

## 省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統工程 之規劃與發展

張世忠<sup>\*</sup>、張學孔<sup>\*\*</sup>、張仁德<sup>\*\*\*</sup>、李忠璋<sup>\*\*\*\*</sup>

### 一、前言

交通部公路總局正積極辦理「省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統工程」，依道路特性，例如：易壅塞、易肇事路段，及城際、都會型、生活圈道路等，佈設路況資料蒐集設備（車輛偵測器與閉路電視攝影機等）及交通控制系統工程設備（資訊可變標誌等），並於公路總局 5 個轄區工程處，成立交控中心，建置交通資訊蒐集系統及事件管理系統，完成交通資訊資料庫之分析與管理，整合既設及建置中相關交通控制系統設施，以省道路段平均約每 10 公里，設置一組車輛偵測設備之密度為計畫目標（詳圖 1）。

本計畫之範圍為省道一般路段、西濱快速公路(不包含 12 條東西向快速公路)，計畫目標為（1）提昇路網管理技術，發揮運輸效率，紓緩交通壅塞（2）提供旅行者資訊服務（3）增進事件處理及緊急應變作業效率（4）改善跨管轄權間之合作及資訊分享。

計畫中建置公路總局交控中心，建置並擴充整合平台，將既有各區養護工程處建置之各期交管設備納入整合，除可提供交通部運研所全國路況資訊中心 (<http://e-traffic.iot.gov.tw/>)，進行交通資訊發佈，並可提供省道即時通報事件資訊給加值業者 – 進行車輛導航交通資訊服務，例如目前 TomTom、Garmin、Panasonic、PaPaGo 及 Mio 等多家設備廠商，已有路況導航相關產品上市。

### 1.1 計畫概要

依行政院 2006 年產業科技策略會議 (SRB) 結論：在「智慧型車輛產業的檢視與前瞻」議題下，建議智慧型運輸系統(ITS)建置「北台灣科技走廊智慧型運輸系統示範區域」，並鼓勵普設路況攝影機與車輛偵測器，研發影像偵測技術並與路況攝影機結合，提升自動化路況收集功能。爰交通部科技顧問室將 3 項子計畫整合為「智慧型運輸系統—即時路況資通平台之整合發展與應用推廣」計畫，4 年經費合計

\* 交通部公路總局 新工組正工程司/國立臺灣大學土木工程學研究所博士班研究生

\*\* 國立臺灣大學土木工程學研究所 教授

\*\*\* 交通部公路總局 總工程司

\*\*\*\* 交通部公路總局 養路組副組長

11.65 億，並已列入「發展優質網路社會計畫(2008-2011 年)」。

其中 3 項子計畫與經費包括 (1) 北臺灣科技走廊智慧型運輸系統建置：1 億元 (2) 省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統建置計畫：6.65 億元 (3) 交通號誌時制管理策略實作計畫：4 億元。全程計畫書及各計畫全程總經費業於 2008.1.14 院臺經字第 0970080946 號函奉行政院核定。其中，由公路總局編列經費，正辦理其第 (2) 項「省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統工程之規劃設計」作業，分第一階段、第二階段的方式辦理，考量省道公路中與既有國道具有轉向功能、替代功能及易壅塞路段等，將之列為優先建置交通控制之範圍，俾達到提供民眾即時路況資訊、即時發現及處理事件、建置整體路網交通管理系統及其平台等目標。

### 1.1.1 工作項目/經費

本案計畫總經費新台幣 665,000,000 元，工作項目/經費，詳表 1.1.1。

表 1.1.1 工作項目/經費表

省道道路交通資訊自動蒐集系統之建置與維運		
工作項目		經費(元)
1.	運作現況調查	1,000,000
2.	作業規範規劃	15,000,000
3.	維運機制規劃、異地備援系統規劃	4,000,000
4.	系統建制	645,000,000
總計		665,000,000

(資料來源：交通部, 2008.5)

### 1.1.2 全程計畫分年經費

本案計畫分 4 年 (2008-2011) 執行，全程計畫分年經費，詳表 1.1.2。

表 1.1.2 全程計畫分年經費表

工作項目	年度				總經費(元)
	2008	2009	2010	2011	
省道道路交通資訊自動蒐集系統之建置與維運	110,000,000	268,000,000	143,000,000	144,000,000	665,000,000

(資料來源：交通部, 2008.5)

### 1.1.3 分年工作摘要

本案計畫分年 (2008-2011) 工作摘要，詳表 1.1.3；預定 2011 年系統建置完成。

表 1.1.3 分年工作摘要

年度	工作摘要
2008	(1)完成「省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統」規劃作業期中報告。 (2)完成「省道易壅塞及易肇事路段即時交通資訊蒐集系統」設計作業期中報告。 (3)完成「省道易壅塞及易肇事路段即時交通資訊蒐集系統」76 處。
2009	(1)完成「省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統」規劃及第一階段設計作業。 (2)完成省道易壅塞及易肇事路段即時交通資訊蒐集系統約 100 處。 (3)建置省道一般路段之即時路況交通資訊蒐集系統約 20 處。 (4)建置省道資訊可變標誌約 20 處。 (5)建置交通控制中心 5 處。
2010	(1)建置省道易壅塞及易肇事路段即時交通資訊蒐集系統約 70 處 (2)建置省道一般路段之即時路況交通資訊蒐集系統約 90 處。 (3)建置省道資訊可變標誌約 65 處。
2011	(1)建置省道一般路段之即時路況交通資訊蒐集系統約 90 處。 (2)建置省道資訊可變標誌約 65 處。

(資料來源：交通部公路總局養路組 2009.2)

## 1.2 規劃與發展簡史

本案計畫之規劃與發展現況，除公路總局將依規劃報告期末結果，另訂設計作業第二階段期中、期末報告審查日期外，餘詳表 1.2。

表 1.2 本案之規劃與發展簡史 (本研究整理 2009.7)

日期	事件
2008.1.14	奉行政院核定 (核定文號：院臺經字第 0970080946 號函)，由交通部公路總局執行。
2008.12.24	本案之規劃設計，決標予台灣世曦工程顧問股份有限公司辦理。
2009.4.20	設計作業第一階段期中報告審查。
2009.5.25	規劃作業期中報告審查。
2009.7.16	設計作業第一階段期末報告審查。
2009.11 (預定)	「省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統工程之規劃、設計」案規劃作業期末報告審查。
2009.11.1 (預定)	建置省道易壅塞及易肇事路段即時交通資訊系統決標 (第一階段建置：省道易壅塞及易肇事路段即時交通資訊系統約 100 處，省道一般路段之即時路況交通資訊蒐集系統約 20 處，資訊可變標誌 20 處及交通控制中心 5 處，2009.12.31 完成)。
2011.12.31 (預定)	完成系統建置。

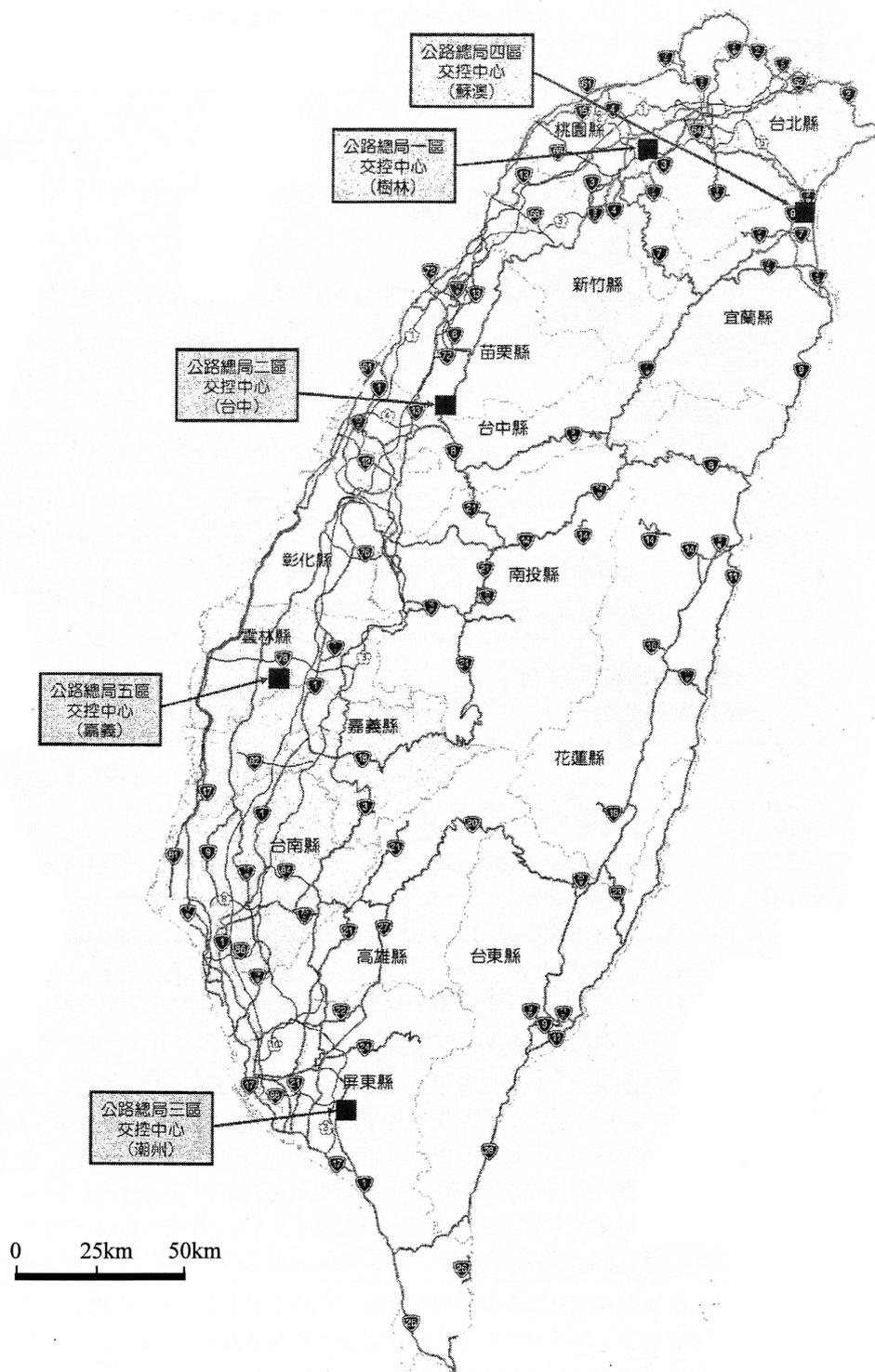


圖 1、本案之省道公路網絡圖及 5 個交控中心之分佈圖  
 (資料來源：台灣世曦工程顧問股份有限公司, 2009.4)

## 二、本案之交通控制系統工程之規劃

交通部公路總局所辦理之「省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統工程」，其規劃主要內容、近程之規劃、路側設施規劃項目、交通部公路總局既設之國道替代道路交通資訊蒐集系統等，將之分述於后：

### 2.1 交通控制系統工程之規劃主要內容

本案之交通控制系統工程之規劃項目、規劃內容簡要說明，詳表 2.1。

表 2.1 交通控制系統工程之規劃主要內容

規劃項目	規劃內容說明
1. 交通現況分析與管理功能需求	(1)蒐集與調查各區域路段之現況交通問題。 (2)依據國家永續發展之城際運輸系統需求模式研究成果，由交通分析之預測，評估未來之交通問題。 (3)隧道路段分級管理需求分析。 (4)經由上述分析，定義交通管理問題與需求，作為交通管理功能及控制策略擬定之基礎。
2. 交通控制與管理策略研擬	(1)經由交通管理與控制功能分析之結果，進行本規劃路段之交通管理目標規劃，具體擬定相關之交控策略及方法等。 (2)針對研擬之交控策略評估其預期績效，並對未來實際運作時策略運作之績效評估方法做一規劃，作為系統設計時需求分析之基礎。
3. 交控系統路側設施規劃	(1)進行現場勘查及訪談，並依據交通管理與控制策略需求、路段特性，研擬相關交控系統設備及設施佈設原則，並規劃交控設備之功能需求與設置準則。 (2)就交控設施設置原則進行初步之交控終端設施佈設規劃。
4. 交通控制中心機房規劃	(1)各區交控中心之規劃： 公路總局目前於一、二及五工處分設有北、中及南三處簡易型交通監視中心，為因應未來省道完整交通資訊蒐集及控制系統之建置完成，提昇及增設為五處交通控制中心，配置交通資訊整合中心相關系統設備。另建置入口網站以電子地圖方式呈現道路即時畫面及相關交通資訊。 (2)交控中心為執行各類交通監測、資訊服務及事件管理應有功能之規劃。 (3)控制中心內資料處理、顯示、傳輸及儲存系統之規劃。 (4)其它配合系統設備所需機房之規劃，包括機電系統、消防系統、空調系統、衛生給排水系統等配合工程。
5. 系統工程及整合規劃	(1)交通控制中心電腦與圖誌顯示系統，於交控中心配置整合式工作站及操作平台等設備，並分別建置入口網站，以電子地圖方式呈現即時交通資訊，同時彙整連結至交通部公路總局入口網頁，將相關交通資訊提供予一般民眾。

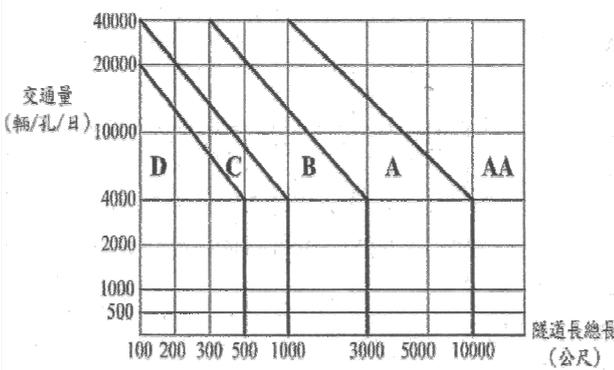
	<p>(2)資訊系統依使用對象分為兩類，一為管理者，交通部公路總局人員透過帳號、密碼認證方式登入，可即時掌握道路車流狀況，並於可能發生壅塞、事故等特殊情況時，機動採取應變管制措施；另一則為一般民眾，可經由網路以電子地圖方式點選查詢及觀看，提供行前即時交通資訊。</p> <p>(3)考量交通控制策略及運作管理之需求，研訂系統功能架構，各功能關連性、資料需求及資訊流向，並研析各交控中心資料之交換和傳送，及與既有交控中心資料之整合。</p> <p>(4)通訊傳輸系統</p> <p>(A)與既有或設計施工中交控系統之通訊整合規劃。</p> <p>(B)語音、數據及影像傳輸系統需求分析及整合規劃。</p>
6. 配合工程	<p>(1)路側交控終端設施之規劃。</p> <p>(2)各終端設備基礎、管道之規劃。</p> <p>(3)電力系統工程：</p> <p>(A)各交控設施電源供應及供電電壓之規劃。</p> <p>(B)控制中心及機房電源設備之規劃。</p>
7. 交控中心營運管理組織規劃	<p>(1)綜合考量整體路網未來營運管理單位之營運及管理需求，規劃交控中心之運作管理組織架構，並探討交控中心與工程處整體配置可行性，行政轄區劃分需求，以進行各控制中心運作功能需求分析，擬定運作架構、運作概念與方法及各項作業程序。</p> <p>(2)配合各分區交控中心業務之整體運作及管理組織架構，進行各單位人力編制、訓練及運作管理方式規劃，以作為公路營運管理單位之參考。</p> <p>(3)配合系統運作及維護方式之規劃，進行系統運作及維護費用預算概估。</p>
8. 效益分析	<p>依據系統設置之成本與可能獲得之效益做一比較分析，效益儘可能轉換為量化之數據或減少之社會成本等作為基礎，並計算系統運作後產生之本益比。</p>
9. 施工計畫	<p>依據計畫之特性並考量整體之運作，擬定本案之施工計畫。</p>
10. 工程數量與經費概估	<p>研析配合未來可能分標建置之需求，概估各分標之工程經費。</p>

(資料來源：台灣世曦工程顧問股份有限公司, 2009.4)

## 2.2 近程之省道先進交通管理及先進用路人資訊系統的規劃

本案近程先進交管及用路人資訊系統的規劃項目、內容、實施對象及地點，詳表 2.2。

表 2.2 近程之省道先進交通管理及先進用路人資訊系統的規劃

項目	內容	實施對象及地點
1. 路況資訊提供	<p>描述性資訊：</p> <p>(1)即時路況資訊(文字描述或壅塞長度)</p> <p>(2)歷史路況資訊</p>	城際間道路、國道替代道路、觀光區聯外道路
2. 事件管理	<p>(1)監測系統</p> <p>(2)事件反應計畫</p> <p>(3)建立事件資料庫</p>	<p>監測系統設置點為隧道</p> <p>事件反應計畫適用於省道所有一般路段</p>
3. 隧道管理	<p>隧道路況資訊提供</p> <p>隧道封閉策略</p> <p>隧道車流控制策略</p> <p>隧道調撥策略</p>	<p>接近 A 級及 A 級以上。</p> <p>參照日本道路公團 (Nihon Doro Kodan) 隧道防災等級依交通量及隧道長度分為 D、C、B、A、AA 級 5 類，詳圖 2.2。</p> 
4. 危險主動警示	<p>天候不良警示（利用外部資訊，如：中央氣象局或農委會水土保持局之土石流防災應變系統）</p> <p>大型車輛行經警示</p>	山區道路
5. 平台建立資訊	<p>建立省道路況資訊資料庫</p> <p>蒐集其他交控系統道路資訊</p>	

(資料來源：台灣世曦工程顧問股份有限公司, 2009.4)

### 2.3 交通控制系統路側設施規劃項目

本案之交通控制系統路側設施規劃項目包括：路況資訊提供（車輛偵測器、資訊可變標誌、自動車牌辨識系統）、事件管理（事件自動偵測）、隧道管理（車輛偵測器、閉路電視攝影機、隧道管制標誌、資訊可變標誌、靜態標誌）、危險主動警示（車輛偵測器、資訊可變標誌），其佈設原則，詳表 2.3。

表 2.3 交通控制系統路側設施佈設原則

項目	交控終端設施	用途	佈設原則
1. 路況資訊提供	車輛偵測器 (VD)	提供壅塞長度推估 (1)偵測到達率 (2)偵測離開率	號誌化路口： (1)一般狀況下最大等候線長度上游設一組 VD (2)路況資訊描述對象的起始點設一組 VD (3)前述兩組 VD 間視情況加設 VD，以增加推估的精確度 風景區： (1)風景區入口設一組 VD (2)一般狀況下最大等候線長度上游設一組 VD (3)路況資訊描述對象的起始點設一組 VD (4)前述兩組 VD 間視情況加設 VD，以增加推估的精確度
	閉路電視攝影機 (CCTV)	提供路況影像	(1)佈設於壅塞及易肇事路段 (2)以能涵蓋最大觀察範圍為原則
	資訊可變標誌	提供路況資訊予用路人	(1)提供路徑選擇資訊：佈設於路徑決策點上游 300m 以上 (2)提供單一路徑路況資訊：佈設於壅塞點上游
	自動車牌辨識系統 (AVI)	提供旅行時間推估	(1)佈設於路徑起訖點兩端 (2)路徑起訖點間視路網結構及旅行時間推估方法之特性加設 AVI
2. 事件管理	事件自動偵測 (閉路電視攝影機搭配後端軟體以進行)	自動偵測事件	(1)僅於接近 A 級及 A 級以上隧道內佈設 (2)各閉路電視攝影機需涵蓋全部隧道範圍
3. 隧道管理	車輛偵測器	提供車流流量、速率、佔有率	僅於接近 A 級及 A 級以上之隧道佈設 (1)由於隧道內已普遍設置事件自動偵測器，將於隧道入口後每 350 公尺處佈設一組，若隧道長度大於 1 公里時則於出口前 350 公尺加設一組 (2)隧道進、出洞口外約 350~500 公尺佈設一組

	閉路電視攝影機 (CCTV)	提供路況影像	採用事件自動偵測之攝影機以提供路況影像
	隧道管制號誌	提供隧道管制	(1)雙孔單向之隧道形式，於隧道口及隧道內車道上方設置車道管制號誌 (2)單孔雙向之隧道形式，於隧道入口處設置一般交通號誌以管制進入隧道之車流量
	資訊可變標誌	提供隧道管制資訊	於隧道口設置
	靜態標誌	提醒駕駛依號誌指示行駛	於隧道口設置
4.危險主動警示	車輛偵測器	提供大型車偵測	(1)於危險警示路段上游設置 (2)設置點距危險警示路段之距離，以考量車速計算之
	資訊可變標誌	提供危險資訊予用路人	(1)於危險警示路段上游設置，設置點距危險警示路段之距離，以考量車速計算之 (2)於天候不良之警示段上游地點設置

(資料來源：台灣世曦工程顧問股份有限公司, 2009.4)

#### 2.4 交通部公路總局既設之「國道替代道路交通資訊蒐集系統」簡介

交通部公路總局過去推動公路智慧化的工作不遺餘力，包括建置「國道替代道路交通資訊蒐集系統」，並按需求緩急逐年增設，以提昇交通服務品質；本案「省道即時路況資訊蒐集及控制系統」係為延伸其服務，茲將「國道替代道路交通資訊蒐集系統」簡要介紹於后：

在 2006 年初起，交通部公路總局與高速公路局整合完成國道主要替代道路資訊系統之建置，民眾只要連接上網，即可瞭解國道與周邊替代道路即時路況，隨時掌握國道與周邊替代道路之交通狀況。

迄 2008 年止，交通部公路總局已針對較易塞車的各處路段，在全台建立約一百個偵測點，完成交通資訊蒐集系統建置，其分別透過車輛偵測器 (VD)、閉路電視攝影機 (CCTV) 等設施蒐集可做為國道替代道路的省道、縣道之交通資訊。並透過網路公布於公路總局網頁，隨時提供民眾查詢。

其所蒐集的交通資訊，民眾只要：

- 一、點選進入交通部公路總局入口網頁 <http://www.thb.gov.tw/>
- 二、點選進入「公路資訊」中「國道替代道路交通資訊系統」部分
- 三、即可查詢各處替代道路指定路段行車速度、路況影像、行車時間與事故資訊等，即時掌握各地道路車流狀況
- 四、除提供用路人上網點選觀看即時路況資訊 (即時影像畫面與 5 分鐘平均車流資料)，亦用以作為未來公路總局管理省道之交控發展方向與策略之參據 (詳圖 2.4)。



圖 2.4 國道替代道路交通資訊蒐集系統 ( <http://60.250.81.184/index-2.jsp> )

### 三、本案之設計之主要內容

本案之交通控制，係經由各路側設施，透過電信網路傳至轄區工程處之控制中心，如控制中心發生故障，可由一區工程處交通資訊整合中心 Traffic Information Integration Center (TIIC)接管，並執行管理，該系統之設計，概述於后：

#### 3.1 設計之範圍與內容

本案之系統整合之需求包括：(1) 本計畫省道交控設施交通資料蒐集系統、(2) 八卦山、玉長隧道交控系統(3) 國道替代道路自動交通資訊蒐集設備工程；以上之新舊系統使用同一操作畫面，資料庫結構、檔案及報表均統一格式。本案之設計範圍(包括第一階段設計、第二階段設計)與設計內容，詳表 3.1。

#### 3.2 交通資訊蒐集主要設備

本案之交通資訊蒐集子系統與其主要設備，詳表 3.2。

##### 3.2.1.車輛偵測器

偵測車行速度、流量、佔有率等，提供壅塞、車輛流通資訊，據以採取必要之交通管制措施。

表 3.1 交通控制系統工程設計內容

設計範圍	(1)設立資料蒐集系統中心，設施及事件管理系統 (2)整合公路總局既設相關系統設備 (3)提供工程處人員，查詢壅塞資料、影像及辦理事件管理 (4)提供交通資訊發佈上網服務	第一階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 於省道目前易壅塞點設置資料蒐集及閉路電視系統</li> <li>● 完成公路總局 5 個轄區工程處預定設置交控中心位置之機房</li> </ul>
		第二階段	根據規劃成果及工程預算限制，擇定設計範圍，辦理路側及交控中心之各項設計
設計內容	(1)資料蒐集、分析與管理系統 (2)閉路電視系統 (3)資訊顯示系統 (4)通訊傳輸系統 (5)中央電腦系統	(6)網際網路系統 (7)交控中心相關系統設備 (8)各系統功能正常運作之自動偵測裝置 (9)規劃階段完成之研究成果	

(資料來源：台灣世曦工程顧問股份有限公司, 2009.4)

表 3.2 交通資訊蒐集主要設備 (本研究整理, 2009.7)

交通資訊蒐集子系統	主要設備
車輛偵測器 (DV)	目前較成熟的車輛偵測器設備包括微波、紅外線或影像式偵測器等
閉路電視攝影機 (CCTV)	閉路電視攝影機、網路 IP 攝影機等
其他	電腦主機、控制器、傳輸通訊網路、輸入輸出模組等

### 3.2.2 閉路電視交通監視系統

閉路電視交通監視系統，可即時觀察交通狀況和事故現場，監視區可實施全程監控。事故發生時可經由偵測器或通報按鈕的信號，立即鎖定現場，並呈現在螢幕上，以利控制中心的管制人員，全盤處理及監視。這些攝影機是公路營運管理部門用於管理交通事件，該系統程式軟體的編寫十分縝密，其中包括事件探測、鑑別、控制及服務等多種功能，特別是在攝影機樁號的標定方面，可明確標明該攝影機所在位置。一旦探測到事件的發生，就可根據該事故的具體特徵，例如發生時刻、地點、起因、性質和嚴重程度，實施交通資訊發佈和交通控制策略，減低事故的危害程度，儘快恢復正常交通。

閉路電視系統之整合架構為各區工程處建立一影像數位平台，將新設及既設攝影機操作及管理，整合於平台上同一操作介面上：

- (1)影像數位平台提供影像監視、攝影機控制、影像儲存及管理之平台，具有收集、錄影及廣播多路影像功能。

- (2)影像數位平台與中央電腦系統整合達到事件發生時可鎖定畫面功能。
- (3)各區工程處與 TIIC 間可相互調閱影像，並提供各轄區工務段調閱影像功能，每一區工程處閉路電視系統均提供影像供高公局各交控中心、防災中心、各縣市地方政府交控中心等單位調閱。
- (4)將影像提供給影像加值業者，並提供民眾經網際網路查閱影像功能，與提供 3G 手機上網服務。

### 3.2.3 電腦主機、控制器、傳輸通訊網路、輸入輸出模組等

在電腦網路中，所謂非軍事區 DMZ (Demilitarized Zone) 為一個放於企業個體和互聯網之間作為緩衝地帶的電腦主機或小型網絡。它用以防止了外來入侵者直接存取放有企業內部資料的伺服器。互聯網上的使用者只可以存取 DMZ 中的電腦。一般 DMZ 都會有企業網站，供外界提查詢及使用，惟不包括企業內部的機密資料。如不幸外來入侵者侵入 DMZ 並令其網站癱瘓，重要的企業資料仍不會外洩。所謂防火牆 (Firewall)，為一處於網絡通門閘 (Gateway) 的相關程式，用作保護企業個體網絡的資源，免受外來用戶破壞。

TIIC、各區交控中心與民眾及外部單位的網路平台之整體傳輸系統架構，為透過電信公司，各區交控中心間建立一電信網路平台，將新設及既設路側設施之操作及管理，整合於平台上同一操作介面上，輸入輸出模組等，詳如圖 3.2.3。

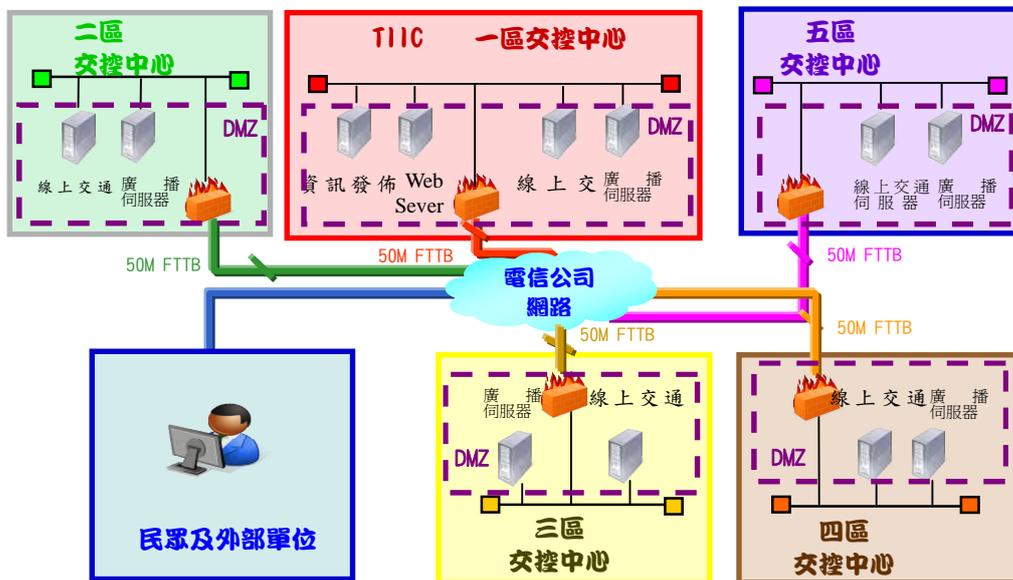


圖 3.2.3 TIIC、各區交控中心與民眾及外部單位的網路平台之整體傳輸系統架構

### 3.3 交通控制系統工程主要設備

本案之交通控制子系統與主要設備，詳表 3.3。

表 3.3、交通控制主要設備一覽表（本研究整理，2009.7）

交通控制子系統	主要設備
可變資訊標誌 (CMS)	設於號誌化路口前 150~200 公尺處，或隧道區，提供用路人路況、資訊或交通管制信號
其他	車道管制號誌，屬隧道區設備，採懸臂式、門架式或懸掛式設置
	速限可變標誌 (CSLS)，屬隧道區設備，事故時必須調整其最高速限；當變換最高速限后，駕駛人即應依其規定速限行駛

### 3.3.1 可變資訊標誌

經由可變資訊標誌，將擁塞路況及替代道路的訊息傳達給用路人，提供即時交通資訊（壅塞、施工、危險警告訊息），以利途中旅次路線規劃。

## 四、本案之交通資訊整合中心(TIIC) 系統的運作簡介

本案之交通資訊整合中心（TIIC）需求架構、系統運作流程、區交控中心系統功能架構、系統功能架構交控軟體等，概述於后：

### 4.1 交通資訊整合中心（TIIC）需求架構

本案包括資料蒐集/保存、交通資料分析、系統管理、資訊發佈 4 項需求，TIIC 以資料蒐集與管理、交通資料監測與控制、交通資訊發佈 3 子系統達成，詳圖 4.1。

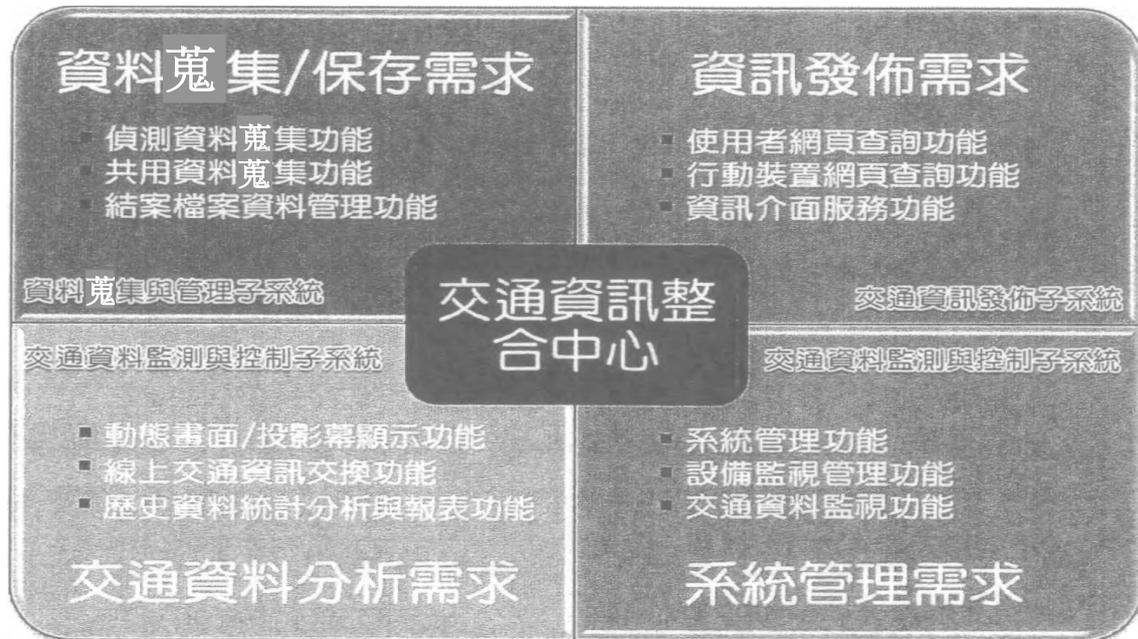


圖 4.1 交通資訊整合中心 (TIIC) 需求架構圖  
(資料來源：台灣世曦工程顧問股份有限公司, 2009.4)

## 4.2 THIC 系統運作之流程

本案針對省道一般路段及西濱快速公路（註：12 條東西向快速公路之交控系統，另案由交通部台灣區國道高速公路局建置與管理，爰本案中不包括 12 條東西向快速公路），乃依道路特性辦理省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統工程，普設車輛偵測器（VD）、閉路電視攝影機（CCTV）及資訊可變標誌（CMS），並於 5 個轄區工程處成立交控中心，利用路側偵測設備蒐集即時車流資料，經由轄區之交控中心進行資料分析研判後，透過資訊可變標誌及網際網路等管道，將即時路況資訊提供用路人作為行前及行駛中之參考，THIC 系統運作之流程，詳圖 4.2。

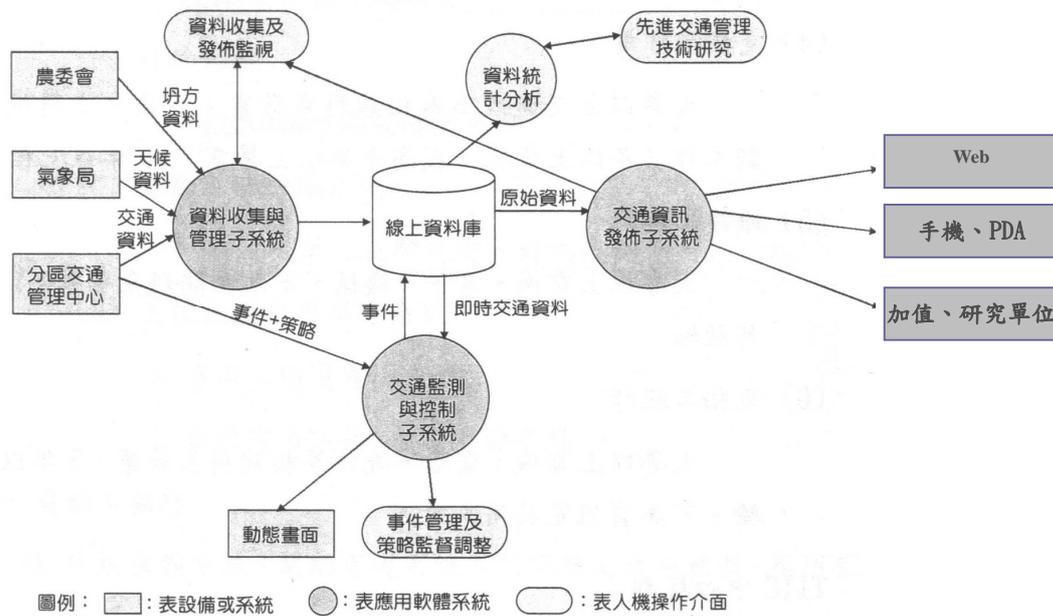


圖 4.2 THIC 系統運作流程示意圖

（資料來源：台灣世曦工程顧問股份有限公司, 2009.4）

## 4.3 區交控中心系統功能架構

公路總局設置 5 個交控中心，其功能主要有交通資訊蒐集系統、用路人資訊系統、隧道交通監視及控制系統以及事件管理系統（例如：壅塞、事故、道路封閉、天候不良...等）。透過完善的即時路況資訊服務，提供省道路網即時路況資訊（車流資料、路況影像）以利行前規劃，並在道路可能發生壅塞、隧道事故等特殊情況時，即時發現並主動警示監控之值班人員，以利採取適當之應變措施（詳圖 4.3）。

另國道高速公路局及地方縣、市政府交控中心，及業者可透過 XML 格式進行資訊交換，建立交通管理系統資料交換平台，以達成即時交通資料蒐集與資訊發佈；並就緊急事件管理與應變措施，建置隧道事件自動偵測系統（如長度 1 公里以上隧道）。

此外，省道路側所蒐集之交通資訊，亦可提供車輛之車載機接收公路即時路況資訊，作為用路人於行程中選擇最適路徑之參考。未來透過省道普遍建置之路側車輛偵測設備，期可蒐集較完整即時路況交通資料，以進行路網的旅行時間之預測。

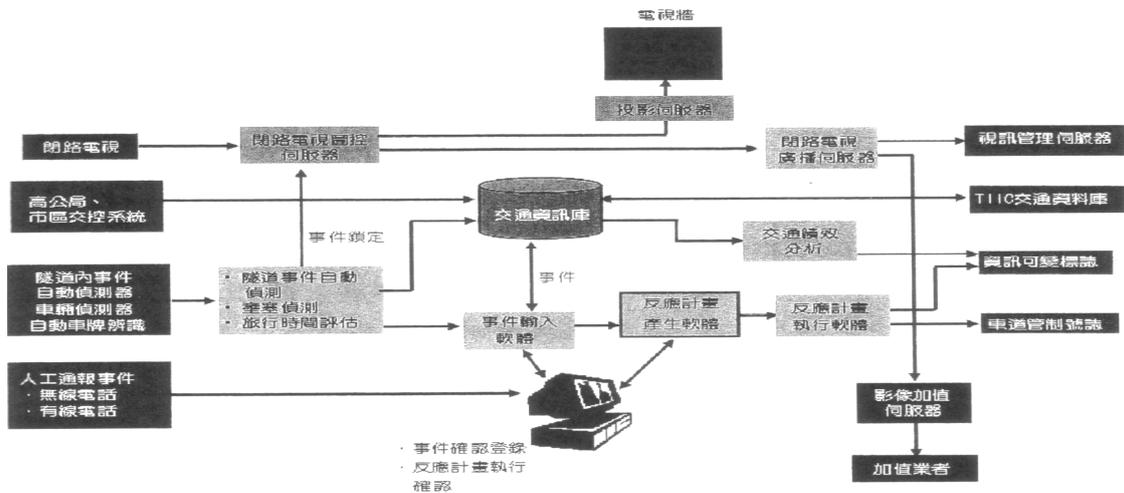


圖 4.3 區交控中心系統功能架構示意圖  
 (資料來源：台灣世曦工程顧問股份有限公司, 2009.7)

#### 4.4 TIIC 系統功能架構

本案係採 TIIC 與分區交管系統之階層式系統架構 (詳圖 4.4)

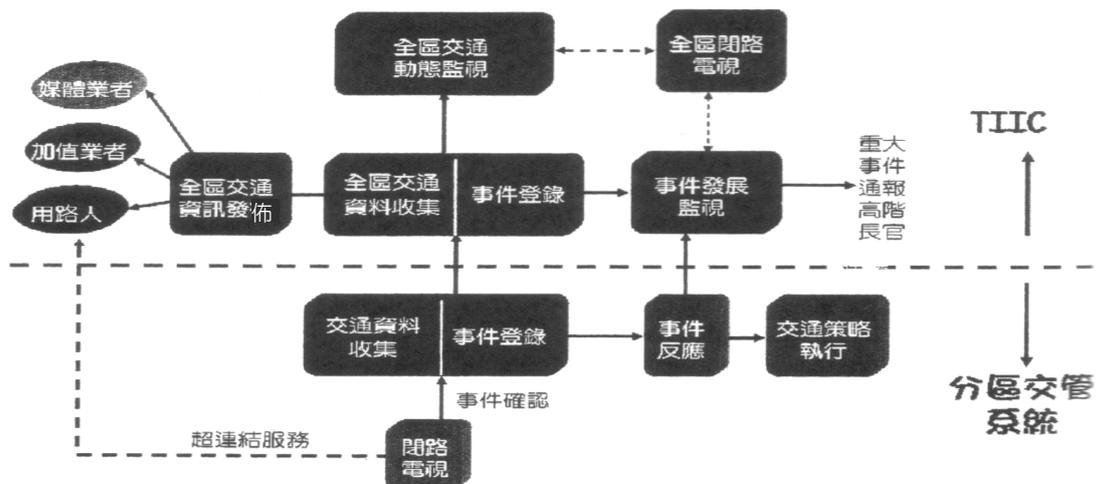


圖 4.4 TIIC 系統功能架構示意圖  
 (資料來源：台灣世曦工程顧問股份有限公司, 2009.7)

#### 4.5 交控軟體-歷史資料統計分析/報表產生軟體

本案的歷史資料統計分析/報表產生軟體，其報表之類型包括：

- (1)交通資料日報表、週報表、月報表；
- (2)車流特性曲線；
- (3)事件記錄統計；
- (4)操作紀錄統計；
- (5)設備運作、故障記錄的統計分析；
- (6)交通量、平均車速的趨勢圖

以上係用以彙整包含交通資料、設備組態、系統運作狀況之資料並產生對應之報表圖形輸出之交控軟體。

## 五、結 語

「省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統工程」之規劃案，歷經詳實審查與研討，並參酌國內許多交控規設案件之經驗，以供未來設計與執行之依據。今已完成規劃作業期中報告審查、設計作業第一階段期末報告審查（預定 2011.12.31 全系統建置完成）。

其中，預定於 2009.11.1 建置省道易壅塞及易肇事路段即時交通資訊系統決標（第一階段建置：省道易壅塞及易肇事路段即時交通資訊系統約 100 處，省道一般路段之即時路況交通資訊蒐集系統約 20 處，資訊可變標誌 20 處及交通控制中心 5 處，2009.12.31 完成）。

展望未來，盼藉由公路交通建設之持續推展，提昇「省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統」安全及可靠度水準，透過匯流的高速網路、智慧的感知環境，操作簡單好用的人機介面、符合民眾需求的創新服務，以及安全信賴的社會環境，讓所有的民眾可以隨時隨地運用創新的設備，享受安全貼心的服務，並導引相關智慧型運輸系統之產業界，生產開發軟硬體設施，促進相關產、官、學界躋身世界先進之領域，讓行車安全獲致最大保障。

## 六、致 謝

目前省道 ITS 之建置，包括即時交通資訊蒐集及監測系統、動態交通資訊顯示系統及交通控制中心管理維運等方面，尚處於起步階段，伴隨著省道的發展與成長，交通管理會有新的挑戰需要克服，為作為推動公路相關交控系統建置時之參考，故筆者在本案之規劃與設計之審查執行之同時，特為此文，從技術發展及應用服務等方面，簡要地探討「省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統工程」之規劃與發展現況，亦希望藉此議題延伸後續之發展，期望各界之迴響與指正，讓未來本案之建置工作更臻完善。本文所述「省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統工程」之規劃與發展，因篇幅所限無法鉅細靡遺，致有疏漏之處，亟望工程先進不吝賜教；另本文彙整完成，端賴省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統工程規劃、設計案執行單位-公路總局養路組，暨承辦規劃設計之台灣世曦工程顧問股份有限公司提供詳實之規劃設計資料，無限感懷，謹此一併致謝。

## 參考文獻

1. 交通部（2008.5），智慧型運輸系統—即時路況資通平台之整合發展與應用推廣計畫 2009 年度計畫書。
2. 交通部公路總局養路組（2009.2），交通管理與資訊服務系統之建置與推廣計畫-省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統建置 2009 年度作業計畫。
3. 台灣世曦工程顧問股份有限公司（2009.4），省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統工程規劃作業期中成果，公路總局委託案。
4. 台灣世曦工程顧問股份有限公司（2009.7），省道即時路況交通資訊蒐集及控制系統工程規劃、設計第一階段設計成果簡報，公路總局委託案。

## 公路防災預警機制－利用網路水情監測

陳進發\*

### 摘要

本文係利用流域管理之概念，結合歷史水情與災情資料之統計分析結果，以溪州大橋及新中橫公路為例，說明如何利用即時水情監控方式，達到公路防災及減災之預警功效。

### 一、前言

公路防災預警機制通常讓人聯想於結構物上裝置儀器設施，透過變位即時監控，可是通常忽略了應變時間是否足夠？無法滿足預警之需求，亦無法提供用路人所需之資訊，以減少傷亡。舉例而言，重點監看之橋梁，以往著重於監看水位，透過警戒水位之設定來滿足應變之時間，確無法事先研判下 1 分鐘水位會漲或跌，本文提出利用網路水情監控方式可充分解決上述問題，並且可預測封橋或發生公路災害之潛勢能，不僅提早預警且可提供用路人此一資訊供判斷是否前進高潛勢能區，可達減災之功效。

### 二、監控及預警機制

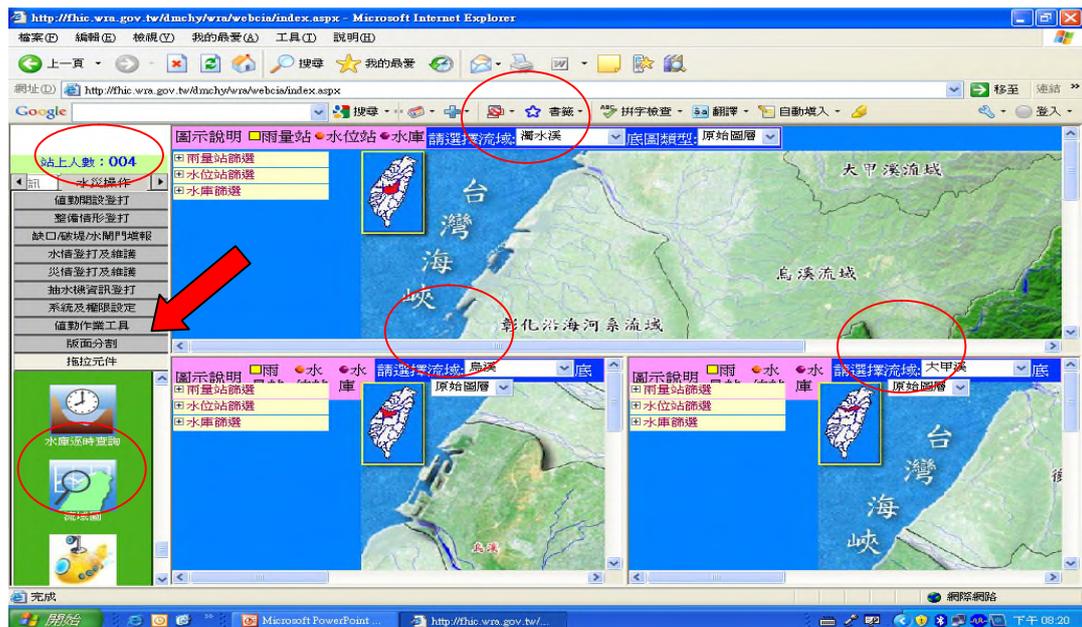
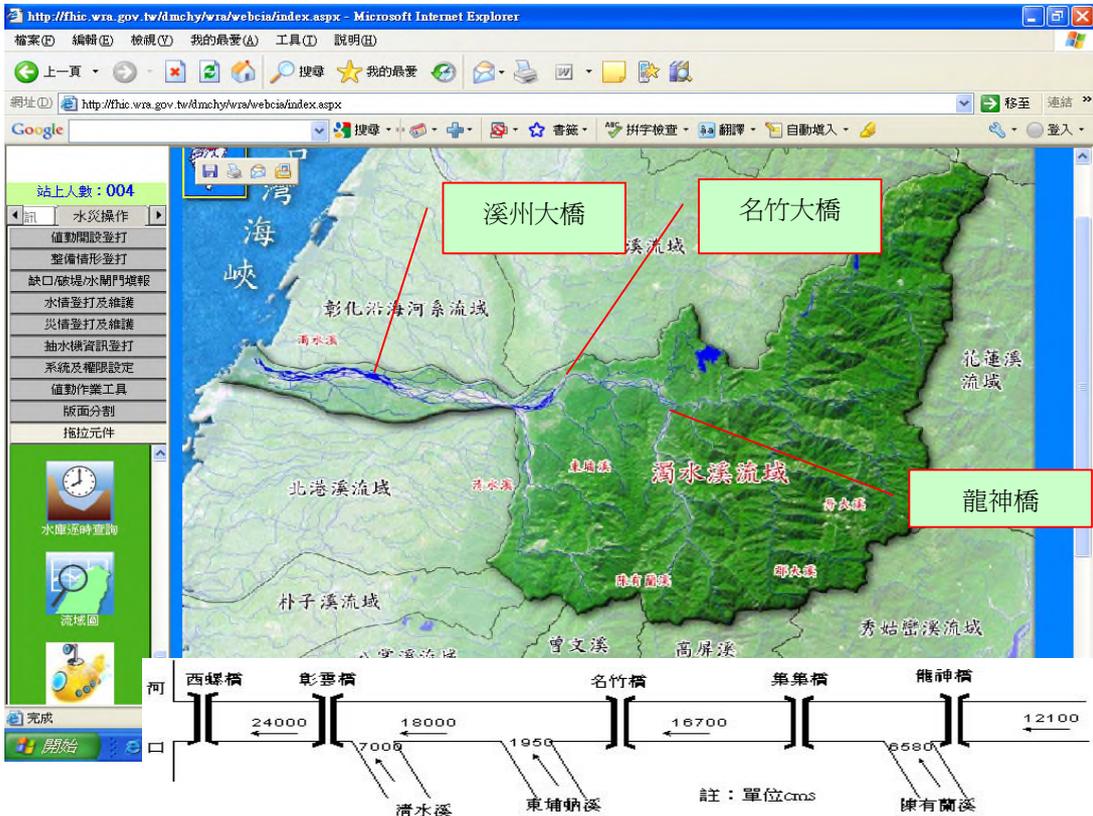
謹提供目前公路總局第二區養護工程處於 98 年汛期期間，利用水利署水情中心之水情系統，監控及預警機制如下：

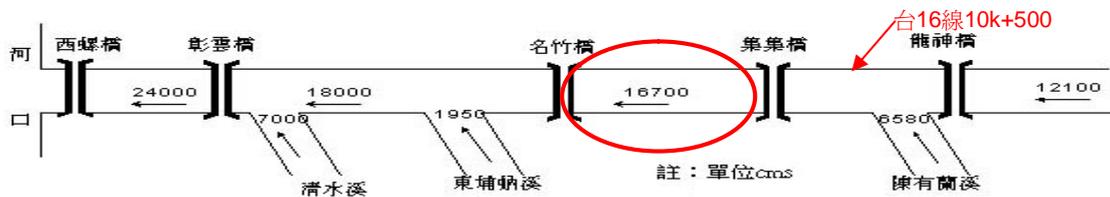
- (1)流域管理之概念：公路或橋梁行經路段依其區位可劃歸不同流域，橋梁以台 1 線溪州橋為例，山區公路以新中橫公路台 21 線 75k（水里）~145k（塔塔加）為例，均屬第四河川局管轄之濁水溪流域，於颱風或豪雨期間，該流域任何區位之水情均與其上游集水區之降雨情形息息相關，因此監測流域上游水情即可提前掌握災情。
- (2)事前功課之準備：如無事前準備工作，進入水情中心，所監看之水情資料將毫無意義，透過水情中心之歷史颱風檔案，可整理出橋梁水位與上游雨量站之降雨關係，並透過上游水位站之最大流量之洪峰時間點與橋梁最大流量之洪峰時間點相差，即可得知洪峰歷時與平均流速，並可將監控點透過網路往上拉至上游區，取得相當充份之應變時間。以溪州橋為例，上游玉峰橋水位站距溪州橋約 30 公里，莫拉克颱風期間，流域最上游神木村雨量站於 8 月 8 日晚上 6 點持續降下超大豪雨，24 小時累積降雨量於 9 日凌晨即達 800mm，此時玉峰橋第 1 次

---

\* 公路總局第二區養護工程處處長

洪峰出現在凌晨 3：30，而溪州橋第 1 次洪峰出現時間 4：30，洪峰歷程 1 小時，平均流速已達 8m/s 以上具有推移石塊之能量，此時溪州橋水位達最高 26.3m，期間水位高高低低，均需依照上游水情狀況方能判斷下一個決策方向。





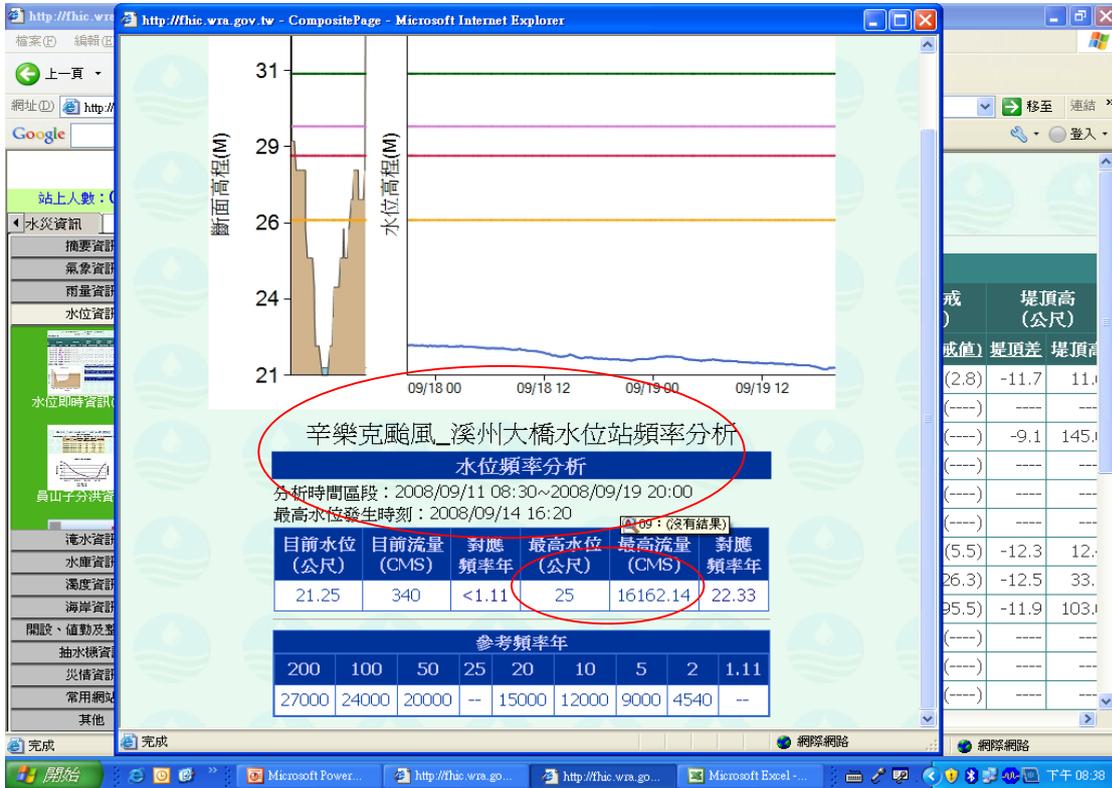
1.各頻率年洪峰流量

(資料來源：「台灣重要河川資料冊(修正版)」中「濁水溪」之「各頻率年洪峰流量表」)

頻率年	控制站	河口	西螺	清水溪合流前	龍神橋
200		27000	27000	20000	14000
100		24000	24000	18000	12100
50		20000	20000	15400	10200
20		15000	15000	12000	7800
10		12000	12000	9600	6200
5		9000	9000	7200	4600
2		4540	4540	4100	2700

濁水溪各頻率年洪峰流量一覽表

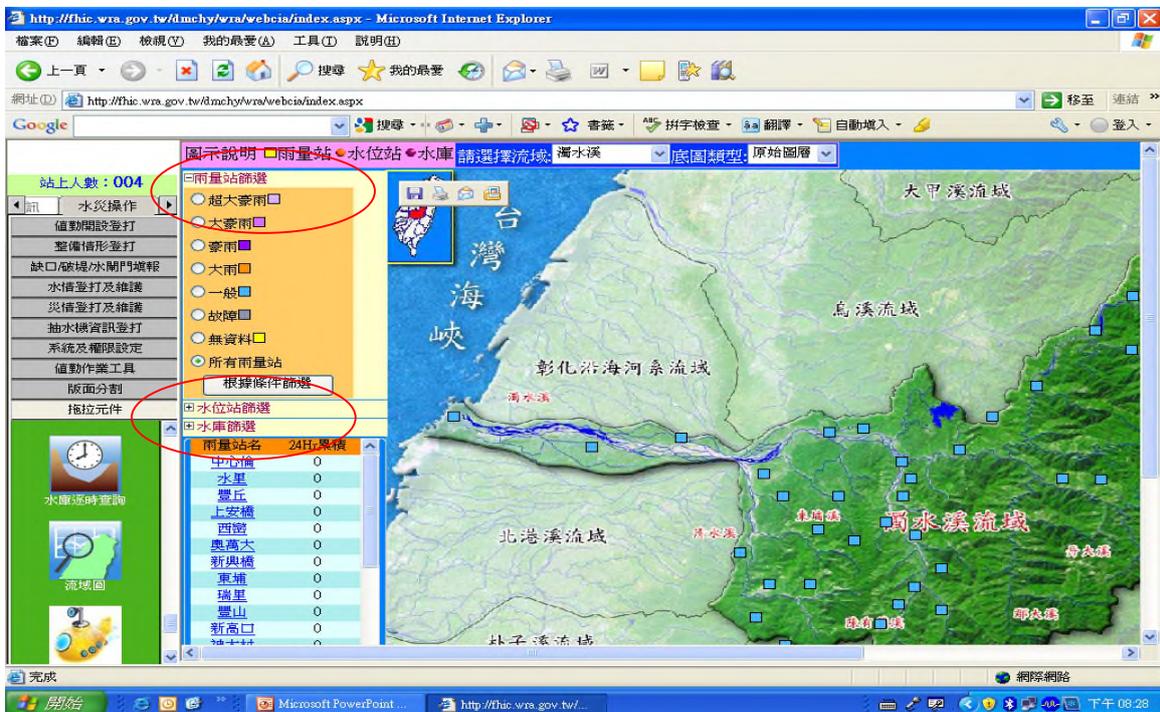
序號	基本資料	目前水位	一級警戒 (公尺)	二級警戒 (公尺)	三級警戒 (公尺)	堤頂高 (公尺)
1	第十河川局 新海大橋 淡水河	09/19 20:00 -0.1	-10.3 (10.2)	-7.8 (7.7)	-2.9 (2.8)	11.7
2	第十河川局 百齡橋 淡水河	09/19 20:00 -0.7	-9.5 (8.8)	-7.7 (7.0)	----	----
3	第十河川局 石門(後池) 淡水河	09/19 20:00 135.9	----	----	----	145.0
4	第十河川局 碧潭橋 淡水河	09/19 20:00 13.2	----	----	----	----
5	第十河川局 長安橋 淡水河	09/19 20:00 ----	---- (13.5)	---- (10.5)	----	----
6	第四河川局 西濱大橋 濁水溪	09/19 20:00 4.9	----	----	----	----
7	第十河川局 中正橋 淡水河	09/19 20:00 0.1	-10.4 (10.5)	-8.3 (8.4)	-5.4 (5.5)	12.3
8	第四河川局 溪州大橋 濁水溪	09/19 20:00 21.3	-8.3 (29.5)	-7.3 (28.5)	-5.1 (26.3)	33.0
9	第四河川局 彰基橋 濁水溪	09/19 20:00 91.1	-6.1 (97.2)	-5.4 (96.5)	-4.4 (95.5)	103.0
10	第十河川局 大華橋 淡水河	09/19 20:00 9.0	-12.9 (21.9)	-9.9 (18.9)	----	----
11	第十河川局 暖江橋 淡水河	09/19 20:00 16.1	-8.8 (24.9)	-5.8 (21.9)	----	----
12	第十河川局 上龜山橋 淡水河	09/19 20:00 56.9	----	----	----	----

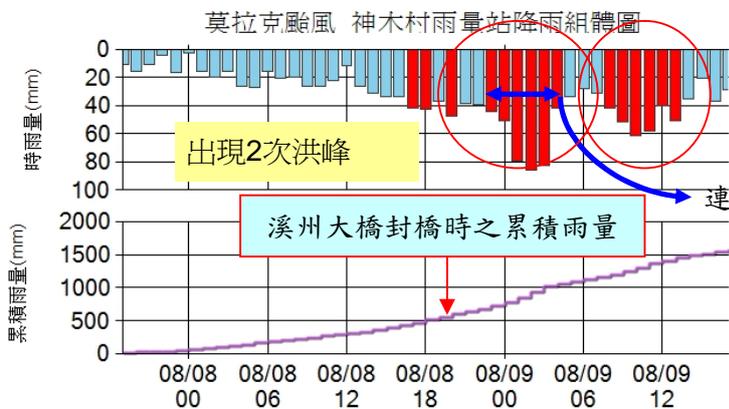


	日期	時間	水位(m)	通過流量(cms)	集集攔河堰放 流量(cms)	豐丘雨量站 累積雨量 (mm)	豐丘雨量站時雨 量(mm)
卡玫基	718	500	25.63	23146	10000	400	60
鳳凰	728	1630	23.38	4002	4000	200	30
豪格	828	2000	21.83	1002	105	0	0
辛樂克	914	1620	25	16162.14	9000	600	30
哈格比	923	1540	21.63	722	700	0.5	0.4
薔密	929	530	24.91	15301	7500	350	30
<b>溪州大橋目前河床最低點 19.7m,警戒水位 24.0m,封橋水位 25.0m</b>							

歷史颱風水情資料對應橋梁狀態

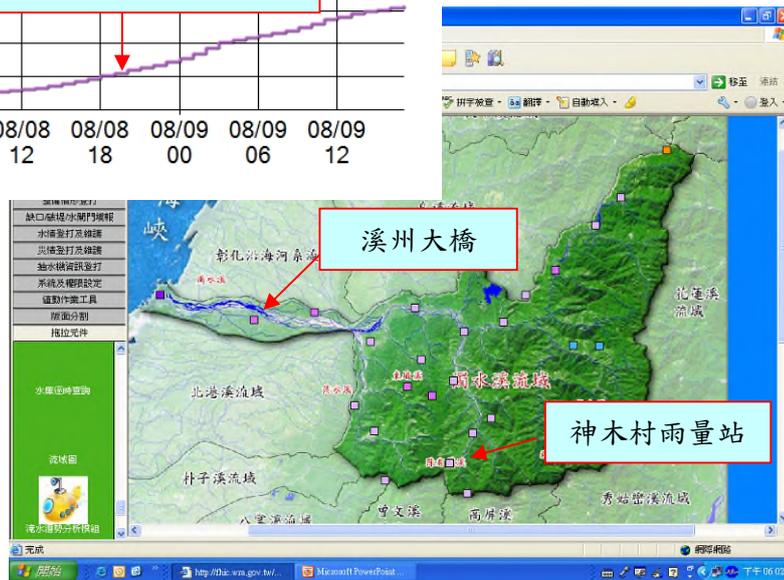
(3)橋梁預警基準：蒐集各歷史颱風中從標的橋梁至上游流域各水文測站之水情資料，並列表統計出標的橋梁水位與各水文測站之水情資料之關係，劃訂上游雨量站之 24 小時累積降雨量當警戒值，當然該警戒值所關連之橋梁水位必需經由橋梁之結構狀態、預估歷次颱風造成水深之淘刷深度綜合研判而設定，設定上游雨量站 24 小時累積降雨量（如能搭配時雨量則更為精準，一般觀察通常暴雨強度大都超過 30mm）值後，並自動傳送簡訊給管理者提醒應採取應變作為及路口可變資訊系統給用路人，此時距洪流到達時間至少有 1 小時以上可充份應變。

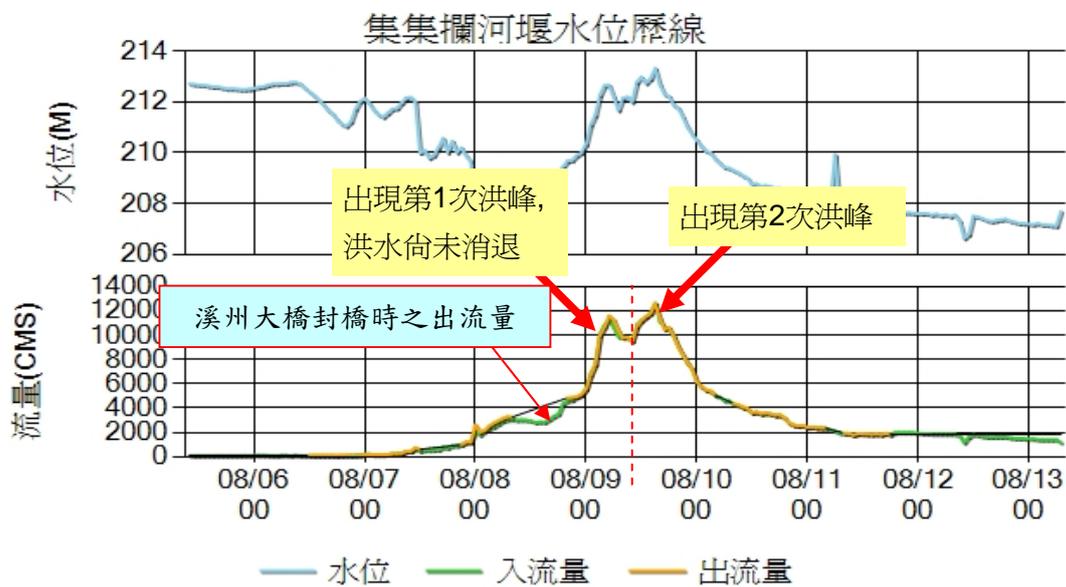




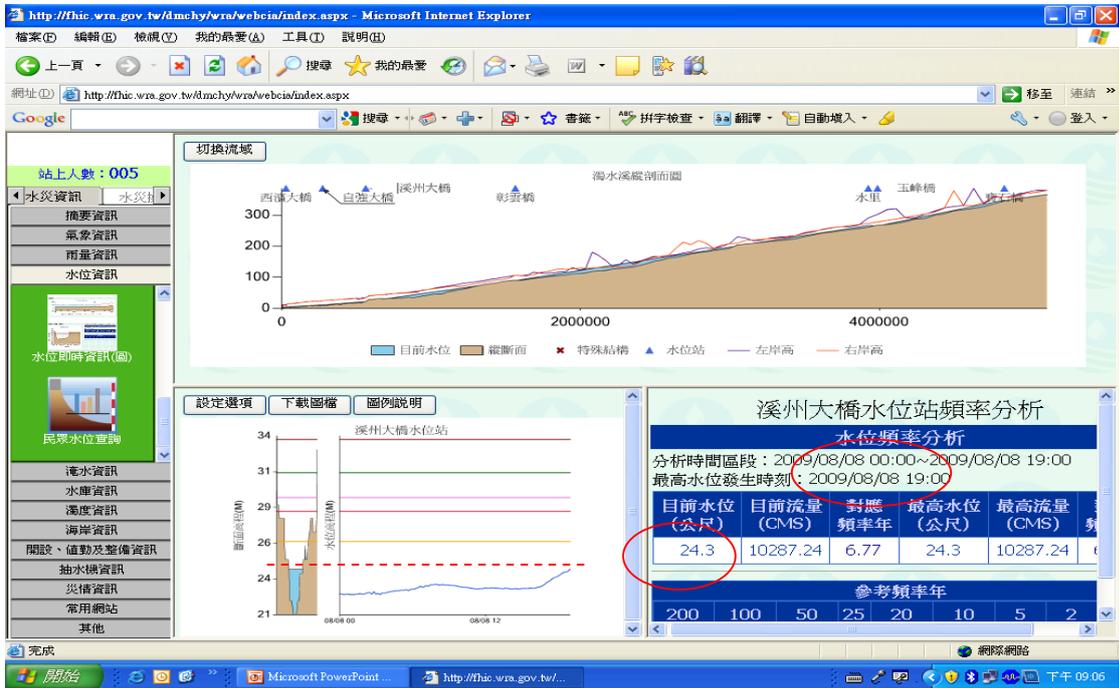
交通部中央氣象局93年11月25日修訂之「大雨」及「豪雨」定義如下：24小時累積雨量達350毫米以上稱之為超大豪雨 (extremely torrential rain)。

註:97年辛樂克颱風豐丘雨量站累積雨量600mm，時雨量30mm

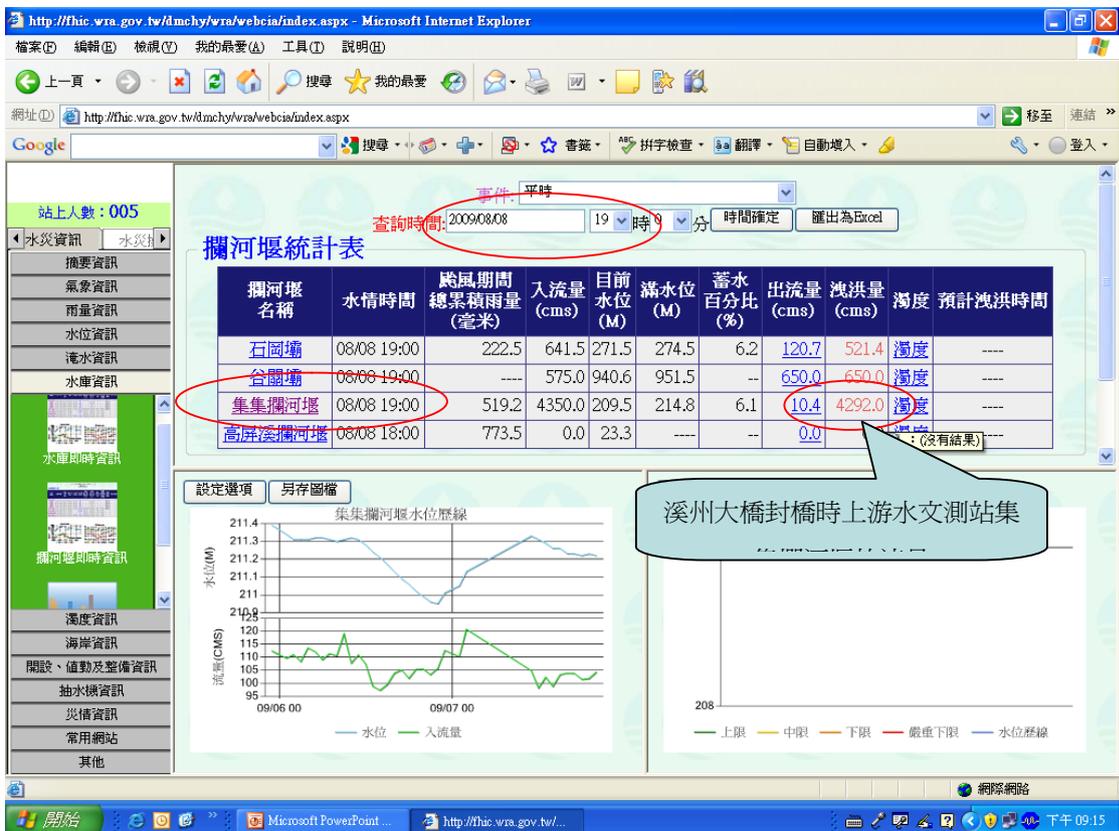




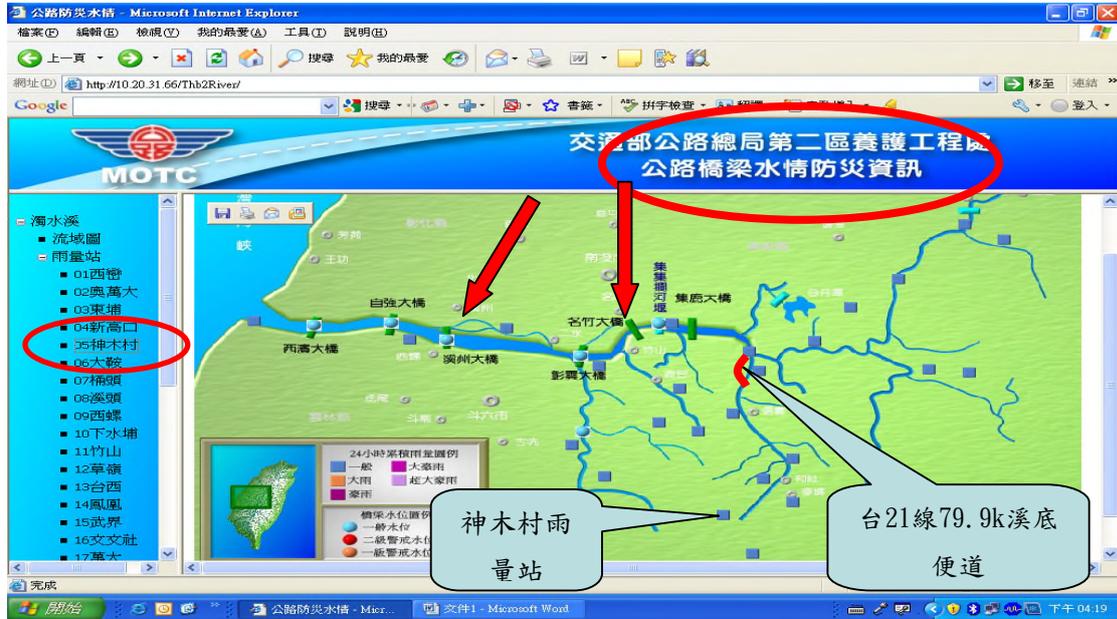
註：97年辛樂克颱風集集攔河堰流量9000cms



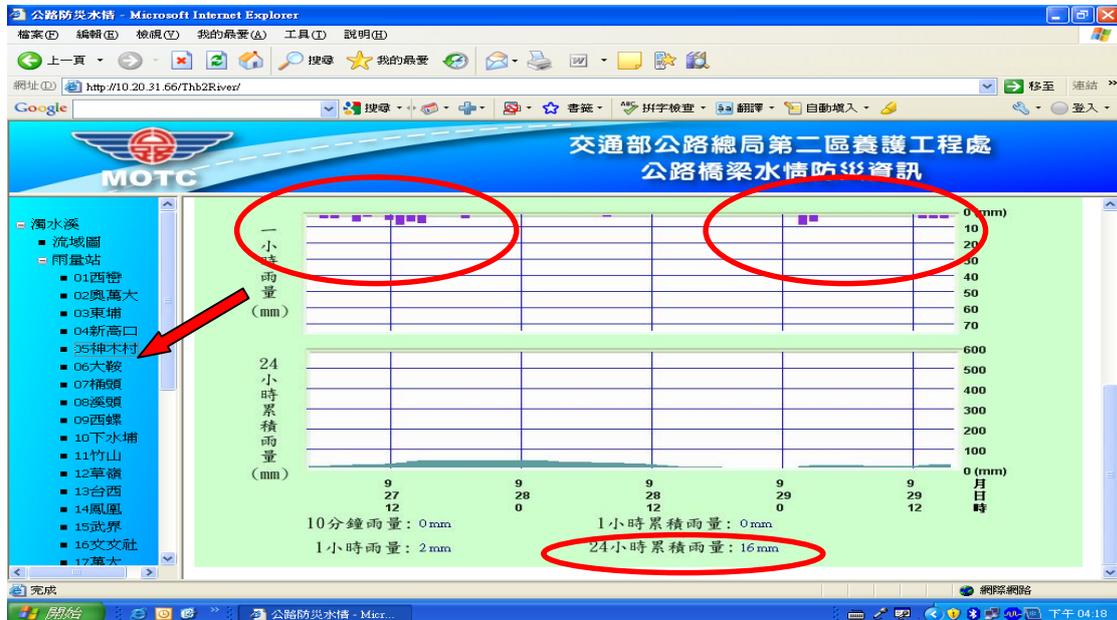
溪州大橋於莫拉克颱風期間於 8 日 1900 時封閉橋梁



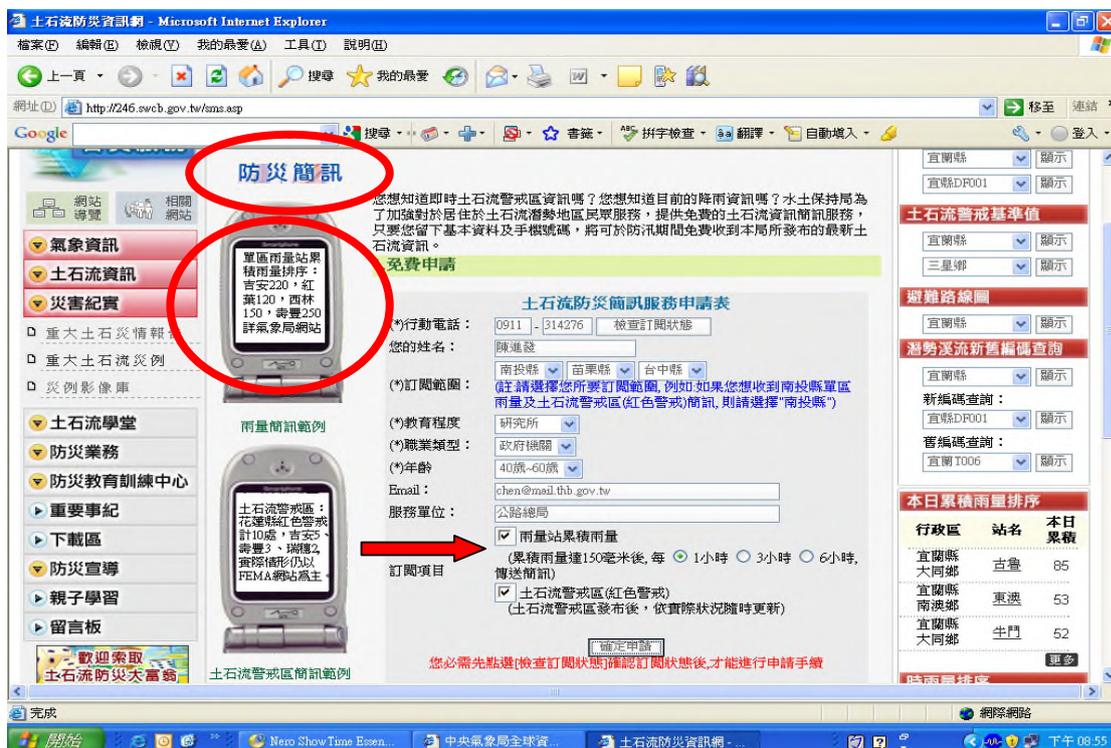
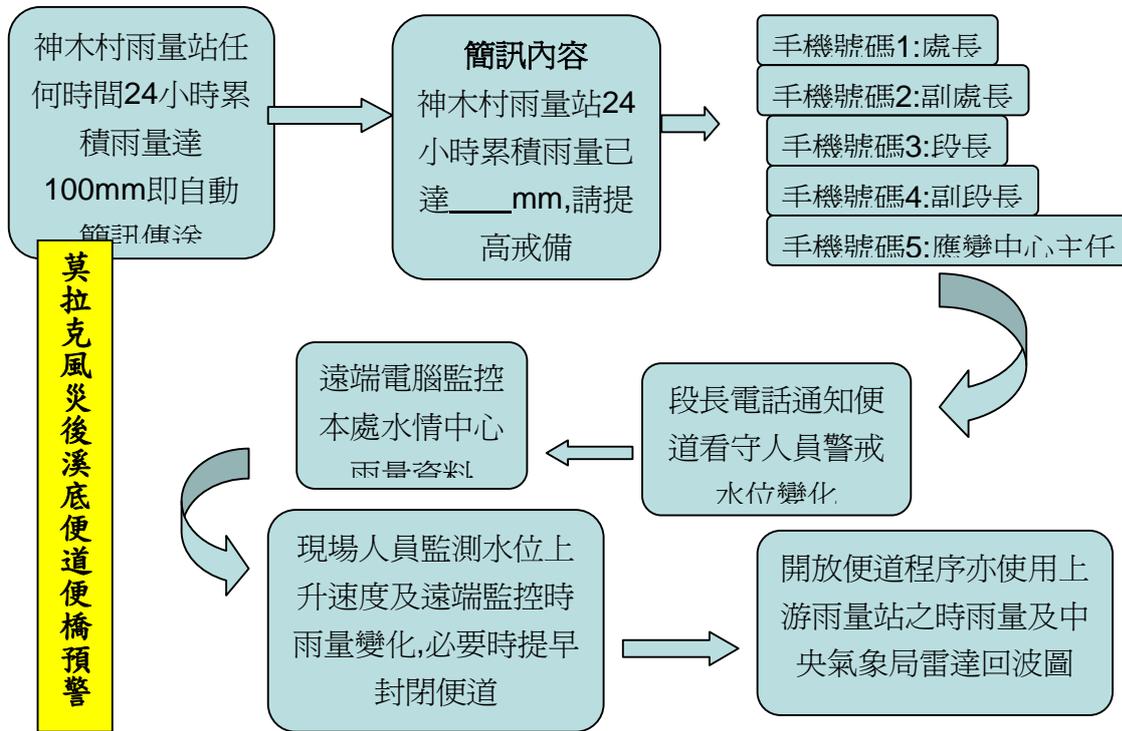
(4)山區公路災情預警：蒐集各歷史颱風水情資料與歷年相對應之公路勘災明細表（公路災害發生後 2 週內公路總局各區工程處均需調查彙整各地點之災情資料），經由圖形化之統計分析，可統計出各路段發生災情之對應 24 小時累積降雨量，依據統計分析圖可劃訂上游雨量站之 24 小時累積降雨量當警戒值，並自動傳送簡訊給管理者及路口可變資訊系統給用路人。



公路總局第二區養護工程處自行研發之水情防災資訊網(資料 10min 截取 1 次,可自動發送簡訊)  
水情資料來源:第四河川局



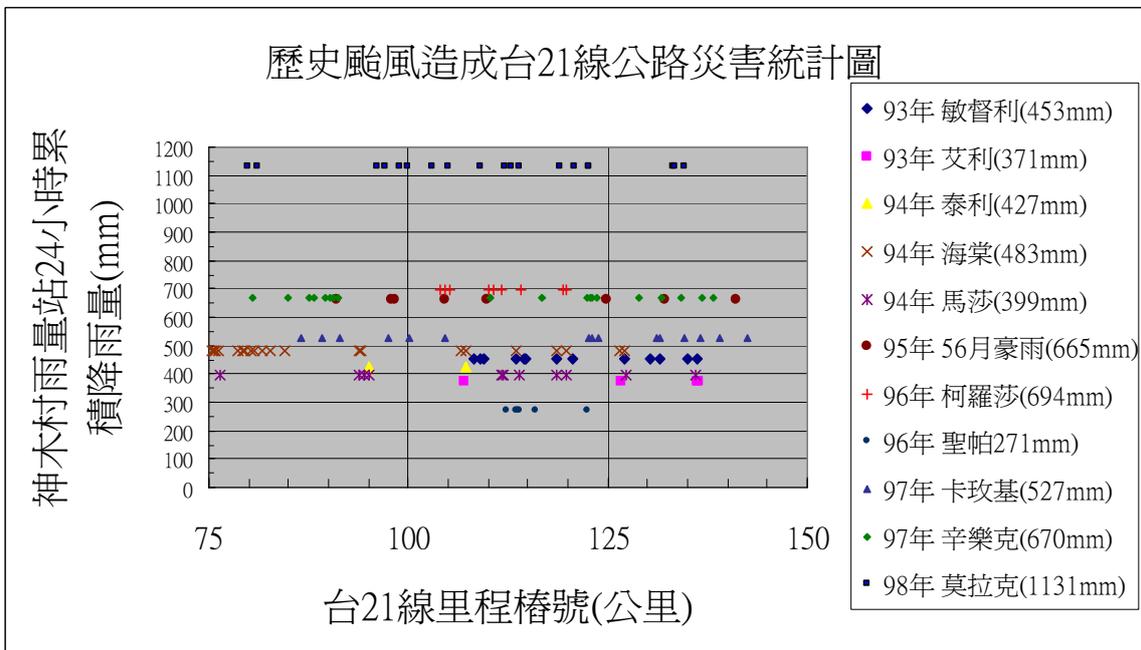
公路總局第二區養護工程處自行研發之水情防災資訊網(資料 10min 截取 1 次,可自動發送簡訊)  
水情資料來源:第四河川局

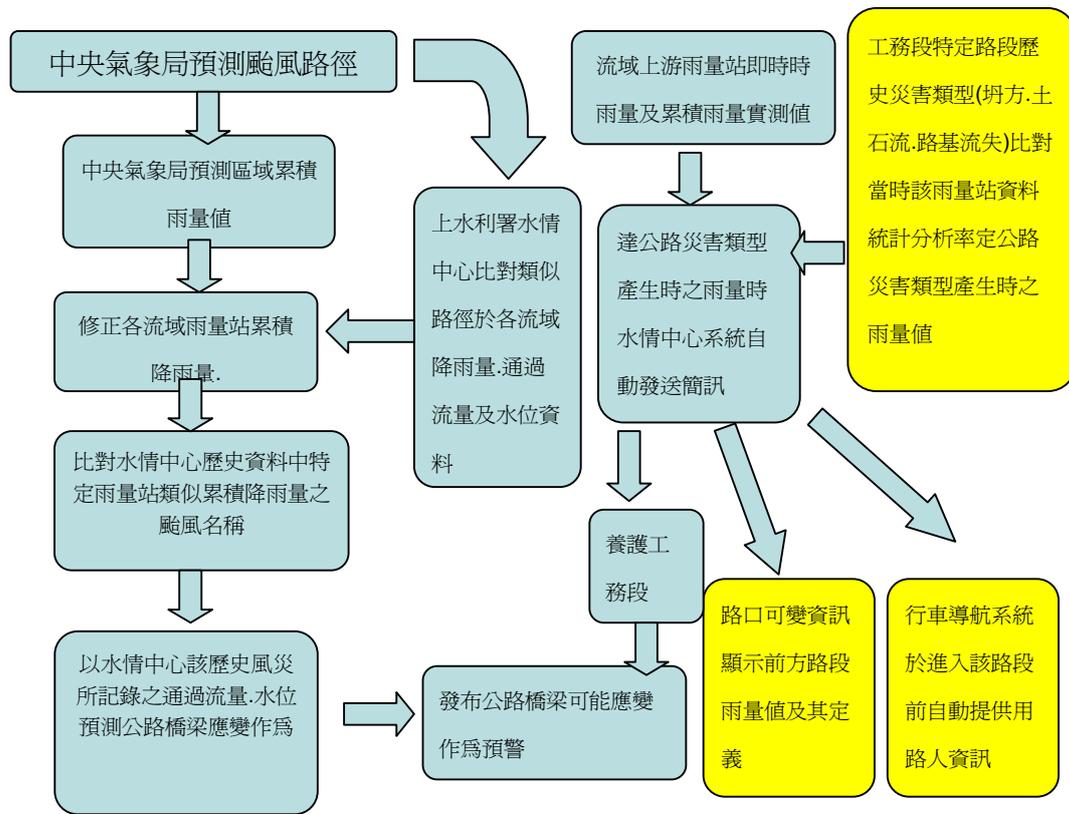


亦可利用水保局防災簡訊之即時雨量資料提醒管理者預警



利用雨量站即時資料預警公路災害構想





公路橋梁防災預警機制

### 三、未來加值項目

公路橋梁災情預警，其基準值來自於雨量站 24 小時累積降雨量，而水土保持局發布土石流警戒基準值亦是 24 小時累積降雨量，另外水利署之淹水警訊亦是根據流域之降雨強度演算推估，倘若將公路橋梁災情預警、土石流預警、區域淹水預警，三者統合為一，發布複合式通報，將可提供決策者提前判斷是否停班停課、撤離、封路或封橋、加強重點區域之應變作為等等。

### 四、結語

地球環境極端氣候之變化速度超越了人類所累積之經驗與知識，民國 85 年賀伯颱風之肆虐，沒想到 97 年再來辛樂克，曾經以為災難從此結束，孰料 98 年莫拉克颱風竟創下歷史記錄。天災帶來人類災難與傷亡，可是從另一角度思考，大自然似乎留下一條生路給人類避災，舉例而言，如果每一次天然災害，各項災情能詳實予以記錄保存，再與氣象水情資料結合，彷彿大自然透過降雨強度預先警告緊接而來的災情會如何。公路總局對於歷年公路災害之資料均有完整保存，再搭配水利署之流域概念及歷史水情資料，經由統計分析方式，應能率定該公路橋梁之警戒基準值，因係實際統計值，因此所得結果係代表該公路橋梁之獨立特質。如能再搭配其他如水保局、水利署共同利用降雨量發布警戒訊號，則可達到避災及減災之效。

## 豐丘地滑機制評析

許澤善\*、謝一郎\*\*

### 摘要

2008 年 9 月 14 日辛樂克颱風過境台灣，南投豐丘境內新中橫公路旁之高陡邊坡發生地滑，滑落土石造成七人死亡之慘劇。因此在本論文中作者先行藉由實際地滑情形、現地地形及地質構造，仔細地剖析地滑機制為雙平面之滑動破壞；之後輔以現地土樣之土壤力學試驗結果並藉由電腦程式進行邊坡穩定分析。

本論文研究結果發現：(1)即使連續五個月不下雨，地下水仍持續不斷地由本高陡坡內存在的剪裂帶流出；(2)由於卵礫石構架間基質材料剪力抵抗強度之影響，本高陡坡不易於常時發生地滑，但剪裂帶將使表層基質材料在破裂及浸水後持續分解及軟化；(3)地震時，本高陡坡抵抗滑動之安全係數大幅降低至 1.0 左右，顯示地震中部份土石將會滑落且表土層將開裂至適當深度；(4)豪雨時，入滲之雨水將增加土層單位重，且基質材料將隨地表逕流流失，抵抗淺層滑動之安全係數將因而小於 1.0；換句話說，本高陡坡易於在豪雨時出現淺層脫層滑動破壞。

### 一、豐丘邊坡剖面

滑動前豐丘邊坡剖面之推估，可藉由 Google Earth 所示之未滑動地貌、滑動邊坡一側未滑動之剖面(詳圖 1-1)、現地測量結果(詳圖 1-2 及表 1-1)及包含台 21 線公路之原測量結果(詳圖 1-3)加以決定，推估結果詳如圖 1-4 所示。

由圖 1-3 得知發生第一波地滑之高陡坡位於原台 21 線上標示+300 與+350 間；將圖 1-3 放大後直接顯示滑動破壞前，+330 與+341 間鄰近邊坡一側(坡底)之道路高程均為 533.98m；而由圖 1-2 及表 1-1 得知測點 31 與 33(坡頂)間之平均高程為 638.71m。故知第一波地滑邊坡剖面之總垂直高度為 104.73m，而由圖 1-2 可量得坡頂邊緣至坡趾之水平寬度為 89.84m，因此滑動破壞前，第一波地滑邊坡之平均坡度為 49.4°。

---

\*逢甲大學土木工程學系暨研究所教授

\*\*逢甲大學土木水利工程研究所博士生暨經濟部水利署副工程司



圖 1-1 滑動邊坡一側未滑動之剖面

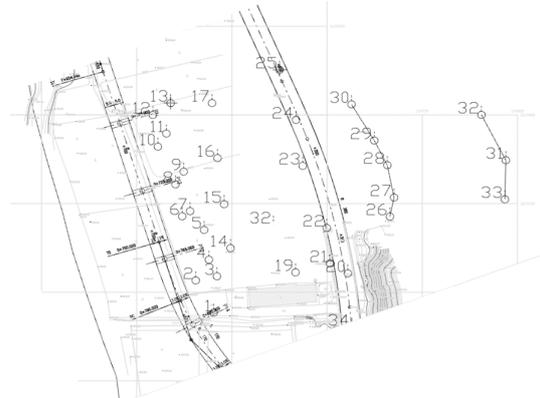


圖 1-2 地滑區之測量點位

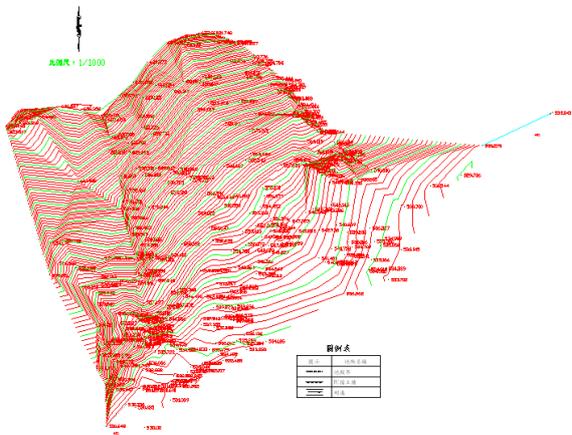


圖 1-3 包含台 21 線公路之原測量結果

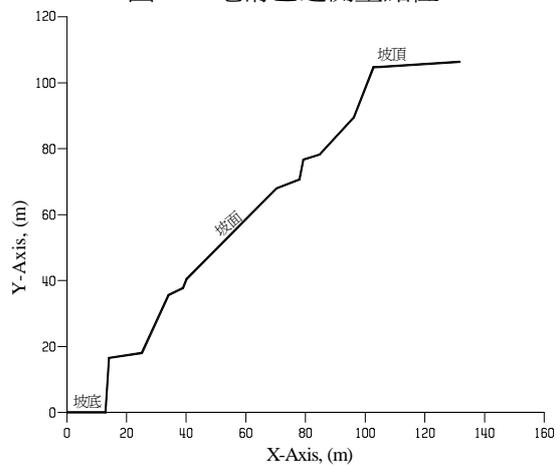


圖 1-4 推估之滑動破壞前邊坡剖面

表 1-1 地滑區測量點位之測量結果

NO	N	E	Z	備註
1	2619288.459	236640.395	531.968	
2	2619306.655	236631.014	535.028	
3	2619309.001	236642.146	539.060	
4	2619318.360	236637.937	541.410	
5	2619335.102	236635.408	542.455	
6	2619342.830	236623.906	538.467	
7	2619345.705	236628.022	541.150	
8	2619360.847	236620.367	537.436	
9	2619368.019	236624.680	540.178	
10	2619382.070	236611.117	537.015	
11	2619389.491	236615.575	537.350	
12	2619399.942	236608.47	534.601	

表 1-1 地滑區測量點位之測量結果 (續)

NO	N	E	Z	備註
13	2619406.692	236617.787	534.138	原地貌
14	2619324.876	236649.278	540.747	
15	2619349.623	236645.935	540.738	
16	2619375.639	236642.454	539.298	
17	2619406.670	236639.573	535.407	
18	2619267.464	236712.568	534.667	原地貌
19	2619311.208	236683.451	538.463	
20	2619310.637	236710.887	538.020	
21	2619316.267	236701.458	538.320	
22	2619336.26	236699.840	543.223	
23	2619371.255	236687.213	540.864	
24	2619397.182	236683.694	538.890	
25	2619425.422	236675.041	534.837	原地貌
26	2619342.694	236733.011	560.180	
27	2619353.396	236735.177	560.677	
28	2619371.646	236731.654	564.253	
29	2619385.551	236724.792	560.331	
30	2619405.950	236712.849	559.650	
31	2619374.428	236793.919	639.593	
32	2619400.025	236781.086	639.930	
33	2619352.385	236793.406	637.818	
34	2619280.395	236713.016	534.400	原地貌

## 二、豐丘地滑機制評析

圖 2-1 顯示第二波地滑區位於第一波地滑區之左側；換句話說，實際傷亡源於第一波地滑。



(a) 滑動後之第一時間

(b) 滑動後之第二時間

圖 2-1 豐丘陡坡之第二波地滑

由第二波地滑之滑動現象及第一波地滑後之坡面，得知滑動機制屬於雙滑動面之脫層滑動破壞；由於上滑動面之坡度較陡，而下滑動面之坡度較緩；因此上滑動塊體在滑動前，即在自重作用下，產生與脫層滑動之前兆有關的張力裂縫(詳圖 2-2)。上滑動塊體在通過雙滑動面之介面時，產生急速向後翻轉現象，這種現象出現後，整體滑動速度有增加的傾向。



圖 2-2 坡頂於滑動破壞後尚存之張力裂縫

圖 2-3 顯示滑動破壞面及滑動破壞後之崩積層，由圖 2-3 得知該坡地為粉質礫石之台階地。由於高礫石含量之影響，脫層滑動破壞塊體之滲透性係數相當高；因此孔隙中雖然有水，但潛在滑動破壞面上之孔隙水壓力很低。



(a)由坡底往上看(下半部為崩積之粉質礫石)



(b) 由坡頂往下看

圖 2-3 滑動破壞面經雨水沖洗後之坡面

圖 2-4 顯示辛樂克颱風剛過境後，豐丘地滑坡面上持續出水的脈絡；這些脈絡於辛樂克颱風過境一個月後，仍然持續不斷出水(詳圖 2-5)；即使在辛樂克颱風過境五個月後的目前，這些脈絡出水的現象亦無停止的跡象(詳圖 2-3a)。經由現地詳細勘查，得知這些地下水由遠端高程較高之河道，順著「之」字型之直徑較大的礫石沉積層或剪裂面流入地底下，在遠程滲流後，於本坡面流出。由於水量十分充分，本坡面上之植物乃因此長得十分高聳與翠綠。

這種原本密實的粉質礫石層高陡坡，由於地下水豐沛，使得礫石間原本屬於非常硬實的黏質粉土(凝聚力  $c$  為  $96\text{kPa}$ )逐漸吸水軟化，外加肥厚樹根競逐空間，特別是在颱風之風力作用下，

肥厚樹根將因搖動而使得粉質礫石層略微鬆動，滑動破壞面上之粉質礫石之凝聚力  $c$  先行降低至中等硬實(凝聚力  $c$  為 48kPa)，再行降低至軟弱至非常軟弱(凝聚力  $c$  為 0~24kPa)，直至抵抗滑動之安全係數小於 1.2 後，隨即因潛在滑動面所受之剪應力接近降伏剪應力，高陡邊坡乃因此存在蠕動現象；對於豪雨浸濕之礫石而言，經由大型剪力試驗結果顯示，在視凝聚力增加的情況下，內摩擦角  $\phi$  下降。

當蠕動現象持續一小段時間後，滑動破壞面逐漸成型，原本互鎖排列之礫石，在互鎖力發揮至極限值後，隨即大幅轉換其排列方向，乃至於在大幅滑動破壞時，滑動破壞面上礫石之排列方向幾乎與滑動破壞面平行，是時強度轉由細粒之基質材料(黏質粉土)所控制；而通過 200 號篩之細粒基質材料之直接剪力試驗結果顯示，黏質粉土之剪力強度乃隨含水量之增加而減小；對於適當乾以上之基質材料而言，由於膠結物質硬化之影響，凝聚力甚高(>96kPa)，而飽和含水量下之基質材料，因吸水膨脹後軟化，凝聚力降低至零，僅存殘餘摩擦角  $\phi_r = 32.5^\circ$ 。

由於在礫石排列方向持續改變之過程中，伴隨著滑動量趨於可觀，因此當基質材料控制滑動行為時(內摩擦角  $32.5^\circ$ )時，破壞面上之滑動抵抗力乃遠小於滑動驅策力；而在整體材料之內摩擦角大幅降低的過程中，填充礫石孔隙之基質材料(黏質粉土)之水份將朝滑動破壞面游移，使得滑動破壞面以上之滑動體之整體強度進一步降低，因此破壞面以上滑動體之抵抗力將更遠小於滑動驅策力。

換句話說，高陡坡地滑之速度，將隨滑動抵抗力之持續降低而增加，而與剪力強度有關之摩擦角降至動摩擦角時，速度將達到最大，這可能是豐丘地滑發生後，礫石土高速流動的主要原因。



圖 2-4 辛樂克颱風剛過境後拍攝之坡面



圖 2-5 辛樂克颱風過境一個月後拍攝之坡面

基於圖 2-1、圖 2-3、圖 2-4 及圖 2-5，在圖 1-4 所示之邊坡剖面上繪製雙滑動面，如圖 2-6 所示。當中滑動面 1 之傾斜角度為  $84.3^\circ$ ，長度為 22.7m；滑動面 2 之傾斜角度為  $42.4^\circ$ ，長度為 122.1m。

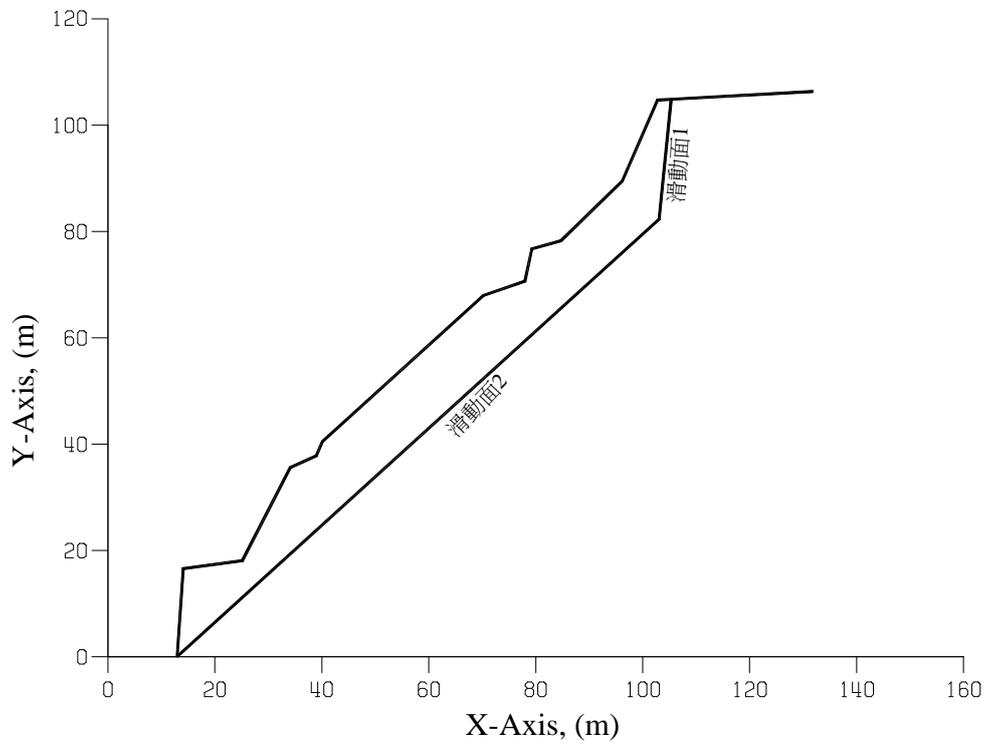


圖 2-6 高陡邊坡上之雙滑動破壞面

### 三、豐丘邊坡穩定分析

#### 3-1 邊坡剖面及雙滑動面座標

本研究中，邊坡穩定分析所需之邊坡剖面及雙滑動面座標詳如表 3-1 所示：

表 3-1 豐丘地滑之邊坡剖面及雙滑動面座標

NUMBER OF SEGMENTS ON TOP SURFACE = 14		
COORDINATES FOR NODES ON THE TOP SURFACE:		
NO.	X	Y
1	.000	.000
2	12.940	.000
3	14.110	16.550
4	25.120	18.070
5	34.090	35.600
6	38.970	37.780
7	40.120	40.460
8	70.230	67.960
9	77.970	70.650
10	79.270	76.720
11	84.710	78.260
12	96.190	89.510
13	102.780	104.730
14	105.330	104.870
15	131.800	106.360
COORDINATES FOR NODES ON THE SLIDING PLANE:		
NO.	X	Y
1	12.940	.000
2	103.080	82.310
3	105.330	104.870
ANGLE OF SLIDING PLANES = 84.30 42.40		

註：採用 SI 制。長度單位：m；角度單位：度。

### 3-2 粉質礫石層未軟化時之邊坡穩定分析(平時)

本研究中，豐丘高陡坡粉質礫石層中，除巨石(粒徑 15 公分以上)、卵石(粒徑 8~15 公分)及礫石(粒徑 0.475~8 公分)外，填充巨石、卵石及礫石孔隙之材料為硬實的黏質粉土。

#### 3-2-1 坡頂無張力裂縫

在坡頂無張力裂縫的情況下，雙滑動面之性質及剪力強度參數詳如表 3-2a 所示：

表 3-2a 土層未軟化及無張力裂縫時之性質及剪力強度參數(平時)

UNIT WEIGHT OF ROCK OR SOIL =	22.000	
ANGLE OF INTERNAL FRICTION FOR ROCK OR SOIL =	45.00	
ADHESIONS FOR SLIDING PLANES =	96.00	96.00
FRICTION ANGLES FOR SLIDING PLANES =	45.00	45.00

註：採用 SI 制。單位重單位：kN/m<sup>3</sup>；強度：kN/m<sup>2</sup>。

對應於表 3-1 及表 3-2a，藉由雙滑動破壞面之邊坡穩定分析程式，即可得到表 3-2b 所示之邊坡穩定分析結果。

由表 3-2b 得知：(1)當坡頂無張力裂縫、且粉質礫石層未軟化時，豐丘高陡邊坡平時之安全係數為 1.543；(2)由安全係數為 1.543 得知在無張力裂縫的情況下，粉質礫石層未軟化時，豐丘高陡邊坡平時是穩定的。

表 3-2b 坡頂無張力裂縫及土層未軟化時豐丘高陡邊坡之穩定分析結果(平時)

***FOR TWO SLIDING PLANE***							
WATER PRESSURE DUE TO H1 AND H2 =	.00	.00					
WATER PRESSURE DUE TO H3 AND H4 =	.00	.00					
WGT(I) =	.5553086E+03	.4322546E+05					
PW(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
PT(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
CaL(I) =	.2176505E+04	.1171835E+05					
H1,H2,H3,H4 =	.000	.000	52.435	22.560			
PA1,PA2,FS =	-.7904347E+03	-.7924478E+03	1.5430				
WGT1,WGT2,PW1,PW2,ANG11,ANG22,ANG33,ANG44 =	555.	43225.	0.	0.	1.4714	.7400	.8964
CAML1,CAML2,TMPPP,TMPUU,TMPBB,TMPBB1,TMPUU1,PHIMM =	1411.	7594.	-848.	-1201.	1.5194	.9297	-737.
HEQ(1), HEQ(2) =	.00	.00					
PASSIVE FORCE =	.00						

### 3-2-2 坡頂有張力裂縫

在坡頂有張力裂縫的情況下，雙滑動面之性質及剪力強度參數詳如表 3-3a 所示：

表 3-3a 土層未軟化及有張力裂縫時之性質及剪力強度參數(平時)

UNIT WEIGHT OF ROCK OR SOIL =	22.000	
ANGLE OF INTERNAL FRICTION FOR ROCK OR SOIL =	45.00	
ADHESIONS FOR SLIDING PLANES =	0.00	96.00
FRICTION ANGLES FOR SLIDING PLANES =	0.00	45.00

註：採用 SI 制。單位重單位：kN/m<sup>3</sup>；強度：kN/m<sup>2</sup>。

對應於表 3-1 及表 3-3a，藉由雙滑動破壞面之邊坡穩定分析程式，即可得到表 3-3b 所示之邊坡穩定分析結果。

由表 3-3b 得知：(1)當坡頂有張力裂縫、而粉質礫石層未軟化時，豐丘高陡邊坡平時之安全係數為 1.451；(2)由安全係數為 1.451 得知在有張力裂縫的情況下，粉質礫石層未軟化時，豐丘高陡邊坡平時仍然是穩定的。

表 3-3b 坡頂有張力裂縫但土層未軟化時豐丘高陡邊坡之穩定分析結果(平時)

***FOR TWO SLIDING PLANE***							
WATER PRESSURE DUE TO H1 AND H2 =	.00	.00					
WATER PRESSURE DUE TO H3 AND H4 =	.00	.00					
WGT(I) =	.5553086E+03	.4322546E+05					
PW(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
PT(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
CaL(I) =	.0000000E+00	.1171835E+05					
H1,H2,H3,H4 =	.000	.000	52.435	22.560			
PA1,PA2,FS =	.8548663E+03	.8549136E+03	1.4510				
WGT1,WGT2,PW1,PW2,ANG11,ANG22,ANG33,ANG44 =	555.	43225.	0.	0.	1.4714	.7400	1.4714 .1366
CAML1,CAML2,TMPPP,TMPUU,TMPBB,TMPBB1,TMPUU1,PHIMM =	0.	8076.	555.	5568.	6.5132	.9014	771. .6034
HEQ(1), HEQ(2) =	.00	.00					
PASSIVE FORCE =	.00						

### 3-3 粉質礫石層未軟化時之邊坡穩定分析(地震時)

地震時，除考慮坡頂有無張力裂縫外，尚考慮凝靜態邊坡穩定分析所需之水平地震力係數  $k_h=0.23$ 。

#### 3-3-1 坡頂無張力裂縫

在坡頂無張力裂縫的情況下，雙滑動面之性質及剪力強度參數詳如表 3-4a 所示：

表 3-4a 土層未軟化及無張力裂縫時之性質及剪力強度參數(地震時)

UNIT WEIGHT OF ROCK OR SOIL =	22.000	
ANGLE OF INTERNAL FRICTION FOR ROCK OR SOIL =	45.00	
ADHESIONS FOR SLIDING PLANES =	96.00	96.00
FRICTION ANGLES FOR SLIDING PLANES =	45.00	45.00
kh=0.23		

註：採用 SI 制。單位重單位： $\text{kN/m}^3$ ；強度： $\text{kN/m}^2$ 。

對應於表 3-1 及表 3-4a，藉由雙滑動破壞面之邊坡穩定分析程式，即可得到表 3-4b 所示之邊坡穩定分析結果。

由表 3-4b 得知：(1)當坡頂無張力裂縫、且粉質礫石層未軟化時，豐丘高陡邊坡地震時之安全係數為 1.042；(2)由安全係數為 1.042 得知在無張力裂縫的情況下，粉質礫石層未軟化時，豐丘高陡邊坡地震時仍然是穩定的，但已瀕臨滑動破壞邊緣。

表 3-4b 坡頂無張力裂縫及土層未軟化時豐丘高陡邊坡之穩定分析結果(地震時)

***FOR TWO SLIDING PLANE***							
WATER PRESSURE DUE TO H1 AND H2 =	.00	.00					
WATER PRESSURE DUE TO H3 AND H4 =	.00	.00					
WGT(I) =	.5553086E+03	.4322546E+05					
PW(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
PT(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
CaL(I) =	.2176505E+04	.1171835E+05					
H1,H2,H3,H4 =	.000	.000	52.435	22.560			
PA1,PA2,FS =	-.1051178E+04	-.1068595E+04	1.0420				
WGT1,WGT2,PW1,PW2,ANG11,ANG22,ANG33,ANG44 =	555.	43225.	0.	0.	1.4714	.7400	.7066
CAML1,CAML2,TMPPP,TMPUU,TMPBB,TMPBB1,TMPUU1,PHIMM =	2089.	11246.	-1523.	-1380.	1.3125	.7043	-753.
HEQ(1), HEQ(2) =	127.72	9941.86					
PASSIVE FORCE =	.00						

### 3-3-2 坡頂有張力裂縫

在坡頂有張力裂縫的情況下，雙滑動面之性質及剪力強度參數詳如表 3-5a 所示：

表 3-5a 土層未軟化及有張力裂縫時之性質及剪力強度參數(地震時)

UNIT WEIGHT OF ROCK OR SOIL =	22.000	
ANGLE OF INTERNAL FRICTION FOR ROCK OR SOIL =	45.00	
ADHESIONS FOR SLIDING PLANES =	0.00	96.00
FRICTION ANGLES FOR SLIDING PLANES =	0.00	45.00
kh=0.23		

註：採用 SI 制。單位重單位：kN/m<sup>3</sup>；強度：kN/m<sup>2</sup>。

對應於表 3-1 及表 3-5a，藉由雙滑動破壞面之邊坡穩定分析程式，即可得到表 3-5b 所示之邊坡穩定分析結果。

由表 3-5b 得知：(1)當坡頂有張力裂縫、而粉質礫石層未軟化時，豐丘高陡邊坡地震時之安全係數為 0.993；(2)由安全係數為 0.993 得知在有張力裂縫的情況下，粉質礫石層未軟化時，豐丘高陡邊坡地震時將產生滑動破壞。

表 3-5b 坡頂有張力裂縫但土層未軟化時豐丘高陡邊坡之穩定分析結果(地震時)

***FOR TWO SLIDING PLANE***							
WATER PRESSURE DUE TO H1 AND H2 =	.00	.00					
WATER PRESSURE DUE TO H3 AND H4 =	.00	.00					
WGT(I) =	.5553086E+03	.4322546E+05					
PW(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
PT(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
CaL(I) =	.0000000E+00	.1171835E+05					
H1,H2,H3,H4 =	.000	.000	52.435	22.560			
PA1,PA2,FS =	.7283926E+03	.7438522E+03	.9930				
WGT1,WGT2,PW1,PW2,ANG11,ANG22,ANG33,ANG44 =	555.	43225.	0.	0.	1.4714	.7400	1.4714
CAML1,CAML2,TMPPP,TMPUU,TMPBB,TMPBB1,TMPUU1,PHIMM =	0.	11801.	555.	5696.	7.8194	.6699	498.
HEQ(1), HEQ(2) =	127.72	9941.86					
PASSIVE FORCE =	.00						

### 3-4 粉質礫石層軟化時之邊坡穩定分析(颱風或豪雨時)

本研究中，颱風或豪雨時，豐丘高陡坡粉質礫石層中，礫石將因雨水濕潤而降低摩擦角約 5°，而黏質粉土則因持續吸水體積膨脹，凝聚力 c 因而大幅降低至軟弱狀態的 24kN/m<sup>2</sup> 或極軟弱狀態的 10kN/m<sup>2</sup>。

### 3-4-1 坡頂無張力裂縫(軟弱狀態)

在坡頂無張力裂縫的情況下，對於軟弱的粉質礫石層中之黏質粉土而言，雙滑動面之性質及剪力強度參數詳如表 3-6a 所示：

表 3-6a 黏質粉土軟化至軟弱狀態及坡頂無張力裂縫時之性質及剪力強度參數(颱風或豪雨時)

UNIT WEIGHT OF ROCK OR SOIL =	23.000	
ANGLE OF INTERNAL FRICTION FOR ROCK OR SOIL =	40.00	
ADHESIONS FOR SLIDING PLANES =	24.00	24.00
FRICTION ANGLES FOR SLIDING PLANES =	40.00	40.00

註：採用 SI 制。單位重單位：kN/m<sup>3</sup>；強度：kN/m<sup>2</sup>。

對應於表 3-1 及表 3-6a，藉由雙滑動破壞面之邊坡穩定分析程式，即可得到表 3-6b 所示之邊坡穩定分析結果。

由表 3-6b 得知：(1)當坡頂無張力裂縫、且粉質礫石層軟化至軟弱狀態時，豐丘高陡邊坡颱風或豪雨時之安全係數為 1.015；(2)由安全係數為 1.015 得知在無張力裂縫的情況下，粉質礫石層軟化至軟弱狀態時，豐丘高陡邊坡颱風或豪雨時已瀕臨不穩定狀態。

表 3-6b 黏質粉土軟化至軟弱狀態及坡頂無張力裂縫時豐丘高陡邊坡之穩定分析結果  
(颱風或豪雨時)

***FOR TWO SLIDING PLANE***							
WATER PRESSURE DUE TO H1 AND H2 =	.00	.00					
WATER PRESSURE DUE TO H3 AND H4 =	.00	.00					
WGT(I) =	.5805508E+03	.4519025E+05					
PW(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
PT(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
CaL(I) =	.5441263E+03	.2929589E+04					
H1,H2,H3,H4 =	.000	.000	52.435	22.560			
PA1,PA2,FS =	-.4670372E+01	.2039084E+01	1.0150				
WGT1,WGT2,PW1,PW2,ANG11,ANG22,ANG33,ANG44 =	581.	45190.	0.	0.	1.4714	.7400	.7806
CAML1,CAML2,TMPPP,TMPUU,TMPBB,TMPBB1,TMPUU1,PHIMM =	536.	2886.	47.	-7.	1.4018	.8021	2.
HEQ(1), HEQ(2) =	.00	.00					
PASSIVE FORCE =	.00						

### 3-4-2 坡頂有張力裂縫(軟弱狀態)

在坡頂有張力裂縫的情況下，對於軟弱的粉質礫石層中之黏質粉土而言，雙滑動面之性質及剪力強度參數詳如表 3-7a 所示：

表 3-7a 黏質粉土軟化至軟弱狀態及坡頂有張力裂縫時之性質及剪力強度參數(颱風或豪雨時)

UNIT WEIGHT OF ROCK OR SOIL =	23.000	
ANGLE OF INTERNAL FRICTION FOR ROCK OR SOIL =	40.00	
ADHESIONS FOR SLIDING PLANES =	0.00	24.00
FRICTION ANGLES FOR SLIDING PLANES =	0.00	40.00

註：採用 SI 制。單位重單位：kN/m<sup>3</sup>；強度：kN/m<sup>2</sup>。

對應於表 3-1 及表 3-7a，藉由雙滑動破壞面之邊坡穩定分析程式，即可得到表 3-7b 所示之邊坡穩定分析結果。

由表 3-7b 得知：(1)當坡頂有張力裂縫、而粉質礫石層軟化至軟弱狀態時，豐丘高陡邊坡颱風或豪雨時之安全係數為 0.988；(2)由安全係數為 0.988 得知在有張力裂縫的情況下，粉質礫石層軟化至軟若狀態時，豐丘高陡邊坡在颱風或豪雨時已經是不穩定的。

表 3-7b 黏質粉土軟化至軟弱狀態及坡頂有張力裂縫時豐丘高陡邊坡之穩定分析結果  
(颱風或豪雨時)

***FOR TWO SLIDING PLANE***							
WATER PRESSURE DUE TO H1 AND H2 =	.00	.00					
WATER PRESSURE DUE TO H3 AND H4 =	.00	.00					
WGT(I) =	.5805508E+03	.4519025E+05					
PW(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
PT(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
CaL(I) =	.0000000E+00	.2929589E+04					
H1,H2,H3,H4 =	.000	.000	52.435	22.560			
PA1,PA2,FS =	.8025800E+03	.8107219E+03	.9880				
WGT1,WGT2,PW1,PW2,ANG11,ANG22,ANG33,ANG44 =	581.	45190.	0.	0.	1.4714	.7400	1.4714 .0359
CAML1,CAML2,TMPPP,TMPUU,TMPBB,TMPBB1,TMPUU1,PHIMM =	0.	2965.	581.	5821.	7.2529	.7855	637. .7041
HEQ(1), HEQ(2) =	.00	.00					
PASSIVE FORCE =	.00						

### 3-5-1 坡頂無張力裂縫(極軟弱狀態)

在坡頂無張力裂縫的情況下，對於極軟弱的粉質礫石層中之黏質粉土而言，雙滑動面之性質及剪力強度參數詳如表 3-8a 所示：

表 3-8a 黏質粉土軟化至極軟弱狀態及坡頂無張力裂縫時之性質及剪力強度參數(颱風或豪雨時)

UNIT WEIGHT OF ROCK OR SOIL =	23.000	
ANGLE OF INTERNAL FRICTION FOR ROCK OR SOIL =	40.00	
ADHESIONS FOR SLIDING PLANES =	10.00	10.00
FRICTION ANGLES FOR SLIDING PLANES =	40.00	40.00

註：採用 SI 制。單位重單位：kN/m<sup>3</sup>；強度：kN/m<sup>2</sup>。

對應於表 3-1 及表 3-8a，藉由雙滑動破壞面之邊坡穩定分析程式，即可得到表 3-8b 所示之邊坡穩定分析結果。

由表 3-8b 得知：(1)當坡頂無張力裂縫、且粉質礫石層軟化至軟弱狀態時，豐丘高陡邊坡颱風或豪雨時之安全係數為 0.952；(2)由安全係數為 0.952 得知在無張力裂縫的情況下，粉質礫石層軟化至極軟弱狀態時，豐丘高陡邊坡颱風或豪雨時已處於不穩定狀態。

表 3-8b 黏質粉土軟化至極軟弱狀態及坡頂無張力裂縫時豐丘高陡邊坡之穩定分析結果  
(颱風或豪雨時)

***FOR TWO SLIDING PLANE***							
WATER PRESSURE DUE TO H1 AND H2 =	.00	.00					
WATER PRESSURE DUE TO H3 AND H4 =	.00	.00					
WGT(I) =	.5805508E+03	.4519025E+05					
PW(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
PT(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
CaL(I) =	.2267193E+03	.1220662E+04					
H1,H2,H3,H4 =	.000	.000	52.435	22.560			
PA1,PA2,FS =	.2166921E+03	.2203252E+03	.9520				
WGT1,WGT2,PW1,PW2,ANG11,ANG22,ANG33,ANG44 =	581.	45190.	0.	0.	1.4714	.7400	.7489
CAML1,CAML2,TMPPP,TMPUU,TMPBB,TMPBB1,TMPUU1,PHIMM =	238.	1282.	344.	296.	1.3649	.7618	168.
HEQ(1), HEQ(2) =	.00	.00					
PASSIVE FORCE =	.00						

### 3-5-2 坡頂有張力裂縫(極軟弱狀態)

在坡頂有張力裂縫的情況下，對於極軟弱的粉質礫石層中之黏質粉土而言，雙滑動面之性質及剪力強度參數詳如表 3-9a 所示：

表 3-9a 黏質粉土軟化至極軟弱狀態及坡頂有張力裂縫時之性質及剪力強度參數(颱風或豪雨時)

UNIT WEIGHT OF ROCK OR SOIL =	23.000	
ANGLE OF INTERNAL FRICTION FOR ROCK OR SOIL =	40.00	
ADHESIONS FOR SLIDING PLANES =	0.00	10.00
FRICTION ANGLES FOR SLIDING PLANES =	0.00	40.00

註：採用 SI 制。單位重單位：kN/m<sup>3</sup>；強度：kN/m<sup>2</sup>。

對應於表 3-1 及表 3-9a，藉由雙滑動破壞面之邊坡穩定分析程式，即可得到表 3-9b 所示之邊坡穩定分析結果。

由表 3-9b 得知：(1)當坡頂有張力裂縫、而粉質礫石層軟化至軟弱狀態時，豐丘高陡邊坡颱風或豪雨時之安全係數為 0.935；(2)由安全係數為 0.935 得知在有張力裂縫的情況下，粉質礫石層軟化至軟若狀態時，豐丘高陡邊坡在颱風或豪雨時已經是不穩定的。

表 3-9b 黏質粉土軟化至極軟弱狀態及坡頂有張力裂縫時豐丘高陡邊坡之穩定分析結果  
(颱風或豪雨時)

***FOR TWO SLIDING PLANE***							
WATER PRESSURE DUE TO H1 AND H2 =	.00	.00					
WATER PRESSURE DUE TO H3 AND H4 =	.00	.00					
WGT(I) =	.5805508E+03	.4519025E+05					
PW(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
PT(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
CaL(I) =	.0000000E+00	.1220662E+04					
H1,H2,H3,H4 =	.000	.000	52.435	22.560			
PA1,PA2,FS =	.7822681E+03	.7758292E+03	.9350				
WGT1,WGT2,PW1,PW2,ANG11,ANG22,ANG33,ANG44 =	581.	45190.	0.	0.	1.4714	.7400	1.4714 .0086
CAML1,CAML2,TMPPP,TMPUU,TMPBB,TMPBB1,TMPUU1,PHIMM =	0.	1306.	581.	5821.	7.4412	.7500	582. .7314
HEQ(1), HEQ(2) =	.00	.00					
PASSIVE FORCE =	.00						

### 3-6 豐丘邊坡穩定分析中是否應考慮水壓力？

即使在無張力裂縫及粉質礫石層中黏質粉土為硬實的情況下，所有性質及剪力強度參數如 3-2-1 節所示者，僅額外將水壓力分佈圖(詳圖 3-11)加入滑動破壞面上，使地滑機制包含滑動面上孔隙水壓力之影響，亦即假設粉質礫石層之排水條件不佳。

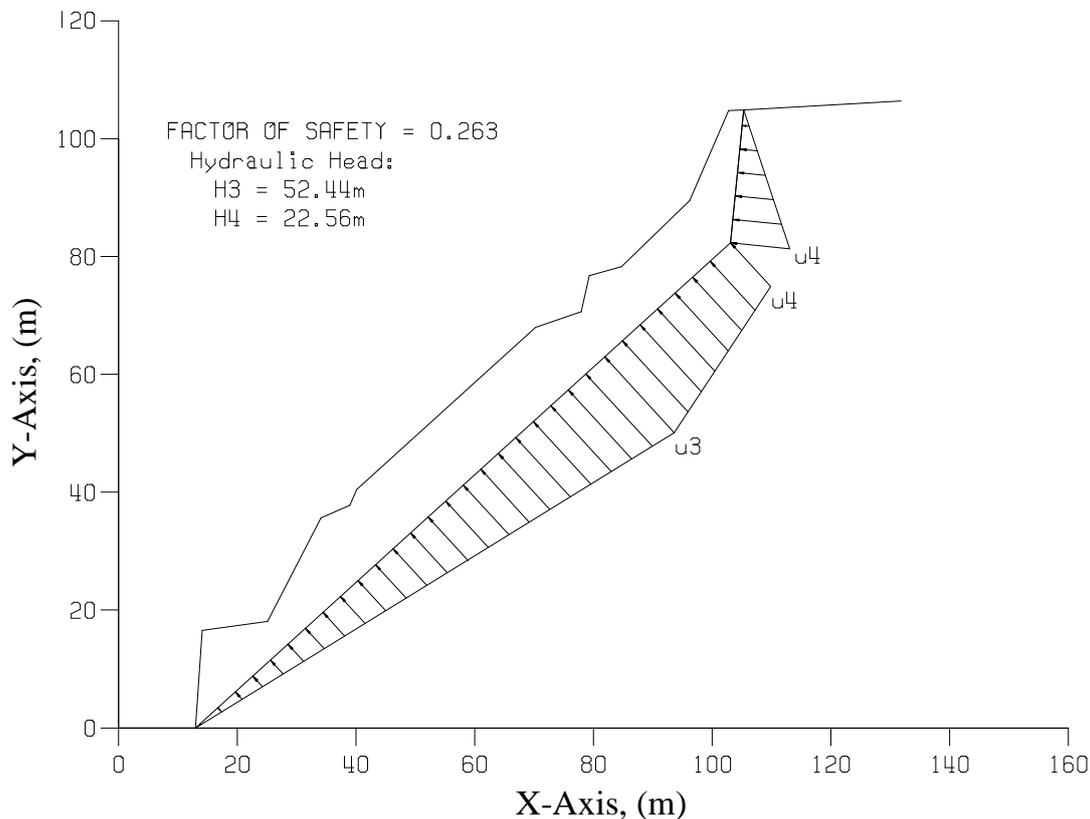


圖 3-11 雙滑動面上之水壓力分佈圖

在這種情況下，豐丘邊坡穩定分析所得之安全係數為 0.263；這種超低的安全係數顯示剪力強度參數雖高( $c=96\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=45^\circ$ )，豐丘邊坡只要在豪雨季節中，大量的雨水充滿滑動破壞面，在雨水未完全充滿滑動破壞面前，該邊坡已有滑動破壞之傾向。

由觀察地滑區剛滑動後殘留在坡底的黏質粉土，得知滑動破壞的產生確實源於填充礫石間隙之黏質粉土之吸水軟化；亦即在黏質粉土之吸水軟化前，滑動破壞事實上並未發生。故可推論：(1)本粉質礫石層構成的邊坡透水性良好；(2)滑動破壞之發生，主要源於黏質粉土之吸水軟化及地震力之作用；(3)由於粉質礫石層之透水性良好，地滑機制中並不包含滑動破壞面上之水壓力分佈之作用；(4)本章所提豐丘邊坡之雙滑動面之地滑機制與實際狀況相符，這使得所有邊坡穩定分析結果，與豐丘邊坡平時之穩定狀況、地震及颱風或豪雨之不穩定狀況幾乎完全相符。

表 3-10 地滑機制包含滑動破壞面上之水壓力分佈時之豐丘邊坡穩定分析結果  
(除水壓力分佈外，其他分析條件與表 3-1 及表 3-2a 相同)

***FOR TWO SLIDING PLANE***							
WATER PRESSURE DUE TO H1 AND H2 =	.00	.00					
WATER PRESSURE DUE TO H3 AND H4 =	514.23	221.25					
WGT(I) =	.5553086E+03	.4322546E+05					
PW(I) =	.2508036E+04	.3628618E+05					
PT(I) =	.0000000E+00	.0000000E+00					
CaL(I) =	.2176505E+04	.1171835E+05					
H1,H2,H3,H4 =	.000	.000	52.435	22.560			
PA1,PA2,FS =	.1011746E+04	.9747545E+03	.2630				
WGT1,WGT2,PW1,PW2,ANG11,ANG22,ANG33,ANG44 =							
	555.	43225.	2508.	36286.	1.4714	.7400	.1578
							-.5736
CAML1,CAML2,TMPPP,TMPUU,TMPBB,TMPBB1,TMPUU1,PHIMM =							
	8276.	44556.	-7928.	413.	.4082	-.3705	-361.
							1.3136
HEQ(1), HEQ(2) =	.00	.00					
PASSIVE FORCE =	.00						

### 3-7 豐丘邊坡穩定分析結果之彙整

資將本章所進行之豐丘邊坡穩定分析結果加以彙整，如表 3-11 所示。

表 3-11 豐丘邊坡穩定分析結果彙整表

	坡頂 張力裂縫	剪力強度參數				FS
		凝聚力 c (kN/m <sup>2</sup> )		內摩擦角 $\phi$ (度)		
		滑動面 1	滑動面 2	滑動面 1	滑動面 2	
平時	無	96	96	45	45	1.543
	有	0	96	0	45	1.451
地震時 kh=0.23	無	96	96	45	45	1.042
	有	0	96	0	45	0.993
颱風豪雨 軟弱	無	24	24	40	40	1.015
	有	0	24	0	40	0.988
颱風豪雨 極軟弱	無	10	10	40	40	0.952
	有	0	10	0	40	0.935

由表 3-11 直接顯示豐丘高陡邊坡於地震時，即使粉質礫石層之剪力強度甚高，仍有不穩定的傾向。而在颱風或豪雨期間，當粉質礫石層濕潤後摩擦角下降  $5^\circ$ 、而黏質粉土軟化至軟弱狀態(凝聚力  $c$  為  $24\text{kN/m}^2$ )或極軟弱狀態(凝聚力  $c$  為  $10\text{kN/m}^2$ )，豐丘高陡邊坡亦有不穩定的傾向。

由平時豐丘高陡邊坡並無滑動破壞，而 921 集集大地震及辛樂克颱風過境時，豐丘高陡邊坡均有滑動破壞之事實，佐證表 3-11 所示之豐丘邊坡穩定分析結果與事實相符。換句話說，本研究中，作者依據滑動破壞現況，研擬的雙平面滑動破壞機制、滑動破壞面上之剪力強度參數及其他相關條件，均與實際狀況相符。

#### 四、豐丘陡坡特性及減災策略之探討

圖 4-1 顯示豐丘台 21 線一側邊坡大都屬於高陡邊坡，邊坡上遍佈翠綠之草木，以台灣過去的水土保持觀念而言，均屬於水土保持良好的地段。



圖 4-1 鄰近地滑區之高陡邊坡

圖 4-2 顯示類似本區之高陡邊坡遍佈台 21 線新中橫沿線，綿延數十公里。由公路路面起算，豐丘邊坡高達 100 公尺以上，平均坡度近  $50^\circ$ ，近峽谷之路段，甚至有更陡及更高的傾向。



圖 4-2 台 21 線新中橫一帶之高陡坡地形

由於地球板塊在新中橫沿線活動頻繁，圖 4-3 直接顯示八群不同傾向之剪裂帶在豐丘一帶交會，使得豐丘一帶峰峰相連，地形變化萬千，而剪裂帶引發之高陡坡與溪流(詳圖 4-4)，乃因而處處可見。

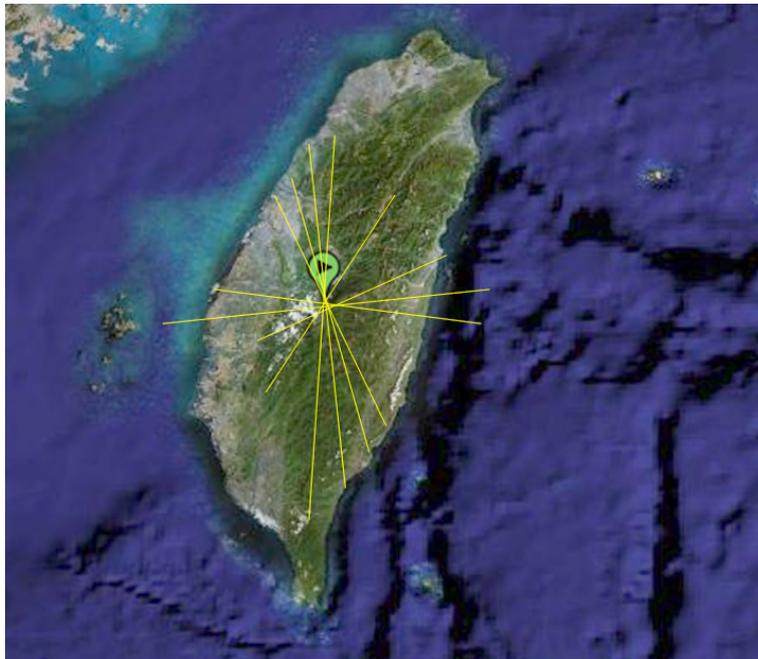


圖 4-3 在豐丘交會之各種不同方向之剪裂帶(重繪自 Google Earth)

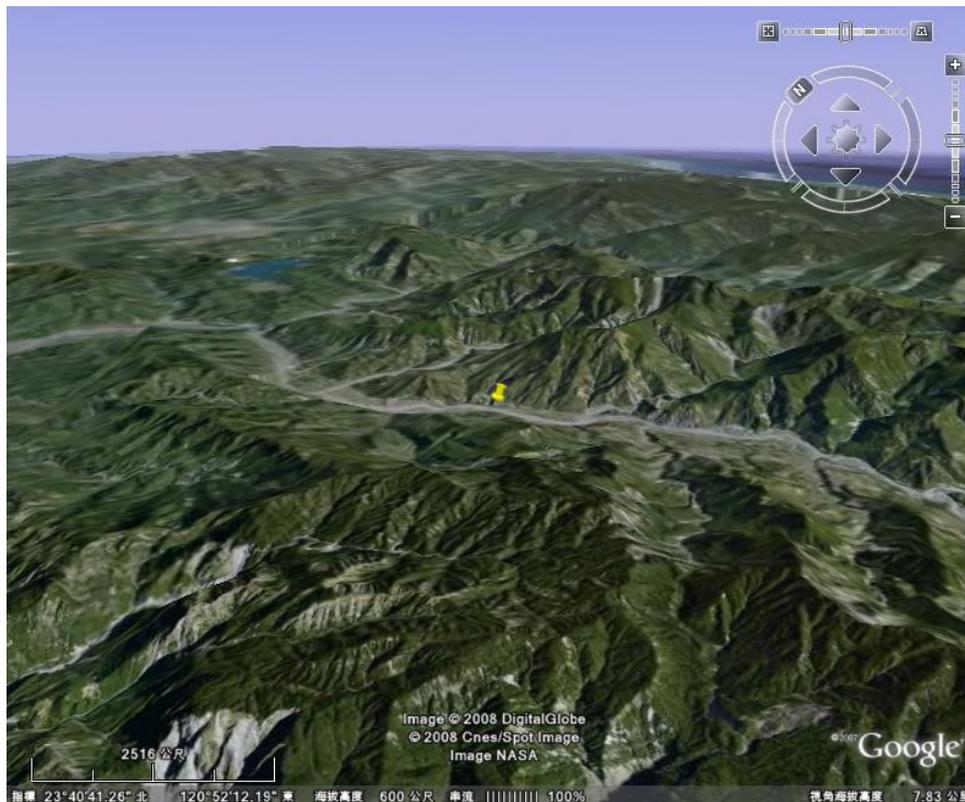


圖 4-4 豐丘鄰近之高陡坡與溪河(出自 Google Earth)

將圖 4-4 放大後即可發現這種地區存在數以百計的地滑區，在過去台 21 線開闢後，確實為國家人民帶來許多生機與財富，但因為本區剪裂帶發達所引起的負面效應，過去至今，國人均未加以研究探討，各種設計規範也不會針對地球版塊上實際存在的對工程安全有影響的剪裂帶加以規範，因此剪裂帶上高陡邊坡，即使地滑機制明確，滑動何時會產生，事實上是無人能夠準確預測的，因此學術上僅能夠以潛在滑動破壞面加以說明。

過去的十幾年當中，因地震、豪雨或颱風之聯合作用，本區高陡邊坡之表層質變速度加快，大小溪河兩旁之高陡邊坡，更容易引發地滑。

由文獻得知這種極易發生地滑之山區，遍佈全世界。對於幾乎處處都是潛在滑動破壞面之山區道路而言，世界各國均基於有限的工程經費來研擬減災措施。

在工程經費較少的情況下，能處理的僅限於公路一側實際上已經發生過地滑之不穩定的邊坡；對於無法預知何時會滑動的高陡邊坡，特別是草木生長翠綠者，在滑動破壞前，實際上是不太可能會被處理的。

在工程經費充裕的情況下，能採用的減災措施比較多，比較有效、但比較昂貴的減災措施為在較遠離邊坡處以高架橋梁跨越地滑區。

當比較有效的減災措施完工前，對於無法預知何時會滑動的高陡邊坡所造成之地滑或土石流

災害，一般均被歸納為天然災害。對於地震、豪雨或颱風所引發之天然災害而言，先進國家如美國，人民因教育宣導而確知政府相關人員能做的僅止於減災，而非防災；這種減災觀念之建立，是非常重要的；在減災觀念下，人們比較能夠了解豪雨或颱風天在山區公路行走，是非常冒險的事；而在當事人選擇冒險上山區公路，一旦不幸發生災害，透過政府相關人員之協助，能夠減少任何一分災害之影響，其貢獻都是正面的。

長期以來，我國行政院都將減災誤植為防災，各地方政府因而必須在颱風或豪大雨前設置防災中心，積極投入人力、物力，每年也確實減少許多人民生命財產之損失。但在防災觀念下，人們不但不能夠了解政府相關人員在減災上所做的努力，在當事人選擇冒險上山區公路，一旦不幸發生災害時，即使 10 人遇難，救出 9 人，政府相關人員仍將被追究為何無法救出罹難的那一人。換句話說，在防災觀念下，只要有人傷亡，政府相關人員所做的減災貢獻都將是負面的。

## 五、結論

本研究進行豐丘地滑區之滑動機制探討，研究結果顯示以下九項結論：

豐丘地滑區之邊坡由粉質礫石組成，平時由於礫石間存在高度互鎖現象，內摩擦角  $\phi \geq 45^\circ$ ；而礫石間隙存在基質材料(黏質粉土)，其凝聚力由含水量低硬實狀態之 96kPa 以上，逐漸降低至軟弱及非常軟弱(飽和含水量)之 24~0kPa。

因樹根競逐空間，在地震力或風力作用下，樹根在受力下晃動，使得表層粉質礫石有鬆動的傾向，終致草木伴隨高陡坡產生脫層滑動破壞，而橫臥於坡底；因此高陡坡迎風面樹根肥大之樹木，對邊坡長期穩定之貢獻應是負面的。

豐丘地滑區，在「之」字型沉積之環境下，較大的礫石沉積層及數組交織之剪裂帶，構成豐丘高陡邊坡地下水脈絡。由於豐丘邊坡滲出之地下水十分豐沛，因此豐丘高陡邊坡上草木高聳且翠綠。

由於地下水脈絡縱橫交織，礫石間隙內填充之硬實黏質粉土，逐漸吸收由遠端溪河藉由地下水滲流傳來的地下水，進而由硬實狀態(凝聚力為 96kPa)軟化至軟弱狀態(凝聚力 24kPa)或極軟弱狀態(凝聚力 10kPa)。

豐丘地滑區，礫石間隙內填充之硬實基質材料(黏質粉土)，當強度降低至軟弱狀態或極軟弱狀態時，滑動破壞面上作用之剪應力漸趨於降伏剪應力，礫石之互鎖排列漸趨於與滑動破壞面平行之排列，整體行為轉由基質材料控制，內摩擦角也因此大幅降至  $32.5^\circ$ ；此時，抵抗滑動之剪力強度乃遠小於滑動之驅策力；因此滑動過程中，滑動速度有持續增加之趨勢。

由於在豐丘交會之剪裂帶多達八組，因此地下地質十分破碎，造成台 21 線新中橫沿線存在數以百計的高陡坡地滑。世界各國之處理方法大都趨於一致；在經費較少的情況下，均僅整治對公路後續行車安全產生影響之有限的地滑區；對於無法預知何時會產生滑動的高陡邊坡而言，特別是草木林立者，在滑動破壞前，實際上是不可能被處理的；而在經費較多的情況下，即採用橋梁跨越地滑區，使減災效果更為明顯有效。

對於豐丘高陡邊坡而言，在地滑前，由於覆蓋一層十分青翠的草木，內部土石之質變狀況、及何時會造成滑動破壞，事實上是無法事先預知的；這種事先無法預知的高陡坡地滑災害，即屬於天然災害的範疇。

任何人行走於台 21 線，於沿途均可見到工程人員正在進行中或完工後之各種高陡邊坡上之減災措施(詳圖 5-1)，而災害發生前，政府亦投入大量人力物力進行跨越豐丘地滑區之橋梁工程之興建，目前已完工通車(詳圖 5-2)，可見政府相關人員確實在豐丘地滑區沿線，逐年都有明確的坡地減災工程之實際作為。



圖 5-1 台 21 線高陡邊坡之減災措施

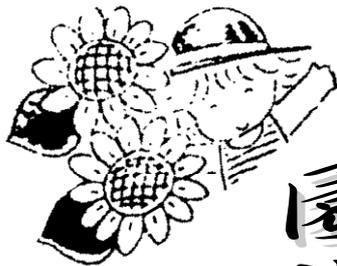


圖 5-2 台 21 線以橋梁跨越地滑區之減災措施

未來行政院應該順應世界潮流，以減災觀念取代防災觀念；只有在減災的觀念下，人民才會明確知道在地震、颱風及豪雨中，於山區公路上行駛是一件非常冒險的事，一旦個人選擇冒險在山區公路上行駛，當發生災害時，應該負責的是自己，而非前來協助減災的政府相關人員。

## 參考文獻

1. 許澤善 (1999), 電腦輔助功能之土壤力學試驗, 高立圖書有限公司出版。
2. 許澤善, 「集集共同引水計畫—順向邊坡滑動分析模式研究成果報告」, 經濟部水利署中區水資源局委託研究計畫 (2000)。
3. 許澤善, 「地滑災害防治技術研發能量提昇計畫報告」, 國科會委託研究計畫 (2001)。
4. 廖日昇 (1999), 岩土工程要義—山崩與地陷, 科技圖書股份有限公司出版。
5. Biq, Ching-Chang, "Some aspects of pose-orogenic block tectonics in Taiwan-Recent crustal movements," Royal Soc. New Zealand Bulloton, Vol. 9, pp. 19-24 (1997).
6. Chen, Chao-Hsla, "The stratigraphy of the Meichi sandstone in central Taiwan," Proceedings of the Geological Society of China, NO. 19 (1987).
7. Google earth 網站 <http://maps.google.com.tw/>
8. Hudson, John A., and John P. Harrison, Engineering Rock Mechanics: An Introduction to the Principles, Elsevier Science, Oxford, UK (1997).
9. Turner, A. Keith, and Robert L. Schuster, ed., Landslides: Investigation and Mitigation, Transportation Research Board (Special Report 247), National Academy of Sciences (1996).



開闢地園  
歡迎投稿