

臺南地區土石流潛勢溪流治山防災構造物調查 與集水區保育治理需求評估

蘇郁文^{[1]*} 劉文賢^[2] 黃振全^[2]

摘要 本研究以臺南地區共 48 條土石流潛勢溪流集水區為調查評估範圍，透過彙整相關計畫報告與整治工程書圖資料，並應用現地勘查與數值地形模型分析，建立集水區整治現況等級與環境指數，運用本文研擬之集水區保育治理需求評估矩陣，進行土石流潛勢溪流集水區保育治理需求性評估。共完成 48 條土石流潛勢溪流及 95 件歷年整治工程現勘與調查紀錄，並評估其保育治理需求；評估結果保育治理需求為重要治理者有 18 條；一般治理者有 30 條。

關鍵詞：土石流、保育治理、構造物調查。

Investigating Erosion and Sediment Control Engineering and Assessing Regulation Needs of Potential Debris Flow Torrent in Tainan

Yu-Wen Su^{[1]*} Wen-Hsien Liu^[2] Chen-Chuan Huang^[2]

ABSTRACT This study wants to know the situation of potential debris flow torrent and evaluated the regulation needs. The scope of this study, 2012, in Tainan, a total of 48 potential debris flow torrents for the investigation and assessment. This study compiled the debris flow potential streams related research reports, collect the drawings of regulation projects. By analyzing digital terrain models and conduct field visit, established the level of regulation and environmental factors (E.F.) of watershed. Using the catchment assessment matrix which mention in this project to assess the regulation needs of watershed of potential debris flow torrent. The jobs completed 48 potential debris flow torrents and 95 remediation works (2001 to 2013) investigation. Evaluating the regulation needs of potential debris flow torrent. According to the results, 18 potential debris flow torrents are important treatment, 30 are general treatment. Mentioning governance recommendations for the current environmental condition of each potential debris flow torrent, respectively.

Key Words : Debris flow, regulation, structure investigation.

[1] 國立成功大學水利及海洋工程系

Department of Hydraulic and Ocean Engineering, National Cheng Kung University, Tainan 701, Taiwan

[2] 行政院農業委員會水土保持局臺南分局

Tainan Branch, Soil and Water Conservation Bureau, Council of Agriculture, Executive Yuan, Tainan 701, Taiwan

* Corresponding Author. E-mail: n8897104@mail.ncku.edu.tw

一、前言

臺灣地區地質年代較輕，坡地地質屬較脆弱之山脈，地形陡峻，河短流急；近年來由於極端性氣候及強降雨事件頻傳，造成南部地區坡地水土失衡；土石流災害乃是山坡地重大災害之一，並且屬於災害防救法之法定災害；對土石流潛勢溪流而言，因其所處之地理位置、自然條件、致災因子、及保全對象的不同，而有不同的土石流發生潛勢度，各業務主管單位亦就其權責範圍內之土石流潛勢溪流環境現況與災害防制，進行相關治理計畫。

水土保持局臺南分局轄區之臺南地區，其土石流潛勢溪流計有 48 條；由於近年來極端性氣候及強降雨事件頻傳，造成臺南地區山坡地範圍內產生大量崩塌及土石流災害，對過往所執行土石流潛勢溪流防災構造物造成極大之衝擊；本文為瞭解土石流潛勢溪流治山防災構造物成效，並評估該集水區保育治理需求性，遂以臺南地區共 48 條土石流潛勢溪流為研究對象，透過土石流潛勢溪流集水區範圍內，歷年整治工程結構物現況良劣調查，與河道環境因子現況（包含集水區崩塌率、集水區上游平均坡度、河道沖淤、保全對象），進行土石流潛勢溪流集水區保育治理需求性評估；研究結果可作為管理單位後續水土保持保育治理計畫執行推動之參考。

二、文獻回顧

本文欲進行研究範圍內土石流潛勢溪流集水區歷年水土保持整治工程結構物調查與集水區保育治理需求性評估；透過回顧相關文獻資料，以進行評估因子之選取與定義，相關文獻說明如下：

水保局辦理之「[土石流潛勢溪流資料更新與潛勢分析](#)」(2009) 計畫，對於崩塌規模之考量，乃參考集水區內崩塌率；當崩塌率 $\geq 5\%$ 時為明顯大規模崩塌；當崩塌率介於 $1\% \sim 5\%$ 之間時為中、小規模崩塌；當崩塌率 $\leq 1\%$ 為無明顯崩塌，若無集水區崩塌率資料提供時，則依現地狀況進行研判。

水保局辦理之「[土石流潛勢地區易致災因子調查與危害頻率分析](#)」(2010) 計畫，分析溪流平均坡度，再將溪流平均坡度分析結果之前 15% 至前 5% 坡度與土石流致災性之關係進行分析；結果顯示，坡度愈陡者(或愈近上游者)之顯著性愈高。

水保局辦理之「[南部地區災後集水區水土保持策略規劃](#)」(2010) 計畫，分析莫拉克颱風風災中受影響之臺灣南部各災區；結果顯示，在河床沖淤變化達 5 公尺以上者，係為高風險之區域，而 2 至 5 公尺者則為中等風險區、小於 2 公尺者則為中低風險區。

水保局臺南分局辦理之「[高屏河流域上游坡地莫拉克風災整體復建規劃](#)」(2010) 計畫，針對高屏河流域各子集水區崩塌面積、崩塌率與工程數量及工程經費進行探討，以瞭解歷年崩塌地變異情況與坡地復育工程之關聯，並進行分析與探討；分析結果發現，在大規模崩塌災害過後，若仍有豪大雨事件的擾動，集水區內對於崩塌地之整治若僅以自然復育策略辦理，需長時間的恢復期，因此對於計畫區內的重點防災聚落建議仍需輔以相關保育治理工程，以加強集水區保全對象安全性。其中，對於平常時期保育治理級序研擬，乃參考「[台灣地區治山防災計畫第四期調查規畫總報告](#)」(2004) 擬定集水區治理優先順序之相關評估指標，其中關於保全對象，採用保全人口、房屋、聚落區位、農地、公共建設等項目，作為評估之基礎。

水保局為提供辦理集水區整體治理調查規劃工作內容、方法及報告撰寫之參採，與提升其規劃之水準與品質，編定了「[集水區整體調查規畫參考手冊](#)」(2009)，其中對於土石流潛勢溪流調查，乃針對現有土石流潛勢溪流之地形、兩岸崩塌地及殘土、土砂量及保全對象等進行調查複核，以確認各土石流潛勢溪流之潛勢度及其可能之產砂量和致災規模，從而提供最有效而經濟之防治規劃依據。調查項目應包含基本資料蒐集、現況描述、可能致災地點、保全對象及工程設施毀損、土石流位置簡圖及現況照片等項目。

三、研究方法

本文欲進行臺南地區共 48 條土石流潛勢溪流，治山防災構造物調查與集水區保育治理需求性評估，乃係依工程現勘與構造物體檢結果，配合本文修改自「[南部地區水土保持效益評估暨計畫成果建置](#)」(2011)計畫報告研擬之集水區安全性評估矩陣表，進行集水區保育治理需求性評估作業，相關現勘作業及分析評估方法說明如下：

1. 現地勘查作業

土石流潛勢溪流現勘及構造物調查體檢作業，可分為三階段進行，第一階段為前置作業，主要工作為決定現勘工程點位及背景資料瞭解；第二階段為現地作業，主要為土石流潛勢溪流及工程結構物勘查並紀錄包含環境概況資料、照片影像等資料，視情況及需求進行必要之訪談；第三階段為後端作業，主要工作為現勘資料彙整，並提示重點進行會議討論與檢討，再撰寫相關調查報告。現勘作業流程如圖 1 所示。

研究範圍土石流潛勢溪流集水區歷年整治工程調查，以近 10 年(2003~2012)施作之整治工程為主，透過水土保持局工程管考系統中所登載之工程資料，與研究範圍土石流潛勢溪流集水區範圍圖層套疊，可得知研究地區所包含之歷年整治工程數量與分布位置；再依工程清單，請權責機關協助提供工程預算書(計畫緣由)、工程竣工書圖(工程配置圖)等資料，便可進行現地勘查及工程體檢作業，對土石流潛勢溪流之環境概況及工程結構物功能性，進行勘查與紀錄，以為後續集水區保育治理需求性評估參考。

2. 集水區保育治理需求性評估

集水區保育治理需求性評估作業係依工程現勘與構造物體檢調查結果，對各土石流潛勢溪流集水區進行評估。對土石流潛勢溪流而言，因其所處之地理位置、自然條件、致災因子、及保全對象的差異，而有不同的土石流發生潛勢度，同時各業務主管單位亦就各潛勢溪流之現況進行相關治理計畫，因此本研究將以各土石流潛勢溪流為單元，就其工程治理現況，與集水區環境現況，進行土石流潛勢溪流集水區之保育治理需求性評估。集水區保育治理需求性評估作業流程，如圖 2 所示。

土石流潛勢溪流集水區之保育治理需求性主要係依各溪流整治工程現勘成果，得知工程結構物功能現況分級(A~D 等級)，同時利用集水區之環境指數(EF)，將二者結合為一集水區保育治理需求性評估矩陣，如表 1 所示；而對於集水區範圍未施作整治工程(或未有相關歷史工程紀錄)之土石流潛勢溪流，其工程現況分類等級以 N 級(取英文"None"的 N 表示)表示之，其集水區保育治理需求評估將以集水區環境指數作為評估基準，當其環境指數 EF 值 ≤ 0.5 時，可進一步檢討是否需對集水區加以整治。

表 1 集水區保育治理需求性評估矩陣表

Table 1 Evaluation matrix of torrent regulation needs

環境現況安全 評估結果		工程結構現況 評估結果				
		A	B	C	D	N
a	●	●	△	△	●	
b	●	△	△	×	△	
c	△	△	×	×	×	
d	△	×	×	×	×	

註：工程結構現況評估結果分 4 級：A 級(工程構造良好)、B 級(工程構造輕微受損，功能尚可)、C 級(工程構造部分受損，功能減低)、D 級(工程構造損毀，功能喪失)。另外，用 N 表示沒有施設保育治理工程。

環境安全現況評估結果，按照環境安全指數(EF)大小分 4 級：a 級(環境安全優良， $0.75 < EF \leq 1.0$)、b 級(環境安全良好， $0.50 < EF \leq 0.75$)、c 級(環境安全尚可， $0.25 < EF \leq 0.50$)、d 級(環境安全差， $EF \leq 0.25$)。

集水區保育治理需求性分 3 類：

●：保育治理需求低(一般治理)、△：保育治理需求中(重要治理)、×：保育治理需求高(優先治理)

環境安全指數(EF)考量因子包括集水區崩塌率、上游河道坡度、河道沖淤變化及保全對象；各因子量化後配分總和，記為環境安全指數(EF)

整治工程結構物現況功能評估等級分為 A~D 之四個等級，等級 A 表示構造物狀況良好；等級 B 表示構造物些微受損，不影響功能；等級 C 表示構造物受損，影響功能；等級 D 表示構造物損毀，功能喪失；等級 N 表示未施作整治工程。

集水區現況環境指數，係參考水土保持局「土石流潛勢溪流資料更新與潛勢分析成果報告」(2009)、「南部地區災後集水區水土保持策略規劃」(2010)、及「高屏溪流域上游坡地莫拉克風災整體復建規劃」(2010)，擬定 4 個

環境指數因子，分別為集水區崩塌率 (LA)、集水區上游坡度 (US)、河道沖淤變化 (CD) 及保全因子 (PF)，並將集水區現況環境指數 (EF) 定義為上述四因子配分之平均值；環境指數因子說明如下：

(1) 集水區崩塌率 (LS)

本文參考「高屏流域上游坡地莫拉克風災整體復健規劃」(2010)，依該計畫針對高屏流域各子集水區崩塌面積、崩塌率與工程數量及工程金額進行探討，以瞭解歷年崩塌地變異情況與坡地復育工程進行分析與探討；該計畫彙整 2001~2009 年水土保持局整治工程資料進行分析，依分析結果，在大規模崩塌災害過後，若仍有豪大雨事件的擾動，集水區內若以自然復育，需長時間的恢復期，因此對計畫區內的重點防災聚落仍需輔以相關保育工程，以加強集水區保全對象安全性。而「98 年土石流潛勢溪流資料更新與潛勢分析」(2009) 報告中，在崩塌因子的分析中採用三級距區分，其分別為 <1%、1% 至 5%、以及大於 5% 之級距。

崩塌規模因子考量集水區內崩塌率，當崩塌率 $\geq 5\%$ 時為明顯大規模崩塌；當崩塌率介於 1%~5% 之間時為中、小規模崩塌；當崩塌率 $\leq 1\%$ 為無明顯崩塌，無資料提供時依現地狀況判定，並僅需填寫調查表現地判定欄位。

本文將集水區崩塌率區分為四個等級，以利集水區現況環境指數之估算，分別為 $LA < 1\%$ 、 $1\% \leq LA < 2.5\%$ 、 $2.5\% \leq LA < 5\%$ 及 $LA \geq 5\%$ 。

(2) 集水區上游坡度 (US)

坡度因子則是考量上游發生區之坡度，若上游發生區溪流的坡度較陡，河川較窄淺且水流速度快，常可搬運大石，多位於海拔較高處，如為侵蝕的深溝或峽谷的地形發生區的橫剖面形狀多呈 V 字形，谷壁崩塌的碎屑會大量堆積在這裡，四周的植生常顯得相當稀疏處。水土保持局「98 年土石流潛勢地區易致災因子調查與危害頻率分析」(2009) 報告中，分析溪流平均坡度以及分析結果之前 15% 至前 5% 坡度與土石流致災性之關係進行分析，結果顯示坡度統計前百分比值愈低（即坡度愈陡者或愈近上游者）之顯著性愈高，因此本案採用上游坡度作為分析之指標。集水區上游坡度可採用高精度要求 DTM 進行溪床坡度之室內判識，再進一步執行現地實際勘查貨量測實際狀況。

(3) 河道沖淤變化 (CD)

河道沖淤變化乃係指河道土砂堆積高度或沖刷深度，河道沖淤變化可凸顯河道土砂沖蝕或淤積情形，99 年「南部地區災後集水區水土保持策略規劃」(2010) 報告中，分析莫拉克風災中受影響之南部各災區，結果顯示在河床沖淤變化達 5 公尺以上者，係為高風險之區域，而 2 至 5 公尺者則為中等風險區、小於 2 公尺者則為中低風險區，本案參考其分析結果於本案例中採用 4 級距之評估指標。河道沖淤變化之研判須配合整治工程結構物之輔助，透過與結構物尺度或河床植栽之對照，可進而研判河道沖淤變化之程度。

(4) 保全因子 (PF)

保全因子在土石流及各項天然災害評估作業中，皆是相當重要的分析因子，包括民宅、交通要道、橋梁...等；本文參考相關文獻，將保全因子定義為重要保全對象之數量以及其距離河道或崩塌地之水平距離，透過集水區衛星影像判識及現地勘查作業，以確認保全對象之數量及其與河道或崩塌地之水平距離，進而對其安全性進行分類評估。保全因子之配分標準乃沿用水保局臺南分局辦理於「101 年度南部地區治山防災構造物成效與集水區安全評估」(2012) 計畫所作之調整，同時考量保全對象距離及保全住戶數量。

各因子之分數配比如表 2 所示，應用表 1 可對個別土石流潛勢溪流之環境及工程現況進行分析，評估各土石流潛勢溪流集水區之保育治理需求性，本文將評估結果分為三級，分別為「保育治理需求低」、「保育治理需求中」、「保育治理需求高」。

表 2 集水區現況環境因子及其分數配比表

Table 2 Factors of torrent present environment and its score

因子	範圍	配分	因子	範圍	配分
集水區 崩塌率 (LA)	無明顯崩塌地 或 LA < 1%	F ₁ = 1.00	上游坡度 (US)	US < 15 度 (US < 26.79%)	F ₂ = 1.00
	1% ≤ LA < 2.5%	0.75		15 度 ≤ US < 30 度 (26.79% ≤ US < 57.73%)	0.75
	2.5% ≤ LA < 5%	0.50		30 度 ≤ US < 50 度 (57.73% ≤ US < 119.18%)	0.50
	LA ≥ 5%	0.25		US ≥ 50 度 (US ≥ 119.18%)	0.25
河道 沖淤變化 (CD)	無明顯沖淤變化或 CD < 0.5 m	F ₃ = 1.00	保全 因子 (PF)	有次要保全對象, 且 保全距離 > 100 m	F ₄ = 1.00
	0.5 m ≤ CD < 2 m	0.75		有重要保全對象, 但 保全距離 > 100 m	0.75
	2 m ≤ CD < 5 m	0.50		有次要保全對象, 但 保全距離 < 100 m	0.50
	CD ≥ 5 m	0.25		有重要保全對象, 且 保全距離 < 100 m	0.25

環境安全指數 (EF) : $EF = w_1F_1 + w_2F_2 + w_3F_3 + w_4F_4$ 。

其中, F_i = 集水區環境安全現況各考量因子之量化分數;

w_i = 各因子之權重係數, 若無特別考量以平均值 0.25 計算。

註: 集水區崩塌率 (LA) : 集水區崩塌面積/集水區面積, 單位: %; 上游河道坡度 (US), 取水系主流中心至上游河段之坡度, 單位: 度; 河道沖淤變化 (CD), 河道底床土砂淤積或冲刷之垂直高度變化, 單位: 公尺; 保全因子 (PF) 考量保全對象及保全距離。保全對象包括住戶、道路或橋梁。「重要保全對象」指保全住戶 ≥ 5 戶、重要道路或橋梁; 「次要保全對象」指保全住戶 < 5 戶、次要道路或橋梁; 「保全距離」指保全對象離河道或崩塌地之水平距離。

四、結果與討論

本研究集水區現勘與工程結構物勘查體檢作業共完成 48 條土石流潛勢溪流與 95 件整治工程調查作業; 其中急水河流域包含 21 條土石流潛勢溪流與 13 件整治工程, 曾文河流域包含 26 條土石流潛勢溪流與 78 件整治工程, 二仁河流域包含 1 條土石流潛勢溪流與 4 件整治工程。各流域土石流潛勢溪流集水區歷年整治工程結構物功能評估等級統計如圖 3 所示; 多數整治工程現況功能屬於「工程構造良好」或「工程構造輕微受損, 功能尚可」的 A、B 等級; 僅 5 件位於曾文河流域的整治工程, 屬於「工程構造部分受損, 功能減低」的 C 等級。

透過集水區現勘與工程結構物勘查體檢作業, 彙整分析「集水區工程現況分級指數」及「集水區現況環境指數」, 可得各土石流潛勢溪流集水區保育治理需求評估結果, 其中保育治理需求性低者有 30 條, 保育治理需求性中者有 18 條, 無保育治理需求性高者, 結果統計詳表 3, 分布位置圖請參見圖 4。

表 3 計畫範圍土石流潛勢溪流集水區保育治理需求性評估結果統計表 (Tainan Branch, Soil and Water Conservation Bureau, 2013)

Table 3 Regulation needs of potential debris flow torrent by evaluation in this study

流域 集水區	土石流 潛勢溪流(條)	集水區現況保育治理需求評估		
		需求性低	中需求性	需求性高
急水河流域	21	18	3	0
曾文河流域	26	11	15	0
二仁河流域	1	1	0	0
小計	48	30	18	0

綜合以上論述, 依集水區保育治理需求性評估矩陣, 進行研究範圍 48 條土石流潛勢溪流集水區保育治理需求性評估, 並無評估結果屬於需求性高者; 因此針對歷年整治工程結構物受損特性進行討論。

本文完成臺南地區 48 條土石流潛勢溪流現勘及其範圍內共計 95 件整治工程結構物調查作業，對於整治工程結構物現況功能評估結果，C 等級（構造物受損，影響功能）之整治工程有 5 件，且均屬於曾文溪流域集水區範圍內；並無結構物現況功能評估為 D 等級（構造物損毀，功能喪失）者。

針對上述 5 件功能評估等級為 C 等級之整治工程進行損壞類型討論，可發現曾文溪流域範圍內土石流潛勢溪流集水區歷年施設整治工程結構物損壞之類型，以河道冲刷造成橫向結構物損壞及縱向結構物基礎淘刷為主要破壞形式，資料彙整如表 4。

表 4 曾文溪流域歷年整治工程損壞類型說明與修復建議一覽表 (Tainan Branch, Soil and Water Conservation Bureau, 2013)

Table 4 Damage types and rehabilitation comments of erosion and sediment control engineering in Tsengwen river basin

編號	土石流潛勢溪流	工程名稱	工程序號	破壞類型	損壞說明/修復建議
1	南市 DF033	牛坑橋上游災害復建工程	97WS2019-034	河道冲刷	固床工毀損，護岸狀況良好。 修復建議：已整治。
2	南市 DF034	新寮土砂防治工程	95WS382-016	河道冲刷	固床工毀損，護岸基腳淘刷。 修復建議：需維護。
3	南市 DF035	灣丘井仔湖土砂防治工程	97WS3003-050	河道整治	通水斷面不足，結構物損壞，新設工程。 修復建議：已整治。
4	南市 DF035	井仔湖野溪整治二期工程	99MSM2003-006	河道整治	通水斷面不足，結構物損壞，新設工程。 修復建議：已整治。
5	南市 DF048	羌黃坑災害復建工程	98WS3002-048	土石流冲刷	羌黃坑野溪，莫拉克颱風造成土石流，結構物損壞。 修復建議：需維護。

五、結論與建議

1. 結論

- (1) 臺灣地區由於地形及氣候條件因素，每每遭遇颱風豪雨侵襲，便容易產生洪澇水患及坡地土砂災害，而土石流潛勢溪流更是易發生坡地土砂災害之高潛勢地區；因此針對治山防災構造物成效與集水區保育治理需求性評估工作之重要性不言而喻。
- (2) 本研究透過歷年整治工程結構物現勘體檢調查作業，進行臺南地區 48 條土石流潛勢溪流集水區保育治理需求性評估作業；評估結果發現無保育治理需求性高者，保育治理需求性中等級者有 18 條，保育治理需求性低者有 30 條，顯示臺南地區土石流潛勢溪流集水區歷年執行之水土保育治理工程有其成效。

2. 建議

- (1) 整治工程結構物現勘調查作業，僅依工程內容紀錄資料清單，難以正確完整之進行現勘調查作業，建議工程現勘作業務必請相關權責機關協助提供工程設計書圖資料，透過預算書圖、竣工圖(平面配置圖)方可確切執行結構物調查作業。
- (2) 依本文研究成果，建議相關權責機關未來可於颱風事件後對本區土石流潛勢溪流進行相關追蹤複檢；而本文調查發現之 5 件位於曾文溪流域，結構物現況功能評估等級為 C 等級之整治工程，應予以複查，評估是否需與以維護或加強整治。

誌 謝

本文承行政院農業委員會水土保持局臺南分局「臺南地區土石流潛勢溪流治山防災構造物調查與集水區安全評估」(編號: SWCB-102-162)計畫之支持,致使本研究得以順利完成,作者在此表達謝意。

參考文獻

- [1] 水土保持局 (2004~2012),「土石流年報」,水土保持局,台灣。(SWCB (2004-2012). *Debris flow annual report*, SWCB, Taiwan, (in Chinese))
- [2] 水土保持局 (2006~2013),「重大土石災情報告」,水土保持局,台灣。(SWCB (2006-2013). *Debris flow disaster events*, SWCB, Taiwan, (in Chinese))
- [3] 水土保持局 (2004),「台灣地區治山防災計畫第四期調查規畫總報告(94~97)」,水土保持局,台灣。(SWCB (2004). *The overall report of fourth planning and investigation belong to soil and water conservation plan in Taiwan (94-97)*, SWCB, Taiwan (in Chinese))
- [4] 水土保持局 (2007),「土石流危險聚落易致災因子調查與整治對策」,水土保持局,台灣。(SWCB (2007). *Investigation of disaster-prone factors in that villages with high risk ,and regulated policies in debris flow torrents*, SWCB, Taiwan, (in Chinese))
- [5] 水土保持局 (2008),「集水區整體調查規劃參考手冊」,水土保持局,台灣。(SWCB (2008). *A handbook of watershed investigation and planning*, SWCB, Taiwan, (in Chinese))
- [6] 水土保持局 (2009),「98年土石流潛勢地區易致災因子調查與危害頻率分析」。(SWCB (2009). *The Field Investigation, Risk Analysis and Risk Management of Debris Flow Torrents*, SWCB, Taiwan (in Chinese))
- [7] 水土保持局 (2009),「98年莫拉克颱風後土石流潛勢地區易致災因子調查」,水土保持局,台灣。(SWCB (2009). *Investigation of disaster-prone factors in the area of potential debris flow torrent, after typhoon Morakot*, SWCB, Taiwan (in Chinese))
- [8] 水土保持局 (2009),「土石流潛勢溪流資料更新與潛勢分析」,水土保持局,台灣。(SWCB (2009). *Analysis the potential and update materials of potential debris flow*, SWCB, Taiwan (in Chinese))
- [9] 水土保持局 (2010),「98年莫拉克颱風後土石流潛勢溪流更新及複勘」,水土保持局,台灣。(SWCB (2010). *Reexamine and update materials of potential debris flow, after typhoon Morakot*, SWCB, Taiwan (in Chinese))
- [10] 水土保持局 (2011),「99年土石流潛勢地區易致災因子調查與危害頻率分析」,水土保持局,台灣。(SWCB (2011). *The Field Investigation, Risk Analysis and Risk Management of Debris Flow Torrents*, SWCB, Taiwan (in Chinese))
- [11] 水土保持局 (2010),「南部地區災後集水區水土保持策略規劃」,水土保持局,台灣。(SWCB (2010). *Watershed soil and water conservation plan post- disaster in south Taiwan*, SWCB, Taiwan (in Chinese))
- [12] 水土保持局 (2014),「水土保持局土石流防災資訊網, <http://246.swcb.gov.tw/default-1.asp>」,水土保持局,台灣。(SWCB (2014). *Debris flow disaster prevention information*, SWCB, Taiwan (in Chinese))
- [13] 水保局臺南分局 (2010),「高屏溪流域上游坡地莫拉克風災整體復建規劃」,水土保持局臺南分局,台灣。(Tainan Branch, SWCB (2007). *Rehabilitation plan of Kaoping River upstream, after typhoon Morakot*, Tainan Branch, SWCB (in Chinese))
- [14] 水保局臺南分局 (2011),「南部地區水土保持效益評估暨計畫成果建置」,水土保持局臺南分局,台灣。(Tainan Branch, SWCB (2007). *Evaluation the effectiveness of soil and water conservation in south Taiwan, and filing which results*, Tainan Branch, SWCB (in Chinese))
- [15] 水保局臺南分局 (2012),「101年度南部地區治山防災構造物成效與集水區安全評估」,水土保持局臺南分局,台灣。(Tainan Branch, SWCB (2007). *Assessing the effectiveness of prevention structures and watershed safety in south Taiwan* Tainan Branch, SWCB (in Chinese))

- [16] 水保局臺南分局 (2013), 「臺南地區土石流潛勢溪流治山防災構造物調查與集水區安全評估」, 水土保持局臺南分局, 台灣。 (Tainan Branch, SWCB (2007). Investigating erosion and sediment control engineering and assessing watershed safety of potential debris flow torrent in Tainan, Tainan Branch, SWCB (in Chinese))
- [17] 經濟部水利署 (2009), 「莫拉克颱風暴雨量及洪流量分析」, 經濟部水利署, 台灣。 (WRA (2009). Analysis peak flow and storm rainfall of typhoon Morakot, WRA (in Chinese))

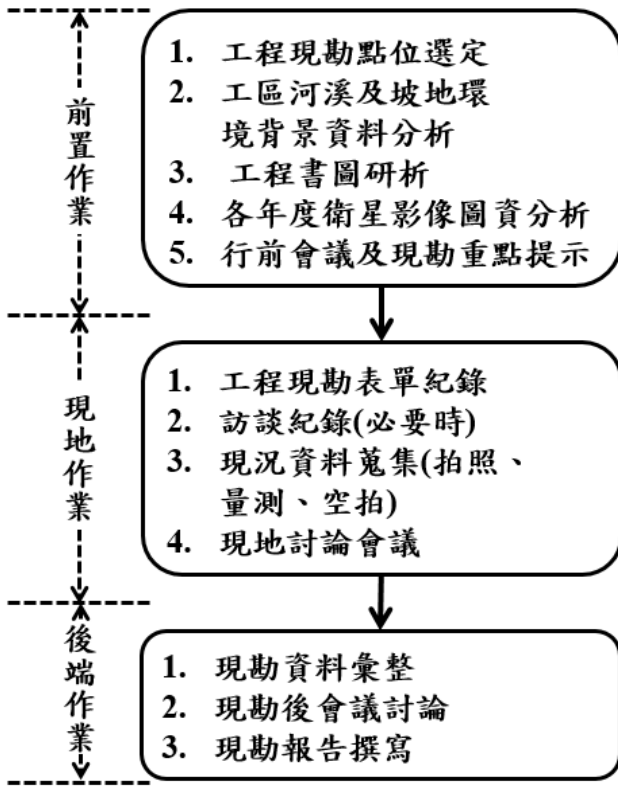


圖 1 工程調查作業流程

Fig.1 Flowchart of the erosion and sediment control engineering investigation

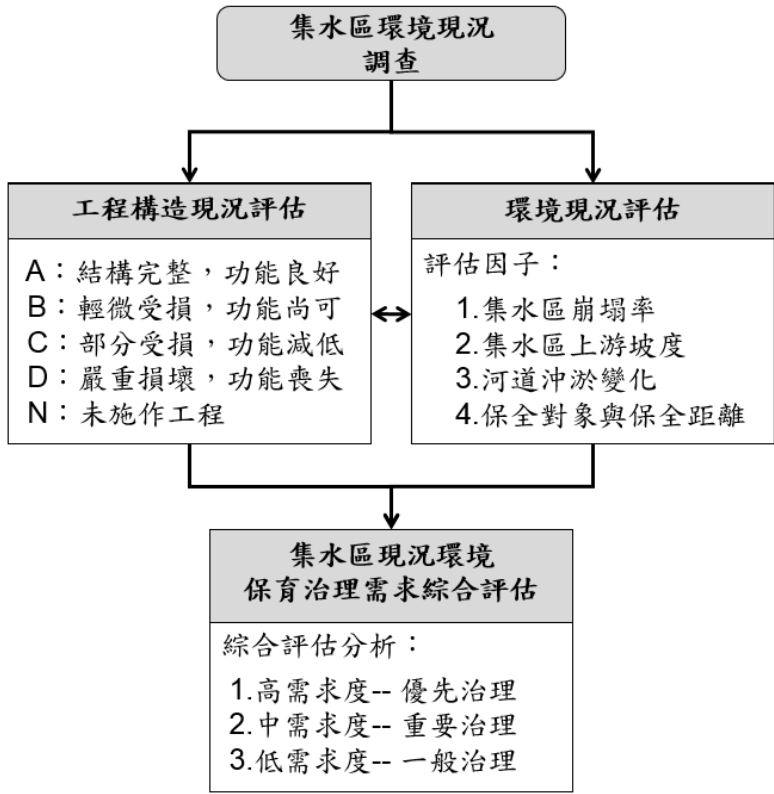


圖 2 集水區現況環境保育治理需求綜合評估流程圖

Fig.2 Flowchart of comprehensive evaluation of regulation needs with present environment in torrent

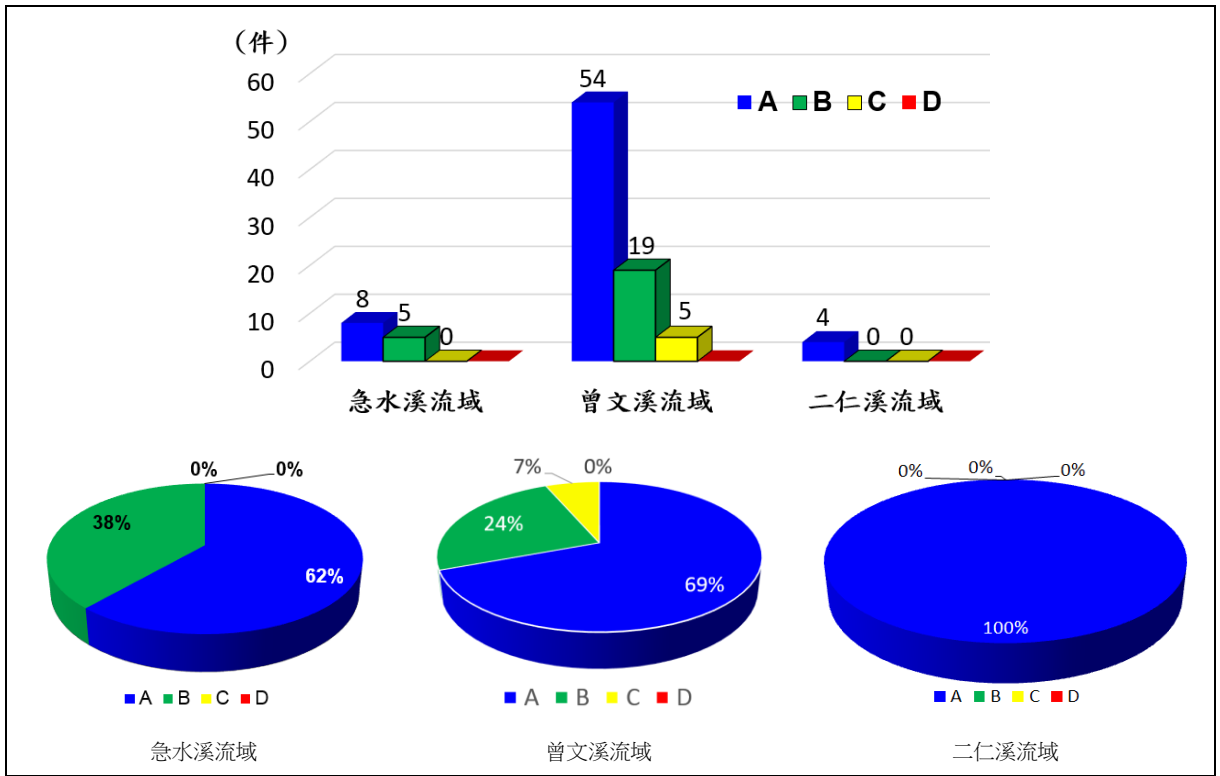


圖 3 各流域土石流潛勢溪流集水區歷年整治工程結構物功能評估等級統計圖 (Tainan Branch, Soil and Water Conservation Bureau, 2013)

Fig.3 The functional assessment results of erosion and sediment control engineering in potential debris flow torrent belong to each basin

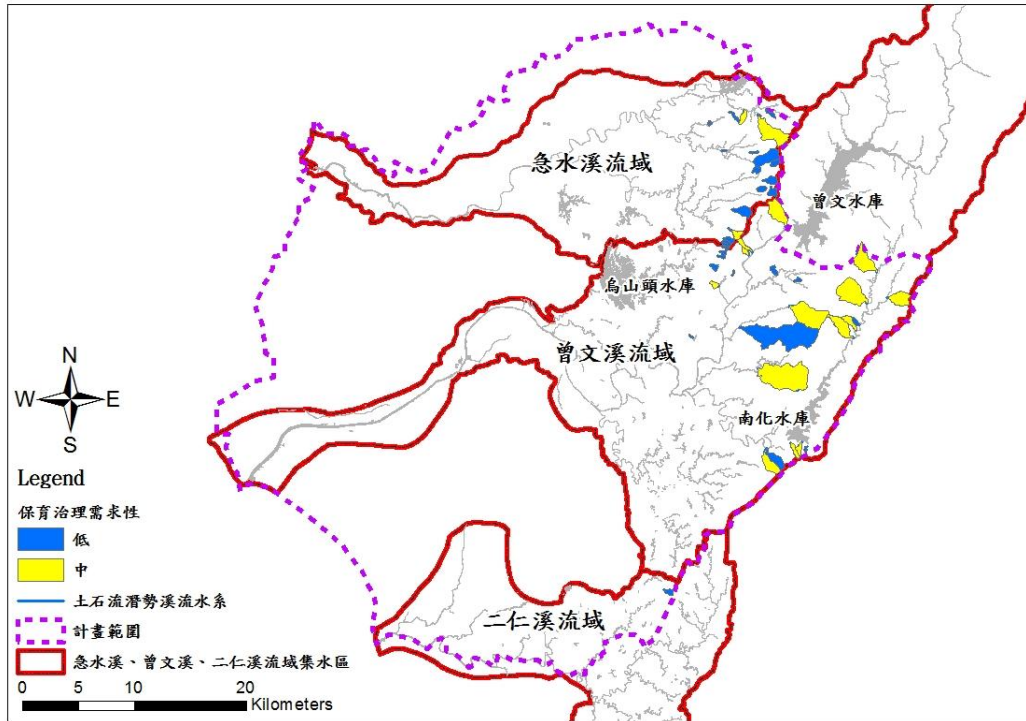


圖 4 土石流潛勢溪流集水區保育治理需求性評估結果分布位置圖 (Tainan Branch, Soil and Water Conservation Bureau, 2013)

Fig.4 The locations of potential debris flow torrent with regulation needs assessment results.