

# 全流域降雨觀測應用於橋梁防災預警之方法研究

陳文信\*

## 摘要

公路橋梁流域管理為公路防災預警應變之主要觀念之一，以往是採用單一特徵雨量站觀測代表整體流域降雨情形，其代表性有待商榷，且利用實體雨量觀測站之觀測對於整體流域降雨情形之瞭解仍有所侷限，目前中央氣象局利用定量降水估計（Quantitative Precipitation Estimate, QPE），透過雷達觀測與實體雨量站量測值，進行比對及誤差修正，藉此完成網格化降雨分佈，進而可藉此計算整體流域之平均降雨量，因此本文主要依據水保局之集水區劃分範圍，將整體流域細緻區分數個集水區，透過定量降水估計計算集水區平均降雨量，並比對各集水區及整體流域之水情變化，據以律定各集水區降雨門檻值，後續可透過颱風豪雨事件之降雨量即時演算，據以執行防災預警應變工作。

## 一、前言

台灣公路遍佈平原及山區，自民國 38 年公路局成立，即肩負公路橋梁維護及安全之重責大任，以往防救災體系主要於災害發生後被動災情通報、搶通及救災，對於用路人安全往往缺乏積極確保作為；至 100 年公路總局摒棄以往之舊思維，採用風險管理之觀念開啟防災預警之新觀念，而橋梁流域管理即是公路防災預警應變之主要觀念之一，主要以歷史颱風豪雨事件進行統計並律定上游單一特徵雨量站，透過歷次颱風豪雨事件，分析上游特徵雨量站累積雨量與流域內水位站之水位關係，並透過上游水位站與監控標的橋梁水位之最大流量洪峰時間差，求得該事件之洪峰時間及流速，以取得足夠之應變時間，如圖 1 所示。

然而，台灣所屬流域眾多且各流域之流系分佈甚廣，僅採用單一雨量站所量測之上游降雨量，進而代表整體流域各集水區之降雨分佈及水流匯集情形，似乎較缺乏客觀性及代表性，另外，以往橋梁流域管理之方式，僅考慮遠端上游降雨經匯集後所產生下游標的橋梁之洪峰，卻忽略近端降雨亦可能造成流域水情變化；此外，中央氣象局目前於全台灣介接及建置共 678 處實體雨量觀測站，對於全台灣已佈設雨量觀測站之地區，已

---

\* 公路總局公路防災中心 副工程司

能準確掌握降雨分佈及降雨強度，不過受限於台灣地勢險峻，於河川流域佈設足夠密度之雨量站以觀測整體流域降雨情形，仍存有其困難性。

目前中央氣象局利用定量降水估計（Quantitative Precipitation Estimate, QPE），透過雷達觀測與實體雨量站量測值，進行比對及誤差修正，藉此完成網格化降雨分佈，進而可藉此計算整體流域之平均降雨量，以解決實體雨量觀測站佈設密度不足之侷限；此外，為細緻觀察河川行經之水情，本文依據水保局之集水區劃分範圍，將整體流域區分數個集水區，並利用定量降水估計計算各集水區域之平均降雨量，透過各集水區之降雨門檻值律定及即時降雨演算比較，即可啟動公路防災預警應變機制，如圖 2 所示。

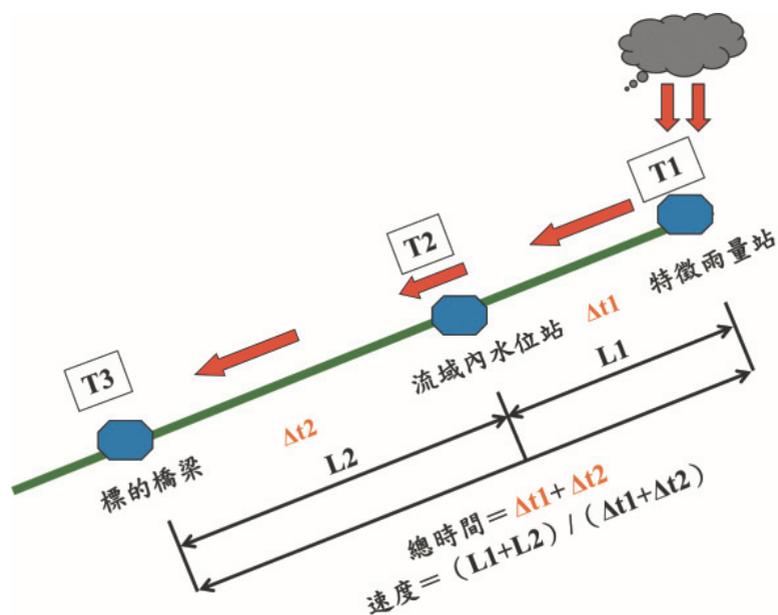


圖 1 單一特徵雨量站之流域管理示意圖

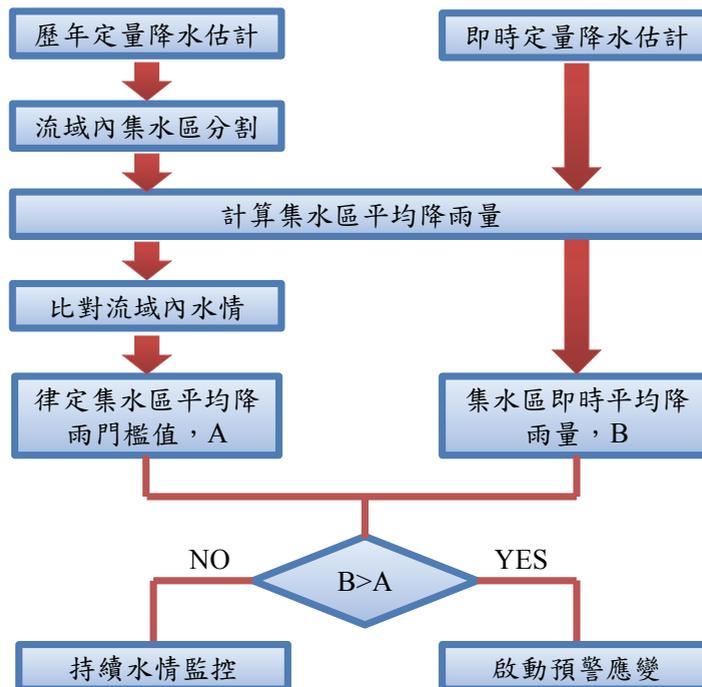


圖 2 全流域降雨觀測流程圖

## 二、全流域降雨觀測指標統計流程

有效的觀測及管理機制，必須建置管理標準，而管理標準可藉由歷史資料進行統計，本文主要利用中央氣象局歷次颱風豪雨事件之定量降水估計網格累積雨量圖計算集水面積內之平均降雨量，並比對統計集水區內之水位站水位變化，以律定集水區內溪水暴漲之平均降雨量門檻值，後續透過各流域水位站之洪峰水位比對，可求得溪水行經各集水區間之時間，以爭取預警時間。

### 2.1 集水區內平均降雨量計算及水情觀測

集水區之平均降雨量計算，主要利用中央氣象局颱風豪雨事件各時間點之網格累積雨量圖涵蓋於流域分割後之集水區域範圍，如圖 3 及圖 4 所示，計算單一網格及其面積降雨量 $q_i$ ，如公式 (1)

$$q_i = r_i \times a_i \quad (1)$$

其中 $r_i$ ：網格降雨量

$a_i$ ：網格面積

後續藉由累加各網格內降雨量及總體集水區面積，求得集水區內之平均降雨量 $R$ ，如公式 (2)

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n r_i a_i}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (2)$$

依據歷次颱風豪雨事件集水區範圍之水位站量測水位值，律定集水區內水情急遽變化之水位，並利用集水區平均降雨量之計算方式求得歷次事件達該律定水位之集水區平均降雨指標，包含 1、3、6、12 及 24 小時之累積降雨量，並藉由歷次事件計算平均降雨指標及律定水位比對，淬取驅動集水區內水情變化之關鍵降雨指標，以瞭解降雨情形與集水區內水情之關係。如圖 5 所示，考量動員時間律定預警水位高度  $H$  代表集水區水量匯流遽增，並於事件中記錄水位達預警水位高度  $H$  時之時間  $t$ ，同時紀錄該時間之 1、3、6、12 及 24 小時累積雨量，分別為  $R_1$ 、 $R_3$ 、 $R_6$ 、 $R_{12}$  及  $R_{24}$ ，如圖 6 至圖 10 所示。藉由歷次事件資料，透過電腦自動計算及比對，即可淬取驅動集水區內水情變化之關鍵降雨指標。

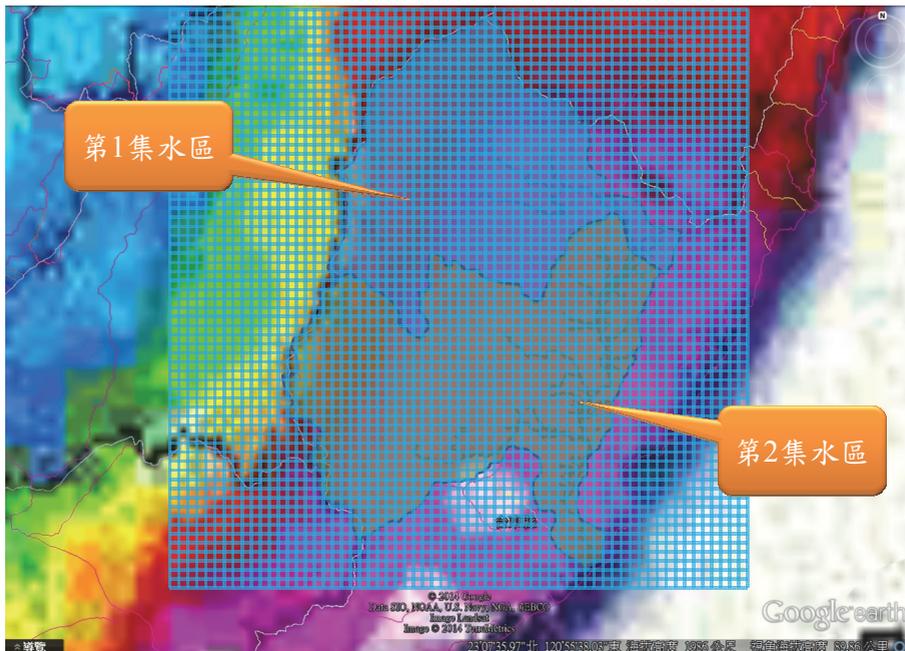


圖 3 累積雨量網格點涵蓋集水區之示意圖

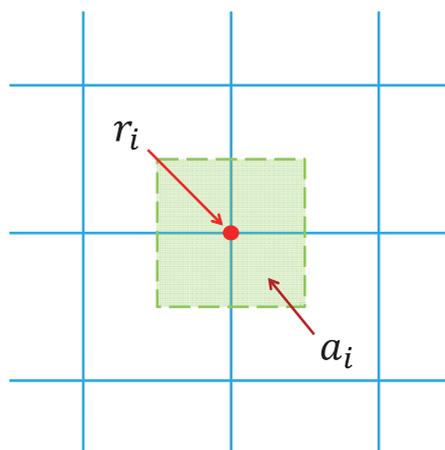


圖 4 網格降雨量及網格面積之示意圖

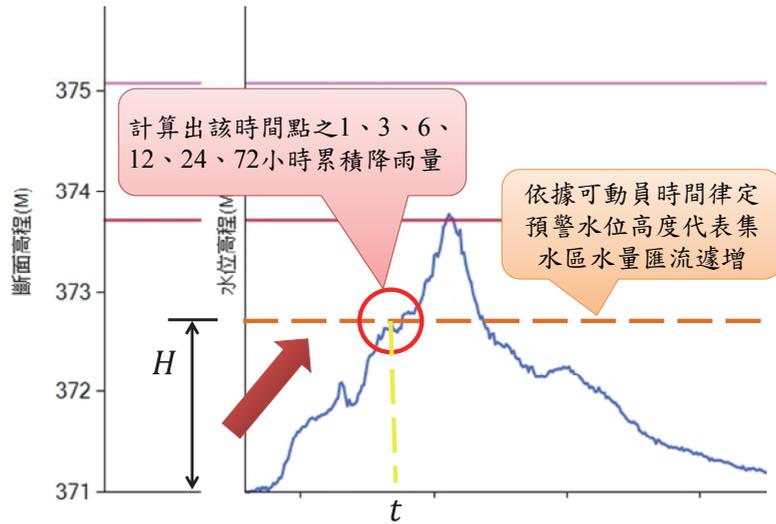


圖 5 律定集水區水情變化之水位

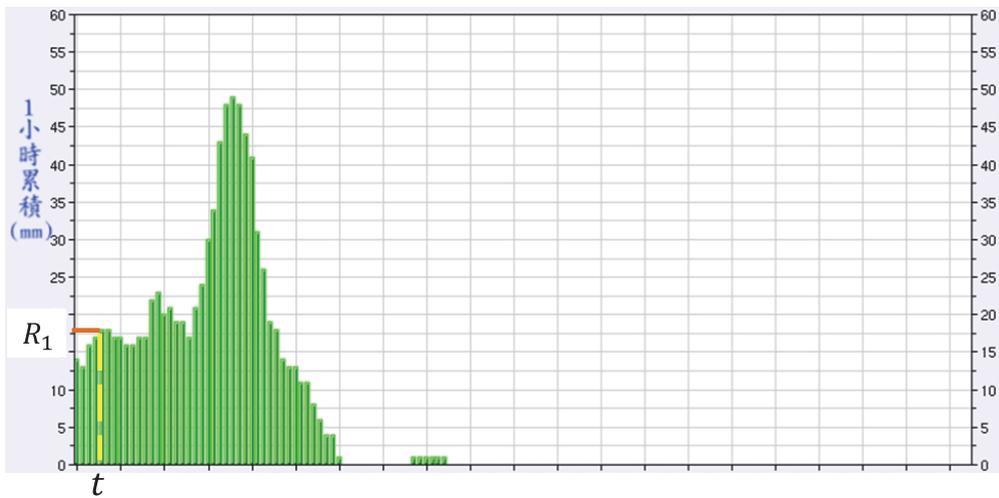


圖 6 集水區 1 小時平均累積降雨量示意圖

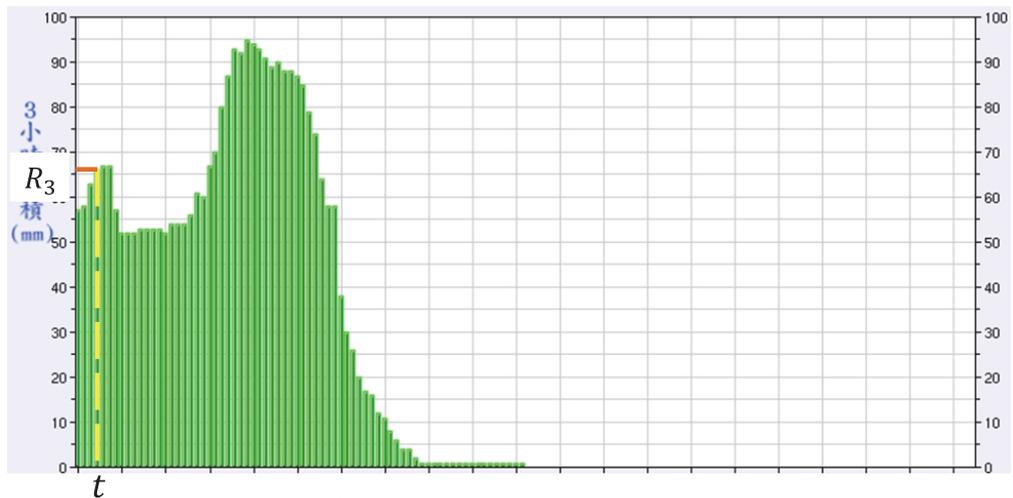


圖 7 集水區 3 小時平均累積降雨量示意圖

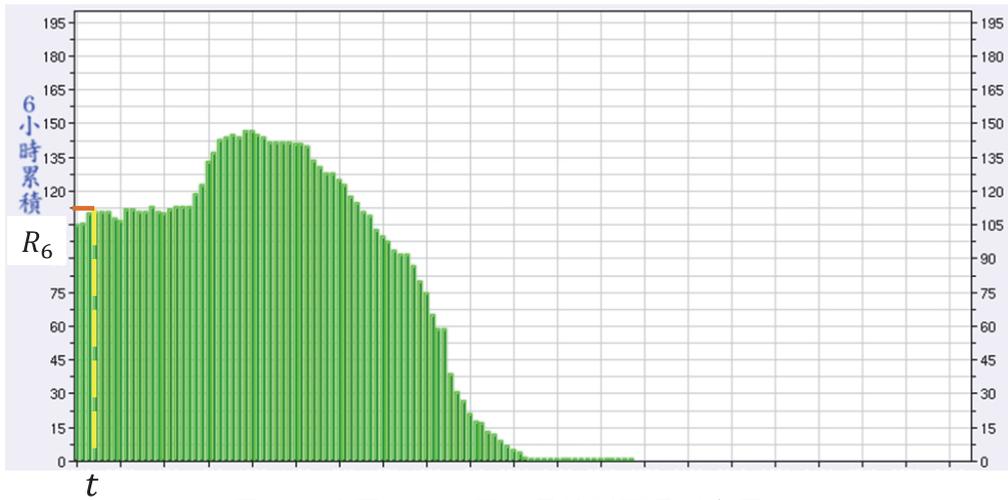


圖 8 集水區 6 小時平均累積降雨量示意圖

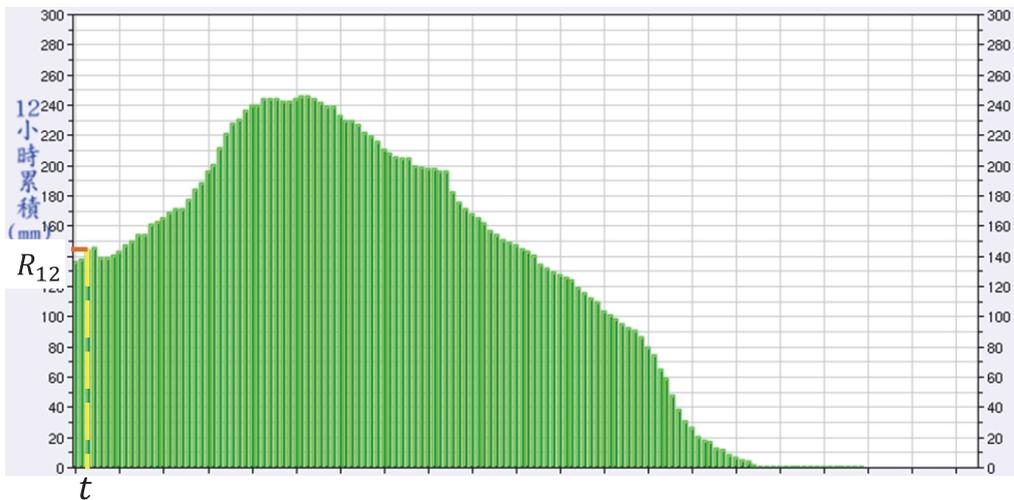


圖 9 集水區 12 小時平均累積降雨量示意圖

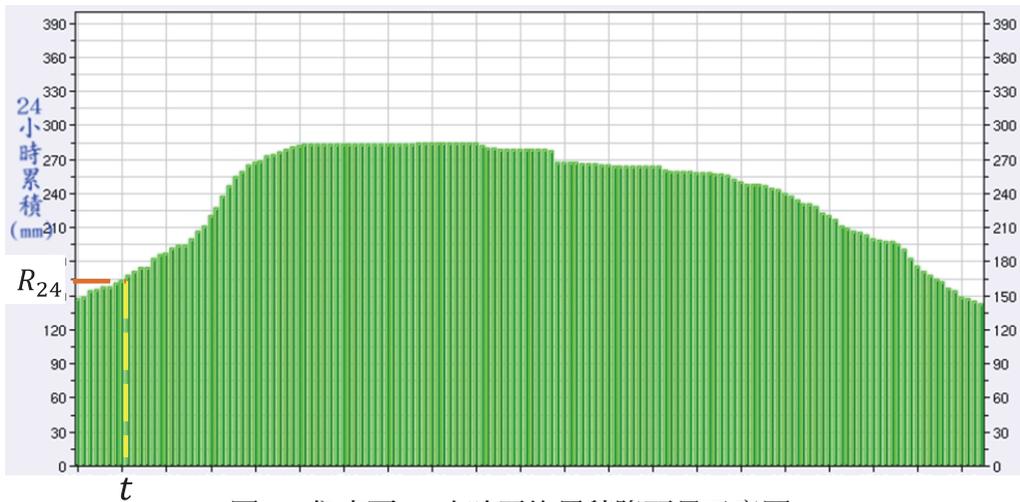


圖 10 集水區 24 小時平均累積降雨量示意圖

## 2.2 上下游集水區水流時間差觀測

依據歷次颱風豪雨事件及集水區內水位站之資料統計，可瞭解集水區內平均降雨量與集水區內水情變化之關係，若所關切之高風險路段位於流域之最上游集水區，則僅需監控該集水區內平均降雨量；反之，若所關切之路段位於中下游集水區，除需監控所處位置之集水區，亦必須監控鄰近集水區之平均降雨量，同時瞭解溪水自鄰近集水區匯流到該路段集水區之時間，以爭取預警時間。

因各集水區是利用區域內之平均降雨量與水位站統計集水區水情變化，因此上游集水區之水流至下游集水區之集流時間，可透過兩集水區內之水位站於歷次颱風豪雨事件之水位洪峰時間差求得，如圖 11 所示，圖中上游集水區水位站於時間 $T_1$ 量得最高水位，而鄰近下游集水區於時間 $T_2$ 量得最高水位，因此兩集水區域水流時間差 $\Delta T = T_2 - T_1$ ，因此當觀測上游集水區平均降雨量達門檻值時，約 $\Delta T$ 後水流將到達下游集水區。

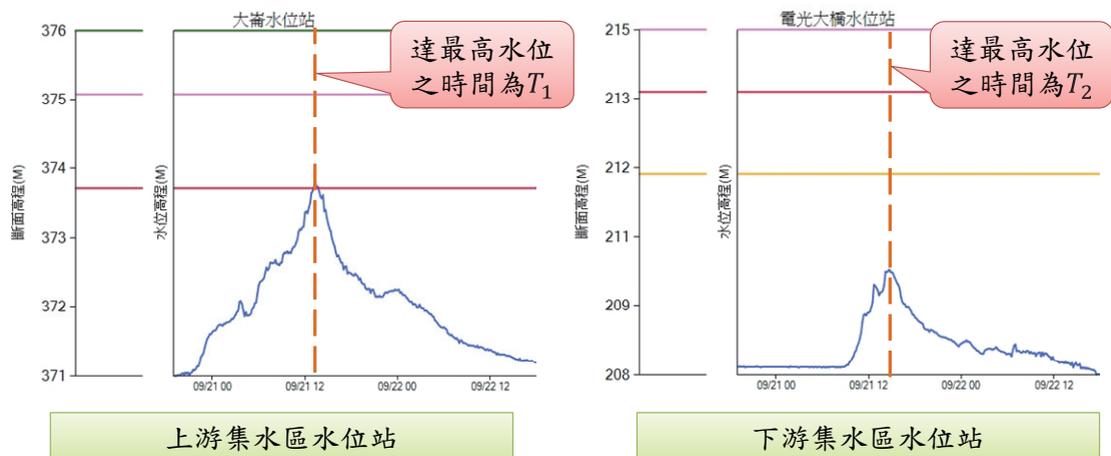


圖 11 上、下游集水區水流時間差示意圖

## 三、卑南河流域於鳳凰颱風期間觀測案例

鳳凰颱風於 103 年 9 月 21 日侵襲台灣，其路徑原預計由台灣西部經過，卻於 21 日上午路徑急轉沿台灣東部北上，所經之處皆降下相當大之雨勢，透過 9 月 21 日 0 時至 12 時中央氣象局之累積雨量圖可得知，卑南河流域已累積相當大之雨量，如圖 12 所示，其流域水情應有急遽變化。

依據水保局集水區分佈範圍，卑南河流域共分 2 個集水區域，分別為第 1 集水區及第 2 集水區，如圖 13 所示；另水利署於卑南河流域建置 7 個水位站，各水位站於集水區位置如圖 14 所示，為初步驗證本文所提出之全流域觀測方法，於是選定第 1 集水區內之大崙水位站進行集水區內水情變化觀察，並透過中央氣象局於鳳凰颱風期間所計算卑南河流域之平均降雨組體圖進行比對。經比對觀察，卑南河流域平均時雨量及 3 小時降雨量約於 9 月 21 日 12 時至 13 時達最大值，而第 1 集水區之大崙水位站所量測之水位至 13 時 20 分達最高水位，如圖 15 所示，因此可瞭解上游集水區之水情變化對於流

域或集水區之降雨量，因所需逕流時間較短，故降雨情形對於水情變化較直接，因此可透過觀測集水區平均降雨情形直接瞭解集水區水情變化。

另卑南溪流域分別包含 2 個集水區，為瞭解下游座落於第 2 集水區需進行監控之路段或橋梁，執行防災預警應變工作需於多少時間內完成，因此需統計上游集水區所匯集水流，透過河川縱深流至下游集水區所需時間。鳳凰颱風期間上游第 1 集水區之大崙水位站於 13 時 20 分量得最高水位；下游第 2 集水區電光大橋於 14 時 40 分測得最高水位，因此可推估上游集水區之洪峰水位約經過 1 小時 20 分到達下游第 2 集水區，如圖 16 所示。

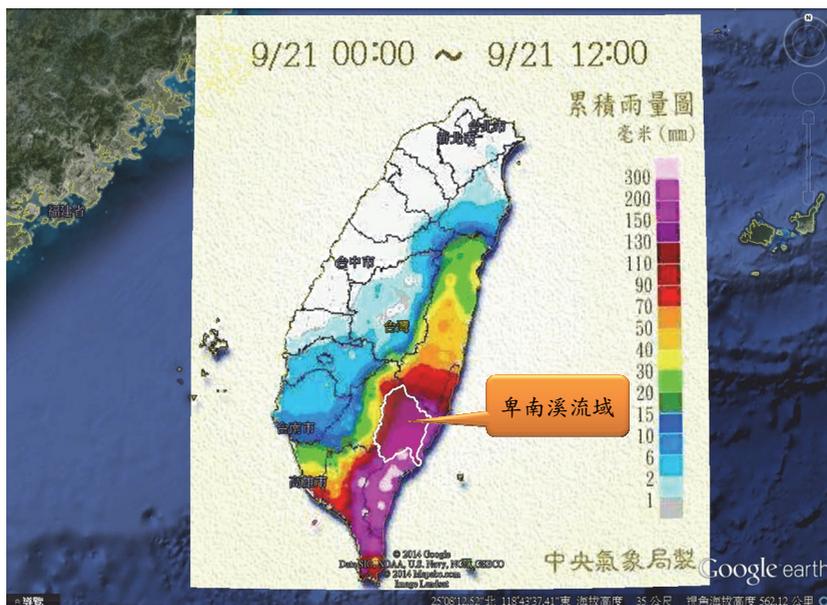


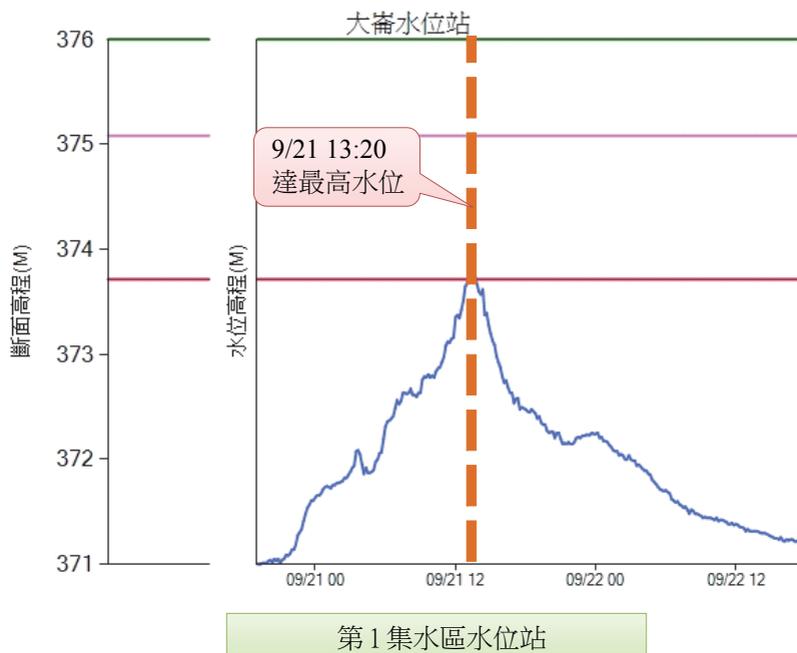
圖 12 鳳凰颱風期間 9 月 21 日 0 時至 12 時累積雨量圖



圖 13 卑南溪流域內之集水區域



圖 14 水利署設置卑南河流域之水位站分佈



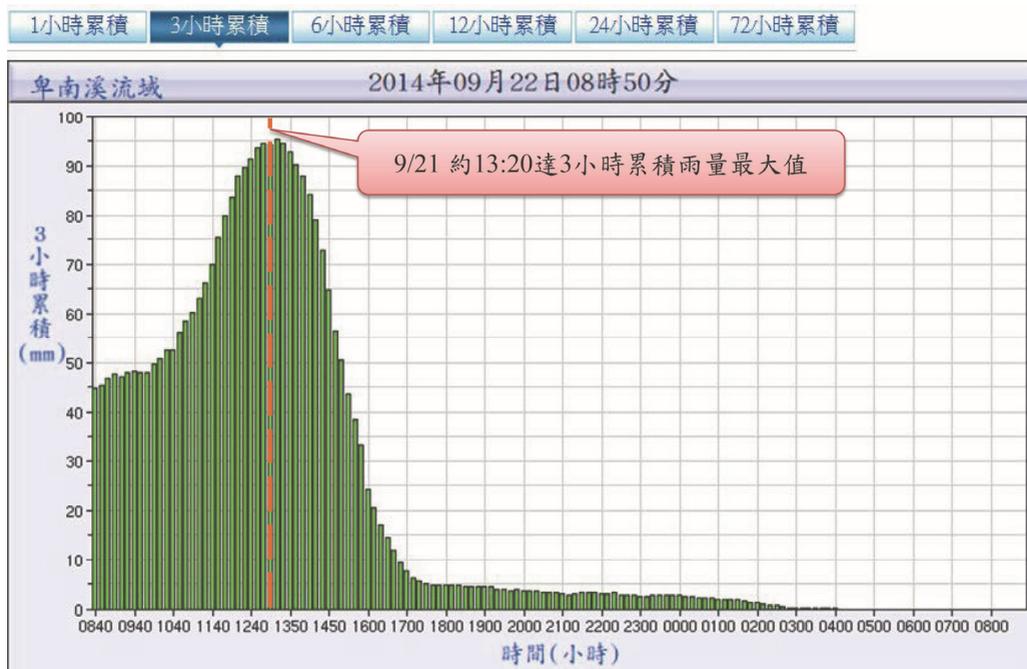
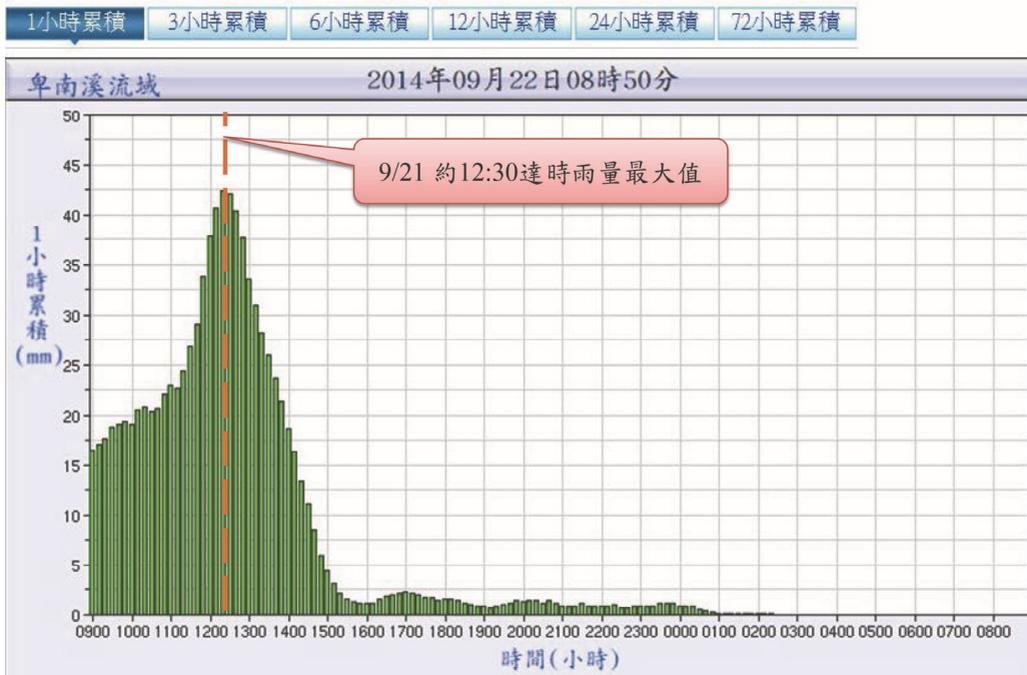


圖 15 卑南河流域平均降雨量與上游集水區水位站水位比較

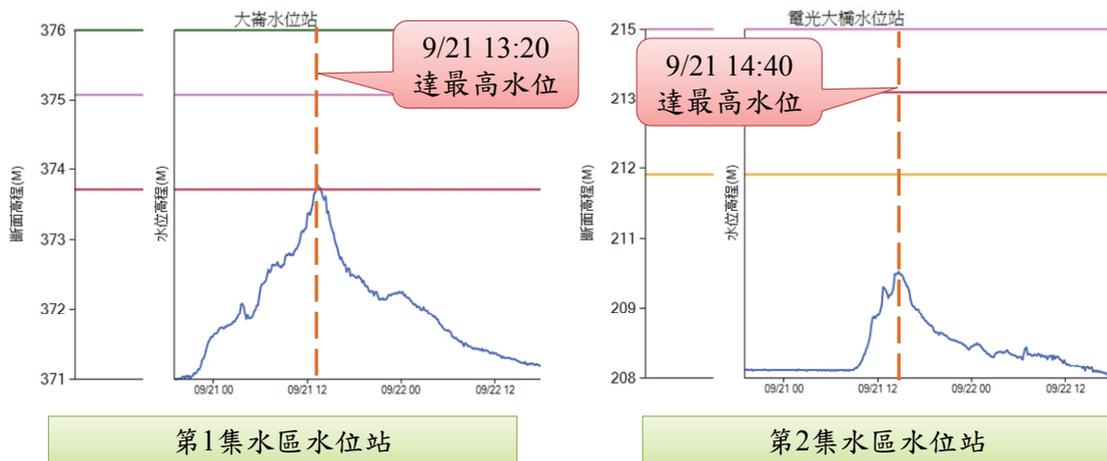


圖 16 上游集水區水位站與下游集水區水位站最高水位時間比較

#### 四、後龍溪流域於蘇力颱風期間觀測案例

蘇力颱風於 102 年 7 月 13 日侵襲台灣，因受地形影響於登陸後路徑轉西南向，西北部山區因為迎風面，其降雨最為劇烈，依據颱風事件紀錄，自 11 日起至 13 日止，西北部山區之累積降雨量最高達 900mm，依循此累積降雨紀錄，可針對主要降雨集中之流域進行統計及探討。

依據蘇力颱風期間之累積雨量圖，後龍溪流域位於颱風之主要降雨熱點，如圖 17 所示，另依據水保局集水區範圍劃分，後龍溪流域可細分為 2 個集水區範圍，且座落於後龍溪流域下游之台 13 甲線北勢大橋為本局之一級監控橋梁，如圖 18 所示。為監控流域內之上游集水區雨量遽增之情形並考量水位與流量測站監測資料之完整性，同時瞭解上游水流匯集與下游監控橋梁之關係，故選取打鹿坑測站及北勢大橋測站所量測資料進行分析，2 測站位置如圖 19 所示。

透過打鹿坑測站所量測之河川流量歷線顯示，上游集水區於 7 月 12 日 22 時水流開始匯集並造成河川流量增加，如圖 20 所示；下游北勢大橋測站量測河川流量初始增加之時間為 7 月 13 日 2 時，如圖 21 所示，因此可估計上游集水區經水流匯集至河川後，約經過 4 小時可到達下游，此外，比較 2 測站所量測之水位初始上升時間，亦可得到相同之結果，如圖 22 至圖 23 所示。

河川測站所量測之水情資訊，可瞭解上游水流匯集情形及逕流時間，而造成流域或集水區水情變化之主要因素則為上游之降雨情形，因此為瞭解上游集水區降雨情形，遂透過中央氣象局之定量降估計查詢觀察後龍溪流域之平均降雨量，以瞭解驅動上游集水區水情變化之主要降雨監控指標。圖 24 為後龍溪流域於蘇力颱風期間之 1 小時平均累積降雨組體圖，圖中顯示後龍溪流域 1 小時平均累積降雨量約於 7 月 13 日 9 時 30 分達最大值 43mm；而 3 小時及 6 小時於 7 月 13 日 9 時 30 分之平均累積降雨量分別約為 120mm 及 196.3mm，如圖 25 至圖 26 所示，另透過 3 小時及 6 小時平均累積降雨量之比較可得

知，兩者雨量之增量幅度較小，因此可推估後龍溪流域之主要流域平均降雨觀測指標約為 3 小時平均累積降雨量 120mm。此外，藉由觀測上游打鹿坑測站所量得之河川水位與水量資訊亦可瞭解，當流域 3 小時平均累積降雨量達最大值 120mm 時，經由集水區之地形特性匯流至河川，約經過 1 至 2 小時可驅動打鹿坑測站之水位及流量達最大值，如圖 27 至圖 28 所示。

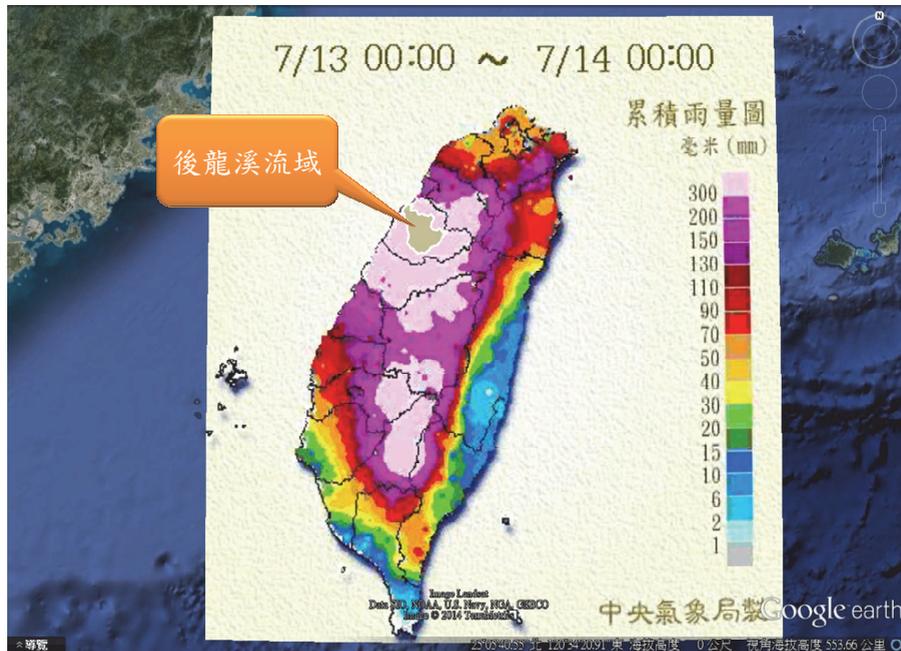


圖 17 主要降雨熱點涵蓋後龍溪流域



圖 18 後龍溪流域內之集水區及監控橋梁



圖 19 上游集水區內監控測站及監控橋梁之位置圖

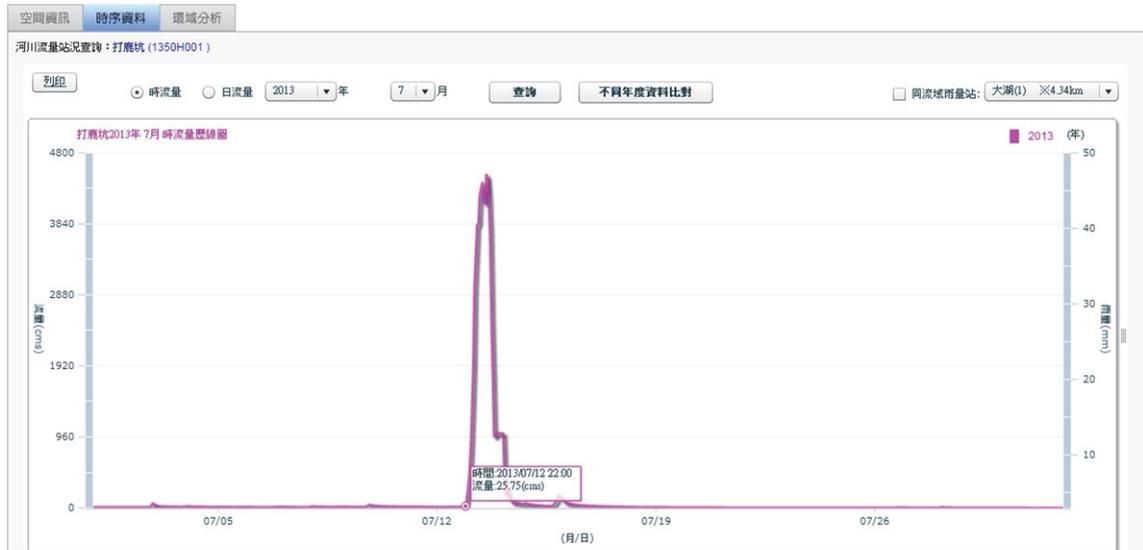


圖 20 打鹿坑測站量測河川流量初始增加之時間

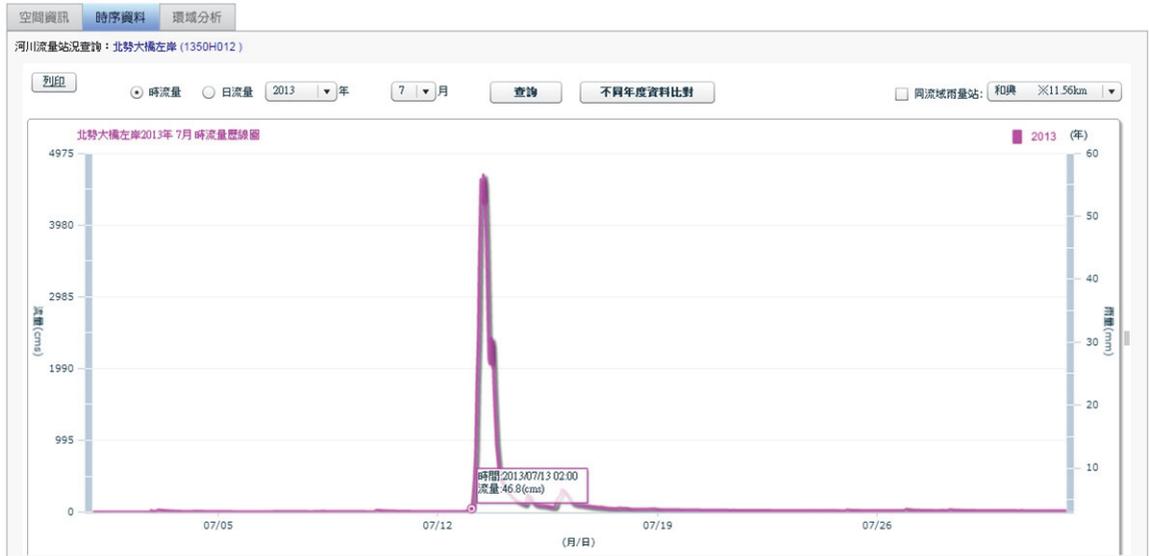


圖 21 北勢大橋測站量測河川流量初始增加之時間



圖 22 打鹿坑測站量測河川水位初始增加之時間



圖 23 北勢大橋測站量測河川水位初始增加之時間

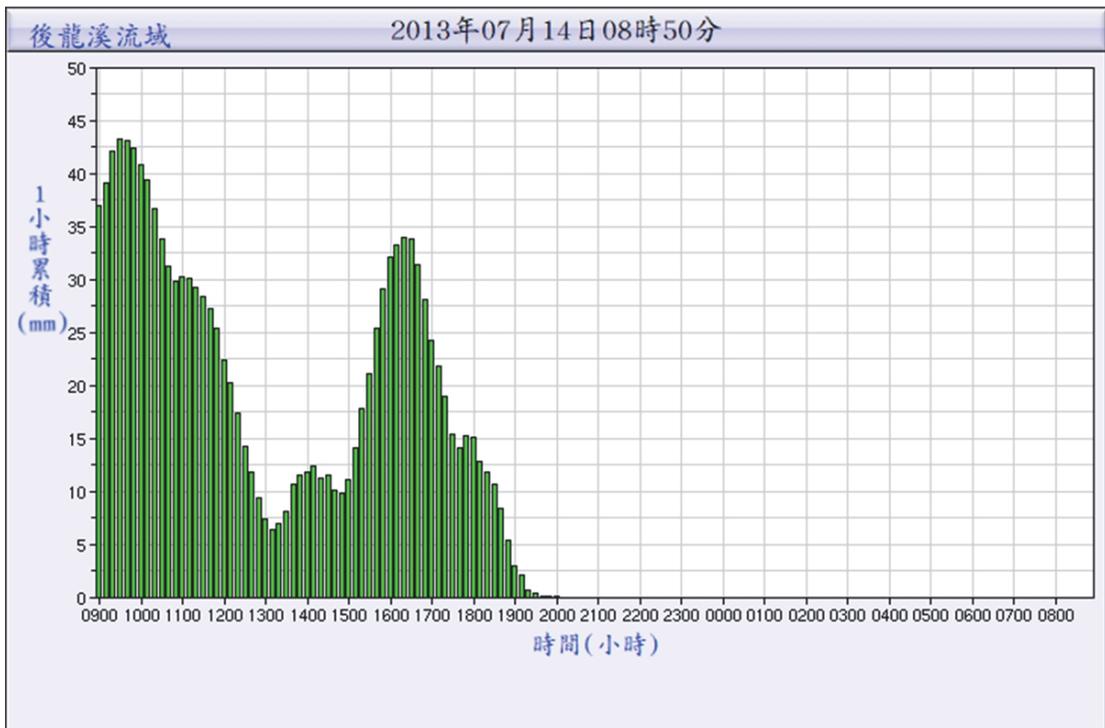


圖 24 後龍河流域 1 小時平均累積降雨組體圖

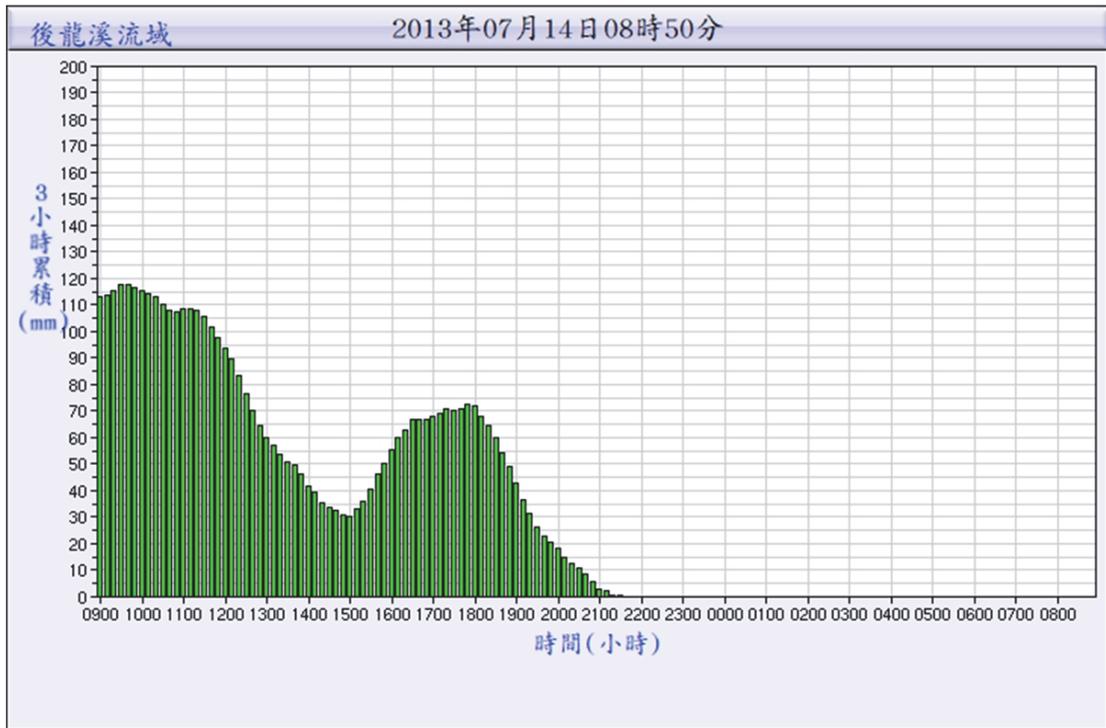


圖 25 後龍溪流域 3 小時平均累積降雨組體圖

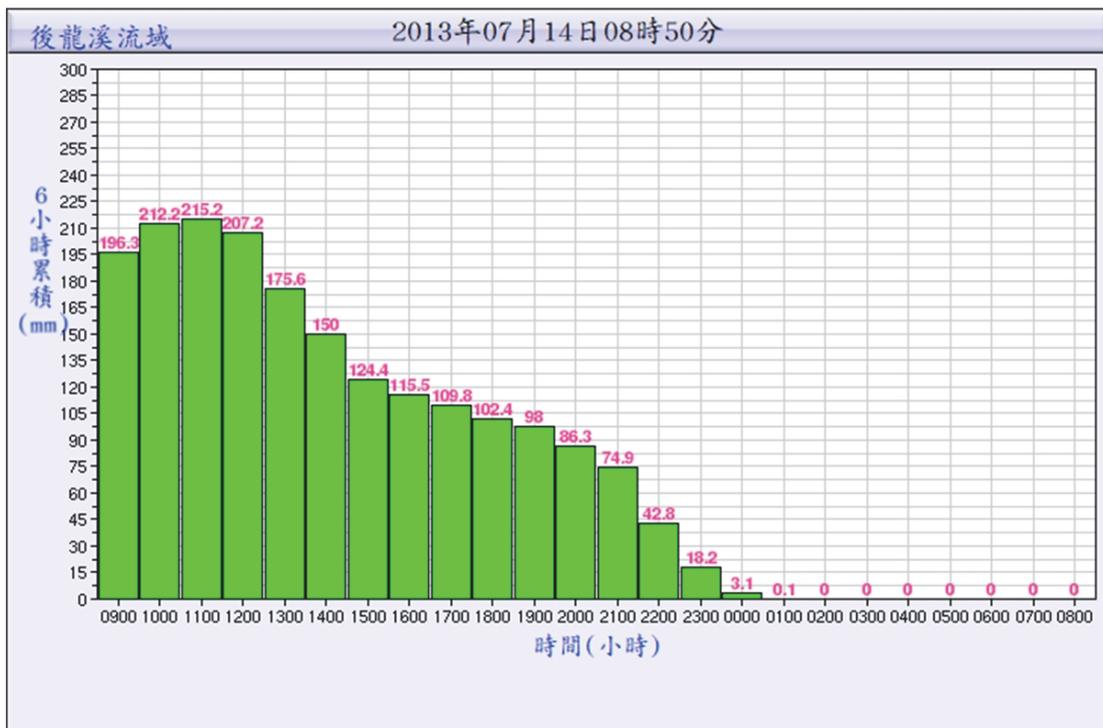


圖 26 後龍溪流域 6 小時平均累積降雨組體圖



圖 27 打鹿坑測站量測河川水位達最高水位之時間

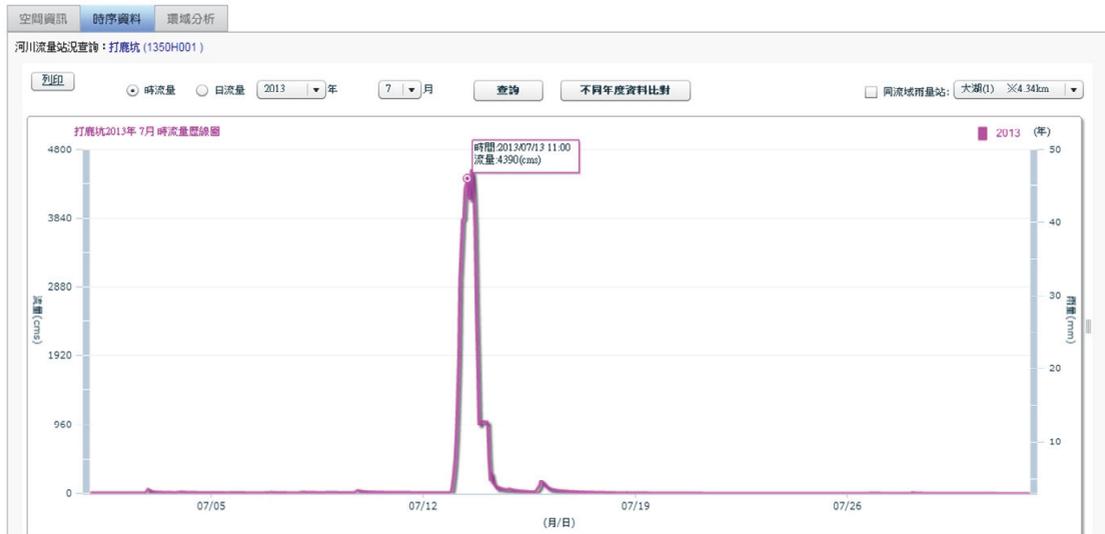


圖 28 打鹿坑測站量測河川流量達最大值之時間

## 五、結論

全流域降雨觀測主要一改以往採用上游單一特徵雨量站觀測值代表整體流域之水情變化，除採用流域整體觀念，更細緻化區分集水區範圍，並透過中央氣象局之定量降水估計 (Quantitative Precipitation Estimate, QPE) 計算整體流域之平均降雨量，同時比對統計建立區域內之水位站與平均降雨量之關係，進而僅需觀測流域或集水區內平均降雨量，即可得知該集水區域之水情變化情形。此外，透過上、下游集水區內之水位站於歷次事件所測得之最高水位時間比對，可求得上游集水區所匯集水流，經河川縱深流至下游集水區之時間，藉此爭取預警時間。

未來全流域降雨觀測可透過系統計算集水區平均降雨量，包含 1、3、6、12 及 24 臺灣公路工程第 40 卷第 11 期-569

小時，並自動比對集水區平均降雨量與集水區內水位站之關係，同時自動萃取關鍵降雨門檻值，再考量動員前置時間及能量律定預警、警戒及行動之降雨觀測指標，爾後颱風豪雨期間即時計算集水區平均降雨量，並依據標準作業程序執行防災預警應變工作。



# 公路防災預警機制推動下之效益評析

范斯豪\*

## 一、前言

根據世界銀行 2005 年的評估，因為臺灣特殊的地理與地質特性，全國有 90% 的人口需面臨 2 種以上的天然災害，更有 75% 的人口面臨 3 種以上；當然，這些災害也極可能發生在與民眾生活息息相關的公路上，因為在大自然無情且極巨大力量的侵襲下，看似平坦穩固的橋可能會斷、曲折蜿蜒的山路可能會塌、交通繁忙的市區道路可能被淹沒，一條熟悉又平常的回家道路可能充滿著危險。

因此，為了降低用路人於劇烈天候下罹難發生的機率，公路總局在歷經多次天災之後思考將被動化為主動，改變了以往遇到橋梁下水位上升就往那裡去守視、道路邊坡崩坍災情傳出就往那裡去救災的模式，面對現今更為巨大且難以捉摸的風雨，唯有讓其先行通過才是尊重大自然並得以保障生命財產安全最佳的方式。

公路總局自 100 年「梅姬」颱風後規劃完成並開始推動「公路防災預警機制」，以「防災重於救災、預防勝於治療」概念，在公路橋梁因溪水暴漲導致斷橋或公路邊坡土石崩塌發生前，即先行封閉道路、橋梁，避免人車通行而罹難。

## 二、公路防災預警機制創新解決的方法

### 2.1 建立標準方法及程序

掌握封路、封橋時機及其決策是「公路防災預警機制」的關鍵，封閉時間過早將造成民眾不方便易導致民怨，封閉時間太晚則難以保障用路人安全，為了爭取封閉公路、橋梁預警作業時間，考量橋梁及山區道路屬性不同，分別發展出「橋梁流域管理」及「山區道路風險管理」兩大預警性封路操作手法，如圖 2-1、2-2 所示。

「橋梁流域管理」是利用雨水尚在河川上游集水區，透過掌握其降雨量可能造成下游橋梁威脅，並藉由流域的縱深爭取時間差，提前進行預警應變並採保全方式管理。另外針對沒有流域縱深的山區公路崩塌事件，則改用「山區道路風險管理」手法，以現地實際雨量大小操作分級防災管理，實施預警封路作業。

---

\* 公路總局公路防災中心 幫工程司



圖 2-1 橋梁流域管理

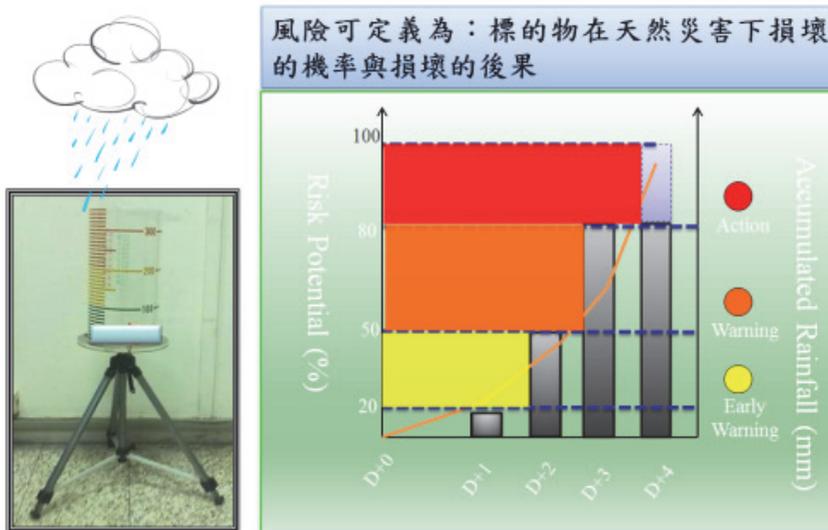


圖 2-2 山區道路風險管理

且最終為達成「人命保全」的目標，公路總局以「橋梁流域管理」及「山區道路風險管理」兩大手法為基礎，導入了防災預警系統，從天邊來的一朵雲逐步啟動防災指揮決策作業，建構預判、部署、預警及應變 4 階段作業，更跨機關整合中央氣象局、水利署及水土保持局等單位相關防災情資，在劇烈天候下以 3 段燈號的逐級操作，提前決策轄管公路可能面臨黃色預警（注意路況）、橙色警戒（勸導勿入）及紅色行動（管制封閉）之各種情境，並提前告知用路人以提供足夠時間讓用路人重新規劃行程或避開預警封閉之路段，如圖 2-3 所示。



## 2.2 善用資訊系統

為了整合各項防災資訊並提高預警決策的準確性，公路總局於 99 年 6 月以 Google Earth 平台開發建置公路防救災 GIS 決策支援系統（以下稱 thb-GIS），跨機關整合國內各政府機關提供的空間資訊服務，並介接國外不同機構的氣象觀測及預報與災情警示系統，於「單一整合空間資訊查詢服務窗口」提供各項地理資訊。該系統將防災圖資區分為「山、水、路、橋、人、災」6 類，將前述各相關單位防救災圖資納入，以做為各單位「災前、災中、災後」之輔助預判、決策防災的規劃及道路規劃整建等之工具，同時共享防救災圖資的概念更節省各單位開發圖資的時間與成本，如圖 2-5 所示。



圖 2-5 thb-GIS 基本概念

另考量國內著名觀光旅遊軸線常為地質敏感區域，每逢颱風、豪雨期間屢傳公路災害事件，公路總局為確保用路人行車安全，除了和警廣及電視台合作以廣播及電視跑馬燈提供警示訊息外，第一線人員可由公路防救災資訊系統（以下簡稱 Bobe）透過中華電信公司災害緊急應變通報系統，以適地性簡訊廣播服務（以下簡稱 LBS）將公路預警及決策訊息以更即時的方式通知位於警示區範圍內不特定用路人或民眾，如圖 2-6 所示。

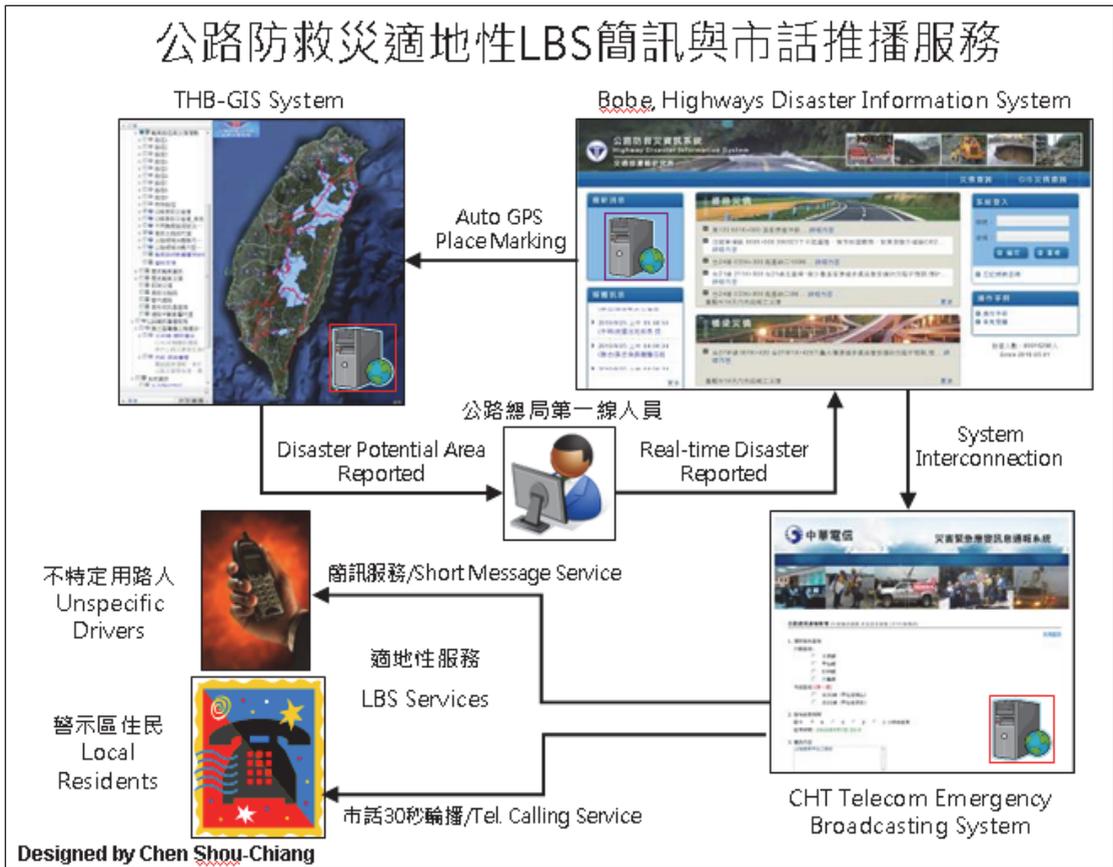


圖 2-6 公路適地性簡訊 (LBS) 與市話推播服務示意圖

### 2.3 成立專責單位

因受全球氣候劇烈變遷影響，天然災害之頻率及規模難以測度，公路總局於 100 年將原養路組附設的「救災指揮中心」提升為本局一級單位「公路防災中心」，以爭取更多、更充裕的災害預警應變時間並提供更多的防災資訊服務，也充分替民眾「行」的安全把關。

公路防災中心除了專責公路災害防救災能力，包含整體公路防災計畫訂定，協調及彙辦局內單位相關防災業務等，並督導所屬機關的公路災害處理及防救災演習，以確實降低用路人罹災機率，另一方面加強防災預警機制、災防資訊整合及推廣相關教育訓練，並協調其他機關的防災單位，建構完整的公路聯防體系。同時不斷滾動式檢討「公路防災預警機制」，於每次劇烈事件後就氣象情資分析、應變紀實等角度重新檢視所律定之監控路段、橋梁與特徵雨量值，檢討應變作為的缺失並留存紀錄，期能藉由不斷滾動式檢視「公路防災預警機制」守護用路人行車安全。

### 三、公路防災預警機制推動下之效益

#### 3.1 實質量化效益

##### 3.1.1 減少國賠及設備重覆建置之支出

公路總局成功整合各項防災預警系統，推動 3 年來在劇烈天候下零傷亡紀錄已超過 1,000 天，相較於 97 年~99 年國賠支出相關災害賠償 1 億 3,000 餘萬元，不但省去國賠支出成功守護用路人的安全，更重新建立民眾對政府的信賴感，如表 3-1 所示。

表 3-1 歷年國賠案件統計表

年度	案件	人數	金額	劇烈天候事件
97 年	后豐大橋國家賠償 7 案	15 人	37,488,869 元	辛樂克颱風
97 年	豐丘明隧道國家賠償 7 案	28 人	54,029,274 元	坡地崩塌
98 年	雙園大橋國家賠償 9 案	21 人	45,605,943 元	莫拉克颱風
99 年	台 9 線蘇花公路遊覽車墜崖	訴訟官司持續進行中		梅姬颱風
100 年~102 年		零傷亡	零損失	36 場

另外，公路防災中心整合公路總局相關的防災業務及經費，藉由防災業務的整合以及靈活運用，使本局既設交通控制系統相關設施（CCTV、CMS 及 ET 等）除做為交通流量監控以及路況通報用途外，兼做劇烈天候監控設施及道路災害通報使用，自 100 年起 3 年期間共支出約 1 億 9,000 萬元經費建置交通控制系統相關設施，並透過整合既有資源的手法，避免重複建置以達經費使用之最大效益，如表 3-2 所示。

表 3-2 交通控制系統建置費用

交通控制系統建置費用	金額	項目
100 年	183,050,000 元	CCTV、 可變資訊系統 (CMS)、 緊急電話 (ET)
101 年	0 元	
102 年	7,580,000 元	
總計	190,630,000 元	

### 3.1.2 增加社會經濟效益及推動成本比例

公路總局自 100 年推動「公路防災預警機制」後透過「橋梁流域管理」及「山區道路風險管理」篩選易致災地點，以保全人力、臨時交維設施以及設置防災相關硬體設施費用，並透過防災宣導、防災系統以及發送 Bobe 及 LBS 簡訊等軟體費用，各項防災支出經費增加約 1 億 7,000 萬元，如表 3-3 所示。

表 3-3 推動公路防災預警機制成本

100~102 年防災支出項目		增加金額	備註
現地防災作業費用	保全人力	96,930,000 元	
	臨時交維設施	30,690,000 元	
	管制站及柵門	8,340,000 元	
	其他	6,300,000 元	交通安全設施
防災宣導、 系統維護及簡訊費用	防災宣導	3,400,000 元	
	防災系統	19,360,000 元	Bobe 系統、天氣風險顧問公司、24 小時水情監控
	簡訊費用	6,930,000 元	
總計		171,950,000 元	

100 年後雖每年均有達「辛樂克」颱風等級，足以造成后豐大橋斷裂的劇烈天候事件，惟公路總局以「公路防災預警機制」守護用路人行車安全，97 年~99 年 3 年期間因道路災害衍生 66 人之生命損失，若以每個人的生命價值約 3,000 萬元概估，公路總局成功保障國人約為 19.8 億元，相較於推動本機制支出金額 1.7 億元，專案益本比更是將超過 11 倍，顯見此機制之卓越成效，如圖 3-1、3-2 所示。

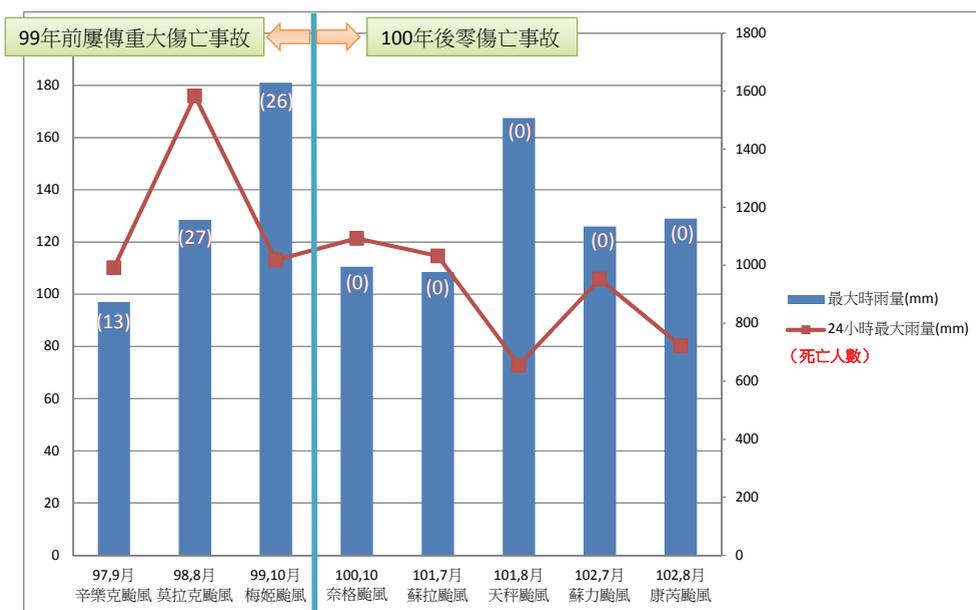


圖 3-1 歷年影響臺灣最劇烈之颱風事件圖

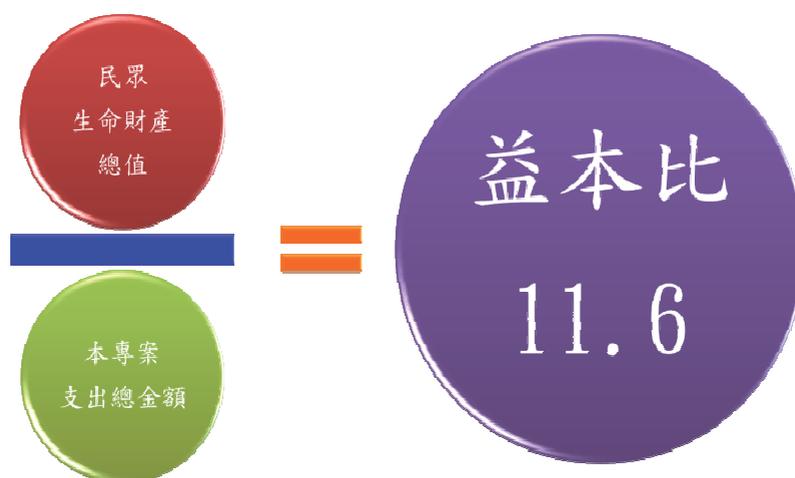
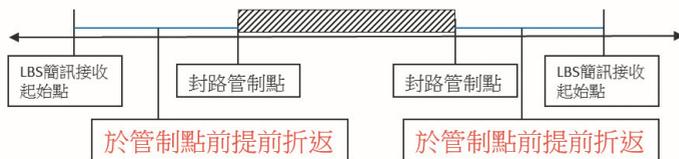


圖 3-2 「公路防災預警機制」益本比計算

另外，公路總局自 100 年起與中華電信合辦 LBS 服務，首先在台 9 線蘇花公路、南迴公路、台 18 線阿里山公路等山區易致災路段，劃設帶狀警示區域，颱風、豪大雨期間或發生重大公路災害時，公路總局即主動透過 LBS 服務將區域警示訊息以簡訊通知區域內民眾，推動 3 年期間雖花費簡訊費用約 369 萬元，惟反觀節省民眾油耗超過 3,900 萬元，益本比效益超過 10 倍；另外節省用路人封路等待的時間以及生命財產安全更是無法計數。藉由公路總局 3 年來推動 LBS 的績效，行政院更將其落實為 103 年國家防災政策，服務民眾的範圍也從原來 1 家中華電信公司擴大至 5 大電信業者，如圖 3-3 所示。

工程處	LBS範圍路段	收到簡訊節省至封路管制站的來回里程處(公里)	發送通數	節省之公里數* (公里)	節省之油費** (元)
第二區養護工程處	台21線(頂崁~塔塔加)	60	4,591	646,856	2,263,996
第三區養護工程處	台9線南迴公路(楓港~丹路、知本~香蘭)	28	92,408	7,143,285	25,001,498
第一、四區養護工程處	台2線(瑞濱~鼻頭) 台9線蘇花公路(蘇澳~崇德)	30	952,438	1,325,430	4,639,005
第四區養護工程處	台7線(西村~思源埡口) 台8線(大禹嶺~太魯閣)	20	265,086	1,989,705	6,963,968
第五區養護工程處	台18線(觸口~阿里山)	15	530,588	68,865	241,028
總計			1,845,111	11,174,141	39,109,494

LBS費用計約3,690,222元，節省約39,109,494元油費



註：

\*節省之公里數以平均2通有一車於中點折返計

\*\*節省之油費以10公里為耗油1公升35元計

圖 3-3 100~102 年 LBS 經費效益評估

### 3.2 非具實質量化但有助機關形象提升之效益

「公路防災預警機制」的卓越成果除了成功樹立國內各政府機關標竿學習榜樣，行政院毛副院長治國（時任交通部部長）於 100 年亞太經濟合作（APEC）運輸及能源部長聯席會議暨第 7 次運輸部長會議以「特殊議題-運輸系統之災害預防、應變與修復」，以及交通部吳常務次長盟分（時任公路總局局長）於 102 年亞澳道路工程協會（REAAA）第 14 屆會議以「臺灣公路防災預警機制及執行成果」，分別就臺灣公路的防災創新、演進以及守護國人生命、財產安全之成果，向與會的各國代表介紹「公路防災預警機制」，深獲各國的肯定，如圖 3-4、3-5 所示。



照片取自網路

圖 3-4 100 年 APEC 會議暨第 7 次運輸部長會議



圖 3-5 102 年 REAAA 會議

透過各政府部門跨機關的防救災圖資整合，並結合國外單位（如 USGS）以及天氣風險管理公司、台灣世曦公司等民間公司，以公私協力建立防救災圖資倉儲「thb-GIS」，以圖資共享的概念將防救災圖資提供予各政府機關，不但節省各機關開發圖資所需時間及成本，「thb-GIS」更以優良的應用系統獲得台灣地理資訊學會第八屆金圖獎「最佳應用系統獎」之殊榮，同時此便利的系統服務亦經大力推廣於中央及地方防災單位，透過標竿學習經驗分享，可強化不同養護、管理範圍的防災預警工作，如圖 3-6 所示。



圖 3-6 金圖獎獎狀

另外，執行公路預警性封閉可能造成民眾的不方便，尤其台 9 線蘇花公路為旅客及農產品往返北部與東部主要幹道，因此公路總局透過跨部會協商陸、海、空交通及農業、漁業等運輸相關單位，整合應變計畫擬定「東部蘇花段陸路運輸中斷之疏運應變標準作業程序」，在劇烈天候預警性封閉台 9 線蘇花公路時，同步啟動鐵路及航運配套接駁機制，並擬定漁、農產業配套補助方案，以減低公路中斷造成的衝擊及民生的不便，如圖 3-7 所示。

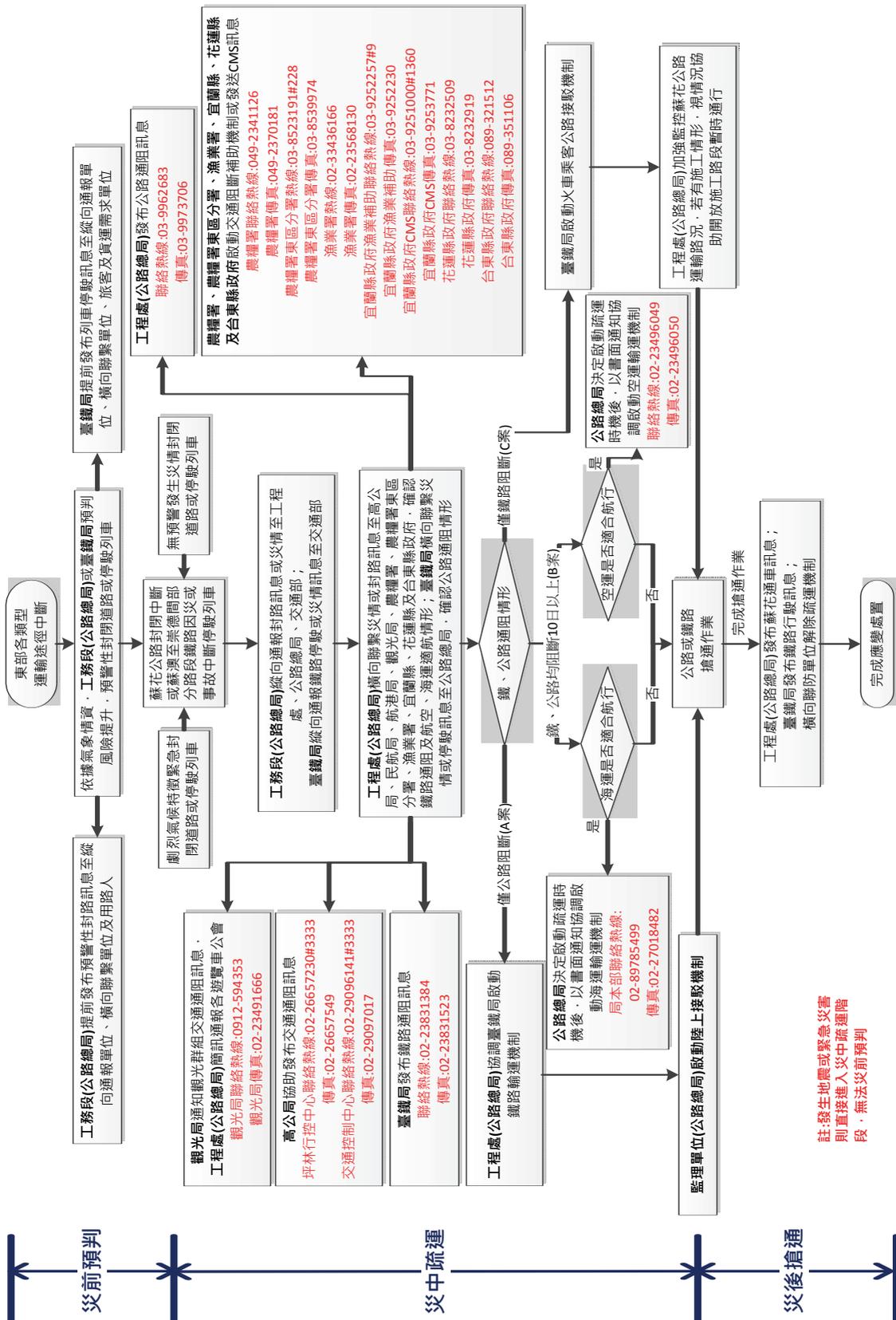


圖 3-7 東部蘇花段陸路運輸中斷之疏運應變標準作業程序

任何災害導致的人命傷亡，都可能造成政府負面的社會觀感，在尚未推動公路防災預警機制前，公路總局的防災作業時常備受質疑，且災害發生時天人永隔之痛，除了再多金錢也換不回一條寶貴的生命外，更是社會責難防災成效不彰最大的聲浪。於是痛定思痛後建立公路防災預警機制，是訂定了一套標準預警封路作業及其決策之依據，成功降低用路人罹難發生之機率，3 年來歷經 36 場劇烈天候事件均成功守護用路人安全；不過，能有此成效，除公路防災預警機制大幅降低用路人遇險的機率外，亦仰賴大眾能夠接受於劇烈天候時讓大自然先行之作法。

推動公路防災預警機制後，自 100 年起每年皆有正面的媒體報導，且透過滿意度調查，顯示民眾對預警封路政策滿意度逐漸增加，也重拾民眾對政府針對公路防災預警工作的信賴，更同步提升了防救災人員的士氣，這些正面的價值及每條寶貴生命，皆是金錢無法比擬。

#### 四、結語

「公路防災預警機制」提出創新服務解決方式，以橋梁流域管理及公路風險管理之思維為基礎，建構 4 階段防災作為並以 3 級燈號管控公路，成功整合各機關防災系統並推動各項防災應變作為，透過「救災」、「防災」到「離災」下中上位 3 個層次，平時透過「防災宣導」建立並強化一般民眾「知災、避災、離災」相關知識，在劇烈天候發生時，藉由橋梁流域管理、山區道路風險管理以及各項預警系統做「預警決策」，透過多方管道告知用路人促使其提前更改行程，同步整合第一線防救災服務人員以「避險警示」疏導民眾，進一步於災害發生前將道路封閉以避免民眾誤入可能致災之區域，成功達到「人命保全」的終極目標，如圖 4-1 所示。



圖 4-1 公路防災預警機制的全套服務概念圖

公路總局成功將以往對公路的管理轉化為對民眾的服務，「公路防災預警機制」全套的服務也於 103 年自 56 個政府單位脫穎而出獲頒政府機關推動服務品質的最高榮譽-第六屆「政府服務品質獎」，成為單一機關全套服務作為的最佳典範，也為「防災先預警、人車平安行」的政府服務勾勒出最佳的註解，如圖 4-2 所示。



圖 4-2 第六屆政府服務品質獎頒獎典禮及獎座