

行 政 院 農 業 委 員 會
林 務 局 屏 東 林 區 管 理 處

「五子寮北集水區土砂災害調查及治理評估規劃委託技術服務」（103A2-3）

成果報告書

規劃單位：嘉磐工程技術顧問有限公司
地　　址：高雄市旗山區泰安街91號
電　　話：0980571353　　傳真：07-6628915
電子信箱：Frec789@gmail.com

摘 要

本計畫之規劃範圍區域係於高雄市甲仙區小林里境內，屬五子寮北集水區，集水區面積為 1,042 公頃，其中，包含旗山事業區第 21-23 林班，總國有林班地面積約 983 公頃，(位置詳圖 2-1)。該集水區係由甲仙區小林里舊址南邊之角埔溪為水系所發展之集水區域，民國 98 年 8 月侵台之莫拉克颱風曾造成該集水區源頭、邊坡崩塌及土石流等極大之災害。惟自近年 101 年 6 月 10 日豪暴雨及 6 月 19 日泰利颱風侵襲起，至去(102)年蘇力、潭美及康芮颱風挾帶連日豪雨侵襲下，致使集水區源頭林班地內及中、上游主支流兩側岸邊坡再次產生局部崩塌，大量土石崩落溪床，並順水流帶往下游，造成大量土石堆積、阻礙河道、阻斷交通，並影響當地居民出入及安全甚鉅。

屏東林區管理處鑒於全球氣候環境變遷的影響，導致降水極端化，造成雨水強度甚強且集中帶來了洪水及土石坍方，為防止該集水區林班崩塌土石下移堆積，並減少野溪側岸沖刷擴大，避免危及當地居民生命財產安全，維持下游端台 21 線交通順暢，特於 103 年度「國有林整體治山防災及國家森林遊樂區聯外道路維護計畫」項下編列辦理本「五子寮北集水區土砂災害調查及治理評估規劃委託技術服務案」(103A2-3)，就河道整治、崩塌地處理、土石流抑制等，提具完善可行之整體規劃方案。

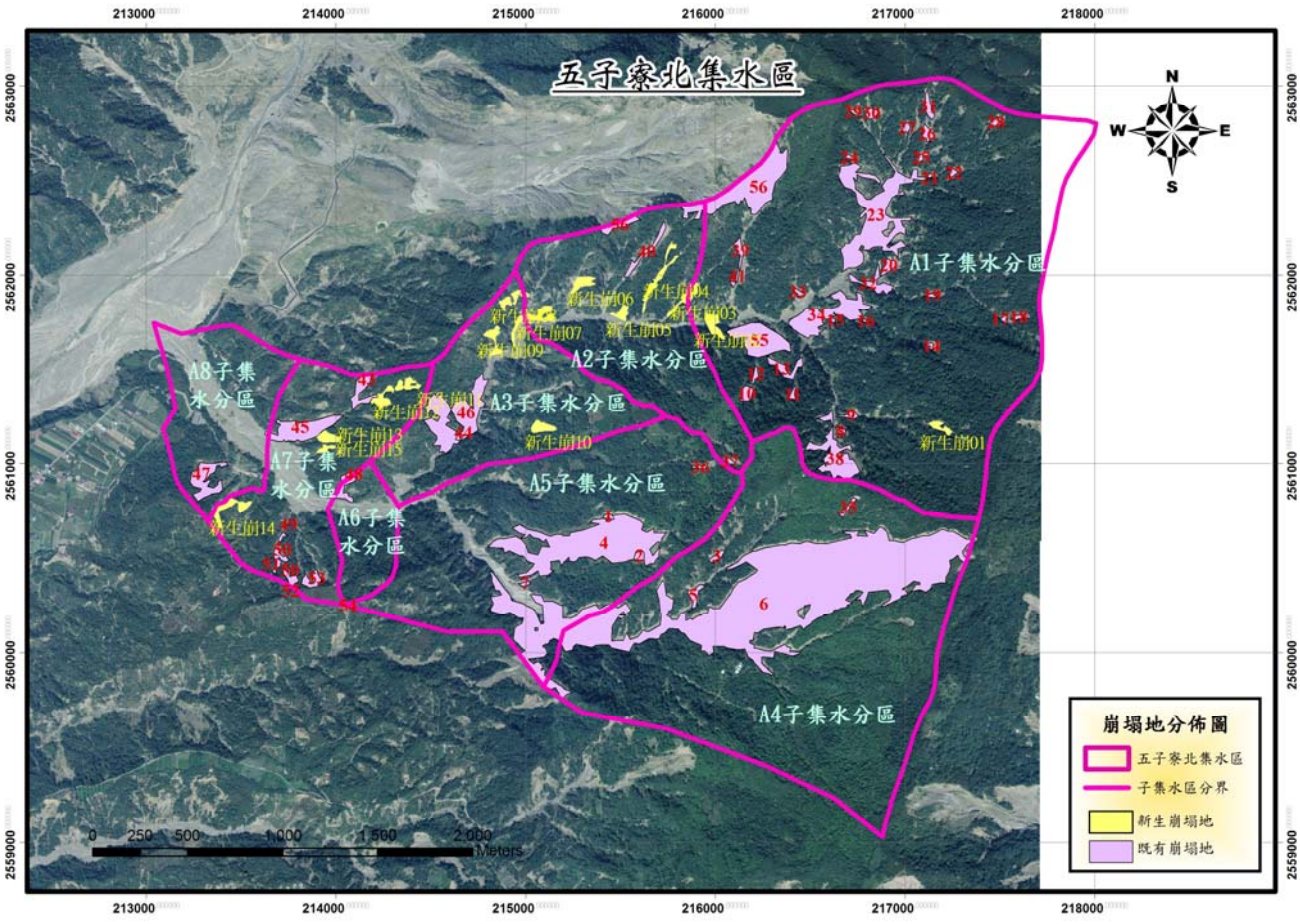
一、本計畫區基本資料蒐集及調查：

本計畫於計畫執行期間，針對集水區之人文概況、水文、地文、交通及以往相關計畫...等，蒐集相關的資料，並進行崩塌地、野溪、具土石流潛勢之溪段、治理工程與構造措施及林區道路調查，掌握集水區的現況，作為規劃的依據。有關本規劃調查成果的文字、圖資及現地照片，詳細內容請見本報告書的第二及第三章說明。調查成果彙總如後述：

本計畫一共進行了 71 處崩塌地調查、2 處具土石流潛勢之溪流溪段、38 處野溪河段現況調查、1 處道路路段、1 處橋樑現況調查及 1 處既有治山防災構造物調查等，其中，有關崩塌地、具土石流潛勢之溪流溪段及野溪沖淤河段等 3 項調查成果結論如后，道路路段、橋樑及治山防災構造物調查成果，請詳參前第三章章節內容：

(一)崩塌地調查分析成果

集水分區	面積(ha)	崩塌面積(m^2)	崩塌量(m^3)	崩塌率(%)	崩塌地處數
A1	327.29	352,092	1,329,780	10.76	34
A2	88.16	28,619	94,239	3.25	6
A3	77.05	86,035	287,369	11.17	6
A4	251.91	667,859	2,559,366	26.51	4
A5	144.89	144,307	536,554	9.96	5
A6	21.78	8,668	30,672	3.98	1
A7	71.92	80,381	296,246	11.18	14
A8	59	20,198	66,229	3.42	1
合計	1,042	1,388,159	5,200,457	13.32%	71



(二)具土石流潛勢之溪段調查分析成果

支流名	集水分區	溪段縱坡(%)	崩塌地面積(ha)	再崩塌風險評估	土石流平衡泥砂體積濃度 C_D 值	預估可能產生土石流況之溪段		
						源頭發生段	土石輸送段	土石堆積段
北支流	A1	24.4	38.73	高	0.324	P2 點上游之溪段	P2 點往下游延伸約 700-800m 之溪段	P4 點往北支流上游延伸約 300-400m 之溪段
	A2	21.91	1.01	高	0.276			
南支流	A4	31.01	73.12	低	0.482	P3 點上游之溪段	P3 點往下游延伸約 700-800m 之溪段	P4 點往南支流上游延伸約 200-250m 之溪段

(三)野溪溪段沖淤調查分析成果(以集水區區分溪段)

集水分區名稱	面積	坡面土砂遞移率(%)	坡面土壤沖蝕量(m^3/年)	崩塌殘餘量(m^3)	坡面進入河道總土砂量(m^3)	河道輸砂量(m^3)	土砂收支量(m^3)	溪床變異性
A1	327.29	19.43%	137,309	569,899	137,433	298,737	-957,468	沖刷
A2	88.16	31.03%	30,513	37,882	21,225	232,760	688,748	淤積
A3	77.05	32.10%	21,409	84,845	34,105	0	1,652,344	淤積
A4	251.91	20.58%	108,869	1,018,281	231,959	221,652	350,369	淤積
A5	144.89	25.17%	50,937	168,226	55,165	106,376	1,050,047	淤積
A6	21.78	49.73%	5,373	1,959	3,646	0	980,073	淤積
A7	71.92	31.29%	15,348	88,947	32,631	0	259,139	淤積
A8	59	31.00%	7,785	15,011	7,067	0	67,940	淤積

二、本計畫區災害的成因：

(一)坡面陡峭、地質破碎

本計畫區內平均坡度為 59.03%(換算為 36.18 度)，坡面甚為陡峭。加上地質結構破碎和颱風所帶來洪峰侵襲的環境下，使得本計畫區內集水區源頭及兩側邊坡崩塌嚴重。靠近溪側之山邊坡地則因水流縱、橫向沖刷之作用，淘空邊坡基腳，而產生坡面坍滑、大量土石崩落淤積於溪床。

(二)上游河床縱坡陡峭、下游溪床縱坡平緩

計畫區溪床的大量土、砂來源，除由土壤沖蝕及崩塌土石量提供外，另因上游溪床縱坡陡峭(北支流平均溪床坡降為 18.98%，南支流平均溪床坡降為

26.12%)，颱洪或暴雨所帶來超大長延時之雨量、帶動土石往下游溪床縱坡平緩之處，致使土砂淤積於河道，不易順利輸出，並使下游溪床抬昇，過多的土砂將於往後遭逢暴洪時，便會直接對下游地區造成傷害。

(三)氣候變遷，瞬時降雨強度提高、持續降雨延時拉長

由於近年來大環境氣候變遷之影響，台灣的降雨型態日益趨向於極端化，旱澇分別明顯，依據本計畫所蒐集之雨量資料顯示，本集水區內年平均雨量高達2,967mm。雨量集中，也增加降雨對地表破壞的能力，亦是本計畫區致災的因素之一。其中，莫拉克颱風迫使本五子寮北集水區產生崩塌之降雨條件至少為2,017mm，而歷年來影響本五子寮北集水區之其他颱風、暴雨降雨量值無論連續最大一日、二日、三日均小於此 2,017mm 之臨界限度，故多年來(莫拉克颱風之前及後)本五子寮北集水區仍可維持整體集水區之穩定無礙，當可理解。對於長延時之持續降雨雨量可視為本集水區之主要災因之一。另由莫拉克颱風之 8 月 9 日早上 5 時許之瞬時雨量強度為 24mm/hr，照講其當時之雨量並不高，其最高強度應為 8 月 8 日晚上 16-19 時的時候，其瞬時雨量強度達到 100mm/hr 以上或接近 100mm/hr，且在午夜前其瞬時雨量強度仍有將近 80mm 以上之量，此時之雨量強度及累積降雨(自 8 月 8 日晚上 16 時起至午夜之 9 小時內，半天不到的時間內累積雨量達到 794mm)已迫使獻度山山嶺邊坡瀕臨崩潰之臨界狀況，終至 8 月 9 日早上 5 時許發生獻度山大崩塌，將小林村掩埋之重大災害。由此可看出瞬時雨量強度提高，同理亦可視為造成本集水區之主要災因之一。

三、本計畫區集水區問題分析：

由於颱風、豪雨所帶來洪峰侵襲及地質破碎環境下，使得本計畫區內源頭及兩側邊坡崩塌嚴重，靠近溪側之山邊坡地則因水流縱、橫向沖刷之作用，淘刷邊坡基腳，而生坡面坍滑、大量土石崩落溪床，並順水流帶往中、下游平緩處淤積，形成河道淤塞之窘境，此一土砂運移之過程及數量，將直接造成河道溪床之沖、淤現象，且直接或間接造成下游保全對象之安全疑慮。

(一)降雨災害問題

經前 4.2 節水文分析之說明及前 3.6.1 節針對莫拉克颱風之降雨歷程所造成本集水區之崩塌災害，本集水區確實因為瞬時降雨強度提高、持續降雨延時拉長

之氣候變異因素，而造成水、土之災害。此降雨因素無可厚非為本集水區無法事先預防之導致災害重大成因之一。雖然吾人無法預防及掌控氣候變遷所導致之降雨災害，但可進行分析研判，俾作為災害預警或示警之參考依據。

(二)坡面沖蝕問題

依據現場實地勘查結果，此角埔溪主、支流河段兩側之集水區域，其地形坡降均為陡峭，相鄰溪床之坡岸坡面沖蝕情況嚴重，主要可能因素係因早年(包含莫拉克風災時)土石流量發生致使土石流量衝擊與刷蝕岸坡，使得原有岸側土地經沖刷流失，迫使河槽擴大，災後經刷蝕殘留之岸坡坡面裸露，裸露坡面易生沖蝕之狀況。

(三)崩塌地問題

綜合分析本計畫集水區內崩塌地崩塌原因研判係因經莫拉克及歷次颱風豪雨之侵襲，帶來超大且長延時之降雨，導致邊坡土體含水飽和，土體過重且逕流入滲嶺線裂隙，滲水順沿岩體節理弱面而滑坡產生崩塌且部分崩塌地位兩側沖蝕溝之左、右側岸，屬於河岸崩塌，周邊並無保全對象，各崩塌地下方即為溪床，崩塌原因為坡面植生根系固結不良、坡面排水不良且基腳無護岸保護，溪流持續沖刷基腳以致坡腳弱化而崩塌所致，坡面仍呈土質鬆動之現象，仍有土砂堆積、下移。在主流下游溪段之 A6、A7、A8 等三集水區崩塌地共計有 16 處，總共之崩塌面積為 12.6062ha，約佔該角埔溪主流集水區面積之 8.24% ，粗估所產生之總泥砂量為 393,148m^3。在角埔溪北支流 A1、A2、A3 集水分區崩塌地共計有 46 處，總共之崩塌面積為 53.436ha，約佔該角埔溪北支流集水區面積之 10.84% ，粗估所產生之總泥砂量為 1,711,389m^3。而於角埔溪南支流 A4、A5 集水分區崩塌地共計有 9 處，總共之崩塌面積為 88.6827ha，約佔該角埔溪北支流集水區面積之 22.35% ，粗估所產生之總泥砂量為 3,095,920m^3。

(四)河道沖淤問題

1. 角埔溪主流集水區(包含 A6、A7、A8 集水分區)

經 4.3.2.5 節之整體土砂收支量估算結果，此集水區內之 A6 集水分區主河道溪床為淤積之情況，淤積土石量為 980,073m^3、A7 集水分區主河道溪床為淤積之情況，淤積土石量為 197,046m^3、A8 集水分區主河道溪床亦為淤積之情況，淤

積土石量為 67,940m^3，該角埔溪主河道溪床淤積之主因係為承納來自上游南、北兩支流之下移輸運土石量，而當上游集水分區之土石輸運至此後，溪床突然變緩，其單位河寬河床載啓動流量 qc(cms/m)因大於單位河寬流量 q(cms/m)情況下，致使土砂量容易在此 3 個集水分區域形成淤積之情況，此與現勘調查結果頗為近似。此主流溪段之總淤積量預估尚有 1,245,058 m^3 之量。

2. 角埔溪北支流集水區(包含 A1、A2、A3 集水分區)

經 4.3.2.5 節之整體土砂收支量估算結果，此集水區內之 A1 集水分區主河道溪床為沖刷之情況，沖刷土石量為 977,611m^3，河道有下切、向源侵蝕之虞、A2 集水分區主河道溪床為淤積之情況，淤積土石量為 644,125m^3、A3 集水分區主河道溪床亦為淤積之情況，淤積土石量為 1,586,673m^3，該角埔溪北支流集水區河道溪床於 A1 集水分區之溪段，由於莫拉克與爾後之颱洪產生土石流況之因素，造成該集水分區野溪及沖蝕溝源頭多處崩塌(共 36 處)，崩塌土石混合逕流並順隨河道往下游之 A2 集水分區溪段堆積，由於土壤沖蝕量之部分不足填補歷年之土石沖刷量，故該 A1 集水分區溪床有下切、向源侵蝕之隱憂。而 A2 集水分區之土石淤積主因係為承納來自上游 A1 集水分區之溪段之下移輸運土石量，而當上游集水分區之土石輸運至此後，溪床尚窄，雖其單位河寬河床載啓動流量 qc(cms/m)小於單位河寬流量 q(cms/m)情況下，土砂量仍有動能往下游輸送，惟消化緩慢，容易在此 A2 集水分區形成淤積之情況，A3 集水分區之情況，與 A2 集水分區之情況類似，此與現勘調查結果頗為近似。經估算此角埔溪北支流溪段之總土石收支量仍為淤積之情況，預估尚有 1,253,186 m^3 之淤積量。

3. 角埔溪南支流集水區(包含 A4、A5 集水分區)

經 4.3.2.5 節之整體土砂收支量估算結果，此集水區內之 A4 集水分區主河道溪床為淤積之情況，淤積土石量為 350,369m3，該 A4 集水分區因莫拉克與爾後之颱洪產生土石流況之因素，造成該野溪源頭大崩塌，崩塌土石混合逕流並順隨河道往下游之 A5 集水分區溪段堆積，目前 A4 集水分區之溪段溪床已呈大片岩盤出露之現況，預計除非集水區域內另生大型崩塌地，評估由於崩塌地所產生崩塌土石量再往下游輸送之土石量有限，惟按估算土壤沖蝕量之部份頗大，足以填補崩塌所產生之土石量，故該 A4 集水分區之河段仍呈淤積之狀態。而 A5 集

水分區主河道溪床為承納來自上游 A4 集水分區溪段之下移輸運土石量，而當上游集水分區之土石輸運至此後，溪床尚窄，雖其單位河寬河床載啓動流量 qc(cms/m)小於單位河寬流量 q(cms/m)情況下，土砂量仍有動能往下游輸送，惟消化緩慢，容易在此 A5 集水分區形成淤積之情況，此與現勘調查結果頗為近似。經估算此角埔溪南支流溪段之總土石收支量仍為淤積之情況，預估尚有 1,400,416 m^3 之淤積量。

總體而言，南北兩區之現有溪床仍滿佈淤積土石將近 400 萬方之量，隨時有因颱洪或暴雨之侵襲，逐步下移、輸運至更下游之角埔溪主河道淤積，屆時當造成再下游楠梓仙溪水體之負荷。

(五)具土石流潛勢之溪段問題

推估北支流所屬 A1、A2、及南支流所屬 A4 等 3 個集水分區之 C_D 值(土石流平衡泥砂體積濃度)，分別為 0.324、0.276、0.482，極可能產生土石流況，亦即表示該 3 區之溪段，可能再次因逢颱洪或暴雨之侵襲情況，而產生土石量況之可能。而目前此些溪段尚有大量土石淤積，溪側兩岸邊坡崩塌之情況，當更增加此風險。探知北支流之土石流可能發生源頭起因於 A1 及 A2 集水分區之上游大面積之崩塌地崩塌土石量(即 P2 點之上游集水區域)，並藉由 P2 點往下游延伸約 700-800m 之溪段作為土石輸送之路徑，並於 P4 點往北支流上游延伸約 300-400m 之溪段作為土石堆積之區域，而南支流同理，其土石流可能發生源頭起因於 A4 集水分區之上游大面積之崩塌地崩塌土石量(即 P3 點之上游集水區域)，並藉由 P3 點往下游延伸約 700-800m 之溪段作為土石輸送之路徑，並於 P4 點往南支流上游延伸約 200-250m 之溪段作為土石堆積之區域。

(六)林班道路水土保持問題

主要還是在因集水區內產生土石流流況、崩塌災害及沖蝕溝影響，而致既有林道遭截斷、損毀或路基淘空陷落之情況，比比皆是，目前尚看的到之區域內林班道路遺跡，主要自角埔溪主支流匯口起，尚留有往上游集水區之一條巡山道路可供通行，惟此條林班道路沿線可行進之長度不長，約行進 200m 左右即出現道路崩塌之情況而遭截斷。其林班道路水土保持之情況可見一斑。而位於整體集水區下游左岸之私地(非屬林班)少部分農路路段仍具有加強水土保持之需求及提昇道路導排水之功能，此些農路路段主要 因雨水逕流沖蝕而造成路面及下邊坡

損壞之情形，且大部分農路道路排水設施不足，道路兩側未設置排水溝，多處路面於大雨來時，易成過水路面，土石漫溢，破壞道路基腳，應謀改善措施。建議於道路縱陡坡之路段或遇轉彎路段加設橫向截流溝俾配合既有道路排水系統導除路面逕流至主流溪溝中。

四、本計畫區整體規劃治理對策：

另經本計畫區內之重點災害區位研擬相關整治對策，整體治理對策如下：

（一）崩塌：1.利用自然植生演替，達復育之效。2.坡面處理與植生造林。

治理上，主要針對道路及河岸邊坡崩塌地，和其所衍生之不穩定土砂進行處理，以恢復坡面植生、維持坡腳之穩定，避免坡面持續遭受沖刷。對於大面積土體滑落者，以截排水及及恢復坡面植生為主，規劃進行坡面整坡，移除不穩定土砂，設置縱橫向排水設施。坡面植生以打樁編柵方式進行，先以植草恢復坡面植生覆蓋，改善坡面沖刷清形，後續則導入灌木與喬木等深根性植生予以強化保護。對於因坡面覆蓋不佳，造成坡面沖刷崩塌，規劃進行坡面整坡，消除蝕溝後，以打樁編柵方式進行坡面植生，並於坡面設置截排水設施。而為降低洪峰流量，可於裸露地實施造林，森林可以緩和洪水期之尖峰流量，而增加枯水期的逕流量，坡面植生可以增加地面粗糙率，降低地面逕流水之流速，促使到達地表之雨水滲入土中，以減少地面逕流。

（二）土石流：緩坡、防止土石下移。

1.土石發生段之土石料源主要來自上游源頭及兩側邊坡之崩塌。為保護並控制上游源頭及兩側邊坡崩塌的持續，當視崩塌現場之狀況並配合環境之需求，於崩塌源頭下游側施以橫向控制構造設施及崩塌邊坡基腳處施以護岸保護，攔阻並控制土石持續下移之情況及採崩塌坡面順導排水方式穩定崩塌後之邊坡。

2.土石輸送段治理重點應防止溪床受土石流量產生縱向刷深現象，而持續增加土石料源帶往下游堆積而生災情之狀況；因此可配合設置橫向構造物如固床工、跌水工、梳子壩或潛壩等俾減緩溪床坡度減降流速。

3.主支流野溪下游土石堆積段之治理構想原則仍應就清疏淤積土砂石為主。惟因楠梓仙溪於近幾年度持續進行溪床清疏之因素，直接影響本角埔溪下

游溪床之升降變化結果。

（三）沖蝕溝：穩定河道、抑制縱橫向沖刷。

（四）道路水土保持：道路上邊坡處理、道路下方排水改善。

1.林班道路上邊坡崩塌對道路之破壞：其處理對策將以邊坡穩定處理手法為主，處理方式可以較偏向工程方法或較偏向生態之植生方式進行。至於上邊坡岩石墜落對林區道路危害之處理方式，應視邊坡崩塌機制選擇適當之處理工法，若屬小規模落石，可採防止落石發生之工法或採捕捉落石之方法處理；若屬平面滑動則應儘量避免砍斷坡腳。

2.林班道路下邊坡崩塌對道路之破壞：道路下邊坡崩塌對道路之破壞，主要為造成路基流失，因此除了上述之處理對策以外，治標方式可包括加深路基基礎甚至採用深基礎，治本方式則可採蝕溝控制與河岸保護之相關工法以避免降低下邊坡之穩定性；除此之外，林班道路排水之改善對於道路下邊坡之穩定亦相當重要。

3.坡面蝕溝流出對道路之破壞：坡面蝕溝與道路交會處，常因排水設施不良，直接造成沖毀、淤埋道路路基或順道路縱向沖刷，治理上應依蝕溝有效集水面積估算後，設置排洪斷面足夠之箱涵。

4.林班道路邊坡整體穩定性不足對道路之破壞：林班道路所處邊坡整體穩定性不足，將因整體滑移而造成路基斷裂，最常見情形為路基位於崩塌地滑動區或斷層錯動區，面對此一災害，最佳之處理之對策係非工程之方式即以避開為宜，尤其大規模之崩塌地或重要斷層破碎帶，若以工程方式對抗，常將面臨失敗之命運。

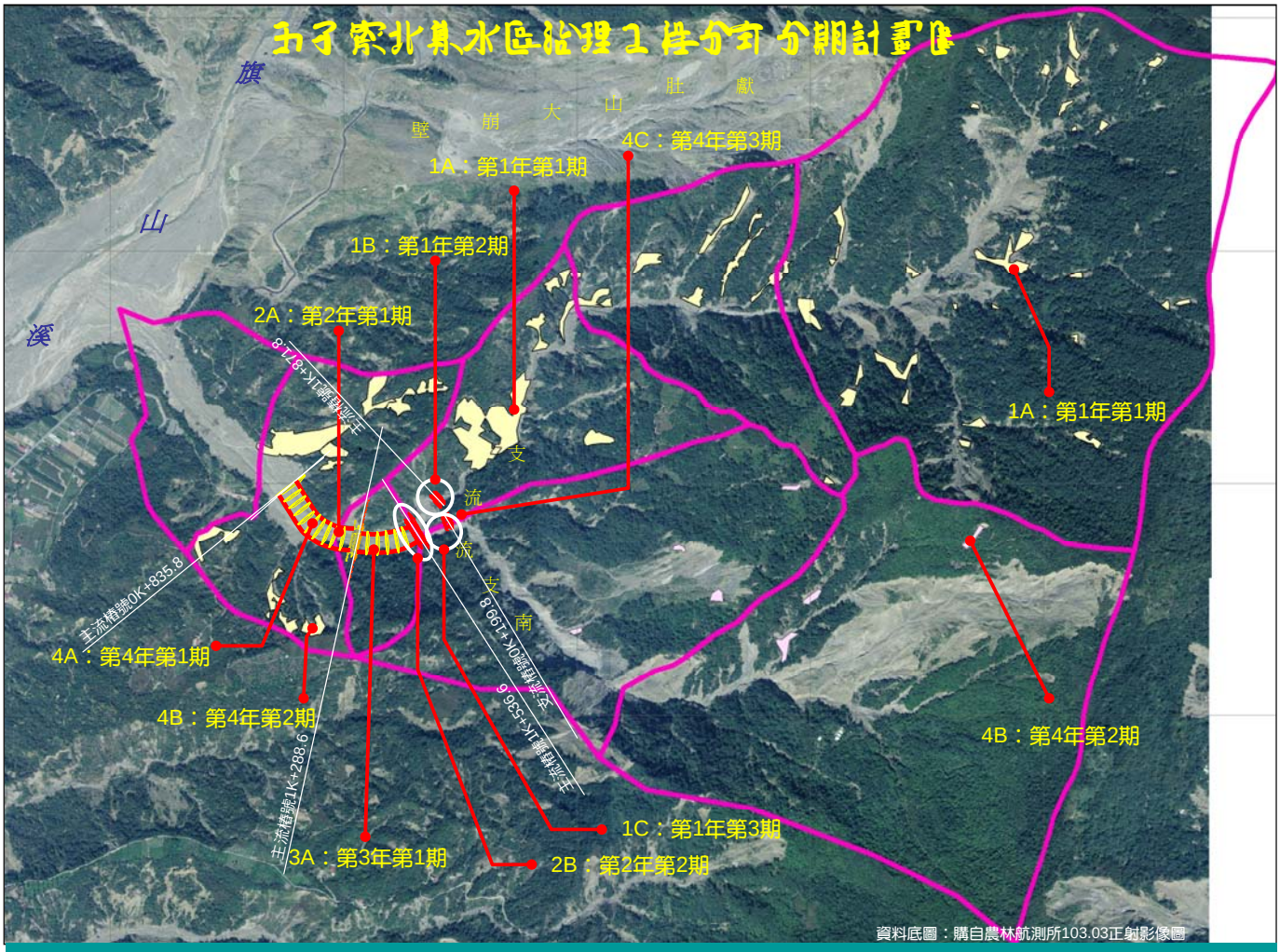
五、本計畫區整體治理分年分期規劃：

擬定之本五子寮北集水區(旗山事業區 21-23 林班)之治理工程優先治理順序及分年分期計畫研擬如后表 A。有關林班地內之治理工程預估總建造費用達 136,541 仟元。建議 貴處分年分期執行，逐步達成整治效益。另有關建議其他相關機關參考之部分，係屬他機關之權責，屏東林區管理處僅提供建議參考，並不納入分年分期實施計畫內容。

表 A 五子寮北集水區治理工程分年分期實施計畫暨預算經費一覽表

治理次第	治理工程名稱	工程預算經費(仟元)	建議分年分期	治理權屬說明	備註
1	五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第一標	**4,100**	第 1 年第 1 期	林務局屏東處	屬第一級高度潛勢災害崩塌地，建議優先辦理，其區位不會與其他治理工程相衝突
2	角埔溪北支流(主流椿號 1k+871.8)梳子壩工程	**10,800**	第 1 年第 2 期	林務局屏東處	各梳子壩分位處南、北支流，施工不相干擾
3	角埔溪南支流(支流椿號 0k+199.8)梳子壩工程	**10,100**	第 1 年第 3 期	林務局屏東處	
4	角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)	**7,500**	第 2 年第 1 期	林務局屏東處	施工區雖相接，惟清疏工程約 2-3 個月，建議利用年後即辦理施工，可於 3-4 月完成。接續辦理匯口梳子壩工程，工期評估約 4-5 個月，仍可於年底完成。
5	角埔溪主、支流匯口梳子壩工程	**27,000**	第 2 年第 2 期	林務局屏東處	
6	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標	**39,800**	第 3 年第 1 期	林務局屏東處	獨立標段、施工單純
7	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標	**31,000**	第 4 年第 1 期	林務局屏東處	獨立標段、施工單純
8	五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第二標	**601**	第 4 年第 2 期	林務局屏東處	屬第二三級中低度潛勢災害崩塌地，建議於計畫第 4 年再行辦理，其區位不會與其他治理工程相衝突
9	五子寮北集水區既有林班道路修復工程	**5,640**	第 4 年第 3 期	林務局屏東處	工區位置不同，施工不相干擾
合計		**136,541**	—	—	—

註:上表資料由嘉磐工程技術顧問有限公司彙整、推估與分析。



1A 五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第一標 (各崩塌地座標位置詳見前表7-5-1及表7-5-2)
1B 角埔溪北支流(主流椿號1k+871.8)梳子壩工程 (X座標：214514,Y座標：2560966)
1C 角埔溪南支流(支流椿號0k+199.8)梳子壩工程 (X座標：212478,Y座標：2560828)
2A 角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)
(清疏起點座標(下游)X座標：213653,Y座標：2560990 ； 清疏終點座標(上游)X座標：214283,Y座標：2560788)
2B 角埔溪主、支流匯口梳子壩工程(主流椿號1K+536.6 ； 位置X座標：214283,Y座標：2560788)
3A 角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標(下游起點座標X座標：214031,Y座標：2560775 ；上游起點座標X座標：214283,Y座標：2560788)
4A 角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標(下游起點座標X座標：213653,Y座標：2560990 ；上游起點座標X座標：214031,Y座標：2560775)
4B 五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第二標 (各崩塌地座標位置詳見前表7-5-3及表7-5-4)
4C 五子寮北集水區既有林班道路修復工程(起點_ X座標：217604, Y座標：2571138)

六、效益分析

根據所規劃之整治計畫，預計在 104~107 年投資 136,541,000 元，預期整治工作完成後，計畫區域之環境將有效改善，災害發生機率降低，人民安全、社會發展獲得保障，分析之年計畫效益約 17,925,021 元， 計成本約 14,965,500 元，益本比為 1.2，其益本比大於 1，表示深具投資價值。

「五子寮北集水區土砂災害調查及治理評估規劃委託技術服務」（103A2-3）
成果報告書

目錄

摘要 摘-1
目錄 i
圖目錄 v
表目錄 viii
第一章 前言 1-1
1.1 緣起及委辦目的 1-1
1.2 計畫目標及預期成果 1-1
1.3 工作範疇、項目與內容 1-2
1.4 整體調查規劃工作流程 1-4
第二章 集水區基本資料蒐集 2-1
2.1 集水區地文資料 2-1
2.1.1 計畫集水區區位、範圍 2-1
2.1.2 地形與地勢 2-1
2.1.3 水系與排水系統 2-3
2.2 集水區人文資料 2-9
2.2.1 行政轄區 2-9
2.2.2 人文特色與人口分佈 2-10
2.2.3 產業發展 2-12
2.2.4 交通 2-12
2.2.5 相關建設計畫 2-13
2.3 氣象水文資料 2-17
2.3.1 氣象 2-17
2.3.2 雨量 2-24
2.3.3 水文概況分析 2-26
2.4 地質與土壤 2-40
2.4.1 環境地質 2-40
2.4.2 區域地質 2-43
2.5 土地類別與利用概況調查 2-50
2.5.1 土地利用 2-50
2.5.2 土地類別與權屬 2-50
2.5.3 土地可利用限度 2-51
2.6 環境生態資料蒐集 2-55
2.6.1 陸域生態資源調查概況 2-55
2.6.2 水域生態資源調查概況 2-61
2.7 歷年颱風豪雨災害情形 2-63
第三章 集水區現況調查 3-1

3.1 崩塌地調查 3-2
3.1.1 崩塌地現況調查程序 3-2
3.1.2 崩塌地現況調查 3-3
3.1.2.1 莫拉克颱風前、後之崩塌地分析 3-3
3.1.2.2 近期新生崩塌地分析 3-33
3.1.2.3 崩塌地之總合分析 3-41
3.1.3 崩塌地災害分級 3-42
3.1.4 潛在危險崩塌發生地區調查評估 3-45
3.2 具土石流潛勢之溪段調查 3-49
3.2.1 具土石流潛勢之溪段現況調查 3-49
3.2.2 具潛在危險土石流潛勢之溪段調查評估 3-59
3.3 野溪調查分析 3-63
3.4 既有治山防災構造物、河防構造物及及跨河構造物現況調查 3-85
3.5 林班道路水土保持調查 3-89
3.6 潛勢災害分析 3-93
3.6.1 災害成因分析 3-93
3.6.2 土石流潛勢 3-96
3.6.3 崩塌潛勢 3-96
3.6.4 道路損壞現況 3-99
3.7 GIS 檔建置 3-100
第四章 集水區問題分析與對策 4-1
4.1 集水區問題分析之說明 4-1
4.2 水文分析檢討 4-3
4.2.1 水文分析及水理演算流程 4-3
4.2.2 水文分析 4-4
4.2.2.1 雨量資料蒐集分析 4-4
4.2.2.2 近期颱風豪雨影響分析 4-29
4.2.2.3 五大颱風事件分析 4-33
4.2.2.4 雨型分析 4-37
4.2.2.5 設計暴雨 4-47
4.2.3 逕流量分析 4-50
4.2.3.1 合理化公式 4-51
4.2.3.2 三角形單位歷線法 4-55
4.2.3.3 修正三角形單位歷線法 4-59
4.2.3.4 洪峰流量推估 4-61
4.3 水理分析檢討 4-64
4.3.1 一般洪水水理演算 4-64
4.3.2 土石流水理演算 4-96
4.4 集水區產砂量分析 4-100
4.4.1 土砂來源 4-100
4.4.1.1 土砂來源調查 4-100
4.4.2 坡面土砂量推估 4-101

4.4.2.1 表土沖蝕量估算 4-101
4.4.2.2 崩塌土方量估算 4-106
4.4.2.3 河道可沖刷土砂量 4-113
4.4.2.4 坡面泥砂遞移率(SDR) 4-123
4.4.2.5 整體土砂收支量估算 4-124
4.5 集水區問題分析 4-128
4.5.1 降雨災害問題分析 4-128
4.5.2 坡面沖蝕問題分析 4-130
4.5.3 崩塌地問題分析 4-133
4.5.3.1 崩塌區位及型態說明 4-133
4.5.3.2 各級崩塌地潛在風險分析評估 4-134
4.5.4 河道沖淤問題分析 4-140
4.5.5 具土石流潛勢之溪段問題分析 4-142
4.5.6 林班道路水土保持問題分析 4-144
4.5.7 易淹水問題分析 4-144
4.6 治理對策擬定 4-146
4.6.1 崩塌地治理 4-146
4.6.1.1 崩塌地防治工程 4-146
4.6.1.2 崩塌地防治工程之規劃原則 4-147
4.6.1.3 崩塌地防治工法 4-147
4.6.1.4 崩塌地防治工程對策 4-148
4.6.2 具土石流潛勢之溪段暨野溪之土石抑制與整治 4-156
4.6.3 林班道路水土保持 4-159
4.6.4 坡地水土保持 4-160
4.6.5 治山防災構造物維護對策 4-161
4.6.6 生態維護對策 4-162
4.6.6.1 環境生態維護原則 4-162
4.6.6.2 工程措施之環境生態維護目標與對策 4-162
4.6.6.3 工程設計對生態之補償措施(棲地改善) 4-164
第五章 治理目標與需求性 5-1
5.1 擬訂治理目標 5-1
5.1.1 目標、原則與要求 5-1
5.1.2 治理規劃重點 5-4
5.2 集水區處理及需求性 5-7
5.2.1 崩塌地治理區位需求評估 5-7
5.2.2 土石流潛勢溪暨野溪治理區位需求評估 5-18
5.2.3 林班道路水土保持治理區位需求評估 5-19
5.3 集水區處理需求內容 5-20
5.3.1 崩塌地處理及造林 5-20
5.3.1.1 造林 5-20
5.3.1.2 崩塌地處理 5-25
5.3.2 土石流治理 5-27

5.3.3 野溪整治評估與建議 5-34
5.3.4 林班道路水土保持 5-48
5.4 治理需求優先次第之擬定 5-50
第六章 災因細部分析與檢討 6-1
6.1 集水區環境變化說明 6-1
6.1.1 集水區土砂災害情形 6-1
6.1.2 集水區地形變化情形 6-2
6.2 排洪能力檢討 6-5
6.2.1 原有河道排洪能力檢討 6-5
6.2.2 治理工程設施排洪能力檢核 6-9
6.3 集水區保護對象致災成因分析 6-12
第七章 整體治理計畫及配合事項 ..... 7=1
7.1 工程勘查 7-1
7.2 整體治理計畫及經費需求 7-4
7.3 分年分期實施計畫及經費需求 7-12
7.3.1 分年分期實施計畫 7-12
7.4 管理建議事項 7-16
7.5 相關治理、管理機制 7-19
第八章 效益分析 8-1
8.1 直接效益 8-1
8.2 間接效益 8-3
8.3 效益評估 8-4
第九章 規劃成果模擬及展示 9-1
9.1 規劃成果之展示 9-1
第十章 結論與建議 10-1
10.1 結論 10-1
10.2 建議 10-5
參考文獻
附錄 A 歷次審查會議紀錄及回覆情形 附錄-1

「五子寮北集水區土砂災害調查及治理評估規劃委託技術服務」（103A1-3）
成果報告書

圖目錄

圖 1-1 整體調查規劃作業流程圖 1-4
圖 2-1 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)區位詳圖 2-5
圖 2-2 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)範圍詳圖 2-6
圖 2-3 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)地形地勢示意圖 2-6
圖 2-4 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)坡度、坡向示意圖 2-7
圖 2-5 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)水系系統示意圖 2-8
圖 2-6 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)行政區域轄屬圖圖 2-9
圖 2-7 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)區域內道路狀況詳圖 2-13
圖 2-8 徐昇氏法分析五子寮北集水區各雨量站影響權重示意圖 2-26
圖 2-9 各雨量站歷年月降雨歷線趨勢分析圖 2-27
圖 2-10 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)環境地質圖 2-42
圖 2-10-1 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)區域地質圖 2-46
圖 2-10-2 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)環境災害分佈圖 2-47
圖 2-10-3 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)土壤圖 2-49
圖 2-11 土地類別暨利用現況圖 2-54
圖 3-1 現地調查標準作業程序圖 3-1
圖 3-2 五子寮北集水區莫拉克災後崩塌地區位分佈圖 3-5
圖 3-3 五子寮北集水區新生崩塌地調查區位分佈圖 3-34
圖 3-4 崩塌地影響範圍示意圖 3-44
圖 3-5 南、北野溪支流土石流溢流點與保全對象之相對位置圖 3-59
圖 3-6 溪流勘查點點位位置圖 3-63
圖 3-7 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)崩塌地災害現況區位圖 3-98
圖 3-8 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)崩塌地災害前後衛星影像圖 3-98
圖 3-9 數化後圖資展示桌面示意圖 3-106
圖 4-1 水文分析及水理演算作業流程圖 4-3
圖 4-2 關山雨量站之各次颱風逐時降雨組體圖(1/2) 4-30
圖 4-3 關山雨量站之各次颱風逐時降雨組體圖(2/2) 4-31
圖 4-4 高中(1)雨量站之各次颱風逐時降雨組體圖 4-32
圖 4-5 五子寮北集水區之子集水分區劃分詳圖 4-51
圖 4-6 修正三角形歷線示意圖 4-55
圖 4-7 五子寮北集水區三角形單位歷線(標準傳統式) 4-56
圖 4-8 一日(24hr)暴雨下之流量歷線圖(三角形單位歷線法) 4-58
圖 4-9 二日(48hr)持續降雨下之流量歷線圖(三角形單位歷線法) 4-58
圖 4-10 五子寮北集水區修正三角形單位歷線 4-60
圖 4-11 一日(24hr)暴雨下之流量歷線圖(修正三角形單位歷線法) 4-61
圖 4-12 二日(48hr)持續降雨下之流量歷線圖(修正三角形單位歷線法) 4-61

圖 4-13 角埔溪水理演算橫斷面位置及編號配置圖 4-66
圖 4-14 角埔溪主流下游溪段縱斷面水理演算成果示意圖 4-72
圖 4-15 角埔溪北支流下游溪段縱斷面水理演算成果示意圖 4-72
圖 4-16 角埔溪南支流下游溪段縱斷面水理演算成果示意圖 4-73
圖 4-17 角埔溪主流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(1/8) 4-74
圖 4-17 角埔溪主流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(2/8) 4-75
圖 4-17 角埔溪主流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(3/8) 4-76
圖 4-17 角埔溪主流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(4/8) 4-77
圖 4-17 角埔溪主流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(5/8) 4-78
圖 4-17 角埔溪主流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(6/8) 4-79
圖 4-17 角埔溪主流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(7/8) 4-80
圖 4-17 角埔溪主流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(8/8) 4-81
圖 4-18 角埔溪北支流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(1/4) 4-82
圖 4-18 角埔溪北支流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(2/4) 4-83
圖 4-18 角埔溪北支流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(3/4) 4-84
圖 4-18 角埔溪北支流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(4/4) 4-85
圖 4-19 角埔溪南支流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(1/2) 4-86
圖 4-19 角埔溪南支流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(2/2) 4-87
圖 4-20 坡面崩塌機制示意圖 4-106
圖 4-21-1 主流里程 1k+536.6 位置表面粒徑分析曲線分佈圖 4-117
圖 4-21-2 主流里程 1k+668.6 位置表面粒徑分析曲線分佈圖 4-117
圖 4-21-3 支流里程 0k+121 位置表面粒徑分析曲線分佈圖 4-118
圖 4-22 整體土砂收支量估算程序示意圖 4-124
圖 4-23 第一級高度再崩塌風險危害之崩塌地區位圖 4-137
圖 4-24 第二、三級中低度再崩塌風險危害之崩塌地區位圖 4-139
圖 4-25 南、北支流具土石流潛勢之溪段土石流況判釋示意圖 4-143
圖 4-26 道路水土保持處理示意圖 4-144
圖 4-27 崩塌地防治工法種類一覽分類圖 4-147
圖 4-28 應用植生方法處理崩塌地構想圖 4-151
圖 4-29 源頭防砂構造措施構想圖(傳統防砂壩措施) 4-152
圖 4-30 源頭防砂構造措施構想圖(梳子壩措施) 4-153
圖 4-31 較大型蝕溝控制工法示意圖 4-154
圖 4-32 小型蝕溝噴漿溝控制工法示意圖 4-155
圖 4-33 崩塌岸坡穩固基腳工法示意圖 4-156
圖 4-34 下游溪段土石清疏作業構想圖 4-158
圖 5-1 砌石護岸整治自然生態工法示意圖 5-9
圖 5-2 噴植施工工法示意圖 5-10
圖 5-3 坡面植生工法詳圖 5-10
圖 5-4 角埔溪北支流(主流樁號 1k+871.8)梳子壩工程規劃示意圖 5-32
圖 5-5 角埔溪南支流(支流樁號 0k+199.8)梳子壩工程規劃示意圖 5-33
圖 5-6 角埔溪主、支流匯口(主流樁號 1k+536.6)梳子壩工程規劃示意圖 5-35
圖 5-7 角埔溪野溪整治整體治理工程平面佈置構想圖 5-36

圖 5-8 角埔溪主、支流匯口下游段治理工程縱斷佈置規劃圖 5-37
圖 5-9 角埔溪土石清疏工程(林班界下游標)縱斷佈置規劃圖 5-41
圖 5-10 角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程(第一、二標)規劃配置示意圖 5-47
圖 5-11 五子寮北集水區建議加強改善林班道路路段示意圖 5-50
圖 6-1 五子寮北集水區(旗山事業區 21-23 林班)內之土砂災害分佈圖 6-3
圖 6-2 五子寮北集水區崩塌前、後正射影像比對圖 6-4
圖 7-1 五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第一標區位圖 7-5
圖 7-2 五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第二標區位圖 7-6
圖 7-3 五子寮北集水區整體治理工程分年分期計畫圖 7-11
圖 9-1 角埔溪主流下游溪段災前 3D 影像模擬 9-1
圖 9-2 角埔溪北支流溪段災前 3D 影像模擬 9-2
圖 9-3 角埔溪南支流溪段災前 3D 影像模擬 9-2
圖 9-4 角埔溪主流下游溪段災後 3D 影像模擬 9-3
圖 9-5 角埔溪北支流溪段災後 3D 影像模擬 9-3
圖 9-6 角埔溪南支流溪段災後 3D 影像模擬 9-4

「五子寮北集水區土砂災害調查及治理評估規劃委託技術服務」（103A1-3）
成果報告書

表目錄

表 1-1 委託工作項目與內容彙整一覽表 1-2
表 2-1 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)坡度分級面積比率一覽表 2-2
表 2-2 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)坡向面積比率一覽表 2-2
表 2-3 各集水區地文因子參數推估說明一覽表 2-2
表 2-4 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)水系分佈一覽表 2-3
表 2-4-1 五子寮北集水區 A1~A8 集水分區坡度分析一覽表 2-3
表 2-5 小林里人口結構及分佈彙整一覽表 2-10
表 2-6 相關建設計畫一覽表 2-16
表 2-7 中央氣象局甲仙氣候觀測站氣象資料統計彙總一覽表 2-17
表 2-8 中央氣象局甲仙氣候觀測站歷年逐月平均氣溫資料統計彙總一覽表 2-18
表 2-9 中央氣象局甲仙氣候觀測站歷年逐月平均相對溼度資料統計彙總一覽表 2-19
表 2-10 中央氣象局甲仙氣候觀測站歷年逐月平均風速資料統計彙總一覽表 2-20
表 2-11 中央氣象局甲仙氣候觀測站歷年逐月日照時數資料統計彙總一覽表 2-21
表 2-12 中央氣象局甲仙氣候觀測站歷年逐月蒸發量資料統計彙總一覽表 2-22
表 2-13 中央氣象局甲仙氣候觀測站歷年逐月降雨日數資料統計彙總一覽表 2-23
表 2-14 甲仙(2)雨量站站位資料一覽表 2-24
表 2-15 計畫集水區年平均降雨量值推估一覽表(1/2) 2-25
表 2-16 關山雨量站歷年逐月降雨量值紀錄一覽表 2-28
表 2-17 高中雨量站歷年逐月降雨量值紀錄一覽表 2-29
表 2-18 民族雨量站歷年逐月降雨量值紀錄一覽表 2-30
表 2-19 關山雨量站歷年連續最大一、二、三日降雨量值彙整一覽表 2-32
表 2-20 高中雨量站歷年連續最大一、二、三日降雨量值彙整一覽表 2-33
表 2-21 民族雨量站歷年連續最大一、二、三日降雨量值彙整一覽表 2-34
表 2-22 關山雨量站各頻率分析方法連續最大一日降雨量值推估一覽表 2-35
表 2-23 關山雨量站各頻率分析方法連續最大二日降雨量值推估一覽表 2-35
表 2-24 關山雨量站各頻率分析方法連續最大三日降雨量值推估一覽表 2-36
表 2-25 高中雨量站各頻率分析方法連續最大一日降雨量值推估一覽表 2-36
表 2-26 高中雨量站各頻率分析方法連續最大二日降雨量值推估一覽表 2-37
表 2-27 高中雨量站各頻率分析方法連續最大三日降雨量值推估一覽表 2-37
表 2-28 民族雨量站各頻率分析方法連續最大一日降雨量值推估一覽表 2-38
表 2-29 民族雨量站各頻率分析方法連續最大二日降雨量值推估一覽表 2-38
表 2-30 民族雨量站各頻率分析方法連續最大三日降雨量值推估一覽表 2-39
表 2-31 集水區各類型土地利用面積分析一覽表 2-50
表 2-32 五子寮北集水區土地類別統計表 2-51
表 2-33 五子寮北集水區土地權屬統計表 2-51

表 2-34 集水區山坡地土地可利用限度表 2-51
表 2-35 山坡地土地可利用限度分類標準 2-52
表 2-36 高雄縣甲仙鄉地區常見物種調查總表 2-55
表 2-37 集水區內常見鳥類照片一覽表 2-57
表 2-38 集水區內常見兩棲類照片一覽表 2-57
表 2-39 集水區內常見哺乳類照片一覽表 2-58
表 2-40 集水區內常見爬蟲類照片一覽表 2-59
表 2-41 集水區內常見蝴蝶類照片一覽表 2-60
表 2-42 集水區內常見蝸牛類照片一覽表 2-61
表 2-43 集水區內常見魚類照片一覽表 2-62
表 2-44 集水區內常見蝦蟹類照片一覽表 2-62
表 2-45 歷年颱風、豪雨侵襲本計畫集水區致災資料一覽表 2-64
表 3-1.1 五子寮北集水區之崩塌地區位及分佈統計一覽表(95 年全省國有林班) 3-3
表 3-1.2 五子寮北集水區之莫拉克風災前後崩塌地變異情況一覽表 3-4
表 3-2 五子寮北集水區之三大林班莫拉克災後崩塌面積統計表 3-5
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(1/19) 3-6
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(2/19) 3-7
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(3/19) 3-8
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(4/19) 3-9
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(5/19) 3-10
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(6/19) 3-11
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(7/19) 3-12
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(8/19) 3-13
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(9/19) 3-14
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(10/19) 3-15
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(11/19) 3-16
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(12/19) 3-17
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(13/19) 3-18
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(14/19) 3-19
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(15/19) 3-20
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(16/19) 3-21
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(17/19) 3-22
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(18/19) 3-23
表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(19/19) 3-24
表 3-4 五子寮北集水區莫拉克災後崩塌地分佈及區位一覽表(1/4) 3-25
表 3-4 五子寮北集水區莫拉克災後崩塌地分佈及區位一覽表(2/4) 3-26
表 3-4 五子寮北集水區莫拉克災後崩塌地分佈及區位一覽表(3/4) 3-27
表 3-4 五子寮北集水區莫拉克災後崩塌地分佈及區位一覽表(4/4) 3-28
表 3-5 五子寮北集水區新生崩塌地調查區位及照片成果表(1/5) 3-35
表 3-5 五子寮北集水區新生崩塌地調查區位及照片成果表(2/5) 3-36
表 3-5 五子寮北集水區新生崩塌地調查區位及照片成果表(3/5) 3-37
表 3-5 五子寮北集水區新生崩塌地調查區位及照片成果表(4/5) 3-38

表 3-5 五子寮北集水區新生崩塌地調查區位及照片成果表(5/5) 3-39
表 3-6 五子寮北集水區新生崩塌地調查分佈及區位一覽表 3-40
表 3-7 五子寮北集水區之崩塌地變異情況一覽表 3-41
表 3-7-1 五子寮北集水區各集水分區崩塌地面積及數量一覽表(1/2) 3-41
表 3-7-1 五子寮北集水區各集水分區崩塌地面積及數量一覽表(2/2) 3-42
表 3-8 國有林崩塌地危險度分級準則表 3-44
表 3-9 崩塌地危險等級處理順序及說明一覽表 3-44
表 3-10 國內外學者所列邊坡災害潛感分析因子一覽表 3-45
表 3-11 未來區域性可能再發生崩塌之潛在危險地區評估一覽表 3-47
表 3-12 五子寮北集水區崩塌地調查紀錄表(登錄格式) 3-48
表 3-13 五子寮北集水區具土石流潛勢溪調查區位及照片成果表(1/2) 3-50
表 3-13 五子寮北集水區具土石流潛勢溪調查區位及照片成果表(2/2) 3-51
表 3-14 南北支流溪段之具土石流潛勢之各類因子分析檢核表 3-60
表 3-15 五子寮北集水區土石流潛勢溪調查紀錄表(登錄格式) 3-61
表 3-15 五子寮北集水區土石流潛勢溪調查紀錄表(登錄格式)-續 3-62
表 3-16 各勘查點之相對斷面里程標記一覽表 3-64
表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(1/13) 3-65
表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(2/13) 3-66
表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(3/13) 3-67
表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(4/13) 3-68
表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(5/13) 3-69
表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(6/13) 3-70
表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(7/13) 3-71
表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(8/13) 3-72
表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(9/13) 3-73
表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(10/13) 3-74
表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(11/13) 3-75
表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(12/13) 3-76
表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(13/13) 3-77
表 3-18 集水區內主、支流各溪段沿線災害種類與區位統計一覽表(1/4) 3-79
表 3-18 集水區內野溪沿線災害種類與區位統計一覽表(2/4) 3-80
表 3-18 集水區內野溪沿線災害種類與區位統計一覽表(3/4) 3-81
表 3-18 集水區內野溪沿線災害種類與區位統計一覽表(4/4) 3-82
表 3-19 五子寮北集水區野溪調查紀錄表(登錄格式) 3-83
表 3-19 五子寮北集水區野溪調查紀錄表(登錄格式)-續 3-84
表 3-20 五子寮北集水區構造物調查區位統計一覽表 3-85
表 3-20-1 五子寮北集水區構造物調查區位及照片成果表 3-86
表 3-21 五子寮北集水區構造物調查紀錄表(登錄格式) 3-87
表 3-21 五子寮北集水區構造物調查紀錄表(登錄格式)-續 3-88
表 3-22 五子寮北集水區林班道路水土保持調查區位統計一覽表 3-89
表 3-22-1 五子寮北集水區林班道路水土保持調查區位及照片成果表 3-90
表 3-23 五子寮北集水區林班道路水土保持調查紀錄表(登錄格式) 3-91

表 3-23 五子寮北集水區林班道路水土保持調查紀錄表(登錄格式)-續 3-92
表 3-24 高中雨量站莫拉克颱風各延時降雨量一覽表 3-94
表 3-25 本計畫所使用之各類底圖及檔案組成說明對應一覽表 3-101
表 3-26 本計畫所使用之各空間地理資訊圖層屬性資料對應一覽表 (1/3) 3-101
表 3-26 本計畫所使用之各空間地理資訊圖層屬性資料對應一覽表(2/3) 3-102
表 3-26 本計畫所使用之各空間地理資訊圖層屬性資料對應一覽表(3/3) 3-103
表 3-27 本計畫實際建立之調查成果地理資訊與圖層屬性資料對應一覽表(1/2) 3-104
表 3-27 本計畫實際建立之調查成果地理資訊與圖層屬性資料對應一覽表(2/2) 3-105
表 4-1 關山雨量站歷年連續最大一、二、三日降雨量值彙整一覽表 4-5
表 4-2 高中(含高中(1))雨量站歷年連續最大一、二、三日降雨量值彙整一覽表 4-6
表 4-3 民族雨量站歷年連續最大一、二、三日降雨量值彙整一覽表 4-7
表 4-4 關山雨量站最大一、二及三日降雨量頻率分佈檢定分析(X^2 檢定) 4-11
表 4-5 高中(含高中(1))雨量站最大一、二及三日降雨量頻率分佈檢定分析(X^2 檢定) 4-12
表 4-6 民族雨量站最大一、二及三日降雨量頻率分佈檢定分析(X^2 檢定) 4-13
表 4-7 關山雨量站各頻率年連續最大一、二、三日降雨量值推估一覽表 4-14
表 4-8 高中(含高中(1))雨量站各頻率年連續最大一、二、三日降雨量值推估一覽表 4-15
表 4-9 民族雨量站各頻率年連續最大一、二、三日降雨量值推估一覽表 4-16
表 4-10-1 關山站最大連續一日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表 4-18
表 4-10-2 關山站最大連續二日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表 4-19
表 4-10-3 關山站最大連續三日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表 4-20
表 4-11-1 高中(含高中(1))站最大連續一日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表 4-21
表 4-11-2 高中(含高中(1))站最大連續二日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表 4-22
表 4-11-3 高中(含高中(1))站最大連續三日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表 4-23
表 4-12-1 民族站最大連續一日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表 4-24
表 4-12-2 民族站最大連續二日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表 4-25
表 4-12-3 民族站最大連續三日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表 4-26
表 4-13-1 五子寮北集水區內之最大一日連續降雨量推估值一覽表 4-27
表 4-13-2 五子寮北集水區內之最大二日連續降雨量推估值一覽表 4-27
表 4-13-3 五子寮北集水區內之最大三日連續降雨量推估值一覽表 4-28
表 4-14 關山雨量站近期歷年各次颱風豪雨降雨趨勢統計一覽表 4-29
表 4-15 高中(1)雨量站近期歷年各次颱風豪雨降雨趨勢統計一覽表 4-29
表 4-16 五子寮北集水區累積雨量前五大颱風事件彙總一覽表 4-34
表 4-17 五子寮北集水區最大日雨量前五大事件彙總一覽表 4-34
表 4-18 五子寮北集水區內之最大一、二、三日連續降雨量推估值一覽表 4-34
表 4-19 甲仙(2)雨量站連續 24hr 降雨紀錄彙總一覽表(1/2) 4-37
表 4-19 甲仙(2)雨量站連續 24hr 降雨紀錄彙總一覽表(2/2) 4-38

表 4-20 甲仙(2)雨量站連續 48hr 降雨紀錄彙總一覽表(1/3) 4-41
表 4-20 甲仙(2)雨量站連續 48hr 降雨紀錄彙總一覽表(2/3) 4-42
表 4-20 甲仙(2)雨量站連續 48hr 降雨紀錄彙總一覽表(3/3) 4-43
表 4-21 五子寮北集水區子集水分區地文特性一覽表 4-50
表 4-22 五子寮北集水區控制點涵蓋子集水區域地文特性一覽表 4-51
表 4-23 逕流係數參考值 4-52
表 4-24 五子寮北集水區集流時間估算表 4-53
表 4-25 五子寮北集水區設計頻率年降雨強度估算表 4-54
表 4-26 五子寮北集水區各流量控制點以合理化公式推估洪峰流量值一覽表 ... 4-54
表 4-27 五子寮北集水區三角形單位歷線各延時單位流量彙總表 4-57
表 4-28 五子寮北集水區修正三角形單位歷線各延時單位流量彙總表 4-59
表 4-29 50 年重現期距之各逕流量推導方法之洪峰流量、比流量值一覽表 4-62
表 4-30 五子寮北集水區各流量控制點推估洪峰流量值一覽表 4-63
表 4-31 五子寮北集水區各流量控制點推估土石流流量值一覽表 4-64
表 4-32 各野溪整治溪段清水流及土石流量估算表 4-64
表 4-33 各斷面編號、相對應主、支流椿號里程及地文特性參數一覽表 4-67
表 4-34 各溪段水理演算分析設計流量採用值一覽表 4-68
表 4-35 各溪段斷面清水流量水理演算分析成果一覽表 4-69
表 4-36 各溪段斷面含砂 10%流量水理演算分析成果一覽表 4-70
表 4-37 各溪段斷面含砂 30%流量水理演算分析成果一覽表 4-71
表 4-38 本計畫水理演算水面剖線分類一覽表 4-91
表 4-39 角埔溪主流下游溪段各斷面間束縮與擴張情況分析表 4-94
表 4-40 角埔溪北支流下游溪段各斷面間束縮與擴張情況分析表 4-95
表 4-41 角埔溪南支流下游溪段各斷面間束縮與擴張情況分析表 4-95
表 4-42 各控制斷面水理分析一覽表 4-96
表 4-43 角埔溪主流接近南北支流匯口-控制點 P4 斷面水理分析一覽表 4-97
表 4-44 既有原始溪溝-預定 P5 點擬施做梳子壩位置斷面水理分析一覽表 4-98
表 4-45 角埔溪主流接近林班界位置斷面-控制點 P6 斷面水理分析一覽表 4-99
表 4-46 高雄地區降雨沖蝕指數 Rm 值對應表 4-102
表 4-47 高雄地區土壤沖蝕指數 Km 值對應表 4-103
表 4-48 不同植生之覆蓋與管理因子 C 值表 4-104
表 4-49 五子寮北集水區之土壤沖蝕量推估表 4-105
表 4-50 崩塌深度估計參考表 4-107
表 4-51 五子寮北集水區崩塌土石量估算一覽表(1/3) 4-108
表 4-51 五子寮北集水區崩塌土石量估算一覽表(2/3) 4-109
表 4-51 五子寮北集水區崩塌土石量估算一覽表(3/3) 4-110
表 4-52 五子寮北集水區各林班區域崩塌土石量估算一覽表 4-111
表 4-53 五子寮北集水區各小集水分區崩塌土石量估算一覽表 4-112
表 4-54 五子寮北集水區表面粒徑調查暨分析成果一覽表 4-116
表 4-55 何黃公式(1992)輸砂演算分析成果一覽表 4-120
表 4-56 Schoklitsch 蕭氏公式(1950)輸砂演算分析成果一覽表 4-120
表 4-57 土石流流出土砂量評估公式一覽表 4-121

表 4-58 土石流流出土砂量推估一覽表 4-122
表 4-59 各控制河段河道總輸砂量彙總一覽表 4-122
表 4-60 SDR 國內外研究成果經驗公式一覽表 4-123
表 4-61 五子寮北集水區之各集水分區坡面泥砂遞移率推估表 4-124
表 4-62 整體土砂收支量估算統計說明表 4-125
表 4-63 整體五子寮北集水區土砂收支量逐年估算統計表 4-126
表 4-64 各設計頻率年之連續最大一、二、三日降雨量值彙整表 4-128
表 4-65 歷年颱風、豪雨事件所測得之瞬時雨量及累計雨量紀錄表 4-129
表 4-66 第一級高度再崩塌風險危害之崩塌地評估分析表(1/2) 4-135
表 4-66 第一級高度再崩塌風險危害之崩塌地評估分析表(2/2) 4-136
表 4-67 第二級中度再崩塌風險危害之崩塌地評估分析表 4-138
表 4-68 第三級低度再崩塌風險危害之崩塌地評估分析表 4-138
表 4-69 南、北支流具土石流潛勢之溪段評估分析表 4-142
表 4-70 角埔溪主、支流各情境洪峰水深與岸側高程關係列表 4-145
表 4-71 土石流防治對策 4-157
表 4-72 林班道路水土保持問題與治理對策 4-160
表 4-73 河溪棲地復育原則一覽表 4-165
表 5-1 五子寮北集水區第一級高度潛勢崩塌地治理需求評估一覽表(1/2) 5-13
表 5-1 五子寮北集水區第一級高度潛勢崩塌地治理需求評估一覽表(2/2) 5-14
表 5-2 五子寮北集水區第二、三級中低度潛勢崩塌地治理需求評估一覽表 5-15
表 5-3 五子寮北集水區第一級高度潛勢崩塌地處理數量、工法統計一覽表 5-16
表 5-4 五子寮北集水區第二、三級中低度潛勢崩塌地處理數量、工法統計一覽表 5-17
表 5-5 第一級高度潛勢崩塌地(坡度＜66.67%)撒點播植生處理經費估算表 5-21
表 5-6 第一級高度潛勢崩塌地(坡度＞66.67%)掛網噴植植生處理經費估算表 5-21
表 5-7 第一級高度潛勢崩塌地(坡度＞66.67%)撒播植生處理經費估算表 5-22
表 5-8 第二、三級中低度潛勢崩塌地(坡度＜66.67%)撒點播植生處理經費估算表 5-23
表 5-9 第二、三級中低度潛勢崩塌地(坡度＞66.67%)掛網噴植植生處理經費估算表 5-23
表 5-10 第二、三級中低度潛勢崩塌地(坡度＞66.67%)撒播植生處理經費估算表 5-24
表 5-11 崩 47 崩塌地撒、點播植生治理工法處理經費評估一覽表 5-25
表 5-12 崩 47 崩塌地打樁編柵治理工法處理經費評估一覽表 5-26
表 5-13 本計畫土石流防治對策 5-27
表 5-14 五子寮北集水區土石流潛勢溪段整治需求評估與建議表 5-29
表 5-15 角埔溪北支流(主流樁號 1k+871.8)梳子壩工程設施需求建議一覽表 5-30
表 5-16 角埔溪北支流(主流樁號 1k+871.8)梳子壩工程預算經費估算表 5-30
表 5-17 角埔溪南支流(支流樁號 0k+199.8))梳子壩工程設施需求建議一覽表 5-31
表 5-18 角埔溪南支流(支流樁號 0k+199.8))梳子壩工程預算經費估算表 5-31
表 5-19 五子寮北集水區主要野溪溪段整治需求評估與建議一覽表(1/2) 5-38
表 5-19 五子寮北集水區主要野溪溪段整治需求評估與建議一覽表(2/2) 5-39
表 5-20 角埔溪土石清疏工程(林班界下游標)需求建議一覽表 5-40

表 5-21-1 角埔溪土石清疏工程(林班界下游標)土石採取標預算經費估算表 5-40
表 5-21-2 角埔溪土石清疏工程(林班界下游標)保全標暨檢測標預算經費估算表 5-42
表 5-22 角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)需求建議一覽表 5-42
表 5-23 角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)預算經費估算表 5-43
表 5-24 角埔溪主、支流匯口梳子壩工程需求建議一覽表 5-43
表 5-25 角埔溪主、支流匯口梳子壩工程預算經費估算表 5-44
表 5-26 角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標需求建議一覽表 5-44
表 5-27 角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標預算經費估算表 5-45
表 5-28 角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標需求建議一覽表 5-46
表 5-29 角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標預算經費估算表 5-46
表 5-30 林班道路改善區位、長度統計表 5-48
表 5-31 五子寮北集水區既有林班道路治理工程需求建議一覽表 5-49
表 5-32 五子寮北集水區既有林班道路治理工程預算經費估算表 5-49
表 5-33 五子寮北集水區治理需求評估因子列表 5-51
表 5-34 五子寮北集水區 A1~A8 集水分區治理需求程度評估成果表 5-52
表 5-35 五子寮北集水區 A1~A8 各集水分區之治理要項與重點一覽表 5-53
表 6-1 五子寮北集水區各集水分區沖淤土方量分析成果表 6-1
表 6-2 五子寮北集水區下游河道清水流量下各斷面排洪承載量一覽表 6-5
表 6-3 五子寮北集水區下游河道含砂 10%流量下各斷面排洪承載量一覽表 6-6
表 6-4 五子寮北集水區下游河道含砂 30%流量下各斷面排洪承載量一覽表 6-7
表 6-5 曼寧 n 經驗公式 6-8
表 6-6 河道曼寧 n 值表 6-9
表 6-7 曼寧 n 經驗公式計算值 6-9
表 6-8 各標案應行檢核之設施排洪能力檢核項目一覽表 6-10
表 6-9 各標案設施清水流排洪能力檢核成果一覽表 6-11
表 6-10 各標案設施含砂 10%水流排洪能力檢核成果一覽表 6-11
表 6-11 各標案設施含砂 30%水流排洪能力檢核成果一覽表 6-12
表 7-1 民國 103 年 2 月 24 日現場勘查照片一覽表 7-1
表 7-2 民國 103 年 5 月 22 日現場勘查照片一覽表 7-2
表 7-3 民國 103 年 8 月 28 日現場勘查照片一覽表 7-3
表 7-4 計畫集水區各類治理區位需求彙總一覽表 7-4
表 7-5-1 第一級高度潛勢區崩塌地坡面坡度＜66.67%之崩塌地位置與面積一覽表 7-7
表 7-5-2 第一級高度潛勢區崩塌地坡面坡度＞66.67%之崩塌地位置與面積一覽表 7-8
表 7-5-3 第二三級中低度潛勢區崩塌地坡面坡度＜66.67%之崩塌地位置與面積一覽表 7-8
表 7-5-4 第二三級中低度潛勢區崩塌地坡面坡度＞66.67%之崩塌地位置與面積一覽表 7-8
表 7-6 計畫集水區各類治理區位需求彙總一覽表(1/2) 7-9
表 7-6 計畫集水區各類治理區位需求彙總一覽表(2/2) 7-10
表 7-7 五子寮北集水區治理工程分年分期實施計畫暨預算經費一覽表 7-15

表 7-8 集水區相關法規 7-16
表 8-1 防砂量計算一覽表 8-2
表 8-2 規劃預期效益計算一覽表 8-3

第一章　前言

1.1　緣起及委辦目的

本計畫之規劃範圍區域係於高雄市甲仙區小林里境內，屬五子寮北集水區，集水區面積為 1,042 公頃，其中，包含旗山事業區第 21-23 林班，總國有林班地面積約 983 公頃，(位置詳圖 2-1)。該集水區係由甲仙區小林里舊址南邊之角埔溪為水系所發展之集水區域，民國 98 年 8 月侵台之莫拉克颱風曾造成該集水區源頭、邊坡崩塌及土石流等極大之災害。惟自近年 101 年 6 月 10 日豪暴雨及 6 月 19 日泰利颱風侵襲起，至去(102)年蘇力、潭美及康芮颱風挾帶連日豪雨侵襲下，致使集水區源頭林班地內及中、上游主支流兩側岸邊坡再次產生局部崩塌，大量土石崩落溪床，並順水流帶往下游，造成大量土石堆積、阻礙河道、阻斷交通，並影響當地居民出入及安全甚鉅。

屏東林區管理處鑒於全球氣候環境變遷的影響，導致降水極端化，造成雨水強度甚強且集中帶來了洪水及土石坍方，為防止該集水區林班崩塌土石下移堆積，並減少野溪側岸沖刷擴大，避免危及當地居民生命財產安全，維持下游端台 21 線交通順暢，特於 103 年度「國有林整體治山防災及國家森林遊樂區聯外道路維護計畫」項下編列辦理本「五子寮北集水區土砂災害調查及治理評估規劃委託技術服務案」(103A2-3)，就河道整治、崩塌地處理、土石流抑制等，提具完善可行之整體規劃方案。

1.2　計畫目標及預期成果

一、計畫目標

針對計畫集水區特性進行現況資源調查、資料統計分析、研擬治理對策、調節泥砂下移、減低土砂及水患災害的發生，且提供爾後治山防災計畫之參考，以避災、防災、減災為目的，促進水土資源利用、森林生態保育加速達成，以保林班地集水區之永續利用。

二、預期成果

完成集水區計畫範圍內之基本概況(資源)調查、治理區位規劃、點位之空間調查、斷面分析及水文資料蒐集、水文水理分析、土砂產生分析、集水區問題災害分析、整體及分區分期治理規劃及預期效益評估等資料報告。

1.3　工作範疇、項目與內容

表 1-1 委託工作項目與內容彙整一覽表

工作項目	委託工作內容
（一）集水區基本資料蒐集	1.集水區地文資料－包含地理位置、地形及地勢等相關資料。 2.集水區人文資料－包含行政區域、人口、產業發展、交通及相關建設計畫等。 3.氣象水文資料－包含氣象、水文等相關資料。 4.地質與土壤－包含土壤、地層概況及斷層分佈等相關資料。 5.土地利用資料－包含土地權屬、土地可利用限度、土地利用現況、土地利用演變等相關資料。 6.環境生態資料－包含陸域動植物及水域動植物等情形。
（二）集水區現況調查	1.崩塌地調查： 運用適當方式調查說明集水區範圍內崩塌地，及各個崩塌地的位置、大小、崩塌型態、原因及重要保全對象等基本資料，崩塌地平面空間位置數化資料。 2.土石流潛勢溪流調查： a.運用適當方式調查說明集水區範圍內有那些土石流潛勢溪流，及土石流潛勢溪流可能發生災害原因、規模及保全對象，治理等級。 b.調查計畫區內與各土石流潛勢溪流有關之水文、地文、崩塌裸露面積、重要保全對象、歷史重大災情、工程整治統計等資料，每一土石流潛勢溪流，建立獨立圖表文件檔。 3.野溪調查分析： a.集水區範圍內有那些野溪，各個野溪之集水區面積、主流長度、主流坡度、河川網路、治理權責等。 b.調查野溪沖蝕、淘刷、河岸崩塌及大型蝕溝現況及平面空間位置等。 4.既有治山防災構造物、河防構造物及及跨河構造物現況調查： a.護岸及固床工：各段護岸空間位置、長度、高度、溪流寬度、施設機關、構造物現況、護岸寬(或溪寬)。 b.防砂壩或潛壩：空間位置、溢洪口高度、寬度、壩高、施設機關、構造物現況。 c.跨河構造物（橋樑、版橋及箱涵）：溪流寬度、樑底高度、跨河構造物沖刷現況。 d.推估本處歷年執行治山防災工程構造物功能受損比例，及分析其誘因。 5.林班道路水土保持調查： 包括數化林班道路系統平面空間位置。 6.GIS 檔建置： 就前五項調查成果，建置空間資料及屬性資料，以能於 ArcView 及林務局相關資訊系統展示為原則。
（三）集水區問題分析與對策	1、水文分析檢討－包含水文資料蒐集、分析方法、洪水量檢討等。 a.依適當方法推估平均雨量。 b.依適當方法進行降雨強度頻率分析。（至少包括 2、5、10、20、30、40、50 年重現期距） c.依適當方法分析影響該區域前五大颱風（或豪雨）事件之降雨量及其降雨強度頻率分析。

	2.水理分析檢討－包含河道通洪能力檢討等。 3.集水區產砂量分析－蒐集集水區崩塌地、土石流潛勢溪流及野溪之資料，進行集水區產砂量之分析。 4.治理問題的分析： 針對計畫區域內之坡地沖蝕、崩塌地、土石流潛勢溪流、野溪、林道水土保持及易淹水等治理課題進行探討與分析。 5.治理對策擬定： 擬定計畫區域內之崩塌地、土石流潛勢溪流、野溪、林道水土保持等項目治理與生態維護之對策。
（四） 治理目標與需求性	1.擬訂治理目標： 針對本次規劃之集水區範圍內及其對應之下游河川區域，依流域整體治理及綜合治水原則，擬訂治理目標。 2.集水區處理及需求性-評估選定治理區位、點位，研擬其治理之優先順序做為分期分區分年計畫編列之依據。 3.集水區處理需求內容包括造林、崩塌地處理、坑溝治理、野溪整治、土石流防制、林班道路水土保持、既有構造物加強與維護、生態保育、永續工程等及其他非工程方法之防災措施。
（五） 災因細部分析與檢討	1.集水區環境變化說明： 針對本次規劃之集水區範圍內及其對應之下游河川區域，蒐集近年內重大天然災害造成地形、貌變遷之圖資比對。 2.原有河道排洪能力檢討-評估集水區範圍內及其對應之下游河川區域並選定治理區段，檢討現況河道斷面排洪能力。 3.集水區保護對象致災成因分析，調查本集水區之下游河川沿線及崩塌區域致災影響範圍內住户等保全對象，並調查天然、人為等致災原因，建議避災、防災、減災之措施。
（六） 整體治理計畫與配合事項	1.工程會勘：計畫辦理期間，配合甲方勘查行程（含天然災害案、人民陳情案或民意代表建議案），指派專業人員(備勘查車輛)，共同參加勘查，撰寫勘查紀錄及工程勘查紀錄表（含技師簽證）。 2.提出整體治理計畫及經費需求：應提出整體治理計畫、整體配置圖及各年度所需治理經費。 3.提出分年分期實施計畫及經費需求：整合治理對策中各治理單元之內容，並依據治理特性，提出分年分期實施計畫、分年分期治理配置圖。 4.依據相關法規提出管理建議事項。 5.配合協調建立相關治理、管理機制。
（七） 效益分析	1.直接效益。 2.間接效益。 3.效益評估。
（八） 規劃成果模擬及展示	規劃成果之展示：至少 3 處以上，需轉成 Microsoft PowerPoint 簡報可用之檔案，並製作成光碟檔。

備註：上述工作項目內容參考自契約文件內容。

1.4　整體調查規劃工作流程

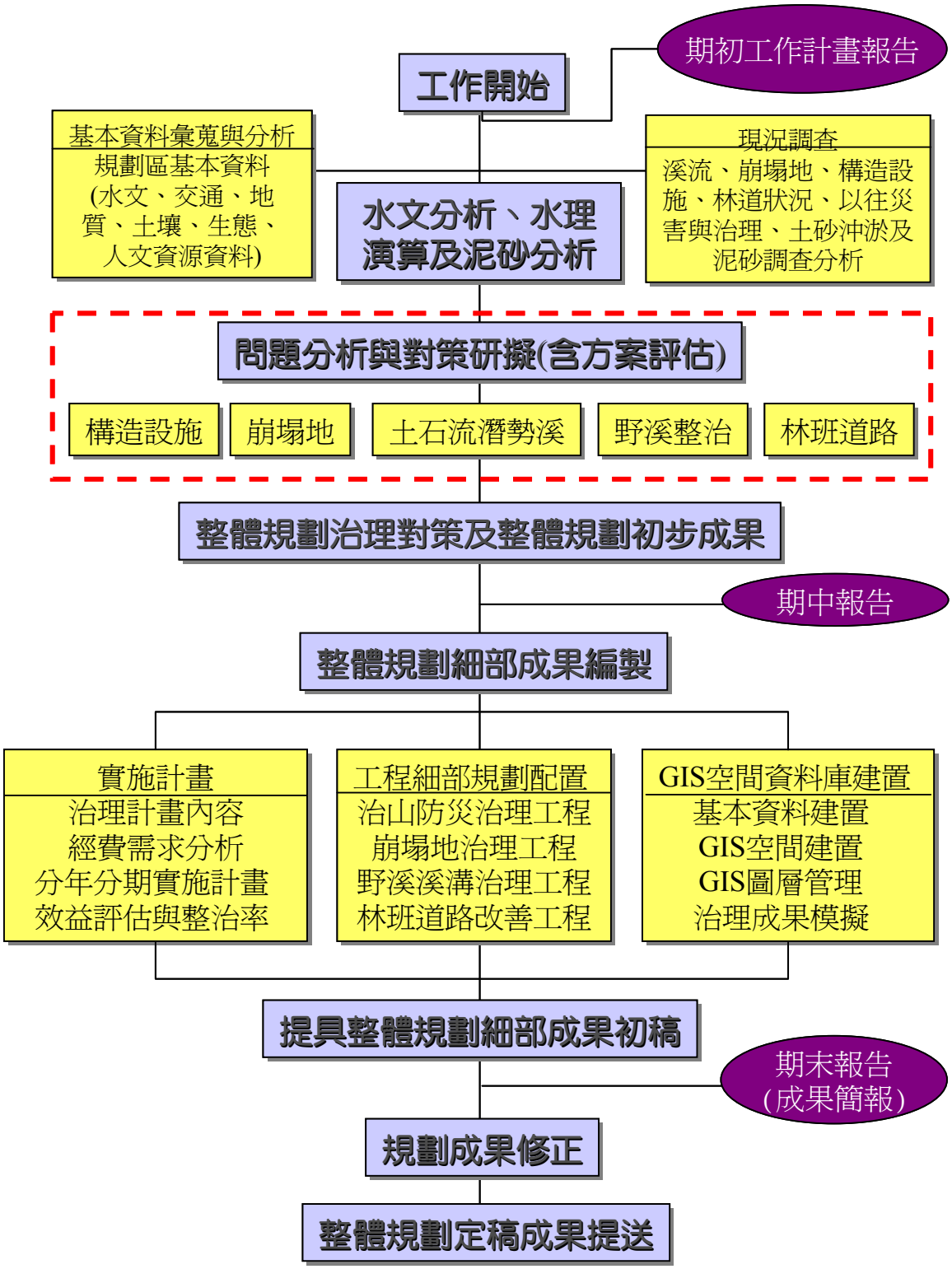


圖 1-1　整體調查規劃作業流程圖

第二章　集水區基本資料蒐集

2.1　集水區地文資料

採用作為本調查集水區之地理位置及集水區範圍圖之底圖，配合以 GIS 系統模組及 20×20DTM 資料庫資訊，建構相關圖層成果，如地形、地勢、水系、坡度、坡向…等。並同時擷取本調查集水區內之需求工項圖層資料進行分析。並利用 1/5000 像片基本圖計算河床縱坡度，與災後實際測量所得河床縱坡相比較，並配合現場勘查以劃定河道沖淤嚴重之河段。就其災害前後差異及現場勘查以獲致溪岸受刷蝕之情形，引為參據。分別說明如以下各節：

2.1.1　計畫集水區區位、範圍

本案五子寮北集水區調查規劃範圍，為由高雄市甲仙街區經台 21 線道往那瑪夏方向，銜接五里路後約 2～2.5 公里處之角埔溪與楠梓仙溪匯口，往角埔溪上游之集水區範圍，即為本案擬調查規劃之五子寮北集水區(內含旗山事業區 21-23 林班)區位。本集水區之北鄰集水區，即是於莫拉克風災時發生重大崩山災害，造成小林村全村遭土石掩埋慘劇之獻肚山集水區(此集水區亦含括旗山事業區 21 林班地約 50%面積範圍)。本案欲調查規劃之集水區主流溪名為「角埔溪」。本溪集水區林班地為自與楠梓仙溪匯口處往角埔溪上游方向約 830 公尺處起往上游之溪段林班，即為本調查規劃集水區域中之旗山事業區第 21-23 林班，林班範圍所佔面積計約有 983 公頃。而其整體集水區面積則約 1,042 公頃，詳細位置詳如圖 2-1，範圍說明如圖 2-2。

2.1.2　地形與地勢

五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)地形、地勢之起伏狀況，大略由東往西向傾降，整體集水區地形起伏相當明顯，山坡平均縱向降坡(由山嶺源頭指向河心)約有 30～45%，而源頭大規模崩塌地屢見，其縱坡更高達 50～60%，惟就野溪主流而言，其河道縱向降坡雖較坡面緩和，惟其約 10～25%的縱坡亦是相當陡峭，地形地勢狀況詳圖 2-3。地形坡度、坡向狀況詳圖 2-4。本集水區內地形坡度分級面積一覽詳表 2-1，由表 2-1 之統計可知本集水區相當陡峭，其中，4~6 級坡之面積幾乎佔了 86%。而本集水區坡向之趨勢，詳如表 2-2，由表 2-2 可探知，整體坡向則是順沿縱谷溪流往西、西北、西南向傾降。因此，溪流亦由東向西方向順流，並於下游匯入楠梓仙溪。

表 2-1 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)坡度分級面積比率一覽表

坡度分級	一級坡 (0~5%)	二級坡 (5~15%)	三級坡 (15~30%)	四級坡 (30~40%)	五級坡 (40~55%)	六級坡 (55~100%)	七級坡 (>100%)	合計
面積(ha)	3.80	20.28	86.54	128.61	277.83	481.83	43.11	1,042
比率(%)	0.36	1.95	8.31	12.34	26.66	46.24	4.14	100

註：資料來源係經 GIS 萃取該集水區地形資料分析而得。並由規劃團隊分析彙整。

表 2-2 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)坡向面積比率一覽表

坡向	北	東北	東	東南	南	西南	西	西北	合計
面積(ha)	126.36	51.96	17.84	49.72	109.84	193.92	284.38	207.98	1042
佔有比例(%)	12.13%	4.99%	1.71%	4.77%	10.54%	18.61%	27.29%	19.96%	100.00%

註：資料來源係經 GIS 萃取該集水區地形資料分析而得。並由規劃團隊分析彙整。

另有關此五子寮北集水區之地文因子說明詳後表 2-3，其中，五子寮北集水區之起伏比約在 0.1745，顯示集水區坡度起伏差異相當大；而在密集度、圓比值及細長比三項因子比較上，其值都超過 0.5 以上，表示此集水區降雨逕流延時短、流量集中速度快，暴雨之洪峰量大。因此，規劃考量下須特別留意該集水區於暴雨時之短時間洪峰集中，致生下游洪災之情況。

表 2-3 各集水區地文因子參數推估說明一覽表

集水區特性因子	說明	單位	成果
集水區面積A	標示集水區域範圍，並經地理資訊系統模組推估求得	Km^2	10.42
集水區周長P	標示集水區域範圍，並經地理資訊系統模組推估求得	Km	14.903
集水區長度L	集水區最遠端至出流口之投影長度	Km	6.183
主流長度L_0	集水區內最長之溪流長度，為自集水區內溪流源頭至出口最長之距離	Km	5.283
起伏量R_f	為集水區最大之高差　$R_f=Z_{max}-Z_{min}$	m	1079
起伏比R	為集水區最大高程差除以該兩點水平距離 $R= R_f/\Delta d$	—	0.1745
集水區寬度W	集水區面積除以溪流主流長度之值 $W=A/ L_0$	Km	1.972
形狀因子F	為單位主要溪流長度之集水區寬度 $F=W/ L_0= A/ L_0^2$	—	0.373
密集度C	為同一面積所對應圓之周長除以集水區周長 $C=2(A/\pi)^{0.5}\times(\pi/P)=3.54\times A^{0.5}/P$	—	0.767
圓比值M	為集水區面積除以與集水區周長等長之圓面積 $M=A/(P/2\pi)^2\pi=4\pi A/p^2$	—	0.590
細長比E	為集水區相等面積之圓半徑除以集水區長度 $E=(A/\pi)^{0.5}/L=1.128\times A^{0.5}/L$	—	0.589

註：上述資料係由規劃團隊根據五子寮北集水區各特性因子分析而得。

2.1.3　水系與排水系統

五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)內除主流野溪外，兩側山脊所發展出之支流主要分為南、北兩大系統。其中，北支流之邊坡崩塌後，殘土層覆蓋尚厚，因此，殘土層經長時颱洪豪雨之刷蝕，產生多條大小不一之蝕溝，而南支流之邊坡崩塌地多已呈現露岩之狀態，殘土層覆蓋尚厚，溪床局部有土石淤積之現象，為此現象與溪床底層岩盤之出露斷斷續續，研判即使有土石淤積層，其厚度亦薄，因此，該南支流之坡面蝕溝並不明顯。整體集水區水系系統相當單純，有關水系系統分佈詳如后表 2-4 及圖 2-5 說明。另將整體集水區劃分為 8 個集水分區，分別為編號 A1 至 A8 集水分區，各分區坡度分析一覽詳如后表 2-4-1 所示，其中，在四級坡以上之面積即佔有 89.38%之比例，全集水區平均坡度達 59.03%。在北支流所轄之 A1、A2、A3 等 3 個集水區平均坡度為 65.16%，南支流所轄之 A4、A5 等 2 個集水區平均坡度為 56.24%。

表 2-4 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)水系分佈一覽表

子集水區名	控制面積(ha)	流長(m)	高差(m)	降坡(%)
主流	1042	1476	96	6.5
北支流	493	3767	715	18.98
南支流	397	2734	715	26.12

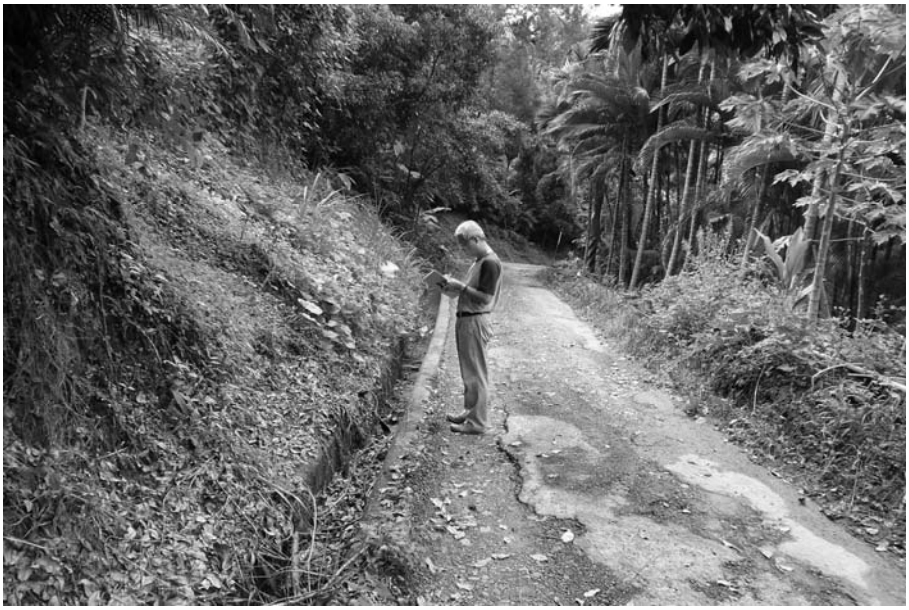
註：資料來源係經 GIS 資料庫萃取分析而得，並由規劃團隊彙整分析。

表 2-4-1 五子寮北集水區 A1~A8 集水分區坡度分析一覽表

集水分區編號	坡度分級								平均坡度(%)
	一級坡 (0~5%)	二級坡 (5~15%)	三級坡 (15~30%)	四級坡 (30~40%)	五級坡 (40~55%)	六級坡 (55~100%)	七級坡 (>100%)	集水面積合計(ha)	
A1	0.08	1.79	13.99	25.34	81.59	191.63	12.86	327.29	64.88
A2	0.04	0.44	4.22	6.15	15.23	57.22	4.86	88.16	67.59
A3	0.32	1.55	4.98	7.09	16.92	39.98	6.21	77.05	63.59
A4	0.24	2.33	21.57	42.45	83.38	96.29	5.65	251.91	55.51
A5	0.40	2.11	16.00	21.37	39.16	55.19	10.66	144.89	57.52
A6	0.05	0.36	1.77	2.35	4.80	10.73	1.72	21.78	62.33
A7	0.32	2.84	9.49	12.12	23.27	22.74	1.14	71.92	50.73
A8	2.36	8.85	14.53	11.74	13.47	8.04	0.00	59	35.51
合計	3.80	20.28	86.54	128.61	277.83	481.83	43.11	1042	59.03

註：資料來源係經 GIS 資料庫萃取分析而得，並由規劃團隊彙整分析。

另有關五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)內之排水系統，經現場調查之結果，僅有位於下游左岸側之既有農户土地內尚有之排水溝渠外，集水區內並無其他已建構之排水設施遺跡。有關尚存之排水溝渠形式如后圖所示。



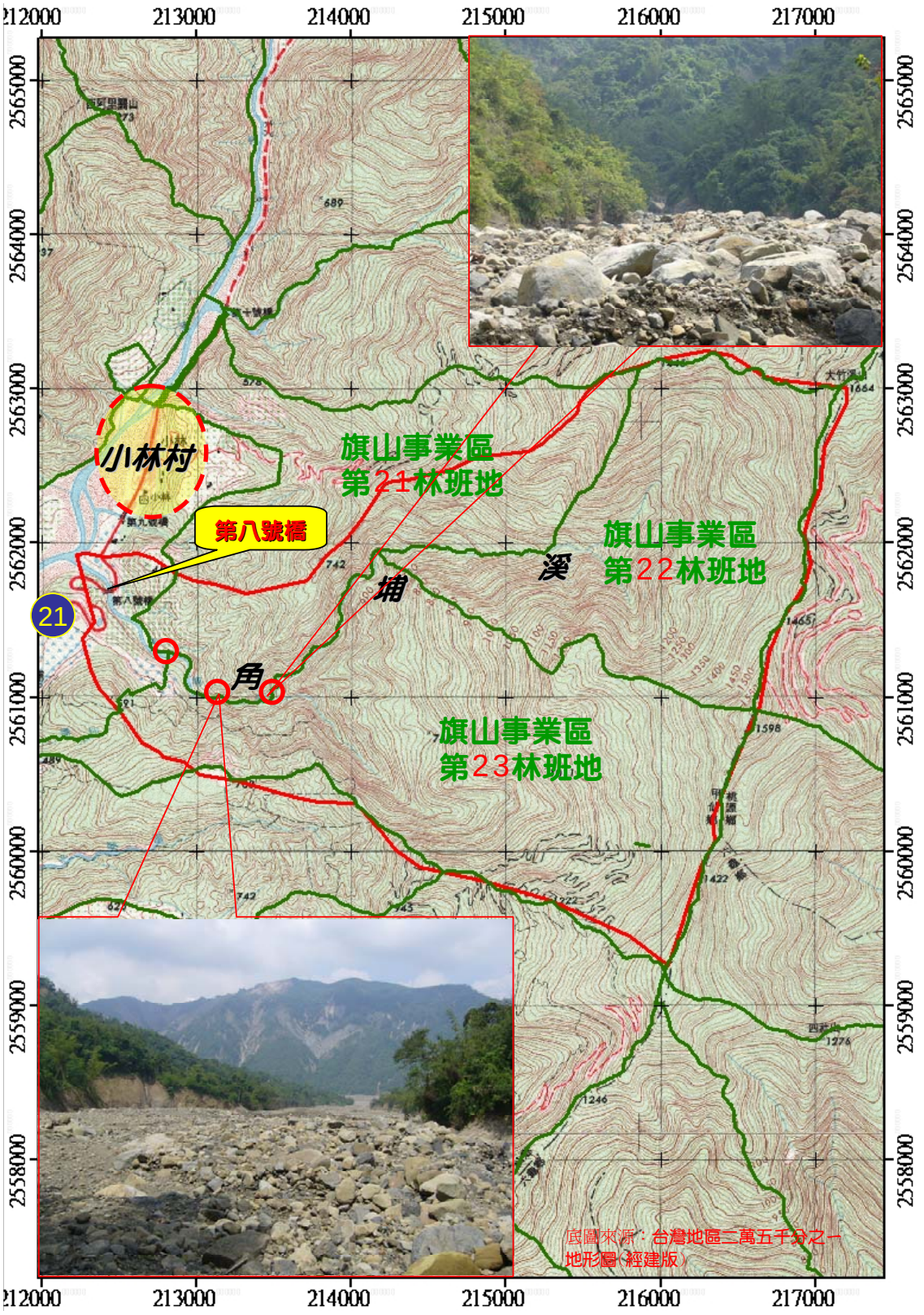


圖 2-1　五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)區位詳圖

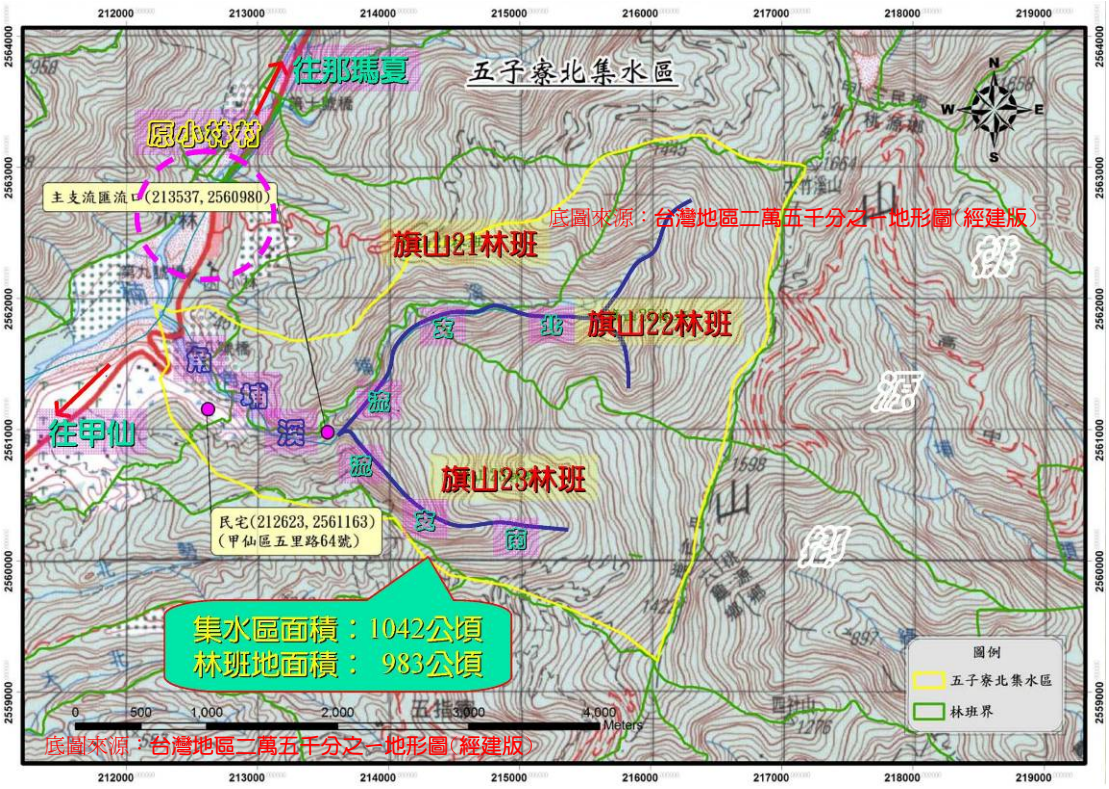


圖 2-2 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)範圍詳圖

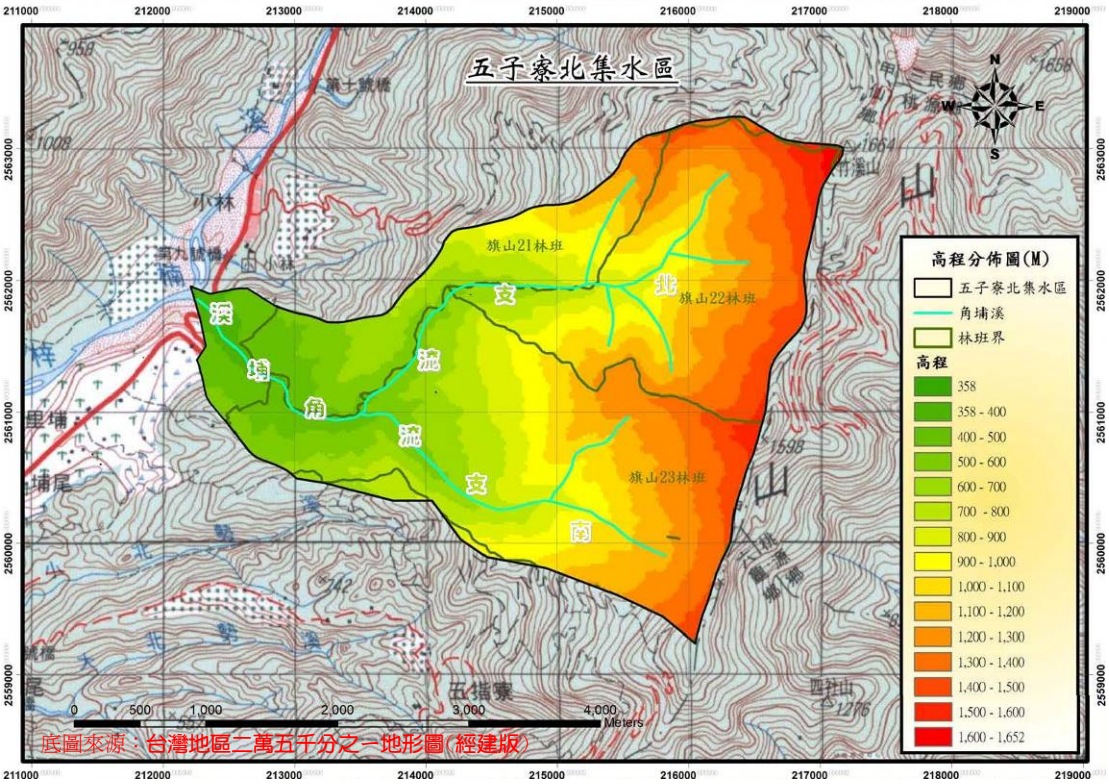


圖 2-3 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)地形地勢示意圖

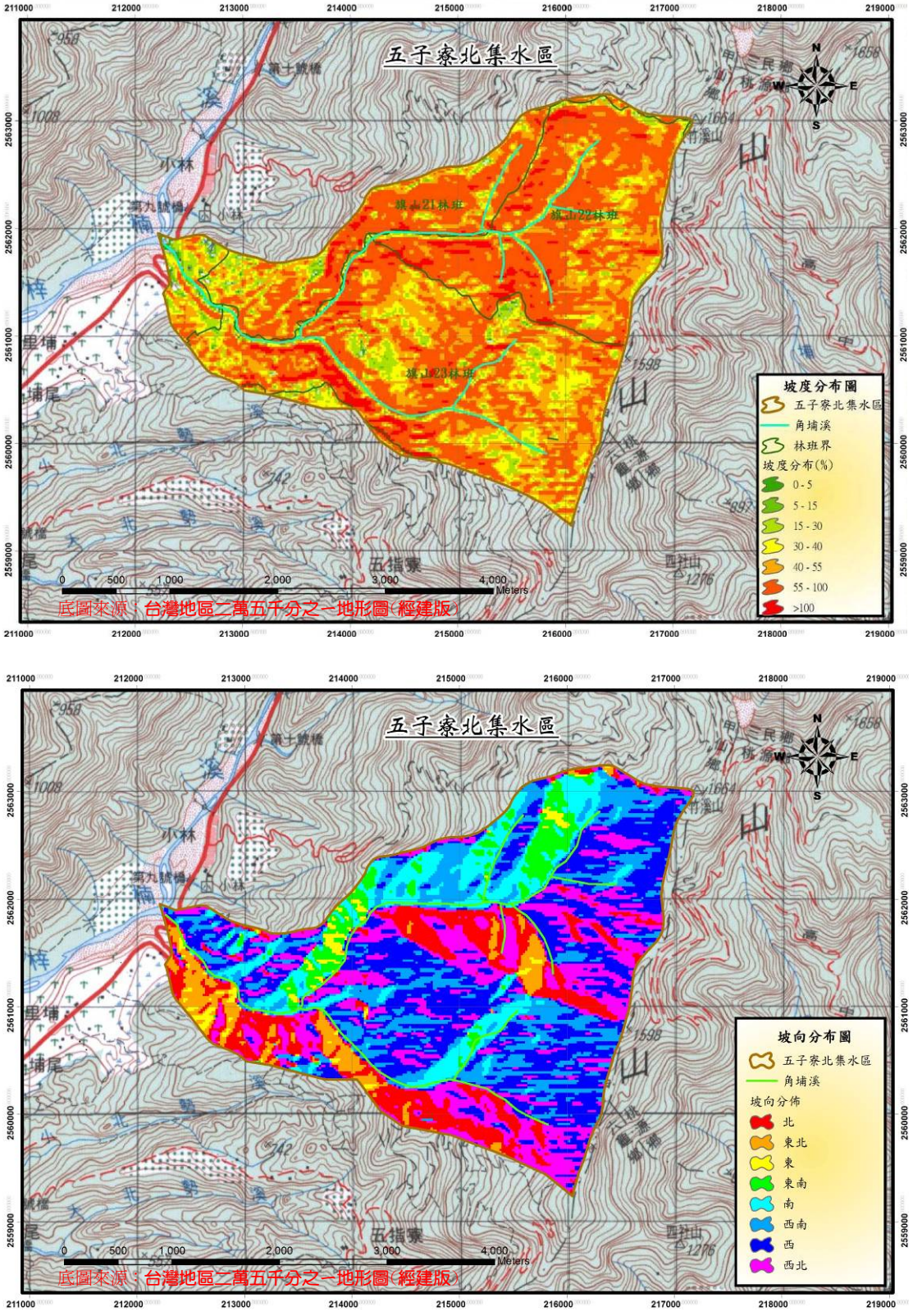
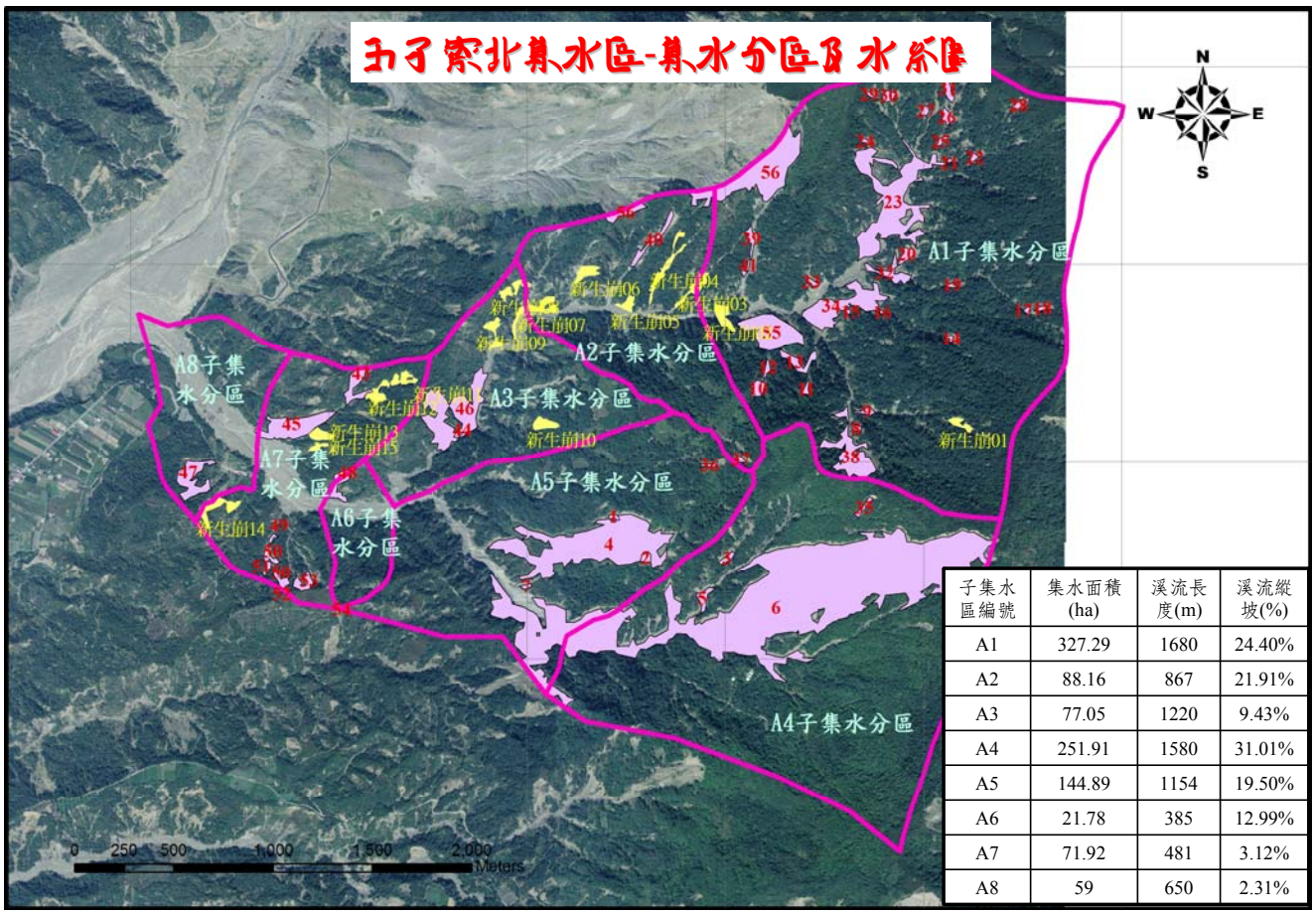


圖 2-4 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)坡度、坡向示意圖



子集水區編號	集水面積(ha)	溪流長度(m)	溪流縱坡(%)
A1	327.29	1680	24.40%
A2	88.16	867	21.91%
A3	77.05	1220	9.43%
A4	251.91	1580	31.01%
A5	144.89	1154	19.50%
A6	21.78	385	12.99%
A7	71.92	481	3.12%
A8	59	650	2.31%

圖 2-5 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)水系系統示意圖

2.2　集水區人文資料

2.2.1　行政轄區

參考本調查集水區所在之高雄市甲仙區公所官網及相關網站資訊，針對調查集水區(五子寮北集水區)內之所屬行政區域、產業發展、交通事業及其建設計畫，擷取相關資訊納採。並配合以 GIS 系統模組及相關資料庫資訊，建構相關圖層成果。並參考本調查集水區所在之高雄市甲仙區户政事務所官網及相關網站資訊，針對調查集水區(五子寮北集水區)內之最新人口統計及分佈情況，擷取相關資訊並進行統計分析、與彙集成果展示。五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)全區之行政區域轄屬高雄市甲仙區小林里境(按套疊 GIS 地理資訊圖層顯示)，詳如後圖 2-6。該里為甲仙區最北邊及面積最大之一里，面積有 47.913 平方公里，本里大約可分為村南（1-4 鄰），五里埔（5-8 鄰），村北(9-19 鄰) 三大主要聚落，均位於台 21 線旁，為通往錫安山及那瑪夏區必經之地。區域內之國有林班地治山防災管理與治理權責係由林務局屏東林區管理處負責。

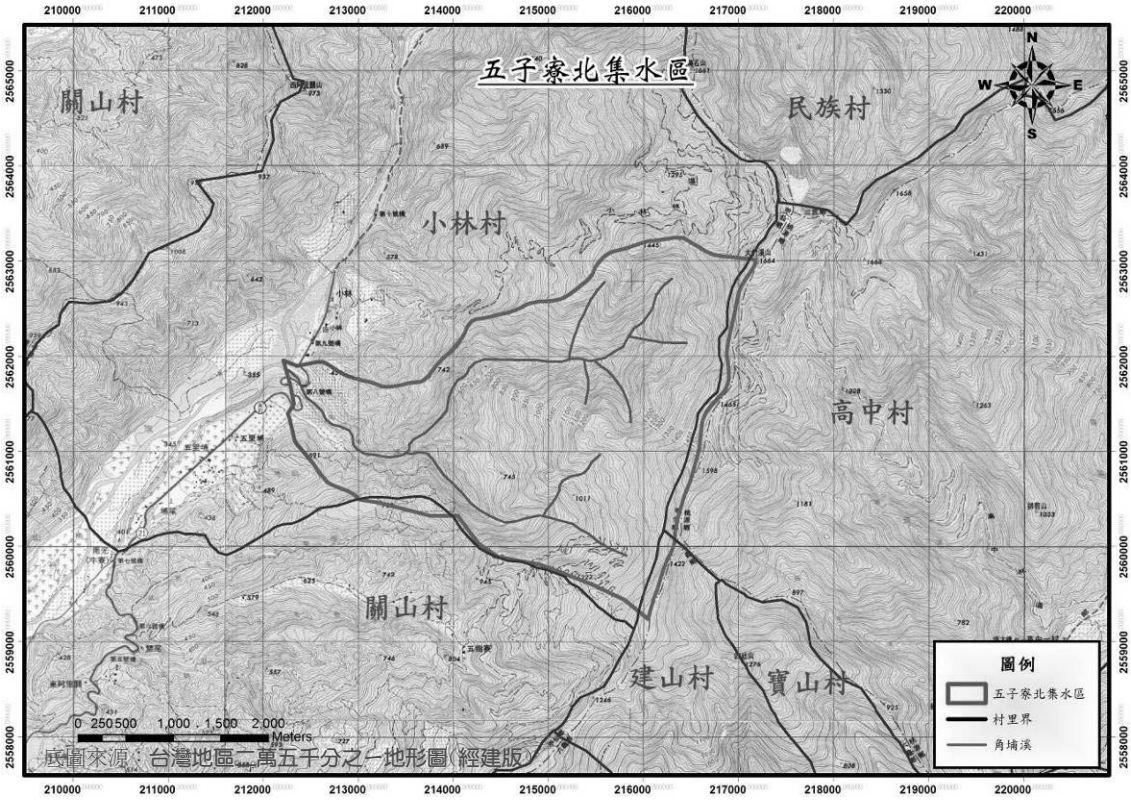


圖 2-6 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)行政區域轄屬圖圖

2.2.2　人文特色與人口分佈

小林里目前之人口數經查詢高雄市甲仙區户政事務所最新更新至 102 年 12 月份之人口調查數為 245 户、609 人，惟本五子寮北集水區內，獨位在集水區下游靠西南山側之私地住户(甲仙區五里路 64 號)尚有居民進出及仍進行少量之耕作，其他私地內並無居民居住。除此之外，本集水區內之土地絕大部分為林班地，佔有 983 公頃之數，約佔整體集水區面積之 94.34%(整體集水區面積為 1042 公頃)，此林班地內除林務局巡山人員外，平時已無像災前有溯溪、攬勝之遊客進出。小林里之人口結構分佈詳如下表 2-5 說明。

表 2-5 小林里人口結構及分佈彙整一覽表

里名	鄰數	户數		人口數	男生數	女生數
小林里	19	一般住民	238	580	323	257
		平地原住民	3	9	8	1
		山地原住民	4	20	10	10
		合計	245	609	341	268

註：資料來源自高雄市甲仙區户政事務所官網資料，並由規劃團隊彙整。

莫拉克風災前小林里大部份人口居住於小林聚落，居民務農為主，該處八成為日治時期由台南南化、玉井一帶遷至該處的漢化西拉雅系大滿族原住民，以及閩南人，也有少部分布農族。小林部落居民大多屬平埔西拉雅族大武壠社群，守護神稱為番太祖（又稱阿立祖、阿立母），並設有公廨供奉，訂每年農曆九月十五日舉行部落「太祖夜祭」，在村內小林國小還設有全國第一座平埔文化館，居民普遍信仰媽祖與台灣民間信仰。

- 公廨祭祀番太祖

平埔族是一個母系社會，村落中具有法力的　姨享有特殊地位，族人平日不祀奉神像，主要祭祀的祖靈稱為「番太祖」，壺中裝水，稱「平安水」、「嚮水」，祭祀祖靈的場所，則稱為「公廨」，尤以公廨是平埔族人的信仰中心，也是族人決定重要事情的場所。小林村區域內，雖有豐富的平埔族文化資產，卻因漢文化進入及與漢人混居，使得族人逐漸認同漢族文化。為積極復興與保 留平埔族文化，高雄縣政府特別在村落裏的小林國小，設置一座平埔文物館，除保存平埔族的文物，更與每年農曆九月十五日的太祖祭典，讓族人能夠找回失落的集 體記憶，後代更有機會傳承平埔文化。平埔族的文化，絕非僅存在於文物館的標本展示，而是充滿生命活力的

平埔族群文化，因而結合小林社區的力量，創設具有教育功能的小林平埔文物館，正是小林平埔族人的精神象徵，更是村落生命再生與延續的最佳證明。

- 傳統夜祭祀祖靈

平埔族人對神明的觀念，多來自於祖靈，公廨祭祀的主神，是平埔族人的祖先阿立祖，但不供拜神像，這也是平埔族人與漢人信仰最大的差異。平埔族人不供奉神祇，而是象徵性的祀壺，平埔族也因而被稱為「拜壺民族」。 公廨內最重要的擺設就是祀壺，視為祖靈的圖騰；祀壺的大小、形狀與材質，並沒有特別限制，一般陶壺、酒瓶、醬油瓶、飲料瓶、小甕、碗、豬頭殼、羊頭殼，或用石頭代替者，種類繁多，不一而足，只要是開口縮小，內裝清水，上插青葉即可。

小林村由於地處偏遠，與外界交通不易，而得以保存較完整的大滿族文化，其最重要的傳統祭祀活動，是於每年農曆九月十五日的夜祭，藉此遙祭祖靈。在夜幕低垂時，族人頭戴圓仔花環，身穿祖先阿立祖最愛的純潔白衣，由祭典靈魂人物女靈媒尪姨帶領下，牽手繞圈，踩著四步舞法，以平埔語吟唱牽曲歌謠，在聲聲相疊的熱鬧氣氛中，迎接番太組下凡與族人同樂。

小林里(原名小林村) 位於台灣高雄市甲仙區東北端，原計分為 18 鄰，第 9~18 鄰係於莫拉克颱風災害時，遭掩埋或流失，損失慘重，遭到摧毀的小林聚落，已分別於小林里五里埔與相鄰之杉林區重建，遭土石掩埋之原址保持現狀並開闢為紀念公園，稱為「小林村紀念公園」，而紀念公園業於 2012 年正式完工，並設立小林公祠。1~8 鄰則主要位於五里埔路段上，目前為人口聚集之處。

小林部落倖存者和罹難者家屬於災後組成「小林社區災後重建自救會」，進行安置及重建工作。計分三處居住，其中有 90 戶入住甲仙區小林里五里埔社區（俗稱「小林一村」），而小林國小、活動中心、平埔文化園區、小林北極殿都於五里埔社區重生，而每年的農曆九月十五日，正是平埔夜祭（小林夜祭）的季節，風災後每年依舊照常舉行。另有 120 戶選擇杉林區台糖月眉農場由中華民國紅十字會興建的日光小林社區永久屋（俗稱「小林二村」）。而有 60 戶入住杉林區的慈濟「小林小愛社區」（俗稱「小林三村」），計畫籌建土地公廟（小林北極殿的分廟），各自展開新生活。

2.2.3　產業發展

里內居民大多以務農為主，農作物有竹筍、香蕉、薑、山芋等，境內楠梓仙溪為國寶級魚類「高身鰁魚」棲息地， 屬保育類動物。惟本集水區因莫拉克風災之影響，迄今之產業發展受限、甚有停滯之現象，如災前林班地內林相完整、林木矗立、綠意盎然，溪流生態環境豐富，且集水區內尚有石磯谷(又名大壁谷)風景區，區內巨石、瀑布群、蝙蝠洞等引人入勝。惟自莫拉克風災及爾後歷年颱洪之刷蝕沖淤結果，下游淤積相當大之土石量，上游崩塌地及崩落土石仍不穩定，更無居户或遊客出入。

2.2.4　交通

該五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)目前已無遊客駐足攬勝。原有之台 21 線道因受到莫拉克 88 風災侵襲造成小林村所在獻肚山大崩山結果，早經截斷。目前為方便更北面那瑪夏區居民之進出、往來，已於 102 年新建跨越楠梓仙溪之第 12 號鋼便橋樑供予通行(全線於 103 年 5 月完工通車)，另順沿楠梓仙溪溪床開設便道通行。惟本案集水區之進出仍可藉由台 21 線五里路路段作為聯外道路之使用，而進入集水區內則需藉由溪床目前所臨時開設之便道進出，機具、車輛與人員可由挌大的溪床提供作為上、下游交通之用，惟對於施工動線而言，反而更加有利，減少阻礙。經過集水區所屬溪流-角埔溪主、支流匯口後可銜接上原有林區道路，惟自 98 年莫拉克颱風侵襲後，造成整體五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)災害頻仍，上游源頭崩塌土石下移淤積溪床，原有區內之林間道路或遭截斷、或有路基淘空災害、亦或是雖尚完好，惟因落石、倒木而不利於行者等因素，使得集水區內已人煙鮮至。詳圖 2-7。



圖 2-7 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)區域內道路狀況詳圖

2.2.5 相關建設計畫

1. 加強山坡地水土保持計畫

經查與本五子寮北集水區相關之建設計畫並不多，水土保持局第四工程所(現為台南分局)於 91 年度曾辦理「小林野溪整治工程」1 件，92~97 年並未在小林地區再辦理類似之防砂治水相關案件，適逢 98 年間莫拉克風災造成小林地區極大之創傷後，即未在此地區辦理相關工程作業，規劃團隊按該 91 年間施作之工程座標點按圖索驥，其位置約在大崩壁之上游面處，研判應為當時存在之野溪坑溝治理工程作業，目前該工程構造設施已不見蹤跡，應已於莫拉克風災時損毀。

2. 國土保安區治理與復育計畫

自 88 風災侵襲造成本五子寮北集水區上游源頭大規模之崩塌，崩塌土石崩落溪床，於溪床淤積大量之土石，而造成下游楠梓仙溪極大之威脅。故行政院農業委員會林務局屏東林區管理處為防止該處崩塌土石下移堆積現象再次發生，並配合政府公共工程建設之推動，恪於 98 年度底特選定該溪林班界上游面辦理「角埔溪上游

災害河道清疏復建工程」土石清疏工程計畫，並於 99 年度實施工程作業，俾維護該地區民眾生命財產的安全。所清疏土石方約 189,800T，約合清疏土石方約 203,812m^3。清疏工程完工後，即時通暢原本堵塞之河道，穩定流路，更因土石有效清淤之結果，大大提升下游側居民與設施構造之安全性。總工程預算經費達 8,500,000 元。99 年清疏工程完工後之照片如后。



3. 小林村罹難者紀念公園開闢工程計畫

小林村地區於民國 98 年 8 月 7～9 日遭受莫拉克颱風嚴重侵襲，當晚大雨造成依傍的獻肚山大量土石崩落而掩埋。事發後小林村民不忍四百多位親人遺體，因開挖再受干擾，決議維持現址原狀，以資紀念。高雄市政府與村民充分討論後，決定在五里埔興闢紀念公園，提供村民與到訪者一處憑弔、紀念逝者的場所。

由高雄市政府工務局新工處負責辦理之「高雄市甲仙區小林村紀念公園開闢工程」，總經費約 7,800 萬元，於 100 年 3 月 11 日上午 10 時舉辦動土典禮。本工程基地面積約 1.9 公頃，從文化歷史、生態景觀、交通運輸、災難紀念及永續經營等 5 個面向切入，進行整體規劃，園區包含：紀念公祠、紀念碑、祭祀廣場、前廳及苦路、植樹紀念區、追思廣場、追思平台、眺望樓台、休憩平台、休憩迴廊、沉思橋及大型廣場等。苦路兩側刻有 462 位往生者姓名，代表他們永留於此；紀念碑高 9 公尺，由風災中順流而下獻肚山石磈堆砌而成，格外具有意義；公園種下 181 棵台灣山櫻花樹苗，代表罹難者家庭，並期盼花季盛開，為家屬帶來希望。本工程 100

年 2 月 11 日發包，100 年 3 月 7 日開工，101 年 1 月 15 日啓用暨安座。

其公園闢建之整體效益使得小林村對外交通，主要為台 21 線之臨時便道(已搶修通車)，有助當地對外交通聯繫，配合紀念公園的啓用，可吸引當地居民及遊客到訪，這一處景觀優美、結合休閒與永續發展教育的生態遊憩公園。站在紀念公園，可以居高眺望小林村原址，提供村民憑弔追思罹難者。同時，也提供到訪者環境教育及休憩兼具的場所，提醒世人對自然和諧共處的重要性，讓災害的遺憾不再發生。部份完工後之照片如后。



4. 台 21 線道路「小林橋」工程建設計畫

莫拉克風災後，為迅速改善那瑪夏地區對外交通，公路總局第三區養護工程處先以簡易鋼便橋及管涵便道做為通行之用，惟因受到山區地勢影響，河道不穩定度極高，汛期洪患仍有造成便道中斷的可能，恐隨時危及行車安全，遂於 101 年籌列經費 10 億元，新建沿線 12 座鋼橋。其中即包含由甲仙五里埔跨越楠梓仙溪主流往那瑪夏之「小林橋」鋼橋。

又鑑於由五里埔往那瑪夏該路段工程急迫性及施工經費受限，設計思維是以「橋倒難修、路坍易填」為原則，定位為長期復建前的階段性任務，著重於跨河的鋼橋結構物，其兩側僅銜接新建鋼便橋的局部引道段（約 50～100M）並加固保護。做到初期以「改善交通刻不容緩 先建鋼橋以為因應」之階段性標的。

為提升「小林橋」鋼橋之抗災能力，考量以 100 年洪患重現期距，設計水位高加 1.5 公尺出水高，及保守取 1.5 公尺回淤量來訂定梁底高程；下部採 1.5 公尺直徑

套管式深基礎、48 公尺長跨徑高通洪斷面橋體，及塊石保護工，以提升鋼橋及銜接引道的抗洪強度。惟考量該溪底便道不易維護及影響用路人基本通行需求，故提出該路段中期再提昇計畫，採 I 型鋼橋及提高道路高程，藉以提昇該路段抗災防洪能力，已於 103 年 5 月 31 日全線通車。完工後之照片如后。



茲將相關建設計畫彙整列如后表 2-6。

表 2-6 相關建設計畫一覽表

建設工程名稱	執行年度(民國)	執行機關	執行經費(仟元)	工程概述
小林野溪整治工程	91	水土保持局第四工程所	1,500	整治、流 57 公尺,其他: 跌水式固床工 4 座
角埔溪上游災害河道清疏復建工程	98、99	屏東林區管理處	8,500	清疏土石方約 189,800T，約合清疏土石方約 203,812m^3
小林村罹難者紀念公園開闢工程	100	高雄市政府工務局新工處	78,000	紀念公祠、紀念碑、祭祀廣場、前廳及苦路、植樹紀念區、追思廣場、追思平台、眺望樓台、休憩平台、休憩迴廊、沉思橋及大型廣場等
台 21 線道路「小林橋」工程	101	公路總局第三區養護工程處	估計約 100,000	設計水位高加 1.5 公尺出水高,及保守取 1.5 公尺回淤量來訂定梁底高程;下部採 1.5 公尺直徑套管式深基礎、48 公尺長跨徑高通洪斷面橋體

註：上述資料內容由規劃團隊蒐集、彙整。

2.3 氣象水文資料

2.3.1 氣象

氣象因子為集水區治理規劃上相當重要的參據。本集水區氣象參考數據茲引用距集水區較近之中央氣象局所屬甲仙氣候觀測站統計資料，詳表 2-7。其中，5 月至 9 月為夏雨季節，而自 10 月起至翌年 3 月間雨量較少，蒸發量相對雨量而言亦較少，濕度稍大，平均氣温攝氏 22.7 度，為亞熱帶型氣候。惟為估算本集水區內相關降雨資料作為規劃應用，故採用與五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)相關之降雨資料，初步按各相關雨量站位置之適切性作為代表且進行評估比較，初步分析本案集水區附近之雨量站計有甲仙(2)、高中(含高中(1))及關山、民族等 5 雨量站較為接近本調查規劃集水區，作為進行水文分析作業之參考。

表 2-7 中央氣象局甲仙氣候觀測站氣象資料統計彙總一覽表

月份 項目	1 月.	2 月	3 月.	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均值(或總和)
平均氣温(℃)	17.1	18.6	20.9	23.6	25.2	25.7	26.2	25.7	25.3	24.0	21.4	18.3	22.7
平均相對溼度(%)	74.1	74.9	73.6	76.3	78.3	82.1	80.3	81.1	79.1	76.0	72.7	74.0	76.9
平均風速(m/s)	0.16	0.21	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.21	0.19	0.15	0.14	0.17	0.19
日照時數(hr)**	106.3	120.2	122.0	92.7	74.4	85.1	111.7	107.1	115.4	140.7	107.4	95.1	1,275
蒸發量(mm)**	74.7	79.6	112.0	127.8	143.1	130.9	140.5	130.2	118.4	112.5	89.9	74.5	1,334
降雨日數(天)**	4.7	5.3	5.2	7.8	14.2	16.5	18.2	20.2	14.9	6.5	3.9	3.9	121.2
備註	＊＊-Total（總和值）；~-無觀測或資料遺失												

註：上述資料參考自中央氣象局歷年氣候資料年報資料(1993~2012)

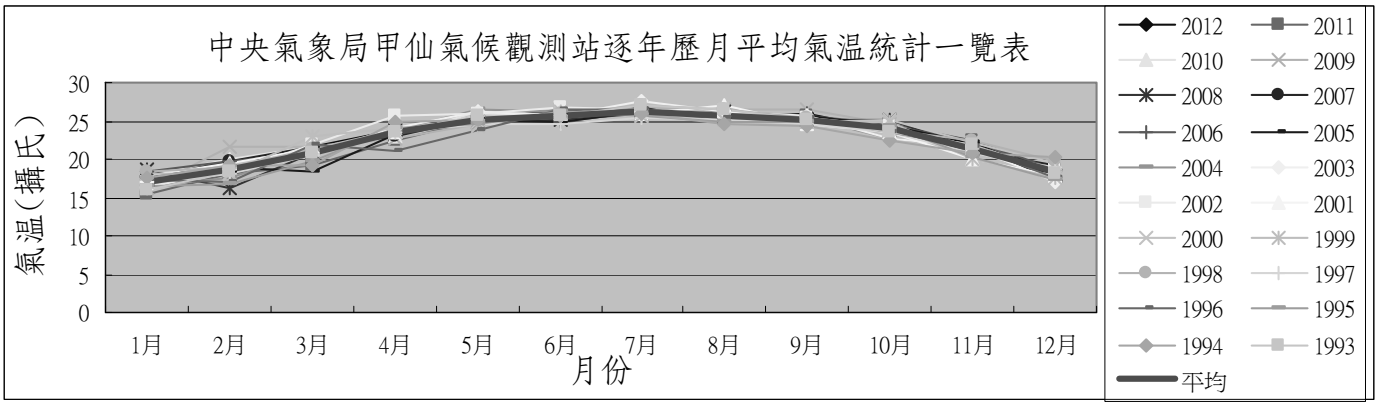
- 平均氣温

本集水區之平均氣温參考數據茲引用距集水區較近之中央氣象局所屬甲仙氣候觀測站平均氣温統計資料，詳如后表 2-8，由表 2-8 中，可探知 5~9 月之夏日月平均氣温約在 25℃~26℃間相當平均，氣温亦不算太高；10 月~次年 4 月之秋冬季月平均氣温約在 17℃~24℃間，氣温亦不算太低，全區氣温尚屬適宜户外活動之舒適環境氣候。

表 2-8 中央氣象局甲仙氣候觀測站歷年逐月平均氣温資料統計彙總一覽表

年份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
2012	17.3	18.3	21.6	23.8	25.2	25.6	26.6	25.3	26	23.9	22.1	18.6	22.9
2011	15.5	18.2	19.3	22.5	25.2	26.6	25.9	26.2	25.8	24.5	22.5	18	22.5
2010	17.9	19.9	21.5	23	26.1	25.5	26	25.9	25.2	24.2	21.1	17.8	22.8
2009	16.2	21.6	21.7	22.8	24.7	25.6	26.8	26.5	26.6	24.7	21.6	18	23.1
2008	18.6	16.3	20.7	23.7	24.9	25.1	25.9	26.1	25.1	25.2	21.3	17.9	22.6
2007	17.7	19.6	21.6	23	25.4	25.4	26.7	24.8	25.2	23.9	21.1	19.1	22.8
2006	18.5	19.8	20.9	23.9	24.9	25	26.3	26	25	24.3	22.4	18.6	23.0
2005	16.6	19	18.3	23.2	25.2	24.8	26.2	25.6	25.7	24.3	22.1	17.1	22.3
2004	16.5	17.7	21	23.9	26.5	26.2	25.9	26.1	25.3	22.7	21.5	18.4	22.6
2003	16.1	18.9	20.7	24.1	26.3	25.8	27.5	26.3	25.6	22.7	21.7	16.9	22.7
2002	16.4	18.3	22.0	25.6	26.0	26.7	26.4	26.0	25.3	24.4	21.1	18.6	23.1
2001	17.9	19.4	21.3	23.6	25.6	26.0	25.9	26.9	24.7	23.6	19.9	17.8	22.7
2000	17.0	18.1	21.3	23.6	24.8	26.0	25.6	25.2	24.9	25.2	22.2	19.5	22.8
1999	18.1	18.1	22.9	24.1	24.2	26.2	25.6	25.1	24.9	25.0	20.1	17.5	22.7
1998	18.4	19.0	21.4	23.8	25.2	25.9	26.9	26.4	25.3	23.8	22.4	19.6	23.2
1997	16.8	18.0	20.6	23.4	24.5	24.5	25.3	25.2	24.6	23.6	20.8	18.9	22.2
1996	17.2	17.0	21.9	21.1	23.7	26.4	26.4	25.4	25.3	23.5	21.6	17.5	22.3
1995	16.6	16.8	19.8	24.1	24.6	26.1	25.7	24.8	25.0	24.3	20.3	17.2	22.1
1994	17.6	19.2	19.3	24.8	25.2	25.7	25.9	24.7	24.4	22.3	20.8	20.2	22.5
1993	16.0	18.4	20.7	23.6	25.6	25.7	27.0	26.4	25.2	23.4	21.9	18.2	22.7
平均	17.1	18.6	20.9	23.6	25.2	25.7	26.2	25.7	25.3	24.0	21.4	18.3	22.7

註：上述資料參考自中央氣象局歷年氣候資料年報資料(1993~2012)，(單位：℃)。



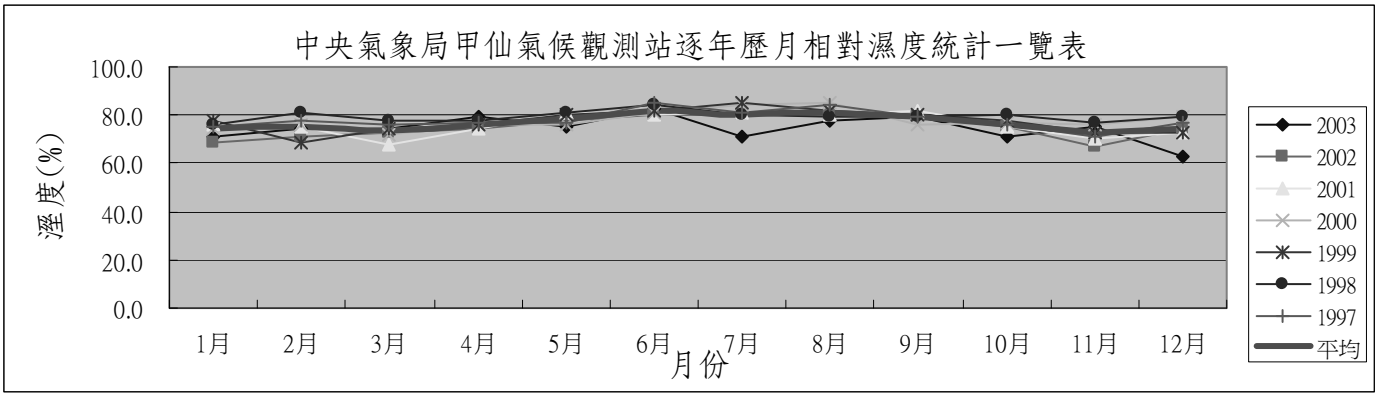
- 平均相對濕度

本集水區之平均相對溼度參考數據茲引用距集水區較近之中央氣象局所屬甲仙氣候觀測站平均相對溼度統計資料，詳如后表 2-9，由表 2-9 中，可探知全年平均相對溼度約維持在 75%~80%間，濕度之變化不大，全區尚可維持一乾爽、舒適之生活環境氣候。

表 2-9 中央氣象局甲仙氣候觀測站歷年逐月平均相對溼度資料統計彙總一覽表

年份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
2003	71.0	74.0	74.0	79.0	75.0	83.0	71.0	78.0	79.0	71.0	75.0	63.0	74.0
2002	69.0	71.0	73.0	74.0	78.0	80.0	80.0	80.0	79.0	75.0	67.0	74.0	75.0
2001	76.0	75.0	68.0	74.0	81.0	80.0	81.0	80.0	82.0	75.0	70.0	73.0	76.0
2000	74.0	76.0	72.0	76.0	76.0	81.0	84.0	85.0	76.0	77.0	76.0	79.0	78.0
1999	78.0	69.0	74.0	76.0	80.0	82.0	85.0	82.0	80.0	78.0	73.0	73.0	78.0
1998	76.0	81.0	78.0	78.0	81.0	84.0	80.0	79.0	79.0	80.0	77.0	79.0	79.0
1997	75.0	78.0	76.0	77.0	77.0	85.0	81.0	84.0	79.0	76.0	71.0	77.0	78.0
平均	74.1	74.9	73.6	76.3	78.3	82.1	80.3	81.1	79.1	76.0	72.7	74.0	76.9

註：上述資料參考自中央氣象局歷年氣候資料年報資料(1997~2003) ，(單位：%)。



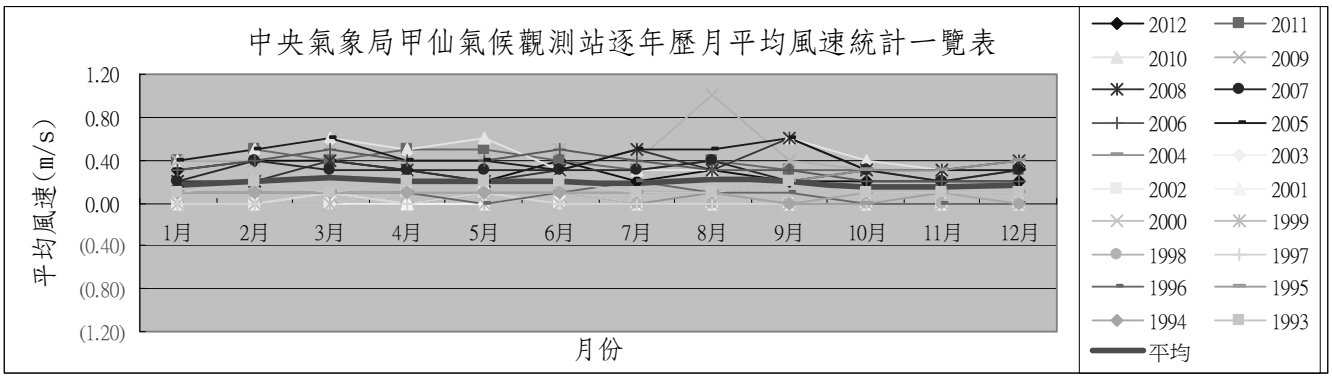
- 平均風速

本集水區之平均風速參考數據茲引用距集水區較近之中央氣象局所屬甲仙氣候觀測站平均風速統計資料，詳如后表 2-10，由表 2-10 中，可探知近年各月平均風速均有增加之趨勢，平均風速將近有 0.2m/sec，亦不算太高。集水區因位處谷地，平時氣層對流並不明顯，而風速多為 0.5 公尺/秒上下，適合作物生長。

表 2-10 中央氣象局甲仙氣候觀測站歷年逐月平均風速資料統計彙總一覽表

年份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	平均
2012	0.30	0.40	0.40	0.30	0.20	0.40	0.20	0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	0.28
2011	0.40	0.50	0.40	0.50	0.50	0.40	0.30	0.40	0.30	0.30	0.20	0.30	0.38
2010	0.40	0.50	0.60	0.50	0.60	0.30	0.30	0.30	0.60	0.40	0.30	0.40	0.43
2009	0.40	0.40	0.50	0.40	0.40	0.50	0.40	1.00	0.40	0.30	0.30	0.40	0.45
2008	0.20	0.20	0.40	0.30	0.20	0.30	0.50	0.30	0.60	0.30	0.30	0.40	0.33
2007	0.20	0.40	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.40	0.20	0.30	0.20	0.30	0.29
2006	0.30	0.40	0.50	0.40	0.40	0.50	0.40	0.30	0.30	0.20	0.20	0.20	0.34
2005	0.40	0.50	0.60	0.40	0.40	0.30	0.50	0.50	0.60	0.30	0.30	0.30	0.43
2004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.20	0.30	0.30	0.40	0.12
2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2002	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
2001	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
2000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1999	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1998	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
1997	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.10	0.03
1996	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.20	0.10	0.10	0.00	0.00	0.00	0.08
1995	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.00	0.10	0.10	0.08
1994	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.10	0.10	0.00	0.08
1993	0.10	0.20	0.10	0.20	0.20	0.20	0.10	0.10	0.20	0.10	0.10	0.10	0.14
平均	0.16	0.21	0.23	0.21	0.20	0.19	0.18	0.21	0.19	0.15	0.14	0.17	0.19

註：上述資料參考自中央氣象局歷年氣候資料年報資料(1993~2012。其中 2000 年資料欠缺。) ，(單位：m/s)。



- 日照時數

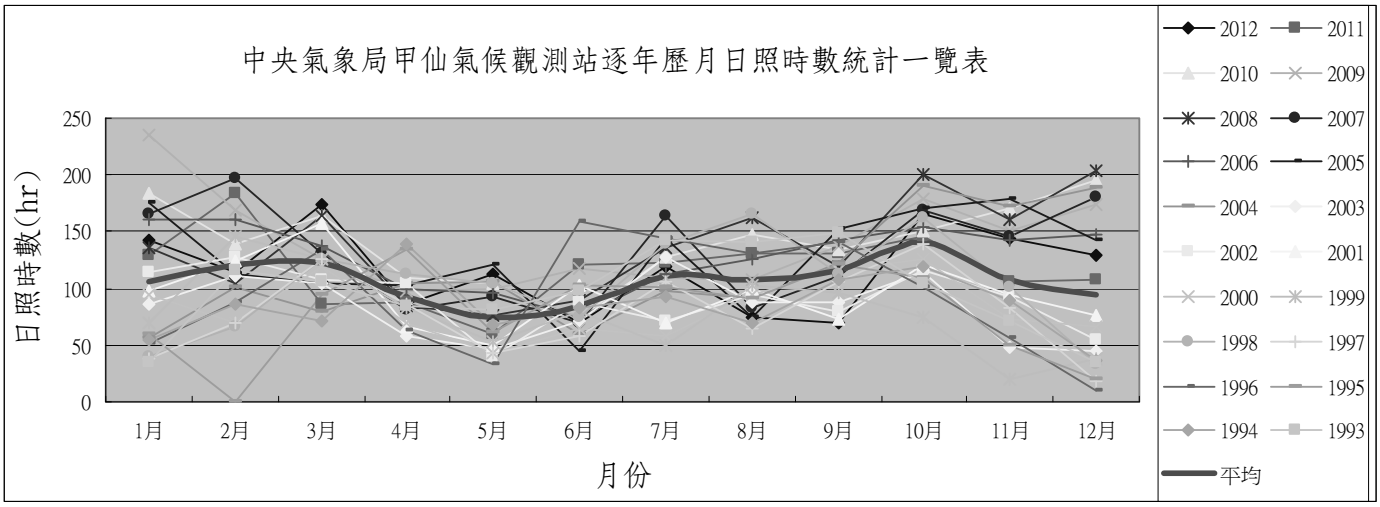
本集水區之日照時數參考數據茲引用距集水區較近之中央氣象局所屬甲仙氣

候觀測站日照時數統計資料，詳如后表 2-11，由表 2-11 中，可探知近年來日照時數均為增加之趨勢，有利於植物生長。

表 2-11 中央氣象局甲仙氣候觀測站歷年逐月日照時數資料統計彙總一覽表

年份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	總計
2012	142.9	113.5	174.3	86.7	112	70.3	119.4	75.3	70.1	164.8	144.2	128.4	1401.9
2011	129	183.3	86.4	87.5	60.2	120.1	122.2	131.5	131.1	146.5	105.3	107.7	1410.8
2010	183	139.7	164.2	108.7	104.8	74.8	128.1	147.4	134.7	150.3	171	195.7	1702.4
2009	234.7	168.1	125.1	98	98.6	118.2	109.6	108.1	138	179.3	150.3	174.4	1702.4
2008	136.1	103.7	163.1	85.2	75.4	88.9	135.2	162.3	119.8	201	160.6	204.4	1635.7
2007	165.4	197.8	130.9	80.4	93.4	70	163.5	83.2	110.1	168.9	145.4	180.4	1589.4
2006	160.7	161.2	138.2	99.2	96.7	73.9	113.2	125.3	142.7	154.3	142	147.5	1554.9
2005	175.3	113.4	104.2	103.2	120.1	45.1	143.3	75.3	151.5	171	178.8	143.2	1524.4
2004	56.1	101.3	80.2	103.6	105.5	59.6	98.1	90.4	122.3	189.7	173	188.3	1368.1
2003	86.8	110.1	103.5	57.7	46.4	71.3	127.2	88.2	87.4	114.9	47.8	45.4	986.7
2002	114.0	127.8	107.0	104.6	39.6	87.4	70.7	94.0	78.9	115.1	93.4	55.2	1087.7
2001	97.8	124.4	157.5	66.0	50.1	102.4	70.3	100.0	73.5	120.4	94.7	76.8	1133.9
2000	94.8	69.3	119.9	70.0	43.6	64.9	57.5	94.7	115.9	126.6	72.1	66.6	995.9
1999	70.1	145.5	125.9	82.1	52.3	79.8	49.8	103.2	95.2	75.3	20.4	37.4	937.0
1998	40.4	66.3	126.5	113.0	104.6	75.0	139.1	166.0	112.8	162.1	100.7	32.4	1238.9
1997	37.5	68.9	125.9	85.4	42.8	58.5	105.7	64.1	106.4	139.0	82.2	17.4	933.8
1996	51.4	87.5	134.4	63.7	32.9	159.2	144.1	131.1	140.1	101.7	56.6	10.3	1113.0
1995	58.8	62..1	95.1	134.4	60.7	102.2	100.5	90.6	121.2	109.3	49.6	19.5	1003.7
1994	54.8	85.6	71.4	139.3	67.1	82.3	93.1	69.9	107.5	119.2	88.8	35.7	1014.7
1993	35.5	116.2	106.2	85.2	80.9	97.8	142.5	141.1	148.6	104.2	71.9	34.7	1164.8
平均	106.3	120.2	122.0	92.7	74.4	85.1	111.7	107.1	115.4	140.7	107.4	95.1	1275.0

註：上述資料參考自中央氣象局歷年氣候資料年報資料(1993~2012。) ，(單位：hr)。



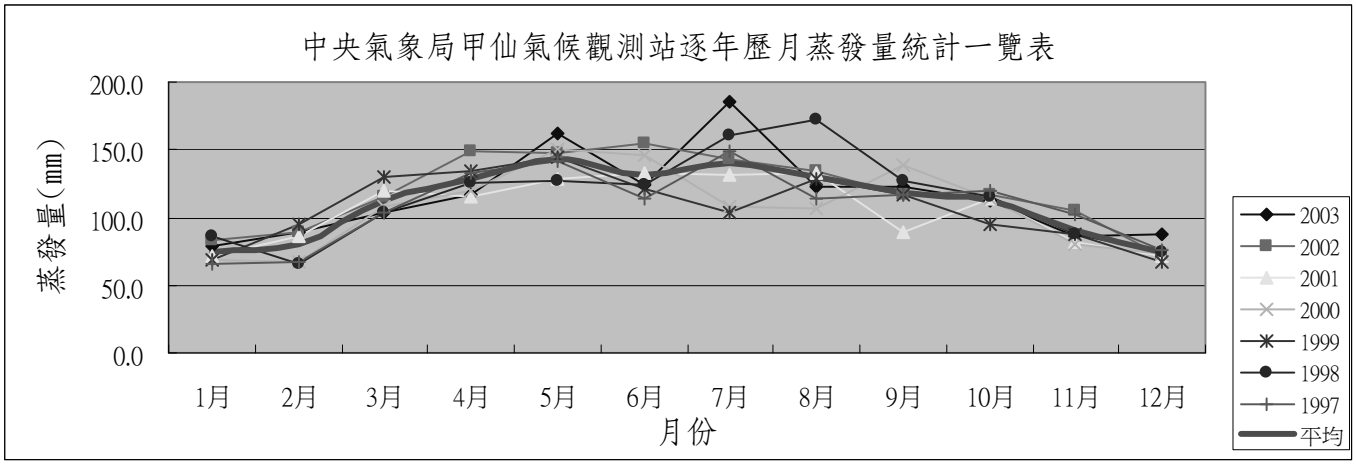
- 蒸發量

本集水區之蒸發量參考數據茲引用距集水區較近之中央氣象局所屬甲仙氣候觀測站蒸發量統計資料，詳如后表 2-12，由表 2-12 中，可探知近年來蒸發量相當平均。

表 2-12 中央氣象局甲仙氣候觀測站歷年逐月蒸發量資料統計彙總一覽表

年份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	總計
2003	79.5	89.1	104.1	117.2	161.7	123.9	185.8	122.4	122.7	112.2	85.5	87.8	1391.9
2002	83.6	89.4	115.7	149.4	147.4	154.1	142.8	134.5	117.5	116.1	104.9	72.1	1427.5
2001	71.3	85.6	119.2	115.9	129.1	133.1	132.1	133.3	89.5	114.2	81.1	71.5	1275.9
2000	67.9	66.5	107.6	119.9	150.6	146.4	108.4	107.0	138.1	114.4	80.3	72.7	1279.8
1999	69.0	94.7	130.2	133.8	143.8	121.4	104.0	128.1	116.6	95.5	87.9	67.2	1292.2
1998	86.8	65.1	103.5	126.1	127.6	123.8	161.3	172.4	127.1	115.9	88.1	74.1	1371.8
1997	65.1	66.6	104.0	132.4	141.5	113.4	149.2	113.4	117.0	119.1	101.5	76.2	1299.4
平均	74.7	79.6	112.0	127.8	143.1	130.9	140.5	130.2	118.4	112.5	89.9	74.5	1334.1

註：上述資料參考自中央氣象局歷年氣候資料年報資料(1997~2003。) ，(單位：mm)。



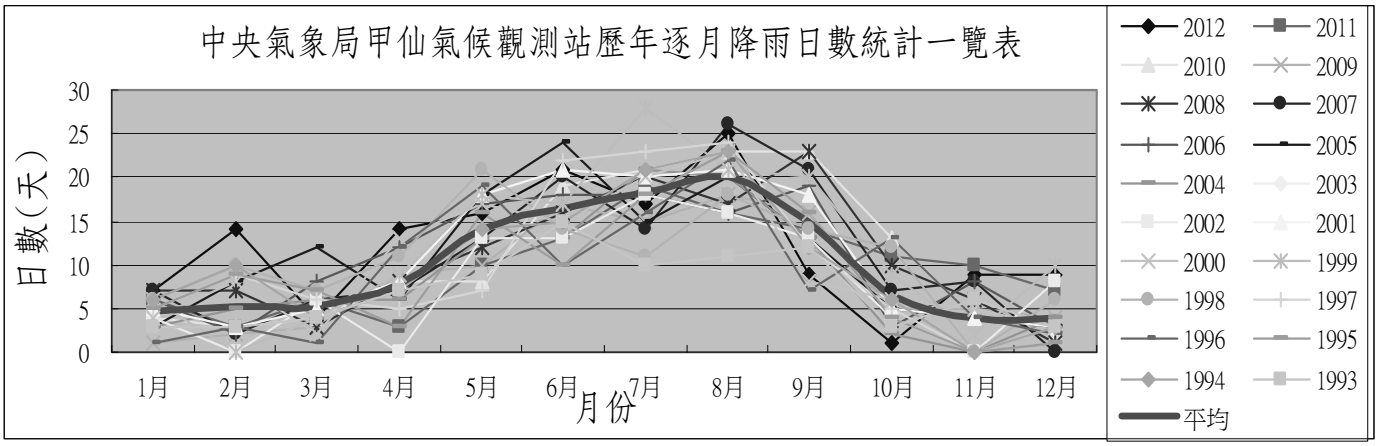
- 降雨日數

本集水區之降雨日數參考數據茲引用距集水區較近之中央氣象局所屬甲仙氣候觀測站降雨日數統計資料，詳如后表 2-13，由表 2-13 中，可探知近年來降雨日數平均維持在 121 天。

表 2-13 中央氣象局甲仙氣候觀測站歷年逐月降雨日數資料統計彙總一覽表

年份	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	總計
2012	7	14	4	14	16	21	17	25	9	1	9	9	146
2011	6	3	6	3	10	13	19	16	14	11	10	7	118
2010	4	3	4	8	8	19	21	23	23	13	4	2	132
2009	1	2	3	9	10	17	15	18	16	5	5	4	105
2008	7	7	3	8	12	16	20	17	23	10	6	1	130
2007	7	2	6	7	13	20	14	26	21	7	8	0	131
2006	6	2	8	12	17	18	18	16	19	3	8	3	130
2005	3	8	12	6	18	24	15	20	13	5	4	3	131
2004	3	5	6	6	13	13	21	20	13	2	0	4	106
2003	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0
2002	4	0	6	0	13	13	18	16	13	4	0	8	95
2001	5	3	5	8	18	21	20	21	18	5	4	3	131
2000	4	8	2	13	17	15	20	23	8	6	5	3	124
1999	6	0	4	9	18	17	28	21	20	9	2	10	144
1998	6	10	7	11	21	14	11	18	14	12	0	6	130
1997	5	9	6	5	7	22	23	24	12	5	0	3	121
1996	1	3	1	12	19	10	16	22	7	13	4	2	110
1995	5	9	7	3	16	10	18	23	16	4	0	1	112
1994	6	10	4	7	14	15	21	23	12	6	0	3	121
1993	3	3	4	7	9	15	10	11	12	3	6	3	86
平均	4.7	5.3	5.2	7.8	14.2	16.5	18.2	20.2	14.9	6.5	3.9	3.9	121.2

註：上述資料參考自中央氣象局歷年氣候資料年報資料(1993~2012。其中 2003 年資料欠缺。) ，(單位：天)。



2.3.2　雨量

與五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)相關之降雨資料，初步按各相關雨量站位置之適切性作為代表且進行評估比較，初步分析本案集水區附近之雨量站計有甲仙(2)、高中、高中(1)及關山、民族等 5 雨量站較為接近本調查規劃集水區。而經審慎篩選後，其高中、高中(1)雨量站(經濟部水利署)位於荖濃溪流域體系，與本案五子寮北集水區尚隔有大竹溪山系。另關山雨量站屬經濟部水利署之測站，位於台南市南化區關山村，其所在與本案五子寮北集水區尚隔有圓山山系。除此之外，甲仙(2)及民族則位於楠梓仙溪集水區域上。經徐昇氏法分析各雨量站所影響本計畫集水區降雨之權重，並按各相關雨量站所在位置及其歷年所蒐集之年降雨記錄資料，做為分析本五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)降雨趨勢之依據下，分析得關山雨量站所佔影響權重為 20.767%、高中雨量站所佔影響權重為 77.369%、民族雨量站所佔影響權重為 1.864%。其中，關山雨量站之年平均降雨量為 3122.7mm、高中雨量站之年平均降雨量為 2902.7mm、民族雨量站之年平均降雨量為 2976.3mm，按此，依各雨量站之影響權重可得本五子寮北集水區之推估年降雨量值為 2949.76mm。有關關山、高中及民族 3 雨量站所屬機關彙整說明詳表 2-14，年平均降雨量分析詳表 2-15 說明。徐昇氏法劃分權重示意如圖 2-8。

表 2-14 甲仙(2)雨量站站位資料一覽表

站名	站號	站址	流域	TM二度分帶坐標		標高(m)	經辦單位	紀錄年份
				X坐標	Y坐標			
關山	1630P055	台南市南化區關山里96號(瑞峰國小)	曾文溪	207721.8	2563745	240	經濟部水利署	1984～2013
高中	1730P129	高雄縣桃源鄉高中村44號	高屏溪	220387.5	2558743	520	經濟部水利署	1981～2011
民族	1730P124	高雄縣三民鄉民族村鞍山巷59號(民族國小)	高屏溪	217959.4	2568582	530	經濟部水利署	1978～2008

備註 1：上述資料係採自經濟部水利署水文資料網站資訊，並由規劃團隊彙整。
備註 2：高中雨量站之 2008 年降雨資料缺漏未紀錄，並僅紀錄至 2011 年止。
備註 3：民族雨量站僅紀錄至 2008 年止。目前已廢站。

表 2-15 計畫集水區年平均降雨量值推估一覽表(1/2)

年度	關山雨量站 (mm)	高中雨量站 (mm)	民族雨量站 (mm)	
2013	3736	—	—	經徐昇氏法分析各雨量站所佔有之本計畫集水區(五子寮北集水區) 影響面積分別計算如下： 關山雨量站：216.35318ha，影像權重為 20.767%。 高中雨量站：806.03767ha，影像權重為 77.369%。 民族雨量站：19.42227ha，影像權重為 1.864%。 其中，各雨量站之年平均降雨量值分別如下： 關山雨量站：3122.7mm。 高中雨量站：2902.7mm。 民族雨量站：2976.3mm。 推估求得本五子寮北集水區之年平均降雨量值為： 3122.7mm×20.767%+ 2902.7×77.369%+ 2976.3×1.864%= 2949.76mm。
2012	3785	—	—	
2011	2012	1913.0	—	
2010	3031	2628.0	—	
2009	3793	4415.0	—	
2008	5463	缺漏	4367	
2007	4205	4381.0	4226	
2006	3709	4090.0	4251	
2005	5511	5826.0	5444	
2004	2385	3039.0	3154	
2003	1873	1862.0	1849	
2002	1925	1579.0	1678	
2001	3416	3343.0	3369	
2000	2275	2165.0	2478	
1999	2625	2648.0	2986	
1998	3425	3021.0	3223	
1997	2954	2688.0	2956	
1996	2669	2405.0	2769	
1995	1310.3	1806.0	1781	
1994	3620	3084.0	3141	
1993	1835	1581.0	1599	
1992	3194	3270.0	3279	
1991	2310	2317.0	2180	
1990	3859	4299.0	3299.5	
1989	3478.9	2775.9	2840.4	
1988	3093.9	2516.0	2500.9	
1987	2690.4	2288.5	2650.8	
1986	2395.1	2419.4	2431.7	
1985	3145.4	2881.4	3491.1	
1984	2145	1695.0	2165.5	
1983	—	2869.1	2827	
1982	—	3864.0	3835.5	
1981	—	3412.8	3923.7	
1980	—	—	1680.1	
1979	—	—	2484	
1978	—	—	3404.6	
平均	3122.7	2902.7	2976.3	

備註：上述資料係採自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站各雨量站降雨紀錄資訊，並由規劃團隊彙整。

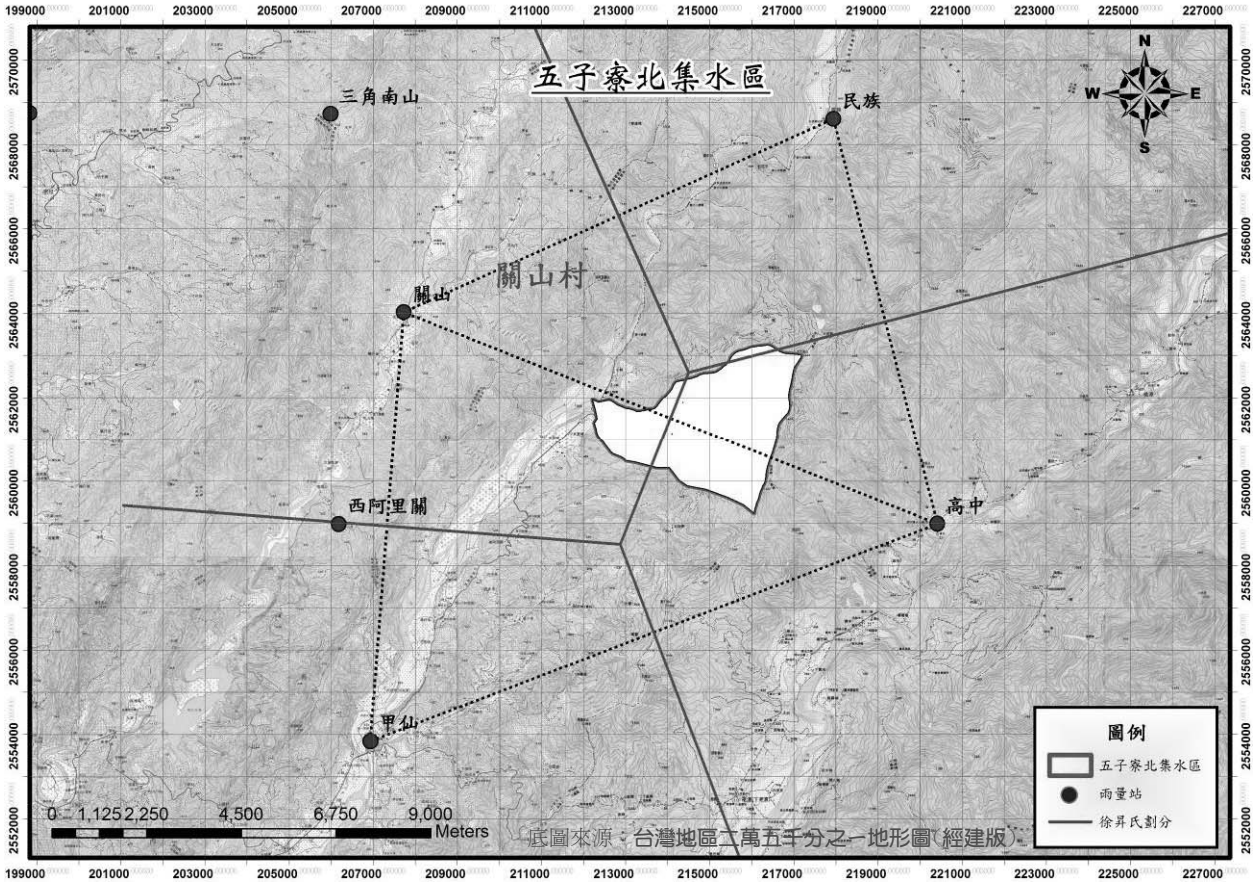
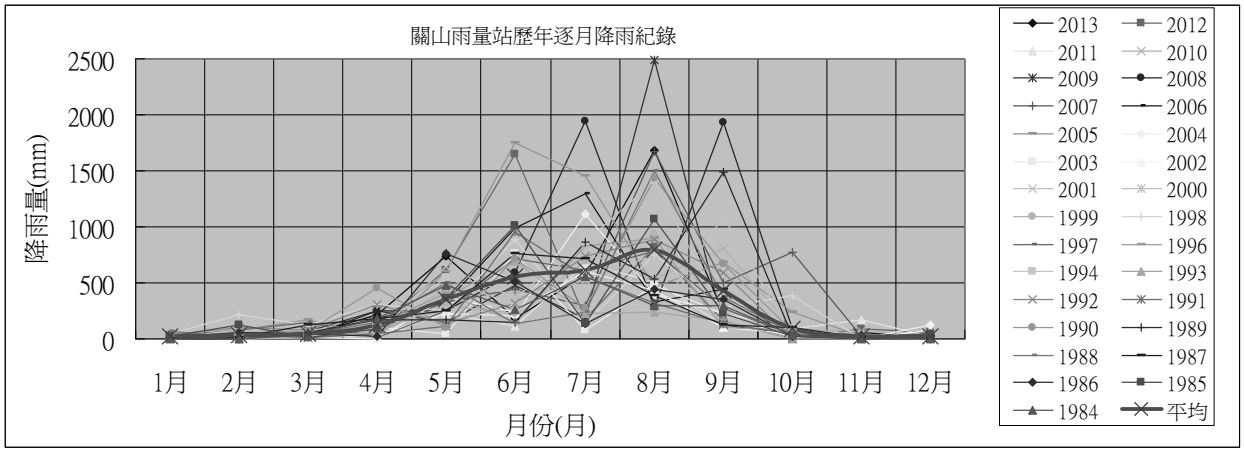
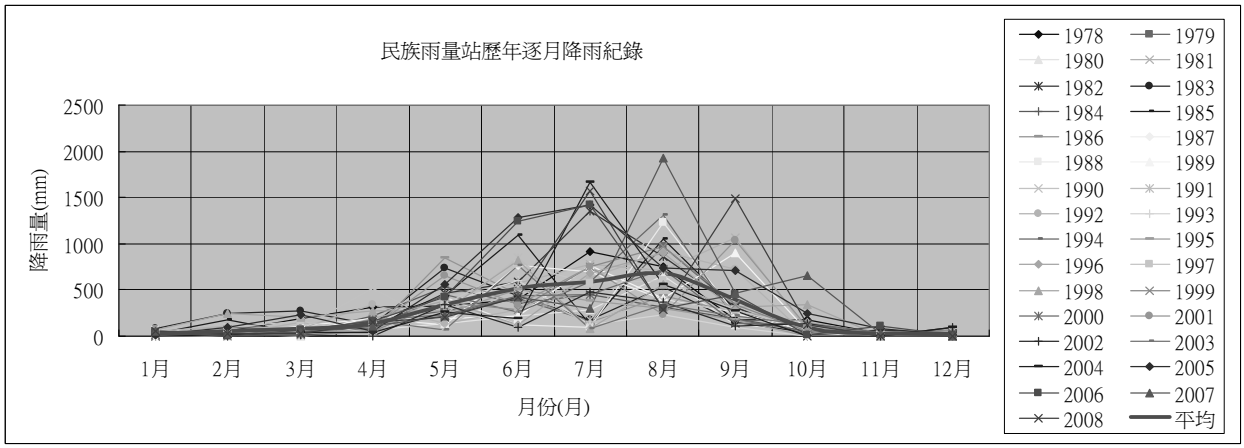


圖 2-8 徐昇氏法分析五子寮北集水區各雨量站影響權重示意圖

2.3.3　水文概況分析

按分析上節關山、高中及民族 3 雨量站歷年間之年平均降水量約在 3122.7、2902.7 及 2976.3mm，經與台灣整體年平均降雨量比較，相對較大。降雨型態亦有異，6 月上旬至 9 月中旬間為多雨季節，平均月降雨量均達 700mm 以上，可見地區之雨量亦相當集中，惟各別年在 6 月上旬至 9 月中旬間之狀況，月降雨量超過 1,000mm 以上之雨量，亦不在少數，因此，高暴雨量對於五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)之災害發生，為具有相當重要之影響因素。而自 9 月下旬起至翌年 5 月間雨量則較少。關山、高中及民族 3 雨量站歷年月降雨歷線趨勢說明如圖 2-9，歷年逐月降雨量統計一覽詳後表 2-16、2-17 及 2-18。





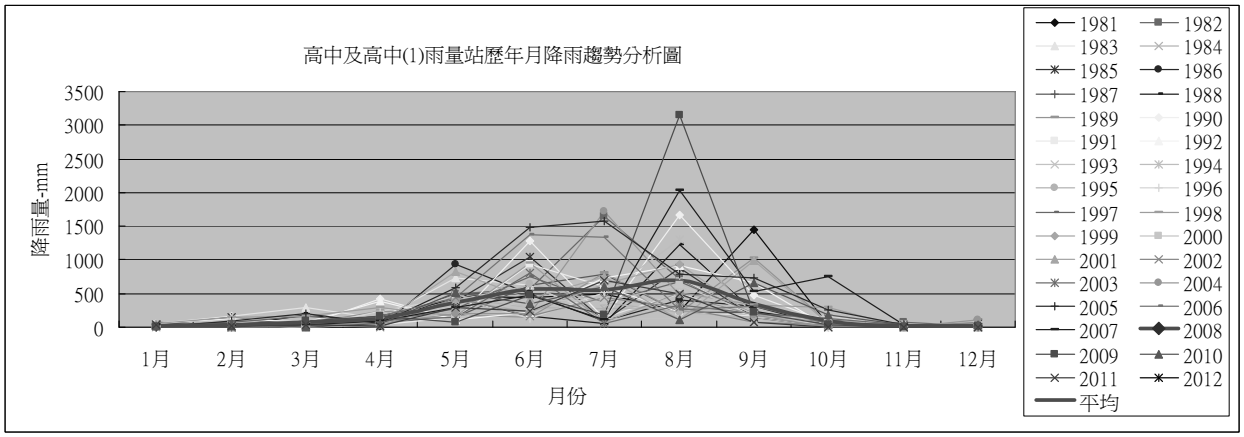


圖 2-9 各雨量站歷年月降雨歷線趨勢分析圖

表 2-16 關山雨量站歷年逐月降雨量值紀錄一覽表

年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	總計
2013	7	1	31	214	735	179	571	1687	222	25	20	44	3736
2012	24	42	9	125	619	1651	184	817	161	5	92	56	3785
2011	23	17	20	22	225	117	673	515	125	90	165	20	2012
2010	12	54	7	48	453	399	529	535	806	91	66	31	3031
2009	0	2	68	246	144	473	177	2494	125	41	6	17	3793
2008	38	17	22	251	247	587	1946	289	1937	95	32	2	5463
2007	42	21	15	96	332	444	290	1670	502	769	24	0	4205
2006	22	0	42	182	333	985	1297	332	445	2	61	8	3709
2005	1	80	174	27	597	1745	1459	462	685	244	28	9	5511
2004	4	10	34	31	232	209	1109	403	222	8	0	123	2385
2003	25	18	13	101	48	765	83	477	223	89	29	2	1873
2002	22	0	13	0	373	243	605	430	106	49	0	84	1925
2001	37	2	88	60	652	361	876	208	1086	22	12	12	3416
2000	9	37	30	156	153	341	528	749	143	88	29	12	2275
1999	9	0	11	69	301	231	690	934	278	45	12	45	2625
1998	50	215	129	304	249	891	133	754	280	385	0	35	3425
1997	21	80	153	14	254	715	614	788	278	29	0	8	2954
1996	17	18	8	127	414	144	835	899	104	78	17	8	2669
1995	24	41	39	43	174	521	335.3	0	131	2	0	0	1310.3
1994	17	80	44	95	540	293	869	1405	226	37	0	14	3620
1993	12	0	40	40	375	693	224	244	164	0	36	7	1835
1992	38	98	80	308	134	318	740	885	586	0	0	7	3194
1991	27	44	10	40	116	957	558	313	136	47	16	46	2310
1990	16	58	67	454	104	718	268	1430	672	69	3	0	3859
1989	15.6	1.2	54.8	164.8	167.9	152.4	865	532	1489.2	19.5	0	16.5	3478.9
1988	69.2	15	47.3	146.8	497.1	137	236.7	1496.2	379.2	44.8	14	10.6	3093.9
1987	2.5	6.5	125.3	182.7	245.3	758.4	718	390.7	129.5	105.5	7	19	2690.4
1986	8.4	58.3	49	18.2	761.5	506.9	134.7	442.1	354.5	25.2	32.5	3.8	2395.1
1985	23	120.5	16.5	86.5	363.4	1017	141.5	1064	231	20.5	14.4	47.1	3145.4
1984	4.7	2	32.4	180.2	481.3	263	554.2	299.5	290.7	35.5	1	0.5	2145
平均	21	38	49	131	350	562	618	791	427	88	25	24	3122.71

備註：上述資料係採自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1630P055 關山雨量站降雨紀錄資訊，並由規劃團隊彙整，(單位：mm)。

表 2-17 高中雨量站歷年逐月降雨量值紀錄一覽表

年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	總計
1981	5	15.5	175	75	451	443.5	490	232	1455.5	44	26.3	0	3412.8
1982	16.5	44	23	88	502	575.9	1641.7	716.6	156.1	4.3	74.6	21.3	3864.0
1983	61.6	164.5	289.3	126.1	741.3	631.9	143.2	498.2	172	31.3	0	9.7	2869.1
1984	1.3	3.3	25.5	135.8	448	286.4	280.6	296.4	109.7	96.3	10.5	1.2	1695.0
1985	27.8	137.7	12	78	390.7	1047.6	92	874.7	147.5	4.4	12.3	56.7	2881.4
1986	7.1	55.5	54.7	7.6	928.6	503.4	94.9	401.2	303.4	17.4	21.5	24.1	2419.4
1987	2	6	93.7	67.1	144.2	616.5	792.7	214.3	214	115.7	5.1	17.2	2288.5
1988	79.8	15.9	55	168.6	427.9	173.1	47.2	1221.3	236.9	62.3	15.8	12.2	2516.0
1989	16.7	4.2	47.2	238.8	175.6	152.7	799.9	216.4	1031.2	65.5	1	26.7	2775.9
1990	24	68	31	419	111	1285	130	1676	481	70	4	0	4299.0
1991	32	33	7	43	149	939	610	221	162	70	9	42	2317.0
1992	56	130	72	376	107	216	725	920	665	0	0	3	3270.0
1993	38	2	56	31	403	618	133	129	107	9	44	11	1581.0
1994	14	99	55	97	483	293	498	1299	183	39	0	24	3084.0
1995	27	52	49	66	231	641	373	215	149	3	0	0	1806.0
1996	10	19	2	242	431	121	508	737	147	161	24	3	2405.0
1997	41	73	169	67	277	747	364	670	204	68	0	8	2688.0
1998	60	149	156	300	161	952	78	509	330	301	0	25	3021.0
1999	8	0	14	80	403	225	635	939	165	100	27	52	2648.0
2000	10	57	36	158	137	398	387	628	197	91	44	22	2165.0
2001	51	5	65	69	826	428	746	108	982	55	1	7	3343.0
2002	31	9	30	0	442	162	436	296	69	30	2	72	1579.0
2003	16	6	26	105	149	810	53	330	197	137	33	0	1862.0
2004	8	16	50	55	198	203	1731	482	189	4	0	103	3039.0
2005	8	96	193	62	581	1484	1578	779	736	255	37	17	5826.0
2006	30	0	60	166	445	1369	1344	250	307	54	38	27	4090.0
2007	29	14	33	92	291	470	106	2031	523	758	31	3	4381.0
2008	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.0
2009	1	2	89	168	68	471	187	3143	226	43	6	11	4415.0
2010	14	57	9	61	504	350	609	106	655	191	41	31	2628.0
2011	32	18	29	23	292	236	705	497	81	0	0	0	1913.0
平均	25	45	67	122	363	562	544	688	353	96	17	21	2902.7

備註：上述資料係採自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P129 高中雨量站降雨紀錄資訊，並由規劃團隊彙整，(單位：mm)。

表 2-18 民族雨量站歷年逐月降雨量值紀錄一覽表

年度	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	總計
1978	26.6	54.9	195.5	318.7	325	399.3	919	750.7	179.2	175.6	24	36.1	3404.6
1979	22.3	48.6	48	160	274	403.5	170.5	965.5	312	7.6	68	4	2484
1980	49.6	34	3.5	67	136.5	218.5	293.5	650	127.5	63	37	0	1680.1
1981	4	14.7	147.9	54.5	447	575	784.5	710.5	1066	63	44	12.6	3923.7
1982	0	41.5	35.5	92	461.6	589.3	1355	863.4	310.5	3	61.8	21.9	3835.5
1983	77.1	242.7	275.1	125.9	742.5	438.8	178.4	532.8	147	43.5	0	23.2	2827
1984	1.2	4.5	39.6	215	528.1	357.3	450.2	315.5	194	58.5	0	1.6	2165.5
1985	32.8	171.6	26	166.3	432.1	1097	125.7	1054.7	282.2	28.8	14.7	59.2	3491.1
1986	14.3	69.7	61.4	55.6	850	451.8	155	439.6	265.5	23.2	38.6	7	2431.7
1987	0	9.5	107.9	193.1	116.3	767.9	702.5	398.1	263	62.6	10.2	19.7	2650.8
1988	67.2	20.3	56.6	149.5	425.8	128.6	93.2	1226.4	247.2	57.9	15.1	13.1	2500.9
1989	13.5	2.1	63.1	184.7	194.5	211.8	767.3	413	902.1	52.6	7.7	28	2840.4
1990	29	58	86	523.5	102	537	122	1322	455	61	4	0	3299.5
1991	29	36	12	40	227	849	177	382	271	96	13	48	2180
1992	55	108	84	340	137	292	631	912	719	0	0	1	3279
1993	22	2	66	40	353	604	128	239	90	3	43	9	1599
1994	23	102	71	77	453	256	592	1314	180	50	0	23	3141
1995	26	51	57	48	240	502	376	297	179	3	2	0	1781
1996	19	21	13	186	381	121	681	900	268	156	22	1	2769
1997	21	92	158	21	338	784	572	607	286	68	0	9	2956
1998	63	249	208	273	274	815	83	555	315	345	4	39	3223
1999	12	0	10	61	373	285	756	971	344	58	46	70	2986
2000	11	68	46	175	237	432	451	724	140	130	42	22	2478
2001	64	1	88	90	651	335	754	239	1032	89	15	11	3369
2002	29	4	19	0	342	102	475	372	107	136	1	91	1678
2003	22	11	15	164	69	761	85	341	224	122	34	1	1849
2004	6	19	36	47	258	192	1670	560	267	1	0	98	3154
2005	8	98	232	52	564	1286	1416	733	708	252	80	15	5444
2006	41	4	69	170	421	1250	1418	299	446	8	112	13	4251
2007	53	21	36	110	217	424	297	1927	461	654	26	0	4226
2008	52	27	31	154	204	430	1572	283	1483	125	2	4	4367
平均	28.8	54.4	77.3	140.4	347.6	512.8	588.7	687.0	395.8	96.7	24.7	22.0	2976.3

備註：上述資料係採自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1630P055 關山雨量站降雨紀錄資訊，並由規劃團隊彙整，(單位：mm)。

另針對關山、高中及民族 3 雨量站之歷年最大一、二、三日連續降雨量值統計如後表 2-19~2-21，經由常態分佈、對數常態分佈、極端值第一型、皮爾遜第三型、對數皮爾遜第三型等 5 類型頻率分析統計方法，推估關山、高中及民族 3 雨量站之最大一、二、三日降雨量推估值並經多項式迴歸分析後取得相關性較高之結果。各雨量站各頻率分析方法連續最大一、二及三日降雨量值推估分析彙整如后表 2-22~2-30。有關頻率分析方法詳述請參閱第四章說明。

表 2-19 關山雨量站歷年連續最大一、二、三日降雨量值彙整一覽表

年度	最大一日		最大二日		最大三日	
	降雨量 (mm)	日期	降雨量 (mm)	日期	降雨量 (mm)	日期
2013	448	8/29	651	8/29	990	8/29
2012	337	8/2	575	6/12	861	6/12
2011	199	7/19	381	7/19	442	7/19
2010	501	9/19	535	9/19	536	9/19
2009	1225	8/8	1750	8/8	2087	8/8
2008	628	7/17	971	7/17	1050	7/17
2007	519	10/6	741	10/6	759	10/6
2006	395	7/14	657	7/14	757	7/14
2005	586	9/1	1043	7/18	1240	7/18
2004	438	7/2	713	7/2	867	7/2
2003	315	6/7	324	6/7	352	6/7
2002	187	8/6	263	8/6	299	8/6
2001	433	7/30	650	9/18	651	9/18
2000	303	8/23	390	8/23	456	8/23
1999	226	8/9	245	8/9	262	8/9
1998	217	6/8	275	6/8	376	6/8
1997	276	7/1	322	8/7	423	8/7
1996	488	8/1	954	8/1	954	8/1
1995	129	6/8	241	6/8	293	6/8
1994	258	8/4	375	8/4	396	8/9
1993	174	5/26	265	5/27	292	5/27
1992	426	8/30	572	8/30	614	8/30
1991	348	6/22	473	6/22	671	6/22
1990	299	8/19	479	8/19	718	8/19
1989	705	9/12	960	9/12	1019	9/12
1988	468	8/13	652	8/13	788.2	8/13
1987	178.8	7/27	313.5	7/27	370.6	7/27
1986	280	9/19	283	9/19	328	5/12
1985	294	6/26	414	6/26	467	6/26
1984	358	7/3	428	7/3	428	7/3

註：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1630P055 關山雨量站降雨紀錄資訊。

表 2-20 高中雨量站歷年連續最大一、二、三日降雨量值彙整一覽表

年度	最大一日		最大二日		最大三日	
	降雨量 (mm)	日期	降雨量 (mm)	日期	降雨量 (mm)	日期
2011	272	7/19	429	7/18	535	7/18
2010	401	9/19	424	9/19	424	9/18
2009	1334	8/8	1970	8/8	2463	8/8
2007	408	10/6	715	10/6	1029	10/6
2006	528	6/9	814	6/9	966	6/8
2005	688	9/1	1183	7/18	1430	7/18
2004	543	7/4	1022	7/3	1552	7/2
2003	279	6/7	306	6/7	332	6/7
2002	155	8/6	190	5/30	221	8/4
2001	457	7/30	473	7/30	478	7/30
2000	205	8/23	313	8/23	389	8/23
1999	327	8/9	341	8/9	521	8/9
1998	300	6/8	362	6/8	533	6/8
1997	181	7/1	213	7/1	270	6/10
1996	462	8/1	851	8/1	851	8/1
1995	235.00	6/9	358	6/9	426	6/9
1994	248	8/9	447	8/9	565	8/9
1993	188	5/26	301	5/26	330	5/26
1992	420	8/30	631	8/30	763	8/30
1991	308	6/22	552	6/22	742	6/22
1990	372	6/23	567	8/21	780	8/21
1989	499.5	9/12	715.3	9/12	786.9	9/12
1988	561	8/13	756.3	8/13	856	8/13
1987	357.1	7/27	500.6	7/27	566.2	7/27
1986	237.5	8/21	342.5	5/12	371.2	5/12
1985	276.5	8/23	411.7	8/23	525.8	8/23
1984	205.4	7/3	214.7	7/3	244.4	5/28
1983	387	6/3	490	6/3	537.4	6/3
1982	542.4	7/30	928.9	7/30	1034.9	7/30
1981	452	9/1	804.5	9/1	1156.5	9/1

註：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P129 高中雨量站降雨紀錄資訊。

表 2-21 民族雨量站歷年連續最大一、二、三日降雨量值彙整一覽表

年度	最大一日		最大二日		最大三日	
	降雨量 (mm)	日期	降雨量 (mm)	日期	降雨量 (mm)	日期
2008	438	9/14	728	7/18	805	7/18
2007	457	8/19	804	8/19	1040	8/19
2006	473	6/9	702	6/9	830	6/9
2005	626	7/19	978	7/19	1201	7/19
2004	536	7/4	987	7/4	1517	7/4
2003	286	6/7	301	6/7	339	6/7
2002	195	8/6	234	8/6	261	8/6
2001	466	7/30	574	9/18	575	9/18
2000	227	8/23	326	8/23	398	8/23
1999	227	8/9	243	8/9	425	8/9
1998	262	6/8	318	6/8	408	6/8
1997	179	7/1	259	6/10	286	6/10
1996	484	8/1	834	8/1	834	8/1
1995	140	6/8	263	6/8	319	6/8
1994	189	8/8	340	8/8	500	8/8
1993	174	5/26	260	5/26	283	5/26
1992	371	8/30	568	8/30	678	8/30
1991	263	6/22	445	6/22	620	6/22
1990	226	8/21	408	8/21	612	8/21
1989	396	9/12	574	9/12	633	9/12
1988	427	8/13	615	8/13	719	8/13
1987	265	7/27	370	7/27	408	7/27
1986	198	8/21	230	8/21	270	8/21
1985	307	6/26	478	6/26	505	6/26
1984	305	7/3	360	7/3	360	7/3
1983	219	6/3	323	6/3	366	6/3
1982	467	7/29	870	7/29	948	7/29
1981	400	8/31	720	8/31	1056	8/31
1980	270	8/27	384	8/27	384	8/27
1979	144	8/25	286	8/25	424	8/25

註：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P124 民族雨量站降雨紀錄資訊。

表 2-22 關山雨量站各頻率分析方法連續最大一日降雨量值推估一覽表

迴歸週期 T (年)	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
T=2	387.96	345.21	352.94	310.36	335.28
T=5	567.39	517.46	541.31	475.39	508.22
T=10	661.15	639.35	666.03	616.84	634.85
T=20	738.59	761.41	785.66	757.67	757.84
T=25	761.21	801.26	823.61	801.23	795.98
T=50	825.35	926.00	940.51	927.25	907.48
T=100	883.90	1056.77	1056.55	1035.72	1005.50
T=200	936.83	1190.79	1172.16	1124.88	1087.85
T=500	1001.84	1378.89	1324.69	1214.56	1172.55
T=1000	1048.73	1532.76	1439.97	1264.14	1220.24
紀錄最大值	1225	發生年	2009	發生日期	8 月 8 日

資料年數 N=30，最大值 x_{max}=1225，最小值 x_{min}=129，平均值 M=387.96，標準偏差 S=213.153，變異係數 C_v=0.54942，偏歪係數 C_s= 2.20352，自然對數平均值 *ln*(M)= 5.844147，自然對數標準偏差 *ln*(S)= 0.480863，自然對數變異係數 *ln*(C_v)=0.082281，自然對數偏歪係數 *ln*(C_s)= 0.270216。

註：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1630P055 關山雨量站降雨紀錄資訊，並經規劃團隊分析彙整，(單位：mm)。

表 2-23 關山雨量站各頻率分析方法連續最大二日降雨量值推估一覽表

迴歸週期 T (年)	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
T=2	563.18	493.81	509.64	451.73	468.16
T=5	837.52	755.86	797.65	723.04	732.28
T=10	980.87	944.18	988.33	936.17	942.02
T=20	1099.28	1134.62	1171.23	1140.78	1157.72
T=25	1133.86	1197.17	1229.25	1203.03	1226.87
T=50	1231.91	1393.93	1407.99	1381.00	1434.90
T=100	1321.44	1601.67	1585.40	1532.17	1624.76
T=200	1402.36	1815.97	1762.17	1655.25	1789.09
T=500	1501.75	2118.83	1995.38	1778.17	1962.55
T=1000	1573.45	2368.18	2171.63	1845.79	2062.17
紀錄最大值	1750	發生年	2009	發生日期	8 月 8 日

資料年數 N=30，最大值 x_{max}=1750，最小值 x_{min}=241，平均值 M=563.1833，標準偏差 S=325.8925，變異係數 C_v=0.578662，偏歪係數 C_s= 1.868559，自然對數平均值 *ln*(M)= 6.202151，自然對數標準偏差 *ln*(S)= 0.505717，自然對數變異係數 *ln*(C_v)=0.081539，自然對數偏歪係數 *ln*(C_s)= 0.473493。

註：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1630P055 關山雨量站降雨紀錄資訊，並經規劃團隊分析彙整，(單位：mm)。

表 2-24 關山雨量站各頻率分析方法連續最大三日降雨量值推估一覽表

迴歸週期 T (年)	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
T=2	658.23	576.42	595.53	525.35	550.08
T=5	979.47	885.69	932.78	838.86	861.51
T=10	1147.33	1108.57	1156.07	1089.57	1104.72
T=20	1285.99	1334.37	1370.25	1332.11	1351.79
T=25	1326.48	1408.61	1438.19	1406.15	1430.42
T=50	1441.31	1642.37	1647.48	1618.38	1665.50
T=100	1546.14	1889.49	1855.23	1799.16	1878.24
T=200	1640.89	2144.72	2062.22	1946.65	2061.14
T=500	1757.28	2505.87	2335.31	2094.17	2253.07
T=1000	1841.24	2803.57	2541.70	2175.42	2362.78
紀錄最大值	2087	發生年	2009	發生日期	8 月 8 日

資料年數 N=30，最大值 x_{max}=2087，最小值 x_{min}=262，平均值 M=658.2267，標準偏差 S=381.6171，變異係數 C_v=0.579766，偏歪係數 C_s= 1.939165，自然對數平均值 ln(M)= 6.35684，自然對數標準偏差 ln(S)= 0.51026，自然對數變異係數 $ln(C_v)$=0.08027，自然對數偏歪係數 $ln(C_s)$= 0.410382。

註：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1630P055 關山雨量站降雨紀錄資訊，並經規劃團隊分析彙整，(單位：mm)。

表 2-25 高中雨量站各頻率分析方法連續最大一日降雨量值推估一覽表

迴歸週期 T (年)	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
T=2	394.31	352.63	357.76	315.32	333.48
T=5	581.63	519.59	554.40	462.35	502.40
T=10	679.51	636.25	684.60	608.31	635.43
T=20	760.36	752.13	809.49	762.19	771.56
T=25	783.97	789.79	849.11	811.01	815.10
T=50	850.93	907.16	971.15	954.72	945.83
T=100	912.05	1029.48	1092.29	1080.90	1064.88
T=200	967.30	1154.18	1212.98	1186.01	1167.77
T=500	1035.17	1328.22	1372.22	1292.86	1276.24
T=1000	1084.13	1469.82	1492.57	1352.35	1338.49
紀錄最大值	1334	發生年	2009	發生日期	8 月 8 日

資料年數 N=30，最大值 x_{max}=1334，最小值 x_{min}=155，平均值 M=394.3133，標準偏差 S=222.5206，變異係數 C_v=0.56432，偏歪係數 C_s= 2.70591，自然對數平均值 ln(M)= 5.86542，自然對數標準偏差 ln(S)= 0.46048，自然對數變異係數 $ln(C_v)$=0.07851，自然對數偏歪係數 $ln(C_s)$= 0.54637。

註：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P129 高中雨量站降雨紀錄資訊，並經規劃團隊分析彙整，(單位：mm)。

表 2-26 高中雨量站各頻率分析方法連續最大二日降雨量值推估一覽表

迴歸週期 T (年)	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
T=2	587.55	506.68	527.81	457.13	487.62
T=5	893.65	798.61	849.16	746.61	780.38
T=10	1053.61	1012.95	1061.93	987.19	1006.58
T=20	1185.73	1232.75	1266.02	1223.72	1234.30
T=25	1224.31	1305.52	1330.76	1296.46	1306.36
T=50	1333.72	1536.07	1530.19	1506.05	1520.68
T=100	1433.61	1781.94	1728.15	1685.64	1713.28
T=200	1523.90	2037.88	1925.38	1832.77	1877.90
T=500	1634.81	2403.11	2185.60	1980.41	2049.73
T=1000	1714.81	2706.54	2382.26	2061.90	2147.57
紀錄最大值	1970	發生年	2009	發生日期	8 月 8 日

資料年數 N=30，最大值 x_{max}=1970，最小值 x_{min}=190，平均值 M=587.55，標準偏差 S=363.6329，變異係數 C_v=0.618897，偏歪係數 C_s= 2.087998，自然對數平均值 ln(M)= 6.22788，自然對數標準偏差 ln(S)= 0.540498，自然對數變異係數 $ln(C_v)$=0.086787，自然對數偏歪係數 $ln(C_s)$= 0.316516。

註：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P129 高中雨量站降雨紀錄資訊，並經規劃團隊分析彙整，(單位：mm)。

表 2-27 高中雨量站各頻率分析方法連續最大三日降雨量值推估一覽表

迴歸週期 T (年)	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
T=2	722.64	613.94	645.48	555.63	589.15
T=5	1118.02	989.32	1060.56	933.71	965.14
T=10	1324.63	1269.44	1335.38	1243.85	1261.41
T=20	1495.28	1559.72	1598.99	1547.11	1563.59
T=25	1545.12	1656.40	1682.61	1640.15	1659.92
T=50	1686.45	1964.40	1940.21	1907.75	1948.18
T=100	1815.47	2295.35	2195.90	2136.59	2209.29
T=200	1932.09	2642.22	2450.66	2323.82	2433.84
T=500	2075.35	3140.83	2786.78	2511.49	2669.49
T=1000	2178.68	3557.94	3040.80	2615.00	2804.19
紀錄最大值	2463	發生年	2009	發生日期	8 月 8 日

資料年數 N=30，最大值 x_{max}=2463，最小值 x_{min}=221，平均值 M=722.6433，標準偏差 S=469.6892，變異係數 C_v=0.64996，偏歪係數 C_s= 2.038155，自然對數平均值 ln(M)= 6.4199，自然對數標準偏差 ln(S)= 0.56679，自然對數變異係數 $ln(C_v)$=0.088286，自然對數偏歪係數 $ln(C_s)$= 0.32454。

註：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P129 高中雨量站降雨紀錄資訊，並經規劃團隊分析彙整，(單位：mm)。

表 2-28 民族雨量站各頻率分析方法連續最大一日降雨量值推估一覽表

迴歸週期 T (年)	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
T=2	320.57	295.40	299.11	305.51	296.32
T=5	430.51	419.02	414.53	421.49	417.14
T=10	487.96	503.00	490.95	487.53	493.73
T=20	535.42	584.92	564.26	541.91	561.17
T=25	549.28	611.27	587.51	557.25	580.93
T=50	588.57	692.63	659.14	598.79	636.04
T=100	624.45	776.32	730.24	631.84	681.59
T=200	656.88	860.64	801.08	657.52	718.05
T=500	696.72	976.86	894.55	682.22	754.01
T=1000	725.45	1070.31	965.19	695.46	773.63
紀錄最大值	626	發生年	2005	發生日期	7 月 19 日

資料年數 N=30，最大值 x_{max}=626，最小值 x_{min}=140，平均值 M=320.5667，標準偏差 S=130.6083，變異係數 C_v=0.40743，偏歪係數 C_s= 0.51889，自然對數平均值 *ln*(M)= 5.6883，自然對數標準偏差 *ln*(S)= 0.41528，自然對數變異係數 *ln*(C_v)=0.073005，自然對數偏歪係數 *ln*(C_s)= -0.03313。

註：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P124 民族雨量站降雨紀錄資訊，並經規劃團隊分析彙整，(單位：mm)。

表 2-29 民族雨量站各頻率分析方法連續最大二日降雨量值推估一覽表

迴歸週期 T (年)	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
T=2	492.73	442.61	453.85	454.20	430.38
T=5	691.95	656.14	662.99	667.19	644.85
T=10	796.04	806.01	801.46	795.22	800.40
T=20	882.03	955.29	934.28	903.68	950.57
T=25	907.14	1003.90	976.41	934.73	996.97
T=50	978.35	1155.58	1106.20	1019.70	1132.24
T=100	1043.35	1314.00	1235.04	1088.20	1250.73
T=200	1102.12	1475.80	1363.40	1141.94	1349.98
T=500	1174.30	1702.06	1532.75	1194.06	1451.81
T=1000	1226.36	1886.50	1660.74	1222.13	1509.05
紀錄最大值	987	發生年	2004	發生日期	7 月 4 日

資料年數 N=30，最大值 x_{max}=987，最小值 x_{min}=230，平均值 M=492.7333，標準偏差 S=236.6534，變異係數 C_v=0.48029，偏歪係數 C_s= 0.74384，自然對數平均值 *ln*(M)= 6.0927，自然對數標準偏差 *ln*(S)= 0.46767，自然對數變異係數 *ln*(C_v)=0.07676，自然對數偏歪係數 *ln*(C_s)= 0.267053。

註：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P124 民族雨量站降雨紀錄資訊，並經規劃團隊分析彙整，(單位：mm)。

表 2-30 民族雨量站各頻率分析方法連續最大三日降雨量值推估一覽表

迴歸週期 T (年)	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
T=2	600.13	533.98	548.89	521.46	513.29
T=5	862.68	801.78	824.52	801.36	783.18
T=10	999.88	991.52	1007.02	989.17	987.26
T=20	1113.20	1181.66	1182.07	1157.09	1190.05
T=25	1146.30	1243.78	1237.59	1206.49	1253.77
T=50	1240.14	1438.28	1408.65	1344.33	1442.24
T=100	1325.82	1642.29	1578.44	1458.13	1610.44
T=200	1403.26	1851.49	1747.62	1548.96	1753.45
T=500	1498.39	2145.27	1970.81	1638.25	1902.09
T=1000	1567.01	2385.71	2139.49	1686.83	1986.45
紀錄最大值	1517	發生年	2004	發生日期	7 月 4 日

資料年數 N=30，最大值 x_{max}=1517，最小值 x_{min}=261，平均值 M=600.1333，標準偏差 S=311.89474，變異係數 C_v=0.519709，偏歪係數 C_s= 1.212249，自然對數平均值 ln(M)= 6.28036，自然對數標準偏差 ln(S)= 0.48287，自然對數變異係數 $ln(C_v)$=0.07689，自然對數偏歪係數 $ln(C_s)$= 0.36564。

註：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P124 民族雨量站降雨紀錄資訊，並經規劃團隊分析彙整，(單位：mm)。

2.4　地質與土壤

採用中央地質調查所地質資料倉儲系統暨地質資料整合查詢，擷取本五子寮北集水區內之地質分佈與相關地質說明。並配合以 GIS 系統模組，建構相關圖層成果。並利用行政院農業委員會林務局「地理資訊圖資雲服務平台(TGOS)」所蒐集有關台灣地區土壤圖層及第三次森林資源調查森林土壤圖等圖層資訊，並配合以 GIS 系統模組，建構相關圖層成果。詳如后各節說明：

2.4.1　環境地質

本五子寮北集水區位屬高屏溪流域內。高屏溪流域包含旗山溪、荖濃溪及隘寮溪等三大水系，在美濃以北、茂林至三地門一線以東地區屬於山地地形，荖濃溪以西屬於阿里山山脈，荖濃溪以東則屬關山山脈，兩山體主要稜線均呈北北東－南南西方向延展，流域內岩層與活動斷層之環境地質分佈如圖 2-10 所示。流域內地質分佈可分五類：

(1) 古生代至中生代之黑色與綠色片岩，分佈於集水區之東南部。

(2) 始新世至漸新世之黑色板岩與石英岩，分佈於荖濃溪以東，岩質堅硬，節理發達。

(3) 中新紀至上新紀之砂岩與頁岩，分佈於荖濃溪以西，二仁溪以東之山地，岩質堅實，節理較少。

(4) 更新世之古河流沖積層，屬第四紀之階地堆積，形成台地而分佈於各主支流之兩岸。

(5) 新生代河流沖積層，分佈於下游之沖積平原。

由於早期造山運動影響，高屏溪流域至今仍有頻繁的地殼活動，斷層分佈有鳳山、旗山、六龜、潮州斷層等四處，分述如下：

(1) 鳳山斷層：

由高雄鳳山延伸至林園附近，呈北北西走向，全長約 11 公里，為一逆斷層，東側為升側，形成一明顯之斷層崖線，崖面向西側傾斜。

(2) 旗山斷層：

位於美濃至六龜間，屬一左移斷層，呈東北－西南走向，全長約 55 公里，民國 62 年此斷層附近曾發生規模三級以上地震，並使另一更新世下部之二重溪

層發生微量變形，故可視為一可能活動斷層。

(3)六龜斷層

位於六龜至新寮之間，屬一逆斷層，呈北東走向，全長約 11 公里，斷層西北側為升側，出露地層為中新世下部達邦層，東南側則露出更新世下部之六龜層，為一可能活動斷層。

(4) 潮州斷層：

潮州斷層亦稱茏濃斷層或茏濃溪斷層或土壠灣斷層位於高樹至枋山之間呈南北走向，形成一由直線谷，直線崖以及狹長之構造低地組成之線型，屬於一種左移逆斷層，全長約 80 公里，為山地與　地之分界，由潮州斷層帶由北至南作一道線劃分開來，潮州斷層以西為屏東　原，以東為中央山脈南部大武地壘，在地形上乃屬台灣本島中央構造線之南段。

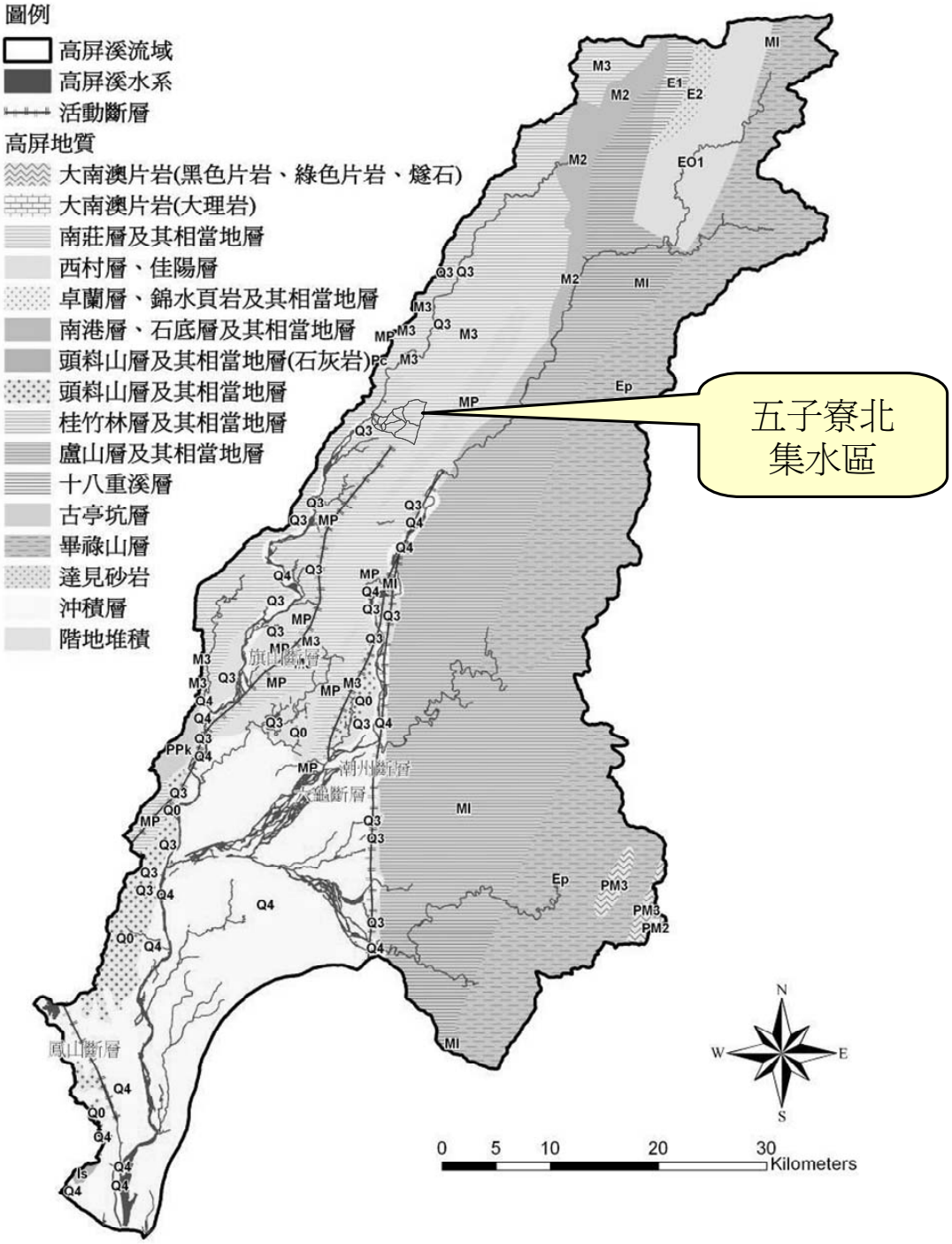


圖 2-10 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)環境地質圖

2.4.2　區域地質

1. 地層構造

台灣位在歐亞大陸板塊及菲律賓海洋板塊的交界線上，因此造山運動頻繁，地質環境一直不穩定。在一億多年前，台灣一直都還在海底，當時歐亞大陸陸地上的河川把大量的泥沙搬運下來，台灣本島此時開始發育，堆積成厚厚的沈積岩；大約在 1000～500 萬年前，菲律賓海洋板塊和歐亞大陸板塊的相互推擠作用，造成台灣最大規模的一次造山運動，此時中央脊樑山脈形成，中央島嶺兩側仍是沈積盆地，楠梓仙溪流域的三民、甲仙地區是濱海、淺海到半深海的交替環境。此後由於中央脊樑山脈的快速的侵蝕作用，產生大量碎屑，產生快速沈積，形成桂竹林層（大窩細砂岩、十六分頁岩、關刀山砂岩）及南莊層（濱海沈積層），在這些交替的堆積環境下適合形成化石層，此二種地層在甲仙地區分佈。五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)內之地質現狀主要屬桂竹林層、臺地堆積層與化石區，其層次相當鮮明，即敘述如後說明：

- 桂竹林層

五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)範圍絕大多屬中新世晚期之桂竹林層，桂竹林層以青灰色砂岩、暗灰色頁岩、及淺灰色至灰色砂岩、頁岩與砂質頁岩之互層為主。底部之厚砂岩在地形上常造成懸崖峭壁。砂岩主要由黏土礦物膠結，淘選度差，分類上屬於混濁砂岩或次混濁砂岩，常遞變為泥岩或砂質頁岩。集水區上游地區有一部分為階地堆積層，係屬淺海相的沉積環境，泥質沉積物和海相化石也隨之增加，在砂頁岩及鈣質砂岩的岩層中含有有孔蟲與海棲貝類化石，表示已屬淺海沉積。

- 臺地堆積層

此一地層分佈於台灣西部的丘陵山地和台地地帶上，此層沉積時間距今約一百萬年，由層理不明顯的礫石所組成，有些台地在礫石層的頂部，發育有紅色的黏土且向上漸變為紅土。

甲仙鄉之地層以露出之岩層來看，幾乎全為中新世紀沉積岩，主要以關刀山砂岩、十六份頁岩為主。前者分佈於旗山溪主流(舊稱楠梓仙溪)西側之山嶺，後者分佈於東側。砂岩顆粒較粗，質地堅硬不易風化，所形成的高山不易坍塌，頁岩顆粒細成粉狀，質地較脆弱易風化，較易造成山崩。

另露出甲仙地區最多的南莊層及桂林竹層中含有植物化石二層，海棲動物約有十一層，含量豐富。後來，更激烈的造山運動將甲仙由海中抬起，約 3000m 沉積物也於是時昇起為今之阿里山山脈、玉山山脈，繼有複雜之褶皺與斷裂形成今之山嶺、斷層，續有侵蝕、沖刷、大小溪的切割、脆弱岩石、岩屑流失，山上留著堅硬岩石形成今日的地貌，其岩石的裂縫或崩塌處有很多化石露頭，如有大雨沖刷，化石便裸露於地表或流出河床，形成今天的現況。其中本集水區內的化石遺跡說明如後：

- 四德化石區

甲仙鄉公所北方約二公里處，由和安村四德巷沿溪至大田村公館巷一帶，西至吳酒桶頭山山嶺地區，山麓的大崩塌有大量的滿月蛤露出地表。此區除了有大量的高麗花月蛤、海扇蛤外，尚有珍貴的甲仙翁戎螺、蟹類、鯊魚齒、生痕等化石百餘種，是化石採集、觀察生物生痕及沉積環境的好去處。這區已被編定為四德化石保護區，禁止隨意採集化石。

- 牛埔化石區

由甲仙往關山村台 21 號公路 235.8km 處至和安村竹山巷碑頭一帶，在牛埔公路邊斷崖及竹山巷碑頭山崖二處有貝類化石的十六份頁岩露頭，以環紋滿月蛤為主，有少數的阿西蛤和旗蛤化石。

2.斷層構造

在地質構造上，小林村東側高位河階地有近乎南北向之小林向斜軸通過，並向南傾沒。其西翼之地層約呈東北-西南走向，地層傾角較大，約在 50~60 度左右。東翼地層走向多呈西北-東南走向，地層傾角較緩，約在 20~30 多度之間，局部區域屬於順向坡。因向斜軸往南傾沒，造成地層走向在軸部圈合處逐漸轉為近東西走向。向斜軸東側約 800~900m 處有甲仙斷層通過，該斷層亦呈近乎南北走向，為往東南傾斜之逆斷層，斷層周圍邊坡之岩盤因較為破碎，可能堆積有較厚之崩積層。

五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)內之主要影響斷層分佈敘述如後說明：

- 旗山斷層

旗山斷層，位於小林向斜和十張犁向斜之東側，斷層東側出露之地層主要為長枝坑層與糖恩山砂岩，西側則跨不同岩性之地層。旗山斷層為一斷面傾向朝東之高角度逆斷層，在甲仙附近一分為二，至匏子湖則合為一。其走向在甲仙東方呈北 35

度東，傾角向東 70 度，往南則與土壟灣斷層相似轉為南北走向，傾向朝東，傾角 80 度(耿文溥，1967)。為逆移斷層，呈東北走向，由一個主斷層以及多個分支斷層組成的斷層變形帶，變形帶寬度約 40-400 公尺之間，主斷層的變形帶寬度為 9-30 公尺。旗山斷層主斷面擦痕及斷層帶中破裂面上的擦痕，均反應斷層的運動形式為逆滑兼具左滑性質。旗山斷層近期的大地測量結果，仍有明顯的壓縮量，顯現逆移斷層的特性。斷層由高雄縣三民鄉經杉林、甲仙、旗山至燕巢，長度約 65 公里。

- 甲仙斷層

甲仙斷層為介於平溪斷層與旗山斷層間之高角度逆斷層。其走向約在北 10 度至 35 度東間，在前人研究中將其界定為斷面朝西之高角度正斷層(曾長生等人，1983)，但由斷層附近之擦痕資料判斷，本斷層應較接近斷面朝東之高角度逆斷層。由斷層兩側之岩性判斷，本斷層之落差不至於太大，最多僅在數百公尺左右。

- 五里埔斷層

五里埔斷層為介於旗山斷層與甲仙斷層間之一橫移斷層，呈約西 20 度北之走向，目前對於其斷層結構之研究文獻尚有限。

- 小林向斜

小林向斜位於平溪斷層之東側與旗山斷層之間，為本區主要的地質構造之一，其延伸相當完整。小林向斜之褶皺軸呈東北-西南走向且向南傾沒，向斜東翼地層之傾角約在 20-40 度間，西翼地層之傾角則在 40-60 度間，為一西陡東緩之向斜構造。小林向斜軸自甲仙附近向北延伸，至小林北方為平溪斷層所截失，向南延伸則為滴水斷層所錯移，滴水斷層南側則另命名為十張犁向斜。

其五子寮北集水區之區域地質之斷層帶及向斜分佈狀況詳如圖 2-10-1 所示。

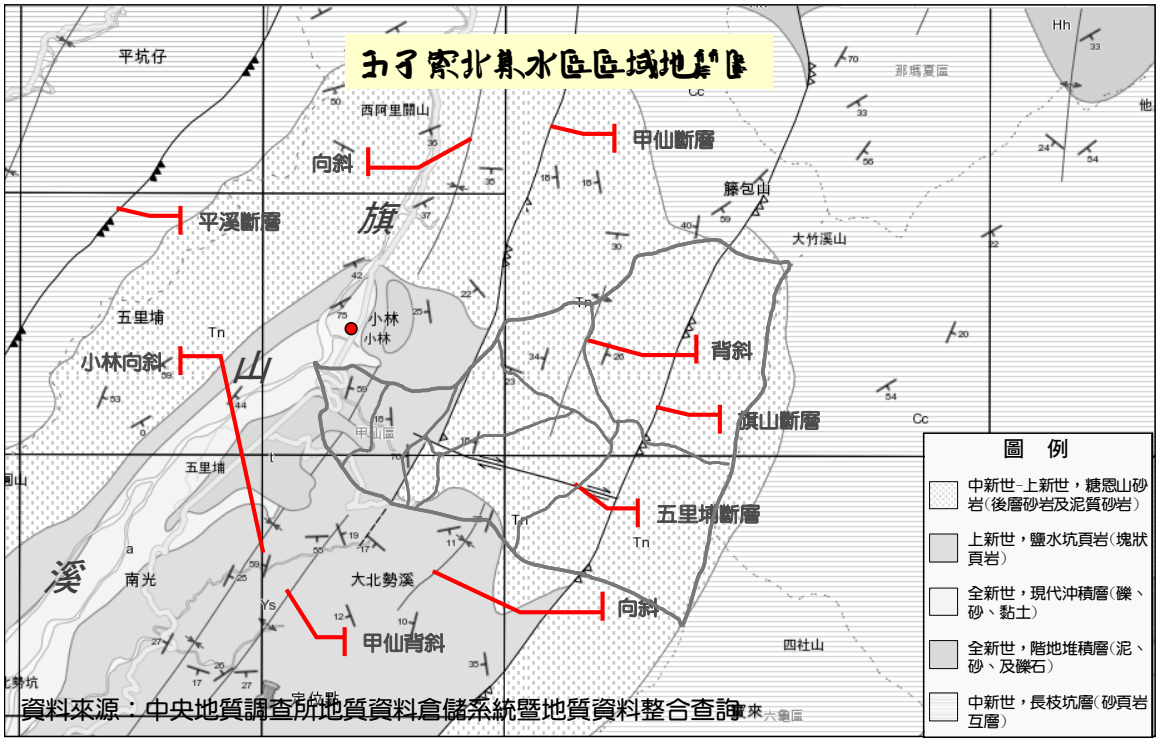


圖 2-10-1　五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)區域地質圖

2.環境災害

環境地質因子包括：山崩、土石流、順向坡、惡地、崩積層、扇狀地、河岸侵蝕、向源侵蝕、棄填土區、煤礦坑道及採掘範圍等，皆與坡地災害直接或間接相關。山崩種類係參照 Varnes（1978）的山崩分類評估條件，分為落石、岩屑崩滑、岩體滑動等 3 類，土石流則另單獨分為 1 類。本五子寮北計畫集水區內之環境地質因子藉由參照中央地質調查所之「地質資料整合查詢系統」所得資訊，計有順向坡、岩屑崩滑等兩類，如圖 2-10-2 所示，各類環境地質因子說明如後：

(1)岩屑崩滑

為風化土層、岩屑、崩積層或鬆軟破碎等地質材料之崩落或滑動現象。岩屑崩滑的移動物質為岩屑（debris）或土壤（earth），其移動方式在陡坡地為崩落；在緩坡則為滑動。岩屑崩滑通常發生於坡度較陡的山坡，因豪雨或地震作用而誘發。崩滑後坡面常呈細長條狀之型態，而崩滑下來之土石多堆積於崩崖趾部或坡腳處。岩屑崩滑多發生在颱風豪雨期間，因土體飽含大量水份，有時轉化為土石流災害。判釋條件：平均坡度在 55°以下的地區，且具有下列條件之一者。(a) 風化岩屑、土壤或崩積層之崩塌。(b) 坡面呈凹槽狀，其植生與周圍區欲有明顯差異之崩塌地。

(2)順向坡

順向坡係指坡向與地層之層理或劈理之傾向約為一致的地形範圍。順向坡本身並非災害現象，但順向坡面上之風化岩屑、土壤容易在豪雨時發生滑動。在順向坡的坡頂加載；或是順向坡的趾部受到河岸侵蝕；或土地開發利用時使得趾部露出，則極易誘發大規模岩體滑動而致災。判釋條件：具單面山、豚背脊等順向坡地形特徵的區域。

其五子寮北集水區區域地質之環境災害種類分佈狀況詳如圖 2-10-2 所示。

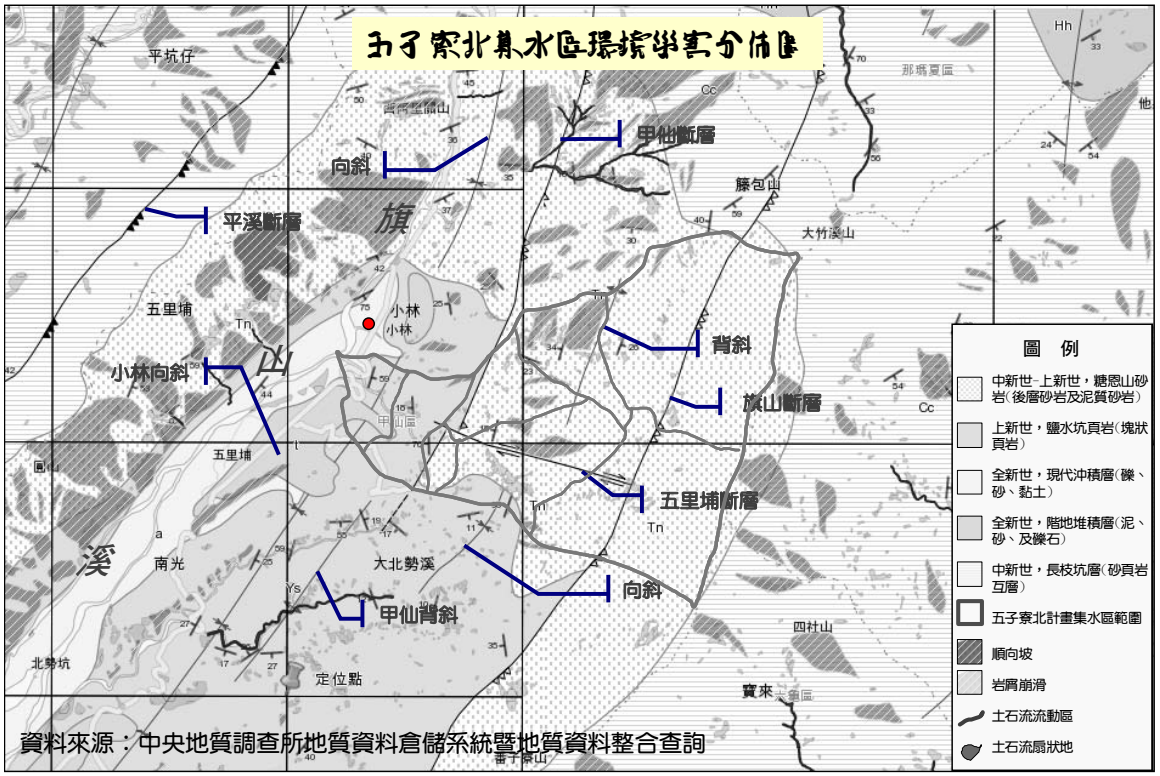


圖 2-10-2　五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)環境災害分佈圖

2.4.3　土壤

另集水區內土壤種類繁多與其性質各有差異，按行政院農業委員會發行「台灣地區土壤分佈圖」，可略將區域內各處土壤分佈概況作一初步瞭解，主要土壤種類以石質土、崩積土與沖積土為大宗。大部份為石質土、灰化土及森林土為主，其中有少部份之黃色土及紅色土所構成。各類土壤性質概述如下：

經初步探究此集水區其石料強度較低，易脆裂，一般較常採取作為填方整地之用途，至於採取作為建材或路基填築使用者，其適用性較低，惟較大尺寸之塊石，可利用作為護岸砌石之所需。地質與土壤分佈狀況詳如圖 2-10-3 所示。

- 崩積土

為灰黃色崩積土。其母岩軟者易引起崩塌，土壤普遍有位移的現象，因土壤堆積與流失速度相差不多，少有土壤發育機會，仍保有母質之色澤及性質。

- 沖積土

土壤物質經河流沖刷後帶至下游而漸次淤積成固定土壤，土層厚度隨堆積時間愈久，厚度愈後，且時間一久，土層中之顏色亦因人為耕作而有所改變，漸呈淡黃色，因此有「新沖積土」與「老沖積土」之稱。此類土壤散見於山間溪谷地帶，土質較為肥沃，適於稻作或農耕使用，主要分佈在集水區野溪兩岸側，成土物質係源自西部山麓上新世並上溯自漸新世或更古老的砂岩與頁岩等不同岩性之風化物經沖蝕而堆積成的土壤。一般而言，新沖積土在新分類系統上屬於新成土，而老沖積土在新分類系統上則屬於弱育土。

- 石質土

本類土壤之年代最新，尚保有母岩特性。石質土係由砂、頁岩之石塊、半風化碎片以及細粒物質等，經崩積而夾雜以堆積而成，土壤多無構造或只弱度發育之屑粒狀或鈍角塊狀構造，此類土壤分佈以岩石峭壁之超陡坡為主，因土質較為貧瘠，大部份以作為雜林或林班使用，結構多鬆散，PH 值介於 4.2 至 6.0 間，剖面中常含超過 50%之石礫。其分佈夾雜於崩積土之間，夾雜於灰黃色崩積土者，其表土質地為坋質壤土或坋土。

- 灰化土

此類土壤多位於低溫多雨之針葉林下，其土壤有明顯之灰色層，而其下有一層暗紅色淋澱層 (此為有機質與鐵鋁化合物之洗入澱積層)。此類土壤大都生成於高山(1,500 公尺以上) 稜線上之較平坦地形區，土壤呈強酸性，大都分佈於國有林地上。

- 紅壤

此類土壤乃第四紀洪積層物質，因近百萬年來經高溫多雨，乾濕循環交替下，土壤中之物質受淋洗殆盡，僅剩大部份鋁、鐵氧化物質者。土壤構造明顯，通氣、排水良好，物理性質佳。唯土壤呈強酸性，肥力差，粘性及可塑性佳，因此生產力差。

- 黃壤

此類土壤乃母質經弱度化育而生成之土壤，有時因淋洗作用而產生粘粒往剖面

下層移動之現象，土體養分 (鉀、鈉、鈣、鎂) 流失而呈黃、黃棕或紅棕色，有明顯之土壤構造。多生成於丘陵地上之相對地形較安定、坡度起伏較緩和之處。

- 棕色森林土

棕色森林土是暖溫帶落葉闊葉林和針闊混交林下形成的土壤，成土母質多為花崗岩、片麻岩及砂頁岩的殘積坡積物，或厚層洪積物。 棕壤地區由於夏季氣溫高、雨量多，不但土壤中的粘化作用強烈而且還產生較明顯的淋溶作用。

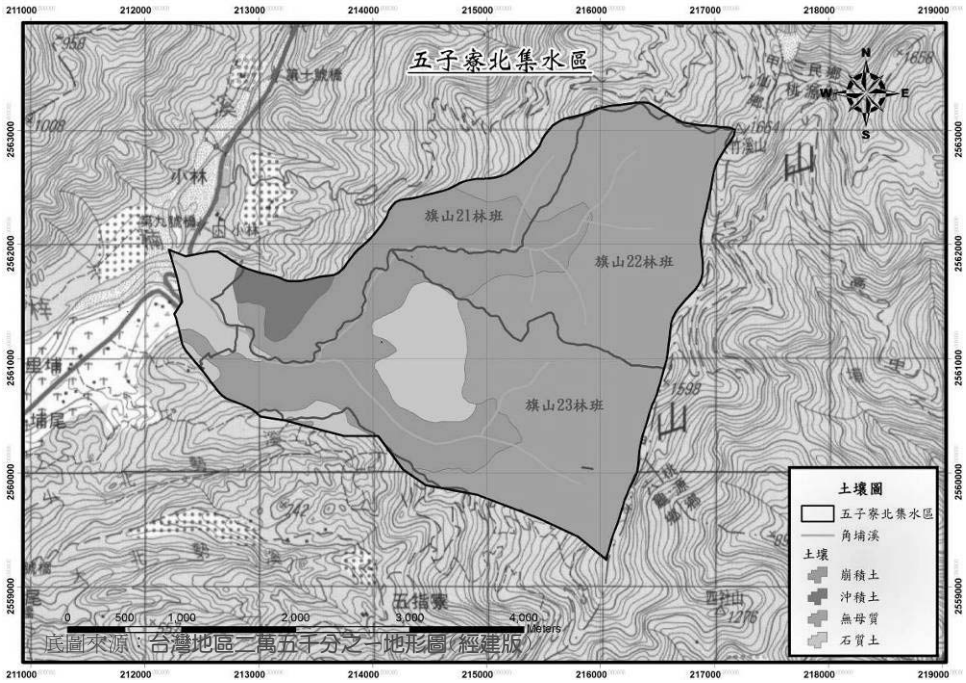


圖 2-10-3 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)土壤圖

2.5　土地類別與利用概況調查

利用行政院農業委員會林務局「地理資訊圖資雲服務平台(TGOS)」所蒐集有關第三次森林資源調查森林土壤圖圖層資訊，並配合以 GIS 系統模組，建構相關圖層成果。並利用內政部國土測繪中心「國土測繪圖資網路地圖服務系統」所蒐集有關本五子寮北集水區內之土地利用調查成果資訊，並配合以 GIS 系統模組，建構相關圖層成果。詳如后各節說明：

2.5.1　土地利用

五子寮北集水區調查規劃區內之土地類別主要為山坡地及林班地，山坡地內之土地利用型態仍以農作為主，且多集中在主溪流角埔溪南側之山坡坡面上，主要經濟農產種類，計有檳榔、水田、旱作物及一般菜圃種植根莖作物販賣維生，各類型土地利用分佈狀況詳圖 2-11，彙整其面積比例詳後分析表 2-31，其中林班地即佔94.34%以上土地面積。

表 2-31 集水區各類型土地利用面積分析一覽表

土地類別	土地利用	面積(ha)	佔有百分比(%)		面積總計(ha)
			單項	累計	
保留地	旱田	0.313	0.03	5.66	59
	闊葉林	22.62	2.17		
	建築區	0.104	0.01		
	河流	35.651	3.66		
	道路	0.104	0.01		
	水田	0.208	0.02		
林班地	旗山事業區 21 林班	175.51	16.84	94.34	983
	旗山事業區 22 林班	328.40	31.52		
	旗山事業區 23 林班	479.21	45.98		
總計(ha)			100	100	1042

註：本表係由規劃團隊調查規劃小組經採 GIS 萃取模組分析統計。

2.5.2　土地類別與權屬

土地類別方面，本計畫區內土地大部份屬林務局屏東林區管理處管轄林班地範圍，其土地類別分佈情形如后表 2-32 所示，土地權屬如表 2-33 所示。

表 2-32 五子寮北集水區土地類別統計表

土地類別	面積(ha)	百分比(%)	備註
山坡地	23.349	2.241	僅位於下游匯入楠梓仙溪之左、右兩側岸
河川地	35.651	3.421	位於林班界往角埔溪下游至與楠梓仙溪匯口之溪段
林班地	983	94.338	計有旗山 21、22、23 等 3 林班地座落
合計	1042	100.00	—

註：本表係由規劃團隊調查規劃小組經採 GIS 萃取模組分析統計。

表 2-33 五子寮北集水區土地權屬統計表

土地權屬	面積(ha)	土地類別	面積(ha)	百分比(%)
國有地	1041.375	山坡地	22.724	2.181
		河川地	35.651	3.421
		林班地	983	94.338
私有地	0.625			0.06
合計	1042			100.00

註：本表係由規劃團隊調查規劃小組經採 GIS 萃取模組分析統計。

2.5.3 土地可利用限度

根據水土保持法暨相關法規之「山坡地可利用限度分類標準」，山坡地可利用限度分類標準主要考量山坡地之四項條件，包括坡度、土壤有效深度、土壤沖蝕程度及母岩性質，如表 2-35。本計畫依照水土保持法暨相關法規之山坡地可利用限度分類標準，依水土保持局公告山坡地及林地地目資料進行分類，其宜農牧、宜林或宜加強保育之分布情形及相關成果如表 2-34。

表 2-34　集水區山坡地土地可利用限度表

土地利用類別	面積(ha)	百分比
宜農牧地	220.36	21.15
宜林地	275.48	26.44
加強保育地	546.16	52.41
合計	1042	100.00

註：本表係由規劃團隊調查規劃小組經採水土保持局公告統計。

表 2-35　山坡地土地可利用限度分類標準

一、山坡地土地可利用限度之分類分級查定基準規定：
(一)坡度：指一坵塊土地之平均傾斜比，以百分比表示之，其分級如下：

坡度級別	分　　級　　範　　圍
一級坡	坡度百分之五以下。
二級坡	坡度超過百分之五至百分之十五
三級坡	坡度超過百分之十五至百分之三十。
四級坡	坡度超過百分之三十至百分之四十。
五級坡	坡度超過百分之四十至百分之五十五。
六級坡	坡度超過百分之五十五

(二)土壤有效深度：指從土地表面至有礙植物根系伸展之土層深度，以公分表示之，其分級如下：

有效深度級別	分　　級　　範　　圍
甚　深　層	超過九十公分。
深　　層	超過五十公分至九十公分。
淺　　層	超過二十公分至五十公分。
甚　淺　層	二十公分以下。

(三)土壤沖蝕程度：依土地表面所呈現之沖蝕徵狀與土壤流失量決定之，其分級如下：

沖蝕程度級別	土地沖蝕徵狀及土壤流失量
輕　　微	地面無小沖蝕溝跡象，表土流失量在百分之二十五以下。
中　　等	地面有蝕溝系統之跡象，礫石、碎石含量在百分之二十以下，表土流失量夠過百分之二十五至百分之七十五。
嚴　　重	地面沖蝕溝甚多，片狀沖蝕活躍，土壤顏色鮮明，礫石、碎石含量超過百分之二十至百分之四十，底土流失量在百分之五十以下。
極　嚴　重	掌狀蝕溝分歧交錯，含石量超過百分之四十，底土流失量超過百分之五十，甚至母岩裸露，局部有崩塌現象。

(四)母岩性質：依土壤下接母岩之性質對植物根系伸展及農機具施工難易決定之，其分類如下：

母岩性質類別	母　　岩　　特　　性
軟質母岩	母岩鬆軟或呈碎礫狀，部分植物根系可伸入其間，農機具施工無大礙者。
硬質母岩	母岩堅固連接，植物根系無法伸入其間，農機具施工有礙者。

二、山坡地土地之可利用限度分類標準如下：

土地可利用限度類別	土地等級		土　地　特　性	備　　註
宜農牧地	一級地		甚深層之一級坡 深層之一級坡。	依中央主管機關規定標準實施水土保持。
	二級地		甚深層之二、三級坡。 深層之二級坡。 淺層之一級坡。	依中央主管機關規定標準實施水土保持。
	三級地		甚深層之四級坡。 深層之三級坡。 淺層之二級坡。	依中央主管機關規定標準實施水土保持。
	四級地	1	甚深層之五級坡。 深層之四、五級坡。 淺層之三、四級坡。 甚淺層之一、二、三級坡。	依中央主管機關規定標準實施水土保持。
		2	淺層之五級坡。 甚淺層之四級坡。	1.利用僅限於種植常年地面覆蓋不須全面擾動土壤之多年生果樹或牧草。 2.如必須栽種勤耕作物，應由主管機關指定其　水土保持設施。
宜林地	五級地		甚深層、深層、淺層之六級坡。 淺層之五、六級坡。 淺層之五級坡，土壤沖蝕嚴重者。 甚淺層之四級坡，土壤沖蝕嚴重或下接硬質母岩者。	應行造林或維持自然林木或植生覆蓋，不宜農耕之土地，初期造林有沖蝕嚴重現象時，應配合必要之水土保持。
加強保育地	六級地		沖蝕極嚴重、崩坍、地滑、脆弱母岩裸露等，應加強保育處理，減免災害發生之土地。	依主管機關指定方式實施水土保持。

三、山坡地有左列情事之一者，中央或直轄市主管機關得查定為宜林地，不受前二點規定之限制：

(一)必須依賴森林或林木以預防災害，保育水土資源，維護公共安全之土地或林業試驗用地及重要母樹或紀念性林木生育之土地。

(二)保護自然文化景觀、生態環境、名勝、古蹟、公共衛生之土地。

(三)水庫集水區或河川保護地帶。

(四)區域計畫擬定機關配合山坡地多目標發展之保育利用，所擬整體發展計畫之地區。

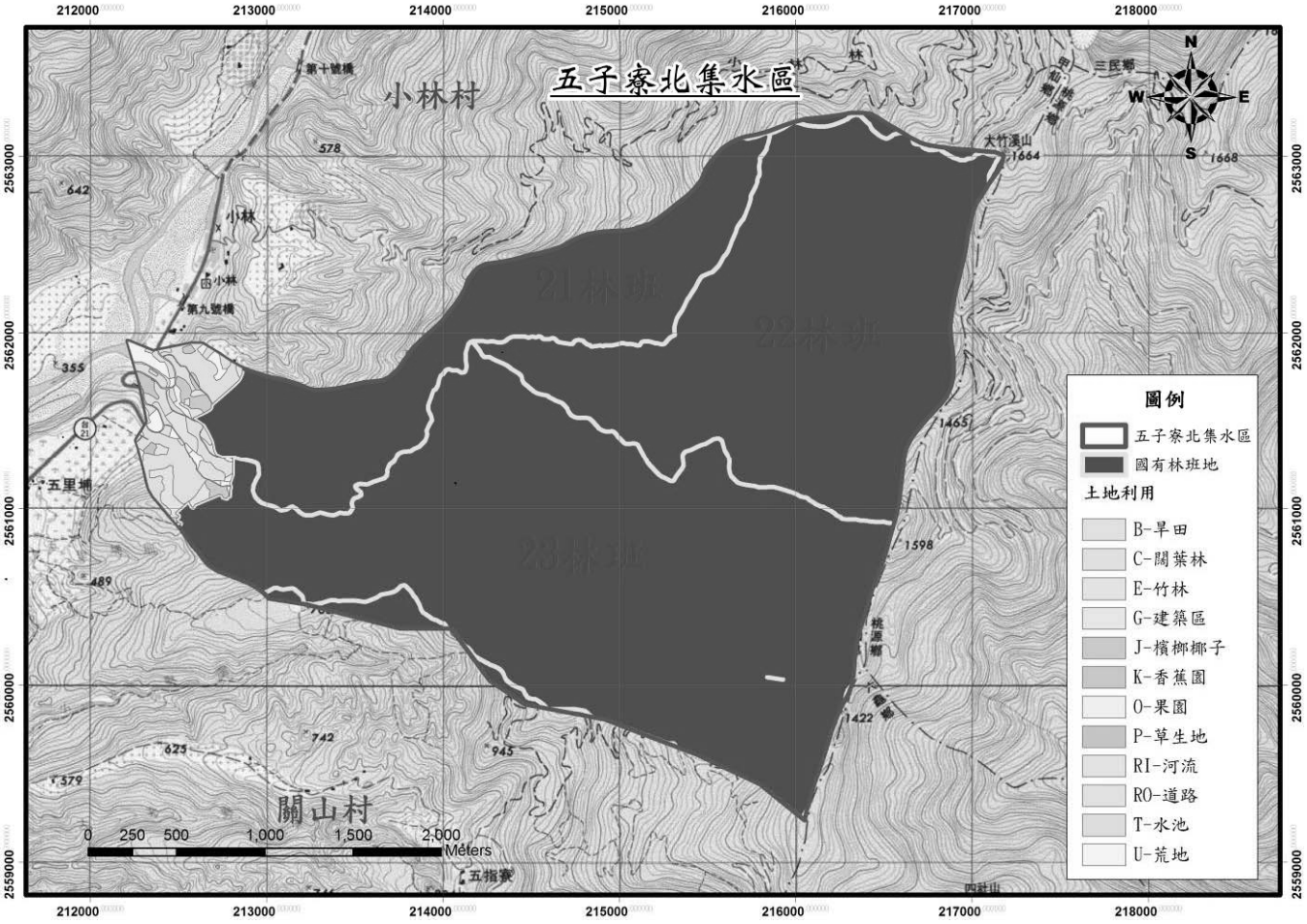


圖 2-11 土地類別暨利用現況圖

2.6　環境生態資料蒐集

利用行政院農業委員會特有生物保育中心之「台灣野生動物資料庫」所蒐集有關本五子寮北集水區附近野生動物分佈及種類資訊，建構相關成果。並利用行政院農業委員會特有生物保育中心之「台灣野生植物資料庫」所蒐集有關本五子寮北集水區附近野生植物分佈及種類資訊，建構相關成果。詳如后各節說明：

本集水區楠梓仙溪溪水終年不斷，水質清澈，水量豐沛，經特有生物中心調查，甲仙鄉地區常見物種總表如后表 2-36：

表 2-36　高雄縣甲仙鄉地區常見物種調查總表

類別(Species)		科別數	種數	保育類
動物類(Animals)	哺乳類(Mammals)	8	9	3
	鳥類(Birds)	33	85	23
	爬蟲類(Reptiles)	6	18	3
	兩棲類(Amphibians)	4	7	0
	魚類(Freshwater Fishes)	8	19	2
	蝴蝶類(Butterflies)	7	72	0
	蜻蛉類(Damselflies)	6	7	0
	蝸牛類(Snails)	4	7	0
	蝦蟹類(Crustaceans)	3	5	0
植物類(Plants)	種子植物(Seed)	46	148	0
	蕨類植物(Ferns)	9	41	0

資料來源：農委會特有生物保育中心，「台灣野生動物資料庫」，2013 及「台灣野生植物資料庫」，2013。

2.6.1　陸域生態資源調查概況

1.植物

本集水區除林班地外，尚有居户、道路，及部份區域為農業種植與果園所佔據，在南、北支流上游除崩塌裸露地外，亦尚有大片植生覆蓋相當茂密之原始林地，植物資源也相當豐富，惟尚未發現保育類植物，依據現場勘查及蒐集相關之資料顯示，本集水區之植物種類，按行政院農業委員會特種生物保育研究中心所蒐集有關本五子寮北集水區附近甲仙地區者計分為種子植物及蕨類植物等兩大類。其中，種子植物再行分類為裸子植物、雙子葉植物、單子葉植物等三分類，經查，計有 47 科 159 種；其中，灌木類計有 15 科 24 種(原生 15 種, 其中台灣澤蘭及臺灣海棗屬特有種、栽培 9 種、)分佈均相當普遍；喬木類計有 25 科 60 種(原生 42 種, 其中山芙蓉屬特

有種、栽培 18 種、)分佈亦相當普遍；木本類計有 6 科 8 種(均為原生種)分佈亦相當普遍；草本類計有 19 科 67 種(原生 48 種、歸化 3 種、栽培 16 種,並無特有種)分佈相當普遍；蕨類植物則有 9 科 41 種(原生 48 種、歸化 3 種、栽培 16 種,並無特有種)；各種植物細分類說明詳如后後附光碟附錄 A 說明。

本集水區內之植被最優勢之喬木為相思樹、白匏子等。草本，灌叢植物則以草類、蕨類植物為主，下游山坡地區之溪岸高灘地及河床邊緣便道處，則多為小型禾本科，常見有雙開花、蘆竹草、牧地狼尾草、臭根子草等，林中多可見蔓性植物，以羊角藤、黃藤和夾竹桃科為最多數。其他地方則散佈紫花霍香薊、大花咸豐草和醉醬草等。

2.動物

- 鳥類：

主要以水邊及草叢活動的鳥類為主，目前出現的計有鴿科、鷸科、山雀科、山椒鳥科、文鳥科、王鶲科、伯勞科、杜鵑科、卷尾科、雨燕科、秧雞科、隼科、啄木鳥科、梅花雀科、畫眉科、黃鸝科、椋鳥科、雉科、鳩鴿科、翠鳥科、鴉科、燕科、繡眼科、鵯科、鶺科、鶯科、鶺鴒科、鶲科、鬚鴝科、鷸科、鷹科、鷺科、鸚嘴科等 33 科，如綠簑鷺、小白鷺、翠鳥、五色鳥、白鶺鴒、灰鶺鴒、河鳥、鉛色水鶺、小剪尾、藍磯鶇、紫嘯鶇、八哥、白腰文鳥…等 33 科 85 種。有關本集水區常見鳥類詳如表 2-37 及後附光碟附錄 B 說明。其中，珍貴稀有的有 12 種(包括有灰喉山椒鳥、紅隼、小啄木、綠啄木、白喉噪眉、棕噪眉、朱鸝、八哥、翠翼鳩、大冠鷲、赤腹鷹、鳳頭蒼鷹)；台灣特有種鳥類包括有白耳畫眉、冠羽畫眉等 2 種、台灣特有亞種鳥類則包括有青背山雀、棕背伯勞...等 22 種，由於特有物種為長久以來適應台灣環境所演化出之物種，因此特有物種的多寡常代表台灣原生環境保持的狀況，以本調查地點環境而言，由於未開發區域林相良好，因此具有相當多低海拔特有亞種鳥類棲息其間。

鳥類中之組成大多屬陸生性留鳥，多為樹棲群棲性，集中分佈於基地內未開發之發育良好樹林地區以及周圍樹林地帶，牠們對植被的依賴性相當高，因此集水區附近植被狀況的變化和維護，將是影響本區鳥類群聚的主要原因。

表 2-37　集水區內常見鳥類照片一覽表

		
大卷尾	白頭翁	大冠鷲
		
八哥	小白鷺	大彎嘴

資料來源：行政院農委會特有生物研究保育中心「台灣特有動物資料庫」

- 兩棲類：

本集水區因屬楠梓仙溪支流溪段，溪中兩棲類共計有 4 科 7 種包括有叉舌蛙科、狹口蛙科、樹蛙科、及樹蟾科等 4 科，如澤蛙、小雨蛙、中國樹蟾、日本樹蛙、白頷樹蛙、面天樹蛙及黑蒙西氏小雨蛙等 7 種，其中，面天樹蛙為台灣特有種，均為常見或普遍物種，至於台灣特有亞種及保育類物種則無發現紀錄。優勢物種以面天樹蛙為最優勢種，其喜棲息在集水區內及周圍潮濕之樹林中，本五子寮北集水區內適合兩棲類動物棲息之環境主要原因為植被覆蓋良好，有高大喬木生長及溼度較高之次生林且有水流。有關本集水區常見兩棲類如表 2-38 及後附光碟附錄 B 說明。

表 2-38　集水區內常見兩棲類照片一覽表

			
小雨蛙	面天樹蛙(台灣特有種)	中國樹蟾	白頷樹蛙

			
黑蒙西氏小雨蛙	日本樹蛙	澤蛙	

資料來源：行政院農委會特有生物研究保育中心「台灣特有動物資料庫」

- 哺乳類：

本集水區內之哺乳類計有牛科、兔科、鹿科、鼠科、蝙蝠科、蹄鼻蝠科、獼猴科、鼯鼠科及野豬科等 9 科，計有台灣長鬃山羊、山羌、台灣鼠耳蝠、台灣小蹄鼻蝠、台灣獼猴及台灣鼯鼠…等 10 種。其中，台灣鼠耳蝠、台灣小蹄鼻蝠為台灣特有種，並有台灣長鬃山羊、山羌…等 6 種為台灣特有亞種，惟各種哺乳類動物分佈均屬普遍。哺乳類多為生活於樹林之物種，牠們以發育良好之次生林為主要棲息地，並且會到林緣地帶活動覓食，當集水區域發生崩塌災害或實施治理工程，將會使其遷徙至周圍相鄰之類似棲地維生。有關本集水區常見哺乳類如表 2-39 及後附光碟附錄 B 說明。

表 2-39　集水區內常見哺乳類照片一覽表

		
台灣長鬃山羊(珍貴稀有，台灣特有種)	山羌(其他應予保育，台灣特有亞種)	台灣鼠耳蝠(台灣特有種)
		
台灣小蹄鼻蝠(台灣特有種)	台灣獼猴(其他應予保育，台灣特有種)	台灣鼯鼠(台灣特有亞種)

資料來源：行政院農委會特有生物研究保育中心「台灣特有動物資料庫」

- 蜻蛉類：

本集水區內之蜻蛉類計有幽蟌科、春蜓科、珈蟌科、琵蟌科、蜻蜓科及蹣蟌科等 5 科，計有短尾幽蟌、紹德春蜓恆春亞種 、中華珈蟌南台亞種 、黃尾琵蟌、鼎脈蜻蜓、芽痣蹣蟌等 6 種。有關本集水區常見蜻蛉類如後附光碟附錄 B 說明。

- 爬蟲類：

本集水區內之爬蟲類計有石龍子科、飛蜥科、黃頷蛇科、蝙蝠蛇科、腹蛇科及壁虎科等 6 科，計有麗紋石龍子、長尾南蜥、印度蜓蜥、斯文豪氏攀蜥(台灣特有種)、梭德氏遊蛇、花浪蛇、大頭蛇、青蛇、紅斑蛇、紅竹蛇、錦蛇、白梅花蛇、赤背松柏根、南蛇、過山刀、雨傘節、龜殼花、蝎虎等 18 種。其中，雨傘節、龜殼花屬珍貴稀有，斯文豪氏攀蜥為台灣特有種外，其餘各類爬蟲類分佈均屬常見及普遍，有關本集水區常見爬蟲類如表 2-40 及後附光碟附錄 B 說明。

集水區內大多為植被覆蓋良好之森林，有高大之喬木生長，故此區較有掩蔽性較高之環境以供爬蟲類動物棲息，分布於此區之爬蟲類多為森林活動類型；至於基地周邊有些部分無高大植被覆蓋之地區，由於長有草本先趨植物或灌叢，有許多爬蟲類個體活動於此地進行覓食及進行日曬保暖之行為。整體來說，本集水區屬於良好之爬蟲類棲息地。

表 2-40　集水區內常見爬蟲類照片一覽表

		
錦蛇(其他應予保育)	南蛇	過山刀
		
雨傘節(其他應予保育)	龜殼花(珍貴稀有)	麗紋石龍子

資料來源：行政院農委會特有生物研究保育中心「台灣特有動物資料庫」

- 蝴蝶類：

本集水區內之蝴蝶類計有小灰蝶科、弄蝶科、粉蝶科、蛇目蝶科、斑蝶科、蛺蝶科及鳳蝶科等 7 科，計有沖繩小灰蝶、台灣單帶弄蝶、台灣黃蝶、小蛇目蝶、小紫斑蝶、台灣三線蝶...等 72 種，均為普遍常見物種，並無保育類物種。有關本集水區常見蝴蝶類如表 2-41 及後附光碟附錄 B 說明。集水區內蝴蝶多活動於次生林邊緣、林徑道路交界之處。日照較良好之處，並多以林緣盛開之蜜源植物為食，但亦有許多蛺蝶科蝶類較偏好次生林中陰暗之環境。

表 2-41　集水區內常見蝴蝶類照片一覽表

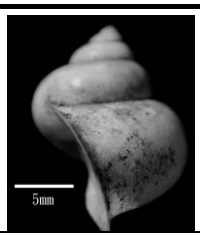
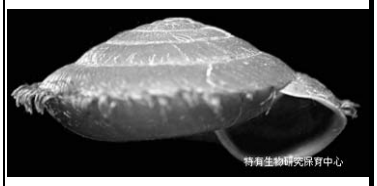
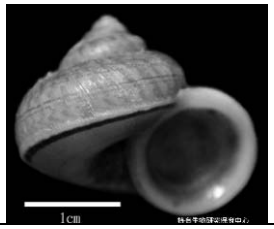
		
沖繩小灰蝶	台灣單帶弄蝶	台灣黃蝶
		
小蛇目蝶	小紫斑蝶	台灣三線蝶

資料來源：行政院農委會特有生物研究保育中心「台灣特有動物資料庫」

- 蝸牛類：

本集水區內之蝸牛類計有山蝸牛科、非洲大蝸牛科、南亞蝸牛科、扁蝸牛科等 4 科，計有青山蝸牛、非洲大蝸牛 、排灣栗蝸牛 、台灣盾蝸牛、球蝸牛、扁蝸牛等 7 種。有關本集水區常見蝸牛類如表 2-42 及後附光碟附錄 B 說明。

表 2-42　集水區內常見蝸牛類照片一覽表

		
青山蝸牛	非洲大蝸牛	台灣盾蝸牛
		
球蝸牛	扁蝸牛	皺大山蝸牛

資料來源：行政院農委會特有生物研究保育中心「台灣特有動物資料庫」

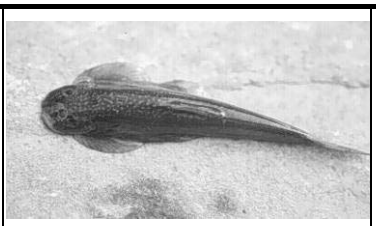
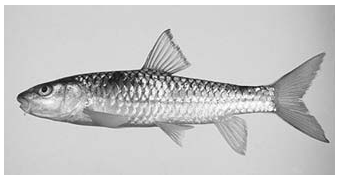
2.6.2　水域生態資源調查概況

- 魚類：

本集水區內野溪平時乾涸，不過楠梓仙溪，溪水清澈，溪魚種類相當多，包括鰕虎科、平鰭鰍科、慈鯛科、鯉科、鯰科、鰍科、鰻鱺科、鱧科等 8 科，計有褐吻鰕虎、台灣間爬岩鰍、埔里中華爬岩鰍、吳郭魚、台灣石魚賓、台灣鏟頜魚、何氏棘魚、台灣馬口魚、鯰魚、中華花鰍、鱸鰻，七星鯉..等 19 種。其中吳郭魚為外來種，鯉魚為引進傳統養殖魚種，其他為原生種。有關本集水區常見魚類如表 2-43 及後附光碟附錄 B 說明。

其中，台灣馬口魚、台灣間爬岩鰍及台灣鏟頜魚為主要魚種，其中較常見的為台灣間爬岩鰍；台灣間爬岩鰍體延長而近於紡錘形，尾部側扁，頭寬廣而稍尖，吻短，圓鈍而突出；成魚吻端具多個堅硬的追星；為初級淡水魚，棲息於河川上游水質冷而清澈的水域，多藏身於深潭或石縫間，以附著於石頭上的藻類為主食，也攝取小型之無脊椎動物，為冷水性魚種。

表 2-43　集水區內常見魚類照片一覽表

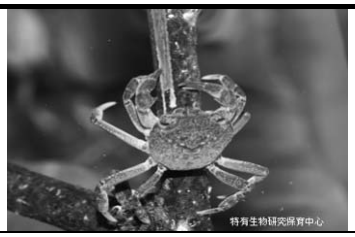
		
台灣石鱝(台灣特有種)	台灣間爬岩鰍(台灣特有種)	台灣馬口魚
		
何氏棘魞(台灣特有種)	台灣鏟頷魚	鱸 鰻(珍貴稀有)

資料來源：行政院農委會特有生物研究保育中心「台灣特有動物資料庫」

- 蝦蟹類：

本集水區內之蝦蟹類計有長臂蝦科、匙指蝦科、溪蟹科等 3 科，計有粗糙沼蝦、擬多齒米蝦 、拉氏清溪蟹 、銹色澤蟹、黃綠澤蟹等 5 種。有關本集水區常見蝦蟹類如表 2-44 及後附光碟附錄 B 說明。

表 2-44　集水區內常見蝦蟹類照片一覽表

		
粗糙沼蝦	拉氏清溪蟹	

資料來源：行政院農委會特有生物研究保育中心「台灣特有動物資料庫」

2.7　歷年颱風豪雨災害情形

本計畫集水區及附近地區歷年因颱風豪雨侵襲，致使集水區內及附近地區產生災情不斷，尤其以民國 98 年莫拉克颱風災害為甚，以下即就本計畫集水區內及附近地區遭遇最嚴重之民國 98 年 8 月 8 日莫拉克颱風及 101 年度之 0610 豪大雨所造成之災損情形，說明如后，各次颱風豪雨侵襲之災損情況，彙整如后表 2-45 說明：

1. 民國 98 年 8 月 8 日莫拉克颱風

民國 98 年 8 月 8 日下午 15 時 30 分許，莫拉克颱風侵襲台灣，風強雨大，高雄縣甲仙鄉小林聚落旁的小竹溪暴漲，水勢竄出公路護欄。該年 8 月 9 日清晨 5 點，小林村東北側一千多公尺高而且尚未人為開發的獻肚山因不堪豪大雨而走山，帶著大量土石流進入楠梓仙溪，楠梓仙溪河道被土石擋住形成大型堰塞湖。

該年 8 月 9 日清晨 6 點 09 分，堰塞湖潰堤造成洪水沖毀了附近的九號橋及八號橋。除 1 至 8 鄰五里埔地區 200 餘人平安，兩座橋樑之後的 9 至 18 鄰小林地區共有 100 多户人家，包括小林國小、小林衛生所、小林派出所等建築，全數遭洪水及土石流覆滅，有 491 人失蹤。

依照行政院國科會災後進行的研究，獻肚山從山崩開始發生直到土石掩埋聚落僅費時 110 秒，而走山土石崩移的速度高達每秒五十公尺，相當於時速一百八十公里，總計崩落的土石量達三千萬公噸，而總崩塌面積約 251.7 公頃。

2. 民國 101 年度之 0610 豪大雨

經「0610 豪大雨」侵襲影響，造成台 21 線南沙魯-五里埔路段(209k-221k)計流失鋼便橋 6 座，路基流失 2400m 共 15 處。

以上為造成本集水區及其附近地區重大災害之兩大颱風豪雨影響，其餘尚有多次颱風或豪雨直接或間接侵襲本集水區，惟所幸並未造成過大災損之情況。其中，99 年之凡那比颱風來襲，台 21 線 211K+0~225K+0 那瑪夏鄉至五里埔溪底便道預警性封閉，本計畫區附近地區幸無災情發生。102 年 0519 豪雨造成台 21 線全線(雙向) 209K+000~221K+000，高雄市甲仙區那瑪夏至五里埔道路封閉。同(102)年潭美颱風侵襲後，造成台 21 線 209K+000~221K+000 路段之甲仙區小林村五里埔至那瑪夏道路損壞，惟自 103 年起至今(104)年幸未遇有較大之颱風豪雨災害，始得本集水區域得以喘息復育。

表 2-45　歷年颱風、豪雨侵襲本計畫集水區致災資料一覽表

年度(民國)	颱風或豪雨名稱	颱風登陸地點	期間	颱風強度	甲仙(2)站一日最大降雨(mm) 甲仙(2)站最大強度降雨(mm)	災情概述
98	莫拉克颱風	花蓮市附近	0806-0812	中度	1036(0808) 95	人命傷亡（資料來源：內政部户政司）：619死、肢體 74 件、76 失蹤。多處路塌、斷橋、土石流災情涵蓋全省，南部地區尤甚。
99	0726 豪雨水災	—	0726-0729	—	153(0727) 37	台 21 線順樁(南下)211K+000~225K+000，高雄市甲仙區那瑪夏至五里埔道路損壞。
99	凡那比	花蓮豐濱	0918-0920	中度	630(0919) 72	台 21 線 211K+0~225K+0 那瑪夏鄉至五里埔溪底便道預警性封閉，本計畫區附近地區幸無災情發生。
99	梅姬颱風	未登陸	1021-1023	中度	42(1022) 11	本計畫區附近地區無災損情形。
100	艾利颱風	未登陸	0509-0509	輕度	0 0	本計畫區附近地區無災損情形。
100	梅花颱風	未登陸	0804-0806	中度	0 0	本計畫區附近地區無災損情形。
100	南瑪都颱風	台東大武附近	0828-0831	輕度	160(0830) 23	臺 21 線 201K+123~201K+153，橋梁引道流失。
101	0610 豪雨水災	—	0610-0615	—	319(0610) 51	台 21 線 205K+127~205K+127 便橋沖毀。台 21 線 211K+000~225K+000 便道沖毀，高雄市甲仙區那瑪夏至五里埔道路封閉。
101	泰利颱風	未登陸	0619-0621	輕度	245(0620) 32	本計畫區附近地區無災損情形。
101	蘇拉颱風	花蓮秀林鄉	0730-0803	中度	265(0802) 22	本計畫區附近地區無災損情形。
101	天秤颱風	屏東牡丹鄉附近	0826-0828	輕度	32(0828) 12	本計畫區附近地區無災損情形。
102	0519 豪雨	—	0519-0522	—	144(0519) 32	台 21 線 全線(雙向) 209K+000~221K+000，高雄市甲仙區那瑪夏至五里埔道路封閉。
102	蘇力颱風	新北市與宜蘭交界	0712-0713	中度	286(0713) 56	台 20 線 097K+000、高雄市桃源區勤和至復興道路損壞
102	西馬隆颱風	未登陸	0717-0718	輕度	5(0718) 3	無人命傷亡災情及設施損壞情形。
102	潭美颱風	未登陸	0820-0822	輕度	272(0822) 36	省道 台 21 線 209K+000~221K+000，高雄市甲仙區那瑪夏至五里埔道路損壞。
102	康芮颱風	未登陸	0828-0830	輕度	393(0829) 49	台 20 線 102K+361 復興橋引道流失,全線(雙向)車道封閉
102	天兔颱風	未登陸	0919-0922	強烈	17(0921) 6	台 20 線 097K+000~102K+000 勤和至復興，便道沖毀。

備註：上述資料來源係參照「內政部消防署全球資訊網」歷年災害災害應變處置報告摘錄。

第三章　集水區現況調查

集水區現況調查分析為本計畫之重點工作，透過現地調查可掌握五子寮北集水區土砂災害之問題來源與治理重點區位，然而，五子寮北集水區之上游集水區林班地涵蓋範圍廣大，現地調查作業實施必須投入大量人力與設備，預先建立系統化之調查方式，確保調查成果之品質與一致性。本公司據多年來之現場調查經驗，以及各相關技術規範之現場調查說明，擬訂本計畫之相關現調作業方法，並建立標準化流程與制式化表格，其標準作業程序如后圖 3-1。

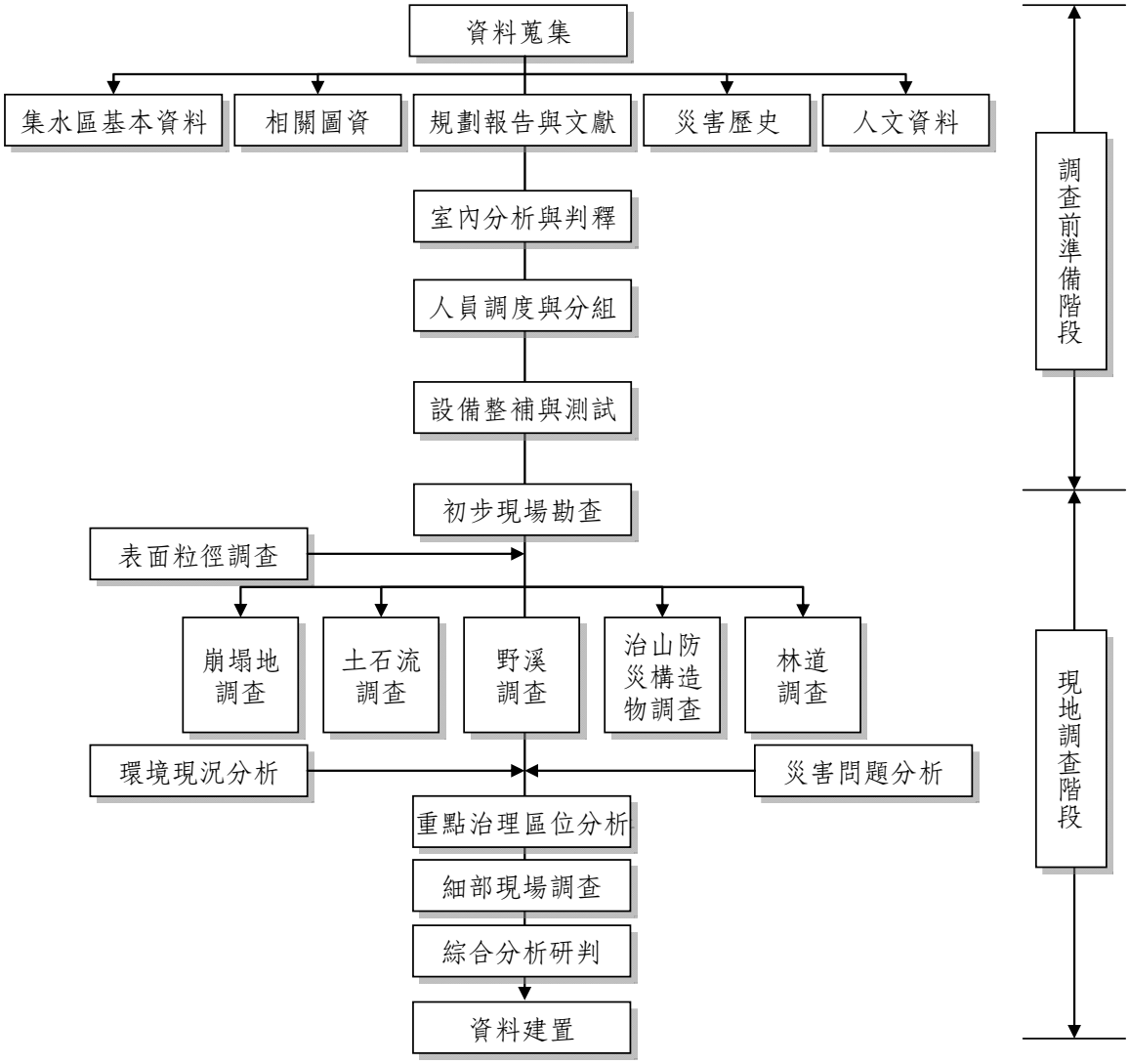
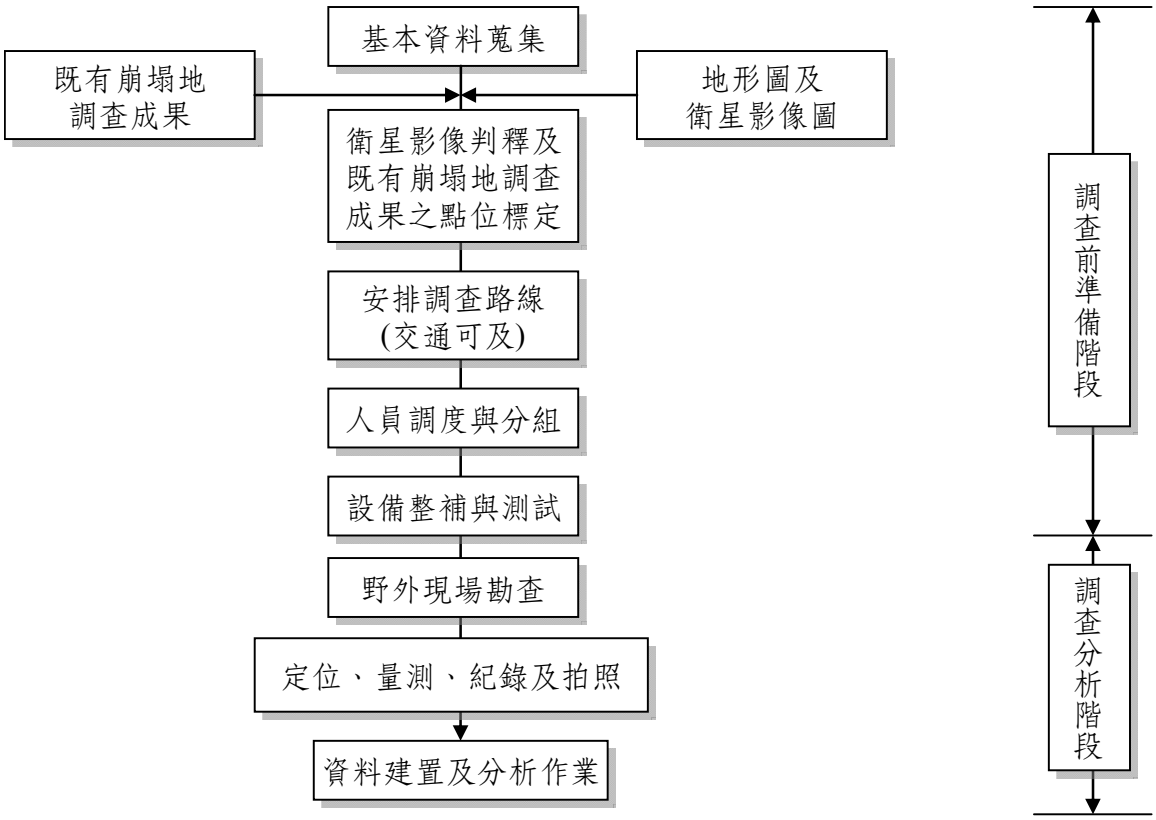


圖 3-1 現地調查標準作業程序圖

3.1　崩塌地調查

3.1.1　崩塌地現況調查程序

崩塌地現況調查擬採行室內判釋及現場調查等兩方式進行，前者利用現有崩塌地調查成果、調查區之空拍照片或衛星影像進行崩塌地之判釋，後者則進行現場勘查之方式，逐步調查。其程序如後：



3.1.2　崩塌地現況調查

經蒐集有關林務局崩塌地資料，時間分別於 95 年「全省國有林班崩塌地調查作業」以及民國 99 年 5 月之「高屏溪流域上游集水區國有林班地整體治理調查與規劃」報告等二時期所調查之結果，適於 98 年莫拉克風災發生之前後時期，俾作為其風災影響造成崩塌之前、後比對參考；另經本調查組實地踏勘及經影像判釋蒐集本計畫集水區內之現況崩塌地資料後得知，自莫拉克風災造成崩塌後至今所新生之崩塌地數量已大為減少(由 56 處增加到 71 處，新生崩塌地 15 處)，而既存之崩塌地亦因長時之降雨、颱洪所影響下，其自然復育情況緩慢。

3.1.2.1　莫拉克颱風前、後之崩塌地分析

因此，莫拉克風災前、後兩時期所調查之崩塌地比對資料將有利於瞭解本調查集水區內之崩塌災害變異情形。就比對之結果，95 年「全省國有林班崩塌地調查作業」時，本調查集水區內之崩塌地面積為 2.62ha，99 年 5 月之「高屏溪流域上游集水區國有林班地整體治理調查與規劃」報告中，本調查集水區之崩塌地面積為 130.5ha，崩塌地面積增加了 127.88ha。詳細調查程序與研判、登錄等成果，詳後各節說明。95 年「全省國有林班崩塌地調查作業」有關本五子寮北集水區內之崩塌地統計詳如后表 3-1.1 所示。經比較莫拉克災後之崩塌前後面積變異情況，詳如后表 3-1.2 說明，崩塌率約達 50 倍之數。

表 3-1.1 五子寮北集水區之崩塌地區位及分佈統計一覽表(95 年全省國有林班)

崩塌地編號	縣鄉屬	村里屬	主集水區	次集水區	土地類別	崩塌面積(ha)	Y 座標	X 座標	頂部高程 EL.(m)	平均坡度(°)	地層與岩性
95 崩 1	高雄縣甲仙鄉	小林村	旗山溪	五子寮北	林班地	0.908	2561850	214933	686	41.3	桂竹林層及其相當地層
95 崩 2						0.157	2561663	214850	648	33.4	
95 崩 3						0.076	2562144	215175	853	33.3	
95 崩 4						0.376	2560321	215878	972	30.5	
95 崩 5						1.100	2560257	214863	746	49.1	
合計						2.617	—	—	—	—	—

註 1：資料來源為規劃團隊調查規劃小組參考 95 年全省國有林班崩塌地調查資料採 GIS 萃取模組分析統計結果。

表 3-1.2 五子寮北集水區之莫拉克風災前後崩塌地變異情況一覽表

調查時期	崩塌地處數(處)	崩塌地面積(ha)	崩塌地佔集水區面積比例(%)	備註
莫拉克災前	5	2.62	0.25	95 年「全省國有林班崩塌地調查」成果
莫拉克災後	56	130.5	12.52	98 年 8 月底至 9 月初福衛二號衛星影像
增加	51	127.88	12.27	災害前後崩塌率達 50 倍

註 1：資料來源為規劃團隊調查規劃小組採 GIS 萃取模組分析統計結果。集水區面積：1,042ha。

由於集水區地質、土壤以及地形之特性關係，其崩塌地可能分佈於陡峭之坡面、坡頂或是河岸兩旁之坡面，若純粹由正射影像加以判釋，可能有低估之可能性。故在此針對本五子寮北集水區範圍內進行全面性之整體調查，調查是否有新增或是遺漏之崩塌地，以了解集水區內詳細之坡面崩塌及沖蝕情形以及泥砂之主要來源。惟經 98 年莫拉克風災肆虐後，產生崩塌地相當多(多沿野溪主流兩側邊坡崩落)，共計 56 處。彙蒐本調查集水區之崩塌地區位及現況照片，詳表 3-3 所示，其中，危險等級之分類準則，另列如第三章 3.1.3 節說明。經調查結果得知，計畫區內具多處崩塌地或裸露地，主要分佈於上游源頭處、溪流兩岸及道路下邊坡。主要崩塌的原因仍與地質因素息息相關，其中整體集水區內所處地層大致可分為桂竹林層及砂、頁岩互層，因此較易因風化作用而破碎崩落，此由前第二章圖 2-10 地質圖之地層分佈可知崩塌地多位於桂竹林層(屬砂頁岩互層)，且道路與邊坡多有崩塌災狀。河道兩岸邊坡崩塌地亦因坡面陡峭、植生根系固結不良(多為竹林)及溪流沖刷基腳處，導致坡腳弱化、邊坡滑落。

集水區內總計分屬旗山事業區之旗山 21、22、23 林班地等三大林班子集水分區內崩塌地數量為 55 處與面積為 128.48ha，統計如后表 3-2，彙整集水區內崩塌地區位及特性資料詳如表 3-4，崩塌地分佈情形詳見圖 3-2 所示。

表 3-2 五子寮北集水區之三大林班莫拉克災後崩塌面積統計表

所屬林班編號	崩塌地數量（處）	崩塌地面積（ha）	集水區面積（ha）	備註
旗山 21 林班	10	19.82	175.51	崩塌地面積約佔 11.29%
旗山 22 林班	30	26.02	328.40	崩塌地面積約佔 7.92%
旗山 23 林班	15	82.64	479.21	崩塌地面積約佔 17.25%
合計	55	128.48	983.12	崩塌地面積約佔 13.07%

註 1：資料來源為規劃團隊調查規劃小組採 GIS 萃取模組分析統計。

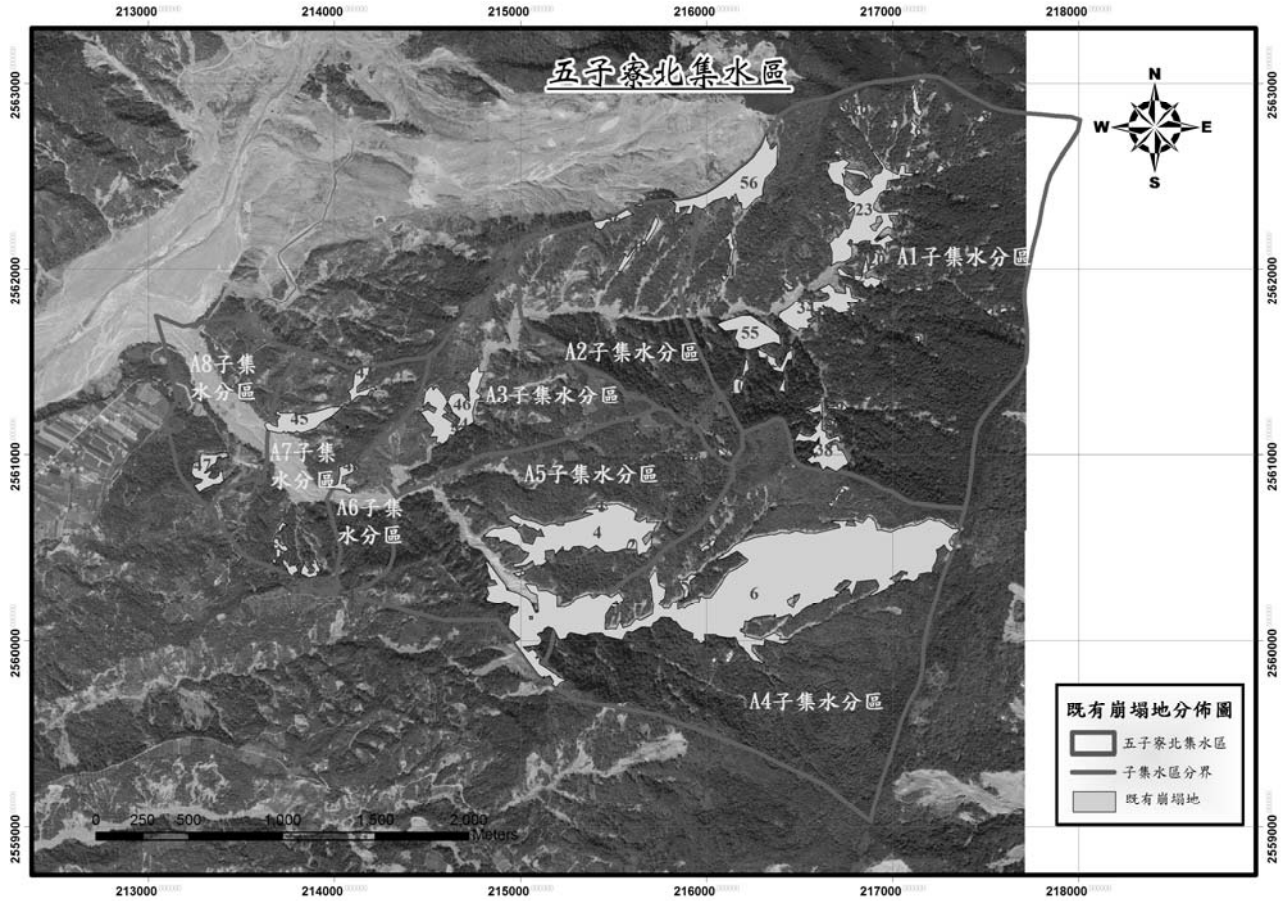
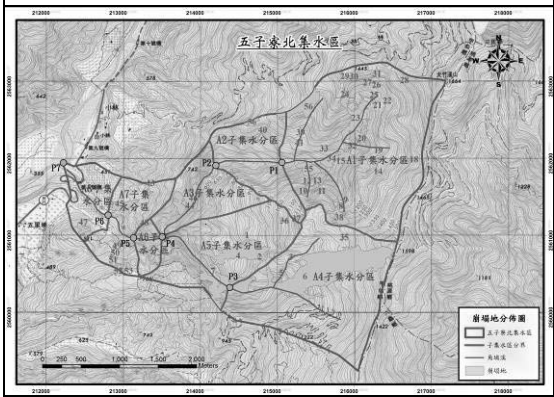
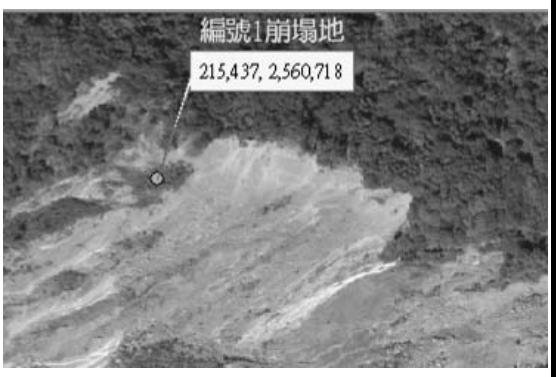
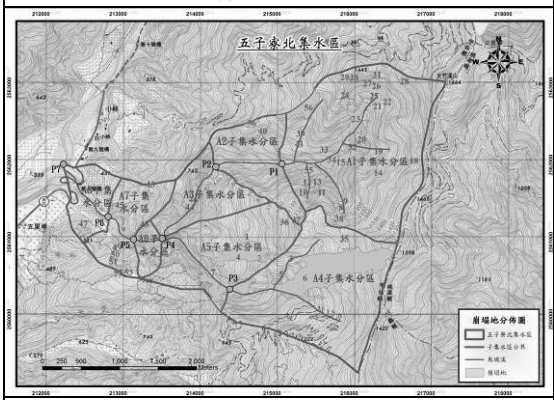
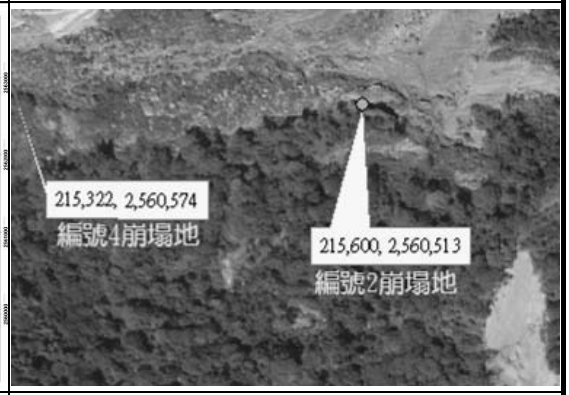
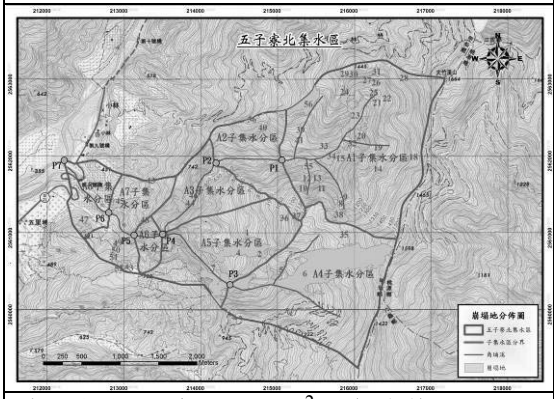
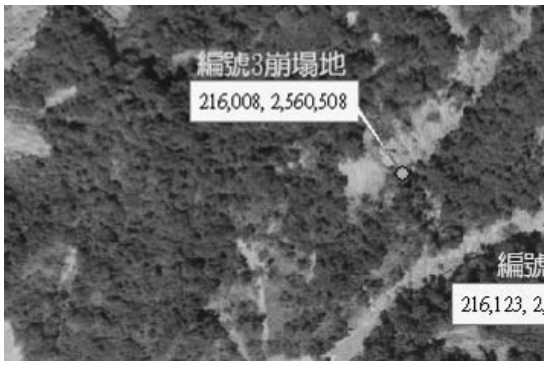


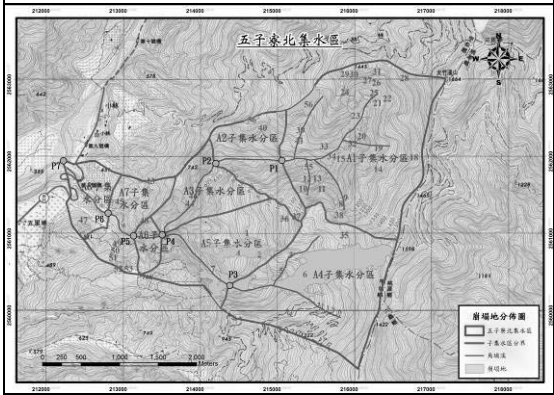
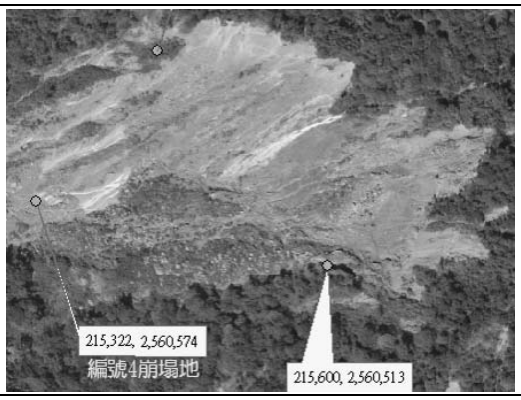
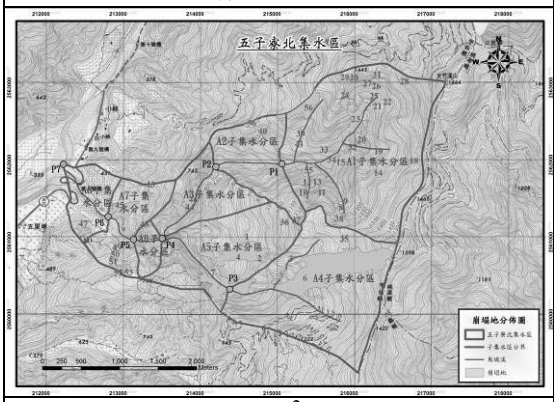
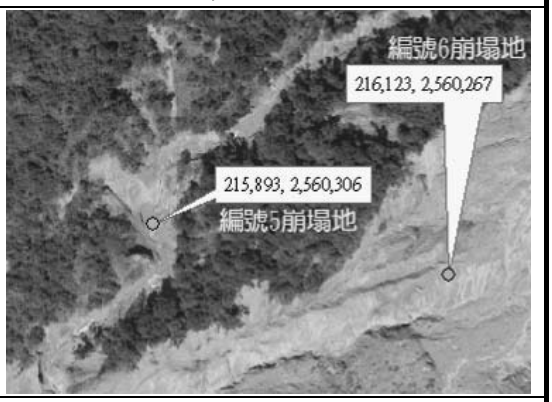
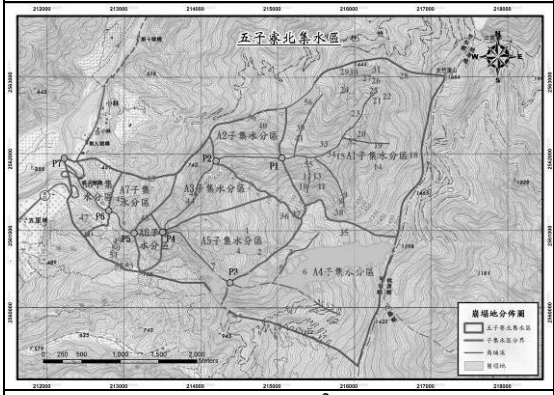
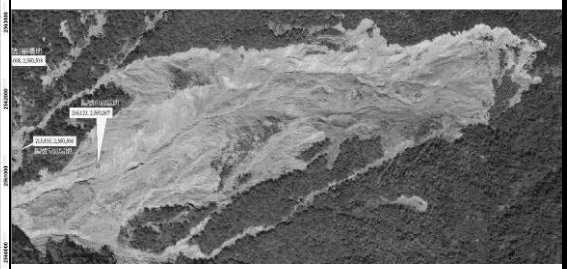
圖 3-2 五子寮北集水區莫拉克災後崩塌地區位分佈圖

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(1/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(°)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩1</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>215437</td><td>2560718</td><td>827</td><td>41</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：1170m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩2</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>215600</td><td>2560513</td><td>872</td><td>42</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：2198m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩3</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>216008</td><td>2560508</td><td>1021</td><td>26</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：2198m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

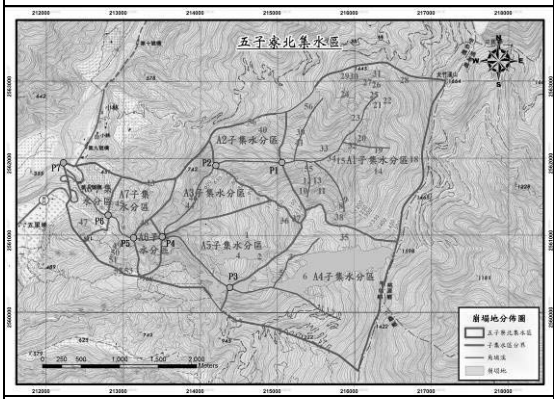
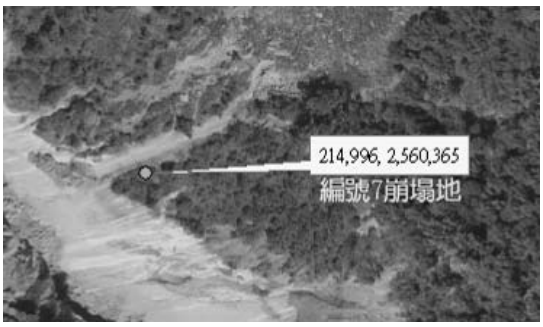
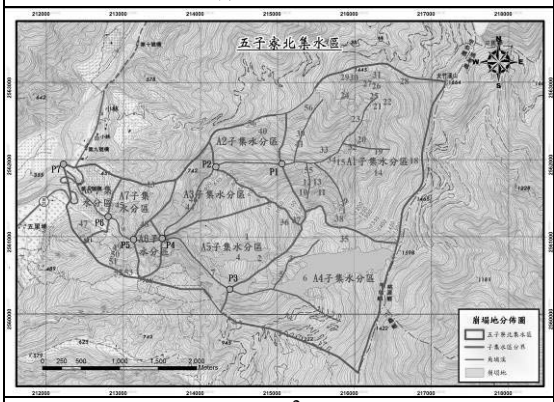
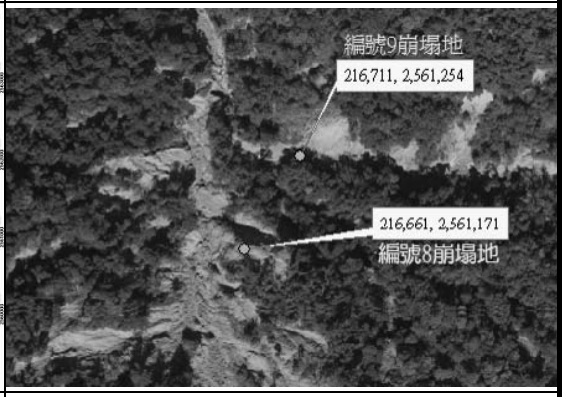
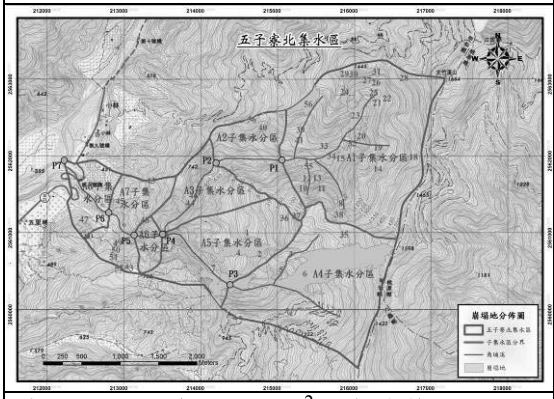
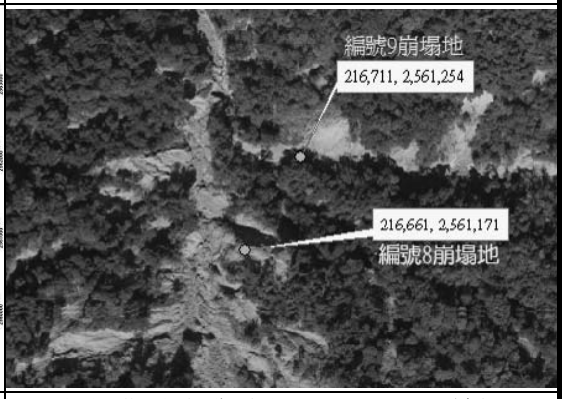
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(2/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(˚)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩4</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>215322</td><td>2560574</td><td>736</td><td>21</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：138488m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩5</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>215893</td><td>2560306</td><td>921</td><td>28</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：4331m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩6</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>216123</td><td>2560267</td><td>988</td><td>24</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：658987m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

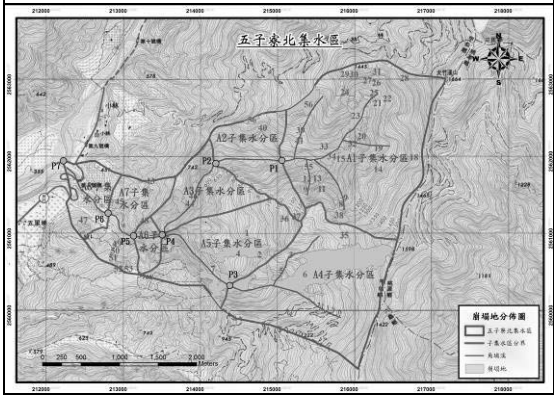
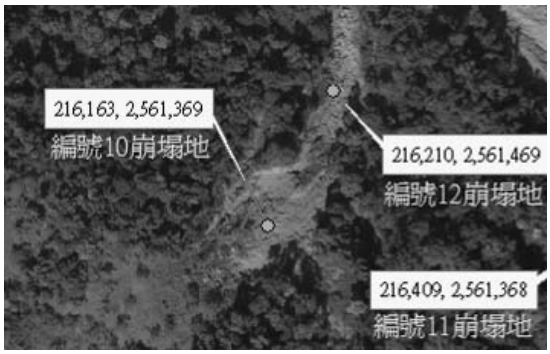
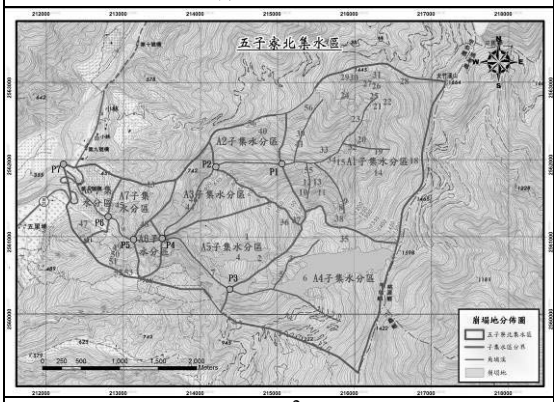
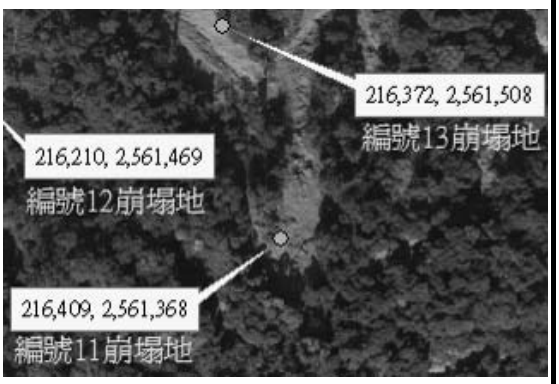
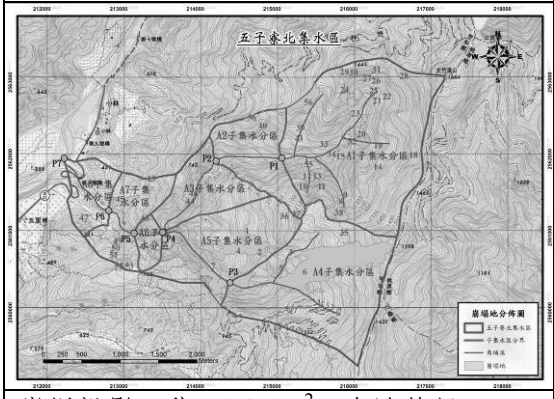
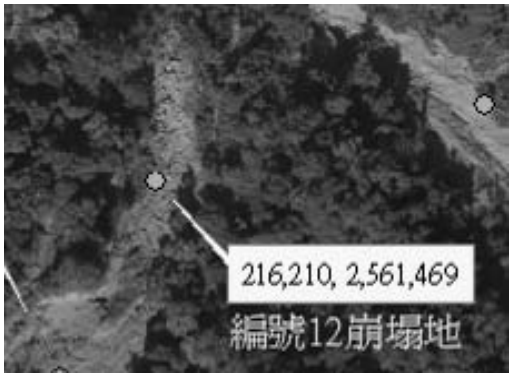
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(3/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(˚)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩7</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>214996</td><td>2560365</td><td>596</td><td>17</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：1067m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩8</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216661</td><td>2561171</td><td>1131</td><td>39</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：1282m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩9</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216711</td><td>2561254</td><td>1093</td><td>37</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：2246m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

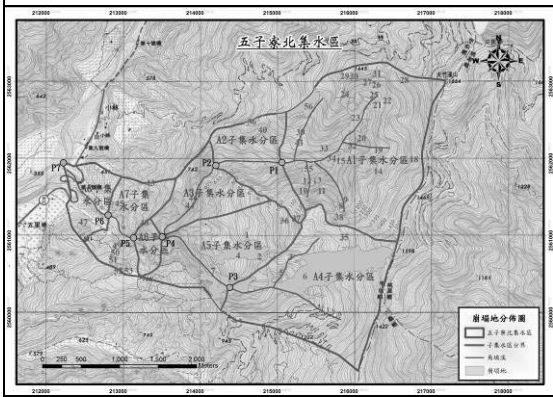
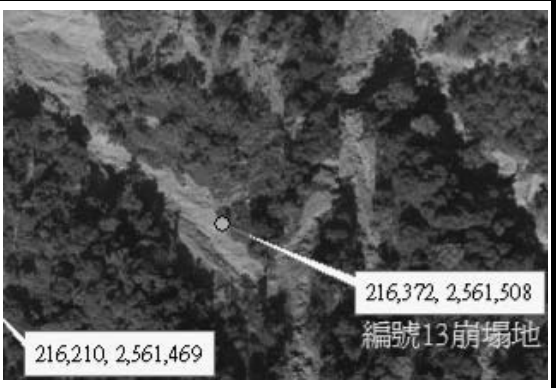
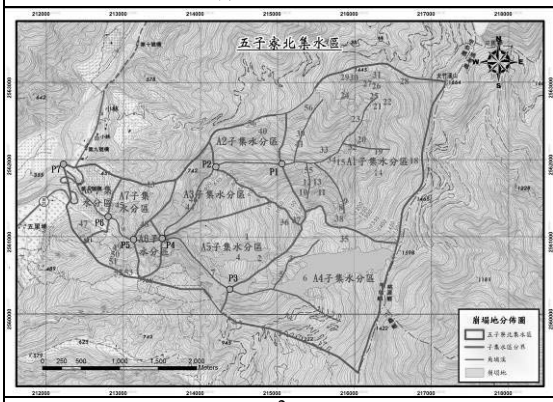
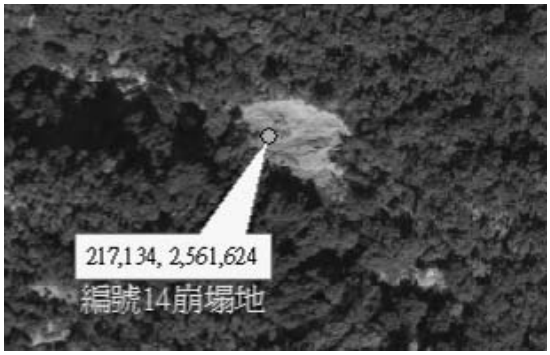
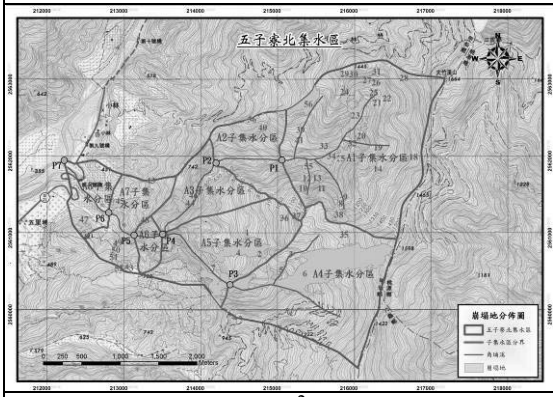
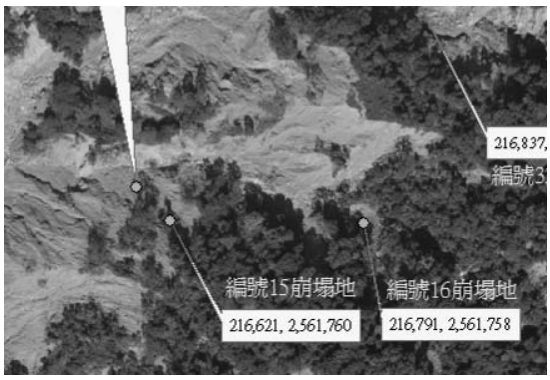
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(4/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(˚)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩10</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216163</td><td>2561369</td><td>1063</td><td>39</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：4137m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩11</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216409</td><td>2561368</td><td>1136</td><td>39</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：1378m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩12</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216210</td><td>2561469</td><td>961</td><td>32</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：1670m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

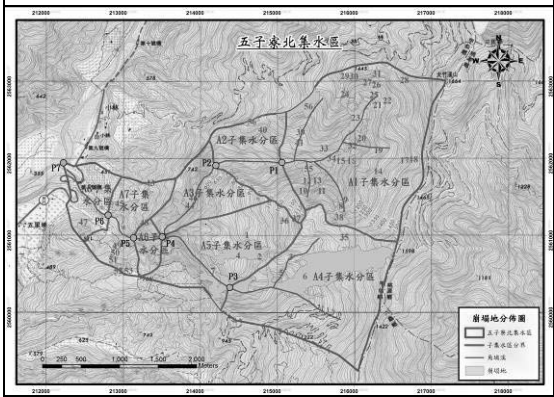
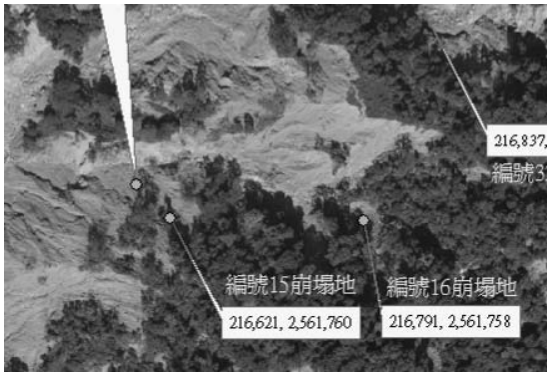
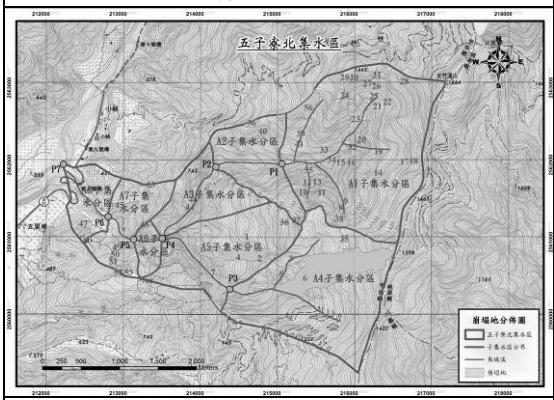
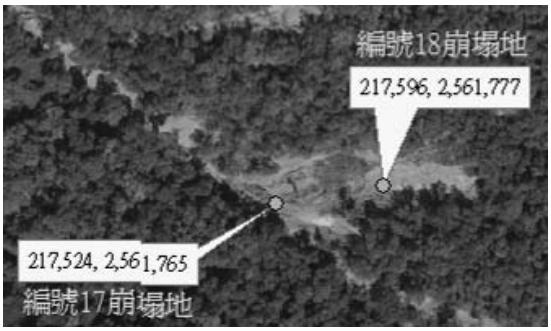
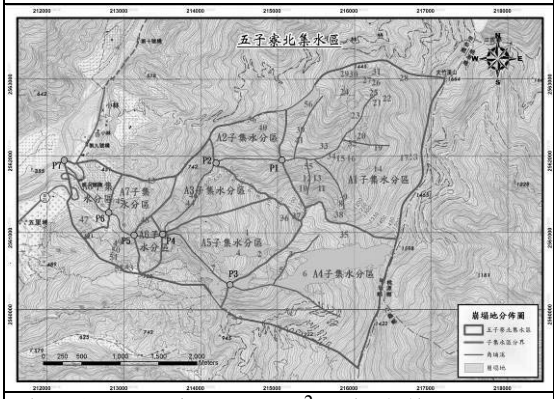
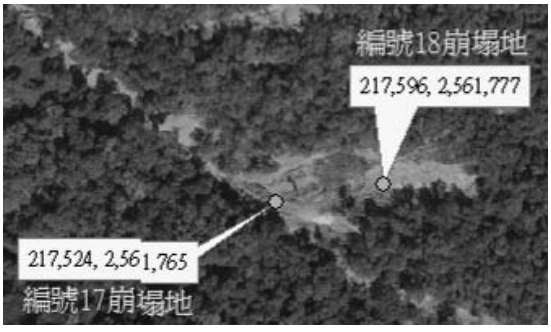
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(5/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(°)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩13</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216372</td><td>2561508</td><td>1001</td><td>34</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：7591m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩14</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>217134</td><td>2561624</td><td>1224</td><td>25</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：786m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩15</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216621</td><td>2561967760</td><td>953</td><td>35</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：459m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

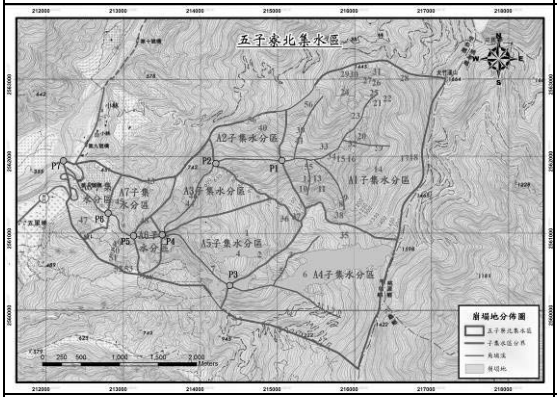
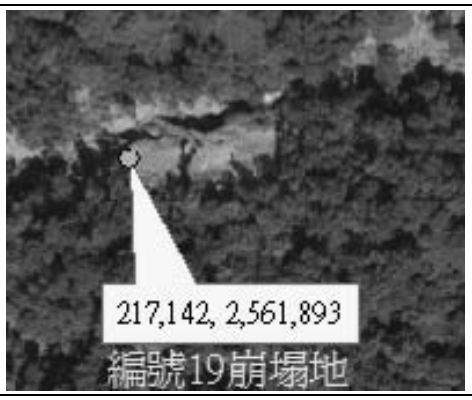
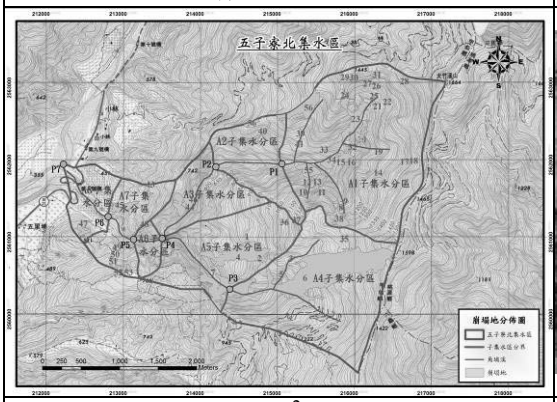
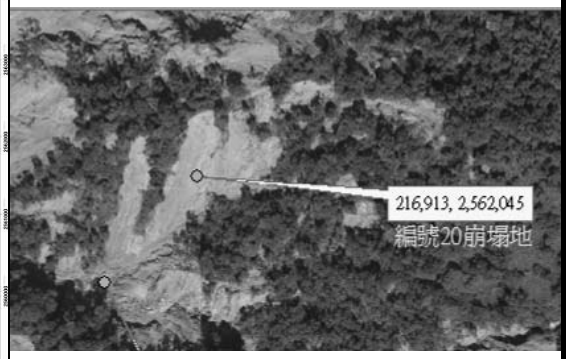
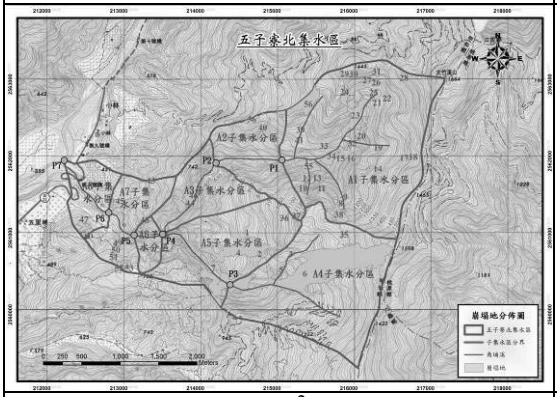
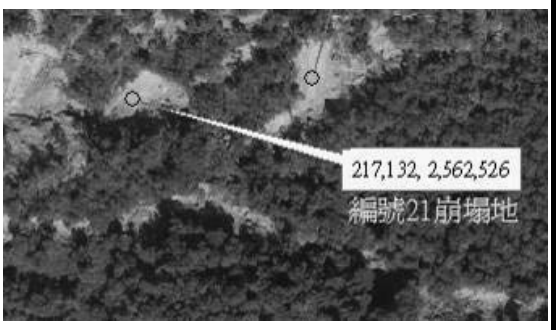
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(6/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(°)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩16</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216791</td><td>2561758</td><td>1024</td><td>35</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：465m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩17</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>217524</td><td>2561765</td><td>1327</td><td>25</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：1034m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩18</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>217596</td><td>2561777</td><td>1357</td><td>27</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：1197m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

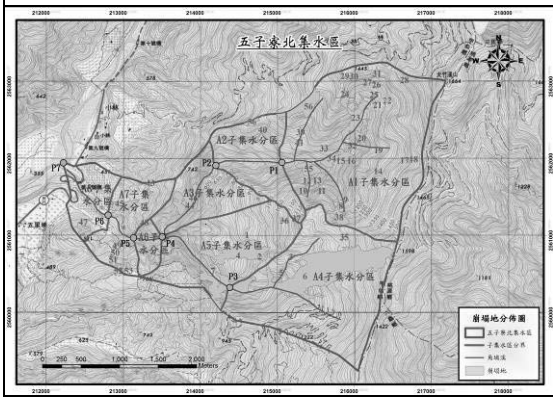
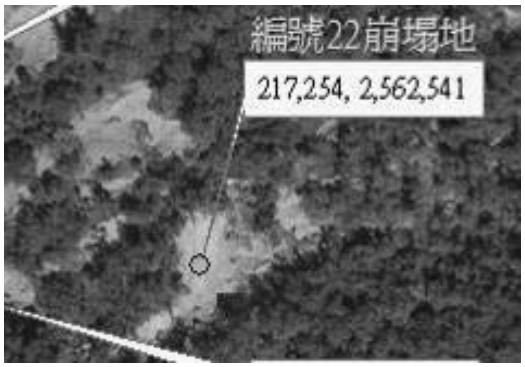
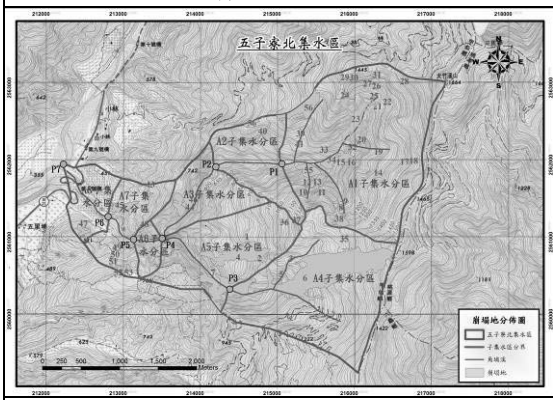
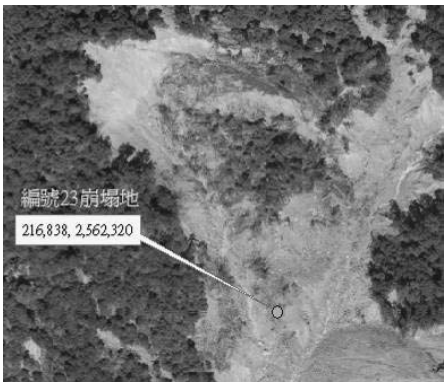
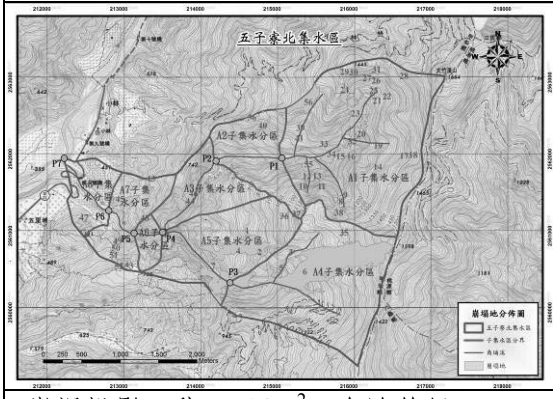
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(7/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬
林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(˚)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩
19</td><td rowspan="4">旗山
22
林班地</td><td>217142</td><td>2561893</td><td>1157</td><td>23</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：1017m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩
20</td><td rowspan="4">旗山
22
林班地</td><td>216913</td><td>2562045</td><td>1035</td><td>34</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：3746m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩
21</td><td rowspan="4">旗山
22
林班地</td><td>217132</td><td>2562526</td><td>1155</td><td>30</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：430m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

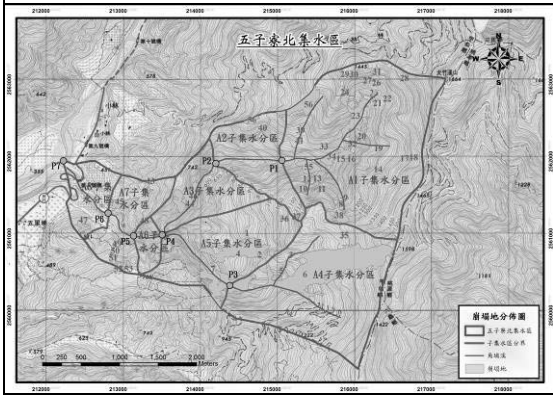
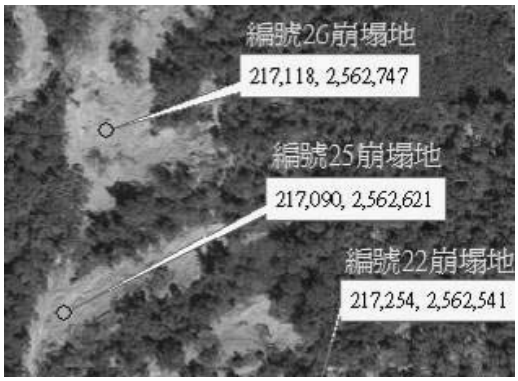
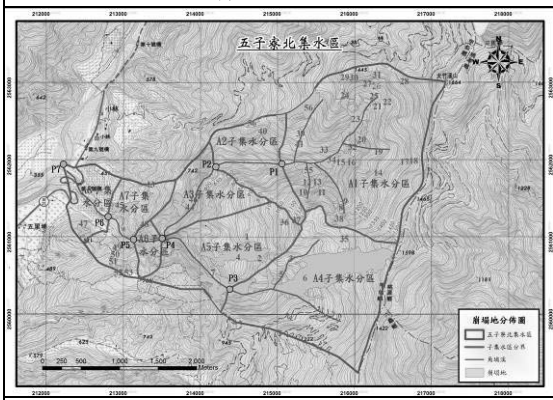
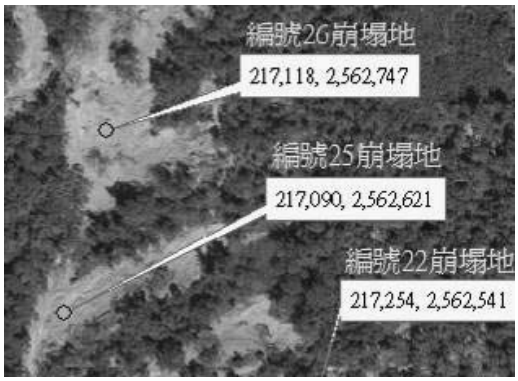
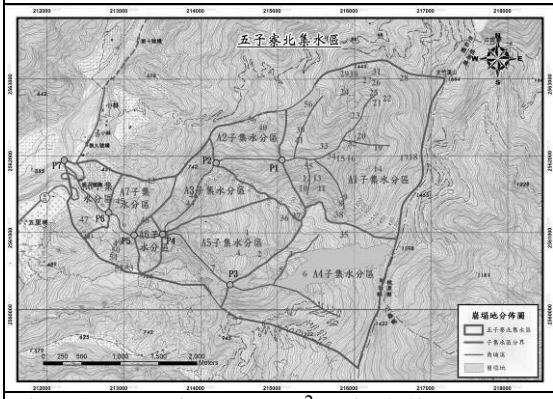
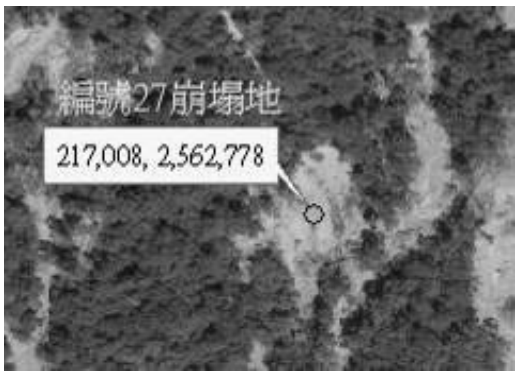
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(8/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(°)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩22</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>217254</td><td>2562541</td><td>1234</td><td>28</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="4">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="4"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="4">崩塌投影面積：1177m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩23</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216838</td><td>2562320</td><td>1049</td><td>29</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="4">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="4"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="4">崩塌投影面積：94469m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩24</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216706</td><td>2562624</td><td>1231</td><td>36</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="4">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="4"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="4">崩塌投影面積：708m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

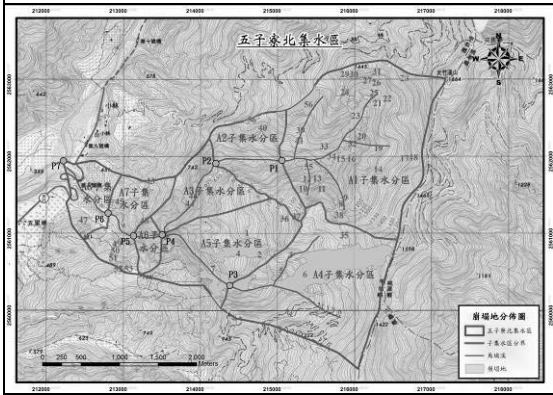
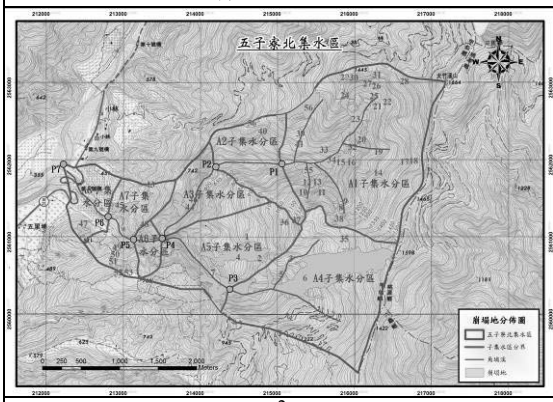
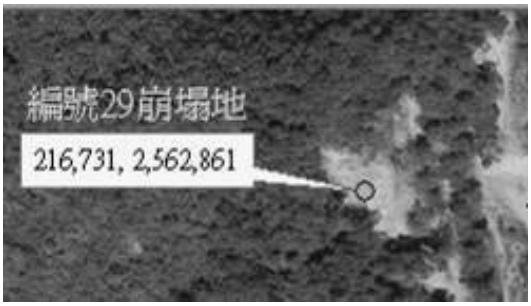
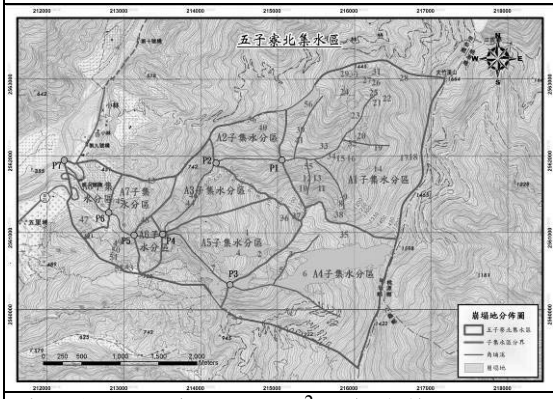
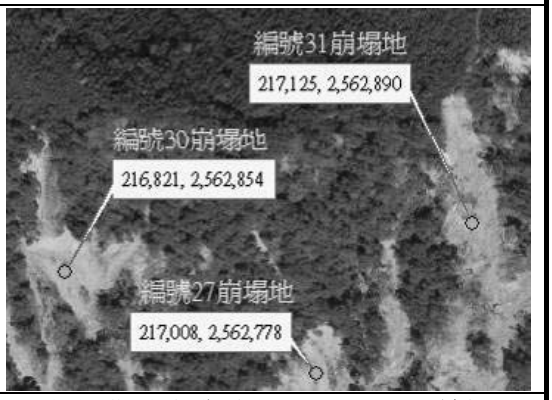
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(9/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(˚)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩25</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>217090</td><td>2562621</td><td>1185</td><td>29</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：1547m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩26</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>217118</td><td>2562747</td><td>1243</td><td>29</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：3249m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩27</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>217008</td><td>2562778</td><td>1252</td><td>36</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：1382m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

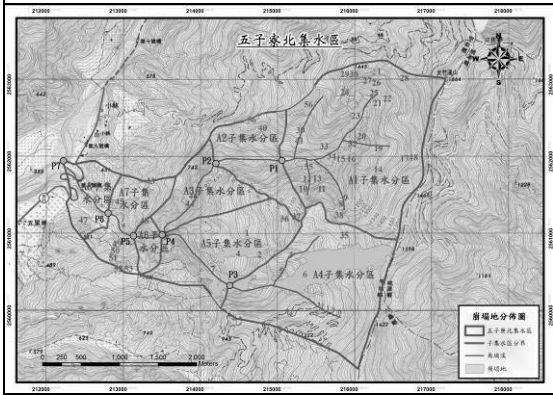
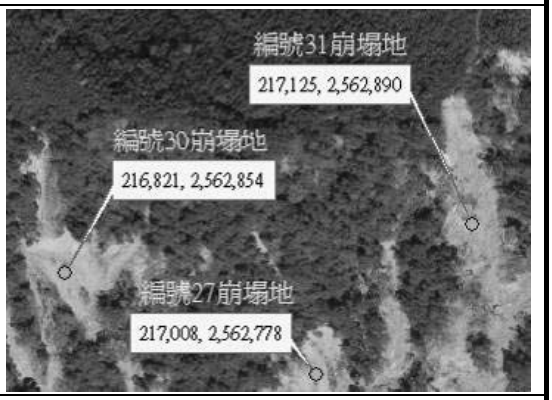
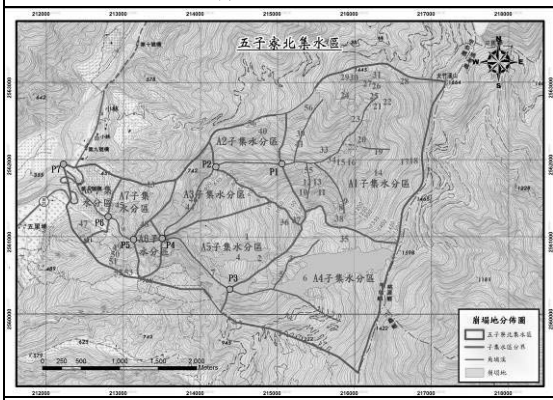
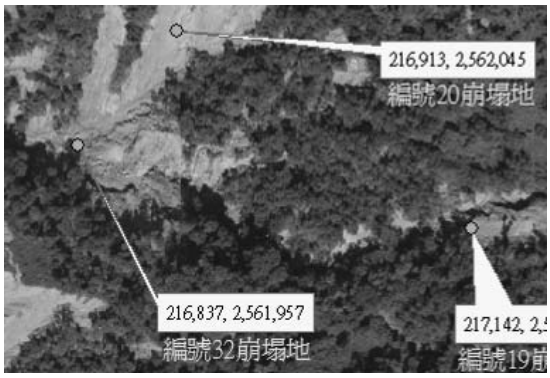
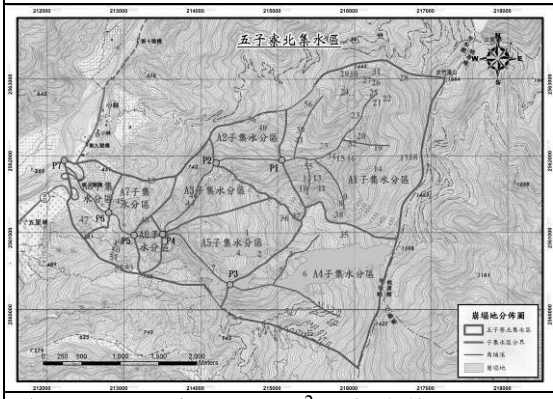
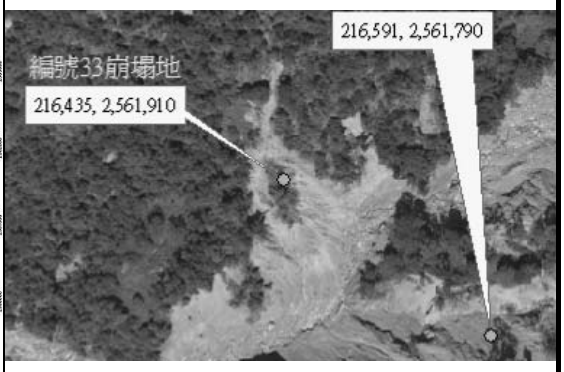
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(10/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(°)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩28</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>217478</td><td>2562810</td><td>1431</td><td>39</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：1713m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩29</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216731</td><td>2562861</td><td>1377</td><td>50</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：678m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩30</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216821</td><td>2562854</td><td>1337</td><td>44</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：2897m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

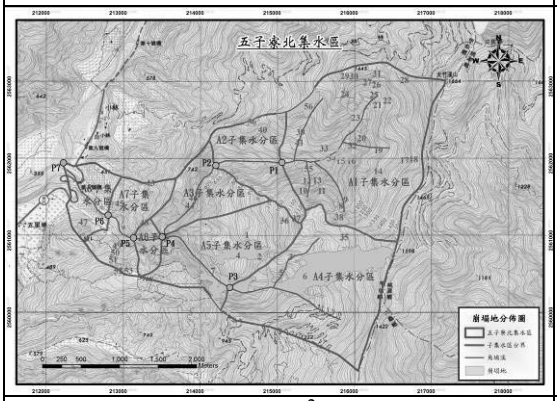
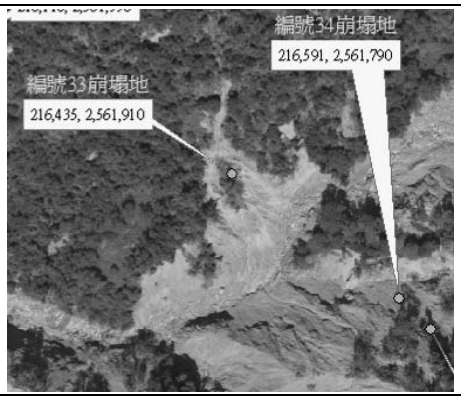
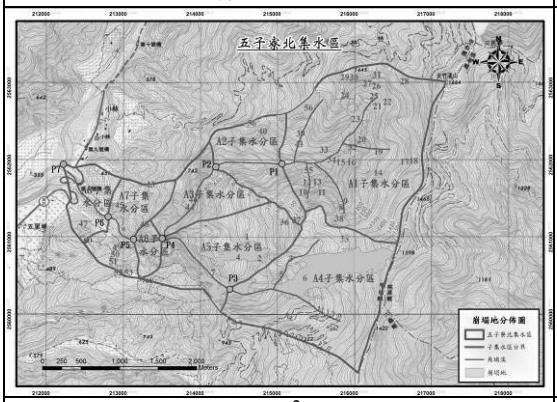
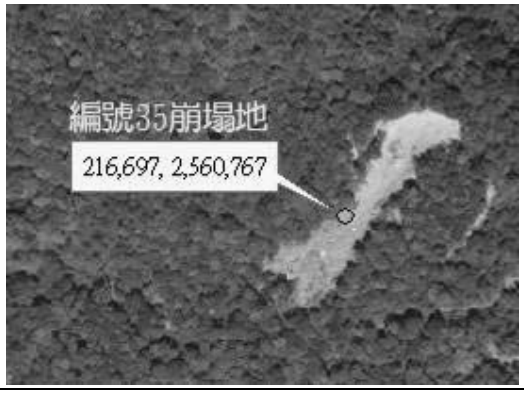
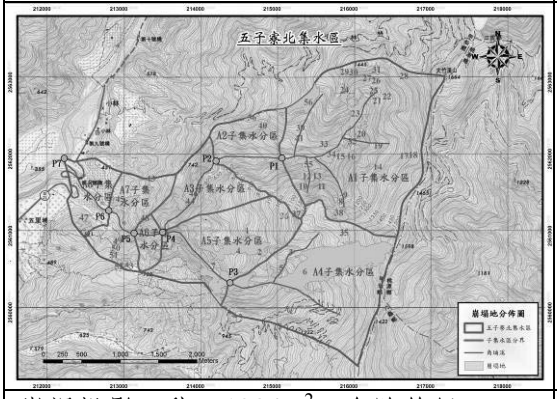
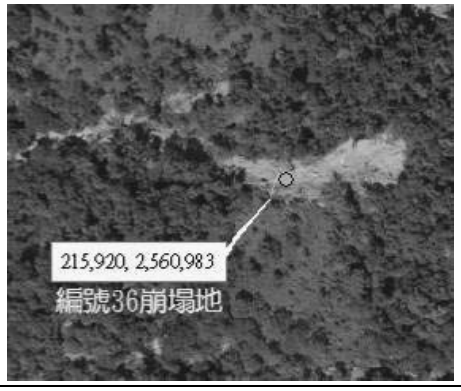
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(11/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(°)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩31</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>217125</td><td>2562890</td><td>1316</td><td>33</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：3785m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩32</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216837</td><td>2561957</td><td>969</td><td>24</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：9551m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩33</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216435</td><td>2561910</td><td>916</td><td>33</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：1467m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

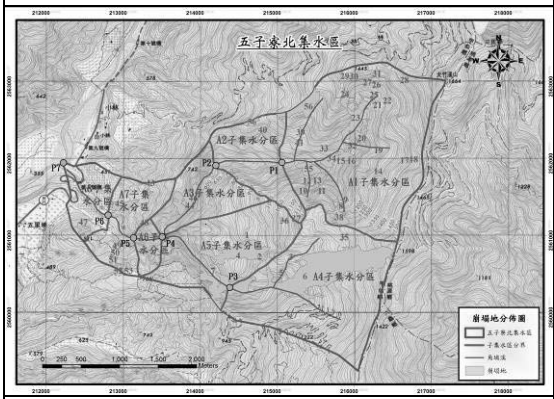
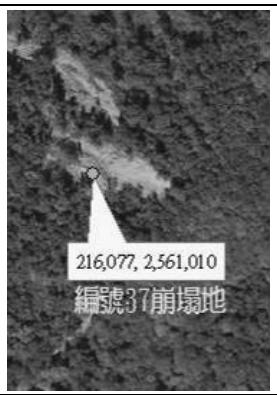
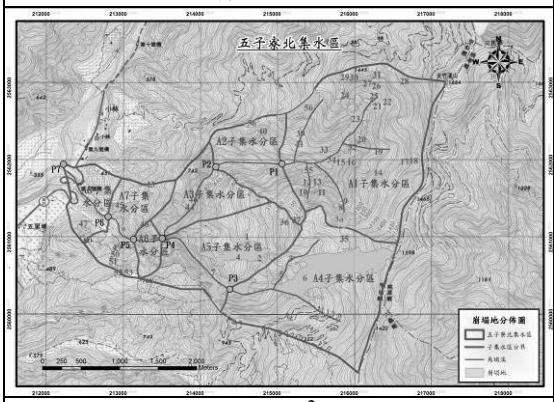
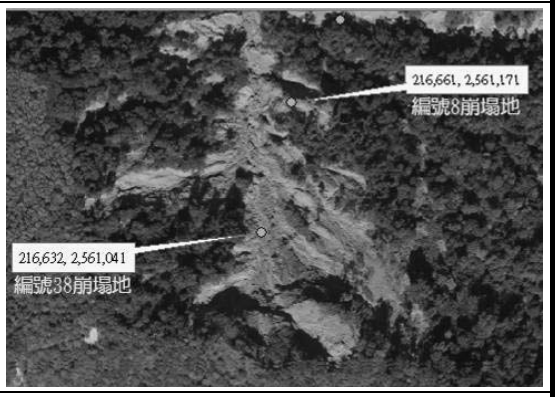
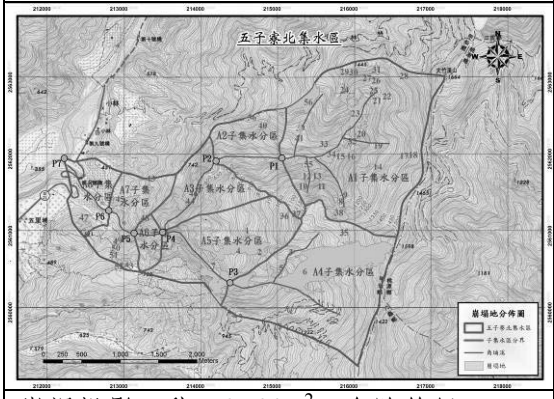
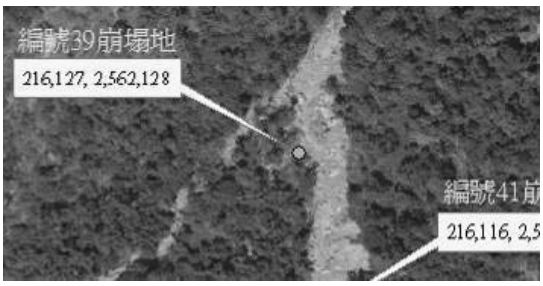
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(12/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(˚)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩34</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216591</td><td>2561790</td><td>915</td><td>29</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：40267m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩35</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>216697</td><td>2560767</td><td>1288</td><td>23</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：2322m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩36</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>215920</td><td>2560983</td><td>1073</td><td>31</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：1384m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

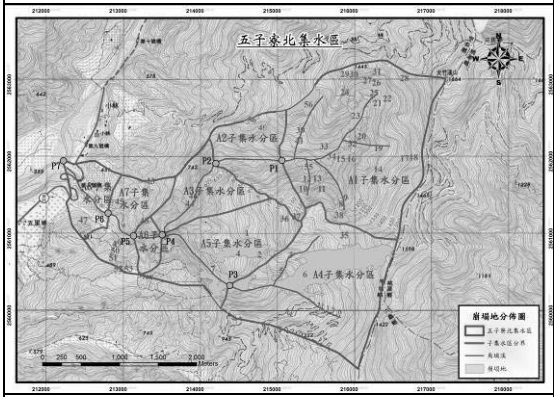
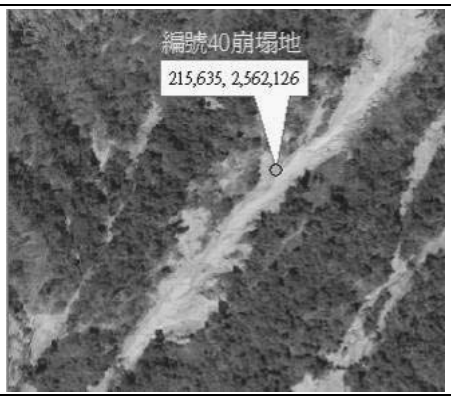
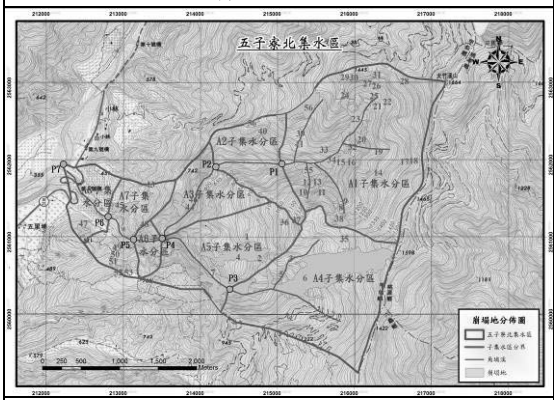
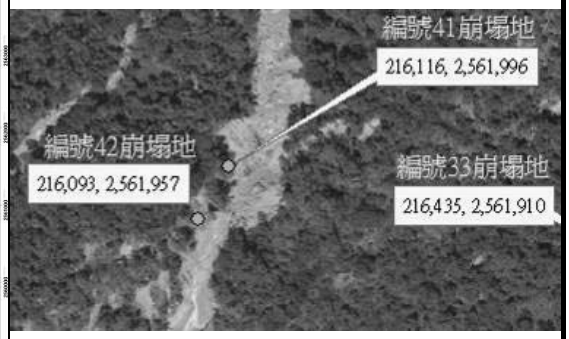
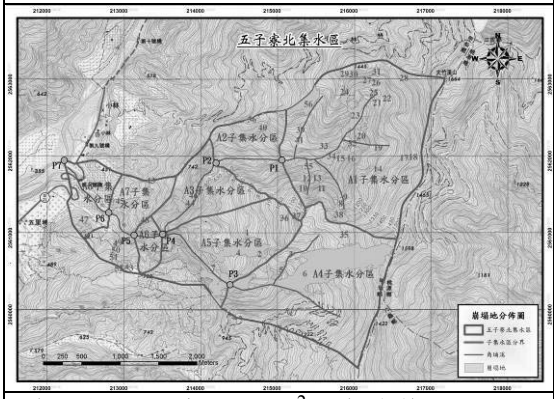
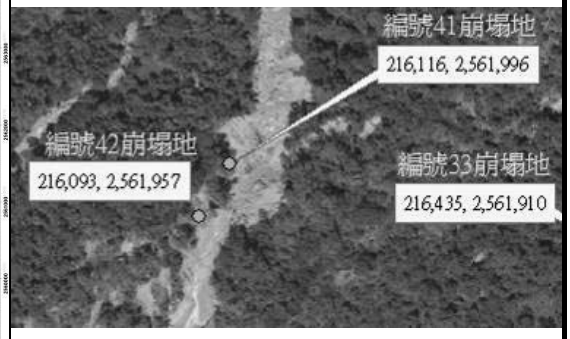
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(13/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(°)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩37</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216077</td><td>2561010</td><td>1166</td><td>30</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：918m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩38</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216632</td><td>2561041</td><td>1194</td><td>36</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：33002m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩39</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>216127</td><td>2562128</td><td>946</td><td>21</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：3544m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

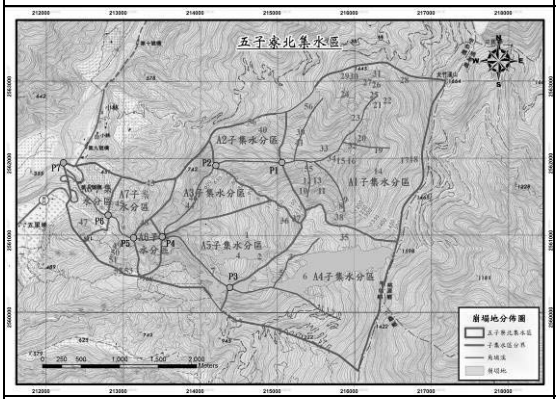
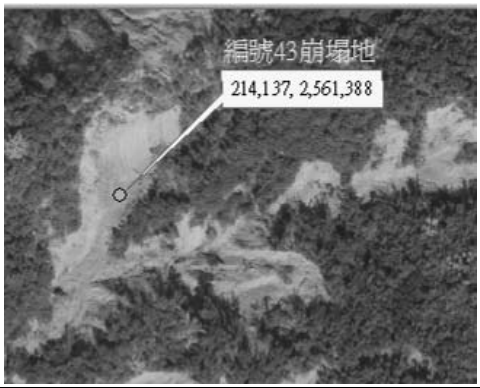
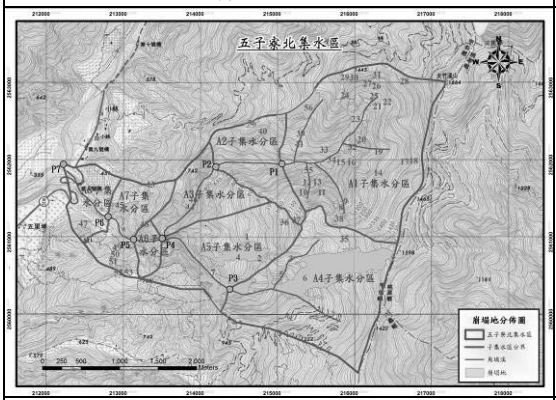
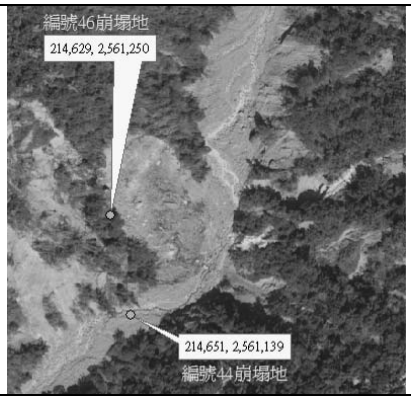
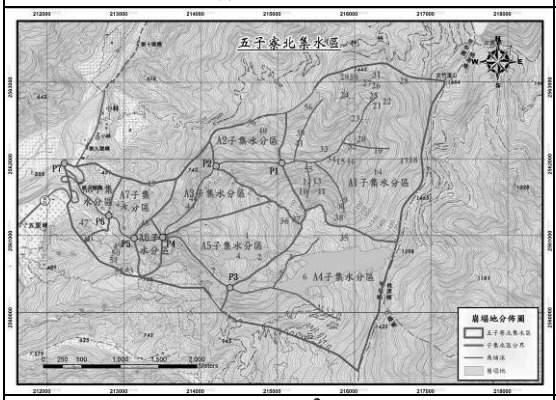
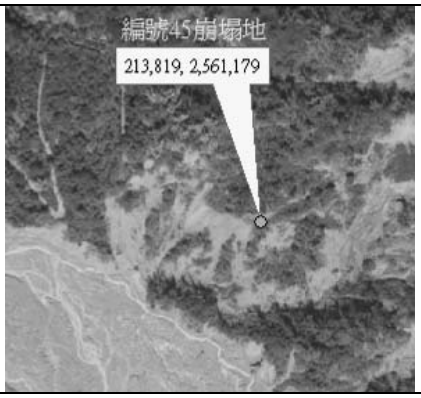
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(14/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(˚)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩
40</td><td rowspan="4">旗山
21
林班地</td><td>215635</td><td>2562126</td><td>855</td><td>34</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：7512m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩
41</td><td rowspan="4">旗山
21
林班地</td><td>216116</td><td>2561996</td><td>914</td><td>19</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：690m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩
42</td><td rowspan="4">旗山
21
林班地</td><td>216093</td><td>2561957</td><td>892</td><td>21</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：551m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

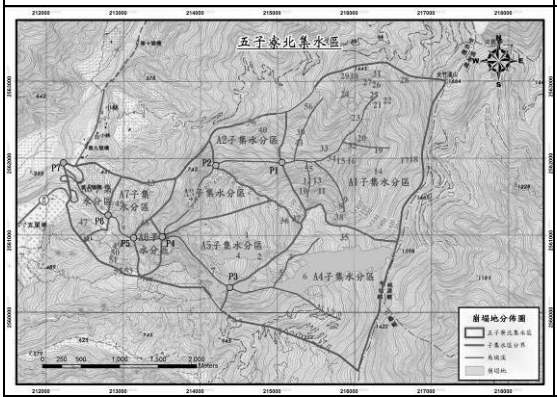
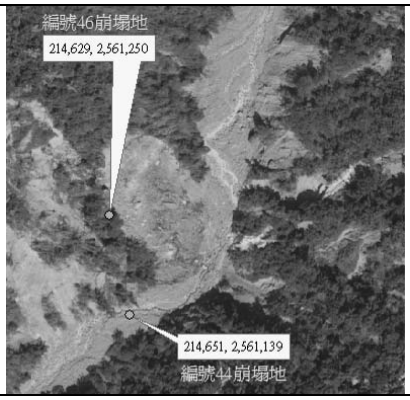
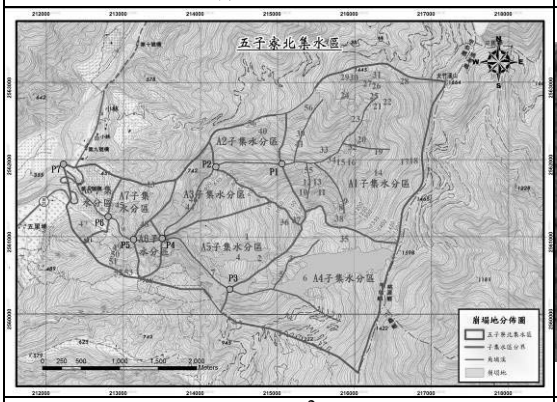
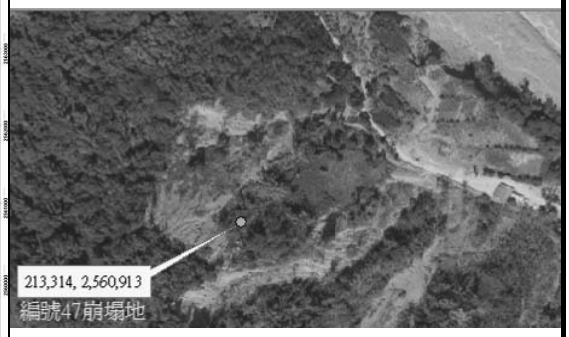
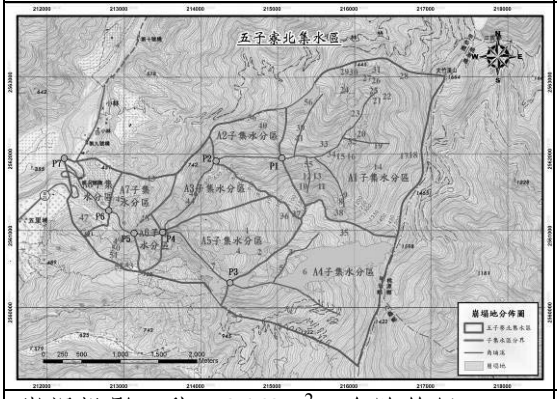
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(15/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(˚)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩43</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>214137</td><td>2561388</td><td>552</td><td>23</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：10670m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩44</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>214651</td><td>2561139</td><td>530</td><td>11</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：870m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩45</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>213819</td><td>2561179</td><td>476</td><td>24</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：29858m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

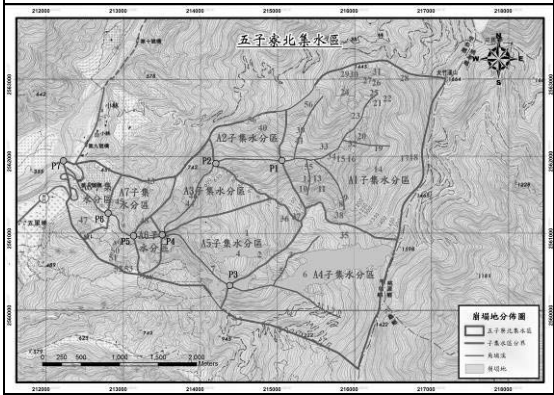
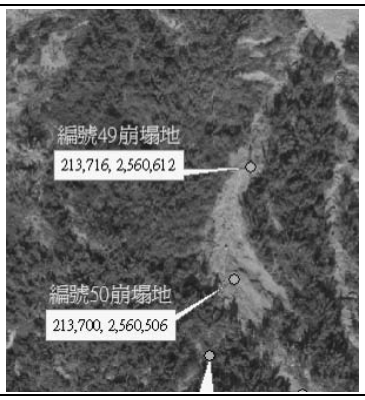
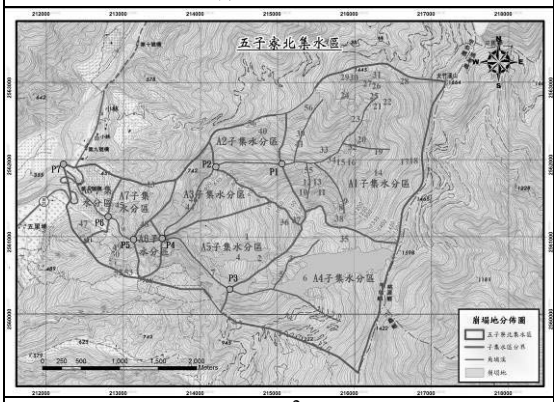
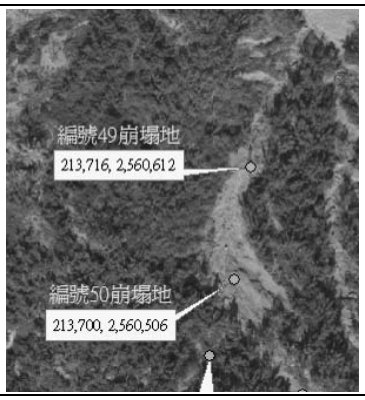
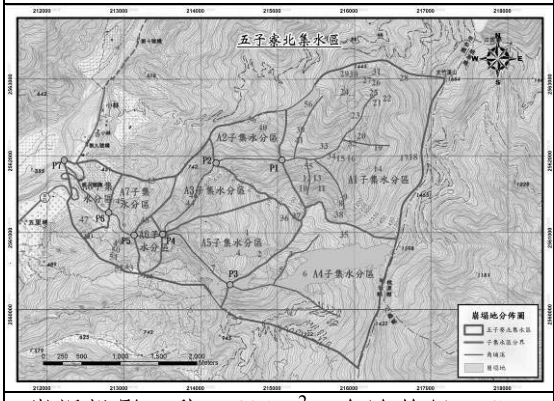
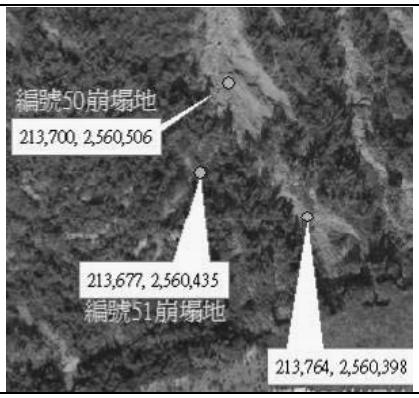
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(16/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(°)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩46</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>214629</td><td>2561250</td><td>585</td><td>32</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：58181m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩47</td><td rowspan="4">區外非屬林班地</td><td>213314</td><td>2560913</td><td>529</td><td>33</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：20198m^2。危險等級：B。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩48</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>214047</td><td>2560876</td><td>491</td><td>39</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：8668m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

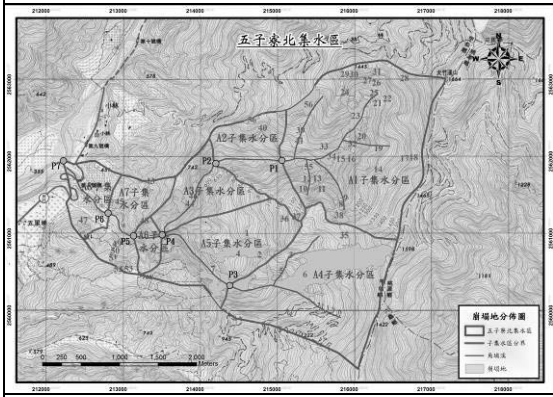
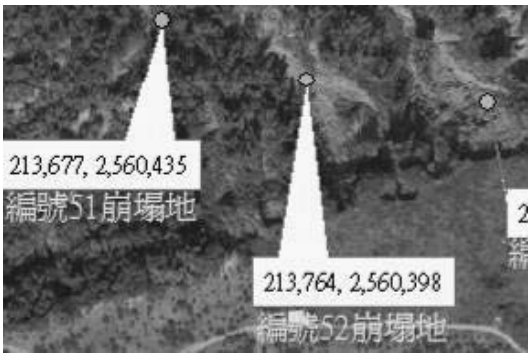
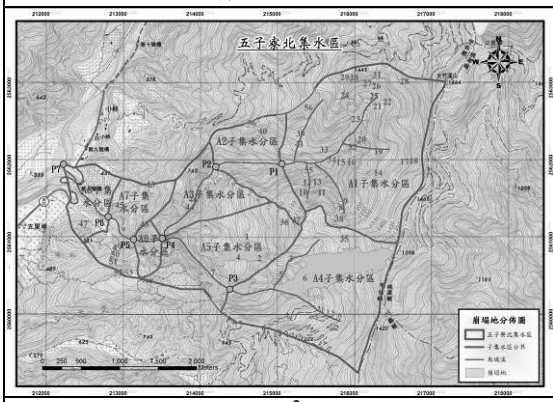
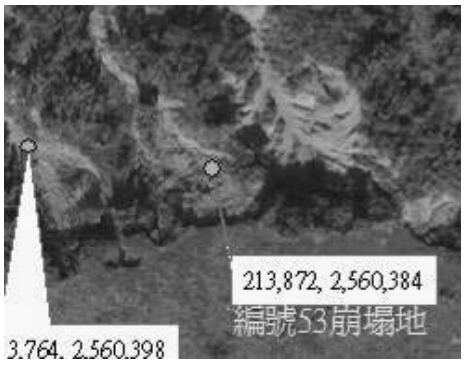
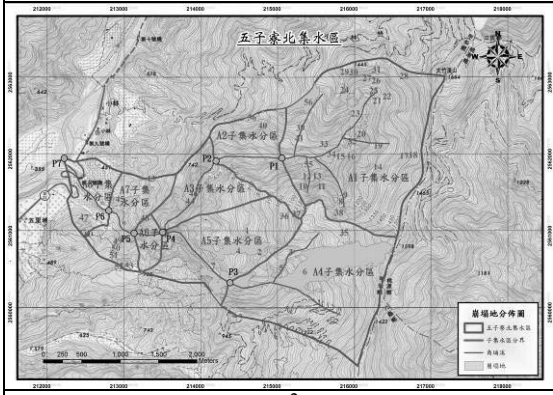
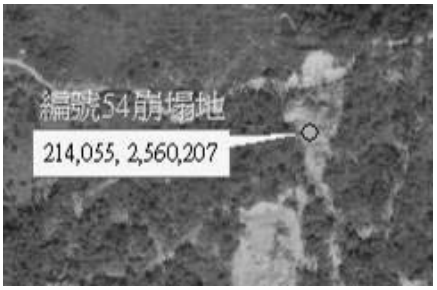
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(17/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(°)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩49</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>213716</td><td>2560612</td><td>519</td><td>18</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：1031m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩50</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>213700</td><td>2560506</td><td>552</td><td>27</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：4050m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩51</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>213677</td><td>2560435</td><td>598</td><td>26</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：431m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

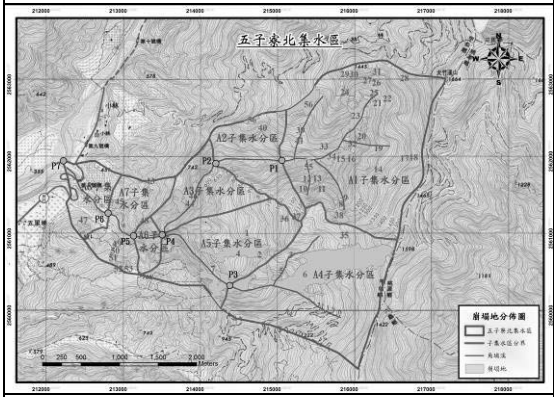
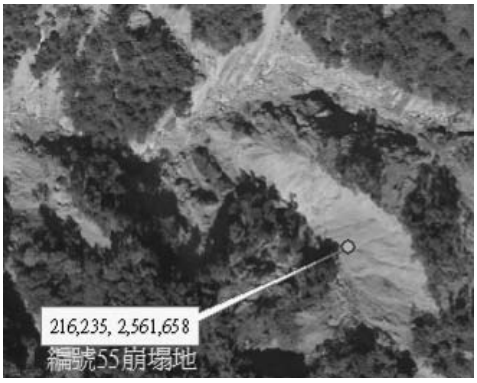
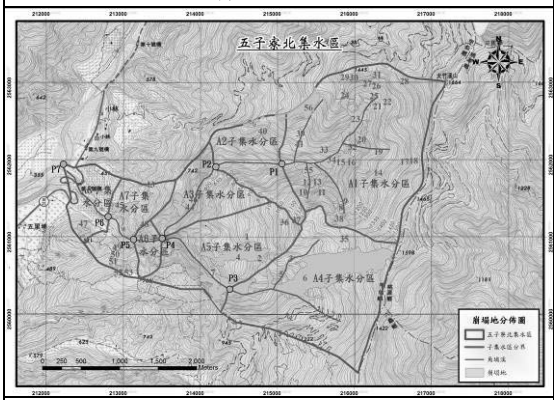
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(18/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(˚)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩52</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>213764</td><td>2560398</td><td>617</td><td>32</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：3510m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩53</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>213872</td><td>2560384</td><td>640</td><td>44</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：5210m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩54</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>214055</td><td>2560207</td><td>674</td><td>22</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：15m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。

表 3-3 五子寮北集水區崩塌地莫拉克災後調查區位及照片成果表(19/19)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬
林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(˚)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩
55</td><td rowspan="4">旗山
22
林班地</td><td>216235</td><td>2561658</td><td>868</td><td>25</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：35908m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">崩
56</td><td rowspan="4">旗山
21
林班地</td><td>214722</td><td>2562652</td><td>644</td><td>18</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2">  </td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：77664m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或參考 99 年高屏溪流域上游集水區崩塌地調查成果與衛星影像資料彙整製作。危險等級分類如後：

<table>
<tr><td colspan="2">與崩塌距離</td><td colspan="3">左述範圍內影響區位種類</td><td rowspan="3">其它</td></tr>
<tr><td rowspan="2">下邊坡</td><td rowspan="2">上邊坡</td><td colspan="2">公共設施(或聚落)、縣道等級以上、經常有人使用林道、野溪(註2)</td><td rowspan="2">農路、非經常有人使用林道、野溪(註2)</td></tr>
<tr><td>坡腳發現落石或坡面有危石危木(註3)</td><td>坡腳未發現落石或坡面未有危石危木(註3)</td></tr>
<tr><td>＜5H(註1)</td><td>＜3H(註1)</td><td>高</td><td>次高</td><td>中</td><td>低</td></tr>
<tr><td colspan="2">危險分級</td><td>A</td><td>B</td><td>C</td><td>D</td></tr>
</table>

註 1：H 為崩塌坡面可能殘土高。本計畫上下邊坡分別取<3H 以及<5H，是因國有林地坡度較陡，下移土方較有可能被地表逕流帶離坡腳。

註 2：將溪流納入，是因下移土方可能堆積在溪床上，可能造成溪水混濁，使周邊聚落無法攔用溪流水資源。若溪床殘餘土方過多，可能造成野溪通水斷面不足、洪水溢流甚至發生土石流。

註 3：可判別坡面是否已達初步穩定，或是仍有落石陸續掉落。

表 3-4 五子寮北集水區莫拉克災後崩塌地分佈及區位一覽表(1/4)

崩塌地編號	縣市(鄉區)	村(里)	所屬流域	所屬溪流	土地類別	崩塌投影面積(m^2)	平均坡度(°)	危險等級	頂部標高 EL.(m)	X 座標	Y 座標	地層與岩性
崩 1	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	1170	41	D	827	215437	2560718	堅硬砂岩與頁岩
崩 2	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	2198	42	D	872	215600	2560513	堅硬砂岩與頁岩
崩 3	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	2219	26	C	1021	216008	2560508	堅硬砂岩與頁岩
崩 4	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	138488	21	D	736	215322	2560574	堅硬砂岩與頁岩
崩 5	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	4331	28	C	921	215893	2560306	堅硬砂岩與頁岩
崩 6	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	658987	24	C	988	216123	2560267	堅硬砂岩與頁岩
崩 7	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	1067	17	C	596	214996	2560365	堅硬砂岩與頁岩
崩 8	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	1282	39	D	1131	216661	2561171	堅硬砂岩與頁岩
崩 9	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	2246	37	D	1093	216711	2561254	堅硬砂岩與頁岩
崩 10	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	4137	39	D	1063	216163	2561369	堅硬砂岩與頁岩
崩 11	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	1378	39	D	1136	216409	2561368	堅硬砂岩與頁岩
崩 12	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	1670	32	D	961	216210	2561469	堅硬砂岩與頁岩
崩 13	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	7591	34	D	1001	216372	2561508	堅硬砂岩與頁岩
崩 14	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	786	25	D	1224	217134	2561624	堅硬砂岩與頁岩

註 1：資料來源為規劃團隊調查規劃小組採 GIS 萃取模組分析統計。

表 3-4 五子寮北集水區莫拉克災後崩塌地分佈及區位一覽表(2/4)

崩塌地編號	縣市(鄉區)	村(里)	所屬流域	所屬溪流	土地類別	崩塌投影面積(m^2)	平均坡度(°)	危險等級	頂部標高 EL.(m)	X 座標	Y 座標	地層與岩性
崩 15	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	459	35	D	953	216621	2561760	堅硬砂岩與頁岩
崩 16	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	465	35	D	1024	216791	2561758	堅硬砂岩與頁岩
崩 17	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	1034	25	D	1327	217524	2561765	堅硬砂岩與頁岩
崩 18	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	1197	27	D	1357	217596	2561777	堅硬砂岩與頁岩
崩 19	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	1017	23	D	1157	217142	2561893	堅硬砂岩與頁岩
崩 20	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	3746	34	D	1035	216913	2562045	堅硬砂岩與頁岩
崩 21	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	430	30	D	1155	217132	2562526	堅硬砂岩與頁岩
崩 22	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	1177	28	D	1234	217254	2562541	堅硬砂岩與頁岩
崩 23	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	94469	29	C	1049	216838	2562320	堅硬砂岩與頁岩
崩 24	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	708	36	D	1231	216706	2562624	堅硬砂岩與頁岩
崩 25	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	1547	29	D	1185	217090	2562621	堅硬砂岩與頁岩
崩 26	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	3249	29	D	1243	217118	2562747	堅硬砂岩與頁岩
崩 27	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	1382	36	D	1252	217008	2562778	堅硬砂岩與頁岩
崩 28	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	1713	39	D	1431	217478	2562810	堅硬砂岩與頁岩

註 1：資料來源為規劃團隊調查規劃小組採 GIS 萃取模組分析統計。

表 3-4 五子寮北集水區莫拉克災後崩塌地分佈及區位一覽表(3/4)

崩塌地編號	縣市(鄉區)	村(里)	所屬流域	所屬溪流	土地類別	崩塌投影面積(m^2)	平均坡度(°)	危險等級	頂部標高 EL.(m)	X 座標	Y 座標	地層與岩性
崩 29	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	678	50	D	1377	216731	2562861	堅硬砂岩與頁岩
崩 30	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	2897	44	D	1337	216821	2562854	堅硬砂岩與頁岩
崩 31	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	3785	33	D	1316	217125	2562890	堅硬砂岩與頁岩
崩 32	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	9551	24	D	969	216837	2561957	堅硬砂岩與頁岩
崩 33	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	1467	33	D	916	216435	2561910	堅硬砂岩與頁岩
崩 34	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	40267	29	C	915	216591	2561790	堅硬砂岩與頁岩
崩 35	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	2322	23	D	1288	216697	2560767	堅硬砂岩與頁岩
崩 36	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	1384	31	D	1073	215920	2560983	堅硬砂岩與頁岩
崩 37	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	918	30	D	1166	216077	2561010	堅硬砂岩與頁岩
崩 38	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	33002	36	D	1194	216632	2561041	堅硬砂岩與頁岩
崩 39	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	3544	21	D	946	216127	2562128	堅硬砂岩與頁岩
崩 40	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	7512	34	D	855	215635	2562126	堅硬砂岩與頁岩
崩 41	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	690	19	D	914	216116	2561996	堅硬砂岩與頁岩
崩 42	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	551	21	D	892	216093	2561957	堅硬砂岩與頁岩

註 1：資料來源為規劃團隊調查規劃小組採 GIS 萃取模組分析統計。

表 3-4 五子寮北集水區莫拉克災後崩塌地分佈及區位一覽表(4/4)

崩塌地編號	縣市(鄉區)	村(里)	所屬流域	所屬溪流	土地類別	崩塌投影面積(m^2)	平均坡度(°)	危險等級	頂部標高 EL.(m)	X 座標	Y 座標	地層與岩性
崩 43	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	10670	23	D	552	214137	2561388	堅硬砂岩與頁岩
崩 44	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	870	11	C	530	214651	2561139	堅硬砂岩與頁岩
崩 45	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	29858	24	C	476	213819	2561179	堅硬砂岩與頁岩
崩 46	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	58181	32	C	585	214629	2561250	堅硬砂岩與頁岩
崩 47	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	20198	33	B	529	213314	2560913	堅硬砂岩與頁岩
崩 48	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	8668	39	D	491	214047	2560876	堅硬砂岩與頁岩
崩 49	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	1031	18	C	519	213716	2560612	堅硬砂岩與頁岩
崩 50	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	4050	27	C	552	213700	2560506	堅硬砂岩與頁岩
崩 51	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	431	26	C	598	213677	2560435	堅硬砂岩與頁岩
崩 52	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	3510	32	D	617	213764	2560398	堅硬砂岩與頁岩
崩 53	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	5210	44	D	640	213872	2560384	堅硬砂岩與頁岩
崩 54	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	15	22	D	674	214055	2560207	堅硬砂岩與頁岩
崩 55	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	35908	25	C	868	216235	2561658	堅硬砂岩與頁岩
崩 56	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	77664	18	D	644	214722	2562652	堅硬砂岩與頁岩

註 1：資料來源為規劃團隊調查規劃小組採 GIS 萃取模組分析統計。

經上表 3-3 及 3-4 之調查結果得知，計畫區內崩塌地多發生於各集水分區之山嶺嶺線，而部分河道兩岸多因坡面陡峭、植生根系固結不良及溪流沖刷基腳所導致坡腳弱化，邊坡滑落。各集水分區之崩塌地調查說明，詳如後述：

一、集水分區 A1

經判釋與現地調查結果，共有 32 處大小型崩塌地，總崩塌面積為 38.7337ha，最大型崩塌地為編號：崩 23 崩塌地，其崩塌面積為 10.8011ha、最小型崩塌地為編號：崩 21 崩塌地，面積為 0.0497ha。此 A1 區之各崩塌地大部份位於角埔溪北支流上游段主流及兩側沖蝕溝之左、右側岸，屬於河岸崩塌，周邊並無保全對象，各崩塌地下方即為溪床，崩塌原因為坡面植生根系固結不良、坡面排水不良且基腳無護岸保護，溪流持續沖刷基腳以致坡腳弱化而崩塌，坡面仍呈土質鬆動之現象，仍有土砂堆積、下移。各處崩塌地之詳細現況說明如后表：

崩塌地編號	所屬集水區	所屬溪流	旗山林班編號	崩塌投影面面積(m^2)	平均坡度(°)	崩塌斜面面積(m^2)
崩 8	高屏溪	角埔溪	22	1,282	39	1,650
崩 9	高屏溪	角埔溪	22	2,246	37	2,812
崩 10	高屏溪	角埔溪	22	4,137	39	5,323
崩 11	高屏溪	角埔溪	22	1,378	39	1,773
崩 12	高屏溪	角埔溪	22	1,670	32	1,969
崩 13	高屏溪	角埔溪	22	7,591	34	9,156
崩 14	高屏溪	角埔溪	22	786	25	867
崩 15	高屏溪	角埔溪	22	459	35	560
崩 16	高屏溪	角埔溪	22	465	35	568
崩 17	高屏溪	角埔溪	22	1,034	25	1,141
崩 18	高屏溪	角埔溪	22	1,197	27	1,343
崩 19	高屏溪	角埔溪	22	1,017	23	1,105
崩 20	高屏溪	角埔溪	22	3,746	34	4,518
崩 21	高屏溪	角埔溪	22	430	30	497
崩 22	高屏溪	角埔溪	22	1,177	28	1,333
崩 23	高屏溪	角埔溪	22	94,469	29	108,011
崩 24	高屏溪	角埔溪	22	708	36	875
崩 25	高屏溪	角埔溪	22	1,547	29	1,769
崩 26	高屏溪	角埔溪	22	3,249	29	3,715
崩 27	高屏溪	角埔溪	22	1,382	36	1,708
崩 28	高屏溪	角埔溪	22	1,713	39	2,204
崩 29	高屏溪	角埔溪	22	678	50	1,055
崩 30	高屏溪	角埔溪	22	2,897	44	4,027
崩 31	高屏溪	角埔溪	22	3,785	33	4,513
崩 32	高屏溪	角埔溪	22	9,551	24	10,455

崩 33	高屏溪	角埔溪	22	1,467	33	1,749
崩 34	高屏溪	角埔溪	22	40,267	29	46,039
崩 38	高屏溪	角埔溪	22	33,002	36	40,793
崩 39	高屏溪	角埔溪	21	3,544	21	3,796
崩 41	高屏溪	角埔溪	21	690	19	730
崩 55	高屏溪	角埔溪	22	35,908	25	39,620
崩 56	高屏溪	角埔溪	21	77,664	18	81,661
合計				341,136	—	387,337

二、集水分區 A2

經判釋與現地調查結果，共有 2 處崩塌地，總崩塌面積為 1.0121ha，較大型崩塌地為編號：崩 40 崩塌地，其崩塌面積為 0.9061ha、較小型崩塌地為編號：崩 37 崩塌地，面積為 0.1060ha。此 A2 區之 2 處崩塌地均位於角埔溪北支流中游段右側岸山嶺嶺線附近，屬於源頭崩塌之一類，崩塌地下方離溪床尚有一段距離且無保全對象，崩塌原因判釋為因降雨過劇(莫拉克颱風)，致生邊坡土體含水飽和，土體過重且逕流入滲嶺線裂隙，滲水順沿岩體節理弱面而滑坡產生崩塌所致。2 處崩塌地之詳細現況說明如后表：

崩塌地編號	所屬集水區	所屬溪流	旗山林班編號	崩塌投影面面積(m^2)	平均坡度(°)	崩塌斜面面積(m^2)
崩 37	高屏溪	角埔溪	22	918	30	1,060
崩 40	高屏溪	角埔溪	21	7,512	34	9,061
合計				8,430	—	10,121

三、集水分區 A3

經判釋與現地調查結果，共有 2 處大小型崩塌地，總崩塌面積為 6.9492ha，較大型崩塌地為編號：崩 44 崩塌地，其崩塌面積為 6.8606ha、較小型崩塌地為編號：崩 44 崩塌地，面積為 0.0886ha。此 A3 區之 2 處崩塌地均位於角埔溪北支流下游段之溪側右岸，屬於河岸崩塌之一類，崩塌地下方週邊並無保全對象，崩塌原因為坡面植生根系固結不良、坡面排水不良且基腳無護岸保護，溪流持續沖刷基腳以致坡腳弱化而崩塌，坡面仍呈土質鬆動之現象，仍有土砂堆積、下移。各處崩塌地之詳細現況說明如后表：

崩塌地編號	所屬集水區	所屬溪流	旗山林班編號	崩塌投影面面積(m^2)	平均坡度(°)	崩塌斜面面積(m^2)
崩 44	高屏溪	角埔溪	21	870	11	886
崩 46	高屏溪	角埔溪	21	58,181	32	68,606
合計				59,051	—	69,492

四、集水分區 A4

經判釋與現地調查結果，共有 4 處大小型崩塌地，總崩塌面積為 73.1248ha，最大型崩塌地為編號：崩 6 崩塌地，其崩塌面積為 72.1351ha、最小型崩塌地為編號：崩 3 崩塌地，面積為 0.2469ha。此 A4 區之 4 處崩塌地中，崩 6 崩塌地即屬於典型之源頭大崩塌地，位於角埔溪南支流最上游源頭，而其他 3 處則均位於角埔溪南支流上游段之溪側兩岸，屬於河岸崩塌之一類，各處崩塌地下方或週邊並無保全對象，崩 6 崩塌地之崩塌原因判釋為因降雨過劇(莫拉克颱風)，致生邊坡土體含水飽和，土體過重且逕流入滲嶺線裂隙，滲水順沿岩體節理弱面而滑坡產生崩塌所致，崩塌後大片岩壁出露。而其他各處崩塌地因源頭崩落溪床之土石經混合逕流產生土石流況，經往下游輸送之結果，持續沖刷下游側岸邊坡基腳以致坡腳弱化而崩塌，坡面仍呈土質鬆動之現象，目前仍有土砂堆積、下移之情況。溪流各處崩塌地之詳細現況說明如后表：

崩塌地編號	所屬集水區	所屬溪流	旗山林班編號	崩塌投影面面積(m^2)	平均坡度(°)	崩塌斜面面積(m^2)
崩 3	高屏溪	角埔溪	23	2,219	26	2,469
崩 5	高屏溪	角埔溪	23	4,331	28	4,905
崩 6	高屏溪	角埔溪	23	658,987	24	721,351
崩 35	高屏溪	角埔溪	23	2,322	23	2,523
合計				667,859	—	731,248

五、集水分區 A5

經判釋與現地調查結果，共有 5 處大小型崩塌地，總崩塌面積為 15.5579ha，最大型崩塌地為編號：崩 4 崩塌地，其崩塌面積為 14.8341ha、最小型崩塌地為編號：崩 7 崩塌地，面積為 0.116ha。此 A5 區之 5 處崩塌地中，崩 1、2、4 及 36 崩塌地即屬於典型之源頭大崩塌地，位於角埔溪南支流中游段側岸邊坡山嶺源頭，而編號 7 崩塌地則延續集水分區 A4 之溪岸崩塌類型，位於角埔溪南支流中游段之溪側兩岸，屬於河岸崩塌之一類，各處崩塌地下方或週邊並無保全對象，崩 1、2、4 及 36 崩塌地之崩塌原因判釋為因降雨過劇(莫拉克颱風)，致生邊坡土體含水飽和，土體過重且逕流入滲嶺線裂隙，滲水順沿岩體節理弱面而滑坡產生崩塌所致，崩塌後大片岩壁出露。而編號 7 崩塌地則延續集水分區 A4 產生之土石流況，經往下游輸送之結果，持續沖刷下游側岸邊坡基腳以致坡腳弱化而崩

塌，坡面仍呈土質鬆動之現象，目前仍有土砂堆積、下移之情況。溪流各處崩塌地之詳細現況說明如后表：

崩塌地編號	所屬集水區	所屬溪流	旗山林班編號	崩塌投影面面積(m^2)	平均坡度(°)	崩塌斜面面積(m^2)
崩 1	高屏溪	角埔溪	23	1,170	41	1,550
崩 2	高屏溪	角埔溪	23	2,198	42	2,958
崩 4	高屏溪	角埔溪	23	138,488	21	148,341
崩 7	高屏溪	角埔溪	23	1,067	17	1,116
崩 36	高屏溪	角埔溪	23	1,384	31	1,615
合計				144,307	—	155,579

六、集水分區 A6

經判釋與現地調查結果，共有 1 處崩塌地，編號：崩 48 崩塌地，其崩塌面積為 1.1154ha。此 A6 區之唯一一處編號 48 崩塌地，位於角埔溪主、支流匯口下游面臨主流右岸側，屬於河岸崩塌之一類，其崩塌地下方或週邊並無保全對象，此處崩塌地之下方即為角埔溪主流溪床，該段溪床縱坡已緩，多數土石堆積於此，故研判編號 48 崩塌地之崩塌原因除因受到上游南、北支流產生之土石流況衝擊外，持續之洪流沖刷岸坡基腳以致坡腳弱化而崩塌。目前坡面仍呈土質鬆動之現象，溪床仍有土砂堆積、下移之情況。編號 48 崩塌地之詳細現況說明如后表：

崩塌地編號	所屬集水區	所屬溪流	旗山林班編號	崩塌投影面面積(m^2)	平均坡度(°)	崩塌斜面面積(m^2)
崩 48	高屏溪	角埔溪	21	8,668	39	11,154
合計				8,668	—	11,154

七、集水分區 A7

經判釋與現地調查結果，共有 9 處大小型崩塌地，總崩塌面積為 6.2372ha，最大型崩塌地為編號：崩 45 崩塌地，其崩塌面積為 3.2684ha、最小型崩塌地為編號：崩 54 崩塌地，面積為 0.0016ha。此 A7 區之 9 處崩塌地中，並無河岸邊坡崩塌之類型，各處崩塌地當屬於高邊坡土體崩塌之類型，位於角埔溪主流中游段側岸邊坡，各處崩塌地下方或週邊並無保全對象。崩塌地之崩塌原因判釋為因降雨過劇(莫拉克颱風)，致生邊坡土體含水飽和，土體過重且逕流入滲嶺線裂隙，滲水順沿岩體節理弱面而滑坡產生崩塌所致。目前各處崩塌地崩塌面殘土仍厚且

呈土質鬆動之現象，下方溪床則有大量土砂堆積之情況。溪流各處崩塌地之詳細現況說明如后表：

崩塌地編號	所屬集水區	所屬溪流	旗山林班編號	崩塌投影面面積(m^2)	平均坡度(°)	崩塌斜面面積(m^2)
崩 42	高屏溪	角埔溪	21	551	21	590
崩 43	高屏溪	角埔溪	21	10,670	23	11,591
崩 45	高屏溪	角埔溪	21	29,858	24	32,684
崩 49	高屏溪	角埔溪	23	1,031	18	1,084
崩 50	高屏溪	角埔溪	23	4,050	27	4,545
崩 51	高屏溪	角埔溪	23	431	26	480
崩 52	高屏溪	角埔溪	23	3,510	32	4,139
崩 53	高屏溪	角埔溪	23	5,210	44	7,243
崩 54	高屏溪	角埔溪	23	15	22	16
合計				55,326	—	62,372

八、集水分區 A8

經判釋與現地調查結果，共有 1 處崩塌地，編號：崩 47 崩塌地，其崩塌面積為 2.4083ha。此 A8 區之唯一一處編號 47 崩塌地，位於角埔溪主流下游左岸側之高邊坡，俟位於目前區內唯一私地(屬山坡地)權屬上，並不完全屬於河岸崩塌之類型，其崩塌地下方或週邊尚有保全居户，研判編號 48 崩塌地之崩塌原因降雨過劇(莫拉克颱風)，致生邊坡土體含水飽和，土體過重且逕流入滲嶺線裂隙，滲水順沿岩體節理弱面而滑坡產生崩塌所致。目前坡面仍呈土質鬆動之現象。編號 47 崩塌地之詳細現況說明如后表：

崩塌地編號	所屬集水區	所屬溪流	旗山林班編號	崩塌投影面面積(m^2)	平均坡度(°)	崩塌斜面面積(m^2)
崩 47	高屏溪	角埔溪	區外	20,198	33	24,083
合計				20,198	—	24,083

以上為莫拉克風災後有關本集水區內崩塌地之災害情況，經套疊 103 年 3 月 10 日之正射影像可得各處崩塌地之災害情況依舊，自然復育情況緩慢。

3.1.2.2　近期新生崩塌地分析

而自 98 年 8 月 8 日莫拉克颱風至今，歷經多場颱風侵襲影響，如 99 年凡那比颱風(總雨量 630mm,最大時雨量 72mm)、101 年 0610 暴雨(總雨量 319mm,最大

時雨量 51mm) 、102 年蘇力颱風(總雨量 286mm,最大時雨量 56mm) 、102 年康芮颱風(總雨量 393mm,最大時雨量 49mm)，所幸 103 及 104 年並未有較大之颱風豪雨侵襲影響，惟自莫拉克颱風後至今所產生新生崩塌地亦有數處，如后表 3-5、3-6。其中，新生崩塌地多發生於第 1、2、3、7 集水分區內，屬於北支流及角埔溪主流下游段北側山坡地帶，其性質多為既有崩塌地之延伸擴大與新生沖蝕溝，新生崩塌地數量為 15 處，崩塌投影面積為 8.32ha；第 4、5、6、8 集水分區內之新生崩塌地較少，變異不大。整體而言，計畫區內自莫拉克風災至今之新生崩塌地亦多發生於各集水分區之山嶺嶺線，而部分河道兩岸多因坡面陡峭、植生根系固結不良及溪流沖刷基腳所導致坡腳弱化，邊坡滑落。各集水分區之新生崩塌調查說明，詳如後圖 3-3：

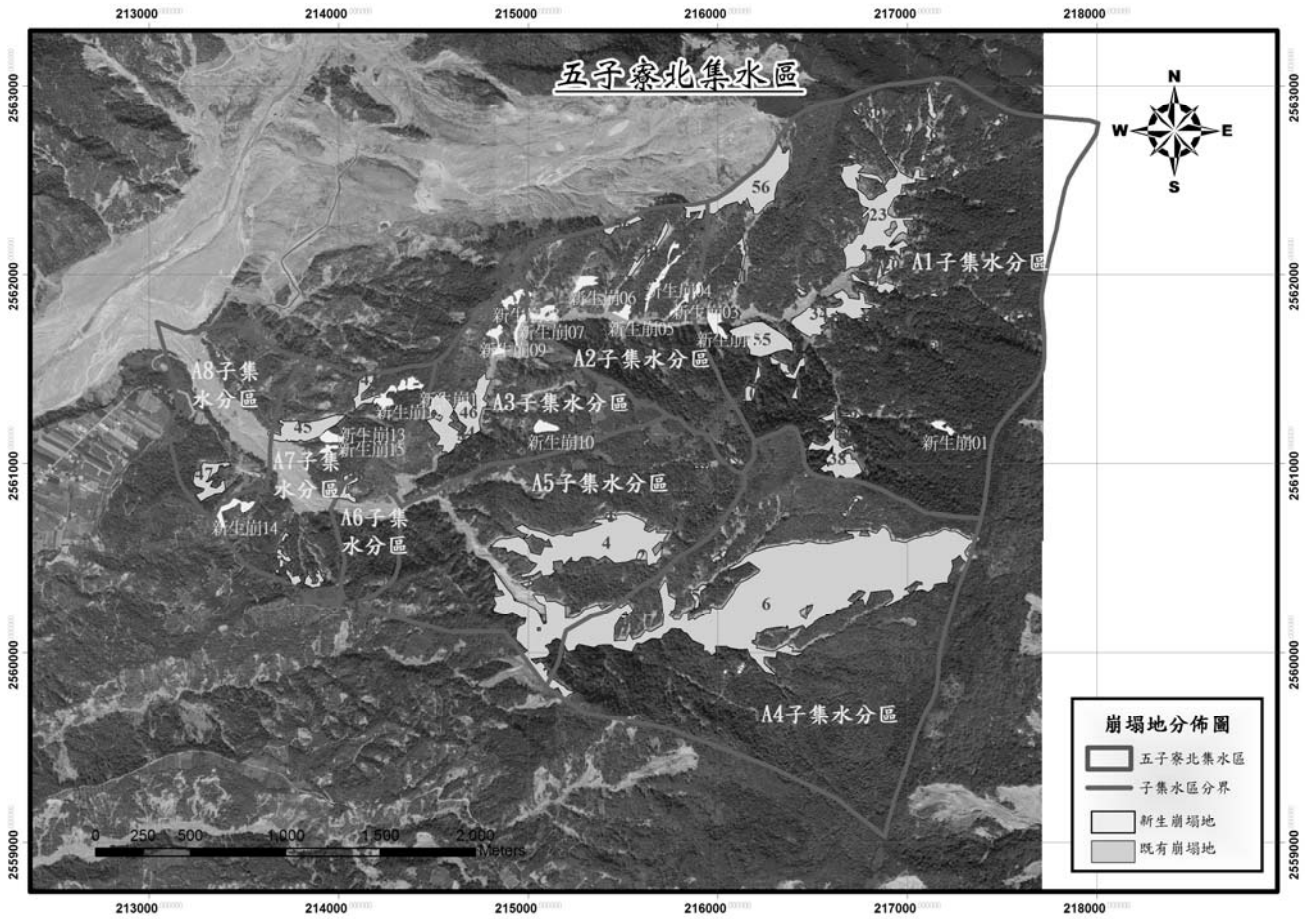
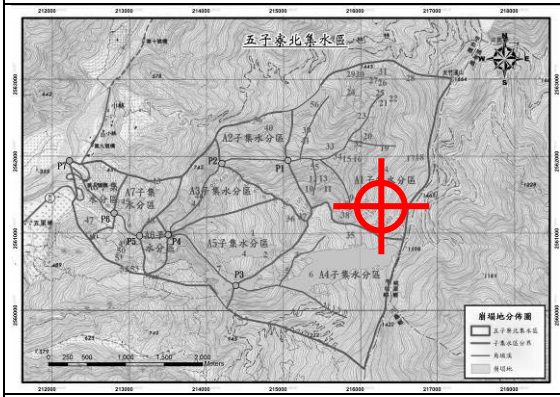
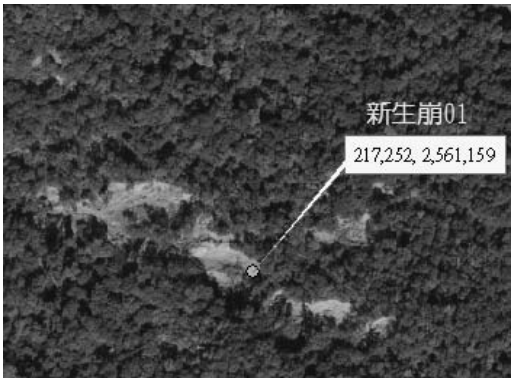
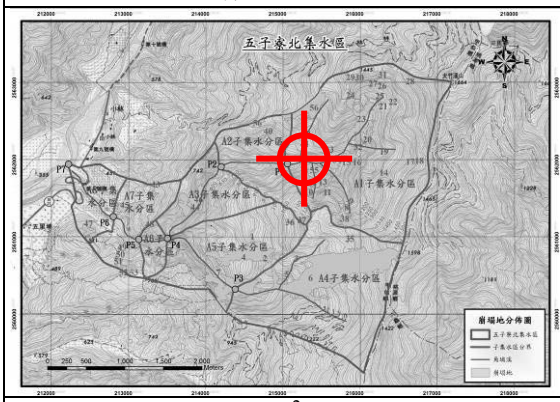
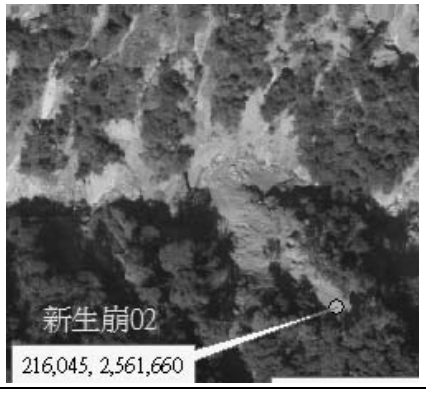
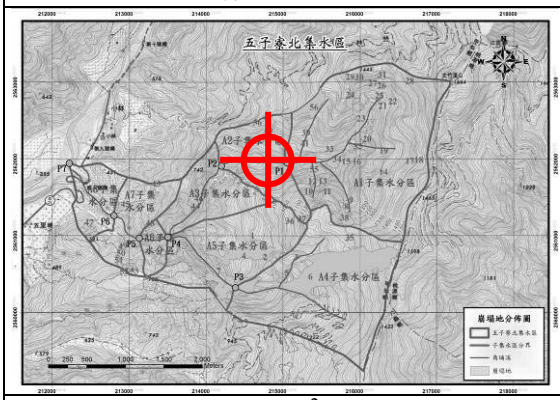
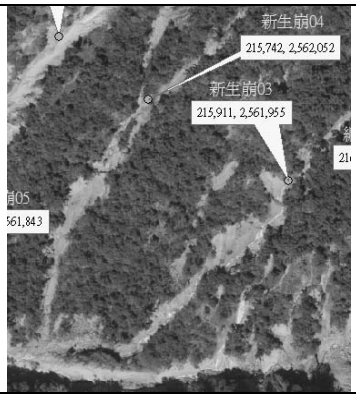


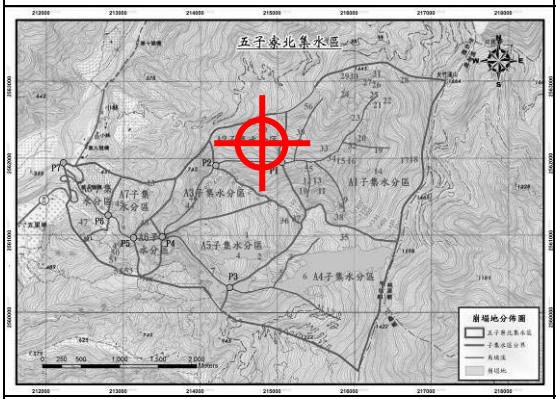
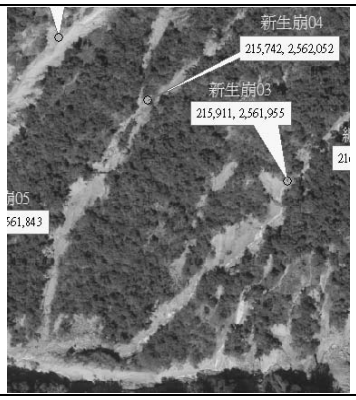
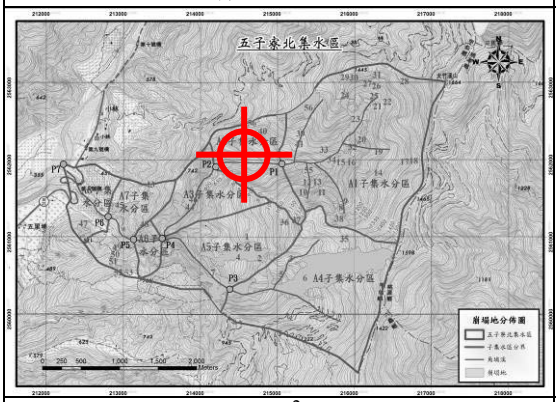
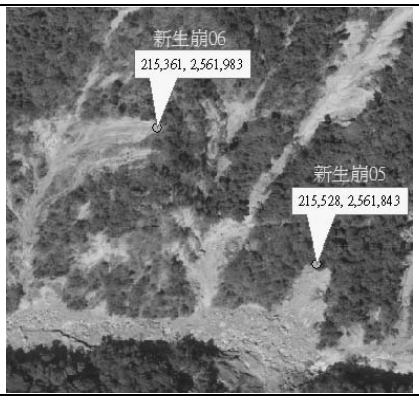
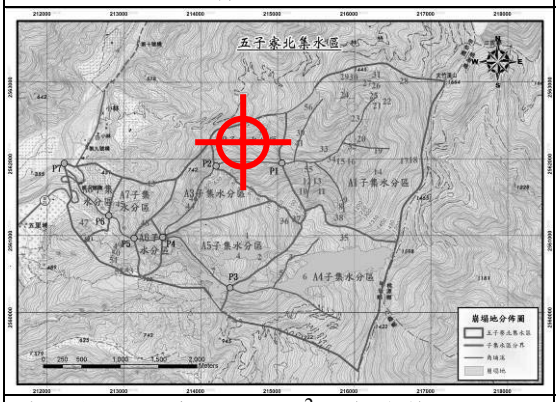
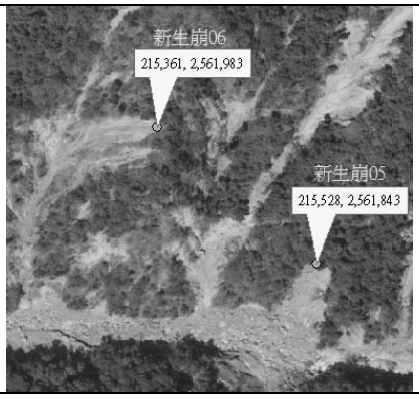
圖 3-3 五子寮北集水區新生崩塌地調查區位分佈圖

表 3-5 五子寮北集水區新生崩塌地調查區位及照片成果表(1/5)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(°)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">新生崩01</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>217252</td><td>2561159</td><td>1257</td><td>22</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：3680m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">新生崩02</td><td rowspan="4">旗山22林班地</td><td>216045</td><td>2561660</td><td>851</td><td>26</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：7276m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">新生崩03</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>215911</td><td>2561955</td><td>887</td><td>31</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：5077m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

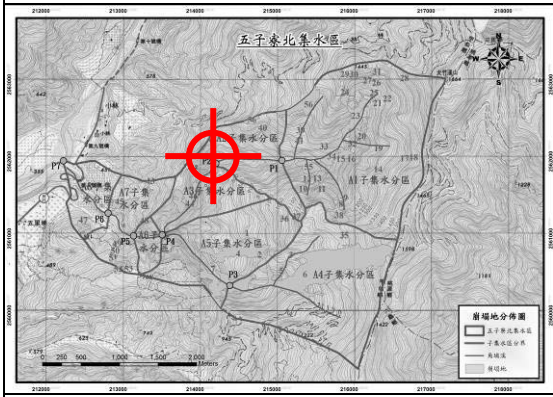
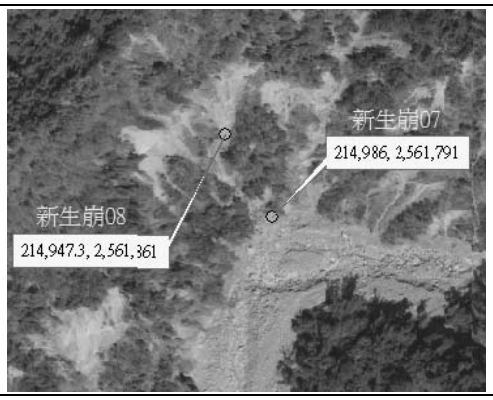
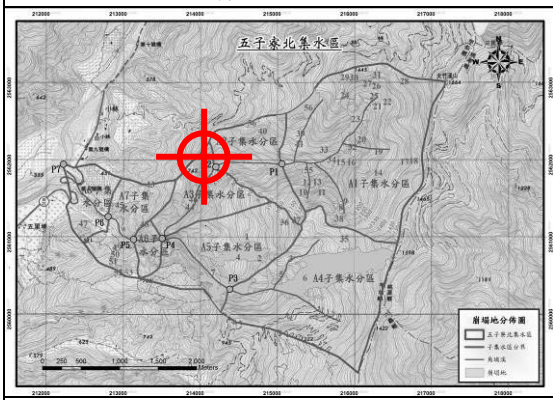
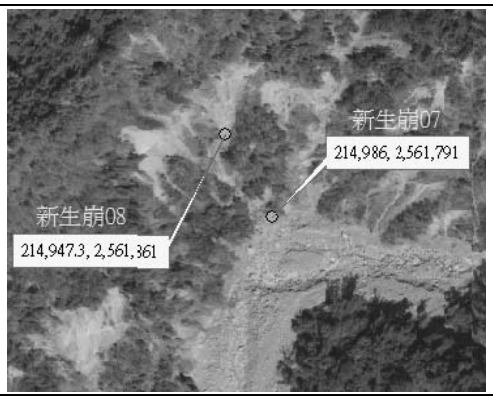
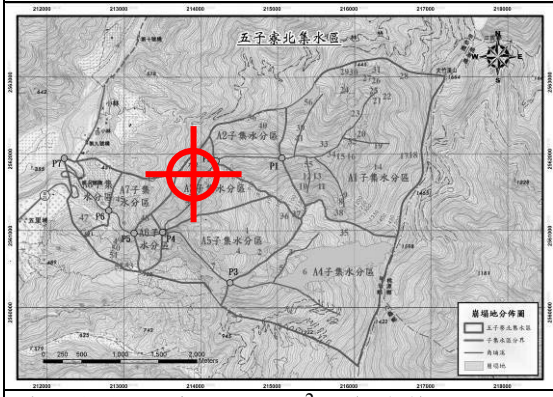
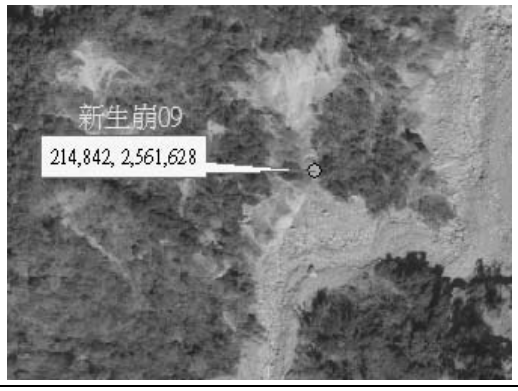
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或經由 103.03.10 最新版正射影像判釋桔果彙整製作。

表 3-5 五子寮北集水區新生崩塌地調查區位及照片成果表(2/5)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(°)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">新生崩04</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>215742</td><td>2562052</td><td>910</td><td>37</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：5736m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">新生崩05</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>215528</td><td>2561843</td><td>620</td><td>33</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：4048m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">新生崩06</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>215361</td><td>2561983</td><td>738</td><td>31</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：5328m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

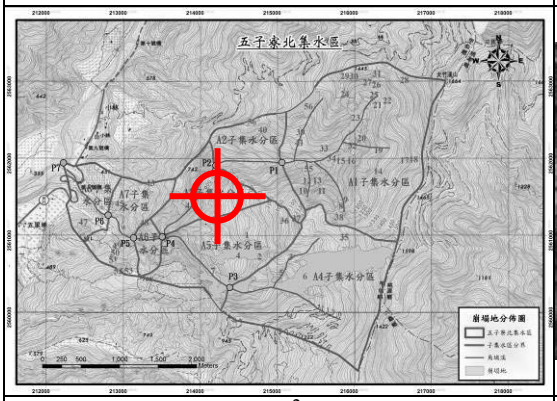
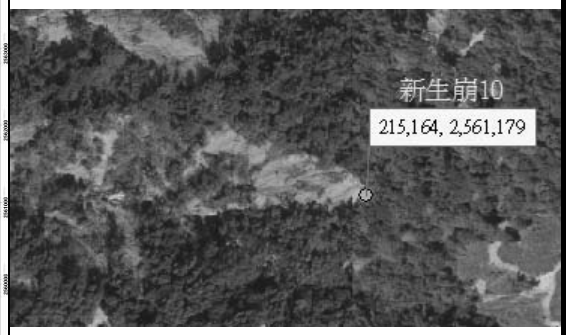
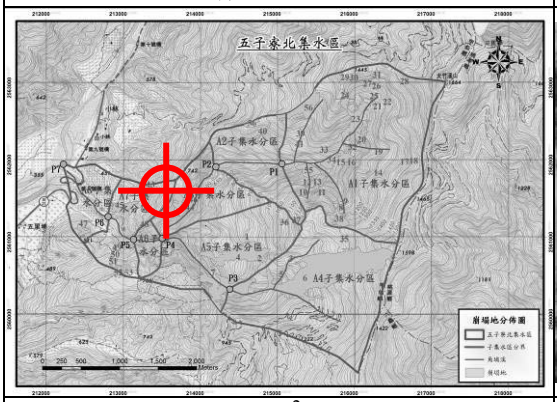
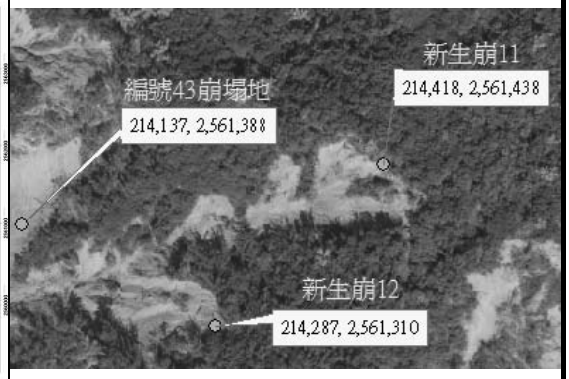
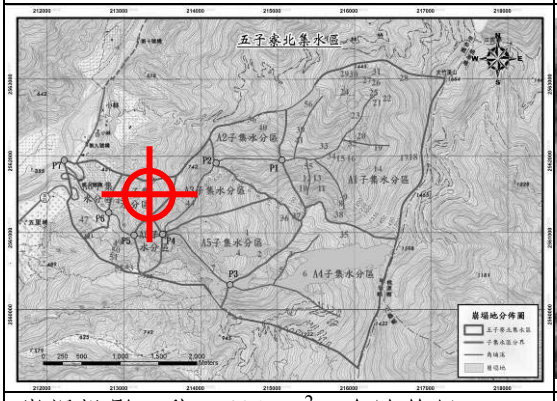
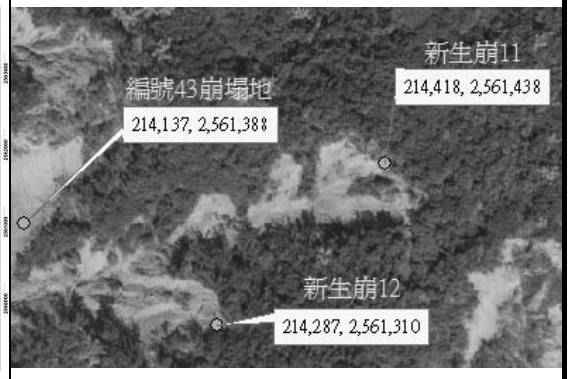
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或經由 103.03.10 最新版正射影像判釋桔果彙整製作。

表 3-5 五子寮北集水區新生崩塌地調查區位及照片成果表(3/5)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(°)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">新生崩07</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>214986</td><td>2561791</td><td>534</td><td>19</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：8042m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">新生崩08</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>214947</td><td>2561861</td><td>612</td><td>34</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：7092m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">新生崩09</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>214842</td><td>2561628</td><td>511</td><td>36</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：7754m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

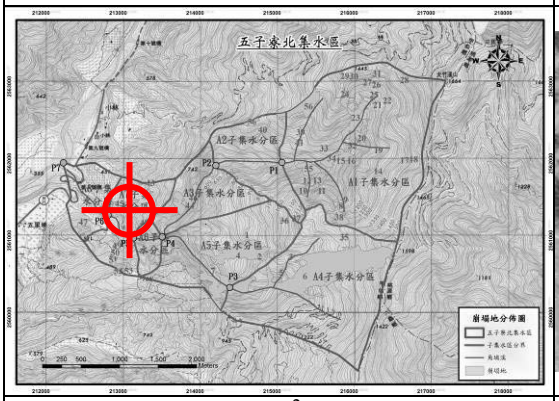
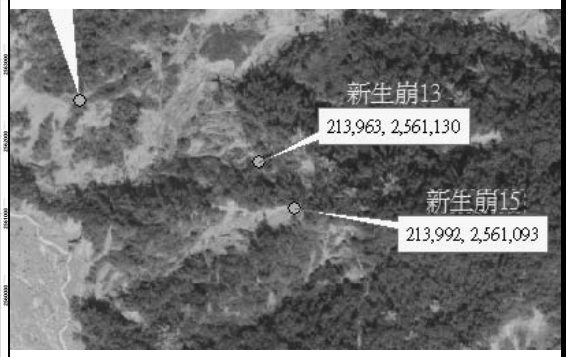
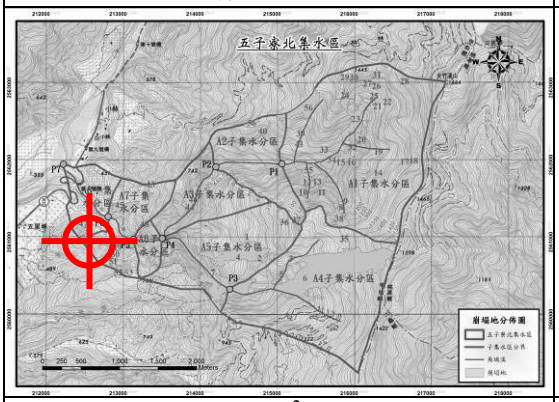
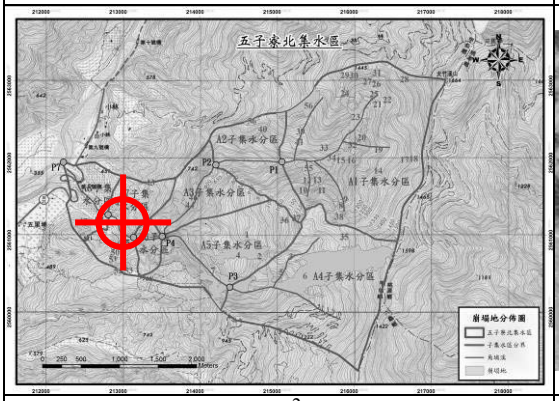
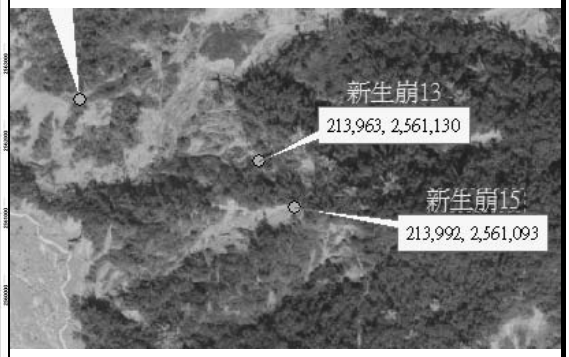
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或經由 103.03.10 最新版正射影像判釋桔果彙整製作。

表 3-5 五子寮北集水區新生崩塌地調查區位及照片成果表(4/5)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬
林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(°)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">新生崩10</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>216164</td><td>2561179</td><td>630</td><td>26</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：4096m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">新生崩11</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>214418</td><td>2561438</td><td>685</td><td>25</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：6189m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">新生崩12</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>214287</td><td>2561310</td><td>562</td><td>24</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：4917m^2。危險等級：D。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或經由 103.03.10 最新版正射影像判釋桔果彙整製作。

表 3-5 五子寮北集水區新生崩塌地調查區位及照片成果表(5/5)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">所屬林班</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">崩塌情形</td><td rowspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>頂部標高(m)</td><td>平均坡度(°)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">新生崩13</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>213963</td><td>2561130</td><td>483</td><td>25</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：3045m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">新生崩14</td><td rowspan="4">旗山23林班地</td><td>213370</td><td>2560759</td><td>587</td><td>34</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：8484m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
<tr><td rowspan="4">新生崩15</td><td rowspan="4">旗山21林班地</td><td>213992</td><td>2561093</td><td>481</td><td>24</td><td>堅硬砂岩與頁岩</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌位置</td><td colspan="2">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="3"> 
</td><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><td colspan="3">崩塌投影面積：2420m^2。危險等級：C。</td><td colspan="2">正射影像購自農林航測所 103.03 最新版</td></tr>
</table>

備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查或經由 103.03.10 最新版正射影像判釋枯果彙整製作。

表 3-6 五子寮北集水區新生崩塌地調查分佈及區位一覽表

崩塌地編號	縣市(鄉區)	村(里)	所屬流域	所屬溪流	土地類別	崩塌投影面積(m^2)	平均坡度(°)	危險等級	頂部標高EL.(m)	X座標	Y座標	地層與岩性
新生崩01	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	3680	22	D	1257	217252	2561159	堅硬砂岩與頁岩
新生崩02	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	7276	26	C	851	216045	2561660	堅硬砂岩與頁岩
新生崩03	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	5077	31	D	887	215911	2561955	堅硬砂岩與頁岩
新生崩04	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	5736	37	D	910	215742	2562052	堅硬砂岩與頁岩
新生崩05	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	4048	33	C	620	215528	2561843	堅硬砂岩與頁岩
新生崩06	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	5328	31	D	738	215361	2561983	堅硬砂岩與頁岩
新生崩07	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	8042	19	C	534	214986	2561791	堅硬砂岩與頁岩
新生崩08	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	7092	34	D	612	214947	2561861	堅硬砂岩與頁岩
新生崩09	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	7754	36	C	511	214842	2561628	堅硬砂岩與頁岩
新生崩10	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	4096	26	D	630	215164	2561179	堅硬砂岩與頁岩
新生崩11	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	6189	25	D	685	214418	2561438	堅硬砂岩與頁岩
新生崩12	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	4917	24	D	562	214287	2561310	堅硬砂岩與頁岩
新生崩13	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	3045	25	C	483	213963	2561130	堅硬砂岩與頁岩
新生崩14	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	8484	34	C	587	213370	2560759	堅硬砂岩與頁岩
新生崩15	高雄市甲仙區	小林里	高屏溪	角埔溪	林班地	2420	24	C	481	213992	2561093	堅硬砂岩與頁岩

註 1：資料來源為規劃團隊調查規劃小組經實地現勘調查或經由 103.03.10 最新版正射影像判釋結果彙整製作，並採 GIS 萃取模組分析統計。

3.1.2.3　崩塌地之總合分析

結合 3.1.1.1 及 3.1.1.2 節之調查成果，自莫拉克風災後，經多場之颱風豪雨至今所造成之新生崩塌地，計有 15 處，總崩塌投影面積為 8.32ha，加計於 99 年調查莫拉克颱風產生之 56 處 130.50ha(投影面積)之崩塌地後，本五子寮北集水區總計有崩塌地 71 處，崩塌總面積(投影面積)為 138.82ha。整體集水區崩塌地之變異情況詳如后表 3-7。由表 3-7 之結果，得知整體集水區之崩塌地率，由莫拉克颱風前之 0.25%，增加到莫拉克颱風時之 12.52%，再增加至今之 13.32%，整體集水區仍屬不穩定之狀態。另有關各集水分區崩塌地之面積及個數，彙整如后表 3-7-1 說明。

表 3-7 五子寮北集水區之崩塌地變異情況一覽表

調查時期	崩塌地處數(處)	崩塌地投影面積(ha)	崩塌地佔集水區面積比例(%)	備註
莫拉克災前調查(95 年)	5	2.62	0.25	95 年「全省國有林班崩塌地調查」成果
莫拉克災後調查(99 年)	56	130.5	12.52	98 年 8 月底至 9 月初福衛二號衛星影像
本案工作調查(103 年)	71	138.82	13.32	103 年 3 月 10 日正射影像套疊與判釋

註 1：資料來源為規劃團隊調查規劃小組採 GIS 萃取模組分析統計結果。集水區面積：1,042ha。

表 3-7-1 五子寮北集水區各集水分區崩塌地面積及數量一覽表(1/2)

小集水分區	期間	面積(ha)	崩塌面積(m^2)	崩塌率(%)	崩塌地個數
A1 集水分區	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	327.29	341,136	10.42	32
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		10,956	0.33	2
A2 集水分區	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	88.16	8,430	0.96	2
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		20,189	2.29	4

註 1：資料來源為規劃團隊調查規劃小組採 GIS 萃取模組分析統計結果。集水區面積：1,042ha。

表 3-7-1 五子寮北集水區各集水分區崩塌地面積及數量一覽表(2/2)

小集水分區	期間	面積 (ha)	崩塌面積 (m^2)	崩塌率 (%)	崩塌地個數
A3 集水分區	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	77.05	59,051	7.66	2
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		26,984	3.50	4
A4 集水分區	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	251.91	667,859	26.51	4
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		0	0	0
A5 集水分區	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	144.89	144,307	9.96	5
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		0	0	0
A6 集水分區	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	21.78	8,668	3.98	1
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		0	0	0
A7 集水分區	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	71.92	55,326	7.69	9
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		25,055	3.48	5
A8 集水分區	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	59	20,198	3.42	1
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		0	0	0
小計	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	1,042	1,304,975	12.52	56
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		83,184	0.8	15
合計		1,042	1,388,159	13.32%	71

註 1：資料來源為規劃團隊調查規劃小組採 GIS 萃取模組分析統計結果。集水區面積：1,042ha。

3.1.3 崩塌地災害分級

另依林務局委託臺灣大學進行「國有林地崩塌地處理工程技術研擬(3)」報告中，將崩塌地災害的危險等級共分為 A(高)、B(次高)、C(中)、D(低)等四級(表 3-5)，其危險等級分級方式如下，主要是由地形圖判識崩塌地位置影響範圍內是

否有重要公共設施或聚落及此設施的種類。

若崩塌體的高為 H，其上邊坡冠部起 2~3H 以內，或下邊坡趾部起 3~5H 以內有公共設施(或聚落)、縣道等級以上、經常有人使用林道、野溪，且經現場調查該崩塌地活動徵兆明顯，坡腳發現落石或坡面有危石危木，表示具高危險度，則該崩塌地之危險等級列為 A 級。

若崩塌體上邊坡冠部起 2~3H 以內，或下邊坡趾部起 3~5H 以內有公共設施，但活動徵兆不明顯者，坡腳未發現落石或坡面未有危石危木，則該崩地之危險等級列為 B 級。

若崩塌體上邊坡冠部起 2~3H 以內，或下邊坡趾部起 3~5H 以內有一般農路、非經常有人使用林道、野溪等，則該崩塌地之危險等級列為 C 級。

崩塌地凡不屬於前述狀況者，其危險等級列均列為 D 級。

依現地調查之結果，考量崩塌地「危險度」，若崩塌地「危險度」為「高」或「次高」，表示崩塌地會直接影響公共設施(或聚落)、縣道等級以上、經常有人使用林道、溪流，建議應研擬後續治理對策；若為「中」，表示崩塌地可能直接影響之保全對象規模較小、危害較輕，建議持續觀察，待「危險度」為「高」或「次高」之崩塌地治理完成後再行治理；若為「低」，表示崩塌土石並不會直接影響保全對象，這時應考量集水區土砂遞移會否影響到其他保全對象、工程效益與交通可達性，再決定是否進行後續之治理。

本項崩塌地調查工作將利用以 88 風災後(莫拉克風災之災後影像)拍攝之衛星影像圖比對目前最新之衛星影像資料，輔以現場勘查比對(集水區域實際勘測結果)之方式加以判釋(包括面積、坡度)，逐步將全區崩塌地之區位、性質、危險等級..等相關確切參數釐清；而為增加工作之效率與準確度，亦將採用地理空間資訊系統 GIS 相關應用軟體，快速且精準的掌握集水區內每一處崩塌地之資訊俾為進行治理計畫之參考依據。崩塌危險度分析主要是以崩塌的上下邊坡與保全對象之距離及保全對象之重要性分級，如表 3-8 所示。崩塌地影響範圍示意如圖 3-4。

表 3-8 國有林崩塌地危險度分級準則表

與崩塌距離		左述範圍內影響區位種類			
下邊坡	上邊坡	公共設施(或聚落)、縣道等級以上、經常有人使用林道、野溪(註2)		農路、非經常有人使用林道、野溪(註2)	其它
		坡腳發現落石或坡面有危石危木(註3)	坡腳未發現落石或坡面未有危石危木(註3)		
＜5H (註1)	＜3H (註1)	高	次高	中	低
危險分級		A	B	C	D

註 1：H 為崩塌坡面可能殘土高。本計畫上下邊坡分別取<3H 以及<5H，是因國有林地坡度較陡，下移土方較有可能被地表逕流帶離坡腳。

註 2：將溪流納入，是因下移土方可能堆積在溪床上，可能造成溪水混濁，使周邊聚落無法攔用溪流水資源。若溪床殘餘土方過多，可能造成野溪通水斷面不足、洪水溢流甚至發生土石流。

註 3：可判別坡面是否已達初步穩定，或是仍有落石陸續掉落。

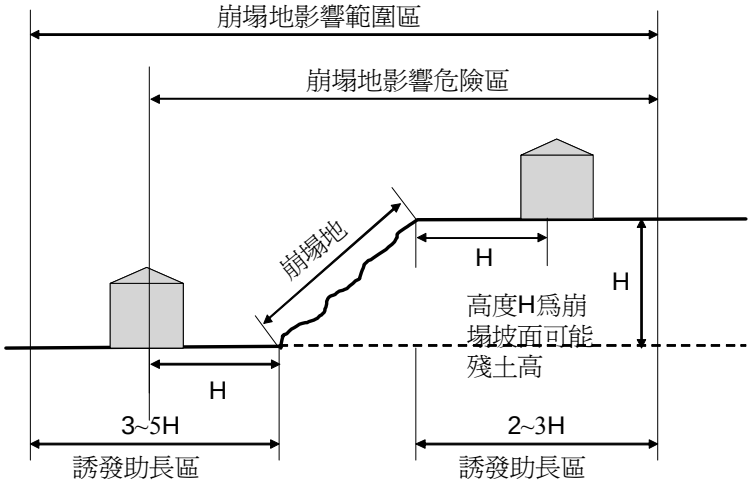


圖 3-4 崩塌地影響範圍示意圖

因崩塌地之上邊坡可能因土石鬆軟，仍有破壞的危險性；而崩塌地之下邊坡則因崩塌下來之土石堆積可能造成建築結構物被淤埋或撞擊而造成損害。崩塌的危險度分級主要分為四級，也就是 A、B、C、D 四級，其危險度分級之處理順序及說明如表 3-9 所示。

表 3-9 崩塌地危險等級處理順序及說明一覽表

危險度	優先處理順序	說明
A	急需處理	可能會有立即危險，需進行緊急處理工程
B	規劃處理	可能無立即危險，但應進行詳細調查與觀測
C	暫緩處理	無立即危險，但應進行詳細調查與觀測
D	自然處理	無需處理或偏遠無法處理，待植被自然恢復

備註：上表由規劃團隊彙編。

本項崩塌地調查工作配合現勘調查之方式，針對五子寮北集水區主流-角埔溪、北支流野溪、南支流野溪之特定崩塌地勘查點，進行詳細之崩塌區位、崩塌類型、地層、組成材料、崩塌面積、殘土狀況、危險度分級等實際情況進行登載，並就其調查實況進行描述後評估該特定點位崩塌地之穩定性及治理可及性情形。實際採用之調查方式以登錄格式化調查表，如后表 3-12 方式呈現，並將登錄成果彙整如後附光碟附錄 C 說明。

3.1.4　潛在危險崩塌發生地區調查評估

過往對於山坡坡面發生崩塌之潛勢研究評估不少，如后表列 3-10 所示。

表 3-10 國內外學者所列邊坡災害潛感分析因子一覽表

作者	年代	潛感分析因子
潘國樑等人	1985	坡度、環境擾動因素、基岩性質
陳振華	1985	坡度、基岩性質、邊坡崩壞歷史、河岸侵蝕、植生覆蓋、人為因素、地質構造
許琦等人	1989	地形、地質、環境、水文
Gao&Lo	1991	高程、坡度、坡向、坡型
簡李濱	1992	坡度、坡向、坡面幾何形狀(坡型)、集水面積、坡面類型(順向坡)、岩性、土壤、距河道距離
鄭元振	1992	裸露地、侵蝕溝距離、岩性、坡度
Phien-Wej	1993	降雨強度、坡度、岩性、解理方位、覆蓋層厚度、植生覆蓋
吳少明	1993	節理密度、節理位態、地層位態、岩石強度、風化程度、土壤厚度、土壤種類、植生密度及坡度
林中興	1994	距水系距離、坡度、坡型(順向坡)
Hearn	1995	地質構造、節理方位、岩石裂隙大小、岩石強度、風化程度
游中榮	1997	坡度、坡向、坡型、高程、順向坡、岩性、土地利用、距水系距離、距摺皺軸距離、距斷層距離、距道路距離
陳時祖等人	2001	坡度、坡向、坡寬、斜高、節理傾角、節理傾角方向、破碎程度、岩性、地層傾角、排水狀況、植生狀況、風化程度
蔡光榮等人	2001	坡度、坡向、破碎程度、岩性、斷層分佈、土壤種類、排水狀況、植生狀況、風化程度
李德河等人	2001	坡度、坡向、坡高、岩性、土地使用情形、覆土層厚度、植生密度、邊坡形式、保護設施、復發性、斷層分佈、距向斜距離、岩層傾角
蔡光榮等人	2005	南橫公路邊坡崩塌災害之重要影響因子地形、地質、降雨、植生及滲流 5 項邊坡災害影響因子
林昭遠等人	2007	坡度、坡向、地層及土壤分佈、土地利用

備註：參考自「台灣南部橫貫公路邊坡崩塌災害潛在風險評估模式之建置」，台灣公路工程,第三十一卷第十二期,民國九十四年六月(蔡光榮、許逸祥、林成翰)

惟就各個地區環境條件之不同，而未能有統一之評估準則與方式，僅能就各個地區之不同環境影響參數，個別評估。而其不同參數之探討所涉層面甚廣，更須逐地區縝密研究。本文所能探討係經前 3.1.1~3.1.3 節之現況崩塌地調查作業說明後，已彙整本文 71 處各處崩塌地之崩塌規模、種類、崩塌坡度、所在區位及崩塌坡面狀況，依分區評估其未來區域性可能再發生崩塌之潛在危險地區，經統合分為 A1~A8 等 8 個集水分區加以探討，詳如後表 3-11 說明。由表 3-11，可探知 A2 集水分區之新增崩塌地個數有 4 處，崩塌面積增加率為最高之 238.59%，表示其整體集水分區尚處非穩定之狀態，未來具有再發生崩塌之潛在風險；A3 及 A7 集水分區之新增崩塌地個數各有 4、5 處，崩塌面積增加率分別為 44.90%、45.62%，亦表示未來再發生崩塌之潛在風險性也相當高；至於 A1 集水分區之新增崩塌地個數有 2 處，崩塌面積增加率雖僅有 3.12%，惟其對比 A2、A3、A7 之新增崩塌地面積也幾乎達到此 3 集水分區之一半。另從各集水分區之平均坡度來看，A2 集水分區之平均坡度亦為最高之 67.59%，A1 及 A3 集水分區之平均坡度亦有 63%以上，而 A7 集水分區之平均坡度較小，惟超過 50%之坡度亦不能算小。而 A4 及 A5 集水分區並未有新增崩塌地之情況，研判其因屬南支流集水區，在莫拉克風災時，其大部分之崩塌地已見岩盤，其上覆蓋土層尚薄，其再行崩塌之動力與條件不足情況下，未再見大型崩塌，然其仍具再行崩塌之風險，只是對比屬北支流集水區之 A1、A2、A3 等 3 個集水分區而言，相對風險較小而已，如遇降雨條件符合情況，評估仍具有崩塌之潛勢。A6 及 A8 集水分區屬主流下游溪段集水區域，其近期並未發現有新增崩塌之情況，研判 A6 集水分區之面積較小，且經現地勘察作業時，已發覺其位於主流之右側溪岸岩壁均已出露，雖緊鄰 A3 集水分區亦無條件使其再行發生崩塌之契機，而其左側溪岸岩壁亦已出露，相對而言也較為穩定。A8 集水分區屬林班界外之山坡地帶，平均坡度亦降為 35.51%，相對而言，其產生再行崩塌之風險為最低。

由以上之評估說明，本文建議應將 A1、A2、A3 及 A7 等 4 集水分區列為第一級具高度再崩塌風險危害之區域，將 A4、A5 等 2 個集水分區列為第二級具中度再崩塌風險危害之區域，將 A6、A8 等 2 個集水分區列為第三級低度再崩塌風險危害之區域。其第一級再崩塌風險危害之區域建議將其崩塌地治理期程儘可能

往治理計畫之前期排程，第二級再崩塌風險危害之區域建議可將其崩塌地治理期程往治理計畫之中期排程，而第三級再崩塌風險危害之區域建議視前一二級治理之成效檢討，持續觀察。

表 3-11 未來區域性可能再發生崩塌之潛在危險地區評估一覽表

集水分區編號	平均坡度(%)	莫拉克颱風期間產生崩塌地		近期(102 年後) 產生崩塌地		崩塌面積增加率(%)
		面積(m^2)	處數(處)	面積(m^2)	處數(處)	
A1	64.88	387,337	32	12,064	2	3.12
A2	67.59	10,121	2	24,148	4	238.59
A3	63.59	69,492	2	31,202	4	44.90
A4	55.51	731,248	4	0	0	0
A5	57.52	155,579	5	0	0	0
A6	62.33	11,154	1	0	0	0
A7	50.73	62,372	9	28,453	5	45.62
A8	35.51	24,083	1	0	0	0
合計		1,451,386	56	95,867	15	6.61

註 1：資料來源為規劃團隊彙整前表 3-7 及 3-7-1 統計結果。

表 3-12 五子寮北集水區崩塌地調查紀錄表(登錄格式)

<table>
<tr><td>行政區域</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>子集水區名稱</td><td></td><td rowspan="4">GPS
定位</td><td colspan="3" rowspan="2">EL：_____(TWD97)</td></tr>
<tr><td>子集水區編號</td><td></td></tr>
<tr><td>所屬流域</td><td></td><td colspan="3">X：_____；Y：_____</td></tr>
<tr><td>溪流名稱</td><td></td><td colspan="3">（請於崩塌位置圖標註 GPS 座標標定處）</td></tr>
<tr><td>崩塌地編號</td><td colspan="2"></td><td colspan="2" rowspan="2">災害發生時間</td><td>舊崩塌地
新崩塌地(時間：　　)</td></tr>
<tr><td>圖號(1/25000)</td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td>平均坡度</td><td></td><td>危險度</td><td></td><td>土地類別</td><td></td></tr>
<tr><td>崩塌區位</td><td colspan="5">□河岸崩塌　□河岸山腹崩塌　□道路邊坡崩塌</td></tr>
<tr><td>崩塌類型</td><td colspan="5">□落石　□岩石　□滑移　□岩屑滑崩　□平面破壞　□弧形破壞　□潛移
□翻轉型破壞　□楔型破壞　□重力拱曲　□土石流　□沖蝕　□路基流失
□其他</td></tr>
<tr><td>地層</td><td colspan="5">□層狀岩石　□塊狀岩石　□砂頁岩互層　□礫岩　□風化岩</td></tr>
<tr><td>組成材料
（可複選）</td><td colspan="5">□火成岩（□長石　□石英　□輝石）
□變質岩（□板岩　□片岩　□片麻岩　□變質砂岩　□大理石）
□沉積岩（□砂岩　□頁岩　□礫岩　□石灰）
□其他</td></tr>
<tr><td>崩塌面積</td><td colspan="5">□目測（平均高度：_____；平均寬度：_____；平均深度：_____）
□實測（平均高度：_____；平均寬度：_____；平均深度：_____）</td></tr>
<tr><td>殘土狀況</td><td colspan="5">□無
□有（平均高度：_____；平均寬度：_____；平均深度：_____）</td></tr>
<tr><td>現況描述</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>訪談記錄</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>崩塌位置圖</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>崩塌簡圖</td><td colspan="5"></td></tr>
</table>

調查人員：　　導勘人員：　　調查日期：

3.2　具土石流潛勢之溪段調查

3.2.1　具土石流潛勢之溪段現況調查

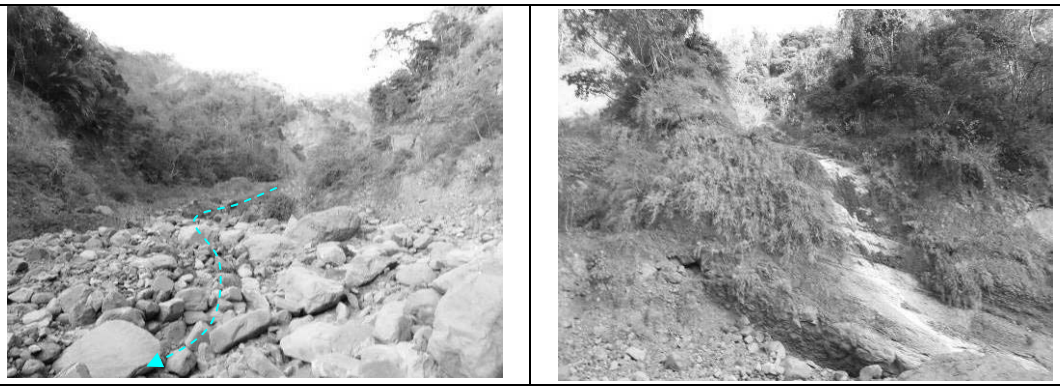
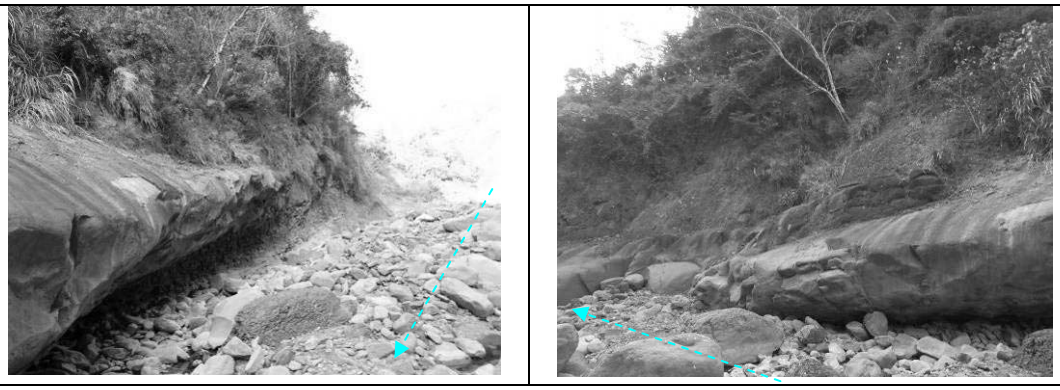
本項具土石流潛勢之溪段調查工作將配合現勘調查之方式,針對五子寮北集水區內主流-角埔溪、北支流野溪、南支流野溪之實際調查情況進行描述後評估該野溪之土石流潛勢。目前，角埔溪及其各支流野溪並未登錄於水土保持局所轄土石流潛勢溪登載系統中，惟其經初勘之結果，其南、北兩支流野溪仍具產生土石流之潛勢。

本計畫的土石災害調查的項目包括了土石流危險溪流的地點、河谷堆積現況、上游崩塌地、下游扇狀地等土石災害發生的痕跡（如巨礫的堆積），以及土石流可能產生溢流點位置，並記錄其現有的防治工程。堆積物情況方面為現地下游溪床內堆積物的狀況，包括堆積物的平均厚度、總量概估及表面堆積物之最大粒徑的量測，以供整治工程參考。

崩塌地之調查乃針對兩岸可觀察到的崩壞地狀況加以註記，包括數量、崩壞總面積及可能總崩土量概估。經 GIS 萃取崩塌地分層成果，北支流之崩塌地總面積為 46.695ha、南支流之崩塌地總面積為 88.6827ha。

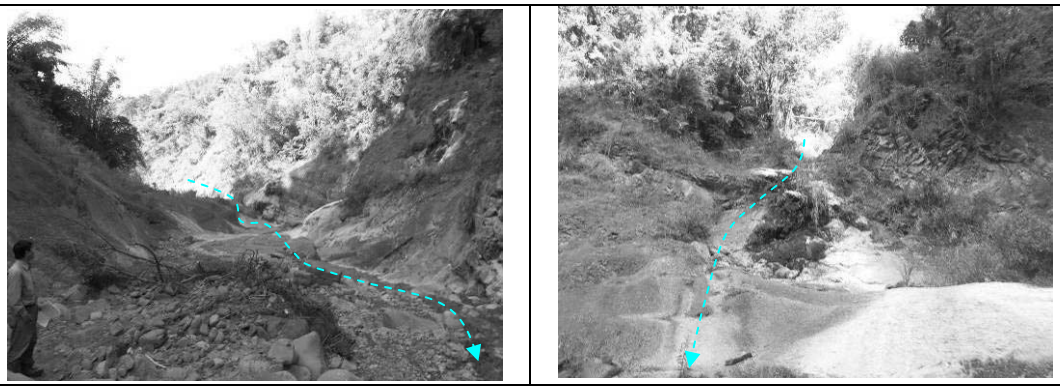
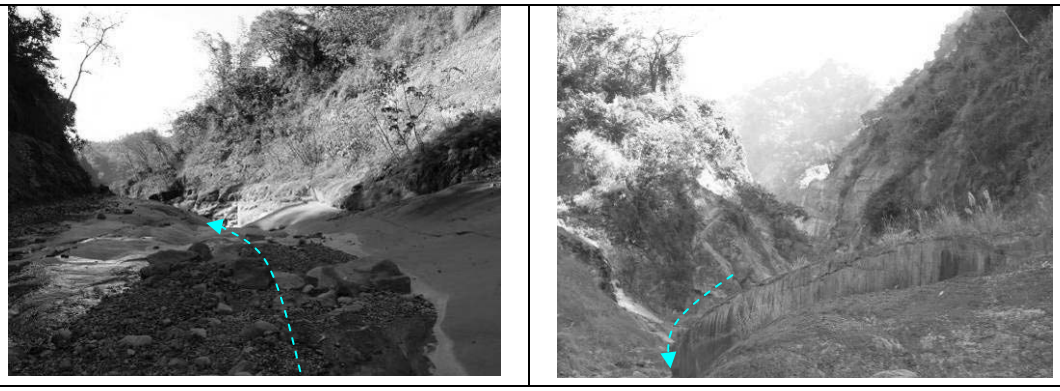
土石流溢流處調查,主要係作為土石流災害致災原因研判及工程整治設施規劃之參考。依據以往之研究結果顯示，造成土石流溢流之原因不外乎下列四點：1. 坡度突變、2. 斷面突擴、3. 有阻礙物(橋樑或涵洞)及 4. 河道轉彎處。由溢流處位置、坡度、溢流處上游 200 公尺內最大粒徑及通水斷面可提供計算土石流可能溢流之臨界條件、行進之路徑及氾濫範圍。土石流災害歷史之調查應盡量收集發生之年、月、日及時，可提供當時發生土石流之降雨強度，以作為土石流再發之降雨強度參考指標。現地植生種類及防砂工程狀況可作為研判土石流發生及未來工程整治之參考。為了解計畫集水區範圍內的整治現況及既有各項構造物的位置及對溪流土砂搬運的影響，在河道現況調查的同時亦同時紀錄跨越河道的各式結構物(如橋涵、潛壩、護岸、簡易自來水取水口等)，以作為整治規劃成效檢討及部分河道的限制條件。此外，為瞭解土砂災害發生時可能的影響範圍、居民户數及公共設施項目，進行河道狀況調查時也同時紀錄重要保全對象及可能溢流致災的諸元。實際調查成果，如后表 3-13 所示。

表 3-13 五子寮北集水區具土石流潛勢溪調查區位及照片成果表(1/2)

<table>
<tr><td rowspan="2">溪段</td><td rowspan="2">調查位置</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">斷面情形</td><td colspan="2">沖淤情形</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>高程（m）</td><td>寬度（m）</td><td>沖刷或淤積</td><td>深度（m）</td></tr>
<tr><td rowspan="4">北支流下游上溪段</td><td rowspan="4">主流
2K+345.2</td><td>214744</td><td>2561318</td><td>534.5</td><td>10</td><td>淤積</td><td>3-4</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">右岸有小型蝕溝，寬度約 1~2M，另於蝕溝上游面有兩處小型崩塌地，寬度約 40M，長度約 50M。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">北支流下游中溪段</td><td rowspan="4">主流
1K+931.6</td><td>214502</td><td>2561028</td><td>506.8</td><td>17</td><td>沖刷</td><td>4-5</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床土砂堆積較下游段少，兩側岸岩盤出露。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">北支流下游下溪段</td><td rowspan="4">主流
1K+536.6</td><td>214283</td><td>2560788</td><td>484</td><td>61</td><td>淤積</td><td>3-4</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">主支流匯流口，溪床大石遍佈，兩岸岩盤出露。</td></tr>
</table>

備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-13 五子寮北集水區具土石流潛勢溪調查區位及照片成果表(2/2)

<table>
<tr><td rowspan="2">溪段</td><td rowspan="2">調查位置</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">斷面情形</td><td colspan="2">沖淤情形</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>高程（m）</td><td>寬度（m）</td><td>沖刷或淤積</td><td>深度（m）</td></tr>
<tr><td rowspan="4">南支流下游上溪段</td><td rowspan="4">支流
0K+335</td><td>214570</td><td>2560750</td><td>515.7</td><td>13</td><td>沖刷</td><td>6-7</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床及兩岸岩盤出露，溪床上下游面高差大並形成瀑布。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">南支流下游中溪段</td><td rowspan="4">支流
0K+224.8</td><td>214504</td><td>2560807</td><td>509.3</td><td>20</td><td>沖刷</td><td>6-7</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床及兩岸岩盤出露，右岸有小型沖蝕溝，寬度約 2~3M。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">南支流下游下溪段</td><td rowspan="4">支流
0K+082.4</td><td>214362</td><td>2560776</td><td>495</td><td>27</td><td>沖刷</td><td>3-4</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大石遍佈，左岸岩盤出露。</td></tr>
</table>

備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-13 中之有關土石流潛勢溪之等級劃分、治理優先順序、發生潛勢因子、保全危害因子等說明如下：

一、土石流潛勢溪之劃定依據

土石流潛勢溪流，其劃定方式主要參考高橋保(1991)之評分方式加以修改，主要依據溪谷坡度、溪床坡度及有效集水區面積三項指標。惟本集水區各主、支流並未經劃定為「土石流潛勢溪」，然南、北支流仍具有產生土石流之潛勢，因此，仍擬按「土石流潛勢溪」之評估方法加以探討。

二、具土石流潛勢之溪段調查

1. 土石流潛勢地點調查：本案具土石流潛勢之溪流擬按依水土保持局之定義，係指溪床坡度大於十度以上，且該點以上之集水面積大於三公頃者，則視為土石流潛在發生之地點，另如溪流下游出口或溢流點處有住户三户以上或有重要橋梁、道路需保護者，亦將其列入調查範圍，調查時依現地各項特徵，予於評估區分為「高」、「中」、「低」、「持續觀察」等四等級，俾作為土石流潛勢優先處理順序等級之評估依據，如後表內容所示。評估作業內容經依據水土保持局「土石流防災資訊」官網說明如後：

優先處理順序等級		發生潛勢因子等級		
		低	中	高
保全危害度因子等級	低	低	低	中
	中	低	中	高
	高	中	高	高

註：資料來源自水土保持局「土石流防災資訊」官網資訊。

由以上之評估依據內容，檢視本集水區內之南北支流可能產生土石流潛勢之溪段，分述如下：

- 角埔溪北支流溪段

該溪段按前 2.1.3 節表 2-4-1 之分析成果，在北支流所轄之 A1、A2 及 A3 等 3 個集水區平均坡度為 65.16%，按表 2-4 之溪段縱坡坡度分析成果為具 18.98%(10.94 度)之溪床坡降，其溪床坡度大於 10 度以上，且其集水面積為 493ha 大於 3ha 以上，下游處並有農户及橋樑 1 座，目前溪床淤積大量之崩塌土石，符合土石流潛勢地點之條件，因此，本溪段應可納入土石流潛勢地點進行評估。

- 角埔溪南支流溪段

該溪段按前 2.1.3 節表 2-4-1 之分析成果，南支流所轄之 A4、A5 等 2 個集水區平均坡度為 56.24%，按表 2-4 之溪段縱坡坡度分析成果為具 26.12%(15.14 度)之溪床坡降，其溪床坡度大於 10 度以上，且其集水面積為 397ha 大於 3ha 以上，下游處並有農户及橋樑 1 座，目前溪床淤積大量之崩塌土石，符合土石流潛勢地點之條件，因此，本溪段亦應可納入土石流潛勢地點進行評估。

(1) 發生潛勢因子選定

根據土石流發生之三大條件足夠堆積物、水、及坡度條件，選定影響土石流發生最顯著之因子做為評分因子，分別為崩塌規模、坡度因子、岩性因子、材料破碎情形及植生因子，並考慮各個因子與發生潛勢之影響關係加以配分，最高分為 100 分。發生潛勢因子等級之高、中及低之判別為，發生潛勢得分於 46 分以下為低發生潛勢等級，46～62 分為中發生潛勢等級，62 分以上則為高發生潛勢等級。其配分方式如下表所示：

因子	分類	評分
崩塌規模（25）	明顯大面積崩塌	25
	小規模崩塌	15
	無明顯崩塌	5
坡度因子（25）	上游區坡度大於 50°	25
	上游區坡度介於 30°～50°	15
	上游區坡度小於 30°	5
材料破碎（20）	平均粒徑大於 30cm	20
	平均粒徑介於 7.5～30cm	13
	平均粒徑小於 7.5cm	2
	無明顯堆積材料	2
岩性因子（15）	第一類（A、D、F 地質區）	15
	第二類（C、E 地質區）	15
	第三類（B、G 地質區）	5
植生因子（15）	裸岩、落石堆積	15
	植被稀疏	15
	植被中等稀疏	6
	植被密集	3
最高評分合計 100		

註：資料來源自水土保持局「土石流防災資訊」官網資訊。

由以上之發生潛勢因子之評估依據內容，檢視本集水區內之南、北支流可能產生土石流潛勢之溪段，分述如下：

- 角埔溪北支流溪段
  - 崩塌規模

按前 3.1.2.3 節表 2-7 及表 2-7-1 之分析成果顯示，在北支流所轄之 A1、A2 及 A3 等 3 個集水區共有崩塌地 46 處，崩塌面積為 46.67ha，最大崩塌地為位處 22 林班地，為編號崩 23 之崩塌地，其崩塌面積為 9.4469ha，崩塌面積超過 3ha 之崩塌地個數就有 6 處。因此其具明顯大面積崩塌之發生潛勢因子條件。

  - 坡度因子

按前 2.1.3 節表 2-4 及表 2-4-1 之分析成果顯示，在北支流所轄之 A1、A2 及 A3 等 3 個集水區之平均坡度為 65.16%(40.66 度)，溪段平均縱坡為 18.98%，其上游區坡度介於 30°～50°間，坡度因子之評分項為 15 分。

  - 材料破碎因子

經於北支流進行實地表面粒徑調查作業後，其中值粒徑為 125.98cm，可推求其平均粒徑大於 30cm，材料破碎因子之評分項為 20 分。有關表面粒徑調查作業及其成果，詳如本文 4.4.2.3 節表 4-54 分析內容。

  - 岩性因子

按水土保持局「土石流防災資訊網」對於土石流潛勢溪流中，土石流發生潛勢因子之岩性因子，計分為三類：第一類為 A 為台東縱谷、東部海岸山脈，D 為沉積岩，F 為火成岩地質區；第二類為 C 為變質砂岩，E 為紅土台地地質區；第三類為 B 為片岩、片麻岩，G 為盆地與平原地質區。本北支流集水區地質岩性按 2.4 節之說明，集水分區大部屬桂竹林層地質，可歸類為第一類之沉積岩岩性，因此，其岩性因子之評分項為 15 分。

  - 植生因子

本北支流集水區之坡面除崩塌地外，整體北支流集水區之植被尚稱密集，因此，其植生因子之評分項為 3 分。

- 角埔溪南支流溪段

  - 崩塌規模

    按前 3.1.2.3 節表 2-7 及表 2-7-1 之分析成果顯示，在南支流所轄之 A4 及 A5 等 2 個集水區共有崩塌地 9 處，崩塌面積為 81.22ha，最大崩塌地為位處 23 林班地，為編號崩 6 之崩塌地，其崩塌面積為 65.90ha，崩塌面積超過 3ha 之崩塌地個數有編號崩 4 及編號崩 4 之崩塌地 2 處。因此其具明顯大面積崩塌之發生潛勢因子條件。

  - 坡度因子

    按前 2.1.3 節表 2-4 及表 2-4-1 之分析成果顯示，在北支流所轄之 A4 及 A5 等 2 個集水區之平均坡度為 56.24%(34.22 度)，溪段平均縱坡為 26.12%，其上游區坡度介於 30°～50°間，坡度因子之評分項為 15 分。

  - 材料破碎因子

    經於南支流進行實地表面粒徑調查作業後，其中值粒徑為 134.45cm，可推求其平均粒徑大於 30cm，材料破碎因子之評分項為 20 分。有關表面粒徑調查作業及其成果，詳如本文 4.4.2.3 節表 4-48 分析內容。

  - 岩性因子

    按水土保持局「土石流防災資訊網」對於土石流潛勢溪流中，土石流發生潛勢因子之岩性因子，計分為三類：第一類為 A 為台東縱谷、東部海岸山脈，D 為沉積岩，F 為火成岩地質區；第二類為 C 為變質砂岩，E 為紅土台地地質區；第三類為 B 為片岩、片麻岩，G 為盆地與平原地質區。本南支流集水區地質岩性按 2.4 節之說明，集水分區大部屬桂竹林層地質，可歸類為第一類之沉積岩岩性，因此，其岩性因子之評分項為 15 分。

  - 植生因子

    本南支流集水區之坡面除崩塌地外，整體南支流集水區之植被中等稀疏，因此，其植生因子之評分項為 6 分。

(2) 保全危害度因子選定

保全危害度因子之選定主要考慮兩項因子,分別為對建築物之危害及對交通設施之危害。在建築物部分因公共建築一般使用人數較多，故評分等級最高，另外保全户數越多，評分也越高；交通方面則以橋樑受損對交通之危害較高，故給予較高分數。而經歷 921 地震及桃芝颱風災害後，已有不少土石流潛勢溪流進行整治設施工程，故於現地調查時加入現地整治設施成效評估，若整治設施成效良好，則可降低土石流潛勢溪流對保全對象之危害。最高得分為 100 分。故於保全因子危害度方面，若評分結果大於等於 60 分者，列為高保全危害度；小於 60 大於 40 者列為中保全危害度；小於等於 40 者列為低保全危害度。其保全危害度因子配分方式如下表所示：

因子	分類	評分
建物 （65）	與防災措施相關之公共場所（學校、醫療設施及避難公共場所等）	65
	5 户民宅以上	60
	1 户至 4 户間之民宅	30
	無住户	0
交通設施 （35）	橋梁	35
	道路	20
	無	0
最高評分合計 100		
現地整治成效（100%）	待改進或無整治設施	100%
	尚可	80%
	良好或不需整治	60%
評分結果	評分結果=(建物+交通設施)×權重	

註：資料來源自水土保持局「土石流防災資訊」官網資訊。

有關本集水區南、北兩支流之各類保全危害程度因子情況約略一致，總合說明如後述：

本集水區下游處尚有 1 户住家(有居民居住)，惟其所處位置較高，不致受颱洪暴雨所產生之逕流衝擊，惟其住處後方邊坡之崩塌地對於該住户仍有顯著性之影響，因此，該建物因子之評分計給 30。而下游出口段雖有跨越楠梓仙溪之小林橋座落，惟其屬本集水區所影響者極小，其交通設施因子之評分項計給 0 分。兩支流均應列入待改進或無整治設施之情況。

針對本五子寮北集水區之南、北兩野溪支流之發生潛勢因子及保全危害度因子分類與評分結果，詳如后表所示：

項目	評估因子	北支流	南支流	備註說明
發生潛勢因子	崩塌規模(25)	25(明顯大面積崩塌)	25 (明顯大面積崩塌)	46 分以下為低潛勢 46-62 分為中潛勢 62 分以上為高潛勢
	坡度因子(25)	15(平均坡度 40.66 度)	15 (平均坡度 34.22 度)	
	材料破碎(20)	20 (平均粒徑＞30cm)	20 (平均粒徑＞30cm)	
	岩性因子(15)	15,D(第一類沉積岩)	15,D(第一類沉積岩)	
	植生因子(15)	3 (集水區植被茂密)	6 (集水區植被中等稀疏)	
	評分結果	78(高潛勢)	81 (高潛勢)	
保全危害因子	建物(65)	30(無住户)	30(無住户)	≥60 分為高保全危害度 40-60 分為中保全危害度 ≤40 分為低保全危害度
	交通設施(35)	0(下游台 21 線橋樑影響極微)	0(下游台 21 線橋樑影響極微)	
	現地整治成效(100%)	100%(無整治設施)	100%(無整治設施)	
	評分結果	(30+0) × 100%=30 (低保全危害)	(30+0) × 100%=30 (低保全危害)	

備註：上表由規劃團隊彙編。

針對本五子寮北集水區之南、北兩野溪支流之具土石流潛勢之優先處理順序等級皆為—中級，分析如後表內容所示：

角埔溪北支流		發生潛勢因子等級		
優先處理順序等級評估		低	中	高(78)
保全危害度因子等級	低(30)	低	低	中(ˇ)
	中	低	中	高
	高	中	高	高
角埔溪南支流		發生潛勢因子等級		
優先處理順序等級評估		低	中	高(81)
保全危害度因子等級	低(30)	低	低	中(ˇ)
	中	低	中	高
	高	中	高	高

備註：上表由規劃團隊彙編。

2. 具土石流潛勢之溪段影響範圍及溢流點初步判定： 由於土石流有直進性，如針對河道轉彎處及下游淤積處等影響範圍及溢流點均需進行初步判定或模

擬。

3. 具土石流潛勢之溪段保全對象調查： 針對土石流影響範圍內所有保全對象進行調查，包含居民、公共設施等資料。

三、具土石流潛勢之溪段判釋

具土石流潛勢之溪段影響範圍劃設作業分為三個階段，首先於室內進行影響範圍之初步劃設，以此為依據於進行現地調查時依現地地形地貌加以修正，再於室內作業進行編修，分述如後：

1. 影響範圍初步劃設：

劃定方法係依谷口及（或）溢流點位置與扇狀地角度進行劃設，扇狀地半徑長度則以池谷浩公式進行計算。

(1) 影響範圍劃定 決定影響範圍之頂點 A，以山谷之出口、扇狀地之頂點，或坡度十度為頂點；或由A點依據土石流最大擴展角度（105 度向下游劃出一扇狀區域；最後以扇狀區內坡度二度之等坡度線 B 作為土石流之到達邊界，則該扇形區與線 B 所涵括之範圍，即為土石流之影響範圍。

(2) 扇狀地半徑長度 扇狀地之半徑長度可由池谷浩公式，如下公式，由此淤積長度便可決定出潛勢範圍圖。

$$Log(L)=0.42\times Log(V\times\tan\theta_d)+0.935$$

其中，V 為土砂流出量(不被超越機率 90%)(m3)，$V=70.992A^{0.61}$；A 為集水區之總面積(km^2)；L 為淤積長度(m)；θ_d 為下游坡度。

2. 現地修正土石流影響範圍：

以初步劃設池谷浩公式所推估的 105 度扇狀地影響範圍為底圖， 依現地勘查可能之溢流點位置（如谷口處、障礙物處或地形突然變緩處）重新定位，而後根據現地地形修正，將土石流不可能會經過之部分去除。若以池谷浩所計算 的扇狀地長度不足以涵蓋整個保全對象範圍，則經由現地勘查之狀況延長扇狀地之半徑長度。另外若於現地調查時發現除了底圖上之溢流點外，還有其餘鄰近保全對象之溢流點存在，則依據上述現地劃設影響範圍之原則，增加該條溪流之影響範圍。**若該條溪流於現地調查評估溢流點附近無保全對象存在，則不劃設土石流影響範圍。**由於本調查規劃集水區內之南、北兩野溪支流於現地調查評估溢流點

附近無保全對象存在(整體集水區內之保全對象位於溢流點外甚遠)，將不劃設土石流影響範圍。保全對象與溢流點之相對位置圖詳後圖 3-5。

實際採用之調查方式以登錄格式化調查表，如后表 3-15 方式呈現，並將登錄成果彙整如後附光碟附錄 D 說明。

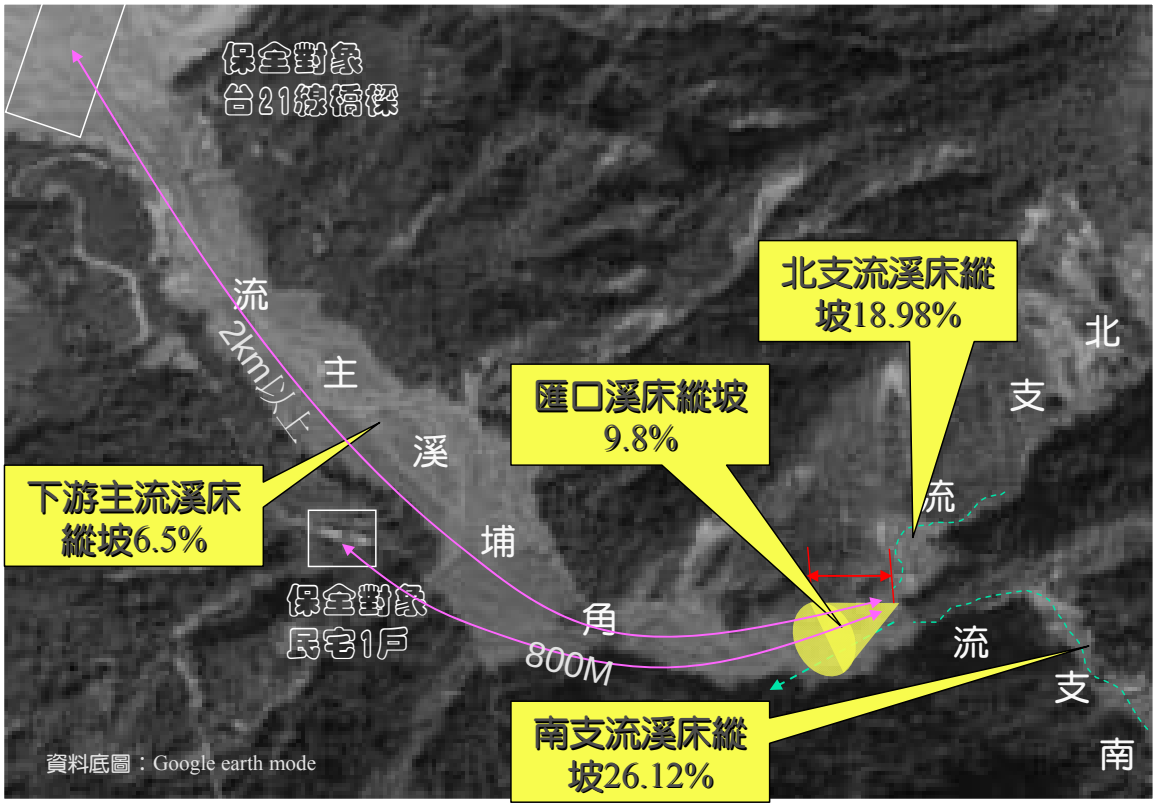


圖 3-5 南、北野溪支流土石流溢流點與保全對象之相對位置圖

3.2.2 具潛在危險土石流潛勢之溪段調查評估

經再行將南、北兩支流溪段之土石流發生潛勢因子及保全危害因子之狀態條件彙整，並與針對其對比土石流潛勢溪之檢核條件，可得如下表 3-14 之說明。表 3-14 即說明南、北兩支流溪段可能發生土石流之潛勢仍然存在，如遇較大之颱洪或暴雨，產生土石流之風險將增加(先前已分析具中潛勢之危害程度)及對保全對象之危害風險也提高。

表 3-14 南北支流溪段之具土石流潛勢之各類因子分析檢核表

分析項目		角埔溪北支流	角埔溪南支流	檢核條件
發生潛勢因子	崩塌規模因子	上游集水區崩塌地共 46 處，崩塌面積為 46.67ha，超過 3ha 之大面積崩塌地 6 處。	上游集水區崩塌地共 9 處，崩塌面積為 81.22ha，超過 3ha 之大面積崩塌地 2 處。	上游集水區崩塌地面積超過 3ha
	坡度因子	上游區坡度：65.16% 溪床縱坡：18.98%(10.94°)	上游區坡度：56.24% 溪床縱坡：26.12%(15.14°)	上游區坡度：大於 30% 溪床縱坡：大於 10°
	材料破碎因子	Dm(中值粒徑)：125.98cm	Dm(中值粒徑)：134.45cm	Dm(中值粒徑≈平均粒徑)＞30cm
	岩性因子	第一類 B 沉積岩層	第一類 B 沉積岩層	地質區分三類，第一類岩性影響程度高
	植生因子	尚稱密集	中等稀疏	評估集水區之植生及裸露狀況
保全危害因子	下游保全對象	農户 1 户	農户 1 户	評估保全危害程度
	交通設施	橋樑影響相當小	橋樑影響相當小	評估保全危害程度

表 3-15 五子寮北集水區土石流潛勢溪調查紀錄表(登錄格式)

<table>
<tr><td colspan="2">土石流編號</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">行政區域</td><td></td><td colspan="2" rowspan="4">GPS定位座標(TWD97)
X：　；Y：　　(林班地範圍)
EL：
（請於工程位置圖標註GPS座標標定處）</td></tr>
<tr><td colspan="2">集水區名稱</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">子集水區名稱</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">所屬流域</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">溪流名稱</td><td></td><td rowspan="2">災害發生時間</td><td rowspan="2">□無
□有（最近時間：　年　月　）</td></tr>
<tr><td colspan="2">危險等級</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">主流長度</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">地層</td><td colspan="3">□層狀岩石　□塊狀岩石　□砂頁岩互層　□礫岩　□風化岩</td></tr>
<tr><td colspan="2">發生型態</td><td colspan="3">□淤埋　□撞擊　□堵塞　□沖刷　□磨蝕　□漫流改道　□擠壓主河道
□沖刷　□其它_____</td></tr>
<tr><td colspan="2">治理工程
（可複選）</td><td colspan="3">□造林____(ha) □植生____(ha)　□蝕溝治理____(m) □縱橫向排水____(m)
□防砂壩____(座) □固床工____(座) □潛壩_____(座) □梳子壩_____(座)
□護岸_____(m) □堤防_____(m)　□其它_____
構造物描述：</td></tr>
<tr><td colspan="2">現況描述</td><td colspan="3">1.河寬_____2.河左岸高_____3.河右岸高_____
4.河床平均坡度_____ 5.其他_____
6.概述：
如有土石流災害發生，則應說明災害範圍相關參數及溢流點位置。(目前無)
1.土石流平均長度_____2.土石流平均寬度_____
3.土石流深度_____ 4.其他_____
溢流點位置：</td></tr>
<tr><td rowspan="4">保全對象</td><td>1.建物</td><td colspan="3">□一般建築（民宅10~15棟）　□工廠（_____）　□農舍或倉庫（_____）
□學校（_____）　□醫院（_____）　□活動中心（_____）
□其它公共建物（廟宇一座）</td></tr>
<tr><td>2.交通設施</td><td colspan="3">□道路（_____）　□橋樑（_____）
□涵洞（_____）　□其它（_____）</td></tr>
<tr><td>3.農林用地</td><td colspan="3">□農園（果園、茶園）　□田地　□林地　□其它_____，共_____公頃</td></tr>
<tr><td>4.其他</td><td colspan="3">□遊憩設施受損（温泉、度假村、森林遊樂區）_____</td></tr>
</table>

調查人員：　　導勘人員：　　調查日期：

表 3-15 五子寮北集水區土石流潛勢溪調查紀錄表(登錄格式)-續

水土保持需求	□建議治理與維修項目： □不需治理與維修原因：
土石流潛勢溪流位置圖	
現況照片	

調查人員：　　導勘人員：　　調查日期：

3.3 野溪調查分析

針對集水區道路可及之野溪，進行集水區環境現況、溪流工程設施概況、河道現況(沖蝕、堆積、淘刷、河岸崩塌)情形等進行調查，並建立地理資訊系統之數化資料，以釐清其治理權責單位並評估其治理等級，以作為集水區治理規劃之參考。

由於莫拉克颱風後本五子寮北集水區內野溪土砂運動劇烈，環境變化明顯，故以莫拉克災後衛星影像與影像判釋成果，逐步針對本集水區現勘調查可及，且具有大量土砂流出或是有明顯土砂堆積之野溪溪段，進行細部之調查作業，茲列舉出 38 處野溪調查點，調查點位如圖 3-6 所示。對於沖淤嚴重河段進行溪流調查，填寫野溪現地調查表格進行彙整，並依據水文分析、土地利用及保全對象之調查結果，做為水土保持處理對策選擇及工程優先順位排序之依據，各勘查點之相對斷面里程標記如后表 3-16。有關主流、北支流及南支流之各溪段實際調查成果，如后表 3-17 所示。38 處野溪調查點位中，多數溪段具有嚴重之河岸邊坡崩塌現象，此大量崩塌地所提供之土砂來源，造成野溪河床堆積河道抬升，與兩旁河岸高差減小，並造成下游橋樑通水斷面縮減，遇到洪水來臨時容易受到沖毀。



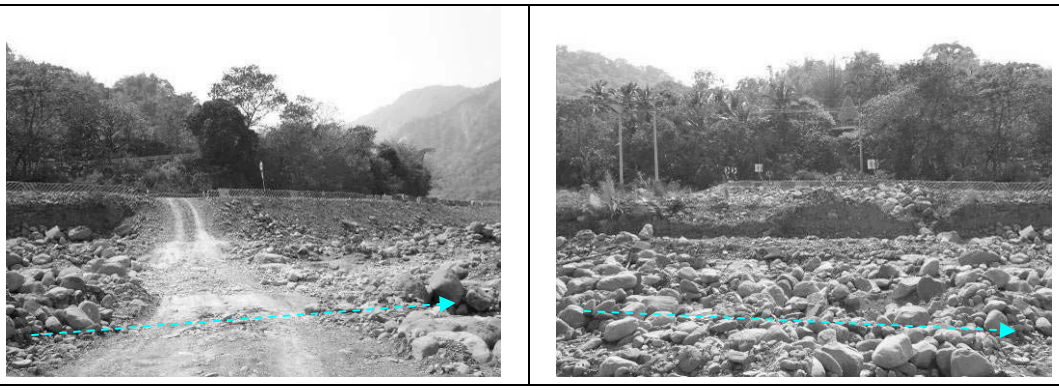
圖 3-6 溪流勘查點點位位置圖

表 3-16 各勘查點之相對斷面里程標記一覽表

勘查點編號	溪流名稱	相對應主、支流里程(m)	GPS 標定溪床高程(m)
1	角埔溪主流	主流 0k+000	388
2	角埔溪主流	主流 0k+122	393
3	角埔溪主流	主流 0k+215.4	397
4	角埔溪主流	主流 0k+298.8	400
5	角埔溪主流	主流 0k+386.6	402.6
6	角埔溪主流	主流 0k+466.6	408.6
7	角埔溪主流	主流 0k+545	411.2
8	角埔溪主流	主流 0k+619	415.4
9	角埔溪主流	主流 0k+704.6	421.4
10	角埔溪主流	主流 0k+770	428.4
11	角埔溪主流	主流 0k+835.8	431.6
12	角埔溪主流	主流 0k+898.8	434.6
13	角埔溪主流	主流 0k+983.8	441.8
14	角埔溪主流	主流 1k+052.8	447.2
15	角埔溪主流	主流 1k+109.8	452.8
16	角埔溪主流	主流 1k+177	458.2
17	角埔溪主流	主流 1k+225	463.8
18	角埔溪主流	主流 1k+288.6	469.2
19	角埔溪主流	主流 1k+340.6	471
20	角埔溪主流	主流 1k+397.6	474.2
21	角埔溪主流	主流 1k+475.8	484.2
22	角埔溪主流	主流 1k+536.6	484
23	角埔溪主流	主流 1k+668.6	496.2
24	角埔溪主流	主流 1k+710.4	498.4
25	角埔溪主流	主流 1k+772.8	500.4
26	角埔溪主流	主流 1k+871.8	503.8
27	角埔溪主流	主流 1k+931.6	506.8
28	角埔溪主流	主流 2k+057.6	525.1
29	角埔溪主流	主流 2k+150.6	522.7
30	角埔溪主流	主流 2k+199	525.1
31	角埔溪主流	主流 2k+249.2	530
32	角埔溪主流	主流 2k+345.2	534.5
33	角埔溪南支流	支流 0k+000	484
34	角埔溪南支流	支流 0k+082.4	495
35	角埔溪南支流	支流 0k+121	495.5
36	角埔溪南支流	支流 0k+199.8	500.8
37	角埔溪南支流	支流 0k+224.8	509.3
38	角埔溪南支流	支流 0k+268.8	511.2

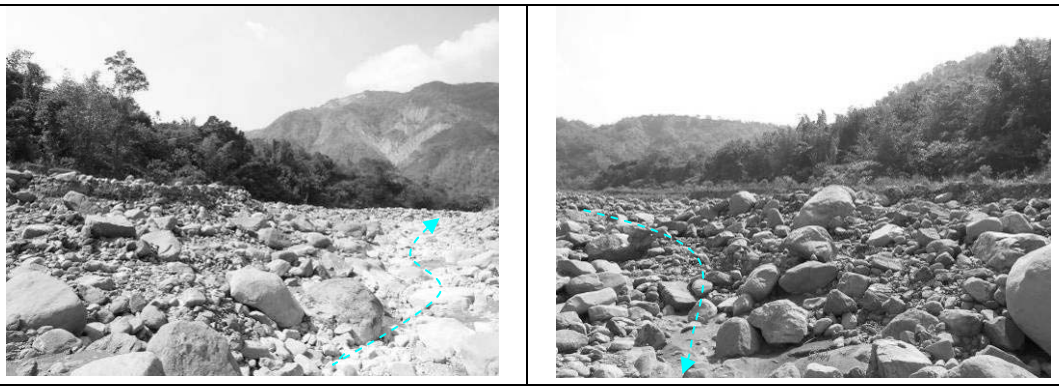
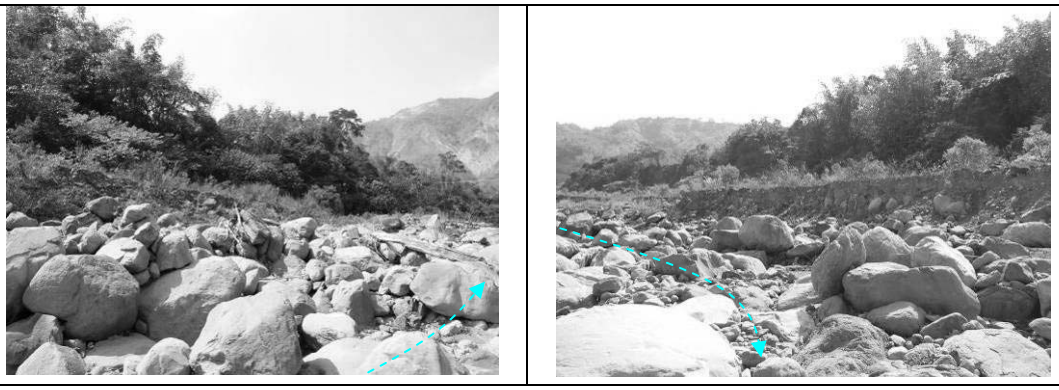
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(1/13)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">里程</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">斷面情形</td><td colspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>高程（m）</td><td>寬度（m）</td><td>左岸</td><td>右岸</td></tr>
<tr><td rowspan="4">1</td><td rowspan="4">主流
0K+000</td><td>213163</td><td>2561628</td><td>388</td><td>119</td><td>砂土,厚 10m</td><td>砂土,厚 15m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">主流與楠梓仙溪匯口，大量土砂淤積。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">2</td><td rowspan="4">主流
0K+122</td><td>213237</td><td>2561532</td><td>393</td><td>148</td><td>砂土,厚 10m</td><td>砂土,厚 20m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂淤積。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">3</td><td rowspan="4">主流
0K+215.4</td><td>213282</td><td>2561447</td><td>397</td><td>174</td><td>砂土,厚 15m</td><td>砂土,厚 20m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂淤積，右岸積土高度約 2M。</td></tr>
</table>

備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(2/13)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">里程</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">斷面情形</td><td colspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>高程（m）</td><td>寬度（m）</td><td>左岸</td><td>右岸</td></tr>
<tr><td rowspan="4">4</td><td rowspan="4">主流
0K+298.8</td><td>213301</td><td>2561363</td><td>400</td><td>140</td><td>砂土,厚 15m</td><td>砂土,厚 20m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂淤積。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">5</td><td rowspan="4">主流
0K+386.6</td><td>213358</td><td>2561298</td><td>402.6</td><td>144</td><td>砂土,厚 15m</td><td>砂土,厚 20m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂淤積。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">6</td><td rowspan="4">主流
0K+466.6</td><td>213394</td><td>2561228</td><td>408.6</td><td>170</td><td>砂土,厚 15m</td><td>砂土,厚 25m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂淤積，兩岸積土高度約 2M。</td></tr>
</table>

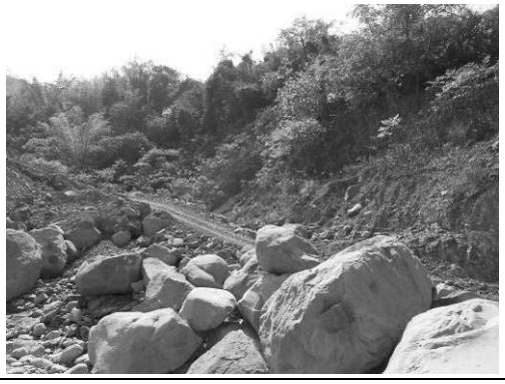
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(3/13)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">里程</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">斷面情形</td><td colspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>高程（m）</td><td>寬度（m）</td><td>左岸</td><td>右岸</td></tr>
<tr><td rowspan="4">7</td><td rowspan="4">主流
0K+545</td><td>213456</td><td>2561177</td><td>411.2</td><td>183</td><td>砂土,厚 20m</td><td>砂土,厚 30m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂淤積，左岸積土高度約 3M，右岸約 2M。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">8</td><td rowspan="4">主流
0K+619</td><td>213522</td><td>2561148</td><td>415.4</td><td>181</td><td>砂土,厚 20m</td><td>砂土,厚 25m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂淤積，兩岸積土高度約 2M。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">9</td><td rowspan="4">主流
0K+704.6</td><td>213599</td><td>2561109</td><td>421.4</td><td>182</td><td>砂土,厚 20m</td><td>砂土,厚 25m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂淤積，右岸積土高度約 3M。</td></tr>
</table>

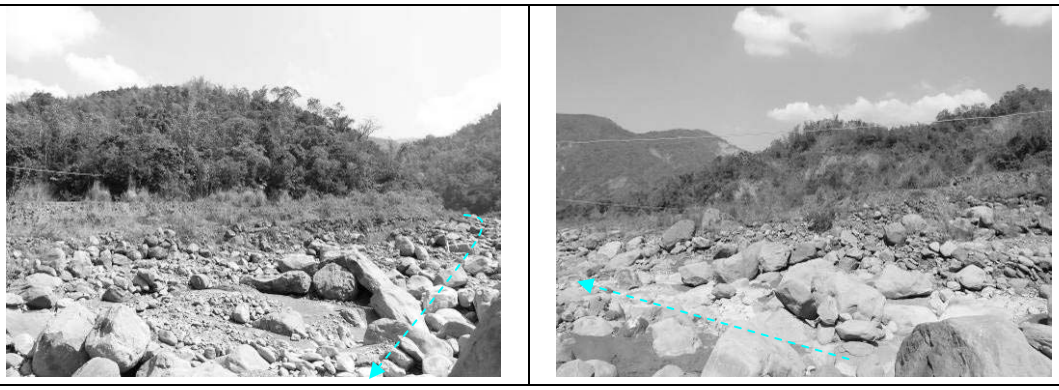
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(4/13)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">里程</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">斷面情形</td><td colspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>高程（m）</td><td>寬度（m）</td><td>左岸</td><td>右岸</td></tr>
<tr><td rowspan="4">10</td><td rowspan="4">主流
0K+770</td><td>213622</td><td>2561046</td><td>428.4</td><td>82</td><td>砂土,厚 20m</td><td>砂土,厚 35m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">   </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂淤積，右岸積土高度約 2M。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">11</td><td rowspan="4">主流
0K+835.8</td><td>213653</td><td>2560990</td><td>431.6</td><td>89.2</td><td>砂土,厚 15m</td><td>砂土,厚 40m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">   </td></tr>
<tr><td colspan="6">大量土砂淤積，右岸積土高度約 3M，左岸邊坡土層裸露。本位置約為林班界線。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">12</td><td rowspan="4">主流
0K+898.8</td><td>213688</td><td>2560936</td><td>434.6</td><td>188.5</td><td>砂土,厚 15m</td><td>砂土,厚 65m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">   </td></tr>
<tr><td colspan="6">大量土砂淤積，且大石遍佈，右岸積土高度約 2M，左岸邊坡土層裸露。</td></tr>
</table>

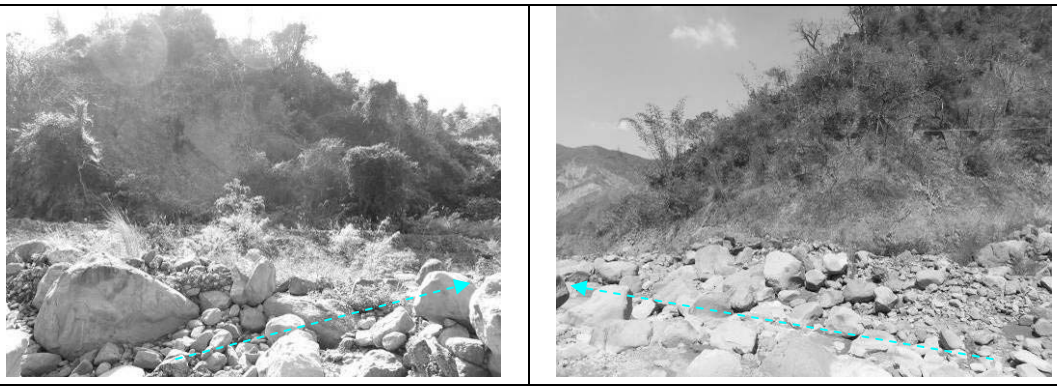
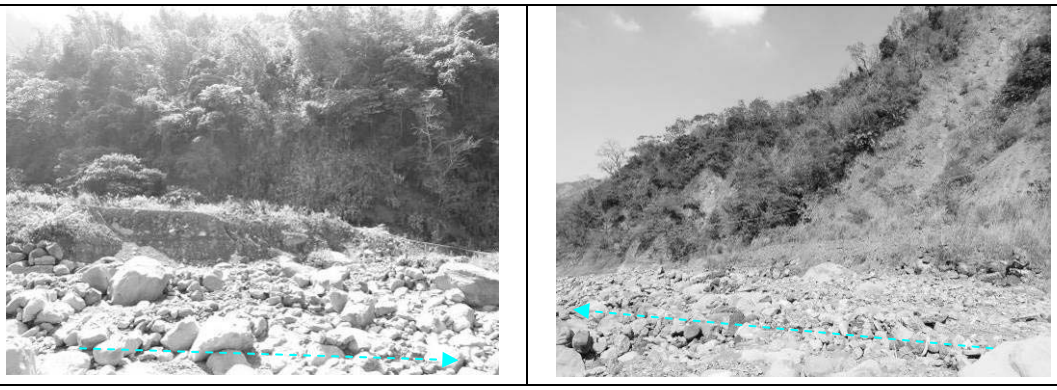
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(5/13)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">里程</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">斷面情形</td><td colspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>高程（m）</td><td>寬度（m）</td><td>左岸</td><td>右岸</td></tr>
<tr><td rowspan="4">13</td><td rowspan="4">主流
0K+983.8</td><td>213761</td><td>2560882</td><td>441.8</td><td>202.8</td><td>砂土,厚 49m</td><td>砂土,厚 60m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂淤積，且大石遍佈，兩岸積土高度約 4M。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">14</td><td rowspan="4">主流
1K+052.8</td><td>213813</td><td>2560846</td><td>447.2</td><td>183.4</td><td>砂岩,厚 80m</td><td>砂岩,厚 40m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">大量土砂淤積且大石遍佈，兩岸積土高度約 4M。左岸有沖蝕溝，寬度約 3~4M。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">15</td><td rowspan="4">主流
0K+215.4</td><td>213866</td><td>2560824</td><td>452.8</td><td>127</td><td>砂岩,厚 90m</td><td>砂岩,厚 60m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">大量土砂淤積且大石遍佈，右岸積土高度約 4M，左岸約 8M。</td></tr>
</table>

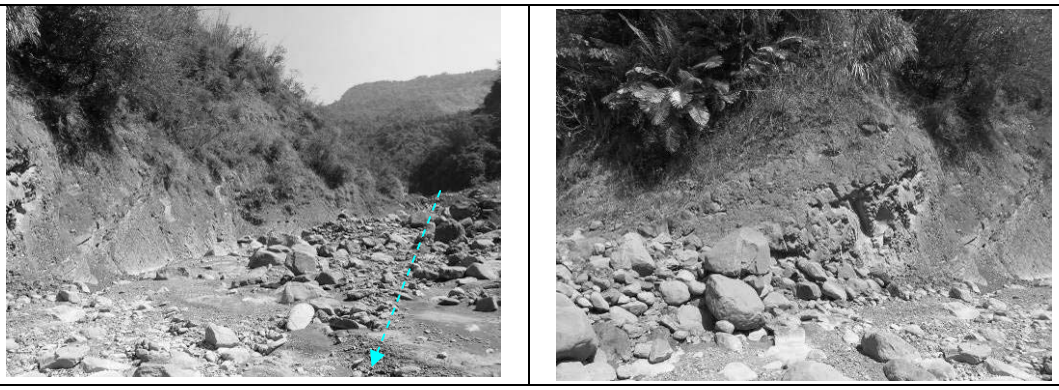
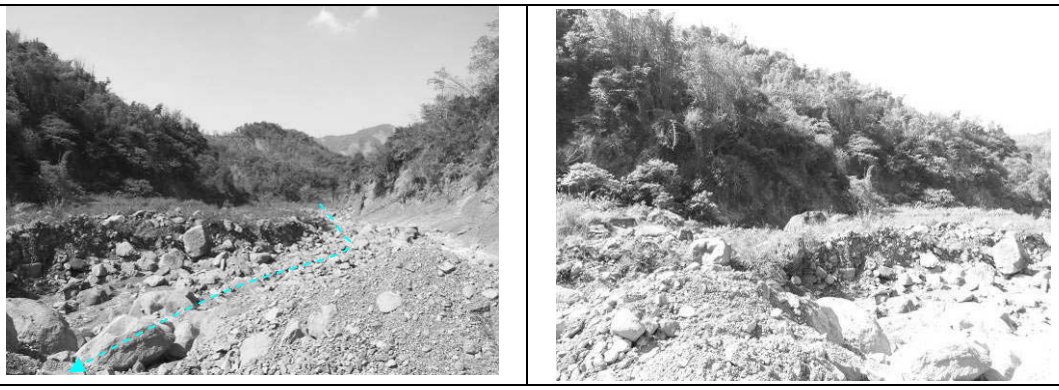
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(6/13)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">里程</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">斷面情形</td><td colspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>高程（m）</td><td>寬度（m）</td><td>左岸</td><td>右岸</td></tr>
<tr><td rowspan="4">16</td><td rowspan="4">主流
1K+177</td><td>213933</td><td>2560789</td><td>458.2</td><td>94.8</td><td>砂岩,厚 45m</td><td>砂岩,厚 36m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂淤積，且大石遍佈，溪床兩岸積土高度約 4M。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">17</td><td rowspan="4">主流
1K+225</td><td>213981</td><td>2560800</td><td>463.8</td><td>90</td><td>砂岩,厚 39m</td><td>砂岩,厚 72m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂淤積，且大石遍佈，溪床左岸積土高度約 4M。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">18</td><td rowspan="4">主流
1K+288.6</td><td>214031</td><td>2560775</td><td>469.2</td><td>82.2</td><td>砂岩,厚 50m</td><td>砂岩,厚 51m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">大量土砂淤積，溪床左岸積土高度約 3M。</td></tr>
</table>

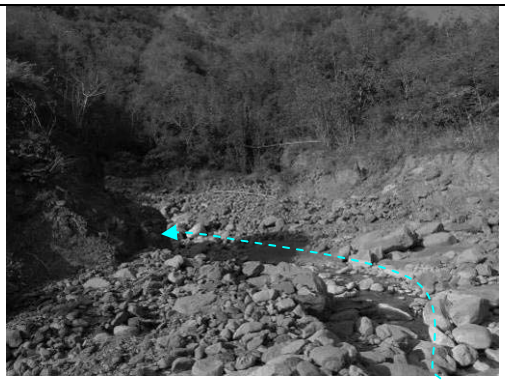
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(7/13)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">里程</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">斷面情形</td><td colspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>高程（m）</td><td>寬度（m）</td><td>左岸</td><td>右岸</td></tr>
<tr><td rowspan="4">19</td><td rowspan="4">主流
1K+340.6</td><td>214095</td><td>2560782</td><td>471</td><td>102.4</td><td>砂岩,厚 50m</td><td>砂岩,厚 45m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂淤積，且大石遍佈，溪床左岸積土高度約 3M。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">20</td><td rowspan="4">主流
1K+397.6</td><td>214149</td><td>2560785</td><td>474.2</td><td>91.4</td><td>砂岩,厚 54m</td><td>砂岩,厚 20m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂淤積，且大石遍佈，溪床左岸積土高度約 2.5M。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">21</td><td rowspan="4">主流
1K+475.8</td><td>214222</td><td>2560759</td><td>484.2</td><td>101.2</td><td>砂岩,厚 57m</td><td>砂岩,厚 53m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂淤積，且大石遍佈，溪床左岸積土高度約 2.5M。</td></tr>
</table>

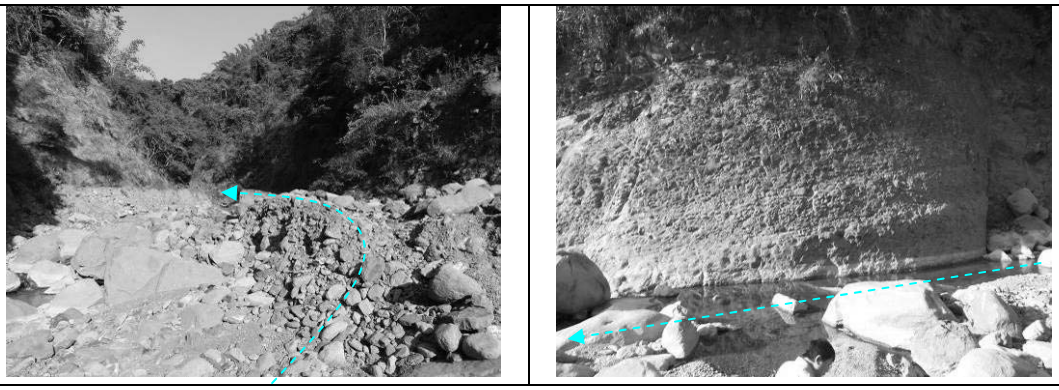
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(8/13)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">里程</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">斷面情形</td><td colspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>高程（m）</td><td>寬度（m）</td><td>左岸</td><td>右岸</td></tr>
<tr><td rowspan="4">22</td><td rowspan="4">主流
1K+536.6</td><td>214283</td><td>2560788</td><td>484</td><td>61</td><td>砂岩,厚 69m</td><td>砂岩,厚 35m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">   </td></tr>
<tr><td colspan="6">角埔溪主、支流匯流口，溪床大石遍佈，兩岸岩盤出露。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">23</td><td rowspan="4">主流
1K+668.6</td><td>214370</td><td>2560873</td><td>496.2</td><td>42.8</td><td>砂岩,厚 10m</td><td>砂岩,厚 16m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">   </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大石遍佈，右岸堆積大量土層。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">24</td><td rowspan="4">主流
1K+710.4</td><td>214340</td><td>2560910</td><td>498.4</td><td>44</td><td>砂岩,厚 21m</td><td>砂岩,厚 43m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">   </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大石遍佈，大量土體淤積。</td></tr>
</table>

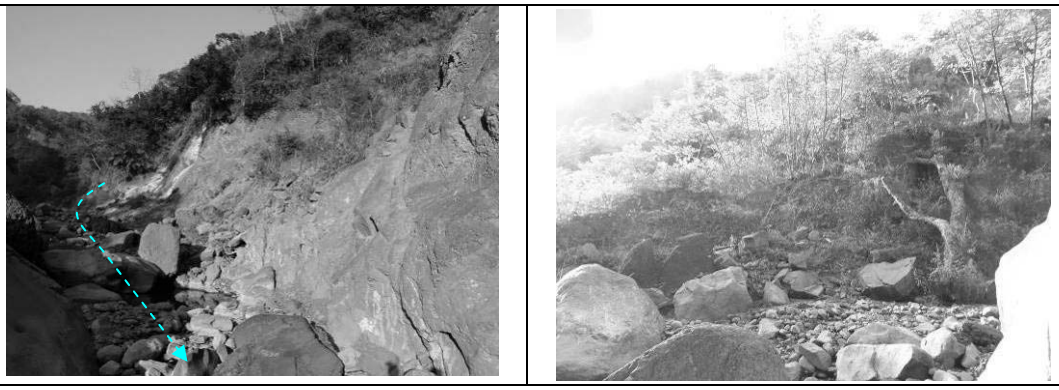
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(9/13)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">里程</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">斷面情形</td><td colspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>高程（m）</td><td>寬度（m）</td><td>左岸</td><td>右岸</td></tr>
<tr><td rowspan="4">25</td><td rowspan="4">主流
1K+772.8</td><td>214403</td><td>2560932</td><td>500.4</td><td>41</td><td>砂土,厚 16m</td><td>砂岩,厚 43m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">河道於此段束縮，大量土體淤積。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">26</td><td rowspan="4">主流
1K+871.8</td><td>214514</td><td>2560966</td><td>503.8</td><td>18</td><td>堅實砂岩,厚 17m</td><td>堅實砂岩,厚 17m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">此段仍為束縮段，該點設有土石流監視系統。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">27</td><td rowspan="4">主流
1K+931.6</td><td>214502</td><td>2561028</td><td>506.8</td><td>17</td><td>堅實砂岩,厚 25m</td><td>砂土,厚 100m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床土砂堆積較下游段少，兩側岸岩盤出露。</td></tr>
</table>

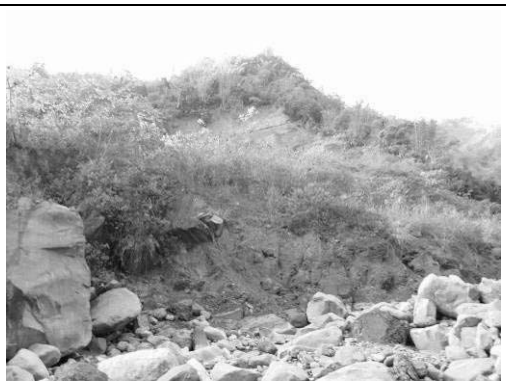
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(10/13)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">里程</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">斷面情形</td><td colspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>高程（m）</td><td>寬度（m）</td><td>左岸</td><td>右岸</td></tr>
<tr><td rowspan="4">28</td><td rowspan="4">主流
2K+057.6</td><td>214592</td><td>2561117</td><td>518.5</td><td>25</td><td>砂土,厚 100m</td><td>堅實砂岩,厚 76m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂堆積，右岸有小型沖蝕溝，寬度約 1~2M。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">29</td><td rowspan="4">主流
2K+150.6</td><td>214681</td><td>2561146</td><td>522.7</td><td>19.4</td><td>堅實砂岩,厚 55m</td><td>堆積土,厚 30m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂堆積，右岸有大型崩塌地，大量土層堆積於右岸坡腳。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">30</td><td rowspan="4">主流
2K+199</td><td>214719</td><td>2561170</td><td>525.1</td><td>24.8</td><td>堅實砂岩,厚 95m</td><td>堆積土,厚 66m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大量土砂堆積，右岸有大型崩塌地，大量土層堆積於右岸坡腳。</td></tr>
</table>

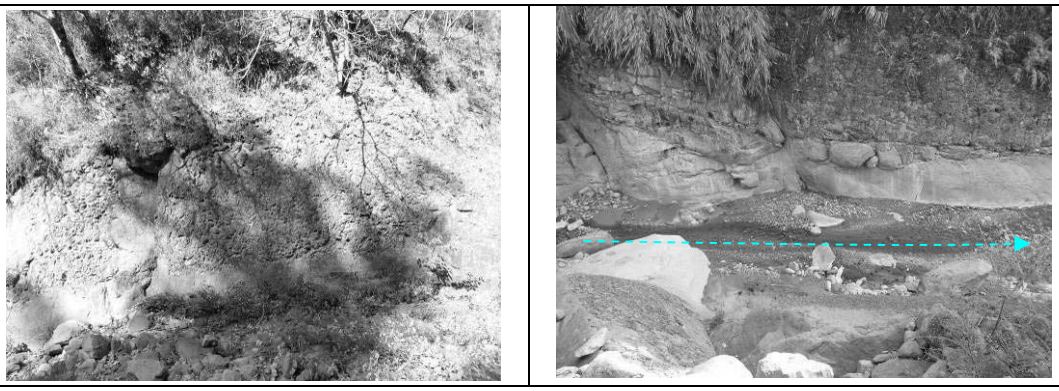
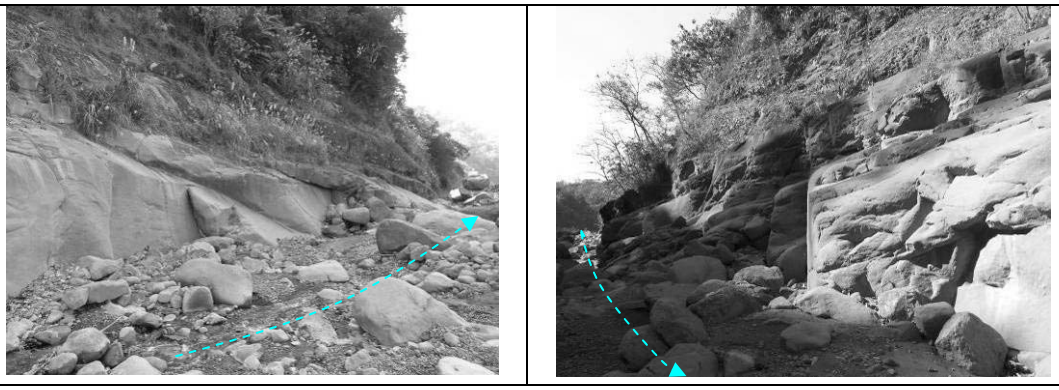
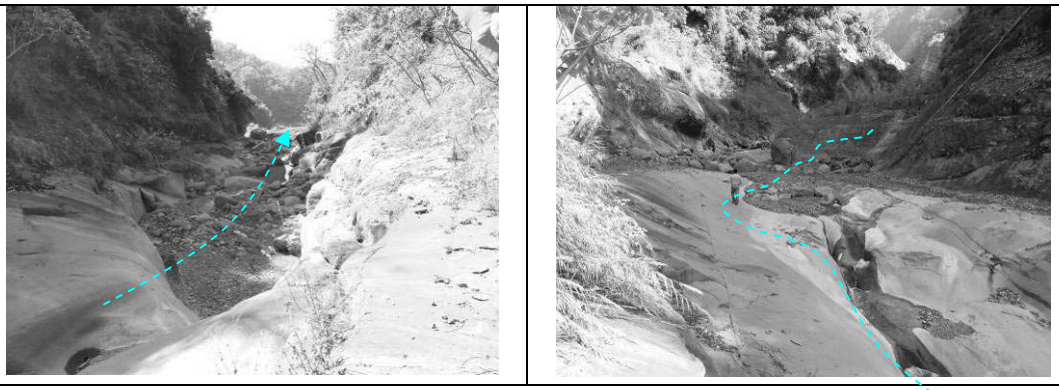
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(11/13)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">里程</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">斷面情形</td><td colspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>高程（m）</td><td>寬度（m）</td><td>左岸</td><td>右岸</td></tr>
<tr><td rowspan="4">31</td><td rowspan="4">主流
2K+249.2</td><td>214737</td><td>2561216</td><td>530</td><td>23.1</td><td>堅實砂岩,厚 20m</td><td>砂岩,厚 95m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">   </td></tr>
<tr><td colspan="6">右岸有大型崩塌地，大量土層堆積於右岸坡腳，崩塌面無殘土。左岸有沖蝕溝，溝寬約 2~3M。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">32</td><td rowspan="4">主流
2K+345.2</td><td>214744</td><td>2561318</td><td>534.5</td><td>10</td><td>堆積土,厚 42m</td><td>堅實砂岩,厚 8m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">   </td></tr>
<tr><td colspan="6">右岸有小型蝕溝，寬度約 1~2M，另於蝕溝上游面有兩處小型崩塌地，寬度約 40M，長度約 50M。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">33</td><td rowspan="4">支流
0K+082.4</td><td>214362</td><td>2560776</td><td>495</td><td>27</td><td>堅實砂岩,厚 10m</td><td>砂土,厚 8m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">   </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大石遍佈，左岸岩盤出露。</td></tr>
</table>

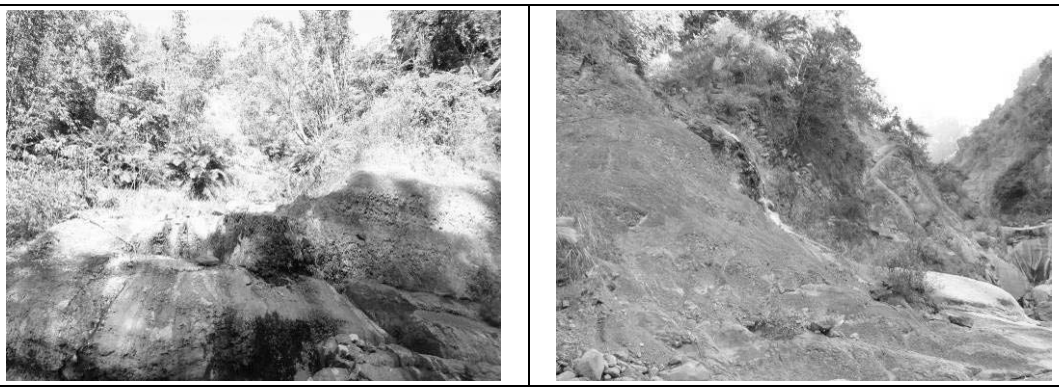
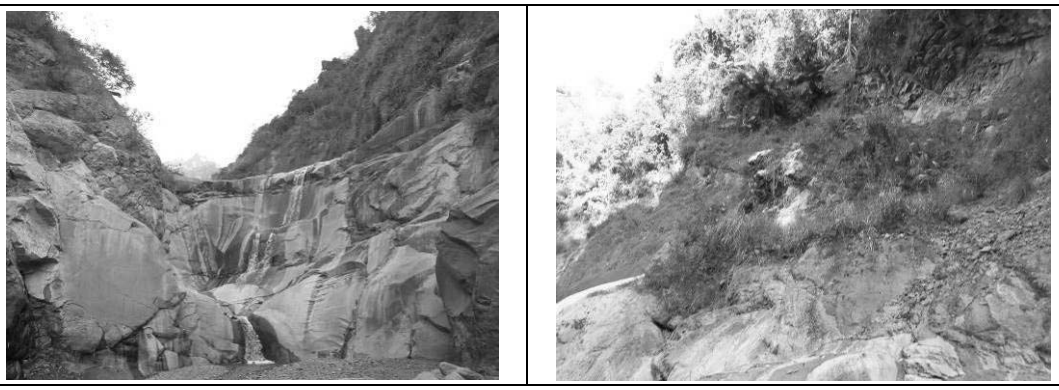
備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(12/13)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">里程</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">斷面情形</td><td colspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>高程（m）</td><td>寬度（m）</td><td>左岸</td><td>右岸</td></tr>
<tr><td rowspan="4">34</td><td rowspan="4">支流
0K+121</td><td>214402</td><td>2560792</td><td>495.5</td><td>25.5</td><td>堅實砂岩,厚 74m</td><td>堅實砂岩,厚 7m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床大石遍佈，兩岸岩盤出露。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">35</td><td rowspan="4">支流
0K+199.8</td><td>214478</td><td>2560828</td><td>500.8</td><td>10</td><td>堅實砂岩,厚 16m</td><td>堅實砂岩,厚 19m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床及兩岸岩盤出露。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">36</td><td rowspan="4">支流
0K+224.8</td><td>214504</td><td>2560807</td><td>509.3</td><td>20</td><td>堅實砂岩,厚 74m</td><td>堅實砂岩,厚 20m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床及兩岸岩盤出露，右岸有小型沖蝕溝，寬度約 2~3M。</td></tr>
</table>

備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-17 五子寮北集水區野溪調查區位及照片成果表(13/13)

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">里程</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">斷面情形</td><td colspan="2">地質與岩性概況</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>高程（m）</td><td>寬度（m）</td><td>左岸</td><td>右岸</td></tr>
<tr><td rowspan="4">37</td><td rowspan="4">支流
0K+268.8</td><td>214537</td><td>2560811</td><td>511.2</td><td>15</td><td>堅實砂岩,厚 80m</td><td>堅實砂岩,厚 30m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床及兩岸岩盤出露，右岸有小型沖蝕溝，寬度約 4~6M。該點設有土石流監視系統。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">38</td><td rowspan="4">支流
0K+335</td><td>214570</td><td>2560750</td><td>515.7</td><td>13</td><td>堅實砂岩,厚 30m</td><td>堅實砂岩,厚 27m</td></tr>
<tr><td colspan="6">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="6">  </td></tr>
<tr><td colspan="6">溪床及兩岸岩盤出露，溪床上下游面高差大並形成瀑布。</td></tr>
</table>

備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

經上述勘查溪段之彙整成果配合以災害前拍攝之 1/5000 像片基本圖計算河床縱坡度，與災後實際測量所得河床縱坡相比較，並配合現場勘查以劃定河道沖淤嚴重之河段。就其災害前後差異及現場勘查以獲致溪岸受刷蝕之情形，引為參據。本公司初步就本五子寮北集水區之主(角埔溪主流)、支流(南、北支流)野溪沿線土石沖淤之勘查成果，詳如后表 3-18。由表 3-18 可探知角埔溪主流(即自角埔溪與楠梓仙溪匯口起，往角埔溪上游至其南、北支流匯口處)仍處於土石大量淤積之溪段。北支流因其側岸邊坡之大小崩塌不斷，崩塌土石崩落溪床，造成溪床嚴重淤積，就目前崩塌地仍處於不穩定之狀態下，北支流溪床之穩定尚未定性。而南支流之源頭、側岸邊坡崩塌地均有露岩之情形，殘土層覆蓋厚度尚薄，縱使滑移、崩落溪床，其量體有限，對於整體溪床之穩定影響堪稱有限。

由上表 3-17 之照片及全集水區正射影像圖顯示，全段野溪之溪床狀況大致上可分為源頭崩塌、上游淤積、中游輸送及下游淤積等四段區域。逐一說明如後：

1. 源頭崩塌區（集水分區 A1、A2、A4 屬之）：

在集水分區 A1、A2、A4 之上邊坡嶺線區域之崩塌土石崩落其各集水分區所屬之溪段，其溪段縱向坡度＞30°，此區段由正射影像圖可看出，有超過 50％以上之崩塌裸露面，其土石鬆散堆積、部份坡面具有侵蝕溝切割嚴重等現象。

2. 上游淤積區（集水分區 A1、A2、A4 屬之）

本區內嚴重崩塌之區段，大部分皆位於 A1、A2、A3、A4、A5 集水分區內，因區間內偶有天然岩體所形成之自然壩型阻滯，故上游之土砂大部分都淤積在以上之溪段，而天然岩體之高差近有 15-20 公尺，不利於調查之上下通行，故對於天然岩體之上游溪床資料係參考莫拉克風災後之正射影像圖加以判讀、分析。

3. 中游輸送區（集水分區 A3、A5 屬之）

約自主流里程 1K+668.6 以上之 A3 集水分區角埔溪北支流溪段及自支流里程 0K+082.4 以上之 A5 集水分區角埔溪南支流溪段，其溪床之土砂淤積量相對於上、下游區段較少，屬土石流況下之輸送段。大部分溪段兩岸及底床已見岩盤露頭，至主流里程 2K+345.2 及支流里程 0K+355 則各有一天然岩層所構成之自然壩型，其天然岩層高各約有 10、15M，本區段溪床並有多處跌落，形成天然之固床。而此兩溪段雖兩側岸多為露岩之情況，惟兩側邊坡坡面上緣端仍有相當厚實

之殘餘土層，亦有崩落之隱憂，應隨時留意其穩定之情況。

4. 下游淤積區（主流里程 1K+668.6 下游溪段）

於主流里程 1K+668.6 下游溪段區段，幾乎淤滿了土石，因溪床縱坡已漸和緩，土石流動能不足，故持續於該區段淤積，再加上更下游出口處之楠梓仙溪主流亦淤積大量之土石，使得此溪段之土石無法有效輸出情況下，致土砂淤積之窘境變得更加嚴重。本下游區縱斷面詳圖 3-12。

本項野溪調查工作將配合現勘調查之方式，針對五子寮北集水區主流-角埔溪、北支流野溪、南支流野溪之特定勘查點，進行詳細之災損類型、土石流發生徵兆、有否治理工程等實際情況進行登載，並就其調查實況進行描述後評估該野溪特定點位之溪床沖、淤及穩定情形。實際採用之調查方式以登錄格式化調查表，如后表 3-19 方式呈現，並將登錄成果彙整如後附光碟附錄 E 說明。

表 3-18 集水區內主、支流各溪段沿線災害種類與區位統計一覽表(1/4)

勘查點位	TWD97 二度分帶		溪流斷面			兩側岸地質概況				現況描述及說明
	X 座標	Y 座標	溪床高程(M)	溪床寬度(M)	沖刷或淤積	左岸		右岸		
	所屬椿號					岩性	高度	岩性	高度	
1	213163	2561628	387.8	119	淤	砂土	10M	砂土	15M	主流與楠梓仙溪匯口，大量土砂淤積。
	主流 0K+000									
2	213237	2561532	392.8	148	淤	砂土	10M	砂土	20M	溪床大量土砂淤積。
	主流 0K+122									
3	213282	2561447	396.8	174	淤	砂土	15M	砂土	20M	溪床大量土砂淤積，右岸積土高度約 2M。
	主流 0K+215.4									
4	213301	2561363	399.8	140	淤	砂土	15M	砂土	20M	溪床大量土砂淤積。
	主流 0K+298.8									
5	213358	2561298	402.4	144	淤	砂土	15M	砂土	20M	溪床大量土砂淤積。
	主流 0K+386.6									
6	213394	2561228	408.4	170	淤	砂土	15M	砂土	25M	溪床大量土砂淤積，兩岸積土高度約 2M。
	主流 0K+466.6									

備註：上述災害種類及區位調查，由規劃團隊規劃調查小組經現場勘查紀錄與彙整。

表 3-18 集水區內野溪沿線災害種類與區位統計一覽表(2/4)

勘查點位	TWD97 二度分帶		溪流斷面			兩側岸地質概況				現況描述及說明
	X 座標	Y 座標	溪床高程(M)	溪床寬度(M)	沖刷或淤積	左岸		右岸		
	所屬椿號					岩性	高度	岩性	高度	
7	213456	2561177	411	183	淤	砂土	20M	砂土	30M	溪床大量土砂淤積，左岸積土高度約 3M，右岸約 2M。
	主流 0K+545									
8	213522	2561148	415.2	181	淤	砂土	20M	砂土	25M	溪床大量土砂淤積，兩岸積土高度約 2M。
	主流 0K+619									
9	213599	2561109	421.2	182	淤	砂土	20M	砂土	25M	溪床大量土砂淤積，右岸積土高度約 3M。
	主流 0K+704.6									
10	213622	2561046	428.2	180	淤	砂土	20M	砂土	35M	溪床大量土砂淤積，右岸積土高度約 2M。
	主流 0K+770									
11	213653	2560990	431.4	162	淤	砂土	15M	砂土	40M	大量土砂淤積，右岸積土高度約 3M，左岸邊坡土層裸露。本位置約為林班界線。
	主流 0K+835.8									
12	213688	2560936	434.4	186	淤	砂土	15M	砂土	65M	大量土砂淤積，且大石遍佈，右岸積土高度約 2M，左岸邊坡土層裸露。
	主流 0K+898.8									
13	213761	2560882	441.6	203	淤	砂土	49M	砂土	60M	溪床大量土砂淤積，且大石遍佈，兩岸積土高度約 4M。
	主流 0K+983.8									
14	213813	2560846	447	183	淤	砂岩	80M	砂岩	40M	大量土砂淤積且大石遍佈，兩岸積土高度約 4M。左岸有沖蝕溝，寬度約 3~4M。
	主流 1K+052.8									
15	213866	2560824	452.6	127	淤	砂岩	90M	砂岩	60M	大量土砂淤積且大石遍佈，右岸積土高度約 4M，左岸約 8M。
	主流 1K+109.8									
16	213933	2560789	458	95	淤	砂岩	45M	砂岩	36M	溪床大量土砂淤積，且大石遍佈，溪床兩岸積土高度約 4M。
	主流 1K+177									
17	213981	2560800	463.06	90	淤	砂岩	39M	砂岩	72M	溪床大量土砂淤積，且大石遍佈，溪床左岸積土高度約 4M。
	主流 1K+225									
18	214031	2560775	469	82	淤	砂岩	50M	砂岩	51M	大量土砂淤積，溪床左岸積土高度約 3M。
	主流 1K+288.6									

備註：上述災害種類及區位調查，由規劃團隊規劃調查小組經現場勘查紀錄與彙整。

表 3-18 集水區內野溪沿線災害種類與區位統計一覽表(3/4)

勘查點位	TWD97 二度分帶		溪流斷面			兩側岸地質概況				現況描述及說明
	X 座標	Y 座標	溪床高程(M)	溪床寬度(M)	沖刷或淤積	左岸		右岸		
	所屬樁號					岩性	高度	岩性	高度	
19	214095	2560782	470.8	102	淤	砂岩	50M	砂岩	45M	溪床大量土砂淤積，且大石遍佈，溪床左岸積土高度約 3M。
	主流 1K+340.6									
20	214149	2560785	474	91	淤	砂岩	54M	砂岩	20M	溪床大量土砂淤積，且大石遍佈，溪床左岸積土高度約 2.5M。
	主流 1K+397.6									
21	214222	2560759	484.2	101	淤	砂岩	57M	砂岩	53M	溪床大量土砂淤積，且大石遍佈，溪床左岸積土高度約 2.5M。
	主流 1K+475.8									
22	214283	2560788	488	84	淤	砂岩	69M	砂岩	35M	主支流匯流口，溪床大石遍佈，兩岸岩盤出露。
	主流 1K+536.6									
23	214370	2560873	496.2	42	淤	砂岩	10M	砂岩	16M	溪床大石遍佈，右岸堆積大量土層。
	主流 1K+668.6									
24	214340	2560910	498.4	44	淤	砂岩	21M	砂岩	43M	溪床大石遍佈，大量土體淤積。
	主流 1K+710.4									
25	214403	2560932	500.4	15	淤	砂土	16M	砂岩	43M	河道於此段束縮，大量土體淤積。
	主流 1K+772.8									
26	214514	2560966	503.8	10	沖	堅實砂岩	17M	堅實砂岩	17M	此段仍為束縮段，該點設有土石流監視系統。
	主流 1K+871.8									
27	214502	2561028	506.8	17	沖	堅實砂岩	25M	砂土	100M	溪床土砂堆積較下游段少，兩側岸岩盤出露。
	主流 1K+931.6									
28	214592	2561117	518.5	25	淤	砂土	100M	堅實砂岩	76M	溪床大量土砂堆積，右岸有小型沖蝕溝，寬度約 1~2M。
	主流 2K+057.6									
29	214681	2561146	522.7	19	淤	堅實砂岩	55M	堆積土	30M	溪床土砂堆積，右岸有大型崩塌地，土層堆積於右岸坡腳。
	主流 2K+150.6									
30	214719	2561170	525.1	25	淤	堅實砂岩	100M	堆積土	66M	溪床土砂堆積，右岸有大型崩塌地，土層堆積於右岸坡腳。
	主流 2K+199									

備註：上述災害種類及區位調查，由規劃團隊規劃調查小組經現場勘查紀錄與彙整。

表 3-18 集水區內野溪沿線災害種類與區位統計一覽表(4/4)

勘查點位	TWD97 二度分帶		溪流斷面			兩側岸地質概況				現況描述及說明
	X 座標	Y 座標	溪床高程(M)	溪床寬度(M)	沖刷或淤積	左岸		右岸		
	所屬椿號					岩性	高度	岩性	高度	
31	214737	2561216	530.1	23	淤	堅實砂岩	20M	砂岩	95M	溪床大量土砂堆積，右岸有大型崩塌地，大量土層堆積於右岸坡腳，崩塌面無殘土。左岸有沖蝕溝，溝寬約 2~3M。
	主流 2K+249.2									
32	214744	2561318	536.5	72	淤	堆積土	42M	堅實砂岩	8M	右岸有小型蝕溝，寬度約 1~2M，另於蝕溝上游面有兩處小型崩塌地，寬度約 40M，長度約 50M。
	主流 2K+345.2									
33	214362	2560776	495	33	沖	堅實砂岩	10M	砂土	8M	溪床大石遍佈，左岸岩盤出露。
	支流 0K+000									
34	214402	2560792	495.5	24	沖	堅實砂岩	74M	堅實砂岩	7M	溪床大石遍佈，兩岸岩盤出露。
	支流 0K+082.4									
35	214478	2560828	500.8	10	沖	堅實砂岩	16M	堅實砂岩	19M	溪床及兩岸岩盤出露。
	支流 0K+121									
36	214504	2560807	509.3	20	沖	堅實砂岩	74M	堅實砂岩	20M	溪床及兩岸岩盤出露，右岸有小型沖蝕溝，寬度約 2~3M。
	支流 0K+199.8									
37	214537	2560811	511.2	15	沖	堅實砂岩	80M	堅實砂岩	30M	溪床及兩岸岩盤出露，右岸有小型沖蝕溝，寬度約 4~6M。該點設有土石流監視系統。
	支流 0K+224.8									
38	214570	2560750	515.7	13	沖	堅實砂岩	30M	堅實砂岩	27M	溪床及兩岸岩盤出露，溪床上下游面高差大並形成瀑布。
	支流 0K+268.8									

備註：上述災害種類及區位調查，由規劃團隊規劃調查小組經現場勘查紀錄與彙整。

表 3-19 五子寮北集水區野溪調查紀錄表(登錄格式)

<table>
<tr><td>野溪編號</td><td colspan="3">○○野溪(編號1調查點)</td></tr>
<tr><td>行政區域</td><td></td><td colspan="2" rowspan="4">GPS定位座標(TWD97)
X：　；Y：
EL：
（請於工程位置圖標註GPS座標標定處）</td></tr>
<tr><td>集水區名稱</td><td></td></tr>
<tr><td>子集水區名稱</td><td></td></tr>
<tr><td>所屬流域</td><td></td></tr>
<tr><td>溪流名稱</td><td></td><td>災害發生時間</td><td>□無
□有（時間：　　）</td></tr>
<tr><td>災損類型
（可複選）</td><td colspan="3">□坡面沖蝕　□沖蝕溝發達　□岸坡崩塌　□亂流河段　□淤砂嚴重
□縱向沖蝕　□土石流　□洪泛區　□其它_____</td></tr>
<tr><td>治理工程
（可複選）</td><td colspan="3">□造林　(ha) □植生　(ha)　□蝕溝治理　(m) □縱橫向排水　(m)
□防砂壩　(座) □固床工　(座) □ 潛壩　(座) □梳子壩　(座)
□護岸　(m) □堤坊　(m)　□其它
構造物描述：無</td></tr>
<tr><td>現況描述</td><td colspan="3">1.河寬_____(m) 2.河左岸高_____(m) 3.河右岸高_____(m)
4.河床平均坡度_____ (%)　5.其他
6.溪流沖淤情形：
7.河岸侵蝕情形：
8.概述：</td></tr>
<tr><td>水土保持需求</td><td colspan="3">□建議治理與維修項目：
□保全對象與治理效益初步評估：
□不需治理與維修原因：</td></tr>
</table>

調查人員：　　導勘人員：　　調查日期：

表 3-19 五子寮北集水區野溪調查紀錄表(登錄格式)-續

野溪流位置圖	
現況照片	

調查人員：　　導勘人員：　　調查日期：

3.4 既有治山防災構造物、河防構造物及及跨河構造物現況調查

本項既有治山防災構造物調查工作將配合現勘調查之方式,針對五子寮北集水區各野溪之各既有工程構造物之相關位置、工程內容、構造物所在溪床或邊坡之破壞情形、致災之原因與建議修復或重建之構想方案等實際情況進行登載，並就其調查實況進行描述後評估該特定點位既有治山防災構造物之穩定性及治理可行性。實際調查成果，如后表 3-20-1 所示。實際採用之調查方式以登錄格式化調查表，如后表 3-21 方式呈現，並將登錄成果彙整如後附光碟附錄 F 說明。

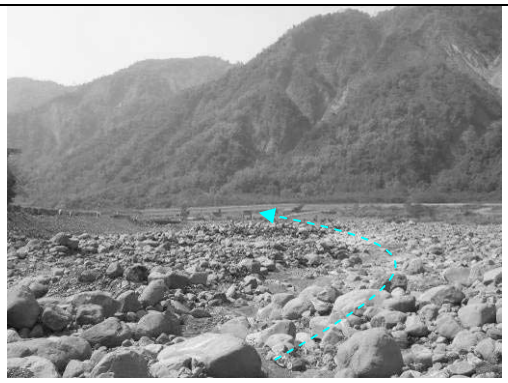
本公司初步就本五子寮北集水區之集水區內既有治山防災構造物、河防構造物及及跨河構造物現況調查之勘查成果，彙整詳如后表 3-20。由表 3-20 可探知本五子寮北集水區構造物共有 2 處，一處為 99 年度角埔溪上游災害河道清疏復建工程，99 年之清疏斷面經 5 年後，局部已再行淤滿，99 年之清疏斷面經 5 年後，其左右斷面仍維持約 3m 高之清疏土石堆積層。另一處位於角埔溪主流溪口下游側楠梓仙溪溪床，為全新完工之半永久性 5 橋孔鋼便橋之小林橋工程，目前溪床穩定，楠梓仙溪主流水量稀少，沖蝕橋墩之情況未見。

表 3-20 五子寮北集水區構造物調查區位統計一覽表

勘查點位	TWD97 二度分帶 X 座標 / Y 座標 所屬椿號		設施或工程名稱	設施損壞情形	現況描述及說明
1	213813	2560846	角埔溪上游災害河道清疏復建工程	99 年之清疏斷面經 5 年後，局部已再行淤滿	99 年之清疏斷面經 5 年後，其左右斷面仍維持約 3m 高之清疏土石堆積層。
	主流 0K+835.5 至 主流 1K+536.6				
2	213105	2561585	小林橋工程	惟全新完工之半永久性 5 橋孔鋼便橋	目前溪床穩定，楠梓仙溪主流水量稀少，沖蝕橋墩之情況未見。
	角埔溪主流溪口下游側楠梓仙溪溪床				

備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-20-1 五子寮北集水區構造物調查區位及照片成果表

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">里程</td><td>設施或工程名稱</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td>設施損壞情形</td></tr>
<tr><td>角埔溪上游災害河道清疏復建工程</td><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td rowspan="2">99 年之清疏斷面經 5 年後，局部已再行淤滿</td></tr>
<tr><td rowspan="4">1</td><td rowspan="4">主流
0K+835.5
至
主流
1K+536.6</td><td>213813</td><td>2560846</td></tr>
<tr><td colspan="4">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="4">   </td></tr>
<tr><td colspan="4">99 年之清疏斷面經 5 年後，其左右斷面仍維持約 3m 高之清疏土石堆積層。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">2</td><td rowspan="4">角埔溪主流溪口下游側楠梓仙溪溪床</td><td>小林橋工程</td><td>213105</td><td>2561585</td><td>惟全新完工之半永久性 5 橋孔鋼便橋</td></tr>
<tr><td colspan="4">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="4">   </td></tr>
<tr><td colspan="4">目前溪床穩定，楠梓仙溪主流水量稀少，沖蝕橋墩之情況未見。</td></tr>
</table>

備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-21 五子寮北集水區構造物調查紀錄表(登錄格式)

工程名稱			工程編號		結算金額			
工程地點	_____縣市 _____鄉鎮 _____村里 _____ 子集水區名稱：_____ 子集水區編號：_____		GPS座標	EL：_____□ (TW97) X：_____；Y：_____ (註:請於工程位置略圖標註 GPS 座標標定處)				
執行單位		施工期間	年度： ～	設計單位		監工單位		承包廠商	
工程內容	□防砂壩：____(座) □梳子壩:_____(座) □潛壩：_____(座) □跌水工____(座) □固床工：____(座) □排水設施：____(m) □版橋：_____(座) □靜水池____(座) □護岸：_____(m) □堤防:_____(m) □擋土牆：_____(m) 箱涵：_____(座) □其他構造物：_____(座)							
環境現況概述	1.溪床：□穩定 □淘刷（深度約____m） □淤積（淤積約____m） 2.兩岸：□穩定 □崩塌（面積約____m^2） 3.概述：_____							
致災原因及修復說明	構造物編號：_____ 名稱：_____ 數量：_____ 受損狀態：□未受損 □受損(□10%以下 □10%～30% □30%～50% □50%以上) □完全損壞 致災營力：□山坡崩塌 □溪床沖蝕 □溪岸溢流 □土石流 □溪床淤積 □其他 修復急切性：□急需 □暫緩 □無需修復 建議修復方式：_____ 概估修復經費：_____仟元 受損情形說明：_____							
訪談記錄								

調查人員：　　導勘人員：　　調查日期：

表 3-21 五子寮北集水區構造物調查紀錄表(登錄格式)-續

構造物位置圖	
現況照片	

調查人員：　　導勘人員：　　調查日期：

3.5 林班道路水土保持調查

本項林班道路水土保持調查工作將配合現勘調查之方式,針對五子寮北集水區內之各級道路之道路類型、寬度、破壞類型、破壞範圍、及所處位置之地層結構等實際情況進行登載，並就其調查實況進行描述後評估該特定點位林班道路之穩定性及治理可行性。實際調查成果，如后表 3-22-1 所示。實際採用之調查方式以登錄格式化調查表，如后表 3-23 方式呈現，並將登錄成果彙整如後附光碟附錄 G 說明。

本公司初步就本五子寮北集水區之集水區內林班道路水土保持調查之勘查成果，彙整詳如后表 3-22。由表 3-22 可探知本五子寮北集水區林班道路水土保持調查之勘查共有 1 處，本處為位於角埔溪主、支流匯口沿相鄰之脊線上游方向行進約 200m 處，整體而言，就該段損壞之林道整體評估，建議可俟下游河道治理及崩塌地、裸露地處理告一階段後再行修復，目前整體集水區尚不穩定情況下，並不建議先行辦理該損傷林道路段之修復工作。(目前該林班道路其他路段雜草叢生，並無人進出，暫無修復需求)。其路基：路基受 PC 層路面逕流沖蝕而淘空坍陷。路面：路面為 PC 及土面分置，PC 層部分已有龜裂及錯動之現象，研判應為林道基礎受 PC 層路面逕流沖蝕而淘空坍陷所致。土面林班道路部份下邊坡塌陷崩落，不良於行。

表 3-22 五子寮北集水區林班道路水土保持調查區位統計一覽表

勘查點位	TWD97 二度分帶		損壞林班道路斷面情形		設施損壞情形	現況描述及說明
	X 座標	Y 座標				
1	214447	2560855	長度（m）	寬度（m）	路基：路基受 PC 層路面逕流沖蝕而淘空坍陷。路面：路面為 PC 及土面分置，PC 層部分已有龜裂及錯動之現象,研判應為林道基礎受 PC 層路面逕流沖蝕而淘空坍陷所致。土面林班道路部份下邊坡塌陷崩落，不良於行。	整體而言，就該段損壞之林道整體評估，建議可俟下游河道治理及崩塌地、裸露地處理告一階段後再行修復，目前整體集水區尚不穩定情況下，並不建議先行辦理該損傷林道路段之修復工作。(目前該林班道路其他路段雜草叢生，並無人進出，暫無修復需求)
	位於角埔溪主、支流匯口沿相鄰之脊線上游方向行進約 200m 處		120m	約 2m		

備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-22-1 五子寮北集水區林班道路水土保持調查區位及照片成果表

<table>
<tr><td rowspan="2">編號</td><td rowspan="2">林班道路段或位置</td><td colspan="2">TWD97 二度分帶</td><td colspan="2">損壞林班道路斷面情形</td><td>損壞林班道路概述</td></tr>
<tr><td>X 座標</td><td>Y 座標</td><td>長度（m）</td><td>寬度（m）</td><td rowspan="2">受損林班道路段係位於角埔溪主、支流匯口沿相鄰之脊線往上游面行進位置</td></tr>
<tr><td rowspan="3">1</td><td rowspan="3">位於角埔溪主、支流匯口沿相鄰之脊線上游方向行進約 200m 處</td><td>214447</td><td>2560855</td><td>120m</td><td>約 2m</td></tr>
<tr><td colspan="5">現況照片</td></tr>
<tr><td colspan="5">  
路基：路基受 PC 層路面逕流沖蝕而淘空坍陷。
路面：路面為 PC 及土面分置，PC 層部分已有龜裂及錯動之現象，研判應為林道基礎受 PC 層路面逕流沖蝕而淘空坍陷所致。土面林班道路部份下邊坡塌陷崩落，不良於行。
概述：整體而言，就該段損壞之林道整體評估，建議可俟下游河道治理及崩塌地、裸露地處理告一階段後再行修復，目前整體集水區尚不穩定情況下，並不建議先行辦理該損傷林道路段之修復工作。(目前該林班道路其他路段雜草叢生，並無人進出，暫無修復需求)</td></tr>
</table>

備註：本調查資料由規劃團隊經實地現勘調查彙整製作。

表 3-23 五子寮北集水區林班道路水土保持調查紀錄表(登錄格式)

<table>
<tr><td>行政區域</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>子集水區名稱</td><td></td><td rowspan="4">GPS
定位</td><td rowspan="2">EL：_____ (TWD97)</td></tr>
<tr><td>子集水區編號</td><td></td></tr>
<tr><td>所屬流域</td><td></td><td>X：_____Y：_____</td></tr>
<tr><td>溪流名稱</td><td></td><td>（請於災害位置圖標註 GPS 座標標定處）</td></tr>
<tr><td>道路編號</td><td colspan="2"></td><td>災害發生時間</td></tr>
<tr><td>道路類型</td><td colspan="3">□國道 □縣道 □鄉道 □農路 □林班道路 □其他_____</td></tr>
<tr><td>道路寬度</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>破壞類型</td><td colspan="3">□土石流道路破壞　□上邊坡崩塌破壞　□下邊坡崩塌破壞
□地震破壞　□地滑破壞　□排水不良破壞　□其他_____</td></tr>
<tr><td>破壞面積</td><td colspan="3">□目測（平均長度：_____；平均寬度：_____；平均深度：_____ ）
□實測（平均長度：_____；平均寬度：_____；平均深度：_____）</td></tr>
<tr><td>排水設施</td><td colspan="3">□無
□有（設施：_____）</td></tr>
<tr><td>岩層</td><td colspan="3">上邊坡：
□層狀岩石 □塊狀岩石 □砂頁岩互層 □礫岩 □風化岩 □其他_____
下邊坡：
□層狀岩石 □塊狀岩石 □砂頁岩互層 □礫岩 □風化岩 □其他_____</td></tr>
<tr><td>狀況說明</td><td colspan="3">路基：

路面：

概述：</td></tr>
</table>

調查人員：　　導勘人員：　　調查日期：

表 3-23 五子寮北集水區林班道路水土保持調查紀錄表(登錄格式)-續

訪談記錄	
災害位置圖	
道路水土保持破壞簡圖或照片	

調查人員：　　導勘人員：　　調查日期：

3.6 潛勢災害分析

3.6.1 災害成因分析

由於颱風所帶來洪峰侵襲及地質破碎環境下，使得本計畫區源頭及兩側邊坡崩塌嚴重。靠近溪側之山邊坡地則囿因水流縱、橫向沖刷之作用，淘刷邊坡基腳，而生坡面坍滑、大量土石崩落溪床，並順水流帶往中下游平緩處淤積，造成河道淤塞之窘境。因此，中、下游邊坡坡腳保護及崩塌地坡面治理乃當刻不容緩。條列本計畫區內易致災成因如下：

一、坡面陡峭、地質破碎

本計畫區內坡度以五、六級坡為主，其平均坡度如前述為 59.03%(換算為 36.18 度)，坡面甚為陡峭。加上地質結構破碎(按前 2.4.2 節區域地質之說明，其地質環境災害尚有岩屑崩滑及順向坡等災害類型)和颱風所帶來洪峰侵襲的環境下，使得本計畫區內集水區源頭及兩側邊坡崩塌嚴重。靠近溪側之山邊坡地則因水流縱、橫向沖刷之作用，淘空邊坡基腳，而產生坡面坍滑、大量土石崩落淤積於溪床。因此，各林班地崩塌地及中、下游溪流整治乃當刻不容緩。

二、上游河床縱坡陡峭、下游溪床縱坡平緩

計畫區溪床的大量土、砂來源，除由土壤沖蝕及崩塌土石量提供外，另因上游溪床縱坡陡峭(北支流平均溪床坡降為 18.98%，南支流平均溪床坡降為 26.12%)，颱洪或暴雨所帶來超大長延時之雨量、帶動土石往下游溪床縱坡平緩之處，致使土砂淤積於河道，不易順利輸出，並使下游溪床抬昇，過多的土砂將於往後遭逢暴洪時，便會直接對下游地區造成傷害。

三、氣候變遷，瞬時降雨強度提高、持續降雨延時拉長

由於近年來大環境氣候變遷之影響，台灣的降雨型態日益趨向於極端化，旱澇分別明顯，依據本計畫所蒐集之雨量資料顯示，本集水區內年平均雨量高達 2,967mm。雨量集中，也增加降雨對地表破壞的能力，亦是本計畫區致災的因素之一。

由莫拉克颱風之對本集水區有所影響(影響權重為 77.36%)下之高中雨量站紀錄之雨量值來看，詳後表 3-24，其連續最大一日降雨量值為 1,334mm、連續最大二日降雨量值為 1,970mm、連續最大三日降雨量值為 2,463mm。經前 2.7 節歷

年颱風豪雨災害情形針對莫拉克颱風當時造成與本集水區緊鄰之獻度山大崩塌時間點，據當時目睹者所述應為民國 98 年 8 月 9 日早上 5 時許，而於高中雨量站所測得之雨量紀錄顯示自 98 年 8 月 6 日之晚間 10 時許即開始降雨，初雨並不大，至 8 月 7 日累積雨量已達 494mm，至 8 月 8 日累積雨量已達 1,828mm，至 8 月 9 日早上 5 時許之累積雨量更達 2,017mm，可約略對比為連續最大二日降雨量(值為 1,970mm)。再行復視前表 2-20 之高中雨量站之其他年份之連續最大一日、二日、三日降雨量後(民國 98 年除外)，其連續最大一日降雨量最高之年份為 2005 年 688mm、連續最大二日降雨量最高之年份為 2005 年 1,183mm、連續最大三日降雨量最高之年份為 2004 年 1,552mm。由此可知，達成本五子寮北集水區產生崩塌之降雨條件至少為 2,017mm，而歷年來影響本五子寮北集水區之其他颱風、暴雨降雨量值無論連續最大一日、二日、三日均小於此 2,017mm 之臨界限度，故多年來(莫拉克颱風之前及後)本五子寮北集水區仍可維持整體集水區之穩定無礙，當可理解。對於長延時之持續降雨雨量可視為本集水區之主要災因之一。

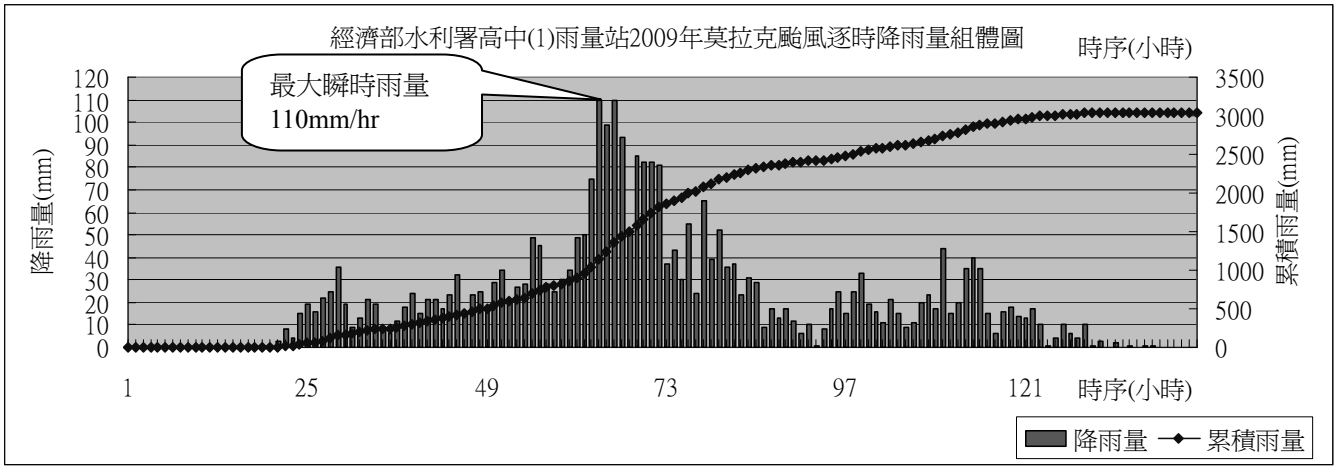
另由表 3-24 可得知，在 8 月 9 日早上 5 時許之瞬時雨量強度為 24mm/hr，照講其當時之雨量並不高，其最高強度應為 8 月 8 日晚上 16-19 時的時候，其瞬時雨量強度達到 100mm/hr 以上或接近 100mm/hr，且在午夜前其瞬時雨量強度仍有將近 80mm 以上之量，此時之雨量強度及累積降雨(自 8 月 8 日晚上 16 時起至午夜之 9 小時內，半天不到的時間內累積雨量達到 794mm)已迫使獻度山山嶺邊坡瀕臨崩潰之臨界狀況，終至 8 月 9 日早上 5 時許發生獻度山大崩塌，將小林村掩埋之重大災害。由此可看出瞬時雨量強度提高，同理亦可視為造成本集水區之主要災因之一。

表 3-24 高中雨量站莫拉克颱風各延時降雨量一覽表

延時	98 年 8 月 6 日		98 年 8 月 7 日		98 年 8 月 8 日		98 年 8 月 9 日		98 年 8 月 10 日		98 年 8 月 11 日	
	降雨量	累積雨量	降雨量	累積雨量	降雨量	累積雨量	降雨量	累積雨量	降雨量	累積雨量	降雨量	累積雨量
1	0	0	19	52	16	510	37	1865	15	2479	13	2970
2	0	0	16	68	29	539	43	1908	25	2504	17	2987
3	0	0	22	90	34	573	30	1938	33	2537	10	2997
4	0	0	25	115	21	594	55	1993	19	2556	1	2998
5	0	0	36	151	27	621	24	2017	16	2572	4	3002
6	0	0	19	170	28	649	65	2082	11	2583	10	3012
7	0	0	9	179	49	698	39	2121	21	2604	6	3018

8	0	0	13	192	45	743	52	2173	15	2619	4	3022
9	0	0	21	213	28	771	36	2209	9	2628	10	3032
10	0	0	19	232	25	796	37	2246	11	2639	1	3033
11	0	0	9	241	30	826	23	2269	20	2659	3	3036
12	0	0	6	247	34	860	31	2300	23	2682	0	3036
13	0	0	12	259	49	909	29	2329	17	2699	2	3038
14	0	0	18	277	50	959	9	2338	44	2743	0	3038
15	0	0	24	301	75	1034	17	2355	15	2758	1	3039
16	0	0	15	316	110	1144	13	2368	20	2778	0	3039
17	0	0	21	337	99	1243	17	2385	35	2813	1	3040
18	1	1	21	358	110	1353	12	2397	40	2853	1	3041
19	1	2	17	375	93	1446	6	2403	35	2888	0	3041
20	1	3	23	398	52	1498	10	2413	15	2903	0	3041
21	3	6	32	430	85	1583	1	2414	6	2909	0	3041
22	8	14	16	446	82	1665	8	2422	16	2925	0	3041
23	4	18	23	469	82	1747	17	2439	18	2943	0	3041
24	15	33	25	494	81	1828	25	2464	14	2957	0	3041
合計	33	—	461	—	1334	—	636	—	493	—	84	—
備註：連續最大一日降雨量值為 1334mm、二日為 1970mm、三日為 2463mm。												

註：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P129 高中雨量站莫拉克颱風降雨紀錄資訊。



3.6.2　土石流潛勢

經查水土保持局發佈之「土石流潛勢溪流調查成果圖冊」，此五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)所屬野溪-角埔溪非登錄為土石流潛勢溪，惟經 98 年莫拉克颱風之肆虐，累積之豪雨量(2,000mm 以上)及高達 90、100mm/hr 以上之瞬時暴雨量，仍使得上游源頭產生大規模之崩山，更因此引發土石流，土石下移至楠梓仙溪淤塞情況下並造成楠梓仙溪上游形成堰塞湖，而當堰塞湖潰決之際，小林村終至躲不過此一浩劫。爾後數年間颱風豪雨仍不斷侵襲，其溪床水流含砂量極高，且上游仍有崩塌地生成，建議仍應隨時留意暴洪所產生之土石流流況。

按前 3.2 節對於南、北兩條支流可能發生土石流之潛勢，已予說明其影響仍大，其南、北兩條支流之土石流潛勢經調查評估後，均分列為「中級」優先處理順序之等級，可見其對於土石流之治理，仍具有一定程度之治理需求。

3.6.3　崩塌潛勢

莫拉克颱風侵襲肆虐後，與本案集水區相鄰之小林村獻肚山山頭發生大崩山災害，雖相鄰接之本案集水區北界山坡未隨之大崩落，惟仍於角埔溪主、支流產生大小規模不一之源頭與溪岸邊坡崩塌災害，經歷 4 年間之休養生息，經自然復育之崩塌面已陸續回復綠化景觀，但依舊有不少新生崩塌地產生(野溪兩側邊坡及源頭崩塌)或舊崩塌所殘留之遺跡，經調查本五子寮北集水區林班地內崩塌地區位及現況，預估約有近 138.82 公頃之數(目前套疊與調查、判釋結果，為崩塌地投影面積總量)，詳圖 3-7。經蒐集民國 90 年 11 月、民國 103 年 3 月莫拉克風災及持續歷經數年颱風、豪雨侵襲過後之衛星影像進行比對後，目前集水區源頭及邊坡崩塌情形仍相當嚴重，復經數年間山林之休養生息，改善緩慢。惟經實地現場勘查結果，集水區源頭崩塌之情況並不穩定，崩塌土石淤積溪床之狀況仍然存在，對此淤積溪床並呈現不穩定之土石量，隨時會有因暴洪刷蝕，而有運移釀災之隱憂，更須特別留意，衛星影像比對詳圖 3-8 所示。

由前 3.1 節之崩塌地調查結果顯示，近年來之崩塌地處數不但沒有減少，反而有增加之趨勢(99 年之 56 處，增加至 104 年之 71 處)，表示經 5 年間之林相休養生息結果，其自然復育情況未如預期中理想，而部分既存之崩塌地崩塌面殘土層仍厚，

將隨逐年之坡面沖蝕而帶往下坡面之溪床淤積。尤其是近年所發生之新生崩塌地，因其坡面仍屬尚未穩定之狀態，如在突遇暴洪，或長延時之持續降雨雨量，恐有再次崩塌之可能，此些新生崩塌地多集中在北支流集水區內，其崩塌面積達 5.8129ha。

經再行檢視北支流集水區內之坡面平均坡度高達 65.16%(40.66 度)，其所轄 A1 集水分區之坡面平均坡度為 64.88%(40.45 度)、A2 集水分區之坡面平均坡度為 67.59%(42.52 度)、A3 集水分區之坡面平均坡度為 63.59%(39.49 度)，均相當陡峭，為整體集水區中最易發生崩塌潛勢之區域，應特別留意。

除北支流集水區外，南支流集水區則自莫拉克風災崩塌後，近年來所新生崩塌之情況並不明顯，其所轄 A4 集水分區之坡面平均坡度為 55.51%(33.72 度)、A5 集水分區之坡面平均坡度為 57.52%(35.11 度)、整體南支流集水區之坡面平均坡度為 56.24%(34.22 度)，雖較北支流集水區坡面平均坡度 65.16%(40.66 度)為小，但仍十分陡峭，其崩塌潛勢之狀況不明顯之原因，可能在於其逢莫拉克颱風時，長延時之超大雨量持續沖蝕坡面之結果，大部分之坡面土層已崩滑至下坡面之溪床，此由現場勘查南支流溪床之現象多呈岩盤出露之情況可得印證(溪床調查部分可於溪床及兩側岸邊坡均見到大面積範圍之堅實岩盤)。惟除已見岩面之坡面較為穩定外，亦不排除仍有厚土層之坡面，如在突遇暴洪，或長延時之持續降雨雨量，恐具有崩塌之潛勢可能。

而角埔溪主流下游段集水區，特別是 A7 集水分區內之新生崩塌地也不少，其發生新生崩塌之區域，大多為先前既有崩塌地之上邊坡源頭，雖然此 A7 集水分區之平均坡度為 50.73%(30.48 度)，較之南、北兩支流集水區域之坡度為小，但也是相當陡峭，此集水分區內之新生崩塌地可定義為既有崩塌地之延伸崩塌情況，因此，可以研判此區域內之崩塌地具有再行崩塌之潛勢，應預加防範。

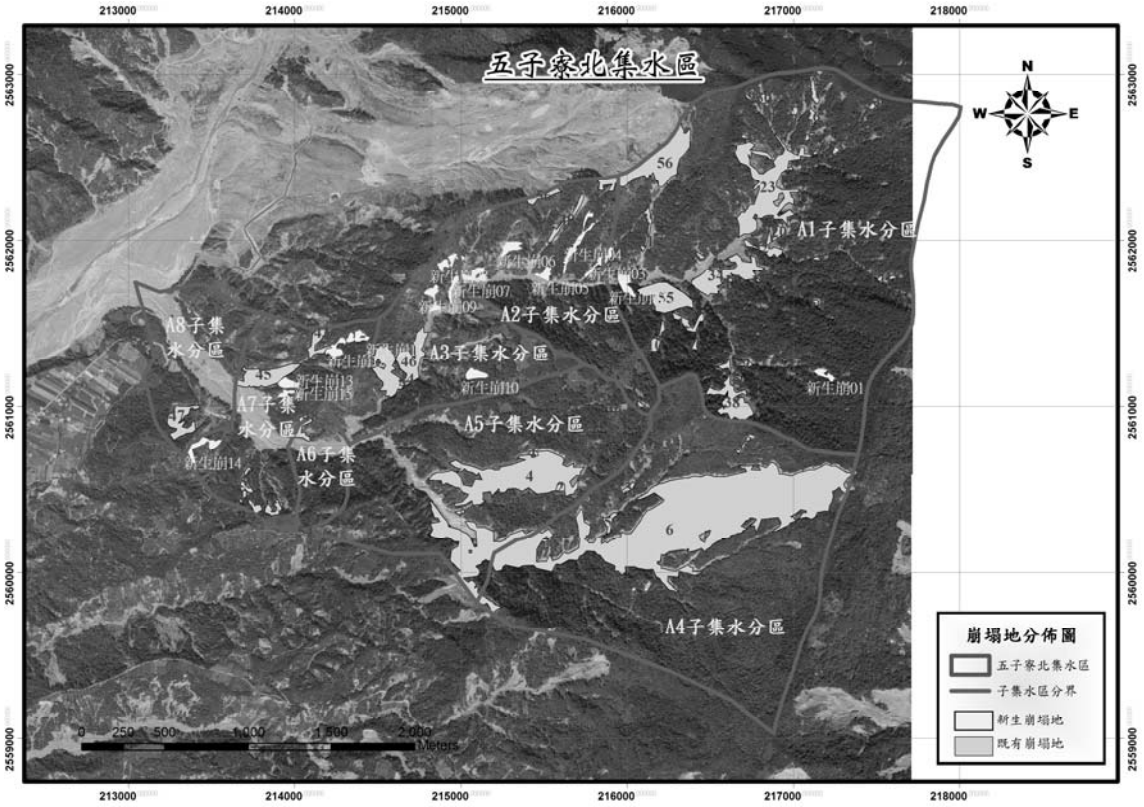


圖 3-7 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)崩塌地災害現況區位圖

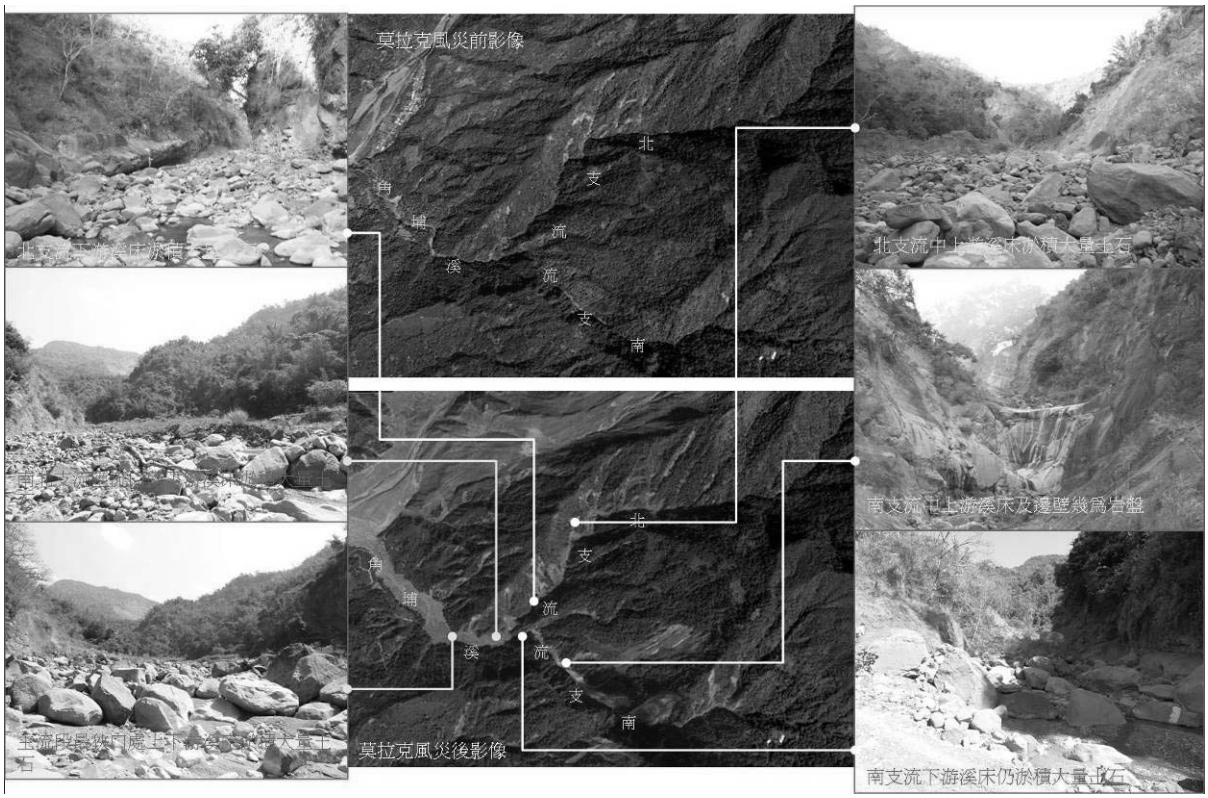


圖 3-8 五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)崩塌地災害前後衛星影像圖

3.6.4　道路損壞現況

復經勘查五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)內外主要道路狀況後，原有之台 21 線道因受到莫拉克 88 風災侵襲造成小林村所在獻肚山大崩山結果，早經截斷。目前為方便更北面那瑪夏區居民之進出、往來，另順沿楠梓仙溪溪床開設便道通行。惟本案集水區之進出仍可藉由台 21 線五里路路段作為聯外道路之使用，而進入集水區內則需藉由溪床目前臨時開設之便道進出。經過角埔溪主、支流匯口後可銜接上原有林區道路，惟或遭截斷、或有路基淘空災害、亦或是雖尚完好，惟因落石、倒木而不利於行者等因素，並不適於作為施工之動線使用。未來如有治山防災工程之施行，仍建議於既有溪床開設便道，俾便進入到計畫區上游施工區，倒是因為整體溪床已淤積相當平緩，施工人員及機具進出更形方便。目前暫由溪床所開設之施工便道通行狀況與路況，情形詳如後照片。



3.7 GIS 檔建置

地理空間資訊可謂具有空間位相關係之地理資訊。而地理資訊廣義而言則泛指地表上下之可見特徵及解釋空間特徵的現象；而位相關係指在地理空間上的相對位置。利用地理空間資訊結合地理資訊系統技術（Geographic Information Systems；GIS），可因應不同或特殊之需求，表現空間特徵，連結各項資料則有助於決策之擬定，如國土規劃、環境監測、坡地管理等業務輔助。

本計畫將利用公司內既有之已搜集各空間性地理資訊，包含如集水區界、林班界、行政區域、交通、水系、地質、土壤、水文資訊…等，建置獨屬於五子寮北集水區之相關性圖層，俾以於 Arcview 及林務局相關資訊系統展示與相容。本公司於建置 GIS 檔案時，將遵照及配合林務局所擬各類空間屬性資訊，俾日後得以與林務局相關 GIS 系統相容。

除此，並針對前節之崩塌地、土石流潛勢溪流、野溪、治山防災構造物及林道調查成果，建立空間及相關屬性資料、轉檔並建立資料庫之步驟，敘述如下：

一、調查資料彙整建置

就前述調查成果之資料進行對照確認及表格彙整，以崩塌地為例，詳見表 3-3~3-6，整理相關點位之屬性資料，給予編號、名稱、坐標、各級管理權屬、所屬溪流已及其他相關資訊等，存成表格或是可表格化之檔案格式，如*.dbf 格式檔。 彙整本集水區所使用相關點位屬性資訊如後：

二、資料轉換成 Shapefile 格式

將上述彙整之資料轉換成 Shapefile 格式之地理資訊圖資，以利查詢利用每處點位之基本資料，並更容易瞭解各點位間可能之空間相對關係，對空間圖層的操作與運用可以作更強大的控制。轉換為具相位關係的圖層檔案後，亦可視需要增加或修正其屬性資料於空間圖層中。本計畫所使用之各類底圖及檔案組成說明，詳如后表 3-25、各空間地理資訊圖層屬性資料對應，詳如后表 3-26，實際建立之調查成果地理資訊與圖層屬性資料對應，詳如后表 3-27，其應用則另存於後附光碟供予參考與應用。

表 3-25 本計畫所使用之各類底圖及檔案組成說明對應一覽表

序號	底圖名稱	檔案類型及組成
1	1/25,000 經建版地形圖	內政部國土測繪中心發行之彩色地形圖資，圖號：95193NE，圖名：民族，全 1 幅。 檔案名 1：95193NE.aux 檔案名 2：95193NE.adw 檔案名 3：95193NE.sid 檔案名 4：95193NE.xml
2	1/5,000 正射影像圖 (103 年 3 月 10 日)	林務局農林航空測量所之彩色正射影像圖資，包含小林(圖號：95193036)、籐包山(三)(圖號：95193037)、大北勢溪(圖號：95193046)及寶來(四)(圖號：95193047)等 4 幅。 檔案名 1：95193036_100306_0404_mtbn 檔案名 2：95193037_100306_0423_mtbn 檔案名 3：95193046_100306_0404_mtbn 檔案名 4：95193047_100306_0423_mtbn
3	衛星影像圖(Google earth) (90 年 3 月 10 日)	莫拉克風災前衛星影像 副檔名：.jpg
4	1/250,000 地質圖 (中央地質調查所)	地質資料倉儲系統暨地質資料整合查詢圖檔 副檔名：.jpg

註：上表資料由規劃公司彙整。

表 3-26 本計畫所使用之各空間地理資訊圖層屬性資料對應一覽表 (1/3)

空間類別	序號	屬性名稱 (英文代碼)	資訊項名 (中文內涵)	檔案類型及組成
等高線 (型式：線 Line)	1	ID	編號	檔案名 1：contour.shp(圖形格式) 檔案名 2：contour.dbf(圖形屬性數據格式) 檔案名 3：contour.shx(圖形索引格式)
	2	CONTOUR	高程	
林班及其界線 (型式：多邊形 Polygon)	1	ID	林班編號	檔案名 1：fcomp.shp(圖形格式) 檔案名 2：fcomp.dbf(圖形屬性數據格式) 檔案名 3：fcomp.shx(圖形索引格式)
	2	AREA	面積	
	3	PERIMETER	周長	
集水區 (型式：多邊形 Polygon)	1	ID	集水區編號	檔案名 1：twbasin.shp(圖形格式) 檔案名 2：twbasin.dbf(圖形屬性數據格式) 檔案名 3：twbasin.shx(圖形索引格式)
	2	BASINNME	集水區名稱	
	3	AREA	面積	
	4	PERIMETER	周長	

註：上表資料由規劃公司彙整。

表 3-26 本計畫所使用之各空間地理資訊圖層屬性資料對應一覽表(2/3)

空間類別	序號	屬性名稱(英文代碼)	資訊項名(中文內涵)	檔案類型及組成
子集水區(型式：多邊形 Polygon)	1	SUBBASINCO	子集水區編碼	檔案名 1：suball.shp(圖形格式) 檔案名 2：suball.dbf(圖形屬性數據格式) 檔案名 3：suball.shx(圖形索引格式)
	2	SUBBASINNA	子集水區名稱	
	3	BASINCODE	集水區編碼	
	4	BASINNAME	集水區名稱	
	5	CITYCODE	縣市	
	6	MAPINDEX	圖幅編碼	
	7	BASIN	流域名稱	
	8	AREA	面積	
	9	PERIMETER	周長	
鄉鎮界圖(型式：多邊形 Polygon)	1	TOWN_NO	鄉鎮代號	檔案名 1：town.shp(圖形格式) 檔案名 2：town.dbf(圖形屬性數據格式) 檔案名 3：town.shx(圖形索引格式)
	2	TOWN_NAME	鄉鎮名	
	3	CITY_NO	縣市代號	
	4	CITY_NAME	縣市名	
村里界圖(型式：多邊形 Polygon)	1	NEW	村里代號	檔案名 1：twvill.shp(圖形格式) 檔案名 2：twvill.dbf(圖形屬性數據格式) 檔案名 3：twvill.shx(圖形索引格式)
	2	NEW_NA	村里	
	3	PERF_PNA	縣市	
	4	AREA	面積	
	5	PERIMETER	周長	
水系(型式：線 Polyline)	1	LENTH	長度	檔案名 1：river.shp(圖形格式) 檔案名 2：river.dbf(圖形屬性數據格式) 檔案名 3：river.shx(圖形索引格式)
	2	RIVER_NA	河川名稱	
土地利用(型式：多邊形 Polygon)	1	LANDUSE_ID	土地利用代號	檔案名 1：landuse.shp(圖形格式) 檔案名 2：landuse.dbf(圖形屬性數據格式) 檔案名 3：landuse.shx(圖形索引格式)
	2	AREA	面積	
	3	PERIMETER	周長	
雨量站(型式：點 Point)	1	NO	雨量站編號	檔案名 1：rainfall.shp(圖形格式) 檔案名 2：rainfall.dbf(圖形屬性數據格式) 檔案名 3：rainfall.shx(圖形索引格式)
	2	NAME	站名	
	3	X	X 座標	
	4	Y	Y 座標	
	5	PLACE	所在地	
地質圖(型式：多邊形 Polygon)	1	CODE	代碼	檔案名 1：geology.shp(圖形格式) 檔案名 2：geology.dbf(圖形屬性數據格式) 檔案名 3：geology.shx(圖形索引格式)
	2	NAME	名稱	
	3	AGE	世代	
	4	LITHO	岩性	
	5	GLAYER	岩層	
	6	AREA	面積	

註：上表資料由規劃公司彙整。

表 3-26 本計畫所使用之各空間地理資訊圖層屬性資料對應一覽表(3/3)

空間類別	序號	屬性名稱(英文代碼)	資訊項名(中文內涵)	檔案類型及組成
土壤圖(型式：多邊形 Polygon)	1	CODE	土壤代碼	檔案名 1：soil.shp(圖形格式) 檔案名 2：soil.dbf(圖形屬性數據格式) 檔案名 3：soil.shx(圖形索引格式)
	2	AREA	面積	
	3	NAME	名稱	
	4	ORG_NAME	土壤種類	

註：上表資料由規劃公司彙整。

表 3-27 本計畫實際建立之調查成果地理資訊與圖層屬性資料對應一覽表(1/2)

空間類別	序號	屬性名稱 (英文代碼)	資訊項名 (中文內涵)	檔案類型及組成
集水分區 (型式：多邊形 Polygon)	1	ID	編號	檔案名 1：subbasin.shp(圖形格式) 檔案名 2：subbasin.dbf(圖形屬性數據格式) 檔案名 3：subbasin.shx(圖形索引格式)
	2	AREA	面積	
	3	ELE_UP	上游高程	
	4	ELE_DOWN	下游高程	
	5	LENGTH	溪段長度	
	6	SLOPE_STR	溪段縱坡	
	7	CONTROL	下游控制點點位名稱	
	8	SLOPE	集水分區坡度	
崩塌地調查 (型式：多邊形 Polygon)	1	NO	編號	檔案名 1：tumble.shp(圖形格式) 檔案名 2：tumble.dbf(圖形屬性數據格式) 檔案名 3：tumble.shx(圖形索引格式)
	2	CITY	縣市	
	3	TOWN	村里	
	4	BASIN	所屬流域	
	5	STREAM	所屬溪流	
	6	LAND	土地類別	
	7	AREA_PROJ	投影面積	
	8	SLOPE	坡度	
	9	DANGER_CLA	危險等級	
	10	ELEVATION	頂部標高	
	11	X	X 座標	
	12	Y	Y 座標	
	13	STRATUM	地層與岩性	
	14	SLOPE_GRA	坡度分級	
	15	RISK_TUM	再崩塌風險	
	16	ARRIVAL	治理可及性	
	17	METHOD	建議處理工法	
	18	AREA_SLOPE	斜面面積	
	19	DEPTH	崩塌深度	
	20	VOLUME	崩塌土石量	

註：上表資料由規劃公司彙整。

表 3-27 本計畫實際建立之調查成果地理資訊與圖層屬性資料對應一覽表(2/2)

空間類別	序號	屬性名稱 (英文代碼)	資訊項名 (中文內涵)	檔案類型及組成
具土石流潛勢之溪段調查 (型式：線 line)	1	DEBRISNO	編號	檔案名 1：debris.shp(圖形格式) 檔案名 2：debris.dbf(圖形屬性數據格式) 檔案名 3：debris.shx(圖形索引格式)
	2	TYPE	類型	
	3	BASIN	集水區	
	4	SUB_BASIN	子集水區	
	5	COUNTY	縣市	
	6	TOWN	鄉鎮	
	7	VILL	村里	
	8	MAP_ID	圖號	
	9	X	X 座標	
	10	Y	Y 座標	
	11	DANGER_CLA	危險等級	
	12	AREA_TUM	崩塌面積	
	13	COUNT	保全户數	
	14	LENGTH	長度	
	15	AREA_BAS	集水面積	
	16	SLOPE	坡度	
	17	PARTICLE	代表粒徑	
	18	TERRANE	岩層	
	19	DAM	防治工程	
	20	STRA	岩性	
	21	HAZARD	有無災害	
野溪點位調查 (型式：點 Point)	1	ID	勘查點編號	檔案名 1：stream.shp(圖形格式) 檔案名 2：stream.dbf(圖形屬性數據格式) 檔案名 3：stream.shx(圖形索引格式)
	2	BASIN_NAME	集水區	
	3	SUB_BASIN	子集水區	
	4	BASIN	流域	
	5	STREAM	溪流名稱	
	6	X	X 座標	
	7	Y	Y 座標	
	8	ELEVATION	溪床高程	
	9	WIDTH	溪床寬度	
	10	SCOUAR	沖淤狀況	
	11	STRATUM_L	左岸地層	
	12	THICKNESS_L	左岸層厚	
	13	STRATUM_R	右岸地層	
	14	THICKNESS_R	右岸層厚	
	15	DESCRIPTION	現況描述	

註：上表資料由規劃公司彙整。

三、其他圖資轉檔彙整

對於其他現有圖資，如行政區界、道路、林道、水系等，亦確認並轉換統一坐標系統之 Shapefile 檔案格式，透過圖層套疊功能，未來可依不同業務需求，進行相關分析或展示處理，以提供各權責機關或單位之應用，數化成果範例展示如圖 3-9。其餘相關數化成果圖資，詳見各章節內容。

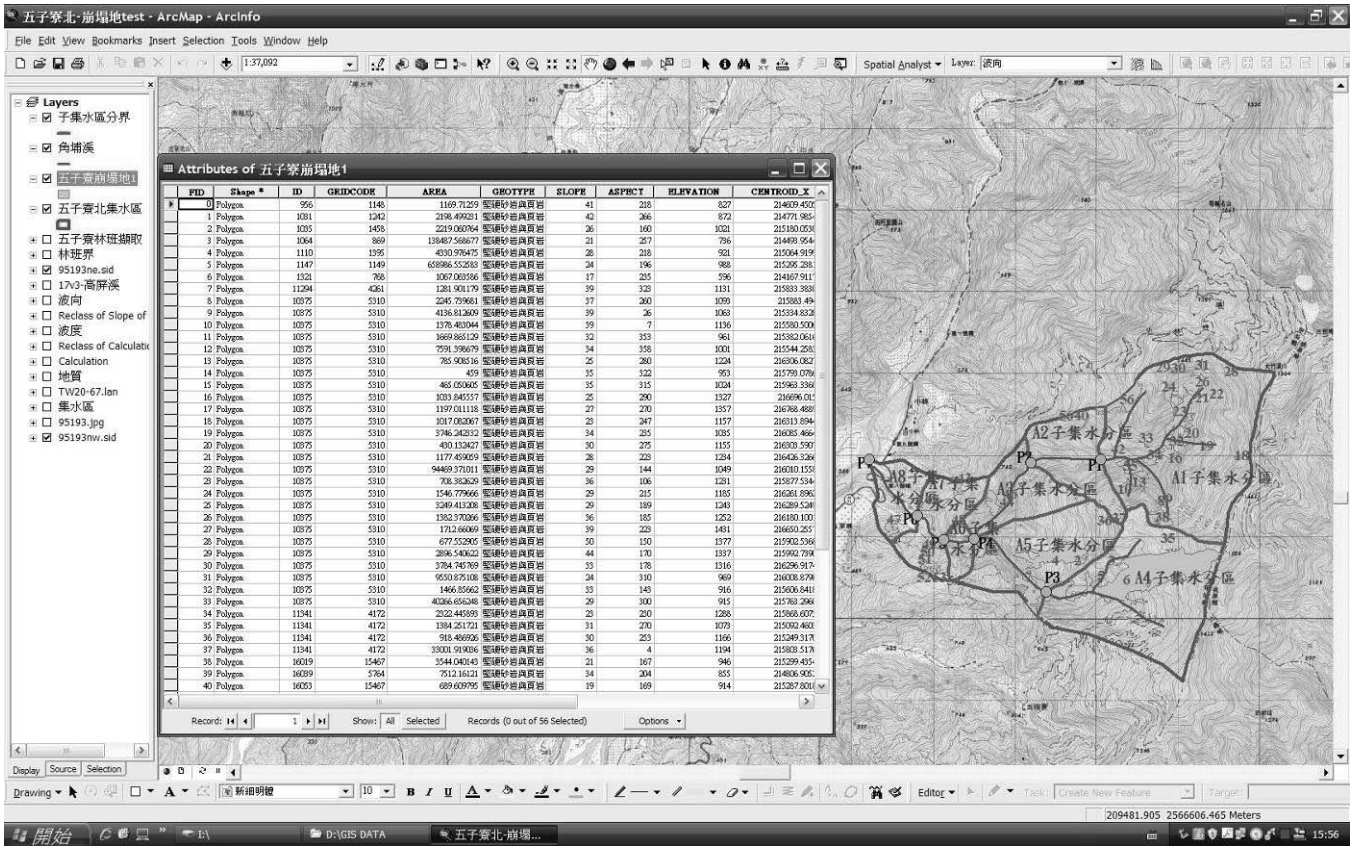


圖 3-9 數化後圖資展示桌面示意圖

第四章　集水區問題分析與對策

4.1　集水區問題分析之說明

經前第一至三章之資料蒐集與各類災害或潛勢災害之調查成果說明,可窺知本五子寮北集水區內之集水區特性、各類災害致災成因與災害之狀況。由於颱風、豪雨所帶來洪峰侵襲及地質破碎環境下，使得本計畫區內源頭及兩側邊坡崩塌嚴重，靠近溪側之山邊坡地則因水流縱、橫向沖刷之作用，淘刷邊坡基腳，而生坡面坍滑、大量土石崩落溪床，並順水流帶往中、下游平緩處淤積，形成河道淤塞之窘境，此一土砂運移之過程及數量，將直接造成河道溪床之沖、淤現象，且直接或間接造成下游保全對象之安全疑慮。因此，應針對前述章節所述之致災成因與災害狀況進行深入之分析，俾為研擬各類型災害或潛勢災害之治理對策與工法。進行分析之項目與其預期分析之成果，說明如后：

一、水文分析檢討說明

藉由足以具代表本五子寮北集水區區域之降雨特性相關雨量站所蒐集歷年降雨紀錄，進行雨量頻率分析，經求得適切之雨量頻率分析成果後，可對比歷次颱風、豪雨侵襲時之相關頻率年大小，配合歷次颱風、豪雨所產生之災害影響，可針對各級颱風對於本集水區造成之危害程度提出研判。並在規範頻率年條件下，設計本五子寮北集水區之雨型，俾求得本集水區之流量歷線型態及其洪峰流量，透過各類洪峰流量評估方法之比較，以求得適切於本集水區之洪峰流量。此洪峰流量之求得是關重要，其將作為爾後各類治理措施之檢核依據。

二、水理分析檢討說明

依上述水文分析檢討所得洪峰流量成果，依其整體集水區域之比流量，分別求得各集水分區之控制流量，俾依各控制斷面之型態，進行水理分析。其水理分析之目的，主要意在檢覈各控制斷面是否足夠通水、排洪，或是有無溢洪成災之虞，俾為研擬防治對策與措施(特別是在具河道束縮之溪段)。另一目的亦可檢討各溪段縱斷水面之變化、流速之變化，可預期與研判各段溪床之縱向變化情形(包括沖刷或淤積)，進而研擬溪床之整流或防砂工事。本計畫針對主流與南、北兩支流下游縱坡較緩之溪段(3 溪段平均降坡均小於 10%)，透過美國陸軍兵工團所研擬發展之 Hec-ras 一維水理分析模式，按各控制斷面洪峰流量(定量流 Steady

Flow)之條件與邊界模式，進行一維水理之演算，再依演算之成果，進行斷面分析與通洪、沖淤之研判。俾為研擬治水防災構造措施之依循。

三、產砂量分析檢討

針對計畫區各集水分區之土壤沖蝕量、崩塌土石量及河道可沖刷土砂量進行分析，其中，河道可沖刷土砂量亦配合各集水分區控制斷面之洪峰流量，進行河道輸砂量之推估與南、北兩支流之土石流流出土砂量之推估，其河道總輸砂量彙總所得成果，代表各集水分區之溪床土砂運移模式。最後將土壤沖蝕量、崩塌土石量，各配合其逐年遞移量與河道可沖刷土砂量結合後，進行集水分區之整體土砂收支量之估算與分析。其分析成果，可做為土砂防治措施之研擬依據。

四、集水區問題之分析檢討

經由前第一至三章之資料蒐集與各類災害或潛勢災害之調查成果說明，以及以上之水文、水理及產砂分析檢討，即可就計畫區各集水分區進行各類災害問題之細部分析檢討，包含降雨災害分析、坡面沖蝕問題分析、崩塌地問題分析、河道沖淤問題分析、具土石流潛勢之溪段問題分析、野溪災害問題分析、林班道路水土保持問題分析及易淹水問題分析。問題分析之成果，可做為更下一階段之治理對策研擬依據。

五、各類災害問題治理對策之擬定

針對前項各類集水區災害問題之分析檢討，可進行其各類治理對策之擬定，亦包含崩塌地治理、具土石流潛勢之溪流治理、野溪治理、林班道路水土保持、坡地水土保持、治山防災構造物維護及生態維護對策。以上各類對策之研擬，係作為本計畫區各類災害治理需求區位之研判，並提出細部治理規劃之依據。

4.2　水文分析檢討

4.2.1　水文分析及水理演算流程

有關本規劃案之水文及水理分析流程，詳如後圖 4-1，俾為遵循。

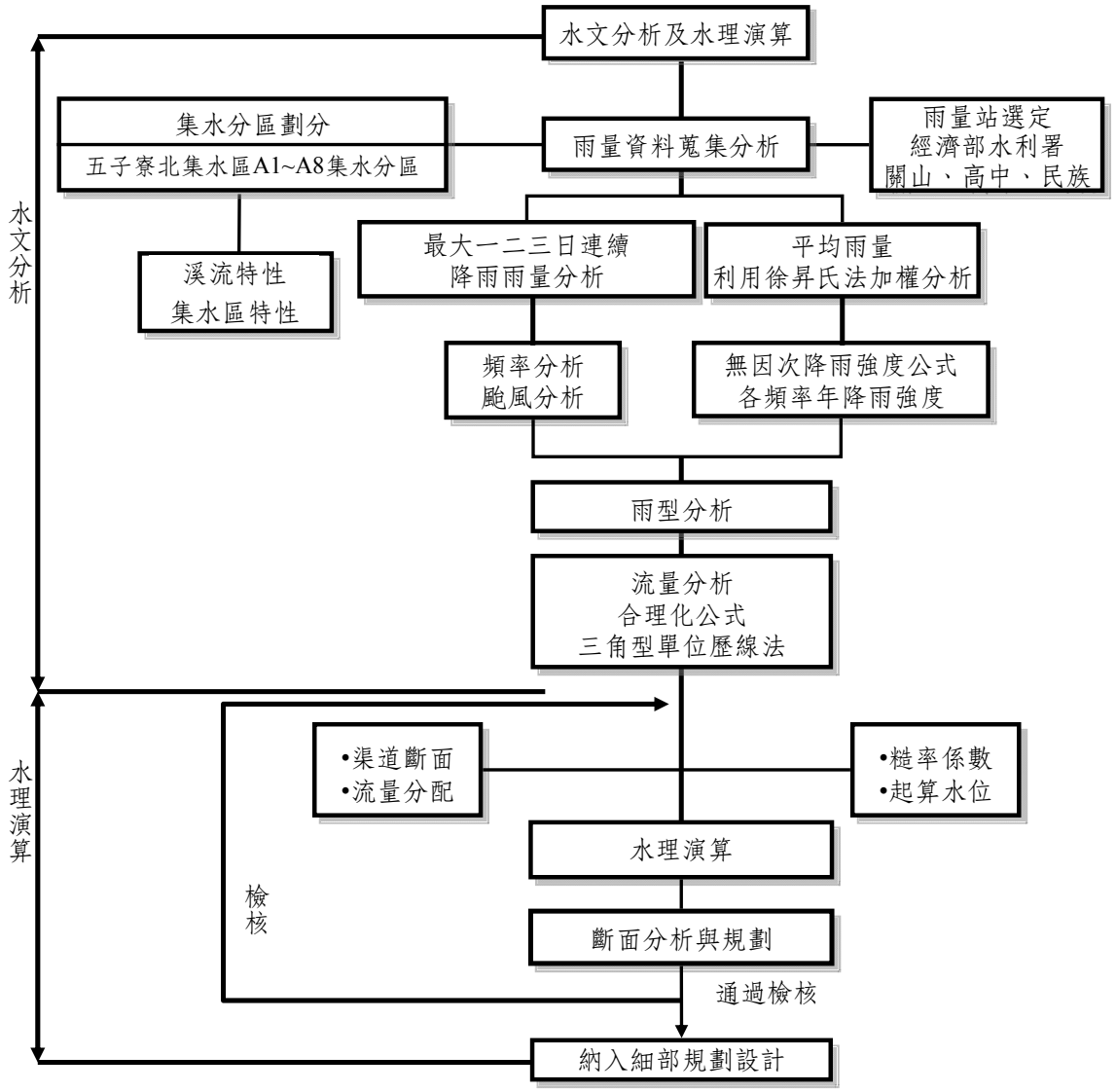


圖 4-1 水文分析及水理演算作業流程圖

4.2.2　水文分析

4.2.2.1　雨量資料蒐集分析

1.氣象資料蒐集

參考由中央氣象局所設立於距離本五子寮北集水區(旗山事業區 21-23 林班)最近且相關性高之甲仙氣象站取得包括有該區氣溫、相對溼度、蒸發量以及風向、風速等相關資料，詳如第二章 2.3.1 節內容。

2.年平均雨量資料蒐集

與五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)相關之降雨資料，初步按各相關雨量站位置之適切性作為代表且進行評估比較，初步分析本案集水區附近之雨量站計有甲仙(2)、高中(含高中(1))及關山、民族等 5 雨量站較為接近本調查規劃集水區。而經審慎篩選後，其高中(含高中(1))雨量站(經濟部水利署)位於荖濃溪流域體系，與本案五子寮北集水區尚隔有大竹溪山系。另關山雨量站屬經濟部水利署之測站，位於台南市南化區關山村，其所在與本案五子寮北集水區尚隔有圓山山系。除此之外，甲仙(2)及民族則位於楠梓仙溪集水區域上。經徐昇氏法分析各雨量站所影響本計畫集水區降雨之權重，並按各相關雨量站所在位置及其歷年所蒐集之年降雨記錄資料，做為分析本五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)降雨趨勢之依據下，分析得關山雨量站所佔影響權重為 20.767%、高中(含高中(1))雨量站所佔影響權重為 77.369%、民族雨量站所佔影響權重為 1.864%。其中，關山雨量站之年平均降雨量為 3122.7mm、高中(含高中(1))雨量站之年平均降雨量為 2902.7mm、民族雨量站之年平均降雨量為 2976.3mm，按此，依各雨量站之影響權重可得本五子寮北集水區之推估年降雨量值為 2949.76mm。有關關山、高中(含高中(1))及民族 3 雨量站所屬機關彙整說明詳前表 2-13，年平均降雨量分析詳前表 2-14 說明。

3.年最大一、二及三日雨量資料蒐集

另針對關山、高中(含高中(1))及民族等 3 雨量站之歷年最大一、二、三日連續降雨量值統計如後表 4-1~4-3。

表 4-1 關山雨量站歷年連續最大一、二、三日降雨量值彙整一覽表

年度	最大一日		最大二日		最大三日	
	降雨量 (mm)	日期	降雨量 (mm)	日期	降雨量 (mm)	日期
2013	448	8/29	651	8/29	990	8/29
2012	337	8/2	575	6/12	861	6/12
2011	199	7/19	381	7/19	442	7/19
2010	501	9/19	535	9/19	536	9/19
2009	1225	8/8	1750	8/8	2087	8/8
2008	628	7/17	971	7/17	1050	7/17
2007	519	10/6	741	10/6	759	10/6
2006	395	7/14	657	7/14	757	7/14
2005	586	9/1	1043	7/18	1240	7/18
2004	438	7/2	713	7/2	867	7/2
2003	315	6/7	324	6/7	352	6/7
2002	187	8/6	263	8/6	299	8/6
2001	433	7/30	650	9/18	651	9/18
2000	303	8/23	390	8/23	456	8/23
1999	226	8/9	245	8/9	262	8/9
1998	217	6/8	275	6/8	376	6/8
1997	276	7/1	322	8/7	423	8/7
1996	488	8/1	954	8/1	954	8/1
1995	129	6/8	241	6/8	293	6/8
1994	258	8/4	375	8/4	396	8/9
1993	174	5/26	265	5/27	292	5/27
1992	426	8/30	572	8/30	614	8/30
1991	348	6/22	473	6/22	671	6/22
1990	299	8/19	479	8/19	718	8/19
1989	705	9/12	960	9/12	1019	9/12
1988	468	8/13	652	8/13	788.2	8/13
1987	178.8	7/27	313.5	7/27	370.6	7/27
1986	280	9/19	283	9/19	328	5/12
1985	294	6/26	414	6/26	467	6/26
1984	358	7/3	428	7/3	428	7/3

註：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1630P055 關山雨量站降雨紀錄資訊。

表 4-2 高中(含高中(1))雨量站歷年連續最大一、二、三日降雨量值彙整一覽表

年度	最大一日		最大二日		最大三日	
	降雨量 (mm)	日期	降雨量 (mm)	日期	降雨量 (mm)	日期
2011	272	7/19	429	7/18	535	7/18
2010	401	9/19	424	9/19	424	9/18
2009	1334	8/8	1970	8/8	2463	8/8
2007	408	10/6	715	10/6	1029	10/6
2006	528	6/9	814	6/9	966	6/8
2005	688	9/1	1183	7/18	1430	7/18
2004	543	7/4	1022	7/3	1552	7/2
2003	279	6/7	306	6/7	332	6/7
2002	155	8/6	190	5/30	221	8/4
2001	457	7/30	473	7/30	478	7/30
2000	205	8/23	313	8/23	389	8/23
1999	327	8/9	341	8/9	521	8/9
1998	300	6/8	362	6/8	533	6/8
1997	181	7/1	213	7/1	270	6/10
1996	462	8/1	851	8/1	851	8/1
1995	235.00	6/9	358	6/9	426	6/9
1994	248	8/9	447	8/9	565	8/9
1993	188	5/26	301	5/26	330	5/26
1992	420	8/30	631	8/30	763	8/30
1991	308	6/22	552	6/22	742	6/22
1990	372	6/23	567	8/21	780	8/21
1989	499.5	9/12	715.3	9/12	786.9	9/12
1988	561	8/13	756.3	8/13	856	8/13
1987	357.1	7/27	500.6	7/27	566.2	7/27
1986	237.5	8/21	342.5	5/12	371.2	5/12
1985	276.5	8/23	411.7	8/23	525.8	8/23
1984	205.4	7/3	214.7	7/3	244.4	5/28
1983	387	6/3	490	6/3	537.4	6/3
1982	542.4	7/30	928.9	7/30	1034.9	7/30
1981	452	9/1	804.5	9/1	1156.5	9/1

註 1：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P129 高中及 1730P142 高中(1)雨量站降雨紀錄資訊。

註 2：上述降雨資料來源自 1981 至 2007 年為採自 1730P129 高中雨量站降雨紀錄資訊。自 2009 至 2011 年為採自 1730P142 高中(1)雨量站降雨紀錄資訊。1730P129 高中雨量站自 2008 年起即不再記錄。

表 4-3 民族雨量站歷年連續最大一、二、三日降雨量值彙整一覽表

年度	最大一日		最大二日		最大三日	
	降雨量 (mm)	日期	降雨量 (mm)	日期	降雨量 (mm)	日期
2008	438	9/14	728	7/18	805	7/18
2007	457	8/19	804	8/19	1040	8/19
2006	473	6/9	702	6/9	830	6/9
2005	626	7/19	978	7/19	1201	7/19
2004	536	7/4	987	7/4	1517	7/4
2003	286	6/7	301	6/7	339	6/7
2002	195	8/6	234	8/6	261	8/6
2001	466	7/30	574	9/18	575	9/18
2000	227	8/23	326	8/23	398	8/23
1999	227	8/9	243	8/9	425	8/9
1998	262	6/8	318	6/8	408	6/8
1997	179	7/1	259	6/10	286	6/10
1996	484	8/1	834	8/1	834	8/1
1995	140	6/8	263	6/8	319	6/8
1994	189	8/8	340	8/8	500	8/8
1993	174	5/26	260	5/26	283	5/26
1992	371	8/30	568	8/30	678	8/30
1991	263	6/22	445	6/22	620	6/22
1990	226	8/21	408	8/21	612	8/21
1989	396	9/12	574	9/12	633	9/12
1988	427	8/13	615	8/13	719	8/13
1987	265	7/27	370	7/27	408	7/27
1986	198	8/21	230	8/21	270	8/21
1985	307	6/26	478	6/26	505	6/26
1984	305	7/3	360	7/3	360	7/3
1983	219	6/3	323	6/3	366	6/3
1982	467	7/29	870	7/29	948	7/29
1981	400	8/31	720	8/31	1056	8/31
1980	270	8/27	384	8/27	384	8/27
1979	144	8/25	286	8/25	424	8/25

註 1：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P124 民族雨量站降雨紀錄資訊。

註 2：1730P124 民族雨量站降雨紀錄資料僅紀錄至 2008 年，並自 2009 年起已廢站。

4.χ^2檢定分析

經由常態分佈、對數常態分佈、極端值第一型、皮爾遜第三型、對數皮爾遜第三型等 5 類型頻率分析統計方法，推估上述表 4-1~4-3 所列關山、高中(含高中(1))及民族等 3 雨量站之最大一、二、三日降雨量推估值並經多項式迴歸分析後取得相關性較高之結果，並以卡方檢定(Chi-square Test)進行各種頻率分析方法下所得結果之適合度分析，有關卡方分析之適合度檢定做法如後述：(以關山雨量站之最大一日降雨量屬「對數皮爾遜第三型分佈」為例)

步驟一：虛無假定 H_0=該地區之降雨分佈屬於前述對數皮爾遜第三型分佈型式。

步驟二：將降雨資料樣本數進行分組，計有 30 個樣本數，計分為 6 組，如下：(先將關山雨量站之各年最大一日降雨量取對數，俾為分析)

降雨量組限(mm) (class limit)	組標 x (class mark)	頻率 f (次)	x-(平均 x)	$[x-(平均\ x)]^2$	$f*[x-(平均\ x)]^2$
4.5 - 5.0	4.75	1	-1.12	1.25	1.25
5.0 - 5.5	5.25	6	-0.62	0.38	2.28
5.5 - 6.0	5.75	11	-0.12	0.01	0.15
6.0 - 6.5	6.25	10	0.38	0.15	1.47
6.5 - 7.0	6.75	1	0.88	0.78	0.78
> 7.0	7.25	1	1.38	1.91	1.91
合計	略	30	略	略	7.84

由上表可求得 7 組之平均組標(平均 x)為 5.87 及其標準偏差(s)為 0.51。

步驟三：計算各組距累積之機率，如下：

降雨量組限(mm) (class limit)	組標 xi (class mark)	(平均 x)	s(標準偏差)	組限值之頻率因子 K_T 值	P(x)(累積機率)
4.5 - 5.0	4.75	5.87	0.51	-1.69515	0.0505
5.0 - 5.5	5.25	5.87	0.51	-0.71718	0.3195
5.5 - 6.0	5.75	5.87	0.51	0.26079	0.6115
6.0 - 6.5	6.25	5.87	0.51	1.23876	0.8939
6.5 - 7.0	6.75	5.87	0.51	2.21674	0.9897
> 7.0	7.25	5.87	0.51	3.19471	0.9999

備註：P(x)(累積機率)計算法：

1.再行檢視上列已計算完成之 K_T 頻率因子圖表，如後：

P(x)(累積機率)	K_T(頻率因子)	P(x)(累積機率)	K_T(頻率因子)
0.0099	-1.842904681	0.98	2.009976005

0.5	-0.060657725	0.99	2.223288277
0.8	0.804307121	0.995	2.386987727
0.9	1.266963799	0.998	2.542902147
0.95	1.635241112	0.999	2.625810534
0.96	1.737339956		

2.依各分組組限值計算之頻率因子 K_T 值 ，配合上列 P(x)(累積機率)~K_T(頻率因子)對照表，內插出各分組組限值計算頻率因子 K_T 值之相對 P(x)(累積機率)，如後：

1.$K_{T,x=5.0}$ = -1.69515	P(x=5.0)(累積)=	0.0505
2.$K_{T,x=5.5}$ = -0.71718	P(x=5.5)(累積)=	0.3195
3.$K_{T,x=6.0}$ = 0.26079	P(x=6.0)(累積)=	0.6115
4.$K_{T,x=6.5}$ = 1.23876	P(x=6.5)(累積)=	0.8939
5.$K_{T,x=7.0}$ = 2.21674	P(x=7.0)(累積)=	0.9897
6.$K_{T,x=7.5}$ = 3.19471	P(x=7.5)(累積)=	0.9999

步驟四：求出合乎常態分析之理論頻率，如下：

降雨量組限(mm) (class limit)	組標 xi (class mark)	Oi 觀測次數	P(x)(發生機率)	Ei 理論次數
4.5 - 5.0	4.75	1	0.0505	1.52
5.0 - 5.5	5.25	6	0.2689	8.07
5.5 - 6.0	5.75	11	0.2920	8.76
6.0 - 6.5	6.25	10	0.2824	8.47
6.5 - 7.0	6.75	1	0.0958	2.87
> 7.0	7.25	1	0.0102	0.31

備註：Ei(理論次數)= Oi(觀測次數)×P(x)(發生機率)

步驟五：計算 χ^2 值，如下：

降雨量組限(mm) (class limit)	組標 xi (class mark)	Oi 觀測次數	Ei 理論次數	χ^2 值
4.5 - 5.0	4.75	1	1.52	0.18
5.0 - 5.5	5.25	6	8.07	0.53
5.5 - 6.0	5.75	11	8.76	0.57
6.0 - 6.5	6.25	10	8.47	0.01
6.5 - 7.0	6.75	1	2.87	
> 7.0	7.25	1	0.31	
合計	略	30	30.00	1.29

備註：χ^2 值=(Oi 觀測次數- Ei 理論次數)^2/ Oi 觀測次數

步驟六：查χ^2分佈數值表，得χ^2_{α}=0.05,df=4-3=2=3.841，故$\chi^2_{觀測} < \chi^2_{理論}$，故接受 H_0 之虛無假設。亦即最大連續一日之觀測降雨分佈適用於對數皮爾遜第三型分佈。

由上分析結果，可彙整有關關山雨量站最大一、二及三日降雨量之常態分佈、對數常態分佈、極端值第一型、皮爾遜第三型、對數皮爾遜第三型等 5 類型頻率分析統計方法所得卡方儉定結果，如后表 4-4。同理，可依步驟次序完成高中(含高中(1))及民族雨量站之最大一、二及三日降雨量之常態分佈、對數常態分佈、極端值第一型、皮爾遜第三型、對數皮爾遜第三型等 5 類型頻率分析統計方法所得卡方檢定結果，如后表 4-5 及 4-6。

由表 4-4 可探知關山雨量站之最大一、二及三日降雨量經卡方檢定之結果，計有皮爾遜第三型分佈及對數皮爾遜第三型分佈為屬通過之情況。亦即關山雨量站最大一、二及三日降雨量較適用於皮爾遜第三型分佈及對數皮爾遜第三型分佈之型式。

而由表 4-5 可探知高中(含高中(1))雨量站之最大一、二及三日降雨量經卡方檢定之結果，計有對數常態分佈及對數皮爾遜第三型分佈為屬通過之情況。亦即高中(含高中(1))雨量站最大一、二及三日降雨量較適用於對數常態分佈及對數皮爾遜第三型分佈之型式。

再經由表 4-6 可探知民族雨量站之最大一、二及三日降雨量經卡方檢定之結果，計有對數常態分佈、皮爾遜第三型分佈及對數皮爾遜第三型分佈為屬通過之情況。亦即民族雨量站最大一、二及三日降雨量較適用於對數常態分佈、皮爾遜第三型分佈及對數皮爾遜第三型分佈之型式。

由上述χ^2檢定分析之結果可知，關山、高中(含高中(1))及民族等 3 雨量站之最大一、二及三日降雨頻率分佈均適用於對數皮爾遜第三型分佈。

表 4-4 關山雨量站最大一、二及三日降雨量頻率分佈檢定分析(X^2 檢定)

最大一日	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
平均組標 x	380.00	5.87	0.51	380.00	5.87
標準偏差 s	210.40	0.51	0.80	210.40	0.51
觀測 χ^2	9.21	8.17	3.54	3.65	1.29
理論 χ^2	3.841	5.991	3.841	5.991	3.841
虛無假設 H_0	否決	否決	接受	接受	接受
最大二日	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
平均組標 x	541.67	6.17	0.48	541.67	6.17
標準偏差 s	268.74	0.45	0.85	313.62	0.54
觀測 χ^2	15.21	11.38	6.65	0.73	0.61
理論 χ^2	7.815	5.991	3.841	5.991	3.841
虛無假設 H_0	否決	否決	否決	接受	接受
最大三日	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
平均組標 x	650.00	6.37	0.48	650.00	6.37
標準偏差 s	349.28	0.51	0.85	441.47	0.72
觀測 χ^2	8.49	5.67	4.23	1.79	5.63
理論 χ^2	7.815	5.991	3.841	5.991	5.991
虛無假設 H_0	否決	接受	否決	接受	接受

註: 以上由規劃團隊分析結果。

表 4-5 高中(含高中(1))雨量站最大一、二及三日降雨量頻率分佈檢定分析(X^2檢定)

最大一日	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
平均組標 x	380.00	5.85	0.47	380.00	5.85
標準偏差 s	155.78	0.43	0.76	155.78	0.43
觀測 χ^2	8.67	2.85	4.62	6.12	0.92
理論 χ^2	9.488	7.815	3.841	5.991	5.991
虛無假設 H_0	接受	接受	否決	否決	接受
最大二日	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
平均組標 x	565.00	6.22	0.47	565.00	6.22
標準偏差 s	273.68	0.50	0.89	330.34	0.63
觀測 χ^2	7.76	2.56	5.52	4.82	0.63
理論 χ^2	5.991	7.815	3.841	7.815	5.991
虛無假設 H_0	否決	接受	否決	接受	接受
最大三日	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
平均組標 x	680.00	6.43	0.45	680.00	6.43
標準偏差 s	366.42	0.58	0.85	473.57	0.82
觀測 χ^2	4.24	7.54	5.35	1.47	1.70
理論 χ^2	3.841	7.815	3.841	5.991	5.991
虛無假設 H_0	否決	接受	否決	接受	接受

註: 以上由規劃團隊分析結果。

表 4-6 民族雨量站最大一、二及三日降雨量頻率分佈檢定分析(X^2 檢定)

最大一日	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
平均組標 x	324.00	5.66	0.55	324.00	5.66
標準偏差 s	127.58	0.40	1.04	127.58	0.40
觀測 χ^2	4.44	6.87	2.37	5.82	5.25
理論 χ^2	3.841	9.448	3.841	7.815	9.488
虛無假設 H_0	否決	接受	接受	接受	接受
最大二日	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
平均組標 x	508.00	6.12	0.55	508.00	6.12
標準偏差 s	237.86	0.46	1.08	300.72	0.65
觀測 χ^2	10.11	8.26	5.66	3.21	3.48
理論 χ^2	9.448	9.448	3.841	7.815	7.815
虛無假設 H_0	否決	接受	否決	接受	接受
最大三日	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
平均組標 x	595.00	6.28	0.50	595.00	6.28
標準偏差 s	277.67	0.48	1.00	388.00	0.79
觀測 χ^2	9.97	8.06	4.81	1.80	0.98
理論 χ^2	9.448	11.07	3.841	7.815	3.841
虛無假設 H_0	否決	接受	否決	接受	接受

註: 以上由規劃團隊分析結果。

即有關關山、高中(含高中(1))及民族等 3 雨量站最大一、二及三日連續降雨量值適用頻率分析之機率分佈型式，則按卡方檢定之結果，以對數皮爾遜第三型分佈適用頻率分析之機率分佈型式。故本集水區所採用之最大連續一、二及三日降雨機率分佈型式採對數皮爾遜第三型分佈，其頻率分析之結果採用值，彙整如下表 4-7~4-9，如後：

表 4-7 關山雨量站各頻率年連續最大一、二、三日降雨量值推估一覽表

迴歸週期 T	最大一日降雨量頻率分析值(mm)	最大二日降雨量頻率分析值(mm)	最大三日降雨量頻率分析值(mm)
T=2	335.28	468.16	550.08
T=5	508.22	732.28	861.51
T=10	634.85	942.02	1104.72
T=20	757.84	1157.72	1351.79
T=25	795.98	1226.87	1430.42
T=50	907.48	1434.90	1665.50
T=100	1005.50	1624.76	1878.24
T=200	1087.85	1789.09	2061.14
T=500	1172.55	1962.55	2253.07
T=1000	1220.24	2062.17	2362.78
紀錄最大值	1,225	1,750	2,087
發生時間	2009/8/8	2009/8/8	2009/8/8
採用頻率分析方法	對數皮爾遜第三型分佈		
最大一日連續降雨： 資料年數 N=30，最大值 x_{max}=1750，最小值 x_{min}=241，平均值 M=563.1833，標準偏差 S=325.8925，變異係數 C_v=0.578662，偏歪係數 C_s= 1.868559，自然對數平均值 ln(M)= 6.202151，自然對數標準偏差 ln(S)= 0.505717，自然對數變異係數 $ln(C_v)$=0.081539，自然對數偏歪係數 $ln(C_s)$= 0.473493。			
最大二日連續降雨： 資料年數 N=30，最大值 x_{max}=1750，最小值 x_{min}=241，平均值 M=563.1833，標準偏差 S=325.8925，變異係數 C_v=0.578662，偏歪係數 C_s= 1.868559，自然對數平均值 ln(M)= 6.202151，自然對數標準偏差 ln(S)= 0.505717，自然對數變異係數 $ln(C_v)$=0.081539，自然對數偏歪係數 $ln(C_s)$= 0.473493。			
最大三日連續降雨： 資料年數 N=30，最大值 x_{max}=2087，最小值 x_{min}=262，平均值 M=658.2267，標準偏差 S=381.6171，變異係數 C_v=0.579766，偏歪係數 C_s= 1.939165，自然對數平均值 ln(M)= 6.35684，自然對數標準偏差 ln(S)= 0.51026，自然對數變異係數 $ln(C_v)$=0.08027，自然對數偏歪係數 $ln(C_s)$= 0.410382。			

備註：上述資料係採自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1630P055 關山雨量站降雨紀錄資訊，並由規劃團隊利用頻率分析統計方法分析彙整推估結果。

表 4-8 高中(含高中(1))雨量站各頻率年連續最大一、二、三日降雨量值推估一覽表

迴歸週期 T	最大一日降雨量頻率分析值(mm)	最大二日降雨量頻率分析值(mm)	最大三日降雨量頻率分析值(mm)
T=2	333.48	487.62	589.15
T=5	502.40	780.38	965.14
T=10	635.43	1006.58	1261.41
T=20	771.56	1234.30	1563.59
T=25	815.10	1306.36	1659.92
T=50	945.83	1520.68	1948.18
T=100	1064.88	1713.28	2209.29
T=200	1167.77	1877.90	2433.84
T=500	1276.24	2049.73	2669.49
T=1000	1338.49	2147.57	2804.19
紀錄最大值	1,334	1,970	2,463
發生時間	2009/8/8	2009/8/8	2009/8/8
採用頻率分析方法	對數皮爾遜第三型分佈		
最大一日連續降雨： 資料年數 N=30，最大值 x_{max}=1334，最小值 x_{min}=155，平均值 M=394.3133，標準偏差 S=222.5206，變異係數 C_v=0.56432，偏歪係數 C_s= 2.70591，自然對數平均值 ln(M)= 5.86542，自然對數標準偏差 ln(S)= 0.46048，自然對數變異係數 $ln(C_v)$=0.07851，自然對數偏歪係數 $ln(C_s)$= 0.54637。			
最大二日連續降雨： 資料年數 N=30，最大值 x_{max}=1970，最小值 x_{min}=190，平均值 M=587.55，標準偏差 S=363.6329，變異係數 C_v=0.618897，偏歪係數 C_s= 2.087998，自然對數平均值 ln(M)= 6.22788，自然對數標準偏差 ln(S)= 0.540498，自然對數變異係數 $ln(C_v)$=0.086787，自然對數偏歪係數 $ln(C_s)$= 0.316516。			
最大三日連續降雨： 資料年數 N=30，最大值 x_{max}=2463，最小值 x_{min}=221，平均值 M=722.6433，標準偏差 S=469.6892，變異係數 C_v=0.64996，偏歪係數 C_s= 2.038155，自然對數平均值 ln(M)= 6.4199，自然對數標準偏差 ln(S)= 0.56679，自然對數變異係數 $ln(C_v)$=0.088286，自然對數偏歪係數 $ln(C_s)$= 0.32454。			

註 1：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P129 高中及 1730P142 高中(1)雨量站降雨紀錄資訊。

註 2：上述降雨資料來源自 1981 至 2007 年為採自 1730P129 高中雨量站降雨紀錄資訊。自 2009 至 2011 年為採自 1730P142 高中(1)雨量站降雨紀錄資訊。1730P129 高中雨量站自 2008 年起即不再記錄。

表 4-9 民族雨量站各頻率年連續最大一、二、三日降雨量值推估一覽表

迴歸週期 T	最大一日降雨量頻率分析值(mm)	最大二日降雨量頻率分析值(mm)	最大三日降雨量頻率分析值(mm)
T=2	296.32	430.38	513.29
T=5	417.14	644.85	783.18
T=10	493.73	800.40	987.26
T=20	561.17	950.57	1190.05
T=25	580.93	996.97	1253.77
T=50	636.04	1132.24	1442.24
T=100	681.59	1250.73	1610.44
T=200	718.05	1349.98	1753.45
T=500	754.01	1451.81	1902.09
T=1000	773.63	1509.05	1986.45
紀錄最大值	626	987	1,517
發生時間	2005/7/19	2004/7/4	2004/7/4
採用頻率分析方法	對數皮爾遜第三型分佈		
最大一日連續降雨： 資料年數 N=30，最大值 x_{max}=626，最小值 x_{min}=140，平均值 M=320.5667，標準偏差 S=130.6083，變異係數 C_v=0.40743，偏歪係數 C_s= 0.51889，自然對數平均值 ln(M)= 5.6883，自然對數標準偏差 ln(S)= 0.41528，自然對數變異係數 $ln(C_v)$=0.073005，自然對數偏歪係數 $ln(C_s)$= -0.03313。			
最大二日連續降雨： 資料年數 N=30，最大值 x_{max}=987，最小值 x_{min}=230，平均值 M=492.7333，標準偏差 S=236.6534，變異係數 C_v=0.48029，偏歪係數 C_s= 0.74384，自然對數平均值 ln(M)= 6.0927，自然對數標準偏差 ln(S)= 0.46767，自然對數變異係數 $ln(C_v)$=0.07676，自然對數偏歪係數 $ln(C_s)$= 0.267053。			
最大三日連續降雨： 資料年數 N=30，最大值 x_{max}=1517，最小值 x_{min}=261，平均值 M=600.1333，標準偏差 S=311.89474，變異係數 C_v=0.519709，偏歪係數 C_s= 1.212249，自然對數平均值 ln(M)= 6.28036，自然對數標準偏差 ln(S)= 0.48287，自然對數變異係數 $ln(C_v)$=0.07689，自然對數偏歪係數 $ln(C_s)$= 0.36564。			

註 1：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P124 民族雨量站降雨紀錄資訊。
註 2：1730P124 民族雨量站降雨紀錄資料僅紀錄至 2008 年，並自 2009 年起已廢站。

5. SE 及 U 誤差指標值研判最佳統計分佈

有關誤差指標值 *SE* 之定義如下：

$$SE=[\Sigma(x_i-x_i')^2/n]^{1/2} \quad , \quad U=[\Sigma(x_i-x_i')^2/n]^{1/2}/[(\Sigma x_i^2/n)^{1/2}+(\Sigma x_i'^2/n)^{1/2}]$$

其中，n 為觀測資料個數，x_i 為第 i 個觀測樣本資料，x_i' 為利用點繪公式計算樣本 x_i 之累積機率，再由選用之統計分佈估算對應該累積機率之水文量。

經由上述 SE 及 U 兩個誤差指標值可求出 1630P055 關山、1730P129 高中(含 1730P142 高中(1))及 1730P124 民族等 3 雨量站之最佳統計分佈，並依據以下步驟決定最適合該站之統計分佈。

步驟一：依據 SE 及 U 兩個誤差指標之最小值，求得最佳之統計分佈。

步驟二：由於部份統計分佈所求得之 SE 及 U 兩個誤差指標值與最佳統計分佈之誤差指標值非常接近，因此判定相差在 5%以內之統計分佈皆選定為合適之統計分佈。

步驟三：依據 4-10~4-12 所求得關山、高中及民族等 3 雨量站同時適合 SE 及 U 兩個誤差指標值之統計分佈，並以此分佈做為該雨量站之最適合分佈。

最終再以 *SE* 及 *U* 誤差指標值進行最佳統計分佈之研判，其結果如下分析表 4-10~4-12。

由表 4-10~4-12 中可知，此關山、高中(含高中(1))及民族等 3 雨量站之最大一、二及三日連續降雨分佈並不適用於常態分佈、對數常態分佈及極端值分佈(第一型)，故將常態分佈、對數常態分佈及極端值分佈(第一型)予剔除考量外，適合最大一、二日及三日連續降雨分佈之皮爾遜第三型分佈及對數皮爾遜第三型分佈中，其個別 SE 誤差指標值屬對數皮爾遜第三型分佈為最小，且個別 U 誤差指標值亦以對數皮爾遜第三型分佈為最小，故有關於關山、高中(含高中(1))及民族等 3 雨量站最大一、二日及三日連續降雨量值適用頻率分析之機率分佈型式，採用對數皮爾遜第三型分佈。

表 4-10-1 關山站最大連續一日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表

觀測水文量 xi	對應水文量 xi'				
	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
448	479.64	474.2177	448.58	448.76	448.87
337	344.78	341.4328	336.49	336.28	336.15
199	187.11	188.4897	198.69	198.59	198.53
501	537.62	533.095	502.18	502.60	502.86
1225	758.50	841.4197	1217.30	1214.75	1213.26
628	650.57	653.7482	630.41	631.32	631.87
519	555.96	552.0586	520.39	520.88	521.18
395	416.77	411.7666	395.00	394.97	394.95
586	617.55	617.3557	588.07	588.83	589.30
438	468.10	462.6638	438.46	438.61	438.69
315	317.35	314.8495	314.36	314.11	313.95
187	176.69	178.164	186.86	186.83	186.81
433	462.27	456.8416	433.41	433.53	433.60
303	302.52	300.4998	302.31	302.04	301.87
226	213.52	214.3532	225.41	225.20	225.07
217	204.32	205.3787	216.49	216.30	216.19
276	269.79	268.8634	275.25	274.96	274.79
488	523.93	519.0556	489.04	489.40	489.61
129	146.45	145.6421	130.29	130.79	131.10
258	248.71	248.4877	257.26	256.98	256.82
174	166.58	168.0091	174.10	174.15	174.19
426	454.04	448.6429	426.33	426.42	426.48
348	358.53	354.7983	347.57	347.39	347.28
299	297.61	295.7497	298.29	298.02	297.85
705	699.96	711.0874	707.79	708.87	709.54
468	502.18	496.9295	468.81	469.08	469.24
178.8	170.16	171.6207	178.81	178.83	178.84
280	274.56	273.479	279.25	278.97	278.79
294	291.49	289.8394	293.28	293.00	292.83
358	371.02	366.9612	357.65	357.50	357.40
SE	87.53098	72.24661	1.727924	2.324907	2.682104
U	0.101961	0.08378	0.00196	0.002637	0.003043
R^2	0.896628	0.913271	0.998708	0.998341	0.998137
X^2 檢定	否決	否決	接受	接受	接受
判定					最適合分佈

註: 以上由規劃團隊分析結果。雨量單位為：mm。

表 4-10-2 關山站最大連續二日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表

觀測水文量 xi	對應水文量 xi'				
	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
651	690.94	681.21	651.36	651.37	651.34
575	596.23	589.21	574.50	574.46	574.54
381	362.87	364.36	379.79	379.71	379.87
535	545.76	540.58	534.13	534.07	534.20
1750	1195.79	1311.64	1738.36	1737.71	1739.09
971	1016.40	1015.81	974.82	975.05	974.56
741	797.07	786.19	742.48	742.57	742.39
657	698.27	688.39	657.43	657.45	657.41
1043	1067.08	1073.52	1047.15	1047.41	1046.86
713	765.00	754.20	714.13	714.19	714.06
324	308.00	310.25	323.35	323.31	323.39
263	266.15	266.40	263.59	263.62	263.54
650	689.72	680.02	650.34	650.36	650.33
390	372.46	373.69	388.74	388.67	388.83
245	259.17	257.82	246.10	246.17	246.03
275	272.44	273.43	275.28	275.30	275.26
322	306.30	308.54	321.38	321.34	321.42
954	1003.15	1001.15	957.71	957.93	957.45
241	258.09	256.29	242.23	242.31	242.14
375	356.59	358.24	373.83	373.75	373.90
265	267.11	267.50	265.53	265.57	265.49
572	592.45	585.56	571.47	571.43	571.51
473	468.63	466.47	471.74	471.67	471.83
479	475.97	473.52	477.77	477.69	477.86
960	1007.88	1006.36	963.75	963.98	963.49
652	692.17	682.41	652.37	652.38	652.35
313.5	299.28	301.45	313.01	312.99	313.04
283	277.25	278.62	283.10	283.11	283.09
414	398.98	399.40	412.67	412.59	412.76
428	415.01	414.87	426.65	426.57	426.75
SE	104.955	83.58321	2.682706	2.838543	2.509672
U	0.082571	0.065497	0.002071	0.002191	0.001937
R^2	0.924865	0.939927	0.998958	0.998908	0.999015
X^2 檢定	否決	否決	否決	接受	接受
判定					最適合分佈

註: 以上由規劃團隊分析結果。雨量單位為：mm。

表 4-10-3 關山站最大連續三日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表

觀測水文量 xi	對應水文量 xi'				
	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
990	1052.02	1045.56	830.74	993.33	993.12
861	921.71	910.38	761.80	862.65	862.55
442	424.13	424.40	375.81	440.41	440.52
536	532.06	528.40	677.64	534.27	534.39
2087	1364.76	1517.59	1856.29	2073.29	2074.10
1050	1105.13	1102.73	1022.78	1054.01	1053.75
759	805.30	793.81	802.36	759.28	759.27
757	802.92	791.46	681.69	757.25	757.24
1240	1240.20	1257.36	1182.28	1245.39	1245.03
867	928.23	917.00	815.54	868.73	868.62
352	337.96	339.94	334.27	351.55	351.57
299	301.83	302.64	344.13	299.83	299.77
651	673.65	665.00	534.01	650.03	650.10
456	439.35	439.12	418.60	454.33	454.44
262	287.89	285.93	280.35	264.07	263.93
376	358.52	360.37	314.59	375.13	375.18
423	404.11	404.98	387.72	421.56	421.65
954	1017.81	1009.44	779.55	956.88	956.70
293	298.79	299.29	286.20	294.01	293.94
396	377.16	378.69	402.65	394.85	394.92
292	298.31	298.76	240.58	293.04	292.97
614	627.74	620.57	408.63	612.70	612.79
671	698.40	689.04	577.92	670.23	670.29
718	756.02	745.30	464.62	717.77	717.79
1019	1078.31	1073.67	526.45	1022.67	1022.43
788.2	839.62	827.87	690.82	788.86	788.83
370.6	353.71	355.62	327.77	369.81	369.86
328	319.78	321.52	332.30	328.06	328.06
467	451.56	450.91	494.75	465.29	465.40
428	409.30	410.02	228.45	426.52	426.61
SE	136.2414	107.991	3.113677	3.166314	2.972964
U	0.091989	0.072585	0.002324	0.00209	0.001963
R^2	0.911627	0.92866	0.998633	0.998802	0.998863
X^2 檢定	否決	接受	否決	接受	接受
判定					最適合分佈

註: 以上由規劃團隊分析結果。雨量單位為：mm。

表 4-11-1 高中(含高中(1))站最大連續一日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表

觀測水文量 xi	對應水文量 xi'				
	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
272	259.28	259.063	271.32	271.20	271.08
401	417.66	415.0175	400.78	400.73	400.69
1334	805.03	858.869	1328.76	1327.91	1327.13
408	426.59	423.8706	407.84	407.81	407.77
528	571.71	569.4728	529.19	529.40	529.60
688	720.01	724.4695	690.96	691.51	692.03
543	588.16	586.2559	544.37	544.62	544.85
279	267.03	266.684	278.30	278.17	278.05
155	175.69	175.5081	156.09	156.30	156.50
457	488.17	485.1975	457.35	457.41	457.46
205	196.71	197.3271	204.97	204.96	204.96
327	323.87	322.5189	326.32	326.19	326.06
300	291.22	290.4359	299.27	299.14	299.01
181	182.31	182.8181	181.42	181.51	181.59
462	494.32	491.3484	462.41	462.47	462.53
235	221.61	221.994	234.57	234.50	234.43
248	234.12	234.3238	247.46	247.36	247.27
188	185.87	186.442	188.28	188.33	188.39
420	441.85	439.0175	419.96	419.94	419.93
308	300.74	299.7848	307.28	307.14	307.01
372	380.59	378.3615	371.55	371.46	371.37
499.5	539.22	536.5204	500.35	500.49	500.63
561	607.25	605.8397	562.59	562.88	563.15
357.1	361.61	359.656	356.55	356.45	356.35
237.5	223.94	224.2983	237.05	236.97	236.89
276.5	264.24	263.9435	275.81	275.68	275.56
205.4	197.00	197.6142	205.36	205.36	205.35
387	399.76	397.3026	386.66	386.59	386.53
542.4	587.51	585.5925	543.77	544.01	544.24
452	482.00	479.0214	452.30	452.34	452.38
SE	99.42082	89.6287	1.3014	1.524835	1.732491
U	0.113777	0.102284	0.001443	0.001691	0.001922
R^2	0.879407	0.889648	0.999026	0.998885	0.99876
X^2 檢定	接受	接受	否決	否決	接受
判定					最適合分佈

註: 以上由規劃團隊分析結果。雨量單位為：mm。

表 4-11-2 高中(含高中(1))站最大連續二日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表

觀測水文量 xi	對應水文量 xi'				
	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
429	425.08	423.12	423.26	427.42	427.40
424	419.01	417.29	417.40	422.40	422.38
1970	1246.35	1383.88	1370.66	1948.70	1948.47
715	774.30	763.11	764.19	716.91	716.93
814	880.05	870.38	871.38	817.44	817.48
1183	1153.68	1174.91	1173.20	1189.11	1189.19
1022	1058.03	1061.46	1061.35	1027.78	1027.85
306	287.61	289.95	289.70	304.98	304.97
190	207.22	205.98	206.13	192.17	192.20
473	479.29	475.25	475.58	471.67	471.65
313	294.52	296.74	296.50	311.88	311.87
341	323.54	325.09	324.90	339.59	339.57
362	346.56	347.42	347.29	360.45	360.43
213	215.74	216.53	216.48	214.26	214.28
851	916.24	907.95	908.84	854.97	855.02
358	342.10	343.10	342.96	356.47	356.46
447	447.09	444.29	444.50	445.50	445.48
301	282.77	285.18	284.92	300.05	300.04
631	675.86	665.70	666.64	631.58	631.59
552	578.34	570.76	571.43	551.48	551.47
567	597.08	588.92	589.65	566.67	566.66
715.3	774.64	763.45	764.53	717.21	717.23
756.3	819.91	808.98	810.06	758.86	758.89
500.6	513.81	508.48	508.93	499.50	499.49
342.5	325.16	326.65	326.47	341.08	341.06
411.7	404.22	403.06	403.11	410.08	410.06
214.7	216.58	217.49	217.42	215.90	215.92
490	500.53	495.69	496.09	488.80	488.79
928.9	986.08	982.07	982.61	933.84	933.90
804.5	870.45	860.50	861.52	807.80	807.84
SE	136.576	110.9403	113.4063	4.605005	4.656157
U	0.102112	0.08253	0.084406	0.00335	0.003387
R^2	0.892433	0.911029	0.909211	0.997594	0.997572
X^2 檢定	否決	接受	否決	接受	接受
判定					最適合分佈

註: 以上由規劃團隊分析結果。雨量單位為：mm。

表 4-11-3 高中(含高中(1))站最大連續三日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表

觀測水文量 xi	對應水文量 xi'				
	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
535	532.28	529.57	529.87	533.11	533.19
424	402.40	404.43	404.06	422.09	422.17
2463	1596.87	1769.23	1744.02	2434.65	2435.71
1029	1118.18	1104.31	1106.47	1034.00	1033.80
966	1052.97	1037.70	1040.00	970.05	969.89
1430	1430.34	1447.61	1445.64	1437.99	1437.65
1552	1491.04	1523.79	1519.65	1559.38	1559.06
332	311.23	314.73	314.19	331.23	331.25
221	245.26	242.69	243.12	223.67	223.56
478	463.73	463.70	463.61	475.94	476.03
389	365.33	368.30	367.81	387.37	387.44
521	515.17	513.15	513.35	519.04	519.12
533	529.83	527.22	527.50	531.10	531.18
270	265.31	267.19	266.93	270.82	270.78
851	923.93	908.68	910.89	853.19	853.11
426	404.59	406.56	406.20	424.08	424.15
565	569.40	565.17	565.69	563.30	563.38
330	309.51	312.99	312.46	329.27	329.29
763	817.99	804.81	806.67	763.77	763.74
742	792.02	779.56	781.31	742.44	742.43
780	838.84	825.14	827.08	781.03	781.00
786.9	847.26	833.36	835.34	788.04	788.01
856	929.79	914.46	916.68	858.27	858.19
566.2	570.89	566.61	567.13	564.51	564.59
371.2	347.50	350.78	350.26	369.78	369.84
525.8	521.02	518.76	518.99	523.86	523.95
244.4	252.36	252.44	252.47	246.11	246.04
537.4	535.23	532.40	532.71	535.52	535.60
1034.9	1124.07	1110.38	1112.53	1039.98	1039.78
1156.5	1236.95	1229.02	1230.45	1163.12	1162.85
SE	164.4311	131.8368	136.5946	6.051226	5.818635
U	0.098672	0.078666	0.081573	0.00353	0.003395
R^2	0.889551	0.910464	0.907376	0.997458	0.99754
X^2 檢定	否決	接受	否決	接受	接受
判定					最適合分佈

註: 以上由規劃團隊分析結果。雨量單位為：mm。

表 4-12-1 民族站最大連續一日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表

觀測水文量 xi	對應水文量 xi'				
	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
438	449.49	446.6413	438.42	439.09	438.95
457	463.60	462.58	457.37	457.96	457.84
473	474.43	475.2557	473.29	473.78	473.67
626	532.89	562.3307	623.89	620.74	621.40
536	507.91	518.4613	535.69	535.30	535.38
286	293.57	290.3639	285.98	285.90	285.92
195	188.80	190.523	194.82	194.54	194.60
466	469.81	469.7947	466.33	466.87	466.75
227	223.51	224.03	226.78	226.42	226.50
227	223.51	224.03	226.78	226.42	226.50
262	264.75	263.0967	261.88	261.64	261.69
179	173.46	175.2076	178.90	178.76	178.79
484	481.32	483.5702	484.22	484.61	484.53
140	146.38	144.9434	140.34	140.93	140.80
189	182.85	184.6384	188.84	188.61	188.66
174	169.06	170.6934	173.93	173.85	173.87
371	389.15	383.1991	371.37	371.91	371.79
263	265.95	264.2304	262.88	262.65	262.70
226	222.36	222.9412	225.78	225.42	225.50
396	413.52	408.1197	396.43	397.08	396.94
427	440.70	436.9815	427.44	428.12	427.98
265	268.35	266.4992	264.89	264.66	264.72
198	191.85	193.5216	197.81	197.51	197.57
307	318.50	314.0988	307.09	307.16	307.15
305	316.15	311.8514	305.08	305.14	305.13
219	214.45	215.3815	218.78	218.42	218.50
467	470.48	470.5829	467.32	467.86	467.74
400	417.23	411.9752	400.43	401.09	400.95
270	274.36	272.1775	269.91	269.72	269.76
144	148.19	147.4053	144.28	144.76	144.65
SE	19.52606	13.32303	0.463668	1.171274	1.02249
U	0.028371	0.019333	0.000671	0.001696	0.001481
R^2	0.985979	0.991079	0.99987	0.999732	0.999756
X^2 檢定	否決	接受	接受	接受	接受
判定					最適合分佈

註: 以上由規劃團隊分析結果。雨量單位為：mm。

表 4-12-2 民族站最大連續二日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表

觀測水文量 xi	對應水文量 xi'				
	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
728	753.20	746.57	729.23	729.78	729.33
804	808.08	809.05	804.80	805.19	804.87
702	731.54	723.16	703.26	703.82	703.36
978	888.18	918.23	975.56	974.51	975.36
987	890.75	922.64	984.29	983.13	984.08
301	292.10	294.53	300.61	300.44	300.58
234	241.99	240.11	234.55	234.81	234.60
574	604.98	594.46	574.77	575.09	574.83
326	316.80	319.02	325.48	325.24	325.44
243	246.80	246.12	243.36	243.54	243.40
318	308.65	311.01	317.51	317.29	317.47
259	257.11	257.98	259.08	259.13	259.09
834	826.30	831.23	834.48	834.73	834.53
263	260.00	261.15	263.02	263.04	263.03
340	331.55	333.38	339.44	339.19	339.40
260	257.82	258.77	260.07	260.11	260.08
568	598.33	587.96	568.73	569.03	568.78
445	453.62	449.53	444.80	444.68	444.77
408	409.19	407.52	407.58	407.37	407.54
574	604.98	594.46	574.77	575.09	574.83
615	648.87	637.90	616.02	616.45	616.10
370	364.81	365.36	369.45	369.19	369.40
230	240.11	237.61	230.64	230.94	230.69
478	493.44	487.22	478.03	478.02	478.03
360	353.51	354.54	359.44	359.17	359.39
323	313.72	315.99	322.49	322.26	322.45
870	845.64	855.97	869.98	870.00	869.98
720	746.69	739.48	721.24	721.80	721.34
384	380.94	380.72	383.48	383.23	383.44
286	278.51	280.72	285.74	285.63	285.72
SE	29.01965	19.50787	0.909916	1.309095	0.982417
U	0.026733	0.017944	0.000835	0.001201	0.000901
R^2	0.984341	0.990179	0.999831	0.999776	0.99982
X^2 檢定	否決	接受	否決	接受	接受
判定					最適合分佈

註: 以上由規劃團隊分析結果。雨量單位為：mm。

表 4-12-3 民族站最大連續三日降雨量 SE 及 U 誤差指標值推估一覽表

觀測水文量 xi	對應水文量 xi'				
	常態分佈頻率	對數常態分佈頻率	極端值分佈(第一型)頻率	皮爾遜第三型分佈頻率	對數皮爾遜第三型分佈頻率
805	857.66	844.46	806.74	807.19	806.77
1040	1049.94	1053.80	1042.25	1042.87	1042.28
830	882.46	869.88	831.92	832.42	831.94
1201	1128.98	1156.83	1201.57	1201.79	1201.58
1517	1182.52	1272.26	1507.86	1505.56	1507.74
339	326.87	329.69	338.60	338.51	338.60
261	277.05	274.29	262.17	262.50	262.19
575	593.40	586.12	574.66	574.55	574.66
398	383.93	386.19	397.11	396.86	397.09
425	413.28	414.57	424.03	423.76	424.01
408	394.61	396.56	407.07	406.81	407.05
286	288.44	288.68	286.54	286.69	286.54
834	886.34	873.89	835.95	836.45	835.97
319	310.56	312.86	318.89	318.88	318.89
500	501.19	498.49	499.16	498.92	499.15
283	286.79	286.75	283.60	283.78	283.61
678	718.17	705.97	678.62	678.75	678.62
620	648.66	638.91	620.06	620.05	620.06
612	638.90	629.56	611.99	611.95	611.99
633	664.46	654.07	633.18	633.20	633.18
719	765.42	752.17	720.01	720.25	720.02
408	394.61	396.56	407.07	406.81	407.05
270	280.50	279.00	270.93	271.19	270.94
505	507.27	504.26	504.19	503.95	504.18
360	345.84	348.77	359.37	359.21	359.36
366	351.56	354.45	365.31	365.13	365.31
948	985.75	980.03	950.40	951.04	950.43
1056	1059.65	1065.51	1058.17	1058.77	1058.20
384	369.40	372.02	383.18	382.96	383.17
424	412.17	413.50	423.03	422.76	423.01
SE	67.22515	49.1388	2.015013	2.533478	2.040929
U	0.05036	0.036707	0.001495	0.00188	0.001514
R^2	0.961838	0.972921	0.999507	0.999407	0.999502
X^2檢定	否決	接受	否決	接受	接受
判定					最適合分佈

註: 以上由規劃團隊分析結果。雨量單位為：mm。

6. 五子寮北集水區之各頻率年最大連續一、二、三日降雨量推估分析

由上述分析可得知本五子寮北集水區內之推估最大一、二日及三日連續降雨量值適用頻率分析之機率分佈型式，即採用對數皮爾遜第三型分佈。由此，依各相關雨量站之對數皮爾遜第三型頻率分佈下之最大一、二日及三日連續降雨量推估值與其各自佔有本計畫集水區之降雨趨勢權重值之乘積組合為具代表本五子寮北集水區之最大一、二日及三日連續降雨量推估值，如后表 4-13。

表 4-13-1 五子寮北集水區內之最大一日連續降雨量推估值一覽表

雨量站站名	關山	高中(含高中(1))	民族	五子寮北集水區
權重值	20.77%	77.37%	1.86%	100%
迴歸週期 T	最大一日降雨量頻率分析值(mm)	最大一日降雨量頻率分析值(mm)	最大一日降雨量頻率分析值(mm)	最大一日降雨量組合推估值(mm)
T=2	335.28	333.48	296.32	333.16
T=5	508.22	502.4	417.14	502.02
T=10	634.85	635.43	493.73	632.67
T=20	757.84	771.56	561.17	764.79
T=25	795.98	815.1	580.93	806.76
T=50	907.48	945.83	636.04	932.09
T=100	1005.5	1064.88	681.59	1045.40
T=200	1087.85	1167.77	718.05	1142.79
T=500	1172.55	1276.24	754.01	1244.97
T=1000	1220.24	1338.49	773.63	1303.40

註: 以上由規劃團隊分析結果。

表 4-13-2 五子寮北集水區內之最大二日連續降雨量推估值一覽表

雨量站站名	關山	高中(含高中(1))	民族	五子寮北集水區
權重值	20.77%	77.37%	1.86%	100%
迴歸週期 T	最大二日降雨量頻率分析值(mm)	最大二日降雨量頻率分析值(mm)	最大二日降雨量頻率分析值(mm)	最大二日降雨量組合推估值(mm)
T=2	468.16	487.62	430.38	482.51
T=5	732.28	780.38	644.85	767.86
T=10	942.02	1006.58	800.4	989.33
T=20	1157.72	1234.3	950.57	1213.11
T=25	1226.87	1306.36	996.97	1284.09
T=50	1434.9	1520.68	1132.24	1495.63
T=100	1624.76	1713.28	1250.73	1686.28
T=200	1789.09	1877.9	1349.98	1849.62
T=500	1962.55	2049.73	1451.81	2020.48
T=1000	2062.17	2147.57	1509.05	2117.93

註: 以上由規劃團隊分析結果。

表 4-13-3 五子寮北集水區內之最大三日連續降雨量推估值一覽表

雨量站站名	關山	高中(含高中(1))	民族	五子寮北集水區
權重值	20.77%	77.37%	1.86%	100%
迴歸週期 T	最大三日降雨量頻率分析值(mm)	最大三日降雨量頻率分析值(mm)	最大三日降雨量頻率分析值(mm)	最大三日降雨量組合推估值(mm)
T=2	550.08	589.15	513.29	579.62
T=5	861.51	965.14	783.18	940.23
T=10	1104.72	1261.41	987.26	1223.76
T=20	1351.79	1563.59	1190.05	1512.64
T=25	1430.42	1659.92	1253.77	1604.69
T=50	1665.5	1948.18	1442.24	1880.05
T=100	1878.24	2209.29	1610.44	2129.38
T=200	2061.14	2433.84	1753.45	2343.76
T=500	2253.07	2669.49	1902.09	2568.71
T=1000	2362.78	2804.19	1986.45	2697.28

註: 以上由規劃團隊分析結果。

4.2.2.2　近期颱風豪雨影響分析

除 98 年莫拉克風災外，近期之颱風豪雨亦造成五子寮北集水區(含旗山事業區 21-23 林班)相當大的影響，包括 99 年度凡那比，100 年度南瑪都、0719 暴雨，101 年度泰利、0610 暴雨及去(102)年之蘇力、潭美與康芮颱風均對本案集水區造成一定程度之衝擊。惟經莫拉克風災後，各機關於楠梓仙溪中、下游溪床，進行大規模之清疏作業，致使原本楠梓仙溪溪床淤積之土石大量帶往下游段，而匯入楠梓仙溪主流之本案集水區主流角埔溪下游溪段亦受其影響，原本淤積盈尺之溪床亦有降低現象。惟山嶺源頭及靠近溪側之山邊坡崩塌仍然嚴重，大量土石崩落溪床，並順水流帶往下游堆積，阻礙河道之狀況，仍對當地居民出入及交通安全影響甚鉅。2009 年(含)後各次重大颱風暴雨之累積雨量及最大瞬時降雨統計一覽，詳如后表 4-14~4-15 說明。茲列舉各次颱風之關山及高中(1)雨量站逐時降雨組體圖詳圖 4-2~圖 4-4。

表 4-14 關山雨量站近期歷年各次颱風豪雨降雨趨勢統計一覽表

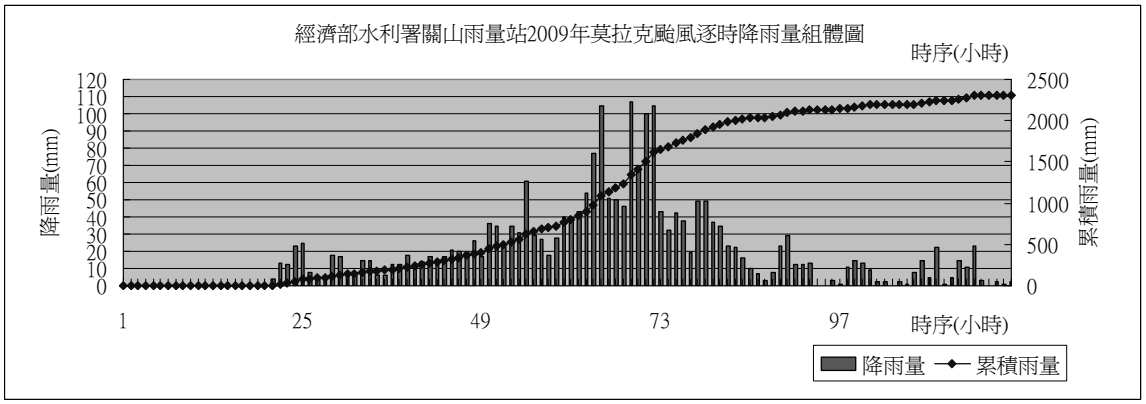
年度	颱風或暴雨名稱	影響時間	影響天數(天)	累積降雨量(mm)	最大瞬時雨量(mm)		紀錄最大降雨量(mm)		
					雨量(mm/hr)	發生時間	一日	二日	三日
2009	莫拉克	8/6-8/10	5	2308	107	8/8/21:00	1225	1750	2087
2010	凡那比	9/19-9/20	2	525	61	9/19/20:00	501	525	525
2011	0719 豪雨	7/17-7/20	4	463	50	7/18/22:00	199	381	442
2012	0610 暴雨	6/09-6/12	4	931	40	6/10/10:00	302	576	862
2012	泰利	6/18-6/21	4	497	39	6/19/17:00	255	483	494
2013	蘇力	7/12-7/13	2	331	77	7/13/04:00	327	331	331
2013	潭美	8/21-8/23	3	620	39	8/21/23:00	275	448	620
2013	康芮	8/28-9/1	5	949	69	8/29/07:00	448	651	884

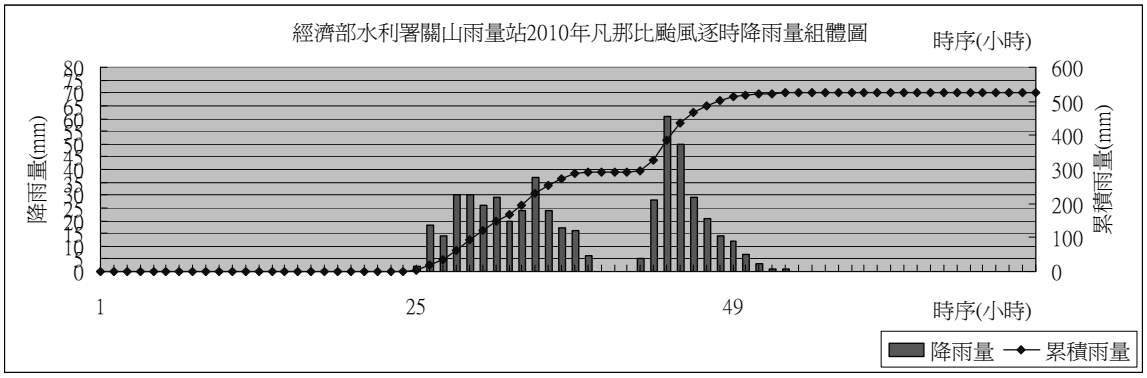
備註 1：上述資料係採自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站關山雨量站降雨紀錄資訊，並由規劃團隊彙整。

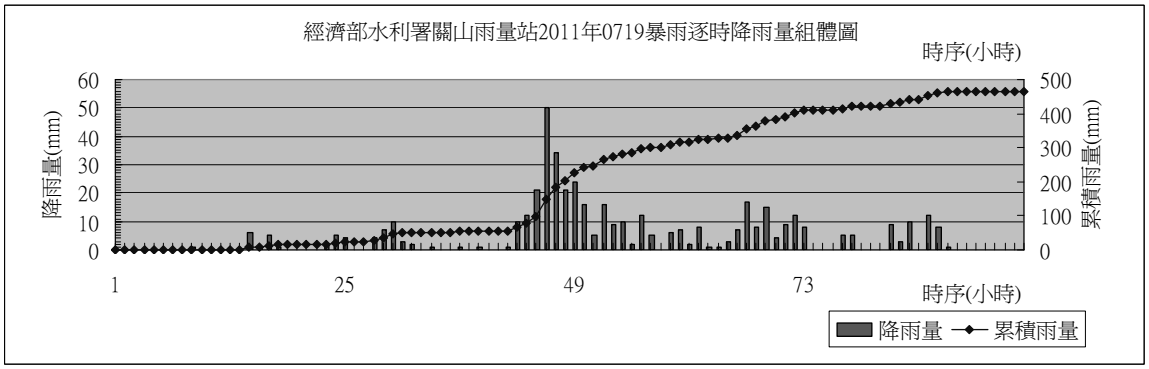
表 4-15 高中(1)雨量站近期歷年各次颱風豪雨降雨趨勢統計一覽表

年度	颱風或暴雨名稱	影響時間	影響天數(天)	累積降雨量(mm)	最大瞬時雨量(mm)		紀錄最大降雨量(mm)		
					雨量(mm/hr)	發生時間	一日	二日	三日
2009	莫拉克	8/6-8/11	6	3051	110	8/8/16:00	1344	1980	2473
2010	凡那比	9/19-9/20	2	424	51	9/19/06:00	401	424	424
2011	0719 豪雨	7/17-7/20	4	574	37	7/19/06:00	272	429	535

備註 1：上述資料係採自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站高中(1)雨量站降雨紀錄資訊，並由規劃團隊彙整。







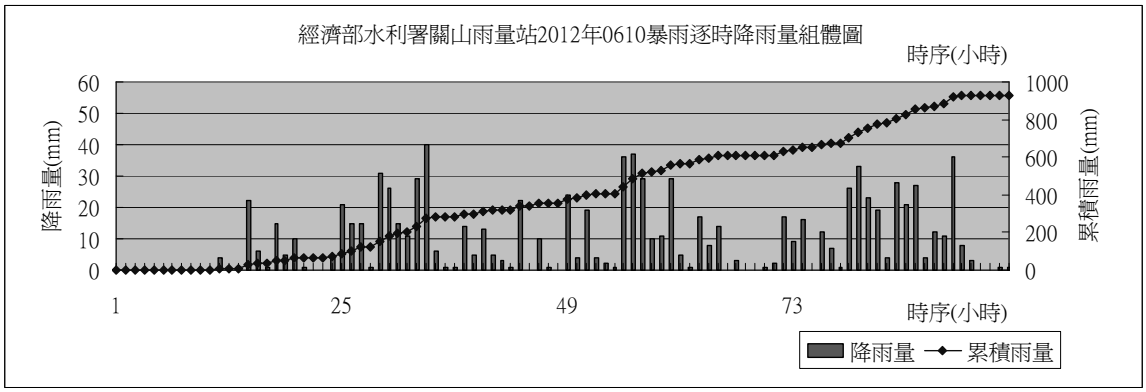
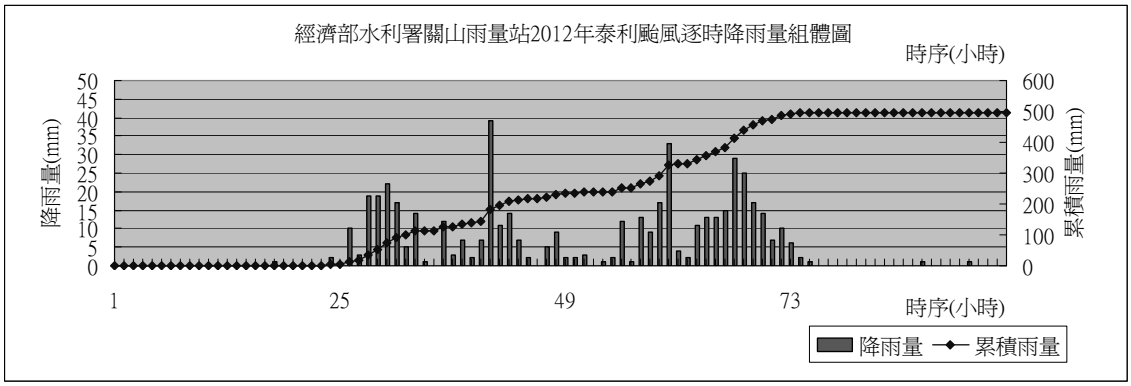
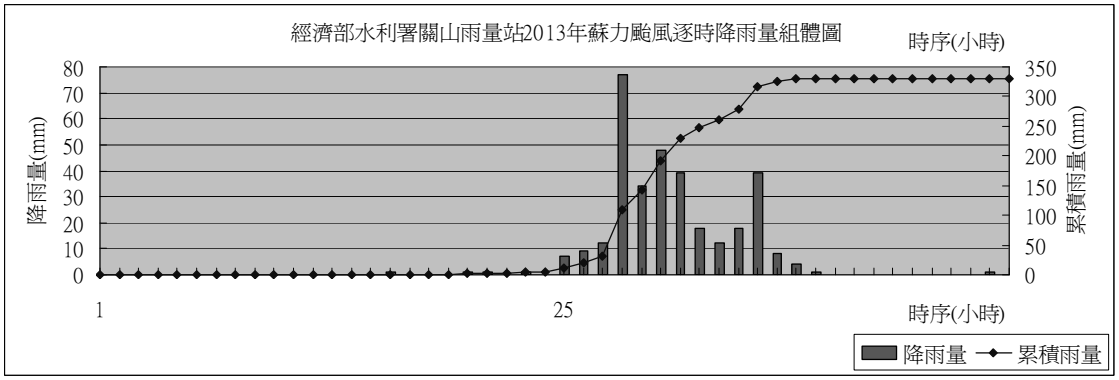
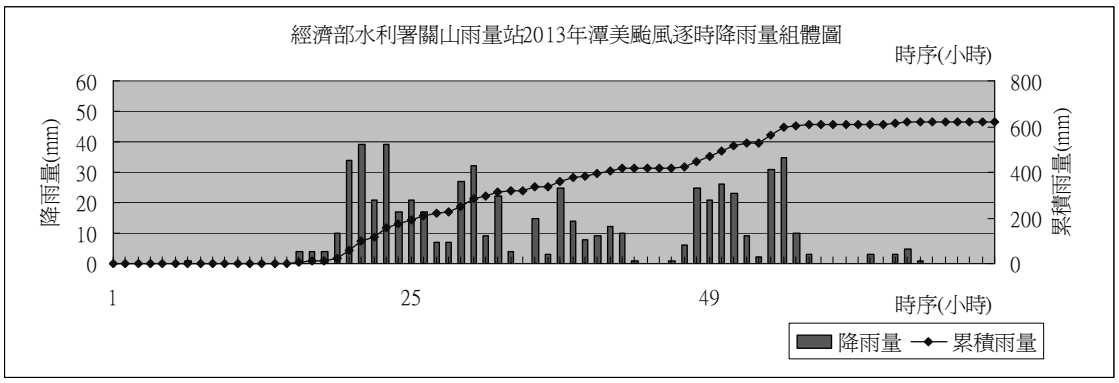


圖 4-2 關山雨量站之各次颱風逐時降雨組體圖(1/2)







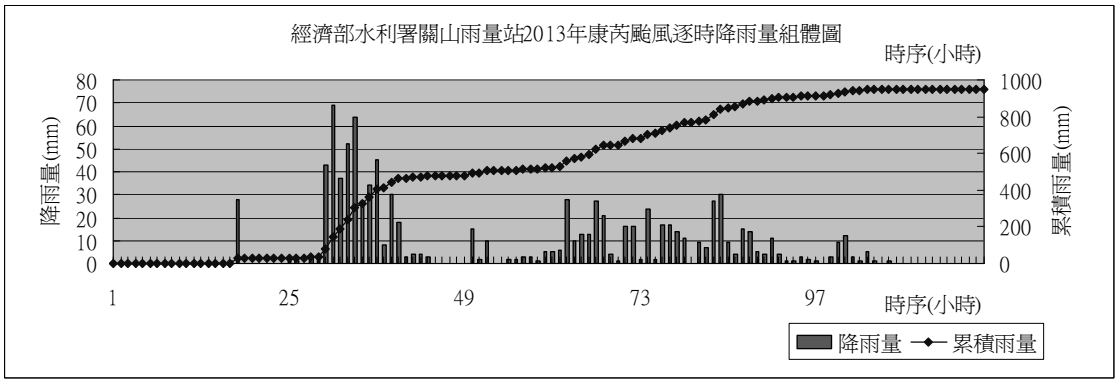


圖 4-3 關山雨量站之各次颱風逐時降雨組體圖(2/2)

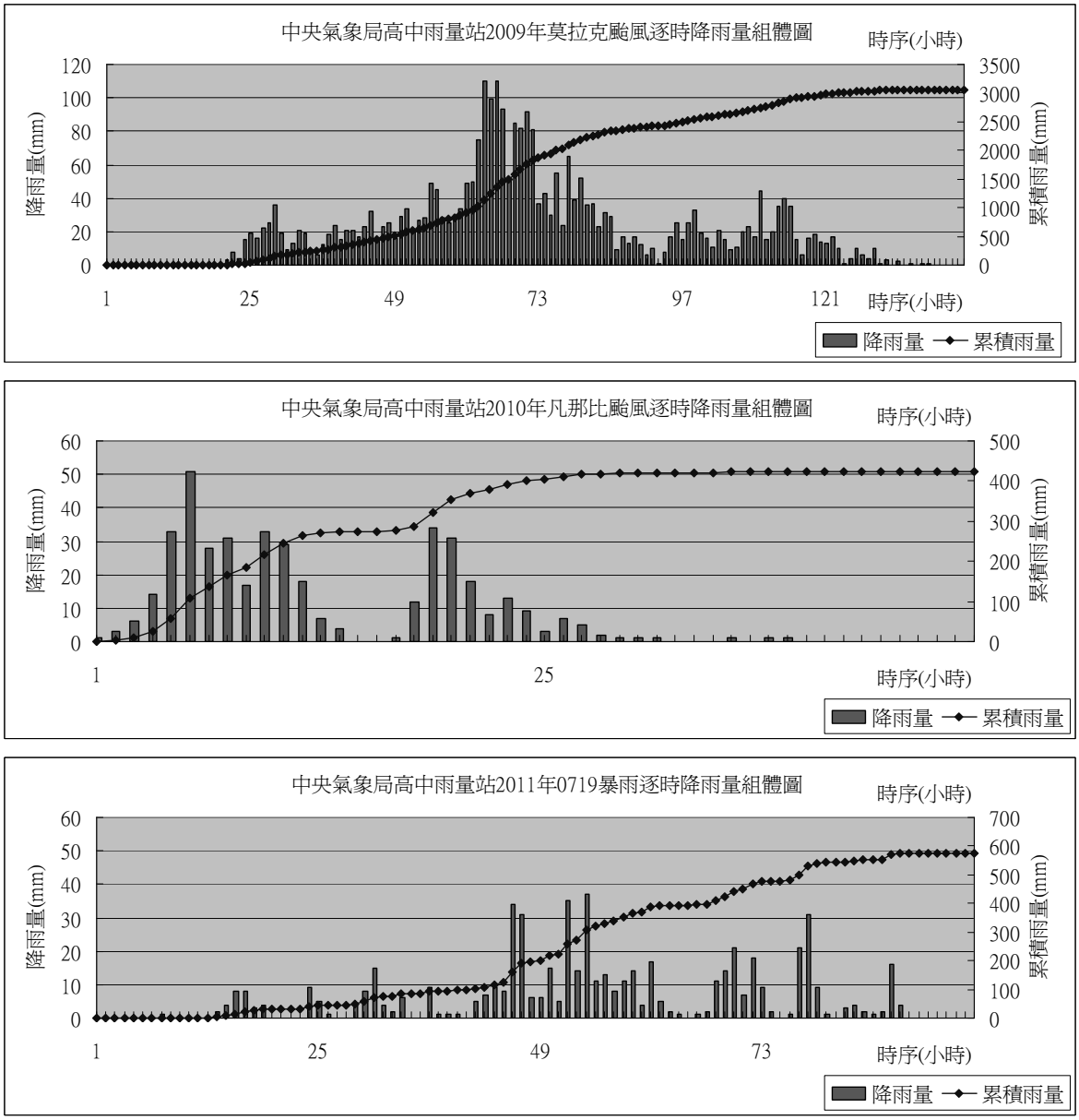


圖 4-4 高中(1)雨量站之各次颱風逐時降雨組體圖

4.2.2.3　五大颱風事件分析

針對颱風事件之影響分析，本計畫集水區可以說是幾乎年年受到各種類型颱風侵襲之破壞，因而造成若干大小不同之災害影響。尤其以颱風所帶來的超大雨量破壞尤重。與本計畫集水區相關之雨量站，除前分析使用之關山、高中(含高中(1))及民族等 3 雨量站外，另有隸屬於經濟部水利署之甲仙(2)雨量站。因針對颱風事件之分析，關山雨量站尚屬曾文溪水系，與本計畫集水區所在為高屏溪水系者具有地理區位上之不同，較不適宜採用為事件分析之依據；民族雨量站雖已屬高屏溪水系，然因旗降與記錄年份僅至 2008 年，並不適合代表本計畫集水區之颱風事件影響反應；高中(含高中(1))雨量站經徐昇氏法分析後，其具有代表本計畫集水區降雨特性之大部分權重，因此適合作為本計畫集水區之颱風事件影響反應，惟其因紀錄年份僅至 2011 年，尚缺 2008、2012、2013 三年及 1981 年之前年份之降雨全記錄，擬由同是高屏溪流域水系之鄰近甲仙(2)雨量站所紀錄之颱風事件所取代。

依據經濟部水利署高中(含高中(1))雨量站自 1981 至 2011 年之颱風降雨紀錄，及經濟部水利署甲仙(2)雨量站之 2008、2012、2013 等 3 年及 1981 年之前年份之颱風降雨紀錄顯示，影響本規劃區之累積雨量前五大事件者，分別為 2009 年莫拉克颱風(高中(1)雨量站記錄資料)、2005 年海棠颱風(高中雨量站記錄資料)、2005 年 0612 暴雨(高中雨量站記錄資料)、2008 年卡玫基颱風(高中雨量站記錄資料)及 1977 年 0725 豪雨(甲仙(2)雨量站記錄資料)，其中，以 2009 年莫拉克颱風所造成集水區之影響為最大；累積雨量前五大降雨事件詳如后表 4-16 說明。

而影響本規劃區之前五大最大日雨量中，則依序為 2009 年莫拉克颱風 8 月 8 日降雨量、2005 年海棠颱風 7 月 19 日降雨量、2009 年莫拉克颱風 8 月 9 日降雨量、2010 年凡那比颱風 9 月 19 日降雨量、2005 年海棠颱風 7 月 18 日降雨量。依前 2.3.3 節有關本五子寮北集水區之最大一日連續降雨量推估值採對數皮爾遜第三型頻率分析推估之結果，比對上述各颱風之一日降雨量紀錄值，除 2009 年莫拉克颱風之日降雨量已超過千年重現期距外，其餘多在 10 年至 50 年間，未超過 50 年重現期距之推估值。分析結果詳如后表 4-17 說明。本五子寮北集水區之最大一、二、三日連續降雨量推估值彙整如后表 4-18 說明。

表 4-16 五子寮北集水區累積雨量前五大颱風事件彙總一覽表

排序	事件名稱	事件發生年度	事件發生期間	總累積雨量(mm)	參考雨量站
1	莫拉克颱風	2009	2009/8/6-8/10	3,041	高中(1)雨量站
3	海棠颱風	2005	2005/7/17-7/21	1,568	高中雨量站
2	0612暴雨	2005	2005/6/12-6/16	1,049	高中雨量站
5	卡玫基颱風	2008	2008/7/16-7/18	945	高中雨量站
4	0725暴雨	1977	1977/7/25-7/28	941.2	甲仙(2)雨量站

備註：資料係採自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P036 甲仙(2)、1730P129 高中及 1730P142 高中(1)雨量站降雨紀錄資訊，並由規劃團隊彙整。

表 4-17 五子寮北集水區最大日雨量前五大事件彙總一覽表

排序	事件名稱	事件發生年度	事件發生期間	颱風強度	最大日雨量(mm)	重現期距(年)	參考雨量站
1	莫拉克颱風	2009	2009/8/8	中度	1334	>1000	高中(1)雨量站
4	海棠颱風	2005	2005/7/19	強烈	667	10~20	高中雨量站
1	莫拉克颱風	2009	2009/8/9	中度	636	10~20	高中(1)雨量站
3	凡那比颱風	2010	2010/9/19	中度	630	5~10	甲仙(2)雨量站
4	海棠颱風	2005	2005/7/18	強烈	516	5~10	高中雨量站

備註：資料係採自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P036 甲仙(2)、1730P129 高中及 1730P142 高中(1)雨量站降雨紀錄資訊，並由規劃團隊彙整。

表 4-18 五子寮北集水區內之最大一、二、三日連續降雨量推估值一覽表

迴歸週期 T	最大一日降雨量頻率分析推估值(mm)	最大二日降雨量頻率分析推估值(mm)	最大三日降雨量頻率分析推估值(mm)
T=2	333.16	482.51	579.62
T=5	502.02	767.86	940.23
T=10	632.67	989.33	1223.76
T=20	764.79	1213.11	1512.64
T=25	806.76	1284.09	1604.69
T=50	932.09	1495.63	1880.05
T=100	1045.40	1686.28	2129.38
T=200	1142.79	1849.62	2343.76
T=500	1244.97	2020.48	2568.71
T=1000	1303.40	2117.93	2697.28

註: 以上由規劃團隊分析結果。

就此累積雨量最大之五大颱風事件對於本計畫集水區域或附近之災害情形，除其中影響最大之 2009 年莫拉克颱風所造成之災害說明已於前第二章 2.8 節說明，另

1977 年之 0725 暴雨災害因年代久遠無可考，不加贅述外。其餘則說明如後供參。

1. 2005 年海棠颱風

海棠颱風形成後，由於受其北邊的太平洋高壓壓迫，行徑方向便偏往西南；14 日 2 時，海棠增強為中度颱風；15 日 14 時，颱風中心位置到達北緯 19.1 度，東經 134.8 度，其向西南西移動至此後開始逐漸轉偏西北西行。16 日 14 時，中央氣象局發佈了海棠的海上颱風警報，同時海棠也增強為強烈颱風。

17 日 23 時，海棠颱風的位置到達北緯 23.3 度，東經 123.5 度，約在花蓮東南東方 200 公里之海面上，海棠主要環流的北邊由於有乾空氣侵入，致使其西北面的對流雲系略為削弱，整體強度亦是減弱。18 日清晨，台灣東部、北部乃至於中南部皆陸續處於狂風暴雨之中，中南部的台中、台南、高雄等地瞬間陣風全在 11 級以上。

上午 8 點，颱風位置在花東交界的秀姑巒溪附近；10 時，其中心更南移至北緯 23.4 度，東經 121.7 度！至此又開始有向上轉回的跡象。造成在花蓮東方近海繞圈卻未登陸的原因，似乎仍無法全盤了解，颱風受中央山脈地形因素致使其高低層環流略為出現傾斜，加以海棠颱風中心靠近陸地前在台東成功外海一帶氣壓急遽下降，而台灣附近大氣導引氣流相當平均的情況下，使得海棠中心出現南偏並轉圈的調整現象。這些可能都是組成此次繞圈的因子之一。

花蓮地區在颱風接近並繞圈時，因由背風面轉至迎風面故最為風強雨急。中心轉完了一圈的海棠在 18 日下午 3 時左右登陸宜蘭蘇澳的東澳灣，並很快地降為中度颱風；南部從當日中午以後明顯降下豪雨，此外風勢亦相當強勁，山區雨勢更是驚人！海棠颱風在台灣附近及上空移動速度放慢，18 日晚間 10 時中心才由苗栗後龍出海；東南部此時再度降下豪雨及出現強風。

海棠於 19 日下午 2 時再減弱為輕度颱風，晚間 6 時前後由福建連江附近進入中國大陸；而其南邊的雲帶卻不斷自台灣海峽以南移進台灣中南部上空，這些地方的風雨狀況仍持續。山區方面，屏東縣尾寮山 18、19 日兩天累積雨量便達 1746 毫米，19 日在高雄縣御油山則出現 931 毫米的單日降雨量，台灣地區的降雨則是到了 21 日以後才逐漸緩和。連續數天的降雨讓台南、高雄及屏東水患最為慘重！屏東楓港大橋因洪水而遭阻斷，恆春半島瞬間成為孤島一座；中山高速公路的台南新營至麻豆段則因積水而封閉；而屹立於高屏溪上的二級古蹟“下淡水溪鐵橋”亦被大水沖

斷。除此之外，中部山區與東南部地區因雨亦造成不輕的災情。

總計海棠颱風侵台，共有 12 人死亡、3 人失蹤、31 人受傷，農林漁牧業損失金額約 42 億元以上；前述提及的屏東尾寮山總計降下 2,347 毫米的雨量，其中 18 日單日降雨量 1009 毫米。本五子寮北集水區內高中雨量站測得總雨量為 1,568mm。

2. 2008 年卡玫基颱風

卡玫基颱風及其引進的西南氣流，引發豪雨造成的水災與土石流重創台灣，，死亡人數計達 20 人以上，農業損失達 12 億 1,860 萬元。淹水較嚴重（1 公尺以上）的地區包括雲林縣斗南鎮、嘉義縣水上鄉、中埔鄉、台南縣左鎮鄉、白河鎮、官田鄉、玉井鄉、柳營鄉、高雄縣美濃鎮、杉林鄉、甲仙鄉、台中縣烏日鄉、霧峰鄉、大里市、台中市。土石流災情較嚴重的地區主要位於台南縣與高雄縣山區，特別是甲仙鄉東安村山區 7 月 18 日下午 2 户民宅遭土石流沖毀，造成 4 死 2 傷 3 失蹤慘劇，東安村油礦巷死傷嚴重外，小林村 200 户中，超過 9 成房舍遭土石侵入。另尚包括高雄縣甲仙到三民(那瑪夏)山區路面流失，卡玫基颱風造成中南部地區嚴重災情。本五子寮北集水區內高中雨量站測得總雨量為 945mm。

3. 2010 年凡那比颱風

該次凡那比颱風造成高雄市嚴重的淹水災情。根據氣象局的統計資料顯示，高雄市創下自 1992 年設置以來的單日最大降雨。至於三個山地觀測站，雖然累計雨量也高達上千豪雨，但並未打破莫拉克的紀錄。觀察降雨的紀錄顯示，凡那比颱風對南臺灣平地的威脅，遠高於山區，該次政府全力投入山區防災及撤離相當成功，但是市區仍然出現大淹水。有關本五子寮北集水區於凡那比颱風期間，僅有台 21 線小林通往那瑪夏路段採預警示封閉，其餘並未有重大災情發生。本五子寮北集水區內高中雨量站測得一日最大降雨量為 630mm。

4. 2005 年 0612 豪暴雨

2005 年之 0612 豪雨，其下游美濃、旗山、岡山、鳳山等地區，皆因嚴重淹水而傳出災情，有關本五子寮北集水區於凡那比颱風期間，僅有台 21 線小林通往那瑪夏路段採預警示封閉，其餘並未有重大災情發生。本五子寮北集水區內高中雨量站測得總雨量為 1,049mm。

4.2.2.4　雨型分析

為瞭解本集水區內包含短延時強降雨及長延時持續降雨之趨勢，藉由同屬高屏溪流域楠梓仙溪水系之經濟部水利署 1730P036 甲仙(2)雨量站所蒐集有關各場暴雨或颱風雨之時降雨紀錄，進行雨型之分析，如後：(此部分分析因不涉及降雨或洪峰量之大小，故擬以具較類似降雨環境下之雨量站降雨趨勢進行分析)

1.短延時強降雨雨型

經選取歷年有關經濟部水利署 1730P036 甲仙(2)雨量站所蒐集各年份一日(24hr)之時雨量記錄，其累積 24hr 之降雨總量超過 200mm 者，共計有 10 場降雨紀錄，進行短延時強降雨雨型之分析。經選取之各場降雨一日(24hr)之時雨量記錄彙整如后表 4-19。並以下列步驟逐一完成本集水區域內之短延時強降雨雨型：

步驟一：鍵入各場暴雨之各 1 小時延時之降雨量，並求得各場暴雨最大小時降雨之平均延時。

表 4-19 甲仙(2)雨量站連續 24hr 降雨紀錄彙總一覽表(1/2)

小時序	第 1 場 (2013 康芮颱風)	第 2 場 (2013 蘇力颱風)	第 3 場 (20120610 暴雨)	第 4 場 (20110718 暴雨)	第 5 場 (2008 鳳凰颱風)	第 6 場 (2008 卡玫基颱風)	第 7 場 (2007 聖帕颱風)	第 8 場 (2006 凱米颱風)	第 9 場 (2005 泰利颱風)	第 10 場 (20050603 暴雨)	平均
1	0	0	0	7	5	0	13	1	5	0	3.1
2	0	0	0	0	5	8	7	7	5	0	3.2
3	0	0	6	1	11	7	3	31	7	0	6.6
4	8	0	21	0	9	4	6	50	16	0	11.4
5	22	1	21	1	35	18	3	12	16	2	13.1
6	35	7	6	2	15	24	2	3	23	1	11.8
7	49	14	17	9	21	35	2	9	31	23	21
8	33	4	24	7	15	43	12	17	39	26	22
9	39	10	17	5	10	106	17	4	51	3	26.2
10	32	26	21	40	11	124	17	2	29	23	32.5
11	16	48	16	29	10	148	13	5	41	44	37
12	12	34	35	27	19	133	35	3	32	11	34.1
13	47	23	51	4	12	47	28	8	56	5	28.1
14	22	37	2	8	57	25	2	1	56	8	21.8
15	35	14	0	1	6	11	22	0	30	1	12
16	24	15	0	18	17	16	20	5	10	12	13.7

備註：資料係採自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P036 甲仙(2)雨量站降雨紀錄資訊，並由規劃團隊彙整。

表 4-19 甲仙(2)雨量站連續 24hr 降雨紀錄彙總一覽表(2/2)

小時序	第 1 場 (2013 康芮颱風)	第 2 場 (2013 蘇力颱風)	第 3 場 (20120610 暴雨)	第 4 場 (20110718 暴雨)	第 5 場 (2008 鳳凰颱風)	第 6 場 (2008 卡玫基颱風)	第 7 場 (2007 聖帕颱風)	第 8 場 (2006 凱米颱風)	第 9 場 (2005 泰利颱風)	第 10 場 (20050603 暴雨)	平均
17	4	56	23	6	9	17	9	4	21	10	15.9
18	5	2	16	35	8	32	79	10	7	1	19.5
19	8	2	16	8	15	36	49	3	5	24	16.6
20	2	1	1	5	36	18	15	9	7	1	9.5
21	0	0	0	4	15	8	13	3	11	1	5.5
22	0	0	7	1	5	7	4	4	3	0	3.1
23	0	0	11	4	8	0	4	0	15	0	4.2
24	0	0	4	1	2	1	1	0	0	0	0.9
合計	393	294	315	223	356	868	376	191	516	196	372.8
最大降雨量 (mm)	49	56	51	40	57	148	79	50	56	44	63
延時(hr)	7	17	13	10	14	11	18	4	13	11	11.8
%	12.47	19.05	16.19	17.94	16.01	17.05	21.01	26.18	10.85	22.45	17.92

備註：資料係採自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P036 甲仙(2)雨量站降雨紀錄資訊，並由規劃團隊彙整。

步驟二：將各場暴雨之各 1 小時延時之降雨量由大至小排序。

小時序	第 1 場 (2013 康芮颱風)	第 2 場 (2013 蘇力颱風)	第 3 場 (20120610 暴雨)	第 4 場 (20110718 暴雨)	第 5 場 (2008 鳳凰颱風)	第 6 場 (2008 卡玫基颱風)	第 7 場 (2007 聖帕颱風)	第 8 場 (2006 凱米颱風)	第 9 場 (2005 泰利颱風)	第 10 場 (20050603 暴雨)
1	49	56	51	40	57	148	79	50	56	44
2	47	48	35	35	36	133	49	31	56	26
3	39	37	24	29	35	124	35	17	51	24
4	35	34	23	27	21	106	28	12	41	23
5	35	26	21	18	19	47	22	10	39	23
6	33	23	21	9	17	43	20	9	32	12
7	32	15	21	8	15	36	17	9	31	11
8	24	14	17	8	15	35	17	8	30	10
9	22	14	17	7	15	32	15	7	29	8
10	22	10	16	7	15	25	13	5	23	5
11	16	7	16	6	12	24	13	5	21	3
12	12	4	16	5	11	18	13	4	16	2

小時序	第 1 場 (2013 康芮颱風)	第 2 場 (2013 蘇力颱風)	第 3 場 (20120610 暴雨)	第 4 場 (20110718 暴雨)	第 5 場 (2008 鳳凰颱風)	第 6 場 (2008 卡玫基颱風)	第 7 場 (2007 聖帕颱風)	第 8 場 (2006 凱米颱風)	第 9 場 (2005 泰利颱風)	第 10 場 (20050603 暴雨)
13	8	2	11	5	11	18	12	4	16	1
14	8	2	7	4	10	17	9	4	15	1
15	5	1	6	4	10	16	7	3	11	1
16	4	1	6	4	9	11	6	3	10	1
17	2	0	4	2	9	8	4	3	7	1
18	0	0	2	1	8	8	4	3	7	0
19	0	0	1	1	8	7	3	2	7	0
20	0	0	0	1	6	7	3	1	5	0
21	0	0	0	1	5	4	2	1	5	0
22	0	0	0	1	5	1	2	0	5	0
23	0	0	0	0	5	0	2	0	3	0
24	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0

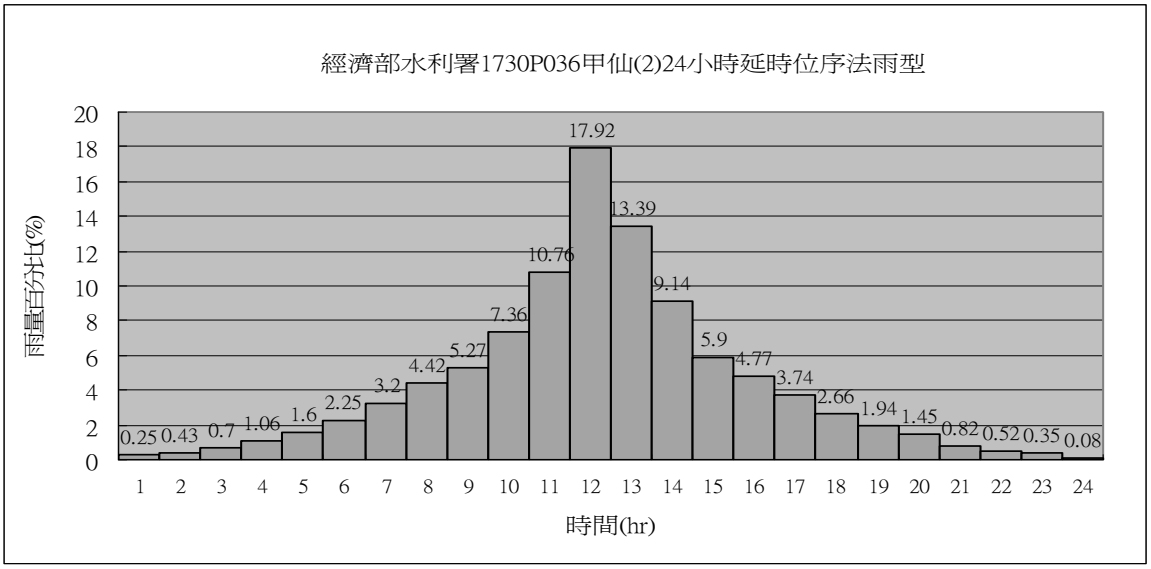
步驟三：將排序後之各場暴雨各小時延時降雨量佔該單場降雨量比率求出。

小時序	第 1 場 (2013 康芮颱風)	第 2 場 (2013 蘇力颱風)	第 3 場 (20120610 暴雨)	第 4 場 (20110718 暴雨)	第 5 場 (2008 鳳凰颱風)	第 6 場 (2008 卡玫基颱風)	第 7 場 (2007 聖帕颱風)	第 8 場 (2006 凱米颱風)	第 9 場 (2005 泰利颱風)	第 10 場 (20050603 暴雨)	平均
1	12.47	19.05	16.19	17.94	16.01	17.05	21.01	26.18	10.85	22.45	17.92
2	11.96	16.33	11.11	15.70	10.11	15.32	13.03	16.23	10.85	13.27	13.39
3	9.92	12.59	7.62	13.00	9.83	14.29	9.31	8.90	9.88	12.24	10.76
4	8.91	11.56	7.30	12.11	5.90	12.21	7.45	6.28	7.95	11.73	9.14
5	8.91	8.84	6.67	8.07	5.34	5.41	5.85	5.24	7.56	11.73	7.36
6	8.40	7.82	6.67	4.04	4.78	4.95	5.32	4.71	6.20	6.12	5.90
7	8.14	5.10	6.67	3.59	4.21	4.15	4.52	4.71	6.01	5.61	5.27
8	6.11	4.76	5.40	3.59	4.21	4.03	4.52	4.19	5.81	5.10	4.77
9	5.60	4.76	5.40	3.14	4.21	3.69	3.99	3.66	5.62	4.08	4.42
10	5.60	3.40	5.08	3.14	4.21	2.88	3.46	2.62	4.46	2.55	3.74
11	4.07	2.38	5.08	2.69	3.37	2.76	3.46	2.62	4.07	1.53	3.20
12	3.05	1.36	5.08	2.24	3.09	2.07	3.46	2.09	3.10	1.02	2.66
13	2.04	0.68	3.49	2.24	3.09	2.07	3.19	2.09	3.10	0.51	2.25
14	2.04	0.68	2.22	1.79	2.81	1.96	2.39	2.09	2.91	0.51	1.94
15	1.27	0.34	1.90	1.79	2.81	1.84	1.86	1.57	2.13	0.51	1.60

小時序	第 1 場 (2013 康芮颱風)	第 2 場 (2013 蘇力颱風)	第 3 場 (20120610 暴雨)	第 4 場 (20110718 暴雨)	第 5 場 (2008 鳳凰颱風)	第 6 場 (2008 卡玫基颱風)	第 7 場 (2007 聖帕颱風)	第 8 場 (2006 凱米颱風)	第 9 場 (2005 泰利颱風)	第 10 場 (20050603 暴雨)	平均
16	1.02	0.34	1.90	1.79	2.53	1.27	1.60	1.57	1.94	0.51	1.45
17	0.51	0.00	1.27	0.90	2.53	0.92	1.06	1.57	1.36	0.51	1.06
18	0.00	0.00	0.63	0.45	2.25	0.92	1.06	1.57	1.36	0.00	0.82
19	0.00	0.00	0.32	0.45	2.25	0.81	0.80	1.05	1.36	0.00	0.70
20	0.00	0.00	0.00	0.45	1.69	0.81	0.80	0.52	0.97	0.00	0.52
21	0.00	0.00	0.00	0.45	1.40	0.46	0.53	0.52	0.97	0.00	0.43
22	0.00	0.00	0.00	0.45	1.40	0.12	0.53	0.00	0.97	0.00	0.35
23	0.00	0.00	0.00	0.00	1.40	0.00	0.53	0.00	0.58	0.00	0.25
24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.08

步驟四：執行序位比序。

降雨時序 (hr)	比率(%)	降雨時序 (hr)	比率(%)	降雨時序 (hr)	比率(%)	降雨時序 (hr)	比率(%)
1	0.25	7	3.2	13	13.39	19	1.94
2	0.43	8	4.42	14	9.14	20	1.45
3	0.7	9	5.27	15	5.9	21	0.82
4	1.06	10	7.36	16	4.77	22	0.52
5	1.6	11	10.76	17	3.74	23	0.35
6	2.25	12	17.92	18	2.66	24	0.08



2.長延時持續降雨雨型

經選取歷年有關經濟部水利署 1730P036 甲仙(2)雨量站所蒐集各年份二日(48hr)之時雨量記錄，其累積 48hr 之降雨總量超過 200mm 者，共計有 10 場降雨紀錄，進行長延時持續降雨雨型之分析。經選取之各場降雨二日(48hr)之時雨量記錄彙整如后表 4-20。並以下列步驟逐一完成本集水區域內之長延時持續降雨雨型：

步驟一：鍵入各場暴雨之各 1 小時延時之降雨量，並求得各場暴雨最大小時降雨之平均延時。

表 4-20 甲仙(2)雨量站連續 48hr 降雨紀錄彙總一覽表(1/3)

小時序	第 1 場 (2010 凡那比颱風)	第 2 場 (2008 薔蜜颱風)	第 3 場 (2008 辛樂克颱風)	第 4 場 (2007 柯羅莎颱風)	第 5 場 (2007 聖帕颱風)	第 6 場 (2006 碧利斯颱風)	第 7 場 (20060609-10 暴雨)	第 8 場 (2005 海棠颱風)	第 9 場 (20050614-15 暴雨)	第 10 場 (2004 敏督利颱風)	平均
1	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0.6
2	0	2	5	0	2	0	1	0	1	1	1.2
3	0	4	2	0	9	0	4	0	14	0	3.3
4	1	3	4	0	13	2	0	0	14	3	4
5	17	2	5	0	7	0	9	0	7	0	4.7
6	14	1	5	0	3	4	14	0	29	0	7
7	26	0	6	0	6	3	36	0	23	0	10
8	35	0	12	3	3	9	5	2	45	1	11.5
9	27	2	12	4	2	5	3	4	29	3	9.1
10	24	1	15	7	2	12	15	8	33	2	11.9
11	29	1	8	9	12	9	6	10	19	0	10.3
12	35	3	14	8	17	6	8	13	15	1	12
13	31	8	9	12	17	12	7	21	10	1	12.8
14	44	11	4	21	13	7	61	27	43	0	23.1
15	42	26	4	26	35	11	16	22	16	4	20.2
16	25	30	3	27	28	22	8	27	10	20	20
17	31	26	11	34	2	21	5	34	6	28	19.8
18	0	31	21	36	22	11	19	27	6	28	20.1
19	0	37	13	40	20	3	16	24	20	20	19.3
20	0	37	18	32	9	5	41	29	18	14	20.3

備註：資料係採自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P036 甲仙(2)雨量站降雨紀錄資訊，並由規劃團隊彙整。

表 4-20 甲仙(2)雨量站連續 48hr 降雨紀錄彙總一覽表(2/3)

小時序	第 1 場 (2010 凡那比颱風)	第 2 場 (2008 薔蜜颱風)	第 3 場 (2008 辛樂克颱風)	第 4 場 (2007 柯羅莎颱風)	第 5 場 (2007 聖帕颱風)	第 6 場 (2006 碧利斯颱風)	第 7 場 (20060609-10 暴雨)	第 8 場 (2005 海棠颱風)	第 9 場 (20050614-15 暴雨)	第 10 場 (2004 敏督利颱風)	平均
21	9	31	13	25	79	7	18	19	14	13	22.8
22	38	33	15	39	49	7	22	44	31	37	31.5
23	72	23	41	19	15	22	37	33	6	22	29
24	55	16	29	21	13	13	12	25	2	17	20.3
25	39	13	25	30	4	5	10	30	37	12	20.5
26	19	14	23	23	4	8	4	22	23	19	15.9
27	17	13	25	23	1	27	17	28	7	20	17.8
28	14	7	39	18	8	41	13	25	10	24	19.9
29	5	6	39	23	13	12	14	31	14	27	18.4
30	4	2	34	23	8	12	11	41	26	8	16.9
31	1	1	17	33	6	16	15	39	4	4	13.6
32	3	4	21	11	14	8	22	22	1	13	11.9
33	0	4	16	6	8	5	32	12	1	11	9.5
34	0	1	15	3	20	31	27	11	3	19	13
35	0	1	3	2	26	34	9	10	30	43	15.8
36	0	0	1	3	9	29	8	13	5	26	9.4
37	1	1	4	20	18	18	5	10	1	19	9.7
38	0	1	0	16	9	8	19	19	3	44	11.9
39	0	2	0	4	11	12	8	22	2	33	9.4
40	4	2	9	6	30	25	3	7	8	5	9.9
41	6	1	11	0	7	9	4	1	2	3	4.4
42	2	1	4	1	1	44	3	1	2	5	6.4
43	0	1	11	0	11	10	2	2	2	7	4.6
44	0	0	5	0	35	36	0	20	14	2	11.2
45	0	1	13	0	13	3	1	46	13	8	9.8
46	0	0	1	0	29	15	0	2	5	11	6.3
47	1	0	3	0	25	0	0	3	2	12	4.6
48	0	0	0	0	0	1	1	13	2	1	1.8
合計	671	404	592	608	690	600	591	799	628	591	617.4

備註：資料係採自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P036 甲仙(2)雨量站降雨紀錄資訊，並由規劃團隊彙整。

表 4-20 甲仙(2)雨量站連續 48hr 降雨紀錄彙總一覽表(3/3)

小時序	第 1 場 (2010 凡那比颱風)	第 2 場 (2008 薔蜜颱風)	第 3 場 (2008 辛樂克颱風)	第 4 場 (2007 柯羅莎颱風)	第 5 場 (2007 聖帕颱風)	第 6 場 (2006 碧利斯颱風)	第 7 場 (20060609-10 暴雨)	第 8 場 (2005 海棠颱風)	第 9 場 (20050614-15 暴雨)	第 10 場 (2004 敏督利颱風)	平均
最大降雨量 (mm)	72	37	41	40	79	44	61	46	45	44	50.9
延時 (hr)	23	19	23	19	21	42	14	45	8	38	25.2
%	10.73	9.16	6.93	6.58	11.45	7.33	10.32	5.76	7.17	7.45	8.29

備註：資料係採自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站 1730P036 甲仙(2)雨量站降雨紀錄資訊，並由規劃團隊彙整。

步驟二：將各場暴雨之各 1 小時延時之降雨量由大至小排序。

小時序	第 1 場 (2010 凡那比颱風)	第 2 場 (2008 薔蜜颱風)	第 3 場 (2008 辛樂克颱風)	第 4 場 (2007 柯羅莎颱風)	第 5 場 (2007 聖帕颱風)	第 6 場 (2006 碧利斯颱風)	第 7 場 (20060609-10 暴雨)	第 8 場 (2005 海棠颱風)	第 9 場 (20050614-15 暴雨)	第 10 場 (2004 敏督利颱風)
1	72	37	41	40	79	44	61	46	45	44
2	55	37	39	39	49	41	41	44	43	43
3	44	33	39	36	35	36	37	41	37	37
4	42	31	34	34	35	34	36	39	33	33
5	39	31	29	33	30	31	32	34	31	28
6	38	30	25	32	29	29	27	33	30	28
7	35	26	25	30	28	27	22	31	29	27
8	35	26	23	27	26	25	22	30	29	26
9	31	23	21	26	25	22	19	29	26	24
10	31	16	21	25	22	22	19	28	23	22
11	29	14	18	23	20	21	18	27	23	20
12	27	13	17	23	20	18	17	27	20	20
13	26	13	16	23	18	16	16	27	19	20
14	25	11	15	23	17	15	16	25	18	19
15	24	8	15	21	17	13	15	25	16	19
16	19	7	15	21	15	12	15	24	15	19
17	17	6	14	20	14	12	14	22	14	17
18	17	4	13	19	13	12	14	22	14	14
19	14	4	13	18	13	12	13	22	14	13
20	14	4	13	16	13	12	12	22	14	13
21	9	3	12	12	13	11	11	21	14	12

小時序	第 1 場 (2010 凡那比颱風)	第 2 場 (2008 薔蜜颱風)	第 3 場 (2008 辛樂克颱風)	第 4 場 (2007 柯羅莎颱風)	第 5 場 (2007 聖帕颱風)	第 6 場 (2006 碧利斯颱風)	第 7 場 (20060609-10 暴雨)	第 8 場 (2005 海棠颱風)	第 9 場 (20050614-15 暴雨)	第 10 場 (2004 敏督利颱風)
22	6	3	12	11	13	11	10	20	13	12
23	5	2	11	9	12	10	9	19	10	11
24	4	2	11	8	11	9	9	19	10	11
25	4	2	11	7	11	9	8	13	10	8
26	3	2	9	6	9	9	8	13	8	8
27	2	2	9	6	9	8	8	13	7	7
28	1	2	8	4	9	8	8	12	7	5
29	1	1	6	4	9	8	7	11	6	5
30	1	1	5	3	8	7	6	10	6	4
31	1	1	5	3	8	7	5	10	6	4
32	0	1	5	3	8	7	5	10	5	3
33	0	1	5	2	7	6	5	8	5	3
34	0	1	4	1	7	5	4	7	4	3
35	0	1	4	0	6	5	4	4	3	2
36	0	1	4	0	6	5	4	3	3	2
37	0	1	4	0	4	5	3	2	2	1
38	0	1	4	0	4	4	3	2	2	1
39	0	1	4	0	3	3	3	2	2	1
40	0	1	3	0	3	3	2	1	2	1
41	0	0	3	0	2	3	1	1	2	1
42	0	0	3	0	2	2	1	0	2	0
43	0	0	2	0	2	1	1	0	2	0
44	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0
45	0	0	1	0	2	0	0	0	1	0
46	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
47	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

步驟三：將排序後之各場暴雨各小時延時降雨量佔該單場降雨量比率求出。

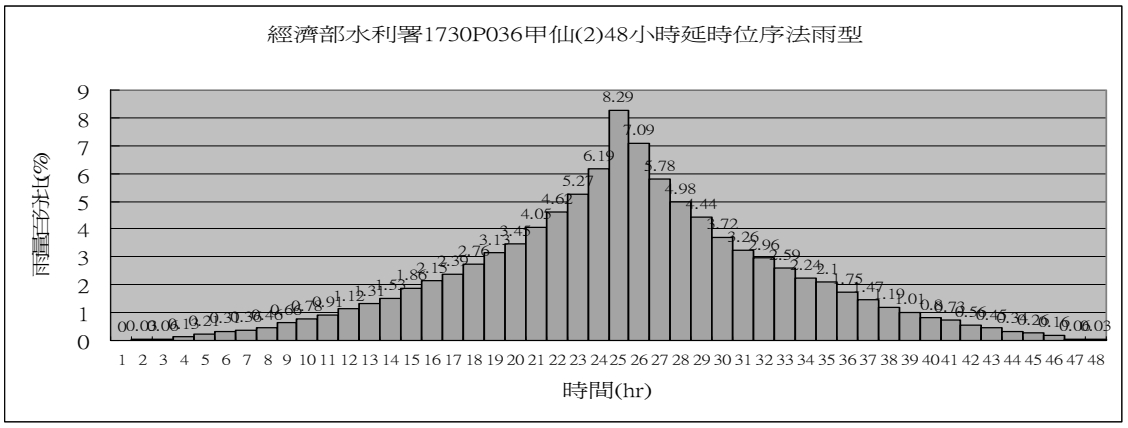
小時序	第 1 場 (2010 凡那比颱風)	第 2 場 (2008 薔蜜颱風)	第 3 場 (2008 辛樂克颱風)	第 4 場 (2007 柯羅莎颱風)	第 5 場 (2007 聖帕颱風)	第 6 場 (2006 碧利斯颱風)	第 7 場 (20060609-10 暴雨)	第 8 場 (2005 海棠颱風)	第 9 場 (20050614-15 暴雨)	第 10 場 (2004 敏督利颱風)	平均
1	10.73	9.16	6.93	6.58	11.45	7.33	10.32	5.76	7.17	7.45	8.29
2	8.20	9.16	6.59	6.41	7.10	6.83	6.94	5.51	6.85	7.28	7.09
3	6.56	8.17	6.59	5.92	5.07	6.00	6.26	5.13	5.89	6.26	6.19
4	6.26	7.67	5.74	5.59	5.07	5.67	6.09	4.88	5.25	5.58	5.78
5	5.81	7.67	4.90	5.43	4.35	5.17	5.41	4.26	4.94	4.74	5.27

小時序	第 1 場 (2010 凡那比颱風)	第 2 場 (2008 薔蜜颱風)	第 3 場 (2008 辛樂克颱風)	第 4 場 (2007 柯羅莎颱風)	第 5 場 (2007 聖帕颱風)	第 6 場 (2006 碧利斯颱風)	第 7 場 (20060609-10 暴雨)	第 8 場 (2005 海棠颱風)	第 9 場 (20050614-15 暴雨)	第 10 場 (2004 敏督利颱風)	平均
6	5.66	7.43	4.22	5.26	4.20	4.83	4.57	4.13	4.78	4.74	4.98
7	5.22	6.44	4.22	4.93	4.06	4.50	3.72	3.88	4.62	4.57	4.62
8	5.22	6.44	3.89	4.44	3.77	4.17	3.72	3.75	4.62	4.40	4.44
9	4.62	5.69	3.55	4.28	3.62	3.67	3.21	3.63	4.14	4.06	4.05
10	4.62	3.96	3.55	4.11	3.19	3.67	3.21	3.50	3.66	3.72	3.72
11	4.32	3.47	3.04	3.78	2.90	3.50	3.05	3.38	3.66	3.38	3.45
12	4.02	3.22	2.87	3.78	2.90	3.00	2.88	3.38	3.18	3.38	3.26
13	3.87	3.22	2.70	3.78	2.61	2.67	2.71	3.38	3.03	3.38	3.13
14	3.73	2.72	2.53	3.78	2.46	2.50	2.71	3.13	2.87	3.21	2.96
15	3.58	1.98	2.53	3.45	2.46	2.17	2.54	3.13	2.55	3.21	2.76
16	2.83	1.73	2.53	3.45	2.17	2.00	2.54	3.00	2.39	3.21	2.59
17	2.53	1.49	2.36	3.29	2.03	2.00	2.37	2.75	2.23	2.88	2.39
18	2.53	0.99	2.20	3.13	1.88	2.00	2.37	2.75	2.23	2.37	2.24
19	2.09	0.99	2.20	2.96	1.88	2.00	2.20	2.75	2.23	2.20	2.15
20	2.09	0.99	2.20	2.63	1.88	2.00	2.03	2.75	2.23	2.20	2.10
21	1.34	0.74	2.03	1.97	1.88	1.83	1.86	2.63	2.23	2.03	1.86
22	0.89	0.74	2.03	1.81	1.88	1.83	1.69	2.50	2.07	2.03	1.75
23	0.75	0.50	1.86	1.48	1.74	1.67	1.52	2.38	1.59	1.86	1.53
24	0.60	0.50	1.86	1.32	1.59	1.50	1.52	2.38	1.59	1.86	1.47
25	0.60	0.50	1.86	1.15	1.59	1.50	1.35	1.63	1.59	1.35	1.31
26	0.45	0.50	1.52	0.99	1.30	1.50	1.35	1.63	1.27	1.35	1.19
27	0.30	0.50	1.52	0.99	1.30	1.33	1.35	1.63	1.11	1.18	1.12
28	0.15	0.50	1.35	0.66	1.30	1.33	1.35	1.50	1.11	0.85	1.01
29	0.15	0.25	1.01	0.66	1.30	1.33	1.18	1.38	0.96	0.85	0.91
30	0.15	0.25	0.84	0.49	1.16	1.17	1.02	1.25	0.96	0.68	0.80
31	0.15	0.25	0.84	0.49	1.16	1.17	0.85	1.25	0.96	0.68	0.78
32	0.00	0.25	0.84	0.49	1.16	1.17	0.85	1.25	0.80	0.51	0.73
33	0.00	0.25	0.84	0.33	1.01	1.00	0.85	1.00	0.80	0.51	0.66
34	0.00	0.25	0.68	0.16	1.01	0.83	0.68	0.88	0.64	0.51	0.56
35	0.00	0.25	0.68	0.00	0.87	0.83	0.68	0.50	0.48	0.34	0.46
36	0.00	0.25	0.68	0.00	0.87	0.83	0.68	0.38	0.48	0.34	0.45
37	0.00	0.25	0.68	0.00	0.58	0.83	0.51	0.25	0.32	0.17	0.36

小時序	第 1 場 (2010 凡那比颱風)	第 2 場 (2008 薔蜜颱風)	第 3 場 (2008 辛樂克颱風)	第 4 場 (2007 柯羅莎颱風)	第 5 場 (2007 聖帕颱風)	第 6 場 (2006 碧利斯颱風)	第 7 場 (20060609-10 暴雨)	第 8 場 (2005 海棠颱風)	第 9 場 (20050614-15 暴雨)	第 10 場 (2004 敏督利颱風)	平均
38	0.00	0.25	0.68	0.00	0.58	0.67	0.51	0.25	0.32	0.17	0.34
39	0.00	0.25	0.68	0.00	0.43	0.50	0.51	0.25	0.32	0.17	0.31
40	0.00	0.25	0.51	0.00	0.43	0.50	0.34	0.13	0.32	0.17	0.26
41	0.00	0.00	0.51	0.00	0.29	0.50	0.17	0.13	0.32	0.17	0.21
42	0.00	0.00	0.51	0.00	0.29	0.33	0.17	0.00	0.32	0.00	0.16
43	0.00	0.00	0.34	0.00	0.29	0.17	0.17	0.00	0.32	0.00	0.13
44	0.00	0.00	0.17	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.06
45	0.00	0.00	0.17	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.06
46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.03
47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.03
48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

步驟四：執行序位比序。

降雨時序(hr)	比率(%)	降雨時序(hr)	比率(%)	降雨時序(hr)	比率(%)	降雨時序(hr)	比率(%)	降雨時序(hr)	比率(%)	降雨時序(hr)	比率(%)
1	0	9	0.66	17	2.39	25	8.29	33	2.59	41	0.73
2	0.03	10	0.78	18	2.76	26	7.09	34	2.24	42	0.56
3	0.06	11	0.91	19	3.13	27	5.78	35	2.1	43	0.45
4	0.13	12	1.12	20	3.45	28	4.98	36	1.75	44	0.34
5	0.21	13	1.31	21	4.05	29	4.44	37	1.47	45	0.26
6	0.31	14	1.53	22	4.62	30	3.72	38	1.19	46	0.16
7	0.36	15	1.86	23	5.27	31	3.26	39	1.01	47	0.06
8	0.46	16	2.15	24	6.19	32	2.96	40	0.8	48	0.03



4.2.2.5　設計暴雨

1.短延時強降雨設計暴雨

本計畫集水區自前述頻率分析結果取得 50 年重現期距之一日累計降雨量推估值為 932.09mm，即為設計暴雨深度，並依此設計暴雨深度按前述之設計雨型進行分配後，即得設計暴雨。惟應扣除滲漏量(預估為 3mm)。步驟說明如後：

步驟一：求得代表雨型之各降雨時序雨量分配比率下之雨量 R。

降雨時序(hr)	雨量分配比率(%)	雨量 R(mm)	降雨時序(hr)	雨量分配比率(%)	雨量 R(mm)
1	0.25	2.33	13	13.39	124.81
2	0.43	4.01	14	9.14	85.19
3	0.7	6.52	15	5.9	54.99
4	1.06	9.88	16	4.77	44.46
5	1.6	14.91	17	3.74	34.86
6	2.25	20.97	18	2.66	24.79
7	3.2	29.83	19	1.94	18.08
8	4.42	41.20	20	1.45	13.52
9	5.27	49.12	21	0.82	7.64
10	7.36	68.60	22	0.52	4.85
11	10.76	100.29	23	0.35	3.26
12	17.92	167.03	24	0.08	0.75

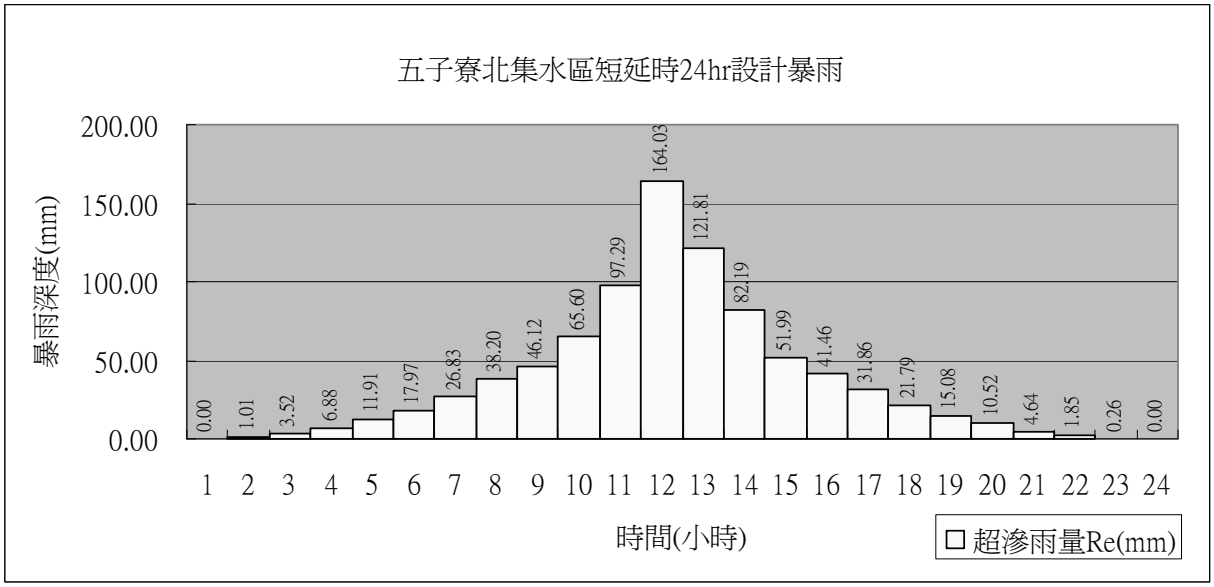
備註：上述成果由規劃團隊分析彙整。

步驟二：步驟一求得之雨量 R(mm)扣除滲漏量後得到各降雨時序雨量分配比率下之超滲降雨量 Re。

降雨時序(hr)	雨量分配比率(%)	超滲雨量 Re(mm)	降雨時序(hr)	雨量分配比率(%)	超滲雨量 Re(mm)
1	0.25	0.00	13	13.39	121.81
2	0.43	1.01	14	9.14	82.19
3	0.7	3.52	15	5.9	51.99
4	1.06	6.88	16	4.77	41.46
5	1.6	11.91	17	3.74	31.86
6	2.25	17.97	18	2.66	21.79
7	3.2	26.83	19	1.94	15.08
8	4.42	38.20	20	1.45	10.52
9	5.27	46.12	21	0.82	4.64
10	7.36	65.60	22	0.52	1.85
11	10.76	97.29	23	0.35	0.26
12	17.92	164.03	24	0.08	0.00

備註：上述成果由規劃團隊分析彙整。

步驟三：繪製各降雨時序雨量分配比率下之超滲降雨量 Re，即設計暴雨雨量組體圖。



2.長延時持續降雨雨型設計暴雨

本計畫集水區自前述頻率分析結果取得 50 年重現期距之二日累計降雨量推估值為 1495.63mm，，即為設計暴雨深度，並依此設計報雨深度按前述之設計雨型進行分配後，即得設計暴雨。惟應扣除滲漏量(預估為 3mm)。步驟說明如後：

步驟一：求得代表雨型之各降雨時序雨量分配比率下之雨量 R。

降雨時序(hr)	雨量分配比率(%)	雨量 R(mm)	降雨時序(hr)	雨量分配比率(%)	雨量 R(mm)
1	0	0.00	25	8.29	123.99
2	0.03	0.45	26	7.09	106.04
3	0.06	0.90	27	5.78	86.45
4	0.13	1.94	28	4.98	74.48
5	0.21	3.14	29	4.44	66.41
6	0.31	4.64	30	3.72	55.64
7	0.36	5.38	31	3.26	48.76
8	0.46	6.88	32	2.96	44.27
9	0.66	9.87	33	2.59	38.74
10	0.78	11.67	34	2.24	33.50
11	0.91	13.61	35	2.1	31.41
12	1.12	16.75	36	1.75	26.17
13	1.31	19.59	37	1.47	21.99
14	1.53	22.88	38	1.19	17.80
15	1.86	27.82	39	1.01	15.11
16	2.15	32.16	40	0.8	11.97

17	2.39	35.75	41	0.73	10.92
18	2.76	41.28	42	0.56	8.38
19	3.13	46.81	43	0.45	6.73
20	3.45	51.60	44	0.34	5.09
21	4.05	60.57	45	0.26	3.89
22	4.62	69.10	46	0.16	2.39
23	5.27	78.82	47	0.06	0.90
24	6.19	92.58	48	0.03	0.45

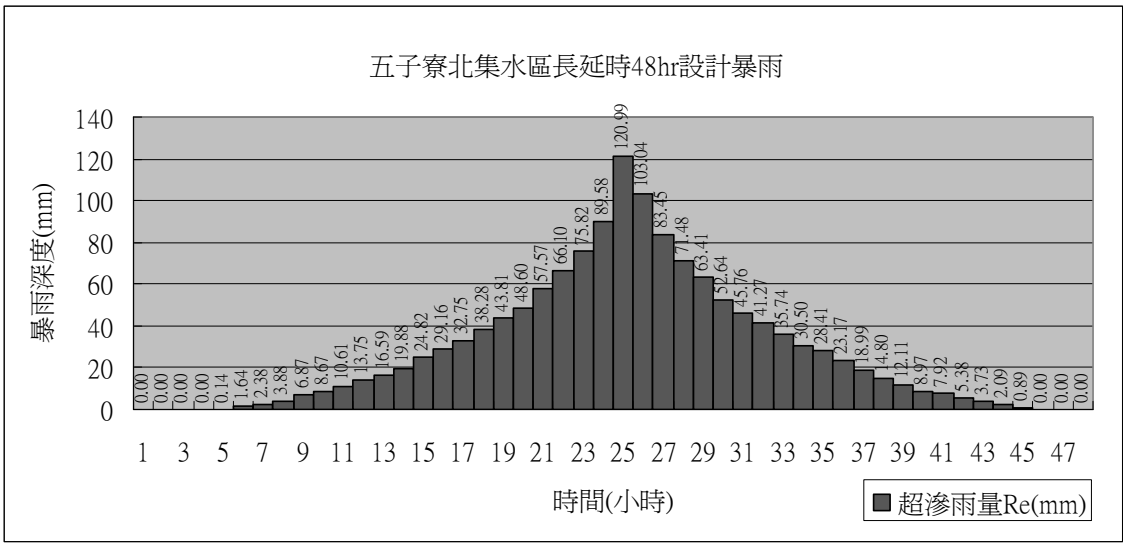
備註：上述成果由規劃團隊分析彙整。

步驟二：步驟一求得之雨量 R(mm)扣除滲漏量後得到各降雨時序雨量分配比率下之超滲降雨量 Re。

降雨時序(hr)	雨量分配比率(%)	超滲雨量 Re(mm)	降雨時序(hr)	雨量分配比率(%)	超滲雨量 Re(mm)
1	0	0.00	25	8.29	120.99
2	0.03	0.00	26	7.09	103.04
3	0.06	0.00	27	5.78	83.45
4	0.13	0.00	28	4.98	71.48
5	0.21	0.14	29	4.44	63.41
6	0.31	1.64	30	3.72	52.64
7	0.36	2.38	31	3.26	45.76
8	0.46	3.88	32	2.96	41.27
9	0.66	6.87	33	2.59	35.74
10	0.78	8.67	34	2.24	30.50
11	0.91	10.61	35	2.1	28.41
12	1.12	13.75	36	1.75	23.17
13	1.31	16.59	37	1.47	18.99
14	1.53	19.88	38	1.19	14.80
15	1.86	24.82	39	1.01	12.11
16	2.15	29.16	40	0.8	8.97
17	2.39	32.75	41	0.73	7.92
18	2.76	38.28	42	0.56	5.38
19	3.13	43.81	43	0.45	3.73
20	3.45	48.60	44	0.34	2.09
21	4.05	57.57	45	0.26	0.89
22	4.62	66.10	46	0.16	0.00
23	5.27	75.82	47	0.06	0.00
24	6.19	89.58	48	0.03	0.00

備註：上述成果由規劃團隊分析彙整。

步驟三：繪製各降雨時序雨量分配比率下之超滲降雨量 Re，即設計暴雨雨量組體圖。



4.2.3　逕流量分析

由於計畫區內因無實測流量記錄可供分析洪峰流量，各重現期距洪峰流量分析將依流域之地文參數及各重現期距日暴雨量藉以推算，因此本計畫依集水區之特性，選擇各子集水分區最下游出口以作為檢核之控制點，並依據各控制點之地文因子及各重現期距日暴雨量，採用合理化公式及修正三角形單位歷線法分析各重現期距降雨量下之洪峰流量，以供日後工程設計參考，茲將各分析方法說明如下：(各子集水分區之地文特性一覽詳表 4-21、各控制點涵蓋集水區域之地文特性一覽詳表詳表 4-22 及子集水分區圖詳圖 4-5)

表 4-21　五子寮北集水區子集水分區地文特性一覽表

子集水區編號	集水面積(ha)	溪流長度(m)	上游高程(m)	下游高程(m)	高程差(M)	斜率(%)
A1	327.29	1680	1180	770	410	24.40%
A2	88.16	867	770	580	190	21.91%
A3	77.05	1220	580	465	115	9.43%
A4	251.91	1580	1180	690	490	31.01%
A5	144.89	1154	690	465	225	19.50%
A6	21.78	385	465	415	50	12.99%
A7	71.92	481	415	400	15	3.12%
A8	59	650	400	385	15	2.31%

備註：上述成果由規劃團隊分析彙整。

表 4-22　五子寮北集水區控制點涵蓋子集水區域地文特性一覽表

控制點編號	控制集水面積(ha)	涵蓋集水區位說明
P1	327.29	A1
P2	415.45	A1、A2
P3	251.91	A4
P4	889.3	A1~A5
P5	911.08	A1~A6
P6	983	A1~A7
P7	1042	A1~A8

備註：上述成果由規劃團隊分析彙整。

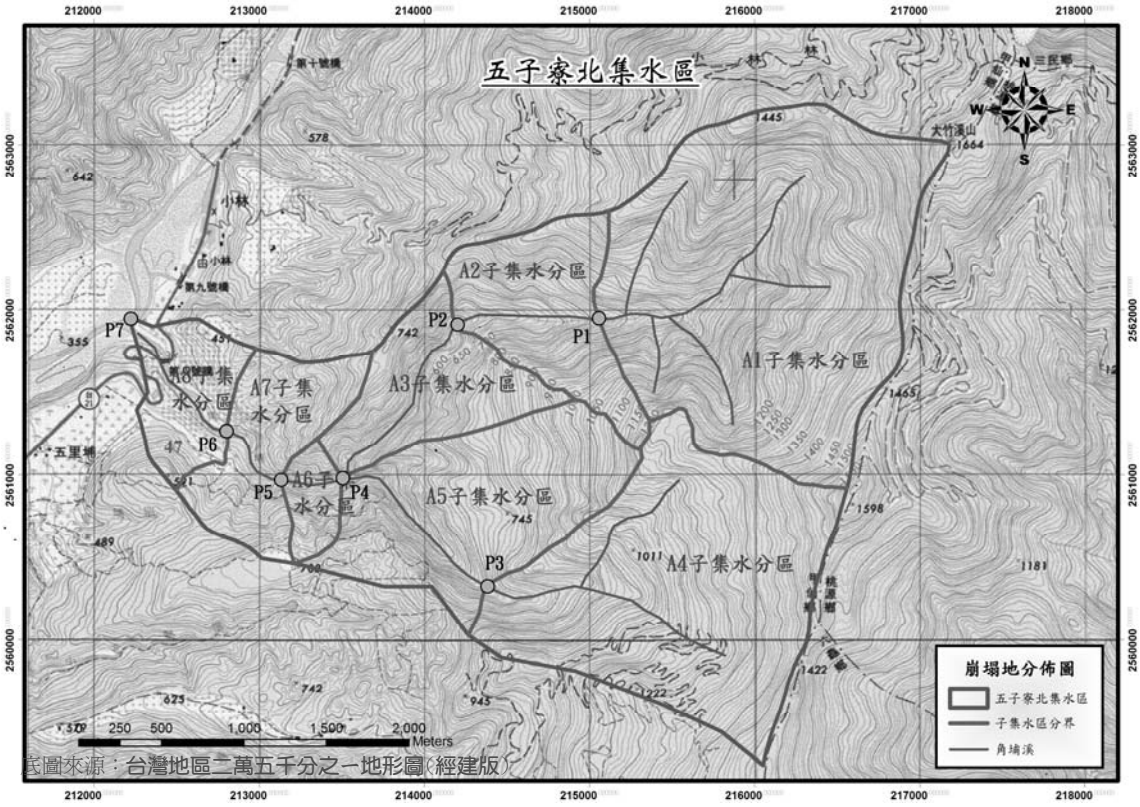


圖 4-5 五子寮北集水區之子集水分區劃分詳圖

4.2.3.1　合理化公式

在缺乏實測流量記錄之小流域常以此法推估洪峰流量，惟該公式僅限於集流面積小於 1,000ha 以下之小集水區使用，其公式為：

$$Q_P = \frac{1}{3.6} \times C \times I \times A \qquad (5.1)$$

式中，Qp 為洪峰流量(cms)；C 為逕流係數；I 為降雨延時等於集流時間 tc

時之平均降雨強度(mm/hr)；A 為流域面積(km^2)。茲將上式中各參數之採用值說明如下：

1.逕流係數 C

逕流條數為逕流量與降雨量的比值，視地形、地勢、土壤、地質、集水區面積、土地利用及覆蓋情形、降雨總量、強度及延時等因數而異，一般可分為下列三種：

(1) 逕流係數：為洪峰流量對時間內之平均降雨量的比值。

(2) 暴雨逕流係數：為暴雨內之總逕流量與總降雨量的比值。

(3) 長時間逕流係數：系指長期(如年、季節、月等)逕流係數，為長期內之總逕流量與總降雨量的比值。

一般水土保持工程構造物設計時，皆採用逕流係數計算逕流量，以提高構造物的安全，逕流係數的決定可參考表 4-23。由於本計畫範圍多屬於陡峻山地，建議洪峰逕流條數採用 0.85。

表 4-23 逕流係數參考值

集水區狀態	陡峻山地	山嶺區	丘陵地及森林地	平坦耕地	非農業使用
逕流係數 C(%)	75～90	70～80	50～75	45～60	75～95

2.集流時間 tc

集流時間 tc 係指逕流自集水區最遠一點到達工程地點出水口所需時間，一般為流入時間與流下時間之總和，其計算公式如下：

$$tc = t_o + t'$$

$$t_o = l/v$$

式中，tc 為集流時間(hr)；to 為流入時間(雨水經地表面由集水區邊界流至河道所需時間)(hr)；t'為流下時間(雨水流經河道由上游至下游所需時間)(hr)；l 為坡面長度(km)；V 為漫地流流速(一般採用 0.3~0.6m/sec)。依「水土保持技術規範」(2003)第 19 條規定，流下速度之估算，於人工整治後之規則河段，應根據各河斷面、坡度、粗糙條數、洪峰流量之大小，依曼寧公式計算；天然河段可採用下列芮哈(Rziha)經驗公式估算。

$$t'=L/W；W=72(\triangle H/L)^{0.6}$$

式中，t’為集流時間(hr)；W 為流下速度(km/hr)；ΔH 為流域最高點至計畫地點之高差(m) (km)；L 為集水區最上游至計畫地點之水平距離(m)(km)。經計算整體集水區集流時間 tc 為 26.75min，詳如后表 4-24。

表 4-24　五子寮北集水區集流時間估算表

集水區編號	溪流長度 L(M)	該溪段高差 ΔH(M)	流下速度 W(km/hr)	坡面逕流長度 l(M)	漫地流流速 v(m/s)	流入時間 t0(hr)	流下時間 t'(hr)	集流時間 tc(min)
A1	1680	410	30.8900	100	0.6	0.04630	0.05439	26.75
A2	867	190	28.9583	100	0.6	0.04630	0.02994	
A3	1220	115	17.4556	100	0.6	0.04630	0.06989	
A4	1580	490	35.6661	100	0.6	0.04630	0.04430	
A5	1154	225	26.9972	100	0.6	0.04630	0.04275	
A6	385	50	21.1562	100	0.6	0.04630	0.01820	
A7	481	15	8.9888	100	0.6	0.04630	0.05351	
A8	650	15	7.5031	60	0.6	0.02778	0.08663	
合計								26.75

註 1: 漫地流流速 *v*(m/s)初步以 0.6 公尺/秒估列。
註 2: 以上分析由規劃團隊初步推估結果。

3.降雨強度 l

配合合理化公式，計畫區降雨強度 I 將參考「水土保持技術規範」之規定，進行無因次降雨強度公式推佑，推估公式如下:

$$\frac{I_t^T}{I_{60}^{25}}=(G+H\ \log T)\frac{A}{(t+B)^C}$$

$$I_{60}^{25}=(\frac{P}{25.29+0.094P})^2$$

$$A=(\frac{P}{-189.96+0.31P})^2$$

$$B=55\quad)$$

$$C=(\frac{P}{-381.71+1.45P})^2$$

$$G=(\frac{P}{42.89+1.33P})^2$$

$$H=(\frac{P}{-65.33+1.836P})^2$$

式中，T 為重現期距(年)；t 為降雨延時或集流時間(min)，I_t^T 為重現期距 T 年，降雨延時 t 分鐘之降雨強度(mm/hr)；I_{60}^{25} 為重現期距 25 年，降雨延時 60 分

鐘之降雨強度(mm/hr)；A、B、C、G、H 為係數，茲將估算成果彙整如表 4-25。

表 4-25　五子寮北集水區設計頻率年降雨強度估算表

災害復建工區名稱	設計頻率(年)	無因次降雨強度公式					
		A	B	C	G	H	I(mm/hr)
五子寮北集水區林班野溪(旗山事業區 21-23 林班野溪-角埔溪) T_C=26.75 min	2	16.57822	55.00	0.57340	0.55316	0.30395	81.31
	5	16.57822	55.00	0.57340	0.55316	0.30395	96.57
	10	16.57822	55.00	0.57340	0.55316	0.30395	108.11
	25	16.57822	55.00	0.57340	0.55316	0.30395	123.37
	50	16.57822	55.00	0.57340	0.55316	0.30395	134.91
	100	16.57822	55.00	0.57340	0.55316	0.30395	146.45
	200	16.57822	55.00	0.57340	0.55316	0.30395	157.99

註:上表資料由規劃團隊蒐集、彙整與分析。

4.洪峰流量 Q

經採合理化公式進行 50 年頻率洪峰流量推演後，於集水區最下游位置(即角埔溪與楠梓仙溪匯流口處)之洪峰流量 Q_{50} 為 331.91cms，求得比流量值為 31.853cms/km^2。可得各流量控制點 P1~P7 之控制流量分別詳後表 4-26 (控制點 P1~P7 位置詳前圖 4-4) 。

表 4-26　五子寮北集水區各流量控制點以合理化公式推估洪峰流量值一覽表

控制點位	控制面積(ha)	洪峰流量(cms)
P1	327.29	104.25
P2	415.45	132.33
P3	251.91	80.24
P4	889.3	283.27
P5	911.08	290.21
P6	983	313.11
P7	1042	331.91

註:上表資料由規劃團隊蒐集、彙整與分析。

4.2.3.2　三角形單位歷線法

由於三角型單位歷線之洪峰通常均不發生於整數小時，尤其小流域洪峰到達時間僅數分鐘，故必須採用修正三角型單位歷線法分析，以免洪峰流量偏低或無法計算之情況，而三角形單位歷線是為應用方便，假設單位時間之超滲雨量所形成的流量歷線為三角形，其形狀及各參數因數可依經驗公式推定，美國水土保持局(U.S.Soil Conservation Service)對此提出下列經驗公式，概念圖如圖 4-6 所示：

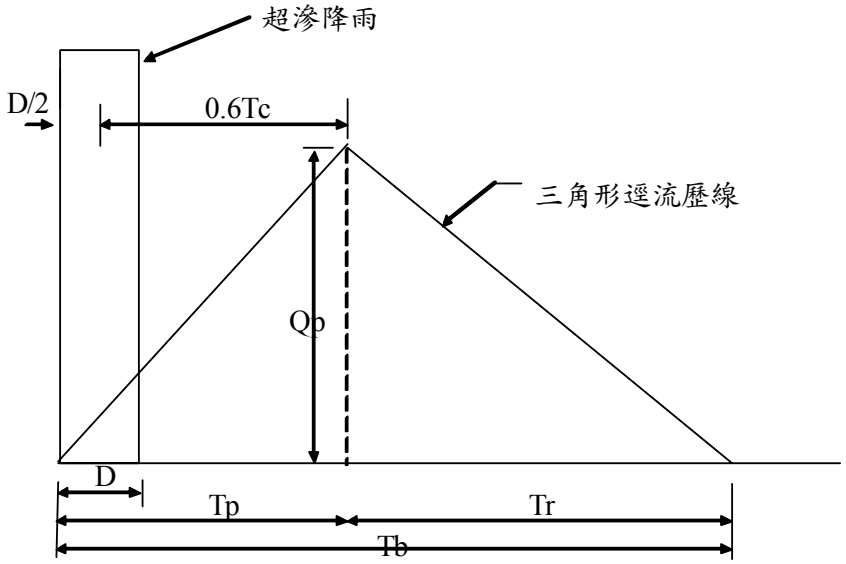


圖 4-6 修正三角形歷線示意圖

$$Q_p = \frac{0.208 * A * R_e}{T_p}$$

$$T_P = \frac{D}{2} + 0.6 * T_C$$

$$T_r = 1.67 * T_C$$

$$T_b = T_p + T_r$$

式中，Q_p=洪峰流量(cms)；A=流域面積(km2)；Re=超滲降雨(mm)；Tc=集流時間(hr);Tp=開始漲水至洪峰發生時間(hr)；D=單位降雨延時(hr)；Tr=洪峰流量發生至歷線終端之時間(hr)。

此外，為配合流量歷線之推求(參照前 4.1.2.4 節雨型設計內容)，可視集流時間之長短決定雨型所採用之單位時段 D，其建議如下：

集流時間tc(hr)	單位時段D(hr)
tc≤0.5	0.06
0.5<tc≤1	0.15或10 min
1<tc≤3	0.4
3<tc≤6	0.8
tc>6	1.0

備註：資料來源：「三角形單位歷線法推求小排水區頻率洪峰之檢討」，農業工程研討會，82 年 12 月。

按此，由前述 4.1.3.1 節所求得之整體計畫集水區集流時間 tc 為 26.75min，因此，採用單位時段 D=0.06hr，俾為利用三角形單位歷線推導建構流量歷線。經推導完成之本計畫集水區之三角形單位歷線型式，詳如後圖 4-7，各延時單位流量彙整列如后表 4-27。其中，經推導相關成果彙整如下：

項目		推導成果	單位
尖峰流量(立方公尺/秒)	Qp	72.85	cms
集水面積(平方公里)	A	10.42	km^2
單位超滲降雨(公厘)	Re	10.00	mm
逕流開始至洪峰發生時間(小時)	Tp	0.30	hr
單位流量歷線基期(小時)	Tb	0.79	hr
單位降雨延時(小時)	D	0.06	hr
集流時間(小時)	Tc	0.45	hr

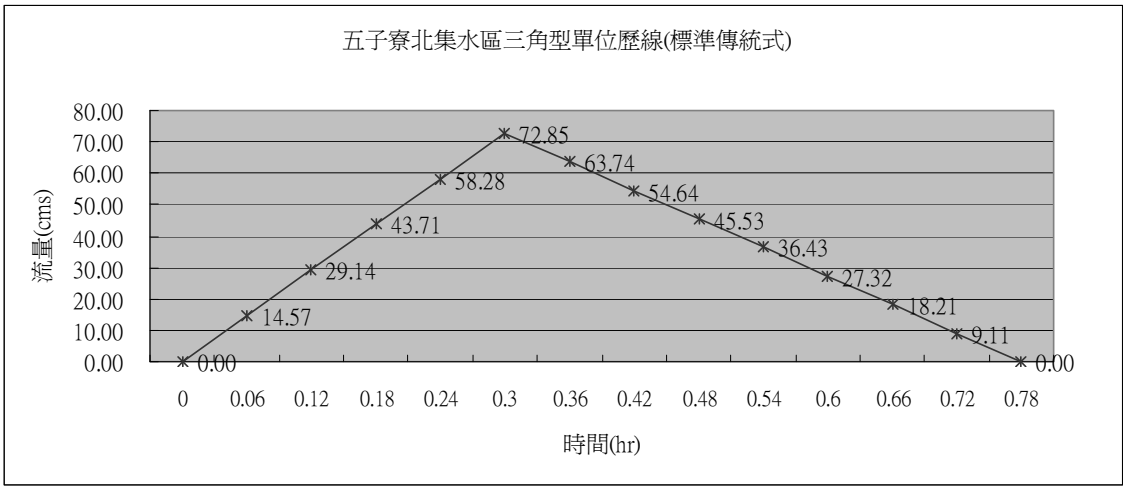


圖 4-7 五子寮北集水區三角形單位歷線(標準傳統式)

表 4-27　五子寮北集水區三角形單位歷線各延時單位流量彙總表

延時 t (小時)	單位流量 qt (cms)	延時 t (小時)	單位流量 qt (cms)
0	0.00	0.42	54.64
0.06	14.57	0.48	45.53
0.12	29.14	0.54	36.43
0.18	43.71	0.6	27.32
0.24	58.28	0.66	18.21
0.3	72.85	0.72	9.11
0.36	63.74	0.78	0.00

備註：上述成果由規劃團隊推導計算。

進行流量歷線推演前，經查前述 4.1.2.1 節之頻率分析所尋求最適本集水分區之對數皮爾遜第三型分佈之 50 年重現期距下一日降雨推估量為 932.09mm，並估計本集水區域之入滲量(滲漏量)為 3mm 情況下，配合 4.1.2.5 節所述一日(24hr)暴雨雨型(短延時暴雨雨型)及上述經推導完成之本計畫集水區之三角型單位歷線，推導流量歷線，詳如後圖 4-8，其中，經三角型單位歷線法所推求之 50 頻率年一日(24hr)暴雨流量歷線尖峰流量為 443.8cms。另就 50 年重現期距下二日降雨推估量為 1495.63mm，估計本集水區域之入滲量(滲漏量)為 3mm 情況下，配合 4.1.2.5 節所述二日(48hr)持續降雨雨型(長延時持續降雨雨型)及上述經推導完成之本計畫集水區之三角型單位歷線，推導流量歷線，詳如後圖 4-9，其中，經三角型單位歷線法所推求之 50 頻率年二日(48hr) 持續降雨流量歷線尖峰流量為 374.62cms。本五子寮北集水區之一日及二日降雨流量歷線尖峰流量之比較，可探知，一日(24hr)降雨屬短延時暴雨之型態，尖峰流量值較大，其累積流量預估在一日(24hr)達成逕流歷程。而二日(48hr)降雨屬長延時持續降雨之型態，尖峰流量值較一日(24hr)為小，因其累積流量則攤列於二日(48hr)達成逕流歷程，惟其累積逕流量值較一日(24hr)為大(此由連續最大二日降雨量 1495.63mm 大於連續最大一日降雨量 932.09mm 可判知)。然依經驗，此三角型單位歷線法(標準傳統型)之流量歷線尖峰流量推估有偏大之嫌，因此，民國 82 年省水利局另發展依修正型三角型單位歷線法供為應用，目前相關計算推估流量歷線之三角型單位歷線法，均採用此修正式，俾取代標準傳統型三角型單位歷線法。有關修正型三角型單位歷線法應用在本集水區之逕流量推估，詳如後 4.2.3.3 節說明。

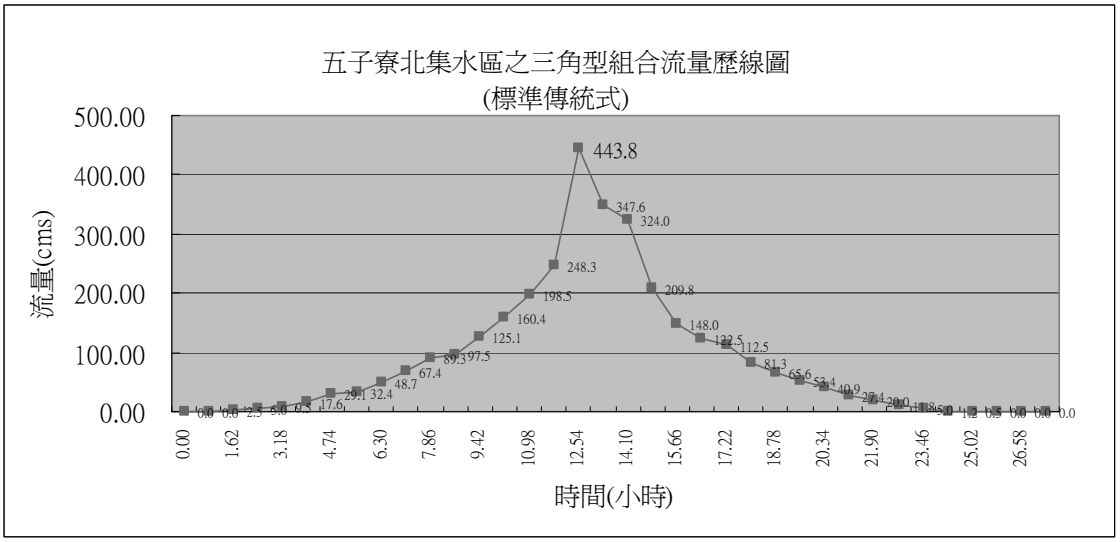


圖 4-8 一日(24hr)暴雨下之流量歷線圖(三角形單位歷線法)

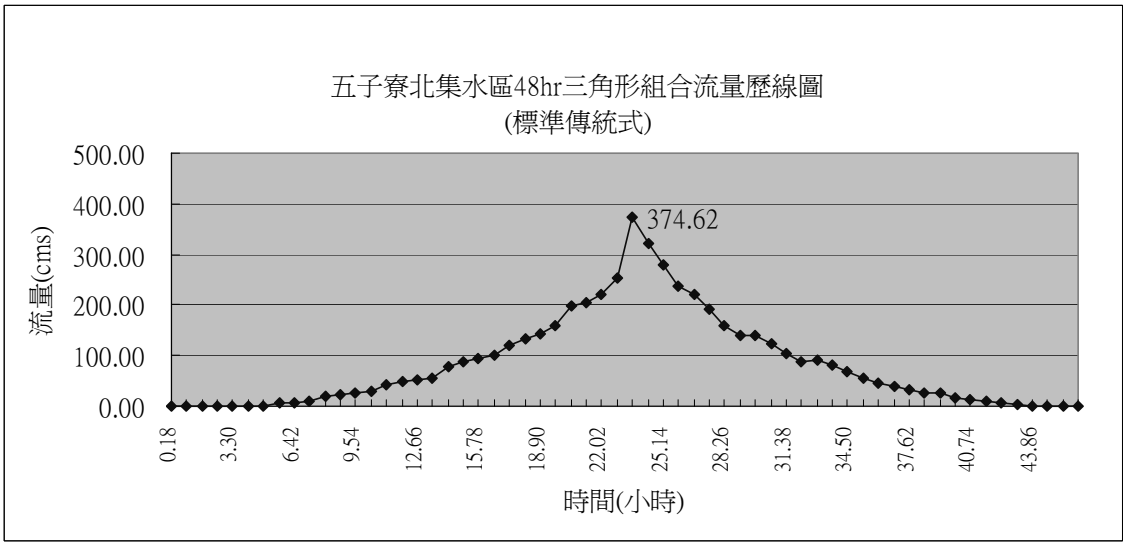


圖 4-9 二日(48hr)持續降雨下之流量歷線圖(三角形單位歷線法)

4.2.3.3　修正三角形單位歷線法

修正三角型單位歷線法，係參酌三角型單位歷線法之理論。為台灣地區常用之單位歷線（台灣省水利局，1993；經濟部水利署水利規劃試驗所，2003）。其方法說明如下：

$$T_b = 2.61\ A^{0.224} / S^{0.104}$$

$$T_p = T_r/2 + T_{lag}$$

$$T_{lag} = 0.569\ A^{0.187} / S^{0.201}$$

$$Q_p = 2.133\ A^{0.776}\ \ S^{0.104}$$

其中，T_b 為三角形單位歷線基期，T_p 為洪峰發生時刻，T_{lag} 為稽延時間，T_r 為單位降雨延時，Q_p 為洪峰流量，A 為流域面積(km^2)，而 S 為流域坡度(比值)。

按此，求得之整體計畫集水區主河道縱坡度為 S 為 15.05%，因此，可建構經上述公式所推演之修正三角形單位歷線，俾為推導建構流量歷線。經推導完成之本計畫集水區之修正三角型單位歷線型式，詳如後圖 4-10，各延時單位流量彙整列如后表 4-28。其中，經推導相關成果彙整如下：

項目		推導成果	單位
尖峰流量(立方公尺/秒)	Q_p	10.79	cms
集水面積(平方公里)	A	10.42	km^2
河道坡度	S	0.15	%
逕流開始至洪峰發生時間(小時)	T_p	1.80	hr
單位流量歷線基期(小時)	T_b	5.40	hr
單位降雨延時(小時)	T_r	1.00	hr
洪峰稽延時間(小時)	T_{plag}	1.29	hr

表 4-28　五子寮北集水區修正三角形單位歷線各延時單位流量彙總表

延時 t (小時)	單位流量 qt(cms)	延時 t (小時)	單位流量 qt(cms)	延時 t (小時)	單位流量 qt(cms)
0	0	2.1	9.89	4.2	3.6
0.3	1.8	2.4	8.99	4.5	2.7
0.6	3.6	2.7	8.09	4.8	1.8
0.9	5.4	3.0	7.19	5.1	0.9
1.2	7.19	3.3	6.29	5.4	0
1.5	8.99	3.6	5.4		
1.8	10.79	3.9	4.5		

備註：上述成果由規劃團隊推導計算。

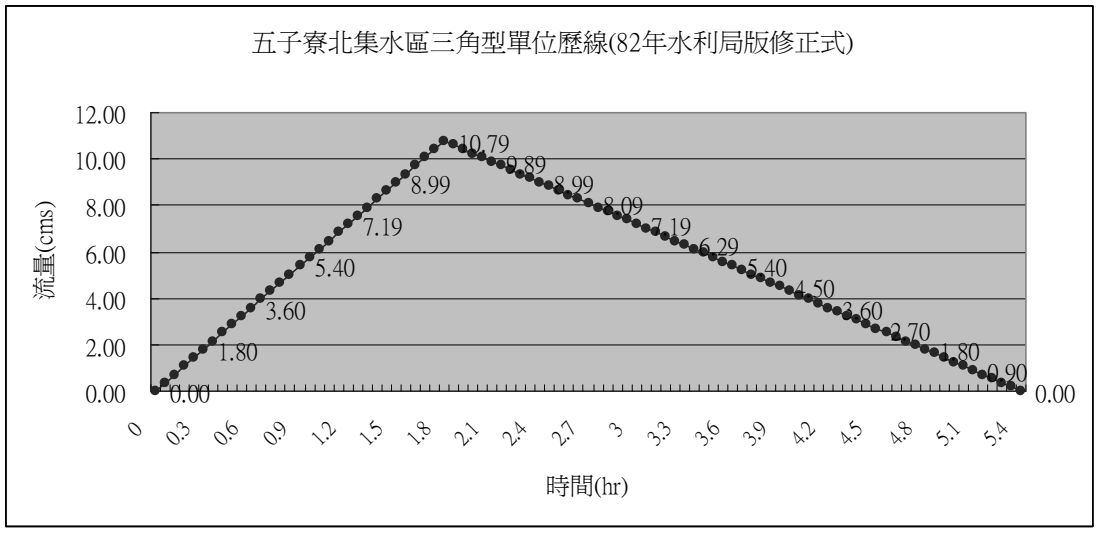


圖 4-10 五子寮北集水區修正三角形單位歷線

進行流量歷線推演前，經查前述 4.1.2.1 節之頻率分析所尋求最適本集水分區之對數皮爾遜第三型分佈之 50 年重現期距下一日降雨推估量為 932.09mm，並估計本集水區域之入滲量(滲漏量)為 3mm 情況下，配合 4.1.2.5 節所述一日(24hr)暴雨雨型(短延時暴雨雨型)及上述經推導完成之本計畫集水區之修正三角型單位歷線，推導流量歷線，詳如後圖 4-11，其中，經修正三角型單位歷線法所推求之 50 頻率年一日(24hr)暴雨流量歷線尖峰流量為 330.73cms。另就 50 年重現期距下二日降雨推估量為 1495.63mm，估計本集水區域之入滲量(滲漏量)為 3mm 情況下，配合 4.1.2.5 節所述二日(48hr)持續降雨雨型(長延時持續降雨雨型)及上述經推導完成之本計畫集水區之修正三角型單位歷線，推導流量歷線，詳如後圖 4-12，其中，經修正三角型單位歷線法所推求之 50 頻率年二日(48hr) 持續降雨流量歷線尖峰流量為 304.62cms。本五子寮北集水區經由修正三角型單位歷線法所求得之一日及二日降雨流量歷線尖峰流量之比較，可探知，一日(24hr)降雨屬短延時暴雨之型態，尖峰流量值較大，其累積流量預估在一日(24hr)達成逕流歷程。而二日(48hr)降雨屬長延時持續降雨之型態，尖峰流量值較一日(24hr)為小，因其累積流量則攤列於二日(48hr)達成逕流歷程，惟其累積逕流量值較一日(24hr)為大(此由連續最大二日降雨量 1495.63mm 大於連續最大一日降雨量 932.09mm 可判知)。

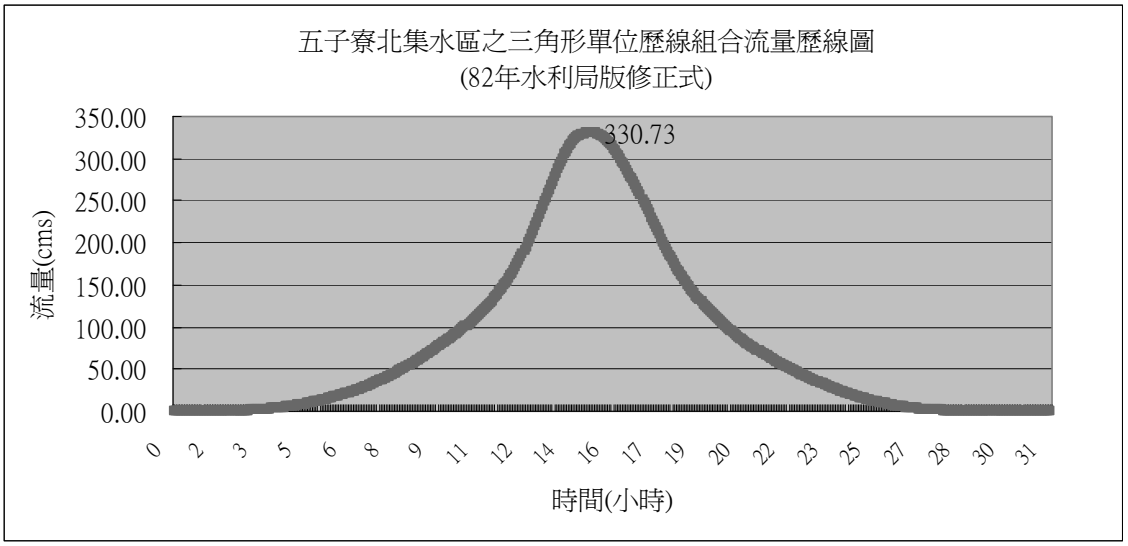


圖 4-11 一日(24hr)暴雨下之流量歷線圖(修正三角形單位歷線法)

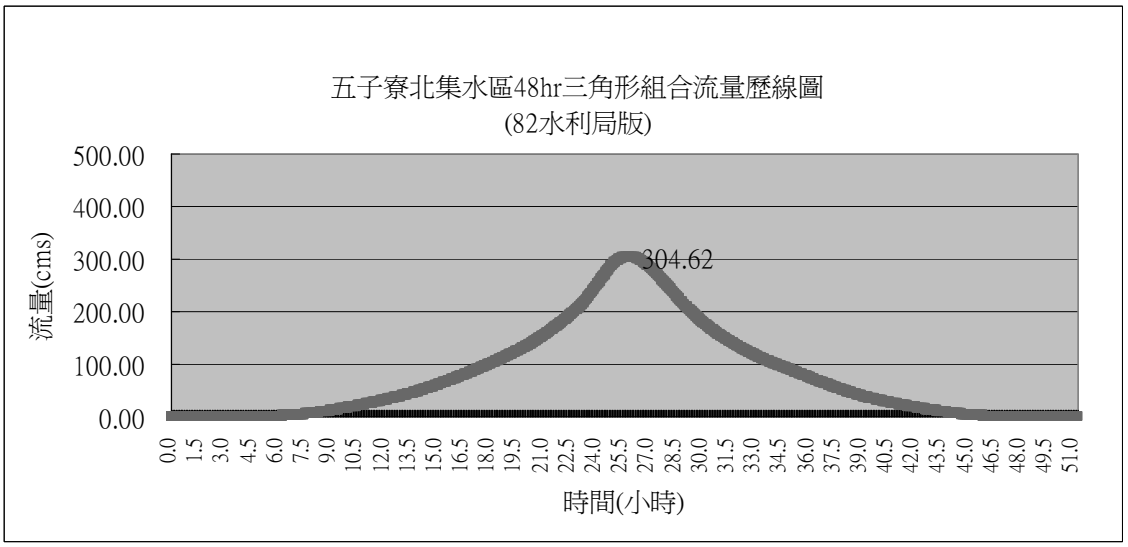


圖 4-12 二日(48hr)持續降雨下之流量歷線圖(修正三角形單位歷線法)

4.2.3.4　洪峰流量推估

依上述 4.1.3.1 至 4.1.3.3 節所述各方法之洪峰流量及比流量推估成果彙整如表 4-28。經比較前述三種推算逕流量之公式所計算得出之本五子寮北集水區之洪峰流量值後，其三角型單位歷線法所計算出之洪峰流量相當大，一般經驗而言，由三角型單位歷線法所計算出之洪峰流量有過於高估之情況，對於爾後防洪構造設施評估時之建造成本當相對提高，因此，水利局於民國 82 年間始提出修正三

角型單位歷線法以取代之，在本五子寮北集水區已修正三角型單位歷線所推導一日(短延時強降雨)及二日(長延時持續降雨)流量歷線之洪峰流量值，為一日(短延時強降雨)大於二日(長延時持續降雨)情況。一日(短延時強降雨)流量歷線之使用著重在尖峰流量情況下，對於溪岸兩側岸之保護程度評估、橫向水工構造物之安全性評估、橋涵之通洪空間安全評估…等等，由於本五子寮北集水區位處山區地帶，集流時間尚短，且降雨型態多屬集中型短延時之暴雨類型，因此在規劃設計集水區之治山防災構造設施，仍宜以一日(短延時強降雨)流量歷線之洪峰流量進行規劃設計為佳。至二日(長延時持續降雨)流量歷線多屬颱風或持續降雨雨型，其累積雨量所造成之累積流量值可作為集水區下游溪段之滯洪空間規劃(延滯與削減洪峰)、或作為集水區下游承接水體之涵容檢討，惟無可否認的是，長時之降雨，造成集水區承水土體之漸趨飽和，超滲水壓造成土體鏈結變弱，易成滑動弱面，產生土體之破壞崩滑，致生災害。但在本五子寮北集水區內仍建議以尖峰流量較大之一日(短延時強降雨)流量歷線作為流量採用之評估為宜。

另經比較合理化公式、三角型單位歷線法及修正三角型單位歷線法所求得之洪峰流量值作為評估採用之參考依據，如后表 4-29。其中，合理化公式及修正三角型單位歷線法所求得之洪峰流量值頗為接近，為安全評估計，選用合理化公式所得之 331.91cms，作為本計畫集水區之洪峰流量，俾為後續規劃設計作業之依循。

表 4-29　50 年重現期距之各逕流量推導方法之洪峰流量、比流量值一覽表

逕流量推導方法	洪峰流量值(cms)	比流量值(cms/km^2)	選用
合理化公式法	331.91	31.853	V
三角型單位歷線法	443.80	42.591	過大高估，擬捨棄
修正三角形單位歷線法	330.73	31.740	

註:上表資料由規劃團隊蒐集、彙整與分析。

1.清水流量推估

經採合理化公式法所求出 50 年頻率洪峰流量後，可得各流量控制點 P1~P7 之控制流量分別詳後表 4-30 (控制點 P1~P7 位置詳前圖 4-4) 。

表 4-30　五子寮北集水區各流量控制點推估洪峰流量值一覽表

控制點位	控制面積(ha)	清水流量(cms)
P1	327.29	104.25
P2	415.45	132.33
P3	251.91	80.24
P4	889.3	283.27
P5	911.08	290.21
P6	983	313.11
P7	1042	331.91

註:上表資料由規劃團隊蒐集、彙整與分析。

2.土石流量推估

土石流泥砂運移量估算以理論推估為主，其推估方法如下：

（1） 首先估算流動中之土石流體積濃度，土石流之濃度受溪床坡度影響甚大，一般以下列公式表示：

$$C_D = \frac{\rho \tan\theta}{(\sigma - \rho)(\tan\phi - \tan\theta)}$$

式中，C_D：流動中土石流體積濃度、ρ：水之密度(kg/m^3)、σ：土石密度(kg/m^3)、θ：溪谷之坡度、φ：土石之內摩擦角

（2） 推估溪流中之清水流量(Q_W)：可參考合理化公式推估之。

（3） 由清水流量(Q_W)及土石流體積濃度(C_D)可推求土石流之流量其關係如下：(Q_D)。

$$Q_D = \frac{C^*}{C^* - C_D} Q_W \qquad C^* = 1\text{-}Pr$$

式中，Q_D：土石流之流量(cms) 、Q_W：溪谷上游之清水流量(cms) 、C*：溪床上土石堆積物之體積濃度、Pr：溪床上土石堆積之孔隙率 C_D：流動中土石流之體積濃度。C_D=Cdmax=0.9C*代入上列公式中，可推估得各流

量控制點 P1~P7 之 50 年頻率土石流控制流量分別詳後表 4-31 (控制點 P1~P7 位置詳前圖 4-4)。

表 4-31　五子寮北集水區各流量控制點推估土石流流量值一覽表

控制點位	控制面積(ha)	清水流量(cms)	含砂 30%水流量(cms)	土石流量(cms)
P1	327.29	104.25	135.53	210.77
P2	415.45	132.33	172.03	260.24
P3	251.91	80.24	104.31	314.26
P4	889.3	283.27	368.25	676.63
P5	911.08	290.21	377.27	685.55
P6	983	313.11	407.04	709.82
P7	1042	331.91	431.48	518.71

註 1：上述估算資料由規劃團隊推估所得。

依據上述流量計算公式，以 50 年頻率降雨量估算，流動中土石流體積濃度 C_D 值南、北支流分別為 0.3613、0.2254，評估仍具產生土石流況之潛勢機會。各參數值及計算結果詳見表 4-32。

表 4-32　各野溪整治溪段清水流及土石流量估算表

集水區分	清水單位重 (kg/cm^3)	土粒單位重 (kg/cm^3)	泥砂內磨擦角 (°)	上游溪床淤砂坡度 (°)	流動中土石流體積濃度(C_d)	溪床面堆積土體之泥砂體積濃度(C_*)	清水流量 (cms)	含砂 30% 流量(cms)	土石流量 (cms)
北支流集水區	1	2.65	35	10.75	0.2254	0.65	159.11	206.84	243.56
南支流集水區	1	2.65	35	14.66	0.3613	0.65	128.13	166.57	288.48

註 1：上述估算資料由規劃團隊推估所得。

註 2：Qw 代表清水流量，Qs 代表含砂流量，Q_D 代表含砂流量。

4.3　水理分析檢討

4.3.1 一般洪水水理演算

本節利用上一章節水文分析所得之逕流量分析，搭配計畫範圍內所收集之河道斷面資料與推估設計流量，進行水理分析演算。於水理模式演算本計畫採用美國陸軍工兵團所發展之 HEC-RAS 模式，進行五子寮北集水區範圍內所屬角埔溪下游、北支流與南支流河道水理分析，以了解於設計流量下，對於上述溪段各河

道通洪斷面之容許能力。

HEC-RAS (River Analysis System) 是美國陸軍工兵團水文工程中心 (U.S. Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, 簡稱 HEC)，自 1995 年起研發的一維網路型河川定量流水理模式，為 HEC 新世代水文工程軟體的一份子，除了包含亞、超臨界流及混合流態之河道水理計算外，並可針對橋樑、涵洞、堰、堤防、溢洪道及其他河工結構物進行水理模擬，提供 WSPRO 模式之橋墩沖刷估算，亦能進行河道改善工程及洪水平原管理、洪災保險等行洪區逾限利用之評估。模式於 3.0 版 (2001 年) 後更加入網路型河川變量流模擬程式，使得 HEC-RAS 模式除了前述之功能外，更可模擬潰壩、潰堤、蓄水區、抽水站、壓力涵管、溢洪道等現象。HEC-RAS 模式於演算結果可靠性及實務功能完整性曾獲得美國 FEMA 認證，其多樣化實務功能、方便友善的圖型化操作與展示介面能滿足大部分一維水理模擬的實務需求，模擬結果更能直接透過 ArcGIS 與各項基本圖資進行整合，迅速達到模擬結果之實境展示與檢視。故本計畫於水理演算將選用 HEC-RAS 作為本計畫的水理分析工具。

就水文分析之結果，配置計畫洪峰流量，並依現有河道縱、橫斷面資料，整理各斷面橫距與高程，配合電腦應用程式計算河道基本水理因素，據此推求溪流各斷面不同頻率年洪水位，以檢討河道各段之排洪功能，研判現有防洪構造物之安全性。有關本計畫水理分析時所採用之斷面係由規劃團隊實地探查勘測所得，分述如下：

1. 斷面資料

角埔溪主流河道，共實測斷面資料 32 筆；其中包括主、支流匯口下游面之角埔溪主流河道(本文稱下游河道)計有 22 個實測橫斷資料，自主、支流匯口上游面之角埔溪主流河道(本文稱北支流河道)計有 10 個實測橫斷資料，自主、支流匯口上游面之角埔溪支流河道(本文稱南支流河道)計有 6 個實測橫斷資料，總計有 38 個橫斷面資料。以上 38 個橫斷面資料配合流量成果，進行一維水理演算，各斷面位置如后圖 4-13 所示。斷面編號、相對應主、支流樁號里程及相關較重要之地文特性參數則彙如表 4-33 說明。

角埔溪水理演算平面及橫斷面配置示意圖

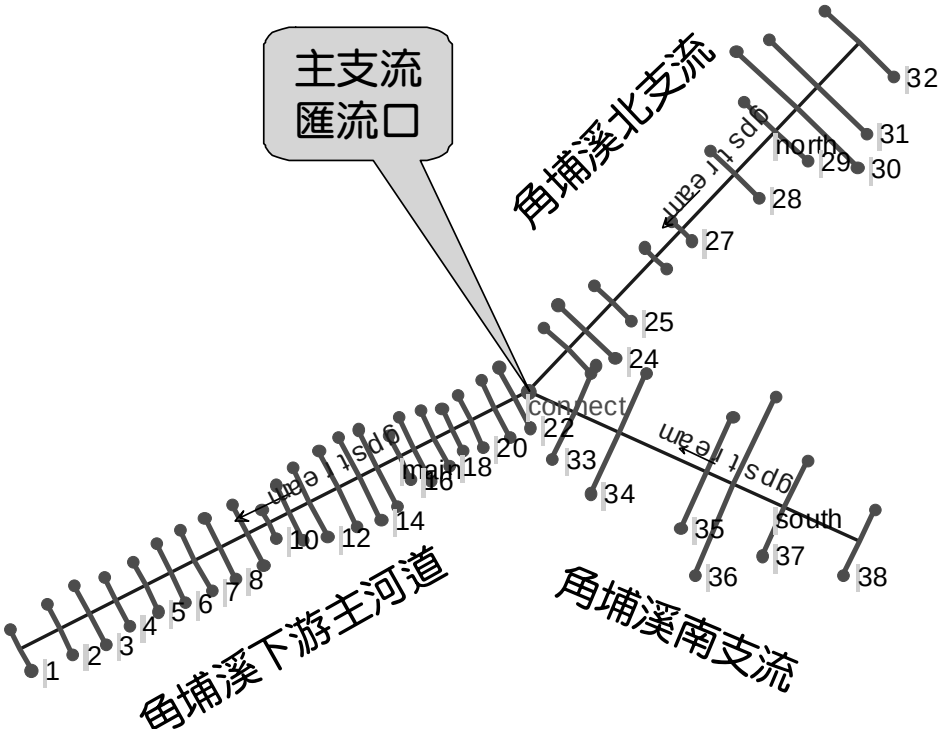


圖 4-13　角埔溪水理演算橫斷面位置及編號配置圖

表 4-33　各斷面編號、相對應主、支流樁號里程及地文特性參數一覽表

斷面編號	樁位里程	單距(m)	降坡(%)	底床高程(m)	底床寬度(m)
1	主流 0k+000	0	4.10%	388.0	119.0
2	主流 0k+122	122	4.10%	393.0	148.0
3	主流 0k+215.4	93.4	4.28%	397.0	174.0
4	主流 0k+298.8	83.4	3.60%	400.0	140.0
5	主流 0k+386.6	87.8	2.96%	402.6	144.0
6	主流 0k+466.6	80	7.50%	408.6	170.0
7	主流 0k+545	78.4	3.32%	411.2	183.0
8	主流 0k+619	74	5.68%	415.4	181.0
9	主流 0k+704.6	85.6	7.01%	421.4	182.0
10	主流 0k+770	65.4	10.70%	428.4	82.0
11	主流 0k+835.8	65.8	4.86%	431.6	82.0
12	主流 0k+898.8	63	4.76%	434.6	26.0 (不計河灘地)
13	主流 0k+983.8	85	8.47%	441.8	38.4(不計河灘地)
14	主流 1k+052.8	69	7.83%	447.2	42.4(不計河灘地)
15	主流 1k+109.8	57	9.82%	452.8	15.0 (不計河灘地)
16	主流 1k+177	67.2	8.04%	458.2	22.8(不計河灘地)
17	主流 1k+225	48	11.67%	463.8	25.2(不計河灘地)
18	主流 1k+288.6	63.6	8.49%	469.2	44.8(不計河灘地)
19	主流 1k+340.6	52	3.46%	471	25.4(不計河灘地)
20	主流 1k+397.6	57	5.61%	474.2	28.4(不計河灘地)
21	主流 1k+475.8	78.2	12.79%	484.2	101.2
22	主流 1k+536.6	60.8	6.25%	488	27.0 (不計河灘地)
23	主流 1k+668.6	132	6.21%	496.2	42.8
24	主流 1k+710.4	41.8	5.26%	498.4	44.0
25	主流 1k+772.8	62.4	3.21%	500.4	15.0
26	主流 1k+871.8	99	3.43%	503.8	10.0
27	主流 1k+931.6	59.8	5.02%	506.8	17.0
28	主流 2k+057.6	126	9.13%	518.3	26.8
29	主流 2k+150.6	93	4.73%	522.7	19.4
30	主流 2k+199	48.4	4.96%	525.1	24.8
31	主流 2k+249.2	50.2	9.76%	530.0	23.1
32	主流 2k+345.2	96	4.69%	534.5	10.0
33	支流 0k+082.4	82.4	8.50%	495.0	20.0
34	支流 0k+121	38.6	1.30%	495.5	24.0
35	支流 0k+199.8	78.8	6.73%	500.8	10.0
36	支流 0k+224.8	25	34.00%	509.3	20.0
37	支流 0k+268.8	44	4.32%	511.2	15.0
38	支流 0k+335	66.2	6.80%	515.7	13.0

註：上述資料由規劃團隊勘測所得。

2.流量資料

利用前述章節之水文分析成果，設定水理演算起始流量輸入條件，目前採用定量流 (Steady) 演算法，流量設定為 50 年頻率之設計洪峰流量，各分為清水流量、含砂 10%流量及含砂 30%流量等 3 類情況進行水理演算分析。各溪段採行之設計流量彙整如后表 4-34。

表 4-34　各溪段水理演算分析設計流量採用值一覽表

演算情境	設計流量(cms)		
	角埔溪主流 (斷面 1-22)	角埔溪北支流 (斷面 23-32)	角埔溪南支流 (斷面 33-38)
Case1：清水流量	331.91	159.10	128.13
Case2：含砂 10%流量	365.10	175.02	140.94
Case3：含砂 30%流量	431.48	206.83	166.57

3.邊界條件

在本計畫五子寮北集水區水理演算的範圍，包括有角埔溪主流(下游溪段)、北支流、南支流等 3 條河段，於水理演算分析時，定義各河段分別為 gpstream-main、gpstream-north 及 gpstream-south 等 3 段計算河段。並依 hec-ras 模組要求，設定各河段之上、下游邊界條件，角埔溪主流(下游溪段)之上、下游控制邊界為斷面 22(主流樁號 1k+536.6)與斷面 1(主流樁號 0k+000)，北支流之上、下游控制邊界為斷面 32(主流樁號 2k+345.2)與斷面 23(主流樁號 1k+668.6)，南支流之上、下游控制邊界為斷面 38(支流樁號 0k+335)與斷面 33(支流樁號 0k+082.4)。

4.演算成果

本計畫各溪段水理演算成果如下表 4-35 至表 4-37 所示。

5.各溪段縱、橫斷面水理演算成果

經 hec-ras 模式演算後自動產出之各溪段縱橫斷面分析成果，其縱斷面部份詳如圖 4-14~4-16，橫斷面部份詳如圖 4-17~4-19。

表 4-35　各溪段斷面清水流量水理演算分析成果一覽表

斷面編號	通水面積(m2)	設計流量(m3/s)	水面寬(m)	水深 y(m)	平均流速(m/s)	水力深度 d(m)	能量坡降(m/m)	福祿數 Fr	臨界水深 yc	水面高程(m)	臨界水深高程(m)	溪底高程(m)
1	74.5	331.91	119.37	0.63	4.46	0.62	0.060174	1.79	0.92	388.63	388.92	388
2	105.55	331.91	148.43	0.71	3.14	0.71	0.025164	1.19	0.8	393.71	393.8	393
3	76.25	331.91	174.26	0.44	4.35	0.44	0.091718	2.09	0.72	397.44	397.72	397
4	115.96	331.91	140.5	0.83	2.86	0.83	0.017127	1.00	0.83	400.83	400.83	400
5	46.04	331.91	144.19	0.32	7.21	0.31	0.382762	4.07	0.81	402.92	403.41	402.6
6	123.21	331.91	170.43	0.72	2.69	0.72	0.018045	1.01	0.73	409.32	409.33	408.6
7	78.77	331.91	183.26	0.43	4.21	0.43	0.087971	2.05	0.69	411.63	411.89	411.2
8	103.08	331.91	181.34	0.57	3.22	0.57	0.035448	1.36	0.7	415.97	416.1	415.4
9	54.9	331.91	182.18	0.3	6.05	0.3	0.290444	3.53	0.7	421.7	422.1	421.4
10	66.76	331.91	82.49	0.81	4.97	0.81	0.053451	1.76	1.18	429.21	429.58	428.4
11	72.6	331.91	83.12	0.88	4.57	0.87	0.040673	1.56	1.18	432.48	432.78	431.6
12	49.04	331.91	68.78	1.03	6.77	0.71	0.116034	2.13	1.66	435.63	436.26	434.6
13	51.63	331.91	49.45	1.18	6.43	1.04	0.062845	1.89	1.81	442.98	443.61	441.8
14	39.41	331.91	45.05	0.9	8.42	0.87	0.138005	2.84	1.8	448.1	449	447.2
15	45.32	331.91	38.36	1.7	7.32	1.18	0.069677	1.79	2.54	454.5	455.34	452.8
16	34.94	331.91	32.26	1.27	9.5	1.08	0.131659	2.69	2.32	459.47	460.52	458.2
17	42.67	331.91	29.85	1.55	7.78	1.43	0.062687	2.00	2.47	465.35	466.27	463.8
18	51.61	331.91	46.94	1.13	6.43	1.1	0.06007	1.93	1.75	470.33	470.95	469.2
19	45.77	331.91	28.4	1.7	7.25	1.61	0.047796	1.78	3.19	472.7	474.19	471
20	43.36	331.91	31.82	1.44	7.66	1.36	0.064839	2.04	2.28	475.64	476.48	474.2
21	47.53	331.91	101.89	0.47	6.98	0.47	0.216951	3.25	1.02	484.67	485.22	484.2
22	48.2	331.91	29.28	1.71	6.89	1.65	0.042541	1.68	2.44	489.71	490.44	488
23	34.75	159.11	44.06	0.8	4.58	0.79	0.047237	1.64	1.11	497	497.31	496.2
24	32.54	159.11	45.47	0.73	4.89	0.72	0.060866	1.83	1.09	499.13	499.49	498.4
25	24.01	159.11	17.47	1.48	6.63	1.37	0.050866	1.74	2.16	501.88	502.56	500.4
26	26.8	159.11	13.83	2.25	5.94	1.94	0.028413	1.26	2.72	506.05	506.52	503.8
27	20.72	159.11	18.31	1.17	7.68	1.13	0.088407	2.27	2.03	507.97	508.83	506.8
28	25.8	159.11	28.76	0.93	6.17	0.9	0.072798	2.04	1.5	519.23	519.8	518.3
29	29.53	159.11	21.54	1.44	5.39	1.37	0.033314	1.43	1.85	524.14	524.55	522.7
30	19.82	159.11	25.9	0.78	8.03	0.77	0.153744	2.90	1.58	525.88	526.68	525.1
31	30.13	159.11	24.68	1.26	5.28	1.22	0.036795	1.50	1.67	531.26	531.67	530
32	40.28	159.11	73.76	1.81	3.95	0.55	0.057512	0.94	2.04	536.31	536.54	534.5
22	48.2	331.91	29.28	1.71	6.89	1.65	0.042541	1.68	2.44	489.71	490.44	488
33	33.33	128.13	22.17	1.58	3.84	1.5	0.015117	0.98	1.58	496.58	496.58	495
34	22.46	128.13	24.93	0.92	5.7	0.9	0.063691	1.90	1.41	496.42	496.91	495.5
35	10.74	128.13	11.96	0.98	11.93	0.9	0.28663	3.85	2.35	501.78	503.15	500.8
36	23.03	128.13	20.91	1.13	5.56	1.1	0.047815	1.67	1.59	510.43	510.89	509.3
37	18.92	128.13	16.64	1.2	6.77	1.14	0.068634	1.97	1.89	512.4	513.09	511.2
38	17.13	128.13	14.31	1.25	7.48	1.2	0.080628	2.14	2.09	516.95	517.79	515.7

註：上述資料由規劃團隊採用 hec-ras(美國陸軍工兵團水文工程中心研發的一維網路型河川定量流水理模式)計算。

表 4-36　各溪段斷面含砂 10%流量水理演算分析成果一覽表

斷面編號	通水面積(m2)	設計流量(m3/s)	水面寬(m)	水深 y(m)	平均流速(m/s)	水力深度 d(m)	能量坡降(m/m)	福祿數 Fr	臨界水深 yc	水面高程(m)	臨界水深高程(m)	溪底高程(m)
1	79.26	365.1	119.4	0.66	4.61	0.66	0.059278	1.81	0.98	388.66	388.98	388
2	11.84	365.1	148.45	0.75	3.26	0.75	0.025125	1.20	0.85	393.75	393.85	393
3	80.45	365.1	174.28	0.46	4.54	0.46	0.092869	2.14	0.76	397.46	397.76	397
4	123.64	365.1	140.53	0.88	2.95	0.88	0.016753	1.00	0.88	400.88	400.88	400
5	50.08	365.1	144.21	0.35	7.29	0.35	0.350087	3.94	0.86	402.95	403.46	402.6
6	129.94	365.1	170.46	0.76	2.81	0.76	0.018303	1.03	0.77	409.36	409.37	408.6
7	83.99	365.1	183.28	0.46	4.35	0.46	0.085997	2.05	0.74	411.66	411.94	411.2
8	108.84	365.1	181.36	0.6	3.35	0.6	0.035804	1.38	0.74	416	416.14	415.4
9	57.98	365.1	182.19	0.32	6.3	0.32	0.292974	3.56	0.74	421.72	422.14	421.4
10	71	365.1	82.52	0.86	5.14	0.86	0.052782	1.77	1.26	429.26	429.66	428.4
11	76.65	365.1	83.18	0.93	4.76	0.92	0.041144	1.58	1.26	432.53	432.86	431.6
12	52.69	365.1	70.94	1.09	6.93	0.74	0.115196	2.12	1.74	435.69	436.34	434.6
13	54.5	365.1	49.99	1.23	6.7	1.09	0.064438	1.93	1.92	443.03	443.72	441.8
14	42.18	365.1	45.23	0.96	8.65	0.93	0.133998	2.82	1.91	448.16	449.11	447.2
15	48.17	365.1	39.37	1.77	7.58	1.22	0.071208	1.82	2.67	454.57	455.47	452.8
16	37.38	365.1	32.82	1.34	9.77	1.14	0.13026	2.70	2.43	459.54	460.63	458.2
17	45.8	365.1	30.16	1.65	7.97	1.52	0.060896	1.98	2.62	465.45	466.42	463.8
18	54.27	365.1	47.05	1.18	6.73	1.15	0.06175	1.98	1.86	470.38	471.06	469.2
19	48.57	365.1	28.57	1.8	7.52	1.7	0.047984	1.79	3.27	472.8	474.27	471
20	46.31	365.1	32.03	1.53	7.88	1.45	0.063735	2.04	2.79	475.73	476.99	474.2
21	49.83	365.1	101.93	0.49	7.33	0.49	0.224508	3.34	1.09	484.69	485.29	484.2
22	51.61	365.1	29.44	1.83	7.07	1.75	0.041481	1.67	2.59	489.83	490.59	488
23	37.06	175.02	44.14	0.85	4.72	0.84	0.046281	1.64	1.18	497.05	497.38	496.2
24	33.99	175.02	45.53	0.76	5.15	0.75	0.063818	1.89	1.16	499.16	499.56	498.4
25	25.6	175.02	17.62	1.57	6.84	1.45	0.050573	1.74	2.29	501.97	502.69	500.4
26	28.55	175.02	14.05	2.37	6.13	2.03	0.02862	1.27	2.89	506.17	506.69	503.8
27	22.03	175.02	18.39	1.25	7.94	1.2	0.088203	2.27	2.16	508.05	508.96	506.8
28	27.54	175.02	28.88	0.99	6.36	0.95	0.071403	2.04	1.59	519.29	519.89	518.3
29	31.16	175.02	21.65	1.52	5.62	1.44	0.034082	1.46	1.97	524.22	524.67	522.7
30	21.19	175.02	25.98	0.83	8.26	0.82	0.149801	2.90	1.69	525.93	526.79	525.1
31	32.29	175.02	24.79	1.35	5.42	1.3	0.035736	1.49	1.77	531.35	531.77	530
32	42.66	175.02	73.84	1.85	4.1	0.58	0.05756	0.96	2.09	536.35	536.59	534.5
22	51.61	365.1	29.44	1.83	7.07	1.75	0.041481	1.67	2.59	489.83	490.59	488
33	35.59	140.94	22.31	1.68	3.96	1.6	0.014903	0.98	1.68	496.68	496.68	495
34	23.55	140.94	24.98	0.96	5.98	0.94	0.066132	1.95	1.5	496.46	497	495.5
35	11.71	140.94	12.12	1.06	12.04	0.97	0.266595	3.74	2.49	501.86	503.29	500.8
36	24.3	140.94	20.96	1.19	5.8	1.16	0.048759	1.70	1.69	510.49	510.99	509.3
37	20.06	140.94	16.73	1.26	7.03	1.2	0.069244	2.00	2.01	512.46	513.21	511.2
38	18.21	140.94	14.39	1.33	7.74	1.27	0.080633	2.14	2.22	517.03	517.92	515.7

註：上述資料由規劃團隊採用 hec-ras(美國陸軍工兵團水文工程中心研發的一維網路型河川定量流水理模式)計算。

表 4-37　各溪段斷面含砂 30%流量水理演算分析成果一覽表

斷面編號	通水面積(m2)	設計流量(m3/s)	水面寬(m)	水深y(m)	平均流速(m/s)	水力深度(m)	能量坡降(m/m)	福祿數Fr	臨界水深yc(m)	水面高程(m)	臨界水深高程(m)	溪底高程(m)
1	88.6	431.48	119.45	0.74	4.87	0.74	0.057206	1.81	1.1	388.74	389.1	388
2	123.55	431.48	148.5	0.83	3.49	0.83	0.025219	1.22	0.95	393.83	393.95	393
3	88.71	431.48	174.31	0.51	4.86	0.51	0.093707	2.17	0.85	397.51	397.85	397
4	138.17	431.48	140.59	0.98	3.12	0.98	0.01619	1.01	0.98	400.98	400.98	400
5	58.04	431.48	144.24	0.4	7.43	0.4	0.299387	3.75	0.97	403	403.57	402.6
6	142.47	431.48	170.5	0.84	3.03	0.84	0.018829	1.06	0.87	409.44	409.47	408.6
7	94.07	431.48	183.31	0.51	4.59	0.51	0.08239	2.05	0.82	411.71	412.02	411.2
8	119.58	431.48	181.4	0.66	3.61	0.66	0.036571	1.42	0.83	416.06	416.23	415.4
9	63.96	431.48	182.21	0.35	6.75	0.35	0.295166	3.64	0.83	421.75	422.23	421.4
10	79	431.48	82.58	0.96	5.46	0.96	0.051801	1.78	1.41	429.36	429.81	428.4
11	84.41	431.48	83.3	1.02	5.11	1.01	0.041821	1.62	1.41	432.62	433.01	431.6
12	59.65	431.48	74.88	1.18	7.23	0.8	0.114371	2.13	1.88	435.78	436.48	434.6
13	59.94	431.48	51	1.34	7.2	1.18	0.06735	1.99	2.14	443.14	443.94	441.8
14	47.52	431.48	45.58	1.08	9.08	1.04	0.12738	2.79	2.14	448.28	449.34	447.2
15	53.61	431.48	41.22	1.91	8.05	1.3	0.074064	1.86	2.89	454.71	455.69	452.8
16	42.14	431.48	33.88	1.49	10.24	1.24	0.127374	2.68	2.62	459.69	460.82	458.2
17	51.74	431.48	30.75	1.85	8.34	1.68	0.058358	1.96	2.92	465.65	466.72	463.8
18	59.28	431.48	47.26	1.29	7.28	1.25	0.064803	2.05	2.08	470.49	471.28	469.2
19	53.99	431.48	28.9	1.99	7.99	1.87	0.04816	1.81	3.4	472.99	474.4	471
20	51.9	431.48	32.45	1.71	8.31	1.6	0.062168	2.03	2.92	475.91	477.12	474.2
21	54.21	431.48	101.99	0.53	7.96	0.53	0.237153	3.49	1.22	484.73	485.42	484.2
22	58.35	431.48	29.74	2.06	7.4	1.96	0.039409	1.65	3.3	490.06	491.3	488
23	41.38	206.83	44.29	0.95	5	0.93	0.045104	1.64	1.32	497.15	497.52	496.2
24	36.71	206.83	45.65	0.82	5.63	0.8	0.0693	1.99	1.29	499.22	499.69	498.4
25	28.66	206.83	17.9	1.74	7.22	1.6	0.050005	1.75	2.55	502.14	502.95	500.4
26	31.89	206.83	14.45	2.61	6.49	2.21	0.029063	1.28	3.2	506.41	507	503.8
27	24.58	206.83	18.55	1.38	8.41	1.33	0.087361	2.29	2.4	508.18	509.2	506.8
28	30.85	206.83	29.13	1.1	6.7	1.06	0.069313	2.04	1.93	519.4	520.23	518.3
29	34.25	206.83	21.86	1.66	6.04	1.57	0.035442	1.50	2.19	524.36	524.89	522.7
30	23.87	206.83	26.12	0.94	8.66	0.91	0.142521	2.85	1.88	526.04	526.98	525.1
31	36.48	206.83	25	1.52	5.67	1.46	0.033879	1.47	1.97	531.52	531.97	530
32	47.22	206.83	73.99	1.91	4.38	0.64	0.057504	1.01	2.18	536.41	536.68	534.5
22	58.35	431.48	29.74	2.06	7.4	1.96	0.039409	1.65	3.3	490.06	491.3	488
33	39.83	166.57	22.57	1.87	4.18	1.77	0.014666	0.98	1.87	496.87	496.87	495
34	25.59	166.57	25.06	1.04	6.51	1.02	0.070688	2.04	1.68	496.54	497.18	495.5
35	13.6	166.57	12.43	1.21	12.25	1.09	0.236223	3.56	2.76	502.01	503.56	500.8
36	26.69	166.57	21.05	1.3	6.24	1.27	0.050515	1.75	1.89	510.6	511.19	509.3
37	22.23	166.57	16.91	1.39	7.49	1.31	0.070299	2.03	2.24	512.59	513.44	511.2
38	20.3	166.57	14.54	1.47	8.21	1.4	0.08063	2.16	2.47	517.17	518.17	515.7

註：上述資料由規劃團隊採用 hec-ras(美國陸軍工兵團水文工程中心研發的一維網路型河川定量流水理模式)計算。

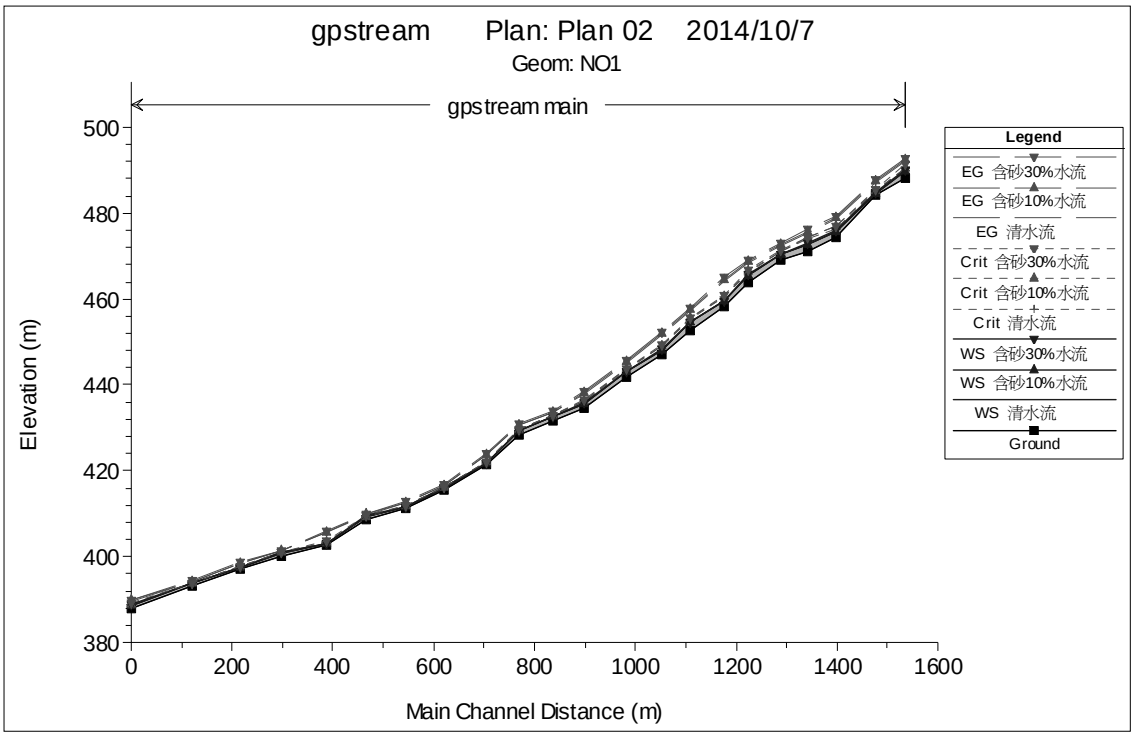


圖 4-14 角埔溪主流下游溪段縱斷面水理演算成果示意圖

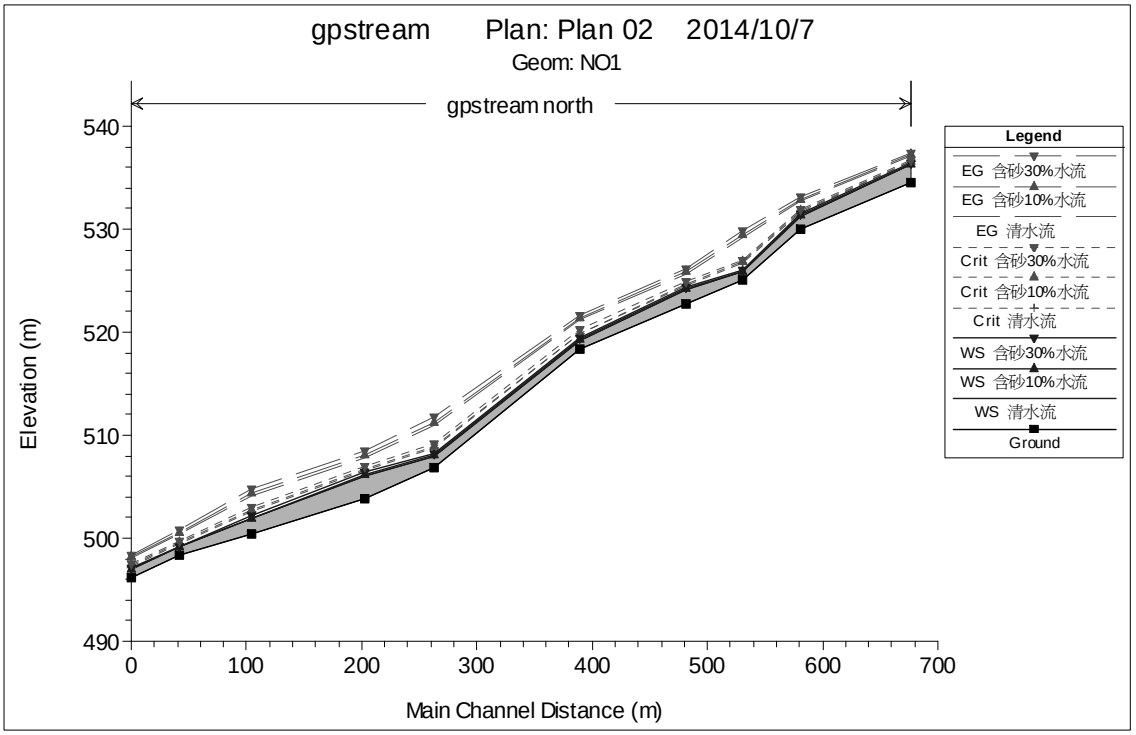


圖 4-15 角埔溪北支流下游溪段縱斷面水理演算成果示意圖

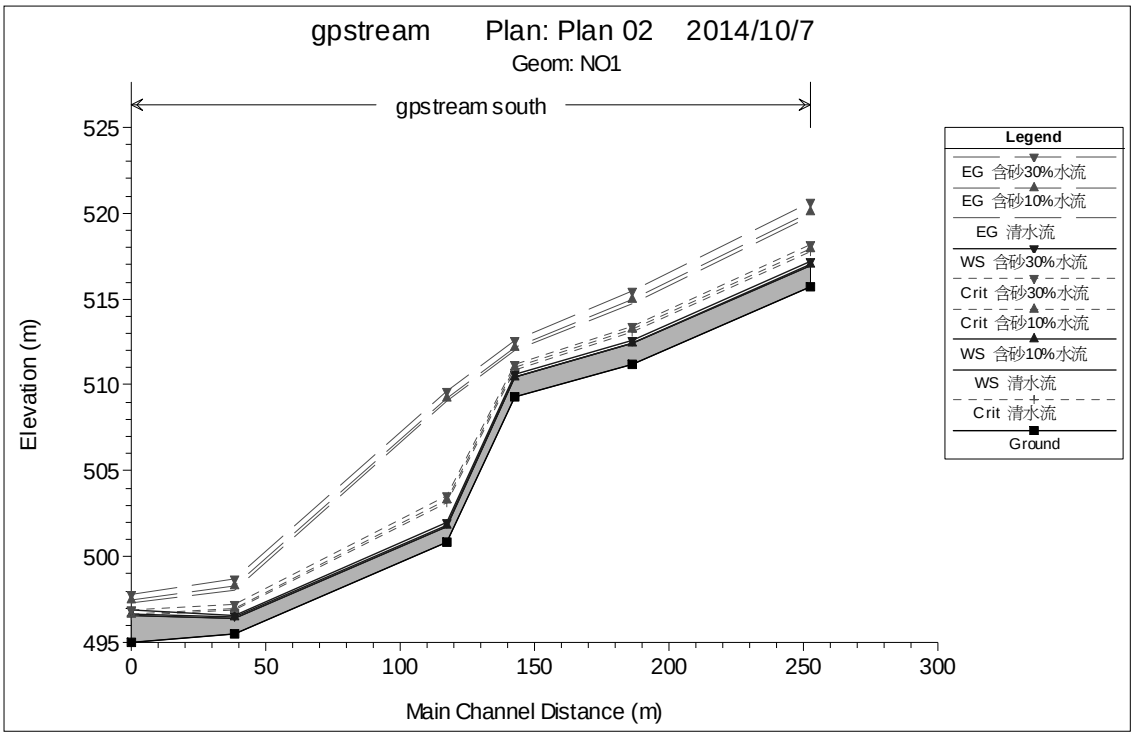


圖 4-16 角埔溪南支流下游溪段縱斷面水理演算成果示意圖

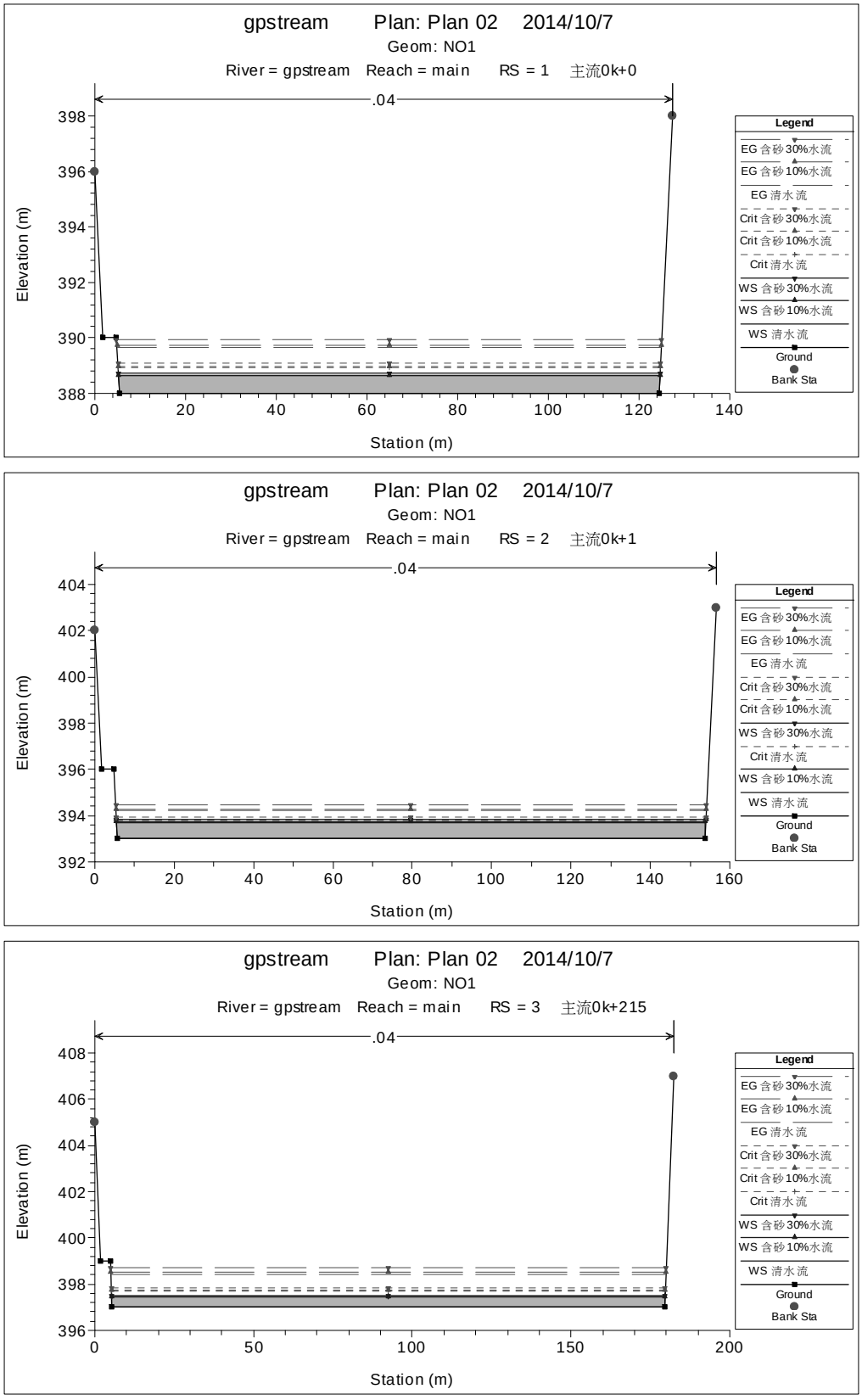
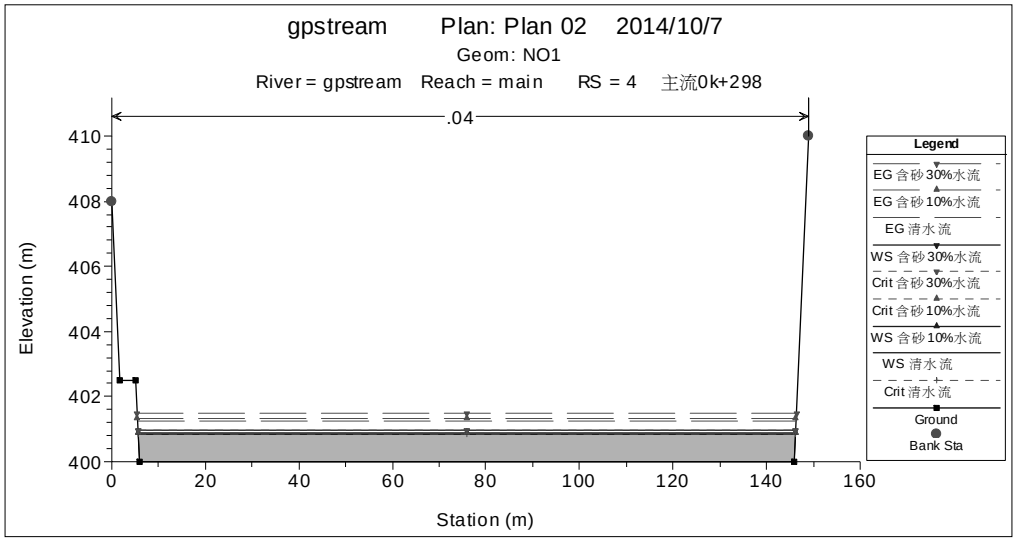
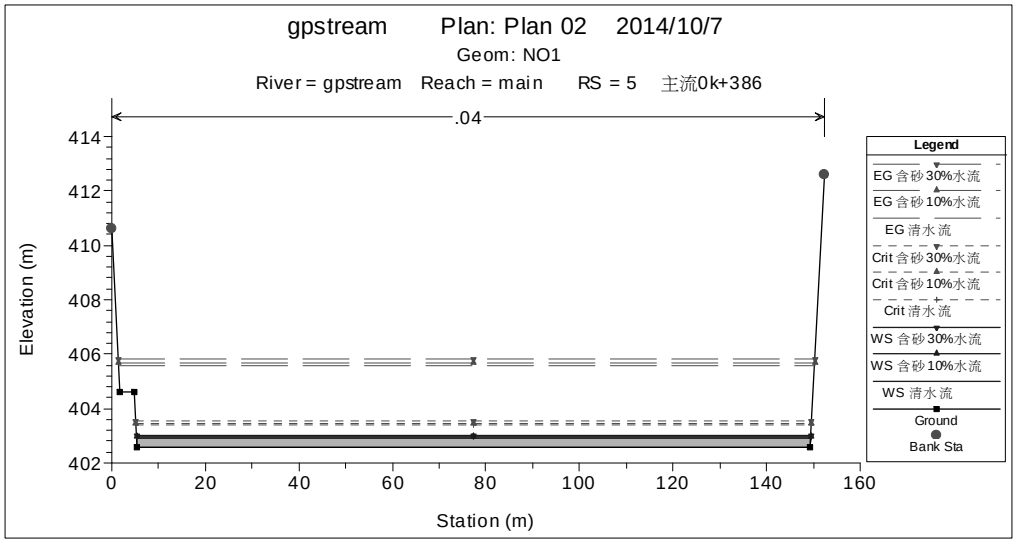


圖 4-17 角埔溪主流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(1/8)





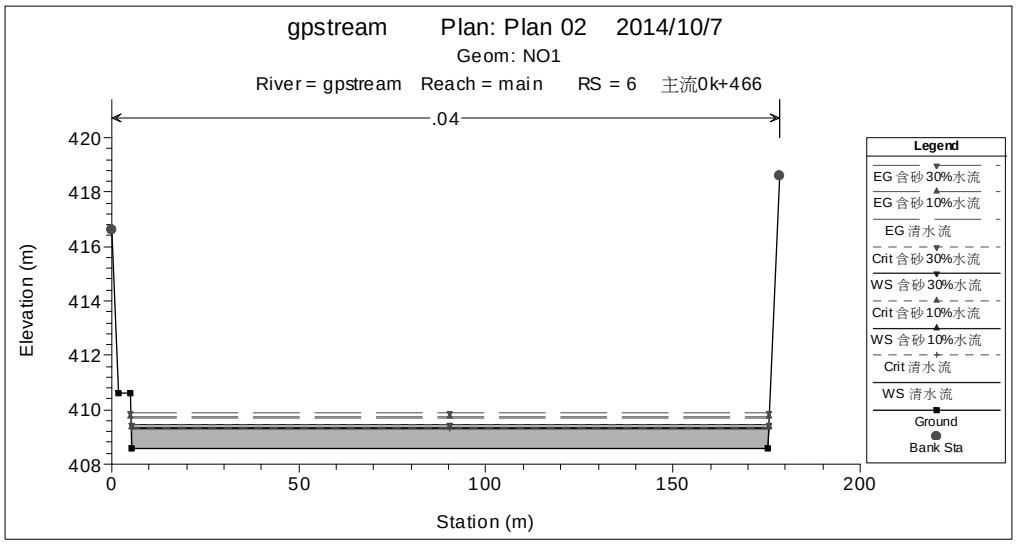
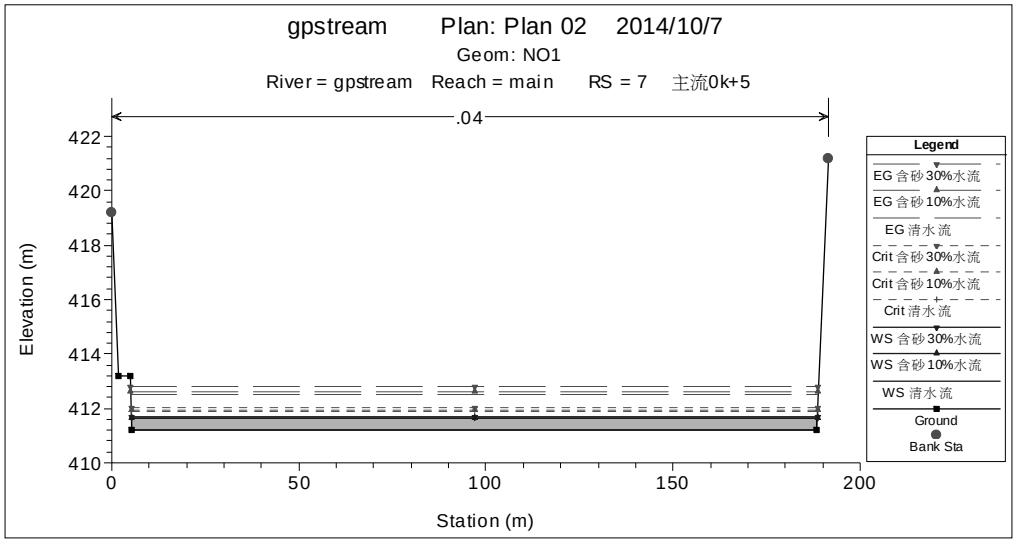
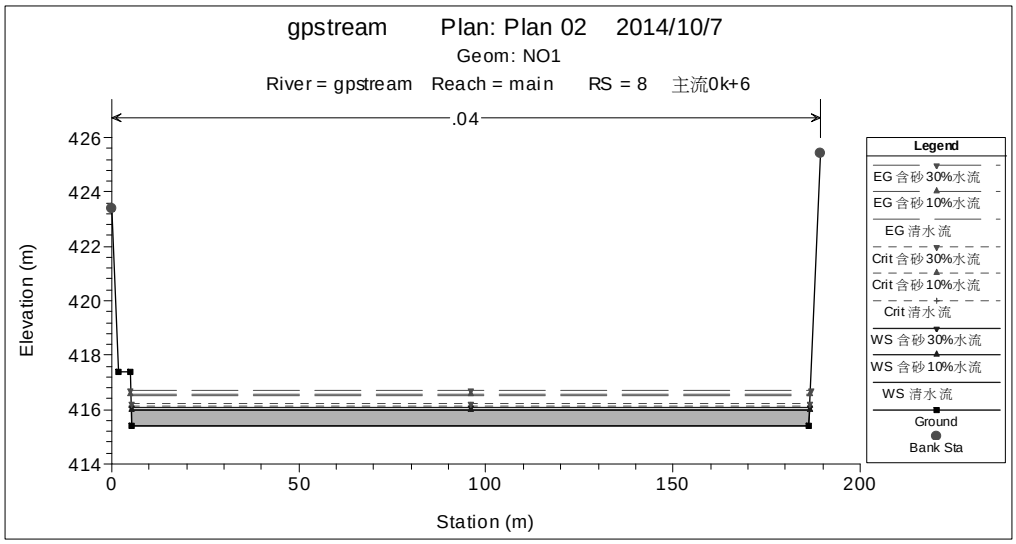


圖 4-17 角埔溪主流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(2/8)





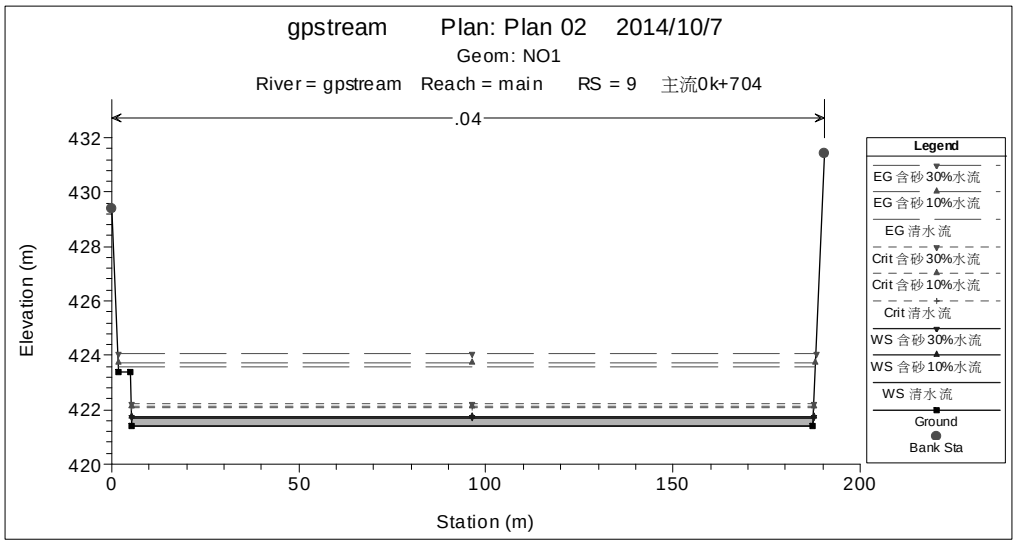


圖 4-17 角埔溪主流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(3/8)

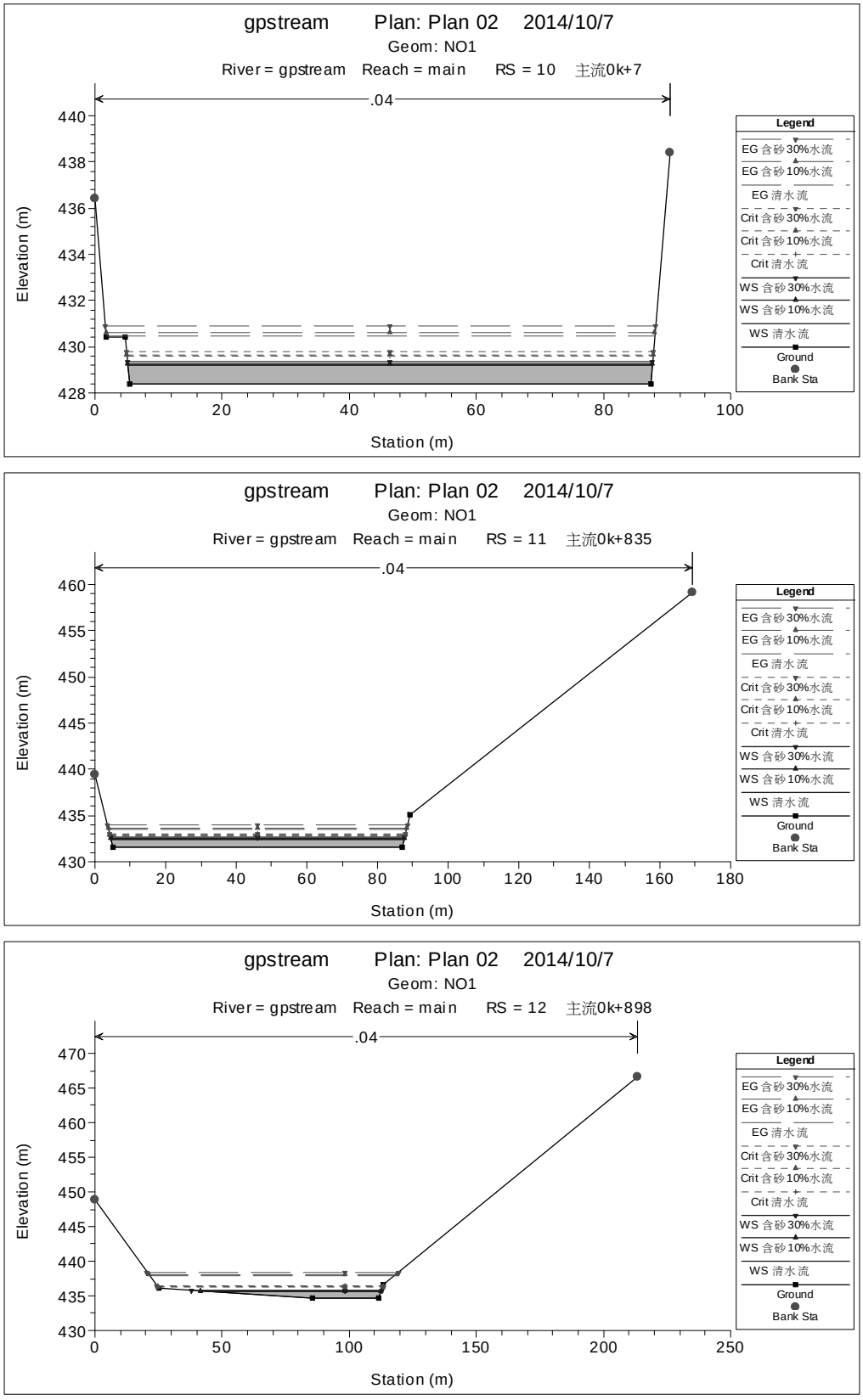


圖 4-17 角埔溪主流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(4/8)

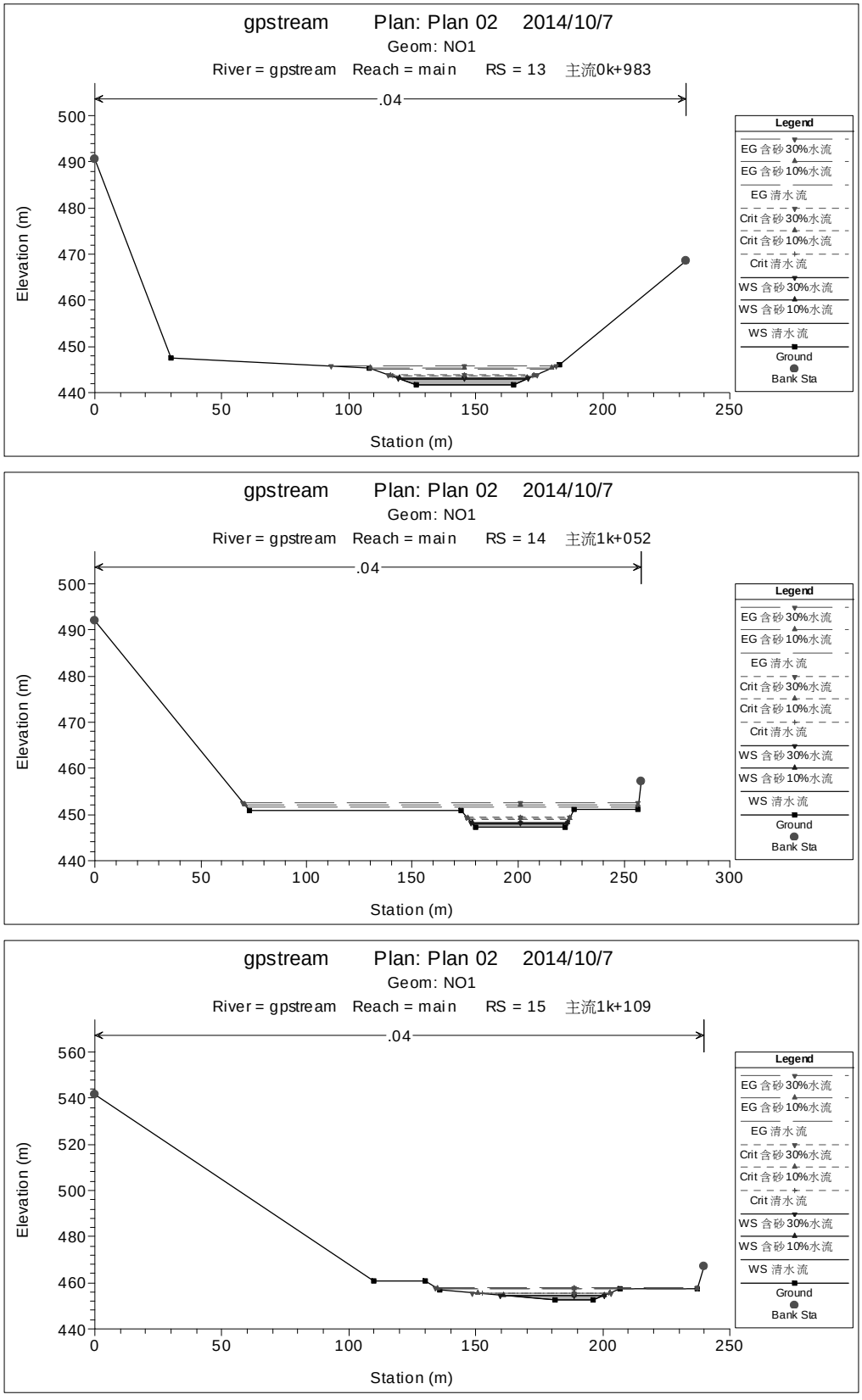
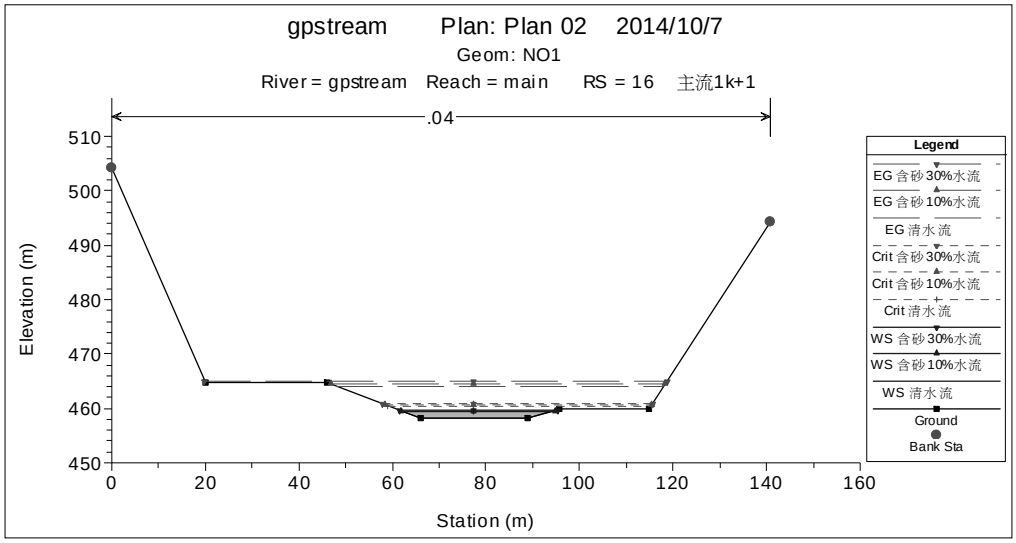
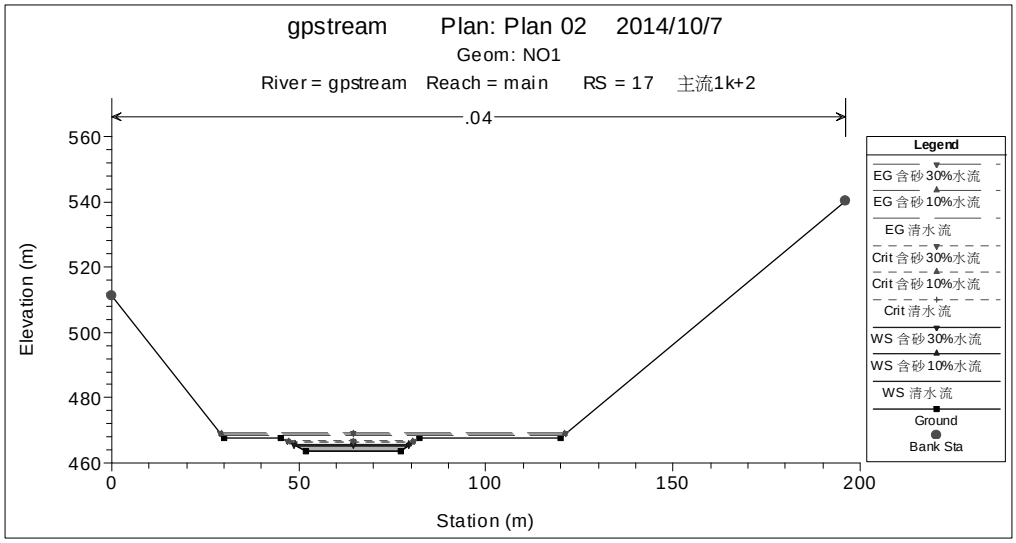


圖 4-17 角埔溪主流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(5/8)





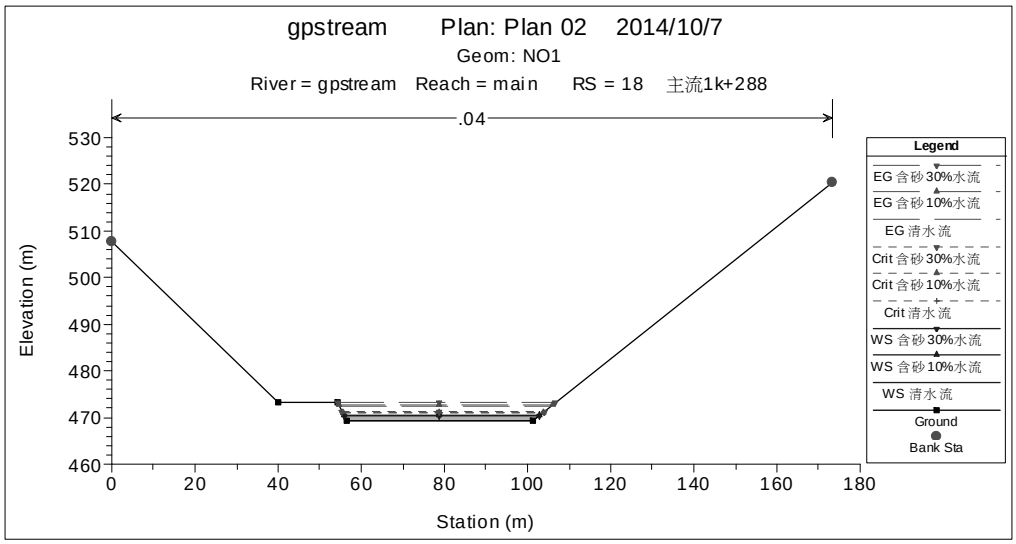


圖 4-17 角埔溪主流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(6/8)

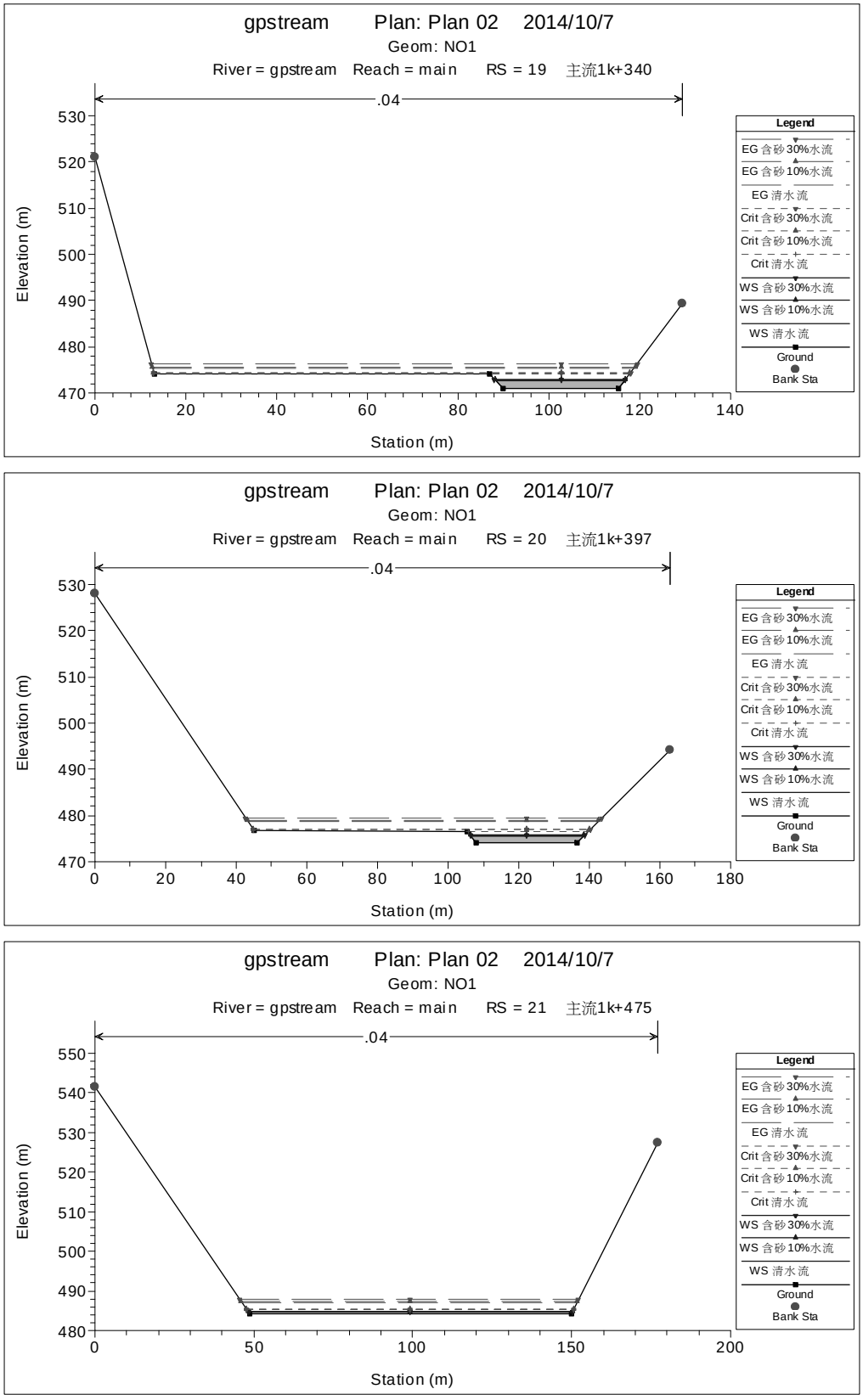


圖 4-17 角埔溪主流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(7/8)

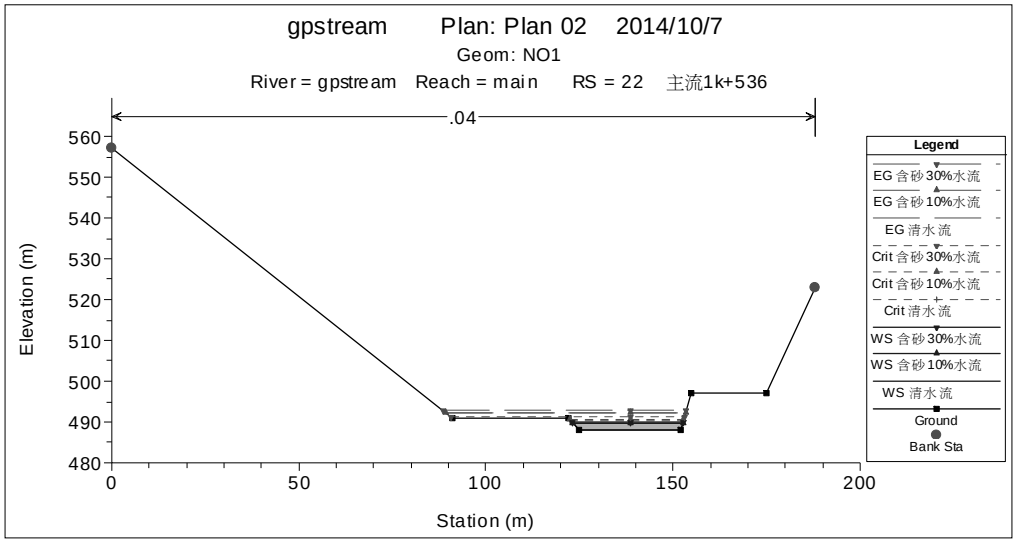


圖 4-17 角埔溪主流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(8/8)

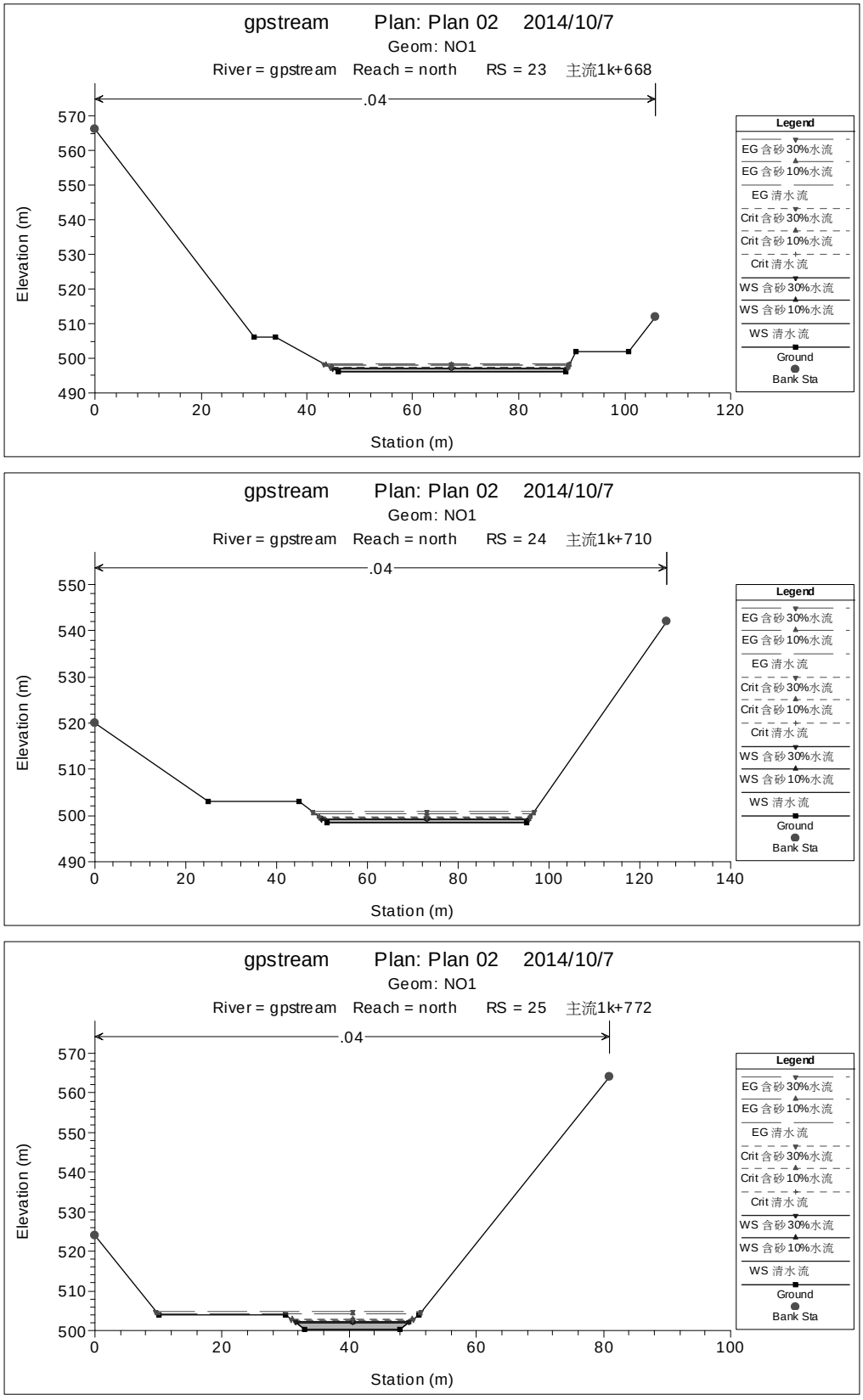
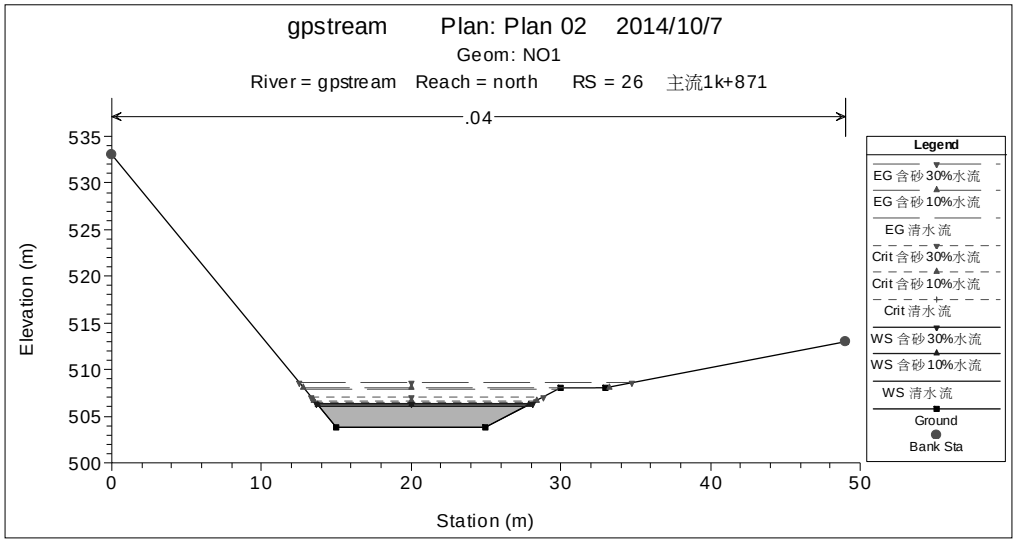
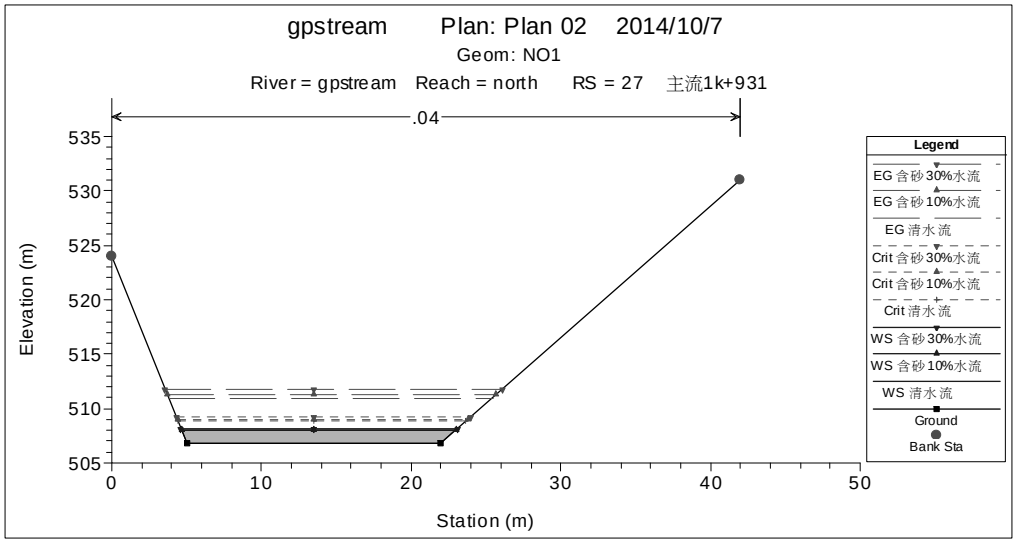


圖 4-18 角埔溪北支流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(1/4)





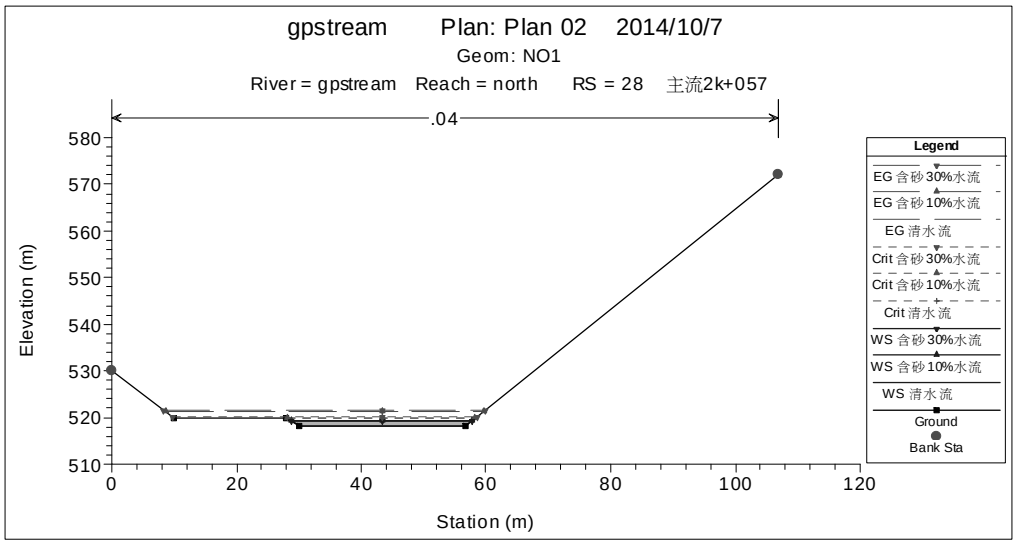
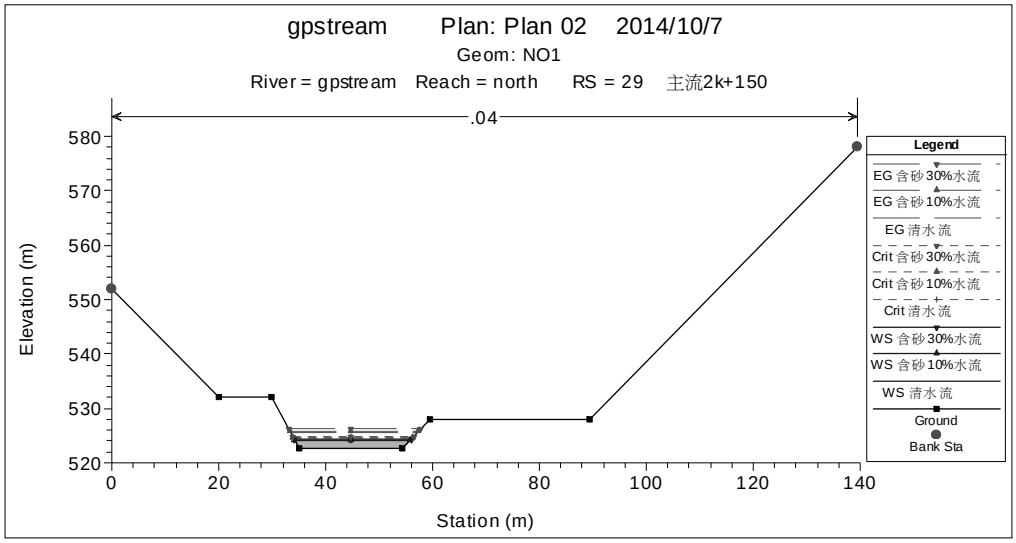
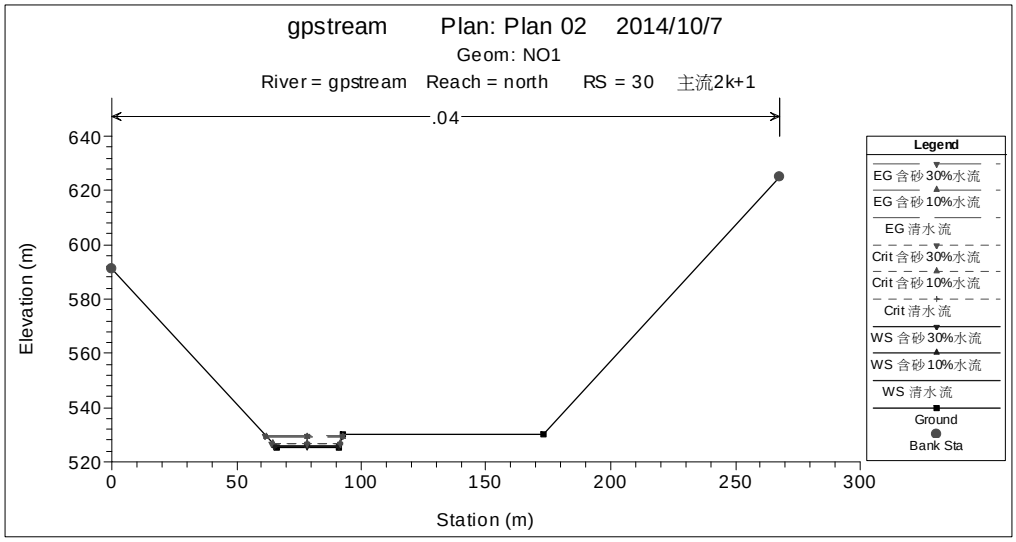


圖 4-18 角埔溪北支流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(2/4)





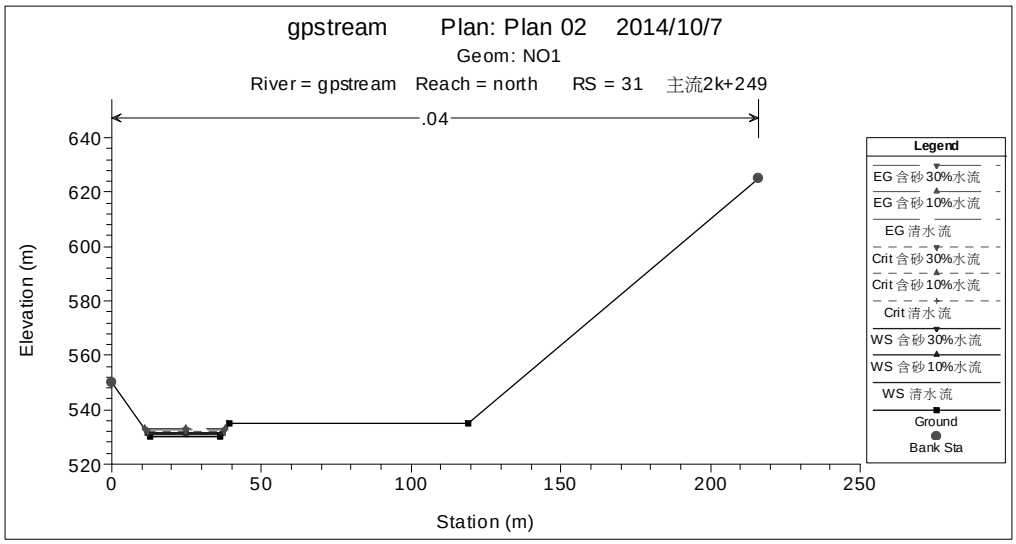


圖 4-18 角埔溪北支流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(3/4)

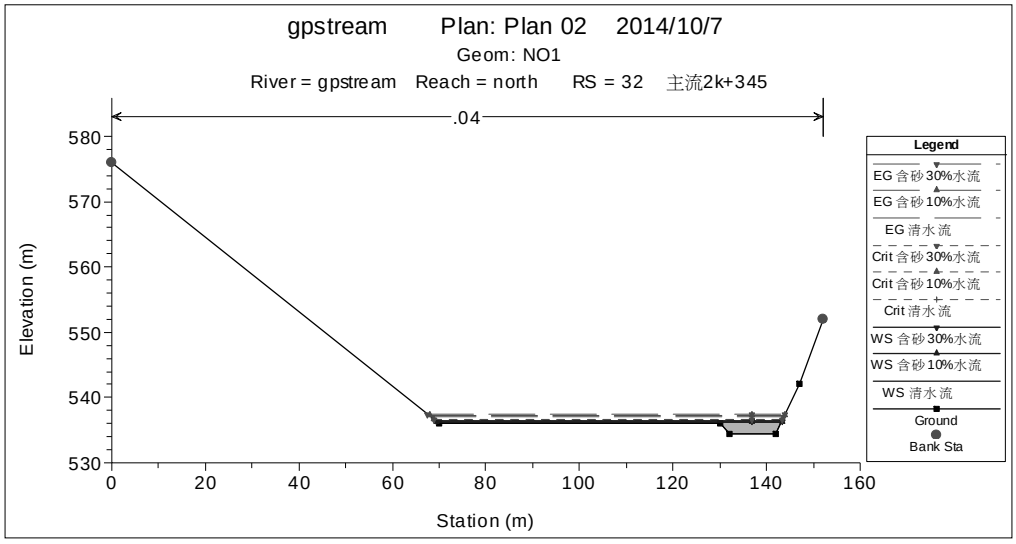
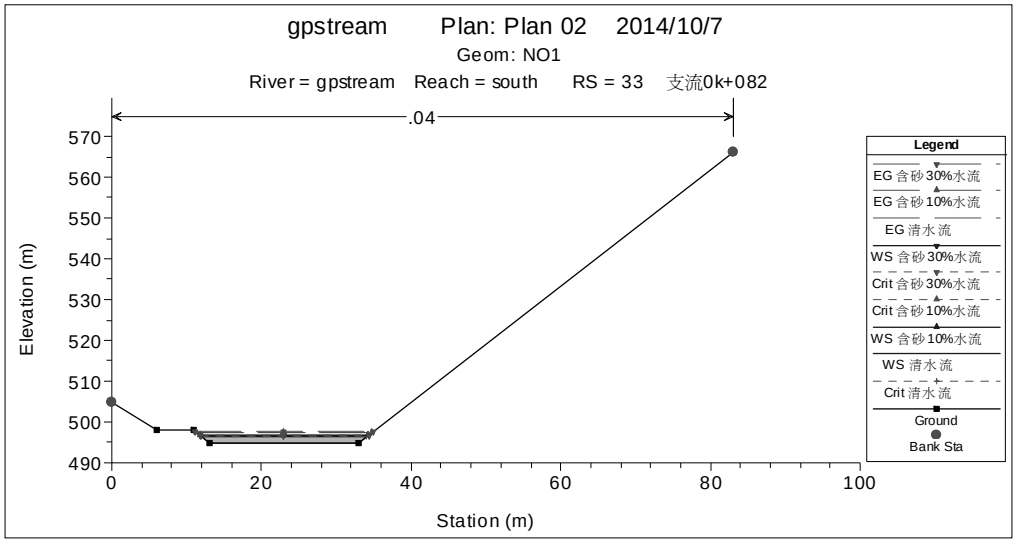
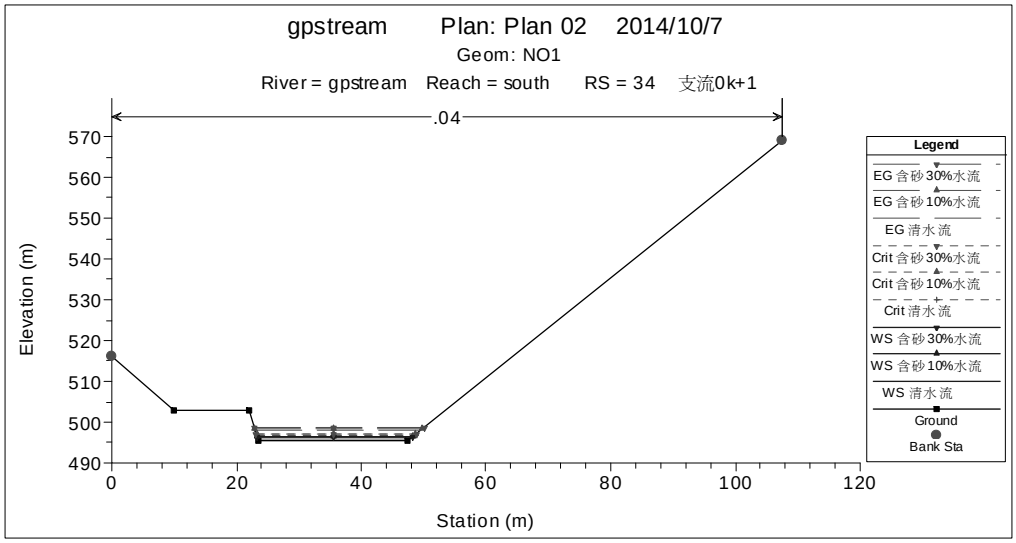


圖 4-18 角埔溪北支流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(4/4)





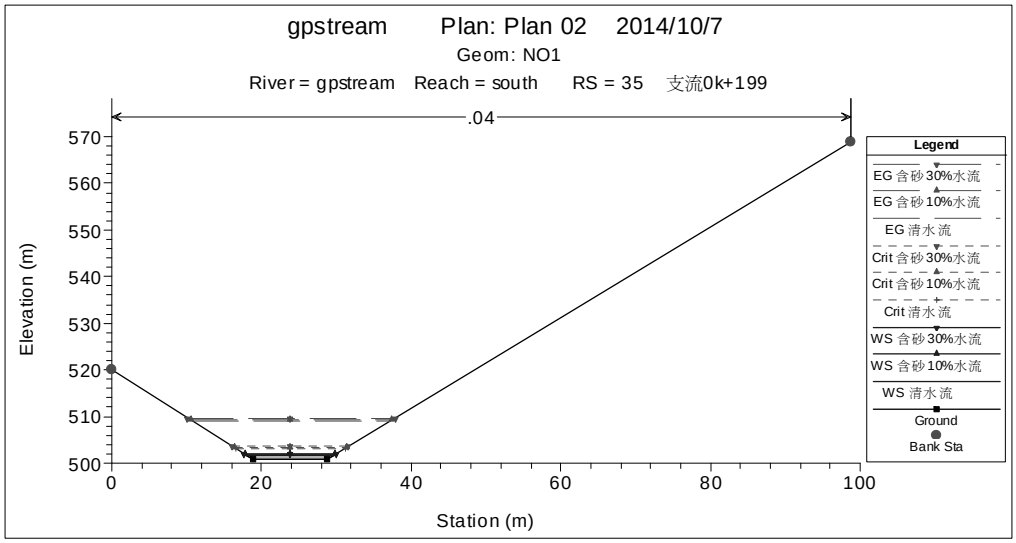


圖 4-19 角埔溪南支流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(1/2)

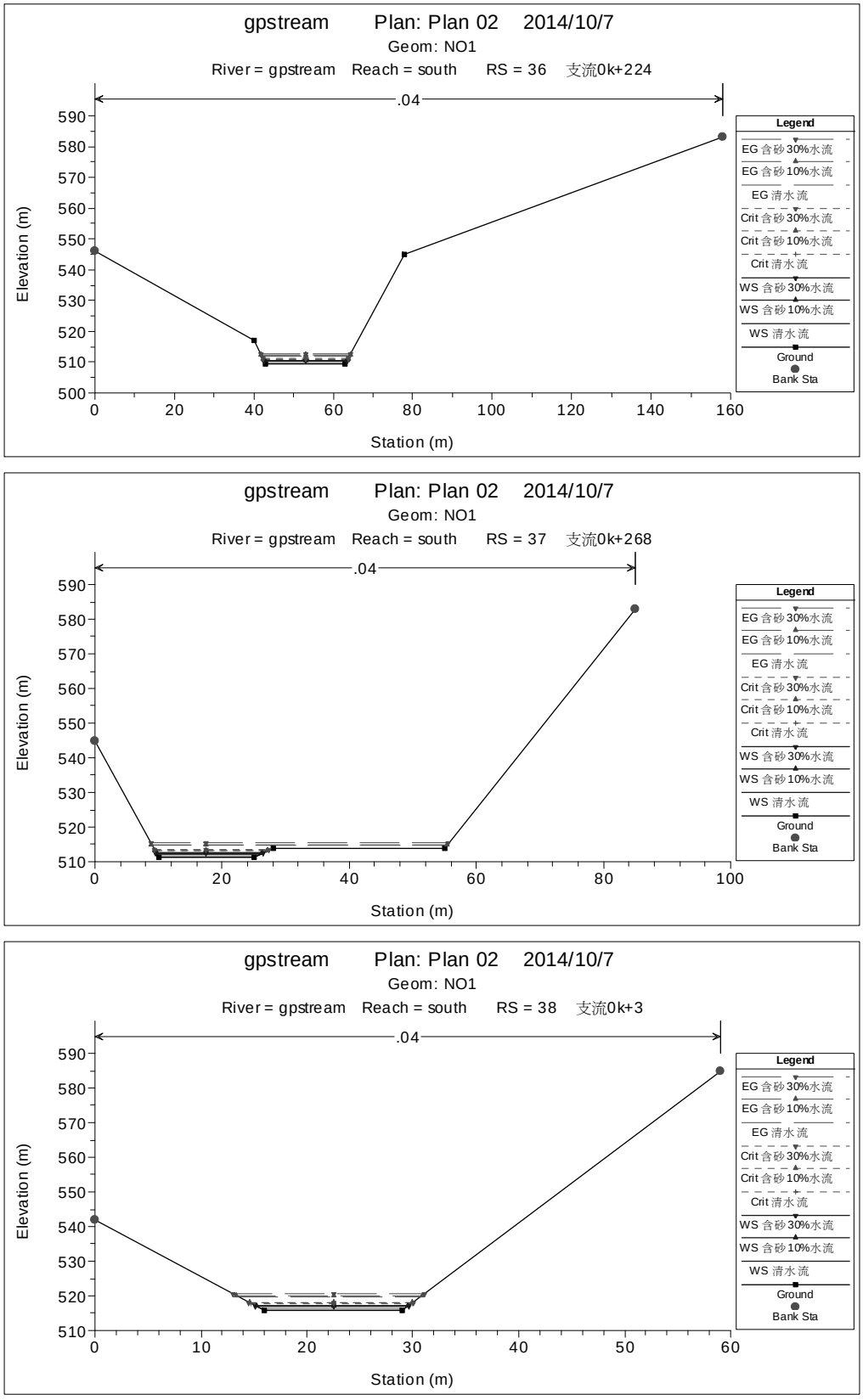


圖 4-19 角埔溪南支流下游溪段橫斷面水理演算成果示意圖(2/2)

6.主、支流溪段河道斷面檢討

經由上表 4-35~4-37 及圖 4-14~4-16、圖 4-17~4-19 之呈現，茲分別就角埔溪主流下游溪段、北支流溪段及南支流溪段之演算呈現結果，說明如下：

(1) 角埔溪主流下游溪段(斷面編號 1-22)

主流下游雖是已由南、北兩條支流匯流而下所形成，整體縱坡應該會較緩才是，然而以 6.519%之縱坡而言，仍然稍陡，以清水流量進行演算時，其整體流速介於 2.69~9.5m/sec 間，福祿數 Fr 均大於 1，屬超臨界流流況，最小水深 0.3m(斷面編號：9,主流樁號 0k+704.6)，最大水深 1.71m(斷面編號：22,主流樁號 1k+536.6)，就比對斷面需求而言，現有斷面兩側岸高度仍遠高於計畫水面高，不致有漫溢之情況，為應留意多數斷面流速過大，若真逢設計頻率以上之洪峰流量，恐兩側岸岸坡有加速刷蝕之隱憂。而在斷面編號 11 之下游側多數斷面流速漸緩，大量河床載及沉滓在此處淤積，與現勘調查之結果相近。

以含砂 10%流量進行演算時，其整體流速介於 2.81~9.77m/sec 間，福祿數 Fr 均大於 1，屬超臨界流流況，最小水深 0.32m(斷面編號：9,主流樁號 0k+704.6)，最大水深 1.83m(斷面編號：22,主流樁號 1k+536.6)，就比對斷面需求而言，現有斷面兩側岸高度仍遠高於計畫水面高，不致有漫溢之情況，為應留意多數斷面流速過大，若真逢設計頻率以上之洪峰流量，恐兩側岸岸坡有加速刷蝕之隱憂。而在斷面編號 11 之下游側多數斷面流速漸緩，大量河床載及沉滓在此處淤積，與現勘調查之結果相近。

以含砂 30%流量進行演算時，其整體流速介於 3.03~10.24m/sec 間，福祿數 Fr 均大於 1，屬超臨界流流況，最小水深 0.35m(斷面編號：9,主流樁號 0k+704.6)，最大水深 2.06m(斷面編號：22,主流樁號 1k+536.6)，就比對斷面需求而言，現有斷面兩側岸高度仍遠高於計畫水面高，不致有漫溢之情況，為應留意多數斷面流速過大，若真逢設計頻率以上之洪峰流量，恐兩側岸岸坡有加速刷蝕之隱憂。而在斷面編號 8 之下游側多數斷面流速漸緩，大量河床載及沉滓在此處淤積，與現勘調查之結果相近。

(2) 角埔溪北支流下游溪段(斷面編號 23-32)

北支流整體縱坡為 5.75%，竟然小於主流下游段，惟仍然稍陡，以清水流量進行演算時，其整體流速介於 3.95~8.03m/sec 間，除斷面編號：32,主流樁號

2k+345.2 外，其餘斷面之福祿數 Fr 均大於 1，屬超臨界流流況，斷面編號：32,主流樁號 2k+345.2 之福祿數 Fr=094，亦接近 1，最小水深 0.73m(斷面編號：24,主流樁號 1k+710.4)，最大水深 2.25m(斷面編號：26,主流樁號 1k+871.8)，就比對斷面需求而言，現有斷面兩側岸高度亦遠高於計畫水面高，不致有漫溢之情況，為應留意多數斷面流速過大，若真逢設計頻率以上之洪峰流量，恐兩側岸岸坡有加速刷蝕之隱憂。多數斷面之通洪面積受兩側岩壁侷限因素，流速集中且大，目前溪床留有近年邊坡崩塌、沖蝕之大量土石、巨礫，運移至此束縮斷面溪段後淤塞，使得溪床縱坡漸緩，而大量河床載及沉滓在此處淤積，與現勘調查之結果相近。

以含砂 10%流量進行演算時，其整體流速介於 4.1~8.26m/sec 間，福祿數 Fr 均大於 1，屬超臨界流流況，最小水深 0.76m(斷面編號：24,主流樁號 1k+710.4)，最大水深 2.37m(斷面編號：26,主流樁號 1k+871.8)，就比對斷面需求而言，現有斷面兩側岸高度仍遠高於計畫水面高，不致有漫溢之情況，為應留意多數斷面流速過大，若真逢設計頻率以上之洪峰流量，恐兩側岸岸坡有加速刷蝕之隱憂。多數斷面之通洪面積受兩側岩壁侷限因素，流速集中且大，目前溪床留有近年邊坡崩塌、沖蝕之大量土石、巨礫，運移至此束縮斷面溪段後淤塞，使得溪床縱坡漸緩，而大量河床載及沉滓在此處淤積，與現勘調查之結果相近。

以含砂 30%流量進行演算時，其整體流速介於 4.38~8.66m/sec 間，福祿數 Fr 均大於 1，屬超臨界流流況，最小水深 0.82m(斷面編號：24,主流樁號 1k+710.4)，最大水深 2.61m(斷面編號：26,主流樁號 1k+871.8)，就比對斷面需求而言，現有斷面兩側岸高度仍遠高於計畫水面高，不致有漫溢之情況，為應留意多數斷面流速過大，若真逢設計頻率以上之洪峰流量，恐兩側岸岸坡有加速刷蝕之隱憂。多數斷面之通洪面積受兩側岩壁侷限因素，流速集中且大，目前溪床留有近年邊坡崩塌、沖蝕之大量土石、巨礫，運移至此束縮斷面溪段後淤塞，使得溪床縱坡漸緩，而大量河床載及沉滓在此處淤積，與現勘調查之結果相近。

(3) 角埔溪南支流下游溪段(斷面編號 33-38)

南支流整體縱坡為 8.27%，大於主流下游段及北支流段，相當稍陡，以清水流量進行演算時，其整體流速介於 3.84~11.93m/sec 間，除斷面編號：33,支流樁

號 0k+082.4 外，其餘斷面之福祿數 Fr 均大於 1，屬超臨界流流況，斷面編號：33,支流樁號 0k+082.4 之福祿數 Fr=0.98，亦接近 1，最小水深 0.92m(斷面編號：34,支流樁號 0k+121)，最大水深 1.58m(斷面編號：33,支流樁號 0k+082.4)，就比對斷面需求而言，現有斷面兩側岸高度亦遠高於計畫水面高，不致有漫溢之情況，為應留意多數斷面流速過大，若真逢設計頻率以上之洪峰流量，恐兩側岸岸坡有加速刷蝕之隱憂。多數斷面之通洪面積受兩側岩壁侷限因素，流速集中且大，目前溪床留有近年邊坡崩塌、沖蝕之大量土石、巨礫，運移至此束縮斷面溪段後淤塞，使得溪床縱坡漸緩，而大量河床載及沉滓在此處淤積，與現勘調查之結果相近。

以含砂 10%流量進行演算時，其整體流速介於 3.96~12.04m/sec 間，除斷面編號：33,支流樁號 0k+082.4 外，其餘斷面之福祿數 Fr 均大於 1，屬超臨界流流況，斷面編號：33,支流樁號 0k+082.4 之福祿數 Fr=0.98，亦接近 1，最小水深 0.96m(斷面編號：34,支流樁號 0k+121)，最大水深 1.68m(斷面編號：33,支流樁號 0k+082.4)，就比對斷面需求而言，現有斷面兩側岸高度仍遠高於計畫水面高，不致有漫溢之情況，為應留意多數斷面流速過大，若真逢設計頻率以上之洪峰流量，恐兩側岸岸坡有加速刷蝕之隱憂。多數斷面之通洪面積受兩側岩壁侷限因素，流速集中且大，目前溪床留有近年邊坡崩塌、沖蝕之大量土石、巨礫，運移至此束縮斷面溪段後淤塞，使得溪床縱坡漸緩，而大量河床載及沉滓在此處淤積，與現勘調查之結果相近。

以含砂 30%流量進行演算時，其整體流速介於 4.18~12.25m/sec 間，除斷面編號：33,支流樁號 0k+082.4 外，其餘斷面之福祿數 Fr 均大於 1，屬超臨界流流況，斷面編號：33,支流樁號 0k+082.4 之福祿數 Fr=0.98，亦接近 1，最小水深 1.04m(斷面編號：34,支流樁號 0k+121)，最大水深 1.87m(斷面編號：33,支流樁號 0k+082.4)，就比對斷面需求而言，現有斷面兩側岸高度仍遠高於計畫水面高，不致有漫溢之情況，為應留意多數斷面流速過大，若真逢設計頻率以上之洪峰流量，恐兩側岸岸坡有加速刷蝕之隱憂。多數斷面之通洪面積受兩側岩壁侷限因素，流速集中且大，目前溪床留有近年邊坡崩塌、沖蝕之大量土石、巨礫，運移至此束縮斷面溪段後淤塞，使得溪床縱坡漸緩，而大量河床載及沉滓在此處淤

積，與現勘調查之結果相近。

7.流況分析與檢討

經由以上三種流量之水理演算分析成果，可就角埔溪主流下游溪段(斷面編號 1-22)、角埔溪北支流下游溪段(斷面編號 23-32)及角埔溪南支流下游溪段(斷面編號 33-38)等 3 溪段之流況進行分析與探討，藉此，亦可探知在各類流況下對於 3 溪段之各束縮、擴張溪段之水面剖線評估，可一併模擬反映河段輸砂之情況。說明如後述：

(1) 水面剖線之分類

在本角埔溪主流下游溪段(斷面編號 1-22)、角埔溪北支流下游溪段(斷面編號 23-32)及角埔溪南支流下游溪段(斷面編號 33-38)等 3 溪段之渠坡型態大部分為小於 10%之情況，適用於 hec-ras 模組一維水理演算之條件需求，惟部分溪段之渠坡大於 10%情況之演算成果，可供流況分析之參考。因此，本計畫水理演算之溪段溪床狀況，可概分為緩坡及陡坡等 2 部份，各部份溪床縱坡所導致之流況種類亦可分類為 2 類形態計為 M TYPE 及 S TYPE 進行分析，該兩類形態之流況詳如后表 4-38 說明：

表 4-38　本計畫水理演算水面剖線分類一覽表

溪床坡度型態	水深			區間			水面剖線型態	流況		
M 及 S	任意水深 y	正常水深 y_n	臨界水深 y_c	1	2	3		亞臨界流	臨界流	超臨界流
緩坡 Mild Slope	$y > y_n > y_c$			M1			迴水	亞臨界流 Fr＜1		
	$y_n > y > y_c$				M2		跌水	亞臨界流 Fr＜1		
	$y_n > y_c > y$					M3	水躍前	超臨界流 Fr＞1		
陡坡 Steep Slope	$y > y_c > y_n$			S1			迴水	亞臨界流 Fr＜1		
	$y_c > y > y_n$				S2		跌水	超臨界流 Fr＜1		
	$y_c > y_n > y$					S3	迴水	超臨界流 Fr＞1		

(2) 分析溪段水面剖線之說明(以含砂 30%流量說明)

● 角埔溪主流下游溪段(斷面編號 1-22)

在本角埔溪主流下游溪段(斷面編號 1-22)之水理演算分析成果，其各溪段之 yc＞yn，且福祿數 Fr＞1，表示其為超臨界流況，水面剖線型態為 S3

產生迴水之狀況，由於其溪段縱坡由上游處之較陡坡，到下游處之較緩坡，其下游水體受到上游水體之擠壓後，由於其速度水頭變小，流速變緩，在摩阻損失及能量損失有限情況下，下游水位有漸次壅高之現象，故而產生迴水之水面剖線型態，此時，由於下游段之流速變緩(由 8-10m/s 減至 3-4m/s)，土石輸運之始動流速若不足，由上游經洪流輸送至此下游溪段之土石將無動力再往下游輸送，因此，即淤埋在此下游溪段，此部份可由主、支流匯口處起，往下游至角埔溪溪口(入楠梓仙溪主流處)均淤滿土石可得應證。

- 角埔溪北支流下游溪段(斷面編號 23-32)

在角埔溪北支流下游溪段(斷面編號 23-32)之水理演算分析成果，其各溪段之 yc＞yn，且福祿數 Fr＞1，亦表示其為超臨界流況，水面剖線型態為 S3 產生迴水之狀況，由於其溪段縱坡由上游處之較陡坡，到下游處之較緩坡，其下游水體受到上游水體之擠壓後，由於其速度水頭變小，流速變緩，在摩阻損失及能量損失有限情況下，下游水位有漸次壅高之現象，故而產生迴水之水面剖線型態，此時，由於下游段之流速變緩，土石輸運之始動流速若不足，由上游經洪流輸送至此下游溪段之土石將無動力再往下游輸送，因此，即淤埋在此下游溪段，此部份可由主、支流匯口處均淤滿土石可得應證。惟在此角埔溪北支流下游溪段銜接至角埔溪主流之溪段溪床，其縱坡為由緩坡到陡坡之狀態，因此在此銜接段當有小規模之跌水現象發生(因縱坡變化並不大，此現象應不明顯)，當速度水頭提高後即進入角埔溪主流下游段溪床，則回歸水面剖線型態為 S3 迴水產生之狀況。

- 角埔溪南支流下游溪段(斷面編號 33-38)

在角埔溪南支流下游溪段(斷面編號 33-38)之水理演算分析成果，其各溪段之 yc＞yn，且福祿數 Fr＞1，亦表示其為超臨界流況，水面剖線型態為 S3 產生迴水之狀況，由於其溪段縱坡由上游處之較陡坡，到下游處之較緩坡，其下游水體受到上游水體之擠壓後，由於其速度水頭變小，流速變緩，在摩阻損失及能量損失有限情況下，下游水位有漸次壅高之現象，故而產生迴水之水面剖線型態，此時，由於下游段之流速變緩，土石輸運之始動流速若不足，由上游經洪流輸送至此下游溪段之土石將無動力再往下游輸送，因

此，即淤埋在此下游溪段，此部份可由主、支流匯口處均淤滿土石可得應證。惟在此角埔溪南支流斷面編號 36、35、34 之斷面順序下之溪段，其縱坡由緩變陡再變回緩坡情況下，其水面剖線之變化情形亦較為複雜，評估應為曾歷經跌水與迴水之歷程，因此，可由現場勘查在此角埔溪南支流溪段之中段溪床有明顯之沖刷遺跡(底床並清楚可見岩盤出露之情況)，下游溪段銜接至角埔溪主流之溪段溪床，其縱坡為由緩坡到陡坡之狀態，因此在此銜接段當有小規模之跌水現象發生(因縱坡變化並不大，此現象應不明顯)，當速度水頭提高後即進入角埔溪主流下游段溪床，則回歸水面剖線型態為 S3 迴水產生之狀況。

(3) 瓶頸溪段分析說明(以含砂 30%流量說明)

在本角埔溪主流下游溪段(斷面編號 1-22)之逕流量將直接或間接影響下游側岸之保全對象(包括私地住户及跨台 21 線甫新建完成之小林橋)，因此，當溪床斷面遇有束縮之瓶頸斷面時，將更易產生迴水壅高之現象，造成對保全對象之威脅；若遇有擴大斷面時，易使流速減低，土石始動能量不足，易生沉滓淤積於此溪段，造成溪床斷面淤高之狀況，恐影響到通洪之斷面需求，因此，刻需加以分析，俾就其需求，研擬防制對策。而在角埔溪北支流下游溪段(斷面編號 23-32)及角埔溪南支流下游溪段(斷面編號 33-38)雖距保全對象尚遥，然對於束縮或擴張之溪床斷面，易潛藏有土石沖刷及土石淤積之土石運移危害情境，均需逐一檢討，俾為提具一系統性防治土砂災害之規劃。以下即就此 3 段溪段之瓶頸斷面進行分析與檢討，說明如後述：

- 角埔溪主流下游溪段(斷面編號 1-22)

按本溪段之水理演算分析成果，其各斷面間束縮與擴張之情況，詳如后表 4-39 所示。表 4-39 中有關尖峰流量情況下之土砂運行可能模式評估項下，所列陡坡及緩坡之區分與沉滓淤積及土砂沖刷潛勢評估，本文均以能量坡降 0.07 為界定值。本溪段雖仍具有多處溪段斷面為束縮之情況，惟其計算水深(包含擴張斷面之計算水深)均未大於 2m，而本溪段相關之保全對象之一，左側岸私地農户之住家高程尚距溪床有超過 12m，並無淹水危害之隱憂情況；另位於跨楠梓仙溪溪床之甫新建完成之小林橋，其橋孔淨深度亦

約有 10m 高，況本角埔溪僅為楠梓仙溪水系之一小集水區，其尖峰流量值對於整體楠梓仙溪水系而言，影響有限，故不至於對小林橋之橋樑安全造成威脅。

表 4-39　角埔溪主流下游溪段各斷面間束縮與擴張情況分析表

流向	斷面編號	水面寬(m)	水深y(m)	平均流速(m/s)	束縮或擴張情況	能量坡降(m/m)	尖峰流量情況下之土砂運行可能模式評估
上游↓下游	22	29.74	2.06	7.4	起始斷面	0.039409	略
	21	101.99	0.53	7.96	擴張	0.237153	坡陡,水深變淺,流速增加,具沖刷潛勢
	20	32.45	1.71	8.31	束縮	0.062168	坡緩,水深變深,流速微增,具淤積潛勢
	19	28.9	1.99	7.99	束縮	0.04816	坡緩,水深變深,流速減降,具淤積潛勢
	18	47.26	1.29	7.28	擴張	0.064803	坡緩,水深變淺,流速減降,具淤積潛勢
	17	30.75	1.85	8.34	束縮	0.058358	坡緩,水深變深,流速增加,具淤積潛勢
	16	33.88	1.49	10.24	擴張	0.127374	坡陡,水深變淺,流速增加,具沖刷潛勢
	15	41.22	1.91	8.05	擴張	0.074064	坡陡,水深變深,流速減降,具沖刷潛勢
	14	45.58	1.08	9.08	擴張	0.12738	坡陡,水深變淺,流速增加,具沖刷潛勢
	13	51	1.34	7.2	擴張	0.06735	坡緩,水深變深,流速減降,具淤積潛勢
	12	74.88	1.18	7.23	擴張	0.114371	坡陡,水深變淺,流速增加,具沖刷潛勢
	11	83.3	1.02	5.11	擴張	0.041821	坡緩,水深變淺,流速減降,具淤積潛勢
	10	82.58	0.96	5.46	微幅束縮	0.051801	坡緩,水深變淺,流速微增,具淤積潛勢
	9	182.21	0.35	6.75	擴張	0.295166	坡陡,水深變淺,流速增加,具沖刷潛勢
	8	181.4	0.66	3.61	微幅束縮	0.036571	坡緩,水深增加,流速減降,具淤積潛勢
	7	183.31	0.51	4.59	擴張	0.08239	坡陡,水深變淺,流速微增,具沖刷潛勢
	6	170.5	0.84	3.03	束縮	0.018829	坡緩,水深增加,流速減降,具淤積潛勢
	5	144.24	0.4	7.43	束縮	0.299387	坡陡,水深變淺,流速增加,具沖刷潛勢
	4	140.59	0.98	3.12	微幅束縮	0.01619	坡緩,水深增加,流速減降,具淤積潛勢
	3	174.31	0.51	4.86	擴張	0.093707	坡陡,水深變淺,流速增加,具沖刷潛勢
	2	148.5	0.83	3.49	束縮	0.025219	坡緩,水深增加,流速減降,具淤積潛勢
	1	119.45	0.74	4.87	束縮	0.057206	坡緩,水深變淺,流速增加,具淤積潛勢

註：上述資料由規劃團隊採用 hec-ras(美國陸軍工兵團水文工程中心研發的一維網路型河川定量流水理模式)計算後評估分析。

- 角埔溪北支流下游溪段(斷面編號 23-32)

按本溪段之水理演算分析成果，其各斷面間束縮與擴張之情況，詳如后表 4-40 所示。表 4-40 中有關尖峰流量情況下之土砂運行可能模式評估項下，所列陡坡及緩坡之區分與沉滓淤積及土砂沖刷潛勢評估，本文均以能量坡降 0.07 為界定值。本溪段雖仍具有多處溪段斷面為束縮之情況，惟其能量坡降尚小，故評估為淤積斷面較多，且本溪段亦無相關之保全對象。

表 4-40　角埔溪北支流下游溪段各斷面間束縮與擴張情況分析表

流向	斷面編號	水面寬(m)	水深y(m)	平均流速(m/s)	束縮或擴張情況	能量坡降(m/m)	尖峰流量情況下之土砂運行可能模式評估
上游↓下游	32	73.99	1.91	4.38	起始斷面	0.057504	略
	31	25	1.52	5.67	束縮	0.033879	坡緩,水深變淺,流速微增,具淤積潛勢
	30	26.12	0.94	8.66	微幅擴張	0.142521	坡陡,水深變淺,流速增加,具沖刷潛勢
	29	21.86	1.66	6.04	束縮	0.035442	坡緩,水深變深,流速減降,具淤積潛勢
	28	29.13	1.1	6.7	擴張	0.069313	坡緩,水深變淺,流速微增,具淤積潛勢
	27	18.55	1.38	8.41	束縮	0.087361	坡陡,水深變深,流速增加,具沖刷潛勢
	26	14.45	2.61	6.49	束縮	0.029063	坡緩,水深變深,流速減降,具淤積潛勢
	25	17.9	1.74	7.22	擴張	0.050005	坡緩,水深變淺,流速減降,具淤積潛勢
	24	45.65	0.82	5.63	擴張	0.0693	坡緩,水深變淺,流速減降,具淤積潛勢
	23	44.29	0.95	5	微幅束縮	0.045104	坡緩,水深變深,流速減降,具淤積潛勢
	22	29.74	2.06	7.4	束縮	0.039409	坡緩,水深變深,流速增加,具淤積潛勢

註：上述資料由規劃團隊採用 hec-ras(美國陸軍工兵團水文工程中心研發的一維網路型河川定量流水理模式)計算後評估分析。

- 角埔溪南支流下游溪段(斷面編號 33-38)

按本溪段之水理演算分析成果，其各斷面間束縮與擴張之情況，詳如后表 4-41 所示。表 4-41 中有關尖峰流量情況下之土砂運行可能模式評估項下，所列陡坡及緩坡之區分與沉滓淤積及土砂沖刷潛勢評估，本文均以能量坡降 0.07 為界定值。本溪段斷面為束縮與擴張者各居半之情況，故評估為沖淤情況交替產生之斷面型態，且本溪段亦無相關之保全對象。

表 4-41　角埔溪南支流下游溪段各斷面間束縮與擴張情況分析表

流向	斷面編號	水面寬(m)	水深y(m)	平均流速(m/s)	束縮或擴張情況	能量坡降(m/m)	尖峰流量情況下之土砂運行可能模式評估
上游↓下游	38	14.54	1.47	8.21	起始斷面	0.08063	略
	37	16.91	1.39	7.49	微幅擴張	0.070299	坡陡,水深變淺,流速微減,具沖刷潛勢
	36	21.05	1.3	6.24	擴張	0.050515	坡緩,水深變淺,流速微減,具淤積潛勢
	35	12.43	1.21	12.25	束縮	0.236223	坡陡,水深變淺,流速突增,具沖刷潛勢
	34	25.06	1.04	6.51	擴張	0.070688	坡陡,水深變淺,流速減降,具沖刷潛勢
	33	22.57	1.87	4.18	束縮	0.014666	坡緩,水深變深,流速減降,具淤積潛勢
	22	29.74	2.06	7.4	擴張	0.039409	坡緩,水深變深,流速增加,具淤積潛勢

註：上述資料由規劃團隊採用 hec-ras(美國陸軍工兵團水文工程中心研發的一維網路型河川定量流水理模式)計算後評估分析。

4.3.2 土石流水理演算

土石流水理演算主要包括泥砂體積濃度、流量、流速、流深及設計粒徑等。當土石流量已知，將溪流概化為矩形斷面，擇其流深可利用曼寧公式予以計算，藉以探討溪流護岸、堰壩開口、橋涵斷面…等溪流構造物之水理安全檢定。經重新整理後之土石流流深公式為：

$$h_d=(nQ_D/BS_0^{1/2})^{3/5}$$

式中，h_d=土石流流深(m)、S_0=溪床縱坡度(%)、B=防砂壩上游溪床寬度(m)、n=粗糙係數。

依曼寧公式（Manning formula）可就各控制斷面檢算其斷面通水之要求，曼寧公式如后所示：

$Q=1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$，其中 Q＝逕流量（cms）、n＝糙率係數、R＝水力半徑（m）、S＝能量坡降、A＝通水斷面（m^2）

就分別針對五子寮北集水區主流-角埔溪(自角埔溪與楠梓仙溪匯口處往角埔溪上游至其南、北支流匯口溪段)-控制點 P4、角埔溪主流下游接近林班界位置之斷面-控制點 P6 等 2 處控制點所進行之斷面水理檢算結果，成果展示彙整如后表 4-42 所示。各控制斷面水理分析詳如各別水理演算表(示範例)，如表 4-43~4-45。

表 4-42　各控制斷面水理分析一覽表

序號	水理演算控制斷面	曼寧n值	溪床實際縱坡(%)	控制斷面尺寸W*H(m)			檢算流量採用值(cms)	檢算水深(m)	檢算流速(m/s)	改善評估
1	角埔溪主流接近南北支流匯口-控制點P4	0.05	9.8	27	×	3	616.76	2.07	8.96	流速過大減緩縱坡
2	既有原始溪溝(預定P5點擬施做梳子壩位置)	0.05	9.8	35	×	3	624.90	1.82	8.49	流速過大減緩縱坡
3	角埔溪主流接近林班界位置斷面-控制點P6	0.05	9.8	40	×	3	647.02	1.73	8.30	流速過大減緩縱坡

註 1：上述估算資料由規劃團隊推估所得。

表 4-43　角埔溪主流接近南北支流匯口-控制點 P4 斷面水理分析一覽表

嘉磐工程技術顧問有限公司

Ⅲ.水理計算部份

設計斷面尺寸檢核表

工程名稱：　五子寮北集水區整體規劃(示範例)

土石流潛勢溪流編號：　1

工程設施：　角埔溪主流接近南北支流匯口-控制點P4

清水流量-　Q_p = 261.62 m^3/sec

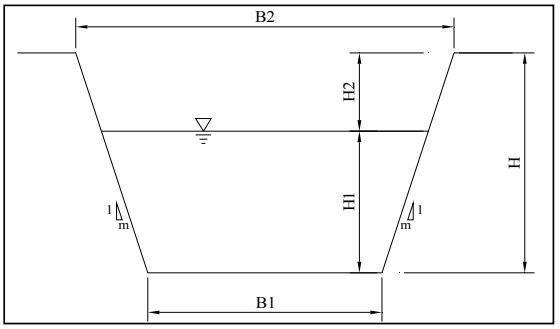
係數-　α = 0.50

含砂流量-　$Q_s = Q_p \times (1+\alpha)$ = 392.44 m^3/sec

土石流流量-　Q_d = 616.76 m^3/sec

本計畫採用土石流流量分析（水土保持手冊）　Q = 616.76 m^3/sec

設計斷面檢核-



1. 設計斷面採用：　梯　形
   - 斷面底寬：　$B1$ = 27.0 m
   - 斷面頂寬：　$B2$ = 45.0 m
   - 斷面高度：　H = 3.0 m
   - 平均坡度：　S = 9.8%
   - 側坡斜率：　m = 3.00
   - 曼寧粗糙係數：　n = 0.05

2. 由試誤法求得
   - 通水斷面高：　$H1$ = 2.07 m
   - 出水高：　0.93 > $\max(0.2, 0.25 \times H)$ = 0.52 m　OK

3. 曼寧粗糙係數：　n = 0.05
   - 通水斷面積：　A = 68.85
   - 濕周長：　P = 40.11
   - 水力半徑：　R = 1.72
   - 床底坡度：　S = 0.10

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} = 8.96 \text{ m/s} > 6.1 \quad \text{NG}$$

4. 排洪量：　$Q_{total} = A_{total} \times V$ = 967.45 m/s > 392.4 OK

表 4-44　既有原始溪溝-預定 P5 點擬施做梳子壩位置斷面水理分析一覽表

嘉磐工程技術顧問有限公司

Ⅲ.水理計算部份

設計斷面尺寸檢核表

工程名稱：　五子寮北集水區整體規劃(示範例)

土石流潛勢溪流編號：　1

工程設施：　既有原始溪溝(預定P5點擬施做梳子壩位置)

清水流量–　Q_p = 261.62 m^3/sec

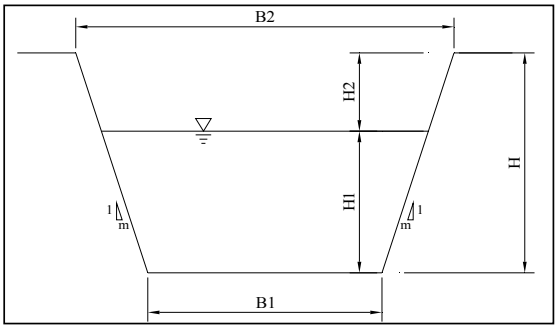
係數–　α = 0.50

含砂流量–　$Q_s = Q_p \times (1+\alpha)$ = 392.44 m^3/sec

土石流流量–　Q_d = 624.90 m^3/sec

本計畫採用土石流流量分析（水土保持手冊）　Q = 624.90 m^3/sec

設計斷面檢核–



1. 設計斷面採用：　梯　形
   - 斷面底寬：　$B1$ = 35.0 m
   - 斷面頂寬：　$B2$ = 53.0 m
   - 斷面高度：　H = 3.0 m
   - 平均坡度：　S = 9.8%
   - 側坡斜率：　m = 3.00
   - 曼寧粗糙係數：　n = 0.05

2. 由試誤法求得
   - 通水斷面高：　$H1$ = 1.82 m
   - 出水高：　1.18 > $\max(0.2, 0.25 \times H)$ = 0.45 m　OK

3. 曼寧粗糙係數：　n = 0.05
   - 通水斷面積：　A = 73.63
   - 濕周長：　P = 46.51
   - 水力半徑：　R = 1.58
   - 床底坡度：　S = 0.10

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} = 8.49 \text{ m/s} > 6.1 \text{ NG}$$

4. 排洪量：　$Q_{total} = A_{total} \times V$ = 1120.30 m/s > 392.4 OK

表 4-45　角埔溪主流接近林班界位置斷面-控制點 P6 斷面水理分析一覽表

嘉磐工程技術顧問有限公司

Ⅲ.水理計算部份

設計斷面尺寸檢核表

工程名稱：　五子寮北集水區整體規劃(示範例)

土石流潛勢溪流編號：　1

工程設施：　角埔溪主流接近林班界位置斷面-控制點P6

清水流量-　Q_p = 261.62 m^3/sec

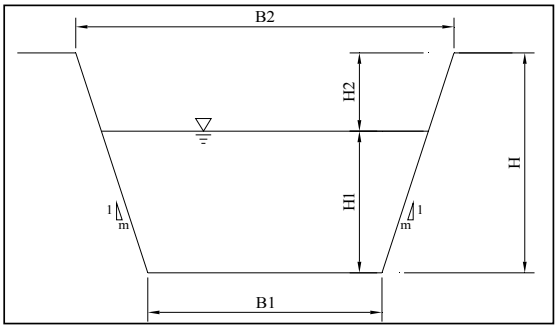
係數-　α = 0.50

含砂流量-　$Q_s = Q_p \times (1+\alpha)$ = 392.44 m^3/sec

土石流流量-　Q_d = 647.02 m^3/sec

本計畫採用土石流流量分析（水土保持手冊）　Q = 647.02 m^3/sec

設計斷面檢核-



1. 設計斷面採用：　梯　形

斷面底寬：	$B1$ =	40.0	m
斷面頂寬：	$B2$ =	58.0	m
斷面高度：	H =	3.0	m
平均坡度：	S =	9.8%	
側坡斜率：	m =	3.00	
曼寧粗糙係數：	n =	0.05	

2. 由試誤法求得

通水斷面高：　$H1$ = 1.73 m

出水高：　1.27 > $\max(0.2, 0.25 \times H)$ = 0.43 m　OK

3. 曼寧粗糙係數：　n = 0.05

通水斷面積：　A = 77.95

濕周長：　P = 50.91

水力半徑：　R = 1.53

床底坡度：　S = 0.10

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} = 8.30 \text{ m/s} > 6.1 \quad \text{NG}$$

4. 排洪量：　$Q_{total} = A_{total} \times V$ = 1220.13 m/s > 392.4 OK

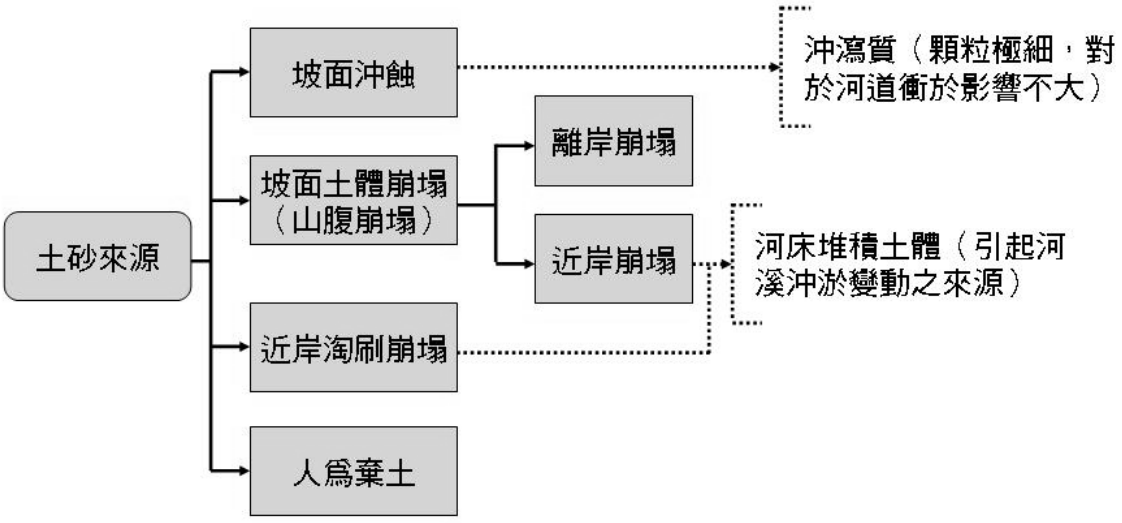
4.4 集水區產砂量分析

集水區因受歷年之颱風豪雨侵襲影響，使得坡面及河道之土、砂、石易產生運移之現象，其運移之土砂來源一般分為坡面沖蝕、崩塌及部分河道中之不穩定土、砂、石。當降雨落在地表後，部分入滲至地表下層形成地表下逕流或地下水，另一部份超滲降雨即形成地表逕流。地表逕流在其流動之過程中，造成坡面之沖蝕，地表土壤或較小顆粒之土砂，因此而順隨地表逕流而往下坡面流動；而入滲地表下之地下水逕流或地下水，則可能因水位之累積或是因為通過不安定面(如岩盤節理弱面、裂隙)，而使得位於地表之堆積土層產生坍塌、滑動之破壞。崩塌與沖蝕所產生之土砂量，最後終究匯集到最下邊坡之河道，並經由河道之輸砂作用，運移至更下游處，甚至攜出集水區外。

4.4.1 土砂來源

4.4.1.1 土砂來源調查

計畫區泥沙主要來自流域內地表之沖蝕、山崩及溪岸之崩塌。尤其莫拉克颱風之後，本計畫區產砂的量與質均有顯著的改變，其中又以土石流，和崩塌所攜出的土砂量最為可觀，必須加以重視。一般而言，規劃區泥沙來源不外乎崩塌與坡面沖蝕兩種，本計畫區中泥沙生產量乃以坡面沖蝕、坡面土體崩塌、近岸淘刷崩塌為主，如後圖所示。以下針對土砂收支相關參數進行說明並進行計畫區土砂收支分析計算。



一、點源土砂來源

(一)崩塌地

主要來自集中性暴雨或颱風。本計畫區於莫拉克颱風期間形成山嶺源頭大面積崩塌，依據福衛二號衛星影像圖（莫拉克颱風災害調查）以及 95 年林務局崩塌地調查 GIS 套疊之結果顯示，於莫拉克颱風前本計畫區崩塌投影面積約為 2.62 公頃；莫拉克颱風後之崩塌投影面積約為 130.5 公頃。

(二)道路開闢及土地利用

本計畫區林班界外最下游處為台 21 線，土地利用估計在無新開發行為下，應無新的大量泥砂來源。

二、非點源土砂來源

主要由於季節持續性降雨產生。本計畫區平均年降雨量為 2,949.76mm，每年雨季集中在 6 月中旬至 8 月中旬間，易形成地表沖蝕，導致大量泥砂流入河谷，溪床瞬間無處宣洩甚至沖刷河道兩岸帶走更多泥砂。

蒐集集水區崩塌地、土石流潛勢溪流及野溪之資料，進行集水區產砂量之分析。

4.4.2　坡面土砂量推估

4.4.2.1　表土沖蝕量估算

1. 通用土壤流失公式(USLE)

本計畫將五子寮北集水區劃分為 8 個集水分區個別計算其土壤沖蝕量，集水分區分布如前圖 4-4 所示。坡面沖蝕量乃集水區平時土砂生產之來源，這部分之土砂量估計，本計畫依據行政院農業委員會 92.8 修正公告之「水土保持技術規範」第 35 條之規定，採用通用土壤流失公式(Universal Soil Loss Equation，USLE)估計，其公式如下：

$$Am = Rm \times Km \times L \times S \times C \times P$$

式中，Am：土壤流失量（公噸/公頃/年）。

Rm：降雨沖蝕指數（百萬焦耳・公釐/公頃・小時・年）。

Km：土壤沖蝕指數（公噸・公頃・年/公頃・百萬焦耳・公釐）。

L　：坡長因子。現場代表坡長之水平距離，其公式如下：

$L=(l/22.13)^m$；式中，l＝坡長之水平距離、m ＝現場代表坡長之坡度

當坡度小於 1%時，m=0.2，當坡度介於 1%與 3%時，m=0.3

當坡度介於 3%與 5%時，m=0.4，當坡度大於 5%時，m=0.5

S：坡度因子。求得代表坡長之平均坡度後，再以下列公式求出 S 值。

$S = 65.41\sin^2\theta + 4.56\sin\theta + 0.065$；式中，θ：坡度（°）

C：覆蓋與管理因子

P：水土保持處理因子

依據 94.12 版「水土保持手冊」中之參考資料，本計畫區之土壤沖蝕量推估所採用之數據如下：

(1) Rm 參數：本計畫區引用小林之 Rm＝21294

黃俊德(1979)分析本省八個氣象站(基隆、新竹、台中、日月潭、高雄、恆春、台東及花蓮)30 年的自記日雨量記錄，並以全台灣 200 個雨量站的雨量資料為輔，利用此些氣象站之記錄以非線性迴歸方程式求算各地雨量與年降雨沖蝕指數的關係，建立臺灣本島之年平均降雨沖蝕指數。本因子在使用上已依台灣地區之特性修正，係本土化之參數，即利用屬於高雄地區之降雨沖蝕指數內插點值，可得該處降雨沖蝕指數值，詳表 4-46。由表可得五子寮北集水區(以小林為代表)降雨沖蝕指數值 Rm 為 21294。

表 4-46　高雄地區降雨沖蝕指數 Rm 值對應表

地區	地點	Rm	地點	Rm
高雄地區	天池	48008	古亭坑	13361
	土壟	24470	阿蓮	12237
	林園	12135	前峰子	13037
	甲仙	21028	本洲	13208
	美濃	23191	楠梓	14773
	小林	21294	鳳山	13650
	馬里山	30197	高雄	12918
	表湖	24511	旗山	20305
	木柵	18603		

註：摘自水土保持手冊。

(2) Km 參數：本計畫區引用甲仙埔尾之 Km＝0.0329

土壤沖蝕指數為土壤抵抗沖蝕之分離及搬運作用能力高低的量化指標。其估算方法為量測標準試區在固定單位降雨沖蝕指數下所產生之土壤流失量，而一般土壤沖蝕指數之求取，皆利用 Wischmeier and Smith(1978)由試驗所得之土壤沖蝕指數列線圖。關於五子寮北集水區之土壤沖蝕指數數據，利用屬於高雄地區之土壤沖蝕指數內插點值，可得該處土壤沖蝕指數值。另詳表 4-47，則可按水土保持手冊之甲仙埔尾地區推估所得 Km 值約為 0.0329。

表 4-47　高雄地區土壤沖蝕指數 Km 值對應表

地區	地點	Km	地點	Km
高雄地區	內門萊仔坑	0.0435	小港	0.0369
	甲仙埔尾	0.0329	大寮內坑	0.025
	六龜(KH-7)	0.0448	嶺口	0.025
	田寮崇德	0.0395	仁武	0.0408
	阿蓮	0.0474	杉林愛丁寮	0.0461
	大寮義仁	0.0329	六龜(KH-6)	0.0408
	旗山	0.0316	旗山花旗山莊	0.0448
	大社觀音山麓	0.0487	阿蓮小岡山	0.0316
	旗山觀亭	0.0514	大寮新莊	0.0158
	甲仙	0.0421	大樹	0.0408
	旗山	0.0303	燕巢深水	0.025
	燕巢	0.0134	鳳山	0.0421

註：摘自水土保持手冊。

(3) L 參數：利用 GIS 圖資量取計算。

集水區內之排水方向一般可區分為漫地流及渠道流兩種，渠道流又分為野溪及常流水，野溪及常流水之界定不易，通常利用相關地圖加以判識。漫地流之流長可視為坡長，由於實際坡長並不會因選用集水區及網格大小之不同而改變。為了達到此種條件，一定得先將集水區內之漫地流及渠道流加以自動萃取及配置。漫地流及渠道流之配置固定後；方能進一步萃取集水區內各網格之坡長。係採用 Wischmeier and Smith(1965)之計算式：$L=(l/22.13)^{m}$；式中 l 為地表漫地流之流長(公尺)，m 隨著坡地的坡度而改變，Wischmeier and Smith(1978)分析指出：當坡地坡度小於 1%時，

m=0.2；當坡度介於 1%與 3%之間時，m=0.3；當坡度介於 3%與 5%之間時，m=0.4；而當坡地坡度大於 5%時，m=0.5。假設集水區坡面受到地面窪蓄、入滲等作用以及山溝、道路水側溝等之截流，地表漫地流之流長甚少超過 100 公尺，以及一般坡地安全排水，超過 100 公尺即需分段排水，否則逕流集中易形成蝕溝之條件。

(4) S 參數：坡度因子係計算各網格之平均坡度(θ)，再以 Wischmeier and Smith(1978)所提出之坡度因子公式：

S=65.41sin2θ+4.56sinθ+0.065 計算而得。

(5) C 參數：本計畫區依水土保持手冊分類屬林地（針業、闊葉、竹類）建議採用值為 0.005。

集水區中覆蓋與管理因子 C，依據盧光輝、范正成、林俐玲、黃俊德、吳嘉俊(1995)針對現有台灣坡地重要作物的覆蓋因子(C)進行修正，其修訂後的管理因子如表 4-48。經現場實地勘查後，並參考本集水區內用地調查資料、崩塌地判釋資料及相關集水區內土地利用之情形，加以研判後現地情況變異不大。

表 4-48 不同植生之覆蓋與管理因子 C 值表

地表及植被狀況	C 值	地表及植被狀況	C 值
百喜草	0.003	特用作物	0.2
雜作	0.25	檳榔	0.1
玉米	0.3	裸露地	1
果樹	0.2	水泥地	0
香蕉	0.14	瀝青地	0
鳳梨	0.2	雜石地	0.01
林地(闊葉、針葉、竹類)	0.005	建屋用地	0.01
蔬菜類	0.39	高爾夫球場植草地	0.01
茶	0.15	墓地	0.01

註：摘自水土保持手冊。

(6) P 參數：本計畫區為林班地，多為原生林地，故建議採用值為 1。

Smith(1941)將水土保持因子觀念應用於土壤流失量預估上，而通用土壤流失公式則將其納入公式中，並定義水土保持處理因子為「某特定水土保持處理下之土壤流失量與相同降雨、土壤特性、地形地勢、但採上下

行率處理之土壤流失量之比值」。

吳嘉俊(1994)將台灣歷年來田間水土保持試驗結果進行篩選及資料分析，訂定台灣地區之水土保持因子。而通常水土保持因子需經由實地勘查方可獲取，若無調查資料且考量安全性時，乃訂定水土保持處理因子P=1。

2. 土壤沖蝕量分析

對集水區內的土壤沖蝕進行推估，主要是為了三個重要的應用方向：

(A) 評估侵蝕傾向地區之嚴重程度，依據各治理標的、治理工程的重要性、影響性排定工程的先後順序。

(B) 計算各支流子集水區之土壤流失量進而研選土壤含砂量比重較大之支流子集水區進行整治，並估計治理工程所需的計畫攔砂量。

(C) 比較不同水土保持方式的效用，以評估治理成效。

經此計算五子寮北集水區之各子集水分區之土壤沖蝕量推估。其中，土壤比重以 1.8 公噸/m^3 計，可換算五子寮北集水區每年土壤沖蝕量如后表 4-49，每年約有 377,543 m^3 之量，亦即每年每公頃約有 362.33m^3 之土壤沖蝕量，整體而言經換算後每年約有 3.62 公分之表土沖蝕量。

表 4-49 五子寮北集水區之土壤沖蝕量推估表

集水區編號	面積(公頃)	降雨沖蝕指數 Rm	土壤沖蝕指數 Km	坡長因子 L	坡度因子 S	覆蓋與管理因子 C	水土保持處理因子 P	土壤流失量 Am (公噸/公頃/年)	合計 (公噸/年)	合計 (m^3/年)
A1 集水分區	327.29	21294	0.0329	3.1886037	67.611	0.005	1	755.160	247,156	137,309
A2 集水分區	88.16	21294	0.0329	2.6034841	68.313	0.005	1	622.990	54,923	30,513
A3 集水分區	77.05	21294	0.0329	2.1257358	67.167	0.005	1	500.138	38,536	21,409
A4 集水分區	251.91	21294	0.0329	3.5251341	62.999	0.005	1	777.914	195,964	108,869
A5 集水分區	144.89	21294	0.0329	2.8120842	64.241	0.005	1	632.801	91,686	50,937
A6 集水分區	21.78	21294	0.0329	1.9013159	66.670	0.005	1	444.027	9,671	5,373
A7 集水分區	71.92	21294	0.0329	1.8409412	59.570	0.005	1	384.138	27,627	15,348
A8 集水分區	59	21294	0.0329	1.5031222	45.111	0.005	1	237.520	14,014	7,785
合計或平均	1042	21294	0.0329	2.4375527	62.710	0.005	1	4354.687	679,577	377,543

註：上述資料由規劃團隊估算。Km (公噸公頃年/公頃百萬焦耳公釐) Rm (百萬焦耳公釐/公頃小時年)。

4.4.2.2　崩塌土方量估算

針對崩塌地土石崩塌量之推估，依照水土保持技術規範第三十八條規定：「崩塌量調查方法，應由實測或部分配合推估實施之。新崩塌地，得利用實際勘查或利用航照圖判斷，亦可得利用衛星影像等最新科技，以進行崩塌量之調查。」

在崩塌量之推估上，一般常用的方法為（Dymond et al.,1999）假設坡面之剪應力等於抗剪力時，如圖 4-20 所示，為啓動崩塌之機制瞬間，此時剪應力為 Fg = $\rho \times g \times \sin\theta$ 而抗剪力為 Fs = S/d，因此可得崩塌深度與坡度之關係為：

$$d = S / (\rho \times g \times \sin\theta)$$

式中，S：剪應力、d：崩塌深度、ρ：土體密度、g：重力加速度、θ：坡度。

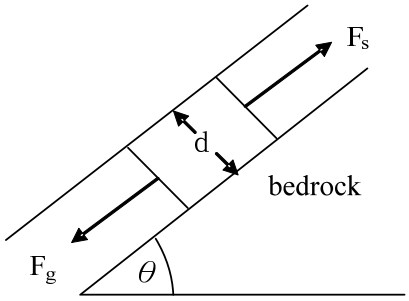


圖 4-20 坡面崩塌機制示意圖

由上式可觀察到崩塌深度與坡度之正弦呈現正比關係，但事實上並非任何坡度的邊坡皆可發生崩塌現象，崩塌常好發在某特定範圍內（歐陽元淳，2003），因為太緩和的邊坡無法促使坡面產生足夠的剪應力，而太陡邊坡則常因表土的風化層太薄，亦無法產生無夠的崩塌力量。

其中，依據崩塌區位與河溪距離之關係，可分為離岸崩塌及近岸崩塌等兩類。離岸崩塌係指發生於規劃區坡面，且距離河溪附近之崩塌地，其土砂多依靠坡面沖蝕溝或漫地流方式攜出，由於數量遠低於坡面沖蝕量，且泥砂亦屬懸浮載，故計算時可併入坡面沖蝕量，不另計算。而近岸崩塌係指因河溪水流淘刷而導致河岸崩塌者，或指河岸邊坡因地質、地形及降雨等原因導致土體崩塌者，其特點是崩塌土體均直接崩落於河溪，粒徑分佈相當寬廣，故可能造成河溪斷面之迅速改變，增加河床之不穩定性。惟近岸崩塌之土砂量具有相當程度之不確定性，依目前之技術層面仍很難將其準確推估，故應用目前相關研究之成果約略估

算之。推估崩塌地泥砂產出總量可以下式估算之：

$$V_t=D\times A_t$$

式中，V_t=崩塌土體體積；A_t=崩塌地實際面積(斜面面積)；D=崩塌地平均崩塌厚度，本案調查規畫配合現地調查作業後，以 Khazai and Sitar（歐陽元淳，2003）等針對集水區內崩塌進行評估時，依照不同的坡度範圍給定代表性的崩塌深度，如表 4-50。本計畫則採用表 4-50 中之兩種推估崩塌深度方式之平均值加以估算。

表 4-50　崩塌深度估計參考表

坡面坡度（°）	深度（m）註1	深度（m）註2	平均深度（m）
＜30	5	2	3.50
30~40	4	1.5	2.75
40~60	3	1	2.00
＞60	2	0.5	1.25

註 1：國家災害科技研究中心

註 2：Khazai and Sitar（歐陽元淳，2003）

如上表中係假設崩塌為風化後之岩體或崩積層，故為一經驗式，若能以現地調查則以現地調查為主，但在對大面積之集水區進行總體評估或大量之崩塌地土方量計算時，實為一簡單迅速之方法。因此，水土保持局「集水區整體調查規劃參考手冊」中之崩塌地深度估計參考亦依表 4-50 作為粗估之依據。為此，以崩塌地投影面積依平均坡度換算後，即可推估本計畫區之崩塌土方量。

經此計算五子寮北集水區之各子集水分區崩塌地之崩塌土石量推估。五子寮北集水區之崩塌土石量如后表 4-51 推估分析，計約有 5,200,456 m^3 之量。

表 4-51　五子寮北集水區崩塌土石量估算一覽表(1/3)

崩塌地編號	所屬集水區	所屬溪流	旗山林班編號	崩塌投影面面積(m^2)	平均坡度(°)	崩塌斜面面積(m2)	崩塌深度預估(m)註 1	崩塌深度預估(m)註 2	崩塌深度預估(m)註 3	崩塌土石量(m3)註 3
崩 1	高屏溪	角埔溪	23	1170	41	1550	3	1	2	3101
崩 2	高屏溪	角埔溪	23	2198	42	2958	3	1	2	5915
崩 3	高屏溪	角埔溪	23	2219	26	2469	5	2	3.5	8641
崩 4	高屏溪	角埔溪	23	138488	21	148341	5	2	3.5	519192
崩 5	高屏溪	角埔溪	23	4331	28	4905	5	2	3.5	17168
崩 6	高屏溪	角埔溪	23	658987	24	721351	5	2	3.5	2524728
崩 7	高屏溪	角埔溪	23	1067	17	1116	5	2	3.5	3905
崩 8	高屏溪	角埔溪	22	1282	39	1650	4	1.5	2.75	4536
崩 9	高屏溪	角埔溪	22	2246	37	2812	4	1.5	2.75	7734
崩 10	高屏溪	角埔溪	22	4137	39	5323	4	1.5	2.75	14639
崩 11	高屏溪	角埔溪	22	1378	39	1773	4	1.5	2.75	4876
崩 12	高屏溪	角埔溪	22	1670	32	1969	4	1.5	2.75	5415
崩 13	高屏溪	角埔溪	22	7591	34	9156	4	1.5	2.75	25180
崩 14	高屏溪	角埔溪	22	786	25	867	5	2	3.5	3035
崩 15	高屏溪	角埔溪	22	459	35	560	4	1.5	2.75	1541
崩 16	高屏溪	角埔溪	22	465	35	568	4	1.5	2.75	1561
崩 17	高屏溪	角埔溪	22	1034	25	1141	5	2	3.5	3993
崩 18	高屏溪	角埔溪	22	1197	27	1343	5	2	3.5	4702
崩 19	高屏溪	角埔溪	22	1017	23	1105	5	2	3.5	3867

註 1：國家災害科技研究中心

註 2：Khazai and Sitar（歐陽元淳，2003）

註 3：為註 1 及註 2 之平均，本案崩塌土石量之估計以註 3 方式計算。

表 4-51　五子寮北集水區崩塌土石量估算一覽表(2/3)

崩塌地編號	所屬集水區	所屬溪流	旗山林班編號	崩塌投影面面積(m^2)	平均坡度(°)	崩塌斜面面積(m2)	崩塌深度預估(m)註 1	崩塌深度預估(m)註 2	崩塌深度預估(m)註 3	崩塌土石量(m3)註 3
崩 20	高屏溪	角埔溪	22	3746	34	4518	4	1.5	2.75	12426
崩 21	高屏溪	角埔溪	22	430	30	497	4	1.5	2.75	1365
崩 22	高屏溪	角埔溪	22	1177	28	1333	5	2	3.5	4666
崩 23	高屏溪	角埔溪	22	94469	29	108011	5	2	3.5	378040
崩 24	高屏溪	角埔溪	22	708	36	875	4	1.5	2.75	2407
崩 25	高屏溪	角埔溪	22	1547	29	1769	5	2	3.5	6191
崩 26	高屏溪	角埔溪	22	3249	29	3715	5	2	3.5	13002
崩 27	高屏溪	角埔溪	22	1382	36	1708	4	1.5	2.75	4698
崩 28	高屏溪	角埔溪	22	1713	39	2204	4	1.5	2.75	6062
崩 29	高屏溪	角埔溪	22	678	50	1055	3	1	2	2110
崩 30	高屏溪	角埔溪	22	2897	44	4027	3	1	2	8055
崩 31	高屏溪	角埔溪	22	3785	33	4513	4	1.5	2.75	12411
崩 32	高屏溪	角埔溪	22	9551	24	10455	5	2	3.5	36592
崩 33	高屏溪	角埔溪	22	1467	33	1749	4	1.5	2.75	4810
崩 34	高屏溪	角埔溪	22	40267	29	46039	5	2	3.5	161138
崩 35	高屏溪	角埔溪	23	2322	23	2523	5	2	3.5	8829
崩 36	高屏溪	角埔溪	23	1384	31	1615	4	1.5	2.75	4440
崩 37	高屏溪	角埔溪	22	918	30	1060	4	1.5	2.75	2915
崩 38	高屏溪	角埔溪	22	33002	36	40793	4	1.5	2.75	112180
崩 39	高屏溪	角埔溪	21	3544	21	3796	5	2	3.5	13286
崩 40	高屏溪	角埔溪	21	7512	34	9061	4	1.5	2.75	24918
崩 41	高屏溪	角埔溪	21	690	19	730	5	2	3.5	2554
崩 42	高屏溪	角埔溪	21	551	21	590	5	2	3.5	2066
崩 43	高屏溪	角埔溪	21	10670	23	11591	5	2	3.5	40570
崩 44	高屏溪	角埔溪	21	870	11	886	5	2	3.5	3102
崩 45	高屏溪	角埔溪	21	29858	24	32684	5	2	3.5	114393
崩 46	高屏溪	角埔溪	21	58181	32	68606	4	1.5	2.75	188666

註 1：國家災害科技研究中心

註 2：Khazai and Sitar（歐陽元淳，2003）

註 3：為註 1 及註 2 之平均，本案崩塌土石量之估計以註 3 方式計算。

表 4-51　五子寮北集水區崩塌土石量估算一覽表(3/3)

崩塌地編號	所屬集水區	所屬溪流	旗山林班編號	崩塌投影面面積 (m^2)	平均坡度 (°)	崩塌斜面面積 (m2)	崩塌深度預估 (m)註 1	崩塌深度預估 (m)註 2	崩塌深度預估 (m)註 3	崩塌土石量(m3) 註 3
崩 47	高屏溪	角埔溪	區外	20198	33	24083	4	1.5	2.75	66229
崩 48	高屏溪	角埔溪	21	8668	39	11154	4	1.5	2.75	30672
崩 49	高屏溪	角埔溪	23	1031	18	1084	5	2	3.5	3794
崩 50	高屏溪	角埔溪	23	4050	27	4545	5	2	3.5	15909
崩 51	高屏溪	角埔溪	23	431	26	480	5	2	3.5	1678
崩 52	高屏溪	角埔溪	23	3510	32	4139	4	1.5	2.75	11382
崩 53	高屏溪	角埔溪	23	5210	44	7243	3	1	2	14485
崩 54	高屏溪	角埔溪	23	15	22	16	5	2	3.5	57
崩 55	高屏溪	角埔溪	22	35908	25	39620	5	2	3.5	138670
崩 56	高屏溪	角埔溪	21	77664	18	81661	5	2	3.5	285813
新崩 01	高屏溪	角埔溪	22	3680	22	3969	5	2	3.5	13892
新崩 02	高屏溪	角埔溪	22	7276	26	8095	5	2	3.5	28334
新崩 03	高屏溪	角埔溪	21	5077	31	5923	4	1.5	2.75	16288
新崩 04	高屏溪	角埔溪	21	5736	37	7182	4	1.5	2.75	19751
新崩 05	高屏溪	角埔溪	21	4048	33	4827	4	1.5	2.75	13273
新崩 06	高屏溪	角埔溪	21	5328	31	6216	4	1.5	2.75	17094
新崩 07	高屏溪	角埔溪	21	8042	19	8505	5	2	3.5	29769
新崩 08	高屏溪	角埔溪	21	7092	34	8554	4	1.5	2.75	23525
新崩 09	高屏溪	角埔溪	21	7754	36	9584	4	1.5	2.75	26357
新崩 10	高屏溪	角埔溪	23	4096	26	4557	5	2	3.5	15950
新崩 11	高屏溪	角埔溪	21	6189	25	6829	5	2	3.5	23901
新崩 12	高屏溪	角埔溪	21	4917	24	5382	5	2	3.5	18838
新崩 13	高屏溪	角埔溪	21	3045	25	3360	5	2	3.5	11759
新崩 14	高屏溪	角埔溪	23	8484	34	10234	4	1.5	2.75	28142
新崩 15	高屏溪	角埔溪	21	2420	24	2649	5	2	3.5	9272
舊崩合計				1304975	—	1451386	—	—	—	4904312
新崩合計				83184	—	95867	—	—	—	296145
合計				1388159	—	1547253	—	—	—	5200457

註 1：國家災害科技研究中心

註 2：Khazai and Sitar（歐陽元淳，2003）

註 3：為註 1 及註 2 之平均，本案崩塌土石量之估計以註 3 方式計算。

其中，總崩塌土石量估計為 5,200,457m^3。於莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)所產生崩塌地之崩塌總量爲 4,904,312m^3，在旗山 21 林班地崩塌土石量佔有 706,040m^3、旗山 22 林班地崩塌土石量佔有 988,817m^3、旗山 23 林班地崩塌土石量佔有 3,143,226m^3，整體集水區除林班地外，尚有私地區域範圍內具崩塌地面積 24.083 公頃下之估計崩塌土石量為 66,229m^3。於莫拉克風災崩塌後至今(陸續受有多場颱風及豪雨侵襲影響) 新生崩塌地之崩塌總量爲 296,145m^3，在旗山 21 林班地崩塌土石量佔有 209,827m^3、旗山 22 林班地崩塌土石量佔有 42,225m^3、旗山 23 林班地崩塌土石量佔有 44,093m^3，除林班地外，私地區域範圍內並未再有新生崩塌產生。茲將整體集水區內各林班地之崩塌土石量彙整列表於後表 4-52 說明，各小集水分區 A1-A8 之崩塌土石量彙整列表於後表 4-53 說明。

表 4-52　五子寮北集水區各林班區域崩塌土石量估算一覽表

林班分區	期間	面積 (ha)	崩塌投影面積(m^2)	崩塌量 (m^3)	崩塌率 (%)	崩塌地個數
旗山 21 林班	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	175.51	198,208	706,040	11.293	10
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		59,648	209,827	3.399	11
旗山 22 林班	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	328.40	260,156	988,817	7.922	30
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		10,956	42,225	0.334	2
旗山 23 林班	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	479.21	826,413	3,143,226	17.245	15
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		12.580	44,093	0.263	2
林班外	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	58.88	20,198	66,229	3.430	1
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		0	0	0	0
小計	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	1,042	1,304,975	4,904,312	12.524	56
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		83,184	296,145	0.798	15
合計		1,042	1,388,159	5,200,457	13.322	71

註：上述資料由規劃團隊估算。

表 4-53　五子寮北集水區各小集水分區崩塌土石量估算一覽表

小集水分區	期間	面積 (ha)	崩塌面積 (m^2)	崩塌量 (m^3)	崩塌率 (%)	崩塌地個數
A1 集水分區	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	327.29	341,136	1,287,555	10.42	32
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		10,956	42,225	0.33	2
A2 集水分區	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	88.16	8,430	27,833	0.96	2
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		20,189	66,406	2.29	4
A3 集水分區	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	77.05	59,051	191,768	7.66	2
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		26,984	95,601	3.50	4
A4 集水分區	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	251.91	667,859	2,559,366	26.51	4
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		0	0	0	0
A5 集水分區	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	144.89	144,307	536,554	9.96	5
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		0	0	0	0
A6 集水分區	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	21.78	8,668	30,672	3.98	1
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		0	0	0	0
A7 集水分區	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	71.92	55,326	204,334	7.69	9
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		25,055	91,912	3.48	5
A8 集水分區	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	59	20,198	66,229	3.42	1
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		0	0	0	0
小計	莫拉克風災後(預估為民國 98-99 年間)	1,042	1,304,975	4,904,312	12.52	56
	莫拉克風災崩塌後至今(預估為民國 100-103 年間)		83,184	296,145	0.8	15
合計		1,042	1,388,159	5,200,457	13.32%	71

註：上述資料由規劃團隊估算。

4.4.2.3　河道可沖刷土砂量

河道底床可沖刷土砂量係以平衡輸砂公式推估河段進入與流出土砂量之間的關係，以獲得其沖刷土砂量，其計算之步驟如後：

1.將河溪依其斷面及坡度劃分為若干之河段

由前述章節分析之結果，將本計畫五子寮北集水區劃分為 8 個集水分區，分別為 A1~A8 集水分區，各集水分區所屬溪段之溪段上、下游面控制節點則分別為 P1、P2、P4、P3、P4、P5、P6、P7 等 8 處，詳如前圖 4-5。

2.計算進入及流出分析河段之洪峰流量

為求得各集水分區溪段之河道可沖刷土砂量，必須進行各該溪段控制節點之進出洪峰流量分析。按前 4.1.3 節整體集水區之洪峰流量分析結果，各集水分區溪段之進出洪峰流量分析再行彙整如下表：

集水分區名稱	面積	溪段上下游面控制節點		洪峰流量(cms)	
		上游面	下游面	進入	流出
A1	327.29	—	p1	—	104.25
A2	88.16	p1	p2	104.25	132.33
A3	77.05	p2	p4	132.33	156.87
A4	251.91	—	p3	—	80.24
A5	144.89	p3	p4	80.24	126.39
A6	21.78	p4	p5	283.26	290.2
A7	71.92	p5	p6	290.2	313.11
A8	59	p6	p7	313.11	331.91

註：上述資料由規劃團隊彙整。

惟針對本五子寮北集水區之每年實際於各控制斷面進入及流出分析河段之流量，仍宜以年平均流量進行分析較為客觀，畢竟每年沖刷土砂之方式並非是以 50 年頻率洪峰流量持續進行。

3.計算進入及流出分析河段之年平均流量與年容許流砂量

本計畫河道之輸砂量分析採用吳建民（1978）利用台灣河川各流量站之流量及含砂量資料推求之集水區容許流砂量推估式：

$$Q_S = 1850(Q \times 10^{-6})^{1.11}$$

式中，Qs 為年容許流砂量（ton/yr）

Q 為年流量（m^3/yr）

由於楠梓仙溪在五子寮北集水區內並無流量記錄，故選用楠梓仙溪下游楠峰橋站之歷年平均年逕流量記錄，以此推估集水區之年平均逕流量，依據經濟部水利署 1982～2008 年水文年報，楠峰大橋站之歷年平均年逕流量為 10,993.8cms(集水區面積共為 354.28 平方公里)，以此推得比流量為 31.03 cms/km^2，以此計算五子寮北集水區之年平均逕流量為 323.33cms(比對 50 年頻率洪水量 333.91cms 略小)，年逕流總量約為 27,935,712m^3。此外，依公式計算可得五子寮北集水區之年平均容許流砂量為 74,543 ton。以泥砂比重 1.8 計，得出五子寮北集水區之年容許流砂量為 41,413 m^3。由此，應修正各集水分區溪段之進出年平均流量，再行彙整如下表：

集水分區名稱	面積	溪段上下游面控制節點		洪峰流量(cms)	
		上游面	下游面	進入	流出
A1	327.29	—	p1	—	101.56
A2	88.16	p1	p2	101.56	128.91
A3	77.05	p2	p4	128.91	152.81
A4	251.91	—	p3	—	78.17
A5	144.89	p3	p4	78.17	123.12
A6	21.78	p4	p5	275.94	282.70
A7	71.92	p5	p6	282.70	305.02
A8	59	p6	p7	305.02	323.33

註：上述資料由規劃團隊彙整。

4.河道輸砂量推估：

(1) 屬於一般河道者，選用適當之輸砂公式及流量歷線，推估降雨過程之全部土砂量。

(2) 屬於土石流潛勢溪流者，選用適當之土石流輸砂公式及流量歷線，推估降雨過程之全部土砂量。惟由於土石流流動過程僅佔全部降雨過程之極小部分，其餘時間河道均以一般輸砂為主，故對於可能發生土石流溪流之一次降雨總輸出土砂量，除了土石流外，亦應估算一般挾砂水流之輸砂量。

4.河溪土砂殘留量(淨泥砂輸出總量)=進入總泥沙量-流出總泥沙量；河溪土砂殘留量為「＋」時，表示所控制之河溪範圍內土砂處於淤積、溪床抬升之狀態；

河溪土砂殘留量為「-」時，表示所控制之河溪範圍內土砂處於沖刷、溪床下切之狀態。

一般挾砂水流係以河溪輸砂方式將土砂攜出，按其運動特性可分為兩大類，一為順沿河床表面運動之河床載，另為懸浮於水體當中之懸浮載，不包括為小顆粒(粒徑約小於 0.062mm)所形成之沖瀉質。其中，河床載運移量可依水土保持技術規範第 71 條何黃公式(1992)計算或由 Schoklitsch 蕭氏公式(1950)，如下：

公式	說明
$q_B=0.4383S^{1.41}(q-q_c)$ $q_c=1.259\times10^{-7}\times D_g^{1.56}\times S^{-1}$ $D_g=D/[\nu^2/(\sigma/\rho-1)g]^{1/3}$	式中，q_B：單位河寬河床載運移量(cms/m) S：河床坡度(百分比) q：單位河寬流量(cms/m) qc：單位河寬之河床載啟動流量(cms/m) Dg：河床之無因次粒徑 D：河床載之粒徑(公尺)，一般可以D_{50}為代表 σ：泥砂密度(kg/m^3)，一般石英砂約為2650kg/m^3 ρ：水密度(kg/m^3)，水溫20 ˚C時，約為1000kg/m^3 ν：水之動黏滯係數(m^2/sec)，水溫20℃時，ν=1.0*10-6m^2/sec g：重力加速度(m/sec^2)，一般g=9.8m/sec^2

公式	說明
$q_s=\frac{2500}{\gamma_S}S^{3/2}(q-q_c)$ $q_c=0.26(\frac{\gamma_S-\gamma}{\gamma})^{5/3}\frac{D^{3/2}}{S^{7/6}}$	式中，q_S：單位河寬河床載運移量(kg/sec/m) q_C：單位河寬之河床載起動流量 q：單位河寬流量(cms/m) γ_S：泥沙單位重(N/m^3) γ：水單位重(N/m^3) S：河床坡度(百分比) D：河床材料粒徑(mm)，原模式採D_{50}為代表粒徑

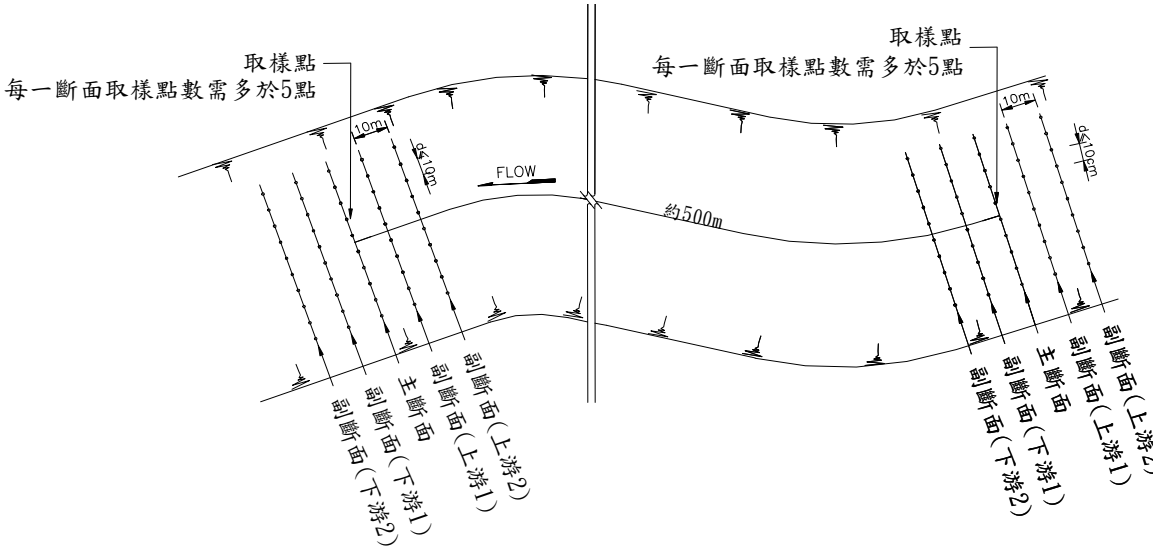
惟為求得何黃公式(1992)或 Schoklitsch 蕭氏公式(1950)中之河床材料代表粒徑 D 或 Dg(通常均以 D_{50} 為代表)，調查規劃小組刻於調查作業中選定角埔溪主流、北支流及南支流各 1 處辦理河床表面粒徑之調查，期使調查成果可應用於前述公式之演算，俾使爾後之土砂運移量趨於準確；另各級代表粒徑之取得亦可應用於曼寧糙度係數 n 之求得，可經比對既有之曼寧糙度係數 n 值研究成果或記載文獻後，作為後續水理演算之使用依據。有關本計劃河床表面粒徑之調查作業詳如後述：

步驟一：選定一主斷面及上、下由各兩副斷面合計五斷面，斷面間距 10 公尺。

步驟二：每一斷面以等間格（或整數距離）定位測點，量測該測點上之泥沙粒徑，每一斷面以不少於 5 個測點為原則。（測點間隔不得超過 10 公尺）

步驟三：每測點量測 10 公分以上之粒徑。

步驟四：統計調查成果，繪製粒徑分佈曲線備用。實務作業方法詳后圖。



表面粒徑調查點位置及分析結果詳表 4-54。表面粒徑分析成果曲線詳圖 4-21 所示。

表 4-54　五子寮北集水區表面粒徑調查暨分析成果一覽表

調查點編號	二度分帶座標 (TW97)		調查點位置	D_m	代表粒徑(cm)					D_{max}
	E	N		(cm)	D_{50}	D_{65}	D_{75}	D_{90}	D_{95}	(cm)
1	213455	2560995	主流 1k+536.6	138.69	150.86	154.83	158.80	174.68	177.33	195.00
2	213542	2561080	主流 1k+668.6	125.98	134.98	150.86	158.80	172.04	177.33	180.00
3	213574	2560999	支流 0k+121	134.45	150.86	157.92	161.45	166.74	169.39	170.00

註：上述資料由規劃團隊經實地進行調查作業後彙整分析資料所得。

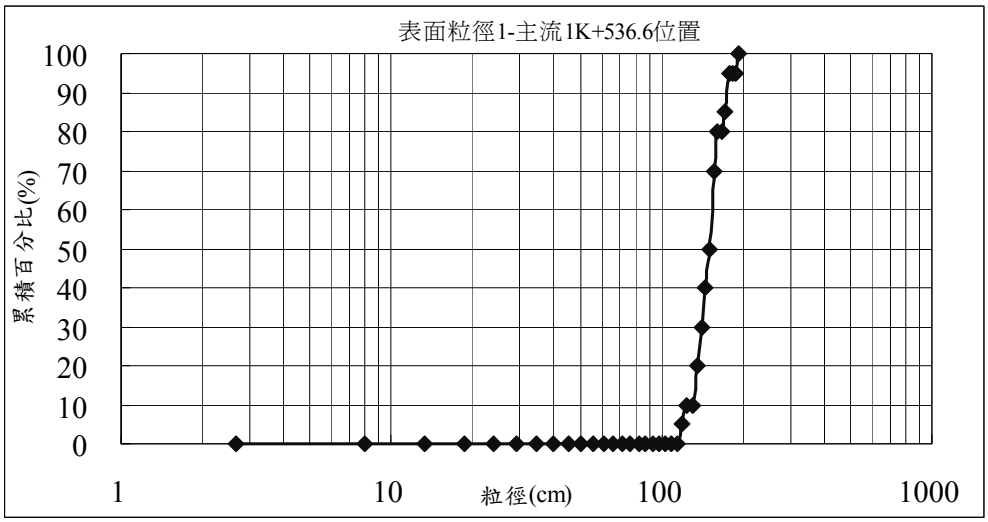


圖 4-21-1 主流里程 1k+536.6 位置表面粒徑分析曲線分佈圖

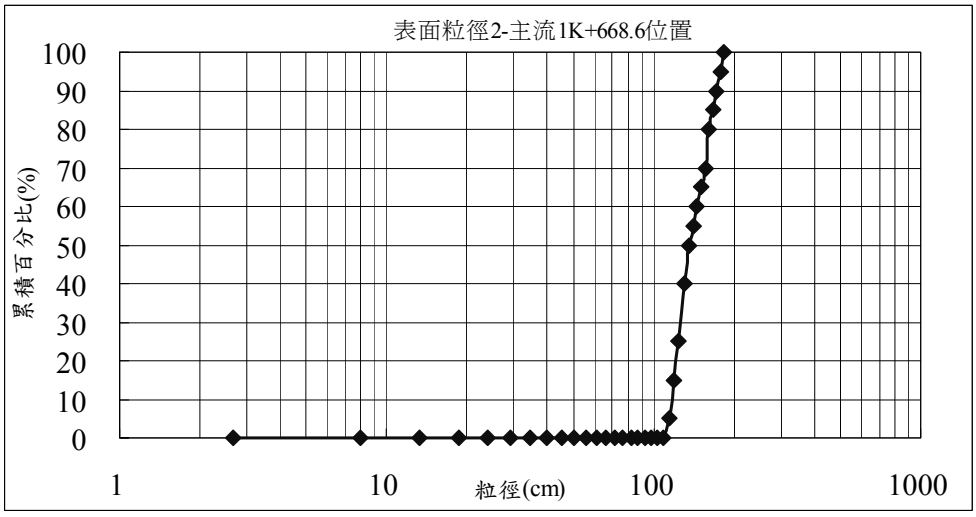


圖 4-21-2 主流里程 1k+668.6 位置表面粒徑分析曲線分佈圖

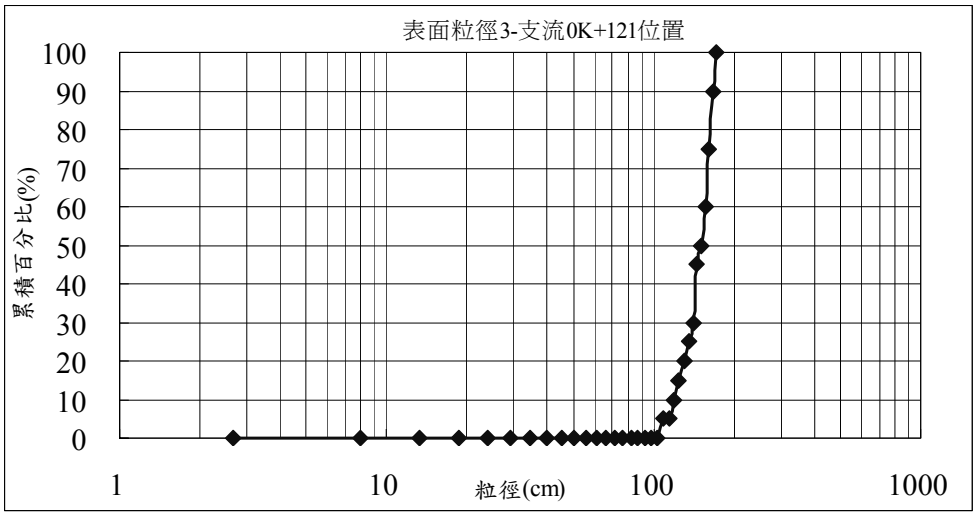


圖 4-21-3 支流里程 0k+121 位置表面粒徑分析曲線分佈圖

而懸浮載運移量，因各場次暴雨或颱洪之規模不定，使得本案計畫現場量測困難，故採用間接之估算方式，即令懸浮載運移量與河床載運移量間存在一線性比例關係，關係式如下：

$$q_s = \Omega\, q_b$$

式中，qs =單位溪寬懸浮載運移量(cms/m)；Ω=比例常數(介於 7.0~9.0)；qb=單位溪寬河床載運移量(cms/m)。按此，水流全砂運移量可表示為

$$Q_T = (1+\Omega)\, q_b B$$

由上式可得含砂水流洪峰流量或設計流量為

$$Q_P' = Q_T + Q_P = (1+\alpha)\, Q_P$$

式中，α=水流泥砂混合率。估計為 1%。

就此，由何黃公式(1992)及 Schoklitsch 蕭氏公式(1950)所計算求出之河床載運移量與經由假設水流泥砂混合率 α= 1%情況下之懸浮載運移量演算成果，分別列如后表 4-55、4-56。

由表 4-55、4-56 之結果，其河床載運移量計算成果說明於 A1、A2、A4 等 3 個集水分區之單位河寬河床載啓動流量 qc(cms/m)因小於單位河寬流量 q(cms/m)，河槽產生河床土砂之沖刷現象，帶動該 3 區域之土砂運移。而 A3、A5、A6、A7、A8 等 5 個集水分區之單位河寬河床載啓動流量 qc(cms/m)因大於單位河寬流量 q(cms/m)情況下，致使經 A1、A2、A4 等 3 個集水分區運移通過之

土砂量容易在此 5 個集水區域形成淤積之情況，此與現勘調查結果頗為近似。惟經比較兩種公式計算所得，以何黃公式(1992)者較為保守，故擇選之。各該集水分區控制斷面上之通過河床載運移量，分別為 A1 集水分區控制斷面 P1 通過計有 210,992m^3 之量、A2 集水分區控制斷面 P2 通過計有 121,382 m^3 之量、A4 集水分區控制斷面 P3 通過計有 154,113m^3 之量。

另懸浮載運移量計算因涉及年逕流量挾帶較小顆粒之礫石及細顆粒之泥砂所致，因此，經混合逕流中之一定比例泥砂顆粒，會順隨逕流往下游帶動，此部份之砂量不容小覷，其量佔有一大部份比例。愈往下游帶動，因各集水分區之控制斷面逕流量愈大之原因，其求得之懸浮載運移量也愈大。按集水分區 A1 至 A8 之次第，由上游面之控制斷面往下游面之控制斷面計算，A1 通過 P1 控制斷面之懸浮載運移量為 87,748m^3、A2 通過 P2 控制斷面之懸浮載運移量為 111,378m^3、A3 通過 P4 控制斷面之懸浮載運移量為 132,028m^3、A4 通過 P3 控制斷面之懸浮載運移量為 67,539m^3、A5 通過 P4 控制斷面之懸浮載運移量為 106,376m^3、A6 通過 P5 控制斷面之懸浮載運移量為 244,253m^3、A7 通過 P6 控制斷面之懸浮載運移量為 263,537m^3、A8 通過 P7 控制斷面之懸浮載運移量為 279,357m^3。

表 4-55　何黃公式(1992)輸砂演算分析成果一覽表

集水分區名稱	面積 A(ha)	溪段上下游面控制節點		洪峰流量(cms)		河道平均寬度 W(m)	河道坡降 S(%)	單位河寬流量 q(cms/m)		無因次粒徑 Dg	單位河寬之河床載啓動流量 qc(cms/m)	單位河寬之河床載運移量 qb(cms/m)	河床載運移量 Qb(cms)	懸浮載運移量 Qs(cms)	全 1 年之運移總量 Q(m3)	
		上游面	下游面	進入	流出			進入	流出						河床載運移總量(m3)	懸浮載載運移總量(m3)
A1	327.29	—	p1	101.56	101.56	10	24.40%	10.16	10.16	34,133	6.086	0.24420345	2.44203454	1.0156	210,992	87,748
A2	88.16	p1	p2	101.56	128.91	15	21.91%	6.77	8.59	34,133	6.777	0.09365909	1.40488629	1.2891	121,382	111,378
A3	77.05	p2	p4	128.91	152.81	30	9.43%	4.30	5.09	34,133	15.756	-0.1672736	0	0	0	0
A4	251.91	—	p3	78.17	78.17	10	31.01%	7.82	7.82	38,149	5.696	0.17837098	1.78370978	0.7817	154,113	67,539
A5	144.89	p3	p4	78.17	123.12	12	19.50%	6.51	10.26	38,149	9.061	0.05243561	0.62922726	1.2312	54,365	106,376
A6	21.78	p4	p5	275.94	282.7	80	12.99%	3.45	3.53	38,149	13.603	-0.24819814	0	0	0	0
A7	71.92	p5	p6	282.7	305.02	110	3.12%	2.57	2.77	38,149	56.648	-0.17767379	0	0	0	0
A8	59	p6	p7	305.02	323.33	130	2.31%	2.35	2.49	38,149	76.551	-0.15975719	0	0	0	0

註：上述資料由嘉磐公司計算與彙整。

表 4-56　Schoklitsch 蕭氏公式(1950)輸砂演算分析成果一覽表

集水分區名稱	面積 A(ha)	溪段上下游面控制節點		洪峰流量(cms)		河道平均寬度 W(m)	河道坡降 S(%)	單位河寬流量 q(cms/m)		河床載 D50 粒徑 (m)	單位河寬之河床載啓動流量 qc(cms/m)	單位河寬之河床載運移量 qs(cms/m)	河床載運移量 Qs(cms)	懸浮載運移量 Qs(cms)	第 1 年運移總量 Qs(cms)	
		上游面	下游面	進入	流出			進入	流出						河床載運移總量(m3)	懸浮載載運移總量(m3)
A1	327.29	—	p1	101.56	101.56	10	24.40%	10.16	10.16	1.3498	4.869	0.003698699	0.036986995	1.0156	3,196	87,748
A2	88.16	p1	p2	101.56	128.91	15	21.91%	6.77	8.59	1.3498	5.521	0.00046848	0.007027206	1.2891	607	111,378
A3	77.05	p2	p4	128.91	152.81	30	9.43%	4.30	5.09	1.3498	14.773	-0.00039019	0	0	0	0
A4	251.91	—	p3	78.17	78.17	10	31.01%	7.82	7.82	1.5086	4.350	0.001236261	0.012362609	0.7817	1,068	67,539
A5	144.89	p3	p4	78.17	123.12	12	19.50%	6.51	10.26	1.5086	7.476	-0.00120297	0	0	0	0
A6	21.78	p4	p5	275.94	282.7	80	12.99%	3.45	3.53	1.5086	12.010	-0.00089367	0	0	0	0
A7	71.92	p5	p6	282.7	305.02	110	3.12%	2.57	2.77	1.5086	63.441	-8.856E-05	0	0	0	0
A8	59	p6	p7	305.02	323.33	130	2.31%	2.35	2.49	1.5086	90.143	-5.1851E-05	0	0	0	0

註：上述資料由嘉磐公司計算與彙整。

在具有土石流發生潛勢之溪流，生產之泥砂可能以土石流流態排出，在土石流流量方面，可依下式計算之：

$$Q_D = 【C_*/(C_*-C_D)】 \times Q_P$$

式中，Q_D=土石流流量(cms)；C_D=土石流平衡泥砂體積濃度，其可表示為下式：

$$C_D = \gamma_\omega \tan\theta /(\gamma_s - \gamma_\omega)(\tan\varphi - \tan\theta)$$

式中，ϕ=泥砂內摩擦角，與泥砂特性及緊密程度有關，其值介於 26°~48° 之間；θ=溪床坡度；γ_s=土粒單位重量；γ_ω=清水單位重量。

本案計畫，本公司擬自現有之土石流出土砂量評估公式，估算整體五子寮北集水區之具土石流潛勢溪流之土砂流出量。總攜出土砂量俾與上述土砂生產分析之產出土砂估計量相比對。國內外學者所提出土石流出土砂量評估公式一覽，參考如后表 4-57 所列，本案計畫經比較各公式之計算成果後，擬採用較為保守之謝正倫(1998)公式推估之。經前水文分析章節探知，本五子寮北集水區中之 A1、A2、A4 等 3 區之 C_D 值(土石流平衡泥砂體積濃度)，分別為 0.324、0.276、0.482，極可能產生土石流況，因此，按表 4-57 所列土石流流出土砂量評估公式之計算，各集水分區所屬溪段之土石流流出土砂量推估如后表 4-58。

表 4-57　土石流流出土砂量評估公式一覽表

學者	公式	備註
池谷浩(1980)	$V_s=L\times B\times H=3A^{1/2}\times 3Q^{1/2}\times H$	L：堆積長度(m)、B：堆積寬度(m)、A：集水面積(km^2)、Q：合理化公式洪峰流量(cms)、H：平均沖刷深度(m)、V_s=流出土砂量(m^3)
Innes(1983)	$V_s=0.0329A^{1/1.3862}$	V_s=流出土砂量(m^3) A：集水面積(m^2)
謝正倫(1998)	$V_s=70992A^{0.61}$ $V_s=120418A^{0.56}$(桃芝風災後推導)	V_s=流出土砂量(m^3) A：集水面積(km^2)

註：上述公式係由規劃團隊彙整所得。

經以上針對河道之一般河道輸砂量與土石流量之推估，可說明各集水分區所屬溪段之各河道推估輸砂總量，列如后表 4-59。

表 4-58　土石流流出土砂量推估一覽表

集水分區名稱	面積	溪段上下游面控制節點		土石流潛勢溪段土石輸砂量(m3)-謝正倫 1998	土石流潛勢溪段土石輸砂量(m3)-池谷 浩(1980)	土石流潛勢溪段土石輸砂量(m3)-Innes(1983)
		上游面	下游面			
A1	327.29	—	p1	233,913	3,282	1,648
A2	88.16	p1	p2	112,213	1,919	640
A3	77.05	p2	p4	0	0	0
A4	251.91	—	p3	202,017	2,526	1,365
A5	144.89	p3	p4	0	0	0
A6	21.78	p4	p5	0	0	0
A7	71.92	p5	p6	0	0	0
A8	59	p6	p7	0	0	0

註：上述資料由規劃團隊計算與彙整。

表 4-59　各控制河段河道總輸砂量彙總一覽表

集水分區名稱	面積	溪段上下游面控制節點		洪峰流量(cms)		一般河道輸砂量(m3)		土石流潛勢溪段土石輸砂量(m3)-謝正倫 1998	河道總輸砂量(m3)
		上游面	下游面	進入	流出	何黃公式-河床載	懸浮載		
A1	327.29	—	p1	101.56	101.56	210,992	87,748	233,913	532,652
A2	88.16	p1	p2	101.56	128.91	121,382	111,378	112,213	344,973
A3	77.05	p2	p4	128.91	152.81	0	0	0	0
A4	251.91	—	p3	78.17	78.17	154,113	67,539	202,017	423,669
A5	144.89	p3	p4	78.17	123.12	54,365	106,376	148,208	308,949
A6	21.78	p4	p5	275.94	282.7	0	0	0	0
A7	71.92	p5	p6	282.7	305.02	0	0	0	0
A8	59	p6	p7	305.02	323.33	0	0	0	0

註：上述資料由規劃團隊計算與彙整。

4.4.2.4　坡面泥砂遞移率(SDR)

規劃區泥砂經由沖蝕傳輸至下游出口處者，謂之規劃區泥砂產出量，代表某一時間內通過某一斷面所量測到由規劃區流出之總泥砂出流量，此與規劃區之總泥砂沖蝕量不同。而在該時段內通過溪流斷面之實測輸砂量，與該斷面以上集水分區之總沖蝕量之比，便稱為泥砂遞移率(SDR)，可表示為下式所示：

SDR=(通過溪流某斷面之總泥砂出流量)/(溪流某斷面上游集水分區之總沖蝕量)

近年來，泥砂遞移率(SDR)的研究方法與成果相當多，大多數之研究方式即以推求SDR 經驗式為主，為此些經驗式均侷限於特定之區域，當採用此等經驗式估測輸送率時即受到集水面積、集水區特性之限制。歷年研究 SDR 所得成果，彙整如后表 4-60 所示，本計畫擬採國內陳樹群、賴益成(2006)之 SDR 經驗式進行各子集水分區之坡面土砂遞移率計算，成果詳表 4-61。

表 4-60　SDR 國內外研究成果經驗公式一覽表

研究區域	SDR 經驗公式	提出之研究學者
台灣地區 10 座在槽水庫	$SDR=249.14A^{-0.316}$	陳樹群、賴益成(2006)
	$SDR=162.22A^{-0.35}S^{0.22}$	
台灣德基水庫	$SDR=574.38+0.022A-179(S_a/S)-648.12C$	吳宗寶(1994)
台灣石門水庫	$SDR=334-84(S_a/S)-325C+375(V_c/Q_{st})$	阮香蘭(1992)
台灣石門水庫	$SDR=-15.638+5.9692(S_o/S_a)+66.8314(R/L)+12.197B_r$	劉永得(1989)
台灣濁水溪流域	$SDR=-29.1+110.2(S_o/S_a)+112.8(R/L)$	陳中憲(1988)
Dali River Basin,Shaanxi,China	$SDR=0.29+1.37ln R_c-0.025lnA$	Mou and Meng(1980)
Pigeon Roost Creek,Mississippi,U.S.	$SDR=0.488-0.006A+0.010RO$	Mutchler and Bowie(1976)
Texas,U.S.	$SDR=1.366\times10^{-11}A^{-0.1}R/L^{0.363}CN^{5.444}$	Williams(1977)
Brushy Creek,Texax,U.S.	$SDR=0.627\ S_a^{0.403}$	Williams and Berndt(1972)
Southeastern U.S.	$log\ SDR=191349-0.33852log10A$	Roehl(1962)
	$log\ SDR=2.88753-0.83291colog\ R/L$	
	$log\ SDR=1.62791-0.64818log\ L$	
	$logSDR=45-0.23log10A-0.510\times cologR/L-2.786log\ B_r$	
Kansas,U.S.	$logSDR=2.94259-0.82362\ cologR/L$	Maner(1958)
	$logSDR=2.962+0.869logR-0.854\ log\ L$	
附註：R/L＝起伏量比，R＝起伏量，L＝主河長，A＝面積，B_r＝分岔比，S_a＝主流坡度，CN=SCS curve number，RO=年逕流量，Rc=河川密度，S_o＝觀測區段平均坡度，S=集水區平均坡度，V_c=防砂壩年平均攔砂量，Q_{st}=年平均泥砂產量，C=覆蓋率。		

備註：上表資料來源，「荖濃溪集水區水土保持復建調查規劃」,水保局台南分局，99 年 5 月。

表 4-61 五子寮北集水區之各集水分區坡面泥砂遞移率推估表

集水區編號	集水分區面積 A (公頃)	S=集水區平均坡度	泥砂遞移率 SDR 推估【陳樹群、賴益成(2006) 】
A1 集水分區	327.29	60.00%	19.43%
A2 集水分區	88.16	45.00%	31.03%
A3 集水分區	77.05	40.00%	32.10%
A4 集水分區	251.91	55.00%	20.58%
A5 集水分區	144.89	50.00%	25.17%
A6 集水分區	21.78	40.00%	49.73%
A7 集水分區	71.92	30.00%	31.29%
A8 集水分區	59	20.00%	31.00%

註：上述成果係由規劃團隊估算所得。

4.4.2.5　整體土砂收支量估算

由以上 4.3.2.1~4.3.2.4 節評估分析之結果，可將本五子寮北集水區內之整體土砂收支量估算程序列如後圖 4-22。實際估算統計則按後表 4-62 之程序步驟推估之。

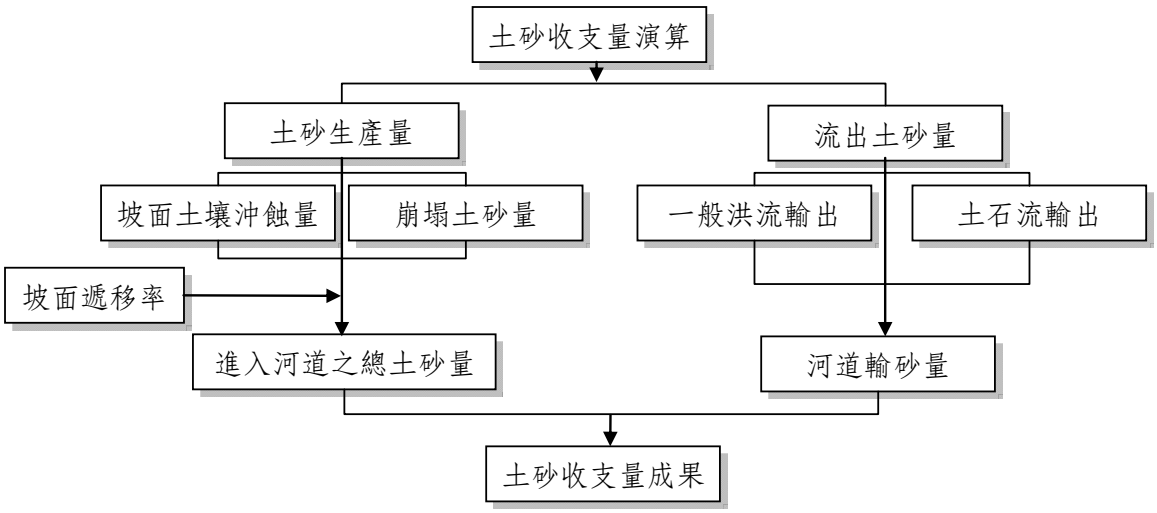


圖 4-22 整體土砂收支量估算程序示意圖

表 4-62 整體土砂收支量估算統計說明表

集水分區編號	集水面積	SDR (代碼 A)	總土砂生產量(代碼 B)		進入河道總土砂量 (代碼 C)	河道輸砂量 (代碼 D)	土砂收支量 (代碼 E)
			土壤沖蝕量 (代碼 B1)	崩塌量 (代碼 B2)			
單位	(ha)	(%)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)	(m^3)
計算方式		採用陳樹群、賴益成 (2006)	詳備註 1 說明	詳備註 2 說明	=【(B1)+(B2)】×(A)	1. 何黃或蕭氏輸砂公式 2. 土石流輸出量	=(C)-(D)
備註 1：以莫拉克風災(98 年 8 月)至今(103 年 8 月)年共 5 年產生之土壤沖蝕量作為 B1 依據。 備註 2：以 4.3.2.2 節所述莫拉克風災後崩塌地產生之崩塌量作為 B2 依據。							

整體五子寮北集水區土砂收支量估算統計，詳後表 4-63，由表 4-63 可探知各集水分區內之沖淤狀況，由於民國 98 年 8 月之莫拉克風災影響(2009.08)，致使本五子寮北集水區內各集水分區崩塌災害不斷，崩塌土石崩落溪床，其中，以 A1 集水分區之災害尤甚(其 A1 集水分區鄰近造成小林村掩埋事件之獻度山大崩壁源頭)，經計算之結果，自莫拉克風災後至今(103 年 7 月)，A1 集水分區之土砂收支情況推估為-957,468m^3，表示為集水分區河道當屬沖刷，河道有下切、向源侵蝕之虞。而 A1 集水分區之大量沖刷土石則往下游面之 A2、A3 區淤積，此與衛星影像之判釋吻合。另外，A4 集水分區之土砂收支情況推估為+350,369m^3，表示 A4 集水分區之控制溪段雖為五子寮北集水區角埔溪南支流之源頭，每年河道輸砂總量總可以達到 21~42 萬方之量，惟因該區進入河道之土壤沖蝕與崩塌地之殘餘崩塌土石量量體龐大，故總是除平衡掉沖刷量外，尚有餘裕造成河道之淤積狀態，經衛星影響判讀亦是如此。A5 集水分區之狀況亦是如此。經過 5 年之沖淤變化，由資料顯示，整體五子寮北集水區之土砂收支狀態屬土砂淤積之情況，由角埔溪主、支流匯口處往下游面之土石淤積量經推估為 1,307,152m^3 (A6：980,073 m^3，A7：259,139m^3，A8：67,940m^3)，而主、支流匯口處往上游面之土石淤積量一推估尚存有 3,741,508 m^3(A2：688,748m^3，A3：1,652,344m^3，A4：350,369m^3，A5：1,050,047m^3)之量，如再遇超大颱洪或豪雨，上游之淤積土石方，將再下移成災，不可不慎。而整體淤積土砂石之處理原則，當建議朝向於中上游各適當溪段建構防砂構造設施，防治土石下成災，下游淤積土石辦理清疏，或利用整治工程之實施加以吸收利用，避免通洪斷面不足，造成溢流災害，俾以達成削減洪峰，迅速防洪之標的。

表 4-63 整體五子寮北集水區土砂收支量逐年估算統計表

第 1 年(2009.08-2010.07),莫拉克風災造成崩塌量								
集水分區名稱	面積	坡面土砂遞移率(%)	坡面土壤沖蝕量(m^3/年)	崩塌總量(m^3)	坡面進入河道總土砂量(m^3)	河道輸砂量(m^3)	第 1 年土砂收支量(m^3)	
A1	327.29	19.43%	137,309	1,287,555	276,895	532,652	-255,757	
A2	88.16	31.03%	30,513	27,833	18,107	344,973	205,786	
A3	77.05	32.10%	21,409	191,768	68,426	0	413,399	
A4	251.91	20.58%	108,869	2,559,366	549,104	423,669	125,435	
A5	144.89	25.17%	50,937	536,554	147,877	308,949	262,597	
A6	21.78	49.73%	5,373	30,672	17,925	0	326,875	
A7	71.92	31.29%	15,348	204,334	68,732	0	68,732	
A8	59	31.00%	7,785	66,229	22,946	0	22,946	
第 2 年(2010.08-2011.07)，凡那比，無造成災害								
集水分區名稱	面積	坡面土砂遞移率(%)	坡面土壤沖蝕量(m^3/年)	崩塌殘餘量(m^3)	坡面進入河道總土砂量(m^3)	河道輸砂量(m^3)	第 1 年土砂收支量(m^3)	第 2 年土砂收支量(m^3)
A1	327.29	19.43%	137,309	1,037,343	228,271	298,737	-255,757	-326,222
A2	88.16	31.03%	30,513	19,195	15,426	232,760	205,786	287,189
A3	77.05	32.10%	21,409	130,214	48,668	0	413,399	694,827
A4	251.91	20.58%	108,869	2,032,667	440,713	221,652	125,435	344,496
A5	144.89	25.17%	50,937	401,498	113,882	106,376	262,597	491,756
A6	21.78	49.73%	5,373	15,419	10,340	0	326,875	443,590
A7	71.92	31.29%	15,348	140,404	48,730	0	68,732	117,463
A8	59	31.00%	7,785	45,697	16,580	0	22,946	39,526
第 3 年(2011.08-2012.07)，2012 年 6 月份 0610 暴雨造成崩塌量加入計算								
集水分區名稱	面積	坡面土砂遞移率(%)	坡面土壤沖蝕量(m^3/年)	崩塌殘餘量及新增崩塌量(m^3)	坡面進入河道總土砂量(m^3)	河道輸砂量(m^3)	第 2 年土砂收支量(m^3)	第 3 年土砂收支量(m^3)
A1	327.29	19.43%	137,309	877,980	197,302	532,652	-326,222	-661,573
A2	88.16	31.03%	30,513	79,645	34,186	344,973	287,189	509,054
A3	77.05	32.10%	21,409	184,019	65,938	0	694,827	1,105,739
A4	251.91	20.58%	108,869	1,614,359	354,628	423,669	344,496	275,455
A5	144.89	25.17%	50,937	300,436	88,444	308,949	491,756	694,920
A6	21.78	49.73%	5,373	7,751	6,527	0	443,590	759,066
A7	71.92	31.29%	15,348	188,388	63,743	0	117,463	181,206
A8	59	31.00%	7,785	31,530	12,188	0	39,526	51,715

第 4 年(2012.08-2013.07)，無發生土石流								
集水分區名稱	面積	坡面土砂遞移率(%)	坡面土壤沖蝕量(m^3/年)	崩塌殘餘量(m^3)	坡面進入河道總土砂量(m^3)	河道輸砂量(m^3)	第 3 年土砂收支量(m^3)	第 4 年土砂收支量(m^3)
A1	327.29	19.43%	137,309	707,361	164,146	298,737	-661,573	-796,164
A2	88.16	31.03%	30,513	54,928	26,515	232,760	509,054	601,546
A3	77.05	32.10%	21,409	124,952	46,979	0	1,105,739	1,385,478
A4	251.91	20.58%	108,869	1,282,135	286,259	221,652	275,455	340,061
A5	144.89	25.17%	50,937	224,814	69,409	106,376	694,920	879,605
A6	21.78	49.73%	5,373	3,897	4,610	0	759,066	870,051
A7	71.92	31.29%	15,348	129,447	45,302	0	181,206	226,508
A8	59	31.00%	7,785	21,755	9,158	0	51,715	60,873
第 5 年(2013.08-2014.07)，無土石流發生								
集水分區名稱	面積	坡面土砂遞移率(%)	坡面土壤沖蝕量(m^3/年)	崩塌殘餘量(m^3)	坡面進入河道總土砂量(m^3)	河道輸砂量(m^3)	第 4 年土砂收支量(m^3)	第 5 年土砂收支量(m^3)
A1	327.29	19.43%	137,309	569,899	137,433	298,737	-796,164	-957,468
A2	88.16	31.03%	30,513	37,882	21,225	232,760	601,546	688,748
A3	77.05	32.10%	21,409	84,845	34,105	0	1,385,478	1,652,344
A4	251.91	20.58%	108,869	1,018,281	231,959	221,652	340,061	350,369
A5	144.89	25.17%	50,937	168,226	55,165	106,376	879,605	1,050,047
A6	21.78	49.73%	5,373	1,959	3,646	0	870,051	980,073
A7	71.92	31.29%	15,348	88,947	32,631	0	226,508	259,139
A8	59	31.00%	7,785	15,011	7,067	0	60,873	67,940
沖淤統計								4,091,191

備註：上表資料係由規劃團隊估算求得。

4.5 集水區問題分析

4.5.1 降雨災害問題分析

經前4.2節水文分析之說明及前3.6.1節針對莫拉克颱風之降雨歷程所造成本集水區之崩塌災害，本集水區確實因為瞬時降雨強度提高、持續降雨延時拉長之氣候變異因素，而造成水、土之災害。此降雨因素無可厚非為本集水區無法事先預防之導致災害重大成因之一。雖然吾人無法預防及掌控氣候變遷所導致之降雨災害，但可進行分析研判，俾作為災害預警或示警之參考依據。

依前4.2.2.1節有關本五子寮北集水區之各設計頻率年之連續最大一、二、三日降雨量值，再行彙整如后表 4-64，另統合歷年五大颱風、豪雨事件及近期之位於高中、高中(1)及甲仙(2)雨量站及關山雨量站(2012 及 2013 年)所測得之瞬時雨量及累計雨量紀錄值，如后表 6-65。經比較分析前3.6.1節針對莫拉克颱風之降雨歷程所造成本集水區之獻度山源頭大災害之累計雨量值應達2017mm、瞬時雨量值須大於80mm/hr之情況下，歷年之颱風豪雨紀錄值並無達到此限度之量，因此，在莫拉克颱風前與後之其他颱風、豪雨侵襲情況下，並無對本五子寮北集水區產生過大之威脅情況。惟近年除莫拉克颱風外，另有2012年0610豪雨及2013年康芮颱風之累計雨量於800mm上下，屬較大型之颱風影響，然因其最大瞬時雨量強度分別為41.5、51mm/hr，尚小於莫拉克颱風之80~110mm/hr，且累計雨量要達成莫拉克風災崩塌臨界(2017mm)之規模還甚遠，就評估而言，其不至於產生太大之災害影響，就實際發生之情況而言，亦無明顯之崩塌或土石災害。然2012年0610豪雨也確實造成本五子寮北集水區北側坡面既有崩塌地之周緣產生新生崩塌之狀況，本文認為其屬既有崩塌地之延伸崩塌狀況，並非獨立性之大規模崩塌情形。

表 4-64 各設計頻率年之連續最大一、二、三日降雨量值彙整表

降雨情境	設計頻率年降雨量(mm)				
	2年頻率	10年頻率	25年頻率	50年頻率	100年頻率情
連續最大一日	333.16	632.67	806.76	932.09	1045.4
連續最大二日	482.51	989.33	1284.09	1495.63	1686.28
連續最大三日	579.62	1223.76	1604.69	1880.05	2129.38

備註：上表資料係彙整自前表4-18內容。

表 4-65 歷年颱風、豪雨事件所測得之瞬時雨量及累計雨量紀錄表

颱風、豪雨名稱	最大瞬時雨量情況		累計雨量值(mm)				雨量測站名稱
	自開始降雨致發生最大強度瞬時雨量之延時(hr)	雨量強度值(mm/hr)	一日	二日	三日	累計最大降雨量(mm)	
2009 年莫拉克颱風	43 小時(此時累積雨量達 1144mm)	110	1334	1970	2463	3041(約 5 日)	高中(1)-水利署
	獻度山大崩塌時之累計雨量值達 2017mm						
2013 年康芮颱風	40 小時(此時累積雨量達 467mm)	41.5	285.5	522	750	754(約 3 日)	高中-中央氣象局
2013 年潭美颱風	17 小時(此時累積雨量達 321.5mm)	47	334.5	473	546	585(約 2 日)	高中-中央氣象局
2013 年蘇力颱風	13 小時(此時累積雨量達 347mm)	53.5	376.5	396	401.5	401.5(約 1 日)	高中-中央氣象局
2012 年泰利颱風	17 小時(此時累積雨量達 188mm)	32	245	472	480	486(約 2 日)	甲仙(2)-水利署
2012 年 0610 豪雨	20 小時(此時累積雨量達 293mm)	51	319	523	760	824(約 3 日)	甲仙(2)-水利署
2011 年南瑪都颱風	20 小時(此時累積雨量達 181mm)	22	184	284	348	364(約 2 日)	高中(1)-水利署
2011 年 0719 豪雨	41 小時(此時累積雨量達 308mm)	37	272	429	535	574(約 3 日)	高中(1)-水利署
2010 年 0726 豪雨	2 小時(此時累積雨量達 77mm)	39	172	330	399	400(約 2.5 日)	高中(1)-水利署
2010 年凡那比颱風	19 小時(此時累積雨量達 271mm)	34	350	373	373	373(約 1.5 日)	高中(1)-水利署
2005 年海棠颱風	23 小時(此時累積雨量達 576mm)	60	667	1183	1430	1564(約 3.5 日)	高中-水利署
2005 年 0612 豪雨	82 小時(此時累積雨量達 829mm)	48	346	615	765	1049(約 4.5 日)	高中-水利署
2008 年卡玫基颱風	9 小時(此時累積雨量達 474mm)	130	474	848	945	945(約 2 日)	高中-水利署

註：資料來源自經濟部水利署地理資訊倉儲中心水資源資料網站相關雨量站降雨紀錄資訊，並經規劃團隊分析彙整。

目前水土保持局利用中央氣象局之雨量資料，以有效累積雨量及降雨強度之乘積為降雨驅動指標(RTI)， 將具有相類似性質之土石流潛勢溪流集水區整合為一群集，以統計方法計算出同一群集之土石流降雨警戒雨量值， 再行簡化為累積雨量，以訂定各地區之「土石流警戒基準值」，提供於疏散避難時之參考。本五子寮北集水區內並無水土保持局所劃設之土石流潛勢溪，但本集水區所座落之小林里，即有 3 條土石流潛勢溪流，按小林地區有效累積降雨量超過一定警戒值時，該地區就可能發生土石流， 每年並依據新增之雨量資料、重大事件(如:地震、颱風)，檢討修正。本小林里之「土石流警戒基準值」

經水土保持局訂為累計雨量 350mm。因此，上述表 4-65 內所彙搜之歷年颱風、豪雨最大瞬時雨量及累計雨量雖並無造成本五子寮北集水區之重大災害及災情，然其降雨資訊，亦可供為相關管理權責機關之參考，俾作為具有土石危害之虞情況時之驅散、避難發佈之參考。

4.5.2　坡面沖蝕問題分析

本調查規劃區內之坡面沖蝕問題，各區略有差異，茲分別以角埔溪主流、角埔溪北支流及角埔溪南支流等三集水區坡面沖蝕問題進行說明如後述：

1. 角埔溪主流集水區

依據現場實地勘查結果，此角埔溪主流河段(約自主流里程 0k+000 起至 1k+536.6)兩側之集水區域，其地形坡降較南、北支流集水區域之地形坡降為緩，但相鄰溪床之坡岸坡面沖蝕情況嚴重,主要可能因素係因早年(包含莫拉克風災時)土石流量發生致使土石流量衝擊與刷蝕岸坡，使得原有岸側土地經沖刷流失，迫使河槽擴大，災後經刷蝕殘留之岸坡坡面裸露，裸露坡面易生沖蝕之狀況。除此之外，主溪兩側之沖蝕溝側坡與崩塌地之表面坡面沖蝕現象則不甚明顯，集水區之其餘坡面屬穩定之狀況。

該段集水區域之右岸有一較為明顯之沖蝕溝產生，其位置約於主流里程 0k+835.8，該沖蝕溝之上游源頭為經調查之編號 45 崩塌地，其崩塌面積為 3.2684ha，沖蝕溝之寬度在 4~6 公尺左右，沖蝕溝內亦堆滿隨逕流沖刷下來之土石碎屑，就遠程而言，其有發展成野溪之趨勢，蝕溝坡面崩塌下來之土石形成下游土砂淤積災害之重要因素，詳見后照片所示。所幸，此沖蝕溝之下游面並無保全對象。

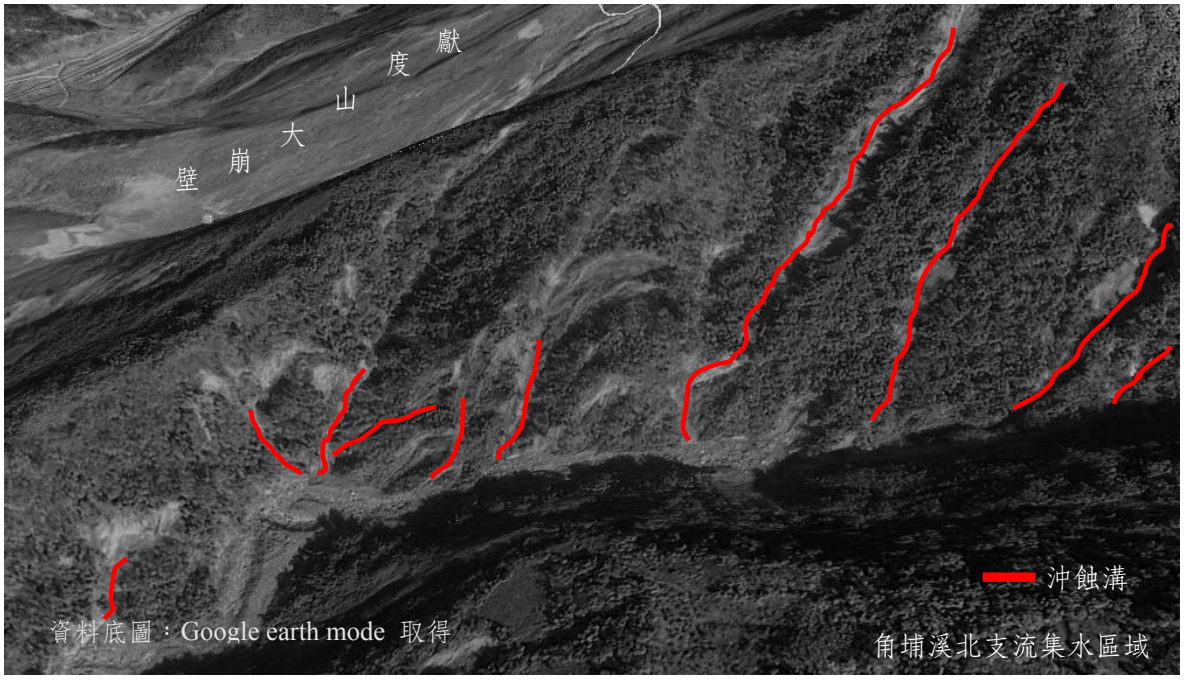


本集水區除於主溪最下游段之兩側非屬林班區域，地勢平緩之臺地部分地區開墾種植農作及果樹，如竹筍，水蜜桃等高經濟作物外，其他地區亦由於其地勢變化大，靠山側多為陡坡地，並不適宜開發與耕作情況下，土地利用情形稍緩，所生產土砂量亦相對較少。

2. 角埔溪北支流集水區

此集水區至約主流溪段里程 2k+345.2 之位置，由於有一天然岩壁阻擋、聳然矗立，高度約有 15-20m，因此，自此以上之集水區現場調查作業受阻，故依衛星影像之資料進行研判，依套疊 GIS 地理資訊系統資料庫之地形資料(DEM)，萃取分析本集水區之地形、地勢情況，其地形坡降較主流集水區域之地形坡降為陡峭，相鄰溪床之坡岸坡面沖蝕情況嚴重，主要可能因素係因早年(包含莫拉克風災時)土石流量發生致使土石流量衝擊與刷蝕岸坡，導致岸坡產生大規模之崩塌災害，災後經刷蝕殘留之岸坡坡面裸露，裸露坡面易生沖蝕之狀況。除此之外，溪側右岸沖蝕溝十分發達，估計約有 10 條以上之大、小沖蝕溝，沖蝕溝側坡與崩塌地之表面坡面沖蝕現象仍甚明顯，屬不穩定之狀態。

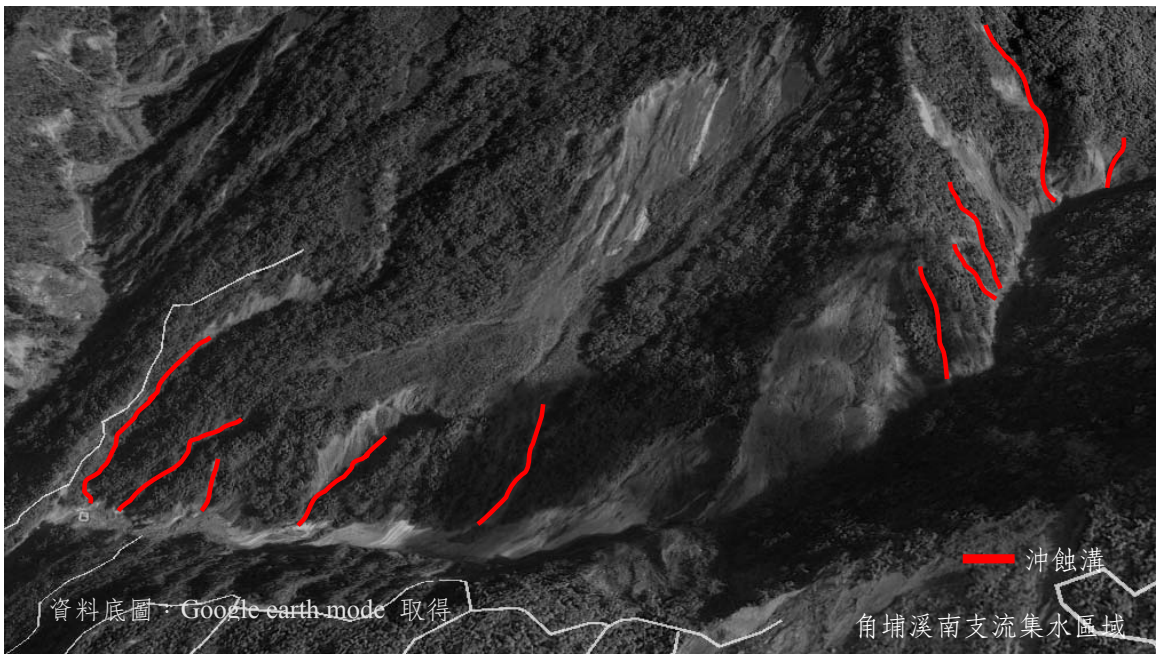
此集水區多為桂竹林層及砂頁岩互層，地質破碎鬆散，其內有崩塌地共計 36 處，由衛星影像判釋顯示，小型沖蝕溝之寬度約在 4~6 公尺左右，大型沖蝕溝約為 10~15 公尺，沖蝕溝內亦堆滿隨逕流沖刷下來之土石碎屑，較大之蝕溝則有發展成野溪之趨勢，這些蝕溝及坡面崩塌下來之土石形成下游泥砂災害之重要因素，衛星影像詳如后。



3. 角埔溪南支流集水區

此集水區約自角埔溪主、支流匯口起(支流里程 0K+082.4)，往支流之方向向上游之集水區域，至約支流里程 0K+335 處，由於有一天然岩壁阻擋、聳然矗立，高度約有 20-30m，因此，自此以上之集水區現場調查作業受阻，故依衛星影像之資料進行研判，依套疊 GIS 地理資訊系統資料庫之地形資料(DEM)，萃取分析本集水區之地形、地勢情況，其地形坡降較主流集水區域之地形坡降為陡峭，相鄰溪床之坡岸坡面沖蝕情況嚴重，且受沖刷之坡面大部分已有露岩狀況，主要可能因素係因早年(包含莫拉克風災時)土石流量發生致使土石流量衝擊與刷蝕岸坡，導致岸坡產生大規模之崩塌災害，災後經刷蝕殘留之岸坡坡面裸露，裸露坡面已出露大片岩盤，為岩盤上方仍有厚實之殘土狀況。除此之外，溪側右岸沖蝕溝仍十分發達，估計約有 10 條以上之大、小沖蝕溝，沖蝕溝側坡與崩塌地之表面坡面沖蝕現象仍甚明顯，屬不穩定之狀態。

此集水區多為桂竹林層及砂頁岩互層，地質破碎鬆散，雖集水區內之崩塌地僅 9 處，最大之源頭大崩塌亦有 72.1351ha 之數。由衛星影像判釋顯示，小型沖蝕溝之寬度約在 4~6 公尺左右，大型沖蝕溝約為 10~15 公尺，沖蝕溝內亦堆滿隨逕流沖刷下來之土石碎屑，較大之蝕溝則有發展成野溪之趨勢，這些蝕溝及坡面崩塌下來之土石形成下游泥砂災害之重要因素，衛星影像詳如后。



4.5.3　崩塌地問題分析

4.5.3.1　崩塌區位及型態說明

本調查規劃區內之崩塌地經莫拉克及歷次颱風豪雨之侵襲後，調查與判釋成果共計有 71 處崩塌地，經本公司規劃小組實地勘查與經衛星影像判釋之結果，以崩塌發生之原因可歸納為源頭深層崩塌、淺層崩塌及溪岸沖蝕崩塌等三類；為避免崩塌坡面因豪雨沖蝕而再次崩塌並防治造成下游土石之災害，應有防堵土石崩落及源頭處理之防治策略。茲分別說明角埔溪主流溪段集水區(包含 A6、A7、A8 集水分區)、角埔溪北支流溪段集水區(包含 A1、A2、A3 集水分區)及角埔溪南支流溪段集水區(包含 A4、A5 集水分區)等三集水區崩塌地問題癥結如後述：

1. 角埔溪主流集水區(包含 A6、A7、A8 集水分區)

此集水區之崩塌地區位依現場勘查成果及衛星影像之資料進行研判，依套疊 GIS 地理資訊系統資料庫之林班地與地形資料(DEM)，萃取分析本集水區之區位與地形、地勢情況，其結果崩塌地大部分分散於旗山事業區第 21 林班及第 22 林班內。其崩塌原因研判係因經莫拉克及歷次颱風豪雨之侵襲，帶來超大且長延時之降雨，導致邊坡土體含水飽和，土體過重且逕流入滲嶺線裂隙，滲水順沿岩體節理弱面而滑坡產生崩塌且部分崩塌地位兩側沖蝕溝之左、右側岸，屬於河岸崩塌，周邊並無保全對象，各崩塌地下方即為溪床，崩塌原因為坡面植生根系固結不良、坡面排水不良且基腳無護岸保護，溪流持續沖刷基腳以致坡腳弱化而崩塌所致，坡面仍呈土質鬆動之現象，仍有土砂堆積、下移。

根據 3.1.2 節之崩塌地面積統計結果，此集水區崩塌地共計有 16 處，總共之崩塌面積為 12.6062ha，約佔該角埔溪主流集水區面積之 8.24% ，粗估所產生之總泥砂量為 393,148m^3，崩塌地崩塌土石方數量推估詳見前 4.3.2.2 節表 4-47 所示。

2. 角埔溪北支流集水區(包含 A1、A2、A3 集水分區)

此集水區之崩塌地區位依現場勘查成果及衛星影像之資料進行研判，依套疊 GIS 地理資訊系統資料庫之林班地與地形資料(DEM)，萃取分析本集水區之區位與地形、地勢情況，其結果崩塌地大部分分散於旗山事業區第 21 林班及第 22 林班內。其崩塌原因研判係因經莫拉克及歷次颱風豪雨之侵襲，帶來超大且長延時之降雨，導致邊坡土體含水飽和，土體過重且逕流入滲嶺線裂隙，滲水順沿岩體節理弱面而滑坡產生崩塌且部分崩塌地位兩側沖蝕溝之左、右側岸，屬於河岸崩塌，周邊並無保全對象，各崩塌地下方即為溪床，崩塌原因為坡面植生根系固結不良、坡面排水不良且基腳無護岸保護，溪流持

續沖刷基腳以致坡腳弱化而崩塌所致，坡面仍呈土質鬆動之現象，仍有土砂堆積、下移。

根據 3.1.2 節之崩塌地面積統計結果，此集水區崩塌地共計有 46 處，總共之崩塌面積為 53.436ha，約佔該角埔溪北支流集水區面積之 10.84% ，粗估所產生之總泥砂量為 1,711,389m^3，崩塌地崩塌土石方數量推估詳見前 4.3.2.2 節表 4-47 所示。

3. 角埔溪南支流集水區(包含 A4、A5 集水分區)

此集水區之崩塌地區位依現場勘查成果及衛星影像之資料進行研判，依套疊 GIS 地理資訊系統資料庫之林班地與地形資料(DEM)，萃取分析本集水區之區位與地形、地勢情況，其結果崩塌地大部分分散於旗山事業區第 23 林班內。其崩塌原因研判係因經莫拉克及歷次颱風豪雨之侵襲，帶來超大且長延時之降雨，導致邊坡土體含水飽和，土體過重且逕流入滲嶺線裂隙，滲水順沿岩體節理弱面而滑坡產生崩塌且部分崩塌地位兩側沖蝕溝之左、右側岸，屬於河岸崩塌，周邊並無保全對象，各崩塌地下方即為溪床，崩塌原因為坡面植生根系固結不良、坡面排水不良且基腳無護岸保護，溪流持續沖刷基腳以致坡腳弱化而崩塌所致，坡面仍呈土質鬆動之現象，仍有土砂堆積、下移。

根據 3.1.2 節之崩塌地面積統計結果，此集水區崩塌地共計有 9 處，總共之崩塌面積為 88.6827ha，約佔該角埔溪北支流集水區面積之 22.35% ，粗估所產生之總泥砂量為 3,095,920m^3，崩塌地崩塌土石方數量推估詳見前 4.3.2.2 節表 4-47 所示。

4.5.3.2　各級崩塌地潛在風險分析評估

本文承前 3.1.4 節，建議應將 A1、A2、A3 及 A7 等 4 集水分區列為第一級具高度再崩塌風險危害之區域，將 A4、A5 等 2 個集水分區列為第二級具中度再崩塌風險危害之區域，將 A6、A8 等 2 個集水分區列為第三級低度再崩塌風險危害之區域。其第一級再崩塌風險危害之區域建議將其崩塌地治理期程儘可能往治理計畫之前期排程，第二級再崩塌風險危害之區域建議可將其崩塌地治理期程往治理計畫之中期排程，而第三級再崩塌風險危害之區域建議視前一二級治理之成效檢討，持續觀察。

本節即針對本計畫區內各集水分區內之目前已存在之崩塌地，其潛在再行崩塌風險進行細部評估，詳細分析說明如後：

1.第一級高度再崩塌風險危害之區域(A1、A2、A3 及 A7 集水分區)

經彙整評估為第一級高度再崩塌風險危害之崩塌地，共分析有 A1、A2、A3 及 A7 等 4 個集水分區，共 60 處崩塌地，屬河岸型淺層崩塌者計有 16 處，河岸型深層崩塌者計有

2 處，河岸山腹型淺層崩塌者計有 20 處，源頭型淺層崩塌者計有 19 處，源頭型深層崩塌者計有 3 處，共計 60 處；而評估為高度再崩塌風險之崩塌地計有 31 處，中度再崩塌風險之崩塌地計有 24 處，再崩塌風險之可能性較低者崩塌地計有 5 處。本第一級之中、高度再崩塌風險危害崩塌地幾佔有 91.67%。又因近年新生崩塌地幾乎均在此第一級區域(A1、A2、A3 及 A7 集水分區)中發生，因此，其重現崩塌之機率會較高，建議於治理考量上應將此區域之崩塌地治理放在中、前期部份，俾與其他治理項目配合，加成其治理成效。后表 4-66 即將此 4 集水分區之各崩塌地逐一檢討、列表評估所得成果。第一級高度再崩塌風險危害之崩塌地區位詳如後圖 4-23。

表 4-66 第一級高度再崩塌風險危害之崩塌地評估分析表(1/2)

集水分區	崩塌地編號	坡度(%)	坡度分級	崩塌型式	崩塌面狀態	再崩塌風險	危險度	治理需要性	治理期程建議
A1	崩 8	80.98%	六級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 9	75.36%	六級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 10	80.98%	六級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 11	80.98%	六級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 12	62.49%	六級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 13	67.45%	六級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 14	46.63%	五級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	需要	中前期
	崩 15	70.02%	六級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 16	70.02%	六級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 17	46.63%	五級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	需要	中前期
	崩 18	50.95%	五級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	需要	中前期
	崩 19	42.45%	五級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	需要	中前期
	崩 20	67.45%	六級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 21	57.74%	六級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 22	53.17%	五級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	需要	中前期
	崩 23	55.43%	六級坡	源頭型深層崩塌	可見露岩	低	C	不需	中前期
	崩 24	72.65%	六級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 25	55.43%	六級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 26	55.43%	六級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 27	72.65%	六級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 28	80.98%	六級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 29	119.2%	七級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 30	96.57%	六級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期

註：上表係經規劃團隊分析彙整。

表 4-66 第一級高度再崩塌風險危害之崩塌地評估分析表(2/2)

集水分區	崩塌地編號	坡度(%)	坡度分級	崩塌型式	崩塌面狀態	再崩塌風險	危險度	治理需要性	治理期程建議
A1	崩 31	64.94%	六級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 32	44.52%	五級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	需要	中前期
	崩 33	64.94%	六級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 34	55.43%	六級坡	河岸型深層崩塌	可見露岩	低	C	不需	中前期
	崩 38	72.65%	六級坡	源頭型深層崩塌	可見露岩	低	D	不需	中前期
	崩 39	38.39%	四級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	需要	中前期
	崩 41	34.43%	四級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	需要	中前期
	崩 55	46.63%	五級坡	河岸型深層崩塌	可見露岩	低	C	不需	中前期
	崩 56	32.49%	四級坡	源頭型深層崩塌	可見露岩	低	D	不需	中前期
	新崩 01	40.40%	五級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	需要	中前期
	新崩 02	48.77%	五級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	中	C	需要	中前期
A2	崩 37	57.74%	六級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 40	67.45%	六級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	新崩 03	60.09%	六級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	新崩 04	75.36%	六級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	新崩 05	64.94%	六級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	C	急需	中前期
	新崩 06	60.09%	六級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
A3	崩 44	19.44%	三級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	中	C	需要	中前期
	崩 46	62.49%	六級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	C	急需	中前期
	新崩 07	34.43%	四級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	中	C	需要	中前期
	新崩 08	67.45%	六級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	新崩 09	72.65%	六級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	C	急需	中前期
	新崩 10	48.77%	五級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	需要	中前期
A7	崩 42	38.39%	四級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	需要	中前期
	崩 43	42.45%	五級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	需要	中前期
	崩 45	44.52%	五級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	C	需要	中前期
	崩 49	32.49%	四級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	C	需要	中前期
	崩 50	50.95%	五級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	C	需要	中前期
	崩 51	48.77%	五級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	C	需要	中前期
	崩 52	62.49%	六級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 53	96.57%	六級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	急需	中前期
	崩 54	40.40%	五級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	需要	中前期
	新崩 11	46.63%	五級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	需要	中前期
	新崩 12	44.52%	五級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	需要	中前期
	新崩 13	46.63%	五級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	C	需要	中前期
	新崩 14	67.45%	六級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	C	急需	中前期
	新崩 15	44.52%	五級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	C	需要	中前期

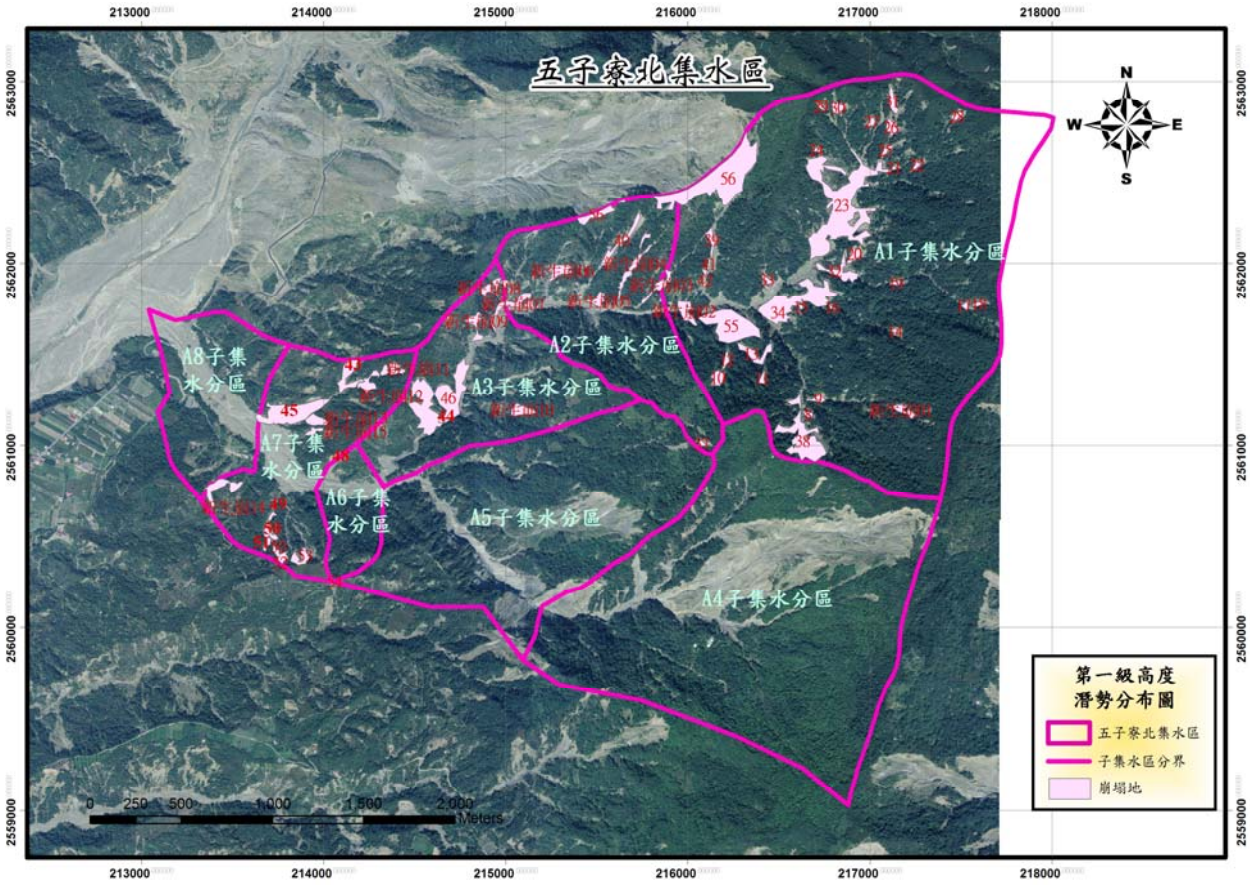


圖 4-23　第一級高度再崩塌風險危害之崩塌地區位圖

2.第二級中度再崩塌風險危害之區域(A4 及 A5 集水分區)

經彙整評估為第二級中度再崩塌風險危害之崩塌地，共分析有 A4 及 A5 等 2 個集水分區，共 9 處崩塌地，屬河岸型淺層崩塌者計有 1 處，河岸山腹型淺層崩塌者計有 4 處，河岸山腹型深層崩塌者計有 1 處，源頭型淺層崩塌者計有 2 處，源頭型深層崩塌者計有 1 處，共計 9 處；而評估為高度再崩塌風險之崩塌地計有 2 處，中度再崩塌風險之崩塌地計有 5 處，再崩塌風險之可能性較低者崩塌地計有 2 處。本第二級之中、高度再崩塌風險危害崩塌地幾佔有 77.78%。又因近年新生崩塌地幾乎未在此第二級區域(A4 及 A5 集水分區)中發生，因此，其重現崩塌之機率應不至於太高，建議於治理考量上應將此區域之崩塌地治理放在中、後期部份，俾與其他治理項目配合，加成其治理成效。后表 4-67 即將此 2 集水分區之各崩塌地逐一檢討、列表評估所得成果。

表 4-67 第二級中度再崩塌風險危害之崩塌地評估分析表

集水分區	崩塌地編號	坡度(%)	坡度分級	崩塌型式	崩塌面狀態	再崩塌風險	危險度	治理需要性	治理期程建議
A4	崩 3	48.77%	五級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	C	暫緩需要	中後期
	崩 5	53.17%	五級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	C	暫緩需要	中後期
	崩 6	44.52%	五級坡	源頭型深層崩塌	殘土層厚	低	C	不需	中後期
	崩 35	42.45%	五級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	暫緩需要	中後期
A5	崩 1	62.49%	六級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	暫緩需要	中後期
	崩 2	67.45%	六級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	D	暫緩需要	中後期
	崩 4	46.63%	五級坡	河岸山腹型深層崩塌	殘土層厚	低	D	不需	中後期
	崩 7	70.02%	六級坡	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	C	暫緩需要	中後期
	崩 36	70.02%	六級坡	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	D	暫緩需要	中後期

註：上表係經規劃團隊分析彙整。

3.第三級低度再崩塌風險危害之區域(A6 及 A8 集水分區)

經彙整評估為第三級低度再崩塌風險危害之崩塌地，共分析有 A6 及 A8 等 2 個集水分區，共 2 處崩塌地，屬河岸型深層崩塌者計有 1 處，河岸山腹型淺層崩塌者計有 1 處，共計 2 處；而評估為高度再崩塌風險之崩塌地計有 1 處，再崩塌風險之可能性較低者崩塌地計有 1 處。本第三級之中、高度再崩塌風險危害崩塌地幾佔有 50%。又因近年新生崩塌地幾乎未在此第三級區域(A6 及 A8 集水分區)中發生，因此，其重現崩塌之機率應不至於太高，建議於治理考量上應將此區域之崩塌地治理放在中、後期部份，俾與其他治理項目配合，加成其治理成效。后表 4-68 即將此 2 集水分區之各崩塌地逐一檢討、列表評估所得成果。第二、三級中低度再崩塌風險危害之崩塌地區位詳如後圖 4-24。

表 4-68 第三級低度再崩塌風險危害之崩塌地評估分析表

集水分區	崩塌地編號	坡度(%)	坡度分級	崩塌型式	崩塌面狀態	再崩塌風險	危險度	治理需要性	治理期程建議
A6	崩 48	80.98%	六級坡	河岸型深層崩塌	可見露岩	低	D	不需	中後期
A8	崩 47	64.94%	六級坡	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	B	急需	中後期

註：上表係經規劃團隊分析彙整。

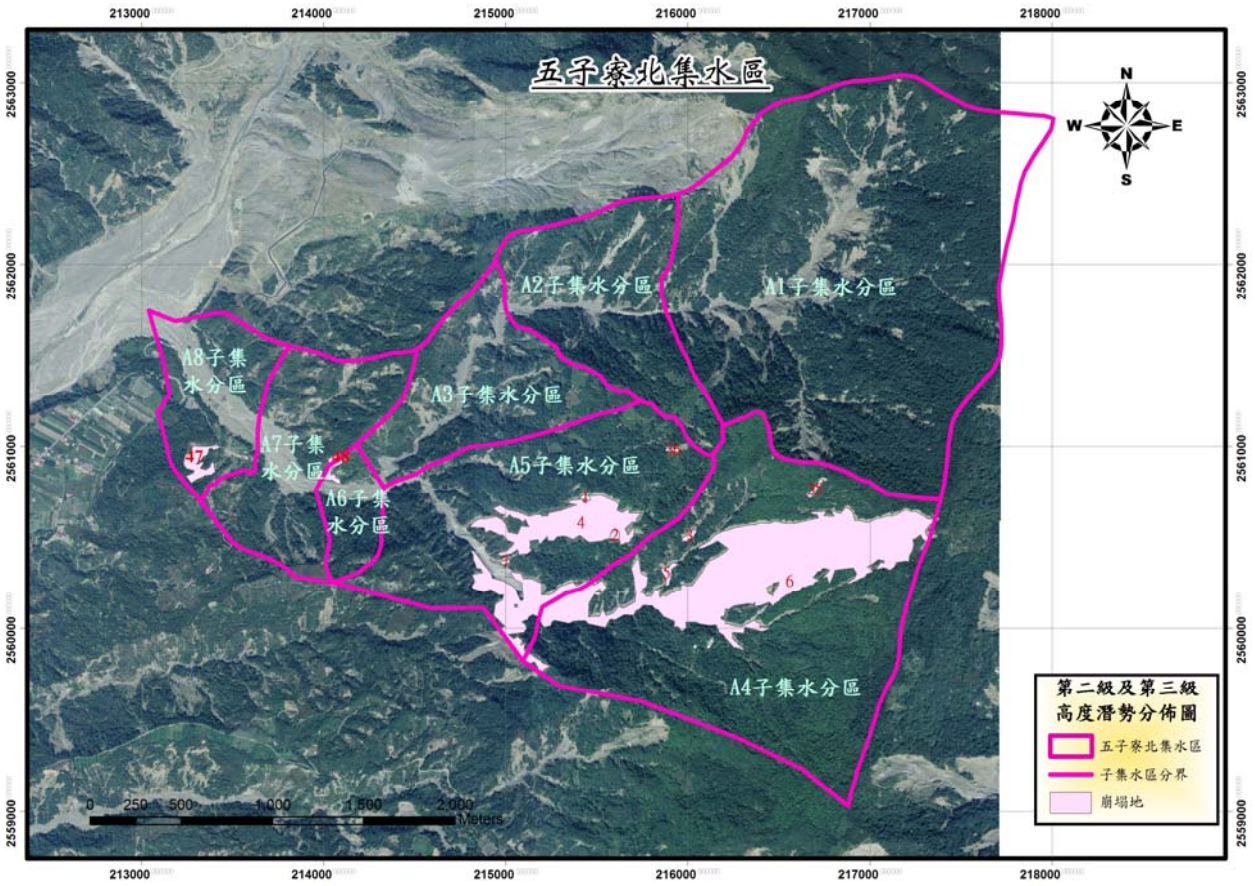


圖 4-24 第二、三級中低度再崩塌風險危害之崩塌地區位圖

4.5.4　河道沖淤問題分析

本調查規劃區內除坡面沖蝕與崩塌問題外，各集水分區所屬溪段河道中之沖淤問題亦是造成區域內土石(砂)災害嚴重之關鍵所在。茲分別說明角埔溪主流溪段集水區(包含A6、A7、A8 集水分區)、角埔溪北支流溪段集水區(包含 A1、A2、A3 集水分區)及角埔溪南支流溪段集水區(包含 A4、A5 集水分區)等三集水區河道沖淤問題癥結如後述：

1. 角埔溪主流集水區(包含 A6、A7、A8 集水分區)

經 4.4.2.5 節之整體土砂收支量估算結果，此集水區內之 A6 集水分區主河道溪床為淤積之情況，淤積土石量為 980,073m^3、A7 集水分區主河道溪床為淤積之情況，淤積土石量為 259,139m^3、A8 集水分區主河道溪床亦為淤積之情況，淤積土石量為 67,940m^3，該角埔溪主河道溪床淤積之主因係為承納來自上游南、北兩支流之下移輸運土石量，而當上游集水分區之土石輸運至此後，溪床突然變緩，其單位河寬河床載啓動流量 qc(cms/m)因大於單位河寬流量 q(cms/m)情況下，致使土砂量容易在此 3 個集水分區域形成淤積之情況，此與現勘調查結果頗為近似。此主流溪段之總淤積量預估尚有 1,307,152 m^3(A6：980,073m^3，A7：259,139m^3，A8：67,940m^3)之量。

2. 角埔溪北支流集水區(包含 A1、A2、A3 集水分區)

經 4.4.2.5 節之整體土砂收支量估算結果，此集水區內之 A1 集水分區主河道溪床為沖刷之情況，沖刷土石量為 957,468m^3，河道有下切、向源侵蝕之虞、A2 集水分區主河道溪床為淤積之情況，淤積土石量為 688,748m^3、A3 集水分區主河道溪床亦為淤積之情況，淤積土石量為 1,652,344m^3，該角埔溪北支流集水區河道溪床於 A1 集水分區之溪段，由於莫拉克與爾後之颱洪產生土石流況之因素，造成該集水分區野溪及沖蝕溝源頭多處崩塌(共 36 處)，崩塌土石混合逕流並順隨河道往下游之 A2 集水分區溪段堆積，由於土壤沖蝕量之部分不足填補歷年之土石沖刷量，故該 A1 集水分區溪床有下切、向源侵蝕之隱憂。而 A2 集水分區之土石淤積主因係為承納來自上游 A1 集水分區之溪段之下移輸運土石量，而當上游集水分區之土石輸運至此後，溪床尚窄，雖其單位河寬河床載啓動流量 qc(cms/m)小於單位河寬流量 q(cms/m)情況下，土砂量仍有動能往下游輸送，惟消化緩慢，容易在此 A2 集水分區形成淤積之情況，A3 集水分區之情況，與 A2 集水分區之情況類似，此與現勘調查結果頗為近似。經估算此角埔溪北支流溪段之總土石收支量仍為淤積之情況，預估尚有 1,383,624 m^3(A1：-957,468m^3，A2：688,748m^3，A3：1,652,344m^3)之淤積量。

3. 角埔溪南支流集水區(包含 A4、A5 集水分區)

經 4.4.2.5 節之整體土砂收支量估算結果，此集水區內之 A4 集水分區主河道溪床為淤積之情況，淤積土石量為 350,369m3，該 A4 集水分區因莫拉克與爾後之颱洪產生土石流況之因素，造成該野溪源頭大崩塌，崩塌土石混合逕流並順隨河道往下游之 A5 集水分區溪段堆積，目前 A4 集水分區之溪段溪床已呈大片岩盤出露之現況，預計除非集水區域內另生大型崩塌地，評估由於崩塌地所產生崩塌土石量再往下游輸送之土石量有限，惟按估算土壤沖蝕量之部份頗大，足以填補崩塌所產生之土石量，故該 A4 集水分區之河段仍呈淤積之狀態。而 A5 集水分區主河道溪床為承納來自上游 A4 集水分區溪段之下移輸運土石量，而當上游集水分區之土石輸運至此後，溪床尚窄，雖其單位河寬河床載啓動流量 qc(cms/m)小於單位河寬流量 q(cms/m)情況下，土砂量仍有動能往下游輸送，惟消化緩慢，容易在此 A5 集水分區形成淤積之情況，此與現勘調查結果頗為近似。經估算此角埔溪南支流溪段之總土石收支量仍為淤積之情況，預估尚有 1,400,416 m^3(A4：350,369m^3，A5：1,050,047m^3)之淤積量。

總體而言，南北兩區之現有溪床仍滿佈淤積土石將近 280 萬方之量(北支流：1,383,624m^3，南支流：1,400,416m^3)，隨時有因颱洪或暴雨之侵襲，逐步下移、輸運至更下游之角埔溪主河道淤積，屆時當造成再下游楠梓仙溪水體之負荷，因此，更應有考量防治土石下移釀災之因應之道。

4.5.5　具土石流潛勢之溪段問題分析

經查本五子寮北調查規劃集水區內於水土保持局「坡地網際網路地理資訊系統」中並無登載為土石流潛勢溪流者，惟經 4.1.3.4 節中推估北支流所屬 A1、A2、及南支流所屬 A4 等 3 個集水分區之 C_D 值(土石流平衡泥砂體積濃度)，分別為 0.324、0.276、0.482，極可能產生土石流況，亦即表示該 3 區之溪段，可能再次因逢颱洪或暴雨之侵襲情況，而產生土石量況之可能。而目前此些溪段尚有大量土石淤積，溪側兩岸邊坡崩塌之情況，當更增加此風險。

由前 3.2.2 節針對本集水區南、北兩條支流之土石流潛勢進行潛在風險評估後，及由 4.1.3.4 節中推估北支流所屬 A1、A2、及南支流所屬 A4 等 3 個集水分區之 C_D 值(土石流平衡泥砂體積濃度)，分別為 0.324、0.276、0.482 情況下，可推估南、北兩支流可能產生土石流況之溪段。由後表 4-69，可探知北支流之土石流可能發生源頭起因於 A1 及 A2 集水分區之上游大面積之崩塌地崩塌土石量(即 P2 點之上游集水區域)，並藉由 P2 點往下游延伸約 700-800m 之溪段作為土石輸送之路徑，並於 P4 點往北支流上游延伸約 300-400m 之溪段作為土石堆積之區域，而南支流同理，其土石流可能發生源頭起因於 A4 集水分區之上游大面積之崩塌地崩塌土石量(即 P3 點之上游集水區域)，並藉由 P3 點往下游延伸約 700-800m 之溪段作為土石輸送之路徑，並於 P4 點往南支流上游延伸約 200-250m 之溪段作為土石堆積之區域，南、北兩支流之各溪段土石流流況另詳後圖 4-25。

表 4-69 南、北支流具土石流潛勢之溪段評估分析表

支流名	集水分區	溪段縱坡(%)	崩塌地面積(ha)	再崩塌風險評估	土石流平衡泥砂體積濃度 CD 值	預估可能產生土石流況之溪段		
						源頭發生段	土石輸送段	土石堆積段
北支流	A1	24.4	38.73	高	0.324	P2 點上游之溪段	P2 點往下游延伸約 700-800m 之溪段	P4 點往北支流上游延伸約 300-400m 之溪段
	A2	21.91	1.01	高	0.276			
南支流	A4	31.01	73.12	低	0.482	P3 點上游之溪段	P3 點往下游延伸約 700-800m 之溪段	P4 點往南支流上游延伸約 200-250m 之溪段

註：上表係經規劃團隊分析彙整。

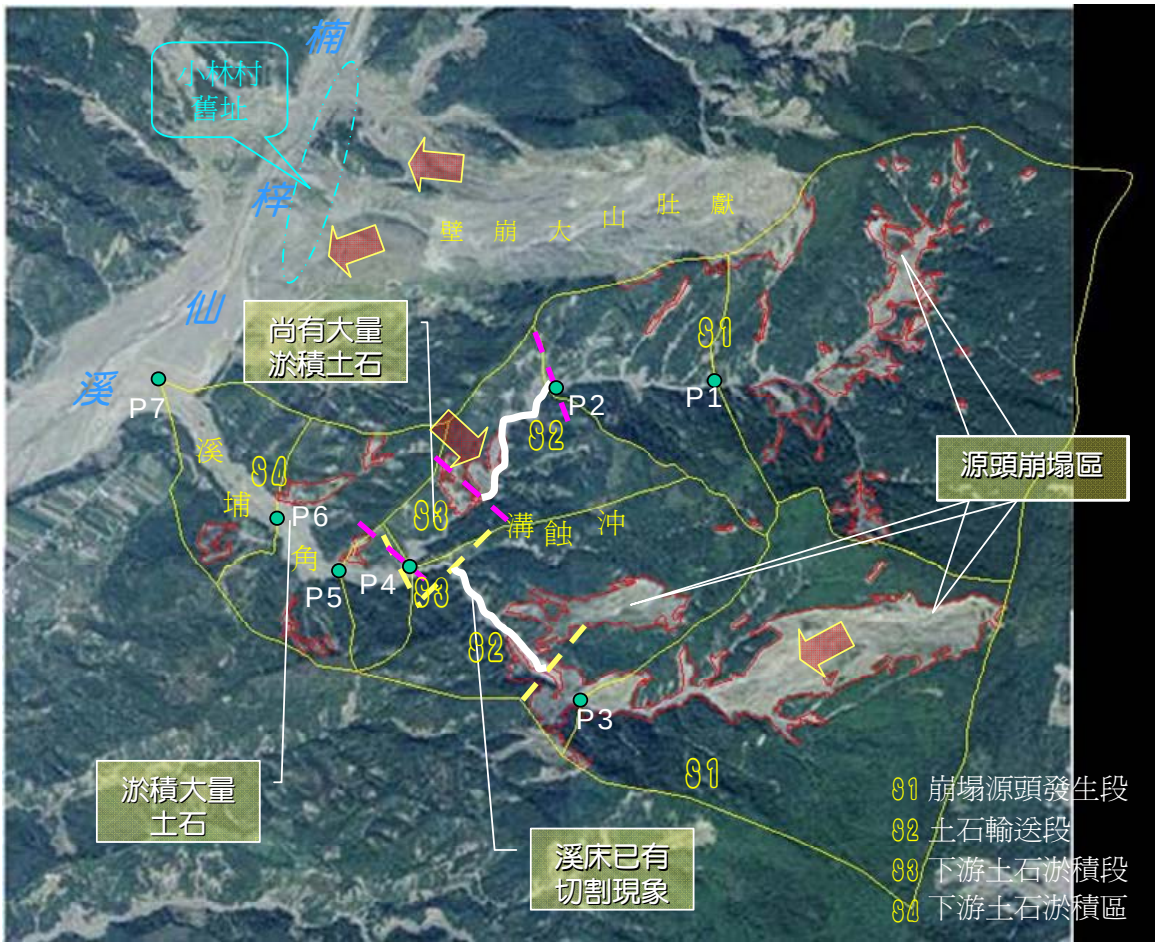


圖 4-25　南、北支流具土石流潛勢之溪段土石流況判釋示意圖

土石流潛勢溪流整治主要係由上、中與下游依土石流發生原因進行整體治理工作，始收成效；因此本調查規劃工作將針對土石流潛勢溪流之特性由上而下擬具個別治理構想，惟基本原則摘要如後述，俾引為治理參據：

1. 上游源頭之崩塌地崩塌坡面應加強保護並控制上游源頭崩塌的持續，當視崩塌現場之狀況並配合環境之需求，針對崩塌基腳必須保護穩固，防治淘空或破壞。攔阻並控制土石持續下移之情況及崩塌坡面保護並敷設排水，穩定崩塌後之邊坡。
2. 土石輸送段治理重點應防止溪床受土石流量產生縱向刷深現象，而持續增加土石料源帶往下游堆積而生災情之狀況；因此可配合設置橫向構造物如固床工、跌水工、梳子壩或潛壩等俾減緩溪床坡度減降流速。
3. 下游土石堆積段之治理構想，原則應就過多之堆積土石檢討溪岸之保護需求，進行必要性之土石清疏作業。俟溪床穩定後，再進行相關整流、生態之改善。

4.5.6　林班道路水土保持問題分析

有關本五子寮北調查規劃集水區內林班道路水土保持之問題，主要還是在因集水區內產生土石流流況、崩塌災害及沖蝕溝影響，而致既有林道遭截斷、損毀或路基淘空陷落之情況，比比皆是，目前尚看的到之區域內林班道路遺跡，主要自角埔溪主支流匯口起，尚留有往上游集水區之一條巡山道路可供通行，惟此條林班道路沿線可行進之長度不長，約行進 200m 左右即出現道路崩塌之情況而遭截斷。其林班道路水土保持之情況可見一斑，目前該條林班道路已無人跡，惟若擬仍設定為巡山利用之途，則建議應整條林班道路重新規劃修復之道，目前評估暫無其迫切性。而位於整體集水區下游左岸之私地(非屬林班)少部分農路路段仍具有加強水土保持之需求及提昇道路導排水之功能，此些農路路段主要因雨水逕流沖蝕而造成路面及下邊坡損壞之情形，且大部分農路道路排水設施不足，道路兩側未設置排水溝，多處路面於大雨來時，易成過水路面，土石漫溢，破壞道路基腳，應謀改善措施。建議於道路縱陡坡之路段或遇轉彎路段加設橫向截流溝俾配合既有道路排水系統導除路面逕流至主流溪溝中，設施詳圖 4-26。

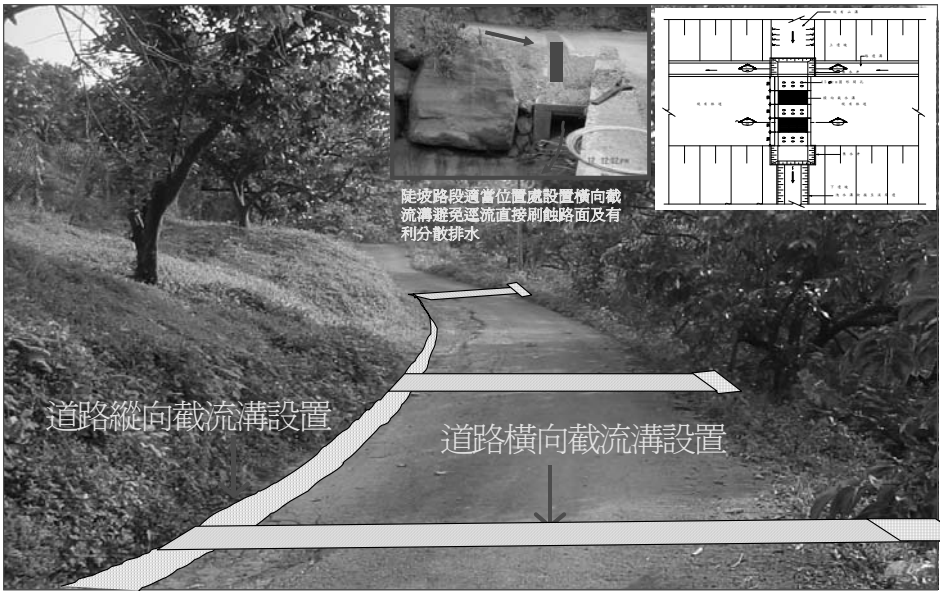


圖 4-26 道路水土保持處理示意圖

4.5.7　易淹水問題分析

經由 4.3.1 節水理分析結果，在設計洪峰流量下之各斷面水面高程，無論是在清水流量、含砂 10%流量或含砂 30%流量情況下，均遠比其左、右岸之岸高低很多，詳後 4-70 表列說明，亦即無論在角埔溪主流下游溪段、北支流溪段或南支流溪段，均無水流漫淹

之情況與機會。

表 4-70 角埔溪主、支流各情境洪峰水深與岸側高程關係列表

斷面編號	樁位編號	左岸高程(m)	右岸高程(m)	水面高程(m)	清水流量情況		含砂 10%流量情況		含砂 50%流量情況	
					左岸高-水面高(m)	右岸高-水面高(m)	左岸高-水面高(m)	右岸高-水面高(m)	左岸高-水面高(m)	右岸高-水面高(m)
1	主流 0k+000	396	398	388.82	7.37	9.37	7.34	9.34	7.18	9.18
2	主流 0k+122	402	403	393.9	8.29	9.29	8.25	9.25	8.1	9.1
3	主流 0k+215.4	405	407	397.56	7.56	9.56	7.54	9.54	7.44	9.44
4	主流 0k+298.8	408	410	401.08	7.17	9.17	7.12	9.12	6.92	8.92
5	主流 0k+386.6	410.6	412.6	403.06	7.68	9.68	7.65	9.65	7.54	9.54
6	主流 0k+466.6	416.6	418.6	409.51	7.28	9.28	7.24	9.24	7.09	9.09
7	主流 0k+545	419.2	421.2	411.77	7.57	9.57	7.54	9.54	7.43	9.43
8	主流 0k+619	423.4	425.4	416.11	7.43	9.43	7.4	9.4	7.29	9.29
9	主流 0k+704.6	429.4	431.4	421.78	7.7	9.7	7.68	9.68	7.62	9.62
10	主流 0k+770	436.4	438.4	429.45	7.19	9.19	7.14	9.14	6.95	8.95
11	主流 0k+835.8	439.4	459.1	432.71	6.92	26.62	6.87	26.57	6.69	26.39
12	主流 0k+898.8	448.8	466.6	435.87	13.17	30.97	13.11	30.91	12.93	30.73
13	主流 0k+983.8	490.6	468.5	443.24	47.62	25.52	47.57	25.47	47.36	25.26
14	主流 1k+052.8	492	457.2	448.38	43.9	9.1	43.84	9.04	43.62	8.82
15	主流 1k+109.8	541.8	467.2	454.97	87.3	12.7	87.23	12.63	86.83	12.23
16	主流 1k+177	504.2	494.2	459.86	44.73	34.73	44.66	34.66	44.34	34.34
17	主流 1k+225	511.4	540.2	465.83	46.05	74.85	45.95	74.75	45.57	74.37
18	主流 1k+288.6	507.8	520.4	470.59	37.47	50.07	37.42	50.02	37.21	49.81
19	主流 1k+340.6	521	489.4	473.17	48.3	16.7	48.2	16.6	47.83	16.23
20	主流 1k+397.6	528	494.2	476.07	52.36	18.56	52.27	18.47	51.93	18.13
21	主流 1k+475.8	541.6	527.5	484.77	56.93	42.83	56.91	42.81	56.83	42.73
22	主流 1k+536.6	557	523	490.28	67.29	33.29	67.17	33.17	66.72	32.72
23	主流 1k+668.6	566	512	497.24	69	15	68.95	14.95	68.76	14.76
24	主流 1k+710.4	520	542	499.27	20.87	42.87	20.84	42.84	20.73	42.73
25	主流 1k+772.8	524	564	502.3	22.12	62.12	22.03	62.03	21.7	61.7
26	主流 1k+871.8	533	513	506.63	26.95	6.95	26.83	6.83	26.37	6.37
27	主流 1k+931.6	524	531	508.32	16.03	23.03	15.95	22.95	15.68	22.68
28	主流 2k+057.6	530	572	519.51	10.77	52.77	10.71	52.71	10.49	52.49
29	主流 2k+150.6	552	578	524.49	27.86	53.86	27.78	53.78	27.51	53.51
30	主流 2k+199	591	625	526.14	65.12	99.12	65.07	99.07	64.86	98.86
31	主流 2k+249.2	550	625	531.68	18.74	93.74	18.65	93.65	18.32	93.32
32	主流 2k+345.2	576	552	536.47	39.69	15.69	39.65	15.65	39.53	15.53
33	支流 0k+082.4	505	566	497.06	8.42	69.42	8.32	69.32	7.94	68.94
34	支流 0k+121	516	569	496.62	19.58	72.58	19.54	72.54	19.38	72.38
35	支流 0k+199.8	520	569	502.16	18.22	67.22	18.14	67.14	17.84	66.84
36	支流 0k+224.8	546	583	510.71	35.57	72.57	35.51	72.51	35.29	72.29
37	支流 0k+268.8	545	583	512.71	32.6	70.6	32.54	70.54	32.29	70.29
38	支流 0k+335	542	585	517.31	25.05	68.05	24.97	67.97	24.69	67.69

備註：上述資料成果係由規劃團隊以 hec-ras 進行演算分析所得成果，並予彙整。

4.6　治理對策擬定

經過初步勘查本五子寮北集水區(旗山事業區 21-23 林班)內之土砂災害分佈情形後，可探知本計畫區域之主要土砂致災原因包含有(1)崩塌、(2)河道淤積、(3)土石流土砂災害、(4)土石流失等問題，因此治理上應針對重點致災點施行處理或整治(含崩塌地、野溪坑溝、部份林間道路..等)工作，並對林班道路水土保持及排水路通洪流量進行檢算，俾以減少土石災害、水患發生及對當地保全對象之影響。經現場初步調查及初步水理分析後，就集水區內相關致災區域研擬治理之對策。

相關整治對策及工法，在安全無虞的情況下，將採取生態工法進行，以降低對自然環境及生態的衝擊。治理內容包括含崩塌地處理、防砂治水、林班道路水土保持、坡地水土保持及其他等。其對策說明如后述：

4.6.1　崩塌地治理

4.6.1.1　崩塌地防治工程

崩塌地處理係以防止和控制崩塌之發生，減輕或消除其所造成之災害，維繫水土資源之有效與永續利用為目的，治理方法依引起崩塌之原因可分為消除崩塌誘因及增加抵抗崩塌阻抗力兩類，處理對策大致可分為抑制工程與抑止工程兩類，抑制工程係將造成邊坡不穩定因子消除之處理方法，係以改變邊坡之地形或地下水等自然環境條件來穩定邊坡之各種工程設施，如整坡、排水等。抑止工程係指以工程結構物抑止邊坡滑動之處理方法，如打設止滑樁、防砂壩等，依崩塌地發生機制與規模，研擬適當之抑制工程及抑止工程。

崩塌地防治工法之選擇，主要係依據破壞體主測線之地層剖面穩定分析結果來決定。一般而言，防治工程之組合，除了應考慮其經濟性外，整個計畫之即效性亦不容忽視。防治功效之顯現常隨著對策工法或自然環境之不同而會有快慢之差別。因此，規劃防治工程時，宜先依據調查結果，瞭解其發生機制後，再選擇最有效而經濟之工程組合。一般常用之崩塌地防治工程如下：

- 抑制工程
  - 地表排水工程(滲透防止工程、排水溝)
  - 地下水排除工程
    - 深層地下水排除工程(橫向排水孔、集水井、排水廊道)
    - 淺層地下水排除工程(暗渠、橫向排水孔、地下水截斷工程)
  - 挖方工程

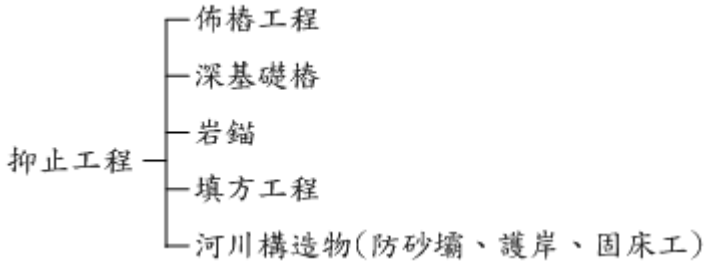


圖 4-27 崩塌地防治工法種類一覽分類圖

4.6.1.2　崩塌地防治工程之規劃原則

1.針對發生機制選擇適當工法。

2.防治工程應以抑制工程為主，而抑止工程係用以穩定較小之崩體，以防民房或重要設施直接受損。

4.6.1.3　崩塌地防治工法

1.地表排水工程

通常使用排水溝，以儘速攔截地表逕流，並排放至安全場所，藉以降低地表滲透量。排水溝面宜採用不透水之鋪面，而在可能發生地滑處，宜採用柔性可繞區構造物，以防地滑造成排水溝斷裂或變形。此外，可在地表面採取滲透防止工程，包括以粘土輾壓覆蓋表土，或鋪設塑膠布、瀝青等不透水材料。

2.地下水排除工程

地下水排除工程有暗渠、橫向排水孔、集水井、地下截水工程等，用以收集地下滲流或排除地下水。暗渠工程宜置於滑落崖下部之地形變化處，及坡面凹陷部等地表水易於蓄集水處。橫向排水孔乃利用鑽孔排水，其鑽孔仰角常大於 5°(使地下水能自然流出為原則)，並儘可能貫穿含水層。此外，通常亦依據地下水調查狀況，配置集水井。必要時得以排水廊道配合排水孔之佈設，排除深層之地下水。

地下水截水工程常利用版樁或灌漿，將崩塌地以外之淺層地下水加以攔截，再利用暗渠將其導至地表排除之。

3.挖方工程

挖方工程應以減輕崩塌驅動力，且不影響挖方區上部邊坡穩定等施作原則，來決定挖方深度。通常開挖成階段式之坡面，以避免邊坡過長，且坡面應加以保護。

4.填方工程

填方工程係於滑動區之坡趾，藉填方荷重以增加對土體破壞之抗滑力，惟應以

不影響下邊坡之穩定為條件，同時其基礎不得因填土而發生破壞，且在填土前，必須將植生清除乾淨。坡面之處理，一般依現場需要，在坡趾以工程方法穩固之，再配合縱橫向排水溝，並實施坡面植生綠化，以及妥善之管理維護。

5.擋土工程

擋土工程種類繁多，設置地點以不因挖掘基礎而誘發地層滑動之處為原則，且擋土工程之位置不宜設在破壞面可能通過之上方區位。

6.一般打樁工程

樁之種類有鋼管樁、合成樁、H 型鋼樁及鋼筋混凝土樁等。樁的位置應選在下側邊坡能提供足夠地盤反力之地層上。

7.坡面保護

常同時配合採用植生方法與工程方法，利用植生之根系加勁土層並提高邊坡之穩定性，以及利用植生來保護坡面防止沖蝕之發生，進而降低表土沖蝕引起土壤結構之鬆散或不穩定。

8.基地土質改善

可用生石灰工法、電氣滲透排水工法等方法，改良土壤之理化性質，促進土壤之壓密作用，提高土壤之抗剪強度。

4.6.1.4　崩塌地防治工程對策

本計畫區之崩塌地治理目的為降低泥砂產量、穩定邊坡以減少溪流之土砂災害及保護保全對象之安全為主；並考量現地地形、面積大小、致災原因、現況等因素後，並參酌前述整治方法後，逐一考量，說明如后：

說明：經實地勘查五子寮北集水區(旗山事業區 21-23 林班)內之崩塌地後，主要可將之類分為三種類型，即源頭崩塌、土層沖蝕及溪岸沖蝕崩塌等三類；為避免崩塌坡面因豪雨沖蝕而再次崩塌且造成下游之災害，應有防堵土石崩落及源頭處理之防治策略。針對崩塌地之治理要素，提具重點如後：

1. 消除誘因：

主要功能為改變坡面幾何形狀及降低水壓力之作用以消除導致崩塌之誘因，其方法如下：

(1) 坡面整理：規劃適當挖填土方工程，並減少自重之影響，形成穩定之坡面。

(2) 地下排水工程：規劃適當之地下排水工程，以降低滑動體之含水比、孔隙水壓，

如暗渠、橫向排水孔、集水井等。

(3) 地表水排水工程：對於有雨水滲透、沖蝕誘發滑動及造成表面沖蝕之可能者，規劃適當之地表排水工程，以減少表面沖蝕、滑動面滑動力、降低地下水壓力，如截洩溝、縱橫向排水溝、滲透防止工程等。

2. 增加內抗力：

可做適當之土壤改良以增加內抗力，但較有效的方法是以工程構造物來增加安定性，以避免崩塌發生。

(1) 重力式擋土牆：利用本體重量來攔阻天然或填築之土石、砂礫等物質，於坡腳所構築混凝土構造物。

(2) 箱型石籠：利用本體重量抗制滑動，施設於坡腳之天然石礫構造物，本身因透水性佳，製作快速，常用於地滑或崩塌地邊坡穩定緊急處理之用。

3. 植生處理：

植生處理前，應先施作植生基礎工程，以形成良好植生基盤後，再以人為方式導入適生植物，並加強覆蓋，以增加成功率，並可用草溝、打樁邊柵、噴植草籽植生、苗木植生等方式處理崩塌地，請詳圖 4-28。

對策：依據上述之崩塌地類型，經本公司檢討應用治理構想如后：

1. 源頭崩塌：經觀察源頭崩塌地之狀況後，大量源頭崩塌土石多已崩落溪床，目前裸露之崩塌面亦多有岩盤出露，初步評估應可漸行穩定，且在集水區下游之保全對象甚少情況下，建議以自然復育方式，使上游集水區恢復生機。惟因水流強力的切割作用下，溪床縱向切割之隱憂仍然存在。因此，為防制此災害持續，建議仍應於上游溪段及源頭段溪段設置大型防砂措施，俾以防制尚遺留上游溪床之土砂下移及溪床縱向切割之危害。詳參圖 4-29、4-30。

2. 兩側岸邊坡崩塌：部分崩塌土坡面建議可以使用綠化植生工法，例如打樁編柵植生或綠化植生配合坡面縱、橫向截流溝之設置，達成導除坡面逕流之功效與目的。另新生較大型蝕溝之控制可逐段設置橫向柵欄工(可利用現場遺留原(杉)木編柵)攔阻土石下移並防止縱向刷深效應，詳參圖 4-31。而崩塌坡面新生小型沖蝕溝者，可配合施做噴漿溝所構成之坡面截流系統，截取坡面逕流並安全的導排至下邊坡溪床排水，詳參圖 4-32。

3. 溪岸沖蝕崩塌：此類崩塌係因邊坡基腳受水流長年沖刷所造成，應著重護岸基腳之保護措施施設為主，可延伸護岸基腳深度與增加其強度，詳參圖 4-33。

由於計畫區崩塌地多分佈在施工機具不易到達處，治理上依其保全對象、土砂災害情形及施工難易度擬定處理順序：

1. 崩塌地下游具有重要保全對象，優先進行崩塌坡面處理，以加速坡面穩定。
2. 崩塌地土砂災害嚴重，大量土砂下移會影響下游河道穩定，影響河道排洪效果，或形成土石流等災害者，進行崩塌地穩定防止裸露表土面積持續擴大。
3. 在集水區上游源頭因交通困難及保全對象較不顯著，直接治理效益不高，可暫不處理。

治理上，主要針對道路及河岸邊坡崩塌地，和其所衍生之不穩定土砂進行處理，以恢復坡面植生、維持坡腳之穩定，避免坡面持續遭受沖刷。對於大面積土體滑落者，一般治理上以截排水及及恢復坡面植生為主，規劃進行坡面整坡，移除不穩定土砂，設置縱橫向排水設施。坡面植生以打樁編柵方式進行，先以植草恢復坡面植生覆蓋，改善坡面沖刷清形，後續則導入灌木與喬木等深根性植生予以強化保護。對於因坡面覆蓋不佳，造成坡面沖刷崩塌，規劃進行坡面整坡，消除蝕溝後，以打樁編柵方式進行坡面植生，並於坡面設置截排水設施。而為降低洪峰流量，可於裸露地實施造林，森林可以緩和洪水期之尖峰流量，而增加枯水期的逕流量，坡面植生可以增加地面粗糙率，降低地面逕流水之流速，促使到達地表之雨水滲入土中，以減少地面逕流。

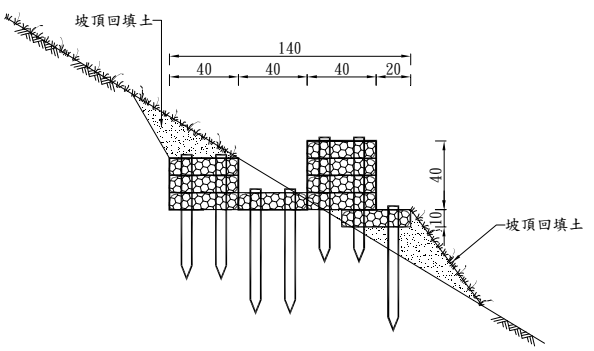






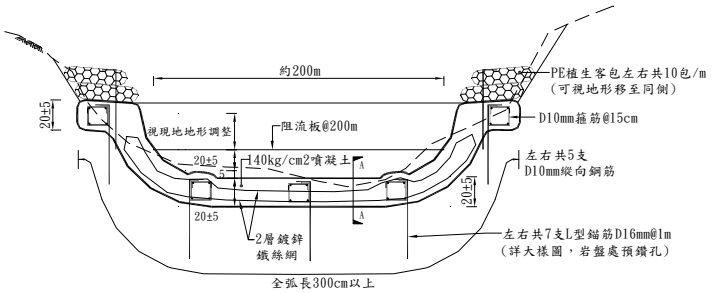




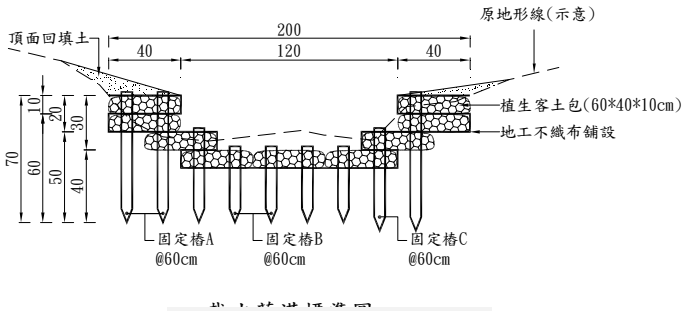


橫向截流草溝斷面詳圖

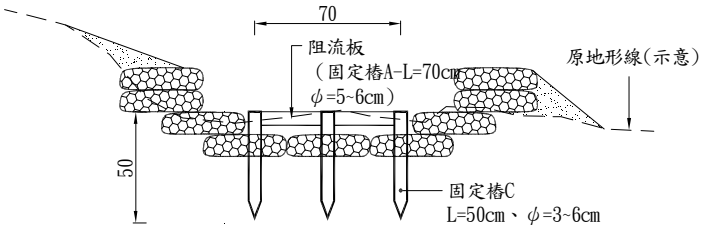
A3=1:30



噴凝土大縱溝剖面圖



截水草溝流路段標準圖



截水草溝阻流板立面詳圖

截水草溝阻流板立面圖詳圖

圖 4-28　應用植生方法處理崩塌地構想圖

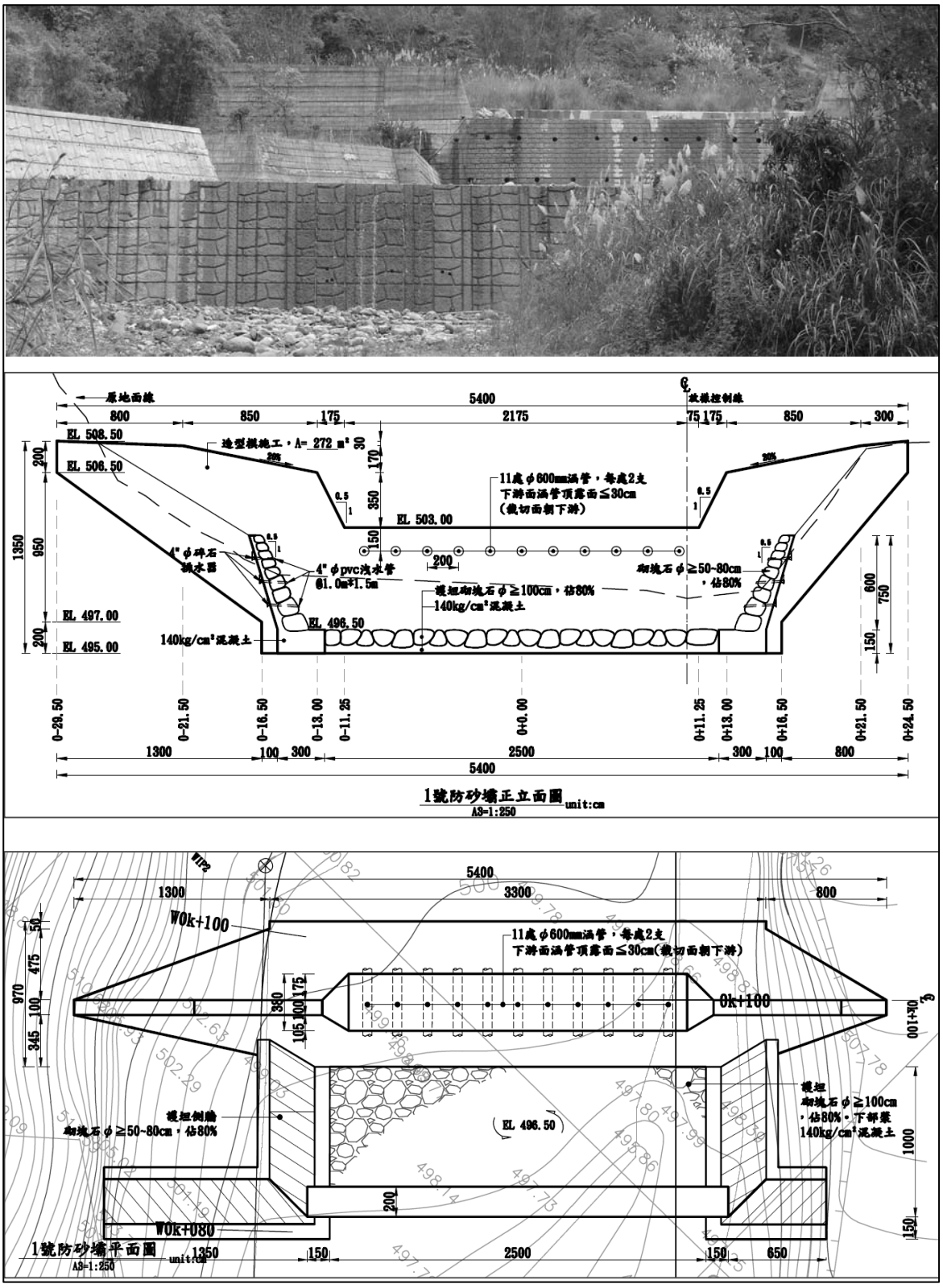
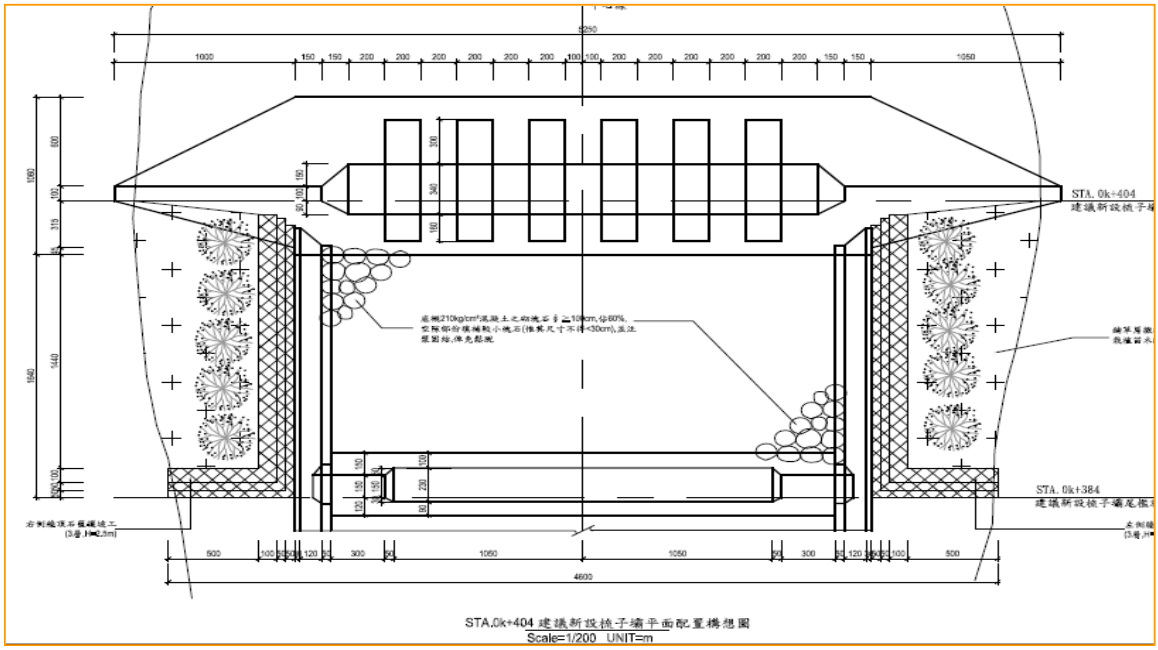


圖 4-29 源頭防砂構造措施構想圖(傳統防砂壩措施)





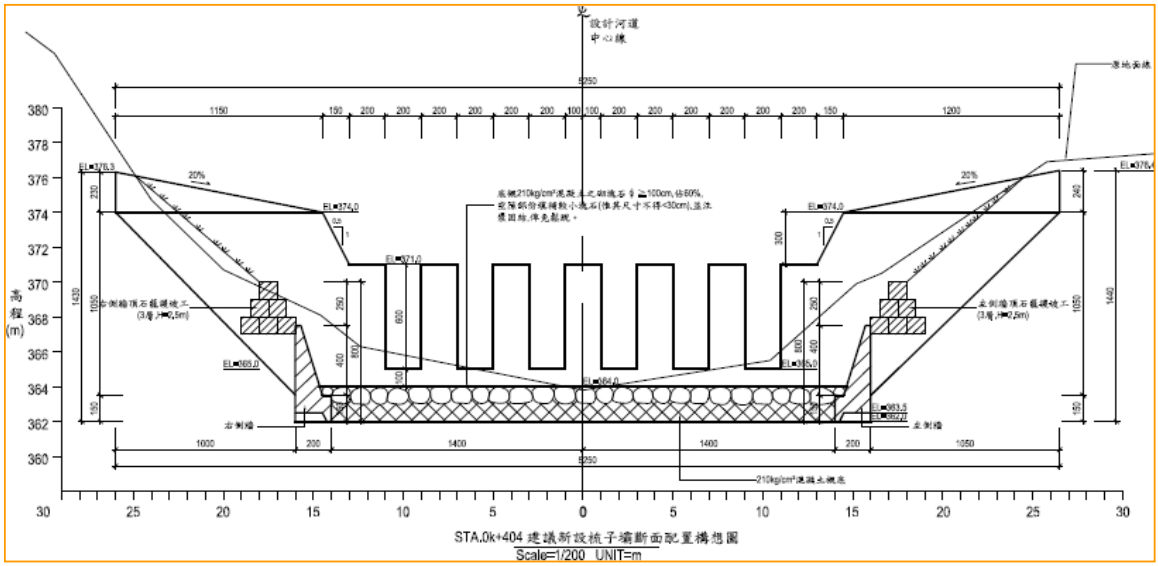
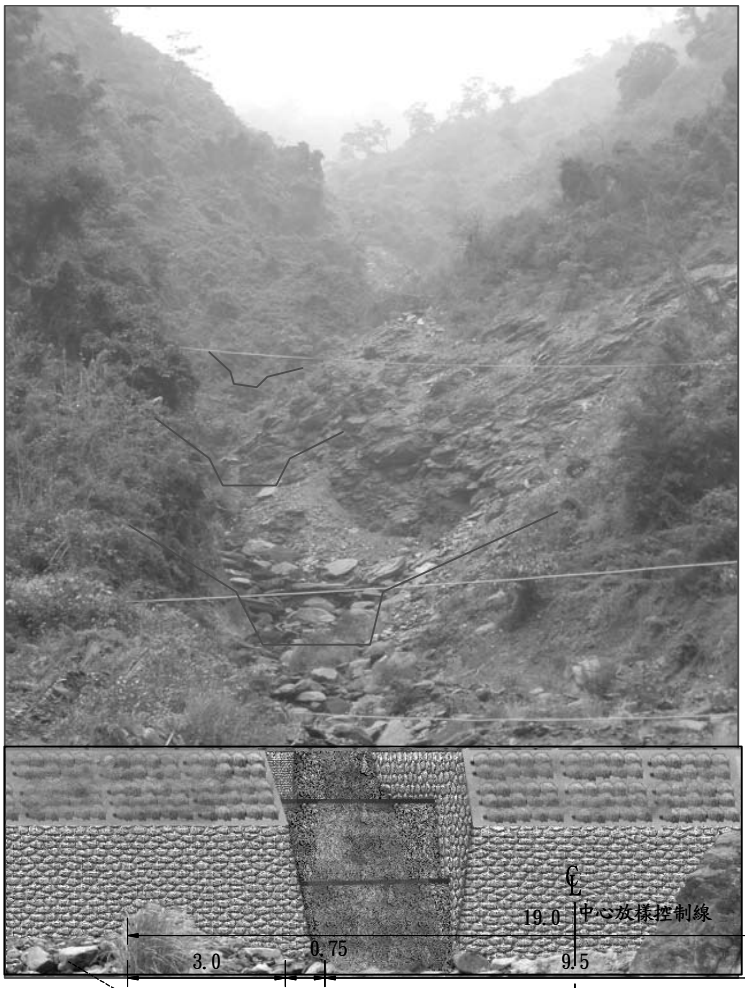


圖 4-30 源頭防砂構造措施構想圖(梳子壩措施)



工法說明

1. 沖蝕溝(支流)匯入主流處，建議設置1座防砂壩，俾防制主流清淤後再受支流下移土石危害。

2. 由匯流口往支流源頭上溯，於適當位置增設節制壩3～4座，俾防制沖蝕溝持續縱向切割刷深及向源侵蝕。

3. 蝕溝兩側崩塌崩坡面團粒噴植及綠化植生造林，俾穩定崩塌坡面。

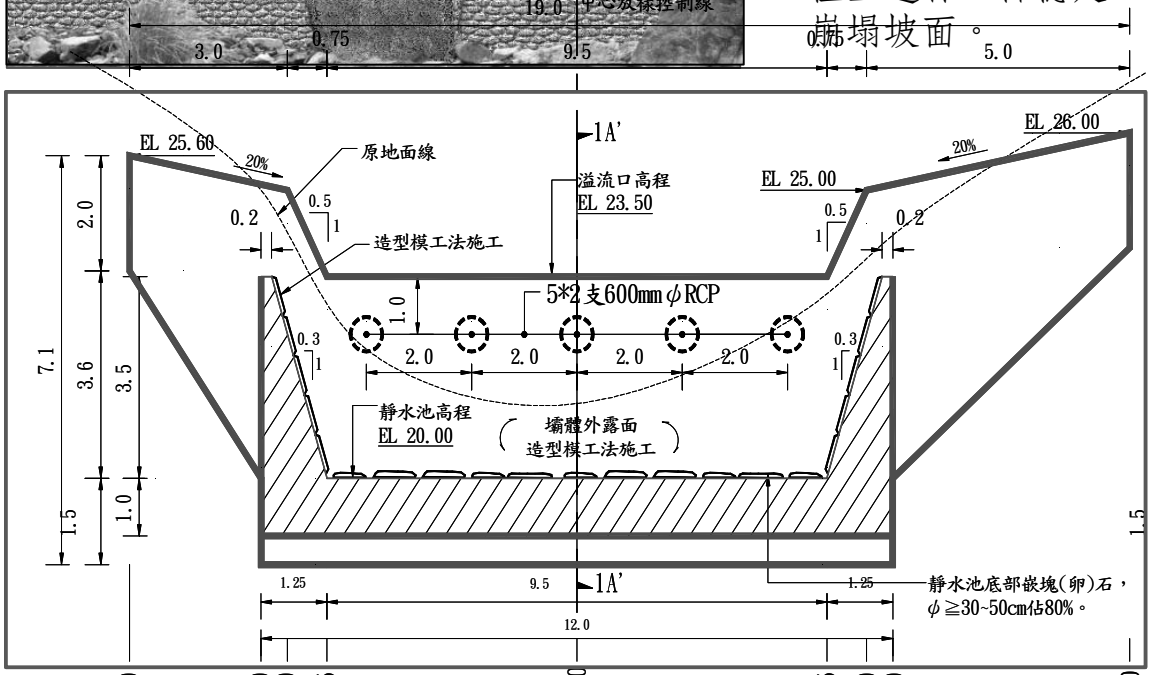


圖 4-31 較大型蝕溝控制工法示意圖

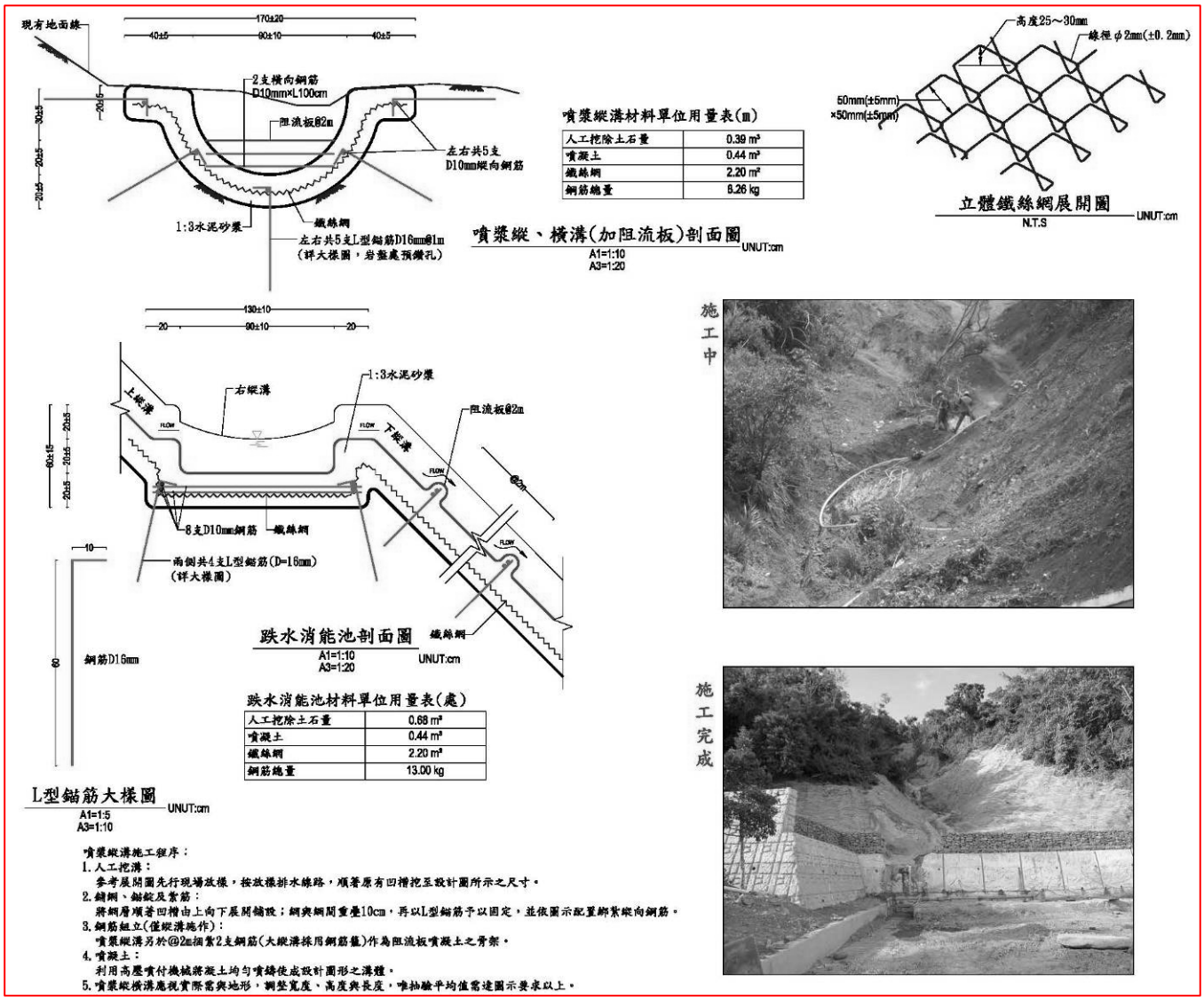


圖 4-32 小型蝕溝噴漿溝控制工法示意圖

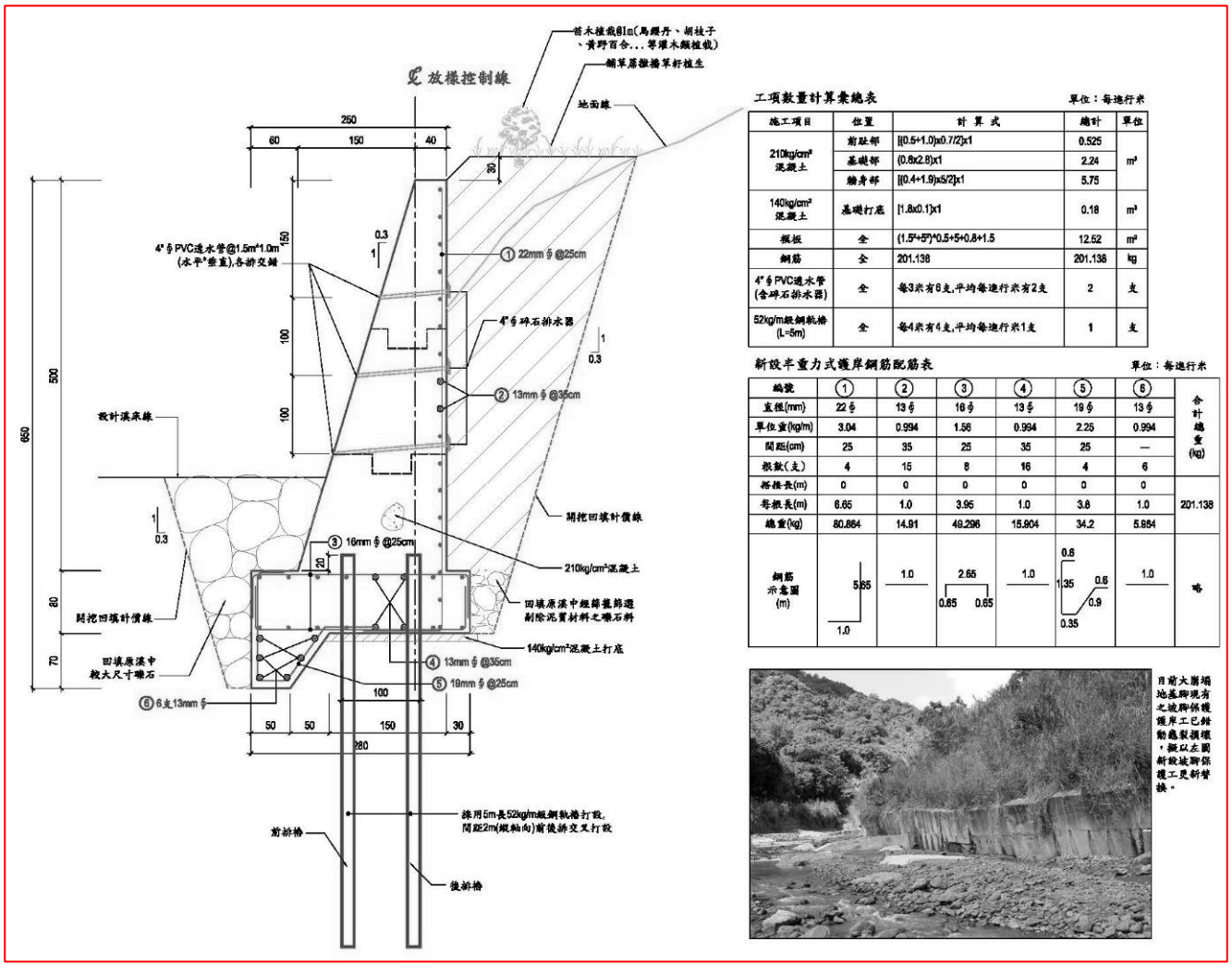


圖 4-33 崩塌岸坡穩固基腳工法示意圖

4.6.2 具土石流潛勢之溪段暨野溪之土石抑制與整治

說明：經查此五子寮北集水區(旗山 21-23 林班)之主要水系-角埔溪，並無登載為土石流潛勢溪流，惟目前初步勘查此集水區之主流現況，溪床土石沖淤情形明顯且嚴重，上游源頭崩塌地由衛星影像判釋結果，其所佔面積寬廣，中、下游溪段有大量土石淤積，應儘速研擬對策進行整體規劃整治。土石流治理措施，主要可分為工程及生物措施，而其治理工程之種類、項目及其主要作用，則詳表 4-71 土石流防治對策，其中，攔擋工程中之非透過性壩體可詳前圖 4-29。

表 4-71　土石流防治對策

對策種類		工程種類	項目	主要作用
治理措施	工程措施	攔擋工程	非透過性壩體	防砂、穩坡、護坡、降坡
			透過性壩體	攔粗排細、減勢、固床、降坡
		固床工程	系列固床工	穩固底床、防治沖刷下切
			潛壩系	穩固底床、防治沖刷下切
		護岸及護坡工程	護坡工	控制坡面蝕溝發生及發展，降低坡面土砂生產
			護岸工	加固河岸坡腳，免遭淘刷
			源頭處理	減少崩塌及土砂生產
		截排水工程	截水溝	攔截崩塌土體上方逕流，降低土砂生產
	生物措施	造林	恢復森林植被	控制沖蝕、減少水土流失、防止沖蝕、涵養水源、減少地表逕流、攔蓄土石。

資料來源：由規劃團隊彙整。

對策：針對五子寮北集水區(旗山事業區 21-23 林班)內之溪流特性由上而下擬具治理構想，惟基本原則摘要如後述，俾引為治理參據：

1. 土石發生段之土石料源主要來自上游源頭及兩側邊坡之崩塌。為保護並控制上游源頭及兩側邊坡崩塌的持續，當視崩塌現場之狀況並配合環境之需求，於崩塌源頭下游側施以橫向控制構造設施及崩塌邊坡基腳處施以護岸保護，攔阻並控制土石持續下移之情況及採崩塌坡面順導排水方式穩定崩塌後之邊坡。
2. 土石輸送段治理重點應防止溪床受土石流量產生縱向刷深現象，而持續增加土石料源帶往下游堆積而生災情之狀況；因此可配合設置橫向構造物如固床工、跌水工、梳子壩或潛壩等俾減緩溪床坡度減降流速。
3. 至於本五子寮北集水區(旗山事業區 21-23 林班)主支流野溪下游土石堆積段之治理構想原則仍應就清疏淤積土砂石為主。惟因楠梓仙溪於近幾年度持續進行溪床清疏之因素，直接影響本角埔溪下游溪床之升降變化結果。因此，若直接辦理清疏工程作業，恐施工期程間溪床地形之變化，會影響施工放樣及清疏斷面控制之準確性，難按契約圖說施做，即使過程中可進行變更，亦無法確切掌握工進，殊不可行。建議可以較為彈性施做之開口契約方式，通知開口標承包廠商進場施行河道清疏作業，彈性又方便。清疏作業詳參圖 4-34。



步驟 1：針對清疏區擬定河道中心線，並標定清疏範圍線



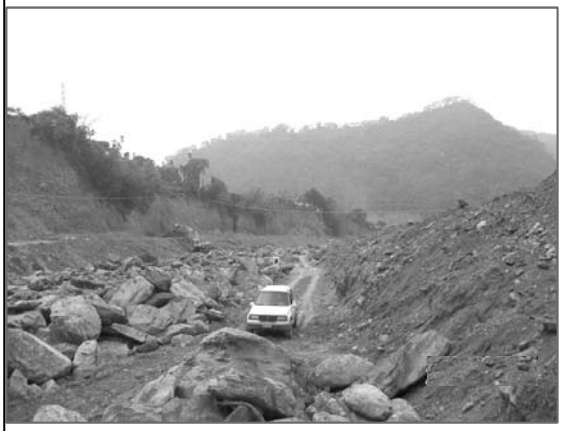
步驟 4：完成整體流路開鑿施工，篩選溪床塊石準備坡腳保護作業



步驟 2：進行清疏區域土石方開挖深槽作業，土石方安置兩側高灘



步驟 5：開挖邊坡坡腳保護砌石施工，並隨時調整坡腳線，符合圖說規定



步驟 3：按設計圖說進行清疏區域兩側開挖坡坡度斜率修築作業



步驟 6：檢測清疏高程，並完成整體溪床清疏及坡面整坡壓實處理作業

圖 4-34 下游溪段土石清疏作業構想圖

4.6.3　林班道路水土保持

說明：經查此五子寮北集水區(旗山事業區 21-23 林班)內除於下游溪口與之相交之台 21 線及通往鄰宅之一小段農路(約 800 公尺長)外(非屬林班地)，先前之林班道路因風災侵襲破壞影響，部份已遭截斷(98 年莫拉克風災時之災害影響)，目前區內通行至中上游集水區及林班地較為困難。若欲往中上游集水區域及林班地，仍需藉由溪床之便道通行。

對策：依據調查結果，林班道路致災原因計有邊坡崩塌、河道土砂溢流破壞，坡面蝕溝流出及道路排水不良等。林班道路上邊坡常因土體滑動崩落而使道路阻斷，其處理對策以邊坡穩定處理手法為主，對於土砂溢流，其處理對策以野溪整治手法為主，而坡面蝕溝引起側溝刷深加大，可以蝕溝治理，設置節制壩及縱橫向排水來處理。本計畫就集水區內之林班道路以目前急需改善或加強水土保持處理者為對象，主要項目有邊坡穩定、排水、橋涵、路面處理、行車安全設施等進行考量規劃。其治理方法如下述，並彙整如表 4-72 說明：

1. 林班道路上邊坡崩塌對道路之破壞

■ 道路上邊坡受人為或自然因素影響在外營力激發(地震或豪雨作用)之下，常因土體滑動崩落而使道路阻斷，其處理對策將以邊坡穩定處理手法為主，處理方式可以較偏向工程方法或較偏向生態之植生方式進行。至於上邊坡岩石墜落對林區道路危害之處理方式，應視邊坡崩塌機制選擇適當之處理工法，若屬小規模落石，可採防止落石發生之工法或採捕捉落石之方法處理，明隧道亦為破碎帶經常崩塌區路段適當之處理方式；若屬岩楔破壞則應尋得關鍵岩楔，經穩定分析後以適當之岩釘或岩栓錨定；若屬平面滑動則應儘量避免砍斷坡腳。

2. 林班道路下邊坡崩塌對道路之破壞

■ 道路下邊坡崩塌對道路之破壞，主要為造成路基流失，因此除了上述之處理對策以外，治標方式可包括加深路基基礎甚至採用深基礎，治本方式則可採蝕溝控制與河岸保護之相關工法以避免降低下邊坡之穩定性；除此之外，林班道路排水之改善對於道路下邊坡之穩定亦相當重要。

3. 坡面蝕溝流出對道路之破壞

■ 坡面蝕溝與道路交會處，常因排水設施不良，直接造成沖毀、淤埋道路路基或順道路縱向沖刷，治理上應依蝕溝有效集水面積估算後，設置排洪斷面足夠之箱涵。

4. 林班道路排水系統不良對道路之破壞

- 林班道路排水系統不良所造成之問題，為與工程設計、施工相關性較高之一項因素。排水不良之問題包括：道路無排水溝或排水斷面不足、道路坡度過陡，地表逕流嚴重破壞排水溝甚或路面、道路排水溝截流成效不彰、逕流未於適當地點排放或放流口未能發揮消能功效，以致造成下邊坡之沖蝕甚或崩塌。

5. 林班道路邊坡整體穩定性不足對道路之破壞

- 林班道路所處邊坡整體穩定性不足，將因整體滑移而造成路基斷裂，最常見情形為路基位於崩塌地滑動區或斷層錯動區，面對此一災害，最佳之處理之對策係非工程之方式即以避開為宜，尤其大規模之崩塌地或重要斷層破碎帶，若以工程方式對抗，常將面臨失敗之命運。

表 4-72　林班道路水土保持問題與治理對策

問題	治理對策
林班道路上邊坡崩塌破壞	工程手段：邊坡穩定工法
	非工程手段：植生護坡工法
林班道路下邊坡崩塌破壞	針對下邊坡予以深基礎穩固
	有效控制排水，避免坡面逕流
林班道路邊坡整體穩定性不足破壞	工程手段：整體坡面大面積穩定工法
	非工程手段：避開坡面地質不穩定區段
林班道路排水系統不良破壞	增設排水溝
	加強縱向排水能力

資料來源：由規劃團隊探討彙整。

4.6.4　坡地水土保持

說明：為防止土壤沖蝕及抑制土砂災害之發生，針對計畫區內坡地各種保育利用行為實施水土保持處理與維護。

對策：說明如後：

1. 坡地水土保持之各項處理，必須能達到以下各項效果：

- 合理之土地利用。
- 防止土壤沖蝕並恢復已沖蝕敗壞土地之生產力。
- 土壤保育與培育。
- 減少逕流與增加水資源之涵養。
- 坡地安全排水。
- 防止風蝕。

2. 坡地水土保持方法，應按下列原則依序考慮：

- 土地利用要在合理原則下，妥善規劃開發區域內之各種設施。
- 避免雨滴直接打擊地表，發生飛濺沖蝕現象。
- 增加土壤抗蝕力。
- 促使到達地表之雨水滲入土中，以減少地面逕流。
- 增加地面粗糙率，降低地面逕流水之流速。
- 地面逕流須妥善導入安全排水系統。
- 對易發生沖蝕、崩壞之地點，應予適當保護措施，選擇各種安全排水處理。

3. 各種水土保持處理均有其目的與效果。任何單一處理常難完全有效控制土壤沖蝕，須視現場情況因地制宜。將若干種處理同時相互配合運用，功用才能相輔相成，以達到水土保持之預期效果。

4.6.5　治山防災構造物維護對策

說明：以往對於計畫區治山防災構造物，並無定期檢修維護機制，以致於在設施損毀後才予修復補強，往往花費更多成本，由於此類設施之損壞若非超過保護標準之颱風豪雨，大部份可藉由定期巡視檢查維護加以修復，以避免損壞擴大及災害之發生。而為降低治山防災構造物損害及災害再次發生之可能性，應建立定期檢查野溪構造物、護坡、擋土、排水工程等治山防災設施之機制，並辦理維護改善工作，尤其防汛期前後需特別加強檢查。巡視檢查內容包含現有工程設施龜裂、淤積、堵塞、破損等異常現象，並通知管理單位立即進行評估及維護，以利相關治山防災構造發揮應有之功能。

對策：根據治山防災構造物調查結果，計畫區範圍內水土保持構造物，多為擋土牆、護岸及防砂壩，其中擋土牆及護岸於莫拉克颱風時多遭土石掩埋或破壞，防砂壩上下游則淤積大量土砂，對於功能下降或有增建必要者，應研擬適當之維護措施及工法，進行相關修復措施，以防止構造物損毀而危及保全對象。

4.6.6　生態維護對策

4.6.6.1　環境生態維護原則

本五子寮北集水區，區域內生態種類豐富，且林相從闊葉林、混淆林到針葉林，完整而連續。因此，森林中孕育著多樣的物種。鑑於本集水區的環境生態價值，集水區內佈置各項治理對策應考量主管機關中程計畫及相關上位計畫之環境生態保育對策辦理為宜，如後：

- 行政院農業委員會依據「生物多樣性推動方案」執行事項所編定中程計畫對策：「在各項治山防災工程規劃設計前，應先調查工地生態狀況及評估使用工法，多方思考尋求適合當地生態之工程，其中，以低矮化、緩坡化、材質自然化、斷面多樣化、造型柔和化及工程經濟化等為共通原則，再配合地方特性強調某方面功能等」。
- 「國家發展計畫-挑戰 2008」之「水與綠計畫」(行政院經濟建設委員會，民國 94 年 1 月 31 日)：「在親山部分包括保育中央生態廊道，整頓高海拔地區濫墾，並進行森的復育」。

4.6.6.2　工程措施之環境生態維護目標與對策

由於前述 4.1~4.5 節中，各項治理對策工程之點位，可能分布於集水區內水域動物棲息之處，若工程一味施作，不加以思索並投以生態維護之對策，勢必造成各種生態棲息地之破壞，滅絕生物生長所需之多樣性生活空間。故工程措施應活用生態工程原則施作，在最終目標使施作之工程構造物發揮防災功能外，也能使河川野溪之生態系統衝擊降至最小之程度。

集水區內工程構造物應用生態工程之整治目標與相對應之對策，可依據公共工程委員會生態工程基本資料及案例分析成果以及有關水保局之「九二一重建區治山防災構造物運用自然生態工法之調查評估及新工法之研發計畫」、「北部地區治山防災構造物運用自然生態工法之調查評估及新工法之研發計畫」、「自然生態工法規劃設計參考模式之建立」及「野溪生態調查模式及棲地改良模式之建置」、經濟部水利署「生態工法技術參考手冊」及林務局針對生態環境所提具之相關計畫等成果，其對溪流棲地復育之重點如下：

- 促進生態系之再生能力

由於本五子寮北集水區因受莫拉克風災之摧殘，導致山崩、土石流之土砂災害發生，舊有環境破壞殆盡，原有之水域生態結構無法於短時間內自然復原時，為儘可能縮短生物迴游遷徙回原生育地之時間，應依新地形或水域狀況，考量週邊環境上、下游集

水區生態及景觀之連續性，設計適合生物遷徙之防災構造物。

傳統混凝土攔砂壩雖然可以防止河道刷深、山坡坡腳淘刷、減少泥沙之供給源及抑制土砂災害發生，但對於自然生態破壞嚴重，致使魚蝦或水生動植物無法迴游，容易產生近親繁殖，造成物種逐漸減少；而河道施設坡度陡峭之堤防護岸，造成河道水域與陸地動、植物循環交流中斷，使生物逐漸減少或物種滅絕。故在土砂流失嚴重地區興建攔砂壩時必須設置不會淤積之魚道，或考慮梳子壩便利生物遷徙；且應考量水生生物之遷移，應減降固床工之落差，減少河川廊道之阻礙；而護岸則應多利用緩坡、多孔性材質以提供生物進入及藏匿，以躲避獵食者。

■ 促進生態系之保護功能

以往整流工程為使渠道流速加快、減少降雨水流之入滲與地下水源之涵養，造成平常及洪水期間之魚、蝦等水生動物無棲息避難之空間；另傳統治山防災工程亦可能改變河流之水質、水溫、水壓、流速等河溪生態，而影響物種之生存演替。

因此興建防砂壩工程時，必須保留排砂底孔使攔砂壩上游保留固定深度之深潭，作為洪水之緩流區，以利生物暫時棲身躲匿，防砂壩必須保留排水涵孔，以釋放河川生態基流量，維護下游河道生態。各支系匯流口之護岸工程除緩坡設計外，其鋪面應為粗糙自然物質、護岸線形保留凹陷之生物灣，達到斷面多樣化、造型柔和化，以利遭水流沖失之生物能尋跡回到陸域。

■ 促進生態系之復原能力

需進行溪流整治之地區，應依其施工前之地區特性、生態特性及原有之景觀實況，在工程施作上盡可能採用當地現有之石材、木料等，並以原生植物為主要植生資材。傳統混凝土護岸因其表面平滑，生物難以附著存活，動、植物更難有生存空間，雖然能達到防災、減災效果及保護民眾生命財產之功能，但亦會造成河道與岸上動植物無法交流演替，物種生存環境更趨於劣化，對自然生態環境衝擊甚大。故其設計重點應注意河畔林之保存及復育、確保濱水區形成適合生物棲息之多孔質護岸。

本計畫所提出之各種工法，在未來選用及施作之前均應事先調查工址之現況，並詳估工程構造物失敗可能造成之潛在性災害。於災害風險較低之工址，可採用柔性、多孔、低矮之工程設計。反之，對於高流速、陡峭、易滑動、土壓大之不穩定地質則必須採用剛性、實心、大規模之防災構造物，於周邊規劃必要之補償措施（如造林植生）。而針對大面積崩塌裸露地、地滑及工程周邊進行自然復育，靜待生態復育期後，再規劃必要之

復育工作。

4.6.6.3　工程設計對生態之補償措施(棲地改善)

過去臺灣地區之工程建設皆以防災及水資源開發為目標，甚少同時注意溪流生態保育，以致嚴重破壞溪流生物之棲息地，危害自然生態之平衡，更甚者導致臺灣許多特有生物瀕臨滅絕之危機；近年來由於生態保育意識逐漸抬頭，溪流生態環境保育及復育等問題已被視為生態之重要課題，因此基於復育生態環境之理念，宜針對計畫區內之人工渠道進行溪流生態環境營造，以人為手法恢復或營造自然生態環境，建置魚類覓食、棲息及避難的空間，創造富自然性的溪流。

為維護河川生態之永續利用，因應策略包括以下各點：

- 水邊林的保存：水邊林可調節微氣候、淨化空氣，避免水體溫度變動太大，影響水域動植物生存。水邊林可緩衝陸域污染物進入水體，達到淨化水質的目的。
- 維持足夠流量：應避免取水造成河川斷流現象，造成棲地區隔化，以維持河川生態完整性。
- 建立及維持多樣化棲地：水深、流速、底質變化應多樣，即河斷中應配置緩流、深潭、急瀨等多樣棲地。方法為採用多孔隙材質，製作丁壩及魚巢等，並配合高灘地與低水流路之應用。
- 減少施工衝擊：避免噪音、機具及廢棄土砂之危害。
- 避免引入外來物種：外來動植物常因在原生態系統中，缺乏天敵，而無限制拓殖，導致生態不穩定，威脅原生生態，故設計時應採用天然資材。
- 限制垂釣或垂釣方式。

目前擬定的處理方式如下所述。

說明 1：針對本集水區之生態維護對策，本計畫參考水土保持局「集水區整體調查規劃參考手冊」(2008)之建議，為避免水土保持處理與維護措施影響棲地環境，各項工程處理應同時加強生態保育措施之配合。各生態棲地改善與復育之原則整理於表 4-73，說明如下：

1. 避免單一化棲地

- 河溪截彎取直或渠道化會造成生物棲地的惡化、物種的遷移或滅絕、河床底質多樣性的降低等問題，解決方法為創造河溪中自然棲地的環境如深潭、淺瀨、急流及緩流等。

2. 創造多樣性生態單元

■ 河川型態(包括河道蜿蜒、河道坡度、流水型態及河床底質等)若缺乏變化，水邊環境則趨於單調，其所形成之生態體系因生物相貧乏而產生不穩定。反之若能創造豐富多樣性之河川環境，使其具有自然河川之多樣化，則能促進形成穩定之生態體系。

3. 創造多孔性棲息環境

■ 護岸或堤防構造物之材料應考慮具有多孔性且表面較為粗糙者，以利野生動物之躲藏、攀爬及遷移，亦有空間以供各類植物種之生長及攀附，促進生態系之保全。

4. 植被緩衝帶及生態廊道之建立

■ 因有植被緩衝帶之存在可緩和人類活動對河川生態系之干擾與破壞，若於岸邊設置多樣性且多層次之複層林保護河川、於水邊創造多變化濕地類型之棲地，形成陸域與水域之間的過渡帶或生態推移(Ecotone)帶，增加河川生態廊道之連續性，使生物棲地不至於碎裂化，則有利於棲地間生物遷移覓食、繁衍等生存空間。

5. 適應自然之動態變化

■ 自然河川環境條件應具有承受大自然動態變化之能力，其承受自然侵蝕堆積等變化之彈性愈高，則造就新的適地性物種之可能性就愈高。

6. 避免生態系之零碎程度

■ 自然環境原本即存在生態上的連貫性及延續性，因此規劃設計時需考慮維持生態系之完整性、結合現地情形等要項。

表 4-73　河溪棲地復育原則一覽表

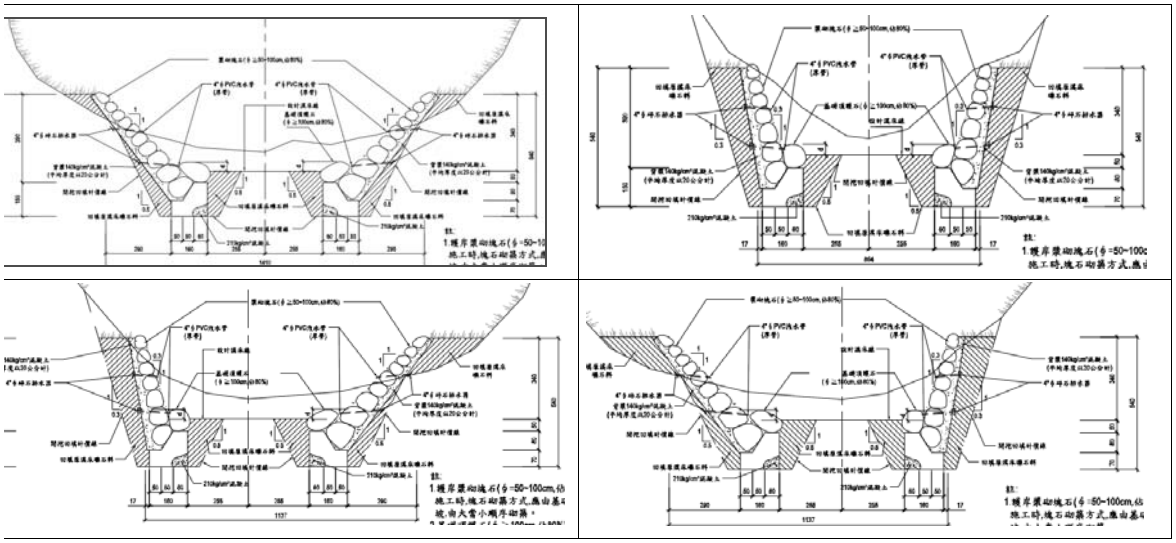
位置	說明
河道	(1)儘可能保存現有溪流面貌，採用或維持蜿蜒型態之河道治理計劃線 (2)堤岸緩坡化 (3)營造多樣性之空隙構造
高灘地	(1)儘可能維持自然草本、木本植物之植生種類生長情形 (2)應依計畫洪水位之設計，進行必要之保護措施
低水路	(1)採用彎曲且於適當地點擴大河幅之溪流型態 (2)加強低水路基礎，保護深潭之存在 (3)在不影響水理特性及河川法規需求下，於河道內堆疊大石 (4)保留深潭及淺灘
臨界路域	利用溪流兩岸空地作為生物蔽護及綠化之用

資料來源：由規劃團隊探討彙整。

對策 1：自然工法之導入有助生態環境之回復加速進行。近年設計工程亦朝此標的行進。主要導入之自然工法措施包括溪流與護坡等二類型，說明如後述：

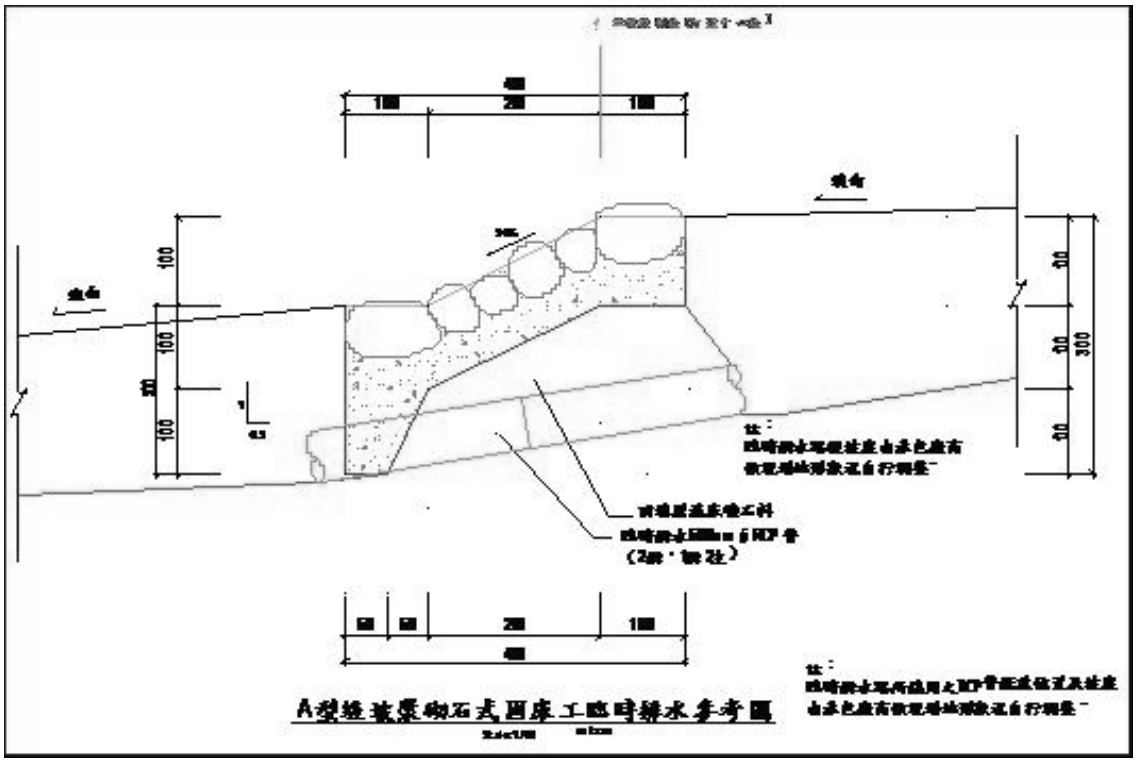
(一) 溪流型自然工法措施

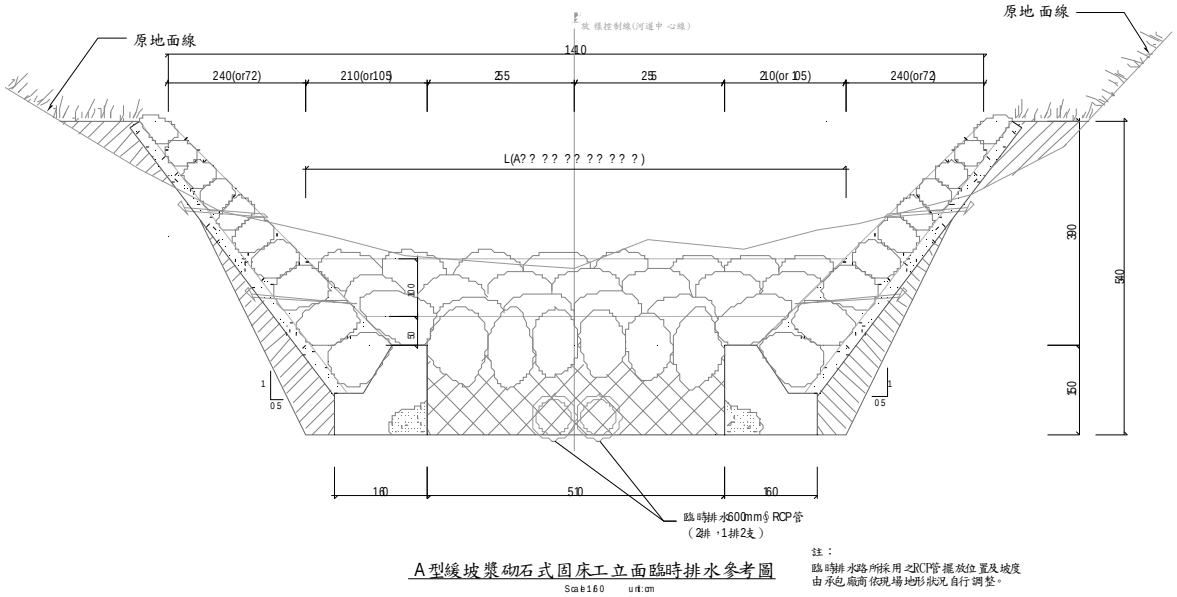
(1) **緩坡砌石護岸**：可達表面糙化(視覺性貼近自然環境)、多孔隙性(除透水性高，另便於水、陸生生物藏匿其間，迎合生物適存之特性)、緩坡化(儘可能維持生物廊道及近水需求)。本公司「恆春 38 林班坑溝整治災害復建工程」可為代表。



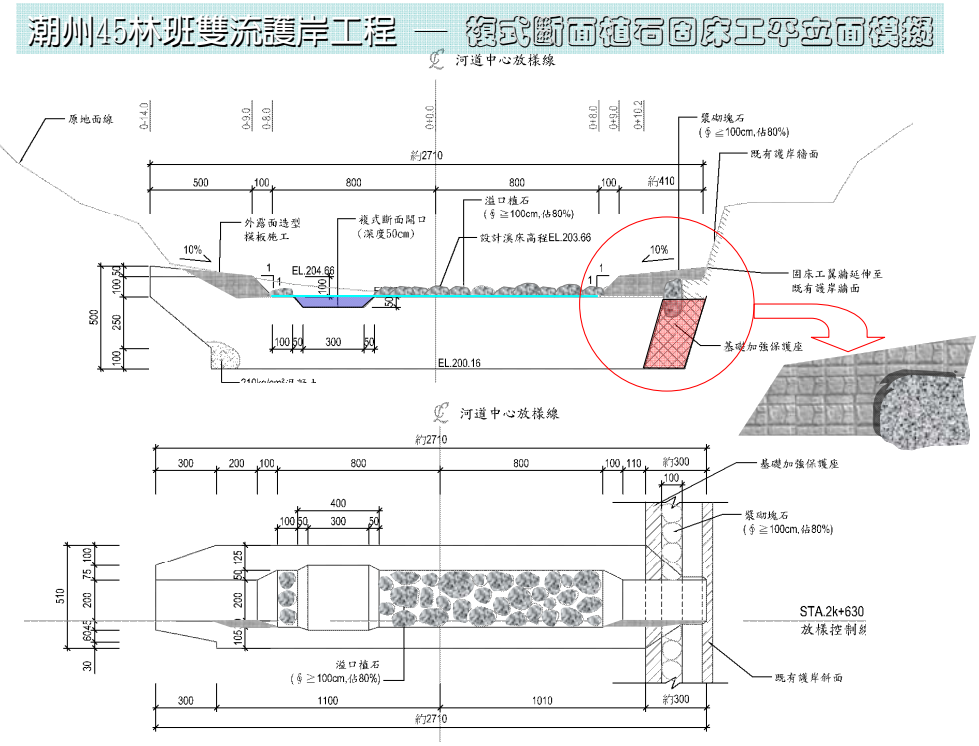


(2) **緩坡漿砌石式固床工**：部分溪流因長年水流不斷(汛期洪峰量相當大)，工程之施作期間，均須於有水之環境施工，增加施工之困難度，為克服此項限制，工法上**採取基礎預埋透管方式導排水量施工**，盡可能使得各局部工區於施工作業期間，保持乾式施工環境。





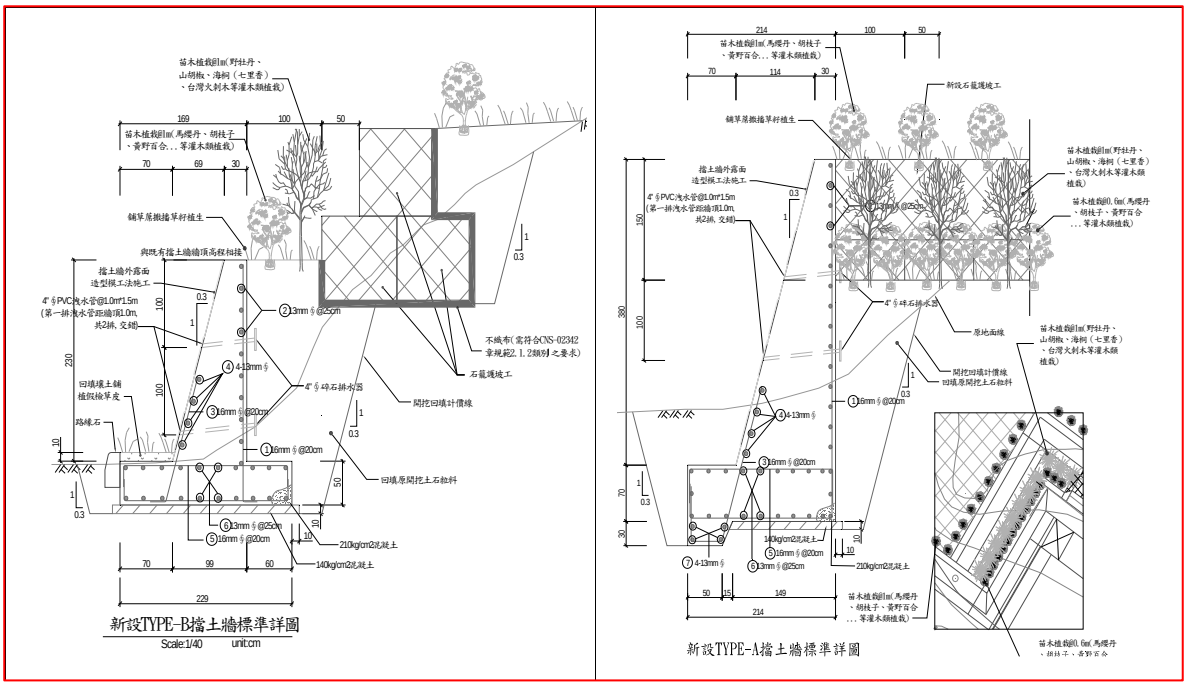
(3) **複式深槽植石固床工**：複式深槽利於長流型溪流之溪魚、蝦、蟹回溯需求，為低落差固床不錯之類魚道措施。適當藉助複式深槽帶動輸砂運行，營造深潭之水生棲地環境，提升森林保育、復育之功能與定位。複式面之植石可有效減緩溪流流速、紊流消能之結果可稍抬昇水面，讓溪魚迴游、隱匿期間，在視覺感官上亦可達成較柔和之目標。





(二) 護坡型自然工法措施

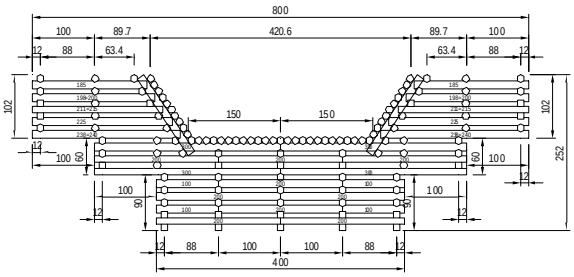
(1) **土石籠護坡工**：部分崩塌邊坡之處理保護，係於崩塌基腳設置柔性之石龍護坡工法，配合坡面縱橫向排水及綠化植生處理，穩定坡面避免再行破壞。





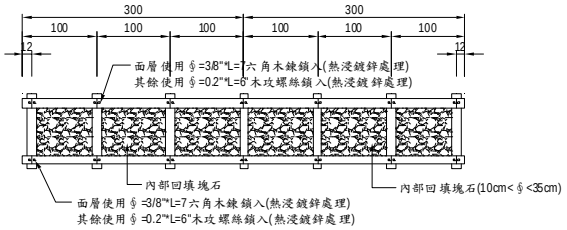
(2) **小型木構造潛壩及護坡工**：部分崩塌邊坡基腳之處理保護或是較小型之野溪、蝕溝，可利用疏伐木或訂製木構方式，以適當之木構工法建構保護機制。此柔性之木構工法不僅在視覺上更加融合於自然生態之環境，其對於節能減碳之功效與貢獻，更是最佳顯現。





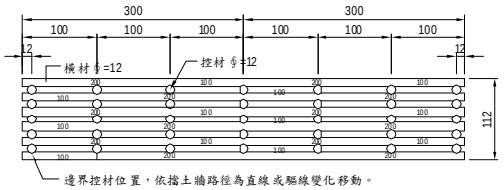
木格框防砂壩正立面圖



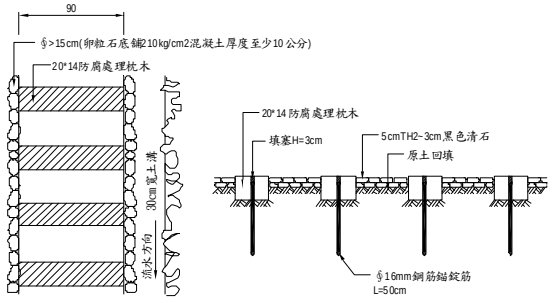


木格框擋土牆平面圖





木格框擋土牆正立面圖



枕木步道平面圖　　枕木步道剖面圖

說明 2：日後工程施工對本集水區內、外生態環境影響可能最大的因素為落塵量過高，工程地點及附近環境植被經常蒙上一層塵土，使得陸域的蝶類及鳥類等生物遠離；建議施工單位能在車輛出入沿線加強灑水工作，此外，於乾季，對於工程地點及砂石車出入沿線之樹木植被能夠以加壓水柱噴灑，改善生態環境品質。此外，因為植物覆蓋會形成動物棲息場所，而果實、花蜜為提供動物食物來源，故植物保存的程度直接與動物生存相關，工程應避免一次的大量砍伐以小區塊的施工，將可減少土石直接接觸雨水，減少土石流失的情況，並可加速開發過地區的植被回復，並維繫生物棲息地。完工後應盡速導入原生優勢物種及陽性物種，可加快土石的鞏固作用，並搭配蝴蝶食草蜜源植物積極綠美化。因工程而遭破壞之植物生態，亦應積極投射以補償措施，俾防整體生態系之失衡，建議適合本集水區域之植物種類應用對策如後：

對策 2：植生復育工法之導入有助生態環境之回復加速進行。本集水區適用之植物種類及應用，詳如後述表列說明：

機能	目的	適用場所	建議樹種
觀賞植栽	環境美化 豐富道路景觀 加強區段意象	步道兩側 休憩點	喬木：無患子、苦楝、山櫻花、楓香、白雞油、黃槿、刺桐、九芎、大葉山欖、台灣赤楊 灌木：番茉莉、春不老、朱槿、馬櫻丹、黃槌花、水麻、七里香 草本：戚葉牽牛、野薑花、台灣百合、月桃
綠蔭植栽	休憩遊憩	護岸兩側 休憩點	喬木：烏心石、苦楝、山櫻花、楓香、 藤蔓：軟之黃蟬、辟荔、百香果
耐旱植栽	增加環境適應力 減低管理成本	道路邊坡 或崩塌地	喬木：刺桐、九芎、血桐 灌木：朱槿、黃花波斯菊、馬櫻丹 草本：虎尾蘭、天人菊、紫花藿香蘇、大花咸豐草、馬鞍藤
誘鳥 誘蝶	生態教育 生態復育	步道或護岸兩側	喬木：血桐、牛奶榕 灌木：馬櫻丹、朱桂、番茉莉
水生植物	生態教育 生態復育 池岸美化	河岸綠地	草本：台灣萍蓬草、香蒲、水金英、台灣水蘿、水社柳、田字草、水丁香、水蘊草、香蒲

備註：上表由規劃團隊探討彙整。

第五章　治理目標與需求性

5.1　擬訂治理目標

5.1.1　目標、原則與要求

一、目標、原則

(一) 土石流之整治構思：

土石流係屬於再生性高之土砂運動，只要在充裕之土砂料源供應下，可以一再地重複發生。因此，土石流防治目標係依照土石流發生、流動與堆積等機制，規劃設計必要之軟硬體設施，以避免土石流的發生或減小其災害波及範圍。為達成防治目標，而必須依照土石流潛勢溪流特性擬定相關防治方案，茲分述如下：

1. 綜合治理方案

本方案是針對整個集水區採取防止土石流發生和危害之治理體系。在可能或已發生土石流的主要溪流中，採取控制土石流運動的工程措施，其下游設置預報和警報網點，以減輕或避免災害，並通過科學的行政管理及有關政策、法令系統，防止人為土石流的發生，保證各項措施順利實施及防治效益的有效發揮。這種治理方案屬於綜合性的，它包括了工程防治、水土保持措施、軟體預警及有害行為限制等，實際運用於整個集水區內，土石流相當活躍且下游有重要保全對象之情況。

2. 以工程治理為主體之規劃方案

本方案主要是在土石流的發生、輸送、淤積段內，採取相應的治理工程（如蓄水、排水、攔擋、調節、排導、導流、貯砂工程等）為主，同時輔以其他措施（如緩衝林帶、預警系統等)，控制土石流的發生和危害，此類方案在土石流規模大、暴發不很頻繁、鬆散土石材料補給及水力條件相對集中，保護對象重要，要求防治標準高、見效快、一次解決問題的情況下適用。

(1) 以治水為主的方案

主要利用蓄水、排（引）水和截水等工程減少地表逕流，削弱水流動力條件，使水土分離，穩定邊坡；其次是修建少量攔擋、排導及植生工程，以穩定部分土體。該類方案主要適用於溪流沖刷型土石流之治理。

(2) 以治土為主的方案

利用攔擋及護坡工程，攔蓄土石流固體物質，穩定岸坡崩塌及地滑；同時輔以排導、截水工程及植樹造林等。該類方案主要適用於崩塌型土石流之治理。

(3) 以貯砂導流為主的方案

主要是利用貯砂池、渠道及渡槽等工程，蓄積土石流攜出之大量土砂，並排導其流出下游的部分土砂，以降低土石流之危害。有時亦在中上游地段修建部分攔擋工程和植樹造林等，以求減小土石流之規模、改變土石流體性質，以利於排導效果。該類方案對於土石流溪流下游段具有保全對象時頗為適用。

3. 以水土保持措施為主體之規劃方案

這種方案主要是在集水區內採取造林、植生及崩塌地處理和維護，並堅持超限利用土地退耕還林；在匯流處，開挖截水溝、分洪溝等措施，控制水土流失，恢復生態平衡。該方案適用於以面蝕為主、水土流失嚴重，並有部分坡面蝕溝形成的坡面土石流。

4. 以軟體預警系統為主體之規劃方案

此種方案主要是在土石流潛勢溪流佈設預報、警報網點，設置有關預報警報裝置。根據土石流發展及活動特點，當條件具備時，就按一定的模式發出預報、警報信息，從而達到減輕或避免土石流災害之目的。該類方案不僅適用於一時難於採取其他防護措施的土石流溪流，而且也適用於已有防護設施的土石流潛勢溪流。這種方案投資不高，但要求有較高的研判知識及技術。

5. 以行政管理及法令措施為主體的規劃方案

通過嚴格的科學管理及有關法令的認真執行，使激發土石流的人為因素被控制和消除，例如合理開發水土資源、防止對生態環境破壞、嚴禁濫砍、濫伐及陡坡墾植，禁止隨意大量棄石、棄土和其他有關破壞邊坡土體穩定之有害行為等；此外，推動特定水土保持區之劃定工作，有效管理和限制有害行為，亦有助於降低災害規模。該類方案適合於因水土流失嚴重、人為因素為主的土石流溪流及邊坡斜面。

以上五種基本方案，在實際應用時，可依問題本質和執行目標進行結合，以制定符合當地環境需求之適當方案。

(二) 崩塌邊坡之整治構思：

視其崩塌裸露面之安定情況施以不同之治理工法需求，如已露岩之坡面其自立性完好並不需特別之處理，建議長期觀測；如尚屬土層坡面，陡坡面適用掛網植生、穴植或團粒噴植工法，緩坡面適用打樁編柵工法配合坡面導排水進行改善，且應就崩塌地之坡面導入大規模之坡面植生工程，防治坡面之沖蝕破壞。惟其重點亦應配合其各崩塌地坡腳基礎之溪溝整治，俾防治所處溪床之縱、橫向沖蝕再行擴大，確實保護崩塌基腳為要。

(三) 野溪防洪之整治構思：

為減緩溪床之縱坡，防止溪溝之縱橫向侵蝕，則配合設置橫向系列式潛壩措施或固床工等，並利用此等橫向構造物攔阻並蓄積平時少量之基流水量，營造不同深度之水域，期能提供水平生物棲息之生態空間。另目前本集水區林班界內仍有多處土石淤積段，為防範此些土石再遇暴雨洪峰而下移成災，建議適當進行土石清疏作業、橫斷面處設置土砂控制工（如防砂霸、潛壩等），藉以穩定溪床，俾以防制土砂災害。

二、要求

(一) 工程挖填方力求平衡，若有廢棄土應設置棄土區，並做好水土保持防護措施及綠化。

(二) 易崩坍岩層應以地錨、擋土牆，以及噴漿處理等方式使路基及邊坡穩定。

(三) 土質邊坡應予植生，藉以穩定並可綠化。

(四) 滲透水嚴重地區應選用透水性優良且略具撓曲性之擋土牆，如格籠或蛇籠擋土牆。

(五) 土質邊坡區易遭沖蝕之處理：

1. 分段截洩逕流，並設縱向溝以導入安全坑溝。
2. 植草加速覆蓋。

(六) 填方邊坡應加強穩定處理：

1. 清除填方邊坡面之草木，並於下邊坡基腳設置略成內斜之邊坡或階段。

2. 將填方邊坡壓實後於坡面打樁、編柵及植草。

3. 陡坡地避免設計填方邊坡。

(七) 全線橫交涵管出口排水不良處，應於涵管出口設消能設施，河水排至天然溝內。

(八) 地滑地區若無法避免通過時，可在路上邊坡設置臨時性透水構造物如蛇籠等，並在地滑區裂口上方設截流溝，攔截路面逕流或封閉裂口，避免逕流灌入滑動層。

(九) 崩塌地之處理：

1. 於崩塌地上方設截流溝，攔截逕流。

2. 於道路上下邊坡處設擋土牆或錨定及邊溝。

3. 崩坍區內設排水系統或蝕溝控制工程。

(十) 本工程構造物之造型外觀需能顯現該地區之特色，並能與週邊景觀環境配合，優先採用現場材料或容易取得之工程材料，並儘量以自然工法及生態工法設計。

5.1.2　治理規劃重點

一、土石流整治

(一) 具有土石流潛在危險之溪流或區域，在硬體之防治措施未完成前，需儘速建立土石流警戒避難系統。

(二) 土石流之防治需從整體之觀點，依土石流各發展之各階段(發生、流動、淤積)之特性，綜合上述方法相互配合運用，方能克盡全功。

(三) 土石流硬體防治對策

1. 土石流發生之防止：即在土石流發生區採取抑制土砂發生流動之對策，一般係對溪床坡度達 15°以上之範圍，將導致土石不穩定之地表水、地下水等予以排除，或將其上之土砂予以穩定之，必要時得先行加以清除。

2. 土石流輸送段之處理：應視輸送段流路狀況，因地制宜，以不增加土石流流量及降低土石流流動勢能為對策。

3. 土石流流速之減緩：在溪床坡度 5°~15°之範圍為土石流之流動區域，由於土石流一旦開始流動，可能受慣性力、重力等影響而產生加速作用，於寬廣溪段可設法增加溪床之攔阻效果或設置減緩坡度之必要設施，甚至於擴大流路寬度，使流動之土石流受阻力作用或擴幅影響而降低其流動勢能，進而抑制

其流速。

4. 土石流之攔阻：土石流因含土砂量大，且其中巨大石礫因動量大，而使土石流之坡壞力亦大，因之將此等巨大石礫予以攔阻，僅容許細粒土砂通過，將可減少土石流之勢能，同時，在攔阻過程中，讓土水分離產生脫水現象，亦可降低土石流之勢能，但宜在寬廣之溪段為主。
5. 安全流路之規劃：由於土石流流速快，直進性強，容易侵蝕兩岸及溪床，擴大災害規模，因此以護岸及固床工法為主。
6. 土石流堆積段之處裡：在土石流淤積區，即坡度在5°以下之溪床或溪谷出口，規劃足夠空間以收容土石流所帶下之土砂量。

(四) 土石流軟體防治對策

1. 土地利用之管制：在土石流可能波及之範圍，限制土地開發行為，以減少災害之損失。
2. 村落遷移：在採取各種土石流防治工法仍無法避免土石流可能危害之村落，即應採取遷村計畫。
3. 警戒避難體系之規劃：對土石流可能危及之住家，在未能遷移之前，應規劃各住家之避難路線，並予以告知及施以演練，而避難場所亦應規劃有各種安全防護措施。

二、崩塌邊坡整治

(一) 視崩塌裸露面之安定情況，如已露岩之坡面其自立性完好並不需特別處理之，建議長期觀測。

(二) 如尚屬土層坡面，陡坡面適用掛網植生或團粒噴植工法，緩坡面適用打樁編柵工法配合坡面導排水進行改善。

(三) 各崩塌地坡腳基礎之溪溝整治，俾防治所處溪床之縱、橫向沖蝕再行擴大，確實保護崩塌基腳為要。

三、野溪防洪整治

(一) 為防範淤積土石再遇暴雨洪峰而下移成災，建議適當橫斷面處設置土砂控制工（如防砂壩、節制壩等），俾以防制土砂災害。

(二) 配合橫向構造物或固床工減緩溪床之縱坡，防止溪溝之縱橫向侵蝕，攔阻並蓄

積平時少量之基流水量，營造不同深度之水域，提供水棲生物棲息之生態空間。

四、生態工法

為符自然生態工法應用原則，應盡量採用現場之資（石）材為主，但就目前綜觀五子寮北集水區角埔溪溪床之狀況，大部份石材留存於林班界內，可採取溪石進行治理工程之用，並不會因而造成溪床弱化沖刷之情況，亦達成符合生態工法之構造設施，達成自然生態工法整治之目的。

五、環境保護

應先擬具工區排水計畫方案，在乾式施工環境下，確保材料品質並提昇施工效率，維繫整體施工品質成效。

(一) 方式 1：半半施工

先行將溪水阻隔於溪另側，始於無水之溪側進行乾式施工；至施工完成，始換另側按同法施工，可有效控制砌石（乾或漿砌）品質且維持施工中水質之潔淨，惟施工期稍長。

(二) 方式 2：濕式施工

利用溪水較淺之狀態施工，惟仍需做阻水動作，因此在無法完全在乾式施工情況下，水質污染情況會產生，須於下游適當地點，加挖臨時沉砂池，俾避免泥沙侵害下游溪床。惟經考量，仍以乾式之半半施工為較佳選擇。「半半分段圍堵、抽水施工」方式進行。

六、施工動線

集水區內之對外交通仍十分便捷。但本集水區域因土石淤積嚴重，下游進入集水區域之河道已擴寬約近 180 公尺，因此機具、車輛與人員僅能由諾大的溪床提供作為上、下游交通之用，對於施工動線而言，反而更加有利，減少阻礙。但主流 2k+345.2、支流 0K+335 以上之上游地區因有天然岩盤所形成之自然壩及天然跌水所造成之落差，故不利於施工機具往更上游通行。

5.2　集水區處理及需求性

本五子寮北集水區整體規劃治理需求，乃依據現勘時災害區位現況、保全對象之有無、野溪溪床土砂沖刷及淤積是否嚴重等現場狀況，並採用水文、水理分析計算之結果，考量對於流速較高之溪段規劃沖蝕防治，及下游控制點之制災需求合理性，併同交通可及性考量等為評估原則。

5.2.1　崩塌地治理區位需求評估

依據第三及四章分析，本調查規劃集水區內崩塌地發生之原因大致可歸納成三類，一類係由於河流沖刷兩側岸坡淘空基礎而造成之崩塌，崩塌之面積較小，且多在主、支流河道之相鄰兩側岸發生，亦稱之河岸崩塌類型。另一類因坡度陡峭，地質脆弱等先天不良之因素再加上地震、豪雨所造成之崩塌，其崩塌原因研判係因經莫拉克及歷次颱風豪雨之侵襲，帶來超大且長延時之降雨，導致邊坡土體含水飽和，土體過重且逕流入滲嶺線裂隙，滲水順沿岩體節理弱面而滑坡產生崩塌且部分崩塌地位於山腹地帶、兩側沖蝕溝之左、右側岸，屬於河岸山腹型崩塌。第三類與第一、二類之致災機制無特別之不同，僅其區位上位處整體集水區或集水分區之上游源頭地帶，亦稱源頭型崩塌，惟此源頭型之大型崩塌地亦可能在崩塌之過程中牽動其中、下游鄰近之坡面產生崩塌之災害，其大量崩塌於溪床之土石料源，亦是提供產生土石流量之重要來源，而土石流動所產生之磨蝕、沖刷、衝擊亦是造成第一、二類崩塌之部分原因。依據上述原因之分析，本調查規劃區之崩塌地處理對策及工法可分成下列二種方式進行。

第一類崩塌地因緊鄰溪流兩岸，其鬆散土石隨洪水逕流下移直接沖刷至下游地區而造成土石災害，因此，該部份之崩塌地應優先處理，其處理對策則首先進行坡腳保護，防止洪水或土石流淘刷坡腳而再次崩塌其採用工法建議以砌石護岸、石籠護岸或RC 護岸為主，岸基前則應予拋石沿崩塌坡腳設置、俾保護護岸結構，以穩固護岸防止淘刷。另外坡面可以格框護坡、錨錠護坡工法..等，另則配合以植生工法進行坡面覆蓋及穩定工程，惟獨本五子寮北集水區之琳班區域內並無保全對象出入，且原屬自然生態之集水區域，應以非屬混凝土之自然生態工法為宜，俾免造成環境上之破壞，故此類崩塌坡面仍建議以植生工法來處理為宜，可利用種子撒播、點播植生或噴植綠化植生處理，惟儘可能採用混凝土減量之方式來處理較符生態原則。溪岸基腳之砌

石、石籠及格框填石護岸參考工法詳圖 5-1，坡面植生工法詳圖 5-2 及圖 5-3。

第二類河岸山腹型崩塌地因其位於山腹地帶，機械通常難以到達，必須藉助人力之方式，將施工機具及施工材料運送至崩塌地點，俾予施工。因此，就本集水區之地形與地勢特性，建議摒除具混凝土使用之工法，以具柔化環境之自然生態、植生綠化工法為主，同第一類崩塌地可採用種子撒播、點播植生或噴植綠化植生處理，惟儘可能採用混凝土減量之方式來處理較符生態原則，並應以人力可及為第一要務。

第三類崩塌地位於上游源頭地區，且大部分因地形及地質等不良因素所造成崩塌面積大處理不易，惟大多處林班或樹林地，並無明顯保全對象，因此建議部分可見露岩之崩塌坡面，不列入優先處理之對象，可以自然復育方式觀測裸露坡面恢復植生覆蓋之情形，視坡面改善之需求配合進行坡腳之保護或採行大崩塌地之下游適當處(儘可能採取具岩盤出露之斷面)建構主體穩固崩塌基腳之措施(如大型防砂壩、攔砂壩、其他基腳保護工..等如後崩塌地處理前、後之照片)，並視復育情況於中後期導入如第一類之坡面植生工法俾進行覆蓋與後續造林復育之工作。





而部分殘土層仍厚實之崩塌坡面，亦可依第一類之植生工法如種子撒播、點播植生或噴植綠化植生處理，惟儘可能採用混凝土減量之方式來處理較符生態原則，並應以人力可及為第一要務。

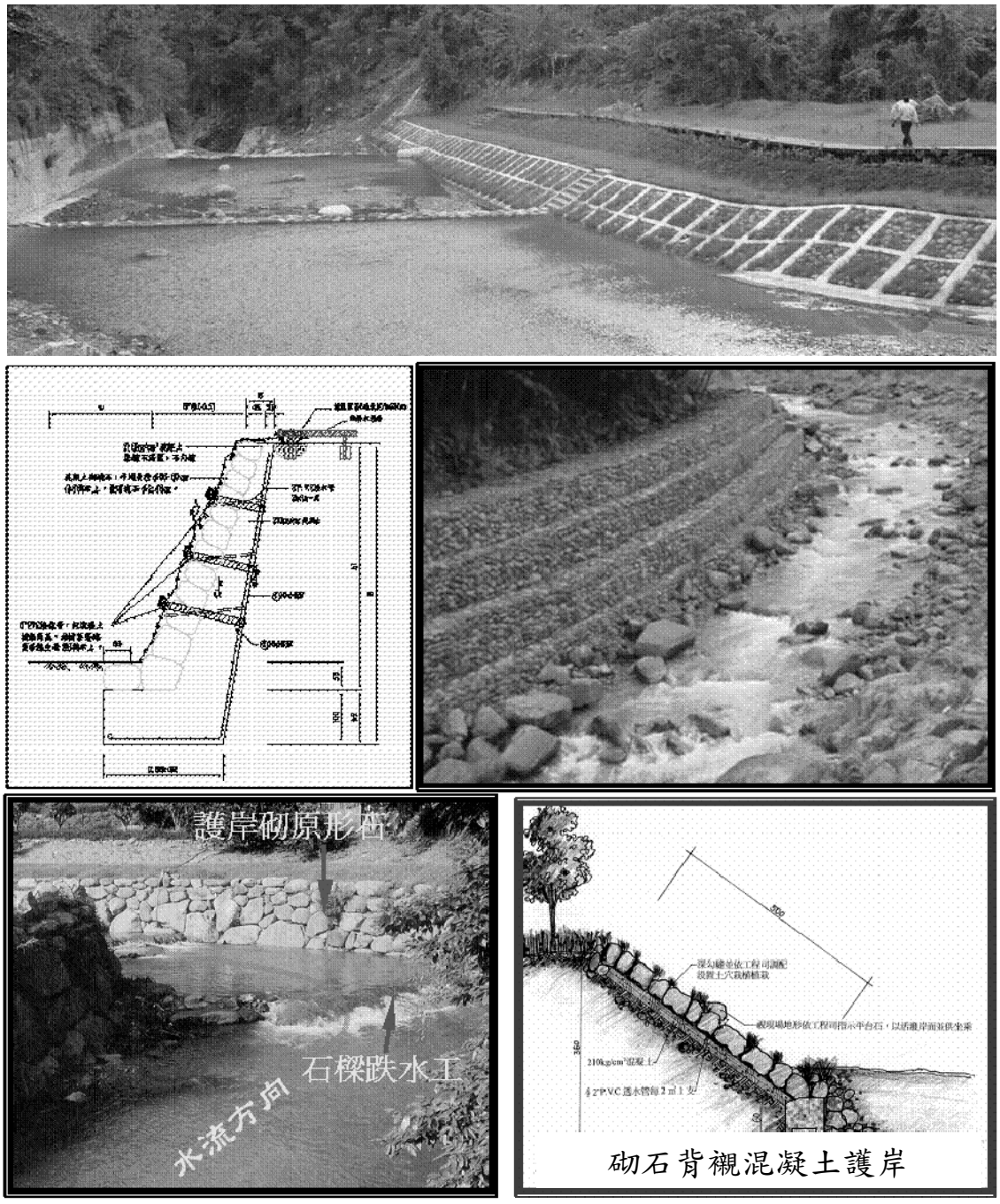


圖 5-1 砌石護岸整治自然生態工法示意圖

土壤團粒化劑噴植材料規格說明

團粒化劑：

一、團粒化劑產品之說明：團粒化劑(Aggregating Agent)係指「合成高分子系列之土壤改良劑」，主要成份為Polyvinyl Alcohol(聚乙烯醇)樹脂或Polyacrylic Synthetic Resine(聚丙烯酸合成樹脂),Melamine Resin(三聚氰安樹脂)等，或添加其他陽離子性合成高分子化合物等之產製品。團粒化劑具有結合土壤粒子或促進土壤團粒化效果，且針對土壤膠質表面斥水性，亦具有改善土壤通氣性、透水性、抗沖刷之功能。

二、產品規格：

名稱	規格說明	備註
主成份	Polyvinyl Alcohol(聚乙烯醇)樹脂總含量為9.8±0.5%	需檢附三月內工業技術研究院之產品主成份証明、主成份濃度証明
副成份	甲基丙烯酸酯與丙烯酸酯共聚合物(Methyl Methacrylate/Methyl Acrylate Copolymer)總含量為48-52%。	需檢附三月內工業技術研究院之產品主成份証明、主成份濃度証明
顏色	乳白色、白色或淺色系列	
毒性及環境安全性	無急性毒性,48小時LC-50值10,000mg/l以上	需附試驗証明資料
功能	具有滲入土中使土壤粒子團粒化防止土壤沖蝕功能	
混合比	主劑94%,副劑6%	需附試驗証明資料

三、檢附證件：
1.品質証明書。
2.產品數量來源証明。
3.安全性試驗証明。
4.土壤改良效益、沖蝕控制試驗及種子噴植現地試驗之証明。
5.材料分析報告(三月內合格檢驗單位之產品主成份、副成份証明，主成份、副成份濃度証明)。
6.施作前需檢送上述資料，並經審查合格方准進場(未經審可即行施作則不予承認)。

表土固結材(化學纖維再生紙漿)；

一、化學纖維再生紙漿（木質纖維)產品之說明：再生紙漿於植生噴植施工中扮演著固結表土的角色，可防止土石因雨流失，減少土砂流失，並為植物初期保護種子不致流失之重要資材。用再生紙漿且製作及使用過程均不會有疵散及危害性。化學纖維之目的，是將木質素降低及溶解去除，使其只剩下大部分完整纖維形狀的纖維素及半纖維素。在此所稱之化學纖維，為利用回收後的紙，經過加工所形成之纖維。因其回收的特性，免去砍伐原木製造紙漿的過程，對於水土保持以及自然生態皆有較佳之貢獻，亦符合環保概念以及更加節省成本等。

二、產品規格

名稱	規格說明	備註
產品成份	再生紙漿	化學纖維紙漿
纖維游離度	500-700 c.c	游離度測試器，CNS總號11211類號P3069紙漿之游離度測定法

三、檢附證件：
1.檢附產品規格證明書（需附公証單位證明書）
2.需附出廠數量證明書

礫石層,岩層或坡面岩塊裸露多地質適用

施工程序：
1.底層厚層噴植工法
2.噴植表面乾燥後
3.表層土壤團粒化劑混合草木種噴植

厚層噴植工法(底層)(厚度2cm-15cm)：

使用機具	厚層噴植用機具（ALIVA）

每m3標準噴灑量：

發酵型堆肥	1000公升
吸水礦材（沙壤土）	300公升
土壤安定劑	20公斤
長效型肥料	6公斤

噴植機具：
薄層(土壤團粒化劑)噴植用機具規格說明表：

動力來源	本車(3.5噸)動力輸出(PTO)
輸出管內徑	1～5/4(英吋)
每小時吐出量	2.5M3以上
攪拌槽容量	2.5M3以上
高壓輸送管	200M以上，附接頭、噴頭

表層土壤團粒化劑噴植：

使用機具	薄層噴植用機具
團粒劑使用量	0.330公升/m2（主劑94%與副劑6%混合），加5倍清潔水稀釋，並加入再生紙漿與草種樹種，充份混合後噴灑表層。

每m2標準噴灑量：

稀釋後的溶液	1.98公升/m2
再生紙漿	0.25公斤/m2
加入草種與樹種	0.03公斤/m2

施工注意事項：
1.草種選定能及早發揮覆蓋地面之草種。
2.以坡面為對象時，為提高其耐侵蝕性視必要慎重再一次散布。
3.土壤團粒化劑應採用經試驗研究機關確認，其表土保護效果及可信賴性。
4.其散布量應從所指定之標準散布。

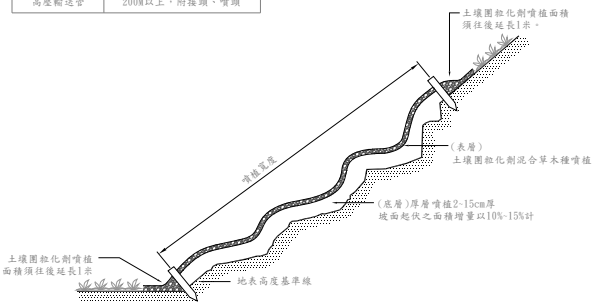
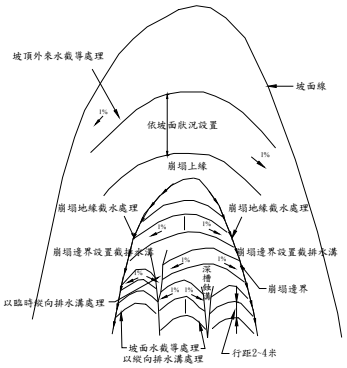
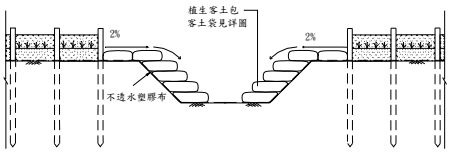


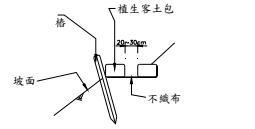
圖 5-2 噴植施工工法示意圖



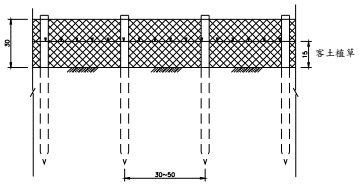
坡面地表水截導示意圖
NTS



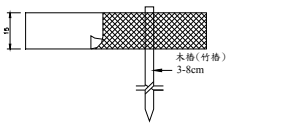
縱向排水溝示意圖
NTS



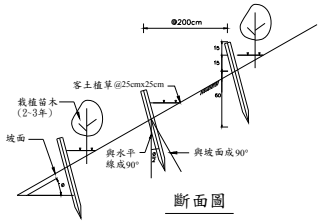
坡面橫向排水及坡頂截水溝詳圖
NTS



正面圖(以HDPE植生網材編柵)
NTS



以HDPE植生網材編柵之背面詳圖
NTS



斷面圖

打樁編柵工法詳圖
NTS

註:
1.樁配置時，採上、下層樁交錯配置，樁材可用木樁、竹樁。
2.若採HDPE編柵時，HDPE大、小網目植生網，中央不織布，厚度0.5mm以上，並以#8U型釘固定於木樁上或以鍍鋅鋼線固定於鋼筋上。
3.打樁時若遇岩壁，則以#6號鋼筋替代。

圖 5-3 坡面植生工法詳圖

就以上之說明，本五子寮北集水區內之崩塌地治理區位之治理需求，如就其崩塌災害之嚴重性、對於保全對象之危害程度、後續再發生崩塌災害之可能性、及治理之人力可及性等各因子，進行各個崩塌地治理需求之評估，評估如后表 5-1。

1. 角埔溪主流集水區(包含 A6、A7、A8 集水分區)

此集水區之崩塌地區位大部分分散於旗山事業區第 21 林班及第 23 林班內。其因莫拉克及歷次颱風豪雨之侵襲，導致河岸崩塌，周邊並無保全對象，各崩塌地下方即為溪床，施工機具與人員較容易到達崩塌地工址。

根據 3.1.2 節之崩塌地面積統計結果，此集水區崩塌地共計有 16 處，總共之崩塌面積為 12.6062ha，約佔該角埔溪主流集水區面積之 8.24% ，粗估所產生之總泥砂量為 393,148m^3，其中，編號：崩 47 崩塌地恰位於私地農户之側邊，應考量先予進行崩塌地處理工程作業，俾維私地農户居民身命財產之安全。

2. 角埔溪北支流集水區(包含 A1、A2、A3 集水分區)

此集水區之崩塌地區位大部分分散於旗山事業區第 21 林班及第 22 林班內。其崩塌原因研判係因經莫拉克及歷次颱風豪雨之侵襲，帶來超大且長延時之降雨，導致邊坡土體含水飽和，土體過重且逕流入滲嶺線裂隙，滲水順沿岩體節理弱面而滑坡產生崩塌且部分崩塌地位兩側沖蝕溝之左、右側岸，屬於河岸崩塌，周邊並無保全對象，各崩塌地下方即為溪床，崩塌原因為坡面植生根系固結不良、坡面排水不良且基腳無護岸保護，溪流持續沖刷基腳以致坡腳弱化而崩塌所致，坡面仍呈土質鬆動之現象，仍有土砂堆積、下移。惟各崩塌地並無林道聯繫可到達，施工機具與人員相當困難到達崩塌地工址。

根據 3.1.2 節之崩塌地面積統計結果，此集水區崩塌地共計有 46 處，總共之崩塌面積為 53.436ha，約佔該角埔溪北支流集水區面積之 10.84% ，粗估所產生之總泥砂量為 1,711,389m^3。

3. 角埔溪南支流集水區(包含 A4、A5 集水分區)

此集水區之崩塌地區位大部分分散於旗山事業區第 23 林班內。其崩塌原因研判係因經莫拉克及歷次颱風豪雨之侵襲，帶來超大且長延時之降雨，導致邊坡土體含水飽和，土體過重且逕流入滲嶺線裂隙，滲水順沿岩體節理弱面而滑坡產生崩塌且部分崩塌地位兩側沖蝕溝之左、右側岸，屬於河岸崩塌，周邊並無保全對象，各崩塌地下方即為溪床，崩塌原因為坡面植生根系固結不良、坡面排水不良且基腳無

護岸保護，溪流持續沖刷基腳以致坡腳弱化而崩塌所致，坡面仍呈土質鬆動之現象，仍有土砂堆積、下移。惟各崩塌地並無林道聯繫可到達，施工機具與人員相當困難到達崩塌地工址。

根據 3.1.2 節之崩塌地面積統計結果，此集水區崩塌地共計有 9 處，總共之崩塌面積為 88.6827ha，約佔該角埔溪北支流集水區面積之 22.35% ，粗估所產生之總泥砂量為 3,095,920m^3。

為防制北支流源頭大崩塌地淤積土石再帶至下游成災，應積極監視此崩塌源頭之穩定狀況。現階段而言，由於崩塌之範圍及面積實在太大，且崩塌源仍屬不穩定之狀態，並不適宜馬上實施積極處理之作為(如緊急設置大型防砂壩..等)，建議源頭崩塌地之處理考量，仍應視中、下游段先期治理所設置之防砂壩或節制壩，其達成攔阻土石，防制下移危害及有效保護其上游崩塌地坡腳穩定之成效後，再逐步分階段辦理源頭崩塌土砂之治理工作，惟視整體源頭崩塌狀況漸行穩定後，可考量於崩塌坡腳設置 1 座大型防砂壩，俾以保護及穩定崩塌坡腳。現階段仍以崩塌坡面之自然復育或坡面植生工程為主。

而南支流源頭大崩塌地淤積土石大部分土石料源已帶至中、下游溪床且大崩塌地坡面可見露岩之情況，除應積極監視此崩塌源頭之穩定狀況外。現階段而言，由於崩塌之範圍及面積實在太大，且崩塌源殘土層仍屬不穩定之狀態，並不適宜馬上實施積極處理之作為(如緊急設置大型防砂壩..等)，建議源頭崩塌地之處理考量，仍應視中、下游段先期治理所設置之防砂壩或節制壩，其達成攔阻土石，防制下移危害及有效保護其上游崩塌地坡腳穩定之成效後，再逐步分階段辦理源頭崩塌土砂之防治工作，惟因該南支流部分溪段斷面高差頗大，機具無法到達，即使人力亦十分困難到達之情形下，並不建議崩塌坡腳設置大型防砂設施，現階段仍以崩塌坡面之自然復育或坡面植生工程為主。

依 4.5.3.2 節之各級崩塌地潛在風險分析評估結果、表 4-66 內容及後表 5-1、5-2 崩塌地治理需求評估結果，可進行統計分析如後述：

表 5-1 五子寮北集水區第一級高度潛勢崩塌地治理需求評估一覽表(1/2)

集水分區	崩塌地編號	X 座標	Y 座標	旗山林班編號	坡度(°)	坡度(%)	坡度分級	崩塌斜面面積(m^2)	危險度	崩塌型式分類	崩塌型式	崩塌面狀態	再崩塌風險	治理可及性	建議處理工法	治理期程建議
A1	崩 8	216661	2561171	22	39	80.98%	六級坡	1650	D	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	崩 9	216711	2561254	22	37	75.36%	六級坡	2812	D	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	崩 10	216163	2561369	22	39	80.98%	六級坡	5323	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	崩 11	216409	2561368	22	39	80.98%	六級坡	1773	D	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	崩 12	216210	2561469	22	32	62.49%	六級坡	1969	D	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 13	216372	2561508	22	34	67.45%	六級坡	9156	D	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	崩 14	217134	2561624	22	25	46.63%	五級坡	867	D	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 15	216621	2561760	22	35	70.02%	六級坡	560	D	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	崩 16	216791	2561758	22	35	70.02%	六級坡	568	D	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	崩 17	217524	2561765	22	25	46.63%	五級坡	1141	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	中	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 18	217596	2561777	22	27	50.95%	五級坡	1343	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	中	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 19	217142	2561893	22	23	42.45%	五級坡	1105	D	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	中	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 20	216913	2562045	22	34	67.45%	六級坡	4518	D	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	崩 21	217132	2562526	22	30	57.74%	六級坡	497	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 22	217254	2562541	22	28	53.17%	五級坡	1333	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	中	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 23	216838	2562320	22	29	55.43%	六級坡	108012	C	第三類	源頭型深層崩塌	可見露岩	低	困難	自然復育植生+持續監測	中前期
	崩 24	216706	2562624	22	36	72.65%	六級坡	875	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	崩 25	217090	2562621	22	29	55.43%	六級坡	1769	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 26	217118	2562747	22	29	55.43%	六級坡	3715	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 27	217008	2562778	22	36	72.65%	六級坡	1708	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	崩 28	217478	2562810	22	39	80.98%	六級坡	2204	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	崩 29	216731	2562861	22	50	119.20%	七級坡	1055	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	崩 30	216821	2562854	22	44	96.57%	六級坡	4027	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	崩 31	217125	2562890	22	33	64.94%	六級坡	4513	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 32	216837	2561957	22	24	44.52%	五級坡	10455	D	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	中	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 33	216435	2561910	22	33	64.94%	六級坡	1749	D	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 34	216591	2561790	22	29	55.43%	六級坡	46039	C	第一類	河岸型深層崩塌	可見露岩	低	困難	自然復育植生+持續監測	中前期
	崩 38	216632	2561041	22	36	72.65%	六級坡	40793	D	第三類	源頭型深層崩塌	可見露岩	低	困難	自然復育植生+持續監測	中前期
	崩 39	216127	2562128	21	21	38.39%	四級坡	3796	D	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	中	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 41	216116	2561996	21	19	34.43%	四級坡	730	D	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	中	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 55	216235	2561658	22	25	46.63%	五級坡	39620	C	第一類	河岸型深層崩塌	可見露岩	低	困難	自然復育植生+持續監測	中前期
	崩 56	214722	2562652	21	18	32.49%	四級坡	81661	D	第三類	源頭型深層崩塌	可見露岩	低	困難	自然復育植生+持續監測	中前期
	新崩 01	217252	2561159	22	22	40.40%	五級坡	3969	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	中	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	新崩 02	216045	2561660	22	26	48.77%	五級坡	8095	C	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	中	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期

註 1：資料來源為嘉磐公司規劃小組調查分析。

註 2：第一類崩塌地係屬河岸崩塌型、第二類崩塌地係屬河岸山腹型崩塌、第三類崩塌地係屬源頭型崩塌

表 5-1 五子寮北集水區第一級高度潛勢崩塌地治理需求評估一覽表(2/2)

集水分區	崩塌地編號	X 座標	Y 座標	旗山林班編號	坡度(°)	坡度(%)	坡度分級	崩塌斜面面積(m^2)	危險度	崩塌型式分類	崩塌型式	崩塌面狀態	再崩塌風險	治理可及性	建議處理工法	治理期程建議
A2	崩 37	216077	2561010	22	30	57.74%	六級坡	1060	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 40	215635	2562126	21	34	67.45%	六級坡	9061	D	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	新崩 03	215911	2561955	21	31	60.09%	六級坡	5923	D	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	新崩 04	215742	2562052	21	37	75.36%	六級坡	7182	D	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	新崩 05	215528	2561843	21	33	64.94%	六級坡	4827	C	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	新崩 06	215361	2561983	21	31	60.09%	六級坡	6216	D	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
A3	崩 44	214651	2561139	21	11	19.44%	三級坡	886	C	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	中	難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 46	214629	2561250	21	32	62.49%	六級坡	68606	C	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	新崩 07	214986	2561791	21	19	34.43%	四級坡	8505	C	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	中	難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	新崩 08	214947	2561861	21	34	67.45%	六級坡	8554	D	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	新崩 09	214842	2561628	21	36	72.65%	六級坡	9584	C	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	新崩 10	215164	2561179	23	26	48.77%	五級坡	4557	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	中	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
A7	崩 42	216093	2561957	21	21	38.39%	四級坡	590	D	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	中	難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 43	214137	2561388	21	23	42.45%	五級坡	11591	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	中	難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 45	213819	2561179	21	24	44.52%	五級坡	32684	C	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 49	213716	2560612	23	18	32.49%	四級坡	1084	C	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 50	213700	2560506	23	27	50.95%	五級坡	4545	C	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 51	213677	2560435	23	26	48.77%	五級坡	480	C	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 52	213764	2560398	23	32	62.49%	六級坡	4139	D	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	崩 53	213872	2560384	23	44	96.57%	六級坡	7243	D	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	崩 54	214055	2560207	23	22	40.40%	五級坡	16	D	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	新崩 11	214418	2561438	21	25	46.63%	五級坡	6829	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	中	難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	新崩 12	214287	2561310	21	24	44.52%	五級坡	5382	D	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	難	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	新崩 13	213963	2561130	21	25	46.63%	五級坡	3360	C	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	可達	撒播植生工法、撒點播工法	中前期
	新崩 14	213370	2560759	23	34	67.45%	六級坡	10234	C	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	難	掛網噴植或撒播植生工法	中前期
	新崩 15	213992	2561093	21	24	44.52%	五級坡	2649	C	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	可達	撒播植生工法、撒點播工法	中前期

註 1：資料來源為嘉磐公司規劃小組調查分析。

註 2：第一類崩塌地係屬河岸崩塌型、第二類崩塌地係屬河岸山腹型崩塌、第三類崩塌地係屬源頭型崩塌

表 5-2 五子寮北集水區第二、三級中低度潛勢崩塌地治理需求評估一覽表

集水分區	崩塌地編號	X 座標	Y 座標	旗山林班編號	坡度(°)	坡度(%)	坡度分級	崩塌斜面面積(m2)	危險度	崩塌型式分類	崩塌型式	崩塌面狀態	再崩塌風險	治理可及性	建議處理工法	治理期程建議
A4	崩 3	216008	2560508	23	26	48.77%	五級坡	2469	C	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中後期
	崩 5	215893	2560306	23	28	53.17%	五級坡	4905	C	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中後期
	崩 6	216123	2560267	23	24	44.52%	五級坡	721351	C	第三類	源頭型深層崩塌	可見露岩	低	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中後期
	崩 35	216697	2560767	23	23	42.45%	五級坡	2523	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	中	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中後期
A5	崩 1	215437	2560718	23	41	62.49%	六級坡	1550	D	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中後期
	崩 2	215600	2560513	23	42	67.45%	六級坡	2958	D	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	中	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中後期
	崩 4	215322	2560574	23	21	46.63%	五級坡	148341	D	第二類	河岸山腹型深層崩塌	可見露岩	低	困難	撒播植生工法、撒點播工法	中後期
	崩 7	214996	2560365	23	17	70.02%	六級坡	1116	C	第一類	河岸型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中後期
	崩 36	215920	2560983	23	31	70.02%	六級坡	1615	D	第三類	源頭型淺層崩塌	殘土層厚	高	困難	掛網噴植或撒播植生工法	中後期
A6	崩 48	214047	2560876	21	39	80.98%	六級坡	11154	D	第一類	河岸型深層崩塌	可見露岩	低	可達	掛網噴植或撒播植生工法	中後期
A8	崩 47	213314	2560913	非林班地	33	64.94%	六級坡	24083	B	第二類	河岸山腹型淺層崩塌	殘土層厚	高	可達	打樁編柵植生+坡面導排水工法	供參

註 1：資料來源為嘉磐公司規劃小組調查分析。

註 2：第一類崩塌地係屬河岸崩塌型、第二類崩塌地係屬河岸山腹型崩塌、第三類崩塌地係屬源頭型崩塌

如同前 4.5.3.2 節評估各級崩塌地潛在崩塌風險中，以 A1、A2、A3 及 A7 等 4 個集水分區之再崩塌風險為最高，且評估列為第一級高度再崩塌風險危害之區域，並建議於整體治理工程之前、中期，即行將其整治工程列入考量。而第二級及第三級之再崩塌風險屬中度至低度危害風險之類別，建議於整體治理工程之中、後期，再行將其整治工程列入考量。其中，第一級高度再崩塌風險危害之 A1、A2、A3 及 A7 等 4 個集水分區共計有 60 處崩塌地，總崩塌面積為 62.52ha，如扣除已見露岩之崩 23、崩 34、崩 38、崩 55、崩 56 等 5 處崩塌地，則其崩塌數量減至 55 處，崩塌斜面面積尚有 31.61ha，此 55 處崩塌地之坡度自三級坡至七級坡(七級坡者僅崩 29 崩塌地 1 處)，分佈相當集中，且多屬源頭型淺層崩塌及河岸山腹型淺層崩塌居多，因此，施工機具無法到達，必須依靠人力之搬運，始能到達工區，即使依靠人力之搬運，在人力可及性評估上而言，仍屬難至困難等級，更遑論在陡坡地形上進行施工作業。此三級坡至七級坡之崩塌地，約為 15%~100%以上之坡度，依相關施工作業規範所訂定之坡面穩定性而言，通常建議以 1：1.5~2 之坡面坡度為一可視為相對穩定之坡面(約合 66.67%至 50%之坡度)，依此，統計 66.67%以下之坡度現況崩塌地有 36 處，建議可以撒播植生、撒點播植生為其考量之崩塌地處理工法，處理面積達 22.1ha，66.67%以上之坡度現況崩塌地有 19 處，建議可以掛網噴植植生或撒播植生為其考量之崩塌地處理工法，處理面積達 8.81ha，以上統計分析如后表 5-3。

表 5-3 五子寮北集水區第一級高度潛勢崩塌地處理數量、工法統計一覽表

集水分區名稱	崩塌地個數(處)			崩塌地面積(ha)		
	可見露岩	尚有厚實土層		可見露岩	尚有厚實土層	
		坡度＜66.67%	坡度＞66.67%		坡度＜66.67%	坡度＞66.67%
A1	5	16	13	31.61	4.70	3.62
A2	0	4	2	0.00	1.80	1.62
A3	0	4	2	0.00	8.26	1.81
A7	0	12	2	0.00	7.33	1.75
小計	5	36	19	31.61	22.10	8.81
合計	60			62.52		
備註 1：66.67%以下坡度之現況崩塌地建議可以撒播植生、撒點播植生為其考量處理工法。 備註 2：66.67%以上坡度之現況崩塌地建議可以掛網噴植植生或撒播植生為其考量之崩塌地處理工法。 備註 3：可見露岩之現況崩塌地建議可以自然復育植生+持續監測為其考量之崩塌地處理工法。						

註 1：資料來源為規劃團隊規劃小組調查分析。

第二、三級中低度再崩塌風險危害之 A4、A5 及 A6、A8 等各兩個集水分區共計有 11 處崩塌地，總崩塌面積為 92.2064ha，如扣除已見露岩之崩 6、崩 4、崩 48 等 3 處崩塌地，則其崩塌數量減至 8 處，崩塌斜面面積尚有 4.122ha，此 8 處崩塌地之坡度自五級坡至六級坡，分佈更是集中，且多屬河岸山腹型淺層崩塌居多，因此，施工機具無法到達，必須依靠人力之搬運，始能到達工區，即使依靠人力之搬運，在人力可及性評估上而言，仍屬困難等級，更遑論在陡坡地形上進行施工作業。此五級坡至六級坡之崩塌地，約為 40%~100%間之坡度，依相關施工作業規範所訂定之坡面穩定性而言，通常建議以 1：1.5~2 之坡面坡度為一可視為相對穩定之坡面(約合 66.67%至 50%之坡度)，依此，統計 66.67%以下之坡度現況崩塌地有 5 處，建議可以撒播植生、撒點播植生為其考量之崩塌地處理工法，處理面積達 3.56ha，66.67%以上之坡度現況崩塌地有 3 處，建議可以掛網噴植植生或撒播植生為其考量之崩塌地處理工法，處理面積達 0.57ha，以上統計分析如后表 5-4。

表 5-4 五子寮北集水區第二、三級中低度潛勢崩塌地處理數量、工法統計一覽表

集水分區名稱	崩塌地個數(處)			崩塌地面積(ha)		
	可見露岩	尚有厚實土層		可見露岩	尚有厚實土層	
		坡度＜66.67%	坡度＞66.67%		坡度＜66.67%	坡度＞66.67%
A4	1	3	0	72.14	0.99	0.00
A5	1	1	3	14.83	0.16	0.57
A6	1	0	0	1.12	0.00	0.00
A8	0	1	0	0.00	2.41	0.00
小計	3	5	3	88.09	3.56	0.57
合計	11			92.22		

備註 1：66.67%以下坡度之現況崩塌地建議可以撒播植生、撒點播植生為其考量處理工法。
備註 2：66.67%以上坡度之現況崩塌地建議可以掛網噴植植生或撒播植生為其考量之崩塌地處理工法。
備註 3：可見露岩之現況崩塌地建議可以自然復育植生+持續監測為其考量之崩塌地處理工法。
備註 4：崩 47 崩塌地因下邊坡有保全住户，建議可以打樁編柵植生+坡面導排水為其考量之崩塌地處理工法。

註 1：資料來源為規劃團隊規劃小組調查分析。

5.2.2　土石流潛勢溪暨野溪治理區位需求評估

有關本五子寮北集水區(旗山事業區 21-23 林班)之野溪溪段治理區位之評估，可分為四大部份加以說明如下：

■ 目前下游較平緩溪段(為屬林班界外下游溪段)

因其為上游大量崩塌土砂下移淤埋所造成，因此，目前該溪段溪床之高程並非原既有溪床之高程，淤積土砂層仍屬非穩定之狀態。河川局近年持續於下游楠梓仙溪主流進行疏濬之作業，相對造成本計畫溪段出砂後，其溪床已漸有下降之趨勢，但速度相當緩慢。因此，由前表 4-39 針對角埔溪主流下游溪段之各斷面間束縮或擴張情況，對於尖峰流量情況下之土砂運行可能模式之評估，認為為免溪段兩側岸邊坡因基腳持續淘刷而有崩塌之虞，應適當以新設護岸設施、橫向固床工作為防止溪床持續下切及防治岸側邊坡坍塌之考量。但目前於楠梓仙溪匯口段堆積如山之土石，仍建議仍應就清疏淤積土砂石為主，先予清疏出適當之通洪斷面，讓流量順利於下游楠梓仙溪導排。惟若直接辦理清疏工程作業，恐施工期程間溪床地形之變化，會影響施工放樣及清疏斷面控制之準確性，難按契約圖說施做，即使過程中可進行變更，亦無法確切掌握工進，殊不可行。建議可以較為彈性施做之開口契約方式，通知開口標承包廠商進場施行河道清疏作業，彈性又方便。本溪段之治理權責屬水土保持局或縣市政府之權責，僅提建議參考。

■ 自主流林班界往上游至角埔溪主、支流匯口段之溪床

由前表 4-39 針對角埔溪主流下游溪段之各斷面間束縮或擴張情況，對於尖峰流量情況下之土砂運行可能模式之評估，認為本溪段仍大量淤積土砂石，其溪段縱坡約為 6-10%，為免溪段兩側岸邊坡因基腳持續淘刷而有崩塌之虞，應適當以新設護岸設施(保護岸坡基腳，避免淘刷)、橫向固床工(穩定溪床、降緩縱坡、避免縱向淘刷)作為防止溪床持續下切及防治邊坡坍塌之考量。主、支流匯口處適當位置可考量增設 1 座防砂措施，建議以梳子壩進行考量(因其主、支流匯口處上游溪床仍遍佈巨石)，以攔阻及防治土石下移危害。此溪段之治理權責為林務局屏東林區管理處。本溪段之治理工作建議可列為先期治理之考量。

■ 自主、支流匯口往北支流之溪段

由前表 4-40 針對角埔溪主、支流匯口往北支流之溪段各斷面間束縮或擴張情

況，對於尖峰流量情況下之土砂運行可能模式之評估，認為其溪床縱坡陡峭且尚有多段土石淤積區域，建議可於適當溪段位置建構以防砂壩及系列式節制壩，有效攔阻土石下移及防制溪床兩側邊坡因基腳持續淘刷而產生崩塌狀況繼續發生。經觀察，此北支流之中、上游溪段岸坡源頭崩塌不斷，除溪床佈滿大小岩石外，評估源頭崩塌地仍堆積大量崩積土層，若逢颱洪或豪大雨量，仍有再次崩落溪床之虞，因此，為防制此些崩落大石再行下移釀災，建議以梳子壩進行攔阻，俾使水土、大石分離，減低可能產生土石流況後之衝擊力。另配合防砂壩或系列式節制壩之建構，其週遭開挖回填之裸露坡面，施以綠化植生及造林方式，回復原本生態環境與機制。

■ 自主、支流匯口往南支流之溪段

由前表 4-41 針對角埔溪主、支流匯口往南支流之溪段各斷面間束縮或擴張情況，對於尖峰流量情況下之土砂運行可能模式之評估，認為其溪床縱坡依然陡峭，惟除自匯口往南支流上游約 100m 溪段仍淤積大量土石外，再往上游溪段之溪床及岸坡多呈岩盤之狀況，其岩盤質地堅硬，溪床少有土石。且上游源頭原有大片崩塌地亦已成岩盤狀態，整體南支流集水區域初步評估屬較為穩定之狀況，無須建置過多之防砂構造設施。然自匯口往南支流上游約 300m 處之一條沖蝕溝上游源頭，由衛星影像之判釋，仍具少量之零星崩塌產生，是必須格外留意及研擬對策因應者，為此，本公司經審慎評估後，建議於主、支流匯口往南支流約 20-30m 位置處增設 1 座梳子壩，俾以攔阻南支流下游溪段淤積之土石群並防治沖蝕溝上游崩塌地溪床土石下移所帶來之衝擊破壞。另配合防砂壩或系列式節制壩之建構，其週遭開挖回填之裸露坡面，施以綠化植生及造林方式，回復原本生態環境與機制。

5.2.3　林班道路水土保持治理區位需求評估

道路破壞主要原因為排水不良導致逕流集中而使路基流失，或因地質不良，土層鬆動而導致下邊坡滑動崩塌而使路基破壞，另外則因道路緊臨河道，由於河道沖刷而造成下邊坡路基淘空而破壞。依據現場多次勘查結果，本調查規劃區內之道路破壞可歸納如下說明：

■ 由於山區道路系統縱坡坡度較大，且缺乏良好之橫向排水，雨水逕流易沿著道路

縱向沖蝕，並於道路轉彎路段集中，導致路面破壞路基流失。

■道路緊鄰河道構築，路基因溪流沖刷而淘空，而使路基流失道路中斷。

由上述災害原因分析有關本調查規劃區內之道路水土保持之治理對策及建議研提如下說明：

■配合道路之水土保持工程

於道路轉彎路段或縱坡凹處，加設橫向截排水溝，以截流路面縱向逕流，避免逕流集中於某一路段而沖刷路面及路基。而道路水土保持工法則為設置橫向截水溝，並在截流溝上游增設靜水池，以收集及減緩上游蝕溝及邊坡之雨水逕流，截流溝下游除設置靜水池外並沿下邊坡設置坡面洩水溝將雨水逕流直接導排至溪流中。

■配合野溪整治

加強道路下方之路基保護，以護岸及固床工穩定河岸及邊坡，避免路基再次流失而使道路中斷、上邊坡滑落之狀況發生。

5.3　集水區處理需求內容

包括崩塌地處理及造林、坑溝治理、野溪整治、土石流防制、林班道路水土保持、既有構造物加強與維護、生態保育、永續工程等及其他非工程方法之防災措施。本節重點著重於崩塌地處理及造林、坑溝治理、野溪整治、土石流防制、林班道路水土保持等處理需求內容分析說明，另有關既有構造物加強與維護、生態保育、永續工程等及其他非工程方法之防災措施部份，已於前 5.1.1 節與 4.6.5、4.6.6 節論述。

5.3.1　崩塌地處理及造林

5.3.1.1　造林

本計畫區內原有林相尚稱良好，惟經颱洪災害後，全區約有 12.5%面積已崩塌，其位置因人員難以到達，且面積廣大，除以直昇機進行空中噴植工程外，難以直接施作植生復育或打樁編柵等工作，部分崩塌甚至已達岩盤，也不易植生，而在短期時程內，崩塌地坡面可能仍未到達穩定，植生工程易因裸露面侵蝕而遭破壞。在此情形下，本計畫規劃長程崩塌地的植生復育撒播或撒點播工程，以坡面的植生導入及原生在地植物的自然入侵為主要策略，透過植生造林的非硬式工法，達到國有林班地復育目標。

因此，考量於治理工程實施時，於開挖及回填坡裸露面全面施行造林植生計畫。

加上本計畫區所處環境之雨量豐沛，有利植物生長。故應以混合草籽之撒播植生工法配合自然復育為主，及點播樹苗方式使更有效的讓復育基盤更加穩固，循序漸進，配合大自然自行復育的機制，達到林區植生復原的目標。

(一)中、前期崩塌地造林處理規劃

本文採用林務局屏東林區管理處曾於民國 103 年度利用撒點播及撒播的方式，進行屏東事業區第 10 林班及荖濃溪事業區第 59-61 林班崩塌地復育造林，依此各單項工作費用作為參考，作為本五子寮北集水區各坑溝、野溪源頭或邊坡崩塌地處理之依據。按前 5.2.1 節針對第一級高度潛勢崩塌地區崩塌地坡度＜66.67%之崩塌面積 22.1ha 進行處理，所建議之撒點播植生工法，其估算工作經費如後表 5-5 所述：

表 5-5 第一級高度潛勢崩塌地(坡度＜66.67%)撒點播植生處理經費估算表

工項名稱	單位	數量	單價(仟元)	複價(仟元)	備註
撒點播植生處理	公頃	22.1	133.82	2,957.4	第一級高度潛勢崩塌地區

註 1：資料根據為參考屏東林區管理處提供資料，經規劃團隊彙整分析。

由上表可得第一級高度潛勢崩塌地撒點播植生處理面積為 22.1ha，預估經費約為 3,000 仟元。惟如僅採用撒播工法，則僅差別在土壤團粒化劑與紙漿 2 項目之材料價差與運輸成本，差別不大，因此，仍建議以撒點播為處理工法之選擇。

另按前 5.2.1 節針對第一級高度潛勢崩塌地區崩塌地坡度＞66.67%之崩塌面積 8.81ha 進行處理，所建議之掛網噴植植生及撒播植生等 2 種工法，其估算工作經費分別如後表 5-6、5-7 所述：

表 5-6 第一級高度潛勢崩塌地(坡度＞66.67%)掛網噴植植生處理經費估算表

項目及說明	單位	數量	單價(元)	複價(元)
立體網層植生護坡（噴付植生基材厚度 3cm）	M^2	1.00		
立體網層	M^2	1.10	185.00	203.50
主錨筋（§16mm,L=40cm）	支	1.00	40.00	40.00
輔助錨筋（§9mm,L=20cm）	支	1.00	20.00	20.00
華司釘（L=15cm）	支	1.00	3.00	3.00
樹脂覆蓋肥料	kg	0.038	100.00	3.80
化學肥料　N:P:K=4:17:4	kg	0.13	13.00	1.69
含放線菌土壤改良劑	kg	0.13	500.00	65.00
吸水性強樹脂	kg	0.038	80.00	3.04
流失防止劑	kg	0.38	350.00	133.00
樹皮堆肥	kg	6.00	18.00	108.00

草種	kg	0.21	500.00	105.00
促生劑	kg	0.12	500.00	60.00
鑽孔技工	工	0.01	1700.00	17.00
舖設工	工	0.03	1500.00	45.00
錨釘技工	工	0.02	1700.00	34.00
鑽頭損耗	式	1.00	1.00	1.00
操作技工	工	0.016	1700.00	27.20
噴付技工	工	0.016	1700.00	27.20
搬運工	工	0.0075	1500.00	11.25
小工	工	0.0075	1500.00	11.25
空壓機（10.6m^3/min）	日	0.0075	2880.00	21.60
噴付機（0.8~1.2m^3/h）	日	0.0075	3900.00	29.25
抽水機（ϕ5cm）	日	0.075	162.00	12.15
發電機（10KVA）	日	0.0075	2100.00	15.75
輸送機（7m×2 部）	日	0.015	810.00	12.15
泥炭苔	l	39.38	3.50	137.83
什費	式	1.00	10.34	10.34
合計				1159.00
本項目處理面積為 8.81ha,總處理經費預估為 8.81*10000*1159=102,107,900 元				

註 1：資料根據為經規劃團隊蒐集資料並予彙整分析。

表 5-7 第一級高度潛勢崩塌地(坡度＞66.67%)撒播植生處理經費估算表

工項名稱	單位	數量	單價(仟元)	複價(仟元)	備註
撒播植生處理	公頃	8.81	127.48	1,123	第一級高度潛勢崩塌地區

註 1：資料根據為參考屏東林區管理處提供資料，經規劃團隊彙整分析。

由上表 5-6 及 5-7 之比較，第一級高度潛勢崩塌地(坡度＞66.67%)掛網噴植植生處理經費成本所費不貲，高達上億，在此治山防災經費逐年遞減且項背拮据之情況下，建議以經費較為節省之撒播植生工法，約 1100 仟元，可達一定程度之造林成果。至於在第一級高度潛勢崩塌區域內已見露岩之崩塌地，則列入自然復育植生，並持續監測其坡面之變異情況，作為中後期階段之處理參考。據此估計本計畫區造林植生之工程經費約為 4100 仟元。

(一)中、後期崩塌地造林處理規劃

復按前 5.2.1 節針對第二、三級中、低度潛勢崩塌地區崩塌地坡度＜66.67%之崩塌面積 3.56ha 進行處理，除崩 47 面積約 2.41ha 非屬林班區域外，其餘仍有 1.15ha 崩塌地亦建議採用撒、點播植生工法，其估算工作經費如後表 5-8 所述：

表 5-8 第二、三級中低度潛勢崩塌地(坡度＜66.67%)撒點播植生處理經費估算表

工項名稱	單位	數量	單價(仟元)	複價(仟元)	備註
撒點播植生處理	公頃	1.15	336.44	386.9	第二、三級高度潛勢崩塌地區

註 1：資料根據為參考屏東林區管理處提供資料，經規劃團隊彙整分析。

由上表可得第二、三級中低度潛勢崩塌地撒點播植生處理面積為 1.15ha，預估經費約為 387 仟元。惟如僅採用撒播工法，則僅差別在土壤團粒化劑與紙漿 2 項目之材料價差與運輸成本，差別不大，因此，仍建議以撒點播為處理工法之選擇。

另按前 5.2.1 節針對第二、三級中低度潛勢崩塌地區崩塌地坡度＞66.67%之崩塌面積 0.57ha 進行處理，所建議之掛網噴植植生及撒播植生等 2 種工法，其估算工作經費分別如後表 5-9、5-10 所述：

表 5-9 第二、三級中低度潛勢崩塌地(坡度＞66.67%)掛網噴植植生處理經費估算表

項目及說明	單位	數量	單價(元)	複價(元)
立體網層	M^2	1.10	185.00	203.50
主錨筋（§16mm,L=40cm）	支	1.00	40.00	40.00
輔助錨筋（§9mm,L=20cm）	支	1.00	20.00	20.00
華司釘（L=15cm）	支	1.00	3.00	3.00
樹脂覆蓋肥料	kg	0.038	100.00	3.80
化學肥料　N:P:K=4:17:4	kg	0.13	13.00	1.69
含放線菌土壤改良劑	kg	0.13	500.00	65.00
吸水性強樹脂	kg	0.038	80.00	3.04
流失防止劑	kg	0.38	350.00	133.00
樹皮堆肥	kg	6.00	18.00	108.00
草種	kg	0.21	500.00	105.00
促生劑	kg	0.12	500.00	60.00
鑽孔技工	工	0.01	1700.00	17.00
舖設工	工	0.03	1500.00	45.00
錨釘技工	工	0.02	1700.00	34.00
鑽頭損耗	式	1.00	1.00	1.00
操作技工	工	0.016	1700.00	27.20
噴付技工	工	0.016	1700.00	27.20

搬運工	工	0.0075	1500.00	11.25
小工	工	0.0075	1500.00	11.25
空壓機（10.6m^3/min）	日	0.0075	2880.00	21.60
噴付機（0.8~1.2m^3/h）	日	0.0075	3900.00	29.25
抽水機（§5cm）	日	0.075	162.00	12.15
發電機（10KVA）	日	0.0075	2100.00	15.75
輸送機（7m×2 部）	日	0.015	810.00	12.15
泥炭苔	l	39.38	3.50	137.83
什費	式	1.00	10.34	10.34
合計	M^2			1159.00
本項目處理面積為 0.57ha,總處理經費預估為 0.57*10000*1159=6,606,300 元				

表 5-10 第二、三級中低度潛勢崩塌地(坡度＞66.67%)撒播植生處理經費估算表

工項名稱	單位	數量	單價(仟元)	複價(仟元)	備註
撒播植生處理	公頃	0.57	375.15	213.8	第二、三級高度潛勢崩塌地區

註 1：資料根據為參考屏東林區管理處提供資料，經規劃團隊彙整分析。

由上表 5-9 及 5-10 之比較，第二、三級中低度潛勢崩塌地(坡度＞66.67%)掛網噴植植生處理經費成本所費不貲，高達 660 萬元，在此治山防災經費逐年遞減且項背拮据之情況下，建議以經費較為節省之撒播植生工法，約 214 仟元，可達一定程度之造林成果。至於在第二、三級中低度潛勢崩塌區域內已見露岩之崩塌地(約有 88.09ha)，則列入自然復育植生，並持續監測其坡面之變異情況，作為後續評估處理之參考。據此估計本計畫區中、後期造林植生之工程經費約為 601 仟元。

5.3.1.2　崩塌地處理

本五子寮北集水區崩塌地調查結果顯示，屬角埔溪主流下游集水區之崩塌地共有16處，崩塌地面積計約12.61公頃，屬北支流集水區內之崩塌地共有46處，崩塌地面積計約53.44公頃，另屬南支流集水區內之崩塌地共有9處，崩塌地面積計約88.68公頃，然而，依前表5-1針對本集水區域之各處崩塌地之治理需求評估結果，除編號崩47崩塌地(危險等級屬B)外，大部分之崩塌地實屬不易到達、且無保全對象，屬危險等級C、D之崩塌地，仍然分別建議先、後期各以撒點播植生、撒播植生及自然復育植生(並持續監測)方式為主。而編號崩47崩塌地並非屬林班地，原則及權責上，均應屬水土保持相關主管機關之治理範圍。惟就整體集水區之治理完整性而言，僅提供相關治理機關之有關該崩47崩塌地之2.41ha崩塌面積處理方式，可以撒、點播植生及打樁編柵且配合坡面導排逕流方式處理，相關之資材、費用供予參考，如下表5-11、5-12：

本編號崩47崩塌地源頭因坡度陡峭之處位於山嶺陵線之邊緣，若在裸露地之陡坡面上企圖實施植生復育工作將事倍功半而難以成功，故以打樁編柵方式，配合設置縱、橫向截水溝與集水井輔以撒播植生工程為主。其餘溪床兩側坡面穩定利用植生、播植等工程加速復育。至於崩塌地下緣，則建議設置擋土設施(擋土牆需高4.5m，有效高約3m，長度約150m，每公尺長度單價約25仟元)，俾保護就在此崩塌地下方之農户生命與財產之安全。該處崩塌地面積為2.41ha，預估打樁編柵方式，配合設置縱、橫向截水溝與集水井輔以撒、點播植生工程費用為4,760+540 =5,300仟元，擋土設施費用25×150=3,750仟元，另管理成本利潤約合12%，故本處崩塌地預估處理費用約為(5,300+3,750)×1.12=10,136仟元，約合1,015萬元，預算編列在1270萬元(包含管理費用、檢試驗費用…等)應已足夠，僅供該崩塌地管理治理維護單位參考。

表5-11 崩47崩塌地撒、點播植生治理工法處理經費評估一覽表

工項名稱	單位	數量	單價(仟元)	複價(仟元)	備註
撒點播植生處理	公頃	2.41	222.47	536.2	崩47崩塌地

註：上表為規劃團隊評估彙整，僅供相關治理機關參考。

表 5-12 崩 47 崩塌地打樁編柵治理工法處理經費評估一覽表

工　　法	打木樁編柵		
說　　明	打木樁：每 2m 打樁編柵 1 排，樁距 50cm，木樁採用九芎、榕樹、黃槿、破布子等萌芽樁與雜木樁,出土約 20cm 部分並以竹片、高密度聚乙烯擋土柵編柵，前面鋪襯不織布。		
施工項目	1.採購木樁（萌芽、不萌芽）、編柵材料（竹片或高密度聚乙烯擋土柵）、0.5m/m 不織布		
	2.打樁編柵		
	3.維護		
計　　算		單項金額(元)	總金額約(仟元)
1.打樁編柵工 3,000 元/工×40 工/公頃×2.41 公頃		289,200	4,760(編高密度聚乙烯網擋土柵)
2.採購萌芽木樁 5,000 株/公頃×60 元×2.41 公頃		723,000	
3.採購不萌芽木樁 5,000 株/公頃×30 元/株×2.41 公頃		361,500	
4.採購編柵材料(高密度聚乙烯網擋土柵 H:20cm5,000m/公頃×50 元/m×2.41 公頃)		602,500	
5.採購不織布 5000m/公頃(H:45cm)×10 元/m×2.41 公頃		120,500	
6.維護工 2,000 元/工×9 工/公頃×2.41 公頃		43,380	
7.吊掛整坡工 3,000 元/工×32 工/公頃×2.41 公頃		231,360	
8.縱、橫向噴漿溝(連工帶料)1,800 元/m×350m/公頃×2.41 公頃		1,518,300	
9.其他雜項費用(16.5%,含 1.5%保險費)		641,800	
10.營業稅(5%)		226,577	
合計		4,758,117	

註：上表為規劃團隊經訪價評估彙整。

而在林班地內之崩塌地雖建議實質之侵入性治理可考量往後期再做考量，惟先期仍應防範崩塌地之堆積溪床土石或逐年之遞移量，將造成下游溪床之負擔，因此，另考量以間接治理之方式，如在各崩塌地之下邊坡或是在各小集水區控制點適當位置處設置防砂構造設施(如防砂壩、梳子壩、整流工、沉砂池…等)，藉以攔阻砂石下移釀災，並有效延伸回淤線將間接保護邊坡基腳，讓既有崩塌地不致因其下邊坡基腳受水流刷蝕淘空而有持續崩塌之隱憂，既有崩塌地之崩塌面得以休養生息、持續自然復育。有關間接治理之方式將列於下 5.3.2 節併述。

5.3.2　土石流治理

土石流治理是指在土石流潛勢溪流上構築各種工程設施，有效降低土石流撞擊、淤埋、堵塞...等，以維護保全對象生命、財產、生活環境及自然生態環境等為目的所制定之方案。因此治理重點旨在依現場地文、水文、溪流等條件規劃適當的工程與非工程手段，以達到避免發生、避免發展、避免成災」之「三避」防制目標，即：

1.「避免土石流發生」是在溪流上游（包括源頭）實施結構性措施（如植生、造林、蓄水、引水、排水、防砂壩、固床工...等）治理手段，以抑制邊坡斜面上土體和溪床土砂的異常流失，降低土石流土砂供給料源，大幅降低土石流發生之機會。

2.「避免土石流發展」係指針對已發生的土石流，透過有效地結構性治理措施（如透過性壩及非透過性壩）將土石流流出規模予以破壞、消減或調節，以減輕其對下游的可能影響。

3.「避免土石流成災」乃通過結構性措施和非結構性措施將土石流危害程度降低，前者包括攔阻、疏導、淤積及緩衝等災害治理工法，後者則包括災害預警、避災措施、社會保險、土地政策、有害行為限制...等成災預防措施。

依據處理方式之不同，土石流的工程和非工程防治計畫大致有數種基本治理方案，而為達成上述目標，本計畫區編定土石流防治對策，詳表 5-13。

表 5-13　本計畫土石流防治對策

對策種類		工程種類	名稱	主要作用
治理措施	工程措施	攔檔工程	非透過性壩系	防砂、穩坡、護坡、降坡
			透過性壩系	攔粗排細、減勢、貯砂
		固床工程	系列固床工	穩固底床、防治沖刷下切
			潛壩系	穩固底床、防治沖刷下切
		護岸及護坡工程	護坡工	控制坡面蝕溝發生及發展，降低坡面土砂生產
			護岸工	加固河岸坡腳，免遭淘刷
			源頭處理	減少崩塌及土砂生產
		截排水工程	截水溝	攔截崩塌土體上方逕流，降低土砂生產
	生物措施	造林	恢復森林植被	控制沖蝕、減少水土流失、防止沖蝕、涵養水源、減少地表逕流、攔蓄土石。
預防措施	管理管制措施	集水區管理	林班地管理	違規土地利用之查報、制止、取締及處理

註：上述資料由規劃團隊彙整。

經前第三章之現勘調查成果及第四章之水文水理演算分析成果、土石運移量分析成果，本五子寮北集水區內共計有 2 處溪段具有發生土石流之潛勢。綜觀現況，南、北兩條支流之下游溪段土石堆積仍嚴重，而其各自上游溪床陡峭、崩塌地之裸露情形依舊及穩定性仍有待商榷情況下，此兩處溪段仍有突遇暴洪而產生土石流況之可能性，因此，建議應考量於此兩處溪段之下游方適當溪段設置攔砂構造設施，俾防土石持續下移之衍生災害或造成下游溪床之負擔。茲列具該南北兩處具土石流潛勢之溪段整治評估與建議一覽如表 5-14。其中，南、北支流治理工程設施俟經擇選適當工法妥善佈設，包含梳子壩、護坦、尾檻、側牆與最下游面之固床工等設施構造一覽詳參後圖 5-4~圖 5-5 之規劃配置，藉以攔阻砂石下移釀災，並有效延伸回淤線將間接保護邊坡基腳，讓既有崩塌地不致因其下邊坡基腳受水流刷蝕淘空而有持續崩塌之隱憂，計有崩塌地之崩塌面得以休養生息、持續自然復育。間接達成崩塌地治理之成效，說明詳如下表 5-14 內容闡述：

由上表 5-14 內容，角埔溪南(支流椿號 0k+199.8，斷面編號 35)、北支流(主流椿號 1k+871.8，斷面編號 26)溪段整治工程之工程佈置內容說明如下：

一、角埔溪北支流(主流椿號 1k+871.8)梳子壩工程，設施需求及說明詳如后表 5-15。預算經費需求詳如后表 5-16 說明，約 10,800 仟元。規劃配置示意詳後圖 5-4。

二、角埔溪南支流(支流椿號 0k+199.8)梳子壩工程，設施需求及說明詳如后表 5-17。預算經費需求詳如后表 5-18 說明，約 10,100 仟元。規劃配置示意詳後圖 5-5。

表 5-14 五子寮北集水區土石流潛勢溪段整治需求評估與建議表

序號	名稱	整治溪段與區位	溪流現況	整治需求評估	整治對策	治理工法	建議期程
1	角埔溪北支流	自主流椿號2k+345.2往上游溪段	溪岸基腳沖刷嚴重部分邊坡基腳已露岩且溪床土石淤積嚴重，溪床坡降平均約為23%。	本溪段週邊並無保全對象，惟下游1~2公里處，尚有農户(1户)、橋樑(1座)。且大量土石往下游運移之結果，將造成溪床抬高，斷面不足，導洪困難之窘境。為此，其具整治之需求。	建議在適當位置處設置1座梳子壩，俾以攔阻砂石下移危害，可考量在主流椿號1k+871.8位置處附近為佳，該處溪床寬度約為10m，兩側均為堅實之岩盤。該位置距主支流匯口處約有335.2m，其間溪床未有較大之起伏變化(如高落差地形)，施工機具可到達。該處溪床面高程為EL.503.8m，相對主支流匯口溪床面高程EL.484m而言，尚有19.8M之高差，並不會受到下游匯口主梳子壩之土石回淤線影響。	包含梳子壩、護坦、尾檻、側牆與最下游面之固床工等設施。	中長程
2	角埔溪南支流	自支流椿號0k+335往上游溪段	溪岸基腳沖刷嚴重部分邊坡基腳已露岩且溪床土石淤積嚴重，溪床坡降平均約為30%。	本溪段週邊並無保全對象，惟下游1~2公里處，尚有農户(1户)、橋樑(1座)。且大量土石往下游運移之結果，將造成溪床抬高，斷面不足，導洪困難之窘境。為此，其具整治之需求。	建議在適當位置處設置1座梳子壩，俾以攔阻砂石下移危害，可考量在支流椿號0k+199.8位置處附近為佳，該處溪床寬度約為10m，兩側均為堅實之岩盤。該位置距主支流匯口處約有199.8m，其間溪床未有較大之起伏變化(如高落差地形)，施工機具可到達。該處溪床面高程為EL.500.8m，相對主支流匯口溪床面高程EL.484m而言，尚有16.8M之高差，並不會受到下游匯口主梳子壩之土石回淤線影響。	包含梳子壩、護坦、尾檻、側牆與最下游面之固床工等設施。	中長程

註：上述資料由規劃團隊彙整。

表 5-15 角埔溪北支流(主流椿號 1k+871.8)梳子壩工程設施需求建議一覽表

工區名稱	整體治理對策		工法需求
角埔溪北支流(主流椿號 1k+871.8)梳子壩工程	防治土石下移 降緩縱坡減低流速 抑制縱橫向切割 放大出口斷面		● 增設梳子壩 1 座、護坦 1 式、尾檻 1 座。 ● 建議新設之梳子壩全高 9m，有效壩高約 4m，溢口寬度約 12m。俾使溪床坡降(23%)減緩，減緩流速，亦使上游崩塌源頭土砂量得以攔阻，穩定溪床。 ● 建議新設之護坦長度約 9m，採用拋排漿砌塊石($\phi \geq$ 1.5M，佔 70%)，並以 210kg/cm^2 混凝土打底。 ● 建議新設之尾檻全高 3.5m，溢口寬度約 8m。
	下游土石處理及林地復育對策	土石處理	● 利用此些塊石做為護岸或堰壩砌築之材料使用。 ● 各處工區土石方以於工區內自行平衡方式辦理。 ● 地勢低窪處回填抬高、護岸背填夯實處理剩餘土石方。
		林地復育	● 陡坡崩塌面掛網鋪稻草蓆噴植復育。

註：上述資料由規劃團隊彙整。

表 5-16 角埔溪北支流(主流椿號 1k+871.8)梳子壩工程預算經費估算表

項次	工料項目說明	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備註
壹	直接費用					
一	發包工程費					
1	梳子壩	座	1	6,000,000	6,000,000	
2	護坦	式	1	600,000	600,000	
3	尾檻	座	1	350,000	350,000	
4	護坦側牆(兩側)	m	24	25,000	600,000	
5	土方挖填	m3	2,000	60	120,000	
6	撒播草籽植生綠化	ha	0.05	100,000	5,000	
7	施工便道開設及補修	式	1	100,000	100,000	
8	臨時導排水費	式	1	100,000	100,000	
9	品質管理費	式	1	118,125	118,125	1.50%
10	勞安及環境衛生費	式	1	236,250	236,250	3%
11	廠商利潤，管理什項費	式	1	822,938	822,938	10%
12	營業稅	式	1	452,616	452,616	5%
13	工程保險費	式	1	123,441	123,441	1.50%
	合計				9,628,369	
總工程發包費合計(約)		玖佰陸拾萬元				
貳	間接費用					
1	空氣污染防治費	式	1	28,885	28,885	0.30%
2	工程管理費	式	1	192,567	192,567	2%
3	委託設計監造技術服務費	式	1	962,837	962,837	10%
	合計				1,184,289	
	總計				10,812,658	壹+貳
總工程預算經費合計(約)		壹仟零捌拾萬元				

註 1:上表資料由規劃團隊推估與分析。

表 5-17 角埔溪南支流(支流椿號 0k+199.8))梳子壩工程設施需求建議一覽表

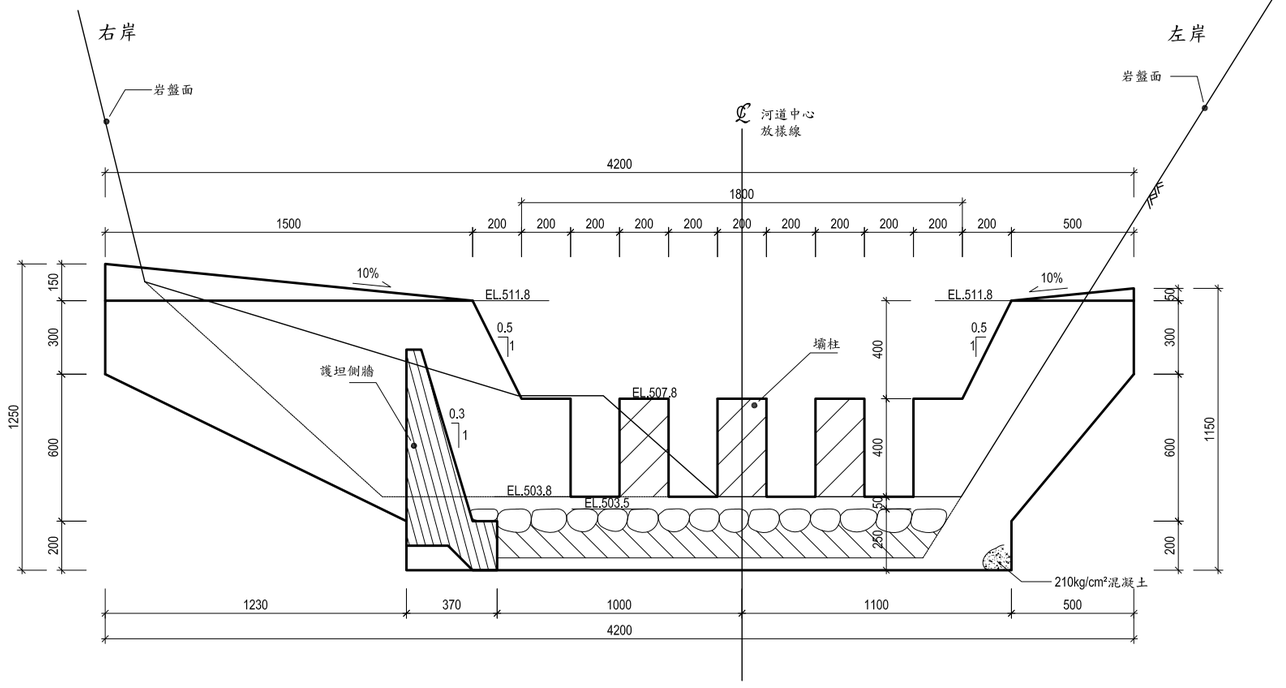
工區名稱	整體治理對策		工法需求
角埔溪北支流(主流椿號 1k+871.8)梳子壩工程	防治土石下移 降緩縱坡減低流速 抑制縱橫向切割 放大出口斷面		● 增設梳子壩 1 座、護坦 1 式、尾檻 1 座。 ● 建議新設之梳子壩全高 9m，有效壩高約 4m，溢口寬度約 12m。俾使溪床坡降(23%)減緩，減緩流速，亦使上游崩塌源頭土砂量得以攔阻，穩定溪床。 ● 建議新設之護坦長度約 9m，採用拋排漿砌塊石($\phi \geq$ 1.5M，佔 70%)，並以 210kg/cm^2 混凝土打底。 ● 建議新設之尾檻全高 3.5m，溢口寬度約 8m。
	下游土石處理及林地復育對策	土石處理	● 利用此些塊石做為護岸或堰壩砌築之材料使用。 ● 各處工區土石方以於工區內自行平衡方式辦理。 ● 地勢低窪處回填抬高、護岸背填夯實處理剩餘土石方。
		林地復育	● 陡坡崩塌面掛網鋪稻草蓆噴植復育。

註：上述資料由規劃團隊彙整。

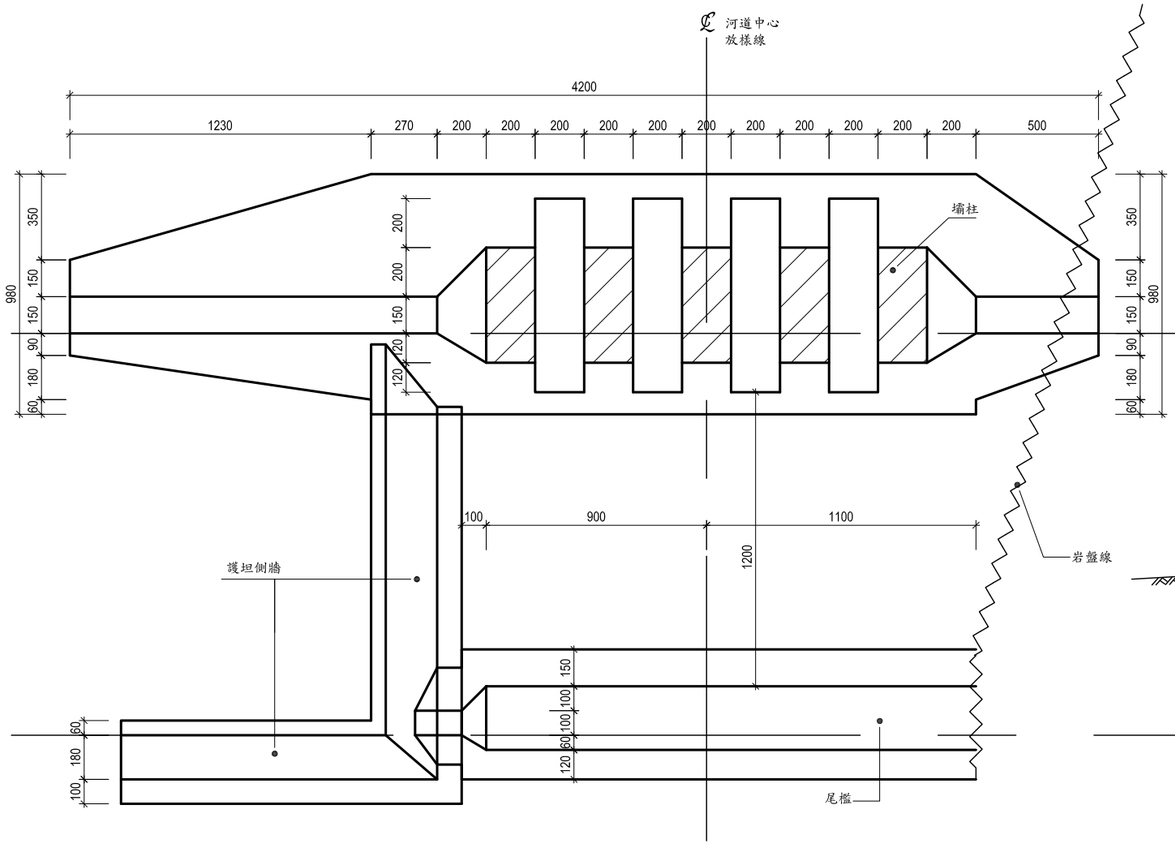
表 5-18 角埔溪南支流(支流椿號 0k+199.8))梳子壩工程預算經費估算表

項次	工料項目說明	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備註
壹	直接費用					
一	發包工程費					
1	梳子壩	座	1	5,500,000	5,500,000	
2	護坦	式	1	600,000	600,000	
3	尾檻	座	1	350,000	350,000	
4	護坦側牆(兩側)	m	24	25,000	600,000	
5	土方挖填	m3	2,000	60	120,000	
6	撒播草籽植生綠化	ha	0.05	100,000	5,000	
7	施工便道開設及補修	式	1	100000	100,000	
8	臨時導排水費	式	1	100,000	100,000	
9	品質管理費	式	1	110,625	110,625	1.50%
10	勞安及環境衛生費	式	1	221,250	221,250	3%
11	廠商利潤，管理什項費	式	1	770,688	770,688	10%
12	營業稅	式	1	423,878	423,878	5%
13	工程保險費	式	1	115,603	115,603	1.50%
	合計				9,017,044	
總工程發包費合計(約)		玖佰零貳萬元				
貳	間接費用					
1	空氣污染防治費	式	1	27,051	27,051	0.30%
2	工程管理費	式	1	180,341	180,341	2%
3	委託設計監造技術服務費	式	1	901,704	901,704	10%
	合計				1,109,096	
	總計				10,126,140	壹+貳
總工程預算經費合計(約)		壹仟零壹拾萬元				

註 1:上表資料由規劃團隊推估與分析。



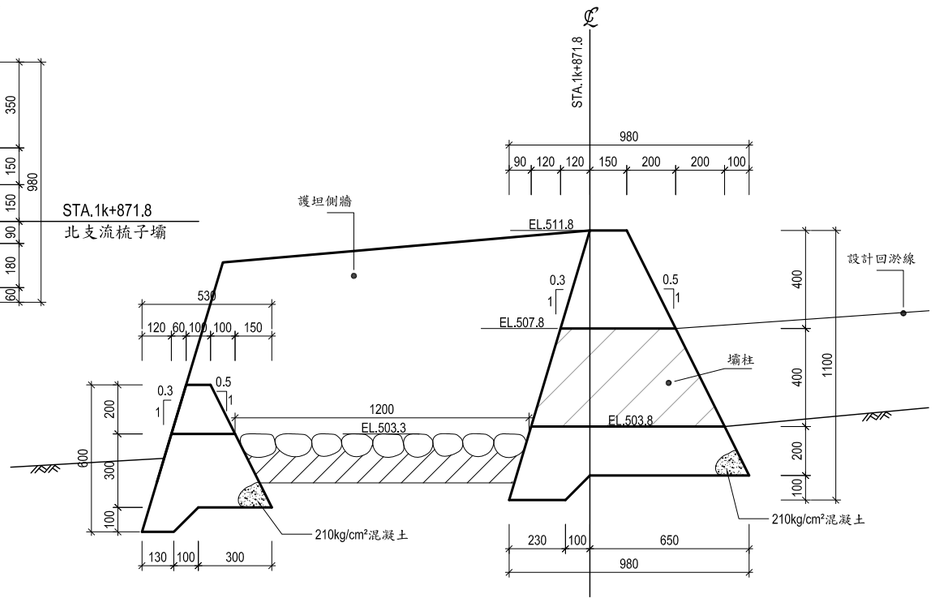
STA.1k+871.8北支流梳子壩正立面展開圖
Scale:1/200 Unit:cm



STA.1k+871.8
北支流梳子壩

STA.1k+860.8
梳子壩尾檻

STA.1k+871.8北支流梳子壩平面配置圖
Scale:1/200 Unit:cm



STA.1k+871.8梳子壩斷面配置圖
Scale:1/200 Unit:cm

圖　例

工程名稱
PROJECT
五子寮北集水區
整體規劃

圖　名
DRAWING
角埔溪北支流(主流椿號1K+871.8)梳子壩工程
規劃示意圖

日　期 Date
版　別

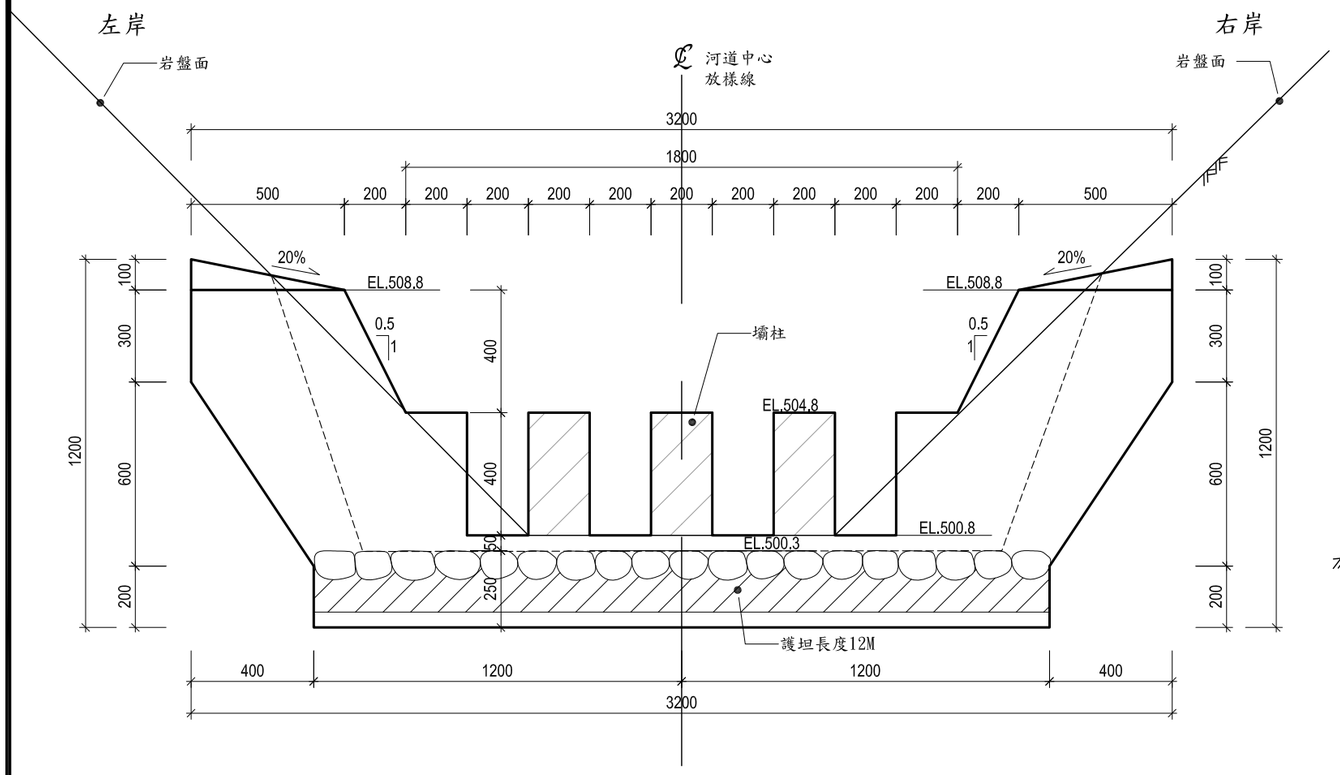
規劃單位
DESIGNED
嘉磐工程技術顧問有限公司
Fair Rock Engineering Consultant, LTD.

簽　章
SIGNATURE

校　核 CHECKED BY
核　准 APPROVED BY
繪　圖 DRAWN BY
設　計 DESIGNED BY

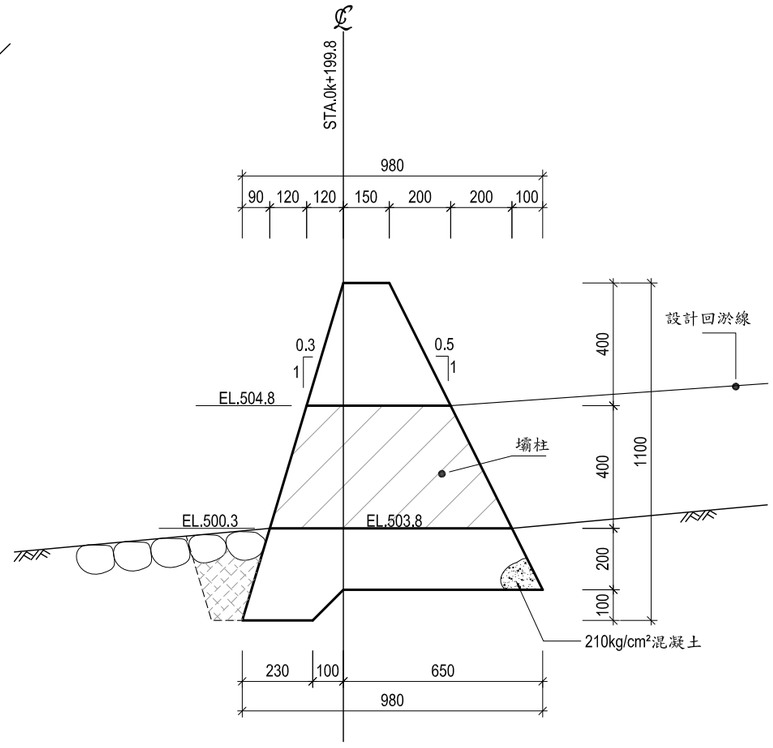
圖　號
DRAWING NO.
5-4

頁數
Pages.
5-32



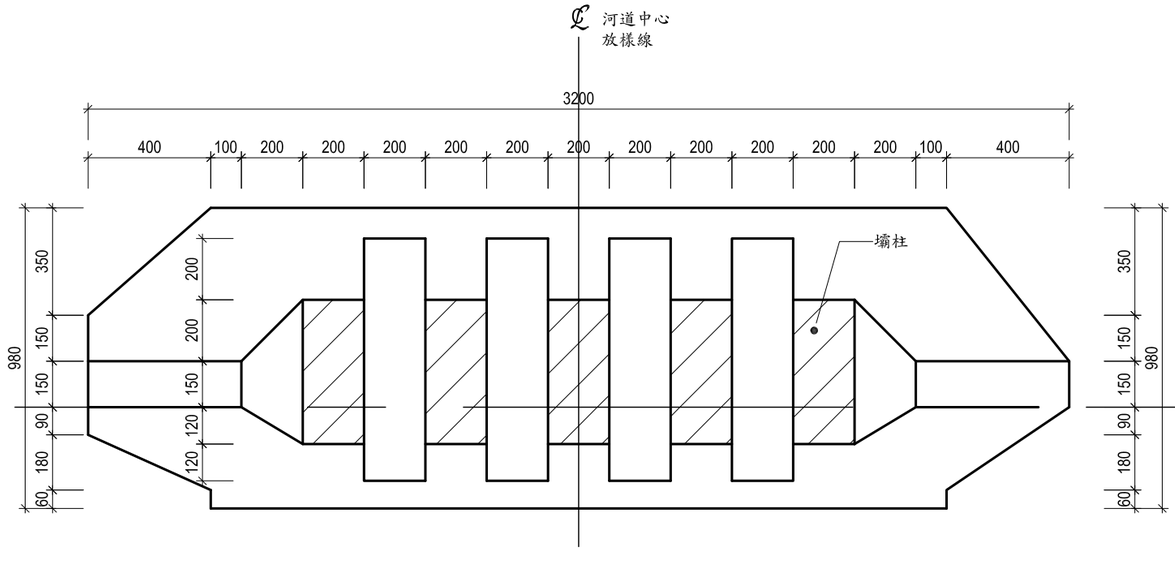
支流STA.0k+199.8南支流梳子壩正立面展開圖

Scale:1/200 Unit:cm



支流STA.0k+199.8南支流梳子壩斷面配置圖

Scale:1/200 Unit:cm



支流STA.0k+199.8南支流梳子壩平面配置圖

Scale:1/200 Unit:cm

圖　例

工程名稱
PROJECT

五子寮北集水區
整體規劃

圖　名
DRAWING

角埔溪南支流(支流椿號0K+199.8)梳子壩工程規劃示意圖

日　期　Date	版　別

規劃單位
DESIGNED

鳳磐工程技術顧問有限公司
Fair Rock Engineering Consultant, LTD.

簽　章
SIGNATURE

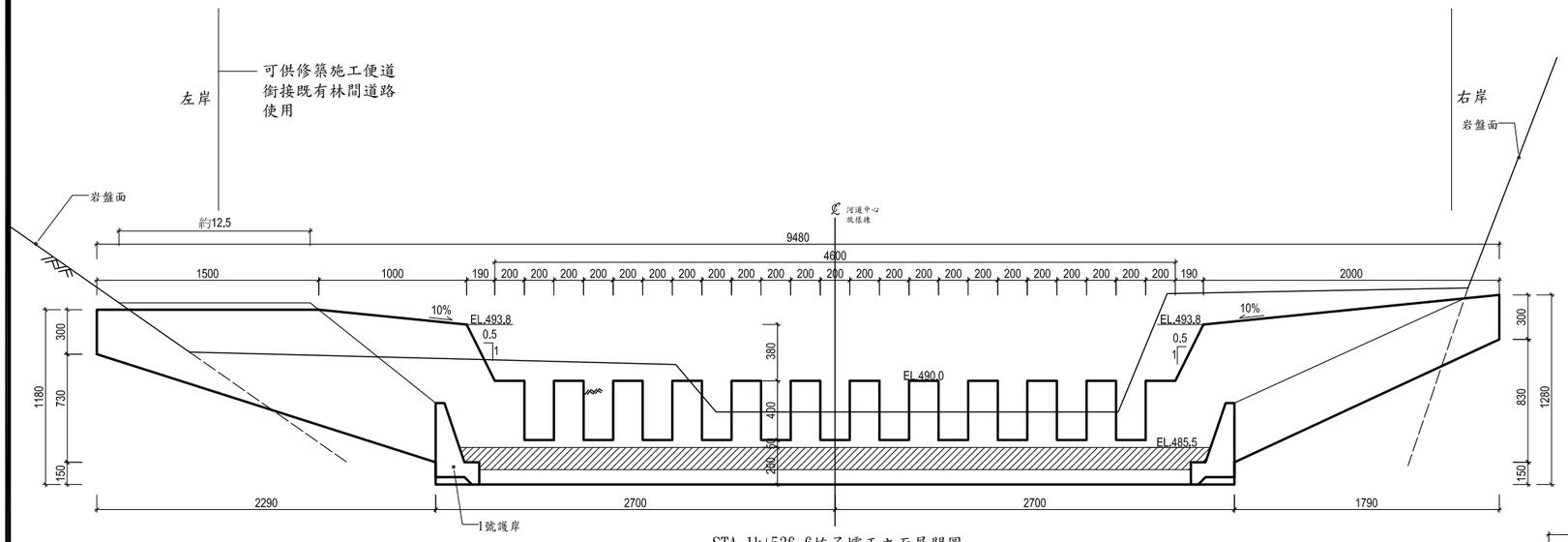
校　核　CHECKED BY	核　准　APPROVED BY
繪　圖　DRAWN BY	設　計　DESIGNED BY

圖　號　DRAWING NO.	頁數　Pages.
5-5	5-33

5.3.3　野溪整治評估與建議

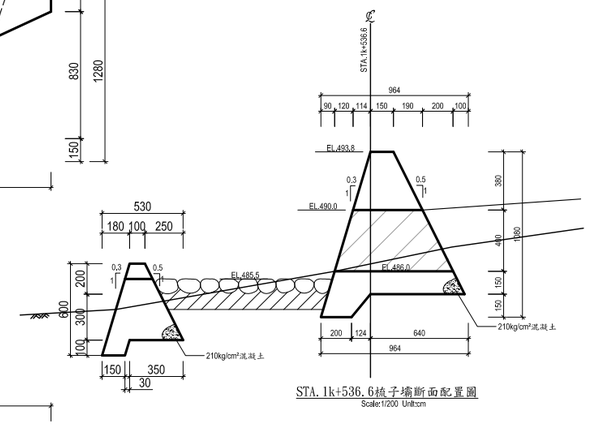
在短期時程內，因目前角埔溪溪床內之土砂堆積量相當大，尤其是在角埔溪主支流匯口起往下游之方向，所延伸之溪床上無一處不是土石淤積之情況，其土石之來源絕大部分是經由南、北支流下移土石所造成，不但造成防砂工程無法施作(結構設施並不建議施設在不穩定之溪床)，無法有效發揮其功效外，另土石愈累積之結果，已造成主、支流匯口往下游之溪床縱坡變大，流速增加，更增土石下移之隱憂。故近程的目標，在於清疏及穩定河床考量。而在清疏土石之同時，建議為防範南、北支流之土石持續下移而降低了清疏土石之效益，另於角埔溪主、支流匯口適當溪段設置防砂構造設施(如梳子壩 1 座)，俾於近程治理效益之發揮。而自此主、支流匯口梳子壩往下游面之溪床，藉由近程清疏土石之實施，得以維持一穩定，溪床縱坡稍緩之溪段。中程規劃則俟溪床稍俟穩定後，建議自主、支流匯口梳子壩起，往下游面方向銜接以整流工程，其護岸、固床工等措施可控制排砂及加速河道排砂，且可有效保護溪道兩側邊坡基腳，俾免刷蝕破壞；到了遠程階段，整體集水區域之野溪、坡面之穩定情況已達一定程度之改善後，始導入生態、景觀之佈置，達成整體治理成效。

在本五子寮北集水區內之主要野溪溪段，前述章節已將其劃分為 3 主要溪段進行討論，包括角埔溪主流下游溪段、北支流溪段及南支流溪段等 3 溪段，其中，南、北兩溪段之治理方向基本上朝向土石流防治之理念進行整治規劃，故在本節所討論野溪治理之重點，則放在角埔溪主流下游溪段進行討論。以下就角埔溪主流下游溪段提具整治評估及建議如後表 5-19。其中，主、支流匯口梳子壩治理工程設施俟經擇選適當工法妥善佈設，包含梳子壩、護坦、尾檻、側牆與最下游面之固床工等設施構造一覽詳參後圖 5-6 之規劃配置，藉以攔阻砂石下移釀災，並有效延伸回淤線將間接保護至中、遠程階段擬設置之南、北支流梳子壩間溪段之邊坡基腳，讓既有崩塌地不致因其下邊坡基腳受水流刷蝕淘空而有持續崩塌之隱憂，既有崩塌地之崩塌面得以休養生息、持續自然復育。間接達成崩塌地治理之成效，說明詳如下表 5-19 內容闡述，其整體治理工程基本平面佈置構想詳圖 5-7。匯口下游溪段治理工程佈置構想配置詳如圖 5-8。



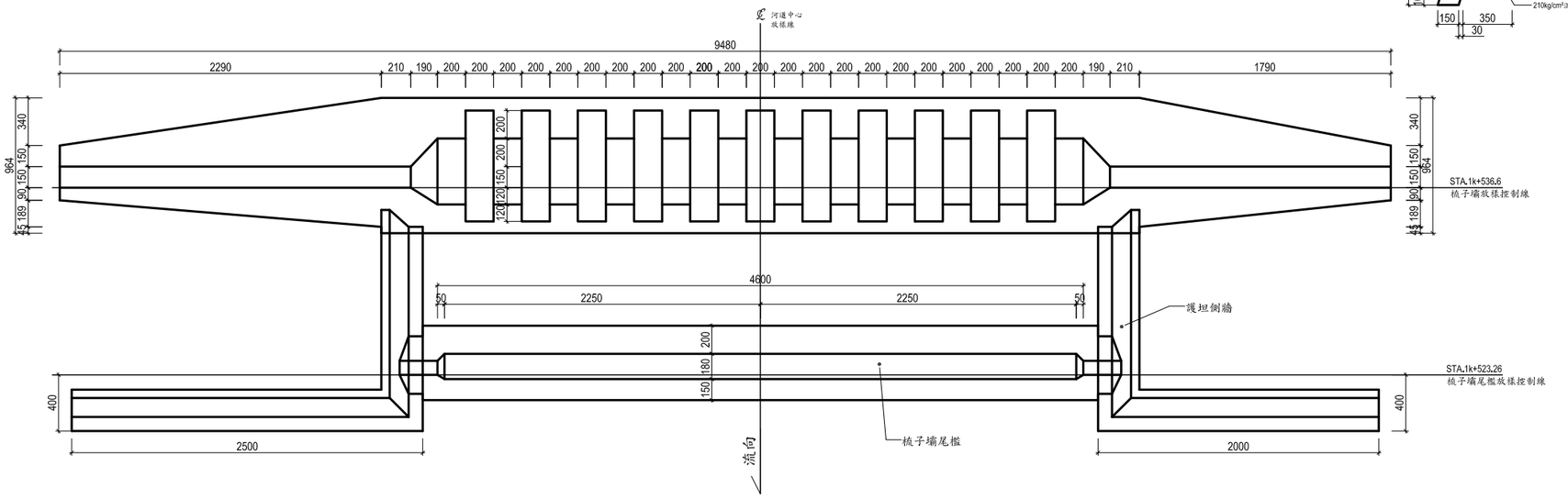
STA. 1k+536. 6梳子壩正立面展開圖

Scale:1/500 Unit:cm



STA. 1k+536. 6梳子壩斷面配置圖

Scale:1/200 Unit:cm



STA. 1k+536. 6梳子壩平面配置圖

Scale:1/500 Unit:cm

圖　例

工程名稱
PROJECT

五子寮北集水區
整體規劃

圖　名
DRAWING

角埔溪主支流匯口(主流椿號1K+536.6)梳子壩工程規劃示意圖

日　期 Date	版　別

規劃單位
DESIGNED

嘉磐工程技術顧問有限公司
Fair Rock Engineering Consultant, LTD.

簽　章
SIGNATURE

校　核 CHECKED BY	核　准 APPROVED BY
繪　圖 DRAWN BY	設　計 DESIGNED BY

圖　號 DRAWING NO.	頁數 Pages.
5-6	5-35

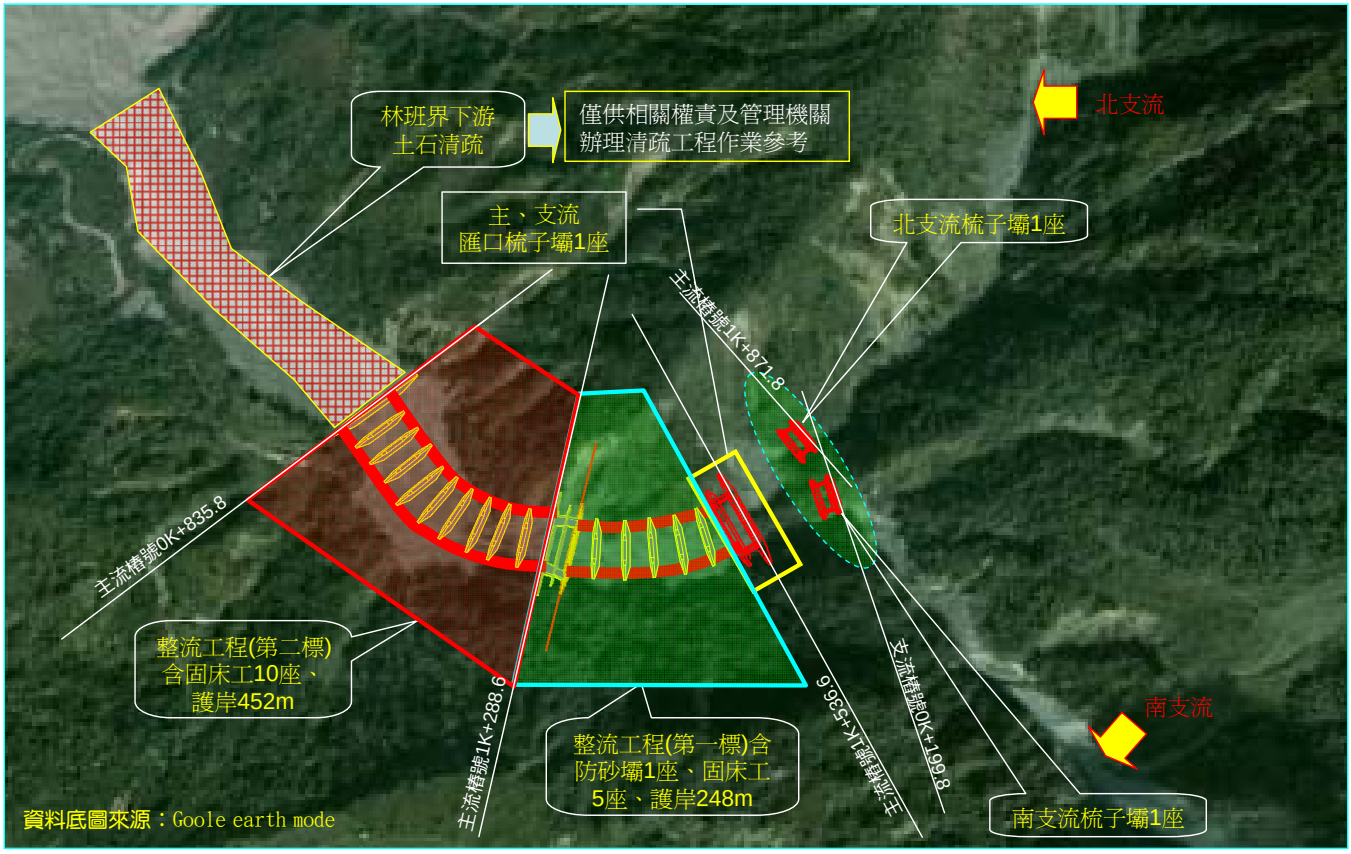
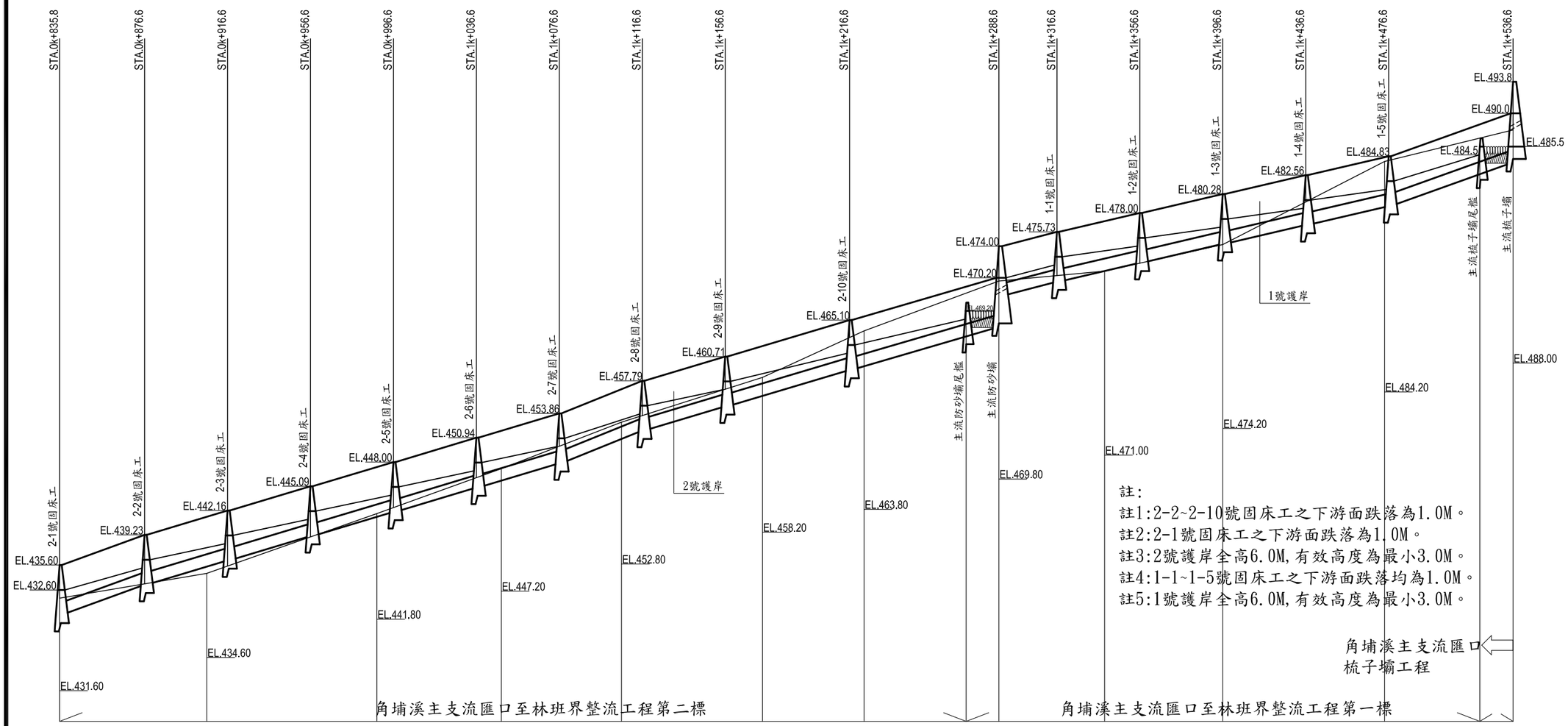


圖 5-7　角埔溪野溪整治整體治理工程平面佈置構想圖



註:
註1:2-2~2-10號固床工之下游面跌落為1.0M。
註2:2-1號固床工之下游面跌落為1.0M。
註3:2號護岸全高6.0M,有效高度為最小3.0M。
註4:1-1~1-5號固床工之下游面跌落均為1.0M。
註5:1號護岸全高6.0M,有效高度為最小3.0M。

溪流整治溪段縱斷面配置規劃圖

Scale:H=1/2000 V=1/500 Unit:cm

圖 索

工程名稱 PROJECT

五子寮北集水區整體規劃

圖名 DRAWING

角埔溪主支流匯口下游段治理工程縱斷佈置規劃圖

日 期 Date	版 別

規劃單位 DESIGNED

嘉磐工程技術顧問有限公司
Fair Rock Engineering Consultant, LTD.

簽 章 SIGNATURE

校 核 CHECKED BY	核 准 APPROVED BY
繪 圖 DRAWN BY	設 計 DESIGNED BY

圖 號 DRAWING NO.	頁數 Pages.
5-8	**5-37**

表 5-19 五子寮北集水區主要野溪溪段整治需求評估與建議一覽表(1/2)

序號	名稱	整治溪段與區位	溪床現況	整治需求評估	整治對策	治理工法	建議期程
1	角埔溪土石清疏工程(林班界下游標)	自主流椿號0K+835.8往下游之溪段	邊坡淘刷，土石堆積溪床	土石清疏	建議轉提相關權責及管理機關辦理清疏工程作業	建議配合整體集水區之治理期程併同辦理。囿因範圍內之土石料為有價料，建議採採售分離方式辦理，俾免爭議	近程
2	角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)	自主流椿號0K+835.8往上游至椿號1K+536.6之溪段	邊坡淘刷，土石堆積溪床	土石清疏	由權責及管理機關屏東林區管理處辦理清疏工程作業	建議可以較為彈性施做之開口契約方式或直接以土木標之方式執行清疏作業	近程
3	角埔溪主、支流匯口梳子壩工程	約主流椿號1K+536.6適當位置溪段	溪岸基腳沖刷嚴重部分邊坡基腳已露岩且溪床土石淤積嚴重，溪床坡降平均約為6-10%。	本溪段週邊並無保全對象，惟下游 800 公尺處，尚有農户(1 户)、橋樑(1 座)。且大量土石往下游運移之結果，將造成溪床抬高，斷面不足，導洪困難之窘境。為此，其具整治之需求。	建議在適當位置處設置 1 座梳子壩，俾以攔阻砂石下移危害，可考量在主流椿號1k+536.6 位置處附近為佳，該處溪床寬度約為 69m，兩側均為堅實之岩盤。	包含梳子壩、護坦、尾檻、側牆與最下游面之固床工等設施。	近程

註：上述資料由規劃團隊彙整。

表 5-19 五子寮北集水區主要野溪溪段整治需求評估與建議一覽表(2/2)

序號	名稱	整治溪段與區位	溪床現況	整治需求評估	整治對策	治理工法	建議期程
4	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標	約自主流樁號1K+536.6起往下游至主流樁號1K+288.6溪段約248m	邊坡淘刷，土石堆積溪床	俟清疏工程及角埔溪主、支流匯口梳子壩工程均完成後，辦理整流工程作業。	建議自主支流匯口梳子壩起往下游面約248公尺處再予設置防砂壩乙座、副壩、相關尾檻、靜水池及側、封牆等設施。兩壩群間之側邊坡配合設置RC護岸。兩壩間設置約5座固床工，俾以調緩縱坡，固床工型式建議採複式斷面局部偏心深槽方式建置，兼顧整流及避免凹岸沖刷之虞。	包含防砂壩、護坦、尾檻、側牆與固床工約5座等設施。	中程
5	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標	約自主流樁號1K+288.6起往下游至主流樁號0K+835.8溪段約452.8m	邊坡淘刷，土石堆積溪床	接續第一整流工程標，執行第一整流工程標作業。	由防砂壩起往下游主流之溪段，順循主流線形設置兩岸側之護岸設施(約450m)，相隔30-50m設置1座複式斷面局部偏心深槽固床工，直至與林班界外之他單位設置護岸相接。	包含護岸與固床工約10座等設施。	中程

註：上述資料由規劃團隊彙整。

由上表 5-19 內容，各主要野溪溪段整治工程之工程佈置內容說明如下：

一、角埔溪土石清疏工程(林班界下游標)

目前下游較平緩溪段(為屬林班界外下游溪段)，因其為上游大量崩塌土砂下移淤埋所造成，因此，目前該溪段溪床之高程並非原既有溪床之高程，淤積土砂層仍屬非穩定之狀態。河川局近年持續於下游楠梓仙溪主流進行疏濬之作業，相對造成本計畫溪段出砂後，其溪床已漸有下降之趨勢。因此，為免溪段兩側岸邊坡因基腳持續淘刷而有崩塌之虞，應適當以新設護岸設施、橫向固床工作為防止溪床持續下切及防治邊坡坍塌之考量。但目前於楠梓仙溪匯口段堆積如山之土石，仍建議仍應就清疏淤積土砂石為主，先予清疏出適當之通洪斷面，讓流量順利於下游楠梓仙溪導排。治理對策

需求及說明詳如后表 5-20。預算經費需求詳如后表 5-21 說明，約 16,300 仟元。由於土石標售標為淨收入標，俟標售結果將上繳國庫，故不納入整治預算成本估列。規劃配置示意詳圖 5-9。以上僅供權責機關參考。

表 5-20 角埔溪土石清疏工程(林班界下游標)需求建議一覽表

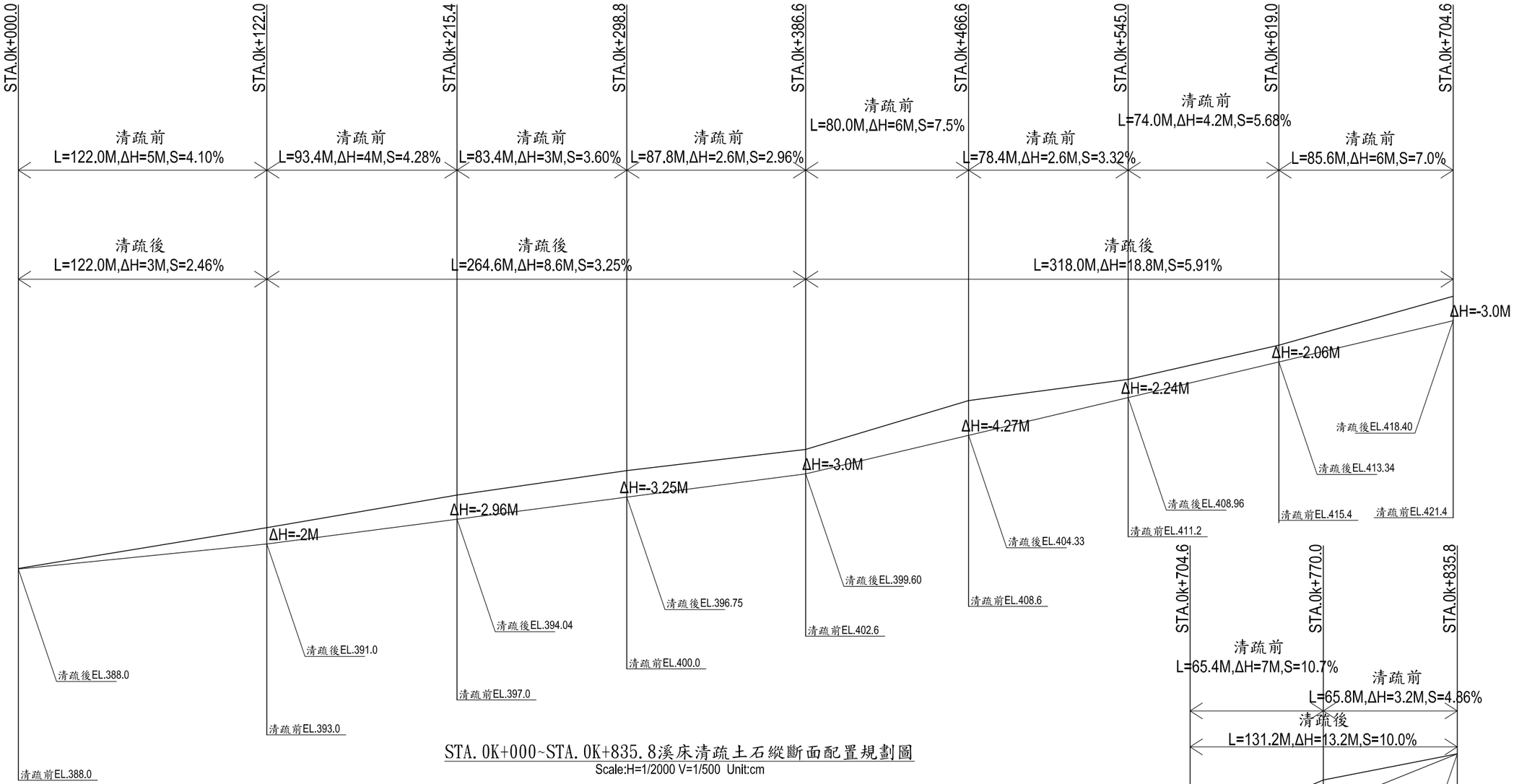
工區名稱	整體治理對策	工法需求
角埔溪土石清疏工程(林班界下游標)	土石採取標 土石標售標 保全標 檢測標 監造標	● 土石採取標為土木作業，專精負責場區內之土石採取。預估該段溪床之土石清疏量約有 25 萬方。建議以全一標發包，較易掌控與管理。 ● 土石標售標為標售土石之作業，承包者為砂石採取、設備等相關業者。為分散風險及穩定市場需求，建議採多標標售之方式辦理。 ● 保全標則係負責場區土石之監管，防制盜採及超挖之情況，並負責標售作業之執行，交通安全指揮作業...等。其所需預算經費俟視標售期程而定，預估為 4 個月。所需人力以 4-6 員保全人力估計。 ● 檢測標係於土石採取過程中，不定期檢測土石採取標(稱土木標)之開挖土方線基準，防制超挖、或續挖之依據。 ● 監造標係代表業主執行以上 4 項之監督管理及彙報作業。

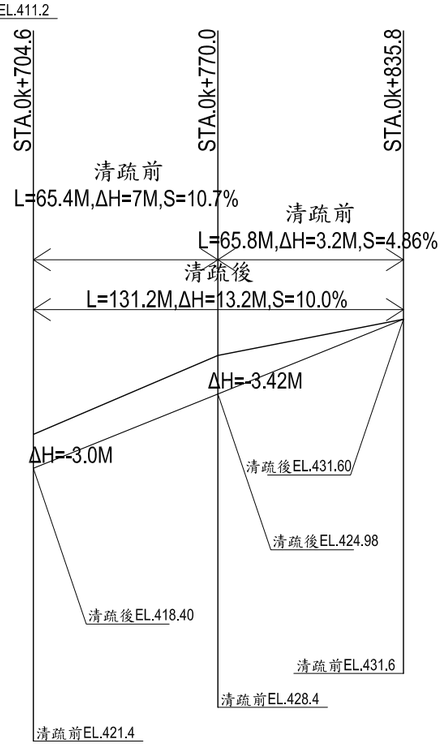
註：上述資料由規劃團隊彙整。

表 5-21-1 角埔溪土石清疏工程(林班界下游標)土石採取標預算經費估算表

項次	工料項目說明	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備註
壹	直接費用					
一	發包工程費					
1	土方挖填	m3	250,000	45	11,250,000	
2	品質管理費	式	1	92,625	168750	1.5%
3	勞安及環境衛生費	式	1	185,250	337500	3%
4	廠商利潤，管理什項費	式	1	617,500	1125000	10%
5	營業稅	式	1	353,519	644063	5%
6	工程保險費	式	1	111,358	202880	1.5%
	合計				13,728,193	
總工程發包費合計(約)		壹仟參佰柒拾萬元				
貳	間接費用					
1	空氣污染防治費	式	1	41,185	41,185	
2	工程管理費	式	1	274,564	274,564	
3	委託設計監造技術服務費	式	1	1,098,000	1,098,000	
	合計				1,413,749	
	總計				15,141,942	壹+貳
總工程預算經費合計(約)		壹仟伍佰萬元				

註 1:上表資料由規劃團隊推估與分析。





STA.0K+000~STA.0K+835.8溪床清疏土石縱斷面配置規劃圖

Scale:H=1/2000 V=1/500 Unit:cm

註:

註1:本清疏溪段為林班界外範圍，為配合整體治理計畫而提建議案，供該範圍治理與管理轄管機關參考配合。

註2:清疏完成後之溪床面仍屬陡峭，應另擬整流工事保護邊坡基腳，並使流速降低，防制溪床縱向刷蝕。

註3:預估清疏土石約300,000M3。

圖　例

工程名稱 PROJECT

五子寮北集水區
整體規劃

圖　名 DRAWING

角埔溪土石清疏工程
（林班界下游標）
縱斷佈置規劃圖

日　期 Date	版　別

規劃單位 DESIGNED

嘉磐工程技術顧問有限公司
Fair Rock Engineering Consultant, LTD.

簽　章 SIGNATURE

校　核 CHECKED BY	核　准 APPROVED BY
繪　圖 DRAWN BY	設　計 DESIGNED BY

圖　號 DRAWING NO.	頁數 Pages.
5-9	5-41

表 5-21-2 角埔溪土石清疏工程(林班界下游標)保全標暨檢測標預算經費估算表

項次	工料項目說明	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備註
壹	直接費用					
1	保全標	式	1		1,021,680	
2	檢測標	式	1		270,000	
	合計				1,291,680	
總預算經費合計(約)		壹佰參拾萬元				

一、保全標
保全管控作業費：參閱台灣銀行辦理 103 年度保全(警衛勤務)集中採購共同供應契約。
1.第四級警衛勤務，每人每月 27,000 元整編列，每月服勤 210 小時。
2.每人每小時金額=27,000/210=129 元
3.日班：出料執勤期間為自早上 06：00 至下午上 06：00(12 小時)，每班 4 員
4.夜班及例假日：每班 2 員。
5.工期：預計出料 90 工作天(設備撤除且無待辦事項)。非出料預計 30 日。
6.執勤時數=90×12×(4+2)+30×12×(2+2)=7,920 小時。平常日：日班 4 員，夜班 2 員。例假日：日班 2 員，夜班 2 員。
二、檢測標
本項目含控制測量、地形測量、斷面測量、土方計算、內業資料整理及繪圖。每次約 500m 斷面檢測，每次以 30,000 元計，預估每 10 天進行 1 次檢測，計有 9 次作業。

註:上表資料由規劃團隊推估與分析。

二、角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)

本標必須俟前標(角埔溪土石清疏工程(林班界下游標))完成或接近完成，始可能辦理如同前標之土石清疏標準作業，惟若直接辦理如同前標之土石清疏工程作業，恐施工期程間由於與前標之界面協調、或是溪床地形之變化不同步，會影響施工放樣及清疏斷面控制之準確性，難按契約圖說施做，即使過程中可進行變更，亦無法確切掌握工進，殊不可行。建議可以較為彈性施做之開口契約方式或直接以土木標之方式，通知開口標或土木標承包廠商進場施行河道清疏作業，所清疏土石暫置溪床兩岸側，爾後可作為護岸治理工程時之背填材料使用，彈性又方便。治理對策需求及說明詳如后表 5-22。預算經費需求詳如后表 5-23 說明，約 7500 仟元。

表 5-22 角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)需求建議一覽表

工區名稱	整體治理對策	工法需求
角埔溪土石清疏工程(林班界下游標)	土石清疏開口標 或土石清疏土木標 監造標	● 土石採取標為土木作業，專精負責場區內之土石採取與回填整地作業。預估該段溪床之土石清疏量約有 10 萬方。建議以全一標發包，較易掌控與管理。 ● 監造標係代表業主執行以上清疏工程之監督管理及彙報作業。

註：上述資料由規劃團隊彙整。

表 5-23 角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)預算經費估算表

項次	工料項目說明	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備註
壹	直接費用					
一	發包工程費					
1	土方挖填暨整理	m3	100,000	55	5,500,000	
2	品質管理費	式	1	82,500	82,500	1.5%
3	勞安及環境衛生費	式	1	165,000	165,000	3%
4	廠商利潤，管理什項費	式	1	550,000	550,000	10%
5	營業稅	式	1	314,875	314,875	5%
6	工程保險費	式	1	99,185	99,185	1.5%
	合計				6,711,560	
總工程發包費合計(約)		陸佰柒拾萬元				
貳	間接費用					
1	空氣污染防治費	式	1	20,135	20,135	
2	工程管理費	式	1	134,230	134,230	
3	委託設計監造技術服務費	式	1	671,000	671,000	
	合計				825,365	
	總計				7,536,925	壹+貳
總工程預算經費合計(約)		柒佰伍拾萬元				

註:上表資料由規劃團隊推估與分析。

三、角埔溪主、支流匯口梳子壩工程

設施需求及說明詳如后表 5-24。預算經費需求詳如后表 5-25 說明，約 27,000 仟元。規劃配置示意詳前圖 5-6。

表 5-24 角埔溪主、支流匯口梳子壩工程需求建議一覽表

工區名稱	整體治理對策		工法需求
角埔溪主、支流匯口梳子壩工程	防治土石下移 降緩縱坡減低流速 抑制縱橫向切割 放大出口斷面		● 增設梳子壩 1 座、護坦 1 式、尾檻 1 座。 ● 建議新設之梳子壩全長為 80m、全高 11m，有效壩高約 5m，溢口寬度約 45m。俾使溪床坡降(6-10%)減緩，減緩流速，亦使上游崩塌源頭土砂量得以攔阻，穩定溪床。 ● 建議新設之護坦長度約 12m，採用拋排漿砌塊石(ϕ ≧ 1.5M，佔 70%)，並以 210kg/cm^2 混凝土打底。 ● 建議新設之尾檻全高 3.5m，溢口寬度約 45m。
	下游土石處理及林地復育對策	土石處理	● 利用此些塊石做為護岸或堰壩砌築之材料使用。 ● 各處工區土石方以於工區內自行平衡方式辦理。 ● 地勢低窪處回填抬高、護岸背填夯實處理剩餘土石方。
		林地復育	● 陡坡崩塌面掛網鋪稻草蓆噴植復育。

註：上述資料由規劃團隊彙整。

表 5-25 角埔溪主、支流匯口梳子壩工程預算經費估算表

項次	工料項目說明	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備註
壹	直接費用					
一	發包工程費					
1	梳子壩	座	1	15,500,000	15,500,000	
2	護坦	式	1	1,600,000	1,600,000	
3	尾檻	座	1	1,200,000	1,200,000	
4	護坦側牆(兩側)	m	32	25,000	800,000	
5	土方挖填	m3	6,000	60	360,000	
6	撒播草籽植生綠化	ha	0.05	100,000	5,000	
7	施工便道開設及補修	式	1	100000	100,000	
8	臨時導排水費	式	1	100,000	100,000	
9	品質管理費	式	1	294,975	294,975	1.50%
10	勞安及環境衛生費	式	1	589,950	589,950	3%
11	廠商利潤，管理什項費	式	1	2,054,993	2,054,993	10%
12	營業稅	式	1	1,130,246	1,130,246	5%
13	工程保險費	式	1	308,249	308,249	1.50%
	合計				24,043,412	
總工程發包費合計(約)		貳仟肆佰零肆萬元				
貳	間接費用					
1	空氣污染防治費	式	1	72,130	72,130	0.30%
2	工程管理費	式	1	480,868	480,868	2%
3	委託設計監造技術服務費	式	1	2,404,341	2,404,341	10%
	合計				2,957,340	
	總計				27,000,752	壹+貳
總工程預算經費合計(約)		貳仟柒佰萬元				

註:上表資料由規劃團隊推估與分析。

四、角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標

設施需求及說明詳如后表 5-26。預算經費需求詳如后表 5-27 說明，約 39,800 仟元。規劃配置示意詳後圖 5-10。

表 5-26 角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標需求建議一覽表

工區名稱	整體治理對策	工法需求
角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標	防治土石下移 降緩縱坡減低流速 抑制縱橫向切割 放大出口斷面	● 增設防砂壩 1 座、護坦 1 式、尾檻 1 座。 ● 建議新設之防砂壩全長為 95m、全高 12m，有效壩高約 5m，溢口寬度約 45m。俾使溪床坡降(6-10%)減緩，減緩流速，亦使上游崩塌源頭土砂量得以攔阻，穩定溪床。 ● 建議新設之護坦長度約 14m，採用拋排漿砌塊石($\phi \geqq$ 1.5M，佔 70%)，並以 210kg/cm^2 混凝土打底。 ● 建議新設之尾檻全高 3.5m，溢口寬度約 45m。 ● 固床工 5 座(L=80M、H=3M)、護岸 248m(H=6M)、綠化植

			生 0.5ha。
	下游土石處理及林地復育對策	土石處理	● 利用此些塊石做為護岸或堰壩砌築之材料使用。 ● 各處工區土石方以於工區內自行平衡方式辦理。 ● 地勢低窪處回填抬高、護岸背填夯實處理剩餘土石方。
		林地復育	● 陡坡崩塌面掛網鋪稻草蓆噴植復育。

註：上述資料由規劃團隊彙整。

表 5-27 角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標預算經費估算表

項次	工料項目說明	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備註
壹	直接費用					
一	發包工程費					
1	防砂壩	座	1	18,000,000	18,000,000	
2	護坦	式	1	1,600,000	1,600,000	
3	尾檻	座	1	1,200,000	1,200,000	
4	護坦側牆(兩側)	m	34	25,000	800,000	
5	護岸	m	248	25,000	850,000	
6	固床工	座	5	1,200,000	6,000,000	
7	土方挖填	m3	6,000	60	360,000	
8	撒播草籽植生綠化	ha	0.05	100,000	5,000	
9	施工便道開設及補修	式	1	100000	100,000	
10	臨時導排水費	式	1	100,000	100,000	
11	品質管理費	式	1	435,225	435,225	1.50%
12	勞安及環境衛生費	式	1	870,450	870,450	3%
13	廠商利潤，管理什項費	式	1	3,032,068	3,032,068	10%
14	營業稅	式	1	1,667,637	1,667,637	5%
15	工程保險費	式	1	454,810	454,810	1.50%
	合計				35,475,190	
	總工程發包費合計(約)	參仟伍佰肆拾捌萬元				
貳	間接費用					
1	空氣污染防治費	式	1	106,426	106,426	0.30%
2	工程管理費	式	1	709,504	709,504	2%
3	委託設計監造技術服務費	式	1	3,547,519	3,547,519	10%
	合計				4,363,448	
	總計				39,838,638	壹+貳
	總工程預算經費合計(約)	參仟玖佰捌拾萬元				

註:上表資料由規劃團隊推估與分析。

五、角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標

設施需求及說明詳如后表 5-28。預算經費需求詳如后表 5-29 說明，約 31,000 仟元。規劃配置示意詳後圖 5-10。

表 5-28 角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標需求建議一覽表

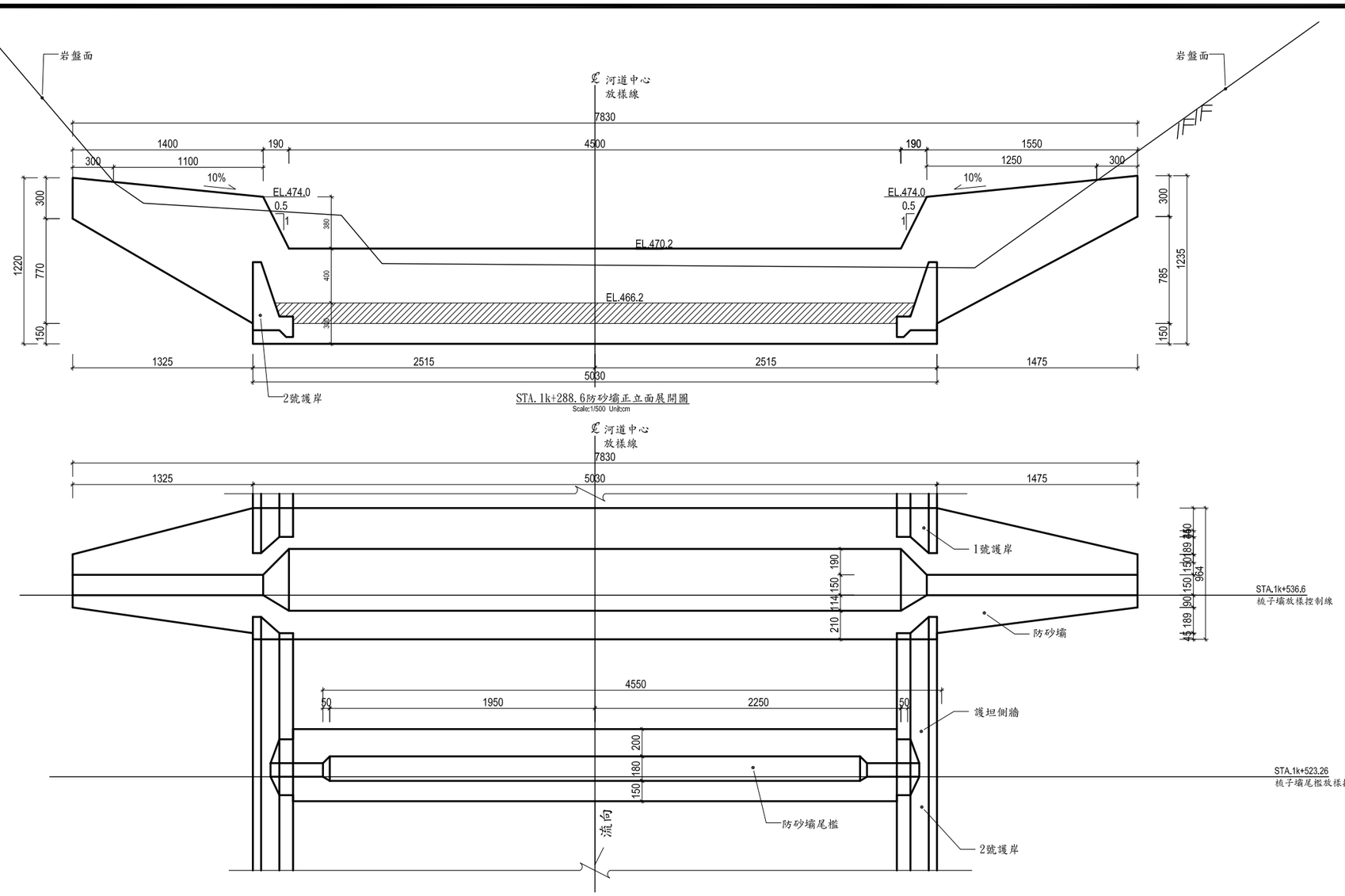
工區名稱	整體治理對策		工法需求
角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標	防治土石下移 降緩縱坡減低流速 抑制縱橫向切割		● 固床工 10 座(L=80M、H=3M) ● 護岸 452m(H=6M) ● 綠化植生 0.5ha
	下游土石處理及林地復育對策	土石處理	● 利用此些塊石做為護岸或堰壩砌築之材料使用。 ● 各處工區土石方以於工區內自行平衡方式辦理。 ● 地勢低窪處回填抬高、護岸背填夯實處理剩餘土石方。
		林地復育	● 陡坡崩塌面掛網鋪稻草蓆噴植復育。

註：上述資料由規劃團隊彙整。

表 5-29 角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標預算經費估算表

項次	工料項目說明	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備註
壹	直接費用					
一	發包工程費					
1	護岸	m	452	25,000	11,300,000	
2	固床工	座	10	1,080,000	10,800,000	
3	土方挖填	m3	4,000	60	240,000	
4	撒播草籽植生綠化	ha	0.05	100,000	5,000	
5	施工便道開設及補修	式	1	100000	100,000	
6	臨時導排水費	式	1	100,000	100,000	
7	品質管理費	式	1	338,175	338,175	1.50%
8	勞安及環境衛生費	式	1	676,350	676,350	3%
9	廠商利潤，管理什項費	式	1	2,355,953	2,355,953	10%
10	營業稅	式	1	1,295,774	1,295,774	5%
11	工程保險費	式	1	353,393	353,393	1.50%
	合計				27,564,644	
	總工程發包費合計(約)	貳仟柒佰陸拾萬元				
貳	間接費用					
1	空氣污染防治費	式	1	82,694	82,694	0.30%
2	工程管理費	式	1	551,293	551,293	2%
3	委託設計監造技術服務費	式	1	2,756,464	2,756,464	10%
	合計				3,390,451	
	總計				30,955,095	壹+貳
	總工程預算經費合計(約)	參仟壹佰萬元				

註:上表資料由規劃團隊推估與分析。

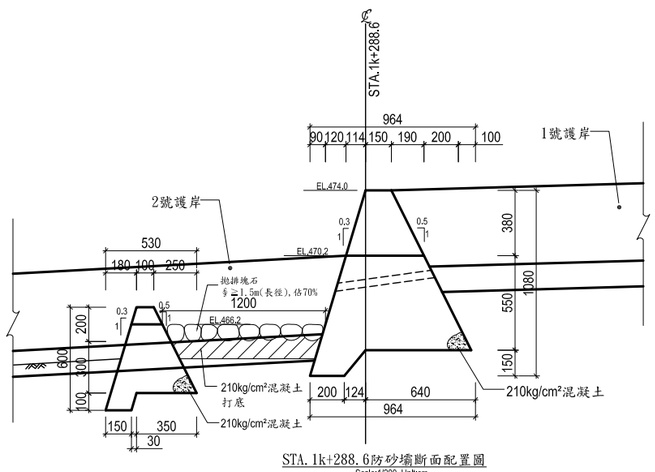


STA. 1k+288. 6防砂壩正立面展開圖

Scale:1/500 Unit:cm

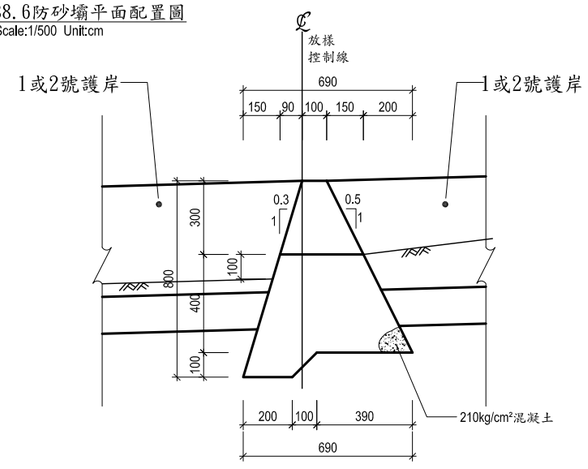
STA. 1k+288. 6防砂壩平面配置圖

Scale:1/500 Unit:cm



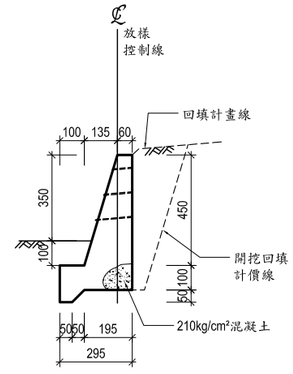
STA. 1k+288. 6防砂壩斷面配置圖

Scale:1/200 Unit:cm



1-1~1-5, 2-1~2-10號固床工斷面圖

Scale:1/200 Unit:cm



1, 2號護岸斷面配置圖

Scale:1/200 Unit:cm

圖　例

工程名稱
PROJECT

五子寮北集水區
整體規劃

圖　名
DRAWING

角埔溪主支流匯口至林班界整流工程(第一、二標)
規劃配置示意圖

日　期 Date	版　別

規劃單位
DESIGNED

嘉磐工程技術顧問有限公司
Fair Rock Engineering Consultant, LTD.

簽　章
SIGNATURE

校　核 CHECKED BY	核　准 APPROVED BY
繪　圖 DRAWN BY	設　計 DESIGNED BY

圖　號 DRAWING NO.	頁數 Pages.
5-10	5-47

5.3.4　林班道路水土保持

道路破壞主要原因為排水不良導致逕流集中而使路基流失，或因地質不良，土層鬆動而導致下邊坡滑動崩塌而使路基破壞，另外則因道路緊臨河道，由於河道沖刷而造成下邊坡路基淘空而破壞。

依據現場多次勘查結果，本調查規劃區內之道路破壞可歸納如下說明：

1.由於山區道路系統縱坡坡度較大，且缺乏良好之橫向排水，雨水逕流易沿著道路縱向沖蝕，並於道路轉彎路段集中，導致路面破壞路基流失。

2.道路緊鄰河道構築，路基因溪流沖刷而淘空，而使路基流失道路中斷。

由上述災害原因分析有關本調查規劃區內之道路水土保持之治理對策及建議研提如下說明：

1.配合道路之水土保持工程

於道路轉彎路段或縱坡凹處，加設橫向截排水溝，以截流路面縱向逕流，避免逕流集中於某一路段而沖刷路面及路基。而道路水土保持工法則為設置橫向截水溝，並在截流溝上游增設靜水池，以收集及減緩上游蝕溝及邊坡之雨水逕流，截流溝下游除設置靜水池外並沿下邊坡設置坡面洩水溝將雨水逕流直接導排至溪流中。

2.配合野溪整治

加強道路下方之路基保護，以護岸及固床工穩定河岸及邊坡，避免路基再次流失而使道路中斷、上邊坡滑落之狀況發生。建議加強改善農路系統，詳圖 5-11，段落長度統計詳表 5-30。

表 5-30 林班道路改善區位、長度統計表

序號	建議改善農路區位	林班道路現況	改善長度需求	建議工法
1	既有林班道路 1500 公尺 TWD97 X 座標:214447 TWD97 Y 座標:2560855	道路下邊坡崩塌破壞，導致路面破壞，路基流失	約 1500 公尺	部份路段重行舖設 PC(間隔設置橫向排水)

3.整治經費預估

設施需求及說明詳如后表 5-31。預算經費需求詳如后表 5-32 說明，約 5,640 仟元。

表 5-31 五子寮北集水區既有林班道路治理工程需求建議一覽表

工區名稱	整體治理對策		工法需求
五子寮北集水區既有林班道路治理工程	防治道路路基淘空破壞回復林班道路通行順暢加強路間排水		● 舖設 PC1500m(厚度 20cm)，寬度 3m。 ● 排水設施 1 式 ● 綠化植生 1.2ha
	土石處理及林地復育對策	土石處理	● 利用此些塊石做為林班道路路基之材料使用。 ● 各處工區土石方以於工區內自行平衡方式辦理。
		林地復育	● 路側裸露坡面掛網舖稻草蓆噴植復育。

註：上述資料由規劃團隊彙整。

表 5-32 五子寮北集水區既有林班道路治理工程預算經費估算表

項次	工料項目說明	單位	數量	單價(元)	複價(元)	備註
壹	直接費用					
一	發包工程費					
1	PC 舖設	m	1,500	2,500	3,750,000	
2	排水設施	式	1	12,000	12,000	
3	土方挖填	m3	3,750	60	225,000	
4	撒播草籽植生綠化	ha	1.2	100,000	120,000	
5	品質管理費	式	1	61,605	61,605	1.50%
6	勞安及環境衛生費	式	1	123,210	123,210	3%
7	廠商利潤，管理什項費	式	1	429,182	429,182	10%
8	營業稅	式	1	236,050	236,050	5%
9	工程保險費	式	1	64,377	64,377	1.50%
	合計				5,021,424	
總工程發包費合計(約)		伍佰零貳萬元				
貳	間接費用					
1	空氣污染防治費	式	1	15,064	15,064	0.30%
2	工程管理費	式	1	100,428	100,428	2%
3	委託設計監造技術服務費	式	1	502,142	502,142	10%
	合計				617,635	
	總計				5,639,059	壹+貳
總工程預算經費合計(約)		伍佰陸拾肆萬元				

註:上表資料由規劃團隊推估與分析。

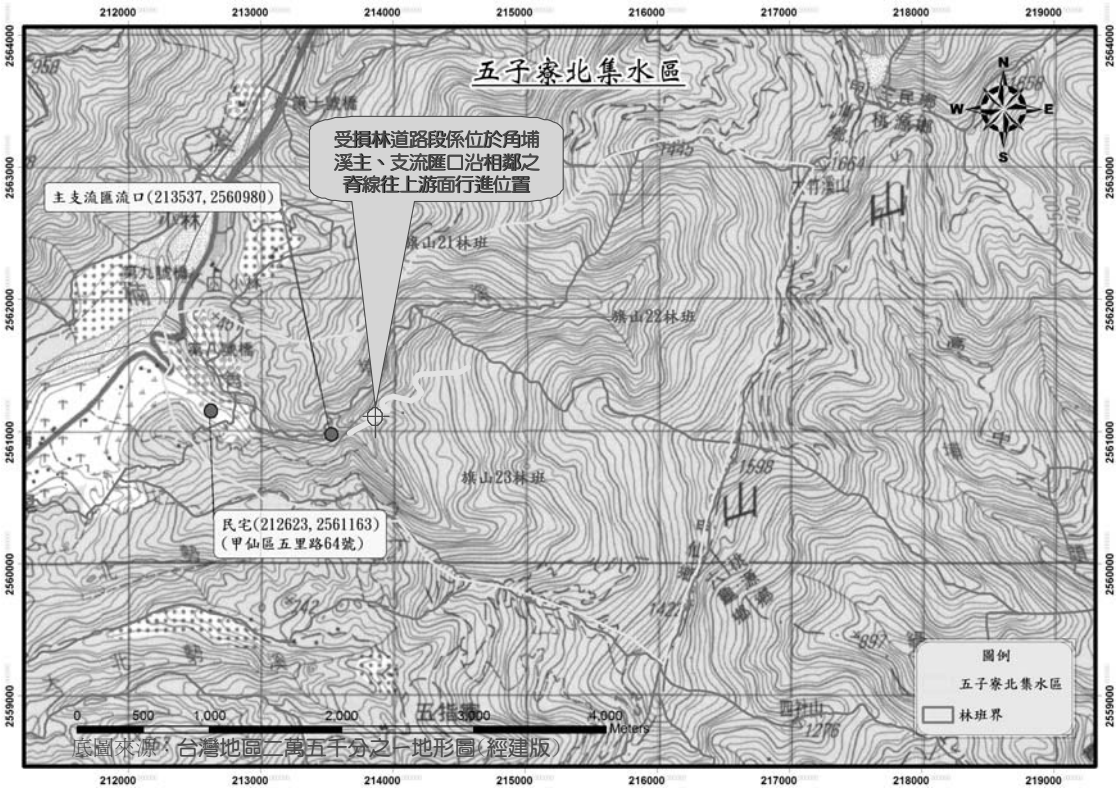


圖 5-11 五子寮北集水區建議加強改善林班道路路段示意圖

5.4 治理需求優先次第之擬定

由以上 5.1~5.3 節針對本五子寮北集水區內各類災害之治山防災工程需求探討，將以集水分區劃分為基礎作為治理需求優先次第擬定之評估依循，首先，其擬定原則重點說明如下：

1. 由於本五子寮北集水區乃一獨立之集水體系，土石之運移均在此一體系中發生，即邊坡土石因逕流帶動而集中於下邊坡處之溪床，而溪床土石則藉由體系中各級水系之洪流帶動往下游輸運，而產生土石流動，特別是在具土石流潛勢之溪段特別明顯，因此，針對土石流動溪段之治理，應考量到整體集水區內之上游源頭崩塌段、土石輸送段及下游土石堆積段之掌握，始收成效。
2. 針對集水區內之保全對象安全維護應在遵循前第 1 項原則下，優先辦理。此部份所涉及之層面相當廣，包含邊坡崩塌可能造成保全對象之損害影響、土石刷淤對於保全對象之災害評估、水流漫溢所導致保全對象之災害範圍損失...等，均應列入治理次第之考量。

3.應考量各治理工程之獨立性與延續性功能發揮。此項在本計畫集水區內尤為重要，因本計畫區之角埔溪主流下游溪段之治理權責分屬林務局屏東林區管理處與山坡地主管治理維護機關-高雄市政府或水土保持局(治理權責以林班界劃分)，因此，辦理治理工程之期程應能接續與延續，始能發揮整治之最大效益。

4.為整體集水區之安全穩定，尤其是崩塌地經常年之降雨逕流沖蝕結果，僅靠自然復育植生之方式，期程相當冗長，如適時導入必要之侵入性工法(如撒播造林)，當可更有效率地提升整體集水區之安全穩定性。為此項考量原則，可放到立即性之土砂災害防治之後。

承上原則，選定以保全對象、再崩塌潛勢危險等級、具土石流潛勢之溪段、土石沖淤量為其評估因子，套疊集水分區範圍，進行各集水分區治理需求優先次第擬定之評估，各評估因子影響治理需求之程度，分析依據詳如後表 5-33 予說明。惟各項評估因子之影響治理需求之權重應有區別，本文擬訂之評估因子治理需求影響權重分別為保全對象(50%)、再崩塌潛勢危險等級(20%)、具土石流潛勢之溪段(20%)、土石沖淤量(10%)。而治理需求程度亦分別將高度治理需求、中度治理需求、低度治理需求分別給予 90、50、10 之評分。

表 5-33 五子寮北集水區治理需求評估因子列表

評估因子	治理需求性		
	低度需求(10 分)	中度需求(50 分)	高度需求(90 分)
保全對象(50%)	無聚落、住户或交通不可及	聚落、住户無受災或道路、林班道路受損	聚落、住户受災直接或間接受災
再崩塌潛勢危險等級(20%)	第三級低度再崩塌潛勢危險	第二級中度再崩塌潛勢危險	第一級高度再崩塌潛勢危險
具土石流潛勢之溪段(20%)	不具土石流潛勢之溪段	具土石流潛勢之溪段	曾發生土石流潛勢之溪段或評估為土石流輸送溪段
土石沖淤量(10%)	未有土石沖淤情形	土石淤積段	土石沖刷段

註:上表資料由規劃團隊評估分析所得。

故將本五子寮北集水區所劃分之 A1~A8 等 8 個集水分區，依據上表 5-33 之評估因子分類評估後，可得後表 5-34 之各集水分區之治理需求程度評估成果。其中，按其治理需求評分 50 分以上為優先治理之區位，40-50 分為中前期治理之區位，35-40 分為

中後期治理之區位，35 分以下為暫緩治理之區位。

表 5-34 五子寮北集水區 A1~A8 集水分區治理需求程度評估成果表

集水分區	治理需求評估因子				治理需求評分(次第)
	保全對象(50%)	再崩塌潛勢危險等級(20%)	具土石流潛勢之溪段(20%)	土石沖淤量(10%)	
A1	無聚落、住户或交通不可及(低度需求 10 分)	第一級高度再崩塌潛勢(高度需求 90 分)	具土石流潛勢之溪段(中度需求 50 分)	土石沖刷段(高度需求 90 分)	42(5)
A2	無聚落、住户或交通不可及(低度需求 10 分)	第一級高度再崩塌潛勢(高度需求 90 分)	具土石流潛勢之溪段(中度需求 50 分)	土石淤積段(中度需求 50 分)	38(6)
A3	無聚落、住户或交通不可及(低度需求 10 分)	第一級高度再崩塌潛勢(高度需求 90 分)	曾發生土石流潛勢之溪段或評估為土石流輸送溪段(高度需求 90 分)	土石淤積段(中度需求 50 分)	46(4)
A4	無聚落、住户或交通不可及(低度需求 10 分)	第二級中度再崩塌潛勢(中度需求 50 分)	具土石流潛勢之溪段(中度需求 50 分)	土石淤積段(中度需求 50 分)	30(8)
A5	聚落、住户無受災或道路、林班道路受損(中度需求 50 分)	第二級中度再崩塌潛勢(中度需求 50 分)	曾發生土石流潛勢之溪段或評估為土石流輸送溪段(高度需求 90 分)	土石淤積段(中度需求 50 分)	58(1)
A6	聚落、住户無受災或道路、林班道路受損(中度需求 50 分)	第三級低度再崩塌潛勢(低度需求 10 分)	不具土石流潛勢之溪段(低度需求 10 分)	土石淤積段(中度需求 50 分)	34(7)
A7	聚落、住户無受災或道路、林班道路受損(中度需求 50 分)	第一級高度再崩塌潛勢(高度需求 90 分)	不具土石流潛勢之溪段(低度需求 10 分)	土石淤積段(中度需求 50 分)	50(3)
A8	聚落、住户受災直接或間接受災(高度需求 90 分)	第三級低度再崩塌潛勢(低度需求 10 分)	不具土石流潛勢之溪段(低度需求 10 分)	土石淤積段(中度需求 50 分)	54(2)

註:上表資料由規劃團隊評估分析所得。

經由上表之分析評估結果，可得各集水分區之治理優先次第，以 A5 集水分區之得分為最高，經按優先治理次第，整合各集水分區之治理要項與重點，彙整於後表 5-35 說明。

表 5-35 五子寮北集水區 A1~A8 各集水分區之治理要項與重點一覽表

治理需求評分	治理需求位置	治理需求等級	治理需求重點	治理需求項目及工法
50 分以上	A5 集水分區(58 分)	優先治理	土石流防制及具土石流潛勢之溪段治理	A5 集水分區控制點位附近支流椿號 0k+199.8 位置處建置 1 座南支流梳子壩。
	A8 集水分區(54 分)	優先治理	保全對象(聚落、住户受災)之直接或間接受災保護	民宅後方崩塌地之處理，規劃以打樁編柵及撒點播植生方式處理。
40-50 分	A7 集水分區(50 分)	中前期治理	第一級高度再崩塌潛勢及林班道路受損	第一級高度潛勢崩塌地區崩塌地坡度＜66.67%之崩塌地進行處理，建議以撒點播植生工法。 第一級高度潛勢崩塌地區崩塌地坡度＞66.67%之崩塌地進行處理，建議以撒播植生工法。
	A3 集水分區(46 分)	中前期治理	第一級高度再崩塌潛勢及曾發生土石流潛勢之溪段(評估為土石流輸送溪段)	第一級高度潛勢崩塌地區崩塌地坡度＜66.67%之崩塌地進行處理，建議以撒點播植生工法。 第一級高度潛勢崩塌地區崩塌地坡度＞66.67%之崩塌地進行處理，建議以撒播植生工法。 A3 集水分區控制點位附近主流椿號 1k+871.8 位置處建置 1 座北支流梳子壩。
	A1 集水分區(42 分)	中前期治理	第一級高度再崩塌潛勢及土石沖刷段	第一級高度潛勢崩塌地區崩塌地坡度＜66.67%之崩塌地進行處理，建議以撒點播植生工法 第一級高度潛勢崩塌地區崩塌地坡度＞66.67%之崩塌地進行處理，建議以撒播植生工法
34-40 分	A2 集水分區(38 分)	中後期治理	第一級高度再崩塌潛勢	第一級高度潛勢崩塌地區崩塌地坡度＜66.67%之崩塌地進行處理，建議以撒點播植生工法 第一級高度潛勢崩塌地區崩塌地坡度＞66.67%之崩塌地進行處理，建議以撒播植生工法
	A6 集水分區(34 分)	中後期治理	聚落、住户無受災或道路、林班道路受損	既有林班道路治理工程【部份路段重行鋪設 PC(間隔設置橫向排水)】，約 1500 公尺。
34 分以下	A4 集水分區(30 分)	暫緩治理	具土石流潛勢之溪段	崩塌地大多已見露岩，評估為不須處理，而土石淤積部份，則由 A5 集水分區控制點位附近支流椿號 0k+199.8 位置處建置 1 座南支流梳子壩達成間接治理之成效。

註:上表資料由規劃團隊評估分析所得。

第六章　災因細部分析與檢討

6.1　集水區環境變化說明

2009 年 8 月 8 日莫拉克颱風侵襲台灣，風強雨大，高雄縣甲仙鄉小林聚落旁的小竹溪暴漲，水勢竄出。8 月 9 日清晨 5 點小林村東北側一千多公尺高而且尚未人為開發的獻肚山因不堪豪大雨而走山，帶著大量土石流進入楠梓仙溪，楠梓仙溪河道被土石擋住形成大型堰塞湖，8 月 9 日清晨 6 點 09 分潰堤，洪水沖毀了附近的九號橋及八號橋。除 1 至 8 鄰五里埔地區 200 餘人平安，兩座橋樑之後的 9 至 18 鄰小林地區共有 100 多户人家，包括小林國小、小林衛生所、小林派出所等建築，全數遭洪水及土石流覆滅。依照行政院國科會災後進行的研究，獻肚山從山崩開始發生直到土石掩埋聚落僅費時 110 秒，而走山土石崩移的速度高達每秒五十公尺，相當於時速一百八十公里，總計崩落的土石量達三千萬公噸，而總崩塌面積約 251.7 公頃。

靠近溪側之山邊坡地則因水流縱、橫向沖刷之作用，淘刷邊坡基腳，而生坡面坍滑、大量土石崩落溪床，並順水流帶往下游平緩處淤積之結果，造成早經截斷之台 21 線公路於洪迅期間安全性堪憂，頻頻有阻斷之窘境。因此，上游崩塌地及中、下游溪溝整治乃當刻不容緩。

6.1.1　集水區土砂災害情形

經前第四章針對五子寮北集水區(旗山事業區 21-23 林班)內之各集水分區之土砂運移演算所得分析成果，各集水分區之土砂沖淤情形及量體分佈，茲彙統列於後表 6-1 說明。

表 6-1 五子寮北集水區各集水分區沖淤土方量分析成果表

水分區名稱	面積	土砂收支量(m3)	沖刷或淤積
A1	327.29	-957,468	沖刷
A2	88.16	688,748	淤積
A3	77.05	1,652,344	淤積
A4	251.91	350,369	淤積
A5	144.89	1,050,047	淤積
A6	21.78	980,073	淤積
A7	71.92	259,139	淤積
A8	59	67,940	淤積

備註：上述資料經規劃團隊彙整前表 4-57 所得。

由上表 6-1 之成果，顯示得知角埔溪北支流(屬 A1、A2、A3 集水分區)溪床土砂

沖淤情況為：A1 區(屬北支流上游溪段)為沖刷之情況，沖刷土方量為 957,468m^3，A2 區(屬北支流中游溪段)為淤積之情況，淤積土方量為 688,748m^3，A3 區(屬北支流下游溪段)亦為淤積之情況，淤積土方量為 1,652,344m^3，整體北支流集水區域為土石淤積之狀況，淤積土石量為 1,383,624 m^3。而南支流(屬 A4、A5 集水分區)溪床土砂沖淤情況為：A4 區(屬南支流中、上游溪段)為淤積之情況，淤積土方量為 350,369m^3，A5 區(屬南支流下游溪段)亦為淤積之情況，淤積土方量為 1,050,047m^3，整體南支流集水區域為土石淤積之狀況，淤積土石量為 1,400,416 m^3。另角埔溪主流下游段(屬 A6、A7、A8 集水分區)溪床，土砂沖淤情況為：A6 區(屬主流下游段上段溪段)為淤積之情況，淤積土方量為 980,073m^3，A7 區(屬主流下游段中段溪段)亦為淤積之情況，淤積土方量為 259,139m^3，A8 區(屬主流下游段下段溪段)亦為淤積之情況，淤積土方量為 67,940m^3，整體主流下游段集水區域為土石淤積之狀況，淤積土石量為 1,307,152 m^3。其分析結果與現勘調查之結論趨勢一致。其各集水分區崩塌及溪段土砂沖淤之情況另繪製如圖 6-1 供參。

6.1.2　集水區地形變化情形

1.坡面崩塌地變化情形

依前第三章之崩塌地調查分析所得莫拉克風災發生前、後時期之崩塌地變化情況為莫拉克風災前崩塌地面積 2.62ha，災後崩塌地面積為 130.5ha(按 99 年判釋之結果)，崩塌地面積增加了 127.88ha；又至近期發生之新增崩塌地後，總崩塌面積達到 138.82ha。經取得本集水區之莫拉克風災發生前、後時期正射影像圖資加以比對結果，可明顯看出整體集水區之坡面變化趨勢，如後圖 6-2。

有關莫拉克風災發生前、後時期之正射影像圖資係購自行政院農業委員會林務局農林航空測量所之彩色正射影像圖資，包含小林(圖號：95193036)、籐包山(三)(圖號：95193037)、大北勢溪(圖號：95193046)及寶來(四)(圖號：95193047)等 4 幅，分別於 2013 年 3 月 10 日及 2001 年 3 月 10 日等兩階段圖資進行比對。

2.溪床縱坡變化情形

依據前述整體主流下游段集水區域為土石淤積量 1,307,152 m^3 計算，溪流長度約 1550m、平均溪流寬度為 150m 計算，其平均淤積土砂厚度為 5.62m。有鑑此大量土砂淤積角埔溪主流下游溪床之結果，行政院農業委員會林務局屏東林區管理處曾於

99 年度辦理「角埔溪上游災害河道清疏復建工程」所清疏土石方約 203,812m^3，惟其係僅清疏暫置兩岸之方式辦理，與目前現勘該溪段時之兩側岸有大量土層安置相符。因此，依土石方運移計算之結果 1,307,152 m^3 扣除 99 年度所清疏土石方 203,812m^3，再依溪流長度約 1550m、平均溪流寬度為 150m 計算，其平均淤積土砂厚度仍然有約 4.75m 之淤積厚度。

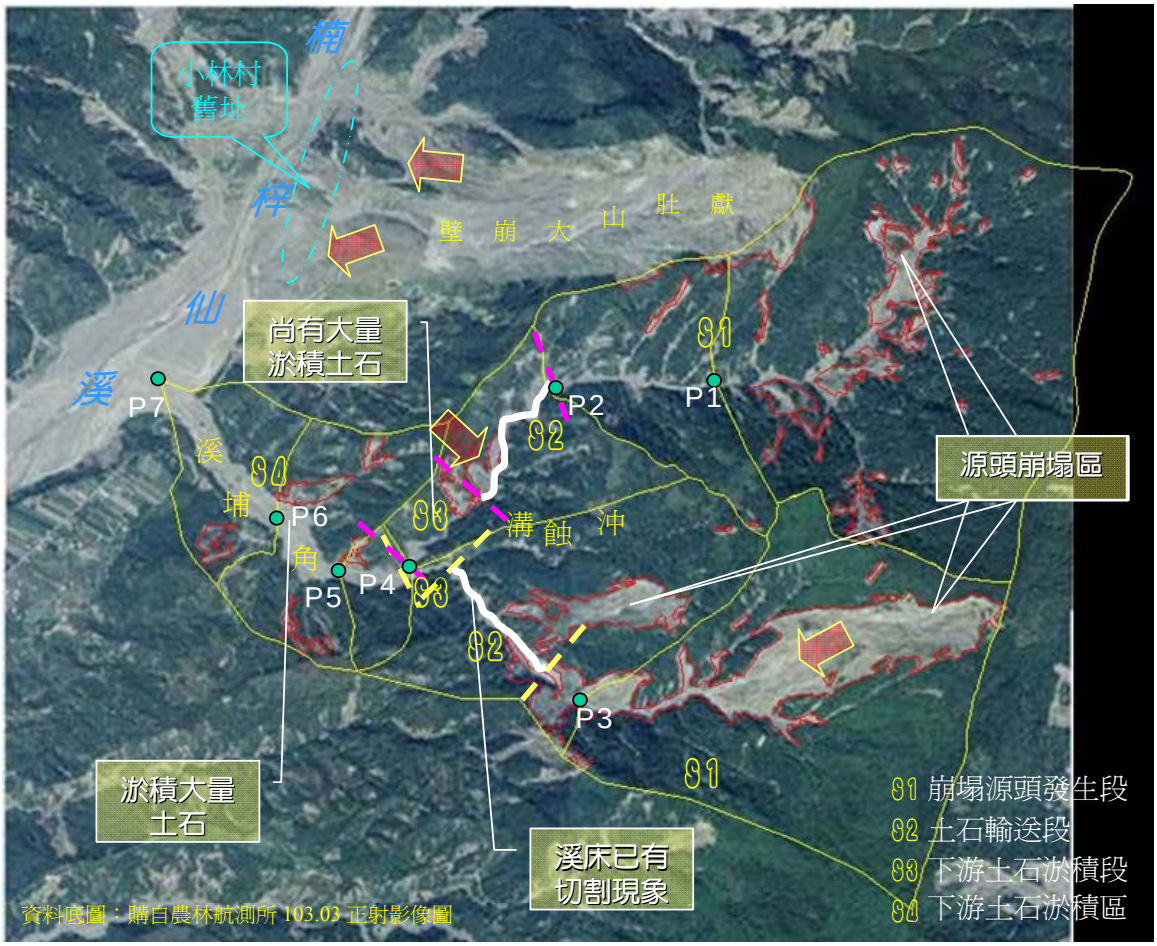
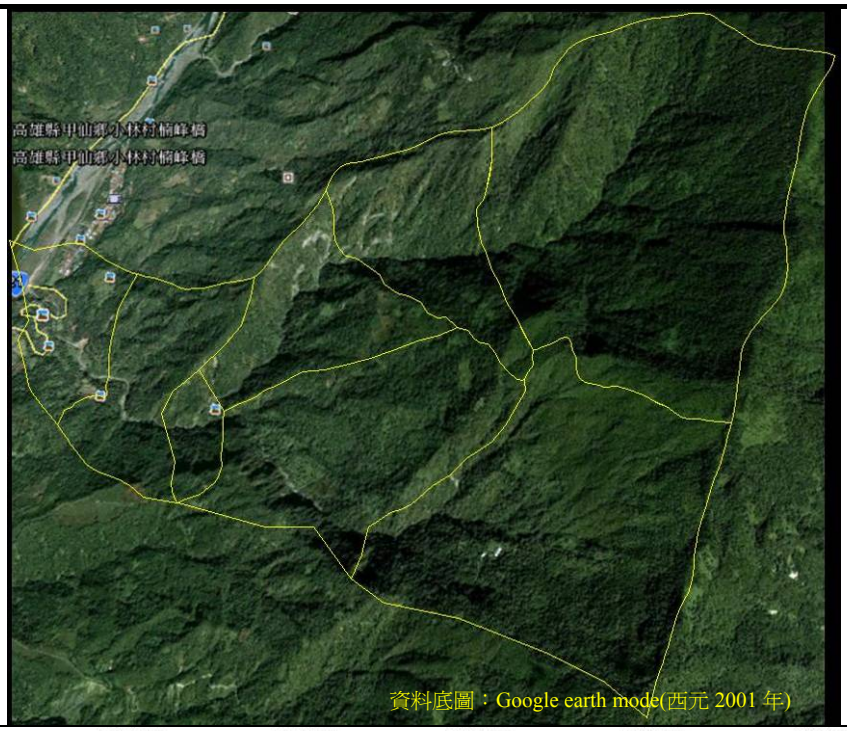


圖 6-1 五子寮北集水區(旗山事業區 21-23 林班)內之土砂災害分佈圖

崩塌前



崩塌後

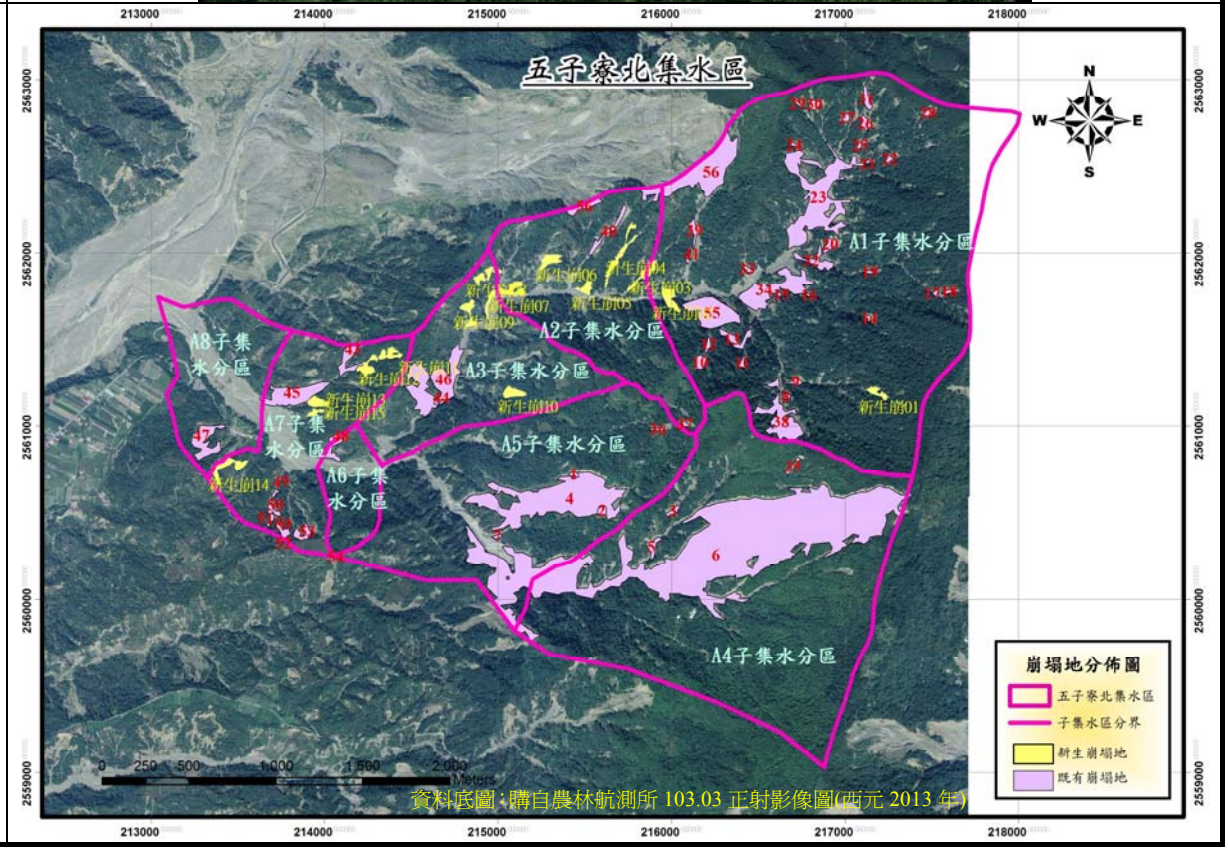


圖 6-2 五子寮北集水區崩塌前、後正射影像比對圖

6.2 排洪能力檢討

6.2.1 原有河道排洪能力檢討

經前第四章針對本五子寮北集水區下游溪段之河道水理演算結果，其所檢討之角埔溪主流下游溪段(主流樁號里程 0k+000~1k+536.6)、北支流溪段(主流樁號里程 1k+536.6~2k+345.2)及南支流溪段(支流樁號里程 0k+000~0k+335)之排洪斷面均足以承載計畫流量(50 年頻率洪水)下之水深需求，流量設定為 50 年頻率之設計洪峰流量，各分為清水流量、含砂 10%流量及含砂 30%流量等 3 類情況進行水理演算分析。其各斷面之排洪量及通水流量、水深..等相關對照詳後表 6-2~6-4 說明。

表 6-2 五子寮北集水區下游河道清水流量下各斷面排洪承載量一覽表

斷面編號	樁位里程	50 年頻率洪水水深(m)	50 年頻率清水流通水流量 (m^3/s)	排洪量 (m^3/s)	50 年頻率洪水條件下之流速(m/s)
1	主流 0k+000	0.63	331.91	1,353.1	4.46
2	主流 0k+122	0.71	331.91	2,092.3	3.14
3	主流 0k+215.4	0.44	331.91	1,096.0	4.35
4	主流 0k+298.8	0.83	331.91	2,536.2	2.86
5	主流 0k+386.6	0.32	331.91	536.5	7.21
6	主流 0k+466.6	0.72	331.91	2,470.8	2.69
7	主流 0k+545	0.43	331.91	1,119.1	4.21
8	主流 0k+619	0.57	331.91	1,762.9	3.22
9	主流 0k+704.6	0.3	331.91	615.9	6.05
10	主流 0k+770	0.81	331.91	1,435.6	4.97
11	主流 0k+835.8	0.88	331.91	1,645.8	4.57
12	主流 0k+898.8	1.03	331.91	974.4	6.77
13	主流 0k+983.8	1.18	331.91	1,324.0	6.43
14	主流 1k+052.8	0.9	331.91	893.5	8.42
15	主流 1k+109.8	1.7	331.91	1,257.4	7.32
16	主流 1k+177	1.27	331.91	914.7	9.5
17	主流 1k+225	1.55	331.91	1,325.7	7.78
18	主流 1k+288.6	1.13	331.91	1,354.2	6.43
19	主流 1k+340.6	1.7	331.91	1,518.2	7.25
20	主流 1k+397.6	1.44	331.91	1,303.5	7.66
21	主流 1k+475.8	0.47	331.91	712.6	6.98
22	主流 1k+536.6	1.71	331.91	1,609.2	6.89
23	主流 1k+668.6	0.8	159.11	732.1	4.58
24	主流 1k+710.4	0.73	159.11	644.9	4.89
25	主流 1k+772.8	1.48	159.11	705.5	6.63
26	主流 1k+871.8	2.25	159.11	943.9	5.94
27	主流 1k+931.6	1.17	159.11	535.1	7.68

28	主流 2k+057.6	0.93	159.11	589.7	6.17
29	主流 2k+150.6	1.44	159.11	871.1	5.39
30	主流 2k+199	0.78	159.11	405.8	8.03
31	主流 2k+249.2	1.26	159.11	829.5	5.28
32	主流 2k+345.2	1.81	159.11	663.5	3.95
33	支流 0k+082.4	1.71	128.13	1,042.1	6.89
34	支流 0k+121	1.58	128.13	507.7	3.84
35	支流 0k+199.8	0.92	128.13	239.3	5.7
36	支流 0k+224.8	0.98	128.13	586.0	11.93
37	支流 0k+268.8	1.13	128.13	489.1	5.56
38	支流 0k+335	1.2	128.13	451.2	6.77

註：上述資料由規劃團隊採用 hec-ras(美國陸軍工兵團水文工程中心研發的一維網路型河川定量流水理模式)計算。

表 6-3 五子寮北集水區下游河道含砂 10%流量下各斷面排洪承載量一覽表

斷面編號	樁位里程	50 年頻率含砂 10%流量水深 (m)	50 年頻率含砂 10%通水流量 (m^3/s)	排洪量 (m^3/s)	50 年頻率含砂 10%流量條件下之流速(m/s)
1	主流 0k+000	0.66	365.1	1,353.1	4.61
2	主流 0k+122	0.75	365.1	2,092.3	3.26
3	主流 0k+215.4	0.46	365.1	1,096.0	4.54
4	主流 0k+298.8	0.88	365.1	2,536.2	2.95
5	主流 0k+386.6	0.35	365.1	536.5	7.29
6	主流 0k+466.6	0.76	365.1	2,470.8	2.81
7	主流 0k+545	0.46	365.1	1,119.1	4.35
8	主流 0k+619	0.6	365.1	1,762.9	3.35
9	主流 0k+704.6	0.32	365.1	615.9	6.3
10	主流 0k+770	0.86	365.1	1,435.6	5.14
11	主流 0k+835.8	0.93	365.1	1,645.8	4.76
12	主流 0k+898.8	1.09	365.1	974.4	6.93
13	主流 0k+983.8	1.23	365.1	1,324.0	6.7
14	主流 1k+052.8	0.96	365.1	893.5	8.65
15	主流 1k+109.8	1.77	365.1	1,257.4	7.58
16	主流 1k+177	1.34	365.1	914.7	9.77
17	主流 1k+225	1.65	365.1	1,325.7	7.97
18	主流 1k+288.6	1.18	365.1	1,354.2	6.73
19	主流 1k+340.6	1.8	365.1	1,518.2	7.52
20	主流 1k+397.6	1.53	365.1	1,303.5	7.88
21	主流 1k+475.8	0.49	365.1	712.6	7.33
22	主流 1k+536.6	1.83	365.1	1,609.2	7.07
23	主流 1k+668.6	0.85	175.02	732.1	4.72
24	主流 1k+710.4	0.76	175.02	644.9	5.15
25	主流 1k+772.8	1.57	175.02	705.5	6.84
26	主流 1k+871.8	2.37	175.02	943.9	6.13

27	主流 1k+931.6	1.25	175.02	535.1	7.94
28	主流 2k+057.6	0.99	175.02	589.7	6.36
29	主流 2k+150.6	1.52	175.02	871.1	5.62
30	主流 2k+199	0.83	175.02	405.8	8.26
31	主流 2k+249.2	1.35	175.02	829.5	5.42
32	主流 2k+345.2	1.85	175.02	663.5	4.1
33	支流 0k+082.4	1.68	140.94	1,042.1	3.96
34	支流 0k+121	0.96	140.94	507.7	5.98
35	支流 0k+199.8	1.06	140.94	239.3	12.04
36	支流 0k+224.8	1.19	140.94	586.0	5.8
37	支流 0k+268.8	1.26	140.94	489.1	7.03
38	支流 0k+335	1.33	140.94	451.2	7.74

註：上述資料由規劃團隊採用 hec-ras(美國陸軍工兵團水文工程中心研發的一維網路型河川定量流水理模式)計算。

表 6-4 五子寮北集水區下游河道含砂 30%流量下各斷面排洪承載量一覽表

斷面編號	樁位里程	50 年頻率含砂 30%流量水深 (m)	50 年頻率含砂 30%通水流量 (m^3/s)	排洪量 (m^3/s)	50 年頻率含砂 30%流量條件下之流速(m/s)
1	主流 0k+000	0.74	431.48	1,353.1	4.87
2	主流 0k+122	0.83	431.48	2,092.3	3.49
3	主流 0k+215.4	0.51	431.48	1,096.0	4.86
4	主流 0k+298.8	0.98	431.48	2,536.2	3.12
5	主流 0k+386.6	0.4	431.48	536.5	7.43
6	主流 0k+466.6	0.84	431.48	2,470.8	3.03
7	主流 0k+545	0.51	431.48	1,119.1	4.59
8	主流 0k+619	0.66	431.48	1,762.9	3.61
9	主流 0k+704.6	0.35	431.48	615.9	6.75
10	主流 0k+770	0.96	431.48	1,435.6	5.46
11	主流 0k+835.8	1.02	431.48	1,645.8	5.11
12	主流 0k+898.8	1.18	431.48	974.4	7.23
13	主流 0k+983.8	1.34	431.48	1,324.0	7.2
14	主流 1k+052.8	1.08	431.48	893.5	9.08
15	主流 1k+109.8	1.91	431.48	1,257.4	8.05
16	主流 1k+177	1.49	431.48	914.7	10.24
17	主流 1k+225	1.85	431.48	1,325.7	8.34
18	主流 1k+288.6	1.29	431.48	1,354.2	7.28
19	主流 1k+340.6	1.99	431.48	1,518.2	7.99
20	主流 1k+397.6	1.71	431.48	1,303.5	8.31
21	主流 1k+475.8	0.53	431.48	712.6	7.96
22	主流 1k+536.6	2.06	431.48	1,609.2	7.4
23	主流 1k+668.6	0.95	206.83	732.1	5
24	主流 1k+710.4	0.82	206.83	644.9	5.63
25	主流 1k+772.8	1.74	206.83	705.5	7.22

26	主流 1k+871.8	2.61	206.83	943.9	6.49
27	主流 1k+931.6	1.38	206.83	535.1	8.41
28	主流 2k+057.6	1.1	206.83	589.7	6.7
29	主流 2k+150.6	1.66	206.83	871.1	6.04
30	主流 2k+199	0.94	206.83	405.8	8.66
31	主流 2k+249.2	1.52	206.83	829.5	5.67
32	主流 2k+345.2	1.91	206.83	663.5	4.38
33	支流 0k+082.4	2.06	431.48	1,042.1	7.4
34	支流 0k+121	1.87	166.57	507.7	4.18
35	支流 0k+199.8	1.04	166.57	239.3	6.51
36	支流 0k+224.8	1.21	166.57	586.0	12.25
37	支流 0k+268.8	1.3	166.57	489.1	6.24
38	支流 0k+335	1.39	166.57	451.2	7.49

註：上述資料由規劃團隊採用 hec-ras(美國陸軍工兵團水文工程中心研發的一維網路型河川定量流水理模式)計算。

上述 hec-ras(美國陸軍工兵團水文工程中心研發的一維網路型河川定量流水理模式)計算時，所採用粗糙係數 n 值受諸多因素之影響而有所改變，諸如河床表面粗糙率、植生狀態、河床縱剖面不規則程度、河川曲直情形、河床沖淤型態、河道阻塞情形、河川大小及形狀、河川水位及流量、季節變化及河床載之作用均直接或間接地影響河床粗糙度(Chow,1959)。而一般粗糙係數 n 值可藉河床表面粒徑調查結果代入利用 Meyer&Peter、Lane、何黃式等經驗公式(詳表 6-5)求得，或依 Chow, 1959 年所發表 n 值對照表方式求得(詳表 6-6)。依據本區河床質粒徑分析結果(詳前表 4-48)計算得曼寧粗糙係數 n 值如表 6-7 所示。由表 6-7 中，其於角埔溪主流下游溪段(主流樁號里程 1k+536.6)、北支流溪段(主流樁號里程 1k+668.6)及南支流溪段(支流樁號里程 0k+121)所進行之表面粒徑調查結果，以其各級粒徑帶入表 6-5 公式，求得代表角埔溪主流下游溪段(主流樁號里程 1k+536.6)、北支流溪段(主流樁號里程 1k+668.6)及南支流溪段(支流樁號里程 0k+121)之曼寧粗糙係數 n 值分別為 0.03939、0.03921、0.03925，採用 0.04 作為水理演算之依據。

表 6-5 曼寧 n 經驗公式

作者	公式	粒徑單位
Einstein	$n=0.0132D_{65}^{1/6}$	cm
Lane	$n=0.015D_{75}^{1/6}$	cm
Mayer&Peter	$n=0.0121D_{90}^{1/6}$	cm
何黃式	$n=D_{90}^{1/6}/16$	m
Strickler	$n=0.015D_{m}^{1/6}$	cm

表 6-6 河道曼寧 n 值表

河床特性	最小值	一般值	最大值
次要河川(高水位時河幅寬度小於 100 英尺者)：			
A.緩坡河道：			
1.河道筆直、通水順暢、無窪蓄或深潭	0.025	0.030	0.033
2.與 1.同，但河道中較多石塊及雜草	0.030	0.035	0.040
3.河道通水順暢，具窪蓄、深潭及砂洲	0.033	0.040	0.045
4.與 3.同，但河道中較多石塊及雜草	0.035	0.045	0.050
5.與 3.同，河道中較多石塊及雜草，且低水位時出現較多的無效通水斷面	0.040	0.048	0.055
6.與 4.同，但河道中具更多石塊	0.045	0.050	0.060
7.河道通水因受阻而緩慢、雜草叢生、具窪蓄、深潭	0.050	0.070	0.080
8.河道雜草非常茂密、具窪蓄、深潭，或通水斷面內有厚密的樹枝殘株及水草站立	0.075	0.100	0.150
B.山澗，溪流中無植生，河岸通常陡峭，當高水位時岸邊植生會部分浸入水中：			
1.溪床粒徑以卵、礫石為主，偶有大塊石塊	0.030	0.040	0.050
2.溪床粒徑以卵石及大塊石塊為主	0.040	0.050	0.070

表 6-7 曼寧 n 經驗公式計算值

採樣點編號	Einstein	Lane	Mayer&Peter	何黃氏	Strickler	平均值	調查點位置
	$0.0132D_{65}^{1/6}$	$0.015D_{75}^{1/6}$	$0.01216D_{90}^{1/6}$	$D_{90}^{1/6}/16$	$0.015Dm^{1/6}$		
A1	0.0306	0.0349	0.0288	0.0686	0.0341	0.03939	主流 1k+536.6
A2	0.0305	0.0349	0.0287	0.0684	0.0336	0.03921	主流 1k+668.6
A3	0.0307	0.0350	0.0285	0.0681	0.0340	0.03925	支流 0k+121

6.2.2　治理工程設施排洪能力檢核

另由第五章之治理工程需求與評估章節，擬具各治理區位之治理需求與設施構想，其中計有 5 標工程之縱、橫向防砂排水構造設施，亦應進行排洪能力之檢核，包括角埔溪下游溪段規劃之「角埔溪主、支流匯口梳子壩工程」、「角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標」、「角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標」、「角埔溪北支流(主流椿號 1k+871.8)梳子壩工程」及「角埔溪南支流(支流椿號 0k+199.8)梳子壩工程」等 5 標相關設施。各標案應行檢核之設施排洪能力檢核項目，列於後表 6-8 說明。檢核成果另列表 6-9~6-11 供參。各類設施之檢核方法係採用斷面水理演算經常

採行之曼寧公式（Manning formula）可就各控制斷面，檢算其斷面通水之要求，曼寧公式如后所示。

$Q=1/n \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A$，其中 Q＝逕流量（cms）、n＝糙率係數、R＝水力半徑（m）S＝能量坡降、A＝通水斷面（m^2）

表 6-8 各標案應行檢核之設施排洪能力檢核項目一覽表

項次	規劃治理工程名稱	排洪檢核之設施名稱	檢核之項目	備註說明
1	角埔溪北支流(主流樁號 1k+871.8)梳子壩工程	梳子壩	溢口水深、流速及護坦長度	應符合流速限制
2	角埔溪南支流(支流樁號 0k+199.8)梳子壩工程	梳子壩	溢口水深、流速及護坦長度	應符合流速限制
3	角埔溪主、支流匯口梳子壩工程	梳子壩	溢口水深、流速及護坦長度	應符合流速限制
4	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標	防砂壩	溢口水深、流速及護坦長度	應符合流速限制
		1 號護岸	流速、護岸有效高度	
5	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標	2 號護岸	流速、護岸有效高度	應符合流速限制

依據水土保持技術規範第八十五條有關最大容許流速之規定，載明「坡地排水之平均流速，應小於最大容許流速」。超過其最大容許流速者，應於適當位置設置消能設施。常流水之最大容許流速依下表選定之：

土質	最大安全流速(公尺/秒)	土質	最大安全流速(公尺/秒)
純細砂	0.23—0.30	平常礫土	1.23—1.52
不緻密之細砂	0.30—0.46	全面密草生	1.50—2.50
粗石及細砂石	0.46—0.61	粗礫、石礫及砂礫	1.52—1.83
平常砂土	0.61—0.76	礫岩、堅土層、軟質、水成岩	1.83—2.44
砂質壤土	0.76—0.84	硬岩	3.05—4.57
堅壤土及粘質壤土	0.91—1.14	混凝土	4.57—6.10

而無常流水最大容許流速可提高如下：

1.混凝土或混凝土砌塊石，最大容許流速為每秒 6.1 公尺。

2.鋼筋混凝土，採最大容許流速為每秒 12 公尺。可依混凝土抗壓強度比例調整最大容許流速。

表 6-9 各標案設施清水流排洪能力檢核成果一覽表

設施項目	規劃排洪斷面 B(m)×H(m)	護岸或壩溢口側坡斜率(%)	斷面檢核		流速檢核		排洪量檢核		護坦長度檢核	
			檢算水深(m)	護岸或壩溢口側坡高(m)	檢算流速(m/s)	流速限制(m/s)	檢算流量(cms)	排洪量(cms)	檢算長度(m)	長度設計(m)
角埔溪北支流(主流樁號 1k+871.8)梳子壩	18×4	50	2.19	4	3.67	6.1	159.11	293.6	11	12
角埔溪南支流(支流樁號 0k+199.8)梳子壩	18×4	50	1.89	4	3.42	6.1	128.13	273.45	10	12
角埔溪主、支流匯口梳子壩	46×3.8	50	1.98	3.8	3.52	6.1	331.91	639.84	10	12
整流工程第一標防砂壩	45×3.8	50	2.01	3.8	3.54	6.1	331.91	630.8	10	12
整流工程第一標 1 號護岸	50×3	30	1.39	最小值=3.0	4.74	6.1	331.91	724.33	—	—
整流工程第二標 2 號護岸	49×3	30	1.41	最小值=3.0	4.78	6.1	331.91	715.34	—	—

註：上述資料由規劃團隊採用曼寧公式就各設施規劃斷面進行檢算。

表 6-10 各標案設施含砂 10%水流排洪能力檢核成果一覽表

設施項目	規劃排洪斷面 B(m)×H(m)	護岸或壩溢口側坡斜率(%)	斷面檢核		流速檢核		排洪量檢核		護坦長度檢核	
			檢算水深(m)	護岸或壩溢口側坡高(m)	檢算流速(m/s)	流速限制(m/s)	檢算流量(cms)	排洪量(cms)	檢算長度(m)	長度設計(m)
角埔溪北支流(主流樁號 1k+871.8)梳子壩	18×4	50	2.33	4	3.78	6.1	175.02	302.76	11	12
角埔溪南支流(支流樁號 0k+199.8)梳子壩	18×4	50	2.02	4	3.53	6.1	140.94	282.08	10	12
角埔溪主、支流匯口梳子壩	46×3.8	50	2.11	3.8	3.63	6.1	365.1	660.33	11	12
整流工程第一標防砂壩	45×3.8	50	2.14	3.8	3.65	6.1	365.1	650.87	11	12
整流工程第一標 1 號護岸	50×3	30	1.47	最小值=3.0	4.92	6.1	365.1	751.49	—	—
整流工程第二標 2 號護岸	49×3	30	1.49	最小值=3.0	4.96	6.1	365.1	742.14	—	—

註：上述資料由規劃團隊採用曼寧公式就各設施規劃斷面進行檢算。

表 6-11 各標案設施含砂 30%水流排洪能力檢核成果一覽表

設施項目	規劃排洪斷面 B(m)×H(m)	護岸或壩溢口側坡斜率(%)	斷面檢核		流速檢核		排洪量檢核		護坦長度檢核	
			檢算水深(m)	護岸或壩溢口側坡高(m)	檢算流速(m/s)	流速限制(m/s)	檢算流量(cms)	排洪量(cms)	檢算長度(m)	長度設計(m)
角埔溪北支流(主流樁號 1k+871.8)梳子壩	18×4	50	2.61	4	4.00	6.1	206.83	319.62	12	12
角埔溪南支流(支流樁號 0k+199.8)梳子壩	18×4	50	2.26	4	3.72	6.1	166.57	297.89	11	12
角埔溪主、支流匯口梳子壩	46×3.8	50	2.36	3.8	3.83	6.1	431.48	697.70	11	12
整流工程第一標防砂壩	45×3.8	50	2.39	3.8	3.86	6.1	431.48	687.78	12	12
整流工程第一標 1 號護岸	50×3	30	1.63	最小值=3.0	5.25	6.1	431.48	801.44	—	—
整流工程第二標 2 號護岸	49×3	30	1.65	最小值=3.0	5.29	6.1	431.48	791.40	—	—

註：上述資料由規劃團隊採用曼寧公式就各設施規劃斷面進行檢算。

表 6-9~6-11 中各檢核斷面所依據設計流量係依 50 年頻率清水流量、含砂 10%水流量及含砂 30%水流量計算，其中，各項設施之斷面、流速、排洪量及壩體護坦之長度設計均符合要求。有關上述各設施之 50 年頻率清水流量、含砂 10%水流量及含砂 30%水流量水理演算成果詳如後附光碟附錄 H 所載。

6.3 集水區保護對象致災成因分析

本集水區內亟欲保護之保全對象主要有二：一為位於下游集水區，角埔溪主流下游左岸側之農户住家(其位置已屬林班界外)，另一為甫新建完工之最下游處跨越楠梓仙溪主流往那瑪夏之第 12 號鋼便橋(其適位於角埔溪主流匯入楠梓仙溪之溪口附近)，兩處保全對象所遭遇之致災成因各有不同，茲分別討論如下：

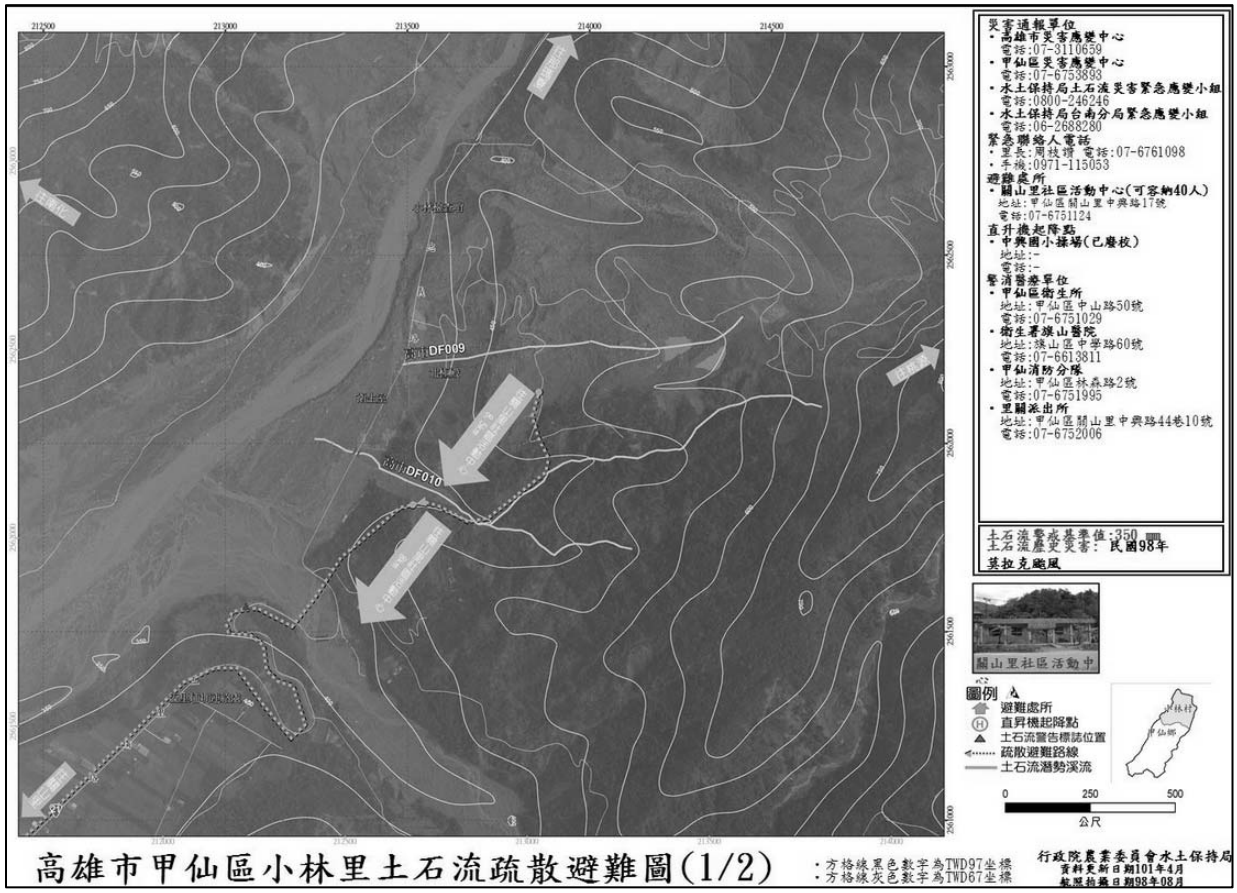
（一）角埔溪主流下游左岸側之農户住家部份

該農户住家之座落位置尚離臨近之溪床有逾 10m 以上之高落差，按前第四章之角埔溪下游溪段既有溪床之水理分析成果展示，其相對位置約可比對為主流樁號里程

0k+835.8(約在林班界附近)斷面位置上，該斷面之 50 年頻率含砂 30%流量下之檢算水深為 1.02m，不會造成洪氾淹水成災之可能。惟獨該斷面之檢算流速為 5.11m/s，在尚未進行溪流整流工事之前，其目前仍未治理之溪岸裸露岸坡，仍可能遭受洪流刷蝕而有坍塌之隱憂存在，間接會造成農户住家之土地流失、用地縮減而危及農户住家之安全。另則位於農户住家後方之崩 47 號崩塌地，亦存在潛在之威脅性。

建議角埔溪下游溪段，特別是林班界下游面之河道整治工作及崩 47 號崩塌地之處理工程應循序進行，俾為保護下游段之兩側岸坡，同時保障該農户住家之安全。

惟在治理工程尚未進行之前，建議該農户住家於颱洪或豪大雨警報發佈後，應即循高雄市政府公佈之避災路線圖，如後圖進行避險之舉措。



（二）第12號鋼便橋部份

此第 12 號鋼便橋係跨越楠梓仙溪主流往那瑪夏，其所承載之流量應為自本五子寮北集水區起之上游整體楠梓仙溪流域系統之逕流量，受到本五子寮北集水區之出流影響程度尚小。惟經本五子寮北集水區下游溪段之治理成效，當有助於影響減輕。此第 12 號鋼便橋跨越楠梓仙溪主流情況，詳後照片。

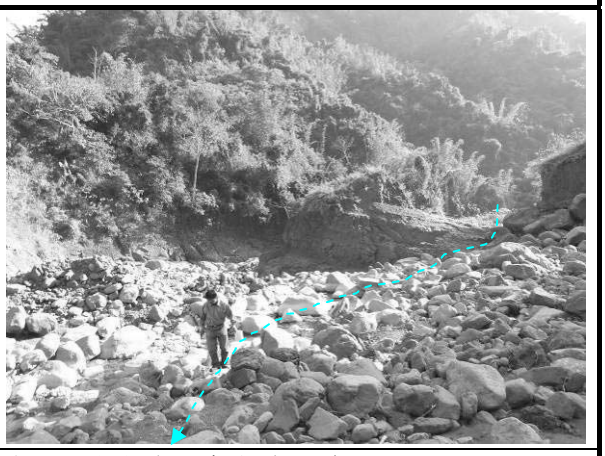


第七章　整體治理計畫及配合事項

7.1　工程勘查

計畫辦理期間，本公司指派專案人員(備勘查車輛)，分別於今(103)年度 2、5 及 8 月份辦理五子寮北集水區個區位之現場勘查作業，包括崩塌地、具土石流潛勢之溪段、野溪坑溝及林間道路水土保持狀況之勘查作業。並將勘察結果彙具如附錄 C~G 予說明。各次勘查之相關照片展示及說明如后表 7-1~7-3 所示。

表 7-1 民國 103 年 2 月 24 日現場勘查照片一覽表

勘查照片	勘查照片
	
說明：整體集水區最下游面農路路口照片	說明：南支流勘察作業照片
	
說明：南支流雨量計照片	說明：北支流勘察作業照片

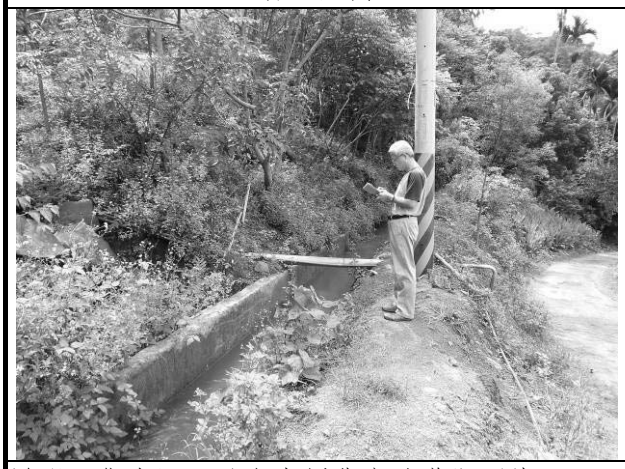
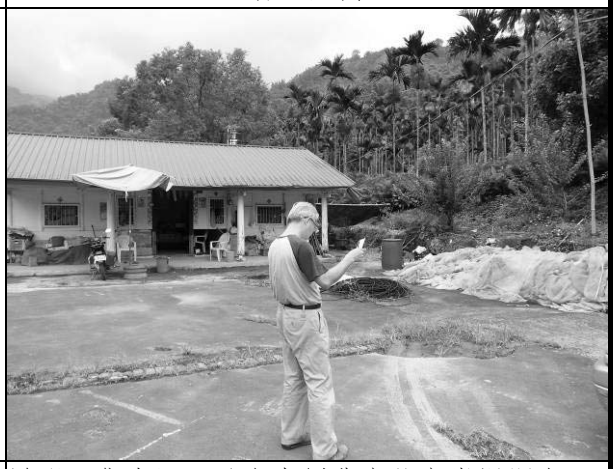
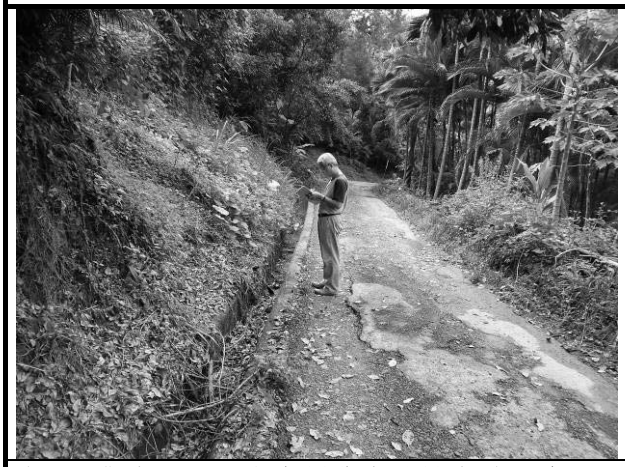
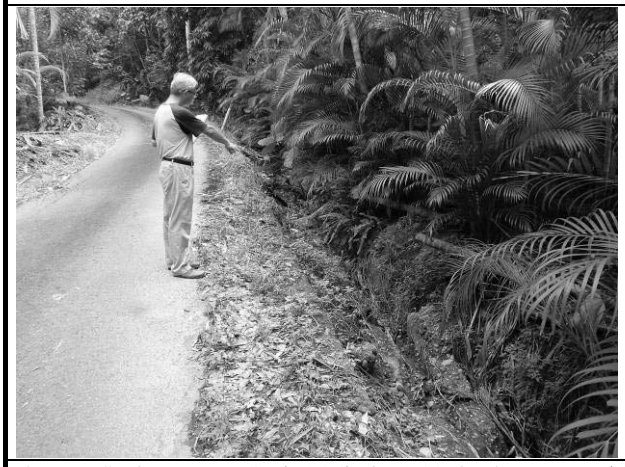
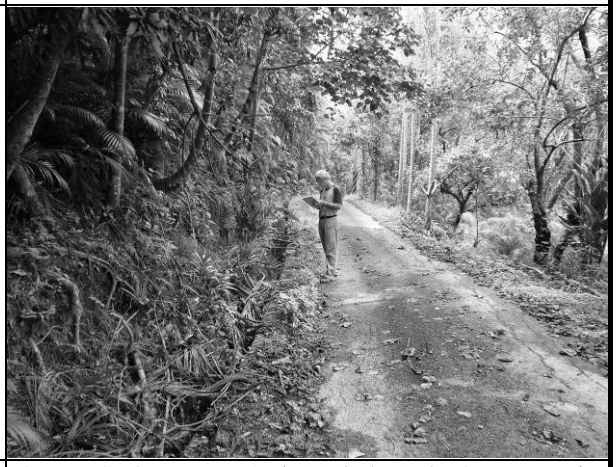
註：上述資料由規劃團隊彙整。

表 7-2 民國 103 年 5 月 22 日現場勘查照片一覽表

勘查照片	勘查照片
	
說明：勘查「小林橋」照片	說明：主流下游段橫斷面勘查照片
	
說明：主流下游段溪床滿佈巨礫照片	說明：主流下游段溪床滿佈巨礫照片
	
說明：主流下游段山側蝕溝照片	說明：主流下游段山側崩塌地照片

註：上述資料由規劃團隊彙整。

表 7-3 民國 103 年 8 月 28 日現場勘查照片一覽表

勘查照片	勘查照片
	
說明：集水區下游左岸側農户前灌渠照片	說明：集水區下游左岸側農户後方崩塌調查
	
說明：集水區下游左岸側農户前排水溝照片	說明：集水區下游左岸側農户前蝕溝照片
	
說明：集水區下游左岸側農户前排水溝損壞照片	說明：集水區下游左岸側農户前水溝阻塞照片

註：上述資料由規劃團隊彙整。

7.2　整體治理計畫及經費需求

由前述第五章 5.2 及 5.3 節之集水區各治理區位需求評估之研擬成果，本計畫集水區內之治理需求包含崩塌地治理、具土石流潛勢溪段之治理、野溪溪段之整治、損壞林道之整治修復等項目，茲將各類治理需求項目彙整列具，其中，造林處理如后表 7-4，各期崩塌地復育造林之建議工程位置詳圖 7-1、7-2，並詳後表 7-5。其他各項治理工程之經費需求彙總如表 7-6。說明請參閱前述第五章 5.2 節及 5.3 節各分節內容。整體集水區總治理經費概估為 165,541 仟元。

表 7-4 計畫集水區各類治理區位需求彙總一覽表

治理需求類型	區位	現況	治理工法	經費需求概估(仟元)	建議工程名稱
造林	第一級高度潛勢區崩塌地治理(A1A2A3A7 等 4 集水分區之各崩塌地坡面坡度＜66.67%)	評估崩塌地或裸露面尚有厚實之土層覆蓋，需造林部份評估約為 22.1ha。	撒、點播植生工法(各處崩塌地復育造林位置及面積,詳見後表 7-5-1)	3,000	五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第一標(4100 仟元)前期治理
	第一級高度潛勢區崩塌地治理(A1A2A3A7 等 4 集水分區之各崩塌地坡面坡度＞66.67%)	評估崩塌地或裸露面尚有厚實之土層覆蓋，需造林部份評估約為 8.81ha。	撒播植生工法(各處崩塌地復育造林位置及面積,詳見後表 7-5-2)	1,100	
	第二、三級中低度潛勢區崩塌地治理(A4A5A6A8 等 4 集水分區之各崩塌地坡面坡度＜66.67%)	評估崩塌地或裸露面尚有厚實之土層覆蓋，需造林部份評估約為 3.56ha。	撒、點播植生工法(各處崩塌地復育造林位置及面積,詳見後表 7-5-3)	387	五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第二標(601 仟元)後期治理
	第二、三級中低度潛勢區崩塌地治理(A4A5A6A8 等 4 集水分區之各崩塌地坡面坡度＞66.67%)	評估崩塌地或裸露面尚有厚實之土層覆蓋，需造林部份評估約為 0.57ha。	撒播植生工法(各處崩塌地復育造林位置及面積,詳見後表 7-5-4)	214	
小計				4701	—

註:上表資料係依據前 5.2 及 5.3 節評估結果彙整與分析。

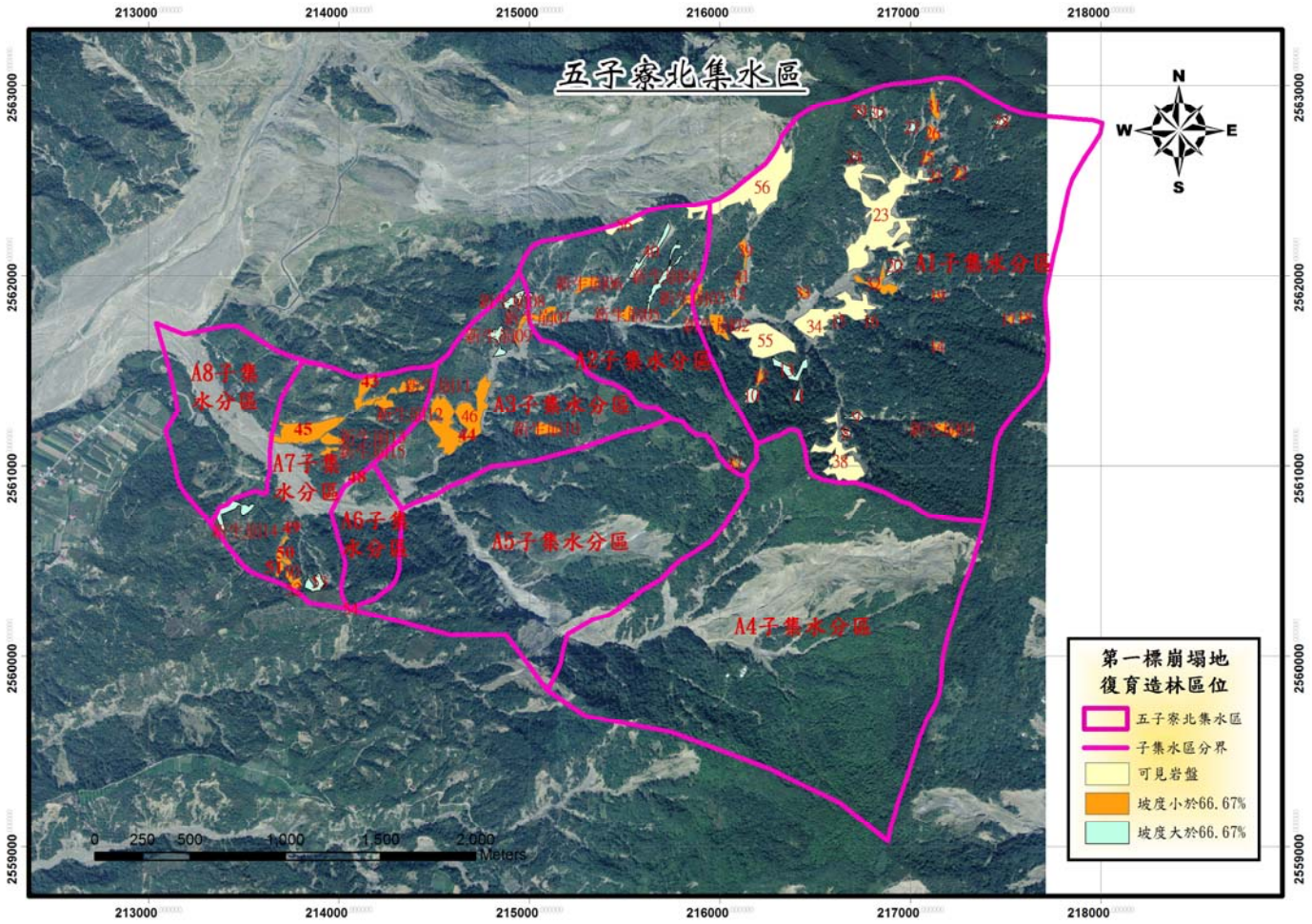


圖 7-1 五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第一標區位圖

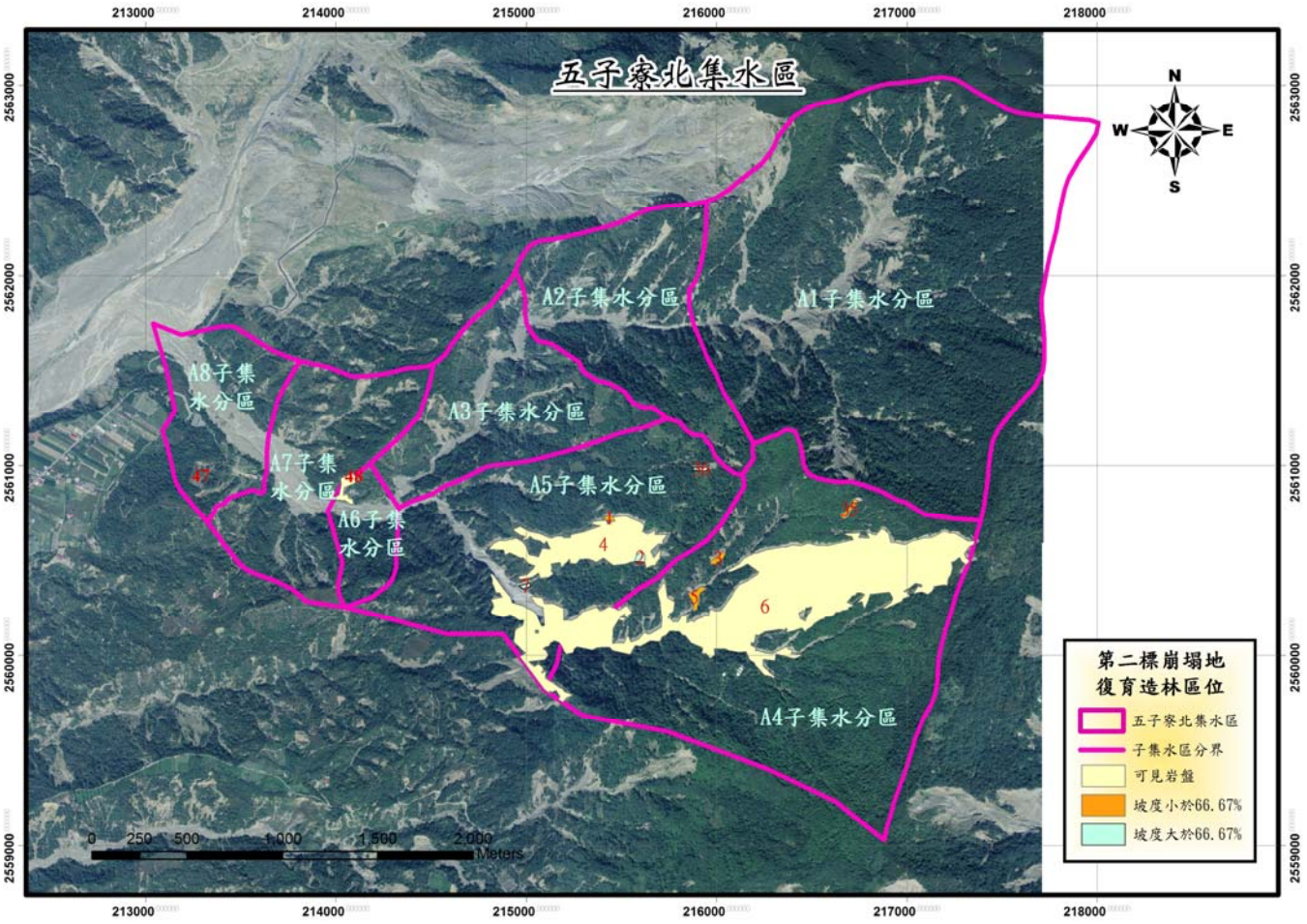


圖 7-2 五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第二標區位圖

表 7-5-1 第一級高度潛勢區崩塌地坡面坡度＜66.67%之崩塌地位置與面積一覽表

集水分區	崩塌地編號	X 座標	Y 座標	旗山林班編號	坡度(°)	坡度(%)	崩塌斜面面積(m^2)	治理期程建議
A1	崩 12	216210	2561469	22	32	62.49%	1,969	中前期
	崩 14	217134	2561624	22	25	46.63%	867	中前期
	崩 17	217524	2561765	22	25	46.63%	1,141	中前期
	崩 18	217596	2561777	22	27	50.95%	1,343	中前期
	崩 19	217142	2561893	22	23	42.45%	1,105	中前期
	崩 21	217132	2562526	22	30	57.74%	497	中前期
	崩 22	217254	2562541	22	28	53.17%	1,333	中前期
	崩 25	217090	2562621	22	29	55.43%	1,769	中前期
	崩 26	217118	2562747	22	29	55.43%	3,715	中前期
	崩 31	217125	2562890	22	33	64.94%	4,513	中前期
	崩 32	216837	2561957	22	24	44.52%	10,455	中前期
	崩 33	216435	2561910	22	33	64.94%	1,749	中前期
	崩 39	216127	2562128	21	21	38.39%	3,796	中前期
	崩 41	216116	2561996	21	19	34.43%	730	中前期
	新崩 01	217252	2561159	22	22	40.40%	3,969	中前期
	新崩 02	216045	2561660	22	26	48.77%	8,095	中前期
A2	崩 37	216077	2561010	22	30	57.74%	1,060	中前期
	新崩 03	215911	2561955	21	31	60.09%	5,923	中前期
	新崩 05	215528	2561843	21	33	64.94%	4,827	中前期
	新崩 06	215361	2561983	21	31	60.09%	6,216	中前期
A3	崩 44	214651	2561139	21	11	19.44%	886	中前期
	崩 46	214629	2561250	21	32	62.49%	68,606	中前期
	新崩 07	214986	2561791	21	19	34.43%	8,505	中前期
	新崩 10	215164	2561179	23	26	48.77%	4,557	中前期
A7	崩 42	216093	2561957	21	21	38.39%	590	中前期
	崩 43	214137	2561388	21	23	42.45%	11,591	中前期
	崩 45	213819	2561179	21	24	44.52%	32,684	中前期
	崩 49	213716	2560612	23	18	32.49%	1,084	中前期
	崩 50	213700	2560506	23	27	50.95%	4,545	中前期
	崩 51	213677	2560435	23	26	48.77%	480	中前期
	崩 52	213764	2560398	23	32	62.49%	4,139	中前期
	崩 54	214055	2560207	23	22	40.40%	16	中前期
	新崩 11	214418	2561438	21	25	46.63%	6,829	中前期
	新崩 12	214287	2561310	21	24	44.52%	5,382	中前期
	新崩 13	213963	2561130	21	25	46.63%	3,360	中前期
	新崩 15	213992	2561093	21	24	44.52%	2,649	中前期
合計							220,976	—

註:上表資料係依據前 5.2 及 5.3 節評估結果彙整與分析。

表 7-5-2 第一級高度潛勢區崩塌地坡面坡度＞66.67%之崩塌地位置與面積一覽表

集水分區	崩塌地編號	X 座標	Y 座標	旗山林班編號	坡度(°)	坡度(%)	崩塌斜面面積(m2)	治理期程建議
A1	崩 8	216661	2561171	22	39	80.98%	1,650	中前期
	崩 9	216711	2561254	22	37	75.36%	2,812	中前期
	崩 10	216163	2561369	22	39	80.98%	5,323	中前期
	崩 11	216409	2561368	22	39	80.98%	1,773	中前期
	崩 13	216372	2561508	22	34	67.45%	9,156	中前期
	崩 15	216621	2561760	22	35	70.02%	560	中前期
	崩 16	216791	2561758	22	35	70.02%	568	中前期
	崩 20	216913	2562045	22	34	67.45%	4,518	中前期
	崩 24	216706	2562624	22	36	72.65%	875	中前期
	崩 27	217008	2562778	22	36	72.65%	1,708	中前期
	崩 28	217478	2562810	22	39	80.98%	2,204	中前期
	崩 29	216731	2562861	22	50	119.20%	1,055	中前期
	崩 30	216821	2562854	22	44	96.57%	4,027	中前期
A2	崩 40	215635	2562126	21	34	67.45%	9,061	中前期
	新崩 04	215742	2562052	21	37	75.36%	7,182	中前期
A3	新崩 08	214947	2561861	21	34	67.45%	8,554	中前期
	新崩 09	214842	2561628	21	36	72.65%	9,584	中前期
A7	崩 53	213872	2560384	23	44	96.57%	7,243	中前期
	新崩 14	213370	2560759	23	34	67.45%	10,234	中前期
合計							88,090	—

註:上表資料係依據前 5.2 及 5.3 節評估結果彙整與分析。

表 7-5-3 第二三級中低度潛勢區崩塌地坡面坡度＜66.67%之崩塌地位置與面積一覽表

集水分區	崩塌地編號	X 座標	Y 座標	旗山林班編號	坡度(°)	坡度(%)	崩塌斜面面積(㎡)	治理期程建議
A4	崩 3	216008	2560508	23	26	48.77%	2,469	中後期
	崩 5	215893	2560306	23	28	53.17%	4,905	中後期
	崩 35	216697	2560767	23	23	42.45%	2,523	中後期
A5	崩 1	215437	2560718	23	41	62.49%	1,550	中後期
合計							11,447	—

註:上表資料係依據前 5.2 及 5.3 節評估結果彙整與分析。

表 7-5-4 第二三級中低度潛勢區崩塌地坡面坡度＞66.67%之崩塌地位置與面積一覽表

集水分區	崩塌地編號	X 座標	Y 座標	旗山林班編號	坡度(°)	坡度(%)	崩塌斜面面積(㎡)	治理期程建議
A5	崩 2	215600	2560513	23	42	67.45%	2,958	中後期
	崩 7	214996	2560365	23	17	70.02%	1,116	中後期
	崩 36	215920	2560983	23	31	70.02%	1,615	中後期
合計							5,688	—

註:上表資料係依據前 5.2 及 5.3 節評估結果彙整與分析。

表 7-6 計畫集水區各類治理區位需求彙總一覽表(1/2)

治理需求類型	區位	現況	治理工法	經費需求概估(仟元)	建議工程名稱
崩 47 崩塌地	X 座標：212486 Y 座標：2561120	非屬林班區域，為大規模坡面崩塌型態,面積為 2.41 公頃(非屬林務局屏東處轄管)	打樁編柵方式，配合設置縱、橫向截水溝與集水井輔以撒播植生工程(含坡腳擋土牆)	12,700	僅供主管機關參考
角埔溪北支流具土石流潛勢溪段防砂工	主流樁號 1k+871.8 X 座標：214514 Y 座標：2560966	自主流樁號 2k+345.2 往上游溪段溪岸基腳沖刷嚴重部分邊坡基腳已露岩且溪床土石淤積嚴重，溪床坡降平均約為 23%。	包含梳子壩、護坦、尾檻、側牆與最下游面之固床工等設施。	10,800	角埔溪北支流(主流樁號 1k+871.8)梳子壩工程
角埔溪南支流具土石流潛勢溪段防砂工	支流樁號 0k+199.8 X 座標：212478 Y 座標：2560828	自支流樁號 0k+335 往上游溪段溪岸基腳沖刷嚴重部分邊坡基腳已露岩且溪床土石淤積嚴重，溪床坡降平均約為 30%。	包含梳子壩、護坦、尾檻、側牆與最下游面之固床工等設施。	10,100	角埔溪南支流(支流樁號 0k+199.8)梳子壩工程
野溪清疏	清疏起點座標(下游) X 座標：213163 Y 座標：2561628 清疏終點座標(上游) X 座標：213653 Y 座標：2560990	自主流樁號 0K+835.8 往下游至 0K+000 之溪段邊坡淘刷，土石堆積溪床 **（非屬林務局屏東處轄管）**	建議配合整體集水區之治理期程併同辦理。囿因範圍內之土石料為有價料，建議採採售分離方式辦理，俾免爭議	16,300	僅供主管機關參考
野溪清疏	清疏起點座標(下游) X 座標：213653 Y 座標：2560990 清疏終點座標(上游) X 座標：214283 Y 座標：2560788	自主流樁號 0K+835.8 往上游至樁號 1K+536.6 之溪段邊坡淘刷，土石堆積溪床	建議可以較為彈性施做之開口契約方式或直接以土木標之方式執行清疏作業	7,500	角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)

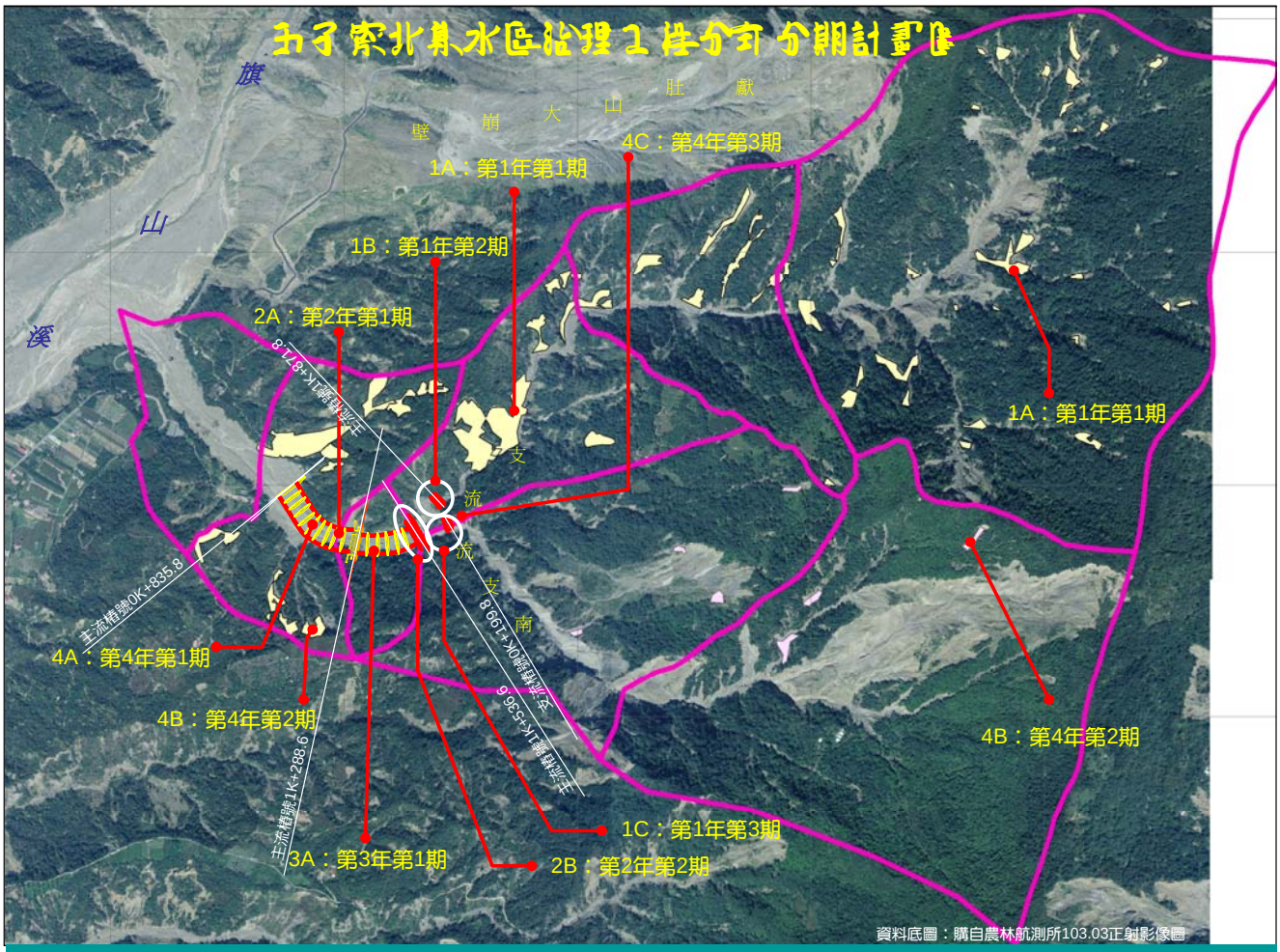
註:上表資料由規劃團隊彙整、推估與分析。

表 7-6 計畫集水區各類治理區位需求彙總一覽表(2/2)

治理需求類型	區位	現況	治理工法	經費需求概估(仟元)	建議工程名稱
野溪防砂工	主流樁號 1K+536.6 位置 X 座標：214283 Y 座標：2560788	溪岸基腳沖刷嚴重部分邊坡基腳已露岩且約自主流樁號 1K+536.6 位置往上游之溪段溪床土石淤積嚴重，上下游溪段之溪床坡降平均約為 6-10%。	包含梳子壩、護坦、尾檻、側牆與最下游面之固床工等設施。	27,000	角埔溪主、支流匯口梳子壩工程
野溪整流工	下游起點座標 X 座標：214031 Y 座標：2560775 上游起點座標 X 座標：214283 Y 座標：2560788	約自主流樁號 1K+536.6 起往下游至主流樁號 1K+288.6 溪段約 248m 邊坡淘刷，土石堆積溪床	包含防砂壩、護坦、尾檻、側牆與固床工約 5 座等設施。	39,800	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標
野溪整流工	下游起點座標 X 座標：213653 Y 座標：2560990 上游起點座標 X 座標：214031 Y 座標：2560775	約自主流樁號 1K+288.6 起往下游至主流樁號 0K+835.8 溪段約 452.8m 邊坡淘刷，土石堆積溪床	包含護岸與固床工約 10 座等設施。	31,000	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標
林班道路水土保持	既有林班道路 1500 公尺 X 座標：217604, Y 座標：2571138	道路下邊坡崩塌破壞，導致路面破壞，路基流失	部份路段重行鋪設 PC(間隔設置橫向排水)1500m	5,640	五子寮北集水區既有林班道路修復工程

註:上表資料由規劃團隊彙整、推估與分析。

上表 7-6 中，有關「崩 47 崩塌地處理」及「林班界下游清疏」等 2 規劃工程非屬林班界內之範圍，其預估工程預算經費約 29,000 仟元，僅提供予相關山坡地主管機關考量參考，實際屬林務局屏東處應執行之工程預算經費約在 136,541 仟元。其整體治理工程基本佈置構想詳圖 7-3。



1A 五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第一標（各崩塌地座標位置詳見前表7-5-1及表7-5-2)
1B 角埔溪北支流(主流椿號1k+871.8)梳子壩工程（X座標：214514,Y座標：2560966)
1C 角埔溪南支流(支流椿號0k+199.8)梳子壩工程 (X座標：212478,Y座標：2560828)
2A 角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)
(清疏起點座標(下游)X座標：213653,Y座標：2560990 ； 清疏終點座標(上游)X座標：214283,Y座標：2560788)
2B 角埔溪主、支流匯口梳子壩工程(主流椿號1K+536.6 ； 位置X座標：214283,Y座標：2560788)
3A 角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標(下游起點座標X座標：214031,Y座標：2560775 ； 上游起點座標X座標：214283,Y座標：2560788)
4A 角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標(下游起點座標X座標：213653,Y座標：2560990 ； 上游起點座標X座標：214031,Y座標：2560775)
4B 五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第二標（各崩塌地座標位置詳見前表7-5-3及表7-5-4)
4C 五子寮北集水區既有林班道路修復工程(起點_ X座標：217604, Y座標：2571138)

圖 7-3 五子寮北集水區整體治理工程分年分期計畫圖

7.3　分年分期實施計畫及經費需求

7.3.1　分年分期實施計畫

經前 7.2 節內容說明，進行五子寮北集水區(旗山事業區 21-23 林班)之整體治理需求規劃及預估工程預算經費後，即針對整體集水區之特性及治理程序之輕重緩急，擬定前述各項治理需求之治理優先次第，並依分年分期之治理順序，逐步防範集水區之土石災害，達成整體治理之成效。針對本計劃集水區之治理優先次第擬定原則重點說明如下：

1.由於本五子寮北集水區乃一獨立之集水體系，土石之運移均在此一體系中發生，即邊坡土石因逕流帶動而集中於下邊坡處之溪床，而溪床土石則藉由體系中各級水系之洪流帶動往下游輸運，而產生土石流動，特別是在具土石流潛勢之溪段特別明顯，因此，針對土石流動溪段之治理，應考量到整體集水區內之上游源頭崩塌段、土石輸送段及下游土石堆積段之掌握，始收成效。

2.針對集水區內之保全對象安全維護應在遵循前第 1 項原則下，優先辦理。此部份所涉及之層面相當廣，包含邊坡崩塌可能造成保全對象之損害影響、土石刷淤對於保全對象之災害評估、水流漫溢所導致保全對象之災害範圍損失...等，均應列入治理次第之考量。

3.應考量各治理工程之獨立性與延續性功能發揮。此項在本計畫集水區內尤為重要，因本計畫區之角埔溪主流下游溪段之治理權責分屬林務局屏東林區管理處與山坡地主管治理維護機關-高雄市政府或水土保持局(治理權責以林班界劃分)，因此，辦理治理工程之期程應能接續與延續，始能發揮整治之最大效益。

4.為整體集水區之安全穩定，尤其是崩塌地經常年之降雨逕流沖蝕結果，僅靠自然復育植生之方式，期程相當冗長，如適時導入必要之侵入性工法(如撒播造林)，當可更有效率地提升整體集水區之安全穩定性。為此項考量原則，可放到立即性之土砂災害防治之後。

針對以上 4 項考量原則，即研擬本五子寮北集水區(旗山事業區 21-23 林班)之優先防災順序如下：

1.防制上游溪床之土石持續下移所可能導致之災害：

上游源頭崩塌地或逐年遞移之坡面沖蝕量所帶至其下邊坡溪床之土石量，其存在

之隱憂及危害性，尚不及目前已存在於溪床之淤積土石量所帶來之立即性危害來的嚴重。因此，在土石輸送段之末端溪段治理工程應放在最優先治理之考量。因此建議有關南、北支流擬設置之梳子壩工程應列於最優先治理之選項。此最優先治理之選項建議有兩標工程，分別為「角埔溪北支流(主流樁號 1k+871.8)梳子壩工程」及「角埔溪南支流(支流樁號 0k+199.8)梳子壩工程」,該兩標工程之上游溪床尚存在溪床之土石量預估分別為 138.36 及 140.04 萬方土石量,兩標工程可攔阻之土砂量雖分別只有 1600、1600m^3 之量，惟其回淤線已有效調緩其上游溪段之縱坡，當有效減緩流速、減輕土石流量對於下游溪床之危害。

2. 保全對象安全維護 1：

目前集水區內之保全對象包含有二，此二保全對象均位於林班界外，一為位於下游溪段左岸側之農户住家(目前仍有住户居住)，另一為甫於今年完工之最下游面銜接台 21 線新建橋樑乙座，惟自林班界起往下游之溪床土石淤積現狀相當嚴重，溪床已漸次抬昇，亟需辦理清疏土石作業，俾防制溪床抬昇後造成涌水過高、危及橋樑及台 21 線往來人車之安全。且涌水過高時對於目前下游溪段之兩側岸尚裸露邊坡基腳之刷蝕將加劇，連帶危及目前之農户住家。因此，將林班界起往下游溪段之「林班界下游土石清疏作業」可考量先實施，惟其屬水土保持或水利機關之權責，本文僅提供建議供參。惟若可行，將俟其完成或將近完成之際，再接續辦理自林班界起往上游溪段之「角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)」,始達成清疏成效。惟若水土保持或水利機關考量上予緩議或期程無法配合情況下，本文已規劃該「林班界下游土石清疏作業」之清疏溪段溪床清疏高程線，均可順接其清疏溪段之上、下游溪床面，不會造成下游阻水、上游產生高跌落之情況，即其並不影響屏東林區管理處針對「角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)」之辦理。

3. 保全對象安全維護 2：

另目前集水區內之保全對象-農户住家，住家後方山側邊坡有大型之崩塌地，崩塌地編號：崩 47，自莫拉克風災後即形成，目前坡面雖已漸自自然復育，但成效緩慢，且其崩塌基腳仍未有保護措施，如突逢暴雨或颱洪侵襲，坡面經逕流刷蝕之土石混挾逕流而下，當造成農户住家之立即性危害。此崩塌地之處理亦建議可儘早進行，惟其與前 2.點「林班界下游土石清疏作業」之情況一樣，屬水土保持或水利機關之權

責，本文僅提供建議供參。若規劃建議可行，則建議治理主管機關可擇定期程辦理，其因屬獨立之工區，並不會影響到本文建議之屏東林區管理處其他治理工程之作業進行。

4. 防制南、北支流過大之下移土石量：

經由前第 2 點之清疏土石上、下游溪段標完成，為防範自南、北兩支流過大之下移土石量再行淤塞甫經清疏完成之下游溪床，避免功虧一潰，另於兩支流交匯之匯口溪段再設置一梳子壩，可有效攔阻通過前第 1 點已先行設置之「角埔溪北支流(主流椿號 1k+871.8)梳子壩」及「角埔溪南支流(支流椿號 0k+199.8)梳子壩」而下移之土石量，其回淤線已有效調緩其上游溪段之縱坡，當有效減緩流速、減輕土石流量對於下游溪床之危害。此標段定名為「角埔溪主、支流匯口梳子壩工程」。且該梳子壩回淤線並不會影響到「角埔溪北支流(主流椿號 1k+871.8)梳子壩」及「角埔溪南支流(支流椿號 0k+199.8)梳子壩」。(詳前表 5-5 之評估說明)

5. 溪流整治工程接續辦理，俾確保整體治理成果：

當「角埔溪土石清疏工程(林班界下游標)」、「角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)」及「角埔溪主、支流匯口梳子壩工程」均已完成，為確保下游溪段溪床兩側岸邊坡基腳不致受水流刷蝕而致生坍塌之損害，建議於林班界起往上游再辦理兩標整流工程，俾保有整體治理成效，兩標整流工程之順序應自角埔溪主、支流匯口梳子壩起往下游方向循序辦理「角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標」及「角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標」，至此，土砂於溪床上之運移危害受到一定程度之控制。

6. 裸露坡地實施造林：

當進行溪床上之土砂運移危害情況控制進程中，建議可先行辦理並加強整體集水區之裸露坡地及崩塌地之復育造林工作，始達整體集水區安全穩定之成效，造林計畫建議以 2 個標段方式辦理，定名為「五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第一標」及「五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第二標」等 2 標段。

7. 林班道路之修復與維護管理：

最後，再進行目前損害林班道路路段之「五子寮北集水區既有林班道路修復工程」，俾爾後進行巡山、通報、及林地管理之標的。

依上所述，有關擬定之本五子寮北集水區(旗山事業區 21-23 林班)之治理工程優先治理順序及分年分期計畫研擬如后表 7-7。有關林班地內之治理工程預估總建造費用達 136,541 仟元。建議 貴處分年分期執行，逐步達成整治效益。另有關建議其他相關機關參考之部分，係屬他機關之權責，屏東林區管理處僅提供建議參考，並不納入分年分期實施計畫內容。

表 7-7 五子寮北集水區治理工程分年分期實施計畫暨預算經費一覽表

治理次第順序	治理工程名稱	工程預算經費(仟元)	建議分年分期	治理權屬說明	備註
1	五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第一標	**4,100**	第 1 年第 1 期	林務局屏東處	屬第一級高度潛勢災害崩塌地，建議優先辦理，其區位不會與其他治理工程相衝突
2	角埔溪北支流(主流椿號 1k+871.8)梳子壩工程	**10,800**	第 1 年第 2 期	林務局屏東處	各梳子壩分位處南、北支流，施工不相干擾
3	角埔溪南支流(支流椿號 0k+199.8)梳子壩工程	**10,100**	第 1 年第 3 期	林務局屏東處	
4	角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)	**7,500**	第 2 年第 1 期	林務局屏東處	施工區雖相接，惟清疏工程約 2-3 個月，建議利用年後即辦理施工，可於 3-4 月完成。接續辦理匯口梳子壩工程，工期評估約 4-5 個月，仍可於年底完成。
5	角埔溪主、支流匯口梳子壩工程	**27,000**	第 2 年第 2 期	林務局屏東處	
6	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標	**39,800**	第 3 年第 1 期	林務局屏東處	獨立標段、施工單純
7	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標	**31,000**	第 4 年第 1 期	林務局屏東處	獨立標段、施工單純
8	五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第二標	**601**	第 4 年第 2 期	林務局屏東處	屬第二三級中低度潛勢災害崩塌地，建議於計畫第 4 年再行辦理，其區位不會與其他治理工程相衝突
9	五子寮北集水區既有林班道路修復工程	**5,640**	第 4 年第 3 期	林務局屏東處	工區位置不同，施工不相干擾
合計		**136,541**	—	—	—

註:上表資料由規劃團隊彙整、推估與分析。

7.4　管理建議事項

對於集水區的管理牽涉的法規相當廣泛，有關集水區相關法規散於不同法令規章中，與本計畫相關之法規及類別分別彙整如表 7-8 所示。大致上集水區管理主要以森林法、水土保持法及水利法為主。

表 7-8 集水區相關法規

類別	法規名稱	
保育利用	1.山坡地保育利用條例 2.山坡地保育利用條例施行細則 3.山坡地土地可利用限度分類標準 4.山坡地土地可利用限度查定工作要點	5.水土保持法 6.水土保持法施行細則 7.水土保持技術規範
區域發展	1.區域計劃法 2.區域計劃法施行細則 3.非都市土地使用管制規則	4.都市計劃法 5.都市計劃法台灣省施行細則
土地管理	1.土地法 2.國有財產法	3.國有財產法施行細則 4.國有非公用財產委託管理或經營辦法
森林經營	1.森林法	2.森林法施行細則
水資源管理	1.水利法 2.水利法施行細則 3.河川管理辦法 4.水污染防治法 5.水污染防治法實行細則	6.違反水污染防治法按日連續處罰執行準則 7.飲用水管理條例 8.飲用水管理條例施行細則 9.自來水法
非農業之開發及建築管理	1.建築法 2.違章建築處理辦法 3.實施區域計畫地區建築管理辦法 4.實施都市計畫以外地區建築管理辦法	5..山坡地開發建築管理辦法 6.墳墓設置管理條例 7.墳墓設置管理條例施行細則
其他	1.農藥管理辦法	2.農藥管理辦法施行細則

對本計畫區內之開發及土地利用行為，應進行下列水土保持處理與保育利用的規範。

(一)土地利用管理

計畫區內土地大部份為國有林班地及宜農牧地，坡面有許多人為開發地如果園及竹類次生林，未來應依山坡地可利用限度分類標準進行土地開發利用，避免土地超限利用，公、私有土地開發利用申請案，其水土保持義務人（即經營人、使用人或所有人），應確實實施必要之水土保持處理與維護工作。

(二)溪流管理

區內河道應避免非法棄土、堆放雜物等影響河道斷面，阻礙水流之情事，臨河道

旁農作用地亦應避免影響河道有效斷面，以確保颱風豪雨季節時洪水之安全宣洩，防止水患。

(三)橋涵及防災構造物維護

區內之橋涵及防災構造物應定期點檢，保持排水暢通，避免因雜木堵塞而引起溢流，必要時應進行如壩體的清淤或適當補強，以期於颱風豪雨季節時發揮最大功能。

(四)其他配合事項

由於區內災害地點除屬林務局屏東林區管理處管轄外，尚分屬不同單位，如水土保持局台南分局、高雄市政府，因此相關治理計畫除由屏東林區管理處執行外，亦將建請相關單位配合辦理，以達到整體治理，防止土砂災害之成效。

(五)管理事項

目前集水區治理與管理權責自上游至下游分別歸屬於：林務、水保及水利，至今仍缺乏一整體治理機構造成機關間橫向協調、溝通不易；此外，專責人力的匱乏亦為集水區管理未能徹底有效推動重要因素之一。在此針對集水區之管理事項分就下列因子進行探討：

1. 管理機構

集水區的治理工作宜有專業人才方可為功，鑑於自然沖蝕、崩塌乃無可避免，而人為沖蝕則肇因於區內水土保持之維護及管理未臻完善所致，故建議於此方面應規劃專業人員，可參考由現有之林務、水保、水利等公部門建立臨時性之任務編組，賦予管理兼治理集水區各項事務的權責，並勿將該等專才挪用其他部門，以有效推動本治理計畫。管理機構之重點分別在於工程管理及經營系統兩大重點，茲分述如下：

(1)施工與維護方面：

由於工程之施行均或多或少涉及開挖整地，鑑於大量土石流入溪中多來自整地因素，一般工程宜避免於夏季汛期施工，對不可避免於雨季施工之工程，應特別加強審核其水土保持計畫書，並勘查其防止土石下流之防災措施。農地水保工程之植生宜在雨季前實施，以利生長；此外，對於水土保持工程及防災設施工程應指派專業人員參與監驗。

(2)經營資訊系統方面：

依各類資料特性，配合國土開發之經營規劃，以電子化資料建立涵蓋時間之影像

資料及空間之圖像及屬性資料之集水區地理資訊系統資料庫，務期此資料庫能在不同期之治理規劃間傳承使用，平時則可依此資料庫監督區內之土地利用。有關的資料包含：自然、人文環境數據、土地利用型態、各項有關水土保持治理工程之紀錄等。此資料庫宜每年修正，另每五至六年再次辦理集水區整體調查治理規劃時予以檢討。

2.林地管理

有關林地使用之管制，應依「森林法施行細則」(最新修訂公告日期：95 年 3 月 1 日)辦理，其中又以第五條規定最為明確：「編為林業用地之土地，不得供其他用途之使用，但經省(市)主管機關同意，報請中央主管機關會同內政部核准者，不在此限。土地在未編定使用地之類別，依其他法令適用林業用地管制者，準用前項之規定。」

此外，於「森林法」(最新修訂公告日期：93 年 1 月 20 日)中亦有重要規定，用以規範林地之使用。「混農林業」為林業經營的一種方式，在農作物或是農地四周種植快速生長之樹木，以用來作為保護農作物、維護水土資源及保護環境之用，因此為了在人民生計與環境保育間取得平衡，行政部門可從技術指導上予以協助。森林法第四十條規定：「森林如有荒廢、濫墾、濫伐情勢時，當地主管機關，得向所有人指定經營方法。」

3.山坡地管理

山坡地若不善加管理因而造成超限利用情形時，將會造成環境極大的負擔，於法律及法規命令方面主要有「山坡地保育利用條例」(最新修訂公告日期：89 年 4 月 28 日)及「山坡地保育利用條例施行細則」(最新修訂公告日期：92 年 2 月 27 日)兩種規定，山坡地管理方式應依此施行。

第十六條：山坡地供農業使用者，應實施土地可利用限度分類，並由省(市)主管機關完成宜農、牧地、宜林地、加強保育地查定。土地經營人或使用人不得超限利用。

第三十條：於山坡地開發建築、興建水庫、道路、採礦、採礦、採取或堆積土、石，經營遊憩用地、設置墳墓、處理垃圾等廢棄物及開挖整地者，應先擬具水土保持計劃，送請各該目的事業主管機關會同主管機關核定並監督實施。

山坡地之經營管理如能依照上述規定切實執行，當可減輕災害之發生。此外，於行政規則方面尚有以下數種規定可作為管理之依循。

(1)山坡地範圍劃定及檢討變更作業要點。

(2)山坡地土地可利用限度查定工作要點。

(3)山坡地超限利用處理計畫。

7.5　相關治理、管理機制

對於集水區的管理牽涉的法規相當廣泛，有關集水區相關法規散於不同法令規章中，與本計畫相關之法規及類別分別彙整如表 7-6 所示。大致上集水區管理主要以森林法、水土保持法及水利法為主。

集水區範圍內治理機關包括林務局屏東林區管理處、水土保持局台南分局及高雄市政府，公告界點以下河段為經濟部水利署第七河川局負責，目前各治理事業主管機關分工界面係依據權責轄區區分，惟集水區上、中、下游治理之關聯性是不可分割的，如嚴重淤積河道其土砂傳遞迅速，上、中、下游治理應作整體規劃治理，若僅依據土地轄區劃分，會造成銜接界面失去連續性，因此建議未來有關集水區整體治理分屬於不同單位管轄時，應建立協調機制，治理內容應互相知會各權責單位參加，尤其在各治理界點附近工程，應有統一協調機制，以協商治理界面之相關事宜。

建議由各相關單位，包括林務局、水土保持局、水利署河川局，及高雄市政府等組成專案小組，由上級單位如經建會或由農委會等負責協調聯繫，亦能指揮各單位進行相關界面整合。

協調機制可為一行政組織亦可為一臨時性任務編組，依業務需求整合不同專長人員進行協調工作的推動；此外，由於集水區整體治理為一長遠計畫，對於計畫的效益評估及管考等相關組織的建立、治理界面的協調亦應跳脫過去行政模式方能有效推動、檢討計畫之效益，提升整體治理的效能；因此，對於集水區整體治理之協調機制亦需加以考量、規劃，其主要的任務如下：

（一）加強各單位之溝通協調、消除界面。

（二）整合各單位資源、發揮最大效果。

（三）整體治理規劃案審查。

（四）評估集水區整體規劃實施計劃之績效。

以對於集水區整體治理效益評估，統籌集水區之整體規劃執行之協調、仲裁及績效評估工作，強化集水區整體治理效能。

第八章　效益分析

8.1　直接效益

參考水土保持局「集水區整體調查規劃參考手冊」(2008)，直接效益包括地上物保護效益、防砂效益、涵養水源效益、減少工程維護效益、增進交通效益等，本文所列效益僅涵蓋前第七章所述屬於屏東林區管理處分年分期治理計畫部份，不包涵建議予非屬林班地區之該治理權責機關之部分，說明如下：

(一)地上物保護效益

採用『增加之保護面積與作物單位面積收益乘積』計量之；可保護集水區內農地、林地，減少因災害造成之農作物、林木損失，進而獲得保障土地效益，本計畫集水區作物以造林租地為主，估算整體治理工程完成及林道復建後可保護之林地面積約為98.3 公頃(約占計畫區林班地面積 10%)，以該區土地生產價值每公頃約 6 萬元估計，則其作物保護效益為 5,898,000 元。

(二)防砂效益

防砂效益係指因實施水土保持處理與維護措施後，降低水土災害發生之規模及頻率，可以減少土砂生產及流出效益，依治理內容，進行崩塌地治理(面積約 37.45ha)及於河道設置砂防設施等，整治及清淤後，可減少河道淤砂約 357,942m^3。其中，崩塌地面積約 37.45ha 治理後，採保守估計有 20%完成復育，可減少土方量約 149,800m^3，如表 8-1 防砂量計算所示。

河道減淤效益也就是當河道泥砂減少之後，可降低或免除因河道淤積所必須付出之疏濬整理費用，其計量方法為：

河道疏濬費用 = 整理疏濬體積×單價

河道疏濬之單價可參考水土保持局 93 年之「水土保持工程預算書編制原則及供料分析手冊」，每立方公尺約為 75~150 元(以平均 100 元計)。根據上述公式及計畫防砂量為 357,942m^3 進行計算，其河道減淤效益為 35,794,200 元。

(三)工程維護效益

工程維護效益係指因實施水土保持處理與維護措施之後，降低水土災害發生之規模及頻率，促使各項工程維護經費降低之效益。其計量方法可直接採工程經費之 5%～10%計算之。本計畫分年分期提列經費共約 136,541,000 元，以 7%來計算，則工程

維護效益為 9,557,870 元。

表 8-1 防砂量計算一覽表

河道防砂措施	角埔溪北支流(主流椿號1k+871.8)梳子壩工程	壩高(m)	壩長(m)	回淤長度(m)	年限	防砂量(m^3)	備註
		4	38	4×10	3	18,240	
	角埔溪南支流(支流椿號0k+199.8)梳子壩工程	壩高(m)	壩長(m)	回淤長度(m)	年限	防砂量(m^3)	
		4	26	4×10	3	12,480	
	角埔溪主、支流匯口梳子壩工程	壩高(m)	壩長(m)	回淤長度(m)	年限	防砂量(m^3)	
		4	90	4×10	3	43,200	
	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標防砂壩	壩高(m)	壩長(m)	回淤長度(m)	年限	防砂量(m^3)	
		4	72	4×10	3	34,560	
河道護岸治理	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標護岸	岸高(m)	岸長(m)	單、雙側		防砂量(m^3)	
		6	248	2		2,976	
	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標護岸	岸高(m)	岸長(m)	單、雙側		防砂量(m^3)	
		6	453	2		5,436	
河道清疏	角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)	濬深(m)	濬長(m)	濬寬(m)		防砂量(m^3)	
		2.5	700	50		87,500	
復育	五子寮北集水區撒點播植生工程	A=37.45ha，崩塌深度 2m，20%完成復育				防砂量(m^3)	
						149,800	
林道修復	五子寮北集水區既有林班道路修復工程	估計約 3750m^3				防砂量(m^3)	
						3,750	
合　　計						357,942	

（四)減災經濟效益

減災之經濟效益係指因集水區內完成年度救災及災後復建措施之後，降低水土災害發生之規模及頻率，所得到之經濟效益。其計量方法採歷年年度救災及災後復建工程經費之 10%計算之。莫拉克風災後投入該集水區之經費以 98 年度所進行角埔溪清疏土石工程，計約為 8,500,000 元，則工程維護效益為 8,500,000 元。

綜合上述各項效益之意義及計量方式，本計畫各項直接效益總計約為 59,750,070 元，間接效益包括社會效益、生態環境效益及風險管理效益等，以直接效益總和之 20%計約為 11,950,014 元。茲歸納其各項計量方式、計量單位及說明，成果總表如表 8-2 所示。

表 8-2 規劃預期效益計算一覽表

預期效益	項目	計量方式	單位	說明	計算結果(元)
直接效益	地上物保護效益	作物保護效益(面積×單位面積收益)	元	以該區土地生產價值每公頃約 6 萬元。	5,898,000
	防砂效益	河道減淤效益(整理面積×深度×單價)	元	每立方公尺 75~150 元，100 元計。(參考工料分析手冊概估)	35,794,200
	工程維護效益	工程維護效益 (工程費 7%)	元	各工程經費請參考第五章。	9,557,870
	減災之經濟效益	減災之經濟效益(風災後投入之經費 10%)	元	風災後投入之經費計約為 8,500,000 元。	8,500,000
間接效益	社會效益	直接效益總和之 20%。	元	因間接效益難以量化，以直接效益總和之 20%作為間接效益之量化依據。	11,950,014
	生態環境效益				
	風險管理效益				
總 計					71,700,084

8.2 間接效益

依據水土保持處理與維護性質及功能，其間接效益包括社會效益、生態環境效益及風險管理效益等。

(一)社會效益

1. 保護人民生命及財產安全、穩定計畫區域人心、提升居民之積極進取心與生產力。
2. 保護流域內公共設施(來義舊部落)、交通動線與公共設備安全，增進觀光產業發展及農作收益。
3. 強化被保護居民之防災意識、公共參與，提高社區營造之共識。
4. 改善集水區內環境，增進土地利用價值。
5. 治理工程可就近雇用在地居民進行，提供居民工作機會，增加居民就業率。

(二)生態環境效益

因整體治理而增加水土涵養功能、減少土壤沖刷、減少崩塌地面積、改善區域環境，提供動植物較佳之棲息環境、強化山坡地管理監測，確保國土資源永續利用等皆

可屬於生態環境效益。而下游部分則有維持河川防災功能，確保河川區域環境安全、河堤美化、規劃親水性及自然型態等具有親水、遊憩功能之水域等係屬此部分之效益。

1. 增加水土涵養功能、減少土壤沖刷、減少崩塌地面積、改善區域環境，提供動植物較佳之棲息環境、強化山坡地管理監測，確保，確保水土資源永續利用。
2. 維持河川防災功能，確保河川區域環境安全。
3. 規劃親水性及自然型態之整治工法，強化自然生態環境，增強環境抗災能力。提供親水、遊憩及生態教育功能。

(三)風險管理效益

除了工程治理措施之外，長期水土保持計畫應特別重視非工程之風險管理措施，來降低致災風險，它涵括規劃疏散避難路線、選定避難處所、建構觀測系統、建立自主防救災組織(或社區)、防災演練等，其具體效益除可達到避災效果外，亦能增進社區自救復原能力，可以在極短時間內通過社區有效管理制度迅速復原，以減少災害之損失。

8.3 效益評估

(一)計畫成本

一般土木建築工程設施耐用壽齡以 50 年為經濟分析年限，本計畫集水區治理總費用約 136,541 仟元，總投資金額以總經費增加 10%概估約 150,195.1 仟元，年計成本包括固定成本與年運轉維護費用，茲分述如下：

1.固定成本

(1) 年利息

以總投資額 6%計算，即為 150,195.1 仟元×6%≒9,011.7 仟元。

(2)年償債基金

依經濟分析年限 50 年計算，每年平均攤還，加上年利率 6%以複利計算，則年償債基金為總投資額之 0.344%，即為 150,195.1 仟元×0.344%≒516.7 仟元。

(3)年中期換新準備金：併運轉及維護成本計算。

(4)年稅捐保險費：

一般以工程建造費之 0.12%為保險費，0.5%為稅捐費，合計為 0.62%。，即為 150,195.1 仟元×0.62%≒931.2 仟元。

2.年運轉及維護成本

係以建造工程費 3%為計算依據，即 150,195.1 仟元×3%≒4,505.9 仟元。

3.年計成本

上述各項總合約 14,965.5 仟元，即為本計畫年計成本。

(二)本計畫年計效益

本計畫採用益本比進行效益評估，由上述資料得知，本計畫以計畫治理期間 4 年計算之直接效益為 59,750,070 元，間接效益為 11,950,014 元，合計效益為 71,700,084 元，年計效益為 17,925,021 元。

(三)效益分析

效益分析採用益本比之模式進行估算，估算方式如下所述：

$$I=B/C$$

其中，I＝益本比

B＝整體治理後計畫範圍內域年計效益

C＝整體治理計畫投入之年計成本

根據所規劃之整治計畫，預計在 104~107 年投資 136,541,000 元，預期整治工作完成後，計畫區域之環境將有效改善，災害發生機率降低，人民安全、社會發展獲得保障，分析之年計畫效益約 17,925,021 元，年計成本約 14,965,500 元，益本比為 1.2，其益本比大於 1，表示深具投資價值。

第九章　規劃成果模擬及展示

9.1　規劃成果之展示

有關本計畫規劃成果模擬及展示，擬以結合該計畫區位數值地形資料(DEM)及由行政院農業委員會林務局農林航測所取得之計畫地區正射影像資料，經選定以角埔溪下游、角埔溪北支流與角埔溪南支流等 3 溪段，進行製作災害前 3D 地形模擬展示，詳圖 9-1~9-3。並配合本計畫需求針對此 3 溪段所進行之分年分期計畫，進行 3D 成果展示，詳圖 9-4~9-6。

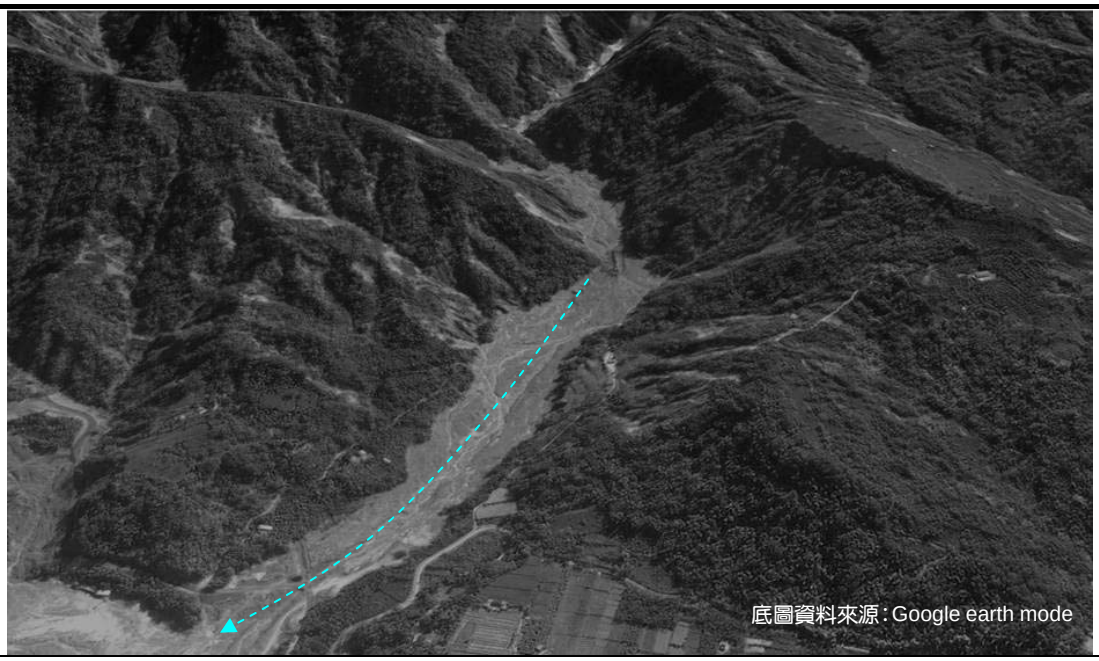


圖 9-1 角埔溪主流下游溪段災前 3D 影像模擬

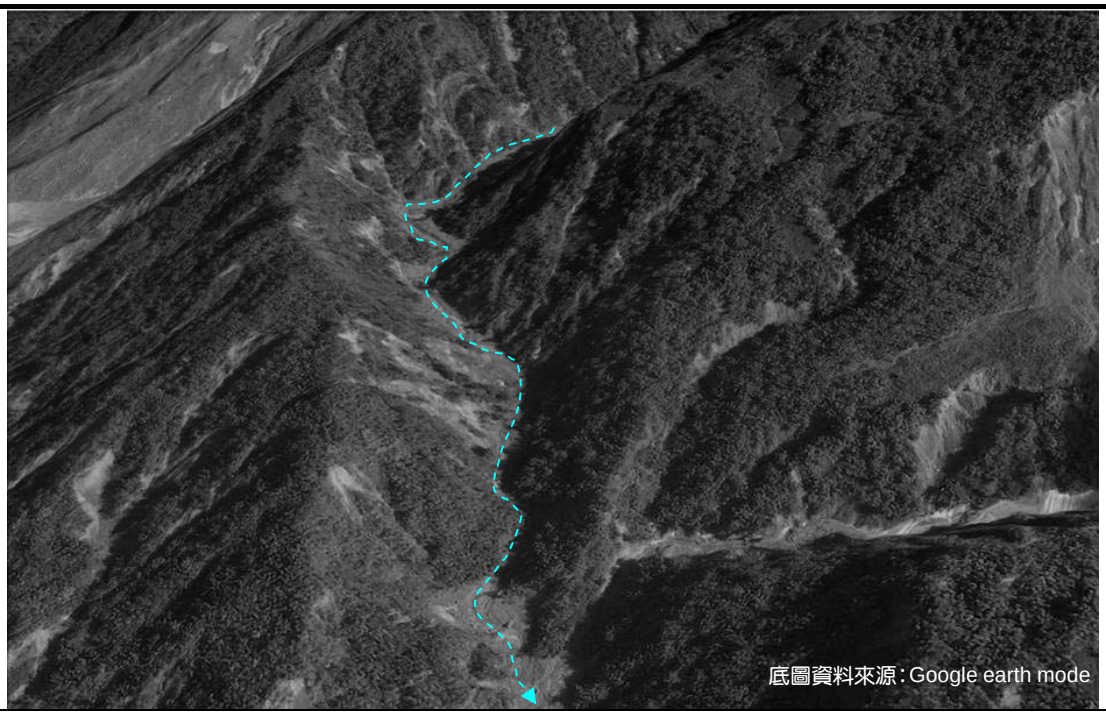


圖 9-2　角埔溪北支流溪段災前 3D 影像模擬

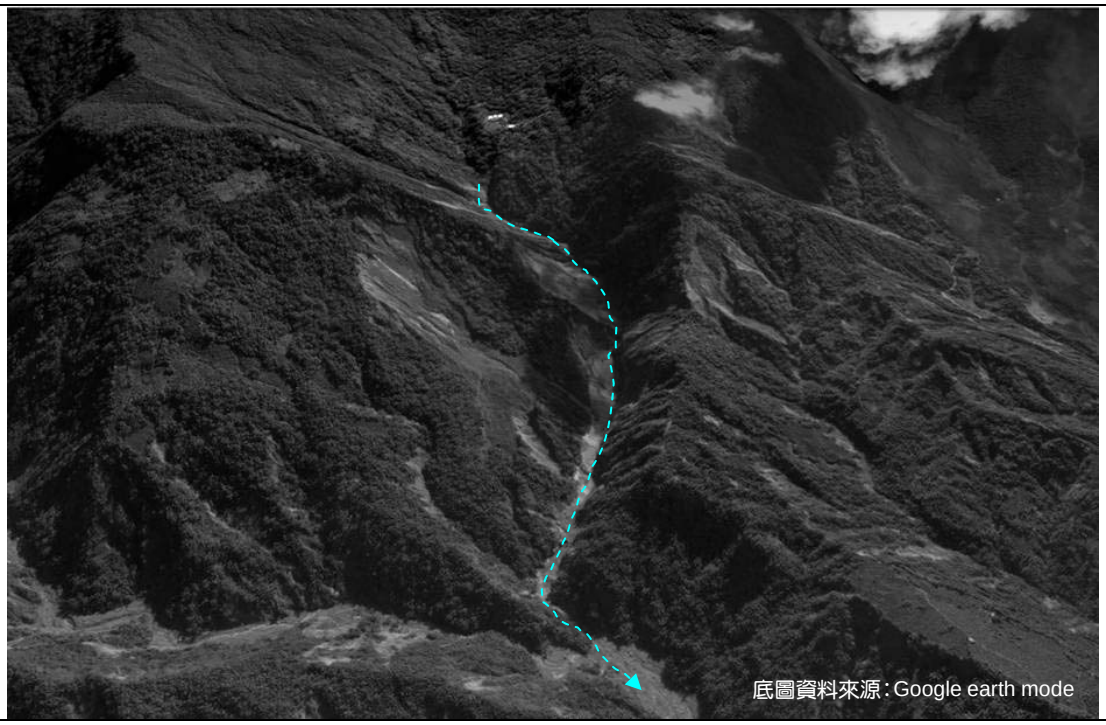


圖 9-3　角埔溪南支流溪段災前 3D 影像模擬

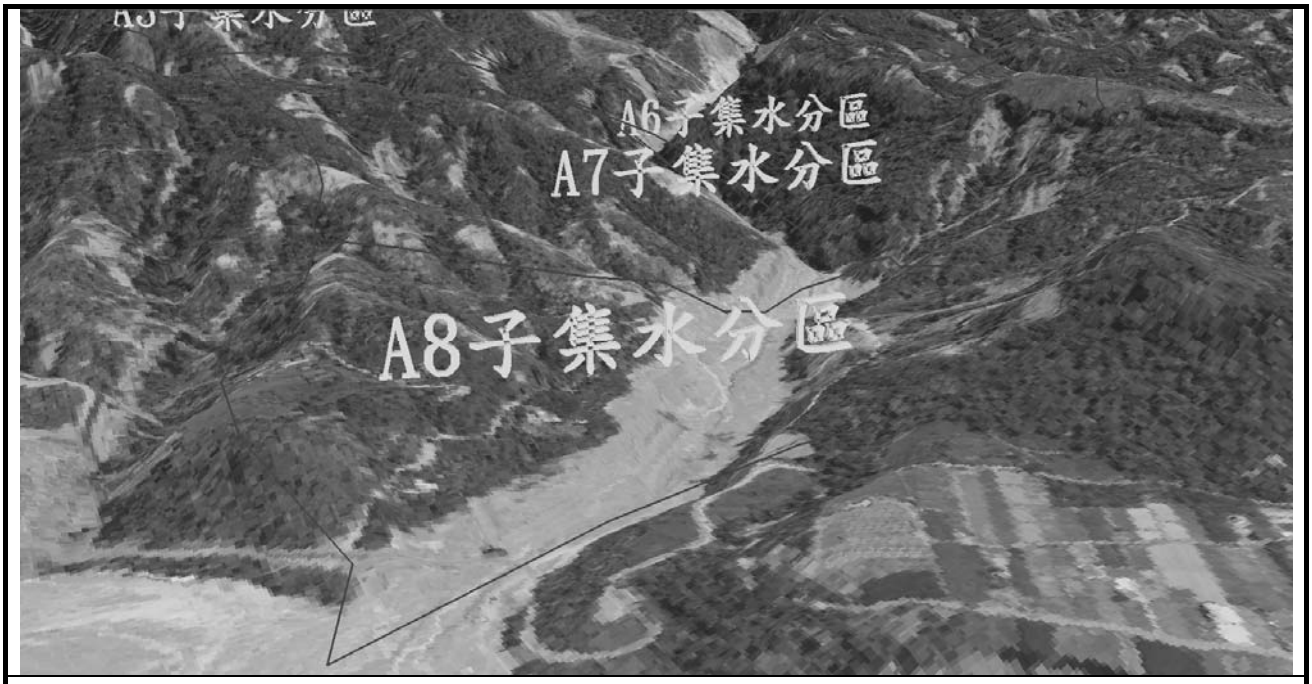


圖 9-4 角埔溪主流下游溪段災後 3D 影像模擬

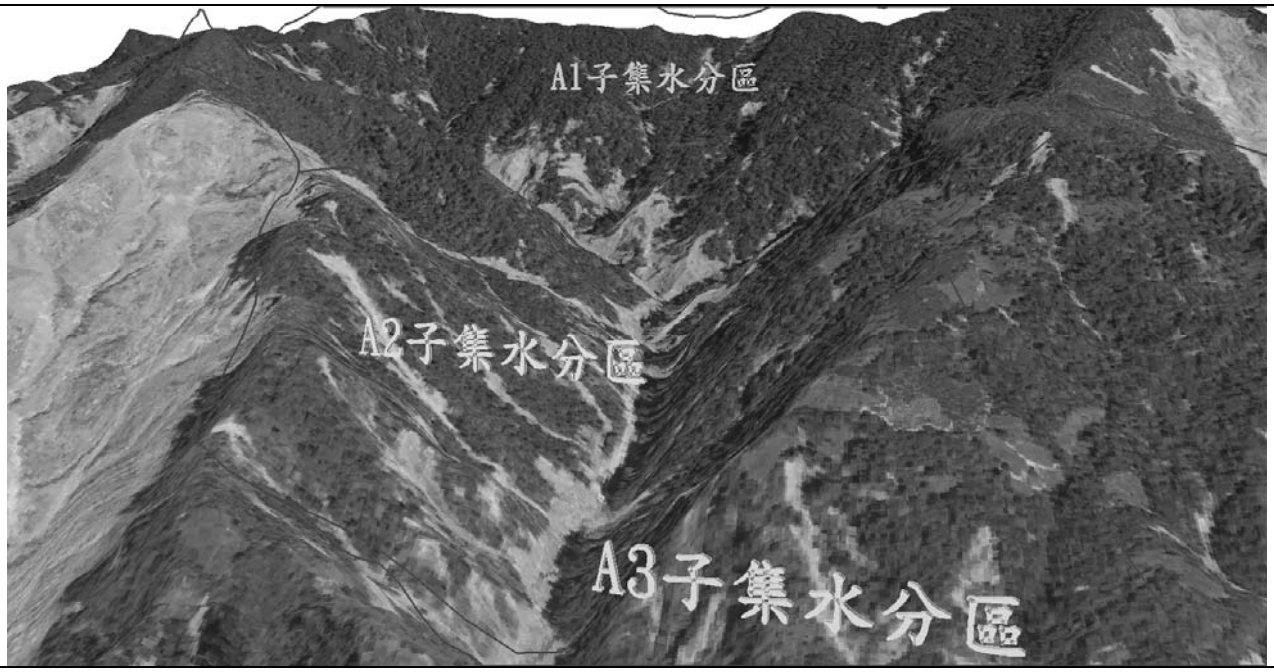


圖 9-5 角埔溪北支流溪段災後 3D 影像模擬

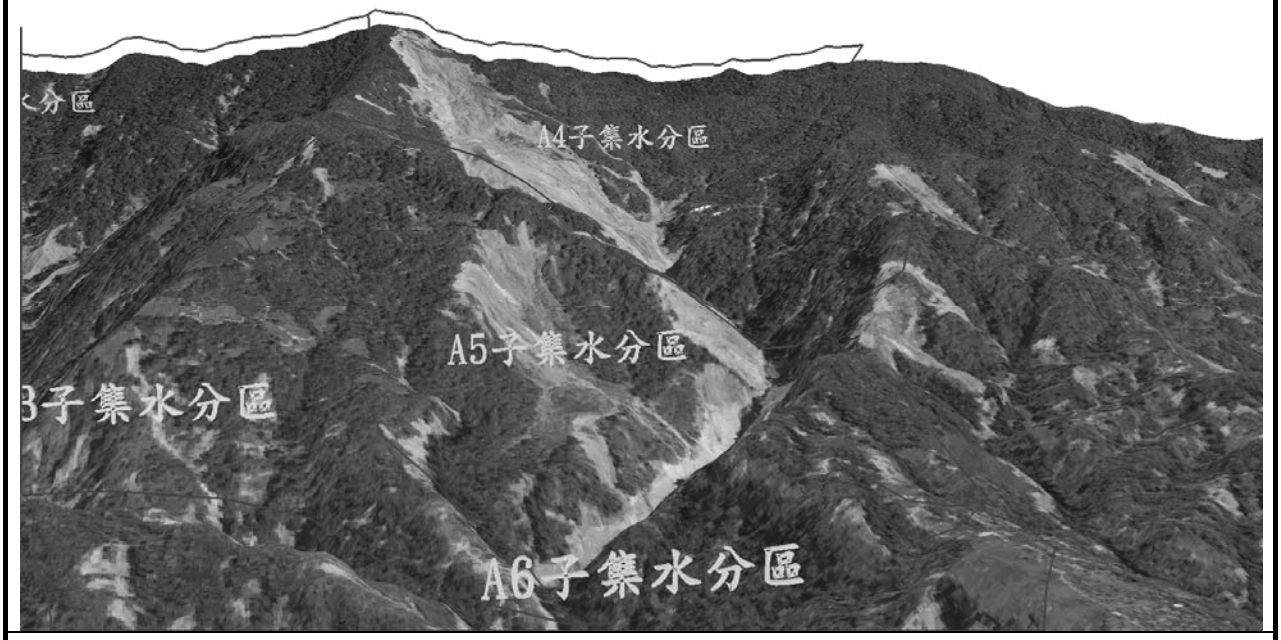


圖 9-6 角埔溪南支流溪段災後 3D 影像模擬

第十章　結論與建議

10.1　結論

一、調查分析成果

本計畫一共進行了 71 處崩塌地調查、2 處具土石流潛勢之溪流溪段、38 處野溪河段現況調查、1 處道路路段、1 處橋樑現況調查及 1 處既有治山防災構造物調查等，其中，有關崩塌地、具土石流潛勢之溪流溪段及野溪沖淤河段等 3 項調查成果結論如后，道路路段、橋樑及治山防災構造物調查成果，請詳參前第三章章節內容：

(一)崩塌地調查分析成果

集水分區	面積(ha)	崩塌面積(m^2)	崩塌量(m^3)	崩塌率(%)	崩塌地處數
A1	327.29	352,092	1,329,780	10.76	34
A2	88.16	28,619	94,239	3.25	6
A3	77.05	86,035	287,369	11.17	6
A4	251.91	667,859	2,559,366	26.51	4
A5	144.89	144,307	536,554	9.96	5
A6	21.78	8,668	30,672	3.98	1
A7	71.92	80,381	296,246	11.18	14
A8	59	20,198	66,229	3.42	1
合計	1,042	1,388,159	5,200,457	13.32%	71

(二)具土石流潛勢之溪段調查分析成果

支流名	集水分區	溪段縱坡(%)	崩塌地面積(ha)	再崩塌風險評估	土石流平衡泥砂體積濃度 C_D 值	預估可能產生土石流況之溪段		
						源頭發生段	土石輸送段	土石堆積段
北支流	A1	24.4	38.73	高	0.324	P2 點上游之溪段	P2 點往下游延伸約 700-800m 之溪段	P4 點往北支流上游延伸約 300-400m 之溪段
	A2	21.91	1.01	高	0.276			
南支流	A4	31.01	73.12	低	0.482	P3 點上游之溪段	P3 點往下游延伸約 700-800m 之溪段	P4 點往南支流上游延伸約 200-250m 之溪段

(三)野溪溪段沖淤調查分析成果(以集水區區分溪段)

集水分區名稱	面積	坡面土砂遞移率(%)	坡面土壤沖蝕量(m^3/年)	崩塌殘餘量(m^3)	坡面進入河道總土砂量(m^3)	河道輸砂量(m^3)	土砂收支量(m^3)	溪床變異性
A1	327.29	19.43%	137,309	569,899	137,433	298,737	-957,468	沖刷
A2	88.16	31.03%	30,513	37,882	21,225	232,760	688,748	淤積
A3	77.05	32.10%	21,409	84,845	34,105	0	1,652,344	淤積
A4	251.91	20.58%	108,869	1,018,281	231,959	221,652	350,369	淤積
A5	144.89	25.17%	50,937	168,226	55,165	106,376	1,050,047	淤積
A6	21.78	49.73%	5,373	1,959	3,646	0	980,073	淤積
A7	71.92	31.29%	15,348	88,947	32,631	0	259,139	淤積
A8	59	31.00%	7,785	15,011	7,067	0	67,940	淤積

二、治理需求對策及內容分析成果

(一)造林部份

治理需求類型	區位	現況	治理工法	建議工程名稱
造林	第一級高度潛勢區崩塌地治理(A1A2A3A7 等 4 集水分區之各崩塌地坡面坡度＜66.67%)	評估崩塌地或裸露面尚有厚實之土層覆蓋，需造林部份評估約為 22.1ha。	撒、點播植生工法(各處崩塌地復育造林位置及面積,詳見前表 7-5-1)	五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第一標(4,100 仟元)前期治理
	第一級高度潛勢區崩塌地治理(A1A2A3A7 等 4 集水分區之各崩塌地坡面坡度＞66.67%)	評估崩塌地或裸露面尚有厚實之土層覆蓋，需造林部份評估約為 8.81ha。	撒播植生工法(各處崩塌地復育造林位置及面積,詳見前表 7-5-2)	
	第二、三級中低度潛勢區崩塌地治理(A4A5A6A8 等 4 集水分區之各崩塌地坡面坡度＜66.67%)	評估崩塌地或裸露面尚有厚實之土層覆蓋，需造林部份評估約為 3.56ha。	撒、點播植生工法(各處崩塌地復育造林位置及面積,詳見前表 7-5-3)	五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第二標(601 仟元)後期治理
	第二、三級中低度潛勢區崩塌地治理(A4A5A6A8 等 4 集水分區之各崩塌地坡面坡度＞66.67%)	評估崩塌地或裸露面尚有厚實之土層覆蓋，需造林部份評估約為 0.57ha。	撒播植生工法(各處崩塌地復育造林位置及面積,詳見前表 7-5-4)	
小計				4,701 仟元

(二)治山防災部份

治理需求類型	區位	現況	治理工法	建議工程名稱
角埔溪北支流具土石流潛勢溪段防砂工	主流椿號 1k+871.8 X 座標：214514 Y 座標：2560966	自主流椿號 2k+345.2 往上游溪段溪岸基腳沖刷嚴重部分邊坡基腳已露岩且溪床土石淤積嚴重，溪床坡降平均約為 23%。	包含梳子壩、護坦、尾檻、側牆與最下游面之固床工等設施。	角埔溪北支流(主流椿號 1k+871.8)梳子壩工程
角埔溪南支流具土石流潛勢溪段防砂工	支流椿號 0k+199.8 X 座標：212478 Y 座標：2560828	自支流椿號 0k+335 往上游溪段溪岸基腳沖刷嚴重部分邊坡基腳已露岩且溪床土石淤積嚴重，溪床坡降平均約為 30%。	包含梳子壩、護坦、尾檻、側牆與最下游面之固床工等設施。	角埔溪南支流(支流椿號 0k+199.8)梳子壩工程
野溪清疏	清疏起點座標(下游) X 座標：213653 Y 座標：2560990 清疏終點座標(上游) X 座標：214283 Y 座標：2560788	自主流椿號 0K+835.8 往上游至椿號 1K+536.6 之溪段邊坡淘刷，土石堆積溪床	建議可以較為彈性施做之開口契約方式或直接以土木標之方式執行清疏作業	角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)
野溪防砂工	主流椿號 1K+536.6 位置 X 座標：214283 Y 座標：2560788	溪岸基腳沖刷嚴重部分邊坡基腳已露岩且約自主流椿號 1K+536.6 位置往上游之溪段溪床土石淤積嚴重，上下游溪段之溪床坡降平均約為 6-10%。	包含梳子壩、護坦、尾檻、側牆與最下游面之固床工等設施。	角埔溪主、支流匯口梳子壩工程
野溪整流工	下游起點座標 X 座標：214031 Y 座標：2560775 上游起點座標 X 座標：214283 Y 座標：2560788	約自主流椿號 1K+536.6 起往下游至主流椿號 1K+288.6 溪段約 248m 邊坡淘刷，土石堆積溪床	包含防砂壩、護坦、尾檻、側牆與固床工約 5 座等設施。	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標
野溪整流工	下游起點座標 X 座標：213653 Y 座標：2560990 上游起點座標 X 座標：214031 Y 座標：2560775	約自主流椿號 1K+288.6 起往下游至主流椿號 0K+835.8 溪段約 452.8m 邊坡淘刷，土石堆積溪床	包含護岸與固床工約 10 座等設施。	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標
林班道路水土保持	既有林班道路 1500 公尺 X 座標：217604, Y 座標：2571138	道路下邊坡崩塌破壞，導致路面破壞，路基流失	部份路段重行鋪設 PC(間隔設置橫向排水)1500m	五子寮北集水區既有林班道路修復工程

三、治理計畫及分年分期經費分析成果

治理次第	治理工程名稱	工程預算經費(仟元)	建議分年分期	備註
1	五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第一標 (各崩塌地座標位置詳見前表 7-5-1 及表 7-5-2)	**4,100**	第 1 年 第 1 期	屬第一級高度潛勢災害崩塌地，建議優先辦理，其區位不會與其他治理工程相衝突
2	角埔溪北支流(主流椿號 k+871.8)梳子壩工程 X 座標：214514,Y 座標：2560966	**10,800**	第 1 年 第 2 期	各梳子壩分位處南、北支流，施工不相干擾
3	角埔溪南支流(支流椿號 k+199.8)梳子壩工程 X 座標：212478,Y 座標：2560828	**10,100**	第 1 年 第 3 期	
4	角埔溪土石清疏工程(林班界上游標) 清疏起點座標(下游)：主流椿號 0K+835.8 X 座標：213653,Y 座標：2560990 清疏終點座標(上游)：主流椿號 1K+536.6 X 座標：214283,Y 座標：2560788	**7,500**	第 2 年 第 1 期	施工區雖相接，惟清疏工程約 2-3 個月，建議利用年後即辦理施工，可於 3-4 月完成。接續辦理匯口梳子壩工程，工期評估約 4-5 個月，仍可於年底完成。
5	角埔溪主、支流匯口梳子壩工程(主流椿號 1K+536.6 位置) X 座標：214283,Y 座標：2560788	**27,000**	第 2 年 第 2 期	
6	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標 下游起點座標：主流椿號 1K+288.6 X 座標：214031,Y 座標：2560775 上游起點座標：主流椿號 1K+536.6 X 座標：214283,Y 座標：2560788	**39,800**	第 3 年 第 1 期	獨立標段、施工單純
7	角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標 下游起點座標：主流椿號 0K+835.8 X 座標：213653,Y 座標：2560990 上游起點座標：主流椿號 1K+288.6 X 座標：214031,Y 座標：2560775	**31,000**	第 4 年 第 1 期	獨立標段、施工單純
8	五子寮北集水區林班崩塌地復育造林撒、點播工作第二標 (各崩塌地座標位置詳見前表 7-5-3 及表 7-5-4)	**601**	第 4 年 第 2 期	屬第二三級中低度潛勢災害崩塌地，建議於計畫第 4 年再行辦理
9	五子寮北集水區既有林班道路修復工程 起點_ X 座標：217604, Y 座標：2571138	**5,640**	第 4 年 第 3 期	工區位置不同，施工不相干擾
合計		**136,541**	—	—

依據現況調查、問題分析與探討，擬定治理對策，治理項目可分為造林、崩塌地處理、土石防治、野溪治理及林班道路水土保持等多項，分年分期治理計畫主要以位於林務局屏東林區管理處所轄權責範圍內為主，有關非屬林班之部份，則已建議方案由該治理權責轄管機關參考，本區共擬定 9 件工程，實際屬林務局屏東處應執行之工程總經費約為 1 億 3654 萬元。

預期整治工作完成後，計畫區域之環境將有效改善，災害發生機率降低，人民安全、社會發展獲得保障，分析之年計畫效益約 17,925,021 元，年計成本約 14,965,500 元，益本比為 1.2，其益本比大於 1，表示深具投資價值。

10.2　建議

依據調查及分析結果，本計畫除完成整治規劃之外，並提出以下建議事項，提供相關單位參考。

1.防制上游溪床之土石持續下移所可能導致之災害：

建構「角埔溪北支流(主流椿號 1k+871.8)梳子壩工程」及「角埔溪南支流(支流椿號 0k+199.8)梳子壩工程」，攔阻土砂量，並藉其回淤線已有效調緩其上游溪段之縱坡，當有效減緩流速、減輕土石流量對於下游溪床之危害。

2. 防制南、北支流過大之下移土石量：

為防範自南、北兩支流過大之下移土石量再行淤塞甫經清疏完成之下游溪床，避免功虧一潰，另於兩支流交匯之匯口溪段再設置一梳子壩，此標段定名為「角埔溪主、支流匯口梳子壩工程」。

3. 溪流整治工程接續辦理，俾確保整體治理成果：

當「角埔溪土石清疏工程(林班界上游標)」及「角埔溪主、支流匯口梳子壩工程」均已完成，為確保下游溪段溪床兩側岸邊坡基腳不致受水流刷蝕而致生坍塌之損害，建議於林班界起往上游再辦理兩標整流工程，俾保有整體治理成效，兩標整流工程之順序應自角埔溪主、支流匯口梳子壩起往下游方向循序辦理「角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第一標」及「角埔溪主、支流匯口至林班界整流工程第二標」。

4. 裸露坡地實施造林：

俟溪床上之土砂運移危害情況受到控制後，再行加強整體集水區之裸露坡地造林，始達整體集水區安全穩定之成效，造林計畫建議以 2 期方式辦理，第一期可視預

算經費之許可情況下，儘早實施。

5. 林班道路之修復與維護管理：

最後，再進行目前損害林道路段之「五子寮北集水區既有林班道路修復工程」，俾爾後進行巡山、通報、及林地管理之標的。

6. 本計畫係以 50 年重現期距雨量之設計標準擬訂相關治理對策，然近年台灣地區常有極端降雨事件之發生，故 50 年重現期距雨量之設計標準在極端事件下亦可能有所不足。惟考量治理經費與整體效益，現況尚不須提高設計標準，但應加以監測集水區環境之變化，並應針對可能發生大型災害區位，投以較高規格之工程治理與警戒監測。

7. 在林務局治理權責範圍外，集水區內仍有多數崩塌地與嚴重之野溪災害地點位處山坡地範圍內，若欲達成集水區整體治理之目的，建議加強與水保單位及高雄市政府之溝通協調與合作，區內國有林班地，由林務局屏東林管處持續維護管理，並對上游集水區內崩塌及土砂問題進行治理，中下游坡面由水保局或高雄市政府進行治理。未來有關集水區整體治理分屬於不同單位管轄時，應建立協調機制，治理內容應互相知會各權責單位參加，尤其在各治理界點附近工程，應有統一協調機制，以協商治理界面之相關事宜。

參考文獻

1. 水土保持技術規範，中華民國 101 年 10 月 23 日行政院農業委員會農水保字第 1011862646 號公告修正。
2. 水土保持手冊，中華民國 102 年 11 月 4 日更新。
3. 土石流防災資訊網，行政院農業委員會水土保持局， http://246.swcb.gov.tw/debrisInfo/DebrisRelease.aspx ，103 年 4 月。
4. 高雄市甲仙區公所官網，http://www.jiashian.gov.tw/bexfront.php，103 年 4 月。
5. 高雄市甲仙區户政事務所官網，http://jiasian-hr.kcg.gov.tw/c_index.aspx，103 年 4 月。
6. 中華民國地區二萬五千分之一地形圖，經建第二版，聯勤總部測量署。
7. 中華民國台灣地區像片基本圖，1/5000，行政院農業委員會林務局農林航空測量所，最新版。
8. 中華民國台灣地區正射影像圖，1/5000，行政院農業委員會林務局農林航空測量所，最新版。
9. 氣候年報資料(地面資料，最新至 102 年)，中央氣象局。
10. 台灣水文年報(最新至 102 年)，經濟部水利署。
11. 颱風資料庫官網，中央氣象局，http://rdc11.cwb.gov.tw/TDB，103 年 4 月。
12. 水利署地理資訊倉儲中心官網，經濟部水利署，http://gic.wra.gov.tw/gic/HomePage/Index.aspx，103 年 4 月。
13. 地質資料倉儲系統暨地質資料整合查詢，經濟部中央地質調查所，http://gis.moeacgs.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys8/index.cfm，103 年 4 月。
14. 地理資訊圖資雲服務平台(TGOS)，林務局 http://tgos.nat.gov.tw/tgos/Web/TGOS_About.aspx，103 年 4 月。
15. 國土測繪圖資網路地圖服務系統，內政部國土測繪中心，http://maps.nlsc.gov.tw/，103 年 4 月。
16. 台灣野生動物資料庫查詢系統，行政院農業委員會特有生物研究保育中心，http://www.tbn.org.tw/twd97/，103 年 4 月。
17. 台灣野生植物資料庫查詢系統，行政院農業委員會特有生物研究保育中心，http://plant.tesri.gov.tw/plant100/index.aspx，103 年 4 月。
18. 「雞隆河集水區調查規劃」成果報告，水土保持局臺中分局，97 年 11 月。
19. 「莫拉克颱風之災情勘查與分析」專題研究計劃階段性報告，行政院國家科學委員會，99 年 3 月。
20. 「高屏溪流域上游集水區國有林班地整體治理調查與規劃」成果報告，林務局屏東林區管理處，99 年 5 月。
21. 「國有林地崩塌地處理工程技術研擬」成果報告，林務局，99 年 8 月。
22. 「大茗藤溪集水區整體規劃及先期治理工程設計監造」成果報告，屏東林區管理處，99 年 8 月。
23. 「旗山 73 林班整體治理規劃及先期工程設計監造委託技術服務」成果報告，林務局屏東林區管理處，100 年 2 月。
24. 「旗山 87-91 林班整體治理規劃及先期工程設計監造委託技術服務」成果報告，林務局屏東林區管理處，100 年 5 月。

25.「林邊溪上游集水區整體治理規劃」成果報告，林務局屏東林區管理處，100 年 12 月。
26.「應用水文學」(上)(下)冊，王如意、易任著，國立編譯館出版，72 年 9 月。
27.「洪水逕流分析」，佐藤勝夫著，陳信雄譯，台大森林系防砂研究室出版。

附錄 A 歷次審查會議紀錄及回覆情形

103 年度『五子寮北集水區土砂災害調查及治理評估規劃委託技術服務』

期末工作報告審查會議委員審查意見回覆表(1)　會議時間 103.11.26

編號	審查意見	處理情形
潘委員明祥意見		
1	摘要內容貴公司已整理，請以簡單、扼要、簡潔撰述附上。	感謝委員指正，以將摘要列於目錄前以簡單、扼要、簡潔撰述。
2	崩塌地現況調查，其變異部分於 p3-4 表 3-1.2 及 p3-41 表 3-7 其所使用之正射影像，莫拉克前後者為 95 年、103 年，但 104 年也為 103 年所產製。但 99、103 年其崩塌地處數、面積均有變化，請說明或檢視。	感謝委員指正，p3-4 表 3-1.2 及 p3-41 表 3-7 其所使用之正射影像，莫拉克前者為參考 95 年「全省國有林班崩塌地調查」成果、後者為" 103 年" 為誤植，以修正為「98 年 8 月底至 9 月初福衛二號衛星影像」，其中，表 3-7 及表 3-8 所列"104 年"者為誤植，以修正為「103 年」。
3	p3-79 表 3-18，勘查點位依 p3-63 圖 3-6，請加註其樁號於勘查點位。p3-80 表 3-18 亦如是加註。	感謝委員指正，已於 p3-79~82 之表 3-18 中各勘查點均加註樁號。
4	p3-85、p3-88 既有構造物(治山)及林道，宜建置其調查表說明。	感謝委員指正，已於既有構造物(治山)及林道章節中，補充調查表說明，分置於表 3-20 及 3-22。
5	p4-94 表 4-39、4-40、4-41 各溪經現勘斷面、底床高程，並經流量、流速及其尖峰情況下，其土砂沖淤情形，請就區段變異情形(超臨界流、福祿係數)請再檢視，以利治山對策。	感謝委員指正，已將 p4-94 表 4-39、4-40、4-41 之各溪段各斷面間尖峰流量情況下之土砂運行可能模式，評估作為後續治山防災對策之參考，列於後續 5.2.2 節說明，供參。
6	整體土砂收支量之估算，其中，p4-125、p4-140、p4-141 之淤積量預估，從哪些調查估算而來？而 4.3.2.5 節是否誤植。	感謝委員指正，p4-125、p4-140、p4-141 之淤積量預估為統計自表 4-63 之第 5 年土砂收支量逐年統計之成果，例 p4-125 中之角埔溪主、支流匯口處往下游面之土石淤積量經推估為 1,307,152m3，即由 A6：980,073 m3，A7：259,139m3，A8：67,940m3 三區之淤積量合計。另" 4.3.2.5"節為誤植，應為" 4.4.2.5"節，以更正如本文 p4-140、p4-141 內容。
7	p5-13 表 5-1，其分項內治理可及性，宜改成需要性(急需、暫緩需要、不需)。	感謝委員指正，p5-13 表 5-1，其分項內治理" 可及性"，已改成需要性(急需、需要、暫緩需要、不需等 4 類)，第一級高度潛勢崩塌地再崩塌風險屬"高"者標註為急需，第一級高度潛勢崩塌地再崩塌風險屬"中"者標註為需要，第一級高度潛勢崩塌地再崩塌風險屬"低"者標註為不需。第二、三級中低度潛勢崩塌地再崩塌風險屬"高、中"者標註為暫緩需要，第二、三級中低度潛勢崩塌地再崩塌風險屬"低"者標註為不需。
8	治理需求請依各部份需求編列外，請再檢視。	感謝委員指正，經再予檢視各部份需求後，總需求預算經費達 136,541 仟元。

103 年度『五子寮北集水區土砂災害調查及治理評估規劃委託技術服務』

期末工作報告審查會議委員審查意見回覆表(2) **會議時間** 103.11.26

編號	審查意見	處理情形
謝委員杉舟意見		
1	本案成果報告書封面格式請依林管處之規定編製。	感謝委員指正，已修正如本文封面。
2	各期審查委員意見回覆表請建置於附錄。	感謝委員指正，已將各期審查委員意見回覆表請建置於附錄 I。
3	請補充計畫摘要。	感謝委員指正，已補充計畫摘要於目錄前以簡單、扼要、簡潔撰述。
4	請補充土石流潛勢溪流及崩塌地未來可能有潛勢危險之地點位置圖。	感謝委員指正，具土石流潛勢之溪流可能有潛勢危險之地點位置圖已補充於圖 4-25，並請配合表 4-69 對照。崩塌地未來可能有潛勢危險之地點位置圖則區分為第一級高度再崩塌風險危害之區域及第二三級中低度再崩塌風險危害之區域，分別詳如圖 4-23 及 4-24 列示。
5	p5-13，第一級高度潛勢崩塌地治理需求表其中多處崩塌地之治理可及性均屬困難，如採用掛網噴植亦無法施作，建議如無保全對象可採自然復育方式即可。	感謝委員指正，已將 p5-13，第一級高度潛勢崩塌地、第二、三中低度潛勢崩塌地治理需求表中原採用”掛網噴植”者，修改為自然復育方式，如 p5-13 修正內文。
6	p5-21，表中欄位”功程”請修正，並調整為每公頃之單價分析，補充說明各植生方法之施工技術。	感謝委員指正，有關撒點播及撒播植生工法，經參考林務局屏東林區管理處曾於民國 103 年度利用撒點播及撒播的方式，進行屏東事業區第 10 林班及荖濃溪事業區第 59-61 林班崩塌地復育造林，依此各單項工作費用作為參考下，以簡化方式，提具粗估費用如表 5-5、5-7、5-8、5-10、5-11 說明。
7	第五章集水區治理目標與需求，請補充如何評估需求項目及優先順序。	感謝委員指正，本文已針對各集水分區之治理需求項目及優先順序，新增補充如本文 5.4 節說明。
8	p7-9、p7-10 整體治理計劃包括崩塌地、坑溝治理、野溪整治、土石流防治、林道、既有構造物、生態保育、永續工程及其他非工程方法之防災措施，並依治理計畫之需求性，依分期分年詳列治理計畫總表。	感謝委員指正，有關整體治理計劃內容，本文重點著重於崩塌地處理及造林、坑溝治理、野溪整治、土石流防制、林班道路水土保持等處理需求內容分析說明，另有關既有構造物加強與維護、生態保育、永續工程等及其他非工程方法之防災措施部份，另於 5.1.1 節與 4.6.5、4.6.6 節論述。

103 年度『五子寮北集水區土砂災害調查及治理評估規劃委託技術服務』

期末工作報告審查會議委員審查意見回覆表(3) **會議時間** 103.11.26

編號	審查意見	處理情形
李副處長意見		
1	有關造林植生復育”撒播”及”撒點播”之經費概估方式，可再行檢討簡化。	感謝委員指正，有關撒點播及撒播植生工法，經參考林務局屏東林區管理處曾於民國 103 年度利用撒點播及撒播的方式，進行屏東事業區第 10 林班及茄濃溪事業區第 59-61 林班崩塌地復育造林，依此各單項工作費用作為參考下，以簡化方式，提具粗估費用如表 5-5、5-7、5-8、5-10、5-11 說明。
2	請規劃公司按各審查委員意見修正，並按契約規定期程內提出成果報告。	感謝委員指正，已於 12 月 5 日提列成果報告過處憑審。符合契約規定於 12 月 10 日提送成果報告初稿之規定。
3	本案期中報告審查，原則通過。	略。

103 年度『五子寮北集水區土砂災害調查及治理評估規劃委託技術服務』

期中工作報告審查會議委員審查意見回覆表(1) **會議時間** 103.9.30

編號	審查意見	處理情形
潘委員明祥意見		
1	目錄部份，2.6 節 p2-50 及 4.1 節 p4-1 兩者彙整列於 3.5 節 p3-72 之中，並依基本資料蒐集(ex.水文、地質、土地利用)與集水區現況調查，有關致災或與潛勢致災部分結合，加以說明。	感謝委員指正，已將原期中報告 2.6 節 p2-50 及 4.1 節 p4-1 兩者彙整列於 3.6 節 p3-91 之中，並以「潛勢災害分析為題」進行補充說明。
2	至於集水區問題分析與其治理對策之擬定有密切之關係，故 4.5 節 p4-118，治理問題改為集水區問題分析較妥。	感謝委員指正，已將原期中報告 4.5 節 p4-118，治理問題改為「集水區問題分析」，計分 7 小節進行補充說明。
3	p2-25~2-38 水文概況分析，依徐昇氏法分析，高中雨量站權重值為 77.36%，所以高中部份之最大一日二日三日均屬 2009.08.08。故其強降雨長延時、最大累積雨量乃造成土砂災害之因，可列入集水區問題主要因素之一。	感謝委員指正，已將「強降雨長延時、最大累積雨量乃造成土砂災害之因，可列入集水區問題主要因素之一」之說明論述，列於 4.5.1 節進行補充說明。
4	p3-2 崩塌地調查，請蒐集莫拉克之前(該集水區)之崩塌面積，之後為 130.5ha，增加了 127.88ha，崩塌率達 97.99%為土砂災害主因；惟 2009.08.08 以後，已在數次颱風(ex.凡那比、610 豪雨…)，其面積變化為何？但 p4-103 表 4-46、4-47 又分說明。	感謝委員指正，已於 p3-2，3.1 節補充崩塌地調查結果，增加新增崩塌地等 15 處，並於 3.1.2 節內容詳述數次颱風(ex.凡那比、610 豪雨…)，其面積變化情形，以及 3.1.3 節進行崩塌地災害分級分析供參。
5	崩塌面積經不同期產製之影像判釋後，有否疑慮部份(面積)，若其交通可及，宜予現勘，俾瞭解判釋與現勘有否落差，適度予以校正。	已於 p3-2，3.1 節補充崩塌地調查結果，增加新增崩塌地等 15 處，並再行依影像判釋結果，予校正各崩塌地之面積。
6	土石流潛勢溪流調查，以水保局產製為主，依其編號調查上游端部分(p3-37)。	感謝委員指正，本集水區並未有水土保持局所登錄土石流潛勢溪流，惟仍有部分溪流溪段具土石流之潛勢，並將其評估結果列述於 3.2 節說明。並於 3.2.2 節內容補充說明「具潛在危險土石流潛勢之溪段調查評估」，請詳參。
7	野溪調查，以說明沖蝕或淤積為主，尤其在下游有保全對象者，故其瓶頸反宜加以說明。	感謝委員指正，已於 4.3 節 4.1.3 小節 P4-88~P4-95，補充說明「主、支流溪段河道斷面檢討」、「流況分析與檢討」、「水面剖線之分類」、「瓶頸溪段分析說明(以含砂 30%流量說明)」及各斷面間瓶頸溪段(束縮與擴張)情況下之溪段「沖蝕或淤積」狀態。

103 年度『五子寮北集水區土砂災害調查及治理評估規劃委託技術服務』

期中工作報告審查會議委員審查意見回覆表(2) **會議時間** 103.9.30

編號	審查意見	處理情形
8	p4-46~p4-49 設計暴雨之雨型分析，請說明短延時強降雨、長延時強降雨之雨型之不同，於此集水區，該採哪種較宜。	感謝委員指正，已於 4.2 節 4.2.2.4 及 4.2.2.5 小節補充長延時持續降雨情況下之雨型與設計暴雨分析成果，並於 P4-61~P4-62 說明短延時強降雨、長延時持續降雨之差異與適用，並進行採選。若以功能設計而言，治山防災工程措施之適用，仍應以「短延時強降雨」所取得之降雨洪峰量較高為保守原則。
9	p4-65 流量分析設計建議 10%及 30%，50%以上已為土石流。	感謝委員指正，已於 4.3.1 節 P4-64~P4-95 本文內容重新建構水理計算基準為「清水流量、含砂 10%流量及含砂 30%流量」，相關章節所述併予修正，供參。
10	p4-65 邊界條件之流速應為超臨界流速；其福祿數大於 1，流速超過 6 以上時，是何種溪流狀況。(縱向坡度或溢口)	感謝委員指正，已於 4.3 節 4.1.3 小節 P4-88~P4-95，補充說明「主、支流溪段河道斷面檢討」、「流況分析與檢討」、「水面剖線之分類」、「瓶頸溪段分析說明(以含砂 30%流量說明)」及各斷面間瓶頸溪段(束縮與擴張)情況下之溪段「沖蝕或淤積」狀態。
11	p4-50 及 4-103 圖 4-5 與表 4-28 之控制點有點差異請修正。	感謝委員指正，已重新檢覈期中報告中 P4-50 及 P4-103 圖 4-5 與表 4-28 之控制點差異性，並予修正，詳如本文 P4-51 及 P4-63 圖 4-5 與表 4-30，共有 7 處控制點，無誤。
12	集水區處理點位或範圍，請以影像、依其座標點示其地點。	感謝委員指正，已將集水區處理點位、範圍，以影像、依其座標點示其地點。並標示如第七章 7.2 節內容，如表 7-4~7-6，並於如圖 7-3 所繪示。
13	結論，請依調查成果以條列式或表說明。	感謝委員指正，已依調查成果以條列式或表說明如第十章 10.1 節內容，供參。
14	治理(整體)需求，請再檢視。尤其清疏方式及需求經費。	感謝委員指正，有關整體治理需求之內容與經費概算，已重新檢覈如 7.2 及 7.3 節內容，請詳參。另有關清疏方式(高程銜接部分)之建議均配合治山防災設施敷設，應無疑義。即使建議非屬林班之角埔溪主流下游溪床清疏規劃，其起訖點清疏溪床面高程亦均配合其上、下游端溪床可順接為原則進行整體規劃。請詳參圖 5-9，P5-44。

103 年度『五子寮北集水區土砂災害調查及治理評估規劃委託技術服務』

期中工作報告審查會議委員審查意見回覆表(3) **會議時間** 103.9.30

編號	審查意見	處理情形
謝委員杉舟意見		
1	p1-4，作業流程圖之”問題分析與對策研擬”，其中，野溝整治及林間道路用詞請修正。	感謝委員指正，已按意見修正 p1-4，圖 1-1 作業流程圖中之「野溝整治」為「野溪整治」,「林間道路」為「林班道路」，供參。
2	p2-17~p2-33 氣象資料統計表請加註單位。	感謝委員指正，已將原期中報告 p2-17~p2-33 氣象相關資料統計表均加註單位，其餘本文內容漏列單位之部分，併予補充，如內文。
3	p2-42、2-43，區域地質圖與環境地質圖差異不明顯。	感謝委員指正，已將原期中報告 p2-42、2-43，區域地質圖與環境地質圖重新修正如本文 2.4 節，P2-40~2-47 說明供參。
4	p2-46，土地可利用限度分類，宜依據水保局公告山坡地或林地之地目編計。	感謝委員指正，已加註原期中報告 p2-46 之土地可利用限度分類，係依水土保持局公告山坡地及林地地目資料進行分類。
5	p2-53，環境生態調查資料，宜針對未來集水區之治理評估與對策提出可能造成棲地影響及工程設計對生態如何進行補償措施。	感謝委員指正，有關「造成棲地影響及工程設計對生態如何進行補償措施」之調查分析與論述說明，另列於 4.6 節 4.6.6 小節說明供參。
6	生態調查資料物種總表建議置於附錄，本文宜針對調查結果進行分類說明，例如，植物調查可依喬木、灌木地被蕨類或依生育習性之水生、兩岸及陸域植物等分析整理。另調查植物缺禾本科草類，學名宜完整列出並以斜體字列印。	感謝委員指正，已將生態調查資料物種總表置於附錄 A 及 B 進行查閱，併依各物種進行分類說明，供參。另補充禾本科草類於「附錄 A.4 集水區內種子植物-草本類調查一覽表」內容供參。
7	p2-62，鳥類種類一覽表，表格欄位宜將物種名稱放在前面，不宜予學名混合。	感謝委員指正，已重新檢覈將各物種之名稱放在前面(包含鳥類),以區別學名，學名並以斜體字列印。
8	p2-86，颱風侵襲資料統計年度請說明西元或民國。資料彙整無須分莫拉克颱風之前後，並請彙整歷年颱風對本計劃範圍有影響之資料。	感謝委員指正，有關期中報告 p2-86，颱風侵襲資料統計年度已補充如 P2-64 表 2-45 內容以「民國」表示。並於表 2-45 內容中補充其各颱風對本計劃範圍有無產生影響之資料供參。
9	p3-5、p3-34 表 3-3 崩塌地調查危險等級如何分級。	感謝委員指正，已將「崩塌地調查危險等級」之區分方法供述於 P3-24 及 3.1.3 節詳細說明，供參。

103 年度『五子寮北集水區土砂災害調查及治理評估規劃委託技術服務』

期中工作報告審查會議委員審查意見回覆表(4) **會議時間** 103.9.30

編號	審查意見	處理情形
10	p3-37，土石流潛勢溪流調查及崩塌地調查宜針對未來有可能潛在危險之地點進行調查評估。災害發生原因請具體說明災害種類及致災原因。	感謝委員指正，已將具土石流潛勢之溪流溪段調查及崩塌地調查中，針對未來有可能潛在危險之地點進行調查評估，分別列於 3.1.4 及 3.2.2 小節進行分析與評估，供參。並於 4.5 節 4.5.3~4.5.5 小節提列問題分析成果，供參。
11	p3-72，林道水保調查建議修正為道路水保調查。	感謝委員指正，經研議後，已將期中報告 p3-72，「林道水保調查」修改為「林班道路水土保持調查」，詳 3.5 節內容。
12	p3-75，GIS 系統建置請補充調查資料及圖層之說明。	感謝委員指正，已補充各類底圖及檔案組成說明，詳如后表 3-25、各空間地理資訊圖層屬性資料對應，詳如后表 3-26，實際建立之調查成果地理資訊與圖層屬性資料對應，詳如后表 3-27。詳 3.7 節內容，供參。
13	第四章集水區問題分析與對策建議提出潛在危險之分析評估。	感謝委員指正，已將具土石流潛勢之溪流溪段調查及崩塌地調查中，針對未來有可能潛在危險之地點進行調查評估，分別列於 3.1.4 及 3.2.2 小節進行分析與評估，供參。並於 4.5 節 4.5.3~4.5.5 小節提列問題分析成果之潛在危險之分析評估，供參。
14	p5-18、p5-19 集水區處理植生造林之木本種子”每公頃 10 公升”，單位請修正。	感謝委員指正，已於 5.3 節 5.3.1 小節重新評估造林之工法及林務局屏東林區管理處曾於民國 103 年度利用撒點播及撒播的方式，進行屏東事業區第 10 林班及荖濃溪事業區第 59-61 林班崩塌地復育造林，依此各單項工作費用作為參考，作為本五子寮北集水區各坑溝、野溪源頭或邊坡崩塌地處理之依據。
15	p8-1 效益分析請以量化分析與評估。	感謝委員指正，年計畫效益約 17,925,021 元，年計成本約 14,965,500 元，益本比為 1.2，其益本比大於 1。分析評估詳第八章內容。

103 年度『五子寮北集水區土砂災害調查及治理評估規劃委託技術服務』

期中工作報告審查會議委員審查意見回覆表(5) **會議時間** 103.9.30

編號	審查意見	處理情形
施課長保呈意見		
1	分年分期計畫圖表加上樁號及座標。	感謝課長指正，已將集水區處理點位、範圍，以影像、依其座標點示其地點。並標示如第七章 7.2 節內容，如表 7-4~7-6，並於如圖 7-3 所繪示。
2	分年分期經費再檢視。	感謝委員指正，有關整體治理需求之內容與經費概算，已重新檢覈如 7.2 及 7.3 節內容，請詳參。
洪主辦貫棋意見		
1	請規劃公司將非屬林班區域內之規劃工程項目以備註建議之方式呈現，無需放在分年分期序位上，俾由外單位自行考量即可，免生困擾。	感謝主辦同仁指正，已將非屬林班區域內之規劃工程項目以備註建議或置於內文方式呈現以提供相關單位參考，分年分期序位上未列，俾由外單位自行考量即可，免生困擾。詳參 7.2 及 7.3 節內容。
李副處長意見		
1	p4-130，4.6.1.4 節崩塌地治理對策，請對崩塌地之坡度予以分級，並就人員(力)進行復育之可及性，土壤質地成份(含石率)的多寡，崩塌地之穩定度予以說明分析，以提供林管處植生復育之參考。	感謝副處長指正，有關崩塌地治理對策內容中，針對坡度分級、人員(力)進行復育之可及性、崩塌地之穩定度…等，已補充列於 3.1.4 節、4.5.3 節、5.2.1 節循序評估，俾提供 貴處植生復育之參考。
2	造林植生復育之方式加入”團粒點播”作業方式，並加以計算所需造林復育成本，提供林管處參考。	感謝副處長指正，本文已於 5.3 節 5.3.1 小節重新評估造林之工法及林務局屏東林區管理處曾於民國 103 年度利用撒點播及撒播的方式，進行屏東事業區第 10 林班及荖濃溪事業區第 59-61 林班崩塌地復育造林，依此各單項工作費用作為參考，作為本五子寮北集水區各坑溝、野溪源頭或邊坡崩塌地處理之依據。
3	不影響整體工程治理規劃施作之崩塌地，可先予施行植生復育之地點或區域請提供建議，由林管處調整治理期程。	感謝副處長指正，本文已於 7.2 及 7.3 節提列分期分區之「施行植生復育之地點或區域」建議，由 貴處彈性調整治理期程，供參。
4	請規劃公司依各審查委員意見修正，並按契約規定期程內提出期末報告。	已按各審查委員意見修正，並按契約規定期程內，於本(103)年 10 月底前提送期末報告，符合契約 11 月 15 日期限之規定。

103 年度『五子寮北集水區土砂災害調查及治理評估規劃委託技術服務』

期初工作報告審查會議委員審查意見回覆表(1) **會議時間** 103.4.23

編號	審查意見	處理情形
潘委員明祥意見		
1	撰寫目錄之編排順序，請依 p5-5 工作範籌項目與內容敘述。	遵照辦理，詳報告目錄內容。
2	p4-1 整體調查規劃作業流程，宜排於工作項目之後，各項調查項目之流程，宜依各項目需要再行編寫流程。	遵照辦理，詳報告第一章 1.3~1.4 節內容。
3	於報告書內所利用之圖資、比例尺、衛星影像、數位航照，應敘明其所產出之機關或日期。	遵照辦理，詳報告各章節內容。
4	應蒐集該集水區內，有關之規劃報告(各機關)，並摘錄與此集水區有關之內容。	遵照辦理，詳報告各章節內容。
5	表例統計資料，應敘述其來源或由貴團隊統計分析結果。	遵照辦理，詳報告各章節內容。
6	於相關統計分析時，所引用之經驗公式，請敘明基本理論，並說明所採用之理由。	遵照辦理，詳報告第三、四章各節內容。
7 請增加之內容	(1) 雨量站位置，並依徐昇氏法說明哪一站最適切性。	遵照辦理，詳報告第二章 2.3.2 節內容。
	(2) 加強採用雨量站之時雨量、1,2,3 日累積雨量(含長延時、強降雨之紀錄)，再做不同頻率分析，依此採用何種。	遵照辦理，詳報告第四章 4.2.2 節內容。
	(3) 水文分析，若＞1000 公頃以上(集水區)，請採用單位歷線法。	遵照辦理，詳報告第四章 4.2.3 節內容。
	(4) 土砂收支分析之界點，建議以角埔溪與楠梓仙溪之交匯點。	遵照辦理，本計畫集水區之土砂收支分析之界點，已調整為角埔溪與楠梓仙溪之交匯點，詳報告第四章 4.4.2 節內容。。
	(5) 土石流潛勢溪流之影響範圍，除劃出其範圍外，土石堆積分佈、深度亦宜以圖示之。	遵照辦理，有關本計畫集水區擬似土石流潛勢溪流之影響範圍及土石堆積分佈、深度，詳報告第四章 4.4.2.3 節及第四章 4.6.2 節內容說明。
	(6) 災因細部分析，請加強淺層崩塌、土石流潛勢與強降雨(時雨量或長延時)之相關性說明其所產生之土石量。	遵照辦理，詳報告第六章 6.1 節內容。
謝委員杉舟意見		
1	p2-1，坡度分級請依水土保持技術規範之規定分級。	遵照辦理，計分七級，詳報告第二章 2.1.2 節內容。
2	報告書所有圖名請列於各圖之下方。	遵照辦理，詳報告各章節內容。

期初工作報告審查會議委員審查意見回覆表(2)　會議時間 103.4.23

編號	審查意見	處理情形
3	p2-5，水系與排水系統，請補充說明計畫範圍之各子集水區範圍、面積及相關地形圖。	遵照辦理，詳報告 P2-7 之圖 2-5 內容。
4	p2-8，交通與相關建設計畫，請補充道路復建相關計畫。	遵照辦理，詳報告第二章 2.2.5 節內容。
5	p2-9，表 2-4 統計資料之平均值有誤，如日照時數、蒸發量應為累積值。	遵照辦理，已於表 2-7 內容修正為平均值(或總和)表示。
6	p2-19，五大颱風事件分析，請詳細說明各次颱風致災範圍、面積與災害程度。	遵照辦理，詳報告第二章 2.8 節及第四章 4.2.2.3 節內容。
7	p2-20，地質與土壤，請依環境地質與區域地質分類說明。	遵照辦理，詳報告第二章 2.4 節內容。
8	p2-23，角埔溪非登錄為土石流潛勢溪流，本計畫調查項目如何界定調查內容。	遵照辦理，詳報告第三章 3.2 節內容。
9	p2-26，環境生態資料常見物種總表僅列動物類，應包括植物類，另植物類宜再依地被、灌木、喬木、蕨類等分項統計。	遵照辦理，已補充植物類分類，詳述於第二章 2.7.1 節內容。
10	p3-1，災害發生原因請具體說明災害種類及致災原因。	遵照辦理，詳報告第三、四章各節內容。
11	各項調查表請參考水保局相關表格製作。另野溪及坑溝分項調查。GPS 點位座標請採用 TWD97 系統。	遵照辦理，詳報告附錄 A~E 內容。
12	GIS 系統建置請補充圖層說明。	遵照辦理，
13	P4-42，計畫效益評估與分析，請參考水保局規劃報告。	遵照辦理，詳報告第八章 8.1~8.3 節內容。
14	環境生態資料調查結果如何應用在未來治理工程之規劃設計理念。	遵照辦理，詳報告第二章 2.7 節水域生態資源中之魚類生態說明。
15	集水區內治理工程(或防災構造物) 請列表彙整工程項目、內容及工程現況。	遵照辦理，詳報告第二章 2.2 節表 2-6 說明。
施課長保呈意見		
1	建議規劃團隊對於未來執行治理工程作業時，應預先設想施工便道之可及性。	遵照辦理，未來執行治理工程作業時之施工便道可及性可利用目前溪床便道進出，且施工分年分期計畫之排序亦依其施工之延續性、由集水區上游至下游之構思安排工序，不會因標別之先後不同而有干擾之情事。詳報告第七章內容說明。
2	相關照片應留意其方向性註明。(如由下游往上游方向照、或由上游往下游方向照)	遵照辦理，詳報告各章節內容。
洪主辦貫棋意見		
1	崩塌地調查應將每一處崩塌地列表說明，包含崩塌面積、深度、分級及處理方式。	遵照辦理，詳報告第五章及第七章內容。