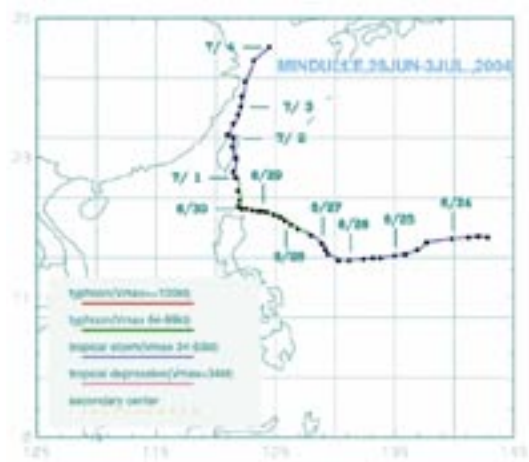


敏督利颱風對六龜試驗林林道之影響及復建對策

◎集水區經營組・黃瓊璿 ◎六龜研究中心・林照松 ◎推廣組・王炳宗

緣由

敏督利（Mindulle）颱風在2004年6月23日於關島西北方海面生成，以偏西方向移動，28日移速減慢，30日方向轉北朝台灣東部移動，其中心於7月1日22時40分左右在花蓮市南方約20公里處登陸，次日上午由淡水附近進入台灣海峽，隨後以北北西的方向進入東海，晚間脫離台灣陸地以後，引進史上最大規模的強烈西南氣流。從7月2日的衛星雲圖，看敏督利颱風引進的強烈西南氣流，整個環流雲系從孟加拉跨越中南半島延伸到台灣，拖曳長達兩、三千公里以上，除了梅雨季的鋒面雲系以外，從來沒有一個颱風引進的西南氣流，出現如此壯觀的規模。綜言之，此颱風於7月2日至4日北上期間引進西南氣流，挾帶豐沛雨量，是造成台灣各地災害的主因，其路徑如圖一所示。



圖一 敏督利颱風路徑（資料來源：中央氣象局）

果不其然，氣象局於7月2日晚間11時30分解除敏督利颱風陸上警報後兩天內，此西南氣流在中南部帶來超過一千公厘的暴雨，高縣桃源鄉溪南站雨勢更是驚人，幾乎在五天之內就把全年平均2515公厘的總雨量耗掉了85%！更在南投國姓鄉出現時雨量166公厘的超強降雨！根據氣象局初步的估算，此段期間（6月30日至7月5日）累計降雨量排名如下：

表一 敏督利颱風各地總雨量排名統計（2004年6月30日至7月5日）

排名	行政區	站名	累積雨量（mm）
01	高雄縣桃源鄉	溪南	2154.5
02	高雄縣桃源鄉	御油山	2036.5
03	高雄縣桃源鄉	小關山	1849
04	高雄縣桃源鄉	南天池	1762
05	高雄縣桃源鄉	新集	1749
06	台中縣和平鄉	雪嶺	1685.5
07	南投縣仁愛鄉	阿眉	1663
08	高雄縣六龜鄉	新發	1657.5
09	高雄縣桃源鄉	梅山	1650
10	台中縣和平鄉	稍來	1645
11	台中縣和平鄉	上谷關	1431
12	南投縣信義鄉	神木村	1424.5
13	高雄縣桃源鄉	高中	1418.5
14	屏東縣三地門鄉	尾寮山	1390
15	台中縣和平鄉	烏石坑	1350
16	高雄縣桃源鄉	楠溪	1293.5
17	台中縣和平鄉	白冷	1247.5
18	屏東縣瑪家鄉	瑪家	1233.5
19	南投縣仁愛鄉	翠巒	1231.5
20	台中縣新社鄉	白毛台	1231

資料來源：雨量記錄資料為中央氣象局所發布台灣颱風資訊中心TTC製作 <http://ttic.adsldns.org/>

其實，從中央氣象局單日降雨排序的資料來看，本颱風原是沿著東台灣海面北上，所以在6月30日及7月1日之降雨，集中在台東、花蓮一帶，到了7月2日、3日、4日，西南氣流開始肆虐，超豪大雨一路由南台灣高屏流域，橫掃到中台灣大甲河流域，造成西南部山地和平原一片慘狀。統計農業總損失五十七億八千一百一十萬元，其中農林漁牧業損失是三十五億元、農業公共設施損失是二十二億多元，其他損失二千八百二十六萬元。其他工業損失約三到四億元，商業損失約二億零二百萬元。根據中央災害應變中心最新水災災情報告，這次敏督利颱風帶來豪雨災情，總計造成二十五人死亡、十六人受傷、十一人失蹤，各單位累計救援人數達二千三百三十七人。

六龜研究中心受災狀況

敏督利颱風挾帶豐沛雨量侵襲中南部地區，尤其高屏溪上游集水區如高雄縣桃源鄉、六龜鄉及屏東縣三地門鄉等地，7月2日至7月4日間累積雨量皆超過1,200mm，居全台之冠，連日豪雨造成高屏溪水位暴漲，沿線公路橋樑除南二高之高屏溪橋及萬大大橋仍維持通行外，其餘橋梁皆因水位暴漲而封閉，其中跨越高屏溪支流荖濃溪之六龜大橋下游側橋墩，更因洪水冲刷下陷25公分，致影響人員車輛出入，益增搶救災害之困難度。六龜鄉通往茂林鄉之台27線公路，在大津葫蘆谷路段因路基流失和積水而無法通行；六龜育幼院主要聯外道路東溪橋之橋面亦斷落流失；其他農作物損失為數不少。

林業試驗所六龜研究中心之房舍、設備、試驗林地均位於此次受災地區，為有效掌握實際災情，中心同仁於第一時間排除萬難趕赴現場調查，其中多納林道因部分道路路基嚴重流失，無法通行機動車輛，但仍以接駁和步行方式全線巡查，其餘扇平、鳳崗、南鳳等林道，均以最快速度完成詳細調查，並依「林業試驗所天然及重大災害查（通）報作業流程」相關規定，層報上級處理。經彙整六龜研究中心之損失情形如下：

1. 扇平林道崩塌13處，崩塌土方約1,900m³；路基坍塌300m，淘空4處，流失土方約300m³。（損失1,200千元）。
2. 鳳崗林道，上邊坡崩塌8處，崩塌土方約1,200m³；路基坍塌失500m，淘空3處，流失土方約6,000m³。（損失3,000千元）。
3. 南鳳林道，上邊坡崩塌5處，崩塌土方約1,750m³；路基坍塌80m，淘空2處，流失土方約700m³。（損失2,000千元）。
4. 多納林道，上邊坡崩塌22處，崩塌土方約3,050m³；路基坍塌90m，淘空4處，流失土方約1,250m³。（損失2,500千元）。
5. 六龜之扇平園區內之步道便橋2座流失。（損失400千元）。
6. 六龜之扇平園區內之水泥柱棧道流失20m。（損失50千元）。
7. 六龜之試驗集水區4座量水堰淤積土石約400立方公尺。（損失500千元）。
8. 扇平林業教育推廣中心玻璃門破損、電梯控



圖二 3K+750路基淘空岩盤裸露

制線路故障、緩衝器積水、室內木造裝璜受潮等（共損失78千元）。

9. 無線電基地台毀損及扇平通訊系統毀損（損失150千元）。

4. 管涵脫落（含出水口）， $L=6\text{m}$ 。

5. 靜水池掩埋1處。

6. 路基流失 $H=4\text{m}$ ， $W=30\text{m}$ ， $L=55\text{m}$ 。

7. P.C路面毀損， $W=5\text{m}$ ， $L=35\text{m}$ 。

損失金額：約3,000千元

災害相片：圖二

三、復建計畫：

1. 復建工程內容：表二

2. 初步設計草圖：圖三

林道災害調查及對策擬定

本所「林道小組」之組成，乃為協助各研究中心試驗林有關林道維護，及各項水土保持設施之規劃。因此於災害發生之初，旋即會同相關人員至現場勘查，鎖定有關林道及水保措施之災害及復建評估，經充分交換意見和討論，針對個案不同條件而擬定最適當的處理對策，選擇合宜的工法並估算工程數量和單價，據以為後續作業之基本資料。茲將各災害及急需復建項目整理如項目一至項目五：

項目一：南鳳林道災害復建工程

一、災害發生日期：2004年7月3~7日

原因：敏督利颱風（天然災害）

地點：高雄縣茂林鄉（南鳳林道

3K+400~3K+750）

衛星定位點：X座標：218,332

Y座標：2,542,219

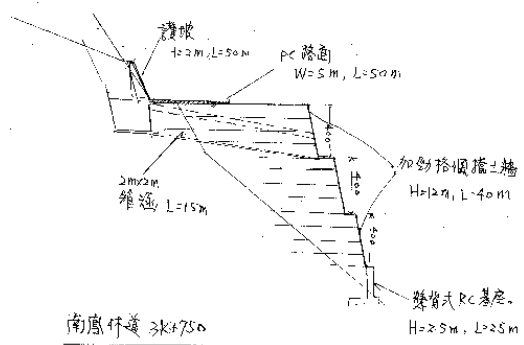
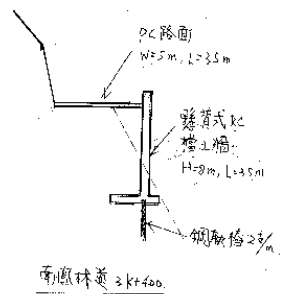
二、災害內容：

數量：

1. PC擋土牆掉落， $H=3.5\text{m}$ ， $L=30\text{m}$ 。

2. 土石崩落， $H=4\text{m}$ ， $W=5\text{m}$ ， $L=35\text{m}$ 。

3. R.C擋土牆滑落， $H=4\text{m}$ ， $L=25\text{m}$ 。



圖三



圖四 12K+100路基沖蝕及下邊坡土石滑落

表二

南鳳林道			
項次	樁號	擬復建項目	經費概估
一	3k+400處	1.懸臂式R.C擋土牆（基礎加鋼軌樁），H=8m，L=35m。 2.P.C路面，W=5m，L=35m。	3,000千元
二	3k+750處	1.懸臂式R.C擋土牆，H=2.5m，L=25m。 2.2m*2m箱涵（含靜水池與出水口），L=15m。 3.加勁格網擋土牆，H=12m，L=40m。 4.護坡，H=2m，L=50m。 5.P.C路面，W=5m，L=50m。	6,000千元
合計			9,000千元

項目二：鳳崗林道災害復建工程

一、災害發生日期：2004年7月3~7日

原因：敏督利颱風（天然災害）

地點：高雄縣桃源鄉（鳳崗林道

12K+000~12K+900）

衛星定位點：X座標：219,885

Y座標：2,544,733

二、災害內容：

數量：

1.路基淘空：H=5m，W=38m，

L=120m。

2.管涵掉落1處。

3.駁坎滑動脫落H=3m，L=20m

4.P.C路面毀損，W=2m，L=25m。

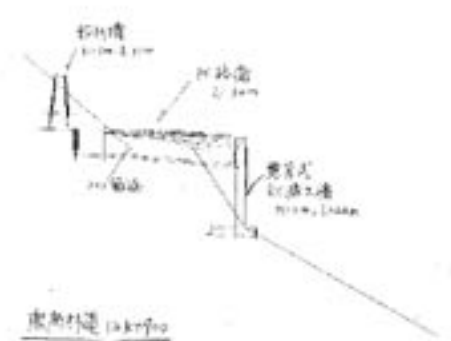
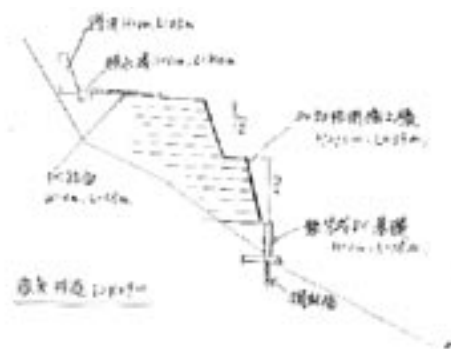
損失金額：約2,000千元

災害相片：圖四

三、復建計畫：

1.復建工程內容：表三

2.初步設計草圖：圖五



圖五

圖六 4K+900下邊坡路基淘空

表三

鳳崗林道			
項次	樁號	擬復建項目	經費概估
一	12k+100處	1.懸臂式R.C擋土牆（基礎加鋼軌樁），H=2m，L=38m。 2.加勁格網擋土牆，H=10m，L=38m。 3.排水溝（1m*1m），L=140m。 4.護坡，H=3m，L=45m。 5.P.C路面，W=4m，L=45m。	4,000千元
二	12k+900處	1.節制壩，H=5m，L=12m。 2.2m*2m箱涵（含靜水池與出水口），L=12m。 3.懸臂式R.C擋土牆，H=5m，L=20m。 4.P.C路面，W=4m，L=30m。	1,500千元
合計			5,500千元

項目三：多納林道災害復建工程

一、災害發生日期：2004年7月3~7日

原因：敏督利颱風（天然災害）

地點：高雄縣茂林鄉（多納林道
4K+900~4K+950）

衛星定位點：X座標：221,210

Y座標：2,532,927

二、災害內容：

數量：

1.路基淘空，H=5m，W=3m，
L=15m。

2.土石崩落，H=2m，W=4m，
L=20m。

3.PC路面受損，W=3m，L=15m。

損失金額：約350千元

災害相片：圖六

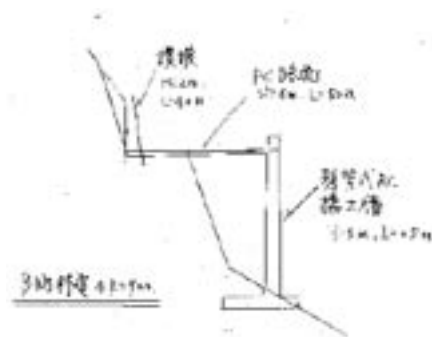
三、復建計畫：

1.復建工程內容：表四

2.初步設計草圖：圖七

表四

多納林道			
項次	樁號	擬復建項目	經費概估
一	4k+900 ~ 4k+950處	1.懸臂式R.C擋土牆， H=5m，L=25m。 2.護坡，H=2m， L=40m 3.P.C路面，W=4m， L=50m。	1,500千元



圖七

圖八 1k+500路基塌陷

表五

多納林道支線			
項次	樁號	擬復建項目	經費概估
一	1k+500處	1.懸臂式R.C擋土牆，H=4m，L=25m。 2.P.C路面，W=4m，L=35m。	800千元
二	3k+250處	1.護坡，H=3m，L=30m。 2.P.C路面，W=5m，L=50m 3.懸臂式R.C擋土牆，H=4m，L=20m。	1,200千元
合計			2,000千元

項目四：多納林道支線災害復建工程

- 一、災害發生日期：2004年7月3~7日
 原因：敏督利颱風（天然災害）
 地點：高雄縣茂林鄉（多納林道支線
 1K+500、3K+250）
 衛星定位點：X座標：222,627
 Y座標：2,532,361

二、災害內容：

數量：

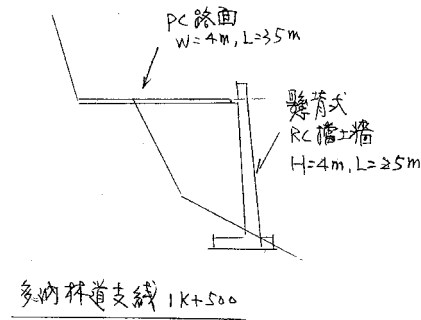
- 1.路基淘空，H=3m，W=2m，
L=20m。
- 2.土石崩落，H=5m，W=4m
L=25m。
- 3.檔土牆毀損，H=3m，L=20m。

損失金額：600千元

災害相片：圖八

三、復建計畫：

- 1.復建工程內容：表五
- 2.初步設計草圖：圖九



圖九

項目五：鳳崗林道支線災害復建工程

- 一、災害發生日期：2004年7月3~7日
 原因：敏督利颱風（天然災害）
 地點：高雄縣桃源鄉（鳳崗林道支線
 14K+500~15K）

二、災害內容：

數量：

- 1.路基下陷：H=5m，W=10m，
L=110m（近地滑之頭部）。
- 2.本處為一大型之地滑，其範圍尚未
能確定，估計約有200m（長）x120m



圖十 原有路基下陷滑移

（寬）x10m（深），據現場判斷仍可能繼續滑動，應先予監測再做處理。

災害相片：圖十

三、復建計畫：因受害狀況尚未仔細調查，故復建工程內容保留。本地滑區不影響主要交通，且無立即處理之條件，擬先行監測計畫，再做復建評估。

林道災害發生之原因及檢討

綜合探討本次六龜試驗林林道（鳳崗及支線、南鳳、多納及支線）總計八處發生較明顯災害之案例，大抵可歸結若干原因：

一、地質地形因素：整個區域有台地堆積、六龜礫岩、糖恩山砂岩、長枝坑層、樟山層、新威向斜、茶頂山背斜、新發斷層、六龜斷層等豐富地質構造。山區地層岩性屬中新世晚期，為黑色粘板岩和砂岩互層構造，因受板塊擠壓作用，岩層破碎、節理發達、風化程度高、傾斜角度頗大，因而容易形成岩塊崩落、順向坡平面滑動，如南鳳林道

3k+750、鳳崗林道12k+100，均為此例。至於鳳崗林道14k+500之地滑，初步研判應屬河流上源頭之零次谷，本就是地表水及地下水集流通道，加之地層中似有一層石墨質頁岩，遇水極易軟化而形成滑動層，此一豪大雨扮演加速催化的角色，使得土塊荷重增加和抗減強度減弱，乃發生大面積滑動。

二、降雨量因素：從累積雨量來看，排名前二十名的測站，雨量都超過一千公厘，第二名的御油山站甚至超過二千公厘，中央氣象局御油山站乃是位於六龜試驗林之北端，此一降雨量是台灣許多地方一年的降雨量，結果三天內竟然全下完了。敏督利颱風的中心在7月2日中午出海，但是在颱風暴風範圍之外的中南部地區，卻從2日清晨開始降下豪雨，而且雨一下就是三個整天沒停過，這段期間苗栗以南到屏東的山區累積雨都超過一千公厘。根據下表的比較結果，以及對超大雨量造成災害的經驗，可得知為何敏督利會帶來如此重大的災情。

三、工程設計因素：應用工程構造物的兩大著眼：一是穩定土方；二是安全排水。要掌握第一項比較沒問題，因多為可目視和計算的部分。而排水則牽涉較多變數和地表下的因子，要面面

表六 近年重大颱風雨量參數之比較

雨量站		2001/07/28-31		2001/09/06-19		2004/06/30-07/05	
		桃芝颱風		納莉颱風		敏督利颱風	
		最大降雨強度 (mm/hr)	總累積雨量 (mm)	最大降雨強度 (mm/hr)	總累積雨量 (mm)	最大降雨強度 (mm/hr)	總累積雨量 (mm)
南投縣信義鄉	神木	91.0	757.0	15.5	237.0	100.5	1425.5
南投縣國姓鄉	九份二山	95.0	357.0	7.5	56.5	166.5	1159.0
台中縣和平鄉	雪嶺	81.5	480.0	30.5	157.0	106.5	1695.0
高雄縣桃源鄉	御油山	52.5	434.5	38.5	500.5	130.5	2036.0

俱到相當不易。道路經過水路的橫向排水，若干年前在設計上大抵以管涵為之，但是從這次在南鳳林道3k+750、鳳崗林道12k+900兩處之狀況，管涵均不足以安全排水，原因在於：排水斷面不佳易被雜物阻塞；結構性差，不足以抵抗因基礎變動所形成的應力而損壞，導致逕流集中淘刷，沖毀下邊坡駁坎，反而變成禍源。因此後期的設計改變為箱涵結構，加大排水面積和強度，於多納林道4k+900處可以看到大斷面箱涵的效果。

結語

在台灣地區，道路崩壞中斷幾乎是與颱風侵襲畫上等號，尤其經歷九二一地震災變後，狀況更為嚴重。山區道路因其土方之挖、填數量大，破壞了邊坡和原有排水路的自然穩定，且於短期內無法恢復，致使地文及水文劇變；加以因經費所限，往往未能及時予以妥善維護，而造成路面逕流到處流竄破壞路基，大量土砂因而產生。道路經過地質欠佳地區，所引發之坍方、滑動，非但影響道路正常功能且對集水區水土保持之危害也極為嚴重。

森林生態系經營計畫的推動，將是未來試驗林經營工作的重點，而保持林道的暢通，實為執行相關現場工作所必須，且由於良好的維護，亦可減少泥沙的產生，進而提升整體經營的績效。林道之開築，除使路面邊坡易受雨水沖蝕外，由於自山坡挖除一部分土方，結果易使路面上方之山坡面，失去原有之支持而崩坍。如地質情況欠佳，或有地下水配合作用時，此種崩坍更有繼續惡化之傾向而往

往發展成為不可收拾之大崩場地。因此，設法避免林道之沖蝕，係在安定交通路線上，也在集水區治理上，極需解決之問題。常見的林道災害中，常因管涵或排水溝遭土石阻塞於內，使得地表水及土石漫流於路面，未能達到適當地疏導水、土之作用。為避免此類災害，可在設計上加強其不足處予以解決。

本所累積過去十數年的實務經驗，雖因若干客觀條件限制，而未能完全避免試驗林中林道的損害，但亦能視各個案例特性，提出適當的因應措施，將天然災害的影響降至最低。於敏督莉颱風過後，至現場檢視去（2003）年所完成的林道維護工程，其主體結構均完好，所鋪設必要的水泥路面，亦發揮了保護路面路基的作用，使地表逕流依所設計的路徑分散排出，大大減少了通常因道路沖蝕所引起的上下邊坡崩坍。此外，於規劃工程案件時，「安全」和「生態」都是同時考量的重點，以符合永續經營的精神。以台灣如此不利的地文、水文、人文條件，有開發必定帶來破壞，對於六龜試驗林之林道維護，實不敢奢言其能達成不干擾自然生態系的目標，而是盡力減少災害對生物及其棲息地的重大傷害，減緩環境劣化的速度。⊗