

莫拉克颱風降雨對河川防洪預警之衝擊

李文正、謝龍生、林宜汝、翁進登、吳啟瑞、張駿暉

國家災害防救科技中心

摘要

莫拉克颱風98年8月7~9日侵襲台灣，為中南部帶來狂風暴雨，累積雨量及強度均破台灣歷史紀錄，以總累積雨量最大的阿里山站為例，累積雨量近3,060mm，大於其一年平均雨量2,493mm，超過2,000年重現期，莫拉克颱風降下之1日暴雨全台計有31站破1,000mm，2日暴雨全台計有23站破1,500mm，3日暴雨全台計有12站破2,000mm，超過2,000mm降雨量區域超過3,200km²，如此驚人大範圍降雨導致集水區大範圍坡地崩塌，大量土石被洪水沖蝕而下，淤積河道降低洪水通水斷面，加上河川出海口水位又受農曆大潮頂拖而不易排出，造成南部高屏溪、林邊溪及台東地區淹水災情嚴重。面對極端氣候導致重大災害，需認知治水工程有其保護極限(依經濟部水利署公告河川及區域排水之防洪標準：中央管河川200年重現期、縣管河川50年重現期、縣管區排25年重現期)，水文降雨條件超過保護標準時，仍會面臨淹水，故需加強非工程手段，如淹水預警及強化疏散、避災減災及救助等措施。本文將針對莫拉克颱風降雨對河川防洪預警之衝擊影響進行探討，藉以提供未來相關河川防洪預警作業之參考。

關鍵字：莫拉克颱風、河川防洪預警

一、前言

「八七水災」相信對現年60歲以上民眾可能是記憶中之傷慟，原本規劃在「八七水災」過後50年的「歷史上今天」，利用各種的紀錄回憶當時的場景，但當莫拉克颱風(衛星雲圖如圖1)侵襲台灣之後，結果造成災情比50年前之「八七水災」更加慘烈，各項氣象水文觀測資料顯示皆打破過去最高紀錄，三天之內降下超過台灣整年之平均降雨量2,510mm，例如嘉義縣阿里山鄉阿里山雨量站累積雨量達3,060mm(統計6日0時至11日10時止)，如此巨大降雨量造成嚴重災情，受災範圍涵蓋台東、屏東、高雄、台南、嘉義、雲林、彰化、台中、南投、苗栗縣、新竹縣市及桃園縣等縣市，主要災害類別包含水災、土石流、坡地崩塌、橋梁斷裂、河海堤損毀、交通中斷及農業災情等，截至2010年2月4日，計死亡677人、大體未確認身分25件、失蹤22人、重傷4人，合計728人，農業損失已達194億元以上，其他重要防洪設施與民眾財物損失尚無法估計(資源來源：莫拉克颱風災後重建推動委員會)。

面對極端氣候導致重大災害，需認知治水工程有其保護極限(依經濟部水利署公告河川及區域排水之防洪標準：中央管河川200年重現期、縣管河川50年重現期、縣管區排25年重現期)，水文降雨條件超過保護標準時，仍會面臨淹水，故需加強非工程手段，如淹水預警及強化疏散、避災減災及救助等措施。本

文將針對莫拉克颱風降雨對河川防洪預警之衝擊影響進行探討，藉以提供未來相關河川防洪預警作業之參考。

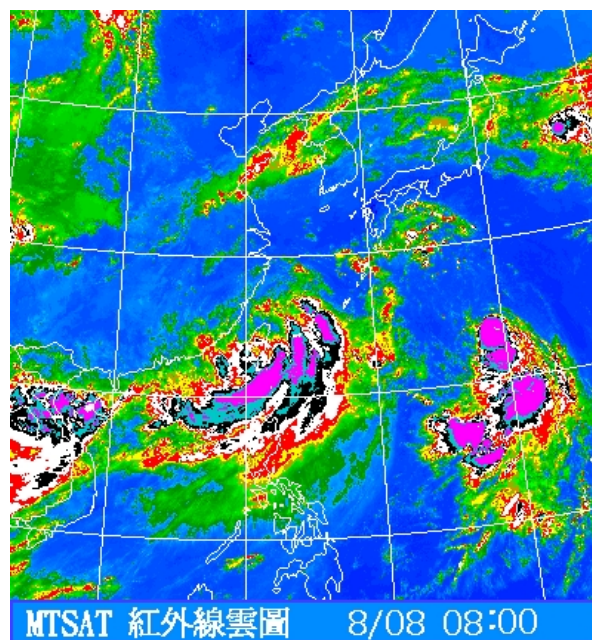


圖1 莫拉克颱風衛星雲圖(8月8日)
(資料來源：交通部中央氣象局)

二、豪大雨發生機制

莫拉克颱風離開生成區後，又有另一個熱帶低壓在原地快速發展成艾陶颱風，加上原先登陸廣東地區的柯尼颱風，三個熱帶低壓系統位在季風槽內形成一個大低壓帶，加強了颱風南緣的西風帶，也加強了颱風南側的水氣提供，如圖2所示。莫拉克颱風在此條件下，就造成南北結構不對稱的情形，颱風南側對流雲系發展旺盛，隨著颱風接近台灣陸地時，被加強的西南氣流正通過南台灣地區(尤其是高屏地區)，颱風登陸後颱風前緣北風環流與西南氣流產生強輻合帶，造成高屏地區持續大雨。

圖3顯示莫拉克颱風影響期間(8/6~8/10)五天總累積雨量，最主要降雨中心為嘉義、台南與高屏山區，其中降雨量最高記錄為阿里山站，總累積雨量高達3,060mm。表1列出此次颱風之降雨量前10名之雨量及其所在鄉鎮與流域，表中顯示颱風造成高雄、屏東、台南與嘉義地區重大災情的高屏溪、曾文溪與八掌溪流域之上游地區最大雨量均超過2,000mm。

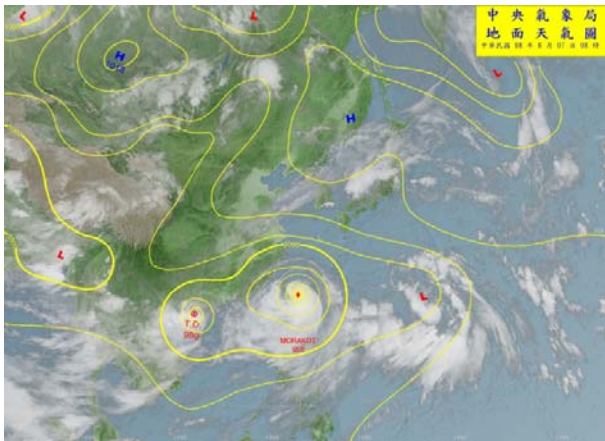


圖2 莫拉克、艾陶及柯尼等颱風串聯形成大低壓帶
(資料來源：交通部中央氣象局)

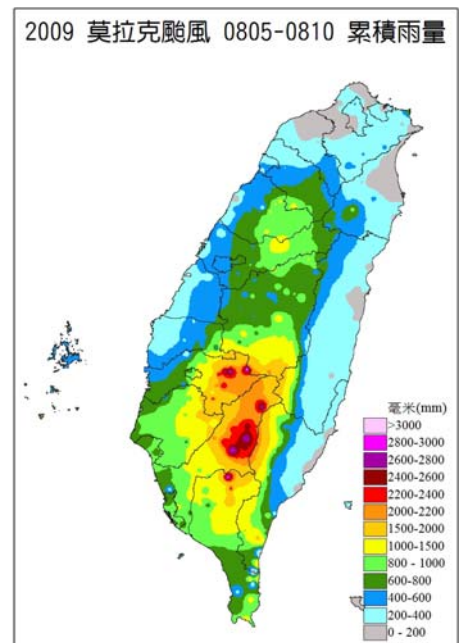


圖3 莫拉克颱風8/6~8/10總累積雨量
(資料來源：交通部中央氣象局)

表1、莫拉克颱風8/5~8/10總累積雨量前10名排序

站名	累積雨量(mm)	流域	行政區
阿里山	3,060	曾文溪流域	嘉義縣阿里山鄉
尾寮山	2,910	高屏溪流域	屏東縣三地門鄉
奮起湖	2,863	八掌溪流域	嘉義縣竹崎鄉
御油山	2,823	高屏溪流域	高雄縣桃源鄉
溪南	2,747	高屏溪流域	高雄縣桃源鄉
石磐龍	2,706	八掌溪流域	嘉義縣竹崎鄉
南天池	2,694	高屏溪流域	高雄縣桃源鄉
小關山	2,485	高屏溪流域	高雄縣桃源鄉
瀨頭	2,408	曾文溪流域	嘉義縣阿里山鄉
新發	2,356	高屏溪流域	高雄縣六龜鄉

資料來源：交通部中央氣象局

莫拉克颱風無論是24小時或48小時延時雨量的單一事件排名前20名均可擠進歷史排名前20名，可見莫拉克颱風總累積雨量較其他颱風大且分佈範圍廣，48小時延時雨量超越賀伯颱風，成為歷史排名第一的颱風。統計全台雨量站共有31站超過1,000mm，23站超過1,500mm，12站超過2,000mm，初估台灣約有9%面積降雨量超過2,000mm。其中24及48小時降雨量逼近世界極端值。

分析南部山區的降雨歷線(如圖4)顯示：時雨量超過20~30mm連續時間超過48個小時，其中時雨量超過50mm的時間長達24小時以上，同時這些測站的最大時雨量可達90~100mm，因此造成此次颱風累積雨量超過2,000mm甚至逼近3,000mm的降雨型態屬於長延時的持續性降雨，與2008年造成重大災害的卡

玫基颱風的短延時集中型暴雨(主要降雨集中在6小時內)有所不同。

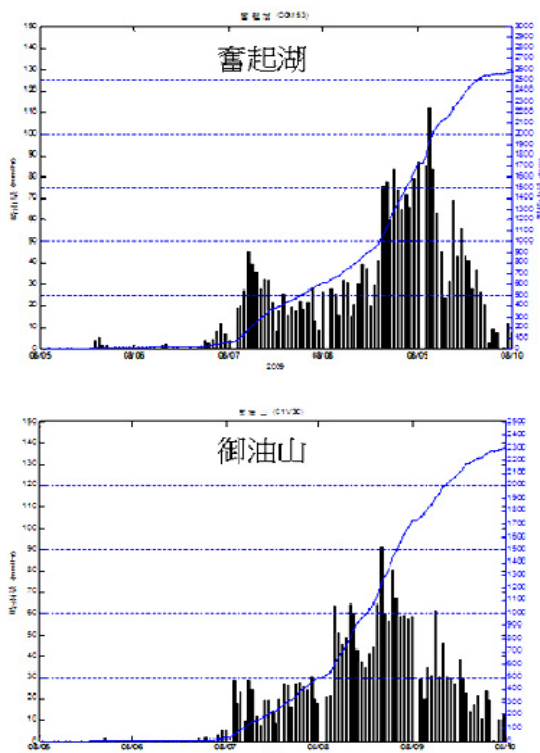


圖4 奮起湖測站及御油山測站之降雨歷程
(資料來源：交通部中央氣象局)

三、水情分析

(一)河川部份

統整經濟部水利署河川水位監測資料，於莫拉克颱風期間各水位站超過警戒水位之情形如下：

1. 超過一級警戒水位有34個水位站：最主要位於曾文溪、高屏溪、八掌溪、朴子溪、太麻里溪、東港溪、林邊溪、鹽水溪與急水溪等。
2. 超過二級警戒水位有48個水位站：幾乎涵蓋颱風侵襲之流域範圍。

由此可見，颱風降下超大雨量，已造成河川下游水位高漲超過警戒水位，甚至有些局部地區之水位亦超過堤防高度而溢堤，甚而造成潰堤災情產生，致使沿岸低窪地區之淹水災情加劇。

(二)水庫部份

表2所示為颱風期間部分水庫之最大放水量統計情形，從表中可知曾文水庫之最大放水量為8,277cms，已相當接近該水庫之最大溢洪道設計放流量。

表2、水庫最大放水量及時間

水庫名稱	水情時間	排洪量(cms)
石門水庫	2009/8/8 06:00	852
明德水庫	2009/8/9 09:00	333
鯉魚潭水庫	2009/8/9 17:00	330
德基水庫	2009/8/9 18:00	950
石岡壩	2009/8/9 16:00	4,593
霧社水庫	2009/8/9 09:00	939
白河水庫	2009/8/9 05:00	270
烏山頭水庫	2009/8/9 10:00	157
曾文水庫	2009/8/9 08:00	8,277
南化水庫	2009/8/9 01:00	2,710
阿公店水庫	2009/8/9 00:00	80
牡丹水庫	2009/8/8 04:00	640

資料來源：經濟部水利署

四、河川水患治理之保全整備

(一)河岸堤防結構之脆弱性

依據經濟部水利署之災情資訊顯示：莫拉克颱風造成河岸堤防31處破堤、受損25處，如圖5所示；其中以高屏溪流域最為嚴重，堤防破堤高達16處、受損3處，其次為卑南溪流域堤防破堤達6處，受損4處。探討河岸堤防毀損之致災原因，可歸納為：

1. 被土石及漂流木撞擊而損毀
2. 被洪水攻擊沖蝕而損毀
3. 溢堤沖蝕背堤之基礎而造成潰堤

由此可見防洪體系相當倚賴之堤防工程，是如此之脆弱而易損，若不增加堤防工程之結構保護能力，未來此堤防之脆弱性將隨著土地都市化、氣候變異、地質風化崩塌等因素而更加脆弱。

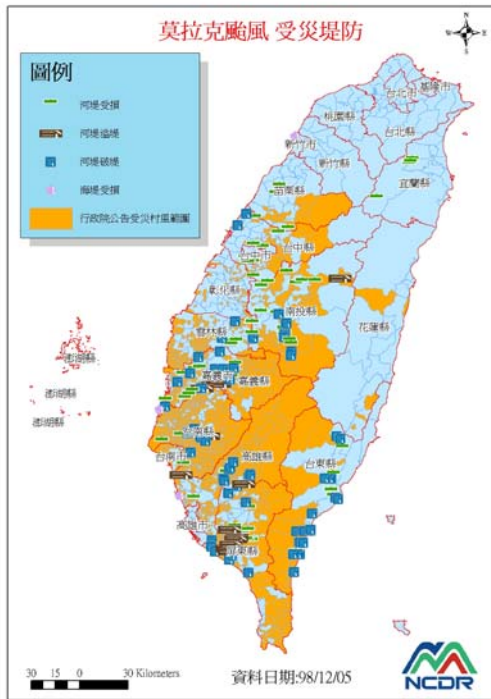


圖5 莫拉克颱風受災堤防分布圖

(二)土地開發與河川治理

台灣河川共計129條，其中包括主要河川21條，次要河川29條，其餘則為普通河川，這些河川多屬蘆溪型，且多分佈於環境敏感地區內。近年來由於都市快速擴張，土地需求日增，導致地價高漲，再加上一般民眾缺乏環境保育的觀念，土地違法使用及不當使用的情形日增，與河爭地的情形更是屢見不鮮，例如將過去洪水流動之泛洪沖積平原區域納入區域發展之土地，以堤防束縮河川洪水流動之空間，但此次颱風已有許多河川之洪水要回原有之行水區域，最明顯之案例是太麻里溪出口潰堤河道拓寬3倍、林邊溪的破堤溢淹等皆是。

歐美最近十餘年來，在歷經了洪水沖垮堤防的慘痛教訓後，紛紛放棄傳統重視開發為主的河川治理方式，改採以生態環境為主要考量的方式，將屬於河川的地還給河川，相關作為列舉如下：

1. 讓出行水區，不與水爭地：以工程手段處理，防洪措施總有一定的防洪極限，堤防加高了，民眾的風險意識就降低了，在全球氣候變遷頻繁下，防洪措施並不保證不淹水。
2. 適度開發與保育：開發不能破壞生態環境的平衡，造成新的問題，水土保持法規也要求山坡地開發不

能造成逕流量的增加，因開發所增加的逕流量，開發者必須以滯洪池等設施容納。

3. 濕地防洪：人工池塘，例如滯洪池，在最近十幾年來防洪工程上有重要地位，其可以容納因開發行為所造成的地表逕流增加量，改善現有排水系統不足的情形。如果使人工池塘融入當地原始的生態環境中，即成為濕地，濕地可以容納雨水、洪水，降低洪峰；也可以補注地下水，再於旱季時釋出水分。經過濕地過濾的污水變為清水。亦即濕地型人工湖可具有排水防洪功能，也可處理廢污水、涵養水源、調整水文環境，並提供各種野生動植物適宜之生活環境。水稻田亦為濕地的一種，水稻田因周邊田埂之蓄水效應，在暴雨洪水來臨時即可成為天然之滯洪池，具有調蓄洪水之功能，可減低下游排水之尖峰流量，及延遲洪峰到達時間。

近年來，日本由於經濟發展較為快速，在70年代即著手解決高都市化地區之水患問題。1977年針對高度都市化流域提出「總合治水對策」，包括河川整備、流域對策及被害減輕對策等。除治理河川及興修下水道外，並運用流域「上游蓄洪」、「中游滯洪」、「下游排洪」、「雨水貯留」及「降低低地土地使用強度」等策略，全面改善易淹水地區之淹水潛勢。

(三)瓶頸段之產生：規則化堤防治理、橋梁、淤積等因素造成

流域下、中、上游發生災害，雖然致災原因不同，但是均與全流域地形及水文環境有關，災害管理如果沒有統一事權，沒有全流域考量的整合觀點，即容易產生治理瓶頸，而難以有效規劃防災作為。例如治山防洪工程建設，即經常因經費限制而需要分期分段治理，致使治理規劃沒有全面性考量，排水系統即常存在瓶頸段而造成通洪能力不足。另外過去治理河川之思維係以快速排水為主，堤防工程以規則化方式治理，較少考慮河川之地形地勢流路走向、流量變異等因素，因而造成許多通洪瓶頸段產生，導致溢堤淹水風險增加。

莫拉克颱風造成南部地區十二座省道橋梁受損斷裂，未來治水與造橋將不能再各行其是，必需通盤考量，一定要「橋河併治」、「路河併治」，道路、橋梁重建，一定要和河川治理同步進行。由於目前治水、造橋分屬經濟部、交通部兩個單位，未來各單位不能再各行其是，否則一遇大水，造好的橋、鋪好的路，還是「完全頂不住」，這次破紀錄的大洪水，在災區看到有些橋梁的橋面原本距離河面還有七、八公尺甚至十公尺高，但這次大水過後，發現橋面竟然堆滿漂流木，顯示大水早就漫過橋面(如圖6)，洪水水

位遠超過當初建橋時的評估。因此，未來橋梁建設不但要提高標準，更要與治水同步考量，這一次被沖毀的橋梁，可考量重新選址興建，不見得在原地重建。

莫拉克颱風豪雨造成上游大量土石沖蝕而下，淤積整個河道，導致村落排水無法順利排水而產生瓶頸段，因此這些河川淤積之急要段，建議應儘速進行清淤工程，以應付下一次之汛期豪雨。



圖6 漂流木堆滿橋面(高雄六龜大津橋)

(四)滯洪區域之規劃

一旦降雨量超過河岸堤防設計標準時，洪水將超過河川斷面容許水量，此時勢必造成難以控制與掌握的河川破堤或溢堤。因此如能利用公有地(例如公園、停車場、游泳池、學校操場等)劃設為滯洪區蓄存過量洪水，或在取得民眾共識並輔以配套補償辦法下，選擇低風險區域將洪水控制在該區域內，藉以減少河川負荷，降低河川破堤或溢堤的發生機率。

(五)案例說明

此次颱風淹水災情相當嚴重，針對較典型之淹水事件說明如下：

1. 朴子溪民雄鄉之淹水災情：過去民雄鄉是屬於易淹水之區域，但此次淹水災情最為嚴重，其原因係朴子溪河川水位急速高漲，造成支流牛稠溪潰堤而漫淹整個民雄鄉，其中以金世界、秀林村、大崎彩虹等社區淹水深度超過2公尺以上。
2. 太麻里溪河口之潰堤淹水：過大之洪水將太麻里溪河口原有500公尺河寬沖垮堤防擴張至約1500公尺寬之河口，根據歷史河相紀錄呈現，太麻里溪原有河寬之長度即是約1500公尺，此乃表示與河爭地失敗之案例(如圖7)。
3. 林邊、佳冬之淹水：這些鄉鎮區域因地層下陷因素造成為易淹水區域，但此次災情打破過去歷史紀錄，其淹水原因係河川橋梁束縮通洪斷面造成洪水

瓶頸段產生，加上漂流木撞擊堤防而破堤，因而造成泥水流沖至整個鄉鎮市。



(a)災前



(b)災後

圖7 太麻里河流域河口影像

4. 高屏溪美濃、旗山鄉鎮之淹水：大量土石已淤積荖濃溪及旗山溪，造成鄉鎮市區排水系統無法排水而釀成市區積水。
5. 曾文溪下游沿岸之水患災情：此次曾文溪面臨過去不曾遭遇之水患極端事件，無論是水庫上游集水區或是下游河川流域，曾文水庫在此事件已發揮一定程度之河川減洪效果，但受限於下游河川治理之通洪空間，因而導致下游河川溢堤而潰堤，造成嚴重淹水災情產生。

五、結論與建議

(一)結論

莫拉克颱風之降雨型態為高強度降雨、長延時及高累積降雨量，已超過流域防洪保護設計標準與集水區坡地穩定之累積雨量值，因而導致崩塌、土石流、堰塞湖、漂流木、潰堤、交通中斷、淹水、河道淤積等嚴重災情發生。前述災害型態具有關聯性，且災害是動態發生，不同於地震短延時集中發生型態，導致

後續搶救災之困難度。其中造成河川水患治理之脆弱性因素，包含有如下：

1. 河岸堤防結構之脆弱性。
2. 土地開發與河爭地。
3. 規則化堤防治理、橋樑、淤積等因素造成瓶頸段之產生。
4. 缺少滯洪區域之規劃。

(二)建議

茲就河川水患治理建議措施概述如下：

1. 短期因應對策

- (1) 急要段的中央管河川、區域排水及海堤設施的搶修及復建工作，宜針對高危險容易受災及重要保護地區之河段檢討提高設計標準，並於今年汛期前，恢復災前原有防洪功能。
- (2) 上游集水區土砂疏濬(治理界點以上)、河道急要段清淤疏濬(治理界點以下)及清除漂流木。
- (3) 移動式抽水機及防汛器材預佈淹水潛勢區作業。
- (4) 治理水患必須體認辦理工程需要時間且有其保護極限，應加強非工程防災措施，如精確預警及制訂疏散、撤離之標準作業程序，並落實演練。

2. 中期因應對策

- (1) 強化堤防工程之結構安全，以「允許溢堤、不准潰堤」為保固原則。尤其中上游河段之堤防復建，應針對高含砂水流及漂流木衝擊堤防等問題，加強堤防結構強度設計。
- (2) 加強淹水預警機制：
 - 外水預警：增設水位站，完備河川警戒水位。
 - 內水預警：檢討鄉鎮淹水預警雨量，更新淹水預警系統。
- (3) 中游鄉鎮之排水改善：例如旗山、美濃及高樹等鄉鎮市，此次淹水災情相當嚴重，其致災原因可能與集水區過度開發、支流匯合及河道淤積有關係，因此建議應針對這些問題提出整體性之改善措施。
- (4) 下游都市排水之改善：下游地區之水患問題，大多屬於排水系統不良所造成，因此建議應配

合流域易淹水整治計畫提出改善措施，例如利用流域保水滯洪措施，中、上游斷設計截流溝分流雨水量，避免都市計畫區外水流入區內，減少市區淹水等。

- (5) 如屬高危險容易受災河段，將審慎檢討治理計畫線、工法、材料、結構及斷面型式等項目後再行辦理。
 - (6) 為提高防洪保護，可採放寬河道、劃設洪氾區管制等方式辦理復建。
- ### 3. 長期因應對策
- (1) 檢討上游林地造林政策及保育措施。
 - (2) 縣市管河川區排系統維護管理：改善地方政府對於轄屬縣管河川及排水系統治理經費編列及維護管理人力等問題，以保持系統之正常運作。
 - (3) 劃設滯洪區，在獲得民眾共識下，把過量洪水控制在低風險區域，並配套補償辦法。
 - (4) 地層下陷之治理：建議後續可從「水資源供應」、「國土脆弱度風險分析及規劃」、「產業檢討」及「地下水出流管控」等方面進行，並宣導「與洪水共生」之理念。

參考文獻

1. 行政院災害防救委員會，2009，莫拉克颱風災害應變處置報告，第1~74報。
2. 行政院國家科學委員會，2009，莫拉克颱風科學報告。
3. 交通部中央氣象局颱風資料庫，<http://rdc28.cwb.gov.tw/>。
4. 經濟部水利署，2009，莫拉克颱風災後疏濬及復健，全國治水會議。
5. 經濟部水利署，2009，莫拉克颱風水文分析報告。
6. 經濟部水利署，2009，莫拉克颱風水災調查報告。
7. 國家災害防救科技中心，2010，莫拉克颱風之災情勘查與分析(摘要本)。