



烏溪烏嘴潭人工湖可行性規劃(3)
烏嘴潭堰下游至烏溪橋段河道穩定之探討

期末報告

(初稿)



主辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所
中華民國 100 年 10 月

烏溪烏嘴潭人工湖可行性規劃(3)
烏嘴潭堰下游至烏溪橋段河道穩定之探討

期末報告

(初稿)

主辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所

執行單位：黎明工程顧問股份有限公司

中華民國 100 年 10 月

目錄

目錄.....	I
表目錄.....	III
圖目錄.....	V
摘要.....	摘-1
結論與建議.....	結-1
第壹章 前言.....	1-1
一、計畫緣起.....	1-1
二、計畫範圍及目的.....	1-1
三、工作項目及內容.....	1-3
第貳章 計畫區之背景.....	2-1
一、烏河流域概況.....	2-1
二、烏嘴潭人工湖規劃成果概要.....	2-8
三、烏溪治理規劃概要.....	2-11
四、計畫河段治理沿革與現況.....	2-13
第參章 計畫河段現況分析與評估.....	3-1
一、河道測量與河床質調查.....	3-1
二、現有防洪及跨河構造物.....	3-10
三、歷年流路變遷及沖淤評估.....	3-13
四、計畫河段可能災害潛勢評估.....	3-18
第肆章 水文分析及輸砂量評估.....	4-1
一、水文分析.....	4-1
二、河道水理分析.....	4-28

三、河道輸砂量評估	4-34
第五章 河道沖淤預測	5-1
一、沖淤模擬數值模式研選	5-1
二、模式率定與驗證	5-11
三、計畫河段之沖淤情境模擬	5-24
第六章 下游河道穩定工法之研究	6-1
一、計畫河段穩定工法探討	6-1
二、穩定方案研擬	6-3
三、工程規劃布置	6-5
四、實施計畫與維護管理	6-15
附錄一 歷次審查意見處理情形	
附錄二 河床質粒徑分析成果	
附錄三 烏嘴潭攔河堰平面佈置及縱斷面配置圖	

表目錄

表 2-1-1 水利署草屯(4)雨量站資料統計表.....	2-3
表 2-1-2 烏溪乾峰橋、柑子林水文站歷年流量統計	2-6
表 2-1-3 烏溪橋水文站歷年流量統計.....	2-6
表 2-2-1 人工湖區高程及開挖諸元表.....	2-10
表 2-3-1 本計畫烏溪河段 92 年規劃治理工程表	2-12
表 2-4-1 九二一地震於本計畫河段造成災害一覽表	2-18
表 3-1-1 烏溪斷面樁資料成果表(TWD97)	3-2
表 3-1-2 測量控制點資料表	3-4
表 3-1-3 河床質採樣粒徑成果表.....	3-8
表 3-1-4 河道曼寧粗糙係數計算表	3-9
表 3-2-1 計畫河段防洪及水工構造物調查表.....	3-11
表 3-2-2 計畫河段跨河構造物資料表.....	3-11
表 3-3-1 歷年河道大斷面施測計畫表.....	3-17
表 3-3-2 計畫段河道大斷面沖淤差異成果	3-17
表 3-4-1 阿罩霧圳渠首工下游河段年下刷速率	3-19
表 4-1-1 雨量站資料表	4-2
表 4-1-2 最大一日暴雨成果表(徐昇氏法).....	4-3
表 4-1-3 最大二日暴雨成果表(徐昇氏法).....	4-4
表 4-1-4 最大一日暴雨成果表(等雨量線法).....	4-6
表 4-1-5 最大二日暴雨成果表(等雨量線法).....	4-7
表 4-1-6 平均雨量成果比較表(最大一日).....	4-9
表 4-1-7 平均雨量成果比較表(最大二日).....	4-10
表 4-1-8 卡方分布表.....	4-12
表 4-1-9 一日最大暴雨卡方檢定成果表	4-13
表 4-1-10 二日最大暴雨卡方檢定成果表	4-14
表 4-1-11 K-S 檢定表	4-15
表 4-1-12 一日最大暴雨 K-S 檢定成果表	4-16
表 4-1-13 二日最大暴雨 K-S 檢定成果表	4-16
表 4-1-14 烏溪橋一日暴雨頻率分析表.....	4-17
表 4-1-15 烏溪橋二日暴雨頻率分析表.....	4-17

表 4-1-16	清流(1)站 12 場暴雨之 48 小時暴雨統計表(1/2)	4-18
表 4-1-16	清流(1)站 12 場暴雨之 48 小時暴雨統計表(2/2)	4-19
表 4-1-17	清流(1)站二日暴雨雨量型態計算成果表	4-20
表 4-1-18	本計畫無因次單位歷線相關資料表	4-23
表 4-1-19	各重現期距洪峰流量成果表	4-26
表 4-1-20	歷年計畫流量估算成果比較表	4-26
表 4-1-21	各雨量紀錄年限頻率分析成果比較表	4-27
表 4-1-22	各雨量紀錄年限頻率分析成果比較表	4-27
表 4-2-1	烏溪斷面 54 各重現期距計畫水位表	4-28
表 4-2-2	計畫河段一維水理成果表(建堰前)	4-30
表 4-2-3	計畫河段既有堤防護岸檢討成果表	4-31
表 4-2-4	計畫河段一維水理成果表(建堰後)	4-32
表 4-2-5	計畫河段建堰前後水位比較表	4-33
表 4-2-6	人工湖北側堤防加高加固水理檢討表	4-34
表 4-3-1	計畫河段建堰前各斷面輸砂能力	4-35
表 4-3-2	計畫河段建堰後各斷面輸砂能力	4-36
表 5-1-1	CCHE-2D 模式功能與限制	5-6
表 5-1-2	本計畫輸砂模式比較表	5-7
表 5-2-1	建槽流量估算成果表	5-14
表 5-2-2	烏溪斷面 54 之水位-流量表	5-16
表 5-2-3	粒徑區間設定	5-18
表 5-2-4	水理相關參數設定	5-19
表 5-2-5	泥砂相關參數設定值	5-19
表 5-2-6	沖淤模擬檢定項目	5-20
表 6-1-1	計畫河段整體穩定評估	6-2
表 6-3-1	建槽流量淘刷深度計算成果表	6-5
表 6-3-2	建槽流量保護工長度計算成果表	6-6
表 6-3-3	總工程費估算表	6-15
表 6-4-1	降雨日數及可施工日數統計	6-16

圖目錄

圖 1-2-1 烏溪烏嘴潭攔河堰至烏溪橋計畫河段位置圖.....	1-2
圖 2-1-1 計畫河段位置圖	2-1
圖 2-1-2 計畫河段地質分布圖	2-2
圖 2-1-3 烏溪流域水系圖	2-5
圖 2-1-4 大度橋之流量、懸移質輸砂量關係圖	2-7
圖 2-1-5 乾峰橋之流量、懸移質輸砂量關係圖	2-8
圖 2-2-1 烏嘴潭人工湖及攔河堰位置圖	2-9
圖 2-4-1 台 3 線烏溪橋 97 年辛樂克颱風後改善示意圖	2-14
圖 2-4-2 台 3 線烏溪橋 97 年辛樂克颱風後改建情形.....	2-15
圖 2-4-3 茄荖媽助圳下游現況	2-16
圖 2-4-4 阿罩霧圳渠首工附近河道之現況	2-17
圖 2-4-5 大崛坑堤防流路變化	2-19
圖 2-4-6 北勢浦堤防及其右岸現況	2-19
圖 2-4-7 大崛坑堤防現況	2-20
圖 2-4-8 土城堤防現況	2-20
圖 3-1-1 計畫河段斷面測量位置圖	3-1
圖 3-1-2 計畫河段地形測量範圍圖	3-3
圖 3-1-3 計畫河段測量控制點位置圖.....	3-4
圖 3-1-4 地形測量成果圖	3-5
圖 3-1-5 河床質採樣位置圖	3-7
圖 3-1-6 河床質粒徑調查示意圖.....	3-8
圖 3-1-7 烏溪歷年河床平均粒徑比較圖	3-9
圖 3-2-1 防洪構造物位置示意圖.....	3-12
圖 3-2-2 跨河構造物位置示意圖.....	3-12
圖 3-3-1 流路變遷衛星影像比對示意圖	3-13
圖 3-3-2 斷面 64 流心轉向示意圖.....	3-14
圖 3-3-3 計畫河段歷年縱坡變化比較圖	3-15
圖 3-3-4 烏溪主流各河段輸砂能力縱斷面變化圖.....	3-16
圖 3-3-5 烏溪橋上游至炎峰橋下游間河道沖淤變化	3-17

圖 4-1-1 計畫區雨量站位置圖	4-1
圖 4-1-2 計畫區雨量站徐昇氏網圖	4-2
圖 4-1-3 計畫區一日等雨量線圖(民國 99 年).....	4-8
圖 4-1-4 計畫區二日等雨量線圖(民國 99 年).....	4-8
圖 4-1-5 清流(1)站 12 場暴雨 48 小時降雨累積曲線.....	4-21
圖 4-1-6 清流(1)站 5 場暴雨 48 小時降雨累積曲線.....	4-21
圖 4-1-7 計畫河段二日暴雨時間雨量分配型態圖.....	4-22
圖 4-1-8 烏溪無因次單位歷線圖.....	4-24
圖 4-1-9 烏溪橋單位歷線圖.....	4-25
圖 5-1-1 CCHE2D 模擬河道設置結構物後沖淤分析圖	5-10
圖 5-2-1 計畫河段沖淤模擬範圍圖	5-11
圖 5-2-2 計畫河段模擬範圍高程分布圖	5-12
圖 5-2-3 河道模型 3D 示意圖	5-13
圖 5-2-4 模式率定之流量歷線	5-15
圖 5-2-5 模式驗證之流量歷線	5-15
圖 5-2-6 烏溪斷面 54 之水位-流量率定曲線圖	5-16
圖 5-2-7 烏溪橋之流量-輸砂量關係曲線圖	5-17
圖 5-2-8 輸砂調適長度參數 L_b 率定成果比較圖	5-21
圖 5-2-9 計畫河段率定成果斷面比較圖	5-22
圖 5-2-10 計畫河段模式率定成果流速流向分布圖.....	5-22
圖 5-2-11 計畫河段驗證成果斷面比較圖	5-23
圖 5-2-12 計畫河段模式驗證成果流速流向分布圖.....	5-23
圖 5-2-13 模式初始地形(興建前).....	5-24
圖 5-2-14 烏溪河道沖淤流量圖	5-25
圖 5-2-15 計畫河道底床變動模擬成果圖(興建前).....	5-25
圖 5-2-16 計畫河道模擬流向流速圖(興建前).....	5-26
圖 5-2-17 模式初始地形(興建中).....	5-27
圖 5-2-18 計畫河道底床變動模擬成果圖(興建中).....	5-27
圖 5-2-19 計畫河道模擬流向流速圖(興建中).....	5-28
圖 5-2-20 模式初始地形(興建後).....	5-29
圖 5-2-21 計畫河道底床變動模擬成果圖(興建後).....	5-29

圖 5-2-22 計畫河道模擬流向流速圖(興建後).....	5-30
圖 6-2-1 護岸工布設示意圖.....	6-4
圖 6-3-2 河道中上游穩定工法佈置圖.....	6-8
圖 6-3-3 河道穩定工程平面配置圖.....	6-9
圖 6-3-4 河道穩定工程縱斷面圖.....	6-10
圖 6-3-5 河道穩定工程橫斷面圖.....	6-11
圖 6-3-6 多階段跌降式混凝土塊配置圖.....	6-12

摘要

「烏溪烏嘴潭人工湖可行性規劃(3)-烏嘴潭堰下游至烏溪橋段河道穩定之探討」(以下稱本計畫)係延續 98、99 年烏嘴潭人工湖可行性規劃成果，針對阿罩霧圳渠首工至烏溪橋河段河道下刷日趨嚴重之問題，研析烏嘴潭堰設置對於下游河道之影響，並研擬河道穩定之工法。烏嘴潭攔河堰規劃堰址位於烏溪中游河谷炎峰橋下游 600 公尺處，如圖 1 所示。



圖 1 烏嘴潭人工湖及攔河堰位置圖

本計畫已完成斷面 54~70 之河道大斷面測量計 21 處、阿罩霧圳渠首工及茄荖媽助圳渠首工 1/1,000 地形測量計約 50 公頃及河床質採樣分析 18 處，河床質平均粒徑約 97~112 毫米。

本計畫採鄰近計畫區之雨量站共計 10 站，以等雨量線法計算平均雨量，據以估算各重現期距之二日降雨量，另以計畫區內清流(4)雨量站採同位序法計算計畫區之雨型，配合計畫區之無因次單位歷線估算各重現期距之洪峰流量，本計畫區 100 年重現期距洪峰流量約 12,700 秒立方公尺，較原公告值多約 2,900 秒立方公尺，研判係近年(90~99 年)豪大雨較多所致。

以本計畫實測斷面進行一維水理檢討，除少數河段無法通過 100 年重現期距之洪峰流量外，其餘皆可通過 100 年重現期距洪峰流量，分析其原因，研判應為本計畫 100 年重現期距洪峰流量較原公告值為大，已超出烏溪該區段原先堤防護岸之保護標準。

依「烏嘴潭人工湖可行性規劃-工程可行性規劃(總報告)(99.12)」相關工程佈置進行一維水理演算以檢討攔河堰興建對計畫河段之影響，其演算成果顯示烏嘴潭攔河堰之興建對計畫河道幾無影響，影響範圍僅於斷面 66~67 之間。

本計畫評估常用之河道沖淤數值模，研選可進行二維計算及模擬結構物之 CCHE2D 為本計畫沖淤模擬之模式，經相關參數率定及驗證後，其模擬成效良好並可確實反映河道沖淤之趨勢。以 100 年重現期距洪水量檢討烏嘴潭攔河堰興建前中後不同時期之河道沖淤變化，證實烏嘴潭堰對計畫河段之沖淤變化影響不顯著，此結果與一維水理檢討成果相符；又烏嘴潭攔河堰興建與否，阿罩霧固床工至烏溪橋間皆呈現沖刷之趨勢，經現場勘查及比對歷年河道資料研判阿罩霧渠首工修復後形成一控制斷面，造成其下游沖刷、上游淤積之現象。

計畫河段依上述水理及沖淤分析結果之差異，以阿罩霧渠首工及國 6 五號橋將計畫河段分為三段，研擬各河段穩定方案說明如表 1，相關工程布置如圖 2~3。

依據工程會編印之「公共建設工程經費估算編列手冊」編列工程經費，本計畫河道穩定相關方案總工程費約為 2.54 億元，各工項內容及詳細估算如表 2。

表 1 計畫河段穩定方案

計畫河段	河道穩定方案
台 3 線烏溪橋 至 阿罩霧圳渠首工	1. 茄荖媽助圳渠首工下游施設 2 道多階段跌降式混凝土塊固床工，並以混凝土格框護坦保護，平均坡度約在 1/250。 2. 國道 6 號烏溪四號橋下游左岸護岸基腳佈置異形塊保護工，保護護岸基腳淘刷，長約 870m。 3. 阿罩霧圳渠首工下游側佈置消能池，並設置混凝土塊固床工尾檻，避免消能池往下游持續擴大、刷深，且於固床工下游側設置混凝土格框護坦，以保護河床。
阿罩霧圳渠首工上游 至 國道 6 號烏溪五號橋	1. 河道整理將流心穩定於河道中心。 2. 於大崛坑堤防及象鼻坑堤防設置堤腳保護工。
國道 6 號烏溪五號橋 至 炎峰橋	1. 土城堤防施設堤腳保護工。 2. 河道整理將深槽固定於左岸，以利取水。



圖 2 河道中上游穩定工法佈置圖

表 2 總工程費估算表

項次	工作項目	總價(仟元)	備註
一、	設計階段作業費用	9,077	直接工作費之 5%
二、	工程建造費	245,090	
2.1	直接工作費	181,548	
2.1.1	阿罩霧圳消能池尾檻固床工	36,115	
2.1.2	茄荖媽助圳混凝土固床工#1	29,105	
2.1.3	茄荖媽助圳混凝土固床工#2	53,318	
2.1.4	烏嘴潭保護工	1,707	
2.1.5	大崛坑堤防保護工	28,202	
2.1.6	象鼻坑堤防保護工	11,790	
2.1.7	雜項工程	16,024	2.1.1~2.1.6 項之 10%
2.1.8	安全衛生及環保費	5,288	2.1.1~2.1.7 項之 3%
2.2	間接工作費	27,232	直接工作費之 15%
2.3	工作預備費	36,310	直接工作費之 20%
三、	總工程費	254,167	

結論與建議

一、結論

- (一)本計畫河段於 921 震災復建後，歷經多次颱風事件，於兩岸保護工及橋梁等構造物皆無顯著災損，整體流況相較於本流域其他河段堪稱穩定。惟橫越河道之固床工造成沖淤變化，進而影響河道深槽之發展。於烏斷 56~58 因受到阿罩霧圳渠首工之控制，成為計畫河段內最沖刷嚴重之區段，應以保護河道避免嚴重下刷為目標；而斷面 58~68 河段則為淤積，深槽較易擺盪而影響堤岸穩定。
- (二)本計畫河段水文分析檢討成果，100 年重現期距洪峰流量為 12,700 秒立方公尺，遠高於民國 80 年公告之計畫流量 9,800 秒立方公尺，評估係民國 90~99 年發生多場豪大雨所致。
- (三)由河道一維水理檢討得知烏嘴潭攔河堰興建前與興建後之水位變化僅約 0.55 公尺(Q100)，且影響範圍僅斷面 66~67，顯示烏嘴潭堰之興建不致影響烏溪河防安全。
- (四)檢討計畫河段各斷面之輸砂能力，計畫河段呈現沖淤互現之情形，惟阿罩霧圳渠首工以降有較明顯之沖刷現象，此一現象與現場觀察之現象相符。
- (五)本計畫二維輸砂數值模式係採 CCHE2D，以數值模擬成果與實測地形比對以率定及驗證相關參數，其模擬成效良好，可確實反映河道沖淤趨勢；由計畫河段一維水理成果、河道輸砂能力、二維沖淤模式及河道歷年縱斷面資料相互對照，研判烏嘴潭堰之興建對計畫河段幾無影響。
- (六)穩定工法以降低河床坡降、減緩水頭能量以及河道保護為目的。計畫於阿罩霧圳渠首工下游設置消能池，並佈設尾檻，使池中水墊發揮效果，並於尾檻下游佈設混凝土格框護坦，增加消能效果；於茄荖媽助圳下游區間 400 公尺範圍內佈設兩道全斷面固床工，以複式斷面設計以穩定河道深槽，並於護甲層流失處以塊石河床料填補，使河道穩定不再刷深。

二、建議

- (一)本計畫根據近年降雨紀錄推估各重現期距可能之洪峰流量，其流量成果僅作為「烏溪烏嘴潭攔河堰可行性規劃」及其相關計畫使用，鑒於水規所亦有「烏溪主流、支流南港溪及支流眉溪治理規劃檢討」執行，本計畫相關成果應俟其完成後據以配合修正。
- (二)本計畫於茄荖媽助圳及阿罩霧圳渠首工下游施設之保護措施其主要目的為增進此河段之穩定性，大岬坑及象鼻坑堤防之保護工法即為提高其穩定性，減少對兩岸之威脅，其權責劃分應屬第三河川局為宜；土城堤防即位於烏嘴潭預定堰址處，其保護措施將會影響堰之穩定與取水之問題，於攔河堰興建後應由中區水資源局負責管理維護較為妥適。
- (三)在營運管理要求上可分為平時養護、歲修、防汛及特別維護四種，於平時需定期派員巡視。如遇有損害或嚴重滲漏水之情事應派員修復。每年應舉行年度總檢查，並擬定年度維修保養計畫。至於防汛時期應編組進行巡守，如遇颱風警報，應指派專人駐守與戒備，隨時觀測雨量及河川水路之水位變化，以便緊急通報。

第壹章 前言

一、計畫緣起

『烏溪烏嘴潭人工湖可行性規劃』等前期相關計畫為因應彰化及南投地區中長程之民生用水增量需求，規劃開發烏溪水系新水源，利用烏溪南岸北勢涵段土地規劃一離槽式人工湖，蓄豐濟枯並配合地面地下水聯合運用，以減輕彰化地區抽用地下水情況，減緩地層下陷達成國土復育之目標。

『烏溪烏嘴潭人工湖可行性規劃(1/2)-工程可行性規劃』已於民國98年完成，其內容包含烏嘴潭攔河堰堰址研選、取水工程佈置、人工湖湖區工程佈置及開發容量、地震危害影響評估、防洪安全規劃、水文水源分析及供水能力評估。

『烏溪烏嘴潭人工湖可行性規劃(2/2)-工程可行性規劃』已於民國99年完成，其內容包含烏嘴潭攔河堰堰址檢討、人工湖工程佈置檢討、水源運用分析檢討、人工湖下游輸水工程規劃、烏嘴潭淨水場場址研選、人工湖效益評估及環境景觀營造。

『烏溪烏嘴潭人工湖可行性規劃(3)-烏嘴潭堰下游至烏溪橋段河道穩定之探討』(以下稱本計畫)係延續98、99年可行性規劃成果，針對阿罩霧圳渠首工至烏溪橋河段河道下刷日趨嚴重問題，研析烏嘴潭堰設置後對於下游河道之影響，並對烏嘴潭堰下游至烏溪橋河段河道穩定工法進行評估。

二、計畫範圍及目的

(一)計畫範圍

本計畫擬評估於烏嘴潭攔河堰至烏溪橋河道沖淤情形及研提河道穩定方案，工作範圍詳圖1-2-1所示。



圖 1-2-1 烏溪烏嘴潭攔河堰至烏溪橋計畫河段位置圖

(二)計畫目的

烏溪因阿罩霧圳渠首工至烏溪橋河段河道下刷日趨嚴重，故成立本計畫，研析烏嘴潭堰設置後對於下游河道之影響，並對烏嘴潭堰至烏溪橋河段河道穩定工法進行評估。

三、工作項目及內容

(一)基本資料蒐集

- 1.計畫區域背景(氣象、水文、地形、地質等)
- 2.現有防洪及水工構造物
- 3.歷年河道沖淤變化及治理規劃

(二)河道測量及河床質採樣分析

- 1.河道大斷面測量15處(依現有大斷面樁位置(烏溪橋及炎峰橋間)及相關演算需要補斷面處)
- 2.河床質採樣分析15處(每一大斷面範圍內採樣1處，採樣孔尺寸 1.0m^3)
- 3.阿罩霧一圳固床工及取水口地形測量30公頃(含控制測量及導線測量)

(三)水文分析及河道輸砂量評估

- 1.水文分析(降雨量分析、暴雨頻率分析、降雨型態分析、洪峰流量分析)
- 2.河道輸砂量評估

(四)烏嘴潭堰下游至烏溪橋段河道沖淤評估

- 1.水理輸砂數值模式
- 2.分析條件設定
- 3.烏嘴潭堰施工中及營運後河道沖淤評估

(五)下游河道穩定工法之研究

- 1.河道穩定工法檢討規劃

2.河道穩定工程初步設計

3.工程經費估算

(六)工作簡報及報告書編印

1.期初、期中、期末簡報及不定期工作會報

2.報告書之編擬修訂及印製

第貳章 計畫區之背景

一、烏溪流域概況

(一)地理位置

本計畫之河段位於烏溪橋上游至炎峰橋間，於台中市霧峰區、南投縣草屯鎮之烏溪中游河谷，約位於烏溪斷面55-1~斷面68之間。烏嘴潭計畫堰軸則位於斷面66之上游，可沿台14線公路往埔里方向，於炎峰橋前方即下河谷，順北勢湍堤防往下游走到達堰址處，約位炎峰橋下游約600公尺處，堰址下游約900公尺則為國道六號烏溪五號橋(8k+400~8k+890)之橋墩。計畫區地理位置如圖2-1-1所示。

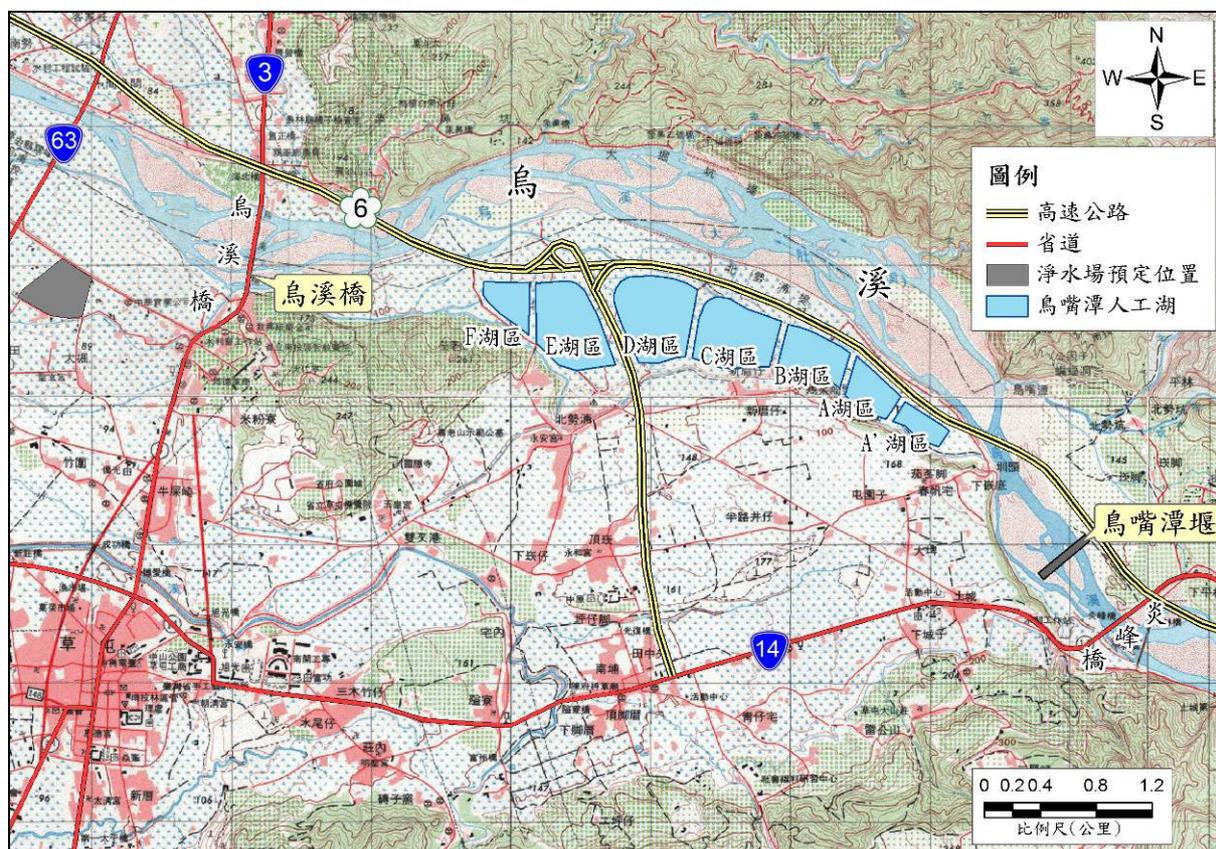


圖 2-1-1 計畫河段位置圖

(二)地形地勢

本計畫位處之烏溪(又名大肚溪)屬中央管河川，發源於中央山脈合歡山西麓，東以中央山脈為界，北臨大甲溪流域，西臨台灣海峽，南臨濁水溪流域，集水區地勢自東北向西南傾斜，幹流全長約119.13公里，流域面積為2,025.6平方公里，平均坡降為1/92。

烏溪河道於烏嘴潭計畫堰址處之流路大致呈東南-西北流向，形成一河階地形，北倚鉅山及萬斗六山，南濱草屯臺地，東濱烏嘴潭谷地，西有烏溪橋，地勢東高西低。除烏溪北岸之鉅山、萬斗六山及南側草屯臺地之地勢較為高聳之外(EL.250公尺~EL.350公尺)，計畫區內之地形約EL.105公尺~EL.140公尺之間，北側烏溪右岸山壁常年受到河川不斷地沖刷、侵蝕，形成陡峭山壁，左岸則為河川沖積物所形成之沖積平原與河階地。計畫堰址位於台十四線炎峰橋下游約600公尺處，堰址下游約900公尺為國道六號(8k+400~8k+890)之橋墩，堰址河床高程約為147公尺，河寬約為430公尺。

計畫河段主要地層為沖積層，地質以礫石、砂及粘土為主要成分，土壤成分主要為沖積土，其中有車籠埔斷層與隘寮斷層通過，如圖2-1-2所示。



圖 2-1-2 計畫河段地質分布圖

(三)氣象

1.氣溫

計畫區域氣候型態屬於副熱帶季風氣候區，冬季涼爽乾燥、夏季高溫多雨。依據距計畫區最近之台中氣象站資料(民國88~民國99年)，氣溫以1月最低為17.1°C，夏季6~9月最熱，以7月之28.8°C為最高，年平均氣溫為23.8°C。

2.降雨

統計距離計畫區西南方約5公里之水利署草屯(4)雨量站歷年(民國58~99年)雨量資料如表2-1-1，本地區年平均雨量1,632公釐，降雨主要集中於4~9月，約占全年總降雨量之86.5%，又以6月份降雨為最多(332公釐)，約占全年總降雨量之20%。最大日降雨量發生於民國79年8月19日，揚希颱風襲台時，當日累積雨量達372公釐。降雨日數方面，全年降雨日數平均為96天，以8月份之降雨日數(14日)為最多。

表 2-1-1 水利署草屯(4)雨量站資料統計表

月份	月平均		備註
	降雨量(公釐)	降雨日數(日)	
1	33	5	1.年平均降雨量 1632 公釐 2.年平均降雨日數 96 日 3.最大年降雨量 2637 公釐(97 年) 4.最小年降雨量 878 公釐(92 年) 5.最大日降雨量 372 公釐(79.08.19)
2	68	7	
3	78	9	
4	110	8	
5	217	10	
6	332	13	
7	285	12	
8	317	14	
9	151	8	
10	22	3	
11	16	3	
12	28	4	

註：統計年期：民國 58~99 年。
資料來源：1.經濟部水利署水文水資源資料管理供應系統，<http://gweb.wra.gov.tw/wrweb/>。
2.經濟部水利署，99 年臺灣水文年報。
3.本計畫整理。

(四)水文

1.水系

烏溪發源於中央山脈合歡山西麓(EL.2,596m)，東以中央山脈為界，北鄰大甲溪流域，南毗濁水溪流域，西至台中縣龍井鄉出海口注入台灣海峽，幹流長119.13公里，平均坡度約1/92，流域積約2,025.6平方公里，其下游又名大肚溪。烏溪流域之主要水系如圖2-1-3，包含烏溪主流及北港溪、南港溪、大里溪、旱溪、貓羅溪、筏子溪等主要支流；本計畫烏嘴潭攔河堰位在烏溪主流中游。

2.流量資料

水利署乾峰橋水文站位於計畫堰址上游約12公里(民國76年自其稍上游約2公里之柑子林站移設)，堰址與乾峰橋間有北投新圳取水；距離下游烏溪橋約6公里，另有阿罩霧第一圳取水。統計該上述水文站歷年資料如表2-1-2、表2-1-3。

乾峰橋與柑子林站年平均流量約為52.36秒立方公尺；5~10月平均流量約87.17秒立方公尺，約佔年流量之80%；11~4月平均流量約21.67秒立方公尺，僅佔年流量之20%，豐枯差異明顯。統計期間最枯年發生在民國69年，年平均逕流量僅23.30秒立方公尺；最豐年發生在民國70年，年平均逕流量89.36秒立方公尺。

烏溪橋水文站年平均流量約56.32秒立方公尺；豐水期為5~10月，平均流量約97.68秒立方公尺，豐水期間流量約佔年流量之74%；11~4月枯水期間之平均流量約33.25秒立方公尺，枯水期間流量約僅佔年流量之26%，豐枯差異明顯。最枯年發生在民國69年，年平均逕流量僅19.8秒立方公尺；最豐年發生在民國96年，年平均逕流量達113.7秒立方公尺。

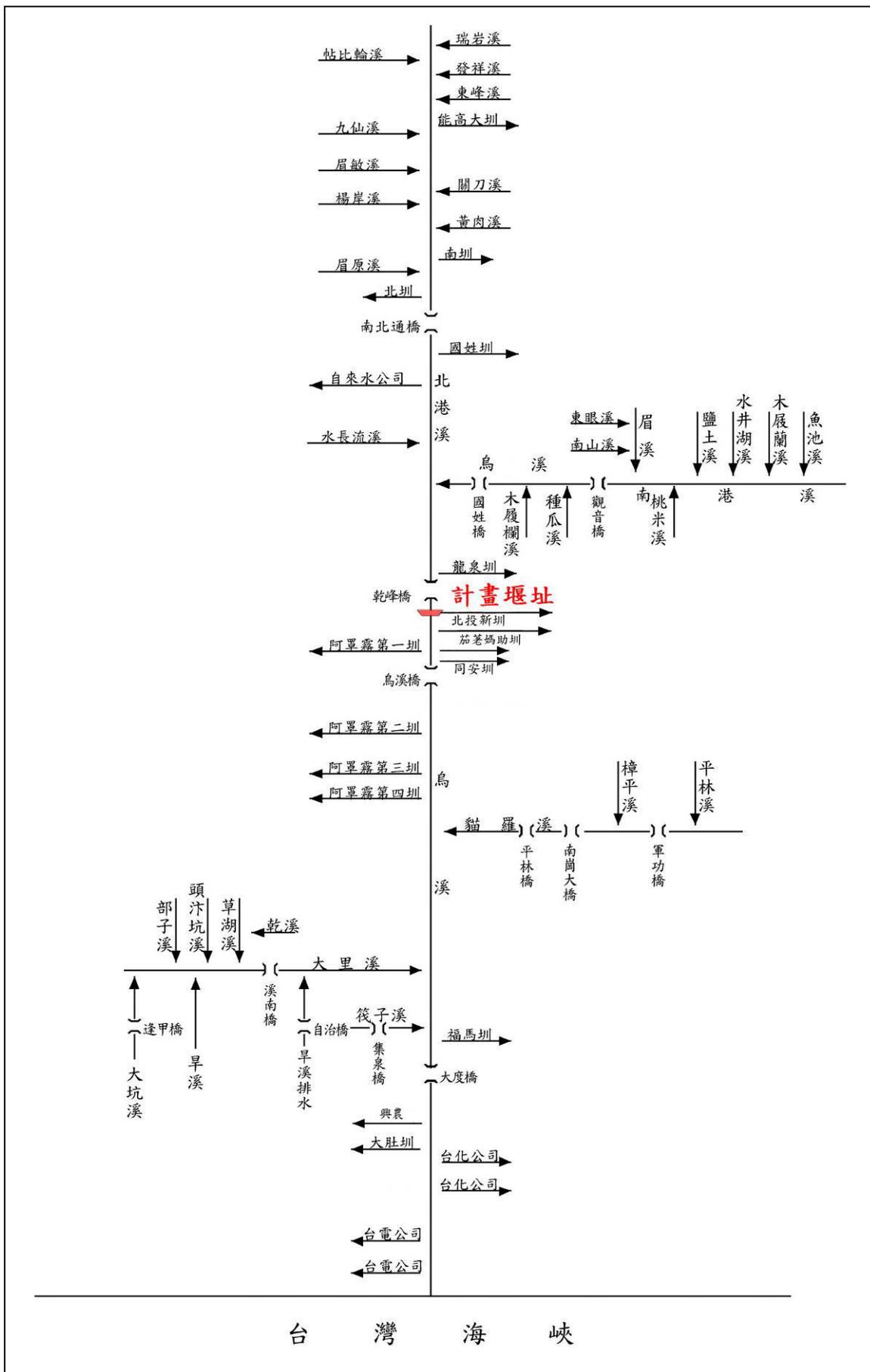


圖 2-1-3 烏溪流域水系圖

表 2-1-2 烏溪乾峰橋、柑子林水文站歷年流量統計

單位：秒立方公尺

	歷年月平均	最大月平均(出現年)	最小月平均(出現年)	最豐年(70)	最枯年(69)
1月	13.39	23.56(79)	3.67(86)	9.13	12.65
2月	19.46	99.76(72)	4.84(88)	8.14	14.25
3月	29.47	243.78(94)	7.58(54)	21.91	10.72
4月	32.69	185.67(79)	6.36(88)	15.93	8.48
5月	60.25	316.67(94)	7.65(52)	55.01	11.25
6月	145.60	494.44(55)	16.34(52)	285.07	40.49
7月	88.17	339.13(94)	13.23(69)	255.11	15.32
8月	113.15	315.77(49)	19.84(60)	108.30	19.84
9月	85.40	431.8(45)	20.38(80)	240.47	77.80
10月	32.28	64.77(45)	16.35(86)	37.33	31.76
11月	20.11	35.45(88)	6.05(86)	21.92	21.14
12月	15.01	27.38(78)	5.05(85)	13.99	15.85
5~10月	87.17			159.98	28.86
11~4月	21.67			18.74	17.73
年	52.36			89.36	23.30

註：柑子林站統計年期：民國 44~75 年；乾峰橋站統計年期：民國 76~99 年(其中 92~93 年、95~99 年無紀錄)。

資料來源：1.經濟部水利署水文水資源資料管理供應系統，<http://gweb.wra.gov.tw/wrweb/>。
2.經濟部水利署，民國 99 年臺灣水文年報。

表 2-1-3 烏溪橋水文站歷年流量統計

單位：秒立方公尺

	歷年月平均	最大月平均(出現年)	最小月平均(出現年)	最豐年(96)	最枯年(69)
1月	43.01	806.03(94)	4.06(70)	21.17	4.76
2月	47.03	795.69(94)	1.55(73)	20.80	8.39
3月	25.67	111.50(72)	2.21(91)	34.38	10.21
4月	39.92	198.21(79)	3.73(91)	57.39	12.91
5月	67.90	140.29(72)	6.89(91)	61.02	17.66
6月	185.11	1127.07(94)	10.61(98)	207.76	19.09
7月	91.00	229.19(70)	11.32(69)	109.21	11.32
8月	113.18	353.00(83)	6.19(95)	228.35	84.70
9月	89.84	258.60(94)	15.13(95)	199.07	37.22
10月	41.64	184.54(96)	10.40(82)	184.54	12.76
11月	23.69	121.15(96)	7.97(72)	121.15	10.64
12月	21.43	114.62(96)	7.43(72)	114.62	7.46
5~10月	97.68			143.80	30.48
11~4月	33.25			82.78	9.04
年	56.32			113.69	19.82

註：統計年期：民國 69~99 年(其中民國 89~90 年無紀錄)。

資料來源：1.經濟部水利署水文水資源資料管理供應系統，<http://gweb.wra.gov.tw/wrweb/>。
2.經濟部水利署，民國 99 年臺灣水文年報。

3.泥砂運移

依據水規所民國92年「烏溪流域聯合整體治理規劃」可知烏溪歷年年輸砂量約為679萬公噸（統計至民國89年之資料）。河道輸砂量推估乃由各水文站流量、輸砂量率定關係及日流量延時資料計算分析而得，各水文站除烏溪橋因缺乏921地震後之資料，未進行輸砂量推估外，其餘兩處水文站之流量、懸移質輸砂量關係如圖2-1-4、圖2-1-5所示。茲利用乘冪關係迴歸各站之流量 Q (秒立方公尺)、懸移質輸砂量 Q_s (噸/日)率定關係式如下：

大度橋站：

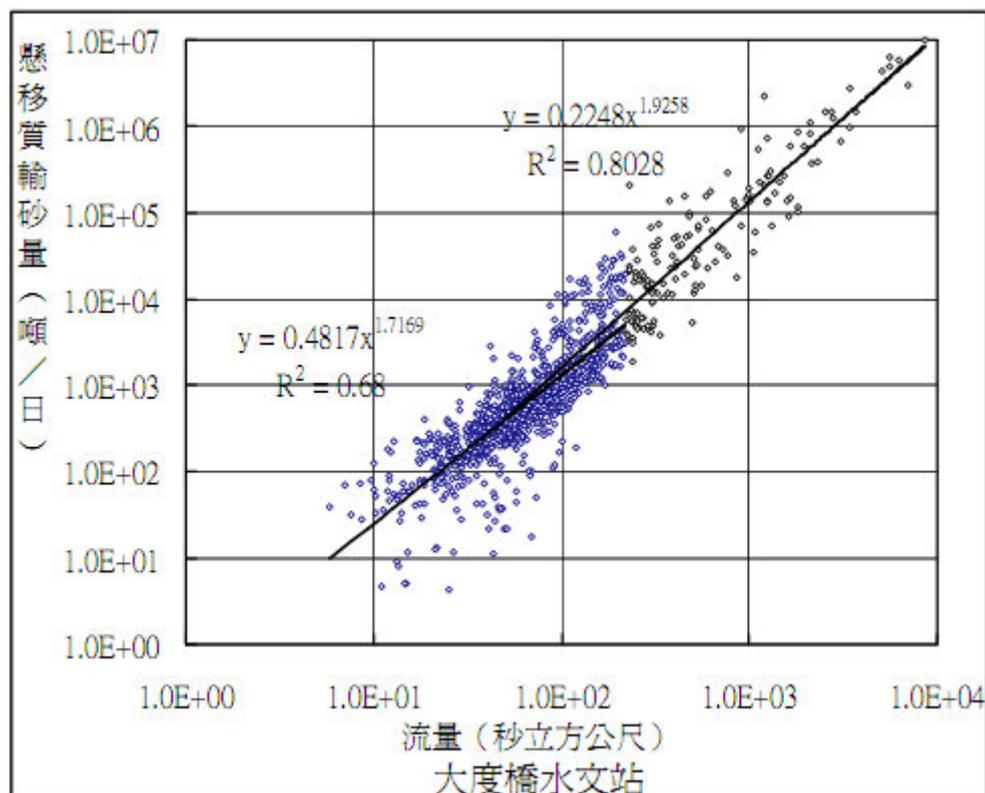
$$Q \leq 38.4 \text{cms}, Q_s = 0.4817 \times Q^{1.7169}$$

$$Q > 38.4 \text{cms}, Q_s = 0.2248 \times Q^{1.9258}$$

乾峰橋站：

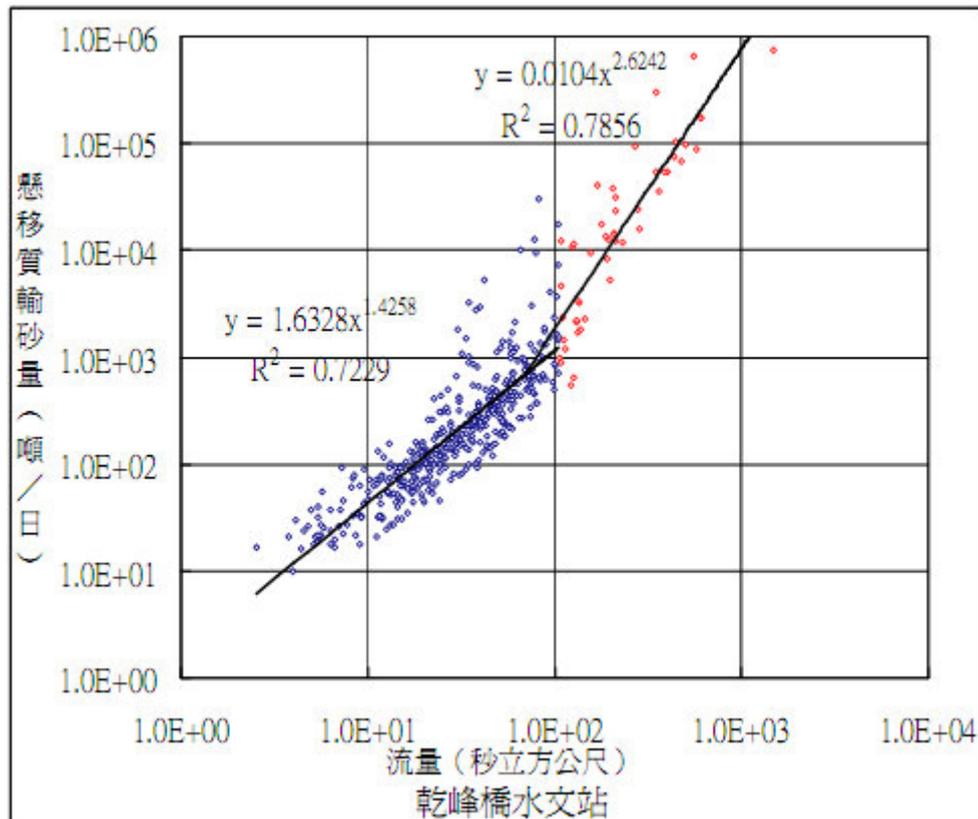
$$Q \leq 68.0 \text{cms}, Q_s = 1.6328 \times Q^{1.4258}$$

$$Q > 68.0 \text{cms}, Q_s = 0.0104 \times Q^{2.6242}$$



資料來源：「烏溪流域聯合整體治理規劃」(水規所，92年)

圖 2-1-4 大度橋之流量、懸移質輸砂量關係圖



資料來源：「烏溪流域聯合整體治理規劃」(水規所，92年)

圖 2-1-5 乾峰橋之流量、懸移質輸砂量關係圖

二、烏嘴潭人工湖規劃成果概要

烏嘴潭人工湖主要目的係因應彰化及南投地區中長程目標年公共給水需求，南投及彰化地區之用水需求成長至目標年(民國120年)時，將分別達每日22.5萬立方公尺及每日42萬立方公尺，經檢討除南投草屯地區由本計畫提供每日4萬立方公尺外，彰化地區將由本計畫提供至少每日18萬立方公尺，俾減少區內地下水之取用，以提升國土保育。

(一)地理位置

烏嘴潭人工湖及攔河堰位於台中縣霧峰鄉萬豐村、南投縣草屯鎮北勢里、土城里及平林里之間，其位置及現況如下。

1.攔河堰

本計畫攔河堰堰址位於烏溪中游河谷炎峰橋下游600公尺處，如圖2-2-1所示，現可由台14線公路往埔里方向，於炎峰橋前方左轉循土城堤防往下游可達堰址及取水口處，攔河堰平面佈置及縱斷面詳附錄三。

2.人工湖

人工湖區位於烏溪南岸河階地，北有國道六號高速公路通過，東草屯交流道聯絡道縱走於人工湖區內，將人工湖區範圍一分為二，詳圖2-2-1所示。

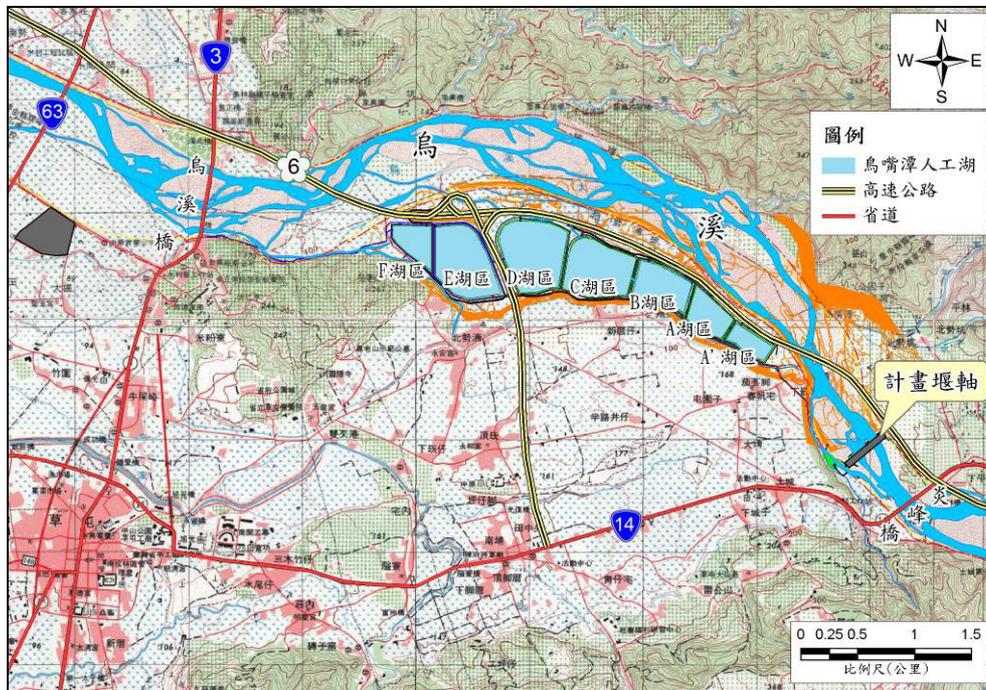


圖 2-2-1 烏嘴潭人工湖及攔河堰位置圖

(二)人工湖供水潛能評估

採用烏溪橋流量站民國69~98年共30年歷史「日流量」記錄，並保留下游包括生態基流量及已登記水權之放流量，以缺水指數 $SI=1$ 為指標進行烏嘴潭人工湖供水能力之評估，經模擬分析後，人工湖全年平均供水能力約為每日30萬立方公尺，

(三)取水工程方案規劃

取水工程內容包含攔河堰(側方取水)、進水口、沉砂池(含排砂暗渠)、巴歇爾量水槽、輸水隧道等。人工湖所需之設計取水量為每秒20立方公尺，北投新圳取水量以每秒5立方公尺規劃，另加上排砂操作所需每秒5立方公尺水量，故進水口及沉砂池流量採每秒30立方公尺規劃。

(四)人工湖湖區規劃

人工湖湖區現況為一平坦空曠的農耕土地，未來人工湖闢建後，圍堤將成為水域與陸域之隔離帶，故人工湖圍堤除應考量蓄水安全外，在景觀上亦需配合周邊環境，使得圍堤與周邊環境不致產生突兀感，並規劃圍堤頂為人工湖之環湖道路，除做為維護道路外，並可結合周邊道路系統，形成人工湖區之交通動線，及提升人工湖鄰近區域之交通功能。

人工湖規劃之庫容以最大開發為考量，各湖區高程及開挖諸元如表2-2-1所示，估計，有效蓄水容量為1,450萬立方公尺，總挖方為1,538萬立方公尺，其中挖岩方為702萬立方公尺，挖土石方為836萬立方公尺。

表 2-2-1 人工湖區高程及開挖諸元表

湖區	堤頂高程 (EL.m)	滿水位高程 (EL.m)	湖底高程 (EL.m)	挖土石方 (萬 m ³)	挖岩方 (萬 m ³)	總挖方 (土石+岩方) (萬 m ³)	有效蓄水量 (萬 m ³)
A'	140	139	124	58	22	80	77
A	136	135	122	72	41	113	106
B	132	131	119	76	72	148	163
C	127	126	112	164	151	315	303
D	122	121	105	209	244	453	425
E	116	115	103	204	151	355	309
F	103	111	102	53	21	74	67
合計	-	-	-	836	702	1,538	1,450

(五)計畫評價

- 1.彰化地區以本計畫地面水及地下水源聯合運用後，地下水每年抽用量約為4,700萬立方公尺，年減抽量約6,300萬立方公尺，另人工湖若於豐水期時增供水量，則地下水抽用量減為每年2,900萬立方公尺，年減抽量可達8,100萬立方公尺。故本計畫除能填補彰化地區目標年公共給水增量需求，亦有助於彰化地區地下水減抽，落實國土復育政策。
- 2.依工程規劃攔河堰及湖區開發方案，其用地面積為318.6公頃，用地徵收補償總費用經估算為77.0億元。引水工及人工湖工程規劃

成果，總工程費約184.2億元，以年利率3%計算，利息為35.3億元，合計總建造成本為219.5億元。換算年計成本為14.8億元，以平均供水能力每日30萬立方公尺估計原水成本約每噸13.5元(P=3%)，相對國內其他水源開發計畫而言，應屬經濟可行。

三、烏溪治理規劃概要

(一)烏溪烏嘴潭人工湖可行性規劃(2/2)-工程可行性規劃(總報告)(水利規劃試驗所，99年12月)

工作範圍為烏溪烏嘴潭人工湖計畫所屬範圍，工作目標旨在針對烏嘴潭人工湖及其附屬設施工程佈置檢討與下游輸水工程規劃，茲節錄與本計畫相關內容如下。

- 1.取水工程內容包含攔河堰、進水口、沉砂池、巴歇爾量水槽、輸水隧道等，含人工湖設計需水量為20cms、北投新圳取水量5cms及排砂操作所需5cms，攔河堰設計取水量計30cms。
- 2.評估建堰後對國道烏溪六號烏溪五號橋可能產生沖刷深度12.65m，小於國道原設計沖刷深13.44m；攔河堰興建前、後之輸砂影響範圍集中於攔河堰上下游附近，其他河段之沖刷潛能改變幅度不大，顯示烏嘴潭攔河堰興建後不至改變原河道之沖刷能力。
- 3.建議於阿罩霧一圳固床工下游至烏溪橋間主河道，進行護甲層鑲補，並施設固床工以穩定河床。

(二)烏溪流域聯合整體治理規劃(水利規劃試驗所，92年2月)

工作範圍為烏溪全流域，工作目標旨在針對烏溪流域水土災情從源頭著手，由流域性整體規劃之角度作聯合整體治理規劃，茲節錄與本計畫相關內容如下。

1.水文水理分析

烏溪本流河道水理分析採用與民國89年「烏溪水系九二一地震災後治理規劃檢討」之計畫流量，並將烏溪流域劃分19個小型計算用集水區，得出各區各重現期洪峰流量，供集水區治理規劃參考。

水理檢討得知烏溪本流由烏溪橋至觀音橋間受地震抬昇河床，造成河床不均勻抬高，局部河段現況洪水位高於既有堤防頂最為明顯。

2.河道沖淤趨勢分析

河道沖淤趨勢採用SEC-HY11模式辦理河道輸砂能力計算，並辦理歷年河道沖淤變化分析及水位流量站實測輸砂量分析，彙整推估河道沖淤趨勢如下：

- (1)烏溪主要河道輸砂量在震災後三年內呈增加趨勢，地震之影響可能持續二十年。
- (2)烏溪本流皆為淤積情形，烏溪橋至乾峰橋間輸砂能力相近，河床較穩定。

3.主要河道治理計畫

主要河道防洪設施新建堤防約29,500m、新建護岸3,300m、堤防加高加強200m，河道整理長度3,000m，規劃疏浚土砂60萬立方公尺。節錄與本計畫相關之治理工程及治理原則如下：

- (1)烏溪下游河道：治理課題為降低淹水災害及損失、河床沖刷防制與河川空間有效規劃利用。
- (2)烏溪水系中上游河道：局部河段淤高抬昇洪水位及河段防洪標準不足治理計畫要求為主要問題，以規劃防洪設施及河道整理降低淤積量來因應。

表 2-3-1 本計畫烏溪河段 92 年規劃治理工程表

治理工程名稱	施工地點	工作項目	預算(仟元)	預算年度
烏溪炎峰橋下游河道疏濬工程	草屯鎮	疏濬 1,000m	6,500	94 年
烏溪北勢堤防延長工程	草屯鎮	新建堤防 2,000m	138,200(含用地徵收)	94 年
土城堤防延長工程	草屯鎮	新建堤防 920m	62,500(含用地徵收)	95 年
大崛坑二號堤防延長工程	霧峰鄉	新建堤防 1,330m	90,400(含用地徵收)	96 年
象鼻坑堤防延長工程	霧峰鄉	新建堤防 1,360m	92,400(含用地徵收)	96 年

資料來源：烏溪流域聯合整體治理規劃(水利規劃試驗所，92 年 2 月)，本計畫整理。

(三)烏溪本流河床穩定與治理對策之研究(水利署第三河川局，95年12月)

本研究主要目的為針對烏溪本流(北港溪匯流點以下河道)之河床沖淤穩定進行分析，進而提出治理對策供相關單位參考，以達到防洪工程減災興利之目標。節錄與本計畫相關內容如下述：

- 1.依據河川特性、型態及地形變化，大致可將烏溪區分為5個主要河段，其中斷面56~斷面75因受地勢及地形限制，流路呈現彎曲，為粗顆粒丘陵辮狀蜿蜒河段，故洪水來時造成凹岸沖刷，洪水過後大量泥沙沉積，加上921地震造成河床抬昇，目前河床為淤積情況。
- 2.烏溪本流上游之穩定性佳，烏溪橋上游實際河寬與穩定河寬相當表示烏溪橋以上之斷面通水寬度不易受洪水影響而改變，呈現沖淤互現情形。槽偏量分析中，斷面44、斷面60及斷面66~斷面68等主深槽位置固定，惟應避免主深槽過份接近堤腳，造成堤腳基礎淘刷問題，危及水工結構物之安全，如象鼻坑堤防(斷面60右岸)、大掘坑堤防(斷面62右岸)及土城堤防(斷面66~68左岸)等。
- 3.未來整體治理方針，斷面53之上游河段應著重於凹岸保護、河床整理與束水整流工作，藉以調整河床坡度，達到河床動態穩定。在區段治理對策方面，斷面56~75間建議進行河道整理，調整流路及深水槽高程。局部之治理對策，應解決橋樑基礎沖刷及水流迫近堤腳兩項問題，所採用工法應考量盡量減低對生態之影響衝擊，「因地制宜」以符合生態需求。

四、計畫河段治理沿革與現況

(一)烏溪橋至阿罩霧圳渠首工

1.台3線烏溪橋

台3線烏溪橋於民國88年921地震後靠近霧峰端之部分橋墩改建，17支新橋墩基樁直徑1.5m深達25m；13支舊橋墩沉箱基礎以25m深的排樁工法保護。又經過民國93年7月敏督利颱風、8月納莉颱風來襲，橋基遭沖刷侵蝕，造成基礎裸露嚴重，其中以P9~P11

最嚴重，裸露深達4.5~7.5m以上，基礎之垂直承載力及側向承載力明顯降低，屬交通部列管省道老舊受損橋梁整建計畫50座橋梁之一，改建工程於97年10月8日開工，99年4月1日竣工。

採換底工法施作，係利用臨時支撐安全鋼構架，支撐橋梁上部結構，P09~P15下部結構全部換新，施作新的基礎、墩柱帽梁之創新工法。

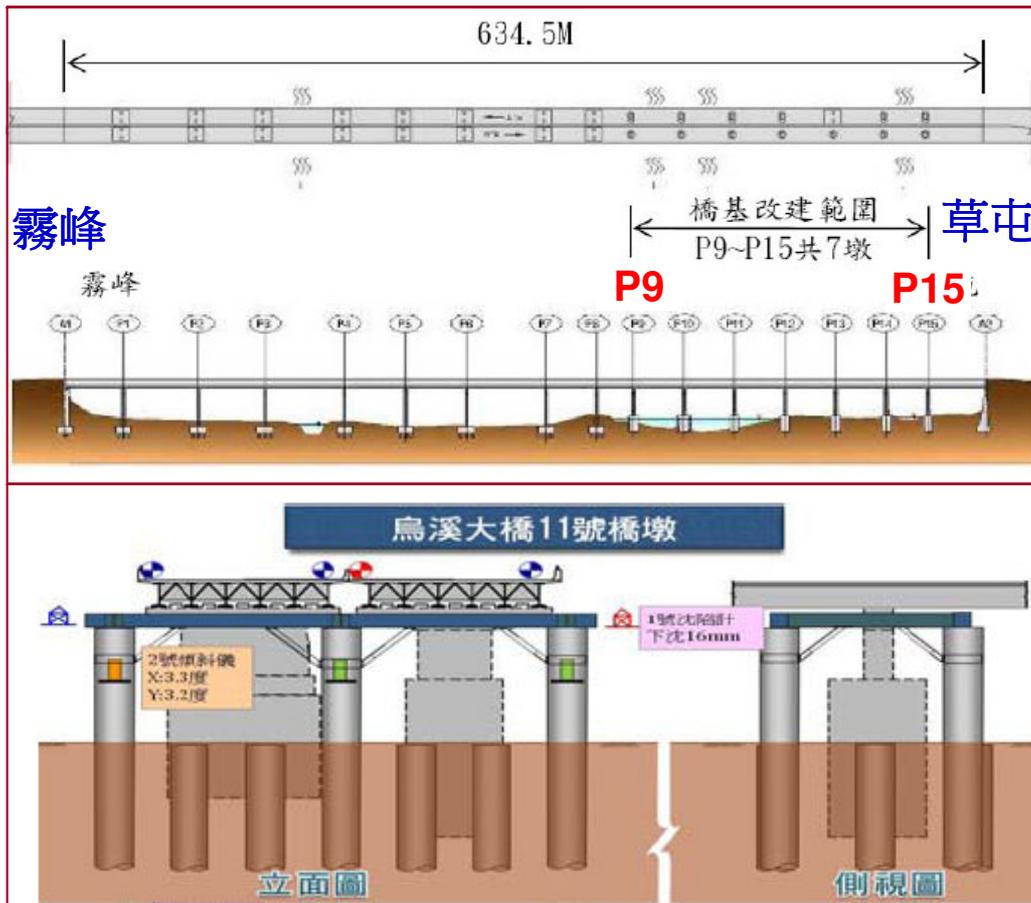


圖 2-4-1 台 3 線烏溪橋 97 年辛樂克颱風後改善示意圖

資料來源：公路通訊第 284 期，98.6、本計畫整理



圖 2-4-2 台 3 線烏溪橋 97 年辛樂克颱風後改建情形

2. 水利會茄荖媽助圳渠首工

茄荖媽助圳於民國88年921震災後，渠首工崩塌損毀，為避開車籠埔斷層，將渠首工向上游移至現址，並施設導水擋土牆、鋼筋混凝土暗渠及水泥簾塊，並於民89年6月恢復輸水灌溉功能。經過近10年來許多大型水文事件，如民90年桃芝、93年敏督利、96年聖帕以及97年卡玫基之後，溪床刷深岩盤出露，導致水圳滴水不進，為恢復其取水功能，進行混凝土攔水堰修補工程、蛇籠混凝土固床工及混凝土保護工，並於民國100年竣工。

茄荖媽助圳取水口約位於烏溪河道斷面56左岸，渠首工曾因莫拉克颱風受損已於100年5月完成復建工程。茄荖媽助圳自取水口處向上游施設導水堤、保護工及固床工，往東北向銜接、延伸至斷面57右岸處，形成一道長約520公尺的固床工斜交於河道。

由於茄荖媽助圳渠首工對於國道6號橋墩基礎有保護作用，因此茄荖媽助圳上游河道雖有部分岩盤出露，但下刷程度尚不嚴重。此外，固床工斜交於河道，中高水位時除部分溪水被匯引至左岸茄

荖媽助圳導水路，而多餘溪水由固床工頂溢漫順流而下，因匯集後單寬流量增大，目前已造成固床工下游側護甲層流失及局部沖刷至岩盤出露現象(如圖2-4-3)，以該河段岩性(屬錦水頁岩)而言頗為不利，故該河段應以適當工法保護，避免持續下刷。



荖荖媽助圳下游護甲層流失、岩盤出露。

圖 2-4-3 荖荖媽助圳下游現況

3.水利會阿罩霧圳渠首工

同樣肇因於921震災之後，河床淘刷，取水困難，故辦理渠首工修復工程，計有鋼筋混凝土護岸、混凝土塊及導水路等工程，於民國91年完成渠首工橫越烏溪之攔河設施。民93年敏督利颱風肆虐，造成嚴重水災，加強固床工與擋土牆等設施，防止溪床刷深。其後民94年瑪莎颱風導致水泥簾塊傾斜，迅速於內側補築，並以鋼筋混凝土加強導水渠道；又歷經聖帕颱風災害，則創新以箱型石籠混凝土簾塊施設取水口固床工，並採階梯式混凝土塊工法設置，於民97年竣工。

阿罩霧圳取水口約設置於烏溪河道斷面57-2右岸，其固床工長約200公尺，以東南-西北向斜交於斷面57-2上游側，除作為取得阿罩霧圳用水外亦有維持上游側河道穩定作用。

依前期報告水理演算成果，阿罩霧圳渠首工為本計畫河段之控制斷面，該斷面上游河道趨向淤積，而下游河道整體而言為下刷趨勢。經現場勘查，莫拉克風災受損部分已修繕，整體結構狀況尚屬良好，惟固床工表面有局部磨損造成鋼筋裸露鏽蝕，而下游側亦有

跌水形成的沖刷坑，宜設置固床或消能設施予以保護，避免沖刷程度日益擴大危及固床工而崩壞。

此外，於阿罩霧固床工右岸取水口上游，因取水所需，水流於此處皆向右岸集中，造成坡腳淘刷、護岸破損(如圖2-4-4左)，應設保護工以安定該段護岸。



阿罩霧圳固床工右岸護岸毀損、坡腳淘刷。

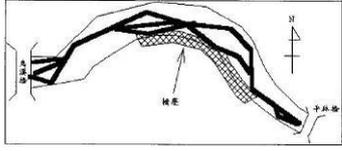
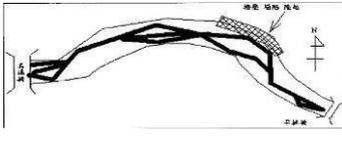
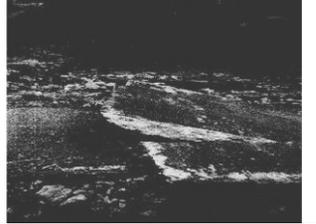
阿罩霧圳固床工經修繕，結構尚屬完整。

圖 2-4-4 阿罩霧圳渠首工附近河道之現況

(二)阿罩霧圳渠首工上游至炎峰橋

參考「九二一集集大地震全面勘災報告—水利設施震害調查」(國家地震工程研究中心，民國88年)，因地震造成堤防附近斷層劇烈活動，造成地表龜裂或地層隆起，影響堤防基礎與堤體，如堤防斷裂、堤防表面龜裂及堤防位移等。於烏溪流域在本計畫河段範圍內之災害如下表：

表 2-4-1 九二一地震於本計畫河段造成災害一覽表

編號	工程名稱	損壞形式	災害修復內容
Riv3001	北勢堤防	破裂、扭曲、塌陷、隆起	北勢堤防受損 270m 堤防輕微龜裂 堤岸有皺摺產生 下方排水管斷裂
			
Riv3004	大崛坑堤防	破裂	大崛坑堤防受損 200m 堤防斷裂
			
Riv3005	大崛坑護岸	塌陷	大崛坑護岸受損 1023m
			

資料來源：「九二一集集大地震全面勘災報告—水利設施震害調查」(國家地震工程研究中心，民國 88 年)

依「烏溪本流河床穩定與治理對策之研究」(水利署第三河川局，95.12)所述民國95年6月台灣恰值梅雨季，氣象局連續發布豪大雨達19天，為歷年之最，中南部各地累積降雨量平均達500毫米以上(烏溪流域年平均雨量約2,000毫米)，雨勢規模猶如中颱。計畫河段內象鼻坑堤防(右岸)及北勢堤防(左岸)復建工程大致已完工，由於堤防之基礎有護坦工及丁壩工挑流保護，本次洪水並未造成明顯破壞(圖2-4-5)。然而災峰橋至烏溪橋段因河道蜿蜒，凹岸侵蝕嚴重，未來對大崛坑及象鼻坑堤防的威脅依然存在。現況流心逼近堤腳，可投置鼎形塊加強保護。



圖 2-4-5 大崛坑堤防流路變化

阿罩霧圳渠首工上游經歷年演變資料顯示，本河段整體呈淤積之趨勢，大體上又可分為兩區段來說明。

於斷面58~64間，現況屬沖淤互現之河段，下游段受阿罩霧一圳渠首工影響現況多淤積，上游段則因河道蜿蜒且縱坡大影響，凹岸則有局部沖刷情形。左岸現為凸岸，設有北勢浦堤防，堤前多為高灘，屬無高風險堤段，右岸為凹岸致流心偏右，58~59斷面間有象鼻坑堤防，60斷面則有大崛坑堤防，並設有丁壩工挑流，然因凹岸侵蝕嚴重，右岸仍有基礎淘刷之虞。



北勢浦堤防前皆為高灘，無深槽經過。



斷面63右岸，為凹岸攻擊面，深槽偏向此處。

圖 2-4-6 北勢浦堤防及其右岸現況



本河段屬瓣狀河槽，河道內分布大小沙洲。

圖 2-4-7 大崛坑堤防現況

斷面64~68間，河道尚為順直，分左右兩水路流向下游。斷面65下游河道微偏向右，故斷面64~65間水流直衝左岸，現況常有護岸損壞之情事。鳥嘴潭計畫堰軸約位於斷面66上游處，北投新圳取水口約位於斷面64左岸，左岸設有土城堤防，惟深槽流經堤前，需考量基礎保護。



北投新圳取水口前流心偏向左岸，設置丁壩挑流並佈設石籠保護工，防止沖刷加劇。



炎峰橋下游土城堤防為坡面工形式，河道深槽流經堤前。

圖 2-4-8 土城堤防現況

第參章 計畫河段現況分析與評估

一、河道測量與河床質調查

(一)河道大斷面測量

1.測量方法

依據既有河道斷面樁位置施測河道大斷面，每個大斷面以左樁為起點，採面向下游方向，往左方向的支距為負數，往右方向的支距為正數，施測河床變化點，需符合實際斷面起伏變化不得遺漏或簡化。

河道大斷面測量引用既有斷面樁之高程，採用全站式經緯儀三次元數值法自動記錄方式測量，經由電腦傳輸下載外業觀測資料，再將斷面資料展繪成河道橫斷面圖。若既有斷面樁遺失或損壞，則以前後斷面樁引測，於原遺失斷面樁處以鋼釘標記位置，並依此施測該大斷面。

2.斷面測量位置

本計畫斷面測量原施測範圍為烏溪河道斷面編號55-1(烏溪橋)~68(炎峰橋)之區段，共計15處河道大斷面；由於原施測範圍上下游邊界恰為橋梁，於水理演算時恐無法有效推算橋梁之水理狀況，故按本次分析需求增加斷面測量，測量範圍調整為斷面54~斷面70，計21處河道大斷面(含橋樑上下斷面)，測量位置詳圖3-1-1。

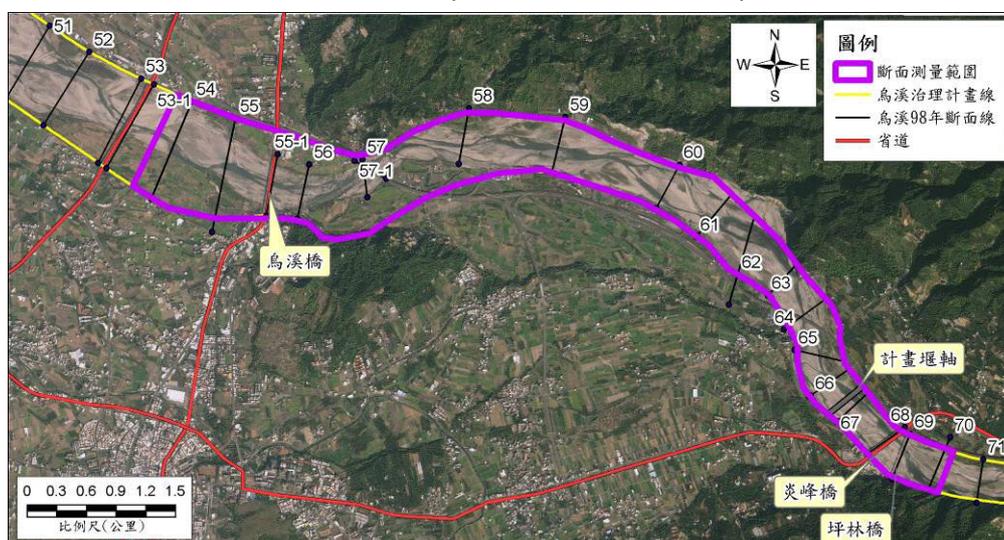


圖 3-1-1 計畫河段斷面測量位置圖

依據民國98年「烏溪、眉溪、南港溪、北港溪大斷面測量成果報告書，經濟部水利署，98.12」，本計畫河道斷面測量之斷面樁相關坐標及高程如表3-1-1所示。

表 3-1-1 烏溪斷面樁資料成果表(TWD97)

樁號	左岸			備註	右岸			備註
	縱坐標(m)	橫坐標(m)	高程(m)		縱坐標(m)	橫坐標(m)	高程(m)	
54	2,655,758.734	217,783.861	91.319	水泥樁	2,656,750.004	218,190.519	90.834	水泥樁
55	2,655,417.68	218,394.64	95.388	水泥樁	2,656,577.11	218,633.39	94.014	水泥樁
55-1	2,655,581.42	218,940.58	104.314	鋼釘	2,656,211.95	219,057.87	101.505	鋼釘
56	2,655,554.92	219,256.23	100.245	水泥樁	2,656,107.07	219,379.15	102.227	水泥樁
57	2,655,772.47	219,965.57	103.687	水泥樁	2,656,159.54	219,914.88	108.195	水泥樁
58	2,656,114.41	220,886.54	112.265	水泥樁	2,656,684.23	220,990.46	133.577	水泥樁
59	2,656,027.81	221,830.85	122.375	水泥樁	2,656,592.24	221,965.24	123.741	水泥樁
60	2,655,662.06	222,882.50	132.536	水泥樁	2,656,105.82	223,117.82	127.651	鋼標
61	2,655,378.57	223,297.78	137.215	水泥樁	2,655,365.23	223,286.93	131.813	鋼標
62	2,654,672.01	223,614.99	137.324	水泥樁	2,654,984.02	223,704.70	141.593	水泥樁
63	2,654,777.35	224,014.70	144.191	鋼標	2,654,768.54	224,006.56	141.378	鋼標
64	2,654,459.77	224,226.99	147.072	鋼標	2,654,418.88	224,171.76	143.427	鋼標
65	2,654,207.31	224,288.74	157.819	鋼標	2,654,209.95	224,277.34	159.538	鋼標
66	2,653,730.62	224,425.29	153.823	鋼標	2,653,743.37	224,443.36	148.299	鋼標
67	2,653,482.36	224,714.90	154.296	鋼標	2,653,471.61	224,703.55	150.973	鋼標
68	2,653,143.69	225,011.35	160.19	鋼標	2,653,418.91	225,393.32	160.738	水泥樁
69	2,652,891.04	225,266.17	163.794	水泥樁	2,653,353.02	225,449.30	164.583	水泥樁
70	2,652,779.66	225,628.74	165.897	鋼標	2,653,316.47	225,852.59	183.732	水泥樁

資料來源：烏溪、眉溪、南港溪、北港溪大斷面測量成果報告書，經濟部水利署，98.12

(二)地形測量

為更進一步探討烏嘴潭攔河堰興建對下游既有構造物之影響，本計畫針對堰址下游之阿罩霧一圳渠首工及茄荖媽助圳渠首工實施地形測量，地形測量面積約50公頃，測量精度1/1,000。其測量範圍及位置如圖3-1-2。

地形測量之主要工作方法如下：

(1)控制系統

- A. 平面坐標系統採用內政部頒佈之台灣地區衛星控制點，坐標系統以TWD-97坐標系統為主，TWD-67坐標系統為輔。
- B. 高程系統採用內政部土地測量局公告之一等水準點。

(2) 水準測量

引測測區鄰近既設之水準點3點，以做為本測區高程控制之依據，使用之前三個水準點應互為檢測，高程檢測採直接水準測量，其精度在 $7\sqrt{K}$ 毫米以內時，視為無誤，可做為本測區高程控制水準點，如精度低於上述標準時，應經校正後始可引用，以此作為測量高程控制之依據。

(3) 地形測量

配合本計畫之需求，測圖比例尺以1/1,000為原則，並以導線點為測圖依據，使用含有記錄器之光波測距經緯儀，實施三次元數值地形測量，將地形、地物以測點方式直接賦予編碼記錄、傳輸、計算、展繪於電腦，並經由Auto CAD直接處理描繪成地形圖，並經現場調繪整合後成圖。全部地形之標高點需能確實表示地貌，構造物測量包括堤防、護岸、橋梁、道路及範圍內建築物。

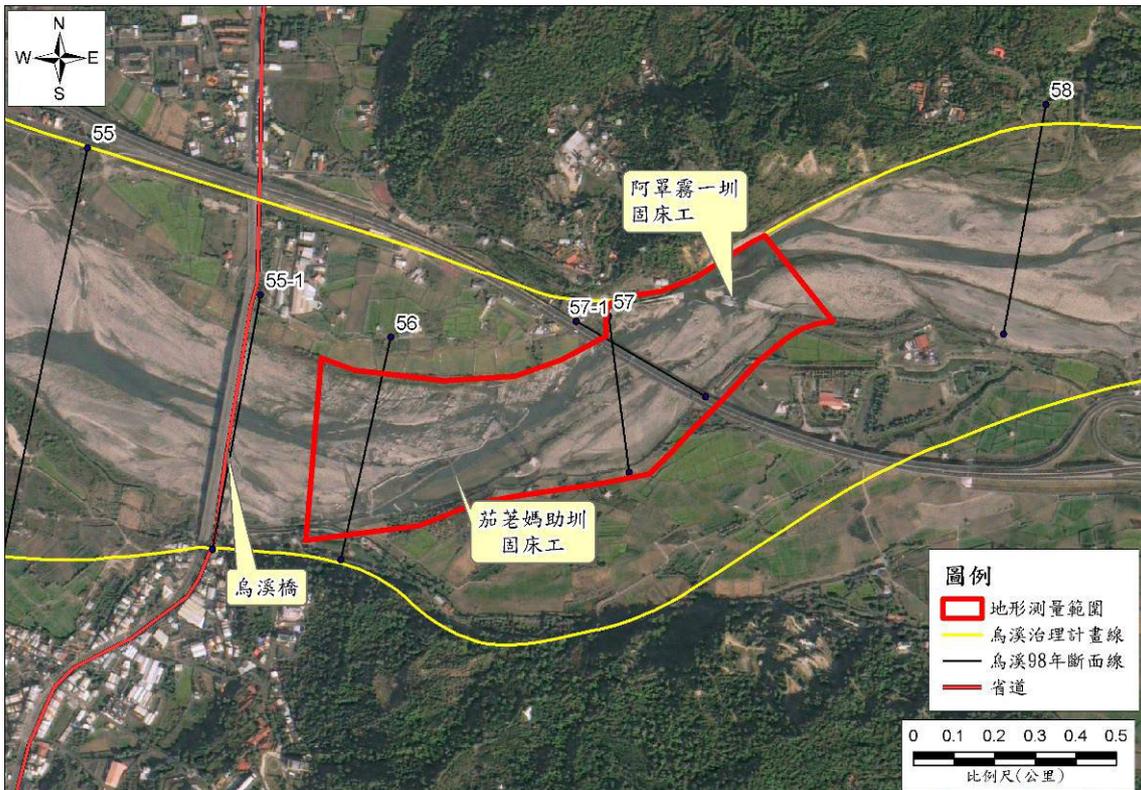


圖 3-1-2 計畫河段地形測量範圍圖

由於民國98年「烏嘴潭人工湖可行性規劃(1/2)-工程可行性規劃」已於本計畫之鄰近區域埋設控制樁，故為與該計畫測量成果有

相同之控制系統以供後續相關工程規劃設計使用，本計畫採用該計畫埋設之控制樁No.06、No.09及No.10做為平面控制點，另以內政部土地測量局公告之一等水準點3103、3104及3105作為高程控制點，上述已知點相關資料如表3-1-2所示，位置如圖3-1-3所示，並於地形測量範圍內埋設控制樁2處GP01及GP02，作為地形測量精度之控制。1/1,000之地形測量成果如圖3-1-4所示。

表 3-1-2 測量控制點資料表

點名	縱座標(m)	橫座標(m)	高程(m)	備註
No.06	2656004.146	221236.836	118.906	已知平面控制點
No.09	2655380.046	221524.178	118.143	已知平面控制點
No.10	2655180.993	221002.785	118.238	已知平面控制點
3103	—	—	76.6874	已知高程控制點
3104	—	—	100.8741	已知高程控制點
3105	—	—	98.4384	已知高程控制點
GP01	2655717.634	219646.932	102.287	新設控制點、直接水準
GP02	2656096.642	219697.725	105.137	新設控制點、直接水準

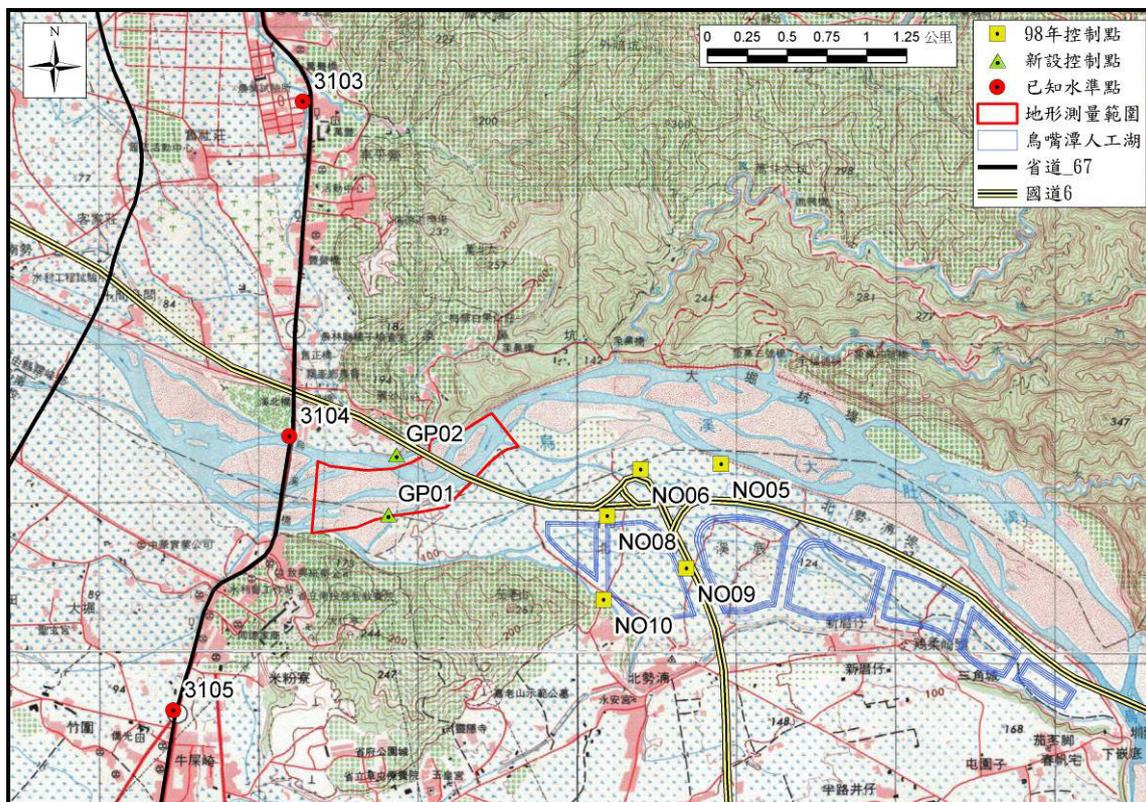


圖 3-1-3 計畫河段測量控制點位置圖

圖 3-1-4 地形測量成果圖

(三)河床質採樣

本計畫因應河道沖淤評估及河道穩定方案研擬之需求，以河床質採樣分析據以瞭解河床質特性。

1.採樣方法

採樣方法原則上以人工搭配機械直接挖掘試驗坑採樣，清除洪水退落時所停留之砂層，滾石或雜物，並將表面雜物剷除，採樣孔為一立方公尺之正方體，同時進行野外粗顆粒篩分析，細粒徑以四分法採取樣品攜回室內分析；並記錄採樣孔尺寸，推算採樣體積，記錄最大石徑之尺寸。

2.採樣位置

本計畫河床質採樣試坑位置及數量擬與原定河道大斷面測量位置相同，為烏溪斷面55-1(烏溪橋)~斷面68(炎峰橋)計15處，但河道大斷面測量基於水理驗算之需求，已由原定15處增為21處；考量增加之河道斷面部分為跨河構造物之上下游斷面(如烏溪橋、炎峰橋等)，其相鄰兩斷面過於接近，於河床質粒徑分布狀況應相去不遠，採樣試坑擬擇其一斷面施作，故河床質採樣試坑由原定15處增加為18處，其採樣斷面為烏溪斷面54~斷面70，共計有18採樣試坑，並擬於各斷面濱水區探勘適當試坑位置，採樣位置如圖3-1-5。河床質採樣分析則依「河床質調查作業參考手冊(草案)，水規所96.12」(如附錄二)相關規定辦理。

3.粒徑分析方式

(1)野外粗顆粒分析

凡大於標準篩3/8吋以上之礫石，分別用3吋、3/2吋、3/4吋及3/8吋之方孔篩，於挖掘現場做篩分析，將各篩上停留之礫石分別秤重記錄，10~30公分以及30公分以上之礫石，則直接使用鋼卷尺量其粒徑並秤重，如圖3-1-6。

(2)細粒徑分析

通過3/8吋之顆粒，秤總重以四分法檢取約五公斤重之樣品，烘乾秤重，再於室內以美國標準篩#4、#8、#16、#30、

#50、#100、#200號分別做篩分析，將各篩上停留之砂秤重記量，依樣品重與採樣總重之比例，換算各粒徑別之停留重量，再與野外粗顆粒分析結果合併，依各粒徑分別算出其停留百分率及通過百分率，分析成果如表3-1-3所示。

(3)粒徑分析成果

將各斷面粒徑停留百分率及通過百分率繪製各斷面粒徑分布圖(如附錄二)，可得知各斷面河床質平均粒徑之尺寸，以及砂質含量(4.76毫米以下粒徑)。透過粒徑組成之資料，利用 Lane、San Luis River、Einstein及 Strickler所提出之公式推估河道曼寧n值作為後續相關分析之依據，推估成果如表3-1-4所示。

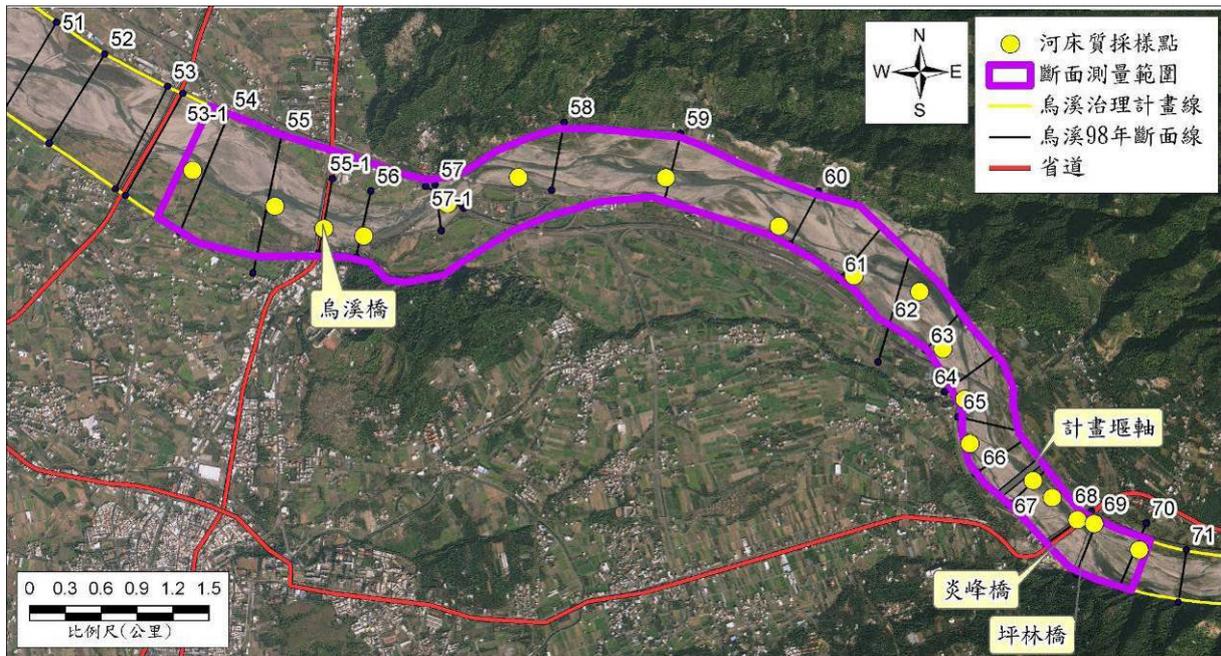


圖 3-1-5 河床質採樣位置圖



圖 3-1-6 河床質粒徑調查示意圖

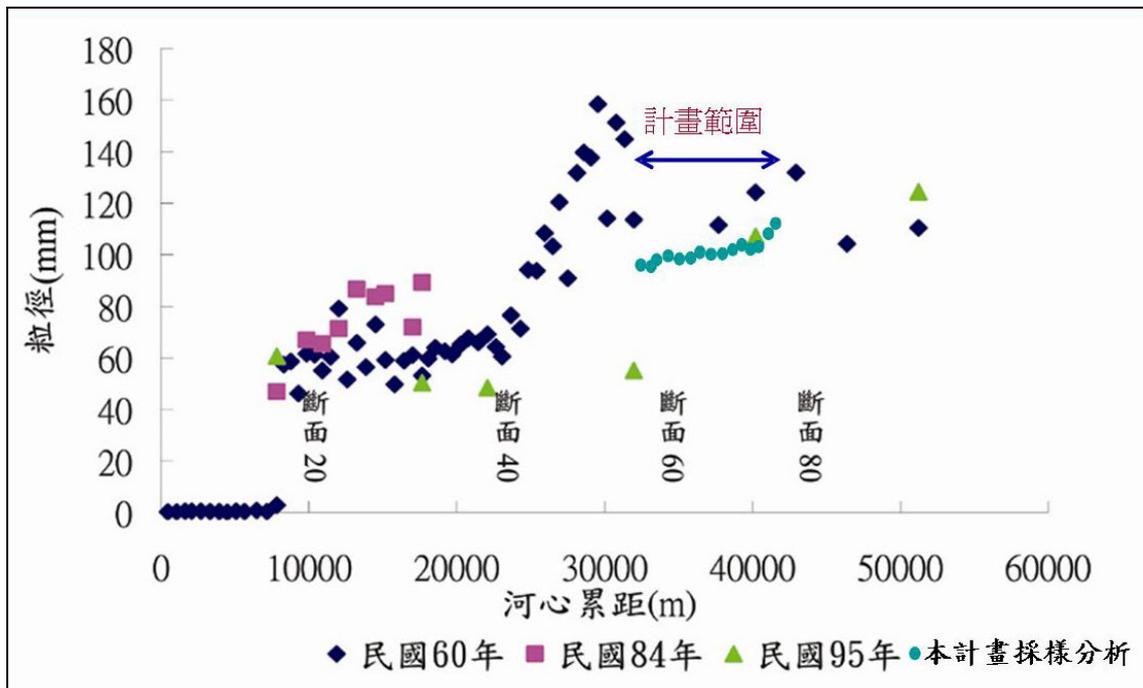
表 3-1-3 河床質採樣粒徑成果表

採樣斷面 編號	D _m (毫米)	代表粒徑(毫米)						砂質含量% <4.76 毫米
		D ₂₀	D ₃₅	D ₅₀	D ₆₅	D ₇₅	D ₉₀	
54	97.93	19.12	81.50	111.22	191.66	245.29	331.53	13.25
55	101.56	22.14	87.18	133.33	205.51	253.63	330.69	13.91
55-1	107.25	35.73	95.60	154.15	219.22	262.60	361.84	8.67
56	104.72	37.48	88.64	132.67	206.42	255.59	353.15	9.56
57	107.01	20.13	72.97	146.98	221.66	271.45	375.20	11.47
58	97.91	11.72	44.50	110.38	198.39	257.05	384.24	15.74
59	111.81	42.17	90.35	146.54	220.80	270.31	373.94	8.19
60	106.23	25.94	89.91	145.93	215.76	262.31	369.62	8.82
61	107.94	19.84	58.35	92.33	187.06	275.18	366.76	12.53
62	110.16	24.04	74.17	98.53	198.93	273.76	411.60	8.75
63	116.95	20.35	65.39	101.82	222.10	301.86	408.87	9.67
64	100.59	29.69	82.34	108.71	192.04	247.60	364.06	14.04
65	100.79	31.63	82.45	110.85	192.80	247.43	368.48	11.00
66	106.94	25.50	73.37	102.12	200.55	265.29	387.29	10.22
67	105.75	38.30	85.30	121.37	202.29	256.24	359.25	8.23
68	103.06	32.39	76.63	99.19	187.12	250.96	342.53	7.45
69	110.59	26.71	82.70	129.35	214.86	271.87	374.47	9.04
70	109.61	12.70	42.17	142.77	224.50	286.25	362.17	15.01

表 3-1-4 河道曼寧粗糙係數計算表

採樣斷面 編號	d ₇₅ (毫米)	d ₆₅ (毫米)	d _m (毫米)	曼寧粗糙係數計算經驗公式			
				Lane 0.015d ₇₅ ^{1/6}	San Luis River 0.0142d ₇₅ ^{1/6}	Einstein 0.0132d ₆₅ ^{1/6}	Strickler 0.015d _m ^{1/6}
54	245.29	191.66	97.93	0.038	0.036	0.032	0.032
55	253.63	205.51	101.56	0.038	0.036	0.032	0.032
55-1	262.60	219.22	107.25	0.038	0.036	0.032	0.033
56	255.59	206.42	104.72	0.038	0.036	0.032	0.033
57	271.45	221.66	107.01	0.038	0.036	0.032	0.033
58	257.05	198.39	97.91	0.038	0.036	0.032	0.032
59	270.31	220.80	111.81	0.038	0.036	0.032	0.033
60	262.31	215.76	106.23	0.038	0.036	0.032	0.033
61	275.18	187.06	107.94	0.038	0.036	0.032	0.033
62	273.76	198.93	110.16	0.038	0.036	0.032	0.033
63	301.86	222.10	116.95	0.039	0.037	0.032	0.033
64	247.60	192.04	100.59	0.038	0.036	0.032	0.032
65	247.43	192.80	100.79	0.038	0.036	0.032	0.032
66	265.29	200.55	106.94	0.038	0.036	0.032	0.033
67	256.24	202.29	105.75	0.038	0.036	0.032	0.033
68	250.96	187.12	103.06	0.038	0.036	0.032	0.032
69	271.87	214.86	110.59	0.038	0.036	0.032	0.033
70	286.25	224.50	109.61	0.039	0.036	0.033	0.033

圖3-1-7為民國60年至95年間，烏溪各斷面之河床質調查成果(烏溪本流河床穩定與治理對策之研究，水利署第三河川局，2006)。



資料來源：烏溪本流河床穩定與治理對策之研究，水利署第三河川局，2006 及本計畫分析整理

圖 3-1-7 烏溪歷年河床平均粒徑比較圖

由上圖可觀察出在本計畫範圍之斷面54~斷面70之間，在民國60年之粒徑分佈大約在110~130毫米之間；而在民國95年，同一區段之河床質粒徑分佈約在55~120毫米之間；而本次採樣分析結果平均粒徑約在97~112毫米(表3-1-4 d_m 欄)，推估可能係為近年來水文及地層活動較多，上游崩塌沖刷變動間接影響下游河床質，且極端水文事件發生率提高，導致輸砂能力改變，也會對河床質分佈造成影響。另可能係為採樣點位選取之差異，因本河段下游(斷面54~55)地處開闊，選點時即有較多之可能性，可能為與前期成果差異之原因。

二、現有防洪及跨河構造物

考量烏嘴潭攔河堰之興建可能改變河道水理特性，進而影響河道穩定及水工構造物之安全性及功能性，先行調查計畫範圍內既有防洪及水工構造物，針對其安全性及功能性加以評估並研擬改善方案，計畫河段防洪及水工構造物調查如表3-2-1~2所示，相關位置如圖3-2-1~2。

計畫河段由烏溪斷面54至斷面70間，跨河構造物計有斷面55-1烏溪橋、斷面57-1國道6號四號橋、國道6號五號橋、斷面68炎峰橋及斷面69平林橋，其詳細資料如表所示。

表 3-2-1 計畫河段防洪及水工構造物調查表

斷面	河心距 (公尺)	現況堤頂高 (EL.公尺)		既設堤防護岸名稱		備註
		左岸	右岸	左岸	右岸	
55-1	31948	104.07	100.60			烏溪橋
56	32213	105.00	102.33		霧峰護岸	
56-5	32691	104.80	102.33			茄荖媽助圳固床工
57	33027	104.63	108.01			國道六號四號橋
57-2	33350	104.63	108.01			阿罩霧一圳固床工
58	34011	114.43	113.77			
59	34941	122.11	123.52	北勢堤防	象鼻坑堤防	
60	36045	132.45	135.00	北勢堤防	大嶠坑堤防	
61	36721	137.03	142.41	北勢堤防		
62	37307	141.39	145.00	北勢堤防		
63	37799	145.14	145.22	北勢堤防		
64	38346	148.13	145.68	北勢堤防		國道六號五號橋
65	38646	154.55	147.22	土城堤防		
66	39016	155.00	152.16	土城堤防	平林二號堤防	
66-5	39094	155.00	152.16	土城堤防	平林二號堤防	烏嘴潭攔河堰
67	39416	155.11	154.66	土城堤防	平林二號堤防	
67-9	39683	160.53	160.58	土城堤防	平林二號堤防	炎峰橋下游
68-1	39705	160.76	160.63	土城堤防	平林二號堤防	炎峰橋上游
70	40302	165.57	183.52			

資料來源：「烏溪流域聯合整體治理計畫」，水利規劃試驗所，92.2

表 3-2-2 計畫河段跨河構造物資料表

橋名	橋長(m)	橋墩(m)	橋寬(m)	橋面 高程(m)	梁底 高程(m)	河道最 深點(m)
烏溪橋	635.00	φ2.4×9 (2.4~3.0)×6	26.17	101.55	99.24	87.05
國道6四號橋	458.15	(φ5.5~φ7.7)×5	24.25	119.00	113.28	95.60
炎峰橋	455.70	(φ2.5~φ3.0)×12	21.12	160.52	158.32	147.02
坪林橋	470.72	2.0×7	5.80	164.08	159.91	147.86

資料來源：烏溪、眉溪、南港溪、北港溪大斷面測量成果報告書(三河局 98.12)

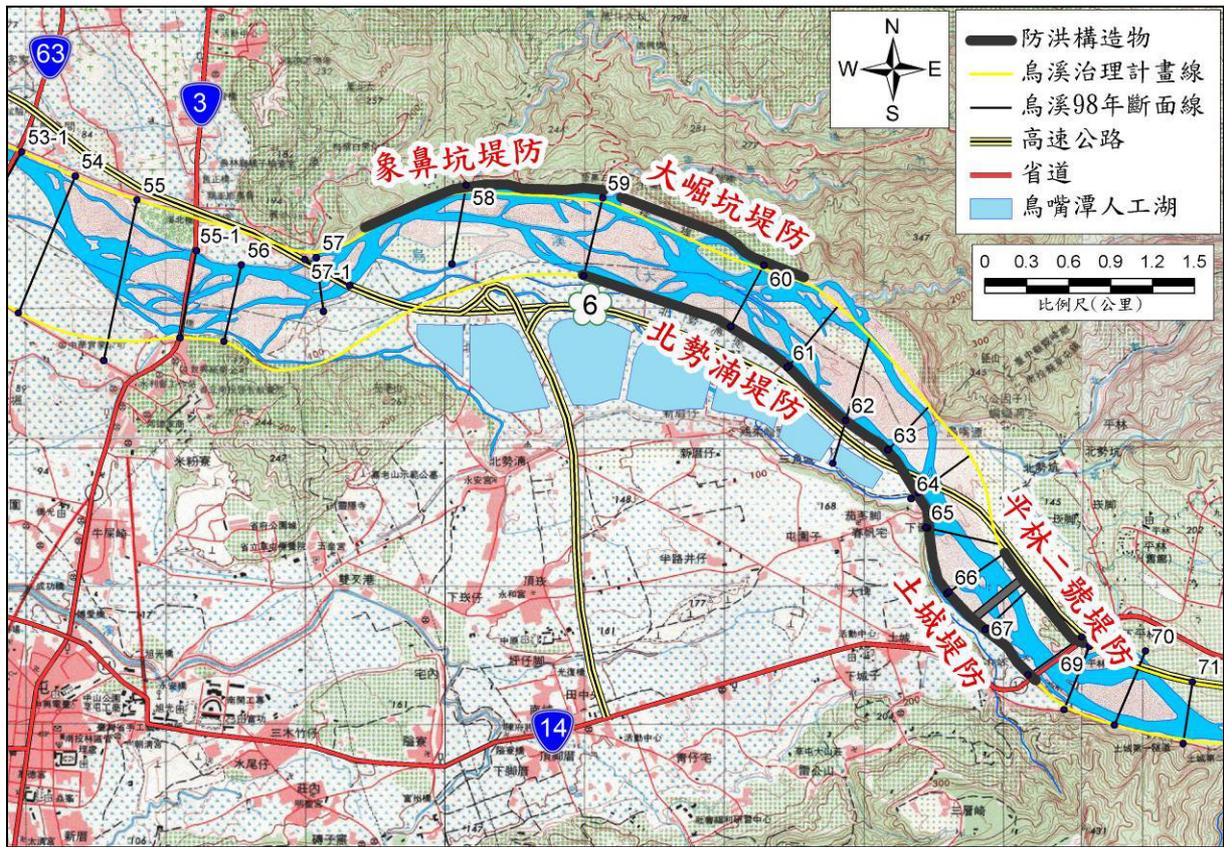


圖 3-2-1 防洪構造物位置示意圖

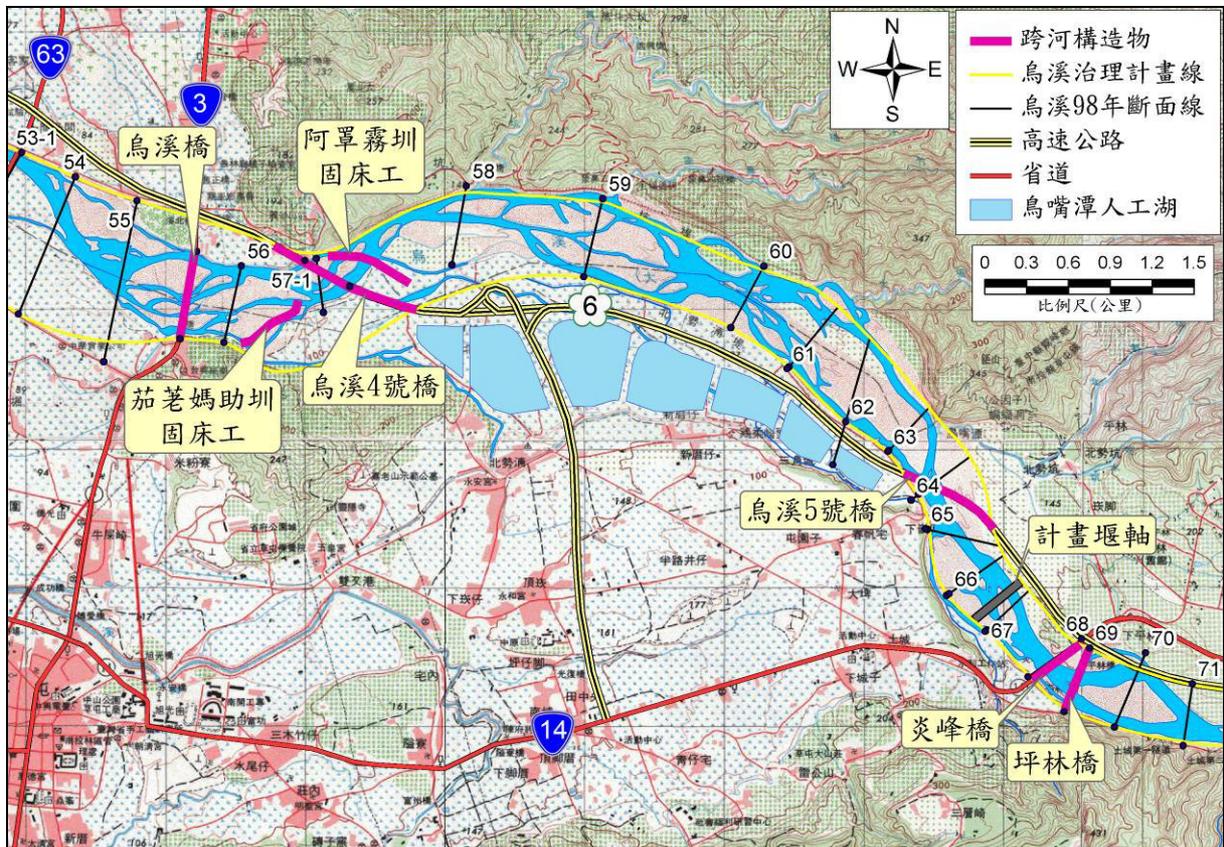


圖 3-2-2 跨河構造物位置示意圖

三、歷年流路變遷及沖淤評估

(一)計畫河段流路變遷

由烏溪橋至烏嘴潭堰河段雖位處西部麓山帶，坡陡流急，但受橫向結構物及地質影響，流路型態多變。為瞭解計畫河段之流路變遷，收集近年之衛星影像如圖3-3-1。初步研判於烏嘴潭計畫堰軸處原即偏左，土城堤防完成後流路即沿土城堤防堤前，並在北投新圳前流向右岸，而本計畫之烏嘴潭堰軸設置於斷面66上游處，即考慮該處流心穩定之因。

惟2004年後土城堤防向下游延長施做，造成流心提前轉向右岸，造成轉向後之流心更偏右，如圖3-3-2。也因此，土城堤防下游段受水流正向衝擊常受損壞，現以柔性之石籠護岸保護，也因流心提前轉向右岸，故南投水利會於97年改善北投新圳渠首工及排砂閘門等以確保北投新圳順利取水。而斷面63以下之中、下游流路則尚稱穩定，無明顯改變。惟本段河道蜿蜒，坡陡流急，在凹岸沖刷上應予加強保護。

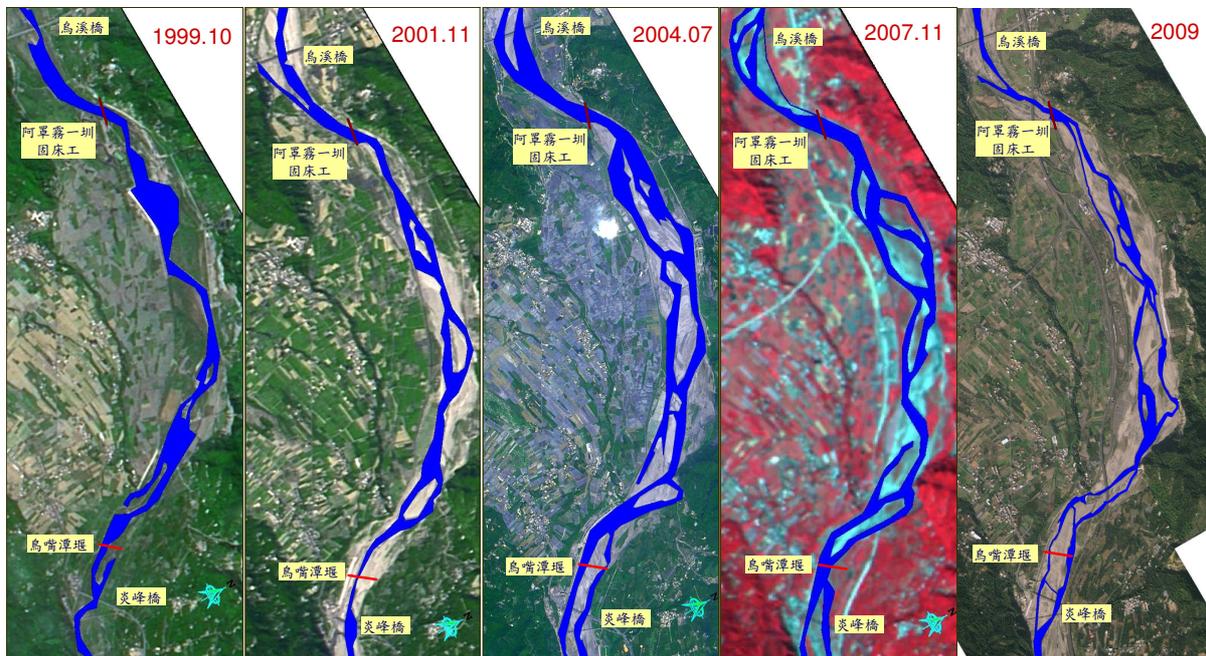


圖 3-3-1 流路變遷衛星影像比對示意圖

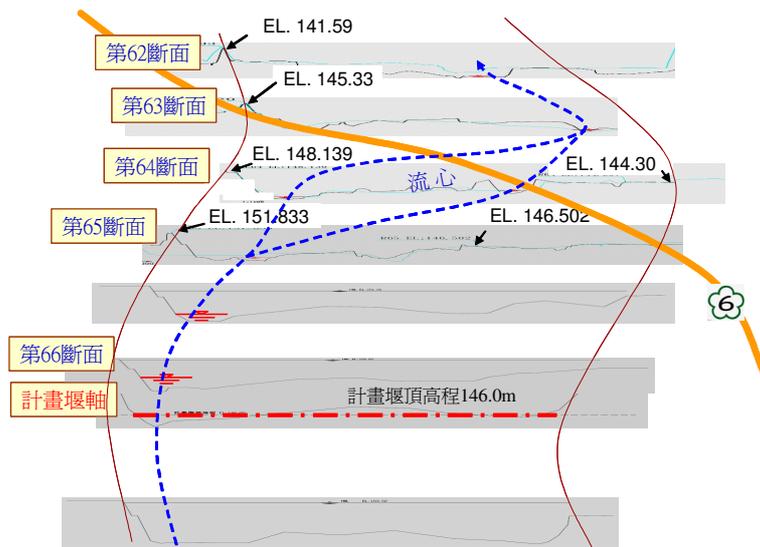


圖 3-3-2 断面 64 流心轉向示意圖

(二) 計畫河段縱坡變化

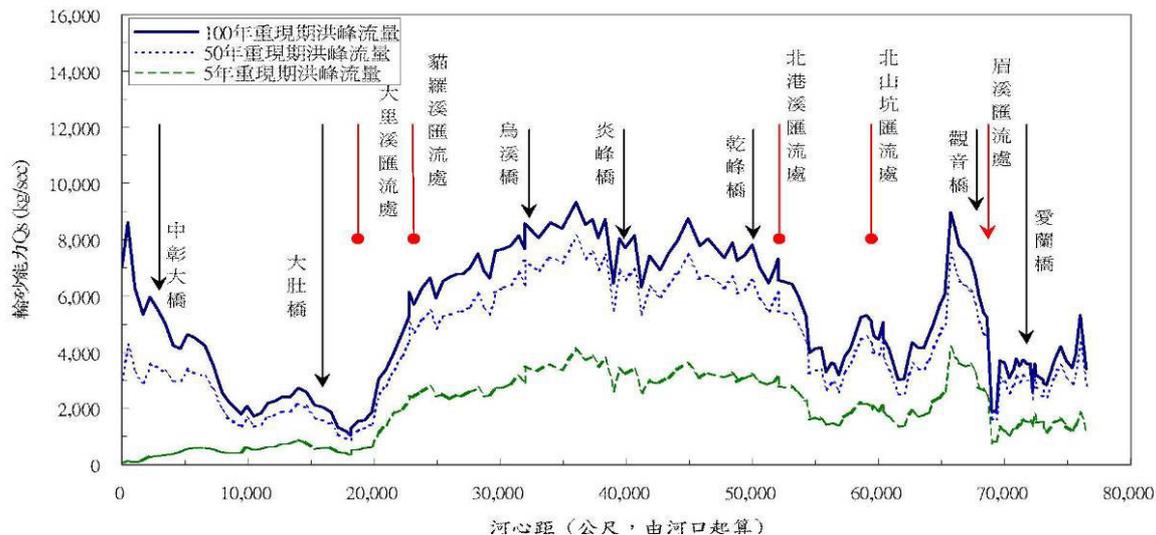
計畫河段歷年河道大断面測量之平均河床高程變化，如圖3-3-3，921震後計畫河段全段平均坡降約在0.0077~0.0078，較921震前之0.0074為大，推斷是地震過後烏溪橋上游河床抬升之故。

其中，阿罩霧圳渠首工下游於921震災前坡降較計畫河段全段為緩，惟受地震河床抬昇影響，平均坡降反較全段為大，而河道縱坡逐年增加，可能受固床工之上游淤積、下游刷深影響所致；另阿罩霧圳渠首工上游平均坡降則較為穩定，断面58~66間約在0.0071；断面66~70間則約在0.0083，惟此區段受地震影響，921地震後平均坡降有大幅增加。

(三) 計畫河段河道沖淤變化

因烏溪主河道受921震災影響，河道輸砂量增加，參考「烏溪流域聯合整體治理規劃(水利規劃試驗所，92年2月)」之成果如圖3-3-4，本計畫區段之輸砂能力較烏溪其他河段為大，研判應係本計畫河段流量大、坡度較陡且河道蜿蜒屬瓣狀河道所致，惟因輸砂能力相近，河床較穩定。

圖 3-3-3 計畫河段歷年縱坡變化比較圖



資料來源：烏溪流域聯合整體治理規劃(水利規劃試驗所，92年2月)

圖 3-3-4 烏溪主流各河段輸砂能力縱斷面變化圖

為瞭解河道之沖淤趨勢，蒐集近年來各單位所辦理之烏溪相關計畫所施測之河道斷面基本資料進行比較，含辦理之計畫名稱、施測日期及辦理單位表列如表3-3-1所示。其中75年測量成果為921地震前資料，因地震後烏溪河床高程變化除受河道自然沖淤外，亦受地震河床隆昇之影響，因此僅作參考而不做比較。故以地震後89~98年測量成果，在比較平均河床高及斷面變化上較為客觀。

以河道大斷面測量之平均高程差異推估計畫河段沖淤現況如表3-3-2及圖3-3-5所示。計畫河段於921地震後仍屬下刷之河段，89年~96年間除斷面64外均為沖刷之現象，應與地震河床抬升且上游土砂下移有關，96年~98年間則呈沖淤互現之情形，區段間沖淤之差異說明如下：

(1) 烏溪橋上游~阿罩霧固床工(斷面55-1~斷面58)

本區段河道歷年記錄均呈現下刷之現象，斷面56~57間平均沖刷深度甚至達3.0m，應與阿罩霧固床工攔阻上游淤砂造成下游淘刷所致。

(2) 阿罩霧固床工~國道六號烏溪五號橋(斷面58~斷面64)

本區段河道則呈現淤積沖刷互現，89年至96年間，全段均下刷，其中斷面61~63間下刷深度超過1.0m，96年後本河段則均呈現淤積現象，其中斷面58~60(阿罩霧固床工上游)及斷面62~64(國道六號烏溪五號橋下游)淤積情形較為明顯。

(3)國道六號烏溪五號橋~炎峰橋下游(斷面64~斷面70)

本河段現況均呈沖刷，其中斷面64~65間刷深情形較為明顯，自89年~98年累積刷深近2.0公尺。

表 3-3-1 歷年河道大斷面施測計畫表

計畫名稱	施測日期	施測範圍	施測單位
烏溪本流及支流眉溪治理規劃	75.11	河口至舊觀音橋(0~130)	前台灣省水利局規劃總隊
烏溪水系九二一地震災後治理規劃檢討	89.11	烏溪橋至舊觀音橋(55-1~130)	經濟部水利署水利規劃試驗所
烏溪水系(本流及支流貓羅溪)河道沖淤調查計畫	96.04	河口至舊觀音橋(0~130)	經濟部水利署第三河川局
烏溪、眉溪、南港溪、北港溪大斷面測量-測量成果報告書	98.12	河口至舊觀音橋(0~127.52)	經濟部水利署第三河川局

表 3-3-2 計畫段河道大斷面沖淤差異成果

斷面編號	河心累距(m)	斷面寬(m)	平均河床高(EL.m)				89~96			96~98			89~98		
			75年	89年	96年	98年	平均河床高差(m)	斷面間沖淤體積(10 ⁵ m ³)	斷面間平均沖淤深(m)	平均河床高差(m)	斷面間沖淤體積(10 ⁵ m ³)	斷面間平均沖淤深(m)	平均河床高差(m)	斷面間沖淤體積(10 ⁵ m ³)	斷面間平均沖淤深(m)
55	31,456	1,081	88.69	88.56	88.54	88.93	-0.02	-	-	0.39	-	-	0.37	-	-
55-1	31,948	612	93.94	92.75	90.91	89.99	-1.84	-2.82	-0.68	-0.92	-0.35	-0.08	-2.76	-3.17	-0.76
56	32,213	565	97.32	97.06	95.06	94.13	-2.00	-2.99	-1.92	-0.93	-1.44	-0.92	-2.93	-4.43	-2.84
57	33,027	325	100.45	99.77	98.38	97.66	-1.39	-6.44	-1.78	-0.72	-3.09	-0.85	-2.11	-9.53	-2.63
58	34,011	549	108.25	110.16	108.76	109.89	-1.40	-6.00	-1.40	1.13	1.90	0.44	-0.27	-4.10	-0.95
59	34,941	560	113.79	114.33	115.19	115.62	0.86	-1.33	-0.26	0.43	4.00	0.78	1.29	2.67	0.52
60	36,045	500	122.24	125.50	123.93	124.04	-1.57	-1.67	-0.29	0.11	1.63	0.28	-1.46	-0.04	-0.01
61	36,721	634	127.58	130.28	129.65	129.95	-0.63	-4.00	-1.04	0.30	0.83	0.22	-0.33	-3.17	-0.83
62	37,307	690	132.61	133.94	132.07	133.05	-1.87	-4.95	-1.28	0.98	2.54	0.65	-0.89	-2.41	-0.62
63	37,799	355	135.45	134.51	136.66	135.90	2.15	-1.30	-0.50	-0.76	1.00	0.39	1.39	-0.30	-0.12
64	38,346	351	140.30	142.02	141.34	140.40	-0.68	1.43	0.74	-0.94	-1.64	-0.85	-1.62	-0.21	-0.11
65	38,646	333	142.70	144.16	142.96	142.02	-1.20	-0.96	-0.93	-0.94	-0.96	-0.94	-2.14	-1.92	-1.87
66	39,016	421	144.24	147.03	147.10	146.55	0.07	-0.68	-0.49	-0.55	-1.01	-0.72	-0.48	-1.69	-1.21
67	39,416	393	147.61	150.30	149.31	148.62	-0.99	-0.72	-0.44	-0.69	-1.01	-0.62	-1.68	-1.72	-1.06
68	39,694	455	149.29	152.64	151.95	151.60	-0.69	-0.98	-0.83	-0.35	-0.60	-0.51	-1.04	-1.58	-1.34
69	39,912	489	152.04	154.03	153.32	152.70	-0.71	-0.72	-0.70	-0.62	-0.50	-0.49	-1.33	-1.22	-1.19
70	40,302	580	154.48	157.38	157.56	157.36	0.18	-0.47	-0.23	-0.20	-0.82	-0.39	-0.02	-1.29	-0.62

備註：“+”為淤積、“-”為沖刷

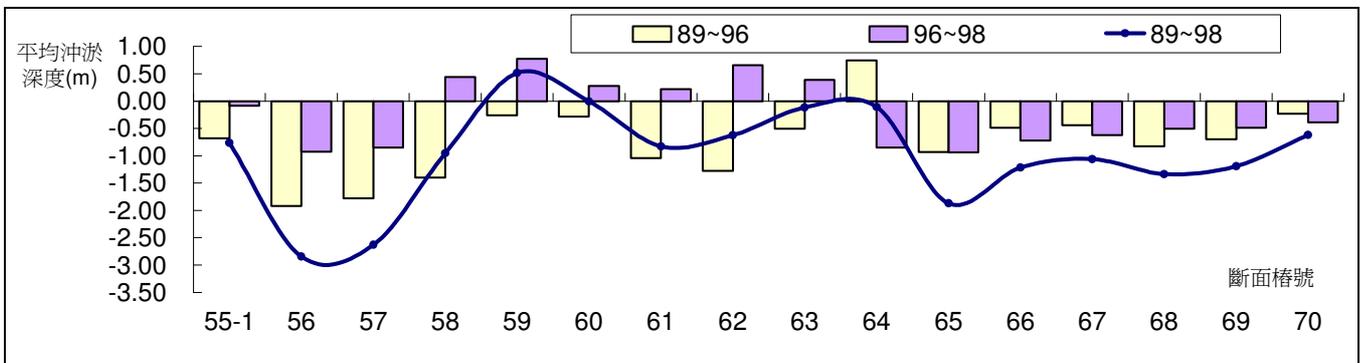


圖 3-3-5 烏溪橋上游至炎峰橋下游間河道沖淤變化

四、計畫河段可能災害潛勢評估

(一)現況關鍵問題

位於計畫區域內主要有車籠埔斷層及隘寮斷層二活動斷層，其中車籠埔斷層線由烏溪橋北側第三、四橋墩之間通過，於民國88年發生921大地震，車籠埔斷層錯動，造成地盤抬昇近2公尺，烏溪橋橋面板因此掉落，交通中斷。

因地震抬昇地盤，河道狀況由穩定轉為不穩定的狀態，導致全河段屬於下刷之趨勢(請參閱圖3-3-3 計畫河段歷年縱坡變化比較圖)。其中，水利會所屬之茄荖媽助圳及阿罩霧圳渠首工也因地震而受損毀壞，導致取水功能受到影響，於災後修補完成後，卻又因921震後河床呈現不斷刷深的趨勢與近年洪患發生次數的增加，圳路為維持取水之功能，渠首工即不斷的補築及加固，而形成日前之規，而造成渠首工上下游之落差增加。

又地震導致該區域之錦水頁岩出露，再加上渠首工上下游高差之影響，能量大、流速快，於下游形成軟岩下切、河道護甲層流失的狀況。而上下游高低落差愈大，向源侵蝕之現象也愈趨明顯，故將危及到渠首工本體之穩定性。

(二)計畫河段控制因素

因渠首工為抬高水位，其上游側流速將減緩且攔阻砂石，長期將使上游呈現淤積之趨勢。由本計畫河段來看，可將阿罩霧圳渠首工視為一控制斷面，其下游淘刷、上游淤積之狀況可由縱斷面圖中很明顯的發現，其目前之影響範圍大約可達國道六號烏溪五號橋。烏嘴潭預定堰址處(炎峰橋下游約600公尺)屬本計畫河段內之上游，距離阿罩霧圳渠首工約6公里，此區域河槽現況呈現沖刷之現象。

以現況觀察出阿罩霧圳渠首工上游之淤積範圍雖不及攔河堰預定堰址，但以均夷河段之概念來看，預定堰址附近河道之穩定也非完全不受阿罩霧圳渠首工之影響。

(三) 災害潛勢

將阿罩霧圳渠首工下游於民國89年至98年之平均河床高程及年平均下刷深度列表說明，如表3-4-1。

表 3-4-1 阿罩霧圳渠首工下游河段年下刷速率

斷面	平均河床高程(EL.m)			年下刷速率(m/年)	
	89年	96年	98年	89~96年	96~98年
55	88.56	88.54	88.93	-0.003	0.195
55-1	92.75	90.91	89.99	-0.263	-0.460
56	97.06	95.06	94.13	-0.286	-0.465
57	99.77	98.38	97.66	-0.199	-0.360

註：“-”表示下刷

由上表中可知，於民國96年阿罩霧圳渠首工修補成全斷面剛性構造物後，其下游之年沖刷速率由每年下刷0.003~0.286公尺增加到每年下刷0.360~0.465公尺，約增加為96年前之兩倍。

以目前水利會所構築之兩道渠首工(茄荖媽助圳、阿罩霧圳)之狀況評估，因其皆採混凝土塊之方式施設，且並無打設基礎，不斷的向源侵蝕可能將導致渠首工基礎淘空，造成渠首工崩壞。

茄荖媽助圳依其竣工圖顯示混凝土塊至少入岩50公分，現況地形也符合此一情況，假若維持現況不施設保護措施，依96~98年軟頁岩下切速率，初估約兩年後渠首工底部將淘空潰損，並向上游發展至阿罩霧圳渠首工之穩定性。

第肆章 水文分析及輸砂量評估

一、水文分析

依據「烏溪水系治理基本計畫(台灣省水利局, 80.03)」, 烏嘴潭攔河堰堰址100年重現期距洪峰流量為9,800秒立方公尺, 而前期「烏溪烏嘴潭人工湖可行性規劃(1/2)-工程可行性規劃(水規所, 98.12)」烏嘴潭攔河堰堰址100年重現期距洪峰流量為13,450秒立方公尺; 由於二次流量分析成果差距甚大, 故有其必要針對此一問題進行更詳細之研究與探討, 特納入水文分析作為本次工作項目之一。

(一) 降雨分析

集水區鄰近計有白鹿、頭汴坑、草屯(4)、八仙山(1)、清流(1)、北山(2)、翠巒、翠峰、惠蓀(2)及凌霄等雨量站, 本計畫採徐昇氏法及等雨量線法以上述雨量站民國39~99年之日雨量紀錄推估計畫範圍之最大一日及二日暴雨量。再以二參數對數常態分布、三參數對數常態分布、皮爾遜三型分布、對數皮爾遜三型、極端值一型分布等5種方式進行頻率分析。雨量站位置如圖4-1-1所示。

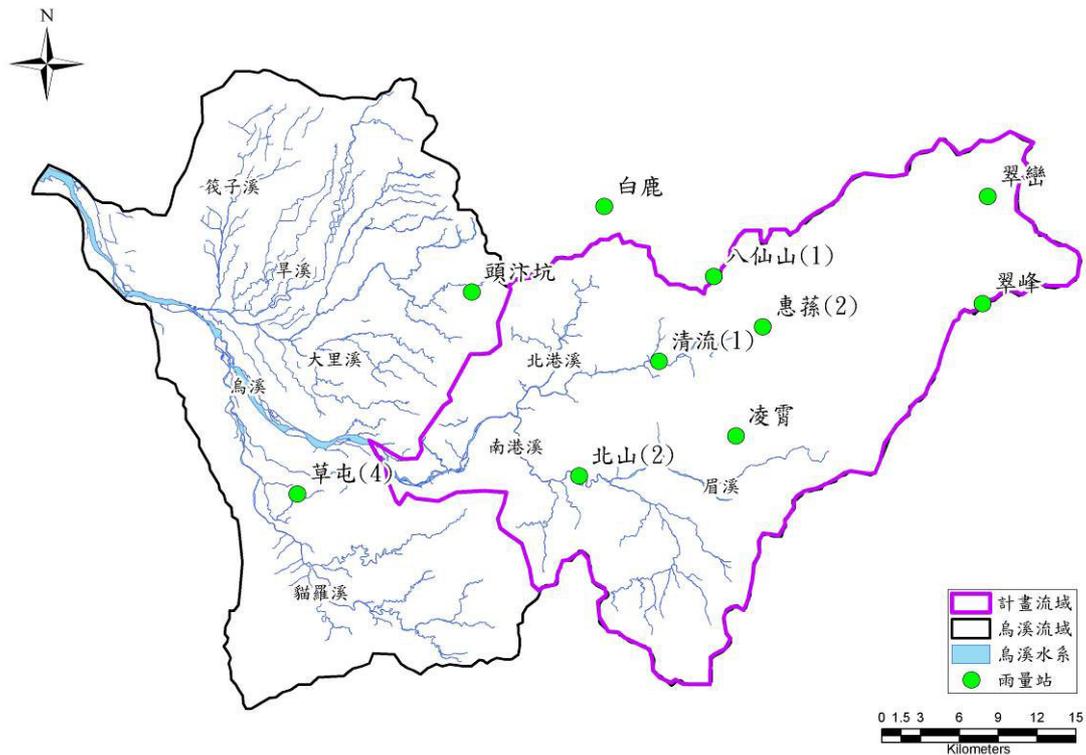


圖 4-1-1 計畫區雨量站位置圖

表 4-1-1 雨量站資料表

站名	站號	橫坐標(TWD67)	縱坐標(TWD67)	記錄年限
惠蓀(2)	1430P104	252447	2665278	1983~2010
八仙山(1)	1420P081	248674	2669203	1989~2010
頭汴坑	1430P097	229970	2667989	1969~2010
翠巒	1430P071	269847	2675462	1946~1948,1950~2010
翠峰	1510P105	269429	2667093	1965~2006,2010
草屯(4)	1430P095	216504	2652224	1969~2010
北山(2)	1430P096	238266	2653632	1969~2010
清流(1)	1430P004	244431	2662574	1946~2010
凌霄	1430P105	250395	2656755	1983~1994
白鹿	WR1204	240204	2674666	2000~2005,2008~2010

資料來源：經濟部水利署水文水資源資料管理供應系統

1. 徐昇氏法

以上述之白鹿、頭汴坑、草屯(4)、八仙山(1)、清流(1)、北山(2)、翠巒、翠峰、惠蓀(2)及凌霄雨量站等日雨量紀錄以徐昇氏法求取各年之最大一日、二日暴雨，作為後續頻率分析之用，計畫區徐昇氏網如圖4-1-2所示，最大一日、二日暴雨成果如表4-1-2、表4-1-3所示。

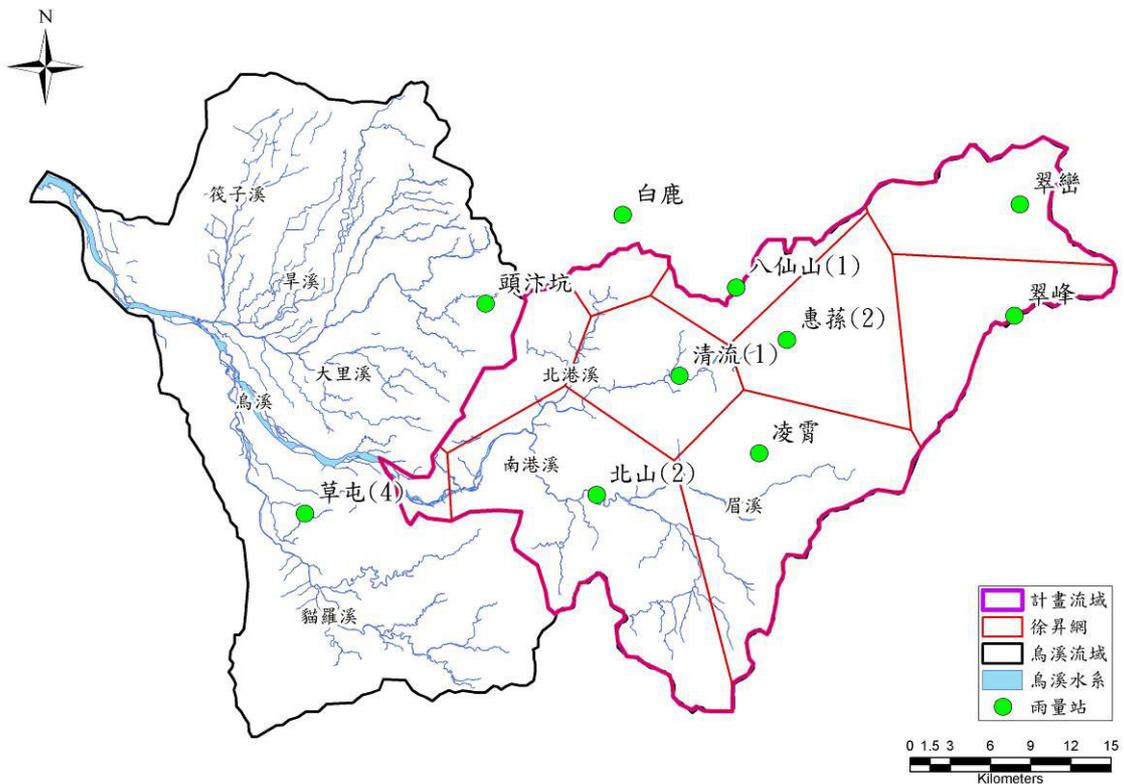


圖 4-1-2 計畫區雨量站徐昇氏網圖

表 4-1-2 最大一日暴雨成果表(徐昇氏法)

年	月	起日	迄日	八仙山(1)	北山(2)	白鹿	凌霄	草屯(4)	清流(1)	惠蓀(2)	翠峰	翠巒	頭汴坑	徐昇氏法 平均雨量
權重				4.06%	24.65%	2.38%	18.53%	1.55%	9.89%	12.90%	10.26%	10.15%	5.63%	
39	7	9	9	53.90	35.40	41.50	56.30	26.30	38.30	45.90	29.50	26.00	37.00	40.20
40	5	15	15	116.50	73.70	85.30	118.40	50.80	83.50	99.00	130.30	136.00	75.80	100.12
41	7	18	18	137.30	86.40	99.80	139.00	58.90	98.50	116.60	99.10	102.00	88.70	106.21
42	8	16	16	272.80	169.30	194.60	273.20	112.00	196.30	231.50	126.90	132.30	172.50	195.24
43	4	17	17	114.00	72.20	83.50	115.90	49.80	81.70	96.90	5.70	0.00	74.30	72.01
44	9	3	3	322.50	199.60	229.30	322.30	131.40	232.10	273.50	70.70	71.00	203.20	213.65
45	9	16	16	448.70	276.90	317.60	447.40	180.80	323.20	380.50	13.90	9.00	281.30	278.96
46	6	5	5	348.50	215.60	247.50	348.20	141.60	250.90	295.60	16.90	12.30	219.30	218.18
47	5	22	22	145.90	91.70	105.80	147.50	62.30	104.70	123.90	41.00	38.60	94.00	99.10
48	8	8	8	551.40	339.70	389.40	549.10	220.90	397.30	467.60	22.60	18.50	344.90	343.79
49	7	31	31	571.80	352.10	403.60	569.30	228.90	412.00	484.80	189.60	200.70	357.50	391.89
50	3	24	24	94.80	60.40	70.10	96.80	42.30	67.80	80.60	74.80	75.50	62.30	74.95
51	8	5	5	220.90	137.50	158.30	221.70	91.60	158.80	187.40	189.10	200.20	140.40	176.64
52	9	11	11	422.40	260.80	299.20	421.30	170.50	304.20	358.20	97.60	100.30	265.10	280.68
53	6	2	2	160.70	100.70	116.20	162.10	68.10	115.40	136.50	11.00	5.80	103.20	101.75
54	8	19	19	264.10	164.00	188.50	264.60	108.50	190.00	224.10	116.10	60.30	167.10	181.49
55	8	16	16	429.40	265.10	304.10	428.30	173.20	309.30	364.20	209.20	142.50	269.40	300.73
56	5	22	22	183.60	114.70	132.20	184.80	77.00	131.90	155.80	182.50	138.00	117.30	146.79
57	6	10	10	148.90	93.50	108.00	150.50	63.50	106.90	126.50	128.00	131.50	95.90	119.31
58	9	26	26	213.80	167.00	192.70	214.70	86.10	153.70	181.50	184.00	207.00	169.00	183.57
59	9	6	6	477.10	422.00	728.60	475.50	286.00	343.70	404.60	30.90	312.00	648.00	390.78
60	9	22	22	187.10	186.00	208.30	188.20	80.30	134.40	158.80	186.10	162.80	183.00	174.22
61	6	12	12	454.50	427.00	997.10	453.20	144.20	327.40	385.50	87.70	61.40	888.00	380.99
62	7	18	18	220.20	84.30	63.60	221.00	17.00	158.30	186.90	221.80	138.70	53.60	152.07
63	8	23	23	425.00	158.60	134.50	423.90	12.00	306.10	360.40	81.50	52.50	117.00	235.33
64	6	11	11	176.00	87.10	154.60	177.20	128.50	126.40	149.40	146.50	115.00	135.00	133.20
65	8	9	9	410.00	282.40	365.00	409.10	150.60	295.30	347.80	249.00	129.00	323.00	303.98
66	7	31	31	300.10	289.00	305.70	300.20	127.00	216.00	254.60	233.00	236.00	270.00	265.56
67	7	31	31	232.60	128.50	69.60	233.40	28.00	167.30	197.40	216.50	98.00	59.00	163.95
68	8	24	24	382.50	331.50	141.80	381.80	85.00	275.40	324.40	371.40	200.30	123.50	307.16
69	8	27	27	155.20	370.00	163.60	156.70	287.00	111.40	131.80	420.30	219.00	143.00	236.31
70	7	19	19	369.20	215.30	319.10	368.60	143.00	265.80	313.10	196.00	165.50	282.00	265.64
71	5	31	31	300.10	120.10	216.20	300.20	66.20	216.00	254.60	141.00	102.60	190.00	193.37
72	6	3	3	389.30	138.50	295.80	410.00	137.40	242.60	347.00	332.80	183.00	261.20	271.27
73	6	3	3	221.80	88.30	49.30	217.50	3.20	144.40	197.30	294.00	178.20	40.90	162.58
74	8	22	22	282.20	153.50	205.50	361.50	57.30	199.00	251.30	155.00	124.50	180.50	212.86
75	8	22	22	140.70	162.00	207.20	176.00	98.50	145.90	124.80	95.80	83.00	182.00	143.75
76	7	27	27	274.10	171.80	138.60	230.00	132.20	184.90	244.10	163.30	132.00	120.70	188.17
77	5	22	22	215.50	140.80	150.20	165.50	104.80	142.80	191.70	203.00	177.50	131.00	164.39
78	9	12	12	401.00	250.70	232.80	573.20	199.50	243.60	333.50	184.00	148.80	461.00	319.97
79	8	19	19	529.00	257.20	305.00	751.00	372.00	300.00	429.00	324.00	560.00	386.00	433.89
80	6	24	24	171.00	142.50	103.10	139.00	132.00	116.00	133.00	126.00	168.00	135.00	138.53
81	8	30	30	170.00	141.50	102.50	253.00	73.00	134.00	195.00	172.00	159.00	164.00	173.66
82	5	27	27	257.00	127.50	151.60	204.00	98.00	205.00	212.00	195.00	148.00	110.00	173.64
83	8	8	8	324.00	337.00	189.40	624.00	102.00	373.00	532.00	418.00	579.00	315.00	442.85
84	6	9	9	158.00	112.00	95.70	163.00	189.00	116.00	123.00	112.00	113.00	154.00	128.40
85	8	1	1	275.00	241.00	161.70	227.50	211.00	163.00	254.00	183.00	189.00	215.00	218.80
86	8	18	18	286.00	61.00	167.90	223.40	18.00	160.00	259.00	130.00	111.00	89.00	151.17
87	2	20	20	119.00	83.00	73.70	109.40	64.00	77.00	107.00	130.00	122.00	54.00	98.49
88	5	27	27	183.00	94.00	109.80	160.20	99.00	114.00	159.00	154.00	177.00	123.00	136.91
89	6	13	13	119.00	94.00	111.50	150.60	88.00	107.00	143.00	194.00	186.00	0.00	127.74
90	7	30	30	376.00	341.00	181.00	477.30	240.00	345.00	332.00	350.00	260.00	197.00	346.13
91	6	11	11	180.00	85.00	112.00	198.70	17.00	142.00	151.00	54.00	62.00	24.00	114.72
92	6	12	12	188.00	94.00	161.00	147.90	69.00	105.00	106.00	107.00	110.00	108.00	115.39
93	7	3	3	455.30	281.00	411.00	422.40	176.00	305.00	406.00	352.00	591.00	290.00	373.50
94	7	19	19	390.40	304.00	312.00	398.50	233.00	258.50	348.00	309.00	292.00	0.00	307.46
95	6	9	9	482.20	286.00	268.70	513.00	224.00	371.00	430.00	412.00	362.00	237.00	379.52
96	8	13	13	305.00	155.00	178.60	226.10	39.00	162.00	296.00	209.10	222.00	164.00	204.77
97	9	14	14	769.00	388.00	502.00	511.60	288.00	370.00	569.00	444.00	426.00	352.00	456.68
98	8	9	9	678.00	427.00	498.00	528.10	267.00	382.00	512.00	353.00	397.00	354.00	446.90
99	5	23	23	178.00	126.00	109.50	195.90	87.00	140.00	159.00	182.00	140.00	135.00	153.38

表 4-1-3 最大二日暴雨成果表(徐昇氏法)

年	月	起日	迄日	八仙山(1)	北山(2)	白鹿	凌霄	草屯(4)	清流(1)	惠蓀(2)	翠峰	翠巒	頭汴坑	徐昇氏法 平均雨量
				面積權重 4.06%	24.65%	2.38%	18.53%	1.55%	9.89%	12.90%	10.26%	10.15%	5.63%	
39	6	12	13	94.70	62.80	73.80	99.70	47.50	67.20	80.80	63.50	57.00	66.00	73.38
40	5	15	16	233.20	147.50	170.60	236.90	101.60	167.10	198.10	256.00	267.00	151.70	199.35
41	7	18	19	258.00	162.60	188.00	261.40	111.30	185.00	219.20	133.20	133.00	167.00	188.33
42	8	16	17	290.70	182.60	210.90	293.80	124.10	208.60	246.90	239.20	248.70	187.30	231.01
43	7	1	2	110.80	72.60	85.10	115.60	53.80	78.80	94.40	99.50	96.20	76.00	90.90
44	7	22	23	355.40	222.20	256.10	357.90	149.50	255.30	301.70	142.30	142.90	227.30	250.00
45	9	16	17	513.00	318.60	366.30	514.00	211.10	369.00	435.30	176.70	180.50	324.80	353.98
46	6	5	6	498.70	309.90	356.30	499.90	205.50	358.70	423.20	179.10	183.10	316.00	345.75
47	5	22	23	201.80	128.30	148.70	205.80	89.40	144.50	171.60	94.40	90.70	132.30	145.65
48	8	8	9	639.40	395.90	454.70	639.20	260.60	460.20	542.40	102.10	99.10	403.00	415.56
49	7	31	1	714.30	441.80	507.10	713.50	289.90	514.30	605.90	696.50	747.70	449.40	588.36
50	3	24	25	185.20	118.10	137.10	189.40	82.90	132.50	157.50	159.90	162.20	122.00	149.43
51	7	21	22	324.90	203.60	234.80	327.70	137.50	233.30	275.90	70.90	65.00	208.40	216.09
52	9	10	11	702.60	434.50	498.90	701.80	285.30	505.80	595.90	135.30	135.30	442.10	461.37
53	6	2	3	215.30	136.50	158.10	219.10	94.60	154.20	183.00	22.50	12.20	140.60	138.54
54	8	18	19	397.10	247.70	285.30	399.20	165.80	285.40	337.10	248.30	145.50	253.10	286.72
55	8	16	17	779.30	481.50	552.60	777.80	315.30	561.20	661.00	275.20	229.20	489.60	532.33
56	5	22	23	273.40	172.00	198.70	276.70	117.40	196.10	232.20	258.50	194.40	176.50	216.86
57	6	9	10	271.30	170.80	197.30	274.60	116.50	194.60	230.40	227.00	236.50	175.30	216.63
58	9	26	27	223.50	170.80	197.40	227.20	89.50	160.10	189.90	192.40	223.40	170.00	191.68
59	9	6	7	649.20	515.90	942.50	648.90	403.50	467.30	550.70	79.40	454.00	836.00	521.00
60	9	22	23	206.40	196.00	239.90	210.40	90.10	147.80	175.50	215.30	168.20	208.00	190.92
61	6	12	13	572.00	747.40	1088.50	572.50	338.20	411.60	485.30	129.90	88.90	966.50	524.77
62	7	17	18	265.30	126.80	145.50	268.70	49.60	190.30	225.40	296.50	192.20	123.60	200.83
63	8	22	23	700.80	280.40	218.10	700.00	51.00	504.50	594.40	308.00	271.50	188.50	429.61
64	6	11	12	219.20	111.90	228.70	223.00	157.50	157.00	186.30	182.00	144.50	198.00	169.74
65	7	3	4	829.80	500.50	510.60	827.80	480.00	597.60	703.70	372.00	314.10	450.00	575.31
66	7	30	31	318.50	302.90	358.50	321.40	138.50	228.70	270.50	247.50	248.50	314.00	283.64
67	7	31	1	380.20	151.80	132.50	382.50	50.70	273.20	322.70	376.00	268.00	112.00	268.40
68	8	23	24	544.60	407.20	208.30	545.30	111.50	391.80	462.00	483.20	261.40	179.80	414.79
69	8	27	28	267.90	416.20	566.60	271.30	414.80	192.20	227.60	586.40	305.60	500.00	351.36
70	9	1	2	757.30	215.20	261.10	756.00	139.00	545.30	642.30	236.50	199.50	227.00	426.33
71	5	30	31	479.70	257.50	305.90	481.10	141.20	345.00	407.10	249.90	188.60	267.00	328.02
72	6	2	3	493.90	163.30	353.70	487.20	159.40	309.90	439.60	442.80	343.00	309.70	346.51
73	6	2	3	303.20	130.80	81.10	296.70	10.20	189.70	269.20	396.80	242.20	66.10	224.12
74	8	22	23	467.70	273.50	398.00	595.30	130.40	308.90	416.20	301.20	185.90	349.30	361.89
75	5	12	13	239.80	238.80	160.50	275.00	92.60	188.00	212.50	267.10	253.50	137.00	231.67
76	7	26	27	379.80	192.30	175.80	312.50	147.20	229.10	337.60	327.70	196.00	150.70	255.40
77	5	22	23	354.60	187.50	198.50	221.00	124.20	203.20	315.10	342.50	283.50	171.00	242.50
78	9	11	12	465.00	299.10	275.50	669.20	263.00	291.10	402.20	370.00	345.00	517.00	410.00
79	8	19	20	749.00	395.70	435.70	872.00	482.00	460.00	583.00	425.00	698.00	571.00	574.67
80	6	23	24	275.00	197.00	168.30	201.00	192.00	176.00	203.00	229.00	252.00	183.00	206.92
81	8	30	31	288.00	196.00	175.60	261.00	105.00	191.00	270.00	241.00	225.00	263.00	230.27
82	5	26	27	391.00	230.00	233.70	299.00	144.00	320.00	328.00	289.00	265.00	195.00	277.26
83	8	8	9	649.00	426.00	379.30	812.00	128.00	500.00	778.00	634.00	891.00	366.00	618.74
84	6	9	10	259.00	168.00	159.30	242.20	255.00	171.00	188.00	170.00	174.00	273.00	196.19
85	7	31	1	560.00	420.00	329.10	466.00	300.00	334.00	517.00	335.00	356.00	452.00	420.78
86	6	10	11	451.00	242.00	267.60	382.20	104.00	273.00	291.00	195.00	340.00	256.00	290.23
87	6	7	8	309.00	152.00	187.50	234.00	129.00	165.00	216.00	196.40	202.00	155.00	193.40
88	5	27	28	299.00	189.00	181.80	279.30	159.00	198.00	265.00	264.00	305.00	205.00	240.63
89	6	12	13	373.00	192.00	186.00	239.50	151.00	169.00	214.00	277.00	253.00	1.00	212.09
90	7	29	30	379.00	344.00	182.00	483.80	240.00	347.00	337.00	366.00	281.00	197.00	352.84
91	7	10	11	202.00	117.00	111.50	174.90	127.00	122.00	138.00	112.00	102.00	81.00	130.35
92	6	7	8	260.00	103.00	104.00	151.60	122.00	105.00	154.00	183.00	142.00	90.00	136.91
93	7	3	4	854.70	741.00	804.50	975.20	225.00	705.00	762.00	541.00	768.00	505.00	750.61
94	7	18	19	597.30	342.00	437.50	610.80	244.00	396.00	532.00	605.00	635.00	0.00	470.25
95	6	9	10	695.80	443.00	413.30	747.40	326.00	539.00	620.00	642.00	605.00	363.00	571.83
96	10	6	7	569.00	231.00	334.20	404.20	186.00	289.00	401.00	373.30	395.00	286.00	340.58
97	9	14	15	1426.00	661.00	844.00	1074.10	452.00	777.00	1150.00	862.00	675.00	676.00	867.16
98	8	8	9	936.00	596.00	594.00	769.30	313.00	555.00	702.00	592.00	599.00	416.00	636.86
99	6	12	13	341.00	129.00	162.50	319.10	124.00	227.00	289.00	276.00	181.00	155.00	225.71

2. 等雨量線法

以上述之白鹿、頭汴坑、草屯(4)、八仙山(1)、清流(1)、北山(2)、翠巒、翠峰、惠蓀(2)及凌霄雨量站等日雨量紀錄以等雨量線法求取各年之最大一日、二日暴雨，作為後續頻率分析之用，計畫區等雨量線圖如圖4-1-3及圖4-1-4所示，最大一日、二日暴雨成果如表4-1-4、表4-1-5所示。

3. 平均雨量成果比較

上述二種不同之一、二日平均雨量成果比較如表4-1-6及表4-1-7，以徐昇氏法計算計畫範圍平均雨量需繪製徐昇網，而徐昇網之繪製常因雨量站分布位置及記錄年限較短而有所取捨，且由文獻紀錄可以得知，計算平均雨量採用等雨量線法通常較徐昇氏法有較佳之成效，故本計畫後續相關分析之平均雨量採用等雨量線法計算之成果。

表 4-1-4 最大一日暴雨成果表(等雨量線法)

年	月	起日	迄日	八仙山(1)	北山(2)	白鹿	凌霄	草屯(4)	清流(1)	惠蓀(2)	翠峰	翠巒	頭汴坑	等雨量線法 平均雨量
39	7	9	9	53.9	35.4	41.5	56.3	26.3	38.3	45.9	29.5	26.0	37.0	40.0
40	5	15	15	116.5	73.7	85.3	118.4	50.8	83.5	99.0	130.3	136.0	75.8	100.6
41	7	18	18	137.3	86.4	99.8	139.0	58.9	98.5	116.6	99.1	102.0	88.7	105.8
42	8	16	16	272.8	169.3	194.6	273.2	112.0	196.3	231.5	126.9	132.3	172.5	193.1
43	4	17	17	114.0	72.2	83.5	115.9	49.8	81.7	96.9	5.7	0.0	74.3	70.4
44	9	3	3	322.5	199.6	229.3	322.3	131.4	232.1	273.5	70.7	71.0	203.2	209.7
45	9	16	16	448.7	276.9	317.6	447.4	180.8	323.2	380.5	13.9	9.0	281.3	271.8
46	6	5	5	348.5	215.6	247.5	348.2	141.6	250.9	295.6	16.9	12.3	219.3	212.8
47	5	22	22	145.9	91.7	105.8	147.5	62.3	104.7	123.9	41.0	38.6	94.0	97.5
48	8	8	8	551.4	339.7	389.4	549.1	220.9	397.3	467.6	22.6	18.5	344.9	335.1
49	7	31	31	571.8	352.1	403.6	569.3	228.9	412.0	484.8	189.6	200.7	357.5	385.8
50	3	24	24	94.8	60.4	70.1	96.8	42.3	67.8	80.6	74.8	75.5	62.3	74.9
51	8	5	5	220.9	137.5	158.3	221.7	91.6	158.8	187.4	189.1	200.2	140.4	176.5
52	9	11	11	422.4	260.8	299.2	421.3	170.5	304.2	358.2	97.6	100.3	265.1	275.4
53	6	2	2	160.7	100.7	116.2	162.1	68.1	115.4	136.5	11.0	5.8	103.2	99.4
54	8	19	19	264.1	164.0	188.5	264.6	108.5	190.0	224.1	116.1	60.3	167.1	180.0
55	8	16	16	429.4	265.1	304.1	428.3	173.2	309.3	364.2	209.2	142.5	269.4	298.3
56	5	22	22	183.6	114.7	132.2	184.8	77.0	131.9	155.8	182.5	138.0	117.3	147.8
57	6	10	10	148.9	93.5	108.0	150.5	63.5	106.9	126.5	128.0	131.5	95.9	119.3
58	9	26	26	213.8	167.0	192.7	214.7	86.1	153.7	181.5	184.0	207.0	169.0	182.0
59	9	6	6	477.1	422.0	728.6	475.5	286.0	343.7	404.6	30.9	312.0	648.0	376.0
60	9	22	22	187.1	186.0	208.3	188.2	80.3	134.4	158.8	186.1	162.8	183.0	172.7
61	6	12	12	454.5	427.0	997.1	453.2	144.2	327.4	385.5	87.7	61.4	888.0	363.6
62	7	18	18	220.2	84.3	63.6	221.0	17.0	158.3	186.9	221.8	138.7	53.6	153.5
63	8	23	23	425.0	158.6	134.5	423.9	12.0	306.1	360.4	81.5	52.5	117.0	229.2
64	6	11	11	176.0	87.1	154.6	177.2	128.5	126.4	149.4	146.5	115.0	135.0	135.5
65	8	9	9	410.0	282.4	365.0	409.1	150.6	295.3	347.8	249.0	129.0	323.0	301.4
66	7	31	31	300.1	289.0	305.7	300.2	127.0	216.0	254.6	233.0	236.0	270.0	261.8
67	7	31	31	232.6	128.5	69.6	233.4	28.0	167.3	197.4	216.5	98.0	59.0	164.9
68	8	24	24	382.5	331.5	141.8	381.8	85.0	275.4	324.4	371.4	200.3	123.5	306.8
69	8	27	27	155.2	370.0	163.6	156.7	287.0	111.4	131.8	420.3	219.0	143.0	244.5
70	7	19	19	369.2	215.3	319.1	368.6	143.0	265.8	313.1	196.0	165.5	282.0	263.1
71	5	31	31	300.1	120.1	216.2	300.2	66.2	216.0	254.6	141.0	102.6	190.0	191.2
72	6	3	3	389.3	138.5	295.8	410.0	137.4	242.6	347.0	332.8	183.0	261.2	275.3
73	6	3	3	221.8	88.3	49.3	217.5	3.2	144.4	197.3	294.0	178.2	40.9	165.5
74	8	22	22	282.2	153.5	205.5	361.5	57.3	199.0	251.3	155.0	124.5	180.5	211.1
75	8	22	22	140.7	162.0	207.2	176.0	98.5	145.9	124.8	95.8	83.0	182.0	141.3
76	7	27	27	274.1	171.8	138.6	230.0	132.2	184.9	244.1	163.3	132.0	120.7	187.8
77	5	22	22	215.5	140.8	150.2	165.5	104.8	142.8	191.7	203.0	177.5	131.0	164.9
78	9	12	12	401.0	250.7	232.8	573.2	199.5	243.6	333.5	184.0	148.8	461.0	320.2
79	8	19	19	529.0	257.2	305.0	751.0	372.0	300.0	429.0	324.0	560.0	386.0	439.9
80	6	24	24	171.0	142.5	103.1	139.0	132.0	116.0	133.0	126.0	168.0	135.0	138.4
81	8	30	30	170.0	141.5	102.5	253.0	73.0	134.0	195.0	172.0	159.0	164.0	173.2
82	5	27	27	257.0	127.5	151.6	204.0	98.0	205.0	212.0	195.0	148.0	110.0	173.6
83	8	8	8	324.0	337.0	189.4	624.0	102.0	373.0	532.0	418.0	579.0	315.0	435.7
84	6	9	9	158.0	112.0	95.7	163.0	189.0	116.0	123.0	112.0	113.0	154.0	131.3
85	8	1	1	275.0	241.0	161.7	227.5	211.0	163.0	254.0	183.0	189.0	215.0	218.8
86	8	18	18	286.0	61.0	167.9	223.4	18.0	160.0	259.0	130.0	111.0	89.0	149.4
87	2	20	20	119.0	83.0	73.7	109.4	64.0	77.0	107.0	130.0	122.0	54.0	99.6
88	5	27	27	183.0	94.0	109.8	160.2	99.0	114.0	159.0	154.0	177.0	123.0	137.8
89	6	13	13	119.0	94.0	111.5	150.6	88.0	107.0	143.0	194.0	186.0	0.0	130.3
90	7	30	30	376.0	341.0	181.0	477.3	240.0	345.0	332.0	350.0	260.0	197.0	348.0
91	6	11	11	180.0	85.0	112.0	198.7	17.0	142.0	151.0	54.0	62.0	24.0	112.3
92	6	12	12	188.0	94.0	161.0	147.9	69.0	105.0	106.0	107.0	110.0	108.0	115.5
93	7	3	3	455.3	281.0	411.0	422.4	176.0	305.0	406.0	352.0	591.0	290.0	368.9
94	7	19	19	390.4	304.0	312.0	398.5	233.0	258.5	348.0	309.0	292.0	0.0	310.5
95	6	9	9	482.2	286.0	268.7	513.0	224.0	371.0	430.0	412.0	362.0	237.0	381.4
96	8	13	13	305.0	155.0	178.6	226.1	39.0	162.0	296.0	209.1	222.0	164.0	201.6
97	9	14	14	769.0	388.0	502.0	511.6	288.0	370.0	569.0	444.0	426.0	352.0	456.9
98	8	9	9	678.0	427.0	498.0	528.1	267.0	382.0	512.0	353.0	397.0	354.0	443.2
99	5	23	23	178.0	126.0	109.5	195.9	87.0	140.0	159.0	182.0	140.0	135.0	154.2

表 4-1-5 最大二日暴雨成果表(等雨量線法)

年	月	日 1	日 2	八仙山(1)	北山(2)	白鹿	凌霄	草屯(4)	清流(1)	惠蓀(2)	翠峰	翠巒	頭汴坑	等雨量線法 平均雨量
39	6	12	13	94.7	62.8	73.8	99.7	47.5	67.2	80.8	63.5	57.0	66.0	73.3
40	5	15	16	233.2	147.5	170.6	236.9	101.6	167.1	198.1	256.0	267.0	151.7	200.3
41	7	18	19	258.0	162.6	188.0	261.4	111.3	185.0	219.2	133.2	133.0	167.0	186.7
42	8	16	17	290.7	182.6	210.9	293.8	124.1	208.6	246.9	239.2	248.7	187.3	230.7
43	7	1	2	110.8	72.6	85.1	115.6	53.8	78.8	94.4	99.5	96.2	76.0	91.2
44	7	22	23	355.4	222.2	256.1	357.9	149.5	255.3	301.7	142.3	142.9	227.3	246.9
45	9	16	17	513.0	318.6	366.3	514.0	211.1	369.0	435.3	176.7	180.5	324.8	348.8
46	6	5	6	498.7	309.9	356.3	499.9	205.5	358.7	423.2	179.1	183.1	316.0	340.9
47	5	22	23	201.8	128.3	148.7	205.8	89.4	144.5	171.6	94.4	90.7	132.3	144.3
48	8	8	9	639.4	395.9	454.7	639.2	260.6	460.2	542.4	102.1	99.1	403.0	406.9
49	7	31	1	714.3	441.8	507.1	713.5	289.9	514.3	605.9	696.5	747.7	449.4	589.0
50	3	24	25	185.2	118.1	137.1	189.4	82.9	132.5	157.5	159.9	162.2	122.0	149.5
51	7	21	22	324.9	203.6	234.8	327.7	137.5	233.3	275.9	70.9	65.0	208.4	212.2
52	9	10	11	702.6	434.5	498.9	701.8	285.3	505.8	595.9	135.3	135.3	442.1	452.3
53	6	2	3	215.3	136.5	158.1	219.1	94.6	154.2	183.0	22.5	12.2	140.6	135.7
54	8	18	19	397.1	247.7	285.3	399.2	165.8	285.4	337.1	248.3	145.5	253.1	286.2
55	8	16	17	779.3	481.5	552.6	777.8	315.3	561.2	661.0	275.2	229.2	489.6	525.1
56	5	22	23	273.4	172.0	198.7	276.7	117.4	196.1	232.2	258.5	194.4	176.5	218.1
57	6	9	10	271.3	170.8	197.3	274.6	116.5	194.6	230.4	227.0	236.5	175.3	216.4
58	9	26	27	223.5	170.8	197.4	227.2	89.5	160.1	189.9	192.4	223.4	170.0	190.1
59	9	6	7	649.2	515.9	942.5	648.9	403.5	467.3	550.7	79.4	454.0	836.0	504.0
60	9	22	23	206.4	196.0	239.9	210.4	90.1	147.8	175.5	215.3	168.2	208.0	189.9
61	6	12	13	572.0	747.4	1088.5	572.5	338.2	411.6	485.3	129.9	88.9	966.5	505.5
62	7	17	18	265.3	126.8	145.5	268.7	49.6	190.3	225.4	296.5	192.2	123.6	202.8
63	8	22	23	700.8	280.4	218.1	700.0	51.0	504.5	594.4	308.0	271.5	188.5	423.2
64	6	11	12	219.2	111.9	228.7	223.0	157.5	157.0	186.3	182.0	144.5	198.0	172.1
65	7	3	4	829.8	500.5	510.6	827.8	480.0	597.6	703.7	372.0	314.1	450.0	575.0
66	7	30	31	318.5	302.9	358.5	321.4	138.5	228.7	270.5	247.5	248.5	314.0	279.6
67	7	31	1	380.2	151.8	132.5	382.5	50.7	273.2	322.7	376.0	268.0	112.0	270.6
68	8	23	24	544.6	407.2	208.3	545.3	111.5	391.8	462.0	483.2	261.4	179.8	414.4
69	8	27	28	267.9	416.2	566.6	271.3	414.8	192.2	227.6	586.4	305.6	500.0	361.7
70	9	1	2	757.3	215.2	261.1	756.0	139.0	545.3	642.3	236.5	199.5	227.0	422.0
71	5	30	31	479.7	257.5	305.9	481.1	141.2	345.0	407.1	249.9	188.6	267.0	325.1
72	6	2	3	493.9	163.3	353.7	487.2	159.4	309.9	439.6	442.8	343.0	309.7	350.5
73	6	2	3	303.2	130.8	81.1	296.7	10.2	189.7	269.2	396.8	242.2	66.1	228.0
74	8	22	23	467.7	273.5	398.0	595.3	130.4	308.9	416.2	301.2	185.9	349.3	361.1
75	5	12	13	239.8	238.8	160.5	275.0	92.6	188.0	212.5	267.1	253.5	137.0	230.8
76	7	26	27	379.8	192.3	175.8	312.5	147.2	229.1	337.6	327.7	196.0	150.7	258.5
77	5	22	23	354.6	187.5	198.5	221.0	124.2	203.2	315.1	342.5	283.5	171.0	243.6
78	9	11	12	465.0	299.1	275.5	669.2	263.0	291.1	402.2	370.0	345.0	517.0	413.6
79	8	19	20	749.0	395.7	435.7	872.0	482.0	460.0	583.0	425.0	698.0	571.0	577.9
80	6	23	24	275.0	197.0	168.3	201.0	192.0	176.0	203.0	229.0	252.0	183.0	208.3
81	8	30	31	288.0	196.0	175.6	261.0	105.0	191.0	270.0	241.0	225.0	263.0	228.4
82	5	26	27	391.0	230.0	233.7	299.0	144.0	320.0	328.0	289.0	265.0	195.0	274.8
83	8	8	9	649.0	426.0	379.3	812.0	128.0	500.0	778.0	634.0	891.0	366.0	610.7
84	6	9	10	259.0	168.0	159.3	242.2	255.0	171.0	188.0	170.0	174.0	273.0	199.4
85	7	31	1	560.0	420.0	329.1	466.0	300.0	334.0	517.0	335.0	356.0	452.0	417.2
86	6	10	11	451.0	242.0	267.6	382.2	104.0	273.0	291.0	195.0	340.0	256.0	284.9
87	6	7	8	309.0	152.0	187.5	234.0	129.0	165.0	216.0	196.4	202.0	155.0	194.3
88	5	27	28	299.0	189.0	181.8	279.3	159.0	198.0	265.0	264.0	305.0	205.0	241.2
89	6	12	13	373.0	192.0	186.0	239.5	151.0	169.0	214.0	277.0	253.0	1.0	216.5
90	7	29	30	379.0	344.0	182.0	483.8	240.0	347.0	337.0	366.0	281.0	197.0	354.9
91	7	10	11	202.0	117.0	111.5	174.9	127.0	122.0	138.0	112.0	102.0	81.0	132.0
92	6	7	8	260.0	103.0	104.0	151.6	122.0	105.0	154.0	183.0	142.0	90.0	140.6
93	7	3	4	854.7	741.0	804.5	975.2	225.0	705.0	762.0	541.0	768.0	505.0	733.9
94	7	18	19	597.3	342.0	437.5	610.8	244.0	396.0	532.0	605.0	635.0	0.0	475.9
95	6	9	10	695.8	443.0	413.3	747.4	326.0	539.0	620.0	642.0	605.0	363.0	574.2
96	10	6	7	569.0	231.0	334.2	404.2	186.0	289.0	401.0	373.3	395.0	286.0	341.7
97	9	14	15	1426.0	661.0	844.0	1074.1	452.0	777.0	1150.0	862.0	675.0	676.0	867.2
98	8	8	9	936.0	596.0	594.0	769.3	313.0	555.0	702.0	592.0	599.0	416.0	633.4
99	6	12	13	341.0	129.0	162.5	319.1	124.0	227.0	289.0	276.0	181.0	155.0	228.7

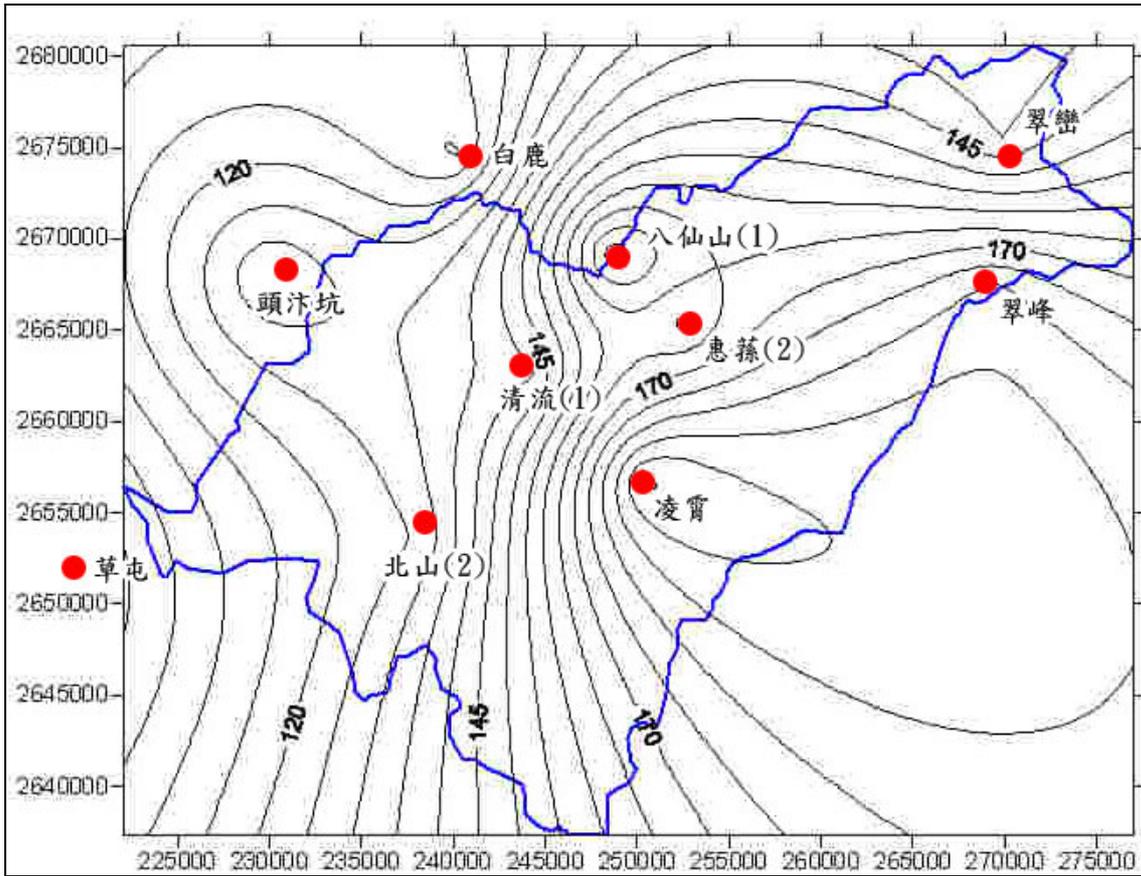


圖 4-1-3 計畫區一日等雨量線圖(民國 99 年)

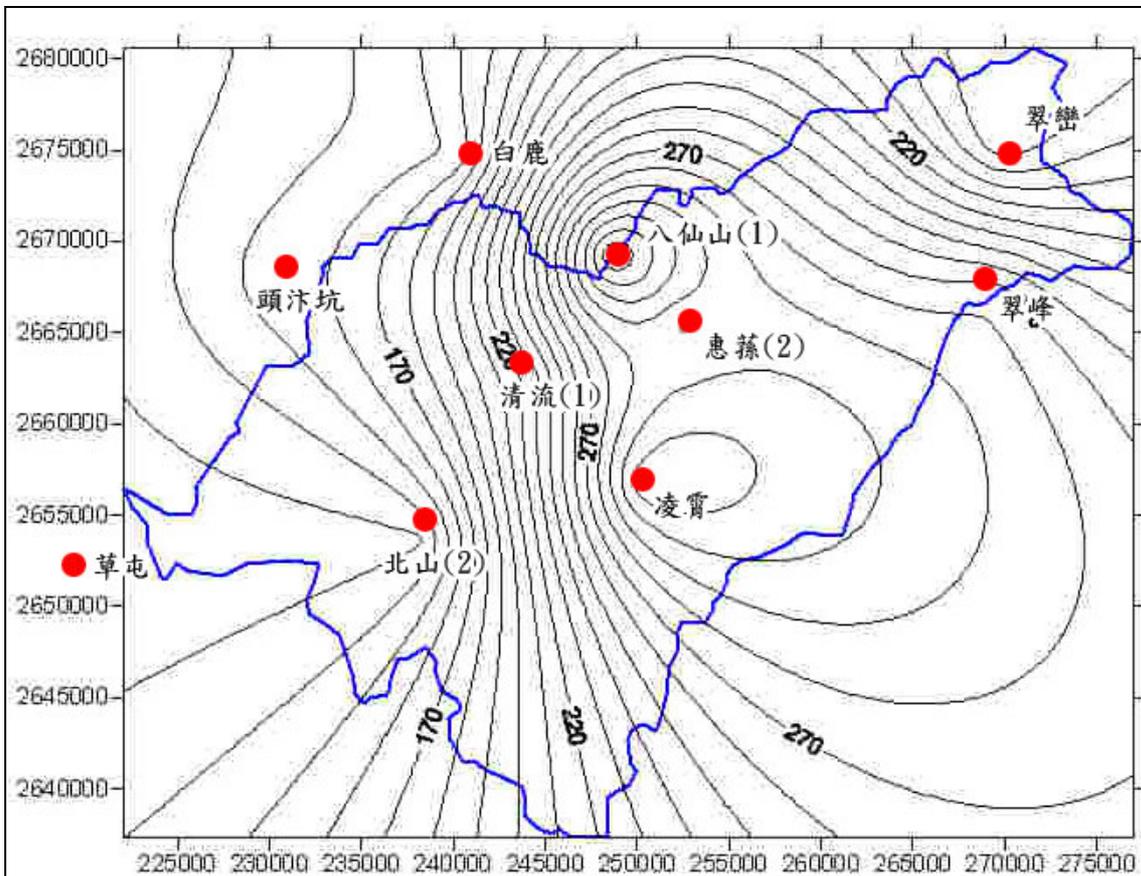


圖 4-1-4 計畫區二日等雨量線圖(民國 99 年)

表 4-1-6 平均雨量成果比較表(最大一日)

徐昇氏法					等雨量線法				
年	月	起日	迄日	平均雨量 (毫米)	年	月	起日	迄日	平均雨量 (毫米)
39	7	9	9	40.2	39	7	9	9	40.0
40	5	15	15	100.1	40	5	15	15	100.6
41	7	18	18	106.2	41	7	18	18	105.8
42	8	16	16	195.2	42	8	16	16	193.1
43	4	17	17	72.0	43	4	17	17	70.4
44	9	3	3	213.7	44	9	3	3	209.7
45	9	16	16	279.0	45	9	16	16	271.8
46	6	5	5	218.2	46	6	5	5	212.8
47	5	22	22	99.1	47	5	22	22	97.5
48	8	8	8	343.8	48	8	8	8	335.1
49	7	31	31	391.9	49	7	31	31	385.8
50	3	24	24	75.0	50	3	24	24	74.9
51	8	5	5	176.6	51	8	5	5	176.5
52	9	11	11	280.7	52	9	11	11	275.4
53	6	2	2	101.8	53	6	2	2	99.4
54	8	19	19	181.5	54	8	19	19	180.0
55	8	16	16	300.7	55	8	16	16	298.3
56	5	22	22	146.8	56	5	22	22	147.8
57	6	10	10	119.3	57	6	10	10	119.3
58	9	26	26	183.6	58	9	26	26	182.0
59	9	6	6	390.8	59	9	6	6	376.0
60	9	22	22	174.2	60	9	22	22	172.7
61	6	12	12	381.0	61	6	12	12	363.6
62	7	18	18	152.1	62	7	18	18	153.5
63	8	23	23	235.3	63	8	23	23	229.2
64	6	11	11	133.2	64	6	11	11	135.5
65	8	9	9	304.0	65	8	9	9	301.4
66	7	31	31	265.6	66	7	31	31	261.8
67	7	31	31	164.0	67	7	31	31	164.9
68	8	24	24	307.2	68	8	24	24	306.8
69	8	27	27	236.3	69	8	27	27	244.5
70	7	19	19	265.6	70	7	19	19	263.1
71	5	31	31	193.4	71	5	31	31	191.2
72	6	3	3	271.3	72	6	3	3	275.3
73	6	3	3	162.6	73	6	3	3	165.5
74	8	22	22	212.9	74	8	22	22	211.1
75	8	22	22	143.8	75	8	22	22	141.3
76	7	27	27	188.2	76	7	27	27	187.8
77	5	22	22	164.4	77	5	22	22	164.9
78	9	12	12	320.0	78	9	12	12	320.2
79	8	19	19	433.9	79	8	19	19	439.9
80	6	24	24	138.5	80	6	24	24	138.4
81	8	30	30	173.7	81	8	30	30	173.2
82	5	27	27	173.6	82	5	27	27	173.6
83	8	8	8	442.9	83	8	8	8	435.7
84	6	9	9	128.4	84	6	9	9	131.3
85	8	1	1	218.8	85	8	1	1	218.8
86	8	18	18	151.2	86	8	18	18	149.4
87	2	20	20	98.5	87	2	20	20	99.6
88	5	27	27	136.9	88	5	27	27	137.8
89	6	13	13	127.7	89	6	13	13	130.3
90	7	30	30	346.1	90	7	30	30	348.0
91	6	11	11	114.7	91	6	11	11	112.3
92	6	12	12	115.4	92	6	12	12	115.5
93	7	3	3	373.5	93	7	3	3	368.9
94	7	19	19	307.5	94	7	19	19	310.5
95	6	9	9	379.5	95	6	9	9	381.4
96	8	13	13	204.8	96	8	13	13	201.6
97	9	14	14	456.7	97	9	14	14	456.9
98	8	9	9	446.9	98	8	9	9	443.2
99	5	23	23	153.4	99	5	23	23	154.2

表 4-1-7 平均雨量成果比較表(最大二日)

徐昇氏法					等雨量線法				
年	月	起日	迄日	平均雨量 (毫米)	年	月	起日	迄日	平均雨量 (毫米)
39	6	12	13	73.4	39	6	12	13	73.3
40	5	15	16	199.4	40	5	15	16	200.3
41	7	18	19	188.3	41	7	18	19	186.7
42	8	16	17	231.0	42	8	16	17	230.7
43	7	1	2	90.9	43	7	1	2	91.2
44	7	22	23	250.0	44	7	22	23	246.9
45	9	16	17	354.0	45	9	16	17	348.8
46	6	5	6	345.8	46	6	5	6	340.9
47	5	22	23	145.7	47	5	22	23	144.3
48	8	8	9	415.6	48	8	8	9	406.9
49	7	31	1	588.4	49	7	31	1	589.0
50	3	24	25	149.4	50	3	24	25	149.5
51	7	21	22	216.1	51	7	21	22	212.2
52	9	10	11	461.4	52	9	10	11	452.3
53	6	2	3	138.5	53	6	2	3	135.7
54	8	18	19	286.7	54	8	18	19	286.2
55	8	16	17	532.3	55	8	16	17	525.1
56	5	22	23	216.9	56	5	22	23	218.1
57	6	9	10	216.6	57	6	9	10	216.4
58	9	26	27	191.7	58	9	26	27	190.1
59	9	6	7	521.0	59	9	6	7	504.0
60	9	22	23	190.9	60	9	22	23	189.9
61	6	12	13	524.8	61	6	12	13	505.5
62	7	17	18	200.8	62	7	17	18	202.8
63	8	22	23	429.6	63	8	22	23	423.2
64	6	11	12	169.7	64	6	11	12	172.1
65	7	3	4	575.3	65	7	3	4	575.0
66	7	30	31	283.6	66	7	30	31	279.6
67	7	31	1	268.4	67	7	31	1	270.6
68	8	23	24	414.8	68	8	23	24	414.4
69	8	27	28	351.4	69	8	27	28	361.7
70	9	1	2	426.3	70	9	1	2	422.0
71	5	30	31	328.0	71	5	30	31	325.1
72	6	2	3	346.5	72	6	2	3	350.5
73	6	2	3	224.1	73	6	2	3	228.0
74	8	22	23	361.9	74	8	22	23	361.1
75	5	12	13	231.7	75	5	12	13	230.8
76	7	26	27	255.4	76	7	26	27	258.5
77	5	22	23	242.5	77	5	22	23	243.6
78	9	11	12	410.0	78	9	11	12	413.6
79	8	19	20	574.7	79	8	19	20	577.9
80	6	23	24	206.9	80	6	23	24	208.3
81	8	30	31	230.3	81	8	30	31	228.4
82	5	26	27	277.3	82	5	26	27	274.8
83	8	8	9	618.7	83	8	8	9	610.7
84	6	9	10	196.2	84	6	9	10	199.4
85	7	31	1	420.8	85	7	31	1	417.2
86	6	10	11	290.2	86	6	10	11	284.9
87	6	7	8	193.4	87	6	7	8	194.3
88	5	27	28	240.6	88	5	27	28	241.2
89	6	12	13	212.1	89	6	12	13	216.5
90	7	29	30	352.8	90	7	29	30	354.9
91	7	10	11	130.4	91	7	10	11	132.0
92	6	7	8	136.9	92	6	7	8	140.6
93	7	3	4	750.6	93	7	3	4	733.9
94	7	18	19	470.3	94	7	18	19	475.9
95	6	9	10	571.8	95	6	9	10	574.2
96	10	6	7	340.6	96	10	6	7	341.7
97	9	14	15	867.2	97	9	14	15	867.2
98	8	8	9	636.9	98	8	8	9	633.4
99	6	12	13	225.7	99	6	12	13	228.7

(二)暴雨頻率分析

1. 頻率分析

降雨頻率分析乃利用過去暴雨實測紀錄，以統計方法歸納其特性，並依此推估未來最可能發生之降雨情形，由於計畫集水區面積廣達1,030平方公里，為求得適合本計畫集水區各重現期距暴雨量，本計畫以二日暴雨頻率分析計算之。由計畫區域之代表雨量站歷年雨量資料中，求得區域歷年最大二日暴雨量，分別以二參數對數常態(Log Normal Type II)、三參數對數常態(Log Normal Type III)、皮爾遜III型(Pearson Type III)、對數皮爾遜III型(Log Pearson Type III)及極端值I型(Extreme I)等5種機率分布進行降雨頻率分析。

2. 適合度檢定

頻率分析成果須先行以適合度檢定(goodness-of-fit test)排除不適宜之分析成果，本計畫適合度檢定方法主要採 χ^2 檢定(chi-square test)及K-S檢定(Kolmogorov-Smirnov test)，檢定方式說明如下：

(1)卡方檢定(Chi-Square Test)

卡方檢定係將統計樣本分為數組，再分析各組樣本實際次數與理論機率之期望值，並以卡方檢定公式計算該分布之卡分值，對照卡方分布表(表4-1-8)以辨別機率分布在5%顯著水準下(信賴度為95%)是否能通過檢定，卡方檢定公式如下：

$$\chi^2 = \sum_i^k \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

式中， k = 資料分組數(一般採 $k=1+3.3\log(n)$ ， n =資料筆數)

O_i = 實際觀測數量(observed value)

E_i = 期望發生數量(expected value)

本計畫集水區面積平均雨量採民國39~99年間雨量資料，以各年平均最大二日暴雨量資料值進行分析，分別求得5種機率分布之 χ^2 值，再辨別在5%顯著水準下(信賴度為95%)是否能通過檢定，成果分為如表4-1-9、4-1-10所示。

表 4-1-8 卡方分布表

α f	0.99	0.98	0.95	0.90	0.50	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
1	0.00016	0.00063	0.00393	0.016	0.455	1.642	2.706	3.841	5.412	6.635
2	0.020	0.040	0.103	0.211	1.386	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210
3	0.115	0.185	0.352	0.584	2.366	4.642	6.251	7.815	9.837	11.341
4	0.297	0.429	0.711	1.064	3.357	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277
5	0.554	0.752	1.145	1.610	4.351	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086
6	0.872	1.134	1.635	2.204	5.348	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812
7	1.239	1.564	2.167	2.833	6.346	9.803	12.017	14.067	16.622	18.475
8	1.646	2.032	2.733	3.490	7.344	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090
9	2.088	2.532	3.325	4.168	8.343	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666
10	2.558	3.059	3.940	4.865	9.342	13.442	15.987	18.307	21.161	23.209
11	3.053	3.609	4.575	5.578	10.341	14.631	17.275	19.675	22.618	24.725
12	3.571	4.178	5.226	6.304	11.340	15.812	18.549	21.026	24.054	26.217
13	4.107	4.765	5.892	7.042	12.340	16.985	19.812	22.362	25.472	27.688
14	4.660	5.368	6.571	7.790	13.339	18.151	21.064	23.685	26.873	29.141
15	5.229	5.985	7.261	8.547	14.339	19.311	22.307	24.996	28.259	30.578
16	5.812	6.614	7.962	9.312	15.338	20.465	23.542	26.296	29.633	32.000
17	6.408	7.255	8.672	10.085	16.338	21.615	24.769	27.587	30.995	33.409
18	7.015	7.906	9.390	10.865	17.338	22.760	25.989	28.869	32.346	34.805
19	7.633	8.567	10.117	11.651	18.338	23.900	27.204	30.144	33.687	36.191
20	8.260	9.237	10.851	12.443	19.337	25.038	28.412	31.410	35.020	37.566
21	8.897	9.915	11.591	13.240	20.337	26.171	29.615	32.671	36.343	38.932
22	9.542	10.600	12.338	14.041	21.337	27.301	30.813	33.924	37.659	40.289
23	10.196	11.293	13.091	14.848	22.337	28.429	32.007	35.172	38.968	41.638
24	10.856	11.992	13.848	15.659	23.337	29.533	33.196	36.415	40.270	42.980
25	11.524	12.697	14.611	16.473	24.337	30.675	34.382	37.652	41.566	44.314
26	12.198	13.409	15.379	17.292	25.336	31.795	35.563	38.885	42.856	45.642
27	12.879	14.125	16.151	18.114	26.336	32.912	36.741	40.113	44.140	46.963
28	13.565	14.847	16.928	18.939	27.336	34.027	37.916	41.337	45.419	48.278
29	14.256	15.574	17.708	19.768	28.336	35.139	39.087	42.557	46.693	49.588
30	14.953	16.306	18.493	20.599	29.336	36.250	40.256	43.773	47.962	50.892

- 註：(1) α ：為顯著水準(發生錯誤之機率)， β 為信賴度= $(1-\alpha)$ 。
 (2) f ：自由度= $k-m-1$ ，其中 k 為組數、 m 為參數個數。
 (3) 表中之數字表示陰影部分之機率 α 對應 χ^2 值(β 所對應之 χ^2 值)。

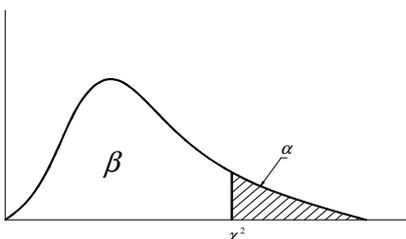


表 4-1-9 一日最大暴雨卡方檢定成果表

機率分布	降雨量組距 K	實際次數 O _i	理論累加機率 P(X ≥ x _i)	理論機率 P(x _i ≤ x ≤ x _j)	理論(期望)次數 E _i	卡方值 χ ²
Log Normail (二參數)	<112	8	0.86	0.14	8.71	0.06
	112~145	9	0.71	0.14	8.71	0.01
	145~176	10	0.57	0.14	8.71	0.19
	176~212	9	0.43	0.14	8.71	0.01
	212~259	4	0.29	0.14	8.71	2.55
	259~335	10	0.14	0.14	8.71	0.19
	335 ≤	11		0.14	8.71	0.60
	合計	61		1.00		3.61
Log Normail (三參數)	<112	8	0.86	0.14	8.71	0.06
	112~145	11	0.71	0.14	8.71	0.60
	145~176	12	0.57	0.14	8.71	1.24
	176~212	7	0.43	0.14	8.71	0.34
	212~259	4	0.29	0.14	8.71	2.55
	259~335	8	0.14	0.14	8.71	0.06
	335 ≤	11		0.14	8.71	0.60
	合計	61		1.00		5.45
Pearson Type III (三參數)	<112	8	0.86	0.14	8.71	0.06
	112~145	11	0.71	0.14	8.71	0.60
	145~176	11	0.57	0.14	8.71	0.60
	176~212	8	0.43	0.14	8.71	0.06
	212~259	4	0.29	0.14	8.71	2.55
	259~335	8	0.14	0.14	8.71	0.06
	335 ≤	11		0.14	8.71	0.60
	合計	61		1.00		4.53
Log Pearson Type III (三參數)	<112	8	0.86	0.14	8.71	0.06
	112~145	10	0.71	0.14	8.71	0.19
	145~176	12	0.57	0.14	8.71	1.24
	176~212	8	0.43	0.14	8.71	0.06
	212~259	4	0.29	0.14	8.71	2.55
	259~335	8	0.14	0.14	8.71	0.06
	335 ≤	11		0.14	8.71	0.60
	合計	61		1.00		4.76
EXtreme I (二參數)	<112	10	0.86	0.14	8.71	0.19
	112~145	9	0.71	0.14	8.71	0.01
	145~176	11	0.57	0.14	8.71	0.60
	176~212	7	0.43	0.14	8.71	0.34
	212~259	3	0.29	0.14	8.71	3.75
	259~335	10	0.14	0.14	8.71	0.19
	335 ≤	11		0.14	8.71	0.60
	合計	61		1.00		5.68

註：(1)對數常態(二參數)： $\chi_{a,f}^2 = \chi_{0.05,1}^2 = 3.61 < 9.488$ (分析值<理論值)，通過檢定。
 (2)對數常態(三參數)： $\chi_{a,f}^2 = \chi_{0.05,1}^2 = 5.45 < 7.815$ (分析值<理論值)，通過檢定。
 (3)皮爾遜 III 型： $\chi_{a,f}^2 = \chi_{0.05,1}^2 = 4.53 < 7.815$ (分析值<理論值)，通過檢定。
 (4)對數皮爾遜 III 型： $\chi_{a,f}^2 = \chi_{0.05,1}^2 = 4.76 < 7.815$ (分析值<理論值)，通過檢定。
 (5)EXtreme I 型： $\chi_{a,f}^2 = \chi_{0.05,1}^2 = 5.68 < 9.488$ (分析值<理論值)，通過檢定。
 (6)α 為顯著水準(發生錯誤之機率)，f 為自由度=k-m-1，k 為組數、m 為參數個數。
 (7)χ² 理論值詳見表 4-1-8

表 4-1-10 二日最大暴雨卡方檢定成果表

機率分布	降雨量組距 K	實際次數 O _i	理論累加機率 P(X ≥ x _i)	理論機率 P(x _i ≤ x ≤ x _j)	理論(期望)次數 E _i	卡方值 χ ²
Log Normail (二參數)	<167	7	0.86	0.14	8.71	0.34
	167~216	10	0.71	0.14	8.71	0.19
	216~263	12	0.57	0.14	8.71	1.24
	263~316	5	0.43	0.14	8.71	1.58
	316~385	8	0.29	0.14	8.71	0.06
	385~498	8	0.14	0.14	8.71	0.06
	498 ≤	11		0.14	8.71	0.60
	合計	61		1.00		4.07
Log Normail (三參數)	<167	7	0.86	0.14	8.71	0.34
	167~216	13	0.71	0.14	8.71	2.11
	216~263	10	0.57	0.14	8.71	0.19
	263~316	5	0.43	0.14	8.71	1.58
	316~385	7	0.29	0.14	8.71	0.34
	385~498	8	0.14	0.14	8.71	0.06
	498 ≤	11		0.14	8.71	0.60
	合計	61		1.00		5.22
Pearson Type III (三參數)	<167	7	0.86	0.14	8.71	0.34
	167~216	12	0.71	0.14	8.71	1.24
	216~263	10	0.57	0.14	8.71	0.19
	263~316	5	0.43	0.14	8.71	1.58
	316~385	8	0.29	0.14	8.71	0.06
	385~498	8	0.14	0.14	8.71	0.06
	498 ≤	11		0.14	8.71	0.60
	合計	61		1.00		4.07
Log Pearson Type III (三參數)	<167	7	0.86	0.14	8.71	0.34
	167~216	12	0.71	0.14	8.71	1.24
	216~263	10	0.57	0.14	8.71	0.19
	263~316	5	0.43	0.14	8.71	1.58
	316~385	8	0.29	0.14	8.71	0.06
	385~498	8	0.14	0.14	8.71	0.06
	498 ≤	11		0.14	8.71	0.60
	合計	61		1.00		4.07
EXtreme I (二參數)	<167	7	0.86	0.14	8.71	0.34
	167~216	13	0.71	0.14	8.71	2.11
	216~263	10	0.57	0.14	8.71	0.19
	263~316	5	0.43	0.14	8.71	1.58
	316~385	7	0.29	0.14	8.71	0.34
	385~498	8	0.14	0.14	8.71	0.06
	498 ≤	11		0.14	8.71	0.60
	合計	61		1.00		5.22

註：(1)對數常態(二參數)： $\chi_{a,f}^2 = \chi_{0.05,1}^2 = 4.07 < 9.488$ (分析值 < 理論值)，通過檢定。
 (2)對數常態(三參數)： $\chi_{a,f}^2 = \chi_{0.05,1}^2 = 5.22 < 7.815$ (分析值 < 理論值)，通過檢定。
 (3)皮爾遜 III 型： $\chi_{a,f}^2 = \chi_{0.05,1}^2 = 4.07 < 7.815$ (分析值 < 理論值)，通過檢定。
 (4)對數皮爾遜 III 型： $\chi_{a,f}^2 = \chi_{0.05,1}^2 = 4.07 < 7.815$ (分析值 < 理論值)，通過檢定。
 (5)EXtreme I 型： $\chi_{a,f}^2 = \chi_{0.05,1}^2 = 5.22 < 9.488$ (分析值 < 理論值)，通過檢定。
 (6)α 為顯著水準(發生錯誤之機率)，f 為自由度=k-m-1，k 為組數、m 為參數個數。
 (7)χ² 理論值詳見表 4-1-8

(2)K-S檢定(Kolmogorov-Smirnov Test)

K-S檢定係檢驗觀測之分布累積機率與選用之分布累積機率之最大絕對偏差 D_α ，若該機率分布之最大絕對偏差 D_α 小於臨界值 K_α ，則該機率分布通過檢定。

$$D_\alpha = \max |F_{gi}(x) - F_{oi}(x)|, i = 1, 2, \dots, n$$

式中， $F_{gi}(x)$ ：觀測之分布累積機率(採用 weibull， $F_{gi}(x) = 1 - m/(n+1)$ ， m 為排序，雨量資料最大者 $m=1$ ，次大者 $m=2$ ，...，最小者 $m=n$)

$F_{oi}(x)$ ：選用之分布累積機率

n ：雨量資料比數

α ：顯著水準，一般採用 $\alpha = 0.05$ (信賴區間 95% 以內)，

當 $n \leq 50$ 時，其臨界值 K_α 可查 K-S 檢定表(表 4-1-11) 得之，當 $n \geq 50$ 時， K_α 可由下式計算之， $K_\alpha = 1.36/\sqrt{n}$ 。

本計畫集水區面積平均雨量採民國 39~99 年間雨量資料，以各年平均最大二日暴雨量資料值進行分析，分別求得 K-S 檢定的統計量 $D_\alpha = \max |F_{gi}(x) - F_{oi}(x)|$ ，以辨別 5 種機率分布在 5% 顯著水準下(信賴度為 95%) 是否能通過檢定。

表 4-1-11 K-S 檢定表

$n \backslash \alpha$	0.20	0.10	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.30	0.34	0.40
20	0.23	0.23	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.20	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.20	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
≥ 50	$1.07/\sqrt{n}$	$1.22/\sqrt{n}$	$1.36/\sqrt{n}$	$1.63/\sqrt{n}$

表 4-1-12 一日最大暴雨 K-S 檢定成果表

機率分布	分析值	理論值	檢定成果
對數常態(二參數)	0.10499	0.17413	通過檢定!
對數常態(三參數)	0.10531	0.17413	通過檢定!
皮爾遜 III 型	0.11967	0.17413	通過檢定!
對數皮爾遜 III 型	0.10531	0.17413	通過檢定!
極端值 I 型	0.09360	0.17413	通過檢定!

表 4-1-13 二日最大暴雨 K-S 檢定成果表

機率分布	分析值	理論值	檢定成果
對數常態(二參數)	0.10414	0.17413	通過檢定!
對數常態(三參數)	0.10699	0.17413	通過檢定!
皮爾遜 III 型	0.12368	0.17413	通過檢定!
對數皮爾遜 III 型	0.10699	0.17413	通過檢定!
極端值 I 型	0.09648	0.17413	通過檢定!

因 χ^2 檢定及 K-S 檢定主要目的為檢驗機率分布是否適用於描述某特定之水文資料，然而其檢定方法之重點為排除不合適之機率分布假設，並無法提供精確之標準來決定最佳之機率分布，故為了進一步確認 5 種機率分布之正確性，再以平方差和 (SSE) 及標準差 (SE) 兩種方式加以確認機率分布選取之正確性。本計畫一日、二日平均雨量頻率分析成果以對數皮爾遜三型為最佳機率分布，如表 4-1-14 及表 4-1-15 所示。

(三) 降雨型態分析

根據「河川治理及環境營造規劃手冊(水規所, 95.06)」，於計畫範圍內選取一自記雨量站，取其歷年較大暴雨(延時 24、48、72hr)之時雨量資料，繪出雨量累積曲線，找出數場降雨延時分布型態較相似而具代表性之暴雨，將每場暴雨每一小時雨量求其佔該暴雨量之百分比，並依大小順序重新排列，以計算該數場暴雨之平均值，再依此平均值雨量百分比配置成所需之降雨分配型態（將降雨百分比之最大值放置在中間，再依左大右小排列），期能發生最大洪水量。

選取計畫範圍內清流(1)雨量站於近十年較具代表性之 12 場暴雨如表 4-1-16 與圖 4-1-5 所示；依照各暴雨降雨特性及降雨累積曲線相似性進行判斷，最終分別選出 5 場相似度較高暴雨進行分析，如表 4-1-17 與圖 4-1-6 所示，分析同位序雨型如圖 4-1-7 所示。

表 4-1-14 烏溪橋一日暴雨頻率分析表

重現期距(年)			2	5	10	20	25	50	100	200	
分布方法	(二參數) Log-Normal	$K_{(LN2)T}$	-0.206	0.670	1.283	1.890	2.086	2.705	3.340	3.995	
		$P_{(LN2)T}$	196.7	289.2	353.8	417.8	438.6	503.9	570.8	639.9	
	(三參數) Log-Normal	$K_{(LN3)T}$	-0.104	0.787	1.320	1.800	1.946	2.385	2.804	3.210	
		$P_{(LN3)T}$	207.5	301.5	357.8	408.3	423.8	470.1	514.3	557.1	
	Pearson Type III	$K_{(P3)T}$	-0.107	0.793	1.329	1.808	1.953	2.386	2.796	3.189	
		$P_{(P3)T}$	207.1	302.1	358.7	409.2	424.5	470.2	513.5	554.9	
	Log-Pearson Type III	$K_{(LP3)T}$	0.067	0.854	1.230	1.523	1.605	1.833	2.029	2.201	
		$P_{(LP3)T}$	200.3	300.2	364.1	423.2	441.4	496.3	548.9	599.6	
	Extremal Type I	$K_{(E1)T}$	-0.158	0.806	1.444	2.056	2.250	2.849	3.442	4.034	
		$P_{(E1)T}$	201.8	303.5	370.8	435.4	455.9	519.0	581.6	644.1	
頻率分析通式：PT = M + KT * S(其中 KT 為頻率因子，Frequency Factor)											
平均值		218.475				對數平均值		5.266			
標準偏差		105.497				對數標準偏差		0.514			
偏歪係數		0.653				對數偏歪係數		-0.404			
SSE(平方差和)及 SE(標準差)											
分布方法		二參數 Log-Normal	三參數 Log-Normal	Pearson Type III	Log-Pearson Type III	Extremal Type I					
Weibull T=2N/(2m-1)	SSE	2.65E+04	1.68E+04	1.60E+04	1.43E+04	1.63E+04					
	SE	21.18	17.02	16.59	15.7	16.61					
註:經 SSE(平方差和)及 SE(標準差)檢核，可知 Log Pearson Type III 為理論值與實際值密合度最佳。 單位：(毫米)											

資料來源：本計畫分析成果

表 4-1-15 烏溪橋二日暴雨頻率分析表

重現期距(年)			2	5	10	20	25	50	100	200	
分布方法	(二參數) Log-Normal	$K_{(LN2)T}$	-0.214	0.657	1.274	1.892	2.093	2.730	3.387	4.069	
		$P_{(LN2)T}$	290.7	435.9	538.8	641.9	675.5	781.6	891.2	1004.9	
	(三參數) Log-Normal	$K_{(LN3)T}$	-0.153	0.741	1.315	1.853	2.023	2.540	3.050	3.557	
		$P_{(LN3)T}$	301.0	450.1	545.7	635.5	663.6	749.9	834.9	919.5	
	Pearson Type III	$K_{(P3)T}$	-0.166	0.750	1.335	1.877	2.045	2.555	3.048	3.530	
		$P_{(P3)T}$	298.8	451.6	549.0	639.4	667.5	752.4	834.6	914.9	
	Log-Pearson Type III	$K_{(LP3)T}$	0.025	0.848	1.265	1.602	1.699	1.973	2.217	2.436	
		$P_{(LP3)T}$	291.8	444.6	550.3	653.9	687.2	790.9	895.8	1002.4	
	Extremal Type I	$K_{(E1)T}$	-0.158	0.806	1.444	2.056	2.250	2.849	3.442	4.034	
		$P_{(E1)T}$	300.1	460.8	567.2	669.3	701.6	801.4	900.4	999.0	
頻率分析通式：PT = M + KT * S(其中 KT 為頻率因子，Frequency Factor)											
平均值		326.438				對數平均值		5.663			
標準偏差		166.727				對數標準偏差		0.512			
偏歪係數		1.025				對數偏歪係數		-0.150			
SSE(平方差和)及 SE(標準差)											
分布方法		二參數 Log-Normal	三參數 Log-Normal	Pearson Type III	Log-Pearson Type III	Extremal Type I					
Weibull T=2N/(2m-1)	SSE	3.61E+04	3.60E+04	3.23E+04	2.50E+04	2.68E+04					
	SE	24.72	24.9	23.58	20.75	21.32					
註:經 SSE(平方差和)及 SE(標準差)檢核，可知 Log Pearson Type III 為理論值與實際值密合度最佳。 單位：(毫米)											

資料來源：本計畫分析成果

表 4-1-16 清流(1)站 12 場暴雨之 48 小時暴雨統計表(1/2)

編號	1	2	3	4	5	6
年	民國 97 年	民國 97 年	民國 96 年	民國 96 年	民國 96 年	民國 96 年
日期	9 月 13 日	9 月 28 日	6 月 7 日	8 月 11 日	8 月 18 日	9 月 17 日
名稱	辛樂克颱風	薔蜜颱風	67 豪雨	811 豪雨	聖帕颱風	韋帕颱風
延時	雨量(毫米)	雨量(毫米)	雨量(毫米)	雨量(毫米)	雨量(毫米)	雨量(毫米)
1	3	1	11	5	2	0
2	3	1	21	5	2	0
3	6	3	52	1	2	0
4	4	4	5	1	3	0
5	1	6	3	0	3	0
6	8	6	0	3	5	0
7	15	5	0	5	1	0
8	5	7	1	7	1	0
9	8	2	0	1	8	2
10	10	2	0	1	2	2
11	5	2	0	1	1	4
12	12	1	1	0	11	1
13	12	1	0	0	1	0
14	9	3	0	0	0	1
15	13	5	0	0	1	2
16	22	13	0	0	11	7
17	17	7	0	0	2	7
18	21	4	12	0	3	1
19	11	7	9	0	4	6
20	19	6	16	1	7	2
21	27	3	19	1	3	4
22	38	23	7	1	6	1
23	47	13	15	3	11	11
24	28	8	22	2	12	10
25	16	18	10	3	3	13
26	11	20	19	9	9	14
27	5	20	8	6	3	17
28	2	17	4	6	3	23
29	6	14	8	5	1	27
30	11	17	16	0	0	21
31	9	13	2	0	0	17
32	18	6	5	1	0	15
33	21	9	0	0	0	10
34	22	9	0	2	0	8
35	41	10	0	5	0	8
36	24	10	0	8	1	5
37	15	12	4	6	4	3
38	1	12	2	1	22	4
39	4	11	6	22	19	5
40	60	8	2	10	5	3
41	64	13	2	26	1	1
42	54	10	0	0	0	1
43	37	7	4	1	0	0
44	9	4	18	6	0	0
45	4	3	12	33	1	0
46	9	6	32	28	0	0
47	5	3	13	9	0	0
48	10	0	9	2	0	0
總計	802	385	370	227	174	256

表 4-1-16 清流(1)站 12 場暴雨之 48 小時暴雨統計表(2/2)

編號	7	8	9	10	11	12
年	民國 96 年	民國 95 年	民國 95 年	民國 95 年	民國 93 年	民國 93 年
日期	10 月 6 日	6 月 2 日	6 月 8 日	7 月 13 日	7 月 3 日	8 月 24 日
名稱	柯羅莎颱風	62 豪雨	68 豪雨	碧利斯颱風	敏督利颱風	艾利颱風
延時	雨量(毫米)	雨量(毫米)	雨量(毫米)	雨量(毫米)	雨量(毫米)	雨量(毫米)
1	0	0	21	1	3	0
2	0	0	25	2	14	2
3	0	0	2	9	24	1
4	0	3	3	1	11	2
5	1	1	3	4	4	0
6	5	5	26	0	2	2
7	4	7	22	2	33	10
8	1	2	7	9	51	7
9	4	8	6	11	59	2
10	7	18	12	5	7	4
11	9	11	8	8	2	4
12	7	2	10	12	14	9
13	9	32	17	15	15	7
14	9	29	43	10	18	1
15	11	14	6	12	10	1
16	13	7	21	5	3	3
17	2	9	22	7	8	4
18	1	16	26	1	3	4
19	2	12	29	8	3	6
20	4	11	18	2	0	13
21	4	11	10	4	3	9
22	13	5	7	3	13	10
23	23	8	5	6	0	26
24	19	17	8	7	5	14
25	27	2	2	6	1	13
26	17	4	4	3	3	26
27	16	0	6	0	1	18
28	13	0	39	0	0	25
29	7	3	35	0	0	24
30	8	11	8	1	9	19
31	6	9	15	1	6	17
32	12	2	13	5	11	11
33	4	3	7	11	18	13
34	2	1	7	10	26	6
35	3	0	9	7	23	7
36	2	0	8	2	27	11
37	3	0	29	2	10	8
38	2	0	11	1	0	9
39	2	0	9	10	8	7
40	5	8	4	9	19	4
41	6	21	14	4	54	2
42	4	11	8	0	36	3
43	1	8	15	0	9	3
44	1	3	18	0	15	1
45	0	0	10	0	24	0
46	0	0	5	0	63	0
47	0	0	5	5	32	0
48	0	0	7	4	5	0
總計	289	314	645	225	705	368

表 4-1-17 清流(1)站二日暴雨雨量型態計算成果表

時間	民國 93 年 7 月 3 日			民國 95 年 6 月 8 日			民國 96 年 8 月 18 日			民國 97 年 9 月 28 日			民國 97 年 9 月 13 日			雨量(毫米)	
名稱	敏督利			68 豪雨			聖帕颱風			蕃蜜颱風			辛樂克颱風			百分比	分配
延時	雨量 (毫米)	遞減 排序	百分 比(%)	雨量 (毫米)	遞減 排序	百分 比(%)	雨量 (毫米)	遞減 排序	百分 比(%)	雨量 (毫米)	遞減 排序	百分 比(%)	雨量 (毫米)	遞減 排序	百分 比(%)	比排 序 (%)	百分比 (%)
1	3	63	8.94	21	43	6.67	2	22	12.64	1	23	5.97	3	64	7.98	8.44	0.19
2	14	59	8.37	25	39	6.05	2	19	10.92	1	20	5.19	3	60	7.48	7.6	0.25
3	24	54	7.66	2	35	5.43	2	12	6.9	3	20	5.19	6	54	6.73	6.38	0.39
4	11	51	7.23	3	29	4.5	3	11	6.32	4	18	4.68	4	47	5.86	5.72	0.49
5	4	36	5.11	3	29	4.5	3	11	6.32	6	17	4.42	1	41	5.11	5.09	0.55
6	2	33	4.68	26	26	4.03	5	11	6.32	6	17	4.42	8	38	4.74	4.84	0.61
7	33	32	4.54	22	26	4.03	1	9	5.17	5	14	3.64	15	37	4.61	4.4	0.82
8	51	27	3.83	7	25	3.88	1	8	4.6	7	13	3.38	5	28	3.49	3.83	0.96
9	59	26	3.69	6	22	3.41	8	7	4.02	2	13	3.38	8	27	3.37	3.57	1.07
10	7	24	3.4	12	22	3.41	2	6	3.45	2	13	3.38	10	24	2.99	3.33	1.15
11	2	24	3.4	8	21	3.26	1	5	2.87	2	13	3.38	5	22	2.74	3.13	1.35
12	14	23	3.26	10	21	3.26	11	5	2.87	1	12	3.12	12	22	2.74	3.05	1.46
13	15	19	2.7	17	18	2.79	1	4	2.3	1	12	3.12	12	21	2.62	2.7	1.51
14	18	18	2.55	43	18	2.79	0	4	2.3	3	11	2.86	9	21	2.62	2.62	1.88
15	10	18	2.55	6	17	2.64	1	3	1.72	5	10	2.6	13	19	2.37	2.38	2.04
16	3	15	2.13	21	15	2.33	11	3	1.72	13	10	2.6	22	18	2.24	2.2	2.20
17	8	15	2.13	22	15	2.33	2	3	1.72	7	10	2.6	17	17	2.12	2.18	2.62
18	3	14	1.99	26	14	2.17	3	3	1.72	4	9	2.34	21	16	2	2.04	3.05
19	3	14	1.99	29	13	2.02	4	3	1.72	7	9	2.34	11	15	1.87	1.99	3.33
20	0	13	1.84	18	12	1.86	7	3	1.72	6	8	2.08	19	15	1.87	1.88	3.83
21	3	11	1.56	10	11	1.71	3	3	1.72	3	8	2.08	27	13	1.62	1.74	4.84
22	13	11	1.56	7	10	1.55	6	2	1.15	23	7	1.82	38	12	1.5	1.51	5.72
23	0	10	1.42	5	10	1.55	11	2	1.15	13	7	1.82	47	12	1.5	1.49	7.60
24	5	10	1.42	8	10	1.55	12	2	1.15	8	7	1.82	28	11	1.37	1.46	8.44
25	1	9	1.28	2	9	1.4	3	2	1.15	18	7	1.82	16	11	1.37	1.4	6.38
26	3	9	1.28	4	9	1.4	9	2	1.15	20	6	1.56	11	11	1.37	1.35	5.09
27	1	8	1.13	6	8	1.24	3	1	0.57	20	6	1.56	5	10	1.25	1.15	4.40
28	0	8	1.13	39	8	1.24	3	1	0.57	17	6	1.56	2	10	1.25	1.15	3.57
29	0	7	0.99	35	8	1.24	1	1	0.57	14	6	1.56	6	9	1.12	1.1	3.13
30	9	6	0.85	8	8	1.24	0	1	0.57	17	6	1.56	11	9	1.12	1.07	2.70
31	6	5	0.71	15	8	1.24	0	1	0.57	13	5	1.3	9	9	1.12	0.99	2.38
32	11	5	0.71	13	7	1.09	0	1	0.57	6	5	1.3	18	9	1.12	0.96	2.18
33	18	4	0.57	7	7	1.09	0	1	0.57	9	4	1.04	21	8	1	0.85	1.99
34	26	3	0.43	7	7	1.09	0	1	0.57	9	4	1.04	22	8	1	0.82	1.74
35	23	3	0.43	9	7	1.09	0	1	0.57	10	4	1.04	41	6	0.75	0.77	1.49
36	27	3	0.43	8	7	1.09	1	0	0	10	3	0.78	24	6	0.75	0.61	1.40
37	10	3	0.43	29	6	0.93	4	0	0	12	3	0.78	15	5	0.62	0.55	1.15
38	0	3	0.43	11	6	0.93	22	0	0	12	3	0.78	1	5	0.62	0.55	1.10
39	8	3	0.43	9	6	0.93	19	0	0	11	3	0.78	4	5	0.62	0.55	0.99
40	19	2	0.28	4	5	0.78	5	0	0	8	3	0.78	60	5	0.62	0.49	0.85
41	54	2	0.28	14	5	0.78	1	0	0	13	2	0.52	64	4	0.5	0.42	0.77
42	36	1	0.14	8	5	0.78	0	0	0	10	2	0.52	54	4	0.5	0.39	0.55
43	9	1	0.14	15	4	0.62	0	0	0	7	2	0.52	37	4	0.5	0.36	0.55
44	15	0	0	18	4	0.62	0	0	0	4	1	0.26	9	3	0.37	0.25	0.42
45	24	0	0	10	3	0.47	1	0	0	3	1	0.26	4	3	0.37	0.22	0.36
46	63	0	0	5	3	0.47	0	0	0	6	1	0.26	9	2	0.25	0.19	0.22
47	32	0	0	5	2	0.31	0	0	0	3	1	0.26	5	1	0.12	0.14	0.14
48	5	0	0	7	2	0.31	0	0	0	0	0	0	10	1	0.12	0.09	0.09
合計	705	705	100	645	645	100	174	174	100	385	385	100	802	802	100	100	100

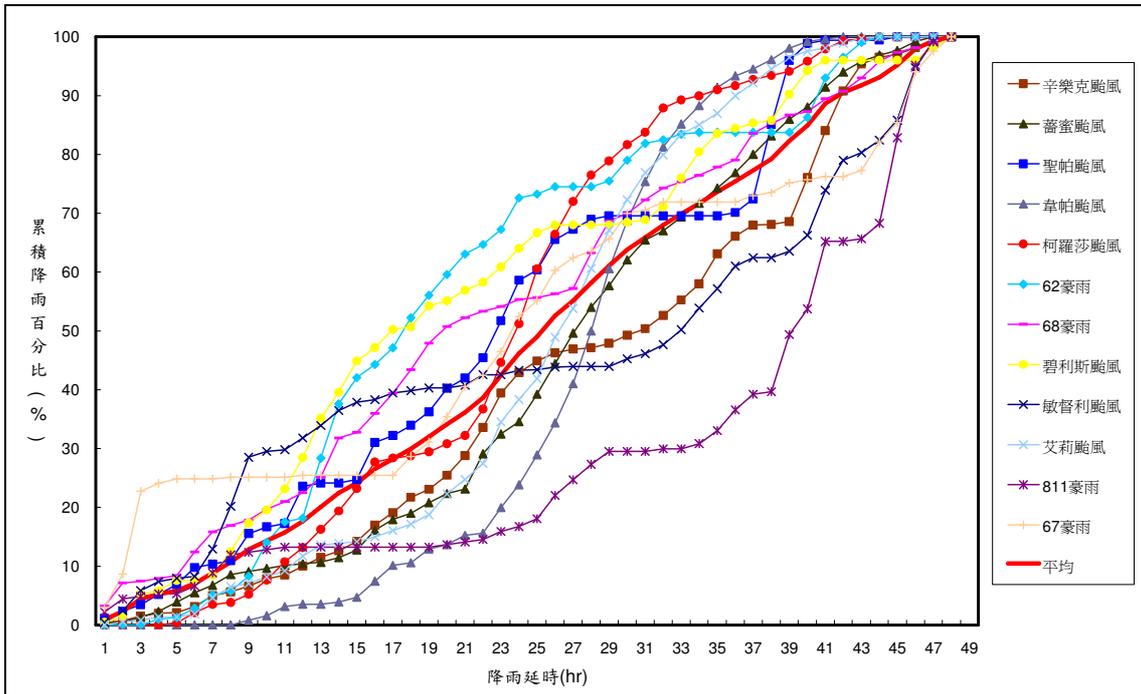


圖 4-1-5 清流(1)站 12 場暴雨 48 小時降雨累積曲線

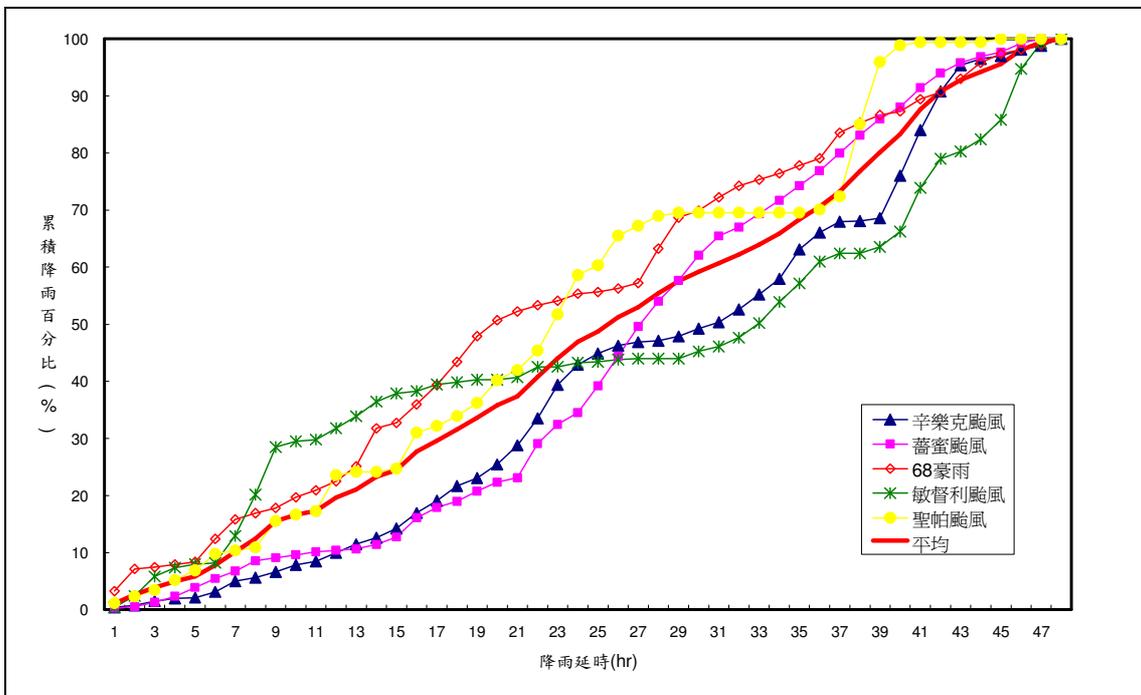


圖 4-1-6 清流(1)站 5 場暴雨 48 小時降雨累積曲線

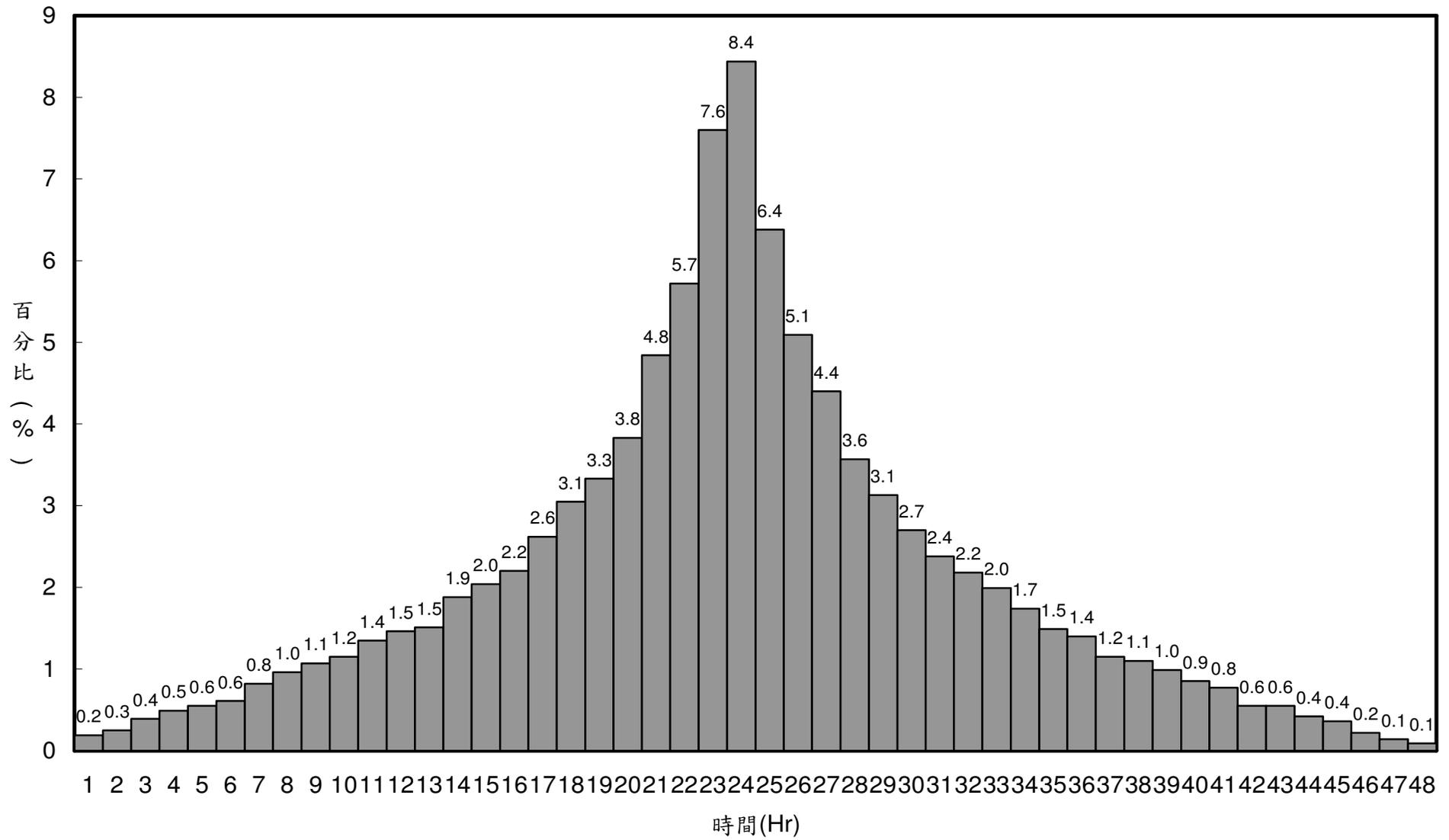


圖 4-1-7 計畫河段二日暴雨時間雨量分配型態圖

(四)洪峰流量分析

1.降雨損失及基流量

影響降雨損失率之因素相當多，諸如土壤種類、土壤溫度、土地利用、地形、地勢及先前降雨等，導致難以推估降雨損失率。烏嘴潭堰集水區之入滲損失參考「烏溪水系九二一地震災後治理規劃檢討」報告採入滲量每小時4.5毫米；基流量採10秒立方公尺。

2.單位歷線

本計畫區集水面積1,030平方公里，由於集水面積過大，致使合理化公式及三角形單位歷線法較不適用於推估本計畫區洪峰流量，故建議採用無因次單位歷線法分析各頻率降雨量下之洪峰流量。

本次評估採用符合集水區特性之無因次單位歷線法推算單位歷線，其方法之內容簡述如下：

參考民國77年「烏溪本流及支流眉溪治理規劃報告」，採用烏溪無因次單位歷線詳見圖4-1-8，並採用其稽延時間關係式。

$$T_{lag} = 0.377 \left(\frac{L \times L_c}{S^{0.5}} \right)^{0.257}$$

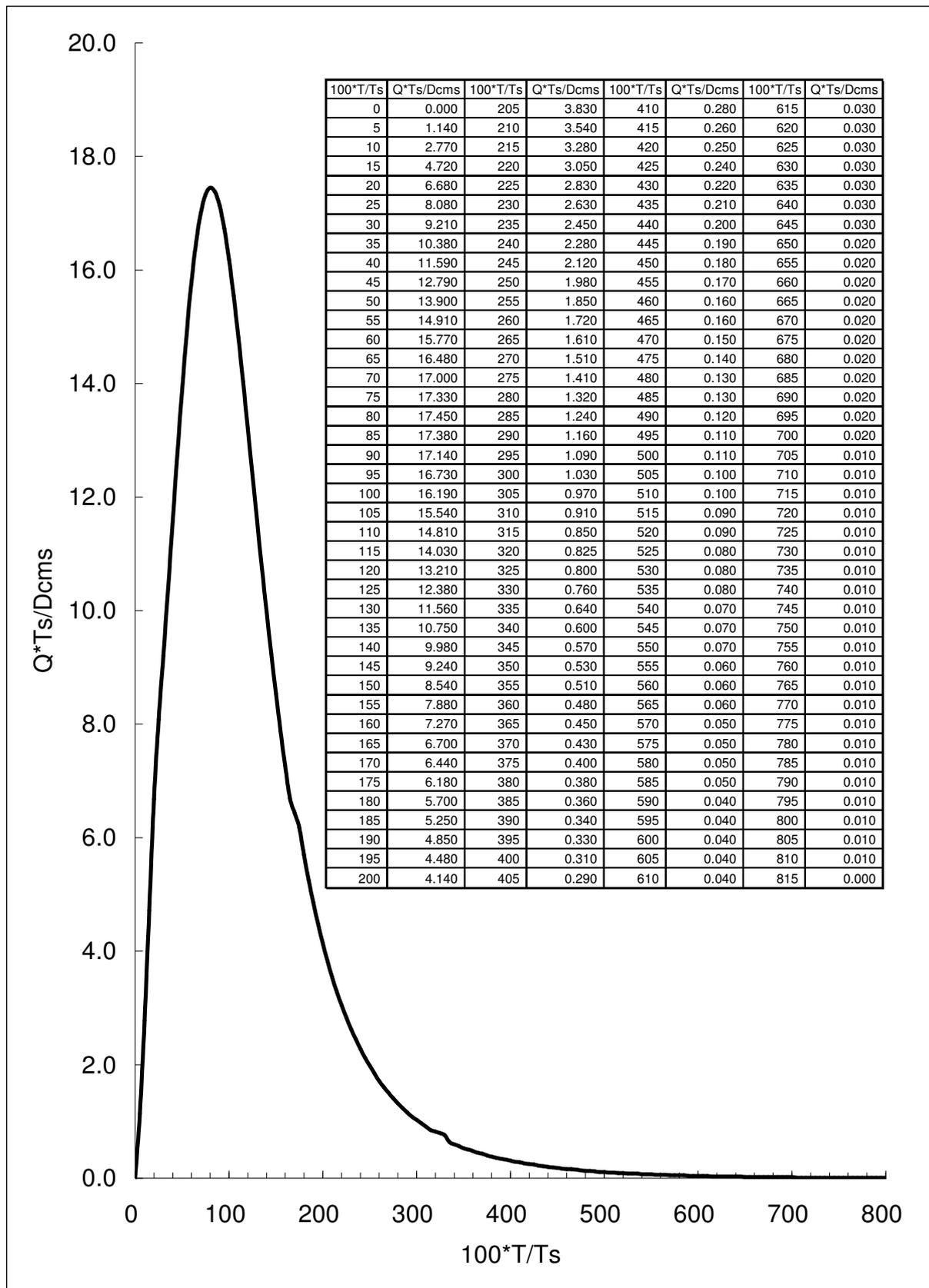
式中， T_{lag} ：稽延時間(小時)； L ：集水區最遠沿主流至控制站距離(公里)； L_c ：集水區重心沿主流至控制站距離(公里)； S ：控制站以上主流坡度。

結果如表4-1-15所示，得到稽延時間(T_{lag})，據此可計算單位延時 T_r 以及單位超滲降雨為10毫米之單位歷線，如圖4-1-9。

表 4-1-18 本計畫無因次單位歷線相關資料表

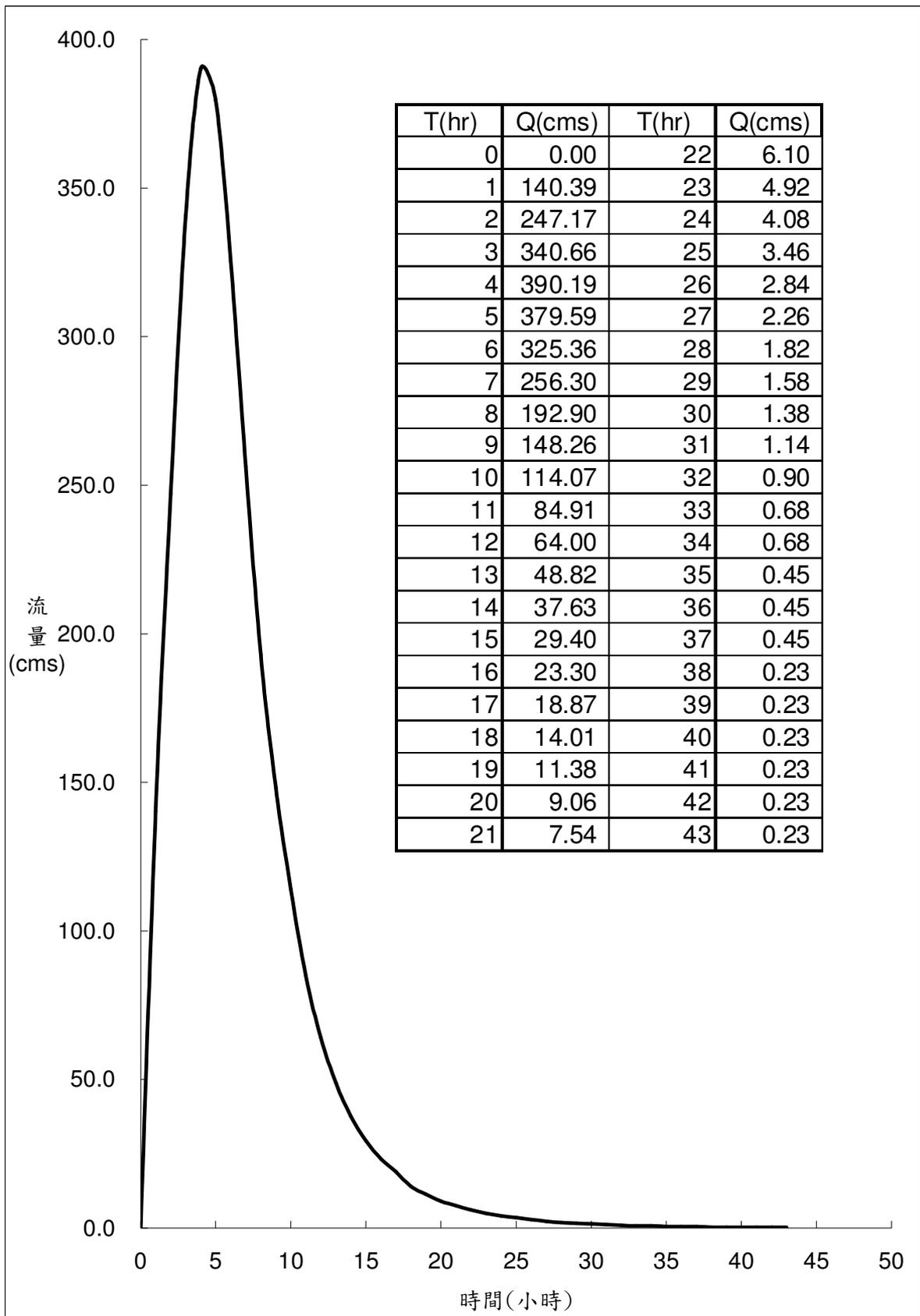
地點	A (平方公里)	L (公里)	L_c (公里)	S (公里/公里)	T_{lag} (小時)
烏溪橋	1,030	88.2	42.3	0.02215	5.09

以前述各重現期距暴雨量、雨型及降雨損失配合單位歷線推估計畫流量。



資料來源：前台灣省水利局「烏溪本流及支流眉溪治理規劃報告」(民國 77 年)

圖 4-1-8 烏溪無因次單位歷線圖



資料來源：本計畫分析成果

圖 4-1-9 烏溪橋單位歷線圖

3. 流量計算

將頻率分析之各重現期距雨量依據雨型之分配，求得二日降雨組體圖，並搭配單位歷線，即可估算各重現期距洪水量，結果如表4-1-19所示，100年重現期流量為12,700秒立方公尺。

表 4-1-19 各重現期距洪峰流量成果表

重現期距(年)	2	5	10	25	50	100	200	500
本計畫流量 (秒立方公尺)	3,275	5,655	7,305	9,445	11,065	12,700	14,370	16,620

資料來源：「烏溪水系治理基本計畫(台灣省水利局，民國80年)」、本計畫分析成果

(五) 本次流量成果與歷次分析流量之分析比較

烏溪相關流量分析有80年「烏溪水系治理基本計畫」、92年「烏溪流域聯合整體治理規劃」、95年「烏溪本流河床穩定與治理對策之研究」，其中92年與95年之報告成果皆採用80年之流量成果；另本計畫前期計畫「烏嘴潭人工湖可性性規劃(1/2)-工程可行性規劃」亦有相關流量之分析，茲在此將上述成果列表比較說明，如表4-1-20。

表 4-1-20 歷年計畫流量估算成果比較表

重現期距(年)	2	5	10	25	50	100	200	500
80年公告流量 (秒立方公尺)	2,450	4,080	5,200	6,900	8,360	9,800	11,570	—
98年計畫流量 (秒立方公尺)	4,150	6,900	8,610	10,640	12,050	13,450	14,780	16,490
本計畫流量 (秒立方公尺)	3,275	5,655	7,305	9,445	11,065	12,700	14,370	16,620

資料來源：「烏溪水系治理基本計畫(台灣省水利局，民國80年)」、「烏溪流域聯合整體治理規劃(水規所，民國92年)」、「烏溪本流河床穩定與治理對策之研究(三河局、95年)」、「烏嘴潭人工湖可性性規劃(1/2)-工程可行性規劃(水規所、民國98年)」、本計畫分析成果

本計畫流量估算約12,700秒立方公尺較民國80年「烏溪水系治理基本計畫」所公告之流量9,800秒立方公尺多出2,900秒立方公尺，增加比例約30%，推測其主要差異應為近年降雨增大且發生次數較為頻繁，尤其民國90年後發生多次重大降雨事件如民國93年敏督利、民國94年海棠、民國95六九水災、民國97年辛樂克及民國98年莫拉克(八八風災)等重大颱風事件，皆導致降雨頻率分析成果向上修正。

採用三種不同降雨紀錄年限(民國39~80年、39~90年及39~99年)進行頻率分析以研究近年之年最大降雨量對降雨頻率分析之影響，分析成果如表4-1-21所示，可以發現民國39~80年(約等同「烏溪本流及支流眉溪治理規劃報告」之分析年限)及民國39~90年頻率分析成果相近，100年重現期距之降雨量分別為645.9毫米及652.6毫米，而民國39~99年之成果為895.8毫米較前二者增加約38%，其比較結果證實本次計畫流量較原公告值為大之主因為近年(民國91~99年)連續豪大雨紀錄導致頻率分析結果較以往為大，進而影響計畫流量之成果。

表 4-1-21 各雨量紀錄年限頻率分析成果比較表

紀錄年限(年) \ 重現期距(年)	2	5	10	20	25	50	100	200
民國 39~80 年(42 年)	261.1	380.3	452.6	516.8	536.1	593.1	645.9	695.2
民國 39~90 年(52 年)	263.3	380.0	452.2	517.5	537.4	596.7	652.6	705.8
民國 39~99 年(61 年)	291.8	444.6	550.3	653.9	687.2	790.9	895.8	1002.4

雨量單位：毫米

又本計畫流量成果較民國98年「烏嘴潭人工湖可性性規劃(1/2)-工程可行性規劃」之估算流量13,450秒立方公尺減少約750秒立方公尺；本計畫與98年報告之流量估算方式大致相同，惟本計畫平均雨量之估算方法採等雨量線法且採計鄰近計畫區之雨量站共10站，而98年之平均雨量採徐昇式法估算之，且僅採計鄰近雨量站共5站，因此在其平均雨量估算時已有差距，導致後續流量計算有所差異，本計畫與98年報告二日暴雨頻率分析成果比較如表4-1-22所示。

表 4-1-22 各雨量紀錄年限頻率分析成果比較表

計畫別 \ 重現期距(年)	2	5	10	20	25	50	100	200
98 年二日暴雨 (毫米)	348.3	524.6	633.6	733.0	763.6	855.4	943.4	1028.7
本計畫二日暴雨 (毫米)	291.8	444.6	550.3	653.9	687.2	790.9	895.8	1002.4

目前水規所另有「烏溪主流、支流南港溪及支流眉溪治理規劃檢討計畫」執行中，本計畫為保守計，採12,700秒立方公尺做為後續水理分析之依據，屆時再依循該檢討成果作必要之修正。

二、河道水理分析

以前節之各重現期距流量以計畫河段實測大斷面資料進行一維水理演算，相關水理條件如下：

(一)邊界條件

1.河道斷面資料

以本計畫於計畫河段(烏溪斷面54~70)進行河道大斷面測量之成果進行一維水理檢討，據以評估河道水理狀況，作為後續評估計畫河段輸砂能力之依據。

2.起算水位

參考民國80年所公告之「烏溪治理基本計畫」斷面54之計畫水位，如表4-2-1所示。

表 4-2-1 烏溪斷面 54 各重現期距計畫水位表

重現期距 (年)	2	5	10	25	50	100	200
計畫水位 (EL.公尺)	84.57	85.57	86.09	86.75	87.04	87.85	88.21

3.河道粗糙係數曼寧n值

河道粗糙係數曼寧n值依本計畫河床質採樣分析成果約介於0.035~0.039，又「烏溪本流河床穩定與治理對策之研究」(三河局，民國95年)報告中計畫河段曼寧n值係採0.041，為保守起見，故本計畫一維水理演算河道粗糙係數曼寧n值採用0.041。

4.計畫流量

採用前節計算之各重現期距流量，其流量資料如表4-1-19所示。

(二)一維水理成果

依前節所述之條件進行計畫河段一維水理演算成果如表4-2-2所示。

1. 計畫河段堤岸安全檢討

根據本計畫前節水理演算成果檢討計畫河段範圍內之堤防護岸之高度是否足夠，現況堤頂高程與水理成果比較成果如表4-2-3所示。

計畫河段除少數區段無法通過本計畫100年重現期距之洪峰流量外，大部分皆可通過100年重現期距之洪峰流量，分析無法順利通過洪峰流量之原因，研判應為本計畫檢討之100年重現期距之洪峰流量12,700秒立方公尺較原公告洪水量9,800秒立方公尺多出2,700秒立方公尺，已超出烏溪該區段原先堤防護岸之保護標準。

2. 烏嘴潭攔河堰興建後之水理檢討

本計畫主要係檢討烏溪烏嘴潭攔河堰興建對烏溪河道之影響，故依「烏嘴潭人工湖可行性規劃-工程可行性規劃(總報告)(99.12)」烏嘴潭攔河堰相關工程佈置進行一維水理演算，其演算成果如表4-2-4所示，各重現期距之攔河堰興建前後水位比較如表4-2-5所示，該檢討成果表顯示烏嘴潭攔河堰興建後受影響之河段僅斷面66至斷面67，且重現期距100年水位差介於-0.55至0.12公尺，此一成果符合烏嘴潭堰類似潛堰設計之水理現象，對烏溪河道水理影響甚小。

3. 烏嘴潭人工湖湖區北側堤防加高加固之可行性

烏嘴潭人工湖北側以北勢堤防與烏溪相隔，有鑒於人工湖湖為重要之水利構造物，須有較高之保護標準，且湖區與堤防間另有國道6號路堤段經過，亦需要提高保護標準以維安全，故評估於烏溪斷面58~63間之堤防加高加固之可行性。以500年重現期距之洪水量16,620秒立方公尺檢討該區段之堤防高度，成果如表4-2-6所示，斷面58~59左岸堤防高度不足約2.9公尺；考量烏嘴潭人工湖開挖土方外運之減量及提高本河段之保護標準，建議可提高本區段之堤防高度，以人工湖開挖出之剩餘土石方進行既有堤防之加高與培厚。

表 4-2-2 計畫河段一維水理成果表(建堰前)

断面編號	流量 (m ³ /s)	河槽最深點 (EL.m)	水位高程 (EL.m)	臨界水深 (m)	流速 (m/s)	通水面積 (m ²)	水面寬 (m)	福祿數	水面高程(EL.m)						
									2年	5年	10年	25年	50年	200年	500年
54	12700	78.03	87.85	85.85	3.48	3649.58	1007.94	0.58	84.57	85.57	86.09	86.75	87.04	88.21	88.61
55	12700	80.45	90.22	89.99	5.95	2134.23	503.90	0.92	87.21	88.15	88.66	89.39	89.85	90.49	91.05
55-1 烏溪橋下断面	12700	86.75	93.99	92.98	4.71	2694.99	589.13	0.70	91.20	92.10	92.70	93.22	93.59	94.43	94.99
55-2 烏溪橋上断面	12700	87.05	94.45	93.28	4.56	2785.88	589.54	0.67	91.42	92.37	93.00	93.60	94.02	94.88	95.44
56	12700	89.64	96.94	96.94	6.81	1864.70	400.53	1.01	93.93	94.84	95.40	96.08	96.53	97.33	98.06
57	12700	95.19	103.13	102.97	6.66	1906.38	380.48	0.95	100.29	101.22	101.76	102.34	102.77	103.50	104.01
57-1 國道6四號橋 下断面	12700	95.00	105.44	104.03	5.96	2130.02	343.76	0.76	101.67	102.84	103.52	104.30	104.96	105.90	106.47
57-3 國道6四號橋 上断面	12700	95.60	106.65	103.80	4.62	2747.72	409.63	0.57	101.91	103.30	104.16	105.19	105.98	107.33	108.19
57-4 阿罩霧圳下断面	12700	96.45	103.23	105.26	11.45	1109.21	252.56	1.74	99.54	100.88	101.70	102.55	106.48	107.62	108.32
57-6 阿罩霧圳上断面	12700	101.51	108.30	108.30	7.32	1735.23	317.45	1.00	105.20	105.98	106.59	107.30	107.81	108.77	109.38
58	12700	104.63	114.75	113.80	5.39	2355.60	476.85	0.77	111.41	112.45	113.00	113.67	114.24	115.19	115.78
59	12700	112.14	120.32	119.27	4.74	2677.99	561.50	0.69	117.44	118.37	118.88	119.48	119.92	120.69	121.15
60	12700	119.39	128.05	128.05	6.31	2012.59	494.91	1.00	125.54	126.34	126.76	127.25	127.69	128.40	128.85
61	12700	124.70	132.87	131.84	4.41	2882.63	656.63	0.67	130.06	130.95	131.47	132.09	132.49	133.26	133.75
62	12700	130.26	136.61	136.61	5.52	2300.06	738.09	1.00	134.33	135.06	135.43	135.87	136.18	136.87	137.21
63	12700	132.15	140.89	140.38	6.14	2067.45	395.71	0.86	138.27	139.19	139.66	140.18	140.53	141.18	141.53
64	12700	136.35	144.44	144.10	5.60	2267.91	549.50	0.88	141.21	142.14	142.69	143.38	143.83	144.92	145.57
64-2 國道6五號橋 下断面	12700	136.94	144.06	144.77	7.48	1698.26	469.46	1.26	142.37	143.28	143.81	143.45	143.74	144.41	144.86
64-3 國道6五號橋 上断面	12700	137.23	146.51	144.97	4.55	2793.78	535.79	0.64	142.90	144.02	144.69	145.46	146.01	146.96	147.53
65	12700	139.28	147.96	147.09	5.18	2453.34	550.16	0.78	144.65	145.79	146.34	146.97	147.48	148.35	148.85
66	12700	141.98	150.12	150.12	6.33	2007.08	490.43	1.00	147.23	148.26	148.84	149.38	149.76	150.47	150.93
66-5 堰址下断面	12700	144.06	152.13	151.44	5.71	2224.44	436.08	0.81	149.19	150.33	150.85	151.41	151.79	152.47	152.87
66-6 堰址上断面	12700	144.49	152.27	151.87	6.05	2097.70	434.46	0.88	149.30	150.46	150.98	151.54	151.92	152.61	153.02
67	12700	145.55	152.99	152.46	6.11	2080.14	398.31	0.85	149.92	151.04	151.64	152.23	152.63	153.34	153.78
68 炎峰橋下断面	12700	146.89	156.94	155.21	5.02	2530.71	398.31	0.64	153.07	154.35	155.08	155.89	156.43	157.43	158.16
68-1 炎峰橋上断面	12700	147.02	157.42	155.55	4.87	2605.95	405.65	0.61	153.33	154.62	155.39	156.26	156.85	158.04	158.84
69 坪林橋下断面	12700	145.98	158.35	156.45	4.51	2817.14	459.81	0.58	154.43	155.61	156.32	157.17	157.78	158.92	159.63
69-1 坪林橋上断面	12700	147.86	158.52	156.32	4.30	2952.08	459.78	0.54	154.57	155.78	156.49	157.34	157.94	159.09	159.81
70	12700	150.45	159.96	159.96	6.63	1916.16	427.68	1.00	157.05	158.04	158.55	159.16	159.56	160.35	160.85

表 4-2-3 計畫河段既有堤防護岸檢討成果表

斷面編號	河槽最深點 (EL.m)	Q ₁₀₀ 水位高程 (EL.m)	左岸堤頂高程 (EL.m)	右岸堤頂高程 (EL.m)	左岸堤防 護岸名稱	右岸堤防 護岸名稱	左岸高度 檢討成果	右岸高度 檢討成果
54	78.03	87.85	93.19	92.29	芬園堤防	霧峰堤防	高度足夠	高度足夠
55	80.45	90.22	95.51	94.02	芬園堤防	霧峰堤防	高度足夠	高度足夠
55-1 烏溪橋下斷面	86.75	93.99	104.70	100.60			高度足夠	高度足夠
55-2 烏溪橋上斷面	87.05	94.45	104.70	100.60			高度足夠	高度足夠
56	89.64	96.94	105.00	102.33		霧峰護岸	高度足夠	高度足夠
57	95.19	103.13	104.63	108.01			高度足夠	高度足夠
57-1 國道 6 四號橋 下斷面	95.00	105.44	104.87	106.57			-2.07	-0.37
57-3 國道 6 四號橋 上斷面	95.60	106.65	105.00	106.79			-3.15	-1.36
57-4 阿罩霧圳下斷 面	96.45	103.23	105.55	105.68			高度足夠	高度足夠
57-6 阿罩霧圳上斷 面	101.51	108.30	108.71	111.95			-1.09	高度足夠
58	104.63	114.75	114.43	133.77			-1.82	高度足夠
59	112.14	120.32	122.11	123.52	北勢堤防	象鼻坑堤防	高度足夠	高度足夠
60	119.39	128.05	132.45	135.00	北勢堤防	大崛坑堤防	高度足夠	高度足夠
61	124.70	132.87	137.03	142.21	北勢堤防		高度足夠	高度足夠
62	130.26	136.61	141.39	145.00	北勢堤防		高度足夠	高度足夠
63	132.15	140.89	145.14	145.22	北勢堤防		高度足夠	高度足夠
64	136.35	144.44	148.13	145.68	北勢堤防		高度足夠	-0.26
64-2 國道 6 五號橋 下斷面	136.94	144.06	150.29	144.81			高度足夠	-0.75
64-3 國道 6 五號橋 上斷面	137.23	146.51	151.91	145.20			高度足夠	-2.81
65	139.28	147.96	154.55	147.22			高度足夠	-2.24
66	141.98	150.12	155.00	152.16	土城堤防	平林二號堤防	高度足夠	高度足夠
66-5 堰址下斷面	144.06	152.13	154.10	153.99	土城堤防	平林二號堤防	高度足夠	高度足夠
66-6 堰址上斷面	144.49	152.27	154.53	154.43	土城堤防	平林二號堤防	高度足夠	高度足夠
67	145.55	152.99	155.11	154.66	土城堤防	平林二號堤防	高度足夠	高度足夠
68 炎峰橋下斷面	146.89	156.94	160.53	160.58	土城堤防	平林二號堤防	高度足夠	高度足夠
68-1 炎峰橋上斷面	147.02	157.42	160.76	160.63	土城堤防	平林二號堤防	高度足夠	高度足夠
69 坪林橋下斷面	145.98	158.35	160.37	160.77			高度足夠	高度足夠
69-1 坪林橋上斷面	147.86	158.52	160.37	160.77			高度足夠	高度足夠
70	150.45	159.96	165.57	183.52			高度足夠	高度足夠

備註：堤防護岸高度檢討成果為「既有堤防高程＋出水高(1.5 公尺)－計畫水位」

表 4-2-4 計畫河段一維水理成果表(建堰後)

断面編號	流量 (m ³ /s)	河槽最深點 (EL.m)	水位高程 (EL.m)	臨界水深 (m)	流速 (m/s)	通水面積 (m ²)	水面寬 (m)	福祿數	水面高程(EL.m)						
									2年	5年	10年	25年	50年	200年	500年
54	12700	78.03	87.85	85.85	3.48	3649.58	1007.94	0.58	84.57	85.57	86.09	86.75	87.04	88.21	88.61
55	12700	80.45	90.22	89.99	5.95	2134.23	503.90	0.92	87.21	88.15	88.66	89.39	89.85	90.49	91.05
55-1 烏溪橋下断面	12700	86.75	93.99	92.98	4.71	2694.99	589.13	0.70	91.20	92.10	92.70	93.22	93.59	94.43	94.99
55-2 烏溪橋上断面	12700	87.05	94.45	93.28	4.56	2785.88	589.54	0.67	91.42	92.37	93.00	93.60	94.02	94.88	95.44
56	12700	89.64	96.94	96.94	6.81	1864.70	400.53	1.01	93.93	94.84	95.40	96.08	96.53	97.33	98.06
57	12700	95.19	103.13	102.97	6.66	1906.38	380.48	0.95	100.29	101.22	101.76	102.34	102.77	103.50	104.01
57-1 國道6四號橋 下断面	12700	95.00	105.44	104.03	5.96	2130.02	343.76	0.76	101.67	102.84	103.52	104.30	104.96	105.90	106.47
57-3 國道6四號橋 上断面	12700	95.60	106.65	103.80	4.62	2747.72	409.63	0.57	101.91	103.30	104.16	105.19	105.98	107.33	108.19
57-4 阿罩霧圳下斷 面	12700	96.45	103.23	105.26	11.45	1109.21	252.56	1.74	99.54	100.88	101.70	102.55	106.48	107.62	108.32
57-6 阿罩霧圳上斷 面	12700	101.51	108.30	108.30	7.32	1735.23	317.45	1.00	105.20	105.98	106.59	107.30	107.81	108.77	109.38
58	12700	104.63	114.75	113.80	5.39	2355.60	476.85	0.77	111.41	112.45	113.00	113.67	114.24	115.19	115.78
59	12700	112.14	120.32	119.27	4.74	2677.99	561.50	0.69	117.44	118.37	118.88	119.48	119.92	120.69	121.15
60	12700	119.39	128.05	128.05	6.31	2012.59	494.91	1.00	125.54	126.34	126.76	127.25	127.69	128.40	128.85
61	12700	124.70	132.87	131.84	4.41	2882.63	656.63	0.67	130.06	130.95	131.47	132.09	132.49	133.26	133.75
62	12700	130.26	136.61	136.61	5.52	2300.06	738.09	1.00	134.33	135.06	135.43	135.87	136.18	136.87	137.21
63	12700	132.15	140.89	140.38	6.14	2067.45	395.71	0.86	138.27	139.19	139.66	140.18	140.53	141.18	141.53
64	12700	136.35	144.44	144.10	5.60	2267.91	549.50	0.88	141.21	142.14	142.69	143.38	143.83	144.92	145.57
64-2 國道6五號橋 下断面	12700	136.94	144.06	144.77	7.48	1698.26	469.46	1.26	142.37	143.28	143.81	143.45	143.74	144.41	144.86
64-3 國道6五號橋 上断面	12700	137.23	146.51	144.97	4.55	2793.78	535.79	0.64	142.90	144.02	144.69	145.46	146.01	146.96	147.53
65	12700	139.28	147.96	147.09	5.18	2453.34	550.16	0.78	144.65	145.79	146.34	146.97	147.48	148.35	148.85
66	12700	141.98	150.12	150.12	6.33	2007.08	490.43	1.00	147.23	148.26	148.84	149.38	149.76	150.47	150.93
66-5 堰址下断面	12700	142.50	152.23	149.96	4.39	2890.57	430.00	0.54	148.86	150.03	150.65	151.33	151.80	152.66	153.18
66-6 堰址上断面	12700	142.50	152.39	149.96	4.29	2957.42	430.00	0.52	148.94	150.13	150.76	151.46	151.94	152.82	153.37
67	12700	145.55	152.44	152.46	6.83	1858.77	396.51	1.01	149.15	150.11	150.67	151.47	151.93	152.84	153.40
68 炎峰橋下断面	12700	146.89	156.94	155.21	5.02	2530.70	398.31	0.64	153.07	154.35	155.08	155.89	156.43	157.43	158.15
68-1 炎峰橋上断面	12700	147.02	157.42	155.55	4.87	2605.95	405.65	0.61	153.33	154.62	155.39	156.26	156.85	158.04	158.84
69 坪林橋下断面	12700	145.98	158.35	156.45	4.51	2817.14	459.81	0.58	154.43	155.61	156.32	157.17	157.78	158.92	159.63
69-1 坪林橋上断面	12700	147.86	158.52	156.32	4.30	2952.08	459.78	0.54	154.57	155.78	156.49	157.34	157.94	159.09	159.81
70	12700	150.45	159.96	159.96	6.63	1916.16	427.68	1.00	157.05	158.04	158.55	159.16	159.56	160.35	160.85

表 4-2-5 計畫河段建堰前後水位比較表

斷面編號	水面高差(m)							
	2年	5年	10年	25年	50年	100年	200年	500年
54	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0
55-1 烏溪橋下斷面	0	0	0	0	0	0	0	0
55-2 烏溪橋上斷面	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0
57-1 國道6四號橋下 斷面	0	0	0	0	0	0	0	0
57-3 國道6四號橋上 斷面	0	0	0	0	0	0	0	0
57-4 阿罩霧圳下斷面	0	0	0	0	0	0	0	0
57-6 阿罩霧圳上斷面	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0
62	0	0	0	0	0	0	0	0
63	0	0	0	0	0	0	0	0
64	0	0	0	0	0	0	0	0
64-2 國道6五號橋下 斷面	0	0	0	0	0	0	0	0
64-3 國道6五號橋上 斷面	0	0	0	0	0	0	0	0
65	0	0	0	0	0	0	0	0
66	0	0	0	0	0	0	0	0
66-5 堰址下斷面	-0.33	-0.3	-0.2	-0.08	0.01	0.1	0.19	0.31
66-6 堰址上斷面	-0.36	-0.33	-0.22	-0.08	0.02	0.12	0.21	0.35
67	-0.77	-0.93	-0.97	-0.76	-0.7	-0.55	-0.5	-0.38
68 炎峰橋下斷面	0	0	0	0	0	0	0	-0.01
68-1 炎峰橋上斷面	0	0	0	0	0	0	0	0
69 坪林橋下斷面	0	0	0	0	0	0	0	0
69-1 坪林橋上斷面	0	0	0	0	0	0	0	0
70	0	0	0	0	0	0	0	0

表 4-2-6 人工湖北側堤防加高加固水理檢討表

斷面編號	河槽最深點 (EL.m)	Q500 水位高程 (EL.m)	左岸堤頂 高程(EL.m)	右岸堤頂 高程(EL.m)	左岸堤防 護岸名稱	右岸堤防 護岸名稱	左岸高度 檢討成果	右岸高度 檢討成果
58	104.63	115.78	114.43	133.77			-2.85	高度足夠
59	112.14	121.15	122.11	123.52	北勢堤防	象鼻坑堤防	-0.54	高度足夠
60	119.39	128.85	132.45	135.00	北勢堤防	大堀坑堤防	高度足夠	高度足夠
61	124.7	133.75	137.03	142.21	北勢堤防		高度足夠	高度足夠
62	130.26	137.21	141.39	145.00	北勢堤防		高度足夠	高度足夠
63	132.15	141.53	145.14	145.22	北勢堤防		高度足夠	高度足夠

三、河道輸砂量評估

利用本計畫前述之測量縱斷面資料及水文分析流量成果進行計畫河段水理分析，再以水理相關成果配合河床質採樣分析成果推估計畫河段之河道輸砂能力，本計畫採用Schoklitsch公式計算河道輸砂能力，計算公式如下：

$$Q_{sb} = \frac{7000}{\sqrt{d}} S_e^{3/2} (Q - B \times q_0)$$

$$q_0 = 0.0000194(d / S_e^{4/3})$$

Q_{sb} 為推移質輸砂量，公斤/秒；

q_0 為單位河寬之推移質臨界啟動流量，秒立方公尺/公尺；

Q 為河川流量，秒立方公尺；

s 為河床坡降；

B 為河床斷面寬，公尺；

d 為河床質代表粒徑(D_{50})，毫米。

本節之輸砂量評估配合水理演算之成果分為烏嘴潭攔河堰興建前與興建後之兩種情境，依上述Schoklitsch公式計算河道各斷面之輸砂能力，其成果如表4-3-1及表4-3-2所示，依其成果顯示烏溪斷面54至斷面70主要為沖淤互現之流況；分析其沖淤現象可將其分為數段：斷面54至斷面56大致為淤積段，因斷面54推移質輸砂量較斷面56為少，顯示兩斷面間推移質變化以淤積為主；同理斷面56至斷面57-4阿罩霧固床工間主要為沖刷段，而斷面58至斷面70則為淤積段；另對照現場勘查成果，亦顯示阿罩霧一圳固床工下游沖刷情形嚴重，而上游則呈現淤積現象，可證明上述演算成果與現況大致吻合。

表 4-3-1 計畫河段建堰前各斷面輸砂能力

斷面編號	流量 (m ³ /s)	代表粒徑 D ₅₀ d(毫米)	平均坡度 s	水面寬 (m)	推移質啟動流量 q ₀ (cms/m)	推移質輸砂量 Q _{sb} (kg/sec)	沖淤 推估
54	12700	111	0.004172	951.10	3.21	1,728	淤
55	12700	133	0.008672	504.98	1.45	5,867	沖
55-1 烏溪橋下斷面	12700	154	0.005032	589.07	3.46	2,146	沖
55-2 烏溪橋上斷面	12700	154	0.004469	589.51	4.06	1,737	淤
56	12700	133	0.010452	400.53	1.13	7,944	沖
57	12700	147	0.008892	380.48	1.55	5,863	沖
57-1 國道 6 四號橋下斷面	12700	147	0.005378	343.76	3.03	2,655	沖
57-3 國道 6 四號橋上斷面	12700	147	0.002965	409.63	6.73	921	淤
57-4 阿罩霧圳下斷面	12700	147	0.031912	252.56	0.28	41,566	沖
57-6 阿罩霧圳上斷面	12700	147	0.00995	317.45	1.33	7,035	沖
58	12700	110	0.005941	476.85	1.98	3,592	沖
59	12700	147	0.004764	561.50	3.56	2,032	淤
60	12700	146	0.010464	494.91	1.24	7,496	沖
61	12700	92	0.004577	656.63	2.35	2,521	淤
62	12700	99	0.011312	738.09	0.76	10,277	沖
63	12700	102	0.007184	395.71	1.43	5,121	淤
64	12700	109	0.008055	549.50	1.31	5,807	淤
64-2 國道 6 五號橋下斷面	12700	109	0.017051	469.46	0.48	18,621	沖
64-3 國道 6 五號橋上斷面	12700	109	0.003882	535.79	3.47	1,758	淤
65	12700	111	0.006227	550.16	1.88	3,809	淤
66	12700	102	0.010423	490.43	0.87	9,052	沖
66-5 堰址下斷面	12700	102	0.002713	436.08	1.70	4,145	淤
66-6 堰址上斷面	12700	102	0.002517	434.46	1.32	5,591	沖
67	12700	121	0.009992	398.31	1.75	4,491	淤
67-9 炎峰橋下斷面	12700	121	0.004512	380.22	0.44	22,077	沖
68-1 炎峰橋上斷面	12700	99	0.003715	404.63	3.49	1,713	沖
68-9 坪林橋下斷面	12700	99	0.003311	459.54	3.97	1,425	沖
69-1 坪林橋上斷面	12700	129	0.002812	459.56	6.41	880	淤
70	12700	143	0.010172	427.68	1.26	7,304	沖

表 4-3-2 計畫河段建堰後各斷面輸砂能力

斷面編號	流量 (m ³ /s)	代表粒徑 D ₅₀ d(毫米)	平均坡度 s	水面寬 (m)	推移質啟動流量 q ₀ (cms/m)	推移質輸砂量 Q _{sb} (kg/sec)	沖淤 推估
54	12700	111	0.004172	951.10	3.21	1,728	淤
55	12700	133	0.008672	504.98	1.45	5,867	沖
55-1 烏溪橋下斷面	12700	154	0.005032	589.07	3.46	2,146	沖
55-2 烏溪橋上斷面	12700	154	0.004469	589.51	4.06	1,737	淤
56	12700	133	0.010452	400.53	1.13	7,944	沖
57	12700	147	0.008892	380.48	1.55	5,863	沖
57-1 國道6四號橋下斷面	12700	147	0.005378	343.76	3.03	2,655	沖
57-3 國道6四號橋上斷面	12700	147	0.002953	409.63	6.73	921	淤
57-4 阿罩霧圳下斷面	12700	147	0.031912	252.56	0.28	41,566	沖
57-6 阿罩霧圳上斷面	12700	147	0.00995	317.45	1.33	7,035	沖
58	12700	110	0.005941	476.85	1.98	3,592	沖
59	12700	147	0.004764	561.50	3.56	2,032	淤
60	12700	146	0.010464	494.91	1.24	7,496	沖
61	12700	92	0.004577	656.63	2.35	2,521	淤
62	12700	99	0.011312	738.09	0.76	10,277	沖
63	12700	102	0.007184	395.71	1.43	5,121	淤
64	12700	109	0.008055	549.50	1.31	5,807	淤
64-2 國道6五號橋下斷面	12700	109	0.017051	469.46	0.48	18,621	沖
64-3 國道6五號橋上斷面	12700	109	0.003882	535.79	3.47	1,758	淤
65	12700	111	0.006227	550.16	1.88	3,809	淤
66	12700	102	0.010423	490.43	0.87	9,052	沖
66-5 堰址下斷面	12700	102	0.002713	430.00	5.23	1,024	沖
66-6 堰址上斷面	12700	102	0.002517	430.00	5.78	894	淤
67	12700	121	0.009992	396.58	1.09	7,797	沖
67-9 炎峰橋下斷面	12700	121	0.004512	395.54	3.15	2,209	沖
68-1 炎峰橋上斷面	12700	99	0.003715	404.06	3.34	1,808	沖
68-9 坪林橋下斷面	12700	99	0.003311	459.41	3.89	1,463	沖
69-1 坪林橋上斷面	12700	129	0.002812	459.45	6.31	901	淤
70	12700	143	0.010172	427.68	1.26	7,304	沖

斷面56至斷面57之間有南投農田水利會之茄荖媽助圳取水工，因其固床工呈現較為曲折之形狀，HEC-RAS一維水理演算無法確實反應其縱向結構物之水理變化，故該處沖刷情形應較上述數值成果為大，建議以現場水理狀況判斷其沖刷程度，以利後續穩定方案之規劃。

第五章 河道沖淤預測

本計畫除收集過去烏溪歷年河道斷面資料以分析計畫河段之沖淤情形外，計畫利用數值模式以模擬計畫河段之沖淤情形，以作為後續河道穩定方案擬定之參考。

一、沖淤模擬數值模式研選

近年來河川沖淤已有許多理論可供依循，一般可分為模型試驗與數值模擬等二種不同研究方法。因數值模擬於分析河川沖淤問題及方案評估上相對於模型試驗有較經濟、便利及可模擬方案數較多等優勢。本計畫將就國內外較常使用的GSTARS模式、NETSTARS模式及CCHE2D模式等進行評估及研選。

(一)GSTARS 模式

1.GSTARS模式發展沿革

GSTARS模式(Generalized Stream Tube Model for Alluvial River Simulation)最早版本是由美國聯邦政府內政部墾務局(U.S. Bureau of Reclamation)之資深之工程師Molinas及Yang(1986)所發展。GSTARS模式不但具備一般一維沖淤河川模擬(1-D alluvial river modeling)之功能，如美國陸軍工程師團所發展的HEC-6模式；並具備擬似二維水流(semi 2-D flow condition)及擬似三維河床變形(semi 3-D for the change of channel geometry)之功能。該模式係以流管觀念(stream tube concept)與基本的一維迴水演算模式，使其能以較少、較基本的輸入資料，即可進行較複雜的工程問題探討。

2.模式功能

GSTARS 2.1模式(或GSTARS模式)既已發展作為解決複雜河川工程問題之水理及輸砂演算模式，則其基本上具備以下幾方面之功能：

(1)定床或動床情況下之水理計算；

- (2)不同水理情況，諸如超臨界流、亞臨界流等不同流況組合情況下水面線計算；
- (3)模擬及預測縱向與側向水理及輸砂變化；
- (4)模擬及預測沖淤河床剖面線及其橫斷面變化；
- (5)處理河渠邊坡穩定及沖淤問題；
- (6)模擬側支流的功能。

輸砂演算係以流管為單位，每條流管單獨滿足沈澱連續方程式，各流管所輸送之沈澱互不交換。

(二)NETSTARS 模式

1.模式發展沿革

NETSTARS(Network of Stream Tube Model for Alluvial River Simulation)模式為李鴻源教授等(1993)陸續發展修正而成。本模式為一個擬似二維沖淤模式，凡主支流、複雜河系、陡坡、緩坡、水躍、定量流及變量流之水理及相對應底床沖淤特性均可模擬，同時藉由流管之重新分配進行輸砂演算，可以反應河床橫斷面之不規則變化。一般河川輸砂模式大多以總輸砂量公式去計算輸砂量，所以在不平衡輸砂流況下會有較大的誤差，本模式採用推移載及懸浮載分開計算方式可以反映懸浮載控制之不平衡輸砂狀況。同時因具有處理節點之水理及輸砂分配能力，所以適用於一般網路型河川及水工模型試驗沖淤問題的模擬。

本模式水理模擬分定量流、迴水演算與變量流三種演算法，定量流模式(steady-energy)係根據一維能量方程式配合節點連續關係差分求解，求得水位及流量值，主要取自BRALLUVIAL 模式有關水理部份理論；變量流模式(unsteady-momentum)係根據de Saint Venant之一維渠道變量流連續及動量方程式再配合節點連續關係差分求解，求解水位及流量值，主要採用CHARIMA模式的水理理論及解法；迴水演算方面，係採用GSTARS模式水理部份加入網路節點處理修改而成，具有處理陡坡及水躍的功能，其適用範圍較廣。

2. 模式功能

輸砂模擬以水理模擬所得河川網路的水位、流量配合流管理論分成多個流管，假設所分的每個流管在已知斷面輸水能力均相同，並分別計算輸砂量，再代入輸砂連續方程式中求解每個流管中平均底床沖淤情形。因每個時間段流量並非固定，所以每次流管分配的邊界也會有所不同，如此即可模擬橫向的河床沖淤變化。其中輸砂量計算又可分由輸砂公式直接計算總輸砂量及底床載、懸浮載分開計算後再合併為總輸砂量兩種方法，尤其在高懸浮載的河川或不平衡輸砂現象明顯的區域即需使用後者來計算方能符合實際物理現象。

水理演算中的迴水演算可用來計算亞臨界流、超臨界流或兩者混合的流況(如水躍)。含主支流及局部點側流之河川系統流況及相對應底床變化均可利用NETSTARS模擬。節點處理是河川系統模擬的重點，由節點(nodes)連接許多河段(links)可形成河川網路系統，同時也透過節點傳遞各河段的水理及輸砂特性。

NETSTARS具有 GSTARS分流管執行輸砂演算的功能。流管數目為使用者在輸入時即選定，在計算過程中流管數目應相同。天然河川泥砂運動種類依其性質可分為推移載(bed load)、懸浮載(suspended load)及沖洗載(wash load)，其中推移載及懸浮載合稱河床質載(bed material load)。在河床質載計算(即總輸砂量)方面，程式內有四個公式可供選擇：(1)Yang's(2)Ackers and White(3)Engelund-Hansen (4)Van Rijn，其中(2)及(3)適用粒徑範圍為0.0625毫米-2毫米；(1)則可用於礫石(Gravel)，最大粒徑可為10毫米；(4)之適用粒徑範圍為0.0625毫米~10毫米，計算若超出範圍粒徑時，(1)超過150毫米及小於0.06毫米輸砂量以起動條件控制，此區間之計算結果誤差較大，而在10毫米~150毫米之間則有適當參數判斷是否應計算輸砂量；(2)則粒徑小於0.0005ft時，所計算之輸砂量誤差也較大，超過2毫米也有參數判斷是否應計算輸砂量；(3)及(4)則在粒徑超過150毫米及粒徑小於0.06毫米的輸砂量均可由起動條件控制，所得結果誤差也較大。推移載計算方面，模式內有三個公式可利用，即(1)Meyer-Peter and Muller(2)Van

Rijn(3)Schoklitsch。以上公式均為經由實驗或現場資料迴歸而得之經驗式，所以要視案例的粒徑百分組成來判斷選擇此類公式。同時因水力的篩選作用，在不同的時間粒徑組成均不同，因此本模式具有模擬分選及護甲作用之功能。

3. 模式限制

在計算過程中濕周的區域乃是可能發生沖淤的範圍，在輸入資料中更可控制每個斷面最低沖刷高程、寬度及最高淤積高程，以防止特殊之沖刷(如底部人工結構物)或淤積(如排砂工)條件。大部份河川上游邊界入砂量之實測資料甚少，以採用流量、輸砂量率定曲線為最多。下游邊界懸浮載濃度則由濃度梯度或濃度值來控制；下游邊界輸砂量則由輸砂公式計算求得，不需加以控制。模式需檢定的參數有河道曼寧 n 值、流管數、 Δt 、上游輸砂量率定曲線、可沖刷層厚度、輸砂公式等。以下為本模式之假設及限制：

- (1)對河川蜿蜒橫斷面上因二次流作用造成之泥砂偏向分佈的情況不適用。
- (2)對河川垂直向之二次流無法模擬。
- (3)河床床形(bed form)變化也不做預測。
- (4)在水理計算中，斷面浸水區均假設為動床部份，所以在每個時距每個流管的浸水區內底床做均勻的沖淤變形，並藉由每個演算時距內重新計算流管邊界來反映不均勻的底床橫向變化。
- (5)由於總輸砂量公式只適用於輸砂平衡之狀況下，為反映懸浮載運動的機制，本模式將懸浮載運移行為從總輸砂量公式中分離出來，以較合乎懸浮載運動現象之對流擴散方程式來模擬，可適用於不平衡河段之沖淤模擬。
- (6)糙度係數的表示可由資料檔輸入設定，也可用河川流量的函數計算代替，或由半經驗式計算求得，在缺乏資料時可先由公式計算其概略值再行檢定或修正。
- (7)若要求精度高而調小 Δt 時，所有演算所使用的邊界條件，程式會在歷線資料內自動做線性內插計算。

(三)CCHE-2D 二維輸砂模式

1.模式發展沿革

模式發展沿革為美國國家計算水科學中心(National Center for Computational Hydroscience and Engineering, NCCHE)研發之二維河道輸砂模式，簡稱CCHE-2D模式。

本模式採用有效元素法，利用交錯網格求解連續方程式，以時間推進方式求解變量流流況，並以移動邊界法處理乾、濕交界問題；且模式求解增加紊流模式求解，更可提高求解精確度。CCHE-2D輸砂模組可完成均勻(uniform)與非均勻(non-uniform)輸砂計算，在河床的設定方面可設定為動床(erosion)、非動床(non-erosion)與岩盤動床(erosion rock)區域，同樣於結構物設定可為non-erosion或是unchangeable。此外，最大泥砂沖刷厚度亦可被給定。河道的泥砂淤積、沖刷以及護甲現象均可被模擬。由於泥砂顆粒組成的改變，造成動床糙度的持續變化在模式中可被考量。

2.模式功能

模式包含CCHE-2D Mesh Generator與CCHE-2D主程式兩部分。CCHE-2D Mesh Generator功能為形成模擬河道的數值網格(Numerical Mesh)為主，包含多種整合性的網格形成方法。CCHE-2D主程式功能為設定河道模擬之基本資料(模擬時間、計算時間間距、紀錄時間間距)、起始條件、上下游邊界條件、水理條件參數、泥砂特性、粒徑分布曲線及輸砂公式等，並納入河道數值地形網格資料後執行模擬，最後模擬結果可為二維空間分布與擬三維空間分布的方式展現。

本模式可迅速並精確求解水理及輸砂等問題之流場，提供工程實務與學術研究應用之快速工具。

3.模式限制

CCHE-2D模式可模擬穩態及非穩態明渠流、亞臨界、超臨界、混合流，大尺度之天然河川與小尺度之實驗渠道同樣經過檢定驗證程序。總結來說，模擬之底床改變與河道變遷比傳統水深積分模式來得合理。CCHE-2D模式功能與限制如表5-1-1所示。

表 5-1-1 CCHE-2D 模式功能與限制

CCHE-2D 模式功能	CCHE-2D 模式限制
1.穩態、非穩態之自由液面流於複雜天然環境模擬 2.隱式時間推進有效元素法(Efficient element method) 3.亞臨界、混合流、超臨界流模擬 4.非平衡、非均勻輸砂模擬 5.考慮凝聚性沈澱 6.考慮水工結構物：壩、堰、閘門 7.考慮植生影響 8.考慮河川彎道影響與岸壁沖刷 9.乾濕點處理 10.水質(磷、氮、泥砂吸附/去吸附)模擬 11.污染傳輸模擬 12.圖形化使用者介面	1.不適用非水深平均二維 2.流場之問題 3.突變區域(sharp changing zone)之模擬準確度較差 4.不適用岸壁基腳掏刷(bank toe erosion)與崩塌問題

將上述三種輸砂模式依下列不同條件分類及比較，其成果如表5-1-2所示

1.依水理條件分類

可分為非定量流及擬似定量流模式，前者乃解水流連續及動量方程式，可模擬回流之現象，譬如NETSTARS、CCHE2D等，後者乃解能量方程式，如GSTARS2.1、NETSTARS模式。

2.依河床質組成分類

可分為均勻砂質模式及非均勻砂質模式，當然非均勻砂質之模式亦可用於均勻砂質之模擬。目前大部份之模式均屬後者，如GSTARS2.1、NETSTARS及CCHE2D。非均勻質模式大部份都有處理級配、篩分、護甲之功能。

3.依傳輸型態分類

可分為總載模式(total load)、河床質載(bed material load)模式，目前一般之模式均為河床質載模式，NETSTARS、CCHE2D則具有分辨懸浮載及河床載之功能。

4.依演算方法分類

可分為分離演算模式及結合演算法。所謂分離乃於一時段內先算水理再算輸砂，為一般模式使用之方法，結合演算乃同時解水及

砂之方程式。此外，若依維度而言，又可分為一維、二維及擬似二維模式。CCHE2D模式屬二維分離演算類型。

5. 結構物模擬能力

可針對特定位置或結構物設定沖淤條件，以符合現地河道特性，如固床工、攔河堰河工構造物等可設定為可淤不可沖之屬性。CCHE2D以具備此一功能。

表 5-1-2 本計畫輸砂模式比較表

	GSTARS	NETSTARS	CCHE-2D
應用方程式	連續方程式 能量方程式	定量流：連續、能量方程式 變量流：連續、動量方程式	連續方程式 動量方程式
水理條件	定量流	定量流、變量流	定量流、變量流
傳輸型態	河床質載、河床載	河床質載、河床載、 懸浮載、沖洗載	河床質載、河床載、 懸浮載、沖洗載
演算方式	分離演算法	分離演算法	分離演算法
維度	擬二維	擬二維	二維
流況	亞臨界流	亞臨界流、超臨界流	亞臨界流、 超臨界流
其他功能	—	—	可支援結構物模擬
模式選用	—	—	本計畫擇用

(四) 模式研選

河道沖淤變化分析方法在工程界常用河道斷面測量比較法，以及採用各斷面水理分析成果配合輸砂理論計算各斷面輸砂量，以評估該河段內之單場流量沖淤變化，由於本計畫主要係評估烏嘴潭堰興建前、興建中及興建後對下游河道之影響，因此結構物之屬性設定與模擬能力相對重要，故擬藉由河道斷面資料、數值地形、河床質調查資料、水文分析成果及現勘成果以判斷計畫河段輸砂能力，進而分析各重現期距之河道沖淤趨勢。另，隨著水理流況的漸變過程，局部較強烈的輸砂現象亦將同時出現，故本計畫中所應用之水理輸砂模式，需具備能夠模擬超臨界流與亞臨界流交替等漸變過程之水理及輸砂現象。

經由前述數值模式之綜合評估，僅CCHE2D模式可針對結構物設定沖淤屬性及模擬超、亞臨界流況之交替，故選定CCHE2D模式作為本計畫沖淤評估之模式。

(五) 模式理論簡述

近年來河川沖淤已有許多理論可供依循，一般可分為模型試驗與數值模擬等二種不同研究方法。因數值模擬於分析河川沖淤問題及方案評估上相對於模型試驗有較經濟、便利及可模擬方案數較多等優勢。根據前節輸砂數值模式比較結果採用CCHE2D二維輸砂模式進行計畫河段之沖淤模擬。CCHE-2D模式相關水理及輸砂理論簡述如下：

1. 水理計算

模式採用的水理計算控制方程式為連續方程式及動量方程式如下：

連續方程式：

$$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0$$

動量方程式：

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial Z}{\partial x} + \frac{1}{h} \left[\frac{\partial(h\tau_{xx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{xy})}{\partial y} \right] - \frac{\tau_{bx}}{\rho h} + f_{Cor} v$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial Z}{\partial y} + \frac{1}{h} \left[\frac{\partial(h\tau_{yx})}{\partial x} + \frac{\partial(h\tau_{yy})}{\partial y} \right] - \frac{\tau_{by}}{\rho h} - f_{Cor} u$$

式中 u ， v = 沿 x 與 y 方向之流速； g = 重力加速度； Z = 水位面的高程； ρ = 密度； h = 水深； f_{Cor} = Coriolis 參數； τ_{bx} 、 τ_{by} = 沿 x 與 y 方向之底床剪應力，以下式表示：

$$\tau_{xx} = 2v_t \frac{\partial u}{\partial x} \quad \tau_{xy} = \tau_{yx} = v_t \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \quad \tau_{yy} = 2v_t \frac{\partial v}{\partial y}$$

式中 τ_{xx} 、 τ_{xy} 、 τ_{yx} 、 τ_{yy} 為雷諾剪應力(Reynolds stresses)； v_t = 渦流黏滯係數(Eddy viscosity)，模式中 v_t 提供兩種算法，分別為 Eddy viscosity model 及 Two-dimensional $k-\varepsilon$ model。

2. 輸砂計算

模式推移載包含modified Ackers and White公式、modified Engeund and Hansen公式、SEDTRA公式及Wu, Wang, and Jia公式。懸浮載則解析擴散方程式計算懸浮載濃度。河道中彎道造成的二次流(Secondary flow)在影響底床剪應力與流向的效應亦被考量，輸砂模組中包含河道中彎道效應對輸砂計算的影響。

總載對輸砂模式來講，通常可分離為河床載(Bed Load)與懸浮載(Suspended Load)，或依泥砂來源角度，可區分為河床質載與沖洗載。因此，CCHE-2D模式使用兩種概念計算總載之輸砂行為，其一為分離河床載與懸浮載，其二合併為河床質載。

懸浮載之對流傳輸方程式：

$$\begin{aligned} & \frac{\partial(hC_k)}{\partial t} + \frac{\partial(UhC_k)}{\partial x} + \frac{\partial(VhC_k)}{\partial y} \\ &= \frac{\partial}{\partial x} \left[h \left(\epsilon_s \frac{\partial C_k}{\partial x} + D_{sxx} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[h \left(\epsilon_s \frac{\partial C_k}{\partial y} + D_{syk} \right) \right] + \alpha_d \omega_{sk} (C_{*k} - C_k) \end{aligned}$$

式中 C_k 為某一粒徑k懸浮載之水深平均濃度； C_{*k} 為某一粒徑k平衡條件下懸浮載之水深平均濃度， ϵ_s 為泥砂之擴散係數； α_d 為懸浮載之延散係數； D_{sxx} 、 D_{syk} 為水深方向非均勻流速與泥砂濃度所造成之消散通量； ω_{sk} 為泥砂粒徑k之沈降速度。

非平衡河床載輸砂方程式可表示如下：

$$\frac{\partial(\bar{\alpha}_{bk})}{\partial t} + \frac{\partial(\alpha_{bx} q_{bk})}{\partial x} + \frac{\partial(\alpha_{by} q_{bk})}{\partial y} + \frac{1}{L} (q_{bk} - q_{b*k}) = 0$$

式中 δ 為河床載區域之厚度； \bar{c}_{bk} 為河床載區域之平均濃度； α_{bx} 、 α_{by} 為河床載運動之餘弦函數，通常假設沿著底床剪應力方向，但當考慮彎道二次流效應與陡坡之重力影響時需做調整； q_{bk} 為某一粒徑k河床載之實際輸砂率； q_{b*k} 為粒徑k河床載輸砂能力；L為泥砂非平衡調適長度。

底床改變可由下式計算：

$$(1 - p'_m) \left(\frac{\partial z_b}{\partial t} \right)_k = \alpha \omega_{sk} (C_k - C_{*k}) + \frac{1}{L} (q_{bk} - q_{b*k})$$

式中 p'_m 為河床質孔隙率； $(\partial z_b / \partial t)_k$ 為某一粒徑k之底床改變率。

目前CCHE-2D模式可採用以下輸砂公式：

(A) SEDTRA module (Garbrecht et al., 1995)

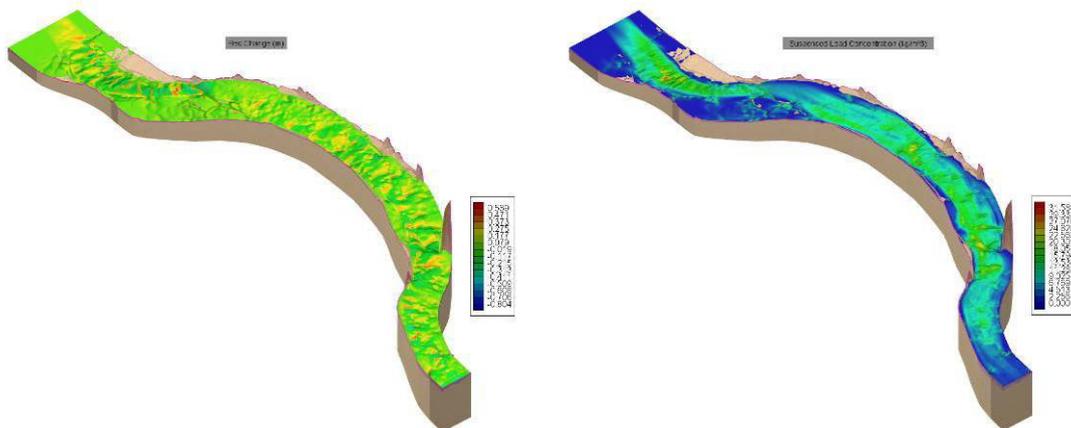
(B) Wu et al. formula (2000)

(C) modified Ackers-White formula (Proffitt & Sutherland, 1983)

(D) modified Engelund-Hansen formula (Wu and Vieira, 2002)

此外，因一般軟岩表面並無沖積層與泥砂粒徑存在，故軟岩沖蝕機制不屬於典型的河道輸砂問題，須開發新的功能模式用以模擬軟岩沖蝕，模式適用於求解河道輸砂沖淤計算、河道軟岩沖蝕與岸壁沖刷。岸壁沖刷則根據 Arulanandan et al.(1980) 與 Osman (1988)，定義岸壁沖刷機制，並以類似移動邊界方式計算出岸壁沖刷後最新之岸壁線(bank line)，解決一般輸砂模式無法計算岸壁沖刷(側向沖刷)之功能。

CCHE-2D 軟岩沖蝕功能模式係參考 Sklar and Dietrich (2001,2004)之泥沙磨蝕機制與 Annandale(2006)之沖蝕指數概念與美國墾務局 SRH-1D 之流功沖蝕經驗式求解，並進行泥砂懸浮效應及覆蓋效應之指數函數修正，詳細理論可參考「美國國家計算水科學及工程中心河道變遷模式之引進及應用研究(2/3)」成果報告。其 CCHE-2D 模式模擬河道輸砂沖淤之河床高程與懸浮載傳輸變化，如圖 5-1-1 所示。



(a) 沖淤趨勢

(b) 懸浮載傳輸量

圖 5-1-1 CCHE2D 模擬河道設置結構物後沖淤分析圖

二、模式率定與驗證

(一)基本資料

1.模擬河段

本計畫範圍為自烏嘴潭堰下游至烏溪橋為止，由於本計畫主要目的為探討烏溪烏嘴潭堰下游至烏溪橋河段之穩定，為充分解析本河段之沖淤，故建議擴大沖淤模式之演算範圍，下游邊界延伸至烏溪橋下游断面54處，另上游延伸至烏溪炎峰橋上游断面70處，河道沖淤模擬範圍里程約8.8公里，如圖5-2-1所示。

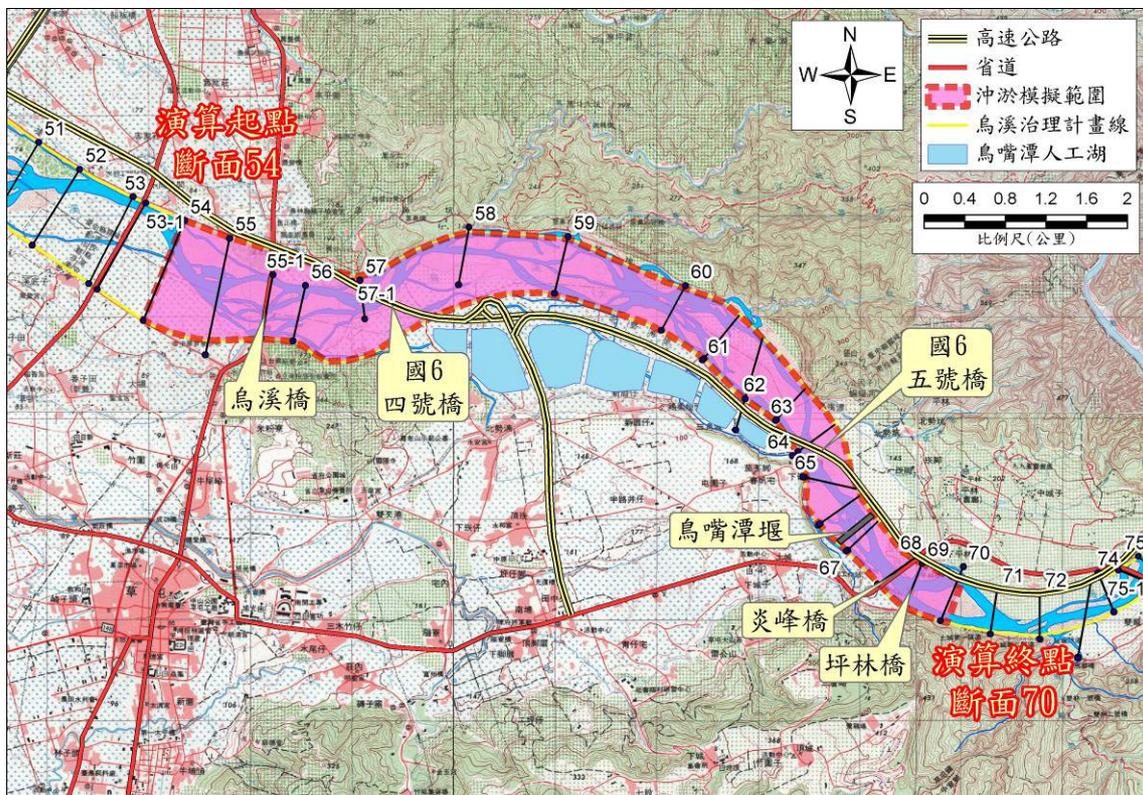


圖 5-2-1 計畫河段沖淤模擬範圍圖

2.地形幾何資料

為符合本計畫之要求及模式計算所需，計畫採計畫河段民國93年5月內政部5×5公尺DEM資料及本計畫施測之地形資料，並參考相關測量資料，以期建立本計畫區之數值模型。

3. 網格建立

本計畫模擬範圍為烏溪主流断面54至断面70之河段，計算區域包括河道主深槽及高灘地，模擬長度約8.7公里，寬度約450~1,100公尺，高程約80~215公尺，模型高程分布如圖5-2-2所示。

採用100x500之矩形網格建立河道模型，共50,000個網格，河道3D模型如圖5-2-3所示。

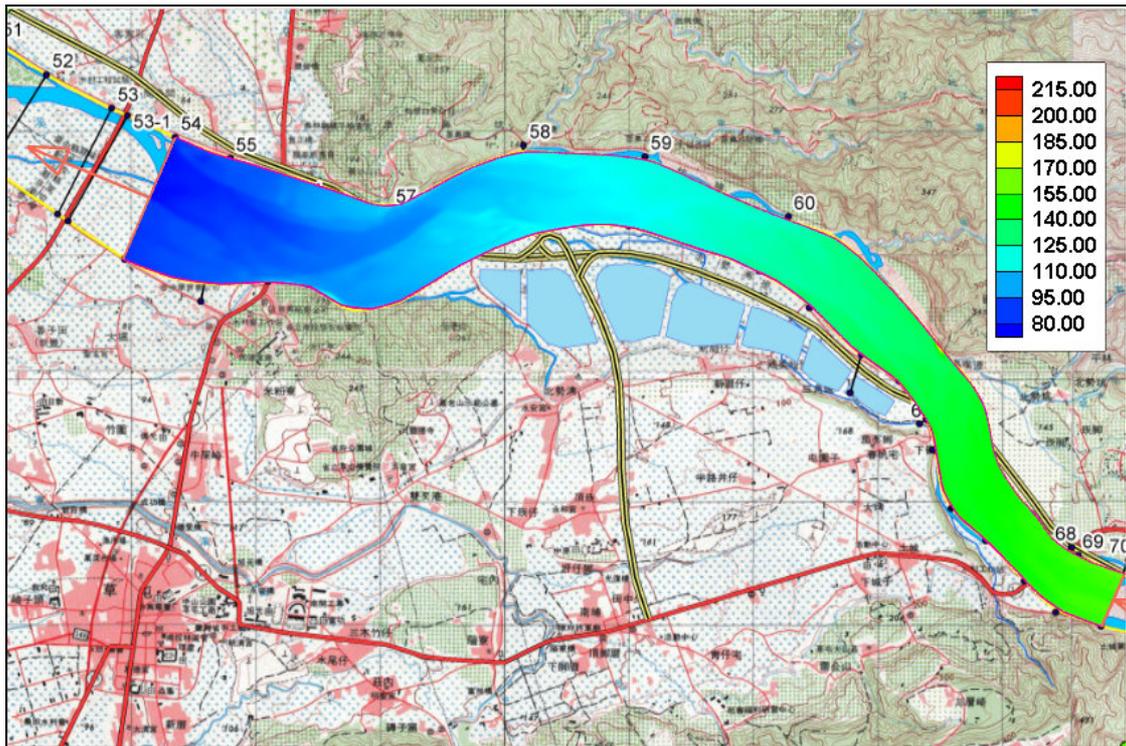


圖 5-2-2 計畫河段模擬範圍高程分布圖

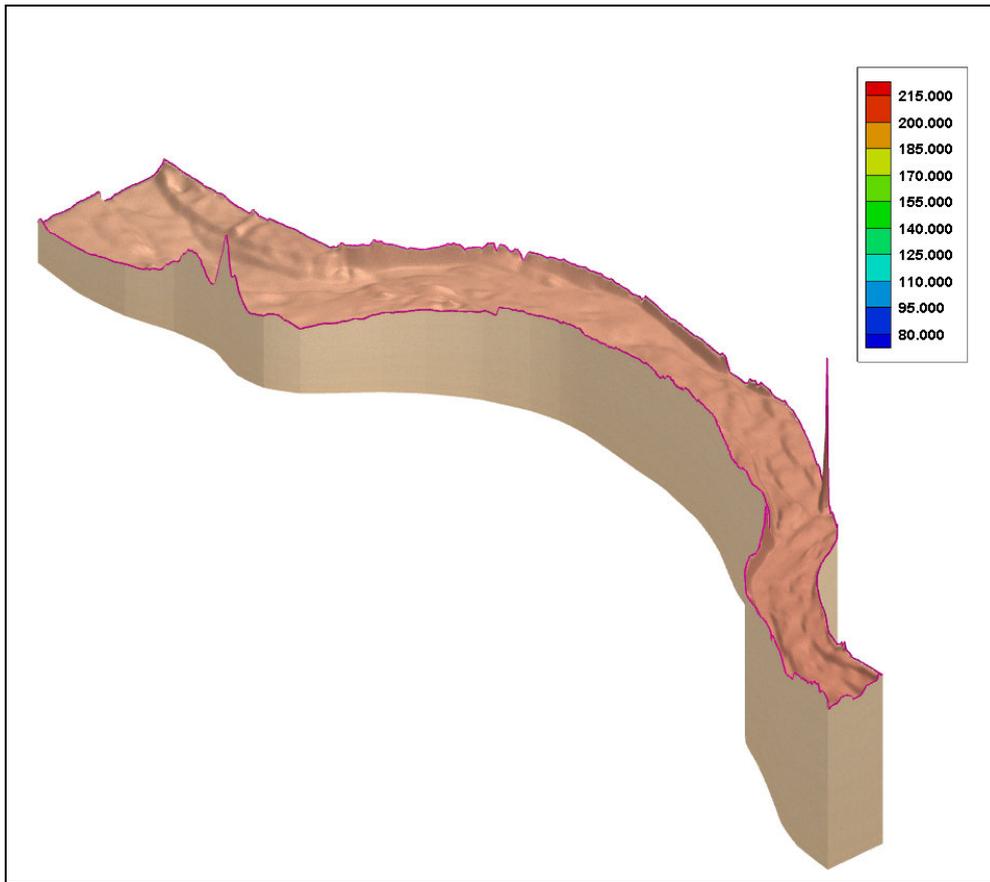


圖 5-2-3 河道模型 3D 示意圖

4. 糙度係數

河床糙率將影響水理計算結果，包括水位、流速等；而流速一方面影響水流可攜帶之懸浮載量，另一方面，流體對底床之拖曳力亦受流速影響，當流速達到河床質之起動條件時，底床泥砂會隨水流流動，造成河床變動。

依據「烏溪本流河床穩定與治理對策之研究」(三河局，民國95年)報告中計畫河段曼寧 n 值係採0.041，另本次河床質採樣分析成果約介於0.035~0.039，考量本次採樣點較為密集且為現地採樣分析之成果，故本計畫水理演算河道粗糙係數曼寧 n 值採用本次採樣成果推估之曼寧 n 值。

5. 上游入流條件

由於斷面55-1烏溪橋設有水位流量站，故以烏溪橋水位流量站之實測流量紀錄作為模擬河段之邊界條件。

模式率定之上游入流量邊界條件採用烏溪橋93年5月至96年6月之流量歷線，模式驗證則採用烏溪橋96年7月至98年12月之流量歷線。

由於採用之烏溪橋實測時流量紀錄筆數眾多，且大多數流量紀錄皆屬於較小之河川常流量，對河床變化影響有限；本計畫以烏溪橋水位流量站民國93~99年之時流量紀錄推算計畫河段之建槽流量約為1,500cms，並以其作為流量篩選之依據，建槽流量推算係根據各流量發生之機率及該流量對應之輸砂量，以可造成最大輸砂能力之流量為建槽流量。

將上述模式率定及驗證時段之流量紀錄之篩選成果作為上游邊介入流條件；圖5-2-4及圖5-2-5分別為模式率定及驗證時輸入之入流量歷線，模擬時間則分別為98小時及11小時。

表 5-2-1 建槽流量估算成果表

流量 (CMS)	累計 發生次數	超越機率 $P(X > X_i)$	累積機率 $P(X < X_i)$	發生機率 $P(X_i > X > X_j)$	輸砂量 (MT/Day)
100	17276	33.02%	66.98%	66.98%	1256.75
200	7334	14.02%	85.98%	19.00%	1113.95
300	5688	10.87%	89.13%	3.15%	359.08
400	4595	8.78%	91.22%	2.09%	382.56
500	4199	8.03%	91.97%	0.76%	200.00
600	3991	7.63%	92.37%	0.40%	141.75
700	3685	7.04%	92.96%	0.58%	268.65
800	2713	5.19%	94.81%	1.86%	1062.73
900	1624	3.10%	96.90%	2.08%	1444.92
1,000	1054	2.01%	97.99%	1.09%	899.26
1,500	108	0.21%	99.79%	1.81%	2905.83
2,000	19	0.04%	99.96%	0.17%	438.61
2,500	15	0.03%	99.97%	0.01%	28.44
3,000	11	0.02%	99.98%	0.01%	38.38
3,500	2	0.00%	100.00%	0.02%	111.25

資料來源：烏溪時流量紀錄(民國 93~99 年)、本計畫成果

6. 下游邊界條件

模擬範圍之下游邊界為烏溪斷面54，其邊界條件則採用由HEC-RAS模式計算出之此斷面之水位-流量率定曲線作為下游邊介條件，其關係如表5-2-2及圖5-2-6所示。

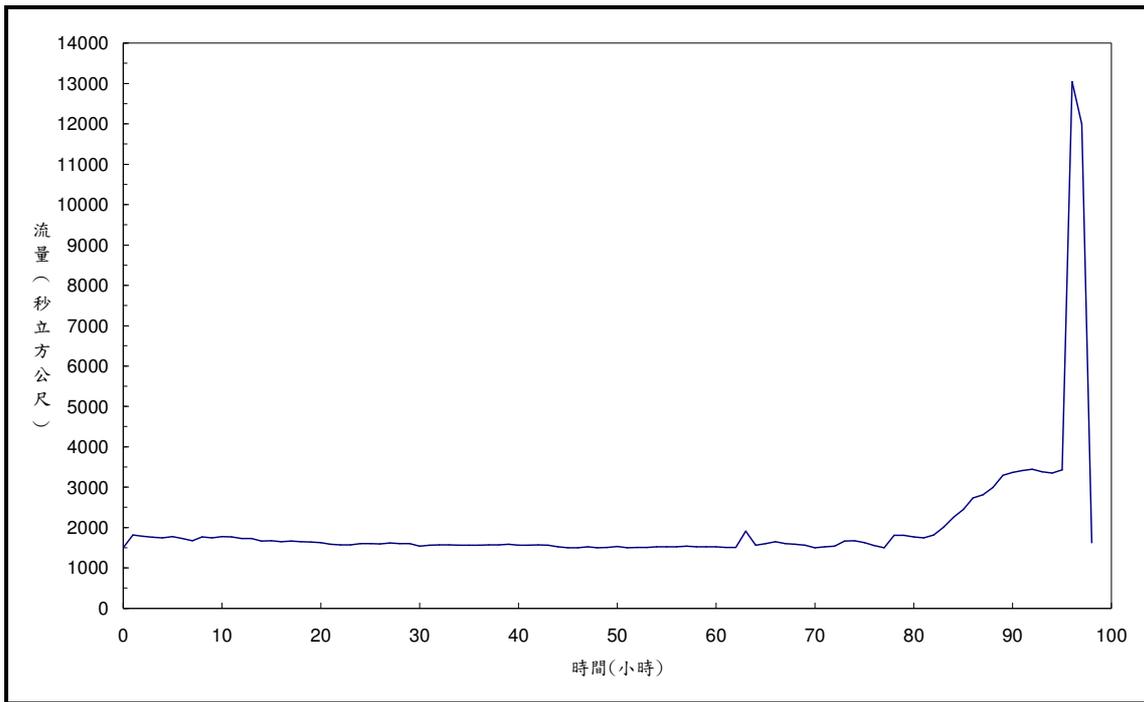


圖 5-2-4 模式率定之流量歷線

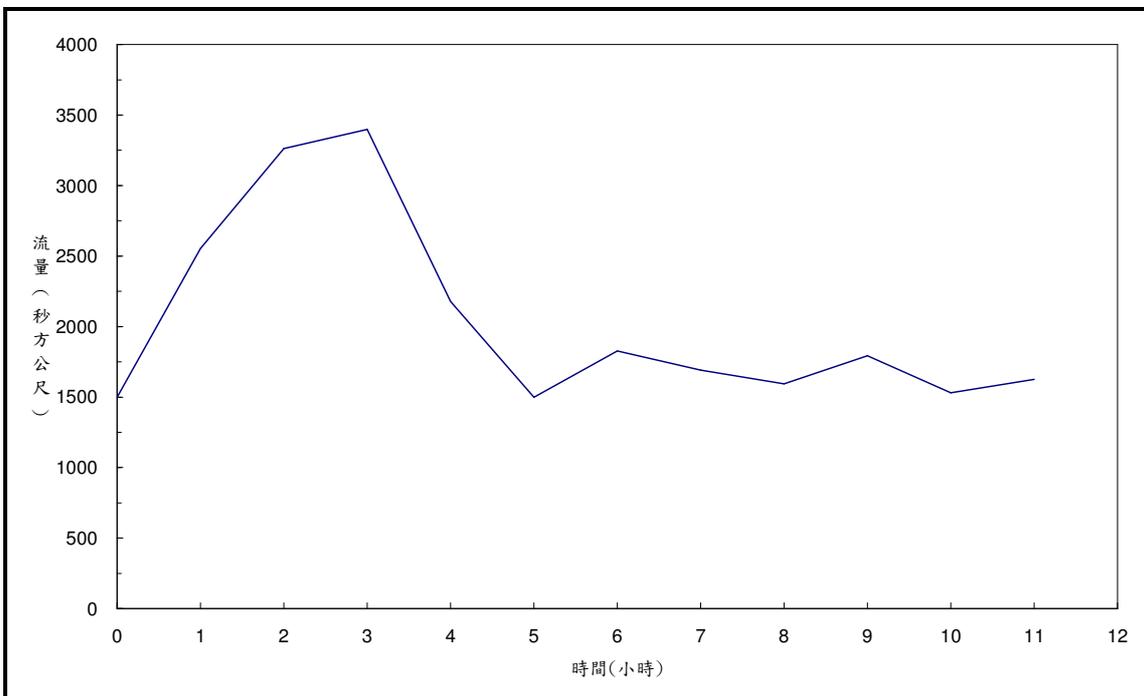


圖 5-2-5 模式驗證之流量歷線

表 5-2-2 烏溪斷面 54 之水位-流量表

水位(EL.m)	流量(cms)
82.11	1,072
83.75	3,280
84.92	5,691
85.70	7,372
86.38	9,558
87.17	11,220
87.65	12,700
88.11	14,625
88.41	16,619

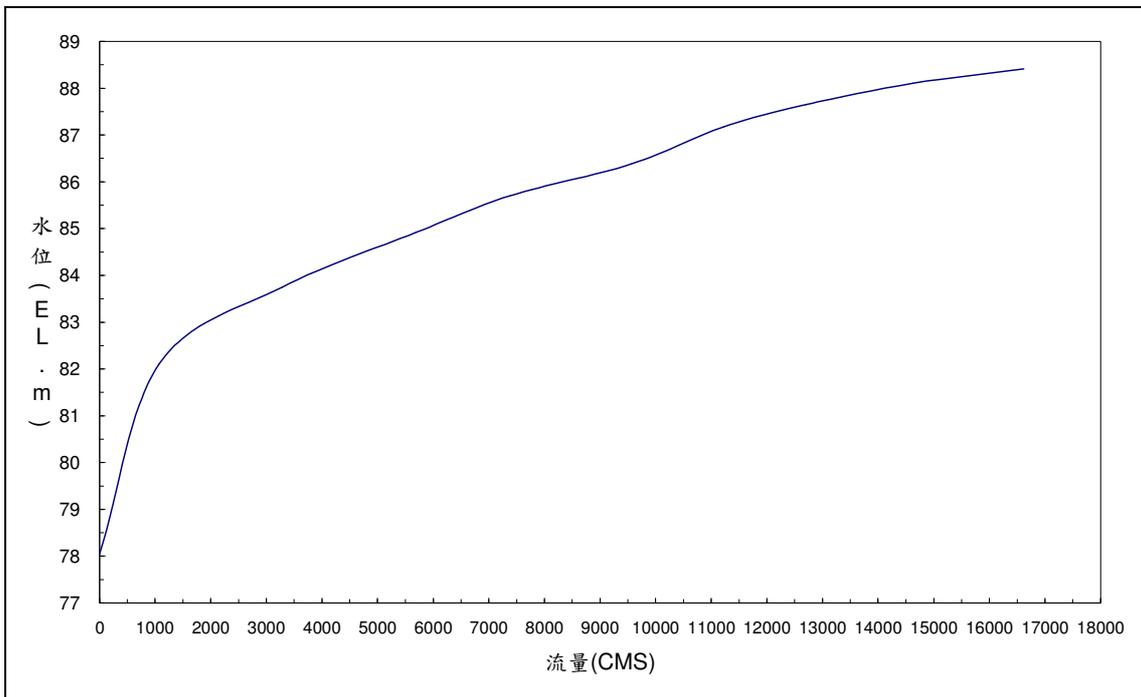


圖 5-2-6 烏溪斷面 54 之水位-流量率定曲線圖

(二)輸砂參數

1.上游輸砂量邊界條件

數值模式需給定上游輸砂量邊界條件。通常採用水文站實測懸浮載（Suspended Load）及流量資料進行迴歸分析而得出流量-來砂量關係曲線。由於斷面70附近未有設置水文站進行濁度測，因此以計畫河段中烏溪橋濁度測紀錄進行迴歸以作為上游輸砂量之邊界條件，其流量-輸砂量關係曲線如圖5-2-7所示。

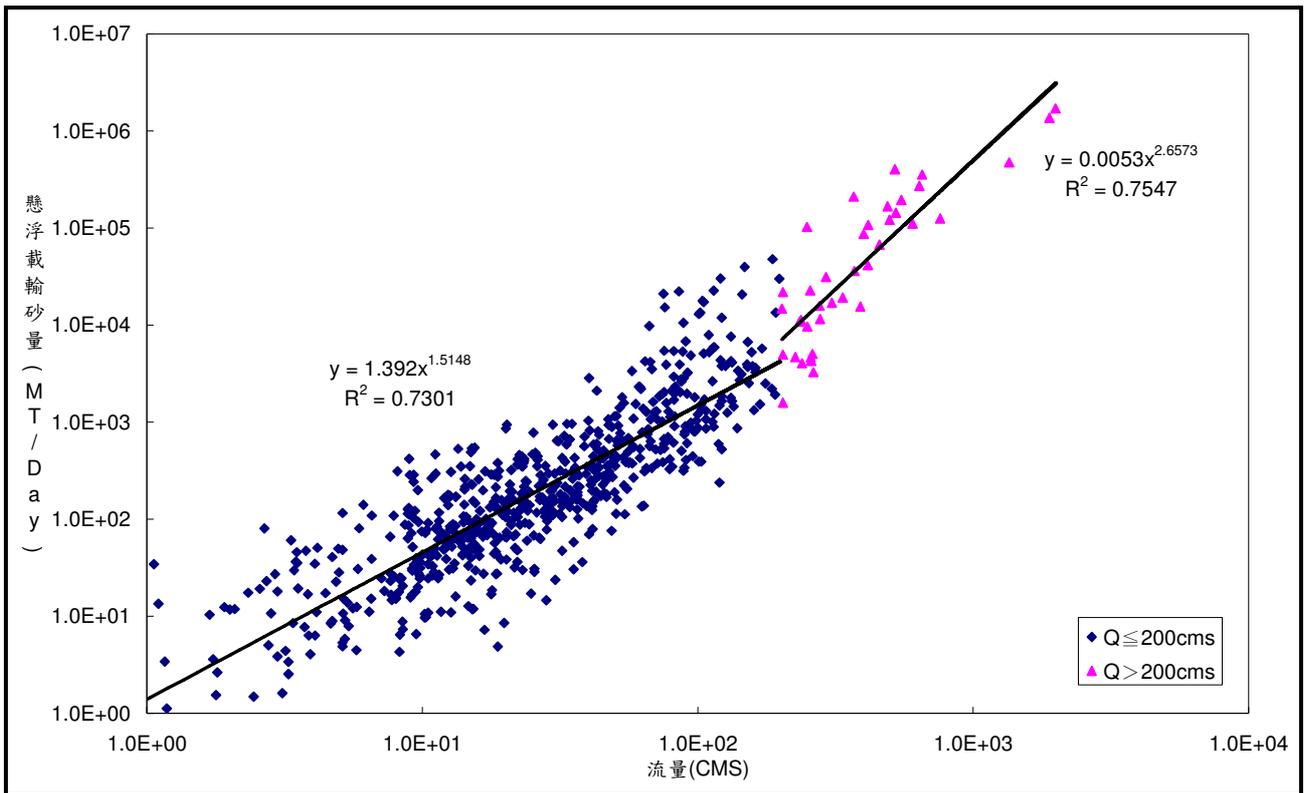


圖 5-2-7 烏溪橋之流量-輸砂量關係曲線圖

2. 河床質粒徑資料

歷年只有民國60年、84年及95年辦理烏溪流域之河床質採樣分析；本次模式率定及驗證時段為民國93年至98年，考量民國60年及84年之採樣資料較為遠，較不能代表93~98年之河床質分布；又民國95年之河床質採樣成果於本計畫河段僅1處，亦無法充分反應本河段之粒徑分布。

模式模擬區域介於斷面54及斷面70之間，本計畫已於計畫河段各斷面進行河床質採樣及分析，共計18處，每組資料皆包含護甲層和底層資料。各採樣點資料之篩分析成果詳見附錄三。

3. 粒徑區間

粒徑分佈資料輸入模式時，需先設定粒徑區間，再輸入各區間所佔比例。粒徑區間數將影響計算速率，因計算輸砂量時將依粒徑區間各別計算其輸砂量。本次模擬將粒徑資料分為10個區間，如表5-2-3所示。

表 5-2-3 粒徑區間設定

區間	代表粒徑(公尺)	分布比例(%)
1	0.1	53.55
2	0.05	21.80
3	0.025	3.94
4	0.0125	5.73
5	0.00625	1.93
6	0.003125	2.19
7	0.001563	2.30
8	0.000781	2.00
9	0.000391	2.25
10	0.000195	4.31

4.輸砂計算方式

CCHE2D模式之輸砂演算可分為三種方式，包括：採用河床載/總載傳輸方式 Bed load or bed material load transport、懸浮載傳輸方式 Suspended load transport 及河床載及懸浮載分開計算方式 Bed load and suspended load seperately 來估算河道輸砂量。若於粒徑較細懸浮載較多之河段，則應採用河床載及懸浮載分開計算方式；若於懸浮載較少之河段，則可採用河床載/總載傳輸方式。

由模擬河段之河床質粒徑分佈可知，計畫河段之河床質為礫石河床，故於模式模擬時採用河床載/總載傳輸方式計算河道輸砂量。

(三)模式基本設定與參數

模式設定的參數包含水理參數與泥砂參數；水理參數如表5-2-4所示，大部分的水理參數係依據現有資料或考慮的模擬現象進行設定，例如模擬時間依據洪水實測入流歷線時間設定、重力加速度固定 $9.8(m/sec^2)$ 、運動黏滯係數固定0.000001、Von Karman constant固定0.4等；部份參數則依據建議值或是過去模擬經驗進行設定，例如網格處理乾點濕點的分界設定為4公分、Time Iteration Method設定Method 1等。

泥砂參數如表5-2-5所示，泥砂參數的種類較多，且對於沖淤變化改變明顯。部分參數也是依據現有資料或考慮的模擬現象加以設定，例如輸砂模式採用同時考量推移質與懸浮質輸砂的模組、泥砂比重固定2.65、最大淤積與沖刷限制在 20公尺等。

表 5-2-4 水理相關參數設定

項目	設定值	說明
Simulation times(sec)	模擬時間，依據流量歷線時間設定	例如 48 小時流量歷線，共 172,800 秒。
Time steps(sec)	10	演算時間間距
History file	360	每演算 360 個步 (steps)(1 小時)，自動記錄模擬結果。
Turbulence Model	Parabolic Eddy Viscosity Model	物線渦流黏滯係數公式
Wall slipness coefficient	0.5	建議值
Depth to consider dry (m)	0.04	此為乾點與濕點的水深分界，當節點水深高於 0.04(m)，則以濕點的方式進行計算。
Time Iteration Method	Method 1	Method 1、Method 2、Method 3，分別代表低、中、高的代數目
重力加速度	9.8(m/sec ²)	建議值
Von Karman constant	0.41	建議值
運動黏滯係數	0.000001	建議值

表 5-2-5 泥砂相關參數設定值

項目	設定值	備註
Number of Bed Layers	3	建議值
Minimum Mixing Layer Thickness	0.2	建議值
輸砂模式 (Transport Model)	Total load as Bed load plus Suspended load	同時考量推移質與懸浮植輸砂的模式
Sediment Simulation Model	Fast bed change with unsteady flow	變量流情況下的輸砂計算
Adaptation Length for Bedload(Lb)	檢定調整	此值與推移質的輸砂量變化，所造成的底床變化有關。
Adaptation Factor for suspended load(α)	檢定調整	此值與懸浮質的輸砂量變化，所造成的底床變化有關。
Schmidt number	1	與泥砂的紊流擴散項有關
泥砂比重	2.65	建議值
Time steps to adjust flow	1	
Erosion/Deposition limit	0.01	為避免泥砂沖淤過於劇烈的設定值
Erodibility	Yes	底床沖刷
最大沖刷厚度	-20(m)	
最大淤積厚度	+20(m)	

(四)輸砂模式檢定及驗證

本計畫泥砂參數主要檢定 α 值(Adaptation Factor for suspended load)，以及 L_b 值(Adaptation Length of bedload)。

對於 α 值，過去通過理論公式計算， α 值通常會大於1；然而，實際應用的 α 值多小於1。例如Han et al.(1980)與Wu and Li(1992)建議，沖刷較顯著 α 值可採用1，淤積較顯著 α 值可採用0.25，沖刷及淤積較不顯著可採用0.5。

依據「CCHE2D Sediment Transport Model」(Weiming Wu，2001)， L_b 值應為泥砂運移、床型與渠道幾何型態的函數；若床型主要為砂丘(sand dune)的型態，則 L_b 值採用砂丘的平均長度，約為7.3倍的平均長度。若床型主要為交互沙洲(alternate bar)的型態， L_b 值採用交互沙洲的長度，大約是6.3倍的渠道寬度；若研究河段為蜿蜒變遷型河道， L_b 值可為蜿蜒波長或是12倍河道寬度。

上述為過去 α 值與 L_b 值推估之相關經驗，本計畫河段由歷年縱斷面比較可得知計畫河段大部份為沖刷趨勢，而淤積趨勢較不顯著，因此本計畫 α 值建議採用0.75；計畫河段沙洲與灘地明顯、部份河段流路呈現分叉，且河道寬度寬窄不一，因此，本計畫初步測試5種不同調適長度 L_b 值，如表5-2-6所示。

表 5-2-6 沖淤模擬檢定項目

L_b					
編號	1	2	3	4	5
數值	網格平均	250	500	750	1,000

以烏溪斷面61作為沖淤斷面變化情形之比較，結果如圖5-2-8所示。由於93年DEM數值地形所取之斷面資料與96年實測斷面略有差異，因此模擬之結果存在一定誤差；以5種不同調適長度進行模擬分析，其結果參數1~2其沖刷位置及深度與96年實測斷面明顯不符，參數3~5沖刷位置與深度與96年實測斷面較為相符；其中以參數5之模擬成果與實測資料最為接近，故以調適長度參數 $L_b=1,000$ 進行模擬分析。

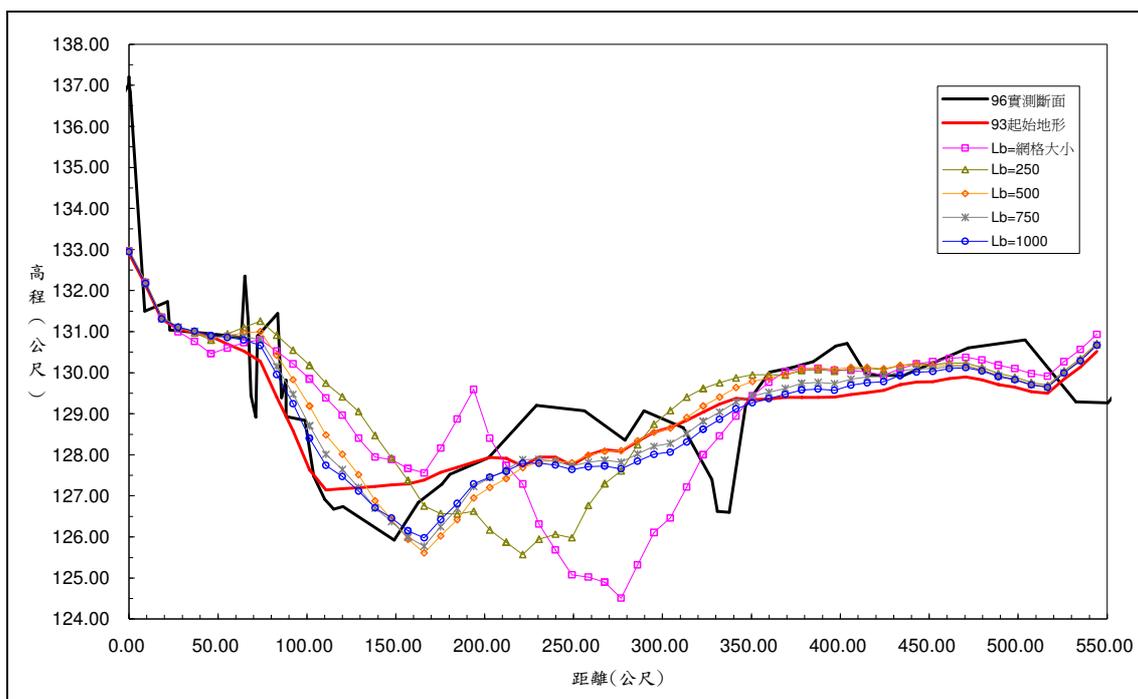
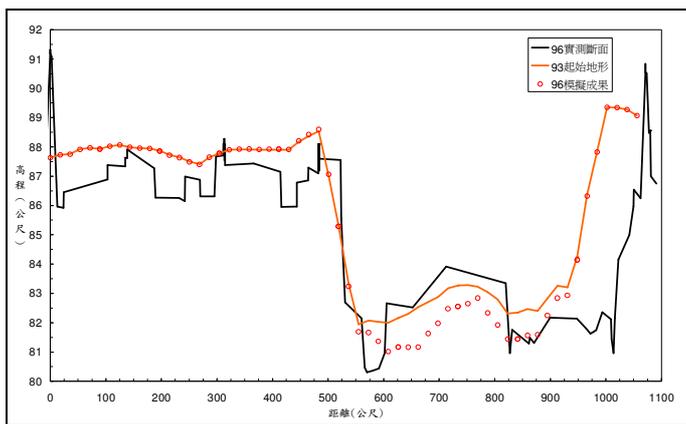


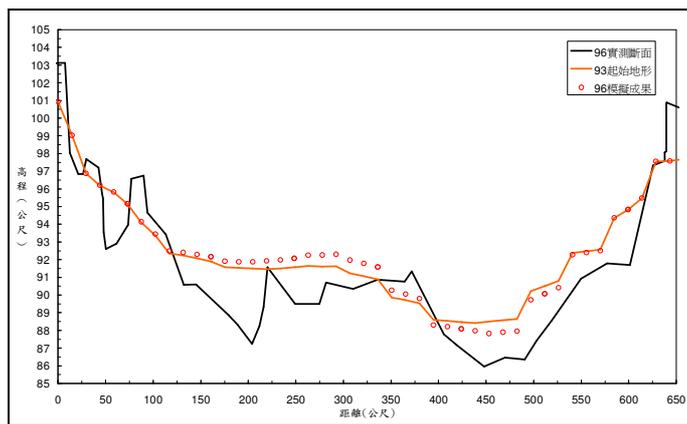
圖 5-2-8 輸砂調適長度參數 L_b 率定成果比較圖

以計畫河段93年DEM數值地形，採 $\alpha = 0.75$ 、 $L_b = 1000$ 模擬民國93~96年計畫河段斷面沖淤情形，成果如圖5-2-9所示，由於模式起始地形為民國93年數值地形與民國96年實測大斷面資料存在一定誤差，故僅能大略判斷河道大斷面沖淤之趨勢，由計畫河段下游斷面54、斷面55-1(烏溪橋)、斷面61及堰址上游斷面67進行趨勢比較；斷面54由於起始地形與實測地形相似之故，其模擬成果之斷面高程與96年之實測斷面相似度極高，呈現沖刷趨勢，斷面55-1烏溪橋亦呈現相同之沖刷趨勢，惟沖刷程度較實測斷面為小，斷面61主深槽之位置與沖刷程度與實測值接近，斷面67處由於位於河道凹岸，模擬成果中河道主深槽位置與實測斷面一致，惟沖刷較為劇烈約達2.0公尺；河道整體流速流向如圖5-2-10所示，模式率定成果大致良好。

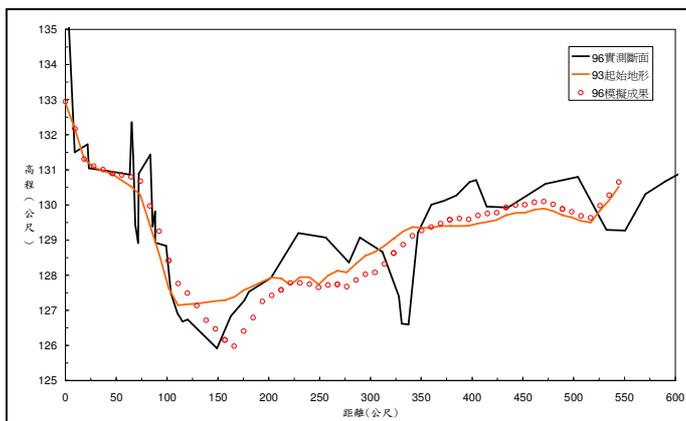
再以計畫河段96年模擬成果，採 $\alpha = 0.75$ 、 $L_b = 1000$ 模擬民國96~98年計畫河段斷面沖淤情形以進行模式之驗證，成果如圖5-2-11所示，斷面54為兩股深槽之沖刷，與98年實測斷面呈現相同趨勢；斷面55-1與實測斷面皆呈現相同之沖刷趨勢；斷面61主深槽之位置與沖刷程度與實測值接近；斷面67處由於位於河道凹岸，模擬成果之主深槽位置與實測斷面一致；河道整體流速流向如圖5-2-12所示；模式驗證成果大致良好，應可做為後續相關情境模擬之依據。



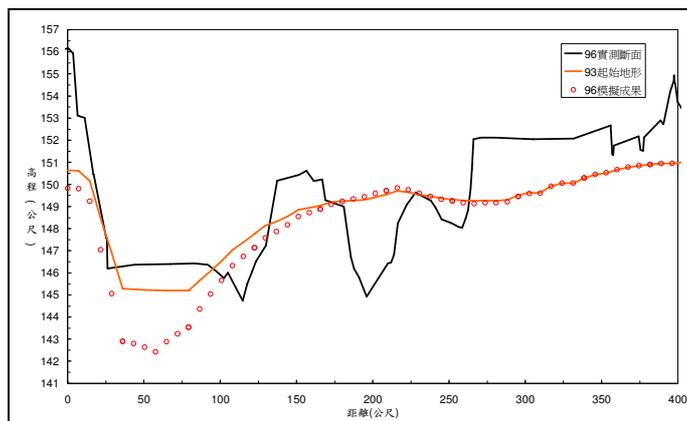
断面 54



断面 55-1(烏溪橋)



断面 61



断面 67(堰址上游)

圖 5-2-9 計畫河段率定成果断面比較圖

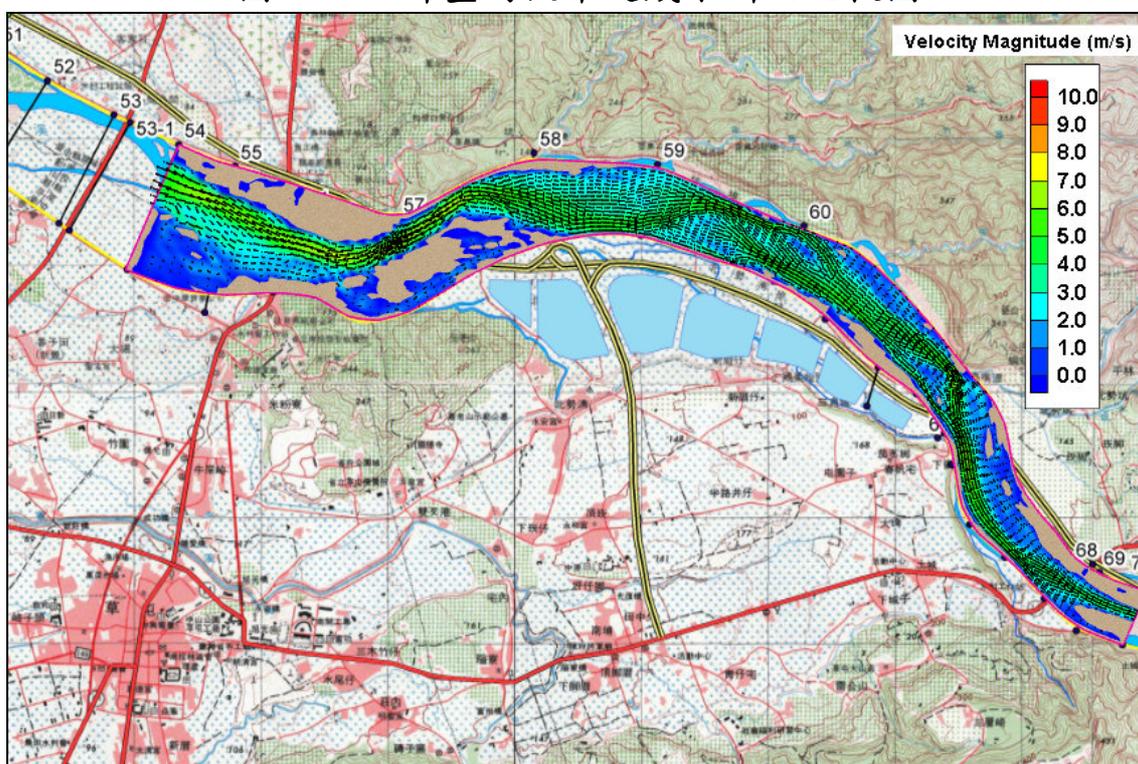
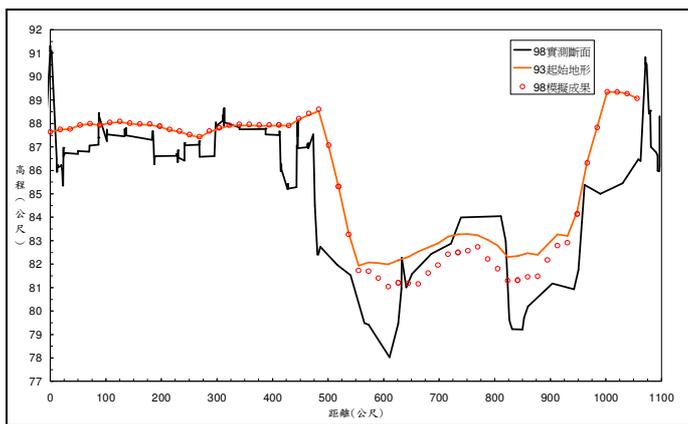
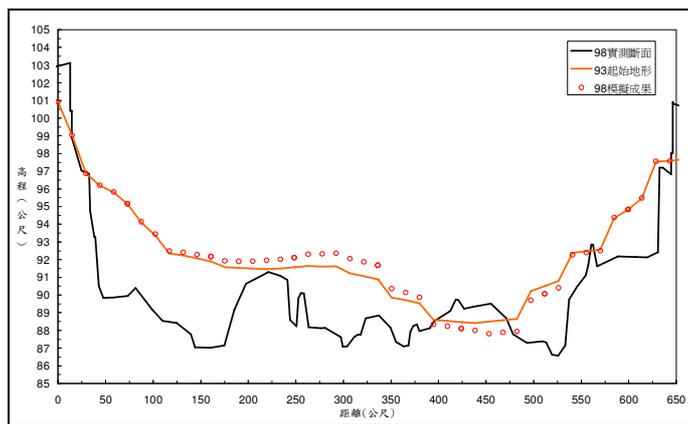


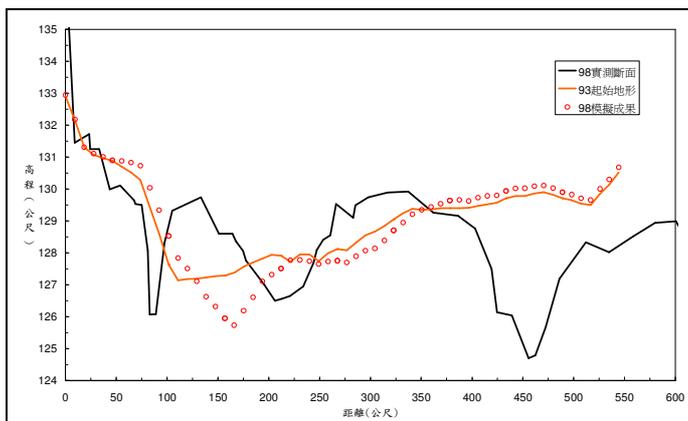
圖 5-2-10 計畫河段模式率定成果流速流向分布圖



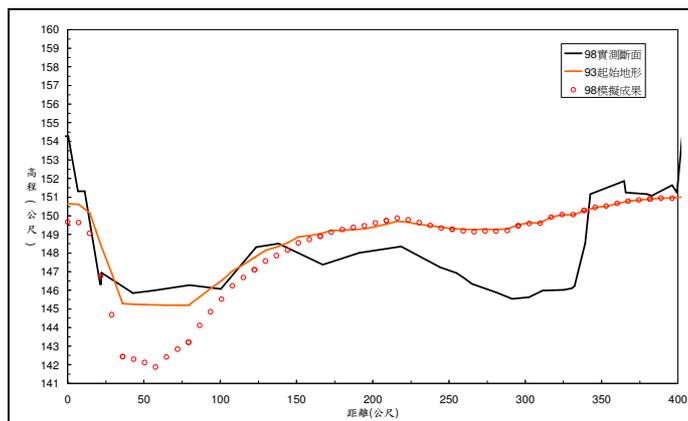
斷面 54



斷面 55-1(烏溪橋)



斷面 61



斷面 67(堰址上游)

圖 5-2-11 計畫河段驗證成果斷面比較圖

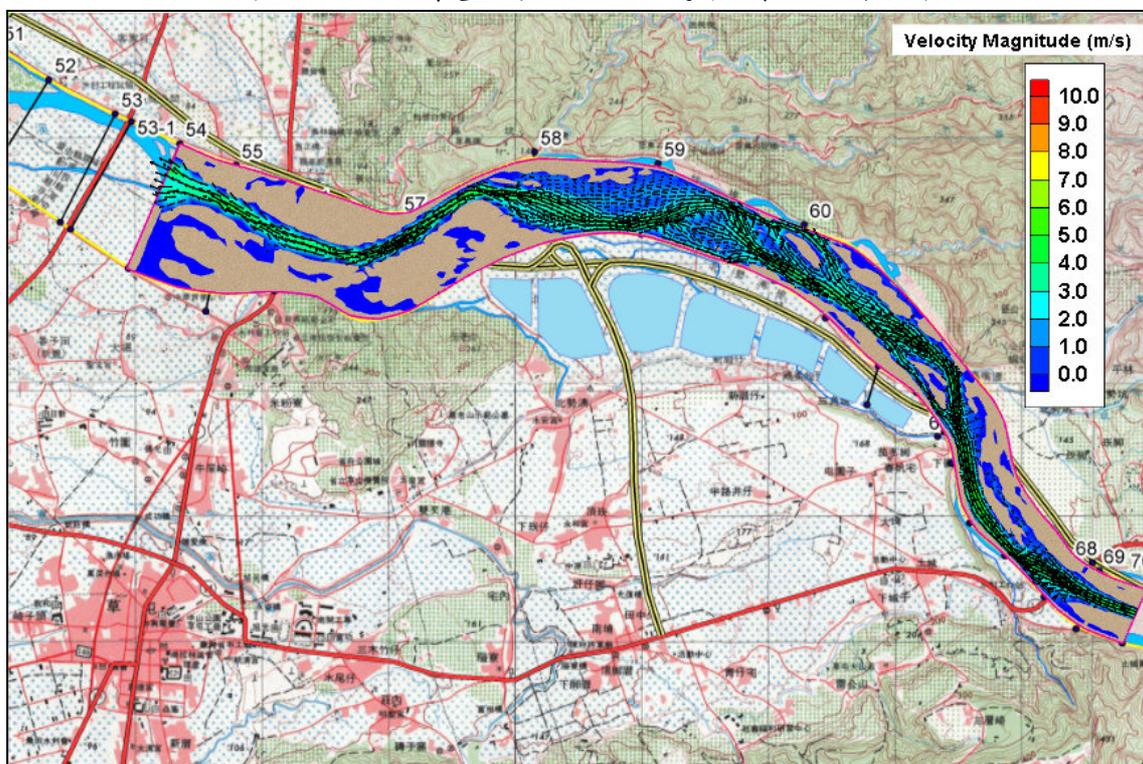


圖 5-2-12 計畫河段模式驗證成果流速流向分布圖

三、計畫河段沖淤情境模擬

烏嘴潭堰興建對烏溪河道之影響及河道穩定方案之成效須經數值模式驗證分析，其模擬情境說明如下：

(一)烏嘴潭攔河堰未興建

採民國93年數值地形作為模式初始地形如圖(5-2-13)，以本計畫估算之100年重現期距之流量歷線(如圖5-2-14)模擬烏嘴潭攔河堰興建前烏溪河道沖淤現象，作為後續其他模擬對照之依據，計畫河道於100年重現期距之洪峰流量下底床變動如圖5-2-15所示，沖刷位置大略可分為上下游二段，下游段沖刷位置主要集中於阿罩霧固床工下游至烏溪橋間，沖刷深度約達3公尺；上游段沖刷位置分布於斷面63至斷面66之間，沖刷深度介於1~3公尺；而阿罩霧固床工上游至斷面63(國6五號橋下游)則呈現淤積趨勢，比對現場勘查資料與歷年測量縱斷面，此一模擬成果尚屬合理；另計畫河段建堰前之流速流向分布如圖5-2-16所示，流速多約每秒2~4公尺，僅沖刷段流速大於每秒4公尺。

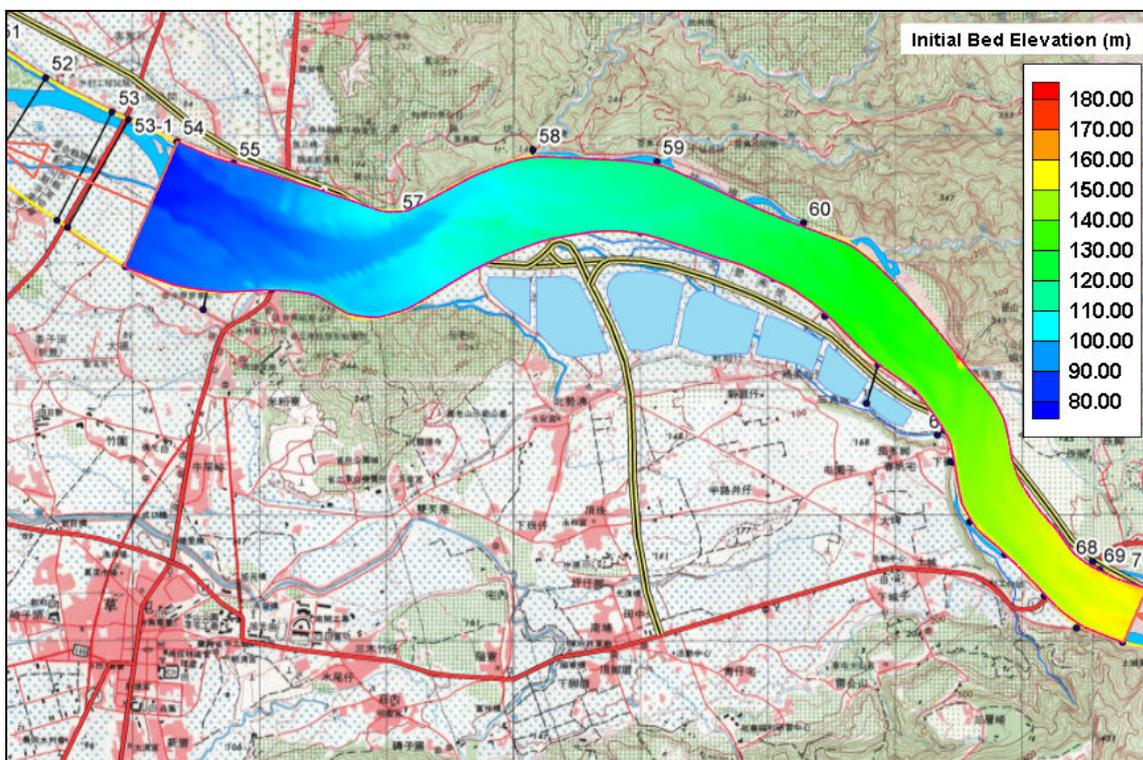


圖 5-2-13 模式初始地形(興建前)

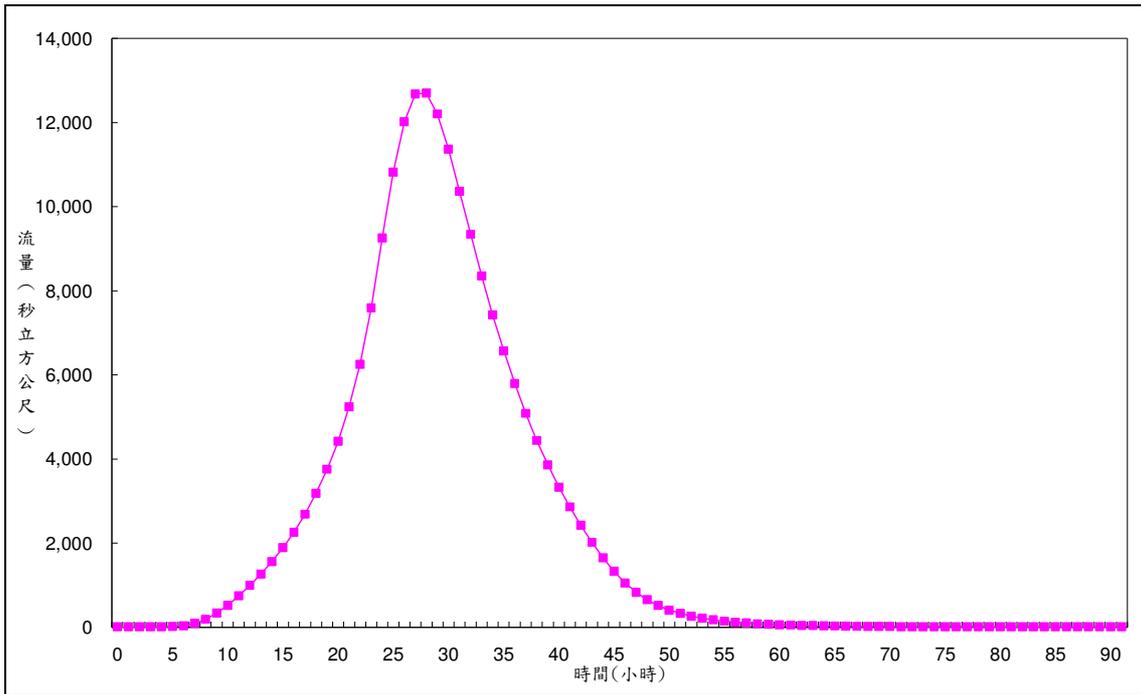


圖 5-2-14 烏溪河道沖淤流量圖

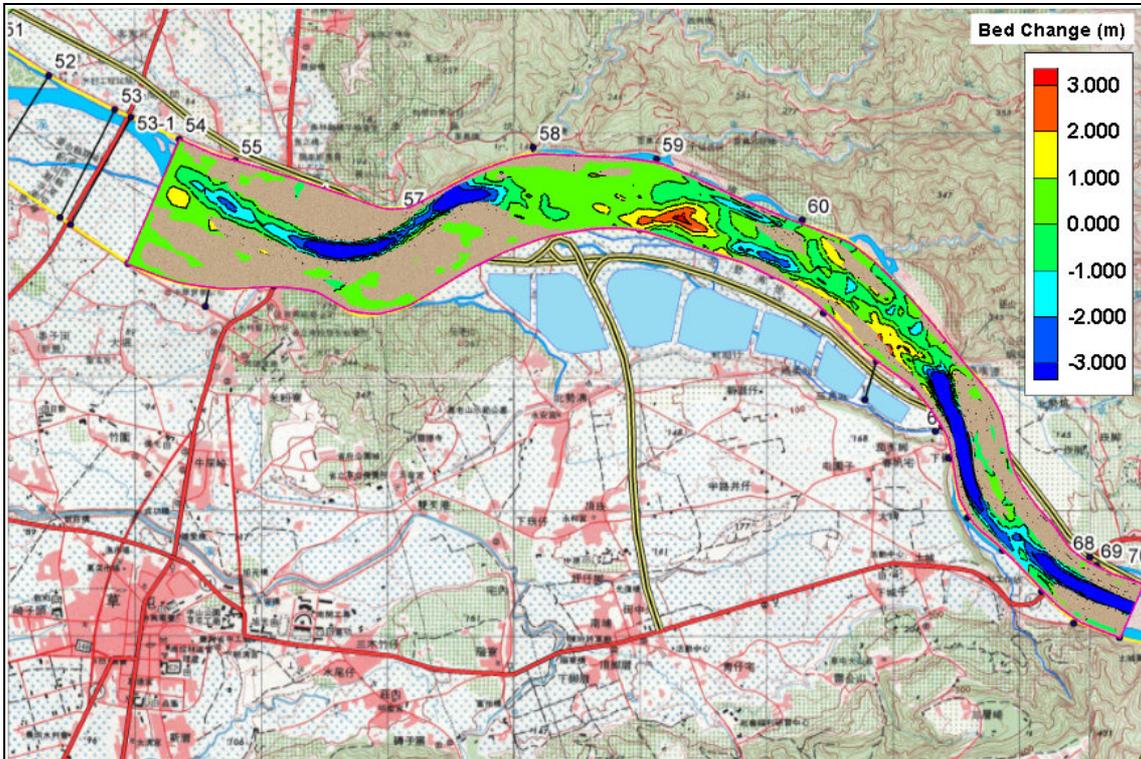


圖 5-2-15 計畫河道底床變動模擬成果圖(興建前)

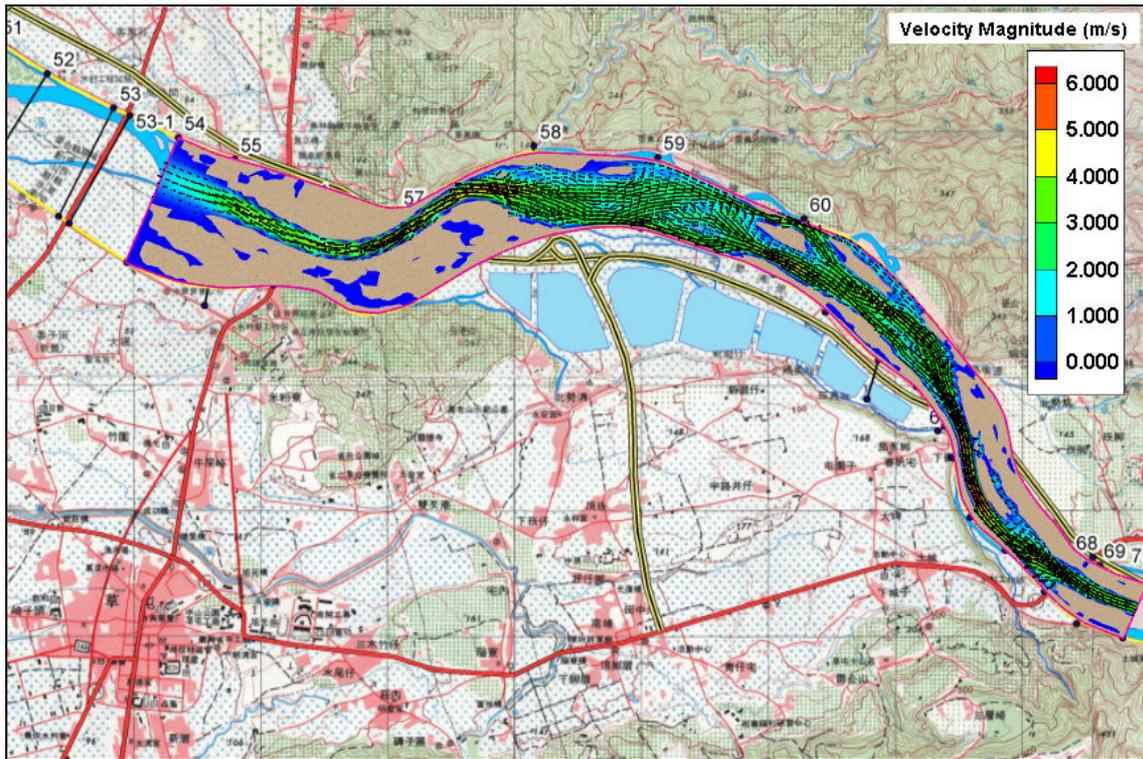


圖 5-2-16 計畫河道模擬流向流速圖(興建前)

(二) 烏嘴潭攔河堰興建中

以攔河堰未興建為初始地形，假設攔河堰施工方式為堰址上游開挖導水路疏導水流，攔河堰本體則採半半施工方式；於模式地形模型上佈置施工導水路及部分完工之堰體如圖5-2-17，固定堰堰頂高程146.0公尺，再以本計畫估算之100年重現期距之流量歷線模擬烏嘴潭攔河堰興建中烏溪河道沖淤現象。

計畫河道於100年重現期距之洪峰流量下底床變動如圖5-2-18所示，沖刷位置大略可分為上下游二段，下游段沖刷位置主要集中於阿罩霧固床工下游至烏溪橋間，沖刷深度約達3公尺；上游段沖刷位置分布於斷面63至斷面66之間，沖刷深度介於2~3公尺；而阿罩霧固床工上游至斷面63(國6五號橋下游)則呈現淤積趨勢；若以興建中與興建前之計畫河段沖淤成果相比較，其結果顯示全河段沖淤趨勢大致與建堰前一致，惟施工圍堰以外部分亦即排砂道部分沖刷有加劇之趨勢，由原1~2公尺增至2~3公尺；另計畫河段建堰前之流速流向分布如圖5-2-19所示，流速多約每秒2~4公尺，僅沖刷段流速大於每秒4公尺。

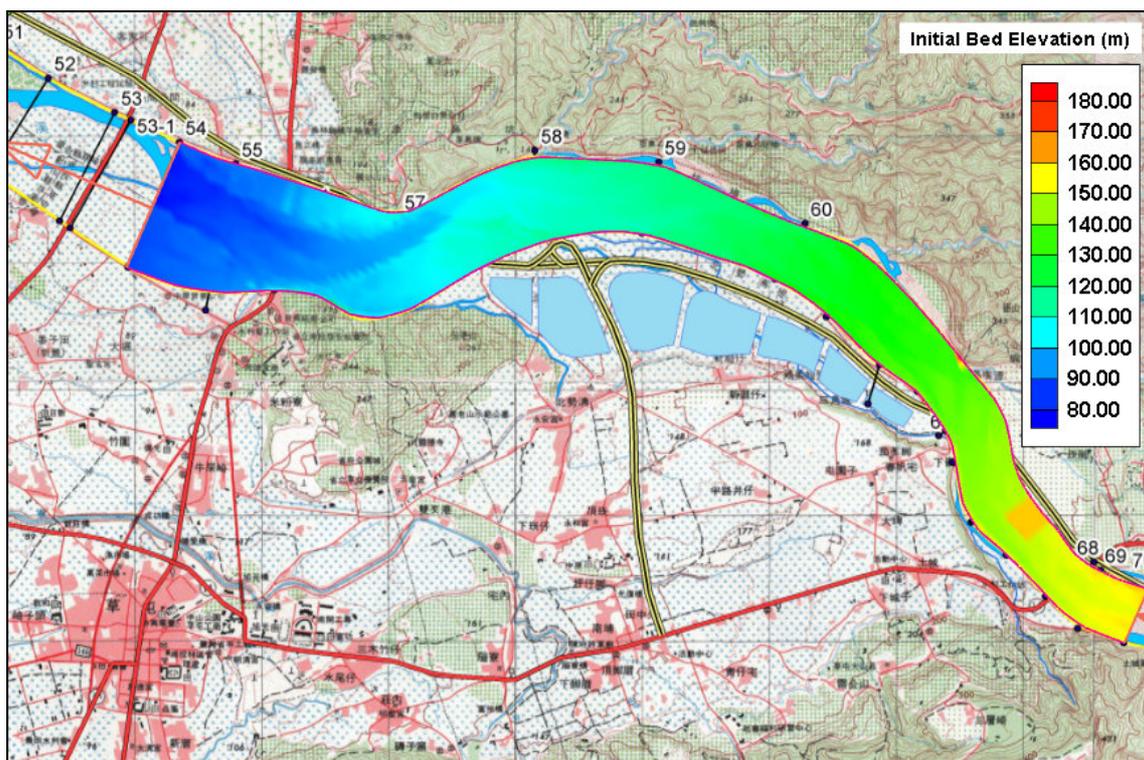


圖 5-2-17 模式初始地形(興建中)

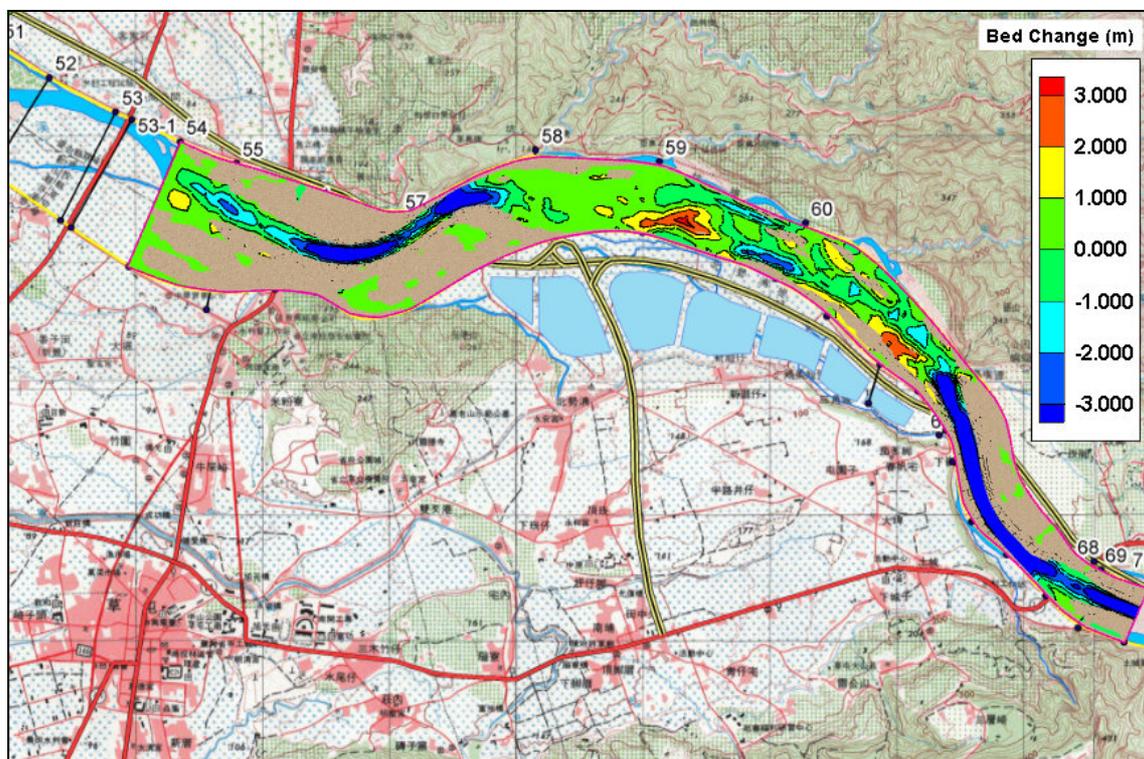


圖 5-2-18 計畫河道底床變動模擬成果圖(興建中)

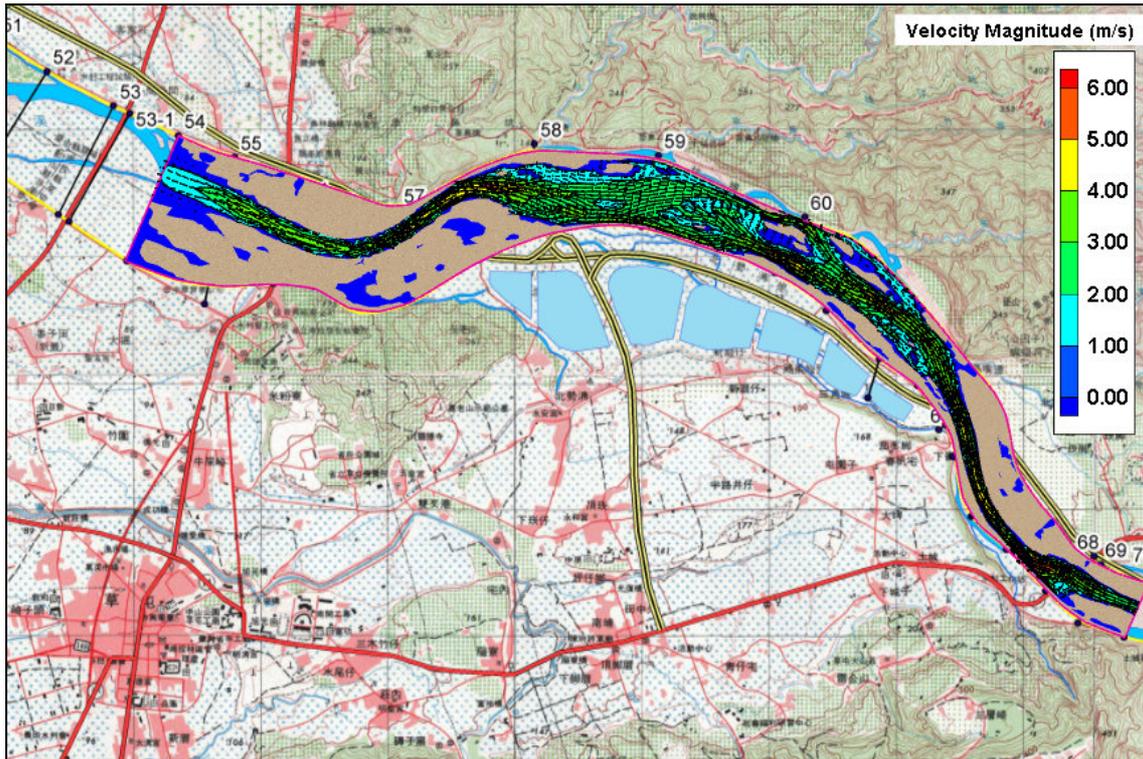


圖 5-2-19 計畫河道模擬流向流速圖(興建中)

(三)鳥嘴潭攔河堰興建後

假設攔河堰已施工完成，於模式地形模型上佈置完工之攔河堰(包含固定堰寬度372公尺堰頂高程146.0公尺，道寬8公尺及排砂道寬60公尺，渠底高程142.0公尺)如圖(5-2-20)，再以以本計畫估算之100年重現期距之流量歷線模擬鳥嘴潭攔河堰興建後烏溪河道沖淤現象。

計畫河道於100年重現期距之洪峰流量下底床變動如圖5-2-21所示，沖刷位置大略可分為上下游二段，下游段沖刷位置主要集中於阿罩霧固床工下游至烏溪橋間，沖刷深度約達3公尺；上游段沖刷位置分布於斷面63至斷面66之間，沖刷深度介於2~3公尺；而阿罩霧固床工上游至斷面63(國6五號橋下游)則呈現淤積趨勢；若以興建後與興建前之計畫河段沖淤成果相比較，其結果顯示全河段沖淤趨勢大致與建堰前一致，僅排砂道下游沖刷有加劇之趨勢，由原1~2公尺增至2~3公尺；另計畫河段建堰前之流速流向分布如圖5-2-22所示，流速多約每秒2~4公尺，僅沖刷段流速大於每秒4公尺。

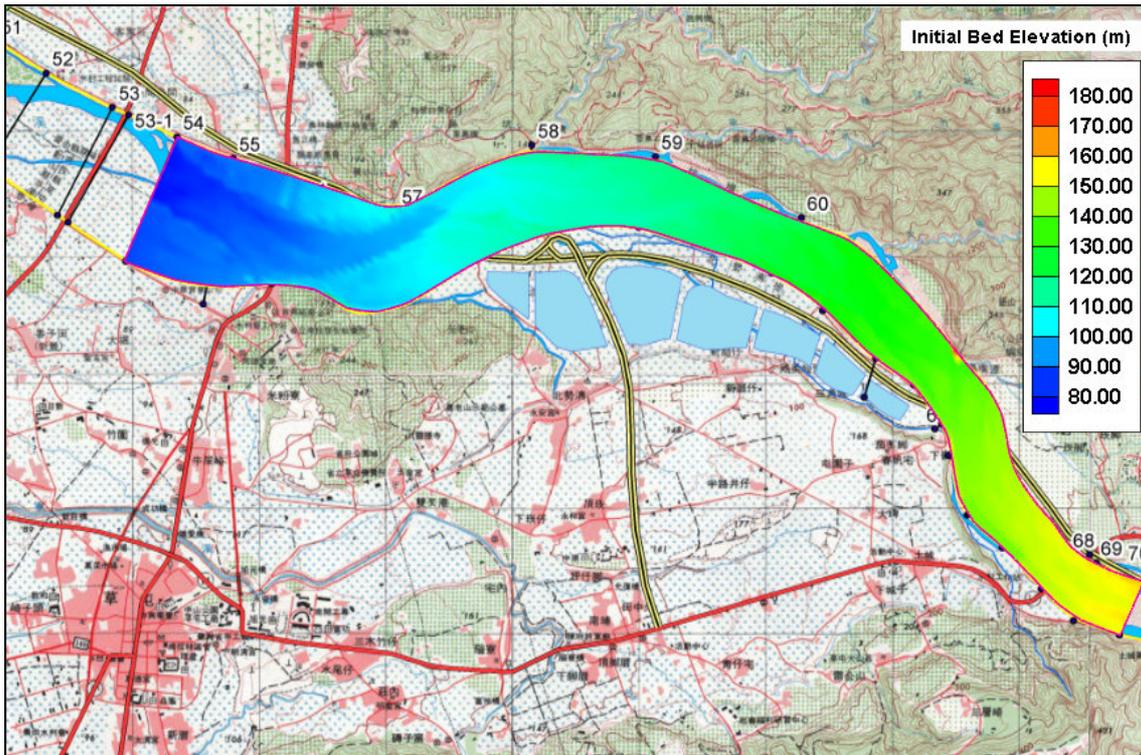


圖 5-2-20 模式初始地形(興建後)

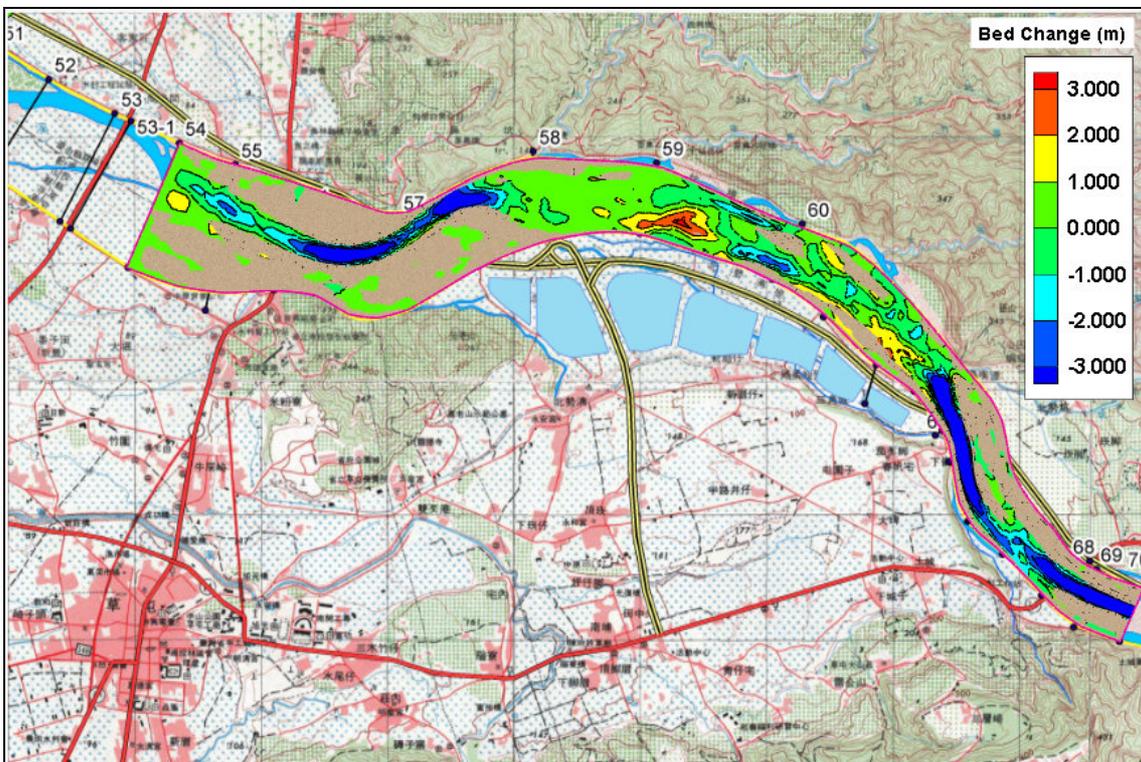


圖 5-2-21 計畫河道底床變動模擬成果圖(興建後)

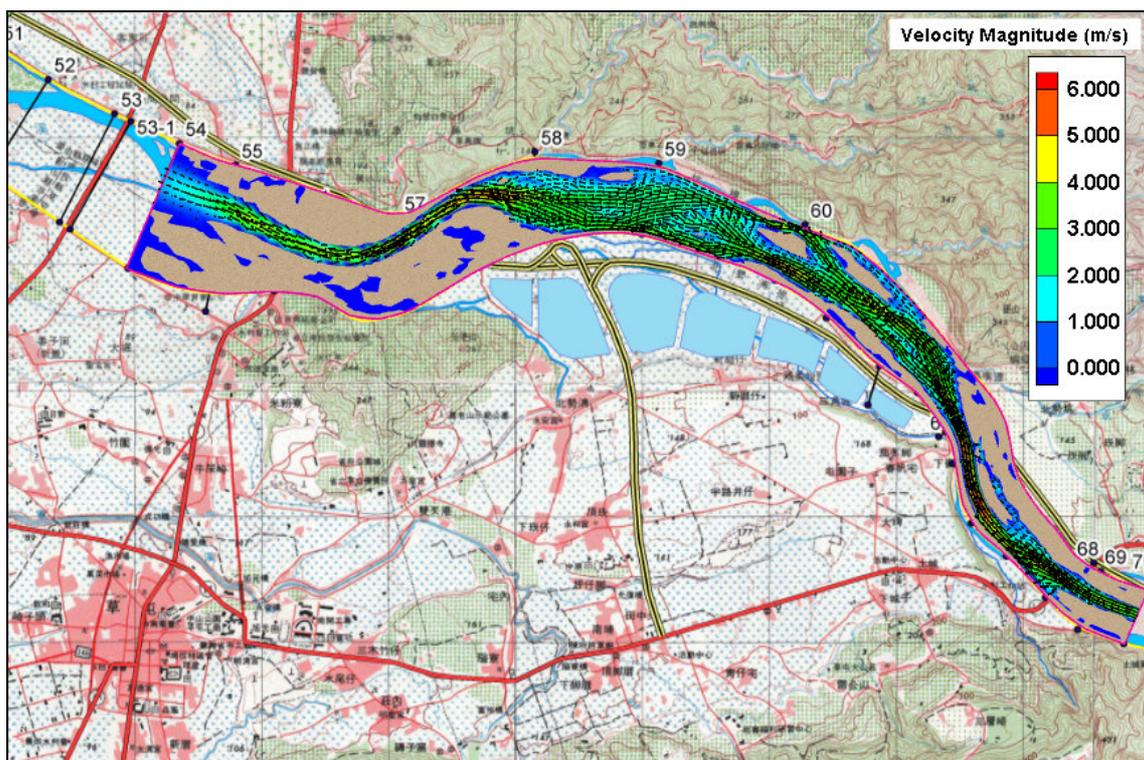


圖 5-2-22 計畫河道模擬流向流速圖(興建後)

比對計畫河段於100年重現期距洪水量之底床變動，由鳥嘴潭堰興建前中後不同時期之河道沖淤變化可得知鳥嘴潭堰對計畫河道之沖淤變化影響不大，此結果與一維水理檢討成果相同，研判係攔河堰堰頂高程146公尺較堰址現地河床高程147公尺略低，造成攔河堰有類似潛堰之特性，對水流狀況及河床沖淤幾無影響。

由上述比較可得知無論鳥嘴潭攔河堰興建與否，阿罩霧固床工至烏溪橋間皆呈現沖刷趨勢，經現場勘查及比對歷年河道資料後，研判阿罩霧渠首工修復為固定堰形式後，形成一控制斷面，造成其下游沖刷、上游淤積之現象，針對此一現象將於後節提出相關改善方案，以確保計畫河段之穩定。

第陸章 下游河道穩定工法之研究

一、計畫河段穩定工法探討

(一)河道問題點評估

依據現勘調查成果與前期計畫之研究及評估，本計畫區域河道特性可以阿罩霧圳渠首工為控制斷面，分為兩河段來作探討：

1.台3線烏溪橋~阿罩霧圳渠首工(河道斷面55-1~57-2)

(1)台3線烏溪橋~斷面56

本河段河幅開闊(約600公尺)，流速及坡降均相對較緩，經現勘調查目前雖無明顯下刷現象，但不可忽略未來災害發生的可能性。建議應自上游“茄荖媽助圳渠首工”及“阿罩霧圳渠首工”兩處著手，方可達到最佳工程效益與保護效果。

(2)茄荖媽助圳渠首工

依據國內相關學術研究與災損案例，大型攔河堰(或固床工)因攔阻河床淤砂及礫石，長期而言使上游側河道趨向淤積；而下游側河道可能形成清水沖刷與向源侵蝕，致使結構物基礎遭淘刷裸露、進而塌陷，需不斷改善補強方可維持其功能。

本河段斷面56~57間有“茄荖媽助圳”固床工斜交於河道中，而該固床工實為茄荖媽助圳導水堤，因數年來歷經多次颱風侵襲與後續災修補強，終形成日如此大的跨河構造物，斜交烏溪約達500公尺長。除將烏溪主流一分為二外，也導致固床工下游河道明顯下刷、護甲層流失，部分區域岩盤已出露，影響範圍約自渠首工往下游延伸至斷面56處。

(3)阿罩霧圳渠首工

原“阿罩霧一圳”渠首工因921震災毀損後，復建工程施設橫越烏溪河道之攔水堤藉以抬升水位取水。而近十年來該阿罩霧圳攔水堤亦歷經數次災修補強，形成現大型固床工之樣貌，其頂部與下游側河道高程差約達5.0公尺。現況阿罩霧圳渠首工雖採多階式設計，但由於高程差頗大，對於颱風時期的能

量消減稍有不足，故下游側已形成大面積淘刷坑，河道亦有護甲層遭沖刷導致岩盤裸露的現象。

整體而言，本河段首要課題為減緩水頭能量，設法維持整體河道坡降，以避免河道持續下刷、護甲層流失，進而保護既設跨河構造物安全。

2.阿罩霧圳渠首工~炎峰橋(河道斷面57-2~68)

因阿罩霧圳渠首工造成河道內泥沙沉降淤積、坡降減緩、流速降低，分散成多股水流且無固定深槽，形成瓣狀流況。

由歷史資料觀察，此區段之流路變化甚大，並非皆往凹岸攻擊，河道內有許多為調整流心而設置之丁壩挑流工(如北投新圳取水口前，以鼎塊施設挑流工)，防止兩側護岸堤防持續淘刷，造成危害，但對此區段來看，設置挑流工使流心改變後，河道走向亦會受到影響，可能造成破壞區段之改變。

此區段之重點在於河道整理、河岸面之修補強化，以及堤防等構造物實施保護工法。

(二)河道穩定分析及改善

針對本計畫河段內之問題點，提出分析及改善之原則與方法，如表6-1-1。

表 6-1-1 計畫河段整體穩定評估

河段	下游(烏溪橋~阿罩霧圳)	中上游(阿罩霧圳~炎峰橋)
問題	1.護甲層流失，岩盤出露，河床持續下刷，危及兩處渠首工。 2.渠首工下游沖刷坑擴大，將威脅其穩定。	1.淤積段流路分成多股，部分衝擊堤岸基腳影響其安全。
分析	1.固床工除引水外，具穩定現存落差功能。 2.出露岩盤沖蝕能力降低。	2.主流路變動攻擊坡腳造成淘刷，對堤防護岸造成危害。
改善	1.增設階段工調整河道坡降，深槽覆以河床料形成護甲層。 2.沖刷坑補設尾檻形成水墊消能。	1.河岸面修補強化，受淘刷之坡腳施以保護工法。

二、穩定方案研擬

(一)河道穩定工法規劃原則

有關河道穩定工法國內外已發展相當多元之術，單就工程本而言均有其功能，惟若無針對整體河溪特性詳加評估考量、以適當工法搭配，未來完工後仍無法有效發揮防災作用，亦對後續災修補強設下諸多限制。另外，對於河川水理輸砂特性的略亦是工程構造物破壞主因之一，因此本計畫將結合河相學理論與河川水文、水理及輸砂分析成果，進行河道穩定工法之選擇與佈設。

經初步現場勘查，關鍵之一為”阿罩霧圳渠首工”，其下游至烏溪橋段河道下刷日益嚴重，此河段內跨河構造物尚有國道6號四號橋、茄荖媽助圳渠首工及台電高電等，若不進行適當保護措施，未來河道下刷情形可能日趨嚴重、影響構造物及河防安全。關鍵之二為”烏嘴潭預定堰址”，未來建堰後，下游河道亦將面臨淘刷或向源侵蝕等問題，河岸安全也需要一併考慮。

本計畫依據水文、水理成果擬定河道穩定策略，以「河岸保護」、「河道穩定」及「跨河構造物基礎保護」三個方面來探討，其工程規劃佈設原則如下：

1. 順應河相與河性擬定導治策略，量減少非必要的工程設施。
2. 維持流路穩定與整體河道坡降，並防治因河道變遷所產生之側向侵蝕(河岸崩退)及向源侵蝕。
3. 針對高風險區段，藉由適當工法保護河岸與結構物。
4. 避免河道保護工及跨河構造物基礎裸露。

(二)河道穩定工法說明

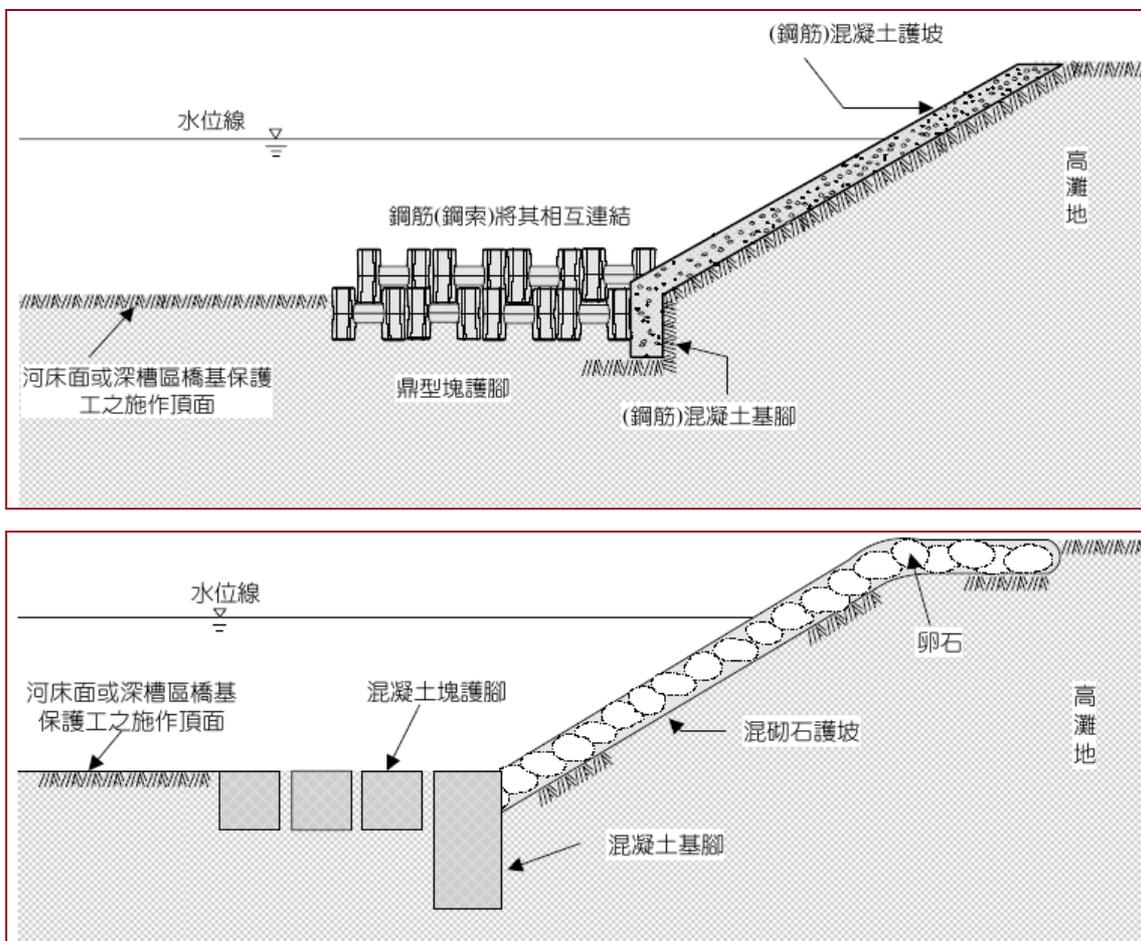
1. 河岸保護工法

凡於天然河川之岸側或河堤臨水面構築人工構造物以擋水流之衝擊，防止河岸(堤)因水流冲刷作用產生淘空崩，以保護河岸或堤之安全，並深入河底構築之保護工程均廣義的稱為護岸

工。一般常見者如混凝土護岸、蛇籠護岸、(塊)石護岸…等，如圖6-2-1。

2.河道穩定與跨河構造物基礎保護工法

有關河道穩定所採用之工法一般有河道固床工、跌水工、消能工及跨河構造物基礎保護工…等，惟單一工法設置時難以發揮其功效，故進行規劃設計時宜做整體性考量，宜以”系列式固床工”相互搭配方可達最佳功效並延長使用年限。



參考資料：交通部公路總局，河川橋梁之橋墩(台)冲刷保護工法之研究(第二冊)(2005)

圖 6-2-1 護岸工布設示意圖

三、工程規劃布置

(一)淘刷分析

1.採用公式

本計畫淘刷深度計算採用Design of Small Dam中所列之淘刷公式進行演算，該公式如下：

$$D_s = 1.91 \times H_t^{0.225} \times q^{0.54}$$

D_s = 尾水位以下最大淘刷深度(m)

H_t = 堰頂部至尾水位之水頭差(m)

q = 單位寬度流量(cms/m)

2.淘刷深度計算

依據水理分析結果所得之資料並配合淘刷公式進行計算，成果如表6-3-1，可得知於建槽流量下阿罩霧圳渠首工下游側之底床以下最大淘刷深度為1.63m，保守採用7.0m之H型鋼保護基礎。

表 6-3-1 建槽流量淘刷深度計算成果表

H_t (m)	Q (cms)	B (m)	q (cms/m)	D_s (m)	尾水位 (EL.m)	尾水底床 (EL.m)	底床以下 沖刷深 (m)
3.28	1500	236.01	6.36	6.77	102.14	97.00	1.63

(二)保護工長度分析

水流通過固床工後其所具有之能量並不會消失，對下游仍會產生沖刷，為有效降低因跌水所產生之局部沖刷，須設置保護工保護之。本計畫採用多階段跌降式混凝土塊固床工形式佈設，並於下游輔以混凝土格框護坦之方式來降低水流之能量，達到保護之功效，而保護工所需長度之計算與採用之公式如下說明。

1.採用公式

固床工下游保護工之長度可以用「灌溉排水工程設計」中所列之Bligh之經驗公式求得，公式如下：

$$L = 0.67C\sqrt{D_b q}$$

L = 保護工長度(m)

D_b = 堰頂至下游消能工之高度差(m)

C = Bligh係數，採用9計算(m)

q = 單位寬度流量(cms/m)

2. 保護工長度計算

依據水理分析結果所得之資料並配合Bligh經驗公式進行計算，成果如表6-3-2，可得知於建槽流量下阿罩霧圳渠首工下游側之保護工至少需21.50m，茄荖媽助圳下游兩道固床工之保護工長度分別為13.51m、12.51m，保守採用7.0m之H型鋼保護基礎。

表 6-3-2 建槽流量保護工長度計算成果表

	D_b (m)	Q (cms)	B (m)	q (cms/m)	L (m)	設計長度 (m)
消能持尾 檻固床工	2.0	1500	236.01	6.36	21.50	26.70
混凝土固 床工#1	1.0	1500	298.93	5.02	13.51	20.10
混凝土固 床工#2	1.0	1500	348.67	4.30	12.51	20.10

(三) 河道穩定工法初步規劃

本計畫依據現勘調查、環境分析及相關學理依據，初步對河道穩定工程進行以下規劃。

1. 台3線烏溪橋至阿罩霧圳渠首工

(1) 茄荖媽助圳渠首工下游側400m區間施設2道多階段跌降式混凝土塊固床(跌水)工，並在下游以混凝土格框護坦保護，以達消能、減緩流速並降低河床坡度之功能，避免河道持續嚴重下刷，設置後平均坡度約在1/250。為固定河道深槽位置，固床工

採複式斷面設計，以穩定流向，避免對下游造成更大區域之沖刷。施工期間所開挖之河床料及塊石將回填於固床工之間及兩岸，塊石可達到消能作用，且於洪水期間可用於河道河床料填補。

- (2) 國道6號烏溪四號橋下游側左岸護岸基腳佈置異形塊保護工，保護護岸基腳淘刷，形成第一道防線，長約870m。
- (3) 阿罩霧圳渠首工下游側佈置消能池，防治淘刷範圍擴大並保護下游河道，並於消能池最下游設置混凝土塊固床工尾檻，避免消能池往下游持續擴大、刷深，且於固床工下游側設置混凝土格框護坦，以保護河床，如圖6-3-3~6。

2. 阿罩霧圳渠首工上游至國道6號烏溪五號橋

本區段受山勢地形影響，因此低流量時，泥砂容易淤積且水流集中；高流量時，水流慣性力作用下，易造成凹岸沖刷。依據歷年主流之變遷，象鼻坑堤防(烏斷58右岸)、大崛坑堤防(烏斷60右岸)目前水流迫近堤腳，進而淘空基礎造成崩落。故本區段初步之工程規劃考量期能穩定流心，並避免右岸堤防受水流影響而損害，另考量本區段為淤積段，河床抬昇，應確保堤防可達保護標準。

- (1) 因本段河道屬淤積段，需考量兩岸之堤防是否達保護標準，其中左岸之北勢湍堤防堤內設有國道6號路堤及烏嘴潭人工湖區，應避免溢堤或潰堤可能造成之危害。
- (2) 因本區段河道流心較易改變，可利用河道整理方式將流心穩定於河道中心。
- (3) 象鼻坑堤防及大崛坑堤防因位凹岸受水流迫近而產生基礎淘空崩落，治理工法上應加強、加深基腳保護工(混凝土型框填石或箱籠等透水性護坦等工法)以阻擋水流向下侵蝕，並重於消能，以河道整理增加及厚實凹岸之高灘地。規劃於烏嘴潭岩盤出露處佈設10T異形塊45塊3層，對其岩盤有減緩水流能量並有相當保護之作用，且於大崛坑堤防施設800公尺混凝土格框護

坦及10T異形塊45塊3層，象鼻坑堤防施設300公尺混凝土格框護坦及10T異形塊45塊3層，以達到保護基腳及消能之效果

3. 國道6號烏溪五號橋至炎峰橋

因烏嘴潭計畫堰軸及北投新圳取水口均位於本區段，且取水點均靠左岸，故本區段之穩定工法應著重於流路之穩定維持，避免流心改變造成取水困難，另因初步評估國道六號烏溪五號橋不受建堰影響，故初步不納入考量。

(1) 土城堤防下游端因受水流正面衝擊，結構物易損壞，故現況已設置柔性之石籠護岸，堤前亦設置小丁壩挑流。惟本堤段位凹岸，受水流迫近而易產生基礎淘空崩落，未來治理工法上仍應著重於基礎之保護，設混凝土型框填石或箱型籠等透水性護坦等工法，以加深基腳之保護工，並進行河道整理，以調整流路極深水槽高程，以避免河道深槽持續刷深，規劃於土城堤防提前施設600m之混凝土格框護坦，以加固基礎，如圖6-3-2。

(2) 另為確保未來烏嘴潭堰及北投新圳取水順利，需考量左側深槽流心之穩定，可定期進行河道整理以確保深槽不會變動，整理後之剩餘土方則可置於兩岸堤前，平時作為堤前基礎之保護，洪 期間則可作為下游土砂補充之 料。



圖 6-3-2 河道中上游穩定工法佈置圖

圖 6-3-3 河道穩定工程平面配置圖

圖 6-3-4 河道穩定工程縱斷面圖

圖 6-3-5 河道穩定工程橫斷面圖

圖 6-3-6 多階段跌降式混凝土塊配置圖

(四)工程經費估算

本計畫依據工程會編印之「公共建設工程經費估算編列手冊」編列工程經費，依照工程內容，分別概估各項工程數量，而各項工程費計算所採用之工率，係根據新近之工資功率分析，各項目估價原則如下：

1.設計階段工作費用

設計階段作業費分為基本設計及詳細設計兩階段，其中基本設計作業費按直接工作費之2%估列，另詳細設計作業費按直接工作費之3%估列，共計5%。工作內容分述如下：

- (1)基本設計作業費：依前期規劃成果辦理工程用地地形測量、地質調查與工程料調查試驗、斷層與震測調查、用地調查收補償、水文及水源供需潛能分析等，基本設計費按直接工作費之2%估列。
- (2)詳細設計作業費：依據基本設計階段之建議，辦理其補充調查(地測量、地質測量、地形測量)、階段性營建管理及顧問、詳細設計等費用，按直接工作費之3%估列。

2.工程建造費

- (1)直接工作費：直接工作成本之工程項目及經費表詳列於表6-3-3，其各項目之主要內容分述如下：

- A.阿罩霧圳消能池尾檻固床工
- B.茄荖媽助圳混凝土固床工#1
- C.茄荖媽助圳混凝土固床工#2
- D.烏嘴潭保護工
- E.大崛坑堤防保護工
- F.象鼻坑堤防保護工
- G.雜項工程：約A~F項之10%，含合、置設備、聯外道路、施工道路、測系統、通訊設備等，以及臨時土場用費。

H.安全衛生及環保費：A~G項之3%，施工期間人員安全之防護、測儀器、保險、機具清洗、環境音、污水空氣處理及測費、清理、污水沈處理、圍及警告設施等。

(2)間接工作費：間接工作成本係業主為造管理工程目的所需支出之成本，按直接工作費15%估列，含工程之行政管理費、工程造費、階段性營建管理及顧問費、環境測費、空氣污染防制費及初期運轉費。

(3)工程預備費：工程預備費係為補規劃設計期間所蒐集引用資料之精度、品質和數量等不夠完整、可能的意外或無法預見的發事件等而準備之費用。本工程預備費採直接工程費之20%估列。

3.總工程費

總工程費為上述1~2項費用之和(設計階段作業費用+工程建造費)。本工程之總工程費約為2.54億元，各工項內容及詳細估算表請參閱表6-3-3。

表 6-3-3 總工程費估算表

項次	工作項目	總價(仟元)	備註
一、	設計階段作業費用	9,077	直接工作費之 5%
二、	工程建造費	245,090	
2.1	直接工作費	181,548	
2.1.1	阿罩霧圳消能池尾檻固床工	36,115	
2.1.2	茄荖媽助圳混凝土固床工#1	29,105	
2.1.3	茄荖媽助圳混凝土固床工#2	53,318	
2.1.4	烏嘴潭保護工	1,707	
2.1.5	大崛坑堤防保護工	28,202	
2.1.6	象鼻坑堤防保護工	11,790	
2.1.7	雜項工程	16,024	2.1.1~2.1.6 項之 10%
2.1.8	安全衛生及環保費	5,288	2.1.1~2.1.7 項之 3%
2.2	間接工作費	27,232	直接工作費之 15%
2.3	工作預備費	36,310	直接工作費之 20%
三、	總工程費	254,167	

四、實施計畫與維護管理

(一)實施計畫

1.施工環境

(1)基地位置

計畫工址位於烏溪河道烏溪橋至炎峰橋間，計畫區交通便利，可經國道六號、台3線及台14線皆可到達計畫區域。

(2)可工作天數

依據「經濟部水利署辦理工程工期核算注意事項」，施工期間之降雨日數係指日降雨量超過5毫米者，並列有「中央管

河川各水系平均每月預估降雨日數統計表」，該表係由民國82~91年之降雨資料統計而得，其中烏溪水系之預估降雨日數為42天，施工期間超出該預估降雨日數者，可據以 辦工期展延。

經統計氣象局草屯(4)民國88~97年之每月平均降雨日數為101天(表6-4-1)，其中降雨量在5毫米以上者有69天，即全年可施工日數約為296天。

表 6-4-1 降雨日數及可施工日數統計

日數(天) 降雨量(毫米)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	小計
	天	26.8	24.3	24.2	24.1	21.3	15.3	9.6	15.8	19.1	28.2	27.4	27.9
0~5	3.0	1.8	3.1	2.6	2.3	4.0	5.1	3.8	3.1	0.9	1.7	1.0	32.4
5~10	0.5	0.3	1.5	0.9	1.4	1.7	0.9	1.8	1.0	0.2	0.4	1.0	11.6
10~50	0.7	1.3	2.2	2.4	4.2	2.7	5.1	5.1	2.5	0.7	0.5	1.1	28.5
50~100	0.0	0.3	0.0	0.0	0.8	1.3	1.3	1.5	0.3	0.0	0.0	0.0	5.5
>100	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	5.0	9.0	3.0	4.0	1.0	0.0	0.0	23.0
合計	31.0	28.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	365.0
降雨日數	4.2	3.7	6.8	5.9	9.7	14.7	21.4	15.2	10.9	2.8	2.6	3.1	101.0
>5毫米日數	1.2	1.9	3.7	3.3	7.4	10.7	16.3	11.4	7.8	1.9	0.9	2.1	68.6
可施工日數	29.8	26.1	27.3	26.7	23.6	19.3	14.7	19.6	22.2	29.1	29.1	28.9	296.4

資料來源：中央氣象局

2.工程 料

本計畫主要工作項目為施設固床工工程及堤防基礎加固工程，主要工作種類為河床開挖、混凝土 置、回填河床料等。固床工使用之混凝土可採自行設置 合場或直接向混凝土 。而護甲層填補主要 料為高灘淤積之河床料，可就地取 以現地開挖料填補。其他大 料包括混凝土、鋼筋、H型鋼等，均以國內採製造為原則。

3.施工布置

計畫區平坦開闊，易於佈設相關施工臨時設施，故施工 、 料 置場、施工便道等之位址可以不影響附近原有之交通及施工動線為原則，擇適當地點設置。

4. 施工機具

本工程施工機具包括推土機、裂機、機、平路機、傾卡車、挖土機、水車、混凝土輸送車、混凝土及車等。其中因河床開挖、混凝土塊製數量 大，挖土機、傾卡車及混凝土輸送車為主要之施工機具。

(二) 維護管理

本計畫於茄荖媽助圳及阿罩霧圳渠首工下游施設之保護措施其主要目的為增進此河段之穩定性，大岬坑及象鼻坑堤防之保護工法即為提高其穩定性，減少對兩岸之威脅，其權責劃分應屬第三河川局為宜；土城堤防即位於烏嘴潭預定堰址處，其保護措施將會影響堰之穩定與取水之問題，於攔河堰興建後應由中區水資源局負責管理維護較為妥適。

在營運管理要求上可分為平時養護、歲修、防汛及特別維護四種，於平時需定期派員巡視。如遇有損害或嚴重滲漏水之情事應派員修復。每年應舉行年度總檢查，並擬定年度維修保養計畫。至於防汛時期應編組進行巡守，如遇颱風警報，應指派專人駐守與戒備，隨時觀測雨量及河川水路之水位變化，以便緊急通報。