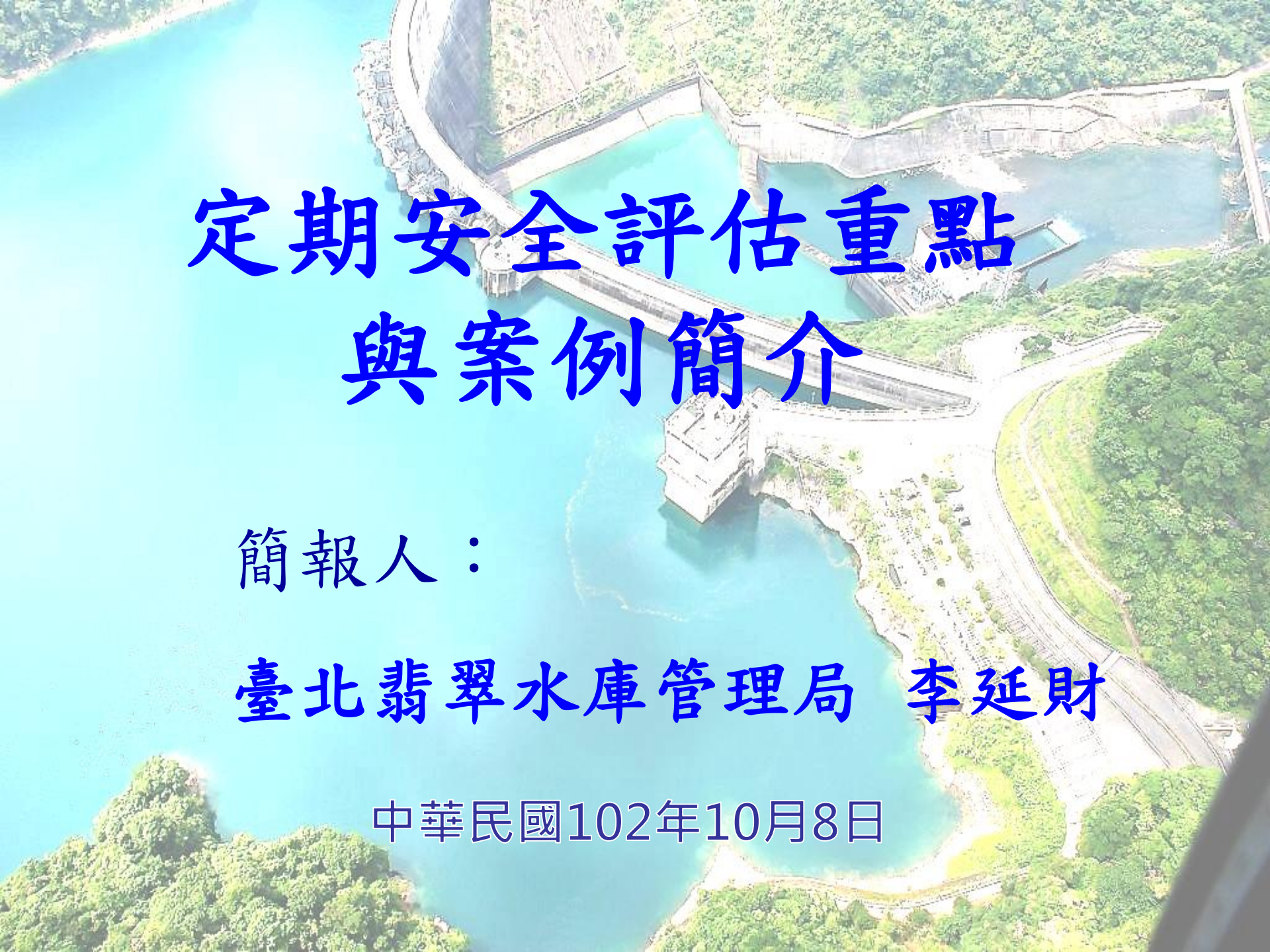


定期安全評估重點與案例簡介

簡報人：

臺北翡翠水庫管理局　李延財

中華民國102年10月8日

簡報大綱

- 法規規定與程序
- 翡翠水庫簡介
- 定期安全評估複核與評估項目
- 現地檢查項目

法規規定與程序

●水利法第49條

興辦水利事業人經辦之防水、引水、蓄水、洩水之水利建造物及其附屬建造物，應維護管理、歲修養護、定期整理或改造，並應定期及不定期辦理檢查及安全評估。

●水力建造物檢查及安全評估辦法第17條

定期評估之一定周期為五年，但得依第二十六條規定調整之。

法規規定與程序

●水利建造物安全評估範圍(水利建造物檢查及安全評估辦法第16條)：

一、水文及水理檢討。

二、地質及地震檢討。

三、主體結構及其基礎。

四、排洪設施及其基礎。

五、取、出水設施及其基礎。

六、操作運轉與警報系統。

七、建造物或蓄水範圍周邊。

八、引水、輸水及沉砂等其他重要設施。

九、其他重大事故影響之檢討。

法規規定與程序

- **水利建造物安全評估報告內容（水利建造物檢查及安全評估辦法第18條）：**

一、結論及建議。

二、興辦及評估工作辦理經過。

三、建造物設施概況。

四、安全資料之整理及補充。

五、現場檢查與評估。

六、水文分析與排洪安全評估。

七、地質與地震檢討評估。

法規規定與程序

- **水利建造物安全評估報告內容**（水利建造物檢查及安全評估辦法第18條）：

八、安全監測資料分析與主體結構安全評估。

九、操作運轉與警報系統評估。

十、建造物或蓄水範圍周邊穩定評估。

十一、建議改善工作內容。

十二、潰壩（決）演算及災損評估。

十三、潰壩（決）緊急應變計畫。

十四、其他重要設施安全評估。

法規規定與程序

●執行（水利建造物檢查及安全評估辦法）

◎規定水利建造物檢查結果及重大事件之通報程序，且興辦人應即適當處置，主管機關得辦理複查。(第20條)

◎安全評估計畫書應先報核(第21條)

◎定期評估及特別評估報告須報主管機關審核(第24條)

◎檢查及評估後發現發現缺失時之處置(第25條)

◎對檢查之複查意見或安全評估報告審核意見應定期彙報主管機關等(第27條)

法規規定與程序

- 蓄水建造物安全評估安全資料複核與評估之項目（水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇 ）

(1)氣象、水文及洪水演算資料
(2)地質
(3)地震
(4)蓄水範圍及集水區概況
(5)結構物水理
(6)壩或堰
(7)附屬結構物
(8)壩基座及水庫周邊邊坡

法規規定與程序

- 蓄水建造物安全評估安全資料複核與評估之項目（水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇 ）

(9)水工機械及機電設備
(10)施工與品質檢驗紀錄
(11)監測系統及觀測資料
(12)水庫淤積
(13)水庫操作運轉系統與運轉紀錄
(14)洩洪警報系統與警報紀錄
(15)營運管理與維護改善紀錄及相關圖說
(16)潰壩演算及潰壩緊急應變計畫

翡翠水庫

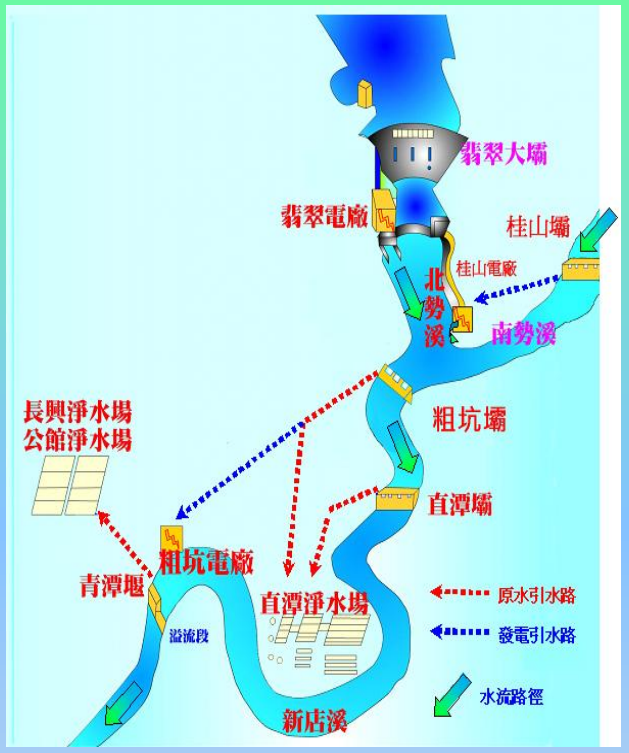
簡　介

翡翠水庫基本資料

- 第一座由國人自行設計、施工之水庫，總建造經費114億餘元，76年6月正式開始營運。
- 位處新店溪主要支流北勢溪上，集水區面積達303平方公里，庫容4億600萬立方公尺，為大臺北都會區主要水源地。
- 距台北市約30公里，為一122.5m高之雙向彎曲變厚度混凝土拱壩。

翡翠水庫基本資料

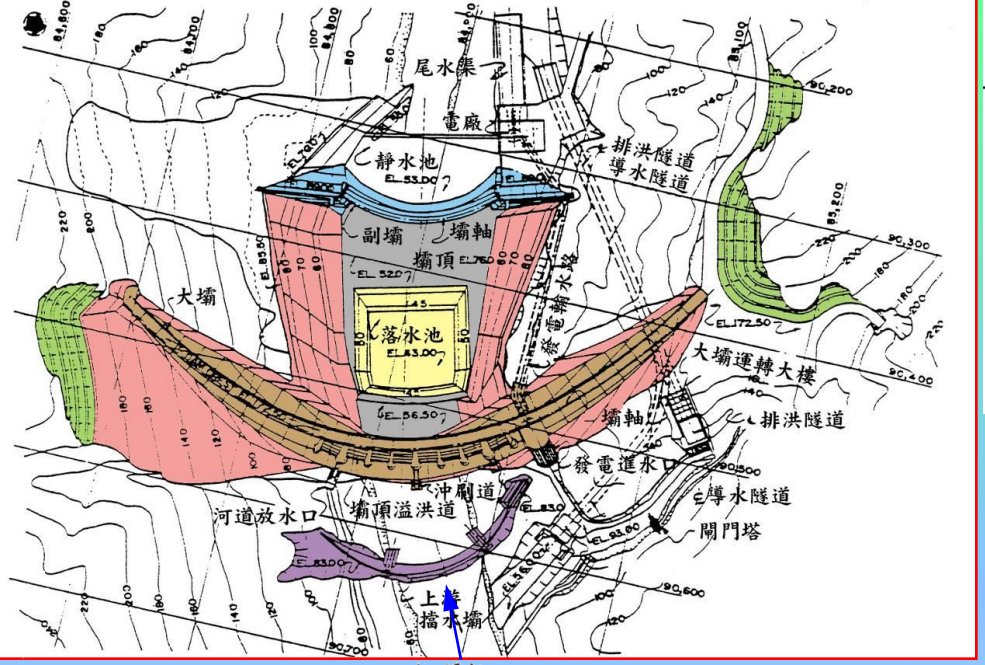
- 未來板新二期完成後，服務人口將由現有500萬人增加至650萬人以上。
- 設有7萬瓩電廠附帶發電，平均年發電量約2.2億度，年減碳量達12.4萬公噸。

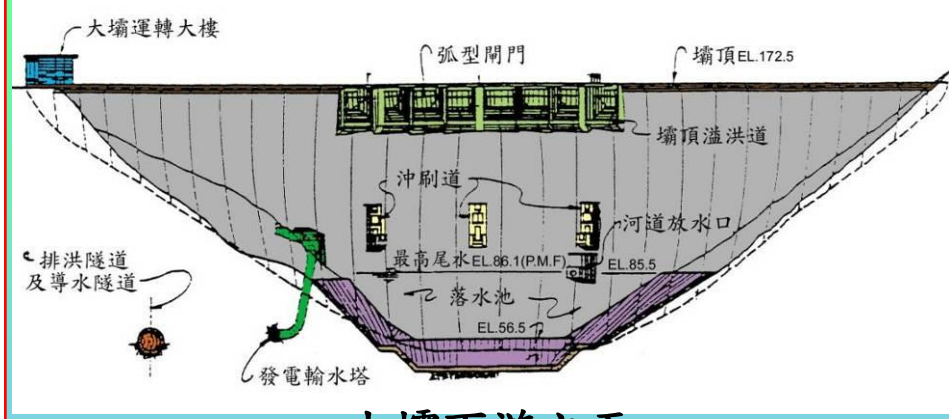


翡翠水庫原水供應示意圖

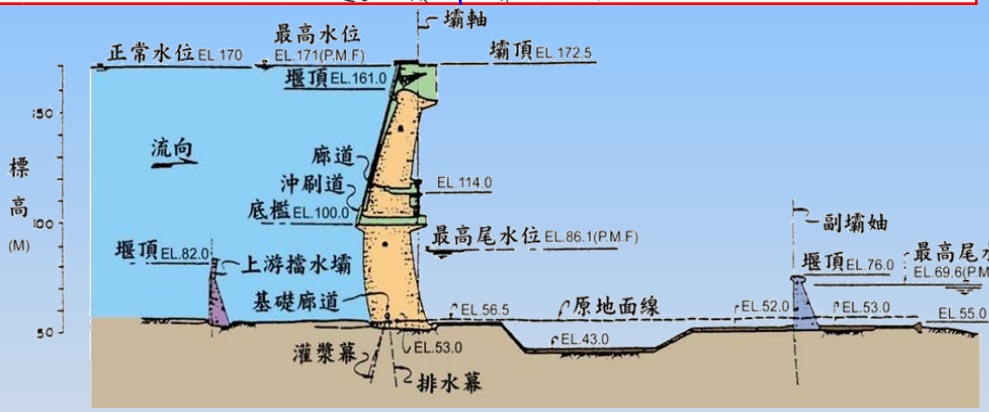
大壩全景

翡翠水庫

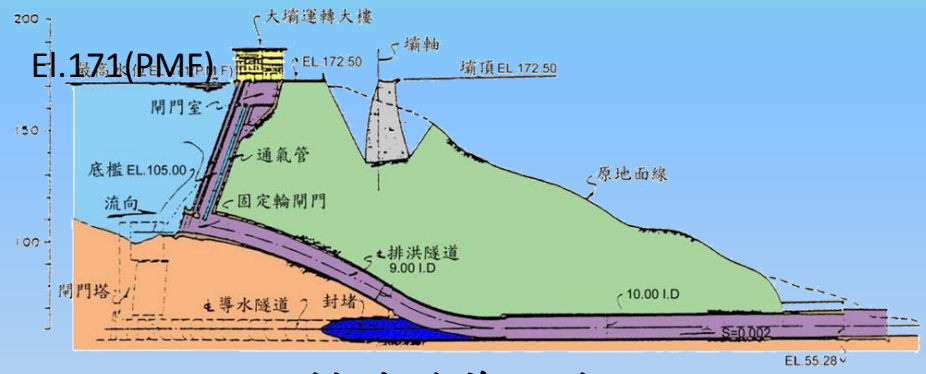




大壩下游立面



大壩、副壩及落水池立面



排洪隧道縱剖面

發電輸水路縱剖面

集水面積：303km^2
最高常水位：EL.170M
最大可能洪水位(PMF10,500CMS):EL.171M
水庫總容量：406,000,000立方公尺

翡翠水庫

翡翠水庫整體安全評估歷次辦理時程

76年翡翠水庫完工

79.06「蓄水庫安全評估要點」

83年第一次「翡翠水庫整體安全檢查與評估」

88.06.30「蓄水庫安全檢查與評估辦法」

89年第二次「翡翠水庫整體安全檢查與評估」

92.12.03「水利建造物檢查及安全評估辦法」

95年第三次「翡翠水庫整體安全檢查與評估」

101年第四次「翡翠水庫整體安全檢查與評估」

翡翠水庫整體安全評估主要工作

- 設計洪水
- 壩基座及水庫周邊邊坡
- 營運管理與維護
- 設計地震
- 蓄水範圍及集水區概況
- 補充調查與試驗
- 地質
- 水工機械及機電設備
- 大壩
- 監測系統及觀測資料
- 附屬結構物
- 水庫操作系統與運轉
- 歷次安評複核
- 水理
- 洩洪警報系統與警報
- 水庫排洪
- 洩洪警報系統與警報
- 水庫淤積
- 潰壩演算及緊急應變計畫

水文與水理

檢　　討

複核與評估項目

●氣象、水文及洪水演算資料之複核與評估項目
（水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇 ）

(1)水文資料之校正、補遺及延伸之正確性、完整性及合宜性。
(2)蓄水建造物設計洪水
(3)頻率基準洪水
(4)水庫各排洪設施、取出水設施(含越域引水)等之流量率定曲線
(5)水庫運用要點
(6)水庫水門操作規定
(7)水庫洪水演算計算書
(8)水庫出水高計算書
(9)歷次安全評估有關之重要結論與建議改善事項

設計洪水

氣象水文

單位：mm

項目 / 民國(年)	年雨量	年最大日雨量 發生的	年最大日雨量 雨量	年最大日雨量 發生日	年最大日雨量 雨量	年最大日雨量 原因
76	3,719.0	10 月下旬	768.0	10 月 24 日	372.0	琳恩颱風
77	4,103.0	9 月下旬	574.0	10 月 1 日	213.1	尼爾森颱風
78	3,542.9	7 月下旬	408.3	7 月 28 日	200.6	暴雨
79	4,407.3	9 月上旬	593.3	8 月 30 日	257.3	亞伯颱風
80	3,016.4	9 月下旬	401.5	10 月 28 日	126.2	露絲颱風
81	3,705.5	8 月下旬	543.6	9 月 22 日	170.0	泰德颱風
82	2,440.6	6 月上旬	177.3	11 月 2 日	68.3	暴雨
83	3,535.2	8 月上旬	244.6	10 月 10 日	193.4	席斯颱風
84	2,517.6	11 月上旬	184.7	11 月 5 日	112.5	暴雨
85	4,018.2	7 月下旬	674.3	7 月 31 日	401.9	賀伯颱風
86	3,229.6	8 月中旬	431.2	8 月 29 日	347.0	安珀颱風
87	5,736.6	10 月中旬	688.3	10 月 16 日	309.6	瑞伯颱風
88	2,887.5	12 月中旬	289.6	10 月 16 日	118.4	暴雨
89	5,199.7	11 月上旬	670.9	11 月 1 日	313.8	象神颱風
90	5,134.3	9 月中旬	1,016.7	9 月 16 日	468.8	納莉颱風
91	2,512.0	7 月上旬	543.4	7 月 9 日	170.3	娜克莉颱風
92	2,433.8	6 月中旬	315.4	9 月 10 日	164.8	暴雨
93	4,475.2	7 月下旬	579.8	8 月 24 日	361.4	艾利颱風
94	4,472.6	7 月中旬	491.3	7 月 18 日	276.3	海棠颱風
95	3,739.7	9 月上旬	360.5	9 月 10 日	153.2	暴雨
96	4,774.1	10 月上旬	572.0	10 月 6 日	405.2	柯羅莎颱風
97	4,214.5	9 月中旬	786.3	9 月 14 日	**314.1**	**辛樂克颱風**
98	3,452.6	8 月上旬	372.9	10 月 23 日	192.1	暴雨
99	3,518.3	10 月下旬	595.2	10 月 21 日	297.3	梅姬颱風
100	4,172.0	10 月上旬	452.9	10 月 3 日	178.4	暴雨
平均	3,798.3	-	-	-	-	-

- 集水區年平均雨量約**3798.3**公厘，豐水期大都集中於**8~11月**，屬颱風及**東北季風**盛行帶來之豪雨。

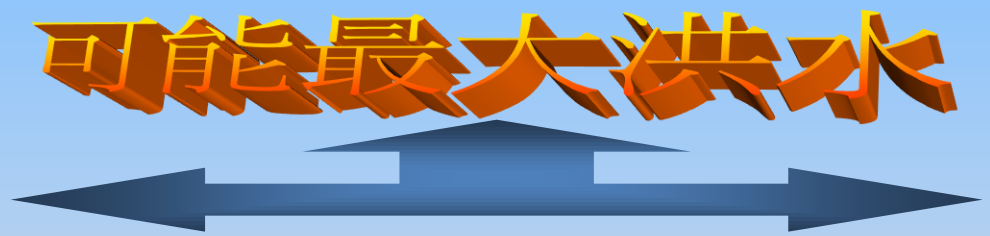
- 年最大一日、二日及三日最大日雨量(最大前三名)

單位:公厘

	納莉(90年)	辛樂克(97年)	瑞伯(87年)
年最大1日	468.8	314.1	309.6
年最大2日	819.4	597.8	599.8
年最大3日	972.5	708.0	644.2

設計洪水

- 翡翠水庫之原設計洪水採用可能最大洪水10,500秒立方公尺設計。
- 民國83年(第一次)、89年(第二次)及95年(第三次)安全評估複核結果尚未超過以往所推估者。

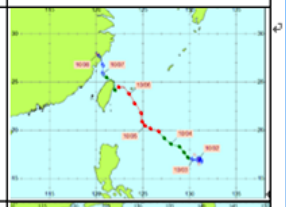
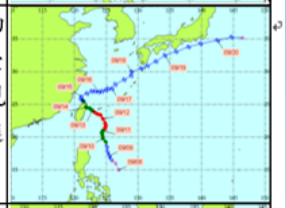
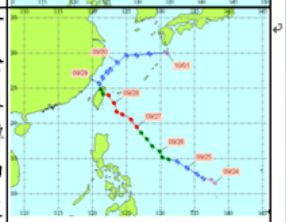


可能最大降雨(PMP)

颱風模式法

- 新增颱風之檢核

距上次安評期間發生對翡翠水庫影響較大之颱風(以尖峰流量超過3,000秒立方公尺判斷)

民國(年)	颱風名稱	移動速度(KTS)	最大風速(m/sec)	七級風暴風半徑(km)	總降雨量(mm)	行進路徑	颱風路徑圖
96	柯羅莎	15.0	51	300	503.4	往台灣西北方向移動	
97	辛樂克	7.0	51	250	755.6	生成後向北北西方向移動，進入臺灣東部呈滯留現象，轉向東北前進遠離臺灣	
97	薔蜜	21	53	280	459.6	生成後向西北方向移動，於宜蘭登陸，減弱為中颱並向南偏移呈打轉現象，再朝北北西移動，減弱為輕度颱風並轉向北北東移動遠離臺灣。	

(1) 最大暴風半徑及風速

原設計：最大暴風半徑及風速為420浬及190浬/時。

檢核：(未超過原設計)

時間	颱風	暴風半徑(浬)	中心最大風速(浬/時)
96.10	柯羅莎	162	99.22
97.9	辛樂克	135	99.22
97.9	薔蜜	151	103.11

(2) 颱風中心移速

原設計：5浬／時。

檢核：(未超過原設計)

時間	颱風	中心移動速度(浬／時)
96.10	柯羅莎	15
97.9	辛樂克	7
97.9	薔蜜	21

98年莫拉克颱風對翡翠水庫影響不大

(總雨量:343.7mm 最高水位:el.158.88m 尖峰入流量:783.72cms)

颱風模式法

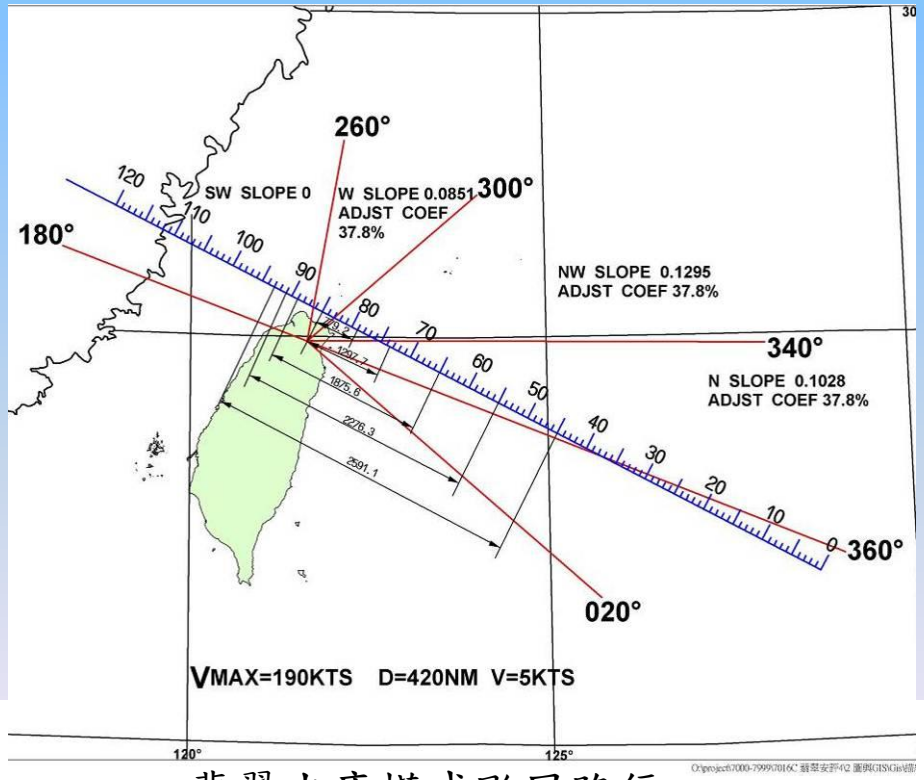
(3) 最大水汽含量

原設計：2.5gm/cm²

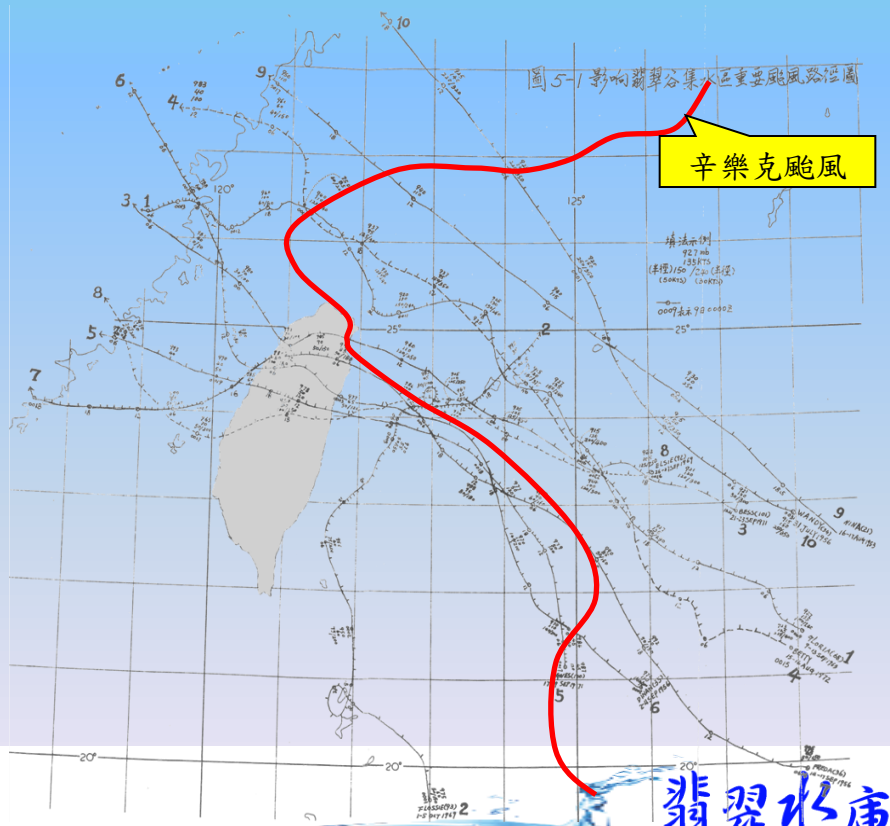
檢核：(未超過原設計)

颱風名稱	侵台日期	最大水汽含量 (gm/cm²)	平均水汽含量 (gm/cm²)	翡翠水庫集水區總雨量 (mm)
柯羅莎	96.10.4~10.7	2.00	1.81	503.4
辛樂克	97.9.12~17	2.40	1.88	755.6
薔蜜	97.9.26~29	2.19	1.83	459.6
莫拉克	98.8.6~13	2.40	2.26	343.7

(4). 使集水區產生最大暴雨之颱風路徑



翡翠水庫模式颱風路徑



翡翠水庫

颱風模式法

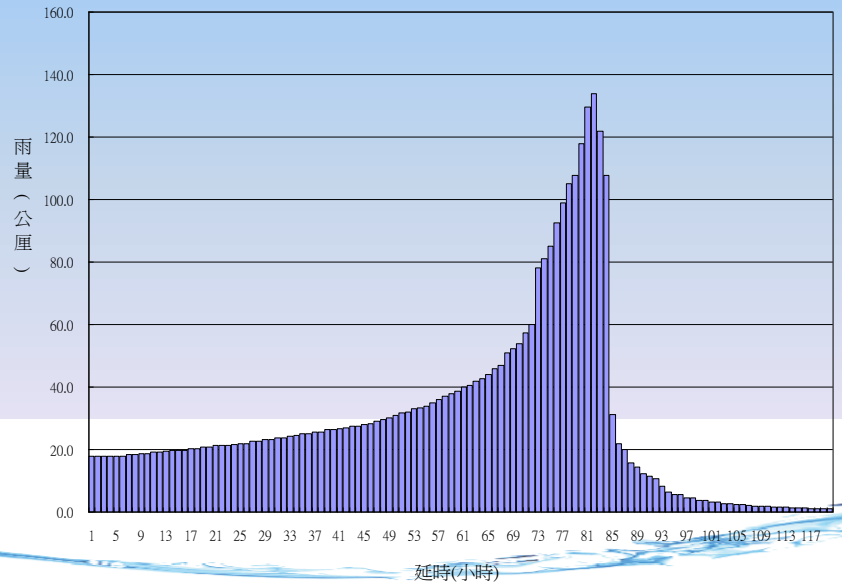
(5). 可能最大降雨估計

本階段增加民國96年10月柯羅莎颱風、民國97年9月辛樂克颱風及薔蜜颱風之資料，因此三場颱風是近年來造成翡翠水庫集水區有較大降雨及洪水之颱風，經上述檢核均未超過模式設計颱風，顯示原設計較為保守，故於現階段並未改變。

以颱風模式法計算翡翠水庫可能最大累積降雨量之比較

單位：毫米

延　時 (小時)	6	12	24	36	48	60	72	120
原　設　計	779	1,298	1,876	2,276	2,591	2,921	3,145	3,585
第二次安全評估	719	1,260	1,837	2,246	2,576	2,866	3,117	3,540
第三次安全評估	719	1,260	1,837	2,246	2,576	2,866	3,117	3,540
本次安評	719	1,260	1,837	2,246	2,576	2,866	3,117	3,540
建　議	**779**	**1,298**	**1,876**	**2,276**	**2,591**	**2,921**	**3,145**	**3,585**



翡翠水庫

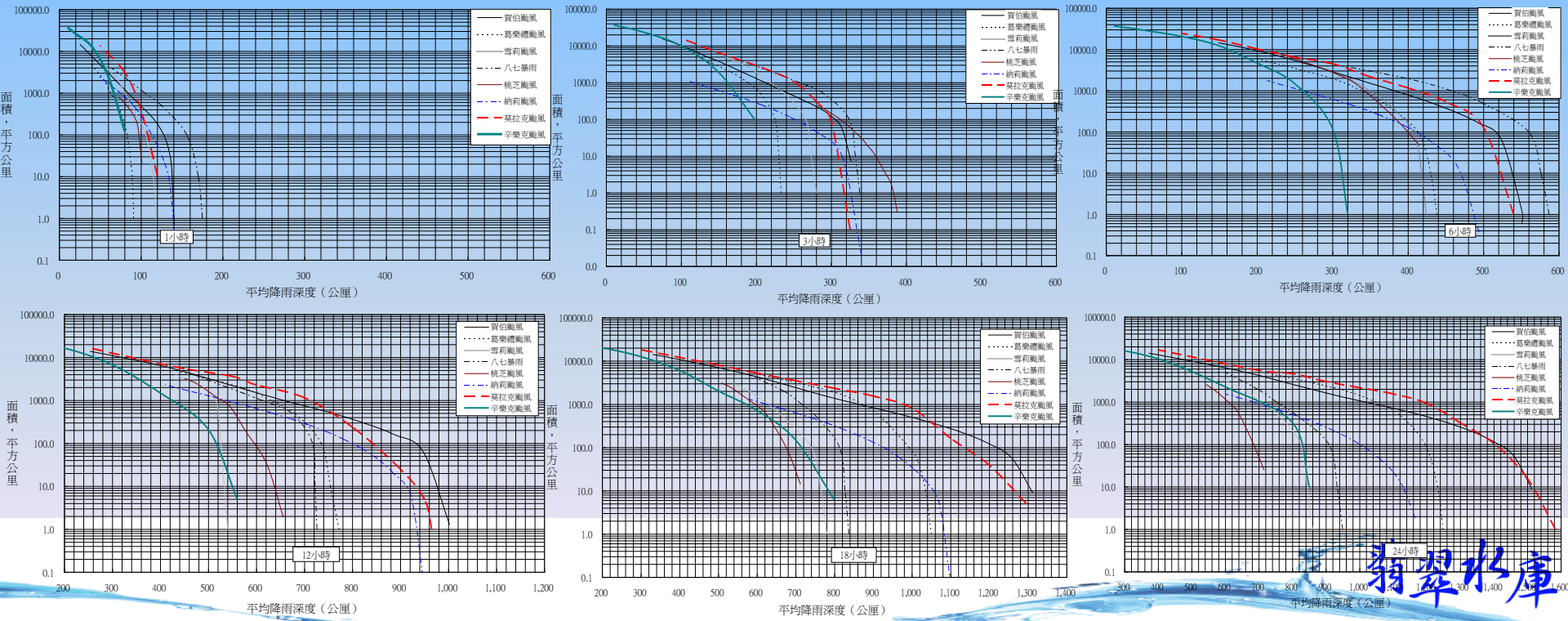
暴雨移位及露點調整法

收集過去較大暴雨之面積–降雨深度–延時曲線(DAD curve)

52年9月葛樂禮颱風
49年8月雪莉颱風
48年8月八七暴雨
85年7月賀伯颱風
90年9月納莉颱風
92年艾利颱風

本次安評新增

97年辛樂克颱風
98年莫拉克颱風



翡翠水庫

暴雨移位及露點調整法

- 利用1/50,000地形圖查出集水區之**最低平均屏障高度在東北方向為標高583M**。
- 利用露點溫度資料校正為**相當海平面之露點溫度**。
- 利用八場颱風之降雨面積與屏障高度關係曲線，將**八場颱風之屏障高度換算至翡翠水庫集水區面積之屏障高度**。
- 依據所求得之相當海平面之露點溫度及屏障高度，**利用美國氣象局之「露點、汽壓、可降水量」關係，求得計畫地區及觀測地區之可降水深，進而求得調整係數**。
- 繪製八場颱風暴雨之**降雨深度-延時包絡線**。

延時(小時)	1	3	6	12	18	24	36	48	60	72	96	120
累計雨量(公厘)	185	407	698	1,097	1,476	1,794	2,260	2,580	2,800	3,000	3,252	3,316

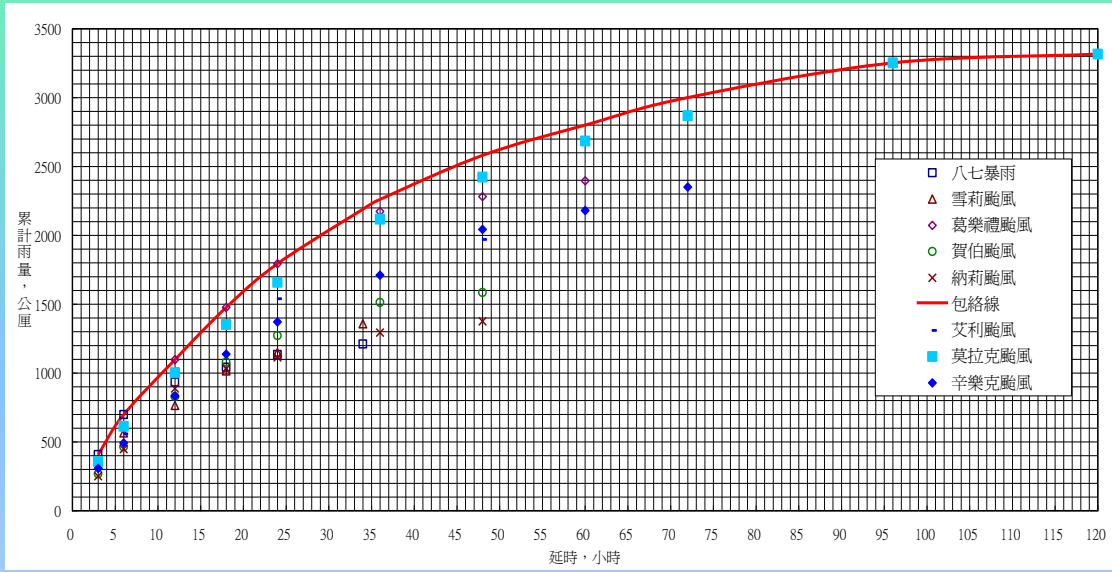
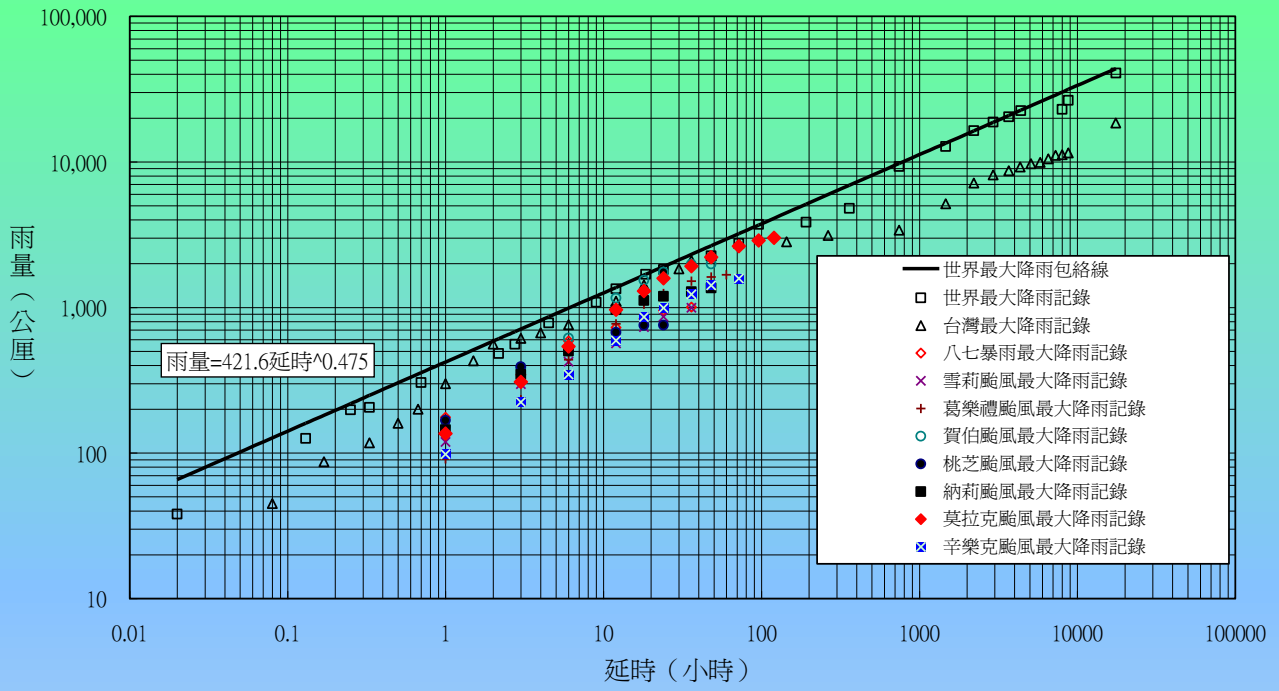
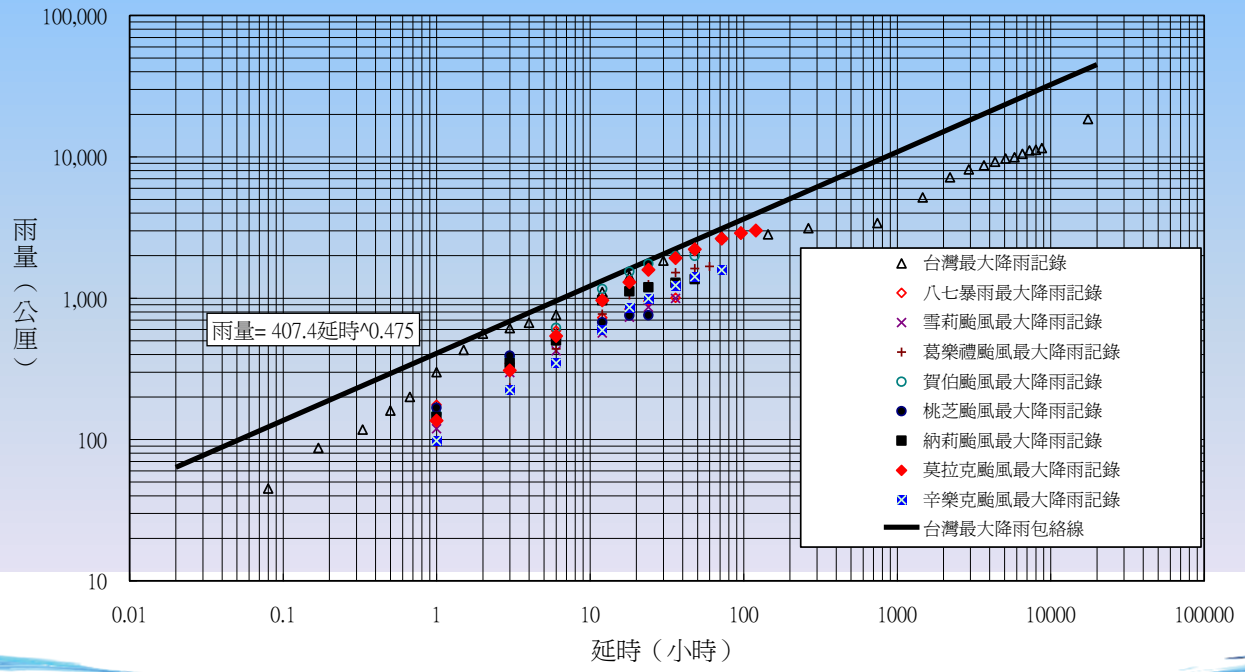


表 6.2-7　以暴雨移位及露點調整法計算翡翠水庫可能最大降雨量比較

颱風暴雨名稱		降雨延時(小時) 雨量(公厘)												
		1	3	6	12	18	24	34	36	48	60	72	96	120
第三次安評	八七	185	407	698	933	1,041	1,135	1,210			2,396			
	雪莉	136	365	565	765	1,015	1,148	1,358						
	葛樂禮	119	335	599	1,097	1,476	1,794		2,173	2,281				
	賀伯	91	222	383	687	896	1,056		1,255	1,315				
	納莉	127	251	448	888	1,034	1,114		1,293	1,376				
	艾利	146	305	557	1,029		1,539			1,970				
	包絡線值	185	407	698	1,097	1,476	1,796		2,173	2,281	2,396			
本次安評	辛樂克	127	308	491	833	1,137	1,371		1,710	2,043	2,180	2,351		
	莫拉克	130	357	612	1,001	1,352	1,658		2,117	2,423	2,684	2,869	3,252	3,316
	包絡線值	185	407	698	1,097	1,476	1,794	2,190	2,260	2,580	2,800	3,000	3,252	3,316

世界最大降雨記錄包絡線





台灣最大降雨記錄包絡線

最大可能降雨(PMP)評估

單位：毫米

延時(小時) 推估方法	6	12	24	36	48	60	72	120
颱風模式法	719	1,260	1,837	2,246	2,576	2,866	3,117	3,540
暴雨移位與露點調整法	698	1,097	1,794	2,260	2,580	2,800	3,000	3,316
世界氣象組織統計法				1,509				
世界最大降雨紀錄	987 (872)	1,372 (1,239)	1,908 (1,759)	2,313	2,651			
台灣最大暴雨紀錄	924 (816)	1,268 (1,145)	1,741 (1,605)	2,095	2,390			
建議採用	719	1,260	1,837	2,246	2,576	2,866	3,117	3,540

建議採用颱風模式法

單位歷線

- 建壩前
  - 採用無因次單位歷線法，轉換為1小時10mm單位歷線，單位歷線尖峰流量206秒立方公尺。
- 建壩後
  - 採用民國80年翡管局自行率定之適合水庫集水區之**降雨逕流模式**：
    - 貯蓄函數法
    - 水筒模式法
    - 瞬時單位歷線
    - 半分布並聯型線性水庫降雨-逕流模式
  - 自第二次安評起最大可能洪水評估即引用上述降雨—逕流模式模擬最大可能洪水
  - 翡管局於民國98年校核近幾年之颱風以修正其降雨逕流模式參數

單位歷線

係以97年之辛樂克及薔蜜颱風率定模式參數，再以其參數模擬瑞伯、艾利、象神及納莉颱風，經其效率係數(CE)及洪峰誤差百分比(E_{Qp}(%))兩項標準予以校驗模式參數之可適性

表 3.2-10 翡翠水庫各降雨逕流模式參數表

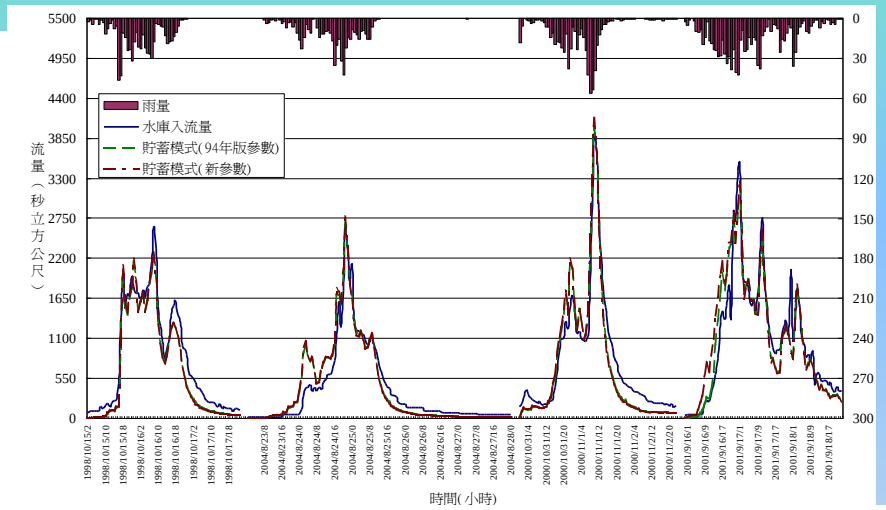
貯蓄函數法		水筒模式		瞬時單位歷線法		半分布並聯模式	
參數	98 年校核分析	參數	98 年校核分析	參數	98 年校核分析	參數	98 年校核分析
TL	1	HA3	50	TL	1.00	FC1	1
CF	0.6	HA2	40	CF	0.55	F0	60
RSA	60	HA1	10	RSA	100	K	2
K	20	HB	10	K	2.97	No	0.1020
P	0.47	HC	5	N	1.00	Nc	0.011
		A3	0.163	ASQ	0.0259	QL	1
		A2	0.228			iPmax	0
		A1	0.039				
		A0	0.035				
		B1	0.081				
		B0	0.001				
		C1	0.005				
		C0	0.001				
		YD	0				

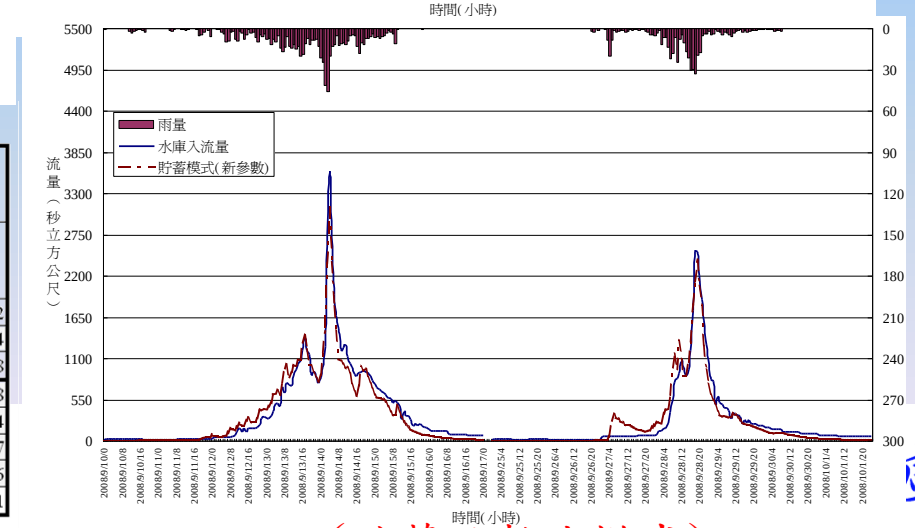
註:參考「98 年翡翠水庫操作系統軟體維護工作—水文模式分析報告」，翡管局，民國 98 年

表 3.2-11 翡翠水庫各降雨逕流模式參數參數驗證檢定值表

年度	事件名稱	發生日期	效率係數(CE) $CE=1-\frac{\sum(Q_{obs.}-Q_{cal.})^2}{\sum(Q_{obs.}-\bar{Q}_{obs.})^2}$				洪峰誤差百分比(EQp(%)) $EQ_p(\%)=\frac{(Q_p)_{cal.}-(Q_p)_{obs.}}{(Q_p)_{obs.}}\times 100$			
			貯蓄函數法	水筒模式	瞬時單位歷線法	半分布並聯模式法	貯蓄函數法	水筒模式	瞬時單位歷線法	半分布並聯模式法
98	辛樂克	9.11~9.16	0.92	0.83	0.88	0.93	-13.6	-17.2	-17.3	-15.2
	薔蜜	9.26~9.29	0.92	0.81	0.78	0.89	-4.1	-6.8	-0.3	-8.4
	平均值		0.92	0.82	0.83	0.91	8.9	12.0	8.8	11.8
94	瑞伯	10.15~10.17	0.92	0.74	0.86	0.87	-14.0	-8.0	-6.6	7.8
	艾利	8.23~8.28	0.88	0.74	0.63	0.85	4.7	0.0	4.5	-0.4
	象神	10.31~11.2	0.90	0.69	0.72	0.80	5.6	-2.9	-0.4	-0.7
	納莉	9.16~9.18	0.82	0.64	0.76	0.80	-7.4	-12.8	-2.5	-15.6
	平均值		0.88	0.70	0.74	0.83	7.9	5.9	3.5	6.1

註:參考「98 年翡翠水庫操作系統軟體維護工作—水文模式分析報告」，翡管局，民國 98 年





（貯蓄函數法模式）

最大可能洪水

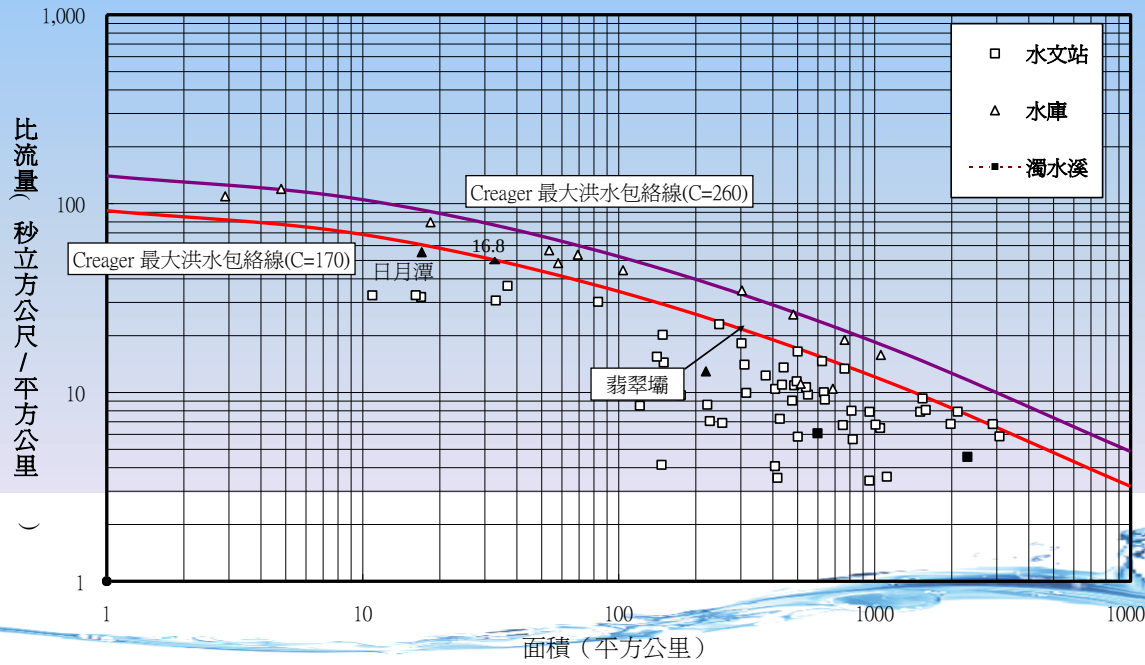
由雨量推流量

單位：秒立方公尺

	由雨量推流量			經驗法		原設計值	備註
	貯蓄函數法	水筒模式法	半分布並聯型線性水庫法	克里格經驗法	水資會經驗公式法		
第一次安全評估	-	-	-	-	-	10,500	颱風模式法推估
第二次安全評估	10,200	9,680	9,740	6,550 (C=170)	6,380		颱風模式法推估
第三次安全評估	10,200	9,680	9,740	6,560 (C=170) 10,030 (C=260)	6,380		颱風模式法推估
本次安評(第四次安評)	10,310	10,050	9,850	6,560 (C=170) 10,030 (C=260)	6,380		颱風模式法推估

由經驗法推求

台灣地區最大洪水記錄克里格包絡線



翡翠水庫

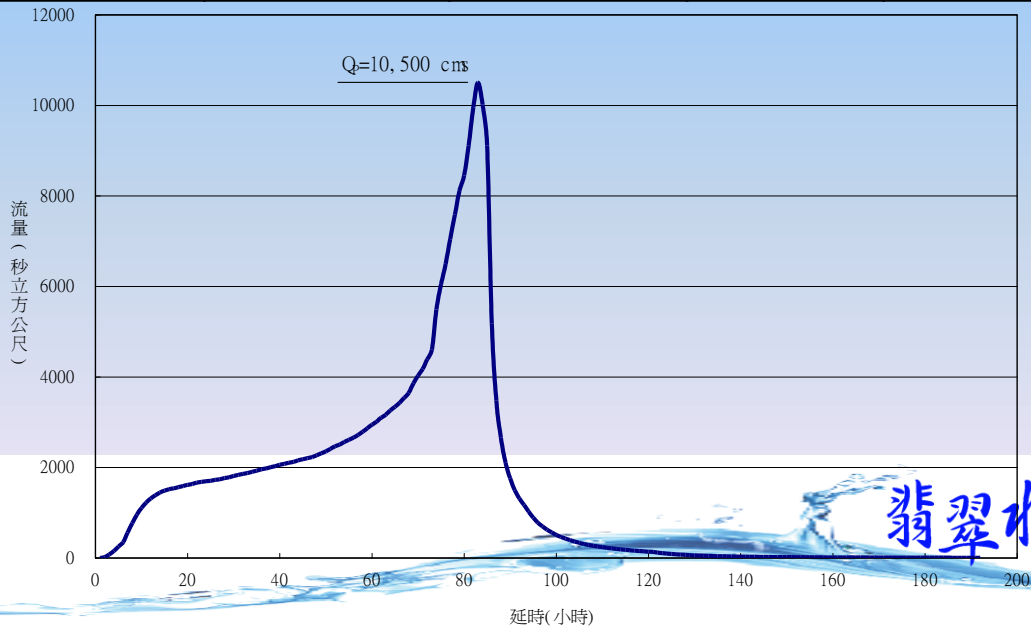
設計洪水

最大可能洪水

各種推估方法之可能最大洪峰流量

	由雨量推流量			經驗法		原設計值	備註
	貯蓄函數法	水筒模式法	半分布並聯型線性水庫法	克里格經驗法	水資會經驗公式法		
第一次安全評估	-	-	-	-	-	10,500	颱風模式法推估
第二次安全評估	10,200	9,680	9,740	6,550 (C=170)	6,380		颱風模式法推估
第三次安全評估	10,200	9,680	9,740	6,560 (C=170) 10,030 (C=260)	6,380		颱風模式法推估
本次安評(第四次安評)	10,310	10,050	9,850	6,560 (C=170) 10,030 (C=260)	6,380		颱風模式法推估

翡翠水庫可能最大洪水採用原設計之10,500秒立方公尺仍屬合宜



翡翠水庫

設計洪水

頻率洪水

葛樂禮(建壩前)

單位：秒立方公尺

民國(年)	洪峰流量	民國(年)	洪峰流量	民國(年)	洪峰流量
44	1,650	63	4,450	82	182
45	2,570	64	850	83	1,457
46	790	65	1,540	84	509
47	1,620	66	3,040	85	2,586
48	2,300	67	1,560	86	1,659
49	1,770	68	1,400	87	2,675
50	2,830	69	1,300	88	440
51	2,830	70	2,300	89	4,120
52	2,710	71	1,270	90	3,621
53	970	72	810	91	1,726
54	1,830	73	1,430	92	389
55	1,360	74	2,220	93	2,647
56	1,750	75	1,870	94	1,798
57	2,660	76	1,850	95	410
58	2,090	77	1,870	96	2,623
59	1,380	78	940	97	3,847
60	3,540	79	2,350	98	1,419
61	1,790	80	830	99	1,823
62	1,020	81	970	100	547

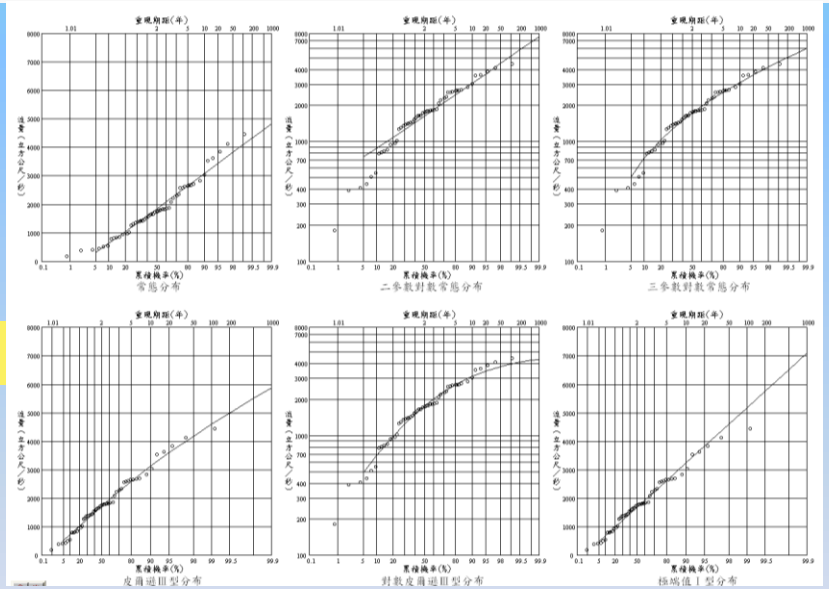
象神納莉

辛樂克

翡翠水庫各階段分析之重現期洪水

單位：cms

階段	迴歸週期(年)								
	2	5	10	20	50	100	200	500	1,000
民國44年～68年(原設計)	1,900	2,820	3,430	4,020	4,780	5,350	5,920	6,660	7,230
民國44年～81年(第一次安評)	1,724	1,876	3,081	3,599	4,270	4,773	5,275	5,936	6,435
民國44年～89年(第二次安評)	1,680	2,580	3,180	3,750	4,490	5,050	5,600	6,330	6,890
民國44年～94年(第三次安評)	1,700	2,610	3,220	3,800	4,550	5,110	5,670	6,410	6,970
民國44年～100年(本次安評)	1,721	2,596	3,127	3,604	4,186	4,601	5,000	5,511	5,886



- 年最大洪峰流量之頻率分析，採用常態分布、二參數對數常態分布、三參數對數常態分布、皮爾遜III型分布、對數皮爾遜III型分布及極端值I型分布等六種分布進行分析，並檢定其平方差和(SSE)及標準差值(SE)平均在各種分布中為最低者即適合度較佳之頻率分布分析結果為代表，分析結果以皮爾遜III型分布為最佳

- 經比較翡翠水庫原設計之壩址頻率洪水，知本次校核之各頻率洪水皆低於原設計者，故原設計對結構物所採用之各頻率洪水較為保守，仍屬合宜。

翡翠水庫

壩頂溢洪道

依美國陸軍工程師團所編之「水理設計指南(Hydraulic Design Guide)」，選定臥箕之設計水頭為8.5m，並據以推算臥箕曲線

自由流 $Q = C \bullet L \bullet H^{1.5}$

Q：流量(CMS)

C:流量係數(M0.5/S)

H：堰頂總水頭(M)

閘門控制 $Q = \frac{2}{3} \bullet \sqrt{2g} \bullet \mu \bullet B \bullet (H_1^{1.5} - H_2^{1.5})$

Q:流量(CMS)

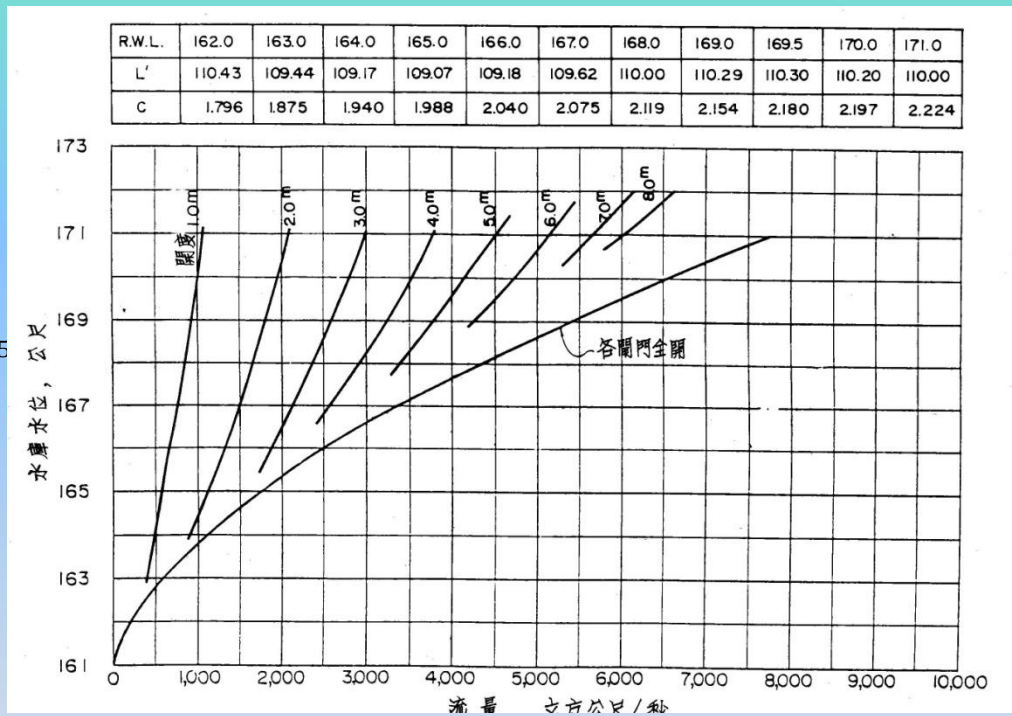
g：重力加速度(M/S2)

μ：流量係數

B:堰頂寬度(M)

H1：由堰頂起算之水頭(M)

H2：由閘門底起算之水頭(M)



R.W.L.	162.0	163.0	164.0	165.0	166.0	167.0	168.0	169.0	169.5	170.0	171.0
L'	110.43	109.44	109.17	109.07	109.18	109.62	110.00	110.29	110.30	110.20	110.00
C	1.796	1.875	1.940	1.988	2.040	2.075	2.119	2.154	2.180	2.197	2.224

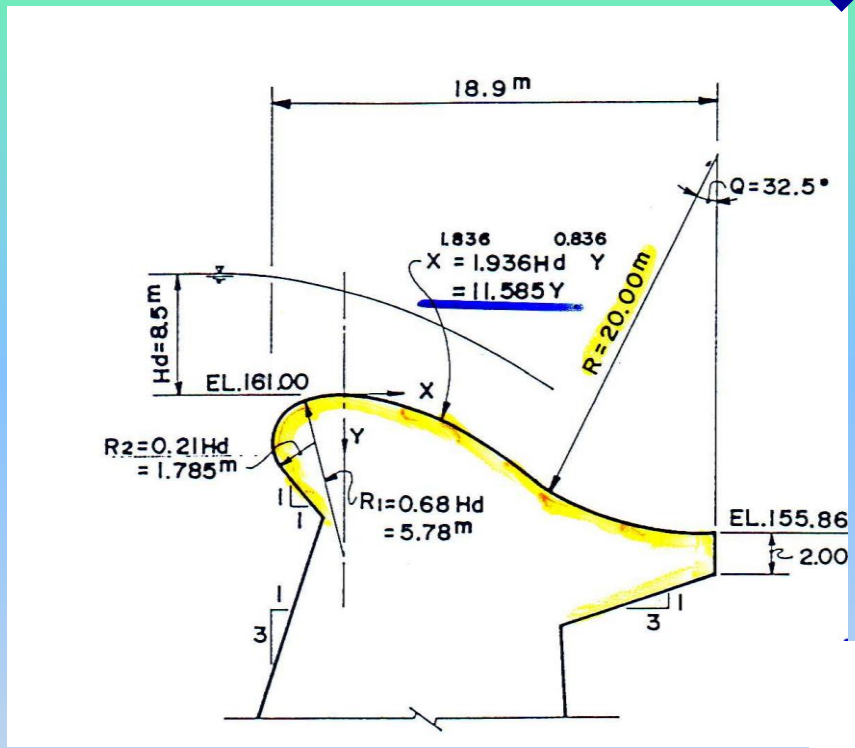
依水工模型試驗結果

a. 測得之流量率定曲線與計算求得者**甚為接近**。

b. 流水面最大負壓為 1.1m，尚小於設計容許值。

c. 洩洪時水舌均能落於落水池內適當位置，水理情況相當良好

❖ 10500 cms → 9870 cms



❖ 8 孔

Q=7670 cms (5000年)

❖ 負壓 = 1.1 m

壩頂溢洪道臥箕式溢流頂佈置

沖刷道

設計準則：

a. 設計流量(3道，水庫水位171m) **700 cms**

b. 鋼襯流水面粗糙係數0.011

c. 水頭損失依下列係數按速度水頭計算：

(a)進水口損失（包括鐘形進口、擋水閘門槽及漸變段）0.15

(b)摩擦損失按曼寧(Manning)公式計算。

(c)出水口損失1.00

壓力流方式計算

$$Q = A \bullet \sqrt{\frac{2gH_T}{1+K_L}}$$

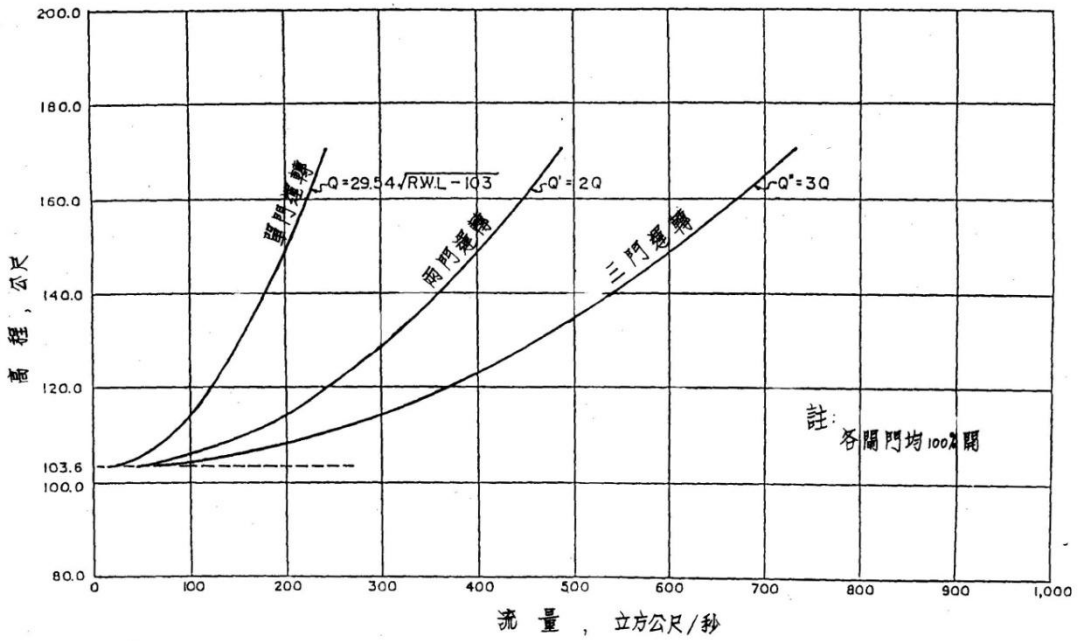
其中

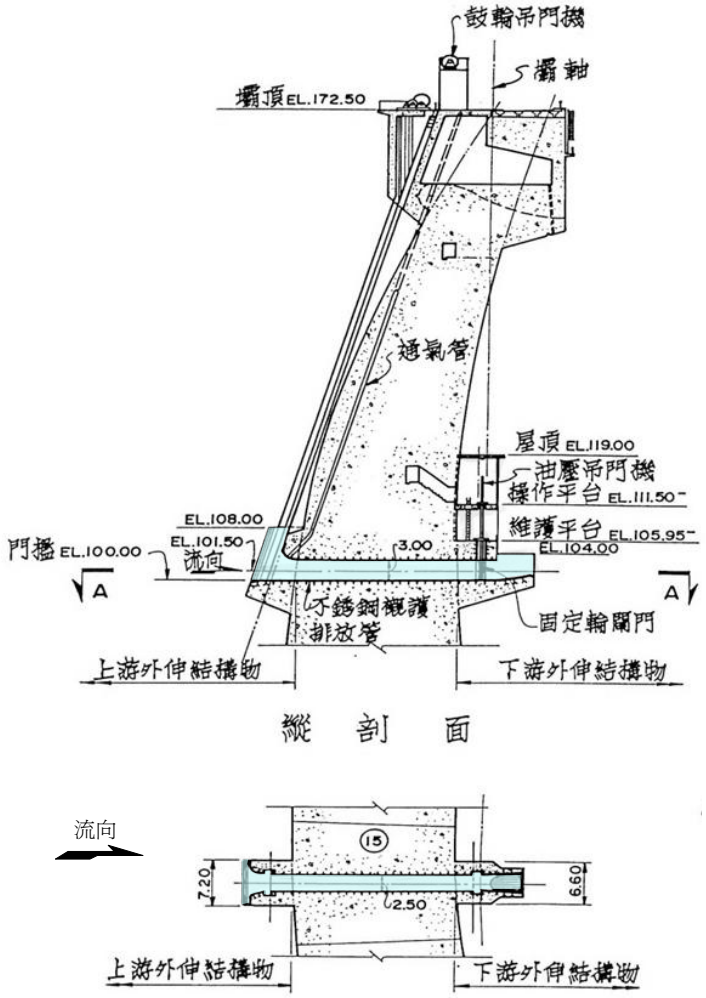
Q：流量 (cms)

HT：總水頭(m)

A：淨面積

KL：總損失水頭 (m)





3道

Q=700 cms(3@233 cms)

V=31.2 m/s

負壓：

No.1 -4.2m

No.2 -2.9

No.3 -2.5

沖刷道一般佈置

翡翠水庫

排洪隧道

設計準則：

a. 設計流量(水庫水位171m) 1,500cms

b.隧道內最大流水面積為隧道斷面積之 75%

c.進水口底檻標高105m

d.鐘形進口流量係數0.9

e. 隧道粗糙係數(曼寧n值)0.014

孔口流之計算公式：

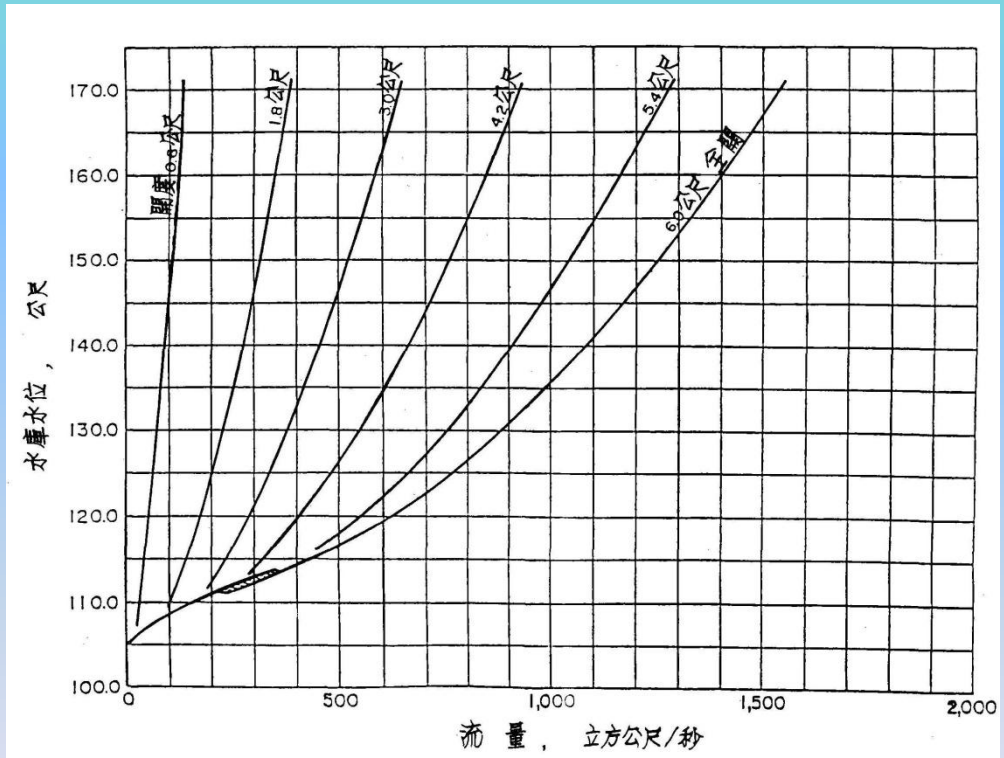
$$Q = C \bullet A \bullet \sqrt{2 \bullet g \bullet H_T}$$

其中 Q：流量 (cms)

HT：總水頭(m)

A：淨面積(m2)

C：流量係數

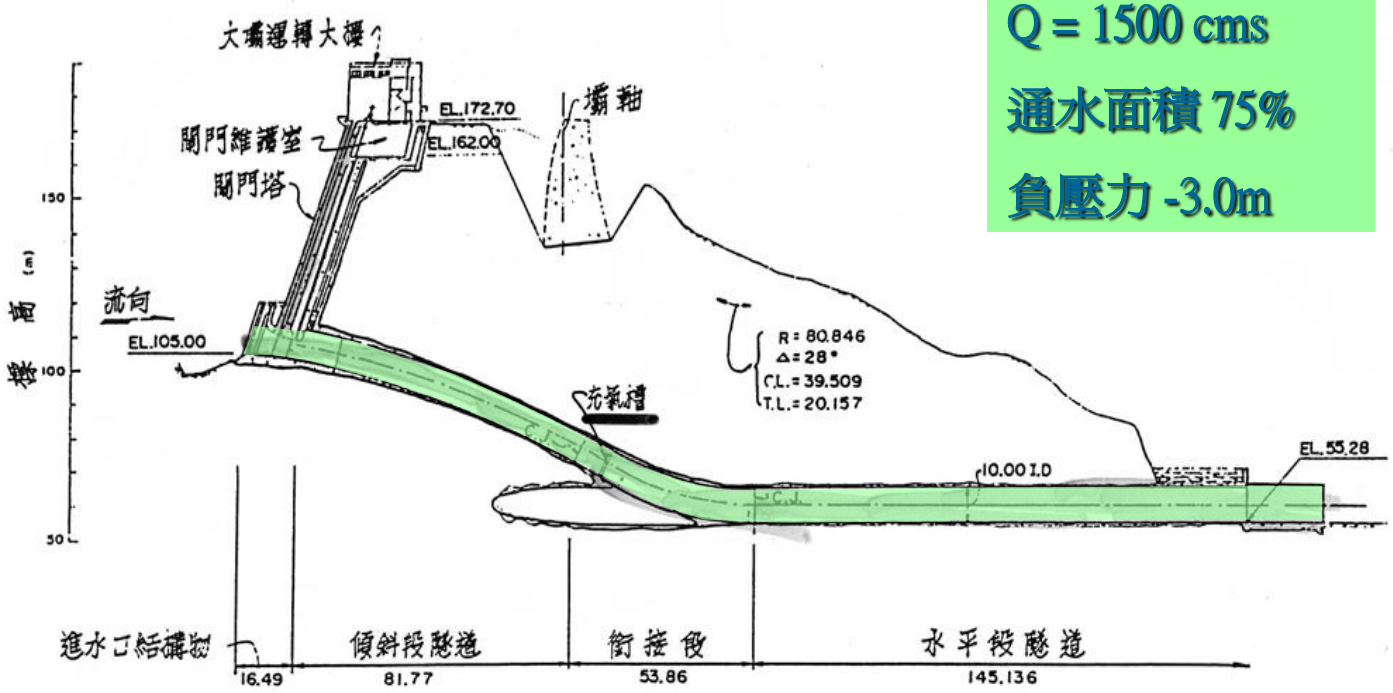


充氣槽試驗結果，採用深度 120cm，挑坎高度21cm，下游側則較隧道仰拱低15cm之佈置最佳，當水流經由挑坎越過充氣槽時，拋射距離相當遠，回流不再流入充氣槽，且在各種流量情況下均能充份發揮充氣功能

Q = 1500 cms

通水面積 75%

負壓力 -3.0m



排洪隧道縱剖面

河道放水口

設計準則如下：

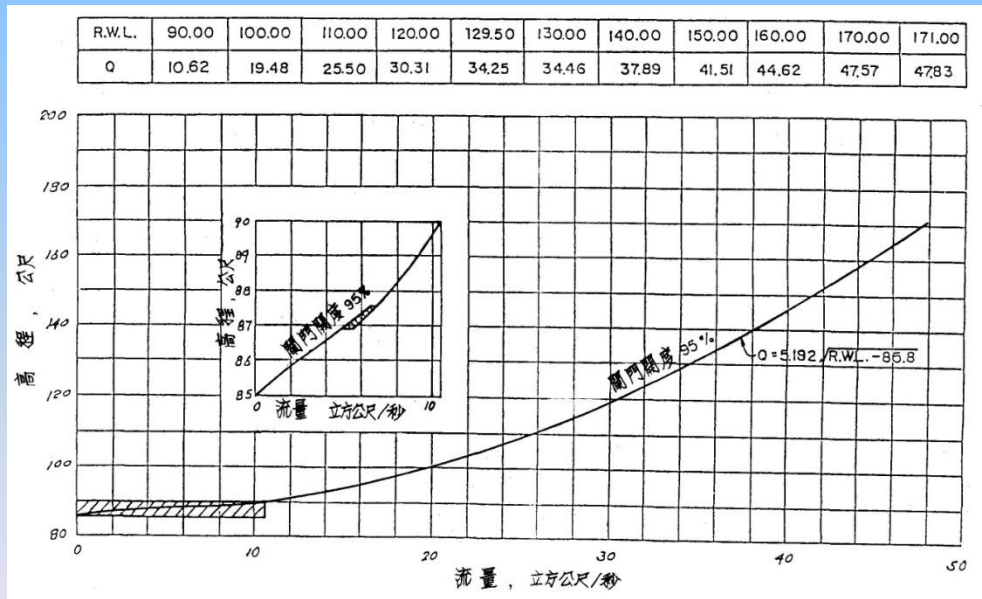
a. 最大設計流量(水庫水位171.0m) **47cms**

b. 正常設計流量(水庫水位129.5m) **34cms**

河道放水口何本閥之流量，按下列公式計算：

$$Q = C \bullet A \sqrt{\frac{2 \bullet g \bullet H_T}{1 + k \bullet C^2}}$$

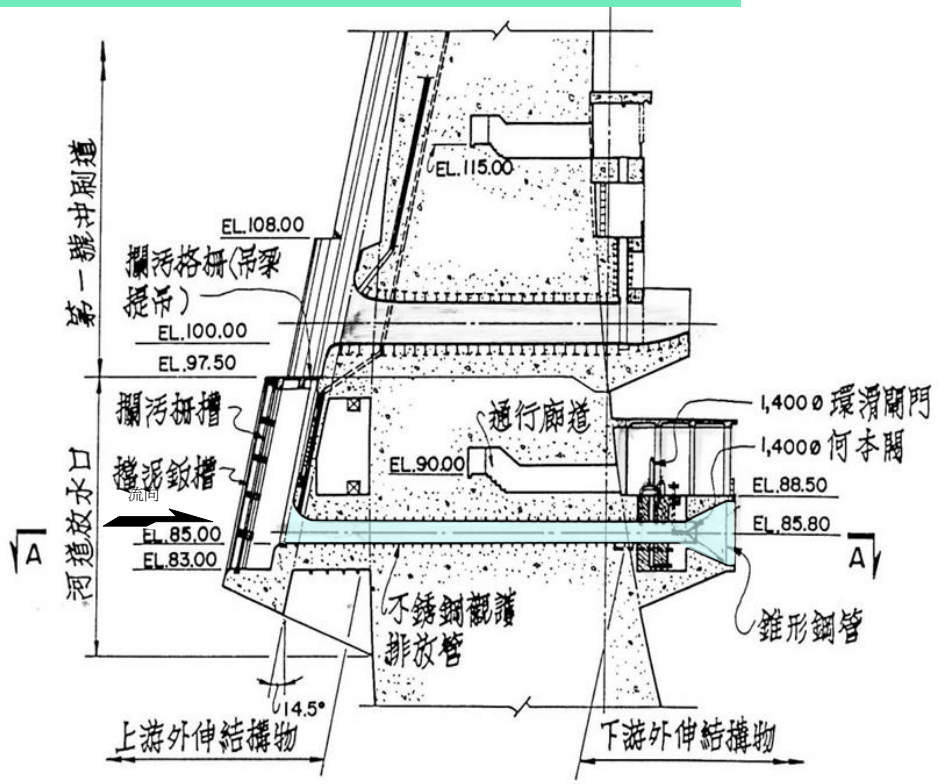
c＝何本閥流量係數(95%開度時為0.83)
A＝何本閥前之管路斷面積，m
g＝重力加速度，m/sec
Ht＝何本閥之總水頭，m
K＝水頭損失係數之總和
鋼襯粗糙係數(n值）0.011
水頭損失依下述係數按速度水頭計
(a)出水口1.00
(b) 漸縮管0.04
(c) 摩擦損失按曼寧(Manning)公式計算
(d) 環滑閘門可不計
(e) 進水口(包括鐘形進口，擋水閘門槽及攔污柵)0.20



Q = 47 cms (34cms)

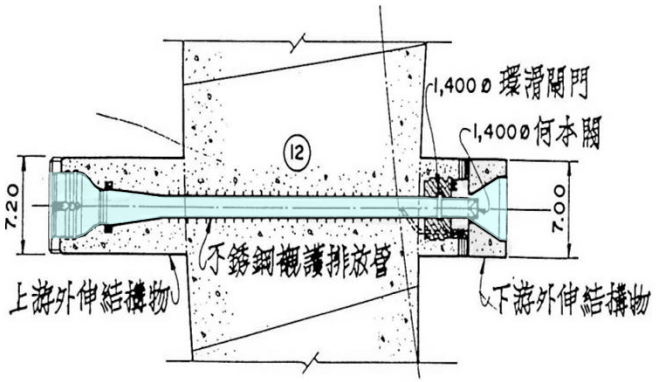
V = 23.4 m/s (φ =1.6m)

30.5 m/s (φ =1.4m)



縱 剖 面

流向



剖 面 A－A

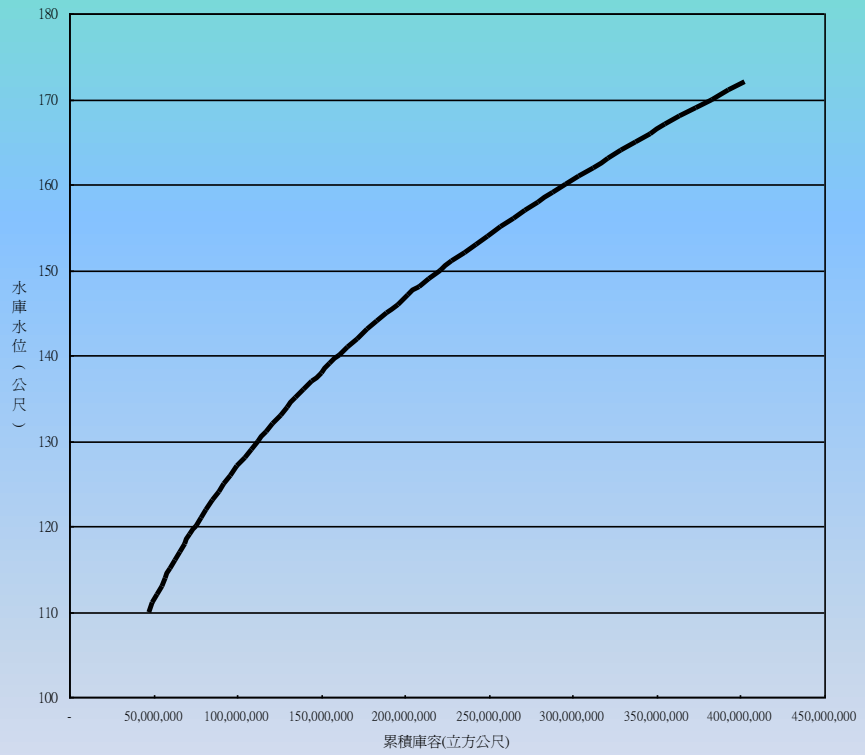
河道放水口佈置

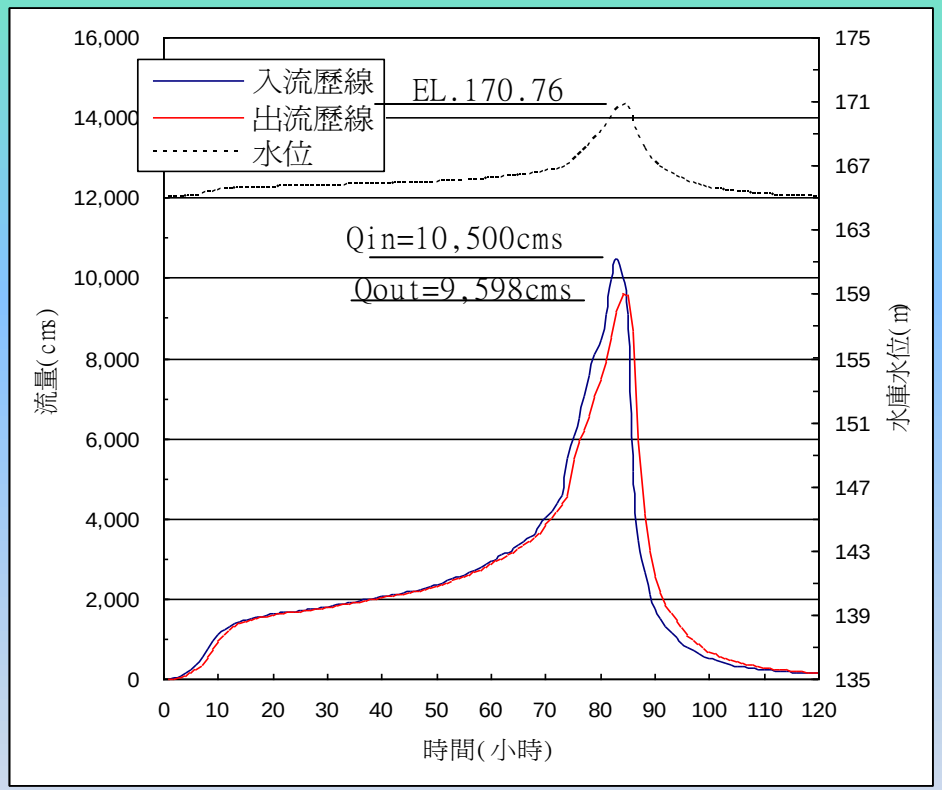
水庫排洪

水庫PMF排洪演算

PMF
Q=10,500 cms

採用100年測量之水庫容量曲線





翡翠水庫水庫PMF排洪演算結果

	第三次安評	本次安評
入流量Qin(cms)	10,500	10,500
出流量Qout(cms)	9,917	9,598
最高水位(EL.m)	171.08	170.76

翡翠水庫

水庫淤積

複核與評估項目

●水庫淤積之複核與評估項目

（水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇 ）

(1)水庫歷年淤積測量記錄之複核

(2)水庫年淤積量之複核及蓄水庫有效壽齡複核

(3)水庫局部淤積情形對蓄水庫功能影響之評估

(4)水庫排砂設施排砂效果之評估

(5)水庫上游集水區治理情況之評估

(6)以往安全評估有關之重要結論及建議改善事項

水庫淤積

翡翠水庫容量及淤積量

容量單位：仟立方公尺

期別	起訖年月	間隔(年)	蓄水呆容量(EL110M以下) 剩餘(1)	蓄水呆容量(EL110M以下) 淤積(2)	有效蓄水容量(EL110M~EL170M) 剩餘(3)=(5)-(1)	有效蓄水容量(EL110M~EL170M) 淤積(4)=(6)-(2)	剩餘總蓄水容量(5)	總淤積量(6)	歷年累計淤積量	平均年淤積量
初期							406,000			
1	73.07-78.03	4.75	55,935	***	344,093	***	400,028	5,972	5,972	1,257
2	78.04-78.12	0.75	55,310	625	343,697	396	399,007	1,021	6,993	1,361
3	79.01-79.12	1	53,048	2,262	344,989	-1,292	398,037	970	7,963	970
4	80.01-80.12	1	52,688	360	344,368	621	397,056	981	8,944	981
5	81.01-81.12	1	52,164	524	343,928	440	396,092	964	9,908	964
6	82.01-82.12	1	52,009	155	343,677	251	395,686	406	10,314	406
7	83.01-83.12	1	51,693	316	343,104	573	394,797	889	11,203	889
8	84.01-84.12	1	51,302	391	343,009	95	394,311	486	11,689	486
9	85.01-85.12	1	49,742	1,560	341,093	1,916	390,835	3,476	15,165	3,476
10	86.01-86.12	1	49,226	516	340,832	261	390,058	777	15,942	777
11	87.01-87.12	1	48,563	663	340,117	714	388,680	1,377	17,319	1,377
12	88.01-88.12	1	48,502	61	339,694	423	388,196	484	17,803	484
13	89.01-89.12	1	50,452	(1,950)	336,904	2,790	387,356	840	18,644	840
14	90.01-90.12	1	50,370	82	338,310	1,272	388,680	1,354	19,998	1,354
15	91.01-91.12	1	49,627	742	335,908	(276)	385,535	467	20,465	467
16	92.01-92.12	1	49,975	(348)	335,345	562	385,320	214	20,680	214
17	93.01-93.12	1	48,731	1,244	336,216	(871)	384,947	373	21,053	373
18	94.01-94.12	1	48,195	536	336,401	(185)	384,596	351	21,404	351
19	95.01-95.12	1	47,777	418	336,144	256	383,921	674	22,079	675
20	96.01-96.12	1	47,597	180	335,980	164	383,577	344	22,423	344
21	97.01-97.12	1	47,390	207	335,817	163	383,207	370	22,793	370
22	98.01-98.12	1	47,366	24	335,505	312	382,871	336	23,129	336
23	99.01-99.12	1	47,194	172	335,336	169	382,530	341	23,470	341
合計		26.5		8,740		8,754		23,467		
平均										811

設計總容量 406百萬M³

水庫完工後(76~99): 剩餘容量 383百萬M³

有效容量 335百萬M³

壩前淤積 El.59.96M

推估完工50年: 有效容量 327百萬M³

壩前淤積 El.82.50M

(經驗面積量縮法)

水庫興建前推估:平均年輸砂量為1.14百萬M³

實測淤積總量為21.4百萬M³(21.5年)

平均年淤積量為0.81百萬立方公尺(扣除棄碴量)

以因砂率0.95計算，平均年輸砂量為0.85百萬M³，較推估平均年輸砂量1.14百萬M3，仍低約29萬M³

目前(99.12)所測得之底部高程59.96M，其淤積標高低於:

發電進水口門檻: El.108M

水庫50年之壩前淤積: El. 82.5M

河道放水道進水口門檻: El.85M

沖刷道進水口門檻: El.100M

依據水庫最近27年來之淤積測量資料，翡翠水庫初期總容量40,600萬立方公尺迄民國100年止尚有總容量38,253萬立方公尺，已淤積2,347萬立方公尺，淤積率約6.14%。

地　　質

複核與評估項目

●地質資料之複核與評估項目

（水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇 ）

(1)地質構造、岩石種類與土壤特性。

(2)地質調查之重要發現。

(3)地形特徵。

(4)岩石與土壤風化程度與受風化可能發生之變化。

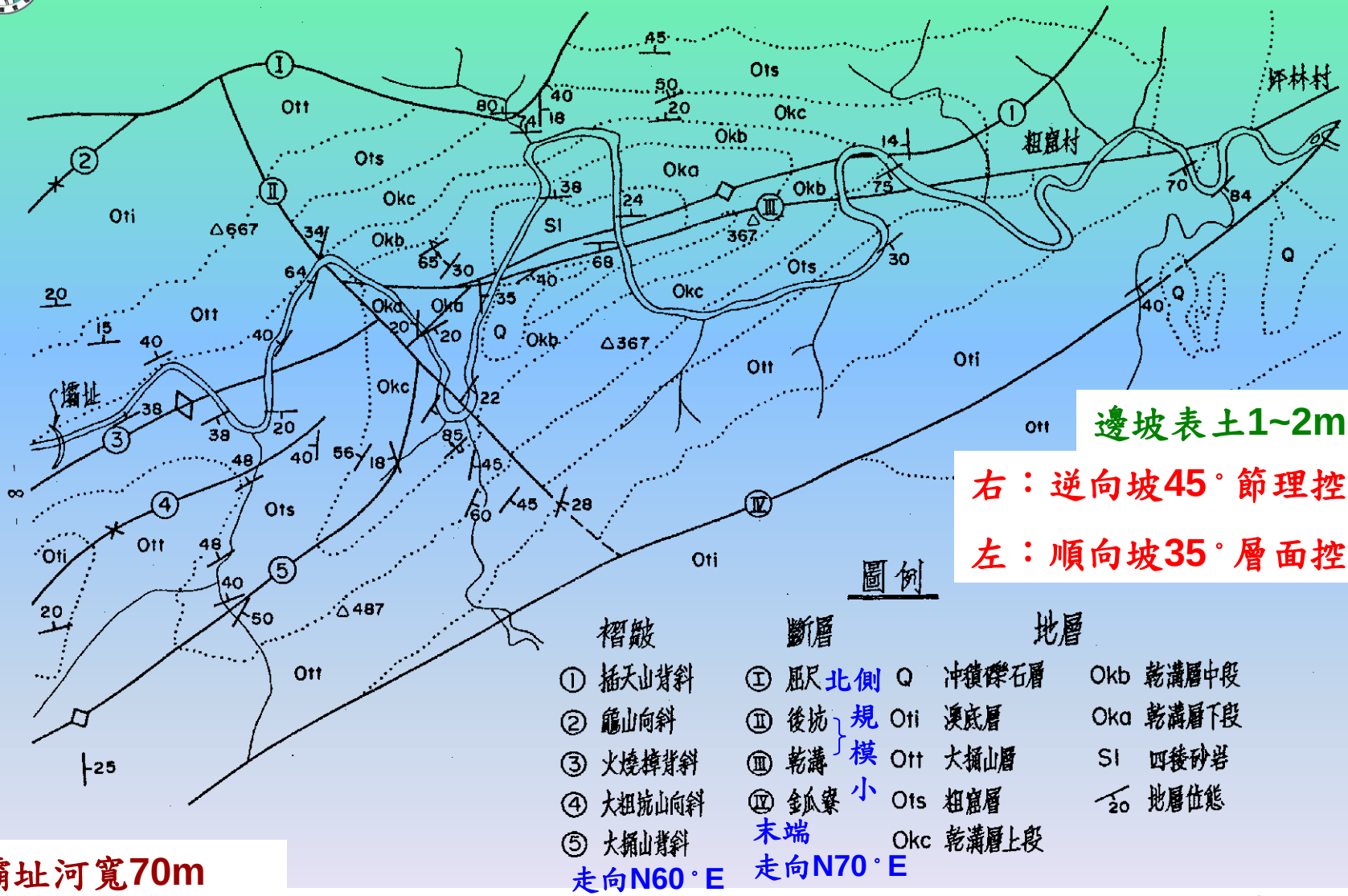
(5)壩址及水庫周邊之岩層特性：如弱帶對滲水、壩基穩定性及邊坡穩定性之不利影響。

(6)以往針對潛在可能災害之設計重點。

(7)地下水位對壩基及穩定之影響。

(8)歷次安全評估有關地質之評估資料。

淹沒區 10.24 km^2



邊坡表土1~2m

右：逆向坡45°節理控制

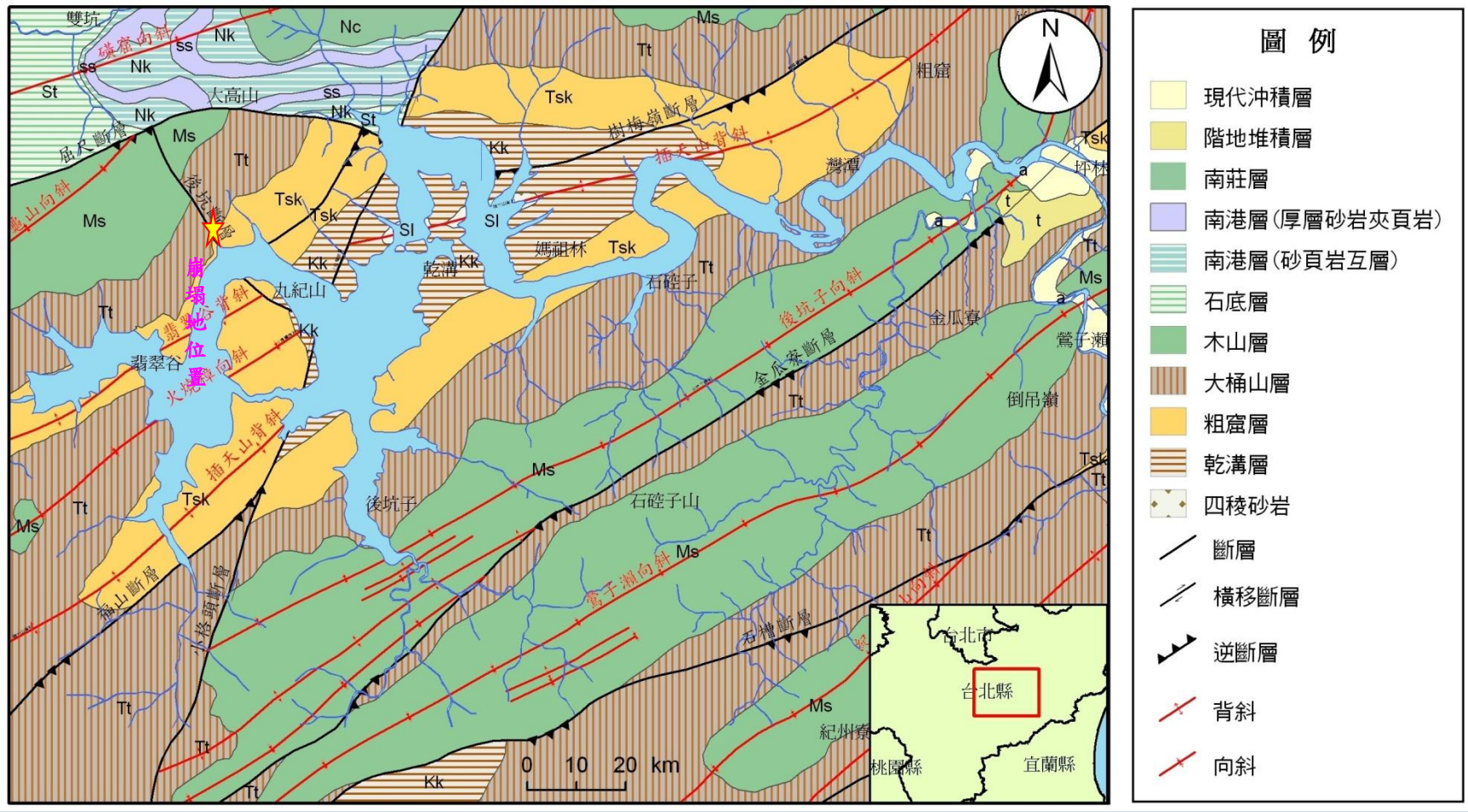
左：順向坡35°層面控制

壩址河寬70m

河床EL.55m

翡翠水庫

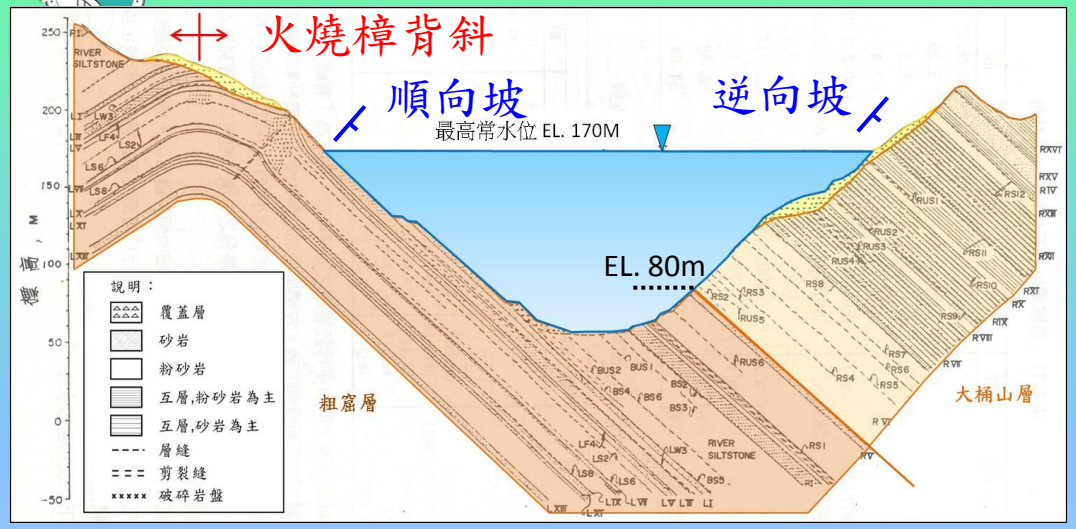
區域地質

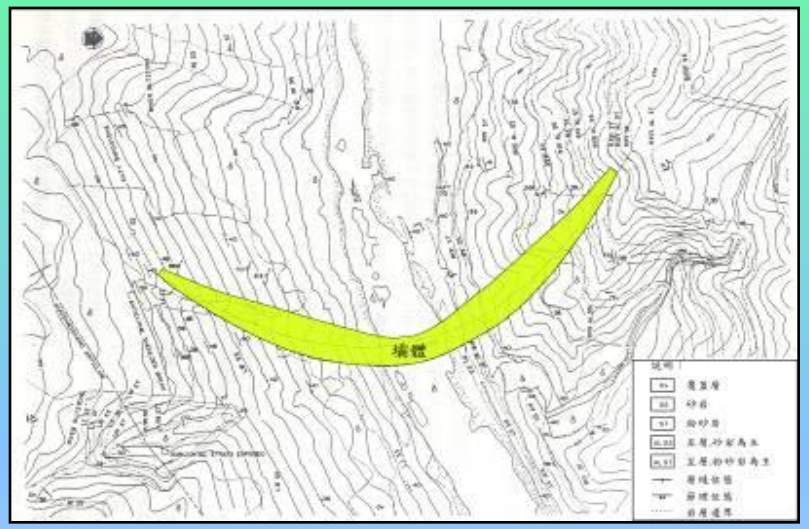


本次安全評估引用台灣地區五萬分之一地質圖--新店圖幅(林朝宗，2000)。由資料複核與現地調查可見，現階段庫區地質資料完善。庫區於前次安評以來無重大地質災害，顯示地質狀況穩定。

翡翠水庫

壩址地質





壩址岩盤由渾厚之砂岩、粉砂岩及其互層組成。岩層呈東北東走向，向北傾斜約40˚，於左岸構成順向坡

岩體具三組節理，位態分別為

N6˚~8˚E/56˚~59˚E

N7˚W/56˚S

N67˚~85˚E/46˚~52˚S

連續性約25~50%，構成壩基之主要弱面，施工時均已作適當之處理

- 翡翠水庫壩址岩性為輕度變質之細砂岩及粉砂岩，均屬堅硬且緻密不透水之良好岩盤，整體構造相當單純。
- 地層層縫發達，於大壩施工期間施以層縫處理工法，改善壩基剪力強度、變形量與水密性。岩盤中三組節理面開口大多緊閉，少數因風化開裂而填充土壤。現場調查顯示壩址地質與複核資料一致，且近期無重大災害，壩址地質狀況穩定。

翡翠水庫

層縫：左壩座 25條 LS2 0.1mm~50mm寬，主層縫

右壩座 18條 RS1 4條層縫與破碎岩塊形成3~5m寬破碎帶

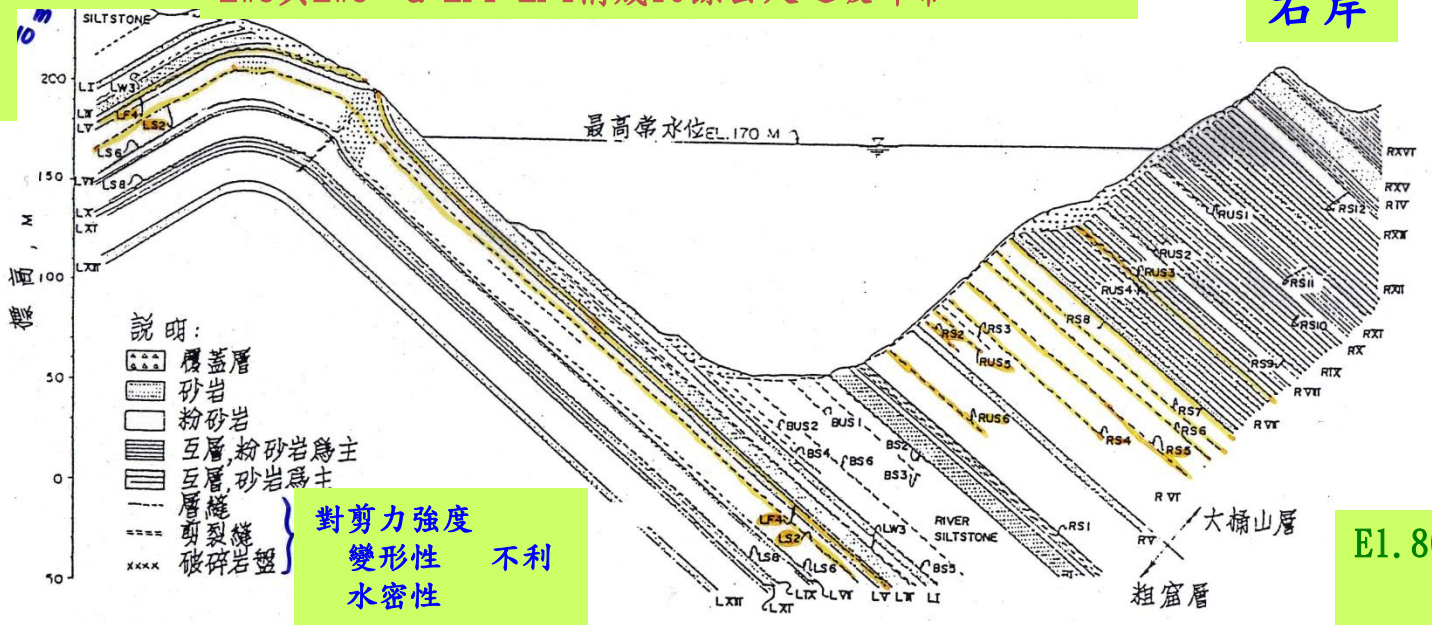
RS11 1.4~1.6m寬破碎岩塊與黏土

河床 12條 BS6與BS6’ 合成3m寬破碎帶與剪裂帶SZ2交會

LW3與LW3’ & LF1~LF4構成10餘公尺之破碎帶

E1.190m~
E1.210m
背斜肩裂帶

右岸



對剪力強度
變形性 不利
水密性

E1.80m以下粗窟層
以上大桶山層

左壩座：A形岩楔 LS2及2條LA節理

B形岩楔 LS2層縫，剪裂帶LSH1及背斜裂帶 or LC節理

C型岩楔 主層縫LS2、LF4，局部層縫 LS2’ 、LS1、LF3、LC節理

河床：剪裂帶SZ1
與C節理形成

右壩座：主要滑動面層縫：
RS2~8，
RUS 3，5，6
C節理形成

設計地震

複核與評估項目

●地震資料之複核與評估項目

（水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇 ）

(1)地震活動特性

(2)第四紀斷層分佈及活動屬性

(3)地體構造

(4)最大設計地震規模

(5)壩址尖峰地表加速度值

(6)地震係數

(7)設計反應譜

(8)加速度歷時曲線

(9)其他地震相關研究

歷次地震評估比較

- 翡翠水庫在規劃設計階段及營運後歷次(83、89、95) 安全評估，均曾辦理地震評估工作
- 第三次安全評估前，國內並無水庫設計地震評估之規範可依循；第三次安評時係依據「蓄水庫安全評估規範(草案)」(1998)並按921地震後之檢討作部份修正，以符合實際狀況

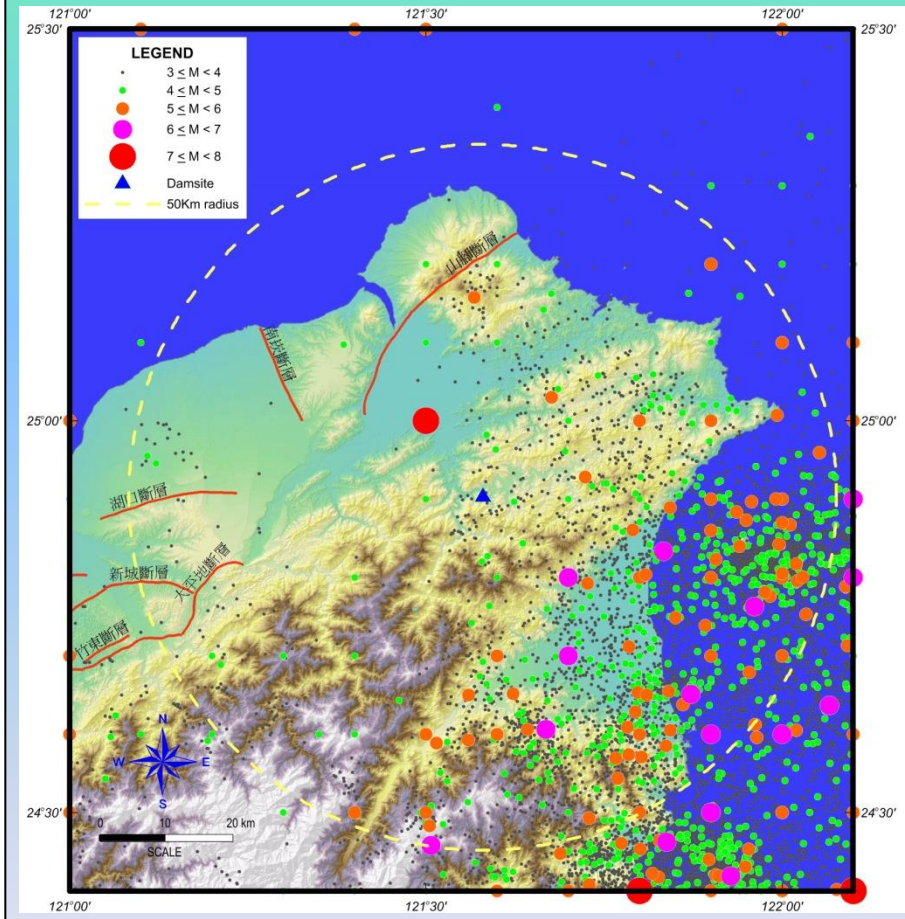
- 第三次安評前，設計地震之決定方法均為先分區，將各分區內地震規模分析結果指定給該分區候選設計地震，再以各候選設計地震造成壩址PGA值最大者為控制設計地震
- 第三次安評時，設計地震之決定方法已改為將壩址附近之所有活動斷層分別依其長度推算地震規模，再依計算結果壩址PGA值最大者為控制設計地震

翡翠水庫歷次地震評估比較

比較項目		規劃設計階段	第一次安全評估(民83)	第二次安全評估(民89)	第三次安全評估(民95)
依據規範		—	—	—	蓄水庫安全評估規範(草案),1998
評估方法		定值法(假設各分區地震發生於候選設計地震震源)		定值法(同前；改採最短距離計算PGA值)	MCE定值法(依斷層長度決定最大地震規模)、DBE、OBE機率法
設計地震震源		花東縱谷斷層與宜蘭斷層延伸線交點		山腳斷層	金山斷層
PGA	MCE	0.40g	0.27g	0.30g	0.32g
	DBE	0.25g	0.21g	0.21g	0.28g
	OBE	0.20g	0.16g	0.13g	0.23g
	MDE	—	—	—	0.32g

地震與活動斷層

- 翡翠水庫附近地震活動主要位於東方宜蘭外海及東南方之南澳一帶；壩址10公里範圍內，未曾發生規模大於5的地震
- 1900年迄今壩址50公里範圍內曾發生85次M_L5.0以上地震，造成災害者有11次，最大者為1909年規模7.3災害地震，震源深度80公里，與壩址地表距離約13公里
- 1973~2012年5月間壩址50公里範圍區域內共發生61,400次地震，平均約1,558次/年；惟絕大多數(56,414次)屬規模小於3之微震；規模5以上地震平均每年發生1次
- 依據中央地質調查所公布新版「台灣活動斷層分布圖」(2010)，壩址50公里半徑範圍內共計有山腳、南崁、湖口、新城及大平地等5條活動斷層

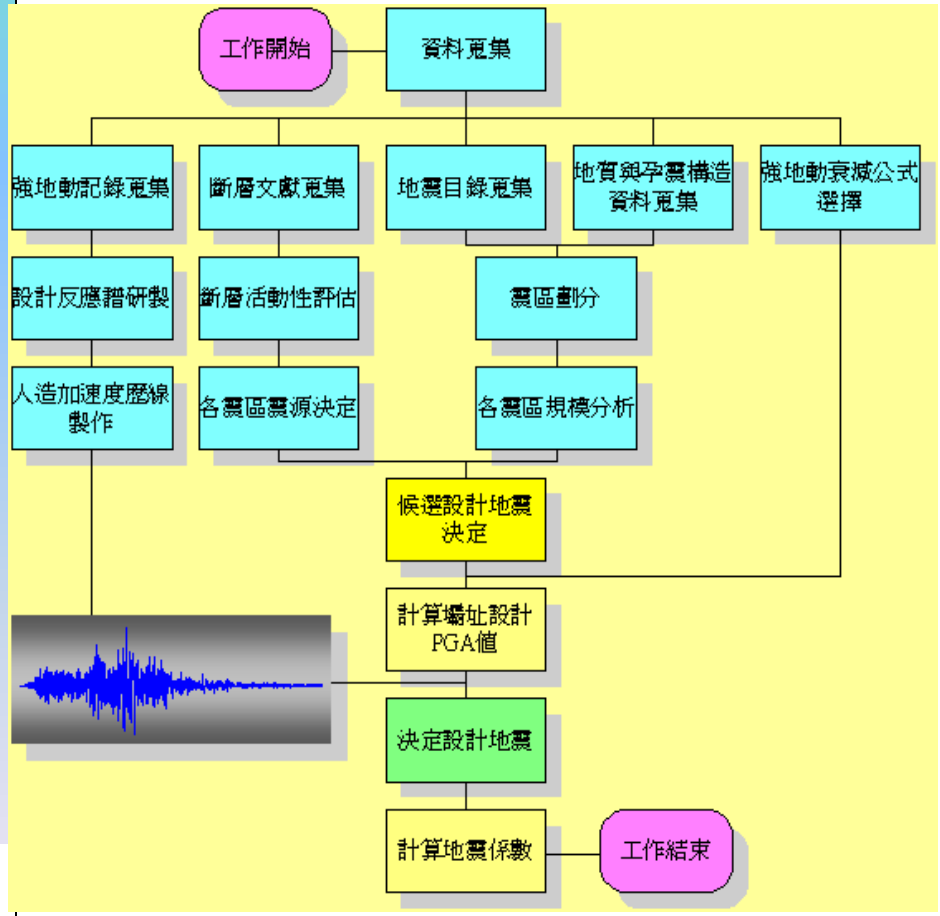


翡翠水庫壩址附近活動斷層及M_L>3.0震央分布(1900~)

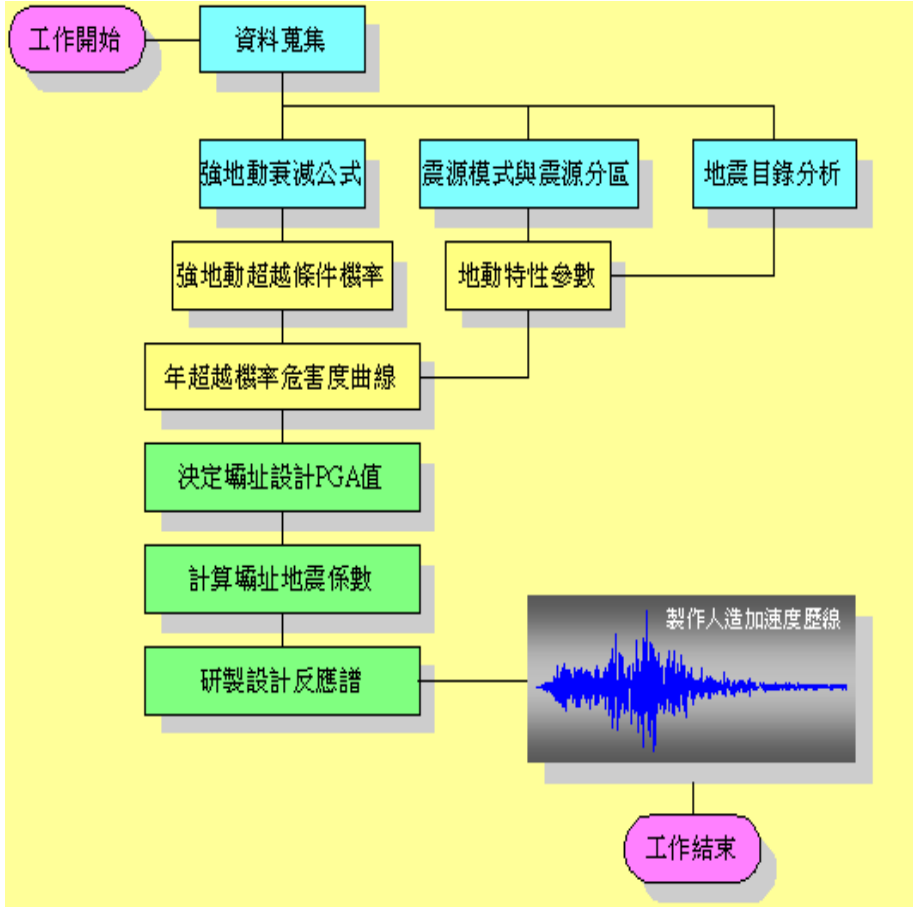
翡翠水庫

設計地震評析方法

- 採用定值法(deterministic method)及機率法(probabilistic method)等兩種分析方法，以求評估工作之完備



定值法分析



機率法分析

設計地震基準(1/2)

- 最大可能地震(MCE, Maximum Credible Earth Quake)
  - 為各地體構造區內可能發生之最大地震，其規模之假定必須基於歷史強震記錄，以及地殼錯動之證據。水庫壩體於遭遇最大可能地震時，允許發生有限度之損壞，但不能造成水庫無法控制之出水，水庫主要設施在此一地震下應能維持運轉。
- 設計基準地震(DBE, Design Basis Earthquake)
  - 水庫壩體於遭受此一地震時，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；壩體上之主要設施須保持操作之功能。國內蓄水庫安全評估規範(2008)，採用機率法(probabilistic method)分析，訂為950年再現周期(100年內超越機率10%)之地動值。

設計地震基準(2/2)

- **運轉基準地震(OBE, Operation Basis Earthquake)**
  - 水庫在此地震下，一切重要設施均應保持其功能，不容有任何損壞。國內蓄水庫安全評估規範(2008)規定，採用機率法(probabilistic method)分析，訂為475年再現周期(100年內超越機率5%)之地動值。
- **最大設計地震(MDE, Maximum Design Earthquake)**
  - 為壩體耐震分析採用之最大地震，其值之決定係基於水庫重要性之考量。最大設計地震PGA值之決定係基於蓄水庫之大小及災害潛勢

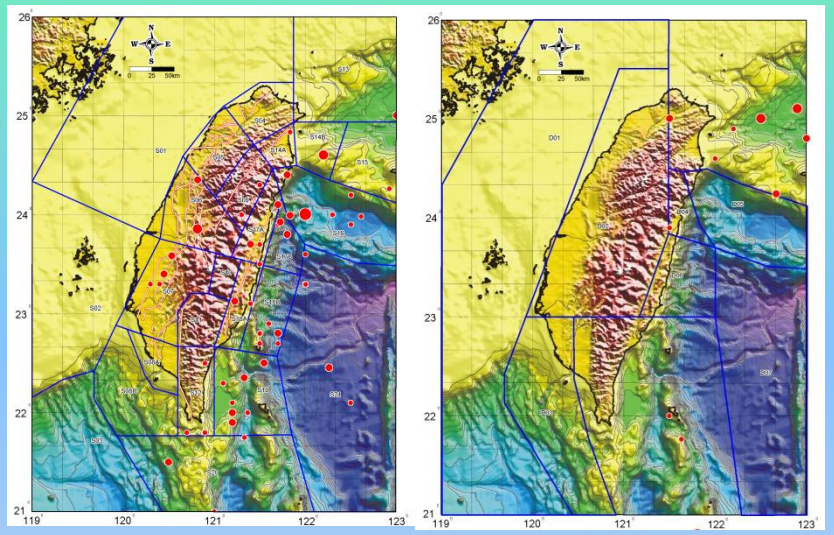
壩址地震危害度分析

- 評估壩址可能遭受地震所產生之PGA值
- 同時採用定值法(deterministic method)及機率法(probabilistic method)等兩種方法
- 本次設計地震基準依據「水利建造物檢查及安全評估技術規範-蓄水與引水篇」(2008)之規定，採
  - 最大可能地震(MCE)：以機率法(RP10,000yr)及定值法分析
  - 設計基準地震(DBE) ：以機率法分析(RP475yr)
  - 運轉基準地震(OBE) ：以機率法分析(RP950yr)
  - 最大設計地震(MDE)：依蓄水庫大小及災害潛勢決定，翡翠水庫應採用MDE=MCE

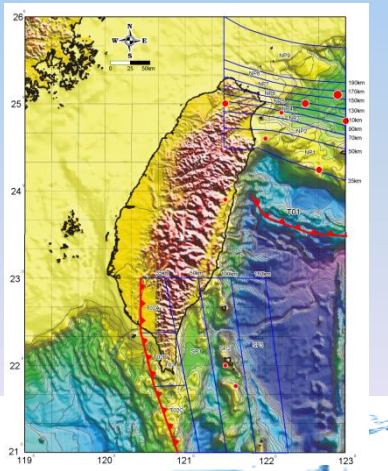
水利建造物等級	災害潛勢分級	最大設計地震採用值
大型	嚴重	MCE
中型		MCE
小型		MCE~DBE間之地動值
大型	輕微	MCE
中型		MCE~DBE間之地動值
小型		DBE~OBE間之地動值
大型	極輕微	MCE~DBE間之地動值
中型		DBE~OBE間之地動值
小型		DBE~OBE間之地動值

機率法分析

- **震源模式及參數**
  - 以北緯21~26度、東經119~123度所涵蓋之區域進行分析
  - 震源劃分為區域震源、斷層震源及隱沒帶震源；震源參數採用中央地質調查所報告及鄭錦桐(2002)之研究結果
  - 區域震源分布採用點震源模式；斷層震源分布採用Type I模式；隱沒帶震源分布採用Type III模式
  - 假設地震之發生在時間上符合Poisson process；且地震規模大小之分佈假設符合Gutenberg- Richter關係
- **衰減公式**
  - 本評估除採用國內林柏伸等人(2002)之研究結果外，另亦採用美國近年來推動的NGA研究成果
  - 分析時以加權平均方式處理各式計算結果，其權重分配以林柏伸等(2002)式0.5，其餘NGA五組式各0.1；隱沒帶震源區僅採林柏伸等(2002)式



淺層(左)及深層(右)區域震源

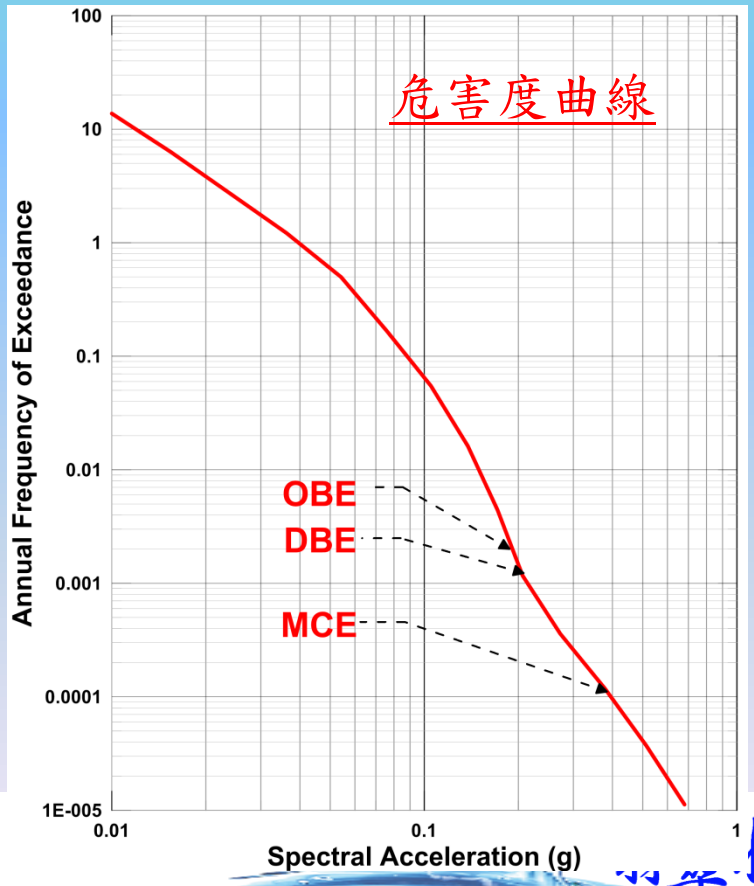


隱沒帶震源

機率法分析結果

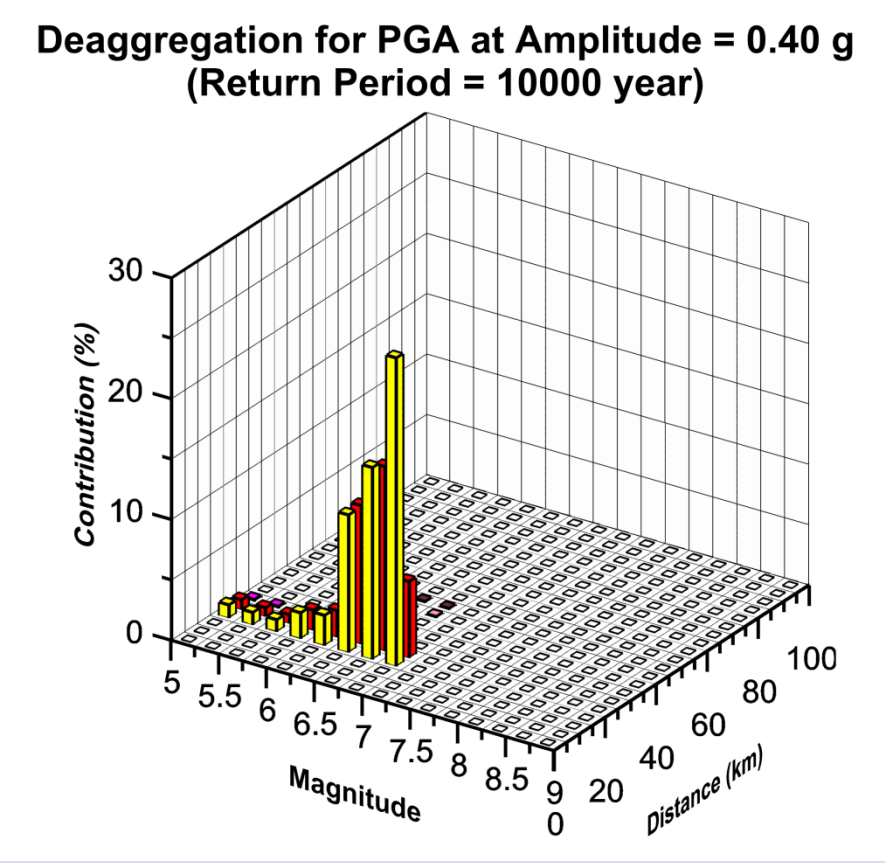
- MCE、DBE及OBE分別訂為10,000年、950年及475年再現週期PGA值
- 機率法分析結果，翡翠水庫MCE、DBE及OBE之水平向PGA值分別為0.40g、0.21g及0.19g

壩址水平向PGA值 (g)	再現周期 (年)
0.10	15
0.14	67
0.19 ←	475
0.21 ←	950
0.26	2,400
0.30 →	3,794
0.40 ←	10,000
0.50	24,237
0.60	51,414
0.70	101,143



參數拆解

- 於MCE(10,000年再現周期)下PGA (0.40g)依據地震規模以及壩址-震源間距離之參數拆解結果，顯示地震事件中，以規模6.5~7.0以及壩址-震源間距離15~20公里之地震事件發生機率最大
- 由壩址附近活動斷層評估結果可知，此即為山腳斷層活動造成之MCE規模地震事件
- 由參數拆解結果再次確認，山腳斷層為翡翠水庫壩址之設計地震控制震源



定值法分析

- 震源參數
  - 山腳斷層：長度34 km，MCE規模6.88，地表距離壩址19.7 km，最短距離19.0 km
- 衰減公式
  - 採用國內林柏伸等人(2002)衰減式(權重0.5)及美國NGA五組衰減式(權重各0.1)，以加權平均方式處理各式計算結果
- 分析結果
  - 選取中值加1個標準偏差(median + 1σ)之PGA之加權平均值0.30g，作為MCE水平向設計PGA定值法分析結果
  - 與前述機率法分析結果比較，定值法推算結果0.30g對應之再現週期約為3,800年；小於機率法分析再現週期10,000年對應之PGA值0.40g

定值法分析結果

設計地震基準	地震規模(M_W)	最短距離(km)	加速度衰減公式	水平向設計PGA(g)		
				中值	中值加一標準偏差	採用值
MCE	6.88	19.0	Abrahamson-Silva(2008)	0.15	0.27	-
			Boore-Atkinson(2008)	0.19	0.33	
			Campbell-Bozorgnia(2008)	0.15	0.26	
			Chiou-Youngs(2008)	0.17	0.30	
			Idriss(2008)	0.14	0.25	
			林柏伸等(2002)	0.18	0.31	
			加權平均	0.17	0.30	0.30

山腳斷層長度之影響

- 第三次安評:中央地質調查所(2000):山腳斷層之長度(11公里)較金山斷層長度(34公里)短
- 近年: 金山斷層已由活動斷層名單中移除
  山腳斷層則已確認向北延伸至金山地區，並有繼續向東北方海域展延之可能

山腳斷層長度之改變(地調所)

地震係數

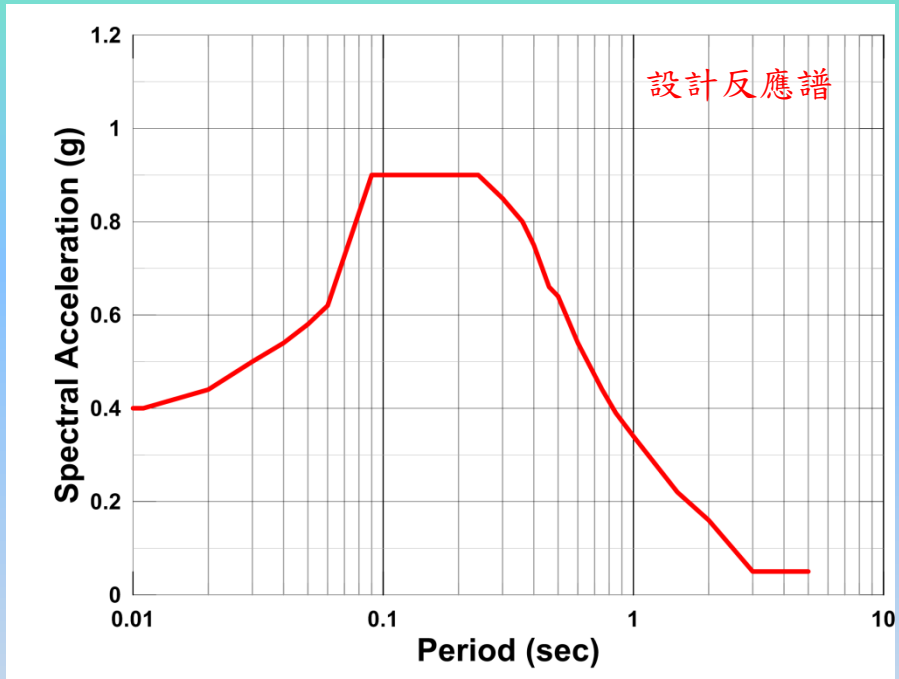
- 依「水利建造物檢查及安全評估技術規範-蓄水與引水篇」(2008)之規定方法推算
- 由規範中水平向設計PGA值區間對應之地震係數區間以內插法求算水平向地震係數(K_h)
- 垂直向地震係數(K_v)取為水平向之2/3

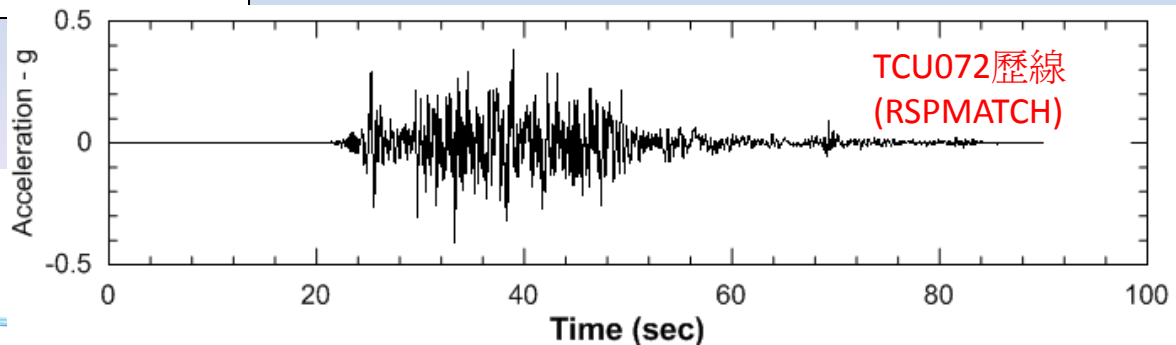
水平向設計 PGA 值	對應水平向地震係數(K_h)
<0.12 g	0.10
0.12~0.18 g	0.10~0.12
0.18~0.50 g	0.12~0.16
0.50~0.80 g	0.16~0.24
>0.80 g	0.24

設計地震基準	水平向設計PGA值	地震係數	
		水平向(K_h)	垂直向(K_v)
MCE	0.40 g	0.148	0.098
DBE	0.21 g	0.124	0.083
OBE	0.19 g	0.121	0.081
MDE	0.40 g	0.148	0.098

動態分析地震輸入

- 設計反應譜：
  - 依據機率法所得對應MCE之反應譜加速度值，建構翡翠水庫之設計反應譜(阻尼比=5%)
- 地震加速度歷時：
  - 參考周期1秒之參數拆解結果選取適當之實測加速度歷時曲線
  - 經評估後，採用921地震(Mw7.6)時國姓國小測站(TCU072，距震央約20公里)之實測加速度記錄，利用EZ-FRISK程式之RSPMATCH模組配合設計反應譜，可求得人造加速度歷時，作為動態分析輸入使用





主體結構物
及其基礎

複核與評估項目

●壩及堰資料之複核與評估項目

（水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇 ）

(1)幾何形狀及結構佈置

(2)築壩材料

(3)設計準則

(4)安定分析及結構應力分析與設計之方法與計算過程

(5)結構模型試驗與數值分析成果之比較

(6)施工期間所作之特殊處置

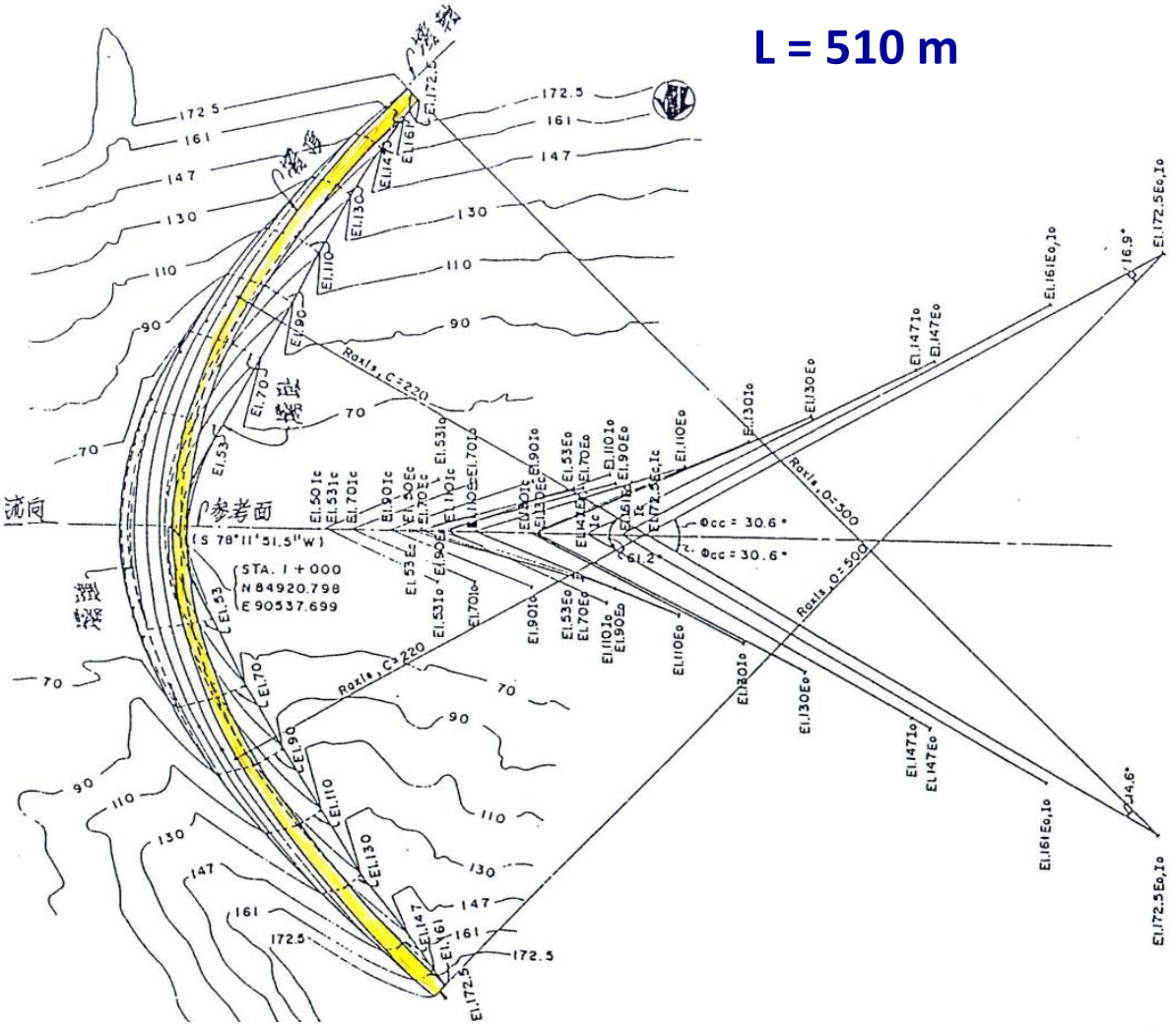
(7)運轉維護期間發生異常狀況之處置

(8)歷次安全評估有關壩及堰之評估報告

三心雙向彎曲變厚度拱壩

H = 122.5 m

L = 510 m



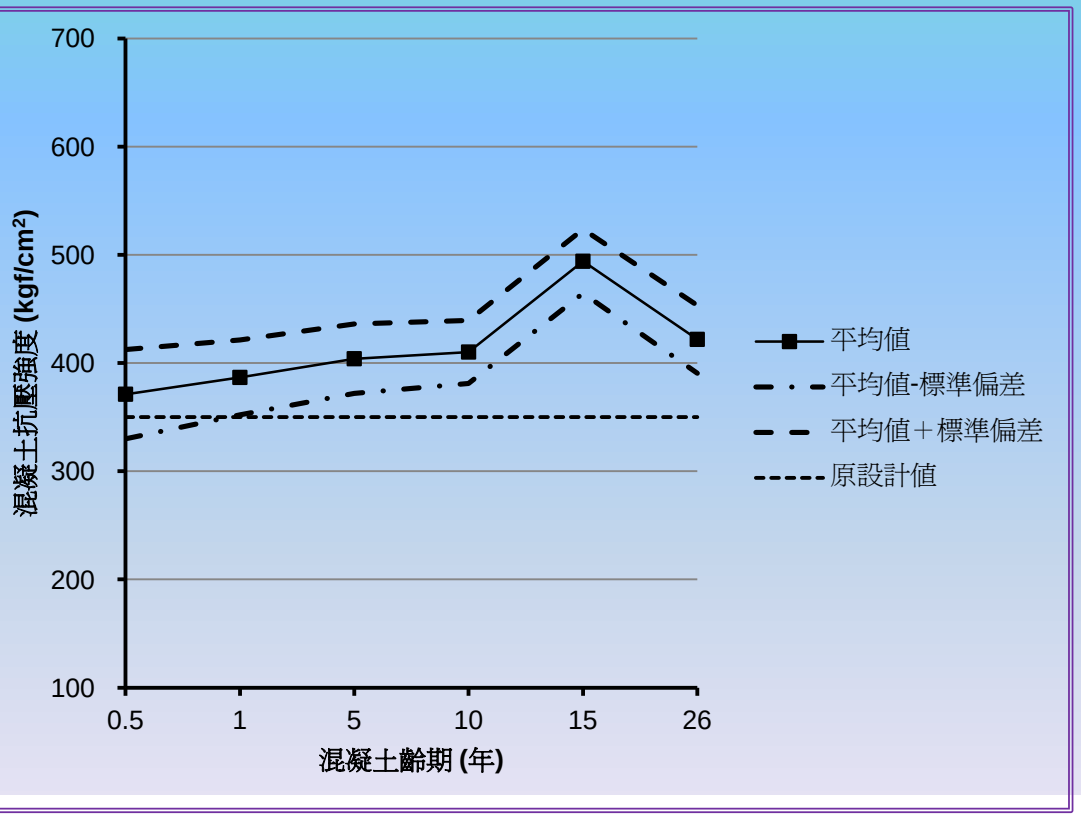
荷重情況

- 原設計
  - **正常荷重情況**：
    - **UL1**：呆荷重＋淤砂荷重(EL.90)＋正常最高水庫水位(**EL.170**) ＋正常尾水位(EL.76)＋正常**最低**混凝土溫度。
    - UL2：呆荷重＋淤砂荷重(EL.90)＋正常**最高**混凝土溫度＋當發生正常最高混凝土溫度時之水庫水位及尾水位。
  - **異常荷重情況**：
    - UNL1：UL1＋OBE
    - UNL2：UL1＋DBE
    - **UNL3**：呆荷重＋最低水庫水位(EL.100)＋最低尾水位 (EL.52.5) +正常最高混凝土溫度。
    - UNL4：呆荷重＋淤砂荷重(EL.90）＋可能最高水庫水位(EL.171)＋可能最高尾水位(EL.86.1)＋當時之混凝土溫度
    - UNL5：UL2＋DBE
  - **極端荷重情況**：
    - **EXT1**：UL1＋MCE

大壩混凝土性質

1. 抗壓強度

原設計抗壓強度(365天) f_c' 350 kgf/cm²

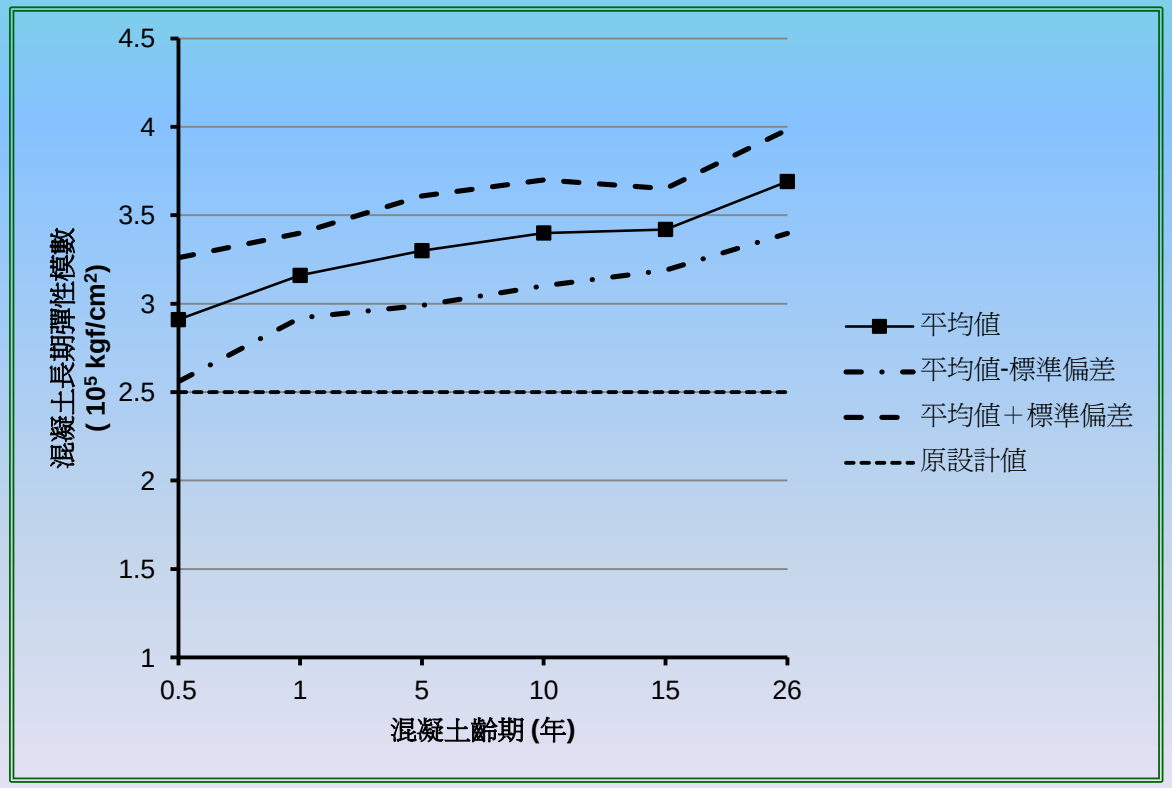


- 抗壓強度在第1年至第10年間變化不大，但呈緩慢增加趨勢
- 第15年試驗採用較小尺寸之圓柱試體，故獲得之強度通常較高

大壩混凝土性質

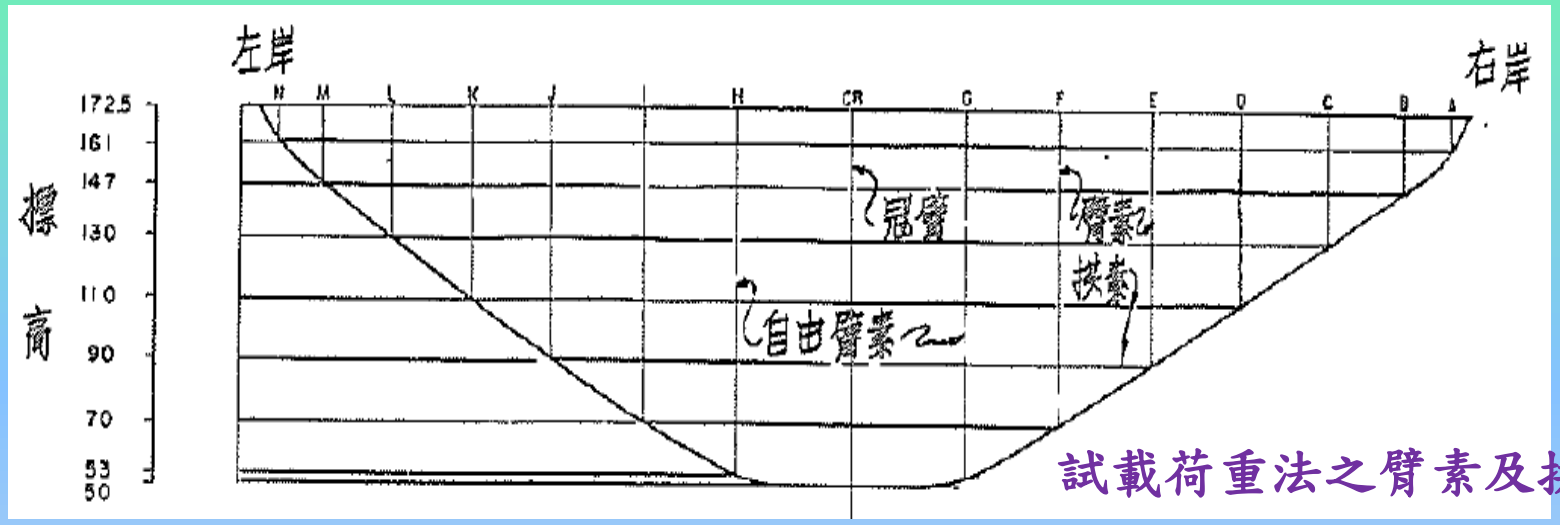
2.長期(靜態)彈性模數

原設計長期(靜態)彈性模數　　2.5×10^5 kgf/cm²

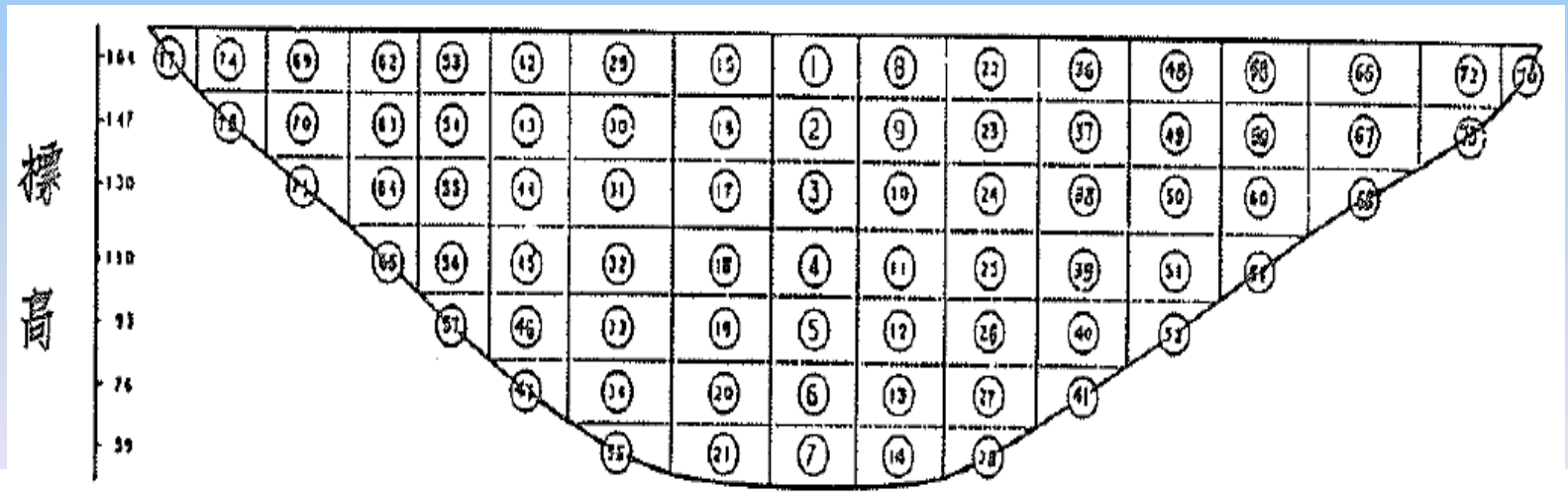


- 長期彈性模數平均值於完工使用第0.5年至第1年間明顯增加，之後至第15年間呈緩慢穩定增加，而第15年後至第26年又有較大幅度之增加
- 整體而言呈現逐年遞增趨勢

原設計大壩應力分析之數值模型



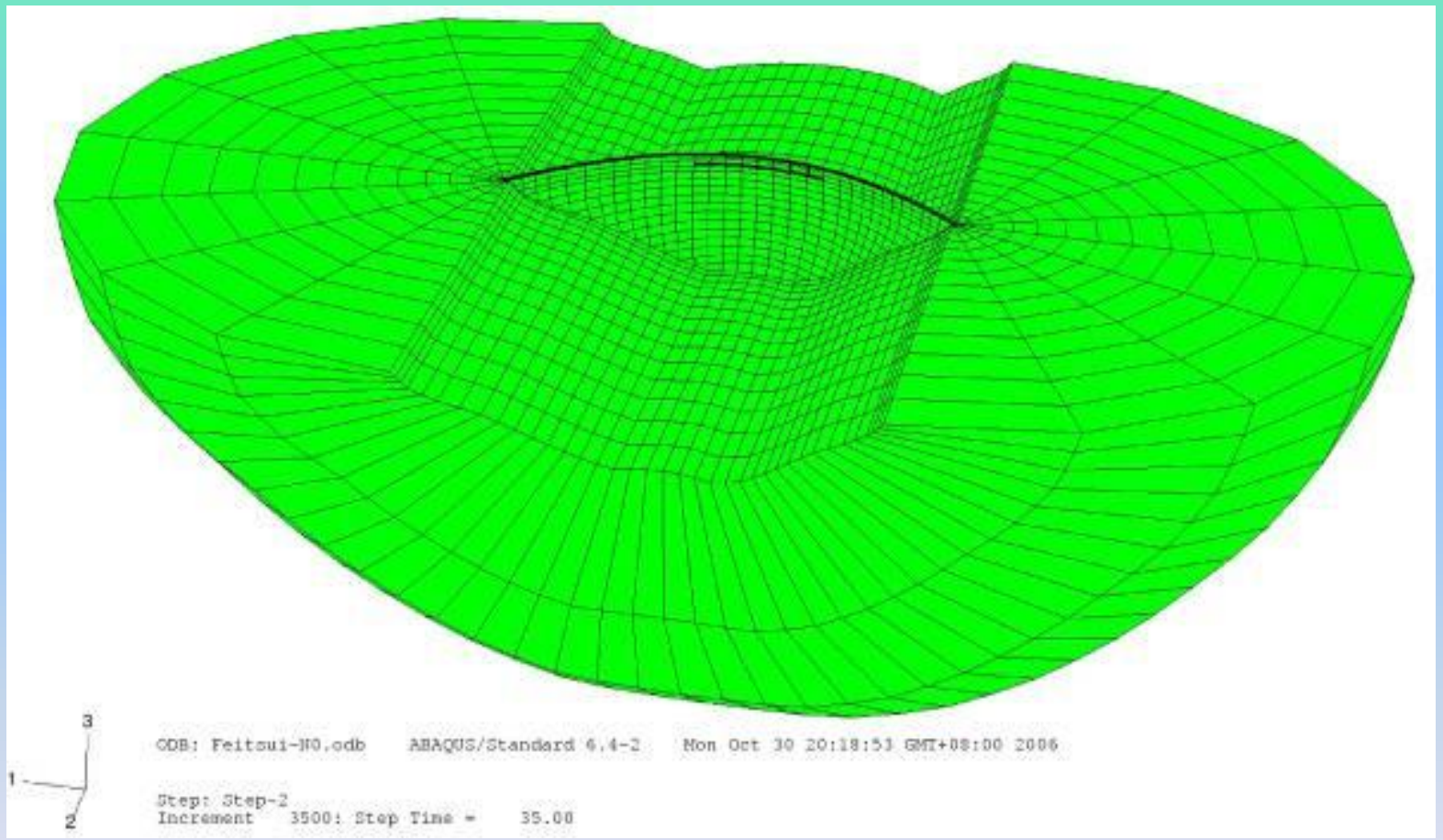
試載荷重法之臂素及拱素佈置



有限元素法之網格佈置

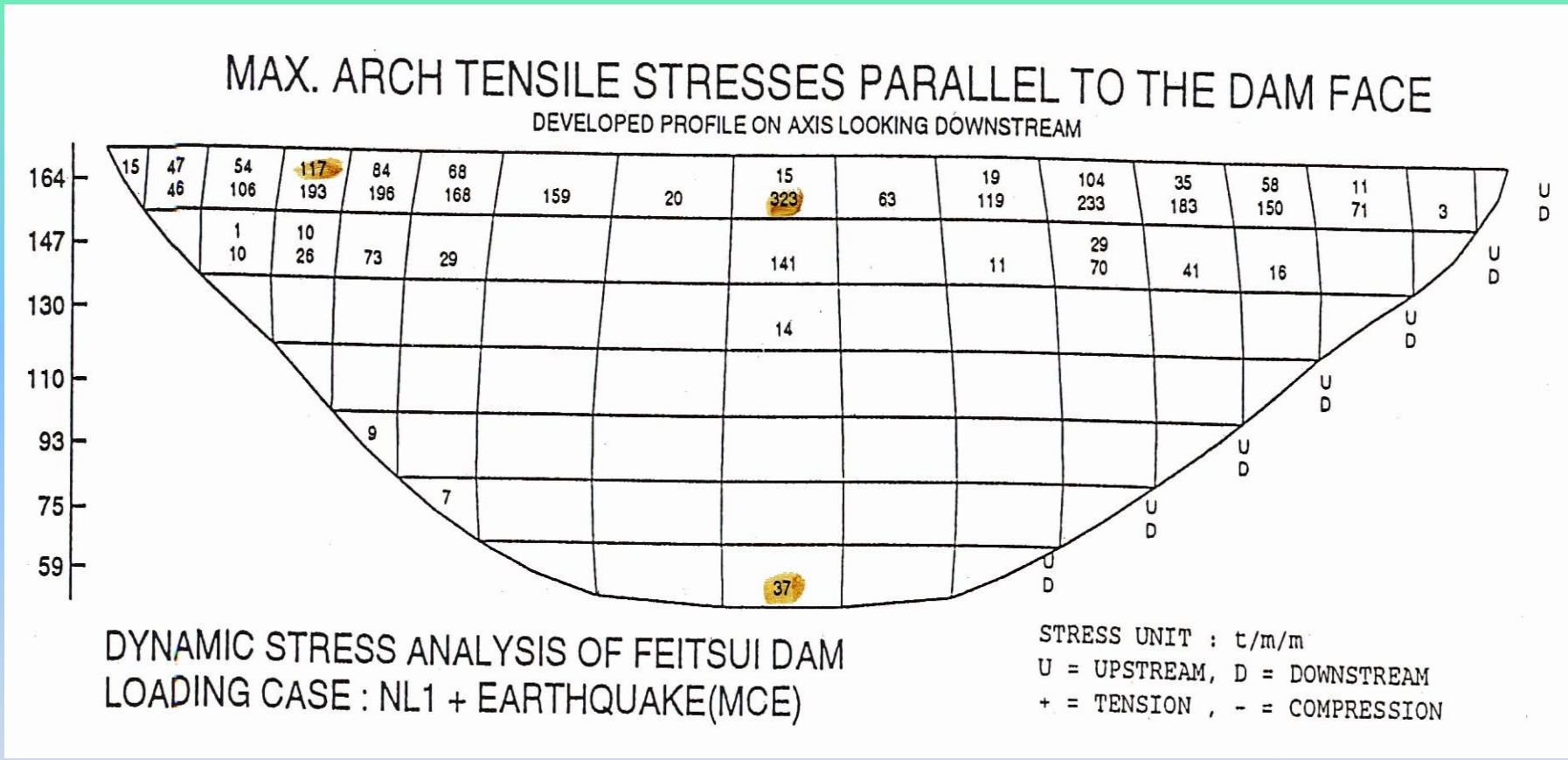
翡翠水庫

第三次安評大壩應力分析之數值模型



壩體－基礎岩盤有限元素網格佈置

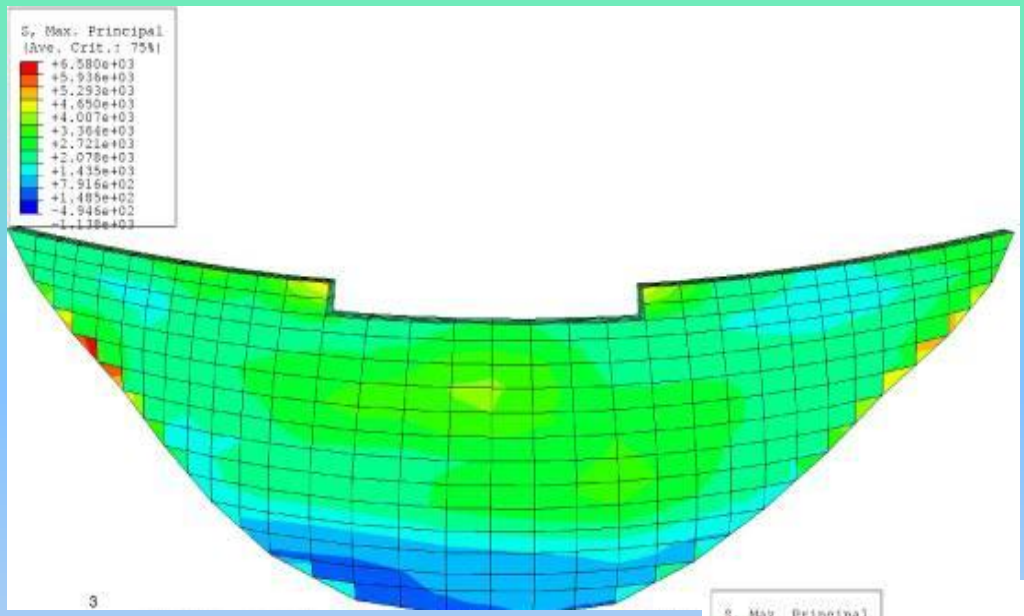
原設計地震歷時分析歸納出各元素之最大水平張應力



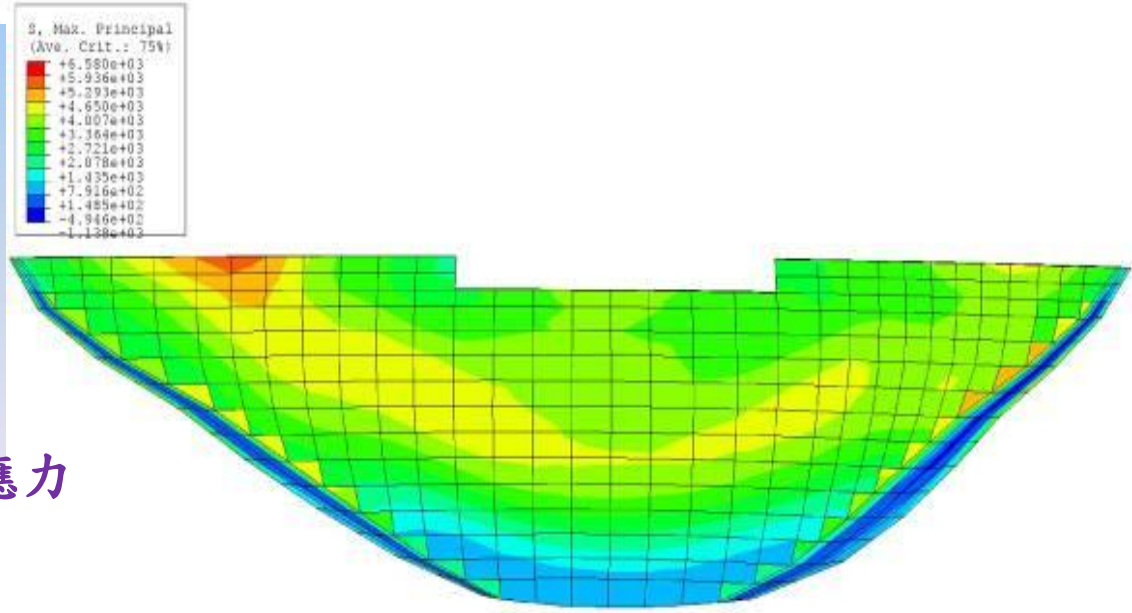
☛ SAP IV 77個3-D厚殼元素
(每個元素16個節點)

翡翠水庫

第三次安評大壩MCE地震應力分佈



上游面最大張應力



下游面最大張應力

岩楔安定分析-荷重項目

荷重項目	複　核	評　估
呆重	岩盤之單位重採用2.5t/m^3。	由多次鑽探試驗結果訂出，屬合宜。
上舉水壓力	假設A：在大壩灌漿幕上游面假設為全水頭，然後直線變化至排水幕為1/3全水頭，再直線變化至岩楔露頭為零。	排水效果均屬正常，因此原假設A應屬合宜。
	假設B：在大壩灌漿幕上游面假設為全水頭然後直線變化至岩楔露頭處為零。	係當排水幕被堵塞而失去排水功能之狀況，分析時視其為極端荷重情況，亦屬合宜。
地震力	採用仿靜態法，地震係數： OBE Kh=0.10、Kv=0.06 DBE Kh=0.13、Kv=0.08 MCE Kh=0.20、Kv=0.12	本次評估採用地震係數： OBE Kh=0.121、Kv=0.081 DBE Kh=0.124、Kv=0.083 MCE Kh=0.148、Kv=0.098 原設計採用之係數較本次推估略大，因此屬略為保守，惟屬合宜。
拱壩推力	原設計分析採用之拱壩推力係由拱壩應力分析而得。	由於地震力較原設計為低，因此初步研判應無不利之影響。
水壓力	原設計使用水庫水位 170公尺時之相當水頭。	170公尺為水庫最高常水位，因此屬合宜。

左壩座岩楔安定分析，命名層縫

構成岩楔之弱面	層縫勾鍵槽之標高	分析範圍	岩楔狀況	RC節理連續性	處理節理強度 c=110 t/m², φ=38° 荷重情況			處理節理強度 c=55 t/m², φ=38° 荷重情況		
					ULC	#MCE↑	#MCE↓	ULC	#MCE↑	#MCE↓
RS8層縫與RC節理(RC4、RC5及RC6)	110	Ⅰ	實際	50%	4.02	2.26	2.01	3.99	2.25	2.00
		Ⅱ	有露頭	50%	13.22	6.75	5.94	13.20	6.74	5.93
RS7層縫及RC節理(RC7)	104	Ⅰ	實際	50%	4.20	2.35	2.12	4.17	2.33	2.10
		Ⅱ	有露頭	50%	8.91	4.66	4.07	8.88	4.64	4.05
RS6層縫及RC節理(RC9、RC10、RC12、RC11)	100	Ⅰ	實際	75%	4.06	2.19	2.00	4.00	2.16	1.97
		Ⅱ	有露頭	75%	8.55	4.31	3.83	8.50	4.29	3.81
RS5層縫及RC節理(RC9、RC10、RC12、RC11、RC17、RC18、RC19)	93	Ⅰ	實際	75%	3.14	1.69	1.57	3.12	1.67	1.56
		Ⅱ	有露頭	75%	6.38	3.22	2.92	6.37	3.21	2.91
RS4層縫及RC節理(RC14、RC15、RC23及RC26)	85	Ⅰ	實際	75%	5.42	2.80	2.52	5.38	2.78	2.50
		Ⅱ	無露頭，惟岩層覆蓋厚度≦15m	75%	9.90	4.88	4.44	9.87	4.87	4.43
RS3層縫及RC節理(RC14、RC15、RC23及RC26)	83	Ⅰ	實際	75%	6.29	2.47	2.23	6.24	2.45	2.22
		Ⅱ	無露頭，惟岩層覆蓋厚度≦15m	75%	8.54	4.33	3.89	8.51	4.31	3.87
RS2層縫及RC節理(RC14、RC15、RC23及RC26)	76	Ⅰ	實際	75%	3.06	1.68	1.57	3.04	1.67	1.56
		Ⅱ	無露頭，惟岩層覆蓋厚度≦15m	75%	5.73	3.03	2.69	5.71	3.02	2.68
最小容許安全係數			Part Ⅰ		1.5	1.0	1.0	1.5	1.0	1.0
			Part Ⅱ		4.0	1.33	1.33	4.0	1.33	1.33

翡翠水庫

附屬結構物

複核與評估項目

●附屬結構物之複核與評估項目

（水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇 ）

(1)結構物之功能及尺寸

(2)結構安定性之複核與評估

(3)結構應力複核與評估

(4)鋼筋混凝土結構物之鋼筋配置

(5)材料強度、檢驗方式及結果之複核與評估

(6)結構物監測、檢查及修補記錄

(7)歷次安全評估有關附屬結構物之重要結論與建議改善事項之複核與評估

水工結構物包括:

1.溢洪道

2.沖刷道

3.河道放水道

4.發電輸水路(含進出水口)

5. 排洪隧道(含進出水口)

6.副壩

7.落水池

8.操作大樓及電廠

原設計地震係數

	壩體	地表
MCE	k_h=0.40、k_v=0.24	k_h=0.20、k_v=0.12
DBE	k_h=0.25、k_v=0.15	k_h=0.13、k_v=0.08

上次評估之仿靜態地震係數：

	壩體	地表
MCE	k_h=0.32、 k_v=0.16	k_h=0.16、 k_v=0.08
DBE	k_h=0.13 、k_v=0.07	k_h=0.07 、k_v=0.04

一、壩頂溢洪道

(1)溢流堰

- 設計荷重

  呆荷重、水位標高170 m之靜水壓、溢流堰上之水壓力、閘門反力、壩頂橋梁荷重、地震引起之慣性力及動態水壓力。

  地震係數： MCE地震：K_h=0.40、K_v=0.24

  DBE地震：K_h=0.25、K_v=0.15

- 分析及設計方法

  橫向鋼筋：取閘墩及左、右各一半之堰體進行分析，左、右堰體側邊之邊界條件設爲滾軸，下端爲固定，分析所得應力反求軸力與彎矩後，再以工作應力法設計鋼筋。

  縱向鋼筋：外伸部分以懸臂梁方式分析，並以工作應力法設計鋼筋，再以二維平面應變元素模擬堰體，進行應力校核，於拉力區以鋼筋加強。

二、壩頂橋梁

- 設計荷重

  呆荷重(含鋼筋混凝土及結構鋼)、活荷重及其衝擊力、風力、人行道活荷重、溫度及地震慣性力。

  地震係數：DBE地震：K_h=0.25、K_v=0.15

- 分析及設計方法

  橋面版：應力分析按AASHTO 1977版公路橋梁規範設計辦理，利用分析計算出之單位彎矩進行配筋設計。

  預鑄合成：斷面設計依累加強度方式及鋼筋混凝土方式設計所需之鋼筋(兩法中取其大者)，並校核剪應力及附著應力，最後再以H型鋼與鋼筋混凝土組成後之預鑄梁及預鑄梁與橋面版合成後之合成梁，使用合成慣性矩法分別校核施工中或完工後各種荷重情況下，鋼筋、鋼骨及混凝土之各種應力是否滿足相關規定。

三、沖刷道

- 設計荷重

  i. 上游外伸結構物

  呆荷重、2.0 t/m^{2}支撐托架活荷重、地震慣性力及動態水壓力。

  ii. 排放管

  設計荷重與大壩相同 ，另外加上作用於開孔之內水壓。

  iii. 下游外伸結構物

  呆荷重、活荷重及地震慣性力，其中活荷重包括支撐托架、維護及操作平台 2.0 t/m^{2}及屋頂與舋斗 1.0 t/m^{2}之均佈荷重。

  地震係數：同溢洪道。

- 分析及設計方法

  i. 上游外伸結構物

  - 閘門導牆視爲固定於壩體之懸臂梁以單位高度分析。
  - 支撐托架垂直向假設爲固定於壩體之懸臂梁 ， 水平向將導流牆視爲一端固定於壩體、一端固定於底版之雙向版，採有限元素法進行分析。分析得到應力取大者，並利用工作應力法決定鋼筋量。

四、河道放水口

- 設計荷重

  i. 上游外伸結構物

  呆荷重、活荷重、溫度變化引致荷重、淤泥荷重、放水時攔污柵內外水頭差、地震慣性力及動態水壓力 。

  ii. 排放管

  設計荷重與大壩相同 ，加上作用於開孔之內水壓。

  iii. 下游外伸結構物

  呆荷重、活荷重及地震慣性力，其中活荷重包括閘閥室平台 2.0 t/m^2及屋頂1.0 t/m^2之均佈荷重。

  地震係數：同溢洪道。

- 分析及設計方法

  i. 上游外伸結構物

  - 外伸支撐構架→固定於壩體之懸臂梁，採有限元素法進行分析。分析得到應力取大者，並利用工作應力法決定鋼筋量。
  - 吊放平台→單位寬度採兩端固定梁設計；支撐構架→剛節構架；支撐托架→依三邊分別固定於壩體及兩側導流牆之雙向版分析

五、排洪隧道

- 設計荷重

i. 進水口結構物

呆荷重、活荷重、內外水壓差、地震慣性力及動水壓力。

地震係數：　極端 K_h=0.20、K_v=0.12

異常 K_h=0.13、K_v=0.08

ii. 傾斜段及銜接段隧道

呆荷重及岩石荷重。

iii. 水平段隧道(原導水隧道封堵下游隧道段及出口段)

隧道段：呆荷重及岩石荷重。

出口段：　暗渠:　呆荷重、活荷重及靜水壓

明渠:　呆荷重及靜水壓

挑水戽斗:　呆荷重、靜水壓及射流荷重

- 安定分析準則

安全係數	正常荷重情況	異常荷重情況
抗翻	1.5	1.3
抗滑	1.5	1.3
抗剪滑	3.0	2.0
抗浮	1.3	1.1
合力作用點要求	落於基礎中央2/3範圍	落於基礎中央1/2範圍

六、發電輸水路及尾水渠

- 設計荷重

i. 發電進水口

呆荷重、活荷重、溫度變化引致荷重、內外水壓差、地震慣性力及動水壓力。

地震係數：　極端 K_h=0.20、K_v=0.12

異常 K_h=0.13、K_v=0.08

ii. 輸水路

錨座安定分析：呆荷重、靜水壓、地震慣性力及動水壓。
地震係數同發電進水口。

iii. 尾水渠

呆荷重、靜水壓、地震慣性力及動水壓。
地震係數同發電進水口。

- 評估

仿靜態地震係數相較翡翠大壩主要附屬結構(如溢洪道)略低，但因輸水路位於壩體及岩盤內，其地震反應相較地面結構明顯爲低，可採較低之地震強度設計，故原設計考量合宜。

七、落水池

- 設計荷重

  呆荷重、水壓力及上舉水壓力，其中上舉水壓力考慮排水系統之效果，於水位徐降及遽降情形分別可折減75%及60%。

- 分析與設計方法

  - 抗浮設計：以混凝土結構物自重及灌漿錨筋之拉抗力共同抵抗上舉水壓力。
  - 鋼筋設計：鋼筋舖設以防止由溫度或乾縮引起之龜裂爲主，跨過層縫RS1及剪裂帶SZ2之部分則按單向版分析，並以工作應力法計算鋼筋量。

- 評估

- 鋼筋混凝土底版之安定性取決於向下荷重力與上舉水壓力之比值，其中下壓力除混凝土自重及水壓力外，尚考慮灌漿錨筋之抗拉力及岩盤與混凝土間之握裹力，合宜。另外，底版各版塊間設有工作縫，將各版塊連成一體，使其受力較爲均勻，如此使底版有較佳之安定性，考量合宜。

蓄水範圍及集水區

複核與評估項目

●蓄水範圍及集水區概況之複核與評估項目

（水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇 ）

(1)蓄水範圍公告資料

(2)地質、地形與地勢

(3)地文水文

(4)河床特性

(5)土壤分佈

(6)土地利用

(7)水土保持計畫

蓄水範圍及集水區概況

- 臺北水源特定區
  負責管理新店溪青潭堰上游集水區
  總面積達717平方公里
- 翡翠水庫集水區面積約303平方公里，水庫蓄水範圍為高程171公尺以下，屬翡翠水庫管理局管轄
- 上游集水區除零星茶園及果園外，其餘集水區林相完整且沖蝕破壞甚少，水土保持管制良好

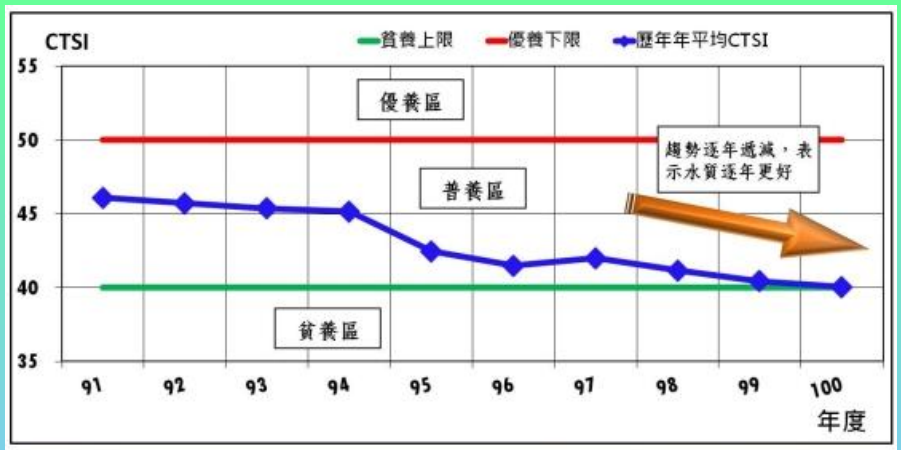
北勢溪、逮魚堀溪彙流處
下游河道局部有土石堆積

坪林拱橋上游北勢溪
河道狀況良好
2012.08.10

北勢溪上游(坪林水庫壩址處)
河道及集水區狀況良好
2012.08.10

蓄水範圍及集水區概況

- 民國100年淤積量僅29.3萬立方公尺，小於庫容之千分之一，顯示水庫淤積尚屬輕微且管控成效良好
- 民國100年卡爾森優養指數(CTSI)年均值為40.05，為自76年水庫完工蓄水以來最佳。根據民國95至101年間水質監測結果，均屬普養級至貧養級間，且近年水質狀況是逐年提升
- 蓄水範圍於灣潭地區攔阻大量浮木及垃圾，可能係近期蘇拉颱風(101年8月)降雨沖刷帶來，且灣潭、直潭至塗潭地區一帶之蓄水面皆有雜物漂浮情形，至媽祖林地區以下再無此狀況
- 蓄水範圍集水區內既有聚落旁有零星茶園及墓地開闢使用，其餘集水區坡地林相完整且沖蝕狀況亦少



衡量水體好壞與優養化現象，國際上多以卡爾森優養指數（Carlson's Trophic State Index；CTSI）為基準。它是以總磷、葉綠素a、透明度等項目按照公式算出來的數值。指數在40以下為貧養(水質較良好），40至50為普養，超過50以上則為優養(水質較差，水質已優養化）。

翡翠水庫近年之年平均卡爾森優養指數(CTSI)變化趨勢(摘自翡管局網頁之公告新聞稿)

蓄水範圍及集水區概況

竹坑道路底(鷺鷥潭)
蓄水區狀況良好

潭腰道路底蓄水區
狀況良好

灣潭地區攔污索攔阻
大量浮木及垃圾

直潭及塗潭地區
水面有雜物漂浮

直潭淨水場旁
新潭路路基遭
沖刷而崩塌

屈尺地區旁新店溪河道
有大量土石淤積

北勢溪及南勢溪彙流
處有大量土石淤積

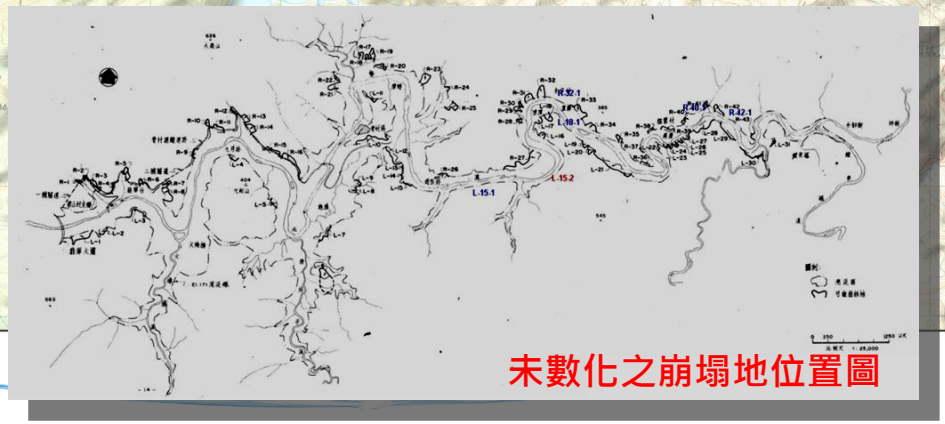
直潭及塗潭地區集水區
狀況大致良好

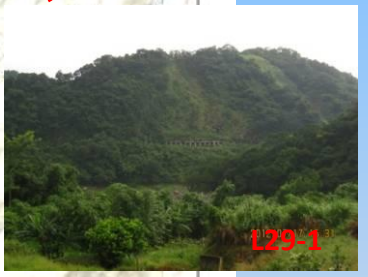
水庫

壩基座及水庫周邊邊坡

翡翠水庫潛在崩移邊坡位置圖

將前期安評之潛在崩塌地位置重新套匯於地理資訊系統(GIS)，並針對新生及地調所近年圈繪之崩塌地進行現場查核。





本次安評共新增7處崩塌地，並有5處為重複崩塌。新增之崩塌地包含地調圖繪之R19-1、R40-1a、L3-1、L29-1，現況雖未發現崩塌，但建議列入觀察名單。

翡翠水庫

❖下邊坡崩塌堆積區整治

R10崩塌地

攔砂壩

排水溝

土石籠袋

20cm RC路面

洩槽

攔砂壩

截流溝

打樁編柵

乙種蛇籠及枕籠

R10 崩塌:

面積:約 140 m x 400 m

厚:約 20~27 m

量體 :87 萬立方公尺

R10坍方修護平面配置圖

未依比例

崩塌區概分三部分處理：

(a)坍滑區

(b)上邊坡崩塌堆積區

(c)下邊坡崩塌堆積區

較大型順向坡:石碇子碼頭上游區域

R10崩坍地:屬於岩屑崩滑區

建議：優先清理坡面上已鬆散之土石塊至較堅硬岩盤
長期考量則於坡趾處設置防落石擋土牆配合上坡面作全面性噴凝土、岩釘及排水孔等護坡工

骨材運輸道路6.5K處局部噴凝土護坡面坍滑情形

08/22/2012

水工機械及機電設備

複核與評估項目

水工機械及其機電設備資料之複核與評估項目

（水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇 ）

(1)設計準則、方法及成果

(2)竣工及試運轉驗收成果以及歷年運轉記錄

(3)運轉準則及紀錄

(4)維護、檢修準則及紀錄

主要水工機械設備

項　目	尺　寸	數 量	控 制 系 統
1.壩頂溢洪道弧形閘門	9.3m 高 x14m 寬	8 座	鋼索捲揚式吊門機 8 組
2.沖刷道固定輪控制閘門	3.0m 高 x2.5m 寬	3 座	油壓式吊門機 8 組
3.沖刷道擋水閘門	4.72m 高 x2.5m 寬	3 座	鋼索捲揚式吊門機 3 組
4.排洪隧道固定輪控制閘門	6.0m 高 x4.0m 寬	2 座	油壓式吊門機 2 組
5.排洪隧道擋水閘門	門框 閘板 3.0m 高 x4.0m 寬	2 門 2 片	架空雙軌吊車 1 組
6.發電進水口固定輪控制閘門	7.405m 高 x4.2m 寬	1 座	油壓式吊門機 1 組
7.發電進水口阻水閘門	7.2m 高 x6.384m 寬 7.2m 高 x4.736m 寬	2 門	鋼索捲揚式吊門機 1 組
8.河道放水口環滑閘門	1.4m ϕ	1 座	油壓式吊門機 1 組
9.河道放水口何本閥	1.4m ϕ	1 座	螺桿式驅動器 1 組
10.河道放水口擋水閘門	與沖刷道擋水閘門共用	1 座	—
11.電廠吸出管擋水閘板	門框 2.65m 高 x4.65m 寬	2 門 4 片	單軌吊車 1 組
12.副壩控制閘門	1.0m ϕ	2 座	螺桿式吊門機 2 組
13.副壩舌閥（含鋼管路）	1.0m ϕ	2 組	—
14.壓力鋼管	4.8m ϕ	1 座	—
15.柴油發電機	—	3 組	—

一. 安全資料複核

- 經複核各閘門(閥)原設計條件及運轉操作條件，除地震載重與設計洪水位需配合本次評估之重新推估結果再予評析外，各設備之設計與運轉條件與佈置尚符合目前水庫運轉維護準則之安全性及功能需求。
- 水工機械設備之操作及檢查維護工作主要依據「翡翠閘門運轉作業標準書」、「閘門檢查作業標準書」及「翡翠閘門維護作業標準書」規定辦理。翡翠水庫水工機械設備之運轉與排洪操作規則均依據「翡翠水庫運用要點」及「翡翠水庫水門操作規定」等規定施做。

  經複核其相關規定與操作程序符合原設備設計安全與運轉功能需求。
- 第三次「翡翠水庫安全整體安全檢查與評估報告」建議事項以及定期檢查發現缺失事項，已逐年逐項完成設備大修或檢修工作。

二. 現地檢查(1/4)

翡翠水庫水工機械設備狀況及試運轉功能尚為正常，惟部分缺失狀況如下所述：

- 閘門及吊門機機構件之局部脫漆生銹現象， 建議應安排於年度例行維護時，予以除銹補漆。

- 發電進水口阻水閘門吊門機鋼索於取水時會因水流穿過而有振動情形，建議應定期檢視鋼索頭有無損傷，以維安全。
- 壩頂溢洪道弧形閘門：
  - 桁臂本身、桁臂與門樞、橫梁與面板等結合處，以及面板底部與其底檻普遍有銹蝕情況，建議定期清理洩水孔及污物，以減少構件銹蝕惡化機會。

二. 現地檢查(2/4)

- 沖刷道擋水閘門

-部分主梁、通水閥、吊耳座、導履、水封壓板與螺栓、門扉底部及閘門支承梁，及部分門框普遍有局部生銹情形，其主輪表面普遍劣化，建議編列預算整體閘門辦理整修。

-門扉水封之被覆氟碳層普遍有因老化而局部剝落，建議應追蹤檢查，如剝落範圍擴大建議應予整體更新，以避免影響閘門緊急關閉功能。

-No.1現場控制箱下方之聯絡控制線PVC保護外被覆有老化破裂情形，建議更換。

二. 現地檢查(3/4)

- 沖刷道固定輪閘門

  -閘門門扉底部、水封處面板、底水封壓條及門框構件及其螺栓普遍有銹蝕情形，建議應予除銹補漆。

  -No.2閘門頂水封漏水較大，其餘閘門水密性尚佳，建議整修及調整其水封。

- 沖刷道鋼襯護

  其面層為不銹鋼磨耗層；No.1及No.2鋼襯護曾於93年全面噴砂除銹並施塗鋅膜可塗合金漆A-666二道，其銹蝕情形較少，No.3鋼襯護因未處理故銹蝕情形較多。建議編列預算將No.1及NO.2鋼襯護局部銹蝕部分No.3鋼襯護整體進行噴砂除銹，以減少銹蝕惡化機會

二. 現地檢查(4/4)

- 排洪隧道擋水閘門

  閘門之頂、側及底水封壓板及其螺栓、導履及通水閥組有局部銹蝕情形，建議年度維護時予以除銹補漆。

- 副壩控制閘門

  門扉、門框及吊桿導履均普遍有銹蝕情形，已於5月完成整修及除銹補漆，因本閘門使用已27年，門扉及門框已銹蝕不堪，黃銅鈑鑲嵌水封亦有磨損、脫落且水密性不好。

  建議編列預算在下次辦理安全評估之靜水池放空時機，予以汰舊更新，材質可改為耐蝕性佳之不銹鋼材質

- 電廠吸出管擋水閘板

  其門框普遍有銹蝕情形，建議應辦理整體門框除銹補漆，以確保使用壽命。

監測系統及觀測資料

複核與評估項目

監測系統及觀測資料之複核與評估項目

（水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇 ）

(1)監測系統及監測項目

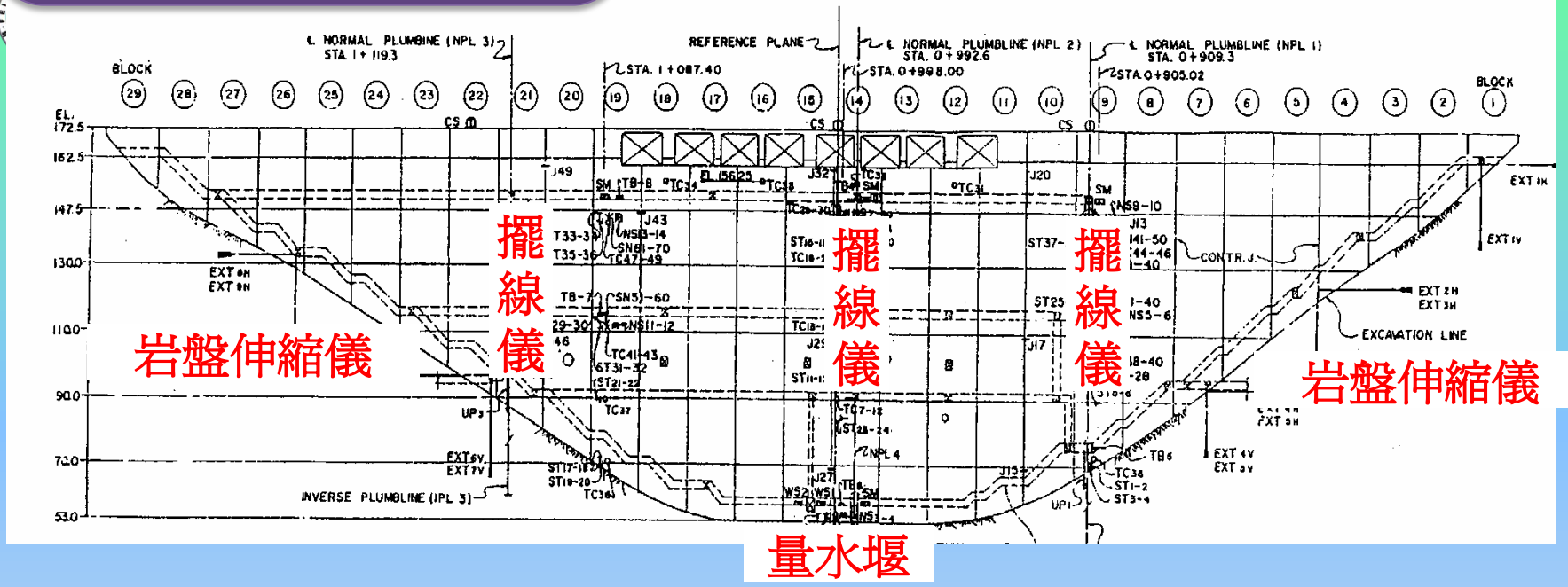
(2)監測頻率

(3)監測警戒值

(4)監測成果

(5)歷次安全評估相關之重要結論與建議事項之複核

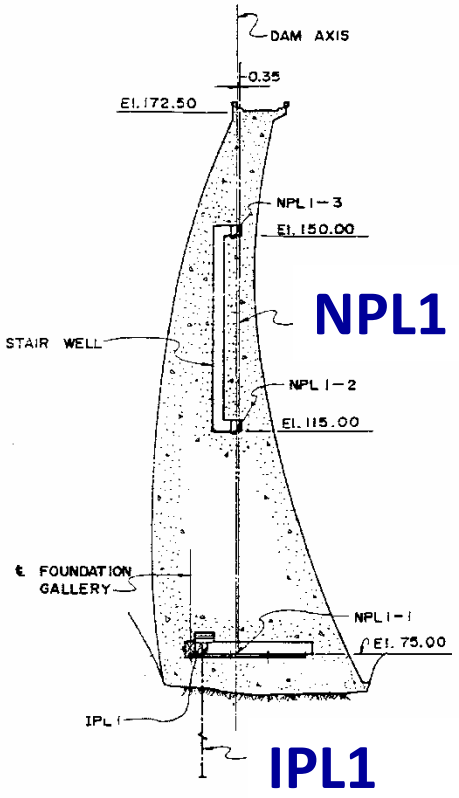
監測系統及觀測資料



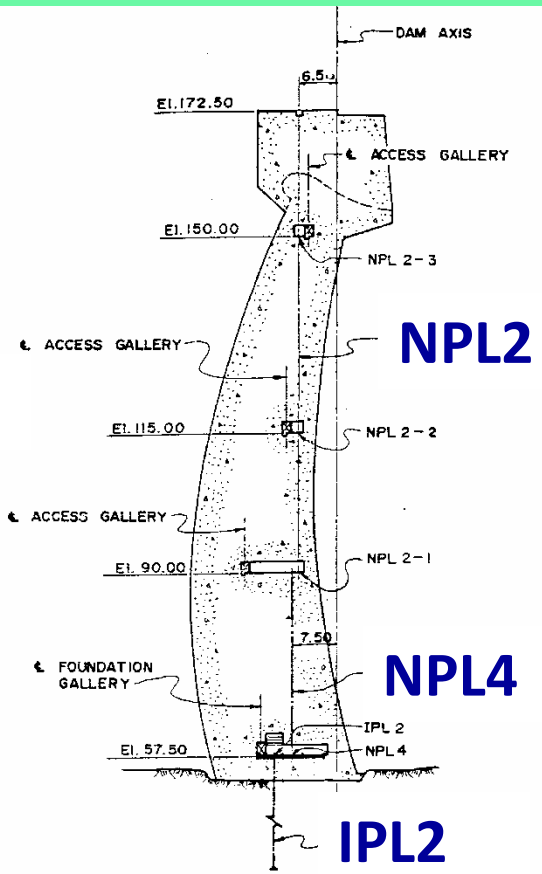
正擺線儀(NPL): 4 組
逆擺線儀(IPL): 3 組
(含光電式位移偵測儀 13 組)
應力計(ST): 40 支
應變計(SN): 70 支
無應力應變計(NS): 14 支
接縫計(J): 8 支
溫度計(TC): 49 支
上舉壓力計(UP): 3 處(24組)
量水堰(WS): 2 處

電氣式岩盤伸縮儀(EXT): 21 組
終端箱(TB): 8處(13台)
掃描箱: 6 組
壩頂照準系統: 2 測線(Line 3 & 4)
強震儀(SD): 11 部 (含 1 部中央集錄系統)
裂縫計(CRD): 7 組
滲水量記錄器：1套2組
自動遙測資料處理系統：3組(1組為備用)

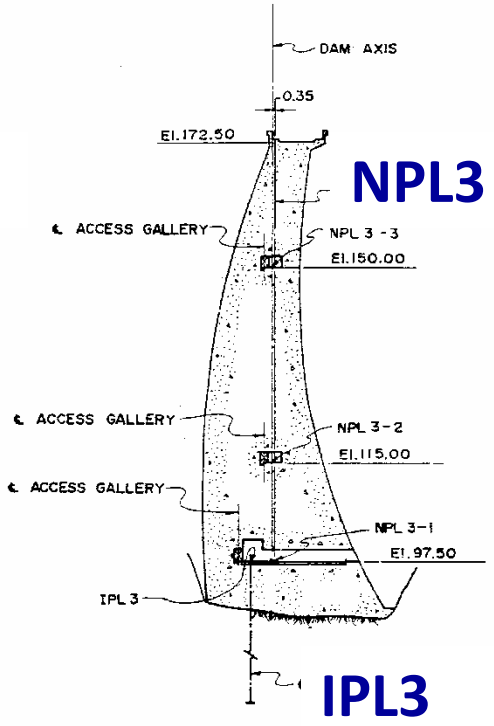
翡翠水庫



第9分塊



第14分塊

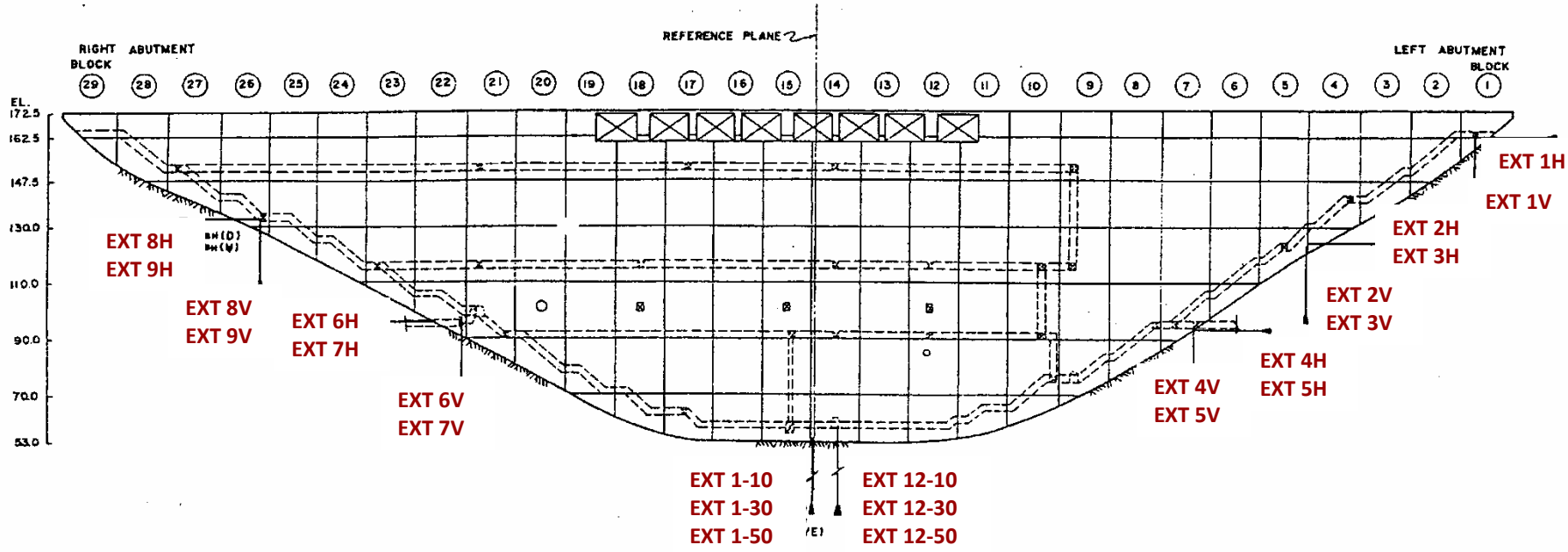


第21分塊

壩體擺線儀佈置圖

正擺線儀(4線10測站）
逆擺線儀(3線3測站）

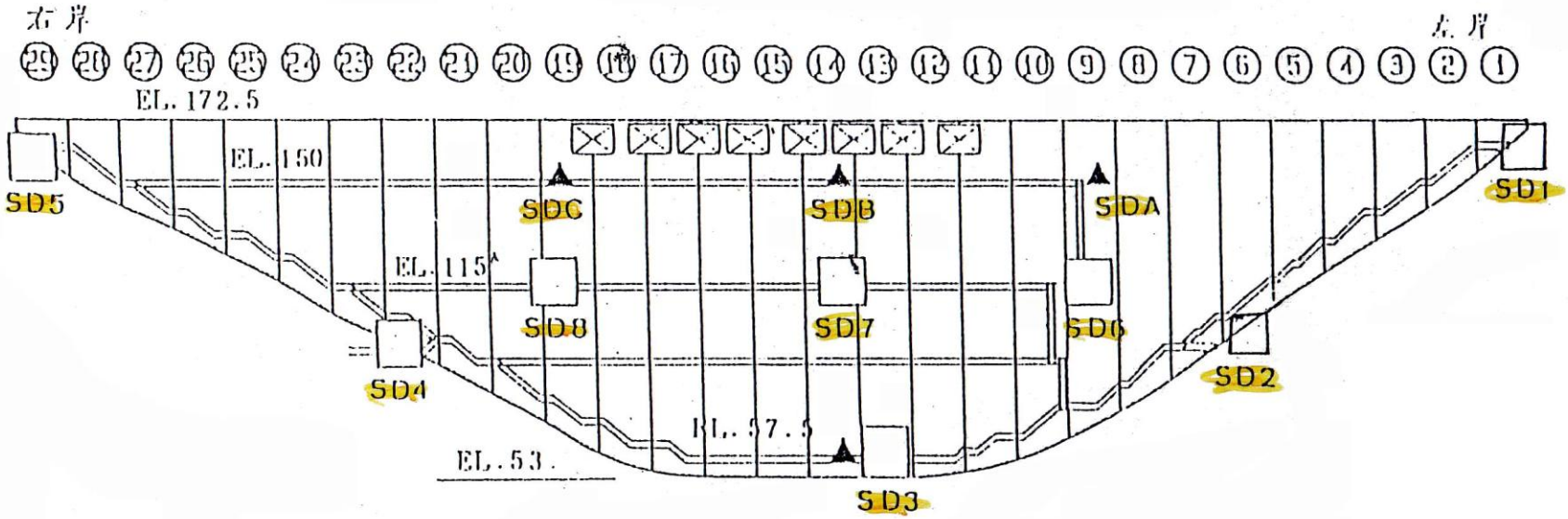
翡翠水庫



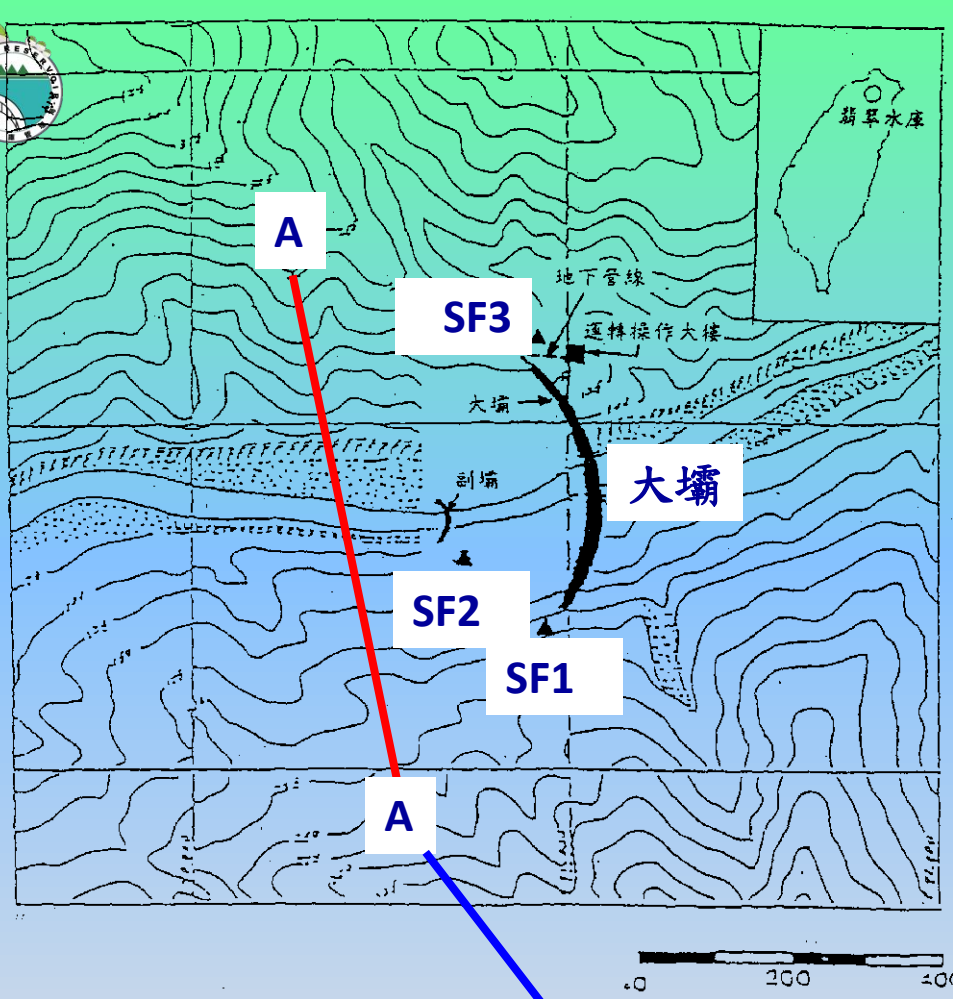
電氣式伸縮儀位置圖

921地震	9/20	9/21	
EXT12-10	-1.013	-1.451	-0.438
EXT12-30	-2.225	-2.580	-0.355
EXT12-50	-2.277	-2.253	+0.024

共有 11 部 (SD1~SD8 & SDA~SDC)



大壩內部強震儀佈置圖

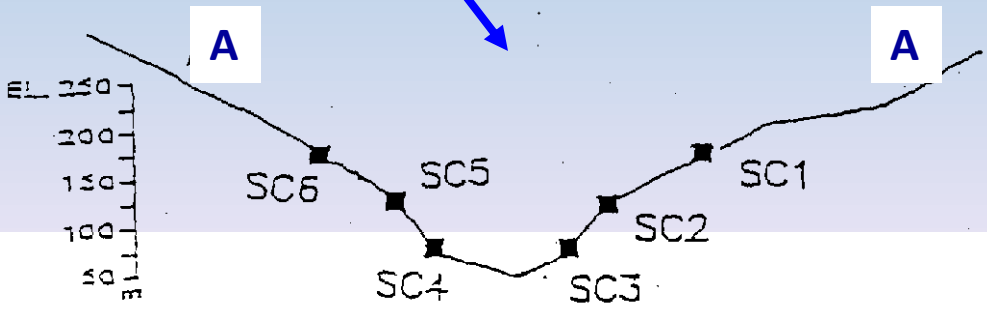


❖ 壩座邊坡地震儀

左岸: 2 台 SF1 El. 220 m
SF2 El. 94 m

右岸: 1 台 SF3 El. 172.5 m

翡翠峽谷剖面及自由場
強震儀測站位置



❖ 自由場地震儀

位於大壩下游 300 m峽谷
SC1 ~ SC6

監測系統佈設評估

1.目前翡翠水庫裝設之各項監測儀器，涵蓋一般拱壩之監測項目，其種類、數量與佈設可有效監測與反映大壩、副壩、壩座及邊坡之實際行為及對其安全有影響之因素，原設計規劃週詳，而地震系統收錄到之地震歷時記錄，經相關評析運用後，對於瞭解大壩於地震下之動態行為與安全程度有相當之助益。

2.目前各項監測儀器每年均有數次定期檢查與保養維護，功能與狀況維持良好，而量測成果評析配合現場檢視進行，提昇監測成效，作法合宜。翡管局除加強設備除濕與防水措施外，亦積極更新汰換老舊設備，提高設備妥善率，作法值得肯定。

3.原監測系統經過歷年汰換更新及擴充改善後，其功能及可靠性更佳，除可減少維護工作亦可提高監測穩定性與精度。目前大壩、壩座與邊坡大部分監測儀器均已自動化量測，且可及時集錄與處理分析，有效達成及時監控與預警之目的。

翡翠水庫監測儀器目前之監測頻率(1/2)

觀 測 項 目	觀 測 儀 器	觀測頻率	備 註
(1)大 壩			
壩體變形量	正逆擺線儀	每日一次	左列觀測儀器之觀測頻率原為每週二次，自起改為每日一次。
壩基礎變形量	電氣式伸縮儀	每日一次	
壩體應變	應變計及	每日一次	
	無應力應變計	每日一次	
壩體應力	應力計	每日一次	
壩體溫度	溫度計	每日一次	
大壩收縮縫位移	接縫計	每日一次	
壩基上舉水壓力	上舉水壓力計	每日一次	
壩頂照準系統	經緯儀	每月一至二次	
壩體基礎廊道			
滲水量			
(1.滲水量測定堰)	量尺	每月一至二次	
(2.排水孔流量)	碼錶、量筒	每月一至二次	
壩體地震反應加速度	強震儀	地震之時	加速度大於0.8 gal 以上
大壩第九分塊150廊道裂縫	裂縫計	每日一次	

翡翠水庫監測儀器目前之監測頻率(2/2)

觀　測　項　目	觀 測 儀 器	觀測頻率	備　註
(2)壩　座			
左岸上游邊坡位移	電氣式伸縮儀	每日一次	左列人工觀測頻率原為每週一次，自起改為每月一至二次。
兩岸坡面傾斜變位	傾斜儀	每月一至二次	
地下水位（註1）	地下水位觀測井	每月一至二次	
層縫面水壓（註1）	地下水壓觀測井	每月一至二次	
岩層位移（註1）	機械式伸縮儀	每月一至二次	
廊道精密水準測量	水準儀	每月一至二次	
照準系統	經緯儀	每月一至二次	
廊道排水孔流量	碼錶、量筒	每月一至二次	
壩座地震反應加速度	強震儀	地震之時	加速度大於0.8 gal以上
(3)副　壩			
照準系統	經緯儀	每月一次	
排水孔流量	碼錶、量筒	每月一次	

監測頻率佈設評估

1.現行監測頻率經檢討均能符合各階段實際之監測需求。

2.自動監測之儀器每日量測一次，因大壩與壩座正常情形下於單日內急劇變化之可能性很低，且量測資料數量也適中不致過於龐雜而增加管理與分析上之負擔，故此監測頻率合宜。

3.人工量測方面因量測項目絕大部分針對岩盤與邊坡行為，其變化一般相對緩慢，加上人工量測效率較低，故採每月量測一~二次，而異常狀況時則加密監測，故屬於合宜。

4.部份監測項目更新為自動化監測，其監測頻率亦因應調整，以符合新的監測需求，作法合宜。

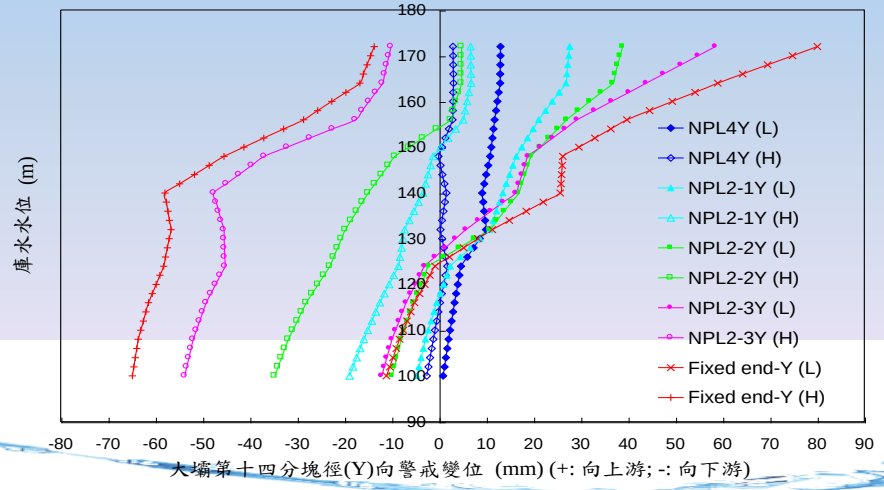
監測警戒值

❖理論上、下限

1. 定義「變位警戒值」：特定水位下，壩體於可能的氣溫範圍內所能產生向上游或向下游的最大變位(即變位上、下限)。

2.固定庫水水位，根據壩體穩態溫度分布，進行大壩變位數值分析，得到各月份壩體於各擺線儀位置之變位，選取其中最大及最小數值即為該水位下之警戒上、下限。

3.變換不同水位(考慮水位El. 100 m~172 m)，重複進行分析，最終建立不同水位下壩體之變位上、下限(警戒值)。



以數值分析建立之擺線儀(第14分塊)徑向量測值警戒界限

翡翠水庫

監測警戒值

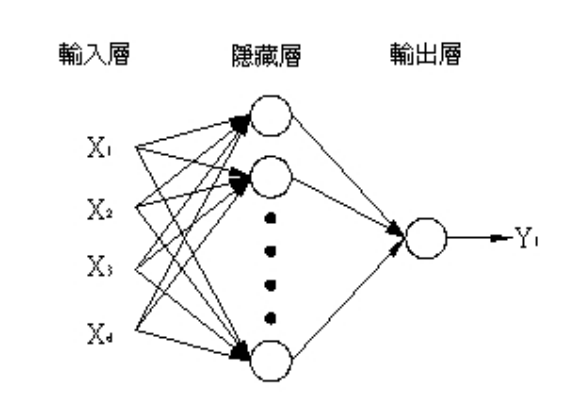
❖多元迴歸統計模型

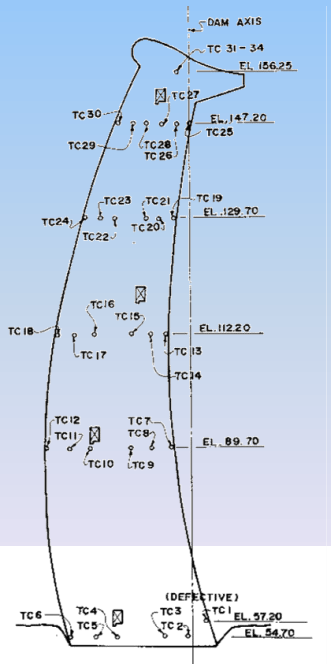
1.基於長期監測資料以迴歸分析或軟性計算(如擬合曲線、類神經網路等)方法，建立量測值之迴歸方程式或預測模型，做為預測儀器未來量測值及變化趨勢之用；當在特定輸入條件下，若實際監測數值(或趨勢)與預期不符時，表示目前水庫實際狀態可能出現異常，故迴歸方程式或預測模型所建立之迴歸曲線可做為監測警戒界限。

2.翡管局民國95年採用類神經網路方法，透過翡翠壩擺線儀變位量測值進行樣本訓練、教育、測試等過程，建立輸入變數(如水位與溫度)與輸出變數(擺線儀變位)之類神經網路模型，可有效預測翡翠壩之變位，並考量預測變位加減2個標準偏差，最後得到大壩變位警戒之上、下界限。

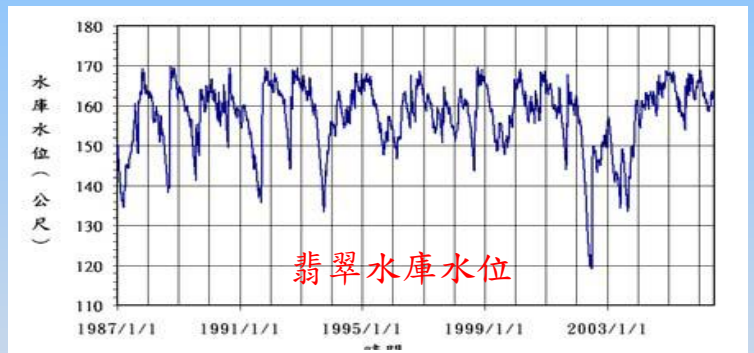
傳統的包絡線法、理論分析與迴歸分析在大壩變位預測上的應用均有其缺點，而類神經網路（ neural network）的導入正可改善這些問題。

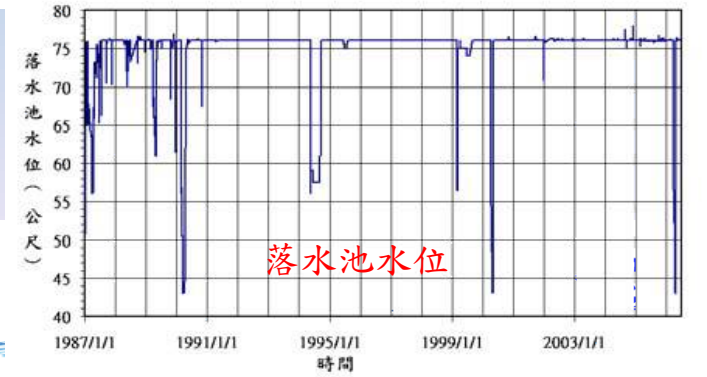
- 類神經網路是「一種基於腦與神經系統研究所啟發的資訊處理技術」。它可以利用一組範例（即系統輸入與輸出所組成的資料）建立系統模型（輸入與輸出間的關係），便可用於推估、預測、決策與診斷。
- 傳統的迴歸分析技術也是利用一組範例建立系統模型，因此類神經網路也可看成是一種特殊型式的統計分析。由於此項分析法的優越能力，因此類神經網路在土木、水利方面有相當廣泛的應用。
- 就力學理論而言，大壩即為一個系統，輸入變數為各項荷重，輸出變數則為大壩變位。



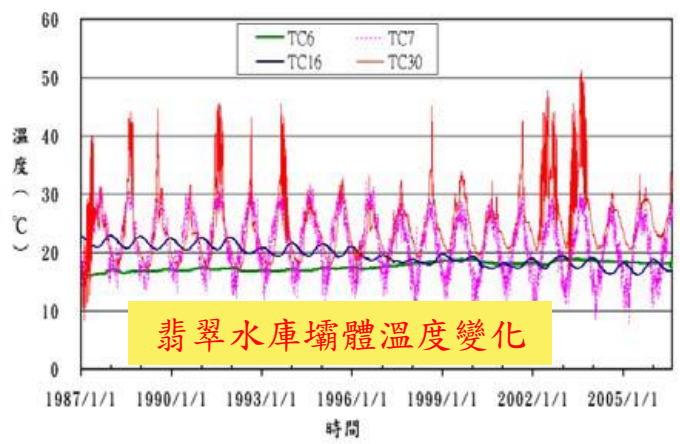


第14分塊之溫度計位置圖



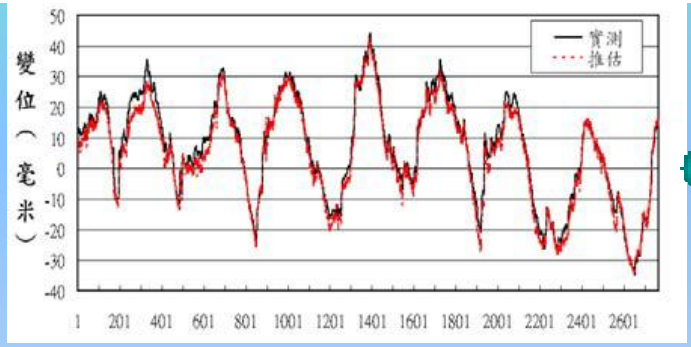


第十屆海峽兩岸水利科技交流研討會(95.11)

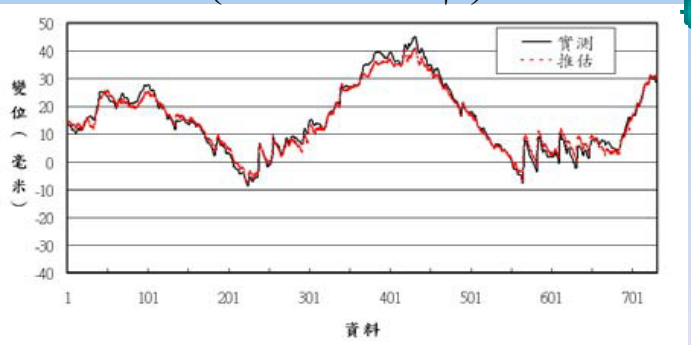


翡翠水庫壩體溫度變化

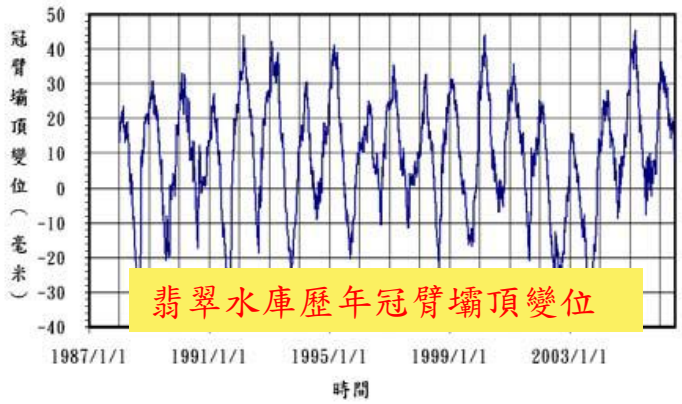
- 應用類神經網路可精確推估翡翠水庫大壩變位。並可進一步訂定變位警戒值，供大壩安全管理使用。
- 大壩變位警戒值之推估方法，可以應用至大壩其他儀器如上舉水壓力、伸縮儀等。
- 所建立之變位模式因係依據已知的訓練資料所得，模式定期更新檢討，可以得到更準確之推估。
- 使用類神經網路預測變位進而訂定警戒值，比傳統使用結構分析方法，使用之程式及電腦設備較簡單、電腦模擬較迅速、得到的警戒值範圍更小、推估更精確，值得推廣應用。



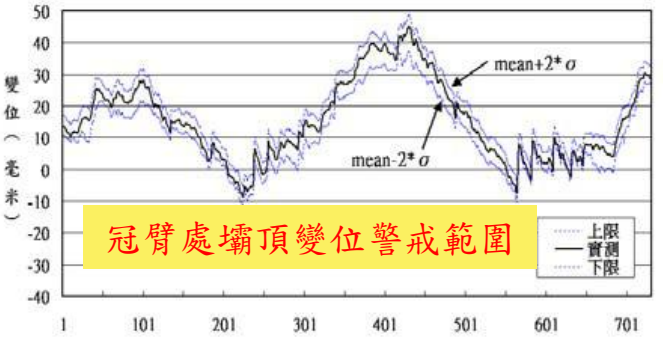
訓練案例實測與模式估計變位之比較
（1996～2003 年）



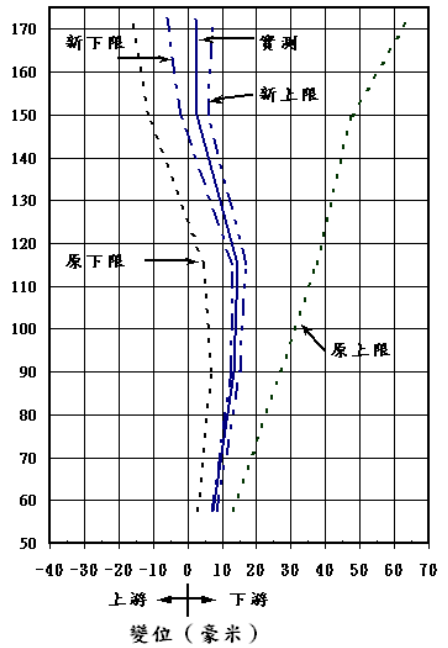
驗證案例實測與推估變位之比較
（2004～2005 年）

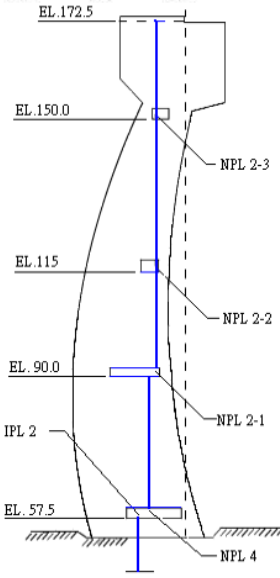


翡翠水庫歷年冠臂壩頂變位



冠臂處壩頂變位警戒範圍

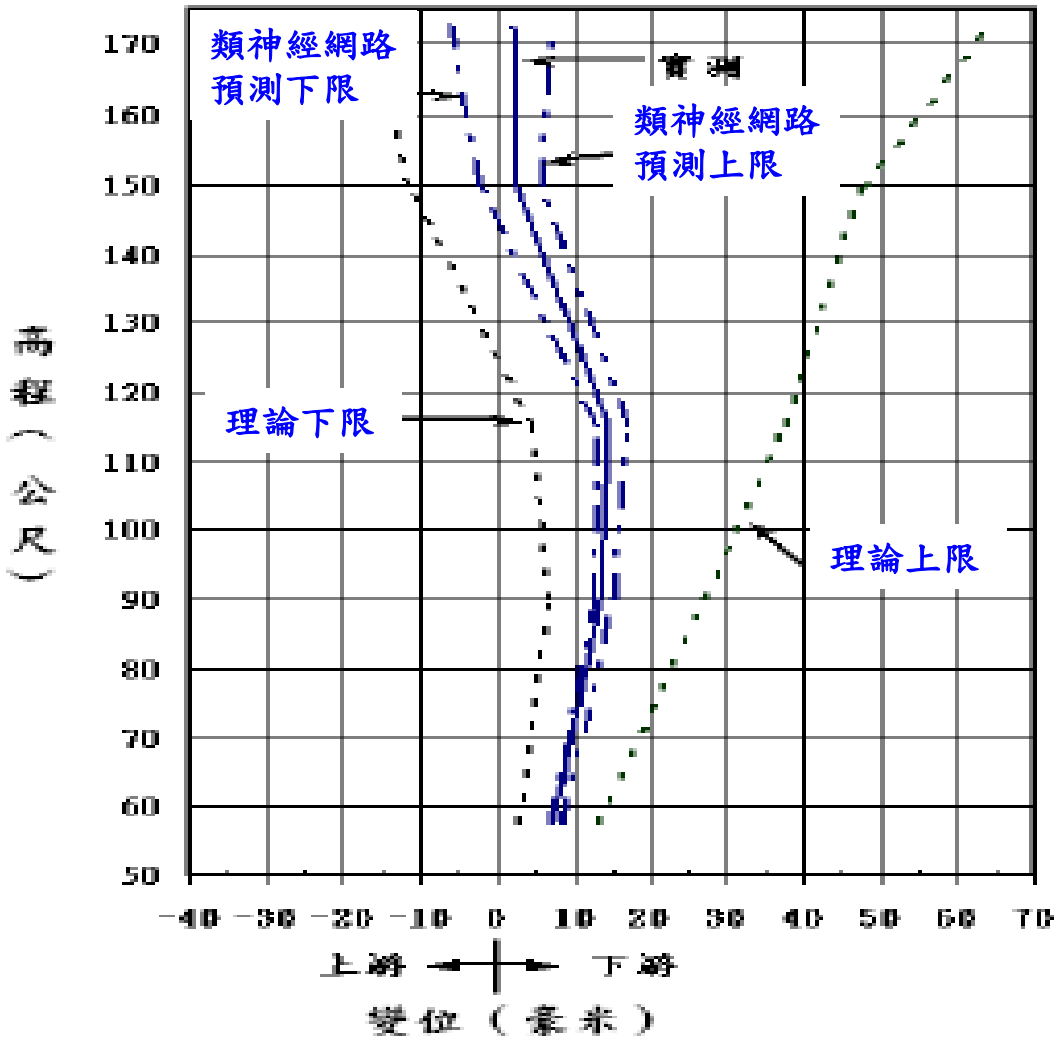


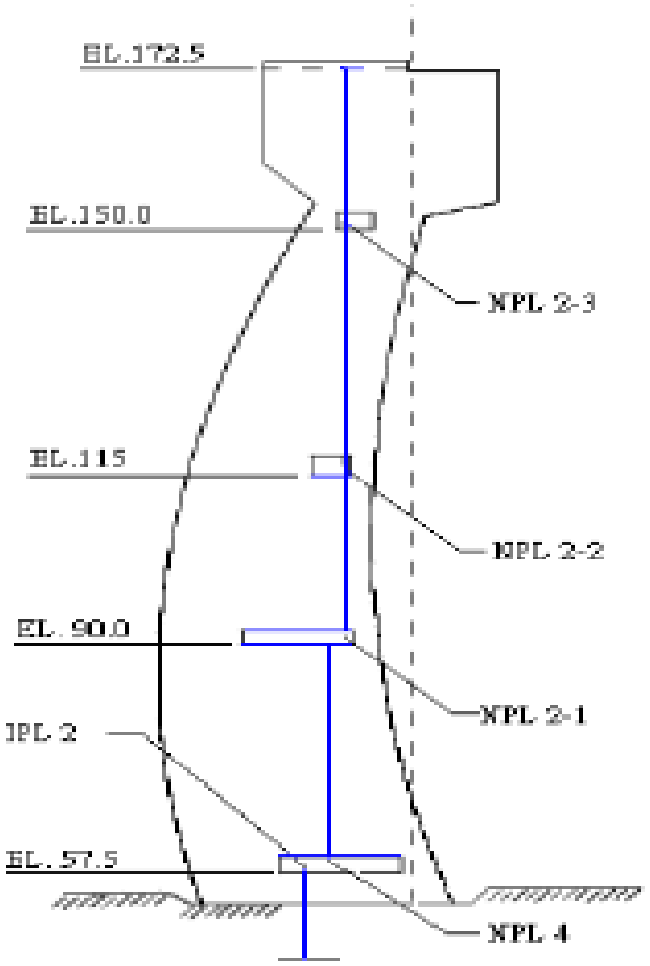


圖表區

監測警戒值

❖擺線儀警戒界限





擺線儀監測警戒值評估

1.目前翡翠水庫已累積20餘年監測資料，資料完整且具有相當之可信度，而翡管局自行利用類神經網路理論，建立翡翠大壩壩體變位預測模型，並考慮統計資料變異性，建立壩體變位之警戒界限；經過一段時間之使用顯示其具有優異之可靠性，足以做為自動化預警系統預警之用，作法合宜，並值得做為國內其它水庫之參考。

2.依「理論上、下限」所訂定壩體變位警戒值，因分析時模擬不同水位、氣溫等變化條件，可模擬範圍較廣，為該方法之特性。惟亦因此方法考量極端條件(水位或溫度)，故一般界限範圍較大，對現況反應較不敏感，做為安全警戒範圍較為合宜。

3.由於監測數據可能會隨著監測設備更新、建造物結構特性與荷載變化、環境條件變遷等出現偏移，因此監測管理值須定期檢討修訂以符所需。

水庫操作運轉系統與運轉紀錄

複核與評估項目

水庫操作運轉系統與運轉紀錄之複核與評估項目

（水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇 ）

(1)系統硬體

(2)系統軟體

(3)系統操作及維護記錄

(4)操作系統之組織

(5)歷次安全評估相關之重要結論與建議改善事項

水庫操作系統與運轉

⇨ 水庫操作系統軟體

- 基本資料次系統：為提供下游流況、運算參數所需的各種相關資料的儲存與查詢。
- 實際操作次系統：為整個操作系統最重要的單元，主要是將水庫操作運轉之例行性作業加以電腦化及自動化。
- 模擬操作次系統：針對水庫實際操作作業而設計，提供使用者經由不斷之模擬運轉環境，以期達到實際操作運轉方式可經由模擬模式來研究修正改善之功能。
- 預測操作次系統：進行水庫進流量之預測，作為水庫洪水調節運轉，及於枯水期水庫水量調節之應用。

水庫操作系統與運轉

⇨ 水庫操作系統軟體

- 水庫管理次系統：為水質調查與研究發展之水庫相關資料展示儲存及查詢。
- 檔案維護次系統：將檔案之備份及回存製作成易用之按鍵，選擇欲執行的功能，按下按鍵後即完成檔案維護。
- 檔案補整次系統：為水文資料(如氣象、運轉操作等資訊)缺測補遺模組，以便隨時對水文資料進行補整。

◈ 評估

➡目前使用之翡翠水庫操作系統軟體，不僅在功能上滿足了水庫運轉操作之需求，亦大幅提昇操作人員於水庫運轉操作之管理效率。

水庫操作系統與運轉

⇨ 水庫操作系統設備

●主運轉中心設備：

電腦硬體設備 、設施設備 、UPS不斷電系統、柴油發電機組 、無線電水文氣象測報系統設備、洩洪放水警報廣播系統設備 、閉路電視監視設備

●副運轉中心設備：

電腦硬體設備 、設施設備 、UPS不斷電電源系統、FM-200自動滅火系統 、閉路電視監視設備

●大壩閘門控制室設備：

電腦硬體設備 、閉路電視監視設備

⇨ 100年8月操作大樓不斷電電源系統改善

●操作大樓三樓遙測室 ：

不斷電系統裝設與接地改善 、空調系統設備維護與改善

●電廠警衛室 ：

防雷與保護設施 、新設開關箱與配電器材 、既設接地系統改善

●舊崗哨 、SC3壩座強震儀觀測房 、SC6壩座強震儀觀測房、操作大樓頂樓配電室 ：

防雷與保護設施、雜項設備接地改善

◈ 評估

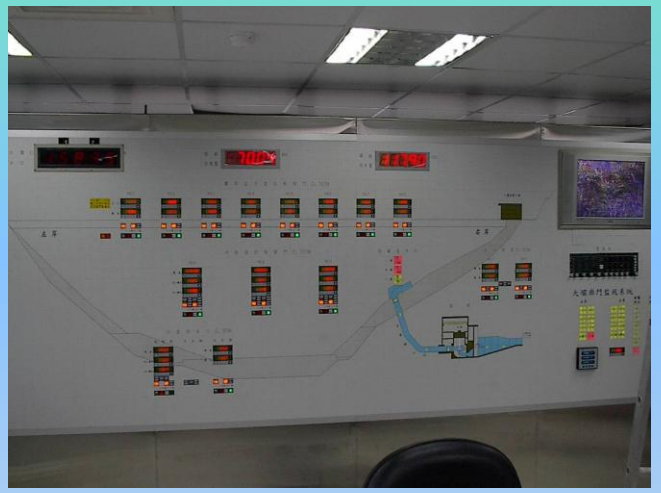
➡翡翠水庫操作系統中硬體各項設備設施、軟體系統及警告警報系統(含廣播時機及區段)均屬合宜；新近完工之操作大樓不斷電電源系統改善，更能增加水庫運轉操之安全及穩定性。

水庫操作系統與運轉

➪ 現地檢查

主運轉中心

副運轉中心



閘門控制室

◈ 評估

➡目前各運轉情況正常，並無不良狀況與異常等現象，且操作系統之軟體功能性亦能滿足使用者需求。

洩洪警報系統

與警報紀錄

複核與評估項目

洩洪警報系統與警報紀錄之複核與評估項目

（水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇 ）

(1)警報站之種類、數量及功能

(2)警報站之位置及距離

(3)警報有效距離及範圍

(4)警報系統電源之種類

(5)警報發佈程序

(6)警報發布紀錄

洩洪警報系統與警報

➪ 系統及功能部分

▲主控站—本局主運轉中心

⬟中繼站—直潭山

✸通訊站—經濟部水利署淡水河流域防洪指揮中心、台北市消防局。

●廣播站—由大壩至華江橋沿新店溪共28個站

洩洪警報系統與警報

➪ 系統及功能部分

項目	功能
a. 主控站	a. 傳送警報訊號至警報站。 b. 監視警報站操作狀態。 c. 做為緊急廣播站使用。 d. 與警報站及中繼站通話。
b. 中繼站	中繼主控站與警報站間訊號。
c. 無線電警報站	發送洩洪警報。
d. 有線電警報站	發送洩洪警報。
e. 廣播車	發送洩洪警報。

➪ 警報紀錄

警報系統之發佈包含平時及颱風豪雨時，經複核翡管局，無線電洩洪暨放水廣播系統操作紀錄表，自民國96年至100年間不論是通訊測試、有聲測試或放水廣播，皆顯示成功，並有完整之紀錄。

◈ 評估

➡經過安全資料之複核，警報系統不論在系統、功能、可靠度及警報紀錄上皆能有計畫的操作，加上不斷加強系統之可靠度，洩洪警報系統之運作應無問題。

翡翠水庫

潰壩緊急應變計畫

翡翠水庫

複核與評估項目

●潰壩緊急應變計畫之複核與評估項目

（水利建造物檢查及安全評估技術規範蓄水與引水篇 ）

(1)受災區域範圍

(2)疏散路線與地點

(3)警告警報系統設施

(4)緊急處理計畫

(5)緊急通知程序

(6)居民疏散與安置計畫

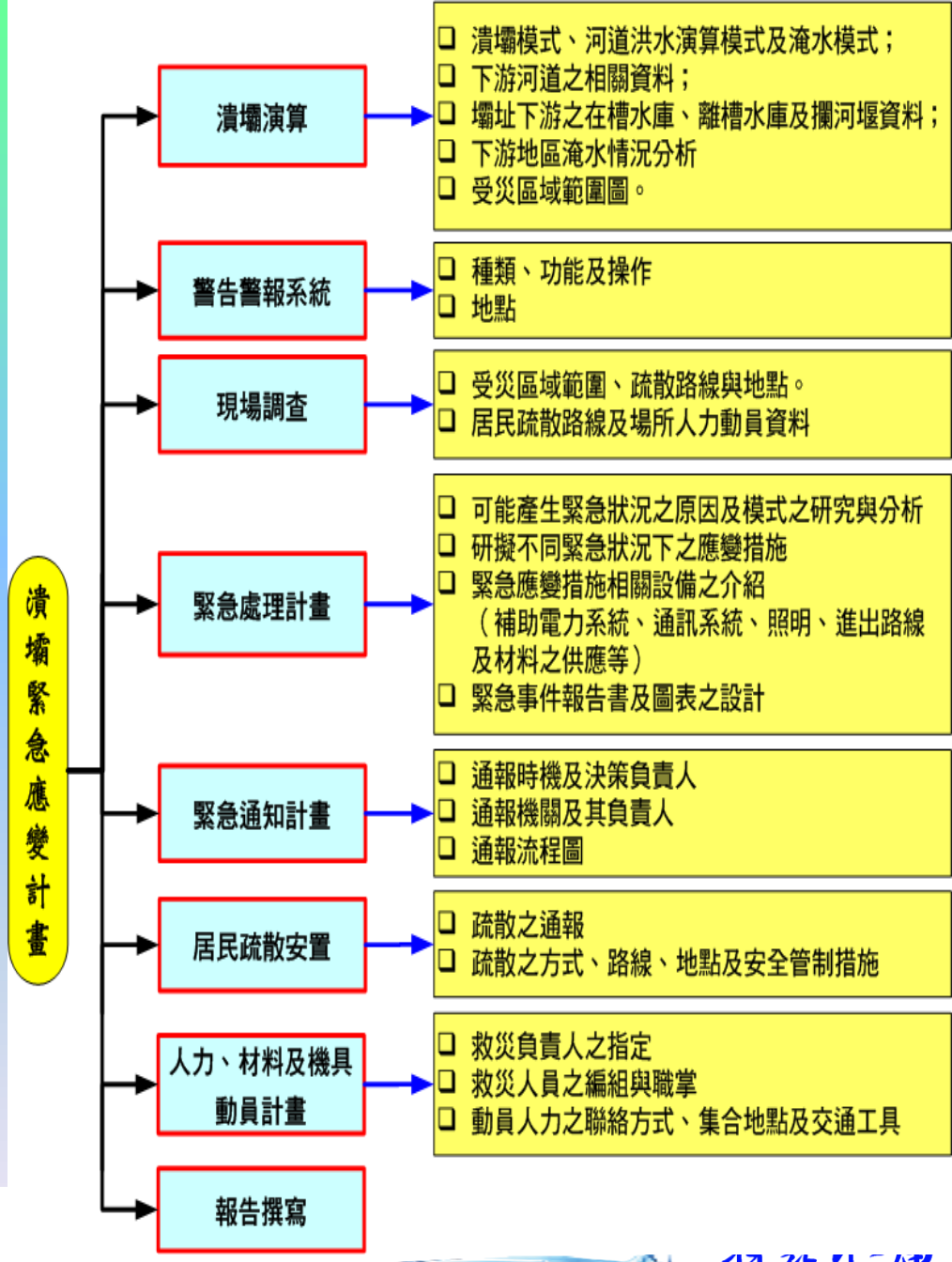
(7)人力、材料及機具動員計畫

(8)其他必要事項

緊急應變計畫

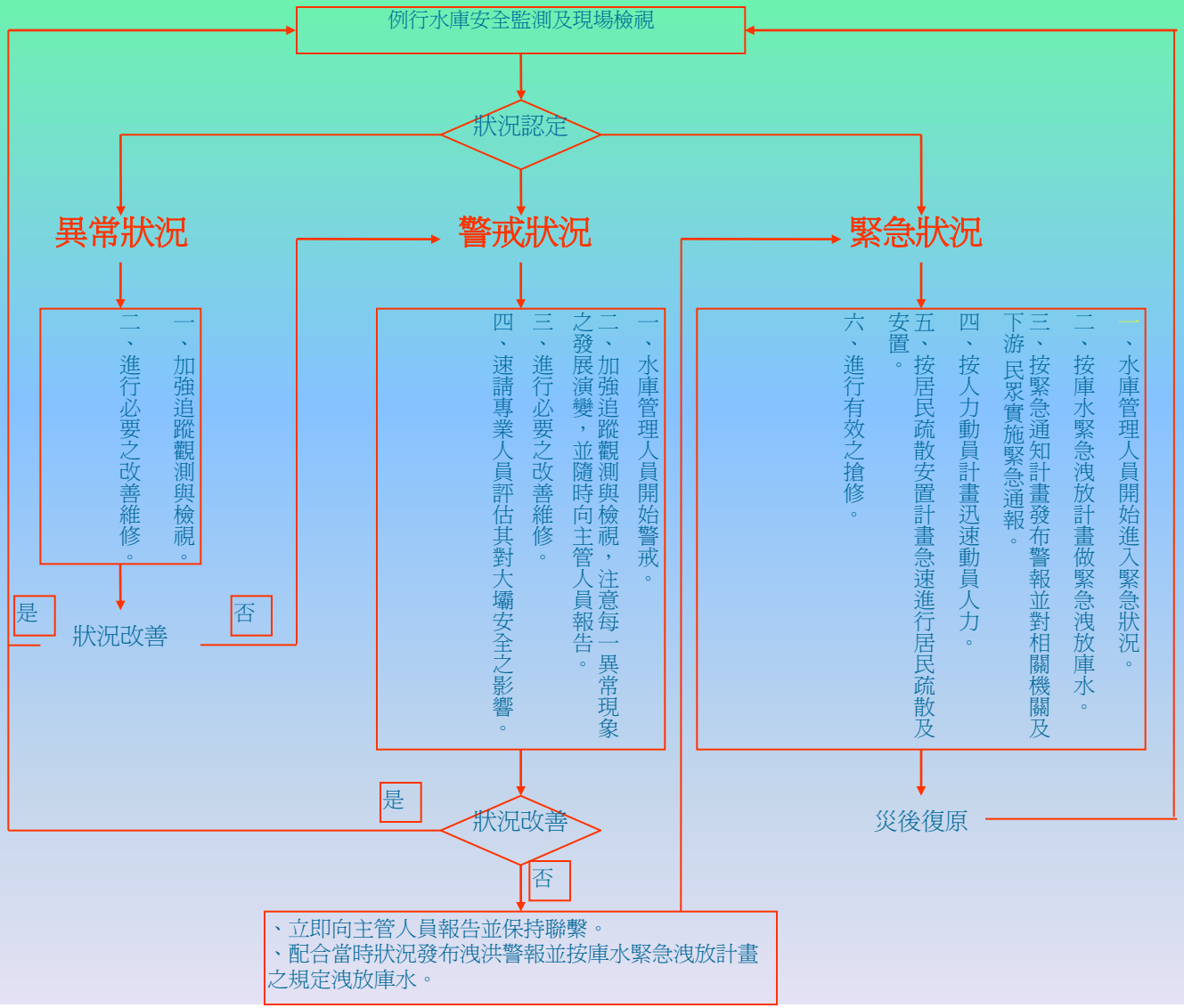
包括下列各項：

1. 潰壩演算資料及受災區域範圍圖。
2. 緊急通告體系流程圖。
3. 疏散計畫包括避難路線、疏散地點與疏散方式。
4. 警告警報系統設施。
5. 緊急處理計畫。
6. 緊急通知計畫。
7. 居民疏散安置計畫。
8. 搶救及修復物料器材之儲存與供應計畫。
9. 人力動員計畫。



潰壩緊急應變計畫流程圖

一．緊急應變措施



翡翠水庫各種狀況應變措施流程圖

翡翠水庫

四　. 警告警報系統設施

翡翠水庫無線電洩洪廣播系統位置圖

現地檢查

現地檢查項目

- 蓄水建造物現場檢查之方式，可分為:
  - (1)陸上檢查
  - (2)水中檢查
- 地質之現場檢查包含下列對象：
  - (1)區域地質
  - (2)基座地質
  - (3)周邊地質
  - (4)集水區地質

現地檢查項目

壩及堰

蓄水建造物壩及堰之現場檢查應就壩頂、壩體上游面、壩體下游面、壩之上下游地區及壩體內部等範圍，針對下列項目進行檢查：

(1)壩或堰體表面之問題與缺失

(2)壩或堰體材料之劣化情況

(3)壩或堰體結構之穩定情形

(4)滲水及漏水

(5)維護上之問題

現地檢查項目

●附屬結構物之現場檢查項目如下：

(1)結構佈置

(2)水理狀況

(3)混凝土狀況

(4)構件與鋼襯之狀況

(5)接縫狀況

(6)回填及基礎之缺失

(7)堵塞情形

(8)過去之維修狀況

現地檢查項目

●壩基座及周邊邊坡

蓄水建造物壩基座及周邊邊坡之現場檢查，應就壩基座廊道結構、壩體與壩基交界處、壩座表面、壩體上下游及靜水池邊坡坡面、壩座及邊坡保護措施等進行檢查，以瞭解壩基座及邊坡之穩定情形。

●監測系統

蓄水建造物監測系統現場檢查之要點為儀器設置地點、儀器周圍環境、儀器表面狀況、內部功能與運作、訊號傳輸及記錄設備、量測精度與量測方法正確性等。

現地檢查項目

●周圍環境

蓄水建造物周圍環境之現場檢查項目，包括對外交通狀況、集水區人為開發及水土保持情形、下游河川排洪功能、污染狀況等。

●操作運轉系統

(1)主要電腦及周邊設備

(2)水文氣象測報系統

(3)通訊網路、傳輸系統

(4)閘門操作監控系統

(5)備用電腦

(6)警報系統

(7)其他設備

現地檢查項目

●水工機械及其機電設備之現場檢查項目

(1)攔污柵及閘門(板)

(2)鋼管及鋼襯

(3)放流閥及閘門

(4)吊門機、驅動機及吊車（含耙污機）

(5)電氣及控制設備

(6)緊急發電機

壩基座及水庫周邊邊坡

左壩座

1. 上游**噴凝土**護坡破損。
2. 坡面既有**預力鋼腱**
3. 壩軸上方步道旁**噴凝土**局部破損。
4. 壩軸上方步道旁**噴凝土**龜裂。
5. 副壩左岸**沖蝕溝**整治現況。
6. 副壩左岸沖蝕溝以**噴凝土**保護並設置**排水孔**。
7. 副壩左岸邊坡受地表逕流沖刷，導致**噴凝土**剝離，造成粉砂岩岩盤出露。

右壩座 局部區域**噴凝土**破損，造成岩屑剝離。其餘大致良好。

附屬結構物

溢洪道現地檢查（臥箕堰、閘墩、橋梁）

2012/06/05試運轉
水理狀況良好

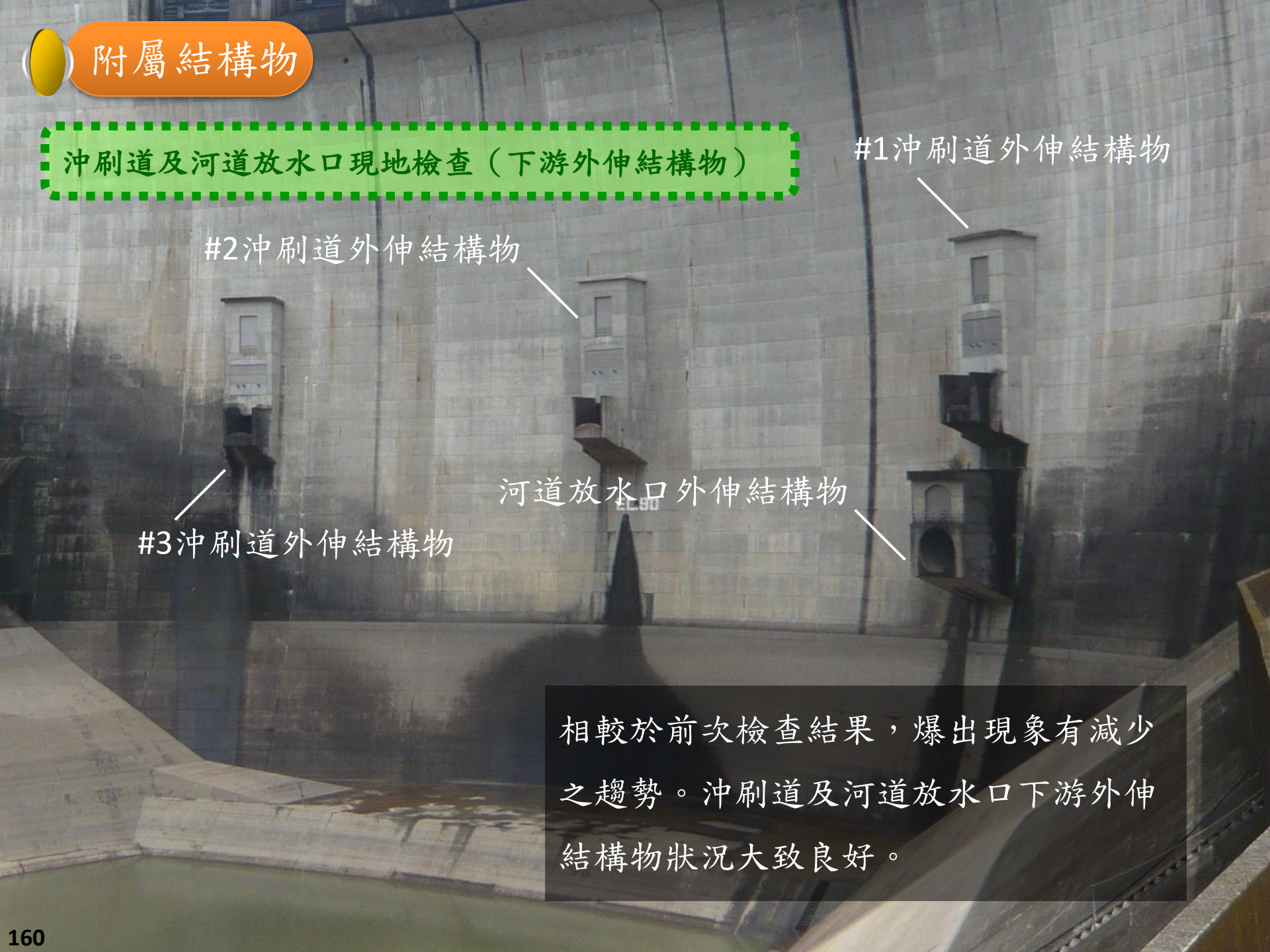
閘墩爆出有減少之趨勢

堰面既有裂縫無變化

相較於前次檢查結果，爆出現象有減少之趨勢。溢洪道狀況大致良好。

附屬結構物

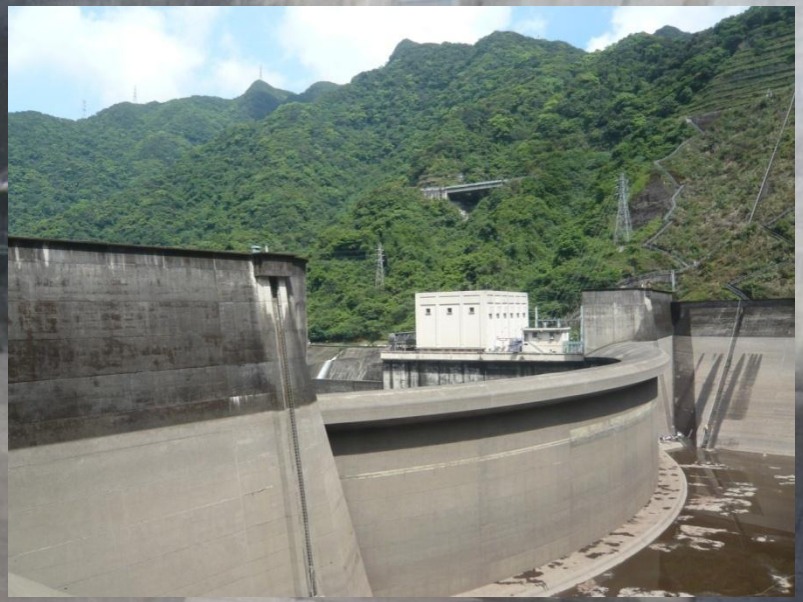
沖刷道及河道放水口現地檢查（下游外伸結構物）



相較於前次檢查結果，爆出現象有減少之趨勢。沖刷道及河道放水口下游外伸結構物狀況大致良好。

附屬結構物

副壩及落水池現地檢查



相較於前次檢查結果，既有裂縫無明顯變化；副壩及落水池狀況大致良好。

簡報完畢
敬請指教