

從橋梁之流域管理與山區公路之風險管理 談公路總局之百年防汛

陳進發

壹、前言

四百多年前因移民開墾，先民自唐山過台灣，當時使用之交通工具是風帆船，而後來的「逢山開路、遇水搭橋」，為的是政治上的收撫或軍事需要，較具代表性的道路如清同治 6 年的「山開撫番」政策，人工開鑿了蘇花小徑（即蘇花公路之前身），又如 1949 年因軍事需求的中橫公路。而西部平原則是光復後經濟活動頻繁因運輸需要，因此闢建了諸多跨河橋梁。「前人種樹、後人乘涼」是一句古老的諺語，因為前人的努力才有享受交通便捷的今日，而這些當初因特定目的地而開發的公路橋梁，遭逢氣候急劇變遷之環境下，公路管理觀念與方式必需要與時俱進，爰針對觀念上一改以往之被動等候通報才啟動現場相關應變機制，改變為災前預判部署、災中預警應變、災後救援應變之防災預警應變機制，整套機制著重於預警，至要如何取得預警之前置時間，公路總局檢討數次嚴重之災情後，於橋梁方面以有空間縱深之流域為監測主體，將警戒區拉至保全橋梁之上游，監控其水情變化，以流域空間縱深之特點取得前置預警時間（通常可有 1~3 小時），是謂「流域管理」。另於山區公路方面，因公路邊坡之地形並未具有空間縱深之特性，爰以風險管理概念評估選出致災風險較大之山區公路及降雨因素作為重點監控路段及觀測指標，惟以目前之科技水準，實無法精準掌握公路坍方時機，公路單位係依相關紀錄及經驗（致災風險較高之路段）監控路段部署保全人力，目的在降低用路人於該路段罹災之機率，是謂「風險管理」。

貳、橋梁之流域管理

一、流域管理之概念

利用流域管理之概念辦理橋梁預警性封閉，主要係利用流域空間縱深之特性，經比對歷史水情與當次降雨事件資料，爭取 1~3 小時之預警應變作業時間。一般橋梁之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

* 公路防災中心 執行秘書

常著重於監看水位，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，利用監控保全橋梁所屬流域之上游雨量站降雨情形，可即時預測封橋之潛勢能，不僅大幅提早預警時間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。

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，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。全台計分為 34 個流域，截至目前為止中央氣象局、水利署及水保局總計設置至少有 500 個以上之實體雨量站，並可由網路平台上即時監控，及於網路上歷史資料庫查詢每一筆歷史颱風之雨量資料，再結合水利署於同一網路平台上水情系統之歷史資料，即可應用於標的區位之流域監控。

二、99 年度應用實例

99 年度公路總局防汛策略即是以流域管理之概念，擬訂封橋封路機制，以 99 年 9 月 19 日侵臺之凡那比颱風為例，經與 98 年莫拉克颱風相同之屏東瑪家雨量站實測降雨量比較分析顯示；1.凡那比最大時雨量大於莫拉克 1.7 倍。2.凡那比平均降雨強度大於莫拉克 1.4 倍。3.凡那比 12 小時累積雨量大於莫拉克 1.3 倍。

高屏溪流域瑪家雨量站於莫拉克與凡那比颱風期間雨量狀況比較表

	最大時雨量 (mm)	平均降雨強度 (mm/hr)	12 小時累積雨量 (mm)/重現頻率年	24 小時累積雨量(mm) /重現頻率年	強降雨延時(hr)
莫拉克	75	63	721.5/52.2 年	1180.5/48.3 年	14
凡那比	129.5	90	949.5/超過 200 年	1111.0/36.7 年	10

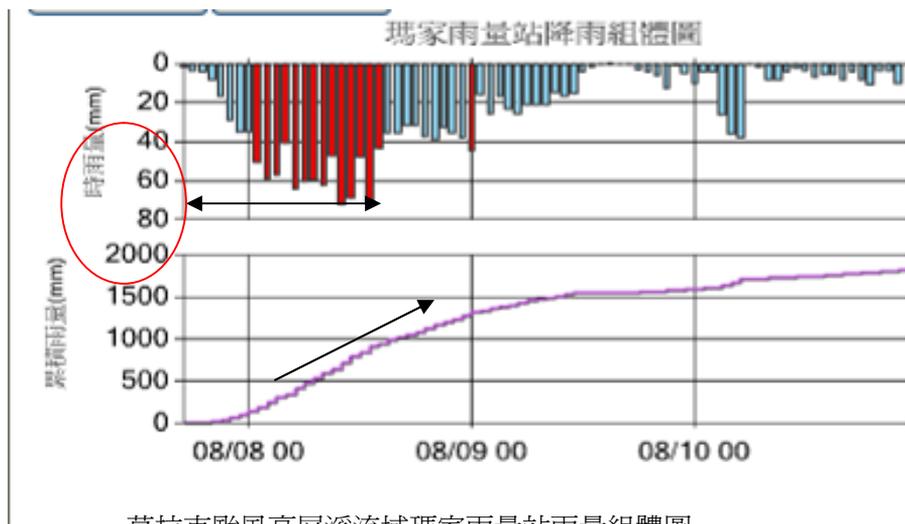
就降雨區域方面，莫拉克與凡那比之降雨集中區域均為南部，莫拉克颱風造成公路(含橋梁)交通中斷 248 處，省道橋梁毀損 52 座，公路復建經費高達 249.34 億元以上。而凡那比經實施流域管理後，預警性橋梁封閉 34 處（含便橋），預警性道路封閉 14 處（含便道），合計 48 處，其中有多處道路及便橋封閉後發生公路毀損計 18 處，並無人車傷亡事件發生，顯見實施流域管理具有成效。

凡那比颱風期間應用實例如次：

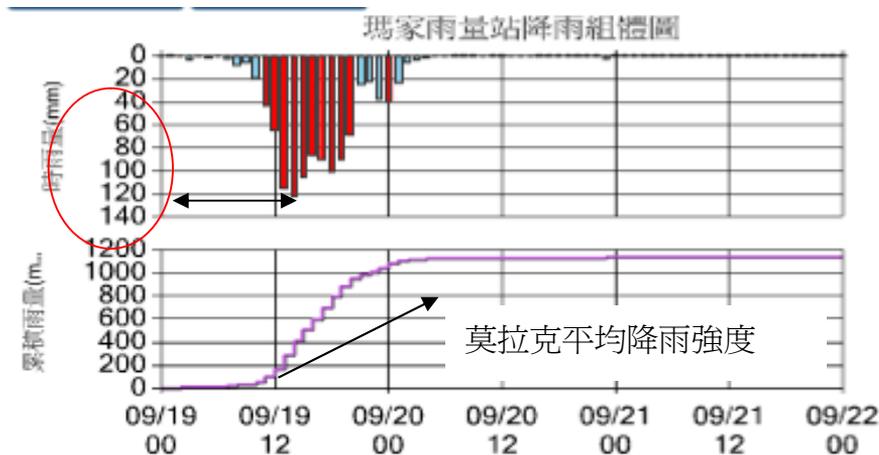
- 1.監控高屏溪流域上游水情變化，其中屬上游之隘寮溪流域瑪家雨量站於 19 日上午 11 時開始出現強降雨。
- 2.鎖定特定流域連續監控 2 小時後，輔以氣象局之 Qpesums 劇烈天氣監測預報為決策支援，發現

未來降雨有增強之趨勢，遂於下午 13 時啟動高屏溪下游流域跨河橋梁封橋之準備。

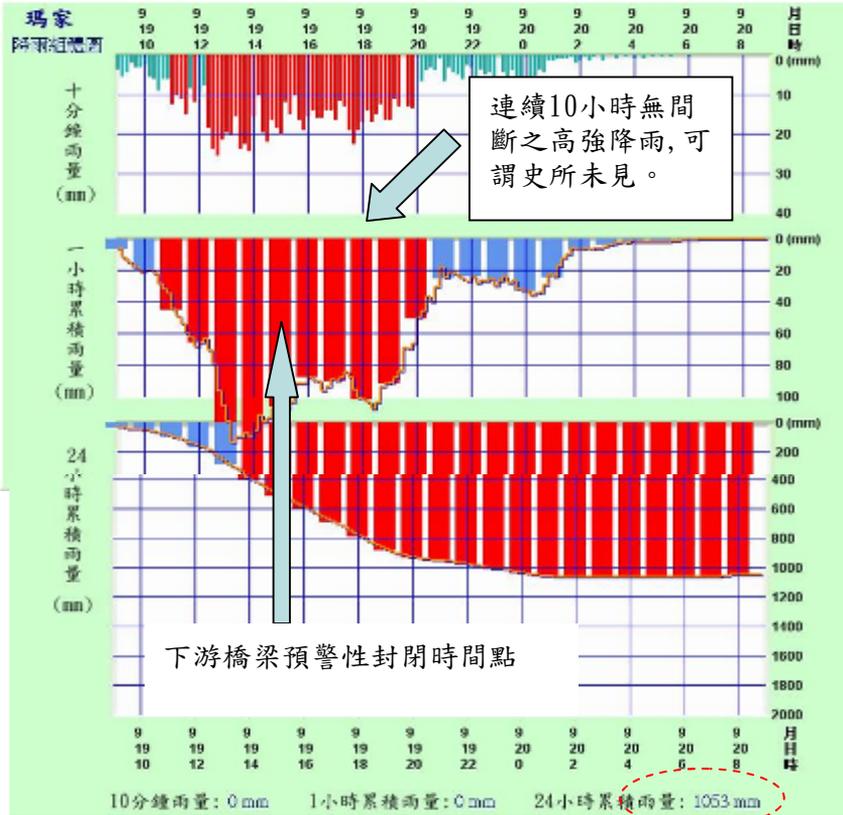
- 3.因下游感潮段之跨河橋梁橋下河床變化及流況亦與潮位變化息息相關，故同步監控東港潮位站之潮汐預報。
- 4.經綜整高屏溪內水（來自流域內）水情與外水（來自外海潮位變化）水情顯示，高屏溪下游萬大大橋水位於 19 日上午即開始上升，而外水亦於 12：23 過後開始漲潮，因此於 13：44 即預判沿海公路會淹水及下游橋梁可能會有處預警性封閉。
- 5.決策支援預判完成後，即行災情評估研判影響區域會擴及當時的高高屏，尤以屏東可能會因與高雄連結之跨河橋梁封閉而形成準孤島。遂於 14：06 即完成危機控管作為，其中包函橋梁預警性封閉通報、客運接駁方案研擬、向中央應變中心作出區域停班停課之建議等應變作為。



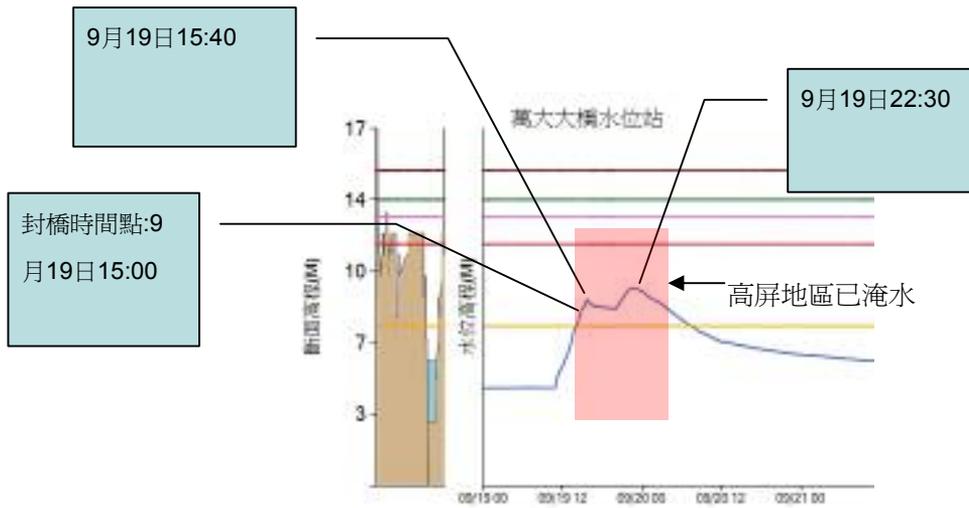
莫拉克颱風高屏溪流域瑪家雨量站雨量組體圖



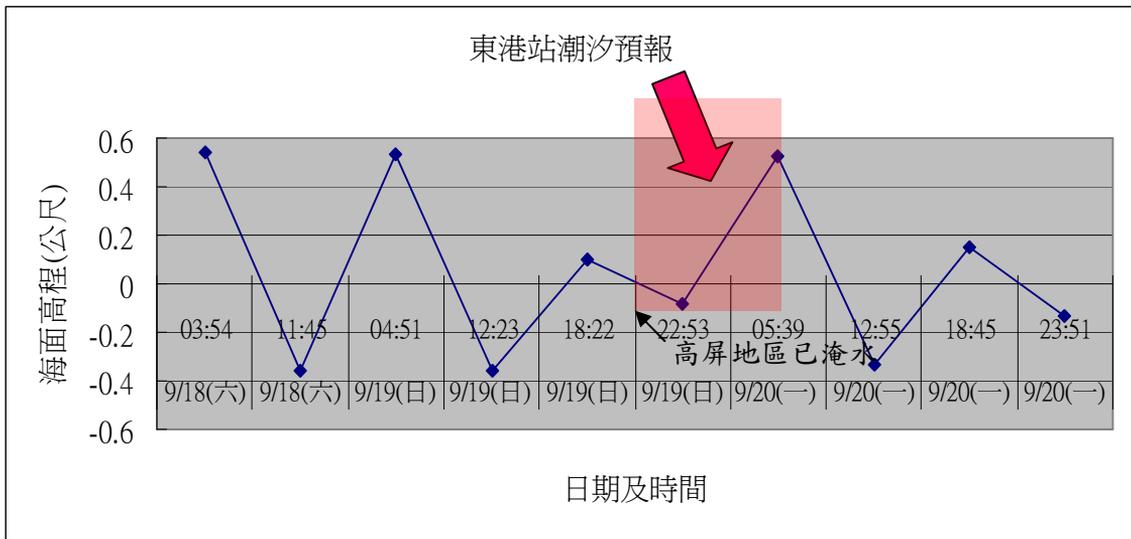
凡那比颱風高屏溪流域瑪家雨量站雨量組體圖



凡那比颱風高屏溪流域上游雨量站雨量組體圖



高屏溪流域下游萬大大橋處出現洪峰時間點



高屏流域下游出海口東港站潮汐預報圖

三、防災前端氣象資訊

利用流域管理概念，可提前取得預警應變之作業時間，惟此概念於 98 年間甫應用時，因部份流域實體雨量站之不足，遂必需採相鄰雨量站代表法，誤差值較大，透過中央氣象局之協助，為公路總局量身訂作一客製化網站-Qpesums 劇烈天氣監測系統，該系統除提供未來 1 小時之降水預報外，並搭配流域管理概念及網格化之虛擬雨量站提供於保全橋梁上游 1~24 小時即時雨量資料，此作法有助於可將預警時間再往前取得 1 小時。



氣象局建置之客製化劇烈天氣監測系統

參、山區公路之風險管理

氣候急遽變遷，全球災害頻傳，鑒於近年來辛樂克、莫拉克、梅姬颱風所挾帶之超大豪雨，陸續造成公路嚴重災情。爰公路單位依據歷史災情記錄評估致災之風險或學者專家合議，篩選訂定為重點監控路段，其啟動機制係依據氣象局發布劇烈天氣特報後，倘警戒區域內之重點監控路段預測雨量值高於預警值，則保全人員應進駐現地保全。其應變機制依所律定之預警、警戒、行動三級降雨觀測指標值作為參考值操作。惟公路安全涉及自然環境中複雜之水文、地文條件，並非以目前有限之歷史災情資料或相關研究即可完全掌握其規律性，進而事前防止災害發生。

依據國家災害防救科技中心(NCDR)統計 1990-2007 年之省道公路災情統計資料，並於「山區道路崩塌災害潛勢評估」文獻中以 Kendall 等級相關性統計分析方法，評估降雨因子造成道路邊坡崩塌災害的相互間關係，得知山區道路災害與總雨量以及最大時降雨量其相關性較高與有顯著相關，...未來在颱風警報發布時，可根據各道路易致災特性，以及預估的總降雨量與時雨量，分析研判道路的崩塌機率，對於坡地災害高潛勢且其風險較高路段，提升道路邊坡災害預警功能，以降低人員損傷及財產的損失。

爰未來颱風應變時，針對易致災山區道路時，可藉由此雨量門檻值作為發布警戒道路之參考。公路單位為積極保全用路人，以風險管理概念評估選出致災風險較大之山區公路及降雨因素作為重點監控路段及觀測指標。以目前之科技水準，實無法精準掌握公路坍方時機，故風險管理主要係降低人員罹災之機率，公路單位應依相關紀錄及經驗部署監控路段，旨在降低用路人於該路段罹災之機率。需注意非監控路段仍有致災之風險，且並非達律定之降雨觀測指標值則必生災情。公路總局除加強教育宣導風險管理概念外，期勉基層於颱風豪雨過後重新審視指標設定，隨時更新適當資料。

一、由梅姬颱風蘇花公路致災成因檢討

中央氣象局於 99 年 10 月 18 日 15 時發布豪雨特報，雖已指出受東北季風及颱風外圍環流影響，宜蘭大同鄉已有大豪雨發生，且預計 18 日下午至 19 日宜蘭及花蓮地區有局部性大豪雨或超大豪雨發生。經查截至 19 日晚間雨量集中於蘭陽河流域之宜蘭大同鄉古魯、牛鬥等地，累積雨量最大超過 700 毫米，惟此期間蘇澳地區仍未達 150 毫米。實際於蘇澳、東澳地區之強降雨是集中 21 日 12 時以後，時雨量最高達破紀錄的 181 毫米，換言之，僅一小時之降雨即接近氣象局雨量分級定義 24 小時累積雨量達大豪雨之規模。然本次災變時間係在發佈颱風警報前。氣象局雖於颱風警報前，發佈豪雨特報，指出颱風外圍環流及東北季風會在東北部造成較大降雨，但依現有科技，僅能作大地區趨勢分析，尚無法準確預測降雨地點與強度。爰蘇花公路蘇澳至東澳段 21 日之邊坡崩坍及土石流之成因，並非長時間累積雨量造成邊坡土體含水量飽和致災，應係瞬間之超強暴雨攻擊所致。

因災址路段野溪排水路徑短且陡，瞬間超強暴雨直洩不及形成多處水瀑及淘蝕上游側造成流

路擴張。另據災害前後之空照比對，顯示災前該野溪附近林相茂密、植被完整，並無裸坡或崩塌現象，是故無法事前預判，或通報相關單位事前治理之可能。

二、山區公路管理之策進作為

(一)、風險機率法制化

依據國家科技災防中心(NCDR)之研究(2010年陳韻如等人,「山區道路崩塌災害潛勢評估」),台灣之山區公路就其位處之區位與颱風侵襲之次數係可推估出其致災機率與風險。如同監察院對於莫拉克風災之調查意見略;一味要求公部門力挽狂瀾於既倒,只會更將標準及成本提高。目前急需辦理的是如何透過現有之知識與經驗,研擬出具有一定風險機率之封路機制,而公部門機關具有風險管理人之責任,主要控管該公路合理之風險機率。

(二)、研究發展小區域之降雨趨勢分析

降雨強度與地點之預判精準度,關係防救災時效,以蘇花公路綿延數十公里,以有限人力是無法同步於公路沿線防止災難之發生,因此於實體雨量站尚未補足前,氣象局同樣於客製化網站-Qpesums 劇烈天氣監測系統,提供未來 1 小時之降水預報及網格化之虛擬雨量站提供該位置 1~24 小時即時雨量資料,惟為更精準且即時掌握降雨,目前已增購簡易雨量筒由現地保全人員即時量測因應。



客製化網站-Qpesums 劇烈天氣監測系統提供小區域之降雨及未來 1 小時之預報

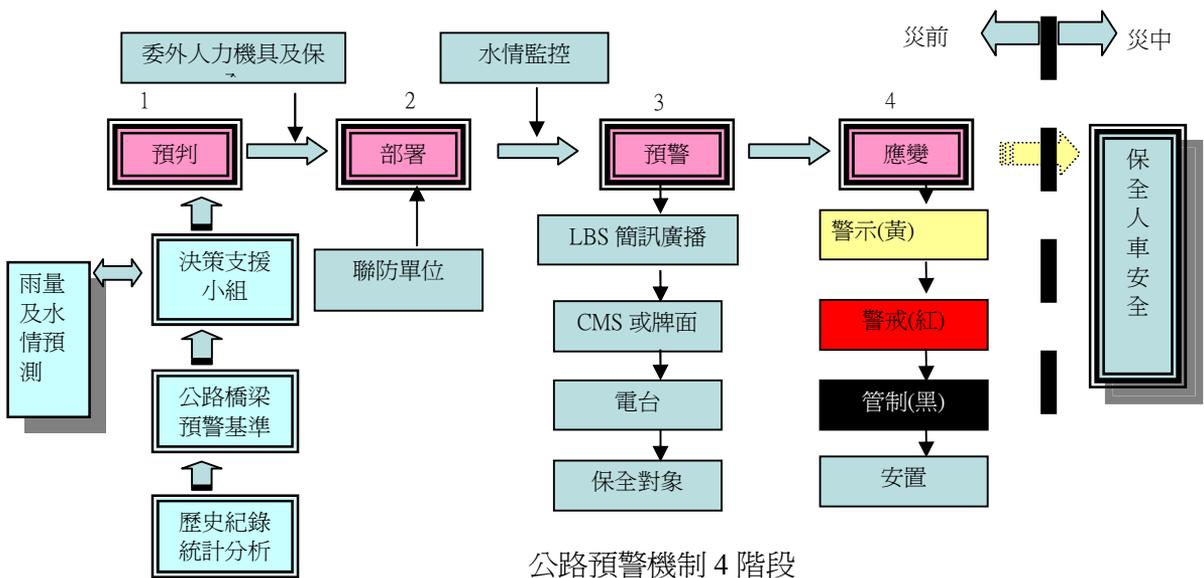
(三)、檢討策進作為

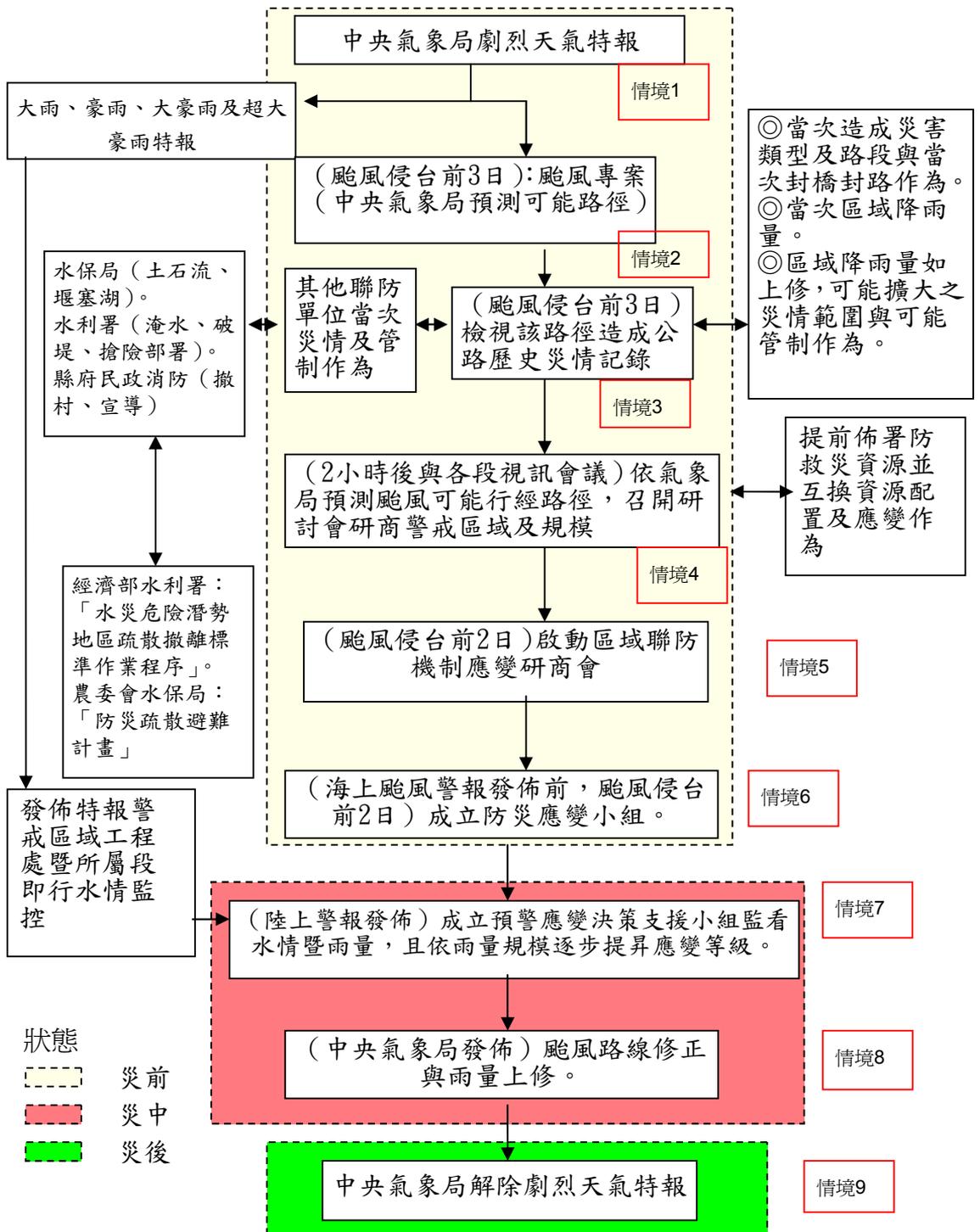
於莫拉克風災後，為因應氣候之急劇變遷，公路總局於 99 年首次以流域管理模式防汛，並辦理多項教育訓練與演練，雖度過該年度 0523、0528、0612、0726 等豪雨特報並於 0919 凡納比颱風時預警性封閉 48 處防止用路人傷亡，惟本次梅姬颱風共伴環流之瞬間暴雨於災址並無類似流域之縱深，可供提早研判，顯示暴雨時間之掌握、預警、管制措施及避險空間仍應續予強化。爰針對預警時間方面；應將時雨量之監控研議增密至 10 分鐘雨量作參考之可行性。預警方面；將增設多處可變資訊系統(CMS)、適地性簡訊廣播服務(LBS)、自動監控(CCTV)、警廣電台之播送等。管制措施：增設保全人員於災前適時管制道路，防止災害。安全停駐空間方面：研議適當地點增設明隧道。教育宣導方面：1、認識災害性暴雨。2、遇到災害性暴雨時，行經那些山區公路要特別注意坍方土石流？3、如何趨吉避凶。等重點使用路人具備有自行避災、離災之常識。

肆、公路百年防汛

一、公路、橋梁防救災預警機制

公路總局今年以預判、部署、預警、應變等四階段為防汛預警應變機制之重點，並一改以往管理之觀念為服務導向，爰不再被動式的等候通報，而係主動告知預警訊息並提前應變。為將單兵作戰擴及到聯防，本局全方位掌握防救災資訊動態及與橫向聯防單位之無縫通報聯繫，特委外研發「公路防救災 GIS 決策支援系統」供應變中心使用，該系統整合所有流域內「山、河、橋、路」之主管機關（氣象局、水利署、水保局、公路總局）防救災資訊及內政資訊（戶政、警消），希透過全局防災演練方式，使各級人員熟悉操作模式。公路橋梁防救災預警機制流程如圖所示。





公路橋梁防救災預警機制流程圖

二、決策支援機制

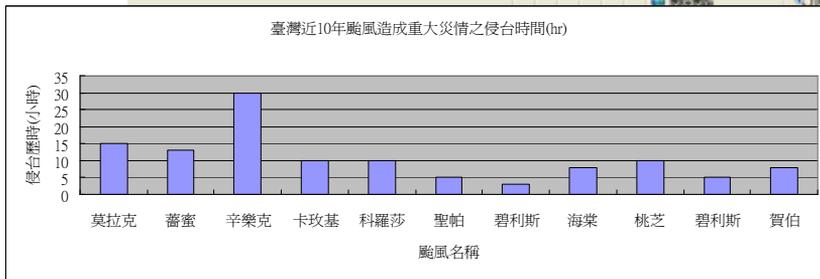
以往防救災體系著重於區域聯防，惟全省有 34 個流域，25 個行政區域，顯現流域劃分與行政區域劃分並不對等，然而以近年來之災害類型，均係因風災挾帶超量豪雨而致災，而降雨後地面水之流徑區域即為流域，流域內之降雨－逕流水－匯入野溪－匯入支流－匯入本流－出海等過程中，即造成大小規模不一之災害，而流域內之「山、河、橋、路」所對應之主管機關則分別為農委會、經濟部、交通部，管理機關則為水保局、林務局、河川局、公路總局等單位，如整合上開單位防救災資訊於共同平台分享，進而以「人」為保全標的，分析研判各自主管事項之災害及與他機關之防救災協議事項，整合為一、共同防禦，即為『流域聯防』，由於各管理機關擁有歷史災情資料庫，因此可透過流域聯防體系發佈縣市政府所屬區域聯防之預警通報。

公路總局為流域聯防體系成員之一，主管公路與橋梁，依據歷史災害記錄與經驗，於防救災期間分災前、災中、災後等階段循序統整出決策支援資訊，以利指揮官更快速下達正確之指令，重要決策支援資訊如下：

- (一) 降雨集中區域研判及重點警戒流域。
- (二) 重點警戒流域聯防事項。
- (三) 單日累積雨量達 500mm 以上，可能因公路阻斷 2 日以上，造成孤島地區及人數。
- (四) 重要觀光風景軸線團客動態。
- (五) 橫向聯防單位協議事項如下：
 1. 觀光局：重要風景觀光軸線，於啟動預警階段時，即應同步啟動與觀光局之聯繫平台；1.發送道路訊息予觀光局通報專線俾利傳遞予導遊工會、旅遊業者。2.篩選降雨區域之團客名單並發送道路訊息。3.遇人車受困時，取得聯繫並引導至安全停駐空間等候救援。
 2. 高公局：1.於隧道強制廣播前方省道道路訊息。2.於高速公路 CMS 系統播送前方省道道路訊息。
 3. 中華電信：啟動 LBS 播送道路訊息。
 4. 氣象局：Qpesums 劇烈天氣監測系統未來 3hr 熱線諮詢。
 5. 警消單位：協助配合預警應變作為實施路段管制，維持用路人駕駛安全。
 6. 國軍及內政部空中勤務總隊：若發生居民受困事件時，請進行救援，派遣軍官兵、救援機具、直升機以陸空方式進場受創地區進行緊急救災。
 7. 縣府民政單位：因災害而可能形成孤島之虞路段，應事先擬妥備糧、撤村等因應計畫，並請事前宣導。
 8. 縣府應變中心：工務段接獲轄區邊緣路段災情通報訊息，因路程遙遠而無法迅速前往搶救災時，除工務段搶救災人員仍依規定出勤救災外，另請再通報轉相關救災單位支援或當地派出所。
 9. 流域內各橫向聯防事業單位(水利署、水保局、林務局…)：藉由公路為防救災物資運補路線之聯防單位，請特別注意本局利用雨量站監測實施公路預警應變管制作為，提前因應。

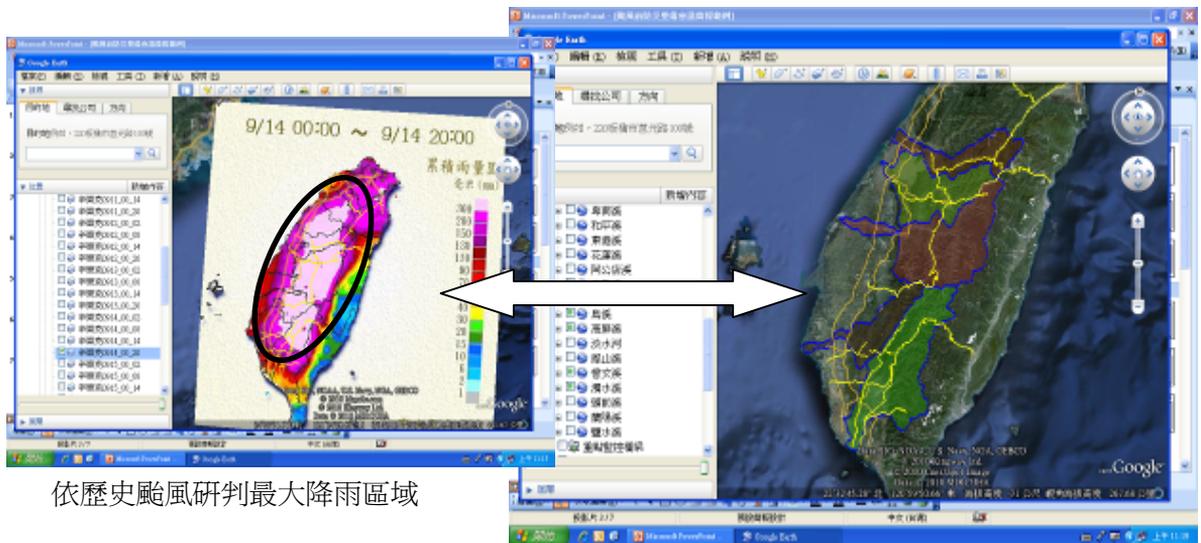
三、百年防汎實施步驟

1.防颱應變分析：重點工作為颱風路徑、速度、歷史降雨。



決策支援:
1.目前颱風移動速度緩慢, 依預測可能撲台, 全局應加強戒備。

2.集中區域研判及重點警戒流域



依歷史颱風研判最大降雨區域

重點警戒流

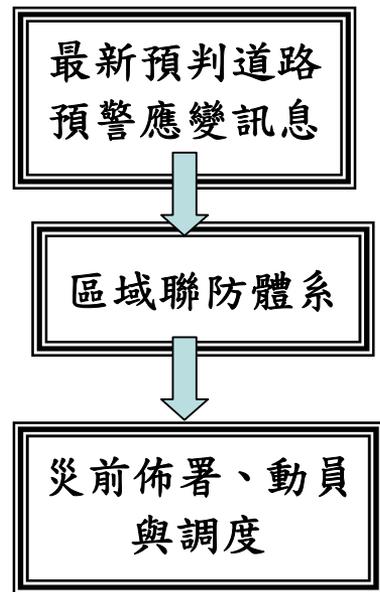
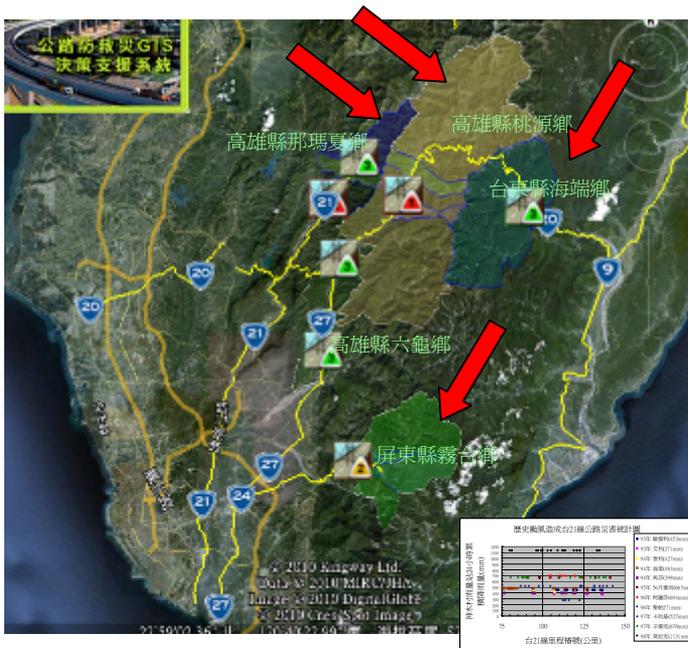
3.重點警戒流域聯防事項

聯防事項

<p>公路總局：台 8 線 29k~31k 道路嚴防淹水阻斷交通。</p>
<p>水利署第三河川局：大甲溪台 8 線 29k~31k 路段因已施作防洪牆，對岸石籠堤防嚴防洪流折射破堤。</p>
<p>水土保持局：松鶴一、二溪土石流之預警通報，以利各聯防單位應變。</p>
<p>台中縣政府：破堤或暴發土石流時松鶴部落疏散撤離應變。</p>



4.累積雨量上修達一定規模以上，可能因公路阻斷 2 日以上，造成孤島地區之預置作為

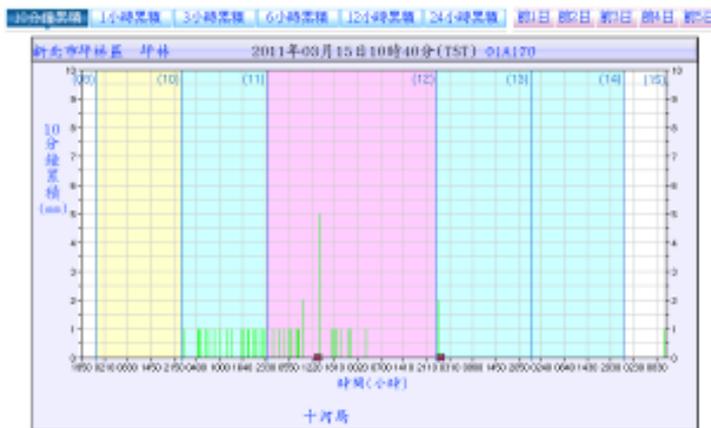


5. 災中流域雨量及水情監控：即時水情及雨量監控網址(雨量組體圖)，監控網址氣象局 Qpesums 劇烈天氣監測系統。

The screenshot shows the QPESUMS web interface. A table titled "公路線區對公路雨量警戒預警值" (Warning values for highway rain accumulation in highway sections) is displayed. The table has columns for "警戒分級" (Warning Level), "警戒時間" (Warning Time), and "指標" (Indicator). The indicators are categorized by time intervals: 10分鐘雨量 (10 min rain), 1小時 (1 hour), 2小時 (2 hours), 4小時 (4 hours), 12小時 (12 hours), and 24小時 (24 hours).

警戒分級	警戒時間	指標					
		10分鐘雨量	1小時	2小時	4小時	12小時	24小時
3級	預警	發佈道路時警或訊息，保全及留車人員就位。					
2級	警戒	發佈預警用路人避地行經危險路段時訊息，警務偵測臨防管制。	發佈預警：累計>5mm且觀測1次。	發佈預警：累計>10mm且觀測1次。	發佈預警：累計>100mm。	發佈預警：累計>150mm。	發佈預警：累計>200mm。

(1)即時 10 分鐘~24 小時降雨累積自動警示

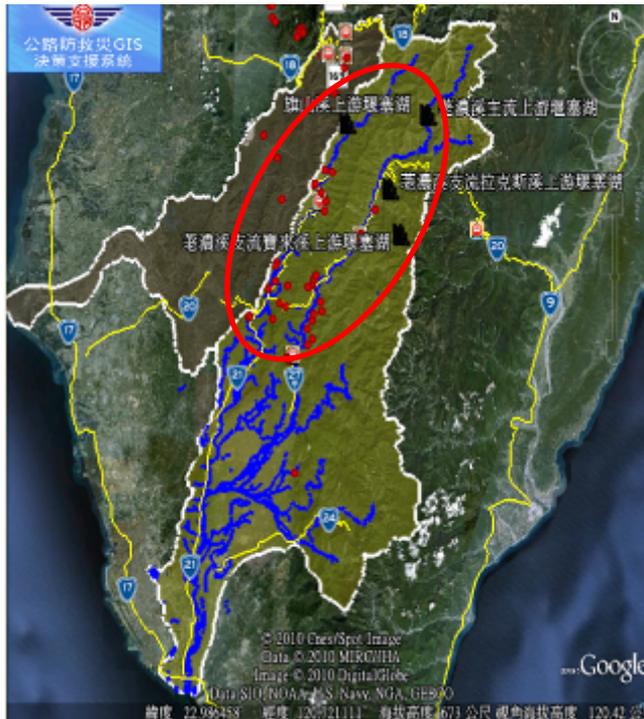


(2) 雨量組體圖觀測前期降雨



(3) 未來 1 小時之降水預報

6.山、河、橋、路聯防：整合水保局、林務局、河川局、公路總局等單位防救災資訊於共同平台分享，進而以「人」為保全標的，分析研判各自主管事項之災害及與他機關之防救災協議事項，整合為一、共同防禦。



水保局已發佈土石流紅色警戒(高屏溪流域)

林務局：旗山溪上游、荖濃溪主流上游、荖濃溪支流拉克斯溪上游、荖濃溪支流寶來溪上游等堰塞湖預警通報。

藉由其他聯防單位之防救災資訊可能影響公路通阻之監控與

四、公路百年防汎計畫

(一)、山區公路之風險管理

氣候急遽變遷，全球災害頻傳，鑒於近年來辛樂克、莫拉克、梅姬颱風所挾帶之超大豪雨，陸續造成公路嚴重災情。爰公路單位依據歷史災情記錄評估致災之風險或學者專家合議，篩選訂定為重點監控路段，其啟動機制係依據氣象局發布劇烈天氣特報後，倘警戒區域內之重點監控路段預測雨量值高於預警值，則保全人員應進駐現地保全。其應變機制依所律定之預警、警戒、行動三級降雨觀測指標值作為參考值操作。惟公路安全涉及自然環境中複雜之水文、地文條件，並非以目前有限之歷史災情資料或相關研究即可完全掌握其規律性，進而事前防止災害發生。

依據國家災害防救科技中心（NCDR）陳韻如博士等人於「山區道路崩塌災害潛勢評估」文獻中指出：造成道路崩塌的影響因子相當多，可分為素因與誘因，素因代表邊坡本身的條件如地形與地質等，誘因則是外在的觸發因子，如降雨與地震。文中並引用 Toshiyuki Kurahashi (2008) 分析日本 1990~2004 年期間 1310 個公路崩塌災點，發現約有 90% 的崩塌災害是因為降雨造成的，且 80% 是表層破壞造成的崩塌。該中心復統計國內 1990-2007 年之省道公路災情統計資料，並以 Kendall 等級相關性統計分析方法，評估降雨因子造成道路邊坡崩塌災害的相互間關係，得知山區道路災害與總雨量以及最大時降雨量其相關性較高與有顯著相關，...未來在颱風警報發布時，可根據各道路易致災特性，以及預估的總降雨量與時雨量，分析研判道路的崩塌機率，對於坡地災害高潛勢且其風險較高路段，提升道路邊坡災害預警功能，以降低人員損傷及財產的損失。

爰未來颱風應變時，針對易致災山區道路時，可藉由此雨量門檻值作為發布警戒道路之參考。公路單位為積極保全用路人，以風險管理概念評估選出致災風險較大之山區公路及降雨因素作為重點監控路段及觀測指標。但以目前之科技水準，實無法精準掌握公路坍方時機，故風險管理主要係降低人員罹災之機率，公路單位應依相關紀錄及經驗部署監控路段，旨在降低用路人於該路段罹災之機率。需注意非監控路段仍有致災之風險，且並非達律定之降雨觀測指標值則必生災情。公路總局除加強教育宣導風險管理概念外，並期勉基層於颱風豪雨過後重新審視指標設定，隨時更新適當資料。

(二)、百年策進作為

100 年公路總局已從防災制度、文件標準、防災設施、防災行動等面向革新、修訂或強化作為，期望能多管齊下，將災害損失降至最低。

1. 文件標準修訂

公路總局 99 年 1 月 22 日完成修正「交通部公路總局封橋封路標準作業程序（SOP）」，但是近年來氣候極端異常，使得原有作業程序需進行更週延的考量。除特別巡查外，針對封路標準作業程序，已邀集各養護工程處開會研商，於 100 年 4 月 30 日補充修訂完成，正式將「風險管理」、「重點監控路段」、「降雨觀測指標」等觀念納入標準作業程序內。另針對類似日本 311 大地震發生後可能引發海嘯、核災等複合式災害，亦提出因應措施並擬定相關作業程序，已於 4 月 14 日完成該 SOP 修訂工作。

重點監控路段預警、警戒、行動降雨觀測指標之標準，除時雨量外，業以將最前端之預警值納入 10 分鐘累積雨量為參考，避免無法預測之短時間強降雨所帶來的衝擊，期以較為精準謹慎方式，進一步保護民眾的人身安全。另如位處於 60~80 度以上之急陡型邊坡，遭逢點狀式瞬間強降雨下，逕流路徑陡短、匯集成猛暴型水瀑，驟間沖蝕地表，造成巨量土石崩落。此類型山區公路（如蘇花公路）由於地形等自然環境因素，其災害型態模式與莫拉克風災或以往之公路橋樑斷橋之河域型災害顯有不同，鑑於本類「非典型」之山區公路災害，本局已以此災害經驗，並納入「風險管理」之概念，邀集並綜合專家學者等多方建議再檢討，以增加觀測預防機制，提供作為協助研判之考量，期以增強預警機制，達成避災減災之目的。

2.設施面強化

100 年 3 月 11 日日本地震引發海嘯、核災等複合性災害發生後，預防性的預警及應變作為更是目前公路總局積極推動的目標。100 年度公路總局策進作為如下：

- (1)已完成將既有建置的「公路防救災 GIS 支援系統」再辦理廣度之擴充並與世界各國資訊接軌：莫拉克颱風造成之公路災害型態，以流域型災害居多，如旗山溪、高屏溪等河道沿線橋樑（旗山、新旗尾、六龜、雙園橋.....）及聚落（小林村、旗山鎮等）均受重創，因此本局於今年汛期前即以流域管理之概念，建置「公路防救災 GIS 決策支援系統」以監視流域相關水情為方法，加強防災縱深以爭取寬裕之預警時間，使位於河川中下游之橋樑能藉由上游水量站及水位站之水情資訊，讓道路管理單位提早進行預警作業之準備。
- (2)氣象局已完成強化專為本部公路總局客製化劇烈天氣監測系統-Qpesums 之雨情監看：該系統除提供未來 1 小時之降水預報外，並搭配流域管理概念及網格化之虛擬雨量站提供於保全橋樑上游暨重點監控路段 1~24 小時即時雨量資料，此作法有助於可將預警時間再往前取得 1 小時，另實體雨量站之建置，已邀集氣象局進行協同勘察地點，增加山區路段之觀測雨量站，以便更精確地掌握微地形之水情，目前各工務段已配發簡易型雨量筒於現地量測應變。
- (3)重點監控路段強化公路防救災設施：依路況特性需求，分別增設緊急停駐空間、百公尺緊急避險指示牌、可變資訊標誌（CMS）、視訊監視系統（CCTV）、緊急聯絡電話（ET）等。以蘇花公路為例，已於 4 月底完成可變資訊標誌（CMS）10 處、緊急聯絡電話（ET）21 座、緊急停駐空間 23 處、管制站 5 處、封路鐵柵門 8 座。其強化功能效益如下：
 - A.增強路況揭露：於沿線增設 CMS（可變資訊電子告示看板），俾利用路人能在災變發生第一時間，即時瞭解前面路況，提前因應。同時透過 LBS 系統（手機區域行動服務系統）進行公路通阻簡訊傳送，以提供、引導用人各項行車資訊減少車輛進入危險區域之機率。
 - B.增設遠端監視：沿線增設視訊監視系統 CCTV，除能對兩端進出車輛監控外，掌握人車動態，並對高危險潛勢邊坡之狀況進行監控。
 - C.補強電信訊號：由於山區道路彎繞，通訊設備不完整訊號覆蓋率差，中華電信公司已允諾於偏遠地區增設基地台等通訊設備。除一般行動通訊外，亦已於蘇花公路設置 ET（緊急電話）

提供用路人使用，俾輔助多向溝通與資訊之傳遞。逐步達成各層級救災單位、災害潛勢區及偏遠地區之間通訊無死角(seamless)目標。

D.強化緊急停駐空間：於各重點監控路段，已勘定適當地點設置庇護場所（如明隧道、避災平台），以增加用路人緊急避難空間。

E.預置搶災機具：增加搶災機具進駐點之密度及機具數量，俾以於災害路段雙向同時進行搶災，及早排除路障以紓解受困之人車之危險性，提升加速搶災時效。

3.行動面加強

公路總局在防災行動面部份之加強作為包括：公路防災預警應變機制、防災教育訓練、防災演練、防災宣導及加強路況巡查，分別說明如下：

(1)公路防災預警應變機制

A.觀念：以「流域管理」之概念，利用空間縱深之特性取得橋梁預警應變之前置時間。暨以「風險管理」之概念，利用學界統計公路歷史災情之風險值為基本架構，律定重點監控路段，並以其歷史降雨事件致災前之降雨特徵值為預警觀測指標，啟動保全機制，降低人員於該路段致災之機率。

B.做法：於標準作業程序方面，以預判、部署、預警、應變等 4 階段實施操作，並利用多重降雨觀測指標啟動預警應變 3 級制。

C.預警等級（黃色警示）

定義：氣象局發布劇烈天氣特報時預測降雨量達到降雨觀測指標行動值或實測降雨量累積達降雨觀測指標預警值時，可介定為此等級。

交通管制方式：路段維持通行，並通報地方政府、當地派出所及管制站人員對現場進行警戒。

用路人資訊：為因應可能因降雨規模而提升道路應變等級，用路人請收聽警廣特別注意該路段管制應變訊息。

D.警戒等級（紅色警戒）

定義：視各路段不同情形，當實測降雨量累積達降雨觀測指標警戒值以上，可劃分為此類等級。

交通管制方式：路段維持通行，惟可能出現零星落石及小規模土石坍流，並採隨坍隨清，管制點人員勸導遊客避免進入該區域。

用路人資訊：勸導近端用路人提早撤離，遠端用路人避免行經該路段。

E.行動等級（管制封閉，黑色燈號）

定義：視各路段不同情形，當實測降雨量累積達降雨觀測指標行動值以上，可劃分為此類等級。

交通管制方式：路段封閉。

用路人資訊：發佈道路封閉訊息，請用路人前往安全停駐空間或緊急暫停空間或行走路況

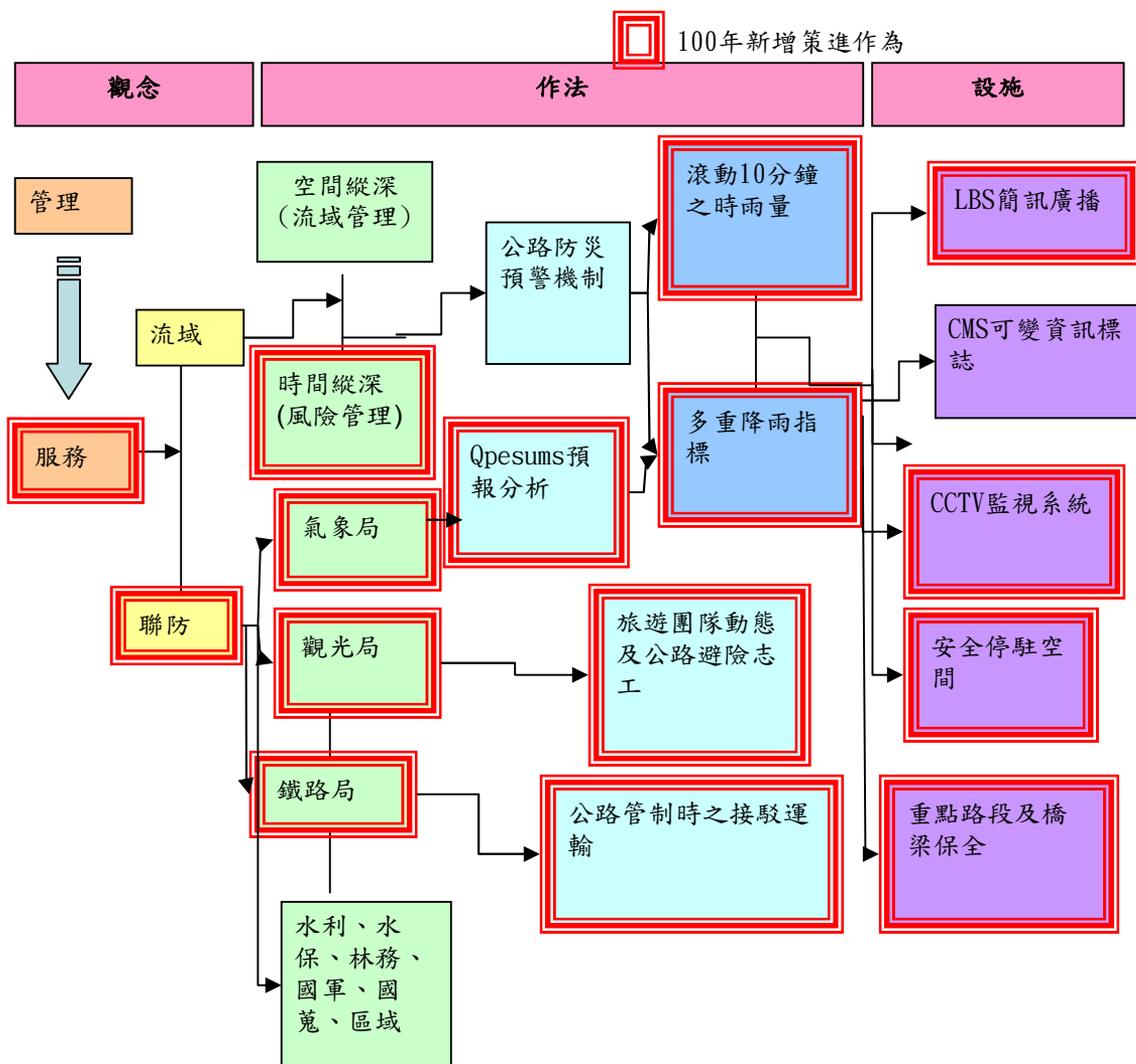
良好的替代道路。

- (2) 防災教育訓練：本部公路總局自去年 12 月至今年 1 月底，已完成全局共 12 場 400 餘人的教育訓練。汛期前完成職業駕駛行駛於山區公路時之行車安全注意事項教育訓練。並提供防災影音教材給觀光局辦理導遊之公路避險志工訓練。宣導「鐵路停看聽，公路聽看停」1.聽-收聽警察廣播電台，掌握即時路況訊息。2.看-確認所在位置是否安全？再利用路側之公路里程碑確認目前位置。3.停-確認最近之安全停駐空間或緊急暫停空間前往避險等待救援。
- (3) 防災演練及演習：公路總局已在 4 月底前完成五個養護工程處之防汛演練操作，總計 36 場以上。大規模演習已辦理台 9 線（蘇花公路）蘇澳-東澳及和中-崇德封路演習，台 18 線 57k+500（阿里山公路）封路演習、台 9 線（南迴公路知本—安朔）封路演習等 4 場。5 月底則進入防災應變重點工作期，強化與橫向聯防單位之協調機制，全力守住今年汛期時之用路安全。
- (4) 防災宣導：駕駛、導遊及一般用路人宣導 1.認識災害性暴雨 2.哪些路段遇暴雨坍方機率會提高 3.倘若已受困如何趨吉避凶。目前已於公路人員訓練中心開辦對駕駛講師之講習，課目為雨天行車安全小撇步，於 5 月以後於全省北、中、南同時安排於駕駛訓練課程中宣導。公路總局於今年（100 年）之防汛策略，除強化內部人員之預警應變能力外，接下來的重點即是對外之教育宣導，主要目的在於使用路人行經山區公路有能力自行避災、離災。因此公路百年防汛教育宣導系列第 1 場的授課對象，選擇平常訓練職業駕駛人之講師，授課主題為「雨天行車 安全小撇步」，並於 4 月 26 日於專門訓練駕駛之公路人員訓練所開班授課，後續再針對導遊、防汛志工及一般用路人辦理一系列之教育宣導。亦於山區公路蒐集 7 種類型屬雨天之高危險區圖片，叮囑駕駛人不要在此停駐，以免發生危險。7 種類型分別如次：A. 野溪匯流處屬山洪暴發時易挾帶土石。B. 坡面逕流水匯流處易形成水瀑。C. 路側護欄曾遭落石坍方撞擊扭曲變形、路面 AC 有刮痕或小凹洞屬易坍方落石區。D. 有防落石柵處易坍方落石。E. 明隧道洞口前後易因落石堆滿溢流落入洞口附近。F. 如遇前方路段正落下小石塊切勿強行通過，因（a）後續可能會立即大規模坍方。（b）散落之尖銳石塊會刺破輪胎造成車輛受困。G. 垂直節理(裂隙)發達且部分倒懸。
- (5) 加強路況巡查與即時應變：重點監控橋梁及路段，於降雨觀測指標達預警值時，即刻由保全人員進駐現地巡守，並依公路防災預警應變機制辦理現地即時應變，並以自有養護道工及委託民間保全等方式，提高可動員人力，增強對路況安全之巡查頻率。
- (6) 資訊之揭露：公路總局 100 年重點監控橋梁計 48 座，重點監控路段計 64 處，俟降雨觀測指標達預警值時，即刻由保全人員進駐現地巡守，並依公路防災預警應變機制辦理現地即時應變，相關重點監控橋梁及路段已揭露於公路總局網站之公路資訊內。
- (7) 即時訊息之傳遞

為爭取即時資訊傳遞之時效性，今年（100 年）主要係透過警廣即時放送廣播至每一部車上，為使用路人行經山區公路養成收聽警廣之習慣，公路總局已展開各項宣導工作，如客運車身廣告、電視託播、駕駛及導遊訓練等，並推廣避險小口訣：「鐵路停看聽，公路聽看停」1.聽-收聽警察廣播電台，掌握即時路況訊息。2.看-確認所在位置是否安全？再利用路側之公路里程碑確認目前位置。3.停-確認最近之安全停駐空間或緊急暫停空間前往避險等待救援。

除此之外，由於 0311 日本地震引發海嘯警報，公路總局與中華電信合作之「災害訊息緊急通報系統」之「簡訊廣播」服務（LBS）即時發送近 50,000 通簡訊給沿海地區之不特定對象，社會反應良好，爰今年汛期仍繼續維持使用，另於各路段亦增設可變資訊標誌（CMS）提供道路即時訊息。

(8) 百年防汎整備作為如下圖所示：



伍、結語

就山區公路方面，以目前之科技，公路單位儘可能利用歷史災情統計預判可能致災點，並提前應變措施，惟仍有一定之風險值存在，例如對於山形陡峭之山區公路上邊坡數百公尺高，任何外在因素（如地震、豪雨、風蝕）或邊坡內部之潛移均可能造成坍方落石砸落路面。當氣象局發布豪雨特報或颱風警報時，公路總局自當嚴密監控降雨情形並視情況管制重點監控路段之通行，但是各地複雜之地質條件再加上氣候之急遽變遷下，並非可全然掌握山區公路何時會坍，或是不會坍，公路單位為積極保全用路人，以風險管理概念評估選出致災風險較大之山區公路及降雨因素作為重點監控路段及觀測指標。故防護山區公路應用風險管理概念，主要係降低人員罹災之機率。

公路總局已律定山區公路汛期重點監控路段 64 處，重點監控橋梁 48 座。今年防汛期間將依據「公路總局封橋封路標準業程序（SOP）」相關規定，參照新設定特徵雨量預警值、警戒值及行動值，執行汛期封橋封路作業。上述重點監控路段及重點監控橋梁之特徵雨量預警值、警戒值及行動值相關資料已揭露於公路總局網站（www.thb.gov.tw）。民國 100 年路、橋防汛及防災作業會繼續精進，把路「養」好，把橋「固」好，讓全台灣的同胞，有最安全、舒適、便捷的公路環境。

園地公開
歡迎投稿

