

# 曾文水庫防淤隧道工程 規劃設計案例

黃世偉、張世賢 經濟部水利署南區水資源局  
顏呈仰 黎明工程顧問股份有限公司  
陳逢時 聯合大地工程顧問股份有限公司

## 一、前言

曾文水庫自民國 62 年完工啟用，迄今已逾 40 年，而目前為台灣最大庫容水庫，並且在與烏山頭水庫聯合運用下，成為嘉南地區最重要的供水來源。

水庫座落在曾文溪主流上游河段，大壩壩址在台南市與嘉義縣交界處之柳籐潭，原設計總容量 7.127 億立方公尺，呆容量為 1.172 億立方公尺，有效容量為 5.955 億立方公尺。

曾文水庫自民國 62 年至 98 年莫拉克颱風前，水庫總淤積量約 1.3 億立方公尺，年平均淤積量約 4 百萬立方公尺；但莫拉克颱風單一事件，即為水庫帶來 9 仟萬立方公尺泥沙淤積，並且造成壩前淤積面達 EL.176 m 以上，現有水庫底層放水口 - 永久河道放水口（高程 EL.155.0 m）及發電進水口（高程 EL.165.0 m）均遭掩沒，設施營運遭遇重大危機。

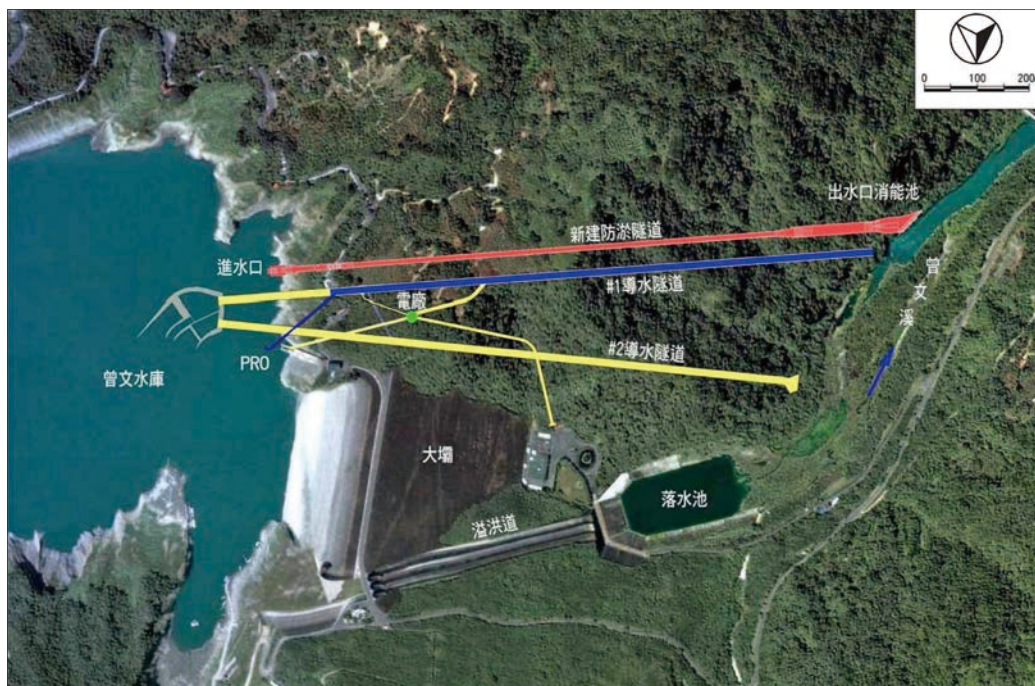


圖 1 曾文防淤隧道工程位置圖

爰此，曾文水庫管理單位在莫拉克颱風後，積極辦理水庫清淤及設施改建工程，包含新建曾文水庫防淤隧道工程，期能解決現有水庫設施底孔排洪放淤能力不足之窘境，致使溢洪道洩洪排放表層清水，底層積泥卻無法有效排除。

曾文水庫防淤工程即為此系列整治方案之關鍵措施，預計於水庫左壩座新建一條防淤隧道（圖 1），使水庫能適時將入庫泥沙及渾水藉由水庫底層之隧道進水口排洪兼放淤，以達到蓄清排渾之目的，減緩水庫淤積，延長水庫壽命年限。

## 二、設施概述

本防淤隧道工程進水口位於大壩左壩座，於曾文溪 #1 導水隧道下游出水（圖 2），其主要工程內容包括如下：

### 象鼻引水鋼管段 (0K - 143.89 ~ 0K - 089.35)

本結構由管中心高程 EL.195.0 m 往下沿邊坡鋪設鋼管，至進水口管中心高程 EL.175.0 m，

鋼管內徑 10.0 公尺，含前端之抗渦出挑鋼罩 5.0 公尺長，水平投影長約 54 公尺，水路長約 60 公尺。

### 進水口隧道段 (0K - 089.35 ~ 0K - 031.15)

本段為銜接象鼻鋼管及閘室，全長 58.2 公尺。

### 閘門豎井段 (0K - 031.15 ~ 0K + 000.00)

本段含地表閘室及地下閘室，全長 31.15 公尺，地下閘室內設置緊急關閉用途直立式固定輪閘門 1 座及日常維護操作用途弧形閘門 1 座。

### 隧道段 (0K + 000.00 ~ 0K + 862.82)

本段全長 862.82 公尺，自地下閘室後方以矩型漸變為外三心圓隧道斷面，內徑 9.00 公尺。

### 消能池及出水口段

#### 1. 消能池 (0K + 862.82 ~ 0K + 992.12)

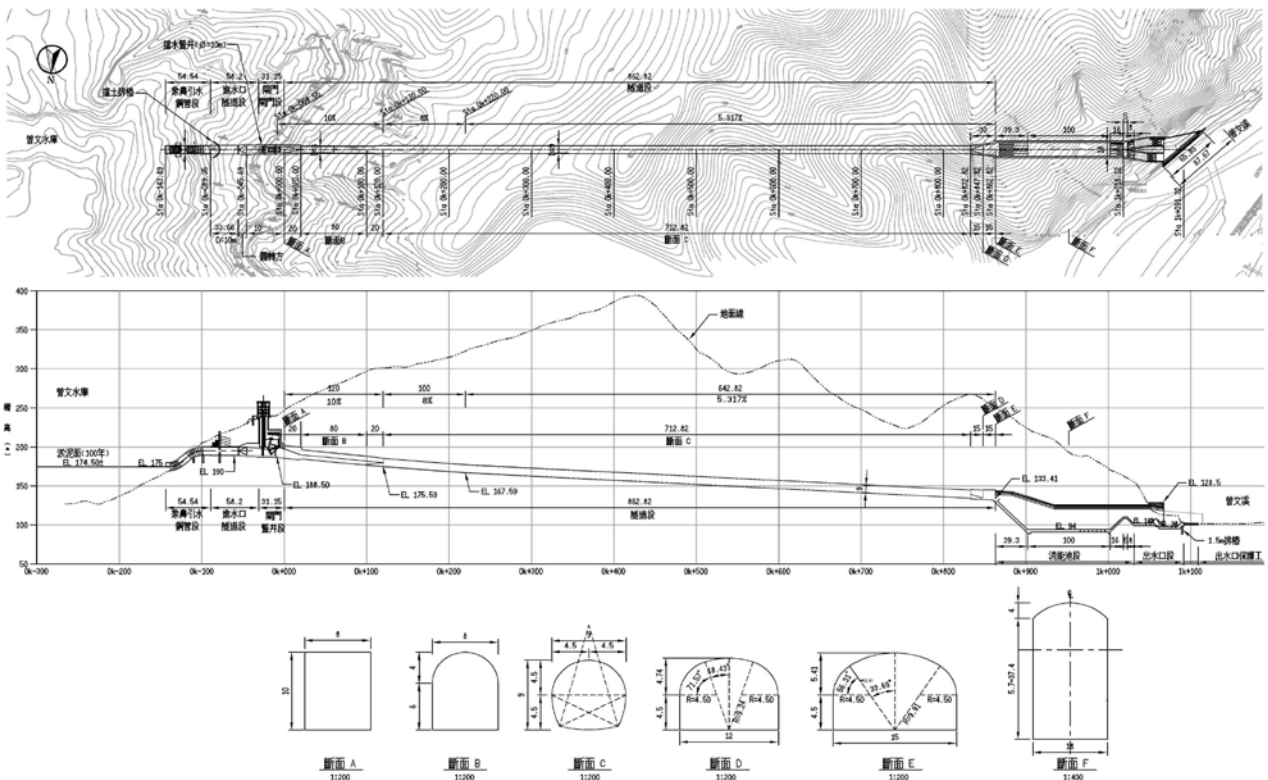


圖 2 曾文防淤隧道工程平、縱斷面圖



為有效消能，自隧道末端設置投潭消能池，最大淨高 41.69 公尺，淨寬 18.0 公尺，池底長 90.0 公尺。

2. 出水口隧道 (0K + 992.12 ~ 1K + 073.93)  
考量隧道結構安全，原淨寬 18 公尺消能池洞室分為雙孔寬 10 公尺之隧道出洞；而為與曾文溪銜接，出水口隧道內布置兩階跌水工銜接出水口工程。
3. 出水口工程 (1K + 067.12 ~ 1K + 091.32)  
銜接南北兩洞隧道末端往下游漸擴至為 65.83 公尺長溢流堰，堰底設置排樁抵抗沖刷，溢流堰上游至下游 20 公尺範圍內拋放混凝土塊及塊石作為河床及基腳保護工。

上述路線全長約 1,235.21 公尺，除上述主要工程外，為配合工程施工與營運，另闢建環湖公路隧道與曾文溪護岸去化剩餘土方。

### 三、水理檢討與要求

本工程水理設計準則要求如下：

- (1) 水庫水位與排砂流量
  1. 正常滿水位：EL.230.0 m，流量約 995 cms。
  2. 最高洪水位：EL.232.5 m，流量約 1,030 cms。
- (2) 直立式固定輪閘門及弧型閘門需有適當補氣設施，不得有影響安全之穴蝕及流態不穩現象。
- (3) 弧型閘門門樞不得受水流影響其正常操作。
- (4) 隧道最大流速達 30 m/s，不得發生影響流況及安全之穴蝕及捲氣情形，並考量耐磨需求。
- (5) 消能池出水口須考量在曾文溪  $Q = 10,000$  cms 時，消能池不會封頂，且仍確保通氣正常。
- (6) 隧道末投潭入消能池水舌應避免負壓情形。
- (7) 溢流至曾文溪不得影響兩岸的堤岸安全及對河床產生沖刷。

為瞭解防淤隧道實際流況，本工程除設計階段辦理水理分析及三維數值模擬外，主辦機關另委託經濟部水利署水利規劃試驗所辦理水工模型試驗計畫作水理及實際流況檢討。

經過歷次的檢討，包含象鼻引水鋼管排砂效能、設施最大排洪能力、最大流速及穴蝕評估、消能方式、曾文溪河岸安全等項目均經充分討論及評估，在瞭解該項工程能達到計畫目標後，最終確認本工程各項設施布置及尺寸。

### 四、工址環境限制條件

受限於南部地區供水壓力，本工程不得影響水庫正常營運，施工環境限制條件如下：

- (1) 本工程位於營運中水庫環境施工，水庫水位變動為可預期狀況，水庫管理單位肩負南部地區供水壓力，難以配合施工需要調蓄水位，施工單位對於水庫水位變動產生的影響及風險，應有妥適因應對策。
- (2) 本工程施工期間至少遭遇 3 次汛期，出水口端無法避免水庫洩洪對施工環境之影響。
- (3) 水庫蓄水範圍內施工（含引水鋼管製造），應考慮水庫水質保護規定，不得有污染水質情形。
- (4) 為避免施工期間水庫蓄水經施工中隧道潰決，在完成控制閘門安裝前，施工程序規劃應有適當保護措施並作好風險管控。
- (5) 受限於進水口端陡峭邊坡地形，豎井及閘門閘室需座落於嘉 145-1 線道路上，因此必須先予道路改道，方能降挖豎井及閘室，就工期形成嚴苛考驗。
- (6) 就地形條件，本工程隧道全線僅能就進水口及出水口兩端進出，而進水口端閘室降挖及閘門安裝等工序繁瑣，出水口端消能池洞室開挖量體龐大，兩側均無餘裕工期供隧道段進出施工，施工動線困難。

## 五、工址地質概況

柳籐潭壩址在曾文水庫施工時，曾對各開挖區域進行詳細的地質測繪與記錄，成為瞭解壩址地質狀況之重要資料。

壩址所在地層位態為北 30 度東，傾斜向東南 39 度，即地層向上游傾斜，其地層位態有利於水庫水密性。壩址附近的斷層多為斷面近垂直的平移斷層，且依其走向明顯的分為兩組：一組走向約為  $N30^{\circ} \sim 50^{\circ}W$ ，以峽谷斷層及第一、第二斷層為代表；另二組走向約為東西向，以左、右壩墩斷層為代表。在節理方向，亦大致可區分為甲乙兩組，甲組節理走向  $N30^{\circ} \sim 50^{\circ}W$ ，約與第二組斷層之走向相當；乙組節理之走向則為  $N60^{\circ} \sim 70^{\circ}W$ 。

大壩及溢洪道基礎之岩性均為大窩細砂岩層（隘寮腳層）之厚層砂岩、薄層砂岩、粉砂岩、泥岩及頁岩等，其中在壩址上游端有一富含鈣質之厚層砂岩，由於具有較高之強度與抗侵蝕力，於河道中形成一狹隘峽谷，大壩興建時則被選擇做為大壩之基礎。

大壩右山脊組成之岩性為層狀砂岩，層面位態為  $N30^{\circ}E/32^{\circ}S$ ，右山脊邊坡位於溢洪道開挖邊坡之下游部份為河床堆積層及崖錐料所組成，其厚度最深達 60 公尺，為右山脊邊坡中安定性較低之部份。左山脊主要出露之岩性為青灰色砂岩及層狀砂岩，層面位態為  $N20^{\circ} \sim 25^{\circ}E/30^{\circ} \sim 35^{\circ}W$ ，有兩組主要節理  $N50^{\circ}W/65^{\circ}W$  及  $N80^{\circ}E/70^{\circ}N$  節理延展不佳，依據建設誌資料及現地觀察結果，邊坡易受到風化及崩解作用影響產生岩塊崩落，近年於電廠開關廠附近邊坡曾發生崩塌及沖蝕。

防淤隧道位於曾文水庫大壩南側山腹，約略平行於一號導水隧道，岩覆厚度最大約 250 公尺，隧道沿線經過岩性可分為砂岩、粉砂岩、泥岩、泥質砂岩、砂頁岩互層，預計通過 3 條主要地質弱帶，分別為 NWF-1、NWF-2 及 NWF-3 橫移斷層，其中 NWF-3 橫移斷層在曾文水庫導水隧道施工時，曾發生湧水及變形現象外，其餘隧道沿線地質狀況尚屬良好，岩體強度約在弱岩至中強岩之間，各破碎帶寬度約在 1.5 公尺以下（圖 3 及圖 4）。

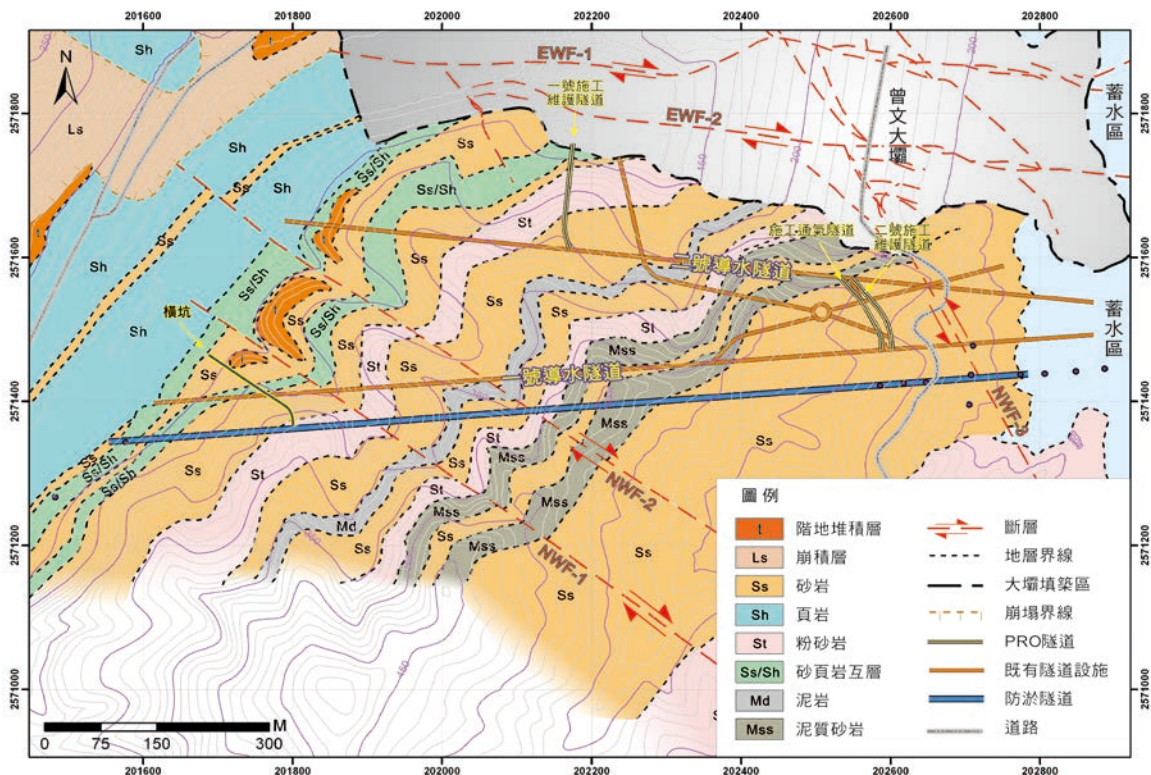


圖 3 曾文防淤隧道工程平面地質圖



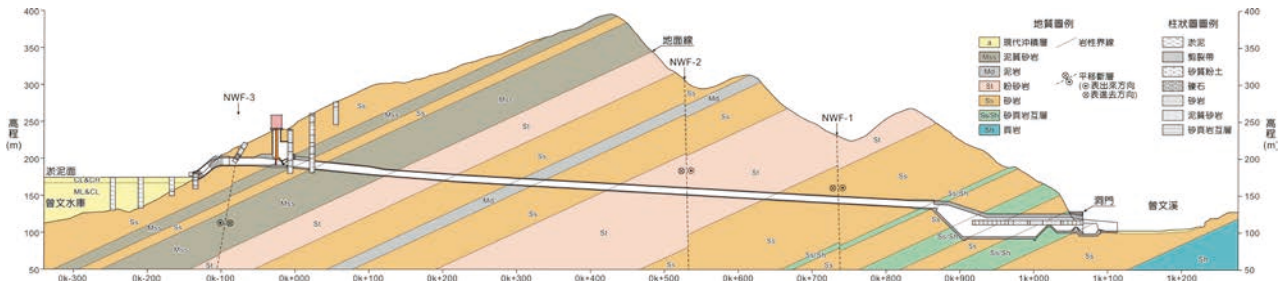


圖 4 曾文防淤隧道工程地質縱剖面圖

## 六、重要工程困難與對策

### 6.1 象鼻引水鋼管製造與定位安裝

本工程進水口受限水庫蓄水水深高達 60 公尺之困境，隧道洞口無法有效圍堰而布置於庫底，但施工可行之隧道開挖底部高程 (EL.190.0 m) 卻未達到水庫淤積面 (約 EL.176 m)，排砂效果有限。

因此，為有效排放底層渾水，本工程自隧道端再向下延伸一引水鋼管段，從底部高程 EL.190.0 m 往下方沿邊坡鋪設鋼管，至底部高程 EL.170.0 m，本鋼管內徑 10.0 公尺，含前端之抗渦出挑鋼罩 5.0 公尺長，合計水平投影長約 54 公尺，水路長約 60 公尺。

裝設此鋼管後，水庫若於豐水期高水位時，因為水位內外壓差之原理，開啟操控閘門後，壩前底層渾水將以壓力流形式受水壓向上引流至閘門處，再以重力流方式向下游宣洩而出。

而為達到此壓力管段引流向上之目的，自隧道段向前向深處延伸之壓力鋼管因形狀貌似象鼻，故以象鼻引水鋼管稱之。

象鼻引水鋼管製造及安裝，主要困難之關鍵課題如下：

- (1) 象鼻引水鋼管之管徑高達 10.0 公尺，屬於特大口徑鋼管，若依一般鋼管設計原則，其管壁厚度至少在 100 mm 以上，製造與加工均屬困難。
- (2) 象鼻引水鋼管製造完成後，重量超過千

噸，如何有效運輸與安裝定位而不致沈入水中，成為施工嚴苛挑戰。

為解決以上問題，本次 JV 團隊成員 - 國統國際股份有限公司 (以下簡稱國統公司) 秉持多年工程經驗，以特殊結構設計克服上述各關鍵難題，茲分述如下：

- (1) 象鼻引水鋼管將以雙層管型式建構，以雙層鋼板作內外層配置，極致的放大鋼管結構慣性距 I 值及減小鋼板厚度，使得鋼管結構重量得以減輕但抵抗彎矩及扭曲的能力卻大幅提昇 (圖 5)。
- (2) 在雙層管型式下，內外層鋼板之間必須用加勁板連結以達到腹板作用，在縱橫向腹板分隔下，雙層管內形成大小不一之封閉隔艙，當象鼻鋼管於水中作業時，封閉隔艙將類似潛水艇作用，提供浮力抵抗鋼管巨大管重。
- (3) 巨大的象鼻引水鋼管不可能採陸運方式到進水口端安裝，因此，必須利用水庫蓄水作為運輸水路，因此，鋼管結構必須檢核下水過程、拖運過程、水中角度及深度調整等各階段施工應力。
- (4) 鋼管拖運至進水口端後，必須在水中調整鋼管角度及深度，本工程將運用雙層管中之隔艙空間作為浮筒，並以不同隔艙注入不等水量，控制鋼管結構在水中之角度及深度，再佐以岸上錨定鋼纜拖拉及兩側配置鋼管浮筒協助，以達到進水口端水中調整鋼管位置之目的，符合施工安裝鋼管之需要 (圖 6)。

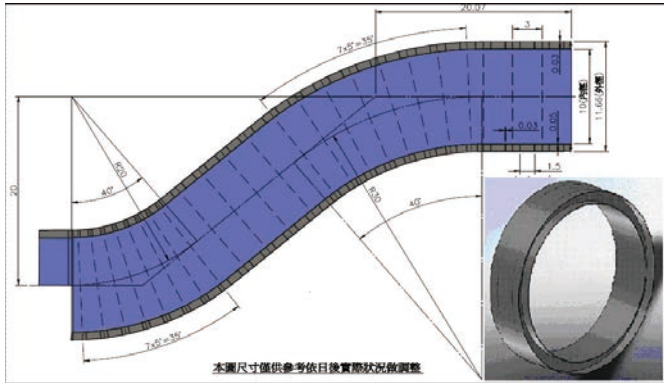


圖 5 象鼻引水鋼管尺寸詳圖

## 6.2 水庫蓄水限制條件下進水口端施工

曾文水庫肩負南部地區供水責任，水庫營運必須保持正常，水庫蓄水不會因施工需要而改變或調整。有鑑於此，施工規劃必須面對水庫水位變動之事實，類似莫拉克、敏督利等超大豪雨事件都曾使水庫水位於數日內上升數十公尺。

因此，妥善因應水庫水位巨幅變動是本工程進水口端施工的巨大挑戰，根據過去統計資料顯示，水庫水位僅在汛期前水庫水位低於 EL.190.0 m 且為期極短（圖 7 及圖 8），因此進水口端施工勢必為水中作業或規劃為不受蓄水水位影響之作業方式。

本工程在基本設計階段曾經就進水口端水庫水位變動研議不同施工方式，包含岩塞爆破、施工圍堰等構想均經審慎評估。

而在本工程 JV 團隊取得簽約並進場施工後，經設計及施工人員多方檢討，決定結合基

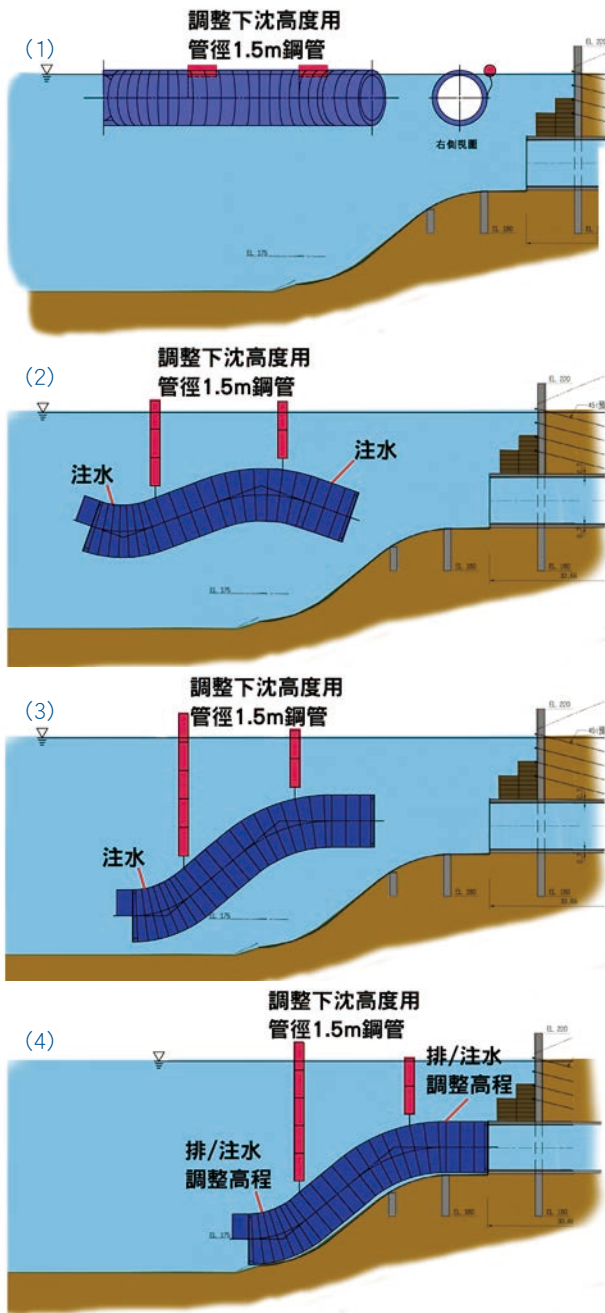


圖 6 象鼻引水鋼管安裝流程示意圖

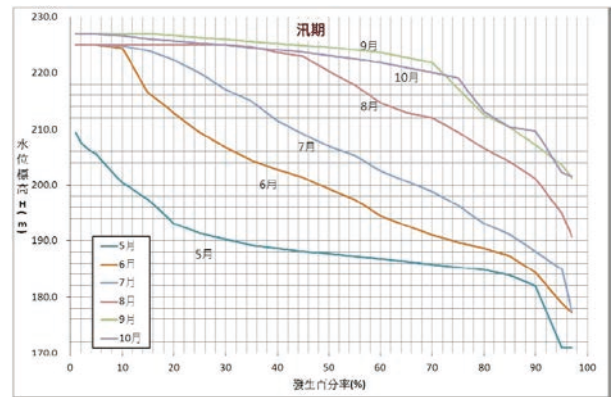


圖 7 曾文水庫汛期水位發生百分率圖

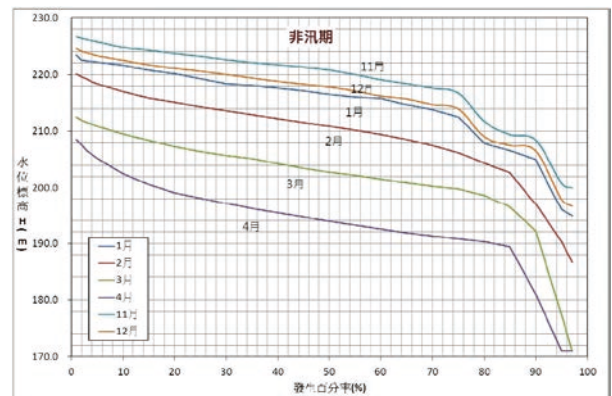


圖 8 曾文水庫非汛期水位發生百分率圖



樁圍堰方式培厚邊坡，當隧道在培厚邊坡下完成開挖支撐及結構襯砌後，水中開挖隧道洞口，使隧道結構露出開挖面，便於象鼻引水鋼管銜接。

在說明設計構想及施工程序之前，概要說明現地地形及地質特性如下：

隧道進水口位於大壩東南方約 240 公尺一條溪溝左岸，洞口出露細粒砂岩夾薄層泥質砂岩，地層走向約為北 30 度東，傾角約 40 度向東南傾，有 2 組高角度節理，位態分別為 N34°W/82°N 及 N26°E/72°N，岩體大致完整，局部有風化鏽染及破碎情形，邊坡呈南北方向與岩層形成斜交坡，邊坡無平面滑動潛能，層面與節理相交則可能發生楔形破壞，若開挖側向邊坡向南傾斜時則形成順向坡，可能具平面滑動潛能。

岩石強度因水庫長期浸水含水量增加而降低，單壓強度變化大約介於 69 ~ 389 kg/cm<sup>2</sup> 之間，屬弱岩至中強岩石。岩盤之透水性平均約 6.33Lugeon。進水口銜接隧道段岩覆較小，又有 NWF-3 斷層通過里程約 0K-140，根據曾文水庫建設誌記載，曾文水庫 #1 及 #2 施工導水隧道開挖經過 NWF-3 斷層時，曾發生破碎變形及地下水湧出問題，未來隧道施工應及早予以因應（圖 9 及圖 10）。

根據前述說明與瞭解，概要歸納進水口端主要困難之關鍵課題如下：

- (1) 因應水庫水位變動風險，進水口端必須在水中作業或作業方式不受蓄水高低影響。
- (2) 因為在水庫蓄水水位下開挖隧道，倘若隧道開挖抽坍，將導

致水庫蓄水沿施工中隧道潰決，人員及設備財物損失不計，大壩下游居民身家安全及南部經濟活動受供水中斷影響，災害損失將數以百億計。

- (3) 進水口端岩盤盤浸水於水庫蓄水中，岩盤軟化為可預期風險，NWF-3 斷層於過去施工記錄有明顯斷層剪裂現象，設計及施工應妥為因應。

基於以上瞭解規劃進水口端施工方式，概述如下：

- (1) 調整施工工序，在進水口銜接段隧道開挖期間，豎井閘室下游側的隧道段不貫通，

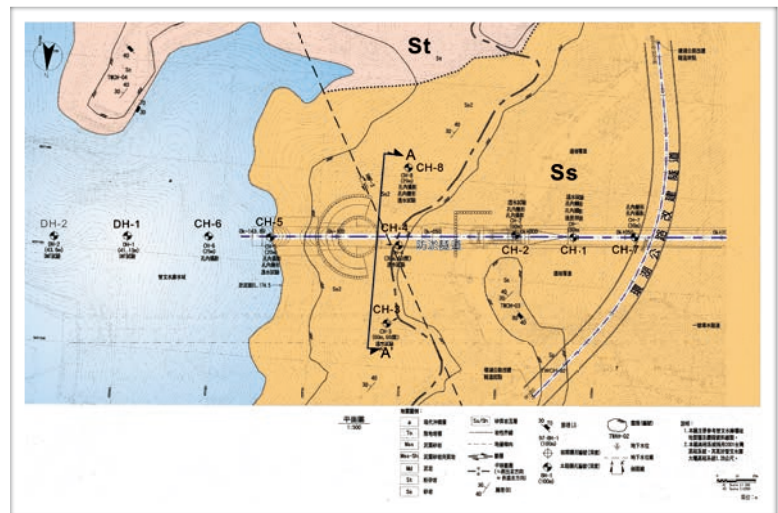


圖 9 曾文防淤隧道進水口平面地質圖

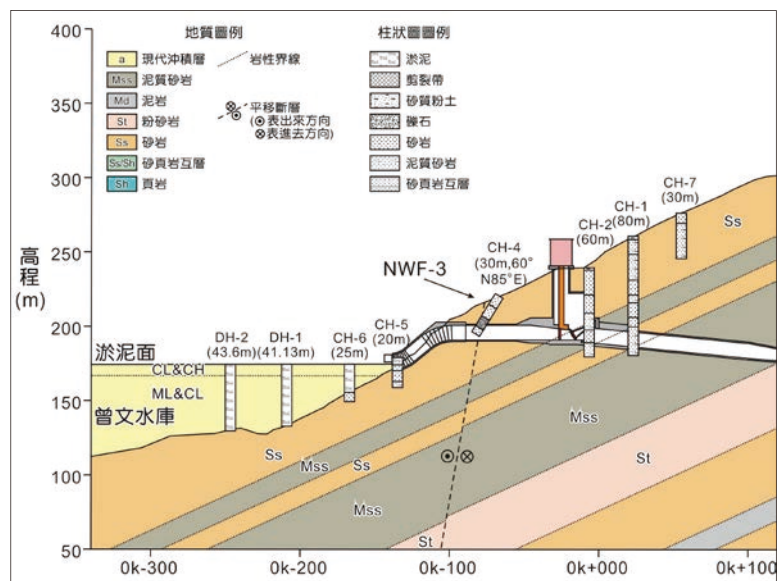


圖 10 曾文防淤隧道進水口地質縱剖面圖

確認進水口隧道段結構襯砌及操控閘門具體完成並運轉無虞後，方能貫通下游隧道段，避免施工抽坍造成庫水潰決。

- (2) 利用每年 3-5 月低水位期間，自地表邊坡對進水口隧道段周邊岩盤預先施做固結灌漿，強化浸水軟化岩盤及 NWF-3 斷層剪裂帶。
- (3) 進水口隧道銜接處以 H 型布置擋土排樁，兩側縱向排樁除作為象鼻鋼管安裝開挖面之支撐外，此側邊排樁並向山側延伸一定範圍與進水口隧道重疊，確保隧道開挖若有抽坍，抽坍範圍控制於兩側排樁之間。
- (4) 除 H 型布置之側邊排樁外，正面迎水之橫向排樁以鋼管樁設計，開挖期間此正面迎水之鋼管樁將確保隧道開挖若有抽坍，工程面對水庫蓄水面仍有鋼管排樁作第一道保護；完成開挖後，水中開挖 H 型排樁範圍臨水側岩盤，並以外力拖離鋼管樁，使隧道末端銜接法蘭露出鏡面。
- (5) 由於邊坡地形陡峭，因此 H 型排樁範圍臨

山側以低強度混凝土培厚，確保隧道開挖上方至少保有一倍隧道直徑之覆蓋深度。

- (6) 水中開挖並外力拖離鋼管樁後，進水口隧道上方迎水面垂直開挖深度接近 10 公尺，為確保此一開挖面安定性，將利用固結後之灌漿孔植入微型樁，以縫地工法達到邊坡穩定效果。
- (7) 象鼻鋼管與進水口隧道段法蘭銜接安裝完成後，除以水中混凝土固定鋼管外，並且回填箱型石籠以達到永久性之邊坡穩定目的。

進水口端工程布置如圖 11 所示，施工順序規劃如圖 12 所示。

而設計階段為瞭解周邊地盤因開挖等作業所產生之變形行為，曾以 FLAC 3D 程式 (Fast Lagrangian Analysis of Continua) 數值模擬分析各階段施工過程可能產生的應力 — 應變行為並以曾文水庫第四次安全評估採用之人工合成地震歷時辦理動態分析 (圖 13)。

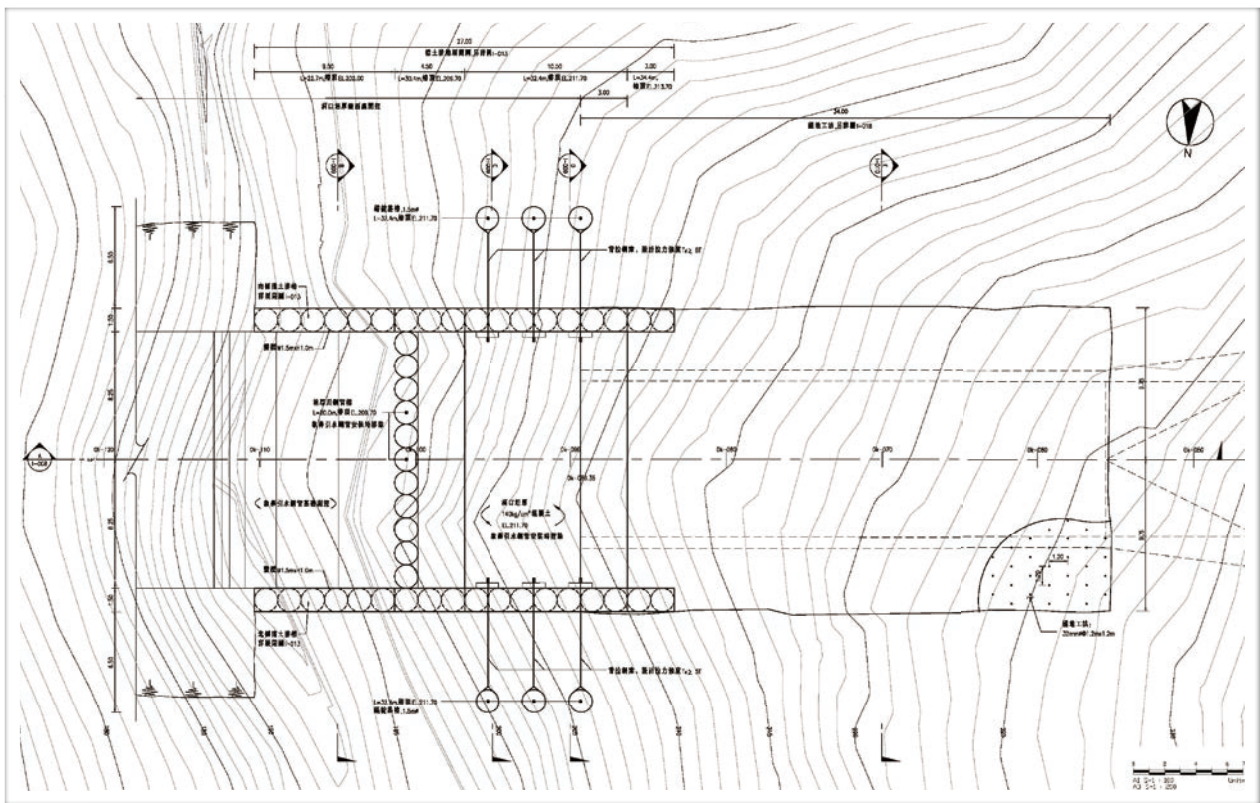


圖 11 曾文防淤隧道進水口施工階段平面圖



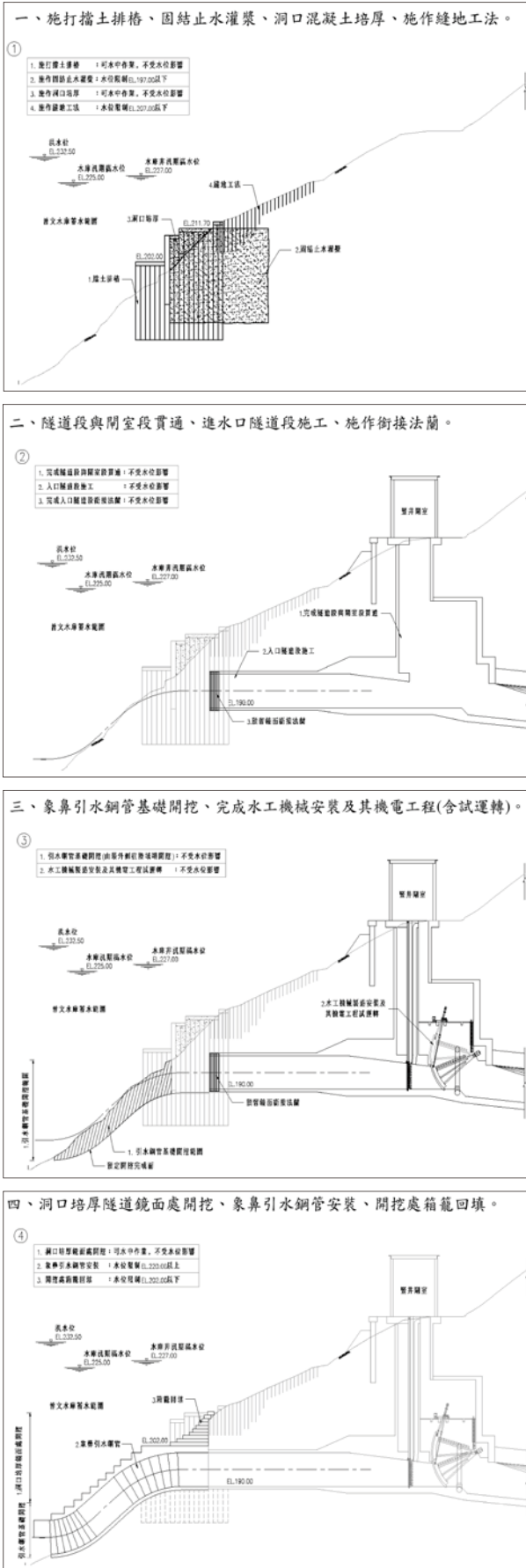


圖 12 曾文防淤隧道進水口施工流程示意圖

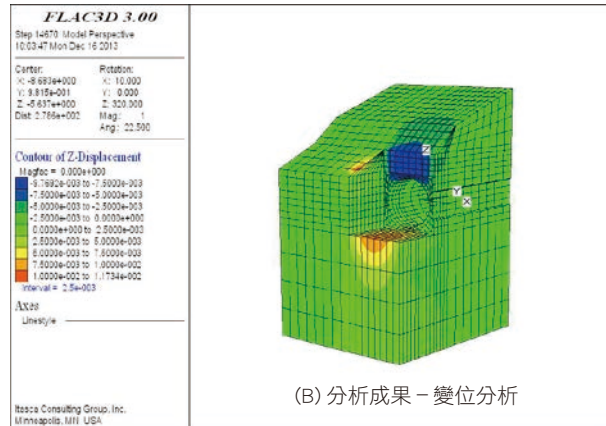
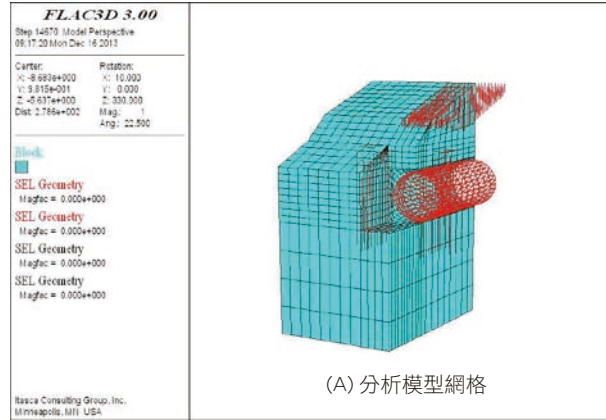


圖 13 曾文防淤隧道進水口數值分析成果圖

### 6.3 淺覆蓋及偏壓地形條件下大型洞室開挖

曾文防淤隧道工程受限於曾文溪河道狹小之限制，必須將消能池建置於山體內，待高速水流消能完成後，再排入曾文溪河道。

因此，在本工程出水口端必須開挖一大型地下洞室作為消能池室，而消能池室的尺寸經過水工模型試驗不斷測試與調整後，最終決定消能池之尺寸為最大淨高 41.69 公尺，淨寬 18.0 公尺，池底長 90.0 公尺之地下洞室。

由於消能池室位於隧道出口，鄰近出水口邊坡地表，致使消能池室開挖覆蓋深度不足，不利洞室開挖穩定性；因此，為使消能池室具有足夠岩覆深度，基本設計階段已將消能池室向山體內推進，並在消能池室末端布置雙孔出水口隧道，每孔淨寬 10.0 公尺，以在鄰近邊坡地表時，隧道最大開挖淨寬由 18.0 公尺縮減為 10.0 公尺，提升隧道開挖穩定性（圖 14）。

雖然消能池室向山體內布置，已適度減輕淺覆蓋之不利影響，但終究此一大型地下洞室仍然位於邊坡岩覆不深之山體內，而隧道線型與邊坡坡向未呈正交，對於洞室開挖而言，其地形上產生的偏壓效應，因開挖規模加大而有相當不利的影響。

以下針對消能池及出水口段之地形及地質條件，概要敘述如下：

防淤隧道出口位於1號導水隧道出水口下游約90公尺處，洞口處地形為一陡峭山壁，坡度約60°，地表為砂頁岩互層岩盤出露，其上下分別為泥質砂岩及砂岩，層理走向約為N40°E/20°~30°SE，局部層理較為凌亂，局部有褶曲現象，有3組節理，位態分別為J1：N35°W/75°N、J2：N47°E/47°N及J3：N12°W/58°S，持續性不高，岩體大致完整（圖15）。

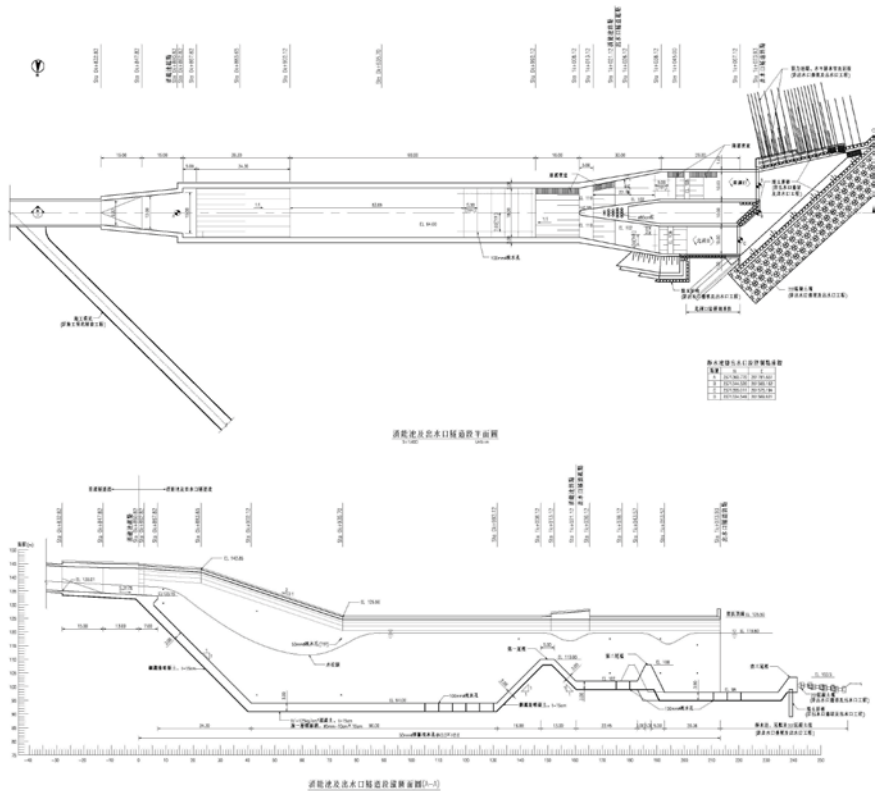


圖 14 曾文防淤隧道消能池室平、縱斷面圖

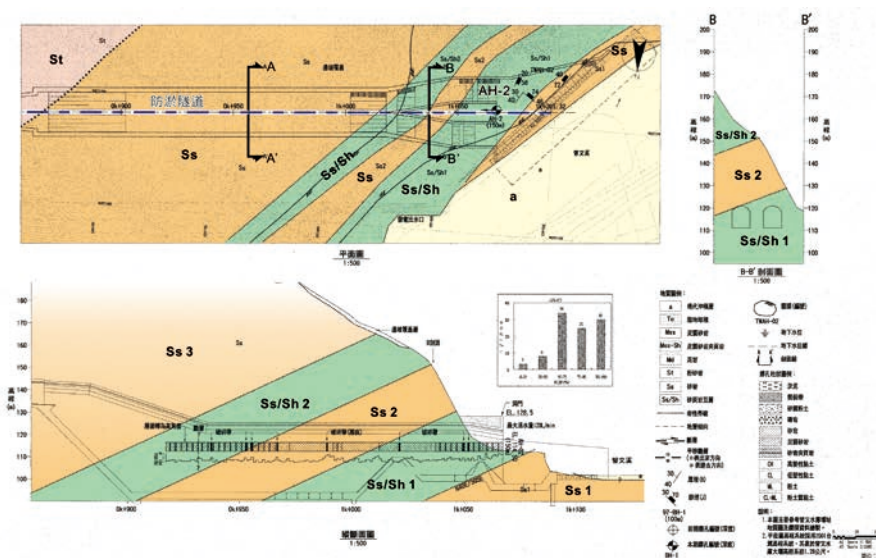


圖 15 曾文防淤隧道消能池室地質平、縱剖面圖

出水口邊坡約呈南北方向與岩層形成斜交坡，評估層面雖無平面滑動潛能，然J3節理與邊坡坡面略平行，可能造成小規模平面滑動，且J2、J3節理相交可能發生楔形破壞。岩石單壓強度約為400 kg/cm<sup>2</sup>，屬中強岩石。洞口開挖可能遭遇地下水。以弱面為連續作保守評估，落水池洞室開挖之頂拱及側壁均可能出現不穩定

岩楔，特別需注意南向側壁為層面與節理交成之岩楔（圖16）及因地形偏壓問題（圖17）。

因此，在消能池室設計與施工時，必須針對以下困難問題加以解決：

- (1) 因地形造成的淺岩覆及偏壓問題。
- (2) 因大型洞室開挖所產生的關鍵岩楔問題。



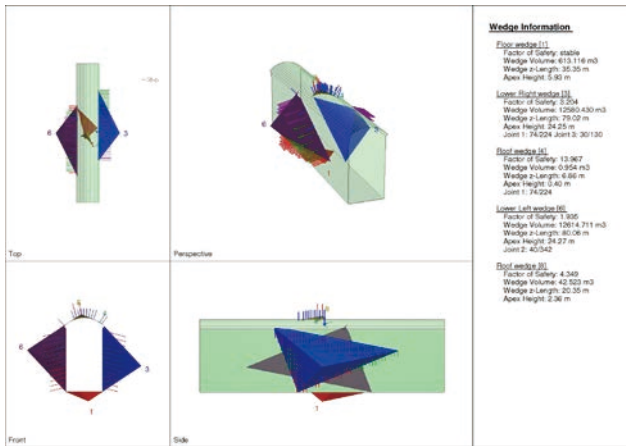


圖 16 曾文防淤隧道消能池室岩楔分析圖

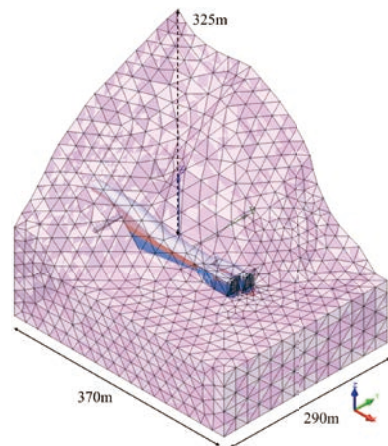


圖 17 曾文防淤隧道出水口邊坡數值地形圖

- (3) 雙孔出水口隧道段分岔處岩心過薄，無從產生自持穩定性。
- (4) 施工順序上，消能池室為上游一般隧道段之動線出口，消能池室開始降挖後，上游一般隧道段將喪失進出動線需完成隧道開挖始能降挖消能池室，形成施工要徑。

基於以上瞭解，規劃消能池室施工方式如下：

- (1) 自消能池室出口打設施工橫坑（圖 2）通達一般隧道段與消能池室銜接處，解決施工動線問題並由施工橫坑開挖記錄提前瞭解消能池室開挖可能遭遇地質。
- (2) 根據數值分析計算結果，消能池室南側頂拱及上半部側壁因地形偏壓導致岩體應力較大，採不對稱支撐方式加以設計（圖 18）。

- (3) 雙孔之出水口隧道段淺覆蓋地形，以洞口邊坡混凝土培厚配合對鎖岩栓固定，並在邊坡淺覆蓋部位預先施打預力地錨，以減緩鑽炸法開挖過程中洞室開炸震波傳遞至地表而衍生不可預期之邊坡坍塌破壞（圖 19）。
- (4) 雙孔出水口隧道段分岔處岩心過薄無法自持部分，於頂拱開挖完成後，施作基樁及立柱上頂頂拱岩體，以替代過薄岩心無法提供之支撐力（圖 20）。

以上洞室開挖設計及施工規劃，均經用 MIDAS Information Technology Co., Ltd. 所發展的 Midas/GTS 2010 有限元素程式，進行三維開挖支撐分析，針對洞室開挖可能產生之變形行為及塑性區範圍加以計算，並檢核鋼纖維噴凝土、岩栓、地錨等支撐構件是否符合設計需求（圖 21）。

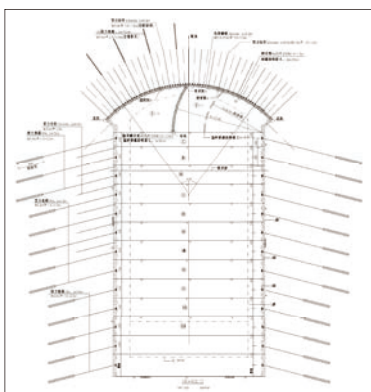


圖 18 曾文防淤隧道消能池室開挖支撐圖

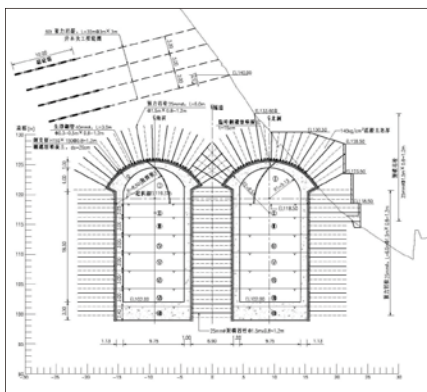


圖 19 曾文防淤隧道出水口隧道淺覆蓋開挖支撐圖

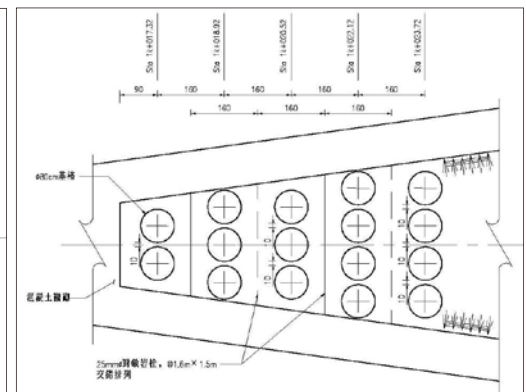
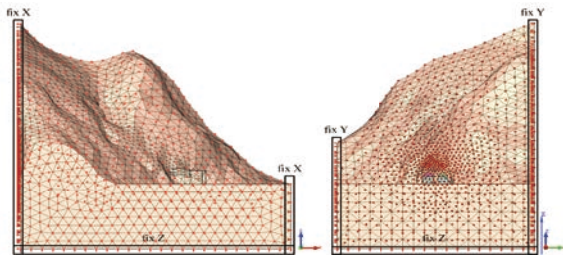
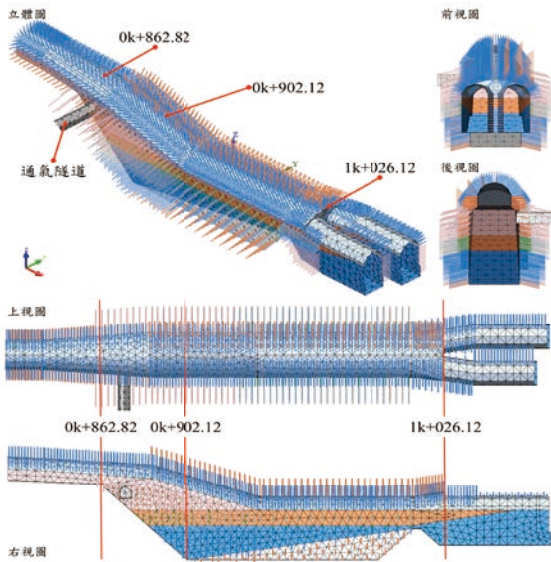


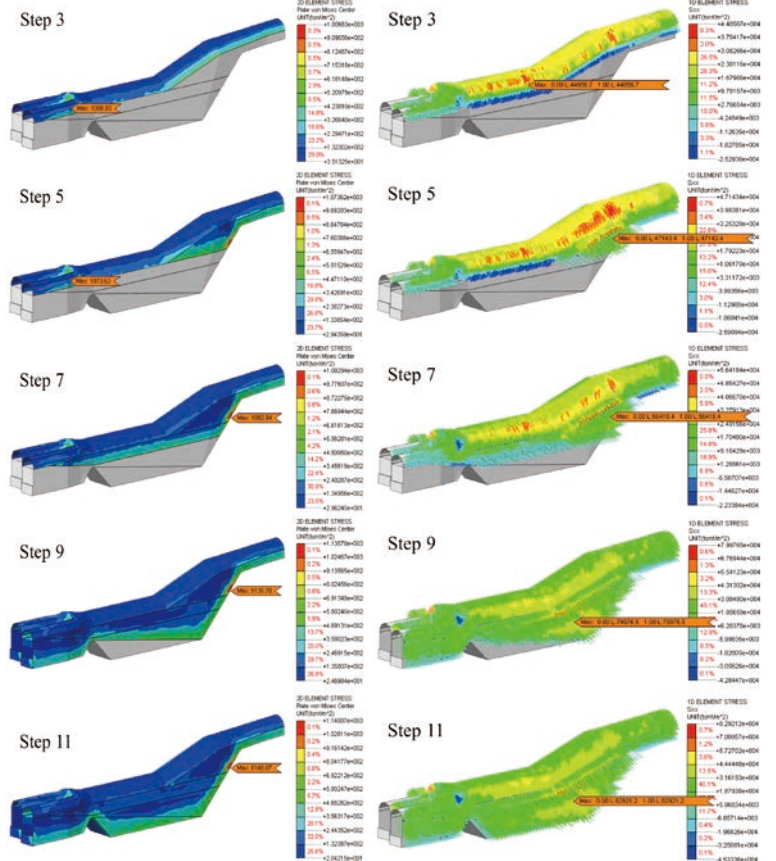
圖 20 曾文防淤隧道出水口隧道分岔處基樁布置圖



(A) 分析模型 — 數值地形網格



(B) 分析模型 — 開挖支撐構件



(C) 分析成果 — 各階段支撐構件應力分佈

圖 21 曾文防淤隧道出水口數值分析成果圖

## 七、結語

曾文水庫防淤隧道工程自莫拉克颱風致使曾文水庫嚴重淤積後，經濟部水利署南區水資源局積極辦理水力排砂計畫可行性評估及規劃工作，由聯合大地工程顧問股份有限公司及巨廷工程顧問股份有限公司於民國 101 年完成基本設計，並編列於「曾文南化烏山頭水庫治理及穩定南部地區供水計畫」內執行，並於民國 102 年由中華工程股份有限公司、國統國際股份有限公司及黎明工程顧問股份有限公司組成統包團隊取得簽約並執行，感謝 各界工程先進對本計畫之關心與指導，本施工團隊將持續努力與精進，俾使工程如期、如質完工，以達到延續水庫壽命之計畫目標。

## 參考文獻

1. 台灣省曾文水庫建設委員會 (民 63), 「曾文水庫建設誌」。
2. 經濟部水利署南區水資源局 (民 99), 「曾文水庫水力排砂等可行性評估報告」。
3. 經濟部水利署南區水資源局 (民 100), 「曾文水庫水力排砂等可行性規劃調查報告」。
4. 經濟部水利署水利規劃試驗所 (民 101), 「曾文水庫防洪防淤整體綱要計畫」。
5. 經濟部水利署南區水資源局 (民 101), 「曾文水庫防淤隧道工程基本設計報告」。
6. 經濟部水利署南區水資源局 (民 102), 「曾文水庫新建防淤隧道工程水工模型試驗」。