烏溪鳥嘴潭人工湖可行性規劃（1/2）

工程專題報告

Feasibility Planning(1/2) for Niaozueitan Artificial Lake in Wu Chi

Project Layout Study Report

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 98 年 12 月

目　錄

目　錄 目-1

表目錄 目-3

圖目錄 目-5

照片目錄 目-8

摘要 摘-1

結論與建議 結-1

一、結論 結-1
二、建議 結-3

Abstract A-1

第壹章 前言 1-1

一、計畫緣起 1-1
二、計畫目標與工作範圍 1-1
三、工作項目 1-3
四、工作構想及流程 1-3
五、歷年規劃概要 1-4

第貳章 前期規劃成果 2-1

一、計畫供水區現況及未來供需分析 2-1
二、可能方案初擬 2-3

第參章 取水工程方案規劃 3-1

一、前期規劃檢討 3-1
二、計畫河道流路變遷 3-24
三、取水方式及堰型檢討 3-31
四、取水工方案構想 3-36
五、取水工方案評估 3-60

六、取水工程初步規劃 3-66
七、計畫區段河道治理規劃 3-74
八、建堰後堤防縱橫段佈置檢討 3-79
九、計畫區段河道輸砂能力分析 3-85
十、後續補充鑽探調查 3-88

第肆章 人工湖主體工程規劃 4-1

一、前期規劃概要 4-1
二、人工湖規劃原則 4-3
三、工程整體配置規劃 4-4
四、人工湖主體工程規劃 4-37
五、人工湖操作規則 4-46
六、人工湖區域內北投新圳圳路改善規劃 4-52
七、區域排水及人工湖退水路規劃 4-52
八、人工湖區內、外聯絡道路規劃 4-53
九、水力發電檢討 4-56
十、工程初步規劃布置及內容 4-58

第伍章 工程經費估算 5-1

一、估算原則 5-1
二、工程費估算 5-3

第陸章 施工計畫 6-1

一、施工期間管理規劃 6-1
二、開挖料處置規劃 6-2

附錄一 期初審查委員意見及辦理情形
附錄二 期中審查委員意見及辦理情形
附錄三 期末審查委員意見及辦理情形

表目錄

表 2.3-1 攔河堰各方案優劣比較表 2-3
表 2.3-2 97 年度烏嘴潭攔河堰建堰前後烏溪河道水理分析 2-5
表 2.3-3 97 年度土地權屬資料調查成果 2-5
表 2.3-4 97 年度人工湖開發數據表 2-6
表 2.3-5 97 年度基本工程數據表 2-7
表 2.3-6 97 年度工程經費估算表 2-8
表 2.3-7 97 年度計畫成本分析表 2-9
表 2.3-8 97 年度計畫效益表 2-9
表 3.1-1 取水口各方案比較表－前期規劃 3-22
表 3.1-2 取水口各方案比較表－本計畫檢討 3-23
表 3.1-3 前期規劃各堰址方案比較表 3-24
表 3.2-1 烏溪水系河道沖淤比較資料蒐集一覽表 3-25
表 3.2-2 烏溪河道大斷面差異調查成果 3-26
表 3.3-1 各堰型方案比較表 3-35
表 3.5-1 各方案優缺點比較表 3-65
表 3.6-1 濁水中之容許限界沉降速度表 3-68
表 3.6-2 大型巴歇爾量水槽流量及尺度表 3-69
表 3.7-1 粒徑分析比較表 3-76
表 3.7-2 烏溪本流各河段粗糙係數採用值 3-76
表 3.7-3 烏溪水理分析成果表(1/2) 3-77
表 3.7-3 烏溪水理分析成果表(2/2) 3-78
表 3.7-4 烏溪計畫洪水位檢討表 3-79
表 3.8-1 建堰後水理分析成果表(1/2) 3-80
表 3.8-1 建堰後水理分析成果表(2/2) 3-81
表 3.8-2 建堰後堤防檢討表 3-82
表 3.8-3 堤防防洪上限檢討表 3-84
表 3.8-1 烏溪計畫河段 200 年重現期距輸砂能力一覽表（建堰前） 3-86
表 3.8-2 烏溪計畫河段 200 年重現期距輸砂能力一覽表（建堰後） 3-87
表 3.10-1 前期計畫補充測量及地質調查內容一覽表 3-89
表 3.10-2 歷年堰址附近鑽探工作成果一覽表 3-90

表 3.10-3 攔河堰補充鑽孔數量及目的一覽表 3-92
表 3.10-4 補充地球物理探測一覽表 3-93
表 4.3-1 人工湖蓄水位研定比較表 4-6
表 4.3-2 湖區最佳開挖深度相關資料 4-10
表 4.3-3 湖區開發資料及開發規模方案比較 4-11
表 4.3-4 湖區優養化控制採行方法一覽表 4-18
表 4.3-5 不同岩樣室內環剪試驗結果表 4-19
表 4.3-6 人工湖防滲型式比較表 4-21
表 4.3-7 滲流模擬分析參數表 4-22
表 4.3-8 東草屯交流道高架段影響分析參數表 4-24
表 4.3-9 不同坡度與不同蓄水情況下滲流模擬分析結果表 4-26
表 4.3-10 安定分析建議安全係數表 4-28
表 4.3-11 邊坡分析簡化參數表 4-28
表 4.3-12 邊坡穩定分析成果表 4-29
表 4.3-13 北面圍堤邊坡穩定分析成果表 4-30
表 4.3-14 南崖坡邊坡穩定分析成果表 4-30
表 4.9-1 發電量估算成果表 4-57
表 5.2-1 總工程費估計表(年利率 3%) 5-4
表 5.2-2 總工程費估計表(年利率 6%) 5-5
表 5.2-3 本計畫直接工程成本明細表(1/4) 5-6
表 5.2-3 本計畫直接工程成本明細表(2/4) 5-7
表 5.2-3 本計畫直接工程成本明細表(3/4) 5-8
表 5.2-3 本計畫直接工程成本明細表(4/4) 5-9
表 5.2-4 本計畫分年工程經費表(年利率 3%) 5-10
表 5.2-4 本計畫分年工程經費表(年利率 6%) 5-11
表 6.1-1 降雨日數及可施工日數統計 6-1
表 6.2-1 台灣民國 94~97 年砂石產銷量統計表 6-7
表 6.2-2 中部區域民國 94~97 年砂石產銷量統計 6-7
表 6.2-3 中部區域民國 94~97 年砂石進口量統計 6-8
表 6.2-4 中部區域現有土資場調查表 6-8
表 6.2-5 烏溪沿岸 97 年既設砂石場產能統計 6-9

圖目錄

圖 1.2-1 鳥嘴潭人工湖計畫位置圖 1-1
圖 1.4-1 計畫工作流程圖 1-3
圖 1.5-1 鳥嘴潭攔河堰初步規劃平面圖 1-8
圖 2.2-1 彰化地區生活用水供需比較圖(不含自行取水) 2-2
圖 2.2-2 南投地區生活用水供需比較圖(不含自行取水) 2-2
圖 2.3-1 97 年度各方案取水位置 2-4
圖 2.3-2 97 年度計畫工程佈置圖 2-6
圖 3.1-1 攔河堰各方案位置圖 3-1
圖 3.1-2 堰址河段 SPOT 衛星影像 3-3
圖 3.1-3 國道6號施工前航照圖 3-5
圖 3.1-4 國道6號施工後航照圖 3-5
圖 3.1-5 民國 90 年衛星影像 3-6
圖 3.1-6 民國 93 年衛星影像 3-6
圖 3.1-7 堰軸一 3D 地形圖 3-7
圖 3.1-8 方案二航照圖 3-9
圖 3.1-9 北投新圳地形圖 3-9
圖 3.1-10 方案二攔河堰與國道 6 號橋墩相對關係圖 3-12
圖 3.1-11 堰址河段衛星影像及大斷面位置圖 3-17
圖 3.2-1 計畫區烏溪既有河道斷面樁位置圖 3-25
圖 3.2-2 計畫河段流路變遷比較圖(1/3) 3-27
圖 3.2-2 計畫河段流路變遷比較圖(2/3) 3-28
圖 3.2-2 計畫河段流路變遷比較圖(3/3) 3-29
圖 3.2-3 計畫河段歷年流路變遷比較圖 3-29
圖 3.2-4 計畫河段各年流路變遷大斷面比較圖 3-30
圖 3.3-1 管柵取水示意圖 3-33
圖 3.4-1 方案 1-1－左岸側方取水方案平面佈置圖 3-38
圖 3.4-2 方案 1-1－左岸側方取水方案各剖面圖 3-39
圖 3.4-3 方案 1-2－管柵取水方案平面佈置圖 3-43
圖 3.4-4 方案 1-2－管柵取水方案各剖面圖 3-44
圖 3.4-5 方案 1-3－複合取水方案平面佈置圖 3-47

圖 3.4-6 方案 1-3－複合取水方案各剖面圖 3-48
圖 3.4-7 方案 1-4－右岸側方取水方案平面佈置圖 3-51
圖 3.4-8 方案 1-4－右岸側方取水方案各剖面圖 3-52
圖 3.4-9 方案 3-1－上游側方取水方案平面佈置圖 3-55
圖 3.4-10 方案 3-1－上游側方取水方案各剖面圖 3-56
圖 3.4-11 方案 3-2－上游管柵取水方案平面佈置圖 3-58
圖 3.4-12 方案 3-2－上游管柵取水方案各剖面圖 3-59
圖 3.6-1 引水工程平面佈置圖 3-70
圖 3.6-2 引水路縱段水理及輸水路各剖面示意圖 3-71
圖 3.6-3 沉砂池佈置圖 3-72
圖 3.7-1 烏溪大斷面位置圖 3-75
圖 3.8-1 建堰前後烏溪河道縱斷面圖 3-83
圖 3.10-1 前期計畫堰址補充鑽探位置圖 3-90
圖 3.10-2 烏嘴潭攔河堰建議補充地質鑽探孔位圖 3-93
圖 4.1-1 前期規劃人工湖佈置圖 4-2
圖 4.3-1 本計畫人工湖湖區規劃圖 4-5
圖 4.3-2 人工湖計畫蓄水位研定比較圖 4-5
圖 4.3-3 人工湖湖底開挖形式示意圖 4-7
圖 4.3-4 湖區開挖深度、挖方成本及蓄水規模關係圖(1/3) 4-8
圖 4.3-4 湖區開挖深度、挖方成本及蓄水規模關係圖(2/3) 4-9
圖 4.3-4 湖區開挖深度、挖方成本及蓄水規模關係圖(3/3) 4-10
圖 4.3-5 人工湖地表及推估岩盤線平面圖 4-12
圖 4.3-6 人工湖地表及推估岩盤線縱剖面圖 4-13
圖 4.3-7 人工湖地表及推估岩盤線橫剖面圖 4-14
圖 4.3-8 湖泊優養化控制示意圖 4-17
圖 4.3-9 柔性不透水層鋪底示意圖 4-20
圖 4.3-10 湖區地下水等高線圖 4-21
圖 4.3-11 南崖坡地下水湧出量數值模擬分析示意圖 4-23
圖 4.3-12 南崖坡地下水湧出量數值模擬成果圖 4-23
圖 4.3-13 東草屯交流道高架段影響分析示意圖 4-25
圖 4.3-14 高架段影響分析成果圖(1/2) 4-25
圖 4.3-14 高架段影響分析成果圖(2/2) 4-25

圖 4.3-15 圍堤坡度 1:2 時之水力坡降等值線圖 4-27
圖 4.3-16 圍堤坡度 1:1.5 時之水力坡降等值線圖 4-27
圖 4.3-17 圍堤坡度 1:2 雙側滿水(無截牆) 4-31
圖 4.3-18 圍堤坡度 1:2 洩降(無截牆) 4-31
圖 4.3-19 圍堤坡度 1:2 雙側滿水(有截牆) 4-31
圖 4.3-20 圍堤坡度 1:2 洩降(有截牆) 4-32
圖 4.3-21 圍堤坡度 1:1.5 雙側滿水(無截牆) 4-32
圖 4.3-22 圍堤坡度 1:1.5 洩降(無截牆) 4-32
圖 4.3-23 圍堤坡度 1:1.5 雙側滿水(有截牆) 4-33
圖 4.3-24 圍堤坡度 1:1.5 洩降(有截牆) 4-33
圖 4.3-25 北面圍堤邊坡分析結果圖 4-33
圖 4.3-26 南崖坡現地邊坡分析結果圖 4-34
圖 4.3-27 南崖坡邊坡分析結果圖(滿庫水位) 4-34
圖 4.3-28 南崖坡邊坡分析結果圖(呆水位) 4-34
圖 4.4-1 人工湖平面佈置圖 4-40
圖 4.4-2 人工湖圍堤示意圖(1/3) 4-41
圖 4.4-2 人工湖圍堤示意圖(2/3) 4-42
圖 4.4-2 人工湖圍堤示意圖(3/3) 4-43
圖 4.4-3 湖區地面低於計畫蓄水高程平面圖 4-44
圖 4.4-4 C、D 湖區堤後擋水牆示意圖 4-45
圖 4.5-1 湖區連通溢流道示意圖 4-48
圖 4.5-2 人工湖連通管路、聯絡管路示意圖 4-49
圖 4.5-3 人工湖出水工示意圖 4-50
圖 4.5-4 退水路示意圖 4-51
圖 4.7-1 灌溉排水路改善平面佈置圖 4-53
圖 4.8-1 人工湖計畫區內外主要道路 4-54
圖 4.8-2 人工湖環湖道路示意圖 4-55
圖 6.2-1 周邊砂石場與土資場分佈圖 6-6

照片目錄

照片 3.1-1 方案一堰軸左岸現況.....3-5
照片 3.1-2 方案一堰軸右岸現況.....3-5
照片 3.1-3 投縣 DF116 土石流潛勢溪流.....3-6
照片 3.1-4 方案一堰軸右岸支流匯入.....3-6
照片 3.1-5 方案二堰址現況.....3-8
照片 3.1-6 烏溪經簡易取水工導流至北投新圳取水口.....3-8
照片 3.1-7 北投新圳取水口.....3-8
照片 3.1-8 北投新圳取水口及排砂道.....3-9
照片 3.1-9 北投新圳灌溉渠道現況.....3-9
照片 3.1-10 方案二堰址現況（下游面）.....3-9
照片 3.1-11 方案二堰址現況（上游面）.....3-10
照片 3.1-12 方案三堰軸現況.....3-14
照片 3.1-13 方案三左岸堤內空地.....3-14
照片 3.1-14 下游阿罩霧圳固床工現況.....3-14
照片 3.1-15 方案三堰軸現況.....3-14
照片 3.1-16 炎峰橋現況.....3-14
照片 3.1-17 炎峰橋上游現況.....3-17
照片 3.1-18 阿罩霧一圳及烏溪橋現況.....3-17
照片 3.1-19 國道 6 號跨越烏溪段.....3-17
照片 4.7-1 北勢湳排水現況.....4-53
照片 4.7-2 勝東崎排水現況.....4-53
照片 4.7-3 北投新圳退水供應下游灌區.....4-53

摘要

一、計畫緣起及目標

烏溪之逕流豐沛，惟水源利用低，尤於豐水期大量逕流未加利用即流失殊為可惜，故延續民國96及97年度之烏溪鳥嘴潭人工湖初步規劃成果，辦理「烏溪鳥嘴潭人工湖可行性規劃(1/2)-工程可行性規劃」(本計畫)。

本計畫係於建民水庫停建後，研擬因應目標年(民國120年)南投(草屯)及彰化地區之公共用水需求；並可由本計畫供水替代彰化地區目前利用之地下水源，使地下水獲休養，達國土保育之目標。

二、計畫區概況

本計畫擬於烏溪橋上游約5～6公里處設置鳥嘴潭攔河堰取水，引入國道六號東草屯交流道南側河階地規劃之離槽人工湖蓄存，再輸水至下游新建淨水場處理。

計畫可能堰址約於烏溪北投新圳取水口附近河段，北側為陡峭山壁，左岸則為沖積平原與河階地；堰址河床高程約為135～145公尺，河寬約為380公尺，現有國道六號高速公路橋穿越。人工湖湖址位於北勢湳堤防南側河階地，現況約水稻田利用，地勢東高西低，地表高程約110~135公尺，上下游端高差近25公尺，坡度則約為1/110。

三、水源供需計畫

參考「區域水資源經理策略擬定之研究」之成果，彰化地區現況生活用水約需每日36.5萬立方公尺，包括取地下水每日30萬立方公尺及台中支援每日8萬立方公尺；120年用水將成長達每日43.2萬立方公尺，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。

南投地區目前以區域地下水及地區水源提供每日16萬立方公尺；民國120年將成長每日22.5萬立方公尺，將由本計畫提供每日4萬立方公尺（主要供應草屯地區）。

四、取水工程方案規劃

(一)前期規劃檢討

初步規劃在鳥嘴潭堰址研擬3個可能堰軸方案，位置如圖摘-1，並分述如下：

1、方案一：堰軸位於烏溪橋上游4.8公里處（約在炎峰橋下游1.8公里）

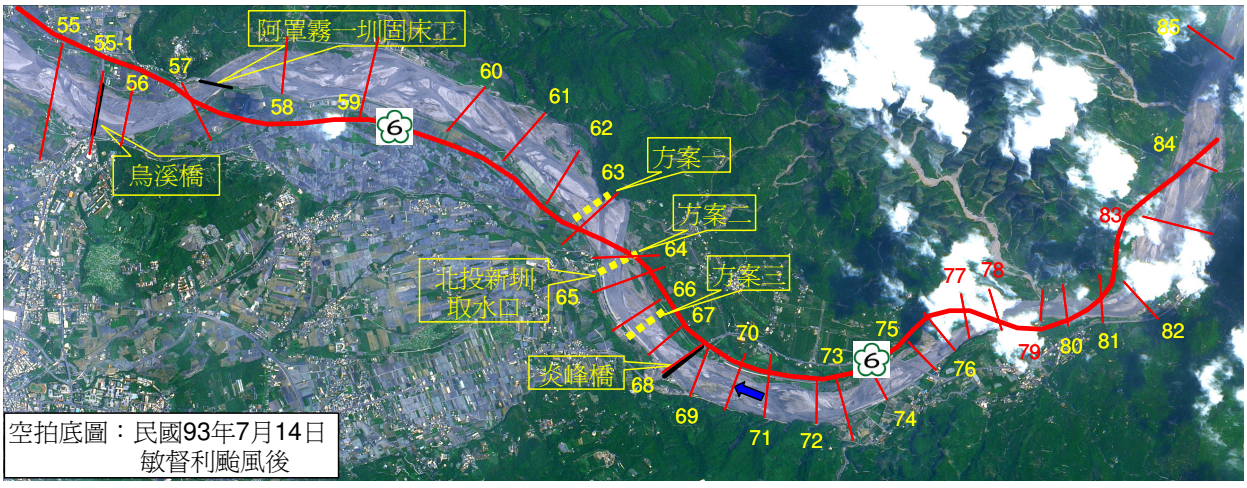
2、方案二：堰軸約位於方案一規劃堰址上游600公尺處，現為南投農田水利會北投新圳取水口

3、方案三：堰軸約位於北投新圳取水口上游600公尺處

96年度初步規劃成果報告將方案一列為優先考量方案，主要考量攔河堰位處國道橋梁及北投新圳下游，且距離人工湖區最近；當時，方案一堰軸河道斷面存在左右岸兩股深槽，故取水口規劃於左岸。

97年度規劃期間，烏溪斷面63、64因國道橋墩施工導排水造成流路漸偏右岸，故除建議後續階段除方案一堰軸上游河川地形補充測量以利水理分析外，並研提方案三評估替代之可行性。

從堰址航照圖檢視烏溪流路線型(圖摘-1)，自炎峰橋上游斷面78至烏溪橋(斷面55-1)略呈S型，各堰軸方案約位處該S型河段之反曲點。預期較大洪水時主流路將偏向方案二、三的之左岸；而方案一則因其下游阿罩霧一圳固床工回淤使坡降趨緩而流路更易蜿蜒，且北投新圳取水口固床工及國道橋墩形成導流效果，深槽於97～98年均已偏向右岸。



圖摘-1 堰址河段線型及大斷面位置圖

有關初步規劃堰軸方案之評估比較彙整如表摘-1，本計畫檢討結果：方案一與方案三堰軸是本次評估的兩個優選方案，其中又以方案三為本計畫優選方案。

表摘-1 取水口各方案比較表－本計畫檢討

方案	方案一	方案二	方案三
進水口位置	北投新圳下游約 600 公尺	共用北投新圳取水口	北投新圳上游約 600 公尺
河道現況	流路偏向右岸 右側深槽約 EL.134m 左側深槽約 EL.138m	流路偏向左岸 左岸深槽約 EL.140m 左岸及中間河床約 EL.145m	流路偏向左岸 左岸深槽約 EL.144m 左側及中間河床約 EL.148m
引水可靠性	1.國道 6 號完工後深槽偏向右岸，適合右岸取水 2.可用水頭較低	左岸取水穩定度高	左岸取水穩定度高
工程經費	1.攔河堰長度約 360 公尺 2.右岸上游堤防約 1,100 公尺，並需處理右岸支流匯入 3.工程費用較低	1.人工湖面積可增加約 6.7 公頃 2.新設輸水隧道約 100m 3.攔河堰長度約 430 公尺 4.右岸上、下游均需設置堤防 5.工程經費次高	1.人工湖面積可增加約 6.7 公頃 2.新設輸水隧道約 300m 3.攔河堰長度約 430 公尺 4.右岸需設堤防 5.工程經費最高
環境衝擊	1.位在國道 6 號與北投新圳下游，環境衝擊小	1.緊鄰國道 6 號及北投新圳，環境衝擊大 2.需設置輸水隧道	1.需設置輸水隧道 2.在國道 6 號上游 600 公尺以上，且水頭充裕，可採低矮堰設計，對橋墩衝擊小
營管問題	獨立取水，可避免與農田水利會發生營管問題	1.需與北投新圳共用進水口，故需設聯合管理機制 2.輸水隧道較易產生磨損問題	1.需與北投新圳共用進水口，故需設聯合管理機制 2.沉砂後原水流入輸水隧道，磨損問題較輕

方案	方案一	方案二	方案三
優點	1.攔河堰設國道6號橋墩下游，可減輕外界疑慮 2.攔河堰位在北投新圳下游，故可避免與其進水口共構及日後營運管理的協調等問題 3.攔河堰最接近人工湖區，因此輸水路距離最短，工程規模小	1.進水口流心偏向左岸，取水可靠度較高 2.可利用水頭較為充裕 3.人工湖面積可略增加	1.取水可靠度高 2.水頭較為充裕 3.增加A’區人工湖，初估可增加約75萬立方公尺之有效庫容 4.左岸空地可佈設沉砂池等附屬構造 5.遠離隘寮斷層
待克服	1.流心漸趨偏向右岸，而人工湖位在左岸 2.在可運用水頭有限下確保重力輸水 3.右岸支流匯入之處理	1.須與水利會就攔河堰取水口的工程費用、營管費用分擔及操作管理進行協商 2.需增設輸水隧道 3.攔河堰距離國道6號橋墩太近	1.取水點設在北投新圳上游，有營運上的介面需釐清 2.國道6號跨河段亦位在本堰址下游 3.需新設引水隧道 4.距離炎峰橋約600公尺，需注意堰頂高程不要影響該橋通洪
本計畫建議	優選方案 建議進一步評估	對國道6號影響過大 建議暫不考慮	優選方案 建議進一步評估

說明：96年度初步規劃僅列出方案一、方案二比較，並以方案一為優選方案。當時方案一堰軸河道斷面存在左右岸兩股深槽，故取水口規劃於左岸。97年度規劃期間，烏溪斷面63、64因國道橋墩施工導排水造成流路漸偏右岸，故建議後續階段除方案一堰軸上游河川地形補充測量以利水理分析外，並研提方案三評估替代之可行性，以利本計畫進一步檢討

(二)取水工方案評估

本計畫以較可行堰軸方案及取水方式組合研提6個取水工方案進行評估，包括堰軸一4個方案、堰軸三2個方案。為利區隔各方案，方案1-1代表堰軸一的第一個方案、方案3-1代表堰軸三的第一個方案，分別稱為：

1、方案1-1－左岸側方取水方案

2、方案1-2－管柵取水方案

3、方案1-3－複合取水方案：採管柵取水與左岸取水並用

4、方案1-4－右岸側方取水方案

5、方案3-1－上游側方取水方案

6、方案3-2－上游管柵取水方案

現階段評估檢討如表摘-2，以「方案3-1－上游側方取水方案」為優選方案，惟建議應辦理相關地形、地質補充調查，以利進一步評估工程可行性。

(三)取水工及輸水路工程規劃

以前述優選方案規劃佈置取水工及輸水路如圖摘-2~摘-5所示，主要工程內容分述如下：

1、攔河堰

(1)設計洪水量（Q_{200}）：14,780每秒立方公尺

(2)設計洪水位標高：150.78公尺

(3)固定堰堰頂標高：146.0公尺

(4)攔河堰堰軸總長：430.0公尺

A.固定堰堰軸長度：362.0公尺

B.排砂道：10公尺寬x5公尺高之直提式閘門x5道

C.魚道：瀑布式魚道，寬8公尺x長66.1公尺

2、進水口

(1)設計取水量：30每秒立方公尺

(2)進水口底檻高程：144.5公尺

(3)設計取水位高程：145.3公尺

(4)進水口閘門： 6公尺寬x4公尺高x5道之直提式閘門

3、沉砂池及量水堰

(1)設計取水量：30每秒立方公尺

(2)沉砂池入口高程：141.5公尺

(3)沉砂溝長度：100公尺

(4)量水堰入口高程：141.9公尺

(5)量水堰出口高程：141.6公尺

4、引水路（明渠及隧道）及附屬設施

(1)設計取水量：25每秒立方公尺
(2)明渠入口高程：140.6公尺
(3)明渠長度：425公尺
(4)隧道入口高程：139.9公尺
(5)隧道形式：2r-2r-2r標準馬蹄形
(6)隧道總長：320公尺

表摘-2 各取水工方案優缺點比較表

方案	堰軸一		堰軸三	
	方案 1-1 左岸側方取水	方案 1-4 右岸側方取水	方案 3-1 上游側方取水	方案 3-2 上游管柵取水
方案說明	堰軸總長 360m 排砂道長 60m、底檻高 EL.135.5m 自由溢流堰堰頂分為兩區段：EL.139m：200m、EL.140m：長 92m	堰軸總長 350m 排砂道長 60m、底檻高 EL.135.5m 自由溢流堰堰頂 EL.140.2m，長 282m	堰軸總長 430m 排砂道長 60m、底檻高 EL.142.5m 自由溢流堰堰頂：EL.147m，長 362m	堰軸總長 430m 右岸非取水段長 306m、堰頂高 EL.147.0m 取水段長 116m、堰頂 EL.146.0m
優點	1.距離人工湖區最近，可省工程費 2.位在國道 6 號及北投新圳下游，對上述兩結構影響最少 3.藉由閘門操作，可穩定取水，並可重力送水	1.距離人工湖區最近，可省工程費 2.位在國道 6 號及北投新圳下游，對上述兩結構影響最少 3.進水口設在右岸，可穩定取水	1.進水口在左岸，符合流心偏向，有利穩定取水。 2.具充足水頭，可擴大人工湖規模 3.採低矮堰即可符合輸水需求，降低下游沖刷 4.左岸堤內空地可佈置附屬構造	1.堰體採低矮堰，對河床沖淤影響可降至最低 2.河道中不需設置閘門 3.閘門數量較少
缺點	1.本河段流心漸偏右，左岸取水仍有疑慮。 2.右岸防洪構造需往上游延伸約 1,100 公尺銜接既設堤防 3.河道中設閘門，洪水時閘門墩座等結構易受土石衝擊	1.攔河堰體內廊道可能淤積，設計時需考量日後如何清淤。 2.攔河堰高出河床 2.5m 以上，需克服下游沖刷問題 3.河道當中設排砂閘門，洪水時閘門墩座等結構易受土石衝擊	1.缺乏地質鑽探資料，需補充調查 2.與北投新圳共同取水，增加營運界面 3.河道當中設排砂閘門，洪水時閘門墩座等結構易受土石衝擊	1.沉砂池等附屬結構需大開挖 2.引水路高程低，與北投新圳銜接較難 3.與北投新圳共同取水，增加營運界面
檢討評估	流心偏右而採左岸取水，確實存在取水風險	右岸取水可行，但右岸支流匯入、原水需跨河至左岸，增加營運風險	有充足水頭，可擴大人工湖規模 且左岸取水，符合流心偏向	水頭損失大，不易供水至北投新圳 且引水路開挖較大
建議	暫不考慮	堰軸一之優選方案 替代方案	優選方案	暫不考慮

圖摘-2 取水工規劃平面佈置圖

圖摘-3 引水路縱段水理及輸水路各剖面示意圖

圖摘-4 攔河堰及取水口剖面圖

圖摘-5 沉砂池及量水堰圖

五、人工湖規劃

(一)人工湖規劃原則

烏嘴潭人工湖以蓄水及供水為主要標的，並以觀光遊憩為輔，在湖區整體規劃上應考量水源、開發規模及經濟效益、人工湖防滲、景觀生態、管理維護及週邊環境條件等面向，其規劃原則如下：

1、水源

人工湖水源由烏溪逕流水引取調蓄，提供做為彰化、南投地區之生活用水，取水需穩定且需符合自來水之原水標準。

2、最大開發規模

湖區狹長、東高西低且坡度達1/110，為因應地形變化、既設構造物及地質條件等限制條件，需區分數個湖區，並考量維持一定之蓄水容量，堤頂寬度須縮減，且景觀遊憩設施以不減少蓄水容量方式規劃。

3、湖區安全

(1)人工湖堤岸坡面坡度攸關蓄水容量及圍堤安定性,需考量填築材料特性，在安全無虞下尋求最經濟之型式。

(2)東草屯交流道經過人工湖計畫區，且人工湖北岸沿著國道6號施設，人工湖規劃時應避免影響高速公路之橋墩安全。另人工湖南岸緊鄰崖坡，規劃時應考量保護措施或緩衝隔離帶，以免危及湖區設施及遊客安全。

4、經濟效益

(1)烏溪流域現況尚無水庫調蓄，本計畫為最佳之水源計畫，除經濟效益評估外，應長遠考量水源之應用及氣候異常之影響。

(2)人工湖經濟效益除供應生活用水外，另間接效益應納入評估，包括減抽地下水之國土復育、土石開採及景觀遊憩等。

5、人工湖防滲

人工湖區覆土層為透水性良好的礫石層，屬未固結之沖積層，應加以考量防滲措施，避免滲漏量過大，影響人工湖調蓄功

能。

6、景觀生態

(1)人工湖完工後，將成為一蓄水區，故與陸域之交界處，應設置隔離帶，使視覺上不致產生太大之突兀感。

(2)人工湖除基本之蓄水功能外，應同時具有生態、景觀及遊憩等功能，以發揮最大效益。

7、維護管理

(1)湖區適當位置應設置進水、制水閘門以控制流量，並應設置緊急放水路，以保護圍堤安全。相關取、供水操作設備應考量自動化，並儘可能減少閘門數量。

(2)為利清淤以延長人工湖壽命，湖區應考量妥適之佈置及圍堤型式。

8、週邊環境

整體工程規劃需配合周邊交通、區域灌排水路與現有聚落做整體評估配置，人工湖之規劃配置基地周邊之交通、灌排水路、現有聚落之功能必須維持，若有變動，以影響最小為原則。

(二)人工湖整體配置規劃

本計畫配合前述取水工之優選方案取水，較初步規劃於上下游端增列兩湖區A’及F區，合計共為七湖區，如圖摘-6所示；湖區原則上由既有地面向下開挖為蓄水空間，其蓄水容量之考量如下

1、D、E湖區沿東草屯交流道聯絡道施設，為免影響交流道高架段橋台之安全，由其橋台基礎型式評估，圍堤應較原規劃再退縮，故蓄水面積將略為減小。

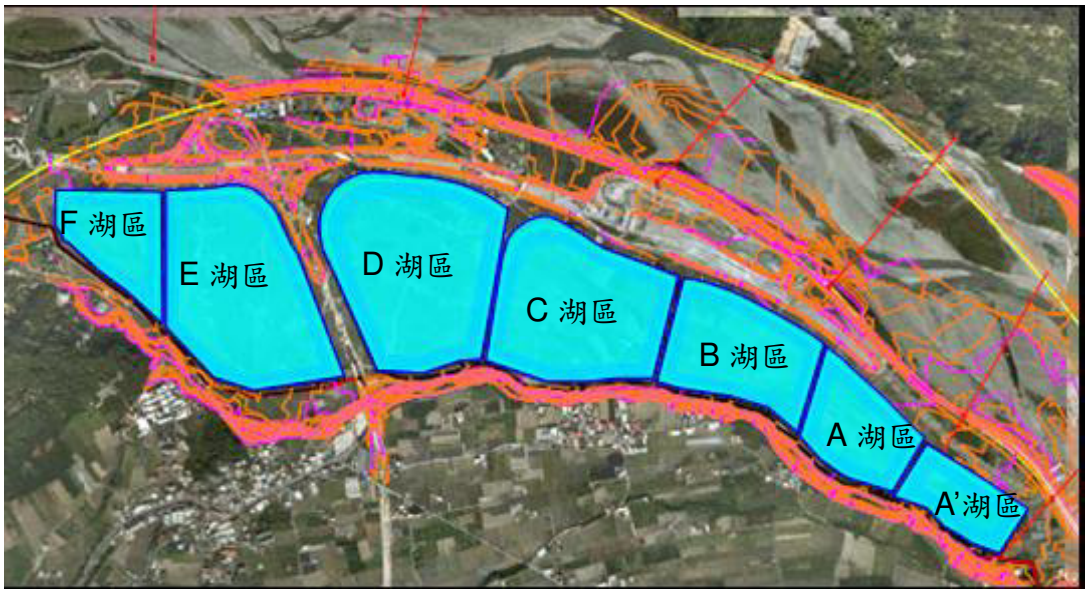
2、人工湖南岸緊鄰崖坡，靠近崖坡處岩盤線較淺，因岩盤開挖成本高且不利崖坡安定，故人工湖南岸於佈設時較原規劃退縮，蓄水面積略微減少。

3、人工湖南側地勢較高，故規劃輸水路由南側佈設，以減少埋設時之開挖深度及保持輸送水頭。

4、東草屯交流道聯絡道西側鄰車籠埔斷層及隘寮斷層，為安全計，以E湖區蓄水酌降至湖區平均地面高程114公尺，以降低地震危害風險。

5、若考量E、F湖區不開發，則總庫容減為1,179萬立方公尺，有效蓄水容量約1,079萬立方公尺，建議降低蓄水深度方式規劃考量。

6、考量湖區地勢走向，規劃湖區計畫蓄水高程大於地面高程3公尺以上範圍增加堤頂寬度、減少開挖坡面（垂直：水平）之比值。



圖摘-6 本計畫人工湖湖區規劃圖

(三) 人工湖開發規模檢討

因應本計畫湖區地表坡度約1/110，推估岩盤縱坡度約1/120，各湖區開挖面積及岩盤深度均不一致，故依各湖區開挖深度、挖方成本與蓄水容量等因素，作歸納分析、結果如表摘-3所示

表摘-3 湖區最佳開挖深度相關資料

湖區	計畫蓄水位(m)	湖底高程(m)	滿水位蓄水面積(公頃)	湖底面積(公頃)	湖區最少入岩深度	挖方成本/庫容(元/m^3)	有效蓄水容量(萬 m^3)
A'	138	119	6.82	2.36	入岩 4m	30.0	75.9
A	134	118	9.99	5.38	入岩 4m	38.1	121.9
B	130	115	15.47	10.05	入岩 2m	39.3	168.3
C	125	109	24.99	17.27	入岩 1m	39.5	296.3
D	120	102	30.67	21.14	入岩 1m	38.9	416.8
E	114	100	28.50	21.51	入岩 1m	38.6	302.9
F	110	98	8.83	5.28	入岩 1m	34.4	71.1
總和			125.26	83.00			1453.3

E湖區正處隘寮斷層破碎帶，F湖區呆水位高程影響下游淨水場水頭、考量因素繁多，故擬以東草屯交流道兩側為分區開發基準，第1期開發交流道東側A'~D湖區，有效蓄水量為1,079萬立方公尺、預計供水能力每日26萬立方公尺，第2期開發交流道西側E、F湖區，可增加增加有效蓄水量374萬立方公尺，總蓄水量達1,453萬立方公尺、供水能力達每日30萬立方公尺。規劃兩種湖區開發規模如下表摘-4所示。

表摘-4 湖區開發資料及開發規模方案比較

湖區	堤頂高程(m)	計畫蓄水位(m)	呆水位高程(m)	滿水位湖面(公頃)	挖土石方(萬 m^3)	挖岩方(萬 m^3)	有效蓄水容量(萬 m^3)
A'	140	138	121	6.82	79.01	4.35	75.9
A	136	134	120	9.99	100.33	27.04	121.9
B	132	130	117	15.47	142.39	49.40	168.3
C	127	125	111	24.99	266.26	83.96	296.3
D	122	120	104	30.67	340.58	125.57	416.8
E	116	114	102	28.50	316.09	71.65	302.9
F	112	110	100	8.83	84.96	8.61	71.1

湖區開發規模					
方案	開發湖區	滿水位蓄水面積(m^2)	挖土石方(萬 m^3)	挖岩方(m^3)	有效蓄水容量(萬 m^3)
方案一	A'~F	125.26	1,329.64	370.58	1453.2
方案二	A'~D	87.94	928.58	290.32	1079.2

(四)人工湖湖區佈置規劃

1、人工湖湖區配置

依據前述湖區規劃原則及工程佈置之檢討，在最大開發之原則下，並依地形、地質及現有設施等調整湖區之配置，平面佈置詳圖摘-7。

2、考量現地條件及湖區佈置，湖區圍堤之設置原則檢討如下述：

(1)堤頂佈置原則

本計畫湖區圍堤北側緊依國道6號路堤設置，南側圍堤則緊鄰崖坡，湖區圍堤總長度約為11,270公尺，除D、E湖區間隔東草屯交流道聯絡道外，上游湖區皆緊鄰下游湖區，為兼顧蓄水容量及景觀遊憩功能，堤頂寬度不宜過大或過小。

(2)南側圍堤佈置原則

由於南側圍堤緊鄰崖坡，其地勢高出人工湖約10~20公尺，為維護人工湖及堤岸安全,除人工湖圍堤位置皆離崖坡約20公尺以上，並設置植生喬木緩衝帶及排水路與人工湖圍堤做為區隔，以避免由高階地崩落之土石掉入蓄水區或影響環湖道路之人車安全。

另緊鄰南崖坡處之圍堤施做截水牆後,地下水位面會因地下水流被阻隔而抬升，截牆附近地表面可能發生地下水湧出之現象，若人工湖圍堤坡腳新設排水路採透水材料舖築，可有效將湧出之地下水導引進入下游勝東崎排水,將可作為茄苳媽助圳之灌溉水源。

(3)北側圍堤佈置原則

北側圍堤緊鄰國道6號，為保護國道6號之安全，北側人工湖圍堤需向內退縮佈設，其退縮原則如下：

A.緊鄰國道6號路堤段者湖區範圍緊鄰路權線。

B.緊鄰國道6號高架段者湖區向內退縮40公尺。

C.並另北勢湳排水改道沿人工湖圍堤坡腳施設，做為人工湖與國道6號路堤間之緩衝帶，並兼做人工湖退水路。

圖摘-7 人工湖平面佈置圖

(4)D、E湖區間圍堤佈置原則

D、E湖區沿東草屯交流道聯絡道兩側佈置，其間相距約有100公尺，人工湖開挖蓄水及圍堤佈置需考量東草屯交流道橋台基礎之安全。

(五)人工湖斷面規劃及分析

人工湖蓄水面之開挖坡面基本上以土石安息角為開挖坡度，並考量人工湖蓄水面之水位變動及地下水變化。計畫區地層屬礫石層，自立性尚佳，故人工湖邊坡坡面採用1(垂直)：2(水平)。

考量現地條件及湖區佈置，湖區圍堤之設置原則如下述：

1、人工湖圍堤採1(垂直)：2(水平)之坡面，洪水位以下邊坡採柔性邊坡工法兼顧堤身及坡面之安全性，洪水位以上則採掛網植生，坡面分階每5公尺之蓄水深度分一階，並設置一寬3公尺之戲台。

2、堤頂做為環湖道路供遊客及車輛進出賞湖，並兼顧蓄水容量，總寬度設定為10公尺，包括一5公尺寬之車道、車道兩側各1公尺寬之植生綠帶及車道兩側各0.5公尺寬之排水溝，臨湖側並設2公尺寬之人行腳踏車混合道。

3、惟C、D湖區西北角地面較低，與計畫蓄水高程差3公尺以上之堤後坡面得採1(垂直)：4(水平)坡面，堤頂於該區域漸變為20公尺，並於堤後施設一檔水牆與有效蓄水位同高，保護國道土堤於最大可能地震強度時之湧浪影響，詳圖摘-8湖區地面低於計畫蓄水高程平面圖及圖摘-9湖區堤後檔水牆示意圖所示。

4、湖區與湖區間相鄰之圍堤以1(垂直)：2(水平)之坡面銜接，銜接之坡面採掛網植生及造林。

5、湖區圍堤間截水牆不論採剛性或柔性材皆可達到止水之效果，惟剛性材料施工經費高且與土壤之勁度差異過大，欲震時恐有斷裂或破裂之可能性，因此圍堤間截水牆初步採灌入強度每平方公分2公斤重之水泥皂土，並為增加防滲效果，截水牆打設至岩盤下1.0公尺，設置高度則為滿水位以上1.0公尺，以防止

圖摘-8 湖區地面低於計畫蓄水高程平面圖

圖摘-9 湖區堤後擋水牆示意圖

湖水滲漏，其參考工法如下述：

(1)BW(溝槽式連續壁)工法：此係溝槽式截水連續壁，溝槽之開挖用BW鑽機開挖，溝槽壁之維持用皂土穩定液，鑽機之鑽頭為旋轉式，內有多個鑽頭同時鑽掘，且鑽機側邊之切削器可切除側邊殘留土壤，鑽掘之土壤以吸泥泵抽排並循環注入穩定液，最後於鑽削之溝槽內與以填充不透水材。

(2)SMW(多軸攪拌)工法：此係三軸攪拌工法，各軸鑽土機攪動成柱狀土壤，一方面由軸之前端注入水泥乳液，並經攪拌翼攪拌使之與土壤混合形成土壤混凝土，各軸逆迴轉並相互重疊形成連續之土柱截水牆。

本計畫區內之地層狀況多為礫石與砂岩層，在考量施工性與防水能力後，建議採BW工法施作截水牆。

(六)湖區操作規劃

前期規劃針對湖區聯通採以溢流堰串聯型式進行規劃，當上游湖區溢滿後依序蓄滿下游湖區，除此之外亦採並聯型式於南側設置輸水路，與各個人工湖區間以控制閘閥輸送各湖區蓄水。

經檢討本計畫除仍保有溢流堰串聯型式蓄水，並於湖底設置聯通管路以滿足低水位時湖區間之蓄、供水，並仍考量A’、A湖區落淤沉澱量較高有放空清淤之必要性，及E區位於斷層破碎帶有安全維護之可能性，設置並聯之導水路，以期各湖區之蓄、供水順暢無虞。茲將聯通規劃檢討分述如下：

1、溢流堰串聯蓄水

湖區主要採用溢流堰串聯蓄水，溢流堰頂設置於上游湖區滿水位處，使上游湖區高於滿水位之蓄水經由溢流堰及聯絡箱涵送至下游湖區，供給下游湖區蓄水。因滿水位之高差，聯絡箱涵坡度達1：4以上，需設置齒坡消能。

2、湖底連通管路

湖底連通管路做為上游湖區未達滿水位時之蓄供水方式，連通管路採壓力鋼管設計，鋼管設計尺寸為D=1,800公釐，供水量

可達每日600,000立方公尺(每秒6.94立方公尺)，足以供給彰化及南投地區所需之供水量。

3、輸水路

湖區蓄水採每一湖區皆可導引原水流入之並聯管路，管徑採3,000公釐之鋼管，非壓力供水時仍可提供每秒20立方公尺之供水量。

4、導水路

並考量E、F湖區仍有受隘寮斷層影響之疑慮，故於湖區北側，自A池起到F池設有導水路可將各湖區之水獨立操作引導致下游淨水場，於E、F池受斷層影響並暫停蓄供水時仍可維持人工湖之蓄供水功能，導水管採管徑1,800公釐之鋼管，管路以閘閥控制，可輸水量達每日600,000立方公尺(每秒6.94立方公尺)。

(七)人工湖周邊排水改善

1、人工湖區域內北投新圳圳路改善規劃

本計畫區內原有北投新圳灌區，待人工湖施設後區內已無灌溉需求，考量下游灌區水路連通，規劃於原北投新圳分水工上游，引水補助每秒5立方公尺（北投新圳最大水權量，Q=每秒4.273立方公尺），於人工湖南側新設排水路，以銜接自崖坡排水及北投新圳下線之水路，並做為南側圍堤之邊坡排水，新設排水路頂寬8公尺、深2公尺，排水路採透水材質(規劃採拋石及箱型石籠護岸)以利因圍堤內心牆阻截之地下水排放，並銜接下游勝東崎排水，並可做為茄苳媽助圳灌區之補助水源。

2、區域排水及人工湖退水路規劃

人工湖排水系統主要係為排除湖區內之地表逕流及湖面設計水位以上之餘水，以確保人工湖圍堤及相關設施之功能及安全。規劃時須考量人工湖規模及排水需求及周邊現有灌排水系統，並相互整合。

湖區內既有排水系統包括北勢湳排水及勝東崎排水等，區域內灌溉系統則仰賴北投新圳。由於計畫區內已無灌溉需求，惟國

道6號南側仍存在灌區，另計畫區下游雖屬茄苳媽助圳灌區，惟水源不穩仍需仰賴北投新圳放水灌溉，未來於周邊灌溉排水路規劃時仍需保障其用水權益。

(八)人工湖區內、外聯絡道路規劃

人工湖為陸域農地轉變成水域湖泊之開發行為，因此聯外道路及周邊排水系統為人工湖重要界面工程，另人工湖開發勢必造成當地交通重大影響，未來人工湖區內、外聯絡道路動線規劃。

六、工程經費估算

本工程之總工程費估計為149.26億元，若施工期間利息以年利率3%計，則建造成本含利息12.38為161.64億元；以年利率6%計利息25.69億元，則建造成本合計為174.95億元。

七、施工期間管理規劃

(一)施工環境

經國道六號、台3線及台14線皆可到達計畫區域。烏溪水系預估降雨日數為69天，施工期間超出預估降雨日數，可申辦工期展延。

(二)工程材料

主材料為築堤用之土方，可就地取材，剩餘土石方以土石標售處理。

(三)施工佈置

計畫區平坦開闊，以不影響附近原有之交通及施工動線原則。

(四)施工機具

包括推土機、傾卸卡車、挖土機、滾壓機等。

(五)施工管理

人工湖施工管理依各設施未來使用及管理單位進行劃分。施工監造、品質管制及進度控制等，如人力或經驗不足，則可委由具水庫、堰壩工程監造經驗之顧問公司辦理。

結論與建議

一、結論

(一)取水工前期規劃檢討

1、考量堰軸方案一位處國道橋梁及北投新圳下游且距離人工湖區最近之優勢，故於96年度初步規劃成果列為優先方案；又當時該堰軸斷面存在兩股流路，其中一股偏向左岸可資佈置進水口。

2、97年度初步規劃時，發現烏溪斷面63、64因國道橋墩施工造成流路變動，為確保計畫堰址取水口取水功能，除建議後續階段補充方案一堰軸上游河川地形以利水理分析外，並研提方案三併入評估。

3、本計畫延續前期規劃，將三個堰軸方案分別檢討其「引水可靠性」、「工程費」、「環境衝擊」、「營運管理」等四個面向，列出評估因子加以評比，結果顯示方案一與方案三值得進一步討論。

(二)檢討計畫河道之流路變遷顯示，方案一堰軸較適合右岸取水、方案二、三堰軸較適合左岸取水。

(三)取水方式及堰型檢討結果

1、方案一、二受限水頭因素，較適合側方取水。

2、三個堰軸方案中僅方案三可採側方取水，也有條件採用管柵取水。為減少附屬構造的挖填方，取水方式仍建議採用側方取水。

3、固定堰以低矮化為原則，堰型可採用瀑布階梯式。採側方取水時，排砂道因需經常性之排砂操作，堰型採用垂直跌落式。

(四)取水方案構想與評估

1、本計畫針對堰軸方案一提出4個方案、堰軸方案三提出2個方案構想。

2、檢討結果，「方案3-1－上游側方取水方案」是優選方案。主要優點為：水頭較為充裕，除可降低堰頂高程減少下游沖刷問

題外，亦可擴大人工湖規模。

(五)取水工程初步規劃

1、攔河堰

(1)設計洪水量（Q_{200}）：14,780秒立方公尺

(2)設計洪水位標高：150.78公尺

(3)固定堰堰頂標高：146.0公尺

(4)攔河堰堰軸總長：430.0公尺

A.固定堰堰軸長度：362.0公尺

B.排砂道：10公尺寬x5公尺高之直提式閘門x5道

C.魚道：8公尺

2、進水口

(1)設計取水量：30秒立方公尺

(2)進水口底檻標高：144.5公尺

(3)設計取水位標高：145.3公尺

(4)進水口閘門：5道6公尺寬x4公尺高之直提式閘門

(六)河道輸砂分析

1、為瞭解計畫河段建堰前後之輸砂能力，乃以蕭克立茲氏(Shocklitsch)推移質公式(個別粒徑法)推算各斷面於重現期距200年之洪峰流量下建堰前後之輸砂能力，分析範圍：烏溪55～70斷面。

2、分析結果顯示：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，顯示本攔河堰興建後不至改變原河道之沖刷能力。

(七)人工湖區之配置已考量既設構造物之安全及地形上之安定，規劃保留相當裕度；在取水工採堰軸三搭配A'~F區等七湖區開發為最佳方案，估計最大有效蓄水量約1,453萬立方公尺。其中E、F兩區因斷層通過及相對規模較小，可考慮列入第二期開發。

(八)估計用地費約41.74億元，工程建造費149.26億元，利息分以

3%、6%計時，分別為12.38億元及25.69億元，合計總建造成本為161.64億元及174.95億元。估算年計成本12.42億元；以平均供水能力每日30萬立方公尺估計原水成本約每噸11.35元，相對國內其他水源開發計畫而言，應屬經濟可行。

(九)計畫取水量為每日30萬立方公尺，含北投新圳每日5萬立方公尺；經水源分析，於豐水期本計畫應可供水達每日70萬立方公尺，枯水期約每日30萬立方公尺；評估可依豐枯水期不同水情，提升地表地下水聯合運用之水源調配效率；對彰化地區之地下水替代及國土復育具應具顯著效益。

(十)砂石標售建議採「採售分離」、「即採即售」模式，可有效避免超挖、超售之弊端及「採後堆置再售」所衍生之環保及地方抗爭問題。

二、建議

(一)烏溪原水懸浮固體物含量影響沉砂池處理效率及人工湖前二湖之維護，建議辦理計畫堰址處之水質監測，作為未來設計及營管參考。

(二)本計畫檢討評估方案3-1為優選方案，該方案3-1堰址尚待進一步之地形、地質探查資料及地球物理探測。

(三)為進一步掌握較適合之堰軸位置，以及瞭解方案三對國道6號橋墩、北投新圳進水口等結構物的影響，建議辦理水工模型試驗，提供後續設計參考。

(四)計畫堰址處烏溪水體之懸浮固體含量及大腸桿菌群密度均偏高，除於引水路及湖區設置沉砂池及沉澱池外，未來營運階段湖區內可能之水質影響需進一步評估。

(五)C、D湖區西北角地面高程較低，規劃圍堤外坡為1（垂直）：4（水平），建議部分地面可在不影響國道排水系統情形下填高，以減少視野感官突兀。

Abstract

第壹章 前言

一、計畫緣起

烏溪為中部區域主要河川之一，其河川逕流豐沛，惟目前水源利用狀況低，尤於豐水期，大量逕流未加利用即流失殊為可惜，故經濟部水利署水利規劃試驗所(以下簡稱水規所)於民國96及97年度優先辦理烏溪烏嘴潭人工湖初步規劃，作為建民水庫停建後彰化及南投地區中長程目標年生活用水需求之因應策略。

烏嘴潭人工湖及攔河堰位於烏溪橋上游5～6公里處，利用烏溪南岸土地規劃一離槽人工湖，用以蓄豐濟枯。經由初步規劃調查評估，本計畫具有供水穩定、用地取得單純、工程技術可行及開發環境影響衝擊小等優點，應續辦可行性規劃工作；故水規所提出「烏溪烏嘴潭人工湖可行性規劃(1/2)-工程可行性規劃」(以下簡稱本計畫)。

本專題報告係針對攔河堰及人工湖之工程規劃，針對各可行方案進行評估，俾利於烏嘴潭攔河堰及人工湖之工程計畫推動。

二、計畫目標與工作範圍

(一)計畫目標

1、本計畫引取烏溪地表水，經人工湖調蓄後，提供目標年(民國120年)南投(草屯)及彰化地區之公共用水。

2、由本計畫之供水替代彰化地區地下水源，使地下水獲休養，達國土保育之目標。

(二)工作範圍

本計畫擬評估於烏溪橋上游約5～6公里處設置烏嘴潭攔河堰取水，並利用烏溪南岸土地規劃一離槽人工湖及其他相關之工程規劃等，計畫工址及工作範圍詳圖1.2-1所示。

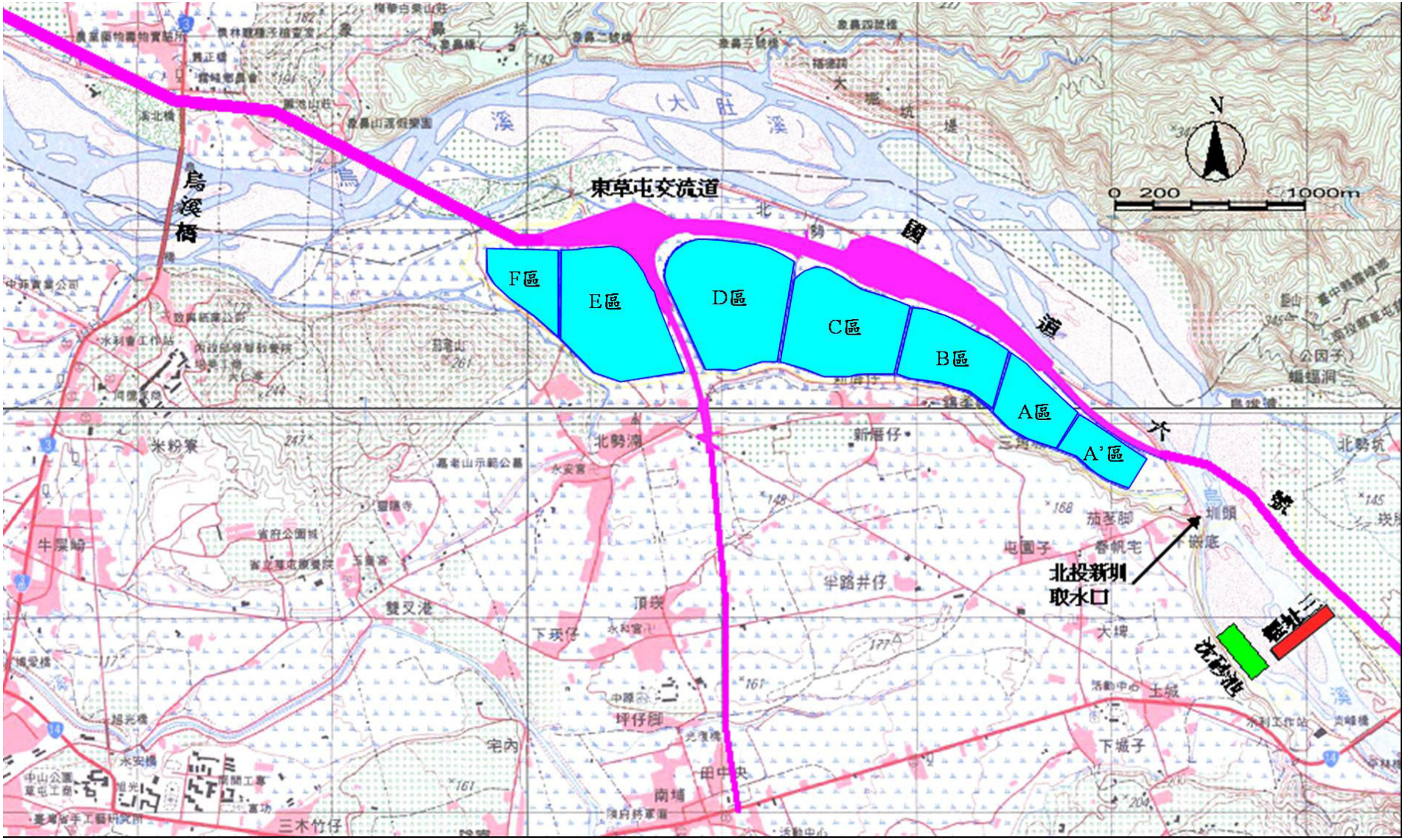


圖 1.2-1 烏嘴潭人工湖計畫位置圖

三、工作項目

本專題報告所進行規劃內容如下：

(一)取水工程規劃
(二)人工湖工程規劃
(三)工程佈置檢討
(四)人工湖區域北投新圳圳路改善規劃
(五)區域排水及人工湖退水路規劃
(六)計畫經費

四、工作構想及流程

本計畫第一年度工作構想主要依據前期規劃既有成果，透過基本資料蒐集與現地勘查後，彙整相關研究成果並分析計畫區域河道特性、水源特性、區域土地利用、社會人文因子、區域地下水文地質特性及地方民意需求等，據以辦理攔河堰及人工湖相關規劃佈置，並再研擬經濟財務分析及營運管理計畫，其整體工作構想如圖1.4-1所示。

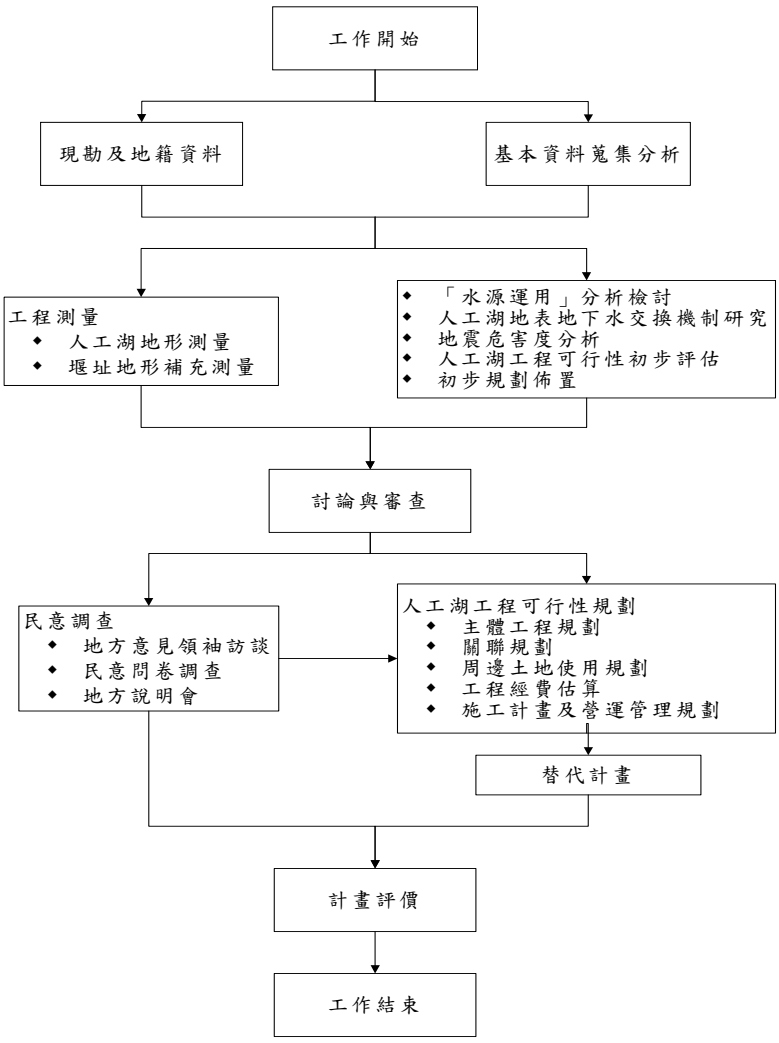


圖 1.4-1 計畫工作流程圖

五、歷年規劃概要

烏溪水系相關規劃成果摘要如下：

1、烏溪柑子林取水口改善規劃-攔河堰工程改善規劃設計及綜合評估(水規所，民國92年12月)

從水資源政策、區域水資源、土地資源綜合運用、社會接受性、工程技術、經濟效益之分析成果，柑子林取水口計畫在政策、計畫、社經條件上，皆有其積極、正面、具體可行之時空條件，至於技術條件上，則不論工法、效益、環境影響等層面，皆為工程技術所能掌握及克服。故本計畫在設置上為可行，故未來宜進一步積極推動其後續環評作業、細部設計、工程施工、計畫營運等工作，落實計畫之效益。

2、烏溪雙溪嘴攔河堰新堰址補充規劃調查(水規所，民國93年12月)

(1)庫容式雙溪嘴攔河堰單獨運用研究，結論為因對環境衝擊高、營運管理較為困難、輸水管線過長及興建工程之腹地不足等因素，故暫不予以開發。

(2)無庫容式雙溪嘴攔河堰與現有柑子林取水口優劣比較研究，因考量開發經濟效益，結論為擇定現有柑子林取水口改善工程，不開發雙溪嘴攔河堰。

3、烏溪水源計畫可行性規劃檢討(水規所，民國94年12月)

(1)由於水質之因素，大度堰定位為供應工業用水，烏溪中上游水源定位為供應生活用水，兩者之供水標的以明確區分，不再考量水源聯合運用，故在因應生活用水成長方面基於工程經費及經濟效益之考量，以採用現有已完工之柑子林取水口改善案較佳。

(2)未來烏溪水系與彰化地區地表地下水聯合運用計畫的推動，對區域水資源供需平衡及促使區域社經發展有其正面助益，同時可改善區域地下水超抽，減緩地盤沉陷趨勢，提高區域社經環境的競爭力。

4、烏溪水源開發-建民水庫壩址上移先期規劃暨流域水資源運用規劃檢討(水規所，民國95年12月)

(1)初步評估壩址上移案，以苦嶺腳壩址方案滿水位高程220公尺以下及黃竹國小壩址方案滿水位高程170公尺以下之中低壩形式為主要水庫考量。然因水庫庫容約600萬立方公尺過小，供水能力有限，距主要斷層近，上游淹沒區崩塌及淹沒區居民反對激烈等等因素，目前建議不宜進行水庫開發計畫。

(2)烏溪中上游最佳堰址方案，經評估以烏嘴潭攔河堰於供水能力及淨水場用地條件較佳。報告結論中，檢討評估以攔河堰開發配合人工湖設施蓄水方式較為可行，以烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃列為優先規劃考量。

5、烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃(96年度工作成果)(水規所，民國97年6月)

烏溪流域水源豐沛，是中部區域主要河川，目前水源利用程度甚低，殊為可惜。而本計畫堰址位於烏溪橋上游約5公里河段處，搭配庫容約為1,430萬立方公尺之人工湖，在SI=1時，每日可提供彰化地區公共給水約每日22.9萬立方公尺，配合實施地下水總量管制，可促使地下水位回升，進而減緩地層下陷。

6、烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃(97年度工作成果)(水規所，民國98年5月)

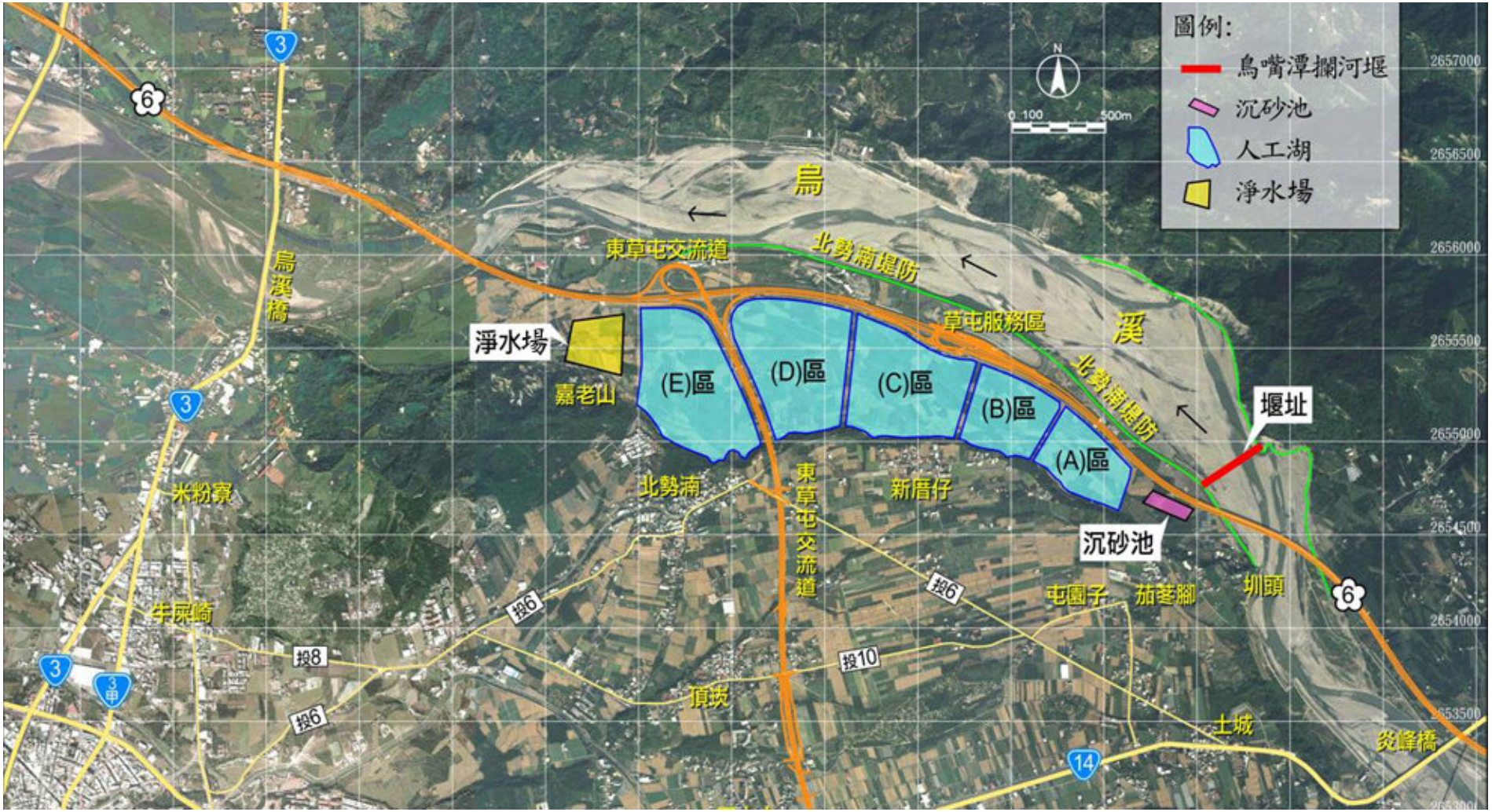
(1)本計畫為開發烏溪新水源，以位於烏溪橋上游約5公里河段處設置攔河堰取水，並利用烏溪南岸距攔河堰約100多公尺處之土地開發離槽人工湖進行蓄水，經初估人工湖有效庫容約為1,521萬立方公尺，規劃平面如圖1.5-1所示，初步評估具有水資源開發的效益。

(2)經由水源運用模擬分析，若釋放下游農業用水以農業計畫用水計，在年缺水指數為1.0時，本計畫每日供水量每日約28.6萬立方公尺，年平均供水量為9,700萬立方公尺。若於豐水期將每日供水量增至48萬立方公尺時，年平均供水量增為13,000

萬立方公尺。

(3)本計畫與彰化地區地下水聯合運用，初步評估於目標年可將彰化地區每年11,000萬立方公尺之地下水抽水量降至每年約5,000萬立方公尺的地下水合理允許抽水量。

(4)考量開發鳥嘴潭堰取水後，進行大度堰以每日供水量80萬立方公尺之水源模擬運用，年平均供水量由28,747萬立方公尺，略降為28,609萬立方公尺，年平均供水量約減少138萬立方公尺，約佔年平均供水量0.48%，SI由0.087略升至0.133，開發鳥嘴潭堰初步評估對大度堰每日供水80萬立方公尺之影響甚微。



資料來源：烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃(97 年度工作成果)，水規所，98 年 5 月

圖 1.5-1 烏嘴潭攔河堰初步規劃平面圖

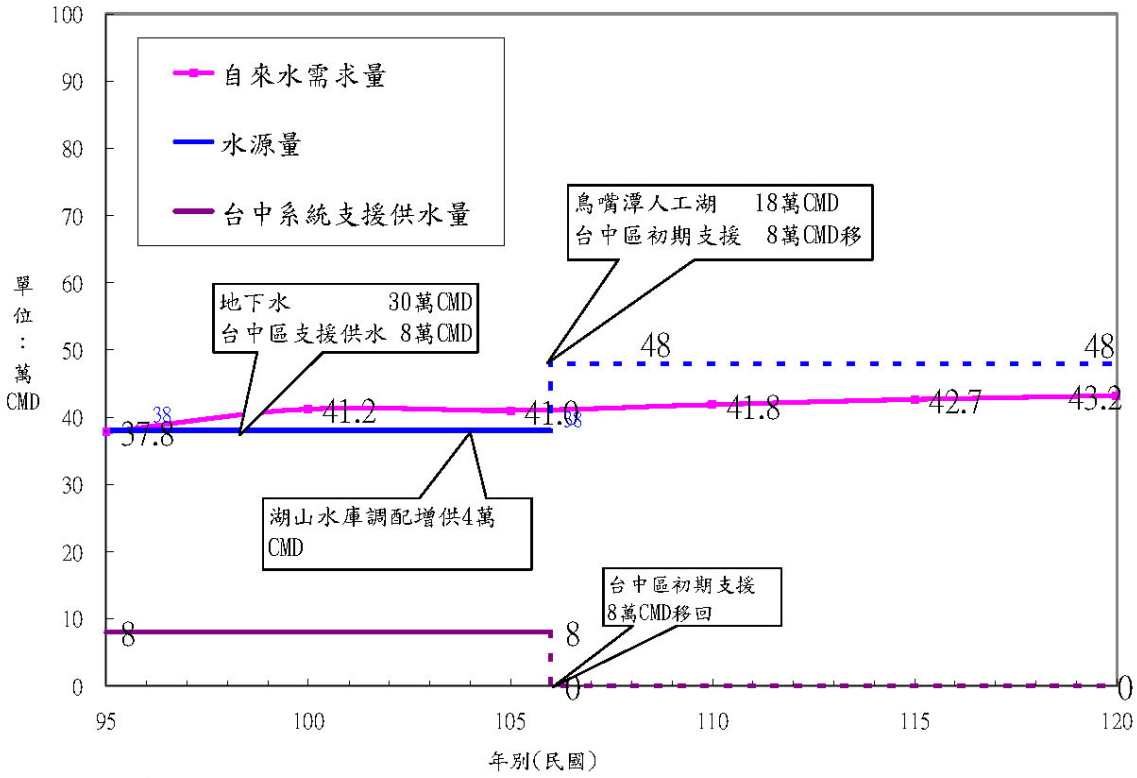
第貳章 前期規劃成果

依據水規所「烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃(97年度工作成果)」(以下簡稱「97年規劃」)，前期規劃如下述：

一、計畫供水區現況及未來供需分析

依據經濟部水利署民國97年12月「區域水資源經理策略擬定之研究」報告，彰化地區於民國95年生活用水需求量約為每日36.5萬立方公尺，預估於目標年(民國120年)生活用水需求量成長為每日43.2萬立方公尺。由供需圖(圖2.2-1)得知，目前水源量為每日38萬立方公尺，將無法滿足目標年生活用水需求。若本計畫得以如期實施，於民國106年能提供每日18萬立方公尺之生活用水，則每日生活用水供水量可達48萬立方公尺，將可滿足彰化地區目標年生活用水需求。

南投地區之目標年生活用水需求量(不含自行取水)供需比較如圖2.2-2 所示，南投地區是以地區性水源及區域地下水來供應，現有水源量為每日19萬立方公尺。南投地區目前生活及產業用水需求量為每日16.5萬立方公尺，因未有新增工業區之用水計畫，目標年民國120年生活及產業用水需求量僅微幅成長至17.7萬立方公尺。南投地區預計於民國100年再擴建集集淨水場每日3.5萬立方公尺之供水規模，本計畫可供應每日4萬立方公尺，供水量增加達每日22.5萬立方公尺，將可滿足南投地區目標年民國120年之公共給水需求。



資料來源：水利署民國 97 年 12 月「區域水資源經理策略擬定之研究」報告

圖 2.2-1 彰化地區生活用水供需比較圖(不含自行取水)

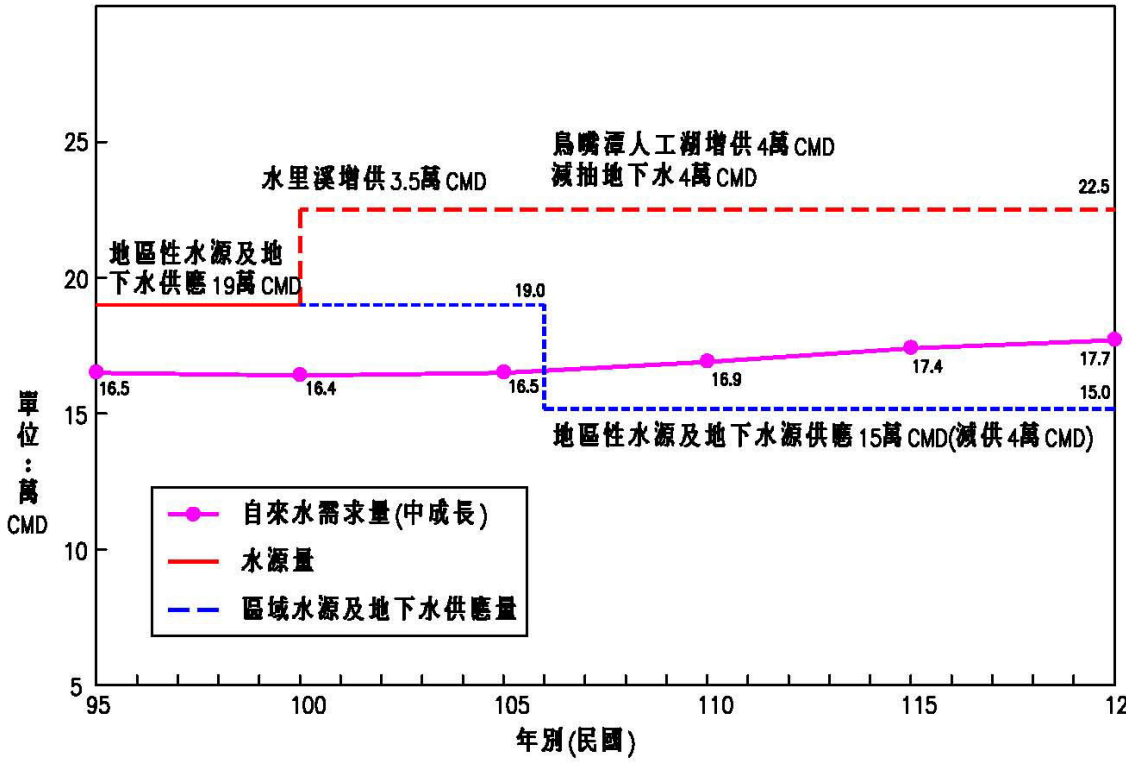


圖 2.2-2 南投地區生活用水供需比較圖(不含自行取水)

二、可能方案初擬

(一)可能取水位置之選定

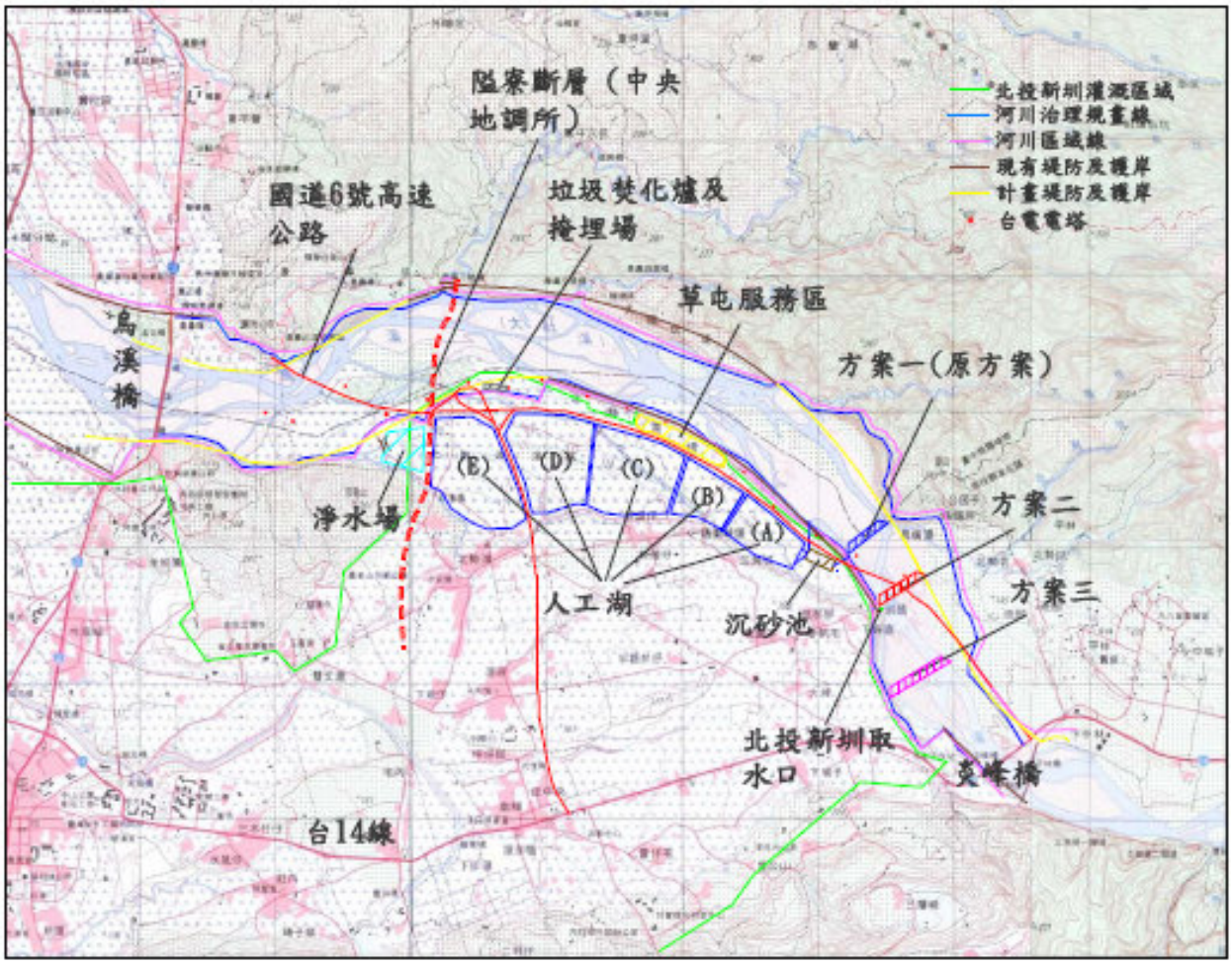
本計畫攔河堰堰址規劃位置初步研擬3個方案，各方案佈置如圖2.3-1，方案優劣點比較如表2.3-1。

表 2.3-1 攔河堰各方案優劣比較表

方案	方案 1	方案 2	方案 3
進水口位置	北投新圳下游約600公尺	共用北投新圳取水口	北投新圳上游約600公尺
引水可靠性	1.因國道6號橋墩施工，改變河道水流流向，須於河道布置丁壩及河道疏浚等導流設施，方能使取水口便於取水。	1.北投新圳取水口由南投農田水利會負責管理，營運數十年，取水穩定度高。	1.預定攔河堰位置之堤防，現況遭洪水沖毀，須更縝密考量河道流水流向對攔河堰影響，並加強攔河堰及堤防保護。
工程經費	1.攔河堰長度較短，工程經費較低。 2.人工湖可利用面積較少。	1.有較大腹地設置人工湖，人工湖用地面積增加約 8公頃。 2.取水口及引水隧道規模需擴大。 3.攔河堰長度較長，約600公尺，並須於河道右岸施設堤防。 4.攔河堰施工時，北投新圳取水功能易受影響。 5.工程費較高。	1.有較大腹地設置人工湖，人工湖用地面積增加約8公頃。 2.新設引水隧道最長，約600公尺。 3.攔河堰長度較長，約500公尺，並須於河道右岸施設堤防。 4.工程費最高。
環境衝擊	1.上游台電鐵塔及國道6號高速公路橋墩因淤積較受保護。	1.下游台電鐵塔及國道 6號高速公路橋墩河段有易受沖刷之可能性。	1.施工時，下游北投新圳取水功能易受影響。 2.下游台電鐵塔及國道六號高速公路橋墩河段有易受沖刷之可能性。
營管問題	1.取水口獨立取水，可避免與農田水利會發生營管問題。	1.須與水利會就攔河堰取水口的工程費用、營管費用分擔及操作管理進行協商。	1.取水口獨立取水，可避免與農田水利會發生營管問題。
評估	優先考量方案	替代方案	替代方案

(二)可能人工湖湖區之選定

本計畫人工湖位於烏溪南岸，以湖區最大可開發面積及預留淨水場面積為規劃原則，人工湖湖區佈置如圖2.3-1。



資料來源：水規所民國 98 年 5 月、「烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃(97 年度工作成果)」

圖 2.3-1 97 年度各方案取水位置

(三)建堰前後河道水理分析結果

本計畫建堰前後水理分析結果如表2.3-2，計畫堰址上游約100公尺處之斷面63，於建堰後較建堰前演算水位高約2.5公尺，高程達到144.63公尺，再加上出水高1.5公尺後，高程約為146.13公尺，較現有北勢堤防頂高程145.14公尺為高，初步評估需要考量堤防加高。

表 2.3-2 97 年度烏嘴潭攔河堰建堰前後烏溪河道水理分析

斷面		54	55	56	57	58	59	60	61
河心距		30,876	31,456	32,213	33,027	34,011	34,641	36,045	36,721
現況堤頂高程	左岸	93.19	95.51	105.00	104.63	114.43	122.11	132.45	137.03
	右岸	92.29	94.02	102.33	108.01	133.77	123.52	135.00	142.41
Q_{100} 演算水位(m)	設堰前	87.04	90.93	97.66	102.59	111.81	119.03	127.48	132.65
	設堰後	87.04	90.93	97.66	102.59	111.81	119.03	127.48	132.65
斷面		62	62.5	63	64	65	66	67	68
河心距		37,307	37,700	37,799	38,346	38,646	39,016	39,416	39,678
現況堤頂高程	左岸	141.39	143.55	145.14	148.13	154.55	155.00	155.11	160.53
	右岸	145.00	145.10	145.22	145.68	147.22	152.16	154.66	160.58
Q_{100} 演算水位(m)	設堰前	136.01	140.99	142.18	146.60	148.27	151.19	154.58	155.67
	設堰後	136.01	140.99	144.63	146.60	148.27	151.19	154.58	155.67

資料來源：水規所民國 98 年 5 月、「烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃(97 年度工作成果)」

(四)工程用地調查

本計畫人工湖、引水管路、沉砂池及淨水場用地經土地權屬資料調查結果，私有地佔80%，如表2.3-3。地上物初步調查結果，主要作物以水稻最多，發財樹及菸田次之。

表 2.3-3 97 年度土地權屬資料調查成果

土地權屬		筆數	面積(m^2)	百分比
公有地	經濟部水利署	4	14,390	0.7
	財政部國有財產局	107	201,970	10.4
	交通部台灣區國道新建工程局	11	1,053	0.1
	交通部台灣區國道高速公路局	118	147,167	7.6
	台灣省南投農田水利會	32	22,158	1.1
	南投縣政府	11	997	0.1
	南投縣草屯鎮公所	2	194	0.0
	內政部土地測量局	1	3	0.0
	小計	286	387,933	20.0
私有地		899	1,548,559	80.0

資料來源：水規所民國 98 年 5 月、「烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃(97 年度工作成果)」

(五)人工湖可能開發規模

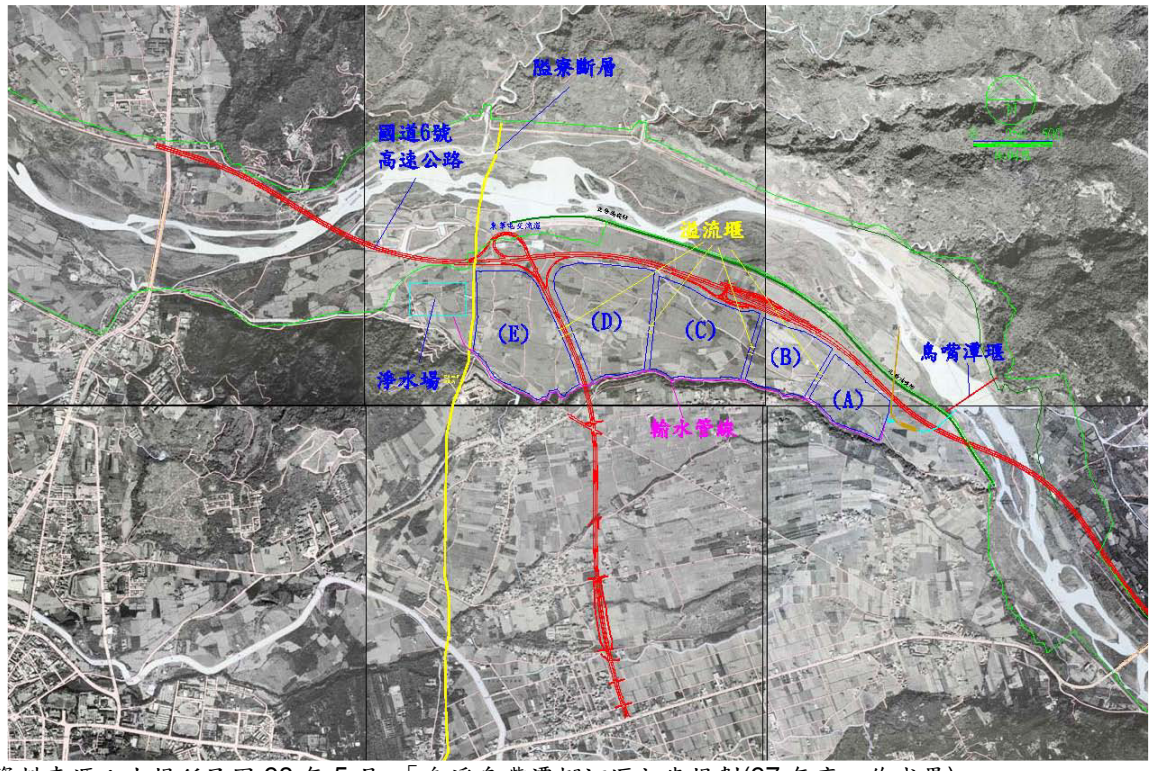
人工湖庫容規模以最大可能開發為原則，故人工湖面積　最大面積開發，開挖深度則以開挖至岩盤為規劃原則。為利於管理及操作需求，故規劃5個人工湖區，湖區總面積約135公頃，計畫人工湖重要數據如表2.3-4所示。

表 2.3-4 97 年度人工湖開發數據表

開發總面積(公頃)	開發個數	開挖深度(公尺)	開挖坡度	總庫容(萬立方公尺)	呆庫容(萬立方公尺)	有效庫容(萬立方公尺)
135	5	12～1 6	H(2)：V(1)	1728	206	1521

(六)工程初步規劃佈置

本計畫工程初步佈置內容包括攔河堰、進水口、取水管路、沉砂池、人工湖及湖區間輸水管路等，如圖2.3-2，基本工程數據如表2.3-5所示。　定本計畫完成相關前期作業時間約需2年，施工工期需3年，年利率以6%估算，工程經費估算表如表2.3-6，本計畫工程建造成本概估約134.5億元。



資料來源：水規所民國 98 年 5 月、「烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃(97 年度工作成果)」

圖 2.3-2 97 年度計畫工程佈置圖

表 2.3-5 97 年度基本工程數據表

攔河堰	流域水系：烏溪 堰址：烏溪橋上游約 5 公里處 設計洪水量(Q_{100})：9,800 秒立方公尺 設計洪水位高程：143.59 公尺 攔河堰頂標高程：138.00 公尺 攔河堰堰軸長：370 公尺
進水口	設計流量：25 秒立方公尺 設計取水位高程：137.00 公尺 進水口底部高程：135.50 公尺 進水口閘門：4 座 3.4 公尺寬 x2.5 公尺高(閘門墩座寬度 1.2 公尺)
引水管路	預估長度：140 公尺 引水坡度：1.25/1000 引水箱涵尺寸 4.0 公尺寬 x4.2 公尺高 設計流速：2 公尺/秒
沉砂池	沉砂池體長約 100 公尺，寬約 40 公尺
人工湖	人工湖個數：5 個 人工湖面積：135 公頃 人工湖開挖深度：12.00~16.00 公尺 滿水位高程：114.00~134.00 公尺 人工湖出水高：2.00 公尺 設計坡度：1(垂直)：2(水平) 總庫容：1,728 萬立方公尺 呆庫容：207 萬立方公尺 有效庫容：1,521 萬立方公尺 溢流堰：4 座
湖區間輸水管路	聯通管：3,000 公尺

資料來源：水規所民國 98 年 5 月、「烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃(97 年度工作成果)」

表 2.3-6 97 年度工程經費估算表

項次	成本項目	工程費 (百萬元)	附
一、	設計階段作業費用	274.8	直接工程費之 5%
二、	用地取得費	2,841.9	土地　　及地上物補
三、	工程建造費	8,806.3	
3.1	直接工程費	5,495.1	3.1.1~3.1.16 項之合
3.1.1	攔河堰及相關工程	583.6	
3.1.2	取水口及引水工程	41.8	
3.1.3	沉砂池及沉澱池工程	35.2	
3.1.4	人工湖土方工程	1,401.2	
3.1.5	人工湖土堤工程	1,991.6	
3.1.6	人工湖進出水工及聯通箱涵	353.1	
3.1.7	環湖道路	20.4	
3.1.8	景觀綠化	50.2	
3.1.9	管理中心	41.6	
3.1.10	周邊道路、渠道及環境改善	166.6	
3.1.11	土方運輸	71.7	
3.1.12	下游輸水管	7.7	
3.1.13	圳路改善	115.5	
3.1.14	堤防加高工程	26.4	
3.1.15	項工程	490.6	3.1.1~3.1.14 項之 10%
3.1.16	安全衛生及環保費	98.1	3.1.1~3.1.14 項之 2%
3.2	間接工程費	824.3	直接工程費之 15%
3.3	工程預備費	1,099.0	直接工程費之 20%
3.4	物價調整費	1,387.9	3.5%
四、	總工程費	11,923.0	
五、	施工期間利息	1,527.7	6%
六、	建造成本	13,450.7	

資料來源：水規所民國 98 年 5 月、「烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃(97 年度工作成果)」

(七)計畫成本與效益初步分析

本計畫砂石經試驗符合混凝土粗細　材標準，若不計砂石效益，則原水成本為每立方公尺12.4元。若僅就供水效益評估，淨效益為每年-2.32億元，益本比為0.81，如表2.3-7~8。

(八)計畫初步評價

本計畫以水資源開發具有效益，下一階段除對以上　題作更　密的評估外，並配合工程可行性、營運管理風險、民意調查、地震危害

度分析、環境衝擊等議題的探討，對本計畫的價值與定位將有一完善的評估，以作為政府將來是　開發之依據。

表 2.3-7 97 年度計畫成本分析表

項目		費用
固定年成本(單位：百萬元)	利息	807.0
	基	46.3
	其中換新	134.5
	保險及	83.4
營運維護費(單位：百萬元)		134.5
年計成本(單位：百萬元)		1,205.7
原水成本(元/立方公尺)		12.4
供水造價(元/立方公尺)		138.2
蓄水造價(元/立方公尺)		884.2

資料來源：水規所民國 98 年 5 月、「烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃(97 年度工作成果)」

表 2.3-8 97 年度計畫效益表

項目	費用(百萬元)	備
一、年計效益		
(1)供水效益	973.40	
合計	973.40	
二、年計成本	1,205.72	
三、益本比	0.81	
四、淨效益	-232.32	

資料來源：水規所民國 98 年 5 月、「烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃(97 年度工作成果)」

第參章 取水工程方案規劃

一、前期規劃檢討

(一)前期規劃成果

據水規所「烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃（97年度工作成果）」（以下簡稱「97年規劃」），攔河堰堰址考量因素如下：

1、配合現場地形及河川狀況，理想上以直線河道、流心穩定靠近取水岸、河床變動小等地點，較能確保攔河堰取水機能。

2、堰址地質良好能維持構造物之安定。

3、工程施工及維護管理便利。

4、堰址儘可能靠近人工湖，減少輸水路之長度， 省工程費。

5、經攔河堰取水後，可以重力送水至人工湖，降低後續營運管理費用。

此原則，「97年規劃」在烏嘴潭堰址研擬3個方案(方案一、方案二、方案三)作為攔河堰規劃堰軸，各方案平面位置如圖3.1-1，並分述如下：

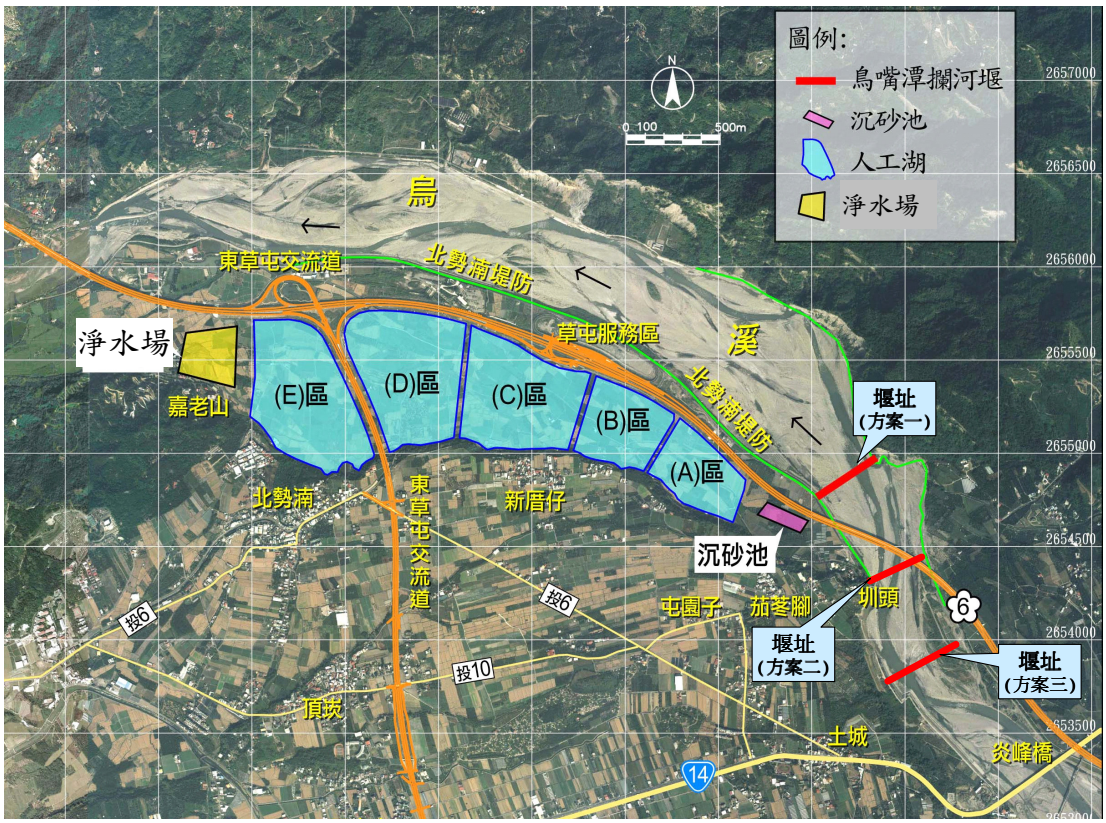


圖 3.1-1 攔河堰各方案位置圖

1、方案一：堰軸位於烏溪橋上游4.8公里處（約在炎峰橋下游1.8公里）

2、方案二：堰軸約位於方案一規劃堰址上游600公尺處，現為南投農田水利會北投新圳取水口

3、方案三：堰軸約位於北投新圳取水口上游600公尺處

(二)前期規劃方案檢討

「97年規劃」針對堰軸研選主要係考量以下限制條件：

1、儘量位在國道6號跨河段及台電電塔下游

2、儘量遠離北投新圳取水，如此可避免營運管理上的困

方案一堰軸均能符合上述要求，故為「97年規劃」的「優先考量」方案。惟需克服問題是：國道6號完工後流心偏向右岸的趨勢更明顯，而人工湖位在左岸，因此攔河堰設計需注意取水的穩定性。

據本計畫蒐集921地震　之空　資料顯示，烏溪之平面線型從炎峰橋上游至烏溪橋略呈S型（圖3.1-2），方案一至方案三堰軸約在該S型河道反曲點河段，其中方案二、方案三兩處取水點主流路易偏向左岸，故從左岸取水之可靠度優於方案一。

因此，本計畫堰軸研選時，除考量「國道6號橋墩」、「北投新圳」兩大限制條件外，「取水可靠性」也將列為重要考量因素。故針對堰軸研選的考量因素　正為：

1、攔河堰的設置應減少對國道6號跨河段橋墩及台電電塔的衝擊

攔河堰若設在國道6號下游，則國內常見「攔河堰下游河道沖刷」衍生之相關問題確實不易對橋墩產生負面影響；惟如果攔河堰設在上游，其工程佈置也應減少對橋墩的衝擊(如：採低矮堰)。

2、以整體水資源運用的觀點　考北投新圳問題

如果攔河堰設在北投新圳下游，確可避免營運管理上的困；如果取水工與其共構或設在上游，則必須將考量共同取水。

3、配合流心設置進水口以增加取水可靠度

採用側方取水時，進水口仍需配合流心設置，除增加取水可

靠度，並可減少日後維持流路所需　費。其次，配合流心設置進水口亦需注意取水高程以符合重力輸水原則。

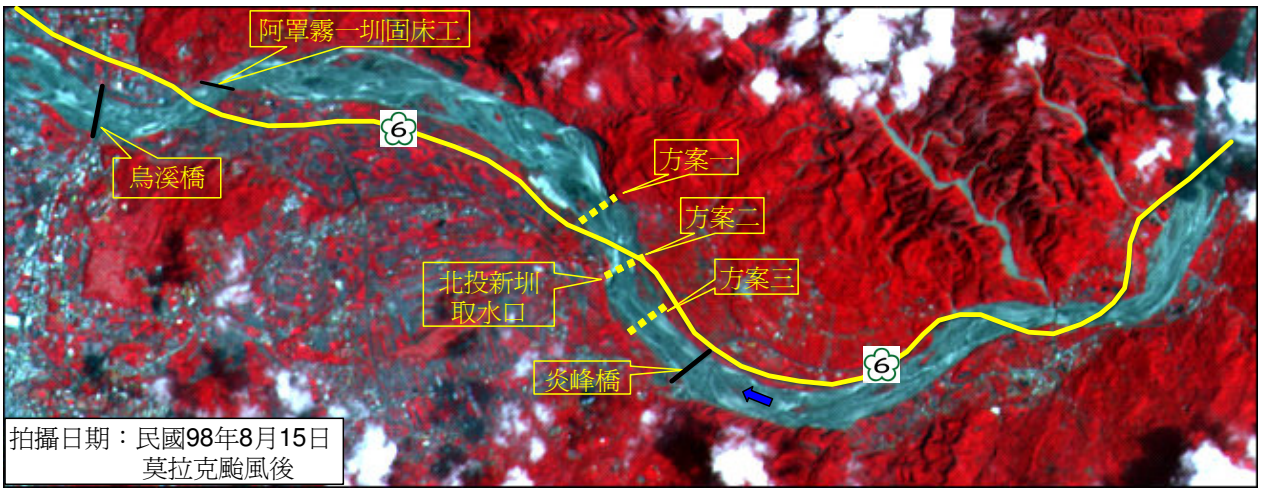


圖 3.1-2 堰址河段 SPOT 衛星影像

以規劃取水工的尺度而言，「97年規劃」之堰址方案仍為鳥嘴潭堰址，不同之處僅為堰軸位置。考量報告延續性，三處堰軸仍　照「97年規劃」　稱，從下游往上游分別稱為：方案一、方案二、方案三，並綜合前述考量因素，檢討說明如下：

1、方案一（堰軸一）

堰軸位於烏溪橋上游4.8公里處，右岸屬岩盤出　山坡，左岸為低平的沖積平原或河階地。詳照片3.1-1、3.1-2。

本方案堰軸位於烏溪63大斷面下游100公尺處。　據「烏溪水系治理五年計畫（93~97）（水利署第三河川局，91年7月），烏溪63大斷面計畫河床高為133.07公尺，民國89年時平均河床為134.51公尺，民國96年時平均河床高為136.66公尺，本計畫於98年8月測量成果與96年差異不大。本堰軸方案最大的優點是：

(1)攔河堰位在國道六號橋墩下游

一　國內常有「攔河堰下游河道沖刷」的　象，雖然河道沖刷並非設置攔河堰單一因素所造成(河道本身的沖淤特性也是主要因素），但攔河堰設在國道6號橋墩下游確可減輕外界疑慮。

(2)攔河堰位在北投新圳下游

可避免與北投新圳進水口共構及日後營運管理的協調等問題。

(3)攔河堰最接近人工湖區

在三個方案中輸水路距離最短，工程規模小，經費最低。

本堰軸方案需克服問題分述如下：

(1)流路漸趨集中右岸，而人工湖位在左岸

96年度初步規劃成果報告將方案一列為優先考量方案,主要考量攔河堰位處國道橋梁及北投新圳下游，且距離人工湖區最近；當時，方案一堰軸河道斷面存在左右岸兩股深槽，故取水口規劃於左岸，如圖3.1-3。

97年度規劃期間，烏溪斷面63、64因國道橋墩施工導排水造成流路漸偏右岸（圖3.1-4）。為確保計畫堰址取水口取水功能，「97年規劃」除建議於後續階段工作補充該堰軸上游河川地形以利水理分析外，同時為因應河道變化，初步建議攔河堰設計原則如下：

(A)攔河堰堰軸規劃與流水方向　交

(B)取水口對岸規劃導流丁壩　流，將流心　流至南岸

(C)疏浚北投新圳取水口下游河道因國道6號橋　橋墩施工所淤積之砂石，配合攔河堰排砂道經常性排砂，確保進水口取水之穩定性。

為瞭解計畫河段流路變化，本計畫蒐集歷年空　資料。比較90年、93年衛星影像得知：本堰址流路　分成兩股，近年堰軸上游右岸高　地被洪水沖開後，加上國道6號橋墩施工，造成流路偏向右岸。因此，若欲保留偏左流路，則必須保存右岸高　地並配合左岸河床疏浚。詳圖3.1-5、3.1-6。

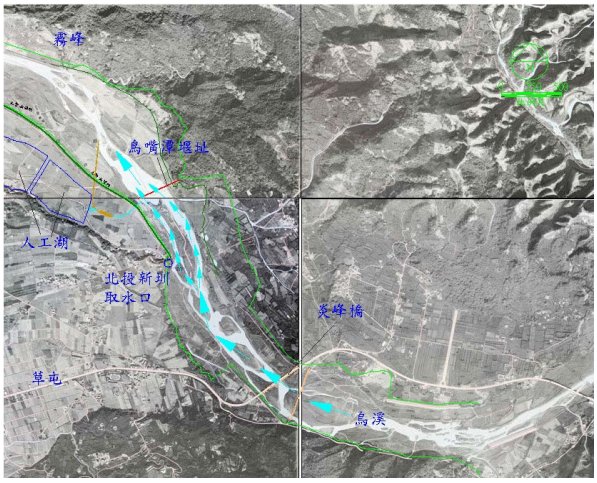


圖 3.1-3 國道6號施工前航照圖

說明：摘自「97 年規劃」圖 3-1。當時堰軸一流路分成兩股水流

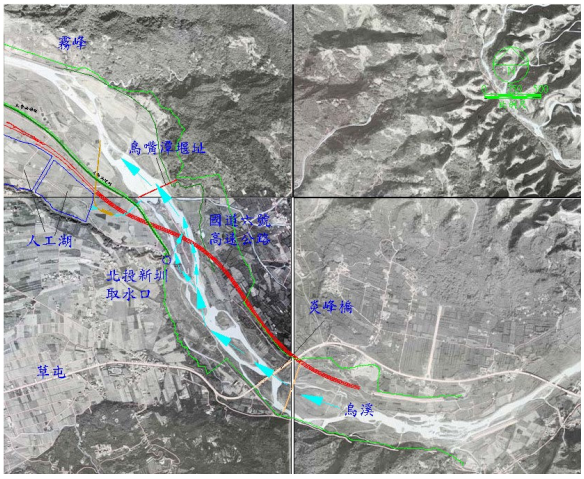
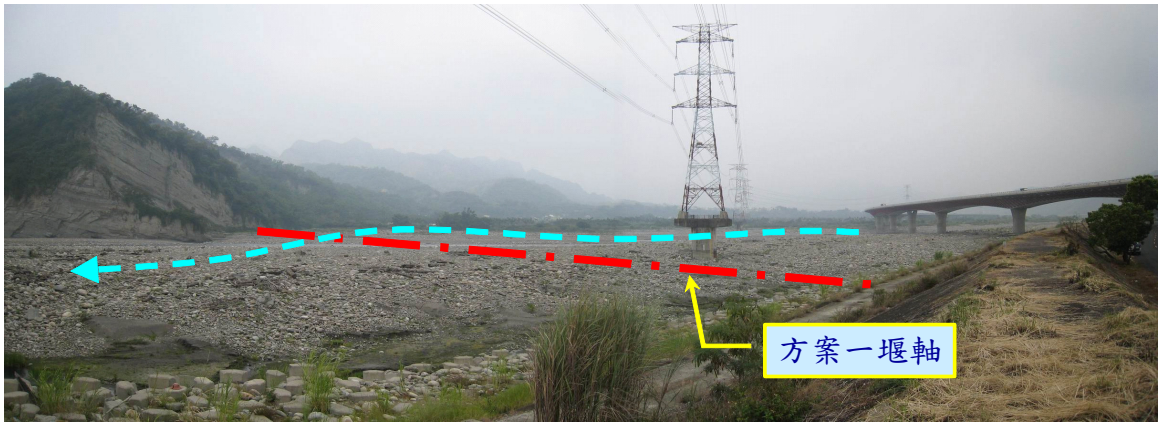


圖 3.1-4 國道6號施工後航照圖

說明：摘自「97 年規劃」圖 3-2。國道 6 號橋墩施工時，堰軸一流路漸漸集中至右岸



照片 3.1-1 方案一堰軸左岸現況

目前本計畫堰軸流心偏向右岸，欲在左岸採側方取水需有配　措施



照片 3.1-2 方案一堰軸右岸現況

1.目前本計畫堰軸流心偏向右岸

2.本河段有國道 6 號及台電電塔，攔河堰設在其下游有助固床穩定上述結構物功能



照片 3.1-3 投縣 DF116 土石流潛勢溪流

1.「投縣 DF116」野溪現況

2.有關單位每年均　員清淤疏浚，以免影響排洪



照片 3.1-4 方案一堰軸右岸支流匯入

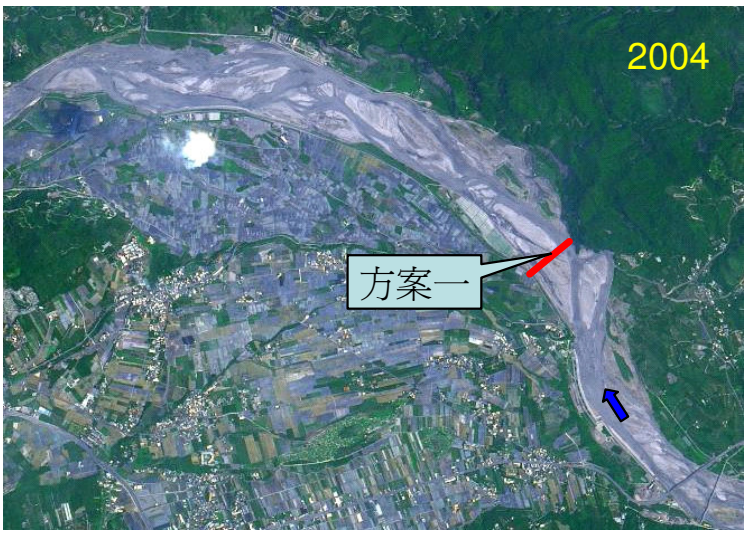
1.流心偏向右岸（照片左方）

2.右岸北勢　溪、　水　溪等三條支流彙整成一條溪流，匯入烏溪



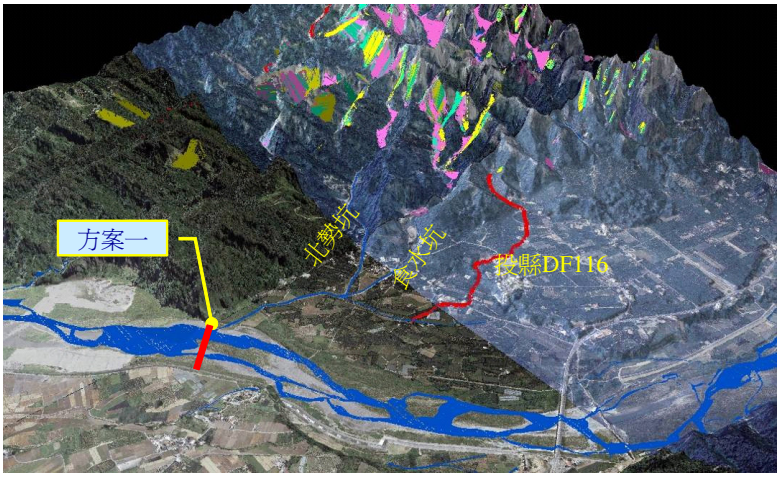
據民國 90 年衛星影像，烏溪在方案一堰軸處分成左、右岸兩股水流（　　時間：2001/11/27）

圖 3.1-5 民國 90 年衛星影像



據 93 年空　圖，方案一堰軸上游右岸高　地被沖開，影響流路，水流已明顯偏向右岸（　　時間：2004/7/14）

圖 3.1-6 民國 93 年衛星影像



堰軸一右岸有北勢　溪、　水　溪及　號投縣DF116土石流潛勢溪流，匯集成一條溪流後從匯入烏溪
投縣DF116土石流潛勢溪流　害潛勢為「中　」，距離方案一堰軸近1公里

圖 3.1-7 堰軸一 3D 地形圖

(2)確保重力輸水原則

前期規劃人工湖滿水位高程分別為：134.0公尺（A湖區）、129.0公尺（B湖區）、125.0公尺（C湖區）、120.0公尺（D湖區）、114.0公尺（E湖區），而本方案河床平均高程約136.66公尺，河道縱坡約1/100，因此本方案堰址取水工縱斷水理受到的限制比「方案二」及「方案三」大。尤其若採後方取水，以原規劃堰頂高程138公尺，將無法提供A湖區用水。

據98年測量結果，本堰軸斷面左、右岸河床高差至少4.0公尺，右岸水　線高程約134.0公尺（所以深槽將更低）、左岸高程約137~138公尺。左岸人工湖A區滿水位高程134.0公尺，考量沉砂池、量水槽等輸水路縱斷水理所需，左岸進水口底檻高程應高於135.0公尺較能符合重力輸水所需水頭。

再者，本攔河堰位在北投新圳下游，因此規劃堰頂高程時亦需注意避免堰體回淤影響上游圳路取水。

(3)右岸支流匯入

堰軸一右岸有北勢　溪、　水　溪及　號投縣DF116土石流潛勢溪流，匯集成一條溪流後匯入烏溪（約在斷面63上游），其中投縣DF116土石流潛勢溪流　害潛勢為「中　」，距離方案一堰軸近1公里，且每年有關單位均　員清淤疏浚，以免影響排洪，故對本方案攔河堰影響不大。惟右岸支流與攔河堰之相對關係，將影響本方案之工程佈置。

2、方案二（堰軸二）

本方案堰軸約位於方案一上游600公尺處，現為南投農田水利會北投新圳取水口。本堰址為「97年規劃」之替代方案，現況詳照片3.1-5。由人工湖A區計畫水位檢討至上游炎峰橋河段，方案二堰軸的取水可靠度較高，另由北投新圳營運數十年均穩定取水可獲得　　。

本方案堰址右岸為　林2號堤防，計畫堰體長度約為550公尺，取水口規劃與北投新圳取水口共構，惟取水規模需要擴大，取水口及圳路現況如照片3.1-5~3.1-8所示。



照片 3.1-5 方案二堰址現況

1.照片上方為北投新圳排砂道閘門。本圳營運多年，取水成效良好

2.在此處設置取水工，與現有圳路共用進水口，將增加營運管理介面。且本計畫進水口設計取水量 25cms，故需另設進水口



照片 3.1-6 烏溪經簡易取水工導流至北投新圳取水口



照片 3.1-7 北投新圳取水口

因應設計取水量 25cms，以「新設取水口」較為可行



照片 3.1-8 北投新圳取水口及排砂道原進水口與排砂道間不易佈設新進水口



照片 3.1-9 北投新圳灌溉渠道現況



圖 3.1-8 方案二航照圖

說明：本航照圖　　時間為 90 年

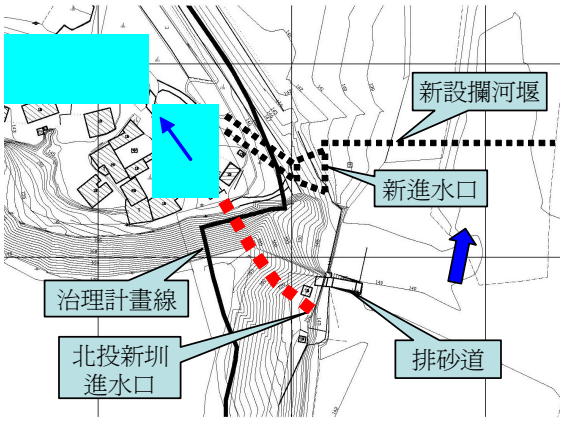


圖 3.1-9 北投新圳地形圖

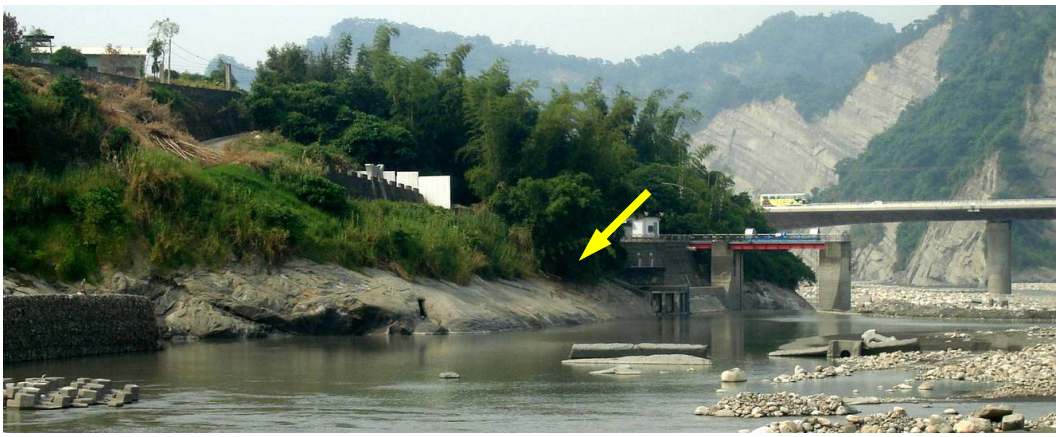
說明：本地形圖為 98 年 8 月測量。目前排砂道至進水口間僅約 15m，不易佈設新進水口



照片 3.1-10 方案二堰址現況（下游面）

1.照片右方為北投新圳排砂道閘門

2.受限地形因素，新進水口需設在原進水口下游約 70 公尺處（　頭指示），此處水流已漸偏右岸



照片 3.1-11 方案二堰址現況（上游面）
若採用方案二，建議在北投新圳取水口上游再增設新的進水口（　頭指示處）

因應設計取水量25秒立方公尺，故需「擴建取水口」或「新設取水口」，從照片3.1-7、3.1-8可知，目前北投新圳進水口規模較小(設計取水量4.65秒立方公尺)，且屬於　　，故本計畫若採方案二取水時，仍以「新設取水口」較為可行。

從圖3.1-9可知：目前排砂道至進水口間僅約15公尺，不易佈設新進水口；且受地形限制，若攔河堰設在北投新圳下游，則新進水口可施作位置在原進水口下游約70公尺處(照片3.1-10)，輸水路可採　渠，而不必施作隧道，但受地形影響，此處流心已漸偏向右岸，原方案二流心偏左的優勢不再。

較理想的進水口應該設在北投新圳上游，從照片3.1-11可知，新進水口可在原進水口上游20~30公尺處，且必須施作長度約100公尺的輸水隧道。新設取水工亦引取北投新圳灌溉用水量，並另設置渠道銜接既有北投新圳圳路。

經檢討，本方案最大的優點為：

(1)進水口流心偏向左岸，取水可靠度較高

(2)可利用水頭較為充裕

本斷面約在斷面64，河床平均高程約141.34公尺。　據98年測量結果，左岸深槽水面高程約140公尺、右岸高　高程約143~146公尺，除可利用水頭較方案一充裕外，人工湖區面積、滿水位亦可配合增大。

惟本方案有以下疑慮需要克服：

(1)需處理北投新圳進水口相關問題

共用北投新圳取水口，需與南投農田水利會分擔工程費用、營管費用等，增加日後營運操作的介面。

(2)需檢討新設進水口施設位置

採用側方取水時，需設堰抬高水位。 據「烏溪水系治理五年計畫（九十三~九十七），烏溪64大斷面計畫河床高為137.06公尺，本計畫於98年8月測量結果，本斷面左岸河床約提高至140.0公尺。

若進水口設在北投新圳下游，則初估攔河堰堰頂高程約142.5公尺，回淤後將高於目前北投新圳排砂道（目前高程約141.0公尺），對 造成影響。且從照片3.1-10可知：受限地形因素，原進水口下游水流已漸偏右岸，原預期流心偏左的優勢不再。

較理想的進水口應該設在北投新圳上游。除流心偏左符合當初選址條件外，上游較有施作進水口結構的空間。惟進水口設在上游時，必須施作長度約100公尺的輸水隧道。

(3)需增設輸水隧道

現有北投新圳引水隧道容量不 ，需另行規劃1條引水隧道引水至人工湖，並分水至北投新圳圳路。因前期規劃並無輸水隧道構想，所以若採本堰址方案，需辦理輸水隧道補充調查（如：補充測量、地上物調查、鑽探、力 試驗 等），以利進一步檢討其可行性。

此外，本方案取水後即進入輸水隧道，無法先行沉砂或配分水量，因此日後營運階段將可能面臨隧道磨損問題及水量分配問題。

(4)影響國道6號橋墩

國道6號跨河段正位在本堰軸下游，除非僅設置簡易取水口而不設全斷面攔河堰， 則本方案堰軸將直接影響2到3處橋墩（部分需包覆在攔河堰內，如圖3.1-10），增加本方案複 性。

因為本方案堰軸直接位在跨河段上游，因此針對國道6號等結構物之保護應有配　措施，將增加本方案之工程費用。且與國道橋墩共構，除增加結構風險外，日後管理維護權責難以區分，為本堰軸方案主要缺點。

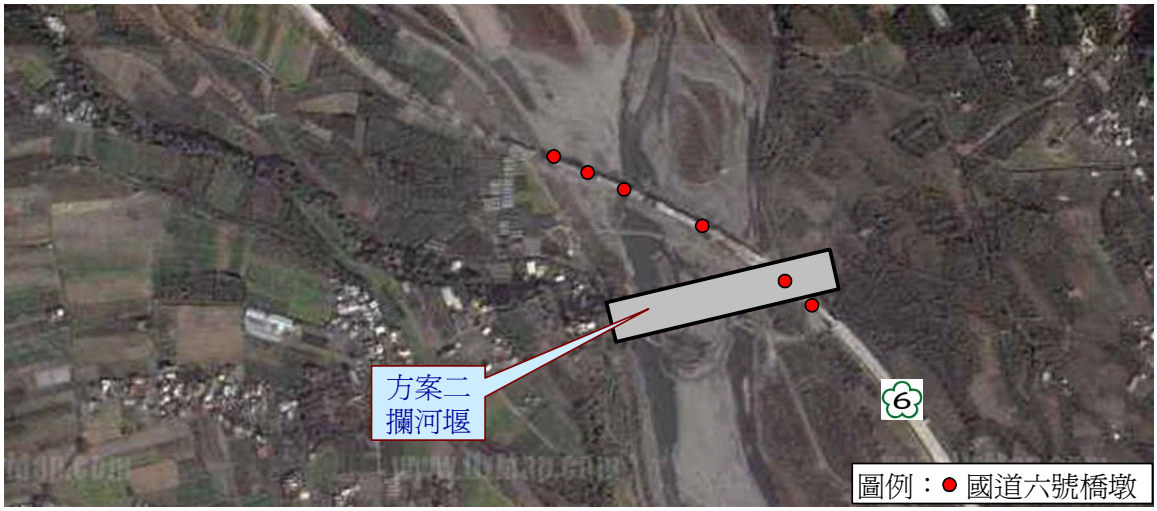


圖 3.1-10 方案二攔河堰與國道 6 號橋墩相對關係圖

3、方案三（堰軸三）

97年度規劃期間，烏溪斷面63、64因國道橋墩施工導排水造成流路漸偏右岸（圖3.1-4），故研提方案三評估替代之可行性

本方案堰軸位於北投新圳上游約600公尺，流心偏向左岸，在此　岸取水可獲得較高之可靠度，現況詳照片3.1-12。97年規劃將本方案列為替代方案，主要係考量「人工湖面積最大」及「避開與北投新圳共構取水口所衍生的營管問題」。

本堰軸同時距離國道6號跨河段600公尺以上，故對橋墩、台電電塔墩柱的影響將遠小於方案二。計畫堰軸長度約為430公尺，取水口規劃於烏溪左岸，再經由新設約300公尺之引水隧道引至人工湖區。

本堰軸方案有以下優點：

(1)取水可靠度高

據歷年空　資料及現地勘　結果，本河段流心多偏向左岸，且依河相評估，主槽尚稱穩定，有利左岸側方取水。

(2)水頭較為充裕

堰軸位置接近河道斷面66，河床平均高程約147.1公尺。據98年補充測量成果，本河段左岸深槽水面高程約144公尺，河床高　高程約147~148公尺。A區人工湖滿水位高程134公尺，因此水頭相當充裕，攔河堰更有條件低矮化，可減輕下游河道沖刷，對國道6號橋墩影響遠較方案二輕微。

同時，在此充裕水頭下，側方取水、後方取水均可列為可行之取水方式，增加取水多元性。

(3)有利增加人工湖開發規模

本方案左岸堤內有一狹長空地，寬約60公尺，從堰軸至隧道口長度約600公尺，可佈置沉砂池、量水槽等附屬設施，因此人工湖用地面積可增加，且因水頭充裕，人工湖滿水位亦可提高(如：新增A’區，滿水位高程138公尺，有效庫容增加約75萬立方公尺）。

此外，引取溪水流經沉砂池等附屬構造後　進入輸水隧道，與方案二相比，可減輕隧道磨損問題。

(4)遠離阿罩霧圳固床工

目前炎峰橋至烏溪橋河段中，烏溪橋上游之阿罩霧圳固床工為一重要之控制斷面，抬高水位約4公尺（平面位置詳圖3.1-2，現況詳照片3.1-14)。該固床工接近隘寮斷層，若日後因故損毀，引起主河槽下切，向源　　的結果，勢必危及河道上游之鳥嘴潭攔河堰、國道6號等重要構造。

與方案一、二相比，方案三堰軸距離阿罩霧圳固床工較遠，且位在國道6號橋墩上游，若上述情況發生，公路單位及水利單位勢必共同保護本段河槽穩定。而方案三為三個堰軸方案中最上游者，故其下游河道可施作固床設施的選項較多。從現地條件研　，未來視需要可在堰軸一位置設一固床工，即可保護國道6號橋墩及上游攔河堰，減緩主槽流路下切造成的　害。

惟本堰軸方案需克服問題簡述如下：

(1)取水點設在北投新圳上游，易造成水利會取水量減少之疑慮，日後仍有營運上的介面需釐清。建議應　共同取水規劃。



照片 3.1-12 方案三堰軸現況

本堰軸位於河道　岸，流心集中於左岸，有利左岸側方取水，惟需考量水流衝擊及含砂水流影響水質



照片 3.1-13 方案三左岸堤內空地

左岸空地寬約 60m，從堰軸至隧道口長度約 600m，可佈置沉砂池等附屬設施



照片 3.1-14 下游阿罩霧圳固床工現況

本固床工位在 E 區人工湖附近河道，在另一個國道 6 號　河段上游



照片 3.1-15 方案三堰軸現況

本堰軸距離炎峰橋約 600 公尺（照片上方），攔河堰堰頂高程不宜過高，需考量炎峰橋通水需求



照片 3.1-16 炎峰橋現況

照片左方為烏溪上游。目前炎峰橋左岸正辦理疏浚工程

(2)國道6號跨河段亦位在本堰址下游，儘管距離較遠，影響較小，但仍應有更多資料以減輕外界疑慮。

(3)攔河堰距離人工湖約1.3公里，且當中需新設隧道引水（至少300公尺），並影響北投新圳現有圳路（若不與北投新圳共同取水，則引水路與圳路需立體交　），增加工程困難度。且前期規劃並未對隧道沿線進行補充調查，故本方案輸水路配置仍存在若　不確定因素。

(4)本堰軸距離炎峰橋約600公尺（照片3.1-15、3.1-16），攔河堰堰頂高程若過高，將影響炎峰橋通水斷面。

(三)前期規劃方案評估

依據前述方案檢討，本計畫延續前期規劃，將三個堰軸方案分別檢討其「引水可靠性」、「工程費」、「環境衝擊」、「營運管理」等四個面向，列出評估因子加以評比，並加上權重後予評分，最後做成各方案之總評估分數及優缺點比較，分述如下：

1、取水可靠性

能　穩定取水攸關人工湖計畫的成　，因此取水可靠性實為取水工最重要的評估因子。

「烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃」96年度成果報告將方案一列為優先考量方案，主要因方案一位在國道6號及北投新圳下游，距離人工湖區最近，且當時堰軸斷面尚有左、右兩股流路，故取水口規劃於左岸。

97年度規劃期間，烏溪斷面63、64因國道6號橋墩施工導排水造成流路漸偏右岸。為確保計畫堰址取水口取水功能，「97年規劃」除建議後續階段補充方案一堰軸上游河川地形以利水理分析外，並提出方案三評估替代之可行性。

從堰址航照圖得知（圖3.1-11）：烏溪之平面線型從炎峰橋上游斷面78至烏溪橋（斷面55-1）略呈S型，方案一至方案三堰軸約在該S型河道反曲點河段。斷面64~65河段及炎峰橋上游斷面68~69河段左岸護岸常受洪水沖毀，近期正辦理護岸改善工程（照

片3.1-17），由此可知方案二、三的流路在大洪水時偏向左岸。

烏溪斷面63上游高　地常受洪水淹沒，加上國道6號橋墩形成的導流效果、下游阿罩霧一圳又在右岸取水、平面線型的研　，方案一的流心較易偏向右岸。由於人工湖區在烏溪左岸，從左岸取水可減少輸水路長度。因此，若採左岸側方取水，方案二、三的取水可靠性要優於方案一。

據歷年空　資料，方案一堰軸流心　分成兩股主要水流（圖3.1-3、3.1-5、3.1-6）。因此，方案一若欲採左岸取水，必須配合若　工程　段維持流路；如：右岸堰頂提高以利形成右岸上游高　、攔河堰上游右岸新建堤防、右岸設置丁壩　等。並建議可辦理水工模型試驗進一步驗　上述工程　段的可行性。

整體而言，側方取水宜配合流心設置，方可減少日後維持流路所需　費；故堰軸一進水口設置在右岸較符合該河段流心之偏向，有利取水穩定，但右岸取水需設置過河　渠，也增加　輸水風險。

除考慮流心偏向外，進水口高程也影響取水可靠性。方案一河床平均高程約136.66公尺，而最上游人工湖A區滿水位134公尺；因此方案一堰軸取水工縱斷水理受到的限制比方案二及方案三大。

與方案一不同的是，方案二、三取水均需新增輸水隧道，且堰軸二、三與輸水隧道尚未辦理相關地質調查，確實存在若　不確定性。

綜合以上可知，不管是流心的偏向或可運用水頭等兩項條件，三個方案的引水可靠性：方案二、三均佳，方案一次之。

2、主體工程費用

從前述「取水可靠性」可知，不同堰軸取水方案需要克服的工程問題不同，故所需工程費亦為重要評估因子。以下將從「施工難易度」、「引水路設置」、「工程規模」三方面評估主體工程費用：

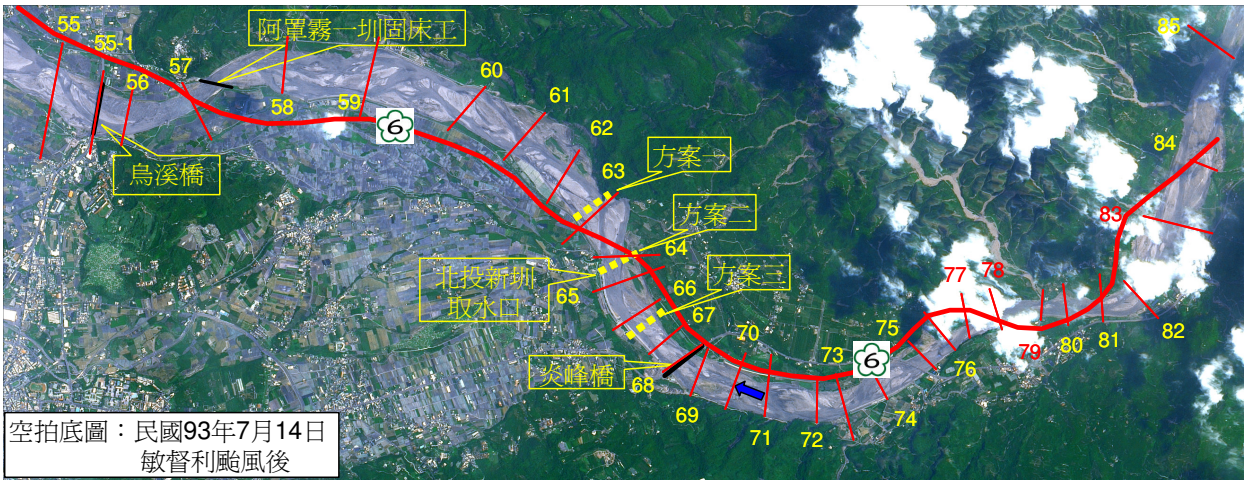


圖 3.1-11 堰址河段衛星影像及大斷面位置圖



照片 3.1-17 炎峰橋上游現況

1.炎峰橋上游左岸正施作護岸改善工程。照片右方為施工圍堤，將烏溪主流改道至河床中間



照片 3.1-18 阿罩霧一圳及烏溪橋現況

阿罩霧一圳位在烏溪斷面 57 附近，國道 6 號上游。阿罩霧一圳從右岸取水。



照片 3.1-19 國道 6 號跨越烏溪段

本河段在斷面 63、64 附近，主流路已偏向右岸。照片左方為烏溪上游。

(1)施工難易度

此處僅比較堰體及進水口的施工。就擋抽排水而言，方案一流心偏向右岸，若採左岸側方取水，則排砂閘門等較複　結構物位在左岸，較易施工。而方案二、三流心均偏向左岸，因此排砂道等取水工施作時困難度較高。但　據前　建議，方案一仍應考量右岸取水，此時方案一一樣需克服排砂道擋抽排水問題，且右岸支流匯入，更增加施工困難性。

以場區配置而言，方案一、二可利用北投新圳下游平台作為臨時堆置場，並鄰近人工湖工區，方案三雖與人工湖等主要供區距離較遠，但可利用左岸堤內空地作為配置場。

三個方案中，方案二距離北投新圳及國道6號橋墩較近，攔河堰施工時均會對其造成影響，此為方案二最需克服的難題。因此，三個方案中：方案一需處理右岸支流匯入、方案二需處理與北投新圳與國道6號橋墩，故攔河堰施工難易度比較結果：方案三較易、方案一其次、方案二較難。

(2)引水路設置

本計畫攔河堰的限制條件為取水後需重力送水至人工湖。前期規劃中A區人工湖滿水位高程為134.0公尺，從三處堰址的河床高程可知:方案一河床高約136.66公尺、方案二河床高約140.0公尺、方案三河床高約143.5公尺，因此方案三的水頭最為充裕，方案一、二堰軸的高程較適合側方取水，而較不利後方取水。

惟方案二、三的引水路均需處理與北投新圳圳路的相對關係。以整體水資源運用觀點，方案二、三均宜與北投新圳共用進水口，如此引水路的設置可較為單純。其中方案二輸水隧道長度約100公尺、方案三輸水隧道約300公尺。

方案二、三引水路較大差異為：方案二取水後引水路直接進入輸水隧道，沉砂池、量水槽等附屬設施係在隧道下游；方案三則可利用左岸堤內空地佈置上述設施，隧道下游則可直接進入人工湖區。

方案一的情況較為複　。若　據前期規劃方案一採左岸側方

取水，則其引水路是三個方案中最單純的。然而，　據前　分析結果，方案一應將右岸取水列入評估，此時引水路更包括跨河段渠，將大幅增加其引水路設置的難度。

與跨河　渠相比，輸水隧道遭　的難度相對較高；因此，三個方案的引水路設置比較結果：方案一略優、方案二、三相同，但三者差異不大。

(3)工程規模

在符合設計需求條件下，工程規模　大、工程費用也　大。據前述方案評估，三個方案規模初估如下：

A.方案一：堰軸長約360公尺、跨河　渠（與攔河堰共構規劃）360公尺、右岸整流池　式、右岸上游堤防約1,100公尺（銜接現有堤防）。

B.方案二：堰軸長約430公尺、右岸上游堤防約600公尺（銜接現有堤防）、下游堤防約200公尺、輸水隧道100公尺

C.方案三：堰軸長約430公尺、引水路長約700公尺，加上輸水隧道約300公尺，右岸上游銜接現有堤防、下游堤防約500公尺

因此三個方案工程規模比較結果：方案一最低、方案二其次，方案三最高，惟三者差異不大。

3、營運管理及維護

由於本計畫攔河堰進水口設置位置將影響與北投新圳進水口相互關係。方案一有獨立進水口，可避免與農田水利會發生營管問題；方案二、三則必須與北投新圳共用進水口，因此，本計畫工程費用問題、施工時圳路引水問題，日後水權調度等營管問題，需協商處理，增加困難度；但以國　整體水資源運用觀點，上述問題應可克服。以下針對各方案在日後營運管理階段可能遭問題，說明分析如下：

(1)方案一

若採左岸側方取水，則日後營運階段為確保取水路穩定流向左岸，需每年　列經費以維持流路，包括：河道上游疏浚、導流

設施（如丁壩工）改善或　復　等。

若採右岸側方取水，則需面臨：右岸整流池排砂問題、過河　渠落淤之處置、過河　渠磨損之維護、上游右岸支流匯入口之維護　等問題。

(2)方案二

本方案堰軸與國道6號距離太近，因此營運階段需密切注意攔河堰與橋墩之變化。又排砂道下游河槽可能刷深，下游兩處橋墩應密切觀　基礎河床，建議安　監測設備並定期辦理安全檢查，　可及　發現兩重要結構物的問題。

此外，本方案取水後引水路未經沉砂即直接進入輸水隧道，因此隧道磨損將是日後營運階段重要　題。且輸水隧道下游　進行配分水作業，與北投新圳營運管理亦為重要　題。

(3)方案三

本方案與方案二堰軸均位在國道6號上游，惟方案三堰軸較方案二上移600公尺以上，且水頭充足可採低矮堰設計，因此排砂道下游河槽刷深而影響橋墩的問題預估將不如方案二顯著，保　起見，仍建議定期辦理安全檢查。

此外，本方案取水後引水路先經沉砂池、量水槽後再進入輸水隧道，因此隧道磨損問題將較方案二輕微。

再者，本方案與方案二相同，　與北投新圳共用進水口，故與北投新圳水量分配之營運管理為重要　題，建議成立聯合管理機制協調水源調度。

綜合以上分析，就營運管理及維護問題，方案三較佳、方案一次之、方案二較為困難。

4、環境衝擊

本計畫河段設堰主要環境影響因子為「國道6號橋墩」及「北投新圳」。　據國內目前既設攔河堰的之經驗，常見攔河堰下游沖刷、岩盤　　的現象，如八掌溪攔河堰（　　潭竹山進水口）、集集攔河堰、石　壩、　林堰　等。雖然河道沖刷並非設置攔河堰單一因素所造成（河道本身的沖淤特性也是主要因素），但攔

河堰設在國道6號橋墩下游確可減輕外界疑慮。

因此，本計畫堰軸若設在國道6號橋墩上游，可能須另設置下游固床設施，勢必增加工程經費。且即便已經施作固床工，仍無法免除外界對堰體下游沖刷的疑慮。上述三個方案中，方案二、三均位在國道6號橋墩上游，其中又以方案二距離橋墩最近，僅有方案一位在國道6號橋墩下游，設堰後亦可作為橋墩之固床工。

此外，本攔河堰施工時可能影響北投新圳取水，其中因方案二距離最近，影響最大。方案一位在北投新圳下游，設堰時需考慮堰體造成的河床迴淤坡度是　影響北投新圳取水。方案三則屬引水渠道施工時對北投新圳影響最大。再者，方案二、三均需設置輸水隧道，亦對環境造成影響。

綜合上述有關環境衝擊的分析，可知方案二對環境衝擊最大、方案三次之，方案一相對輕微。

有關前期規劃三個方案的優缺點如表3.1-1，本計畫檢討彙整如表3.1-2，依以上關　因子進行方案比較分析結果如表3.1-3，歸納加權後，從評分結果得知，方案一與方案三堰軸分數接近，是本次評估的兩個優選方案。後續取水工方案規劃構想將僅針對方案一及方案三進一步討論。

表 3.1-1 取水口各方案比較表－前期規劃

方案	方案一	方案二	方案三
進水口位置	北投新圳下游約 600 公尺	共用北投新圳取水口	北投新圳上游約 600 公尺
引水可靠性	因國道 6 號橋墩施工，改變河道水流流向，須於河道布置丁壩及河道疏浚等導流設施，方能使取水口便於取水。	北投新圳取水口由南投農田水利會負責管理，營運數十年，取水穩定度高。	預定攔河堰位置之堤防，現況遭洪水沖毀，須更縝密考量河道流水流向對攔河堰影響，並加強攔河堰及堤防保護
工程經費	1.攔河堰長度較短，工程經費較低。 2.人工湖可利用面積較少。	1.有較大腹地設置人工湖，人工湖用地面積增加約 8 公頃。 2.取水口及引水隧道規模需擴大。 3.攔河堰長度較長，約 600 公尺，並須於河道右岸施設堤防。 4.攔河堰施工時，北投新圳取水功能易受影響 5.工程費較高	1.有較大腹地設置人工湖，人工湖用地面積增加約 8 公頃。 2.新設引水隧道最長，約 600 公尺。 3.攔河堰長度較長，約 500 公尺，並須於河道右岸施設堤防。 4.工程費最高
環境衝擊	上游台電鐵塔及國道 6 號高速公路橋墩因淤積較受保護	下游台電鐵塔及國道 6 號高速公路橋墩河段有易受沖刷之可能性	1.施工時，下游北投新圳取水功能易受影響 2.下游台電鐵塔及國道 6 號高速公路橋墩河段有易受沖刷之可能性
營管問題	取水口獨立取水，可避免與農田水利會發生營管問題	須與水利會就攔河堰取水口的工程費用、營管費用分擔及操作管理進行協商	取水口獨立取水，可避免與農田水利會發生營管問題。
評估	優先考量方案	替代方案	替代方案

資料來源：烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃（97 年度工作成果），經濟部水利署水利規劃試驗所，98 年 5 月，本計畫整理

景說明：96 年度初步規劃僅列出方案一、方案二比較，並以方案一為優選方案。當時方案一堰軸河道斷面存在左右岸兩股深槽，故取水口規劃於左岸。97 年度規劃期間，烏溪斷面 63、64 因國道橋墩施工導排水造成流路漸偏右岸，故建議後續階段除方案一堰軸上游河川地形補充測量以利水理分析外，並研提方案三評估替代之可行性，以利本計畫進一步檢討

表 3.1-2 取水口各方案比較表－本計畫檢討

方案	方案一	方案二	方案三
進水口位置	北投新圳下游約 600 公尺	共用北投新圳取水口	北投新圳上游約 600 公尺
河道現況	流路偏向右岸 右側深槽約 EL.134m 左側深槽約 EL.138m	流路偏向左岸 左岸深槽約 EL.140m 左岸及中間河床約 EL.145m	流路偏向左岸 左岸深槽約 EL.144m 左側及中間河床約 EL.148m
引水可靠性	1.國道 6 號完工後深槽偏向右岸，適合右岸取水 2.可用水頭較低	左岸取水穩定度高	左岸取水穩定度高
工程經費	1.攔河堰長度約 360 公尺 2.右岸上游堤防約 1,100 公尺，並需處理右岸支流匯入 3.工程費用較低	1.人工湖面積可增加約 6.7 公頃 2.新設輸水隧道約 100m 3.攔河堰長度約 430 公尺 4.右岸上、下游均需設置堤防 5.工程經費次高	1.人工湖面積可增加約 6.7 公頃 2.新設輸水隧道約 300m 3.攔河堰長度約 430 公尺 4.右岸需設堤防 5.工程經費最高
環境衝擊	1.位在國道 6 號與北投新圳下游，環境衝擊小	1.緊鄰國道 6 號及北投新圳，環境衝擊大 2.需設置輸水隧道	1.需設置輸水隧道 2.在國道 6 號上游 600 公尺以上，水頭充裕，可採低矮堰設計，對橋墩衝擊小
營管問題	獨立取水，可避免與農田水利會發生營管問題	1.需與北投新圳共用進水口，故需設聯合管理機制 2.輸水隧道較易產生磨損問題	1.需與北投新圳共用進水口，故需設聯合管理機制 2.沉砂後原水流入輸水隧道，磨損問題較輕
優點	1.攔河堰設國道 6 號橋墩下游，可減輕外界疑慮 2.攔河堰位在北投新圳下游，故可避免與其進水口共構及日後營運管理的協調等問題 3.攔河堰最接近人工湖區，因此輸水路距離最短，工程規模小	1.進水口流心偏向左岸，取水可靠度較高 2.可利用水頭較為充裕 3.人工湖面積可略增加	1.取水可靠度高 2.水頭較為充裕 3.增加 A’ 區人工湖，初估可增加約 75 萬立方公尺之庫容 4.左岸空地可佈設沉砂池等附屬構造 5.遠離隘寮斷層
待克服	1.流心漸趨偏向右岸，而人工湖位在左岸 2.在可運用水頭有限下確保重力輸水 3.右岸支流匯入之處理	1.須與水利會就攔河堰取水口的工程費用、營管費用分擔及操作管理進行協商 2.需增設輸水隧道 3.攔河堰距離國道 6 號橋墩太近	1.取水點設在北投新圳上游，有營運上的介面需釐清 2.國道 6 號跨河段在堰址下游 3.需新設引水隧道 4.距炎峰橋約 600 公尺，注意堰頂高程不要影響該橋通洪
本計畫建議	優選方案 建議進一步評估	對國道 6 號影響過大 建議暫不考慮	優選方案 建議進一步評估

表 3.1-3 前期規劃各堰址方案比較表

項次	評選項目		權重	比較方式	方案一	方案二	方案三
1	取水可靠性		20	評估	次高	高	高
				排序	2	1	1
2	工程經費	施工難易度	5	評估	較難	最難	易
				排序	2	3	1
3		引水路設置	5	評估	佳	次佳	次佳
				排序	1	2	2
4		工程規模	5	評估	低	次低	較高
				排序	1	2	3
5	營運管理維護		15	評估	次佳	較難	佳
				排序	2	3	1
6	環境衝擊		20	評估	佳	不佳	次佳
				排序	1	3	2
綜合評估				評估	次佳	通	佳
				評分	110	160	105
				優選	2	3	1

說明：1.本評估表採序位法，序位低者為優選方案

2.各評估因子權重得視　策需要調整

二、計畫河道流路變遷

本計畫攔河堰址位於烏溪斷面62及63之間，如圖3.2-1所示，為瞭解計畫河道河床平均高程之變化，參考依據「烏溪水系(本流及支流溪)河道沖淤調查報告」（三河局，96年6月）蒐集民國75年後各單位針對為辦理相關計畫所施測之河道斷面基本資料，及本計畫（98年8月）所進行之計畫堰址河道補充測量斷面資料，含計畫　稱、日期、範圍及辦理相關　項等列如表3.2-1。

為瞭解計畫堰址附近河道斷面長期之變化，選定斷面　號55-1~65（烏溪橋至炎峰橋）共11處斷面測量資料檢討計畫段河床沖淤變化如表3.2-2。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　　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。

另本計畫僅進行堰址地形補充調查，仍缺乏堰址下游大斷面資料，惟目前第三河川局正辦理本年度烏溪大斷面測量作業中，建議最新測量成果完成後，可併入本計畫後續工作進一步評估比較。

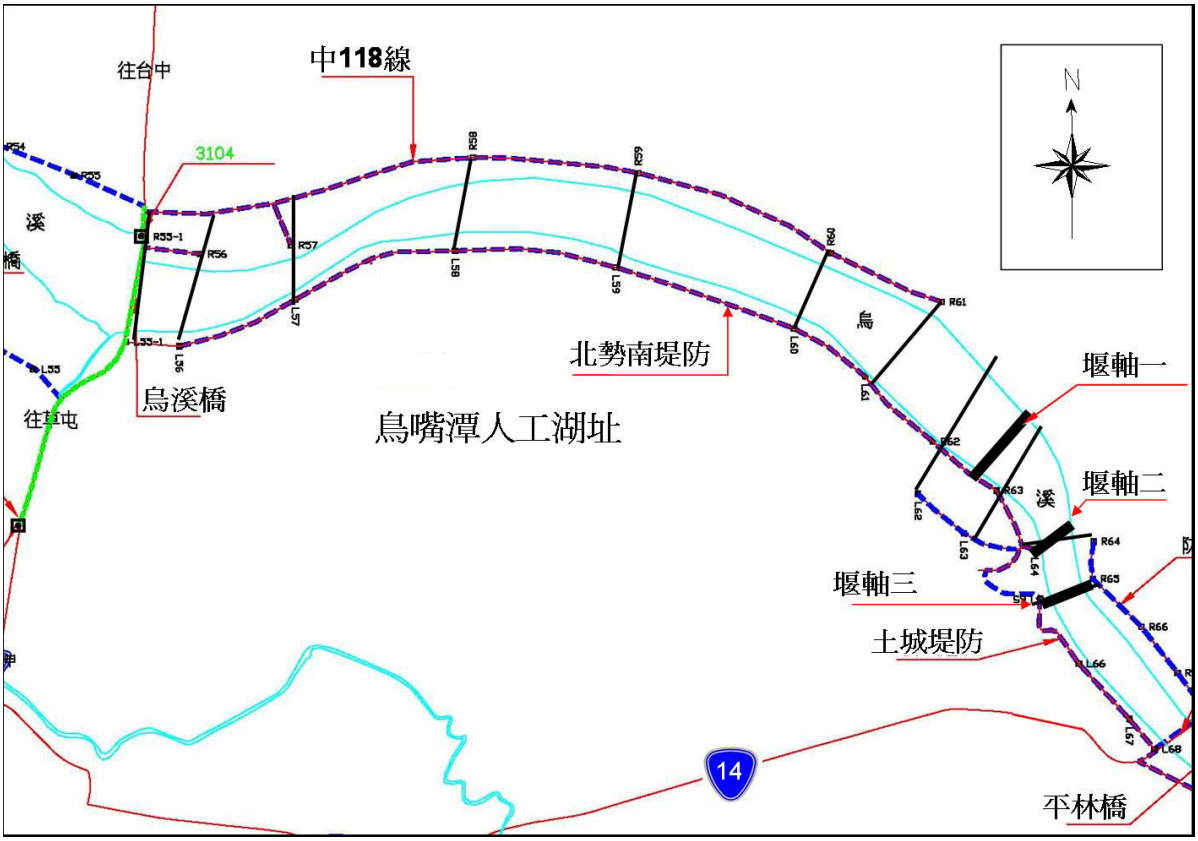


圖 3.2-1 計畫區烏溪既有河道斷面樁位置圖

表 3.2-1 烏溪水系河道沖淤比較資料蒐集一覽表

溪	計畫　稱	施測日期(年、月)	施測範圍	辦理機關
烏溪本流	1.烏溪本流及支流　溪治理規劃	75.11	河口至　觀　橋(0~130)	前台灣省水利局規劃總
	2.烏溪水系九二一地震　後治理規劃檢討	89.11	烏溪橋至　觀　橋(55-1~130)	經濟部水利署水利規劃試驗所
	3.烏溪水系(本流及支流溪)河道沖淤調查計畫	96.04	河口至　觀　橋(0~130)	經濟部水利署第三河川局
	4.烏溪烏嘴潭人工湖可行性規劃-工程可行性規劃	98.08	計畫堰軸(62~65)	經濟部水利署水利規劃試驗所

表 3.2-2 烏溪河道大斷面差異調查成果

斷面號	歷年平均河床高(m)				平均河床高差 (m) 89~96 年	平均河床高差 (m) 89~98 年	斷面積變化
	75 年	89 年	96 年	98 年			
55-1	92.6	92.75	90.91	-	-1.84	-	沖刷
56	94.71	97.06	95.06	-	-2.00	-	沖刷
57	98.0	99.77	98.38	-	-1.39	-	沖刷
58	107.08	110.16	108.76	-	-1.4	-	沖刷
59	113.79	114.33	115.19	-	+0.86	-	淤積
60	122.07	120.50	123.93	-	+3.43	-	淤積
61	127.54	130.28	129.65	-	-0.63	-	沖刷
62	131.72	133.94	132.07	133.53	-1.87	-0.41	沖刷
63	135.19	134.51	136.66	136.41	+2.15	+1.90	淤積
64	140.54	142.02	141.34	140.13	-0.68	-1.89	沖刷
65	141.25	144.16	142.96	143.56	-1.20	-0.60	沖刷

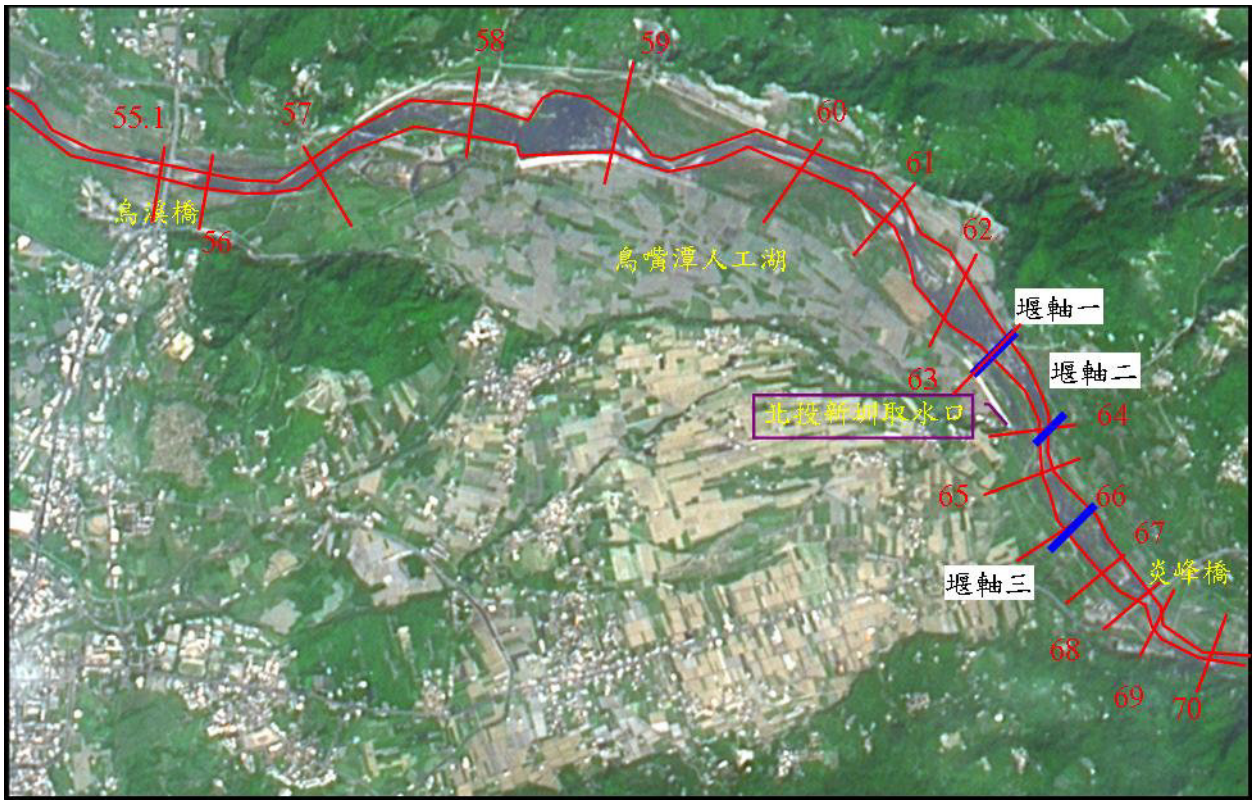
：98 年資料僅計畫堰軸鄰近斷面資料，餘河道大斷面資料　三河局本年度測量成果提出後據以進一步評估比較

比較89年至98年間河道斷面，平均河床高在斷面63抬高約1.90公尺，其餘斷面則下降約0.41~1.89公尺（斷面59、60自89年至96年間提高0.86~3.43公尺，斷面55-1~58及61斷面則降低約0.63~2.0公尺）。以長期河床變化趨勢，該河段是呈現沖刷狀態，惟斷面59、60位於阿罩霧一圳固床工上游（斷面57），有較明顯之淤積現象。

自民國88年921大地震後，陸續有　(90年)、　利(93年)、　(94)、　(96)、　克、卡　基(97)、　克(98年)等　風　，此外每年4~9月皆有　雨，為確保烏溪流心穩定程度，以評估攔河堰之設置位置及取水方式，選取蒐集歷年衛星之影像，以分析　洪對於烏溪流心之影響程度及變化。

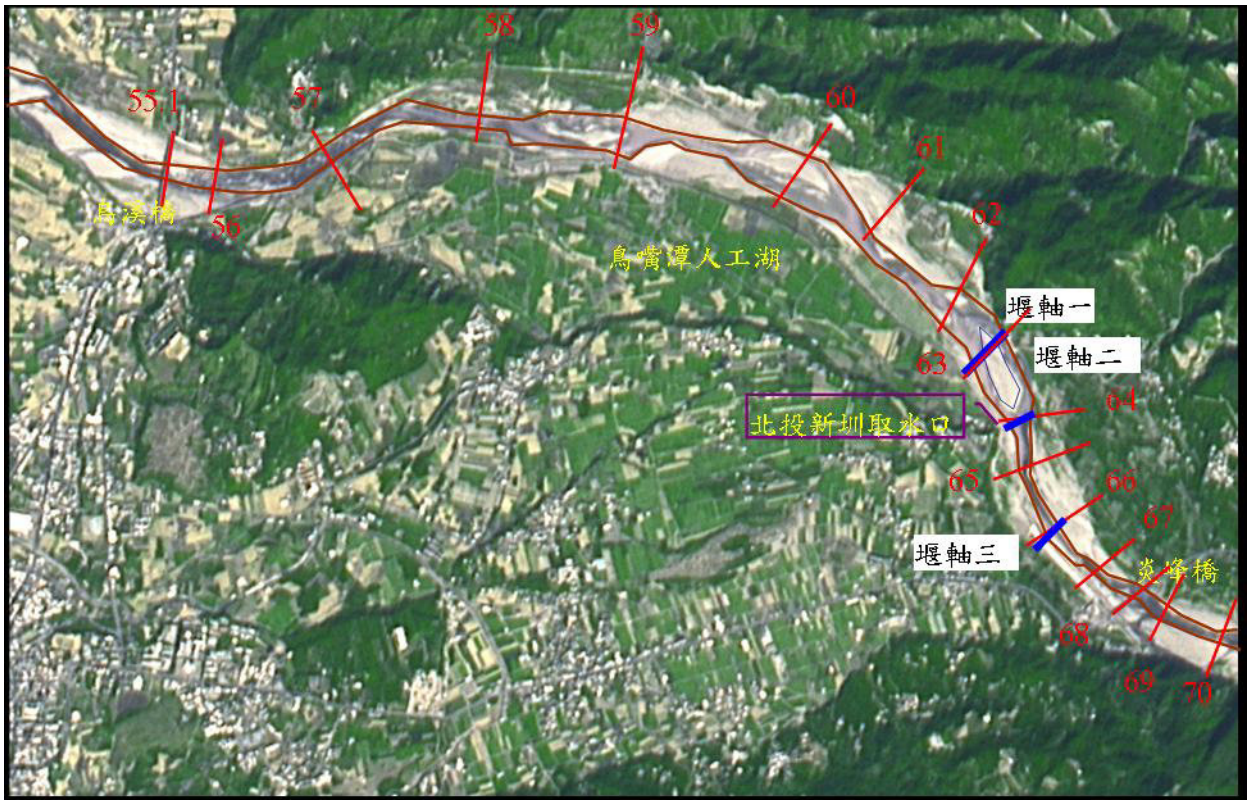
本計畫蒐集民國88年（921地震後）~民國98年　克　風後之衛星影像資料（圖3.2-2、3.2-3），涵　時間為近10年之河槽變遷、蜿蜒度變化等，予以比較說明如後。

由衛星影像資料約可瞭解計畫堰軸上游河道流心偏左，故現況炎峰橋下游、北投新圳取水口上游處堤防常受水流破　，93年　利　風後　雨造成烏溪河道改變，於堰址上游處流心右偏，左岸明顯淤積(斷面63)，故南投水利會於97年新設北投新圳渠　工及排砂閘門等以確保北投新圳順利取水，惟下游流路尚稱穩定，無明顯改變。



民國 88 年 10 月 21 日

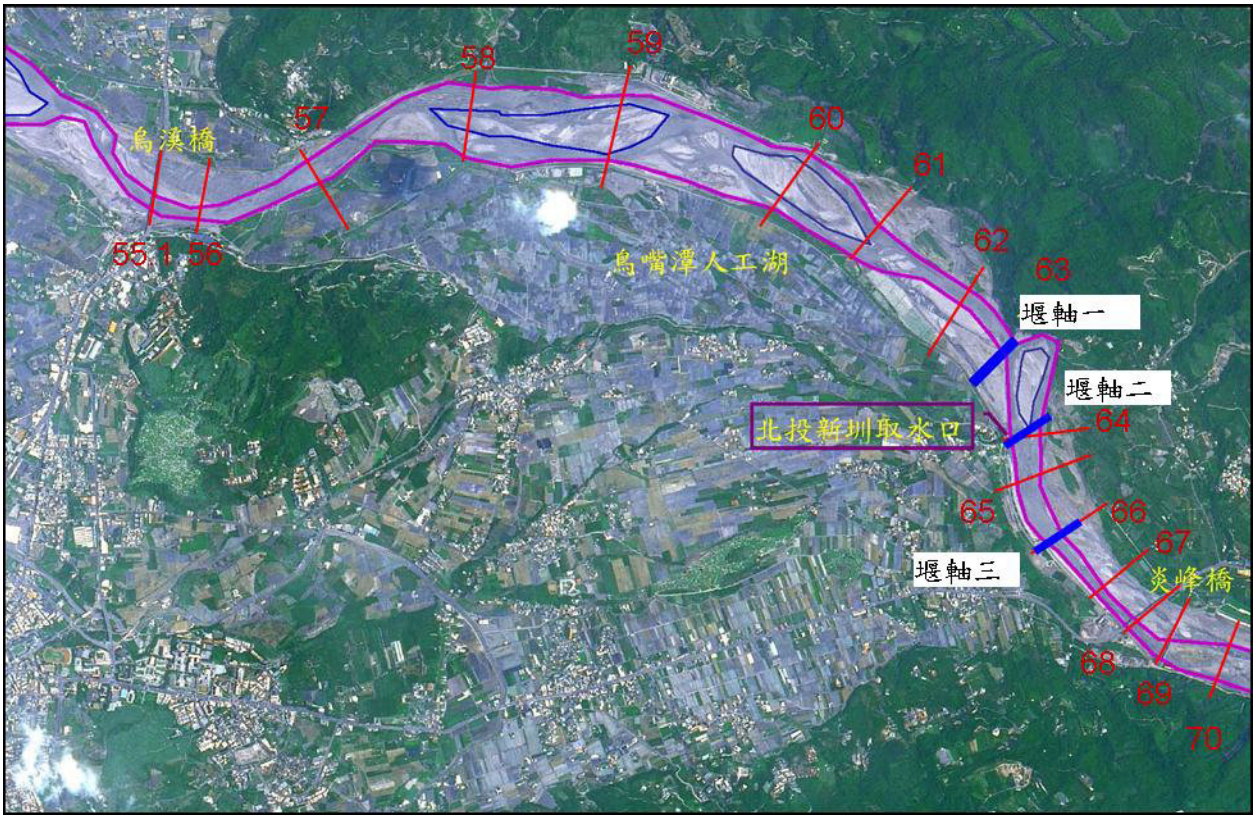
資料來源：中　大　太空　測中心衛星影像



民國 90 年 11 月 27 日

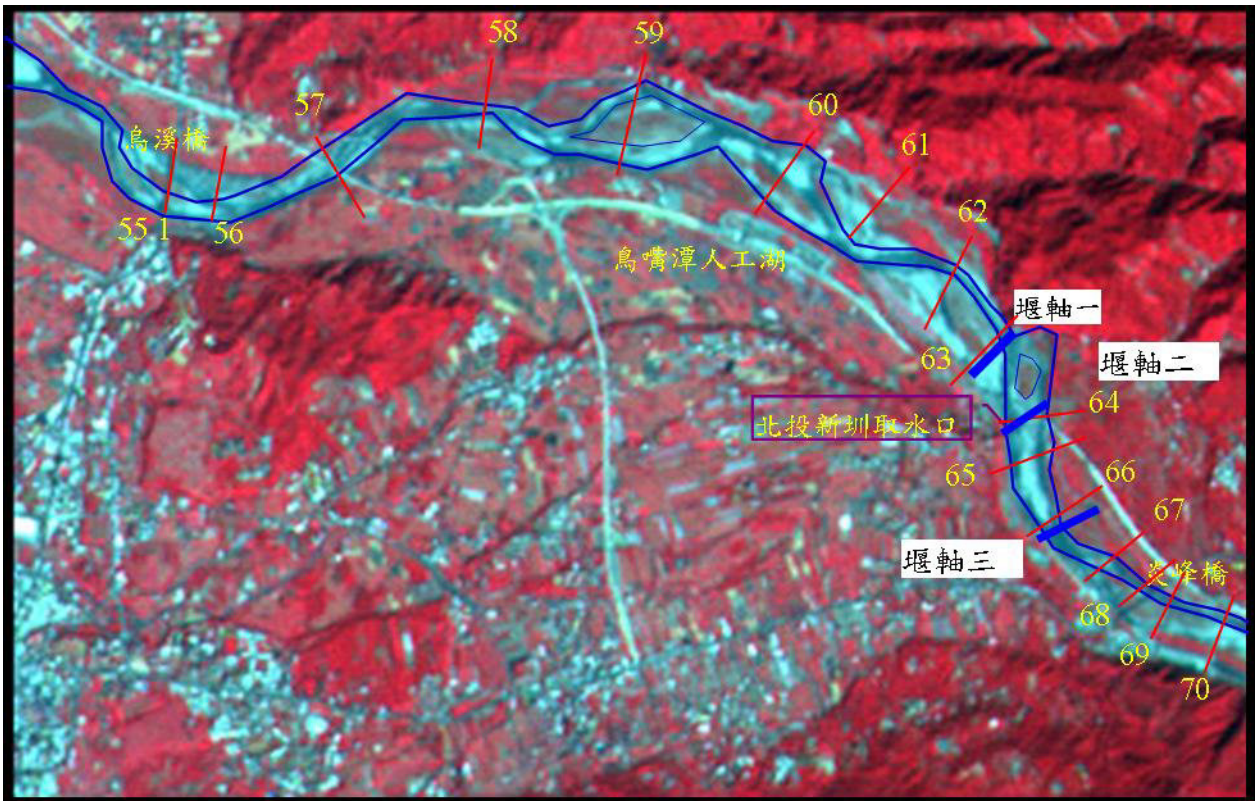
資料來源：中　大　太空　測中心衛星影像

圖 3.2-2 計畫河段流路變遷比較圖(1/3)



民國 93 年 7 月 14 日

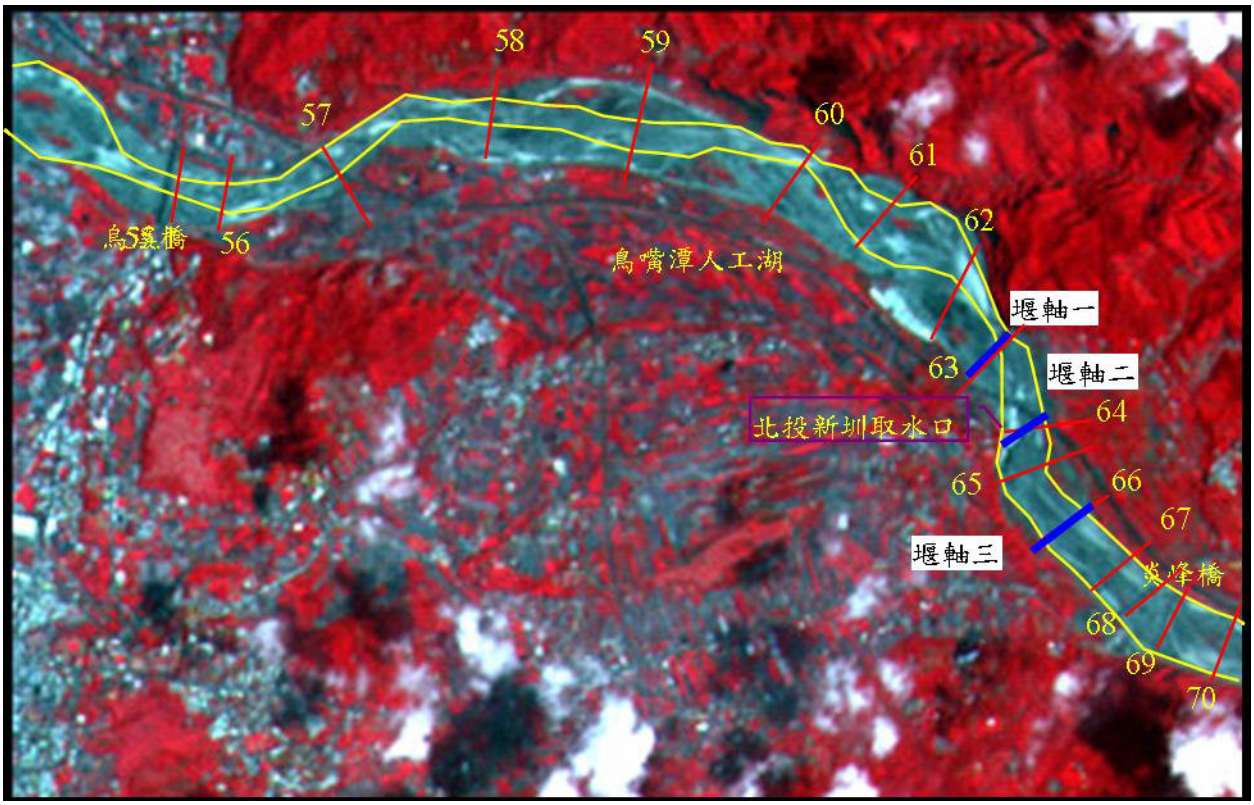
資料來源：中　大　太空　測中心衛星影像



民國 96 年 11 月 4 日

資料來源：中　大　太空　測中心衛星影像

圖 3.2-2 計畫河段流路變遷比較圖(2/3)



民國 98 年 8 月 15 日

資料來源：中　大　太空　測中心衛星影像

圖 3.2-2 計畫河段流路變遷比較圖(3/3)

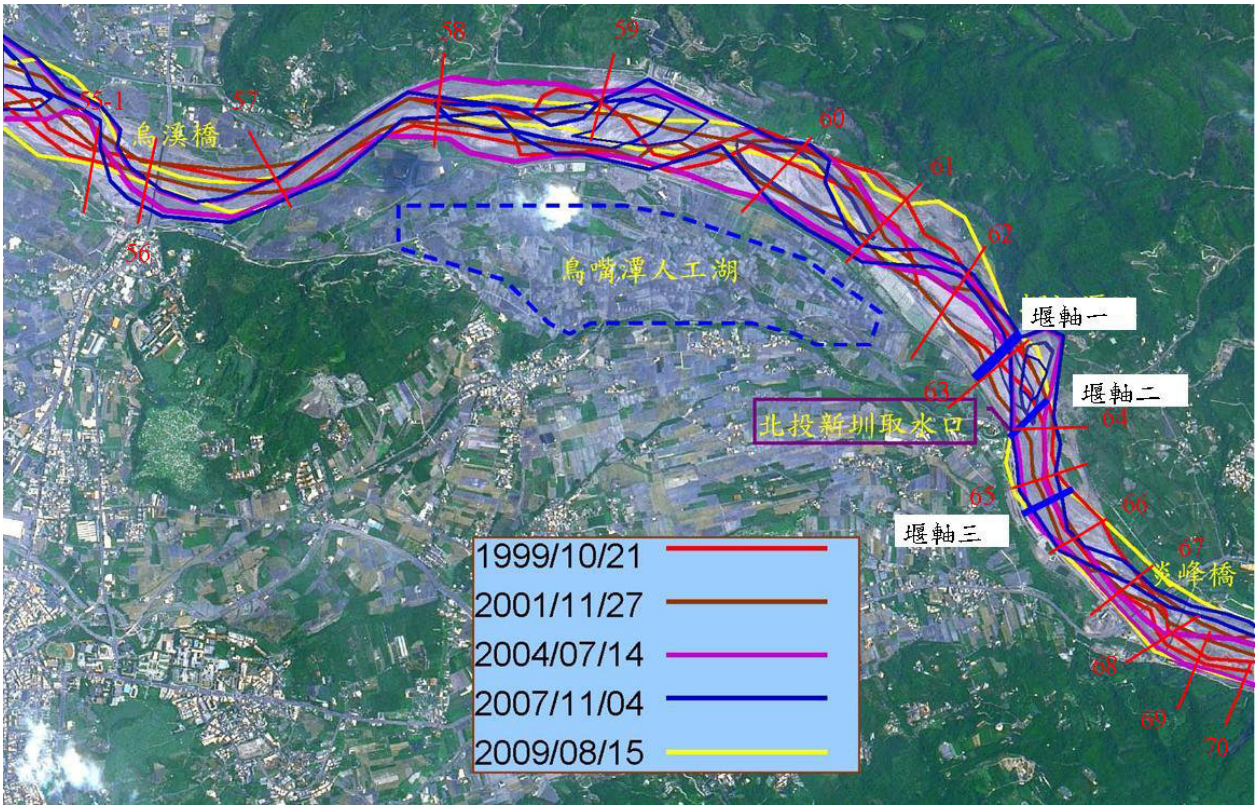


圖 3.2-3 計畫河段歷年流路變遷比較圖

綜合以上有關計畫河段流路變遷資料彙整如圖3.2-4，分析如下：

(一)方案一堰軸流況：

1、民國90年以前　分成兩股水流，主深槽流路偏向右岸，另有一股流路從北投新圳排砂道以下，偏向左岸

2、93年以後右岸高　地沖開後，主流路更傾向右岸。加上96年國道6號施工，左岸河床抬高，流路漸漸消失。

(二)方案二、三堰軸流況：

炎峰橋下游至北投新圳之間，流路在河道中間偏向左岸。

(三)取水工規劃建議：

1、方案一堰軸較適合右岸取水

2、方案二、三堰軸較適合左岸取水。

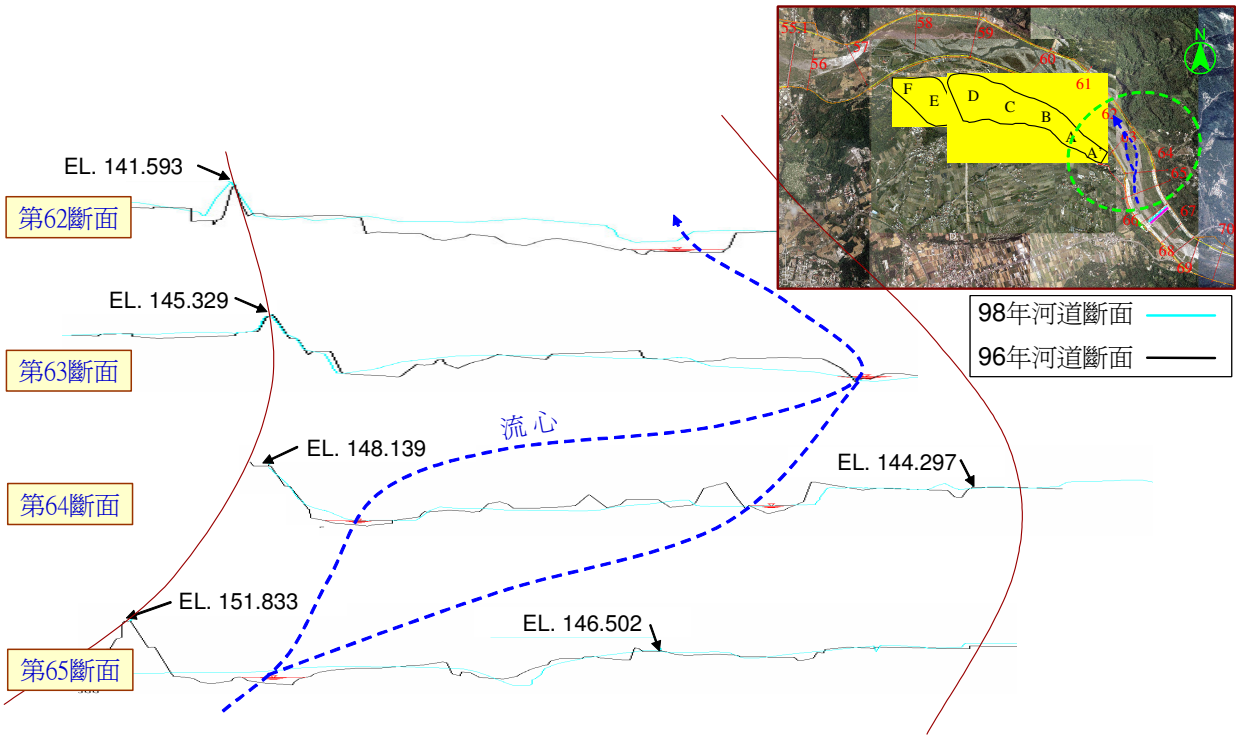


圖 3.2-4 計畫河段各年流路變遷大斷面比較圖

三、取水方式及堰型檢討

一　溪流中常見的取水方式以「側方取水」為主，另有「後方取水」，亦可作為本攔河堰取水方式。簡述如下：

(一)側方取水

側方取水為國內攔河堰常用的取水型式，如：集集攔河堰、石壩、八掌溪攔河堰、　　攔河堰、高　溪攔河堰　等，參考照片3.3-1、3.3-2。

側方取水係指取水位置於河溪流向之側邊，亦即取水方向與河溪流向相垂直。側方取水方式一　設置於河床坡度平緩且無　石流下之河道，取水口位於攔河堰上游，取水　設置排砂道以穩定流路（靠近取水口），並可藉由排砂操作清除進水口前淤積，引取較　淨之表層水。

一　進水口底檻高程約需高於排砂道溢流堰面1.5公尺，如此可減少高含砂水流進入引水路。因側方取水需設堰抬高水位，故方案一之堰頂高程除取水考量外，亦需注意堰體過高時河床回淤對北投新圳取水的影響。

側方取水若配合流心設置，可減少維持流路所需　費。以三個堰軸方案而言，方案一較適合右岸取水、方案二、三則適合左岸取水。



照片 3.3-1 側方取水案　一八掌溪攔河堰
照片右上方為進水口，上方為排砂閘門
潭水庫從本攔河堰引水



照片 3.3-2 側方取水案　一　　攔河堰
照片右側為進水口，上方為三道排砂閘門
南化水庫從本攔河堰引水

(二)後方取水

國內目前後方取水的案　包括：　　堰、　　溪取水堰、大　堰等，參考照片3.3-4。管柵取水係屬後方取水，溪水流過堰頂後流入管柵集水廊道內（如圖3.3-1），再匯入右岸（或左岸）附屬設施。由於水流經過管柵取水段即可取水，故方案一可將管柵取水段設在右岸，解　該河段流心偏右問題，確保取水可靠度。方案二、三則可將取水段設在左岸。

管柵取水之攔河堰堰型可搭配「瀑布階梯式固床工」（照片3.3-5）。瀑布階梯式固床工係由固床堰堤部、堰堤段之落差　坡面、水　部及　流墩部等構成之3段瀑布工，以小落差之方式構築成階梯狀之構造物。將固床堰堤部及　流墩部之各頂點連接之直線，成為計畫河床之縱斷面線，可用於河川全斷面或部分斷面。

惟管柵取水因採後方取水，水頭損失較大。溪水經由管柵進入集水廊道後，集水廊道需設較大縱坡以利排除廊道內淤砂，因此廊道出口高程遠低於堰頂高程。此高程差與堰軸長度、廊道縱坡有關。

一　管柵入流段之集水廊道縱坡約可採用1/50~1/70（有如一沉砂池縱坡），單純廊道段（無管柵入流）之縱坡則可變緩。　要水流進入廊道內，藉此陡坡均能順利排除廊道內淤砂。照片3.2-3即97年水工模型試驗結果，　　上述觀點(茖　溪攔河堰水工模型試驗)。

管柵取水缺點為：管柵集水廊道出口　點高程均遠低於堰頂高，以本計畫為　，兩者高差可達9.0公尺，因此方案一堰軸若採管柵取水，堰頂高程難以符合現地條件需求。前　所述三個堰軸方案中，方案二、三水頭較為充裕，較有條件採用管柵取水。

進一步討論詳下一　之方案設計。

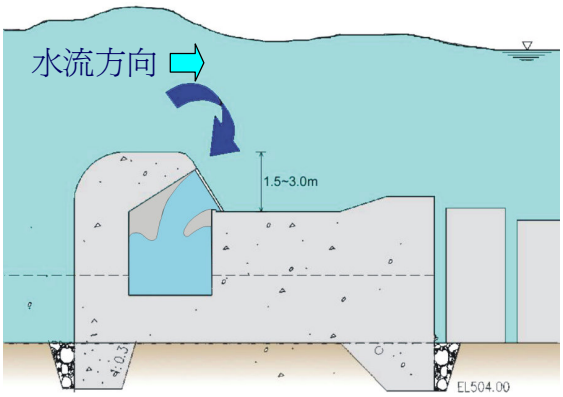


圖 3.3-1 管柵取水示意圖



照片 3.3-3 階梯式固床工及管柵取水
說明：階梯式固床工搭配管柵取水。左下方為集水廊道出口，水流匯入附屬構造



照片 3.3-4 堰
說明：設於頭前溪，計畫取水量 6.0cms



照片 3.3-5 日本興 川和田 固床工
說明：設於日本興 川， 於 94.06

(三)堰型檢討

本攔河堰採川流式取水，並不需要庫容，故攔河堰規劃採「以固定堰抬高水位，設置排砂道穩定流路及清除進水口前淤積」之方式，規劃原則以維持上下游河道穩定、減少沖淤量及迴水不影響上游防洪為考量。

國內較常採用固定式溢流堰型式一 分為平底之寬頂堰、流線型之 堰、垂直跌落式及低階多段式固定堰等，分述如下：

1、寬頂堰

寬頂堰形式為溢流堰面平坦，有利於排洪、排砂，洩流能力穩定，結構簡單施工方便，但自由溢流時流量係數較小，容易產生 狀水 ，上下游水頭落差大時較不適用。

2、 式溢流堰

式溢流堰縱斷面為 式，溢流堰面模擬自由溢流水形狀，可獲得較佳之水理狀況，自由洩流時流量係數較大，利於

排洪，但是較不符合河川環境生態，對迴游性魚　　有阻　回作用。且對於位在中上游河川的攔河堰，因河床質　粒較大，堰面磨損的問題較為　重（如集集攔河堰）。

3、垂直跌落式溢流堰

垂直跌落式溢流堰為水流從溢流頂自由下落，此型適用於　或　面溢流壩，或下游面接近垂直者適用，通常下游需配合設置消能池，但是與　　式溢流堰相同，較不符合河川環境生態，對迴游性魚　　具有阻　回　作用。惟與　　堰相比，其磨損的範圍較少。

4、低階多段式溢流堰

低階多段式固定堰與係小型之垂直跌落式溢流堰（落差遠小於一　垂直跌落式溢流堰，詳照片3.3-5），係由固床堰堤部、堰堤段之落差　坡面、水　部及　流墩部等構成之3段瀑布工，固床堰堤部及　流墩部之各頂點連接之直線，即成為計畫河床之縱斷面線。

瀑布階梯式溢流堰利用過堰水流形成穩定之　　流區來消水流能量，達　階消能效果，在小流量時產生近　　擊式水的　狀流，消能率極高；而在大流量時產生平行堰面　流，藉由各階梯間　　流區消能，消能率因階梯數量而定。

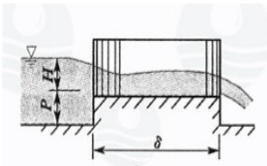
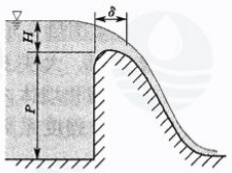
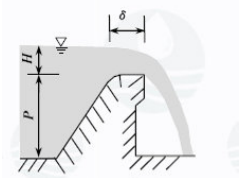
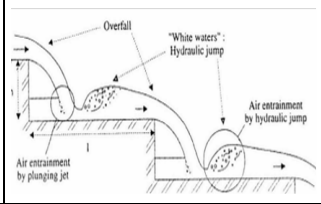
於河川全斷面排洪時，低階多段式形成瀑布式固定堰，可視為魚道之功用。低落差設計可降低上游推移質的阻　，有利下游砂源補充。在堰面磨損問題方面，多集中在河床質滾動造成的磨損，範圍不如　　式全面，　擊損　之程度則較垂直跌落式輕微。

據上述四種溢流堰面型式之特點及適用性，為降低對河川景觀及生態之衝擊，固定堰以低矮化為原則，故堰型可採用瀑布階梯式，並將攔河堰堤部及　流墩部之各頂點連接之直線，形成計畫河床縱斷面線。

排砂道則配合取水工型式規劃。若採側方取水型式，則排砂道因需經常性之排砂操作，堰型採用垂直跌落式，期能減少土砂對堰體之磨損；另為避免對下游沖刷並能達消能效果，下游設置

水池；若取水工採管柵取水方式，則不需設置排砂道。

表 3.3-1 各堰型方案比較表

堰型 / 項目	寬頂堰	堰	垂直跌落式	瀑布階梯式
剖面圖				
運轉維護	1.水流　帶砂石衝擊或磨損，使得堰面破損，需經常性之　復 2.堰面需舖設　磨層之範圍較大，工程費較高	1.與水流接　面較長，故堰面易磨損，需經常　復 2.堰面需舖設　磨層之範圍較大，工程費較高	堰頂長度短，減少土砂磨損，所需之維　費用較低	1.水流　帶砂石滾動或磨損，堰面仍需經常　復 2.堰面舖設　磨層之工程費高
施工難易度	1.結構簡單，施工方便 2.需設　水池及檻，開挖面大	1.施工較複　，施工技術條件要求較高。 2.需設　水池及檻，開挖面大	1.結構　複　，施工方便 2.需設　水池及檻，開挖面大	1.結構簡單，施工方便 2.利用低落差多階梯消能，每階設小型水池
選用原則	多用於河川下游段臨近　會區處，以較低之堰頂降低洪水位	多用於主要河川攔河堰，以獲得較佳之排洪水理設計	多用於山區河川，減低河床質磨損堰面之顧慮	適用於高度較低的攔河堰，利用多階段低落差的方式，減輕下游河道的沖刷
國內案	東堰(　東溪)	馬　壩(大　溪) 集集攔河堰(濁水溪)	攔河堰(　山溪)	隘寮堰(隘寮溪)
本計畫檢討	需配合小落差	考量磨損問題不適用	採用於排砂道	用於固定堰

四、取水工方案構想

據上　　所述堰軸方案評估以及取水方式檢討，本計畫分別在堰軸一及堰軸三各提出數個方案列入後續檢討評估。為利區隔各方案，方案1-1代表堰軸一的第一個方案、方案3-1代表堰軸三的第一個方案，分述如下：

(一)方案1-1－左岸側方取水方案

1、規劃理

一　大型攔河堰仍以側方取水最為常見，故佈置本方案。因人工湖位在左岸，故本方案進水口設在左岸，並需考慮以下因素：

(1)攔河堰抬高水位時，需注意回淤坡度問題，應降低對上游北投新圳取水的影響。

(2)本河段有流心偏向右岸的趨勢，攔河堰設計需能導引水流，以利左岸取水。

2.工程佈置構想

(1)平面佈置

本方案整體平面佈置詳圖3.4-1。為有利引導水流，堰軸略微向右岸上游偏　，但仍在右岸突出山頭以內，以求堰體的安定性。右岸防洪構造往上游延伸約1,100公尺銜接既設堤防，並佈置丁壩工期能導流至左岸，以利取水。　據98年測量結果佈置本堰，堰軸長度360公尺。

進水口設在左岸，下游並設置排砂道。一　排砂道約佔堰軸長度1/10以上較能穩定流心；以　　堰為　，排砂道約佔整體堰軸長度的1/5，流心控制良好。

本方案排砂道預定設置5道，每道寬度10公尺，加上墩柱度，排砂道段長度60公尺，約佔總堰軸1/6。排砂道　設置8公尺寬的瀑布式魚道（含兩側隔牆各1.0公尺），固定堰長度為292公尺。

(2)排砂道

計畫河段平均河床高約136.6公尺，目前右岸深槽高程約

134.0公尺、左岸下游河床約135.5公尺，故規劃排砂道底檻高程為135.5公尺。閘門部分預定設置5道10公尺寬x5公尺高之直提式閘門，閘門頂設置　牆，操作平台較設計洪水水位高1.5公尺以上。

(3)進水口

一　進水口高程需高於排砂道底檻1.5公尺以上，因此規劃進水口取水底檻高程EL.137.5公尺，高於排砂道溢流堰頂2.0公尺，期能引取較　淨原水。規劃5道6.0公尺寬之溢流堰，如此可取得計畫所需水量。每道設置6公尺寬x4公尺高之直提式閘門。

(4)自由溢流堰

自由溢流堰堰軸長度292公尺，下游設置　　固床工。　據歷年空　資料（圖3.1-5、3.1-6），本堰址流心　分成兩股主要水流，惟近年堰軸上游右岸高　地被洪水沖開，造成流路偏向右岸，因此，若右岸高　地能　　續保存，則偏左岸的流路可能得以維持。

為引導水流至左岸，堰頂採用兩種高程，河道中間段之溢流堰堰頂高程139.0公尺，長度200公尺，右岸堰頂提高至140.0公尺，期能有效維持右岸高　。

堰頂雖高於目前河床約6.0公尺，以回淤坡度1/200估算，影響範圍約600公尺。且自由溢流堰較偏右岸，所以對左岸上游的北投新圳取水影響不大。

(5)魚道

本河道若採潛孔溢流式魚道，隔　恐易受砂石　毀，魚道亦可能遭土石淤滿，長期而言並不適用於本河段。故規劃瀑布式魚道，可直接設在河道，落差採25公分以利魚　上　，每階亦設置30公分深潭，除提供魚　自由移動外，可免遭平面　流衝擊；且因深潭池水較深，亦可減輕鳥　　風險。

瀑布式魚道每道淨落差30公分，坡度約1/18。寬度8.0公尺，位在排砂道與自由溢流堰之間。

本方案整體設計構想詳圖3.4-1~3.4-3。

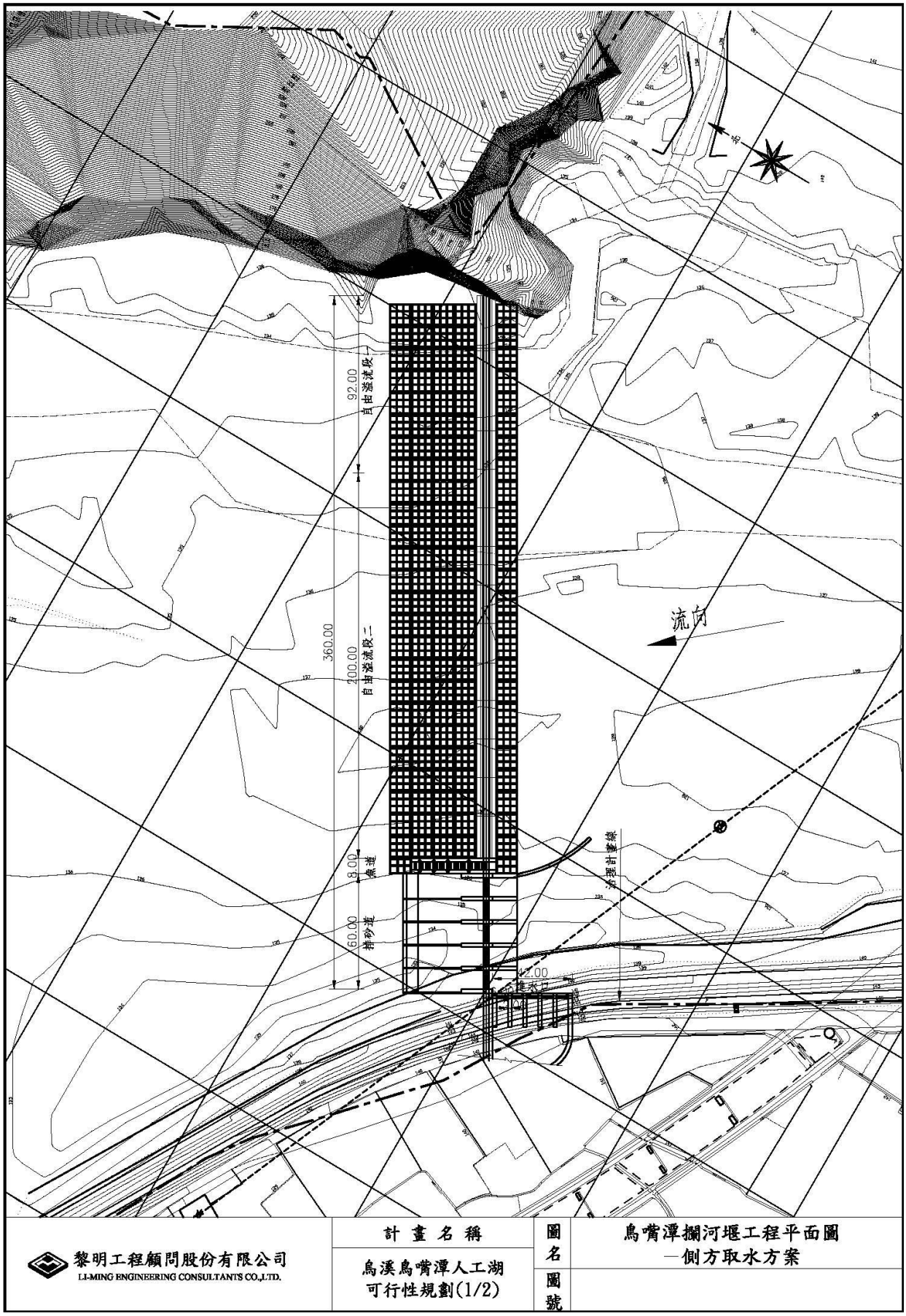


圖 3.4-1 方案 1-1—左岸側方取水方案平面佈置圖

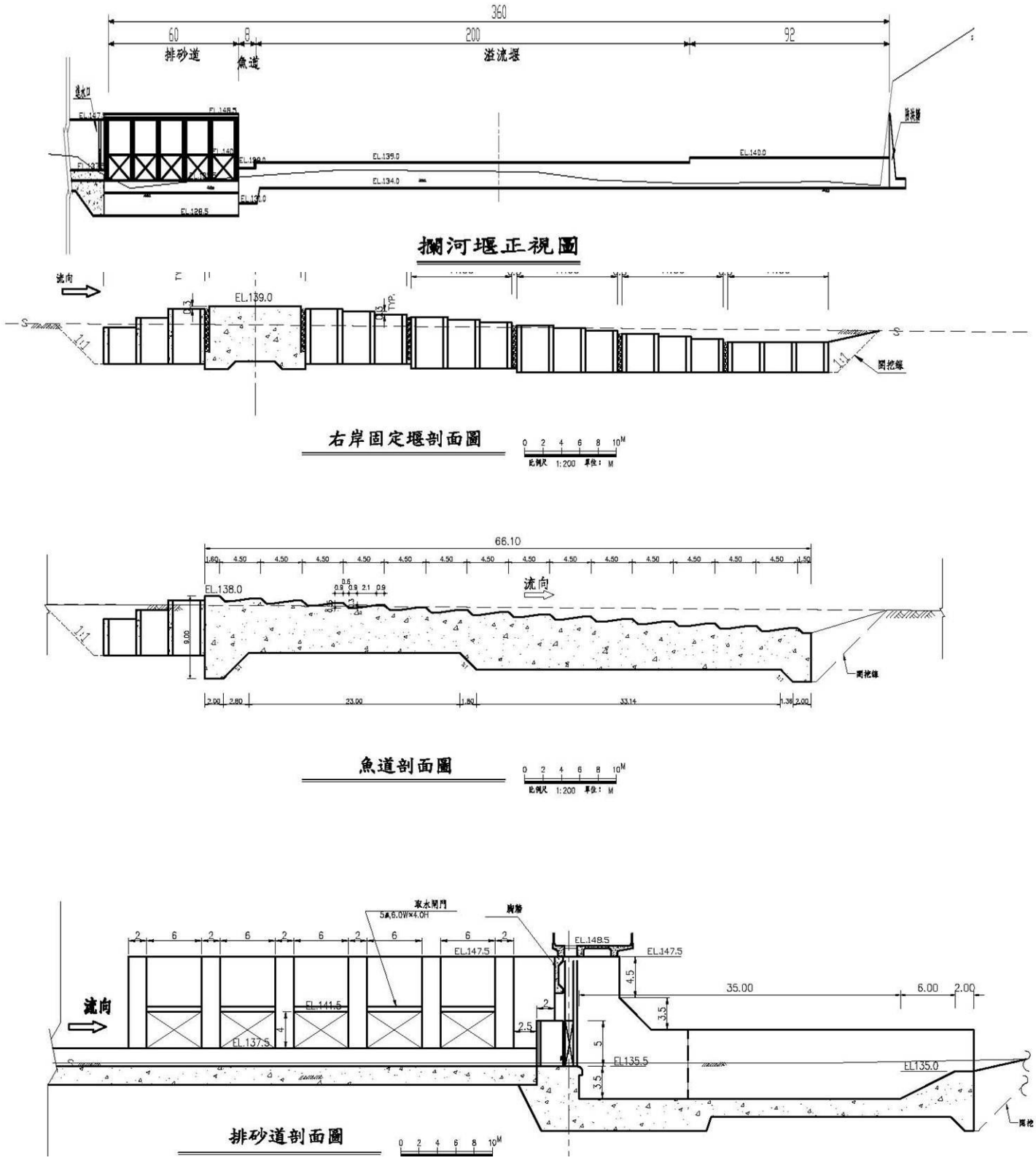


圖 3.4-2 方案 1-1－左岸側方取水方案各剖面圖

(二)方案1-2－管柵取水方案

1、規劃理

因應本區段流心偏向右岸，故設置管柵取水。攔河堰堰型可搭配「瀑布階梯式固床工」，每階落差2.0公尺，此　低矮堰可減緩下游沖刷，並降低上游推移質的阻　，有利下游砂源補充。

因管柵取水損失水頭較多，因此在國道六號橋墩下游為原則下，儘量將堰軸上移，初步估計可較前期規劃堰軸上移100公尺。

2、工程佈置構想

(1)平面佈置

據98年測量結果佈置本堰，堰軸長度482公尺（本區段治理計畫線突擴，故堰軸右岸延伸至最接近治理計畫線之山壁，所以比下游堰軸長122公尺）。其中從右岸起算128公尺已深入高地，下游約60公尺即遭　山壁。

攔河堰從右岸至左岸分別為：非取水段128公尺　魚道8公尺　管柵取水段116公尺　非取水段230公尺，整體平面佈置詳圖3.4-3。

(2)管柵水理計算

(A)設計取水量　　Q=25秒立方公尺

(B)每單元管柵設置寬度　　b_0=1.12公尺

(溢流段102單元)

(C)管柵設置寬度　　B =116公尺

(D)鋼管直徑　　40公釐

(E)管柵之間　寬度　　a=30公釐

(F)管柵與水平面之　　角　　60

(G)管柵流入係數　　0.32

(H)每單元鋼管數量

$N=b_0/\quad(\quad+a)\times10\text{-}3\quad=1.12/\quad(40+30)/1000\quad=16$支

(I)管柵間　之開度　（計算右岸開度）

=(　a×10^{-3}) ×單元數 ×100 %　B

=(0.03×16/1,000) ×102 ×100%/116=42.20%

(J)管柵設置總寬度 B=116.0公尺

(K)臨界水深hc

$hc=(Q^2/gB^2)^{1/3}$

$=(25^2/9.81\times116^2)^{1/3}=0.168$公尺

(L)比能 E

E=3/2hc=3/2×0.168=0.252公尺

(M)鋼　所需長度l_0

取水量Q=　×　×B×l_0×　（2gE）

l_0=Q/　×　×B×　（2gE）　　l_0：鋼　有效長度

l_0=25/0.32×0.4220×116×　（2×9.81×0.252）=0.72公尺

採用l_0=0.84公尺

(N)右岸溢流段取水量計算

取水量Q=　×　×B×l_0×　（2gE）

=0.32×0.4220×116×0.84×　（2×9.81×0.252）

=29.26　25.0秒立方公尺　O.K.

(3)取水段與非取水段

定堰頂高程應考慮以下因素：

(A)堰頂儘量接近河床面，如此對上、下游影響最少

(B)堰頂應有足　高程，以利沉砂池及輸水路縱斷需求

故考量輸水路需求，以集水廊道出口高程137.0公尺反推堰頂高程，初估取水段堰頂約為145.3公尺，高於河床面8公尺以上，影響河道過　；因此，管柵取水方案將無法以重力送水至A湖區（滿水位水面134.0公尺）。

若以B湖區為供水標的（滿水位129.0公尺），則取水段堰

頂可降低至140.3公尺，約高於平均河床面3.3公尺；因本方案溢流取水段在右岸，左岸非取水段堰頂應略高於右岸（約141.3公尺），推估回淤坡度後將影響上游北投新圳取水。保　起見，本方案取水段堰頂建議採用137.5公尺、非取水段堰頂採138.5公尺，此時集水廊道出口高程約129.2公尺，相關輸水路將依此高程佈設，並可重力輸水至C湖區以下及部分B湖區（湖底高程117.0公尺）。

各重要剖面詳圖3.4-3~圖3.4-4，並分述如下：

(A)右岸設置瀑布式魚道，堰頂高程137.0公尺，可排放下游基流量。

(B)管柵取水段設在右岸，緊鄰魚道，所需攔河堰寬度約116公尺。

(C)左岸非取水段採低階多段固床工，每階落差可在50公分以內，在中高流量時可形成全斷面瀑布式魚道。

本方案整體設計構想詳圖3.4-3~3.4-4。

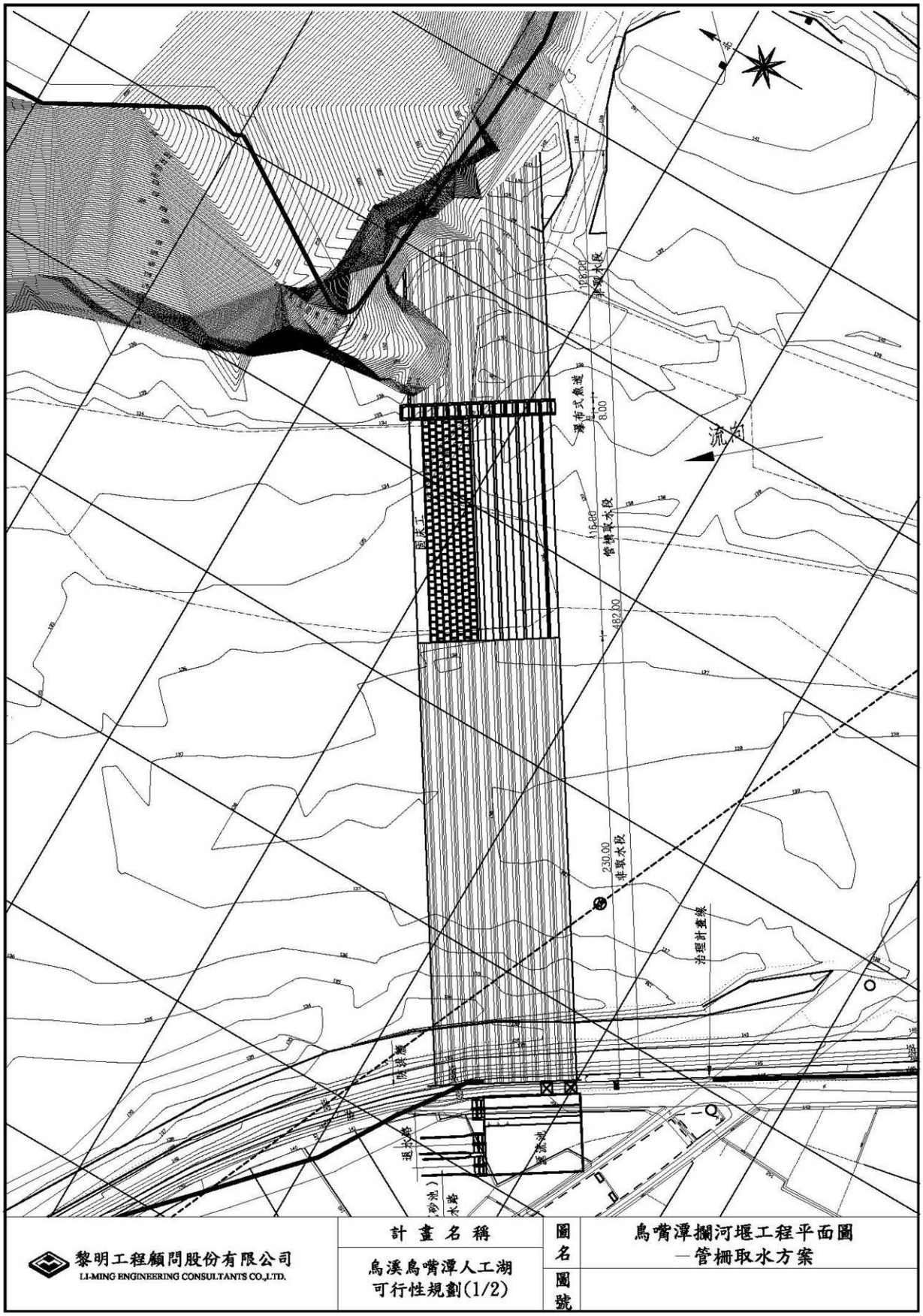
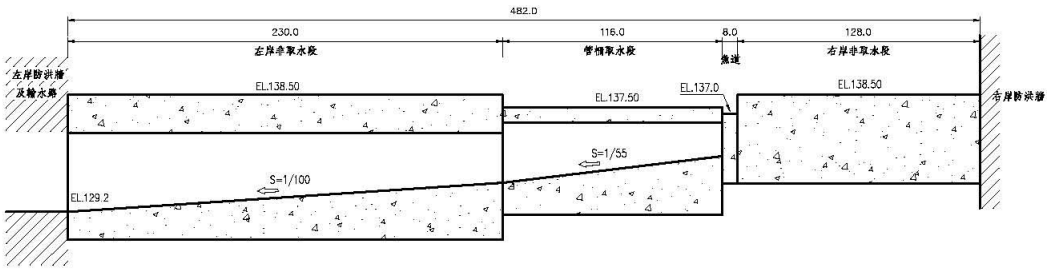
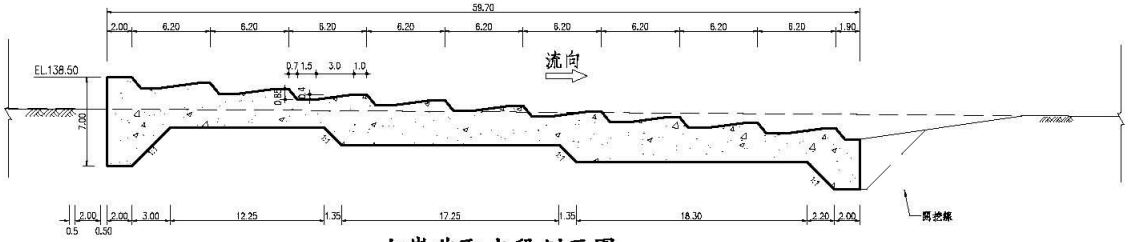


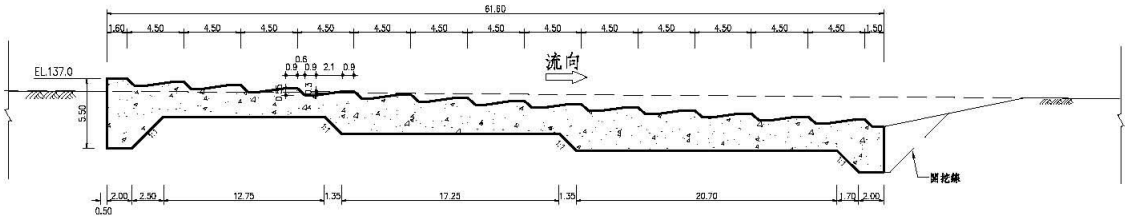
圖 3.4-3 方案 1-2—管柵取水方案平面佈置圖



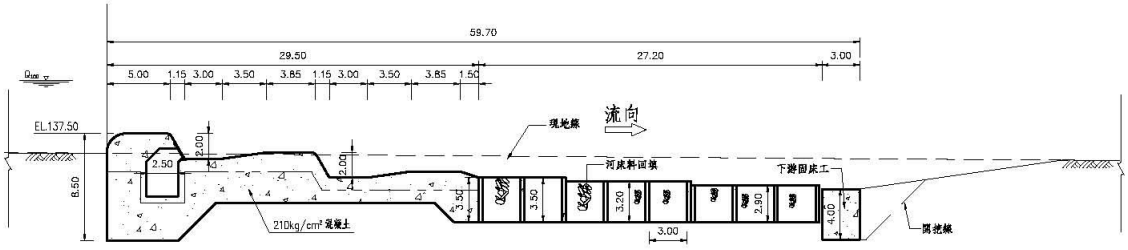
攔河堰正視圖（集水廊道剖面）　說明：水平與垂直比例不同



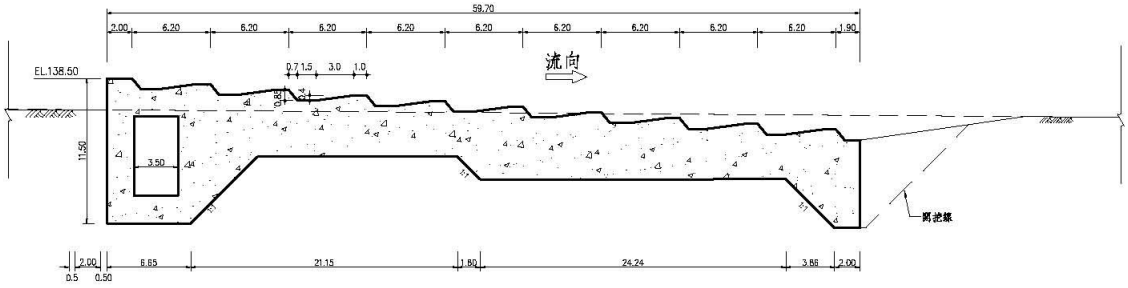
右岸非取水段剖面圖



魚道剖面圖



管柵取水段剖面圖



左岸非取水段剖面圖

圖 3.4-4 方案 1-2－管柵取水方案各剖面圖

(三)方案1-3－複合取水方案

1、規劃理

從以上兩　得知，不管是側方取水或是管柵取水均存在若不確定因素而影響取水穩定。　如：側方取水方案仍存在「流心是　可控制在左岸」的疑慮、管柵取水則因為水頭問題，僅能供給部分B湖區及所有C湖區以下水源，影響工程效益。因此，特提出本「複合取水」方案，期能結合兩種取水方式的優點，因應堰址現況。

設計構想為：仍以側方取水為主，右岸固定堰堰型改為低階多段固床工並採管柵取水。當流心可控制在左岸時，採側方取水；當流心偏至右岸時可採管柵取水。

惟本方案有以下　點注意　項：

(1)左岸排砂道溢流堰頂高程137.0公尺，因此管柵的集水廊道需穿越排砂道，將限制廊道出口高程（無法提高廊道出水口高程）。

(2)側方取水係提高水位取水，左岸進水口之溢流堰頂高程為139.0公尺，而管柵取水係後方取水，集水廊道出口高程與側方取水進水口兩者高差可達8~9公尺，必須輔以兩　輸水路，甚至沉砂池，增加工程經費及工程用地。

(3)即使右岸固定堰已經提高，管柵取水系統僅能供應B湖區以下各湖庫，而無法以重力輸水至A湖區。

2、工程佈置構想

(1)平面佈置

本方案整體平面佈置與「側方取水方案」相同，詳圖3.4-5。僅固定堰部分改為低階多段固床工型式。

進水口設在左岸，下游並設置排砂道。排砂道仍設置5道，每道寬度10公尺，加上墩柱　度，排砂道段長度60公尺，約佔總堰軸1/6。惟藉由排砂道控制流心的需求已不如「側方取水」方案，因此是　可縮小規模，有待進一步檢討，惟保　起見仍

照側方取水方案佈置排砂道。

排砂道　設置8公尺寬的瀑布式魚道（含兩側隔牆各1.0公尺），固定堰長度為292公尺。

(2)排砂道

為使管柵取水廊道能穿越排砂道，故規劃排砂道底檻高程為137.0公尺。閘門部分預定設置5道10公尺寬x5公尺高之直提式閘門，閘門頂設置　牆，操作平台較設計洪水水位高1.5公尺以上。

(3)進水口

側方取水之進水口取水底檻高程139.0公尺，及5道6.0公尺寬之溢流堰，每道設置6公尺寬x4公尺高之直提式閘門。

管柵取水之集水廊道出口高程EL.131.7公尺，另規劃輸水路與側方取水路分離。

(4)自由溢流堰

自由溢流堰堰軸長度292公尺，堰頂採用兩種高程：河道中間段之堰頂高程140.5公尺，長度200公尺，其中管柵取水段長55公尺；右岸堰頂提高至141.5公尺，長度92公尺，管柵取水段長61公尺。

(5)魚道

魚道採用瀑布式魚道，每道淨落差30公分，坡度約1/18。寬度8.0公尺，位在排砂道與自由溢流堰之間。

本方案整體設計構想詳圖3.4-5~3.4-6。

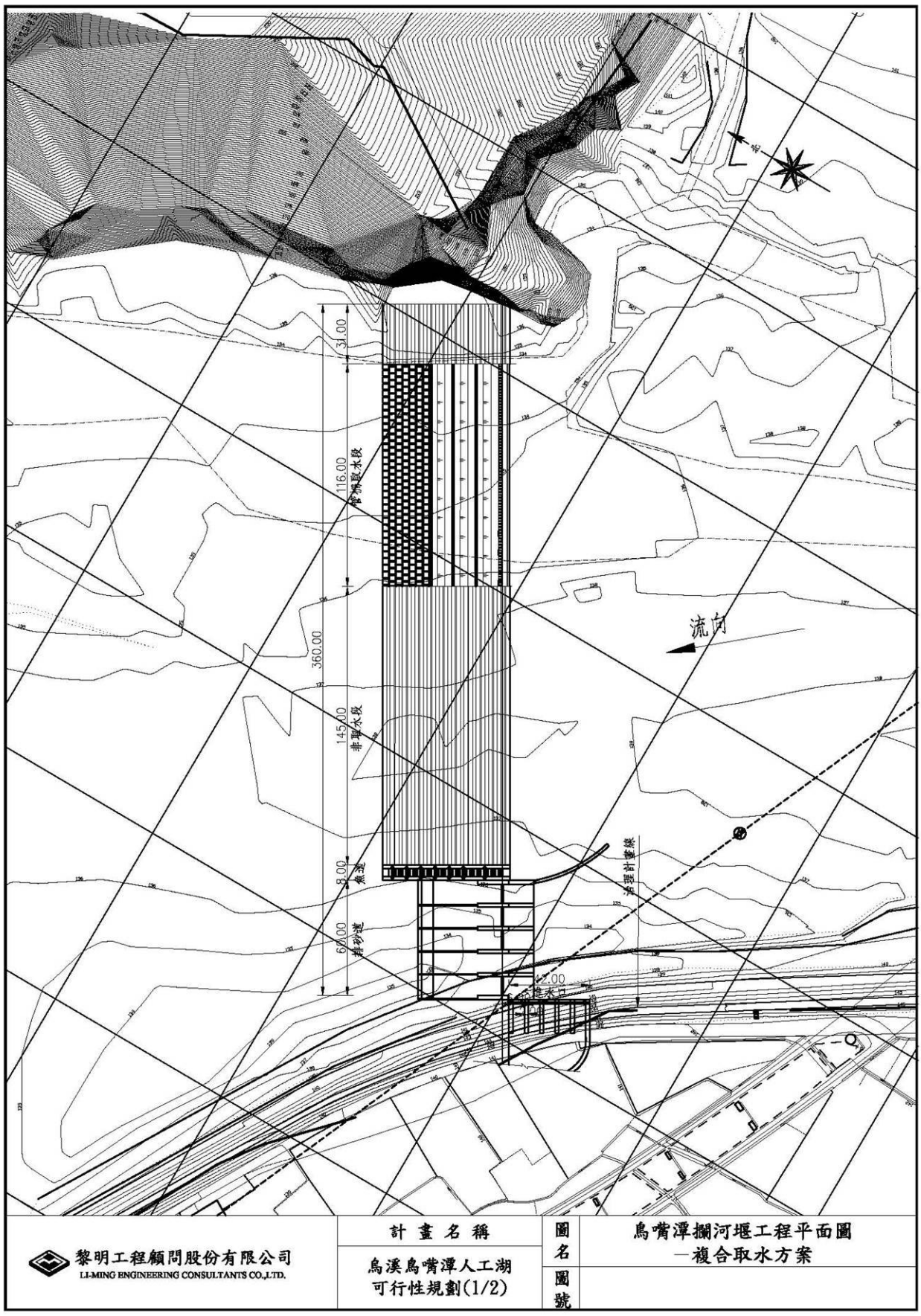


圖 3.4-5 方案 1-3－複合取水方案平面佈置圖

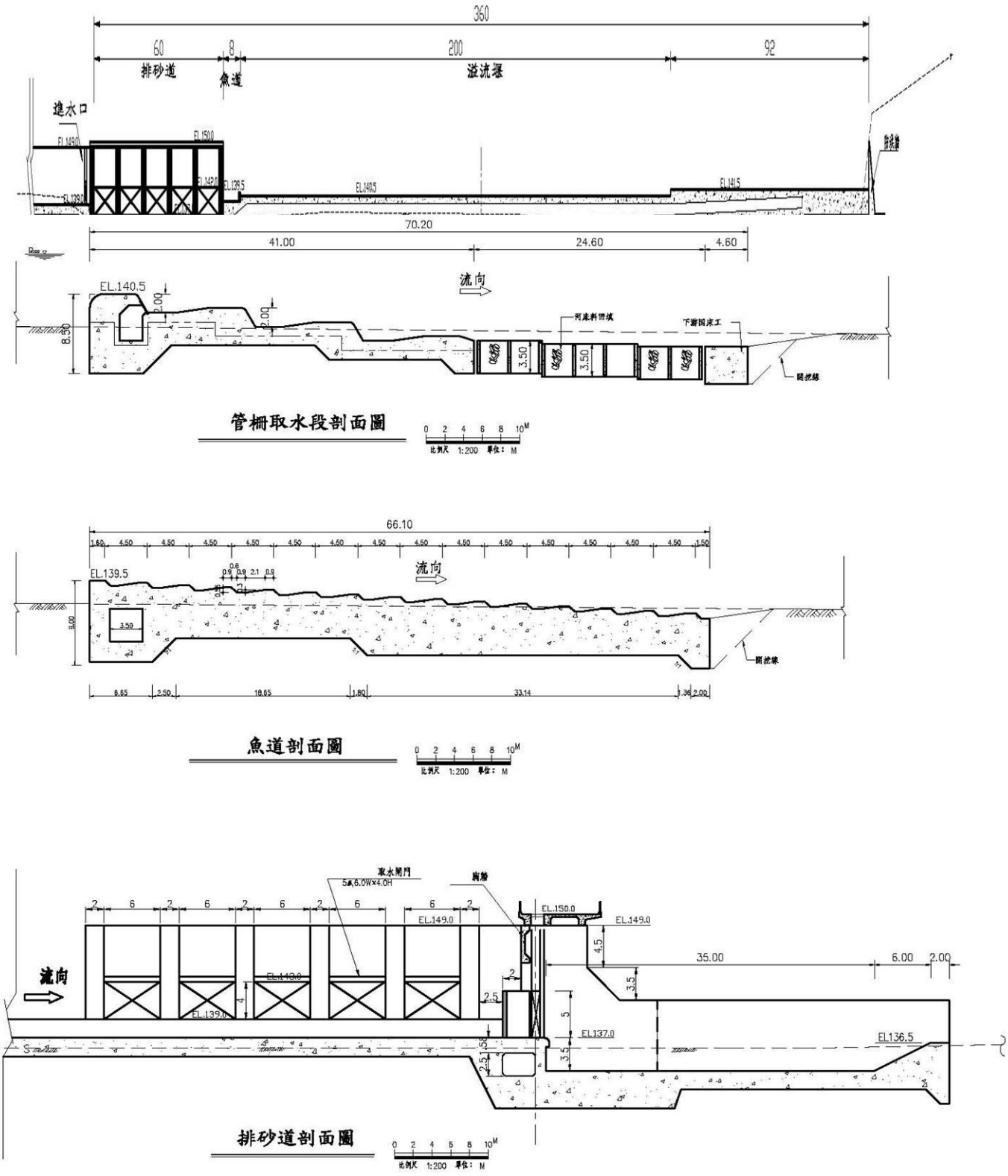


圖 3.4-6 方案 1-3－複合取水方案各剖面圖

(四)方案1-4－右岸側方取水方案

1、規劃理

一　大型攔河堰仍以側方取水最為常見，進水口需配合河道流心佈設。前述「左岸側方取水方案」仍存在：流心偏右、可能無法穩定取水的疑慮；「複合取水方案」則需兩　沉砂設備，除增加成本外，深開挖也增加工程風險，故佈置右岸取水方案。

考量人工湖位在左岸，故本方案引水路需穿越攔河堰，並需考慮以下因素：

(1)右岸取水後，引水路與攔河堰共構。因為排砂道底檻高程較低，所以引水廊道須以　　吸方式穿越堰體。

(2)進水口取水底檻高於排砂道底檻約2.0公尺，但是取水後引水路需立　穿越排砂道，渠底高差近6.5公尺，故進水口下游應有足　空間佈置相關整流池。

(3)攔河堰內廊道淤積問題應有處理對策,特別是排砂道下方引水路。

(4)右岸進水口位在　擊　側，應注意防洪牆等結構物之佈設。

2、工程佈置構想

(1)平面佈置

本方案整體平面佈置詳圖3.4-7。為利用右岸突出山頭上游高　地佈設進水口，堰軸將比「左岸側方取水」略微向上游移動50公尺，堰軸長度350公尺。

進水口設在右岸，下游並設置排砂道。排砂道設置5道，每道寬度10公尺，加上墩柱　度，排砂道段長度60公尺。排砂道　設置8公尺寬的瀑布式魚道（含兩側隔牆各1.0公尺），固定堰長度為282公尺。

(2)排砂道

計畫河段平均河床高程約136.6公尺，目前右岸深槽高程約134.0公尺，考量引水路需穿越排砂道，故規劃排砂道底檻高程為135.5公尺。閘門部分預定設置5道10公尺寬x5公尺高之直提

式閘門，閘門頂設置　牆，操作平台較設計洪水水位高1.5公尺以上。

(3)進水口

規劃進水口取水底檻高程137.5公尺，高於排砂道溢流堰頂2.0公尺，期能引取較　淨原水。規劃5道6.0公尺寬之溢流堰，如此可取得計畫所需水量。每道設置6公尺寬x4公尺高之直提式閘門。

為順利溪水穿越攔河堰，廊道寬度3.5公尺、高度3.0公尺，縱坡採1/400；當取水量達25秒立方公尺時，廊道內水深約2.1公尺，流速約3.4m/s，可帶走淤砂。

取水廊道左岸出口之渠底高程135.0公尺，可銜接左岸沉砂池上游輸水渠道（渠底高程約134.8公尺），可採重力輸水至人工湖區。

(4)自由溢流堰

自由溢流堰堰軸長度282公尺，採低階多段固床工型式，下游設置　　固床工。

(5)魚道

魚道採用瀑布式魚道，每道淨落差30公分，坡度約1/18。寬度8.0公尺，位在排砂道與自由溢流堰之間。

本方案整體設計構想詳圖3.4-7~3.4-8。

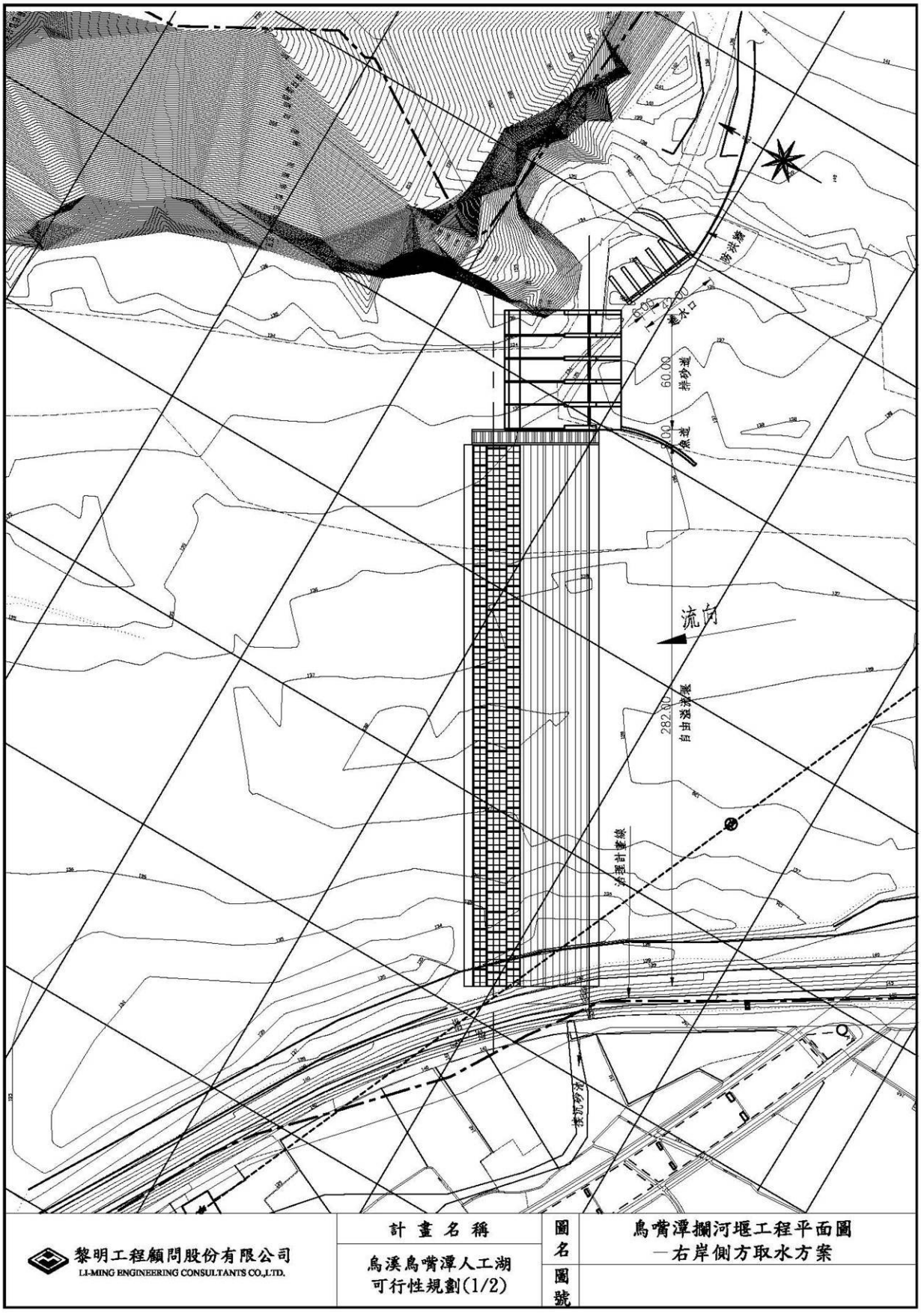


圖 3.4-7 方案 1-4—右岸側方取水方案平面佈置圖

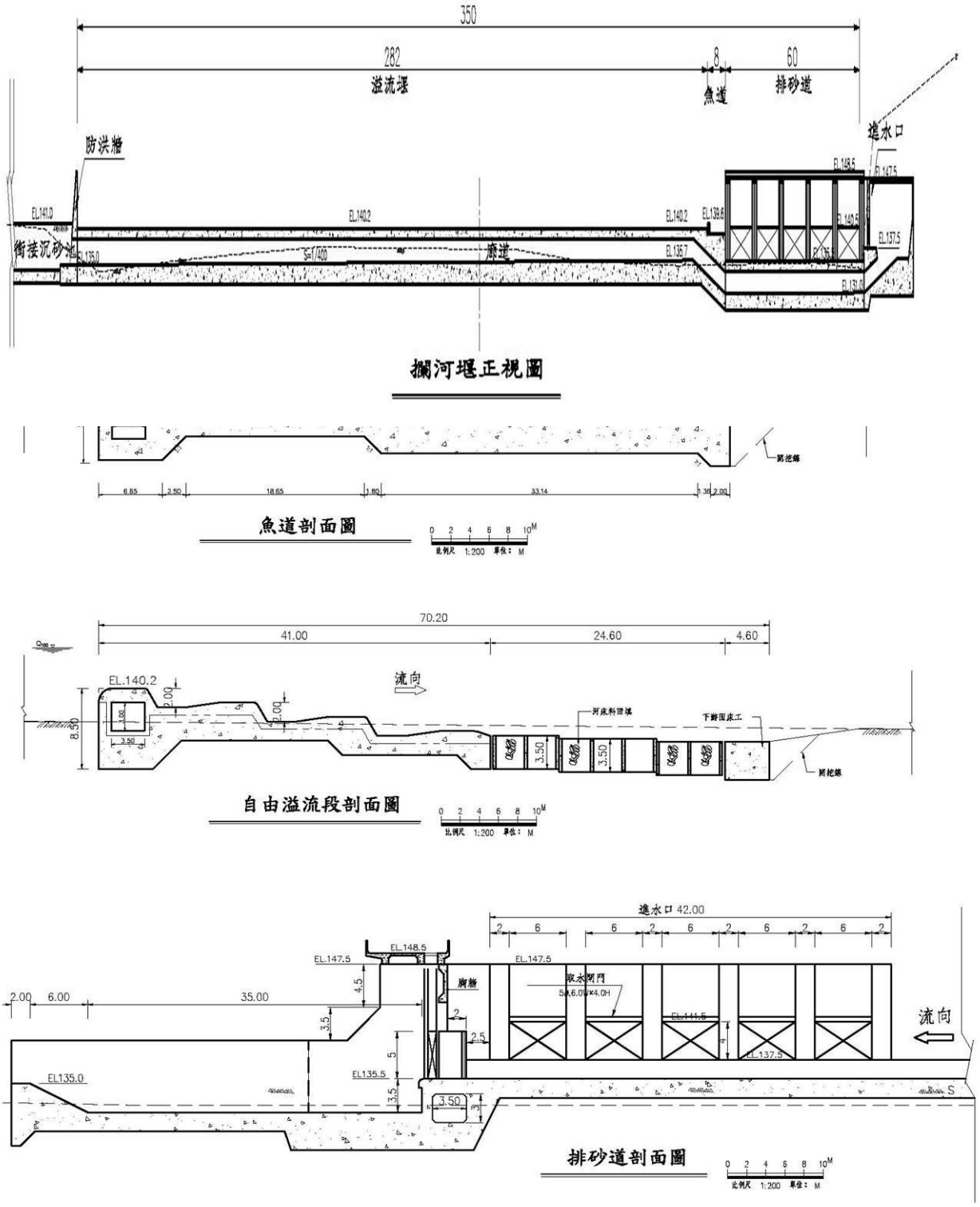


圖 3.4-8 方案 1-4－右岸側方取水方案各剖面圖

(五)方案3-1－上游側方取水方案

1、規劃理

據前　堰軸方案評估，堰軸一與堰軸三均可進一步檢討。本方案位在堰軸三，仍採側方取水，且比起堰軸一各方案，本河段更有充裕水頭佈設取水工。因人工湖位在左岸且本區段流心偏向左岸，故本方案進水口亦設在左岸，並考慮以下因素：

(1)攔河堰抬高水位時，需注意回淤坡度問題，應降低對上游炎峰橋通水斷面的影響。

(2)本區段水頭較為充裕，應可降低堰高，可減輕下游沖刷問題。

2、工程佈置構想

(1)平面佈置

本方案整體平面佈置詳圖3.4-9。　據98年測量結果佈置本堰，堰軸長度430公尺，攔河堰則儘量避開北投新圳上游　岸高速水流沖擊位置(往上游調整)。

進水口設在左岸，下游並設置排砂道，設置5道排砂閘門，每道寬度10公尺，加上墩柱　度，排砂道段長度60公尺，約佔堰長的1/7。排砂道　設置8公尺寬的瀑布式魚道(含兩側隔牆各1.0公尺)，固定堰長度為362公尺。

(2)排砂道

計畫河段平均河床高約147.1公尺，左岸深槽高程約144公尺、其下游河床約142.2公尺，故規劃排砂道底檻高程為142.5公尺。閘門部分預定設置5道10公尺寬x5公尺高之直提式閘門，閘門頂設置　牆，操作平台較設計洪水水位高1.5公尺以上。

(3)進水口

進水口取水底檻高程144.5公尺，高於排砂道底檻2.0公尺，期能引取較　淨原水。規劃5道6.0公尺寬之溢流堰，如此可取得計畫所需水量。每道設置6公尺寬x4公尺高之直提式閘門。

(4)自由溢流堰

自由溢流堰堰軸長度362公尺。因水頭較為充裕，所以堰頂

高程可儘量低矮化。堰頂高程146.0公尺，略低於現況右岸河床高。

攔河堰剖面採用低階多段固床工型式，分三階落差，每一階落深2.0公尺，再以1:7的逆坡抬高0.5公尺，每一階皆形成一小型消能池，淨高差減為1.5公尺。攔河堰下游設置　　固床工。

(5)魚道

魚道採用瀑布式魚道，每道淨落差30公分，坡度約1/18。寬度8.0公尺，位在排砂道與自由溢流堰之間。

本方案整體設計構想詳圖3.4-9~3.4-10。

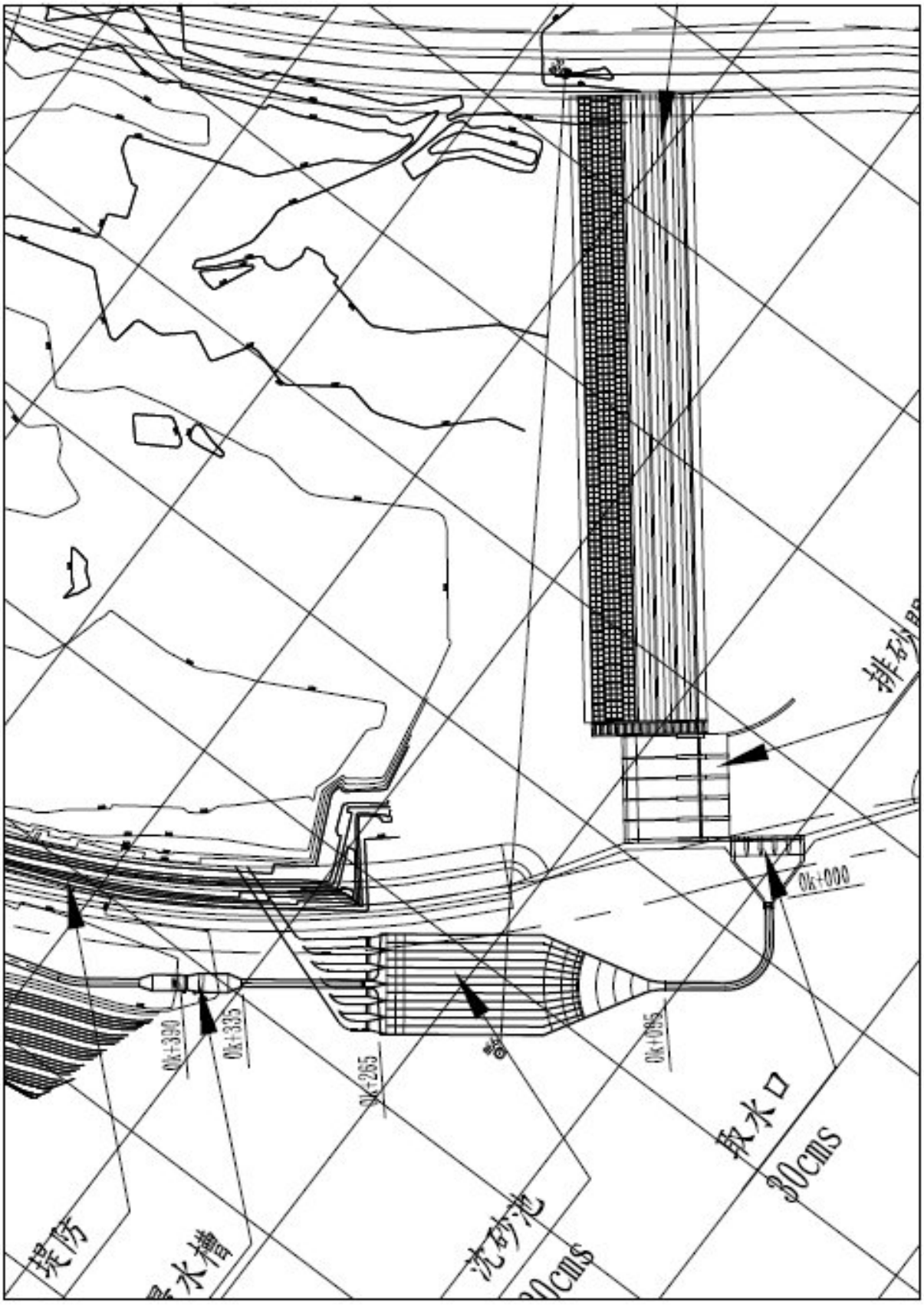


圖 3.4-9 方案 3-1－上游側方取水方案平面佈置圖

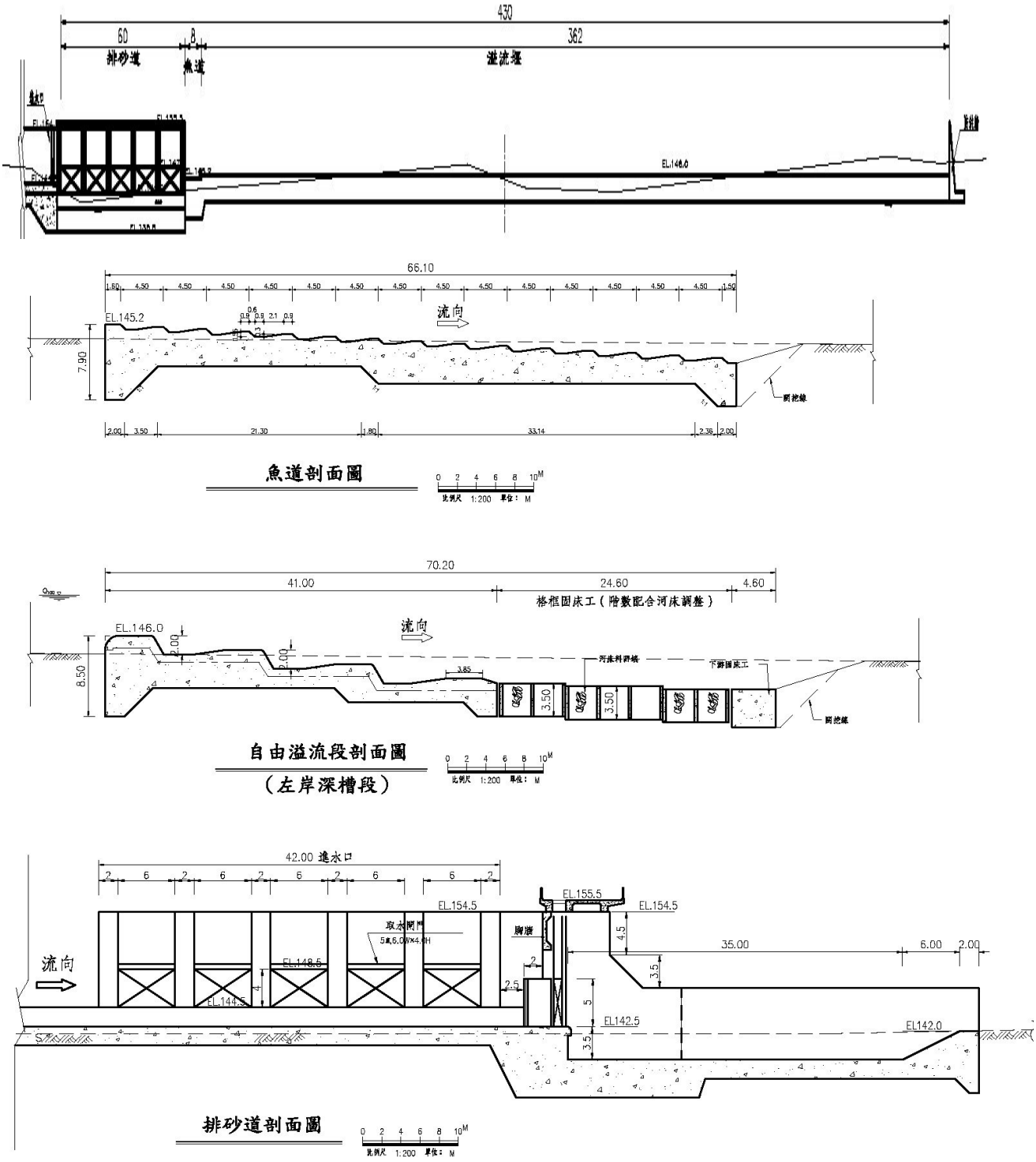


圖 3.4-10 方案 3-1－上游側方取水方案各剖面圖

(六)方案3-2－上游管柵取水方案

1、規劃理

為避免在河床中設置大型水工結構（排砂閘門），故規劃管柵取水。攔河堰堰型可搭配「瀑布階梯式固床工」，此　低矮堰可減緩下游沖刷，並降低上游推移質的阻　，有利下游砂源補充。

因管柵取水水頭損失較多，因此下游附屬構造必須相對挖深，若與方案3-1相比，兩者引水路起點高程相差約4.6公尺，供給北投新圳之匯出點也必須往下游調整。

2、工程佈置構想

(1)平面佈置

據98年測量結果佈置本堰，堰軸位置約在河道斷面66~67之間，堰軸長度430公尺。從右岸至左岸分別為：非取水段306公尺　管柵取水段116公尺　魚道8公尺　左岸匯流池(初步整流及提供水路轉向）及沉砂池等附屬構造，整體平面佈置詳圖3.4-11。

(2)管柵水理計算

水理計算參考方案1-2。

(3)取水段與非取水段

定堰頂高程應考慮以下因素：

(A)堰頂儘量接近河床面，如此對上、下游影響最少

(B)堰頂應有足　高程，以利沉砂池及輸水路縱斷需求

計畫河段平均河床高程為147.1公尺，以非取水段堰頂高程147.0公尺推估，溢流取水段堰頂高程146.0公尺，對應之輸水路集水廊道出口高程139.9公尺。剖面圖詳圖3.4-12。

各重要剖面詳圖3.4-12，分述如下：

(A)右岸非取水段採低階多段固床工，每階落差可在50公分以內，在中高流量時可形成全斷面瀑布式魚道。

(B)管柵取水段設在左岸，所需攔河堰寬度約116公尺。

(C)左岸設置瀑布式魚道，堰頂高程145.2公尺，可排放下游基流量。

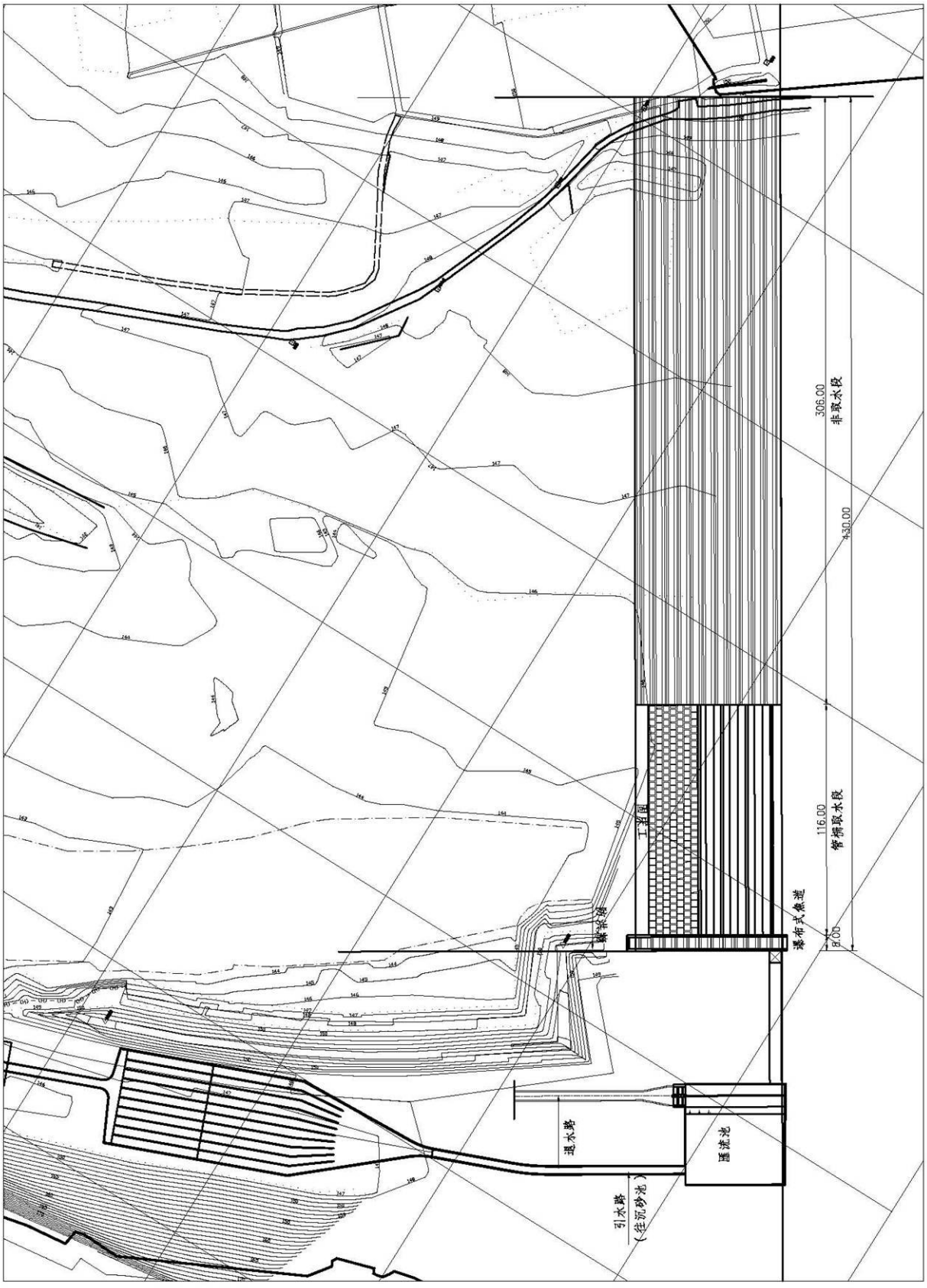


圖 3.4-11 方案 3-2－上游管柵取水方案平面佈置圖

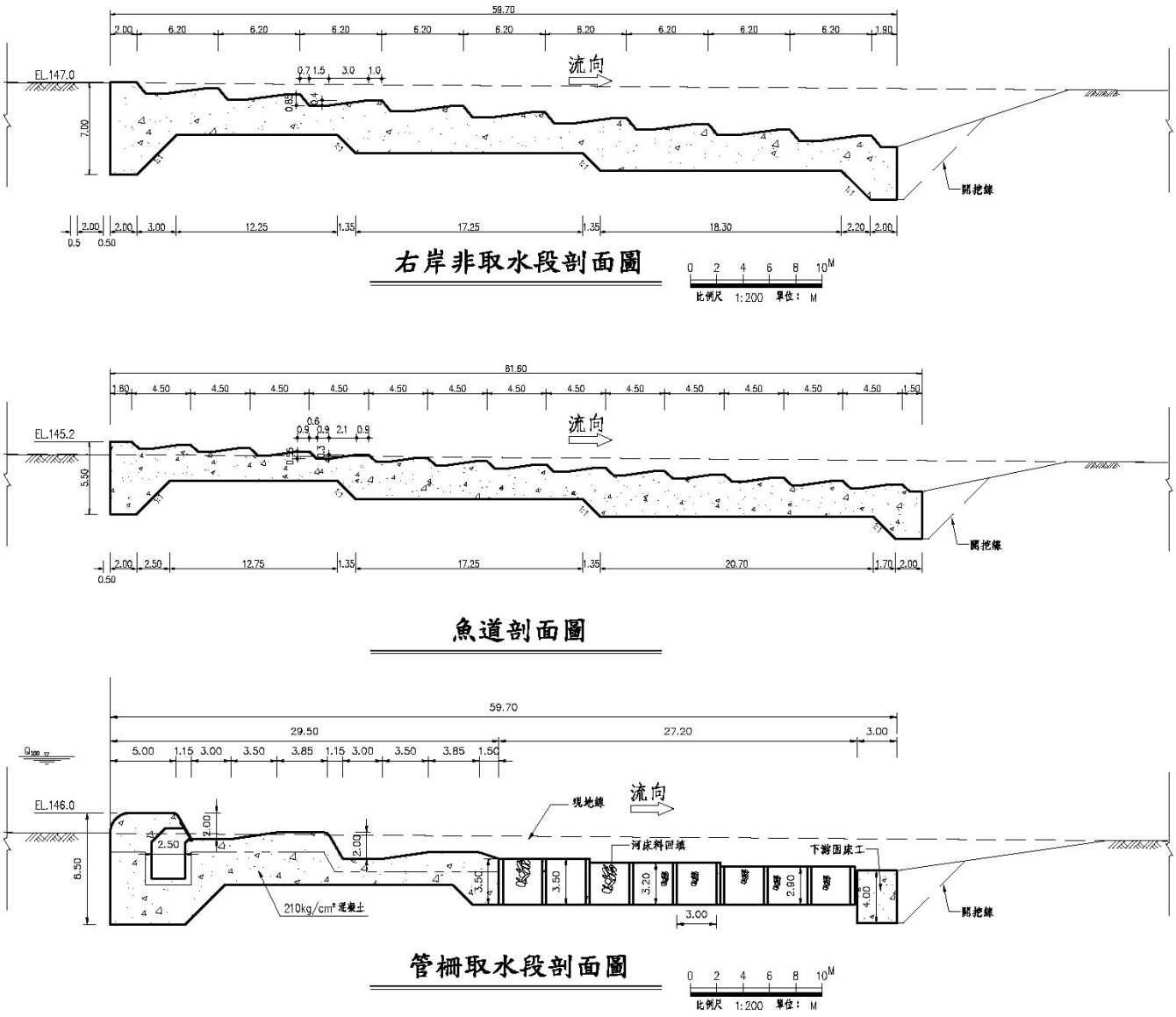


圖 3.4-12 方案 3-2－上游管柵取水方案各剖面圖

五、取水工方案評估

前一　各方案主要分成：堰軸一有4個方案、堰軸三有2個方案。各方案的優缺點比較，分述如下：

1、方案1-1－左岸側方取水方案

一　大型攔河堰仍以側方取水最為常見，本方案優點如下：

(1)距離人工湖區最近，可　省工程經費。

(2)位在國道6號及北投新圳下游，對上述兩結構影響最少。

(3)藉由排砂閘門及進水口閘門操作，可穩定取水，並可重力送水至各計畫湖區。

(4)右岸固定堰採不同高程設計，一　中低流量時可藉以維持右岸高　，使流路偏向左岸，以利取水。

本方案缺點如下：

(1)本河段有流心偏向右岸的趨勢，左岸取水仍有疑慮。日後營運階段需投入經費維持流心偏左以利取水（如丁壩工改善）。

(2)右岸目前未設堤防。故右岸防洪構造需往上游延伸約1,100公尺銜接既設堤防。

(3)攔河堰高出河床2.5公尺以上（特別是右岸），需克服下游沖刷問題。

(4)河道當中設排砂閘門，洪水時閘門墩座等結構易受土石衝擊。

2、方案1-2－管柵取水方案

有　於本河段有流心偏向右岸的趨勢，故提出本方案。優點為：

(1)水流經過管柵取水段即可取水，可配合流心佈置取水段。

(2)堰體採低矮堰，對河床沖淤影響可降至最低。

(3)河道中不需設置閘門，有助於水工結構安全。

(4)閘門數量較少，減輕管理人員負擔。

本方案缺點如下：

(1)水頭損失大，僅能提供部分B湖區及C湖區以下湖區用水。

(2)集水廊道出口高程僅約129.2公尺，左岸高　地高程約139.0~141.0公尺，故沉砂池等附屬結構需大開挖。

(3)排砂水路出口至少需低於119.0公尺，檢討現地地形發現適當出口距離堰址約2.4公里，增加工程經費及用地　　範圍。若無法重力排砂而採機　清淤，亦增加營運成本。

3、方案1-3－複合取水方案

有　於側方取水方案存在「流心是　可控制在左岸」的疑慮、管柵取水則因為水頭問題無法供給所有湖區，因此提出「複合取水」方案，期能結合兩種取水方式的優點。本方案優點為：

(1)不管流心偏向，均可順利取水：流心可控制在左岸時，採側方取水；流路偏向右岸時，可採管柵取水。

(2)兩種取水方式均可互為備援，增加取水可靠度。

本方案缺點如下：

(1)因引水路高程差異，需設置兩　沉砂池，增加工程經費。且開挖時需注意國道六號的保護，增加施工難度。

(2)攔河堰抬高水位取水，　據水面線演算結果，兩岸堤防必須加高2公尺以上。

(3)攔河堰高出河床3.0公尺以上，需克服下游沖刷問題。

(4)河道當中設排砂閘門，洪水時閘門墩座等結構易受土石衝擊。

(5)管柵取水專用的排砂水路出口至少需低於120.0公尺，檢討現地地形發現適當出口距離堰址約2.0公里。

(6)本方案管柵取水段雖已提高堰頂，除非整體堰頂再加高，不然仍無法以重力輸水至A湖區。

4、方案1-4-右岸側方取水方案

本方案優點如下：

(1)位在國道6號及北投新圳下游，對上述兩結構影響最少。

(2)進水口設在右岸，符合本區段流心偏向，有利穩定取水。

(3)藉由排砂閘門及進水口閘門操作，可穩定取水，並可重力送水至各計畫湖區。

本方案缺點如下：

(1)攔河堰體內廊道可能淤積，設計時需考量日後如何清淤，且日後營運階段需投入經費定期清除堰體廊道淤積。

(2)攔河堰高出河床2.5公尺以上，需克服下游沖刷問題。

(3)右岸需設置整流池，提供初步沉砂及水流轉向。其沉積物需定期清淤或設置排砂隧道至攔河堰下游。

(4)河道當中設排砂閘門，洪水時閘門墩座等結構易受土石衝擊。

5、方案3-1－上游側方取水方案

本方案優點如下：

(1)進水口設在左岸，符合本區段流心偏向，有利穩定取水。

(2)具充足水頭，可擴大人工湖規模；且攔河堰高程不必太高即可符合重力輸水需求，可降低下游沖刷。

(3)左岸堤內空地可佈置沉砂池等附屬構造，引水路經由輸水隧道後即可直接供給人工湖及北投新圳用水。

本方案缺點如下：

(1)攔河堰及輸水隧道尚無相關地質鑽探資料，工程佈置仍存在若不確定因素。

(2)與北投新圳共同取水，除設計時需列入分水機制外，日後營運階段亦需成立專屬組　處理配分水　宜。

(3)河道當中設排砂閘門，洪水時閘門墩座等結構易受土石衝擊。

6、方案3-2－上游管柵取水方案

有　於堰軸三水頭較為充裕，故提出本方案。優點為：

(1)水流經過管柵取水段即可取水，可配合流心佈置取水段。

(2)本區段流心偏向左岸，所以取水段接近左岸，集水廊道出口高

程與堰頂高差可縮小。右岸非取水段攔河堰混凝土用量亦可減少。

(3)堰體採低矮堰，對河床沖淤影響可降至最低。

(4)河道中不需設置閘門，有助於水工結構安全。

(5)閘門數量較少，減輕管理人員負擔。

本方案缺點如下：

(1)後方取水水頭損失較大，與方案3-1相比，其引水路起點高程相差約4.6公尺，除供給北投新圳之匯出點須往下游調整外，人工湖擴大的規模不如方案3-1。

(2)集水廊道出口高程僅約139.9公尺，左岸空地高程約146.0公尺，故沉砂池等附屬結構開挖量較大，輸水隧道　口高程亦需降低，增加施工難度。

(3)本方案仍須與北投新圳共同取水，除設計時需列入分水機制外，日後營運階段亦需成立專屬組　處理配分水　宜。

綜合以上可知，堰軸一的四個方案中，主要優點為：

1、距離人工湖區最近，可　省工程經費

2、位在國道6號及北投新圳下游，對上述兩結構影響最少

其中「方案1-2－管柵取水方案」之水頭損失最大，且重力輸水最多僅能至部分人工湖B區，建議不予考慮。「方案1-3－複合取水方案」之堰頂高程最高，對下游沖刷問題相對較大，且需兩　沉砂設備，開挖較深，施工困難度較高，亦建議暫不考慮。故方案1-1及方案1-4為堰軸一四個方案中的較佳方案。

「方案1-1－左岸側方取水方案」主要的缺點仍為流心偏向右岸的問題。即使右岸堰頂提高、加大排砂道寬度、右岸施設丁壩導流等導流措施，惟側方取水仍以配合流心設置為宜，方可減少日後維持流路所需　費。

以側方取水可靠度的觀點而言，「方案1-4－右岸取水方案」優於方案1-1。惟方案1-4需要以　　吸方式穿越堰體，水頭高程

初步檢討雖尚且足　引至人工湖，但右岸支流匯入問題、右岸整流池排砂問題、堰體輸水廊道清淤及磨損等維護問題，　是方案1-4需克服的　題。

堰軸三的二個方案中，主要優點為：

1、水頭較為充裕，除可降低堰頂高程減少下游沖刷問題外，亦可擴大人工湖規模。

2、距離隘寮斷層較遠，長遠而言，下游仍有足　緩衝區段處理未來河床可能下切的問題。

其中「方案3-2－上游管柵取水方案」因左岸附屬構造開挖較大，輸水隧道　口高程亦需降低，增加施工難度。且其引水路供給北投新圳之匯出點須往下游調整，增加工程佈置困　，建議暫不考慮。

據目前檢討結果，「方案3-1－上游側方取水方案」是優選方案。但堰軸三的取水方案，其攔河堰及輸水隧道尚無相關地質鑽探資料，工程佈置仍存在若　不確定因素，建議應辦理相關補充調查，以利進一步評估工程可行性。

綜合以上各方案優缺點，綜合整理如表3.5-1。整體而言，「方案3-1」是目前較為可行的方案，本計畫後續總工程佈置、水理分析、經費估算將以方案3-1為規劃方案。

表 3.5-1 各方案優缺點比較表

方案	堰軸一		堰軸三	
	方案 1-1 左岸側方取水	方案 1-4 右岸側方取水	方案 3-1 上游側方取水	方案 3-2 上游管柵取水
方案說明	堰軸總長 360m 排砂道長 60m、底檻高 EL.135.5m 自由溢流堰堰頂高程分為兩區段： EL.139m：200m、 EL.140m：長 92m	堰軸總長 350m 排砂道長 60m、底檻高 EL.135.5m 自由溢流堰堰頂高程：EL.140.2m，長 282m	堰軸總長 430m 排砂道長 60m、底檻高 EL.142.5m 自由溢流堰堰頂高程：EL.147m，長 362m	堰軸總長 430m 右岸非取水段長 306m、堰頂高 EL.147.0m 取水段長 116m、堰頂高程 EL.146.0m
優點	1.距離人工湖區最近，可省工程費 2.位在國道 6 號及北投新圳下游，對上述兩結構影響最少 3.藉由閘門操作，可穩定取水，並可重力送水	1.距離人工湖區最近，可省工程費 2.位在國道 6 號及北投新圳下游，對上述兩結構影響最少 3.進水口設在右岸，可穩定取水	1.進水口在左岸，符合流心偏向，有利穩定取水。 2.具充足水頭，可擴大人工湖規模 3.採低矮堰即可符合輸水需求，降低下游沖刷 4.左岸堤內空地可佈置附屬構造	1.堰體採低矮堰，對河床沖淤影響可降至最低 2.河道中不需設置閘門 3.閘門數量較少
缺點	1.本河段流心漸偏右，左岸取水仍有疑慮。 2.右岸防洪構造需往上游延伸約 1,100 公尺銜接既設堤防 3.河道中設閘門，洪水時閘門墩座等結構易受土石衝擊	1.攔河堰體內廊道可能淤積，設計時需考量日後如何清淤。 2.攔河堰高出河床 2.5m 以上，需克服下游沖刷問題 3.河道當中設排砂閘門，洪水時閘門墩座等結構易受土石衝擊	1.缺乏地質鑽探資料，需補充調查 2.與北投新圳共同取水，增加營運界面 3.河道當中設排砂閘門，洪水時閘門墩座等結構易受土石衝擊	1.沉砂池等附屬結構需大開挖 2.引水路高程低，與北投新圳銜接較難 3.與北投新圳共同取水，增加營運界面
檢討評估	流心偏右而採左岸取水，確實存在取水風險	右岸取水可行，但右岸支流匯入、原水需跨河至左岸，增加營運風險	有充足水頭，可擴大人工湖規模 且左岸取水，符合流心偏向	水頭損失大，不易供水至北投新圳 且引水路開挖較大
建議	暫不考慮	堰軸一之優選方案 替代方案	優選方案	暫不考慮

六、取水工程初步規劃

鳥嘴潭取水工工程內容包含攔河堰（側方取水）、進水口、沉砂池（含排砂　渠）、巴歇爾量水槽、輸水隧道　等。人工湖所需之設計取水量為20秒立方公尺，北投新圳取水量以5秒立方公尺規劃，另加上排砂操作所需5秒立方公尺水量，故進水口及沉砂池設計流量採30秒立方公尺。結構物整體工程平面佈置如圖3-6-1。各部分工程內容說明如下：

[攔河堰部分]：

(一)攔河堰

1、設計洪水量（Q_{200}）：14,780秒立方公尺

2、設計洪水位標高：150.78公尺

3、固定堰堰頂標高：146.0公尺

4、攔河堰堰軸總長：430.0公尺

(1)固定堰堰軸長度：362.0公尺

(2)排砂道：10公尺寬x5公尺高之直提式閘門x5道（含墩柱共60公尺）

(3)魚道：8公尺

(二)進水口

1、設計取水量：30秒立方公尺

2、進水口底檻標高：144.5公尺

3、設計取水位標高：145.3公尺

4、進水口閘門：5道6公尺寬x4公尺高之直提式閘門

[左岸附屬設施部分]：

引水工程由進水口末端開始起算，引水後將供給人工湖區及北投新圳水源。人工湖引水渠道自攔河堰進水口經明渠段、沉砂池、巴歇爾量水槽、引水隧道，再經輸水路至北投新圳分水工，水流經分水工後則銜接輸水路進人工湖，整體引水工程布置如圖3.6-1。

(一)沉砂池與量水工

由取水口至量水工間為沉砂及量水處理，　經輸水路（進水口末端至沉砂池入口）、沉砂池、輸水路（沉砂池出口至量水槽入口）及巴歇爾量水槽，各計畫水量為輸水路（進水口末端至沉砂池入口）30秒立方公尺，沉砂池30秒立方公尺，排砂　渠5秒立方公尺，量水槽25秒立方公尺，引水工程自進水口經分水閘門穿過堰體，轉至沉砂池及巴歇爾量水槽，茲分段簡述如下：

1、輸水路（進水口末端至沉砂池入口）

引水工程由鳥嘴潭攔河堰進水口起算，進水口高程為141.7公尺，為保留可用水頭，故輸水路坡降在不淤積範圍內放緩，採1/600，輸水路渠道寬3.6公尺，總輸水路長度約100公尺，渠道斷面示意如圖3.6-2。本段設計流量每秒30立方公尺，依　　公式分析，流速約2.91m/s，小於混凝土安全流速每秒4.57公尺，水深約2.86公尺。工程數據如下：

渠道寬度：3.6公尺。

渠道坡度：1/600。

預估長度：100公尺。

2、沉砂池

為提高取水機能、沉澱流入之土砂，於進水口下游設置沉砂池。沉砂池處理之砂，一　以流砂之方式流入，沉澱之粒徑在農田用水以0.3公釐程度為基準，而公用給水則以0.1~0.2公釐為沉砂粒徑之目標。

流入沉砂池漸擴段之水流須均　，當渠道寬急擴時，將引起流線之　離，而減少沉砂池之沉砂效果。因此設計渠道漸擴，且擴大角度（側壁之交角）變小以利整流，當擴大角度超過10^{o}以上即開始引起流線之　離，於漸擴段須做適當的整流方式，故設逆坡段使取水位能保持一致，沉砂池平面如圖3.6-3所示。

3、沉砂溝

水流經沉砂池逆坡段後進入沉砂溝，沉砂溝設計長度可以下式計算：

$L=k(H/V_g)\mu$

式中L：沉砂溝所需長度(公尺)

k：安全係數1.5~2.0

H：沉砂溝之平均水深(公尺)

：沉砂溝內平均流速(公尺)

V_g：最小沉積粒徑之臨界沉降速度(m/s)

設計流量30秒立方公尺，設置沉砂溝12道，最小沉砂粒徑以0.2公釐為目標，考慮平均水深為3公尺、寬度4.5公尺，一　流速以0.15~0.3 m/s時，可沉積最小粒徑之砂土，且沉積後不被　流，本沉砂溝計算求得流速為每秒0.22公尺，符合流速範圍。由表3.6-1知臨界沉降速度為每秒0.015公尺，依公式計算求得沉砂池所需長度為74公尺。沉砂溝底坡度依地形而異，依地形以1/20~1/70為多，渠底坡度設計為1/70。

表 3.6-1 濁水中之容許限界沉降速度表

濁水比重	粒徑(mm)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
1.1	V_g (m/s)	0.003	0.01	0.025	0.049	0.085	0.14	0.194
1.064	V_g (m/s)	0.005	0.015	0.032	0.057	0.1	0.192	0.217

資料來源：灌溉排水工程　合　本(上)，本計畫整理

4、排砂　渠

沉砂池排砂道由沉砂溝開始，兩道沉砂溝配置一道引水門，共五道閘門銜接排砂　渠，經排砂閘門後直接排至烏溪。沉砂池內淤砂以重力排砂，池內淤積之土砂擬予　流，須具充分流速俾流排砂，所需流速依砂礫大小、形狀而定，可用下式估算：

$Vc=1.5Cd^{0.5}$

式中Vc：排砂所需流速(公尺/秒)

C：依砂礫形狀之係數

3.2~3.9(當砂礫　形時為小值，角形為大值)

4.5~5.5(當砂礫具有良好　配固結者為此範圍值)

d：最大粒徑(公尺)

本沉砂池處理對象取角形細砂，沉砂粒徑以0.2公釐為目標，則所需流速為每秒0.08公尺。

5、輸水路（沉砂池出口至量水槽入口）

水流出沉砂池後則銜接輸水路，渠底高程約139.98公尺，坡度採1/600，輸水路渠道寬4.0公尺，總輸水路長度約70公尺，渠道斷面示意如圖3.6-2所示。依設計流量估算，以　　公式分析，流速約每秒2.93公尺，水深約為2.553公尺。工程數據如下：

渠道寬度：4.0公尺。

渠道坡度：1/600。

預估長度：70公尺。

6、巴歇爾量水槽

出沉砂池段輸水路則銜接量水槽，本計畫選用巴歇爾量水槽量測流量，是以固有之狹縮斷面束水而測量水流之水槽，強制水流經過經過臨界水深而促成流量與水頭有固定關係者。此槽由寬　而平且漸漸　縮之　縮段，經狹　而　降之　段，入漸寬而上之擴大段而成。

計畫取水量為每秒30立方公尺，由表3.6-2得知須選用大型巴歇爾量水槽，故水槽設計尺度為　道寬7.62公尺之巴歇爾量水槽，水槽入口寬為10.668公尺，　道段長1.8公尺，水槽出口寬為8.941公尺，如圖3.6-3所示。

表 3.6-2 大型巴歇爾量水槽流量及尺度表

自由流容量 (cms)		道寬	縮段入口	大段出口	縱向長度(m)		
最大	最小	W(m)	D(m)	C(m)	縮段 B	道 T	擴大段 G
16.98	0.262	4.72	7.620	5.588	7.6	1.2	3.0
28.30	0.283	6.10	9.144	7.315	7.6	1.8	3.6
33.96	0.425	7.62	10.668	8.941	7.6	1.8	4.0
42.45	0.452	9.15	12.313	10.566	8.0	1.8	4.2
56.60	0.566	12.20	15.481	13.818	8.2	1.8	4.8

資料來源：灌溉排水工程　合　本(中)

圖 3.6-1 引水工程平面佈置圖

圖 3.6-2 引水路縱段水理及輸水路各剖面示意圖

圖 3.6-3 沉砂池佈置圖

(二)引水隧道

1、引水隧道斷面

基於隧道施工之安全考量，宜及　完成二次　　，考量二次　度與活動模型將減少施工作業空間，故全線規劃以內徑4公尺之2r-2r-2r正馬蹄形斷面，此斷面適合一　單線　道式出　。隧道標準斷面如圖3.6-2所示。

2、隧道水理

本隧道設計採用2r-2r-2r標準馬蹄形斷面，　　後內徑(2r)為4公尺，隧道總長度約320公尺，其斷面水深及流速依Manning's公式計算之，說明如下：

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

已知　徑r、粗糙係數n、渠道坡度S、流量Q(秒立方公尺)、斷面積$A = \alpha r^2$及水力　徑$R = \beta r$代入下式：

$$Q = A \cdot V = \alpha r^2 \frac{1}{n} (\beta r)^{2/3} S^{1/2}$$　，得$\alpha\beta^{2/3} = (Qn) \Big/ \left(S^{1/2} r^{8/3} \right)$

依據已知條件、隧道設計斷面及標準馬蹄形隧道水理表(「灌溉排水工程設計」)得知以下條件：

流量Q=每秒25立方公尺

粗糙係數n　0.015

渠道坡度S　1/1000

　徑r　2公尺

$\alpha\beta^{2/3}$=1.868

水力　徑R=1.209公尺

故可依Manning's公式計算求得隧道流速V=每秒2.39公尺、水深為2.898公尺、水深比為0.7245。

3、銜接北投新圳聯絡渠道

引流經隧道出口後，分流每秒5立方公尺之水量流入北投新圳聯絡渠道，此渠道渠底坡度採1/1,000，渠道寬3.0公尺，總輸水

路長度約38.0公尺即　原北投新圳分水工。工程數據如下：

渠道寬度：3.0公尺。

渠道坡度：1/1000。

預估長度：38.0公尺。

4、輸水路（隧道出口至分水　）

輸水路由隧道出口至人工湖，輸水流入湖區；輸水路渠道坡度為1/1,000，渠道寬4公尺，渠道高3公尺，輸水路長度約250公尺後銜接分水　，送水進入人工湖，渠道標準斷面如圖3.6-2所示。工程數據如下：

渠道寬度：4.0公尺。

渠道坡度：1/1000。

預估長度：250公尺。

本引水工程由攔河堰進水口至人工湖分水　整體縱剖面，如圖3.6-2所示。

七、計畫區段河道治理規劃

（一）河道水理分析

1、分析模式

本計畫河段位於斷面55.1~斷面70，如圖3.7-1，河道水理分析以　國陸　工　(U.S. Army Crops of Engineers)所發展之HEC-RAS河道水理演算模式(Hydrologic Engineering Center River Analysis System)分析，可執行一維定量流及變量流之演算，適用於斷面變化複　之自然或人工渠道。

本計畫分析洪水量係以200年重現期距洪水(Q200=每秒14,780立方公尺)及100年重現期距洪水(Q100=每秒13,450立方公尺)分別檢討。依堰軸三設置攔河堰後，斷面63~70分析洪水量係以Q200為主，比較演算洪水位與堤頂高之差異，若河段演算洪水位高於堤頂高或不足出水高1.5公尺，則建議加高堤頂或未來須進行疏　，以維護河岸與跨河構造物安全。

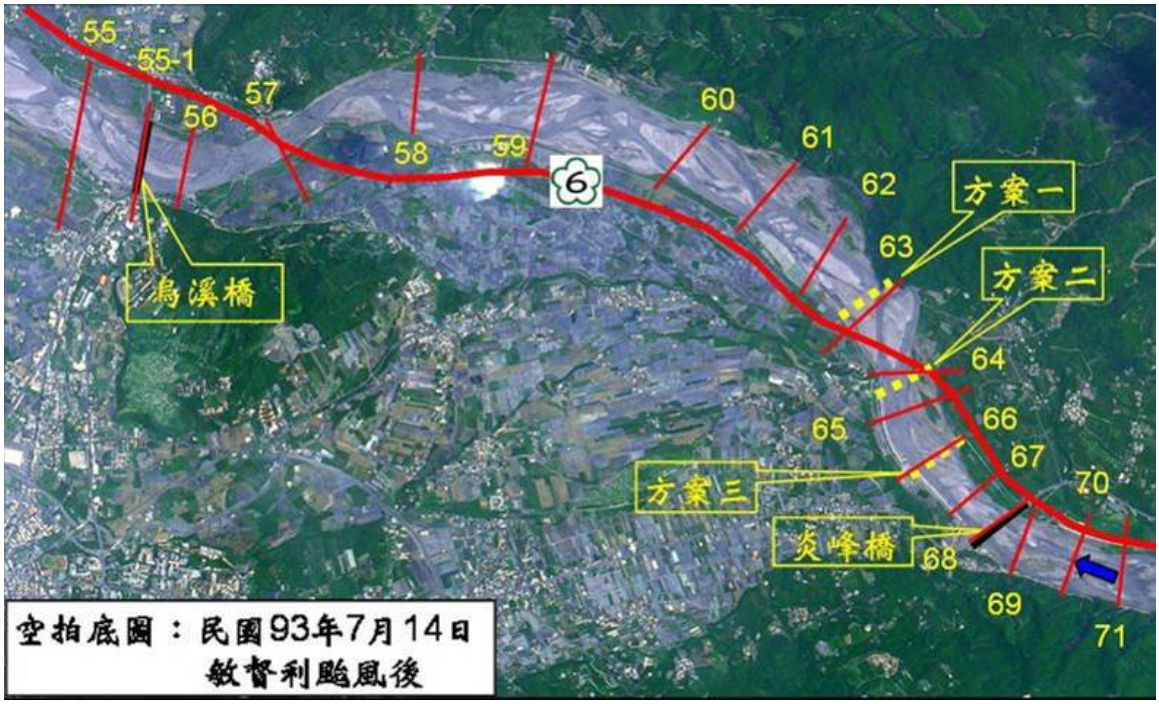


圖 3.7-1 烏溪大斷面位置圖

2、河道　　粗糙係數

參照「烏溪本流河床穩定與治理對策之研究」95年12月，本河段河床質分佈情況，大致可以烏溪斷面13為明顯之分界，其下游至出　口屬砂質河床，上游至烏溪橋為砂礫質河床，其粒徑如表3.7-1所示，透過粒徑組成之相關資料，進行河道n值之推求，粗糙係數如表3.7-2所示，採用0.041作為本計畫分析斷面之粗糙係數。

表 3.7-1 粒徑分析比較表

斷 面	平均粒徑 (mm)	最大粒徑 (mm)	泥 含量 (%)
0	0.16	2.0	100
1	0.25	2.0	100
5	0.50	9.0	99
10	0.45	9.0	99
15	58.70	215.0	20
20	60.40	250.0	21
25	73.00	250.0	17
30	50.25	160.0	25
35	65.20	250.0	20
40	60.60	240.0	19
45	108.40	360.0	14
50	139.70	445.0	15
55	144.90	490.0	16
63	111.50	420.0	17.9
70	107.20	358.0	18
77	131.90	430.0	14
84	104.30	430.0	23
90	124.20	458.0	19
93	91.90	340.0	16.2
98	77.20	340.0	19.1
103	115.10	360.0	15.5

資料來源：烏溪本流河床穩定與治理對策之研究，95 年 12 月

表 3.7-2 烏溪本流各河段粗糙係數採用值

溪 別	河 段	採用粗糙係數
烏溪本流	烏溪斷面 00~04	0.024
	烏溪斷面 05~13	0.027
	烏溪斷面 14~34	0.037
	烏溪斷面 35~43	0.040
	烏溪斷面 44~129	0.041

資料來源：烏溪本流河床穩定與治理對策之研究，95 年 12 月

(三)河道斷面資料

本計畫分析斷面55.1~70，因本計畫僅在堰軸附近測量，斷面63~65以本計畫測量結果 正後使用，其餘斷面資料則採用第三河川局「烏溪水系（本流及支流 溪）河道沖淤調查」96年6月之河道斷面資料。

(四)水理分析結果

應用HEC-RAS分析烏溪天然河道之水理狀況（建堰前），整理如表3.7-3，並將水面高程、炎峰橋底高程與公告計畫洪水位比較，其公告計畫洪水位即「烏溪本流及支流　溪治理規劃報告」77年9月公告資料，整理如表3.7-4所示。

經檢討，Q_{100}水面高程較原公告計畫洪水位平均高約2.94公尺，Q_{200}水面高程較原公告計畫洪水位平均高約3.28公尺，於炎峰橋處Q_{100}及Q_{200}水面高程分別高出橋底0.49公尺及1.1公尺。

由於本河段治理規劃報告係民國77年公告，與現況河道差異大。上述水理分析係採用本計畫推估洪水量，配合96年大斷面測量成果計算求得，據　近期第三河川局亦辦理本河段大斷面測量，本成果可提供作為後續分析比較。有關建堰後之水面線分析，詳下一　之討論。

表 3.7-3 烏溪水理分析成果表(1/2)

斷面	Q_{100} (cms)	河道最低高程 (EL.m)	水面高程 (EL.m)	能量坡降 (m/m)	流速 (m/s)	通水面積 (m^2)	水面寬 (m)	數	備
55.1	13,450	86.34	94.17	0.010745	6.30	2133.32	539.67	1.00	
56	13,450	91.12	98.65	0.010053	6.44	2108.26	508.12	0.98	
56.4(下)	13,450	98.90	102.81	0.010736	6.15	2196.53	578.33	1.00	阿罩霧一圳攔水堰
56.6(上)	13,450	98.90	105.02	0.009216	7.35	1850.85	342.65	0.98	
57	13,450	93.34	108.00	0.001505	4.24	3242.68	355.53	0.43	
58	13,450	103.75	112.25	0.010140	6.52	2065.82	482.62	0.99	
59	13,450	109.82	119.94	0.005436	5.04	2675.08	570.90	0.74	
60	13,450	120.40	128.08	0.010370	6.46	2083.06	496.49	1.00	
61	13,450	125.92	133.75	0.005842	4.85	2780.55	660.89	0.75	
62	13,450	130.60	136.19	0.004931	4.34	3099.97	765.46	0.69	
63	13,450	133.40	141.31	0.009787	6.95	1939.95	398.85	1.00	
64	13,450	138.05	146.71	0.007399	6.34	2241.98	582.39	0.88	
65	13,450	140.00	149.09	0.003874	4.54	3148.87	737.81	0.64	
66	13,450	142.78	152.27	0.007261	6.11	2219.65	453.53	0.86	
67	13,450	144.74	154.99	0.006092	5.99	2253.66	403.34	0.80	
67.9(下)	13,450	148.23	156.84	0.009465	6.78	2012.89	438.24	0.98	炎峰橋
68.1(上)	13,450	148.63	158.70	0.003501	4.96	2761.61	450.40	0.62	
69	13,450	149.91	159.51	0.004360	5.01	2685.19	485.85	0.68	
70	13,450	152.56	161.41	0.005584	5.13	2620.08	546.38	0.75	

：炎峰橋梁底 EL158.21m，阿罩霧一圳固床工頂 EL98.9m

表 3.7-3 烏溪水理分析成果表(2/2)

斷 面	Q_{200} (cms)	河道最低高程 (EL.m)	水面高程 (EL.m)	能量坡降 (m/m)	流速 (m/s)	通水面積 (m^2)	水面寬 (m)	數	備
55.1	14,780	86.34	94.46	0.010366	6.44	2294.09	546.38	1.00	
56	14,780	91.12	98.92	0.009977	6.66	2245.51	510.21	0.98	
56.4(下)	14,780	98.90	103.07	0.010476	6.34	2342.67	578.33	1.00	阿罩霧一圳攔水堰
56.6(上)	14,780	98.90	105.36	0.009170	7.61	1966.60	343.81	0.99	
57	14,780	93.34	108.47	0.001546	4.43	3418.26	371.72	0.44	
58	14,780	103.75	112.53	0.009971	6.73	2203.35	484.29	1.00	
59	14,780	109.82	120.22	0.005435	5.23	2835.07	572.47	0.75	
60	14,780	120.40	128.36	0.010128	6.65	2223.74	497.98	1.00	
61	14,780	125.92	134.01	0.005795	5.02	2952.30	661.80	0.76	
62	14,780	130.60	136.46	0.004880	4.47	3308.66	775.54	0.69	
63	14,780	133.40	141.63	0.009581	7.17	2068.13	401.23	1.00	
64	14,780	138.05	147.01	0.007277	6.53	2418.14	595.00	0.88	
65	14,780	140.00	149.41	0.003729	4.64	3391.40	737.81	0.63	
66	14,780	142.78	152.54	0.007395	6.38	2340.70	454.09	0.88	
67	14,780	144.74	155.31	0.006143	6.23	2381.98	403.69	0.81	
67.9(下)	14,780	148.23	157.15	0.009328	7.00	2147.83	440.70	0.98	炎峰橋
68.1(上)	14,780	148.63	159.31	0.003139	4.95	3039.61	455.30	0.60	
69	14,780	149.91	160.03	0.003934	5.03	2937.27	492.69	0.65	
70	14,780	152.56	161.75	0.005391	5.26	2808.24	548.94	0.74	

：炎峰橋梁底 EL158.21m，阿罩霧一圳固床工頂 EL98.9m

表 3.7-4 烏溪計畫洪水位檢討表

斷 面	水面高程 (EL.m)		計畫洪水位 (EL.m)	計畫河床高 (EL.m)	備
	Q_{100}	Q_{200}			
55.1	94.17	94.46	96.47	91.14	
56	98.65	98.92	98.19	92.82	
56.4(下)	102.81	103.07			阿罩霧一圳攔水堰
56.6(上)	105.02	105.36			
57	108.00	108.47	103.04	98.52	
58	112.25	112.53	110.14	105.42	
59	119.94	120.22	117.06	112.21	
60	128.08	128.36	125.49	120.27	
61	133.75	134.01	130.70	125.20	
62	136.19	136.46	135.44	129.48	
63	141.31	141.63	139.27	133.07	
64	146.71	147.01	143.46	137.06	
65	149.09	149.41	145.91	139.25	
66	152.27	152.54	147.73	142.33	
67	154.99	155.31	151.49	145.65	
67.9(下)	156.84	157.15	154.07	147.83	炎峰橋
68.1(上)	158.70	159.31	154.43	147.83	
69	159.51	160.03	155.98	149.64	
70	161.41	161.75	158.26	152.36	

：炎峰橋底高程為 158.21m，阿罩霧一圳固床工頂 EL98.9m

資料來源：「烏溪本流及支流　溪治理規劃報告」77 年 9 月

八、建堰後堤防縱橫段佈置檢討

為瞭解建堰後水面線變化，本小　　據「設計流量（Q_{100}及Q_{200}）」及「極端洪水量（Q_{500}及Q_{1000}）」進行分析，以利防洪規劃。

(一)設計流量之堤防檢討

烏溪河道現況僅斷面59~70左岸及斷面70右岸有堤防，　上所述，為避免攔河堰建堰後洪水影響炎峰橋及其兩岸安全，針對攔河堰上游斷面進行疏　整治，依攔河堰頂高程146公尺起，以本計畫河段平均坡度1/100進行斷面63~70河道疏　，水理分析數據整理如表3.7-1，依據水理分析成果所得各斷面水位，檢討「烏溪水系九二一地震　後治理規劃檢討」89年11月之現況堤頂高，當出水高達1.5公尺，則堤防檢討為「安全」；若洪水位低於現況堤頂高但出水高度低於1.5公尺，則為「出水高不足」；若洪水位高於現況堤頂高，則為「高度不足」，其結果如表3.8-2。建堰前後烏溪河道縱斷面如圖3.8-1所示。

結果顯示將河床依平均坡度疏　時，Q_{100}及Q_{200}水面高程於所有斷面堤防檢討皆為「安全」，Q_{200}水面高程距炎峰橋底(斷面68.1)達0.3公尺。依河段坡度1/100疏　河床，再考量建堰後泥砂回淤範圍，以攔河堰頂高程146公尺回淤至上游，然炎峰橋處(斷面67.9、68.1)依平均坡度疏　至151.06公尺，回淤範圍初步檢討並不影響炎峰橋疏　。

為顧及建堰後炎峰橋及其右岸安全，建議斷面63~69需加　堤防，維持炎峰橋及兩岸居民之生命財產安全。

表 3.8-1 建堰後水理分析成果表(1/2)

斷　面	Q_{100} (cms)	河道最低高程 (EL.m)	水面高程 (EL.m)	能量坡降 (m/m)	流速 (m/s)	通水面積 (m^2)	水面寬 (m)	數	備
55.1	13,450	86.34	94.17	0.010745	6.30	2133.32	539.67	1.00	
56	13,450	91.12	98.65	0.010053	6.44	2108.26	508.12	0.98	
56.4(下)	13,450	98.90	102.82	0.010660	6.14	2198.42	578.33	1.00	阿罩霧一圳攔水堰
56.6(上)	13,450	98.90	105.02	0.009217	7.35	1850.84	342.65	0.98	
57	13,450	93.34	108.00	0.001505	4.24	3242.68	355.53	0.43	
58	13,450	103.75	112.25	0.010140	6.52	2065.68	482.62	0.99	
59	13,450	109.82	119.94	0.005436	5.04	2675.08	570.90	0.74	
60	13,450	120.40	128.08	0.010370	6.46	2083.06	496.49	1.00	
61	13,450	125.92	133.75	0.005842	4.85	2780.55	660.89	0.75	
62	13,450	130.60	136.19	0.004931	4.34	3099.97	765.46	0.69	
63	13,450	133.07	138.86	0.006491	6.15	2184.80	390.68	0.83	
64	13,450	137.06	142.74	0.004630	4.96	2708.43	522.55	0.70	
65	13,450	139.25	143.98	0.005186	4.89	2749.28	587.97	0.72	
66	13,450	142.33	147.09	0.009980	6.78	1995.80	431.96	1.00	
66.4(下)	13,450	142.50	150.15	0.010373	6.75	1993.02	430.00	1.00	計畫堰址
66.6(上)	13,450	142.50	150.78	0.006806	5.94	2264.20	430.00	0.83	
67	13,450	147.98	153.12	0.009776	6.98	1926.35	387.62	1.00	
67.9(下)	13,450	150.85	156.10	0.006951	6.14	2224.69	451.26	0.86	炎峰橋
68.1(上)	13,450	151.06	157.50	0.003304	4.85	2818.72	453.42	0.61	
69	13,450	153.22	158.08	0.008106	6.07	2214.88	478.78	0.90	
70	13,450	157.17	161.49	0.008133	5.77	2331.96	546.53	0.89	

：炎峰橋梁底 EL158.21m，阿罩霧一圳固床工頂 EL98.9m

表 3.8-1 建堰後水理分析成果表(2/2)

斷 面	Q_{200} (cms)	河道最低高程 (EL.m)	水面高程 (EL.m)	能量坡降 (m/m)	流速 (m/s)	通水面積 (m^2)	水面寬 (m)	數	備
55.1	14,780	86.34	94.46	0.010366	6.44	2294.09	546.38	1.00	
56	14,780	91.12	98.92	0.009977	6.66	2245.51	510.21	0.98	
56.4(下)	14,780	98.90	103.07	0.010404	6.33	2344.48	578.33	1.00	阿罩霧一圳攔水堰
56.6(上)	14,780	98.90	105.38	0.009063	7.59	1973.82	344.70	0.98	
57	14,780	93.34	108.47	0.001549	4.43	3416.17	371.72	0.44	
58	14,780	103.75	112.53	0.009989	673	2202.12	484.29	1.00	
59	14,780	109.82	120.22	0.005429	5.23	2836.13	572.48	0.75	
60	14,780	120.40	128.36	0.010128	6.65	2223.74	497.98	1.00	
61	14,780	125.92	134.01	0.005795	5.02	2952.30	661.80	0.76	
62	14,780	130.60	136.46	0.004880	4.47	3308.66	775.54	0.69	
63	14,780	133.07	139.09	0.006881	6.50	2273.41	391.26	0.86	
64	14,780	137.06	143.15	0.004389	5.05	2926.70	528.75	0.69	
65	14,780	139.25	144.32	0.004971	5.01	2949.44	588.99	0.71	
66	14,780	142.33	147.40	0.009748	6.98	2129.62	433.15	1.00	
66.4(下)	14,780	142.50	150.42	0.010371	7.00	2110.51	430.00	1.00	計畫堰址
66.6(上)	14,780	142.50	151.12	0.006687	6.13	2410.44	430.00	0.83	
67	14,780	147.98	153.44	0.009605	7.20	2051.63	392.46	1.00	
67.9(下)	14,780	150.85	156.43	0.006830	6.34	2372.61	452.56	0.86	炎峰橋
68.1(上)	14,780	151.06	157.91	0.003245	5.01	3002.54	453.66	0.61	
69	14,780	153.22	158.45	0.007585	6.17	2395.28	480.63	0.88	
70	14,780	157.17	161.70	0.008422	6.04	2446.92	548.89	0.91	

：炎峰橋梁底 EL158.21m，阿罩霧一圳固床工頂 EL98.9m

表 3.8-2 建堰後堤防檢討表

斷 面	建堰後洪水位(EL.m)		現況堤頂高(EL.m)		現況堤頂高檢討		備
	Q_{100}	Q_{200}	左岸	右岸	左岸	右岸	
55.1	94.17	94.46	104.06	100.06	無堤防	無堤防	
56	98.65	98.92	105.00	102.33	無堤防	無堤防	
56.4(下)	102.82	103.07					阿罩霧一圳攔水堰
56.6(上)	105.02	105.38					
57	108.00	108.47	104.63	108.01	無堤防	無堤防	
58	112.25	112.53	114.42	133.77	無堤防	無堤防	
59	119.94	120.22	122.11	123.52	安全	無堤防	
60	128.08	128.36	132.45	135.00	安全	無堤防	
61	133.75	134.01	137.03	142.41	安全	無堤防	
62	136.19	136.46	141.39	145.00	安全	無堤防	
63	138.86	139.09	145.14	145.22	安全	無堤防	
64	142.74	143.15	148.13	145.68	安全	無堤防	
65	143.98	144.32	171.28	147.22	安全	無堤防	
66	147.09	147.40	155.00	152.16	安全	無堤防	
66.4(下)	150.15	150.42					計畫堰址
66.6(上)	150.78	151.12					
67	153.12	153.44	155.11	154.66	安全	無堤防	
67.9(下)	156.10	156.43	160.53	160.58	安全	無堤防	炎峰橋
68.1(上)	157.50	157.91	160.53	160.58	安全	無堤防	
69	158.08	158.45	160.37	160.77	安全	無堤防	
70	161.49	161.70	165.57	183.52	安全	安全	

資料來源：「烏溪水系九二一地震　後治理規劃檢討」89 年 11 月

圖 3.8-1 建堰前後烏溪河道縱斷面圖

(二) 害應變初步檢討

考量　克　風　害，分析建堰後洪水量至500及1000年　率洪水(Q_{500}=16,490秒立方公尺、Q_{1000}=17,760秒立方公尺)，以　解現況堤防防洪上限，整理如表3.8-3。斷面67於500年　率洪水時即有出水高不足之疑慮，於Q_{500}及Q_{1000}出水高分別剩1.25及0.95公尺，斷面69於Q_{1000}出水高剩1.11公尺；斷面68.1於Q_{500}及Q_{1000}水面高則分別超出炎峰橋底0.19及0.54公尺，故初步建議當流量達Q_{500}時，則需注意烏溪溢堤危險性與部份地區民　安全，以保障當地居民生命財產。

表 3.8-3 堤防防洪上限檢討表

斷面	水面高程(m)				現況堤高(m)		備
	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}	Q_{1000}	左岸	右岸	
55.1	94.17	94.46	94.79	95.03	無堤防	無堤防	
56	98.65	98.92	99.29	99.54	無堤防	無堤防	
56.4(下)	102.82	103.07	103.37	103.59			阿罩霧一圳攔水堰
56.6(上)	105.02	105.38	105.86	106.18			
57	108.00	108.47	109.04	109.45	無堤防	無堤防	
58	112.25	112.53	112.87	113.13	無堤防	無堤防	
59	119.94	120.22	120.57	120.82	122.11	無堤防	
60	128.08	128.36	128.71	128.95	132.45	無堤防	
61	133.75	134.01	134.34	134.58	137.03	無堤防	
62	136.19	136.46	136.79	137.03	141.39	無堤防	
63	138.86	139.09	139.35	139.52	145.14	無堤防	
64	142.74	143.15	143.68	144.07	148.13	無堤防	
65	143.98	144.32	144.76	145.09	171.28	無堤防	
66	147.09	147.4	147.78	148.05	155.00	無堤防	
66.4(下)	150.15	150.42	150.82	151.08			計畫堰址
66.6(上)	150.78	151.12	151.54	151.85			
67	153.12	153.44	153.86	154.16	155.11	無堤防	
67.9(下)	156.10	156.43	156.82	157.11	160.53	無堤防	炎峰橋
68.1(上)	157.50	157.91	158.40	158.75	160.53	無堤防	
69	158.08	158.45	158.92	159.26	160.37	無堤防	
70	161.49	161.7	161.96	162.18	165.57	183.52	

：炎峰橋梁底 EL158.21m，阿罩霧一圳固床工頂 EL98.9m

九、計畫區段河道輸砂能力分析

為瞭解計畫河段建堰前後之輸砂能力，乃　據烏溪水系(本流及支流　　溪)河道沖淤調查報告(96.06)與烏溪鳥嘴潭攔河堰初步規劃(96年度工作成果97.06)計算所得之水理因素，以蕭克立茲氏(Shocklitsch)推移質公式(個別粒徑法)推算各斷面於重現期距200年之洪峰流量下建堰前後之輸砂能力，公式說明如下：

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

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

式中：Qsb=推移質輸砂能力(公斤/秒)

Q =流量(秒立方公尺)

Se=水面坡降或能量坡降

B =河流水面寬(公尺)

d =推移質粒徑(公釐)常以河床質d50代表，或採用各砂礫群最大與最小粒徑之　何平均值。

qo=單位水面寬之輸砂臨界流量(m^3/sec/m)。

本計畫推估烏溪55～70斷面之河道輸砂能力（烏溪攔河堰堰軸三位在斷面66之間），其計算結果如表3.8-1、3.8-2，顯示Q_{200}流量下河道輸砂能力。計算結果如下：

1、計算結果顯示，烏溪下游河道(斷面55~70)呈現沖淤互現，顯示該河段因地形與河道的　曲段而不穩定。本河段之輸砂能力強，僅在斷面57與斷面59等斷面上游輸砂量能力較小，容易落淤。

2、　據比較建堰前後，攔河堰興建後河道仍為沖淤互見，不過攔河堰呈現由斷面67移至攔河堰段淤積，應是攔河堰產生固床作用。

3、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，顯示本攔河堰興建後不至改變原河道之沖刷能力。

表 3.8-1 烏溪計畫河段 200 年重現期距輸砂能力一覽表（建堰前）

斷面	Shocklitsch 參數					輸砂量	沖淤情況	kg/sec
	D50(mm)	B(m)	Q(cms)	S	qe(cms/m)	kg/sec		
55.10	145.0	545.98	14779	0.010582	1.21332	8932.93884	沖	824.41993
56.00	145.0	510.24	14779	0.009926	1.32139	8108.51891	淤	-658.84645
56.40	145.0	578.33	14779	0.010475	1.22987	8767.36535	沖	1612.73328
56.60	145.0	344.70	14779	0.009063	1.49177	7154.63208	沖	6838.05771
57.00	145.0	371.72	14779	0.001549	15.72760	316.57436	淤	-7892.28412
58.00	145.0	484.29	14779	0.009989	1.31029	8208.85849	沖	5165.45143
59.00	145.0	572.48	14779	0.005429	2.95419	3043.40706	淤	-5333.81932
60.00	145.0	497.98	14779	0.010128	1.28637	8377.22637	沖	5046.82669
61.00	145.0	661.80	14779	0.005795	2.70807	3330.39968	沖	924.98815
62.00	145.0	775.54	14779	0.00488	3.40542	2405.41153	淤	-6516.90687
63.00	111.5	401.23	14779	0.009581	1.06518	8922.31840	沖	3216.85266
64.00	111.5	595.00	14779	0.007277	1.53710	5705.46574	沖	3891.97893
65.00	111.5	737.81	14779	0.003729	3.74842	1813.48681	淤	-5921.16151
65.20	111.5	631.27	14779	0.008843	1.18533	7734.64832	沖	1416.91358
65.40	111.5	631.87	14779	0.007779	1.40628	6317.73474	淤	-366.39624
65.60	111.5	578.92	14779	0.008035	1.34686	6684.13098	淤	-1737.70303
65.80	111.5	498.20	14779	0.009274	1.11245	8421.83401	沖	2479.47994
66.00	111.5	454.09	14779	0.007395	1.50448	5942.35407	沖	1473.48215
67.00	111.5	403.69	14779	0.006143	1.92662	4468.87192	淤	-4067.08660
67.90	111.5	440.70	14779	0.009328	1.10387	8535.95852	沖	7063.26802
68.10	111.5	455.30	14779	0.003139	4.71610	1472.69050	淤	-663.47408
69.00	111.5	492.69	14779	0.003934	3.49027	2136.16458	淤	-1495.00152
70.00	107.2	548.94	14779	0.005391	2.20461	3631.16611	沖	3631.16611

表 3.8-2 烏溪計畫河段 200 年重現期距輸砂能力一覽表（建堰後）

斷面	Shocklitsch 參數					輸砂量	沖淤情況	kg/sec
	D50(mm)	B(m)	Q(cms)	S	qe(cms/m)	kg/sec		
55.10	145.0	545.98	14779	0.010582	1.21332	8932.93884	沖	824.41993
56.00	145.0	510.24	14779	0.009926	1.32139	8108.51891	淤	-658.84645
56.40	145.0	578.33	14779	0.010475	1.22987	8767.36535	沖	1612.73328
56.60	145.0	344.70	14779	0.009063	1.49177	7154.63208	沖	6838.05771
57.00	145.0	371.72	14779	0.001549	15.72760	316.57436	淤	-7892.28412
58.00	145.0	484.29	14779	0.009989	1.31029	8208.85849	沖	5165.45143
59.00	145.0	572.48	14779	0.005429	2.95419	3043.40706	淤	-5333.81932
60.00	145.0	497.98	14779	0.010128	1.28637	8377.22637	沖	5046.82669
61.00	145.0	661.80	14779	0.005795	2.70807	3330.39968	沖	924.98815
62.00	145.0	775.54	14779	0.00488	3.40542	2405.41153	淤	-6516.90687
63.00	111.5	401.23	14779	0.009581	1.06518	8922.31840	沖	3216.85266
64.00	111.5	595.00	14779	0.007277	1.53710	5705.46574	沖	3891.97893
65.00	111.5	737.81	14779	0.003729	3.74842	1813.48681	淤	-5921.16151
65.20	111.5	631.27	14779	0.008843	1.18533	7734.64832	沖	1416.91358
65.40	111.5	631.87	14779	0.007779	1.40628	6317.73474	淤	-366.39624
65.60	111.5	578.92	14779	0.008035	1.34686	6684.13098	淤	-1737.70303
65.80	111.5	498.20	14779	0.009274	1.11245	8421.83401	沖	2479.47994
66.00	111.5	454.09	14779	0.007395	1.50448	5942.35407	沖	5191.60783
66.40	111.5	430.00	14779	0.002144	7.84040	750.74624	沖	91.84978
66.60	111.5	430.00	14779	0.002003	8.58479	658.89647	淤	-8293.60911
67.00	111.5	401.14	14779	0.009602	1.06208	8952.50557	沖	2696.00134
67.90	111.5	444.52	14779	0.007638	1.44100	6256.50424	沖	4783.81374
68.10	111.5	455.30	14779	0.003139	4.71610	1472.69050	淤	-663.47408
69.00	111.5	492.69	14779	0.003934	3.49027	2136.16458	淤	-1495.00152
70.00	107.2	548.94	14779	0.005391	2.20461	3631.16611	沖	3631.16611

十、後續補充鑽探調查

(一)前期調查成果

據前　之方案評估，「方案3-1－上游側方取水方案」是優選方案。但堰軸三的取水方案，其攔河堰及輸水隧道尚無相關地質鑽探資料，工程佈置仍存在若　不確定因素，因此建議應辦理相關補充調查，以利進一步評估工程可行性。

據「烏溪水源開發　烏溪鳥嘴潭攔河堰初步規劃(2)：測量暨環境、地質調查」（水利規劃試驗所，97年12月），前期計畫補充測量及地質調查內容詳表3.10-1、歷年堰址附近補充鑽探位置詳圖3.10-1，鑽探結果整理詳表3.10-2。分述如下：

1、水規所（民國95年）堰址鑽孔

水規所於民國95年針對鳥嘴潭堰址附近進行鑽探，鑽孔　號為DH-95-05，鑽探深度20公尺，岩盤深度為13.9公尺。礫石層　度13.90公尺，岩盤岩性以　　砂岩為主。

2、水規所（民國96年）堰軸、人工湖及斷層兩側鑽孔

民國96年於鳥嘴潭堰軸上佈設DH-96-01、DH-96-02等2處鑽孔。依據鑽探資料成果，　礫石層　度在6.0~9.8公尺不等（　：鑽探當時之孔口高程128~130公尺，98年測量結果，左岸河床已達137公尺）。岩性主要為　岩、泥質　砂岩與泥質砂岩。

3、水規所（民國97年）鑽孔

於沉砂池佈設1孔鑽孔，　號為DH-97-01；鑽探深度15公尺。依據鑽探資料成果，　礫石層　度在7.35~11.25公尺，岩性主要為砂岩及泥岩。

表 3.10-1 前期計畫補充測量及地質調查內容一覽表

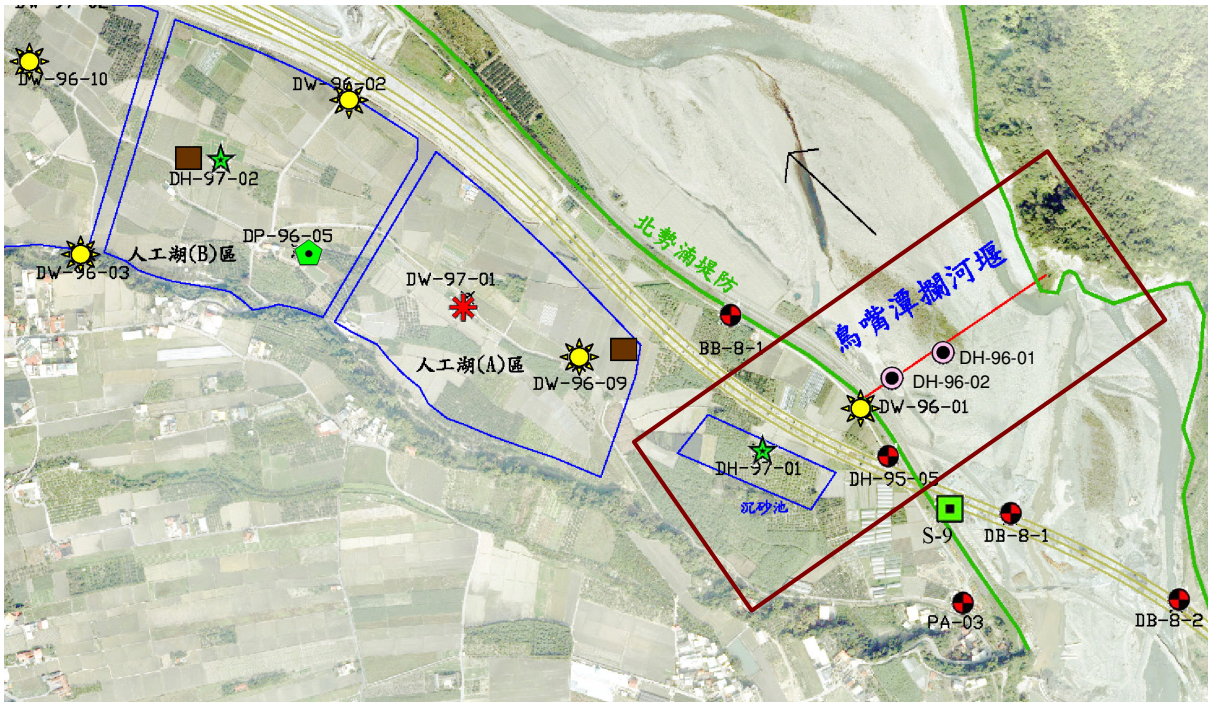
年度	工作項目	內容	說明
民國96年	地質探查	航照　釋及野外查 地表地質調查及　圖	底圖 1:25,000，調查範圍包括烏嘴潭堰址、替代堰址與人工湖周遭
	工程地質探查	地質鑽探與試驗 (6 孔，共 120 公尺)	堰址 2 孔、人工湖 4 孔，總深度 120 公尺。利用地質鑽孔進行 8 組透水試驗，並取樣岩心進行 10 組單壓試驗。
		地球物理探測	2D 地電阻影像(約 800 公尺，至少 4 條剖面)。 1D 地電阻探測(12 點展距 200 公尺，共 2400 公尺)。 震　探測(展距 1,005 公尺)，依據探測目的為地層側向變化，選擇　　震測。
		材料調查	試　開挖 4 孔，試　尺寸 2m×2m×2m。
		工程地質圖	底圖 1:5,000，　堰址與人工湖區之工程地質圖與剖面圖。
		工程地質評估	依據調查結果，進行工程地質評估
民國97年	地形測量	控制測量	控制測量包含石樁埋設 4 支、水準測量 10 公里、一等控制點 GPS 測量 5 點
		堰址地形測量(含導線測量)	地形測量比　尺 1/1,000，測量範圍 24 公頃
	工程地質探查	人工湖地質鑽探 (2 孔共 30 公尺)	鑽探總深度 30 公尺，於湖區(B)、沉砂池各佈設 1 孔
		岩力試驗	進行 4 組物理性質試驗、4 組單壓試驗與 2 組直接剪力試驗、2 組透水試驗
		地球物理探測 (二維地電阻探測)	施作總長度 1,222 公尺，4 條測線。
		工程地質資料彙整	整合前期計畫、國道新建工程局及本計畫資料
		人工湖基地周邊邊坡穩定調查評估分析	瞭解人工湖開挖後的邊坡穩定問題
		地下水質調查(共 12 次)	於人工湖北側　　埋場與人工湖(E)區地下水質　各進行 6 次地下水質採樣
		土壤調查(共 3 次)	人工湖(A)、(C)、(E)區各進行 1 次土壤採樣(表土、　土)調查
		人工湖環境現況分析評估	由環境資料蒐集分析與調查成果進行人工湖環境現況分析

資料來源：「烏溪水源開發　烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃(2)　測量暨環境、地質調查」，水利規劃試驗所，97 年 12 月，本計畫整理

表 3.10-2 歷年堰址附近鑽探工作成果一覽表

孔號	位置	孔口高程 EL.m	鑽孔深度 (m)	礫石層度(m)	岩盤高程 EL.m	探查目的
DH-95-05	堰軸上游	138.30	25.0	13.90	124.40	探查階地堆積層　度、基盤岩性
DH-96-01	堰軸	130.64	20.0	7.50	123.14	探查堰軸沖積層　度、基盤岩性
DH-96-02		128.54	20.0	8.0	120.54	
DW-96-01	堰址左岸	137.73	25.0	10.5	127.23	瞭解計畫區地下水位分佈情形
DH-97-01	沉砂池	135.53	15.0	11.25	124.28	探查階地堆積層　度、基盤岩性

資料來源：「烏溪水源開發　烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃(2)　測量暨環境、地質調查」，水利規劃試驗所，97 年 12 月，本計畫整理



資料來源：「烏溪水源開發　烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃(2)測量暨環境、地質調查」，水規所，97 年 12 月，本計畫整理

圖 3.10-1 前期計畫堰址補充鑽探位置圖

(二)補充調查建議

據前　所述，前期規劃之調查作業多集中在人工湖區及隘寮斷層周邊，而當時攔河堰的優選方案為堰軸一，目前已完成堰軸一軸線地質鑽探2孔，惟多集中在左岸。

從本計畫方案評估結果得知：方案1-4為堰軸一的優選方案、而方案3-1為所有方案的優選方案。但方案1-4尚缺右岸排砂道、進水口所需的地質資料；方案3-1則缺攔河堰堰軸、左岸附屬構造、輸水隧道沿線等地質資料。為使取水工方案係在相同基本資料的基準上進行評估，故建議辦理以下補充調查：

1、補充地質鑽探：

(1)輸水隧道地質鑽探：隧道長度以300公尺估算，分別在　口、隧道沿線施鑽，以3孔計，均為垂直孔。視垂直孔鑽探結果，檢討是　補充水平孔，暫以2孔估算（或可留待設計階段進行補充鑽探）。

(2)堰軸三地質鑽探：堰軸長度430公尺，預計在左岸排砂道、固定堰共鑽探3孔，以瞭解攔河堰之河床堆積層　度、基盤岩性。

(3)左岸附屬構造地質鑽探：進水口鑽1孔，其餘沉砂池、量水槽等附屬構造預定鑽探3孔，以瞭解左岸附屬構造基礎堆積層度、基盤岩性。

(4)防洪工程地質鑽探：從堰軸一到堰軸三右岸長約1.1公里區間需新設堤防（或防洪牆），預定鑽探4孔。

(5)堰軸一地質鑽探：補充右岸排砂道（目前為深槽區）及進水口地質資料，以2孔估列，可視預算酌予　除，或增加堰軸三鑽孔數量。

上述鑽探孔深均以20公尺估列（實　鑽深以入岩5公尺即可），其中隧道之垂直孔則以40公尺估列，總計鑽探18孔垂直孔，總深度440公尺、2孔水平孔，總長度40公尺，其位置詳圖3.10-2。

考量攔河堰與隧道為本次工程可行性規劃的重點，其餘堤防或附屬構造之地質探查較無急　性，可留待日後工程設計階段再

行鑽探。因此，上述建議鑽探將分為2個優先順位，其中建議優先辦理的鑽探計8孔垂直孔，總深度約220公尺；另2孔水平孔，總長度40公尺，可留待設計階段施鑽。詳表3.10-3。

2、地球物理探測：規劃堰軸　　震測450公尺、左岸附屬構造震測550公尺，合計1,000公尺。詳表3.10-4。

表 3.10-3 攔河堰補充鑽孔數量及目的一覽表

優先順位	孔號	傾角	預計深度(m)	鑽探位置	說明
2	BH-98-1	0	20	輸水隧道	水平孔。探查輸水隧道　口地質
1	BH-98-2	90	40		探查輸水隧道上游　口地質
1	BH-98-3	90	40		探查輸水隧道沿線地質
1	BH-98-4	90	40		探查輸水隧道下游　口地質
2	BH-98-5	0	20		水平孔。探查輸水隧道　口地質。
1	BH-98-6	90	20	堰軸三	探查排砂道基礎地質
1	BH-98-7	90	20		探查攔河堰基礎地質
1	BH-98-8	90	20		同上
1	BH-98-9	90	20	堰軸三方案之左岸附屬構造	探查進水口基礎地質
2	BH-98-10	90	20		探查沉砂池等輸水路基礎地質
2	BH-98-11	90	20		探查量水槽及輸水路等基礎地質
2	BH-98-12	90	20		探查左岸防洪牆基礎地質，及補充探查沉砂池剖面地質（配合BH-98-10）
2	BH-98-13	90	20	右岸防洪工程（防洪牆）	探查堰軸三上游右岸堤防基礎地質
2	BH-98-14	90	20		探查堰軸三下游右岸堤防基礎地質
2	BH-98-15	90	20		探查堰軸一上游右岸堤防基礎地質
2	BH-98-16	90	20		探查堰軸一上游右岸堤防基礎地質
1	BH-98-17	90	20	堰軸一	探查堰軸一方案右岸進水口基礎
2	BH-98-18	90	20		探查堰軸一排砂道基礎地質
合計		90	380	優先順位 1 佔 8 孔，共 220m	
		0	40	優先順位 2 佔 2 孔，共 40m	

1：實　孔位位置及高程配合現場可施作條件（如：避開水流）酌予調整，惟調整後孔位仍應達到該孔之探查目的為原則

2：建議鑽探深度達到岩盤，故深度得依現場狀況調整

3：　口兩處水平孔得視　口垂直孔鑽探成果　定是　施作，或留待設計階段施鑽

4：堰軸三相關孔位鑽孔入岩 5 公尺，得配合堰軸上移調整

5：堰軸一兩孔位(BH-98-17、BH-98-18)，可視預算酌予　除，或增加堰軸三鑽孔數

表 3.10-4 補充地球物理探測一覽表

項次	測線　別	測線長度 m	位置	探查目的
1	震測	450	攔河堰堰軸	初步瞭解攔河堰堰軸地層岩盤深度，並配合鑽探成果瞭解地層構造
2	震測	550	左岸附屬構造	初步瞭解沉砂池等附屬結構地層岩盤深度，並配合鑽探成果瞭解地層構造
	合計	1,000		說明：可採實作數量計價

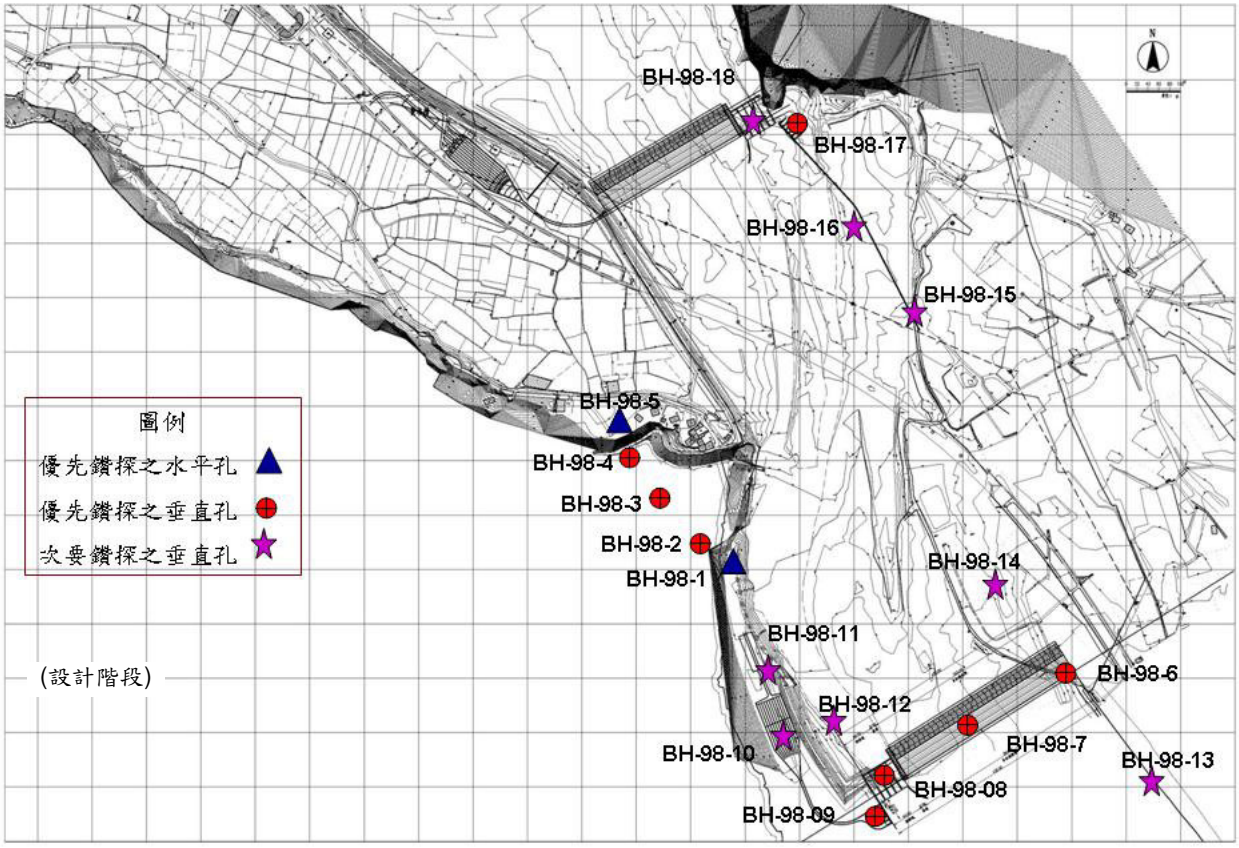


圖 3.10-2 鳥嘴潭攔河堰建議補充地質鑽探孔位圖

第肆章 人工湖主體工程規劃

一、前期規劃概要

據水規所97年規劃烏嘴潭人工湖以蓄水、供水為主要目的，並以景觀遊憩為輔。人工湖佈置於烏溪南岸，基地佈置位於國道6號高速公路南方，一直向南佈置至北勢湳　腳下，為一離槽人工湖，具有人工湖容量不受河道淤積　　之優勢。

人工湖基地規劃依攔河堰取水口位置不同，有烏嘴潭堰及北投新圳取水口等兩人工湖基地規劃方案，同時考量因原規劃淨水場是　改規劃為人工湖，區分為4種開發規模如下述。

1、方案A

以原規劃攔河堰堰址方案一做為取水口，並預留水公司設置淨水場之用地，並考量最大開發規模，共設置5大湖區，蓄水面積可達134.9公頃。

2、方案B

取水方案同前述方案A，惟不預留自來水公司設置淨水場之用地，考量最大開發規模下，共設置6大湖區，蓄水面積達151.2公頃。

3、方案C

以北投新圳取水口做為人工湖取水位置，並預留自來水工司設置淨水場用地，原方案A、B規劃沉砂池處可在設置湖區，故共設置6大湖區，蓄水面積為143.4公頃。

4、方案D

取水方案同前述方案C，惟不預留水工司設置淨水場用地，考量最大開發規模下，可設置7大湖區，蓄水面積為159.7公頃。

經初步檢討，取水方案依據規劃採攔河堰址方案一為取水口，並預留水公司設置淨水場用地，共設5大湖區，蓄水面積為134.9公頃，初估蓄水量為1,521萬立方公尺，人工湖佈置如圖4.1-1所示。

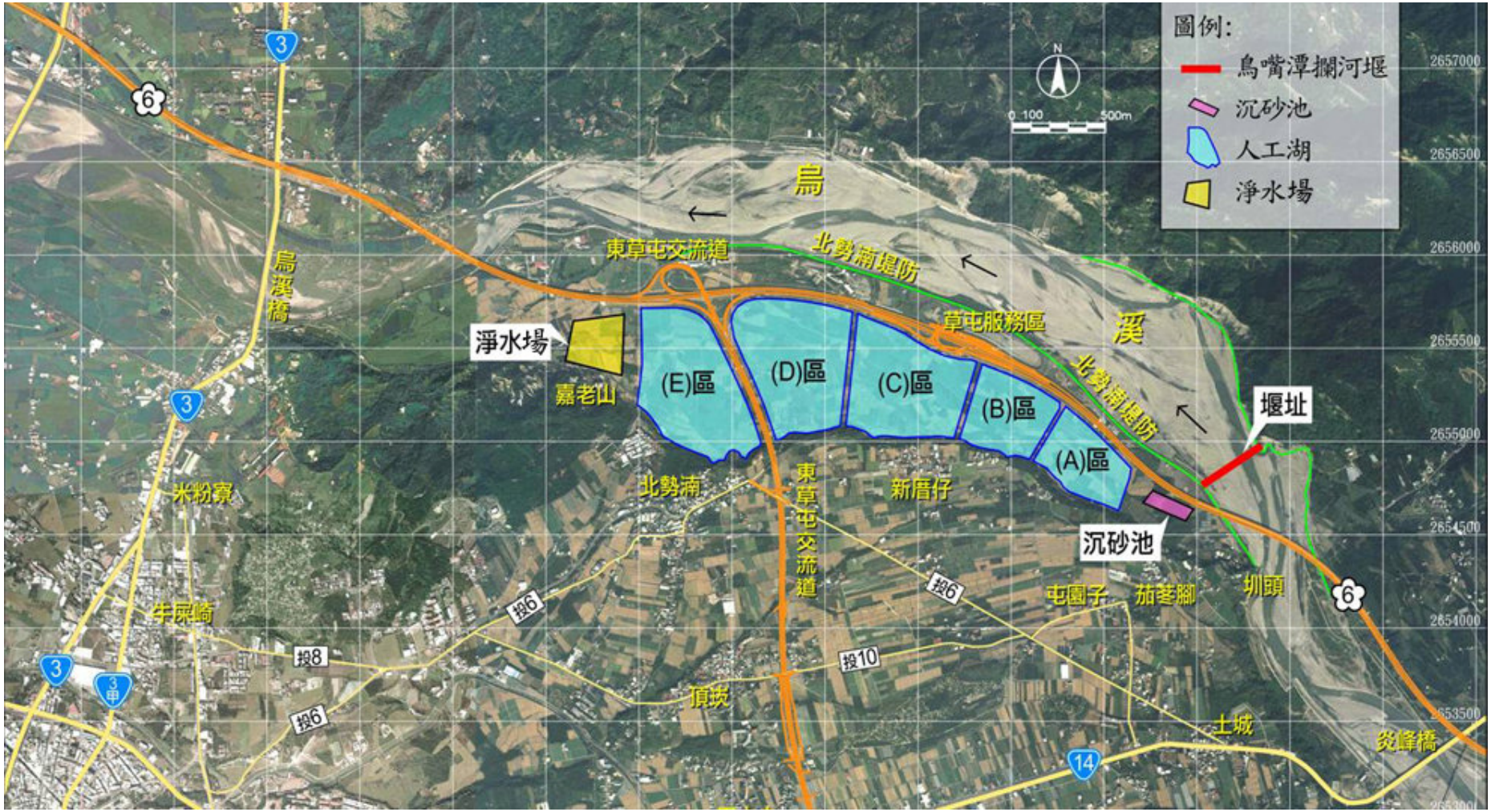


圖 4.1-1 前期規劃人工湖佈置圖

二、人工湖規劃原則

烏嘴潭人工湖以蓄水及供水為主要標的，並以觀光遊憩為輔，在湖區整體規劃上應考量水源、開發規模及經濟效益、人工湖防滲、景觀生態、管理維護及週邊環境條件等面向，其規劃原則如下：

1、水源

人工湖水源由烏溪逕流水引取調蓄，提供做為彰化、南投地區之生活用水，取水需穩定且需符合自來水之原水標準。

2、最大開發規模

湖區狹長、東高西低且坡度達1/110，為因應地形變化、既設構造物及地質條件等限制條件，需區分數個湖區，並考量維持一定之蓄水容量，堤頂寬度須縮減，且景觀遊憩設施以不減少蓄水容量方式規劃。

3、湖區安全

(1)人工湖堤岸坡面坡度攸關蓄水容量及圍堤安定性，需考量填築材料特性，在安全無虞下尋求最經濟之型式。

(2)東草屯交流道經過人工湖計畫區，且人工湖北岸沿著國道6號施設，人工湖規劃時應避免影響高速公路之橋墩安全。另人工湖南岸緊鄰崖坡，規劃時應考量保護措施或緩衝隔離帶，以免危及湖區設施及遊客安全。

4、經濟效益

(1)烏溪流域現況尚無水庫調蓄，本計畫為最佳之水源計畫，除經濟效益評估外，應長遠考量水源之應用及氣候異常之影響。

(3)人工湖經濟效益除供應生活用水外，另間接效益應納入評估，包括減抽地下水之國土復育、土石開採及景觀遊憩等。

5、人工湖防滲

人工湖區覆土層為透水性良好的礫石層，屬未固結之沖積層，應加以考量防滲措施，避免滲漏量過大，影響人工湖調蓄功能。

6、景觀生態

(1)人工湖完工後，將成為一蓄水區，故與陸域之交界處，應設置隔離帶，使視覺上不致產生太大之突兀感。

(2)人工湖除基本之蓄水功能外，應同時具有生態、景觀及遊憩等功能，以發揮最大效益。

7、維護管理

(1)湖區適當位置應設置進水、制水閘門以控制流量，並應設置緊急放水路，以保護圍堤安全。相關取、供水操作設備應考量自動化，並儘可能減少閘門數量。

(2)為利清淤以延長人工湖壽命，湖區應考量妥適之佈置及圍堤型式。

8、週邊環境

(1)整體工程規劃需配合周邊交通、區域灌排水路與現有聚落做整體評估配置，人工湖之規劃配置基地周邊之交通、灌排水路、現有聚落之功能必須維持，若有變動，以影響最小為原則。

三、工程整體配置規劃

考量烏溪流域水資源開發不易，　　本計畫為最優選開發案，故人工湖開發規模以最大可能開發為原則。鳥嘴潭人工湖係以生活用水為標的，前期初步規劃為5大湖區並下游端預留淨水場場址，湖區總面積約135公頃。

惟水公司考量前述淨水場預定場址，鄰近隘寮斷層破碎帶，已於下游另　場址，考量最大開發原則，故該場址開發為人工湖區（F湖區），配合前述所優選之取水方案，可於原規劃A湖區前增設A'湖區，故本計畫人工湖區規劃為7大湖區(圖4.3-1)，並考量維持一定之蓄水容量，將人工湖深度、圍堤型式、景觀、生態及環湖道路動線之順暢等納入考量，堤頂寬度須儘量縮減，將來景觀遊憩設施儘量　向不減少蓄水容量方式規劃。

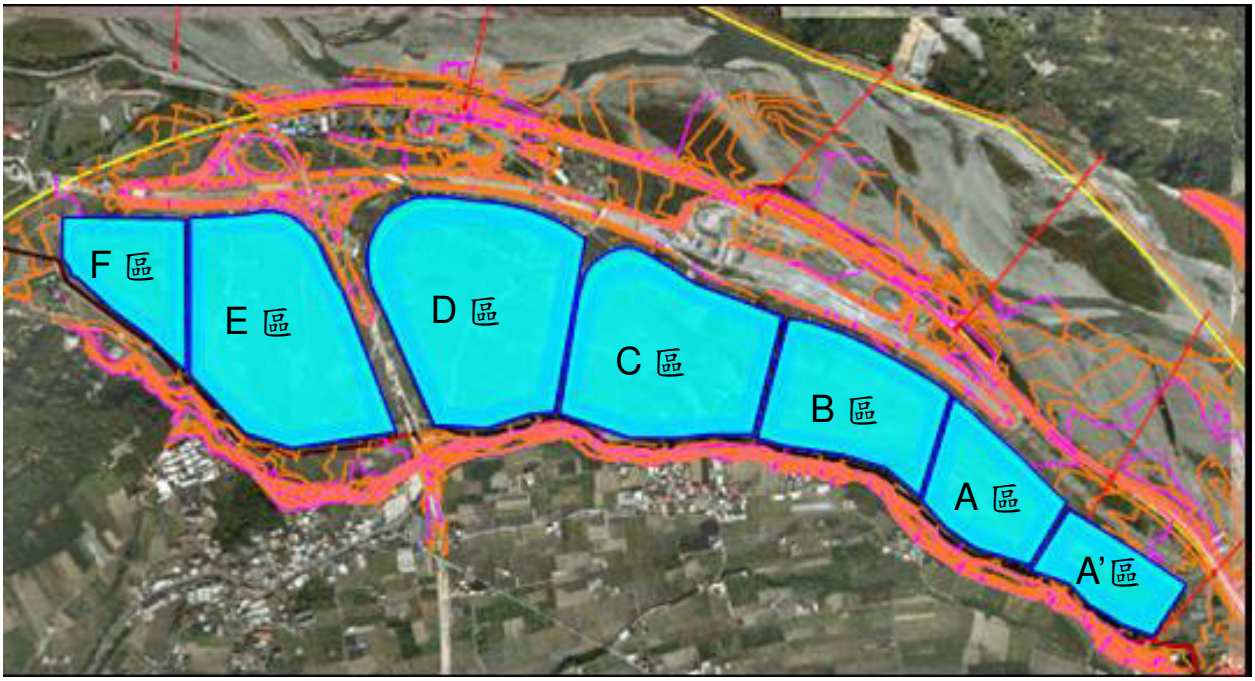
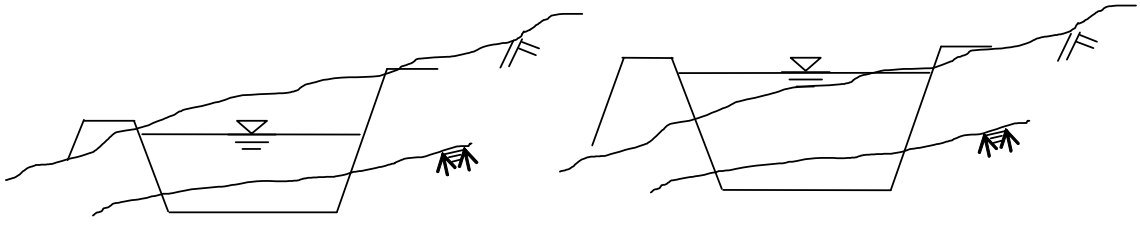


圖 4.3-1 本計畫人工湖湖區規劃圖

(一)人工湖計畫蓄水位研定

湖區現地由東北至西南高差約34公尺，若分為7大湖區則每區上、下游間高程差約4～6公尺；分以湖區地表上、下游高程為最高蓄水面，以邊坡1（垂直）：2（水平）開挖至該湖區最低點，入岩1公尺為原則，如圖4.3-2所示，分析各湖區蓄水容量、土方開挖量及岩方開挖量，作為優選湖區開挖深度之依據。



(a)以湖區下游地表為蓄水高程　　(b)以湖區上游地表為蓄水高程

圖 4.3-2 人工湖計畫蓄水位研定比較圖

表 4.3-1 人工湖蓄水位研定比較表

湖區	水位參考基準	最高蓄水位高程 EL.(m)	挖岩方 (萬 m^3)	挖土方 (萬 m^3)	蓄水容量 (萬 m^3)
A	下游地表	132	10	109	92.8
	上游地表	134	9	102	106.1
B	下游地表	126	47	162	141.2
	上游地表	130	41	147	186.0
C	下游地表	121	101	300	281.4
	上游地表	125	90	278	356.0
D	下游地表	115	151	397	380.7
	上游地表	120	135	369	503.1
E	下游地表	111	79	318	273.6
	上游地表	114	73	304	338.4
以 A-E 湖區下游地表高程為水位　總庫容：					1,169.7
以 A-E 湖區上游地表高程為水位　總庫容：					1,489.6
以 A-E 湖區下游地表高程為水位　總挖方：					1,675
以 A-E 湖區上游地表高程為水位　總挖方：					1,549

檢討各湖區之規模如表4.3-1所示。以上游地表高程為蓄水高程時A~E湖區中以A湖區之規模最小（A'為採堰軸三方案時所增加之湖區、且A'及F無完整之岩盤資料，故未列入比較），其湖區面積約為10.7公頃，總蓄水容量約為106.1萬立方公尺；以D湖區之規模最大，湖域面積約為33.7公頃，總蓄水容量約為503.1萬立方公尺；以最大開發規模計算時，A~E湖域面積約為134.4公頃，總蓄水容量約1,489.6萬立方公尺，較以下游地表高程為參考依據時為規劃總蓄水量(1,169.7萬噸)增加約320萬噸(約27%)。且土方開挖量反而較以下游地表為蓄水位之開挖量少126萬方，以最大蓄水容量或減少土方開挖量為考量時，建議以湖區上游地表高程為最高蓄水位；其　蓄水容量之考量如下：

1、D、E湖區沿東草屯交流道聯絡道施設，為免影響交流道高架段橋台之安全，由其橋台基礎型式評估，圍堤應較原規劃再退縮，故蓄水面積將略為減小。

2、人工湖南岸緊鄰崖坡，靠近崖坡處岩盤線較淺，因岩盤開挖成本高且不利崖坡安定，故人工湖南岸於佈設時較原規劃退縮，蓄水面積略微減少。

3、人工湖南側地勢較高，故規劃輸水路由南側佈設，以減少埋設

時之開挖深度及保持輸送水頭。

4、東草屯交流道聯絡道西側鄰車籠埔斷層及隘寮斷層，為安全計，以E湖區蓄水酌降至湖區平均地面高程114公尺，以降低地震危害風險。

5、若考量E、F湖區不開發，則總庫容減為1,179萬立方公尺，有效蓄水容量約1,079萬立方公尺，建議降低蓄水深度方式規劃考量。

6、考量湖區地勢走向，規劃湖區計畫蓄水高程大於地面高程3公尺以上範圍增加堤頂寬度、減少開挖坡面（垂直：水平）之比值。

(二)人工湖蓄水量檢討

1、人工湖蓄水深度及填築高度

因應本計畫特性及計畫區之條件，人工湖深度上需綜合考量水質、出水高度、淤積　度及挖方費用等因素，茲分述如下：

(1)湖底開挖形式分析

依前文探討之工區表土及岩盤性質所述，為防止湖水滲漏，湖底完成面至少應入岩1公尺為原則，但湖底形式可分為與岩盤平行之傾　式、湖底皆為同一高程之水平式，如圖4.3-3所示。兩種湖底形式分析A至E湖區總庫容各為：傾　式：983.7萬立方公尺；水平式：1414.4萬立方公尺，兩者總庫容差異430.7萬立方公尺，故優選以湖區岩盤最低點為入岩之基準高程至少入岩1公尺、且湖底完成面為水平形式。



湖底完成面與岩盤平行　　湖底完成面為水平

圖 4.3-3 人工湖湖底開挖形式示意圖

(2)蓄水深度分析

湖區地表坡度約1/110，推估岩盤縱坡度約1/120，各湖區開

挖面積及岩盤深度均不一致，故依各湖區開挖深度、挖方成本與蓄水容量等因素，作歸納分析、結果如圖4.3-4所示，蓄水容量較小之A’、A、F等湖區挖方成本與不同蓄水深度之庫容比值低、反之蓄水容量大之C、D、E等湖區挖方成本與不同蓄水深度對庫容之比值較高，因湖底面積大，且岩方開挖單價高、不利於深開挖。故C、D、E湖區皆保持湖區地表下岩盤最低點入岩1公尺為該湖底高程(湖底為水平)；A湖及A’湖區因挖方單價低、為得較大之庫容考量，可以湖區地表下岩盤最低點處入岩4公尺為該湖底高程(湖底為水平)，B湖區考量挖方單價不超過最高之C湖區為原則、開挖深度以湖區岩盤最低點入岩2公尺為選(湖底為水平)，F湖區因為於基地最下游處，考量送水至淨水場之水頭因素故保持入岩1公尺(湖底為水平)，可優選各湖區最佳開挖形式，如圖4.3-5~圖4.3-7所示。優選之湖區最佳開挖深度相關資料如表4.3-2所示。

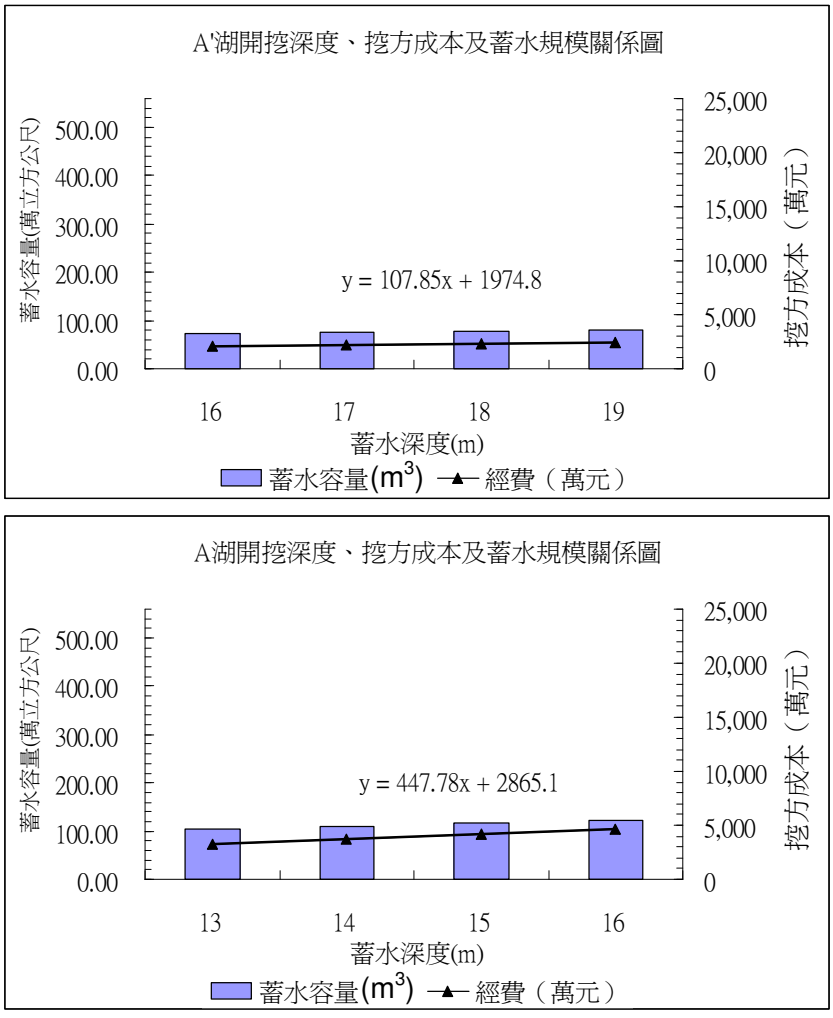
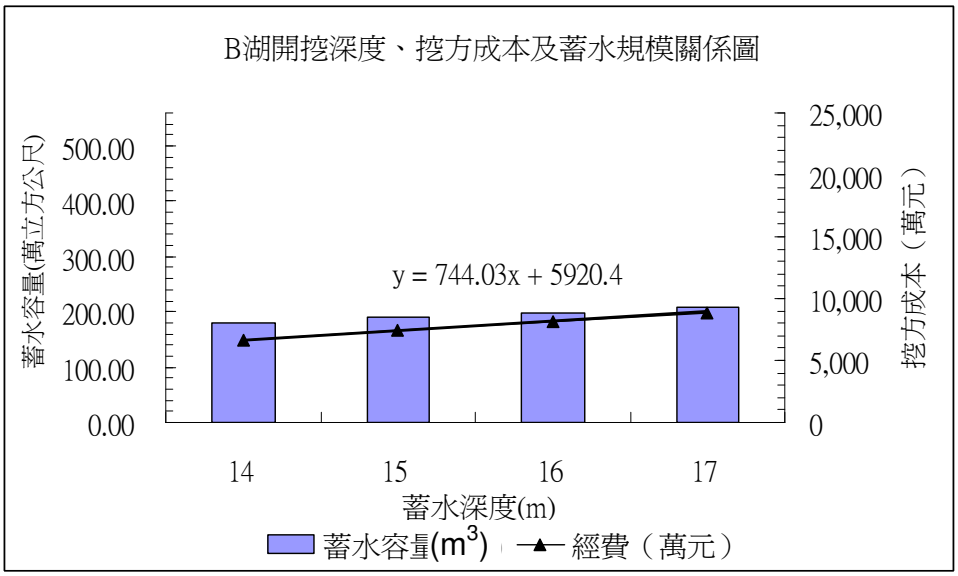
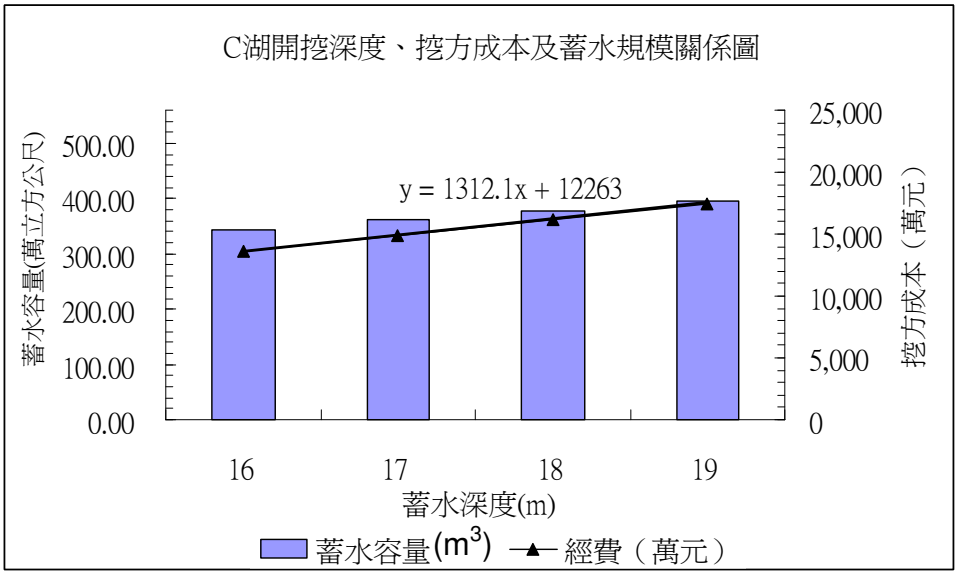


圖 4.3-4 湖區開挖深度、挖方成本及蓄水規模關係圖(1/3)





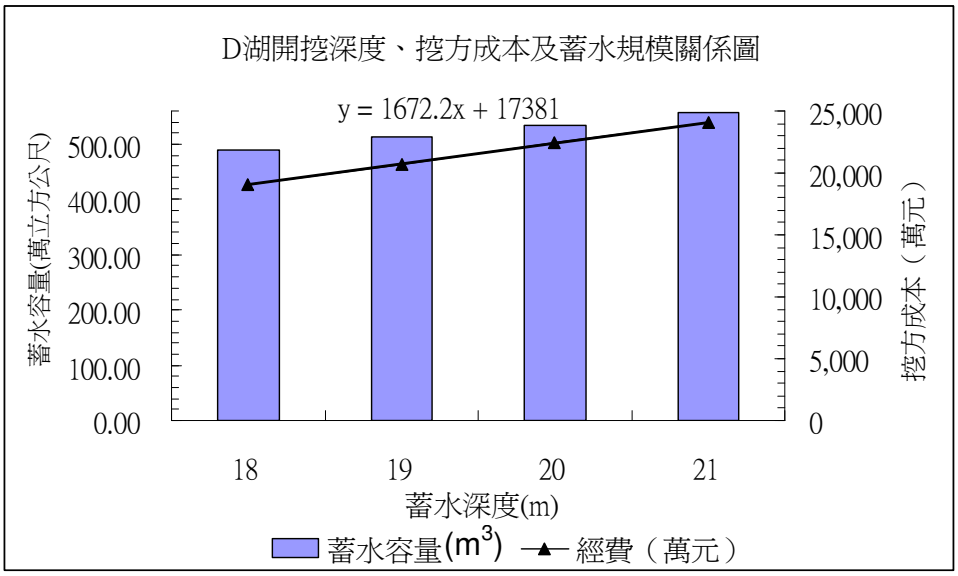
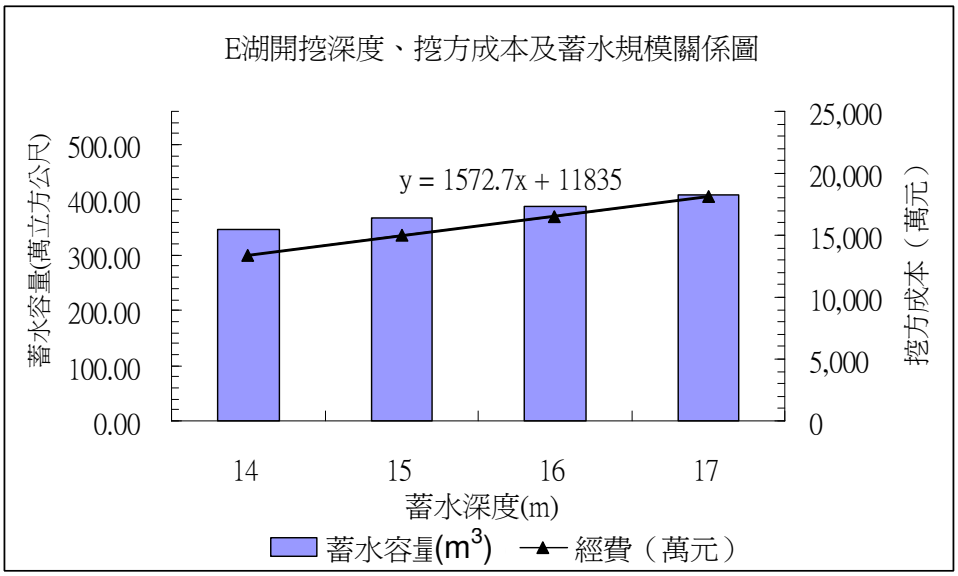


圖 4.3-4 湖區開挖深度、挖方成本及蓄水規模關係圖(2/3)



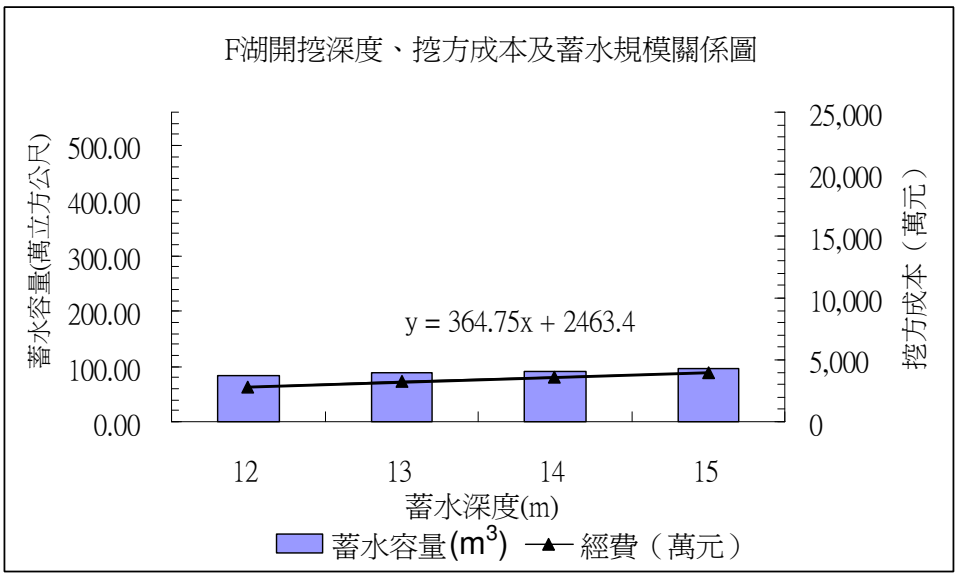


圖 4.3-4 湖區開挖深度、挖方成本及蓄水規模關係圖(3/3)

表 4.3-2 湖區最佳開挖深度相關資料

湖區	計畫蓄水位(m)	湖底高程(m)	滿水位蓄水面積(公頃)	湖底面積(公頃)	湖區最少入岩深度	挖方成本/庫容(元/m^3)	有效蓄水容量(萬 m^3)
A'	138	119	6.82	2.36	入岩 4m	30.0	75.9
A	134	118	9.99	5.38	入岩 4m	38.1	121.9
B	130	115	15.47	10.05	入岩 2m	39.3	168.3
C	125	109	24.99	17.27	入岩 1m	39.5	296.3
D	120	102	30.67	21.14	入岩 1m	38.9	416.8
E	114	100	28.50	21.51	入岩 1m	38.6	302.9
F	110	98	8.83	5.28	入岩 1m	34.4	71.1
總和			125.26	83.00			1453.3

E湖區正處隘寮斷層破碎帶，F湖區呆水位高程影響下游淨水場水頭、考量因素繁多，故擬以東草屯交流道兩側為分區開發基準，第1期開發交流道東側A’~D湖區，有效蓄水量為1,079萬立方公尺、預計供水能力每日26萬立方公尺，第2期開發交流道西側E、F湖區，可增加增加有效蓄水量374萬立方公尺，總蓄水量達1,453萬立方公尺、供水能力達每日30萬立方公尺。規劃兩種湖區開發規模如下表4.3-3所示。

表 4.3-3 湖區開發資料及開發規模方案比較

湖區	堤頂高程(m)	計畫蓄水位(m)	呆水位高程(m)	滿水位湖面(公頃)	挖土石方(萬 m^3)	挖岩方(萬 m^3)	有效蓄水容量(萬 m^3)
A'	140	138	121	6.82	79.01	4.35	75.9
A	136	134	120	9.99	100.33	27.04	121.9
B	132	130	117	15.47	142.39	49.40	168.3
C	127	125	111	24.99	266.26	83.96	296.3
D	122	120	104	30.67	340.58	125.57	416.8
E	116	114	102	28.50	316.09	71.65	302.9
F	112	110	100	8.83	84.96	8.61	71.1

湖區開發規模					
方案	開發湖區	滿水位蓄水面積(m^2)	挖土石方(萬 m^3)	挖岩方(m^3)	有效蓄水容量(萬 m^3)
方案一	A'~F	125.26	1,329.64	370.58	1453.2
方案二	A'~D	87.94	928.58	290.32	1079.2

圖 4.3-5 人工湖地表及推估岩盤線平面圖

圖 4.3-6 人工湖地表及推估岩盤線縱剖面圖

圖 4.3-7 人工湖地表及推估岩盤線橫剖面圖

(3)蓄水水深

水深4公尺以內或　光可達水體的最大深度即為透光層(euphotic zone)，　的光合作用　能在此深度維持正常的運作，以下的深度會受限於光線不足，致使　不易生長。若能利用人工方式將此區隔離，阻止營養　的供應，將可控制　的　長。故需達一定水深方有可能輔以化　、物理、人工　地、水生植物、增加　性浮游動物、魚　或生物控制等方式來達到減緩優養化之目的。經參考水規所「　人工湖可行性規劃」(民國89年)報告內容可知，當人工湖水深維持10公尺，則可控制水質於　養範圍，而水深若達12公尺，則　可　制優養化現象之發生。

(4)出水高度

目前針對平地人工湖蓄水高程並無明確規範，參考國內「蓄水庫安全評估規範」(草案)之規定，其出水高度係以風浪高及浪　高、地震浪高及　外加值高之合計算，其中人工湖之風浪高+　浪　高+地震浪高小於1.5公尺時以1.5公尺計。茲分述如下：

A.風浪高及　浪　高

以 S.M.B 法計算求得風浪高及　浪　高，其公式如下：

$$h_w = 0.17\sqrt{VF} + 2.5 - \sqrt[4]{F}$$

其中，hw：　高(　)

V：風速(　/小時)

F：向風距離(　)

由氣象局台中測候　民國 87~96 年之統計資料得知，經出現之最大 10 分　平均風速為每秒 7.8 公尺，茲保　以每秒 10 公尺計，人工湖最長對岸距離約 930 公尺，初步檢算以 S.M.B.法求得風浪高及　浪　高約為 0.67 公尺。

B.地震浪高

利用　清一公式計算地震　浪於圍堤坡面之上　高度。依據本計畫地震危害度分析，設計地震係數水平向為 0.17，最大蓄水池深度為 19 公尺，　設地震週期為 1，可得

地震浪高約為 0.37 公尺。

$$h_e = 0.5\alpha T(gH)^{0.5}/\pi$$

其中，　：地震水平震度

T：地震週期(秒)

H：水庫深度(公尺)

g：重力加速度(m/s^2)

C.　外加值高

人工湖之水源係由渠道以閘門控制，屬離槽型式，水文上不確定性較低，則　外加值高將採 0.5 公尺。

依據前述之計算，風浪高+　浪　高+地震浪高為 1.21 公尺(0.67+0.37=1.04 公尺)，小於 1.5 公尺，依規範採 1.5 公尺，另　外加值高為 0.5 公尺，故人工湖出水高設定為 2.0 公尺。

D.淤積深度

為延長湖區壽命及清淤週期，宜預留一定深度落淤。本計畫已於引水路規劃一沉砂池，使粒徑大於 0.2　　之砂石初沉後再引入湖區，並以 A’、A 湖區兼做沉澱池功能，使粒徑更小之懸浮質落淤後再引入其他湖區蓄存，經上述程序，應能有效排除大部分淤積源，故規劃 2.0 公尺之落淤深度，約為有效水深之 12.5~16.7%。

E.地下水位及岩盤線

如考量地下水出滲或蓄水滲漏，可能採取鋪底因應，為避免鋪底對應上　力過大，造成　水、開挖及阻水層(E 湖區)鋪設困難，開挖深度不宜過深。

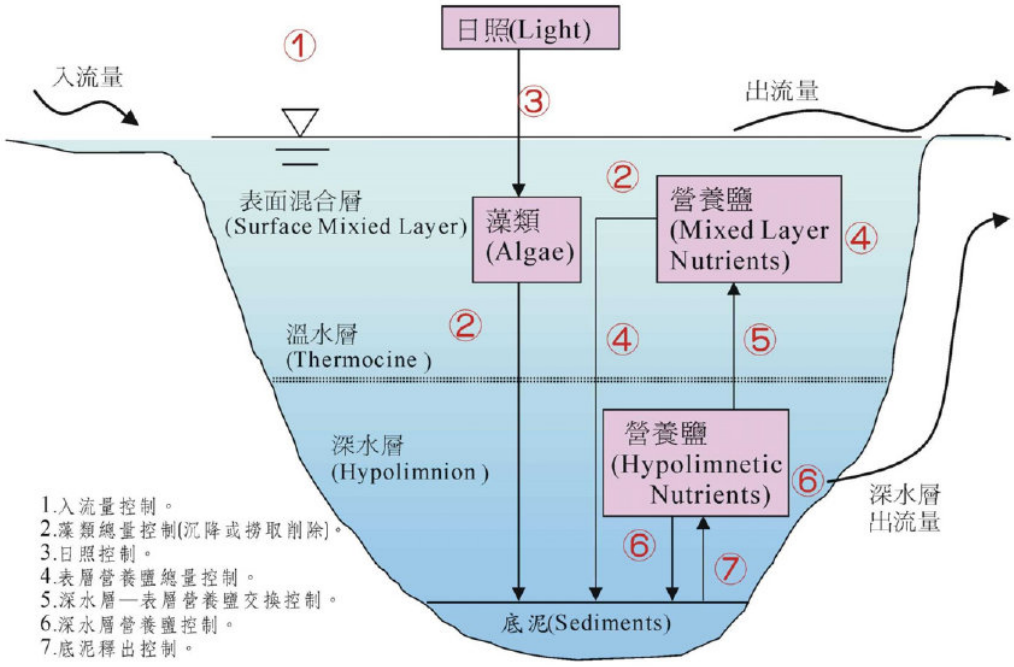
2、人工湖蓄水水質

參酌現行環保署「地面水體分　及水質標準」第4條之水體分可知，國內陸域水體係劃分成　、　、　、丁、　等5　，其中　水體屬於未受　　的水體，其水質最佳，適用於一　公共用水、游　等；　　水體之水質則次之，其適用於二　公共用水、一　水產用水(　魚、　魚等)；　　水體之水質較　　次之，其

適用於三　公共用水、二　水產用水(　目魚、烏魚等)、一　工業用水等；至於丁　水體已屬於　　的水體其適用於三　公共用水、灌溉用水、二　工業用水及環境保育等；至於　　水體之水質更則適用於三　公共用水、環境保育最低標準。

由於本計畫人工湖之功能定位係作為公共給水水源，而由國內一　公共水源蓄水設施之水質管理可知，未來人工湖之水質改善　避免「優養化」產生為主要目標。　此，本計畫之水質控制以湖區優養化防　為　要之務。

由圖4.3-8可知，人工湖　建前之優養控制可區分為2個界面，分別為入流量的　　源控制與湖區的優養化控制，茲分別述明如下：



資料來源："Hydraulic Structures Design Manual NO.5 (Water Quality and Its Control)",IAHR,1994.

圖 4.3-8 湖泊優養化控制示意圖

(1)入流量　　源控制

本法主要以物理方式減少人工湖原水之　　源總量，其方法主要有沉澱法(人工湖流入口設置沉澱池)、截流法(人工湖周邊之堤後設置截水溝)等。

(2)湖區優養化控制

湖區控制方式主要利用物理、化　及生物方式，　制　　之

繁衍，或由削除湖中營養　方式，間接使湖中之　　數量獲得控制，有關各種控制方法　述如表4.3-3所示：

表 4.3-4 湖區優養化控制採行方法一覽表

處理方式		經費投入	營運費用	效果	要求	備註
物理方式	1.稀釋放流	較低	低	一般	具備潔淨水源	適用於小水域且水源可配合
	2.水位控制	高	較低	一般	水源必須足夠	蓄水深度須在設計階段決定
	3.曝氣法	低	低	顯著	需安裝設備，湖水深度不能太淺	大小水域皆適用
	4.循環過濾	較高	很高	一般	水體規則、需專業管理、定期維護，並需要部分一部分機電結構	適用於小水域　，機器易鏽蝕（非連續工作），且易有死角
	5.湖底浚渫	較少	較高	好	具備潔淨水源，無水生植物景觀	適用於小水域
化學方式	1.除磷	較少	較高	短期明顯	湖水中總磷濃度甚高，且其他方法無法及時處理時	有可能引起水中的酸鹼值變化，使用時機宜慎重
	2.除藻	較少	較高	短期明顯	湖水中藻華嚴重且發臭，且其他方法無法及時處理時	未徹底解決污染問題，長期使用造成水生態失衡
生物方式	1.生物控制	較少	較少	不確定性	水生動物繁衍過多時，反而影響水質	適用小水域
	2.濕地	較少	較少	自然	水體能循環流動，土地充裕 ,需有安全防範措施	需大量土地作為水質處理之空間
	3.人工浮島	較少	較少	一般	水體能循環流動，水位變化不大	冬季水生植物易枯死水體自淨效果較差

3、人工湖滲漏

依前期規劃內容，因人工湖D區北方50公尺處有草屯鎮　化　及　埋場，且人工湖E湖區下游約100公尺處亦有1處當地居民　有　　場，其地下水可能受　　，故初步評估人工湖需採　底以阻　地下水　　。

惟前期規劃中人工湖開挖以挖深至岩盤下1.0公尺，各湖區之湖底或圍堤大多會面臨岩層因　水　化而導致強度下降的問題。由相關參數研究（　正　,1994)對不同岩樣所作之環剪試驗結果(表4.3-5)，對於砂岩、泥岩、砂-泥岩互層等3種岩樣，其　和時殘餘剪力強度較氣　時分別下降13、38與46%，因此，湖區內岩層若屬泥岩或砂-泥岩互層者，　水後其殘餘剪力強度確實會有大幅度　減，故前期評估人工湖需採混凝土　底以解　岩層　水　化之問題。

表 4.3-5 不同岩樣室內環剪試驗結果表

	氣 (d at failure= 425kPa)			和(d at failure = 400kPa)			減程度
	C(kPa)	(°)	殘餘強度(kPa)	C(kPa)	(°)	殘餘強度(kPa)	(%)
砂岩	0	32.1	266.6	22	27.6	231.1	13.32
泥岩	0	26.5	211.9	16	16	130.7	38.32
砂-泥岩互層	0	27.7	223.1	5	16	119.7	46.35

經檢討，本計畫除有地下水　之虞，因人工湖定位為蓄水及供水，如滲漏量太大則將導致人工湖區無法有效蓄水；依據前期報告所做之試驗結果，　礫石層現場定水頭試驗所得之透水係數範圍達每秒3.64×10^{-3}~5.45×10^{-2}公分，滲透性明顯偏高；而岩盤透水試驗所得之透水度值則約為0.8~2.2Lugeon(每秒1.3×10^{-5}公分)，顯示岩盤水密性良好。由上述結果得知，計畫工址處之礫石層滲透性良好，如不施以防滲措施將無法有效蓄水，有關防滲方法詳細說明如下述。

(1)剛性不透水層

人工湖池底採混凝土　底，其優點為抗壓強度高、止水效果佳、且利於大型機　入池清淤，惟混凝土鋪底受建造品質影響較大、抗　性差需視　注面積設置伸縮　，較不經濟，且計畫區鄰近斷層，採混凝土剛性材料　底相對易破裂漏水，故對防滲較為不利。

(2)柔性不透水層

柔性不透水層材料包括皂土　、不透水布等材料，　底方式可採用皂土　與HDPE不透水布　　而成之複合組水層，表面再鋪以　石，鋪底段面示意如圖4.3-9所示。其優勢較不受建造品質影響、為低強度　土、抗　性強、價　低　、　震性佳且自　能力強。惟設置時需　速且需防止水　入，本計畫人工湖為地表降挖至岩盤下1~4公尺，均開挖至地下水位線下，施工　水不易。

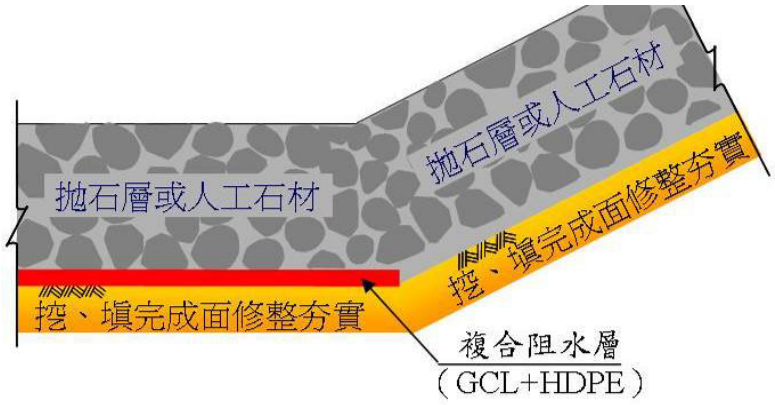


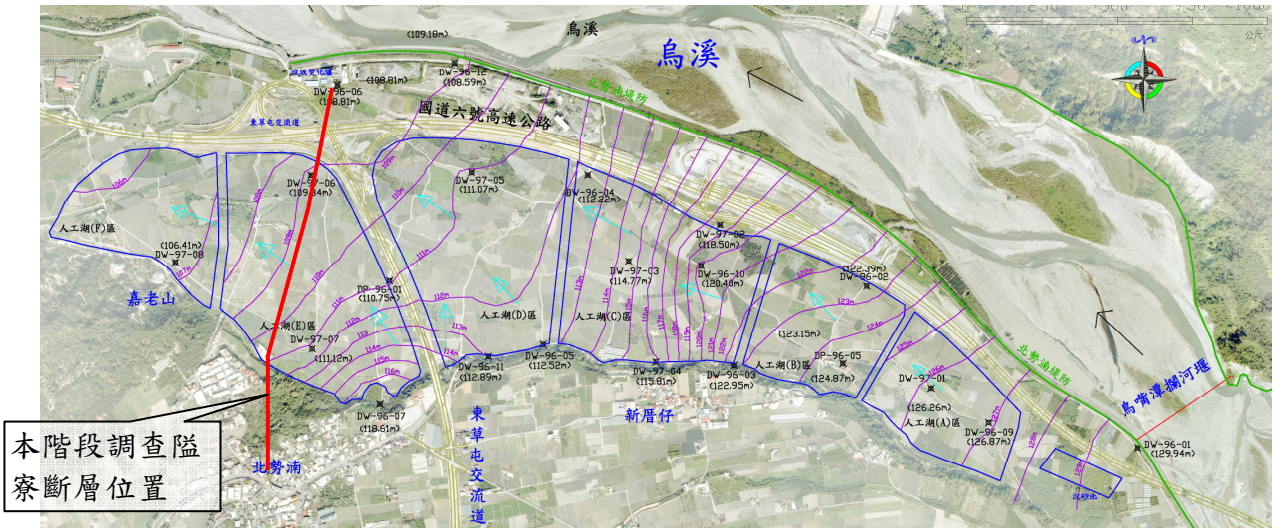
圖 4.3-9 柔性不透水層鋪底示意圖

(3)截水牆

現地岩盤之不透水性極佳，因此若採湖區圍堤間施設截水牆之方式， 則可以避免因湖區全面 底所激增之工程經費，二則施工時較不需考慮施工時 水的問題，為增加防滲效果，截水牆應打設至岩盤下1.0公尺，設置高度則為滿水位以上1.0公尺。

綜合上述之防滲阻水方法，以施工性而言，截水牆較適用於本人工湖計畫；另E湖區位處斷層破碎帶，若欲開發亦須於堤內設置截水牆，並至少開挖至岩盤下1公尺，以前期所監測之地下水等高線圖（圖4.3-10）研 ，斷層破碎帶於E湖區範圍處並無明顯洩降情形，且岩盤不透水性良好，故目前研 並無 底之考量。但因斷層帶破裂情形亦 開挖方式及深度變化，故仍列入鋪底形式以茲參考，評估如表4.3-6所示。

而在本計畫中，因對蓄水量以及地形、地 之考量，各湖區開發 已深達岩盤面之下，因此，不論是各湖區之湖底或圍堤大多會面臨岩層因 水 化而導致強度下降的問題，但對於現地岩層因 水而 化的討論，必須考慮岩層垂直與水平向透水能力之差異，因岩層之水平透水係數會較垂直透水係數高出許多，即岩層水平透水能力遠高於垂直透水能力，依現地情況而言，湖區開發蓄水後，除圍堤邊坡入岩處以及因斷層帶經過而湖底多破裂面之E湖區，會因水平向 水而造成 化現象加 ，應於該處施以特別 壓，能有效減低水流入 之工法外，其 湖區之湖底岩盤面上，因水平入 不易且垂直透水係數極低，水之入 深度有限，岩層因 水 化而發生大規模崩解的可能性不高。



表資料來源：「烏溪水源開發-烏溪烏嘴潭攔河堰初步規劃(2)測量暨環境、地質調查」，水規所，97.12

圖 4.3-10 湖區地下水等高線圖

表 4.3-6 人工湖防滲型式比較表

方案		優點	缺點	本工程適用性
鋪底	剛性不透水層	1.抗壓強度高 2.止水效果佳 3.利於大型機具入池清淤	1.受建造品質影響大 2.抗　性差 3.需視　注面積設置伸縮 4.施工價　較 5.　復性不佳	沉砂池需定期清淤，適用剛性不透水層鋪底。
	柔性不透水層	1.受建造品質影響低 2.建造速度 3.不需機器搭接，搭接容易、止水效果好 4.　震性、抗　性強 5.破損　補容易 6.價　低	1.鋪設時間需　速完成 2.鋪設時須防止水　入	E、F 湖區鄰近隘寮斷層破碎帶，受斷層滲漏影響大，適用柔性不透水層
截牆	水泥皂土截牆	1.止水性佳 2.不受施工　水影響 3.可防止壩底水流滲透影響	1.易受施工品質影響 2.施工價　高	本計畫地下水位高，為免受施工水影響，建議湖區四周及湖區間圍堤打設水泥皂土截牆阻水。

(三)人工湖佈置檢討

1、地形及既有構造物

考量現地條件及湖區佈置，湖區圍堤之設置原則檢討如下述：

(1)堤頂佈置原則

本計畫湖區圍堤北側緊依國道6號路堤設置，南側圍堤則緊鄰崖坡，湖區圍堤總長度約為11,270公尺，除D、E湖區間隔東草屯交流道聯絡道外，上游湖區皆緊鄰下游湖區，為兼顧蓄水容量及景觀遊憩功能，堤頂寬度不宜過大或過小。

(2)南側圍堤佈置原則

由於南側圍堤緊鄰崖坡，其地勢高出人工湖約10~20公尺，為維護人工湖及堤岸安全,除人工湖圍堤位置皆離崖坡約20公尺以上，並設置植生喬木緩衝帶及排水路與人工湖圍堤做為區隔，以避免由高階地崩落之土石掉入蓄水區或影響環湖道路之人車安全。

另緊鄰南崖坡處之圍堤施做截水牆後,地下水位面會因地下水流被阻隔而抬升，截牆附近地表面可能發生地下水湧出之現象，若人工湖圍堤坡腳新設排水路採透水材料鋪築，可有效將湧出之地下水導引進入下游勝東崎排水,將可作為茄苳媽助圳之灌溉水源。

為預估截牆施作完成後可能之地下水湧出量,採用數值模擬分析方法並參照現地透水試驗結果、岩層與礫石層分佈情況、北勢湳與新　　民　水位觀測等資料進行模擬,各模擬參數與分析斷面如表4.3-7與圖4.3-11所示，由模擬結果(圖4.3-12)，地下水確實會由崖坡坡腳處湧出,排水　層邊界上地下水湧出量約每公尺2.5×10^{-4}秒立方公尺，而沿南崖坡之總湧水量約為每公尺2.5×10^{-4}秒立方公尺x2,000公尺(估計北側圍堤長)　0.5秒立方公尺。

表 4.3-7 滲流模擬分析參數表

材料	透水係數 K(m/sec)
1.礫石	1.0×10^{-4}
2.砂岩	1.2×10^{-7}
3.水泥皂土截水牆	8.5×10^{-9}
4.透水　層	1.0×10^{-1}

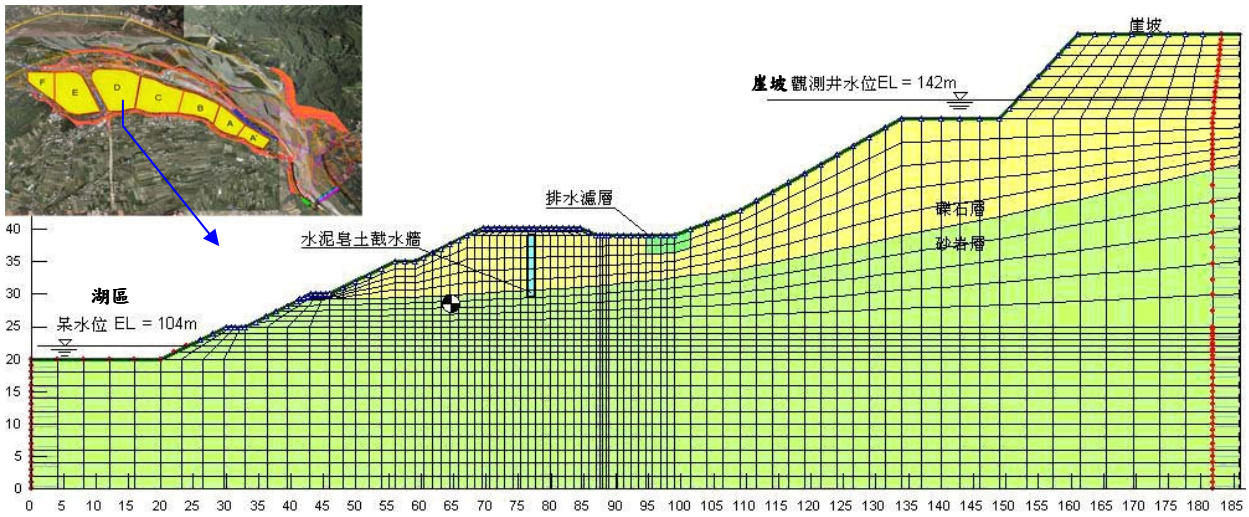
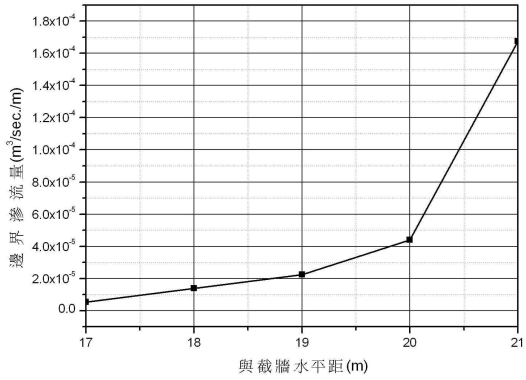


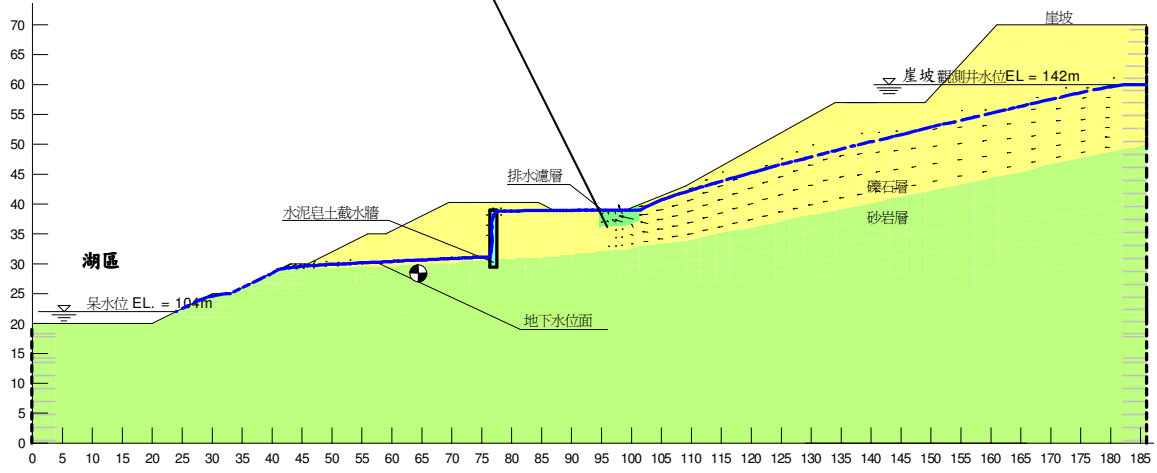
圖 4.3-11 南崖坡地下水湧出量數值模擬分析示意圖

與截牆水平距(m)	邊界滲流量(m3/sec/m)
17	0.00000522
18	0.00001392
19	0.00002249
20	0.00004393
21	0.00016744
邊界上總滲流量	0.00025301

1.邊界　流量表



2.邊界　流量圖



3.地下水湧出量數值模擬成果圖

圖 4.3-12 南崖坡地下水湧出量數值模擬成果圖

(3)北側圍堤佈置原則

北側圍堤緊鄰國道6號，為保護國道6號之安全，北側人工湖圍堤需向內退縮佈設，其退縮原則如下：

A.緊鄰國道6號路堤段者湖區範圍緊鄰路權線。

B.緊鄰國道6號高架段者湖區向內退縮40公尺。

C.並另北勢湳排水改道沿人工湖圍堤坡腳施設，做為人工湖與國道6號路堤間之緩衝帶，並兼做人工湖退水路。

(4)D、E湖區間圍堤佈置原則

D、E湖區沿東草屯交流道聯絡道兩側佈置，其間相距約有100公尺，人工湖開挖蓄水及圍堤佈置需考量東草屯交流道橋台基礎之安全。

為評估開挖後對東草屯交流道橋台基礎之影響，參考相關研究（Ahlvin ,1962)　重對基礎下方土壤應力增量之解，當距離基礎外緣之水平距離超過1　基礎寬度後，上方　重與基礎下方應力增量之比值已小於0.05，因此為避免圍堤設置影響橋台基礎之安全，兩側圍堤應向湖區內退縮1　橋台基礎寬以上，而在現行規劃中，D、E湖區間相鄰約100公尺，雙側湖區距離橋台基礎外緣均已達2　基礎寬度，且兩側圍堤皆施設截水心牆以避免橋台力因湖區蓄水後，因滲流水壓力的影響而降低其　　力。

針對D、E湖區之構築對交流道橋台基礎可能影響之評估，進行現地開挖情況之數值模擬，各分析使用參數與分析斷面如表4.3-8與圖4.3-13所示，並依現地可能之施作方式，在分析時分為5階段，分別模擬D湖區挖土方(step1)、挖岩方(step2)與回填邊坡(step5)，以及E湖區挖土方(step3)、挖岩方(step4)等，分析結果如圖4.3-14，在施工完成後，橋台基礎與堤頂間之緩衝區域內垂直位移與水平位移量均小於0.02公分，與Ahlvin推得之應力球　分佈相近，因此在現行規劃中，圍堤向湖區內退縮並施設水泥皂土截牆，確實能有效降低因湖區開發而對高速公路所造成之影響。

表 4.3-8 東草屯交流道高架段影響分析參數表

材料種	氏模數E(kPa)	比 v	單位重 γ (kN/m^3)
礫石層	1.77×105	0.35	19.62
砂岩層	6.89×107	0.17	22.56
橋台基礎	1.20×107	0.20	23.45

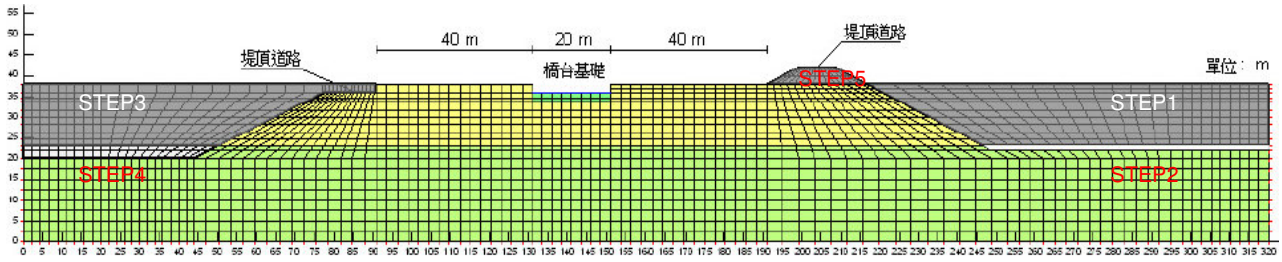
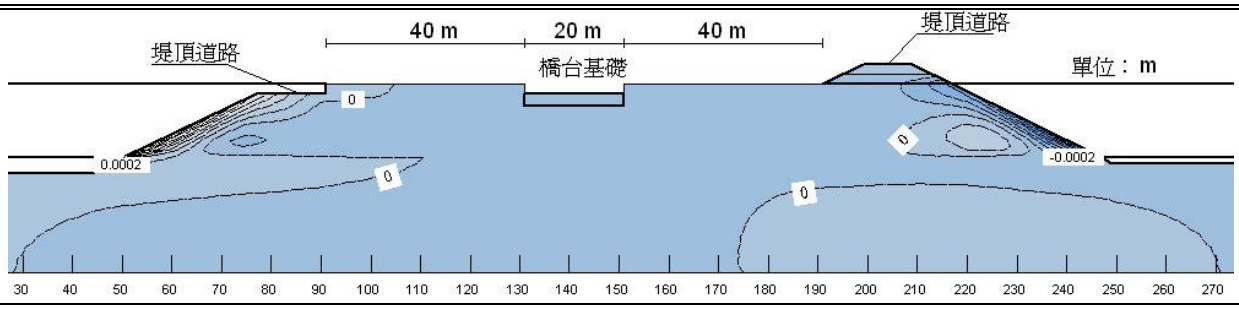
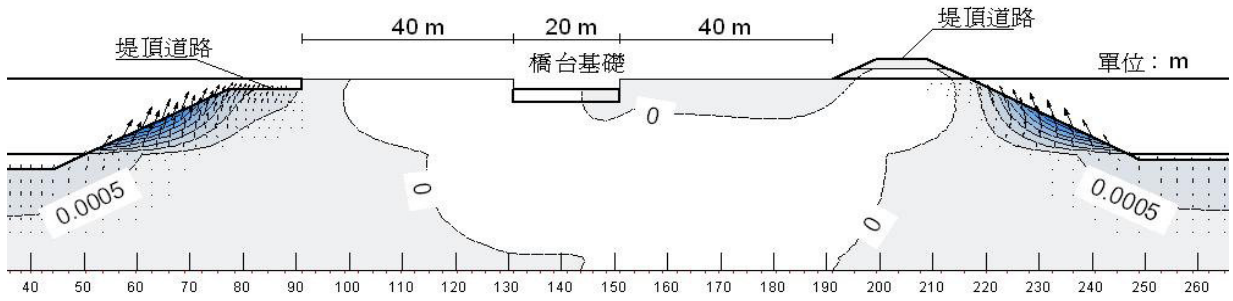


圖 4.3-13 東草屯交流道高架段影響分析示意圖

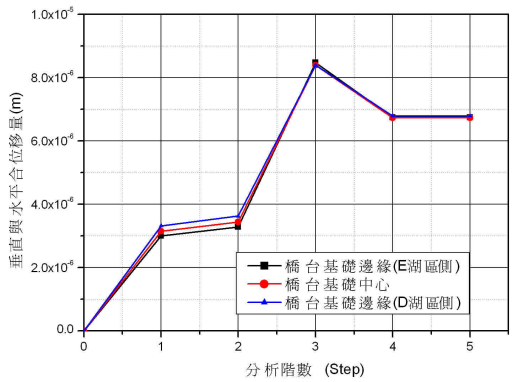


1. 垂直位移等值線圖

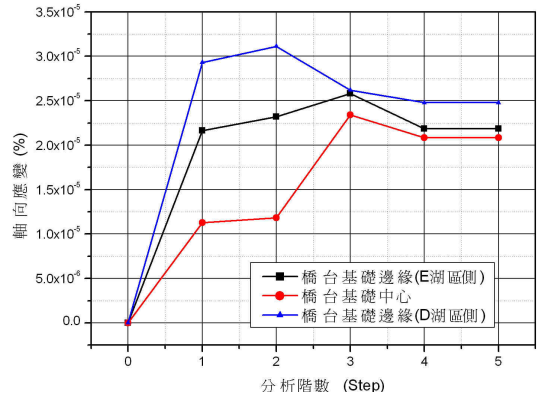


2. 水平位移等值線圖

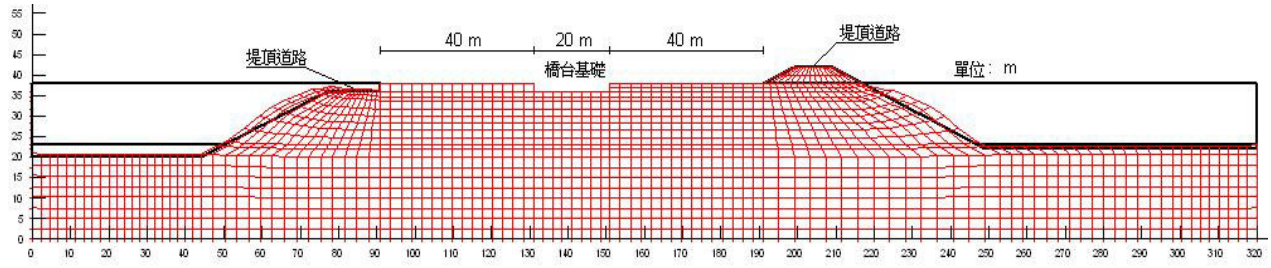
圖 4.3-14 高架段影響分析成果圖(1/2)



1. 橋台基礎 分析階數位移量圖



2. 橋台基礎 分析階數軸向應變圖



3. 各網 變形量圖(放大 率 1000)

圖 4.3-14 高架段影響分析成果圖(2/2)

2、圍堤安定分析

考量現地條件及湖區佈置，安定分析　先考慮各湖區圍堤之入岩深度、坡高、蓄水高以及可能之上下游水位面高程差等情況，進行　流分析，並將分析所得之水位面資料使用於後續之邊坡穩定分析。

(1)滲流分析

對於現地圍堤滲流情況之數值模擬，　先分析圍堤坡度為1:2與1:1.5時，在圍堤兩側湖區滿水與單側滿水等兩種情況下之滲流情形，後續並將圍堤施作皂土心牆時，其滲流情況加以模擬分析。而對於分析時所需之參數設定，則依取樣岩盤之透水試驗資料，　設砂岩層之透水係數K= 每秒1.2×10^{-7}公尺，　水單位重　$_t$=每立方公尺22.56　　，礫石層之透水係數K =每秒1.0×10^{-4}公尺，　水單位重　$_t$=每立方公尺21.97　　。由上述參數推估，砂岩層與礫石層之極限水力坡降i_{cr}為：

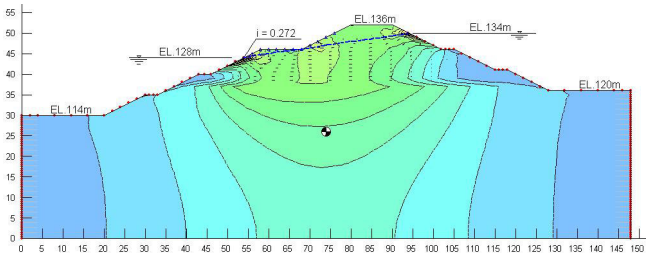
砂岩層=(22.56-9.81)/9.81=1.30

礫石層=(21.97-9.81)/9.81=1.24

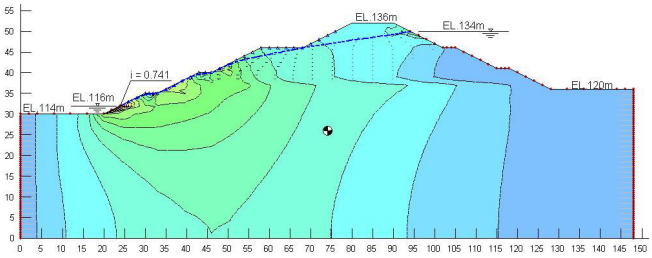
分析結果如圖4.3-15與圖4.3-16所示，並將結果整理如表4.3-9，由　流分析結果可得知，雖在不施作截牆的情況下，管湧檢　均屬安全，但其水力坡降在洩降時高達0.8左右，偏危險側，而施作截牆後，坡面上之水力坡降均小於0.7，偏安全側，因此圍堤間施作截牆確實能有效防止圍堤發生滲流破　。

表 4.3-9 不同坡度與不同蓄水情況下滲流模擬分析結果表

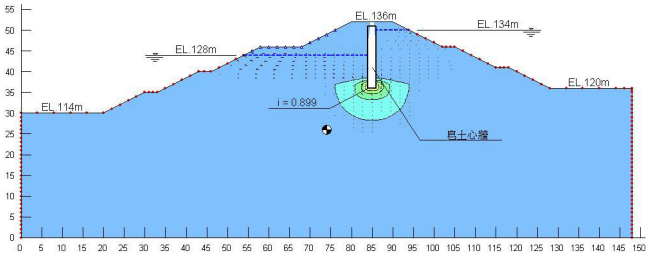
坡度	皂土心牆	蓄水情況	坡面上最大水力坡降	安全係數(需大於1.5)
1　2	無	雙側滿水	0.272	4.56
		單側滿水	0.741	1.75
	有	雙側滿水	0.1	----
		單側滿水	0.629	2.06
1　1.5	無	雙側滿水	0.286	4.33
		單側滿水	0.825	1.57
	有	雙側滿水	0.1	----
		單側滿水	0.693	1.87



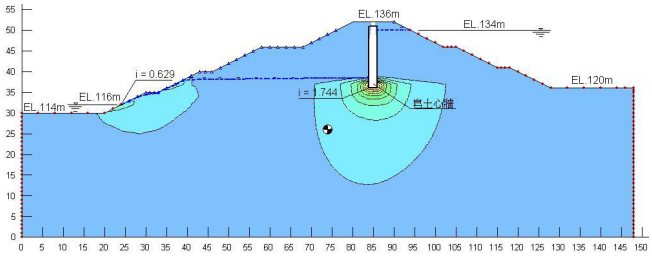
1. 雙側滿水



2. 單側滿水

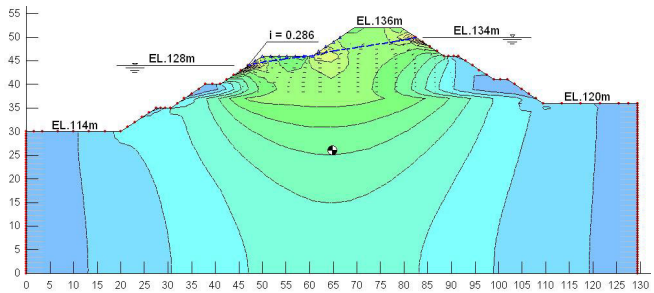


3. 雙側滿水(施設截牆)

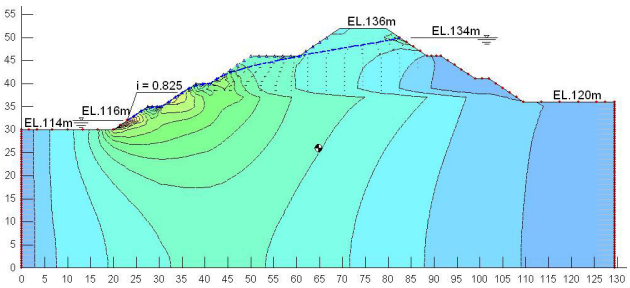


4. 單側滿水(施設截牆)

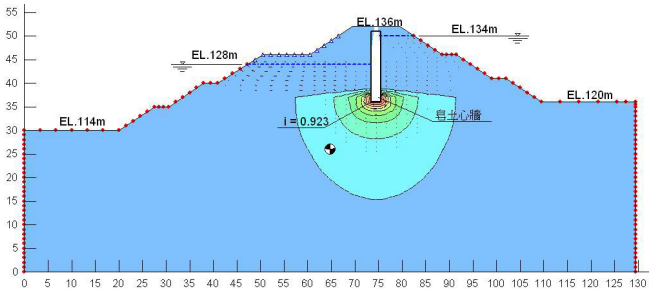
圖 4.3-15 圍堤坡度 1:2 時之水力坡降等值線圖



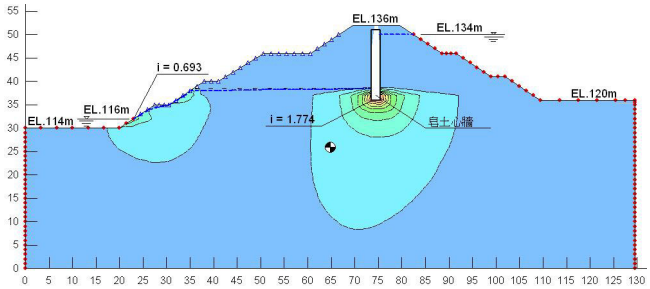
1. 雙側滿水



2. 單側滿水



3. 雙側滿水(施設截牆)



4. 單側滿水(施設截牆)

圖 4.3-16 圍堤坡度 1:1.5 時之水力坡降等值線圖

(2)邊坡穩定分析

本案之穩定分析採用：Bishop Simplified Method-其　設為切片兩側之剪力大小相同並作用在同一直線上，切片間正向應力不相等，合力及力　平衡後求安全係數。圍堤之分析斷面分為1：

2與1：1.5等兩種坡度。

A.分析說明

(A)安全係數

在極限平衡分析法中，最　目的就是尋　最臨界的安全係數(F.S)來評估邊坡的穩定性。理論上，安全係數僅須大於1，邊坡即無　動之虞。本計畫係參考　國陸　工　　、中國工程　及　文水庫興建時所建議之安全係數，　定安定分析時之安全係數值，如表4.3-10所示。

表 4.3-10 安定分析建議安全係數表

規範 / 分析情況		國陸　工	中國工程	文水庫	本計畫採用值
定常滲流	無地震時	1.5	1.5	1.5	1.5
	有地震時	1.0	1.1	1.0	1.0
急洩降	無地震時	1.2	1.2	1.3	1.2
	有地震時		1.0	1.0	1.0

(B)參數選定

依現地及鄰近地區之鑽孔資料與前期報告，圍堤邊坡穩定分析中，各層材料之凝聚力、　　角與單位重等參數如表4.2-11所示。

表 4.3-11 邊坡分析簡化參數表

項目 / 分層	γ_s (kN/m^3)	γ_t (kN/m^3)	C'(kPa)	(。)
礫石層	19.62	20.60	19.62	34
砂岩層	22.56	24.53	14.72	33

(C)　動模式：　　動。

(D)水位資料：藉由前述滲流分析結果，考慮有無截牆與兩側湖區不同之蓄水情況。

(E)地震力：依設計基準地震值，地震係數定為水平0.17，垂直0.09。

B.邊坡穩定分析成果與討論

(A)邊坡穩定分析結果

針對圍堤坡度為1:2與1:1.5時，在圍堤兩側湖區滿水與洩

降等兩種情況下進行常時與受震時之安定分析,後續並將圍堤施作水泥皂土截牆後的邊坡情況一併加以考慮,所有分析成果如表4.3-12所示。

表 4.3-12 邊坡穩定分析成果表

坡度	皂土心牆	蓄水情況	安全係數	
			常時	震時
1 2	無	雙側滿水	2.489	1.227
		洩降	1.702	1.016
	有	雙側滿水	2.671	1.317
		洩降	1.936	1.211
1 1.5	無	雙側滿水	2.170	1.146
		洩降	1.490	0.943
	有	雙側滿水	2.340	1.238
		洩降	1.687	1.105

(B)分析結果討論

由表4.3-12，除坡度1：1.5未施作截牆的情況下，未能符合本計畫對4種不同情況下所　定之安定分析檢　外，其他不論是坡度1：1.5施作截牆、坡度1：2有及無施作截牆等，其安全係數檢　均能通過本計畫對所　定之安定分析檢　。但由於本計畫區位處斷層帶上，且圍堤之構築方式屬土石壩之範　，邊坡坡度不宜過陡，因此，雖坡度1：1.5施作截牆於分析時符合檢　標準，但仍建議邊坡坡度不應大於1：2。

3、北面圍堤邊坡安定分析

人工湖北面圍堤與國道6號相當靠近，因此北側圍堤之邊坡穩定性確實會影響到國道6號之安全性，尤其當湖區內滿水時，若圍堤邊坡發生　動，有可能因大量土石　落湖區而造成水位激升，發生溢堤的危險，在北側圍堤的分析中將分別分析前坡(臨湖區側邊坡)與後坡(臨堤後道路側邊坡)於設計地震下之邊坡穩定，分析結果如表4.3-13，由分析結果表，前坡與後坡於設計地震下，其安全係數均已達本計畫所　定之安定分析檢　規定。

表 4.3-13 北面圍堤邊坡穩定分析成果表

坡度	水泥皂土截水牆	蓄水情況	震時安全係數	
			前坡	後坡
1：2	有	滿庫水位	1.364	2.286

4、南崖坡自然邊坡安定分析

為考量南面崖坡因人工湖開挖後，對其邊坡安定性之影響，先行使用湖區內既有鑽探資料(表4.3-11)，並配合可能之地下水位面，採Janbu 體 動分析模式進行人工湖未開挖前、人工湖開挖後滿庫及呆水位等三種情況，於設計地震下之邊坡穩定分析，分析結果如表4.3-14，由分析結果表，前述3種情況於設計地震下，其安全係數均已達本計畫所 定之安定分析檢 規定，但此結果為在缺乏崖坡坡頂鑽探資料情況下之分析，雖已取較保 條件，仍有可能因與現地條件之差異而造成 ，因此建議能沿南崖坡坡頂，補充現地鑽探資料，以利後續對崖坡坡頂發生淺層 移可能性之分析，而據現行分析結果，推估影響人工湖開挖後邊坡安全的原因有2，(1)為因湖區深挖而使坡高增加，(2)為地下水分布情況，若針對坡高過高所造成的不安定，改善方案可考慮施作抗 樁或地 等，至於因地下水所造成的影響，可考慮沿南崖坡坡面增設排水設施，降低南崖坡側之地下水位。

表 4.3-14 南崖坡邊坡穩定分析成果表

坡度	皂土心牆	蓄水情況	安全係數	
			常時	震時
現地邊坡	無	依地下水資料	1.965	1.148
1 2	有	滿庫水位	1.953	1.118
1 2	有	呆水位	1.974	1.166

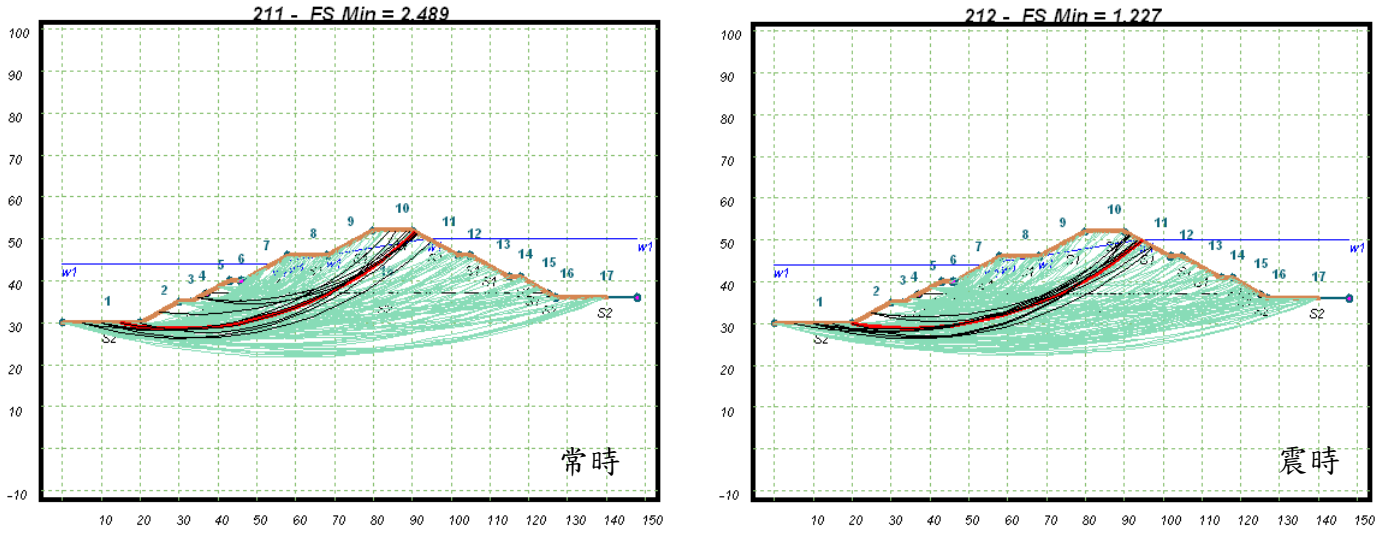


圖 4.3-17 圍堤坡度 1:2 雙側滿水(無截牆)

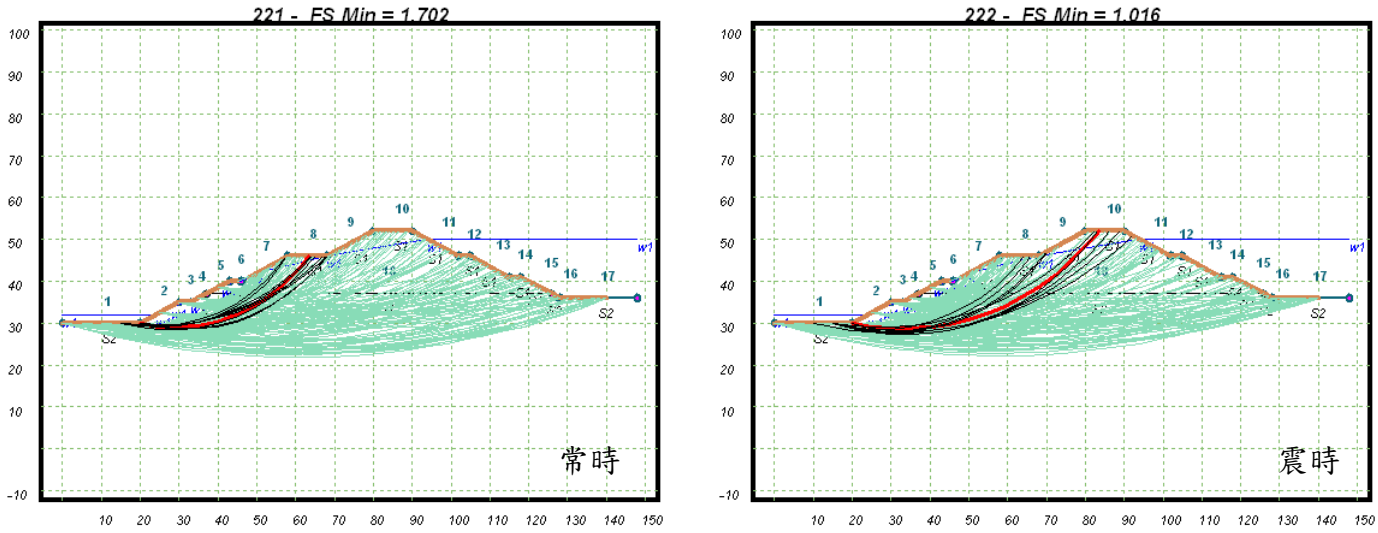


圖 4.3-18 圍堤坡度 1:2 洩降(無截牆)

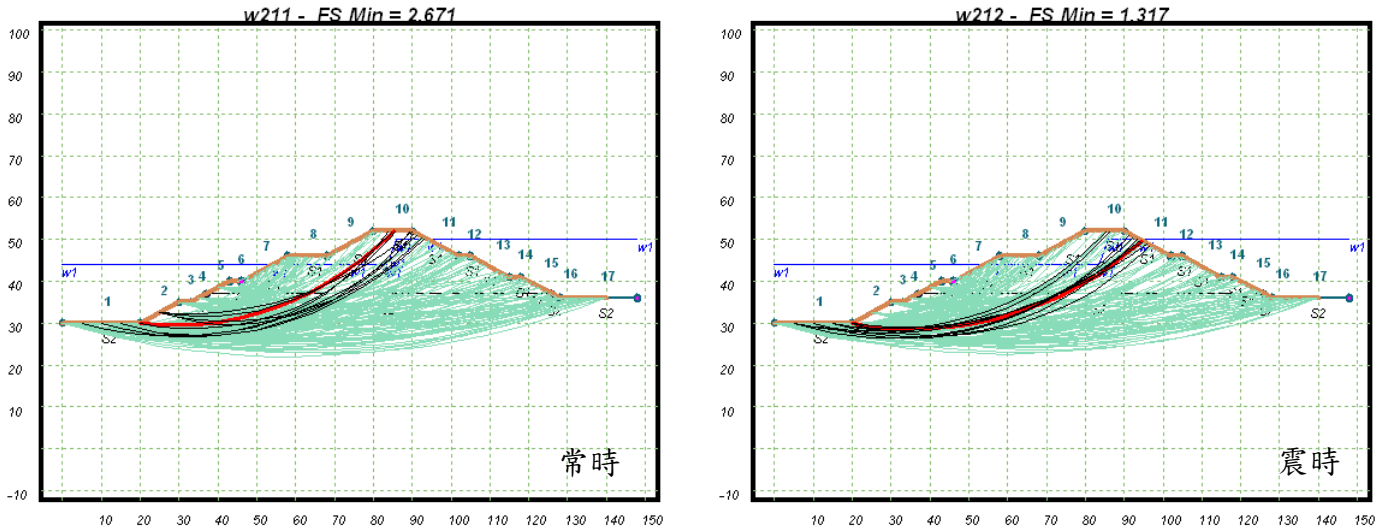


圖 4.3-19 圍堤坡度 1:2 雙側滿水(有截牆)

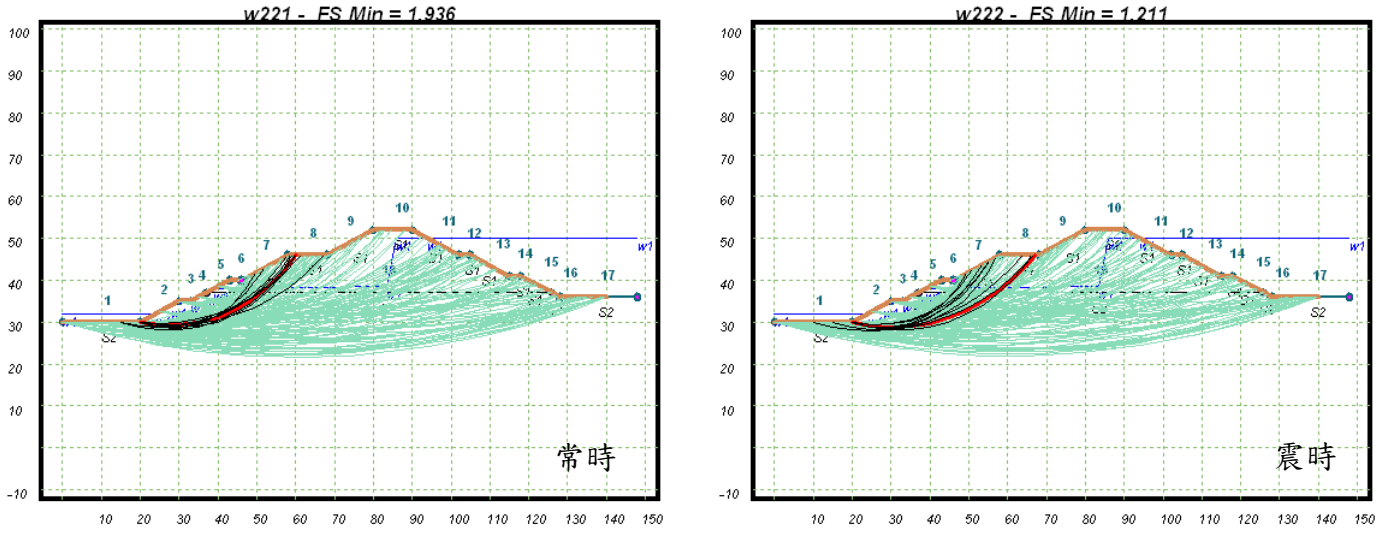


圖 4.3-20 圍堤坡度 1:2 洩降(有截牆)

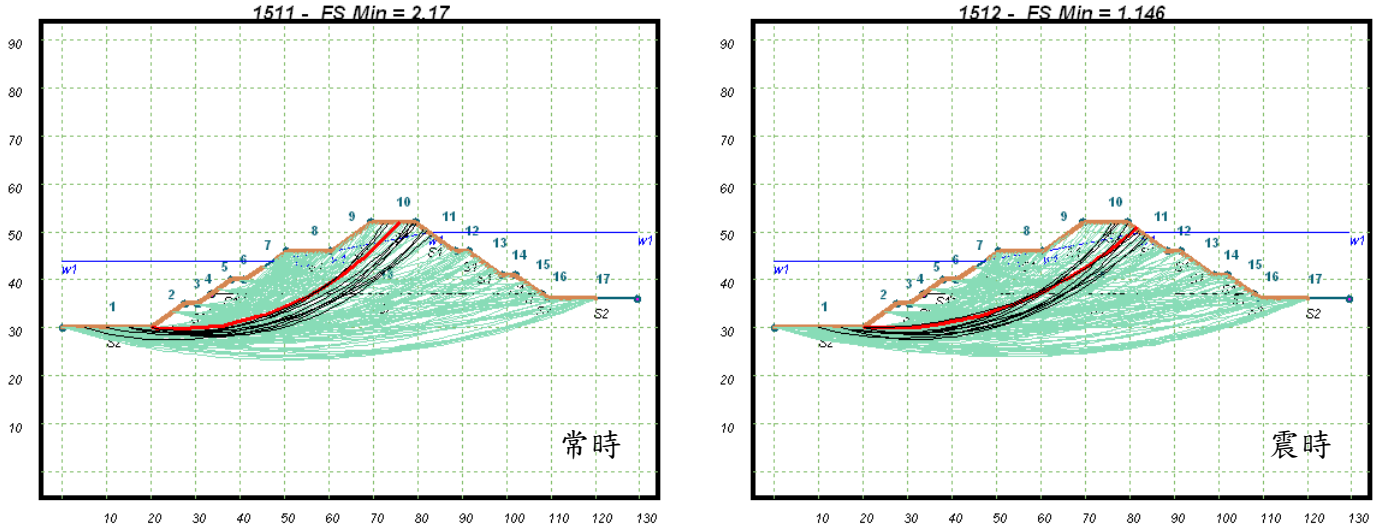


圖 4.3-21 圍堤坡度 1:1.5 雙側滿水(無截牆)

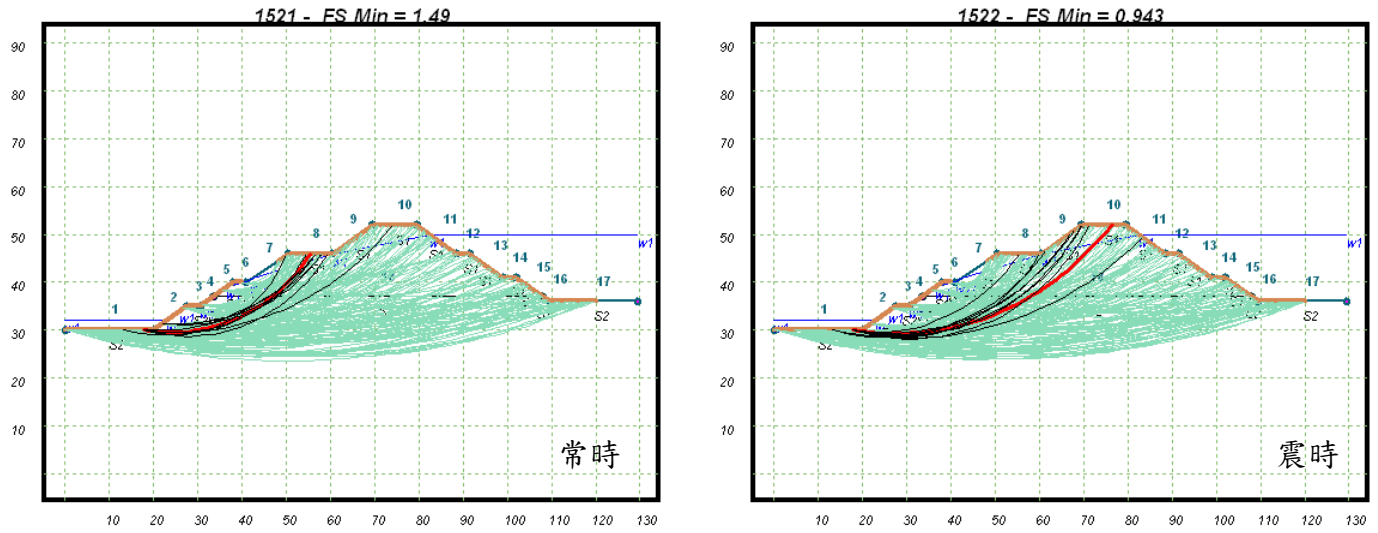
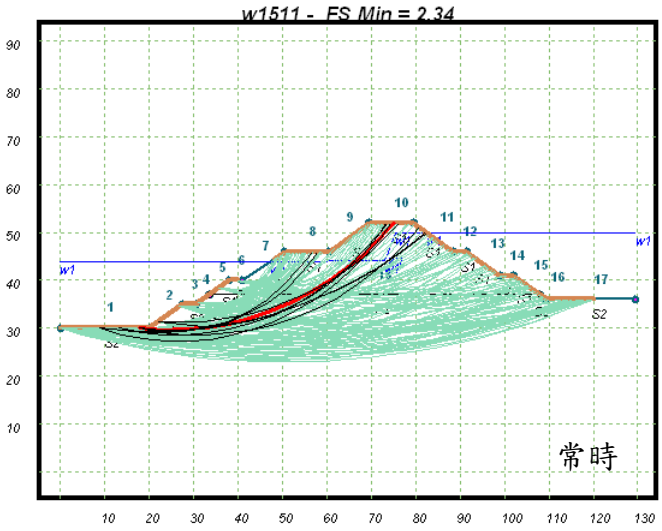


圖 4.3-22 圍堤坡度 1:1.5 洩降(無截牆)



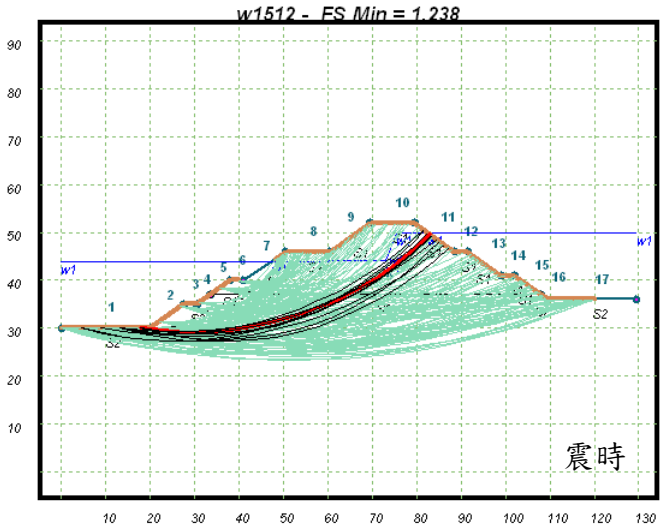
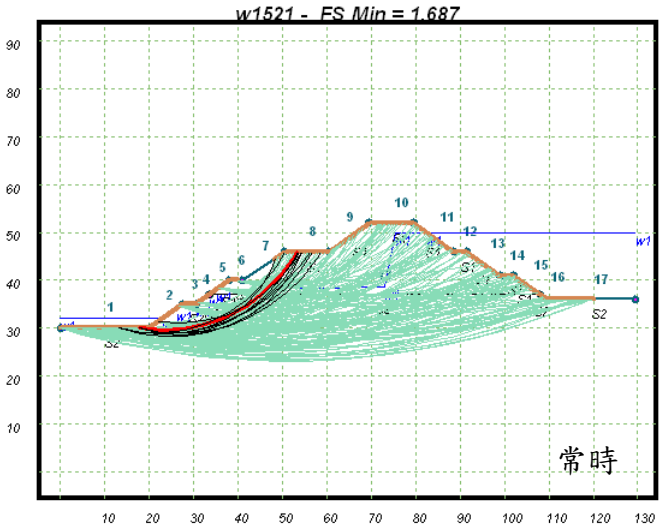


圖 4.3-23 圍堤坡度 1:1.5 雙側滿水(有截牆)



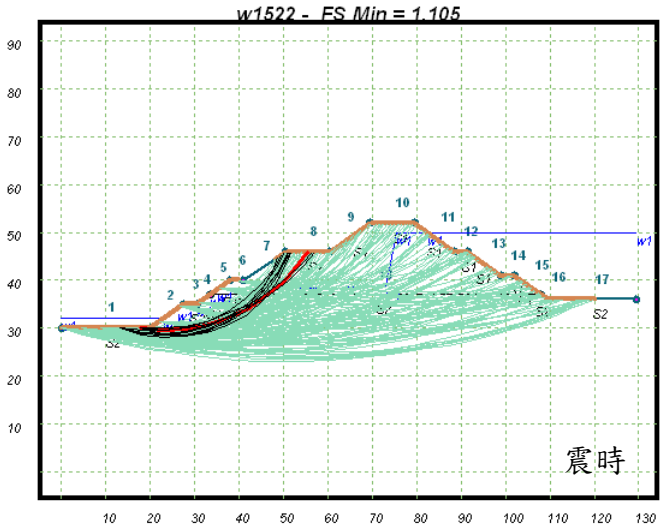
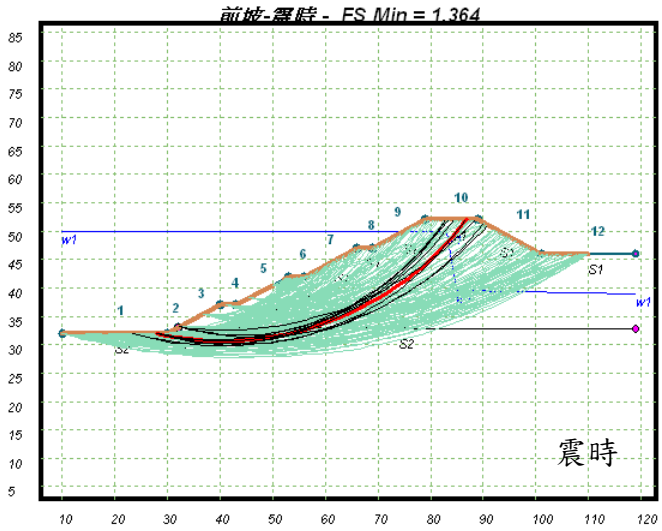


圖 4.3-24 圍堤坡度 1:1.5 洩降(有截牆)



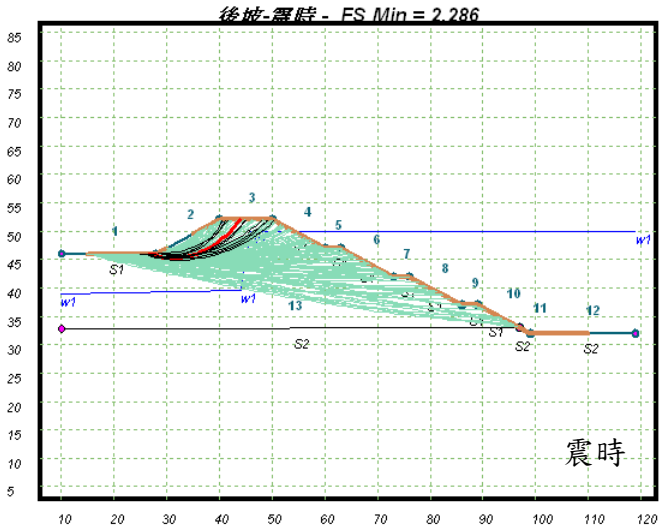


圖 4.3-25 北面圍堤邊坡分析結果圖

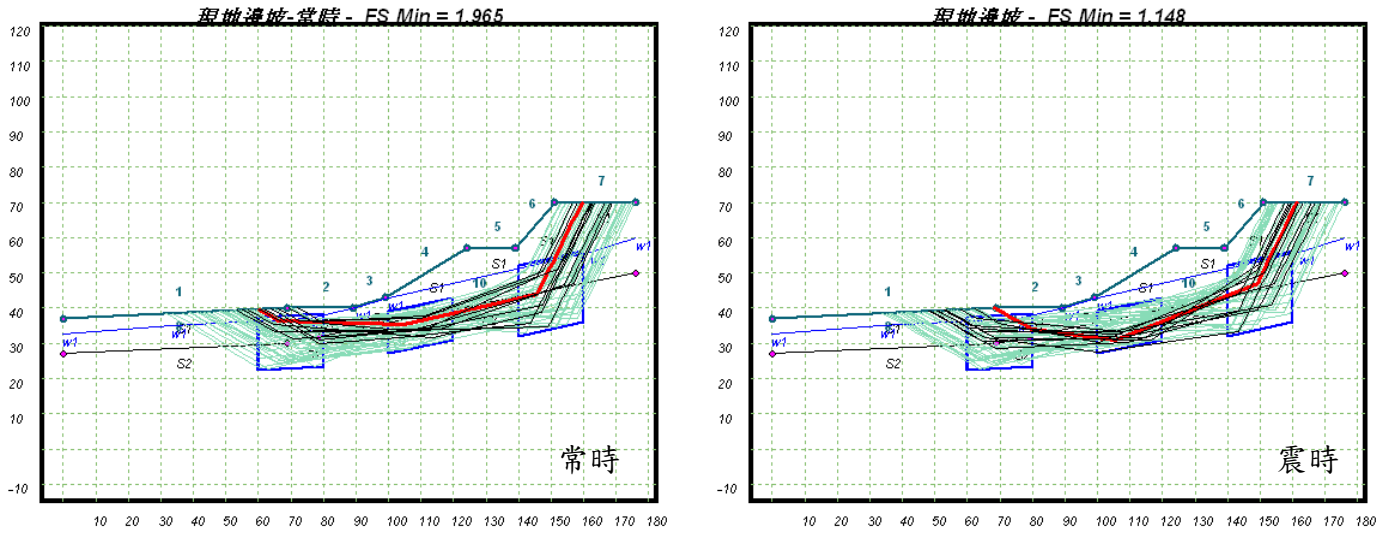


圖 4.3-26 南崖坡現地邊坡分析結果圖

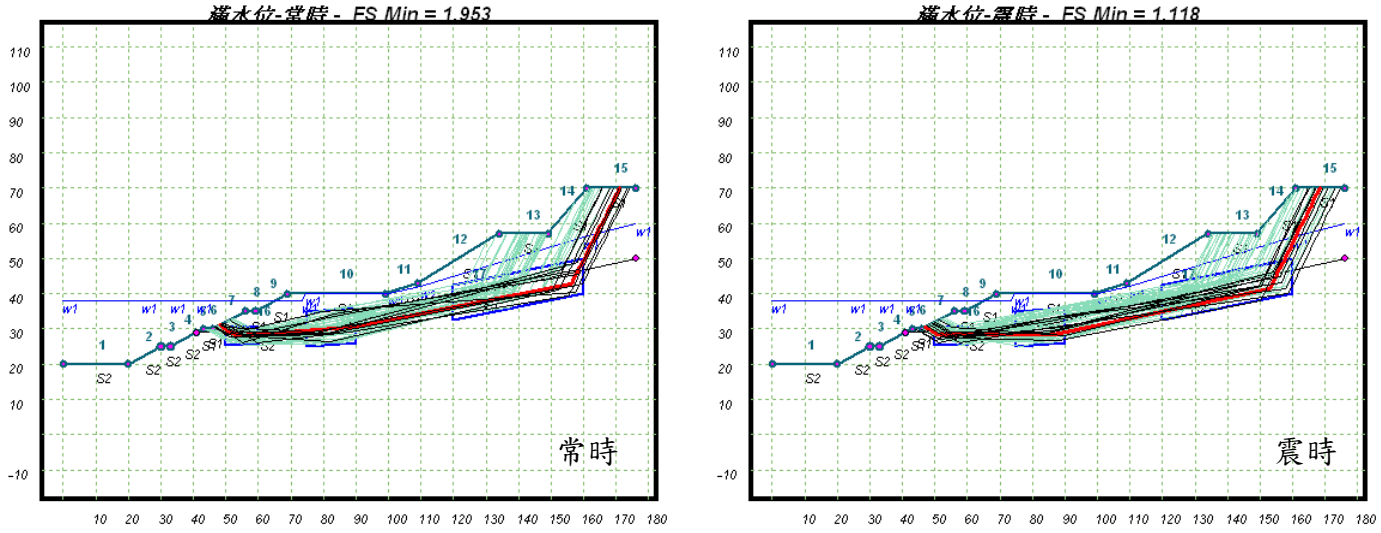


圖 4.3-27 南崖坡邊坡分析結果圖(滿庫水位)

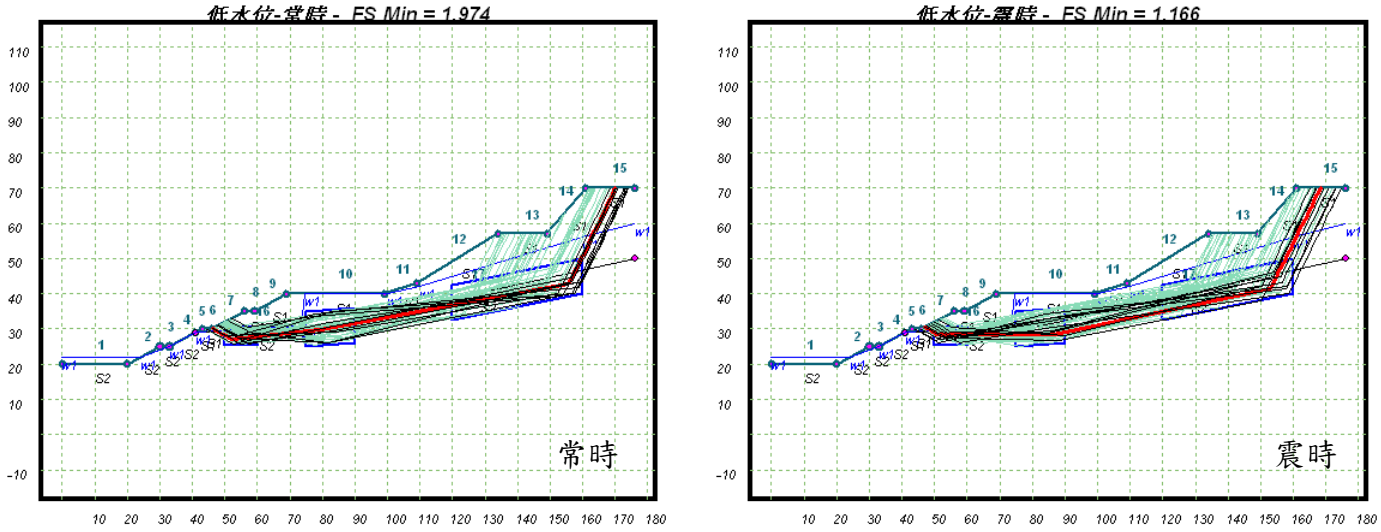


圖 4.3-28 南崖坡邊坡分析結果圖(呆水位)

4、隘寮斷層影響

隘寮斷層經過人工湖E區，為減少斷層帶對人工湖之安全影響，在圍堤之佈置上可使圍堤位置與隘寮斷層橫交段最小，並降低堤身及蓄水高程，另考量隘寮斷層有滲漏之虞，除採水泥皂土截牆避免湖區蓄水滲漏外,E湖區視後續計畫之鑽探資料分析破裂情形，考量　底之必要性或　底範圍，若需　底得採柔性不透水層　底或採特別　壓方式處理，減少湖區蓄水之流失率。

5、湖區聯通規劃檢討

前期規劃針對湖區聯通採以溢流堰串聯型式進行規劃，當上游湖區溢滿後依序蓄滿下游湖區，除此之外亦採並聯型式於南側設置輸水路，與各個人工湖區間以控制閘閥輸送各湖區蓄水。

經檢討本計畫除仍保有溢流堰串聯型式蓄水，並於湖底設置聯通管路以滿足低水位時湖區間之蓄、供水，並仍考量A'、A湖區落淤沉澱量較高有放空清淤之必要性,及E區位於斷層破碎帶有安全維護之可能性，設置並聯之導水路，以期各湖區之蓄、供水順暢無虞。茲將聯通規劃檢討分述如下：

(1)溢流堰串聯蓄水

湖區主要採用溢流堰串聯蓄水,溢流堰頂設置於上游湖區滿水位處,使上游湖區高於滿水位之蓄水經由溢流堰及聯絡箱涵送至下游湖區，供給下游湖區蓄水。因滿水位之高差，聯絡箱涵坡度達1：4以上，需設置齒坡消能，相關水理分析詳述如下：

A.溢流堰

一　溢流堰之設計公式採 $Q=1.767LH^{1.5}$，最大溢流量採計畫引水量每秒 20.0 立方公尺；溢流水深可由 $H=0.05f_b-0.06m$ 求得，其中 f_b 為出水高 2.0 公尺，0.06 公尺則為預留避免　浪造成不必要之溢流水頭，故溢流水深設計值為 0.94 公尺，最小溢流堰頂長度至少為 12.5 公尺，本計畫檢討後採 15.0 公尺做為溢流堰頂長。

B.聯絡段

聯絡箱涵需通過每秒 20.0 立方公尺之計畫引水量，經檢

算 n 值採 0.013、箱涵淨寬 5.0 公尺、坡度採 S=1/100，設計水深為 1.62 公尺，設計箱涵淨高為 2.0 公尺，足以通過計畫流量。

惟因上下湖區間滿水位高差，湖區間部份區段之聯絡箱涵需採陡槽型式設置，避免溢流水之沖擊，陡槽內並設置齒坡消能，齒坡之設計要點及水理檢　如下：

(A)齒坡入口第一排阻水墩之高程以不低於齒坡入口高程30公分。

(B)阻水墩高度H不小於0.8y_c(y_c為臨界水深$y_c=\sqrt[3]{q^2/g}$)。本計畫臨界水深yc為0.74公尺，故阻水墩高度H應大於0.59公尺。

(C)齒坡坡度以不超過2:1為宜，設計流量可達每公尺5.57秒立方公尺。經檢討湖區間聯絡箱涵陡槽段坡度設定為4:1，設計流量為每公尺4秒立方公尺，均符合上述原則。

(D)齒坡入口流速以$V_1=\sqrt[3]{gq}-1.5$ m/s計。本計畫入口設計流速為每秒2.50公尺。

(E)阻水墩之寬度與間隔以1.5H為宜，最小為H，靠邊牆之阻水墩寬度介於H/3至2H/3。

(F)齒坡坡度為2:1時，阻水墩排與排之間距以2H為宜，如阻水墩低於0.9公尺，其間距可大於2H，最大為1.8公尺，齒坡坡度較緩者間距可加大。

(G)阻水墩至少需設置4排　能使流況穩定，第五排起之阻水墩作用為維持流況穩定。

(H)齒坡邊牆高度採3H為宜，可防止大部分之水　或溢流，本計畫設1.8公尺合　要求。

C.出口明渠段

為避免上游湖區溢流時，下游湖區仍為低水位或空庫，溢流水將造成邊坡之破　，故溢流出口採明渠配合 2:1 邊坡設計，並設置齒坡消能。

(2)湖底連通管路

湖底連通管路做為上游湖區未達滿水位時之蓄供水方式，連通管路採壓力鋼管設計，鋼管設計尺寸為D=1,800公釐，供水量

可達每日600,000立方公尺(每秒6.94立方公尺)，足以供給彰化及南投地區所需之供水量。

連通管路採　閥控制，並於堤頂設一操作　(L×H=2.5×2.5m)做為　閥操作維護使用。

(3)輸水路

湖區蓄水採每一湖區皆可導引原水流入之並聯管路，管徑採3,000公釐之鋼管，非壓力供水時仍可提供每秒20立方公尺之供水量。

(4)導水路

並考量E、F湖區仍有受隘寮斷層影響之疑慮，故於湖區北側，自A池起到F池設有導水路可將各湖區之水獨立操作引導致下游淨水場，於E、F池受斷層影響並暫停蓄供水時仍可維持人工湖之蓄供水功能，導水管採管徑1,800公釐之鋼管，管路以閘閥控制，可輸水量達每日600,000立方公尺(每秒6.94立方公尺)。

四、人工湖主體工程規劃

(一)人工湖湖區配置

依據前述湖區規劃原則及工程佈置之檢討，在最大開發之原則下，並依地形、地質及現有設施等調整湖區之配置，平面佈置及湖區縱段詳圖4.4-1及4.4-2。

(二)圍堤斷面型式

本計畫基地現況為一平坦空　的農　土地，未來人工湖　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，在景觀上亦需配合週邊環境，使得圍堤與週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　湖之維護道路外，並可結合週邊道路系統，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。

人工湖蓄水面之開挖坡面基本上以土石安息角為開挖坡度，並考量人工湖蓄水面之水位變動及地下水變化。計畫區地層屬礫石層，自立性尚佳，故人工湖邊坡坡面採用1(垂直)：2(水平)。

考量現地條件及湖區佈置，湖區圍堤之設置原則如下述：

1、人工湖圍堤採1(垂直)：2(水平)之坡面，洪水位以下邊坡採柔性邊坡工法兼顧堤身及坡面之安全性，洪水位以上則採掛網植生，坡面分階每5公尺之蓄水深度分一階，並設置一寬3公尺之戲台。

2、堤頂做為環湖道路供遊客及車輛進出賞湖，並兼顧蓄水容量，總寬度設定為10公尺，包括一5公尺寬之車道、車道兩側各1公尺寬之植生綠帶及車道兩側各0.5公尺寬之排水溝,臨湖側並設2公尺寬之人行腳踏車混合道。

3、惟C、D湖區西北角地面較低，與計畫蓄水高程差3公尺以上之堤後坡面得採1(垂直)：4(水平)坡面，堤頂於該區域漸變為20公尺，並於堤後施設一擋水牆與有效蓄水位同高，保護國道土堤於最大可能地震強度時之湧浪影響,詳圖4.4-3湖區地面低於計畫蓄水高程平面圖及圖4.4-4C、D湖區堤後擋水牆示意圖所示。

4、湖區與湖區間相鄰之圍堤以1(垂直)：2(水平)之坡面銜接，銜接之坡面採掛網植生及造林。

5、湖區圍堤間截水牆不論採剛性或柔性材皆可達到止水之效果，惟剛性材料施工經費高且與土壤之勁度差異過大，欲震時恐有斷裂或破裂之可能性，因此圍堤間截水牆初步採灌入強度每平方公分2公斤重之水泥皂土，並為增加防滲效果，截水牆打設至岩盤下1.0公尺，設置高度則為滿水位以上1.0公尺，以防止湖水滲漏，其參考工法如下述：

(1)BW(溝槽式連續壁)工法：此係溝槽式截水連續壁，溝槽之開挖用BW鑽機開挖，溝槽壁之維持用皂土穩定液，鑽機之鑽頭為旋轉式，內有多個鑽頭同時鑽掘，且鑽機側邊之切削器可切除側邊殘留土壤，鑽掘之土壤以吸泥泵抽排並循環注入穩定液，最後於鑽削之溝槽內與以填充不透水材。

(2)SMW(多軸攪拌)工法：此係三軸攪拌工法，各軸鑽土機攪動成柱狀土壤，一方面由軸之前端注入水泥乳液，並經攪拌翼

攪拌使之與土壤混合形成土壤混凝土，各軸逆迴轉並相互重疊形成連續之土柱截水牆。

本計畫區內之地層狀況多為礫石與砂岩層，在考量施工性與防水能力後，建議採BW工法施作截水牆。

圖 4.4-1 人工湖平面佈置圖

圖 4.4-2 人工湖圍堤示意圖(1/3)

圖 4.4-2 人工湖圍堤示意圖(2/3)

圖 4.4-2 人工湖圍堤示意圖(3/3)

圖 4.4-3 湖區地面低於計畫蓄水高程平面圖

圖 4.4-4 C、D 湖區堤後擋水牆示意圖

五、人工湖操作規則

鳥嘴潭人工湖規劃有7大湖區，自攔河堰引水後進入沉砂池沉砂後，再送水至蓄水湖區，再依序由上游　送至下游。

有關湖區蓄水及供水之聯通模式可分為串聯及並聯2種。在蓄水部份，因各湖區係自上游一個接一個延續至下游，僅能採用串聯之方式，而在工程上則可採用溢流堰或聯通管，惟如採用聯通管聯通送水，上、下游湖區之水位將漸趨平衡，為避免下游湖區水位溢頂，除增設水位控制器外，亦須　　操作聯通管閘閥，顧及安全降低風險，故仍須再設置溢流堰。在供水部份則串、並聯均可，在工程上，串聯可利用湖區聯通之溢流堰或聯通管送水;並聯則利用專用輸水管路送水。

依前述之分析規劃本計畫人工湖蓄、供水方案。本計畫人工湖區採溢流堰方式聯通蓄水,各湖區間池底設置聯通管路協助湖區間蓄水調配;另為利於各湖區之清淤及維護，各湖區皆設有輸水路自分水直接取水；而E、F池區則位於斷層破碎帶上，未來有受到斷層影響而功能受阻之虞，於D池區西側規劃導水路與F池區之導水路銜接，直接與下游管路銜接，以避免功能受阻，各池區另規劃緊急退水路做為湖區維護使用。

主要操作設施溢流堰6座、湖區間聯通管路6組、輸水路1條連接到各湖區、導水路1條連接到各湖區、退水路2條銜接各湖區及控制閘閥22座，初步規劃詳圖4.5-1~4.5-4所示。其各項蓄、供水設施操作方式如下：

（一）蓄水操作

平時各湖區藉由上游湖區蓄滿後經溢流堰溢流依序蓄滿,如上游湖區蓄水仍未達滿水位而無法溢流至下游湖區時,則　動閘閥，利用湖區間聯通管路，以連通管原理將上游湖區之蓄水蓄至下游湖區。

（二）供水操作

各湖區利用溢流堰或聯通管路由上游湖區向下游湖區依序蓄滿後，由最下游湖區(F湖區)供水，惟E、F湖區如受斷層破碎帶影響無法正常供水，則　動閘閥經D池導水管供水至下游淨水場。

（三）防洪及緊急操作

人工湖區退水路採與北勢湳排水結合設計，北勢湳排水改道流經人工湖北側圍堤坡腳，平時做為排水使用，惟人工湖有清淤或維護需求時，則開　退水路閘閥進行排水，利用退水路將水排入北勢湳排水，北勢湳排水現況約可容納每秒48立方公尺流量，於非緊急操作期間應足以容納人工湖之退水。

惟退水路受高程影響，無法完全將人工湖蓄水排空，於人工湖清淤或維護需求時仍須配合聯通管路將蓄水排空。

（四）清淤操作

因A’、A湖區兼沉澱功能而有較高清淤之機會，規劃放空後以機清淤。A’~D湖區之退水路受限北勢湳排水渠底高程無法經退水路排空，可利用退水路及湖區聯通管路之操作將A’~D湖區放空後進行清淤，清淤期間湖區之蓄水則利用導水路自沉砂池直接送水至下游淨水場，仍可維持湖區之功能性。

圖 4.5-1 湖區連通溢流道示意圖

圖 4.5-2 人工湖連通管路、聯絡管路示意圖

圖 4.5-3 人工湖出水工示意圖

圖 4.5-4 退水路示意圖

六、人工湖區域內北投新圳圳路改善規劃

本計畫區內原有北投新圳灌區，待人工湖施設後區內已無灌溉需求，考量下游灌區水路連通，規劃於原北投新圳分水工上游，引水補助每秒5立方公尺（北投新圳最大水權量，Q=每秒4.273立方公尺），於人工湖南側新設排水路，以銜接自崖坡排水及北投新圳下線之水路，並做為南側圍堤之邊坡排水，新設排水路頂寬8公尺、深2公尺，排水路採透水材質(規劃採拋石及箱型石籠護岸)以利因圍堤內心牆阻截之地下水排放，並銜接下游勝東崎排水，並可做為茄苳媽助圳灌區之補助水源。

七、區域排水及人工湖退水路規劃

人工湖排水系統主要係為排除湖區內之地表逕流及湖面設計水位以上之餘水，以確保人工湖圍堤及相關設施之功能及安全。規劃時須考量人工湖規模及排水需求及周邊現有灌排水系統，並相互整合。

湖區內既有排水系統包括北勢湳排水及勝東崎排水等，區域內灌溉系統則仰賴北投新圳。由於計畫區內已無灌溉需求，惟國道6號南側仍存在灌區，另計畫區下游雖屬茄苳媽助圳灌區，惟水源不穩仍需仰賴北投新圳放水灌溉，未來於周邊灌溉排水路規劃時仍需保障其用水權益。

茲將周邊灌排水路規劃改善說明如下：

1、北勢湳排水現況　穿人工湖計畫區後，穿越國道6號路堤排入烏溪，並於東草屯交流道下方設有一生態池，渠道寬約8公尺、深2公尺，推估渠道最低容納流量約可達每秒48立方公尺。人工湖計畫開發後，規劃北勢湳排水改善路線沿人工湖北岸與國道6號路堤間施設，並銜接東草屯交流道及國　段工程北勢湳排水　線改道段　點(1k+260)。設計渠道維持8公尺寬、2公尺深，除維持　線之排水功能外，亦負擔人工湖圍堤之邊坡排水，並兼做人工湖之退水路銜接排水，因北勢湳排水　線改道後，無需　接部份自北投新圳供給之灌溉回歸水，應足以　接

人工湖退水路之銜接排水。另北勢湳排水下游仍存在灌區，需於渠道右側設置一灌溉溝渠，以維持下游灌區之需求。

2、人工湖E、F區退水路則另規劃一新設排水路銜接，新設水路渠寬8公尺、渠深2公尺，做為銜接退水路之排水，並負擔人工湖圍堤之邊坡排水。灌溉排水路改善平面佈置詳圖4.7-1。



照片4.7-1 北勢湳排水現況



照片4.7-2 勝東崎排水現況



照片4.7-3 北投新圳退水供應下游灌區

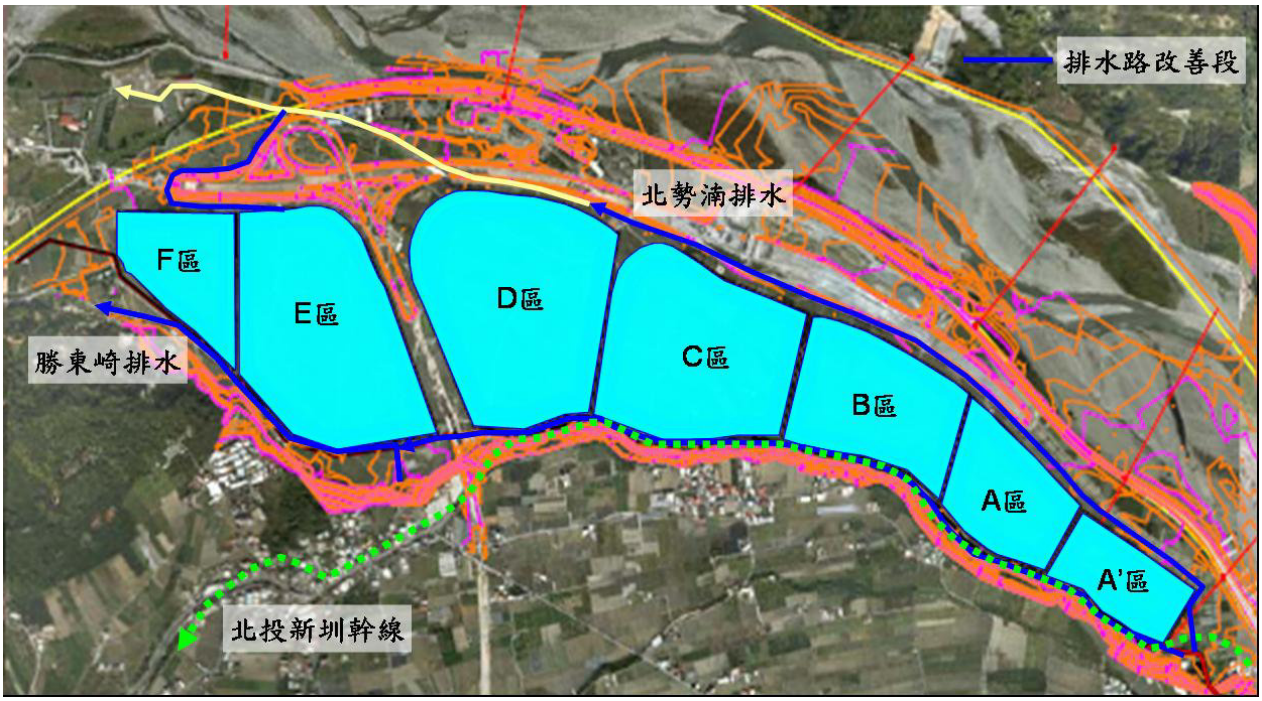


圖 4.7-1 灌溉排水路改善平面佈置圖

八、人工湖區內、外聯絡道路規劃

1、規劃原則

人工湖為陸域農地轉變成水域湖泊之開發行為，因此聯外道路及周邊排水系統為人工湖重要界面工程，另人工湖開發勢必造成當地交通重大影響，未來人工湖區內、外聯絡道路動線規劃可

參考以下原則規劃：

(1)湖區周邊民　之既有聯外道路　量予以保留，以確保地方居民使用之便利性。

(2)基地周邊如已具備系統性之聯外道路，交通動線以使用現有道路為主，除必要性之聯絡道路，以不新設聯外道路為原則。

(3)基地周邊聯外道路如寬度不足，應予　寬，以滿足未來人工湖開發後道路使用需求，提升道路服務水準與功能。

本計畫區外主要道路有國道6號、台3線、台3　線、台14線、投6、投8、投10及東崎路等，區內則有國道6號東草屯交流道聯絡道及東崎路　穿，詳圖4.8-1所示。日後營運期間將有觀光遊憩人　進出。另計畫區交通可及性尚佳，惟仍需加強導覽標示設施，路寬不足者，建議未來予以　寬改善。

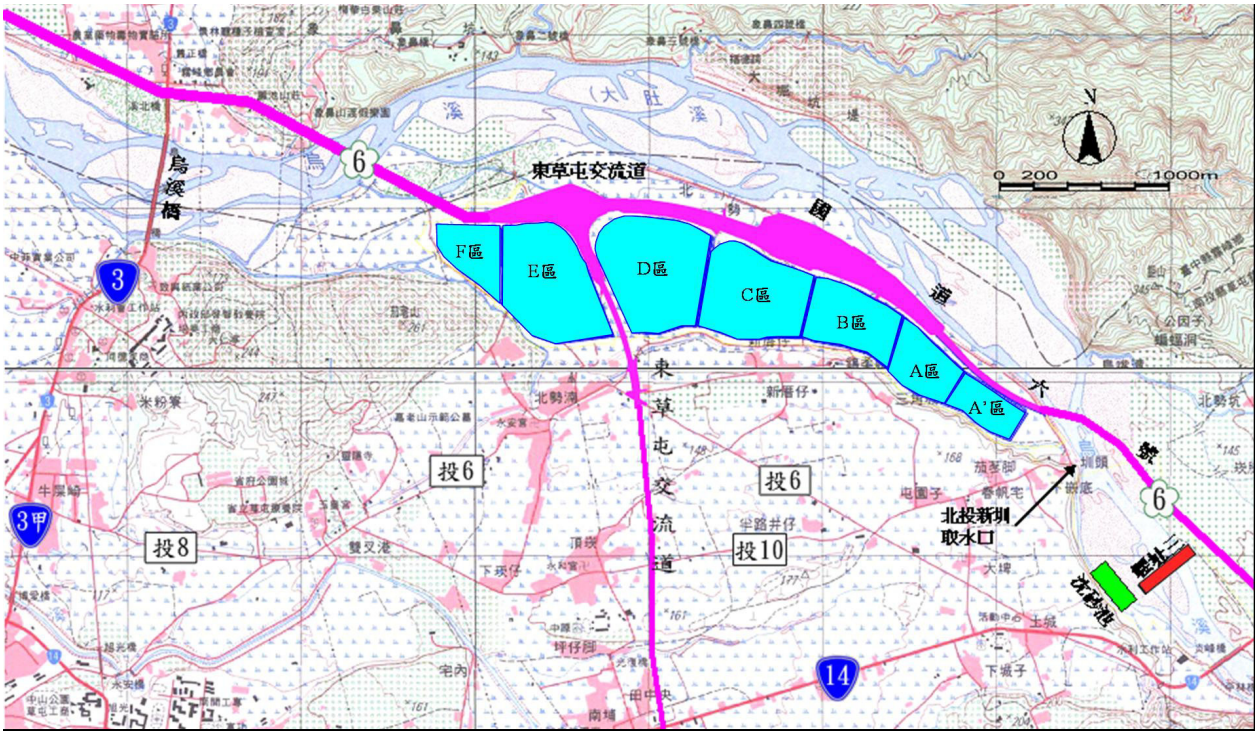


圖 4.8-1 人工湖計畫區內外主要道路

2、規劃內容

基於前述原則及計畫區交通現況，本計畫區內、外聯絡道路規劃如下：

(1)區內聯絡道路規劃

本計畫因地形及避開國道6號東草屯交流道聯絡道等因素而

分成7大湖區，除D、E湖區間相鄰東草屯交流道聯絡道，致使湖區間有較大之間距外，各湖區間之間距不大，皆以堤頂環湖道路相鄰。湖區北側臨國道6號路堤，且未來北勢湳排水將改道沿湖區與國道6號路堤間施設，北側聯絡道路需銜接高速公路涵　，以維持國道6號兩側之聯絡順暢，　改道之北勢湳排水則新建跨越橋。湖區南側則與高階地相鄰，現況有產業道路及東崎路自高階地通往計畫區，未來上述道路將可銜接至湖區堤頂環湖道路，並　未來交通量進行　寬。

湖區堤頂道路部份則皆規劃為環湖道路使用，包括雙向車道及人行腳踏車混合道。

另區內部份既有道路將因湖區開發而中斷，初步規劃蓄水區外聚落新建聯絡道路銜接環湖道路，使該區民　可由湖區入口進出。

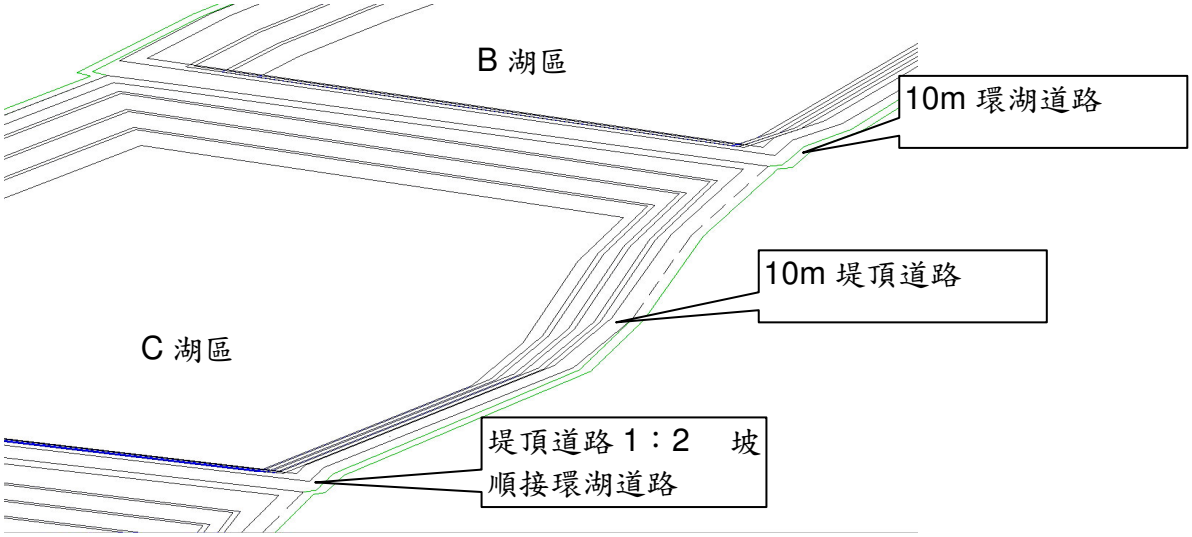


圖 4.8-2 人工湖環湖道路示意圖

(2)區外聯絡道路規劃

人工湖計畫區鄰近交通要道國道6號、台3線及台14線等主要道路，區內更有東草屯交流道聯絡道　穿，交通現況應屬便利，未來需配合觀光產業進行道路系統整體規劃。

初步規劃湖區南側烏溪堤防防　道路及國道6號維護道路可達湖區，惟路寬均不足10公尺，須以　寬方能滿足未來使用需求。國道6號東草屯交流道下可接台14線、投6、投8及投10等道

路，現況並經由東崎路及部份產業道路通達湖區，惟東崎路及部份產業道路陸寬亦不足建議可　寬為10公尺之雙向車道，做為湖區南側出入口之主要聯絡道路。

九、水力發電檢討

水力發電主要利用水頭落差與流量產生之重力能量發電，而本計畫人工湖A'湖區至F湖區滿水位落差達29公尺(其中A湖區至F湖區滿水位落差達24公尺)，日供水量約每日26萬立方公尺，如人工湖區皆達滿水位時，則可以聯絡管路直接自A'湖區送水至F湖區，其水頭差可考量做為水力發電使用，以達人工湖開發之最大效益，且水力發電為綠　再生能源，可達　能減　之效。

(一)水力發電量初估

因A'及A湖區兼做沉澱池功能，故初步以A'、A及B湖區之滿水位做為上游水頭進行初估(滿水位分別為138公尺、134公尺及130公尺)，惟下游E、F湖區鄰近隘寮斷層破碎帶，下游水頭則採F及D湖區滿水位進行估算(滿水位分別為110公尺及120公尺)，並以初估日供水量22萬噸進行分析(Q=2.55秒立方公尺)，初步設計輸水鋼管徑為1,200公釐，水理計算方法如下：

1、管路　　損失(Hazen-Williams公式)

$H_f=10.666\times C^{-1.85}\times D^{-4.87}\times Q^{1.85}\times L$

Hf：管路　　損失(公尺)

C：流速係數(SP管採150)

D：輸水管直徑(公尺)

Q：流量(秒立方公尺)

L：管路長度(公尺)

2、管路其他損失

管路其他損失包括入口損失、出口損失、　頭損失及閥　損失等，初步以　　損失之10%估列。

3、發電量估算

水力發電是以水力　動水　機發電機產生電力。發電量P與水量落差之關係式如下：

$P=r_w \times Q \times H \times e$

式中，r_w為水的單位重，其公制單位為每立方公尺9.81，Q為水量，H為淨水頭落差，e為發電效率，初步採75%。由於人工湖仍以蓄供水為主要目的，故設定人工湖滿庫其間始可進行發電，估計人工湖滿庫率為65%，一年內可供發電時間約為238天，如以一日發電12小時估算，發電量初步估算成果如表4.9-1。

表 4.9-1 發電量估算成果表

上池	下池	管長 (m)	設計流量 (cms)	管徑 (mm)	流速係數	聯絡管路損失(m)	聯絡管路其他損失(m)	上池水位 (m)	下池水位 (m)	上下池位能差 (m)	可發電能量差 (m)	發電效率	置容量 (kw)	年發電量 (　度)
A'池	F 池	3,500	2.55	1,200	150	8.18	0.82	138	110	28.00	19.00	0.75	356.50	1,040
A'池	D 池	2,100	2.55	1,200	150	4.90	0.49	138	120	18.00	12.62	0.75	236.34	689
A 池	F 池	3,000	2.55	1,200	150	6.99	0.70	134	110	24.00	16.31	0.75	305.51	891
A 池	D 池	1,600	2.55	1,200	150	3.73	0.37	134	120	14.00	9.90	0.75	185.42	540
B 池	F 池	2,500	2.55	1,200	150	5.83	0.58	130	110	20.00	13.59	0.75	254.59	742
B 池	D 池	1,100	2.55	1,200	150	2.56	0.26	130	120	10.00	7.18	0.75	134.50	392

經初步估算，即便是A'~F池之水頭差一年僅約可發電1,040度，依據台電公司供電來源，台灣地區水力發電僅佔所有供電來源之4.12%，共計約83.2億度，本計畫如興建電　約可提供0.0125%之供電量，屬區域性小型水力發電　。

(二)水力發電　型式評估

一　水力發電　因其取得動能方式不同，大致可分為　常式及抽蓄式水力發電，本計畫如興建水力電　可採引水隧道(壓力鋼管)輸水至下游發電　，沿人工湖南側堤埋設輸水管，利用水頭差發電，　水則直接排入下游湖區回歸蓄水，為　常式水力發電。

(三)水力發電　開發成本及效益

本計畫發電　置容量最大可達356.5　　，屬區域性小型水力發電　。一　新興水力發電計畫其單位投資成本介於90,000　元/　萬　~270,000　元/　萬　間，以本計畫最大可開發發電量計，所需成本至少為3,200~9,600萬元；另依據「再生能源發展條　」　　措施，保　　電價以每度2元　　，同時保　　20年，如以本計畫每年

可發電達1,040　度，每年售電　入約為208萬元，效益不佳。

(四)水力發電　設置評估

水力發電屬綠　再生能源，可達　能減　之功效，惟本計畫年供電僅約100萬度，可發電量僅佔全台灣目前水力發電量0.0125%，發電量偏低，開發效益低，且水力發電乃利用水頭差進行發電，故為求最大水頭差，電　設置最佳位置為F湖區南側，惟其鄰近隘寮斷層破碎帶，不利於開發，如改設於D湖區側，則發電效益不大。綜合上述，不建議將水力發電開發納入本次人工湖之開發計畫。

十、工程初步規劃布置及內容

人工湖湖區各項工程設計及規劃內容如下；

(一)人工湖

1、相關數據

湖區　號	面積 (ha)	開挖深度 （m）	滿水位高程 (m)	湖底高程 (m)	蓄水容量 (萬立方公尺)
A’	6.8	21	138	119	80.9
A	10.2	18	134	118	121.9
B	15.4	17	130	115	188.9
C	25.6	18	125	109	331.4
D	32.0	20	120	102	456.6
E	28.2	16	114	100	346.6
F	8.7	14	110	98	82.1

2、人工湖出水高：2公尺

3、一　湖區內、外坡，設計坡度：1(垂直)：2(水平)

C、D湖區西北角計畫蓄水高程高出原地面3公尺部分

外坡1(垂直)：4(水平)，內坡1(垂直)：3(水平)

3、坡面配置：滿水位面以下鋪設　性坡面工，以上掛網植生。

4、湖底配置：除人工湖E湖區池底採特別　壓處理其餘湖區開挖至岩盤下1公尺以上，不特別處理

(二)湖區連通工程

1、湖區間溢流堰

(1)設計流量：20每秒立方公尺

(2)溢流堰長：15公尺

(3)輸水箱涵斷面：2公尺高x5公尺寬，總長533公尺

2、湖區連通鋼管

(1)設計流量：6.94每秒立方公尺

(2)斷面形式：採用直徑1,800公釐鋼管，總長740公尺

(三)導水壓力鋼管

1、設計流量：6.94每秒立方公尺

2、斷面形式：採用直徑1,800公釐鋼管

3、壓力管長度：3,257公尺

(四)輸水壓力鋼管

1、設計流量：20每秒立方公尺

2、斷面形式：採用直徑3,000公釐鋼管，總長3,843公尺

(五)退水路

1、設計流量：48每秒立方公尺

2、斷面形式：3公尺高x8公尺寬

3、退水路總長：3,113.5公尺

(六)南側排水路(銜接勝東崎給排水)

1、斷面形式：3公尺高x5公尺寬

2、排水路長度：2,701公尺

(七)環湖道路

1、道路總長：9,154公尺

第伍章 工程經費估算

一、估算原則

本計畫之工程費係依據行政　公共工程委員會「公共建設工程經費估算　列　　」規定　列，並　民國97年2月之物價指數估價；各項目估價原則分述如下：

(一)設計階段作業費用

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　直接工作費之2%估列，另詳細設計作業費　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

依據前期規劃成果，辦理工程用地地形測量、地質調查與工程材料調查試驗、水文分析、斷層　　與震測調查、用地調查　補　、水源供需潛能分析。基本設計費　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（地籍測量、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，　直接工作費之3%估列。

(二)用地　　及補　費

本工程規劃範圍內之用地調查及　　補　費估算原則詳如前章所述，其各項費用詳細計算成果參照「用地調查」專題報告。

(三)工程建造費

1、直接工作成本

直接工作成本之工程項目及經費表詳列於表5.2-1，其各項目之主要內容分述如下：

(1)攔河堰及相關工程

(2)沉砂池及引水工程工程

(3)輸水隧道工程

(4)人工湖工程(含環湖道路)

(5)湖區聯通工程(含溢流堰)

(6)輸、導水管路工程

(7)堤防工程

(8)區域排水改善工程(含退水路)

(9)景觀綠化工程

(10)管理中心及營運管理系統工程

(11)週邊道路及環境改善工程

直接工程費（1～10項）之3%。本項經費　列主要目的為施工期間因施工影響計畫周邊之環境，辦理週邊環境改善。

(12)　項工程

約1～11項之10%。包含拌合　、　置設備。聯外道路、施工道路、監測系統、通　設備等施工設備、及臨時　土場　用費。

(13)安全衛生及環保費

1～12項之3%。施工期間人員安全之防護、監測　器、保險、機具清　、環境　　、　水空氣處理及監測費、　　清理、　水沉澱處理、圍　及　告設施。

2、間接工作費

間接工作成本係業主為監造管理工程目的物所需支出之成本，其　直接工作費15%計算。包括工程之行政管理費、工程監造費、階段性營建管理及顧問費、環境監測費、空氣　　防制費及初期運轉費。

3、工程預備費

工程預備費係為　補本規劃設計期間所蒐集引用資料之　度、品質和數量等不　完整，可能的意外或無法預見的　發　件等因素而準備的費用。本工程之預備費採直接工程之20%。

4、物價調整費

物價調整費（直接工程成本+間接工程成本+工程預備費）合

計之值，　用物價上　年增率3.5%，依複利法分年估計。

(四)總工程費

總工程費為上述一～三項費用之和（設計階段作業費用+用地及補　費+工程建造費）。

二、工程費估算

本工程之總工程費估計為149.26億元，若施工期間利息以年利率3%計，則建造成本含利息12.38億為161.64億元；以6%計，則建造成本含利息25.69億為174.95億元，其各項估算費用詳列於表5.2-1及5.2-2，其直接工程成本明細詳列於表5.2-3，分年工程經費表則詳列於表5.2-4及5.2-5。

表 5.2-1 總工程費估計表(年利率 3%)

項次	工作項目	經費(萬元)	備
一	設計階段工作費	358	直接工作費之 5%
二	用地取得	4,174	
三	工程建造費	10,394	3.1+3.2+3.3+3.4
3.1	直接工作費	7,165	
3.1.1	攔河堰及相關工程	1,279	詳第一號明細表
3.1.2	砂池及引水工程工程	127	詳第二號明細表
3.1.3	輸水隧道工程	68	詳第三號明細表
3.1.4	人工湖工程(含環湖道路)	3,278	詳第四號明細表
3.1.5	湖區聯通工程(含溢流堰)	91	詳第五號明細表
3.1.6	輸、導水管路工程	676	詳第六號明細表
3.1.7	堤防工程	315	詳第七號明細表
3.1.8	區域排水改善工程(含退水路)	206	詳第八號明細表
3.1.9	景觀綠化工程	50	
3.1.10	管理中心及營運管理系統工程	50	
3.1.11	週邊道路及環境改善工程	184	約 3.1.1～3.1.10 項和之 3%
3.1.12	項工程	632	約 3.1.1～3.1.11 項和之 10%
3.1.13	安全衛生及環保費	209	約 3.1.1～3.1.12 項和之 3%
3.2	間接工作費	1,075	約直接工作費之 15%
3.3	工程預備費	1,433	約直接工作費之 20%
3.4	物價調整費	721	年平均上 3.5%計
四	總工程費	14,926	一+二+三
五	施工期間利息	1,238	年利率 3%
六	建造成本	16,164	四+五

表 5.2-2 總工程費估計表(年利率 6%)

項次	工作項目	經費(萬元)	備
一	設計階段工作費	358	直接工作費之 5%
二	用地取得	4,174	
三	工程建造費	10,394	3.1+3.2+3.3+3.4
3.1	直接工作費	7,165	
3.1.1	攔河堰及相關工程	1,279	詳第一號明細表
3.1.2	砂池及引水工程工程	127	詳第二號明細表
3.1.3	輸水隧道工程	68	詳第三號明細表
3.1.4	人工湖工程(含環湖道路)	3,278	詳第四號明細表
3.1.5	湖區聯通工程(含溢流堰)	91	詳第五號明細表
3.1.6	輸、導水管路工程	676	詳第六號明細表
3.1.7	堤防工程	315	詳第七號明細表
3.1.8	區域排水改善工程(含退水路)	206	詳第八號明細表
3.1.9	景觀綠化工程	50	
3.1.10	管理中心及營運管理系統工程	50	
3.1.11	週邊道路及環境改善工程	184	約 3.1.1～3.1.10 項和之 3%
3.1.12	項工程	632	約 3.1.1～3.1.11 項和之 10%
3.1.13	安全衛生及環保費	209	約 3.1.1～3.1.12 項和之 3%
3.2	間接工作費	1,075	約直接工作費之 15%
3.3	工程預備費	1,433	約直接工作費之 20%
3.4	物價調整費	721	年平均上 3.5%計
四	總工程費	14,926	一+二+三
五	施工期間利息	2,569	年利率 6%
六	建造成本	17,495	四+五

表 5.2-3 本計畫直接工程成本明細表(1/4)

第一號明細表　攔河堰及相關工程

項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備
土方開挖	m^3	210,220	50	10,511,000	
岩方開挖	m^3	7,170	250	1,792,500	
回填方	m^3	25,230	70	1,766,100	
600kg/cm^2混凝土	m^3	51,600	5,500	283,800,000	
210kg/cm^2混凝土	m^3	138,640	2,600	360,464,000	
鋼　(含組立)	T	18,280	22,000	402,160,000	
種模	m^2	42,520	460	19,559,200	
進水口閘門	座	5	6,500,000	32,500,000	
排砂道閘門	座	5	5,000,000	25,000,000	
施工排水	全	1	23,800,000	23,800,000	
施工圍堤	全	1	60,000,000	60,000,000	
進水口及整流池	全	1	50,000,000	50,000,000	
控工程	全	1	7,300,000	7,300,000	
合計				1,278,652,800	

第二號明細表　沉砂池及引水工程工程

項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備
挖方	m^3	97,430	50	4,871,500	
回填方	m^3	19,690	70	1,378,300	
350kg/cm^2混凝土	m^3	17,630	2,600	45,838,000	
鋼　加工及組立	T	1,990	22,000	43,780,000	
結構模	m^2	1,160	500	580,000	
種模	m^2	28,740	460	13,220,400	
種模	m^2	24,910	350	8,718,500	
直提式閘門(含　門機等設備)	座	6	1,500,000	9,000,000	
合計				127,386,700	

表 5.2-3 本計畫直接工程成本明細表(2/4)

第三號明細表　輸水隧道工程

項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備
管　鋼管打設	m	5,400	2,000	10,800,000	
開挖及土方處理	m^3	6,500	1,300	8,450,000	
210kg/cm^2 混凝土	m^3	1,593	2,600	4,140,500	
210kg/cm^2 鋼　維　凝土	m^2	3,662	3,600	13,183,200	
仰　鋼　維　凝土	m^2	1,221	3,100	3,783,550	
型鋼支保	T	96	49,000	4,679,500	
隧道鋼模　作	組	282	2,200	620,400	
隧道鋼模施工	m^2	3,716	360	1,337,580	
鋼模端頭模	m^2	319	420	133,770	
隧道型條	m	292	440	128,480	
PVC 止水帶	m	504	220	110,880	
回填灌	包	2,813	500	1,406,500	
鋼　加工及組立	T	335	22,000	7,359,000	
鐵管	支	300	150	45,000	
施工通風及照明	m	300	20,000	6,000,000	
施工抽排水費	m	300	5,000	1,500,000	
計測工程及地質研	m	300	15,000	4,500,000	
合計				68,178,360	

第四號明細表　人工湖工程(含環湖道路)

項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備
挖方	m^3	13,585,660	50	664,820,000	
挖岩方	m^3	3,762,890	250	926,457,500	
回填方	m^3	275,430	70	19,280,100	
密　配　　混凝土	m^3	106,720	500	53,360,000	
混凝土坡面工	m^2	377,710	2,000	755,420,000	
210kg/cm^2 混凝土	m^3	33,050	2,600	85,930,000	
鋼　加工及組立	T	830	22,000	18,260,000	
水泥皂土截水牆	m^2	142,160	4,100	582,856,000	
掛網植生及造林	m^2	164,230	400	65,692,000	
複合阻水層及覆土	m^2	215,140	400	86,056,000	
施工擋抽排水	全	1	20,000,0	20,000,000	
合計				3,278,131,600	

表 5.2-3 本計畫直接工程成本明細表(3/4)

第五號明細表　湖區聯通工程(含溢流堰)

項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備
挖方	m^3	10,340	50	517,000	
回填方	m^3	2,220	70	155,400	
鋼　樁打　(長 10m@0.5m)	m	120	3,000	360,000	
人孔	組	6	55,000	330,000	
350kg/cm^2 混凝土	m^3	2,910	2,600	7,566,000	
鋼　加工及組立	T	290	22,000	6,380,000	
結構　模	m^2	1,180	500	590,000	
種模	m^2	3,880	460	1,784,800	
種模	m^2	3,630	350	1,270,500	
反力設施	處	6	81,500	489,000	
推進　面處理	處	6	4,000	24,000	
到達　面處理	處	6	5,000	30,000	
φ1500mm 鋼管連動式推進工	m	740	37,200	27,528,000	
φ1500mm 鋼管管材費	m	740	40,000	29,600,000	
φ1500mm　閥	座	6	1,500,00	9,000,000	
控工程	式	1	5,000,00	5,000,000	
合計				90,624,700	

第六號明細表　輸、導水管路工程

項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備
挖方	m^3	229,800	50	11,490,000	
填砂	m^3	30,090	1,270	38,214,300	
回填方	m^3	155,940	70	10,915,800	
φ3000mm 鋼管管材	m	3,840	100,000	384,000,000	
φ1800mm 鋼管管材	m	3,260	60,000	195,600,000	
φ1800mm　閥	座	4	2,000,000	8,000,000	
φ3000mm　閥	座	7	4,000,000	28,000,000	
合計				676,220,100	

表 5.2-3 本計畫直接工程成本明細表(4/4)

第七號明細表　堤防工程

項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備
土方開挖	m^3	101,820	50	5,091,000	
回填方	m^3	7,380	70	516,600	
填方	m^3	139,780	150	20,967,000	
210kg/cm^2 混凝土	m^3	42,570	2,600	110,682,000	
鋼　加工及組立	T	4,260	22,000	93,720,000	
種模	m^2	65,050	460	29,923,000	
種模	m^2	112,200	350	39,270,000	
施工圍堤及排水	全	1	15,000,000	15,000,000	
合計				315,178,080	

第八號明細表　區域排水改善工程(含退水路)

項目	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備
挖方	m^3	202,200	50	10,110,000	
回填方	m^3	31,690	70	2,218,300	
石 φ30cm　石	m^2	19,720	600	11,832,000	
石籠	m^3	8,100	1,600	12,960,000	
210kg/cm^2 混凝土	m^3	25,600	2,600	66,560,000	
鋼　加工及組立	T	2,560	22,000	56,320,000	
結構模	m^2	4,270	500	2,135,000	
種模	m^2	24,510	460	11,274,600	
種模	m^2	24,790	350	8,676,500	
鋼　樁打　(長 10m@0.5m)	m	1,070	3,000	3,210,000	
直提式閘門(含　門機等設備)	座	14	1,500,000	21,000,000	
合計				206,296,400	

表 5.2-4 本計畫分年工程經費表(年利率 3%)

單位： 萬元

工程項目	工程費	分年工程費					
		準備年		第一年	第二年	第三年	第四年
		第一年	第二年				
一、設計階段工作費	358	72	143	143			
二、用地取得	4,174		1,670	2,504			
三、工程建造費	10,394			814	1,776	3,319	4,485
3.1 直接工作費	7,165			563	1,214	2,345	3,043
3.1.1 攔河堰及相關工程	1,279			128	256	384	511
3.1.2 砂池及引水工程工程	127					64	63
3.1.3 輸水隧道工程	68					68	
3.1.4 人工湖工程(含環湖道路)	3,278			328	656	983	1,311
3.1.5 湖區聯通工程(含溢流堰)	91				46	45	
3.1.6 輸、導水管路工程	676					270	406
3.1.7 堤防工程	315					126	189
3.1.8 區域排水改善工程(含退水路)	206				41	62	103
3.1.9 景觀綠化工程	50			5	10	15	20
3.1.10 管理中心及營運管理系統工程	50					20	30
3.1.11 週邊道路及環境改善工程	184			18	37	55	74
3.1.12 項工程	632			63	126	190	253
3.1.13 安全衛生及環保費	209			21	42	63	83
3.2 間接工作費	1,075			108	215	323	429
3.3 工程預備費	1,433			143	287	430	573
3.4 物價調整費	721				60	221	440
四、總工程經費	14,926	72	1,813	3,461	1,776	3,319	4,485
五、施工期間利息	1,238	2	57	162	220	326	471
六、建造成本	16,164	74	1,870	3,623	1,996	3,645	4,956

表 5.2-4 本計畫分年工程經費表(年利率 6%)

單位： 萬元

工程項目	工程費	分年工程費					
		準備年		第一年	第二年	第三年	第四年
		第一年	第二年				
一、設計階段工作費	358	72	143	143			
二、用地取得	4,174		1,670	2,504			
三、工程建造費	10,394			814	1,776	3,319	4,485
3.1 直接工作費	7,165			563	1,214	2,345	3,043
3.1.1 攔河堰及相關工程	1,279			128	256	384	511
3.1.2 砂池及引水工程工程	127					64	63
3.1.3 輸水隧道工程	68					68	
3.1.4 人工湖工程(含環湖道路)	3,278			328	656	983	1,311
3.1.5 湖區聯通工程(含溢流堰)	91				46	45	
3.1.6 輸、導水管路工程	676					270	406
3.1.7 堤防工程	315					126	189
3.1.8 區域排水改善工程(含退水路)	206				41	62	103
3.1.9 景觀綠化工程	50			5	10	15	20
3.1.10 管理中心及營運管理系統工程	50					20	30
3.1.11 週邊道路及環境改善工程	184			18	37	55	74
3.1.12 項工程	632			63	126	190	253
3.1.13 安全衛生及環保費	209			21	42	63	83
3.2 間接工作費	1,075			108	215	323	429
3.3 工程預備費	1,433			143	287	430	573
3.4 物價調整費	721				60	221	440
四、總工程經費	14,926	72	1,813	3,461	1,776	3,319	4,485
五、施工期間利息	2,569	4	113	328	454	680	990
六、建造成本	17,495	76	1,926	3,789	2,230	3,999	5,475

第陸章 施工計畫

一、施工期間管理規劃

(一)施工環境

1、基地位置

計畫工址預定位置位於烏溪南岸，座落於烏溪橋上游約5公里處(北投新圳下游約600公尺)，行政區上屬於南投縣草屯鎮北勢里。計畫區交通便利，可經國道6號、台3線及台14線皆可到達計畫區，計畫區道路系統詳圖詳圖1.1-1。

2、可工作天數

依據「經濟部水利署辦理工程工期　算注意　項」，施工期間之降雨日數係指日降雨量超過5　　者，並列有「中　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，可據以申辦工期展延。

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8.1-1)，其中降雨量在5　　以上者有69天，即全年可施工日數約為296天。

表 6.1-1 降雨日數及可施工日數統計

日數(天) / 降雨量(mm)	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	264.0
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
>5mm 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

(二)工程材料

本計畫主要工作項目為攔河堰工程、引水工程及人工湖工程，主要工作種　為河床開挖、人工湖開挖、混凝土　置、填方、管路閘閥與水工機　安　等。攔河堰及引水工程之混凝土可採自行設置拌合場或直接向混凝土　　。而人工湖工程主要材料為築堤用之土方，可就地取材以現地開挖料填築，剩餘土石方則以土石標售處理，標售方式採「採售分離、即採即售」，無需設置土石方堆置場。其他大　材料包括混凝土、鋼　、鋼管、水工機　之鋼材及閘閥等，均以國內採造為原則，如少數閘閥國內生產較少，則以國外進口為輔。

(三)施工佈置

計畫區平坦開闊，易於佈設相關施工臨時設施，故施工　　、材料堆置場、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。

(四)施工機具

本工程施工機具包括推土機、　裂機、　　機、平路機、傾卸卡車、挖土機、滾壓機、　水車、打樁機、混凝土攪拌輸送車、混凝土泵　及　車等。其中因湖區開挖、圍堤填築及砂石標售數量　大，挖土機、傾卸卡車、滾壓機為主要之施工機具。

(五)施工管理

本計畫人工湖工程的施工管理可依各項設施未來之使用及管理單位進行劃分，因北投新圳渠道屬水利會設施，宜由該會負責管理，其他工程則可由中水局負責。2單位各司所屬工程之專責機構設立、財務　措、土地　　、辦公　　興建等先期工程，及主體工程之發包、約執行及施工　導等工作。至於施工監造、品質管制及進度控制等工作，如人力或經驗不足，則可委由具有水庫、堰壩工程監造經驗之顧問公司辦理。

二、開挖料處置規劃

本計畫所需用地面積約為135公頃，預期將有大量土方開挖，估計剩餘土石方高達1,710萬立方公尺，且工期至少為四年，而人工湖基地之開挖料可作為粗細　材，具有高度利用價值，因此剩餘土石方之處

置與規劃需詳加考量，包括土方暫時堆置處、土資場位置、開發期程、土方運輸對運輸道路沿線　感點之影響，是　會降低周遭道路服務水準等項目，以及開採期間對附近地區自然及人文環境產生之衝擊，如空氣及　　等方面，應求使環境之負面影響降至最低，並避免影響附近居民作息。因此，施工期間砂石開採管理之關　　題，主要可分為砂石資利用與處置以及防範開採時對區域環境之負面影響兩方面。

(一)施工期間砂石開採管理規劃

1、人工湖開採原則與管理

本計畫人工湖規劃上以多挖少填為原則，但估計開挖後之剩餘土石方仍高達約1,710萬立方公尺，因此須採分期分區開發，方可將所有土石消　完　。基於本工程開發之剩餘土石方大部分為可利用之　材，且量　為豐　，故將採公開標售、即挖即售的方式處理，以爭取本計畫最大經濟效益，另本計畫挖岩方370萬立方公尺，其仍可加工處理後作為混凝土材料或填方料，工程施工時，應詳列概估數量，由　包商自行評估費用，以單一費用計價為原則。

本計畫共規劃有7個湖區，於開挖階段須確實擬　開挖進度及施工期程，儘量減少施工時開挖　　與土方堆置的面積，利用植生、綠化或工程方法維持20　以上的表土覆　率，以減少施工期間　砂、　土對當地環境的影響。

2、人工湖作為臨時土資場之管理

依據內政部民國96年3月15日台內營　第0960035196號　布　正之「營建剩餘土石方處理方案」與南投縣民國91年1月17日府工築　第09100163612號　實施之「營建工程剩餘土石方處理及資源堆置場設置管理暫行要點」內容，本計畫開發時剩餘之土石方係屬於有用土石資源，挖掘後之土石方如需暫屯與堆置，則須設置土石方資源堆置場(簡稱土資場)。

由於本工區　達135公頃，且工程施工係採分期分區開挖，因此可在施工前先尋　一處場址作為臨時土資場，進行開挖作業

時，先開挖其一湖區，再將其土石方運於此區暫時堆置。土資場(暫屯區)入口處應　立標示　，標示場所　　文號、土石方種　、使用期限、範圍及管理人，場所周圍設立圍牆或隔離設施，並設置一定寬度綠帶或植　圍　予以分隔，其綠帶得保留原有林木或種植樹木。防止土石方　　並作好導水、排水設施，並於出入口設置清　設施及處理　水之沉澱池，並設置遠端監控資　及　錄設備。土石堆置原則應小於其安息角，其高度以5公尺為限，堆置區至少應維持20%以上的表土覆　率，以減少施工期間　砂、　土對當地環境的影響。在安全防範管理上，則須建立全區之標　系統，於各主要通道設立施工指標，並於工區內設置緊急　　中心，對進入工區內之人車予以管制，　間時段則　止採取砂石。

3、車輛機具管理

施工期間運輸道路可利用人工湖開發時鄰接用地、人工湖周邊用地　為臨時施工便道，減輕現有道路負　，並覆　鐵　，以減少　起之　　，並在規劃區之出口處設置　車池，清　車　之泥　，維持臨近道路之清　，至於車輛往　　繁，可能對規劃之聯外道路造成破　，若有毀損之處亦將予以　補。

此外，工區管理單位應確實要求在開挖砂石時各型施工車輛及機具實施定期之維　保養。各型車輛應　置有效之消　設備，且車輛之進出工區不能太過　繁，以減少　　量。而當運輸車輛進入工區外，則須　　交通安全相關規定且中輛須覆　　布防止粒狀物之風　，並在車輛離開工區時清　　淨，以減少　　四　。所有車輛應不得超速、大　　，以減少　　，且車輛須掛上可　之明確標　，而在　間時段應避免進行運輸工作，以免打　當地居民安　。

4、開挖期程規劃

本計畫人工湖規劃為A’~F共計7個湖區。考量各湖區面積、剩餘土石方等因素，開挖期程規劃分為4年分期開挖，平均每年約可出產約440萬立方公尺之剩餘土方，若　據環境影響評估，　為砂石清運時會造成環境之影響，可先開發A’~D湖區，土方則可

堆置於E及F湖區，則剩餘土方約1,190萬立方公尺，則每年清運量則為300萬立方公尺。

(二)剩餘土石方運輸動線規劃

本計畫之剩餘土石方需長期運輸，不可避免將對工區周遭的自然及人文環境產生衝擊，並造成空氣及　　，因此運輸動線應儘量避免進入　里與　區人口密集處，以避免影響附近居民作息。土石方運輸動線可分為工區內與工區外兩方面作規劃，以下為協力　商　華工程顧問股份有限公司所規劃評估之方案：

1、工區內運輸動線

於工區內之土方運輸可利用各湖區間臨時施工便道與周邊防道路來銜接。

2、工區外運輸動線

由於本計畫人工湖區即位於國道6號東草屯交流道，初步規劃以國道(國道6號、國道3號)、省道(台3線、台63線等)以及防　道路作為主要運輸動線，避開南投　、草屯鎮、省道台14線等交通感區，以維持當地交通服務水準。工區外運輸動線規劃為以下四條路線：

(1)防　道路　台3(烏溪橋)　北岸路　台63線

(2)東崎排水　線　產業道路　台3(烏溪橋)　北岸路　台63線

(3)東草屯交流道　國道6號

(4)草屯服務區　國道6號

工區周邊　道尚有投6線、投10線與　　等，亦可考量作為各湖區間或對外聯絡道路之一，　上述道路淨寬多為10公尺以下，且係為當地通往東草屯交流道之替代道路，於　日或交通　峰時段應作適當管制儘量避免砂石車進入，以免與一　車輛爭道形成交通　　路段。

關於攔河堰工程可於炎峰橋左右岸施設聯絡道銜接防　道路，利用台3線運輸所需施工材料，惟其台3線銜接點應設管制，以維護其安全。

3、土石方運輸對交通及環境的影響

本計畫鄰近之砂石場與土資場多位於烏溪及濁水溪沿岸，主要經由國道3號、國道6號、台63線、台76線與台16線進行土方運輸，如圖6.2-1所示。土石方運輸對交通及環境的影響將由專業協力　商　華工程顧問股份有限公司進行環境影響評估，依規劃運輸動線針對其交通量、　　與空氣　　等項目進行調查與分析，若有不適或超出環境保護標準之情形，規劃路線將重新檢討。依據現階段規劃路線其分析結果顯示，於最保　之條件下，周邊防　道路及　道因設計標準較低，因此工程車輛若　繁進出可能導致交通服務水準下降約1～2　，而國道6號東草屯交流道與省道台3線不論於4年或8年分期施工下，均能維持應有的交通服務水準。



圖 6.2-1 周邊砂石場與土資場分佈圖

(三)土石標售

1、近年全台砂石產銷量統計

據經濟部　物局「94~97年度砂土石產銷調查報告」之統計數據(詳表6.2-1~6.2-3)，台灣近4年砂土石平均年總生產量為4,823萬立方公尺，中部區域(台中縣、南投縣及彰化縣)佔1,201萬立方公尺，其中包含河川疏　所提供的450萬立方公尺。另台灣近四年砂土石平均年總銷售量為4,756萬立方公尺，中部地區佔其中1,203萬立方公尺。此外，雖然河川疏　已為中部帶來大量砂土石原料，但台灣平均每年仍需進口1,518萬立方公尺之砂石，其中中部區域(台中　)平均進口165　航次，共約191萬立方公尺，佔全台進口砂石量12.57%。由以上數據可知國內砂土石的產量仍供不應求，部分來源須仰賴進口，而本計畫之剩餘土石方約為1,710萬立方公尺，應可　解未來　年內部分進口砂石量。

表 6.2-1 台灣民國 94~97 年砂石產銷量統計表

單位：m^3

年份	河川砂石	陸上砂石(含營建剩餘土石方)	總生產量(河川砂石+陸上砂石)	進口砂石	區土石	總供應量(總生產量+進口砂石+　區)	總銷售量
94 年	3,165	2,245	5,410	1,457	0	6,867	5,473
95 年	2,988	2,449	5,437	2,084	0	7,521	5,079
96 年	2,266	1,973	4,239	1,283	313	5,835	4,264
97 年	2,162	2,042	4,204	1,246	166	5,616	4,209
年平均	2,645	2,177	4,823	1,518	120	6,460	4,756

表 6.2-2 中部區域民國 94~97 年砂石產銷量統計

單位：m^3

縣	生產量				銷售量			
	94 年	95 年	96 年	97 年	94 年	95 年	96 年	97 年
台中縣	642	689	802	841	642	691	802	841
南投縣	509	444	229	311	503	451	230	311
彰化縣	118	80	68	69	121	79	68	74
合計	1,269	1,213	1,099	1,221	1,266	1,221	1,100	1,226
年平均	約 1,200				約 1,200			

表 6.2-3 中部區域民國 94~97 年砂石進口量統計

年份	航次（次）	進口砂石量（萬 m^3）	佔全台%
94 年	167	191	13.11
95 年	164	201	9.64
96 年	178	198	15.43
97 年	151	173	13.88
年平均	165	191	12.57

本計畫人工湖之剩餘土石方約為1,710萬立方公尺，若以4年分期開挖平均每年的土方量約為425萬立方公尺。 據「營建 填土資 系統」與經濟部 物局「97年度砂土石產銷調查報告」之統計數據(詳表6.2-4~ 6.2-5)，中部土資場共計11間， 年處理量約為383萬立方公尺，台中縣、南投縣及彰化縣設置於烏溪沿岸之砂石場共計17間，民國97年度產能約為479萬立方公尺。因此在分期開挖、即挖即售的原則下，本計畫之剩餘土石方可由中部之土資場與砂石場消 、處理。

表 6.2-4 中部區域現有土資場調查表

	縣	場所 稱	所在地	功能	面積 (ha)	年處理量(M^3)
1	南投縣	南投縣集集鎮公有 土場	南投縣集集鎮	填埋型	9.99	599,562
2	台中縣	大 鎮大 土資場(大 砂石大安)	台中縣烏日	加工型	1.27	352,800
3	台中縣	東億關連土石方資源堆置處理場	台中縣	轉運型	1.22	352,800
4	台中縣	實業有限公司	台中縣大里	加工型	0.41	323,000
5	台中縣	大 土石方資源堆置處理場	台中縣	加工型 轉運型	1.15	352,800
6	台中縣	陸 預拌混凝土有限公司土資場	台中縣清水鎮	加工型	0.59	260,000
7	台中縣	允而 土石方資源堆置處理場	台中縣	轉運型	1.02	344,400
8	台中縣	立勝環工有限公司	台中縣	加工型 轉運型	1.32	352,800
9	台中縣	財石砂石有限公司	台中縣	加工型	1.53	336,200
10	彰化縣	台 股份有限公司土石方資源堆置處理場	彰化縣 鎮	加工型	1.20	157,500
11	彰化縣	達 環保股份有限公司	彰化縣	加工型	1.66	397,800
合 計					21.36	3,829,662

資料來源：營建 填土資 系統

表 6.2-5 烏溪沿岸 97 年既設砂石場產能統計

縣	產能(M^3/月)	產能(M^3/年)
台中縣	192,000	2,304,000
南投縣	132,000	1,584,000
彰化縣	75,000	900,000
合計	399,000	4,788,000

2、土石標售之預估效益

(1)直接效益：本工程開發之剩餘土石方大部分為可利用之　材，且量　為豐　，故將採公開標售、即挖即售的方式處理。目前剩餘土石方現場即挖即售交易價　如下：濁水溪(四河局)土砂標售約為350元/立方公尺，大　溪(三河局)土砂標售約為250~400元/立方公尺，八　山　灌計畫(中水局)土石標售約為200元/立方公尺。因本計畫挖岩方約370萬立方公尺，初估本計畫土石標售價　約為200元/立方公尺，所帶來的經濟效益約為35億元

(2)間接效益：　據經濟部　物局「94~97年度砂土石產銷調查報告」的資料，近4年來台灣平均每年需進口1,518萬立方公尺之砂石以供應國內的砂石需求，而本計畫剩餘土石方約為1,710萬立方公尺，若以4年分期施工，每年約可出產425萬立方公尺之剩餘土石方，將可減少對進口砂石的依賴程度。另就中部區域而言，台中縣與南投縣可藉由境內之大安溪、大　溪、烏溪、濁水溪及　有　溪進行河川疏浚以獲取砂石，惟彰化縣砂石自產量少，較缺乏穩定供應料原，除　自南投縣河川疏　砂石為主外，尚須仰賴　　八　山之少數陸上土石採取區及　星營建剩餘土石方。而本計畫除剩餘土石方量多外且工區鄰近國道及　速道路，將可有效供應彰化縣的砂石需求。因此，本計畫之剩餘土石方除能　解進口砂石量外，對於穩定國內未來　年內的砂石供應需求亦有所　助。