

## 第三章 集水區水文水力分析

溪流特性包含水文分析、水力分析及土砂生產量分析，本計畫針對各集水區之水理特性進行量化之分析，以作為後續集水區野溪治理規劃之參採，並藉由歷年防洪工程及淹水災害之蒐集及調查，以檢討防洪工程災害發生之原因，提供後續相關治理工程對策之研擬，以下就各章節詳述之。

### 3.1 防洪工程災害調查

#### 3.1.1 歷年防洪工程及淹水災害蒐集、調查

本計畫區在水保局南投分局、林務局南投林管處及南投縣政府近年執行易淹水地區水患治理計畫-治山防洪工程後(如表 3.1 所示)，歷經多次風災並無傳出重大規模之淹水災害，而大部份之災情均為道路邊坡土石崩落，造成交通中斷，亦或由於防洪工程之基礎淘刷，造成構造物之基腳裸露等災害，而歷年風災之災害及現況調查詳見第二章。

表 3.1 歷年防洪工程表

計畫別	子計畫	工程序號	工程名稱	工程內容	執行單位
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	95S-WF-3-M14-019	南港村林厝橋上游野溪等三件治山防洪工程	固床工 6 座, 護岸 260 公尺, 跌水 1 座, 其他: 混凝土塊 68	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	95S-WF-7-M16-016	仙洞指坑潛壩補強工程	潛壩 1 座, 固床工 1 座, 護岸 100 公尺, 其他: 潛壩、固床工及護岸修復	林務局南投林管處
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	95S-WF-7-M16-023	清德溪下游段整治工程	排水溝 150 公尺, 其他: 排水溝 150m、固床工	林務局南投林管處
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	95-WS-3-M09-081	九份二山整治六期工程	護岸 274 公尺, 其他: 基礎補強 4 座	南投分局

計畫別	子計畫	工程序號	工程名稱	工程內容	執行單位
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	95-WS-3-M09-087	乾溝村乾溝國小後方野溪等三件治山防洪工程	潛壩 7 座, 護岸 228 公尺, 版橋 1 座, 其他: 固床工 4 座、整流工 350m、箱涵 1 座	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	95-WS-3-M09-089	北港村茄苳坑野溪等二件治山防洪工程	固床工 15 座, 整治、流 333 公尺, 版橋 1 座, 其他: 固床工 6 座、整流工 100m、箱涵 3 座	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	95-WS-3-M09-090	長豐村 6 鄰中坑野溪等三件治山防洪工程	潛壩 3 座, 固床工 10 座, 整治、流 94 公尺, 其他: 箱籠 51m	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	95-WS-7-M08-006	長天宮旁野溪整治工程	護岸 100 公尺, 其他: 護岸、固床工	林務局南投林管處
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	95-WS-7-M09-193	旗洞巷野溪整治工程	潛壩 1 座, 固床工 2 座, 護岸 50 公尺, 其他: 潛壩乙座長 40m、高 5m、固床工、護岸	林務局南投林管處
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	95-WS-7-M09-196	埔里區第 20 林班擋土牆新建工程	擋土牆 180 公尺, 其他: 擋土牆 180m、原建護岸加強	林務局南投林管處
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	95-WSP-3-M01-007	烏溪、北港溪及八卦山西麓上游集水區整體調查規劃	其他: 集水區整體調查規劃乙式	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	95-WSP-3-M01-008	濁水溪上游集水區整體調查規劃	其他: 集水區整體調查規劃乙式	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	95-WSP-3-M02-012	猴洞坑及韭菜湖溪集水區上游坡地整體治理調查規劃	其他: 集水區整體治理調查規劃 1 式	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	96S-WF-0-M31-001	北坑溪集水區環境綜合保育規劃工程	其他: 1. 基本資料蒐集彙整 2. 安全性評估 3. 防災治理規劃工程	保育治理組
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	96S-WF-3-M29-031	三租坑野溪整治等三件工程	潛壩 1 座, 固床工 12 座, 護岸 60 公尺, 擋土牆 18 公尺, 駁坎、護坡 18 公尺, 橋樑 1 座, 其他: 護岸長約 350 公尺, 高約 5 公尺, 潛壩 2 座, 高約 5 公尺, 寬約 20 公尺, 固床工約 8 座, 高約 1.5m, 長約 8m 等	南投分局

計畫別	子計畫	工程序號	工程名稱	工程內容	執行單位
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	96S-WF-3-M31-001	乾溝村聚緣禪寺護岸整治工程	護岸 280 公尺,	南投縣政府
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	96S-WF-3-M31-002	乾溝村忠源橋上下游護岸整治工程	防砂壩 1 座, 擋土牆 79.5 公尺, 其他: 防砂設施 3 座(高約 7m 長約 30m)、護岸 150m*2(高約 3m)	南投縣政府
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	96S-WF-3-M31-003	乾溝村乾溝 1 鄰橋上游護岸整治工程	擋土牆 97.5 公尺, 其他: 集水井 1 座 翼牆 1M	南投縣政府
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	96S-WF-3-M31-013	北港村長北路坡地排水工程	護岸 106.5 公尺, 擋土牆 106.5 公尺,	南投縣政府
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	96S-WF-3-M33-007	旗洞巷右支流四期野溪整治等二件工程	潛壩 3 座, 護岸 68 公尺, 擋土牆 43 公尺, 版橋 1 座, 其他: 擋土牆長度約 60m(高度約 3.5m)、固床工約 4 座(高度約 5m、長度約 30m)等。	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	97S-WF-3-M01-005	大旗村旗洞巷 9 鄰野溪整治工程	固床工 14 座, 護岸 32 公尺, 排水溝 27 公尺, 植生面積 1300 平方公尺, 其他: 防砂設施約 18 座, 陡槽溝長度約 23m, 護岸基礎淘空補強約 183m, 邊坡穩定設施等	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	97S-WF-3-M03-010	乾溝村梅竹橋下游護岸整治工程	固床工 1 座, 護岸 248 公尺, 其他: 防砂設施約 15 座(長度約 15m, 高度約 5m), 邊坡穩定設施長度約 200m 等。	南投縣政府
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	97S-WF-3-M03-011	乾溝村清景橋上游護岸整治工程	固床工 6 座, 護岸 264 公尺, 其他: 防砂設施約 3 座(高度約 6m, 長度約 30m)、固床工約 15 座(長度約 15m, 高度約 2m), 邊坡穩定設施長度約 250m 等。	南投縣政府
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	97S-WF-3-M03-012	乾溝村峰竹橋上下游護岸整治工程	護岸 277 公尺, 其他: 防砂設施約 18 座(長度約 15m, 高度約 5m), 邊坡穩定設施長度約 250m 等。	南投縣政府
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	97S-WF-3-M03-013	棉仔園及乾溝九鄰野溪整治工程	固床工 3 座, 護岸 48 公尺, 版橋 1 座, 其他: 防砂設施約 6 座(長度約 15m, 高度約 5m), 邊坡穩定設施長度約 250m 等。	南投分局

計畫別	子計畫	工程序號	工程名稱	工程內容	執行單位
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	97S-WF-3-M04-001	三隻寮野溪整治工程	潛壩 7 座, 固床工 8 座, 護岸 137 公尺, 其他: 防砂設施約 4 座(高度約 5m, 長度約 20m), 邊坡穩定設施長度約 200m 等。	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	97S-WF-3-M04-002	大茅坪野溪整治工程	固床工 9 座, 護岸 99 公尺, 擋土牆 8 公尺, 其他: 防砂設施約 3 座(高度約 6m, 長度約 25m), 邊坡穩定設施長度約 200m 等。	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	97S-WF-3-M04-003	清峰橋及乾溝四鄰等二件野溪整治工程	固床工 9 座, 護岸 258 公尺, 其他: 防砂設施約 10 座(高度約 6m, 長度約 20m), 邊坡穩定設施長度約 300m 等。	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	97S-WF-3-M04-004	九份二山整治七期工程	防砂壩 1 座, 潛壩 1 座, 其他: 防砂設施 2 座(主、副壩各 1 座)、基礎補強 35 公尺、打設微型樁 36 公尺	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	97S-WF-3-M04-005	葉厝及河洛瓏野溪整治工程	固床工 7 座, 護岸 320 公尺, 箱涵 2 座, 跌水 5 座, 其他: 防砂設施約 7 座(高度約 5m, 長度約 12m), 邊坡穩定設施長度約 250m 等。	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	97S-WF-3-M04-006	竹坑野溪整治工程	固床工 6 座, 整治、流 217 公尺, 其他: 防砂設施約 5 座(高度約 5m, 長度約 10m), 擋土設施長度約 100m(高度約 5m)等	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	97S-WF-3-M04-007	種瓜坑溪整治工程	固床工 5 座, 護岸 70 公尺, 其他: 防砂設施約 5 座(高度約 5m, 長度約 15m), 邊坡穩定設施長度約 200m 等。	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	97S-WFP-3-M04-001	大旗村地滑整體規劃治理	其他: 集水區整體調查、監測及細部設計	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	98S-WF-3-M08-003	志朋野溪災害復建工程	固床工 5 座, 護岸 42 公尺, 版橋 1 座, 其他: 護岸長約 50m(高約 4m), 基礎補強約 50m 等	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	98S-WF-3-M08-004	粗坑上游野溪災害復建工程	護岸 213 公尺, 其他: 護岸長約 200m(高約 3.5m), 固床工約 6 座(長約 6m, 高約 1.5m), 擋土牆長約 12m(高約 6m), 鋪稻草蓆 195M <sup>2</sup> 等	南投分局



計畫別	子計畫	工程序號	工程名稱	工程內容	執行單位
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	98S-WF-3-M10-008	大旗崩塌地災害復建工程	全套管基樁約 210 支(長約 15m、直徑約 1.2m);鋪網噴凝土溝約 300m;微型樁約 16 支(長 7m),護岸長約 100m(高約 3m);岩釘約 100 支等。	南投分局
易淹水地區水患治理計畫	治山防洪	98S-WF-3-M10-010	福旗巷野溪災害復建工程	護岸長約 200m(高約 5m);固床工約 6 座(高約 5m、長約 9m);箱涵、版橋約 1 座(高約 2m、寬約 4m、長約 6m);坡面植生等。	南投分局

### 3.1.2 防洪工程災害原因探討

針對既有防洪工程結構物基腳裸露之原因，在經現場調查後研判常因部份河段水流湍急，泥砂迅速下移，底床及兩岸因泥砂和水流不斷磨蝕，促使護岸混凝土表面或固床工呈現淘空破損情形；亦或於河道轉彎段之凹岸沖蝕而形成之構造物基礎裸露之現象。而主要解決對策應為控制河床坡降，以減緩流速，及河道轉彎段之挑流及造灘之處理，相關之治理對策詳述於第七章。

## 3.2 水文及水力分析

本計畫在水文分析以表 2.2 及 2.3 之氣象、雨量資料為依據，針對各集水區之水理特性進行量化之分析，以作為後續集水區野溪治理規劃之參採。再者選定各集水分區數個水文控制點(橋涵)作為排洪斷面之檢算，以檢討各斷面之排洪能力，各分析之方法如下所示。

### 3.2.1 水文資料蒐集

#### 一、降雨強度

本計畫收集經濟部水利署水文水資源資料管理供應系統內，計畫範圍區內雨量站為北山(2)及清流(1)等 2 個，並蒐集長期之平均雨量及重大颱風事件降

雨資料，如表 3.2 所示。

表 3.2 雨量站年平均及重大颱風事件雨量表

雨量站	年平均雨量(mm)	桃芝颱風(mm)	72 水災(mm)	莫拉克風災(mm)
北山(2)	2162.6	335.22	991.41	663.5
清流(1)	1965.8	304.71	901.19	603.12

根據 2.3.2 水文資料收集北山、清流二個雨量站十年內平均雨量，並依據水土保持技術規範公式第 16 條規定降雨強度公式，推求各雨量站 25 年、50 及 100 年降雨強度，成果如表 3.3 所示。

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

$$\text{式中，} I_{60}^{25} = \left( \frac{P}{25.29 + 0.09 P} \right)^2, A = \left( \frac{P}{-189.96 + 0.31 P} \right)^2, B = 55,$$

$$C = \left( \frac{P}{-381.71 + 1.45 P} \right)^2, G = \left( \frac{P}{42.89 + 1.33 P} \right)^2, H = \left( \frac{P}{-65.33 + 1.83 P} \right)^2,$$

$P$ =年平均降雨量(mm)、 $t_c$ =集流時間、 $T$ =重現期距。

表 3.3 雨量站降雨強度表

編號	站名	X	Y	標高	年雨量	A	C	G	H	I25 (mm)	I50 (mm)	I100 (mm)
1	北山(2)	238266	2653632	330	2163	20.2611	0.6166	0.5488	0.3067	89.52	104.05	113.03
2	清流(1)	244431	2662574	410	1966	21.9656	0.6341	0.5472	0.3077	87.56	101.58	110.37

資料來源：本計劃整理

## 二、洪峰流量

根據水土保持技術規範第 17 條規定得知，當集水區有實測資料時，洪峰流量估算得採用單位歷線分析；面積超過 1,000 公頃者，且無實測資料時，採用單位歷線法分析；惟面積在 1,000 公頃以內者，且無實測資料時，得採用合理

化公式(Rational Formula)計算，而基於水文一致性，本計畫採用經濟部水利署所管轄且位於國姓鄉境內之北山(2)雨量站作為水文及推算洪峰流量分析之雨量站。計畫區各重現期距洪峰流量分析將依流域之地文因子及各重現期距藉以推算，並依本計畫依各集水分區之水文特性，選擇數個水文控制點，詳圖 3.1。而各控制點所代表之集水區面積及地文特性詳表 3.4。其中北港溪及水長流溪之完整集水區範圍因與本計劃之範圍有所出入，經詳參水保局 96 年「烏溪、北港溪及八卦山西麓上游集水區整體調查規劃」提及之集水區資料，做為本計劃北港溪及水長流溪水文特性分析之依據。

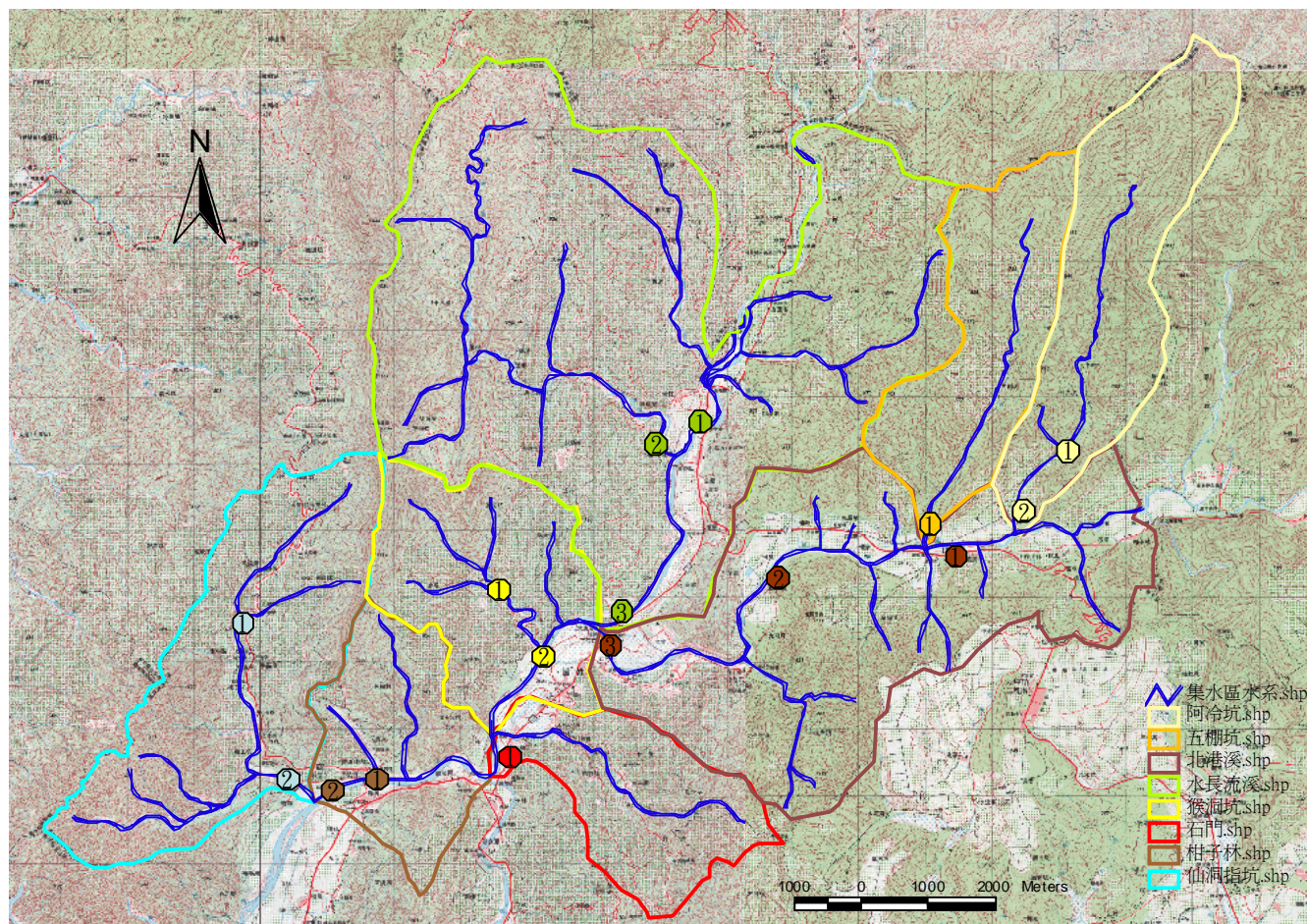


圖 3.1 集水區水文控制點

表 3.4 集水區水文控制點地文資料

集水區	控制點	集水面積 (ha)	山坡長 (m)	溪流長 (m)	高差 (m)	逕流係數 C	集流時間 (hr)	說明
阿冷坑	1	970	200	8538	921	0.8	0.54	支流會流口(無名橋)
	2	1091	200	10420	950	0.8	0.70	阿冷坑與北港溪會流口 (北圳步道)
五棚坑	1	894	150	7780	700	0.85	0.53	五棚坑與北港溪會流口 (引水圳橋)
北港溪	1	32554	250	52938	2746	0.85	2.15	北港溪橋
	2	35208	250	55851	2696	0.85	2.52	龍門橋
	3	38423	250	59922	2646	0.85	2.12	福興橋
水長流溪	1	4324	250	11426	907	0.85	0.81	長福1號橋
	2	6012	250	13548	1100	0.85	0.92	水流東與水長流會流口 (長安橋)
	3	7806	250	16235	1150	0.85	1.18	水長流與北洪溪會流口 (福興橋)
猴洞坑	1	812	150	5523	575	0.8	0.37	支流會流口(無名橋)
	2	992	150	7120	603	0.8	0.50	猴洞坑與北港溪會流口 (仙峰橋)
石門	1	702	150	6310	450	0.8	0.50	竹坑橋
柑子林	1	413	150	3245	620	0.8	0.19	東興橋
	2	712	150	5485	670	0.8	0.13	乾峰橋
仙洞指坑	1	537	150	3928	517	0.8	0.25	和平橋
	2	1511	150	8210	678	0.8	0.58	乾溝1鄰橋

資料來源：本計劃整理

## 3.2.2 分析方法

### 一、水文

#### (1) 單位歷線

##### 1. 三角型單位歷線法

當集水面積超過 1000 公頃，且無實測資料時可依三角單位歷線推估洪峰流量，其歷線示意圖如圖 3.2，以下公式計算：

$$Q_p = \frac{0.208A Re}{T_p}$$

$$T_p = \sqrt{T_c} + 0.6T_c \quad T_r = 1.67T_p$$

式中； $Q_p$ ：洪峰流量(cms)； $A$ ：流域面積(km<sup>2</sup>)；

$Re$ ：超滲降雨(mm)； $T_c$ ：集流時間(hr)；

$T_p$ ：開始漲水至洪峰發生時間(hr)；

$T_r$ ：洪峰流量發生至歷線終端之時間(hr)；

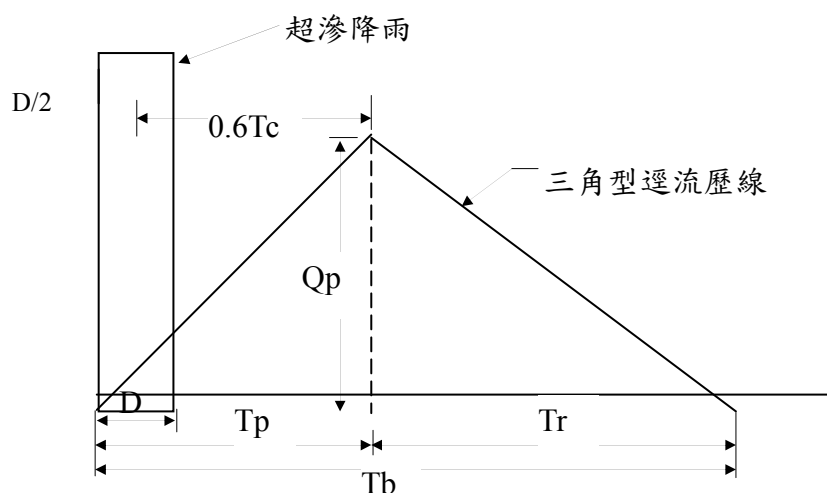


圖 3.2 三角形單位歷線示意圖



## 2. 無因次單位歷線法

本計畫之無因次單位歷線取美國水土保持局 (Soil Conservation Service, 1957) 發展三角形無因次單位歷線，以推求無紀錄地區之降雨逕流關係。如圖 3.3 所示。

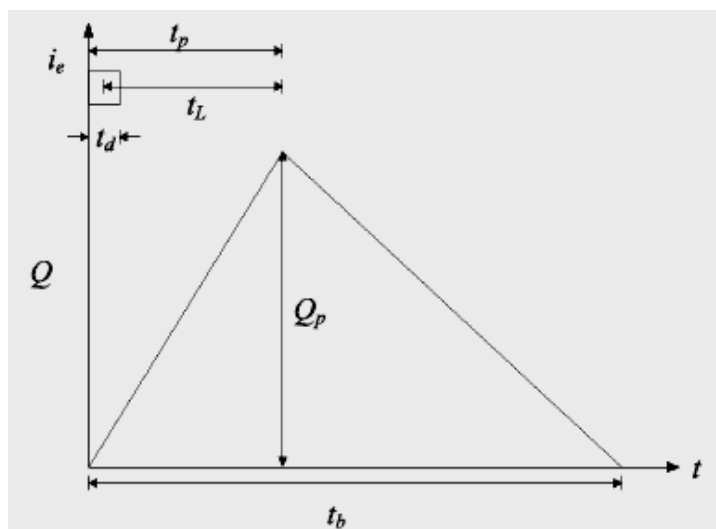


圖 3.3 無因次單位歷線示意圖

$$t_L = 0.00526 \frac{L^{0.8}}{S^{0.5}} \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

$$t_p = \frac{1}{2} t_d + t_L$$

$$t_b = 2.67 t_p$$

$$Q_p = \frac{0.75 \text{ Vol}}{t_p} = \frac{484 A}{t_p}$$

式中； $Q_p$ ：洪峰流量(cms)； $A$ ：流域面積(km<sup>2</sup>)；

$T_b$ ：集流時間(hr)； $T_L$ ：開始漲水至洪峰發生時間(hr)；

$T_r$ ：洪峰流量發生至歷線終端之時間(hr)；

CN：逕流曲線係數(無單位， $0 \leq CN \leq 100$ )，本計畫取 60

### 3. 瞬時歷線法

瞬時單位歷線(instantaneous unit hydrograph, 簡稱 IUH )之定義為1單位有效降雨在瞬間，均勻落於集水區所產生之直接逕流歷線。相對於一般之單位歷線為有效降雨延時與時間的函數，因瞬時單位歷線之延時趨近於無限小，所以瞬時單位歷線僅為時間之數。其公式如下：

$$Q(t) = \int_0^t I(\tau)U(0, t - \tau)d\tau$$

其中  $Q(t)$  為直接逕流

$I(t)$  為有效降雨

而根據周文德(1962)的 S 歷線法，若將瞬時單位歷線  $U(0, t)$  每隔時間  $\tau$  就將其累加，則可得 S 歷線，而當  $\tau$  趨近於零時，即

$$S(t) = \int_0^t U(0, t)dt$$

表  $S(t)$  歷線是瞬時單位歷線  $U(0, t)$  之積分，即瞬時單位歷線  $U(0, t)$  為  $S(t)$  歷線之微分，即

$$U(0, t) = \frac{dS(t)}{dt}$$

而因  $U(0, t)$  的  $S(t)$  歷線平衡流量必需等於 1，故對於任意一個單位歷線  $U(\tau, t)$  而言，若將有效降雨延時  $\tau$  設定為最小的時間(例如  $\tau=1\text{hr}$ )，再求  $U(1, t)$  的  $S(t)$  歷線及其平衡流量  $Q_e=(A)(1\text{cm})/1\text{hr}$ ；則  $U(0, t)$  的近似  $S(t)$  歷線可由下式求得，即

$$S^*(t) = \frac{S(t)}{Q_e}$$

故先由單位歷線推求  $U(1, t)$ ，再推求  $U(1, t)$  之  $S(t)$ ；則瞬時單位歷線  $U(0, t)$  可由  $S^*(t)=S(t)/Q_E$  求得。

## (2) 合理化公式法

依據水土保持技術規範第 17 條，合理化公式可表為：

$$Q_p = \frac{1}{360} CIA$$

式中， $Q_p$ =洪峰流量(cms)

$C$ =逕流係數

$I$  = 重現期距之設計降雨強度

$A$ =集水區面積(ha)

### 1、逕流係數 $C$

逕流係數是依據表 3.5 之水土保持技術規範第 18 條規定各項  $C$  值參考表，本計劃  $C$  值取 0.8~0.85。

表3.5 逕流係數 $C$ 值的選擇參考表

集水區狀況	陡峻山區地	山嶺地	丘陵地或森林地	平坦耕地	非農業使用
無開發計畫區逕流係數	0.75~0.90	0.70~0.80	0.50~0.75	0.45~0.60	0.75~0.95

資料來源：水土保持技術規範

### 2. 集流時間 $t_c$

依「水土保持技術規範」第十九條規定，集流時間  $t_c$  係指逕流自集水區最遠一點到達一定地點所需時間，一般為流入時間與流下時間之和，其計算公式如下：

$$t_c = (t_1 + t_2) / 3600$$

$$t_1 = l / v$$

式中， $t_c$  為集流時間(hr)； $t_1$  為流入時間(雨水經地表面由集水區邊界流至河道所需時間)(sec)； $t_2$  為流下時間(雨水流經河道由上游至下游所需時間)(sec)； $l$  為坡面長度(m)； $v$  為漫地流流速(一般採用 0.3~0.6m/sec)，本



計劃採用 0.6，考量計畫區多為天然河道，因此流下速度之估算，採用芮哈 (Rziha) 經驗公式：

$$t_2 = L / W$$

$$W = 72(H/L)^{0.6} (\text{km/hr})$$

亦可寫成 
$$W = 20(H/L)^{0.6} (\text{m/s})$$

式中， $t_2$  為流下時間(s)； $W$  為流下速度(m/s)； $H$  為溪流縱斷面高程差(m)； $L$  為溪流長度(m)。且漫地流流動長度在集水區不得大於三百公尺，故本計劃之坡面長度估算取 100m~250m 之間為原則。

而根據上述水文資料及集水區水文控制點地文資料，求得各水文分析模式之洪峰流量，如下表所示：

表 3.6 控制點洪峰流量表(1)

集水區	控制點	合理化公式分析(cms)			三角單位歷線分析(cms)			說明
		Q <sub>25</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>25</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	
阿冷坑	1	242.35	265.24	288.13	213.28	233.42	253.56	支流會流口(無名橋)
	2	255.86	280.03	304.19	220.28	238.25	256.22	阿冷坑與北港溪會流口(北圳步道)
五棚坑	1	238.93	261.50	284.06	201.78	220.84	239.89	五棚坑與北港溪會流口(引水圳橋)
北港溪	1	2870.94	3236.49	3602.05	912.78	980.09	1047.40	北港溪橋
	2	2987.84	3364.44	3741.04	922.07	986.48	1050.89	龍門橋
	3	3084.44	3470.16	3855.88	934.97	994.93	1054.89	福興橋
水長流溪	1	1023.79	1120.47	1217.15	634.19	694.08	753.97	長福1號橋
	2	1365.23	1494.16	1623.09	770.52	843.28	916.04	水流東與水長流會流口(長安橋)
	3	1638.93	1793.70	1948.48	786.27	860.52	934.77	水長流與北洪溪會流口(福興橋)
猴洞坑	1	219.61	240.35	261.09	248.63	272.10	295.58	支流會流口(無名橋)
	2	252.05	275.86	299.66	262.93	284.92	306.92	猴洞坑與北港溪會流口(仙峰橋)
石門	1	178.96	195.86	212.76	167.02	182.79	198.56	竹坑橋

集水區	控制點	合理化公式分析(cms)			三角單位歷線分析(cms)			說明
		Q <sub>25</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>25</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	
柑子林	1	122.35	133.91	145.46	207.53	227.13	246.73	東興橋
	2	195.31	213.75	232.20	232.94	254.94	276.94	乾峰橋
仙洞指坑	1	153.80	168.32	182.84	219.51	240.24	260.97	和平橋
	2	372.06	407.19	442.33	314.34	344.03	373.71	乾溝1鄰橋

資料來源：本計劃整理

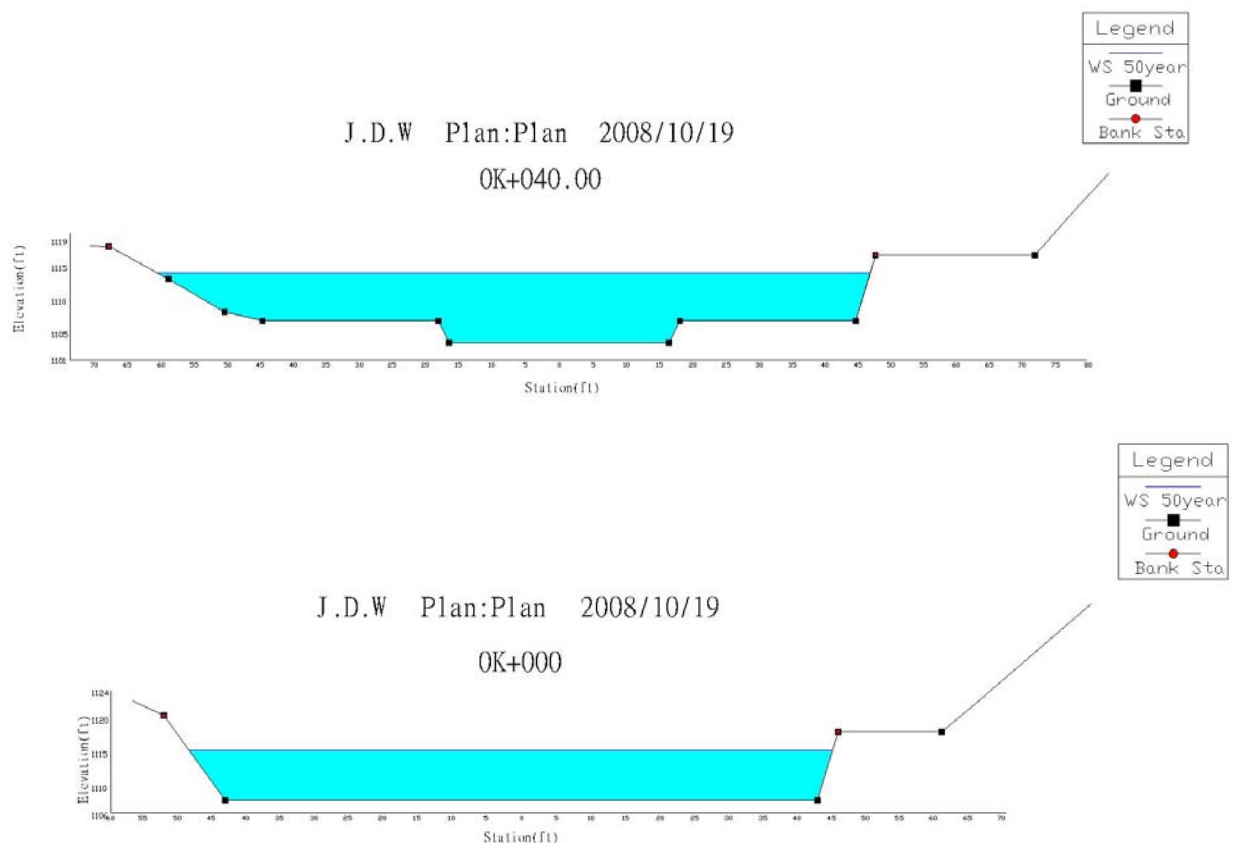
： 表 3.7 控制點洪峰流量表(2)

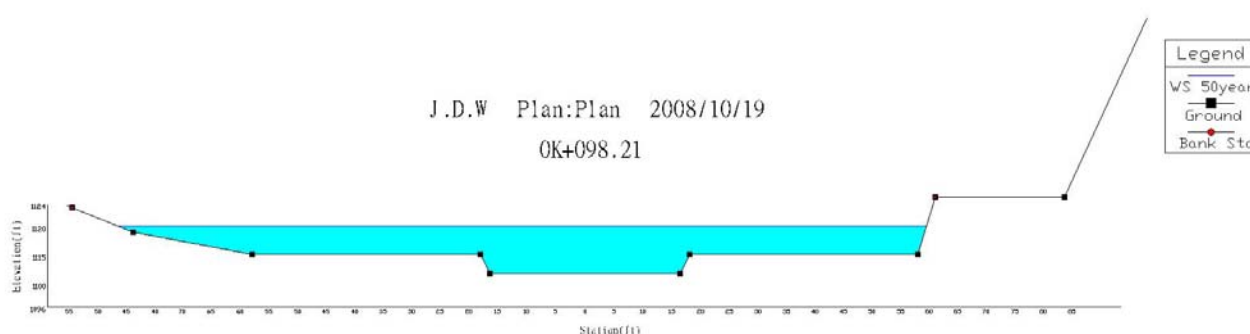
集水區	控制點	無因次單位歷線(cms)			瞬時單位歷線分析(cms)			說明
		Q <sub>25</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>25</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	
阿冷坑	1	202.99	223.13	243.27	194.04	214.18	234.32	支流會流口(無名橋)
	2	209.99	227.96	245.93	201.04	219.01	236.98	阿冷坑與北港溪會流口 (北圳步道)
五棚坑	1	191.49	210.55	229.6	182.54	201.6	220.65	五棚坑與北港溪會流口 (引水圳橋)
北港溪	1	902.49	969.8	1037.11	893.54	960.85	1028.16	北港溪橋
	2	911.78	976.19	1040.6	902.83	967.24	1031.65	龍門橋
	3	924.68	984.64	1044.6	915.73	975.69	1035.65	福興橋
水長流溪	1	623.9	683.79	743.68	614.95	674.84	734.73	長福1號橋
	2	760.23	832.99	905.75	751.28	824.04	896.8	水流東與水長流會流口 (長安橋)
	3	775.98	850.23	924.48	767.03	841.28	915.53	水長流與北洪溪會流口 (福興橋)
猴洞坑	1	238.34	261.81	285.29	229.39	252.86	276.34	支流會流口(無名橋)
	2	252.64	274.63	296.63	243.69	265.68	287.68	猴洞坑與北港溪會流口 (仙峰橋)
石門	1	156.73	172.5	188.27	147.78	163.55	179.32	竹坑橋
柑子林	1	197.24	216.84	236.44	188.29	207.89	227.49	東興橋
	2	222.65	244.65	266.65	213.7	235.7	257.7	乾峰橋
仙洞指坑	1	209.22	229.95	250.68	200.27	221	241.73	和平橋
	2	304.05	333.74	363.42	295.1	324.79	354.47	乾溝1鄰橋

資料來源：本計劃整理

## 二、水理：HEC-RAC 模式

HEC-RAS 為一維水面剖線演算模式，此系統模式適用於河床坡度小於 10% 之定量緩變流，且需有直接之河道地形測量資料，故本計畫之 HEC-RAC 水理計算採優先治理點位「長安農路 1.5K 處下方野溪整治工程」之測量資為主，而為改善長安農路下方溪流凹岸沖刷之問題，本工程在凹岸處施以護岸保護坡趾，以避免邊坡坡腳之沖蝕，並以複式斷面之河床斷面營造深槽，控制流心避免河溪之左右擺動，而藉由 HEC-RAS 軟體進行模擬整治後河道斷面前、中、後之水理分析，利用河道之斷面分析，推算其 50 年洪峰頻率之洪水位，藉以分析該河道斷面之施作是否安全，經檢討後採複式斷面足夠容納 50 年洪峰頻率之洪水，結果如下所示。詳細之工程配置及工程圖說詳見第四章。





### 3.2.3 橋涵斷面檢算

溪流控制斷面(如橋涵、橋樑、窄縮段、…等)排洪能力係檢算其能否在一定的含砂流洪峰流量下安全通流，以作為治理規劃之依據。斷面檢算係包括斷面寬度及高度兩參數之分析和檢討，並依照含砂水流各水理參數計算成果推估各控制斷面之斷面寬度及高度。依照集水區規劃手冊中提到山坡地河溪通洪能力檢討係採 50 年頻率設計降雨強度之洪峰流量為保護標準，而針對各控制點所取用之洪峰流量以集水區面積 1000 公頃作為區分，大於 1000 公頃者，選用三角單位歷線作為檢算之洪峰量，小於 1000 公頃者則選合理化公式作為檢算依據，故針對各集水區之控制點位進行 50 年洪峰流量之水理分析，進而判定各排洪斷面是否滿足需求。

曼寧公式：

曼寧阻力公式普遍運用於水土保持坡地排水及河溪整治工程中，可表為：

$$Q_s = (1 + \alpha) Q_p = AV = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

式中， $Q_s$ ：設計流量

$Q_p$ ：頻率年之洪峰流量

$\alpha$ ：水流中泥砂混合率，一般採用流量之 5%~10%，最大值為 50%。(水土保持手冊，2005)

$A$ ：通水斷面= $B \times h$ ；

$R$ ：水力半徑=  $A/P = A/(B+2h)$ ( $P$ =潤周長)；

$S$ ：底床坡度；

## N：曼寧粗糙係數，參考水保手冊表工-3-13

由各主要溪流控制斷面通過重現期距 50 年含砂流洪峰流量(設計流量)得知，當斷面水深( $h$ )小於或等於控制斷面兩岸較低岸高( $H_{\min}$ )—出水高 0.8m 時，即  $h \leq H_{\min} - 0.8$ ，表示斷面輸洪能力通過檢算，反之則有溢流泛濫之虞。各控制點橋涵斷面檢算結果如下表所示：

表 3.8 控制點橋涵排洪斷面檢算表

斷面	控制點位	C	$I_{50}$ (mm/hr)	面積 A (ha)	$Q_p$ (cms)	比流量	$\alpha$	$\bar{Q}_p$ (cms)	S	n	B (m)	V (m/sec)	h (m)	檢算 流量 (cms)	容量 是否 足夠
阿冷坑	1	0.80	123.05	970	265.24	27.34	0.1	291.76	0.11	0.028	10	5.77	3.4	298.10	是
	2	0.80	115.50	1091	280.03	22.46	0.1	308.03	0.09	0.028	26	5.15	1.7	315.92	是
五棚坑	1	0.85	123.88	894	261.50	29.25	0.1	287.65	0.09	0.025	30	5.75	1.5	303.94	是
北港溪	1	0.85	155.12	32554	980.09	23.96	0.1	1078.10	0.05	0.028	70	4.58	2.3	1099.05	是
	2	0.85	152.50	35208	986.48	22.34	0.1	1085.13	0.05	0.028	70	4.74	2.2	1154.63	是
	3	0.85	149.27	38423	994.93	20.69	0.1	1094.42	0.04	0.025	70	6.04	2.3	1172.02	是
水長流 溪	1	0.85	117.87	4324	694.08	16.05	0.1	763.49	0.08	0.028	55	5.76	1.9	811.29	是
	2	0.85	113.38	6012	843.28	14.03	0.1	927.61	0.08	0.025	60	5.42	2.1	991.19	是
	3	0.85	112.44	7806	860.52	11.02	0.1	946.57	0.07	0.025	60	5.18	2.2	947.51	是
猴洞坑	1	0.80	133.20	812	240.35	29.60	0.1	264.38	0.10	0.025	18	4.92	2	285.20	是
	2	0.80	125.14	992	275.86	27.81	0.1	303.44	0.08	0.025	25	4.23	1.7	307.26	是
石門	1	0.80	125.55	702	195.86	27.90	0.1	215.44	0.07	0.03	18	5.66	1.8	215.93	是
柑子林	1	0.80	145.91	413	133.91	32.42	0.1	147.30	0.19	0.03	20	4.67	1	153.47	是
	2	0.80	135.10	712	213.75	30.02	0.1	235.13	0.12	0.03	34	4.21	1	245.29	是
仙洞指 坑	1	0.80	141.05	537	168.32	31.34	0.1	185.15	0.13	0.025	25	5.79	1	194.65	是
	2	0.80	121.27	1511	344.03	22.76	0.1	378.43	0.1	0.03	45	5.11	1.2	386.56	是

註： $Q_p$ ：洪峰流量、 $\alpha$ ：含砂率、 $\bar{Q}_p$ ：含砂水流量、S：溪床坡度、B：斷面寬度、 $h$ ：水深、V：流速、 $H_{\min}$ ：控制斷面岸高

### 3.2.4 土砂產量推估及土砂收支分析

集水區泥砂生產係指坡面、崩塌地及河溪等三部分之總合，本計畫利用集水區自動劃分和特性分析模組，及針對各種水土保持處理需求所提出的泥砂生產模式之計算方法，探討桃芝及七二水災泥砂之生產模式，以作為治理規劃之用。

#### 一、集水區泥砂產量推估模式

##### 1、坡面土壤沖蝕模式

坡面土壤沖蝕評估之技術發展由來甚久，且有一定之基礎，通常以美國農業部的農業研究服務處投入之團隊與時間最為可觀，所發展之坡面土壤沖蝕推估模式，各有其適用之範圍，基於部分模式需要先行建置資料庫，而部分模式則需要較為瑣碎之參數計算，並不容易實用之因素，因此採用傳統水土保持技術規範所建議使用之 USLE 公式評估坡面土壤沖蝕量，並再結合集水區自動劃分技術與衛星影像獲得之 NDVI 轉換植生覆蓋 C 值之技術，以利坡面土壤沖蝕評估架構科學化及系統化之計算分析，以獲取有效且即時之計算資料。

依據水土保持技術規範(2003)第 35 條第三款之規定，山坡地土壤流失量之估算，得採用通用土壤流失公式(USLE)，其公式如下：

$$A_m = R_m K_m L S C P$$

式中： $A_m$ ：土壤流失量(tons/ha/yr)

$R_m$ ：降雨沖蝕指數(MJ-mm/ha-hr-yr)

$K_m$ ：土壤沖蝕指數(tons-ha-hr-yr/MJ-mm-ha-yr)

$L$ ：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

#### (1)降雨沖蝕指數( $R_m$ )

降雨沖蝕指數( $R_m$ )係由黃俊德(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)20 年的自記日雨量記錄，並以全台灣

200 個雨量站的月雨量資料為輔，利用這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，建立臺灣本島的年平均降雨沖蝕指數，利用地理統計可求算台灣地區年平均降雨沖蝕指數等值圖，集水區降雨沖蝕指數空間分佈，如圖 3.4。

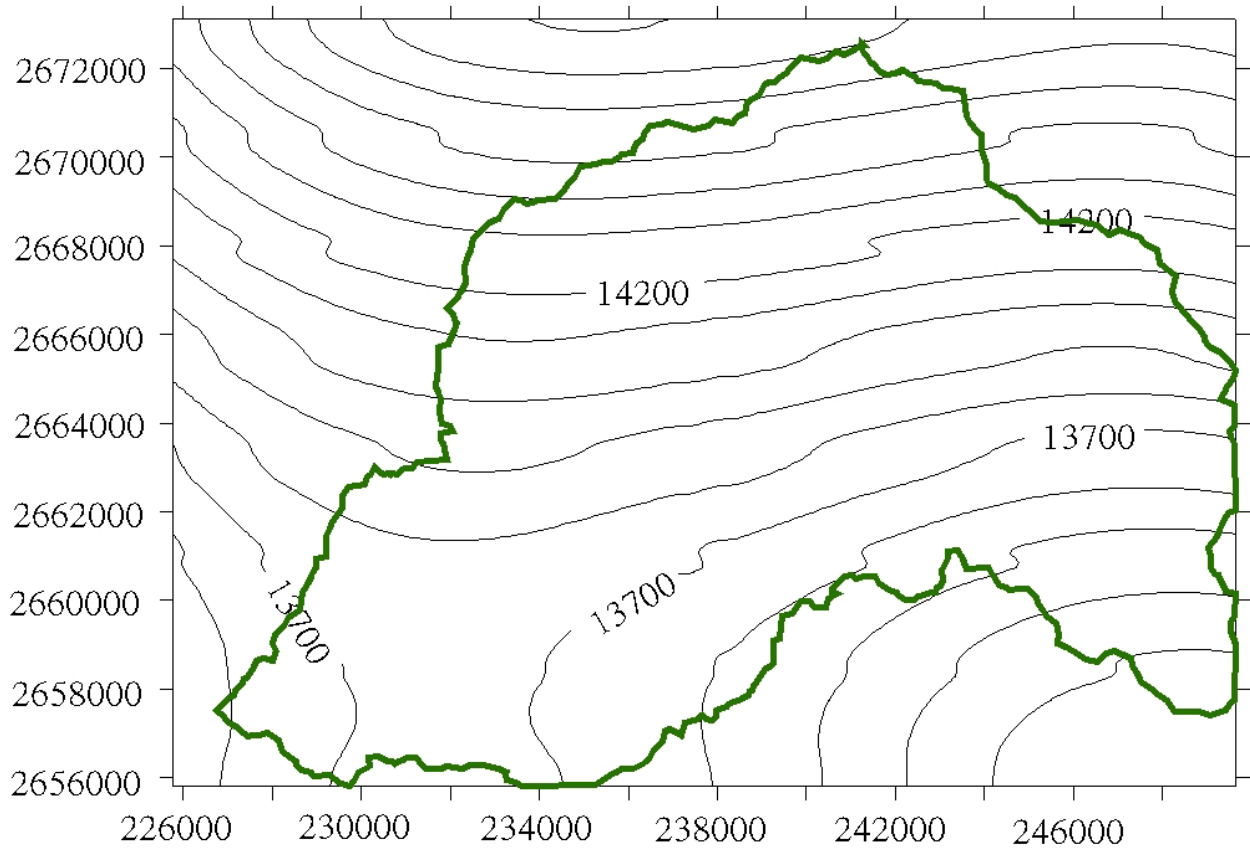


圖 3.4 計畫區年平均降雨沖蝕指數分佈圖

## (2) 土壤沖蝕指數(Km)

土壤沖蝕指數(Km)係採用萬鑫森、黃俊義(1981、1989)所調查之台灣坡地土壤沖蝕指數值，利用地理統計可求算台灣地區土壤沖蝕指數等值圖，集水區土壤沖蝕指數空間分佈，如圖 3.5。

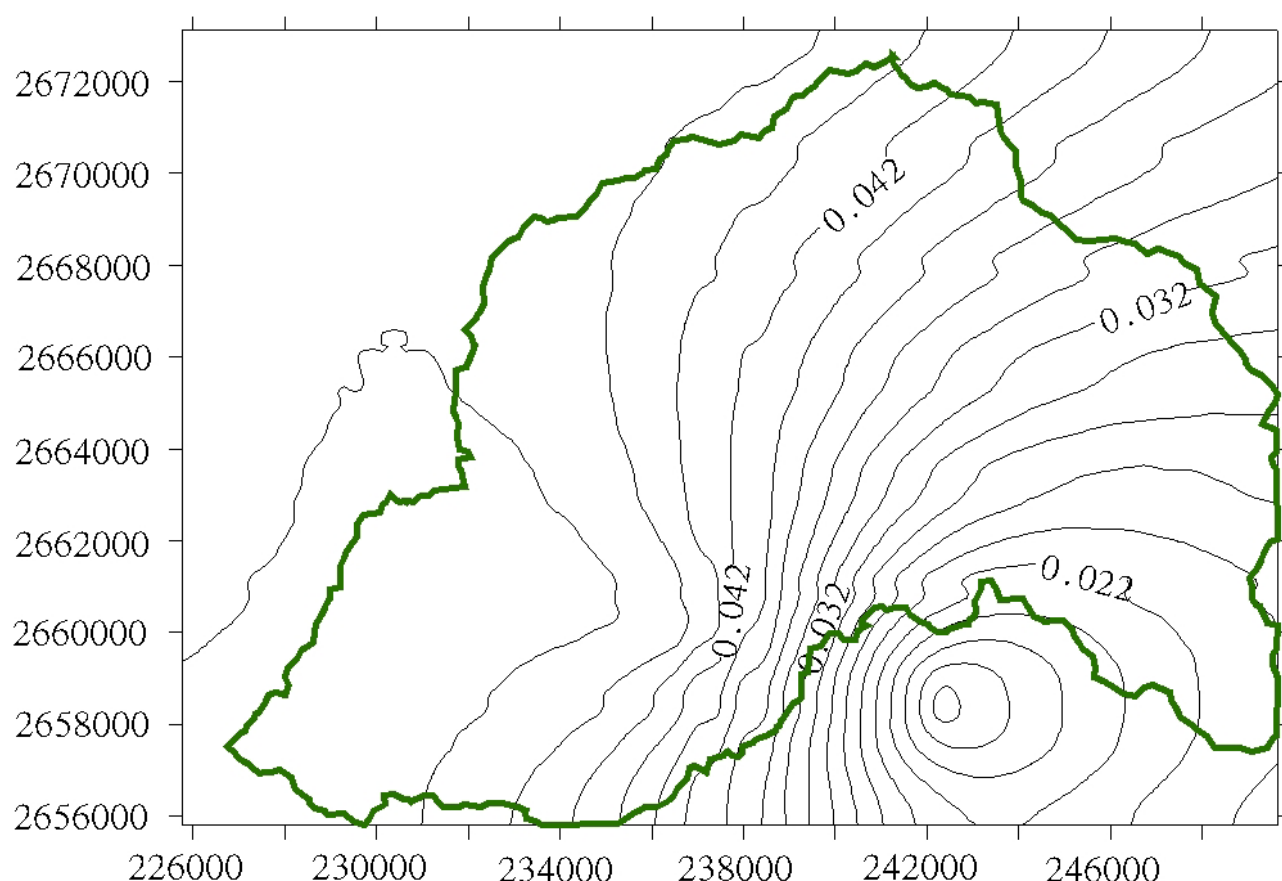


圖 3.5 計畫區土壤沖蝕指數分佈圖

### (3)坡長因子(L)

通用土壤流失公式中，坡長因子(L)係採用Wischmeier and Smith (1965)之計算式： $L = (1/22.13)m$ ；式中l為地表漫地流之流長(公尺)，m隨著坡地的坡度而改變，Wischmeier and Smith (1978) 分析指出：當坡地坡度小於1%時， $m=0.2$ ；當坡度介於1%與3%之間時， $m=0.3$ ；當坡度介於3%與5%之間時， $m=0.4$ ；而當坡地坡度大於5%時， $m=0.5$ 。地表漫地流之流長係由地表逕流開始發生的地點起算，至沖蝕的土壤發生明顯淤積或至匯集逕流水之渠道為止，其間的水平投影距離。

坡長因子之計算，除了田間小規模樣區試驗可直接量測之外；若以集水區為考量，多數學者係以固定坡長或網格大小來估算，至目前為止並無學者對集水區之坡長提出合理的計算。本研究假設集水區坡面受到地面窪蓄、入滲等作用



以及山溝、道路排水側溝等之截流，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下；以數值高程模型，利用排水流向之觀念，撰寫程式萃取集水區漫地流與渠道流(為安全與方便計算，地表水之流長若超過 100 公尺時，可視為渠道流)之空間分佈。藉由集水區漫地流之流長，利用 USLE 坡長因子之算式，自動萃取集水區之坡長因子，供坡面土壤流失量及泥砂產量之合理評估。

由於評估集水區之地形係利用台灣地區數值高程模型，網格解析度為 40m×40m 所產生。若以地表水之流向為指標，累計流長在兩個網格以下者可視為漫地流，以此來估算集水區之坡長分佈；累計流長超過兩個網格時視為渠道流。

#### (4)坡度因子(S)

坡度因子係計算各網格之平均坡度( $\theta$ )，再以 Wischmeier and Smith (1978) 所提出之坡度因子公式： $S = 65.4\sin^2\theta + 4.56\sin\theta + 0.0654$  求算而得。

#### (5)覆蓋與管理因子(C)

綠色植物因有吸收藍光、紅光及強烈反射紅外光之特性，故應用多譜資訊於植物資源之探測，使用可見光與近紅外光之比值或差值，即所謂的植生指標。NDVI 被廣泛應用於測定綠色植物之光合作用、植物之覆蓋率及生物量等，如黃國楨等(1996)採用法國 SPOT 衛星影像來推得常態化差異植生指標(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)之變化，進而分析評估 SPOT 衛星影像前後兩期綠色植生量之變遷。NDVI 值之計算方法如下所示：

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

IR 為近紅外光；R 為紅光。所求得 NDVI 值愈大顯示地表植物生育愈旺盛、植被覆蓋佳。由於台灣地區之 C 值尚無資料庫可資利用，本評估集水區之覆蓋與管理因子(C)係以常態化差異植生指標經線性反向配置後產生。計畫範圍 C 值分布，如圖 3.6。

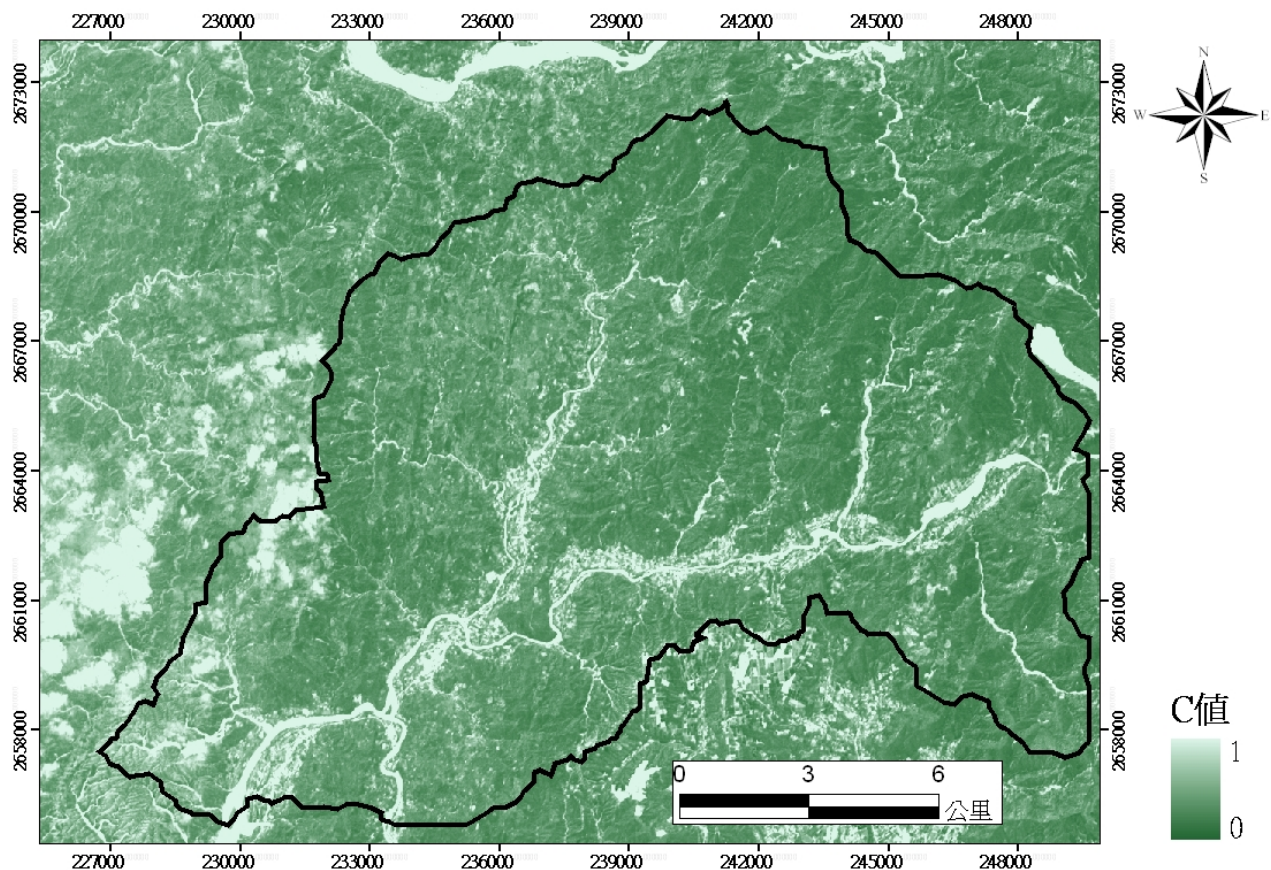


圖 3.6 計畫區 C 值分布

#### (6)水土保持處理因子(P)

本研究之水土保持處理因子，係以無水土保持處理之狀態下( $P=1$ )進行評估。

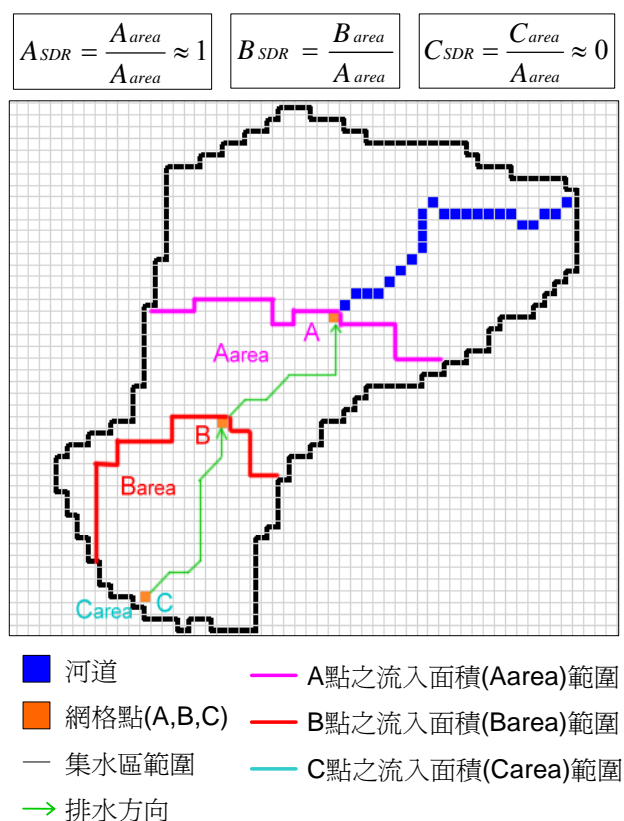
#### 2、坡面泥砂遞移量

泥砂遞移率的計算方式，係考慮集水區泥砂經由沖蝕傳輸至下游出口處者，謂之集水區泥砂產量；此與集水區總沖蝕量不同。在某一時期內通過溝渠或河流某一斷面之輸砂量與該斷面以上之集水區總沖蝕量之比，稱為泥砂遞移率(Sediment Delivery Ratio; SDR)。

整體而言，坡面土壤沖蝕在河川輸砂之貢獻度，仍須計算遞移率，以便瞭解坡面土壤沖蝕的年沖蝕量與真正進入河道的泥砂量。其泥砂遞移率之計算常因理論過於複雜，而導致實務上無法計算或專業人員亦無法有效評估的窘境。本計畫將依照 Lin et al. (2002)在「Soil Tillage & Research」期刊中所提出泥砂遞移率係以單位網格為基礎，配合土壤沖蝕量可推估集水區出口的泥砂產

量之理論，進行計算。

坡面泥砂遞移率之計算，是以整合地理資訊系統並結合網格式計算理論與集水區自動劃分等技術為基礎，其方法論係延續 Lin et al. (2002) 所建構之理論基礎，假設坡面泥砂主要係由坡面地表水所帶動，運移至渠道(常流水)而流失。依此一假設及泥砂遞移率之定義，泥砂遞移率可視為某格點對最接近渠道格點之泥砂貢獻量，若將泥砂貢獻量用網格上游流入面積表示，則網格上游流入面積愈大，其產生的逕流量亦愈大，愈能將泥砂帶至河道。因此，集水區坡面上任一格點之泥砂遞移率，可視為該格點上游流入面積(Agrid)與該格點流至最接近渠道之上游流入面積(Atotal)之比值，如圖 3.7 所示；意即濱水區愈靠近渠道之格點，其坡面沖蝕之泥砂愈容易進入渠道，而增加河道之泥砂產量，故泥砂遞移率愈高。集水區之坡面泥砂產量( $Y_s$ )可由集水區坡面土壤流失量( $A_m$ )與坡面泥砂遞移率( $SDR$ )之乘積( $Y_s = A_m * SDR$ )來推算，藉由網格之排水流向可計算每個網格之泥砂遞移率及泥砂量。



### 3、單場暴雨集水區泥砂產量

一般而言，河道輸送之泥砂量包括來自坡面的土壤沖蝕遞移量(懸浮載)與崩塌地的土砂遞移量，針對保全對象產生的總體泥砂運移量之通式可寫為：

$$ST_t = (ST_{slope} + ST_{landslide})$$

式中， $ST_t$ ：總體泥砂運移量(Total Sediment Transport,  $ST_t$ )、 $ST_{slope}(ST_s)$ ：

來自坡面的土壤沖蝕遞移量、

$ST_{landslide}(ST_l)$ ：來自崩塌地的土砂遞移量。

河道潛在輸砂效能與地文因子(坡度)及水文因子(流量)有關，且並非每一單場降雨皆會導致相同的輸砂量。因此在同一集水區探討土砂災害時，單場暴雨(single event)的雨量將會影響每次泥砂的運移量，將此雨量影響關係納入計算式中，其公式將會改寫成：

$$ST_t = (ST_s + ST_l) \left( \frac{P}{P_t} \right)$$

若將泥砂來源之二大部分，分開計算時公式可更進一步寫成：

$$ST_t = V_s \left( \frac{A_c}{A_b} \right) \left( \frac{A_c}{A_a} \right)^\alpha \left( \frac{P}{P_t} \right) + V_l \left( \frac{A_c}{A_b} \right) \left( \frac{A_c}{A_a} \right)^\alpha \left( \frac{P}{P_t} \right)$$

式中， $V_s$ ：可由土壤沖蝕通用公式(USLE)中評估獲得，惟因土壤沖蝕之輸砂衰減係數為 0 ( $\alpha=0$ )，故整體公式可寫為：

$$ST_t = V_s \left( \frac{A_c}{A_b} \right) \left( \frac{P}{P_t} \right) + V_l \left( \frac{A_c}{A_b} \right) \left( \frac{A_c}{A_a} \right)^\alpha \left( \frac{P}{P_t} \right)$$

式中崩塌地土砂遞移衰減之影響因子可分為：

(1)面積因子：若崩塌地離保全對象非常遠( $\frac{A_c}{A_a} \cong 0$ )，則輸砂率影響不大；

若崩塌地離保全對象非常近( $\frac{A_c}{A_a} \cong 1$ )，則影響輸砂率甚鉅。

(2)輸砂衰減係數： $\alpha$  值為輸砂衰減係數，其可能由細顆粒之土壤沖蝕之完



全遞移( $\alpha=0$ )至大顆粒土砂遞移比率( $\alpha=1$ )；此類分布應進一步比對河床質(D50)調查，以建立類似水土保持技術規範中泥砂運移量所採用之計算公式，為安全規劃考量，以  $\alpha=0$  計算崩塌地泥砂遞移量。

## 二、集水區土砂產量推估

集水區崩塌量及輸砂量最好能夠考量每一場歷史事件，惟時間越久之事件，其對集水區現況土砂空間分布之貢獻權重越小，本規劃追朔至桃芝颱風，選取主要造成集水區崩塌或土砂運移之事件，推估計畫範圍內主流及支流點位集水區之土砂產量及沖淤情形，採用北山(2)年平均雨量及單場颱風暴雨事件雨量，詳表 3.2。

以集水區內主流河道之橋樑點位及支流匯流口作為推估土砂產量之控制點，各橋樑之流點位集水區區位，整理如圖 3.8。

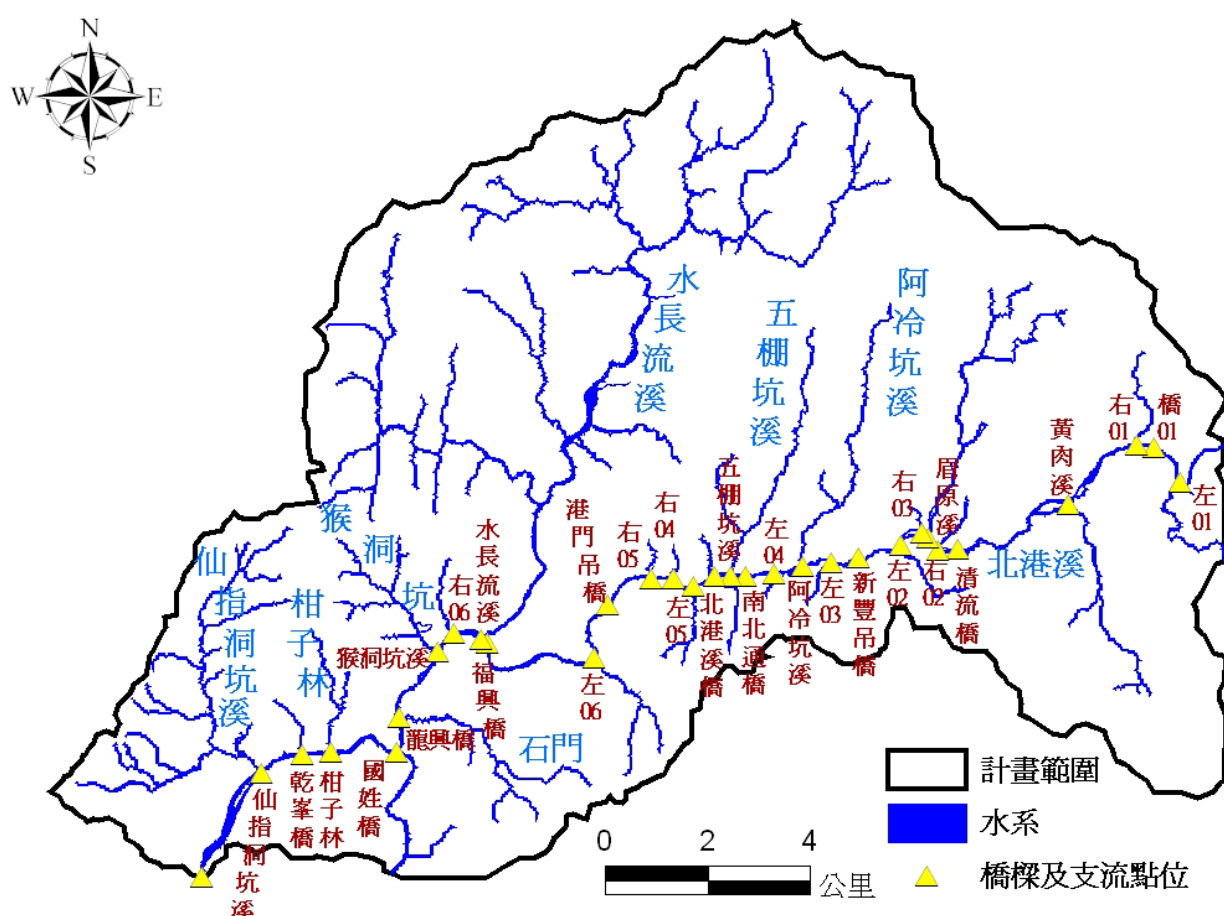


圖 3.8 計畫範圍橋樑及支流點位集水區區位分布

## 1、總崩塌量

利用水保局調查桃芝颱風與 72 水災之崩塌區位，另由 2002/02/07、2009/01/18、2009/0926 三期衛星影像萃取之崩塌地，得知各時期新增崩塌區位分布如圖 3.9，進而分析集水區各期崩塌對分析區位之總崩塌量，如表 3.9。

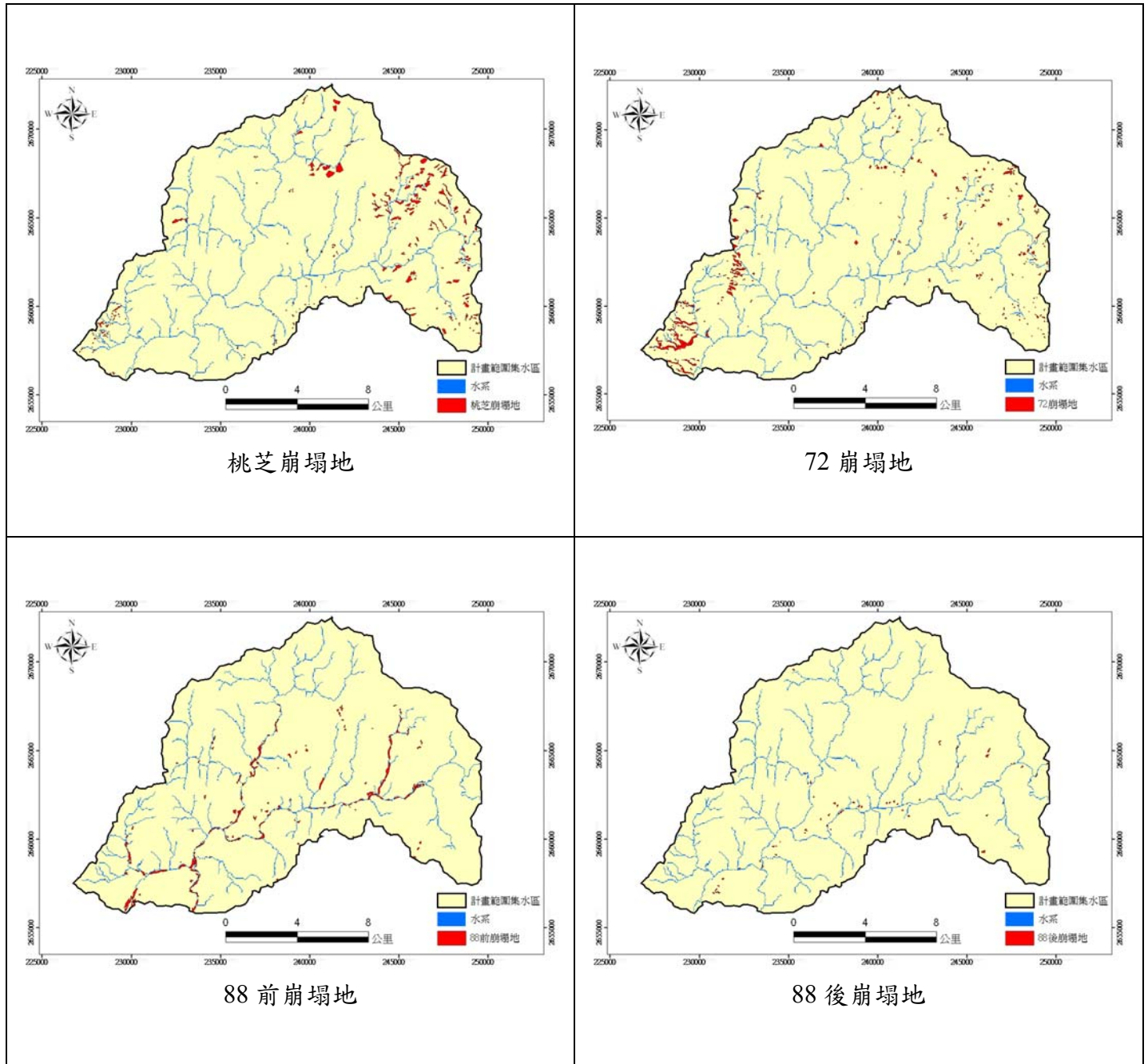


圖 3.9 各時期崩塌地分布

表 3.9 集水區各期之新增崩塌量

區位	桃芝颱風	72 水災	莫拉克風災前	莫拉克風災後
	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
支-左 01	161,600	165,600	—	24,000
橋 01	273,600	203,200	—	24,000
支-右 01	514,400	203,200	—	33,600
黃肉溪	612,000	329,600	—	67,200
清流橋	1,331,200	547,200	320,000	124,800
支-右 02	1,357,600	550,400	332,800	131,200
眉原溪	1,357,600	550,400	355,200	131,200
支-右 03	2,798,400	981,600	1,069,600	196,000
支-左 02	2,798,400	981,600	1,191,200	196,000
新豐吊橋	2,840,000	1,002,400	1,248,800	202,400
支-左 03	2,861,600	1,005,600	1,290,400	212,000
阿冷坑溪	2,861,600	1,012,000	1,312,800	231,200
支-左 04	2,911,200	1,090,400	1,360,800	272,800
南北通橋	2,914,400	1,090,400	1,396,000	272,800
五棚坑溪	2,914,400	1,090,400	1,408,800	301,600
北港溪橋	2,940,000	1,125,600	1,599,200	301,600
支-左 05	2,951,200	1,125,600	1,602,400	301,600
支-右 04	2,972,000	1,125,600	1,640,800	308,000
支-右 05	2,972,000	1,125,600	1,660,000	327,200
港門吊橋	2,972,000	1,125,600	1,784,800	416,800
支-左 06	2,972,000	1,125,600	1,884,000	430,400
福興橋	3,048,000	1,172,800	2,037,600	433,600
水長流溪	3,048,000	1,172,800	2,037,600	433,600
支-右 06	4,166,400	1,939,200	3,002,400	507,200
猴洞坑溪	4,166,400	1,939,200	3,040,800	507,200
龍興橋	4,166,400	2,496,000	3,144,000	529,600
國姓橋	4,185,600	2,513,600	3,297,600	564,800
柑子林	4,188,800	2,516,000	3,744,000	571,200
乾峯橋	4,188,800	2,591,200	3,792,000	574,400
仙洞指坑	4,188,800	2,591,200	3,884,800	580,800
出口口	4,508,000	4,576,000	4,530,400	638,400

## 2、坡面土砂產量

藉由通用土壤流失公式 (USLE)，配合 DEM 資料及三期衛星影像 (2002/02/07、2009/01/18、2009/0926) 估算各集水區之土壤流失量，並配合單場暴雨分別計算桃芝颱風、72 水災及莫拉克風災等單場降雨對各分析區位之坡面泥砂產量 (表 3.10)。

表 3.10 單場降雨對分析區位之坡面泥砂產量

區位	座標		桃芝颱風	72 水災	莫拉克風災前	莫拉克風災後
	X	Y	( $m^3$ )	( $m^3$ )	( $m^3$ )	( $m^3$ )
支-左 01	248757	2663563	3,710.05	11,360.94	9,502.45	8,560.16
橋 01	248233	2664238	4,828.44	14,785.68	12,366.94	11,140.60
支-右 01	247910	2664278	5,372.10	15,251.24	12,756.34	11,491.39
黃肉溪	246562	2663119	5,799.79	17,760.16	14,854.84	13,381.79
清流橋	244427	2662243	9,353.82	28,643.34	23,957.66	21,581.96
支-右 02	244033	2662237	9,742.06	29,832.20	24,952.05	22,477.74
眉原溪	243835	2662479	9,774.60	29,931.84	25,035.39	22,552.81
支-右 03	243717	2662560	14,193.39	43,463.09	36,353.11	32,748.24
支-左 02	243315	2662312	14,261.35	43,671.21	36,527.18	32,905.05
新豐吊橋	242479	2662079	15,061.58	46,121.66	38,576.77	34,751.39
支-左 03	241959	2661994	15,218.94	46,603.54	38,979.82	35,114.48
阿冷坑溪	241393	2661921	15,468.22	47,366.89	39,618.31	35,689.65
支-左 04	240833	2661758	17,783.36	54,456.34	45,548.01	41,031.35
南北通橋	240281	2661720	17,961.90	55,003.04	46,005.27	41,443.27
五棚坑溪	239996	2661718	18,056.86	55,293.84	46,248.50	41,662.38
北港溪橋	239674	2661717	20,542.19	62,904.41	52,614.09	47,396.74
支-左 05	239273	2661521	21,109.46	64,641.54	54,067.05	48,705.62
支-右 04	238873	2661675	21,712.34	66,487.69	55,611.19	50,096.64
支-右 05	238436	2661675	22,023.66	67,440.98	56,408.54	50,814.91
港門吊橋	237594	2661160	22,290.06	68,256.76	57,090.87	51,429.59
支-左 06	237322	2660113	22,856.83	69,992.34	58,542.53	52,737.29
福興橋	235244	2660400	25,258.89	77,347.94	64,694.85	58,279.54
水長流溪	235114	2660483	25,275.39	77,398.47	64,737.11	58,317.61
支-右 06	234599	2660597	54,920.91	168,179.15	140,667.29	126,718.35
猴洞坑溪	234278	2660237	55,467.91	169,854.20	142,068.32	127,980.46
龍興橋	233520	2658958	59,431.33	181,991.01	152,219.71	137,125.20
國姓橋	233475	2658275	62,030.93	189,951.51	158,877.98	143,123.22



柑子林	232192	2658277	65,823.29	199,178.80	166,595.81	150,075.73
乾峯橋	231633	2658241	66,407.96	203,354.87	170,088.73	153,222.29
仙洞指坑	230832	2657875	66,768.64	204,459.36	171,012.54	154,054.49
出流口	229675	2655837	92,755.75	284,037.25	237,572.55	214,014.23

### 3、崩塌地土砂遞移量

利用各分析區之各期崩塌地衛星影像萃取後，藉由網格分析其崩塌對分析區位之泥砂產量，如表 3.11 所示。

表 3.11 集水區各期崩塌對分析區位之泥砂產量

區位	座標		桃芝颱風	72 水災	莫拉克風災前	莫拉克風災後
	X	Y	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
支-左 01	248757	2663563	8,352.47	7,370.81	-	24.02
橋 01	248233	2664238	5,039.32	6,712.11	-	14.49
支-右 01	247910	2664278	4,888.08	4,806.75	-	15.59
黃肉溪	246562	2663119	4,682.84	3,350.82	-	748.72
清流橋	244427	2662243	1,961.33	1,537.92	76,468.34	364.08
支-右 02	244033	2662237	1,912.04	1,501.23	77,932.65	361.19
眉原溪	243835	2662479	1,890.11	1,484.01	81,457.09	357.05
支-右 03	243717	2662560	2,723.71	3,792.02	162,436.67	1,982.14
支-左 02	243315	2662312	2,684.70	3,737.71	223,504.34	1,953.75
新豐吊橋	242479	2662079	2,435.72	3,391.08	229,906.93	1,772.89
支-左 03	241959	2661994	2,344.21	3,263.66	237,071.27	1,706.32
阿冷坑溪	241393	2661921	2,313.38	3,210.58	241,277.19	1,679.10
支-左 04	240833	2661758	1,947.34	2,681.70	220,432.18	1,408.89
南北通橋	240281	2661720	1,920.15	2,644.26	244,966.56	1,389.22
五棚坑溪	239996	2661718	1,904.34	2,622.48	245,437.68	1,390.85
北港溪橋	239674	2661717	1,915.75	2,355.16	223,212.51	1,234.01
支-左 05	239273	2661521	1,866.62	2,294.76	217,488.44	1,202.37
支-右 04	238873	2661675	1,822.56	2,249.19	212,360.38	1,173.98
支-右 05	238436	2661675	1,803.58	2,225.77	210,149.38	1,201.04
港門吊橋	237594	2661160	1,743.54	2,151.67	208,297.68	1,171.45
支-左 06	237322	2660113	1,711.95	2,112.68	259,928.02	1,151.71
福興橋	235244	2660400	1,576.45	1,969.80	298,592.46	1,059.73
水長流溪	235114	2660483	1,574.63	1,967.53	298,247.84	1,058.51
支-右 06	234599	2660597	1,421.32	2,142.95	302,427.46	696.34

猴洞坑溪	234278	2660237	1,410.29	2,126.32	344,650.66	690.94
龍興橋	233520	2658958	1,383.57	2,033.50	342,399.67	660.78
國姓橋	233475	2658275	1,330.35	1,955.24	374,425.53	3,734.01
柑子林	232192	2658277	1,287.24	1,868.95	396,940.51	3,613.08
乾峯橋	231633	2658241	1,278.68	1,863.45	403,720.67	3,558.75
仙洞指坑	230832	2657875	1,263.22	1,840.91	405,176.60	3,515.72
出口口	229675	2655837	7,410.34	1,696.46	498,056.53	3,196.73

#### 4、單場暴雨集水區河道輸砂量

坡面土砂產量和崩塌地土砂產量之和經之遞移計算後即為河道輸砂量，集水區單場降雨對分析區位之輸砂量如表 3.12 所示。

表 3.12 單場暴雨之河道輸砂量

區位	桃芝颱風	72 水災	莫拉克風災前	莫拉克風災後
	( $\text{m}^3$ )	( $\text{m}^3$ )	( $\text{m}^3$ )	( $\text{m}^3$ )
支-左 01	11,080.86	19,713.41	9,502.45	8,584.18
橋 01	11,540.55	19,825.00	12,366.94	11,155.10
支-右 01	10,178.85	20,139.33	12,756.34	11,506.98
黃肉溪	9,150.61	22,443.00	14,854.84	14,130.51
清流橋	10,891.74	30,604.66	100,426.01	21,946.04
支-右 02	11,243.29	31,744.24	102,884.69	22,838.93
眉原溪	11,258.61	31,821.94	106,492.48	22,909.86
支-右 03	17,985.41	46,186.81	198,789.79	34,730.38
支-左 02	17,999.06	46,355.91	260,031.52	34,858.80
新豐吊橋	18,452.65	48,557.38	268,483.70	36,524.28
支-左 03	18,482.60	48,947.74	276,051.09	36,820.79
阿冷坑溪	18,678.81	49,680.28	280,895.50	37,368.75
支-左 04	20,465.07	56,403.68	265,980.19	42,440.24
南北通橋	20,606.15	56,923.19	290,971.84	42,832.49
五棚坑溪	20,679.34	57,198.17	291,686.19	43,053.23
北港溪橋	22,897.34	64,820.17	275,826.60	48,630.75
支-左 05	23,404.23	66,508.17	271,555.49	49,907.99
支-右 04	23,961.53	68,310.24	267,971.56	51,270.62
支-右 05	24,249.42	69,244.56	266,557.91	52,015.95
港門吊橋	24,441.73	70,000.30	265,388.55	52,601.04
支-左 06	24,969.52	71,704.29	318,470.55	53,889.00

福興橋	27,228.69	78,924.39	363,287.31	59,339.26
水長流溪	27,242.92	78,973.10	362,984.95	59,376.12
支-右 06	57,063.85	169,600.46	443,094.74	127,414.69
猴洞坑溪	57,594.23	171,264.49	486,718.98	128,671.40
龍興橋	61,464.83	183,374.58	494,619.38	137,785.98
國姓橋	63,986.17	191,281.86	533,303.51	146,857.23
柑子林	67,692.24	200,466.04	563,536.32	153,688.81
乾峯橋	68,271.40	204,633.55	573,809.40	156,781.04
仙洞指坑	68,609.55	205,722.58	576,189.15	157,570.20
出流口	94,452.21	291,447.59	735,629.08	217,210.97

### 5、各分析區之未輸出土砂量

各分析區之未輸出土砂量如表 3.13 所示。

表 3.13 分析區位未輸出土砂量

區位	72 風災後(桃芝+72)			莫拉克風災後(桃芝+72+莫拉克前)		
	總崩塌量	河道輸砂量	未輸出土砂量	總崩塌量	河道輸砂量	未輸出土砂量
	( $m^3$ )	( $m^3$ )	( $m^3$ )	( $m^3$ )	( $m^3$ )	( $m^3$ )
支-左 01	17209.09	15282.37	1926.72	351,200.00	48,880.90	302,319.10
橋 01	185012.26	40120.96	144891.30	500,800.00	54,887.59	445,912.41
支-右 01	185012.26	40781.75	144230.51	751,200.00	54,581.50	696,618.50
黃肉溪	300189.10	55993.62	244195.48	1,008,800.00	60,578.96	948,221.04
清流橋	668236.13	97713.48	570522.65	2,323,200.00	163,868.45	2,159,331.55
支-右 02	672532.60	99044.06	573488.54	2,372,000.00	168,711.15	2,203,288.85
眉原溪	672532.60	99302.63	573229.97	2,394,400.00	172,482.89	2,221,917.11
支-右 03	1160681.66	162278.36	998403.30	5,045,600.00	297,692.39	4,747,907.61
支-左 02	1160681.66	162637.38	998044.28	5,167,200.00	359,245.29	4,807,954.71
新豐吊橋	1197804.44	171721.31	1026083.13	5,293,600.00	372,018.01	4,921,581.99
支-左 03	1211610.03	173358.69	1038251.34	5,369,600.00	380,302.22	4,989,297.78
阿冷坑溪	1211610.03	176356.99	1035253.04	5,417,600.00	386,623.34	5,030,976.66
支-左 04	1264003.44	223570.96	1040432.48	5,635,200.00	385,289.18	5,249,910.82
南北通橋	1264003.44	225436.03	1038567.41	5,673,600.00	411,333.67	5,262,266.33
五棚坑溪	1264003.44	225935.20	1038068.24	5,715,200.00	412,616.93	5,302,583.07
北港溪橋	1289873.36	278776.84	1011096.52	5,966,400.00	412,174.86	5,554,225.14
支-左 05	1292789.23	288604.55	1004184.68	5,980,800.00	411,375.88	5,569,424.12
支-右 04	1296212.49	297005.03	999207.46	6,046,400.00	411,513.95	5,634,886.05

支-右 05	1296212.49	299415.86	996796.63	6,084,800.00	412,067.84	5,672,732.16
港門吊橋	1296212.49	302613.19	993599.30	6,299,200.00	412,431.62	5,886,768.38
支-左 06	1296212.49	308170.52	988041.97	6,412,000.00	469,033.36	5,942,966.64
福興橋	1337425.47	339081.28	998344.19	6,692,000.00	528,779.65	6,163,220.35
水長流溪	1337425.47	339136.23	998289.24	6,692,000.00	528,577.09	6,163,422.91
支-右 06	1939116.65	822697.97	1116418.68	9,615,200.00	797,173.74	8,818,026.26
猴洞坑溪	1939116.65	834136.09	1104980.56	9,653,600.00	844,249.10	8,809,350.90
龍興橋	2130433.11	892937.60	1237495.51	10,336,000.00	877,244.77	9,458,755.23
國姓橋	2140782.40	929974.01	1210808.39	10,561,600.00	935,428.77	9,626,171.23
柑子林	2140782.40	956082.62	1184699.78	11,020,000.00	985,383.41	10,034,616.59
乾峯橋	2166370.97	984667.36	1181703.61	11,146,400.00	1,003,495.39	10,142,904.61
仙洞指坑	2166370.97	990842.30	1175528.67	11,245,600.00	1,008,091.48	10,237,508.52
出口	2683707.77	1148501.35	1535206.42	14,252,800.00	1,338,739.85	12,914,060.15

### 3.3 河道現況土地利用調查

本計畫之土地利用現況已於 2.1.10 節作相關之探討，而為了區分各集水區河道之土地利用現況，故依據農委會水土保持局提供平地、山地坡利用，及林務局提供森林調查簿資料，並配合空拍圖數化崩塌地判釋修正，所得之最新河道兩岸之土地利用情形。如下圖所示。經圖顯示本計畫區仍以闊葉林面積為最多，佔 45.62%，而以阿冷坑及五棚坑沿岸為主要闊葉林分佈區；農作物以果園及檳榔園為大宗，佔 35.12%，以水長流溪沿岸為園及檳榔園主要分佈區域，而北港溪沿岸為本計畫區之主要人口聚集地，詳細之土地利用表詳見 2.1.10 節。

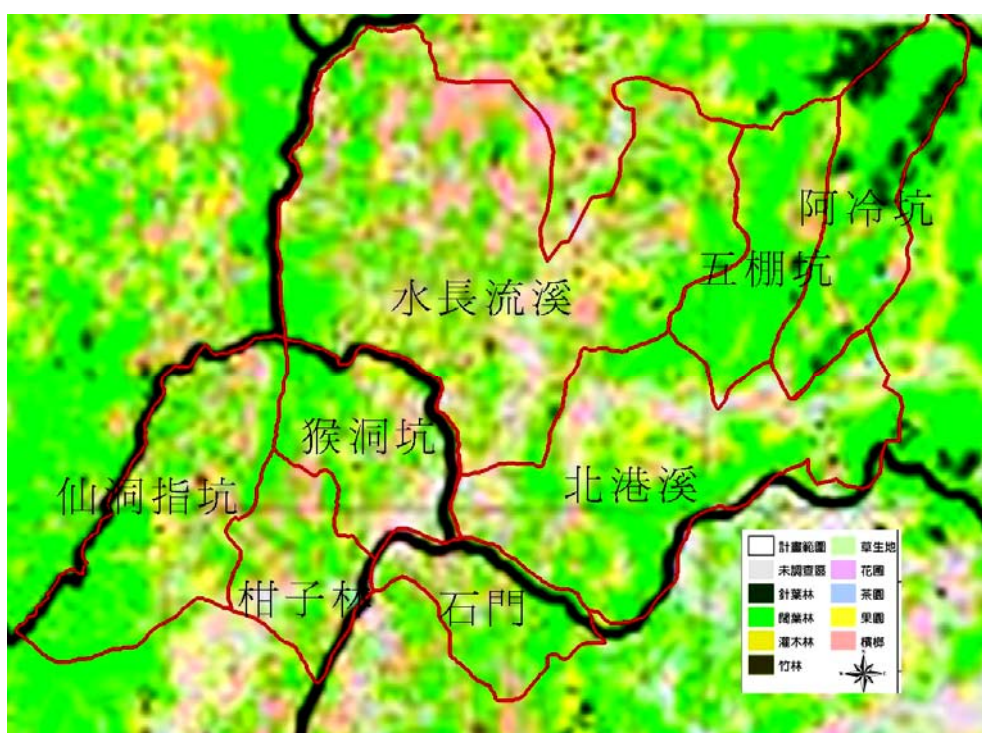


圖 3.10 河道現況土地利用圖

### 3.4 河道沖淤趨勢預測

#### 3.4.1 河道沖淤變化分析

由 3.2 節表 3.13 兩兩區位相減可得其區位之土砂變化，而各橋樑、主流支流交匯點之集水區河道輸砂狀況分析，整理如表 3.14。計畫範圍內主流橋樑及支流點位集水區沖淤示意圖如圖 3.11 及圖 3.12 所示。

表 3.14 橋樑及支流點位集水區未輸出土砂量整理

區位	72 風災後		莫拉克風災後	
	土石量(m <sup>3</sup> )	沖淤情形	土石量(m <sup>3</sup> )	沖淤情形
支-左 01	1926.72	堆積	302,319.10	堆積
支-左 01 — 橋 01	142964.58	堆積	143,593.31	堆積
橋 01 — 支-右 01	-660.78	沖刷	250,706.09	堆積
支-右 01 — 黃肉溪	99964.97	堆積	251,602.54	堆積
黃肉溪 — 清流橋	326327.17	堆積	1,211,110.51	堆積
清流橋 — 支-右 02	2965.89	堆積	43,957.30	堆積
支-右 02 — 眉原溪	-258.57	沖刷	18,628.26	堆積
眉原溪 — 支-右 03	225173.33	堆積	2,525,990.50	堆積

支-右 03	—	支-左 02	-359.02	沖刷	60,047.10	堆積
支-左 02	—	新豐吊橋	28038.85	堆積	113,627.28	堆積
新豐吊橋	—	支-左 03	12168.21	堆積	67,715.79	堆積
支-左 03	—	阿冷坑溪	-2998.30	沖刷	41,678.88	堆積
阿冷坑溪	—	支-左 04	5179.44	堆積	218,934.16	堆積
支-左 04	—	南北通橋	-1865.07	沖刷	12,355.51	堆積
南北通橋	—	五棚坑溪	-499.17	沖刷	40,316.74	堆積
五棚坑溪	—	北港溪橋	-26971.72	沖刷	251,642.07	堆積
北港溪橋	—	支-左 05	-6911.84	沖刷	15,198.98	堆積
支-左 05	—	支-右 04	-4977.22	沖刷	65,461.93	堆積
支-右 04	—	支-右 05	-2410.83	沖刷	37,846.11	堆積
支-右 05	—	港門吊橋	-3197.32	沖刷	214,036.22	堆積
港門吊橋	—	支-左 06	-5557.34	沖刷	56,198.26	堆積
支-左 06	—	福興橋	10302.22	堆積	220,253.71	堆積
福興橋	—	水長流溪	-54.95	沖刷	202.56	堆積
水長流溪	—	支-右 06	118129.44	堆積	2,654,603.35	堆積
支-右 06	—	猴洞坑溪	-11438.13	沖刷	-8,675.36	沖刷
猴洞坑溪	—	龍興橋	132514.96	堆積	649,404.33	堆積
龍興橋	—	國姓橋	-26687.12	沖刷	167,416.00	堆積
國姓橋	—	柑子林	-26108.61	沖刷	408,445.36	堆積
柑子林	—	乾峯橋	-2996.17	沖刷	108,288.02	堆積
乾峯橋	—	仙洞指坑	-6174.94	沖刷	94,603.91	堆積
仙洞指坑	—	出口	359677.76	堆積	2,676,551.63	堆積

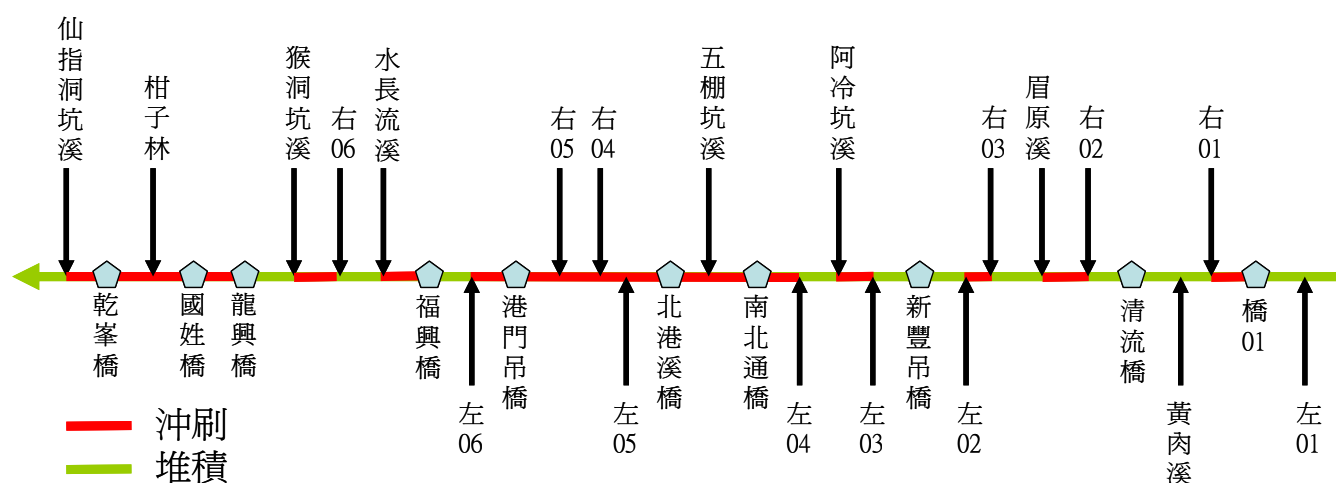


圖 3.11 72 水災後橋梁及支流點位集水區沖淤示意圖

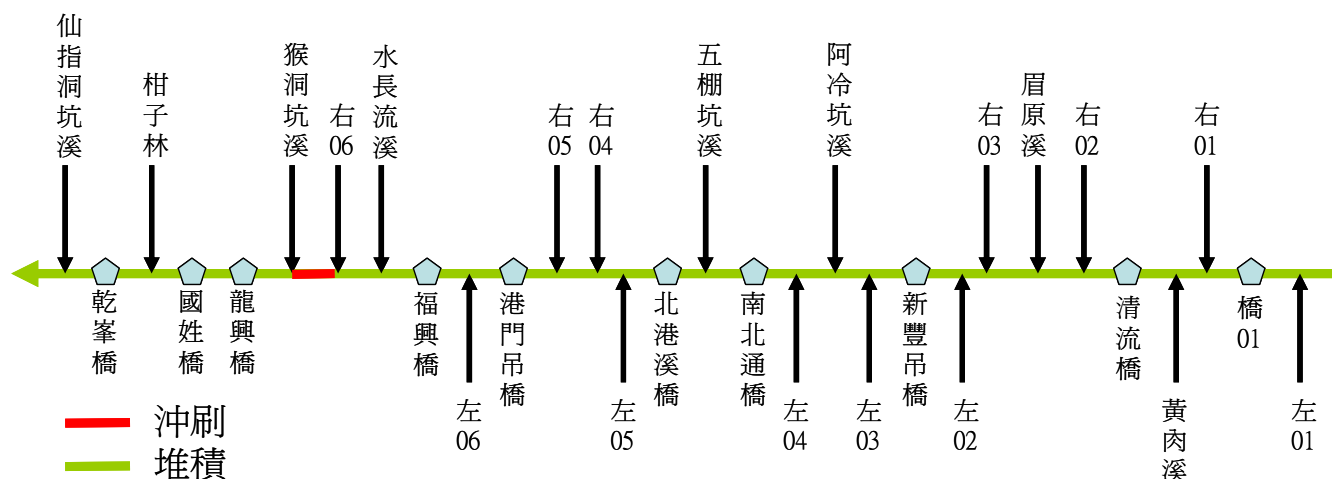


圖 3.12 莫拉克風災後橋梁及支流點位集水區沖淤示意圖

### 3.4.2 河道沖淤趨勢研判

經整理得知集體集水區沖淤情形以沖-淤變化為最多，而易沖刷段以南北通橋至左側 06 支流入流處及龍興橋至仙洞指坑入流處為主要二段沖刷區，而以五棚坑與北港溪會流口處之沖刷最為嚴重；而淤積段則以眉原溪與北港溪會流處為最嚴重，相關土砂沖淤整理詳見表 3.15。

表 3.15 集水區河道沖淤整理表

區位			沖淤情形	
支-左 01			堆積	堆積
支-左 01	—	橋 01	堆積	堆積
橋 01	—	支-右 01	沖刷	堆積
支-右 01	—	黃肉溪	堆積	堆積
黃肉溪	—	清流橋	堆積	堆積
清流橋	—	支-右 02	堆積	堆積
支-右 02	—	眉原溪	沖刷	堆積
眉原溪	—	支-右 03	堆積	堆積
支-右 03	—	支-左 02	沖刷	堆積
支-左 02	—	新豐吊橋	堆積	堆積
新豐吊橋	—	支-左 03	堆積	堆積
支-左 03	—	阿冷坑溪	沖刷	堆積
阿冷坑溪	—	支-左 04	堆積	堆積
支-左 04	—	南北通橋	沖刷	堆積

區位			沖淤情形	
南北通橋	—	五棚坑溪	沖刷	堆積
五棚坑溪	—	北港溪橋	沖刷	堆積
北港溪橋	—	支-左 05	沖刷	堆積
支-左 05	—	支-右 04	沖刷	堆積
支-右 04	—	支-右 05	沖刷	堆積
支-右 05	—	港門吊橋	沖刷	堆積
港門吊橋	—	支-左 06	沖刷	堆積
支-左 06	—	福興橋	堆積	堆積
福興橋	—	水長流溪	沖刷	堆積
水長流溪	—	支-右 06	堆積	堆積
支-右 06	—	猴洞坑溪	沖刷	沖刷
猴洞坑溪	—	龍興橋	堆積	堆積
龍興橋	—	國姓橋	沖刷	堆積
國姓橋	—	柑子林	沖刷	堆積
柑子林	—	乾峯橋	沖刷	堆積
乾峯橋	—	仙洞指坑	沖刷	堆積
仙洞指坑	—	出流口	堆積	堆積



## 第四章 規劃河段地形測量與細部測量設計

#### 4.1 規劃河段地形測量

經由現場調查及現場會勘結果，在考量保全對象之後，本計畫將「長安農路下邊坡處理工程」列為本次優先治理區，並依合約要求進行細部設計，據以擬定工程計畫。其地形測量成果如下所示：

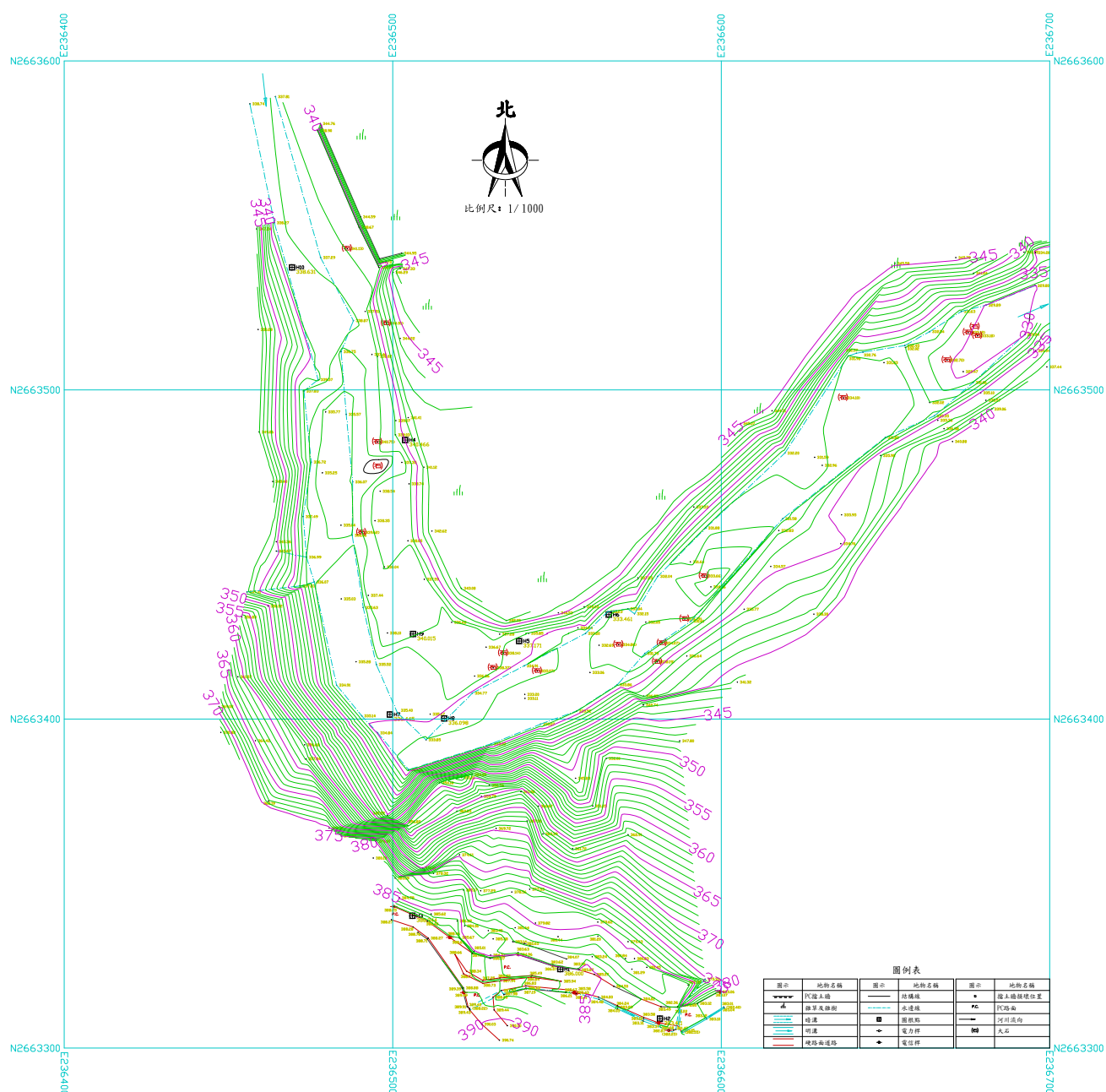


圖 4.1 長安農路下邊坡處理工程測量圖

## 4.2 治理區細部設計

本治理區之設計原則將依據「水土保持局工程預算書編製原則及工料分析」規定及「水土保持技術規範」和「水土保持手冊」相關規定辦理預算書編製。以下就治理區之環境背景及致災原因作探討，期能了解其災害原因以作為後續治理之參考。

### 4.2.1 基本環境介紹

#### 一、地理位置

本工程位於長流村長安農路約 1.5K 處，下邊坡緊臨水流東溪，水流東為水長流溪之最大支流，源起台中縣新社鄉與南投縣國姓鄉界，其總長約有 11,082m，而流域之高差約有 650m。其工程點位如下圖所示。

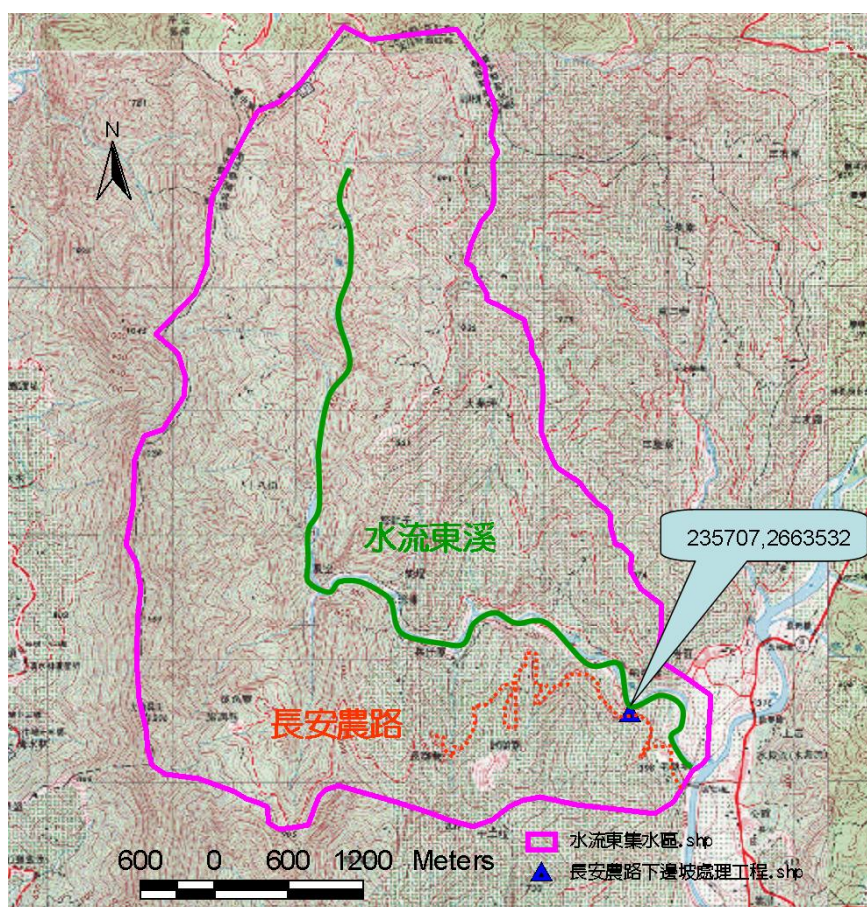


圖 4.2 長安農路下邊坡處理工程位置圖

## 二、地質

集水區之地質分佈以南莊層及台地堆積層為主，南莊層主要岩性為砂岩、深灰色頁岩或砂頁岩互層，並夾含有鐵質結核及碳質碎屑物。台地堆積層主要岩性為更新世，礫石、砂及粘土，大多數由未經膠結的礫石和夾在其中的平緩的砂質或粉砂質組成，一般層理和淘選度很差。本工程點位之地質為台地堆積層上。其地質分佈如下圖所示。

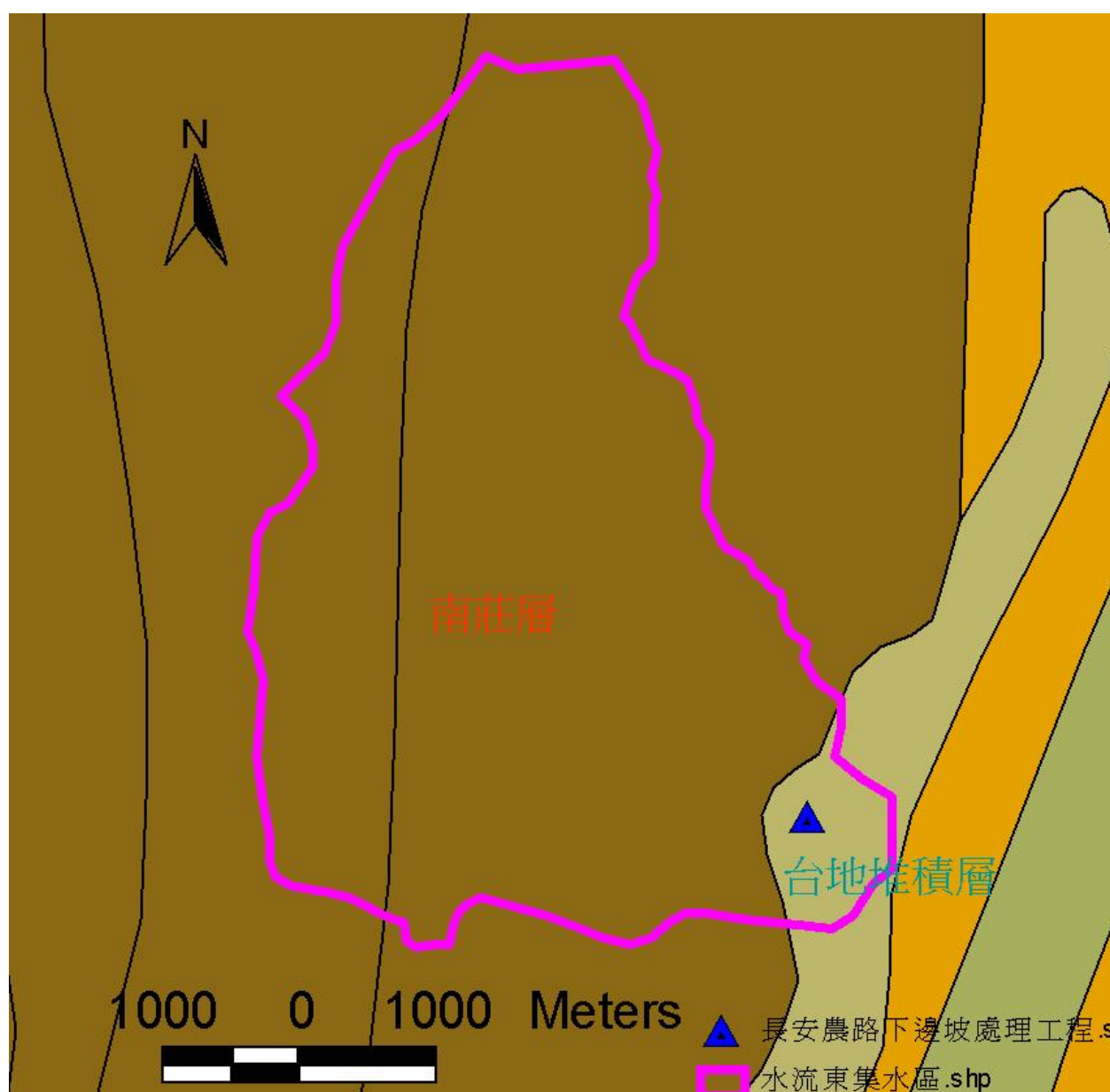


圖 4.3 長安農路下邊坡處理工程地質圖



### 三、土壤

集水區之土壤分佈以石質土、崩積土、黃壤及沖積土為主，而工程所在之土壤為崩積土上，其土壤化育程度較弱，剖面顏色呈灰黃色或暗灰色，底土部份尚有明顯的崩積特性存在。土壤分佈如下圖所示。

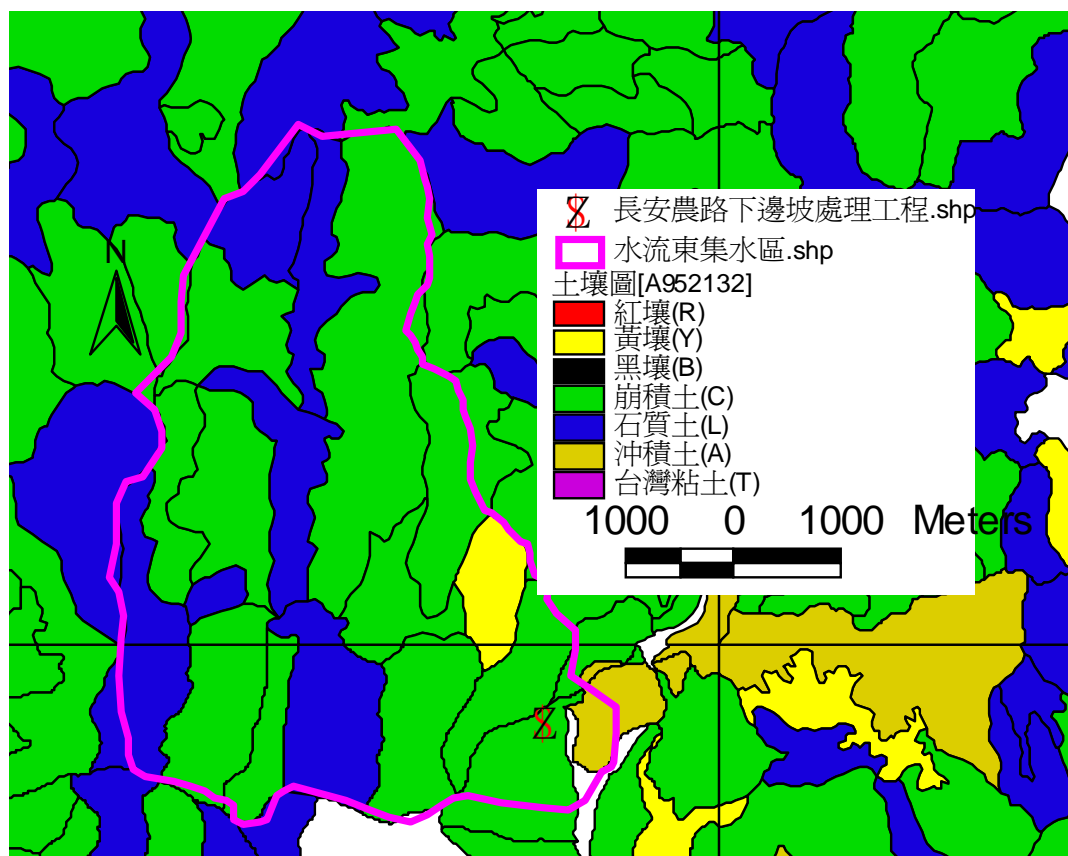


圖 4.4 長安農路下邊坡處理工程土壤分佈圖

### 四、災害現況

由於本區之地質條件及土壤特性不佳，故使得本區段之道路下邊坡容易遇雨而形成災害，加上緊臨水流東凹岸處，水流易沖刷坡腳，造成坡趾不穩定性增加。災害現況如下所示。



莫拉克風災前



莫拉克風災後

因長安農路為長流村之重要聯外道路，進出之民眾約計有 50 戶，故基於保護民眾之用路安全，故特將此工程列為優先治理點位。而根據現況調查結果，其致災原因大致有三：

1、水流東凹岸沖刷道路下邊坡坡趾，造坡坡腳不安定，降低其邊坡下滑之抵抗力。

2、原有道路排水不良，使得逕流易流入邊坡，增加邊坡下滑之趨動力。

3、地質條件不佳，大多數由未經膠結的礫石和夾在其中的平緩的砂質或粉砂質組成，使得邊坡易遇雨而生崩塌。

而根據上述三點致災原因，本計畫依其治理對象區分為「長安農路 1.5K 處道路水土保持工程」及「長安農路 1.5K 處下方野溪整治工程」等二件工程，針對各工程之治理對策及工法分述如下：

#### 一、「長安農路 1.5K 處道路水土保持工程」

由於本路段為當地居民之重要出入道路，為維護居民之行車安全，故針對其致災原因提出下列對策：

1、改善原有道路排水，將水路引導至安全地點排放，避免地表逕流漫流而沖刷坡面，以減少坡面發生崩塌之驅動力。

2、針對地質之土壤不良之特性，於坡頂平緩處施以排樁工程，藉以利用摩擦樁之方式以穩固道路下邊坡擋土牆之基腳，增加邊坡下滑之抵抗力。

3、為使地下水得以排除，本工程於基樁上方施以加勁擋土牆，藉由加勁之透水特性，以排除因豪雨而增加之地下水量，期能減少路基之地下水含水量。

本工程之主要工程內容有：

1. 基樁工程： $\phi 80\text{cm}@1\text{m}$  深 8.5m，共 38 支
2. 加勁擋土牆(含繫樑、基礎版及紐澤西護欄)：共 40m
3. 擋土牆：共 61m
4. 排水工程：靜水池×1 座，箱涵(2\*1.5m)×7.5m，集水井×2 座，  
橫向排水溝×10m 等

所需工程經費約 15,251,000 元整，相關工程圖說如附錄二所示。

## 二、「長安農路 1.5K 處下方野溪整治工程」

而為改善下方溪流凹岸沖刷之問題，本工程在凹岸處施以護岸保護坡趾，以避免邊坡坡腳之沖蝕，並於凹岸處設置丁壩以作為挑流及造灘之功效；而河床預計以複式斷面營造深槽，控制流心避免河溪之左右擺動。本工程之主要工程內容計有護岸 255M 及丁壩 5 座，所需工程經費約 6,585,000 元，其水理分析如下所示。相關工程圖說如附錄三所示。

## 行政院農業委員會水土保持局南投分局

### 水力計算表(3.2%)

工程名稱： 長安農路1.5K處下方野溪整治工程

施工地點： 南投縣國姓鄉

共2頁，第1頁

## 1. 基本資料

- (1)集水面積  $A=$  1845 ha
- (2)山坡長度  $L1=$  200
- (3)溪流長度  $L2=$  11082 m
- (4)高 差  $\triangle H=$  982-332 = 650 m
- (5)逕流係數  $C=$  0.8

## 2. 集流時間

- $t=t1(\text{坡面漫地流時間})+t2(\text{河道逕流時間})$
- $t1=L1/V1$ ,  $V1$ : 坡面漫地流流速, 採 0.6 m/sec
- $t2=L2/V2$ , 依Rziha公式,  $V2=20(\triangle H/L2)^{0.6}$
- $t=200/0.6+11082/(20\times(650/11082)^{0.6})$
- $=333.33+3038.16=3371.49\text{sec}=56.19\text{min}$

## 3. 降雨強度

依水土保持技術規範P.10降雨強度公式

$$\frac{I_t^T}{I_{60}^{25}} = (G + H \log T) \frac{A}{(t + B)^C} \quad I_{60}^{25} = (P/(25.29 + 0.094P))^2$$

式中,  $T$ : 重現期距(年), 採 50 年 $t$ : 降雨延時(min), 採與集流時間同,  $t=$  56.19 min $I_{60}^{25}$ : 現期距25年, 降雨延時60min之降雨強度(mm/hr) $P$ : 年平均降雨量(mm), 採中央氣象局 北山 雨量站 $P=$  2163.0 mm

$$A=(P/(-189.96+0.31P))^2= 20.2581$$

$$B=55$$

$$C=(P/(-381.71+1.45P))^2= 0.61657$$

$$G=(P/(42.89+1.33P))^2= 0.54884$$

$$H=(P/(-65.33+1.836P))^2= 0.30666$$

重現期距50年, 降雨延時56.19min之降雨強度  $I=$  106.24 mm/hr



## 行政院農業委員會水土保持局南投分局

### 水力計算表(3.2%)

工程名稱： 長安農路1.5K處下方野溪整治工程

施工地點： 南投縣國姓鄉

共2頁，第2頁

## 4.計畫洪水量(三角歷線)

依照水土保持技術規範第十七條規定，本工程之逕流量分析採三角形單位歷線

$$Q_p = \frac{0.208 \times A \times Re}{T_p}$$

$$T_p = \sqrt{T_c} + 0.6T_c$$

T <sub>c</sub> 為集流時間(hr)	=	0.94 hr
T <sub>p</sub> 為歷線洪峰時間(hr)	=	1.53 hr
A為集水區面積(km <sup>2</sup> )	=	18.45 km <sup>2</sup>
Re為單位降雨量(mm)	=	106.24 mm
Q <sub>p</sub> 為尖峰流量(CMS)	=	266.54 cms

設含砂水流  $\alpha$ 取 0.1

$$\text{計畫洪水量 } Q_p = Q_i \times (1 + \alpha) = 293.19 \text{ cms}$$

## 5.整治断面檢算

(1)整治断面採梯形

底寬B= 26 m

水深H= 2 m

側坡斜率1: 0.3

河床坡降S= 3.20 %

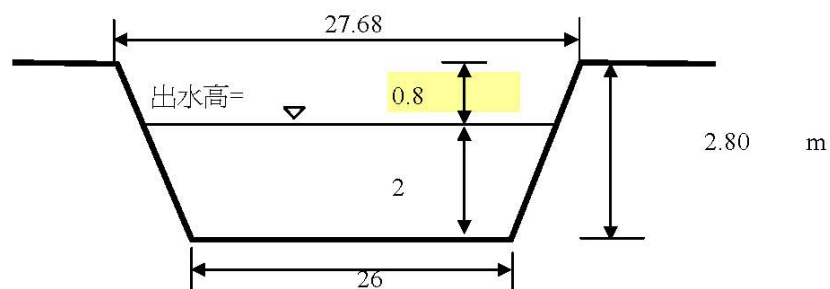
曼寧n= 0.04

(2)通水面積A'= (26+2×0.3)×2= 53.2 m<sup>2</sup>溼周P= 26+2×2×(1+0.3)<sup>0.5</sup>= 30.18 m

水力半徑R= A'/P=53.2/30.18= 1.76

(3)設計流速V=1/n×R<sup>2/3</sup>×S<sup>1/2</sup>= 5.82 <最大安全流速=6.1m/sec，OK(4)設計排洪量Q<sub>p</sub>=A'×V= 309.62 >計畫洪水量Q<sub>p</sub>=293.19cms，OK

排水断面示意圖如下



## 6. 彎曲河道超高

$$\Delta h = \frac{V^2}{g} \left[ 2.303(\log R_2 - \log R_1) + \frac{0.0042}{h} \sqrt{\frac{R_2 - R_1}{R_2 + R_1}} \right]$$

$\Delta h$ : 水路外側壁高出靜水面之高度	=	0.8 m
V : 彎道河段水流平均速度	=	5.82 m/s
R1 : 彎曲河段凸岸曲率半徑	=	38 m
R2 : 彎曲河段凹岸曲率半徑	=	48 m
g : 重力加速度	=	9.8 m/s <sup>2</sup>
h : 水深	=	2 m

## 7. 漸變段長度

$$L = \frac{\Delta h \times R \times g}{V^2}$$

L : 漸變段長度	=	8 m
$\Delta h$ : 水路外側壁高出靜水面之高度	=	0.8 m
R : 彎曲河段河道中心線曲率半徑	=	33.8 m
g : 重力加速度	=	9.8 m/s <sup>2</sup>
V : 彎道河段水流平均速度	=	5.82 m/s

## 行政院農業委員會水土保持局南投分局 水理計算表(1.5%)

工程名稱：長安農路1.5K處下方野溪整治工程

施工地點：南投縣國姓鄉

共2頁，第1頁

## 1. 基本資料

- (1)集水面積 A= 1845 ha
- (2)山坡長度 L1= 200
- (3)溪流長度 L2= 11082 m
- (4)高 差  $\triangle H$ = 982-332 = 650 m
- (5)逕流係數 C= 0.8

## 2. 集流時間

- $t=t_1(\text{坡面漫地流時間})+t_2(\text{河道逕流時間})$
- $t_1=L_1/V_1$ ,  $V_1$ : 坡面漫地流流速, 採 0.6 m/sec
- $t_2=L_2/V_2$ , 依Rziha公式,  $V_2=20(\triangle H/L_2)^{0.6}$
- $t=200/0.6+11082/(20\times(650/11082)^{0.6})$
- $=333.33+3038.16=3371.49\text{sec} = 56.19\text{min}$

## 3. 降雨強度

依水土保持技術規範P.10降雨強度公式

$$\frac{I_t^T}{I_{60}^{25}} = (G + H \log T) \frac{A}{(t + B)^C} \quad I_{60}^{25} = (P/(25.29 + 0.094P))^2$$

式中, T: 重現期距(年), 採 50 年

t: 降雨延時(min), 採與集流時間同, t= 56.19 min

 $I_{60}^{25}$ : 現期距25年, 降雨延時60min之降雨強度(mm/hr)

P: 年平均降雨量(mm), 採中央氣象局 北山 雨量站P= 2163.0 mm

$$A=(P/(-189.96+0.31P))^2= 20.2581$$

$$B=55$$

$$C=(P/(-381.71+1.45P))^2= 0.61657$$

$$G=(P/(42.89+1.33P))^2= 0.54884$$

$$H=(P/(-65.33+1.836P))^2= 0.30666$$

重現期距50年, 降雨延時56.19min之降雨強度 I = 106.24 mm/hr



## 行政院農業委員會水土保持局南投分局

## 水理計算表(1.5%)

工程名稱：長安農路1.5K處下方野溪整治工程

施工地點：南投縣國姓鄉

共2頁，第2頁

## 4.計畫洪水量(三角歷線)

依照水土保持技術規範第十七條規定，本工程之逕流量分析採三角形單位歷線

$$Q_p = \frac{0.208 \times A \times Re}{T_p}$$

$$T_p = \sqrt{T_c} + 0.6T_c$$

Tc為集流時間(hr)	=	0.94 hr
Tp為歷線洪峰時間(hr)	=	1.53 hr
A為集水區面積(km <sup>2</sup> )	=	18.45 km <sup>2</sup>
Re為單位降雨量(mm)	=	106.24 mm
Qp為尖峰流量(CMS)	=	266.54 cms

設含砂水流  $\alpha$ 取 0.1

$$\text{計畫洪水量 } Q_p = Q_i \times (1 + \alpha) = 293.19 \text{ cms}$$

## 5.整治斷面檢算

## (1)整治斷面採梯形

底寬B= 26 m

水深H= 2.2 m

側坡斜率1: 0.3

河床坡降S= 1.50 %

曼寧n= 0.037

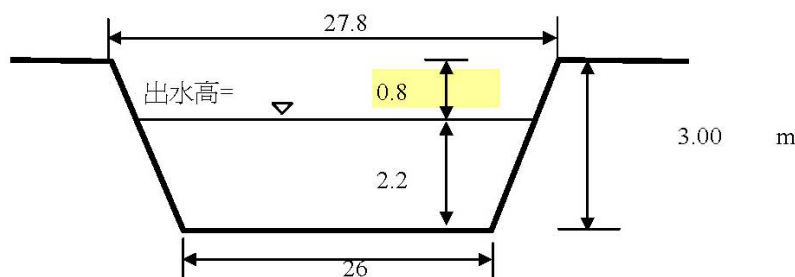
(2)通水面積A'= (26+2.2×0.3)×2.2= 58.65 m<sup>2</sup>溼周P= 26+2×2.2×(1+0.3)<sup>0.5</sup>= 30.59 m

水力半徑R= A'/P=58.65/30.59= 1.92

(3)設計流速V=1/n×R<sup>2/3</sup>×S<sup>1/2</sup>= 5.11 <最大安全流速=6.1m/sec，OK

(4)設計排洪量Qp=A'×V= 299.7 &gt;計畫洪水量Qp=293.19cms，OK

排水斷面示意圖如下



## 第五章 泥砂調查

集水區泥砂來源分析為整體規劃之重要課題，集水區上游泥砂產量往往決定下游溪流之沖淤變化，而本節根據上述之現況調查結果，以崩塌地、土石流潛勢溪流及溪流調查為泥砂問題之主要因果對象，進行相關之影響範圍及評估，以期能研判各集水區之泥砂推移特性，進而作為治理對策之參考。

### 5.1 崩塌地調查

#### 5.1.1 崩塌地現場調查及資料蒐集分析

本計畫進行崩塌地調查前，先以水保局既有崩塌地(95 年)圖層為基本，加上最新之衛星影像(98 年 1 月)進行套繪及篩選。其中以仙洞指坑之崩塌地為最多，共計 59 筆約 403 公頃，屬於因地質狀況不佳而形成之裸露地。各集水區之崩塌地資料整理如表 5.1 所示。而詳細之現況調查詳見第 2.2.1 節。

表 5.1 集水區崩塌地資料整理表

集水區	崩塌地筆數			崩塌地權屬之面積 (公頃)			崩塌地分級之面積 (公頃)		
	林班地	山坡地	總計	林班地	山坡地	總計	C	D	總計
阿冷坑	3	6	9	3.887	5.23	9.117	2.254	6.863	9.117
五棚坑	1	8	9	0.05	3.332	3.382	0	3.382	3.382
北港溪	0	30	30	0	19.3	19.3	7.2	12.1	19.3
水長流溪	2	28	30	0.554	29.863	30.417	14.635	15.782	30.417
猴洞坑	1	25	26	0.402	55.827	56.229	31.598	24.631	56.229
石門	0	3	3	0	1.935	1.935	0	1.935	1.935
柑子林	2	3	5	1.219	8.373	9.592	3.826	5.766	9.592
仙洞指	40	19	59	328.286	74.97	403.256	26.586	376.67	403.256
總計	49	122	171	334.398	198.83	533.228	86.099	447.129	533.228

### 5.1.2 崩塌地影響範圍評估與研判

經調查及比對現有衛星影像後發現計畫區內舊有崩塌地範圍大部份均有明顯縮小之趨勢，表計畫區裸露邊坡之植生復育狀況良好。現地調查後發現之新生崩塌地，其成因可分為中、上游河岸凹岸沖蝕坡腳、表面土層因雨沖刷及道路排水不良等三個部份，進而影響溪流河床提升，縮小原有通水斷面，易造成洪患災害，其中以阿冷坑溪、水長流溪、猴洞坑溪及仙洞指坑與北港溪會流口處有明顯之淤積現象，而五棚坑主流及野溪會流口亦為土砂淤積嚴重區段；為求集水區崩塌地之詳細泥砂定量分析，本計畫亦參考水保局之桃芝颱風及 72 水災崩塌區位圖資，並配合今年莫拉克風災前(2009/01/18)及莫拉克風災後(2009/09/26)之衛星影像進行崩塌地萃取，經分析後之影響範圍詳見 3.2.4 節。在計畫區內之道路亦因坡面土層崩落及道路排水設施不良，易造成上、下邊坡之坡地災害，危急區內民眾之交通安全，其中以水長流溪中長流村及長豐村之影響最大。故阿冷坑、水長流溪及猴洞坑在規劃治理之導向以安定上游土砂生產為主要對策。

## 5.2 土石流潛勢溪流調查

### 5.2.1 土石流潛勢溪流現場調查及資料蒐集分析

本計畫採用水土保持局於 98 年所公佈之 1,503 條土石流潛勢溪流圖層為調查對象，本計畫針對區內共計 24 條土石流潛勢溪流，經整理表 2.28 後其各集水區之土石流資料如表 5.2 所示。而針對本計劃區中之高潛勢土石流溪流、有重大災害歷史或集水區內有大量崩塌者為說明對象。接著再配合水保局土石流潛勢溪流影響範圍展示系統之圖資，至現場實地調查土石流之溪流與集水區現況和保全對象之相對關係，其現況調查詳見第 2.2.2 節所示。

表 5.2 集水區土石流溪勢溪流資料整理表

集水區	土石流溪流潛勢等級數量 (條)				土石流集水區 面積(公頃)
	高	中	低	總計	總計
阿冷坑	0	0	0	0	0
五棚坑	0	1	0	1	890
北港溪	0	2	3	5	305.2
水長流溪	1	3	3	7	930
猴洞坑	2	0	0	2	215
石門	0	0	0	0	0
柑子林	0	0	3	3	349
仙洞指	2	1	3	6	385
總計	5	7	12	24	3074.2

### 5.2.2 土石流潛勢溪流影響範圍評估與研判

由於 貴分局、南投縣政府及國姓鄉公所近年對計畫區內之土石潛勢溪投入相當之治理工程，故本計畫區內之土石流潛勢溪流河床尚屬穩定狀態，僅需持續觀察各溪流上游之土砂來源及構有構造物之維持；而水保局亦針對土石流警戒區內之民眾，規劃相關之緊急疏散路線，並定期舉辦防災演練，成效彰顯，故於近年風災中並無人員因土石流傷亡之情事。各潛勢溪流之影響範圍詳見 2.2.2 節說明。

## 5.3 易淤積河道、溪流調查

### 5.3.1 易淤積河道、溪流現場調查及資料蒐集分析

本計畫進行溪流調查前，先利用地形圖及衛星影像來判斷野溪及坑溝位置。接著進行現勘調查，了解溪流之集水區現況，於現地研判災害類型，並填寫表格，進行彙整。所調查溪流對象以溪寬 5m 以上為主，若遇災害嚴重之區段，則不以此為限，但因各集水區之溪流流路分佈極廣且源頭之位置均為車輛或人力無法到達之地方，故本計劃之溪流調查在主流方面以交



通可達之處為主要調查重點，各集水區之詳細現場狀況詳見第 2.2.3 節。另為求各集水區之土石來源之定量分析，故利用水保局調查桃芝颱風與 72 水災之崩塌區位，另由 2002/02/07、2009/01/18、2009/0926 三期衛星影像萃取之崩塌地，以分析各支流之土砂沖淤變化，詳見 3.2.4 節。各支流之河道未輸出之土砂量整理如下表：

表 5.3 88 水災後未輸出土砂量

區位	總崩塌量	河道輸砂量	未輸出土砂量	沖刷或堆積
	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )	
阿冷坑溪	160,000.00	20,183.40	139,816.60	堆積
支-左 04	3,200.00	267.21	2,932.79	堆積
五棚坑溪	251,200.00	73,082.55	178,117.45	堆積
支-右 04	-	1,398.82	-1,398.82	沖刷
支-左 05	8,000.00	2,465.00	5,535.00	堆積
支-左 06	52,800.00	4,653.52	48,146.48	堆積
支-右 05	32,000.00	5,291.49	26,708.51	堆積
支-右 06	16,000.00	554.70	15,445.30	堆積
支-左 07	144,000.00	18,933.64	125,066.36	堆積
水長流溪	2,891,200.00	573,273.95	2,317,926.05	堆積
支-右 07	-	2,120.17	-2,120.17	沖刷
猴洞坑溪	587,200.00	24,747.08	562,452.92	堆積
石門	59,200.00	28,766.60	30,433.40	堆積
支-左 08	309,600.00	97,572.13	212,027.87	堆積
柑子林	75,200.00	7,851.39	67,348.61	堆積
支-右 08	-	1,030.85	-1,030.85	沖刷
仙指洞坑溪	2,191,200.00	397,009.14	1,794,190.86	堆積

### 5.3.2 易淤積河道、溪流影響範圍評估與研判

經由現場調查各集水區現況，發現整體集水區並無重大土砂災害，但由於區內農路及產業道路發達，又大多緊臨野溪構築，故於歷年風災中常因道路下邊坡之河岸凹岸沖蝕或因道路排水不良，造成道路下邊坡邊趾之

裸露而生之零星崩塌，使得崩積土易淤積於河道，影響通水斷面，尤其以水長流為最常發生之區域，所幸造成之影響均為局部之小型崩塌，於災後處以搶修工程均獲得相當之控制。而經由分析各流域之土砂收支狀況後，以水長流溪及仙洞指坑為主要易淤積之河道，各支流之土砂收支狀況如圖 5.1 所示，而由於各支流之土砂收支均表現於北港溪之沖、淤變化，其影響範圍詳見 3.2.4 節。至於水長流溪大旗地滑段在本次莫拉克風侵襲後，造成部分尚未完工之坡址保工程毀損，已由 貴分局針對災況辦理相關之工程處理措施，避免再次滑動而造成災害。

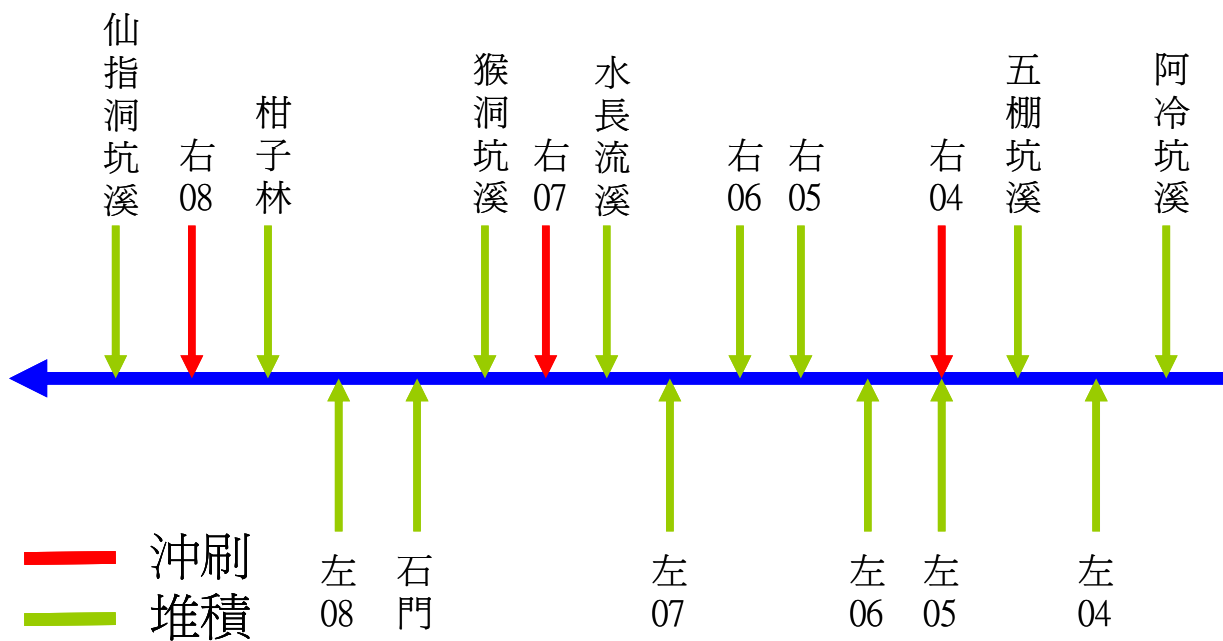


圖 5.1 各河道淤積示意圖

## 第六章 集水區問題分析、災害原因探討 與水土保持需求性

綜合上述章節各集水區現況調查結果，本計畫將針對災害發生之原因分析進行探討，以作為後續規劃及整治工法之依據。並根據各集水區之特性評估其水土保持需求性，以供後續治理對策及分年分期實施計畫之參考。而各項問題說明如下：

### 6.1 坡面沖蝕情形

由於本計畫區受地形之影響，故其產業結構以農業為主要經濟來源，而為了農作物之運輸方便，因此本區之農路林立，編號農路計有 43 條，詳如圖 2.11 及表 2.7 所示，再加上產業道路及園內道之構築，使得區內之交通尚屬發達。而由於山區之道路排水系統常因年久失修或排水涵管斷面不足，易遇大雨渲洩不良而易沿著道路漫流，再加上本計畫區之地質破碎及土壤組成多屬塌積土，故於歷年風災後常形成道路上、下邊坡之坡面沖蝕而造成路基之毀損等災害，其中以水長流溪集水區為最嚴重之區位，如 2.2.5 節調查所示，所幸均屬零星之災害。故本計畫區之坡面沖蝕控制主要以道路水土保持為主要課題，詳細說明如 6.3 節所示。

### 6.2 崩塌地情形

由於本計畫區地質破碎、岩層鬆軟等不良因素，進而發生多處崩塌地災害，其多屬溪岸崩塌，主要原因為溪流凹岸沖刷，坡趾裸露，無法負荷上方表土層，加上大雨及蝕溝侵蝕下，造成地質破碎崩塌。茲整理區內崩塌原因如下：

## 一、天然誘因

### (一)地質因素

經衛星影象判讀及比對以往崩塌區位之變化，各集水區之崩塌面積均有縮小之趨勢，唯去年因有卡玫基(一日最大暴雨達 396.5mm，約為 25 年重現期距降雨)及辛樂克(一日最大暴雨達 554.5mm，約為 100 年重現期距降雨)等颱風之肆虐，再加上集水區之地質多屬乾溝層、台地堆積層及有少部份之頭嵙山層，因其岩層易脆阻抗性低，穩定性差，具有高度的災害敏感性，在歷經連續颱風等災害之刺激誘動，使得地層鬆散及節理發達，便產生多處崩塌。嚴重威脅道路交通與河道兩旁的安全，如五棚崩之 T2~T4 等。

### (二)溪流淘刷

計畫區野溪溪谷兩岸坡度陡峭之地形，河道向源侵蝕嚴重，常見溪流源頭有多處崩塌地，其崩積土堆積於河道中，如五棚坑 T1 等。此外，計畫區河道流向多迴彎地形，因此呈現凸岸淤積凹岸淘刷之特色，凹岸攻擊坡常受河水淘刷坡腳而產生崩塌，影響河道及河岸上方道路之安全。如猴洞坑之 T1、T2 崩塌地。

## 二、人為開發

計畫區中、上游地區因聯絡道路之開闢，其地形過於陡峭，且地質條件不佳，邊坡被道路開闢切割後再受到豪雨沖刷坡面而導致道路之上、下邊坡產生崩塌現象，影響交通安全。如阿冷坑 T1 崩塌地等，因道路邊坡之坡頂及坡面截水設施不良，使得雨水易形成漫流而流入邊坡，造成坡面沖蝕嚴重而形成崩塌。

## 6.3 道路水土保持情形

本計畫區道路致災原因計有邊坡崩塌、排水設施不完善、路基崩塌或下陷而造成災害等，其中以水長流溪中長豐村及長流村之農路系統所發生之災害為最嚴重之區域。針對計畫區內道路水土保持課題，將對現有資料加以彙整，並提出各道路水土保持之問題分析：

### 一、道路上邊坡崩塌對道路之破壞

道路上邊坡受人為或自然因素影響及外營力激發(地震或豪雨作用)之下，常因土體滑動崩落而使道路阻斷，其處理對策將以邊坡穩定處理手法為主，處理方式可以工程方法及植生導入之方式進行。至於上邊坡岩石墜落對道路危害之處理方式，應視邊坡崩塌機制選擇適當之處理工法，若屬小規模落石，可採防止落石發生之工法或採捕捉落石之方法處理，如道路水土保持調查照片 5 所示；若屬平面滑動或表土流失者，則應儘量避免砍斷坡腳，以適當之岩釘錨定，增加土壤及岩層之摩擦力，並加強坡頂截水及坡面排水，以減少邊坡滑動之驅動力，如道路水土保持調查照片 6 所示。

### 二、道路下邊坡崩塌對道路之破壞

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

### 三、道路排水系統不良對道路之破壞

道路排水系統不良所造成之問題，為與工程設計、施工相關性較高之一項因素。由於道路無排水溝及橫向截水溝，地表逕流無安全之排放之處，

造成遇雨時道路成水水路，嚴重破壞路面，如道路水土保持調查照片 1 所示。

經調查以水長流溪集水區之道路水土保持問題為最嚴重，將列為本次之治理重點區。

## 6.4 河道沖淤土石災害情形

本計畫區內之河道沖淤問題，可歸納以下幾點分析：

- (一)河溪底床多呈泥砂淤積抬升，初步研判為多為河道彎角處呈現凹岸沖蝕，造成岸邊之基腳淘刷，而使得近岸崩塌發生，而下移之土石或形成堆積傘，或於主支流會流口處堆積，易造成河道通水斷面不足形成淹水等災害發生，如五棚坑主流照片 6 等所示；另外，野溪向源侵蝕部分在本計畫區並不顯著。
- (二)既有整流工程部分結構物已有損毀或略有損毀，顯示河段水流湍急，泥砂迅速下移，底床及兩岸因泥砂和水流不斷磨蝕，促使護岸混凝土表面或固床工呈現淘空破損情形，如五棚坑野溪照片 2、3 等所示。
- (三)坡面地質狀況分析，因以乾溝層、台地堆積層及少部份之頭嵙山層為主，此種地層結構因膠結疏鬆，易受雨水沖蝕形成蝕溝及崩塌，並產出大量土砂流出，惟受限河溪本身輸砂能力，坡面及河溪兩岸所產出的泥砂與河溪輸砂能力一時無法得到平衡，使得泥砂至河道下游後，產生淤積底床抬高，為河溪安全排水之潛在問題之一，如仙洞指主流照片 4、6 所示。

綜合現調結果，以阿冷坑溪、水長流溪及猴洞坑溪與北港溪會流口處有明顯之淤積現象，而五棚坑主流及野溪會流口亦為土砂淤積嚴重區段；以石門集水區之現況較為良好。

## 6.5 水土保持構造物災害情形

對於集水區之水土保持構造物所發生之問題可分為以下二類：

### 一、河溪構造物

河溪構造物包括縱向構造物(如護岸)及橫向構造物(如潛壩、固床工等)，其主要發生之問題常因已渠化之河段水流湍急，泥砂迅速下移，底床及兩岸因泥砂和水流不斷磨蝕，促使護岸混凝土表面或固床工呈現淘空破損情形，如柑子林溪流調查照片 1 所示。

### 二、道路水土保持構造物

道路水土保持構造物包含道路上下邊坡擋土牆，道路排水及過水橋樑、箱涵等。而其問題發生之原因詳見 6.3 節。

## 6.5 水土保持需求性

本計畫經蒐集集水區之基本資料後，對於坡面沖蝕、崩塌、河道沖淤、土石流潛勢溪流等，進行相關之水文分析、水理計算、斷面檢算、土砂生產量推估以及土石流潛勢溪流現勘調查，掌握及了解各區位所產生之水土保持問題並進行綜合評估水土保持需要性。所評估之可分為集水區和治理區位兩種類型進行劃分；前者係以集水區為單元，後者為以治理點位為單元，分別研擬其治理之優先順序。

### 6.5.1 評估優先治理區位順序

依計畫區內各集水區特性，參考水土保持局「集水區評估指標及區分治理優先順序」，利用計畫區內各集水分區之(1)保全對象、(2)地形起伏比、(3)地質、(4)綠覆率、(5)土壤沖蝕、(6)崩塌率及(7)土石流潛勢溪流等七項因子評估治理之優先與否。各因子之評估方式如後所述：



## 一、保全對象

洪水、崩塌及土石流為自然現象，惟其發生過程容易傷及集水分區內的人口、房屋、聚落區位、農地、文化古蹟及公共建設等經濟生活立即反應人民最關切之災難。故以上述六項因素作為評估之基礎，其各評估項目之資料來源詳見表 6.1，評估項目及訂定給分標準詳見表 6.2。

表 6.1 保全對象評分資料來源表

評估項目	評分參考資料來源
1. 人口 房屋	1. 各縣市政府戶政事務所； 2. 內政部統計資訊服務網； 3. 1/50,000 地形圖； 4. 坡地網際網路地理資訊系統；
2. 聚落區位	1. 土石流防災應變系統； 2. 坡地網際網路地理資訊系統； 3. 崩塌地調查與後續演變趨勢觀測成果報告； 4. 1/50,000 地形圖；
3. 農地	1. 1/50,000 地形圖； 2. 坡地網際網路地理資訊系統；
4. 文化古蹟	1. 古蹟入門(李乾郎、俞怡萍合著，遠流出版社)； 2. 坡地網際網路地理資訊系統；3. 1/50,000 地形圖；
5. 公共建設	1. 坡地網際網路地理資訊系統；2. 1/50,000 地形圖

表 6.2 保全對象評估表

評估項目	評估細目	給分標準		得分%	備註
保全對象	保全人口	$P = 0$ 戶	( 0 )		
		$P < 3$ 戶	(10)		
		$3 \leq P < 20$ 戶	(30)		
		$20 \text{ 戶} \leq P$	(35)		
	房屋	$B = 0$ 棟	( 0 )		
		$B < 3$ 棟	(10)		
		$3 \leq B < 20$ 棟	(20)		
		$20 \text{ 棟} \leq B$	(25)		
	聚落區位	(位於土石流潛勢溪流或崩塌地之)			聚落區位為與發生地質災害處的距離，可複選。
		上游	(2)		
		下游	(5)		
		對岸	(2)		
		同岸	(5)		

	農地	$D < 1$ 公頃	(0)		
		$1 \leq D < 3$ 公頃	(4)		
		$3 \leq D < 10$ 公頃	(6)		
		$10 \leq D < 20$ 公頃	(8)		
		$20 \text{ 公頃} \leq D$	(10)		
	文化古蹟	一級	(10)		
		二級	(6)		
		三級	(3)		
	公共建設	無	(0)		公共建設項目可複選。
		辦公室、工廠	(2)		
		鐵公路	(3)		
		學校	(5)		
	總得分				

## 二、地形起伏比

集水分區地勢陡峻不易涵養水分，再加上河川源流短急，雨量豐沛時逕流量大增，往往造成災害。故地形起伏比應列為評定集水分區危險程度的重要指標，評定準則為「集水分區內最高點至最低點的高程差」與「集水分區主流長度」之比率，可利用地形圖進行判析，求得集水分區之地形起伏比一值。訂定給分標準見表 6.3。

表 6.3 地形起伏比評估表

評估項目	評估細目	給分標準		給分%	備註
地形起伏比	地形起伏比值 (S)	S ≤ 15 %	(20)		S=集水分區起伏比 =(集水分區最高點-集水分區最低點)/集水分區主流長度。
		15% < S ≤ 30%	(40)		
		30% < S ≤ 40%	(60)		
		40% < S ≤ 55%	(80)		
		55% < S	(100)		
總得分					

### 三、地質

地質在高溫多濕地方很容易風化劣化調查主要分為地質性質與地質構造兩部分。地質性質以臺灣地區集水區內常見的硬岩、砂頁岩、紅土台地邊緣及泥岩等作為評分的考量因素；地質構造則以集水分區內有無斷層構造存在作為評分之標準，訂定給分標準見表 6.4。資料來源參考經濟部中央地質調查所地質資料查詢系統及水土保持局坡地網際網路地理資訊系統查詢求得。

表 6.4 地質評估表

評估項目	評估細目	給分標準		給分%	備註
地質	80% 地質性質	硬岩	(20)		
		砂頁岩互層	(40)		
		紅土台地邊緣	(60)		
		泥岩	(80)		
	20% 地質構造	無斷層構造	(0)		
		有斷層構造	(20)		
地質構造得分					

### 四、綠覆率

森林綠覆率調查基於集水分區內自然生態的水源涵養功能與環境保全有密切關係，可為評定集水分區涵養水源的有效指標。評定準則為該集水分區內所有由森林或綠色植被所覆蓋之面積與集水分區總面積百分比值定之，給分標準以綠覆率愈低，相對地其裸露率高、地表逕流係數高，其土壤沖刷量亦高，定其影響數據因子。因此，綠覆率愈低其得分愈高，訂定給分標準見表 6.5。評估方法本規劃調查採用地形圖或衛星地圖可得該集水分區森林或綠色植被分佈情形。

表 6.5 綠覆率評估表

評估項目	評估細目	給分標準		給分%	備註
綠 覆 率	植 生 覆 蓋 率  (P)	P<20%	(100)		P=植生覆蓋率 =(植生面積/集水分區面積)
		20%≤P < 40%	(80)		
		40%≤P < 60%	(60)		
		60%≤P < 80%	(40)		
		80%≤P≤100%	(20)		
總得分					

## 五、土壤沖蝕

土壤沖蝕雖為自然現象，惟土壤沖蝕指數及降雨沖蝕指數因地而異，為便於評估集水分區土壤沖蝕情形，以水土保持技術規範第二章第八節土壤流失量章節裡現有臺灣各地降雨沖蝕指數（Rm）及土壤沖蝕指數（Km）等資料作為評估之依據，訂定給分標準見表 6.6 所示。

表 6.6 土壤沖蝕評估標準表

評估項目	評估細目	給分標準		給分%	備註
土壤沖蝕	降雨沖蝕指數 (Rm) 【50%】	$Rm < 10000$	(10)		
		$10000 \leq Rm < 20000$	(20)		
		$20000 \leq Rm < 30000$	(30)		
		$30000 \leq Rm < 40000$	(40)		
		$40000 \leq Rm$	(50)		
	土壤沖蝕指數 (Km) 【50%】	$Km < 0.02$	(10)		
		$0.02 \leq Km < 0.027$	(20)		
		$0.027 \leq Km < 0.035$	(30)		
		$0.035 \leq Km < 0.045$	(40)		
		$0.045 \leq Km$	(50)		
總得分					

## 六、崩塌率評估

集水分區內崩塌情形以崩塌率來表示重要性，其擬定給分標準及方向如表6.7所示。評估方法與資料來源參照水土保持局之最新全省崩塌地調查資料。

表 6.7 崩塌率評估表

評估項目	評估細目	給分標準		給分%	備註
崩塌率	崩塌面積比率 (C)	C < 0.06%	(20)		崩塌面積比率 (%)=崩塌地總 面積/集水分區 面積
		0.06% ≤C <0.3 %	(40)		
		0.30% ≤C <0.9 %	(60)		
		0.9% ≤C < 4 %	(80)		
		4 % ≤C	(100)		
總得分					

## 七、土石流潛勢溪流數評估

土石流所造成之影響亦是評估集水區治理最重要的特性因子。所訂定之給分標準見表 6.8。評估給分標準之資料來源可參照「行政院農業委員會水土保持局土石流防災應變系統」調查資料。

表 6.8 土石流潛勢溪流數評估表

評估項目	評估細目	給分標準	給分%	備註
土石流潛勢溪流數	潛勢溪流數目	無	20	A、B 計算方法如下。
		1 到 3 條 (最高給分 40)	A	
		4 到 6 條 (最高給分 60)		
		7 到 9 條 (最高給分 80)		
		10 條(含)以上 (最高給分 100)		
加權得分			B	

$$\text{註： } A = \left[ \left( \frac{\text{低潛流數}}{\text{土石流總數}} * 30 \right) + \left( \frac{\text{中潛流數}}{\text{土石流總數}} * 60 \right) + \left( \frac{\text{高潛流數}}{\text{土石流總數}} * 100 \right) \right]$$

$$B = A * \frac{(\text{潛流總數最高給分} - 20)}{100} + 20$$

根據上述集水分區內之保全對象、地形起伏比、地質、綠覆率、土壤沖蝕、崩塌率及土石流潛勢溪流等七項評估因子所得評定分數，依其對造

成災害之支配功能，研定各因子在集水分區治理優先順序之評估權值如表 6.9。計算集水分區各分項之加權累積分數為該集水分區得分，以資集水分區間互相比較優先次序。

表 6.9 評估指標之建立

集水分區治理優先順序評估表					
縣市		集水分區		集水分區編號：	
編號	評估項目	分項權值 比重%	給分	得 分 % = 比重 × 給分	備註
1	保全對象	40			見表 5-1-1
2	地形起伏比	5			見表 5-1-3
3	地質	5			見表 5-1-4
4	綠覆率	10			見表 5-1-5
5	土壤沖蝕	10			見表 5-1-6
6	崩塌率	15			見表 5-1-7
7	土石流潛勢溪流數	15			見表 5-1-8
總得分					

依分析結果(詳表 6.10)將水長流溪、猴洞坑及五棚坑列為優先治理區，而其餘列為重要治理區。

表 6.10 計畫區集水分區治理優先順序評估表

集水分區	保全對象 40%		地形起伏 比 5%		地質 5%		綠覆率 10%		土壤沖蝕 10%		崩塌率 15%		土石流潛 勢 溪流數 (15%)		總 分	優先順序
	給分	得分	給分	得分	給分	得分	給分	得分	給分	得分	給分	得分	給分	得分		
水長流溪	85	34	40	2	40	2.0	20	2	70	7	20	3	35	5	55	優先
猴洞坑	87	34	40	2	40	2.0	20	2	70	7	20	3	20	3	53	優先
五棚坑	70	28	40	2	40	2.0	20	2	70	7	40	6	42	6	53	優先
北港溪	75	30	20	1	40	2.0	20	2	70	7	20	3	23	3	48	重要
仙洞指坑	56	22	40	2	40	2.0	40	4	70	7	40	6	22	3	46	重要
阿冷坑	55	22	40	2	40	2.0	20	2	70	7	40	6	28	4	45	重要
柑子林	65	26	20	1	40	2.0	20	2	70	7	20	3	25	3	44	重要
石門	60	24	20	1	40	2.0	20	2	70	7	20	3	21	3	42	重要



### 6.5.2 治理點位評估

本計劃依現地調查及分析成果，參考保全對象、防砂效益、保水效益及生態保育等標的進行評估治理點位之優先順序，將治理區位分為緊急處理、優先處理、計畫處理及暫不處理等四級，以作為分年分期處理之依據。就治理對象之工程項目詳列於表 6.11~6.13。各治理點位詳圖 6.1 所示。

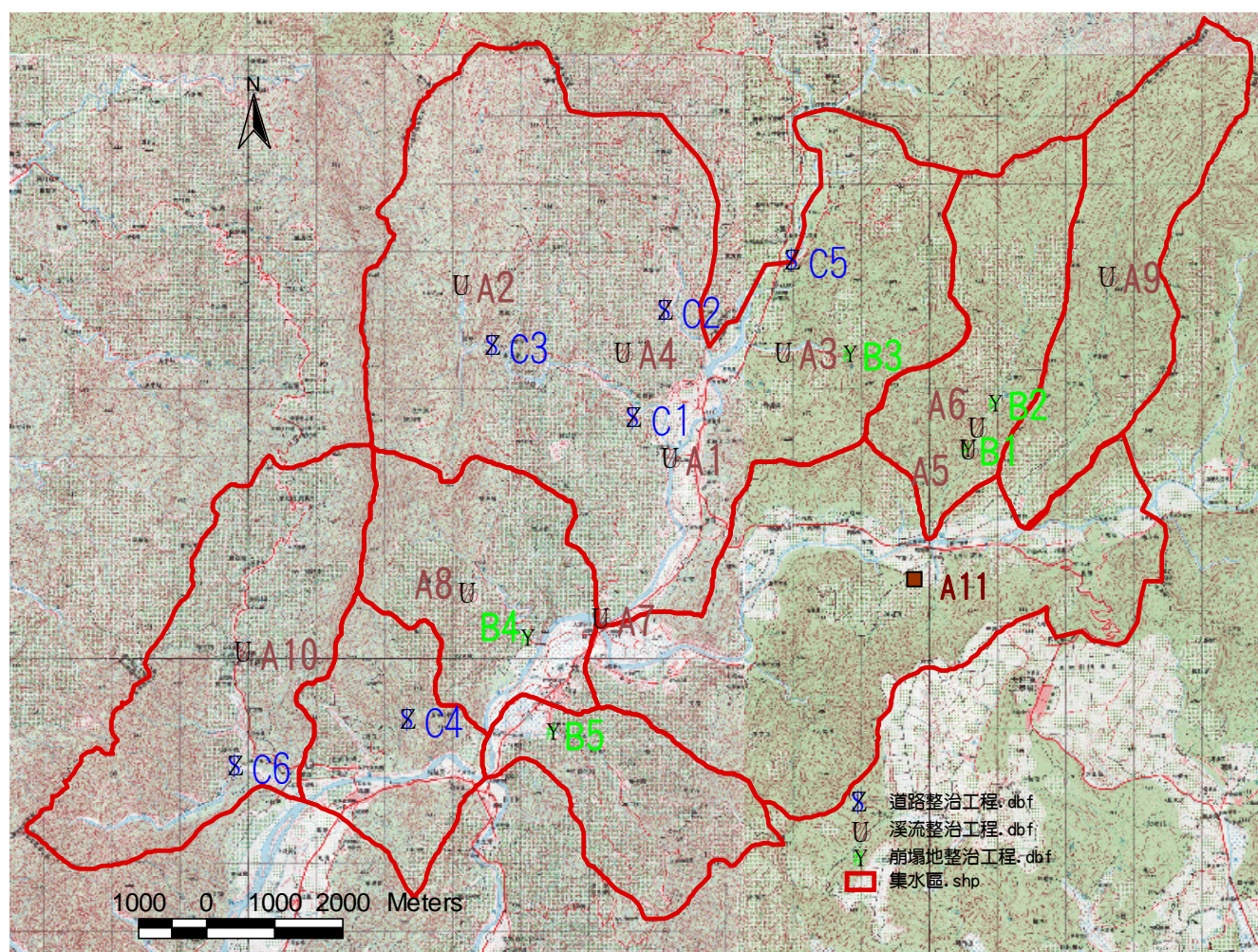










圖 6.1 集水區整體治理點位規劃配置圖



表 6.11 集水區溪流治理表

集水分區	項次	座標		防砂效益			保全對象			保水效益			生態環境 維護效益			問題說明	治理對策	水土保持處理等級	現況照片
				高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低				
水長流溪	A1	236210	2662960		■		■				■			■		既有構造物部分毀損，恐危及上方民宅	以溪溝整治對策為主，詳第六章	優先處理	
水長流溪	A2	233137	2665490	■				■		■			■			近岸崩坦，造成農地流失	以溪溝整治對策為主，詳第六章	計畫處理	
水長流溪	A3	237865	2664517	■					■	■				■		土石堆積，抬升溪床，易造成溪水漫流	以溪溝整治對策為主，詳第六章	計畫處理	
水長流溪	A4	235509	2664523		■		■				■			■		溪床土石堆積，影響通水斷面	以溪溝整治對策為主，詳第六章	計畫處理	



集水分區	項次	座標		防砂效益			保全對象			保水效益			生態環境 維護效益			問題說明	治理對策	水土保持處理等級	現況照片
				高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低				
五棚坑	A5	240579	2663087	■				■		■			■			崩塌土石堆積於河床，影響通水斷面	以溪溝整治對策為主，詳第六章	優先處理	
五棚坑	A6	240713	2663402	■				■		■			■			野溪與主流會流口處因過路排水不良，易造成淹水之災害	以溪溝整治對策為主，詳第六章	優先處理	
猴洞坑	A7	235194	2660603		■		■				■			■		舊有石籠護岸局部沉陷，危急上方民宅	以溪溝整治對策為主，詳第六章	優先處理	
猴洞坑	A8	233219	2660979			■		■			■			■		上游崩塌明顯，土石淤積於河床，影響通水斷面	以溪溝整治對策為主，詳第六章	計畫處理	



集水分區	項次	座標		防砂效益			保全對象			保水效益			生態環境 維護效益			問題說明	治理對策	水土保持處理等級	現況照片
				高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低				
阿冷坑	A9	242632	2665629	■			■				■			■		河道轉彎處，凹岸護岸高度不足，有溢流之危險	以溪溝整治對策為主，詳第六章	優先處理	
仙洞指坑	A10	229948	2660103		■			■			■			■		雜木倒塌，溪岸土石崩落，易影響通水斷面	以溪溝整治對策為主，詳第六章	計畫處理	
北港溪	A11	239759	2661254		■			■			■			■		野溪過水路面排水不良，造成擋土牆基腳淘空	以溪溝整治對策為主，詳第六章	計畫處理	

表 6.12 集水區崩塌地治理表

集水分區	項次	座標		防砂效益			保全對象			保水效益			生態環境 維護效益			問題說明	治理對策	水土保持處理等級	現況照片
				高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低				
五棚坑	B1	240579	2663087	■				■		■				■		表層岩屑崩落，坡趾無保護措施，坡面呈不穩定狀態，易生崩塌影響通水斷面	以崩塌地整治對策為主，詳第六章	優先處理	
五棚坑	B2	240993	2663755	■				■			■			■		表層岩屑崩落，坡趾無保護措施，坡面呈不穩定狀態，易生崩塌影響道路安全	以崩塌地整治對策為主，詳第六章	優先處理	
水長流	B3	238860	2664497		■			■				■		■		表層岩屑崩落，坡趾無保護措施，坡面呈不穩定狀態，易生崩塌影響道路安全	以崩塌地整治對策為主，詳第六章	優先處理	
猴洞坑	B4	234129	2660305		■		■				■			■		凹岸河岸淘刷，表層岸屑崩落	以崩塌地整治對策為主，詳第六章	計畫處理	




集水分區	項次	座標		防砂效益			保全對象			保水效益			生態環境 維護效益			問題說明	治理對策	水土保持處理等級	現況照片
				高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低				
石門	B5	235265	2652633	■				■			■				■	凹岸河岸淘刷，表層岸屑崩落	以崩塌地整治對策為主，詳第六章	計畫處理	

表 6.13 集水區道路水土保持工程治理表

集水分區	項次	座標		防砂效益			保全對象			保水效益			生態環境 維護效益			問題說明	治理對策	水土保持處理等級	現況照片
				高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低				
水長流	C1	235707	2663532	■			■			■				■		溪流凹岸沖刷，造成道路下邊坡土體不安定，影響道路安全	以道路水土保持治理對策為主，詳第六章	緊急處理 (本計劃測設點位)	
水長流	C2	236158	2665117	■			■			■				■		溪流通水斷面不足，且有凹岸沖刷之情形，造成護岸基礎裸露，影響道路安全	以道路水土保持治理對策為主，詳第六章	緊急處理 (本計劃測設點位)	
水長流	C3	233619	2664607		■			■				■		■		道路上邊坡土體不安定，易遇雨造成崩塌，阻斷交通要道	以道路水土保持治理對策為主，詳第六章	計畫處理	
水長流	C4	232388	2659115		■			■				■		■		上邊坡擋土牆受土體擠壓造成變形，有倒塌之危險	以道路水土保持治理對策為主，詳第六章	計畫處理	





集水分區	項次	座標		防砂效益			保全對象			保水效益			生態環境 維護效益			問題說明	治理對策	水土保持處理等級	現況照片
				高	中	低	高	中	低	高	中	低	高	中	低				
水長流	C5	238028	2665849	■					■			■				道路上邊坡土體不安 定，易遇雨造成崩 塌，阻斷交通要道	以道路水土保持 治理對策為主， 詳第六章	計畫處理	
仙洞指坑	C6	229844	2658431	■			■			■						原有過水路面毀損， 建議施作橋樑	以道路水土保持 治理對策為主， 詳第六章	優先處理	



## 第七章 治理對策及分年分期實施計畫

根據計畫工作項目及內容，首先需掌握流域內各種基本資料，包括自然環境、人文環境及生態環境等，以作為集水區問題分析及整體治理計畫之基本資料和依據。治理內容內容項目，包含坡地水土保持處理、崩塌地、溪溝整治坡地水土保持等，而針對各集水區問題及治理對策如下表所示：

表 7.1 各集水區問題及治理對策表

集水區	問題分析	治理對策
水長流溪	1、水流東上游崩塌嚴重，易形成土砂災害。 2、中下游刷深，既有構造物基腳裸露。 3、道路排水設施不良，易造成道路水土保持問題。	1、中上游坡度陡峻區及土砂生產區設置攔阻設施。 2、中下游河道平緩區護岸及固床工設施設置 3、道路上下邊坡之維護及橫向排水及出水口改善。
阿冷坑	1、上游源頭崩塌，易形成土砂災害。	1、源頭處理防止崩塌量擴大。
五棚坑	2、中下游河道趨於平緩，土砂易淤積於河床，影響通水斷面。	2、中上游坡度陡峻區及土砂生產區設置攔阻設施。 3、中下游河道平緩區設置儲砂區，以為河道清淤之堆放空間。 4、河道清淤，以不外運為原則。
猴洞坑	1、鹿塭野溪上游崩塌林立 2、既有構造物狀況尚屬良好，僅局部有基礎裸露之現象	1、源頭邊坡觀測控制。 2、上中下游土砂之遞移觀察。 3、既有設施調查維護。
北港溪	1、多處近岸崩塌，局部有保全對象 2、南北通橋至港門橋為主要冲刷段，既有構造物基腳有裸露之虞。	1、兩側護岸及挑流設施設置。 2、橫向固床工設施設置。 3、既有設施調查維護。
石門	1、既有構造物狀況良好。	1、上中下游土砂之遞移觀察。
柑子林		2、既有設施調查維護
仙洞指坑	1、源頭因地質條件不良，崩塌地林立，易形成土砂災害。 2、坡面易生小型蝕溝，易新生坡面災害。 3、既有過水路面急需改善，以維當地居民之出入安全	1、源頭處理防止崩塌量擴大。 2、上中下游土砂之遞移觀察。 3、既有設施調查維護。 4、過水道路之改善(建議施作橋樑)

根據上述之治理對策進行各工程之規劃，其內容如下所述：

## 7.1 野溪治理及土石流防治

### 7.1.1 治理對策

#### 一、規劃原則

##### (一)野溪

野溪治理係指防止或減輕野溪沖蝕、淘刷與溪岸崩塌，並有效控制土砂生產與移動，達成穩定流心，減少洪水、泥砂與土石流等災害所實施之治理工程；主要針對河床及河岸沖刷，利用護岸或固床工保護道路、堤防基腳、橋樑基礎及河床穩定，另可以壩工或導流工程維持流路安定。

治理之基本對象是針對泥砂來源及沿溪流容易發生災害之地區，主要以水長流溪、五棚坑、猴洞坑、阿冷坑及仙洞指坑為主，以經濟有效之處理解對策，降低災害規模與損失程度。野溪因流量與輸砂來源不穩定而特異於一般常流性河川，可能造成的災害自然不同於一般河道，其治理方法除需符合治理目標外，尚需參酌當地之自然環境、工程環境及社會經濟狀況，來選定適當之治理工法。茲將災害之治理對象與相關治理工程列表 7.2，以供規劃參考。

表 7.2 溪溝治理對象與相關治理工程

治理對象	相關治理工程
1. 坡面沖蝕，沖蝕溝發達地區	造林、植生、蝕溝治理、縱橫向排水、山腹工、節制壩
2. 岸坡崩塌	防砂壩、固床工、潛壩、護岸、丁壩、植生、排水
3. 亂流河段	潛壩、整流工程、堤防、丁壩
4. 淤砂嚴重河段	清淤工程
5. 縱向沖蝕河段	防砂壩、固床工、潛壩
6. 土石流地區	防砂壩、固床工、梳子壩
7. 洪泛地區	滯洪壩、堤坊、護岸、疏濬

##### (二)土石流及坑溝治理

土石流治理是指在土石流潛勢溪流上構築各種工程設施，有效降低土石流撞擊、淤埋、堵塞...等有害行為，以維護保全對象生命、財產、生活環境及自然生態環境等為目的所制定之方案。因此，治理重點旨在依現場

地文、水文及溪流等條件規劃適當的工程與非工程手段，以達到避免發生、避免發展、避免成災之『三避』防治目標，即：

- (1)『避免土石流發生』是在溪流上游(包括源頭)實施結構性措施(如植生、造林、蓄水、引水、排水、防砂壩、固床工…等)的治理手段，以抑制邊坡斜面土體和溪床土砂的異常流失，降低土石流土砂供給料源，大幅減低土石流發生之機會。
- (2)『避免土石流發展』係指針對已發生的土石流，透過有效地結構性治理措施(如透過性壩及非透過性壩)將土石流流出規模予以破壞、消滅或調節，以減輕其對下游的可能影響。
- (3)『避免土石流成災』乃通過結構性措施和非結構性措施將土石流危害程度降低，前者包括攔阻、疏導、淤積及緩衝等災害治理工法，後者則包括災害預警、避災措施、社會保險、土地政策、有害行為限制…等成災預防措施。

依據處理方式之不同，土石流的工程和非工程防治計畫大致有數種基本治理方案，土石流防治對策詳表 7.3。為此，在擬定各種治理對策時應就土石流溪流條件進行評估，以決定適當的工法和對策，如圖 7.1 為規劃土石流防治對策時之評估系統。

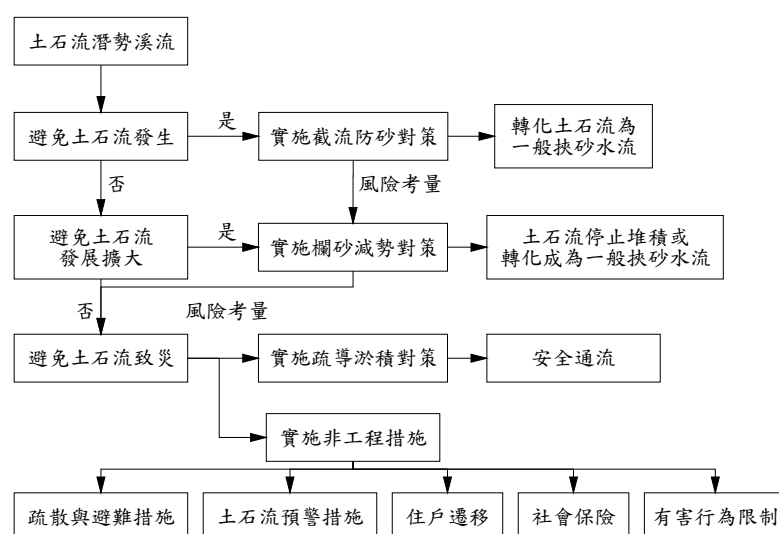


圖 7.1 土石流防治規劃評估系統

表 7.3 土石流防治對策一覽表

對策種類	工程種類	名稱	主要作用
治理措施	工程措施	攔擋工程	非透過性壩系
			防砂、穩坡、固床、降坡
		透過性壩系	攔粗排細、減勢、貯砂
		排導工程	排導渠道
			按指向排洩土石流
			集中排洩土石流
		渡槽、隧道、急流槽、明洞	調整土石流流路，有利於排導
		導流堤、丁壩	穩固底床，防止沖刷下切
			穩固底床，防止沖刷下切
		系列固床工	穩固底床，防止沖刷下切
			穩固底床，防止沖刷下切
		潛壩系	控制坡面蝕溝發生及發展，降低坡面土砂生產
			加固河岸坡腳，免遭淘刷
			減少崩塌及土砂生產
	生物措施	造林	恢復森林植被
			控制沖蝕、減少水土流失、防止沖刷、涵養水源、減少地表逕流、攔蓄土石
預防措施	避災措施	減損措施	劃分危險區域
			確定危險區域及危險度，限制區域開發行為
		判釋潛勢溪流	確定土石流潛勢溪流，以利整治管理
		警戒措施	建立觀測系統
			進行土石流監測及預警
		雨量警戒	提供災前預報和警戒功能
		居民避難遷移	規劃緊急疏散避難路線及措施
			提供緊急疏散避難路線及時機
			規劃避難處所
	管理管制措施	限制措施	提供緊急和安全避難處所
			避災
		劃定特定水土保持區	限制危險區開發行為，並執行治理減災措施
			規範危險區居民強制保險，實現風險自付
		危險區災害保險	進行災前整備、災時應變及災後復原之各種防救災工作
			提供回報現地即時資訊，以避免災害發生
			熟稔災害來臨前之疏散避難行為
		自主防災社區	管理與管制違規農業使用及違規非農業使用
			違規土地利用之查報、制止、取締及處理
		土石流專員	增強防災意識、瞭解土石流基本特點
		疏散避難演練	
		山坡地管理	
		林班地管理	
		教育宣導	
		防救災宣導及展覽	

土石流溪流治理的首要課題，在於瞭解土石流於溪流不同區段的行為特徵。依照土石流的形成、運動及堆積等特性，通常土石流溪流可以劃分為發生段、輸送段、淤積段及排導段等四種不同的區段，如圖 7.2 所示。不同區段因水源、土砂料源、流動、匯流、輸送及勢能等條件有所差異，使工程治理措施必須按其屬性作適性化之規劃。從過去研究及經驗得知，土石流溪流的四種區段可依其坡度和土砂供給型態進行初步的劃分，如表 7.4 所示。表中，係依照各區段屬性擬定相應的治理措施；在發生區方面，計畫重點係以穩坡固床，加強輸排水措施，抑制大規模土砂運動為主要，其目的旨在避免水流獲取大量土砂料源而形成土石流；在輸送段方面，當土石流形成後，由於攜出大量土砂向下游流動，故計畫重點應以攔擋貯砂、降低規模及減緩流速等為主，其目的在於避免大量土砂流出；在淤積段及排導區方面，由於本區段的地形因素，常使土石流快速地減速並擴散，而以淤埋或漫流改道造成危害，故治理計畫應以沉砂及導流為主。

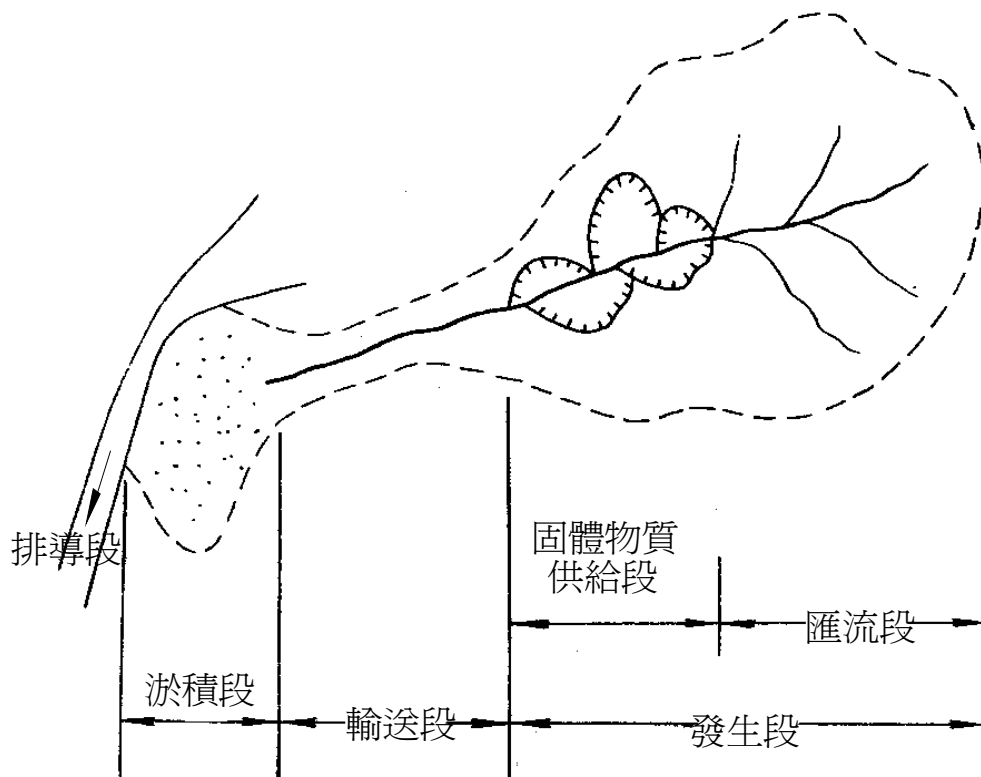


圖 7.2 土石流溪流特徵圖

表 7.4 溪流各區段地形特徵及其工程措施

區段	地 形 特 徵	重點工程措施
發生段	1.位於溪流上游區段，呈漏斗狀 2.溪床坡度約在 $15^{\circ}$ 以上 3.岸坡陡峻，具有 V 字形橫斷面，土石裸露，岩石破碎，崩塌、地滑發達	1.固定床面工程 2.護坡工程 3.輸排水工程 4.蝕溝控制
輸送段	1.位於溪流中、上游段，多為峽谷地形 2.溪床坡度約介於 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 之間 3.溪床土層厚度可高達數公尺至數十公尺 4.溪床土砂沖淤顯著 5.斷面多呈複式斷面，溪幅較形成區大	各式壩工(透過性及非透過性壩) 護岸工程
淤積段	1.位於溪流下游段，多呈扇形 2.溪床坡度在 $10^{\circ}$ 以下堆積大小石塊混雜，無明顯篩分易發生漫流改道，流路不穩定	沉砂措施 緩衝林帶 導流堤
排導段	1.位於淤積段下游，常與主流連接 2.溪床坡度較淤積段為緩和	導流渠道 導流堤

## 二、治理對策

野溪治理主要針對河床及河岸沖刷，利用護岸或固床工保護道路、堤防基腳、橋樑基礎及河床穩定，另可以壩工或導流工程維持流路安定。土石流治理需依其流動特性，分別於土石流發生區、流動區及堆積區分別實施抑制、攔阻、疏導、淤積、緩衝等處理措施。野溪及土石流治理方法，介紹如后。

### (一)減少巨石下移

大量土石為土石災害發生潛在條件之一，攔截巨石下移可以降低土石流潛勢。溪床上不穩定的土石會成為發生土石災害的料源之一，因此減少溪床土石料源的提供可以降低土石災害發生的程度，並可維持溪床的穩定與泥砂移動的平衡。可採用之設計工法包括有，防砂壩、透過性壩。

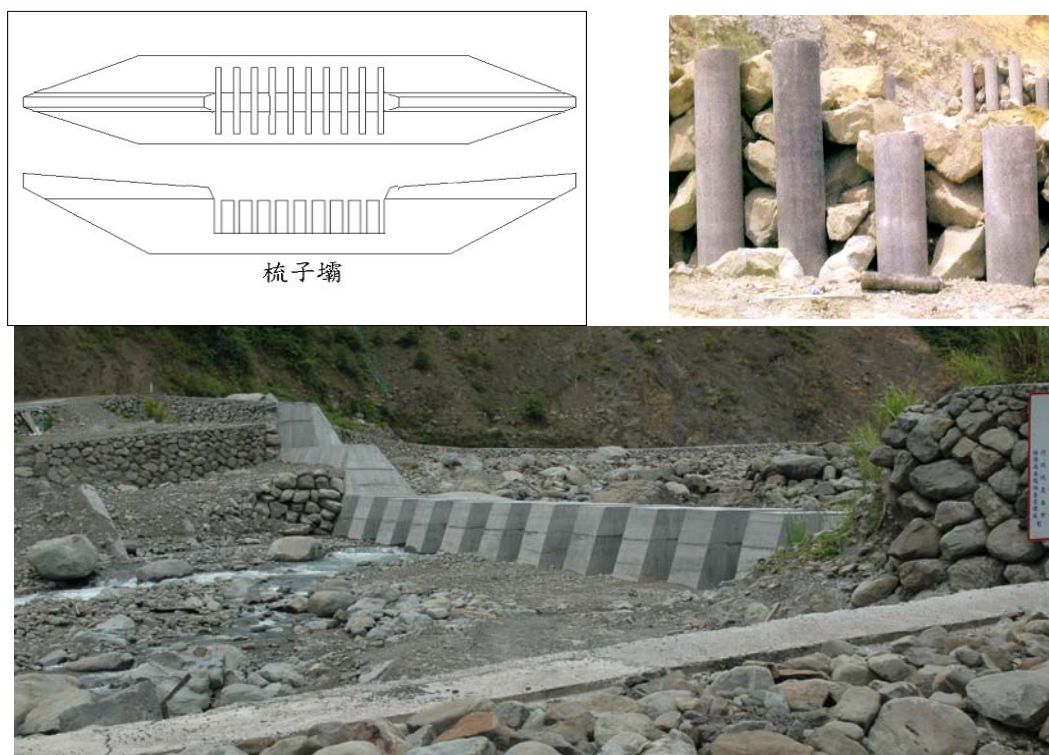


圖 7.3 透過性壩(梳子壩與柱狀壩)示意圖

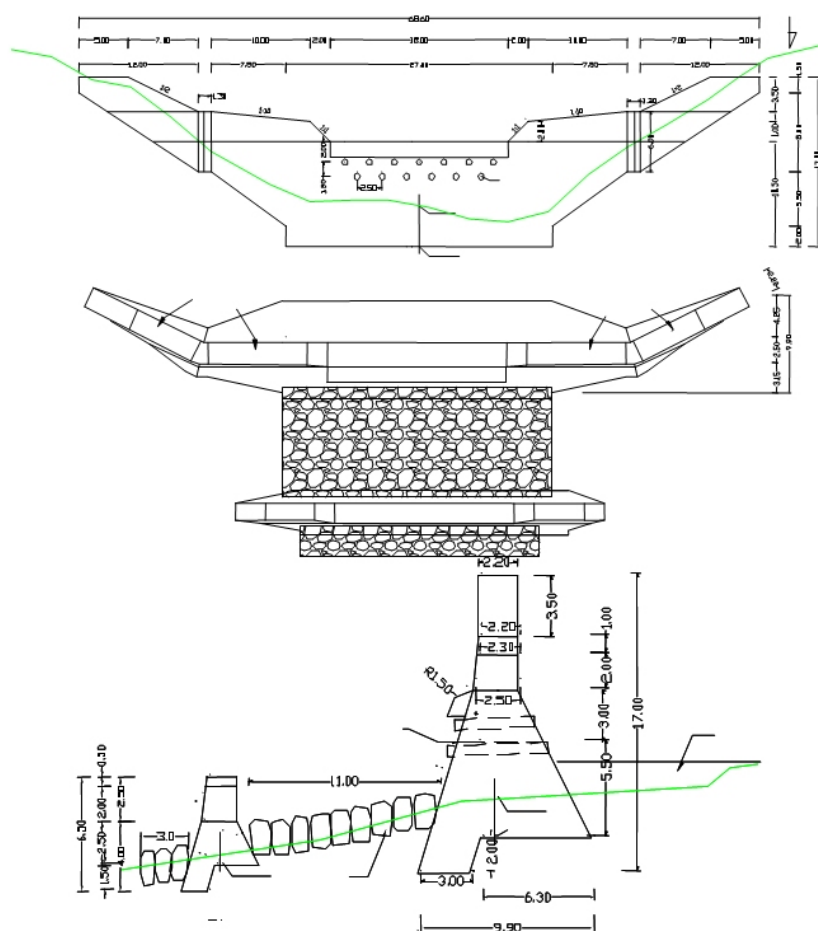
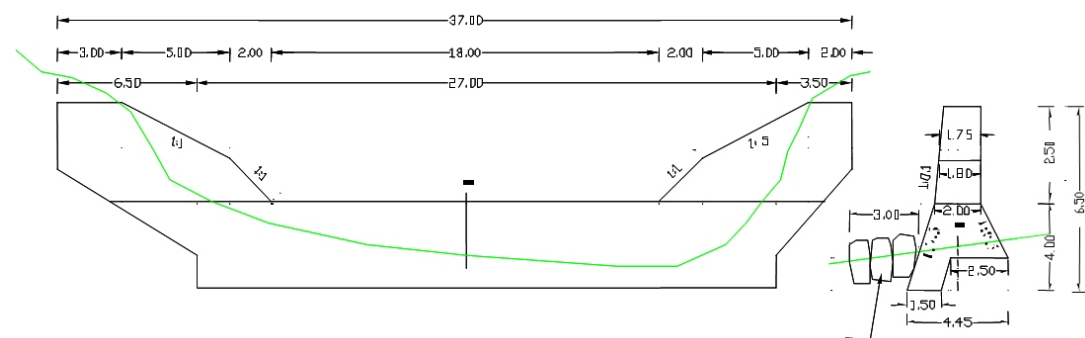


圖 7.4 防砂壩與副壩示意圖





潛壩施工前

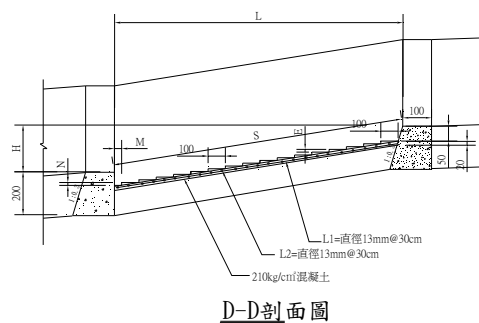
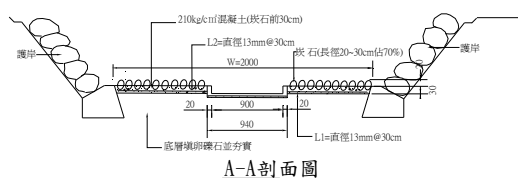
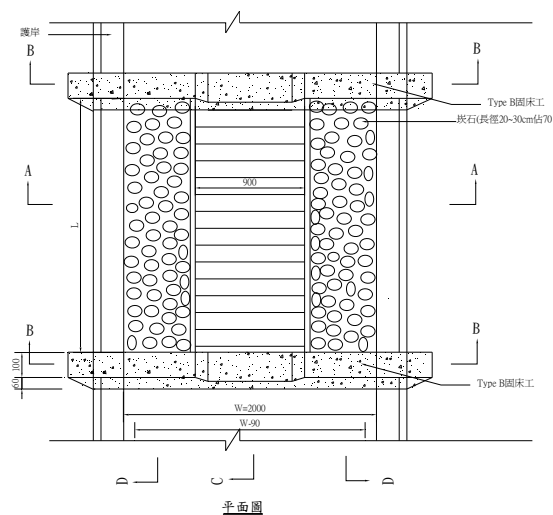


潛壩施工後

圖 7.5 潛壩示意圖

## (二)減緩溪床坡度

重力條件為土石災害發生潛在條件之一，因此減緩溪床坡度，可以降低土石流潛勢。尤其對目前溪床上有土石堆積，或河道上游有崩塌地發生者，可因溪床坡度減緩，減少土石災害發生的可能。可藉由設置連續式潛壩、連續固床工等來減緩坡度與穩定溪床。



階梯與斜坡式共構



階梯式



斜坡式

圖 7.6 斜坡與階梯式固床工示意圖

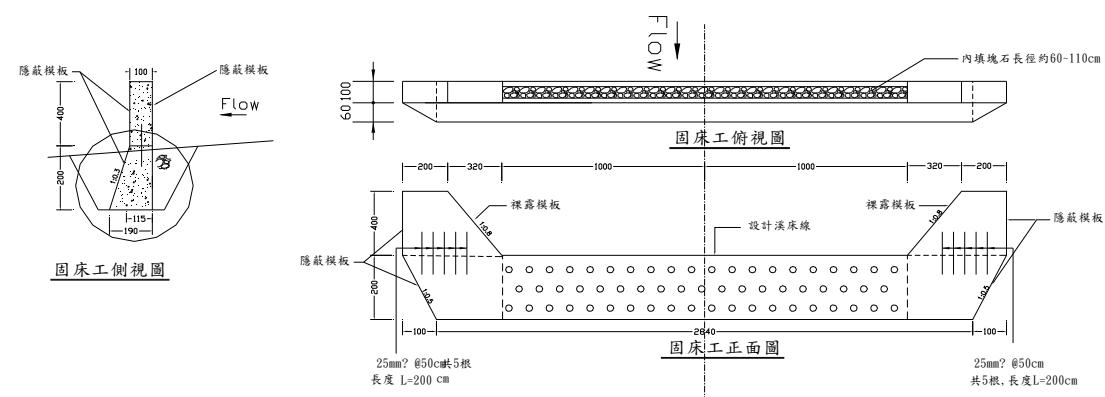


圖 7.7 連續式固床工示意圖

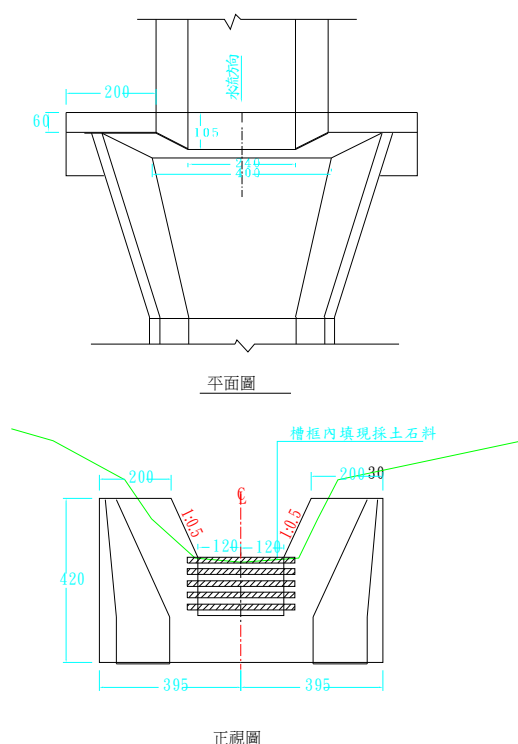


圖 7.8 連續式潛壩(鋼軌型潛壩)示意圖



### (三)避免因流心不穩定造成縱橫向沖刷：

在流量變化大、溪床坡度變化大、地質不穩定、河道蜿蜒性大等河段，可能會有流心擺盪不穩定情形，對溪床及兩岸，將造成淘刷、崩塌災害，欲保護兩岸重要保全對象，維持溪流穩定，可設置護岸、丁壩、開口式固床工等工法。

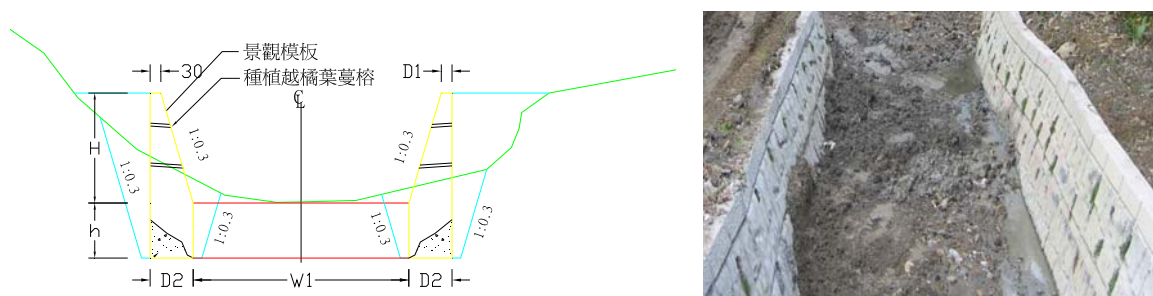
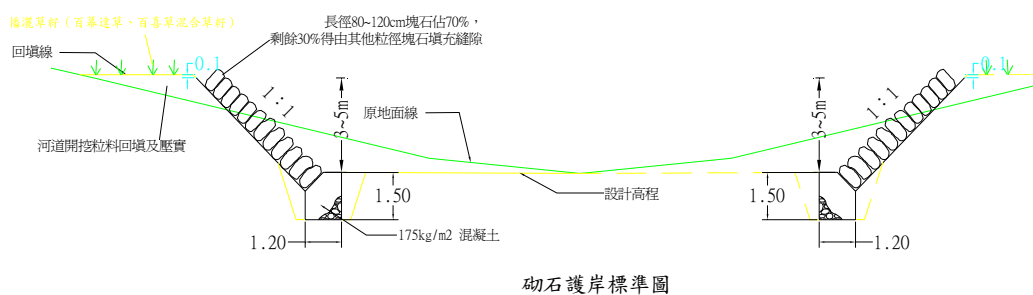


圖 7.9 混凝土景觀護岸示意圖



砌石護岸標準圖



圖 7.10 砌石護岸示意圖

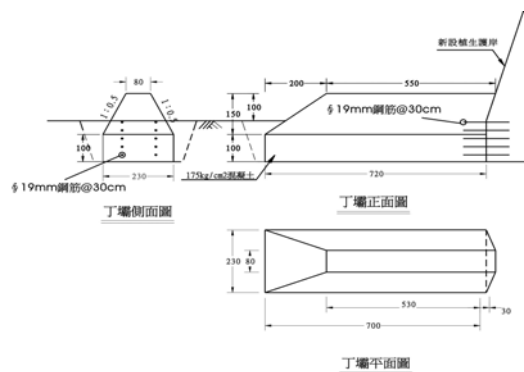
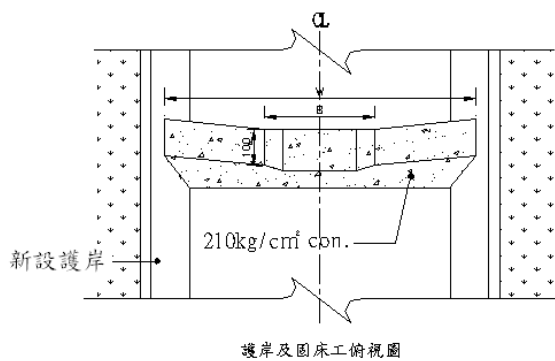
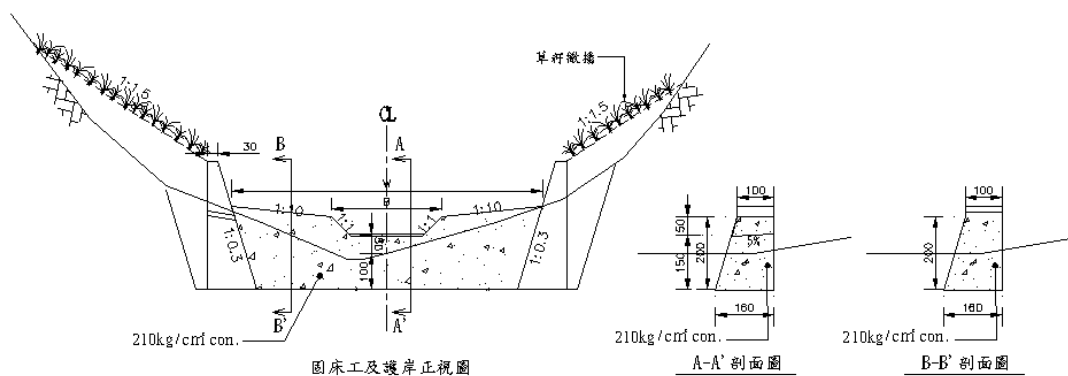


圖 7.11 整流工程-丁壩示意圖



註：固床工為RC結構。



圖 7.12 整流工程-開口式固床工示意圖

## 7.1.2 規劃內容

溪床之穩定為控制集水區土砂生產之重要治理方向，為有效控制流心，減少河床之縱、橫向沖刷，經現場調查後共計規劃 11 件有關溪流整治工程，總工程經費共計 76,500,000 元，詳細工程名細如下表所示。

表 7.5 集水區溪流整治工程明細表

編號	位置		工程名稱(暫定)	集水分區	建議工程內容	經費概估(元)	備註
	X座標	Y座標					
A1	236210	2662960	長流村長安橋下游護岸工程	水長流	防砂壩二座(高約 3 公尺，長約 30m)，護岸長約 200 公尺(高 2.5 公尺)，固床工五座(寬約 20 公尺)	6,500,000	優先處理
A2	233137	2665490	長豐村水流東護岸工程	水長流	潛壩二座(高約 3 公尺，長約 30 公尺)，護岸兩岸長約 100 公尺(高約 2.5 公尺)，固床工五座(寬 20 公尺)	4,500,000	計畫處理
A3	237865	2664517	長福村金子坑野溪整治工程	水長流	透過性壩二座，整流工程約 200 公尺(河寬約 15 公尺)	5,000,000	計畫處理
A4	235509	2664523	長豐村野溪整治工程	水長流	護岸兩岸長約 300 公尺(高約 2 公尺)，跌水工約 3 座(高約 3 公尺)，系列固床工五座	5,500,000	計畫處理
A5	240579	2663087	五棚坑護岸整治工程	五棚坑	親水護岸高 3 公尺，長約 300 公尺，緩衝林帶 300 公尺，防砂壩三座(高約 5 公尺)，固床工十座、河道清淤長約 300 公尺，植生綠美化一式	18,000,000	優先處理
A6	240713	2663402	五棚坑野溪整治工程	五棚坑	整流工約 200 公尺(高約 2 公尺)，潛壩三座(高約 3 公尺)，固床工五座，靜水池一座，版橋一座(長 6 公尺)	6,000,000	優先處理
A7	235194	2660603	大旗橋上游護岸工程	猴洞坑	護岸約 200 公尺(高約 2.5 公尺)，丁壩五座(長約 5 公尺)	5,000,000	優先處理

A8	233219	2660979	鹿塭野溪整治工程	猴洞坑	防砂壩一座(高約 5 公尺)， 整流工約 150 公尺(高約 2 公尺， 寬約 15 公尺)，系列固床工三座(高約 3 公尺)， 源頭處理約 0.5 公頃	10,000,000	計畫處理
A9	242632	2665629	阿冷坑護岸改善工程	阿冷坑	整流工長約 150 公尺(高約 2 公尺)， 固床工五座，潛壩二座	5,000,000	優先處理
A10	229948	2660103	乾溝村和平橋野溪整治工程	仙洞指坑	系列跌水工及固床工六座(高約 3 公尺， 寬約 5 公尺)，護岸兩岸長約 300 公尺(高約 2 公尺)	6,000,000	計畫處理
A11	239759	2661254	下莊野溪整治工程	北港溪	系列跌水工及固床工六座(高約 3 公尺， 寬約 2.5 公尺)，護岸兩岸長約 250 公尺(高約 2 公尺)， 靜水池一座，箱涵一座(2.5*2.5*8 公尺)	5,000,000	計畫處理
小計						75,500,000	



## 7.2 崩塌地處理

### 7.2.1 治理對策

#### 一、規劃原則

依照前述之崩塌地調查之成果，評估其影響程度、範圍及輕重緩急，斟酌治理之需要性、技術可行性及交通等因素加以評估。並針對各種坡度及邊坡整治區段不同選用不同之治理工法，詳下表所示：

表 7.6 不同坡度時植生所需之配合工程處理表

坡度	植物生育情形	配合工程處理
30°以下	1. 植物生育良好。 2. 植物自然入侵。 3. 可能復原為喬木為主之植物社會	除排水及坡面整理措施外，可不需其他之基礎工程。可應用草皮鋪植、鋪植生帶、噴植等植生處理。
30°~35°	1. 35°為自然復原之臨界坡度。 2. 草生覆蓋地沖蝕少。	除排水及坡面整理措施外，可不需其他之基礎工程。可應用草
35°~45°	1. 以灌木與草本之植物群落為主。 2. 栽植高木具危險性且易招致生育基盤之不安定。	擋土牆、打樁編柵、固定框、蛇籠護坡等。
45°~60°	1. 以灌木與草本之植物群落為主。 2. 45°~50°為喬木成林之極限。 3. 客土厚度不得超過 15cm。 4. 斜面安定困難，改變斜面坡度後栽植植物。	固定框及擋土牆。
60°以上	植物不易栽植或自然繁殖。	擋土牆、自由樑框或落石防止措施。

崩塌地處理經現場調查與崩塌地發生崩塌原因統計後(參考第參章)，了解其發生原因或機制與規模後，才開始實施崩塌地之處理。處理手段大致可從消除或減除其導致崩塌之誘因著手，或以各種工程結構物來增加抵抗力，以達成安定之目的，工法如表 7.7 所示。

表 7.7 坡地崩塌水土保持處理工法

施作項目		處理工法
坡頂處理	坡頂危木理	危木截短、修枝、移除與危石清除
	坡頂裂縫補	取原地土方、夯實、排除積水、植生
	源頭截水、導水與坡面排水	截除崩塌上邊坡逕流，以截導入天然溝坡頂草溝、土袋溝
坡腳處理	基腳穩定與擋土	基礎砌石、打樁編柵、噴凝土、噴植草箱籠、乾砌石擋土牆
坡面處理	坡面穩定	打樁編柵(植生樁、竹樁、原木樁、樹枝編柵、PE 網柵、竹片柵等)、RC 格框
	植生帶鋪植	肥束袋、不織布植生帶
	草木苗栽植	袋苗穴植、(苗)木栽植
	排水設施	縱橫向導水、跌水、靜水、分段截流
	播種植生	坡面薄層噴植、鋪網客土噴植
	坑溝整治	蝕溝處理、節制壩
堆積區處理	階段工	依集水面積及設計降雨量，計算排洪斷面構築適當的護岸及固床工兩岸進行植生覆蓋以減低沖蝕堆積區全面或局部造林，作為植生緩衝帶
	坡面截導水	
	植生	

## 二、治理對策

以下針對崩塌地提出治理原則及對策，敘述如下：

### (一)源頭裂隙填補及坡面整理

於崩塌坡面之源頭將崩塌產之裂隙填補，防止逕流進入裂隙，造成裂隙擴大，並清除坡面不穩定之土石及風搖高莖危木，形成穩定之坡面，減少坡面土石之移動及破壞。



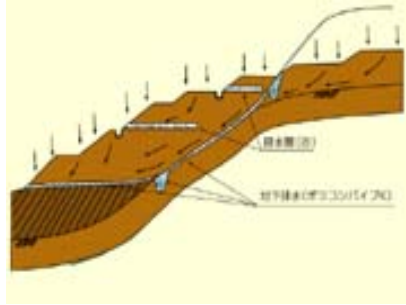
裂隙填補



坡面整理

## (二)地下排水工程

規劃適當適當之地下排水工程，以降低滑動體之含水比、孔隙水壓，如暗渠、橫向排水孔、集水井等。



地下排水工程

## (三)地表水排水工程

對於有雨水滲透、沖蝕誘發滑動及造成表面沖蝕之可能者，規劃適當之地表排水工程，一方面可迅速收集地表表面的逕流，並減少表面沖蝕、滑動面滑動、降低地下水壓，如截洩溝、縱橫向排水溝、滲透防止工程等。於地表排水流速過高處，設置階梯跌水、齒坡消能、垂直跌水等消能設施，藉由產生水躍以減緩流速。



坡頂截水



橫向排水



縱向排水

## (四)增加內抗力

可做適當之土壤改良以增加內抗力，但較有效的方法是以工程構造物來增加安定性，以避免崩塌發生。

### (1)不透水性擋土牆

利用本體重量來攔阻天然或填築之土石、砂礫等物質，於坡腳所構築之不透水性混凝土構造物，主要用於地下水不豐沛之岩岩坡面坡腳。



### (2)透水性之擋土牆：

亦是利用本體重量抗制滑動，施設於坡腳之天然石礫土砂或水泥構造物，本身因透水性良好，製作快速，且富繞曲性，常用於地滑或崩塌地邊坡穩定緊急處理之用。



### (3)防落石柵：

於坡面上有土石滾動崩落，對附近居民、車輛及公共設施造成危害之虞，可於坡腳設置之土石攔阻設施。



### (4)植生處理

植生處理前，應先施作植生基礎工程形成良好植生基盤後，再以人為方式導入適生植物，並加強覆蓋，以增加成功率。



#### 1.打樁編柵

以九芎或榕樹等植物做植生樁，或以鋼筋、雜木樁等，打入地下



後再以網材或竹片等編織成柵欄，以固定不安定之土石，改善坡度，防止沖蝕，形成有利植物生長之環境。

## 2.自由型格梁植生

深開挖之陡坡，經依地形修坡後，將鐵絲網固定於坡面，並依圖示設置鋼筋格梁成十字交叉，並於交叉點以錨釘固定之，沿鋼筋格梁施作噴凝土，框內再噴附植生基材及草種，經養護管理即可達到邊坡綠化之成效。



## 3.鋪網植生

在坡面上鋪設菱形鐵絲網或效用相同之植生網，再把生育基材和草種(台灣蘆竹、百慕達草、百喜草及山鹽菁等)，噴灑在菱形鐵絲網，可防止表層土石及植物體滑落，以利植物生長。



## 4.土袋植生

在硬質裸坡因其他植生工法無法順利植生，可利用於坡面上開溝、鑽孔穴植育苗，將苗木穴植於坡地，植穴規格視苗木大小而定，小苗木植栽通常以株行距各一至二公尺，挖深、寬各約十至三十公分之植穴，穴底置有機肥或客土後種植樹苗。



## 7.2.2 規劃內容

為穩定集水區坡面之穩定，以減少土砂災害之發生，共計規劃五件崩塌地處理工程，預估總金額約 47,500,000 元，詳細工程明細如下表所示。

表 7.8 集水區崩塌地處理工程明細表

編號	位置		工程名稱(暫定)	集水分區	建議工程內容	經費概估 (元)	備註
	X座標	Y座標					
B1	240579	2663087	五棚坑崩塌地處理工程	五棚坑	下邊坡擋土牆約200公尺(高4.5m)，坡面處理工程約1.5公頃，噴漿溝約500公尺。	10,000,000	優先處理
B2	240993	2663755	五棚坑道路旁崩塌地處理工程	五棚坑	防落石擋土牆約150公尺(高3m)，打樁編柵工程約450m，坡頂截水及橫向排水約500公尺	8,000,000	優先處理
B3	238860	2664497	金子坑上游崩塌地處理工程	水長流	自由樑型框及客土植生約2.2公頃，下邊坡防落石擋土牆約300公尺，坡頂截水及坡面排水約800公尺	18,000,000	優先處理
B4	234129	2660305	旗洞一號橋下游崩塌地處理工程	猴洞坑	下邊坡護岸約150公尺，坡面處理工程約1公頃	6,500,000	計畫處理
B5	234490	2658928	石門崩塌地處理工程	石門	下邊坡護岸約100公尺，整坡及鋪網噴植工程約1公頃	5,000,000	計畫處理
小計						47,500,000	

## 7.3 道路水土保持

### 7.3.1 治理對策

#### 一、規劃原則

本規劃區道路問題主要分為道路上、下邊坡崩塌、道路邊坡整體穩定性不足破壞及道路排水設施不足等問題，如下敘述：

#### (一)道路上邊坡崩塌破壞

道路上邊坡受人為或自然因素影響及外營力激發(地震或豪雨作用)之下，常因土體滑動崩落而使道路阻斷，其處理對策將以邊坡穩定處理手法為主，處理方式可以較偏向工程方法或較偏向生態之植生方法進行整治。至於上邊坡岩石墜落對道路危害之處理方式，應視邊坡崩塌機制選擇適當之處理工法；若屬小規模落石，可採防止落石發生之工法或阻擋落石之方法處理；若屬岩楔破壞則應尋得關鍵岩楔，經穩定分析後以適當之岩釘或岩栓錨定；若屬平面滑動則應儘量避免砍斷坡腳，並規劃於崩塌坡腳施設擋土牆(可加設 L 溝或排水溝以利道路縱向排水)配合防落石柵之方式穩定坡腳，最後並應於豪大雨過後配合崩塌土方清除，以利道路通行。綜觀道路上邊坡崩塌之原因，部分為地形地質不良所致，故不宜再拓寬道路影響邊坡穩定。道路上邊坡崩塌對道路之破壞情形及其相關改善措施如照片所示。





## (二)道路下邊坡崩塌破壞

道路下邊坡崩塌對道路之破壞，主要為廢棄土方堆置不當、下邊坡坡面不穩定及道路排水不良。因此除了崩塌坡腳施設擋土牆及加設 L 型溝或排水溝以利道路縱向排水，減低逕流大量集中沖刷道路下邊坡。治標方式以加深路基基礎之深基礎工法施工；治本方式則可採坡面控制與河岸保護之相關工法以加強下邊坡之穩定性。道路下邊坡崩塌對道路之破壞情形及相關改善措施如照片所示。



## (三)道路邊坡整體穩定性不足破壞

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



#### (四)道路排水系統不良破壞

道路排水系統不良所造成之問題，為與工程設計、施工相關性較高之一項因素。排水不良之問題包括：道路無排水溝或排水斷面不足、道路坡度過陡，地表逕流嚴重破壞排水溝或路面、道路排水溝截流成效不彰、逕流未於適當地點排放或放流口未能發揮消能功效，以致造成下邊坡之沖蝕或崩塌，因此為避免逕流過度集中，建議應考量現地條件增加縱橫向排水設施，並於山區道路臨下邊坡側加設小堤以收截水之效，更可於道路轉彎路段或縱坡凹處，可加設橫向截排水溝以截流路面縱向逕流，避免逕流集中於某一路段而沖刷路面及路基。道路排水系統不良對道路之破壞情形及其相關改善措施如照片所示。



## 二、治理對策

道路水土保持工程分為上邊坡、下邊坡處理及道路表面排水工程三種主要工程，為攔擋或避免道路上邊坡坡腳及路基流失崩塌常用的工法為擋土設施，維護邊坡及坡腳之穩定，減少土砂流失形成之問題。各式擋土牆示意如圖 7.13 所示，適用性及優缺點如表 7.9。

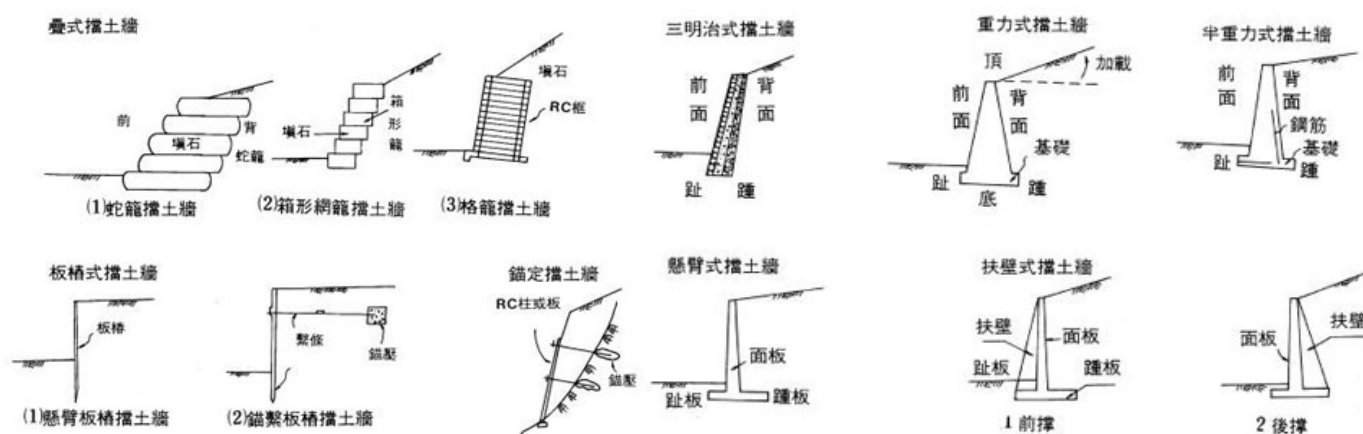


圖 7.13 各式擋土牆示意圖

表 7.9 各類擋土工法適用性及優缺點比較

護坡種類	使用坡高(m)	優點	缺點	建議使用時機
砌石擋土牆或重力式擋土牆	5m 以下	施工方便簡單	體積龐大，而需較多混凝土及砂石材料	適合較低矮之邊坡
懸臂式 RC 擋土牆	10m 以下	施工簡單，材料較省	容易受基礎不均勻沉陷之影響	適用一般邊坡
扶壁式 RC 擋土牆	10m 以上	在坡高較高處，可有效減少擋土牆之斷面	1. 施工略為複雜 2. 施工中臨時開挖面較大	適用較高邊坡，坡高超過 10m，則較懸臂式擋土牆為經濟
蛇籠	10m 以下	不易受基礎不均勻沉陷影響	耐久性略差	1. 適用於基礎土壤較為軟弱時 2. 透水性佳
框條式擋土牆	7m 以下	對不均勻沉陷之忍受度，較一般剛性擋土牆為大	1. 施工複雜，工資成本偏高 2. 沉陷過大時容易發生丁條斷裂	1. 透水性佳 2. 容許適度之沉陷發生
加勁擋土牆	20m 以下	施工快速，可忍受較大不均勻沉陷	變形偏大，須注意坡面受失火或撞擊破壞	1. 適合高度填方邊坡 2. 坡面可植生綠化 3. 容許適度之沉陷發生
錨拉式擋土牆	30m 以下	可提供較大之下滑抵抗力	成本較高	1. 已發生災害之邊坡修護 2. 高挖方邊坡

### 7.3.2 規劃內容

經現場調查及考量地方上所提之需求，在道路水土保持工程共計規劃六處工程點位，而由於水長流溪集水區為八個集水區中農路最發達之地區，其道路災害亦為嚴重，故所編列之工程有五件在本集水區，一件在仙洞指坑。所需總工程經費約 54,000,000 元，其中以「長安農路下邊坡處理

工程」為本計劃之測設點位，相關之工程內容詳下表所示。

表 7.10 集水區道路水土保持工程明細表

編號	位置		工程名稱 (暫定)	集水分區	工程內容	經費概估 (元)	備註
	X座標	Y座標					
C1	235707	2663532	長安農路 下邊坡處理工程	水長流	護岸長約 80 公尺(高 3 公尺，排樁工程(深 8 公尺)及加勁擋土牆(高 5 公尺)約 30 公尺，道路排水改善約 70 公尺，過水箱涵一座(2*2*8 公尺)	20,000,000	緊急處理 (本計劃測設點位)
C2	236158	2665117	三支寮農路下邊坡改善工程	水長流	溪流通水斷面改善約 50 公尺，既有護岸基礎補強	2,000,000	計畫處理
C3	233619	2664607	長豐村東一巷邊坡改善工程	水長流	道路上邊坡擋土牆(高 3 公尺)及道路排水約 150 公尺，橫向排水約 30 公尺，集水井三座，PC 路面約 200 公尺	5,500,000	計畫處理
C4	232388	2659115	長豐村風空農路改善工程	水長流	上邊坡防落石擋土牆約 100 公尺(高約 3 公尺)及道路排水約 80 公尺，靜水池一座，PC 路面約 150 公尺	4,500,000	計畫處理
C5	238028	2665849	長福村大坪農路改善工程	水長流	道路上邊坡擋土牆(高約 3 公尺)及道路排水約 80 公尺，道路橫向排水約 15 公尺，集水井二座，整坡噴植約 0.5 公頃	4,000,000	計畫處理
C6	229844	2658431	仙洞指坑道路改善工程	仙洞指坑	橋樑一座(長約 25 公尺，寬約 5 公尺)，防砂壩及系列固床工三座(高約 3 公尺，寬約 20 公尺)，護岸兩岸約 300 公尺(高約 2 公尺)	18,000,000	優先處理
小計						54,000,000	

## 7.4 重點區域之發展

本計畫區經治理優先順序評估後，以水長流溪、猴洞坑及五棚坑列為重點之治理區域，其中水長流溪及猴洞坑之治理重點以中上游坡度陡峻區之土砂攔阻設施及道路上下邊坡之維護等治理對策，各相關治理工程詳見7.1~7.3節，而五棚坑溪之治理重點除了土砂攔阻設施及道路維護外，在訪談經當地居民表示此野溪為重要之親水場所，其周邊有完善之自行車步道，故本計畫將五棚坑溪規畫為一安全為導向之休閒地區。本節就五棚坑之生態保育對策及未來之發展願景詳述如下：

### 7.4.1 治理對策

#### 一、規劃原則

生態復育在於有效針對生態廊道完整性進行規劃，透過不阻礙生物通道的完整性、不過度開發導致的生命迫害及減少工程干擾的不穩定性，來達到生物因子的穩定發展，並妥善利用各項生態工程的構建，達到棲地的塑造與再生，讓棲地條件不管在質與量上皆有顯著之成長。

#### 二、治理對策

##### (一)植生綠化工程

「植生工程」(vegetation engineering)，又稱「綠化工程」係針對植生施工之對象，選取適宜生長之植生材料，配合基礎與保護工程之構置及植生導入作業，俾達到植生設計目的之科學與相關之技術。植生工程包括植生前期作業(或稱植生基礎工)、植生導入作業(或稱植生工法)及植生維護與管理等項目。植生前期作業是為坡面(特別是裸露地)播種或栽植植物前所做之基礎或坡面安定工程及相關(整坡)作業。其內容包括施工地點自然環境因子之調查與生態評估、坡面改善、坡面處理、坡面安定工程、坡腳安定工程及坡面排水工程等。

植生導入作業可概分為播種法(種子導入法)與栽植法等。播種法如撒播、噴植、植生袋、植生帶鋪植等；栽植法如樹木栽植、藤類栽植、草苗



栽植、草皮鋪植、扦插、土袋植生等。植生維護與管理是為確保植生工作之落實與成效，於栽植作業過程中，配合適當之保護與管理，如施用肥料、改良土質、補植、覆蓋稻草蓆、灑水及追肥等植生維護工作，以達到土壤保育、生態之維護。

野溪整治除了水土保持的要求外，更進一步要求綠化的工作，以提昇環境景觀之品質。由於各段情況不同，故應經過觀察分析與可行性評估的過程，方能因地制宜，擇定最理想的方式，來達成美化的目的。以下為植生綠化規劃設計考慮因素。

#### (1)瞭解視覺衝擊程度，以決定綠化之方向

山坡地對使用者之視覺衝擊程度，可作為綠化採用手法的一個指標；如位於風景遊樂區、重要幹道旁或鄰近都市區之山坡地，其視覺程度高，可朝花費較高、但較精緻之設計方向進行；若是位於山區小路或人煙罕至的山坡地，視覺衝擊程度低，則可採用較粗放之設計。

#### (2)先經視覺景觀分析，以達到景觀協調性

由於設計之基地常受過破壞的局部山坡地，此時與原有景觀之協調性即非常地重要；如在自然程度高的地方，應以符合生態要求的方式美化，方能與周遭景觀配合，若是都市化程度較高之處，則可以用較人工的方式來處理。如一處林木繁茂之山坡地受到局部破壞，則應採用與原植被近似之植栽種植，擋土牆等設施亦應盡量採用自然之材質。

#### (3)分析氣候的影響，以達最佳環境適應性

由於山坡地受坡向的影響，日照情況皆有不同，除應依其向陽性或陰性植物的選擇外，也應對觀賞者向光或背光因素考慮進來。若向光時應考慮以深色植栽栽植或增加壁面凹凸程度以減少反光程度；而若太過陰暗的壁面，則應種植較明亮之植物或採用顏色較淺的壁面材料以增加其活潑感。另降雨量、風向與土壤狀況等皆會對選種、植栽槽的設計以及維護管理密切相關，亦必需慎重考慮。

#### (4)評估維護管理能力，以確保綠化之品質

人力與經費是維護管理不可或缺的兩大因素，應盡量足額編列，以維持綠化的效果；但若經評估，發覺兩者皆有限時，在設計則必定要採用低維護管理需求之設計方式，否則可能導致反效果；若僅是人力不足時，則可考慮自動噴灌設施，或以較不需人力支援的壁面美化等手法來設計。

#### (二)棲地改善與生態維護工程

在計畫區內多採用生態工程，營造適合生物生存的空間，分析不同型式之構造物構築於溪流上與生物分布之相關性，針對設計之生態工程類型整理如表 7.11。

溪流棲息地改善規劃設計之良否，在於生態與生活能得到最佳之配合。規劃設計之初，需考慮當地民眾之參與，融入民眾之需求，故應有生態專業人員參與，作為工程與生態之媒介。以下注意事項提供參考：

(1)強調治理工程與流域景觀的和諧性及必要性：要達到一個合乎自然環境的溪流，並非將所有溪流或全部河段都做治理改善。對於沒有安全顧慮，不影響人類生活的河段，不必處理，讓溪流依自然法則，自行演替；溪流生態狀況良好的地區，有被沖毀破壞危險，導致生態環境改變時，僅施以最基本的保護措施，盡可能不要使環境做太大的改變。

(2)溪流自然生態工程的選定須先對現地生態環境做充分了解，除強化堤防、護岸、維持高灘地存在為目的外，對於自然環境保護、植生復舊、水流流速、流量等更需多加考慮。

(3)現有溪流改善，避免過度截彎曲直維持及保存原有多樣性之環境。

(4)離岸緩流深潭、淺灘、小溪溝、洩湖及濕地等多樣化之水邊環境是生物生息最佳場所，應加以保留或創造。

(5)防止工程規劃設計的完全一致性：溪流斷面避免採用上、下游一致之標準斷面對於原有寬廣河幅加以保存，可維持河道滯洪能力亦可提供自然生態工程所需用地。



(6)護岸所採用之工法須考量溪流水理特性、坡面之狀況，建設出最適合生物生存之環境及自然景觀之多孔隙工程面。

(7)考慮工程方案與其他規劃（區域規劃、區域發展規劃）的銜接性：設計時需考量是否對人類及自然均有益，採用之工法須考慮施設後維護管理之方便性及可能性。

表 7.11 各工法提供生物之利用情形整理

工法	水位	動物棲息利用程度	改善方式
固床工（砌石）	水面下或滿水位	水面下的深水區域可提供底棲性魚類棲息及躲藏；淺水域則可提供蛙類棲息或產卵的場所，或利用石塊下方躲藏活動。	
	枯水期或水位較低	裸露的砌石區可提供兩棲類或爬蟲類躲藏。	
固床工（不砌石）	水面下或滿水位	底棲性生物少，僅有少數水生昆蟲等會附著於上。	堆置石塊提供生物棲息
	枯水期	枯水期間無法提供陸生生物躲藏棲息。	堆置石塊提供生物棲息
潛壩		潛壩若是以箱籠方式修築，水面下的石塊就會成為多數水生昆蟲躲藏的場所。也可提供底棲性魚類棲息及躲藏。 壩體上方會有網石蠶棲息，淺水處為鷺科或是翠鳥停棲覓食的場所。但潛壩若是落差過大，魚類或是其他水生動物遷徙時就會受到影響。	壩體設置魚梯，或是設置連續性潛壩
護岸（砌石）		砌石護岸可提供兩棲類或爬蟲類躲藏。	
護岸（不砌石）		PC護岸無法提供生物棲息或躲藏。	
擋土牆		擋土牆的排水孔為多種生物躲藏或繁殖的空間，日本樹蛙、拉都希氏蛙都會利用排水孔躲藏，多數爬蟲類如錦蛇紅斑蛇、雨傘節等也會利用排水孔躲藏。	
橋樑		橋樑下方或其橋縫可提供麻雀、洋燕、台灣紫嘯鸛、鉛色水鸛等營巢。	

(8)重視完成工程後的景觀管理技術性：加強對附近居民之宣導教育可降低自然生態工程推展阻力，減低維護管理成本。

(9)溪流生態環境調查之期間至少須延續整年以免以偏概全，導致錯誤判斷，研究並評價工程治理後的景觀動態性。

(10)採用多樣性溪流斷面，例如依現地狀況配置深潭淺灘；若需設置橫向構造物時，落差不宜過大。

(11)詳查流域中植被恢復的可能性：保留現有植物、保護鄉土動植物，少用外來植物，使工程完工後，保留鄉土景觀，避免改變原有生態環境。

(12)以木、石等自然資材構築之多孔質護岸、是草本、水生、陸生生物甚佳生息地，但是在使用木料時需注意其易腐朽之性質。木料若常年浸於水中，可維持十年不會損壞，若露出水面受到乾濕交替作用，未達幾年即腐朽不勘使用，可利用此腐朽性質利於植生加速生長，但在河岸安全性要求較高地區，須詳加考慮或以混凝土樁替代。

(13)丁壩具有改變水流，防止河岸淘刷、誘導土砂堆積，維持低水流路等功能，在溪流治理上功效顯著。丁壩周圍由於土砂堆積或水流冲刷，可形成深潭淺灘及濕地等，創造出多樣性之水邊環境。

(14)以自然石塊構築護岸、基礎保護工等，是在利用石塊間之空隙及表面，提供魚類等水生生物及植栽使用，當植物生長後即形成自然的水邊空間。若是以混凝土將空隙填滿，雖然增加工程構造物之強度，卻使植物毫無立足之地，在景觀上造成僅見巨石之單調景象，使溪流特性完全改變，且因堤面之高溫亦使微氣候也受到影響，導致生物無法生長，若是如此則失去使用石塊之原意。

(15)從景觀動態觀點考慮工程方案設計要有遠見性：規劃設計不要過於人工化、複雜化，以免造成施工困難，及失去自然的意義。

### (三)生態工程

由於傳統工法對於動植物的棲地與生態衝擊極大，因為傳統工法大量的採用混凝土，造成生態廊道的阻斷、減少動植物的棲息地與生長環境而破壞自然生態。因此在進行相關治理規劃或工程時，應盡量避免阻絕廊道的連續性，降低對坡地或溪流生態環境的持續破壞，以恢復自然原有的生態棲地空間。然而本集水區由於中下游河段旁缺乏樹木遮蔭造成日光直接

照射溪流而增加蒸發量，且因大量的農場牧場被開發，造成棲地的單調化。因此建議未來應在溪流旁或溪流附近規劃樹林，除增加樹蔭來減少因日照產生的蒸發量外來創造更多的棲地環境外，更可以藉由樹林作為涵養水源與綠化等。另一方面，由於本集水區卵礫石生產豐富，因此建議可就地取材或利用適當之人工資材，降低各項整治工作對環境帶來的衝擊與破壞。

以推動河川環境生態教育為目標，結合鄰近社區保育團體、學校及民間公益團體等，針對河川生態包含動植物生態、水域水文教育、環境科學等，推動民眾教育活動，帶動一般民眾對河川生態產生興趣與瞭解，成為當地的鄉土教材之一。

此外，應以擬聚社區意識，讓當地人瞭解生態系統對當地集水區之經濟發展有正面幫助，自然會避免不當開發影響水質。

生態工程設計原則如下：

(1)應使護岸、固床工等構造物與自然環境融合，使與溪中魚蝦生物之接觸面粗造化與增加孔隙性，如混凝土基礎砌石護岸、混凝土型框填石植生護岸等，護岸基腳可拋現場塊石保護，同時營造生物棲息空間，若配合坡頂植生綠化更可增加生物復育空間；固床工則採透水性佳型式設置，使其有利水中生物棲息，如踏步式固床工、拋塊石固床工等，如圖 7.14。

(2)對河床質大、流量變化大河段，需攔阻土石避免形成土石流，可設置允許通水功能之混凝土柱透過性潛壩、梳子壩等，惟應盡量考量壩體高度低矮化，及壩體表面粗造化；另為考量阻斷生態系情形，壩體可配合魚道設計，列舉設計示意圖如圖 7.15。

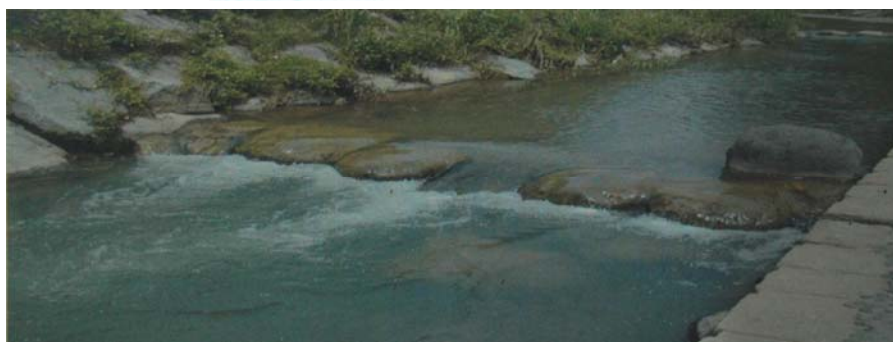
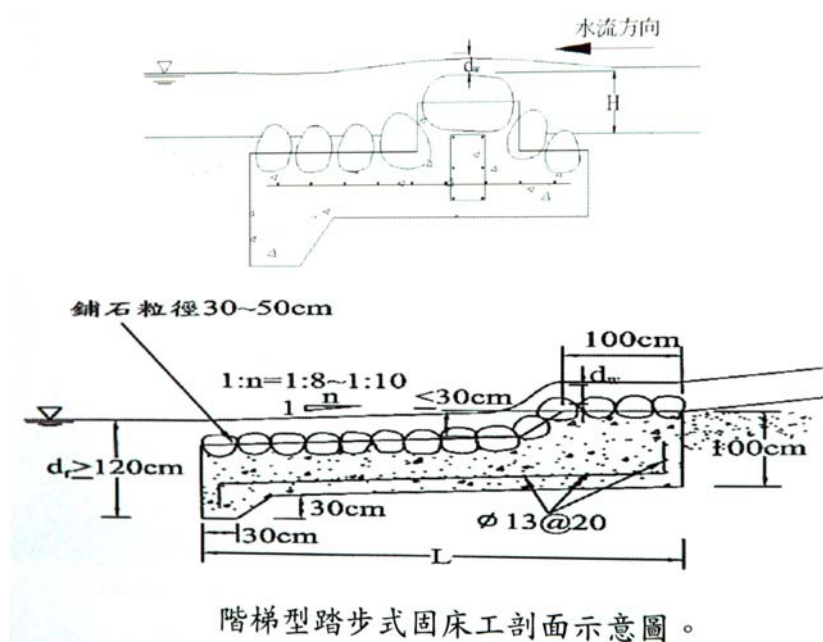
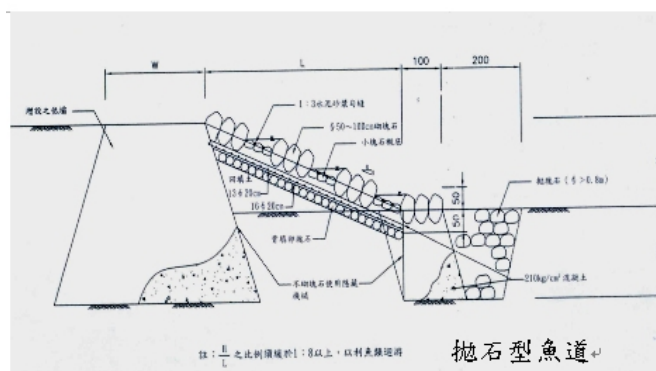


圖 7.14 踏步式與拋塊石固床工

(3)在經費許可且河道較平緩地區，可使用包括多孔隙之材料：岸頂植生綠化增加生物復育空間、壩體或固床工下游堆砌巨石或以預鑄式槽框植生等，營造生物棲息空間。



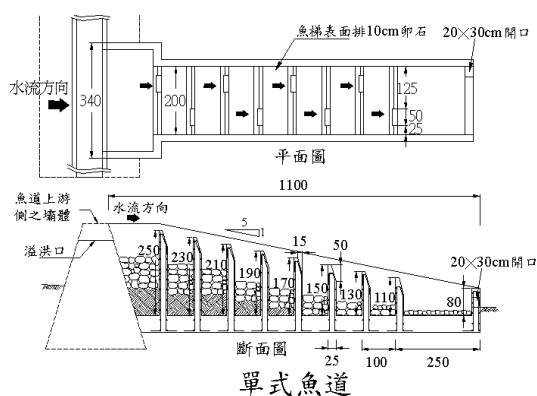


圖 7.15 魚道示意圖

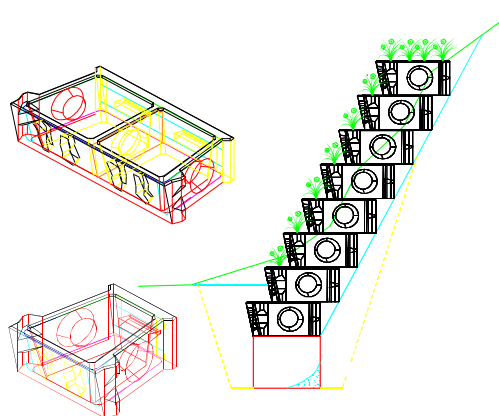


圖 7.16 預鑄槽框式植生護岸示意圖

#### 7.4.2 規劃內容

本計劃經考量地方特色及當地需求，選定五棚坑為生態規劃重點，以期能在安全之考量下，導入相關生態工法，以建立一個可供民眾休憩之親水設施，預計之規劃模擬圖如下所示：



五棚坑模擬前照片



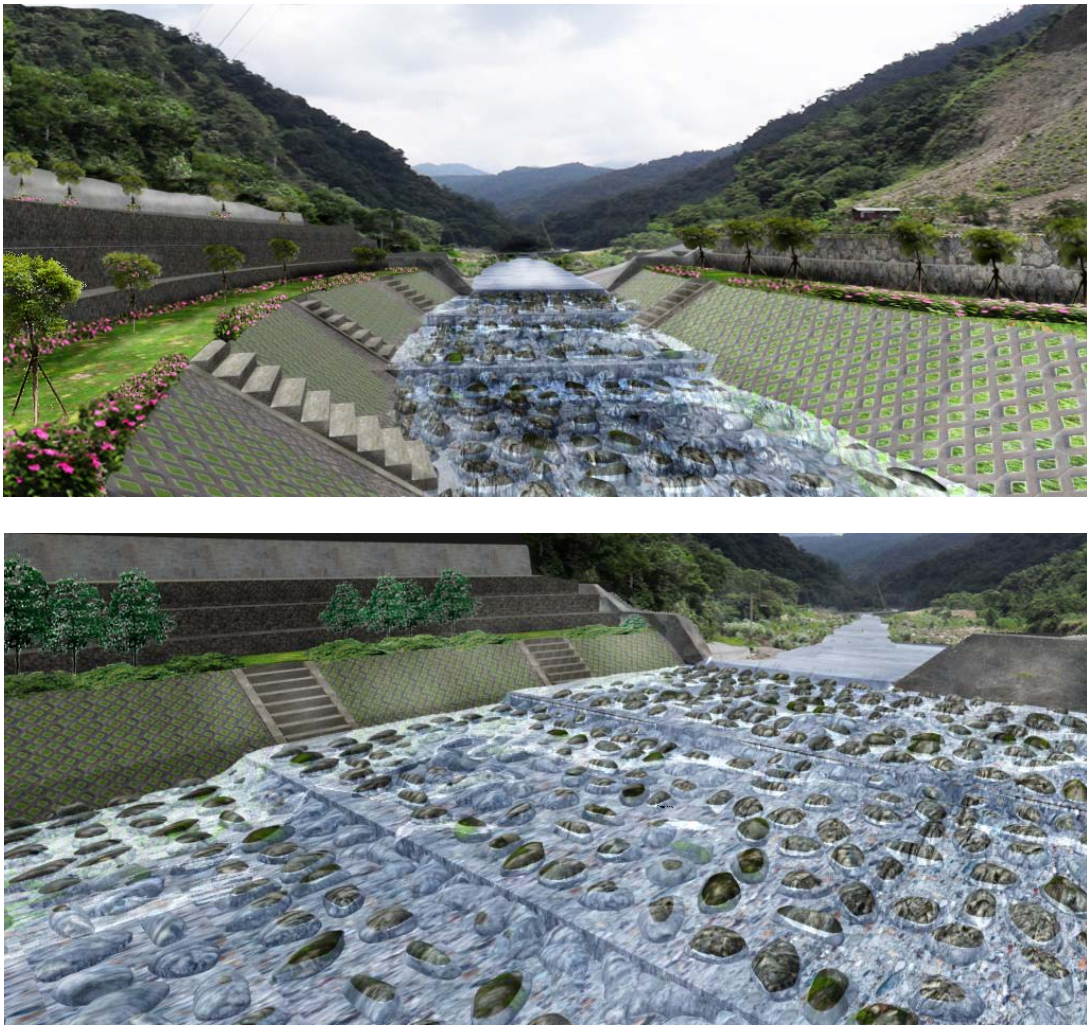


圖 7.17 五棚坑溪整治後模擬圖

## 7.5 分年分期實施計畫

本規畫區水土保持規劃依據現地勘查、調查結果分析及治理對策擬編定三項計 22 件工程，並依照此三項編列計畫，總工程經費估計約 178,000,000 元。而基於經費來源及依照各工程之水土保持處理等級及集水區整治優先區位，將各項工程以分期分區方式進行規劃，以期能達成集體集水區治理之目的，而所有工程預計實施期程自民國 98 年至民國 101 年共計四年。各分年分期實施計畫詳參第八章所述。

## 7.6 保育實施計畫

為落實集水區整體調查規劃成果，強化集水區治理之系統性、整體性，水土保持局係針對集水區之保育治理實施計畫，辦理相關審查作業，以為各分局後續工程執行之依據。而本規畫案之保育實施計畫將另案提送 貴分局進行審核，以達到集水區整體治理之目標。



## 第八章 治理計畫與管理事項

### 8.1 治理計畫內容

本規畫區水土保持規劃依據現地勘查、調查結果分析及治理對策擬編定三項計 22 件工程，並依照此三項編列計畫，其整體治理工程內容詳表 8.1 所示。

表 8.1 集水區治理工程總表

處理項目	項次	X 座標	Y 座標	工程名稱	經費需求	集水區	工程內容
溪流整治工程	A1	236210	2662960	長流村長安橋下游護岸工程	6,500,000	水長流	防砂壩二座(高約 3 公尺，長約 30m)，護岸長約 200 公尺(高 2.5 公尺)，固床工五座(寬約 20 公尺)
	A2	233137	2665490	長豐村水流東護岸工程	4,500,000	水長流	潛壩二座(高約 3 公尺，長約 30 公尺)，護岸兩岸長約 100 公尺(高約 2.5 公尺)，固床工五座(寬 20 公尺)
	A3	237865	2664517	長福村金子坑野溪整治工程	5,000,000	水長流	透過性壩二座，整流工程約 200 公尺(河寬約 15 公尺)
	A4	235509	2664523	長豐村野溪整治工程	5,500,000	水長流	護岸兩岸長約 300 公尺(高約 2 公尺)，跌水工約 3 座(高約 3 公尺)，系列固床工五座
	A5	240579	2663087	五棚坑護岸整治工程	18,000,000	五棚坑	親水護岸高 3 公尺，長約 300 公尺，緩衝林帶 300 公尺，防砂壩三座(高約 5 公尺)，固床工十座、河道清淤長約 300 公尺，植生綠美化一式
	A6	240713	2663402	五棚坑野溪整治工程	6,000,000	五棚坑	整流工約 200 公尺(高約 2 公尺)，潛壩三座(高約 3 公尺)，固床工五座，靜水池一座，版橋一座(長 6 公尺)

處理項目	項次	X 座標	Y 座標	工程名稱	經費需求	集水區	工程內容
溪流整治工程	A7	235194	2660603	大旗橋上游護岸工程	5,000,000	猴洞坑	護岸約 200 公尺(高約 2.5 公尺)，丁壩五座(長約 5 公尺)
	A8	233219	2660979	鹿塹野溪整治工程	10,000,000	猴洞坑	防砂壩一座(高約 5 公尺)，整流工約 150 公尺(高約 2 公尺，寬約 15 公尺)，系列固床工三座(高約 3 公尺)，源頭處理約 0.5 公頃
	A9	242632	2665629	阿冷坑護岸改善工程	5,000,000	阿冷坑	整流工長約 150 公尺(高約 2 公尺)，固床工五座，潛壩二座
	A10	229948	2660103	乾溝村和平橋野溪整治工程	6,000,000	仙洞指坑	系列跌水工及固床工六座(高約 3 公尺，寬約 5 公尺)，護岸兩岸長約 300 公尺(高約 2 公尺)
	A11	239759	2661254	下莊野溪整治工程	5,000,000	北港溪	系列跌水工及固床工六座(高約 3 公尺，寬約 2.5 公尺)，護岸兩岸長約 250 公尺(高約 2 公尺)，靜水池一座，箱涵一座(2.5*2.5*8 公尺)
小計					75,500,000		
崩塌地處理工程	B1	240579	2663087	五棚坑崩塌地處理工程	10,000,000	五棚坑	下邊坡擋土牆約 200 公尺(高 4.5m)，坡面處理工程約 1.5 公頃，噴漿溝約 500 公尺。
	B2	240993	2663755	五棚坑道路旁崩塌地處理工程	8,000,000	五棚坑	防落石擋土牆約 150 公尺(高 3m)，打樁編柵工程約 450m，坡頂截水及橫向排水約 500 公尺
	B3	238860	2664497	金子坑上游崩塌地處理工程	18,000,000	水長流	自由樑型框及客土植生約 2.2 公頃，下邊坡防落石擋土牆約 300 公尺，坡頂截水及坡面排水約 800 公尺
	B4	234129	2660305	旗洞一號橋下游崩塌地處理工程	6,500,000	猴洞坑	下邊坡護岸約 50 公尺，坡面處理工程約 1 公頃
	B5	234490	2658928	石門崩塌地處理工程	5,000,000	石門	下邊坡護岸約 50 公尺，整坡及鋪網噴植工程約 1 公頃
小計					47,500,000		



處理項目	項次	X 座標	Y 座標	工程名稱	經費需求	集水區	工程內容
道路水土保持工程	C1	235707	2663532	長安農路下邊坡處理工程	20,000,000	水長流	護岸長約 80 公尺(高 3 公尺,排樁工程(深 8 公尺)及加勁擋土牆(高 5 公尺)約 30 公尺,道路排水改善約 70 公尺,過水箱涵一座(2*2*8 公尺)
	C2	236158	2665117	三支寮農路下邊坡改善工程	2,000,000	水長流	溪流通水斷面改善約 50 公尺,既有護岸基礎補強
	C3	233619	2664607	長豐村東一巷邊坡改善工程	5,500,000	水長流	道路上邊坡擋土牆(高 3 公尺)及道路排水約 150 公尺,橫向排水約 30 公尺,集水井三座,PC 路面約 200 公尺
	C4	232388	2659115	長豐村風空農路改善工程	4,500,000	水長流	上邊坡防落石擋土牆約 100 公尺(高約 3 公尺)及道路排水約 80 公尺,靜水池一座,PC 路面約 150 公尺
	C5	238028	2665849	長福村大坪農路改善工程	4,000,000	水長流	道路上邊坡擋土牆(高約 3 公尺)及道路排水約 80 公尺,道路橫向排水約 15 公尺,集水井二座,整坡噴植約 0.5 公頃
	C6	229844	2658431	仙洞指坑道路改善工程	18,000,000	仙洞指坑	橋樑一座(長約 25 公尺,寬約 5 公尺),防砂壩及系列固床工三座(高約 3 公尺,寬約 20 公尺),護岸兩岸約 300 公尺(高約 2 公尺)
小計					54,000,000		
總計					178,000,000		

## 8.2 經費需求

本計畫所編列之集水區治理工程所需經費共計 178,000,000 元,而基於經費來源及依照各工程之水土保持處理等級及集水區整治優先區位,將各項工程以分期分區方式進行規劃,所有工程預計實施期程自民國 98 年至民國 101 年共計四年,各分年之實施工程如下節所述。

### 8.3 分年分期實施計畫及經費

本計畫規畫之工程預計實施期程自民國 98 年至民國 101 年共計四年，所需經費共計 178,000,000 元，各分期分區治理點位詳表 8.2 及圖 8.1 所示。

表 8.2 治理工程分年分期表

年度	項次	X 座標	Y 座標	工程名稱	經費需求	集水區	工程分類
98 年 ~99 年	A1	236210	2662960	長流村長安橋下游護岸工程	6,500,000	水長流	溪流整治工程
	B3	238860	2664497	金子坑上游崩塌地處理工程	18,000,000	水長流	崩塌地處理工程
	C1	235707	2663532	長安農路下邊坡處理工程	20,000,000	水長流	道路水土保持工程
	C2	236158	2665117	三支寮農路下邊坡改善工程	2,000,000	水長流	道路水土保持工程
	A5	240579	2663087	五棚坑護岸整治工程	18,000,000	五棚坑	溪流整治工程
	A6	240713	2663402	五棚坑野溪整治工程	6,000,000	五棚坑	溪流整治工程
	B2	240993	2663755	五棚坑道路旁崩塌地處理工程	8,000,000	五棚坑	崩塌地處理工程
	A7	235194	2660603	大旗橋上游護岸工程	5,000,000	猴洞坑	溪流整治工程
	A9	242632	2665629	阿冷坑護岸改善工程	3,000,000	阿冷坑	溪流整治工程
	C6	229844	2658431	仙洞指坑道路改善工程	18,000,000	仙洞指坑	道路水土保持工程
小計					104,500,000		
100 年 ~101 年	A2	233137	2665490	長豐村水流東護岸工程	4,500,000	水長流	溪流整治工程
	A3	237865	2664517	長福村金子坑野溪整治工程	5,000,000	水長流	溪流整治工程

A4	235509	2664523	長豐村野溪整治工程	5,500,000	水長流	溪流整治工程
C3	233619	2664607	長豐村東一巷邊坡改善工程	5,500,000	水長流	道路水土保持工程
C4	232388	2659115	長豐村風空農路改善工程	4,500,000	水長流	道路水土保持工程
C5	238028	2665849	長福村大坪農路改善工程	4,000,000	水長流	道路水土保持工程
B1	240579	2663087	五棚坑崩塌地處理工程	10,000,000	五棚坑	崩塌地處理工程
B4	234129	2660305	旗洞一號橋下游崩塌地處理工程	6,500,000	猴洞坑	崩塌地處理工程
A8	233219	2660979	鹿塹野溪整治工程	10,000,000	猴洞坑	溪流整治工程
A10	229948	2660103	乾溝村和平橋野溪整治工程	6,000,000	仙洞指坑	溪流整治工程
A11	239759	2661254	下莊野溪整治工程	5,000,000	北港溪	溪流整治工程
B5	234490	2658928	石門崩塌地處理工程	5,000,000	石門	崩塌地處理工程
小計				73,500,000		
總計				178,000,000		





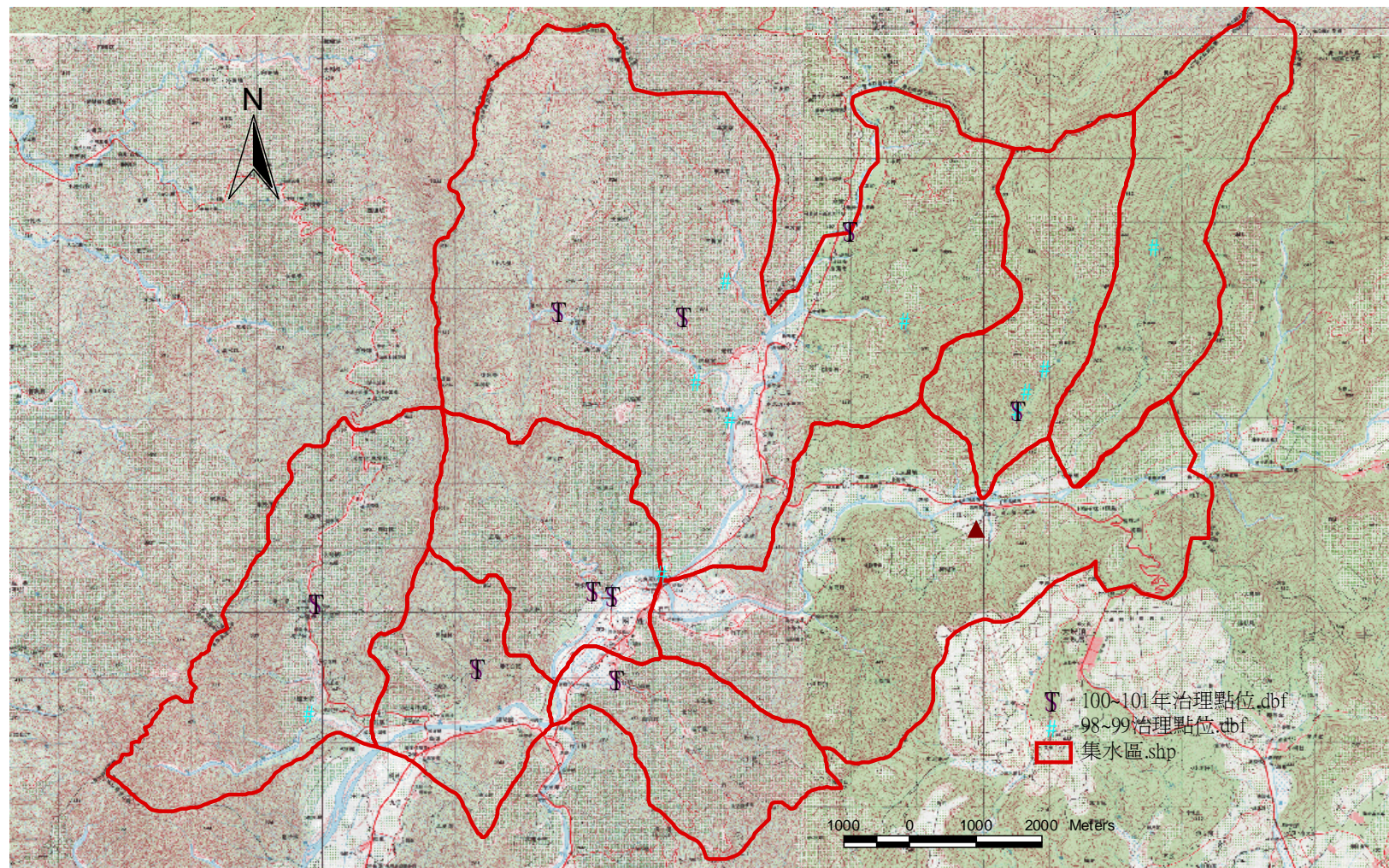


圖 8.1 治理工程分期分區圖



## 8.4 水土保持管理事項

本計畫之作業編製係採分年分期實施，由水土保持局主辦，工程及工作項目按實施地區土地管理權責，可由水土保持局、林務局及縣政府各秉職轄辦理。如有爭議則進行會議協商，統一事權後，再進行相關工作。由於集水區內各項事業各有專屬法規，各事業主管機關因目的事業及法源不同，惟各事業機關涉及治理機關管轄業務時皆須遵照水土保持法、水利法、山坡地保育利用條例、森林法等相關法令辦理，不致影響集水區治理完整性，集水區整體治理之主要治理機關管理與管制相關法規，說明如下：

一、水土保持局：水土保持法、山坡地保育利用條例、山坡地土地可利用限制分類標準、山坡地土地可利用限度查定工作要點、特定水土保持區劃定與廢止準則、水土保持法施行細則及水土保持技術規範等。

二、林務局：森林法、森林法施行細則、台灣森林經營管理方案。

三、道路系統：公路路線設計規範、市區道路工程設計標準、水土保持法、水土保持技術範、水土保持計畫審核及督導要點。

四、其他相關法令：區域計畫法、都市計畫法、非都市土地開發審議規範、環境影響評估法、空氣污染防治法等。

而在治理工作推行時常遭遇事權不一而致執行成效不彰之狀況，面臨目前工作推行困難點，各事業相互關係及業務之協調配合可依下列方式進行：

一、建立長期互動：各主管機關間各有各的管轄範圍，但於相同流域範圍內，所進行的治理業務常是息息相關的。如能建立長期的良好互動關係，會使部門間或政府間得以建立及增加互信，並了解彼此之治理進度及關聯性，進而建立穩定的互動模式。

二、良好的溝通機制：跨域協調之間，最明顯存在的問題，便是每個

組織對資訊的掌握度都不相同。據此，利益衝突雖然難以化解，若有良好的協商機制，便有機會異中求同，找到合作的空間。故於問題衝突時，成立協調會議，進行必要之溝通是必要的。

三、治理權責統一：透過權力的集中與統一而達成效率的要求，較沒協調上的問題。遇有三方整體性問題時，可將治理權責回歸地方，由縣府為主體，進行地方各部會之協調，統一事權，並由水土保持局及林務局就業務範圍進行技術協助與監督，必可順利進行相關治理業務。

## 8.5 其他配合措施

為加強國土保安，減少坡地災害，請各權責單位依據現有相關法規加強取締集水區內各種違法開發利用行為，並落實各項水土保持處理與維護工作，針對相關集水區保育問題提請幾點建議：

### 一、過度開發之山坡地管理

本計畫集水區山坡地為水土保持局南投分局管轄範圍，有關單位應依水土保持法之規定，經常派員巡視檢查水土保持之處理與維護情形，有違反水土保持法規定者，應迅即查報、制止、取締。

### 二、濫墾管理

集水區內之濫墾行為可包含上游之山坡地開墾、林木之濫墾、盜伐，及中下游河川用地過度開發種植農作物等；違規搭建及濫墾山坡地之結果，導致自然天災所造成的損失逐年等比增加；現況對濫墾行為的處理法令，至少有山坡地保育利用條例、森林法、土地法等法令依據，但受限於查報管理人員不足，執行績效有限，因此農委會水土保持局於民國 94 年 5 月編印「山坡地管理作業參考手冊(第二版)」，供執法者與民眾使用。

### 三、環境教育與生態保育

集水區內除辦理以保育為主之生態維護工作外，亦需教育民眾推廣生態保育觀念才利於保育成果之維護；建議地方政府在水域型態優美、生態

棲息地多樣化且無洪災威脅之地點，設置環境教育設施、生態教育園區，以利推廣正確的生態保育觀念及營造生態旅遊之遊憩點。

#### 四、易淹水地區防災

易淹水地區防災應以多元化手法辦理，將上游洪峰流量預警、河道治理、洪氾區管理、疏浚河床、墊高基地及避難路線一併列入考量，使重要地區依水患治理條例計畫保護基準為標準。另，依據水利法第八十二條規定「河川治理計畫線或堤防預定線內之土地，經主管機關報請上級主管機關核定公告後，得依法徵收之；未徵收者，為防止水患，並得限制其使用但不得逕為分割登記」。河川主管機關可依實際地形、洪水紀錄及預測結果，報請上級主管機關核定公告河川治理計畫線或堤防預定線，對河川區域內因現有地形或土地利用無法達成治理計畫時擬訂洪氾區範圍及實施分區管制。

洪氾區管制之目的，在於排除洪氾區內之積水，劃定發展限制範圍，以減輕災害。洪氾區內實施分區管理，依據災害敏感性除不得建造永久性建造物或種植多年生植物或設置足以妨礙水流之建造物外，並禁止變更地形、傾倒廢棄物或地目。除前項規定之禁止事項外，於主要管制區內施設、改建、修復、拆除建造物或種植植物或其他變更原有地形之行為，應依河川管理辦法第二十八條規定向河川主管機關申請許可。

#### 五、土石流防災

由於地震、暴雨集中及人為恣意墾植等外力之作用，使得坡地災害的成災規律已跳脫掌握，現代化工程防治顯得有些緩不濟急時，土石流潛勢區域的災害預防觀念和避災對策，是目前最迫切需要之工作；直接讓民眾認識如何在尋常時期檢查防災措施、在災害發生前如何預知、在災害發生時如何避難、以及在災害發生後如何求援重建，凝聚「救災」要從「防災」做起的共識，建立居民「自救而後人救」的觀念。各級政府除了擔任災害後勤救援工作外，亦可提供足夠且詳細的防災訊息和知識來教導基層民

眾，以提升危機意識和防災本能，並且發揮團隊合作，整合內、外資源，強化災前之整備工作；本計畫建議水土保持局於每次大洪水後(地形變化或避難路線及場所有安全疑慮時)檢討並進行疏散避難演練。



## 第九章 預期效益評估

預期效益將依照整體計畫減災程度評估，其主要效益可分為有形效益及為形效益，前者包括計畫區內災害直接與間接損失之減免，後者則涵蓋民眾生命之保障、生活品質之提升、農村經濟之繁榮、就業機會之增加以及社會基層建設之實質展現等。其後提出整體治理規劃執行方案成效評估機制之構想，供決策參考。本計畫係依據集水區目前現況之水文資料、溪流環境、崩塌地及土石流潛勢溪等自然條件，建議規劃相關野溪治工程、崩塌地治理工程及道路水土保持工程等配置，將來如發生較大自然災害，超過現況之分析條件，須另外重新分析規劃，方能發揮整治功效。本計畫經參考水保局野溪治理點位圖資得知，本計畫之重點治理界點如下圖所示。依據契約要求，本計畫之效益評估須涵蓋集水區之下游地區，故選定國姓鄉界之油車坑支流與烏溪會流口為效益評估之最終點，以期能達成契約之目標。

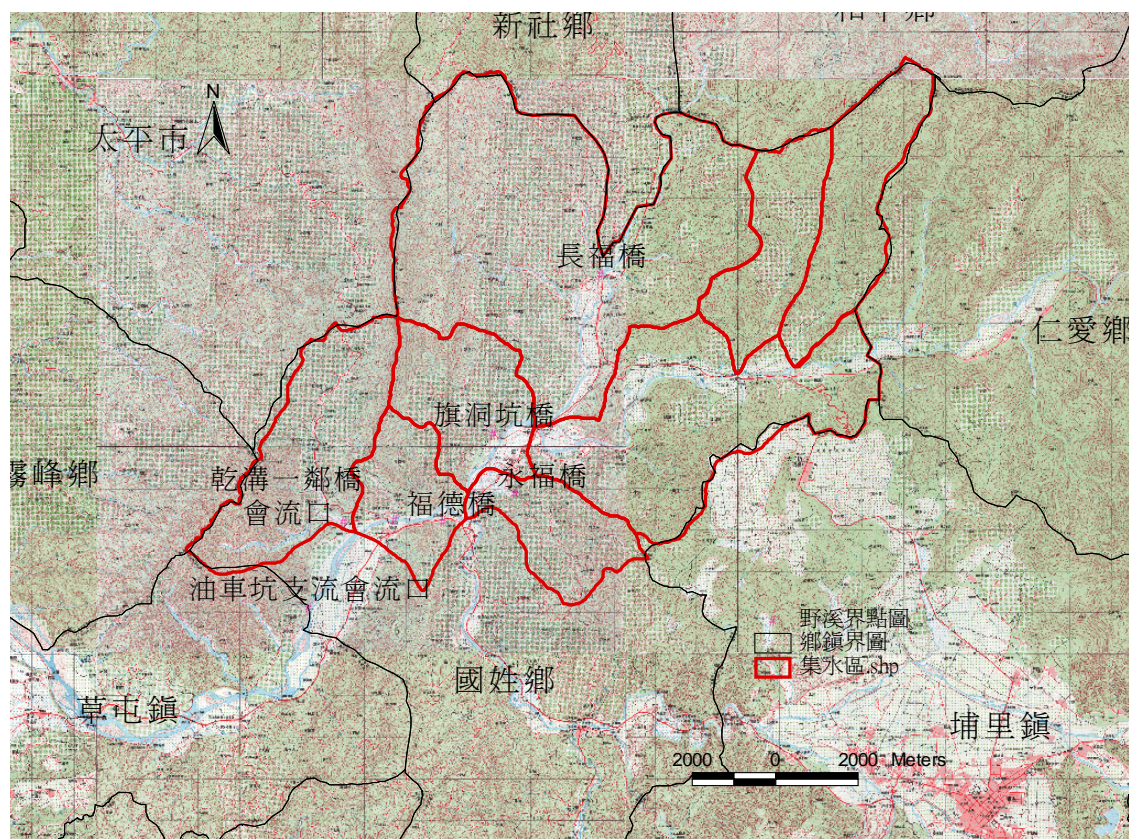


圖 9.1 野溪界點位置圖



## 9.1 現況及未來規劃整治率

本計畫參照「水庫集水區土砂整治成效評估(2/2)」(陳樹群, 2003.12)以土砂整治觀對, 藉由集水區土砂整治率評估模式之應用, 有效評估水土保持措施之土砂整治成效, 期可提供集水區水土保持工作治理規劃之土砂效益評量參考。而整治率的定義, 即為「現階段已完成之工作規模與為達到集水區治理計畫目標所需投入總治理工作規模之比值」。整治率可以作為一評量之指標, 並可依據評量之目標不同而適時調整, 本計畫乃以此一指標評量集水區整治之成效。因此整治率之定義如下:

$$CR (\%) = \frac{Q_{so} - Q_s}{Q_{so} - Q_{sp}}$$

式中, CR: 集水區整治率(complete ratio)

$Q_{so}$ : 治理前集水區之泥砂生產量

$Q_s$ : 治理後之泥砂生產量

$Q_{sp}$ : 規劃時所設定之合理泥砂排放量

由上式可知, 分子為治理前之產砂量減去治理後之產砂量, 即代表防砂效益, 亦即治理成效; 分母為整治前產砂量減去合理泥砂排放量, 所代表的是需安定的土砂量, 亦即治理目標。故整治率實為治理成效與治理目標之比值。其整治率各項因子分述如下。

### 9.1.1 治理前泥砂產量 $Q_{so}$

依據 3.2.4 節中之集水區年平均泥砂產量表, 取阿冷坑-出流口之泥砂量總和以作為本計畫之治理前年泥砂產量, 經整理如表 9.1 所示:



表 9.1 集水區年泥砂產量

區位	座標		面積	泥砂產量	泥砂產量
	X	Y	(ha)	(ton/yr)	(m <sup>3</sup> /yr)
阿冷坑溪	241409	2661905	5,774.56	152,213.00	108,723.57
支-左 04	240847	2661753	6,915.04	174,995.00	124,996.43
南北通橋	240288	2661714	7,012.96	176,752.00	126,251.43
五棚坑溪	240005	2661712	7,071.20	177,686.00	126,918.57
北港溪橋	239688	2661712	7,969.92	202,143.00	144,387.86
支-左 05	239287	2661510	8,179.68	207,725.00	148,375.00
支-右 04	238882	2661675	8,377.44	213,658.00	152,612.86
支-右 05	238446	2661675	8,465.60	216,721.00	154,800.71
港門吊橋	237605	2661145	8,757.12	219,342.00	156,672.86
支-左 06	237323	2660117	8,918.72	224,920.00	160,657.14
福興橋	235241	2660396	9,692.80	248,557.00	177,540.71
水長流溪	235123	2660473	9,704.00	248,719.00	177,656.43
支-右 06	234605	2660592	17,637.90	540,442.00	386,030.00
猴洞坑溪	234284	2660240	17,775.80	545,825.00	389,875.00
龍興橋	233520	2658961	18,587.80	584,899.00	417,785.00
國姓橋	233485	2658271	19,331.80	610,407.00	436,005.00
柑子林	232200	2658275	19,979.20	640,059.00	457,185.00
乾峯橋	231648	2658237	20,284.20	653,479.00	466,770.71
仙洞指坑	230845	2657870	20,532.50	657,028.00	469,305.71
出流口	229681	2655840	22,600.50	912,751.00	651,965.00
總計					5,434,514.99

### 9.1.2 合理泥砂排放量 $Q_{SP}$

集水區容許排砂量認定之觀點目前頗為分歧，各方面都能接受的容許排砂量，一直備受討論而未獲定論。本計畫將利用吳建民(1978)利用台灣河川流量及含砂量測站求得集水區輸砂量推估式：

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

式中  $Q_s$ ：為年輸砂量(ton)， $Q$ ：為年逕流量(m<sup>3</sup>)

本計畫擬以上式之年輸砂量作為集水區之容許排砂量，體積與重之換算依水土保持技術規範第 35 條規定：每  $m^3$  以 1.4 噸計算。

而年逕流量則取經濟部水利署烏溪流域乾峰測站之測值，再由比面積法(本計畫集水區面積  $126.78km^2$ ，乾峰橋測站集水面積  $955.93km^2$ )修正年逕流量並計算後，求出合理泥砂排放量  $Q_{SP}$  為  $4,583,541.39m^3$ 。

### 9.1.3 治理後泥砂生產量 $Q_s$

依據 8.1 節本計畫治理工程施作後預計可攔阻約  $384,640m^3$ ，因此本計畫治理後之泥砂生產量應為  $5,049,874.99m^3$ 。

### 9.1.4 現況泥砂生產量 $Q_n$

為求現況之集水區整治率，本計畫將以現況泥砂生產量  $Q_n$  取代治理後泥砂生產量  $Q_s$ ，而現況泥砂生產量以 3.2.4 節中提到之 88 風災後未輸出之土砂量整理後列表，共計約  $5,163,083.49m^3$ ，詳見表 9.2。

表 9.2 集水區 88 風災未輸出土砂量整理

區位	土石量( $m^3$ )
阿冷坑溪 — 支-左 04	18,934.16
支-左 04 — 南北通橋	12,355.51
南北通橋 — 五棚坑溪	40,316.74
五棚坑溪 — 北港溪橋	51,642.07
北港溪橋 — 支-左 05	15,198.98
支-左 05 — 支-右 04	65,461.93
支-右 04 — 支-右 05	37,846.11
支-右 05 — 港門吊橋	214,036.22
港門吊橋 — 支-左 06	56,198.26
支-左 06 — 福興橋	220,253.71
福興橋 — 水長流溪	202.56
水長流溪 — 支-右 06	2,154,603.35
支-右 06 — 猴洞坑溪	-8,675.36
猴洞坑溪 — 龍興橋	149,404.33

龍興橋	—	國姓橋	167,416.00
國姓橋	—	柑子林	108,445.36
柑子林	—	乾峯橋	108,288.02
乾峯橋	—	仙洞指坑	94,603.91
仙洞指坑	—	出流口	1,656,551.63
總計			5,163,083.49

### 9.1.5 現況整治率 $CR_n$

因此本計畫之現況整治率，在往年長期之整治工程投入及本計畫之規劃整治下，已達到整治率 31.9%(如下所示)。

$$\begin{aligned}\text{整治率 } CR_n (\%) &= \frac{5434515.99 - 5163083.49}{5434514.99 - 4583541.39} \times 100\% \\ &= 31.9\%\end{aligned}$$

### 9.1.6 未來規劃整治率 $CR$

而本計畫未來預計可達到整治率 45.2%(如下所示)，預計可提高 13.3%之集水區整體整治率。

$$\begin{aligned}\text{整治率 } CR (\%) &= \frac{5434515.99 - 5049874.99}{5434514.99 - 4583541.39} \times 100\% \\ &= 45.2\%\end{aligned}$$

## 9.2 治理效益評估

### 9.2.1 直接效益

直接效益為治理措施所形成之保護可直接為受保護對象所直接受用者，包含人員生命保護效益、土地利用效益、地上物保護效益、防砂效益、水源涵養效益、工程維護效益及交通效益等。

#### (一)人員生命保護效益

本計畫如獲實施，估計將可直接保護人口數約 30 人，以生命價值每人 1,320 萬計，則人命保護效益為 396,000 仟元，以災害發生頻率 1/50 計，年保護效益約為 7,920 仟元。

#### (二)土地利用效益

經本計畫實施後，約可保護集水區內 60 公頃農地，以該區土地生產價值每公頃約 200 仟元計，共計土地利用效益約 12,000 仟元，以工程構造物壽命 30 年計，則年土地利用效益約為 400 仟元。

#### (三)地上物保護效益

地上物保護效益主要為土地流失保護效益和屋舍及橋樑保護效益，分述如下：

##### 1. 土地流失保護效益

本計畫如獲實施，減小淹水危害，提高作物收成，保護區域農業用地約 60 公頃，土地流失每公頃以 100 仟元計，可達到保護效益約 6,000 仟元，以災害發生頻率 1/50 計，年保護效益約為 120 仟元。

## 2. 屋舍及橋樑保護效益

經本計畫實施後，可保護集水區內之地上物包括農舍 15 棟及大小約橋樑 30 座，以居民房屋修繕費用約 200 仟元及橋樑每座費用平均約 5,000 仟元計，共計屋舍及橋樑保護效益約 153,000 仟元，以災害發生頻率 1/50 計，則年保護效益約為 3,060 仟元。

地上物保護之年效益合計為  $120+3,060=3,180$  仟元

### (四)防砂效益

#### 1. 崩塌地處理

崩塌地處理目的係安定坡面，保護坡腳穩定，以減少坡面之沖蝕及泥砂來源。依據評估結果，本計畫之崩塌地治理面積約 69,000 m<sup>2</sup>，預估崩塌地治理可有效防止淺層土壤(約 50cm)崩落，亦即可減  $69,000 \times 0.5=34,500\text{m}^3$ 。

#### 2. 河岸及河道不安定土砂

防砂壩工程除可攔蓄上游潛勢崩塌量外，對兩岸邊坡崩塌、現有河道不安定土砂量亦可發揮防砂效果，本計畫利用防砂壩、潛壩、固床工及護岸等降低上游溪床之坡降及防止河道兩岸之崩塌。在兩岸邊坡崩塌部分，本計畫以防砂壩回淤長度 $\times$ 邊坡高度 2m $\times$ 崩塌深度 1m $\times$ 兩岸估算，預估約 195,540m<sup>3</sup>；而在壩趾地面下之河道不安定土砂量方面則參照水土保持局石門水庫相關整治計畫，以防砂壩回淤長度 $\times$ 現有河道寬度 $\times$ 淤積深度估算，預估約 154,600m<sup>3</sup>，兩項合計約 350,140m<sup>3</sup>。

#### 3. 合計防砂效益

綜上所述，本計畫實施相關崩塌地處理工程及溪流整治工程之總防砂量為  $34,500+350,140=384,640\text{m}^3$ ，若以平均疏浚單價約 200 元/m<sup>3</sup>，則工

程施作後可節省清淤費用總計  $384,640 \times 200 = 76,928$  仟元，而以工程構造物壽命 30 年為計，則年防砂受益約為 2,564 仟元。

#### (五) 水源涵養效益

本計畫如獲實施，每年可減少約 38.46 萬立方公尺之土砂下移，以崩積土之孔隙率約 0.39 計算其孔隙可涵養之水量約為  $38.46 \text{ 萬立方公尺} \times 0.39 = 150,000$  立方公尺，以平均水價約 10 元/度計算，則年水源涵養效益為  $150,000 \text{ 立方公尺} \times 10 \text{ 元} = 1,500$  仟元。

#### (六) 工程維護效益

因水土災害減少所降低之工程維護經費以總工程建造費之 5% 計算，總工程建造費為 173,000 仟元，故工程維護效益為 8,650 仟元，以工程構造物壽命 30 年計，則年工程維護效益為 288 仟元。

#### (七) 交通效益

本計畫實施後，將可減少計畫區內道路沖毀，按照每年平均颱風次數 4 次以及道路搶修日數 4 日造成聯外道路中斷，推算計畫實施可使每年區域內產業、觀光活動減少 16 日之交通不便損失。每日損失金額以 500 仟元計，故本計畫之產業活動維持而產生之年交通效益約計 8,000 仟元。

綜合前述，本計畫各項直接年效益總計約為 23,853 仟元

### 9.2.2 間接效益

間接效益係指無法量化之無形效益，它主要是來自於工程治理和非工程措施所衍生出來的一些無法量化的效益，其效益指標分別為社會效益、生態環境效益及風險管理效益，茲分述如下：



### 一、社會效益

因相關整治工程必須進行水土保持處理與維護工作，可雇用在地居民進行整治，增加居民就業率；此外，實施工程治理之後，除可提高在地居民之居家安全和生活品質外，且因能增進水源涵養功能，可以減少缺水機率及程度(或增進社會信心)，同時亦可讓外地人放心，無形中促進在地產業之發展與繁榮。

### 二、生態環境效益

因整體治理而增加水土涵養功能、減少土壤沖刷、減少崩塌地面積、改善區域環境，提供動植物較佳之棲息環境，確保國土資源永續利用等皆可屬於生態環境效益。而下游部分則有維持河川防災功能，確保河川區域環境安全、河堤美化、規劃親水性及自然型態等具有親水、遊憩功能之水域等係屬此部分之效益。

### 三、風險管理效益

除了工程治理措施之外，水土保持處理與維護亦應特別重視非工程之風險管理措施，來降低致災風險，它涵括規劃疏散避難路線、選定避難處所、建構觀測系統、建立自主防救災組織(或社區)、防災演練等，其具體效益除可達到避災效果外，亦能增進社區自救復原能力，可以在極短時間內通過社區有效管理制度迅速復原，以減少災害之損失。

由於間接效益難以量化，雖然可以透過工程實施後之問卷或現地調查方式取得相關數據進行分析，惟基於規劃階段之益本比分析需求，必須先行加以量化。因此，建議可採用直接效益總和之 20% 計算之。計算結果本規劃區之間接年效益為 4,771 仟元。

### 9.2.3 計畫年計效益

依據前述計畫效益分析方式，本計畫執行完成後，直接效益約為 23,853 仟元，間接效益約為 4,771 仟元，計畫年計效益約 28,624 仟元，集水區年計效益分析詳表 9.3 所示。

表 9.3 計畫年計效益分析成果表

效益	項目	計量方式	說明	計算結果 (仟元)
直接 效益	人員生命 保護效益	人口數×生命價值	生命價值=1,320 萬元。	7,920
	土地利用 效益	增加受保護面積×土地生產(或利用)單價	工程治理前、後土砂危害範圍之減少，可因 而提高土地之利用價值，故可採用『增加受 保護面積與土地單價乘積』計量之。	400
	地上物 保護效益	作物保護效益(面積 ×單位面積收益)	參考「土石流災害救助種類與標準」，農田 魚塭埋沒 5 萬/每公頃，流失 10 萬/每公頃。	120
		1. 屋舍保護效益(數 目×修建費用) 2. 橋樑保護效益(數 目×修建費用)	1. 參考 921 房舍毀損修繕費，定每間 20 萬元。 2. 以橋樑每座費用平均約 5,000 仟元計。	3,060
	防砂效益	河道減淤效益(整理 面積×深度×單價)	每立方公尺 200 元(參考工料分析手冊概估)。	2,564
	水源涵養 效益	防砂壩上游蓄水效 益(涵養水量×水價)	防砂壩上游貯砂之孔隙體積與水價相乘計量 之。	1,500
	工程維護 效益	工程維護效益(工程 費 5~10%)	水土災害減少所降低之工程維護經費。	288
	交通效益	減少道路阻斷天數× 平均日生產事業總 值		8,000
間接 效益	社會效益	直接效益總和之 20%。	因間接效益難以量化，以直接效益總和之 20% 作為間接效益之量化依據。	4,771
	生態環境 效益			
	風險管理 效益			
總計				28,624

### 9.2.4 計畫成本

本計畫總經費約為 178,000 仟元，計畫成本分析採年計成本方式針對治山防洪計畫經費進行分析，基準年採民國 98 年，年利率採 6%，經濟分析年限採 30 年，分析項目包括固定成本及運轉與維護成本。

#### (一) 固定成本

1. 年利息：以總投資金額之 6% 計算。其中總投資金額為總經費增加 1 成概估，約為 11,748 仟元。

2. 年償債積金：依年利率 6% 複率計算，在經濟分析年限內，每年平均約攤還總投資金額增加 1 成之 1.265%，約為 2,407 仟元。

3. 年中期換新準備金：併運轉及維護成本計算。

4. 年稅捐保險費：以總經費之 0.12% 為保險費，0.5% 為稅捐費，合計為 0.62%，估計約為 1,072 仟元。

#### (二) 運轉及維護成本

年中期換新準備金及運轉維護成本以總經費之 3% 計，計 5,340 仟元。

#### (三) 計畫年計成本

依據前述計畫成本分析方式，本計畫固定成本約為 15,227 仟元，運轉與維護成本約為 5,340 仟元，計畫年計成本約 20,567 元，詳表 9.4 所示。

表 9.4 計畫年計成本分析成果表

計畫成本	金額(仟元)
1. 固定成本	15,227
(1)年利息	11,748
(2)年償債基金	2,407
(3)年稅捐保險費	1,072
2. 運轉維護成本	5,340
總計(1+2)	20,567

### 9.2.5 效益分析

效益分析為以益本比估算之，表為方程式可寫為：

$$I = B / C$$

式中，I=益本比；B=整治後計畫區域之年計效益；C=整治計畫投資之年計成本。

$$\therefore I = \frac{28,624}{20,567} \approx 1.39 \quad (>1)$$

預計在民國 98 年至 101 年 4 年間本計畫投入之整治工程經費約 178,000 仟元，預期本計畫完成後，可達成有效降低土砂災害影響範圍、保障土地與房舍、維持產業活動、社會價值提升及生態環境保育等效益，分析計畫年計效益約 28,624 仟元，計畫年計成本約 20,567 仟元，益本比約為 1.39，大於 1，具投資價值。