

烏溪鳥嘴潭人工湖可行性規劃(1/2) 地震危害度專題報告

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

Topic on Seismic Risk



經濟部水利署水利規劃試驗所

中華民國 98 年 12 月

烏溪鳥嘴潭人工湖可行性規劃(1/2) 地震危害度專題報告 Feasibility Planning(1/2) for Nigozueitan

Feasibility Planning(1/2) for Niaozueitan Artificial Lake in Wu Chi Topic on Seismic Risk

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	
表	目錄	目-3
<u>B</u>	目錄	目-4
摘	要	
Ab	stract	A-1
結	論與建議	結-1
	一、結論	結-1
	二、建議	結-3
第	壹章 前言	1-1
	一、計畫緣起	1-1
	二、計畫目標	1-1
	三、工作項目及內容	1-1
	四、工作範圍	1-1
	五、工作構想及流程	1-2
第	貳章 現有地震資料整理分析	2-1
	一、地體構造與地震發生機制	2-1
	二、地震活動情形	2-2
	三、台灣震源分區	2-8
	四、地震目錄之規模轉換	2-11
	五、活動斷層	2-11
	六、地質	2-15
第	參章 潰堤安全研究與情境模擬	3-1
	一、潰堤安全研究	3-1
	二、人工湖 E 區潰堤數值模擬初步成果	3-12
	三、人工湖D區潰堤數值模擬初步成果	3-16

第肆章 地震危害度分析評估	4-1
一、最大可能地震(MCE)評估	4-1
二、設計及運轉基準設計地震	4-4
三、最大設計地震(MDE)	4-6
四、地震係數	4-6
五、最適規模與距離分析(參數拆解)	4-18
第伍章 地震危险度分析評估	5-1
一、地震紀錄	5-1
二、潰堤安全研究與情境模擬	5-1
三、最大可能地震(MCE)之設計地震震源	5-2
四、設計地震規模及尖峰地表加速度	5-2
五、最大設計地震 MDE	5-2
六、地震係數	5-3
七、最適規模與距離分析	5-3
參考文獻	參-1
附錄一 執行計畫書審查意見回應	
附錄二 期中報告審查意見回應	
附錄三 地震危害度專題審查意見回應	
附錄四 E區及D區各時間點淹沒範圍圖	
附錄五 DAMBRK 參數及分析過程	
附錄六 FLO-2D 參數及分析過程	

附錄七 水利建造物採用之地震係數

表目錄

表 3.1-1	潰堤參數建議表	3-2
表 3.1-2	人工湖 E 區輸入 DAMBRK 模式之參數值	3-3
表 3.1-3	人工湖 D 區輸入 DAMBRK 模式之參數值	3-3
表 3.1-4	人工湖 E 區出流歷線	3-6
表 3.1-5	人工湖 D 區出流歷線	3-7
表 3.1-6	網格數目與模擬速度關係表	3-12
表 4.1-1	本計畫最大設計尖峰地表加速度初步評估結果	4-3
表 4.2-1	本計畫 50km 內之斷層震源特性參數	4-8
表 4.3-1	最大設計地震(MDE)設計尖峰地表加速度值選用原則	4-8
表 4.4-1	尖峰地表加速度對應之地震係數	4-9
表 4.4-2	本計畫堰址之設計地震係數	4-9
表 4.4-3	本計畫湖區之設計地震係數	4-9
表 4.4-4	短週期結構之工址放大係數 Fa(線性內插求值)	4-9
表 4.4-5	震區短週期之設計水平譜加速度係數 S _S D	4-10
表 4.4-6	近車籠埔斷層設計地震調整因子 NA	4-10
表 5.1-1	鳥嘴潭堰址及人工湖區址地震危害度分析成果	5-4

圖目錄

圖	1.2-1	本計畫地震風險評估架構圖	2-3
圖	1.4-1	計畫工址位置圖	2-4
圖	1.5-1	地震危害度評估流程圖	2-5
圖	2.1-1	台灣地區地體構造示意圖	2-1
圖	2.2-1	明清時代災害性大地震分佈圖	2-4
圖	2.2-2	台灣地區地震震央分佈圖(1900~2009/06)	2-5
圖	2.2-3	台灣地區災害性地震震央分佈圖(1900~2009)	2-6
圖	2.2-4	本計畫區之台灣自由場強地動觀測網強震站位置圖	2-7
圖	2.2-5	1105 名間地震震央位置圖	2-7
圖	2.3-1	深層地震震源分區圖	2-9
圖	2.3-2	淺層地震震源分區圖	2-10
圖	2.5-1	台灣地區活動斷層分佈圖	2-14
圖	2.5-2	計畫位置半徑 50 公里活動斷層分佈圖	2-15
圖	2.6-1	區域地質圖	2-16
圖	2.6-2	計畫區地質圖	2-20
圖	2.6-3	計畫區立體地質剖面圖	2-21
圖	2.6-4	計畫區主要岩性組成示意圖	2-22
圖	2.6-5	前期地質鑽孔、地下水位觀測井及地球物理探測位置圖	2-23
圖	2.6-6	計畫區域附近斷層及疑似破碎帶分布	2-25
圖	2.6-7	計畫區隘寮斷層沿線地表破壞現象	2-27
圖	2.6-8	計畫區隘寮斷層其他可能位置沿線地表現況	2-28
圖	2.6-9	本階段及前期調查之隘寮斷層破裂帶成果比較	2-29
圖	3.1-1	人工湖 E 區潰堤斷面圖	3-4
圖	3.1-2	人工湖 D 區潰堤斷面圖	3-5
圖	3.1-3	人工湖 E 區出流歷線圖	3-8
圖	3.1-4	人工湖 D 區出流歷線圖	3-8
圖	3.1-5	二維淹水分析模擬流程圖	
圖	3.1-6	人工湖 E 區潰堤後淹水範圍圖	3-14
圖	3.1-7	人工湖 E 區潰堤後高程分佈範圍圖	3-15
圖	3.1-8	人工湖D區(含退水路)潰堤後淹水範圍圖	

圖 3.1	1-9	人工湖 D 區(含退水路)潰堤後高程分佈範圍圖	3-19
圖 4.1	1-1	場址與斷層最短距離示意圖	4-3
圖 4.2	2-1	地震規模累積年發生率(1/2)	4-11
圖 4.2	2-1	地震規模累積年發生率(2/2)	4-12
圖 4.2	2-2	斷層震源地震規模累積年發生率	4-13
圖 4.2	2-3	本計畫機率式地震危害度分析(PSHA)之邏輯樹架構	4-14
圖 4.2	2-4	堰址之地震危害度曲線	4-15
圖 4.2	2-5	人工湖之地震危害度曲線	4-16
圖 4.3	3-1	水庫分級作業流程圖	4-17
圖 4.5	5-1	迴歸週期 475 年之地震規模-距離-危害度影響比關係圖	4-20
圖 4.5	5-2	迴歸週期 950 年之地震規模-距離-危害度影響比關係圖	4-21
圖 4.5	5-3	迴歸週期 2900 年之地震規模-距離-危害度影響比關係圖	4-22
圖 4.5	5-4	本計畫場址不同迴歸週期之平均規模與距離	4-23

摘要

一、計畫緣起及工作範圍

烏溪流域水源豐沛,為中部區域主要水源之一,惟目前水源利用率低,尤其於豐水期期間,大量餘水任其流失殊為可惜,故於民國96及97 年度將烏溪鳥嘴潭攔河堰初步規劃列為優先規劃,以因應建民水庫停建 後彰化及南投地區中長程目標年公共給水需求。

本計畫地震危害度評估係蒐集最新地震紀錄及相關資料,並配合中 央地調所公告之台灣活動斷層分布圖(2000年版)及近期計畫區域活動斷 層調查報告,依據相關規範評估本計畫堰址及人工湖區之地震危害度。

二、現有地震資料整理分析

本計畫係蒐集1900至2009年6月之地震紀錄,包括近年來大規模地 震之紀錄(如1999年921集集地震、1999年1022嘉義地震及2006年1226 恆春地震),配合中央地調所公告之活動斷層分佈圖(2000年版)及近期計 畫區域活動斷層調查報告,並依水利建造物檢查及安全評估技術規範-蓄水與引水篇(97年),取規模4為地震目錄之下限值。

依中央地質調查所公佈之活動斷層分佈圖,本計畫位置50公里範圍 內活動斷層(圖2.5-2)共計10條,其中有9條斷層屬第一類活動斷層包括 屯子腳、車籠埔、大尖山、三義、大甲、鐵鉆山、清水、彰化及大茅埔 -雙冬斷層;九芎坑為第二類活動斷層。

三、潰堤安全研究與情境模擬

人工湖E區及D區臨近國道6號與隘寮斷層帶,且D區土堤最高處為 6.36公尺,堤長逾百公尺且堤頂寬達10公尺,因斷層活動致築堤部分湖 水溢出對國道六號之影響,應進行情境模擬評估。係先利用DAMBRK計 算E區及D區各潰堤後之出流流量歷線,再利用FLO-2D加入各參數因 子,模擬E區及D區潰堤至結束之淹水範圍,並評估淹沒範圍內,包含對 民宅、農田及國道6號之影響。分析結果E區及D區潰堤之災損低,災害 潛勢屬極輕微或無,而現有灌溉排水路(勝東崎及北勢湳排水路),可容 納潰堤出流之流量,且於烏溪100年及200年洪水位時,仍能排入河道。

四、地震危害度分析評估

依據「水利建造物檢查及安全評估技術規範-蓄水與引水篇(97年)」 及「建築物耐震設計規範(95年)」評估計畫堰址及人工湖區之設計地震 係數,評估結果於蓄水庫安全評估規範皆為0.17、建築物耐震設計規範 則分別為0.34及0.37。

				設計 地震規模		水平向		
	分析方法 (97年規範)	假設 震源位置	震源距離 (km)			地表加速度 (g)	地震係數	迴歸週期 (年)
	定 值 法	車籠埔斷層	3.1km (最短距離)	MCE	7.6	0.73	0.22	_
堪址	機率	區域震源 斷層震源		DBE	_	0.52	0.17	950
	法			OBE	—	0.41	0.15	475
人工湖區	定值法	車籠埔斷層	1.2km (最短距離)	MCE	7.6	0.85	0.25	_
	機	區域震	區域震源		_	0.55	0.17	950
	法	斷層寬	夏源	OBE	—	0.43	0.15	475

Abstract

1.Project origin and work scope

With abundant water resource, Wu Chi is one of the main water supplies for central area. However, the utilization rate of water resource is low especially the period of abundant water, since most of the water is running off without proper use. Therefore, preliminary planning of Niaozueitan Weir in Wu Chi is listed as first priorty since 2007 and 2008 in order to react the cancellation of constructing case of Jianmin dam and to provide the water demand of livelihood for them.

In this project, seismic risk assessment is based one the collecting data of earthquakes and relevent information, and in collaboration with active fault map of Taiwan announced by Central Geological Survey(MOEA) and investigation reports of active fault close to the project area in recent years, then in accordance with relevant guidelines to assess seismic risk of weir site and artificial lake in this project.

2. Analysis of existing earthquakes information

Collected from 1900 to June 2009 in this project, seismic records include several large sclale earthquakes(such as Chi Chi earthquake in 1999, Jiayi earthquakes in Oct. 22, 1999, and Hengchun earthquakes in Dec.26,2006).Afterward in collaboration with active fault map of Taiwan announced by Central Geological Survey(MOEA), and investigation reports of active fault close to the project area in recent years, and in accordance with releveant [¬]Research and Establishment of Technical Guidelines for Hydraulic Structurs Inspection and Evaluation-Impounding Safety and Water-Conveying Structures | 2008, Scale 4 in earthquake catalog is adopted as minimum value. According active fault map of Taiwan of active faults announced by Central Geological Survey(MOEA), there are 10 active faults within 50 kilometers a among then nine belong to TYPE I active fault including Tuntzechiao, Chelungpu, Dajian Mountain, Sanyi, Dajia, Tiezhan Mountain, Cingshuei, Changhua, Tamopu-Hsuangtung; Chiuchiungkeng belongs to TYPE Π active fault.

3.Safety study and situations simulation of embankment failure

E zone and D zone of artificial lake are colse to Freeway No.6 and Ailiaoduanceng. Moreover, the highest elevation of the embankment in zone is E.L.6.36 m and its length is more than a hundred with width of 10 m. Resulted from fault activity, the overflow of lake water would cause some influence to Freeway No.6, and this situation should be simulated and evaluated. At first we use DAMBRK to calculate the outflow flood hydrograph of E zone and D zone after dam failure, then use Flo-2D to involve each factor and simulate the flooded area from it . Furthermore, we assess the influence to houses, farmlands and Freeway No.6 in th flooded area. According to the analysis result, the damage of embankment failure in E zone or D zone is small and damage potential belongs to extremely slight or none. Additionally, current irrigation waterway (Shengdongci and Beishinan waterway) are capable of containing overflow from embankment failure and it can still drain to river course at flood water level of 100 year and 200 year in Wu Chi.

4.Seismic risk analysis assessment

According to $\[\]$ Research and Establishment of Technical Guidelines for Hydraulic Structures Inspection and Safety Evaluation-Impounding and Water-Conveying Structures $\]$ and $\[\]$ Design Criterion for Building Seismic Capacity $\]$, design seismic coefficient at the project site is evaluate to be 0.17 and

A-2

	Analysis	Source Position	Source distance (km)	Design earthquake magnitude		Horizontal		Deturn
	method (2008 year					PGA	Seismic	period
	Standard)					(g)	coefficient	(year)
Weir site	Deterministic me thod	Chelungpu	3.1km (closest distance)	MCE	7.6	0.73	0.22	
	listic	Zone Source		DBE		0.52	0.17	950
	- Fault Brobapi - Fault		Source	OBE		0.41	0.15	475
Artificial lake	Deterministic me thod	Chelungpu	1.2km (closest distance)	MCE	7.6	0.85	0.25	
	listic	Zone Source Fault Source		DBE		0.55	0.17	950
	Probabi me th			OBE		0.43	0.15	475

0.34; the result of seismic risk assessment is fetailed as following table.

結論與建議

- 一、結論
 - (一)本階段調查成果,隘寮斷層地表破裂帶位置除因破裂帶露頭的 增加,本期調查成果較之前期往南及往北均延長外,主要的地 表破裂帶位置與前期調查結果相當接近。因此,前期有關計畫 區域之斷層調查結果應具參考價值。
 - (二)晴天狀況下,E區若潰堤,潰堤開始之水流走向以西南方向為 主,而後漸次轉為流向烏溪,淹沒範圍包含勝東崎排水路,排 水路斷面為15公尺×2.6公尺,容納流量為每秒120立方公尺。 因人工湖E區潰堤開始,出流量逐漸增加,勝東崎排水路無法 宣洩進入之流量,將使水流溢至地表出現漫地流,但淹沒範圍 內淹水深度低,均無溢淹過國道6號路面高程(高程121公尺以 上),僅可能因高流速對該處國道6號路堤趾部產生沖刷;在雨 天情況,此時烏溪100年及200年洪水位仍低於左岸高程,因E 區潰堤造成之地表逕流仍可流入烏溪中。鄰近之草屯焚化爐及 民宅淹水深度為極低或無,故E區潰堤之損害度低,災害潛勢 屬極輕微或無。
 - (三)晴天狀況下,D區若潰堤,水流走向以北方及西南方向為主, 西南方之水流為烏溪之流向,淹沒範圍內之水流走向經過勝東 崎排水路及北勢湳排水路。勝東崎排水路之排水路斷面及容納 流量如前所述,北勢湳排水路之排水路斷面為8公尺×2公尺, 可容納流量為每秒48立方公尺,兩排水路共可容納流量每秒 168立方公尺。人工湖D區自潰堤開始,出流量逐漸增加,北勢 湳排水路因無法宣洩進入之流量,將使水流溢至地表出現漫地 流情況,而溢淹國道6號東草屯交流道引道,並在第0.32小時 水流進入勝東崎排水路,開始由勝東崎排水路宣洩流量。淹沒

結-1

範圍內之淹水深度低,無溢淹過國道6號路面高程(高程121公 尺以上),對國道6號路堤損害程度極低;在雨天情況,此時烏 溪100年及200年洪水位仍低於左岸高程,因D區潰堤造成之地 表逕流仍可流入烏溪中。鄰近草屯焚化爐及民宅之淹水深度為 極低或無,故D區潰堤之損害度低,災害潛勢屬極輕微或無。

- (四)本計畫以距場址最近之車籠埔斷層為候選設計震源位置,堰址 及人工湖區之最短距離分別為3.1公里及1.2公里,評估堰址 MCE之PGA值為0.73g、人工湖區MCE之PGA值為0.85g。
- (五)堰址DBE及OBE(迴歸週期分別為950年及475年)之設計尖峰 地表加速度值分別為0.52g及0.41g;湖區DBE與OBE(迴歸週 期分別為950年及475年)之設計尖峰地表加速度值分別為 0.55g及0.43g。
- (六)本計畫研訂場址災害潛勢等級為輕微,蓄水庫大小等級為小型,最大設計地動採用值為DBE之地動值人工湖區為0.55g、 堰址為0.52g。
- (七)依據「水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇(97年)」及「建築物耐震設計規範(95年)」評估計畫堰址及人工湖區之設計地震係數,評估結果於蓄水庫安全評估規範皆為0.17、建築物耐震設計規範則分別為0.34及0.37。
- (八)車籠埔斷層及大茅埔-雙冬斷層(震源分區S10及S11)之區域震 源,均為影響本計畫場址地震危害度之震源,其中又以車籠埔 斷層及震源分區S10之區域震源,為場址地震危害度最主要之 震源。
- (九)堰址及人工湖區迴歸週期475年之最適規模分別為6.75及 6.79,震源距離10.46公里及9.90公里;堰址及人工湖區迴歸 週期950年之最適規模分別為6.95及7.00,震源距離8.84公里

及8.65公里; MCE定值法分析結果對應之堰址及人工湖區迴歸 週期2900年之最適規模分別為7.2及7.22, 震源距離6.88公里 及7.19公里。98年11月5日南投名間地震震央位置距計畫場址 約23.5公里規模為6,評估結果最適規模與距離應屬迴歸週期 475年以下之地震。

二、建議

- (一)人工湖E區因湖水出流造成地表漫地流對鄰近國道6號路堤趾 部易造成沖刷,宜考量採用混凝土護坡保護。另考慮附近現有 灌溉排水路(勝東崎排水路及北勢湳排水路),建議保留及加大 此2種排水路之容納流量。
- (二)設計地震係數採用值,攔河堰與人工湖區應適用「水利建造 物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇(97年)」之規範,惟 未來人工湖若設置管理中心等建築物,則應適用「建築物耐震 設計規範(95年)」,並建議管理中心設置位置靠近堰址處。
- (三)為避免人工湖因地震發生致使供水管線損壞,建議人工湖區內 之供水管線材料,可使用可撓管鋪設。

第壹章 前言

一、計畫緣起

烏溪流域水源豐沛,為中部區域主要水源之一,惟目前水源利用率低,尤其於豐水期期間,大量餘水任其流失殊為可惜,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年度將烏溪鳥嘴潭攔河 堰初步規劃列為優先規劃,以因應建民水庫停建後彰化及南投地區中長 程目標年公共給水需求。

鳥嘴潭攔河堰位於烏溪橋上游5公里處,利用烏溪南岸河階地規劃 一離槽人工湖,用以蓄豐濟枯。經由初步規劃調查評估,鳥嘴潭人工湖 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。本專題報告針對計畫堰址之地震危 害度分析探討,俾利鳥嘴潭攔河堰及人工湖規劃之依據。

二、計畫目標

本計畫目標為依據地震危害度分析成果及潰堤安全研究與情境模擬結果,評估蓄水建造物之災害潛勢等級,並由災害潛勢之高低(影響輕重) 評估其應考量之地震風險(如圖1.2-1),以決定工程規劃設計原則。

三、工作項目及內容

地震危害度分析工作項目及內容:

(一)現有地震資料整理分析

(二)地震危险度分析評估

(三) 潰堤安全研究與情境模擬

(四)人工湖地震危害度評估

四、工作範圍

本計畫工址及工作範圍詳圖1.4-1所示,其地震危害度評估係蒐集最 新地震紀錄及相關資料,並配合中央地調所公告之台灣活動斷層分布圖 (2000年版)及近期計畫區域活動斷層調查報告,依據相關規範評估本計 畫堰址及人工湖區之地震危害度。

五、工作構想及流程

本計畫主要構造物包括攔河堰、引水路及人工湖圍堤,其中湖區外 圍土堤長約300公尺,人工湖土堤最高約6.36公尺,爰此本計畫地震危 害度評估由蒐集最新地震紀錄(1900至本計畫完成分析期間),配合中央 地調所最新公告的台灣活動斷層分布圖(圖2.5-1),依據經濟部水利署「水 利建造物檢查及安全評估技術規範-蓄水引水篇」(民國97年),採定值法 (DSHA)及機率法(PSHA)綜合評估地震危害度;並就地震危害度參數拆 解(Deaggregation)分析結果,評估各迴歸週期地震危害度貢獻主要之震 源與距離,作為本計畫地震危險度分析評估之依據,地震危害度評估流 程研擬如圖1.5-1。

由於本計畫堰址與人工湖西側土堤(以下簡稱湖區)相距約3公里,且 本計畫位置臨近活動斷層,應分別就堰址及湖區評估地震危害度;另穿 越湖區之隘寮斷層為車籠埔斷層之伴生斷層,但因地震發生主要錯動面 仍為車籠埔斷層之破裂面,因此採車籠埔斷層評估堰址及湖區之地震危 害度。

地震危害度分析主要分為最大可能地震(MCE)、設計基準地震(DBE) 及運轉基準地震(OBE),其定義說明如下:

(一)最大可能地震(Maximum Credible Earthquake, MCE)

為各孕震構造區內及活動斷層能於工址產生最大地動值之地 震,水利建造物於遭遇最大可能地震時,允許發生有限度之損壞, 但不能造成無法控制之出水,主要設施在此一地震下應能維持運 轉。可採用定值法或機率法(迴歸週期10,000年)分析,本計畫採定 值法分析最大可能地震(MCE)。

(二)設計基準地震(Design Basis Earthquake, DBE)

水利建造物於遭受此一地動時,允許發生日後可予修護之損 壞,但不能產生重大之變位或變形;水利建造物上之主要設施須保 持操作之功能,應採機率法分析。

1-2

本計畫採機率法分析設計基準地震(DBE),依規範之建議以950 年再現周期(100年內超越機率10%)為設計基準地震(DBE)之地動 值。

(三)運轉基準地震(Operating Basis Earthquake, OBE)

水利建造物在此一地震下,一切重要設施均應保持其功能,不 容許有任何損壞,亦應採用機率法分析。

本計畫採機率法分析運轉基準地震(OBE),依民國97年蓄水、 引水建造物檢查及安全評估技術規範之建議以475年再現周期(100 年內超越機率20%)為運轉基準地震(OBE)之地動值。



圖 1.2-1 本計畫地震風險評估架構圖



1-4



圖 1.5-1 地震危害度評估流程圖

第貳章 現有地震資料整理分析

一、地體構造與地震發生機制

台灣位處歐亞大陸板塊與菲律賓海板塊之交界地帶。據學者研究, 台灣島是因菲律賓海板塊與亞洲大陸碰撞而於上新世以來逐漸擠壓隆 起之一年輕島嶼。台灣本島之中央山脈及其西側之麓山區代表亞洲大陸 邊緣受擠壓隆起的部份,而台灣東部之海岸山脈則代表菲律賓海板塊撞 上原屬歐亞板塊之增積部份。目前花蓮與台東間之台東縱谷即是板塊碰 撞的縫合線,板塊碰撞作用至今仍然持續進行,台灣地區地震及地質變 動頻繁均與此碰撞作用有關。

依目前地體構造之研究,上述兩板塊在台灣地區形成3種不同的接 觸狀態(圖2.1-1):(a)在台灣北部,菲律賓海板塊於琉球列島南側附近開 始向下俯衝隱沒於歐亞大陸板塊之下。(b)在台灣中部,菲律賓海板塊與 歐亞大陸板塊直接相衝撞,兩板塊接觸處即今之台東縱谷。(c)在台灣南 部,歐亞大陸板塊向下俯衝而隱沒於菲律賓海板塊之下。

台灣地區地震之發生情形大致上可由上述板塊接觸模式獲得甚佳 之解釋,地震主要係發生在板塊接觸地帶及隱沒板塊之內部。發生在此 區域之地震,除台灣北部因受到沖繩海槽擴張作用的影響,部份地震屬 擴張型機制外,主要均屬擠壓型機制。



圖 2.1-1 台灣地區地體構造示意圖

二、地震活動情形

本計畫根據中央氣象局最新地震目錄,就1900~2009年6月地震規模4以上之資料繪製震央分佈圖,並蒐集歷年相關文獻,以了解研究區域地震活動之時空分佈特性。

歷史地震之探討可提供分析計畫區內,地震發生頻率及評估最大可 能地震之參考。台灣地區地震資料來源可分為明清時代之史料記述及儀 器觀測以來之實測資料兩部份。史料記述部份最早可溯自1604年,迄今 已有近400年歷史。以儀器實測之地震資料則始自1897年底日本總督府 氣象台裝設之簡單地震儀,此後提供之地震資料較為可靠。以下針對明 清時代及有儀器觀測時期的地震活動進行說明。

(一)明清時代之地震活動

此時期台灣尚無地震觀測設備,因而相關之地震資料僅能從前 人筆記及地方誌等史料中查考,故只有少數規模較大並造成災害之 地震留下紀錄,而且多為主觀感受之敘述。根據有關研究之整理(鄭 世楠、葉永田,1989),此時期發生之地震可見於史料記載者共有124 筆,其中33筆已被定出震央位置與地震規模,其分佈如圖2.2-1。

此33筆地震中,有28筆發生於距本計畫位置150公里範圍內, 最大地震規模7.7,發生於1815年之地震,震央距計畫位置約97.84 公里;50公里範圍內則有發生於西元1848年之地震(規模7.1),推估 之震央位置距計畫位置約26.6公里。

(二)有儀器觀測以後之地震活動

儀器裝設後所得之地震紀錄較為客觀,資料亦較豐富。按所裝設地震儀之不同,台灣地區儀器觀測後之地震紀錄可分為4階段,即:(1)西元1897~1935年;(2)西元1936~1972年;(3)西元1973~1991年;(4)西元1991年以後。綜合上述有儀器觀測以來台灣地區地震震央分佈資料如圖2.2-2所示。

根據1900~2009年6月止台灣地區地震紀錄及相關文獻統計, 百餘年來共發生109次災害性地震,各次災害地震之震央分佈見圖 2.2-3。發生於距計畫位置50公里範圍內之地震有14筆,震央距離最

2-2

近者(12.7公里)為1935年5月30日地震規模5.9之地震;而發生於 1999年9月21日,震央距計畫位置約17.6公里之集集大地震 (M_L7.3),為地震規模最大之地震。

(三)921集集大地震

民國88年(1999年)9月21日凌晨1時47分,台灣地區發生強烈地 震,震央位於南投日月潭西方(距本計畫場址約17.6公里)。本次地震 造成人員極大傷亡,房屋倒塌損毀嚴重,中央氣象局正式將其命名 為集集大地震,一般則簡稱為921地震。

921地震震源深度8公里,地震規模(ML)7.3,震央位處台灣本島中心點,可謂台灣百年來震央位於陸上之最大地震,由於地震發生時釋放大量能量,感受到震動範圍除台灣全島外,更遠及中國江西省,而台灣全島大部份地區均達3級以上之震度,震央所在之南投及鄰近之台中縣市、彰化、雲林震度高達6級(PGA≧250gal)。921地 震發生後(截至10月25日)餘震次數共13,403次,其中有感餘震143次,最大規模(ML)達6.8。

本次地震較國外相等地震規模預期之尖峰地表加速度值(PGA) 為低,但呈現高尖峰地表速度值(PGV,300公分/秒)及地表最大位 移值(PGD,>7公尺)為世所罕見;另斷層兩側強震站接收到之觀測 數據,斷層以東上盤側之PGA值(>0.4g)普遍高於斷層以西之下盤側 (<0.3g),反映逆衝斷層上盤強地動值遠高於斷層下盤,因此造成上 盤側災情較下盤側更為慘重。

根據集集大地震發生時,臨近計畫區之台灣自由場強地動觀測網(中央氣象局,圖2.2-4)監測記錄,推估本計畫區地表加速度峰值(PGA)介於0.3~0.8g。

(四)1105名間地震

民國98年(2009年)11月05日17時32分,台灣地區發生強烈地震,震央位於南投名間地震站南偏東方(距本計畫場址約23.5公里)。

1105地震震源深度19.3公里,地震規模(ML)6.0,依中研院地科 所之資料震央位置距車籠埔斷層非常近(如圖2.2-5),此次地震屬於 車籠埔斷層的錯動,或是盲斷層的活動,目前尚無定論。根據中央 氣象局地震測報中心表示,震央所在之南投名間最大震度為7級,鄰 近地區為雲林古坑6級,南投、斗六、彰化、員林5級,宜蘭、苗栗、 台中、嘉義、台南3級,台北、新竹、屏東、高雄2級。



圖 2.2-1 明清時代災害性大地震分佈圖



圖 2.2-2 台灣地區地震震央分佈圖(1900~2009/06)



圖 2.2-3 台灣地區災害性地震震央分佈圖(1900~2009)



24.4 Fongyuan A sound and a sound and a sound a soun Plain Taichuang Coast helun Puli Nanto 🗖 Chichi 99909 30 15 kilometers 20091105 23.7 120.1

圖 2.2-4 本計畫區之台灣自由場強地動觀測網強震站位置圖

圖 2.2-5 1105 名間地震震央位置圖

資料來源:中研院地科所

三、台灣震源分區

不同的地體構造區地震發生之機制及其頻率與規模各不相同,而遠 震與近震在場址引起的地動特性亦可能有所差異,故須先將研究區域按 不同之地體構造特性加以分區,再分別評估各區之地震特性,最後找出 對場址最具影響的設計地震,提供耐震分析之用。

羅俊雄(2002)以1900~2001年11月止百年間,發生於台灣地區之地 震震央分佈情況,配合台灣地質與地體構造模式綜合研判,並以震源35 公里深度為界,劃分出深層震區(D>35公里)5區(D01~D05)及淺層震區 (D<35公里)13區(S01~S13),合計18個震源分區。深層及淺層震區如圖 2.3-1及圖2.3-2。本計畫採羅俊雄(2002)之震源分區,評估本計畫堰址及 人工湖區之設計地震。



資料來源:「台灣地區地震危害度分區-考慮特徵地震模式,羅俊雄等,2002」

圖 2.3-1 深層地震震源分區圖



資料來源:「台灣地區地震危害度分區-考慮特徵地震模式,羅俊雄等,2002」

圖 2.3-2 淺層地震震源分區圖

四、地震目錄之規模轉換

目前國內外常採用地震矩規模 (M_w) 進行設計地震評估,除因地震矩 規模 M_w 可反應斷層破裂大小並與能量直接相關(Wells and Coppersmith,1994)外,且無類似芮氏地震規模 (M_L) 在規模大於6.5後出 現之規模飽合現象。

蔡義本等人(民國89年)以民國80年3月~民國87年間共58筆資料,採線性迴歸方式,迴歸出芮氏規模(ML)與地震矩規模(Mw)之轉換公式,如 式2-1-1所示。

 $M_1 = 0.302 + 0.963 M_w$

(式2-1-1)

本計畫地震評估除考慮區域震源外,活動斷層震源亦將納入評估, 為利於分析計量之一致性,本計畫擬採用地震矩規模(M_w)進行分析。地 震目錄是設計地震評估與統計的重要資料,目錄中地震紀錄主要來源為 中央氣象局之資料,規模單位為芮氏地震規模(M_L),本計畫以式2-1-1將 地震紀錄由芮氏規模轉換為地震矩規模後再行分析,本報告後續所稱之 規模均指地震矩規模(M_w)。

五、活動斷層

(一)活動斷層認定準則

國內外對於活動斷層之定義,迄今尚無一致之說法,唯其重點 都包含斷層活動之時間間隔及強調未來再活動的可能性,因此在認 定是否為活動斷層之時間基準上,會因使用目的與對象不同而有所 差異。經濟部中央地質調查所民國89年「台灣活動斷層概論」第二 版及經濟部水利署民國97年「水利建造物檢查及安全評估技術規範 蓄水與引水篇」對活動斷層認定標準分述如下:

1.台灣活動斷層概論(中央地質調查所)

中央地質調查所綜合考量台灣地體構造之特性,將台灣 地區的活動斷層分為三類:

(1)第一類活動斷層(全新世活動斷層):符合下列任1項者

A、全新世(10,000年內)以來曾經發生錯移之斷層。

B、錯移(或潛移)現代結構物之斷層。

C、與地震相伴生之斷層(地震斷層)。

D、 錯移現代沖積層之斷層。

- E、地形監測證實具潛移活動性之斷層。
- (2)第二類活動斷層(更新世晚期活動斷層):未符合第一類活動 斷層之分類準則,但符合下列任1項者

A、過去10萬年以來曾經發生錯移之斷層。

B、錯移階地堆積物或台地堆積層之斷層。

(3)存疑性活動斷層:

A、將第四紀地層錯移之斷層。

B、將紅土緩起伏面錯移之斷層。

- C、地形呈現活動斷層特徵, 但缺乏地質資料佐證者。
- D、對於部分學者提出其為活動斷層,但仍無法依文獻資料 加以明確歸納為第一或第二類活動斷層者。
- 2.水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇(水利署,民 國97年)

活動斷層認定原則為計畫區域內之斷層具備下列條件中 任何一項者,則稱為活動斷層:

- (1)35,000年內曾有1次或1次以上接近地表之錯動。
- (2)500,000年內曾重複發生前述錯動之斷層。
- (3)由儀器量測到,且具足夠定位精準之地震活動有直接關聯之 斷層。
- (4)與前述活動斷層有構造上之關聯,且可推測彼此有互動關係 之斷層。

「台灣活動斷層概論」第二版及「水利建造物檢查及安全評估 技術規範蓄水與引水篇」兩版本對於活動斷層之定義,最主要差異 點在於斷層曾經活動之年代不同。一般活動斷層之活動週期可以由 數十年至數千年,部份學者或工程專家認為判定活動斷層之時間尺 度不宜過長,使其更符合工程建設之需要。目前較常被一般工程常 用與接受之活動斷層為全新世(約1萬年)以來發生錯動或再度活動 之斷層(中央地質調查所,民國89年)。

綜合前述,對於計畫位置附近活動斷層之分佈,將採用中央地 質調查所2000年公佈之活動斷層分佈圖(圖2.5-1)為依據。

(二)計畫位置附近活動斷層分佈情況

依中央地質調查所公佈之活動斷層分佈圖,本計畫位置50公里 範圍內活動斷層(圖2.5-2)共計10條,斷層之活動性分述如下:

- 第一類活動斷層:臨近計畫位置之第一類活動斷層包括屯子腳、車籠埔、大尖山等3條活動斷層。其中車籠埔斷層距堰址及人工湖區最近,地表破裂面至堰址及人工湖區之距離約5.3及2.1公里。
- 2.第二類活動斷層:包括三義、大甲及鐵鉆山等3條活動斷層, 分類屬第2類活動斷層。中央地質調查所之活動斷層調查報告 (2008)指出,上述三條活動斷層皆在全新世(10,000年內)活動 過,故均應改列為第一類活動斷層。
- 3.存疑性活動斷層:包括清水、彰化、大茅埔-雙冬及九芎坑等4 條存疑性活動斷層。參考中央地質調查所之活動斷層調查報告(2008),清水斷層在全新世(10,000年內)活動過,故應改列為第一類活動斷層,彰化及大茅埔-雙冬斷層皆有向上抬升現象,2斷層亦改列為第一類活動斷層。九芎坑斷層經參考民國96年中央地質調查所之活動斷層調查報告,斷層截切更新世晚期的階地礫石層,應為第二類活動斷層。



圖 2.5-1 台灣地區活動斷層分佈圖



註:1.「中央地質調查所之活動斷層調查報告(2008)」, 三義、大甲、鐵鉆山、清水、彰化及大茅埔-雙冬斷 層等應改列為第一類活動斷層。

2.「中央地質調查所之活動斷層調查報告(2007)」,九芎坑應改列為第二類活動斷層。

圖 2.5-2 計畫位置半徑 50 公里活動斷層分佈圖

六、地質

(一)區域地質

根據中央地質調查所臺中圖幅與南投圖幅,以及中國石油公司 1/100,000台中圖幅,堰址右岸出露岩層為更新世頭嵙山層香山段, 人工湖區則為一沖積層或礫石階地堆積層,下伏卓蘭層、頭嵙山層 香山段。區域內主要地質構造為車籠埔斷層,位在計畫區西側5.4公 里,另一背衝斷層-隘寮斷層通過計畫區(如圖2.6-1)。茲將計畫區周 遭之地層分佈與地質構造說明如下:



圖 2.6-1 區域地質圖

1.地層

計畫區附近出露地層由老至新依序為上新世卓蘭層、更 新世頭嵙山層、全新世之階地堆積層與沖積層等。

(1) 卓蘭層

本層岩性是青灰色至淡灰色泥質細粒至粗粒混濁砂岩、 粉砂岩,砂質頁岩及砂頁岩互層所組成,下部以砂質頁岩與 砂頁互層為主,向上則砂岩比例逐漸增加,砂岩單層厚度約 10~50公分,部份砂岩常複合形成1~2公尺的厚砂岩。其中間 夾有10數個厚約5~20公尺的厚層砂岩段。由於砂岩質地較堅 硬,抗風化能力較強,故常形成明顯的豚背脊地形。夾於砂 岩中的砂質頁岩呈灰黑色,層厚多為20~50公分,亦有厚層 頁岩(5~8公尺)夾於塊狀砂岩間。

(2) 頭 料 山 層 (Tks, Tkh)

本層下部是以砂岩為主,上部是以礫岩為主。下部砂岩 的岩性是以厚層淡灰色膠結不良的粗粒砂岩為主,常形成厚 約數10公尺的複合型砂岩,砂岩中常夾有礫石,或其間夾有 薄層礫岩層。砂岩內常出現大型交錯層及漂木,在厚層砂岩 之間尚夾有3~50公尺不等的砂頁岩互層。至於本層中的礫岩 層常呈塊狀,且構成峻峭懸崖或鋸齒狀山嶺。礫石一般呈圓
形至次圓形,礫徑以中礫(cobble)為主,成份則以石英砂岩最為常見。礫石排列常無規則,部分可呈壘瓦狀構造。此外, 礫岩層中常夾有透鏡狀或平板狀的薄層細粒至粗粒砂岩。礫 岩層厚度從十餘公尺至數10公尺不等,最厚可至數百公尺。 (3)階地堆積層(t)

由未經膠結的礫石為主,間夾透鏡狀薄層砂,淘選度差。 未受紅土化作用影響。推估為晚期更新世。臺地堆積厚自數 公尺乃至十餘公尺,普通多構成一薄層,覆蓋於較古地層之 上。但在臺地面積延展甚廣地區,此項表面堆積物常將其下 伏地層及其所表現構造現象掩蓋,影響地層露頭之完整出 現。臺地礫石大小不等,粗細相混分級至劣,有時可見交錯 互層出現,其礫石均來自各河流上游兩側出露之岩層,仍以 較堅硬之砂岩為主。礫石層一部份為古河床之遺跡,另一部 份為支流進入主流處發生之沖積扇,經陸地抬昇而造成廣大 臺地。

(4)沖積層(a)

現代沖積層指各河道及洪泛區之堆積物,主要由泥、砂 及礫石組成,淘選差,各地厚薄不一。

2.地質構造

計畫區主要之地質構造為車籠埔斷層及隘寮斷層。 (1)車籠埔斷層

為臺中盆地與豐原、南投兩丘陵的交界線,自豐原至名 間,呈南北走向,長約50公里。車籠埔斷層兩側地層接觸關 係為錦水頁岩逆衝覆蓋在較新的地層之上,且為三義逆掩斷 層向南的延伸(Meng, 1963)。林朝棨(1957)觀察到更新世形 成的河階面受此斷層的引曳而向西下撓(down-warping),因 而推斷此斷層及臺中盆地均形成於更新世晚期。地表調查與 重力測勘推斷車籠埔斷層為低角度逆掩斷層(Lee, 1949; Pan, 1967; Chang, 1971)。張錫齡並認為此斷層的斷層面向東傾 斜40°且延伸至地表,並沿著臺中盆地東緣南北延伸。 車籠埔斷層沿線出現多處地表斷裂、隆起現象,依據國 道新建工程局(2001)現地勘查發現,東側上盤岩體隆起2公尺 ~3公尺,局部可見5公尺之垂直位移量及6公尺左右之水平位 移量,其位置約通過國道6號計畫路里程2K+905。近烏溪橋 附近河床及南北側丘陵均有連續且完整之岩盤露頭,以中低 角度傾向河床上游(N45°~50°E,40°~50°E),主要節理以中高 角度傾向河床南岸(N25°W,60°S)(國道新建工程局,1999)。 (2)隘寮斷層

隘寮斷層為車籠埔斷層所伴生之背衝斷層,並由中央地 質調查所歸類為第一類活動斷層。本斷層係由石再添等人 (1985)研究車籠埔河階群地形面時提出之斷層線,其特徵為 四個地形面上之反斜斷層小崖,線型呈南北走向,略與車籠 埔斷層平行,長約3.5公里。

集集地震除在草屯造成多條分支斷層外亦在東方約2公 里隘寮地區造成西高東低之撓曲崖。太田陽子(2000)經由草 屯河階群階面的比對,發現草屯地區的斷層和隘寮地區的斷 層,二者間的崖高有一定之關係,分別以主要斷層(main fault) 和副屬斷層(subsidiary fault)來分稱草屯地區及隘寮地區之 斷層。

地調所調查結果,在草屯階地上隘寮地區,集集地震所 造成西高東低的崖被稱為背衝斷層(backthrust),但實際上地 表未產生破裂現象,而是形成撓曲崖,此崖稱為隘寮斷層。 又車籠埔斷層的前緣可能發展出數條分叉斷層(branch fault),而隘寮地區之撓曲崖可能為地表下的背衝斷層所造 成,但斷層前緣並未穿出地表,而是形成類似單斜的撓曲崖。 國道新建工程局(1999)依據中油公司於附近之鑽油井資料 (1951)推斷隘寮斷層係屬中新世桂林層或上新世錦水頁岩及 阜蘭層逆衝至第四紀頭嵙山層或火山岩相礫岩或階地堆積層 與河床沖積層上,斷層向東傾斜25~45度。 (二)計畫區地質

根據前期(96年「烏溪鳥嘴潭攔河堰初步規劃一堰址地質及區 域地下水調查」報告)之調查成果,本區出露之基岩層上新世之卓 蘭層及更新世頭嵙山層。卓蘭層岩性主要由青灰色至淡灰色細粒 至粗粒混濁砂岩、粉砂岩、砂質頁岩及砂頁岩互層所組成,本區 出露之卓蘭層以砂岩及頁岩相互出現為主,局部地區有厚層至厚 塊狀砂岩或頁岩,整體而言砂岩與頁岩比例約2:1。出露於本計 畫區之頭嵙山層屬香山段岩層,岩性以厚層淡灰色膠結不佳的粗 粒砂岩為主,常夾有層狀至薄層狀灰黑色頁岩,有時厚砂岩層底 部夾有礫石,此為其特徵。本區砂岩與頁岩之比例約為4:1,其 砂岩量明顯地較卓蘭層為高。

除了基岩外,河道及階地上均堆積有未固結之沖積層,厚度一 般在10公尺左右,主要組成物質為泥、砂及礫石。

由此區岩層位態推估,人工湖基岩西側屬卓蘭層岩層,東側為 頭嵙山層香山段岩層。計畫區地質如圖2.6-2所示,3D地形及地質剖 面則如圖2.6-3。







圖 2.6-3 計畫區立體地質剖面圖

1.堰址

鳥嘴潭預定堰址右岸邊坡有岩層露頭,岩層屬於頭嵙山 層香山段岩層,岩性以灰色砂岩為主,夾薄層至層狀灰黑色 頁岩,岩層位態大致呈N(10°~30°)E/(23°-26°)E,由現場測得 之地層位態研判右岸邊坡為斜交坡,左岸為低平之沖積平原 或河階地。(圖2.6-4)

根據前期地球物理探勘及鑽探之成果,岩盤深度介於 8~10公尺,無明顯側向變化構造產生。覆土層為卵礫石層, 下伏頭嵙山層香山段以砂頁岩互層夾厚層砂岩層,結構膠結 鬆散局部有生物鑽痕,岩層深度約在8~14公尺,前期地球物 理探勘、鑽探及地下水觀測井位置如圖2.6-5所示。

堰址岩層水密性方面,堰址鑽孔DH-96-01孔及DH-96-02 孔,進入岩盤後平均深度每5公尺進行1組透水試驗之成果顯 示,透水度介於1.2~1.45 Lugeon(1.3x10-5cm/s)之間,岩層 水密性佳。



圖 2.6-4 計畫區主要岩性組成示意圖





2.人工湖區

人工湖區表層皆由階地礫石層所覆蓋。其基盤岩層,大 致上西側屬卓蘭層岩層,東側為頭嵙山層香山段岩層。卓蘭 層岩性主要由青灰色至淡灰色細粒至粗粒混濁砂岩、粉砂 岩、砂質頁岩及砂頁岩互層所組成,局部地區有厚層至厚塊 狀砂岩或頁岩,整體而言砂岩與頁岩比例約2:1,岩層位態 為N(10°-20°)E/(15°-45°)SE。出露於本計畫區之頭嵙山層屬 香山段岩層,岩性以厚層淡灰色膠結不佳的粗粒砂岩為主, 常夾有層狀至薄層狀灰黑色頁岩,有時厚砂岩層底部夾有礫 石,此為其特徵。本區砂岩與頁岩之比例約為4:1,其砂岩 量 明 顯 地 較 卓 蘭 層 為 高 ,岩 層 位 態 大 致 呈 N(10°-30°)E/(23°-26°)E。人工 湖 區 內 DH-96-03 鑽 孔 及 DH-96-04鑽孔、人工湖北側DH-96-05孔及DH-96-06孔及人 工湖北側文獻鑽孔資料等成果顯示,覆土層為卵礫石層,岩 層為頭嵙山層香山段或卓蘭層,岩性以砂頁岩互層夾厚層砂 岩,局部有生物鑽痕,岩層深度介於6.0~10.0公尺。

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,厚度一般在10公尺左右,主要組成物質為泥、砂及礫 石,礫石層之堆積型式主要為顆粒支撐。根據鑽孔及文獻資 料,湖區沖積層平均厚度約介於6~10公尺。基岩透水試驗成 果顯示透水度介於0.9~1.7Lugeon之間,顯示透水度不佳。 由於基岩之透水性低,預計將來人工湖底面之開挖,深度大 於10公尺即可達岩盤面,可有效降低滲漏量。

3. 隘寮斷層

(1)前期調查結果

根據經濟部中央地質調查所發表之地質圖-臺中圖幅與 南投圖幅,區域內主要地質構造為車籠埔斷層,位在計畫區 西側5.4公里。另一背衝斷層-隘寮斷層通過計畫區,依據調 查報告,隘寮斷層為車籠埔斷層之伴生斷層,並歸類為第一

2-24

類活動斷層,在921集集地震期間於烏溪河床沖積層處抬昇約 1公尺,為西高東低的背衝斷層。

根據國道新建工程局(民國90年10月)調查成果,其所研 判之隘寮斷層位在中央地質調查所繪製東側約550公尺,通過 國道6號5K+495附近。民國96年度計畫經航照判釋及現場踏 勘成果,確認數處斷層抬升位置,位於低位階地有地表破裂 情形,人工湖(E)區南側高位階地崖邊坡有出現天然湧泉,垃 圾焚化爐北側道路西側有抬昇跡象等,此線型北段與國道新 建工程局標示位置相同。另根據前期於人工湖(E)湖區周邊進 行3條2D地電阻探測作業,在ELN-E測線約100公尺處以及測 線ELC測線約90公尺處有斷層通過之跡象。有關計畫區域中 不同階段之斷層調查結果,見圖2.6-6。

綜合各期調查成果,前期計畫建議以ELN1測線80公尺處約平行中央地質調查所所劃定之隘寮斷層之平行線為破碎帶 西緣,以ELN-E測線100公尺至ELN3測線230公尺處連線為 破碎帶東緣,斷層破碎帶範圍劃定如圖2.6-6所示。由圖中顯 示,人工湖(E)區有近80%面積位於破碎帶範圍內,人工湖 (D)、(F)區亦臨近中央地調所所劃定之隘寮斷層主斷層線。



資料來源:「烏溪鳥嘴潭攔河堰初步規劃-堰址地質及區域地下水調查」,水規所,96年12 月

圖 2.6-6 計畫區域附近斷層及疑似破碎帶分布

(2)本階段現場複查結果

本報告根據計畫區地表地質及地形徵兆,對不同階段所 提出之可能斷層位置,進行現場調查與評估,其結果如下:

現場調查結果可發現,921集集地震距今已10年,當年 車籠埔斷層伴生斷層一隘寮斷層的許多地表破裂徵兆已不復 見,尤其本地區多屬水稻田區,農民多已重新整地進行耕作。 雖然如此,調查結果仍可由一些既有的構造物上發現斷層剪 斷的跡象,並可串連這些跡象而推估出斷層位置。

在隘寮斷層地表破裂帶調查方面,目前所見的計畫區域 最南侧的破裂帶露頭, 位於長壽巷社區下邊坡的擋土牆上, 因斷層經過,導致擋土牆被剪斷破壞,出現寬達數10公分的 剪斷開口(圖2.6-7a)。斷層續往北行,經過農路時,造成約50 公分的西高東低落差(圖2.6-7b)。往北行經過另一條平行農路 時,雖未見明顯地形落差,但斷層可能通過位置之路面及矮 牆均有新建跡象,可能是遭破壞後重建,而地形已整平(圖 2.6-7c)。在草屯垃圾掩埋場附近,可見到最大的地形落差, 其中,道路上斷層西側約有1公尺的抬昇(圖2.6-7d),此一地 形落差並延伸至烏溪南岸的北勢湳堤防以外, 堤防及護岸均 有明顯的重建跡象,且出現位於下游側(西側)的堤防及護岸, 短距離內急速高於上游側(東側)的不合理現象(圖2.6-7e)。過 了烏溪本流,在北岸的堤外道路上,也可發現疑似斷層通過 所導致的地形落差,西側抬升數10公分(圖2.6-7f)。道路北側 的邊坡,疑因斷層帶的地層破碎,而導致發生崩塌現象並持 續剝落(圖2.6-7g)。另外,根據附近居民表示,計畫區域南側 北勢湳的永安宮(圖2.6-7h),921地震時排水溝也有錯移現 象,但地表位移則不明顯。

在其他可能斷層位置的調查方面,計畫區域附近地質調 查所標示的隘寮斷層位置,主要由茄荖山東側的東崎路往北 延伸,此處雖然有大區域的線形跡象,但地表未發現明顯破 裂徵兆。附近排水溝有一處右岸堤防有破壞跡象,但左岸堤

2-26

防則未見明顯破壞,無法斷定與斷層錯移有關(圖2.6-8a)。此 外,在斷層經過的農路及河岸上,均未見明顯的錯動現象(圖 2.6-8b、C)。其餘國道6號調查之斷層位置,及民國96年航照 判釋及地物調查成果所繪之斷層位置,地表上均未見明顯的 錯動或破壞跡象。



圖 2.6-7 計畫區隘寮斷層沿線地表破壞現象



圖 2.6-8 計畫區隘寮斷層其他可能位置沿線地表現況

綜合本階段的調查結果,隘寮斷層地表破裂帶位置,除 因破裂帶露頭的增加,本期調查成果較之前期往南及往北均 延長外,主要的地表破裂帶位置與前期調查結果相當接近(圖



2.6-9)。因此,前期有關計畫區域之斷層調查結果應具參考價值。

圖 2.6-9 本階段及前期調查之隘寮斷層破裂帶成果比較

第參章 潰堤安全研究與情境模擬

本計畫主體工程大致可分為攔河堰及人工湖區 2 部份,其中攔河堰 堰高約 3 公尺,以抬升水位及穩定取水為主要目的,初步評估堰體若發 生破壞對下游不致造成嚴重影響。而人工湖區中以 D 區西北角之堤長約 420 公尺(高程 115.64 公尺~117 公尺)且堤頂寬達 20 公尺,堤長範圍內 之高程差最多約為 6.36 公尺,土堤因滲流而破壞之可能性極低,惟其臨 近斷層,如因隘寮斷層活動致堤體受損而部分湖水溢出,則須評估其國 道設施及下游之可能影響程度,本計畫依工程規劃成果,針對鄰近國道 且高出原地面之堤身評估,以 E 區及 D 區西北角兩段為對象,可能潰堤 斷面如圖 3.1-1~3.1-2,分析如下:

一、潰堤安全研究

本計畫不致產生如土壩般滲流或管湧之潰決,僅可能因斷層錯動產 生變位而使築堤部分之湖水溢出。此種潰堤之情境目前尚無具體之評估 模式可採用,故參考民國97年「水利建造物檢查及安全評估技術規範-蓄水與引水篇」之潰堤分析方法,評估本計畫潰堤之安全性及災損程度。

蓄水、引水建造物檢查及安全評估技術規範之演算模式主要考量項 目包括(1)出流量演算、(2)下游河道洪水演算及(3)下游地區淹水演算; 若需考量潰堤後之災損評估,則需再深入考量潰堤後淹水範圍與淹水深 度。

(一)本計畫第1階段採DAMBRK演算程式進行人工湖E區及D區潰堤時之出流歷線,茲將潰堤模式及輸入參數分述如后。

1. DAMBRK出流量演算

出流量演算,使用寬頂堰流公式計算,其中包含由潰堤 缺口及溢流道之排出量。

2.模式輸入值選定

DAMBRK模式中,須輸入之資料包括水庫水位-容積-面積關係、潰口形狀、破壞延時、入流歷線、河道斷面及其 它相關數據。以下將依序介紹本計畫引用之各項數據及其原因。

潰口形狀及破壞延時等建議參考「蓄水庫緊急應變計畫 規範(草案),90.06」及「水利建造物檢查及安全評估技術 規範蓄水與引水篇,97.05」,參數建議值與採用值如表3.1-1 所示。

參數名稱	參數建議	本次評估採用值	
潰口平均寬度	2HD≦壩長≦4HD	(HD=壩高)	4倍堤高
潰口斜率(Z)	1/4≤Z≤	1	0.25

 $0.1 \leq TFH \leq 1.0$

0.1

表 3.1-1 計畫圍堤潰口及破壞延時參數建議表

(1)E湖區圍堤

破壞延時(TFH, hrs)

本計畫人工湖於烏溪逕流量大於每秒200立方公尺時因 濁度高不取水,故考慮晴天狀況為人工湖E區在滿水位高程為 114公尺時,且有取水量每秒20立方公尺,人工湖築堤部分 之湖水因斷層錯動土堤而溢出,輸入參數值如表3.1-2。另與 烏溪之入流量相比,人工湖因集水區面積小,降雨所造成之 流量可忽略不計,故考慮雨天情況為烏溪在100年及200年重 現期距之洪水位時,上述溢堤湖水產生之逕流能否排入烏溪。

其中潰口底部高程採用堤底(目前地面高)高程111公尺,潰口底部寬則採用4倍壩高計算求得;潰口型狀假設為梯形,其中斜率(Z)採0.25之形狀;破壞延時採用0.1小時。 (2)D湖區圍堤

本計畫人工湖於烏溪逕流量大於每秒200立方公尺時因 濁度高不取水,故僅考慮晴天狀況,人工湖D區在晴天潰堤 時,水庫滿水位高程為120公尺時,且有取水量每秒20立方 公尺,人工湖築堤部分之湖水因地震而溢出。輸入參數值如 表3.1-3。另與烏溪之入流量相比,人工湖因集水區面積小, 降雨所造成之流量可忽略不計,故考慮雨天情況為烏溪在100 年及200年重現期距之洪水位時,上述溢堤湖水產生之逕流能 否排入烏溪。

其中潰口底部高程採用堤底(目前地面高)高程115.64公 尺,潰口底部寬則採用4倍壩高計算求得;潰口型狀假設為梯 形,其中斜率(Z)採0.25之形狀;破壞延時採用0.1小時。

表 3.1-2 人工湖 E 區輸入 DAMBRK 模式之參數值

公 私		公		制	英		制	
今		單	位	輸入值	單	位	輸入值	
水庫長度		公尺		480	英哩		0.30	
满水	立	公	尺	114	英	呎	373.97	
潰口斜率		-		0.25	-		0.25	
潰口底部高程		公	尺	111	英呎		364.12	
潰口底部寬		公尺		20	英呎		65.61	
始潰水位	晴天	公	尺	114	英	英呎 373.9		
破壞延時		時		0.1	時		0.1	
壩頂高程		公	尺	116	英	呎	380.53	

今	公	制	英	制	
今	單位	輸入值	單位	輸入值	
水庫長度	公尺	420	英哩	0.26	
满水位	公尺	120	英呎	393.65	
潰口斜率	-	0.25	-	0.25	
潰口底部高程	公尺	115.64	英呎	379.35	
潰口底部寬	公尺	25.44	英呎	83.45	
始潰水位 晴天	公尺	120	英呎	393.65	
破壞延時	時	0.1	時	0.1	
壩頂高程	公尺	122 英呎		400.21	

表 3.1-3 人工湖 D 區輸入 DAMBRK 模式之參數值

以DAMBRK運算結果,人工湖E區之出流歷線,如表3.1-4及圖 3.1-3所示,其尖峰流量發生於初潰後之0.1小時,流量達每秒185.14 立方公尺。人工湖D區之出流歷線,如表3.1-5及圖3.1-4所示,其尖 峰流量發生於初潰後之0.1小時,流量達每秒345.81立方公尺。在滿 庫時發生斷層活動發生,導致築堤部分湖水溢出,其上游取水閘門 即會依序施行緊急關閉而停止取水,故由流量歷線可看出,每個時 間點之流量將會逐漸變小而趨近零。

圖 3.1-1 人工湖 E 區潰堤斷面圖

圖 3.1-2 人工湖 D 區潰堤斷面圖

時間(hr)	流量(cms)	時間(hr)	流量(cms)
0.00	0.00	0.44	3.99
0.02	36.68	0.46	2.92
0.04	98.35	0.48	2.13
0.06	148.33	0.50	1.55
0.08	176.77	0.52	1.13
0.10	185.14	0.54	0.81
0.12	178.71	0.56	0.59
0.14	163.05	0.58	0.42
0.16	142.75	0.60	0.30
0.18	121.11	0.62	0.22
0.20	100.22	0.64	0.15
0.22	81.29	0.66	0.11
0.24	64.85	0.68	0.08
0.26	51.02	0.70	0.06
0.28	39.66	0.72	0.04
0.30	30.52	0.74	0.03
0.32	23.28	0.76	0.02
0.34	17.61	0.78	0.01
0.36	13.24	0.80	0.01
0.38	9.89	0.82	0.01
0.40	7.34	0.84	0.00
0.42	5.43	0.86	0.00

表 3.1-4 人工湖 E 區出流歷線

表 3.1-5 人工湖 D 區出流歷線

時間(hr)	流量(cms)	時間(hr)	流量(cms)
0.00	0.00	0.46	5.46
0.02	68.51	0.48	3.99
0.04	183.70	0.50	2.90
0.06	277.06	0.52	2.10
0.08	330.16	0.54	1.52
0.10	345.81	0.56	1.10
0.12	333.79	0.58	0.79
0.14	304.55	0.60	0.57
0.16	266.64	0.62	0.40
0.18	226.21	0.64	0.29
0.20	187.20	0.66	0.21
0.22	151.83	0.68	0.15
0.24	121.12	0.70	0.10
0.26	95.29	0.72	0.07
0.28	74.08	0.74	0.05
0.30	57.00	0.76	0.04
0.32	43.47	0.78	0.03
0.34	32.90	0.80	0.02
0.36	24.72	0.82	0.01
0.38	18.47	0.84	0.01
0.40	13.71	0.86	0.01
0.42	10.14	0.88	0.00
0.44	7.46	0.90	0.00



圖 3.1-3 人工湖 E 區出流歷線圖



圖 3.1-4 人工湖 D 區出流歷線圖

(二)前述潰堤後,因下游無既成水路故採用FLO-2D模式進行後淹水 模擬,該數值模式可展現之模擬成果包括網格元素之出流歷 線、每一渠道元素歷線及流動水力特性、洪水平原橫斷面之洪 水歷線及水力特性、網格元素之最大流深及流速、溪床及河床 之高程變化(沖刷或淤積)、入流及出流量之摘要結果及系統之儲 流量或體積損失。

1.淹水模式簡介-FLO-2D模式

FLO-2D是由Fortran語言寫成的二維洪水災害模擬模式,由O'Brian和Julian於1998年10月在猶他州科羅拉多大學發表,採用一維變量模式及二維漫地流模式模擬渠道、漫地流及街道流之流況,亦可模擬溢堤、潰堤時水流之互動機制, 其理論依據主要係利用非牛頓流體模式(考量降伏應力、黏滯 力、碰撞力與紊流應力)與中央有限差分(central finite difference scheme) 數值方法,解運動簡化之控制方程式, 以求取水平面上,X軸方向之平均流速V_x、Y軸方向之平均流 速V_y與流動深度h。

(1)基本假設及限制

A假設為淺水波。

B差分時間間隔內為穩態流。

C規則之水道斷面及粗糙度。

D靜水壓力分布。

E滿足穩定流阻滯方程式(steady flow resistance equation)。 F水道刷深情形無法模擬。

- G模式無法模擬震波(shock wave)與水躍(hydraulic jumps) 現象。
- H分析所使用之數值地形為規則網格元素系統,每個網格皆給予固定單一之高程及曼寧係數,進而求取流動深度及流量。

|基本控制方程式

a.連續方程式

$$\begin{split} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hV_x}{\partial x} + \frac{\partial hV_y}{\partial y} &= i \\ \vec{x} + \vec{y}, \\ h: 流動深度, \\ V_x \cdot V_y: x軸和y軸方向上平均流速, \\ i: 單位表面積之進流量[m/sec], 為有效降雨強度, \\ t: 時間。 \\ b. 運動方程式 \\ S_{hx} &= S_{ox} - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_x}{g} (\frac{\partial V_x}{\partial x}) - \frac{V_y}{g} (\frac{\partial V_x}{\partial y}) - \frac{1}{g} (\frac{\partial V_x}{\partial t}) \qquad (式3.1-2) \\ &= \sum_{a,b} \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{V_a}{g} (\frac{\partial V_a}{\partial x}) - \frac{V_b}{g} (\frac{\partial V_a}{\partial t}) \qquad (13.1-2) \end{split}$$

$$S_{ty} = S_{oy} - \frac{\partial h}{\partial y} - \frac{V_y}{g} \left(\frac{\partial V_y}{\partial y}\right) - \frac{V_x}{g} \left(\frac{\partial V_y}{\partial x}\right) - \frac{1}{g} \left(\frac{\partial V_y}{\partial t}\right)$$
(式3.1-3)

式中,

S_{fx}、S_{fy}:摩擦坡降,

Sox、Sov:底床坡降,

g:重力加速度。

(2)模擬對象

適用於都市淹水(街道、建築物)、河道溢堤、海岸洪氾地 區(可模擬海嘯、湧浪)、潰堤模擬、洪水平原管理、工程風險 設計、不規則形狀河道水理演算、橋樑涵洞水理演算(以率定 曲線表示影響性)等,可以處理漫地流、沖積扇洪氾水理變 化、泥流及土石流等。

(3)步驟及流程

執行淹水分析前,必先蒐集模擬區域之地文、水文及結 構物等資料,其中數值高程模型(DTM)之更新資料皆須至 現場實地測量才可取得。完成資料收集後即可開始進行境況 模擬分析,其模擬流程如圖3.1-5所示,透過淹水模式之評 估,瞭解計畫區於晴天狀況淹沒規模與範圍,再利用GIS相 關軟體套疊相片基本圖或其他圖層,瞭解地區淹水可能影響 之現地範圍。



圖 3.1-5 二維淹水分析模擬流程圖

2. 淹水模擬

相關參數及條件建置說明如下。

- (1)地形高程:採用內政部提供之5公尺x5公尺的DEM資料。
- (2)模擬區域:模擬範圍為人工湖E及D區西北角至烏溪下游方向。
- (3)計算網格:網格之建構,參考FLO-2D內置說明文件Manual Input,由於演算時間的長短與洪峰流量Qp及格點面積As的比 值相關,參考值為0.03(秒立方公尺/平方公尺)<Qp/As<0.3(秒 立方公尺/平方公尺),若Qp/As>0.3(秒立方公尺/平方公尺)則

演算時間極長;另演算時間的長短亦與網格數目多寡相關, 如表3.1-6。

(4)河道曼寧係數:同一維水理分析,依據河床質採樣成果,配合Manning式渠床糙率係數經驗表與最新排水路現況比對, 以選取最合適曼寧粗糙係數n值。

網格數目	模擬速度
1,000-5,000	非常快速
5,000-15,000	快速
15,000-30,000	中等
30,000-60,000	慢速
60,000-100,000	非常慢速
>100,000	超級慢速

表 3.1-6 網格數目與模擬速度關係表

二、人工湖E區潰堤數值模擬初步成果

人工湖E區因正處於斷層帶,E區土堤有因地震發生而錯移致築堤部 分湖水溢出之風險。人工湖E區以潰堤發生至結束共2小時,探討模擬淹 水範圍與淹水深度,各時間點之淹沒範圍詳附錄四。

E區一旦潰堤後,潰堤開始之水流走向以西南向為主,而後漸次轉 為流向烏溪。根據現有DEM資料顯示,人工湖E區潰堤淹沒範圍包含勝 東崎排水路,此排水路斷面為15公尺×2.6公尺,可容納流量每秒120立 方公尺。根據潰堤出流歷線,人工湖E區自潰堤開始,出流量逐漸增加, 至第0.06小時發生出流量為每秒148.33立方公尺,排水路開始無法宣洩 進入之流量,造成水流溢至地表出現漫地流,並且開始淹沒排水路兩旁 之農田及道路。在第0.1小時發生最大流量每秒185.14立方公尺後,流量 歷線進入退水段,隨時間及淹沒範圍漸向西南方傳遞,潰堤出流量漸 減,故溢出地表之漫地流深度逐漸降低,淹沒區內較大水深發生於地表 較低窪處,如圖3.1-6。由高程圖顯示平均淹水深度僅達約5公分(高程 115.05公尺),地面高程115公尺,顯示其淹水深度低,均無溢淹過國道 6號路面高程(高程121公尺以上),如圖3.1-7。 在雨天情況,烏溪在斷面56之處(接近烏溪橋),100年及200年重現 期距之水位高程分別為98.65公尺及98.92公尺,前述潰堤造成之地表逕 流仍能從烏溪左岸(高程約101公尺)流入烏溪。

綜合以上,人工湖E區可能產生較顯著影響者,應在潰口處出現最高流速,即發生在第0.52小時為每秒13.45公尺。靠近國道6號路堤趾部,發生流速為每秒3.45公尺之地表逕流,其地表逕流可能對該處國道 6號路堤趾部產生沖刷;另外鄰近之草屯焚化爐及民宅,淹水深度極低 或無,綜合以上E區潰堤之損害度低。



圖 3.1-6 人工湖 E 區潰堤後淹水範圍圖



圖 3.1-7 人工湖 E 區潰堤後高程分佈範圍圖

三、人工湖D區潰堤數值模擬初步成果

人工湖D區堤高(堤頂與堤底之高差)6.36公尺為本計畫最高,且最靠 近國道6號,若因地震發生而出現築堤部分湖水溢出之極端狀況,對國 道6號可能造成較直接之影響。故將現地舊有灌溉排水設施(北勢湳排水 路)變更成斷面8公尺×2公尺,可容納流量每秒48立方公尺,並根據現有 DEM資料顯示,淹沒範圍內另有勝東崎排水路,此排水路斷面為15公尺 ×2.6公尺,可容納流量每秒120立方公尺,兩排水路共可容納流量每秒 168立方公尺。人工湖D區以潰堤發生至結束共1.5小時,探討模擬淹水 範圍與淹水深度,如圖3.1-8所示,各時間點淹沒範圍詳附錄四。

D區如發生潰堤,流向以北向及西南向為主,西南向水流為流向烏 溪,根據潰堤出流歷線,人工湖D區自潰堤開始,出流量逐漸增加,至 第0.02小時發生出流量為每秒68.51立方公尺,北勢湳排水路開始無法宣 洩進入之流量,造成水流溢至地表出現漫地流,並且開始溢淹國道6號 東草屯交流道之草屯往埔里方向匝道及農田,即在第0.16小時發生最大 水深1.95公尺。在第0.32小時水流進入勝東崎排水路,開始由勝東崎排 水路宣洩溢堤出流量。往北向水流因自北勢湳排水路宣洩不及而溢出, 則會通過國道6號之路堤箱涵而流入烏溪。隨時間及淹沒範圍漸向西南 向及北向傳遞,潰堤出流量漸減,故溢出地表之漫地流深度逐漸降低, 由高程圖顯示平均淹水深僅約7公分(高程115.07公尺),顯示其淹水深度 低;另最大淹水高程117.95公尺將溢淹國道6號東草屯交流道之草屯往 埔里方向匝道之最低點高程116公尺,由上述均顯示無溢淹過國道6號路 面高程121公尺以上,如圖3.1-9所示。

在雨天情況,烏溪在斷面57(接近國道6號),100年及200年重現期 距之水位高程分別為108公尺及108.47公尺,前述潰堤造成之地表逕流 仍能從烏溪左岸(高程約112公尺)流入烏溪;斷面58之處(北勢湳堤防末 端),100年及200年重現期距之水位高程分別為112.25公尺及112.53公 尺前述潰堤造成之地表逕流仍能從烏溪左岸(高程約114公尺)流入烏溪。

綜合以上,人工湖D區較顯著影響者,應在潰口處出現最高流速, 即發生在第0.15小時為每秒9.99公尺;國道6號東草屯交流道之草屯往埔 里匝道方向,在第0.15小時發生流速為每秒4.68公尺,惟潰口出流可由

3-16

北勢湳排水路、勝東崎排水路及箱涵流入鳥溪,對國道6號路堤損害程 度極低,另外鄰近之草屯焚化爐及民宅,淹水深度為極低或無。



圖 3.1-8 人工湖 D 區(含退水路)潰堤後淹水範圍圖



圖 3.1-9 人工湖 D 區(含退水路)潰堤後高程分佈範圍圖

第肆章 地震危害度分析評估

一、最大可能地震(MCE)評估

依蓄水、引水建造物檢查及安全評估技術規範最大可能地震可採定 值法或機率法(10,000年迴歸周期)評估。其中定值法評估過程簡明,且 為工程界慣用之地震評估方法,因此本計畫擬採定值法評估堰址及湖區 之最大可能地震。

(一)地震規模分析

臨近計畫位置之第一類活動斷層(圖4.1-1)包括車籠埔斷層及大 茅埔-雙冬斷層,擬分別以兩斷層為假設震源,評估堰址及湖區之最 大可能地震。活動斷層可能發生之最大地震規模,擬採Wells and Coppersmith (1994)統計全球的地震記錄,建立之活動斷層破裂長 度與地震規模關係式(式4.1-1)並加一個標準差,推估斷層可能之最 大地震規模,式中M_w為地震矩規模;L為斷層破裂長度;O為標準差。

M_w=5.00+1.22×Log(L) ; σ=0.28 (式4.1-1)

- 1.車籠埔斷層:屬逆衝斷層,於本計畫區主要呈南北走向,地表 破裂長度約76公里,斷面傾角約為35°E。本計畫位置位於斷 層上盤側,斷層地表破裂面至堰址及湖區距離分別約為5.3及
 2.1公里,最短距離則分別為3.1及1.2公里。依式4.1-1推估車 籠埔斷層可能之最大地震規模為7.6。
- 2.大茅埔-雙冬斷層:亦為逆斷層,主要分佈於計畫位置東側,斷層大致呈南北走向,地表破裂長度約69公里,斷面傾角約為40°E。斷層地表破裂面至堰址及湖區距離分別約為4.5及7.6公里。本計畫位置位於斷層下盤側,至斷層之最短距離採斷層地表破裂面至堰址及湖區之距離估計。依式4.1-1推估本斷層可能之最大地震規模為7.6。

(二) 強地動衰減公式

國家地震工程中心(民國89年)及李錫堤(民國91年)等研究發表 之衰減公式,均由實測地震紀錄建立衰減公式,且符合最短距離定 義。本計畫擬採用兩公式計算結果之大值,推估計畫位置最大可能 地震之地表加速度峰值(PGA)。

1.衰减公式 (李錫堤,民國91年)

李錫堤之衰減公式係以台灣地區地震測站實側PGA值進 行迴歸分析所得,震源可分為地殼內部與隱沒帶兩類,又依 場址地質條件可分為堅硬及軟弱地盤,同時考慮斷層上盤及 下盤之強地動差異,並採用地震矩規模(M_w),以近場規模飽 和效應之Campbell衰減模式進行迴歸分析。其公式如下: (1)地殼震源,堅硬地盤及斷層上盤之工址。

(2) 地殼震源,堅硬地盤及斷層下盤之工址。

式中:A為PGA值;M_w為地震矩規模;R為至斷層破 裂面最短距離;O_{InA}為標準差。

2.衰减公式 (國家地震工程中心,民國89年)

集集大地震發生後,經國家地震工程中心檢核本式仍可 有效預測地震之衰減情況,且符合最短距離之定義,其公式 如下:

 $Ln(A) = Ln0.0297 + 1.2M - 1.7348Ln(R + 0.1464e^{0.6981M});$

 $\sigma_{\text{InA}}=0.534$

(式 4.1-4)

本計畫採前述之強地動衰減公式估計計畫場址之PGA值,並以 計算結果之大值作為各地震分區對場址可能產生之最大尖峰地表加 速度。其中場址至斷層破裂面最短離之計算(如圖4.1-1),當場址位 於震源斷層上盤時,最短距離為工址至斷層破裂面之最短距離;當 工址位於震源斷層下盤時,最短距離為工址至斷層地表破裂線之最 短距離。



圖 4.1-1 場址與斷層最短距離示意圖

(三)最大之設計尖峰地表加速度值

依前述活動斷層最大可能地震規模及選用之強地動衰減公式, 以定值法初步評估堰址及湖區最大設計尖峰地表加速度之結果整理 如表4.1-1。由各活動斷層對堰址及湖區產成之PGA值比較,以車籠 埔斷層對堰址及湖區產生之PGA值為最大,堰址及湖區之最大設計 尖峰地表加速度分別為0.73g及0.85g。

历计 艇岛夕轮	鮮品什能	斷層破裂長度	地震規模	最短距離	尖峰地表加速度(g)		供計		
巴坎	剧眉石阱	國層征恐	(km)	(Mw)	(km)	A1	A2	採用值	佣正
	車籠埔斷層	N-S/35°E	76	7.6	3.1	0.73	0.65	0.73	斷層上盤
堰址	大茅埔-雙 冬斷層	N-S/40°E	69	7.5	4.5	0.49	0.59	0.59	斷層下盤
湖區	車籠埔斷層	N-S/35°E	76	7.6	1.2	0.85	0.71	0.85	斷層上盤
(西側 土堤)	大茅埔-雙 冬斷層	N-S/40°E	69	7.5	7.6	0.40	0.50	0.50	斷層下盤

表 4.1-1 本計畫最大設計尖峰地表加速度初步評估結果

註:1.活動斷層特性參數採中央大學應地所工程地質與防災科技研究室(2001)之研究數據,

並參考中央地質調查所近期相關活動斷層調查報告修正。

2. 地震規模採式 4.1-1 (Wells and Coppersmith, 1994) 依斷層破裂長度推估。

3.A1 為採李錫堤(民國 91 年)強地動衰減式計算之 PGA 值; A2 為採國家地震工程中心(民 國 89 年)強地動衰減式計算之 PGA 值;採用值取 A1 及 A2 計算結果之大值。

二、設計及運轉基準設計地震

(一)DBE及OBE之設計地表加速度值

本計畫依蓄水、引水建造物檢查及安全評估技術規範採機率式 地震危害度分析(PSHA, Probabilistic Seismic Hazard Analysis)方 法,評估場址DBE及OBE(迴歸週期分別為950年及475年)之設計尖 峰地表加速度值。PSHA假設地震之發生機率為一自然隨機過程, 且符合卜桑(Poisson)分配之統計模式,地震規模大小之分佈則符合 Gutenberg-Richter關係,而地震震源分佈則可由對數常態分佈得到 適切的描述,再配合強地動衰減公式及地震發生機率,即可求得場 址於特定時間內發生特定地動值之超越機率,進而獲得特定迴歸週 期對應之地動值。

1.震源模式

場址設計地震機率法分析採區域震源及斷層震源進行分 析。

(1)區域震源

區域震源分析以西元1900~2009年之地震記錄,採羅俊 雄(2002)依地體構及實測地震紀錄震央分佈劃分之震源分區 (D01~D05及S01~S13共18區,圖2.3-1及圖2.3-2),以 Guternberg -Richter關係式與截切指數分佈模式(Truncated Exponential Model)推求各震源分區之a、b值及地震規模累積 發生率,並統計分析各分區對場址危害度之貢獻,求得場址 之地震危害度曲線。

地震發生次數與相對應地震規模之關係可由Guternberg -Richter關係式表示:

Log N(m)=a-bm

其中m表示地震規模,N(m)為地震規模大於等於m之地 震發生次數,a、b為常數可由各震區資料迴歸分析而得。地 震規模年累積發生率之計算,以規模4.0為下限,各震源分區
之歷史最大規模為上限,區域震源之地震規模年累積發生率如圖4.2-1。

(2)斷層震源

本計畫採對斷層地震發生率有較佳描述性之特徵地震模式(Characteristic Earthquake Model),評估距計畫場址50公 里範圍內活動斷層(圖4.2-1)對場址之危害度,距場址50公里 以上之活動斷層,經地震能量衰減後對場址之危害度貢獻甚 微,因此不納入評估。

斷層震源以斷層所在震源分區之b值及特徵地震模式建 立各斷層之地震規模年累積發生率,並以之分析各斷層對計 畫場址之危害度。地震規模年累積發生率計算之規模下限為 4.0,各斷層破裂面積推求之最大規模為上限,分析所需之活 動斷層特性參數,採中央大學應地所工程地質與防災科技研 究室之數據,並參照中央地質調查所之調查成果酌予調整, 距計畫場址50公里內之斷層震源特性參數如表4.2-1所示。斷 層震源之地震規模年累積發生率如圖4.2-2。

區域震源及斷層震源擬採國家地震工程中心(民國89年) 建立之強地動衰減公式(式4.1-4),且各震源考慮截切2個 (Truncate)標準差,並採邏輯樹法則處理分析參數之不確定 性,計算不同超越機率下,對計畫場址產生之PGA值;總合 區域震源及斷層震源之分析結果即可求得計畫場址之地震危 害度曲線。本計畫採用之邏輯樹如圖4.2-3;本計畫堰址及湖 區之地震危害度曲線如圖4.2-4、4.2-5。

DBE及OBE之迴歸週期分別為950年及475年,超越機率 為迴歸週期之倒數分別為1.05×10⁻³及2.10×10⁻³,由堰址及湖 區之地震危害度曲線(圖4.2-4、圖4.2-5)可求得對應之PGA 值。堰址之DBE與OBE設計尖峰地表加速度值分別為0.52g 及0.41g;湖區之DBE與OBE設計尖峰地表加速度值分別為 0.55g及0.43g。堰址及湖區垂直向地表加速度值,保守採用 水平向PGA值之2/3。

4-5

三、最大設計地震(MDE)

最大設計地震(Maximum Design Earthquake,MDE)為水利建造物 耐震校核分析採用之最大地動值,其值依水利建造物之大小及災害潛勢 訂定,所採用之水庫分級流程詳圖4.3-1。

依據民國97年「水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水 篇」規定及第肆章潰堤安全研究與情境模擬分析結果,評估鳥嘴潭場址 災害潛勢淹沒範圍主要為農田地區,對於國道六號之路堤無造成危害情 形,故研判其災害潛勢為輕微。人工湖區A'-F區總容量1,608.6萬立方公 尺、有效容量約1,453萬立方公尺、最大土堤高為6.36公尺;鳥嘴潭堰址 因屬於低矮堰(高度約3公尺),且幾無庫容,主要為取水至各計畫湖區。 故根據水庫分級流程圖(圖4.2-1),將場址研訂為第二等級。最大設計地 震之設計尖峰地表加速度值選用原則如表4.3-1。本計畫蓄水庫大小等級 為小型,災害潛勢等級為輕微,最大設計地動值(MDE)之PGA採用值為 DBE至OBE間之地動值,場址耐震校核分析之最大地動值建議採用DBE 之評估結果,分別為人工湖區0.55g,堰址0.52g。MDE水平向及垂直向 之設計地表加速度值詳表4.4-2及表4.4-3所示。

四、地震係數

(一)水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇(97年)

依據民國97年蓄水、引水建造物檢查及安全評估技術規範,設計地震係數如表4.4-1所示。係由不同水平向PGA值區間對應之地震係數區間,再由對應之各區間內,進行內插得地震係數採用值。

依水平向設計尖峰地表加速度評估成果,堰址最大可能地震 (MCE)、設計基準地震(DBE)及運轉基準地震(OBE)之水平向地震係 數分別為0.22、0.17及0.15;湖區之水平向地震係數則分別為0.25、 0.17及0.15。垂直向地震係數依蓄水、引水建造物檢查及安全評估 技術規範建議之折減比例,採水平向之1/2,初步估算結果如表4.4-2 及表4.4-3所示。

4-6

(二)建築物耐震設計規範(95年)

本計畫另依據95年建築物耐震設計規範,評估堰址及人工湖區 設計地震係數。取工址水平加速度係數(Z)進行分析。

Z=0.4S_{DS} (式4.4-1)

 $S_{DS} = F_a S_S^D N_A$

式中:

- 1. Ss^D為震區短週期設計水平譜加速度係數,為工址所屬震區在 堅實地盤下,設計地震作用時之短週期結構之5%阻尼譜加速 度與重力加速度g之比值。規範規定之震區係直接以鄉、鎮、 市等行政區域為震區劃分單位,其係數值如表4.4-4所示。本 計畫場址位於草屯鎮,查表得知設計水平譜加速度係數Ss^D 為0.8。
- 2. Fa為反應譜等加速度段之工址放大係數,隨地盤種類與震區短週期水平譜加速度係數Ss^D而改變,表4.4-5為工址放大係數表。本計畫場址屬第一類(堅實地盤),經查表Fa為1.0。
- 3. N_A為反應譜等加速度段與等速度段之近斷層調整因子,其值 在設計地震與最大考量地震下並不相同,並隨工址與斷層之 水平距離r而改變,表4.4-6為設計地震調整因子表,由於車 籠埔斷層距堰址及湖區分別為5.3及2.1公里,經查表N_A分別 為1.07及1.16。

依式4.4-1初步估算結果堰址及人工湖區設計地震係數分為 0.34及0.37。

震源	伯贴	敝昆夕顿	敝尽刑能	長度	± 4	柘名	最大破裂面積	斷層滑移速率
分區	骊弧	>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>	 圖 僧 空 悲	(km)	疋미	傾用	Af(km ²)	S(cm/yr)
	13	三義	逆斷層	33	NNE	40°E	760	0.10
	14	大甲	逆斷層	8	NNE	45°E	130	1.50
	15	鐵鉆山	逆斷層	13	NNE	45°E	240	1.50
010	16	屯子腳	右移斷層	14	N60E	90°	290	0.25
310	17	清水	逆斷層	22	NE	30°E	460	1.50
	18	彰化	逆斷層	36	NNS	30°E	845	1.50
	19	車籠埔	逆斷層	76	N-S	35°E	2,145	1.50
	20	大茅埔-雙冬	逆斷層	69	N-S	40°E	1,900	0.08
Q11	21	九芎坑	逆斷層	24	NNE	35°E	628	1.00
511	23	大尖山	逆斷層	26	NE	45°E	552	0.60

表 4.2-1 本計畫 50km 內之斷層震源特性參數

資料來源:中央大學應地所工程地質與防災科技研究室(2001),並參考中央地質調查所近期相關活動斷層調查報告修正。

水利建造物等級	災害潛勢分級	最大設計地震採用值
大型		MCE
中型	嚴重	MCE
小型		MCE 至 DBE 間之地動值
大型		MCE
中型	輕微	MCE 至 DBE 間之地動值
小型		DBE 至 OBE 間之地動值
大型		MCE 至 DBE 間之地動值
中型	極輕微	DBE 至 OBE 間之地動值
小型		DBE 至 OBE 間之地動值

表 4.3-1 最大設計地震(MDE)設計尖峰地表加速度值選用原則

資料來源:民國 97 年「水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇,經濟部水利署」

水平向設計尖峰地表加速度值	水平向地震係數
<0.12g	0.10
0.12~0.18g	0.10~0.12
0.18~0.50g	0.12~0.16
0.50~0.80g	0.16~0.24
>0.80g	0.24

表 4.4-1 尖峰地表加速度對應之地震係數

資料來源:民國 97 年「水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇,經濟部水利署」

設計尖峰地表加速度(g) 設計地震係數 設計地震規模 水平向 水平向 垂直向 垂直向 最大可能地震(MCE) 0.73 0.49 0.22 0.11 設計基準地震(DBE) 0.52 0.35 0.17 0.09 運轉基準地震(OBE) 0.28 0.15 0.41 0.08 設計基準地震(MDE) 0.52 0.35 0.17 0.09

表 4.4-2 本計畫堰址之設計地震係數

表 4.4-3 本計畫湖區之設計地震係數

弘计山雪相档	設計尖峰地	表加速度(g)	設計地	震係數
改 司 地 辰 九 侠	水平向	垂直向	水平向	垂直向
最大可能地震(MCE)	0.85	0.57	0.25	0.13
設計基準地震(DBE)	0.55	0.37	0.17	0.09
運轉基準地震(OBE)	0.43	0.29	0.15	0.08
設計基準地震(MDE)	0.55	0.37	0.17	0.09

表 4.4-4 短週期結構之工址放大係數 Fa(線性內插求值)

地盤分類	震區短週期水平譜加速度係數 Ss(Ss ^D 或 Ss ^M)					
	S _s ≦0.3	S _s =0.6	S _s =0.7	S _s =0.8	$S_s \ge 0.9$	
第一類地盤	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
第二類地盤	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	
第三類地盤	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0	

資料來源:「95年建築物耐震設計規範,內政部」。

縣市	鄉鎮市區	S _S ^D	鄰近斷層
	南投市	0.8	車籠埔斷層
	埔里鎮	0.7	
	草屯鎮	0.8	車籠埔斷層
	任上结	0.9	大尖山與觸口、車籠
	们山镇	0.8	埔斷層
	集集鎮	0.8	車籠埔斷層
	名間鄉	0.8	車籠埔斷層
南投縣	鹿谷鄉	0.0	大尖山與觸口、車籠
		0.8	埔斷層
	中寮鄉	0.8	車籠埔斷層
	魚池鄉	0.7	
	國姓鄉	0.7	車籠埔斷層
	水里鄉	0.7	車籠埔斷層
	信義鄉	0.7	
	仁爱鄉	0.7	

表 4.4-5 震區短週期之設計水平譜加速度係數 Ss^D

資料來源:「95年建築物耐震設計規範,內政部」,本計畫整理。

表 4.4-6	近車籠埔斷層設計地震調整因子N	A
---------	-----------------	---

距離(km)	N _A
$\gamma \leq 2$ km	1.23
2 km $< \gamma \leq 5$ km	1.16
5 km $< \gamma \leq 8$ km	1.07
8 km $< \gamma \le$ 12km	1.03
$\gamma>$ 5km	1.00

資料來源:「95年建築物耐震設計規範,內政部」,本計畫整理。



圖 4.2-1 地震規模累積年發生率(1/2)



圖 4.2-1 地震規模累積年發生率(2/2)



圖 4.2-2 斷層震源地震規模累積年發生率







圖 4.2-4 堰址之地震危害度曲線



圖 4.2-5 人工湖之地震危害度曲線



圖 4.3-1 水庫分級作業流程圖

五、最適規模與距離分析(參數拆解)

本計畫由機率式地震危害度分析過程中,以參數拆解方法 (Deaggregation)解析出規模、距離、地震危害度影響等地震參數相互之 關係,評估場址不同超越機率地震危害度影響震源之規模與距離;並以 平均規模與距離分析方法,評估場址不同迴歸週期之最適規模與距離, 供後續辦理地震境況模擬設定地震規模與距離之參考。

(一)地震危害度影響主要震源

場址迴歸週期475年、950年及2900年之規模、距離及地震危害 度影響比值如圖5.5-1~圖4.5-3所示,其中2900年為MCE定值法分析 結果對應之迴歸週期。

1.迴歸週期475年(圖4.5-1)

迴歸週期475年地震危害度影響之震源,規模4.4~8.0距 堰址<20公里(約佔90%)及規模4.4~8.0距湖區<28公里。區域 震源(震源分區S10及S11)及斷層震源(車籠埔、大茅埔-雙冬 斷層)均為地震危害度影響之主要震源。

2.迴歸週期950年(圖4.5-2)

規模5.0~8.0之間距堰址為<20公里及規模5.0~8.0距湖區<20公里公里之震源,為堰址迴歸週期950年地震危害度影響之主要震源。區域震源(震源分區S10及S11)及斷層震源(車籠埔、大茅埔-雙冬斷層)均為影響堰址地震危害度之主要震源。

3.迴歸週期2900年(圖4.5-3)

隨迴歸週期增加危害度影響之主要震源越集中於規模 7.0~8.0(距離<20公里),其中距堰址及湖區<4公里之震源各 約佔危害度影響之80%,顯示車籠埔斷層為迴歸週期2900年 地震危害度影響之主要震源。 (二)最適規模與距離分析

不同迴歸週期之平均規模與距離分析結果如圖4.5-4。迴歸週期 475年之最適規模在堰址處為6.73,震源距離10.5公里,在湖區之最 適規模為6.79,震源距離9.9公里;迴歸週期950年之最適規模在堰 址處為6.95,震源距離8.84公里,在湖區之最適規模為7.0,震源距 離8.65公里;MEC定值法分析結果對應之迴歸週期2900年之最適規 模在堰址處為7.20,震源距離6.88公里,在湖區之最適規模為7.22, 震源距離7.19公里。

本計畫另增補民國98年11月5日南投名間地震資料,其震央位 置距計畫場址約23.5公里規模為6.0,評估結果最適規模與距離應屬 迴歸週期475年以下之地震。



(B)人工湖區迴歸週期 475 年之地震規模-距離-危害度影響比關係圖 圖 4.5-1 迴歸週期 475 年之地震規模-距離-危害度影響比關係圖



(A)堰址迴歸週期 950 年之地震規模-距離-危害度影響比關係圖



(B)人工湖區迴歸週期950年之地震規模-距離-危害度影響比關係圖 圖 4.5-2 迴歸週期950年之地震規模-距離-危害度影響比關係圖



(A)堰址迴歸週期 2900 年之地震規模-距離-危害度影響比關係圖



⁽B)人工湖區迴歸週期 2900 年之地震規模-距離-危害度影響比關係圖

圖 4.5-3 迴歸週期 2900 年之地震規模-距離-危害度影響比關係圖



堰址						
迴歸週期	平均規模	平均距離				
(year)	(Mw)	(km)				
25	5.00	58.37				
100	6.17	13.96				
475	6.73	10.46				
950	6.95	8.84				
2900	7.20	6.88				
5000	7.34	5.84				
10000	7.43	5.37				

(A)堰址不同迴歸週期之平均規模與距離



人工湖區						
迴歸週期	平均規模	平均距離				
(year)	(Mw)	(km)				
25	5.03	60.28				
100	6.20	12.95				
475	6.79	9.90				
950	7.00	8.65				
2900	7.22	7.19				
5000	7.33	5.97				
10000	7.41	5.37				

(B)人工湖區不同迴歸週期之平均規模與距離
圖 4.5-4 本計畫場址不同迴歸週期之平均規模與距離

第伍章 地震危险度分析評估

地震危險度可由地震重複發生率、地震危害度及災害潛勢等加以考量,綜合分析結果評估可接受之地震風險度,作為本計畫工程規劃之原則(如圖 1.2-1 所示)。

本計畫蒐集各活動斷層活動相關文獻及歷史地震紀錄,評估計畫所 在震源分區之大規模地震之重複發生率。採定值法(DSHA)及機率法 (PSHA)綜合評估本計畫之地震危害度,並就地震危害度參數拆解 (Deaggregation)分析結果,評估各迴歸週期地震危害度貢獻主要之震源 與距離。另依據潰提安全研究與情境模擬結果,評估蓄水建造物之災害 潛勢等級,並由災害潛勢之高低(影響輕重)評估其應考量之地震風險程 度,以決定工程規劃設計原則。

本計畫鳥嘴潭堰址及人工湖區地震危害度分析成果,整理如表 5.1-1 所示。本計畫除包含近年來大規模地震之紀錄,並依據民國 97 年「水利 建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇」進行場址之地震危害度 評析。

一、地震紀錄

本計畫係蒐集1900~2009年6月之地震紀錄,包括近年來大規模地 震之紀錄(如1999年921集集地震、1999年1022嘉義地震及2006年1226 恆春地震),配合中央地調所公告之活動斷層分佈圖(2000年版)及近期計 畫區域活動斷層調查報告,並依民國97年水利建造物檢查及安全評估技 術規範蓄水與引水篇,取規模4為地震目錄之下限值。

二、潰堤安全研究與情境模擬

人工湖E區若因斷層錯動土堤而出現築堤部分之湖水溢出,可由勝 東崎排水路宣洩溢堤出流量,由FLO-2D分析最大淹水深度約為2.92公 尺(高程113.92公尺),未溢淹過國道6號之路面(高程121公尺以上),僅 因湖水出流造成地表漫地流,其流速每秒3.54公尺對該處國道6號路堤 趾部產生沖刷,宜考量採用混凝土護坡保護,惟此時國道6號路堤亦可 能因斷層錯動而產生垂直位移。

人工湖D區若因地震發生而出現築堤部分之湖水溢出,可由北勢湳 排水路及勝東崎排水路宣洩溢堤出流量,由FLO-2D分析最大淹水深度 約為4.63公尺(高程113.26公尺),可看出水未溢淹過涵洞渠底(高程 113.6公尺),水流可由退水路排入烏溪,或其他因素溢出水造成地表漫 地流可由涵洞迅速排入烏溪。另國道6號東草屯交流道之草屯往埔里方 向匝道發生最大水深1.95公尺(高程117.95公尺),將溢淹過匝道。

綜合上述情境模擬狀況,顯示本計畫人工湖D區及E區若地震發生而 出現築堤部分之湖水溢出,其災害潛勢均屬極輕微之程度。

三、最大可能地震(MCE)之設計地震震源

本計畫以距場址最近之車籠埔斷層為候選設計震源位置,並以斷層 地表破裂線分別距堰址5.3公里及人工湖區2.1公里,並參考近期車籠埔 斷層斷面幾何相關研究數據,以斷面傾角35°估計最短距離分別為3.1公 里及1.2公里,堰址MCE之PGA值為0.73g、人工湖區MCE之PGA值為 0.85g。

四、設計地震規模及尖峰地表加速度

本計畫依蓄水、引水建造物檢查及安全評估技術規範採機率式地震 危害度分析方法,評估場址DBE及OBE(迴歸週期分別為950年及475年) 之設計尖峰地表加速度值。堰址之DBE與OBE設計尖峰地表加速度值分 別為0.52g及0.41g;湖區之DBE與OBE設計尖峰地表加速度值分別為 0.55g及0.43g。

五、最大設計地震MDE

最大設計地震(Maximum Design Earthquake,MDE)為水利建造物 耐震校核分析採用之最大地動值,其值依水利建造物之大小及災害潛勢 訂定。

本計畫研訂場址災害潛勢等級為輕微,蓄水庫大小等級為小型,最 大設計地動採用值為DBE之地動值為人工湖區0.55g、堰址0.52g。

六、地震係數

依據水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇(97年),考 慮水平向設計尖峰地表加速度值對應之地震係數(表4.4-1),進行內插求 得堰址及人工湖區初步估算結果,人工湖區及堰址地震係數皆採0.17。 另依建築物耐震設計規範(95年)建議之方法推估計畫堰址及人工湖區設 計地震係數分為0.34及0.37。本計畫建議設計地震係數採用值,於攔河 堰與人工湖應適用水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇 (97年)規範,惟未來人工湖若設置管理中心等建築物,則應適用建築物 耐震設計規範(95年),並建議管理中心設置位置靠近堰址處。

七、最適規模與距離分析

依機率式地震危害度分析之參數拆解解析出之規模、距離及地震危 害度影響比之關係,車籠埔斷層及大茅埔-雙冬斷層(震源分區S10及S11) 之區域震源,均為影響本計畫場址地震危害度之震源,其中又以車籠埔 斷層及震源分區S10之區域震源,為場址地震危害度最主要之震源。

本計畫採平均規模與距離分析方法,評估場址不同迴歸週期之最適 規模與距離,分析結果如圖4.5-4所示。堰址及人工湖區迴歸週期475年 之最適規模分別為6.75及6.79,震源距離10.46公里及9.90公里;堰址及 人工湖區迴歸週期950年之最適規模分別為6.95及7.00,震源距離8.84 公里及8.65公里;MCE定值法分析結果對應之堰址及人工湖區迴歸週期 2900年之最適規模分別為7.2及7.22,震源距離6.88公里及7.19公里。

本計畫另增補民國98年11月5日南投名間地震資料,其震央位置距計畫場址約23.5公里規模為6,評估結果最適規模與距離應屬迴歸週期 475年以下之地震。

5-3

	シャナン		震源距離 (km)	設計 地震規模		水	水平向	
	分析为法 (97 年規 範)	假設震源位置				地表加速度 (g)	地震係數	迴歸週期 (年)
	定值法	車籠埔斷層	3.1km (最短距離)	MCE	7.6	0.73	0.22	_
堰址	機率	區域震	源	DBE	_	0.52	0.17	950
	法	斷層震	 夏源	OBE	_	0.41	0.15	475
人工	定值法	車籠埔斷層	1.2km (最短距離)	MCE	7.6	0.85	0.25	_
八 <u>一</u> 湖區	機	區域震	mī	DBE	_	0.55	0.17	950
	法	斷層寫	夏源	OBE		0.43	0.15	475

表 5.1-1 鳥嘴潭堰址及人工湖區址地震危害度分析成果

參考文獻

- 1.中央氣象局全球資訊網,http://www.cwb.gov.tw/。
- 2.鄭世楠、葉永田,「西元 1604 年至 1988 年台灣地區強震目錄」。中央研究院 地球科學研究所, IES-R-661, 1989.
- 3.蔡義本、溫國樑、陳桂寶、郭倢慇,2000,台灣地震目錄的統整與強地動模 式衰減發展,87年度防災型國家科技計畫一整合性專案研究報告,79頁。
- 4.林啟文、張徵正、盧詩丁、石同生、黃文正、2000、台灣活動斷層概論第二版、五十萬分之一台灣活動斷層分佈圖說明書,經濟部中央地質調查所特刊, 13,122頁。
- 5.林啟文、盧詩丁、石同生、劉彥求、林偉雄、林燕慧、2007、台灣西南部活動斷層一二萬五千分之一活動斷層條帶圖說明書,經濟部中央地質調查所特刊(第17號)。
- 林啟文、盧詩丁、石同生、林偉雄、劉彦求、陳柏村、2008、台灣中部活動斷層一二萬五千分之一活動斷層條帶圖說明書,經濟部中央地質調查所特刊(第21號)。
- 7.羅俊雄,台灣地區地震危害度分區-考慮特徵地震模式,2002。
- 8.黎明工程顧問有限公司,仁義潭、蘭潭水庫-潰堤緊急應變計畫,2005。
- 9.Wells, D.L., and Coppersmith, K.J. (1994): "New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement", Bull. Seism. Soc. Am, Vol.84, pp.974-1002.
- Lee, C. T., Cheng, C. T., Liao, C. W., and Tsai, Y. B. (2001): "Site Classification of Taiwan Free-field Strong-Motion Stations", Bull. Seism. Soc. Am., Vol.91, pp.1283-1297.
- 11. Lee, C.T., 1999:Neotectonics and active faults in Taiwan.Proceedings of the 1999 Workshop on Disaster Prevention/Management and Green Technology, Foster City, California, 64-74.
- 12.Cheng, C. T., S.J. Chiou, C.T.Lee, and Y.B.Tai, 2007: Study on probabilistic seismic hazard maps of Taiwan. Journal of Geo. Engineering, 2, 19-28.
- 13.D.L.Fread , The NWS DAMBRK MODEL : Theoretical Background/User Documentation.

14.C. B. Liao, M. S. Wu and C. H. Chen. , ^r Flood scenario of the dam-break simulation _a , International Conference on HydroScience and Engineering Philadelphia, USA , 2006.

附錄一 執行計畫書審查會議

會議名稱:「烏溪鳥嘴潭人工湖可行性規劃(1/2)—工程可行性規劃」委託服務期 初簡報暨工作執行計畫書審查會議

審查日期:98年08月12日

主持人:陳所長弘由 紀錄:葉時偉

地點:經濟部所水利署水利規劃試驗所彰化辨公室

審查意見	辦理情形
簡委	員豐銘
1.本計畫採用 DAMBRK 模式進行潰壩演算是	(1) DAMBRK 之土石壩設定條件與現況不符,
否適合,請加以說明,因人工湖係往地面	故改採 FLO-2D 進行潰壩演算。
下挖之蓄水工程,與一般填築在地上之土	(2)因 FLO-2D 係為從潰口開始下游河道演
石壩蓄水不同,其潰壩出流量,H-A-V 蓄水	算,故不需 H-A-V 作為設計條件。
量等是否與土石壩墤壩不同?	
水利署水規所水;	原課程工程司運達
1.目前規劃攔河堰高度僅有3公尺,人工湖為	地震危害度分析之目的為評估各迴歸週期地
離槽蓄水設施,另就人工湖之佈設方式而	震危害度貢獻主要之震源與距離, 作為本計畫
言,因地震引致潰堤之可能性相當低,請	地震危險度分析評估之依據,並依據分析結果
問地震危害度分析之目的與重點何在?	配合工程規劃及潰堤災損分析等成果,評估計
	畫場址之最大設計地震。
水利署水規所水注	原課葉工程司時偉
1. 第三章有關地震危害度分析,對於設計地震	本計畫執行階段請主辦單位協助蒐集相關之
係數、設計反應譜及加速度歷時曲線部	評估成果報告,作為本計畫地震危害度分析之
分,除對本計畫地震危害度之評估有所影	參考。
響外,亦會影響將來工程設計,為避免將	
來設計一過大工程量體,請顧問公司謹慎	
評估,建議對國道六號高速公路及草屯焚	
化爐設計時所用之地震參數加以納入評	
估,另請補充分析時所採用之地層工程參	
1.有關地震危害度分析,請顧問公司評估是否	1. 將改由 FLO-2D 進行潰堤分析。
改以其他模式進行人工湖潰堤分析。	

附錄二 期中報告審查意見回應

會議名稱:「烏溪鳥嘴潭人工湖可行性規劃(1/2)—工程可行性規劃」委託服務期 中簡報暨報告書審查會議

審查日期: 98年10月06日

主持人:王課長國樑 紀錄:葉時偉

地點:經濟部所水利署水利規劃試驗所霧峰辦公室 B 棟 2 樓會議室

	辦理情形
一、蘇委員炳勳	
1. 災害潛勢請先評估可能發生災害之原因與	本計畫災害潛勢評估主要為以構造物潰壞,造
機率,模擬分析發生潰決後對周邊環境與	成淹水地區之受災人口、經濟損失、文化資產
設施之影響,如必要再加強工程設計,降	及生態環境等影響損失程度,評估蓄水建造物
低潰決發生機會與降低災害損失。例如圍	之災害潛勢等級,並由災害潛勢之高低(影響
堤與堤防、國道橋墩間均以高規格堤防設	輕重)評估其應考量之地震風險程度,以決定
計回填至最高蓄水位。	工程規劃設計原則。初步評估潰堤對下游造成
	之災損為輕微,主要多為農田之損失。
二、簡	委員豐銘
1. 有關潰壩安全研究採用 DAMBRK 模式之	現階段而言,因設計水面高尚高於路面高,故
理論,因人工湖係往地下開挖蓄水,與一	宜採土石壩模式,故 DAMBRK 應屬恰當。
般地面上之土石壩蓄水不同,未來潰壩時	
之出水量,其水位-容積-面積關係係地面線	
以上之水量會溢出而已,故建議人工湖最	
高水位線之決定,建議以地面之最低點作	
為最高水位線,人工湖深度儘量往下挖,	
可減少潰壩水量,與人工湖未來地面景觀	
(人工湖地面以上之填方高度愈低愈好)。	
三、高速公路局中區工程處南投工務段 賴光星	
1.人工湖淹水模擬 E 區及 D 區模擬對於國道	遵照辦理,詳見第參章。
6號,均有相當衝擊,可否評估潰堤後對國	
道6號影響,並提出相關因應對策(P.4.1.4	
及 P4.1.7)。	
四、水利署葛工程司武松	
1. 潰埧參數因隘寮斷層可能之活動係西側隆	遵照辦理。
起,本參數考量是否合理?請予評估。	
五、本所水源課葉工程司時偉	
1. 報告 P3-13,於地震危害度分析中,僅考	1.已增列 D 湖區之潰壩影響,另 E 湖區蓄水至
慮人工湖 E 湖區之潰壩分析,是否考量增	下游地表高程,此時並不會有潰壩之問題發
加鄰近之 D、F 湖區之潰壩分析,另 E 湖	生。
區之潰壩分析以滿水位 114 公尺作為分	

審查意見	辦理情形
析,若 E 湖區因南側岩盤較淺,湖區範圍	
退縮,則滿水位降至 111 公尺,請將滿水	
位 111 公尺方案亦納入潰壩分析。	
2. 報告 P3-18,人工湖 E 區潰堤數值模擬初	相關潰壩後之影響之說明已經修改,詳見第參
步結果,顯示最大淹水深度約 2.94~3.23	章。
公尺,經查 P6-16 人工湖 E 區下游地表高	
為 113.8 公尺,若以潰口底部高程 111 公尺	
估計,潰口底部至地表高約2.8公尺,與最	
大淹水深度差距不遠,故報告所描述最大	
淹水深度約 2.94~3.23 公尺,請斟酌修	
正。另請補充說明模擬潰堤後淹水多久退	
去之狀況。	
結論	
1.人工湖的潰堤分析採用 DAMBREK 是否恰	因人工湖土堤規模類似土壩,故採用水庫潰壩
當,且潰口位置再加以評估說明。	分析常用軟體 DAMBRK,且 DAMBRK 單利用
	在計算潰堤出流歷線,故 DAMBRK 應屬恰當。
	潰口位置之選定,以堤頂高與路堤高高差最多
	之處,此為最有可能發生潰壩風險之疑慮。

附錄三 地震危害度專題審查意見回應

會議名稱:「烏溪鳥嘴潭人工湖可行性規劃(1/2)—工程可行性規劃」委託服務期 末簡報暨報告書審查會議-地震危害度專題報告

審查日期:98年11月11日

主持人:陳所長弘由 紀錄:葉時偉

地點:經濟部所水利署水利規劃試驗所霧峰 B 棟 2 樓會議室

審查意見	辦理情形	
一、陳委員茂生		
1.堰址及人工湖距車籠埔斷層分別為 3.1km	1.依據 97 年 5 月 5 日水利建造物檢查及安全	
及 1.2km,分析水平向地震係數,兩者皆為	評估技術規範-蓄水與引水篇,地震係數可供	
DBE(0.17)、DBE(0.15),對攔河堰以混凝	仿靜態分析使用,本計畫保守建議採用較大	
土結構及人工湖為土壤結構,於地震之不	之 0.17; 而對於未來辦理設計時應可參考本	
同反應,請分別研討其危害度及維修復原	計畫 DBE 之地動值人工湖區 0.55g、堰址	
與營運之影響。	0.52g 進行不同結構之動態分析。	
二、許委員慶祥		
1.本計畫以車籠埔斷做為評估堰址及湖區之	1.隘寮斷層為車籠埔斷層之伴生斷層,其長度	
地震危害度分析,惟隘寮斷層穿越計畫區	約3.5公里,於921集集大地震時地表未產	
域,其如發生錯動,對於本計畫相關工程	生破裂現象。本報告第參章即是考量未來車	
之危害度,仍應予以說明及評估。	籠埔斷層再次活動時,其產生之伴生斷層或	
	次生斷層通過湖區,將使築堤部分之湖水溢	
	出,辦理相關災害潛勢分析評估。	
2.設計基準仿靜態地震係數為 0.17,大致合	2.敬謝指導,按「建築物耐震設計規範」係內	
理,惟內政部建築技術規範在921 地震後,	政部於95年1月1日公佈實施,而「水利	
中部地區地震係數為 0.23, 再乘以不同構	建造物檢查及安全評估技術規範-蓄水與引	
造物之特性係數,其是否有受其規範之虞	水篇」係經濟部於97年5月5日公佈實施。	
慮,請進一步說明。	本計畫攔河堰與人工湖應適用經濟部之規	
	範,惟未來人工湖若設置管理中心等建築	
	物,則應適用內政部之規範。	
三、简.	委員豐銘	
1.依 DAMBRK 程式作潰埧演算,由報告 P3-2	1. 已修正為以 DAMBRK 程式演算築堤部分	
表 3.1-2, E 區潰埧水深 3 公尺, 即地面上	湖水之出流量,並以 FLO-2D 模擬淹水範	
蓄水深度達 3 公尺,故其淹水高度範圍,	圍, E 湖區及 D 湖區之淹水深度僅為 5 公分	
高度最大,所以議 E 區、D 區人工湖採地	及7公分,詳P3-11、P3-15。	
面最低點作為最高水位線,讓人工土堤只		
填高 2~2.5 公尺,只作為出水高度使用,		
本身地面線以上並不蓄水,如此是否可降		
低潰埧之淹水高度。		
2.今年11月5日規模6之地震,名間震度最	2.(1)已補充增列 1105 地震資料,詳 P.2-3 報	
大為 7 級,其位置方向在車籠埔斷層西側	告內容。	
15 公里,很可能是報告 P2-13 圖 2.3-3 之	(2)本次地震震央位置距計畫場址約 23.5 公	

審查意見	辦理情形
彰化斷層,此影響是否有檢討,至少將本	里規模為6,按本計畫最適規模與距離應屬
次地震資料納入報告內。	迴歸週期 475 年以下之地震。
3.報告 P1-1 倒數第十行,其中湖區外圍土堤	3.已修正,詳P.1-1 報告內容。
長約 300 公尺,高約 10 公尺,不知高約	
10 公尺,是指人工湖圍堤高度或其它,請	
加以說明。	
四、程.	委員運達
1.請提供減輕或消除潰堤之因應措施及本計	1.本計畫係考量未來車籠埔斷層再次活動
畫工程設計之注意事項。	時,其產生之伴生斷層或次生斷層通過湖
	區,將使築堤部分之湖水溢出。此種斷層穿
	越結構物之災害(發生機率極低),目前尚無
	工程方法能使之減輕或消除,故本計畫就此
	情境辦理災害潛勢分析(淹水模擬),由於災
	損情況輕微,僅需就影響國道路堤部分設置
	護坡避免沖刷。
2.請納入建築技術規則相關規定。	2.遵照辦理,詳報告第四章。
3.封面格式錯誤、缺摘要、Abstract、結論與	3.已修正。
建議,文敘單位以國字為原則,請修正。	
五、台灣自來水公司	司中區工程處 施名芳
1. 地震危害度專題報告, 對於湖區內供水管線	1.人工湖區內之供水管線材料,將使用可撓管
之危害(該部份係緊急及清淤時需正常使	鋪設,以減低遇危害時人工湖能正常使用。
用)程度及如何減損未說明。	
2.隘寮斷層位於湖區內,其影響是否遠低於5	2.依據中央地質調查所調查結果,隘寮斷層為
公里外之車籠埔斷層及大茅埔-雙冬斷層,	車籠埔斷層所伴生之背衝斷層,線型呈南北
否則專題報告中為何未敘述。	走向,長約3.5公里,斷層地表未產生破裂
	現象。本計畫最大可能地震即以車籠埔斷層
	為控制震源,即已考量隘寮斷層之影響。
<u></u> 六、水規府	F王課長國樑
1.報告格式同水文水源運用分析檢討專題報	1.遵照辦理,內容詳專題報告。
告意見前3點意見。	
2.最大可能地震 MCE,建議改為可能最大地	2.依據「水利建造物檢查及安全評估技術規範
震。	-蓄水與引水篇」,MCE(Maximum Credible
	Earthquake)之中文即「最大可能地震」。
3.報告時間已呈現國內以民國為主,國外以西	3.遵照辦理。
元為方式來呈現較妥適。	
4.P2-2 台灣的地震儀器始自 1897 年底方才	4.此時期地震資料係由鄭世楠、葉永田(1989)
開始裝設,如何測得 1848 年規模 7.1 地	根據前人筆記及地方誌等史料中研究整理
震,1815年規模7.7地震?	得知,其中 33 筆已被定出震央位置與地震

審查意見	辦理情形
	規模,其分佈如圖 2.2-1。
5.P1-1水庫安全評估規範有民國97年之資料	5.水庫安全評估規範於民國 97 年 5 月 5 日(經
嗎?	授水字第 09720203220 號)由經濟部公佈實
	施,本公司後續皆依此規範對蓄水構造物辦
	理評估。
6.台灣震源分區之原則為何?	6.本計畫震源分區係參考羅俊雄(2002)以
	1900 年至 2001 年 11 月,發生於台灣地區
	之地震震央分佈情況,配合台灣地質與地體
	構造模式綜合研判,並以震源 35 公里深度
	為界,劃分出深層震區(D>35 公里)5 區
	(D01~D05)及淺層震區(D<35 公里)13 區
	(S01~S13),合計 18 個震源分區。
7. P3-1 建議將 DAMBAK 及 P3-7 之 FLO-2D	7.遵照指示辦理,詳附錄內容。
等模式在本計畫之應用;相關之參數設定,	
模式驗證及初始條件、邊界條件及分析過	
程及紀錄等較詳實資料補充都附錄內。	
8.潰堤安全研究是否僅考量晴天狀況,雨天狀	8.本計畫於烏溪逕流大於200秒立方公尺即不
況及鳥溪當時之流況或河川水位等建議亦	取水,本專題係考量滿水位且持續引水之較
納入檢討較適宜?	保守情況,此情境通常為晴天狀況。
9.另潰堤分析若 D、E 湖區同時發生時之情況	9.本計劃潰堤分析其災損程度極輕微,兩湖區
如何?可否納入檢討及研析?	同時潰堤之發生機率極低,應可不納入。
	10.人工湖邊坡與攔河堰之安定分析將於工程
	專題報告內進行探討。
10.地震危害度及危險度分析,另一重要工作	
即對人工湖邊坡之安全及攔河堰之安全等	
進行探討,較具完整性。	
七、高速公路局張錫清 印	3沛程 王建國 馮正明
1.當然,現階段係屬可行性研究,研究單位係	1.
針對方案,如研判屬可行或是不可行,提	(1)有關隘寮斷層通過位置本計畫已進行複查
出本研究期末報告。故建議於下階段-規	(詳 P2-18 頁)。
劃、設計時,於 P3-10:在潰堤處附近 E	(2)本計畫 E 湖區及 D 湖區之災害潛勢係在於
區 (D區) 損害度低。可以考慮以量化之方	淹水深度,評估結果淹水深度低且迅速排入
式呈現。譬如本人工湖通過皆為活動斷層	烏溪,僅於溢堤瞬間造成之漫地流對國道 六
車籠埔斷層、隘寮斷層影響很高,與會委	號路堤趾部可能產生沖刷。
員多有指出,請顧問公司考量於會後再妥	(3)由於可能產生沖刷係於溢堤瞬間產生,並非
適研析,並指出,又其中隘寮斷層推估調	長時間持續沖刷,研判僅需於鄰近湖堤之局

審查意見	辦理情形
查位置與地調所、國工局、黎明工程顧問	部路堤趾部設置護坡予以加固,尚無辦理水
均不同,有待釐清。另又其,一旦發生任	工模型試驗之需要。
何大地震在本人工湖附近,又產生錯動,	
其人工湖堤身發生潰提,對高工局國道六	
號影響,請就路堤及橋樑段詳細研析,以	
確保高速公路行車順暢。另對產生沖刷,	
請推估路堤影響程度。本路堤(高速公路)	
該如何加固,建議顧問公司於下一階段考	
量。必要時,改以水工模型試驗(參考回	
歸週期 950 年、地震係數水平向地震係數	
及水平設計尖峰地表加速度值)確認,待	
補充。	
2.P3-1:土堤低,於規、設階段配合該地區地	2.本計畫湖堤將設置截水牆延伸入岩盤。
質結構條件,研擬滲流路徑影響,併同分	
析,以因應本方案研選。	
3. P4-2:漏列非堅硬地盤狀態,待補充。	3.地殼震源,軟弱地盤及斷層上盤之工址。
	Ln(A)=-3.55+0.925Mw-
	1.383Ln(R+0.066e0.66884Mw)
	σ _{InA} =0.543
	地殼震源,軟弱地盤及斷層下盤之工址。
	Ln(A)=-3.40+0.945Mw-
	1.433Ln(R+0.116e0.65946Mw)
	σ _{InA} =0.552
	由於報告所列公式為本計畫採用之衰減式,故
	未將軟弱地盤衰減式列入報告內。
4.於本會議前,本局相關出席同仁共同建議:	4.敬悉。
98 年 9 月 11 日技字第 0986006314 號行	
文 貴所,當然該函係在 貴所期末報告	
前提出之意見,故提醒該文尚未回覆,請	
留意。	
八、南投農田水利	會 高忠儀 吳水樹
1 潰堤後之模擬區域內,本會之既設設施建議	1.感謝指導,已採勝東崎及北勢湳排水路,考
予以調查及其危害,並考量現行之農田灌	量其排水能力,詳 P3-11~P3-12,P3-15。
排水路承受潰堤排水之能力。	

審查意見	辦理情形
九、三河局賴工程司保旺	
1. 第參章潰堤安全研究僅選定 D 區及 E 區探	1.因附近重要結構物為國道六號,其餘大多為
討,且其潰堤數值模擬初成果均以國道六	農田。另有草屯垃圾焚化爐及議員民宅,淹
號之影響為主體說明,則選用該二區探討	水深度皆少於 10cm,危害度低。
之原因及其保護標的是否僅有國道 6 號,	
請補充說明。	
2.潰堤模擬係以晴天及 D 區、E 區單獨發生	2.詳六.8 及六.9。
進行,而未以可能發扛情境(如降雨時或	
D、E 區同時潰堤)來模擬,是否妥適?建請	
考量。	
3. P5-1 第三段表 6.1-1 應為表 5.1-1。	3.已修正,詳報告 P.5-1。
十、水規所河川課陳正工程司玉鏡	
1. 潰堤後對鳥溪下游及堤後排水之影響情形	1.詳八.1。
如何?	2.
2.98年11月5日之地震震央在南投7.0級地	(1)1105 名間地震於震央震度達 7 級
震,對本計劃工程之影響,其安全性是否	(>400gal),依據中央氣象局第 98125 號地
尚在 P4-15 最適規模與距離分析(二)最適	震報告其規模(ML)為 6.0,按本計畫最適規
範圍或危害度分析安全範圍內。	模與距離應屬迴歸週期 475 年以下之地震。
	(2)本計畫最大可能地震係以車籠埔斷層為控
	制震源,其地震規模(ML)為 7.3,有關本計
	畫之危害度分析應可涵蓋本次地震之影響。
十一、水規所水源	課鍾正工程司寬茂
1. 潰堤分析指出對國道6號有影響, 請配合研	1.因湖水出流造成地表漫地流對該處國道六
議規劃適當之防措施。	號路堤趾部產生沖刷,宜考量採用混凝土護
	坡保護。
2. 潰堤淹水模擬結果指出最高約有 1.6m 深,	2.遵照指示辦理。因附近重要結構物為國道六
請以圖面指出最大深水地點並檢討其附	號,其餘大多為農田。另有草屯垃圾焚化爐
近,設施(含是否有民宅)之影響。	及議員民宅,淹水深度皆少於 10cm,危害
	度低。
十二、水規所水源課葉工程司時偉	
1.專題報告需將潰堤及人工湖淹水模擬分析	1.遵照指示辦理。
過程(資料輸入、分析方法、模擬分析結果)	
以附錄呈現。	
2.請於報告中描述人工湖潰堤對國道 6 號高	2.遵照辦理,詳報告P結-1。
速公路、人工湖下游民宅、北投新圳等之	
審查意見	辦理情形
-----------------------------	------------------------------
影響及因應對策。	
3.經 DAMBRK 分析人工湖 D 及 E 區潰堤後	3.遵照指示辦理,加入自初潰至淹水停止,每
之出流歷線,人工湖D及E區皆於初潰後	個時間點之淹水範圍圖,詳附錄。
0.1 小時發生尖峰流量,請顧問公司於達到	
尖峰流量前每隔 0.02 小時顯示人工湖潰堤	
後之淹水範圍圖,於於達到尖峰流量後每	
隔 0.2 小時顯示人工湖潰堤後之淹水範圍	
圖,直到淹水消退為止。	
4. 本專題報告有關人工湖潰堤分析,僅分析	4.因分析 D、E 區之理由在於,E 區有斷層通
人工湖D及E區,是否需要分析人工湖F	過,D區之溢堤水位與路堤水位相差最高,
區,請顧問公司說明。	故選用 D、E 區作為本專題分析區域。
5.人工湖 E 區潰堤數值模擬初步結果,顯示	5.遵照指示辦理,詳報告內容。E區及D區之
最大淹水深度約 2.94~3.23 公尺,經查人	洪水歷時各為 2.0hr 及 1.5hr, 即為初潰至洪
工湖 E 區下游地表高為 113.8 公尺, 若以	水消散之時間。
潰口底部高程 111 公尺估計,潰口底部至	
地表高約2.8公尺,與最大淹水深度差距不	
遠,故報告所描述最大淹水深度約 2.94~	
3.23 公尺,請斟酌說明最大淹水深度範圍	
於何處。並請補充說明模擬潰堤後淹水消	
退之時間。	
6.本人工湖開挖後對北側國道 6 號高速公路	6.人工湖邊坡與攔河堰之安定分析將於工程
及南側北勢湳駁坎之邊坡穩定分析,請顧	專題報告內進行探討。
問公司說明是否於本專題報告呈現。	
一、將11月5日於南投民間發生之地震納入	- 、
地震模擬分析,並加強蒐集計畫區斷層資	(一)已增列 1105 地震資料,分析結果應屬迴歸
料,以釐清隘寮斷層確切位置。	週期 475 年以下之地震。
	(二)已補充增列計畫區域地質構造,詳 P.2-14
	報告內容。
二、本人工湖區開挖後,請研析南側駁坎之	二、人工湖邊坡與攔河堰之安定分析將於工程
邊坡受地震之影響。	專題報告內進行探討。
三、水文水源分析及地震危害度分析等雨本	三、敬悉。
專題報告審查原則認可,請依各委員及單	
位代表意見參酌研處,並於兩週內將修正	
稿送至本所複核,另測量成果專題報告依	
本所相關程序辦理驗收。	

附錄四 E 區及 D 區各時間點淹沒範圍圖

第 0.1 小時淹沒範圍圖



第0.2小時淹沒範圍圖



第 0.3 小時淹沒範圍圖



第 0.4 小時淹沒範圍圖



第 0.5 小時淹沒範圍圖



第 0.6 小時淹沒範圍圖



第 0.7 小時淹沒範圍圖



第 0.8 小時淹沒範圍圖



第 0.9 小時淹沒範圍圖



第1.0小時淹沒範圍圖



第1.1 小時淹沒範圍圖



第1.2小時淹沒範圍圖



第1.3小時淹沒範圍圖



第1.4 小時淹沒範圍圖



第1.5小時淹沒範圍圖



第1.6小時淹沒範圍圖



第1.7小時淹沒範圍圖



第1.8小時淹沒範圍圖



第1.9小時淹沒範圍圖



第2.0小時淹沒範圍圖



第 0.04 小時淹沒範圍圖



第 0.08 小時淹沒範圍圖



第 0.12 小時淹沒範圍圖



第 0.16 小時淹沒範圍圖



第 0.20 小時淹沒範圍圖



第 0.24 小時淹沒範圍圖



第 0.28 小時淹沒範圍圖



第 0.32 小時淹沒範圍圖



第 0.36 小時淹沒範圍圖



第 0.40 小時淹沒範圍圖



第 0.44 小時淹沒範圍圖



第0.48小時淹沒範圍圖



第 0.52 小時淹沒範圍圖



第 0.56 小時淹沒範圍圖



第 0.60 小時淹沒範圍圖



第 0.64 小時淹沒範圍圖



第 0.68 小時淹沒範圍圖



第0.72小時淹沒範圍圖



第 0.76 小時淹沒範圍圖



第 0.80 小時淹沒範圍圖



第 0.84 小時淹沒範圍圖



第 0.88 小時淹沒範圍圖



第 0.92 小時淹沒範圍圖



第 0.96 小時淹沒範圍圖



第1.00 小時淹沒範圍圖



第1.04 小時淹沒範圍圖



第1.08 小時淹沒範圍圖



第1.12 小時淹沒範圍圖



第1.16 小時淹沒範圍圖



第1.20 小時淹沒範圍圖



第1.24 小時淹沒範圍圖



第1.28 小時淹沒範圍圖



第1.32 小時淹沒範圍圖



第1.36 小時淹沒範圍圖



第1.40 小時淹沒範圍圖



第1.44 小時淹沒範圍圖



第1.48 小時淹沒範圍圖



附錄五 DAMBRK 參數及分析過程

潰壩參數

(1) 潰決起始時間(breach initiation time): E 區=0.1hr, D 區=0.1hr

為一段時間,開始於第一次可觀察到水流越過或穿過壩體,可能為開始發佈 警告、疏散、或高度警戒之時間;結束於潰決形成階段。

(2) 潰口寬度(4倍壩高): E區=20m=65.61ft, D區=25.44m=83.45ft

潰決過程中,潰口頂部之寬度。

(3) 潰口形式: E 區=梯形, D 區=梯形

溃决過程中,潰口之形狀。

(4) 潰決演算: E 區=1.5hr, D 區=2.0hr

潰壩自潰決形成時間開始內至潰壩演算終了期間內,依其潰決理論,描述自 壩體流出之流量所進行之演算。

- (5)水庫長度: E 區=480m=0.30mile, D 區=420m=0.26mile
- (6) 满水位: E 區=EL.114m=EL.373.97ft, D 區=EL.120m=393.65ft
- (7) 潰口斜率: E 區=0.25, D 區=0.25
- (8) 潰口底部高程: E 區=EL.111m=EL.364.12ft, D 區=EL.115.64m=379.35ft
- (9)始潰水位: E 區=EL.114m=EL.373.97ft, D 區=EL.120m=393.65ft
- (10) 壩頂高程: E 區=EL.116m=EL.380.53ft, D 區=122m=400.21ft

(11)出流量之洪峰流量: E 區=185.14cms, D 區=345.81cms

DAMBRK 輸入檔(僅推求出流歷線)

E 區

section-E DAM

PARTICIPANT FOR WORKSHOP PROBLEM 1 0 3 0 9 3973.92 1865.81 1499.75 1155.76 833.74 533.79 255.91 0.00 373.97 366.88 359.86 352.84 345.82 338.80 331.78 324.76 0.30 373.97 0.25 364.12 65.61 0.1 364.12 1.0 373.97 380.53 0.00 0.0 0.0001 0.0 0. 0. 0. 4.0 0.5 0.00 706.29 191.17 38.81 7.00 1.18 0.19 0.03 0.00 0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0

DAMBRK 輸入檔(僅推求出流歷線)

D 區

section-D DAM

PARTICIPANT FOR WORKSHOP PROBLEM 1 0 0 3 9 3991.96 3355.15 2734.42 2138.29 1566.77 1019.85 497.62 0.00 386.23 378.72 371.21 363.70 356.19 348.67 341.16 393.65 0.26 393.65 0.25 379.35 83.45 0.1 379.35 1.0 393.65 400.21 0.00 0.0 0.0001 0.0 0. 0. 0. 4.0 0.5 0.00 7.00 706.29 191.17 38.81 1.18 0.19 0.03 0.00 0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0

附錄六 FLO-2D 參數及分析過程
E區輸入介面

1.本次輸入模式

FLO-2D 為視窗化模式,以下輸入模式以文字檔方式呈現(*.DAT),如下所示 (1)控制資料(CONT.DAT)

2.000 0.020 2 1 0 GUI version 2004.6.1

- 00110
- 00000
- 000
- 0.000 0.00 0.00 0.0 0.200
- 00
- 1 0.10
- 0.100 0

(2)運算控制資料(TOLER.DAT)

3	0.03	0.2	0.02	0.1	1.0
0.1	;	30			

(3)入流資料(INFLOW.DAT)

1	0	94543
F	0	94543
Н	0.0	0.0
Н	0.02	36.68
Н	0.04	98.35
Н	0.06	148.33
Н	0.08	176.77
Н	0.1	185.14
Н	0.12	178.71
Н	0.14	163.05

Н	0.16	142.75
Н	0.18	121.11
Н	0.2	100.22
Н	0.22	81.29
Н	0.24	64.85
Н	0.26	51.02
Н	0.28	39.66
Н	0.3	30.52
Н	0.32	23.28
Н	0.34	17.61
Н	0.36	13.24
Н	0.38	9.89
Н	0.4	7.34
Н	0.42	5.43
Н	0.44	3.99
Н	0.46	2.92
Н	0.48	2.13
Н	0.5	1.55
Н	0.52	1.13
Н	0.54	0.81
Н	0.56	0.59
Н	0.58	0.42
Н	0.6	0.3
Н	0.62	0.22
Н	0.64	0.15
Н	0.66	0.11
Н	0.68	0.08
Н	0.7	0.06
Н	0.72	0.04 附 6-3

Н	0.74	0.03
н	0.76	0.02
н	0.78	0.01
Н	0.8	0.01
Н	0.82	0.01
Н	0.84	0.0
Н	0.86	0.0
Н	0.88	0.0
Н	0.9	0.0
Н	0.92	0.0
Н	0.94	0.0
Н	0.96	0.0
Н	0.98	0.0
Н	1.0	0.0
Н	1.02	0.0
Н	1.04	0.0
Н	1.06	0.0
Н	1.08	0.0
Н	1.1	0.0
Н	1.12	0.0
Н	1.14	0.0
Н	1.16	0.0
Н	1.18	0.0
Н	1.2	0.0
Н	1.22	0.0
Н	1.24	0.0
н	1.26	0.0
н	1.28	0.0
н	1.3	0.0

Н	1.32	0.0
Н	1.34	0.0
Н	1.36	0.0
Н	1.38	0.0
Н	1.4	0.0
Н	1.42	0.0
Н	1.44	0.0
Н	1.46	0.0
Н	1.48	0.0
Н	1.5	0.0
Н	1.52	0.0
Н	1.54	0.0
Н	1.56	0.0
Н	1.58	0.0
Н	1.6	0.0
Н	1.62	0.0
Н	1.64	0.0
Н	1.66	0.0
Н	1.68	0.0
Н	1.7	0.0
Н	1.72	0.0
Н	1.74	0.0
Н	1.76	0.0
Н	1.78	0.0
Н	1.8	0.0
Н	1.82	0.0
Н	1.84	0.0
Н	1.86	0.0
Н	1.88	0.0

Н	1.9	0.0
Н	1.92	0.0
Н	1.94	0.0
Н	1.96	0.0
Н	1.98	0.0
Н	2.0	0.0

```
(4)出流資料(OUTFLOW.DAT)
```

44												
168	2	168	3	168	4	1685	1686	1687	1688	1689	1690	1691
169	2	169	3	169	4	1695	1696	1697	1698	1699	1700	1701
170	2	170	3	170	4	1705	1706	1707	1708	1709	1710	1711
171	2	171	3	171	4	1715	1716	1717	1718	1719	1720	1721
172	2	172	3	172	4	1725						
0												
0												
0												
0												
(5)建	築	物或:	結構	事物]	資料	∔(ARF.I	DAT)					
100	.1	0	0	0	0							
172	.1	0	0	0	0							
174	.1	0	0	0	0							
273	.1	0	0	0	0							
275	.1	0	0	0	0							
406	.1	0	0	0	0							
408	.1	0	0	0	0							
538	.1	0	0	0	0							
540	.1	0	0	0	0							
672	.1	0	0	0	0							

674	.1	0	0		0	0	
803	.1	0	0		0	0	
805	.1	0	0		0	0	
936	.1	0	0		0	0	
938	.1	0	0		0	0	
1067	.1	0		0	0	C)
1069	.1	0		0	0	C)
1201	.1	0		0	0	C)
1203	.1	0		0	0	C)
1333	.1	0		0	0	C)
1335	.1	0		0	0	C)
1467	.1	0		0	0	C)
1598	.1	0		0	0	C)
1600	.1	0		0	0	C)
1729	.1	0		0	0	C)
1731	.1	0		0	0	C)
25205	5.7	1	0	0	()	0
25207	7.	1	0	0	()	0
25574	<u>،</u> ا	1	0	0	()	0
25576	6 . ⁻	1	0	0	()	0
25578	3.	1	0	0	()	0
25580) .*	1	0	0	()	0
25945	5.7	1	0	0	()	0
25947	7.	1	0	0	()	0
25949).	1	0	0	()	0
25951		1	0	0	()	0
25953	3.1	1	0	0	()	0
25955	5.7	1	0	0	()	0
26319).	1	0	0	()	0

26321	.1	0	0	0	0
26323	.1	0	0	0	0
26325	.1	0	0	0	0
26327	.1	0	0	0	0
26329	.1	0	0	0	0
26695	.1	0	0	0	0
26697	.1	0	0	0	0
26699	.1	0	0	0	0
26701	.1	0	0	0	0
26703	.1	0	0	0	0
26705	.1	0	0	0	0
27070	.1	0	0	0	0
27072	.1	0	0	0	0
27074	.1	0	0	0	0
27076	.1	0	0	0	0
27078	.1	0	0	0	0
27080	.1	0	0	0	0
27446	.1	0	0	0	0
27448	.1	0	0	0	0
27450	.1	0	0	0	0
27452	.1	0	0	0	0
27454	.1	0	0	0	0
27820	.1	0	0	0	0
27822	.1	0	0	0	0
27824	.1	0	0	0	0

(6)堤防資料(LEVEE.DAT)

國道六號及北勢湳堤防視為地上堤防結構物

(7)以 FLO-2D 程式內建之 GDS 套疊各輸入檔



D區輸入介面

1.本次輸入模式

FLO-2D 為視窗化模式,以下輸入模式以文字檔方式呈現(*.DAT),如下所示 (1)控制資料(CONT.DAT)

- 1.500 0.020 2 1 0 GUI version 2004.6.1
- 00110
- 00000
- 000
- 0.000 0.00 0.00 0.0 0.200
- 00
- 1 0.04
- 0.100 0

(2)運算控制資料(TOLER.DAT)

3	0.03	0.2	0.02	0.1	1.0
0.1		30			

(3)入流資料(INFLOW.DAT)

1	0	107605
F	0	107605
Н	0.0	0.0
Н	0.02	68.51
Н	0.04	183.7
Н	0.06	277.06
Н	0.08	330.16
Н	0.1	345.81
Н	0.12	333.79
		附 6-10

Н	0.14	304.55
Н	0.16	266.64
Н	0.18	226.21
Н	0.2	187.2
Н	0.22	151.83
Н	0.24	121.12
Н	0.26	95.29
Н	0.28	74.08
Н	0.3	57.0
Н	0.32	43.47
Н	0.34	32.9
Н	0.36	24.72
Н	0.38	18.47
Н	0.4	13.71
Н	0.42	10.14
Н	0.44	7.46
Н	0.46	5.46
Н	0.48	3.99
Н	0.5	2.9
Н	0.52	2.1
Н	0.54	1.52
Н	0.56	1.1
Н	0.58	0.79
Н	0.6	0.57
Н	0.62	0.4
Н	0.64	0.29
Н	0.66	0.21
Н	0.68	0.15
Н	0.7	0.1

0.72	0.07
0.74	0.05
0.76	0.04
0.78	0.03
0.8	0.02
0.82	0.01
0.84	0.01
0.86	0.01
0.88	0.0
0.9	0.0
0.92	0.0
0.94	0.0
0.96	0.0
0.98	0.0
1.0	0.0
1.02	0.0
1.04	0.0
1.06	0.0
1.08	0.0
1.1	0.0
1.12	0.0
1.14	0.0
1.16	0.0
1.18	0.0
1.2	0.0
1.22	0.0
1.24	0.0
1.26	0.0
1.28	0.0
	0.72 0.74 0.76 0.78 0.8 0.82 0.84 0.86 0.88 0.9 0.92 0.94 0.96 0.98 1.0 1.02 1.04 1.02 1.04 1.02 1.04 1.02 1.04 1.03 1.1 1.12 1.14 1.12 1.14 1.12 1.14 1.12 1.14 1.12 1.12 1.12 1.12 1.22 1.24 1.28

Н	1.3	0.0
Н	1.32	0.0
Н	1.34	0.0
Н	1.36	0.0
Н	1.38	0.0
Н	1.4	0.0
Н	1.42	0.0
Н	1.44	0.0
Н	1.46	0.0
Н	1.48	0.0
Н	1.5	0.0

(4)出流資料(OUTFLOW.DAT)

97

97413 97663 97913 98163 98413 98663 98912 99161 99410 99659 99907 100155 100403 100651 100900 101149 101398 101648 101898 102148 102398 102648 102898 103149 103400 103651 103902 104153 104404 104656 104908 105160 105413 105665 105917 106170 106423 106676 106930 107183 107437 107691 107945 108200 108455 108710 108965 109220 109475 109731 109987 110243 110499 110755 111011 111268 111525 111781 112036 112291 112545 112799 113053 113306 113558 113810 114061 114312 114563 114813 115062 115311 115559 115807 116055 116302 116548 116794 117039 117284 117529 117773 118016 118259 118501 118743 118985 119226 119466 119706 119945 120184 120423 120661 120898 121135 121371

0

- 0
- U
- 0
- 0

(5)建築物或結構物資料(ARF.DAT)

100	.1	0	0	0	0	
172	.1	0	0	0	0	
174	.1	0	0	0	0	
273	.1	0	0	0	0	
275	.1	0	0	0	0	
406	.1	0	0	0	0	
408	.1	0	0	0	0	
538	.1	0	0	0	0	
540	.1	0	0	0	0	
672	.1	0	0	0	0	
674	.1	0	0	0	0	
803	.1	0	0	0	0	
805	.1	0	0	0	0	
936	.1	0	0	0	0	
938	.1	0	0	0	0	
1067	.1	0	()	0	0
1069	.1	0	()	0	0
1201	.1	0	()	0	0
1203	.1	0	()	0	0
1333	.1	0	()	0	0
1335	.1	0	()	0	0
1467	.1	0	()	0	0
1598	.1	0	()	0	0
1600	.1	0	()	0	0
1729	.1	0	()	0	0
1731	.1	0	()	0	0
25205	5.	1	0	0	0	0
25207	7.	1	0	0	0	0

25574	.1	0	0	0	0
25576	.1	0	0	0	0
25578	.1	0	0	0	0
25580	.1	0	0	0	0
25945	.1	0	0	0	0
25947	.1	0	0	0	0
25949	.1	0	0	0	0
25951	.1	0	0	0	0
25953	.1	0	0	0	0
25955	.1	0	0	0	0
26319	.1	0	0	0	0
26321	.1	0	0	0	0
26323	.1	0	0	0	0
26325	.1	0	0	0	0
26327	.1	0	0	0	0
26329	.1	0	0	0	0
26695	.1	0	0	0	0
26697	.1	0	0	0	0
26699	.1	0	0	0	0
26701	.1	0	0	0	0
26703	.1	0	0	0	0
26705	.1	0	0	0	0
27070	.1	0	0	0	0
27072	.1	0	0	0	0
27074	.1	0	0	0	0
27076	.1	0	0	0	0
27078	.1	0	0	0	0
27080	.1	0	0	0	0
27446	.1	0	0	0	0

27448	.1	0	0	0	0
27450	.1	0	0	0	0
27452	.1	0	0	0	0
27454	.1	0	0	0	0
27820	.1	0	0	0	0
27822	.1	0	0	0	0
27824	.1	0	0	0	0

(6)堤防資料(LEVEE.DAT)

國道六號及北勢湳堤防視為地上堤防結構物

(7)以 FLO-2D 程式內建之 GDS 套疊各輸入檔



附錄七 水利建造物採用之地震係數

水利建造物採用之地震係數

仿靜態法中採用之地震力為一靜外力,其大小與結構重量成正比;而 其比例常數稱為地震係數 (Seismic coefficient)。地震係數與理論無關,僅 從經驗而來(岡本舜三,1973)。原蓄水庫安全評估規範草案(1998)規定,地 表地震係數應以尖峰地表加速度值直接折減,其折減比例不得小於1/2。

921 地震後,依規範草案重新檢討大壩設計地震參數時,均普遍面臨 仿靜態地震係數大幅調升之現象,往往造成大壩及附屬結構物耐震分析無 法達到安全要求的窘境。但台灣中部地區幾座重要水庫如:德基、霧社、 士林、馬鞍、石岡、集集、明湖、明潭等位於921 地震震度6級以上(250gal) 區域內的水庫,921 地震中均無嚴重之損壞。前述分析結果與實際現況之 矛盾現象,印證原規範草案中地震係數計算方法之合理性與適當性有待檢 討。

國內壩工設計採用之地震係數實源於日本(稱為設計震度),日本於 1980年以前興建之近百座水壩,除少數拱壩外,其設計採用之地表地震係 數最大亦僅 0.15,1995年兵庫縣南部地震(阪神大地震,Mw=6.9)發生時, 震央附近之水庫亦無嚴重之損壞,印證所採用之地震係數具有合理性。台 灣中部地區幾座重要水庫如:德基、霧社、士林、馬鞍、石岡、集集、明 湖、明潭等之地表地震係數均採用 0.12~0.15,這些位於 921 地震震央附近 的水庫,歷經大地震之考驗,除石岡壩因斷層支線直接穿越外,均無嚴重 之損壞,亦印證以往採用之地震係數的合理性。

兵庫縣南部地震發生後,日本建設省河川局之「河川管理設施等構造 令」及其「施行規則」中有關設計震度(地震係數)之規定並未修訂,強震 帶地域最低設計震度仍維持為 0.12。而經濟部水資源局(水利署前身)之「水 庫地震資料調查分析研究及混凝土壩耐震設計檢討」(2001)報告中亦建 議:「地表設計地震係數採用 0.15 應為現階段仍可以接受之(下限)值」。

經濟部水利署於97年5月5日公佈實施最新「水利建造物檢查 及安全評估技術規範-蓄水引水篇」,本計畫將依此規範訂定之地震 係數對蓄水構造物辦理評估。

地震係數原則上應由尖峰	地表加速度值折减求得,其步驟如下	:
(1)地表地震係數應以尖峰地	表加速度值直接折減,其折減比例不行	得小於 1/2 。
(2) 壩體地震係數為地表地震	係數之放大,其放大比例與壩型有關	,由下表決定。
-		
壩	型 放大比例	
重力	壩 1.0	
堆石	壩 1.2	
土	壩 1.4	
	壩 2.0	

7.2.1.6地震係數之計算

(3)對較大蓄水庫或災害潛勢較高蓄水庫得另採其他方法,並決定採用值;惟應於報告中述明理由。

【解說】

結構仿靜態耐震分析為一傳統之分析方法。相較於動態分析法,仿靜態 較為簡便;然其所用之地震係數多出於經驗,與實測地震力甚少關聯。本 節依據一般工程設計之慣例訂定地表地震係數之決定方法;對於不同壩型 之壩體地震係數則引用日本建設省河川局(1977)之相關建議予以規定。本 節所規定之方法適用於水平向與垂直向地震係數之計算。

7.3.7 地震係數之求算

地震係數之求算步驟如下:

(1)水平向地震係數應以下表水平向設計尖峰地表加速度值對應之水平向地 震係數求算。

水平向設計尖峰地表加速度值	水平向地震係數
<0.12 g	0.10
0.12~0.18 g	0.10~0.12
0.18~0.50 g	0.12~0.16
0.50~0.80 g	0.16~0.24
>0.80 g	0.24

(2)垂直向地震係數應以水平向向地震係數直接折減,其折減比例不得小於 1/2。

(3)對於大型水利建造物或災害潛勢較高水利建造物得另採其他方法,並決 定採用值;惟應於報告中述明理由。

【解說】

結構仿靜態耐震分析為一傳統之分析方法。相較於動態分析法,仿靜態 較為簡便,然其所用之地震係數多出於經驗。本條文參考日本兵庫縣南部 地震後之公路土工(earthwork)準則訂定地震係數方式,由不同之水平向設 計尖峰地表加速度值區間對應之地震係數區間求算,地震係數最後採用值 可由對應之各區間內插得到。