行 政 院 農 業 委 員 會

林 務 局 屏 東 林 區 管 理 處

直瀨溪集水區整體規劃及
先期治理工程設計委託技術服務案

成果報告書

規劃單位：漢 義 工 程 顧 問 股 份 有 限 公 司

地　　址：台北市南京東路四段 103 號 4 樓之 1

電　　話：02-87126126　　傳真：02-87126140

直瀨溪集水區整體規劃及
先期治理工程設計委託技術服務案
成果報告書

目錄

目錄.....i
圖目錄.....iv
表目錄.....vi
第一章 前言.....1-1
1.1 計畫緣起與標的.....1-1
1.2 計畫目標.....1-2
1.3 計畫工作項目與內容.....1-2
第二章 集水區概況調查.....2-1
2.1 地理位置.....2-1
2.2 集水區現況說明.....2-1
2.3 集水區人文.....2-2
2.3.1 行政區域.....2-2
2.3.2 人口.....2-7
2.3.3 交通.....2-7
2.4 集水區水文.....2-7
2.4.1 氣象.....2-7
2.4.2 雨量.....2-8
2.5 集水區地文.....2-13
2.5.1 地形與地勢.....2-13
2.5.2 水系分佈.....2-13
2.5.3 地質與土壤.....2-15
2.6 集水區生態環境.....2-22
2.6.1 植物生態.....2-23
2.6.2 動物生態.....2-23
2.6.3 河溪生態.....2-24
2.7 土地利用.....2-24
2.7.1 土地權屬.....2-24
2.7.2 土地利用現況.....2-25
2.8 以往災害情形及處理情形.....2-25

第三章 基本資料蒐集及集水區問題分析 3-1
3.1 測量調查作業 3-1
3.1.1 測量作業方法 3-1
3.1.2 測量成果 3-7
3.2 泥砂量調查及分析 3-10
3.2.1 崩塌地調查及分析 3-10
3.2.2 土石流潛勢溪流調查及分析 3-23
3.2.3 泥砂量調查 3-23
3.2.4 土砂收支分析 3-29
3.3 水土保持調查及分析 3-37
3.4 河道斷面檢討及分析 3-40
3.4.1 水文分析 3-40
3.4.2 水理分析 3-53
第四章 水土保持之處理及維護需要性 4-1
4.1 保全對象 4-1
4.2 水土保持需求性及整治率 4-1
4.2.1 水土保持需求性 4-1
4.2.2 整治率之分析 4-2
第五章 治理內容 5-1
5.1 崩塌地處理 5-1
5.2 防砂治水 5-12
5.2.1 集水區整體治理規劃評估與建議 5-12
5.2.2 先期治理工程細部設計 5-16
5.3 道路水土保持 5-23
5.4 坡地水土保持及復育造林 5-24
5.5 淤積土石處理 5-28
5.6 安興橋改善建議 5-29
5.7 節能減碳評估對策 5-29
第六章 治理與管理及其他配合措施事項 6-1
6.1 治理與管理現況 6-1
6.2 協調機制 6-1
6.3 其他配合措施事項 6-2
6.3.1 橋涵配合 6-2
6.3.2 治理界面 6-2
6.3.3 相關法規 6-2
第七章 分年分期治理計畫及經費需求 7-1
7.1 治理內容及經費需求 7-1
7.2 分年分期治理計畫 7-2

7.3 先期治理工程設計 7-4
7.4 經費來源 7-5
第八章 效益評估 8-1
8.1 直接效益 8-1
8.1.1 土砂量控制 8-1
8.1.2 觀光效益 8-3
8.1.3 經濟效益 8-4
8.2 間接效益 8-4
8.2.1 社會效益 8-4
8.2.2 生態環境效益 8-5
8.3 年計畫效益 8-5
8.4 計畫成本 8-6
8.5 益本比分析 8-7
8.6 環境評估 8-8
第九章 結論與建議 9-1
9.1 結論 9-1
9.2 建議 9-1

附錄一：水文分析計算表

附錄二：地籍權屬調查資料

附錄三：歷次審查會議意見及辦理回覆情形說明表

直瀨溪集水區整體規劃及
先期治理工程設計委託技術服務案
成果報告書

圖目錄

圖 2-1 集水區調查規劃範圍圖 2-3
圖 2-2 直瀨溪集水區現況照片圖(1) 2-4
圖 2-3 直瀨溪集水區現況照片圖(2) 2-5
圖 2-4 直瀨溪集水區現況照片圖(3) 2-6
圖 2-5 集水區附近雨量站相關位置圖 2-12
圖 2-6 甲仙(2)雨量站歷年月降雨歷線趨勢圖 2-13
圖 2-7 集水區水系分佈圖 2-19
圖 2-8 地質圖 2-20
圖 2-9 土壤圖 2-21
圖 3-1 測量計畫作業流程圖 3-1
圖 3-2 電腦繪圖與建檔作業流程圖 3-7
圖 3-3 實測成果區位圖 3-9
圖 3-4 直瀨溪集水區崩塌地分佈圖 3-16
圖 3-5 支流 1(上智橋)上游崩塌地照片 3-17
圖 3-6 支流 3(內英橋)上游崩塌地照片 3-18
圖 3-7 支流 4(珍藍橋)上游崩塌地照片 3-19
圖 3-8 支流 5 上游及直瀨溪(主流)崩塌地照片 3-20
圖 3-9 直瀨溪(主流)崩塌地照片(1/2) 3-21
圖 3-10 直瀨溪(主流)崩塌地照片(2/2) 3-22
圖 3-11 土砂收支分析圖 3-33
圖 3-12 直瀨溪集水區沖蝕溝分佈圖 3-39
圖 3-13 整體水文水理演算步驟分析圖 3-40
圖 3-14 直瀨溪主流各檢核斷面位置圖 3-59
圖 5-1 打樁編柵及源頭處理構想圖 5-7
圖 5-2 團粒噴植工法施工圖 5-8
圖 5-3 掛網植生工法施工圖 5-9
圖 5-4 蝕溝控制構想圖 5-10
圖 5-5 砌石護岸構想圖 5-11

圖 5-6 集水區整體治理規劃配置圖(1) 5-14
圖 5-7 集水區整體治理規劃配置圖(2) 5-15
圖 5-8 直瀨溪先期治理工程平面配置圖(一) 5-17
圖 5-9 直瀨溪先期治理工程平面配置圖(二) 5-18
圖 5-10 直瀨溪先期治理工程蝕溝施作詳圖(一) 5-19
圖 5-11 直瀨溪先期治理工程蝕溝施作詳圖(二) 5-20
圖 5-12 直瀨溪先期治理工程護岸標準詳圖 5-21
圖 5-13 直瀨溪先期治理工程固床工標準詳圖 5-22
圖 5-14 道路水土保持處理圖 5-26
圖 5-15 道路邊坡穩定工程圖 5-27
圖 5-16 安興橋改善建議圖 5-31

直瀨溪集水區整體規劃及
先期治理工程設計委託技術服務案
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 1-3
表 2-1 集水區內林班地分佈表 2-1
表 2-2 本案相關協調諮詢機關一覽表 2-2
表 2-3 荖濃村人口統計表 2-7
表 2-4 中央氣象局甲仙氣象觀測站站位資料彙整表 2-7
表 2-5 中央氣象局甲仙氣象觀測站 1993～2009 年間降水日數變化彙整表 2-8
表 2-6 雨量站站位資料及徐昇氏雨量彙總一覽表 2-9
表 2-7 甲仙(2)雨量站年平均降雨量值推估一覽表(1/2) 2-10
表 2-7 甲仙(2)雨量站年平均降雨量值推估一覽表(2/2) 2-11
表 2-8 莫拉克颱風期間甲仙(2)雨量站雨量紀錄表 2-14
表 2-9 集水區土地權屬分佈統計表 2-24
表 2-10 水利署甲仙(2)雨量站 2005~2009 颱風累積雨量統計表 2-26
表 3-1 測量作業要求一覽表 3-8
表 3-2 測量作業成果一覽表 3-8
表 3-3 直瀨溪整體及五大支流集水區之崩塌面積統計表 3-11
表 3-4 直瀨溪集水區內各林班地內崩塌面積統計表 3-11
表 3-5 直瀨溪集水區之崩塌地區位及概況統計表(1/4) 3-12
表 3-5 直瀨溪集水區之崩塌地區位及概況統計表(2/4) 3-13
表 3-5 直瀨溪集水區之崩塌地區位及概況統計表(3/4) 3-14
表 3-5 直瀨溪集水區之崩塌地區位及概況統計表(4/4) 3-15
表 3-6 直瀨溪支流疑似土石流潛勢溪流調查表 3-23
表 3-7 直瀨溪集水區崩塌地崩塌數量推估表 3-24
表 3-8 高雄地區降雨沖蝕指數 Rm 值對應表 3-25
表 3-9 高雄地區土壤沖蝕指數 Km 值對應表 3-26
表 3-10 不同植生之覆蓋與管理因子 C 值表 3-27
表 3-11 直瀨溪集水區之土壤沖蝕量推估表 3-29
表 3-12 國內外泥砂遞移率(SDR)公式研究成果列表 3-30
表 3-13 直瀨溪集水區泥砂遞移率計算表 3-31
表 3-14 直瀨溪集水區之土砂收支推估表 3-32

表 3-15 1956~2009 年新發大橋測站歷年流量資料一覽表(1/2).....3-35
表 3-15 1956~2009 年新發大橋測站歷年流量資料一覽表(2/2).....3-36
表 3-16 直瀨溪集水區內沖蝕溝區位及概況統計表.....3-38
表 3-17 合理化公式.....3-41
表 3-18 集流時間計算公式.....3-42
表 3-19 流下時間計算公式比較.....3-42
表 3-20 直瀨溪集水區各子集水分區集流時間 tc 估算一覽表(1/2).....3-43
表 3-20 直瀨溪集水區各子集水分區集流時間 tc 估算一覽表(2/2).....3-44
表 3-21 台灣南部地區甲仙(2)雨量站 Horner 公式係數與相關係數一覽表.....3-45
表 3-22 甲仙(2)雨量站不同重限期之 Horner 降雨強度(mm/hr).....3-45
表 3-23 無因次降雨強度公式說明表.....3-46
表 3-24 直瀨溪集水區內各子集水分區降雨強度估算表(1/2).....3-47
表 3-24 直瀨溪集水區內各子集水分區降雨強度估算表(2/2).....3-48
表 3-25 逕流係數值應用一覽表.....3-49
表 3-26 直瀨溪集水區內各子集水分區洪峰流量估算一覽表.....3-49
表 3-27 直瀨溪集水區內各子集水分區洪峰流量及土石流量計算成果表.....3-52
表 3-28 直瀨溪主流各檢核斷面流量推估成果表.....3-55
表 3-29 直瀨溪主流各檢核斷面水理分析成果表.....3-56
表 3-30 集水區內各橋涵斷面流量推估成果表.....3-57
表 3-31 集水區內各橋涵斷面水理分析成果表.....3-58
表 4-1 直瀨溪集水區內重要保全對象調查成果表.....4-1
表 4-2 直瀨溪集水區防砂量及整治率估算表.....4-3
表 4-3 直瀨溪集水區治理工程防砂量估算一覽表(1/2).....4-4
表 4-3 直瀨溪集水區治理工程防砂量估算一覽表(2/2).....4-5
表 5-1 直瀨溪集水區崩塌地處理工法建議一覽表(1/5).....5-2
表 5-1 直瀨溪集水區崩塌地處理工法建議一覽表(2/5).....5-3
表 5-1 直瀨溪集水區崩塌地處理工法建議一覽表(3/5).....5-4
表 5-1 直瀨溪集水區崩塌地處理工法建議一覽表(4/5).....5-5
表 5-1 直瀨溪集水區崩塌地處理工法建議一覽表(5/5).....5-6
表 5-2 直瀨溪集水區先期治理工程設計評估與建議表.....5-16
表 5-3 坡地水土保持及復育造林計畫建議區位一覽表.....5-25
表 5-4 節能減碳綠色工程執行經費預估表.....5-30
表 6-1 本案相關協調諮詢機關一覽表.....6-1
表 6-2 集水區相關法規.....6-3
表 7-1 直瀨溪集水區整體治理需求及經費預估一覽表(1/2).....7-1
表 7-1 直瀨溪集水區整體治理需求及經費預估一覽表(2/2).....7-2
表 7-2 易淹水地區水患治理計畫分年分期實施計畫一覽表.....7-3
表 7-3 治山防災治理計畫分年分期實施計畫一覽表.....7-3

表 7-4 直瀨溪先期治理工程單價一覽表.....7-4
表 7-5 直瀨溪集水區整體規劃分年分期經費預估一覽表.....7-5
表 8-1 2000~2009 茂林國家風景區各月份旅遊人數統計表.....8-3
表 8-2 直接效益表.....8-4
表 8-3 計畫效益表.....8-5
表 8-4 年計成本計算表.....8-6

第一章 前言

1.1 計畫緣起與標的

直瀨溪集水區（以下簡稱本集水區）行政區係屬高雄縣六龜鄉境。整體集水區約由西(甲仙)向東(荖濃)方向傾降，區內並有台 20 線(南橫)東西橫越。98 年 8 月 7 日莫拉克颱風挾帶連日豪雨侵襲下，致使此本集水區之主、支流兩側岸邊坡及其源頭產生嚴重崩塌，大量土石崩落溪床，並順水流帶往下游堆積，阻礙河道及危及橋樑，造成台 20 線大量土石堆積、交通中斷，影響當地居民出入安全及農業生產，且亦將甲仙通往六龜、寶來之交通捷徑截斷，對觀光業發展造成重大影響。本土砂災害及崩塌地位於屏東林區管理處（以下簡稱甲方或屏東處）轄管旗山事業區 62、63 及 64 林班。

鑒於全球氣候環境變遷的影響，大氣環流改變，導致降水的極端化，造成雨水強度甚強且過度集中帶來了洪水及土石坍方，屏東處為防止該處崩塌土石下移堆積並減緩野溪側岸沖刷擴大，以避免危及當地居民生命財產安全並加強國土保安，特辦理本集水區整體規劃設計案，得以處理崩塌地，並進行河道整治，抑制土石下移，其發揮治水防砂之效。

本案於 99 年度「國土保安區治理與復育計劃」項下編列預算新台幣 2,000,000 元進行整治規劃，為整體規劃工程之完整性，本項技術服務包含集水區整體規劃及先期(第一期工程經費約 2500 萬元)工程設計。冀望委託專業機構，如質如期完成本集水區崩塌地處理、野溪治理、土石流防制、蝕溝控制等調查規劃等工作，在兼顧生態與景觀下，以期達到保育水土資源，發揮治水防砂之效。

為此，**漢義工程顧問股份有限公司**（以下簡稱本公司）基於長年投入治山防災與坡地保育、水患治理及造林規劃等各方面專業工作理念與經驗下，

期可提供屏東林區管理處專業技術整合之成果，俾為落實直瀨溪整治後之保護，提昇其治山防災成效。

1.2 計畫目標

為使本集水區規劃、設計可達到最終保障居民與保全對象之目標，本公司特擬具整體工作標的如后：

1.延續以往整治溪段治理成果，加強考量與擴大本次溪段治理效益。

2.加強納入生態工程設計理念，讓青山綠水重現昔日風采。

1.3 計畫工作項目與內容

依據本委託技術服務案之採購說明書內容彙整本案工作項目及內容，詳如表 1-1 說明，當於付委託工作後，竭力辦理與確實執行。

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） 整體規劃項目及範圍	● 集水區概況調查：地文、水文調查如行政區域、人口、交通、氣象、水文、地質與土壤及生態環境等基本資料蒐集及調查。 ● 泥砂量調查。 ● 河道斷面檢討與分析-於本溪流主河道斷面，若有地形變化較大之處應加設斷面，進行水文分析、水理演算、斷面檢算及水理演算結果比較分析、橋涵斷面演算、土砂生產量推估、溪流輸砂量估算。 ● 基本資料蒐集及集水區問題分析-土石流危險溪流、崩塌地情形、泥砂危害情形。 ● 治理效益評估。 ● 治理對策細部規劃-整治方案提供包含構造物細部、單價分析、數量及金額推估、分年分期整治計畫(含規劃配置總圖)。 ● 報告及細部規劃等有關項目編印-包含期初現勘、期中、期末報告、成果報告等。 ● 規劃區專案人員簡報製作及協助機關相關事宜。 ● 地籍權屬調查及協助辦理用地取得。 ● 測量作業—包括地形圖測量、斷面測量、細部測量。 地形圖測量-範圍為旗山事業區 62 及 63 林班內主要河道源頭崩塌地。會同甲方現場勘查，在通視良好地盤穩定之處，使用光波測距經緯儀測錄地貌資料。其測點密度，應依呈現地形、地物需要辦理。 斷面測量：包括河床縱斷面高程測量及橫斷面測量，橫斷面測量間距同縱向高程測點，但遇有地形變化陡急之處，應增加斷面。橫斷面測量採地形坡度縱橫比估測，以現有河床中心線為斷面中心，河床寬度、兩岸邊坡延。其斷面數，因應調查分析需要辦理。(含河道斷面檢討與分析所需斷面測量)
（二） 擬訂設計方案	● 甲乙雙方會同現場勘查後，研商決定各項工程設施之配置及優先次序，據以進行初步設計，設計初稿完成後，送交甲方書面審核及訂定時間進行設計方案簡報，通過後即完成設計方案審定。
（三） 工程測設作業	● 工程細部測量、設計及編製工程設計書，送交甲方審查。
（四）工程預算書編製	● 修正工程設計書及編製工程預算書：依甲方意見修正後送交甲方複審。
（五）編製招標文件及空白標單	● 依行政院『公共工程招標文件增列提供標案資料作業要點』規定格式與方法製作設計預算書及招標文件，提供招標文件電子領標之電子檔。

註：上述工作項目內容參考自採購招標文件內容並彙整。

第二章 集水區概況調查

2.1 地理位置

本直瀨溪集水區為花果山子集水區（編號：2102052）的一部份，同為荖濃溪之支流，行政區隸屬於高雄縣六龜鄉荖濃村境內。區內有台 20 線(南橫公路)東西橫越，沿台 20 線由甲仙鄉市區往荖濃方向前行約 8.2 公里（台 20 線+67.2K）處為高雄縣甲仙鄉及六龜鄉之鄉界，亦即為進入本集水區之起點。

2.2 集水區現況說明

本集水區之林班地由屏東處管轄，分屬旗山事業區第 62、63 及部分 64 林班地，林班地面積佔約 930.7 公頃（直瀨溪集水區面積約為 984.6 公頃），直瀨溪主流長度約 3,852 公尺，本集水區調查規劃範圍詳圖 2-1。

表 2-1 集水區內林班地分佈表

行政分區	旗山事業區林班地	林班地面積（公頃）
六龜鄉荖濃村	62 林班、63 林班及 64 林班	930.7

註：依據 GIS 資料彙整。

由於莫拉克颱風超大豪雨影響，集水區內各支流野溪縱向淘刷，大量土石下移，加上主流河道轉彎段兩側溪岸多處邊坡崩塌，造成主流溪床嚴重淤積，其中內英橋(位於台 20 線+71K 處)支流下游與直瀨溪主流匯流處土石淤積深度達 7~8 米，河寬擴大為約 20 米。

本集水區內主要保全對象為台 20 線，莫拉克風災後造成台 20 線沿線下邊坡多處崩塌，且與道路相接之箱涵皆有淤積及溢流之現象，其中上智橋(位

於台 20 線+72K 處)下游面溪床兩側縱向刷深嚴重，危及台 20 線道路基腳安全，現正在修復中。目前直瀨溪主流由安興橋至內英橋間已完成階段清疏工作。集水區內實際災害及現況詳圖 2-2 至圖 2-4。

2.3 集水區人文

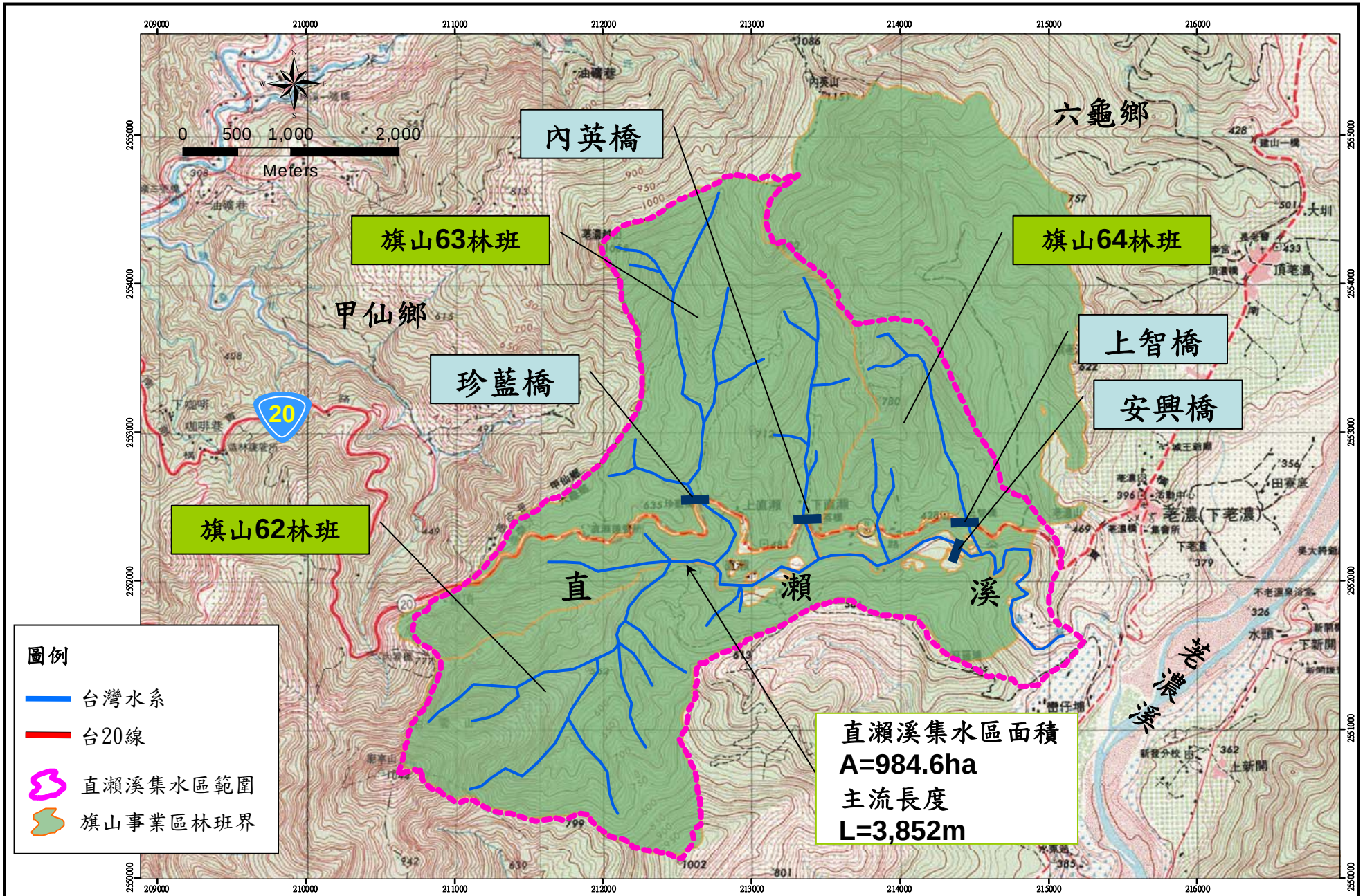
2.3.1 行政區域

本集水區之行政區域屬高雄縣六龜鄉荖濃村境內，其中大部分面積範圍為屏東處所轄旗山事業區第 62、63 及部分 64 號林班地，林班地面積計有 930.7 公頃，有關林班區域內之治山防災及林道治理與管理轄管權責主要由屏東處負責；非林班地之山坡地由水土保持局負責治山防災及農路治理工作；至於台 20 線治理事項則由公路總局維護管理。經彙整本案相關行政機關單位如後表 2-2，俾為地方治山防災治理與管理之參考。

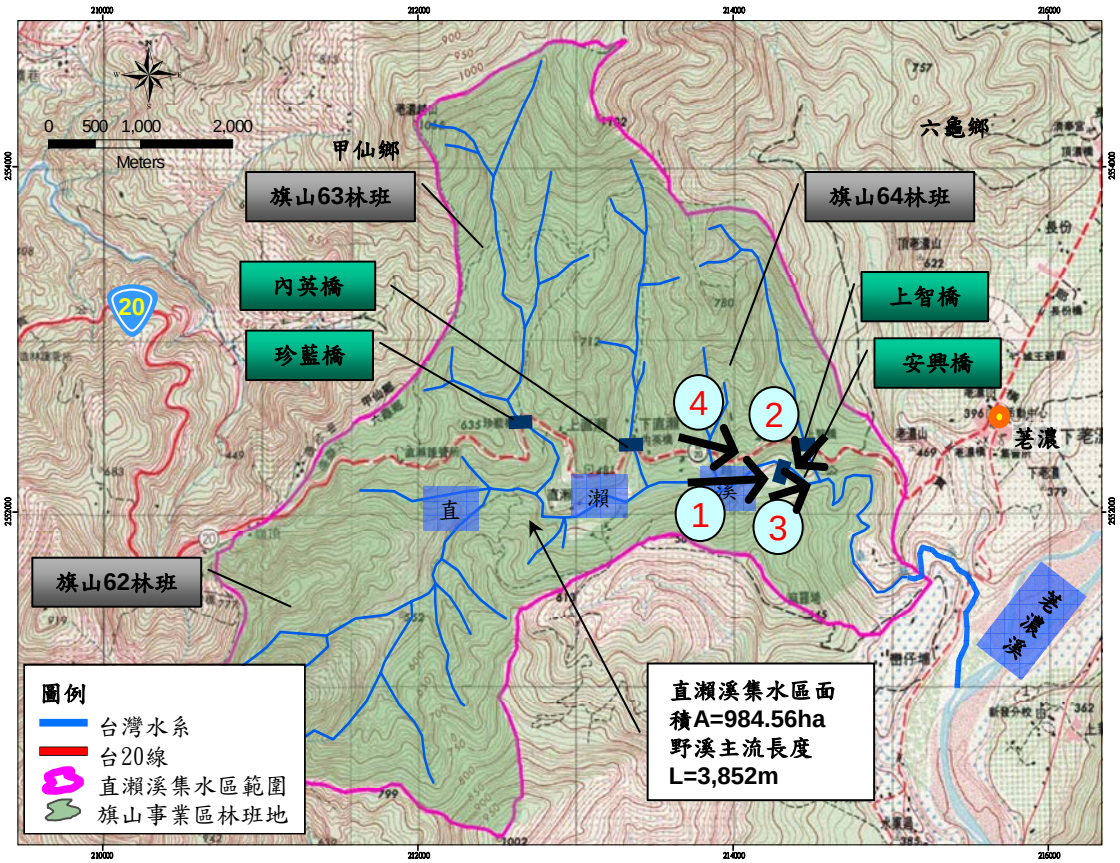
表 2-2 本案相關協調諮詢機關一覽表

序次	行政機關	地址	聯絡人	聯絡電話	負責工作
1	林務局 屏東林區管理處	屏東市 民興路 39 號	治山課	08-7236941	林班地治理、生態保育相關事項
2	水土保持局 台南分局	台南市林森路 1 段 316 號	治理課	06-2684367	山坡地水土保持治理事宜
3	高雄縣政府	高雄縣鳳山市光復路二段 132 號	略	07-7995678	林務及治山防災事宜
4	公路局第三區養護工程處 甲仙工務段	高雄縣甲仙鄉東安村文化路 13 號	略	07-6751014	交通及公路治理
5	高雄縣 六龜鄉公所	高雄縣六龜鄉六龜村民治路 18 號	農業課	07-6892100	觀光、建設、用地需求、治山防災及鄉民需求等協調事宜

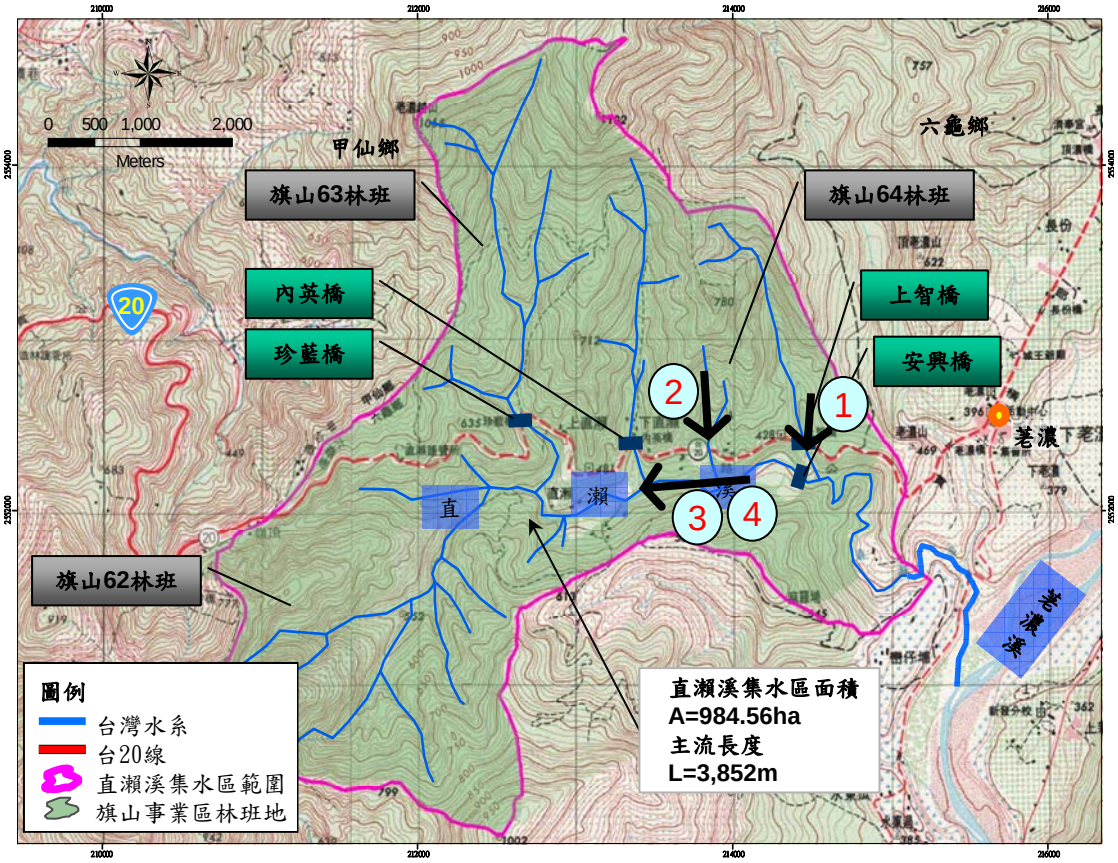
註：以上資料依據各單位網頁資料彙整。



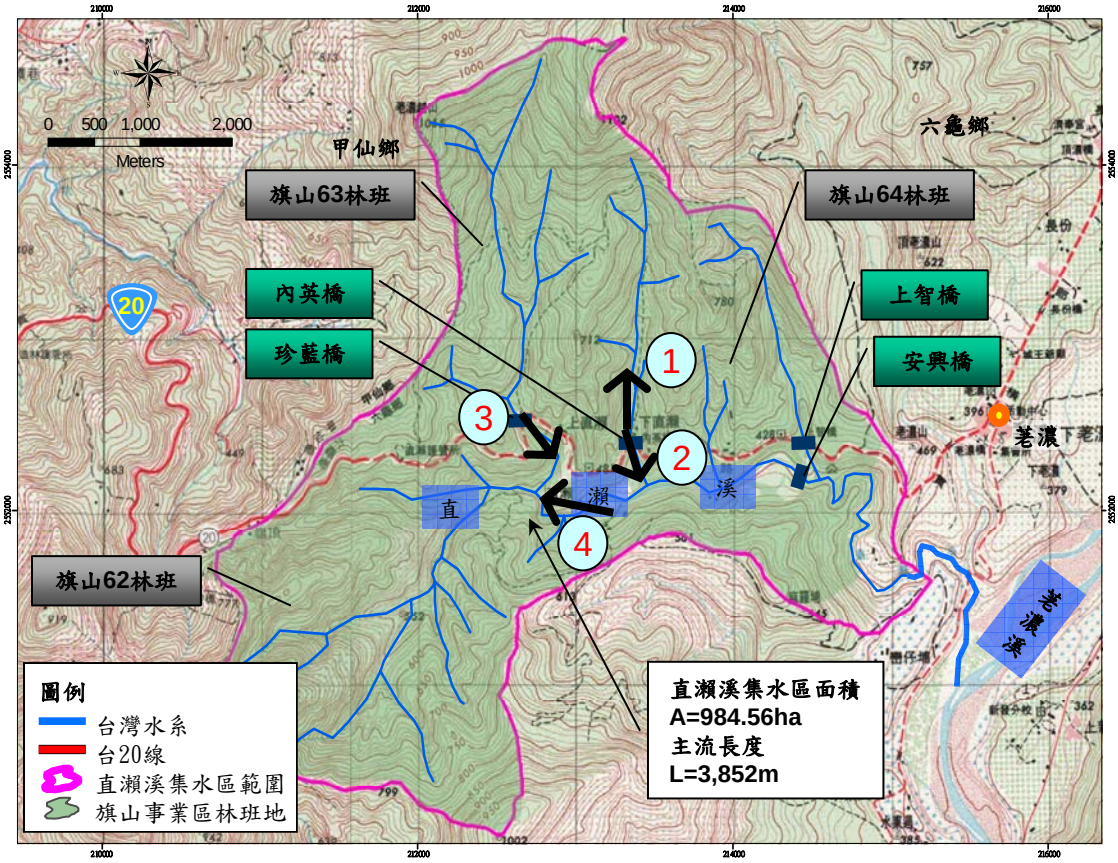
工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	集水區調查規劃範圍圖	圖號 DWN.NO.	2-1



工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	直瀨溪集水區現況照片圖(1)	圖號 DWN.NO.	2-2



工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	直瀨溪集水區現況照片圖(2)	圖號 DWN.NO.	2-3



工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	直瀨溪集水區現況照片圖(3)	圖號 DWN.NO.	2-4

2.3.2 人口

荖濃村總人口至 2010 年 6 月底為 1881 人，而本集水區位於荖濃村西部，人口分散，居住集水區內人口約 200 人。

表 2-3 荖濃村人口統計表

村里別	鄰數	戶數	男性人數	女性人數	人口總數
荖濃村	27	700	1034	847	1881

註：上表資料參考自高雄縣六龜鄉戶政事務所官網（截至 2010 年 6 月底）人口統計資料。

2.3.3 交通

本集水區內主要交通聯絡道路以台 20 線為主，台 20 線在區域內之路段，主要順沿直瀨溪溪谷北側岸蜿蜒而行，於莫拉克風災後，除沿線有多處邊坡崩塌之外並無重大災情，仍可維持通行。沿台 20 線有 5 條登山步道，其中最具規模者為位於內英橋上游之內英登山步道，惟莫拉克災後大多損壞。

2.4 集水區水文

2.4.1 氣象

1. 氣溫

茲依本集水區附近之氣象觀測站位置資料，就其地緣考量，選取與其最相鄰之中央氣象局甲仙氣象觀測站為代表，依該站歷年所蒐集之氣溫、降雨日數等氣象資料進行分析；甲仙氣象觀測站區位詳表 2-4 所示，氣象概況說明如後。

表 2-4 中央氣象局甲仙氣象觀測站站位資料彙整表

站號	測站名稱	海拔(m)	位置		設站年月
			經度(度)	緯度(度)	
C0V25	甲仙氣象站	270	120°34’57”	23°04’54”	1992.05

註：上表資料引用自中央氣象局「專用氣象觀測站基本資料」。

經彙整甲仙氣象觀測站自 1993～2009 年間之平均氣溫資料後，可得甲仙氣象觀測站年平均氣溫約為 22.72℃，每年約自 5 月起至 9 月氣溫較高，10 月至翌年 4 月則氣溫較低，惟月平均溫度差距並不大，全年高溫未大於 28℃，低溫亦未低於 16℃之狀況。

2. 降雨日數

經查中央氣象局「氣候資料年報」之 1993～2009 年資料，可彙整甲仙氣象觀測站之歷年降水日數多集中在 5 月至 9 月間，年平均降水日數，甲仙站高達 116 日以上，分析詳後表 2-5，提供作為爾後施工期間排程之參考。

表 2-5 中央氣象局甲仙氣象觀測站 1993～2009 年間降水日數變化彙整表

年度	月份												合計
	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	
2009	0	0	1	4	6	13	7	15	12	3	3	3	67
2008	6	7	7	14	19	16	19	16	23	11	6	1	145
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	3	1	5	8	7	16	10	20	12	6	3	0	91
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	4.3	4.7	5.4	7.8	14.4	16.0	17.0	19.7	14.4	6.1	3.1	3.3	116.2

註：上表資料引用中央氣象局甲仙氣象站歷年資料分析成果。

2.4.2 雨量

本集水區附近之雨量站位置資料，按徐昇氏法劃分各雨量站資料對之權重分析結果如圖 2-5，選定水利署甲仙（2）雨量站所蒐集歷年雨量資料之雨量變化代表本集水區為基礎，進行分析（雨量站資料詳見表 2-6）。經

估算甲仙(2)雨量站歷年所蒐集降雨記錄得知年平均降雨量為2,868.4mm，平均降雨量分析詳表 2-7 說明。

按上述甲仙(2)雨量站歷年間之年降雨量約在 1,204.5~5,172.0mm 上下，年平均降雨量值為 2,868.4mm。降雨型態，4 月到 10 月間為多雨季節，而自 11 月起至翌年 3 月間雨量則較少。甲仙(2)雨量站歷年降雨歷線趨勢說明如圖 2-6。

蒐集及分析甲仙(2)雨量站於莫拉克颱風期間之雨量資料結果，茲將 99 年 8 月 7 日至 8 月 10 日間各降雨延時之最大降雨量彙集如表 2-8 所示，其中 8 月 8 日當日之一日最大降雨量高達 1068.5mm，其降雨強度遠超過 200 年重現期距。由於莫拉克颱風帶來超大豪雨，造成本集水區內中、上游坡面崩塌，大量土砂下移並堆積於河道造成河床淤高，另大量的溪水及土砂混合而成之泥流或土石流往下流動，亦造成下游多處災害。

表 2-6 雨量站站位資料及徐昇氏雨量彙總一覽表

站名	站號	流域	經辦單位	TM2 分帶座標		標高(m)	紀錄年份	年平均雨量(mm)	徐昇氏權重	雨量(mm)
				X 座標	Y 座標					
甲仙(2)	01P660	高屏溪	經濟部水利署	206927	2553841	355	1951-2009	2868.4	0.93	2891.1
六龜(4)	01V040	高屏溪	經濟部水利署	211606	2544300	259	1982~2009	3179.8	0.07	

註：上表資料引用自經濟部水利署「水文水資源資料管理供應系統」網站。

表 2-7 甲仙(2)雨量站年平均降雨量值推估一覽表(1/2)

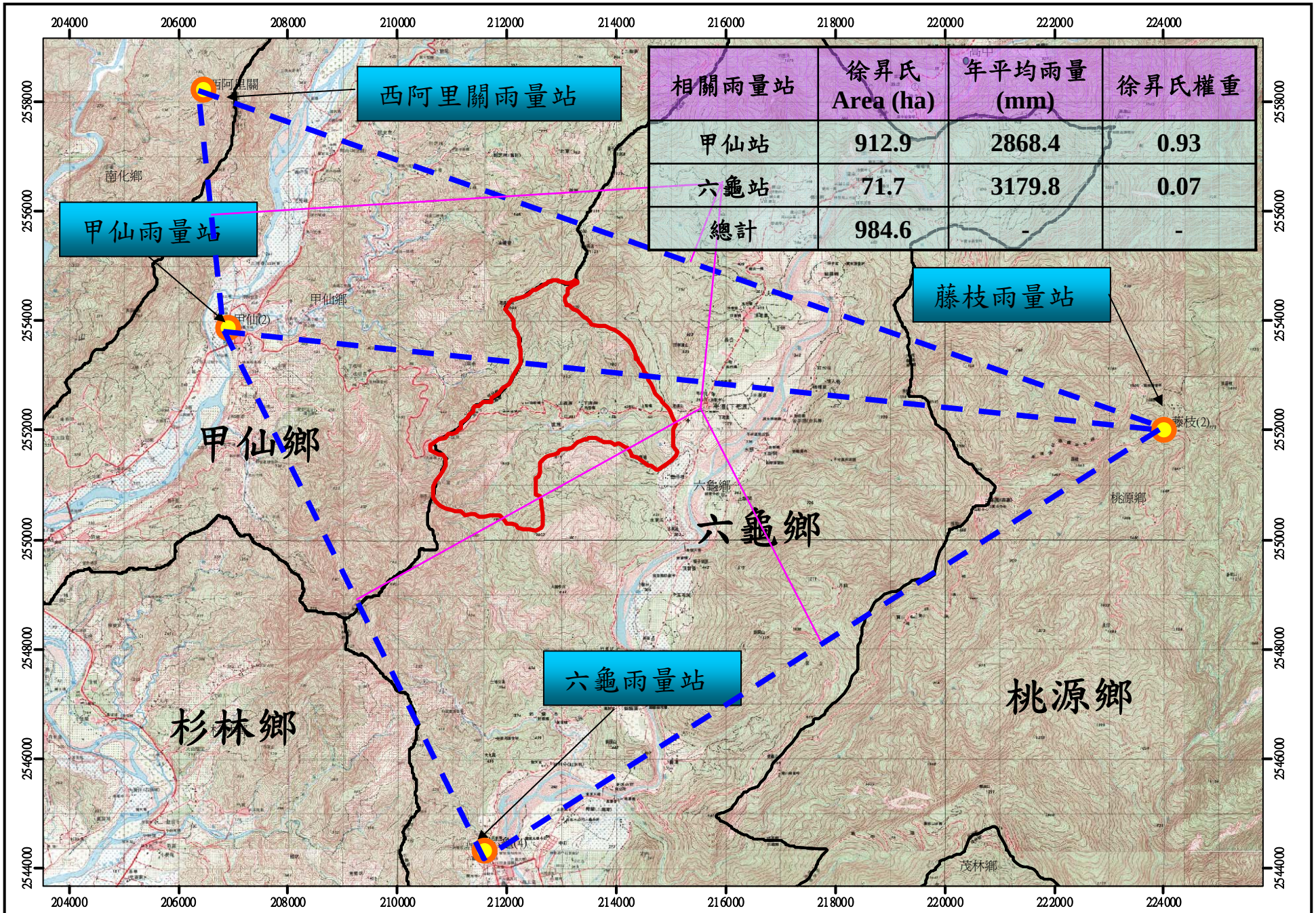
年\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總計
1951	0.0	0.0	20.8	243.5	905.1	804	451.6	835.2	149.8	139.9	7.5	34.8	3592.2
1952	2.6	19.1	25.7	269.9	197.6	344.7	1162.0	388.5	344.0	9.0	80.8	30.7	2874.6
1953	0.0	10.4	96.3	251.2	634.8	563.3	745.4	597.6	410.1	143.5	50.9	9.6	3513.1
1954	33.6	15.3	53.9	106.8	42.6	298.0	216.9	357.0	173.5	159.8	113.1	0.0	1570.5
1955	26.5	0.0	0.0	149.2	46.2	513.2	785.0	1556.7	268.0	2.5.0	2.0	3.0	3352.3
1956	55.5	21.5	15.5	46.5	180.1	394.1	435.9	523.0	887.5	94.0	5.0	34.5	2693.1
1957	14.0	64.5	78.0	12.0	426.5	1078.1	98.8	260.5	118.5	16.0	0.0	36.5	2203.4
1958	35.0	28.5	81.8	11.6	332.0	564.3	1019.2	187.8	285.0	198.1	0.0	11.1	2754.4
1959	15.0	65.0	0.0	192.5	239.9	530.5	625.2	1312	412.3	14.0	26.0	0.0	3432.4
1960	0.0	0.0	82.0	123.0	191.2	442.0	743.0	1646.3	297.5	135.0	9.0	3.5	3672.5
1961	17.0	22.0	61.5	91.5	316.5	431.7	608.0	840.6	489.9	43.7	29.1	10.0	2961.5
1962	16.0	12.3	56.6	47.0	51.8	417.5	731.7	375.7	395.7	137.1	5.0	0.0	2246.4
1963	0.0	13.3	20.0	2.2	220.3	243.5	695.0	234.5	899.7	43.3	3.0	6.5	2381.3
1964	52.6	4.5	6.0	63.1	185.2	536.6	356.6	374.7	276.5	39.4	0.0	0.0	1895.2
1965	2.0	4.0	2.0	90.2	319	771.6	319.7	987.1	166.2	276.4	96.5	3.3	3038.0
1966	5.5	74.6	89.3	40.0	330.5	1150.8	561.7	931.0	142.6	29.5	72.9	3.5	3431.9
1967	15.2	21.0	18.5	98.5	439.6	507.7	419.6	484.3	304.2	16.5	15.1	2.1	2342.3
1968	3.0	103.6	204.1	21.2	395.2	653.2	400.1	434.8	169.1	149.9	0.0	0.0	2534.2
1969	18.3	13.6	52.4	84.4	226.1	997.9	193.2	518.4	767.6	23.0	2.5	0.0	2897.4
1970	34.0	5.0	10.0	0.0	242.9	162.4	439.9	454.4	435.9	269	16.8	17.8	2088.1
1971	6.9	12.1	2.0	33.8	136.4	683.3	577.2	351.3	793.3	52.7	5.0	67.0	2721.0
1972	123.9	44.2	17.1	92.8	361.4	1208.7	1092.6	1083.2	153.7	19.6	16.1	16.5	4229.8
1973	71.3	9.0	15.2	126.6	182.8	562.7	629.5	650.3	292.4	110.4	11.4	0.0	2661.6
1974	0.1	57.6	7.0	95.7	373.5	937.0	339.7	662.5	354.7	204.2	7.6	2.7	3042.3
1975	16.8	21.4	85.0	135.8	132.8	885.7	337.0	1334.2	224.0	227	0.0	41.1	3440.8
1976	24.0	8.5	7.8	34.3	719.6	285.5	1238.3	504.9	444.9	35.2	9.5	1.5	3314.0
1977	47.3	1.6	2.6	3.2	657.1	1578.7	1232.7	599.6	255.9	151.1	46.4	5.6	4581.8
1978	16.7	34.9	128.6	300.0	327.2	457.2	596.3	962.6	234.5	102.5	5.5	24.2	3190.2
1979	12.2	38.3	43.4	64.9	282.6	451.6	244.3	1404.1	238.5	4.4	43.2	3.0	2830.5

註：上表資料引用經濟部水利署「水文資料網」甲仙(2)雨量站歷年雨量統計資料。

表 2-7 甲仙(2)雨量站年平均降雨量值推估一覽表(2/2)

年\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總計
1980	19.6	20.5	3.0	71.0	55.7	212.8	279.3	729.3	182.8	44.5	68.8	0.1	1687.4
1981	3.0	7.0	131.1	58.9	433.9	485.8	994.4	535.7	1198.3	35.5	44.9	2.0	3930.5
1982	1.3	26.0	20.5	89.0	349.9	607.3	1273.0	464.0	174.0	15.4	48.6	8.2	3077.2
1983	29.8	113.9	180.8	116.6	609.8	393.0	290.7	681.0	112.2	10.7	0.0	15.2	2553.7
1984	3.9	1.9	12.1	172.0	375.9	332.7	356.5	281.1	207.7	49.3	0.0	0.9	1794.0
1985	24.3	120.4	13.6	49.0	464.4	1105.7	141.9	922.4	230.9	4.7	24.3	79.0	3180.6
1986	9.2	48.7	38.8	3.1	739.9	547.8	176.8	538.8	297.2	8.6	20.2	4.8	2433.9
1987	0.0	7.6	107.4	115.1	186.0	577.2	710.3	292.4	110.8	90.0	10.3	20.9	2228.0
1988	63.0	13.2	24.7	141.6	370.4	104.5	159.0	1190.6	355.4	59.3	10.1	11.5	2503.3
1989	7.5	1.6	48.5	189.9	152.2	116.2	642.7	307.8	852.2	0.0	3.0	26.1	2347.7
1990	1.5	0.0	18.5	478.0	108.0	1004.0	239.5	1038.0	603.0	23.0	5.0	0.0	3518.5
1991	18.5	22.5	6.0	39.0	132.0	812.0	583.5	426.5	198.0	57.0	8.5	38.5	2342.0
1992	46.0	90.5	50.0	229.5	100.5	173.5	625.5	720.5	563.5	0.5	0.0	2.0	2602.0
1993	17.5	4.0	19.0	29.0	285.5	414.0	155.5	150.0	89.5	4.5	30.0	6.0	1204.5
1994	12.0	58.0	33.5	64.0	413.0	362.5	604.5	1339.5	177.5	19.5	0.0	14.0	3098.0
1995	11.5	31.0	26.0	66.0	158.0	529.0	335.5	160.0	126.0	4.5	0.0	0.0	1447.5
1996	11.0	16.5	4.0	206.5	454.5	78.5	746.5	803.0	186.5	131.5	13.0	3.0	2654.5
1997	27.5	57.0	131.5	12.0	204.5	498.5	542.0	808.0	309.5	71.0	0.0	6.0	2667.5
1998	32.5	178.0	137.5	283.5	198.0	775.5	172.0	439.0	363.0	304.0	0.0	19.0	2902.0
1999	5.0	0.0	12.0	71.0	328.0	196.0	857.0	905.0	398.0	43.0	9.0	46.0	2870.0
2000	8.0	27.0	16.0	161.0	169.0	356.0	604.0	728.0	223.0	84.0	25.0	22.0	2423.0
2001	43.0	0.0	45.0	52.0	830.0	385.0	693.0	306.0	996.0	48.0	8.0	11.0	3417.0
2002	15.0	0.0	9.0	0.0	370.0	308.0	555.0	460.0	122.0	6.0	0.0	63.0	1908.0
2003	20.0	11.0	18.0	77.0	61.0	708.0	115.0	372.0	279.0	119.0	29.0	0.0	1809.0
2004	6.0	11.0	19.0	25.0	358.0	206.0	1023.0	462.0	205.0	2.0	0.0	103.0	2420.0
2005	1.0	83.0	148.0	51.0	436.0	1757.0	1399.0	567.0	508.0	192.0	21.0	9.0	5172.0
2006	26.0	0.0	19.0	167.0	383.0	999.0	1257.0	283.0	445.0	1.0	38.0	6.0	3624.0
2007	23.0	13.0	13.0	65.0	238.0	410.0	249.0	1686.0	410.0	657.0	28.0	0.0	3792.0
2008	29.0	20.0	30.0	113.0	133.0	679.0	1791.0	495.0	1402.0	115.0	41.0	1.0	4849.0
2009	0.0	0.0	48.0	112.0	38.0	448.0	191.0	2261.0	156.0	25.0	8.0	7.0	3294.0
平均	20.0	29.0	45.2	104.1	309.0	576.9	594.2	698.4	370.6	86.0	19.9	15.1	2868.4

註：上表資料引用經濟部水利署「水文資料網」甲仙(2)雨量站歷年雨量統計資料。



相關雨量站	徐昇氏 Area (ha)	年平均雨量 (mm)	徐昇氏權重
甲仙站	912.9	2868.4	0.93
六龜站	71.7	3179.8	0.07
總計	984.6	-	-

工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	集水區附近雨量站相關位置圖	圖號 DWN.NO.	2-5

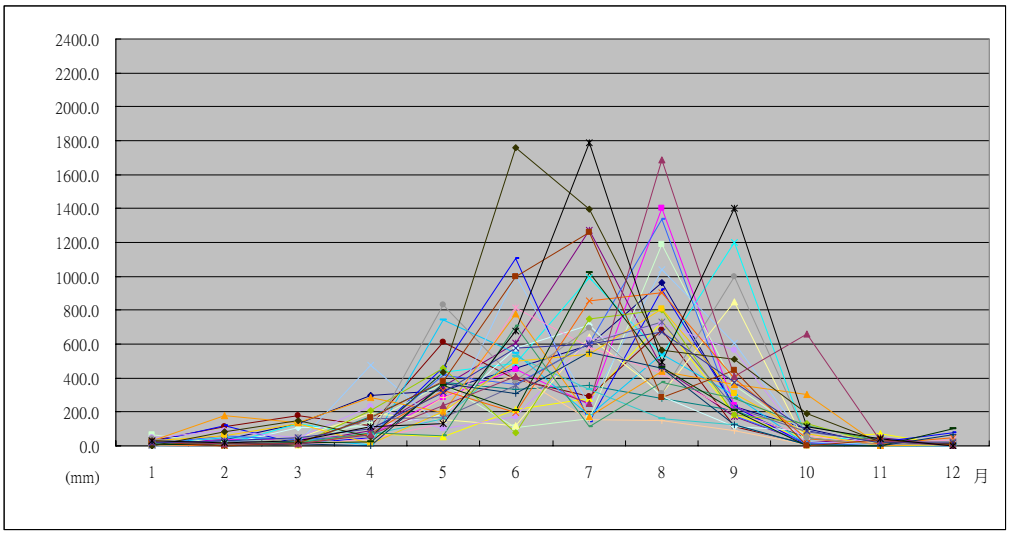


圖 2-6 甲仙(2)雨量站歷年月降雨歷線趨勢圖

2.5 集水區地文

2.5.1 地形與地勢

本集水區地勢由直瀨溪劃分為南北兩部分，集水區北邊由荖濃越山(EL.1055)向南傾降至約海拔 EL.402 之直瀨溪河床，集水區南北嶺線向直瀨溪傾降，直瀨溪由西向東流入荖濃溪。

2.5.2 水系分佈

整體集水區內之水系獨立而完整，主流兩側偶有支流及沖蝕溝匯入主溪。因此，整體水系並不複雜。水系分佈詳如圖 2-7。

表 2-8 莫拉克颱風期間甲仙(2)雨量站雨量紀錄表

莫拉克颱風期間 甲仙站紀錄 8/7					
降雨量(mm)	降雨延時(分)	降雨強度(mm/hr)			
		甲仙站	50 年頻率	100 年頻率	200 年頻率
11	10	66.00	152.89	165.99	179.08
37.5	60	37.50	109.82	119.23	128.64
71	180	23.67	72.56	78.78	84.99
124.5	360	20.75	52.18	56.65	61.12
393	1440	16.38	24.81	26.94	29.07
莫拉克颱風期間 甲仙站紀錄 8/8					
降雨量(mm)	降雨延時(分)	降雨強度(mm/hr)			
		甲仙站	50 年頻率	100 年頻率	200 年頻率
22	10	132.00	152.89	165.99	179.08
103.5	60	103.50	109.82	119.23	128.64
254	180	84.67	72.56	78.78	84.99
434.5	360	72.42	52.18	56.65	61.12
1068.5	1440	44.52	24.81	26.94	29.07
莫拉克颱風期間 甲仙站紀錄 8/9					
降雨量(mm)	降雨延時(分)	降雨強度(mm/hr)			
		甲仙站	50 年頻率	100 年頻率	200 年頻率
15	10	90.00	152.89	165.99	179.08
47	60	47.00	109.82	119.23	128.64
134	180	44.67	72.56	78.78	84.99
314	360	52.33	52.18	56.65	61.12
343.5	1440	14.31	24.81	26.94	29.07
莫拉克颱風期間 甲仙站紀錄 8/10					
降雨量(mm)	降雨延時(分)	降雨強度(mm/hr)			
		甲仙站	50 年頻率	100 年頻率	200 年頻率
13	10	78.00	152.89	165.99	179.08
46	60	46.00	109.82	119.23	128.64
97.5	180	32.50	72.56	78.78	84.99
128.5	360	21.42	52.18	56.65	61.12
203	1440	8.46	24.81	26.94	29.07

註：上表資料蒐集自中央氣象局雨量資料網站。

2.5.3 地質與土壤

1. 地質組成

本集水區內之地質現狀與層次相當鮮明，絕大部分調查區域範圍內之地質狀況屬中新世晚期之桂竹林層地質，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，整體地質如圖2-8。有關桂竹林層之補充說明如後。

- 桂竹林層

桂竹林層和它的相當地層是臺灣西部中新世最上部的地層，但是最近的古生物研究已經把本層的大部歸入上新世地層中。本層以淺海相的砂岩和頁岩為其代表，整合在南莊層的上面。臺灣北部的桂竹林層在地質圖上常被分為兩個砂岩單位。該層在臺灣的中部和中南部被分為三個岩段，中間是一個頁岩段，上下是二個是以砂岩為主的岩段。到了臺灣南部，這些以砂岩為主的地層又分為許多以頁岩和砂岩為主的地層單位。最後在高雄縣旗山溪(原楠梓仙溪)下游的甲仙以南地區，本層又變為以厚層頁岩為主，砂岩為副的地層。這表示當桂竹林層沉積的時侯，盆地的沉降率由北向南不斷的加速，桂竹林層的厚度也從北部的八百公尺增加到南部的二千餘公尺。

在臺灣中南部的嘉義到臺南地區，相當桂竹林層的地層自下至上有糖恩山層、中崙層、和鳥嘴層三個地層。糖恩山層在臺灣的中南部未見重要露頭，所以和其上覆中崙層的關係也不太明瞭，因之也有人主張中崙層的下界就是桂竹林層的下界，直接和南莊層接觸，糖恩山層的層位沒有存在。在臺灣南部的臺南縣和高雄縣的北部，相當於桂竹林層的地層可分為四個單位(何春蓀，1956、張錫齡及鍾振東，1957)，這四個單位首先用在調查臺南縣竹頭崎油田的時侯。按照目前古生物學家的意見，上面二個地層，茅埔頁岩和隘腳寮層，可以相當臺灣中部的魚藤坪砂岩，第三個單位

鹽水坑頁岩大致相當十六份頁岩，最下一個糖恩山層則相當於關刀山砂岩。

在臺灣的南部(臺南縣和高雄縣)，含煤的南莊層已經為海相地層所取代，和其相當的海相地層自下至上有三民頁岩的大部、紅花子層及長枝坑層。長枝坑層是何春蓀(1956)謂查竹頭崎油出時提出來的地層名字，其標準地點長枝坑伎於臺南縣的大埔溪流域。本層由很厚的一套深灰色頁岩和淡灰色細粒砂岩組成，含有不同種類的海相化石。砂岩很緻密堅硬，部分且為石灰質，主要成份是亞混濁砂岩。砂岩中偶爾可以見到炭質或植物碎片，沒有見到白砂岩和煤層。頁岩非常堅緻，略有硬化的現象。和沉積作用同時造成的玄武岩質凝灰岩凸鏡體也在局部發現，最大的厚度達二十公尺，長二公里。長枝坑層的厚度可以達到一千二百公尺，向東或向南可能更厚，大概有一千六百公尺左右。紅花子層是由鍾振東(1962)創用的地層名稱，標準地點在高雄縣甲仙鄉的紅花子背斜中。這個地層是灰色、細粒到中粒厚層狀的砂岩，夾有深灰色頁岩和灰色泥質砂岩的互層，全厚約有一千二百公尺。

a. 糖恩山層

淡青灰色細粒砂岩是組成本層的主要岩石，砂岩呈塊狀，具有不規則的節理，時常形成陡崖或深谷，層理不清晰。砂岩屬於亞混濁砂岩或混濁砂岩，含有不少泥質， 所以有時成為泥質砂岩或砂質泥岩。砂岩常夾有許多厚層的深灰色頁岩和灰色砂質頁岩，全層厚度為四百五十到五百公尺。

b. 鹽水坑頁岩

這是深灰色頁岩所成的單位，偶夾有凸鏡狀的粉砂岩和砂岩，通常以本層的下部比較多。因為缺乏真理面，所以頁岩的大部很像泥岩，富於石灰質的頁岩中含有較多 的化石。粉砂岩中含有不少紅色鐵質結核和小的方解石脈。本層的全厚約二百到二百五十公尺。

c. 隘寮腳層

隘寮腳層主要部分是薄層的深灰色頁岩和白色砂岩或粉砂岩所造成的條帶狀薄葉層。本層的下部有很多灰色、細粒、層厚一到二公尺的砂岩，很具特徵。本層中常見到炭質碎片、砂棒、和波痕，全地層的厚度約有四百到五百公尺。

d. 茅埔頁岩

以前本頁岩單位被認為是隘寮腳層的上部，主要部分為深灰色頁岩，夾有少許細粒砂岩和泥質砂岩，頁岩稍微具有條帶狀組織。本層的厚度為三百到四百公尺。

2. 土壤分佈

本集水區內土壤種類繁多且其性質各有差異，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，土壤分佈狀況如圖 2-9，主要土壤種類以沖積土、石質土與森林土為大宗。有關沖積土、石質土及森林土之補充說明如後。

- 沖積土

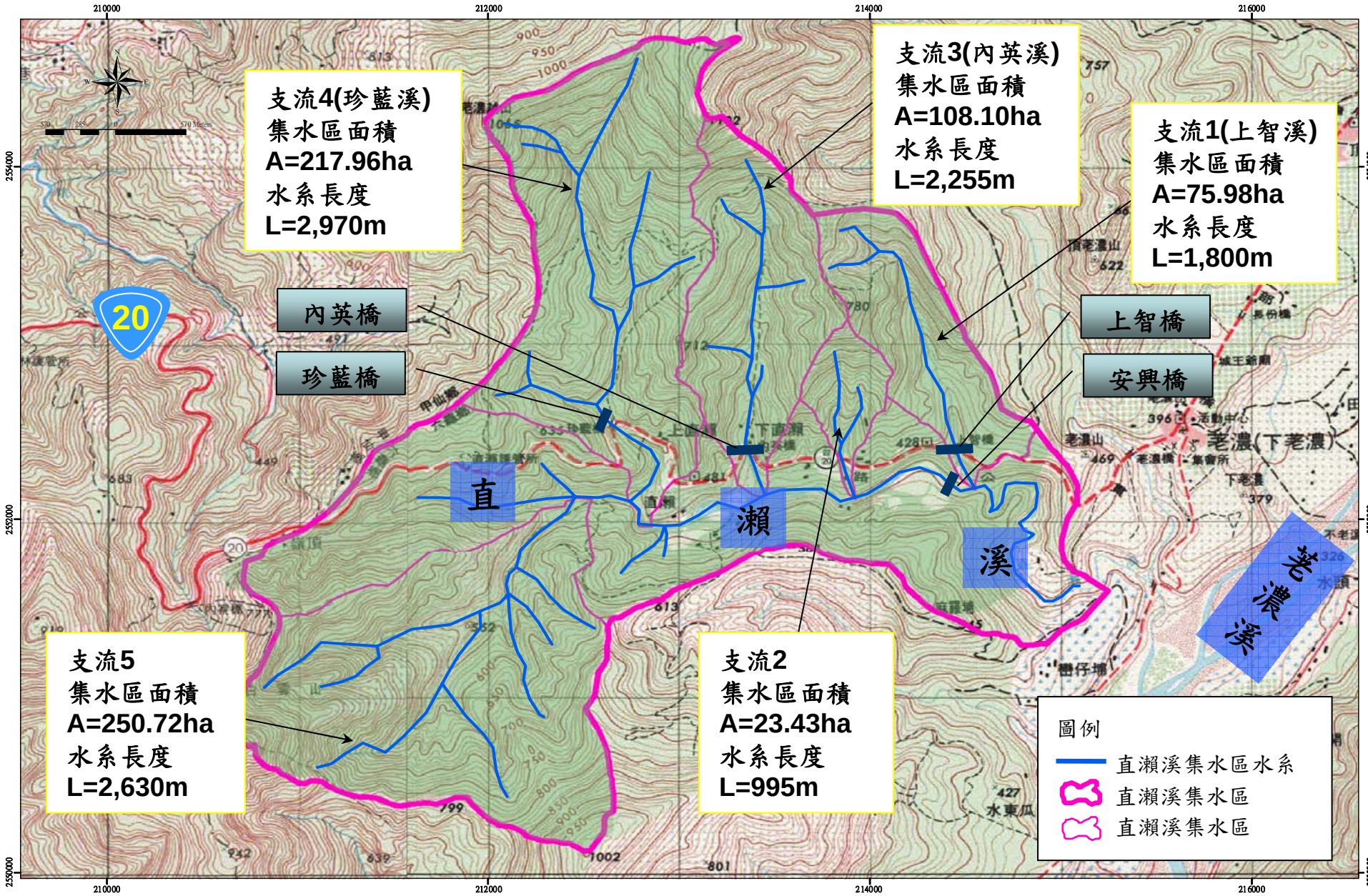
土壤物質經河流沖刷後帶至下游而漸次淤積成固定土壤，土層厚度隨堆積時間愈久，厚度愈後，且時間一久，土層中之顏色亦因人為耕作而有所改變，漸呈淡黃色，因此有「新沖積土」與「老沖積土」之稱。此類土壤散見於山間溪谷地帶，土質較為肥沃，適於稻作或農耕使用，主要分佈在集水區野溪兩岸側，成土物質係源自西部山麓上新世並上溯自漸新世或更古老的砂岩與頁岩等不同岩性之風化物經沖蝕而堆積成的土壤。一般而言，新沖積土在新分類系統上屬於新成土，而老沖積土在新分類系統上則屬於弱育土。

- 石質土

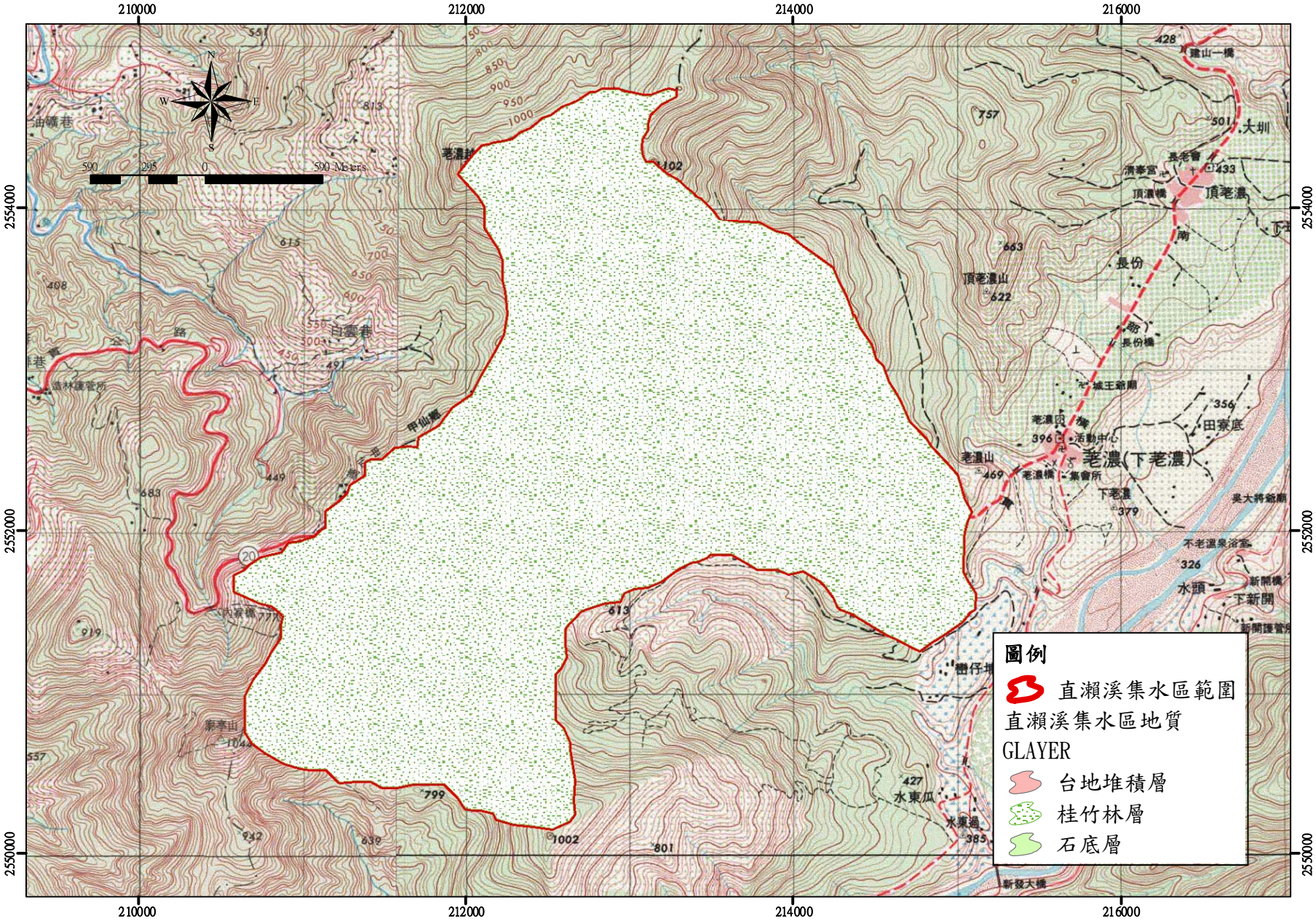
本類土壤之年代最新，尚保有母岩特性。石質土係由砂、頁岩之石塊、半風化碎片以及細粒物質等，經崩積而夾雜以堆積而成，土壤多無構造或只弱度發育之屑粒狀或鈍角塊狀構造，此類土壤分佈以岩石峭壁之超陡坡為主，因土質較為貧瘠，大部份以作為雜林或林班使用，結構多鬆散，PH 值介於 4.2 至 6.0 間，剖面中常含超過 50%之石礫。其分佈夾雜於崩積土之間，夾雜於灰黃色崩積土者，其表土質地為坋質壤土或坋土。

- 森林土

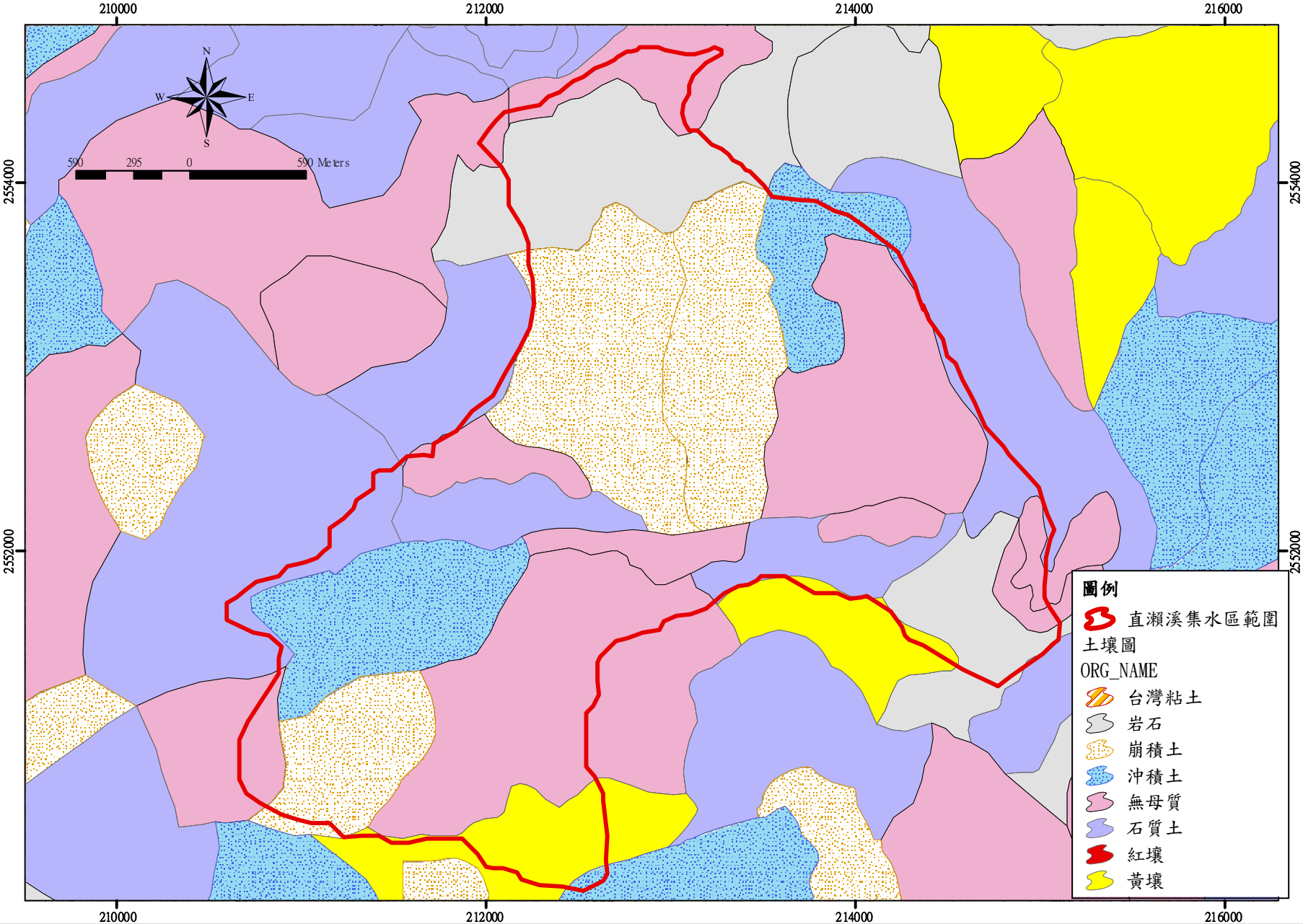
主要分布於大面積闊葉林生長覆蓋較佳之山麓，雜於紅黃色灰化土間，常與紅棕色灰化土混合分佈。



工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	集水區水系分佈圖	圖號 DWN.NO.	2-7



工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	集水區地質圖	圖號 DWN.NO.	2-8



工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	集水區土壤圖	圖號 DWN.NO.	2-9

2.6 集水區生態環境

直瀨溪發源荖濃越山（海拔 1,055m）介於六龜鄉及甲仙鄉之鄉界，蜿蜒流經六龜鄉荖濃村，在六龜鄉荖濃村巒子埔（海拔 350m）向東注入荖濃溪，由於溪流水量終年不斷，故溪流中常見兩岸岩石崩落地景，有許多深潭淺瀨、瀑布，巨石羅列於河床中，溪流棲地的多樣性，且因為上游人為開發較少，森林植物棲地未遭破壞，林象豐富，筆直巨木參天相當壯觀且蕨類植物的變化性也為精采的山景更增添不少色彩；小溪水質清澈見底，豪雨過後馬上恢復清流，因此蘊藏豐富的水生資源，除此之外豐富樣的植物自然成為動物最佳棲息地，包括蝴蝶、鳥類、彌猴等野生生物資源種類繁多，惟民國 98 年八八水災後，崩塌嚴重，主流淤積嚴重，溪流生態受損嚴重。茲參考行政院農委會特有生物研究保育中心出版之高雄縣市野生動物及高雄縣政府觀光交通處針對六龜鄉之介紹分析本集水區植物、動物及河溪生態環境。

2.6.1 植物生態

直瀨溪流域狹小但高度變化甚大，造就流域內植物層次變化豐富，當地社區居民植栽均以經濟作物為主-麻竹、芒果、油桐、波羅蜜等，野生佈有雀榕、九芎、白臼、克蘭樹、咬人狗、蒲桃等常見植物；林下則以拎樹藤、柚葉藤、閉鞘薑、月桃、酸藤、假酸醬、盤龍木、伏石蕨、荖藤為主。喬木以水錦樹、楓香、台灣欒樹、白瓠仔、血桐、油桐為主；底層易見槍刀菜、台灣鱗球花、杜箬、腺果藤、山素英、曲毛豇豆。接近林道尾端可見大葉楠為最主要樹種，茄冬、山黃麻、無患子、稜果榕散生於二岸。溪床中駁骨丹、雙花龍葵、多子醬果莧隨處可見：三葉崖爬藤在無遮蔭的岩石上葉片呈豎立狀，並與銳葉牽牛混生；闊葉樓梯草、水雞油、越橘葉蔓榕是潮濕環境主角；火炭母草則在岸邊林下成片生長。

2.6.2 動物生態

山壁滲水處常見多種粉蝶、鳳蝶類駐足，湍流邊的短腹幽蟌，火炭母草上的藍金花蟲都是常見的昆蟲。鄰近茂林鄉茂林谷地為越冬型紫斑蝶棲息地，每年 11 月起至翌年 3 月，大量紫斑蝶陸續從北部山區南遷到高屏山麓的茂林鄉山谷過冬，使得茂林紫蝶幽谷成為世界級的蝶谷，而近年來在鄰近茂林鄉的溪谷地也開始有大型紫斑蝶棲息。

除了有稀有的紫斑蝶，直瀨溪流域的鳥類也不幌多讓，根據調查鳥類多達 12 目、31 科、134 種，其中留鳥部分約佔了全省的 2/3，河川下游常見鉛色水鶇及白鶺鴒，二岸紅嘴黑鵯成群出現，樹鵲、戲班鳥、灰喉山椒、黑枕藍鶲、小彎嘴畫眉、白耳畫眉、黃山雀則是谷地常客，空中時見大冠鷲、鳳頭蒼鷹盤旋翱翔。上游附近，朱鸝、花翅山椒鳥、紅山椒、小杜鵑、小剪尾、綬帶鳥、黃山雀、綠啄花鳥、黃羽鸚嘴等鳥類均不難見到，也有遇見藍腹鷴、喜鵲、林雕的驚喜；溪流邊則可賞紫嘯鶇、黃鶺鴒和鉛色水鶇，鄰近扇平地區最具代表性的鳥類即為-台灣藍鵲，可為南部最佳賞鳥天堂。哺乳動物方面有台灣彌猴、赤腹松鼠、白面鼯鼠等；水邊也常可見

兩棲類的莫氏樹蛙、拉都希氏蛙；爬蟲類則常見攀木蜥蜴、石龍子、錦蛇、青竹絲等。

2.6.3 河溪生態

直瀨溪蘊藏豐富的水生資源，主要蝦、蟹類有貪食沼蝦、粗糙沼蝦、拉氏清溪蟹及蔡氏澤蟹。有成群溪蝦當然魚類也不會少有，除了有台灣特有種的臺灣馬口魚（一枝花）、臺灣石魚賓（石冰）、高身鏟頷魚（高身鯝魚、赦鮸）、何氏棘魚（鯁仔）外，還有特有保育類包含臺灣鏟頷魚（苦花）、日本禿頭鯊等，其中日本禿頭鯊為典型河海迴游魚類，亦能適應陸封型生活；另外還有棕塘鱧（黑咕嚕）、鱸鰻、爬岩鰍等魚種也是本地相當珍貴的生物資產。溪中以俗名鯝魚或苦花的臺灣鏟頷魚為主要原生魚種，且被視為河川未受污染指標。

2.7 土地利用

2.7.1 土地權屬

本集水區內土地權屬可分為林班地及一般山坡地，經查本集水區內並無水土保持特定區及原住民保留地。林班地屬行政院農業委員會林務局屏東林區管理處所轄管之旗山事業區第 62、63 及部分 64 林班，面積達 930.7 公頃，佔整體集水區面積之 94.52%，一般山坡地 53.9 公頃佔 5.48%，其土地權屬統計詳表 2-9。

表 2-9 集水區土地權屬分佈統計表

集水區 / 類型	直瀨溪集水區	
	面積(ha)	百分比(%)
一般山坡地	53.9	5.48
林班地	930.7	94.52
總合	984.6	100.00

註:資料來源採 GIS 萃取模組分析統計。

2.7.2 土地利用現況

本集水區內之土地利用型態，除集水區上游縱谷兩側與較高海拔之林班地，為闊葉樹林地外，一般山坡地之土地利用型態大部分以種植高經濟果樹為主，如蓮霧、芒果、龍眼及荔枝等。本集水區之地方特色為純樸農村景況。

2.8 以往災害情形及處理情形

本集水區過去災難並不常見，故林管處在此並未設有治水工程，惟自97年以來陸續遭受颱風、豪雨之侵襲，區內主要道路台20線多次道路中斷，造成甲仙鄉往來桃源鄉及六龜鄉荖濃村間之交通中斷，茲將歷年災害情形統計，詳表2-10。其災變原因分析如下：

原因一、本集水區上游為順向坡，且區內地質多為桂竹林層，以砂頁岩互層為主，此等地質遇水容易產生滑動，尤其97年以來之颱風單日暴雨量極大，使得邊坡容易失去安息角而崩塌。

原因二、超大豪雨引發土砂下移，大量表面流匯流並向下沖蝕，造成邊坡材料流失。莫拉克颱風在台灣多處地區降下刷新歷史紀錄的雨量，甲仙(2)雨量站於8月5日至8月10日間累積降雨量達2,142毫米，其中最大一日降雨量亦達到1,068.5毫米，遠超過了山區得以承受的臨界雨量，加上本集水區內較破碎的土質特性，故造成了大規模的崩塌。同時，大量逕流帶著土石往下游匯流，遇轉彎河道易形成二次流(secondary flow)使得邊坡被淘刷失去支撐力而崩塌掉入河谷，造成河道嚴重淤積或被帶往荖濃溪成為高屏溪流域淤積之料源，對山區居民打擊甚大。

原因三、直瀨溪支流河床陡峻，其河床平均坡度皆在19%~30%之間，支流沖刷力強，故造成支流兩岸崩塌為常見之景象。

原因四、直瀨溪主流河床平均坡度在2%~7%之間，流速受到平均坡度之影響較支流流速平緩，故支流帶來之土石常見淤積在匯流口處，尤其安

興橋涵雖於莫拉克災後清疏完成後有達 5 米之深，但下游坡度不及 2%，所以在 99 年 5 月及 7 月兩場暴雨後即淤積僅剩 0.9 米深，而大雨之溪水越過安興橋繼續往下游流往荖濃溪。如未再進行清疏，則崩塌將阻塞河道，有再次形成堰塞湖之虞。

原因五、近年來甲仙、六龜附近常聞地震。由於本集水區地形陡峭、岩層破碎，加上地震活動頻繁、坡面容易造成裂隙，如遇颱風或豪雨，逕流灌入此等裂隙，往往造成嚴重崩塌災害。

表 2-10 水利署甲仙(2)雨量站 2005~2009 颱風累積雨量統計表

颱風名稱	颱風警報期間	單日最大雨量發生日期	緊報期間累積雨量(mm)	24 小時降雨量(mm)	單日雨量重現期距(年)
莫拉克	2009/8/5 -8/10	8/8	2,142	1,068.5	>200
薔蜜	2008/9/26 -9/29	9/28	421	225	2
辛樂克	2008/9/11 -9/16	9/14	698	444	5~10
鳳凰	2008/7/26 -7/29	7/28	455	269	2
卡玫基	2008/7/16 -7/18	7/17	925	650	50~100
柯羅沙	2007/10/4 -10/7	10/6	609	416	2~5
聖帕	2007/8/16 -8/19	8/16	607	373	2~5
碧利絲	2006/7/12 -7/15	7/14	656	377	2~5
艾維尼	2006/7/7 -7/9	7/8	286	156	2
海棠	2005/7/16 -7/20	7/18	1,178	546	20~25

資料來源：經濟部水利署甲仙(2)雨量站歷年資料分析成果。

第三章 基本資料蒐集及集水區問題分析

3.1 測量調查作業

3.1.1 測量作業方法

依前述初步評估本集水區內治山防災需求區位及實際需要實施細部規劃設計河道或區段進行地形測量工作。其中，研提重點區段優先治理工程供 貴處審核，其地點與需求確認後，辦理編製直瀨溪先期治理工程，俾應近期防災治理需求標的。有關本案整體測量計畫，詳如後說明：

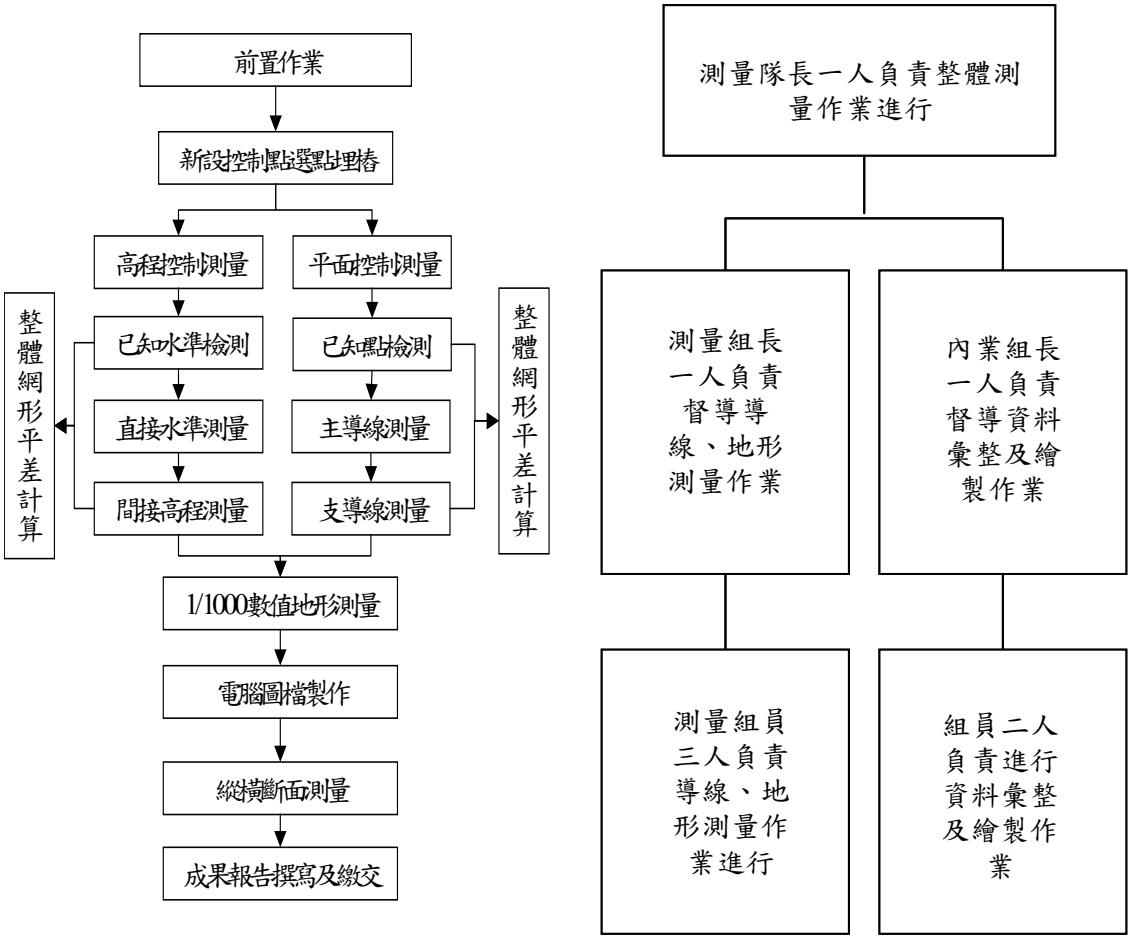


圖 3-1 測量計畫作業流程圖

1.勘測步驟及組織架構、工作執掌

測量工作由本計畫外業監造組莊組長銘財先生全權負責聯繫事宜，另俟測量人員進駐現場後，即開具聯繫電話、進駐位置，以便各階段聯繫作業。於測量人員進駐現場前或聯繫不便時，另透過公司為間接聯繫管道，全程管控作業暢行。

2.測量作業內容及方法

(1)已知三角點(平面控制點)檢測

- 使用儀器設備
  - ✓ 衛星定位儀
    - ➢ Trimble 4000SSE　4 套
    - ➢ Trimble 4000SSI　2 套
    - ➢ Trimble 4700　　4 套
- 檢測標準
  - ✓ 以 G.P.S 或三角三邊法檢查其邊長與已知座標反算所得較差，精度應高於一萬分之一，水平角較差小於二十秒者視為無誤，並為引測之依據。
- G.P.S 定位法與實際作業方式
  - ✓ 根據作業規定的要求，可使用儀器數量、類型、衛星出沒表、衛星分布圖、規劃之控制網形及待測區域之地形、交通、環境特性...等，製作計畫觀測時段表，內容包括：

    I. 測量方式（採靜態測量方式）。
    II. 每日觀測時段、工作預定日數及觀測時段總數。
    III. 每日觀測時段開始與結束觀測時間。
    IV. 每日觀測時段之觀測站順序（即測站移動順序）及作業人員、儀器。

V. 網形規劃以蛙跳式方式進行外業觀測規劃。

VI. 繪製觀測網形規劃圖：依據觀測時程表規劃之觀測時段及測站，繪製觀測網形規劃圖，作為後續施測之依據。

■ 作業規範

✓ 規劃點位精度分子(PDOP 值)最大值為 10 。

✓ 資料記錄速率為 5 秒。

✓ 同一時段各測站間共同觀測時間最少為 30 分鐘。

✓ 製作觀測網形圖及計畫觀測時段表。

✓ 不同時段間銜接二點(含)以上。

✓ 最小約制網平差：點位精度之誤差橢圓其長半軸最大不得超過 5 公分。

(2)已知水準點檢測

■ 使用儀器設備

✓ Sokkisha B21 鋁製箱尺或同等精度品。

■ 作業規範

✓ 引用水準點高程檢測：依據測區附近內政部水準點資料施測，作為本計畫引用水準點時，其水準測量之誤差界限為加減 $20\times\sqrt{k}$ 公釐(k 為水準測量路線總長之公里數)。

✓ 臨時水準點：各河段沿線至少約每隔〇・五公里以內，於固定安全之處應設置臨時水準點，由引用水準點施測至測區內適當地點設置之臨時水準點。視距以八〇公尺以內為原則。

(3)導線測量

■ 導線點選點原則

✓ 精密導線點邊長以 150 公尺至 500 公尺為原則。

- ✓ 佈設時以舊有之控制點為優先並延用其點號。
- ✓ 點位與點位間要求通視且對空通視應良好，以利往後以 GPS 或經緯儀施測。
- ✓ 以設置於未登記土地及公有土地為原則，盡量取得土地所有人同意。
- ✓ 遠離大功率無線電發射源(如廣播電台時)及巨大金屬結構物，以減少訊號反射造成發路受阻之影響。

■ 使用裝備

- ✓ Sokkisha SET-3 光波經緯儀或同等精度品。

■ 作業規範

- ✓ 以 1.2 寸×1.2 寸×1.2 尺木樁釘牢，側面書寫編號，加註點號，並以路線漆塗示位置加註點號後施測。
- ✓ 採用「測角」、「測距」以「內外角法」實施導線測量，其始終點應閉連於附近已知之控制點。
- ✓ 「測角」以 6 秒讀以內(含)經緯儀正倒鏡觀測一測回，較差不得超過 40 秒，「距離」使用光波測距儀單向施測兩次，其較差應在 1 公分以內。
- ✓ 導線測量測距誤差界限為三、〇〇〇分之一，測角誤差界限為加減六十秒。

(4)數值地形測量

■ 使用裝備

- ✓ Sokkisha SET-3 光波經緯儀或同等精度品
- ✓ 紀錄器:CMT MC-V 或同等精度品

■ 碎部地形測量

✓ 地物點測量：

- 河流：河流寬度以河岸線為起量點，河寬在圖上 0.6mm 以上繪雙線河，0.6mm 以下繪單線河。水線至圖邊 2cm 處需繪流向箭頭，中間適當位置亦加繪流向箭頭。河流之隱蔽部份，須按實際位置及形狀補繪，河流、水圳有名稱者須加註名稱。人工圳加註（人工）二字，並加括弧。
- 道路須按實地位置及寬度描繪，圖上 0.8mm 以上寬度之道路繪雙線，並分硬路面及軟路面。硬路面中間空白，鬆路面在路邊內側每隔 lmm 點一小點，並加註道路編號及路名。雙線路面繪至圖邊時，在圖外註明往何處。圖外兩邊之註記由上往下寫，上下邊者，則由左往右書寫。圖上 0.8mm 以下道路繪鄉村道路及小路記號。雙線道路須加註路寬（自路肩外邊緣量起），俾作編繪路寬之參考。
- 橋樑、涵洞、隧道：河道通過道路時，有橋樑者繪橋樑符號，有涵洞者繪涵洞符號，無橋、無涵洞者，則水線直穿過路面。兩路同高之平交道，可互相穿過，若一在上，一在下，則上者繪橋樑符號。隧道兩端繪管涵符號，中間以雙行短虛線按比例、位置描繪之，有名稱者加註名稱。

✓ 建築物體：

- 房屋密集地區，其路、街、巷寬在圖上達 0.6mm 以上者須繪雙線路、街、巷道，在 0.6mm 以下者，則繪小路符號。路、街、巷道名稱擇要註記之。
- 所有學校須於適當位置繪學校符號，並註校名。
- 種植地分水田、旱田、茶、甘蔗、鳳梨、香蕉、蕃薯、芒果、草莓等等。其圖上面積達 3cmx3cm 以上者，註明（水田）、（旱田）.....等字樣，並加括弧，以示與地名有別。
- 林地分闊葉林、針葉林、竹、草地、牧草、雜林、灌木林.....

等，其圖上面積達 4cmx4cm 以上者，註（闊葉林）、（針葉林）.....等字樣，並加括弧。

- 墓地、沙、鹽田、砂石、荒地・・・等，其在圖上面積達 3cmx3cm 以上者，加註（墓地）、（沙）.....等字樣，並加括弧。
- 縣、市、鄉、鎮區界線以四千八百分之一地籍圖上所繪縣、市、鄉、鎮區界線資料為主，水利局、林務局林班圖或縣、市、鄉鎮公所其他行政界線圖為輔。

✓ 地形（地貌）點測量（數值地形模型之量測）

- 利用數值地形模型表示地表形狀所需之地形點，並以規則的點群或以不規則的點群（或單一點位）加以測量及記錄，地形斷線，山脊、山谷線及邊緣線須特別加以測取。
- 車道邊緣應以地形斷線加以記錄，車道主軸之高程以 20m 至 50m 之間距加以測取。
- 河川及溝渠應以邊緣線加以標示，在壕溝之高程應有足夠的密度，以便能表示地表狀況。河川應量測其水面高程。
- 點位經編碼及連成與高程有關之點位坐標後，則應用相應之數值地形模型之程式加以計算。
- 內插等高線時，在 1／1000 地形圖之等高線間隔，在平坦地區首曲線為 lm，計曲線為 5m，在山坡地區則首曲線為 2m，計曲線為 10m。
- 數值地形模型經內插計算後，其網格間距以圖上 0.5m 一點為原則。

(5)電腦繪圖及建檔

電腦繪圖與建檔的作業流程如後圖 3-2 所示。

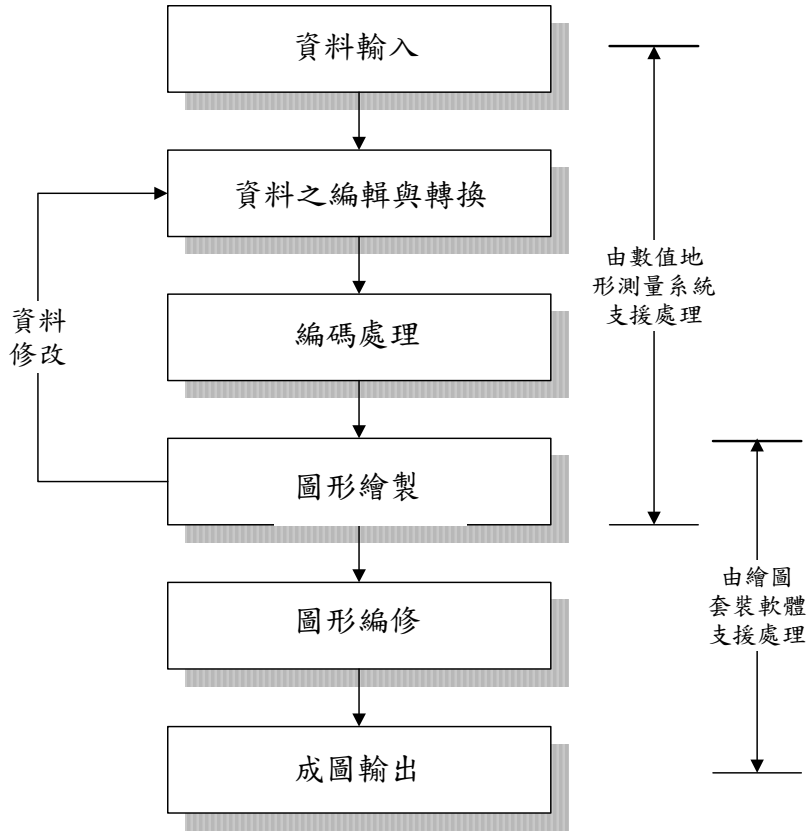


圖 3-2 電腦繪圖與建檔作業流程圖

3.1.2 測量成果

測量位置及範圍選定主流直瀨溪及支流內英溪為本集水區測量之範圍，詳圖 3-3 說明，俾為爾後進行細部規劃設計之需求使用。本案計畫測量作業係依整治工程需求，建立之 1/1000 地形圖檔，整治需求溪段之縱、橫斷面及平面現況，作為整治工程細部規劃設計之參考準據，測量成果提列要求及成果如後表 3-1、3-2。

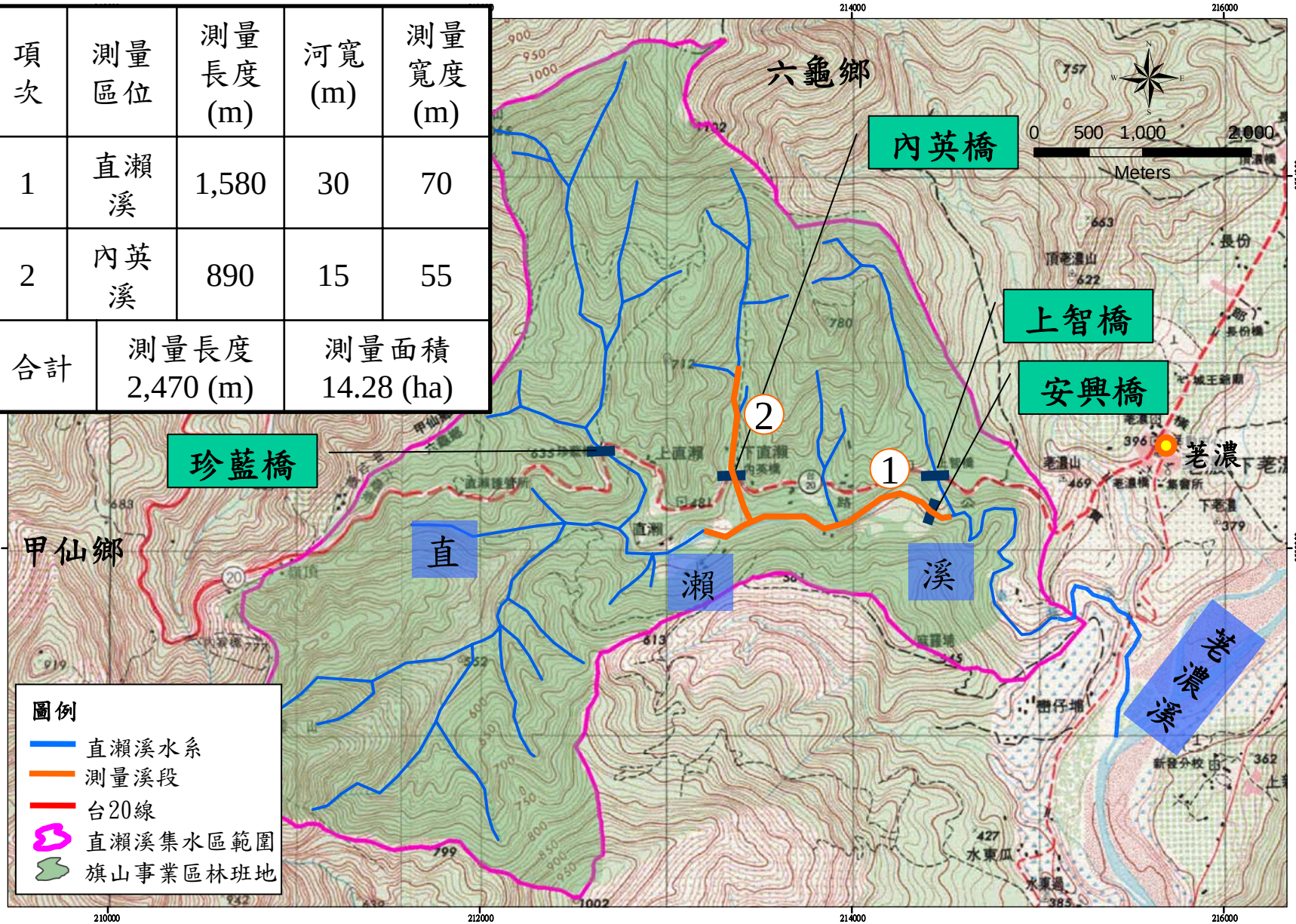
表 3-1 測量作業要求一覽表

項次	工程明細	規格	備註
1	現場勘查	式	
2	固定樁埋設	點	水泥樁或石樁(12CM*12CM*60CM)
3	平面及高程控制測量	式	已知點檢測及引測
4	河道導線測量	公里	含間接高程測量
5	1/1000 地形測量	公頃	排水路中心兩側各測量 20m 寬估算
6	河道橫斷面測量	處	每 100 公尺一處斷面於變化處需加測

表 3-2 測量作業成果一覽表

項次	測量區位	測量長度(m)	河寬(m)	測量寬度(m)
1	直瀨溪	1,580	30	70
2	內英溪	890	15	55
合計		測量長度 2,470 (m)	測量面積 14.28 (ha)	

項次	測量區位	測量長度 (m)	河寬 (m)	測量寬度 (m)
1	直瀨溪	1,580	30	70
2	內英溪	890	15	55
合計	測量長度 2,470 (m)		測量面積 14.28 (ha)	



工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	實測成果區位圖	圖號 DWN.NO.	3-3

3.2 泥砂量調查及分析

3.2.1 崩塌地調查及分析

本集水區遭受 98 年 8 月莫拉克颱風侵襲，其所挾帶之超大豪雨造成集水區內多處崩塌。經按水土保持局「坡地網際網路地理資訊系統」於莫拉克風災後所登載本集水區內之崩塌地眾多，經由現地彙蒐調查崩塌地區位及現況(多沿主流及支流兩側邊坡崩落)，本集水區內崩塌地區位分佈詳圖 3-4 所示。

由莫拉克颱風後判釋，本集水區內之崩塌地共計有 142 處，面積共達 73.86 公頃，主要分佈於上游源頭處、溪流兩岸及道路下邊坡。經實地勘查亦發現，直瀨溪主、支流河道之上游源頭處及溪流轉彎段多處邊坡崩塌，大量土石料源順水流而下，造成直瀨溪下游溪段土石淤積嚴重。另台 20 線道路正承接上邊坡逕流轉接至下邊坡之溪谷，該道路排水系統為重要樞紐，若道路縱橫向排水不足，大雨來襲將形成過水路面，破壞道路邊坡基腳，土石崩落成災。然崩塌的主要原因仍與地質因素息息相關，本集水區內所處地層大部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。

本集水區內崩塌地數量與面積統計如後表 3-3。此外，集水區內崩塌地或裸露地係大多位處林班地內，總計各林班之崩塌地面積統計如後表 3-4。彙整集水區內崩塌地區位及特性資料詳如表 3-5，崩塌地現況照片詳見圖 3-5 至圖 3-10 所示。

表 3-3 直瀨溪整體及五大支流集水區之崩塌面積統計表

子集水分區名稱	崩塌地數量（處）	崩塌地面積（ha）	集水區面積（ha）	備註
支流 1(上智橋)集水區	18	7.40	79.98	崩塌地面積約佔該集水區面積 9.33%
支流 2 集水區	3	0.41	23.43	崩塌地面積約佔該集水區面積 1.75%
支流 3(內英橋)集水區	17	11.78	108.10	崩塌地面積約佔該集水區面積 10.90%
支流 4(珍藍橋)集水區	29	14.99	217.96	崩塌地面積約佔該集水區面積 6.88%
支流 5 集水區	22	11.93	250.72	崩塌地面積約佔該集水區面積 4.76%
直瀨溪整體集水區	142	73.86	984.6	崩塌地面積約佔整體集水區面積 7.50%

註：資料來源為行政院農委會水土保持局坡地網際網路地理資訊系統網及採 GIS 萃取模組分析統計。

表 3-4 直瀨溪集水區內各林班地內崩塌面積統計表

林班地編號	崩塌地數量（處）	崩塌地面積（ha）	林班地面積（ha）	備註
旗山 62 林班	49	20.29	354.9	約佔該林班地面積 5.72%
旗山 63 林班	64	30.94	435.0	約佔該林班地面積 7.11%
旗山 64 林班	26	19.07	141.8	約佔該林班地面積 13.45%
合計	139	70.30	930.7	約佔集水區內整體林班地面積 7.55%

註：資料來源為行政院農委會水土保持局坡地網際網路地理資訊系統網及採 GIS 萃取模組分析統計。

表 3-5 直瀨溪集水區之崩塌地區位及概況統計表(1/4)

崩塌地編號	面積 (ha)	TWD67 二度分帶		高程(m)	坡度(度)	地層狀態
		X	Y			
支流 1 (上智橋)-1	0.2176	213817	2553651	730	31	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-2	0.2539	214047	2553646	689	35	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-3	0.3521	213891	2553648	687	20	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-4	0.0581	213930	2553544	669	35	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-5	0.3346	213821	2553558	719	18	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-6	0.4533	214066	2553551	621	29	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-7	0.1238	214090	2553312	630	37	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-8	0.0871	213910	2553238	704	37	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-9	0.0652	214613	2552832	545	36	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-10	0.6068	214579	2552791	483	22	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-11	0.2908	214635	2552606	484	23	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-12	0.1325	214146	2552476	470	24	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-13	0.824	214232	2553472	631	34	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-14	2.0141	214341	2553250	597	34	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-15	0.1072	214132	2553450	608	29	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-16	0.6124	214097	2553372	636	34	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-17	0.8673	214143	2553239	556	41	堅硬砂岩與頁岩
支流 1 (上智橋)-18	0.3156	214403	2552450	450	31	堅硬砂岩與頁岩
支流 2-1	0.0573	213694	2552680	554	28	堅硬砂岩與頁岩
支流 2-2	0.1944	213607	2552526	494	28	堅硬砂岩與頁岩
支流 2-3	0.1615	213553	2552463	511	31	堅硬砂岩與頁岩
支流 3 (內英橋)-1	3.6529	213441	2553883	744	35	堅硬砂岩與頁岩
支流 3 (內英橋)-2	0.3446	213529	2553675	693	31	堅硬砂岩與頁岩
支流 3 (內英橋)-3	0.1636	213477	2553536	653	36	堅硬砂岩與頁岩
支流 3 (內英橋)-4	0.1932	213599	2553530	691	30	堅硬砂岩與頁岩
支流 3 (內英橋)-5	0.3421	213290	2553499	657	25	堅硬砂岩與頁岩
支流 3 (內英橋)-6	0.4191	213534	2553467	661	25	堅硬砂岩與頁岩
支流 3 (內英橋)-7	0.061	213485	2553402	638	31	堅硬砂岩與頁岩
支流 3 (內英橋)-8	0.8752	213598	2553348	659	21	堅硬砂岩與頁岩
支流 3 (內英橋)-9	2.5799	213592	2553141	620	20	堅硬砂岩與頁岩
支流 3 (內英橋)-10	0.0588	213027	2553039	657	36	堅硬砂岩與頁岩
支流 3 (內英橋)-11	0.5107	213546	2552999	613	30	堅硬砂岩與頁岩
支流 3 (內英橋)-12	0.9942	213156	2552900	586	36	堅硬砂岩與頁岩
支流 3 (內英橋)-13	0.3228	213324	2552868	535	28	堅硬砂岩與頁岩
支流 3 (內英橋)-14	0.3731	213208	2552796	566	38	堅硬砂岩與頁岩
支流 3 (內英橋)-15	0.2395	213389	2552573	487	27	堅硬砂岩與頁岩

註：上述資料參考水土保持局 GIS 資料及現地勘查結果編制。

表 3-5 直瀨溪集水區之崩塌地區位及概況統計表(2/4)

崩塌地編號	面積(ha)	TWD67 二度分帶		高程(m)	坡度(度)	地層狀態
		X	Y			
支流 3 (內英橋)-16	0.4738	213234	2552451	488	28	堅硬砂岩與頁岩
支流 3 (內英橋)-17	0.1725	213035	2552945	654	41	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-1	1.2318	212813	2553287	658	35	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-2	0.608	212192	2552946	645	26	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-3	2.5332	212777	2553031	590	20	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-4	0.1345	212840	2552846	608	25	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-5	0.2828	212339	2552813	593	29	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-6	0.0586	212255	2552591	597	22	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-7	0.0672	212807	2552585	553	21	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-8	2.3964	212996	2552581	567	23	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-9	0.1811	213114	2552497	546	27	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-10	0.059	212594	2552450	538	30	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-11	0.1594	212452	2553418	641	25	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-12	0.1596	212584	2553012	572	26	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-13	0.2298	212476	2552708	559	28	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-14	0.0796	212652	2554524	972	33	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-15	0.0951	212936	2554558	1053	16	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-16	0.1059	212883	2554641	1050	18	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-17	0.46	212310	2553834	797	34	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-18	1.3403	212403	2553896	758	42	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-19	0.3889	212469	2554069	791	28	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-20	0.1028	212397	2554116	828	26	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-21	0.2959	212345	2554153	815	17	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-22	0.0617	212213	2554197	905	19	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-23	0.1959	212414	2554221	863	31	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-24	0.1701	212360	2554239	865	34	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-25	0.0525	213001	2554300	1047	29	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-26	0.2741	212256	2554303	971	34	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-27	3.261	212682	2554263	903	37	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-28	0.8670	212530	2553582	734	42	堅硬砂岩與頁岩
支流 4 (珍藍橋)-29	0.3896	212581	2552730	563	39	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-1	0.2435	212329	2552035	462	7	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-2	0.1011	212521	2551996	490	20	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-3	0.4531	212274	2551967	487	4	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-4	0.2249	212147	2551875	499	33	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-5	0.794	212030	2551742	551	37	堅硬砂岩與頁岩

註：上述資料參考水土保持局 GIS 資料及現地勘查結果編制。

表 3-5 直瀨溪集水區之崩塌地區位及概況統計表(3/4)

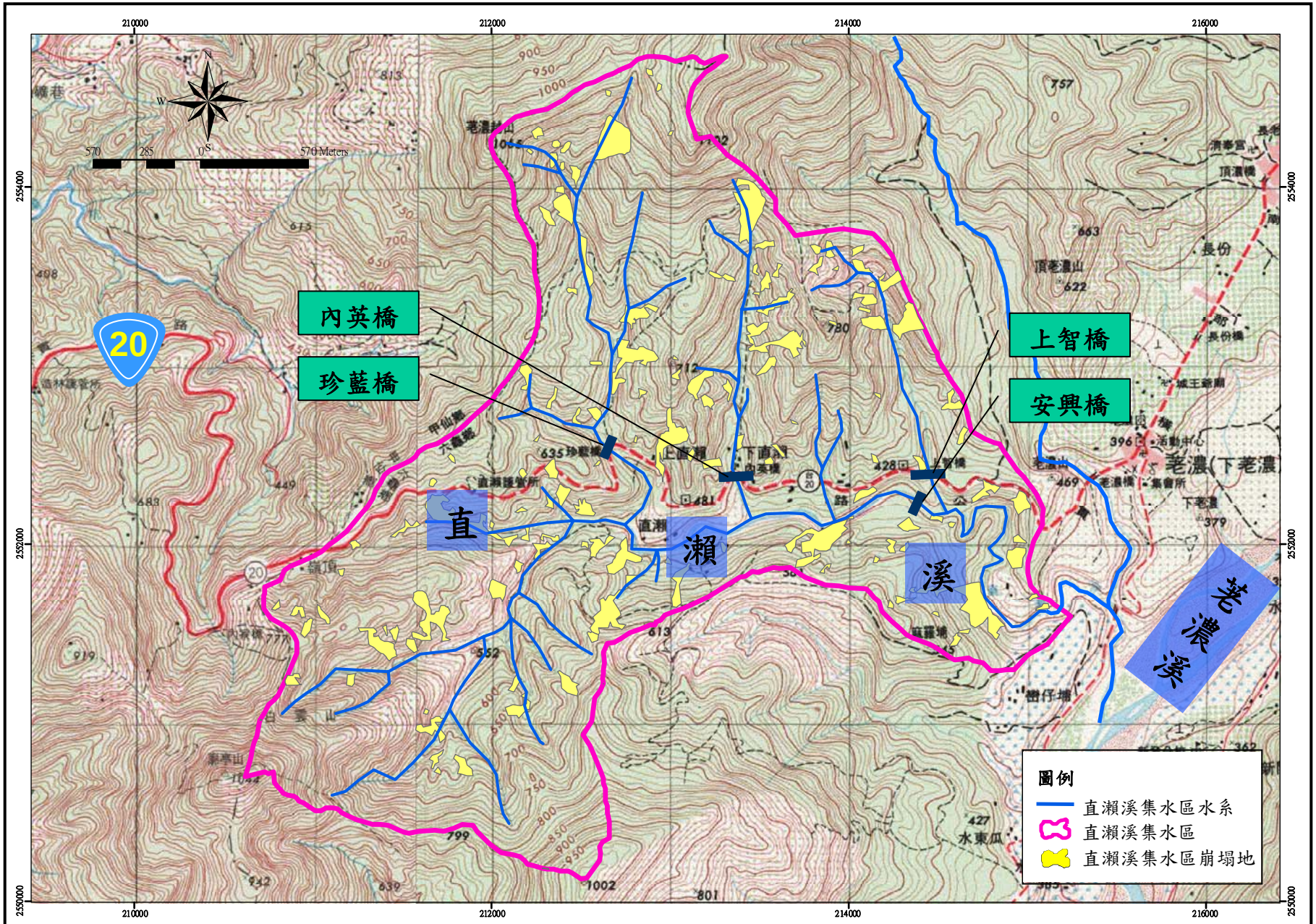
崩塌地編號	面積 (ha)	TWD67 二度分帶		高程(m)	坡度(度)	地層狀態
		X	Y			
支流 5-6	0.3186	212132	2551218	608	30	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-7	0.826	212429	2551213	681	30	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-8	0.0599	212183	2551149	580	11	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-9	0.0612	211631	2551060	615	35	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-10	0.7232	212147	2551074	602	17	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-11	0.9407	211670	2550967	579	12	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-12	0.2949	211686	2550797	626	17	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-13	0.0904	211699	2550727	642	21	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-14	0.6415	211841	2550754	653	25	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-15	0.6646	210634	2551071	791	34	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-16	0.4361	210881	2551239	765	34	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-17	0.285	211209	2551238	685	38	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-18	0.3365	211552	2551432	608	41	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-19	1.4312	211375	2551439	665	32	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-20	0.2723	211457	2551500	658	31	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-21	0.0914	211404	2551518	656	29	堅硬砂岩與頁岩
支流 5-22	2.6424	211653	2551589	643	29	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-1	0.5309	212338	2552417	547	25	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-2	0.7387	214762	2552296	389	24	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-3	0.5551	212395	2552279	525	30	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-4	0.212	212325	2552232	519	27	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-5	0.1136	212166	2552189	518	17	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-6	0.7942	214965	2552231	395	30	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-7	0.6699	212520	2552197	490	37	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-8	0.0355	214016	2552147	402	13	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-9	0.1938	214493	2552144	397	19	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-10	0.0941	214577	2552109	416	12	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-11	0.5237	214332	2552102	425	9	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-12	0.2113	212194	2552049	507	26	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-13	0.2016	214951	2552024	391	27	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-14	0.0427	213997	2552008	452	20	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-15	0.1555	214314	2551979	493	23	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-16	0.1337	213298	2551979	451	12	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-17	0.2743	214238	2551991	467	24	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-18	0.7035	212599	2551993	481	13	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-19	0.0833	214153	2551912	501	26	堅硬砂岩與頁岩

註：上述資料參考水土保持局 GIS 資料及現地勘查結果編制。

表 3-5 直瀨溪集水區之崩塌地區位及概況統計表(4/4)

崩塌地編號	面積 (ha)	TWD67 二度分帶		高程(m)	坡度(度)	地層狀態
		X	Y			
直瀨溪-20	0.0786	212989	2551902	451	12	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-21	3.4579	213825	2552012	447	37	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-22	0.9665	214937	2551926	376	30	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-23	0.1242	213870	2551865	487	15	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-24	1.5383	212733	2551918	484	32	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-25	0.2567	212776	2551800	482	20	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-26	0.0678	214358	2551743	494	24	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-27	0.4202	214462	2551738	459	19	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-28	0.1379	215043	2551706	398	19	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-29	0.2457	214301	2551688	507	31	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-30	0.9465	213046	2551764	498	31	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-31	0.0977	214235	2551658	551	13	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-32	0.1518	215091	2551648	351	21	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-33	0.0706	214489	2551609	477	20	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-34	2.2774	212647	2551604	557	26	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-35	0.1077	214650	2551507	450	26	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-36	3.5629	214729	2551638	399	33	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-37	0.2417	212567	2551480	651	12	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-38	0.2293	214599	2551461	474	28	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-39	0.4914	214085	2552280	411	29	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-40	0.1723	212173	2552395	610	27	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-41	0.3871	210963	2551530	742	32	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-42	0.3286	210918	2551620	691	31	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-43	0.2372	210559	2551636	663	36	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-44	0.297	211057	2551601	681	31	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-45	0.1307	210796	2551653	712	29	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-46	0.1893	211232	2551996	588	33	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-47	0.0646	211999	2552106	541	25	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-48	0.3936	211520	2552089	546	5	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-49	1.3453	211966	2552078	510	12	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-50	1.7008	211707	2552194	552	32	堅硬砂岩與頁岩
直瀨溪-51	0.1455	211669	2552345	643	13	堅硬砂岩與頁岩

註：上述資料參考水土保持局 GIS 資料及現地勘查結果編制。

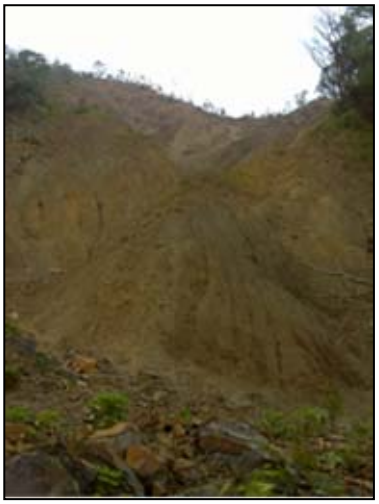


工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理 工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	直瀨溪集水區 崩塌地分佈圖	圖號 DWN.NO.	3-4

支流1(上智橋)崩-6

支流1(上智橋)崩-10

支流1(上智橋)崩-11



支流1(上智橋)崩-14

支流1(上智橋)崩-17

支流1(上智橋)崩-18

工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期 治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	支流1(上智橋) 上游崩塌地照片	圖號 DWN.NO.	3-5

支流3(內英橋)崩-1

支流3(內英橋)崩-9

支流3(內英橋)崩-11

支流3(內英橋)崩-12

支流3(內英橋)崩-13

支流3(內英橋)崩-15

支流3(內英橋)崩-16

工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期 治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	支流3(內英橋) 上游崩塌地照片	圖號 DWN.NO.	3-6

支流4(珍藍橋)崩-3

支流4(珍藍橋)崩-8

支流4(珍藍橋)崩-13

支流4(珍藍橋)崩-18

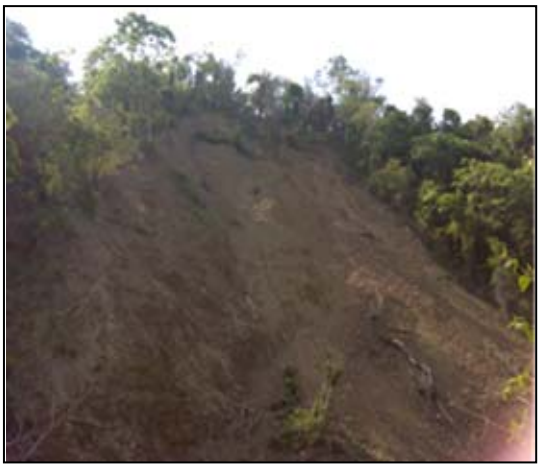
支流4(珍藍橋)崩-28

支流4(珍藍橋)崩-29

工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期 治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	支流4(珍藍橋) 上游崩塌地照片	圖號 DWN.NO.	3-7

支流5崩-1

支流5崩-3



支流5崩-4

直瀨溪(主流)崩-1

直瀨溪(主流)崩-6

直瀨溪(主流)崩-9

工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期 治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	支流5下游及 直瀨溪(主流)崩塌地照片	圖號 DWN.NO.	3-8

直瀨溪(主流)崩-7

直瀨溪(主流)崩-11

直瀨溪(主流)崩-16

直瀨溪(主流)崩-18

直瀨溪(主流)崩-21

直瀨溪(主流)崩-22

工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	直瀨溪(主流)崩塌地照片 (1/2)	圖號 DWN.NO.	3-9

直瀨溪(主流)崩-24

直瀨溪(主流)崩-30

直瀨溪(主流)崩-34

直瀨溪(主流)崩-36

直瀨溪(主流)崩-51

直瀨溪(主流)崩-52

工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	直瀨溪(主流)崩塌地照片 (2/2)	圖號 DWN.NO.	3-10

3.2.2 土石流潛勢溪流調查及分析

經查本集水區內雖無登錄之土石流潛勢溪流，但在莫拉克颱風後仍有嚴重的土石災害，故集水區內之 5 條支流即為直瀨溪主流堆積大量土石之主要來源，對保全對象台 20 線影響甚大，詳表 3-6。且依照目前堆積於溪床之石料狀況，顯示均仍十足具備發生土石流之潛勢，不可不慎。

表 3-6 直瀨溪支流疑似土石流潛勢溪流調查表

直瀨溪支流	隸屬鄉鎮	隸屬村里	TM2 座標系統		潛勢等級	潛勢溪流長度(m)	保全危害度
			Y 座標	X 座標			
支流 1 (上智橋)	六龜鄉	荖濃村	214571	2552183	高	1750	中
支流 2	六龜鄉	荖濃村	213913	2552190	中	1055	低
支流 3 (內英橋)	六龜鄉	荖濃村	213470	2552140	高	2260	高
支流 4 (珍藍橋)	六龜鄉	荖濃村	212769	2552111	中	3000	中
支流 5	六龜鄉	荖濃村	212419	2552104	中	2695	中

註：本資料節錄自 GIS 及現勘調查擬定。

3.2.3 泥砂量調查

1.崩塌土石量

直瀨溪集水區由於地質條件與自然沖蝕影響，造成崩塌及坡面水土保持不佳等問題，導致泥砂土石大量產生，這些土石被雨水逕流由坡面匯集至野溪或蝕溝，再由野溪或蝕溝之河水沖刷下移至主流河道，最後於河道內堆積或下移至下游地區而形成土石災害，未來應防止土砂下移為土石災害治理之重點。

在泥砂生產量中有關崩塌土石流失量的計算，其推估之數量依據表 3-7 顯示直瀨溪集水區內崩塌地總崩塌土石方量為 2,215,800 m^3 (註：由於莫拉克風災使得集水區內各處崩塌災情相當嚴重，故崩塌地之崩塌深度皆以 3m 計算)。

表 3-7 直瀨溪集水區崩塌地崩塌數量推估表

子集水分區	崩塌地數量(處)	崩塌地面積(ha)	推估崩塌深度(m)	推估崩塌土石方量(m^3)
支流 1(上智溪)	18	7.40	3	222,000
支流 2	3	0.41	3	12,300
支流 3(內英溪)	17	11.78	3	353,400
支流 4(珍藍溪)	29	14.99	3	449,700
支流 5	22	11.93	3	357,900
直瀨溪其它集水區	53	27.35	3	820,500
總合	142	73.86	-	2,215,800

註：上述資料參考水土保持局 GIS 資料及現地勘查結果分析統計。

2.土壤沖蝕量

依據水土保持技術規範規定山坡地土壤流失量之估算得採用通用土壤流失公式(Universal Soil Loss Equation,USLE)，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
S ：坡度因子
C ：覆蓋與管理因子
P ：水土保持處理因子

A.降雨沖蝕指數(Rm)

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 3-8。由表可得直瀨溪 (以土壟為代表) 降雨沖蝕指

數值 Rm 為 24470。

表 3-8 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		

B.土壤沖蝕指數(Km)

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。關於直瀨溪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，詳表 3-9。則按水土保持手冊之六龜(KH-7)地區推估所得 Km 值約為 0.0448。

表 3-9 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	0.0250
	六龜(KH-7)	0.0448	嶺口	0.0250
	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	0.0250
	燕巢	0.0134	鳳山	0.0421

C.坡長因子(L)

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=(I/22.13) m；式中 I 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。

D.坡度因子(S)

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：$S=65.41\sin^2\theta+4.56\sin\theta+0.065$ 計算而得。

E.覆蓋與管理因子(C)

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 3-10。

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 3-10 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

F.水土保持處理因子(P)

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。

G.土壤沖蝕量

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。

經此計算直瀨溪內各支流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，可換算每年土壤沖蝕量如后表 3-11，直瀨溪集水區每年約有 34,354 m^3之量。

表 3-11 直瀨溪集水區之土壤沖蝕量推估表

子分集水區	集水區面積(ha)	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 (ton/ha/yr)	表土沖蝕量 (m^3/yr)
支流 1(上智溪)	75.98	24470	0.0448	2.126	10.78	0.005	0.50	62.81	2,651
支流 2	23.43	24470	0.0448	2.126	10.78	0.005	0.50	62.81	818
支流 3(內英溪)	108.10	24470	0.0448	2.126	10.78	0.005	0.50	62.81	3,772
支流 4(珍藍溪)	217.96	24470	0.0448	2.126	10.78	0.005	0.50	62.81	7,605
支流 5	250.72	24470	0.0448	2.126	10.78	0.005	0.50	62.81	8,748
直瀨溪其它集水區	308.37	24470	0.0448	2.126	10.78	0.005	0.50	62.81	10,760
總合	984.56	-	-	-	-	-	-	-	34,354

註：上述資料參考水土保持手冊，並依集水區特性估算。

3.2.4 土砂收支分析

1.泥砂遞移率(SDR)

集水區內由於地質條件與自然沖蝕影響，導致泥砂土石大量產生，而被雨水逕流由坡面傳輸至下游出口處者，稱為集水區泥砂產出量，即代表某一時間內所量測到由集水區流出且通過某一斷面之總泥砂出流量，此與集水區總沖蝕量不同。而在某時段內通過特定斷面之實測輸砂量，與該斷面上游流域總沖蝕量之比，即可稱為泥砂遞移率(SDR)。

$$SDR = \frac{\text{通過特定斷面之總泥砂出流量}}{\text{特定斷面上游流域集水區總沖蝕量}}$$

土砂遞移可視為研究集水區內沖刷現象與土砂產量相關性的關鍵，而泥砂遞移率則是可用以解釋集水區內土砂從沖刷、輸送到堆積的一個簡化過程，但前提是需以整體集水區做考量，才能整合各種泥砂輸送的作用機制。此外，由於泥砂產量及沖蝕量等均已說明其時間

及空間上的範圍，故在泥砂遞移率的定義上，對此不須做過多的限制與修正。

有關泥砂遞移率的研究相當廣泛，大多數乃以推求適合某區域性的 SDR 經驗公式為主，國內外歷年研究成果詳如表 3-12。其中，以台灣地區為研究區域的經驗公式有 5 組，但以適用區域的廣泛度而言則以陳樹群、賴益成(2006)之公式較其他為佳。直瀨溪集水區之泥砂遞移率及土砂遞移量計算成果如表 3-13。

表 3-12 國內外泥砂遞移率(SDR)公式研究成果列表

地區	泥砂遞移率(SDR)公式	學者
台灣地區 10 座在槽水庫	$SDR = 249.14A^{-0.316}$ $SDR = 126.22A^{-0.35}S^{0.22}$	陳樹群、賴益成(2006)
台灣德基水庫	$SDR = 574.38 + 0.022A - 179(S_a / S) - 0.648C$	吳宗寶(1994)
台灣石門水庫	$SDR = 334 - 84(S_a / S) - 325C + 37.5(V_c / Q_{st})$	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)
Pigeon Roost Creek,Mississippi, U.S.	$SDR = 0.488 - 0.006A + 0.010RO$	Mutchler & Bowie(1976)
Texas, U.S.	$SDR = 1.366 * 10^{-11} A^{-0.1} R / L^{0.363} CN^{5.444}$	Williams(1977)
Brushy Creek,Texas, U.S.	$SDR = 0.627Sa^{0.403}$	Williams & Berndt(1972)

附註：R/L：起伏量比，R：起伏量，L：主河長，A：集水區面積，B_r：分岔比，S_a：主流坡度，CN：SCS curve number ，RO：年逕流量，R_c：河川密度，S_a：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。

表 3-13 直瀨溪集水區泥砂遞移率計算表

子集水分區	面積(km^2)	平均坡度(%)	泥沙遞移率 SDR(%)	土砂遞移量 (m^3)
支流 1(上智溪)	0.76	19	96.43	216,630
支流 2	0.23	30	100.00	13,118
支流 3(內英溪)	1.08	30	94.24	336,615
支流 4(珍藍溪)	2.18	19	66.68	304,950
支流 5	2.51	23	66.22	242,796
直瀨溪其它集水區	3.08	40	69.57	578,286
合計				1,629,394

註：上述資料參考水土保持局 GIS 資料及現地勘查結果分析統計。

2.河道輸砂產量

針對河道泥砂產量之推估，依據水土保持技術規範本計畫採何黃氏(1992)公式進行計算，其計算方式如下，計算成果如表 3-14：

$$q_B = 0.4383S^{1.41}(q - q_c)$$

$$q_c = 1.259*10^{-7}*D_g^{1.56}*S^{-1}$$

$$D_g = \frac{D}{\left[\frac{v^2}{\left(\sigma/\rho - 1\right)g}\right]^{1/3}}$$

q_B：單位河寬河床載運移量(cms/m)。

S：河床坡度(%)。

q：單位河寬流量(cms/m)。

q_c：單位河寬之河床載啟動流量(cms/m)。

D_g：河床之無因次粒徑。

D：河床載之粒徑(公尺)，一般可以 D50 代表。

σ：泥砂密度，一般石英砂約為 2650(kg/m^3)。

ρ：水密度，水溫 20°C 時約為 1000(kg/m^3)。

v：水之動黏滯係數，水溫 20°C 時為$1.0*10^{-6}m^2/\sec$。

g：重力加速度，一般$g=9.8m/\sec^2$。

3.土砂收支模式

集水區的土砂收支可由集水區內之土砂生產量、流出量及淤積量間的守恆關係探討，如圖 3-11 所示。依據圖中顯示，集水區的土砂生產包含了土壤沖蝕量、崩塌土砂量及河道堆積土砂量，而出流量則為土砂生產量與受洪流或土石流輸送至集水區下游出口處總土砂量之差值，此差值亦可表示為本集水區之淤積量或沖刷量，其可能包含坡面及河溪淤積量、工程構造物貯砂量等。由集水區之土砂收支分析可清楚掌握集水區內各種土砂生產及流出量，並可藉此評估規劃各種水土保持措施。依據表 3-14 顯示，集水區之土砂出流量為-790,814 m³，表示河道輸砂量不足以將土砂生產量輸送至集水區下游出口處，進而產生淤積，此結果與本集水區於莫拉克災後產生龐大淤積量之現況相符。

表 3-14 直瀨溪集水區之土砂收支推估表

泥砂遞移量(m^3) (a)	集水區 平均坡度(%)	河道輸砂量(m^3/y) (b)	土砂收支量(m^3) (a-b)	集水區內尚餘土石量(m^3)
1,629,394	6	901,580	- 790,814	790,814

註：上述資料參考水土保持手冊，並依集水區特性估算。

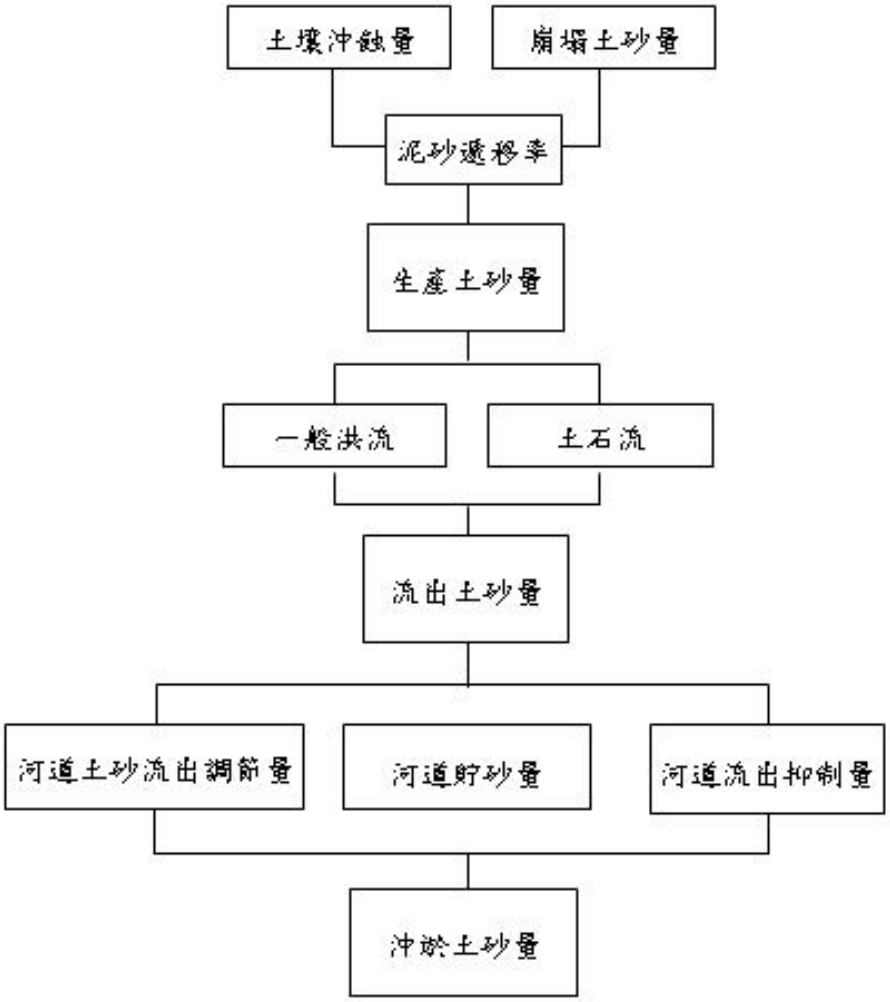


圖 3-11 土砂收支分析圖

4.容許流砂量

在泥砂生產量中有關崩塌土石流失量，將依上述估算崩塌地之面積及現場勘查推估所得之崩塌土石量估算,其推估之數量顯示由表 3-7 可知直瀨溪集水區為 2,215,800m^3。表土流失量則依表 3-11 之說明在直瀨溪集水區為 34,354 m^3。

容許流砂量則採用吳建民(1978)利用台灣河川流量及含砂量測站求得之集水區容許流砂量推估式:

$$Q_s = 1850\left(Q \times 10^{-6}\right)^{1.11}$$

式中，Q_s 為年容許流砂量(ton)

Q 為年淨流量(m^3)

由於本集水區內並無完整之流量記錄，故以荖濃溪主流位於本集水區域下游面新發大橋站之歷年流量紀錄為資料，以此推估集水區之年平均逕流量，可詳表 3-15。依據經濟部水利署 1956～2009 年共 53 年水文年報資料，新發大橋站之歷年平均年逕流量為 24,542.92cms(集水區面積共為 984.6 公頃)，以此推得比流量為 24.93cms/ha，以此計算本集水區之年平均淨流量為 24,542.92m^3，因此，年平均容許流砂量為 30.2ton。以泥砂比重 1.8 計，得出集水區之年容許流砂量約為 16,777m^3。依此結果作為後續整體集水區整治率推估之參考值。

表 3-15 1956~2009 年新發大橋測站歷年流量資料一覽表(1/2)

年\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總計
1956	*	*	*	225.1	395.8	*	*	*	11306.1	*	*	*	11927
1958	*	422.9	540.1	543.2	1039.9	2711.1	5873.5	2370.6	2599.9	1871.8	751.6	457.0	19182
1959	369.9	309.4	314.5	692.0	1105.1	6268.3	3752.1	10853.3	5851.0	1139.1	751.4	472.5	31879
1960	319.5	232.6	275.7	573.6	1321.4	5986.0	1460.6	14728.0	3205.8	992.0	511.2	379.2	29986
1961	332.3	309.2	492.2	738.1	3336.0	2371.7	2731.3	4903.3	5854.8	1828.3	662.4	400.2	23960
1962	312.8	230.5	479.6	690.3	417.8	754.7	4807.6	6765.0	7542.0	3711.0	930.8	515.1	27157
1963	330.3	252.2	232.5	189.8	291.1	646.9	5998.9	1951.5	10300.9	1162.0	588.7	409.9	22355
1964	567.8	644.4	412.0	301.0	412.7	3798.4	1346.7	3269.9	2056.9	1562.4	735.9	492.3	15600
1965	365.1	282.4	278.1	263.5	1158.3	4701.4	5256.0	8589.4	1820.0	1314.1	773.0	479.2	25280
1966	378.4	344.9	712.3	598.9	1954.5	14256.2	4727.7	8344.4	2573.6	1011.3	557.0	396.6	35856
1967	351.5	276.2	288.1	404.6	2868.2	4008.4	2813.7	1800.8	1587.0	1651.2	870.3	481.9	17402
1968	398.0	738.6	1176.7	1506.3	2683.3	8253.1	5192.5	3158.5	4732.6	4407.9	748.6	462.9	33459
1969	373.3	292.7	424.2	551.2	1404.9	9256.9	3240.9	3577.3	4821.6	2465.0	653.2	436.9	27498
1970	418.5	287.1	462.6	355.9	1378.7	1214.6	2678.2	1213.9	4224.7	2009.8	751.4	577.2	15573
1971	434.3	358.7	373.0	314.9	393.9	3734.6	4258.5	2544.1	6685.7	2176.5	1050.5	624.3	22949
1972	1186.1	679.7	639.8	699.4	5484.8	14165.0	4256.7	11836.0	1831.1	1147.3	754.2	631.6	43312
1973	586.2	472.7	511.8	1035.8	852.7	4672.9	7223.8	4851.2	3022.5	4507.9	1143.0	686.5	29567
1974	500.8	441.3	540.6	722.5	1406.2	8278.0	2230.4	4228.3	2821.3	4112.7	2404.9	801.4	28488
1975	945.3	611.3	965.8	959.0	1978.7	8698.9	2517.3	10922.6	4494.3	3385.5	900.1	694.9	37074
1976	561.3	361.4	393.1	286.8	4253.9	3296.1	12894.6	4861.5	2132.1	1432.2	648.3	442.8	31564
1977	385.8	308.5	287.1	265.4	1876.5	13881.0	7708.5	8621.7	3048.2	2143.7	752.2	548.9	39828
1978	427.0	435.3	1640.4	1926.6	3665.5	2439.4	1588.3	10346.0	2185.8	1432.1	921.1	490.2	27498
1979	458.9	282.2	405.7	349.6	2049.7	5165.7	1401.1	13012.3	3451.2	824.9	525.5	392.1	28319
1980	304.1	333.9	279.7	299.7	490.9	442.2	488.4	2195.9	2334.2	800.4	481.0	370.5	8821
1981	285.2	197.0	736.7	549.3	1145.8	8720.0	3920.0	2396.4	11382.0	1568.6	494.3	360.8	31756
1982	296.1	231.3	490.5	411.4	1794.5	4547.6	7176.3	8137.3	1691.4	725.8	467.2	396.8	26366
1983	408.2	1631.3	3164.6	2361.1	3320.0	5373.6	1185.4	2079.5	1897.6	602.7	438.7	384.6	22847
1984	303.4	261.3	488.5	827.1	3815.2	3784.3	2249.4	2451.2	2083.6	745.9	492.5	361.2	17864
1985	318.8	726.5	560.2	648.2	1618.6	6890.0	2378.6	5127.9	2992.0	893.5	385.2	294.1	22834
1986	351.9	322.0	492.6	375.2	3294.3	3901.9	2899.7	1828.7	2274.4	986.5	508.8	371.6	17608
1987	271.4	219.2	348.9	664.8	571.0	2169.1	5536.3	1971.5	4996.8	2163.9	993.5	535.2	20442
1988	387.4	318.6	376.2	1055.7	2136.3	2171.5	780.6	6293.9	1719.7	1676.9	835.0	546.3	18298

註：以上資料採用經濟部水利署「水文資料網」新發大橋站歷年流量統計資料，*代表缺資料。

表 3-15 1956~2009 年新發大橋測站歷年流量資料一覽表(2/2)

年\月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總計
1989	431.7	314.9	397.7	1175.7	1170.8	2095.0	3909.9	2359.8	6010.8	1642.2	645.8	534.3	20689
1990	540.0	373.8	705.3	4069.1	1624.3	7049.3	2062.6	9524.1	3973.4	1002.9	510.0	318.5	31753
1991	248.7	242.9	260.1	232.3	545.2	5457.9	3974.5	2497.1	1117.0	1189.0	770.1	549.2	17084
1992	611.6	1527.8	1640.9	3859.6	1593.0	1202.7	3121.0	3363.6	6116.9	1096.4	557.4	418.6	25110
1993	359.0	286.4	425.4	393.6	1432.8	4651.8	837.3	709.9	721.2	582.3	433.9	375.0	11209
1994	304.7	486.9	502.3	357.2	1132.8	1736.3	2344.3	9033.6	1049.3	806.8	443.9	307.9	18506
1995	268.5	325.5	751.9	816.4	960.9	4298.3	1159.8	1876.8	1499.0	676.0	455.1	304.0	13392
1996	263.2	248.0	220.0	558.2	2339.3	1244.1	2105.3	8440.8	1045.8	793.4	1052.1	451.8	18762
1997	413.6	587.2	758.2	723.8	1131.5	3501.2	2804.1	3379.5	2796.0	766.2	385.9	324.5	17572
1998	442.8	727.7	2750.6	1357.5	1510.9	10688.8	1037.4	2032.6	1400.1	4382.2	1578.7	644.9	28554
1999	491.1	325.5	312.7	317.4	3561.3	4389.2	3295.2	8418.9	1425.2	1387.0	647.0	544.6	25115
2000	425.6	597.4	852.8	908.7	1705.0	2395.4	2270.5	5226.7	2231.5	1036.0	2084.2	526.5	20260
2001	490.0	407.1	427.5	639.2	2488.3	4424.5	4519.2	2311.0	4789.0	3994.3	734.4	452.6	25677
2002	454.5	330.9	288.3	174.1	804.6	1948.5	2270.7	2489.3	853.2	949.8	780.2	709.7	12054
2003	334.2	302.0	361.4	395.3	360.5	3060.4	1716.4	1126.2	3968.1	1467.0	839.9	622.9	14554
2004	505.0	648.1	549.0	644.7	1482.0	2750.3	9311.0	2783.7	5048.0	1704.0	899.4	2360.9	28686
2005	942.1	888.0	5335.1	6680.1	7302.7	7768.9	7701.8	8173.1	2522.5	3264.1	1000.8	641.8	52221
2006	527.3	372.9	346.8	1712.7	3992.9	5781.2	4980.8	2779.6	2197.0	987.5	503.0	371.2	24553
2007	135.4	49.9	184.5	207.9	638.6	2929.5	472.1	4909.6	3725.7	6757.0	7433.6	5813.6	33257
2008	1560.0	134.5	92.7	281.6	274.7	2496.8	6569.3	4152.9	5923.8	3737.9	2889.0	2040.1	30153
2009	1015.3	460.4	428.3	616.8	344.7	1243.9	2343.0	*	*	*	*	*	6453
平均	464.6	431.8	699.5	909.3	1844.6	4763.0	3641.9	5114.1	3463.3	1856.4	943.6	651.1	24543

註：以上資料採用經濟部水利署「水文資料網」新發大橋站歷年流量統計資料，*代表缺資料。

3.3 水土保持調查及分析

本集水區內位於直瀨溪北側之各野溪下游處均係與台 20 線橫交，加上台 20 線為本集水區內主要的交通聯外道路，因此台 20 線是本集水區內重要的保全設施，若有土石流災害或邊坡坍方等情形，將勢必影響沿線保全人口之交通安全與妨礙救災工作之進行。目前台 20 線路幅約有 6~9 公尺，沿線有多處沖蝕溝及排水箱涵，經莫拉克風災後有多處沖蝕溝產生源頭崩塌及溪床兩側淘刷擴大等情形，另大量土石下移亦堵塞排水箱涵。所幸經風災後搶修，沿線路況尚稱良好，但仍有局部路段路面缺乏良好之縱橫向排水，若再有大雨來襲，恐將使得雨水沿著沖蝕溝向道路沖蝕，造成道路路面及基礎箱涵破壞、路基流失等情形。

為期治山防洪需求，本集水區之整體治理考量應導入防砂與生態治理工法設計並重之原則與手法並配合農村觀光建設之需求，辦理整治工程規劃設計作業。以下茲分別說明本集水區坡面沖蝕及道路排水問題癥結如後述：

1. 坡地沖蝕問題

本集水區多為桂竹林層及砂頁岩互層，地質破碎鬆散，經莫拉克颱風災後，直瀨溪沿岸新增多處崩塌地，尤其位於河道轉彎處，溪床邊坡崩塌嚴重，台 20 線道路路基流失，由現場調查顯示，新增多數小型沖蝕溝其寬度約在 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之土石易形成下游泥砂災害之重要因素。

2.道路水土保持問題

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

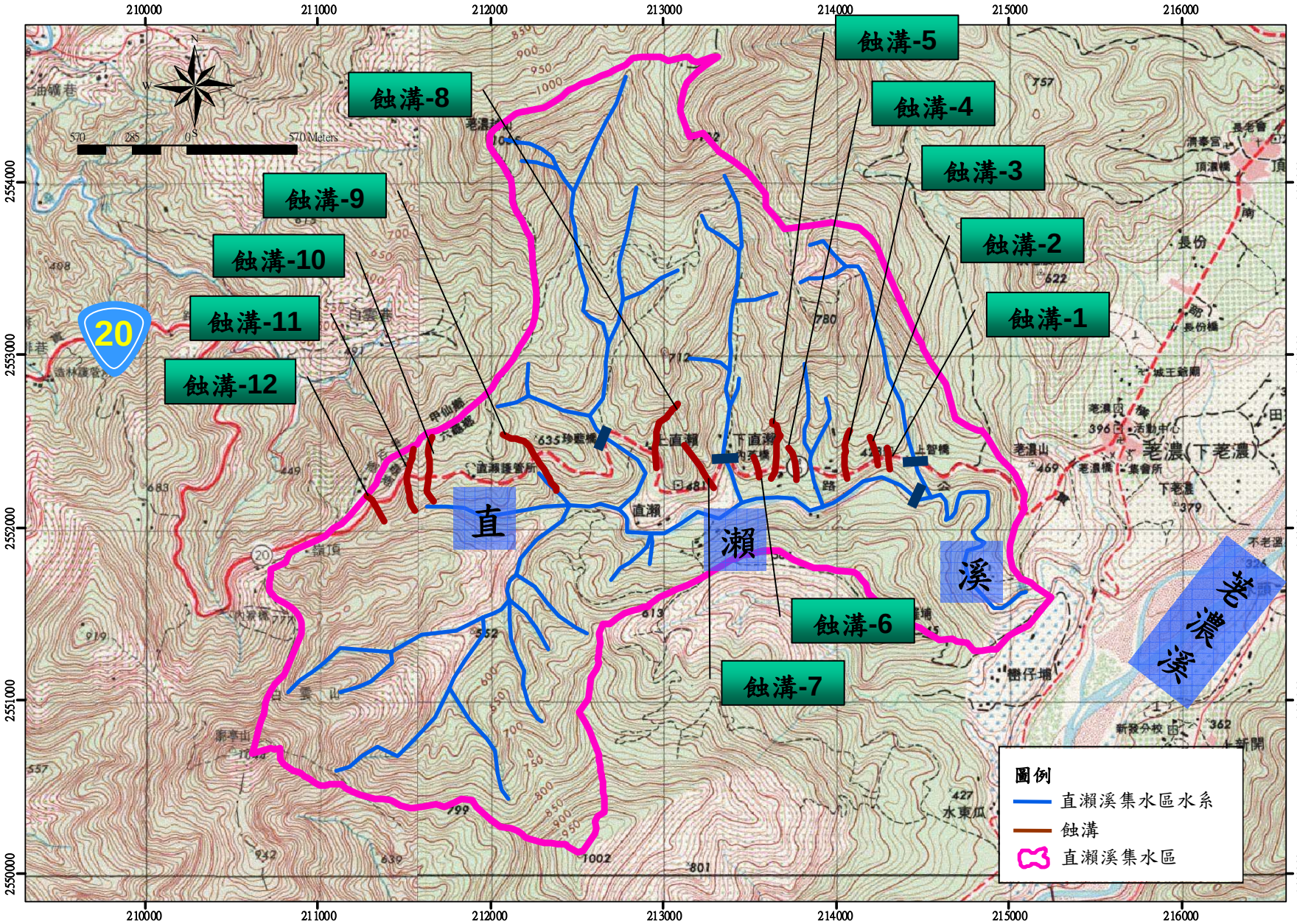
地質不良、土層鬆動導致下邊坡滑動崩塌而使路基破壞，另外則因道路緊鄰河道，由於河道沖刷造成下邊坡路基淘空。蝕溝調查詳表 3-16 及其分佈詳圖 3-12。

綜合前述有關本集水區內之坡地及道路水土保持等相關調查成果後，區內台 20 線於莫拉克颱風災後部分路段道路路基淘刷流失，且因雨水逕流沖蝕而造成路面及下邊坡損壞之情形，應謀改善措施。

表 3-16 直瀨溪集水區內沖蝕溝區位及概況統計表

蝕溝編號	TM2 座標系統		長度(m)	坡度	過路通水斷面積(m^2)
	X 座標	Y 座標			
1	214277	2552453	125.8	0.56	1.20
2	214162	2552414	171.6	0.47	7.07
3	214027	2552311	290.8	0.28	8.04
4	213724	2552380	195.7	0.26	1.00
5	213612	2552368	361.5	0.36	9.00
6	213535	2552333	118.4	0.42	2.56
7	213234	2552278	298.5	0.34	9.00
8	212918	2552428	424.2	0.31	12.00
9	212235	2552434	482.5	0.37	4.62
10	211642	2552305	388.3	0.36	7.07
11	211502	2552321	370.1	0.35	8.70
12	211354	2552184	179.3	0.45	1.13

註：上述資料參考水土保持局 GIS 資料及現地勘查結果編制。



工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理 工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	直瀨溪集水區 沖蝕溝分佈圖	圖號 DWN.NO.	3-12

3.4 河道斷面檢討及分析

河道斷面檢討及分析首先須進行水文分析再進行水理分析，整體作業流程詳如下圖 3-13 所示，詳細說明詳後各節。

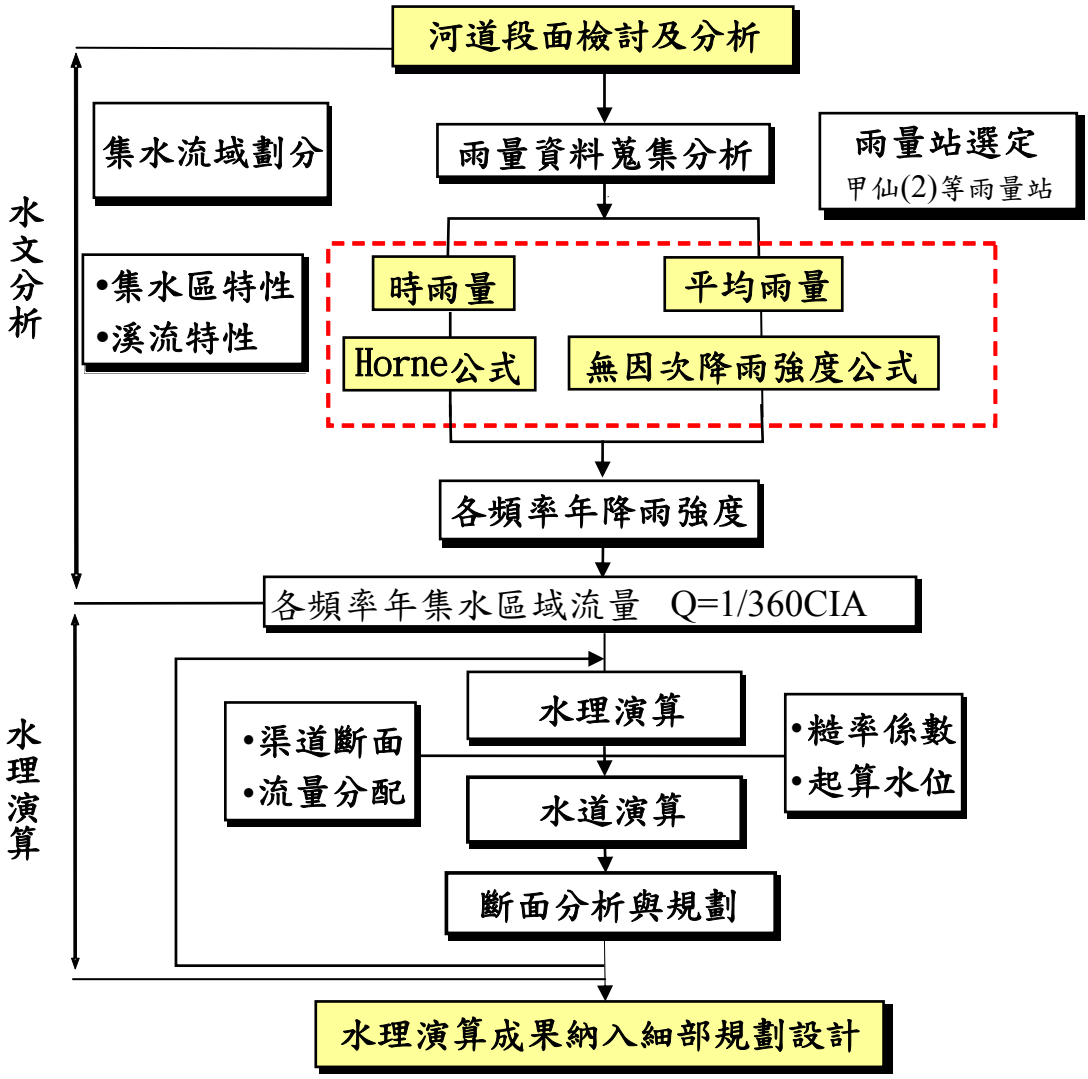


圖 3-13 整體水文水理演算步驟分析圖

3.4.1 水文分析

1. 氣象資料蒐集

由氣象站取得包括有該區氣溫資料、相對溼度、蒸發量以及風向、風速等相關資料。

2. 雨量分析

降雨因素是影響本集水區災害發生很重要的指標，查明集水區內外的雨量站分佈狀況，進而運用其雨量觀測資料的統計分析或利用水土保持手冊之暴雨頻率分析結果，進行本集水區的水文分析作業。與本集水區鄰近相關雨量站共計有三～四個雨量站，其中，經徐昇氏法劃分影響本集水區之雨量站，僅有甲仙(2)雨量站，甲仙(2)雨量站歷年降雨量統計彙整如前表 2-7。各相關雨量測站位置與分析範圍及集水區之關係亦詳前圖 2-5。依以上分析結果，代表本直瀨溪集水區之年平均降雨量為 2868.4mm。

3. 洪峰流量推估

另外本集水區內並無流量站之設置，因此無法以洪水歷線直接推導單位流量歷線以分析洪水量。為此，擬採用一般適用於小集水區（小於 1000ha）普遍採用之合理化公式與單位歷線法針對本集水區進行洪峰流量推演。惟本集水區各支流的子集水分區面積並未超過 1,000 公頃，因此當進行各子集水分區之溪流整治規劃作業時，其水文暨水理演算依據，選擇採用水土保持工程一般所經常使用之合理化公式進行洪峰流量 Q 值之估算。茲列具合理化公式如後表 3-17。另進行洪峰流量演算前，有關各個子集水分區之集流時間(tc)與降雨強度(I)說明如後：

表 3-17 合理化公式

公　　式	說　　明
$Q = \frac{1}{360} CIA$	Q = 洪峰流量（CMS） C = 逕流係數 I = 降雨強度（mm/hr） A = 集水面積（ha）

(1)清水流洪峰流量估算

A.集流時間 tc 估算

集流時間為指逕流由集水區最遠之一點到達集水區出口所需時間，為流入時間與流下時間之和，其計算公式如下，計算表詳見附錄一：

表 3-18 集流時間計算公式

公式	說明
$t_c = t_1 + t_2$ $t_1 = l / v$	t_c=集流時間(小時) t_1=流入時間 (雨水經地表面由集水區邊界流至河道所需時間)(小時) t_2=流下時間 (雨水經河道由上游至下游所需時間)(小時) l=漫地流動長度 v=漫地流流速(一般採用 0.3-0.6m/sec)

流下時間之估算可以 Rziha 經驗公式，或參考美國加州公路局公式選定。

表 3-19 流下時間計算公式比較

i.Rziha 修正式	ii.美國加州公路局式
$t_2 = L / W$ $W = 72(H/L)^{0.6}$ ， 式 中 W =洪流傳播速度（km/hr） L =流域最遠點至推算站之河道長度（km） H =流域最高點與推算站之高度差（km）	$t_2 = \left(\frac{0.87 \times L^3}{H}\right)^{0.385}$ ， 式中 L =流域最遠點至推算站之河道長度（km） H =流域最高點與推算站之高度差（m）

分別依 Rziha 公式及美國加州公路局公式計算流下時間供比較選用。估算直瀨溪集水區各子集水分區的集流時間成果，詳如表 3-20。為符合較保守安全的規劃設計準則，採用依 Rziha 公式計算所得結果，作為各子集水分區的集流時間 tc 之依據。

表 3-20 直瀨溪集水區各子集水分區集流時間 tc 估算一覽表(1/2)

支流 1 (上智橋)	漫地流流動長度 l(m)		50	
	漫地流流速 v(m/s)		0.6	
	流入時間 t_1(sec)		83	
	Ⅰ. Rziha 修正式		Ⅱ. 美國加州公路局式	
	高程差 H(m)	350.0	河道長度 L(m)	1800.00
	溪流長度 L(m)	1800.00	高程差 H(m)	350.0
	洪流傳播速度 W(m/s)	7.49	流下時間 t'(sec)	571.60
	流下時間 t_2(sec)	240.42		
	集流時間 t_c(min)	5.40	集流時間 t_c(min)	10.92
支流 2	漫地流流動長度 l(m)		50	
	漫地流流速 v(m/s)		0.6	
	流入時間 t_1(sec)		83	
	Ⅰ. Rziha 修正式		Ⅱ. 美國加州公路局式	
	高程差 H(m)	300.0	河道長度 L(m)	995.00
	溪流長度 L(m)	995.00	高程差 H(m)	300.0
	洪流傳播速度 W(m/s)	9.74	流下時間 t'(sec)	305.85
	流下時間 t_2(sec)	102.14		
	集流時間 t_c(min)	3.09	集流時間 t_c(min)	6.49
支流 3 (內英橋)	漫地流流動長度 l(m)		50	
	漫地流流速 v(m/s)		0.6	
	流入時間 t_1(sec)		83	
	Ⅰ. Rziha 修正式		Ⅱ. 美國加州公路局式	
	高程差 H(m)	682.0	河道長度 L(m)	2255.00
	溪流長度 L(m)	2255.00	高程差 H(m)	682.0
	洪流傳播速度 W(m/s)	9.76	流下時間 t'(sec)	573.58
	流下時間 t_2(sec)	231.06		
	集流時間 t_c(min)	5.24	集流時間 t_c(min)	10.95

註：以上資料按直瀨溪集水區各子集水分區地文特性分析估算。

表 3-20 直瀨溪集水區各子集水分區集流時間 tc 估算一覽表(2/2)

支流 4 (珍藍溪)	漫地流流動長度 l(m)		50	
	漫地流流速 v(m/s)		0.6	
	流入時間 t_1(sec)		83	
	Ⅰ. Rziha 修正式		Ⅱ. 美國加州公路局式	
	高程差 H(m)	560.0	河道長度 L(m)	2970.00
	溪流長度 L(m)	2970.00	高程差 H(m)	560.0
	洪流傳播速度 W(m/s)	7.35	流下時間 t'(sec)	850.54
	流下時間 t_2(sec)	404.08		
	集流時間 t_c(min)	8.12	集流時間 t_c(min)	15.56
支流 5	漫地流流動長度 l(m)		50	
	漫地流流速 v(m/s)		0.6	
	流入時間 t_1(sec)		83	
	Ⅰ. Rziha 修正式		Ⅱ. 美國加州公路局式	
	高程差 H(m)	594.0	河道長度 L(m)	2630.00
	溪流長度 L(m)	2630.00	高程差 H(m)	594.0
	洪流傳播速度 W(m/s)	8.19	流下時間 t'(sec)	722.53
	流下時間 t_2(sec)	321.09		
	集流時間 t_c(min)	6.74	集流時間 t_c(min)	13.43

註：以上資料按直瀨溪集水區各子集水分區地文特性分析估算。

B.降雨強度 I 之推估

有關降雨強度之推估有兩種主要方法，分別為「Horner 降雨強度公式」及「無因次降雨強度公式」以推估不同設計頻率年的降雨強度。

Horner 公式可表示為 $$I_t = \frac{a}{(t+b)^c}$$

式中 I_t 為平均降雨強度(mm/hr)；t 為降雨延時(min)。台灣南部地區甲仙(2)雨量站 Horner 公式係數 a、b、c，以及相關係數如表 3-21 所列，按前述分析所得代表之係數代入 Horner 公式計算可得甲仙(2)雨量站不同重限期之 Horner 降雨強度值，計算結果如表 3-22。

表 3-21 台灣南部地區甲仙(2)雨量站 Horner 公式係數與相關係數一覽表

流域名稱	雨量站名	重限期 / 參數	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
高屏溪	甲仙(2)	a	665.81	858.12	1032.52	1305.77	1552.73	1841.21	2177.93
		b	2.3	0.17	-0.56	-1.12	-1.37	-1.52	-1.61
		c	0.5467	0.5417	0.5475	0.5598	0.5712	0.5837	0.5971
		R^2	0.9978	0.9919	0.986	0.977	0.9693	0.9611	0.9523

註：資料來源為經濟部水資局「水文設計應用手冊」，90 年 12 月

表 3-22 甲仙(2)雨量站不同重限期之 Horner 降雨強度(mm/hr)

重限期 / 降雨延時	2 年	5 年	10 年	25 年	50 年	100 年	200 年
10(min)	168.85	244.28	302.07	384.54	453.36	528.69	611.60
30(min)	99.60	135.54	162.05	198.71	228.54	260.67	295.36
60(min)	69.55	93.25	110.30	133.36	151.76	171.28	192.03
90(min)	56.10	74.90	88.19	105.91	119.85	134.50	149.92
120(min)	48.10	64.11	75.28	90.00	101.46	113.43	125.91
180(min)	38.67	51.48	60.24	71.59	80.31	89.30	98.57
360(min)	26.56	35.37	41.18	48.48	53.94	59.44	64.99
720(min)	18.22	24.30	28.16	32.86	36.26	39.61	42.91
1440(min)	12.48	16.70	19.27	22.28	24.39	26.41	28.34
2880(min)	8.55	11.47	13.18	15.11	16.41	17.62	18.73

註：上表資料為採 Horner 降雨公式分析統計。

依據「水土保持技術規範」之「無因次降雨強度公式」推估各設計頻率年的降雨強度，有關「無因次降雨強度」公式說明如后表 3-23。按前述分析所得代表各子集水分區的年平均降雨量值 2868.4mm 及表 3-20 所得各子集水分區之集流時間(tc)值，代入無因次降雨強度公式，可得各子集水分區之不同設計頻率年的降雨強度，詳見表 3-24。

「Horner 降雨強度公式」及「無因次降雨強度公式」推估結果以「無因次降雨強度公式」較為保守，故本設計規劃將採用「無因次降雨強度公式」推估後續計算。

表 3-23 無因次降雨強度公式說明表

無因次降雨強度公式說明	
$I_t^T / I_{60}^{25} = (G + H \log T) \times A / (t + B)^C$	
$I_{60}^{25} = [P/(25.29+0.094P)]^2$	$C = [P/(-381.71+1.45P)]^2$
$A = [P/(-189.96+0.31P)]^2$	$G = [P/(42.89+1.33P)]^2$
$B = 55$	$H = [P/(-65.33+1.836P)]^2$
T =重現期距(年) t =降雨延時或集流時間(分) I_t^T =重現期距 T 年，降雨延時 t 分鐘之降雨強度(公厘/小時) P =年平均降雨量(公厘) A、B、C、G、H 為係數	

表 3-24 直瀨溪集水區內各子集水分區降雨強度估算表(1/2)

	頻率年	無因次降雨強度公式					
		A	B	C	G	H	I(mm/hr)
支流 1(上智橋) Tc=5.4 min	2	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	96.40
	5	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	114.51
	10	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	128.21
	25	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	146.31
	50	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	160.01
	100	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	173.71
	頻率年	無因次降雨強度公式					
		A	B	C	G	H	I(mm/hr)
支流 2 Tc=3.09 min	2	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	98.59
	5	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	117.11
	10	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	131.12
	25	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	149.64
	50	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	163.65
	100	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	177.66
	頻率年	無因次降雨強度公式					
		A	B	C	G	H	I(mm/hr)
支流 3(內英橋) Tc=5.24 min	2	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	96.55
	5	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	114.68
	10	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	128.40
	25	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	146.54
	50	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	160.26
	100	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	173.98

註：以上資料按甲仙(2)雨量站年平均降雨量資料針對各子集水分區分析估算。

表 3-24 直瀨溪集水區內各子集水分區降雨強度估算表(2/2)

	頻率年	無因次降雨強度公式					
		A	B	C	G	H	I(mm/hr)
支流 4(珍藍橋) Tc=8.12 min	2	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	93.98
	5	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	111.64
	10	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	124.99
	25	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	142.65
	50	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	156.00
	100	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	169.35
	頻率年	無因次降雨強度公式					
		A	B	C	G	H	I(mm/hr)
支流 5 Tc=6.74 min	2	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	95.19
	5	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	113.07
	10	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	126.60
	25	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	144.47
	50	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	158.00
	100	16.83	55.00	0.58	0.55	0.30	171.53

註：以上資料按甲仙(2)雨量站年平均降雨量資料針對各小集水分區分析估算。

C.逕流係數 C 之推求

本集水區中不同土地利用方式之滲透損失依實際研判及參照「水土保持技術規範」的逕流係數值(詳表 3-25)檢討評估後，按本集水區多屬陡峻山嶺地形，且植生尚稱良好情況，故決定逕流係數值採用 0.85 估算其洪峰流量。

表 3-25 逕流係數值應用一覽表

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
無開發整地區之逕流係數	0.75 ~0.90	0.70 ~0.80	0.50 ~0.75	0.45 ~0.60	0.75 ~0.95

註:資料來源:水土保持技術規範，92.8.15 修版。

D.洪峰流量推估

按合理化公式計算所得各子集水分區的 50 年頻率年洪峰流量，如表 3-26 所示。

表 3-26 直瀨溪集水區內各子集水分區洪峰流量估算一覽表

子集水分區名稱	集水面積(ha)	降雨強度(mm/hr)	洪峰流量(cms)
支流 1(上智橋)	75.98	160.01	28.71
支流 2	23.43	163.65	9.05
支流 3(內英橋)	108.10	160.26	40.90
支流 4(珍藍橋)	217.96	156.00	80.28
支流 5	250.72	158.00	93.53

註:洪峰流量係以無因次降雨強度公式推估求得。

(2)土石流洪峰流量估算

依據民國 89 年 3 月 31 日行政院農業委員會公告修正之水土保持技術規範第 73 條規定，土石流泥砂運移量之推估以理論推估為主。按此原則，針對各支流之土石流量 Q_D 加以推估，其計算方法如后：

A.土石流之濃度公式

依據水土保持技術規範第 73 條，所估算流動中之土石流體積濃度公式，土石流之濃度受溪床坡度影響甚大，公式如下：

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

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

ψ：土石之內摩擦角

B.土石流之最小體積濃度 C_{Dmin}

a.周必凡(1991)及連惠邦(1997)則提出土石流最小泥砂體積公式：

$C_{D\min} \geq \frac{\gamma_W}{\gamma_S + \gamma_W}$ 其中 γ_W：1.0 g/cm^3 γ_S：2.65 g/cm^3

得知 $C_{D\min}$ 為 0.274

b.日本常用 $C_{D\min}$=0.3

c.目前常用為 $C_{D\min}$=0.27

C.推估溪流中之清水流量(Q_W)

依據合理化公式推估之，詳表 3-17。

D.土石流之流量(Q_D)

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(Q_D)其關係如下：

$$Q_D = \frac{C^*}{C^* - C_D} Q_W$$

式中

$C^* = 1-P_r$

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

P_r：溪床上土石堆積之孔隙率

C_D：流動中土石流之體積濃度

依據上述 50 年頻率年降雨強度估算之清水流流量，及土石流流量計算公式，可得出支流 1(上智溪)、支流 3(內英溪)及支流 4(珍藍溪)之 C_D 值均大於 0.27，後續於調查作業中應特別留意此些集水分區野溪支流之土石流潛勢狀況，各參數值及計算結果詳見表 3-27。

表 3-27 直瀨溪集水區內各子集水分區洪峰流量及土石流量計算成果表

項目＼子集水分區		支流 1 (上智橋)	支流 2	支流 3 (內英橋)	支流 4 (珍藍橋)	支流 5
集水區面積 A (ha)		75.98	23.43	108.10	217.96	250.72
逕流係數 C		0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
高程差 H(m)		350.0	300.0	682.0	560.0	594.0
漫地流流動長度 l(m)		50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
溪流長度 L(m)		1800.00	995.00	2255.00	2970.00	2630.00
漫地流時間 t_1(sec)		83	83	83	83	83
逕流時間 t_2(sec)		240.42	102.14	231.06	404.08	321.09
集流時間 t_c(min)		5.40	3.09	5.24	8.12	6.74
溪床上土石堆積物之體積濃度 C*		0.65	0.65	0.65	0.65	0.65
流動中土石流體積濃度 C_D		0.306	0.187	0.361	0.317	0.236
50yr	降雨強度 I(mm/hr)	160.01	163.65	160.26	156.00	158.00
	清水流流量 Q_w (cms)	28.71	9.05	40.90	80.28	93.53
	含砂流流量 Q_p (cms)	43.06	13.58	61.36	120.42	140.30
	土石流流量 Q_D (cms)	54.21	12.71	91.86	156.51	146.97
100yr	降雨強度 I(mm/hr)	173.71	177.66	173.98	169.35	171.53
	清水流流量 Q_w (cms)	31.16	9.83	44.40	87.15	101.54
	含砂流流量 Q_p (cms)	46.74	14.74	66.61	130.73	152.31
	土石流流量 Q_D (cms)	58.85	13.79	99.72	169.90	159.56

註：以上資料按直瀨溪集水區各子集水分區水文及地文特性分析估算。

3.4.2 水理分析

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，及研判現有橋涵之安全性。

由前述可知，支流 1(上智溪)、支流 3(內英溪)及支流 4(珍藍溪)，子集水分區之 C_D 值均大於 0.27，其發生土石流之潛勢機率較高，惟於進行水理演算時，仍需考量水流含砂之效應，俾利後續治理斷面水理檢核作業。含砂水量之估計可表如後式表示：

$$Q_P=Q_W(1+\alpha)$$

式中，Q_P：含砂水流洪峰流量。　Q_W：清水流洪峰流量。

α：水流泥砂混合率，一般以 10%～50%為原則。

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）

1.主河道斷面檢核

為更精確推估調查規劃集水區之清水流量與土石流量之情況，俾作為整體治理計畫之參考，故按水土保持技術規範內容之規定，按本集水區之水文特性，估算各檢核斷面 50 年頻率洪峰流量及含砂、土石流量詳如表 3-28，表中標示＊處因 C_D 值小於 0.27 為非土石流段，故計算之土石流流量小於內英溪與直瀨溪匯流口下游處之土石流流量，顯示易產生淤積，與災後現況相符，斷面位置詳如圖 3-14。就本集水區主流河道溪幅較窄或地形變化較大之處進行水理分析後，顯示直瀨溪主流坡度平緩，加上上游面山嶺源頭及多處溪床邊坡崩塌，造成大量土石下移，以致於風災後主流河道淤積大量砂石，尚需檢討擴寬或加高護岸保護；而內英溪與直瀨溪匯流口下游處，需適度設置土砂控制工或橫向固床工，避免縱橫向刷深成災，水理成果詳後表 3-29。

表 3-28 直瀨溪主流各檢核斷面流量推估成果表

項目 \ 子集水分區		內英溪與直瀨溪匯流口下游處	*安興橋上游 100 公尺之轉彎段	*安興橋下游 200 公尺之轉彎段
集水區面積 A (ha)		744.23	813.36	909.20
逕流係數 C		0.85	0.85	0.85
高程差 H(m)		635.0	655.0	660.0
漫地流流動長度 l(m)		50.0	50.0	50.0
溪流長度 L(m)		3883.95	4655.29	4984.46
漫地流時間 t_1(sec)		83	83	83
逕流時間 t_2(sec)		575.63	754.99	834.58
集流時間 t_c(min)		10.98	13.97	15.43
溪床上土石堆積物之體積濃度 C*		0.65	0.65	0.65
流動中土石流體積濃度 C_D		0.306	0.246	0.228
50yr	降雨強度 I(mm/hr)	152.06	148.23	146.60
	清水流流量 Q_w (cms)	267.21	284.66	314.72
	含砂流流量 Q_p (cms)	400.81	426.99	472.08
	土石流流量 Q_D (cms)	504.31	457.68	484.99
100yr	降雨強度 I(mm/hr)	165.08	160.92	159.15
	清水流流量 Q_w (cms)	290.08	309.03	341.66
	含砂流流量 Q_p (cms)	435.12	463.54	512.49
	土石流流量 Q_D (cms)	547.48	496.85	526.51

註：以上資料按直瀨溪集水區各子集水分區水文及地文特性分析估算。

表 3-29 直瀨溪主流各檢核斷面水理分析成果表

編號	集流點	曼寧 n 值	平均坡度 (%)	斷面尺寸 W*H (m)			Q50 清水流量 (cms)	Q50 含砂流量 (cms)	Qs50 土石流量 (cms)	流量採用值 (cms)	流量水理檢算		斷面檢核
											水深 (m)	流速 (m/s)	
1	內英溪與直瀨溪匯流口下游處	0.035	4.25	20	*	5	267.21	400.81	504.31	504.31	3.11	9.56	上游崩塌嚴重，導致下游處淤積，應考量設置橫向土砂控制工，以阻擋砂石
2	*安興橋上游 100 公尺之轉彎段	0.035	6.75	20	*	5	284.66	426.99	457.68	426.99	2.44	10.49	恐有斷面不足之疑慮，並應考量增高及擴大斷面以減緩流速
3	*安興橋下游 200 公尺之轉彎段	0.035	1.83	20	*	5	314.72	472.08	484.99	472.08	3.88	7.08	恐有斷面不足之疑慮，應考量增高及擴大斷面

註：以上資料按直瀨溪集水區水文及地文特性分析估算。

2.橋樑斷面演算

估算本集水區內各橋涵斷面 50 年頻率洪峰流量及含砂、土石流量詳如表 3-30。就此等橋涵斷面位置進行水理分析後，顯示安興橋由於其下游坡度平緩，容易造成淤積，因此雖於莫拉克風災後將橋下高度清疏至 5 公尺，但連續暴雨後又回淤僅剩 0.9 公尺，故建議考量將安興橋抬高至 5 公尺以上，以確保安興橋及附近居民之安全；上智橋雖並無災難發生，但公路局現正於其上下游整治邊坡崩塌地；內英橋上游崩塌嚴重且坡度較陡，砂石流至內英橋下游後遇坡度較平緩之直瀨溪即形成大量淤積，需適度設置土砂控制工或橫向固床工，避免縱橫向刷深成災，水理成果詳後表 3-31。

表 3-30 集水區內各橋涵斷面流量推估成果表

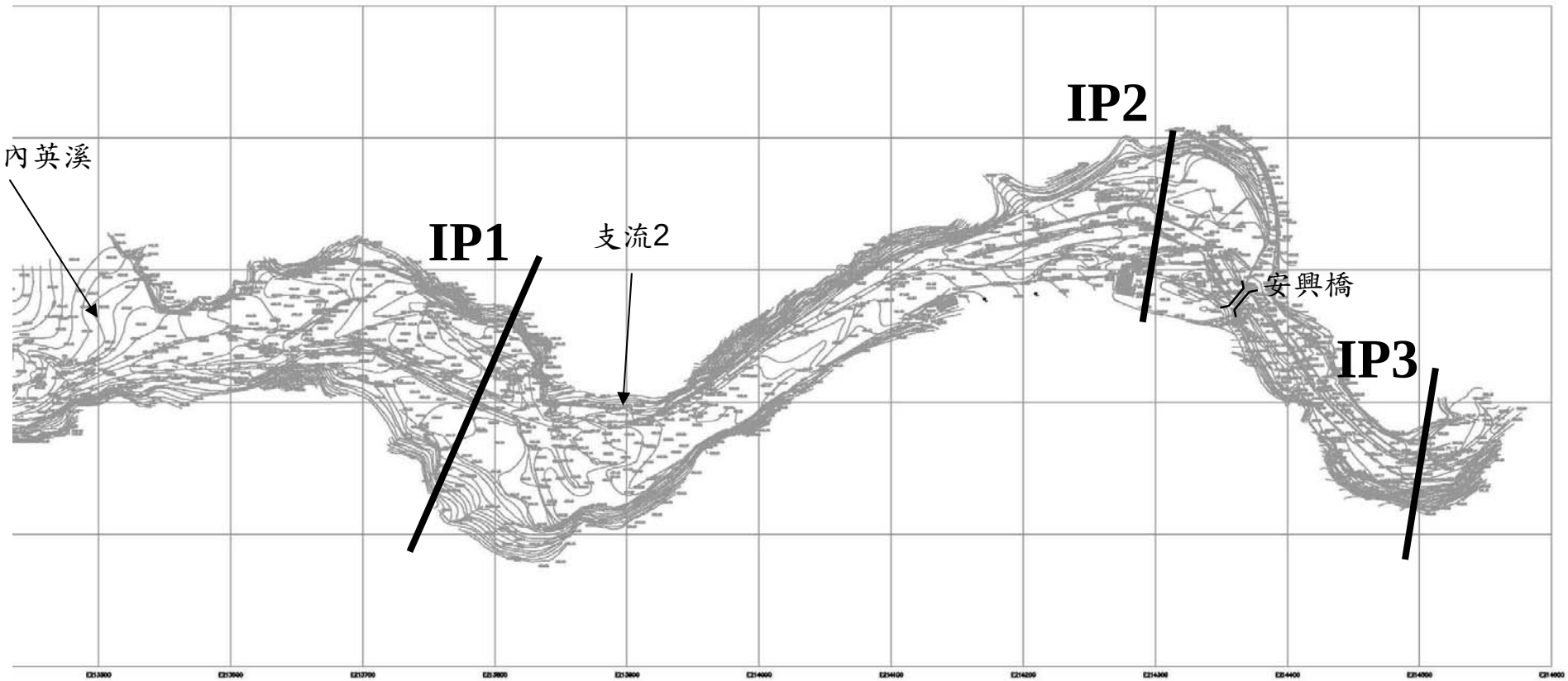
項目＼子集水分區		上智橋涵	內英橋涵	珍藍橋涵	*安興橋涵
集水區面積 A (ha)		67.60	103.83	192.64	836.17
逕流係數 C		0.85	0.85	0.85	0.85
高程差 H(m)		320.0	652.0	510.0	658.0
漫地流流動長度 l(m)		50.0	50.0	50.0	50.0
溪流長度 L(m)		1575.00	1970.00	2423.50	4906.51
漫地流時間 t_1(sec)		83	83	83	83
逕流時間 t_2(sec)		204.89	191.24	308.70	785.31
集流時間 t_c(min)		4.80	4.58	6.53	14.48
溪床上土石堆積物之體積濃度 C*		0.65	0.65	0.65	0.65
流動中土石流體積濃度 C_D		0.302	0.363	0.318	0.238
50yr	降雨強度 I(mm/hr)	160.94	161.28	158.31	147.60
	清水流流量 Q_w (cms)	25.69	39.54	72.01	291.40
	含砂流流量 Q_p (cms)	38.53	59.31	108.01	437.10
	土石流流量 Q_D (cms)	48.01	89.62	141.16	460.13
100yr	降雨強度 I(mm/hr)	174.71	175.08	171.86	160.23
	清水流流量 Q_w (cms)	27.89	42.92	78.17	316.35
	含砂流流量 Q_p (cms)	41.83	64.38	117.26	474.52
	土石流流量 Q_D (cms)	52.12	97.30	153.25	499.52

註：以上資料按直瀨溪集水區各子集水分區水文及地文特性分析估算。

表 3-31 集水區內各橋涵斷面水理分析成果表

集流點	曼寧 n 值	平均坡度 (%)	斷面尺寸 W*H (m)			Q_{50} 清水流量 (cms)	Q_{50} 含砂流量 (cms)	Q_{s50} 土石流量 (cms)	流量採用值 (cms)	流量水理檢算		斷面檢核
										水深 (m)	流速 (m/s)	
上智橋涵	0.035	5	35.2	*	9.4	25.69	38.53	48.01	48.01	0.60	3.42	並無嚴重災害產生，公路局正於上下游崩塌地進行邊坡整治
內英橋涵	0.035	14	15.5	*	6.7	39.54	59.31	89.62	89.62	0.86	7.73	上游崩塌嚴重，土砂流至下游與直瀨溪匯流口處，由於直瀨溪坡度平緩而產生大量淤積，應考量設置橫向土砂控制工，以阻擋砂石
珍藍橋涵	0.035	10	20	*	9.2	72.01	108.01	141.16	141.16	1.05	7.66	流速過快恐有縱向沖刷之疑慮，應考量橫向固床工之佈設以減緩流速
*安興橋涵	0.035	2	13.2	*	5	291.40	437.10	460.13	437.10	6.07	5.45	下游坡度平緩，導致下游處易淤積，應考量擴大斷面以增加排洪量

註：以上資料按直瀨溪集水區水文及地文特性分析估算。



工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期 治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	直瀨溪主流各檢核斷面位置圖	圖號 DWN.NO.	3-14

第四章 水土保持之處理及維護需要性

4.1 保全對象

本集水區中、下游保全住戶多集中直瀨溪南岸沿線，除保全住戶外，集水區內相關道路、農地、農路與橋涵亦同為重要保全對象。調查成果詳后表 4-1。

表 4-1 直瀨溪集水區內重要保全對象調查成果表

保全種類	保全對象名稱	二度分帶座標		危險潛勢
		X	Y	
聚落	下直瀨	213467	2552335	內英溪
橋涵	上智橋	214441	2552396	上智溪
	安興橋	214483	2552170	上智溪及直瀨溪匯流口
	內英橋	213343	2552416	內英溪
	珍藍橋	212653	2552536	珍藍溪
道路	台 20 線	全線		略
	內英登山步道	全線		略

註：上述資料由現地調查彙整。

4.2 水土保持需求性及整治率

4.2.1 水土保持需求性

由上節各保全對象之調查分析成果，可窺知若干保全對象或設施因受到各類危險潛勢之牽動，而存在一定程度之安全顧慮與隱憂。因此，為使整體調查規劃集水區在安全之原則下，所做的水土保持治理工程與工作，可適時發揮保護保全對象或設施之功能，即行獲取水土保持之效益，基本上可分為直接效益與間接效益等兩大部分，分別說明如後：

1. 直接效益

（1）攔阻土石，減少土石下移。

（2）穩定河床，保護河岸。

（3）保護橋樑，維持道路暢通。

（4）防止土石沖蝕，穩定邊坡。

2. 間接效益

（1）保育水土資源，維護國土資源。

（2）涵養水源，減少洪水災害損失。

（3）維護自然生態環境，重現觀光盛況。

（4）提高經營效率，增加農民收入。

實際效益之評析，俟應彙整治理工程成果並予量化效益，詳如第八章詳細說明。

4.2.2 整治率之分析

整治率之分析為集水區治理成效之評估指標之一，即以不同之整治項目、預期目標及整治成效來評估集水區治理之效益。為此，擬藉由行政院農業委員會水土保持局張前副局長三郎君於 1996 年「治山防洪計畫之展望」文中提出之防砂整治率之績效評估指標，作為本集水區整治率分析之基礎，其計算公式如后:

1. 防砂量(m^3)＝防砂壩(壩高×壩長×10 倍壩高/3)+崩塌地處理(面積×2)+護岸(有效高 H×2×長度 L)+蝕溝控制(溝長 L×溝寬 W×溝深 D)
2. 泥砂生產量(m^3)＝崩塌土石流失量(崩塌地面積×5 倍)+表土沖蝕量
3. 容許流砂量(m^3)＝平衡河道泥砂量＋骨材需求量＋無害入海量
4. 待處理泥砂量=泥砂生產量－容許流砂量－防砂量
5. 防砂整治率(F)= $\frac{(1)}{(2)-(3)}\%$

其中，集水區內整治工程實施後，按上述公式所估算之防砂量詳列如後表 4-3。各區崩塌地估計經治理工程整治後或經自然復育完成，皆列計其防砂量，俾便納入整體整治率計算。

另由前述對於泥砂量調查之結果，加上集水區治理工程實施後各設施可達防砂量推估結果，利用上述之整治率公式可推估本集水區之整治率詳如後表 4-2，本集水區之整治率估算結果為 53.65%。

表 4-2 直瀨溪集水區防砂量及整治率估算表

	(1)防砂量 (m^3)	(2)泥砂生產量 (m^3)	(3)容許流砂量 (m^3)	(4)整治率 F= （1）/（（2）-（3））
總合	405,700	772,954	16,777	53.65%

表 4-3 直瀨溪集水區治理工程防砂量估算一覽表(1/2)

工程名稱	治理需求位置描述	工程設施項目	防砂量估算 (m^3)
直瀨溪 先期治理工程	直瀨溪	固床工 2 座	1,000
		護岸約 900 公尺	5,400
直瀨溪整流工程	直瀨溪	梳子壩 1 座	10,000
		固床工 3 座	3,000
		護岸約 350 公尺	2,100
直瀨溪整治 二期工程	直瀨溪	潛壩 2 座	4,000
		固床工 2 座	2,000
		護岸約 400 公尺	2,400
直瀨溪上游 崩塌地處理工程	直瀨溪	崩塌地處理 1.5 公頃	15,000
		崩塌地處理 1.0 公頃	10,000
		崩塌地處理 2.5 公頃	25,000
旗山 62 林班 土砂控制工程	直瀨溪	土砂控制工 2 座	7,000
		固床工 2 座	2,000
		護岸約 400 公尺	2,400
旗山 62 林班 坑溝治理工程	支流 5	潛壩 2 座	4,000
		固床工 3 座	2,400
		護岸約 300 公尺	1,800
旗山 62 林班 崩塌地處理工程	支流 5	崩塌地處理 2.5 公頃	25,000
		崩塌地處理 3.5 公頃	35,000
旗山 63 林班 坑溝治理工程	內英溪	防砂壩 1 座	3,000
		固床工 4 座	3,200
		護岸約 200 公尺	1,200
旗山 63 林班 坑溝治理二期工程	內英溪	防砂壩 2 座	6,000
		固床工 2 座	1,600
		護岸約 200 公尺	1,200
珍藍溪土砂控制 一期工程	珍藍溪	防砂壩 2 座	6,000
		固床工 3 座	1,600
		護岸約 200 公尺	800
珍藍溪土砂控制 二期工程	珍藍溪	防砂壩 2 座	6,000
		固床工 3 座	1,600
		護岸約 200 公尺	800
小計			192,500

表 4-3 直瀨溪集水區治理工程防砂量估算一覽表(2/2)

工程名稱	治理需求位置描述	工程設施項目	防砂量估算 (m^3)
內英溪上游崩塌地處理工程	內英溪	崩塌地處理 6.5 公頃	65,000
珍藍溪上游崩塌地處理工程	珍藍溪	崩塌地處理 5.5 公頃	55,000
旗山 64 林班坑溝治理一期工程	上智溪	潛壩 2 座	4,000
		固床工 2 座	1,600
		護岸約 200 公尺	1,200
旗山 64 林班坑溝治理二期工程	上智溪	潛壩 3 座	6,000
		固床工 2 座	1,600
		護岸約 200 公尺	1,200
旗山 64 林班崩塌地處理工程	上智溪	崩塌地處理 7.4 公頃	74,000
旗山 64 林班坑溝整治三期工程	支流 2	固床工 3 座	2400
		護岸工程約 300 公尺	1,200
小計			213,200
合計			405,700

第五章 治理內容

5.1 崩塌地處理

依據現場調查分析，本集水區之崩塌地共有 142 處，崩塌地面積計約 73.86 公頃，探討成因將崩塌分類及治理對策工法詳如表 5-1：

第一類、源頭崩塌：

先進行源頭裂隙填補及截鋸危木之處理，坡面可利用打樁編柵植生或掛網植生等工法，並配合坡面縱、橫向截流溝之設置，達成導除坡面逕流之功效，另再敷以坡面綠化植生防制水流沖蝕邊坡土壤，達成確實穩定坡面之目的，詳參圖 5-1、圖 5-2 及圖 5-3。另新生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，並防制蝕溝縱向刷深效應加重。而其崩塌坡面基腳之穩定性尤其重要，可以擋土工防制崩塌情形往下擴展，詳見圖 5-4。

第二類、淺層崩塌：

本類型崩塌主要為雨水逕流沖蝕造成，故除著重在坡頂與坡面排水之處理並導除至安全處外，另新生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，並防制蝕溝縱向刷深效應加重。而其崩塌坡面基腳之穩定性尤其重要，可以擋土工防制崩塌情形往下擴展，詳見圖 5-4。

第三類、溪岸沖刷崩塌：

此類崩塌係因護岸邊坡基腳受水流長年沖刷所造成，因此解決之道即應著重在護岸基腳之保護措施為主，可延伸護岸基腳深度與增加其強度，如採石籠護岸或砌石護岸，詳參圖 5-5。另外坡面則以植生工法進行坡面覆蓋及穩定工程，坡面植生工法可利用種子撒播處理。

第四類、道路邊坡崩塌：

此類崩塌係因道路邊坡常因道路排水不良，地表逕流集中沖刷路面及邊坡而造成之崩塌，因此解決之道即應著重排水設施為主，再擇於適當處排放，以減緩排水系統之負荷。另外坡面則以植生工法進行坡面覆蓋及穩定工程，坡面植生工法可利用植樹苗及種子撒播處理，其設計原則於道路水土保持再詳述。

表 5-1 直瀨溪集水區崩塌地處理工法建議一覽表(1/5)

編號	二度分帶 67 系統		平均坡度	崩塌地分類	建議處理工法
	Y 坐標	X 坐標			
支流 1(上智橋)-1	2553651	213817	31	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 1(上智橋)-2	2553646	214047	35	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 1(上智橋)-3	2553648	213891	20	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 1(上智橋)-4	2553544	213930	35	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 1(上智橋)-5	2553558	213821	18	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 1(上智橋)-6	2553551	214066	29	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 1(上智橋)-7	2553312	214090	37	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 1(上智橋)-8	2553238	213910	37	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 1(上智橋)-9	2552832	214613	36	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 1(上智橋)-10	2552791	214579	22	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 1(上智橋)-11	2552606	214635	23	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 1(上智橋)-12	2552476	214146	24	第三類	護岸工程及坡面植生
支流 1(上智橋)-13	2553472	214232	34	第二類	坑溝整治
支流 1(上智橋)-14	2553250	214341	34	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 1(上智橋)-15	2553450	214132	29	第二類	坑溝整治
支流 1(上智橋)-16	2553372	214097	34	第二類	坑溝整治
支流 1(上智橋)-17	2553239	214143	41	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 1(上智橋)-18	2552450	214403	31	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 2-1	2552680	213694	28	第二類	坑溝整治
支流 2-2	2552526	213607	28	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 2-3	255463	213553	31	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 3(內英橋)-1	2553883	213441	35	第一類	打樁編柵及團粒噴植等

表 5-1 直瀨溪集水區崩塌地處理工法建議一覽表(2/5)

編號	二度分帶 67 系統		平均坡度	崩塌地分類	建議處理工法
	Y 坐標	X 坐標			
支流 3(內英橋)-2	2553675	213529	31	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 3(內英橋)-3	2553536	213477	36	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 3(內英橋)-4	2553530	213599	30	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 3(內英橋)-5	2553499	213290	25	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 3(內英橋)-6	2553467	213534	25	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 3(內英橋)-7	2553402	213485	31	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 3(內英橋)-8	2553348	213598	21	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 3(內英橋)-9	2553141	213592	20	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 3(內英橋)-10	2553039	213027	36	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 3(內英橋)-11	2552999	213546	30	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 3(內英橋)-12	2552900	213156	36	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 3(內英橋)-13	2552868	213324	28	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 3(內英橋)-14	2552796	213208	38	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 3(內英橋)-15	2552573	213389	27	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 3(內英橋)-16	2552451	213234	28	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 3(內英橋)-17	2552945	213035	41	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-1	2553287	212813	35	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-2	2552946	212192	26	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-3	2553031	212777	20	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-4	2552846	212840	25	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-5	2552813	212339	29	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-6	2552591	212255	22	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-7	2552585	212807	21	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-8	2552581	212996	23	第三類	護岸工程及坡面植生
支流 4(珍藍橋)-9	2552497	213114	27	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-10	2552450	212594	30	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-11	2553418	212452	25	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-12	2553012	212584	26	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-13	2552708	212476	28	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-14	2554524	212652	33	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-15	2554558	212936	16	第一類	打樁編柵及團粒噴植等

表 5-1 直瀨溪集水區崩塌地處理工法建議一覽表(3/5)

編號	二度分帶 67 系統		平均坡度	崩塌地分類	建議處理工法
	Y 坐標	X 坐標			
支流 4(珍藍橋)-16	2554641	212883	18	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-17	2553834	212310	34	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-18	2553896	212403	42	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-19	2554069	212469	28	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-20	2554116	212397	26	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-21	2554153	212345	17	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-22	2554197	212213	19	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-23	2554221	212414	31	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-24	2554239	212360	34	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-25	2554300	213001	29	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-26	2554303	212256	34	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-27	2554263	212682	37	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 4(珍藍橋)-28	2553582	212530	42	第三類	護岸工程及坡面植生
支流 4(珍藍橋)-29	2552730	212581	39	第三類	護岸工程及坡面植生
支流 5-1	2552035	212329	7	第三類	護岸工程及坡面植生
支流 5-2	2551996	212521	20	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
支流 5-3	2551967	212274	4	第三類	護岸工程及坡面植生
支流 5-4	2551875	212147	33	第三類	護岸工程及坡面植生
支流 5-5	2551742	212030	37	第三類	護岸工程及坡面植生
支流 5-6	2551218	212132	30	第二類	坑溝整治
支流 5-7	2551213	212429	30	第二類	坑溝整治
支流 5-8	2551149	212183	11	第二類	坑溝整治
支流 5-9	2551060	211631	35	第二類	坑溝整治
支流 5-10	2551074	212147	17	第二類	坑溝整治
支流 5-11	2550967	211670	12	第二類	坑溝整治
支流 5-12	2550797	211686	17	第二類	坑溝整治
支流 5-13	2550727	211699	21	第二類	坑溝整治
支流 5-14	2550754	211841	25	第二類	坑溝整治
支流 5-15	2551071	210634	34	第二類	坑溝整治
支流 5-16	2551239	210881	34	第二類	坑溝整治
支流 5-17	2551238	211209	38	第二類	坑溝整治

表 5-1 直瀨溪集水區崩塌地處理工法建議一覽表(4/5)

編號	二度分帶 67 系統		平均坡度	崩塌地分類	建議處理工法
	Y 坐標	X 坐標			
支流 5-18	2551432	211552	41	第二類	坑溝整治
支流 5-19	2551439	211375	32	第二類	坑溝整治
支流 5-20	2551500	211457	31	第二類	坑溝整治
支流 5-21	2551518	211404	29	第二類	坑溝整治
支流 5-22	2551589	211653	29	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-1	2552417	212338	25	第四類	檔土設施及坡面植生
直瀨溪-2	2552296	214762	24	第四類	檔土設施及坡面植生
直瀨溪-3	2552279	212395	30	第四類	檔土設施及坡面植生
直瀨溪-4	2552232	212325	27	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-5	2552189	212166	17	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-6	2552231	214965	30	第四類	檔土設施及坡面植生
直瀨溪-7	2552197	212520	37	第三類	護岸工程及坡面植生
直瀨溪-8	2552147	214016	13	第三類	護岸工程及坡面植生
直瀨溪-9	2552144	214493	19	第三類	護岸工程及坡面植生
直瀨溪-10	2552109	214577	12	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-11	2552102	214332	9	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-12	2552049	212194	26	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-13	2552024	214951	27	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-14	2552008	213997	20	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-15	2551979	214314	23	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-16	2551979	213298	12	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-17	2551991	214238	24	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-18	2551993	212599	13	第三類	護岸工程及坡面植生
直瀨溪-19	2551912	214153	26	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-20	2551902	212989	12	第三類	護岸工程及坡面植生
直瀨溪-21	2552012	213825	37	第三類	護岸工程及坡面植生
直瀨溪-22	2551926	214937	30	第三類	護岸工程及坡面植生
直瀨溪-23	2551865	213870	15	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-24	2551918	212733	32	第三類	護岸工程及坡面植生
直瀨溪-25	2551800	212776	20	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-26	2551743	214358	24	第一類	自然復育觀測

表 5-1 直瀨溪集水區崩塌地處理工法建議一覽表(5/5)

編號	二度分帶 67 系統		平均坡度	崩塌地分類	建議處理工法
	Y 坐標	X 坐標			
直瀨溪-27	2551738	214462	19	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-28	2551706	215043	19	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-29	2551688	214301	31	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-30	2551764	213046	31	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-31	2551658	214235	13	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-32	2551648	215091	21	第三類	護岸工程及坡面植生
直瀨溪-33	2551609	214489	20	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-34	2551604	212647	26	第三類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-35	2551507	214650	26	第一類	自然復育觀測
直瀨溪-36	2551638	214729	33	第三類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-37	2551480	212567	12	第一類	自然復育觀測
直瀨溪-38	214599	2551461	28	第一類	自然復育觀測
直瀨溪-39	214085	2552280	29	第四類	道路下邊坡檔土設施
直瀨溪-40	212173	2552395	27	第四類	道路下邊坡檔土設施
直瀨溪-41	210963	2551530	32	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-42	210918	2551620	31	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-43	210559	2551636	36	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-44	2551601	211057	31	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-45	2551653	210796	29	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-46	2551996	211232	33	第三類	護岸工程及坡面植生
直瀨溪-47	2552106	211999	25	第四類	道路下邊坡檔土設施
直瀨溪-48	2552089	211520	5	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-49	2552078	211966	12	第一類	打樁編柵及團粒噴植等
直瀨溪-50	2552194	211707	32	第三類	護岸工程及坡面植生
直瀨溪-51	2552345	211669	13	第四類	道路下邊坡檔土設施

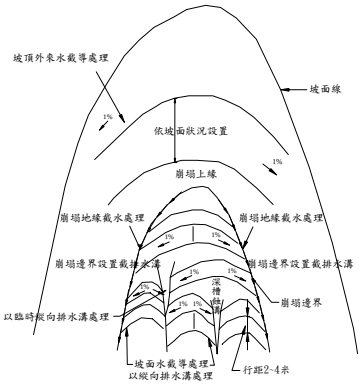
註 1：上述資料參考水土保持局 GIS 資料及現地勘查結果編製分析。

註 2：第一類崩塌地係屬源頭崩塌、第二類崩塌地係屬淺層崩塌、第三類崩塌地係屬溪岸沖刷崩塌、第四類崩塌地係屬道路邊坡崩塌。

打木樁編竹柵

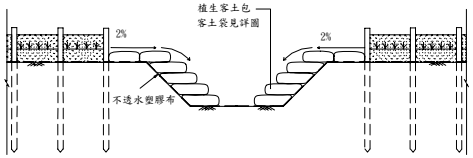
施工後植生回復

打樁編柵實作照片



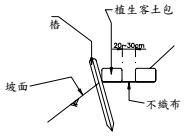
坡面地表水截導示意圖

NTS



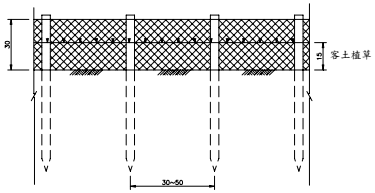
縱向排水溝示意圖

NTS



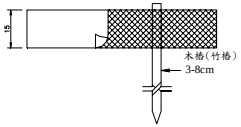
坡面橫向排水及坡頂截水溝詳圖

NTS



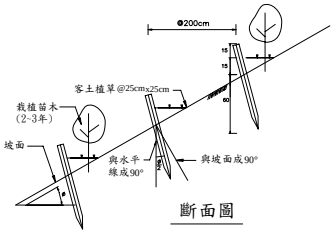
正面圖(以HDPE植生網材編柵)

NTS



以HDPE植生網材編柵之背面詳圖

NTS



斷面圖

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，中夾不織布，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。

打樁編柵工法詳圖

NTS

工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃 及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	打樁編柵及源頭處理構想圖	圖號 DWN.NO.	5-1

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(聚乙稀醇),副成份為Polyacrylic Synthetic Resine(聚丙烯酸合成樹脂),Melamine Resin(三聚氣安樹脂)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(聚乙稀醇)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飛散及危害性。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

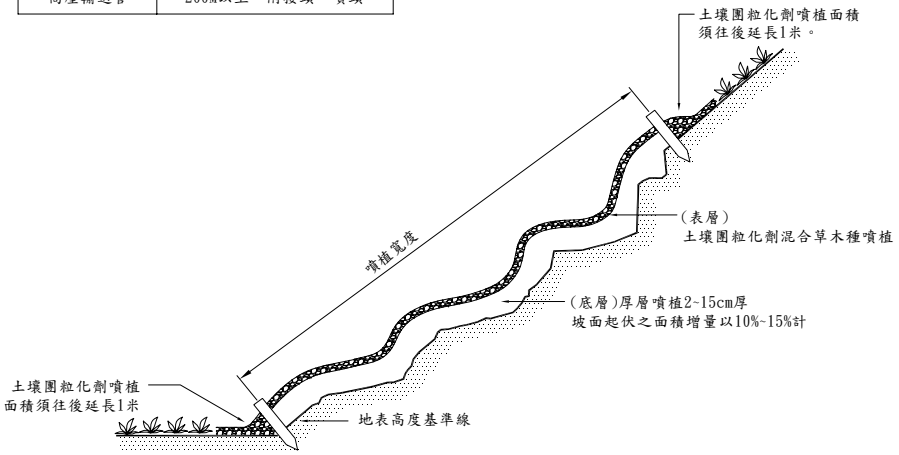
表層土壤團粒化劑噴植：

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。

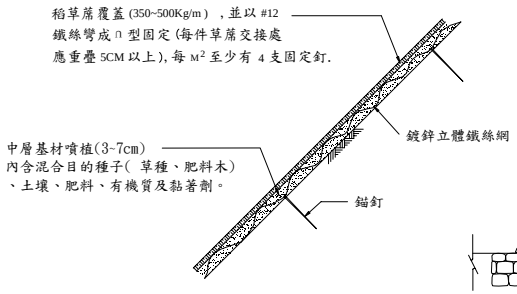
每m2標準噴灑量：

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。

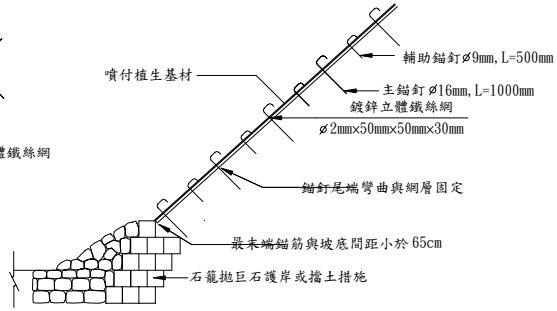


工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	團粒噴植施工詳圖	圖號 DWN.NO.	5-2



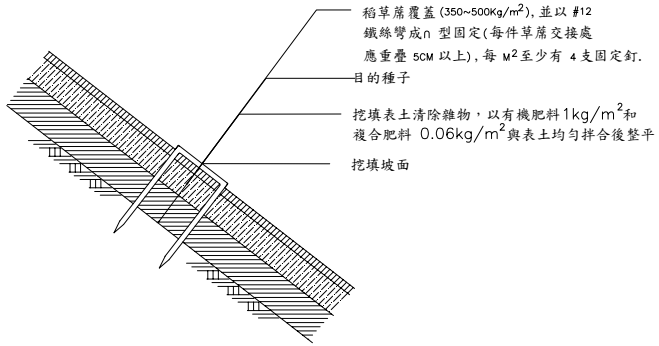
鋪網噴植詳圖

N.T.S.



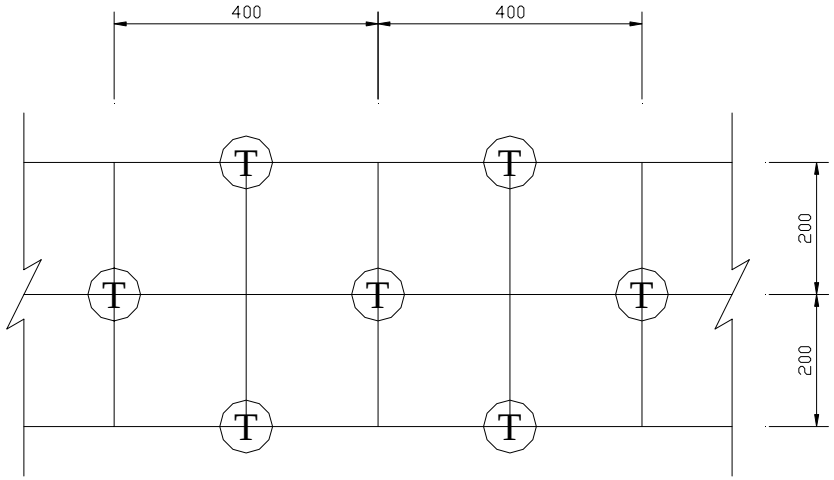
鋪網噴植標準橫斷面圖

N.T.S.



坡面撒播草種示意圖

N.T.S.



坡面苗木栽植示意圖

N.T.S.

註明：

1. ⓣ植樹苗，苗高約50公分。
2. 苗木樹種可採用山黃麻、構樹、櫸樹、赤楊等樹種。

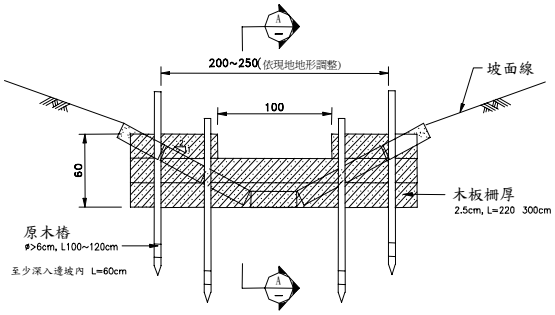
撒播種子之草、野花和木本種子混合配比表：

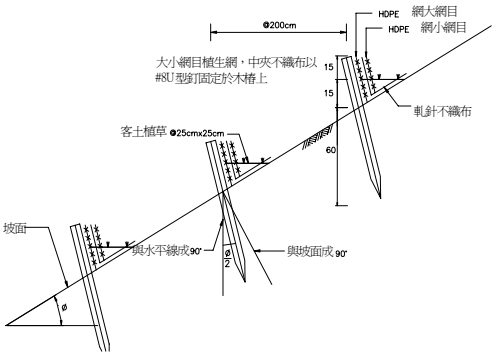
植物別	種子種類	選用種類	每種用量	小計
草	百慕達草 百喜草、田青 假儉草、(類)地毯草	至少2種	4(g/m²)	15(g/m²)
野花	波斯菊、野百合 長柄菊、非洲鳳仙花	至少1種	1(g/m²)	4(g/m²)
木本	山水柳、　山鹽菁	至少1種	1(g/m²)	1(g/m²)

註明：

本工程完工時，需進行工地環境整理工作，包括工地整理平順、裸露坡面撒播水土保持適生草木種子及鋪設稻草蓆，並依工地工程司於現地指示辦理。

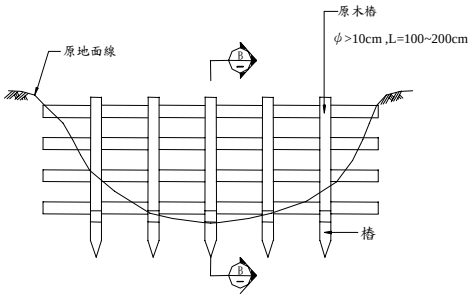
工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃 及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	掛網植生工法施工詳圖	圖號 DWN.NO.	5-3

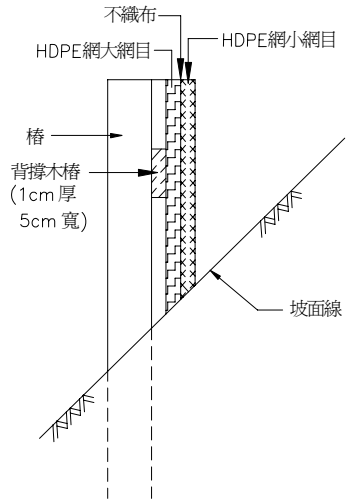




正面圖　　斷面圖

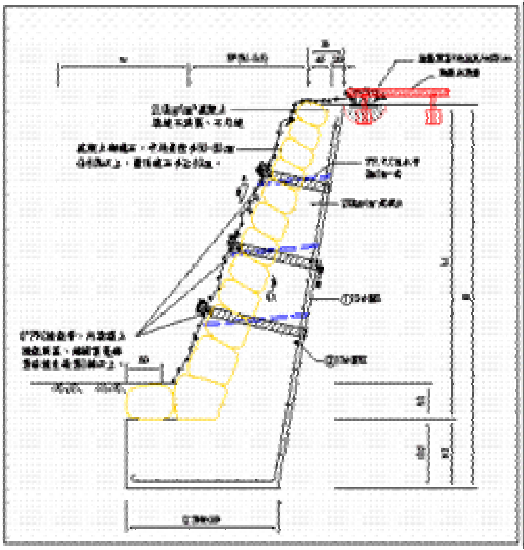
蝕溝控制工法(一)

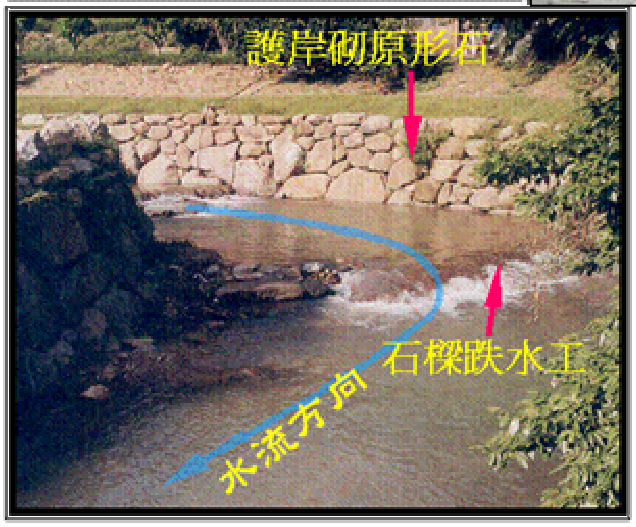


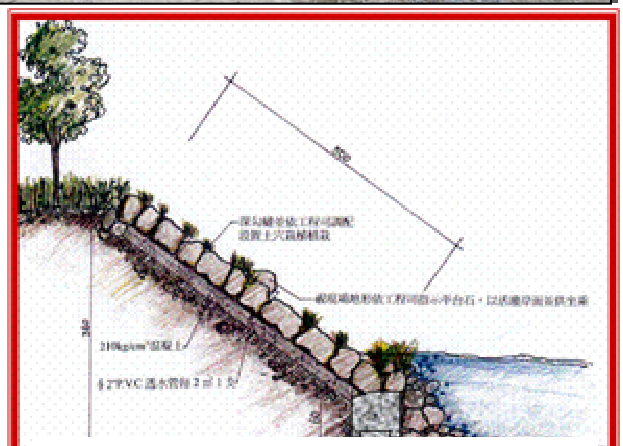


正面圖　　**蝕溝控制工法(二)**　　斷面圖

工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	蝕溝控制構想圖	圖號 DWN.NO.	5-4







砌石背襯混凝土護岸

工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	砌石護岸構想圖	圖號 DWN.NO.	5-5

5.2 防砂治水

5.2.1 集水區整體治理規劃評估與建議

經前述調查成果，本集水區內除分別有直瀨溪主流及 5 條較大支流外，其餘野溪蝕溝大都坡陡流短，雖皆非為登錄之土石流潛勢溪，但綜觀現況，中、下游土石淤積嚴重，恐有損害保全設施(台 20 線道路)及其沿線保全人口之疑虞。為此，對具有潛在危險之主流段及支流，研擬因應對策以防範未然。故此，即分述具治理需求之野溪及區位整治評估與工法如後，而各治理設施俟經選擇適當工法，分別以農林航測所之航照圖及 GIS 之地形圖妥善佈設整體治理規劃配置詳圖 5-6 及圖 5-7。

1.支流 1(上智溪)：上游沿溪有崩塌地，急需整治之崩塌面積約有 7.4 公頃，加上溪水沖刷所致，上游坑溝急需整治，故編列旗山 64 林班崩塌地處理工程、旗山 64 林班坑溝治理一期及旗山 64 林班坑溝治理二期等工程，主要為崩塌地及邊坡處理，並設置潛壩、固床工及護岸等坡面保護及整流工程，共需經費 53,000 仟元。

2.支流 2：下游匯入直瀨溪段，降坡陡且流量多，故需設置連續固床工及護岸工程以保護鄰近土地，共需經費 12,000 仟元。

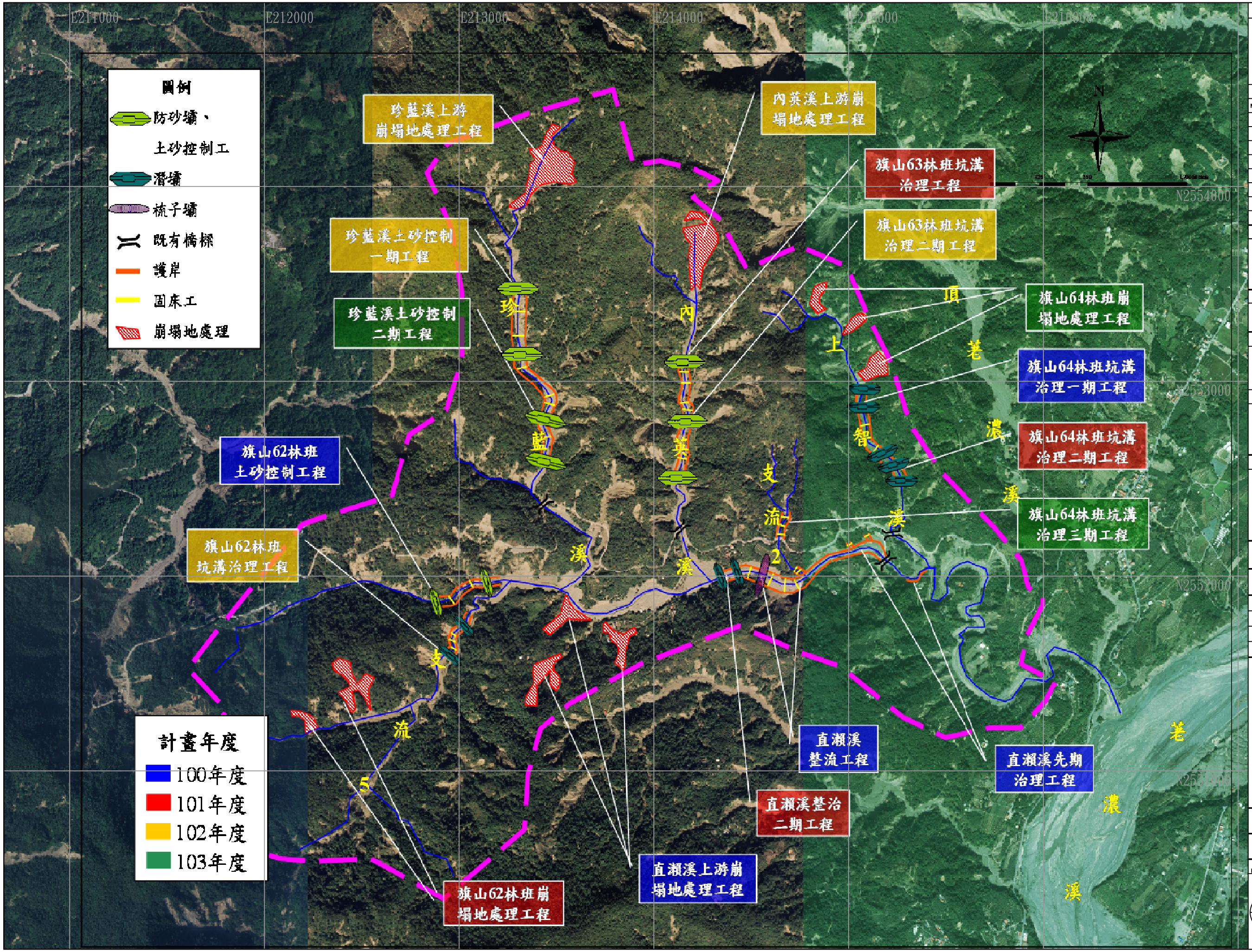
3.支流 3(內英溪)：上游源頭崩塌地，急需整治之崩塌面積約 6.5ha，加上溪水沖刷所致，上游坑溝急需整治，故編列內英溪上游崩塌地處理工程、旗山 63 林班坑溝治理工程及旗山 63 林班坑溝治理二期工程，設置崩塌地處理、潛壩、固床工及護岸工程等坡面保護及整流工程，共需經費 63,000 仟元。

4.支流 4(珍藍溪)：上游源頭崩塌地，急需整治之崩塌面積約 5.5ha，加上溪水沖刷所致，上游坑溝急需整治，故編列珍藍溪上游崩塌地處理工程、珍藍溪土砂控制一期工程及珍藍溪土砂控制二期工程，設置崩塌地處理、潛壩、固床工及護岸工程等坡面保護及整流工程，共需經費 82,000 仟元。

5.支流 5：上游沿溪有崩塌地，急需整治之崩塌面積約 6.0ha，為減緩土砂下移故設置旗山 62 林班崩塌地處理工程及旗山 62 林班坑溝治理工程，共需經費 35,000 仟元。

6.直瀨溪主流：主流因淤積嚴重，雖已於災後清淤完成，惟為整流起見，已編列先期治理工程 30,000 仟元。而未來主流邊坡崩塌地急需整治約 5.0 公頃；又主流上游邊坡為順向坡，極易造成崩塌，故於支流 5 匯流口上游處先行設置土砂控制工以減少土砂下移；於內英溪匯流口下游約 100 公尺處設置潛壩、固床工及護岸以穩定河床；然其下游約 200 公尺處進入彎曲河道造成邊坡大型崩塌，故設置梳子壩、靜水池、固床工及護岸工程進行整流，共需經費 80,000 仟元。

7.本集水區因地質脆弱及直瀨溪主流河床坡度較緩等因素，加上安興橋通水斷面不足，每逢暴雨極易造成淤積，故在安興橋未改善前，為居民居住安全需經常進行清淤，因此未來 4 年每年編列清淤經費 10,000 仟元。



說明	GENERAL NOTES
圖面修正	REVISIONS

NO	日期 DATE	內容	REMARKS

設計單位 DESIGN GROUP

漢義工程顧問股份有限公司

主辦單位/水土保持義務人 CLIENT

行政院農業委員會
林務局屏東林區管理處

基地座落 LOCATION

高雄縣六龜鄉

工程名稱 PROJECT

直瀨溪先期治理工程

圖名 DRAWING TITLE

圖5-6
集水區整體治理規劃配置圖(1)

單位 UNIT m

比例尺 SCALE 1:18000

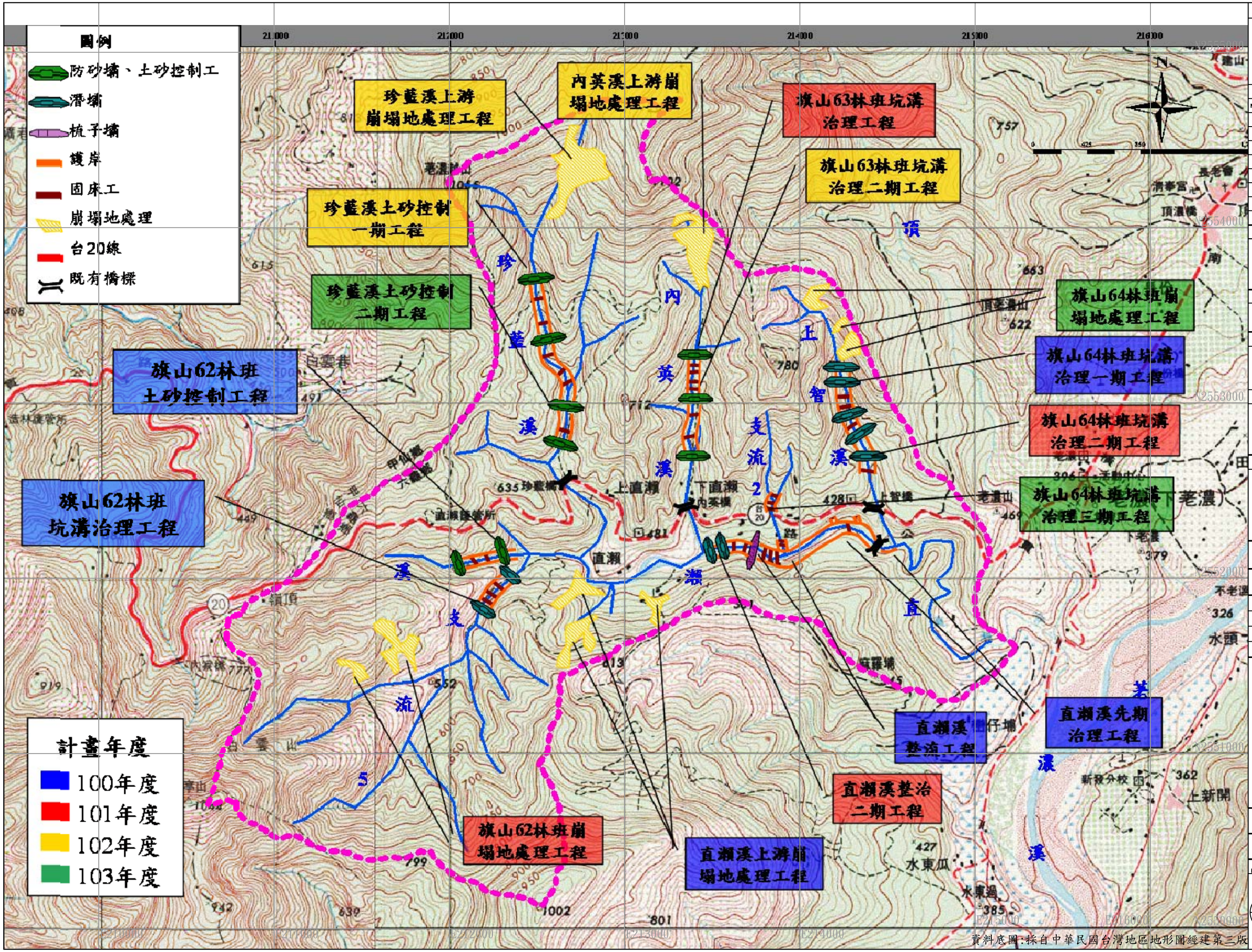
繪圖 DRAWN BY			
設計 DESIGNED			
核對 REVIEWED			
核准 APPROVED			

專業技師簽證
APPROVED BY PROF. ENGI.

專案編號 PRJ NO.

電腦圖號 DGW NO.

送照圖號 DRAWING NO	施工圖號 DRAWING NO	圖號 DRAWING NO



說明 GENERAL NOTES	
圖面修正 REVISIONS	
NO 日期 DATE	內容 REMARKS
設計單位 DESIGN GROUP	漢義工程顧問股份有限公司
主辦單位/水土保持義務人 CLIENT	行政院農業委員會 林務局屏東林區管理處
基地座落 LOCATION	高雄縣六龜鄉
工程名稱 PROJECT	直瀨溪先期治理工程
圖名 DRAWING TITLE	圖5-7 集水區整體治理規劃配置圖(2)
單位 UNIT	m
比例尺 SCALE	1:20000
繪圖 DRAWN BY	
設計 DESIGNED	
核對 REVIEWED	
核准 APPROVED	
專業技師簽證 APPROVED BY PROF. ENGI.	
專案編號 PRJ NO.	
電腦圖號 DGW NO.	
送照圖號 DRAWING NO	施工圖號 DRAWING NO / 圖號 DRAWING NO

5.2.2 先期治理工程細部設計

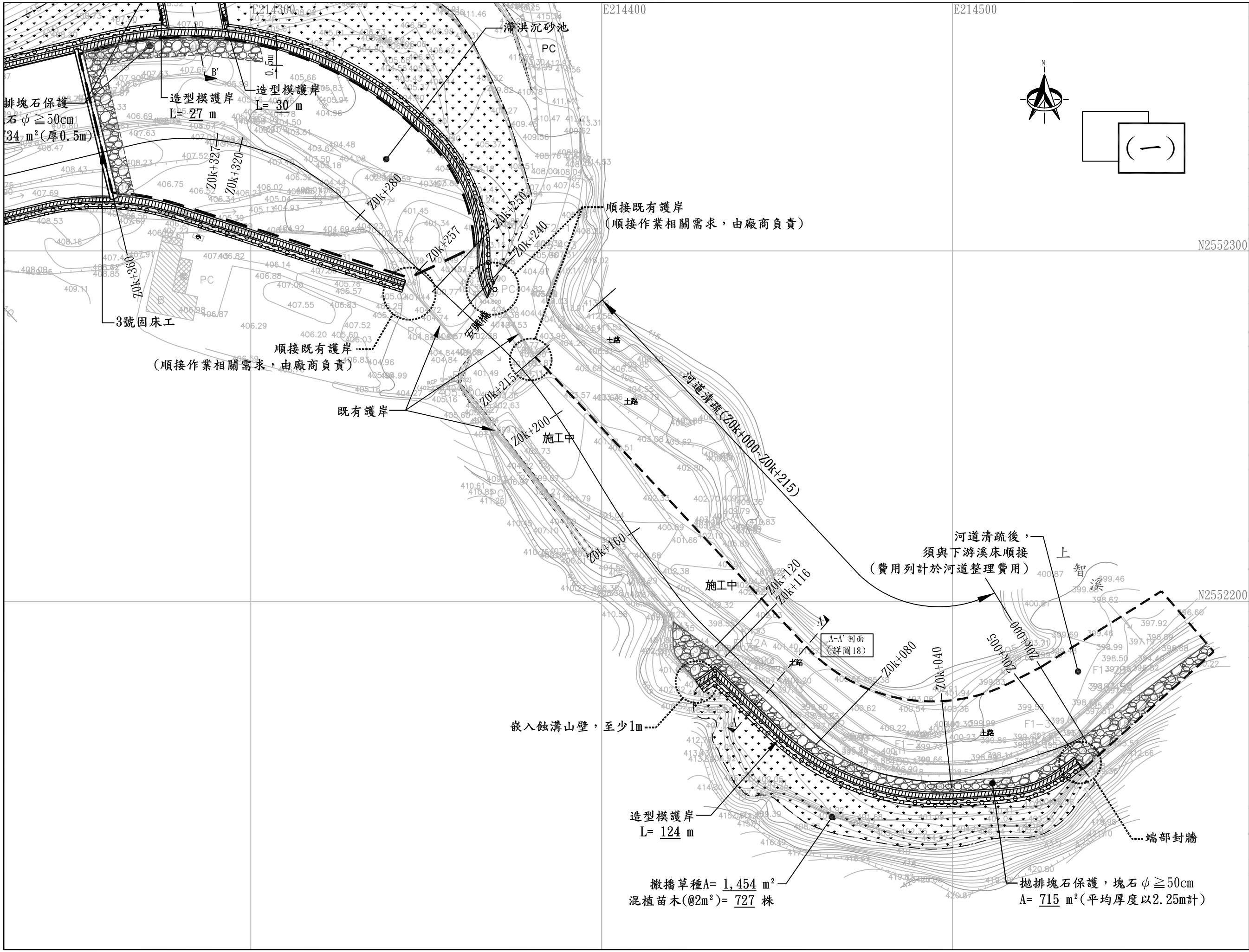
經前調查成果，本集水區內除有直瀨溪主流外，另有 5 條主要支流。綜觀現況，直瀨溪主流土石淤積嚴重，河床明顯抬升，恐有損害下游保全設施(安興橋)或保全人口之疑虞，為考量初期整治效益及其防災功能，列具先期治理工程設計評估與建議一覽如表 5-2。其中，直瀨溪先期治理工程設施業經選擇適當工法妥善佈設，包含有固床工等設施之平面配置圖詳圖 5-8～5-9 及構造物細部詳圖 5-10~5-13。

表 5-2 直瀨溪集水區先期治理工程設計評估與建議表

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
直瀨溪先期治理工程	直瀨溪安興橋上下游段	莫拉克風災後大量土石淤積河道，溪岸轉彎段邊坡基腳淘刷嚴重。	本溪段保全對象主要為民宅、台 20 線下邊坡及安興橋等道路設施，應考量滯洪沉砂池及橫向土砂防制工以攔阻土石，護岸保護邊坡基腳。	●於河道轉彎段設置護岸並拋石保護，以防止水流沖蝕邊坡基腳，並發揮穩定溪床之功能。 ●於安興橋上游設置橫向固床工作為滯洪沉砂池之功效，以攔阻大量土石下移。 ●支流及蝕溝設置橫向固床工降低坡降、減緩流速，將逕流導至主流河道。	●固床工 3 座 ●混凝土護岸約 950 公尺

1. 直瀨溪先期治理工程

- 災害狀況描述：溪岸兩側邊坡基腳淘刷引發邊坡大面積崩塌，而由於直瀨溪坡度較緩，大量土石堆積溪床，危及安興橋及其上下游沿線居民之安全。
- 工程佈置：
  - i. 於匯入主流之蝕溝 1 及蝕溝 2 設置固床工 2 座，全長約 20 公尺，有效高度 2.5 公尺。
  - ii. 主流設置固床工 1 座，全長約 47.5 公尺，有效高度 2.0 公尺。
  - iii. 安興橋上游混凝土護岸長約 783 公尺。
  - iv. 安興橋下游單側混凝土護岸長約 124 公尺。



(一)

說明	GENERAL NOTES

圖面修正			REVISIONS
NO	日期 DATE	內容	REMARKS

設計單位 DESIGN GROUP

漢義工程顧問股份有限公司

主辦單位/水土保持義務人 CLIENT

行政院農業委員會
林務局屏東林區管理處

基地座落 LOCATION

高雄縣六龜鄉

工程名稱 PROJECT

直瀨溪先期治理工程

圖名 DRAWING TITLE

圖5-8
平面配置圖(一)

單位 UNIT m

比例尺 SCALE 1:1000

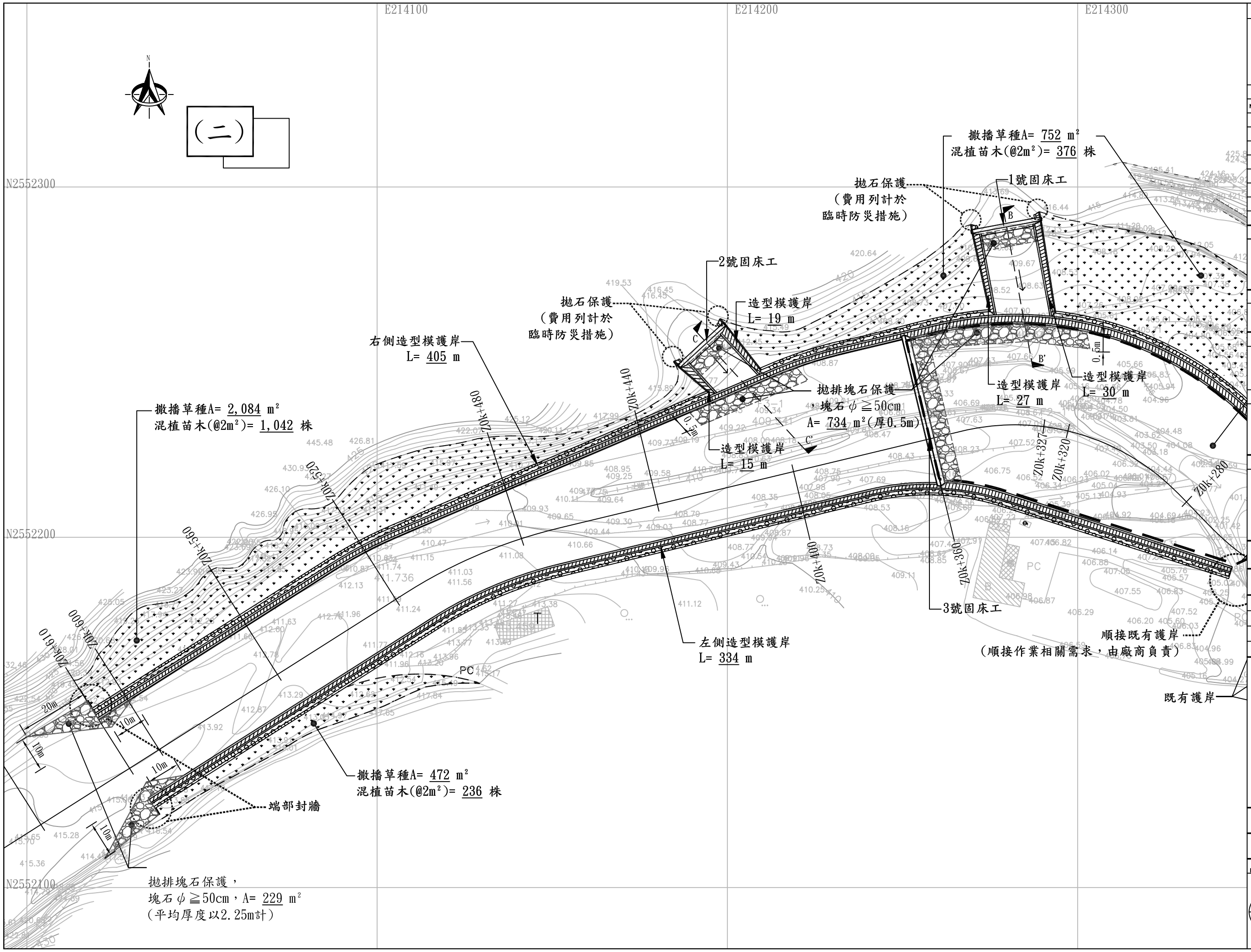
繪圖 DRAWN BY
設計 DESIGNED
核對 REVIEWED
核准 APPROVED

專業技師簽證
APPROVED BY PROF. ENGI.

專案編號 PRJ NO.

電腦圖號 DGW NO.

送照圖號 DRAWING NO	施工圖號 DRAWING NO	圖號 DRAWING NO



說明	GENERAL NOTES

圖面修正 REVISIONS

NO	日期 DATE	內容 REMARKS

設計單位 DESIGN GROUP

漢義工程顧問股份有限公司

主辦單位/水土保持義務人 CLIENT

行政院農業委員會
林務局屏東林區管理處

基地座落 LOCATION

高雄縣六龜鄉

工程名稱 PROJECT

直瀨溪先期治理工程

圖名 DRAWING TITLE

圖5-9
平面配置圖(二)

單位 UNIT m

比例尺 SCALE 1:1000

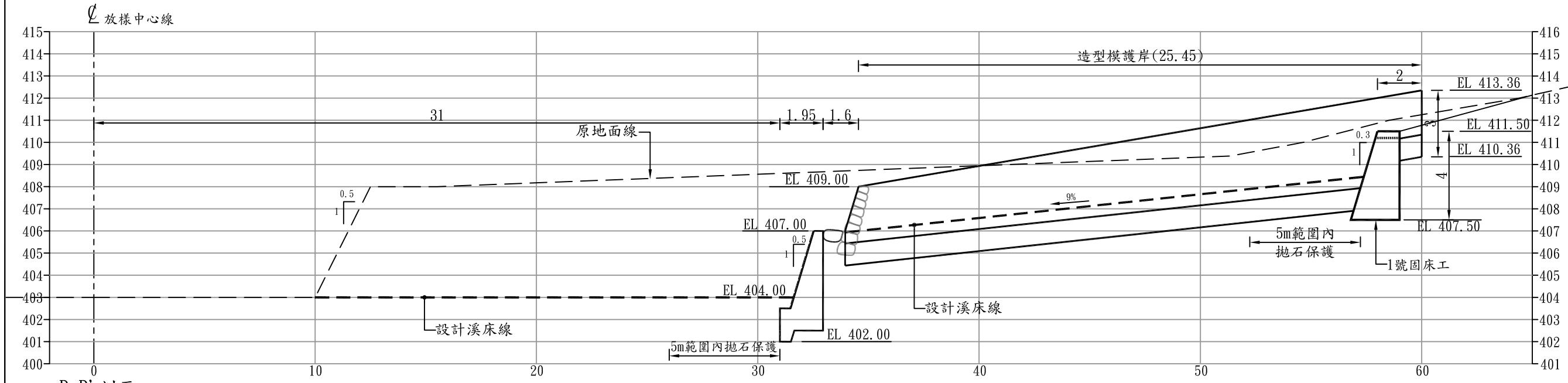
繪圖 DRAWN BY				
設計 DESIGNED				
核對 REVIEWED				
核准 APPROVED				

專業技師簽證 APPROVED BY PROF. ENGI.

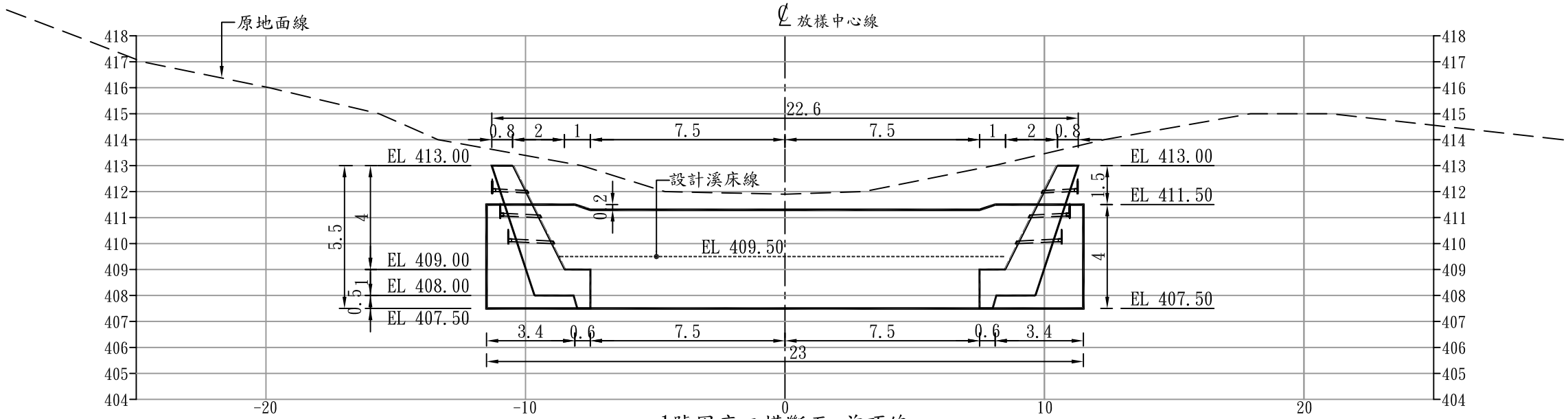
專案編號 PRJ NO.

電腦圖號 DGW NO.

送照圖號 DRAWING NO	施工圖號 DRAWING NO	圖號 DRAWING NO



B-B' 剖面
A3=1:200 unit:m



1號固床工橫斷面-前頂線
A3=1:200 unit:m

說明 GENERAL NOTES

圖面修正 REVISIONS

NO	日期 DATE	內容 REMARKS

設計單位 DESIGN GROUP

漢義工程顧問股份有限公司

主辦單位/水土保持義務人 CLIENT

行政院農業委員會
林務局屏東林區管理處

基地座落 LOCATION

高雄縣六龜鄉

工程名稱 PROJECT

直瀨溪先期治理工程

圖名 DRAWING TITLE

圖5-10
蝕溝施作詳圖(一)

單位 UNIT m

比例尺 SCALE 1:200

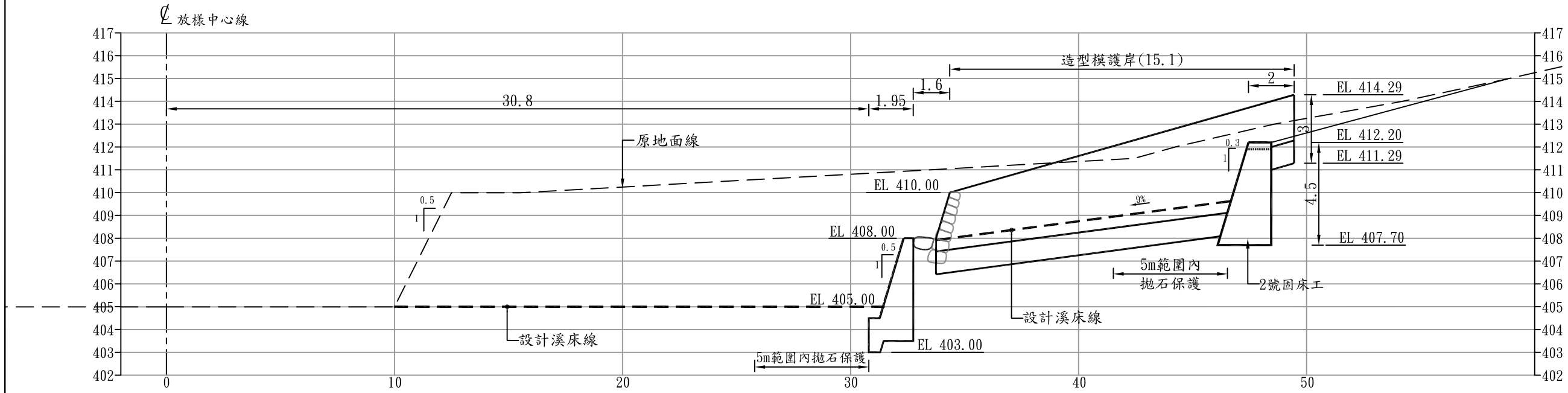
繪圖 DRAWN BY
設計 DESIGNED
檢對 REVIEWED
核准 APPROVED

專業技師簽證
APPROVED BY PROF. ENGI.

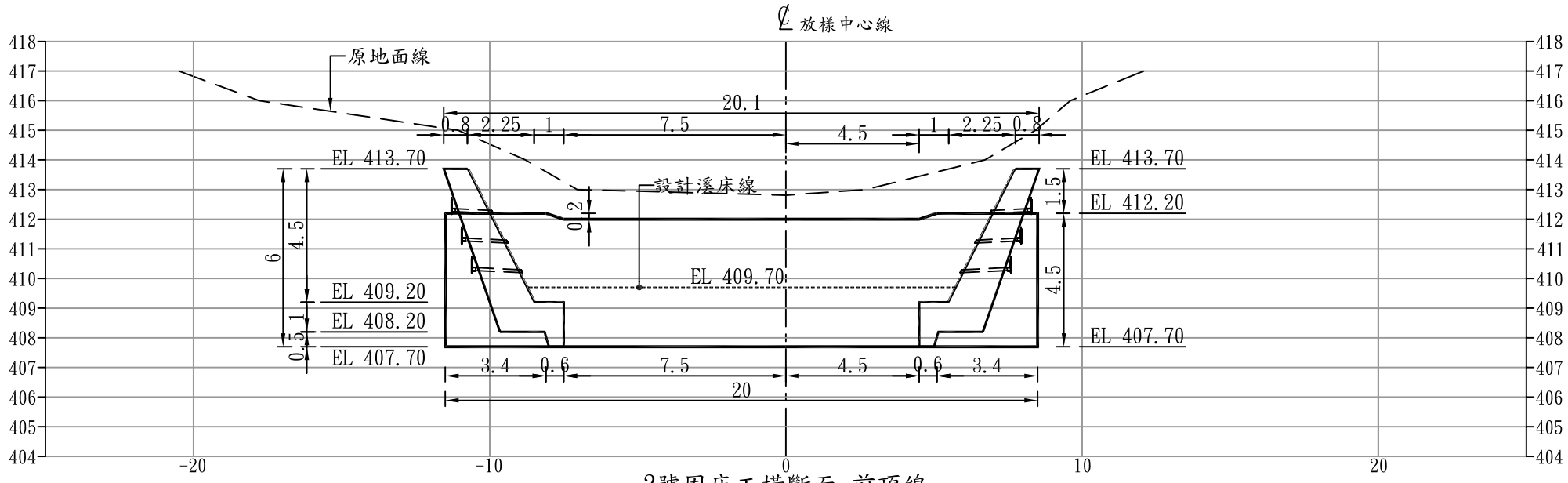
專案編號 PRJ NO.

電腦圖號 DGW NO.

送照圖號 DRAWING NO	施工圖號 DRAWING NO	圖號 DRAWING NO



C-C' 剖面 unit:m
A3=1:200



2號固床工橫斷面-前頂線 unit:m
A3=1:200

說明	GENERAL NOTES

圖面修正 REVISIONS

NO	日期 DATE	內容 REMARKS

設計單位 DESIGN GROUP

漢義工程顧問股份有限公司

主辦單位/水土保持義務人 CLIENT

行政院農業委員會
林務局屏東林區管理處

基地座落 LOCATION

高雄縣六龜鄉

工程名稱 PROJECT

直瀨溪先期治理工程

圖名 DRAWING TITLE

圖5-11
蝕溝施作詳圖(二)

單位 UNIT m

比例尺 SCALE 1:200

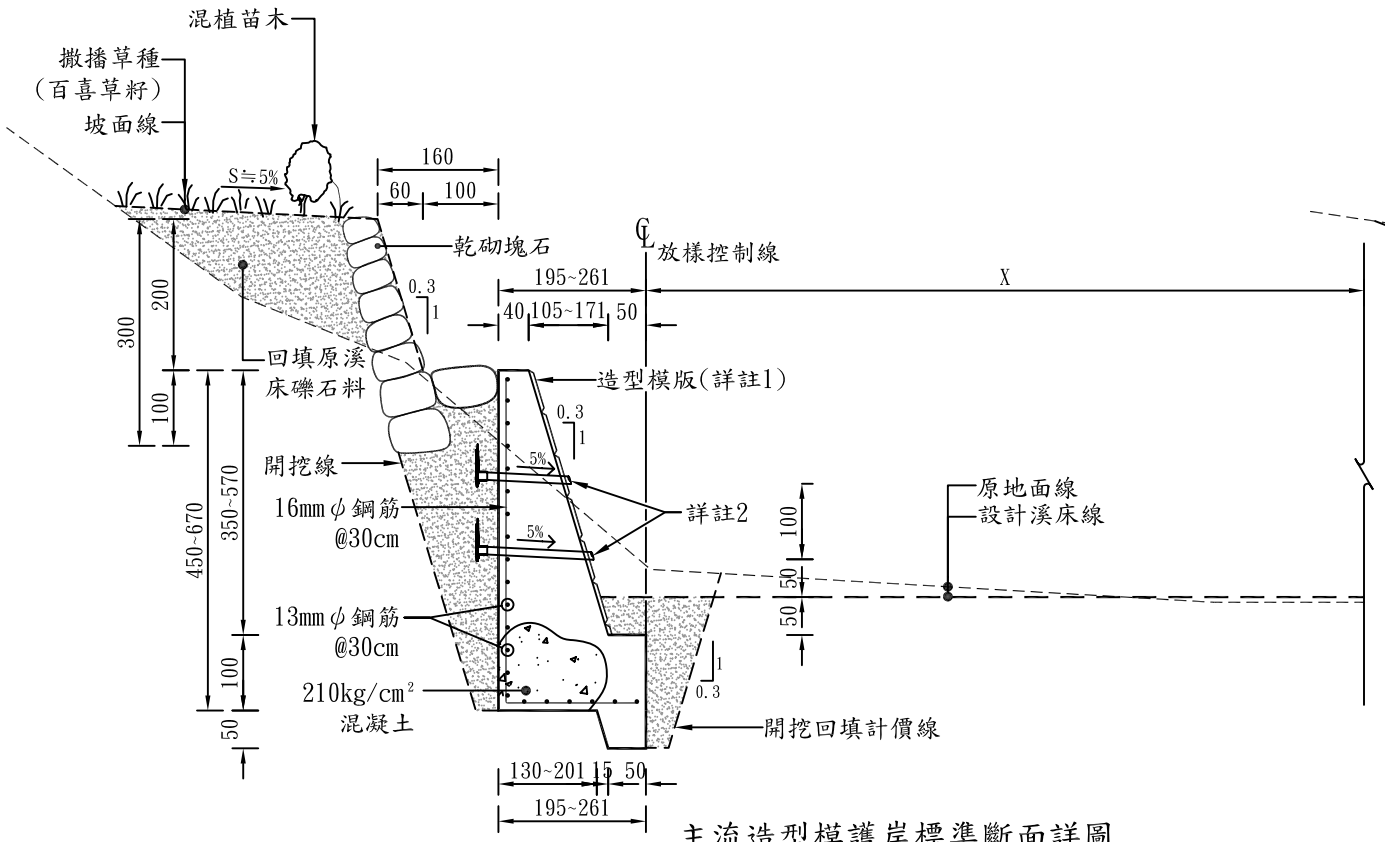
繪圖 DRAWN BY				
設計 DESIGNED				
核對 REVIEWED				
核准 APPROVED				

專業技師簽證
APPROVED BY PROF. ENGI.

專案編號 PRJ NO.

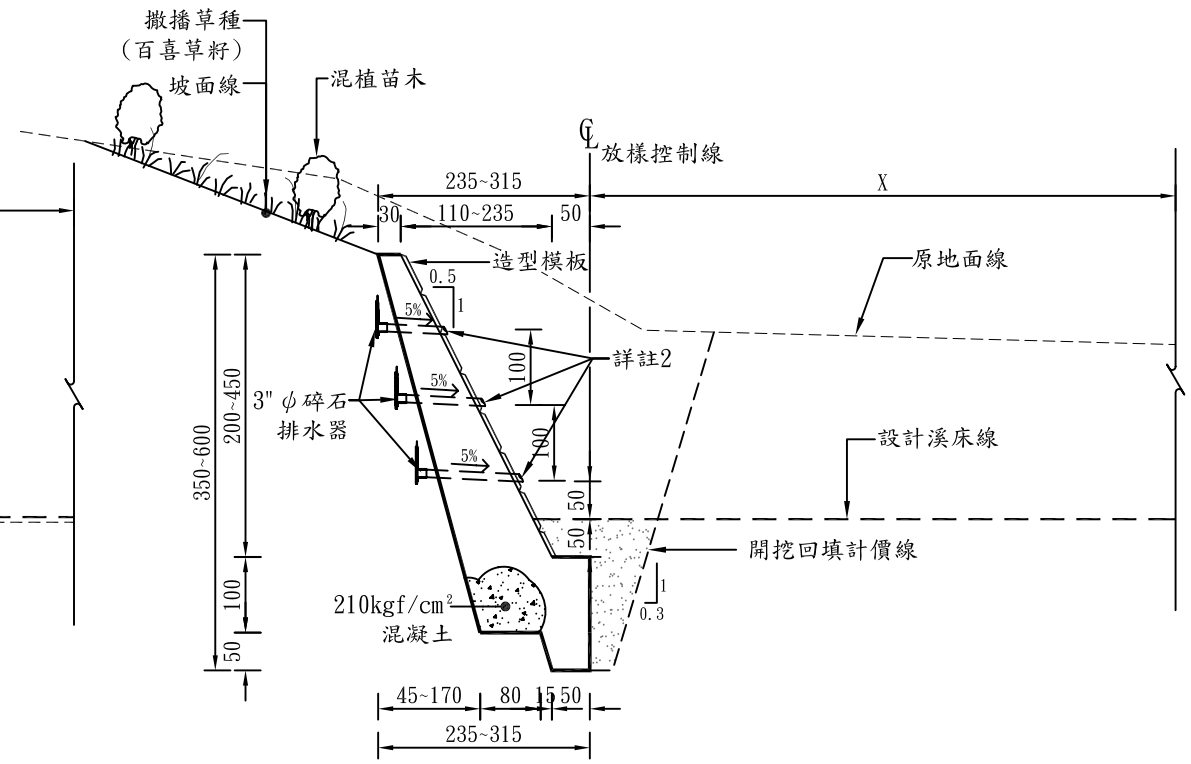
電腦圖號 DGW NO.

送照圖號 DRAWING NO.	施工圖號 DRAWING NO.	圖號 DRAWING NO.



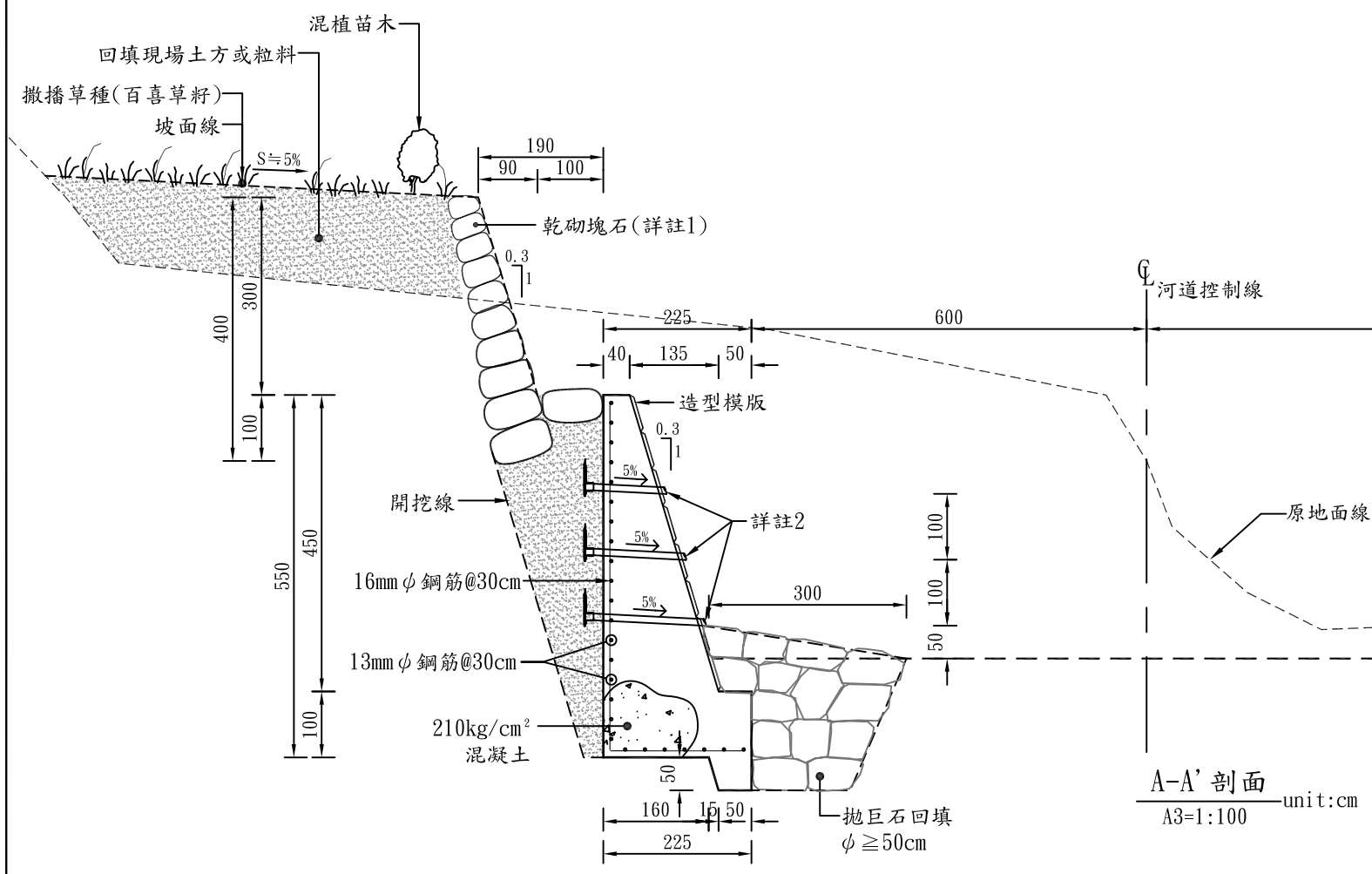
主流造型模護岸標準斷面詳圖 unit:cm

A3=1:100



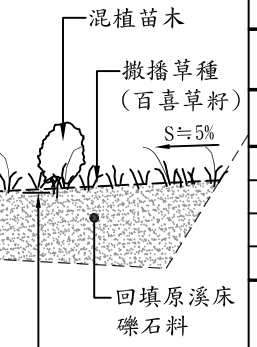
蝕溝造型模護岸標準斷面詳圖 unit:cm

A3=1:100



A-A' 剖面 unit:cm

A3=1:100



註：

1. 乾砌塊石φ≧50cm(佔80%以上)，由下而上，由大而小排列。
   (平均粒徑=65cm以上，最小粒徑小於50cm之塊石僅供填縫需求用
   ，***最頂部塊石短徑至少大於30cm***)。
2. 3"φPVC管（@1.0m*1.5m交錯配置），管內徑78mm，管壁厚度5.1mm
   ，採用B管　，材質須符合CNS 1298 K3004規定。

說明	GENERAL NOTES

圖面修正 REVISIONS

NO	日期 DATE	內容	REMARKS

設計單位 DESIGN GROUP

漢義工程顧問股份有限公司

主辦單位/水土保持義務人 CLIENT

行政院農業委員會
林務局屏東林區管理處

基地座落 LOCATION

高雄縣六龜鄉

工程名稱 PROJECT

直瀨溪先期治理工程

圖名 DRAWING TITLE

圖5-12
護岸標準詳圖

單位 UNIT 如圖

比例尺 SCALE 如圖

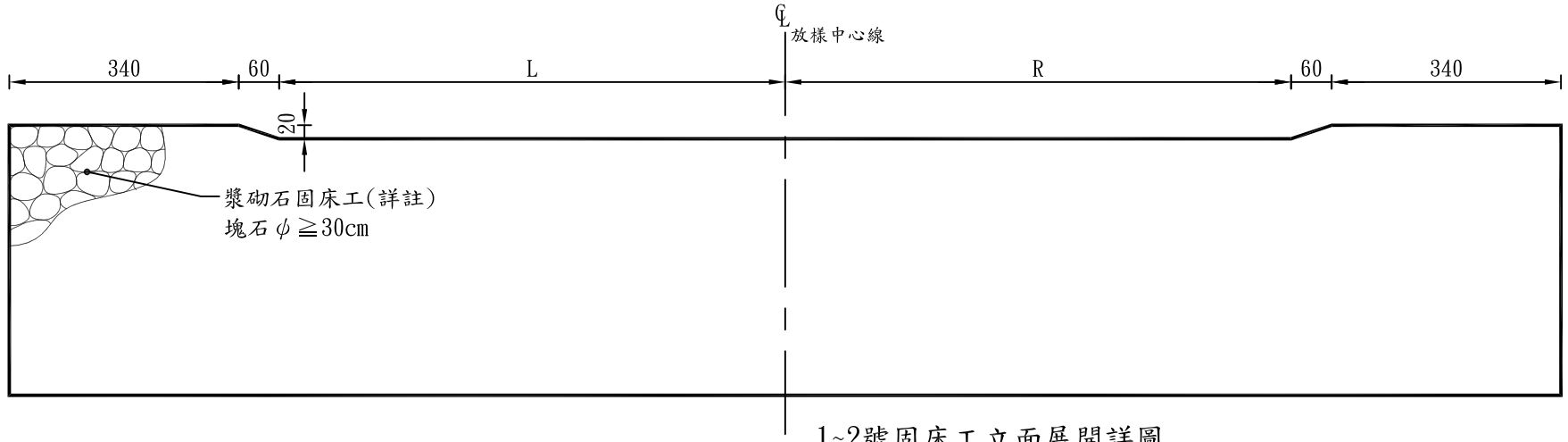
繪圖 DRAWN BY			
設計 DESIGNED			
核對 REVIEWED			
核准 APPROVED			

專業技師簽證 APPROVED BY PROF. ENGI.

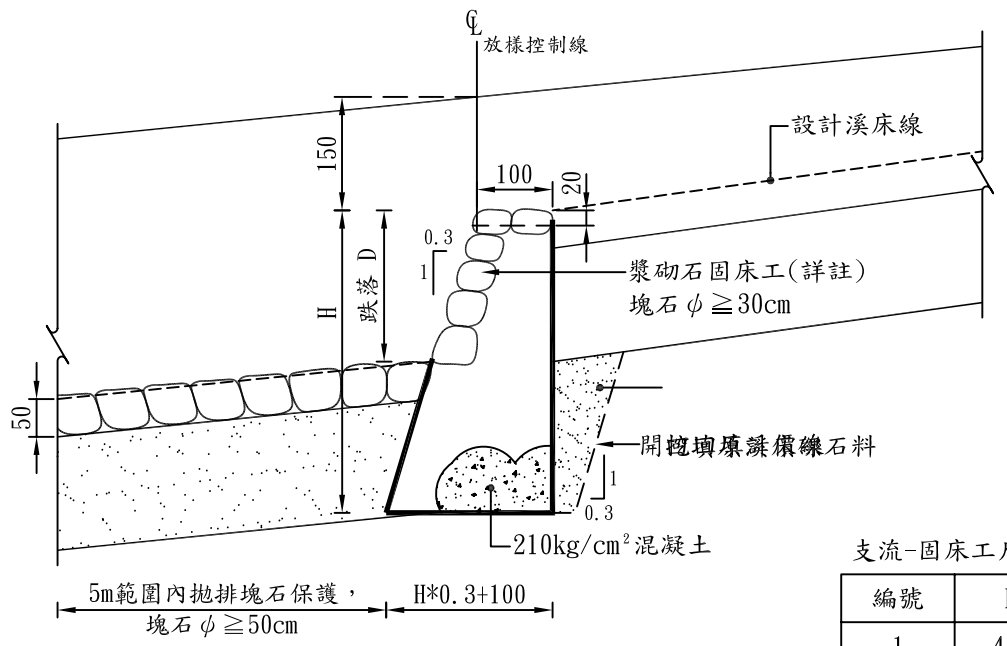
專案編號 PRJ NO.

電腦圖號 DGW NO.

送照圖號 DRAWING NO	施工圖號 DRAWING NO	圖號 DRAWING NO



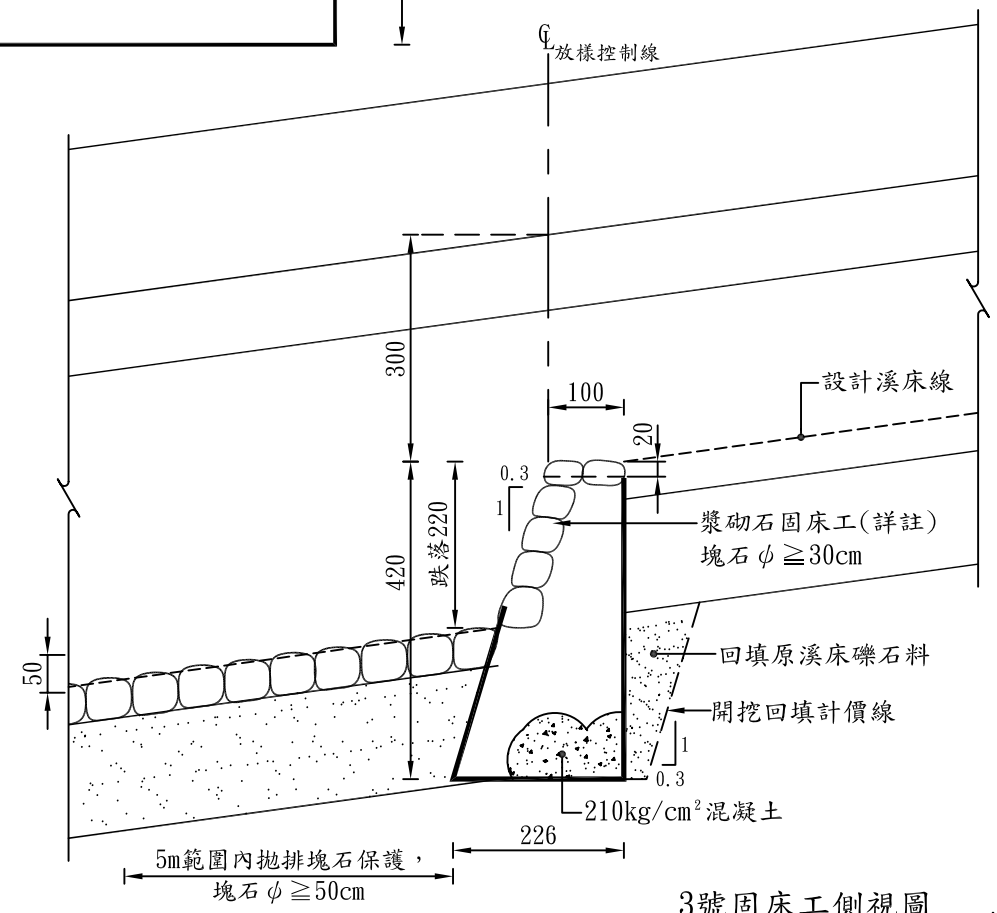
1~2號固床工立面展開詳圖 unit:cm
A3=1:200



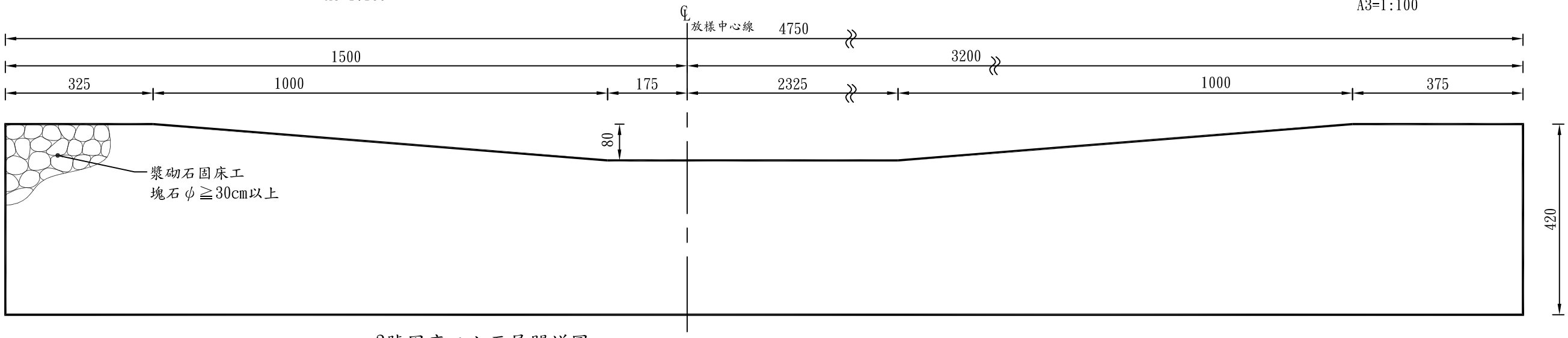
支流-固床工尺寸表(cm)：

編號	H	L	R	D
1	400	750	750	200
2	420	750	450	250

1~2號固床工側視圖 unit:cm
A3=1:100



3號固床工側視圖 unit:cm
A3=1:100



3號固床工立面展開詳圖 unit:cm
A3=1:200

註：漿砌塊石 φ≧30cm(佔80%以上)，由下而上，由大而小排列。
(平均粒徑=45cm以上，最大粒徑=50cm，最小粒徑小於30cm之塊石僅供填縫需求用)。

說明 GENERAL NOTES

圖面修正 REVISIONS

NO	日期 DATE	內容 REMARKS

設計單位 DESIGN GROUP

漢義工程顧問股份有限公司

主辦單位/水土保持義務人 CLIENT
行政院農業委員會
林務局屏東林區管理處

基地座落 LOCATION
高雄縣六龜鄉

工程名稱 PROJECT
直瀨溪先期治理工程

圖名 DRAWING TITLE
圖5-13
固床工標準詳圖

單位 UNIT 如圖

比例尺 SCALE 如圖

繪圖 DRAWN BY				
設計 DESIGNED				
核對 REVIEWED				
核准 APPROVED				

專業技師簽證
APPROVED BY PROF. ENGI.

專案編號 PRJ NO.

電腦圖號 DGW NO.

送照圖號 DRAWING NO	施工圖號 DRAWING NO	圖號 DRAWING NO

5.3 道路水土保持

道路工程常見發生破壞主要原因為排水不良導致逕流集中而使路基流失或邊坡崩塌，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，本集水區內主要聯外道路為台 20 線，其破壞原因可歸納如下說明：

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，並於道路轉彎路段地表逕流直流，導致邊坡崩塌，如有路緣（或女兒牆）則因積水使路面沈陷，而產生崩坍或坡壞路基流失之現象。

2. 由於道路緊鄰河道構築，常因溪流沖刷而淘空路基，導致路基流失造成交通中斷。

3. 過溪橋涵通水斷面不足，長造成溢流或阻流之現象。

4. 道路強災時，常見挖土機就地挖邊坡之土石填下邊坡，造成上邊坡失去安息角而崩坍，尤其順向坡處，造成無法恢復之窘境。

由上述災害原因分析有關台 20 線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

（1）道路排水系統：

道路須有完善之排水系統外，於道路轉彎路段或縱坡凹處前 10 公尺處須加設橫向截排水溝，以截流路面縱向逕流，避免逕流直沖下邊坡造成崩坍，或因有路緣、女兒牆或紐澤西護欄造成沖刷路面及路基沉陷。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排至溪流中，道路水土保持處理構想詳圖 5-14。

（2）道路邊坡穩定工程：

設置擋土牆、邊坡植生工程，蝕溝整治工程及坡面排水工程，道路邊坡穩定工程詳圖 5-15。

2.配合野溪整治

配合野溪整治須確保橋涵通水斷面充足外，更須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造成道路中斷及上邊坡滑落之狀況發生。

5.4 坡地水土保持及復育造林

本集水區內主要之坡地水土保持問題可歸納為二類，第一類是土地利用密集所造成之坡面沖蝕加劇而增加下游土砂量，第二類則是因為沖蝕持續發展擴大，而將坡面鬆動之土石帶往下游造成之土石災害。針對上述之坡地沖蝕問題，非林班地之坡地建議治理方式如后：

1. 加強山坡地土地超限利用調查，推廣農地山邊溝、截排水溝及平台階段、台埂、台壁植草及坡面沖蝕控制等水土保持處理。
2. 進行蝕溝整治，減緩蝕溝擴大破壞並安全導入現有野溪內。
3. 加強取締違反水土保持法之山坡地開發行為，遏阻人為破壞情形不斷發生，國土得以永續發展。

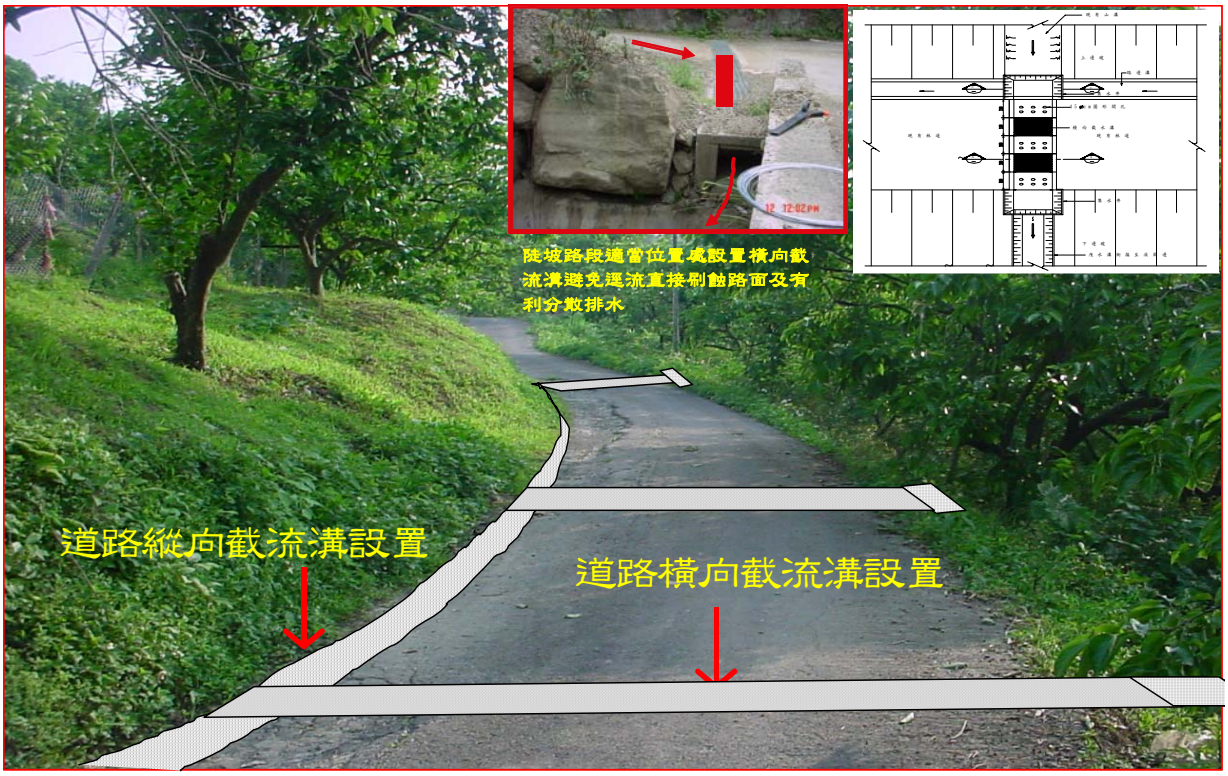
另本集水區內之林班地面積佔 94.52%，民國 98 年莫拉克颱風後，林班地內發生林木及水土流失之結果，使得整體集水區內之森林保育機制已然受損，為此，除應針對崩塌地進行坡腳穩定整治工程外，更應積極造林。整治方式係先穩定基腳，再將崩塌地以小集水區之概念，進行分洪及坡面排水，而其處理方式可於源頭進行源頭處理及坡面打樁編柵及排水工程，

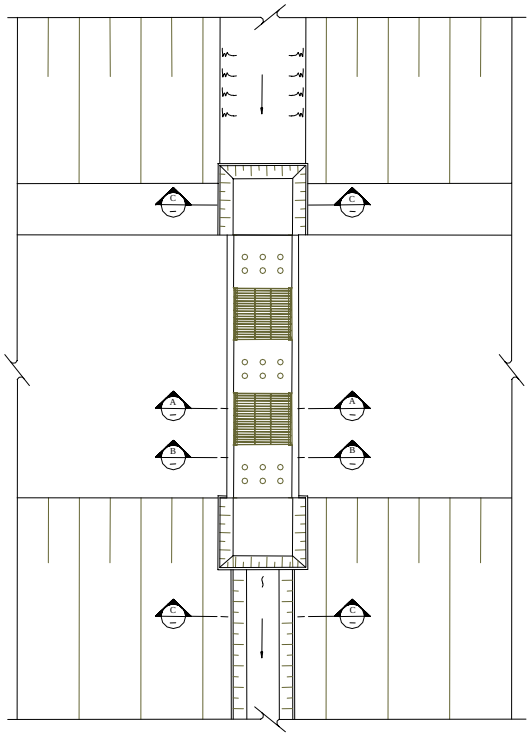
並於每間距約 3~4 公尺之樁上種植約 50 公分高之樹苗。基於上述原則，研提本集水區內林班地崩塌嚴重之區位詳如表 5-3，供復育造林計畫之參考。

表 5-3 坡地水土保持及復育造林計畫建議區位一覽表

序號	建議改善區位	坡地水土保持現況	改善需求
1	直瀨溪中游崩塌地 (213046,2551764)	暴雨來襲時，形成蝕溝，溪床縱向刷深，致使坡面產生大面積滑動，土石大量堆積坡腳，危及附近民宅。	崩塌地面積約 5.0 ha
2	上智溪上游崩塌地 (214460,2553862)	暴雨來襲時，溪床縱向刷深，致使坡面產生大面積滑動，土石大量堆積下游溪床。	崩塌地面積約 7.4ha
3	內英溪源頭崩塌地 (214460,2553862)	暴雨來襲時，溪床縱向刷深，致使坡面產生大面積滑動，土石大量堆積下游溪床。	崩塌地面積約 6.5ha
4	珍藍溪源頭崩塌地 (212655,2552421)	暴雨來襲時，溪床縱向刷深，致使坡面產生大面積滑動，土石大量堆積下游溪床。	崩塌地面積約 5.5ha
5	支流 5 上游崩塌地 (211406,2551403)	暴雨來襲時，溪床縱向刷深，致使坡面產生大面積滑動，土石大量堆積下游溪床。	崩塌地面積約 2.5 ha
6	支流 5 上游崩塌地 (211697,2551597)	暴雨來襲時，溪床縱向刷深，致使坡面產生大面積滑動，土石大量堆積下游溪床。	崩塌地面積約 3.5 ha

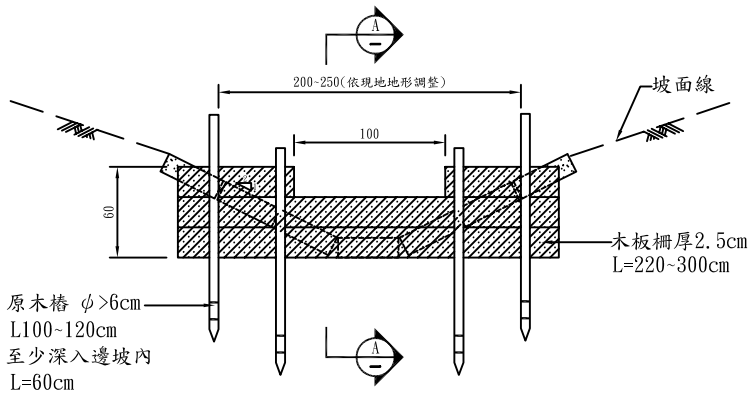
註：1.上述資料由現地勘查結果編制。2.辦理復育造林之區域面積，以崩塌地 90%之面積估算。



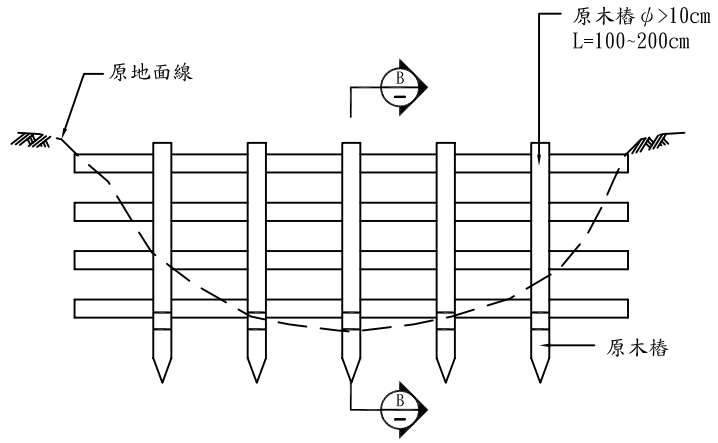


橫向截水溝及排水溝平面圖

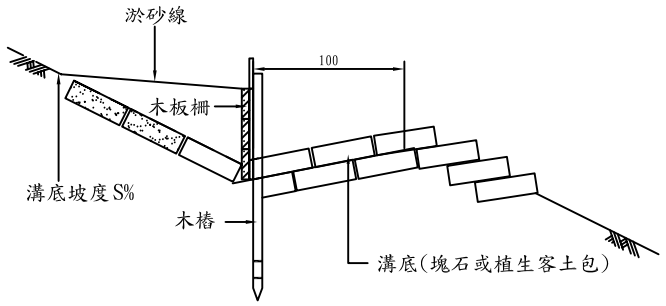
工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	道路水土保持處理構想圖	圖號 DWN.NO.	5-14



正面圖
S=1:50 unit:cm

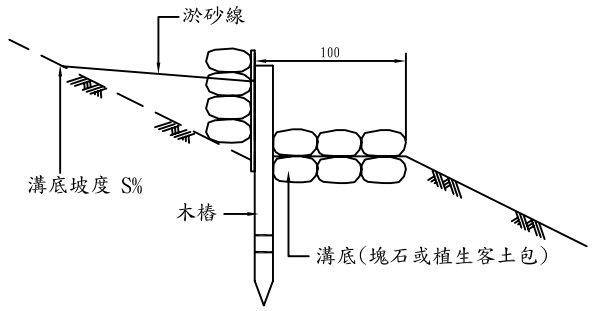


正面圖
N.T.S



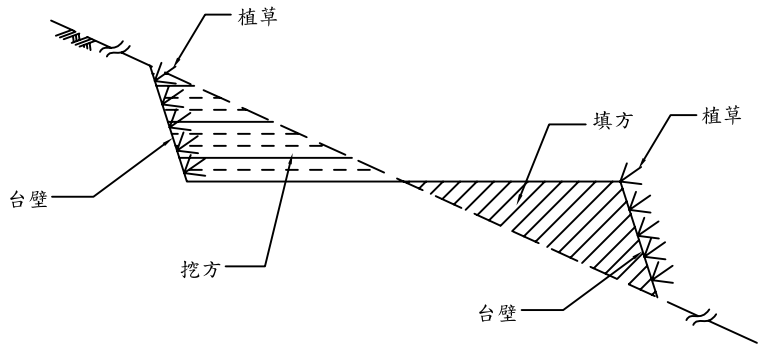
剖面圖 A
S=1:50

木板塊石(植生包)蝕溝控制示意圖
S=1:50 unit:cm

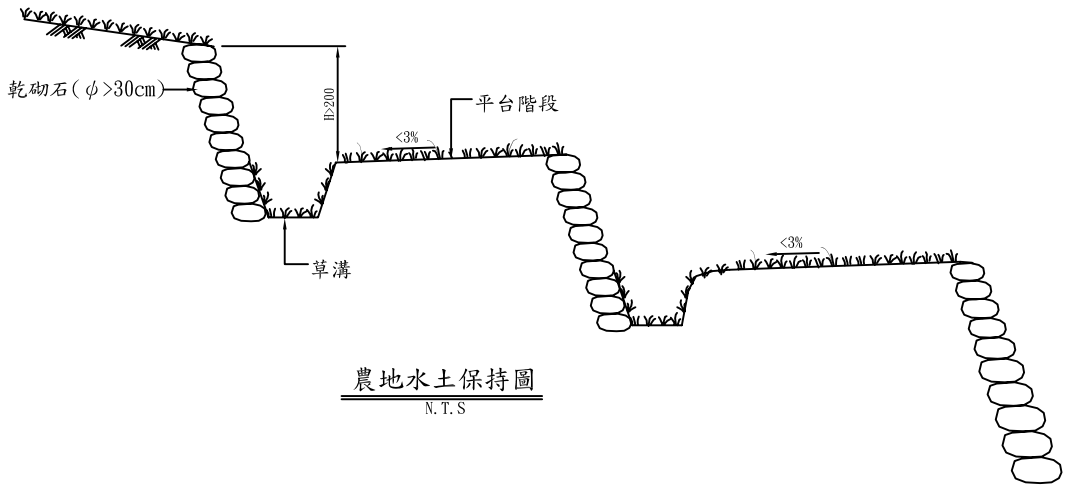


剖面圖 B
S=1:50

木樁壩蝕溝控制示意圖
S=1:50 unit:cm



台壁植草示意圖
N.T.S



農地水土保持圖
N.T.S

說明 GENERAL NOTES

圖面修正 REVISIONS			
NO	日期 DATE	內容 REMARKS	

設計單位 DESIGN GROUP

漢義工程顧問股份有限公司

主辦單位/水土保持義務人 CLIENT

行政院農業委員會
林務局屏東林區管理處

基地座落 LOCATION

高雄縣六龜鄉

工程名稱 PROJECT

直瀨溪先期治理工程

圖名 DRAWING TITLE

圖5-15
道路邊坡穩定工程圖

單位 UNIT 如圖

比例尺 SCALE 如圖

繪圖 DRAWN BY				
設計 DESIGNED				
核對 REVIEWED				
核准 APPROVED				

專業技師簽證
APPROVED BY PROF. ENGI.

專案編號 PRJ NO.

電腦圖號 DGW NO.

送照圖號 DRAWING NO	施工圖號 DRAWING NO	圖號 DRAWING NO

5.5 淤積土石處理

當豪雨發生時，本集水區上游崩塌土石順流而下，由於直瀨溪主流河床坡度平緩，當雨勢減緩而流速相對減緩下，極易造成淤積，故於莫拉克及辛樂克颱風後，直瀨溪顯現嚴重淤積之災情，處理方法分述如下：

1.以上游崩塌地整治為當前要務，另於蝕溝處進行蝕溝整治，坡面以團粒工法、打樁編柵及造林等植生工法進行整治，以減少土砂來源。

2.支流設置土砂防制工，以攔截土砂減緩支流河床坡度，降低溪水沖刷力以控制土砂。

3.主流設置滯洪沉砂池、梳子壩及護岸等工程進行整流工程。

4.既有淤砂建議繼續清淤，淤砂堆置於兩岸，並於高灘地植生以增加雨水入滲。

5.若有居民居住在崩塌地及低窪地區或河畔，為安全起見，於豪雨來臨時應即時通知避災或遷移。

5.6 安興橋改善建議

經水理檢核結果，安興橋上游河床坡度為 6.75%，下游河床坡度約為 1.83%，使得流速通過安興橋後驟然降低而產生迴流因流速減緩形成淤砂，造成橋涵通水斷面不足，暴雨強度愈大則淤積情形愈嚴重。故雖安興橋上下游於八八風災後已完成清疏，但經歷 99 年 5 月及 7 月之暴雨，橋下斷面淤積至僅剩 0.9m 即到橋台，詳見圖 5-16。

安興橋改善建議為除於安興橋上游面設置滯洪沉砂池，期可容納大量土砂外，建議將安興橋橋面抬高至 EL409.40，並擴大橋涵跨度為 20 公尺以上，此不僅可改善道路坡度，使行車安全度提高，並可改善安興橋通水斷面，以保護居民行車及居住之安全。

5.7 節能減碳評估對策

經評估本集水區治理需求後，為減緩各治理工程實施對環境衝擊，故將綠色材料及綠色工法併入工程設計中，以達到節能減碳之功效。茲將節能減碳綠色工程指標評估項目之說明如後：

1.植生綠化：以植生綠化方式，增加綠地面積，改善景觀，美化環境，降低對環境之衝擊。

2.生物多樣性：營造適合生物棲息環境，促進生態系之再生能力、復原能力及保護功能，並促進溪流之適當利用，建設一個良好水循環及安全的溪流環境。

3.減廢：降低施工過程所產生之廢棄土石方，儘量不擾動已穩定邊坡，減少棄土外運過程因運輸增加之車輛機具廢氣排放污染，並減低工址周邊與其他地區之環境負荷；另利用野溪清疏所產生之土石回收再利用，除可疏通淤積河段，亦可減少其他地區土石開採所產生之破壞。

4.自然材料：取當地之可應用資材或天然材料，在儘可能不破壞生態及環境景觀下，對一般邊坡以及河溪，進行整治工程與措施，降低對自然環

境之影響。

5. 綠營建（鋼構設施）：利用鋼構設施進行林道復建，減低混凝土使用量，並增進施工效率，達成綠營建目標。

針對本集水區整體治理規劃目標，除防災外亦須考慮生態棲息地之保護，故有關節能減碳管控指標之辦理內容說明如後：

1.綠色環境：裸露坡面、崩塌地及回填區或護岸工程後方以各種植生工法完成，設計及施工方式如植草、種植樹木、團粒噴植、打樁編柵、型框植生、植生袋、造林等工法進行。

2.綠色工法：整體治理工程多採生態工程方式進行，且施工過程中之土石方挖、填均以自身工區內平衡為原則，因此不會將土石運離現場而影響工區外之環境。此外在設計方面儘可能減少邊坡開挖，並利用清疏所產生之土石回收再利用。

3.綠色材料：如護岸、擋土牆或壩體等，儘可能採用現地塊石施作為原則。另本集水區因地質因素，現場塊石不多，可外購惟恐使他處河川弱床現象，亦可考量選取與當地環境可相融合之材質，並利用人工資材高塑性特質，模構符合生態工法之構造設施，以達成有利於自然生態之棲息地，完成整治工程之生態化之目的。

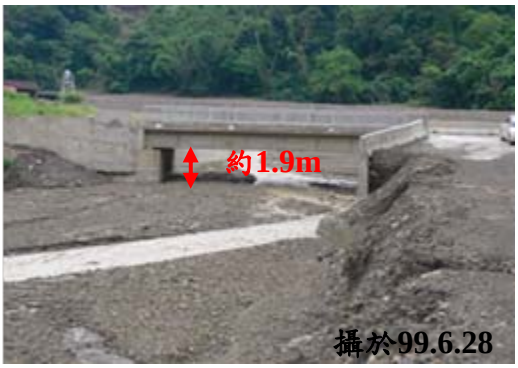
基於以上對於節能減碳評估之對策，為求各項工程對於環境之影響與衝擊可減至最低程度，並達到節能減碳之效益，故將來在執行各項工程時，其中包含之綠色工程經費必須至少為整體規劃工程經費之 20%，其佔整體規劃工程經費之比例詳如後表 5-4。

表 5-4 節能減碳綠色工程執行經費預估表

計畫名稱	整體規劃工程經費(仟元)(A)	實際執行綠色工程經費(仟元)(B)	佔經費比例(%)(B/A)
直瀨溪集水區整體治理計畫	420,000	84,000	20%

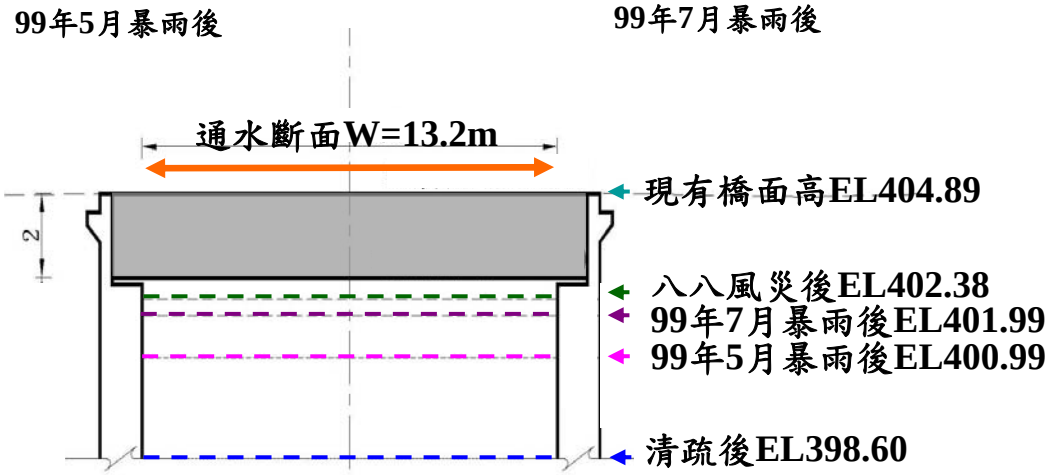
莫拉克風災後

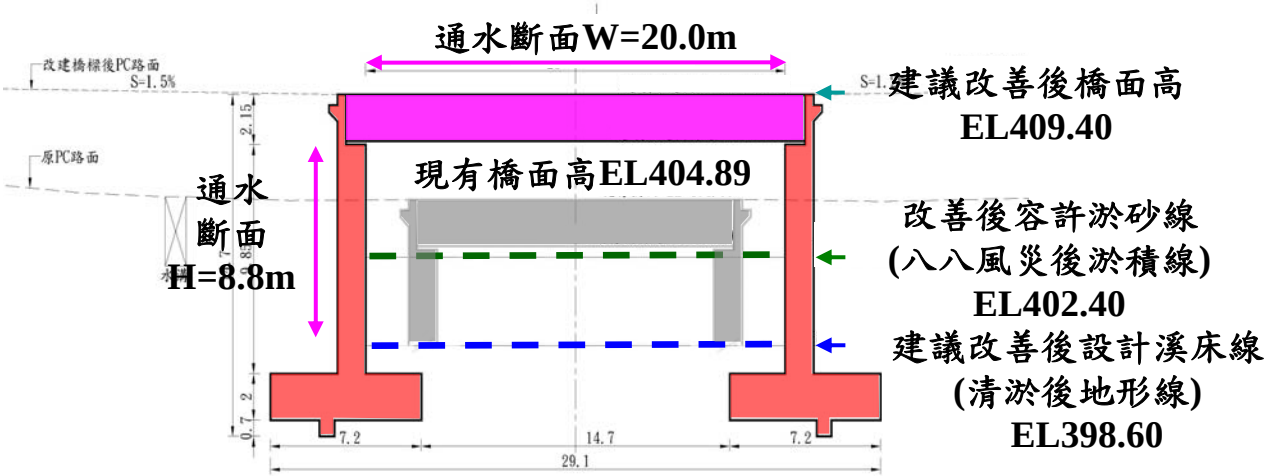
清疏後



99年5月暴雨後

99年7月暴雨後





工程名稱 PROJECT	直瀨溪集水區整體規劃及先期治理工程設計委託技術服務	圖名 DRAWINGTITLE	安興橋改善建議圖	圖號 DWN.NO.	5-16

第六章 治理與管理及其他配合措施事項

6.1 治理與管理現況

本集水區之行政區域轄屬為高雄縣六龜鄉荖濃村境內，有關集水區內影響所及之保全對象，諸如橋涵、道路與社區、聚落等公共設施構造及造產將一併納入防災考量。本集水區林班地面積計有 930.7 公頃，為林務局屏東林區管理處所轄旗山事業區第 62、63 及 64 號林班地，林班地之治山防災治理與管理轄管權責由林務局屏東林區管理處擔負。林班界外之山坡地之坡地防災業務，則由水土保持局統籌辦理，至於台 20 線省道治理事項則由公路總局負責。

6.2 協調機制

經彙整本案相關行政機關單位如後表 6-1，俾為地方治山防災治理與管理之參考。

表 6-1 本案相關協調諮詢機關一覽表

序次	行政機關	地址	聯絡人	聯絡電話	負責工作
1	林務局 屏東林區管理處	屏東市民興路 39 號	治山課	08-7236941	林班地治理、生態保育相關事項
2	水土保持局 台南分局	台南市林森路 1 段 316 號	治理課	06-2684367	山坡地水土保持治理事宜
3	高雄縣政府	高雄縣鳳山市光復路二段 132 號	略	07-7995678	林務及治山防災事宜
4	公路局第三區養護工程處甲仙工務段	高雄縣甲仙鄉東安村文化路 13 號	略	07-6751014	交通及公路治理
5	高雄縣六龜鄉公所	高雄縣六龜鄉六龜村民治路 18 號	農業課	07-6892100	觀光、建設、用地需求、治山防災及鄉民需求等協調事宜

註：以上資料依據各單位網頁資料彙整。

6.3 其他配合措施事項

6.3.1 橋涵配合

水土保持處理與維護與居民生活息息相關，尤其橋樑為過河重要交通建設，其橋涵通水斷面如不足時，一旦颱風豪雨來臨時，極易造成阻塞而釀成災害。本集水區台 20 線上之橋涵通水斷面尚足，惟位於直瀨溪主流下游之安興橋斷面略顯不足。另歷經莫拉克颱風，災後台 20 線上多處沖蝕溝及其過水箱涵需整治，建議公路總局審慎評估。

6.3.2 治理界面

本集水區內治山防災治理與管理轄管權責之劃分為

1.林班地：由林務局屏東林管處負責。

2 非林班地之山坡地：由水土保持局台南分局負責。

3.台 20 線：由公路局第三區養護工程處甲仙工務段負責。

6.3.3 相關法規

本集水區內治山防災治理與管理之相關法規詳見表 6-2。

表 6-2 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. 水污染防治法施行細則 6. 違反水污染防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. 實施區域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

第七章 分年分期治理計畫及經費需求

7.1 治理內容及經費需求

本集水區整治工程經審慎評估結果，除配合易淹水地區水患治理計畫之預定工程外，另規劃數件辦理治山防災治理工程，總計在未來四年內必須完成之工程共 20 項，加上逐年編列之河道清疏費用，總治理經費合計約為 420,000 仟元，詳列如表 7-1。

表 7-1 直瀨溪集水區整體治理需求及經費預估一覽表(1/2)

工程名稱	工作起點或所在座標		工程設施項目	預估經費(仟元)	計畫名稱
	E	N			
直瀨溪先期治理工程	214537	2552175	護岸約 950 公尺，固床工 3 座。	30,000	易淹水地區水患治理計畫
直瀨溪整流工程	213801	2552134	梳子壩 1 座，護岸約 350 公尺，固床工 3 座。	30,000	治山防災
直瀨溪整治二期工程	213490	2552163	潛壩 2 座，固床工 2 座，護岸約 400 公尺。	20,000	易淹水地區水患治理計畫
直瀨溪上游崩塌地處理工程	212733	2551918	崩塌地處理 1.5 公頃。	10,000	易淹水地區水患治理計畫
	213046	2551764	崩塌地處理 1.0 公頃。		
	212647	2551604	崩塌地處理 2.5 公頃。		
旗山 62 林班坑土砂控制工程	212344	2552124	土砂控制工 2 座，固床工 2 座，護岸約 400 公尺。	20,000	易淹水地區水患治理計畫
旗山 62 林班坑溝治理工程	212111	2551640	潛壩 2 座，固床工 3 座，護岸約 300 公尺。	20,000	易淹水地區水患治理計畫
旗山 62 林班崩塌地處理工程	211375	2551439	崩塌地處理 2.5 公頃。	15,000	治山防災
	211653	2551589	崩塌地處理 3.5 公頃。		
旗山 63 林班坑溝治理工程	213422	2553464	防砂壩 1 座，固床工 4 座，護岸約 200 公尺。	13,000	易淹水地區水患治理計畫
旗山 63 林班坑溝治理二期工程	213383	2553134	防砂壩 2 座，固床工 2 座，護岸約 200 公尺。	34,000	治山防災
小計				192,000	

表 7-1 直瀨溪集水區整體治理需求及經費預估一覽表(2/2)

工程名稱	工作起點或所在座標		工程設施項目	預估經費	計畫名稱
珍藍溪土砂控制一期工程	212655	2552804	防砂壩 2 座，固床工 2 座，護岸約 200 公尺。	34,000	治山防災
珍藍溪土砂控制二期工程	212451	2553853	防砂壩 2 座，固床工 2 座，護岸約 200 公尺。	34,000	治山防災
內英溪上游崩塌地處理工程	213441	2553883	崩塌地處理 6.5 公頃。	16,000	治山防災
珍藍溪上游崩塌地處理工程	212682	2554263	崩塌地處理 5.5 公頃。	14,000	
旗山 64 林班坑溝治理一期工程	214413	2552629	潛壩 2 座，固床工 2 座，護岸約 200 公尺。	12,000	易淹水地區水患治理計畫
旗山 64 林班坑溝治理二期工程	213849	2552425	潛壩約 3 座，固床工約 2 座，護岸約 200 公尺。	12,000	易淹水地區水患治理計畫
旗山 64 林班坑溝整治三期工程	213831	2552481	固床工 3 座，護岸工程約 300 公尺。	12,000	治山防災
旗山 64 林班邊坡整治一期工程	214406	2552438	打樁編柵 1.5 公頃，蝕溝整治。	6,000	治山防災
旗山 64 林班邊坡整治二期工程	214498	2552326	打樁編柵 1.5 公頃，蝕溝整治。	6,000	治山防災
旗山 64 林班崩塌地處理工程	214347	2553255	崩塌地處理 7.4 公頃。	17,000	治山防災
台 20 線道路改善工程	台 20 線沿線		部分路段重新鋪設 PC(間隔設置橫向排水)，鄰野溪及蝕溝路段改善及新設排水箱涵。	25,000	公路局執行
直瀨溪清淤工程	直瀨溪安興橋上下游段		河道清疏。	40,000	治山防災
小計				228,000	
合計				420,000	

7.2 分年分期治理計畫

由以上各章節之說明，且經審慎評估結果，針對直瀨溪集水區提具分年分期實施計畫如后表 7-2 及表 7-3。其中，分為 100~101 年度規劃治理工程需求為整體計畫優先執行之部分，101~102 年度規劃治理工程需求為第二階段執行之部分，102~103 年度規劃治理工程需求為第三階段執行之部分，依此為基準，辦理直瀨溪集水區內之分年分期治理計畫。

表 7-2 易淹水地區水患治理計畫分年分期實施計畫一覽表

年度與期別	工程名稱	工程費需求(仟元)	合計(仟元)	執行單位
100 年度	直瀨溪先期治理工程	30,000	72,000	屏東林管處
	直瀨溪上游崩塌地處理工程	10,000		屏東林管處
	旗山 62 林班土砂控制工程	20,000		屏東林管處
	旗山 64 林班坑溝治理一期工程	12,000		屏東林管處
101 年度	直瀨溪整治二期工程	20,000	45,000	屏東林管處
	旗山 63 林班坑溝治理工程	13,000		屏東林管處
	旗山 64 林班坑溝治理二期工程	12,000		屏東林管處
102 年度	旗山 62 林班坑溝治理工程	20,000	20,000	屏東林管處
	合計		137,000	

表 7-3 治山防災治理計畫分年分期實施計畫一覽表

年度與期別	工程名稱	工程費需求(仟元)	合計(仟元)	執行單位
100 年度	直瀨溪整流工程	30,000	46,000	屏東林管處
	旗山 64 林班邊坡整治一期工程	6,000		屏東林管處
	直瀨溪清淤工程	10,000		屏東林管處
101 年度	旗山 62 林班崩塌地處理工程	15,000	56,000	屏東林管處
	旗山 64 林班邊坡整治二期工程	6,000		屏東林管處
	台 20 線道路改善工程	25,000		道路主管機關
	直瀨溪清淤工程	10,000		屏東林管處
102 年度	旗山 63 林班坑溝治理二期工程	34,000	108,000	屏東林管處
	珍藍溪土砂控制一期工程	34,000		屏東林管處
	內英溪上游崩塌地處理工程	16,000		屏東林管處
	珍藍溪上游崩塌地處理工程	14,000		屏東林管處
	直瀨溪清淤工程	10,000		屏東林管處
103 年度	珍藍溪土砂控制二期工程	34,000	73,000	屏東林管處
	旗山 64 林班崩塌地處理工程	17,000		屏東林管處
	旗山 64 林班坑溝治理三期工程	12,000		屏東林管處
	直瀨溪清淤工程	10,000		屏東林管處
	合計		283,000	

7.3 先期治理工程設計

先期治理工程預算為 25,000 仟元，茲因安興橋下游居民安全堪慮，經居民陳情後增設護岸保護邊坡，故先期治理工程細部設計預算已增加為約 30,000 仟元。先期治理工程設施單價分析詳表 7-4。

表 7-4 直瀨溪先期治理工程單價一覽表

項次	工料項目說明	單位	數量	單價(元)	複價(元)
壹	發包工程費				
一	施工費				
1	安興橋下游護岸	m	124	22,550	2,796,200
2	安興橋上游護岸	m	784	18,680	14,645,120
3	蝕溝護岸	m	81	12,051	976,131
4	1、2 號固床工	座	2	201,148	402,296
5	3 號固床工	座	1	716,239	716,239
6	拋排塊石	m^2	4343	272	1,181,296
7	撒播草種	m^2	4762	15	71,430
8	混植苗木	株	2381	50	119,050
二	環保安衛費	式	1	780,362	780,362
三	施工品質管理費(壹之分段計價)	式	1	776,450	776,450
四	廠商利潤、管理與保險費(壹之分段計價)	式	1	382,488	382,488
五	營業稅(壹一至四*5%)	式	1	2,132,649	2,132,649
六	工程保險費(壹一*2%)	式	1	1,439,538	1,439,538
發包工程費總計					30,698,869

7.4 經費來源

本治理計畫係為配合易淹水地區治理計畫之執行，所需經費在「易淹水地區水患治理計畫」特別預算 100~103 年度治山防洪由水保局編列及林務局 100~103 年度治山防洪計畫經費項下支應；另因應因逐年不可預知之災害(如颱風、豪雨或地震等因素所造成之災害)則由逐年提列公務預算於「治山防災」子計畫項支應 100~103 年度計畫。

為區分出治山防災(公務預算)與水患治理計畫(特別預算)，依據文字定義，以全省為觀點做出「治山防洪」及「治山防災」之確切範圍，依集水區特性、治理特性、工程所需求及專業考量等因子研判，以避免產生經費重複投入之觀點，依上述條件明確的劃分各計畫經費範圍，使整體治理計畫更能按部就班循序進行，各分類計畫經費需求表詳表 7-5，計畫範圍可詳前圖 5-6 及圖 5-7。

表 7-5 直瀨溪集水區整體規劃分年分期經費預估一覽表

計畫項目	經費(仟元)				小計(仟元)
	100 年度	101 年度	102 年度	103 年度	
＊易淹水地區水患治理計畫	72,000	45,000	20,000		137,000
治山防災	46,000	56,000	108,000	73,000	283,000
總計(仟元)	118,000	101,000	128,000	73,000	420,000

*易淹水地區水患治理計畫預算由水保局編列，林務局執行。

第八章 效益評估

本集水區整治內容包含野溪治理及土石流防治、崩塌地處理及道路水土保持等，整治計畫實施後可直接減少土石災害、攔阻土石下移、穩定河床及維持道路暢通，進而保護農園、房舍及人民生命財產安全，以及提昇集水區內土地利用之價值，並達到集水區保土蓄水之功能，茲就本治理計畫實施後之直接與間接效益分述如後各節。

8.1 直接效益

8.1.1 土砂量控制

集水區內之崩塌地及野溪實施有計畫之保育後，可減少土砂下移至主河道，其整治效益分析如下：

(1)土石災害復育

土石災害復育包含沉砂設施、固床工及護岸等設施，主要功效除為防止砂石下移，並可調節河床坡度及控制水流流向，可減少河床縱向或橫向之沖刷及避免河岸崩塌。

(2)坡地保育與崩塌地處理

坡地保育包含坡面保護、坡腳保護及排水等設施，主要功效除為控制現有崩塌地避免繼續擴展，並可恢復坡面植生、減低坡面沖蝕破壞。

實際土砂控制所產生之減災效益說明如後：

(1)攔阻土石，減少土石下移

本治理計畫預計在 100 年度於直瀨溪中、上游設置梳子壩及土砂控制工程，預估施作工程可有效攔阻土石量約 34.4 萬立方；另在中長期治理計畫中，亦可有效攔阻土石量約 52.2 萬立方。

(2)穩定河床，保護河岸

本治理計畫將配合溪流整治在直瀨溪安興橋上下游處新建混凝土護岸共約 950 公尺，單側新設 2 處蝕溝控制工程包含 2 座固床工俾防止巨礫下移至主流溪床淤積成災，可有效防制兩岸邊坡免於洪水橫向沖刷或流失之窘境。

(3)保護橋樑，維持道路暢通

本治理計畫可直接保護各集水區內之橋樑免遭洪水及土石流災害，亦可維持區內產業道路之暢通。

(4)防止土石沖蝕，穩定邊坡

為控制現有崩塌地，防止崩塌面積繼續擴大，並防止坡面土壤沖蝕及穩定邊坡，在直瀨溪山嶺源頭大崩塌地施作崩塌地處理工程，預計規劃設計打樁編柵工法及坡面排水，配合下邊坡道路縱橫向截水設施，將可有效排除坡面水流，並將水流導往直瀨溪下游面，以達到整流之效果。預計可納入檢討治理之崩塌地共達約 30 公頃，而此些崩塌地大部分位處林班地，建請林務局屏東林區管理處另行評估檢討。

綜合上述計畫執行後，四年治理工程計畫可控制下移至主河道成為推移質來源之土砂量，約為 40 萬立方，年平均可控制土砂量約為 8 萬立方；另崩塌地整治恢復坡面植生可減少坡面沖蝕至主河道成為懸移質來源之年平均土砂量約為 10 萬立方公尺，總計可控制下移至主河道之年平均土砂量約為 18 萬立方公尺，進而可減少河道因淤積而須進行土砂疏浚作業之處理費用，計以疏浚 1 立方土砂以 110 元平均價格估計，土石量控制效益約 44,627 仟元。

8.1.2 觀光效益

本集水區內每年觀光之人口，平均約有 81.3 萬人次計(經查交通部觀光局於 2000~2009 年統計茂林國家風景區遊客人數月別統計，詳表 8-1)，若以每人每次觀光花費約 2000 元所帶來地方財源之估算，總計約 162,600 仟元，惟因此整治計畫執行後可減少集水區土砂匯入主河道，改善土砂淤積情況，按照每年平均颱風次數 5 次以及每次集水區停止觀光日數 5 日考量，維持調查規劃集水區提供觀光功能之效益，推算觀光效益約為 2,230 仟元。由於通往茂林國家風景區有三條主要道路，分別為台 27 線、台 28 線轉台 27 甲線及台 20 線轉台 27 線，故將其觀光效益取其三分之一計算，故為 743 仟元。

表 8-1 2000~2009 茂林國家風景區各月份旅遊人數統計表

年/月	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	合計
2000	32,507	100,810	60,015	72,882	59,013	63,602	71,208	59,377	54,473	68,379	70,073	84,140	796,479
2001	118,381	88,639	72,889	69,295	34,669	39,991	51,188	45,720	60,103	76,749	79,641	80,492	817,757
2002	76,326	138,923	85,399	87,110	74,554	89,563	92,325	94,996	80,715	90,543	93,642	89,976	1,094,072
2003	93,417	228,582	85,907	49,967	42,330	50,916	78,494	83,391	79,797	81,235	77,865	74,171	1,026,072
2004	156,764	134,182	31,756	82,764	74,754	59,484	12,180	15,104	18,139	27,202	25,315	23,326	660,970
2005	36,529	158,615	71,617	81,925	65,540	58,410	54,959	35,668	26,559	31,539	41,387	46,403	709,151
2006	66,601	169,513	80,882	82,022	78,109	69,924	71,420	76,284	56,714	76,446	69,569	78,198	975,682
2007	72,825	131,923	73,569	78,644	64,679	47,933	83,229	42,792	61,709	72,929	63,523	72,798	866,553
2008	66,555	122,569	52,987	47,920	46,793	41,129	24,255	21,770	22,162	26,037	58,070	74,609	604,856
2009	253,186	110,348	58,090	57,734	54,267	54,050	0	0	0	0	0	0	587,675
平均	97,309	138,410	67,311	71,026	59,471	57,500	53,926	47,510	46,037	55,106	57,909	62,411	813,927

註：以上資料採用交通部觀光局茂林風景區(含寶來溫泉區)歷年遊客人數統計資料。

8.1.3 經濟效益

依據其人口統計將近 200 人及月平均所得約 18,000 元之預估，全年生產總額約 43,200 仟元。本計畫實施後，將可減少重要聯絡道路失聯日數，按照每年平均颱風次數 5 次以及道路搶修日數 2 日造成聯外道路中斷，推算計畫實施可使每年區域內產業活動減少 10 日之交通不便損失，可視為本計畫之產業活動維持效益約計 1,636 仟元。

由前述各項本計畫直接效益合計約為 47,007 仟元，如表 8-2 所示：

表 8-2 直接效益表

直接效益	項目	效益金額(仟元)
減災效益	土砂量控制	44,627
	觀光效益	743
經濟效益	產業活動維持效益	1,636
合計		47,007

8.2 間接效益

間接效益：包含社會效益及生態環境效益，簡述如下：

8.2.1 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、交通動線與公共設備安全。
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. 在地人參與土石流及崩塌地源頭整治，除增加重建區就業機會外，激發居民建立出愛鄉、愛土之新價值觀。

8.2.2 生態環境效益

1. 流域水土資源涵養功能增加，提高區域土壤地力，減少侵蝕。
2. 美化大地改善動植物生態棲息環境、減少污染促使區域生活環境提升。
3. 強化山坡地監測管理，確保水土資源永續利用。
4. 自然、人文環境協調，塑造水與綠之生活環境。
5. 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。

依據水土保持局於民國 95 年委託中興大學鄭蕙燕教授所作之效益評估，表示由於間接效益難以量化，故統一估為直接效益之 20%。因此本計畫以直接效益總和之 20%作為間接效益，約 9,401 仟元。

8.3 年計畫效益

上述直接及間接效益總和 56,408 仟元即為本計畫效益，如表 8-3 所示。

表 8-3 計畫效益表

計畫效益	效益金額(仟元)
直接效益	47,007
間接效益	9,401
合計	56,408

8.4 計畫成本

基準年採民國 96 年，年利率採 6%，經濟分析年限採 50 年，年計成本包括固定成本及運轉維護成本。

1.固定成本

(1)年利息：以總投資金額之 6%計算。(總投資金額以總經費增加 1 成概估)

(2)年償債基金：依總投資金額為準，依年息 6%複率計算，在經濟分析年限內，其每年平均負擔數為總投資金額之 0.344%。

(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%。

2.運轉及維護成本

年期中換新準備金及運轉維護成本以工程建造費之 3%計。經前述的估算原則及方法，計算集水區年計成本如表 8-4。

表 8-4 年計成本計算表

項目	金額(千元)	備註
總經費	420,000	= 四階段工程建造費
總投資金額	462,000	=(四階段工程建造費)加一成
工程建造費	392,700	=(以總投資金額 85%列計)
年計成本	43,520	=年利息+年償債基金+年稅捐保險費+年期中換新準備金及運轉維護成本
年利息	27,720	=(總投資金額×6%列計)
年償債基金	1,589	=(總投資金額×0.344%列計)
年稅捐保險費	2,435	=(工程建造費×0.62%列計)
年期中換新準備金及運轉維護成本	11,781	=(工程建造費×3%列計)

8.5 益本比分析

以益本比之模式估算，本計畫之益本比定義如下：

I=B÷C，

I=56,408/43,525=1.30>1

式中：

I=益本比

B=整治後計畫區域之年計效益；本案為 56,408 仟元

C=整治計畫投資之年計成本；本案為 43,525 仟元

本集水區整治計畫，預計四年間投資 420,000 仟元，預期四年整治工作完成後，計畫區域之環境將有效改善，災害發生機率降低，人民安全、聚落發展獲得保障，分析計畫年計效益約 56,408 仟元，年計成本約 43,525 仟元，益本比為 1.30，大於 1，具投資價值。

1.保育水土資源，維護國土資源。

本計畫實施後，配合野溪治理、崩塌地處理、河道整治、道路水土保持及農地水土保持處理，均能有效攔阻泥砂下移、防止土壤沖蝕、為一整體性治理計畫，執行後可達到保育水土資源及國土保安的間接效益。

2.涵養水源，減少洪水災害損失。

集水區之治理保育可涵養水源、遲滯洪峰流量、降低下游洪水災害發生之機率與規模，進而保護兩岸土地村落遭受洪水災害，減少因洪水災害所造成之財產損失。

3.維護自然生態環境，重現觀光盛況。

歷年之颱風災害造成本集水區多處路基崩塌，橋樑中斷，自然生態環境破壞。經由本計畫之執行，將可改善邊坡穩定，使交通通暢，進而達到集水區保育、恢復原有青山綠水之自然生態景觀，使觀光人潮再現，增進地方繁榮。

4.提高經營效率，增加農民收入。

因集水區之整體治理可增進集水區域內土地利用的價值，道路之恢復可穩定農產品的運銷，進而提高農民經營效率及降低生產成本，增加農民收入，安定農村經濟。

8.6 環境評估

由以上整體調查規劃集水區治理工程之需求評估後，復而檢討治理工程之實施對於整體環境之影響，說明如後：

1.整體治理工程多採生態工程方式進行，且施工過程中之土石方挖、填均以自身工區內平衡為原則，因此不會將土石運離現場而影響工區外之環境。

2.施工所採用材料儘可能選取與當地環境可相融合之材質與物種，避免產生對所處施工環境有所衝擊。

3.各項工程均設計植栽綠化之工項，除可柔化環境，更達清淨環境之標的。

基於以上對於所處施工環境之評估，各項工程施作期間另需落實污染防治之防護工作，對於環境之影響與衝擊當可減至最低程度。

第九章 結論與建議

9.1 結論

1. 因直瀨溪主流河道坡度較緩，河道輸砂量較少，造成上游沖刷而下之土砂容易淤積於主流河道，所以需定期進行清淤，避免造成週邊居民安全受到威脅。
2. 莫拉克颱風後經實地踏勘結果，本集水區迫切需要緊急復建溪段甚多，其或具工程延續性、或有防災保護迫切需求，均應儘速進行整治工作，以維護保全對象生命財產之安全無虞。惟考量輕重緩急，未來四年內必須完成之工程共 20 項，所需經費共 420,000 仟元。其效益評估為 1.30，為居民之安全將分四年分期完成。
3. 本案整治方向與設計理念將以土砂防治為其主軸，針對崩塌地及堆積土石方穩定處理為優先處理先，得以顧全下游人民及土地、財物之安全。
4. 先期治理設計預算為 25,000 仟元，故以居民較多之直瀨溪下游為優先，故選擇於居民生活起居最密切之安興橋上下游段易淹水地區設置護岸及滯洪沉砂池等工程，工程所需經費計約 30,000 仟元。

9.2 建議

1. 安興橋之改善為當務之急，鑒請貴處函請道路主管單位儘速辦理。
2. 本集水區內雖有大量土石，惟可用塊石量很少，如要用乾砌或漿砌工法則需大量外購塊石，可能造成他處弱床之現象而造成他處之災難，故建議本案工程以混凝土造型模板建構護岸及固床工，並配合拋石、坡面漿砌及種植苗木等手段，以完成生態工法，並達到節能減碳之功效。
3. 建議各處工區土石方以於工區內自行平衡土方處理，如地勢低窪處回填抬高、護岸背填夯實處理等，以免影響環境。

4. 設計預算書初稿已完成，建議於設計預算書核定後，進行用地協調，以確認施工可行性，避免未來因用地問題而延宕後續工進。

漢 義 工 程 顧 問 股 份 有 限 公 司
電話：02-87126126　傳真：02-87126140
台北市南京東路四段 103 號 4 樓之 1