



堰塞湖引致災害防治對策之研究

# 堰塞湖防災作業手冊



經濟部水利署水利規劃試驗所

中華民國九十三年十二月

堰塞湖引致災害防治對策之研究

## 堰塞湖防災作業手冊

主辦機關：經濟部水利署水利規劃試驗所

執行機關：國立交通大學防災工程研究中心

計畫主持人：

廖志中（國立交通大學土木工程學系教授）

協同主持人：

董家鈞（國立中央大學應用地質研究所助理教授）

葉克家（國立交通大學土木工程學系教授）

史天元（國立交通大學土木工程學系教授）

潘以文（國立交通大學土木工程學系教授）

王承德（國立聯合大學土木工程學系助理教授）

特約研究人員：

林志平（國立交通大學土木工程學系副教授）

中華民國九十三年十二月

# 目 錄

目錄.....	I
圖目錄.....	IV
表目錄.....	VI
照片目錄.....	VII
第壹章 緒論.....	1
一、緣起.....	1
二、現行救災體制.....	1
三、手冊編排方式.....	2
四、各階段工作應有之認知.....	3
五、堰塞湖形成前採行措施.....	4
第貳章 初步調查評估與處置階段.....	5
行政作業.....	5
(一)作業重點.....	5
(二)專家顧問團組成與角色.....	5
(三)各階段作業內容說明.....	5
技術作業.....	7
一、初步調查.....	7
(一)基本資料蒐集.....	9
(二)現場勘查.....	9
(三)遙測影像利用.....	9
(四)基本資料彙整.....	11
二、快速評估.....	21
(一)堰塞湖破壞機制.....	22
(二)堰塞湖天然壩壩體穩定性初估.....	23
(三)堰塞湖壽命預測.....	25
(四)堰塞湖可能影響範圍.....	29
三、快速研判危害度等級與災害潛勢.....	29

四、緊急處理措施決定與施作.....	30
(一)警戒區域之劃定.....	31
(二)通報時機、作為與通報系統.....	31
(三)緊急工程措施.....	31
第參章 詳細調查評估與處置階段.....	33
行政作業.....	33
技術作業.....	34
一、詳細調查與監測系統施設.....	34
(一)詳細調查.....	34
(二)監測系統.....	39
(三)綜合資料記錄表建置.....	42
二、穩定性與潰壩危險度分析與評估.....	43
(一)天然壩壩體與崩塌殘坡穩定性分析.....	43
(二)天然壩潰決災害危險度及危害潛勢分析.....	44
(三)天然壩壓迫主河道對河川型態之改變及河道變遷.....	44
(四)可利用性檢討.....	45
(五)詳細調查與細部評估項目之關聯性.....	45
三、緊急處理措施檢討與防災工程規劃設計施工.....	47
(一)工程處理方法介紹與適用性探討.....	47
(二)工程處理之分階段整體規劃.....	50
(三)工程處理與調查、分析評估以及監測成果之界面.....	50
第肆章 長期監測階段.....	51
行政作業.....	51
技術作業.....	51
一、長期監測.....	51
(一)監測目的及規劃.....	51
(二)監測感測器之選擇.....	53
(三)自動化監測.....	55
二、監測資料分析與預警.....	58

(一)監測資料分析 .....	58
(二)預警標準之建立 .....	58
(三)預警方式 .....	61

## 參考文獻

- 附錄一 台灣近期堰塞湖
- 附錄二 堰塞湖案例處理程序對照說明
- 附錄三 水災災害防救業務計畫
- 附錄四 本手冊編製成員

# 圖目錄

圖 A-1	堰塞湖形成後建議作業順序流程圖 .....	a
圖 A-2	初步調查作業流程圖 .....	b
圖 A-3	快速評估作業流程圖 .....	b
圖 A-4	初步調查建置資料與快速評估項目關聯圖 .....	c
圖 A-5	緊急處置作業流程圖 .....	d
圖 A-6	詳細調查流程圖 .....	e
圖 A-7	監測系統施設項目流程圖 .....	e
圖 A-8	穩定性與潰壩危險度評估流程圖 .....	f
圖 A-9	工程處理方案決定流程圖 .....	g
圖 A-10	長期監測流程圖 .....	h
圖 2.1	摩擦角分佈圖 .....	15
圖 2.2	堰塞湖天然壩破壞機制示意圖(高橋保等, 1988).....	22
圖 2.3	無因次阻塞指標(DBI)定義圖(Ermini & Casagli, 2003)...	25
圖 2.4	堰塞湖容積與壽命關係圖(虛線為天然壩壽命為一天者)...	26
圖 2.5	長高比與(壽命 vs 容量/平均流量)正規化關係圖.....	28
圖 3.1	TDR 整合監測系統示意圖.....	41
圖 4.1	道路邊坡崩塌預警基準制定模式 .....	59
附圖 1	台灣近期堰塞湖分佈圖 .....	附錄一之 2
附圖 2	以圖 A-1 建議作業順序流程圖比對丹大溪崩塌地堰塞湖處置作為 .....	附錄二之 2
附圖 3	草嶺堰塞湖潰壩水利設施警戒暨搶險組織表 .....	附錄二之 7
附圖 4	以圖 A-1 建議作業順序流程圖比對 88 年草嶺潭堰塞湖處置作為 .....	附錄二之 12
附圖 5	以圖 A-1 建議作業順序流程圖比對 88 年九份二山堰塞湖處置作為 .....	附錄二之 16

## 表目錄

表 B-1	基本資料蒐集內容與來源 .....	i
表 B-2	現場勘查建議表格記錄樣式(各欄位說明見表 B-3) .....	j
表 B-3	表 B-2 中各欄位說明 .....	l
表 B-4	堰塞湖快速評估之危害度等級劃分標準 .....	o
表 B-5	堰塞湖詳細調查綜合資料建檔記錄表(各欄位說明見表 B-6) .....	p
表 B-6	表 B-5 中各欄位說明 .....	s
表 2-1	初步調查考量項目 .....	8
表 2-2	航照地質判釋表 Photogeologic Interpretation Chart ..	16
表 2-3	崩積土參數匯整表 .....	17
表 3-1	監測項目及感測器 .....	40
表 3-2	堰塞湖詳細調查與評估項目之關聯性 .....	46
表 4-1	傳輸系統評估 .....	57
附表 1	台灣近期堰塞湖資料表 .....	附錄一之 1
附表 2	88 年草嶺潭堰塞湖現場勘查表格(虛擬) .....	附錄二之 4
附表 3	草嶺堰塞湖土石壩潰決各級單位執行疏散避難計畫 .....	附錄二之 8
附表 4	各村里疏散計畫表 .....	附錄二之 9

## 照片目錄

- 附錄照片 1 丹大溪堰塞湖崩塌區與堰塞湖遠照 ..... 附錄一之 4
- 附錄照片 2 崩塌區近照，照片下方為堰塞湖 ..... 附錄一之 4
- 附錄照片 3 地震後之草嶺潭航照 1999/09/24 ..... 附錄一之 6
- 附錄照片 4 桃芝颱風後的草嶺潭航照 2001/08/01 ..... 附錄一之 6
- 附錄照片 5 草嶺潭 2002/10/29 航照 ..... 附錄一之 6
- 附錄照片 6 九份二山崩塌殘坡 ..... 附錄一之 9
- 附錄照片 7 九份二山堰塞湖 ..... 附錄一之 9



# 整體與各階段作業流程圖說明

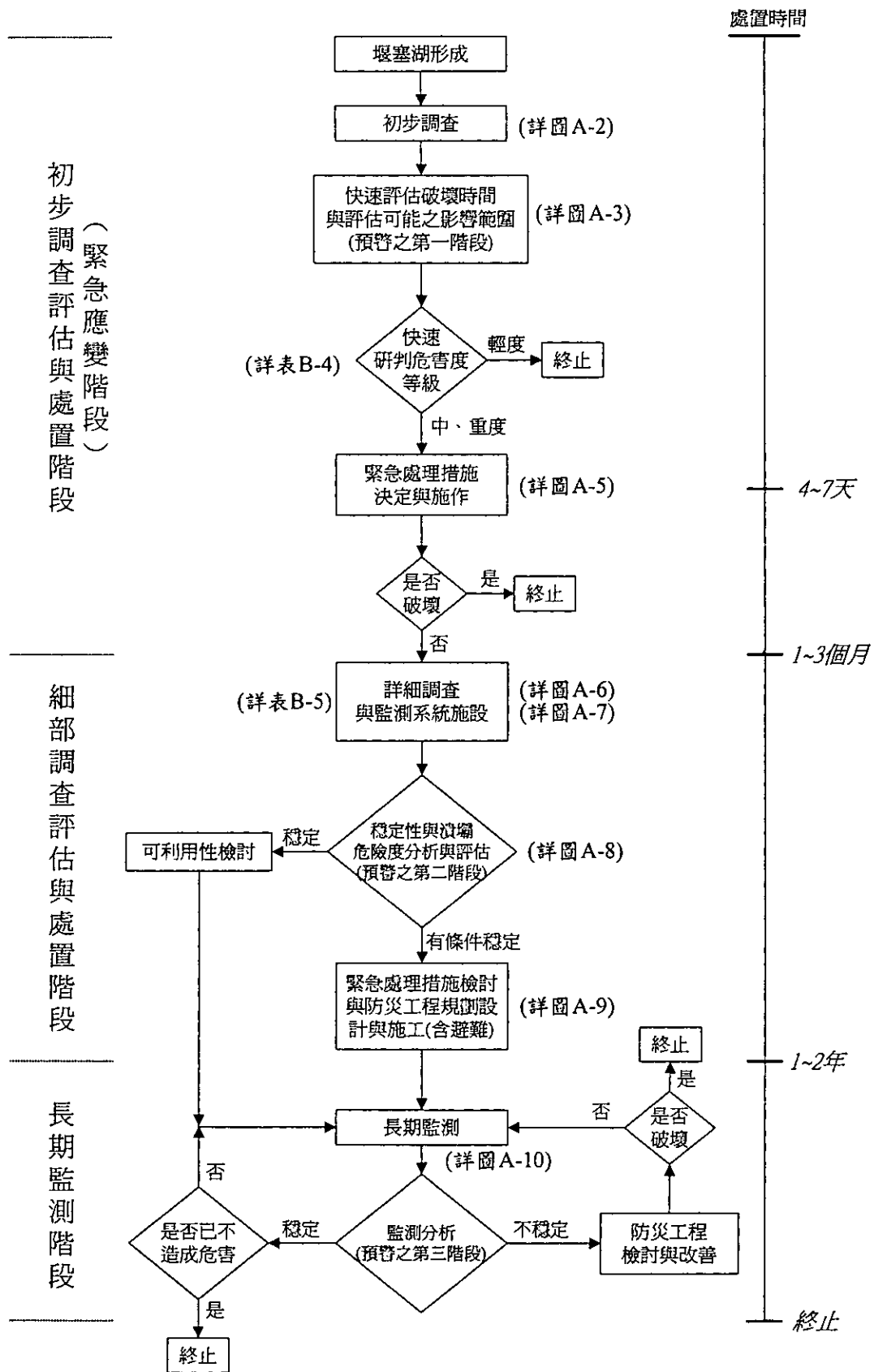


圖 A-1 堰塞湖形成後建議作業順序流程圖

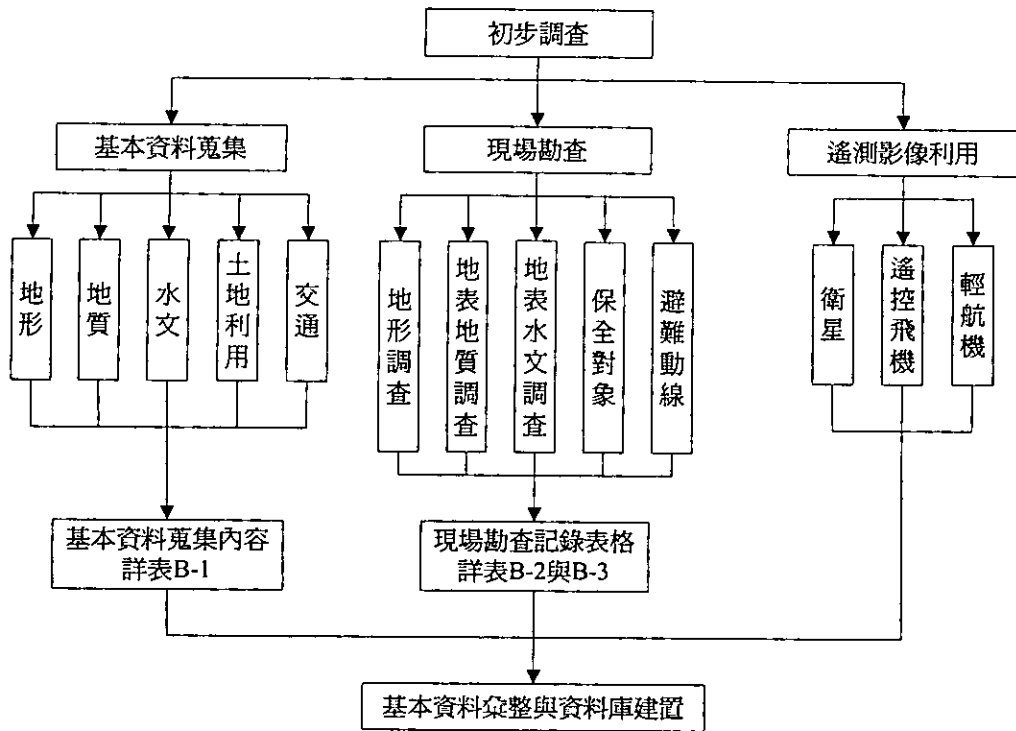


圖 A-2 初步調查作業流程圖

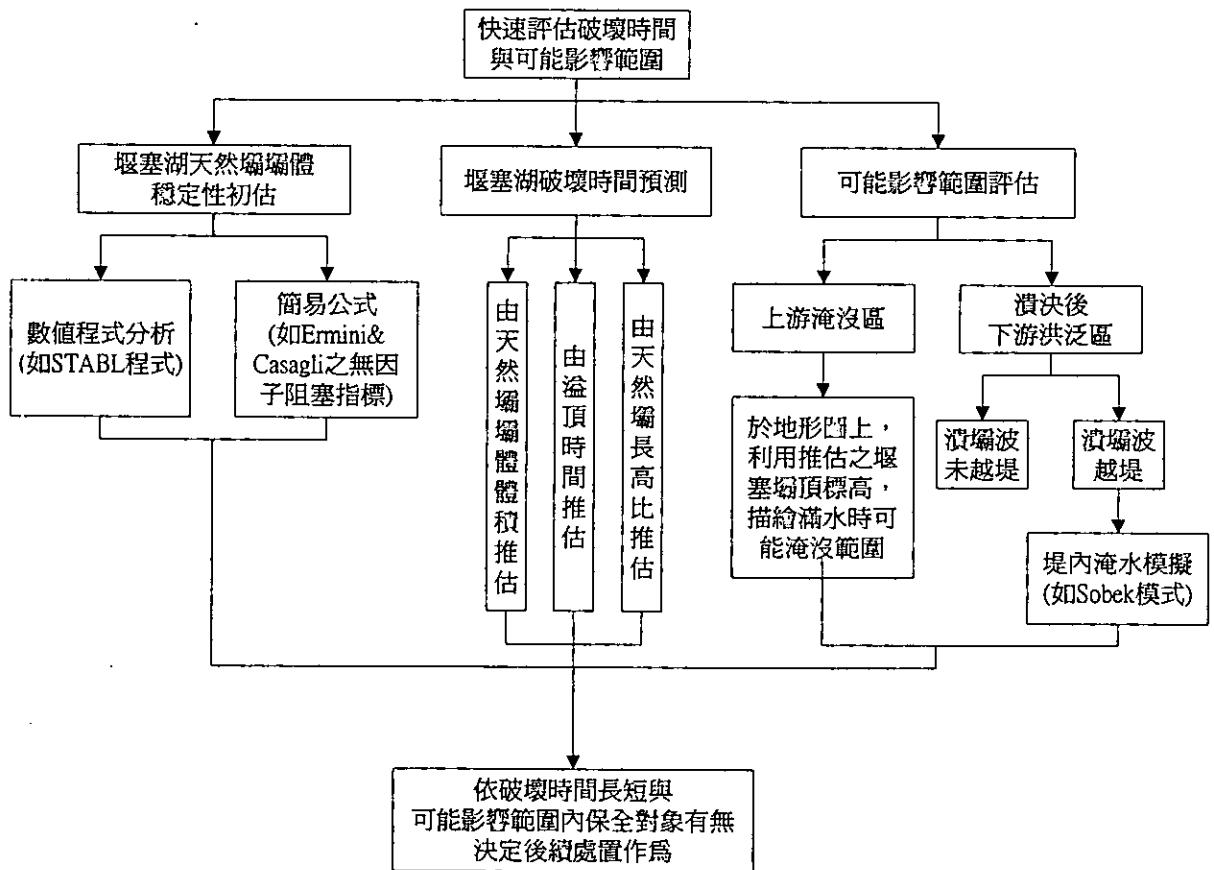


圖 A-3 快速評估作業流程圖

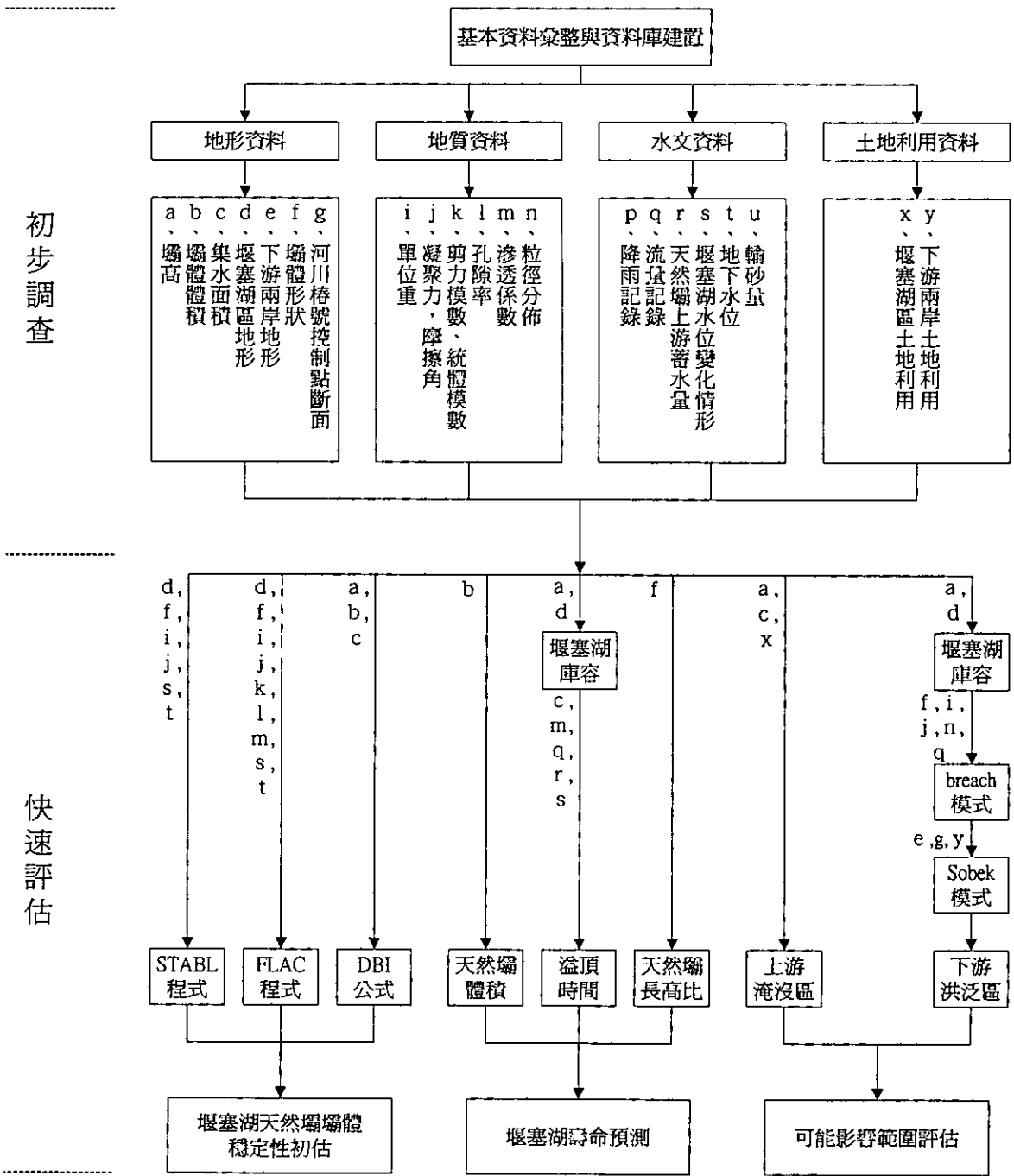


圖 A-4 初步調查建置資料與快速評估項目關聯圖

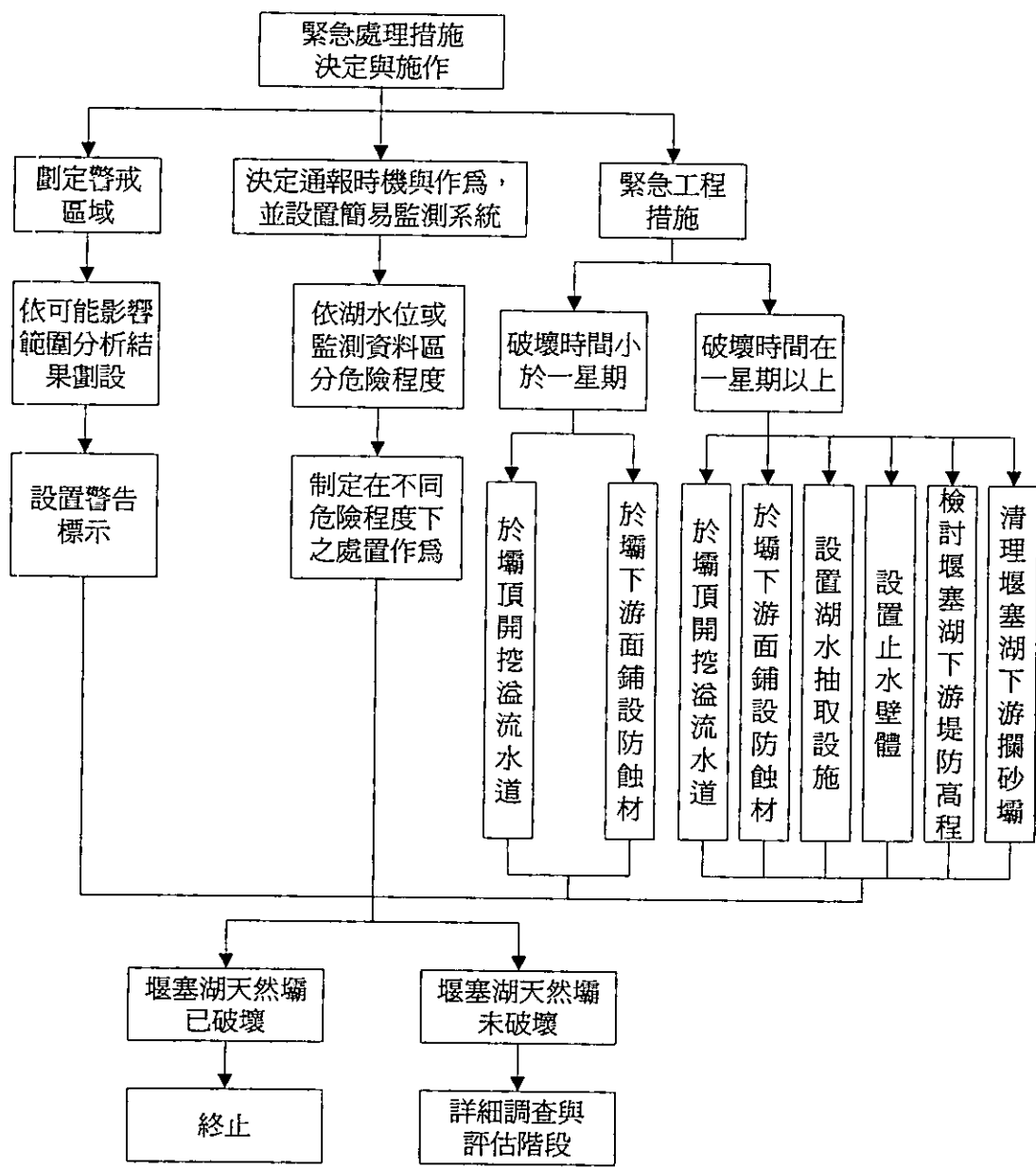


圖 A-5 緊急處置作業流程圖

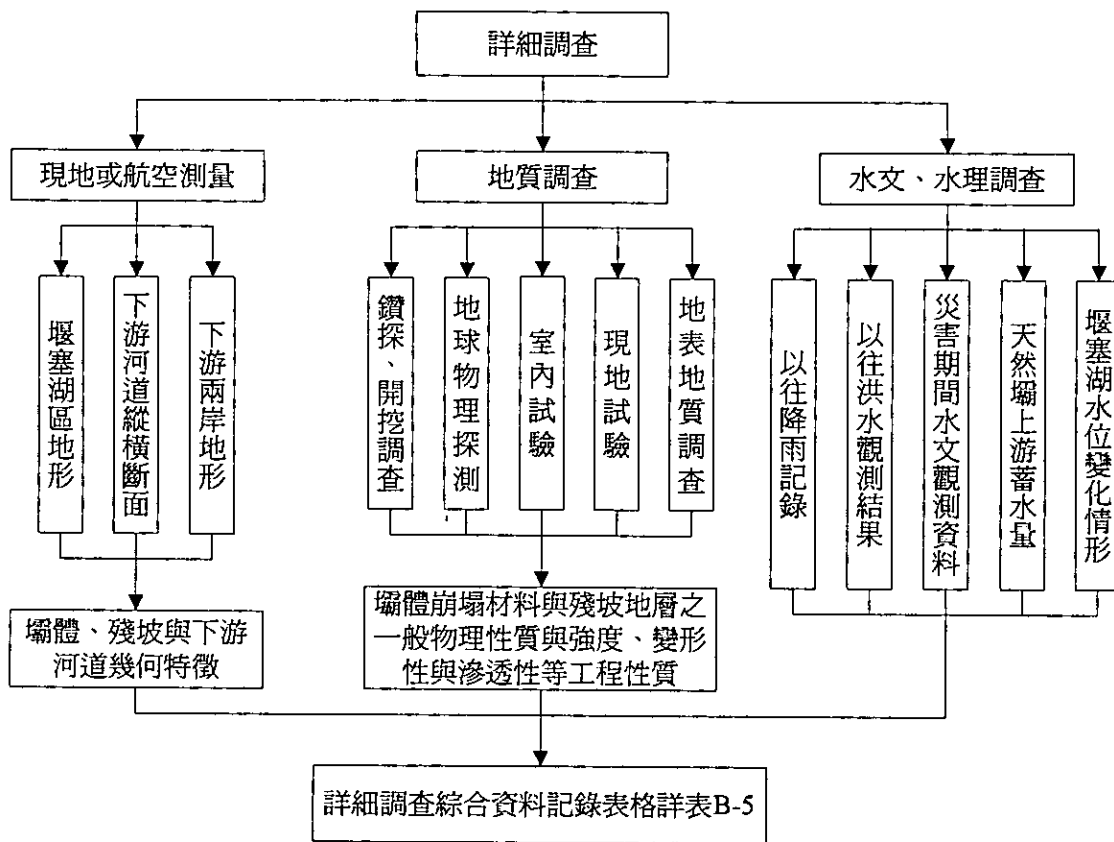


圖 A-6 詳細調查流程圖

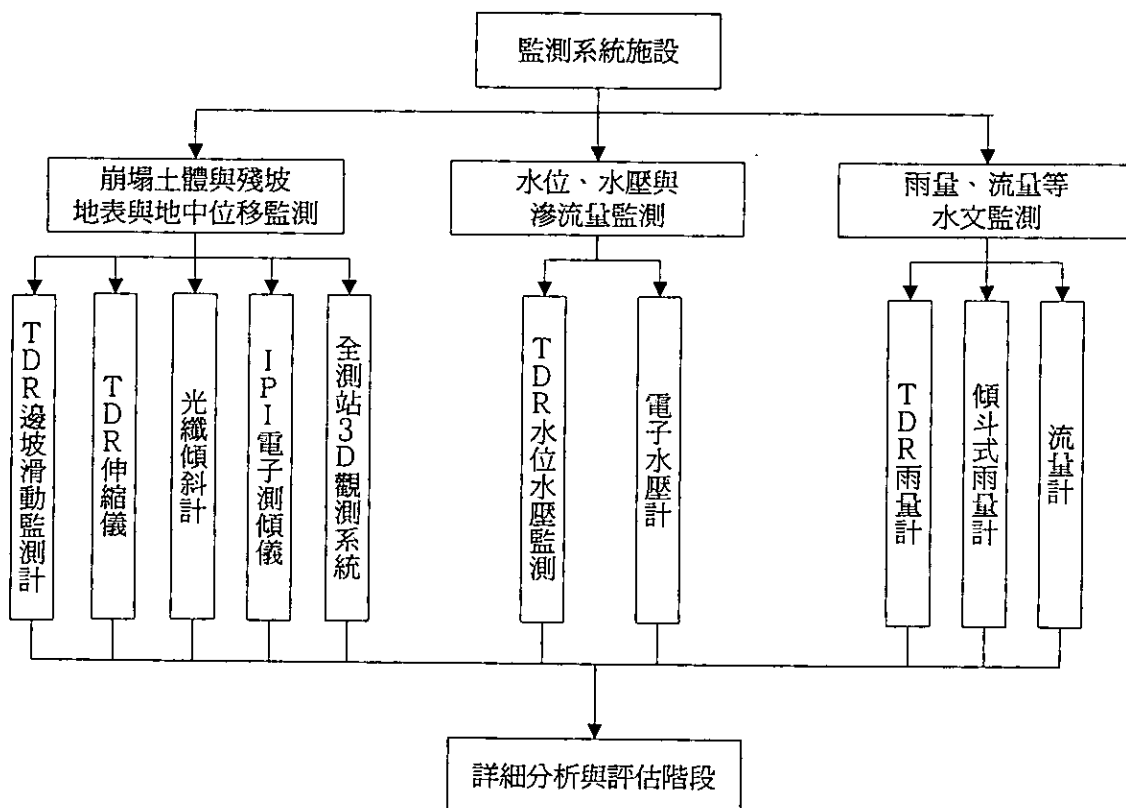


圖 A-7 監測系統施設項目流程圖

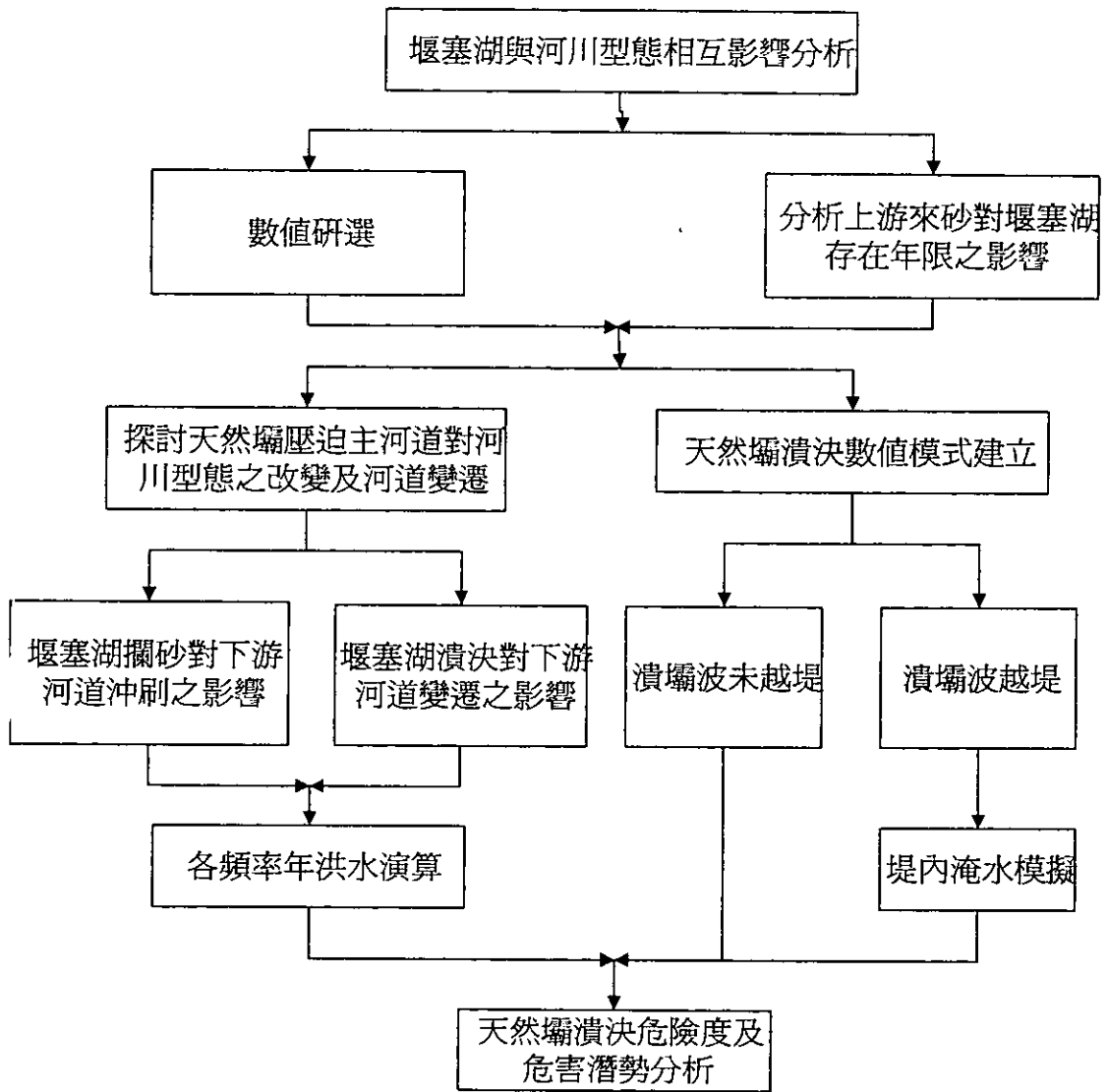


圖 A-8 穩定性與潰壩危險度評估流程圖

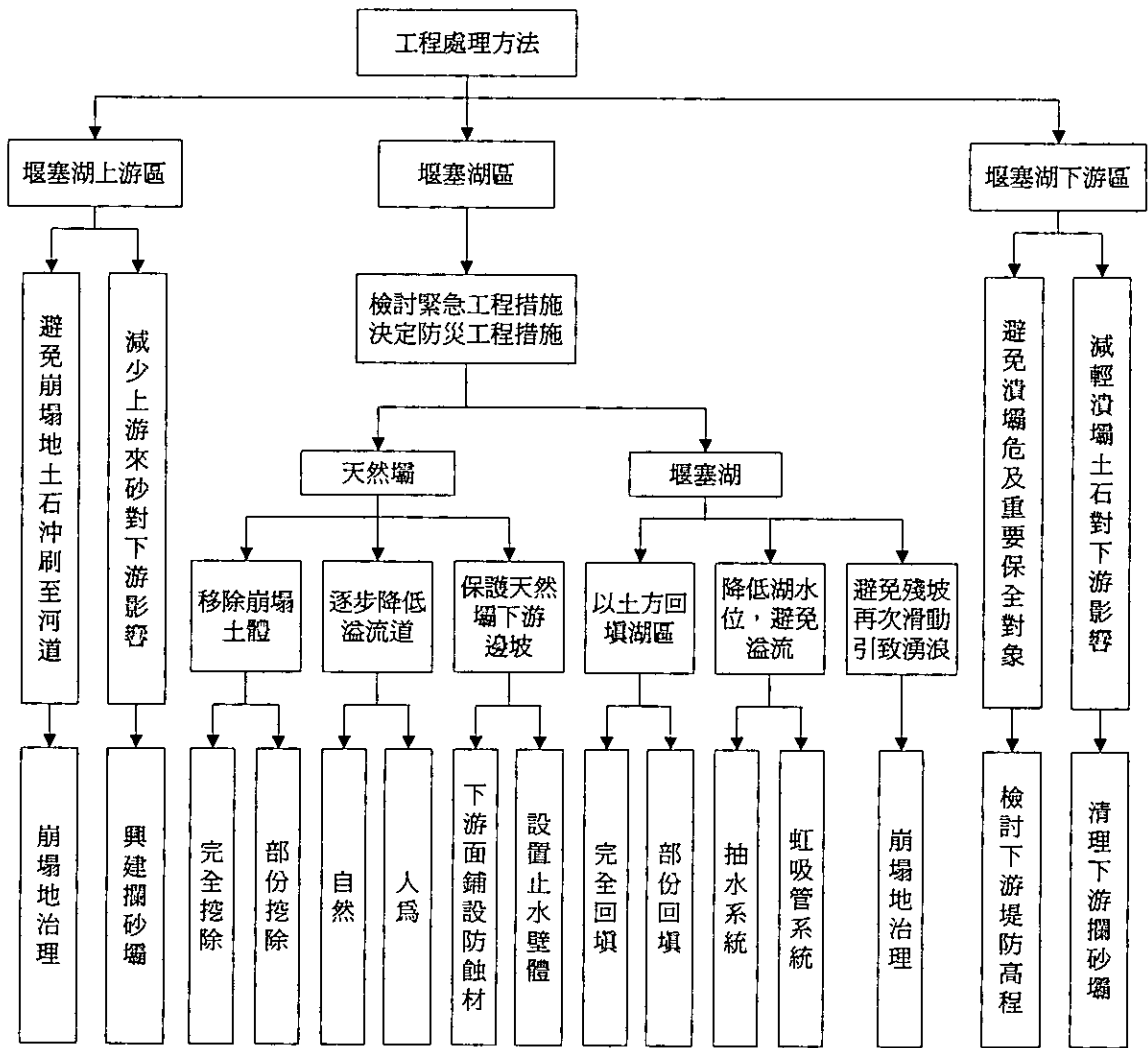


圖 A-9 工程處理方案決定流程圖

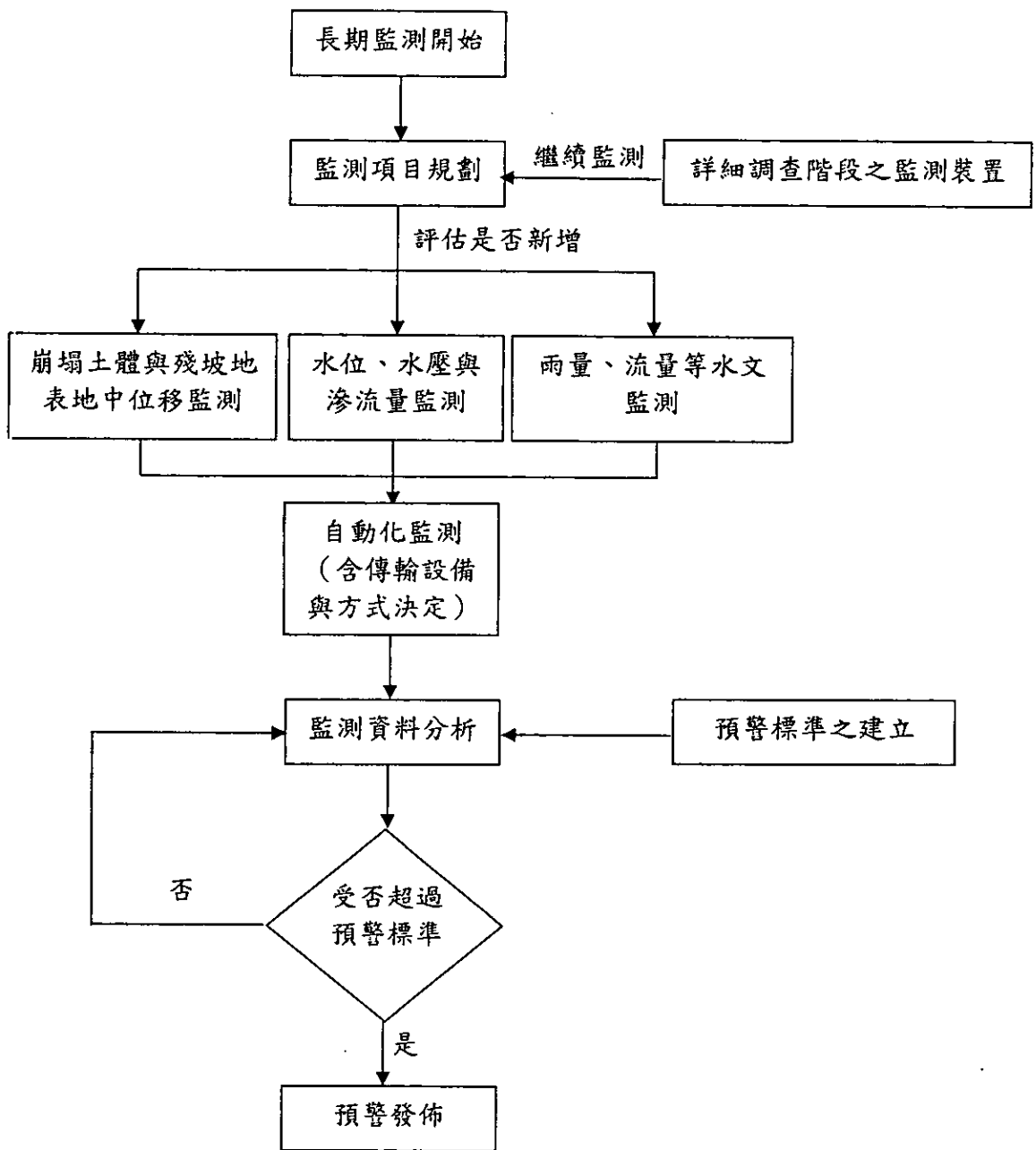


圖 A-10 長期監測流程圖



表 B-1 基本資料蒐集內容與來源

資料別	用途	比例尺	資料來源
地形資料	表明災區地形、交通、社經、水系與土地利用狀況等	1/1,000 ~ 1/25,000	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 聯勤測量署測繪，內政部地政司出售之台灣地區二萬五千分之一地形圖（經建版）</li> <li>2. 林務局農林航空測量所測繪及出售之台灣地區像片基本圖(1/5,000 或 1/10,000)</li> <li>3. 中央大學太空遙測中心管理之 40m*40m 數值地形模型資料</li> <li>4. 災害發生前，災區附近較大比例尺之地形圖（如 1/1,000）、正射影像、數值地形模型、地籍圖等資料</li> <li>5. 災區之河川圖籍、斷面圖</li> <li>6. 中央大學太空遙測中心管理之災害發生前、後，災區之衛星影像或航照資料</li> <li>7. 其它相關專業、學術機構之資料</li> </ol>
地質資料	表明災區區域地質與環境地質狀況	1/5,000 ~ 1/50,000	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 中央地質調查所臺灣地區五萬分之一幅地質圖及說明書</li> <li>2. 前台灣省建設廳五千分之一環境地質資料庫</li> <li>3. 其它相關專業、學術機構之資料</li> </ol>
水文資料	表明災區區域與上、下游水文狀況，以供水文、水理與輸砂模式參考之用		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 形成堰塞湖附近之降雨記錄</li> <li>2. 流量站之流量及輸砂量記錄</li> <li>3. 經濟部水利署、河川局、水利規劃試驗所、水庫。</li> <li>4. 農委會水土保持局、林務局、農田水利會</li> <li>5. 各縣市縣管河川</li> <li>6. 相關顧問公司、學術研究機構之資料</li> </ol>

表 B-2 現場勘查建議表格記錄樣式(各欄位說明見表 B-3)

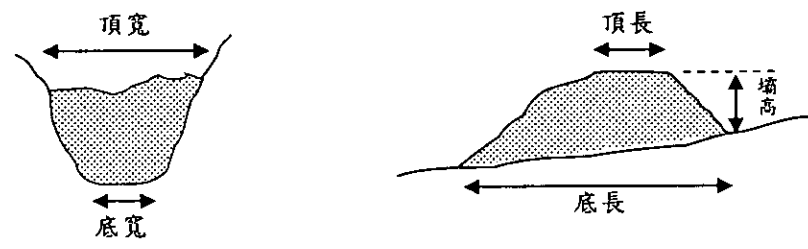
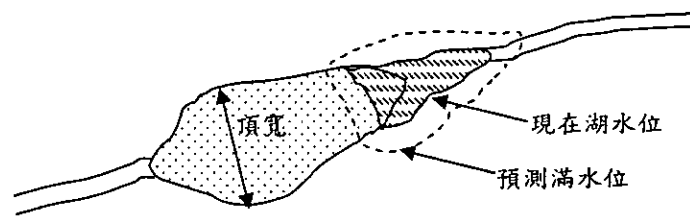
堰塞湖現場勘查記錄表			
調查時間		單位、姓名	
災害發生地區	縣(市)	鄉(鎮、市、區)	村(里)
堰塞湖天然壩中心二度分帶座標	E: N:	發生(發現)時間	
河川水系		形成誘因	<input type="checkbox"/> 暴雨 <input type="checkbox"/> 地震 <input type="checkbox"/> 其它_____
現場勘查方式	<input type="checkbox"/> 地面 <input type="checkbox"/> 空中	<input type="checkbox"/> 目測	<input type="checkbox"/> 儀器測量
堰塞湖天然壩壩體資訊			
壩高	(m)	壩頂高程	(m)
壩頂寬	(m)	壩頂長	(m)
壩底寬	(m)	壩底長	(m)
壩體體積 (說明估算方式)		(m <sup>3</sup> )	
堆積特性	<input type="checkbox"/> 岩塊支持 <input type="checkbox"/> 基質支持	滲透特性	
堰塞湖體資訊			
現勘湖水位	(m)	湖面積	(m <sup>2</sup> )
預測滿水位	(m)	水位上昇速率	
堰塞壩(湖) 形狀圖示 (直接於圖例上 註記或修改)	側視		
	俯視		

山崩資訊			
崩滑面頂端距 河床水平距離	(m)	崩滑面頂端距 河床垂距	(m)
崩滑坡面長度	(m)	崩滑坡面寬度	(m)
崩滑面積	(m <sup>2</sup> )	崩滑深度	(m)
崩滑體積(說明估算方式)		(m <sup>3</sup> )	
崩滑坡坡角		地質狀況	
母岩性質		破壞機制	
崩塌坡面 形狀圖示	正視圖		
	剖面圖		
災區附近與下 游兩岸土地使 用情形(含保全 對象)			
目前受災狀況			
備註⊕其餘記載事項，如交通避難動線等)			

註：本表使用時機應為堰塞湖形成後 1~3 日內立即至現場初勘記錄時使用。

表 B-3 表 B-2 中各欄位說明

欄位名稱	說明
調查時間	現場勘查時間
單位、姓名	調查記錄者單位、級職與姓名
災害發生地區	堰塞湖災害地點
堰塞湖天然壩中心二度分帶座標	應註明採 TWD67 經差二度橫麥卡脫投影系統或 TWD97 系統
發生(發現)時間	堰塞湖形成時間或最早發現此堰塞湖時間
河川水系	堰塞湖災害發生之河川水系名稱
形成誘因	堰塞湖災害發生之觸發因素，如降雨、地震等
現場勘查方式	註明由地面或空中(如搭直昇機)勘查，且標明為目測或測量儀器量測
壩高	堰塞湖天然壩壩高，由河床底面起算，至壩身溢流最低點之高差
壩頂高程	天然壩壩頂高程，可於災害現場比對地形圖研判之
壩頂寬	堰塞湖天然壩壩頂寬概估值，採垂直河流主軸方向量測
壩底寬	堰塞湖天然壩壩底寬概估值，採垂直河流主軸方向量測
壩頂長	堰塞湖天然壩壩頂長概估值，採平行河流主軸方向量測
壩底長	堰塞湖天然壩壩底長概估值，採平行河流主軸方向量測
壩體體積	堰塞湖天然壩壩體體積，應註明計算方式， 例如 壩體體積=[(壩頂長*壩頂寬)+(壩底長*壩底寬)]*壩高/2 = .....
堆積特性	組成堰塞湖天然壩之崩積材料其堆積特性，可概分為岩塊支持或基質支持。若粗粒料(大於四號篩)佔 70%以上屬岩塊支持，反之則屬基質支持。判別方式可於現場目測或拍照後由像片概略估算。
滲透特性	概估入流量與出流量
現勘湖水位	現勘時堰塞湖水位
預測滿水位	堰塞湖水位到達溢流水位時之高程
湖面積	俯視堰塞湖概估而得之面積
水位上昇速率	堰塞湖水位上昇速率

堰塞湖(壩)形狀 圖示 (參考圖例)	<p>側視</p>  <p>(垂直到向剖面)                      (平行流向剖面)</p>
	<p>俯視</p>  <p>現在湖水位 預測滿水位</p>
崩滑面頂端距河床水平距離	山崩區域中高程最高點至河床之水平距離
崩滑面頂端距河床垂距	山崩區域中高程最高點至河床之垂直距離
崩滑坡面長度	山崩區域中高程最高點與最低點之斜坡長
崩滑坡面寬度	山崩區域左右側寬度
崩滑面積	山崩區域崩滑面積
崩滑深度	崩落滑移地層之深度或厚度
崩滑體積	崩滑移動體積，應註明計算方式， 例如 崩滑體積=崩滑面積*崩滑深度=……
崩滑坡坡角	崩滑坡面平均坡度
地質狀況	依經濟部中央地質調查所臺灣地區五萬分之一分幅地質圖中之地層年代與名稱為準，資料不足者可參考其他地質文獻資料
母岩性質	殘坡與崩落土體滑動前之岩層其工程分類，如厚層頁岩
破壞機制	邊坡破壞機制，如順向坡平面型滑動、圓弧形滑動、岩塊崩落等

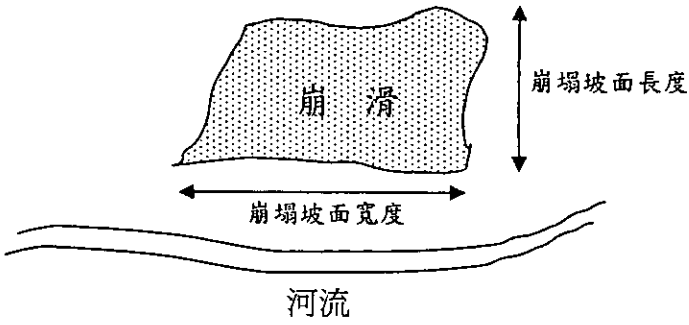
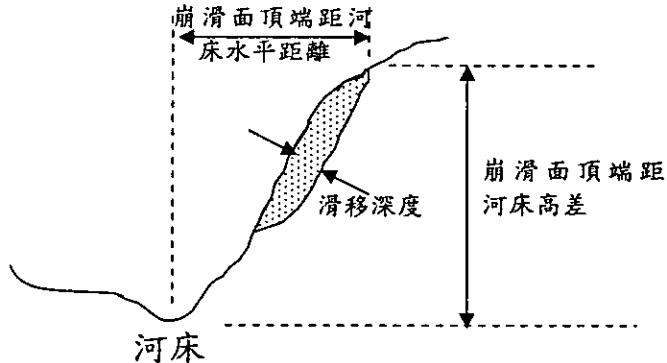
<p>崩塌坡面形狀圖示 (參考圖例)</p>	<p>正視圖</p>  <p>剖面圖</p> 
<p>災區附近與下游兩岸土地使用情形</p>	<p>堰塞湖災區與下游沿岸土地開發與利用現況，包括聚落與重要設施等保全對象之調查</p>
<p>目前受災狀況</p>	<p>堰塞湖截至現勘時所引致之災害狀況</p>
<p>備註</p>	<p>註記其餘之記載事項，如研判須發佈避難時之交通避難動線等</p>

表 B-4 堰塞湖快速評估之危害度等級劃分標準

堰塞湖 危害度 等級	分級條件	說明
輕度	須同時滿足下列 3 個條件： 1. 堰塞湖容量小於 1 百萬立方公尺且壩高小於 5 公尺且壩體體積小於 20 萬立方公尺 2. 上、下游淹沒區沒有重要保全對象 3. 邊坡無大幅滑動之跡象	1. 符合危害度為輕度之分級條件，代表堰塞湖災害規模不大，且上、下游淹沒區無重要保全對象 2. 堰塞湖並無處理之必要性，可視狀況挖除壩體
中度	不歸類於輕度與重度之分級條件者	1. 符合危害度為中度之分級條件，代表堰塞湖災害介於輕度與重度之間 2. 應監控災害之後續發展 3. 可進行簡易之工程措施(如開挖排水道或下游面鋪設防蝕材等)
重度	須同時滿足下列 2 個條件： 1. 堰塞湖容量大於 1 千萬立方公尺或壩高大於 35 公尺或壩體體積大於 3 百萬立方公尺(即堰塞湖大小等級為大型者) 2. 上、下游淹沒區有重要保全對象	1. 符合危害度為重度之分級條件，代表堰塞湖災害規模較大，且上、下游淹沒區均有重要保全對象 2. 概估潰壩時間，並適時且迅速撤離淹沒危險區範圍居民 3. 即刻進行必要之預警與工程處置措施。

表 B-5 堰塞湖詳細調查綜合資料建檔記錄表(各欄位說明見表 B-6)

堰塞湖詳細調查綜合資料記錄表				
記錄時間		單位、姓名		
災害發生地區	縣(市)	鄉(鎮、市、區)	村(里)	
堰塞湖天然壩 二度分帶座標	E: N:	發生(發現) 時間		
河川水系		堰塞湖現況		
破壞時間 (若堰塞壩已壞)		破壞機制 (若堰塞壩已壞)	<input type="checkbox"/> 壩頂溢流沖刷 <input type="checkbox"/> 壩體邊坡不穩定 <input type="checkbox"/> 溯源沖刷	
山崩資訊				
崩滑機制	<input type="checkbox"/> 泥流 <input type="checkbox"/> 岩塊墜落 <input type="checkbox"/> 地滑 <input type="checkbox"/> 土石流 <input type="checkbox"/> 其它_____			
崩滑面頂端距 河床水平距離		(m)	崩滑面頂端距 河床垂距	(m)
崩滑坡面長度		(m)	崩滑坡面寬度	(m)
崩滑面積		(m <sup>2</sup> )	崩滑深度	(m)
崩滑體積(說明估算方式)			(m <sup>3</sup> )	
崩滑坡坡角			地質狀況	
山崩速度			地下水位	(m)
母岩性質			破壞面形狀	<input type="checkbox"/> 圓弧形 <input type="checkbox"/> 楔形 <input type="checkbox"/> 平面形 <input type="checkbox"/> 其他_____
殘坡地層 大地工程特性 (注明參數來源)	單位重 $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )		粒徑分佈與其他性質	
	凝聚力 c (kg/cm <sup>2</sup> )	摩擦角 $\phi$ (°)	剪力模數 G t/m <sup>2</sup>	楊氏係數 E t/m <sup>2</sup>
堰塞湖天然壩壩體資訊				
壩高		(m)	壩頂高程	(m)
壩頂寬		(m)	壩頂長	(m)



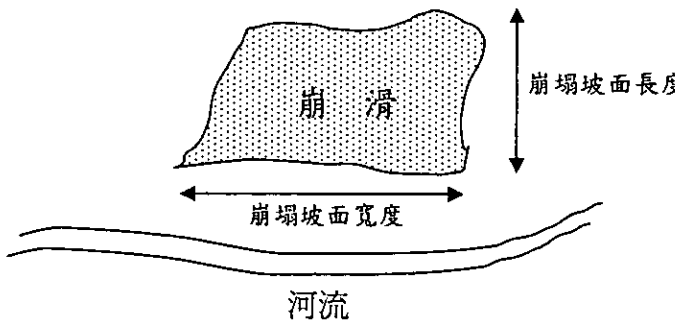
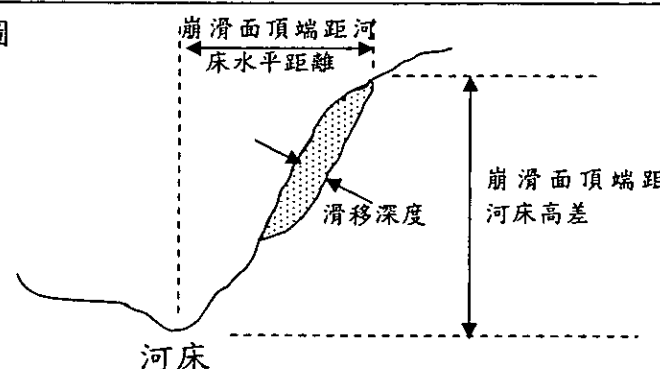
壩底寬	(m)	壩底長	(m)
壩體體積 (說明估算方式)		(m <sup>3</sup> )	
上游面坡度	(°)	下游面坡度	(°)
壩體崩積土 大地工程特性 (注明參數來源)	單位重 $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	滲透係數 k (cm/sec)	其他性質
	凝聚力 c (kg/cm <sup>2</sup> )	摩擦角 $\phi$ (°)	剪力模數 G t/m <sup>2</sup>
			楊氏係數 E t/m <sup>2</sup>
堰塞湖體與周遭地區水文資訊			
目前湖水位	(m)	湖面積	(m <sup>2</sup> )
預測滿水位	(m)	湖容積	(m <sup>3</sup> )
年降雨量	(mm)	水位上昇速率	
最大日降雨量	(mm)	上游河床坡度	(°)
最大月降雨量	(mm)	下游河床坡度	(°)
平均入流量	(m <sup>3</sup> /s)	平均出流量	(m <sup>3</sup> /s)
尖峰入流量	(m <sup>3</sup> /s)	尖峰出流量	(m <sup>3</sup> /s)
輸砂量		上游集水面積	(m <sup>2</sup> )
堰塞湖(天然壩)分類			
誘因	<input type="checkbox"/> 暴雨 <input type="checkbox"/> 地震 <input type="checkbox"/> 人為活動 <input type="checkbox"/> 其它_____		
推估崩潰	<input type="checkbox"/> 已崩潰 <input type="checkbox"/> 短期會崩潰(二週內) <input type="checkbox"/> 長期會崩潰(二週以上)		
壩幾何形狀 壩長(L)/壩高(H)	<input type="checkbox"/> 高短壩(L/H<3) <input type="checkbox"/> 短長壩(3<L/H<10) <input type="checkbox"/> 河道型天然壩(L/H>10)		
壩幾何形狀 壩寬(W)/壩高(H)	<input type="checkbox"/> 窄壩(W/H<2) <input type="checkbox"/> 中窄壩(2<W/H<10) <input type="checkbox"/> 寬壩(W/H>10)		
壩幾何形狀 壩長(L)/壩寬(W)	<input type="checkbox"/> 短壩(L/W<1) <input type="checkbox"/> 中長壩(1<L/W<5) <input type="checkbox"/> 長壩(L/W>5)		
堰塞湖規模	<input type="checkbox"/> 小型 <input type="checkbox"/> 中型 <input type="checkbox"/> 大型		
堰塞湖危害度	<input type="checkbox"/> 輕度 <input type="checkbox"/> 中度 <input type="checkbox"/> 重度		

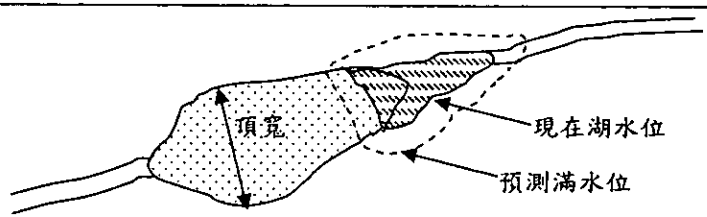
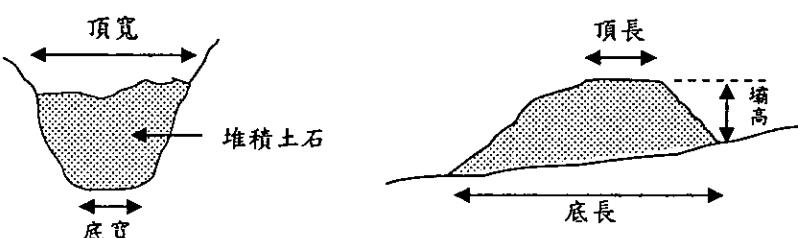
壩與河谷關聯性 (Costa&Schuster,1988)	<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> IV	<input type="checkbox"/> V	<input type="checkbox"/> VI
受災狀況						
生命(單位:人)	死亡	受傷	無家可歸	有危險可能		
山崩						
上游淹沒						
下游洪泛						
財產(單位:元)	公共財產	私有財產	有危險可能之 公共財產	有危險可能之 私有財產		
山崩						
上游淹沒						
下游洪泛						
堰塞湖現況說明(應含工程處理、監測、警示設備概況等)						
與本次堰塞湖災害相關之記載、報告或論文 (註明作者,發表年、標題、出版者等)						
其餘記載事項						

註 1:本表使用時機應為詳細調查後匯整調查結果時使用,可供爾後引用或分析時快速查閱。

註 2:其餘之細部調查資料如實測地形圖、河川斷面圖等可依需要附在本表後供參考。

表 B-6 表 B-5 中各欄位說明

欄位名稱	說明
基本資訊	
記錄時間	何時整理堰塞湖詳細調查綜合記錄表
單位、姓名	記錄者單位、級職與姓名
災害發生地區	堰塞湖災害地點
堰塞湖天然壩中心二度分帶座標	應註明採 TWD67 經差二度橫參卡脫投影系統或 TWD97 系統
發生(發現)時間	堰塞湖形成時間或最早發現此堰塞湖時間
河川水系	堰塞湖災害發生之河川水系名稱
堰塞湖現況	破壞與否，是否經工程處理，有無潛在危險等
破壞時間	若堰塞湖已破壞，則記錄開始崩壞之時間點與完全崩壞之時間點
破壞機制	若堰塞湖已破壞，則記錄破壞機制係屬壩頂溢流沖刷，壩體邊坡不穩定或因滲流導致壩下游溯流沖刷而破壞。
山崩資訊(可配合現勘、航測或現地測量結果說明之)	
崩滑機制	屬岩塊墜落、地滑、泥流、土石流或其他
崩塌坡面形狀尺寸說明示意圖	<p>正視圖</p> 
	<p>測量或航照所得資料可置於表 B-5 後作附件</p> <p>代表性剖面圖</p>  <p>各剖面資料可置於表 B-5 後作附件</p>

崩滑面頂端距河床水平距離	代表性剖面之山崩區域中高程最高點至河床之水平距離
崩滑面頂端距河床垂距	代表性剖面之山崩區域中高程最高點至河床之垂直距離
崩滑坡面長度	山崩區域中高程最高點與最低點之斜坡長
崩滑坡面寬度	山崩區域左右側寬度
崩滑面積	山崩區域崩滑面積
崩滑深度	代表性剖面之崩落滑移地層之深度或厚度
崩滑體積	崩滑移動體積，應註明計算方式，如以何種軟體計算，方法為何
崩滑坡坡角	崩滑坡面平均坡度
地質狀況	依經濟部中央地質調查所臺灣地區五萬分之一分幅地質圖中之地層年代與名稱為準，資料不足者可參考其他地質文獻資料。另可依據詳細調查補充說明地質材料與構造特性
山崩速度	崩落塊體滑落至河床時平均移動速度
地下水位	邊坡地下水位分佈狀況
母岩性質	母岩屬砂岩、粉砂岩、泥岩、頁岩或互層等
破壞面形狀	破壞面形狀為圓形、平面形、楔形或其他
殘坡地層大地工程特性	殘坡地層材料經過試驗或探測後所得之直接或間接結果，可於表 B-5 列出結果範圍，並將詳細結果附於表 B-5 後作附件以供參考
堰塞湖天然壩壩體資訊(可配合現勘、航測或現地測量結果說明之)	
堰塞湖(壩)形狀尺寸說明示意圖	<p>俯視</p>  <p>測量或航照所得資料可置於表 B-5 後作附件</p>
	<p>側視</p>  <p>(垂直流向代表性剖面)                      (平行流向代表性剖面)</p> <p>天然壩各剖面資料可置於表 B-5 後作附件</p>

壩高	堰塞湖天然壩壩高，由河床底面起算，至壩身溢流最低點之高差
壩頂高程	天然壩壩頂高程，可於災害現場比對地形圖研判之
壩頂寬	堰塞湖天然壩壩頂寬概估值，採垂直河流主軸方向量測
壩底寬	堰塞湖天然壩壩底寬概估值，採垂直河流主軸方向量測
壩頂長	堰塞湖天然壩壩頂長概估值，採平行河流主軸方向量測
壩底長	堰塞湖天然壩壩底長概估值，採平行河流主軸方向量測
壩體體積	堰塞湖天然壩壩體體積，應註明計算方式， 例如 壩體體積=[(壩頂長*壩頂寬)+(壩底長*壩底寬)]*壩高/2 = .....
上游面坡度	堰塞湖天然壩上游面平均坡度
下游面坡度	堰塞湖天然壩下游面平均坡度
壩體崩積土大地工程特性	壩體崩積材料經過試驗或探測後所得之直接或間接結果，可於表 B-5 列出結果範圍，並將詳細結果附於表 B-5 後作附件以供參考
堰塞湖體與周遭地區水文資訊	
目前湖水位	記錄本表時之堰塞湖水位
預測滿水位	堰塞湖水位到達溢流水位時之高程
湖面積	滿水時湖體投影面積
湖容積	滿水時堰塞湖容積
年降雨量	堰塞湖集水區近年平均降雨量
水位上昇速率	湖水上昇平均速率
最大日降雨量	堰塞湖集水區最大的降雨量
最大月降雨量	堰塞湖集水區最大的降雨量
平均入流量	堰塞湖區平均之入口流量，應註明統計起迄時間與估算方式
平均出流量	堰塞湖區平均之出口流量，應註明統計起迄時間與估算方式
尖峰入流量	堰塞湖區尖峰入口流量
尖峰出流量	堰塞湖區尖峰出口流量
輸砂量	堰塞湖壩址處輸砂量，應註明統計起迄時間與估算方式
上游集水面積	堰塞湖區上游之集水面積
堰塞湖（天然壩）分類（詳細說明詳本計畫第一年研究成果報告書）	
誘因	山崩時主要誘發因素

推估崩潰	分欄中之短期意指堰塞湖形成後二週之內，長期意指二週以上																
壩幾何形狀 壩長/壩高	壩底長/壩高之比值，小於 3 定義為高短壩；介於 3 與 10 之間定義為短長壩，大於 10 定義為河道型天然壩																
壩幾何形狀 壩寬/壩高	壩頂寬/壩高之比值，小於 2 定義為窄壩；介於 2 與 10 之間定義為中窄壩，大於 10 定義為寬壩																
壩幾何形狀 壩長/壩寬	壩底長/壩頂寬之比值，小於 1 定義為高短壩；介於 1 與 5 之間定義為短長壩，大於 5 定義為河道型天然壩																
堰塞湖規模	<p>堰塞湖規模等級劃分標準如下</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>堰塞湖大小等級</th> <th>堰塞湖容量, S (百萬立方公尺)</th> <th>壩高, H (公尺)</th> <th>壩體體積, V (百萬立方公尺)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>小型</td> <td><math>S &lt; 1</math></td> <td><math>H &lt; 5</math></td> <td><math>V &lt; 0.2</math></td> </tr> <tr> <td>中型</td> <td><math>1 \leq S &lt; 10</math></td> <td><math>5 \leq H &lt; 35</math></td> <td><math>0.2 \leq V &lt; 3</math></td> </tr> <tr> <td>大型</td> <td><math>S \geq 10</math></td> <td><math>H \geq 35</math></td> <td><math>S \geq 3</math></td> </tr> </tbody> </table> <p>註：堰塞湖容量(S)、壩高(H)與壩體體積(V)大小等級不一致時，採用較高等級。</p>	堰塞湖大小等級	堰塞湖容量, S (百萬立方公尺)	壩高, H (公尺)	壩體體積, V (百萬立方公尺)	小型	$S < 1$	$H < 5$	$V < 0.2$	中型	$1 \leq S < 10$	$5 \leq H < 35$	$0.2 \leq V < 3$	大型	$S \geq 10$	$H \geq 35$	$S \geq 3$
堰塞湖大小等級	堰塞湖容量, S (百萬立方公尺)	壩高, H (公尺)	壩體體積, V (百萬立方公尺)														
小型	$S < 1$	$H < 5$	$V < 0.2$														
中型	$1 \leq S < 10$	$5 \leq H < 35$	$0.2 \leq V < 3$														
大型	$S \geq 10$	$H \geq 35$	$S \geq 3$														
堰塞湖危害度	堰塞湖危害等級分級詳表 B-4																
壩與河谷關聯性	<p>各國常用之堰塞湖分類方式，當屬 Costa and Schuster(1988)所提出為代表，其將堰塞湖天然壩依照其與河谷間相關性，分為下列六型：</p> <p>型 I：壩身未跨越河谷</p> <p>型 II：壩身跨越河谷且銜上對面斜坡</p> <p>型 III：壩身跨越河谷且往上、下游擴展</p> <p>型 IV：壩身係由河谷兩側同時滑動，且兩側塊體正面或側面相接觸</p> <p>型 V：壩身由一次山崩中分兩股以上進入河床所造成</p> <p>型 VI：壩身係由延伸至河床底之破壞面因塊體滑動而升起</p>																
受災狀況																	
生命	堰塞湖災害因山崩、上游淹沒或下游洪泛所引起對人類生命之危害，包括死亡、受傷、無家可歸或有潛在危險之狀況																
財產	堰塞湖災害因山崩、上游淹沒或下游洪泛所引起對公共財產與私有財產已造成之危害以及有潛在危險之危害情形																
其他																	
現況說明	簡略說明堰塞湖處置方式與最新狀況																
與本堰塞湖相關之報導、研究報告或論文	整理與本堰塞湖災害相關之新聞報導與相關研究、報告等之相關資訊，以一般參考文獻方式條列之																
其餘記載事項	其他記錄人員認為需要補充填寫之資料																

# 第壹章 緒論

## 一、緣起

台灣地區地質脆弱，斜坡塊體運動發達，經常於暴雨或地震侵襲時引起斜坡崩塌(landslide)，崩塌規模大者常會堵塞河道形成堰塞湖，其中以 1999 年集集大地震所引發的草嶺及九份二山堰塞湖最具代表性。崩塌土體堵塞河道，往往會引起上游迴水淹沒保全對象，或發生壩體潰決造成下游洪水氾濫等災害，因此合理研擬堰塞湖災害防治對策相當重要。經濟部水利署水利規劃試驗所鑑於國內對於堰塞湖防災作業，尚無一套標準程序可依循，茲委由國立交通大學防災工程研究中心編製本手冊，期能讓主管單位與前線工作人員在從事堰塞湖防救災作業時，能有所參考。

## 二、現行救災體制

災害防治是全球性問題，我國鑑於整體環境之發展及社會各界對災害問題的關心，歷年來投入相當多的人力與財力於防救災科技之研究及其業務之推動。我國於 1994 年 8 月頒布「災害防救方案」，於 2000 年 7 月 19 日由總統公布施行「災害防救法」，以建立由中央至地方之防救災體系。依據「災害防救法」規定，各級政府必須成立「災害防救會報」，訂定「災害防救計畫」，規劃、督導所屬機關各項災害預防工作之執行。另於災害發生時，應成立「災害應變中心」，結合各機關內部之「緊急應變小組」執行災害應變事宜。災害防救法中，對地方政府救災體系的規範重點則有「災害防救會報」、「災害應變中心」、「地區災害防救計畫」、「應變小組」等數項。

因堰塞湖天然壩潰壩後常造成洪泛災害，因此災害類型歸類為水災。依「災害防救法」第三條第二款規定經濟部為水災中央災害防救業務主管機關，並由水利署負責該項水災災害防救各級相關行政機關及公共事業，執行各項水災災害預防、緊急應變措施及災後復原重建等工作。水利署依據「災害防救法」第十九條第二項規定，並參照「災

害防救基本計畫」相關內容，訂定「水災災害防救業務計畫」並報奉中央災害防救會報於九十一年二月二十六日核定後實施。

水災災害防救業務計畫係針對颱風、豪雨等天然災害所造成水災災害之防救需要而擬定，該計畫計包括總則、災害預防、災害緊急應變、災後復原重建及其它相關規定等五項；其主要內容為災害預防、災害緊急應變、災後復原重建相關事項，將經濟部等中央相關機關及各直轄市、縣(市)政府、鄉(鎮、市)公所等應辦理事項或施行措施詳列說明。茲將水災災害防救業務計畫內容列於附錄三供參考。

因堰塞湖引致災害型態屬於水災，對於災害防救之行政作業內容已有「水災災害防救業務計畫」與針對水災災害制定之相關規定來明確規範，故本手冊主要針對堰塞湖特性在各章開始時補充說明行政作業應注意內容，並於其後詳細交代技術作業配合內容。

### 三、手冊編排方式

本手冊旨在說明堰塞湖形成後減災、準備與應變作業內容，包括緊急處置對策、調查與評估作業、以及後續工程及長期監測方法等。堰塞湖主要會造成之災害型態為天然壩潰壩後下游淹水成災，然而在堰塞湖形成後若能快速調查評估與適當處置，通常能防止災害發生。換言之，堰塞湖形成後未必會造成災害，故在緊急應變處置階段之減災、準備與應變工作十分重要。本手冊內容主要係配合整體處理流程圖（圖 A-1）而撰寫，以利閱讀時能依不同階段之不同需要，快速查閱對應之作業內容。其下分為初步調查評估與處置階段、詳細調查評估與處置階段、以及長期監測階段，並分別列在第貳、參、肆章說明。

堰塞湖於形成後即進入初步調查評估與處置階段。第貳章首先說明行政作業應配合內容，其次介紹技術作業應注意事項，包括初步調查與快速評估方法與使用時機，以及決定緊急處理措施與施行等。堰塞湖未於短期潰決，且經初步評估，若有進行詳細調查評估之必要性時，則進入詳細調查評估與處置階段。第參章針對詳細調查評估與處置階段之工作項目，進行行政作業應配合內容之說明，其次介紹技術



作業應注意事項，包括詳細調查、監測系統規劃、穩定性及潰壩危險度評估方法與使用時機、永久性工程措施規劃、設計及施工等。在經過相關調查評估後，堰塞湖依然存在且仍具備災害之潛勢時，則進入長期監測階段。第肆章針對長期監測階段之工作項目，進行行政作業應配合內容作說明，其次介紹長期監測系統規劃，並依據監測所得結果進行分析，設定預警門檻與研判是否仍有潛在危險等。

#### 四、各階段工作應有之認知

堰塞湖災害特性與水災地震不同，因為堰塞湖形成前無法預知受災對象而不易做到減災與準備，而堰塞湖形成後則常因破壞時間短暫而亦使減災與準備之工作有其困難度。故堰塞湖一形成時，減災、準備與應變將同時展開，而且要在很短的時間內完成，也因此，本作業手冊之重要性在此突顯。

要注意的是，堰塞湖形成並不必然等於災害已發生，因此，若堰塞湖形成後立刻潰決者(災害形成)要做的是應變與復建，而堰塞湖形成未立即潰決則要做的是減災、準備與應變。在堰塞湖災害處理時間之掌控上，建議在初步調查評估與處置階段（緊急應變階段）宜由主管機關先行快速評估堰塞湖之壽命與淹沒範圍，並主動作出緊急之工程處置及預警；而專家學者寶貴意見則可同時配合進行與參酌，才能在有限時間內將堰塞湖之危害程度降至最低。在細部調查評估與處置階段以及長期監測階段，主管機關可視狀況自行或委外執行完整之調查評估及處置。

對於各階段工作之處置時間，建議初步調查與快速評估研判之時程應最好不要超過4~7天，必要之緊急工程措施亦應配合評估結果在1~3個月內完成；細部調查評估與永久性工程措施宜在1~2年內完成；長期監測工作則至少應持續至堰塞湖消滅(如上游來砂將湖填滿)或破壞，且已評估不致造成危害。

## 五、堰塞湖形成前採行措施

綜合目前之研究成果，堰塞湖形成位置與時機預測有其困難之處。相對於洪災、旱災之災害其災害形成時間通常較長，有較充裕之預警期，堰塞湖之形成地點不易預知，僅能由歷史上常發生堰塞湖之位置(如草嶺潭堰塞湖)來推估未來可能發生位置；且臺灣地區目前較具規模之堰塞湖係由順向坡滑動所引致，形成時間短暫，雖由統計資料可知堰塞湖成因主要為地震或暴雨，惟確實之啟動門檻至今仍不明確。對於可能形成危害之堰塞湖，對照災害管理的四個週期，應變與重建工作更形重要，然而在堰塞湖形成前之減災準備工作中仍有一些預防措施值得注意。因堰塞湖主要會造成之災害型態為天然壩潰壩後下游地區淹水成災，相關預防業務內容已有「水災災害防救業務計畫」明確規範，然緣於堰塞湖特性，茲列出數項措施以補充說明或強調之：

1、據統計約有 20%之堰塞湖破壞時間不到 1 天，約有 30%之堰塞湖破壞時間不到 1 星期，故緊急處置時程極短。對於評估可能再發生堰塞湖災害之區域（如草嶺潭），可考量堰塞湖發生特性與頻率，對於可能影響範圍內之居民進行演練計畫，並應先調查掌握防災物資、人員之動員能力，以利災害發生時能即時調度。

2、堰塞湖為大自然所衍生之正常現象，至今台灣所形成堰塞湖，除草嶺潭地區外，多未帶來人員傷亡與財物損失。故在進行防災教育時，可宣導防災知識，讓人民了解堰塞湖之特性，對於不具危害之堰塞湖不再有恐懼心理，對於具危害潛勢之堰塞湖亦知配合政府之救災規劃，避免災情擴大。此外，對於災後之謠言，亦能自主地辨明與應對。

3、對於豪雨引致山崩而形成之堰塞湖而言，因堰塞湖湖水位上昇迅速，上游淹沒與溢頂潰壩時下游洪泛之時間通常較短；再加上豪雨時期通常衛星影像品質較差，故在防救災時間之掌握與相關準備工作方面應更加注意。

## 第貳章 初步調查評估與處置階段

### 行政作業

#### (一)作業重點

在得知堰塞湖天然壩可能於某處形成後，即進入初步調查評估與處置階段（緊急應變階段）。據統計約有 20%之堰塞湖破壞時間不到 1 天，約有 30%之堰塞湖破壞時間不到 1 星期，故本階段首重時效之掌握，從初步調查、快速評估、劃分堰塞湖危害度等級至緊急處理措施決定之時間最好能在 4~7 天內完成，若有需要進行簡易之緊急工程措施儘量在 3 個月內完成。本階段相關工作建議由主管機關一線單位（在經濟部水利署為各河川局）負責進行，並可視狀況協請專家顧問團提供技術與決策之建議。

#### (二)專家顧問團組成與角色

專家顧問團組成建議由主管機關一線單位直接協請災區附近之水庫安全評估小組成員或學術機構教授等對於本階段現勘、評估與處置等工作給予建議，然建議之結論僅供參酌，相關作業仍應由主管機關一線單位積極進行。

#### (三)各階段作業內容說明

##### 1、初步調查

初步調查內容包括基本資料蒐集、現場勘察、遙測影像利用、基本資料彙整與完成初步調查報告撰寫等，調查流程如圖 A-2，技術作業內容詳細說明於本章一、初步調查中之說明。堰塞湖形成後，首先應由主管機關一線單位主動蒐集堰塞湖形成誘因（如地震或豪雨）之資訊與災害發生地區之地形、地質、水文、土地利用與交通資料等（基本資料蒐集內容詳表 B-1），並選擇合宜之現勘交通工具（直昇機、汽車、機車等）進行災區勘查（現勘表格樣式詳表 B-2，各欄位說明詳表 B-3），並取得堰塞湖區附近遙感探測影像。所有資料應在最短的時間內彙整完成，並建置

基本之資料庫。其中有關直昇機之使用，應依據「內政部警政署空中警察隊專供消防使用直昇機作業要點」相關規定辦理，而衛星影像可協調由中央大學太空及遙測研究中心供應。

在編寫初步調查報告時，內容至少包括現場勘查所得之資料表格（表 B-2）、照片以及綜合彙整資料蒐集、初勘與遙測所得資料而完成之建立基本之堰塞湖資料庫（含地形、地質、水文、土地利用、受災狀況等資料）。

## 2、快速評估

在經過基本資料蒐集與現勘而有了堰塞湖初步資料後，即進入快速評估階段。在短期內快速評估堰塞湖破壞時間與可能影響之範圍。快速評估流程如圖 A-3，內容詳本章技術作業二之說明，而圖 A-4 綜合整理初步調查所得之各項資料與快速評估項目間之關聯性。

## 3、劃分危害度等級

根據初步評估結果，利用危害度等級劃分快速評估表（如表 B-4），依分級條件研判形成之堰塞湖其危害度係屬於輕度、中度或重度。若堰塞湖危害度劃分為輕度，則並無進一步處理之必要性，主管機關可視情況不予處理，或將壩體直接挖除。

若堰塞湖危害度劃分為中度或重度，此時已形成之堰塞湖可視為具有形成災害之潛勢。此時可依據丙級狀況（災情有可能或已造成輕微影響）、乙級狀況（災情有可能或已造成中度損害）或甲級狀況（災情有可能或已造成重大損害）等三種狀況，依據行政院及災害防救業務主管機關頒佈之「災害緊急通報作業規定」，將已發生災害或具有災害潛勢之堰塞湖進行通報。若災害應變中心或緊急應變小組成立後，則依其相關規定辦理。以上有關輕微影響、中度損害及重大損害之定義，詳見本章技術作業三之快速研判危害度等級內容說明。

在完成快速評估與劃分危害度等級後，應根據初步調查報告

以及快速評估結果，完成快速評估報告。報告內容建議包含堰塞湖天然壩壩體穩定性與破壞時間初估，堰塞湖上游淹水範圍與萬一潰決後下游影響範圍，以及危害度劃分結果等。

#### 4、緊急處理措施決定

對於堰塞湖危害度屬於中度者，應由主管機關一線單位進行簡易之工程措施，並監控後續發展情況。而堰塞湖危害度屬於重度者，此時緊急處理措施先由一線單位配合上級指示主動進行，以掌握時效，並隨時依據上級命令而修正相關作為。緊急處理措施決定與施作(含避難) (詳圖 A-5) 包括劃定警戒區域、決定災害通報時機與作為並設置簡易監測系統、以及緊急工程措施等。(詳細內容請參閱本章技術作業四、緊急處理措施決定與施作)

若預估之堰塞湖壽命在一星期之內，應先考慮疏散警戒區域內之居民，並考量在堰塞湖破壞前施行簡易緊急工程措施之可能性，如在壩頂開挖溢流水道與下游面鋪設防蝕材等。

若預估之破壞時間在一星期以上，則依照快速評估與實際觀測結果擬定緊急處理措施，以降低災害規模與可能帶來之威脅，同時緊急工程措施之選擇亦較多樣性。此外，亦應考量設置簡易監測、監視與警報系統之需要性。緊急工程措施建議儘量在三個月內完成，才能達到緊急應變之效。

本項工作應根據初步調查報告、快速評估報告來完成緊急處置對策之擬定，並儘速擬定緊急疏散通報系統及疏散計畫書，內容應包括警戒區域劃定，緊急通報系統、潰壩警戒防災組織、人員安全疏散計畫等。

## 技術作業

### 一、初步調查

所謂初步調查係指堰塞湖災害現場之初步勘查與資料蒐集。在得

知堰塞湖災害可能發生位置之情報後，即應立即展開基本資料蒐集與現場勘查之相關工作，並將蒐集與勘查所得資料加以彙整，以提供下一步分析時引用。應注意的是本階段之調查為最初階段之調查，調查時間不宜過長，以利快速評估堰塞湖破壞時間與可能影響之範圍，在最短時間內即可擬定初步之應變對策，保障人民生命財產安全。本階段之工作建議包含基本資料蒐集、現場勘查與遙測影像利用；並彙整上述工作所得資料，建構堰塞湖災害基本資料庫，以利快速評估破壞時間與可能影響範圍時引用。初步調查作業流程如圖 A-2，其工作項目考量如表 2-1：

表 2-1 初步調查考量項目

	調查特性	工作項目
地質資料(坍塌土體)	母岩岩性	地質圖、地表地質調查
	粒徑分布	目視、影像分析評估
	滲透性	觀察入流量與滲流量，以粒徑分布初估
	變形與強度參數	相關案例、崩積土材料參數資料庫
地質資料(殘坡)	岩性與地質構造	地質圖、地表地質調查
	強度參數	反算分析
水文資料	流域內降雨資料與未來降雨趨勢	鄰近雨量站；雨量資料校正、補遺、延伸
	入流量	文獻之河川資料配合現場浮標觀測；鄰近水文站流量資料檢核、補遺及延伸
	水位	地形圖+目視；設置水位觀測
	溢流水道寬度、形狀與流量	目視、現地量測
其他資料	土地利用資料	相片基本圖+現勘
	受災狀況	現勘、加強災區巡邏或派人駐守

茲將所包含之工作項目分別說明如下：

### (一)基本資料蒐集

在災害發生後，應立即蒐集災區附近之地形、地質、水文、土地利用、保全對象以及交通等資料，同時亦應對災害誘因（暴雨或地震）相關資料加以蒐集。基本資料蒐集資料來源可參考表 B-1。

### (二)現場勘查

現場勘查時應考量交通工具（直昇機、汽車、機車等）之合宜性，並可攜帶簡易之測量工具與照像、錄影設備等與初步蒐集之基本堰塞湖災區資料進行記錄。在初次勘查時即應對崩塌坡面、堰塞湖體與壩體等進行概略估計，以節省時效，並建立最基本之堰塞湖資料。本研究建議之現場勘查表格樣式如表 B-2 所示，表中可視需要自行追加觀測項目並記錄之。

### (三)遙測影像利用

遙感探測(簡稱遙測)依影像取得的方式可分為衛載遙測、空載遙測及地面遙測等。遙測影像因拍攝之涵蓋面積大、且有廣域攬要、多波段、低觀測死角、及多時性重覆觀測能力等特性，讓使用者可以超越感官及時空的限制，快速偵測到地表之資訊。故在如堰塞湖等災害發生後，可立即進行遙感探測或蒐購災區之衛星遙測影像，快速掌握宏觀之基本災區資料。

遙測資料一般以影像資料為主，影像資料對於堰塞湖形成後定性之初步調查極有助益。然而，若需進行堰塞湖特徵與環境條件之定量分析，則遙測影像利用即需要其它輔助性之資料。例如，影像之幾何處理需衛星全球定位之地面控制點座標，以計算獲取影像探測器之位置，此外，數值地形模型亦是影像之嚴密幾何改正中消除高差移位之必要資料。

依探測器之載台可分為空載之遙測影像與衛載遙測影像，二者飛行高度不同，故具有不同之地面解析力及涵蓋之範圍。目前國內可直接購買取得之遙測影像包括空載影像以及衛載影像。

## 1、遙測影像取得

### (1)衛星影像

『國立中央大學太空及遙測研究中心』之「資源衛星接收站」，自 1993 年由國科會資助設置運轉，為目前國內唯一之資源衛星接收站，主要接收之資源衛星為法國 SPOT 衛星、歐洲太空總署之 ERS 衛星、以色列之 EROS 衛星、以及氣象衛星 (GMS) 等，同時亦提供美國大地衛星 (Landsat) 及空載多譜掃描資料 (Airborne MSS) 等影像資料。其中除了 ERS 衛星為雷達影像外，其餘皆為光學感測器。另外，太空計畫室已發射中華衛星二號 ROCSAT-2，該中心接收站亦為主要之資料接收站，以及處理與供應中心。

衛星遙測影像的主要用途之一在於快速提供土地利用及覆蓋之即時資訊，加上衛星影像資料取得時間相較快速且便利，故應於堰塞湖形成後，立即購置堰塞湖形成時間點前、後之座標化影像，且應以距堰塞湖形成時間愈近、且影像品質愈佳為選購條件。

### (2)空載影像

空載影像之載具為飛機。其影像之主要來源有二，即(1)空照相片；(2)空載多譜掃描儀影像。台灣地區使用之空照相片以全色態(黑白)底片為主。空載多譜掃描儀則以一定之瞬間視場角(IFOV)進行地面目標物之掃描。空載多譜掃描儀影像與空照相片相較，前者具較佳之光譜解析力，但其掃描時之全景畸變，造成較大之幾何變形，即幾何改正較為困難。全省空照相片雖可購得，然而堰塞湖形成後之影像卻必須透過災後拍攝之空照相片方能擷取。若確定需要災後之空載影像，除拍攝空照相片外，亦可考慮透過委託取得 Airborne Mss 空載多譜掃描資料。以台灣所使用之空載多譜掃描儀 DS-1260 其偵測器 (Detector)光譜範圍為可見光及近紅外線，此空載多譜掃描系統之瞬間掃描角為 2.5 m rad，以 2000 m 之航高為例，其地



面解析力為 5 m。

因災後之初步調查有其急迫性，故需座標化之空載影像，應規劃於詳細調查時取得。然而，未校正或未座標化之空載影像，仍具定性描述災害現象之應用性，故仍建議應於堰塞湖形成後立即透過空拍取得遙測影像(包括照相或錄影)。至於簡易空拍方式包括遙控無人直昇機、動力扇與輕航機，應視航程遠近、地形特徵等加以選擇。

### (3)地面遙測

除利用衛星與飛機取得遙測影像外，找到合適之制高點，利用照相或攝影方式取得堰塞湖之特徵與環境條件影像，為最經濟之方式，然而此一遙測影像，一般而言僅適合於定性分析。

## 2、遙測影像判釋

藉助遙測影像以進行調查，可節省繁瑣而費時的野外工作，且迅速獲得頗為豐富之地形、地質、土地利用等資料。初步調查之影像判釋重點包括：(1)崩塌坡面破壞範圍、運動機制以及崩塌坡面之各項特徵；(2)天然壩堆積狀況以及可能之材料特徵；(3)逕流情況；(4)集水區地形特徵；(5)上游與下游保全對象及災害情況；以及(5)避難路線等等。若欲進行定性分析，則一般影像即可進行判釋。然而，若欲進行定量分析，則應先製作經修正且座標化之影像，並於該影像上判釋、圈繪並量測，若欲轉繪製作成果圖時，應注意影像資料與轉繪底圖所採用之座標是否一致(目前基本圖較常使用之座標系統有 TWD67 及 TWD97 兩種)。

### (四)基本資料彙整

在基本資料蒐集、初勘與遙測影像完成後，即可於最短時間內進行災害資料彙整，建立基本之堰塞湖災害資料庫。在建構資料庫時，應將現勘與文獻資料互相配合，提昇爾後分析時之正確性。以下將建構項目分為地形、地質、水文、土地利用與受災狀況等資料說明資料內容與調查方式：

#### 1、地形資料

基本地形資料包括災區控制測量之成果、數值地形模型、及地形圖提供之資料（包括行政區界、建物、交通系統、水文、公共事業網路、植被、以及地貌等）。目前上述之基本地形資料大多以數值方式儲存，對於不同比例尺、座標系統、資料型態（向量式或網格式）等地形資料之套合與分析，均可透過適當的轉換程式完成。為配合後續的分析與應用，地形資料最後應能彙整於地理資訊系統（Geographic Information System, GIS）中，除能提供較佳的視覺化展示外，亦可透過其提供之專案概念與工具，管理地形資料。

此外，對於堰塞湖而言，地形資料尚包括堰塞湖位置、天然壩高度，長度，寬度等壩體資訊與滑動殘坡之形狀等，可用來計算滑動塊體與壩體體積等，以利後續之分析。調查方式分為兩種，若堰塞湖發生之現址可抵達，可透過現勘時透過目視或簡易測量工具取得上述資料；若無法抵達，則可利用較大比例尺的航照或是其他影像概略量測，俟災區地形與交通狀況許可後，復進行地形測量，取得較精確之數據。

## 2、地質資料

地質資料包括崩塌土體與母岩之岩性、地質構造、天然壩組成材料粒徑分佈、滲透性等資訊。其中岩性與地質構造可透過地表地質調查之方式配合既有之區域地質圖或環境地質圖判斷之；天然壩組成材料粒徑分佈主要係供判別天然壩材料係為岩塊支持或基質支持以掌握其材料行為，調查方式可由地面或空中透過目視之方式概略估計，以航照判釋為例，其地質判釋準則可參考表 2-2，或於適當點位照像並由像片中概略研判粒徑分佈狀況；天然壩滲透性則可由地面或空中觀查入流量與滲流量是否平衡而研判滲透性之大小，並可藉由粒徑分佈資料粗略估計滲透性。

在進行快速評估時，需要利用地工材料參數進行分析，而本階段因時間急迫，調查時程短，無法進行大規模、全面性地質

調查，故分析評估工作應利用以往類似之案例資料，選取合宜之參數進行分析。堰塞湖形成後，天然壩壩體材料可視為崩積土。因此，本手冊建構「崩積土材料參數資料庫」，蒐集國內既有之崩積土參數資料並加以整理，以利於萬一有堰塞湖災害發生時，可於初步評估階段參考引用。若未來發生堰塞湖災害時，假使有足夠時間可針對崩塌土體進行鑽探、現地試驗、室內試驗或地球物理探測法等得到分析之參數，則應以實測值為準進行分析。

崩積層的特性與母岩及坍塌型態(如落石、滑動等)具直接之相關性。崩積土的成份通常很不規則，從大石塊到細料都有。其內部疏鬆，易於透水，以致整個崩積層的邊坡穩定性偏低。一般而言，崩積土之力學特性視其組成有很大之不同，一般若大塊石相互鑲嵌(岩塊支持崩積層)，且塊石強度高，不易破碎，則工程性質佳，然若崩積塊石間填滿疏鬆之泥、砂或黏土(基質支持崩積層)，則工程性質較差。Casagli et al.(2003)統計義大利亞平寧山脈 60 餘處堰塞湖之粒徑與結構，發現其粒徑多呈雙峰分佈，而岩塊支持之結構相對於基質支持之結構較不易破壞。洪如江等(1978)提出若粗粒料含量佔 75%以上時，其崩積層之力學性質應由粗粒料成分所決定，若細粒料佔 30%以上者，粗粒料各顆粒已難於相互接觸，則此崩積土之性質由細粒料成份控制其力學性質。

因崩積土本身之力學性質難以由鑽探取得之土岩樣決定，故崩積土之參數決定極為困難，另一方面，崩積土材料之變異性極大，因此如何訂定一合理的強度參數，為壩體穩定分析前之一項重要課題。此等參數用反算(Back analysis)分析推求出者，僅提供初步估算時使用，若進行詳細評估時，應搭配比對試驗結果來選取參數。進行反算分析時需適合地點供反算。而在堰塞湖天然壩形成後，於分析時壩體邊坡通常尚未誘發破壞，滑動面亦未形成，故進行崩塌區之反算分析有其使用上之限制。

若無適當地點可供反算分析，災區附近亦無可參考之崩積層

案例參數時，亦可採重模土樣之試驗結果或進行大型現地直剪試驗加以評估。農委會水土保持局(2001)於『九份二山堰塞湖規劃及防災演練計畫』中指出，由於崩積層的材料多為土石混雜岩塊與沉泥，部份雖仍具岩塊外觀，然多膠結不良或經翻覆瓦解而迅速風化崩解，其實際力學特性有類似岩心弱面之情形；又因崩積層表土所進行土壤力學試驗結果，亦顯示其與風化擾動程度較大的岩心弱面直剪強度甚為相近。惟重模土樣試樣之試驗結果通常較反算分析所得結果有高估現地剪力強度之現象，在引用試驗參數進行分析時應特別謹慎。

為充分表現崩積土變異性極大之特性，本手冊蒐集國內相關之崩積層室內重模、現場試驗或逆分析所得之材料參數，提供在未及進行室內或現地試驗時，能有合適之參數範圍，供初步評估壩體穩定性等分析時選取分析參數值之參考，整理結果見表 2-3。表 2-3 中建置之崩積層材料參數共計 26 筆，其中與堰塞湖案例直接相關之資料計 4 筆，而山崩案例之資料計 22 筆。表中最後之 6 筆卵礫石層材料參數僅供參考，可作為選取崩積層參數時之上限值。

在進行初步評估時，可透過分區或分類方式將資料庫中之案例資料予以歸類，以利選取合適之材料參數進行分析，例如觀察材料參數之參數值分佈情形，並依據其集中趨勢選取合適參數進行分析。限於本資料庫目前之案例數僅 26 筆，尚不足以進行較精確之統計分析，且某些案例僅取崩積材料中較小顆粒進行室內試驗，可能無法得到實際材料參數，然在此為說明起見，以資料庫中崩積土力學性質之摩擦角參數作說明。茲將 26 筆資料共計 52 個數據(一筆資料中若標示摩擦角範圍，則可能有兩個以上之數據，統計時找出該範圍之個別原始資料作分析)，由圖 2.1 可知摩擦角呈雙峰分佈，峰值出現在  $26^\circ$  與  $36^\circ$ ，初步推測可能與堰塞湖之堆積特性有關(基質支持或顆粒支持)，爾後若有較詳細且充足之案例資料時，可嘗試以不同之堆積特性分類，並可各自

進行統計分析與歸納工作，應可有較好之統計結果。此外，亦可考量母岩地質年代相近或坍塌型態相近的參數進行分析。因整理之案例資料中崩積土或多或少已經膠結，而堰塞湖天然壩壩體材料則否，故在選取強度分析參數時，建議可較保守。

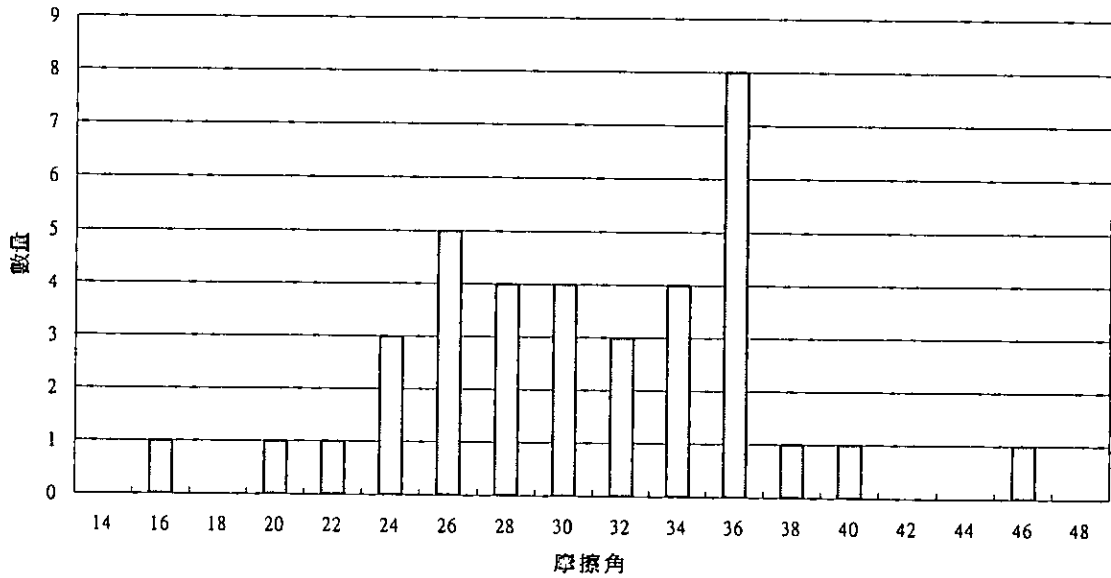


圖 2.1 摩擦角分佈圖

表 2-2 航照地質判釋表 Photogeologic Interpretation Chart

辨認單元*		地質單位(岩性或岩層分類)				
		單位 A	單位 B	單位 C	單位 D	單位 E
灰調	裸露岩石 rock	中至深灰	淡灰偶很亮	暗至亮	中灰至暗, 具 很量集塊	暗至很暗
	植生覆蓋 vegetation	偶成帶狀	很好灰調變化 之帶狀	無灰調變化之帶 狀	均勻暗調	均勻暗調
	人為影響 human influence	較低處淡色 調, 耕地	接近村落, 幾 全受人為影響	常受人為影響, 受影響處亮	偶受人為影 響	幾無人為影響
組織	裸露岩石 rock	粗糙, 在明顯 岩層的高處平 滑	粗, 方塊狀	細, 平滑	很平滑, 粗帶 狀	斑點狀至粗組 織
	植生覆蓋 vegetation	茂密, 北面坡 暗調集塊狀	稀疏灌木與喬 木, 只高處有	植生均勻	許多纖維狀 外觀之植生	纖維狀
	人為影響 human influence	整平	侵蝕, 粗糙	侵蝕, 然後滑動 與粗外觀	較高粗糙度	無
水系	內流或外流 internal or external	無固定, 但非 明顯內流	外流	外流	外流	主要內流
	型態 pattern	不清析	平行至格子狀	平行至樹枝狀 (坡度低)	次格子至平 行狀, 偶輻射	無
	密度 density	疏	很疏	很疏	中至疏	很疏
	橫剖面 cross section	深	深, 多數 U 型	平緩 V 型	平緩與深 V 型	相當深
岩性 與 構造	抗蝕力 resistance to erosion	高	很高	低	高	中
	層面或葉理 bedding or foliation	差至塊體	清晰塊體, 互 層	差, 偶互層	差至無	差與塊體
	界限 boundaries	多數模糊與漸 變	上部清晰, 下 部漸變	漸變與模糊	很模糊	很清晰
	節理 jointing	無	兩個主要方 向, 很疏	無	疏	無
	褶皺 folding attitude	少數有清晰傾 向	清晰大褶皺	少數小褶皺, 無 明顯傾向	很大褶皺, 可 疑傾向	無褶皺, 無傾 向, 水平層?
	形狀 shape	無	無	無	偶氣球形	平板形
地表 覆蓋	地表物質 surface materials	無至薄, 北坡 中厚	多數差	厚只中厚	薄只中厚	薄
	植生 vegetation	密集塊狀	高處稀疏喬木 規則分佈	近村的田間, 一 般很密	密且耕作良 好	差, 但集中成 等高
	人為影響 human influence	普通至稀疏耕 作	果園疏散於砍 光的林中	耕作與建築促成 不穩定	某些地方有 密集耕作	無
相關性 association	在其南側之石 英岩之下?	在單位 A 之下	在單位 B 之下, 以漸變與之接觸	與高地相 關, 在單位 A-C 之上	成一平台, 與 其他單位關係 不明? 不整合?	
結語 conclusions	短暫強雨氣候 區且高地勢區 的塊體至帶狀 石灰岩	可能是石英 岩, 顯然有兩 層	可能是頁岩與粉 砂岩, 具工程潛 在災害	可能是逆衝 在單位 A-C 上的變質岩	可能是老的磚 紅土質表層? 或鐵礫土質表 層?	

表 2-3 崩積土參數匯整表

編號	調查區	地質狀況 (母岩)	基本性質		其他性質	力學性質				力學性質 參數來源	參考文獻	
			單位重 $\gamma$ ( $t/m^3$ )	滲透係 數 k (cm/sec)		凝聚力 c ( $kg/cm^2$ )	摩擦角 $\phi$ ( $^\circ$ )	剪力模數 G $t/m^2$	楊氏係數 E $t/m^2$			
堰塞湖案例之崩積層材料參數												
1	草嶺潭 (88年)	卓蘭層	1.67~1.88	$10^{-3}$	$D_{50}:2\sim20cm$ $D_{10}:0.02\sim0.2cm$	0.2~0.3	23~25			室內試驗,未壓 密不排水	經濟部水利處水 利規劃試驗所 (2000)	
2	草嶺潭 (88年)	卓蘭層	1.5	$10^{-4}$		0.07	31			室內試驗 (總定分析使用 參數)	國家地震工程研 究中心(2000)	
3	九份二山 (88年)	樟湖坑 頁岩層	1.94~2.13		SM $e=0.35\sim0.55$ Fine:3~11%	0	26.8			飽和含水直剪 試驗	農委會水土保持 局(2001)	
4	九份二山 (88年)	樟湖坑 頁岩層	1.869			0	32.8			弱面直剪試驗 (總定分析使用 參數)	農委會水土保持 局(2001)	
其它案例之崩積層材料參數												
1	中橫公路 台7甲線 宜蘭支線 73k	廬山層	2.14	$4.25*10^{-4}$	$e=0.49$ $D_{50}:4.402cm$ $C_U=83.05$ $C_C=31.13$	0.017~0.25	31.9~38			室內大型直剪 試驗	林炳森、方世杰 (1989)	
2	谷關					0.1	35			逆分析推估值	董家鈞、楊賢德 (2001)	

編號	調查區	地質狀況 (母岩)	基本性質			力學性質				力學性質 參數來源	參考文獻
			單位重 $\gamma$ ( $t/m^3$ )	滲透係 數 k (cm/sec)	其他性質	凝聚力 c ( $kg/cm^2$ )	摩擦角 $\phi$ ( $^\circ$ )	剪力模數 G ( $t/m^2$ )	楊氏係數 E ( $t/m^2$ )		
3	新店					0.06~0.11	22~23			逆分析推估值	董家鈞、楊賢德 (2001)
4	中寮鄉清 水村				0.021	28.3				室內試驗	張延光、曾國彰 (1999)
5	九份				0.15~0.25	30.7~35				直剪試驗	張延光等(1999)
6	花蓮銅門				0	33.3~38.7				室內試驗	陳宏宇等(1999)
7	南投信義 鄉				0	29.4~31.3				室內試驗	陳宏宇等(1999)
8	大台北華 城				0.14	33.5				室內試驗 有效應力參數	亞新工程顧問公 司(1984)
9	中橫 63k 梨山德基 地區				0.12~0.2	36				室內試驗	謝敬義(1984)
10	高雄佛光 山				0	35				室內試驗	孫漢豪(1998)
11	新中橫				0	33				室內直剪試驗 壓密排水,殘餘 強度參數	蔡光榮等(1997)
12	陽金公路 大屯橋段	安山岩			0.01~0.1	36~43				室內試驗	黃宏彬(2000)



編號	調查區	地質狀況 (母岩)	基本性質			力學性質				力學性質 參數來源	參考文獻
			單位重 $\gamma$ ( $t/m^3$ )	滲透係 數 k (cm/sec)	其他性質	凝聚力 c ( $kg/cm^2$ )	摩擦角 $\phi$ ( $^\circ$ )	剪力模數 G ( $t/m^2$ )	楊氏係數 E ( $t/m^2$ )		
13	梨山	廬山層 板岩				0	35			大型直剪試驗	蘇苗彬等人(1990)
14	梨山	廬山層 板岩				0	29~34			三軸壓密不排水試驗	亞新工程顧問公司(1990)
15	梨山	廬山層 板岩	1.18~2.25		e=0.2~1.2	0.01~0.22	15~45			三軸壓密不排水試驗	工業技術研究院 能源與資源研究所(1993)
16	梨山	廬山層 板岩				0.4	27			建議值	中華顧問工程公司(1999)
17	汐止新台 五交流道	石底 層、南 港層			Fine:27%	0.2	26			逆分析推估值	王希光(2003)
18	新店交 流道	石底層			Fine:23%	0.1	30			逆分析推估值	王希光(2003)
19	木柵交 流道	石底層			Fine:25%	0.1	28			逆分析推估值	王希光(2003)
20	中橫台十 四甲線 40k+800					0.1	29			逆分析推估值	新世紀技術工程 顧問股份有限公司(2001)

編號	調查區	地質狀況 (母岩)	基本性質			力學性質					力學性質 參數來源	參考文獻
			單位重 $\gamma$ ( $t/m^3$ )	滲透係 數 k (cm/sec)	其他性質	凝聚力 c ( $kg/cm^2$ )	摩擦角 $\phi$ ( $^\circ$ )	剪力模數 G ( $t/m^2$ )	楊氏係數 E ( $t/m^2$ )			
21	中橫台十 四甲線 40k+800		1.86		Fine:7.4%	0.19	35.87				三軸壓縮試 驗，浸水 7 天	簡連貴等(2003)
22	中橫台十 四甲線 40k+800		1.86		Fine:5%	0.1	29				三軸壓縮試驗	簡連貴等(2003)
卵礫石層材料參數												
1	林口台地 分區	--	1.76~2.06			0.10~1.33	21~50			1200~ 11600		張吉佐等(1996)
2	苗栗分區	--	2.0~2.21			0.15	54			12400~ 38800		張吉佐等(1996)
3	台中分區	--	1.96~2.10			0.3	28~33					張吉佐等(1996)
4	大肚山分 區	--	2.08~2.10			0.3~0.4	26~42			12500~ 39000		張吉佐等(1996)
5	八卦山分 區	--	2.19~2.31			0.2~0.6	37~42			4350~ 85000		張吉佐等(1996)
6	竹山分區	--	2.08~2.39			0.2~0.5	29~47					張吉佐等(1996)

註:1.本表僅供參考，使用者可依蒐集之資料而陸續擴充各儲存格資料  
2.卵礫石層材料參數僅供參考，可作為選取崩積層參數時之上限值。

### 3、水文資料

水文資料包括流域內之降雨資料與未來降雨趨勢、堰塞湖入流量與水位變化等。其中，降雨資料可由鄰近之雨量站實測資料進行分析，若實測資料於分析上有不足情況時，可經由雨量資料校正、補遺及延伸，其中，(1) 雨量資料校正方法有：雙累積曲線法與迴歸分析；(2) 雨量資料補遺方法有：正比法(normal ratio method)、內差法、控制面積法、迴歸分析；(3) 雨量資料延伸：迴歸分析、序率模式等方法；堰塞湖入流量可整理文獻之河川資料配合現場設置之浮標觀測之實測資料，亦可藉由鄰近水文測站利用流量資料檢核、補遺及延伸，其中，(1) 流量資料檢核：水位-流量率定曲線、面積比法、逕流係數法、迴歸分析；(2) 流量資料補遺：水位-流量率定曲線、面積比法、面積坡降法、迴歸分析 (3) 流量資料延伸：面積比法序率模式、迴歸分析等方法推求流量；堰塞湖水位可依目視配合地形圖概略判斷或配合現場設置之水位觀測系統來決定。若在初步調查時堰塞湖天然壩即已有溢流的現象，則應額外觀測天然壩溢流水道寬度、形狀與流量等，調查方法可採目視經驗粗估或由流速儀、漂流物推估之。

### 4、土地利用資料

土地利用資料包括堰塞湖周邊與下游沿岸土地開發與利用現況，如住戶分佈、交通設施(道路、橋樑等)、水利設施(堤防、水壩與發電廠等)及其他重要設施之分佈情形。調查方式可以像片基本圖或其他有標示土地利用之文獻資料配合現勘時註記。

### 5、受災狀況資料

堰塞湖湖水上漲而淹沒建物與設施，造成人命傷亡與財產損失之情形。相關之受災資訊可採現勘之方式，加強災區巡邏或派人駐守，隨時傳遞最新災區情況。

## 二、快速評估

在經過初步調查而有了堰塞湖基本資料後，如何快速評估堰塞湖

天然壩穩定性、破壞時間與可能影響範圍即為隨之而來的重要課題，而其亦為第一階段預警之重要考量。值得注意的是本階段進行之快速評估工作與爾後視狀況進行的詳細評估階段之分析工作均應評估壩體穩定性與進行潰壩分析，惟本階段之工作可以簡化之公式、圖表進行分析，或利用合理假設之參數代入已建置之評估程式系統檢討之；而詳細評估階段則以較周延的方式，配合詳細調查時所得參數進行相關之分析與評估工作。初步調查與快速評估研判之時間建議應在一星期內完成，以利後續處理作為之擬定。

初步調查作業流程如圖 A-2，快速評估作業流程詳圖 A-3，而初步調查所得之參數與快速評估項目間之關聯性如圖 A-4，危害度判定表格詳表 B-4。茲先說明堰塞湖天然壩之破壞機制，而後再說明本階段作業內容。

#### (一) 堰塞湖破壞機制

堰塞湖天然壩體破壞機制主要計有壩頂溢流沖蝕、滑動潰決與漸近破壞等三種方式(高橋保等,1988)，分別如圖 2.2 所示。

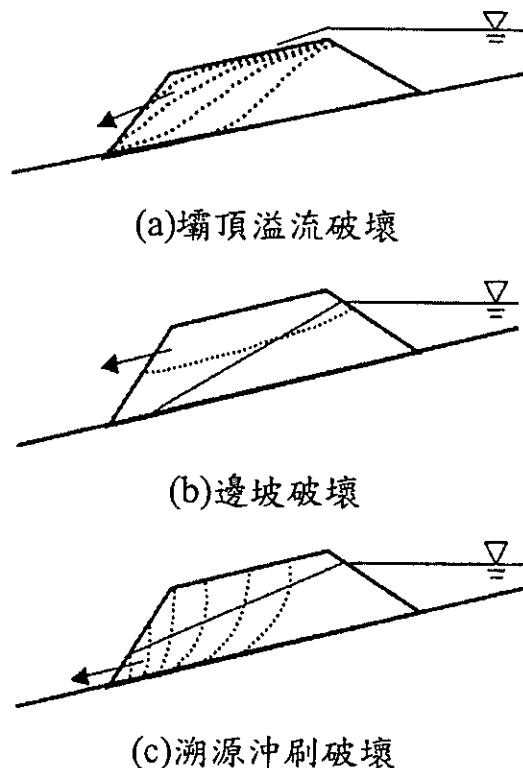


圖 2.2 堰塞湖天然壩破壞機制示意圖(高橋保等,1988)

依據 Schuster(1995)統計，全世界 202 個天然壩破壞案例中，有 197 個係因壩頂溢流而破壞，約佔破壞總數之 97%，故壩頂溢流破壞是堰塞湖天然壩破壞之最主要因素。當壩體入流量大於滲流量時，湖水位將不斷升高，終致水位超過壩頂而溢流。溢流之洪水將沖刷壩頂與壩體下游邊坡，使得壩體不斷變薄、變低，壩體形狀演進過程示意如圖 2.2(a)。

當壩體水壓與壩體組成材料強度組合達一臨界值，壩體自身產生一滑動面，可能發生驟然滑動潰決。此種破壞通常發生在壩體上、下游面陡峭之狀況，且在破壞過程中，滑動塊體滑出而導致壩高降低，湖水翻越壩頂而破壞(柴賀軍等，2001)。然而，堰塞湖天然壩在形成過程中由於崩落土石滑動撞擊河床表面而堆積成壩，壩體上、下游面邊坡通常小於崩落材料安息角甚多，故此種潰壩機制發生之機率並不高。壩體滑動破壞示意如圖 2.2(b)。

若天然壩壩體有較高之滲透性，在水位顯著上升前即有滲流水出現在壩體下游坡面。如水力梯度過高，則滲流水將伴隨壩體材料流出。隨著時間進行，滑動面將朝向上游發展，直至壩頂而潰決。對於人工土石壩而言，由壩基土體或壩體土體滲透變形引致管湧而破壞之比例佔了重要比例；然而，根據統計世界上堰塞湖天然壩發生溯源沖刷破壞之案例僅佔不到 3%(Schuster, 1995)，推測原因可能係由於堰塞湖天然壩其組成土體所含之大型塊石較多，不易被滲流水所帶走，且壩體組成物質可能砂質土與粘土交雜，較不具備管湧的條件。壩體因管湧破壞演進過程示意如圖 2.2(c)。

## (二)堰塞湖天然壩壩體穩定性初估

在進行快速評估時首先應檢討堰塞湖天然壩之穩定性，評估方式可採數值程式分析或以簡易公式研判等。

### 1、數值程式

堰塞湖天然壩於形成時之穩定性可透過初步調查階段建立之壩體形狀資料，利用數值模擬之電腦程式(如 PCSTABL 或 FLAC 程式)以合理之參數值代入進行分析，評估天然壩體邊坡之

穩定性。

本階段之分析工作在分析參數的選擇上，可能因必需快速評估堰塞湖天然壩穩定性，而無法進行詳細調查取得數值程式分析時所需之參數，在分析時可採以往類似災害之分析參數參考引用。本研究將數值模擬程式 PCSTABL 與 FLAC 之基本原理、輸入參數與注意事項等整理於第二年研究成果之模式庫使用手冊中，詳見第二年研究成果報告附錄 C。

## 2、簡易公式

簡易公式或圖表亦可協助研判壩體之穩定性，如 Ermini & Casagli(2003)所提出之堰塞湖天然壩穩定性之簡易判別公式。Ermini & Casagli(2003)係以統計方法為手段，以義大利、日本、美加地區及少數其他國家之堰塞湖案例資料，歸納出堰塞湖天然壩穩定性研判指標，稱為無因次阻塞指標(Dimensionless Blockage Index, DBI)，其定義為：

$$DBI = \text{Log} \left( \frac{A_b \times H_d}{V_d} \right)$$

其中  $H_d$  是天然壩壩高， $V_d$  是壩體體積， $A_b$  為堰塞湖集水面積。根據約 84 個堰塞湖案例統計結果發現(如圖 2.3)， $DBI < 2.75$ ，則壩為穩定，而  $DBI > 3.08$  則為不穩定，介於 2.75 與 3.08 之間者則為過渡區。若以民國 68 年與 88 年之草嶺潭堰塞湖案例資料檢核，均可符合上述 DBI 定義之不穩定與穩定之區間。本公式相關結果可輔助數值模擬結果研判壩體穩定性，然在使用上仍應小心謹慎。

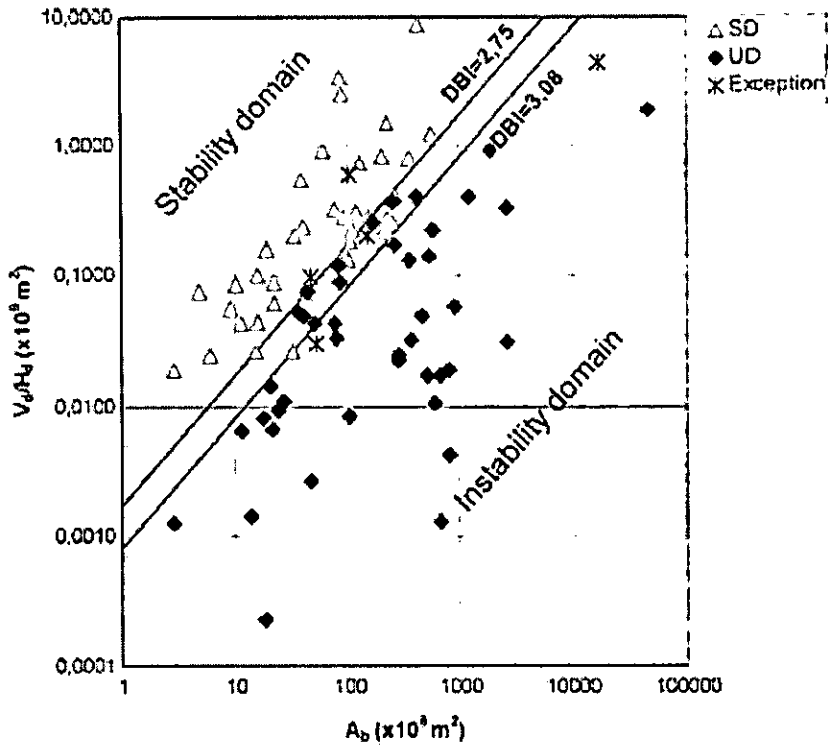


圖 2.3 無因次阻塞指標(DBI)定義圖(Ermini & Casagli,2003)

### (三)堰塞湖壽命預測

若堰塞湖穩定性初估結果有不穩定之趨勢，或有溢流沖刷或溯源沖刷而破壞之可能性，即有需要預測堰塞湖之破壞時間，而堰塞湖其存在時間長短攸關預警以及緊急處理時效，因此於堰塞湖應進行可能存在時間之預測。在本研究中提出三種堰塞湖壽命預測方式，其方式說明如下：

#### 1、由天然壩壩體體積推估天然壩壽命

本研究廣泛蒐集世界各國堰塞湖相關特徵之文獻資料並進行統計分析。根據分析結果（如圖 2.4），堰塞湖壩體與天然壩之破壞成正相關。由可發現，壩體體積於  $2 \times 10^5 \text{ m}^3$  以下者，天然壩存在時間多少於 1 天（堆置土質顆粒細時，崩塌時間可能而稍延後），壩體體積超過  $3 \times 10^6 \text{ m}^3$  以上者，天然壩存在時間多能維持超過 1 天。根據推求案例分佈區間之上邊界方程式與下邊界方程式，並內差求得平均之破壞時間與壩體體積之關聯性，無論在預

測階段推求而得之壩體體積或實際堰塞湖災害發生時所概估之壩體體積，均可由圖迅速預測堰塞湖之壽命，並進行立即之處置。此一方式之最大好處為相當簡單且可快速評估，然卻不易分離壩體不同破壞機制。

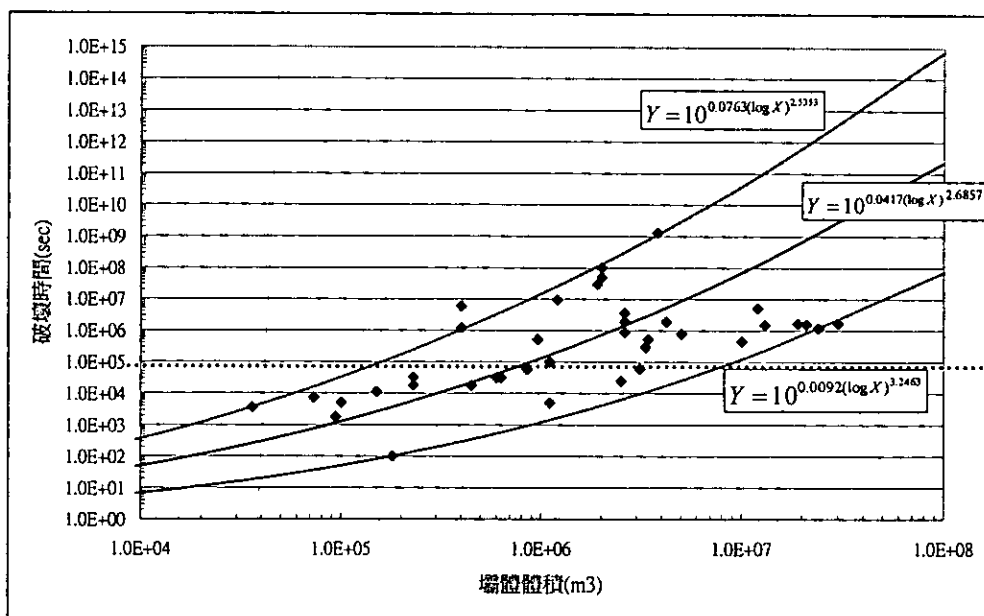


圖 2.4 堰塞湖容積與壽命關係圖(虛線為天然壩壽命為一天者)

## 2、由溢頂時間推估因溢流而造成壩體破壞之天然壩壽命

依 Takahashi(1991)之研究，影響堰塞湖天然壩體破壞方式的因子計有壩頂溢流沖蝕、滑動潰決與漸近破壞等三種方式。依 Schuster(1995)之研究，在 202 各天然壩破壞案例中，有 197 個因溢流，4 個因管湧，1 個因下游面沖刷而造成破壞。故在排除壩體不穩定破壞以及直接沖刷破壞後，較重要之破壞機制為溢頂破壞，當溢頂破壞所需時間愈短，預警以及緊急處理時間即愈短。

如已知堰塞湖位置與壩高，可計算壩體與上游地形所圍容積，再由容積與(上游河道入流量-滲透之出流量)之比值，即可獲得溢頂時間。上游河道入流量，原則上利用可能形成堰塞湖地區鄰近相同溪流水文站之流量記錄經由面積比方式估算之。堰塞湖堰址之入流量等於堰塞湖堰址附近水文站流量乘以發生堰塞湖堰址上游之集水面積與該水文站上流之集水面積之比值



( $Q_{\text{堰塞湖}} = Q_{\text{鄰近雨量站}} \times \frac{A_{\text{堰塞湖}}}{A_{\text{鄰近雨量站}}}$ )。若可能形成堰塞湖地區溪流無水文站可提供流量資料，則入流逕流量估計（依據水土保持技術規範第 25 條），將以雨量強度、集水面積、及逕流係數代入合理化公式推求之 ( $Q = \frac{1}{360} \times C \times I \times A$ ， $C =$  逕流係數， $I$  為降雨強度， $A$  為集水區面積)。滲透之出流量，可以 Dupuit theory 粗估之。在概估上游面水位、下游面水位、壩長以及滲透係數後，即可推估出流流量之值。(出流流量  $q = k(H_1^2 - H_2^2)/2D$ ， $H_1$  為上游面水位， $H_2$  為下游面水位， $D$  為壩寬， $k$  為滲透係數)。若天然壩入流量相較於因滲透而流出之水量為低時，堰塞湖亦不致有太大之危害。 $k$  值可採用日本建設省(1992)之建議值取  $10^{-2} \sim 10^{-3}$  cm/s 作為概估值，如草嶺潭堰塞湖現場透水試驗之平均滲透係數為  $1 \times 10^{-3}$  cm/s 亦可供參考。若保守起見忽略滲透之出流量，則溢頂時間即可由湖容量/入流量而求得。

另一推測溢頂時間之方式為實際觀測水位的上升過程，外插判定溢頂時間，可於實際堰塞湖災害發生後配合水位監測以茲應用。

### 3、分離溢頂效應後由天然壩長高比推估天然壩壽命

本研究嘗試迴歸堰塞湖壽命與天然壩幾何形狀間之相關性，結果相當離散而無明顯之相關性，因『堰塞湖容量/平均流量』為衡量溢頂時間之重要因子，為分離溢頂對天然壩壽命之影響性，本研究統計天然壩之幾何形狀與破壞時間之相關性時，將『天然壩壽命』對『堰塞湖容量/平均流量』正規化，同時與天然壩長高比繪圖，其結果如圖 2.5。

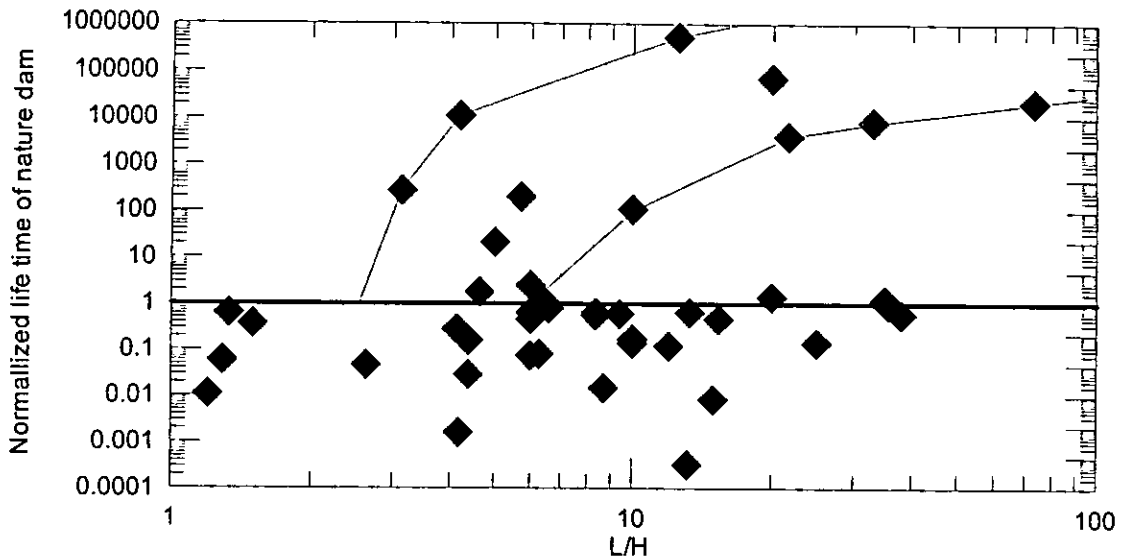


圖 2.5 長高比與(壽命 vs 容量/平均流量)正規化關係圖

圖中水平粗線為『天然壩壽命=(堰塞湖容量/平均流量)』時，粗線之下意味著天然壩壽命較『堰塞湖容量/平均流量』為短，而粗線之上則代表天然壩壽命較『堰塞湖容量/平均流量』為長，亦即溢頂效應較明顯。由圖中可發現，分離了溢頂效應之後(水平粗線之上)天然壩正規化壽命與天然壩長高比間有較佳之相關性，然而粗線之下之破壞則分布較為零散。粗線上之案例分布可作為堰塞湖預測之重要參考，茲分述如下：

- (1)能存活超過溢頂時間之堰塞湖，其長高比均超過 3，因此未來堰塞湖預測，除分析天然壩溢頂時間外，長高比 3 設為堰塞湖存在與否之重要門檻。
- (2)分離溢頂效應之後，天然壩存在時間隨天然壩長高比成正相關，惟案例並非十分充足，因此本研究暫不提出迴歸式，然而案例分布區間仍可作為堰塞湖破壞預測時間之參考。

因此，堰塞湖壽命之預測有必要將天然壩破壞機制與幾何形狀合併考量，以增加破壞時間預測之精確程度。

上述三種預測堰塞湖壽命的方法均可作為快速評估堰塞湖破壞時間之方式，然其中第 1 與第 3 種方法係依據本計畫第一年研究所蒐集而得之案例資料分析而得之結果，因案例數量尚未十分充

足，在使用上以保守考量為佳。未來將持續蒐集整理相關之堰塞湖案例，並於第三年之研究計畫中提出更具代表性之迴歸分析結果。

#### (四)堰塞湖可能影響範圍

依伴隨堰塞湖形成之災害型態而言，可區分為二種型態：①隨著堰塞湖潰決發生之土石流、泥流、洪水及下游流域氾濫與土石堆積之災害；②堰塞湖導致上游流域蓄水、淹沒住家設施與道路、橋樑、輸配電設施之災害。而堰塞湖壽命多僅數個小時，故若能先預測堰塞湖災害可能發生位置並劃定上游迴水災害範圍與壩體潰決時下游淹沒範圍時，即可於堰塞湖萬一形成時於第一時間依事先劃定之可能危險範圍與擬定之應變與防災計畫迅速處置，在潰壩淹沒等災害發生前疏散危險區居民，使受損狀況減至最低。故堰塞湖可能影響範圍攸關警戒與疏散範圍之劃定，以下分為上游淹沒區與潰決後下游洪氾區分別說明推估方式。

有關上游淹沒區之推估方式可依據堰塞湖壩體高度（壩頂標高）推測地形圖上在滿水時與標高同高的上游區域皆會變成蓄水區域，並劃定可能危害範圍。

有關下游洪氾區之推估方式，可利用 BREACH 模式模擬潰口處之出流歷線，然後利用 SOBEK 模式進行潰壩波之河道演算及溢堤後之堤內地區淹水模擬。在給定分析參數時，本階段因時間有限，可利用合理假設之參數代入已建置之評估程式系統保守檢討之。

### 三、快速研判危害度等級與災害潛勢

在初步調查與快速評估破壞時間及影響範圍後，可利用表 B-4 危害度等級劃分快速評估表，依分級條件研判形成之堰塞湖其危害度係屬於輕度、中度或重度。若堰塞湖危害度劃分為輕度，則並無進一步處理之必要性，主管機關可視情況將壩體直接挖除。

若堰塞湖災害度劃分為中度或重度，應立即決定緊急處理措施(含避難)，此時已形成之堰塞湖可視為具有形成災害之潛勢。此時可依據

丙級狀況（災情有可能或已造成輕微影響）、乙級狀況（災情有可能或已造成中度損害）或甲級狀況（災情有可能或已造成重大損害）等三種狀況，依據行政院及災害防救業務主管機關頒佈之「災害緊急通報作業規定」，將已發生災害或具有災害潛勢之堰塞湖進行通報。若災害應變中心或緊急應變小組成立後，則依其相關規定辦理。

在定義輕微影響、中度損害及重大損害之標準時，主要考量有二：(1)堰塞湖形成後無論規模大小，新聞媒體、地方政府與百姓均十分重視，常為新聞媒體報導之焦點，甚或誇張宣染，故定義時建議保守；(2)「水災災害業務計畫」中水災災害認定依據為淹水達 50 公分以上。參照上述，茲定義輕微影響、中度損害及重大損害之標準建議如下：

- 1、輕微影響：堰塞湖危害等級（詳表 B-4）屬中度，且潰決造成河川兩岸淹水深度達 10 公分以下者。
- 2、中度損害：堰塞湖危害等級屬中度或重度，且潰決造成河川兩岸淹水深度達 10 公分以上，50 公分以下者。
- 3、重大損害：堰塞湖危害等級屬重度，且潰決造成河川兩岸淹水深度達 50 公分以上者。

#### 四、緊急處理措施決定與施作

若經研判堰塞湖災害係屬中度或重度，即有需要立刻決定緊急處理措施，至少應包括劃定堰塞湖警戒區域、決定通報時機與作為、設置簡易監測系統以及施作緊急之工程措施等。緊急處理措施應參考事先建置完成之緊急應變計畫，配合災害現況來執行，才能掌握救災時效。此外，若能將易發生堰塞湖災害地區在災害發生前先行擬妥對應之疏散避難與緊急應變計畫，配合防災宣導與演練，當可將受災損失減至最低。

若預估之堰塞湖壽命在一星期之內，應先將警戒區域內之居民逕行避難，再進行善後之相關工作，並考量在堰塞湖破壞前施行簡易緊急工程措施之可能性，如在壩頂開挖溢流水道與下游面鋪設防蝕材等。若預估之破壞時間在一星期以上，則依照快速評估與實際觀測結

果擬定緊急處理措施，以降低災害規模與可能帶來之威脅，同時緊急工程措施之選擇亦較多樣性。此外，亦應考量設置簡易監測、監視與警報系統之需要性。緊急工程措施建議應在三個月內完成，才能達到緊急應變之效。

### (一)警戒區域之劃定

將之前快速評估所得之影響範圍劃設為潰壩警戒區域。若預測的破壞時間小於一星期，則應立即決定疏散避難計畫並實施避難。若預測的破壞時間在一星期以上，則可配合於現地設置警告標示(如標示牌或警戒旗等)。災害現場應加強巡邏或派人駐守，監視滑動殘坡與堰塞湖之狀況，若有異常應即刻通報並疏散可能淹沒範圍之民眾。

### (二)通報時機、作為與通報系統

在初期調查階段，由於地層尚未穩定，應考量調查人員安全，配合相關監測資料，及時給予通知，並於行前安排撤退路線。對於調查人員以及影響範圍內人員，應以無線電或 GSM 系統做即時通報。若預測的破壞時間在一星期以上，則可依照不同之崩塌殘坡與堰塞湖體壩體之現況與變化趨勢制定發布戒備、緊急疏散與搶險之劃分標準，如依湖水位、邊坡監測資料等作為制定危急程度劃分之依據，並制定在不同之危險程度下之處置作為。堰塞湖之監測與災情資料應由災區立即通報各地縣市政府與相關單位，所使用之通訊系統可考量以衛星無線電系統、高頻(HF)無線電系統與極高頻(VHF)、超高頻(UHF)無線電系統等。

### (三)緊急工程措施

在較有餘裕進行緊急工程措施的狀況下，如何將可能發生災害之危害程度在有限的時間內降至最低為十分重要的課題。在此討論之緊急工程措施係指在 1~3 個月內即須完成之相關工程，故所列措施均為短時間內可完成且能發揮具體成效者。

依 Schuster(1995)之研究，在 202 個天然壩破壞案例中，有 197

個因壩頂溢流，4 個因管湧，1 個因下游面沖刷而造成破壞，故堰塞湖天然壩絕大多數之破壞原因係由壩頂溢流而引致。由此可見，為防止與減輕堰塞湖導致之災害，首要任務為抑止堰塞湖水位上升或降低溢頂時之水位，使溢頂無從發生；或者是降低堰塞壩因溢頂致使下游急速淘刷之趨勢，使潰壩產生之災害減至最低。

為抑止堰塞湖水位上升或降低溢頂時之水位，最常用之工程措施為直接於壩體上方挖設溢洪道；若壩體體積不大，可考慮將壩體局部或完全移除。此外，在湖水量不多的情形下，亦可考量設置抽水幫浦或虹吸管排水。

降低堰塞壩因溢頂致使下游急速淘刷之趨勢，可延長潰壩延時，降低潰壩所產之洪峰流量與淹沒區淹水深度，亦可收減緩壩體管湧之效。緊急之工程手段可考慮在下游面鋪設岩塊、混凝土塊、蛇籠或地工合成材的工法以減緩沖蝕。

## 第參章 詳細調查評估與處置階段

### 行政作業

在完成初步調查評估與緊急處置作為，並經評估後有需要作進一步調查以進行更詳盡之分析與處置時，即進入細部調查評估與處置階段。本階段工作因堰塞湖破壞時間甚短且具有較高之危險，故宜由水利署主導相關調查與評估作業之進行，同時配合專家學者之意見，才能在有限時間內將堰塞湖之危害程度降至最低。專家顧問團組成建議儘量考慮邀請參與初步調查評估與緊急處置之專家學者，以延續處理經驗。若經進一步評估結果認定堰塞湖短期內無立即性之危害，方可視狀況委外由學術單位或專業機構來進行完整之調查評估處理程序，或自行執行之。

本階段以初步調查與分析之結果作為基礎，進行詳細調查（流程如圖 A-6，詳細內容請參閱本章技術作業一、(一)）與施設監測系統（流程如圖 A-7，詳細內容請參閱本章技術作業一、(二)），同時根據調查與監測資料進行天然壩壩體穩定性與潰壩危險度分析與評估（流程如圖 A-8，詳細內容請參閱本章技術作業二），並根據分析結果進入預警之第二階段。此一階段之預警將以堰塞湖水位與配合先前所施設之監測系統結合，以監測所得之結果配合分析所得之萬一潰壩後洪水影響下游範圍與洪水到達時間，對影響區域內之居民實施預警，必要時展開避難。預警發布條件建議偏保守。若有潰壩造成危害之跡象時，仍應通知可警戒區域之民眾進行避難。

在詳細調查後，應擬具詳細調查報告書，相關內容應包括現地或航空測量結果、地質調查、水文水理調查等。而監測系統施設後，應請承包單位定期呈報監測成果報告書，內容包括監測儀器選擇、規劃、預警值設定，監測資料傳輸方式與監測結果判釋等。

若經評估壩體有不穩定的可能或須經工程整治方能穩定時，應檢討既有緊急處理措施之合宜性與施作永久性防災工程之需要性（流程如圖 A-9，詳細內容請參閱本章技術作業三）；若經評估結果堰塞湖無

穩定上之疑慮時，始進行堰塞湖可能具有之水資源或觀光資源等可利用性檢討，然此時上游來砂對堰塞湖壽命（填滿）之影響將是考量重點。

在分析評估時，應擬具詳細評估報告書，內容應包括堰塞湖壩體穩定性、天然壩潰口變化及潰壩流出量分析、可能影響範圍分析，堰塞湖對河川系統長期性影響及可利用性檢討等。

## 技術作業

### 一、詳細調查與監測系統施設

在經初步評估有需要更進一步了解壩體與殘坡之特性時，即進入本階段。所謂的詳細調查是以初步調查所蒐集之資料為基礎，利用較客觀準確的方式得到比初步調查更高精度且更廣泛的調查資料，如堰塞湖壩體構成崩積物的強度或孔隙率、河床各土層強度或滲透係數調查等；同時藉由更完整之資料蒐集與大比例尺之地形測量等作為進一步分析之依據。

#### (一)詳細調查

##### 1、調查時機與項目

詳細調查時機應在經過初步評估後，壩體與殘坡無立即破壞之餘，則有需要更進一步瞭解壩體與殘坡特性，以提供更為完善的分析參考資料。在本階段詳細調查中，應針對以下三點方向進行，以提供比初步調查更為完整的資料：第一為現地與航空測量，第二為詳細地質調查，第三為水文、水理調查。

##### 2、調查規劃研擬

詳細調查之規劃研擬，應考量初步規劃設置之不足，進而擴充其範圍和項目，以上節所述，調查項目可分為三個方向進行，其各項規劃之詳細描述如下：

##### (1)現地或航空測量

針對堰塞湖災害進行更廣泛之資料蒐集，同時以較精密之



測量工具對災區周遭地形進行測量，測量內容包括堰塞湖上下游河道縱橫剖面、下游流域兩岸之地形、預計施作工程位置之地形圖等。由於堰塞湖災區附近地形往往較為崎嶇，施測點常不適宜久留，若透空度許可，利用全球定位系統（Global Positioning System, GPS）之快速動態測量（如 RTK）方式為一種較適合之測量方式。

## (2)地質調查

詳細地質調查應以實測值為準進行分析與評估工作，主要目的在獲取壩體崩塌材料岩性（採取試驗如：地表地質調查、地質圖收集）、粒徑分布（如：試坑開挖）、強度與變形性（如：地球物理震波探測、SPT、室內試驗）與滲透性（如：現地透水試驗、地電阻影像試驗 ERT）與殘坡地層岩性與地質構造（如：地表地質調查）及強度參數（如：反算分析、弱面直剪）。

而地球物理探測以非破壞性、快速的方式輔助鑽探與開挖調查，包含崩落土體之波速或地電阻空間分佈，包含縱向與橫向；定義堆積深度（採取試驗如：波速及地電阻）、天然壩滲流特性（採取試驗如：地電阻）、估計崩落土體之強度（利用波速）。

## (3)水文、水理調查

有關於水文、水理調查之內容包括以往之實際觀測降雨資料與颱風或洪水觀測結果進行分析，以及災害期間之水文觀測資料與降雨狀況、天然壩上游之蓄水量與水位變化情形進行分析比較。

# 3、調查方法介紹與適用性

## (1)現地或航空測量

以現地測量成果為依據，配合初步調查所得之結果，即可建構完整之壩體、殘坡與下游河道的幾何特徵，如天然壩形狀，高度，長度，上下游坡面坡降、河床坡降、邊坡破壞滑動狀況與下游兩岸地形等。至於航空測量或是遙測影像則是扮演

輔助的角色，例如，當災害點無法或不易抵達時，可利用大比例尺之航照或遙測影像概略量取天然壩體之相關資料。另外，對於天然壩集水面積的變化、較大範圍邊坡坍塌之面積計算、及集水區土地利用變遷分析等，均可利用航照或遙測影像協助完成。

## (2)地質調查

詳細之地質調查方式可分為鑽探與開挖調查、地球物理探測、室內試驗、現地試驗以及地表地質調查等，主要目的在獲取壩體崩塌材料與殘坡地層之一般物理性質，強度、變形性與滲透性等工程性質與地層分佈等。

天然壩壩體材料可視為膠結差之崩積土，崩積層的性質與母岩及坍塌型態具直接相關性。崩落土體常含有巨大岩塊，土壤之孔隙率較高，使得鑽探、取樣及現地試驗不容易進行，且室內試驗之代表性不佳。地球物理探測法可提供快速、非破壞性的方式作為傳統鑽探之輔助調查，針對崩落土體的調查，可利用震測探勘量測崩落土體之波速及其空間上之變化，以定義崩塌範圍及估計崩落土體之強度。

對於崩落土體之性質而言，其基本物理性質主要可由試坑開挖並搭配現地篩分析、工地密度得到。在試坑開挖取樣時應於基地內適當地點選定明坑取樣位置後，先行開挖一工作坑至試驗深度後將底面整平，此一面即為試坑開挖起始表面。隨後即進一步挖掘適當尺寸之試坑(一般長\*寬\*高為 1m\*1m\*1m 或 3m\*3m\*3m，視現場狀況而定)，挖掘後立即量測試坑體積及挖出之土重，並據以計算崩塌土層之單位重，試坑中挖出之全部材料於現地分成不同粒徑之粒群，分別秤其重量，再進行現地篩分析，並選取小粒徑之代表性試樣，送交土壤實驗室進行試驗。

崩落土體力學性質可配合鑽探進行 SPT 試驗及現地透水試驗，若崩落土體含大量粗顆粒岩塊，則不適合 SPT 試驗，其

強度可由震測探勘之結果推估之。試坑開挖或鑽探所得到之土體可於室內重模進行室內透水試驗與強度試驗，作為現地試驗與震波探勘結果之參考。建議採用之震測方法為表面波譜法與走時震測影像法。表面波譜法可求得地層之剪力波速度場，走時震測影像法可求得壓力波速度場。壓力波與剪力波速度可有效反應崩塌土體之深度與測向之變化。

若利用震測結果推估堰塞湖天然壩壩體之性質，根據彈性波理論，剪力模數可由剪力波速直接求得，而楊氏係數可由壓力波速與剪力波速求得。一般而言，材料之勁度越大，其強度越大，故崩塌土體之概略強度可由常見地質材料之壓力波速與剪力波速之對照表得到。此外，剪力波速（或剪力模數）與剪力強度息息相關。目前本中心所蒐集到的資料如下：

a、柴田(1970；與土層種類無關)

$$V_s = 10^{1.5} N^{0.5}$$

b.今村、吉村(1972；與土層種類無關)

$$V_s = 92.1N^{0.329}$$

c.今井、殿內(1982)

$$V_s = 91.7N^{0.257} \text{ (填土區為砂土或礫石)}$$

$$V_s = 75.4N^{0.351} \text{ (沖積層為礫石)}$$

$$V_s = 136N^{0.246} \text{ (洪積層為礫石)}$$

d.土岐憲三(1981；與土壤種類無關)

$$V_s = 89.8N^{0.341}$$

上式中土岐憲三所提之公式曾由林晉祥等人(1984)以台北市志清大樓工址五個鑽孔資料驗證過且結果十分接近，而經濟部水利署水利規劃試驗所(2000)亦採此式反推草嶺潭堰塞湖天然壩之 N 值，再換算為摩擦角。此外，陳銘鴻等(2003)整理台灣西南部與宜蘭地區沖積層地層剪力波速與 SPT N 值與地層深度間之關係如下：

$$V_s = 139.1 + 4.09Z + 2.0415N_f ; N_f = (10/\sigma')^{1/2} \times N_F$$

其中  $V_s$  = 地層剪力波速(m/s)

$Z$  = 地表深度(m)

$\sigma'$ =有效覆土壓力(t/m<sup>2</sup>)

$N_F$ =現地標準貫入試驗打擊數

此外，簡連貴與林敏清（1998）提出適用台灣西部沿岸之關係式：

$$V_s = 22.864 \times (N)^{0.757} \quad V_s = 18.23 \times (N+1)^{0.817}$$

陳銘鴻等(2003)整理台灣西南部與宜蘭地區沖積層地層剪力波速與 SPT N 值與地層深度間之關係如下：

$$V_s = 139.1 + 4.09Z + 2.0415N_l ; \quad N_l = (10/\sigma')^{1/2} \times N_F$$

其中  $V_s$ =地層剪力波速(m/s)

$Z$ =地表深度(m)

$\sigma'$ =有效覆土壓力(t/m<sup>2</sup>)

$N_F$ =現地標準貫入試驗打擊數

Kamil Kayabali (1996) 試圖找出剪力波速與 SPT-N60 之關係式：

$$V_s = 175 + 3.75 \times N_{60}$$

Nigbor 跟 Imai (1994) 建立了剪力波速與 N 直幕次方的關係式：

$$V_s = 7.54 \times (N_{67})^{0.357}$$

其中 N67 為修正能量比例為 67%。

#### 4、調查成果之代表性問題

由於坍塌土體之材料變異性甚大，因此試坑開挖或鑽探所得到之土體代表性必須注意，室內試驗之重模土樣通常不包含現地大顆粒礫石，因此所得到之力學性質在使用上必須根據現地情形或現地試驗作適當的工程判斷。相反地，地球物理方法之取樣空間大，較具代表性，但由於崩塌土體之材料變異性大，對於震波與電探之施測與分析亦造成一定程度的困難。折射震測與表面波震測必須注意震源能量的問題，可搭配工程機具進行。傳統折射震測之分析假設速度漸增之分層，可利用較新的走時影像法 (Traveltime tomography) 考慮地層之深度與側向之變化，並與表面波震測之結果比較，綜合研判結果之合理性。

震測試驗結果之波速其地層之物理性質，僅以現有的經驗公式加以連結，然而以上所提及之公式多與地域性有關，在引用上應考量相近之地層條件；有關地層波速與物理性質之參考文獻方

法，將參考最新之相關研究，以提供更為完善之評估作業程式。

地電阻方法能提供大範圍區域地層之電阻剖面，藉以判釋壩體地下滲流分布，相較一般傳統點之量測，更能精確的提供地域性的完整資訊。另外，地電阻結果也能提供壩體堆積深度，配合震測分析，綜合研判合理之結果。

## 5、調查與分析評估之界面

調查結果除了提供殘坡及壩體相關之性質與狀態外，並得依所得之結果，進行壩體或殘坡之更進一步的穩定評估，不同於初步調查，在於本階段的詳細調查分析，應包含更為範圍更大且完整的資料，配合監測調查之結果，利用上述 STABL 或是 FLAC 分析方法，瞭解在不同狀態之下可能發生之模式。例如在不同降雨量、地下水位以及外來之地震災害，明確的分析瞭解壩體或殘坡在不同狀態之下的穩定性，以合理評估壩體或殘坡是否應針對可能的破壞模式，進行工程相關處理。

## (二)監測系統

### 1、監測對象與規劃

監測系統之建置種類與數量須針對破壞模式與所欲處理之工程問題作不同的考量，一般而言，與土體穩定問題相關之參數主要為位移與水位/水壓量測。沖刷潰決之機制雖可由地表位移或 3D 位移觀測點觀測監測點是否遭到沖刷，但無法提供連續監測，由於沖刷發生於地表，因此可以監視系統有效監測。有關於水文、水理調查之內容包括以往之降雨記錄與洪水觀測結果、災害期間之水文觀測資料與降雨狀況、天然壩上游之蓄水量與水位變化情形等。

而上述相關監測方式，經過短期監測資料分析後，並配合詳細調查之結果，在考慮壩體與殘坡無立即崩壞之虞，除了既有的監測設施繼續運作之外，應評估是否提供自動化擷取之功能。其自動化監測主要目的，在於可配合長期監測項目，提供一穩定長期的監測資料，作為預警系統發佈之依據。

## 2、監測感測器之選擇

監測感測器的選擇，必須考量當地破壞機制，其中驟然滑動潰決及漸進式破壞機制，建議同時監測滲流線及土體位移；另外，沖刷破壞可以外部監測或攝影方式，進行沖刷範圍和沖刷量調查。詳細的感測器及其監測項目可參考表 3-1：

表 3-1 監測項目及感測器

項目	監測系統
壩體內部水位、水壓監測	電子水壓計、 TDR 水位感測器
堰塞湖水位	TDR 水位感測器、電子水位計
位移監測	地表位移計（電位式或 TDR）、 孔內位移計（電位式或 TDR）、 手動或自動測傾儀(IPI)、 TDR 或 OTDR 滑動監測、 光纖測傾儀、 全測站 3D 位移觀測系統
雨量監測	傳統機械或電子雨量計、 TDR 雨量計
沖刷、溢流監測	TDR 淘刷與溢流感測器
地震監測	震測儀

以 TDR 監測系統為例，上述之相關監測系統如圖 3.1 之 TDR 整合監測系統所示，與一般傳統監測設備比較，TDR 所有監測儀器只需要一台產生階躍脈衝波主機，並可搭配自動化監測系統，發揮遠端全自動控制之功能，其價格較為低廉，整合性也較為便利，TDR 監測技術亦可對於監測線路完整性進行自我診斷。然而就 TDR 邊坡滑動監測項目，其缺點在於量測結果無法提供邊坡滑動之方向性，建議感測電纜搭配少數埋入式之測傾儀，監測傾斜角度與滑動之方向；亦可以多組的監測點，坐落平行或垂直邊坡傾向之位置，以提供不同位置之邊坡滑動深度之資料，進而能以相對滑動深度，決定其邊坡滑動方向與範圍。

另外，TDR 的介面探測也可應用於表土沖刷或水位溢流監測。以表土沖刷為例，在壩體邊坡或殘坡等區域可安裝一 TDR 淘刷感測器，藉以了解表土層與空氣介面的變動，以評估表土淘刷行為。而壩體後方可安裝一 TDR 水位感測器，透過事先標定程序，了解溢流的警戒線範圍，利用感測器自動探測監測水位面位置；同時，TDR 淘刷感測器也可同時量測表土與溢流介面，與上述水位感測器以了解溢流發生時間與位置，得以作後續的分析與預警動作。

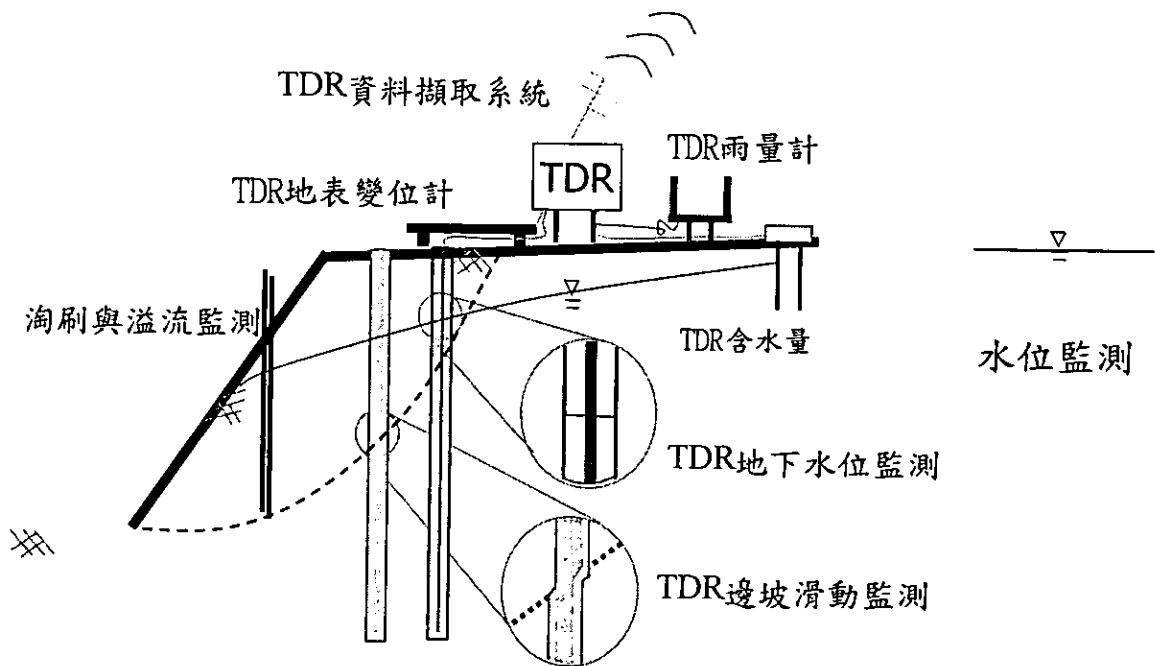


圖 3.1 TDR 整合監測系統示意圖

### 3、傳輸問題

監測與預警系統間之聯繫設施，建議之事項如下：(1) 若採用有線傳輸之方式如電信網路等，因其傳輸易受天候、山崩等因素影響，有訊號斷訊之疑慮，故建議以無線傳輸之方式取代有線傳輸資料。(2) 可考量 GSM 行動電話通訊方式或無線電波(RF)之通訊方式傳輸，惟後者可能易受限於執照問題而影響建置時效。(3) 無線傳輸器可考量加強其輸出功率以避免干擾，同時使

用大電流太陽能電力供應系統以充分供電及儲存電力。

#### 4、調查與監測系統之協調整合

相關調查與監測系統必須協調整合，現地探勘後，若短期內有不穩定跡象，於調查過程中可先行佈設適當的預警系統，例如地表或孔內位移計等，待詳細的地質調查工作完成後，再針對可能產生之問題（或破壞機制），規劃所需要之監測系統，如此，才能使得監測系統發揮功效。

#### 5、監測結果與工程處理措施及緊急應變措施之界面

監測儀器之觀測資料評析方法與觀測成果分析，係以觀測數據以適當比例依時間繪成曲線，並將影響該觀測值之因素曲線繪在一起，以利比較研判。曲線中可顯示觀測值之長期、短期或異常之突變，再依曲線之變化趨勢，與過去觀測資料、理論分析及自然現象之預期趨勢相比較。根據監測資料統計結果，可透過統計分析法或包絡線法，找出相關影響監測值變動之因子與監測值變動之相關性，進而提供殘坡及壩體本身的是否維持穩定狀態與否；若是結果分析出現殘坡及壩體短期內有崩潰之虞，其人員、機具安全性憑藉監測結果為主，則應得緊急疏散，停止相關詳細調查步驟，並且劃定出影響之區域範圍，並在調查工作之前，得先規劃相關的撤退路線。而快速通知調查人員之方式，包含了無線電系統、GSM 系統以及現地緊急廣播系統。

#### (三)綜合資料記錄表建置

有關資料蒐集測量、壩體與殘坡之幾何特徵、地質調查、水文與水理調查與監測結果等可將調查結果擇要登錄於記錄表格內，除查詢較方便外，亦可供爾後若再發生堰塞湖災害時，可快速參考引用。本研究所採用之記錄格式如表 B-5 供參考，至於較細部之調查資料如實測地形圖等可依需要附在本表後供參考。



## 二、穩定性與潰壩危險度分析與評估

在詳細調查後，參考初步評估所得結果，利用詳細調查所得資料對壩體與滑動殘坡進行穩定性分析，同時針對潰壩危險性進行評估，實為必要之工作。在進入詳細調查與評估階段時，雖有較充裕之時間，惟建議調查與分析時程仍不宜過長，以因應緊急之狀況。本階段調查與評估時間建議應在 1 年內完成，若經分析壩體破壞不具緊迫性時方可進行較長期 (2~3 年) 之細部分析，如經評估後之新草嶺潭堰塞湖。

經由本計畫研究之檢定與分析後，對於天然壩潰決及引致災害相關分析，建議採用 PCSTABL 或 FLAC 程式先檢核天然壩潰決之可能性，並在假設天然壩萬一會潰決的條件下，直接利用 BREACH 模式模擬潰口處之洪水出流歷線，然後利用 SOBEK 模式進行潰壩波之河道演算及溢堤後之堤內地區淹水模擬。對下游河道之危險及危害潛勢分析目前水利署已建立全台 DTM 資料，因此，當堰塞湖 (天然壩) 形成後，可於短時間內取得 SOBEK 模式所分析之 DTM 資料進行分析，並根據 DTM 之資料精度 (如 40m\*40m)，可以短時間內可初步進行堰塞湖下游之淹水危險及危害潛勢分析。而對於在長期河道沖淤模擬方面，建議採用 GSTARS 模式模擬，因其具有混合流演算之功能，故可應用於上游河道之演算。

以下概略敘述建議之數值方法。

### (一)天然壩壩體與崩塌殘坡穩定性分析

影響堰塞湖天然壩體破壞方式的因子計有壩頂溢流沖蝕、滑動潰決與漸近破壞等三種方式(高橋保等,1988)，分別如圖 2.2(a)~(c) 所示。

對於壩型與天然壩因溢流是否導致破壞 (圖 2.2(a)) 之關聯性現仍無相關研究可供參考，目前僅知較短之壩型有較有可能因溢流而在短時間內破壞，如 68 年草嶺潭堰塞湖於短期內潰決；而較長之壩型發生之可能性較低，如 88 年草嶺潭堰塞湖在歷經桃芝與納莉颱風後僅溢流口下刷十餘公尺，至今仍未潰決。本計畫於研究中以 68 年草嶺潭堰塞湖天然壩為例，嘗試以 FLAC 程式為工具，定

性模擬壩頂因溢流而破壞之過程並獲得尚稱合理之成果，然壩型與溢流是否導致破壞之關聯性仍待未來研究者釐清。

在檢核壩體邊坡之穩定性時（圖 2.2(b)），可以 PCSTABL 程式或 FLAC 程式為分析工具，輸入適當參數以進行分析。在檢核是否有管湧引致溯源沖刷而破壞之可能（圖 2.2(c)）時，可比較臨界水力坡降與出口水力坡降之值，若出口水力坡降值大於臨界水力坡降值，則有可能發生管湧而破壞。出口水力坡降可由分析或監測數據求得，臨界水力坡降( $I_c$ )則通常利用土壤之浸水單位重 $\gamma_b$ 與水單位重 $\gamma_w$ 之比值來表示，其關係式為 $I_c = \frac{\gamma_b}{\gamma_w} = \frac{G-1}{1+e}$ 。式中，G 為土壤顆粒比重，e 為現場土壤之孔隙比。因天然壩壩體組成屬崩積土，土壤性質差異較大，故臨界水力坡降在計算時宜保守為佳。

## (二)天然壩潰決災害危險度及危害潛勢分析

潰壩後潰壩波越堤之堤內淹水建議以 SOBEK 模式模擬之；SOBEK 模式係利用 FLDWAV 及 BREACH 模式所得之潰壩洪水波之流量進行河道模擬，主要用於探討堤防潰決、河道洪水越堤、或堤內地區因排水不及造成之淹水災害。演算結果藉由 SOBEK 之 Netter 圖層呈現，得知淹水區域範圍及高程，推求得淹水深度，以供清水溪下游之淹水危險度及危害潛勢分析。

## (三)天然壩壓迫主河道對河川型態之改變及河道變遷

堰塞湖與河川型態相互影響關係主要係探討長期之河道穩定問題及對下游河道泥砂之影響，其中長期河道沖淤建議以 GSTARS 模式模擬之。

GSTARS 模擬河道沖淤問題，對河道長距離之洪水位或長期河床變遷之模擬，一般均採用一維模式，而對局部複雜流場之瞭解，才利用二維甚或三維模式。由於堰塞湖常形成於中上游河道，其河床坡度較陡且床質粒徑大，往往形成超臨界流與亞臨界流共存之流況，在數值處理上頗為困難。就動床模式而言，絕大多數僅能適用於亞臨界流況，GSTARS 模式能夠模擬跌水及水躍等過程之水理及

輸砂，因此本研究擬建議採用之。

#### (四)可利用率檢討

若經分析評估壩體長期亦穩定或經過少數之工程措施可確保穩定時，可考量水資源利用之可能性或對發展觀光資源等確有幫助時始為之，期在符合安全與經濟的前提下利用堰塞湖天然資源。國內如九份二山堰塞湖區經水保局評估後已決定成立九份二山地震園區。

可利用率檢討建議評估內容包括短期水資源利用方案研擬及規劃（取水工程佈置、費用等）、長期水資源利用方案研究（取水、蓄水工程佈置規劃、費用等）、建壩技術可行性分析、建壩方案研究及工程規劃、長期利用可行性、發展觀光資源之效益等。

長期利用應妥善考量上游來砂對堰塞湖存在年限之影響。堰塞湖之壽命除與其壩體強度有關外，就水利觀點，常以堰塞湖淤滿所需之時間稱之。淤滿時間與堰塞湖之蓄水體積、上游入流量、上游來砂量有關。對於堰塞湖形成後之推估，經過颱風所帶來之洪水推估上游來砂量，需考慮到上游集水區是否有大量崩塌情況，並配合含砂量測量，以期有較客觀之推估。若預期上游來砂量將在短短數年內即淹滿堰塞湖，則堰塞湖基本上不太具有可利用率，無論水資源利用或是發展觀光資源均不適宜。

#### (五)詳細調查與細部評估項目之關聯性

茲將詳細調查評估與處置階段中詳細調查與細部評估項目之關聯性列出以供參考，詳如表 3-2 所示。

表 3-2 堰塞湖詳細調查與評估項目之關聯性  
(修改自日本建設省(1992))

資料庫(database)	調查項目	進一步探討項目	判斷與利用項目	
1.地形圖 (1/5,000比例尺) (地形、住戶配置圖)	1.天然壩形狀	1.天然壩潰決洪水氾濫的模擬。 2.天然壩下游邊坡穩定分析 3.因管湧造成之破壞預測 4.因溢流造成破壞預測 5.堰塞湖上游蓄水淹沒範圍與速率、時間 6.對策工程探討 7.殘坡安定性檢討	1.因堰塞湖潰決往下游發生災害範圍以及危害度預測 2.下游避難範圍劃定 3.上游蓄水區域危險度判定 4.對策工程選定與設計 5.對策工程施工中二次災害防止	
	2.上下游河道的縱橫斷面圖(1/1,000比例尺)			
	3.下游平地部份的平面圖(1/2,500比例尺)			
	2.過去的降雨記錄			4.流域內的降雨狀況
				5.洪水預測(流出解析)
	3.過去的洪水流量觀察記錄			6.崩塌土體粒徑分佈
				7.崩塌土體孔隙率
				8.崩塌土體強度(c, $\Phi$ )
				9.原河床地層強度(c, $\Phi$ )
				10.天然壩高度
				11.天然壩長度
				12.天然壩上、下游坡降
				13.堰塞湖上游湖水位
				14.天然壩下游面之滲漏量
				15.崩塌土體透水係數
	4.其他機關單位的調查成果			16.原河床地層組成
				17.原河床各地層透水係數
				18.河床斜率
5.天然壩內部滲透解析(地下水位變化)	19.預設置對策工程位置所在地形縱橫斷面圖			
	20.對策工程置處所的地質狀況			
	21.引致天然壩形成之邊坡破壞或地滑區域的形狀(縱、橫斷面圖)			
	22.殘坡的活動狀況			
	23.殘坡的地質組成			
	24.殘坡坡面與坡頂狀況(如張力裂縫、裂隙、積水、滲出水...)			

### 三、緊急處理措施檢討與防災工程規劃設計施工

針對分析與評估之結果，若壩體為有條件穩定，仍有潰壩帶來災害之可能，應規劃防災工程設施，並對之前採用之緊急處理措施，依分析結果充分檢討，避免有不宜或不足之處。對於防災工程規劃而言，對於堰塞湖形成後所實施之緊急工程處理措施，應配合穩定性與潰壩危險性分析評估結果檢討是否有需補強或進行永久性防災工程規劃設計與施工之必要性。

#### (一)工程處理方法介紹與適用性探討

對於堰塞湖防災工程，可分為堰塞湖上游區、堰塞湖區與堰塞湖下游區等區域分開討論，茲整理示意於圖 A-9，並分別說明如下：

##### 1、堰塞湖上游區

本區治理之採行重點在於觀察堰塞湖上游來砂量，並針對上游來砂問題進行處理，如(1)整治上游集水區之崩塌地，避免土石因沖刷至河道而增加河水含砂量；(2)於上游區設置攔砂壩。若經評估堰塞湖具有水資源利用之可能性（含觀光），則應特別注意上游來砂填滿堰塞湖而影響堰塞湖壽命之問題。

##### 2、堰塞湖區

對於堰塞湖區之治理而言，除在緊急應變階段所施作之緊急工程，應充份檢討之外，對於減災防災之工程措施，亦應妥為考量。以下分別討論不保留堰塞湖湖體與保留堰塞湖湖體之考量重點：

##### (1)不保留堰塞湖湖體

若堰塞湖不具可利用性，此時應朝解除或減輕天然壩潰決時可能引致災害之方向規劃工程處理措施。規劃原則應就安全的考量下，以最少的工程手段使其恢復自然的沖淤平衡狀態，但仍須持續的加以監控。底下分為天然壩與堰塞湖二區分別說明建議採行之工程措施。

##### a、天然壩

(a)移除崩塌土體：移除崩塌土體係避免災害之最直接方

式。若天然壩體體積不大，即可考慮此種方式，部分挖除或完全挖除崩塌土體。

(b)逐步降低溢流道：天然壩絕大多數之破壞原因係由壩頂溢流而引致，故開挖溢流道並逐步降低，使湖水位下降，減輕潛在之危害。在堰塞湖剛形成時即可先於崩坍土體較低處且離殘坡坡趾較遠處開挖出溢流道，並於溢流口鋪設防蝕材，如拋石方式鋪面或鋪設地工合成材等。而在詳細評估與處置階段所採取之工程措施除對原先開挖之溢流道檢討其功能外，可考慮複式斷面修築或下游溢流道消能處理等。不過在堰塞湖壩體以及附近挖掘有可能引致邊坡崩壞或滑動，殘留於周遭邊坡的殘留土也有可能會不穩定，在設計、施工若遭遇此狀況時務需充分的探討。若存在這類顧慮的情況下，可考慮配合設置排水隧道，惟仍需充分考量經濟與效率上的可行性。除以人為方式開挖溢流道並逐步降低流道底端高程外，大自然力量下刷溢流道十分可觀，特別是有颱風時，此時控制沖刷流失速度十分重要，需加強防蝕材鋪設，並需有慎密的調查對監測配合之。

(c)保護天然壩下游邊坡：如前所述，壩頂溢流而快速沖刷下游面邊坡是天然壩破壞之主因，故需適當保護，而在下游面設置固床工，亦可收防止管湧及侵蝕之效。保護之方法可考慮於下游面鋪設防蝕材，如岩塊、混凝土塊、蛇籠或地工合成材的工法以減緩沖蝕；或是以灌漿、作樁之方式設置止水壁體等。

#### b、堰塞湖

(a)以土方回填湖區：若堰塞湖湖體積不大時，可考量部份完全將堰塞湖填平使潛在危險消失，或部份填以減少潰壩之威脅。此時雖暫能免去或減輕如潰壩、湧浪之威脅，然就長期而言，河床上之填充土石可能會因逐漸沖刷而

回復至堰塞湖形成前河床縱剖面形狀之趨勢。

(b)降低湖水位：設置抽水幫浦或虹吸管排水使湖水位降低是有效降低潛在危險之工程方式，然在水位降低後仍應與其他工程互相配合。在設置抽水系統或虹吸管系統時，應考量其排水能力是否能達湖入流量所需，而維設、電力等問題亦應充分考量。

(c)避免殘坡再次滑動：為避免崩塌殘坡再滑入湖中而引起湧浪威脅，可對該殘坡進行治理，然應考量現實之可行性與經濟上之許可。若不可為則應對評估後可能被影響之重要保全對象預作準備工作。

## (2)保留堰塞湖湖體，供水資源利用或觀光

若經分析評估壩體長期亦穩定或經過少數之工程措施可確保穩定時，方可考量保留堰塞湖湖體並供水資源或觀光利用。如果上游集水區內存在大量崩塌地，大量土石會崩落河流中而增加河水含砂量，有可能短時間內即淹滿堰塞湖，大幅縮短堰塞湖壽命。此時堰塞湖已難以利用工程手段阻止泥砂入侵，故基本上已不具有可利用性。綜上所述若評估要保留堰塞湖湖體時，應在符合安全與經濟的前提下利用堰塞湖天然資源。

對於保留堰塞湖湖體之工程方法，除了前述之避免天然壩區被淘刷，維持天然壩穩定性之工法外，前述堰塞湖上游區亦須進行治理工程（崩塌地整治、攔砂壩設置等）以配合之。若經評估結果具水資源利用價值時，取水工程與蓄水工程相關措施即可規劃施作。

## 3、堰塞湖下游區

為因應堰塞湖萬一潰決，致使夾雜土砂之洪水流入下游河道，沖擊原防洪構造物並危及人民生命財產，對於下游之防洪工程設施應妥為規劃，包括檢討下游堤防高程，並辦理加高或興建計畫；或是清理下游攔砂壩或興建新的攔砂壩，以減輕潰壩土石

對下游之影響等；或是降低蓄水庫水位蓄留和調節洪水等。

## (二)工程處理之分階段整體規劃

依據統計堰塞湖之破壞時間通常不長，故對於工程處理階段劃分而言，緊急處理階段採行工程建議定位為於 1~3 個月內即可施作完成之工程措施，而其後之工程規劃均定位為防災工程措施。依據分析與評估之結果，對於工程整治之優先順序應視影響範圍與影響程度而作緩急之區分，務求在最短的時間內將可能之危害降到最低。

## (三)工程處理與調查、分析評估以及監測成果之界面

工程處理方法視調查與分析評估之結果而選擇，而監測亦為輔助擬定決策或評估工程處理成果之有效方法。

在前述之工程處理方法已針對堰塞湖上游區、堰塞湖區以及堰塞湖下游區所採行之治理方案進行介紹。而所選擇之治理方法，應依據調查分析與評估結果作決擇，例如調查堰塞湖上游集水區崩塌地之分佈與面積，決定是否針對崩塌地進行治理，並檢討施作攔砂壩之需要性；又例如經評估潰決後淹沒範圍內僅有少許土地利用狀況，則可請地方政府與土地使用人協調搬遷，或許不需進行堤防加高之工作，避免浪費國家資源。

工程處理常搭配監測系統進行，且工程處理之成效亦可經監測系統予以評估，如壩體邊坡位移狀況、水位變化狀況等。



## 第肆章 長期監測階段

### 行政作業

在經過調查評估與工程處置後，若堰塞湖依然存在且有可能帶來危害，即進入長期監測階段（相關流程詳圖 A-10），亦即進入預警之第三階段。本階段應以長期監測為手段，透過監測分析之結果作為研判壩體長期穩定與否之依據。若分析結果為穩定，則應持續進行長期監測；若分析結果為不穩定，則應立即進行防災工程檢討與改善，必要時進行避難工作。監測工作至少應持續至堰塞湖消滅（如上游來砂將湖填滿）或破壞後始可終止。監測儀器之維護亦十分重要，應妥善保護，加強巡邏，避免被天然災害或民眾破壞。本階段作業建議由水利署主導進行，若有必要可委託專業機構辦理監測規劃、裝設、測讀、分析與維護。

長期監測階段應定期呈報監測成果報告書，內容包括監測結果、回饋分析評估、以及建議之處置對策等。

### 技術作業

#### 一、長期監測

##### （一）監測目的及規劃

##### 1、目的與需求

就長期監測而言，監測對象為殘坡與崩塌土體長期的穩定性。本階段設置之監測儀器，可利用之前詳細調查階段建置完成之監測設備，長期監測堰塞湖體、壩體與殘坡，必要時應再配合埋設新儀器，或將儀器適度之自動化。惟在設置時應兼顧安全性與經濟性。如草嶺潭與九份二山堰塞湖，滑動面上方均存有不穩定之土壙及岩塊，若遇長期降雨或颱風豪雨時，勢必會造成邊坡再發生滑動崩落。如曾有人建議處理之方式為滑動面上方不穩定岩塊設置大量之自動化監測與警示裝置，並輔以長期觀測以期能

提供預警之效果。惟本研究認為應考量不穩定岩塊崩落時之影響程度與範圍，在兼顧安全性與經濟性的前提下妥為考量設置監測系統之必要性，因為無法預知其崩落時間，若冒然設置大量之監測系統與長期觀測，將造成資源不必要的浪費，如能適當數量之監測系統，妥善考量評估殘坡影響性，劃設其影響之危險範圍，相信仍能將土方滑動時之災害降至最低。

針對長期監測所得之監測結果進行分析，此一階段將基於埋設之監測儀器所測得之直接物理量，作為預警之發布參考，至於影響範圍仍將參考詳細分析所得結果，此一時期之預警為多目標，預警對象包括管理者、工程單位、以及受影響之保全對象等。此一階段之預警本計畫列為第三階段預警。

## 2、監測項目規劃

根據潛在破壞模式之探討、監測資料（包括目視檢查）分析結果、及現地檢查之結果，檢討現有監測計畫之合宜性，評估項目包括：

(1) 監測系統

(2) 監測頻率

其中監測系統應針對以下要素作為相關參考：

(1) 監測系統功能及效率之合宜性。

(2) 監測儀器之種類、數量及佈置位置是否合宜。

(3) 監測項目與監測方法是否合宜。

(4) 監測之環境條件是否合宜。

(5) 監測之通路狀況是否合宜

(6) 監測儀器之故障狀況。

(7) 停止觀測及新增之監測儀器是否合宜。

(8) 監測人力及人員之素質是否合宜。

監測系統功能及效率影響整個監測之精確性、時效性及人力調配等，因此應從系統設備資料包括各儀器之觀測、資料之記錄、儲存、傳送、處理、繪圖、分析、比較等項，逐一複核及評

估其適宜性。另外必須複核與評估監測儀器種類是否符合主要監測項目，監測儀器佈置位置及數量是否適當，觀測方法是否依照規定辦理及評估其適宜性。對於監測之不利環境條件如漏水、濕氣、落石、風等及監測之通路狀況應加以評估並建議改善措施，對於功能有老化或故障現象之監測儀器亦應加以評估並建議改善措施，因損害、故障或其它因素而停止觀測與新增之監測儀器應評估其是否影響安全監測之功能。監測人員之素質亦為影響監測系統功能因素之一，因此仍應加以評估。

監測頻率之評估應足夠密集以能滿足即時發現異常現象之需求，然而監測頻率亦不應過於密集而違背經濟性之原則。對於原規定及實際歷年在不同階段採用監測頻率之複核與評估應考慮下列因素：

- (a)壩(堰)及殘坡之災害對生命財產之危害程度。
- (b)壩(堰)之規模(高度、長度)。
- (c)壩(堰)址地震之危害程度。
- (d)壩(堰)齡及狀況。
- (e)水位上、下波動之頻率及體積。
- (f)過去之問題及不正常之結構行動。
- (g)其它特殊狀況等。

## (二)監測感測器之選擇

長期監測之監測感測器之選擇，除了既有再詳細調查階段所設置之感測器之外，應針對詳細調查分析後，認為可能具有破壞潛能之地域，佈設更多之感測設備，而其監測項目已於第參章技術作業一、(二)小節闡述，本節就針對不同監測設備之特性及其優缺點做一詳細分析，以提供規劃考量。

### 1、主動式與被動式監測設備

主動式監測設備泛指電能轉換器(Transducer)，是一種轉換能量的感應器，能將非電子型式的能量以電子訊號的模式轉換輸出。主動式的感測器其電能轉換器即裝置在感測器內部，可將機

械能(類比訊號)轉換成電子能(數位訊號)，再由資料擷取器收集之，但需持續供電以維持其感應狀態，例如傳統的電子式感測器即是主動式感測器。以 Potentiometer 為例，其構造原理為線性滑動電阻，當變位量產生的同時，滑動電阻上的電功輸出亦隨之改變，進而計算出變位計之變化量。

被動式的感測器其電能轉換裝置在發送物理能量波(如電磁波、光波)的儀器內部，例如 TDR 技術，即是使用一電磁波產生器，當電磁波傳遞過程遭遇因外部物理量變化所造成的系統傳遞不連續，則會發生反射。利用適當的設計，將所關注的外部物理量變化與反射行為對應，可作為監測之用。

TDR 應用於大地工程監測方面，其原理可為利用 TDR 反射訊號監測當電纜受到外在環境之影響造成電纜幾何形狀或感測器長度之改變，例如岩石或土壤之相對變位造成埋置其中之電纜幾何形狀改變 (Dowding et. al., 1988; Aimone-Martin et al., 1994)；以及利用 TDR 之反射訊號量測感測器內不同介質之界面位置，例如地下水位之監測(空氣與地下水界面)(Dowding et al., 1996) 及 TDR 位移計。

TDR 的感測器本身為機械型式，沒有任何電子裝置，其監測資料是藉由 TDR 的電磁波導入感測器後，產生數位反射訊號再直接由資料擷取器收集之，故稱為被動式感測器。

## 2、下孔式(Down-hole)上孔式(Up-hole)

傳統的邊坡監測儀器，其感測器本身就是電子裝置，且大部分都需置於地表下，故稱為下孔式的監測設備。上孔式的監測設備是指所有的電子儀器皆於地表上，埋於地表下的設備或感測器沒有任何電子裝置；而 TDR 與光纖感測器內沒有電子零件，唯一的製波電子設備設置於地表上，故 TDR 與光纖監測系統即稱為上孔式的監測設備。

## 3、感測器之優缺點比較

由於不管是採用主動式的傳統感測器或採用被動式的

TDR、光纖感測器所量測得的物理量，皆是利用相同的自動化資料擷取系統，後端關於資料擷取、無線通訊、遠端資料處理與網路發佈之軟硬體設備皆是相同，所以傳統自動化監測設備與 TDR 自動化監測設備主要的差異性將是來自感測器部分。因此由感測器的優缺點進行比較。

#### (1)傳統感測器的優缺點：

由於傳統感測器在工程監測使用上歷史悠久，發展完臻，優點為傳統電子式感測器有良好的精確性。但傳統感測器本身即為電子儀器，所以其缺點是價格相較昂貴，且故障率高，穩定性及耐久性不足；另外傳統感測器亦為下孔式監測設備，大部份的電子儀器為達到量測目的，需置於地表下，所以裝設時費時費力，且故障產生後維修不易。

#### (2)TDR 與光纖感測器的優缺點：

因 TDR 感測器內部沒有電子零件，故價格低廉，故障率低，穩定性及耐久性相對較好，通常 TDR 感測器即為傳輸纜線的一部分，所以具有自我診斷的機制；而 TDR 感測器為上孔式監測設備，故裝設相對容易，且維修方便。TDR 具有監測多種物理量之多功特性，惟其中滑動監測項目之量化不易，目前仍於發展及改良的階段(盧吉勇，2003)。由此可見，在同樣都需要建立自動化資料擷取系統、資料擷取、無線通訊、遠端資料處理與網路發布之軟硬體設備的成本下，TDR 感測器具有價格低廉、故障率低、穩定性及耐久性高的優勢。光纖感測器具有被動式與不受電磁波干擾之特性，其技術仍在迅速發展中，目前設備之價格較為昂貴且較不適合於氣候、供電條件不佳的環境中使用，但未來之實用潛力可期。

### (三)自動化監測

#### 1、自動化監測之架構

目前就現行的自動化資料擷取過程分為硬體及軟體兩大部分來討論，說明如下：硬體部分包含電源供應設備、監測感測器、

及資料擷取器等，而監測感測器可分為主動式及被動式兩種。主動式的監測感測器所擷取的監測值其物理量通常為類比訊號(Analog)，經過感測器內部的電能轉換器(Transducer)轉換成數位電子訊號(Digital)，最後再由資料儲存器儲存或傳送至遠端監測站。目前可支援自動化監測的電子感測器即為主動式感測器，而此自動化資料擷取系統稱為 ADAS(Automatic Data Acquisition System)，軟體部分則配合市面上或學術界目前所發展出部分專門使用於大地工程監測的軟體程式，例如 DPAS (Data Processing & Analysis System)，即是一套專門處理各種有關大地工程監測問題的軟體。其支援多種傳統監測儀器的資料分析，包括孔內傾斜儀、位移計、電子式水壓計等各種感測器，亦可同時與資料擷取器(Datalogger)搭配使用(Yeh, 2003)。

運用 TDR 與其他數位化的監測儀器，同時結合最新的資訊網路元件及多工資料擷取器，可架構一套全資訊網路的監測系統。包含了數位無線通訊(GSM)、數據機(Modem)、電腦伺服器(Sever)等用於資料擷取、無線通訊、遠端資料處理與網路發布之硬體設備，對應的軟體網路元件則包括資料庫(Database)、Java 程式語言(Java language)、網頁標準語言(HTML)、及網際網路(Internet)等。感測器則採用目前研發有成之 TDR 滑動感測器(Dowding et al, 1988; Dowding et al., 1989; Su and Chen, 2000; Lu, 2003)、TDR 水位感測器與 TDR 雨量計(Yang, 2003)、TDR 變位感測器(Lin and Tang, 2003)，量測並監測與殘坡與崩塌土體長期穩定性相關的滑動、水壓與降雨變化、水平變位。

## 2、自動化傳輸設備比較

目前自動化傳輸系統，可分為以下五種型態：ADSL、固接專線、衛星傳輸、微波傳輸以及行動通訊 GSM/GPRS，各種傳輸系統之優劣分析列於表 4-1。

表 4-1 傳輸系統評估

通訊方法	連線速度 (bits/sec)	傳輸 距離	優點	缺點	價格
ADSL	64K-8M	3km 內	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 連線速度至少 512/64K</li> <li>• 利用現有電話線路</li> <li>• 價格便宜、設備簡單</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 易受距離影響連線品質</li> </ul>	1000/月
固接專線	64K-45M	10km 內	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 傳輸品質最穩定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 價格最高</li> </ul>	10000/月
衛星傳輸	64K-512K	無距離限制	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 不受地形影響</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 價格過高且易受氣候影響</li> </ul>	8 元/1M (流量)
微波傳輸	1M-11M	差	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 較無距離限制</li> <li>• 規格標準化</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 易受地形阻隔及氣候影響</li> <li>• 需架設中繼站以延長傳輸距離</li> <li>• 中繼站架設費用高</li> </ul>	視距離及中繼站多寡 約 10-160 萬
行動通訊 GSM/GPRS	9.6K/40K	尚可	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 無限通訊主流</li> <li>• 基地台建置完備，通訊往較為廣闊</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 傳輸速度慢</li> <li>• 3G 規格尚未普遍化</li> </ul>	GSM 0.08/秒 GRPS 0.02/封包

## 二、監測資料分析與預警

### (一) 監測資料分析

監測儀器之觀測資料評析方法與觀測成果分析，首先將觀測數據以適當比例依時間繪成曲線，並將影響該觀測值之因素曲線繪在一起，以利比較研判。曲線中可顯示觀測值之長期、短期或異常之突變，再依曲線之變化趨勢，與過去觀測資料、理論分析及自然現象之預期趨勢相比較，以發現潛在問題。監測儀器觀測資料所繪製曲線變化所顯示之資訊其功用包括：

1. 從各監測儀器監測值（曲線）之長、短期變化與走勢研判堰塞湖天然壩是否處於穩定狀態。
2. 從各監測儀器監測值（曲線）之變化趨勢現象發現潛在問題，加以解釋及評估，並採取必要之因應對策。
3. 從各監測儀器監測值（曲線）偏離預期之變化與走勢研判係屬何種因素所致，並建議因應對策。
4. 對監測成果經綜合評估後，對堰塞湖天然壩安全狀態加以評估，供作採取適當因應措施之參考與依據。

對於各監測儀器監測值(曲線)有偏離預期之趨勢時，須小心辨識是否由人為錯誤或儀器功能異常等因素引起，若經多方查證，並非屬前述因素所致，則可能屬結構物異常或其他原因，應查明或列入追蹤。

### (二) 預警標準之建立

監測之管理值可分為警戒值與危險值，監測警戒值係各監測儀器之監測值在殘坡或壩體穩定狀態下所設定之上、下界限。當監測值超出警戒值時，經專業人員仔細研判後，除非有特殊原因，否則通常係表示儀器功能或結構行為可能有異常現象。危險值係指殘坡或壩體容許之最大極限值，當監測值超過危險值時，表示殘坡或壩體已處於緊急之危險狀態，應立即採取緊急應變措施。適當的管理值可提供監測人員對儀器功能及結構行為是否異常作初步而立即之研判與評估，並採取必要之改善措施。



以一般邊坡為例，如圖 4.1 所示之預警標準建立流程，

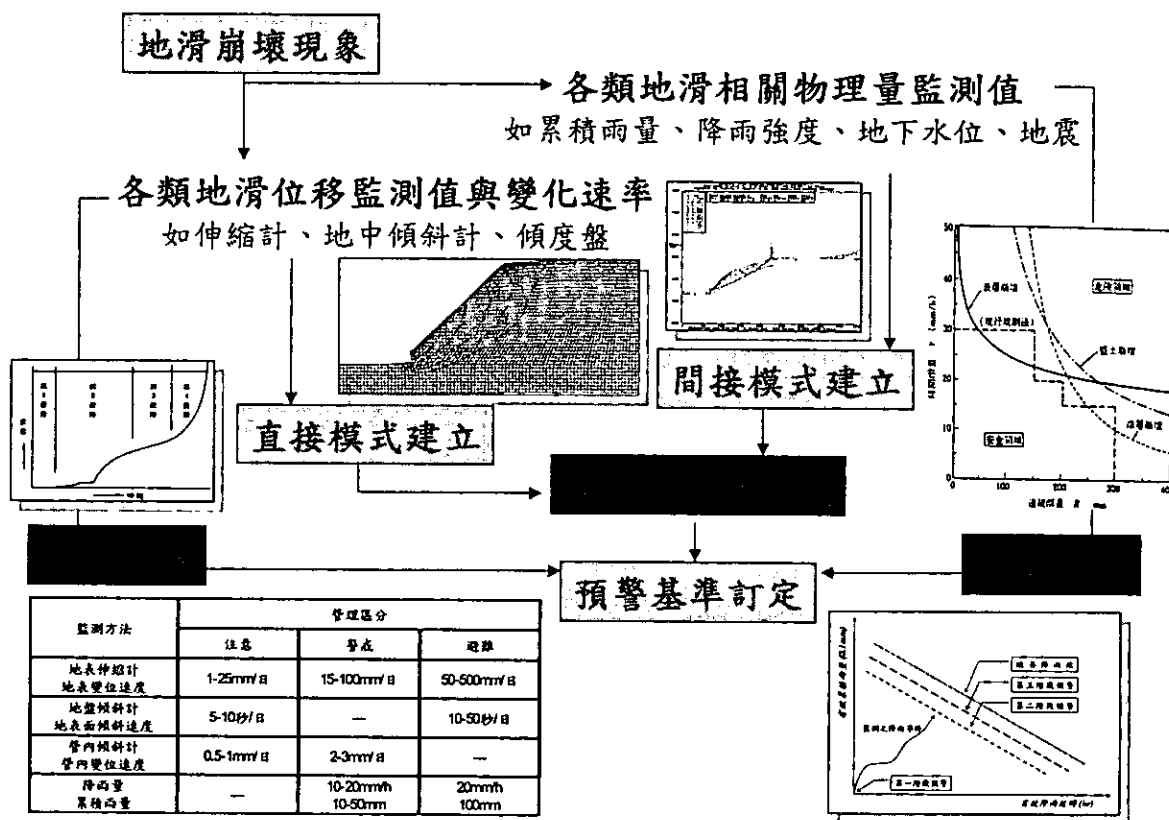


圖 4.1 道路邊坡崩塌預警標準制定模式

圖 4.1 將崩塌預警標準制定之模式分為根據(1)經驗及(2)現象模擬與預測兩大類。兩類均可利用直接或間接邊坡崩塌徵兆物理量作為預警項目，然其現象模擬模式則有所不同，可區分為直接位移預測模式及間接崩塌預測模式。

### 1、直接根據位移之預測訂定預警基準值

#### (1)趨勢預測法

透過歷史經驗統計或由潛變模式計算位移之趨勢，預測崩塌發生之時間歷程，可作為預警值訂定之參考，此一方法定出之預警值多為地盤之位移速率或累積位移值，由位移速度與崩塌時間之相關性即可提供作為預警基準值訂定參考，預警基準值訂定應同時考慮各基準值對應之處理手段、處理手段對應所需時間。

此類模式所建立之預警基準需要累積大量崩壞資料，因此統計分析後建立之模式，適用僅限於條件相同之邊坡。同時於長期預測部分，其變異性可能相當大，預警基準訂定時應注意其可信性。至於短期趨勢預測法精度較高且曾成功預警，惟反應時間即相對變短。

## (2) 建立力學模式預測變位量或變位速度

精確之變形特性掌握將使得此一方法變為可能，對於漸進式破壞控制之邊坡而言，位移之增加將伴隨安全係數之降低，因此變形量即可望成為預警值訂定之標準物理量。此一力學分析模式亦可考慮材料之不確定性、地下水位高低之不確定性及其他之不確定性。經統計分析破壞之機率後，亦可作為非定值式之預警值訂定方法之一。

## 2、間接根據與位移或崩壞相關之物理量訂定崩塌預警基準

### (1) 孔隙水壓

因邊坡破壞即屬於地質材料受剪破壞，因此地質材料受剪膨脹或收縮時，孔隙水壓將可能有急劇變化，因此，孔隙水壓急劇變化可視為邊坡崩壞之重要徵兆。然一般而言，此一現象發生後，距離崩壞之剩餘反應時間相對較短。

另一方面，孔隙水壓上升將造成有效應力下降，因而誘發位移或崩塌。利用物理模式之建構(如極限平衡法、有限元素法或有限差分法)，可適度建立地下水位或水壓與崩壞之相關性，另外累積大量邊坡崩壞或位移資料與水位間之相關性亦可提供作為預警基準訂定之參考。

此類模式受限於地下水文條件之瞭解相當不易，水壓或水位資料之可靠度應注意與檢核。

### (2) 累積降雨量或降雨強度

降雨與邊坡崩壞之相關性眾所皆知，此一影響植基於地表逕流之沖刷及雨水入滲增加水壓力、降低有效應力。此一方面預警值之訂定可分為兩個層次，一乃利用經驗值統計迴歸降雨

量與邊坡崩壞關係，藉以訂定預警基準，惟此一方法需累積地區性經驗，且與監測邊坡之地質、水文地質、水文、地文、氣象條件相當有關。另一方式為建立該邊坡降雨與地下水壓或水位上升之物理模式，再利用水位或水壓與邊坡崩壞之相關性，訂定預警基準。

因降雨的監測自動化較易進行，故可利用降雨記錄配合相關之圖表來研判坡地發生崩壞的可能性，惟降雨與地滑之相關性與各項環境因子極為相關，故以降雨作為預警之基準需透過個案完整之分析，不同地區無法一體適用。

### (3)地震

與水位資料相同，地震可以擬靜態方式考量為一加速度，並分析臨界加速度，透過適當安全係數之考量，即可以地震造成之加速度作為預警值。惟地震之發生目前仍未能有可掌握之方式可預測，因此此一誘因作為邊坡崩塌預測可行性較低。

## 3、根據長期監測資料統計分析法

由過去監測值之統計變動範圍，找出合理、正常之監測曲線包絡線，即可作為預警值訂定之參考。

### (三)預警方式

長期監測目的之一在於提供任何突發狀況之情報，而監測系統的資料分析以及其自動化傳輸設備，已於前節所述；一旦殘坡或是壩體經分析後有立即崩潰之虞，其後端的分析系統應針對此一突發狀況（也就是監測值達到預定之臨界值），則可採以下方式進行預警發佈：

- 1、利用 GSM 系統傳遞簡訊方式，提供決策人員立即相關資訊。發送手機簡訊的工作主要是由資料處理的預警程式負責，同時要向民間電信業者申請手機簡訊發送的服務，取得簡訊伺服器 IP 位址、Port，以及帳號、密碼等完整資訊才可使用。當現場監測值結果超出警戒值時，預警程式會立即呼叫執行相關程式物件，之後連接電信業者的簡訊伺服器，即可完成發送簡訊的工作。

2、利用電子郵件預警須透過郵件伺服器來寄發電子郵件，而執行此工作的程式寫在資料處理的預警程式裏，當現場邊坡的監測結果超出警戒值時，預警程式立即呼叫並執行相關程式物件，同時連接預設的郵件伺服器完成寄發電子郵件的動作。

而訊息發布應由系統單位對影響範圍內所屬之基層公務單位，由縱向向下及橫向通報做第一時間通知，以警鳴系統做區域宣布；另一方面，系統單位也同時向上通知相關縣市政府，以能提供救災支援。

## 參考文獻

1. 經濟部水利處,“九二一地震草嶺崩塌地處理總報告”,共 191 頁,2000。
2. 經濟部水利處,“九二一震災草嶺崩塌地處理情形總報告”,台灣台中,1999。
3. 經濟部水利處,“草嶺崩塌之處理對策評估(二)”,共 77 頁,2000。
4. 經濟部水利處,“草嶺崩塌之處理對策評估”,共 149 頁,2000。
5. 經濟部水利處水利規劃試驗所,“九二一集集大地震草嶺堰塞湖災害緊急措施計畫資料蒐集與處理(地質調查)工作報告”,經濟部水利處,台灣台中,2000。
6. 經濟部水利署水利規劃試驗所,“濁水溪支流清水溪治理規劃報告”,台灣台中,1999。
7. 經濟部水利署水利規劃試驗所,“烏溪流域聯合整體治理規劃-期中報告”,台灣台中,2001。
8. 經濟部水利署水利規劃試驗所,“草嶺堰塞湖長期水資源利用可行性評估專題報告”,2002。
9. 經濟部水利署水利規劃試驗所,“草嶺堰塞湖長期水資源規劃-總報告”,2002。
10. 經濟部水利署水利規劃試驗所,草嶺堰塞湖水工模型動床試驗及動床水理分析。91 年 6 月,2002。
11. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2002),“區域排水淹水模式之研究-期末報告”,台灣台中
12. 經濟部水利署(2002),“地層下陷區土地利用對淹水潛勢影響分析(2/3)-期末報告”,台灣台中
13. 經濟部水資源局(2001),“台北盆地及鹽水河流域示範區颱風災害危險度分析(三)”,台灣台北
14. 經濟部水資源局,「GSTARS 水理輸砂模式講習會課程講義」,國立交通大學防災工程研究中心。
15. 台灣省水利局,“草嶺山崩記”,台灣台中,1979。
16. 農委會水土保持局,“濁水河流域聯合整治規劃”,台灣台北,2002
17. 農委會水土保持局,“土石流觀測機制建置-九份二山堰塞湖規劃及防災演練計畫”,水土保持局,2000
18. 國家地震工程研究中心,“九二一集集大地震後續短期研究-山崩土石堰塞湖河川下游淹水潛勢分析及緊急應變措施規劃”,行政院國家科學委員會研究計畫報告,2000.8。
19. 國家地震工程研究中心(2000),“九二一集集大地震後續短期研究-草嶺大崩山之後續研究”,報告編號:Ncree-00-057

20. 中興工程顧問社 (2000), “水平二維動床模式之研發及應用”, 台灣台北。作者 (葉克家 趙勝裕 許至璵 林恩添)
21. 亞新工程顧問有限公司(1985), ”台 7 甲線 73K+150 路基災害修復工程鑽探及測量工作報告”。
22. 國立中興大學, “八十九年度土石流觀測機制建置九份二山堰塞湖規劃及防災演練計畫”, 行政院農委會水土保持局委託計畫, 台灣台北, 2000。
23. 李錫堤、林銘郎、吳禮浩、鄭俊昇, “草嶺大崩山區的地質調查及歷次大崩山滑動面的決定”, 岩盤工程研討會論文集, pp.459-467, 1994。
24. 陳銘鴻, 李榮瑞 (2002), 「台灣地區地層波速之調查」, 岩盤工程研討會論文集, 645-653。
25. 陳樹群, 「集集地震引發之堰塞湖類型及其潰決機制」, 九二一地震後坡地災害及其對策研討會(台中市, 民國 89 年)
26. 蔡長泰, 葉正旭, 吳馥光, 陳蕃諾, 蔡智恆, 黃志偉, “集集地震前後濁水溪流域土壤沖蝕量與產砂量之比較 (二)”, 集集地震對水文現象影響之研討會-期中研究成果論文集, 1-21, 2002。
27. 許銘熙, 李明旭, 鄧慰先, 權順忠, “草嶺堰塞和下游淹水潛勢分析及緊急應變措施規則”, 第十一屆水利工程研討會, c1-c6, 2000。
28. 許銘熙, 李明旭, 鄧慰先, 權順忠, “草嶺堰塞湖下游淹水潛勢分析及緊急應變措施規劃”, 第十一屆水利工程研討會, 台北, 2000.7。
29. 游繁結、陳重光 (1987) "豐丘土石流災害之探討", 中華水土保持學報, Vol. 19, No. 1, p76-92。
30. 游繁結 (1993) "土石流防制工法", 中華水土保持學報, Vol. 25, No. 1, pp. 21-28。
31. 張東炯, 謝正倫, (1996) “東部蘭陽地區土石流現場調查與分析”, 中華水土保持學報, Vol. 27, No. 2, pp. 139-150。
32. 陳榮河, 江英政(1999), “新中橫公路邊坡破壞之調查”, 第二屆土石流研討會, pp. 180-189。
33. 葉克家、楊昇學、江定宇(2003), “堰塞湖蓄水溢頂之流場及輸砂試驗研究”, 集集地震對水文現象影響之研究成果研討會論文集, pp.102-123。
34. 林炳森、方世杰(1991), “崩積土坡地力學性質及穩定性研究”, 國科會防災科技研究報告 78-94 號
35. 工研院能源與資源研究所 (1993) 梨山地區地層滑動調查與整治方案規劃, 水土保持局, 共 163 頁。
36. 謝敬義(1984), ”中橫公路梨山德基地區邊坡破壞之調查與處理”, 土工技術, 第 7 期, 第 50~61 頁
37. 蔡光榮、陳旺志、楊燕山及林金炳(1987), ”中橫公路邊坡穩定之調查與其力學之試

驗分析研究(三)，國科會防災科技研究報告，75-36 號

38. 蘇苗彬、劉啟鋒、及蘇建隆(1990)，"中橫公路邊坡穩定處理之調查研究(二)"，國科會防災科技研究報告，80-24 號
39. 田畑茂清、水山高久、井上公夫，"天然ダムと災害"，古今書院，2002
40. 陳宏宇、蘇定義、陳琨銘(1999)，"土石流發生機制與地質環境之相關性"，土工技術，第 74 期，第 5-20 頁
41. 張吉佐、陳逸駿、嚴世傑、蔡宜璋(1996)，"台灣地區中北部卵礫石層工程性質及施工檢討"，土工技術，第 55 期，第 35-46 頁
42. 董家鈞、楊賢德，2001，"崩積層之分類與工程特性研究"，水土保持研究(中國大陸)，第 8 卷，第 1 期，pp.37-46.
43. 黃宏彬(2000)，"陽金公路大屯橋段上邊坡崩坍區第二階段防災整治處理規劃設計研究"，中華保持學會
44. 簡連貴、林敏清 (1998)，"回填造地土壤剪力波速之評估"，土工技術，第 67 期，69-82。
45. 簡連貴、陳爾義、蕭俊賢(2003)，"地下水浸潤及滲流對崩積土邊坡穩定之影響"，第十屆大地工程學術研究討論會論文集，p655-658
46. 王希光(2003)，"崩積層穩定分析案例探討與研究"，第十屆大地工程學術研究討論會論文集，p567-570
47. 高橋保、匡尚富(1988)，"天然壩破壞引致土石流規模相關研究"(日文)，京都大學防災研究所年報,31 號 B-2,P.610-615。
48. 秦榮昱、王寵浩，"河流推移質運動理論及應用[M]"，北京:中國鐵道出版社，1996。
49. 匡尚富，"斜面崩塌引起的天然壩形成機理和形狀預測"，泥沙研究，4:50-59，1994。
50. 柴賀軍、劉漢超、張倬元、劉浩吾，"天然土石壩穩定性初步研究"，地質科技情報，第 20 卷，第 1 期，2001 年 3 月。
51. 柴賀軍、劉漢超、張倬元，"中國滑坡堵江事件目錄"，地質災害與環境保護，6(4):1-9，1995。
52. 柴賀軍、劉漢超、張倬元，"中國滑坡堵江的類型及其特點"，成都理工學院學報，25(3):411-416，1998。
53. 楊培熙，2003，"TDR 水位量測技術在大地與水利工程之應用"，國立交通大學土木工程學系，碩士論文。
54. AIMONE-MARTIN, C.T., ORAVECZ, K.I., AND NYTRA, T.K. (1994), "TDR Calibration for Quantifying Rock Mass Deformation at WIPP Site, Carsbad, New Mexico," Proceedings of the Symposium on Time Domain Reflectometry in Environmental, Infrastructure, and Mining Applications, Evanston, Illinois, U.S. Bureau of Mines., Special Publication SP 19-94, pp.507-517.

55. Corominas, J., Moya, J., Lloret, A., Gili, J.A., Angeli, M.G., Pasuto, A., Silvano, S., 2000, "Measurement of Landslide Displacements Using a Wire Extensometer," *Engineering Geology*, Vol. 55, pp.149–166
56. DOWDING, C.H., SU, M.B., AND O'CONNOR (1988), "Principles of Time Domain Reflectometry Applied to Measurement of Rock Mass Deformation," *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, Vol. 25, pp.287-297.
57. Kayabali, K. (1996), "Soil liquefaction evaluation using shear wave velocity," *Engineering Geology*, Vol. 44, p.121-127.
58. L.Ermini and N.Casagli(2003), "Prediction of the behaviour of landslide dams using a geomorphological dimensionless index",*Earth Surface Processes and Landforms* 28, 31-47.
59. Lin, C-P, Drnevich, V. P., Feng, W., and Deschamps, R. J., August, 2000, "Time Domain Reflectometry for Compaction Quality Control," *Use of Geophysical Methods in Construction*, Geotechnical Special Publication No. 108, ASCE. Pages 15-34.
60. Lin, C.P. and Tang, S.H. (2003), "Development and Calibration of a radar extensometer using Time Domain Reflectometry", *Geotechnical Testing Journal* (in review).
61. N. Casagli, L.Ermini and G. Rosati(2003),"Determining grain size distribution of the material composing landslide dams in the Northern Apennines: sampling and processing methods",*Engineering Geology* 69,pp83-97
62. Nigbor, R. L., and Imai, T., (1994), "The suspension PS Velocity Logging Method: Geophysical characterization of Sites," Volume prepared by ISSMFE, Technical committee #10, XIII ICSMFE, New Delhi, India, p.57-64.
63. TOPP, G. C., DAVIS, J. L., AND ANNAN, A. P. (1980), "Electromagnetic Determination of Soil Water Content and Electrical Conductivity Measurement Using Time Domain Reflectometry," *Water Resources Research*, Vol. 16, pp.574-582.
64. Schuster, R.L. 「Landslide dams – a worldwide phenomenon.」 *Journal of the Japanese Landslide Society* 31(4),38-49
65. Schuster, R.L. and J.E. Costa, 「A perspective on Landslide Dams,」 In: *Landslide Dams, Processes, Risk and Mitigation*, (Schuster ed. ,1986), pp.1-20



## 附錄一 台灣近期堰塞湖

## 附錄一 台灣近期堰塞湖

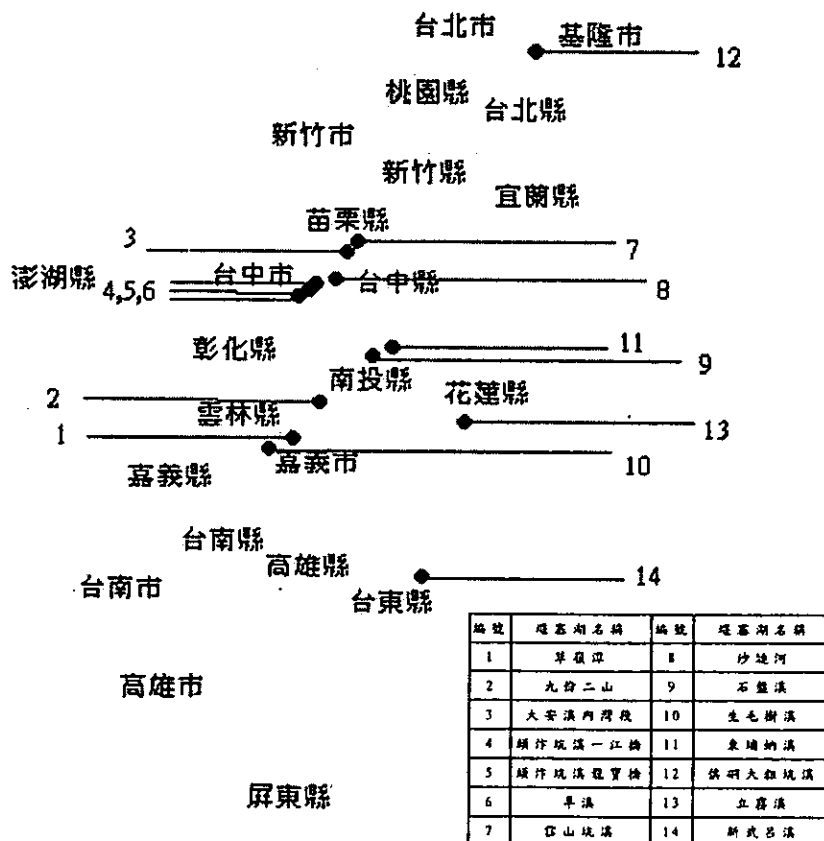
台灣於集集大地震之前只有少數介紹堰塞湖災害的文獻報告，且僅有草嶺地區有較完整之記載。而自集集大地震之後所引發大小不一之堰塞湖約十餘座，其中較具規模之堰塞湖以草嶺潭堰塞湖與九份二山堰塞湖為代表。台灣較近期之堰塞湖紀錄如東埔蚋溪之堰塞湖、侯硐大粗坑溪上游堰塞湖、中橫公路立霧溪堰塞湖及新武呂溪堰塞湖等，茲整理近期台灣發生之堰塞湖資料如附表 1，分佈情形如附圖 1。以下將針對近期台灣堰塞湖選取數個具代表性者介紹之。

附表 1 台灣近期堰塞湖資料表

發生時間	地理位置	堰塞湖名稱	誘因	堰塞湖容 量, S (百萬立 方公尺)	壩高, H (公尺)	壩體體 積, V (百萬立 方公尺)	造成災害
1941	雲林縣古坑鄉草嶺地區， 濁水溪支流清水溪	草嶺潭	地震	157	217	282.1	死亡 137 人，受災 人口 1 萬人，受災 田地 3000 公頃
1979	雲林縣古坑鄉草嶺地區， 濁水溪支流清水溪	草嶺潭	豪雨	40	90	5	桶頭橋及瑞草橋 被沖壞，小部份耕 地、堤防與道路受 損，無人命及重大 財產災害發生
1993	南投縣信義鄉丹大專業區 第 40 林班，濁水溪支流丹 大溪	丹大溪	豪雨	0.29		0.05	潰決時沖毀湖上 之便橋，惟下游民 眾均無感覺
1999	雲林縣古坑鄉草嶺地區， 濁水溪支流清水溪	草嶺潭	地震	43	50	25	未聞
1999	南投縣國姓鄉南港村澗子 坑地區，南港溪支流木屐 蘭溪上游	九份二山韭菜湖溪	地震	0.68	29		未聞
1999	南投縣國姓鄉南港村澗子 坑地區，南港溪支流木屐 蘭溪上游	九份二山澗 仔坑溪	地震	1.10	37.5		未聞
1999	大安溪中游，位於卓蘭鎮 內灣與上新交界處	大安溪內灣 段	地震		10		未聞
1999	大里溪上游頭汴坑溪一江 橋上游 500m	頭汴坑溪一 江橋	地震			1.87	未聞
1999	台中縣太平市，龍寶橋上 游 200 m	頭汴坑溪龍 寶橋	地震 (地殼 隆起)		5	0.006	未聞

1999	台中縣大里溪支流旱溪， 觀音橋至南陽橋間。	旱溪	地震		6	0.018	未聞
1999	大安溪支游雪山坑溪，達 觀村雪山花園農場處。	雪山坑溪	地震		15	0.16	未聞
1999	大甲溪支流，位於東勢鎮 興隆橋下游 50m，接近石 岡水庫。	沙澗河	地震				未聞
1999	南投縣鹿谷鄉永隆村石盤 溪上游的線浸山區(臺大 實驗林第 10 林班內。)	石盤溪	地震				未聞
1999	清水溪支流生毛樹溪	生毛樹溪	地震				未聞
2000	南投縣竹山鎮東南方，濁 水溪支流東埔蚋溪	東埔蚋溪	豪雨		15	0.036	未聞
2000	台北縣瑞芳鎮侯硐國小東 方約 700 公尺，侯硐大粗 坑溪	侯硐大粗坑 溪	豪雨		4		部份民宅、建物受 損、九芎橋沖壞
2002	花蓮中橫公路秀富隧道 口，立霧溪	立霧溪	地震			0.005	未聞
2002	台東縣海端鄉利稻地區， 新武呂溪碧山隧道到霧鹿 隧道間的河谷上	新武呂溪	豪雨		30	0.45	未聞

注:部份堰塞湖說明與尺寸依據水利署(1999, 2000)、國家地震中心(1999)以及陳樹群(1999)之資料。



附圖 1 台灣近期堰塞湖分佈圖

## 一、丹大溪崩塌地堰塞湖

### (一)發現時間與地點

南投縣信義鄉丹大事業區第 40 林班之濁水溪支流丹大溪中游左岸因河岸風化岩層之自然崩坍而於 1993 年 9 月形成堰塞湖。

### (二)基本資料

崩坍面積約 3~5 公頃，崩坍區高約 120 公尺，崩坍長約 270~300 公尺，傾斜角度約 35~40 度，崩坍深 1~2 公尺，崩坍土砂量約 5~6 萬立方公尺，堵塞狹谷上游河川形成天然水潭（崩坍在七十幾年就已發生，後每年繼續崩坍，因受豪雨土砂流失來形成水潭，八十二年由於乾旱，雨量少，土砂堆積形成天然水潭），天然水潭之高度約 15 公尺，貯水長 500 公尺，貯水面積 2 公頃，貯水量 29 萬立方公尺。

### (三)後續狀況

該堰塞湖於 83 年 7 月 13 日因提姆颱風挾帶暴雨衝擊下天然壩終告潰決，近三十萬方之蓄水宣洩一空，所幸因下游村落距堰塞湖尚遠且位於較高處，故除沖毀堰塞湖湖面一舊吊橋外，未有任何生命財產損失。



附錄照片 1 丹大溪堰塞湖崩塌區與堰塞湖遠照(林務局提供)



附錄照片 2 崩塌區近照，照片下方為堰塞湖(林務局提供)

## 二、88 年草嶺潭堰塞湖

### (一)發生時間與地點

九二一集集大地震，位於雲林縣古坑鄉草嶺村附近之草嶺，發生歷來最大規模之崩山事件，崩塌之大量土石阻斷清水溪，河道阻斷長度約 5 公里，高度約 40~50 公尺，並於崩塌區上游形成一處堰塞湖。

### (二)基本資料

崩塌堆積堰塞湖上游高度約 50 公尺（標高約 540 公尺），集水區面積 162 平方公里，崩塌面積約 400 公頃，崩塌長度（沿河上下游）約 5 公里，崩塌土方約 1 億 2 千萬立方公尺，總積水容量約 4,300 萬立方公尺。本次地震發生大坍方之區域包覆過去舊坍方之所在，坍方區域之清水溪南岸為逆向坡，北岸則屬於極大規模之順向坡，配合岩層近乎垂直之節理，在強烈地震下引發北岸極大規模之順向滑動破壞，地震加速度啟發岩塊之滑移，由坡頂下滑，位能迅速轉換成動能，巨大之能量使崩落之土石順勢高速滑動，大量之土石直衝清水溪對岸（南岸）坡腳，順勢衝上對岸之山壁，直至動能耗盡而形成最終之崩積，所造成之天然堆積在平行與垂直清水溪方向之中間處皆略呈 U 形。

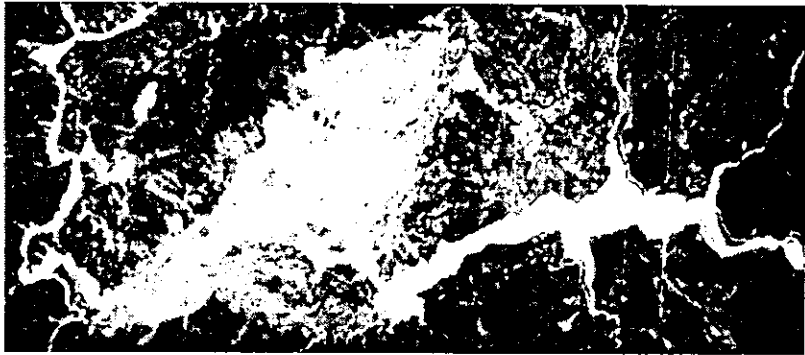
### (三)近況

歷經 89 年洪水季，90 年梅雨季，於 90 年 7 月 30 日桃芝颱風侵襲下，堰塞湖溢流口逐漸潰決，清水溪水流在崩塌土體下游刷深約 35 公尺，幸賴緊急處置工程功效，並未發生重大災難；同時因 921 地震造成堰塞湖上游山區大規模土石鬆動，在桃芝、納莉颱風過後發生大量土石流，河水夾帶大量泥砂侵入堰塞湖而淤積，至 91 年 5 月堰塞湖內僅餘 135 萬立方公尺的蓄水量，蓄水深度約 4.6 公尺，湖水對下游已不會成災害，但庫內淤積約 2000 萬立方公尺的土砂，預期將會隨每年洪水作用而帶至清水溪下游河道及濁水溪後而淤積。至 93 年 8 月堰塞湖幾已被上游入侵土石所淤滿。



附錄照片 3 地震後之草嶺潭航照 1999/09/24  
(九二一全球資訊網)

<http://portal.921erc.gov.tw/Html/921Html/vertical/Frameset-2.htm>



附錄照片 4 桃芝颱風後的草嶺潭航照 2001/08/01  
(九二一全球資訊網)

<http://portal.921erc.gov.tw/Html/921Html/vertical/Frameset-2.htm>



附錄照片 5 草嶺潭 2002/10/29 航照  
(九二一全球資訊網)

<http://portal.921erc.gov.tw/Html/921Html/vertical/Frameset-2.htm>

### 三、九份二山堰塞湖

#### (一)發生時間與地點

南投縣國姓鄉南港村澀仔坑一帶，因受 88 年 9 月 21 日集集大地震影響，發生大面積岩層崩坍，整個順向坡岩體沿層理面破裂瀉下坍崩，崩塌範圍北起太平腳至茨斗山沿順向坡向東南崩塌，南至韭菜湖溪，東起茨斗山，西迄中興橋，崩坍面積達一九五公頃，崩塌土體約 3600 萬立方公尺以上。

#### (二)基本資料

此次崩塌造成 14 戶人、39 人罹難及 228 頭台灣水鹿死亡。上述崩塌除造成人員及家畜傷亡外，南港溪上游北山坑溪支流韭菜湖溪及澀仔坑溪因崩坍土石阻斷溪流，形成韭菜湖溪及澀仔坑溪兩處高五十至六十公尺的大規模堰塞湖，積水容量約八十萬及一百三十萬立方公尺。

韭菜湖溪主要之河道略呈東西走向，與呈南北走向之北山坑於南港村西側之南興橋交會（或於南興橋匯入木履欄溪）。地震造成之山崩土石掩沒涵蓋範圍達數十頃，由於土石淹沒，澀仔坑及韭菜湖溪被阻塞而形成二個堰塞湖，湖深約為百餘公尺，但湖面不大，蓄水容量不大，約為百萬餘立方公尺。

山崩而下之崩積岩塊，由大小不一之砂岩塊及粉土或砂土所組成。砂岩塊平均直徑有大至數公尺者，砂岩塊以黃棕色中至細粒及青灰至深灰細粒砂岩為主。由中興橋上方觀之本土石掩埋處已形成天然之土石壩。

崩塌區之地層主要為樟湖坑頁岩，出現在崩塌地南側有桂竹林層不整合於其上，樟湖坑頁岩之下為石門村層，分布於北側並於崩塌區東北側形成石門峽谷。主要構造為南北向之大岸山向斜，軸線約略由滑動體趾部通過，東翼傾斜約 50°，西翼傾斜約 20°，為不對稱向斜，由地層分布及地形顯示向斜軸向北漸變為一斷層，約略在滑動體趾部通過（中央地質調查所，1999）。崩塌區滑動前即為一順向坡地形，層面向東南傾斜約 20°~25°，此次受地震力作



用造成順向坡岩體岩層面脫落破裂而下滑，下滑岩體受東南側石門峽之阻擋，除了少部分飛越外大多堆積在其西側，並堵塞韭菜湖溪及澀子坑溪形成兩個堰塞湖。

### (三)近況

水利署第三河川局執行降水工程，挖深溢流道 8m 後，其重測地形圖與推估(90 年 3 月)結果顯示，韭菜湖溪堰塞湖溢流口高程為 576m，最大蓄水容量約為 52 萬  $m^3$ ，其湖表面則為 36,848  $m^2$ ，澀仔坑溪堰塞湖溢流口高程則為 570m，最大蓄水容量 77 萬  $m^3$ ，其湖表面為 52,206  $m^2$ ，此為實測結果。



附錄照片 6 九份二山崩塌殘坡



附錄照片 7 九份二山堰塞湖(左上為韭菜湖，右下為澀子坑湖)

## 附錄二 堰塞湖案例處理程序對照說明

## 附錄二 堰塞湖案例處理程序對照說明

### 一、丹大溪崩塌地堰塞湖作業流程比對

丹大溪堰塞湖案例之發生時間地點、基本資料詳見附錄一說明。茲以圖 A-1 堰塞湖形成後建議作業順序流程圖比對本災害之處置作為，說明作業要點如下：

#### (一)初步調查評估與處置階段

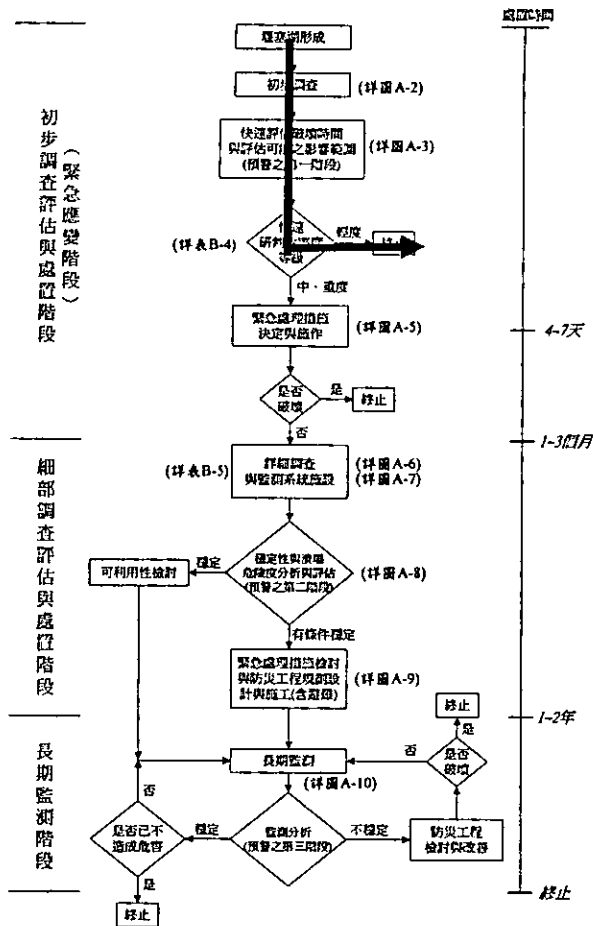
在災害發生後臺灣省政府農林廳林務局隨即派員隨時巡視壩之水深及堆積土砂狀況，若有越流、決壩之現象時，即聯絡縣政府，警察等採取避難措施，同時邀請政府單位與國內外學者前往會勘評估。因濁水溪畔民眾深恐潰壩後大量溪水會危害其生命財產，曾要求考慮以炸堤之方式疏通堵塞土石與水流，惟經專家評估開炸將使崩塌坡地有再崩塌的可能，而限於現地地形亦無法以機械施工。

丹大溪堰塞湖容量為 29 萬立方公尺，壩體體積 5 萬立方公尺，大小等級屬小型，且經評估結果認為堰塞湖距離下游最近村落尚有約 25 公里，依堆積之土石量與湖水量研判將來潰決時對下游之影響性不大，依表 B-4 之危害度等級劃分標準屬輕度，無處理之必要性。當時採取之緊急措施為沿流域豎立警告標示，管制人員禁止進入河道內。

該堰塞湖常時因入流量與滲流量近乎平衡，故尚能維持穩定，惟於 83 年 7 月 13 日因提姆颱風挾帶暴雨衝擊下天然壩終告潰決，近三十萬方之蓄水宣洩一空，所幸因下游村落距堰塞湖尚遠且位於較高處，故除沖毀堰塞湖湖面一舊吊橋外，未有任何生命財產損失，而下游居民均未查覺該堰塞湖已潰決。

#### (二)作業流程比對

在初步調查評估與處置階段，在歷經初步調查、快速評估與研判危害度等級後，經研判並無進一步處理之必要性，其流程路線以粗線表示於附圖 2。



附圖 2 以圖 A-1 建議作業順序流程圖比對丹大溪崩塌地堰塞湖處置作為

## 二、88 年草嶺潭堰塞湖

88 年草嶺潭堰塞湖案例之發生時間地點、基本資料與近況詳見附錄一說明。以下分別對照圖 A-1 之流程，以本案例說明作業要點如下：

### (一)初步調查評估與處置階段

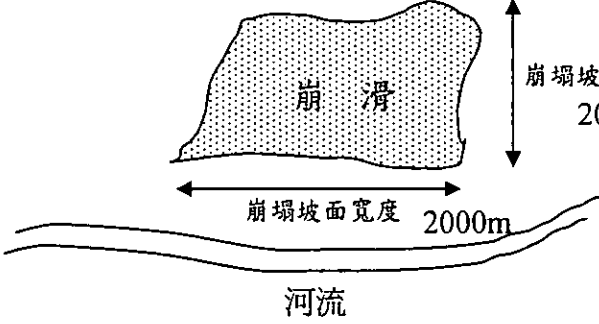
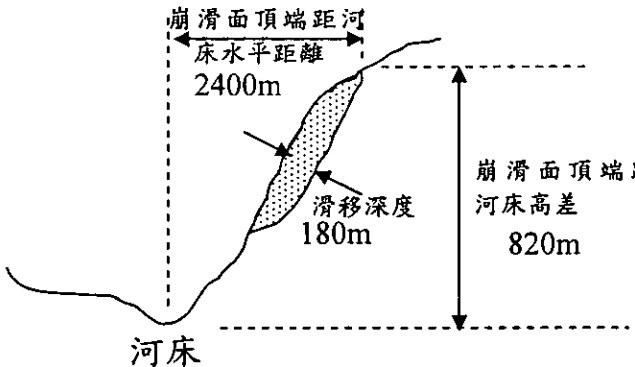
#### 1、初步調查與快速評估

經濟部水利處第四河川局於草嶺潭堰塞湖形成次日即派員經 149 公路前往，但因路基坍方無法到達，故於發生後第三天由工程人員攜帶簡易測量工具搭乘直昇機抵達災區實施概略調查，完成基本測量控制點之設置與初步地形勘查工作。隨後第四河川局再乘直昇機由空中以 V8 攝影機進行崩塌區域空中攝影，並深入災區完成全區現況相片之拍攝，另委請航測所實施空中照相及數化處理等項作業，並整合相關資料製作必要圖表。88 年 9 月 29 日，第四河川局人員由搶通之山區道路繞道進入草嶺崩塌現場，進行簡易水位觀測系統之安裝測試，並將全區情形做一系列之記錄拍攝。

對照表 B-2，虛擬之現勘紀錄表格如附表 2。

附表 2 88 年草嶺潭堰塞湖現場勘查表格(虛擬)

堰塞湖現場勘查記錄表			
調查時間	88.9.23	單位、姓名	王 xx
災害發生地區	雲林縣古坑鄉草嶺村		
堰塞湖天然壩 中心二度分帶 座標	E: 214720 N: 2608470 67 座標	發生(發現) 時間	88.9.21
河川水系	濁水溪上游清水溪流域	形成誘因	<input type="checkbox"/> 暴雨 <input checked="" type="checkbox"/> 地震 <input type="checkbox"/> 其它
現場勘查方式	<input checked="" type="checkbox"/> 地面 <input checked="" type="checkbox"/> 空中	<input checked="" type="checkbox"/> 目測	<input checked="" type="checkbox"/> 儀器測量
堰塞湖天然壩壩體資訊			
壩高	50 (m)	壩頂高程	540 (m)
壩頂寬	637 (m)	壩頂長	800 (m)
壩底寬	80 (m)	壩底長	5000 (m)
壩體體積 (說明估算方式)		2.5*10 <sup>7</sup> (m <sup>3</sup> )	
堆積特性	<input checked="" type="checkbox"/> 岩塊支持 <input type="checkbox"/> 基質支持	滲透特性	入流與出流平衡
堰塞湖體資訊			
現勘湖水位	531 (m)	湖面積	158000 (m <sup>2</sup> )
預測滿水位	539 (m)	水位上昇速率	0
堰塞壩(湖) 形狀圖示 (直接於圖例上 註記或修改)	側視 		
	俯視 		

山崩資訊			
崩滑面頂端距河床水平距離	2400 (m)	崩滑面頂端距河床垂距	820 (m)
崩滑坡面長度	2000 (m)	崩滑坡面寬度	2000 (m)
崩滑面積	4000000 (m <sup>2</sup> )	崩滑深度	180 (m)
崩滑體積(說明估算方式)		1 億 2 千萬 (m <sup>3</sup> )	
崩滑坡坡角	15 度	地質狀況	卓蘭層
母岩性質	砂頁岩互層	破壞機制	順向坡滑動
崩塌坡面形狀圖示	正視圖 		
	剖面圖 		
災區附近與下游兩岸土地使用情形(含保全對象)	1. 災區距下游聚落最近約 5km 2. 下游保全對象約 1500 戶 5000 人 3. 下游兩岸造林、農田、農舍、學校等。		
目前受災狀況	無		
備註:(其餘記載事項,如交通避難動線等)			

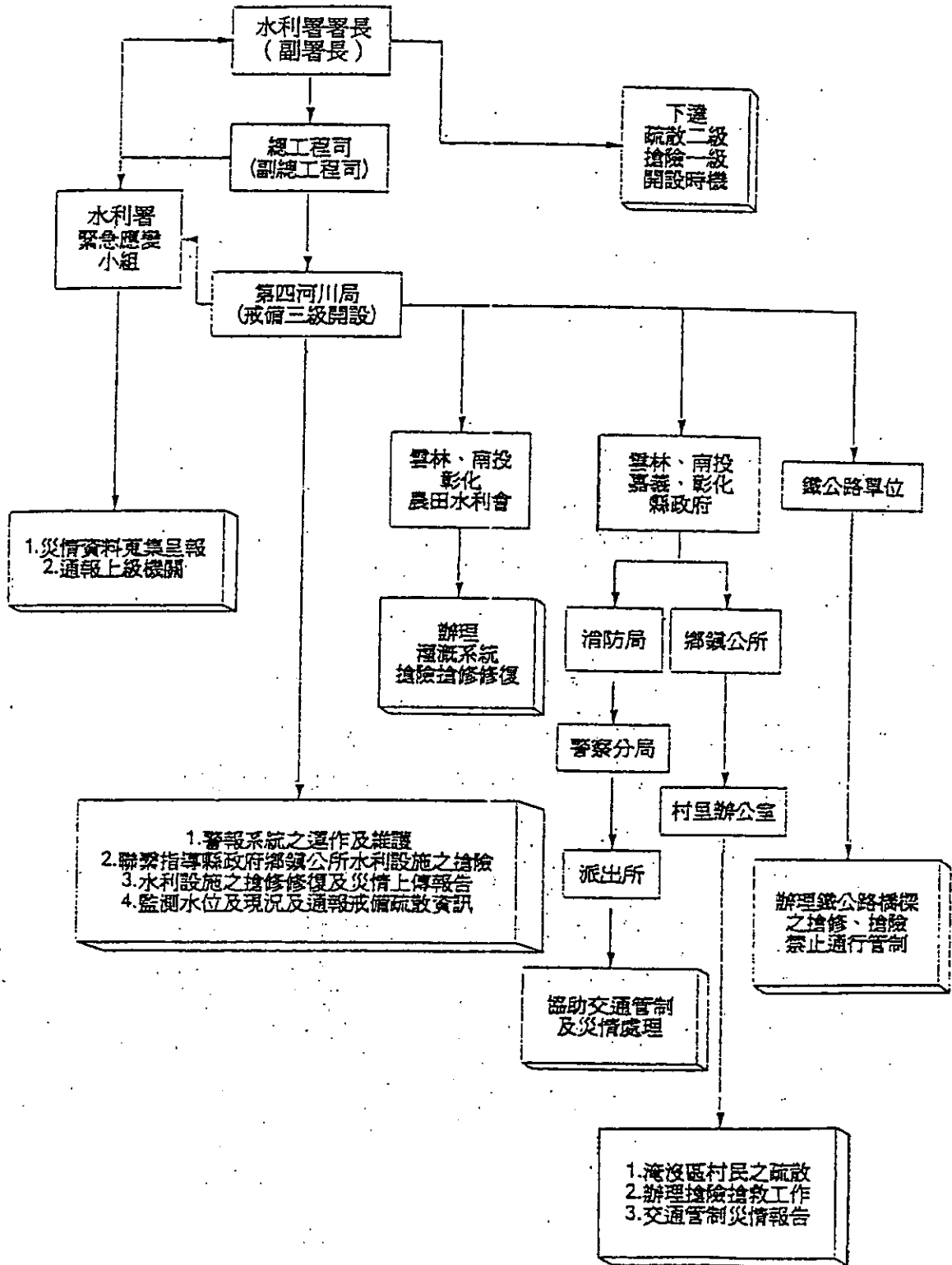


## 2、研判危害度等級

由附錄一與附表 2 所列之草嶺潭堰塞湖資料，對照表 B-4 之危害度等級，屬於重度，且萬一堰塞湖潰決時經研判將符合造成重大損害之條件。

## 3、緊急處理措施決定與施作

除主動展開緊急處理與救災等相關工作，同時參酌專家學者現勘提出之建言，擬定緊急處理措施，於 88 年 10 月依據水利處各河川局緊急應變小組作業要點，先行擬定緊急疏散通報系統及疏散計畫書(草嶺堰塞湖天然災害預警系統及疏散計畫，民國 88 年 10 月)，內容包括草嶺堰塞湖崩塌警戒區域劃定，緊急通報系統、崩塌警戒水利設施防災組織、人員安全疏散計畫等。茲展示相關圖表如下：



附圖 3 草嶺堰塞湖潰壩水利設施警戒暨搶險組織表  
(經濟部水利署第四河川局，2002)

附表 3 草嶺堰塞湖土石壩潰決各級單位執行疏散避難計畫  
(國家地震工程研究中心, 2000)

時程機關	經濟部水利處	第四河川局	縣市政府	鄉鎮公所
戒備前	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 籌措經費</li> <li>2. 督導各單位執行預警疏散搶險等防備措施</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 擬定清水溪河道改善計畫</li> <li>2. 執行改善計畫</li> <li>3. 擬定疏散計畫建立預警系統</li> <li>4. 招開疏散計畫及預警系統說明會</li> <li>5. 監測水位</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 督導鄉鎮公所成立防汛搶險組織</li> <li>2. 指導鄉鎮公所成立搶險系統</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 建立區域預警系統</li> <li>2. 擬定疏散計畫</li> <li>3. 指定避難場所及整備相關物資</li> <li>4. 建立搶險系統</li> <li>5. 建立急難救助系統</li> </ol>
戒備階段	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 下達戒備(堰塞湖水位達 538 公尺時)</li> <li>2. 協調相關單位(內政部、國防部等)預備支援救災</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 通報水位</li> <li>2. 監測水位</li> <li>3. 通報戒備</li> <li>4. 執行戒備工作</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 通報戒備</li> <li>2. 督促鄉公所戒備作業</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 通報戒備</li> <li>2. 執行戒備工作</li> <li>3. 預備開設避難所</li> </ol>
疏散階段	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 下達疏散(堰塞湖水位達標高 540 公尺時由水利處長斟酌實際情況下達疏散)</li> <li>2. 協調相關單位(內政部、國防部等)支援救災</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 通報疏散</li> <li>2. 協助疏散</li> <li>3. 監測水位</li> <li>4. 通報水位</li> <li>5. 備妥搶險器材</li> <li>6. 通告濁水溪上游水庫停放流水</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 通報疏散</li> <li>2. 督促鄉公所執行疏散</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 開設避難所</li> <li>2. 疏散溪兩岸低窪地區民眾</li> <li>3. 備妥搶險搶救器材人員</li> </ol>
搶險階段	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 蒐集災情報告(堰塞湖崩填時)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 蒐集災情上傳報告</li> <li>2. 支援防汛搶險器材</li> <li>3. 辦理搶險</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 蒐集災情報告</li> <li>2. 指導防汛搶險</li> <li>3. 協助救援</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 災情報告</li> <li>2. 進行人員搶救工作</li> <li>3. 協助進行設施搶險工作</li> </ol>

附表 4 各村里疏散計畫表  
(經濟部水利處，2000)

鄉鎮別	村里別	疏散對象人員	疏散路線之擬定	疏散安置場所	疏散後勤補給方法	道路橋樑安全措施	緊急聯絡電話
林內鄉	坪頂村	清水溪部落居民約 250 人	由林內路、台 3 線至林內國小	林內國小	徵調本村箱型車配合 1、3 鄰長調配人員緊急疏散	南雲大橋、清水溪 1 鄰劉聰德宅前至夏全德宅前產業道路請嚴加監控	村長林道 05-893229 村幹事蘇瑞銘 05-5896768 1 鄰長蔣清正 05-5893181 2 鄰長張冬慶 05-5892396
林內鄉	林北村	觸口及鉛片屋約 500 人	由林內路、台 3 線至林內國小	林內國小	徵調村內各種運輸車輛協助緊急疏散	林內鐵路橋及增產路請維護單位戒備	村長連順祥 05-5891366 村幹事蔡順發 05-5894591 鄰長何慎雄 05-5896691
林內鄉	烏塗村	13~16 鄰等近濁水溪部落約 60 戶	由庄內經 154 縣道至林內國小	林內國小	徵調車輛為 吳為森 05-5893634 張如源 05-5897071 小甜甜幼稚園 055895202 李政雄 05-5895696	發電所水加強戒備	村長蘇文貴 05-5892061 0933568259 村幹事藍文徽 04-8796531 0939248218 鄰長何慎雄 05-5895201
林內鄉	林中村	1、2、3、4 鄰祭星及三興部落 350 人	由 154 縣道至林中國小	林中國小	1. 由村民自動發起車輛疏散 2. 由村辦公處徵調統一支配	雲 69、58 道路加強戒備	村長柯火犀 05-5892526 0935710862 村幹事林正中 05-5892138 鄰長黃英部 05-5892966
林內鄉	重興村	下厝部落約 650 人	由雲 154 縣道疏散至林中國小	林中國小	徵調村內各種運輸車輛協助疏散及由公所統一分配糧食	下厝兩座樑加強戒備	村長張玉山 05-5891251 0932-592943 村幹事鄒漢政 05-5892001 0927-757722 鄰長張坤炳 05-5891959
竹山鄉	桶頭里	沿河岸低窪地區住家約 50 戶 (150 人)	a. 內寮地區沿鯉魚南路至內寮活動中心 b. 桶頭地區由鯉魚南路至桶頭活動中心	a. 內寮區在內寮活動中心 b. 桶頭 2、3、4 林在桶頭活動中心	崩填時橋樑、道路有立即沖毀之可能，可利用 158 甲線後勤補給	瑞草橋，行正橋、吊橋加強戒備	村長張英語 049-711037 鄰長曾石柱 049-712317 紀華珍 049-711229 紀福朝 049-711556 049-711518

竹山鎮	瑞竹里	1. 住戶 2 戶 2. 養鴨戶及里內低窪地區住戶約 30 戶共約 148 人	沿農路經 149 線至瑞竹活動中心	a. 瑞竹活動中心 b. 瑞德巖	a. 疏散後之交通由竹山經福興里至瑞竹 b. 對外通訊聯絡中斷時，請撥用通訊器材連絡	149 線進竹山~瑞竹之 6K 及 10K 有崩山之可能，予以嚴加戒備	村長汪如永 049-711070 049-712090 0937-759070
竹山鎮	鯉魚里	沿河岸低窪地區之住戶	沿鯉行路至鯉魚國小	鯉魚國小	橋梁可能沖毀請以空中補給	龍門及鯉魚兩橋樑加強戒備	里長王上嘉 049-656840 0393-057640
竹山鎮	福興里	不知春及泉州寮 2 部落約 500 人	a. 不知春分兩路疏散，由大坑往柴寮山，另由茄苳產業道路往茄苳。 b. 泉州寮由大竹林往尚乘山天佛寺。	a. 不知春部落柴寮山及茄苳坑 b. 泉州部落中湖及天佛寺	由竹山沿 149 線運輸補給	149 縣道路加強戒備	里長江文見 049-712315 0933-499071 FAX049-712376
竹山鎮	德興里	沿岸低窪地區住戶約 30 戶	坑巷經鯉南路至德興巷	德興里集會所	由竹山至 149 線運輸補給	德興里境內 149 線公路加強戒備	里長陳萬盛 049-653614 049-642427 0935050125
竹山鎮	中崎里	全里住戶約 150 人含中和國校師生	由台 3 縣道路至中山里夜市空地	中山里夜市空地	協調國軍車輛協助並徵調里民運輸車參加運輸	南雲大橋及中和堤防加強戒備	里長曾遜堯 049-645967 0332-686573
竹山鎮	中和里	沿河岸低窪地區住戶 60 戶	a. 和溪厝及溪底沿前山路至竹山鎮市區 b. 冷水坑及枋寮沿枋坪巷至竹山圖書館	竹山圖書館	請竹山鎮公所獲上級單位予以協助補給	枋寮堤防加強警戒	里長曾坤源 049-640179 060-416437

第一階段緊急因應工程於 88 年 10 月 23 日完成，包括第一工區溢流水道堆築塊石及護坦整坡工、第二工區隔離土堤及防汛備石堆放、第三工區整坡消能工與攔沙壩填築等。第四河川局於 88 年 11 月完成緊急措施計畫書，內容包括--(1)資料蒐集與處理工作；(2)淹沒區警戒範圍之測定；(3)溢流水道及坡面整理：分二階段，第一階段包括上游段溢流水道、塊石鋪築、防災土堤、下游段溢流水道、靜水池、固床工、施工便道(含過水路面涵管埋設工程)。第二階段包括複式斷面修築、下游崩積土坡面消能處理；(4)監測、監視系統、警報系統；(5)攔砂壩建置及崩塌地防處理；(6)堰塞湖下游清水溪急需防洪工程；(7)緊急應變計畫：包括警戒區劃定、緊急疏散通報系統、潰壩前後戒備措施、防災措施；(8)對策評估：包括崩塌土體自然安定性之分析評估、溢流及沖刷機制評估、人為安定方法之可靠度及其成本概估、蓄水可利用性評估、安全性及經濟效益評估；(9)聘請國內外專家等。

## (二)細部調查評估與處置階段

在進行了相關之緊急處理措施後，經評估有必要進行更進一步之調查與分析。故對於崩塌土體自然安定性之分析評估、草嶺殘坡安定分析、草嶺坡再度崩坍影響評估、草嶺殘坡安全處理對策、溢流及沖刷機制評估、人為安定方法之可靠度及其成本概估、蓄水可利用性評估、堆高崩坍土體增加堰塞湖之庫容其工程可行性及效益評估、安全性及經濟效益評估等主題，水利署委託中興工程顧問公司於 89 年 4 月與 9 月分別評估完成並整理於”草嶺崩塌之處理對策評估”與”草嶺崩塌之處理對策評估(二)”等報告。而對於草嶺堰塞湖長期水資源利用可行性評估計畫，水利規劃試驗所擬定之評估項目與委託單位分別為：(1)草嶺潭堰塞湖長期水資源利用可行性評估(中興工程顧問公司)；(2)草嶺潭堰塞湖水資源運用分析(巨廷工程顧問公司)；(3)草嶺堰塞湖水工模型動床試驗及動床水理分析(交通大學)；(4)草嶺堰塞湖斷層追蹤與地震調查評估研究(交通大學)。上述報告均已完成並匯整為”草嶺堰塞湖長期水資源規劃總報

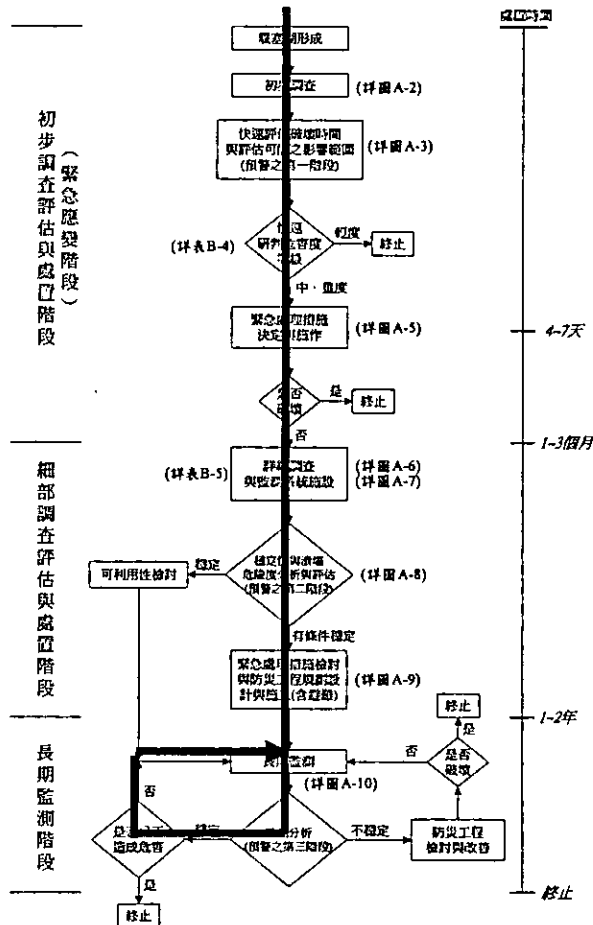
告”(91年5月)。

(三)長期監測階段

921地震後形成的草嶺潭堰塞湖，在緊急處置工程完工後，歷經89年洪水季，90年梅雨季，在桃芝、納莉颱風過後發生大量土石流，河水夾帶大量泥砂侵入堰塞湖而淤積。至91年5月堰塞湖內僅餘135萬立方公尺的蓄水量，蓄水深度約4.6公尺，至93年8月堰塞湖幾已被上游入侵土石所淤滿。湖水對下游雖已不會成災害，然預期堆積土石將會隨每年洪水作用而帶至清水溪下游河道及濁水溪後而淤積，將對下游設施造成影響，因此監測工作仍應持續進行。

(四)作業流程比對

以圖A-1堰塞湖形成後建議作業順序流程圖比對本災害之處置作為，其流程路線以粗線表示於附圖3。



附圖 4 以圖 A-1 建議作業順序流程圖比對 88 年草嶺潭堰塞湖處置作為

#### (五)作業時間檢討

依圖 A-1 之流程，對於各階段之處置時間，本研究建議之初步調查與快速評估研判之時程應最好不要超過 4~7 天，必要之緊急工程措施亦應配合評估結果在 1~3 個月內完成；細部調查評估與永久性工程措施宜在 1~2 年內完成；長期監測工作則俟堰塞湖消滅(如上游來砂將湖填滿)或破壞後始可終止。以上述之標準檢視草嶺潭堰塞湖之作業時間，初步調查與評估時程無法由既有資料研判，而緊急工程措施自 88 年 9 月 21 日發生後不久即開始施作，於 88 年 10 月 23 日已完成第一階段緊急因應工程，包括第一工區溢流水道堆築塊石及護坦整坡工、第二工區隔離土堤及防汛備石堆放、第三工區整坡消能工與攔沙壩填築等，費時約 1 個月，時間掌握良好。而後續之細部調查與永久性工程措施亦均在 1~2 年內完成，符合圖 A-1 流程之建議處置時程。



### 三、88 年九份二山堰塞湖

88 年九份二山堰塞湖案例之發生時間地點、基本資料與近況詳見附錄一說明。以下分別對照圖 A-1 之流程，以本案例說明作業要點如下：

#### (一)處理始末

由於 921 地震造成崁斗山順向坡面滑落形成了兩個堰塞湖，農委會水保局自接獲上級指示處理九份二山相關整治工程，由第三工程所積極展開後續處理工程，於 921 後的兩週，緊急執行「澀子坑崩坍地緊急排水道工程」，設置排水道設施，以因應不時排水之需，並於 88 年 9 月 28 日起監測九份二山堰塞湖水位監測；接著地方政府為挖掘受掩埋之遺骸，在現地多處可能掩埋地點進行長達兩個月的挖土機作業，整治工程遂配合停止，以便善後工作之進行，俟挖掘救難工作告一段落即辦理堰塞湖溢洪道開設工程，並於 88 年 12 月 14 日完工。水土保持局規劃在堆積土體下游中興橋前的位置，設置攔砂設施，並於 89 年 5 月 12 日發包施工，於 89 年 12 月 8 日完成。89 年 5 月 14 日水土保持局會同南投縣政府、國姓鄉公所共同辦理「九份二山土石流危險區防災疏散演練」示範。為加強崩塌土體的保護，積極進行植生綠化的工作，於亟須植生的坡面進行人工播種，已大致完成 75 公頃的綠化，可望於沖蝕保護上發揮功能。另外並持續進行原排水道工程的砌大塊石保護渠道底面保護工程，以加強排水能力及防止淘刷。對於崩塌的土體進行了堆積體內深坑整平的緊急處理工程，改善其地表排水系統，以減少入滲地下積水的威脅。並且在崩塌土體的最下游面，進行載重壓坡趾的工作，以貨櫃裝填現地材料，組裝連結成重力填於坡面最底部，以供後方填築載重排水過濾材料，提供重量壓住坡趾，並得以安全排水的功能。

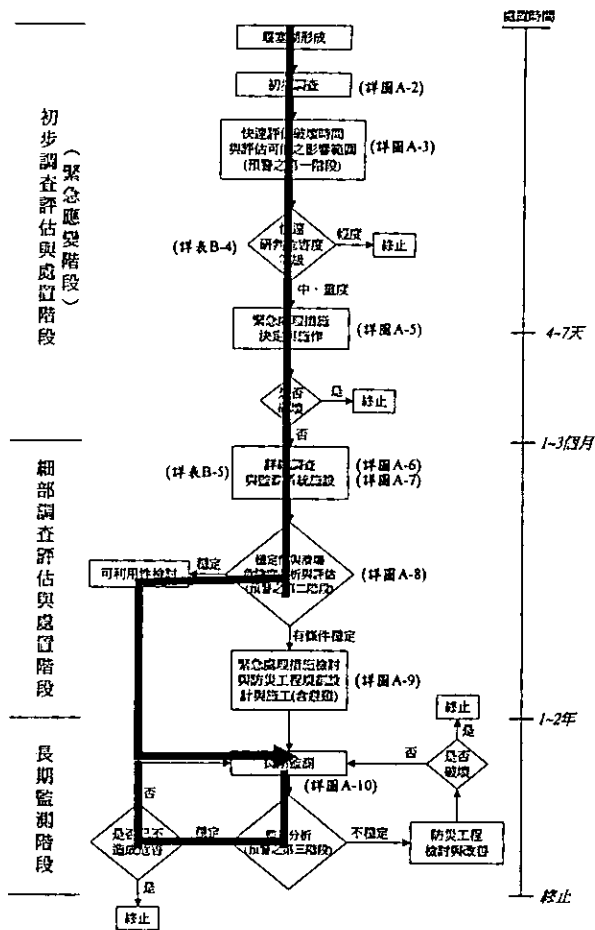
至於調查與分析工作，水土保持局委託國立中興大學辦理九份二山水土保持整體規劃工作，並於 90 年 6 月底完成並整理於”九

份二山堰塞湖規劃及防災演練計畫”。規劃內容包括集水區域與崩塌地現況分析、潰壩災害分析及影響範圍、二維水工模型試驗、治理對策研提、防災與疏散計畫等。

為整合震災堰塞湖災害治理工作，經行政院九二一震災後重建推動委員會召開兩次會議，會議決議為堰塞湖及崩塌地處理工作由水土保持局移由經濟部水利署辦理，而「九份二山整體水土保持規劃」、中興橋上方防砂壩工程及金瓜寮農路修復工程仍由水土保持局繼續辦理。

經濟部水利署第三河川局已依照上述會議決議辦理九份二山堰塞湖溢流道降挖工程與地面排水工程並施作完畢。而水土保持局現正依據南投縣國姓鄉公所委託台灣大學建築與城鄉研究發展基金會所完成之「九份二山震災地紀念園區整規劃」報告書之建議，將園區內約二百四十三·三公頃之現有崩塌區、現有崩塌淤積區、潛在崩塌區及堰塞湖淹沒區滿水位線起算至水平距離三十公尺範圍內土地辦理徵收及撥用等處理作業中。

有關九份二山堰塞湖近況，依據水利署第三河川局執行降水工程，挖深溢流道 8m 後，其重測地形圖與推估(90 年 3 月)結果顯示，韭菜湖溪堰塞湖溢流口高程為 576m，最大蓄水容量約為 52 萬  $m^3$ ，其湖表面則為 36,848  $m^2$ ，澀仔坑溪堰塞湖溢流口高程則為 570m，最大蓄水容量 77 萬  $m^3$ ，其湖表面為 52,206  $m^2$ ，此為實測結果。



附圖 5 以圖 A-1 建議作業順序流程圖比對 88 年九份二山堰塞湖處置作為 (二) 作業時間檢討

依圖 A-1 之流程，對於各階段之處置時間，本研究建議之初步調查與快速評估研判之時程應最好不要超過 4~7 天，必要之緊急工程措施亦應配合評估結果在 1~3 個月內完成；細部調查評估與永久性工程措施宜在 1~2 年內完成；長期監測工作則俟堰塞湖消滅(如上游來砂將湖填滿)或破壞後始可終止。以上述之標準檢視九份二山堰塞湖之作業時間，初步調查與評估時程無法由既有資料研判，而緊急工程措施由水土保持局第三工程所自 921 後兩週內即緊急執行「澗子坑崩坍地緊急排水道工程，設置寬 20 公尺高 2 公尺之排水道以因應不時排水之需，並於 88 年 9 月 28 日起監測九份二山堰塞湖水位監測；接著地方政府為挖掘受掩埋之遺骸，在現地多處可能掩埋地點進行長達兩個月的挖土機作業，整治工程遂配合停止，以便善後工作之進行，俟挖掘

救難工作告一段落即辦理堰塞湖溢洪道開設工程，並於 88 年 12 月 14 日完工。上述工作在形成堰塞湖 3 個月內完成，符合本手冊建議內容。

後續之細部調查與永久性工程措施亦均在 1~2 年內完成，亦符合圖 A-1 流程之建議處置時程。

## 附錄三 水災災害防救業務計畫

# 附錄三 水災災害防救業務計畫

中華民國九十一年二月二十六日 經研字第○九一○○○二六四二○號函頒

## 第一篇 總則

經濟部（以下簡稱本部）依「災害防救法」第三條第二款規定為水災中央災害防救業務主管機關，並由本部水利處負責該項水災災害防救各級相關行政機關及公共事業執行各項水災災害預防、緊急應變措施及災後復原重建等工作。本部水利處依據「災害防救法」第十九條第二項規定，並參照「災害防救基本計畫」（以下簡稱基本計畫）相關內容，訂定「水災災害防救業務計畫」（以下簡稱本計畫），並報奉中央災害防救會報於九十年月日核定後實施。

### 一、計畫概述

#### （一）計畫目標

本計畫係針對颱風、豪雨等天然災害所造成水災災害之防救需要而擬定，目的為健全水災之災害防救體系，強化災害之預防、災害發生時之緊急應變及災後之復原重建措施，有效執行防汛檢查、災害搶救、事故處理、災情勘察以及善後處置、復建等相關事宜，提升本部及所屬各單位對於災害及重大事故之應變能力，減輕災害及事故損失，由本部水利處擬訂本計畫，提供各直轄市、縣(市)政府、鄉(鎮、市)公所擬訂地區災害防救計畫及相關行政機關(單位)執行水災災害防救事務之依據，以提升全民災害防救意識、減輕災害損失、保障全民生命財產安全。

#### （二）構成及內容

本計畫計包括總則、災害預防、災害緊急應變、災後復原重建及其它相關規定等五項；其主要內容為災害預防、災害緊急應變、災後復原重建相關事項，將本部等中央相關機關及各直轄市、縣(市)政府、鄉(鎮、市)公所等應辦理事項或施行措施詳列說明。

### (三) 與其他計畫間之關係

本計畫與「災害防救法」規定之各防災計畫關係分述如下：

#### 1. 災害防救基本計畫：

係行政院災害防救委員會擬定，為針對全國災害防救施政之整體性、長期性、指導性之綱要計畫。

本計畫即依據該基本計畫所訂各階段防救災工作的基本方針或規範所研擬。

#### 2. 災害防救業務計畫：

由中央災害防救業務主管機關及各公共事業擬定，係對所管業務或事務訂定之各項災害防救相關措施，屬於單一業務需求導向，為各層級政府相同業務主管機關縱向貫徹執行災害防救業務之短、中期計畫，每年必需進行檢討與修正，並作為地區災害防救計畫相關項目之制定基礎。

本部為水災災害防救之中央災害防救業務主管機關，本計畫與內政部、交通部、行政院農業委員會及行政院環境保護署等單位所擬訂之各類災害防救業務計畫為平行位階之互補計畫。

#### 3. 地區災害防救計畫：

由各直轄市、縣(市)政府災害防救會報執行單位及鄉(鎮、市)公所擬定。針對某一區域(縣市或鄉鎮市區)為範圍，配合其地區資料，參考災害特性，並依據災害防救業務計畫，整合訂出該區域內相關機關應執行之各項災害措施或事項所制定之計畫。

本計畫為各級地方政府地區災害防救計畫之上位指導計畫，計畫所列相關機關應辦理事項，於地方政府擬訂地區災害防救計畫水災部分，亦應列入由相對應機關(單位)落實執行，以健全水災整體災害防救機制。

## 二、水災特性、可能衍生災害及認定

### (一) 水災特性：

台灣地區水文情況特殊，河川坡陡流短，自上游降雨至下游匯流不過數個小時，每逢颱風或豪雨，輒易造成洪災，洪水亦往往是毫無預警的突然來襲，在台灣之天然災害中，洪水災害為最頻仍，一次又一次的肆虐，造成一次又一次生命財產的嚴重損失。影響水災災害的因素繁多，可歸納成自然因素（如颱風、豪雨等）及人為因素（如不當的山坡地開發等）兩大類。然而就學理的觀點而言，災害並非如此單純，其發生及災情具有下列特性：

1.空間性：災害的發生或是災情的嚴重程度，常因空間條件的不同而有差異。例如同樣強度的豪雨在有排水設施的地區，所造成災情必然會較未設排水設施者為輕；又如相同規模且同一方法施工的道路，通過不同地質條件的山區，在一陣豪雨之後，也會引起不同的災情。

2.時間性：相同條件的災害發生於不同時間，其所造成的災情可能很不相同。例如同一點同一規模的洪水，發生在白天所可能造成的損失必然會較發生在深夜者少。

3.連鎖性：災害並非個別發生且立即結束，不同地點發生的災害會相互影響，甚至波及、擴大而形成連鎖性的災害。這種特性在現代資訊、交通等網路系統愈發達的社會，愈容易突顯出來。例如，水災時發生路基崩塌而致交通中斷，則其引起之損失絕不是侷限於受災地點的交通問題，而可能影響鐵路或公路系統的整體運輸，連帶造成因運輸停止帶來的經濟活動關聯的許多問題。

4.累積性：雖然災害的發生常常突然而來，但其所造成的大多數災情卻是長年累積的因素所形成的。例如颱風豪雨等災害都是臨時來襲，令人措手不及，但若平時能夠注意防範，講求耐震或防洪措施，那麼即使突遭侵襲，其災害程度將會大幅減輕。

5.複雜性：災害的形成非常複雜，同樣規模的災因可能由於種種人為因素差異而導致不同度的損害程度。例如市區排水，除了設計頻率年之考量外，若疏於疏濬維護，常於規模不很大的豪



雨發生時，加上可能的大潮等因素，而造成嚴重的淹水問題。

6.複合性：由於災害具備了上述五個特性，災情的形成可能會是複合的，亦即災害經常不是單一的呈現，而是不同災情的綜合，這在大規模震災或水災時極易顯現。例如重大水災發生後，由於飲用水受到污染，可能引發傳染流行病，而致人畜大量死亡。

#### (二) 水災可能衍生災害：

水災成因，可能由於雨量太大、地形低窪、土地利用不當、河川短促急流或排水設施不佳等因素所促成，致低窪地區淹水、房屋、道路、橋樑遭沖毀及山坡地土石流等，而水災後常發生傳染性疾病，如痢疾、霍亂。

#### (三) 水災災害認定：

水災災害的認定可依據「水災公用氣體與油料管線輸電線路災害救助種類及標準」第二條之規定：「水災災害係指因中央氣象局發布豪雨特報或颱風警報造成淹水達五〇公分以上之災害為限。」予以認定。

#### (四) 水災災害潛勢模擬、災害損失評估：

水災災害，可能由於雨量太大、地形低窪、土地利用不當、河川短促急流或排水設施不佳等因素所促成，其成因常互加，以致災害往往複雜且超乎想像，因此，除需掌握歷史淹水資料外，更需辦理下列各項：對災害境況之模擬、災害規模之設定、淹水潛勢模擬及災害損失評估。在上述各項之基礎下，另需製作水災災害之防災地圖與資料，提供作為各項防災資訊。

### 三、計畫之訂定實施程序

本計畫由本部水利處研擬初稿，並請相關機關(構)提供意見後，報請行政院災害防救委員會核轉中央災害防救會報核定後實施，各相關機關(單位)應依計畫內容切實辦理。

### 四、計畫檢討修正之期程與時機

依據災害防救法施行細則第八條規定，本部應每二年依災害防救基本計畫，對於相關災害預防、災害緊急應變及災後復原重建事

項等進行勘查、評估，檢討水災災害防救業務計畫；必要時，得隨時修正。

## 第二篇 災害預防

災害預防包含減災及整備等防救措施，目的為減少因自然因素造成之災害及禁止人為破壞國土之行為，並事先擬定災害應變計畫及加強災變時之反應作為，措施如下：

### 第一章 減災

#### 第一節 整備國土保全設施

一、訂定有關綜合性發展計畫，充分考量颱風、豪（大）雨及沿海暴潮所造成淹水、土地流失、坡地崩塌、土石流等災害之防範，以有效保護國土及民眾之安全。（經濟部、內政部、行政院農業委員會、行政院原住民委員會）

二、計畫性推動治山、防洪、排水、坡地及農田防災等措施之整備，並持續造林防止山坡地災害。（地方政府、經濟部、內政部、行政院農業委員會）

三、針對淹水、海岸溢淹、坡地災害等危險區域，進行災害潛勢及危險度分析，並採取必要因應措施。（地方政府、經濟部、內政部、行政院農業委員會）

四、致力於水災的土地規劃利用；河川、堤防及抽排水設施的整備；在土石流、土地流失、坡地災害等危險地區，採取有效防治措施並設置預警系統。（地方政府、經濟部、內政部、行政院農業委員會）

五、為防治地層下陷，應限制地下水之抽取，並促進農、漁、工業與民生用水之建設；為防止地層下陷而淹水，應有整修堤防及抽排水設施等管理因應對策。（地方政府、經濟部、內政部）

六、積極整備供避難路線、避難場所及防災據點使用之都市基礎設施。（地方政府、經濟部、內政部、教育部）

七、推動供弱勢族群使用的醫院、老人安養中心等場所之防災整

備。(地方政府、行政院衛生署、行政院公共工程委員會、行政院原住民委員會)

## 第二節 確保防災工程設施

在汛期為確保水利各項建造物能於颱風、豪雨期間發揮防汛功能，以減少水患。依「水利建造物安全檢查辦法」第四條「為執行本辦法有關水利建造物之安全檢查事項，各級主管機關得設置水利建造物安全檢查督導小組，其設置要點由各級主管機關另定之」。

在每年汛期前各級主管機關就其所轄河堤、海堤、排水及水門等水利建造物，辦理初(複)檢查後再由督導小組進行抽檢(抽檢數目由各級主管機關另訂之)，並就其抽檢缺失督導改善。

以上所稱水利建造物係指下列建造物：

- ◎河防建造物：指堤防、防洪牆、護岸、防水門及其附屬建造物。
- ◎禦潮建造物：指海堤、防潮堤及防潮閘等。
- ◎其他建造物：指與河防有關之閘門、抽水站及取水工等。

### 一、安全檢查及檢討

水利建造物現況安全檢查資料庫建檔，掌握水利建造物受損區域位置和地質構造因素之互制性影響，統計分析其受損或破壞主誘因，以利現有防災工程之補強工作及後續防災工程之規劃設計。(地方政府、經濟部)

檢討各項防災工程設施之功能與成效，俾作為工程規劃設計時之參考。推動辦理水災防救工程試驗規劃研究相關計畫。(地方政府、經濟部)

### 二、確保工程品質

加強暨提高水利建造物工程設施之品質，持續推動辦理各級政府工程品質管制及工程品質抽驗工作。(地方政府、行政院公共工程委員會、經濟部)

### 第三節 防災教育

目前台灣在防洪教育方面之宣導，遠不如消防或地震因應等方面之宣導，實有必要加強規劃。在過往的印象裡，一項新政策推動常常無法真正落實到所預定的對象中，以致成效不彰，最後此一政策可能只好落入形同虛設的命運了。為避免慘遭相同命運，在進行非工程防洪措施教育宣導設計之前，先擬出下列防洪措施教育宣導之近、遠期目標：

#### 一、近期目標（1—2年）（經濟部、行政院新聞局、教育部）

- （一）政府高層及民眾對水災成因、種類及特性皆有基本認識。
- （二）政府高層及民眾對「工程防洪措施」的極限之認清。
- （三）政府高層及民眾對「非工程防洪措施」的初步瞭解。

#### 二、遠期目標（3—5年）（經濟部、行政院新聞局、教育部）

- （一）讓「非工程防洪措施」成為全民上下眾所皆知，並重視實施非工程防洪措施的必要性。
- （二）讓「防洪教育」工作根植學校，達到防洪宣導之「永續」與「普及化」目的。
- （三）促使政府於全台各項「非工程防洪措施」之實施，由深而廣而專業化，順利推行。
- （四）政府高層及民眾均能熟悉並透過非工程防洪措施，以減低洪災所帶來的損失。
- （五）不定期將對各項非工程防洪措施之評估、修正結果，隨時透過各種管道告知政府相關單位及民眾，幫助及鼓勵他們進行各項配合動作或投入參與。

適當的宣導設計，可以使洪氾區居民體認洪水的突發性與發生地區的不可預測性，是人類可以設法降低災害程度卻無法完全避免的自然災害。宣導教育也能使社會大眾與政府高層共同重視解決水災問題，並尋求可行的解決途徑，達成確實建立重視水災之民意基礎的目標。（教育宣導之實施步驟架構圖如附件一）

#### 第四節 防災訓練、演習

依據台灣省河川管理規則第廿二條及第廿三條之規定，防汛期間（每年五月一日至十一月卅日）縣（市）管理機關，應輔導鄉（鎮、市、區）公所所轄河川範圍，分別組織防汛搶險隊。搶險隊編組完成後，每年度少應辦理防汛、搶險技術演練一次。（地方政府、經濟部、內政部、國防部、教育部、法務部、交通部、行政院新聞局、行政院衛生署、行政院環境保護署、行政院海岸巡防署、行政院國家科學委員會、行政院研究發展考核委員會、行政院農業委員會、行政院公共工程委員會、行政院原住民委員會）

##### 防災演習計畫內容

為達成水災宣導工作，有效推展水災教育，除了平時灌輸民眾正確的水災防救知識，加強水災搶修(險)及緊急救災演練是很重要的工作。所謂多一分準備，少一分損失，預防措施做得好，水災損失自然少。

由歷年多次水災經驗，結合各水利相關機關(構)之救災能力，統一指揮，分項演練，發展適合各地區性質之救災方式，才能發揮救災功效，使水災發生時能迅速將人民生命、財產之損失降至最低。

防災演習應視同模擬作戰之沙盤推演，為使演習之流程順暢及避免疏漏，地方政府應依地方水災特性擬訂防災演習計畫，計畫中各項工作可參考附件二內容依實際所需修正研擬。

#### 第五節 災害防救經費

各級政府應依據「災害防救法」第四十三條編列災害防救經費，其額度至少為年度建設經費之百分之二，以因應災害應變及災害緊急搶修所需經費。災害防救經費不敷使用時，應視需要情形調整當年度收支移緩濟急支應。

#### 第六節 洪水預警業務

洪水來臨時，洪水預報工作應有組織的、持續的、迅速的、高

效率的進行下列步驟：

一、與中央氣象局保持密切聯繫，連線取得氣象資料及衛星雲圖，隨時掌握氣象狀況。

二、執行洪水預報演算：通常執行套裝之預報軟體，作下列預報計算：

- (一) 收集流域內所觀測之雨量、水位及流量。若有漏測，必要時應補遺。
- (二) 預測流域內未來的雨量變化趨勢。
- (三) 進行流域降雨逕流 (rainfall-runoff) 計算，預報河道上游水位流量站之流量，流域內若建有水庫並預報水庫入流量。
- (四) 配合水庫操作運轉規則，預報未來水庫洩洪量。
- (五) 依據各集水分區出流點之逕流量及上述水庫洩洪量計算水庫及下游河道未來的水位變化量。
- (六) 按照實際需要進行河川各水位站之洪水位預報演算。
- (七) 視河川水位變化趨勢研擬洪水通告或洪水警報文。

三、將洪水通告或警報文以預定通報傳達系統，通報至有關機關或利用媒體通知河川沿岸居民。

為使得在洪水時期能順利進行上述工作，平時應對各項工作進行內容的調查與作業方式檢討，妥善維護觀測通訊設施，必要時可修改洪水預報方式及相關圖表，定期召開防汛聯絡會議，通報系統亦應隨時保持通暢，務必建立並保持萬全的準備。

## 第二章 搶險修制度之建立

### 第一節 法規依據與執行單位

依據災害防救法第二十七條規定，各級政府及相關公共事業應實施災害應變措施，其實施項目共有十六項，其中包含第二項防汛之應變措施及第十一項水利災害之搶修。另依據本部水利處天然災害緊急工程處理要點對於搶險修之定義為：

一、搶險：指因天然災害致使水利設施發生損壞或已發生險象，為防止損壞險象擴大所作之緊急搶救措施。

二、搶修：指天然災害之威脅已減退，為免水利設施尚未修復、重建前，災害再次發生或擴大所作之緊急搶修措施。

台灣省河川管理規則規定管理機關在中央為經濟部水利處，在縣(市)為縣(市)政府。並依第六條規定，防汛、搶險由縣(市)管理機關辦理，但中央管河川應由中央管理機關協同辦理。另依台灣省河川管理規則第二十二條及二十三條規定，河川堤防、防洪牆、護岸之搶險跨及二鄉(鎮、市、區)以上時，由縣(市)管理機關指揮；跨及二縣(市)以上時，由中央管理機關指揮。遇緊急情況時應由鄉(鎮、市、區)公所或縣(市)管理機關密切聯繫先行搶險；搶險人員不足時，得商請鄰近搶險隊或當地軍警協助之。

## 第二節 汛期前檢查及應變器材準備及徵用

防汛期為每年五月一日至十一月三十日，依據台灣省河川管理規則第十八條之規定，管理機關對轄區內各河川，應於每年三月間會同有關機關詳實普遍檢查，其檢查項目包括流水變化情勢、河防建造物損壞情形及應予加強或改善之措施、堤防附屬建造物沿河進水閘、各圳渠閘門等之開閉效能靈活程度及妨害河川防護或危害河防安全之使用行為。為加強河川水利建造物之安全檢查及維護管理，特定有水利建造物安全檢查辦法。

另為確保海堤完整，維護海岸及人民生命財產安全，依台灣省海堤管理規則第十七條規定，中央管理機關應於每年三月前確實辦理海堤安全年度總檢查。其檢查項目包括海岸地形變化及浪潮衝擊情形、海堤堤身效能狀況、海堤損害後修復情形、防汛搶險之各種器材、物料儲備情形等。

另依台灣省河川管理規則第二十六條，縣(市)管理機關應沿堤防於每一鄉(鎮、市、區)設置防汛搶險器材儲藏所一處以上，中央管河川之地點由縣(市)管理機關會同水利處所屬河川局查勘決定。前

項儲藏所應備之搶險工具、材料及其他用品，應由管理機關摘要購置，分發鄉(鎮、市、區)公所妥為保管，並列入交代。縣(市)政府及鄉(鎮、市、區)公所應購置下列器材備用：

- 一、防水車輛。
- 二、塑膠舟、舷外機(船外機)。
- 三、橡皮艇、竹筏。
- 四、救生衣(圈)。
- 五、照明器材。
- 六、繩索。
- 七、無線電對話機及播音器。
- 八、其他救生救災器材。

另依第二十八條規定，管理機關應於每年防汛期前完成下列工作：

- 一、防汛搶險所需之土石料或混凝土塊。
- 二、防汛搶險所需之各種器材應預為調查登記，俾搶險時使用及收購。
- 三、預洽重型機械廠商配合調度。
- 四、轄區內之防汛搶險計畫及搶險人員之配置。

地方政府應建立前述各項器材現有數量、機械配置情形之資訊，並充分掌握緊急徵用方法。

### 第三節 警戒水位及防汛演習

每一河川重要河段之警戒水位係由管理機關訂定並公告。管理機關應就有關河川警戒注意事項請鄉(鎮、市、區)公所廣為宣傳。主管機關在中央為經濟部，在縣(市)為縣(市)政府。

縣(市)政府應於每年四月底前舉行搶險隊防汛、搶險研習會或辦理示範演習，並在防汛期間輔導鄉(鎮、市、區)公所所轄河川範圍，分局組織防汛搶險隊；搶險隊編組完成後，每年度最少應辦理防汛、搶險技術演練一次，演練時，應報請該管縣(市)政府及通知本部水利處當地河川局派員指導。



## 第三章 整備

### 第一節 應變機制之建立

由於天然所造成水災均具地理特性，及有相當程度之可預測性，水利設施之營運管理，將可依此特性，在防災準備工作上，預先規劃災變處理原則及程序，及建立可用於災害搶救資源之資料庫，以備災變發生時，能在第一時間搶救水災，讓災變損害減至最小。依此原則，事前水災災害防救應變計畫之擬訂、救援資源資料庫及災情通報系統之建立，以及依應變計畫進行水災災害防救準備，各水災相關機關(構)應建立下列數項機制。

- 一、各級政府應擬定水災災害防救應變體系、建立水災災害防救緊急應變程序及水災防救業務權責區分原則、災害防救應變組織及防災訓練演練。
- 二、各級政府應建立水災防災基本資料庫。
- 三、各級政府應建立水災災變通報系統及流程：
  - (一) 水災災情查報系統。
  - (二) 緊急通報通訊系統。
- 四、各級政府應建立水災災害防救資源資料庫以供資源調度與應用：
  - (一) 災搶救資料庫系統之建構原則。
  - (二) 水災災害防救動員制度之研擬。
- 五、地方政府對水災潛勢區應事先訂定警戒避難準則，中央災害業務主管機關必要時應主動指導及協助地方政府研擬相關內容。
- 六、各級政府應建置搜救組織以支援人命搜救。
- 七、各級政府與國軍應依有關規定訂定相互支援協定，規定派遣的程序、聯繫的方法及聯絡的對象，平時加強聯繫，並共同實施演習
- 八、各級政府及相關公共事業應加強災害應變中心(小組)設施、設備之充實及耐風災、水災之措施；且應考慮食物、飲用水等供給困難時之調度機制，並應確保停電時也能繼續正常運作。

- 九、各級政府應與全民防衛動員準備體系保持聯繫，辦理災害防救、應變及召集事項之準備。
- 十、各級政府及相關公共事業應訂定緊急動員計畫，明定執行災害應變人員緊急聯絡方法、集合方式、集中地點、任務分配、作業流程及注意事項等，模擬各種狀況定期實施演練

## 第二節 災情蒐集、通報與分析應用

### 一、災情蒐集、通報體制之建立

- (一) 交通部應充實監測颱風、豪（大）雨等劇烈天氣所需之設備與通報設施；本部應充實監測河川水位、淹水等水文資料所需之設備與水情通報設施。
- (二) 本部應與各級政府共同建立傳遞災害預報與警報資訊之機制。
- (三) 各級政府及相關公共事業應建立多元化災情通報管道，並建立各機關間災情蒐集及通報聯繫體制。
- (四) 各級政府及相關公共事業應建立災害現場蒐集通報機制，視需要整備飛機、直昇機、遠距攝影及衛星影像系統等之運用。
- (五) 各級政府應視需要規劃衛星通訊、資訊網路、無線通訊等設施之運用，以蒐集來自民間企業、傳播媒體及民眾等多方面之災情。

### 二、通訊設施之確保

- (一) 各級政府及相關公共事業為確保災害時通訊之暢通，應視需要規劃通訊系統停電、損壞替代方案、通訊線路數位化、多元化、CATV 電纜地下化、有線、無線、衛星傳輸對策。
- (二) 各級政府應定期辦理通訊設施檢查、測試、操作訓練，並模擬斷訊或大量使用時之應變作為。
- (三) 各級政府應建構防災通訊網路，以確保將災害現場的資料傳達給各級災害應變中心及防災有關機關。
- (四) 各級政府應視需要規劃民眾行動電話、無線電系統，於災害發生時之運作模式。

### 三、災情分析應用

各級政府平時應蒐集防災有關資訊，建置災害防救資訊系統，並透過網路及各種資訊傳播管道，供民眾參考查閱。

### 第三節 搜救及緊急醫療救護

一、各級政府平時應整備各種災害搜救及緊急醫療救護所需之裝備、器材及資源。

二、各級政府應整備災時的緊急醫療救護體系，訂定救護指揮與醫療機構及各醫療機構間之通報程序，規範處理大量傷患時醫護人員之任務分工，並定期實施演練。

### 第四節 緊急運送

一、地方政府為辦理災害應變之緊急運送，應規劃運送設施(道路、港灣、機場等)、運送據點(車站、市場等)與有關替代方案。此外對運送系統應考量其防災之安全性，且應協同有關機關建立緊急運送網路，並周知有關機關。

二、地方政府應事先與有關機關協議規劃直昇機之備用場地，作為緊急運送網路，並公告周知。

三、交通管理機關應儘量確保交通號誌、資訊看板等道路設施於災害中之安全，並規劃災時道路交通管制措施。

四、各級政府及相關公共事業應整備災害發生後進行道路障礙物移除及緊急修復所需人員、器材及設備，並與營建維修業者訂定支援協定。

五、各級政府與公共事業應事先與運輸業者訂定協議，以便順利緊急運送。

### 第五節 避難收容

一、地方政府應考量災害、人口分布、地形狀況，事先指定適當地點作為災民避難場所、避難路線，宣導民眾周知，並定期動員

居民進行防災演練，對老人、幼童、身心障礙等弱勢族群應優先協助。

二、地方政府應在避難場所或其附近設置儲水槽、臨時廁所及傳達資訊與聯絡之電信通訊設施；並應規劃食物、飲用水、藥品醫材、炊事用具之儲備。

三、地方政府應訂定有關避難場所使用管理須知，並宣導民眾周知。

四、各級政府應掌握搭建臨時收容所所需物資之供應量，並事先建立調度、供應體制。

五、各級政府應事先調查可供搭建臨時收容所之用地。

## 第六節 食物、飲用水及生活必需品之調度、供應

一、地方政府應推估大規模水災時，所需食物、飲用水與生活必需品之種類、數量，並訂定調度與供應計畫；計畫中應考慮儲備地點適當性、儲備方式完善性、儲備建築物安全性等因素。

二、各級政府應整備食物、飲用水、藥品醫材、生活必需品及電信通訊設施之儲備與調度事宜。

## 第七節 設施、設備之緊急復原

一、各級政府及相關公共事業應推估所管設施、設備與維生管線之可能災損，事先整備緊急復原及供應之措施，並與相關業者訂定支援協定。

二、防洪排水有關公共設施之管理機關，應確保水庫、抽水站、水門等設施之正常操作，訂定操作作業手冊，並加強相關專業人才之培育；此外應有緊急調度或儲備有關裝備之措施。

## 第八節 提供受災民眾災情資訊

一、各級政府應對受災民眾傳達災害處理過程，建置、強化資訊傳遞設施，提供完整之資訊予受災民眾。

二、各級政府及相關公共事業，應強化並維護其資訊傳播系統及通訊設施、設備，以便迅速傳達相關災害的資訊，並對受災民眾提供生活資訊。

三、各級政府及公共事業，應事先規劃因應民眾需求之防災諮詢服務。

## 第九節 二次災害之防止

各級政府及相關公共事業應充實與維護必要的裝備、器材及災害監測器具，以防止二次災害之發生。

## 第十節 災害防救相關機關之演習、訓練

一、各級政府及公共事業應密切聯繫，模擬大規模水災實施演習、訓練。

二、各級政府應視需要規劃跨縣市災害緊急應變對策之訓練。

三、地方政府及公共事業應與國軍、社區災害防救團體、民間災害防救志願組織、企業等密切聯繫，並實施演練。

四、各級政府及公共事業辦理災害防救演練時，應模擬各種水災狀況，以強化應變處置能力，並於演練後檢討評估，供作災害防救之參考。

## 第十一節 災後復原重建

一、各級政府及相關公共事業應事先整備各種資料的整理與保全（地籍、建築物、權利關係、設施、地下埋設物、不動產登記等資料與測量圖面、資訊圖面等資料之保存及其支援系統），以順利推動復原重建。

二、公共設施管理機關應事先整備所管重要設施之建築圖、基地、地盤等有關資料，並複製另存，以利災後復原。

## 第四章 民眾防災教育訓練及宣導

### 第一節 防災意識之提昇

各級政府應蒐集與水災之相關資訊，及以往發生災害事例，研擬災害防救對策，依地區災害潛勢特性與季節發生狀況，訂定各種災害防救教育宣導實施計畫，分階段執行；並定期檢討，以強化民眾防災觀念，建立自保自救及救人之基本防災理念。

### 第二節 防災知識之推廣

一、各級政府應進行風災與水災潛勢、危險度及境況模擬之調查分析，適時告知民眾準備緊急民生用品及攜帶品，並教導災時應採取的緊急應變及避難行動等防災知識。

二、教育部及地方政府應推動各級學校從事防災知識教育。

三、防洪措施教育宣導內容

一般民眾除非親身經歷過洪水的嚴重侵害，或是在這方面的專業人士，否則很少人會對洪水成因、特性、種類的認識有所重視。另外，對於有效的防洪措施運用方面，瞭解的人更是少數。若能先從基礎認識開始，以正確態度參與防洪準備，深信我們仍可在「禍」與「福」之間作出智慧的選擇！

#### (一) 工程防洪措施功能之極限

傳統的防洪策略都採用興建水壩、水庫、堤防、圍堤、防洪牆、疏洪道等限制洪水的工程設施。國內外專業人員多年防洪經驗的結論顯示，這些工程手段非但不能根除洪水問題，反而常會為其所保護的地區在有洪水災害時而造成更大的損失。

工程手段常給人造成一種安全的假象，讓居民總認為從此可以一勞永逸地免除禍患。同時由於這些工程計畫都屬於政府之公共建設，造成居民在觀念上的偏差，認為防洪工作完全是政府的責任，養成完全依賴工程、依賴政府的心態。

#### (二) 非工程防洪措施的概念

所謂「非工程防洪措施」，有別於傳統硬體結構，諸如水壩、河堤、海堤設施等方式，而採用法規、洪水平原土地徵收、資料庫建立、洪水保險、洪水預警系統及應變措施、教育宣導...等方法，來達到減低災損之目的。它是含蓋在整個洪水平原管理的架構之下，且佔了絕大部份，並與硬體工程防洪措施配合，形成一套經整體性規劃後之洪水平原管理工具。

為作好台灣地區洪水平原全面性的管理，就必須同時著重防洪與保育。前者主要在於防洪策略的應用，以使洪災損失減至最低；後者則在於資源之適當使用，以期達到資源永續利用之目標。我們依土地使用性質、特徵上的不同，透過洪水平原空間利用的手段來進行規劃與管制，以防止土地的不當開發及超限利用，亦兼顧環境與資源保護功能，且可減低洪災發生所可能帶來之損失與生命傷害。在非工程防洪措施的功能中，「防洪」與「保育」功能都包含其內，相信在各項措施的實施之下，可有效地達到洪水平原的管理目標。而社會大眾的參與配合，亦會因著它而生命財產受到一種無形的保護。

### (三) 非工程防洪措施於洪水風險的功能

洪水亦如其它天災，若能在事先從事預防工作，災害可以大幅降低。非工程防洪措施無論在事先的預防或是災後的救災與復建上，都有極重要的功能。其功能有：

- 1.促使社會大眾平時即能注意並認識洪水災害的特性，能在水災發生時知道如何採取適當應變措施，並能保護防洪設施。

- 2.能即時有效提供防洪資訊，使機關團體及民眾有所警戒與防範，減輕洪災損失。水災發生時，提供災情相關資訊之回報與通訊網路，以利人員調度搶救及支援。

- 3.能提供較具體的洪水平原空間利用整體規劃，對洪水平原加以有效管理，避免災害造成的損失，同時兼顧環境與資源保護。

- 4.透過洪災保險可以分擔政府對受災居民之補助，居民的損失也可以獲得充份的補償；此外，若能避免在洪氾區不當的開發，政

府每年耗資在河川治理工程的興建與維修將可減低。

### 第三節 防災訓練之實施

一、各級政府及相關公共事業應透過防災週等活動，實施防災訓練。

二、地方政府應事先模擬風災與水災發生之狀況與災害應變措施，定期與相關機關所屬人員、居民、團體、公司、廠場等共同參與訓練及演習。對高齡者、身心障礙者、嬰幼兒及外國人等災害避難弱勢族群，應規劃實施特殊防災訓練。

#### 三、有效宣導管道

因水災之防範宣導係對政府機關及社會大眾為標的，因此擬定如下措施以便透過管道能將理想與觀念能落實至各階層。

#### (一) 政府內部

1. 設立專案人員以負責領導與協調宣導事宜之進行，加速全面投入實施非工程防洪措施的腳步。

2. 建立整套專業訓練規劃，包括預警、疏散、臨時收留所、及其它災前與災後之工作等。

3. 定期舉辦非工程防洪措施培訓課程，使大家明瞭非工程防洪措施對國家人民的重要性及可行性，並加強相關專業訓練。

4. 透過立法者將全國自中央到地方所制訂之相關法令規章適當修正或增訂，使之得以相互呼應，以利洪水平原整體的管理。

#### (二) 社會大眾

##### 1. 書報雜誌的報導

首先在專業性的雜誌上刊登，引起專業人士的認同和興趣。然後利用報紙和一般流行雜誌徵詢資料、免費索取防汛資料或意見調查並有小禮物回饋回響者。兒童雜誌中也可介紹給兒童平時應如何防範洪水可能之侵害？以及洪水來時應如何行動？除了性命的安全最重要之外，其它財產的安全可藉由購買洪災保險方式...等措施來減少損失。



2. 製作各種水災防救小冊子可以在遊園會、兒童節、展出會中給民眾拿取。宣導有關非工程防洪措施內容、功能、作法，與民眾切身需要之相關性。
3. 水災後的處理小冊子可與衛生署或其他機關(構)聯合製作。有關水災後所帶來的疾病、後遺症等，如登革熱要如何防止等。
4. 成立「非工程防洪措施」講說團，辦理洪災保險制度之下鄉巡迴座談會。
5. 印製相關執行單位之文宣。內容包括：主要業務最新資訊、能提供民眾什麼實際幫助、尋求幫助的方法或管道、單位聯絡電話及地址。在洪災發生前後時，派員事先前往洪氾潛勢風險區分發文宣，並進行住戶訪視以瞭解當地民眾之需要，適時將可提供的幫助介紹出來，讓民眾體會到執行單位的行動既溫馨且實際。
6. 在電視上作廣告

因為一般電視上的廣告費很貴，所以通常採用在國家支持的公共電視做廣告，強調非工程防洪措施之必要性。例如在下午學生放學後，有防汛的卡通片。或以迪斯耐樂園的卡通人物做教育性對話，或是經常有天然災害的記錄片放映。往往在有水災發生時的新聞報導後是最好的介紹時機，可以將預先準備好的廣告在電視中推出。或是製作 Callin 節目，針對非工程防洪之各項措施作法逐一進行雙向討論。

利用廣播電台製作廣播短劇、專題訪問實施防洪措施之相關專業人員，說明防洪的重要以及人民參與防洪的方法、Callin 節目；新聞報紙媒體針對非工程防洪措施之必要性及作法，作一系列論壇刊載、防洪漫畫刊載等。

錄製動態影像帶，提供地方政府及鄉鎮公所放映；或在街頭上、機場、鐵公路車站...等擁有電視牆之單位協議，定時播放宣導短片；或於電影院電影播放前，安排一系列防洪教育宣導影片。

#### 第四節 企業防災之推動

企業應有社會責任之考量，積極實施防災訓練，訂定企業災時行動手冊，參與協助地區防災演練；各級政府應採取優良企業表揚等措施，以促進企業防災。

#### 第五節 社區災害防救機制之建立

民眾參與的防救災對策，才能使民眾容易瞭解災害為何發生、為何要進行防救災、或是如何推動防救災工作。政府由上而下之防救災對策，容易養成民眾依賴政府的習性，而如此之依賴，不僅促使災害的防救無法落實，甚至加重災害的損失。唯有民眾對致災原因有所瞭解，願意共同參與這些原因的消除或改善，方能使災害防治計畫得以落實，收事半功倍之效，為達如此狀況，就必須推動整備社區防災，讓民眾能夠參與災害防救計畫擬定與推動過程。以社區為基礎的防救災機制之建立，至少應包括以下：

一、組織之建立：地方政府應動員社區民眾，依地區的需求與條件，建立相對應之洪水防救班，並且有效率、有系統的推動各項活動，引起居民的關人與參與。

二、平時學習訓練與災害預防：

（一）安排民眾參與對社區內危險地區或可能導致災害諸因子的調查、記錄、座談等活動，建立民眾對災害的警覺、關心，此舉亦將更強化社區組織與社區意識的凝聚。

（二）提供民眾有關水災災害之認知、防救災方法等的學習訓練機會，加深民眾對災害的警覺，更可提昇民眾在真實防救災工作的能力，具實質的功效。

（三）針對社區真正的需求，建構水災災害風險的舒緩提案或策略，研擬符合社區條件的防救災計畫與措施；在建構與研擬過程一定要有民眾的參與，讓其確實瞭解什麼是災害，也促其願意參加日後的災害防救工作。

（四）前述所建構之舒緩提案中，有屬於社會經濟性之策略者，

必須在災害發生前長期的推動，因此其實施必須有先導計畫，讓民眾在平時就實踐如何減低社區的災害敏感度，達成消解造成國土或都市災害敏感度的各種成因。

## 第五章 水災對策之研究與觀測

### 第一節 水災對策之研究

一、本部與國科會應從防災觀點推動與水災有關科技之研究，並與研究機構或各大專院校相互合作，以有效應用研究成果。

二、本部應充實相關研究機構各種試驗研究設施，並結合大學、研究所及其他專業團體推動防洪工程及非工程防災方法相關研究。

三、各級政府應規劃研究治理區域排水、市區排水之方法，並整體考量排水與都市計畫相互之影響及配合措施。

### 第二節 水災之觀測

交通部應充實劇烈天氣監測設施，以提升對颱風路徑、豪（大）雨監測及定點、定量降雨預報能力；本部應充實有關水文及水情觀測及傳訊設施，以提升洪水監測、洪水預警系統及水利設施防救能力。

### 第三節 災例之蒐集、分析

各級政府應依以往之水災災例與所蒐集相關情資，進行受災原因分析，檢討現行措施。

## 第六章 災害預防各機關個別實施事項

### 一、經濟部

（一）建立洪水預報及通報、預警監測指標系統。

（二）辦理危險海岸、河口、護岸(堤)資料調查、整修補強事項。

- (三) 經濟部主管溪流整治及防砂工程之整備。
- (四) 加強防洪、經濟部主管河川治理及海岸保護事項。
- (五) 河、海砂開採及地下水抽取管制事項。
- (六) 建立環境地質資料庫。
- (七) 辦理水庫定期安全檢查及集水區保育事項。
- (八) 督導公民營事業有關公用氣體與油料管線、輸電線路等災害防救整備。
- (九) 督導公民營事業建立主要區域公用氣體與油料管線、輸電線路圖、標示資料。
- (十) 發生災害時相關救災搶修、搶險所需設備、機具及人力之整備。

## 二、內政部

- (一) 審慎審查綜合性發展計畫，並特別考量城鄉市區排水及下水道設施防災設計。
- (二) 加強山坡地開發建築管理。
- (三) 推動山坡地人口密集地區環境危險評估工作。
- (四) 督導地方政府有關施工中建築工地防災措施之管理。
- (五) 督導地方政府有關營建工程機具之運用整備工作。
- (六) 加強對都市計畫避難場所、設施、路線之規劃設計。
- (七) 督導地方政府對於危險地區(易受海潮、海嘯、洪水氾濫及土石崩塌等)之調查，並禁止或限定使用。
- (八) 督導地方政府有關市區排水、下水道設施之疏濬、維護和管理。
- (九) 督導地方政府有關災害搶救及人命搜救、救助設施、設備之充實整備事宜。
- (十) 督導地方政府辦理民間救難志工團體組訓、建立災時志工支援受理及任務安排事宜。
- (十一) 彙整各中央災害防救相關機關單位可資運用防救災資源。
- (十二) 督導警察機關執行災害警戒、治安維護與交通疏導等事

項。

(十三) 協助地方政府辦理民生必需品及相關物資儲備、管理、調度事項整備。

(十四) 督導各公、私立社會福利機構有關災害預防整備。

(十五) 督導地方政府掌握弱勢族群狀況並予建檔之整備。

(十六) 督導地方政府有關臨時收容所規劃整備。

(十七) 化古蹟財產設施、設備之整備及災害預防事項。

(十八) 助地方政府辦理罹難者遺體放置所需冰櫃、屍袋等之調度事項整備。

### 三、國防部

配合各中央災害防救主管機關及地方政府執行水災災害應變相關裝備、機具及所需人力之整備。

### 四、教育部

(一) 加強教育學生災害應變觀念。

(二) 配合避難收容場所之規劃、提供整備。

### 五、交通部

(一) 加強颱風天氣監測、預報及預警工作。

(二) 督導相關機關對於較易受損之交通運輸系統，預置防止災害發生設施及相關預防措施整備。

(三) 加強災時受損交通運輸系統搶修、搶險之裝備、器材及人員整備。

(四) 建立全國交通運輸系統配置平面圖，作為進行救災及災後復原重建工作之基礎。

(五) 協助災時交通運輸工具之整備。

(六) 督導各電信業者辦理受損電信設備線路之修復備援事項。

(七) 加強督導商港管理機關管理港埠經營業者做好各項防颱整備措施。

### 六、行政院新聞局

配合相關中央目的事業主管機關透過媒體進行防災宣導。

## 七、行政院衛生署

(一) 督(輔)導地方衛生單位責成醫療機構加強急救用藥品、醫材之儲備整備，並編成救護隊因應大量傷患之緊急應變。

(二) 督導各級衛生單位加強防救消毒藥品、器材、設備之儲備整備。

## 八、行政院環境保護署

督導各級環保單位加強廢棄物清理、環境消毒及飲用水水質管制之整備。

## 九、行政院海岸巡防署

(一) 有關海洋災害防救及協助海岸災害防救準備事項之整備。

(二) 海上緊急傷患運送措施整備。

## 十、行政院國家科學委員會

(一) 淹水、土石流等災害潛勢區域分析及應用之整備。

(二) 科學工業園區緊急應變事項整備。

## 十一、行政院農業委員會

(一) 推動治山防災計畫。

(二) 加強林地、山坡地水土保持管理事項。

(三) 加強動物傳染病防治、防疫及農作物病蟲害防治事項。

(四) 災時糧食、蔬果、及動物疫苗儲備、運用、供給事項之整備。

(五) 建立土石流危險區域潛勢分析、監測、通報及區域劃定管制措施。

(六) 加強督導維護管理與農地保育有關之灌溉、排水措施。

(七) 建立動植物疫病蟲害疫情監測通報體系及規範疫病蟲害處理。

## 十二、行政院公共工程委員會

(一) 舊有公共工程水災防救能力評估與補強。

(二) 制定高災害危險地區公共工程水災防救規劃設計規範。

(三) 建立高災害危險地區公共工程水災防救規劃設計審議制度。

(四) 督導各主辦工程機關建立規劃工程作業之品管標準，提升水準以符合水災防救需求。

(五) 督導重要維生設施管線工程設計施工及管理維護作業，提升水災防救能力。

#### 一三、行政院原住民委員會

協調辦理原住民地區相關民生物資儲備、供應、生活安置、災害搶救及通訊設施等之整備。

#### 十四、財政部

水災保險相關規劃工作之推動。

## 第三篇 災害緊急應變

### 第一章 應變體制及組織動員

#### 第一節 體制及組織

災害防救法第十三條規定，重大災害發生或有發生之虞時，中央災害防救業務主管機關首長應立即報告中央災害防救會報召集人。召集人得視災害之規模、性質，成立中央災害應變中心，並指定指揮官。前項中央災害應變中心成立時機、程序及編組，由行政院定之。

災害防救法第十四條規定，災害發生或有發生之虞時，為處理災害防救事宜或配合各級災害應變中心執行災害應變措施，災害防救業務計畫及地區災害防救計畫指定之機關、單位或公共事業，應設緊急應變小組，執行各項應變措施。

災害防救法第十二條規定，為預防災害或有效推行災害應變措施，當災害發生或有發生之虞時，直轄市、縣（市）及鄉（鎮、市）災害防救會報召集人應視災害規模成立災害應變中心，並擔任指揮官。前項災害應變中心成立時機、程序及編組，由直轄市、縣（市）政府及鄉（鎮、市）公所定之。

## 第二節 通報體系

### 一、通報項目

水利設施災害防救事項。

### 二、通報體系

水利設施災害通報體系架構詳見附圖一。

### 三、通報方式

(一) 本部水利處緊急應變小組通報單如附表一。

(二) 一、二級水利設施災害須於事件發生半小時內（自來水設施災害須於事件發生當日內）由水利處處長先行以電話報告部次長，並於一小時內以傳真方式電傳部次長室。如電話、傳真均無法利用時，應即指派專人進行通報。三級狀況則循通報體系逐級報告。

(三) 各類水情之通報，應以累積方式傳遞，修正部分以◎記號標示，新增部分以※記號標示。其中：

1. 一級狀況須於每日上午八時、中午十二時、下午五時提報最新進展。其間如有重大發展並應隨時提報。

2. 二級狀況須於每日上午八時提報最新進展。

3. 三級狀況則於處理至一段落後彙總陳報。

### 四、建立聯絡人員名冊

建立水利設施災害時緊急處理小組電話號碼簿名冊、聯絡電話、傳真號碼等資料，並應定期更新，水災水利處緊急應變小組成員名冊暨職掌表。

## 第三節 地方防汛編組

台灣省河川管理規則第二十條，在防汛期間縣（市）管理機關應輔導鄉（鎮、市、區）公所所轄河川範圍，分別組織防汛搶險隊；搶險隊置隊長一人由鄉（鎮、市、區）長兼任，副隊長二人，由主管課長及當地警察分駐所、派出所主管兼任，下設通訊、防救、總務三組，並得參酌當地人口及堤防長度分設若干班。各組任務如下：

一、通訊組：負責通訊聯絡災情報告等事宜。



二、防救組：負責河防建造物之巡視、排水門及抽水站之操作管理、防救搶險技術之指導事宜。

三、總務組：負責材料、運輸、交通、醫護及給養等事宜。

鄉（鎮、市、區）公所應於每年三月底前將搶險隊編組完成造冊報請縣(市)管理機關備查。

#### 第四節 全民防衛動員準備體系之動員

各級政府於地區發生重大災害，情況嚴重緊急時，得依有關規定動員全民防衛動員準備體系進行救災。

#### 第五節 支援及協助

一、災害防救法第三十四條規定，鄉（鎮、市）公所無法因應災害處理時，縣（市）政府應主動派員協助，或依鄉（鎮、市）公所之請求，指派協調人員提供支援協助；直轄市、縣（市）政府無法因應災害處理時，該災害之中央災害防救業務主管機關應主動派員協助，或依直轄市、縣（市）政府之請求，指派協調人員提供支援協助。

二、直轄市、縣（市）政府請求支援協助項目及程序，可依本部訂定「支援協助處理水災災害作業程序」之規定辦理，鄉（鎮、市）公所請求支援協助項目及程序，由縣（市）政府定之。直轄市、縣（市）政府及中央災害防救業務主管機關，無法因應災害處理時，得申請國軍支援，其辦法由內政部會同有關部會定之。

三、各級政府平時應掌握社區災害防救團體、民間災害防救志願組織、後備軍人組織及民防團隊等，建立聯繫管道，並建置受理志工協助之體制。

四、受災地方政府對民眾、企業之物資援助，應考量各災區災民迫切需要物資之種類、數量與指定送達地區、集中地點，透過傳播媒體向民眾傳達。

五、地方政府接受海內外各機關、團體、企業與個人等金錢捐助時，應成立有關管理委員會處理之。

## 第二章 避難及疏散路線規劃

### 第一節 疏散路線規劃

地方政府應擬訂疏散計畫，以期有效疏散災區民眾安全迅速至特定地點，維持秩序及民眾安全，並配套以警報系統以廣泛通報，及維生物質以續民生及安定。所以疏散計畫應包括以下幾點：

- 一、有效迅速之警報及通報系統。
- 二、疏散路線圖及避難所位置圖。
- 三、交通指揮人員及標識。
- 四、媒體傳播系統。
- 五、避難所之規劃。
- 六、維生物質之備存。
- 七、電力系統供應。
- 八、醫療站之建立。

### 第二節 避難收容規劃

#### 一、災民避難勸告或指示撤離

災害發生時，地方政府應以人命安全為優先考量，實施當地居民之避難勸告或指示撤離，並提供避難場所、避難路線、危險處所、災害概況及其它有利避難之資訊。

#### 二、避難場所

(一) 地方政府於災害發生時，應視需要開設避難場所，並宣導民眾周知；必要時得增設避難場所。

(二) 地方政府應妥善管理避難場所，規劃避難場所資訊的傳達、食物及飲用水的供應、分配、環境清掃等事項，並謀求受災民眾、當地居民或社區災害防救團體等志工之協助；必要時得請求鄰近地方政府之支援。

(三) 地方政府應隨時掌握各避難場所有關避難者身心狀態之相關資訊，並維護避難場所良好的生活環境。

### 三、臨時收容所

(一) 地方政府認為必要設置臨時收容所時，應立即與政府相關機關協商後設置之，設置時應避免發生二次災害，並協助災民遷入。

(二) 地方政府設置臨時收容所所需設備、器材不足而需調度時，得透過中央災害應變中心或直接對臨時收容所設備、器材有關之機關（內政部、經濟部、國防部、教育部等）請求調度、供應。

(三) 中央災害應變中心接獲請求時，應指示相關機關進行設備、器材之調度。接獲指示之相關機關，應採取適當之措施或協調相關團體、業者供應所需的設備、器材，並通報地方政府。

### 四、跨縣市避難收容

(一) 政府依受災民眾的避難、收容情況研判，有必要辦理受災區外之跨縣市避難收容時，得透過中央災害應變中心或直接對避難收容有關之機關（內政部、國防部、交通部、經濟部、教育部、農委會及相關縣市等）請求支援。

(二) 中央災害應變中心、避難收容有關機關及地方政府接獲請求時，應從廣域的觀點實施跨縣市避難收容活動。

### 五、弱勢族群照護

(一) 地方政府應充分關心避難場所與臨時收容所之老人及身心障礙者等弱勢族群之生活環境及健康狀態之照護，辦理臨時收容所之優先遷入及設置老年或身心障礙者臨時收容所。對無助老人或幼童應安置於安養或育幼等社會福利機構。

(二) 地方政府對受災區之學生應立即安排至附近其他學校或設置臨時教室就學，或直接在家施教，並進行心理輔導以安撫學童心靈。

## 第三章 災情蒐集、通報及通訊之確保

### 第一節 災情查報方式

一、各級政府及相關公共事業於災害發生初期，應多方面蒐集災害現場災害狀況、維生管線受損情形、醫療機構療傷人數情況等相關

資訊。

二、各級政府及相關公共事業在發生大規模水災時，視需要動用飛機、直昇機蒐集災情，並運用影像資訊等方式掌握災害境況。

三、中央災害防救業務主管機關應利用相關災害評估及監測系統，快速分析評估災害規模。

四、地方政府應在災害發生初期即時透過消防、警察、民政等系統進行災情蒐集及損失查報工作，並通報上級機關。

五、地方政府及公共事業應將緊急應變辦理情形與災害應變中心設置運作狀況，分別通報上級有關機關。

## 第二節 通訊之確保

一、各級政府在災害初期，應對通訊設施進行功能確認，設施故障時立即派員修復，以維通訊良好運作。

二、各級政府在災時，得採取有效通訊管制措施，並妥善分配有限之通訊資源。

## 第三節 災害通報體系之建立

為有效及時通報，並達成搶得先機及時完成防災救災之目的，平時即應將各地區聯絡人員及聯絡電話造冊，地區之範圍可縮小至各村里，颱風豪雨期間之災情取得可經由各住戶傳達至村里長後再上報，事後給予獎金或獎狀等獎勵；當洪水預報系統預測災害可能發生時，可以透過緊急聯絡人通報系統，通知該地之住戶緊急疏散，有效降低人員傷亡之可能。有災害發生時亦可透過該通報系統，掌握人員傷亡人數及災害狀況，以提供救災人員正確災情，加速救災時效。

# 第四章 災害擴大與二次災害之防止

## 第一節 排水措施

各級政府因水災造成淹水時，應立即採取排水措施；對受損防洪

排水設施，亦應進行緊急疏通及修復。

## 第二節 坡地災害防範措施

各級政府為防止、減輕水災引起坡地災害，在水災發生時，應調派專業技術人員前往坡地災害危險區檢測、勘查，判斷有危害之虞時，應立即通報各級災害防救相關行政機關及當地居民；各相關機關接獲通知後，應採取適當之警戒避難措施。

本部水利處暨所屬各河川局緊急應變小組，於災後派遣之勘查人員，應協助地方政府針對有立即危及人民生命財產安全之虞，且屬本部主管範圍者，應即現場決定防災緊急處理方式與初步預算，並回報本部或本部水利處由相關計畫經費補助地方政府、或由各河川局逕行緊急處理，防止二次災害及避免災情擴大。

# 第五章 提供受災民眾災情資訊

## 第一節 災情之傳達

各級政府及相關公共事業應掌握災民之需求，藉傳播媒體之協助，將氣象狀況、災區受損、傷亡、災害擴大、維生管線、公共設施、交通設施等受損與修復情形、與政府有關機關所採對策等資訊，隨時傳達予災民。

本部水利處各項水文情報及災情之資訊傳達可由下列網址獲得：  
[fhic.wca.gov.tw](http://fhic.wca.gov.tw)

## 第二節 災情之諮詢

地方政府為提供民眾有關災情之諮詢，得設置專用電話窗口。

## 第六章 衛生保健、防疫

### 第一節 衛生保健

一、地方政府為避免避難場所或臨時收容所之受災者因生活劇變而影響身心健康，應經常保持避難場所良好的衛生狀態、充分掌握受災者之健康狀況，並考量醫療救護站之設置。

二、地方政府應規劃調派所屬衛生所（室）或急救責任醫院醫護人員提供災區巡迴保健服務，並執行災區衛生保健活動。

三、地方政府為確保避難場所的生活環境，應設置臨時廁所，並就排泄物及垃圾之處理等採取必要措施，以保持災區衛生整潔。

### 第二節 消毒防疫

地方政府應採取室內外的消毒防疫措施，以防止疫情發生；至防疫人員之派遣及防疫藥品之供應，必要時得請求中央政府相關機關、協調其他地方政府或申請國軍協助。

## 第七章 搜救、緊急醫療救護及緊急運送

### 第一節 搜救

水災災害受困民眾之搜救，由地方政府辦理，遇能力不足或有必要時，得向「行政院國家搜救指揮中心」提出救援申請，並通報本部之水災災害應變中心。為辦理緊急搜救及救援，地方政府對於中斷損壞之道路、橋樑等設施應緊急辦理搶通、搶修，搜救行動所需之裝備、器材，原則上由負責該行動之機關攜帶前往，必要時得徵調民間之人員及徵用民間搜救裝備，以利搜救行動，若人力機具不足時，得向鄰近地方政府或本部（或中央災害應變中心）求援，協調（指揮）國防部、交通部派遣人力機具支援。

## 第二節 緊急醫療救護

地方政府應統合協調受災區及鄰近地方政府支援之緊急醫療救護人員，並設置醫療地點。

地方政府必要時得請求未受災地方政府之醫療機構協助運送傷病患就醫。

## 第三節 緊急運送

一、地方政府應考量災害情形、緊急程度、重要性等因素，事先規劃設定緊急運送對象並分階段實施。實施時，可實施局部或區域性交通管制措施，並緊急修復毀損之交通設施，以利緊急運送。

二、地方政府應視需要自行辦理緊急運送，並得請求交通運輸機關或災害應變中心協助實施緊急運送。

三、地方政府於必要時，得請求中央災害應變中心統合、指揮及協調調度陸海空交通設施積極實施緊急運送，必要時得採用具有機動力的直昇機及可大量運送的船舶，協助緊急運送相關事宜。

# 第八章 社會秩序之維持及物價之安定

## 第一節 社會秩序之維持

地區警察機關，在災區及其周邊應實施巡邏、聯防、警戒及維持社會治安的措施。

## 第二節 物價之安定

各級政府應進行市場監視，防止生活必需品之物價上漲或藉機囤積居奇、哄抬物價現象之發生，如涉及不法，並依法偵辦。

# 第九章 設施、設備之緊急搶修

各級政府在發生災害後，應立即動員或徵調專業技術人員緊急檢查所

管設施、設備，掌握其受損情形，並對維生管線、基礎民生設施與公共設施、設備進行緊急修復，以防止二次災害並確保災民之生活。

## 第十章 食物、飲用水及生活必需品之調度、供應

### 第一節 調度、供應之協調

各級災害應變中心應辦理食物、飲用水、藥品醫材及生活必需品調度、供應之整體協調事宜。

### 第二節 調度、供應之支援

地方政府及中央有關部會於供應物資不足，需要調度時，得請求相關機關（經濟部、衛生署、農委會、交通部、內政部等）或中央災害應變中心調度。

### 第三節 民間業者之協助

中央政府應視需要協調民間業者協助食物、飲用水、藥品醫材及生活必需品等之供應。

## 第十一章 社區防災之緊急應變

地方政府應規劃民眾基於平時的參與及防救災知識的獲得，在萬一發生災害時，即透過預先建立的組織系統與防救災計畫，進行社區內之搶救、醫療或食物飲水的確保，及各項緊急應變與救災工作。

## 第十二章 災害緊急應變各機關個別實施事項

### 一、經濟部

（一）災害規模簽陳中央災害防救會報召集人（行政院院長兼任）成立水災中央災害應變中心。

（二）督導公民營事業對於公用氣體與油料、自來水管線及輸電線路



等之搶修及協調相關供應事項。

(三) 監控河川、水庫水位及潮汐變化，即時預警疏散或實施水庫調節性洩洪。

(四) 清除阻礙經濟部主管河川行水障礙物，確保河川正常運作。

(五) 督導即時修復潰決堤防搶修搶險工作。

## 二、內政部

(一) 協助地方政府徵調(用)相關專技人員及相關機具進行建築物鑑定、搶修工作，並做緊急防處。

(二) 檢視並督導各河川抽水站抽水機正常運作及備妥油料及相關防護措施以為因應(營建署)。

(三) 督導地方政府有關市區排水、下水道設施之正常運作。

(四) 督導地方警察機關實施交通管制、疏導措施，確保救災人員及救災物資順利運送。

(五) 督導地方警察機關實施災區警戒、治安維護，防止危害社會秩序情事發生。

(六) 督導地方政府對於具有危險潛勢區域，執行勸導或指示驅離；或依指揮官指示劃定一定區域範圍，執行限制或禁止人民進入或命其離去措施事宜。

(七) 動員警察、消防、義消、民間救難志工團體相關人員、裝備、器材實施人命搶(搜)救、救助及災害搶救工作。

(八) 協助地方政府辦理民生必需品及相關物資之調度、供應事宜。

(九) 協助地方政府設置臨時收容所相關事宜。

(十) 保護弱勢族群，必要時協助地方政府尋找確保適合其生活環境之臨時收容所，並提供生活所需事項。

(十一) 督導地方政府辦理死亡、失蹤者家屬及重傷者救助、慰問事宜。

(十二) 協助地方政府辦理罹難者遺體放置有關冰櫃、屍袋等之調度、供應及殯葬事宜。

## 三、外交部

(一) 外籍人士傷亡或失蹤之協助處理。

(二) 災情嚴重，需國際支援救援及受理國際捐贈救援物資之協調聯繫事項。

#### 四、國防部

(一) 依災害種類、規模，適時動員國軍部隊攜相關裝備、機具執行水災災害搶救、搶險及人命搜救工作。

(二) 現有軍醫設備，適時支援災區執行傷患緊急救護醫療。

(三) 督導憲兵單位協助執行災區治安維護。

(四) 協助各災害防救機關(單位)處理災害緊急應變有關搶修、搶險、搶救工作。

#### 五、教育部

(一) 通報各級學校加強防災準備，並通令各級學校學生暫勿從事登山或前往河、海邊等危險場所進行戶外活動。

(二) 連繫從事大型戶外活動或登山活動期間恰逢颱風、豪雨發生之師生，並協助儘速下山事宜。

(三) 開放各級學校、社教機構場館，協助收容安置災民。

#### 六、法務部

(一) 督導相關地方法院檢察署檢察官儘速辦理因災死亡者之相驗及身分確認工作。

(二) 各監獄、看守所、觀護所、輔育院受刑人安全維護與災害應變處理與支援事項。

#### 七、交通部

(一) 即時監控天氣變化，預測颱風行進路線及降雨量情形，提供相關災害應變機關預作因應。

(二) 督導各電信業者全力進行受損電信設備線路之修復。

(三) 督導相關機關隨時注意公路、鐵路、橋樑、航空、海運等交通運輸系統使用、損害情形，損害部分並儘速執行緊急搶修工作。

(四) 掌握交通運輸工具及緊急運送路線，確保救災人員、傷病患及物資運送通暢。

## 八、行政院新聞局

協助中央目的事業主管機關，透過大眾傳播媒體加強報導災害應變措施及傳達最新訊息予社會大眾。

## 九、行政院衛生署

(一) 彙整傷病患情況，主動了解緊急醫療網啟動情形，必要時協助聯繫跨區域支援事項。

(二) 協調供應災區所需醫療藥品及器材。

(三) 監控災區傳染病疫情發生，遇可疑病例，即刻進行疫情調查及防治並採集檢體化驗。

(二) 隨時掌控各醫療機構特殊病房空床情形，以適切且即時處理遭受不同程度傷害之傷病患醫療事宜。

(三) 督導及協助地方衛生單位迅速完成災後防疫消毒工作。

(四) 指導及協助民眾作好災後防疫工作，注意飲食衛生及居家環境消毒工作。

## 十、行政院環境保護署

(一) 督導各級環境單位加強廢棄物清理、環境消毒及飲用水水質管制事項。

(二) 對於嚴重危害污染區實施隔離及追蹤管制。

(三) 監測並防止毒性化學物質外洩。

## 十一、行政院海岸巡防署

(一) 海上緊急傷患運輸工具及路線之提供、規劃。

(二) 發生於海洋關於其他中央目的事業主管機關災害之協助處理。

## 十二、行政院國家科學委員會

(一) 依據交通部中央氣象局提供降雨量狀況，分析及提供淹水、土石流、危險溪流等區域潛勢資料。

(二) 執行科學工業園區災害緊急應變事項。

## 十三、行政院農業委員會

(一) 依據降雨量變化，研判土石流可能致災危險區域，並通報相關單位進行警告、疏散及撤離避難措施。

- (二) 協助農、林、漁、牧業及農田水利單位進行災害緊急應變工作。
- (三) 監控並適時防治、處理動植物疫病蟲害之發生。
- (四) 平衡蔬菜、水果及農產品供需狀況並穩定價格。
- (五) 糧食、蔬果、及動物疫苗之運用、供給。

#### 十四、行政院公共工程委員會

依災害情況及損害規模，督導考核各公共工程主管機關進行搶修、搶險有關事宜。

#### 十五、行政院原住民委員會

- (一) 協助地方政府及相關單位辦理原住民地區民生必需品供應。
- (二) 協助地方政府及相關單位辦理原住民地區居民生活安置、災害搶救、緊急醫療救護事項。
- (三) 注意原住民地區環境清潔衛生並反應監控疫情發生。
- (四) 協調相關機關維持原住民地區通訊設備暢通，隨時注意山地原住民部落情況，勿因交通、通訊設備中斷使其孤立無援。

## 第四篇 災後復原重建

### 第一章 災害原因勘定

#### 第一節 初勘

一、洪災退水後，地方政府及各相關單位應派員初勘檢查水利建造物或各管線、設施災後受損情形。

二、初勘單位檢查水利建造物或其它管線、設施時，如發現受損，除搶修工程應依規定於三日內研提計畫辦理搶修外；依「公共設施災害復建工程經費審議作業要點」之規定，應於災害發生一個月內，填具「公共設施災害復建申請勻支或補助總表」、「公共設施災害復建申請勻支或補助明細表」及「公共設施災害復建工程經費概估表」，函報行政院為原則，同時副知公共工程委員會及各中央目的事業管機關。

## 第二節 複查及抽查

一、依「公共設施災害復建工程經費審議作業要點」之規定，災害搶修工程係屬災害發生時之應變措施，應由中央政府各機關、直轄市及縣（市）政府依災害防救法相關規定辦理，不得列入復建工程經費審議作業範圍。各機關提報復建工程概估內容，應載明災害情形、復建需求、經費估算等資料，並不得重複提報。

二、復建工程概估經費未達新台幣五千萬元之案件，由中央目的事業主管機關審查確定，主辦機關據以開實質規劃設計；其中在一千萬元以上者，一律派員勘查，未達新台幣一千萬元者，視災害件數及實際需要，派員抽查；中央目的事業主管機關審查期間，公共工程委員會得現勘抽查之，審查結果，報由依「公共設施災害復建工程經費審議作業要點」規定成立之審議小組備查。

三、復建工程概估經費在五千萬元以上之案件，由中央目的事業主管機關審查後，提報審議小組交由工程會勘查後確定，主辦機關據以展開實質設計。

## 第二章 復原重建計畫之研擬及執行

災害復建工程經複查（或會勘）定案後，應彙妥復建工程計畫據以辦理，以恢復各水利建造物之應有設計機能。

### 第一節 復原重建計畫內容

災害復原重建計畫應包含下列內容：

一、緣起：敘明災害時間、地點及成因。

二、災害內容：敘明災害範圍、受損構造物種類及數量，並應檢附災害相片。

三、勘查過程：敘明初勘、複勘之過程，並應檢附初（複）勘紀錄表。該初（複）勘紀錄表內容應包含各災害工程之地點、工程名稱、受災概況、擬辦理復建工程內容及數量，初（複）估復建經費等。

四、復建構想：本節應就每件災害工程之成因予以檢討後，研擬適當之復建工法，並估列所需經費。因此，內容應包含個案工程災害原因檢討，原設計工法之平面布置圖、標準斷面圖，復建工程之平面布置圖、標準斷面圖及復建經費估算等。

五、計畫經費：本節應敘明計畫經費及財源。中央政府各機關及直轄市及縣（市）政府，依災害防救法第四十三條及「公共設施災害復建工程經費審議作業要點」之規定辦理。

六、實施期程：敘明計畫執行時程及預定進度。

七、計畫效益：敘明計畫執行後之預期效益。

## 第二節 復原重建計畫之執行

一、各項災害復原重建，應於災後儘速辦理，並於次年汛期前（五月一日前）完成，以早日恢復各項構造物應有機能，避免次年洪汛來臨擴大災害，影響人民生命財產安全。

二、災害復原重建因係就既有構造物重建或改建，一般而言，毋需另行再取得用地；惟仍有部分復建工程因工法變更需增加工程用地，仍需辦理用取得，該用地取得可依法辦理徵收者，應依「土地徵收條例」相關規定辦理；不能依法徵收者，可考量協議價購；惟上述用地取得均應考量時間因素，避免曠日廢時影響復建計畫之執行，招致民怨。

三、依「政府採購法」相關規定辦理公開招標。

### 第三節 財源籌措

災害復原重建所需經費，依「災害防救法」第四十三條及其施行細則等相關規定，本移緩濟急原則籌措財源因應。

## 第三章 緊急復原處置

災害善後處理，除依現法令辦理既有公共設施之修復或重建，以恢復構造物應有機能外；對現無公共設施，但未速予適當處理，恐釀成災害者，

仍應做適當緊急處置，以避免災害擴大，並利災害善後處理計畫周延。

### 第一節 緊急復原工程

水災之緊急復原工程，係指災害河段目前防洪構造物或設施已受損，不立即妥善處置，有洪災之虞者。應急防災工程類似搶修（險）工程具有急迫性，故其處置宜考量時效，以爭取時間防範未然，主要處置原則如下：

- 一、應急防災工程僅辦理小規模應急工程，屬大規模新建工程者，宜循正常程序編列年度預算辦理。
- 二、工法宜採用簡單易施工者，以縮短工期。
- 三、材料儘量選用經濟或可重複使用之材料，俾免日後因建堤拆除，造成投資浪費。

### 第二節 災區之整潔

地方政府應建立廢棄物、垃圾、瓦礫等處理方法，設置臨時放置場、最終處理場所，循序進行蒐集、搬運及處置，以迅速整潔災區，並避免製造環境污染；另應採取適當措施維護居民、作業人員之健康。

### 第三節 作業程序之簡化

各級政府為立即修復與受災區攸關災民生活之維生管線、交通運送等設施，應在可能範圍內設法簡化有關執行修復之作業程序、手續等事項。

## 第四章 計畫性復原重建

### 第一節 重建計畫體制之建構

地方政府應建構執行重建計畫之體制；必要時，中央政府亦建構重建組織體制，以支援地方政府。

## 第二節 耐水災城鄉之營造

地方政府進行重建工作時，應以安全及舒適的城鄉環境為目標。重建對策應以耐水災為考量，加強災害潛勢地區建築物、道路、橋樑與維生管線、通訊設施等之安全性，並規劃公園、綠地等開放空間及防災據點。

## 第三節 重建方向之整合

地方政府辦理重建時，應與當地居民協商座談，瞭解居民對新城鄉的展望，進行重建方向之整合，形成目標共識；謀求居民之適當參與，並使其瞭解計畫步驟、期程、進度等重建狀況。

## 第四節 安全衛生措施

地方政府進行復原重建時，為確保工作人員健康，應採取妥當之安全衛生措施，以防止職業災害。

## 第五節 社區民眾災害復建的參與

社區民眾對於社區內的受災程度、受災者的分布情況等最為清楚，並且有既存的社區組織，因此可以較容易的整合、提出民眾能夠形成共識的復舊重建構想或辦法。透過此類構想或辦法研擬的參與，可誘導居民減少對政府的依賴，也較容易落實災後的復建。

# 第五章 災民生活重建之支援

## 第一節 受災證明書之核發

地方政府應在災害發生後，立即派遣專業技術人員進行災情勘查、鑑定，並儘速建立核發受災證明書的體制，將受災證明書發予受災者；專業技術人員不足時得向中央政府有關機關請求或協調相關公會支援協助。



## 第二節 生活必需資金之核發

地方政府應對受災區居民受災情形逐一清查登錄，依相關法令規定發予災害慰問金、生活補助金等各種生活必需資金，藉以支援災民生活重建。

水災災害救助，地方政府依據「水災公用氣體與油料管線輸電線路災害救助種類及標準」編列災害救助預算並依清查結果發放災民災害救助金。

## 第三節 稅捐之減免或緩徵

地方政府應於災害發生後，執行依行政院災害防救委員會依災害防救法第四十四條規定所訂定災害之稅捐減免或緩徵事宜。

## 第四節 災民負擔之減輕

各級政府應視狀況，得協調保險業者對災區採取保險費之延期繳納、優惠，醫療健保費用補助等措施，以減輕受災民眾之負擔。至對受災之勞動者，採取維持雇用或辦理職業仲介等措施。

## 第五節 災民之低利貸款

一、各級政府視災區受災情形，得協調金融機構展延災民之貸款本金及利息。

二、各級政府並得請行政院災害防救委員會協調金融機構對災區民眾所需重建資金，給予低利貸款。

## 第六節 居家生活之維持

地方政府對於重建過程中的災民，應藉興建臨時住宅或提供公用住宅等，以協助災民在重建期間維持居家生活。

## 第七節 災後重建對策之宣導

各級政府對受災區實施之災後重建對策等相關措施，應廣為宣導使災民周知；必要時建立綜合性諮詢窗口。

## 第六章 產業經濟重建

### 第一節 企業之低利融資

地方政府應協調金融機關應運用災害修復貸款等方式，辦理週轉資金、設備修復資金之低利融資等，以支接受災企業自立重生。

### 第二節 企業之貸款

各級政府必要時以各種災害貸款方式，辦理企業貸款，以協助其週轉資金。

### 第三節 農林漁牧業之融資

地方政府及農政主管機關得協調金融機構，對農林漁牧業者有關災害復建與維持經營所需資金，提供相關融資。

## 第七章 災後復原重建各機關個別實施事項

### 一、經濟部

(一) 督導公民營事業辦理公用氣體與油料、自來水管線、輸電線路、設施之修復工作。

(二) 儘速清除阻礙經濟部主管河川行水障礙物，確保河川正常運作。

(三) 儘速修復潰決堤防搶修搶險工作。

(四) 視工商企業受災狀況，採用政府各項資金融通優惠措施辦理災害救濟(助)事項。

(五) 相關公民營事業從事公用氣體與油料、自來水管線、輸電線路等維生管線設施復建設計時，應有耐風之安全考量，同時應有系統多元化、據點分散化及替代措施之規劃與建置。

### 二、內政部

(一) 協助地方政府推動災區住宅復原重建工作。

(二)協助地方政府辦理受災地區居民搭建臨時屋等供災民居住事項。

(三)審慎審查地方政府災後復原重建綜合性發展計畫，並應特別考量城鄉市區排水及下水道設施防災設計。

(四)協助地方政府辦理失蹤人員搜尋工作。

(五)督導地方警察機關加強災區治安維護，杜絕趁火打劫情形，並加強災區交通管制，以利災後復原重建工作之進行。

(六)督導地方政府對於死亡、失蹤者家屬及重傷者之相關救助金，儘速完成發放作業。

(七)適時發動各界捐款協助災區重建工作。

(八)視災情需要協調宗教團體、慈善機構協助實施災民救濟、救助事宜。

(九)協助地方政府安定災民生活。

### 三、外交部

(一)支援搜救國際救難團體協調聯繫事項。

(二)接受國外大額捐款或相關復原重建物資之協調聯繫事項。

### 四、國防部

負責國軍災情之彙整，並依相關災害處理作業規定，辦理國軍災後復原工作。

### 五、財政部

(一)有關救災款項撥付、災害內地稅減免、災害關稅減免、災害保險理賠協助事項。

(二)有關災區國有土地之租金減免及其他協助事項。

(三)有關災害發生時證券市場管理事項。

(四)有關協助、督導承辦金融機構配合辦理災區金融優惠融通事項。

### 六、教育部

提供各級學校、社教機構場館，協助收容安置災民，並防止二次災害發生。

### 七、法務部

督導相關地方法院檢察署檢察官儘速辦理因災死亡者之相驗及身分確

認工作。

#### 八、交通部

(一) 督導相關機關儘速完成公路、鐵路、橋樑、航空、海運等交通運輸系統損害修復工作，以利各機關單位進行災害復原重建工作。

(二) 督導各電信業者儘速完成電信設備線路修復工作。

(三) 督導相關機關從事鐵路、公路、隧道、橋樑、機場、港灣、捷運等主要交通及電信通訊設施、資訊網路之重建設計時，應有耐水浸淹之安全考量。

#### 九、行政院主計處

協調各主計機構確實依「重大天然災害搶救復建經費簡化會計手續處理要點」，配合協助各機關辦理善後復原等經費核支事宜。

#### 十、行政院新聞局

運用大眾傳播媒體加強報導災後復原重建相關新聞。

#### 十一、行政院衛生署

(一) 督導地方衛生機關就醫療設施復原重建事項加以檢討改善。

(二) 發動全民實施災後環境清潔、防疫消毒及病媒蚊孳生源清除工作。

(三) 持續監控災區傳染病疫情發生，遇可疑病例，即刻採集檢體化驗，對已發生疫情應即時採取應變措施，並防止疫情持續擴大。

(四) 加強災區食品衛生管理工作及配合行政院環境保護署進行飲用水抽驗。

(五) 辦理全民健康保險補助事項。

#### 十二、行政院環境保護署

(一) 督導各級環保單位辦理廢棄物清理、環境消毒、飲用水水質管制事項。

(二) 辦理嚴重危害污染區實施隔離及追蹤管制事項。

(三) 督導地方政府加強維護災民收容所環境衛生。

#### 十三、行政院海岸巡防署

(一) 協助海上受難船隻、人員搜救工作。

(二) 協助監控並提供漂流浮木資訊，通報當地政府、港口管理機關處理。

#### 十四、行政院農業委員會

(一) 依據「農業天然災害救助辦法」及「農業天然災害紓困貸款要點」，辦理災民救助、救濟及資金融通。

(二) 依「國有林產物處分規則」處理沿海地區災後阻礙航行大型飄流浮木及漁港內飄流浮木移除工作。

(三) 持續監控並適時防治動植物疫病蟲害之發生。

(四) 注意市場蔬菜、水果及農產品供需狀況，適時釋出冷凍蔬菜、水果及農產品以穩定價格。

(五) 協助調節民生必需品供應。

(六) 辦理災後各項救助(濟)金發放，並於發放條件確定後儘速完成發放作業。

(七) 土石流災害之復原工作，依該會權責辦理。

(八) 協助辦理農田水利設施復建工程。

#### 十五、行政院公共工程委員會

依據「公共設施災後復建工程經費審議作業要點」規定，協助災後公共設施復建經費審議事宜。

#### 十六、行政院原住民委員會

(一) 持續協助原住民地區民生必需品供應。

(二) 持續協助辦理原住民地區居民生活安置、緊急醫療救護事項。

(三) 注意原住民地區環境清潔衛生並監控疫情發生。

(四) 協調有關單位儘速恢復原住民地區交通及通訊設備。

#### 十七、行政院研究發展考核委員會

依行政院長指示督考各中央相關機關辦理復原重建工作進度。

## 附錄四 本手冊編製成員

## 附錄四 本手冊編製成員

本手冊由本研究中心主任廖志中教授擔任計畫主持人，負責擬定計畫、進度控管與工作協調工作；中央大學應用地質研究所董家鈞助理教授負責整體成果整合與手冊內容中工程處理相關內容；林志平副教授負責手冊內容中調查與監測相關內容；葉克家教授負責水文、水理分析相關內容；史天元教授負責測量部份相關；潘以文教授與聯合大學土木工程系王承德助理教授負責地工分析相關內容。

本手冊各主要成員分組及所擔任之工作項目如下圖所示。

