

氣象資訊於台灣公路防災之應用與實務

陳進發

交通部公路總局副總工程司兼公路防災中心執行秘書

摘要

本文係介紹運用降雨因子造成道路邊坡崩塌災害的相互間關係之特性，結合氣象情資之應用取得預警時間。公路總局自2011年推行應用迄今，已歷經56場以上之劇烈氣候考驗，締造零傷亡記錄，該機制並於2014年獲得政府服務品質獎，顯見結合氣象情資應用於公路防災預警，不僅對於降低用路人罹災機率成效顯著且讓民眾有感。依據4年來之實務經驗，封路次數達640次以上，其中有306次是道路封閉後發生邊坡崩塌災情，即時風險訊息透過手機簡訊傳遞用路人避災已超過180萬人次以上，藉由中央氣象局之協助，養成「災前看雲、災中看雨」之防救災節奏，文內並介紹如何將前端氣象資訊加值為公路防災單位所需之決策支援，實際達到「為指而參」之參謀作業。

關鍵字：降雨、風險、防災預警、崩塌、氣象

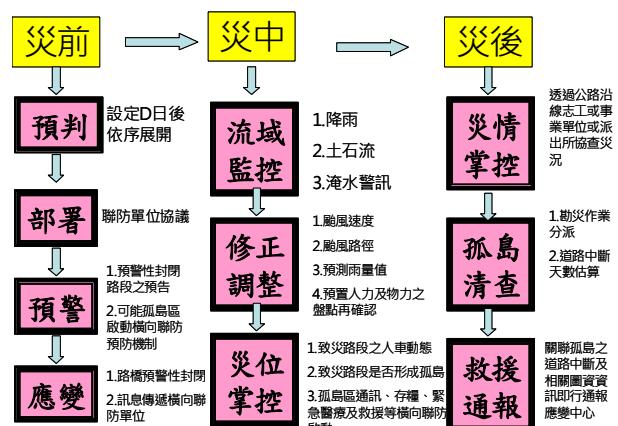
一、前言

氣候急遽變遷，全球災害頻傳，鑑於近年來辛樂克、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，篩選訂定易致災路段，其預警機制係依據氣象局之最新氣象資訊，經防災人員研判加值後啟動。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。然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，爰於2011年起提出以風險之概念結合氣象情資，實際應用於公路防災。

所謂風險，明確的定義就是標的物暴露於天然災害場景下之損害機率，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〔1〕；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〔1,2〕。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。

民國2011年第1個侵臺之颱風名為南瑪都颱風，於8月27日生成，30日登陸於台東後西切中央山脈於台南出海，由於事後行經路線與事前各國預報路徑差異頗大，而且特別值得一提的是速度慢到幾乎近似停滯，因此在公路總局防災中心內真正歷經完整的災前、災中及災後等3階段，前交通部毛部長治國（現為行政院院長）數度親臨防災中心，留下一句「防救災是有節奏的」，讓筆者記憶深刻，因此綜整4年來50餘場劇烈氣候實戰經驗，整理完成公路總局防救災節奏流程圖(如圖1)，以供後續防災人員參考。



二、山區公路風險分析之實務操作

台灣地區約70%以上屬山區，截至2014年底，全國公路里程數總計約2萬2千餘公里，其中省道約5000公里，省道山區公路就佔約1/3達1700公里，公路在平常時期，其因天然災害致災之風險並不高，可謂「安全」，惟在劇烈天候下山區公路可能發生

崩塌、泥流、水瀑、落石、路基流失…等等災情，引致用路人致災之風險提高，公路管理單位就必需實施所謂「風險控制」了。

所以本文對於山區公路的風險分析係侷限於「劇烈天候下」，然而龐雜的山區公路，必需將所遭遇的問題先清楚定義，方能找到有效方法，本文係由天然災害的因果關係開始分析，假定產生公路崩塌、泥流、水瀑、落石、路基流失…等等災情為「果」的話，那麼公路周邊的地質問題就是「因」，筆者將之定義為內因，而當發生災情時，當中必然有類似催化劑、加速器等因素介入，因這項因素具有發生之機率性，筆者定義為「緣」，而且是外加因素，故稱之為「外緣」，有如強降雨之催化或地震影響之加速，爰此，山區公路有關於風險分析的關鍵問題就定義為內因（地質）+外緣（降雨）所造成致災結果之風險。

本文解決內因（地質）問題係採邊坡分級管理，而針對外緣（降雨）之問題則是利用過去歷史致災之降雨事件統計經驗值，兩相結合運用即成為公路防災預警機制中最重要控制風險的基準值。

（一）、內因-邊坡分級管理

以公路總局為例，於2013年6月起開始針對全國省道山區道路之高崩坍潛勢路段，調查現況邊坡地質、坡度、防護設施等資料，將山區道路分為A、B、C、D四等級，分級進行管理。整體邊坡分級管理工作分四階段，歷時10個月完成，實施步驟如次：

1、運用中央地調所環境基本地質圖、地質災害潛勢圖加上省道公路路線圖資套疊，清查高潛勢路段計達2500餘筆。

2、第1階段所清查之2500餘筆高潛勢路段，逐一現地確認並鍵入邊坡資訊管理系統，現地逐一確認歷時6個月，收斂為1615筆路段。

3、各類分級定義：

A級：2年內有災害紀錄，且尚未復建完成，或有明顯不穩定徵兆之邊坡。B級：2年內有災害紀錄，且因地形地質因素無法設置護坡設施，或有潛在不穩定徵兆之邊坡。C級：5年內有災害紀錄，後續無明顯不穩定徵兆之邊坡。D級：5年內未有災害紀錄，且無明顯不穩定徵兆之邊坡。

4、各類別巡查SOP修訂，使山區公路養護及防災作業規範及其作法更加明確，保障第一線同仁，客觀的定義所謂【實施必要之巡查或檢測】，其時機為何，讓基層同仁免用主觀判斷，造成日後對於應作為或應注意事項增生疑義。

（二）、篩選重點監控路段

以目前之科技，公路單位雖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。所以邊坡全面運用中央地質調查所之圖資進行普查後，進行分級管裡可有效提供管理人員辨識易致災點位，並針對A、B級高潛勢路段，進一步分析評估其抗災力，公路總局每年均需定期檢討易致災點位，並依其路段特性與抗災力區分為一級與二級重點監控路段，一級重點監控路段表示該路段內存有較低抗災力之點位，以該局為例，於2014年汛期前，以歷史災情資料及學者專家之研究律定：一級監控路段31處、二級監控路段42處及監控橋梁22處，淹水水瀑泥流路段列管達35處，並擬訂各重點監控橋梁及路段之降雨觀測指標值，依序朝預警、警戒、行動等級執行公路防災作為。每次颱風豪雨事件後皆檢討其操作值，以期同時降低用路人因封路造成不便與行駛較高致災風險公路之機率。

1、預警等級（黃色警示）：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。

2、警戒等級（橙色警戒）：路段維持通行，針對可能出現零星落石及小規模土石坍流，採隨坍隨清，管制點人員勸導遊客避免進入該區域。

3、行動等級（管制封閉，紅色燈號）：一級監控路段，經研判後續仍有持續降雨趨勢，路段得封閉；二級監控路段，路段原則維持通行，保全或開口契約廠商應駐點守視，惟若路段內出現坍方、缺口、下陷等災情徵狀或在路況不明確狀況下得予以暫時封閉。

（三）、外緣-降雨觀測指標及其門檻值

本文所提供之方法係在一定降雨條件下，特定山區路段之致災風險值依歷史經驗統計可能提高，爰採強制封閉方式管制，俟降雨事件趨緩後再行開放。依據廖大牛(2009)，探討南部八八水災森林防災機能崩塌發生的外在要因，為降雨滲透到達崩塌面的時間與該時間內的雨量強度所支配，崩塌深度與坡度成反比[3]。所以崩塌與雨量具有直接之關係，可將降雨事件中各降雨延時所累積之雨量值，與現地發生之狀況作一統計分析後作為下次防災基準。

於是於有限的歷史資料及經驗條件下，統計歷次豪雨期間中山區公路致災風險值較高的路段，採保全方式管理。其啟動及管理機制係統計該路段於歷次致災之降雨事件中各降雨延時累積雨量(10分鐘、1小時…24小時)之特徵值，而各歷次降雨事件中較具多數特徵值之降雨延時可視為降雨觀測指標，而該特徵值則視為該指標下之門檻值其律定步驟如下：

1、統計該事件災害發生路段、狀況及時間。

2、利用中央氣象局網站內防災氣象之降雨監測網，找出較靠近該災害路段之雨量站，下載各降雨延時

之雨量組體圖，並分析災害發生時間之雨量特徵值。

3、記載綜整其他降雨延時特徵值，得到本事件之觀測結果。

4. 持續分析各事件，即可修正為較具客觀性之降雨觀測指標及其門檻值。

各路段及不同災害類型其所關連的降雨觀測指標與門檻值並不會相同，管理者必需逐一收集，各降雨指標間之邏輯關係，可用「且」或是「或」來聯結成多重降雨指標，方具客觀。

三、氣象資訊於公路防災之加值應用

(一) 公路防災預警機制

公路單位歷經數次公路災情，深切檢討後採預判、部署、預警、應變等4階段之作為，如圖2所示，其重點為需於災前即應完成所有工作，而非等到真正超大豪雨來襲才啟動機制應變，是無法有效的防止人車傷亡，然而真正的防災不應只是公部門需應變，而是要全民防災才能有效的防止人車傷亡，所以特別於2014年間於預警階段前增列通告階段，旨在透過多方管道傳遞所加值之訊息，接收者依其對象不同，內容亦應有不同，概可區分為3個族群，分別為政府單位(Government)、媒體(Media)、民眾(People)，簡稱訊息傳遞G.M.P。因此，於災前時期首要工作即是預判，而預判階段之首要工作則是設定D日(D日一詞源自諾曼地登陸發動攻擊日，後來我國防汛兵推亦沿用之，意即超大豪雨侵襲日)。D日既係超大豪雨攻擊日，則不免於部份路段會發生公路災情，因此災中之起算則係從D日開始，為防止人車傷亡就必須將所有預警應變作為於D日前完成。

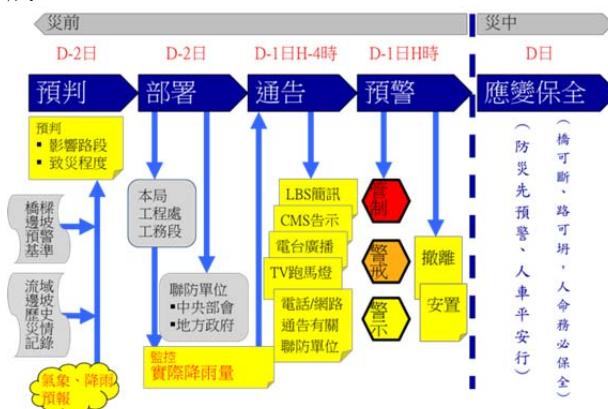


圖2公路防災預警機制4階段

1. 預判（D-2日）

進入預判階段之起算日其實比較模糊，因為颱風自生成至可能有侵颱之可能性期間，短則數小時，

長則數天，事實上，筆者認為只要各國預測路徑有預報影響臺灣之可能即應啟動預判機制，因為此階段牽涉到後端一連串預警應變作為，不可不慎，而且另方面在此階段所須人力是最少的，只要有氣象顧問及熟稔公路橋梁抗災能力之公路人長時依據天氣系統之動態即可進行預判及必要之調整。

2. 預判所需圖資

就目前中央氣象局於官網上所提供之圖資計有；颱風預測路徑、暴風半徑、過去及未來移動速度、侵颱機率分佈圖、區域累積雨量預測表等，都屬於必要熟悉之資訊，但是為了下一階段的部署，則必需再增加一些圖資方能較精準掌握及機動修正部署方針，以筆者之經驗，550-850高壓流場圖、太平洋海面溫度圖、各國預測路徑等圖資是不可或缺的，由公路防救災決策支援系統（對外開放之系統為SafeTaiwan）中，將上述圖資掛上畫面，即可瞭解氣象專家所分析預測的影響颱風侵臺關鍵因素。

舉例而言，以颱風生成的位置，影響其移動速度及方向，不外乎所謂的「導引氣流」天氣系統為何，如果導引氣流明顯，則速度及方向明確，相反的如果不明顯，那麼各國所預測之路徑則充滿變數，如南瑪都颱風。於夏季時節，影響之天氣系統大都為位於臺灣東北方之太平洋副熱帶高壓，其高壓帶往東消退或往西延伸即主宰了颱風未來路徑，因為該高壓帶邊緣係提供屬低壓帶之颱風導引氣流。而入秋以後，臺灣北方則增加一冷高壓之天氣系統往東伸或西退，該高壓前緣密集之等壓線，亦係提供導引氣流之來源。由颱風未來之預測路徑所行經之海面溫度，如係28度以上(此為經驗，並非精確值)，則可能因增溫效果加大颱風強度之規模，其雲雨半徑亦隨之擴大。

i. 災前看雲

- 各國預測路徑圖套疊-設定D日、及其進場角度與登陸點。
- 大氣流場圖套疊-速度變化與駛流場之關係、颱風轉向前之速度變化、暴風轉速變化(輕、中、強颱上下限)、駛流場之東退與西伸。
- 紅外線雲雨圖套疊-最強雲雨區位置及其規模。
- 定量降水預報圖套疊-未來降雨熱區。
- 風雨預報單套疊-未來降雨熱區降雨最大值。
- 小時累積雨量圖套疊-檢核降雨熱區

ii. 災中看雨

- 地調所地質災害潛勢圖資套疊-建立高潛勢能路段資料庫。

- (ii) 邊坡分級位置圖套疊-掌握可能致災類型。
- (iii) 小時累積雨量圖套疊-即時傳播風險訊息。

3. 決策支援

身為土木工程專業之公路人為何需要瞭解如此變幻莫測之氣象資訊，筆者認為，各行各業均有其專業領域，當有跨領域之專業需求時，則此時需由有需求之公路單位主導，透過氣象專家瞭解之語言引導其作專業之分析，再回饋於公路作加值，即可成為非常有使用價值之公路氣象資訊。舉例而言，2011年5月27日桑達颱風於臺灣東部海面掃過，颱風並未登陸，7級暴風半徑亦未接觸臺灣陸地，許多防災機關並未成立應變小組因應，而位於迎風面之台9線蘇花公路蘇澳至崇德段因暴雨需於該日晚間8時30分進行預警性道路封閉，直至次日早上6時方才重新開放。簡單的說，公路單位關心的是劇烈天氣系統所帶來之雨量及其位置，何時會下？會下多久？下多少雨？這3個問題之答案關係到道路上人命之安危，同時也關係到道路周邊聚落是否會成為孤島，更加關係到一連串相關橫向聯防單位是否啟動待命。所以依筆者之看法，本階段是氣象專家分析（因為變數很大），公路人必需果斷決策，而且最重要的是決策必需是具體可行。

(二)、災中監控（D日）

「災中」一詞顧名思義，即是風強雨急隨時可能產生相當規模災情之時段，本階段重要事項計有1.流域動態監控。2.氣象情資監控。3.災位掌握，孤島情蒐。

降雨集中區域應以流域為單位稱呼，並逐一監控檢視（可運用公路防救災決策支援系統）山、河、橋、路、人、災之動態發展，因為無論降雨如何分佈，最終定是透過流域分水嶺，匯入集水區流路系統，因此流域內就有可能產生土石流、山洪暴發、橋斷、路垮、人車受困等災害，所以必需密集監控即時降雨及未來1小時降水預報外，即時土石流及淹水警訊亦需同步監控，所以應變中心應至少有圖3所示4個螢幕畫面，因各系統畫面均會自動更新，故監控人員只需負責監控即可。

降雨規模持續提升之情境下，重要事項為非重點監控路段之巡查，因為重點監控路段及橋梁，現場已有保全人員看守，應能依照自動監控之警示系統操作，而非重點監控路段則需由對該路段熟悉之公路人員審視，亦或由事前即建置好各路段之歷史致災紀錄，套疊於「公路防救災決策支援系統」檢視，可能接下來產生之公路災情有水瀑挾帶石塊、土石流、路面逕流成河由單一護欄缺口宣洩…等，都應於巡查時詳實記載，一方面作為下次指標參考，另方面可即時判別接下來採戒護通行或臨時封阻。

遭遇連續超大豪雨攻擊之機率並不高，事實上可由中央氣象局首頁，「降雨監測系統網頁」下之「地面觀測資料」，選按10分鐘降雨延時之排序，即可發現連續降雨地區之降雨強度，再輔以最新雷達回波圖找出該強降雨所涵括之路段（「公路防救災決策支援系統」即可將圖資套疊判釋），進而作出應變決策。

俗話說「天有不測風雲」，代表著天氣系統的複雜及難以預測，因此，氣象單位所預報的颱風路徑、預估雨量值等情資，隨時有可能修正，而後端之防救災單位則必需再檢討部署策略是否正確，隨時配合即時修正，重點在於防災策略修正後，人力及機具是否能即時到位，亦即所謂動員時間應予考量。舉例而言，2009年莫拉克颱風侵襲臺灣期間，於中南部地區降雨最劇烈的時段為8月9日凌晨起，此時亦正風強雨大，路樹電桿倒伏阻斷交通，於災中如何動員？因此在轄區路段內平時即應有因應降雨規模提升之配套方案，搭配動員可行性評估後提前啟動，方能防災。另外，2010年凡那比颱風亦於登陸後轉向南部停滯約10小時，造成高高屏山區連續強降雨，該預報訊息所幸於災前獲知，防救災單位提前部署及疏散撤離，方不致發生人員傷亡事件。再如2011年奈格颱風，期間並無颱風警報，於災前亦僅有零星區域強降雨產生，一進入災中，宜蘭及花蓮地區發生高強度之暴雨，隨即傳出土石流及淹水等災情產生，如無事前啟動預警性道路封閉，恐怕又是傳出人車傷亡事件。

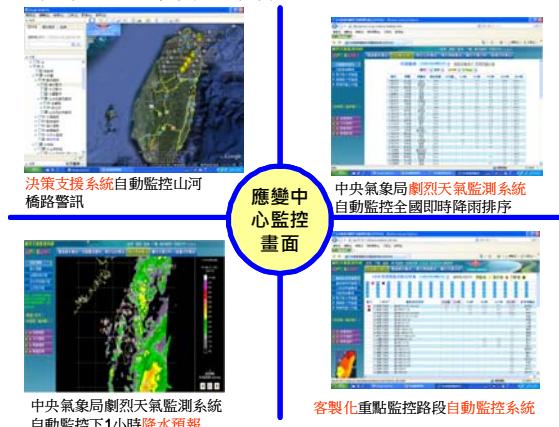


圖3 災中監控畫面

(三) 公路氣象資訊之加值

目前公路防災所使用的仍是降雨累積值，不論是預測或實際觀測都有其運用價值，而在預判階段當然並無實際觀測值可使用，必需充份運用預估雨量值，所謂預估雨量值當然會隨颱風動態發展而調整。以2010年9月17日凡那比颱風為例，實際登陸是19日（星期日），就在登陸前1日，氣象局上修了預估雨量至700mm以上，而這項訊息對於公路單位的重要性在於「路真的會斷」，而熟悉公路災情的公

路人知道一般坍方之搶通作業，很少隔日才搶通，也就是伴隨颱風離境後很快的公路即告搶通，主要是路基尚在。然而路斷指的是路基流失掉了，要搶通則需費時費日，道路後方之聚落對外聯落之道路中斷了，就形成所謂的「孤島」。孤島一詞是2009年莫拉克颱風過後中南部災情慘重，為使山區聚落早日脫困，由交通部毛前部長所提出，意即對外維生通道中斷1日以上，使得一般作息活動無法正常者稱之。因此公路單位獲取雨量上修訊息後，即刻審視公路沿線抗災能力，發現高雄那瑪夏、桃源等地區會有孤島產生，爰即啟動孤島預防性機制，並通告區域聯防單位，而在此時亦正式啟用了與中華電信合作的「緊急災害簡訊廣播服務」（LBS），俗稱「一呼百應」，在災前（星期六）即發送6000餘通簡訊傳遞預警訊息予當地居民及用路人，使得聚落重、慢性患者得以提早預防性疏散撤離、備糧及提早規劃行程，公路災害簡訊廣播服務迄今已發送超過180萬人次。

公路抗災能力究竟是否能量化？降雨是否為唯一觀測指標？來不及提出預警訊息造成傷亡，責任歸屬為誰？這些問題現今均無法立即給予答案，但是可以確定的是公路由公路單位養管，公路上一草一木、歷史救災經驗、復建進度…等，應該是公路人最清楚，唯一較陌生的是雨量資訊，因此二者結合一體即為公路氣象資訊。

公路何時會發生坍方，路基會不會被水流淘刷而流失，橋梁在何種情境下會變得危險，諸多疑問尚未得到答案前，是否有能力作出加值的資訊？日本近代氣象觀測有130年的資料蓄積，最大日降水量250~270mm程度、最大1小時降水量70~80mm程度、最大2小時降水量110~130mm程度即發生豪雨災害〔2〕，另崩塌發生的外在要因為降雨滲透到達崩塌面的時間與該時間內的雨量強度所支配，崩塌深度與坡度成反比〔3〕，再統計近10年來豪雨災害記錄，臺灣中南部山區道路日累積雨量達350mm以上，則道路路基流失之機率則大大提高，尤其災害過後尚未復建完成之路段，日累積雨量達200mm以上，重覆再致災之機率相當高。而中北部山區抗災能力較高，約在500mm以上則有災情產生，因此筆者常以此為標準，於颱風專案之預判階段啟動相關機制，如預告、橫向聯防、預置機具之加碼部署…，例如2011年南瑪都颱風就曾以此標準，啟動臺鐵加開接駁區間車，搭配台北區監理所之客運轉乘方案，以因應蘇花公路中斷之需。另中華電信公司亦進駐2部行動基地台於高雄市桃源地區，以因應可能成為孤島後之通訊事宜，另亦提前（28日災前）至中央應變中心之情資研判會議上報告可能孤島需相關單位配合之因應方案，另不願撤離者亦由區域聯防單位（鄉、鎮、區公所）確認檢查避險場所及備糧。這一切作為均係由道路可能中斷數日之預判開始，而

事後檢討部份地區雨量下修，當然可能孤島現象自然就沒發生，所有人再度回到家園，重要的是無任何人員傷亡。

(四)全時高風險路段強降雨警示系統

公路總局於2011年甫建公路防災預警機制初期，係商請氣象局於劇烈天氣監測系統中客製化，主要係藉由實體雨量站之觀測結果，搭配易致災路段所律訂之預警、警戒、行動等門檻值，自動由系統判釋並以黃、橙、紅等3種燈號示警，歷經3年之實際應用，已由原來單一降雨指標演進至多重降雨指標，惟美中不足的是仍是由雨量站之點位降雨情形代表其他附近路段。於是於2014年起結合氣象局每10分鐘固定產出之即時小時雨量累積圖數化，套疊於公路總局已完成邊坡分級點位圖，即可由系統全時段且全面性的自動預警，此一風險訊息除傳遞公路管理人員外亦可透過警廣、可變資訊系統、災害緊急廣播簡訊服務傳遞給用路人，即時揭露前方路況訊息達到避災之效，自2014年5月上線使用迄今，系統已準確發送超過1.8萬則警報簡訊，尤其以午後熱對流或是無預警短延時強降雨，均能掌握住強降雨範圍及其高風險災害類型與位置。

該系統主要係由小時累積雨量圖原始色階自動篩出強降雨路段(取代人工工作業)，氣象局依雨量站資訊做計算推估，而將台灣劃分為72,000格網格，每一個網格約為1平方公里之大小。將網格套疊目前邊坡所在位置，將72,000筆資訊縮減為約8,000筆資料，再將強降雨路段比對邊坡分級點位，目前公路總局設定條件係以時雨量值做為判斷依據，30mm以上為黃色警戒，50mm以上為橙色警戒，70mm以上為紅色警戒，若為B級以上邊坡落入警戒範圍則自動發送警報，並即時呈現於公路防救災決策支援系統上，詳如圖4。同時為求警報減量，同一則警報資訊於3小時內不再重複發送，3小時確認其警戒尚存在時，再予發送，該系統不僅解決第一線同仁監控實體雨量站之困擾，且能全時段自動監控，未來可再商請氣象局同步產出3、6小時累積雨量圖，再搭配雷達修正發現小區域之強降雨，其服務功能可再強化。

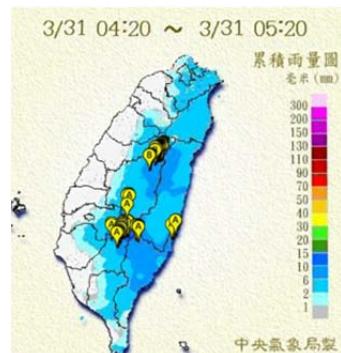


圖4：全時高風險路段強降雨警示系統

四、結論

氣象預報有其準確性與不準確性存在，而防災則需禦敵從嚴，要如何避免狼來了的誤報效應，就需有內緊外鬆的戰略，而戰術的運用就需要逐次的設定未來情境發生所需的氣象特徵，加以監控，然後逐次的依可能發生的情境展開部署，所以在情資研判階段，就需要推演未來可能發生的情境及其部署策略，而其啟動標準則是事前所設定的氣象特徵。此為災前看雲，內緊而外鬆的戰略運用。自2011年公路總局實施「防災預警應變機制」以來，截至目前2014年底為止，全局共經歷56場劇烈性天候。筆者統計自實施新制後之降雨規模並與往年極端氣候比較，發現降雨規模並不亞於以往發生過傷亡事件之颱風，如圖5所示，惟有賴防災人員，對於預警機制之熟稔結合前端氣象情資之應用，化被動為主動，4年來一共預警性封路達640處(次)，其中於封路後發生大規模災情計有306處(次)，所幸道路業已先行封閉並無人員傷亡，如圖6所示。所以筆者運用歷年與各基層同仁防災應變期間之互動，整理出本篇紀實，希望能供後續管理者或應變指揮官參考。

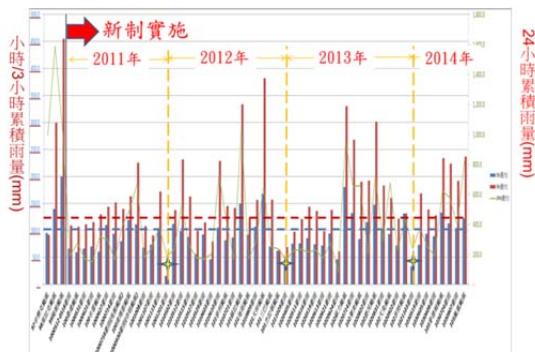


圖5 新制實施後歷年降雨規模統計



圖6 新制實施後預警性封路及封閉後致災次數統計

- [1] 陳韻如、林聖琪、王俞婷、李宗融等, 100年1月：“山區道路崩塌災害潛勢評估”,臺灣公路工程, 37卷, 1期, 5-22
- [2] 牛山素行, 2008年, 豪雨の災害情報學, 第2章, 古今書局, 日本東京, p39
- [3] 廖大牛(前山地農牧局局長), 2009.12:”探討南部八八水災森林防災機能”, Taiwan Forestry Journal, Vol.35, No.6

五、參考文獻