種渠道情況所採用之亂流交換係數。程式允許交換係數規定在每一元素的局部座標系統裡，此允許輸入方向平行和垂直在格網裡每一元素處之水流方向的交換係數。雖然難以建立  $\epsilon$  值，但類似物理條件，建議可依流體動量和動量涵蓋距離而定，則亂流損失由流體速度及元素表面積分配。由於亂流損失易於反應流速向量方向的改變，在疊代解中，微小亂流交換係數的改變常導致數值之不穩定。控制方程式以其完整形式能解動態問題，但在有限元素法處理時變項時，可藉由簡化地時變輸入資料，可解非穩態問題，不僅可用於自然界迴水問題，而且也可用於進行非穩態之計算。