

重大災害防治工程規劃設計檢討之研究 -以花蓮縣大興為例

Study on the Examination of Major Disaster Mitigation Planning Project—Selected the Da-Xing of Hua-Lian County as an Example

國立台灣大學生物環境系統工程學系

碩士生

黃彥文

Yen-Wen Huang

教授兼水工試驗所特約研究員

黃宏斌

Hung-Pin Huang

摘 要

在重大颱風災害發生後，政府常在最短時間內即投入經費，辦理緊急防災工程規劃設計，以減少災害再次發生之機會。由於工程規劃時程較短，實有必要探討其當初規劃設計之成效、檢討工程構造物設計之安全性，並瞭解河道沖淤情形是否已獲得控制。

為檢討當初規劃工程是否合乎成效，本研究將選擇花蓮縣大興為例，以現地踏勘及地形測量來得知工程構造物施作前後之河道沖淤狀況、並根據所蒐集之水文資料進行水文分析，將分析結果併同地形測量成果進行水理演算，演算方式主要採取美國陸軍工程團水文工程中心(US Army Corps. of Hydrologic Engineering Center)所發展之一維水理演算模式—HEC-RAS 進行水理分析，檢討各防災構造物之配置是否得當，施作強度及材料是否符合適用，最後提出補強及修復之對策與建議。(Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) 合併

關鍵詞：地形測量，HEC-RAS，防災構造物

Abstract

After occurring the typhoon or disaster, Government often invests the funds promptly within shortest time to handle the planning and design of project of taking precautions against natural disaster promptly, in order to reduce the chance recurring in calamity. Because one is relatively short when the project is planned, that is necessary to probe into its effect of planning and design originally and security designed that examine the project and construct things, Understand that the situation of washout and deposit in the river and has already been controlled.

Whether conform with the effect in project in order to examine planning

originally, this study chose the Da-Xing of Hua-Lian Count as research area, to realize or understand the situation of washout and deposit in the river before and after setting up the constructions by inspecting and surveying, and according to the hydrological data collected carry on hydrology analysis, Amalgamate the analysis and topography measure result to Carry on hydrology mathematical calculations, The way is adopted mainly to make hydrology mathematical calculations to use one-dimensional HEC-RAS from US Army Corps. of Hydrologic Engineering Center, Whether examining the position of each treatments is proper, intensity and material of construction is accord with suitably, Finally address the complete of strong and mend suggestion repaired.

Key words: Topography Measure , Hydrologic Engineering Center's River Analysis System , treatments

一、前言

在重大災害後所施作之緊急工程，往往以救災為最優先之考量，而缺乏長時間之規劃及構思，因此本研究主要針對這些緊急工程施作之構造物進行檢討，檢討方向主要根據現地測量作業成果，進行河道沖淤分析並利用一維水理演算模式— HEC-RAS 進行水理演算分析，最後配合分析結果，針對構造物之現況提出建議及補強方案。

二、大興集水區概況

1、基本資料

大興地區位於南清水溪集水區範圍內，為花蓮溪流域之一。本研究以錦豐橋為集水點，集水區共面積為 1,392.75ha，主流發源於集水區西方海拔高度為 1,970m 之無名山峰，集水區範圍圖如圖 1 所示，各集水區基本資料詳表 1。

南清水溪集水區地質大部份屬大南澳片岩，在土壤分佈方面，主要為暗色崩積土，下游地區部分為沖積土分佈，其地質與土壤分佈如圖 2 所示。

在水文方面，初步蒐集南清水溪集水區附近氣象站或雨量站之資料，如圖 3 所示，集水區附近氣象站有光復氣象站、太安雨量站、水利署馬太安雨量站，水利署大坪雨量站及花蓮糖廠大富雨量站等。由於太安雨量測站距離集水區最近且其海拔高程也與本集水區相當，故水文資料主要以蒐集太安雨量站之資料為主。

在民國90年桃芝颱風期間，花蓮縣光復鄉大興村遭土石流掩埋，災情慘重，由太安雨量站可知，其累積雨量為421.5mm，其降雨組體圖如圖4所示。



圖 1 南清水溪集水區範圍圖

表 1 南清水溪集水區基本資料表

集水區名稱	南清水溪集水區
集水區面積(ha)A	1,392.75
集水區周長(km)P	15.57
主流長度(km)L	6.11
集水區最高點高程(m)H ₁	1,970
集水區最低點高程(m)H ₂	163
集水區最大高差之水平距離(km)D	5.60
溪流平均坡度(%)S	29.57
集水區平均寬度(km) W=A/ L	2.28
集水區形狀係數 F=W/ L	0.373
集水區起伏量比 R _r =(H ₁ - H ₂)/ D	0.323

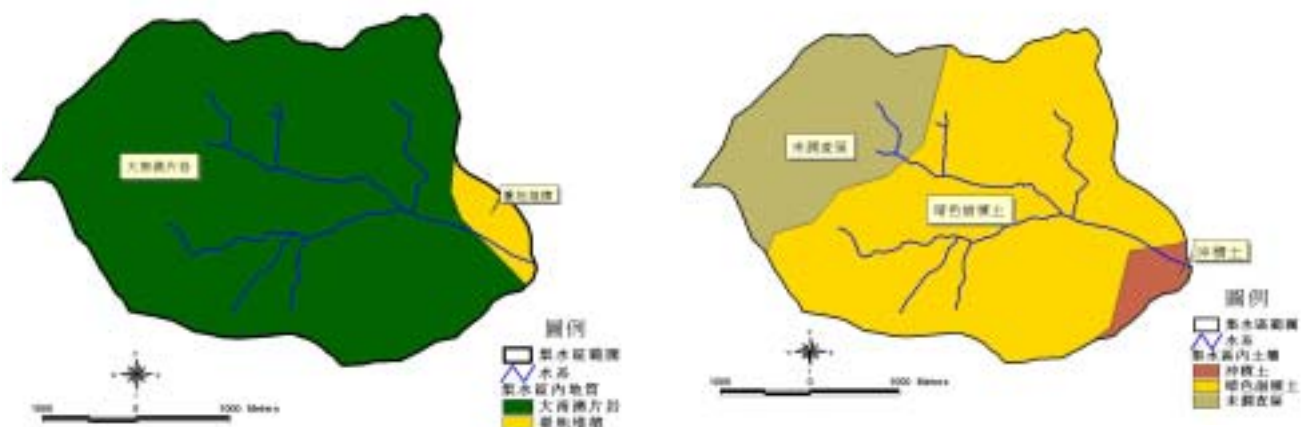


圖 2 南清水溪集水區地質與土壤分佈圖



圖3 南清水溪集水區附近氣象、雨量站分佈圖

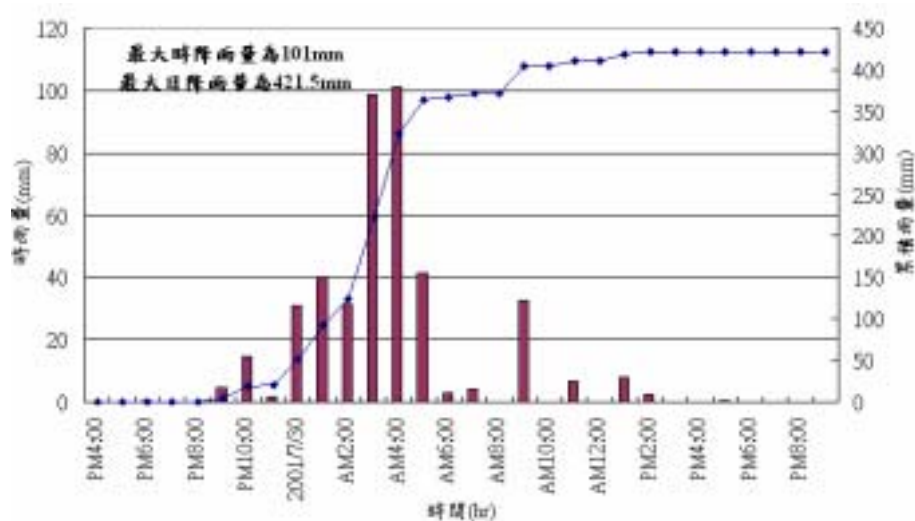


圖4 桃芝颱風過境期間太安雨量站降雨組體圖

而由歷年氣象資料統計得知，太安雨量站年平均雨量為 5,311.4mm，其歷年最大一日、月、年降雨量如下表 2 所示。

表2 太安雨量站歷年一日、月及年之最大降雨量

	歷年一日最大 降雨(mm)	歷年月最大降 雨(mm)	歷年年最大降 雨(mm)	年平均雨量 (mm)
太安雨量站	708.0	2,227.5	7,816.0	5,311.4

在歷史災害部分，最嚴重為民國 90 年桃芝颱風所帶來的災害，全村 184 戶，近 150 戶(85%)遭土石流掩埋，其中 6、7、8 鄰共 37 戶，其中 12 戶(棟)房屋全部被掩埋，農地損失約 50ha，下移土方量約 150 萬方，更造成 27 人死亡、16 人失蹤、8 人受傷之慘劇。而為了避免災害再度發生，政府相關單位於桃芝颱風過後，針對該集水區進行一系列之整體治理規劃，表 3 為南清水溪自桃芝颱風過後之歷年整治工程設施。

表 3 南清水溪自桃芝颱風過後之歷年整治工程設施表

年度	工程名稱	執行單位
90	大興溪南北溪疏濬搶修工程	林務局花蓮林區管理處
90	大興村錦豐橋北上方沖蝕溝土石清除	林務局花蓮林區管理處
91	大興南北溪整治工程	林務局花蓮林區管理處
91	大興南北溪坡腳加固工程	林務局花蓮林區管理處
91	大興南北溪會合口北護岸加強工程	林務局花蓮林區管理處
91	大興社區土石防治整體治理規劃工程	水土保持局第六工程所
91	大興梳子壩工程	水土保持局第六工程所
91	大興北岸堤防工程	水土保持局第六工程所
91	大興南岸堤防工程	花蓮縣政府
92	大興北溪二號防砂壩加強工程	林務局花蓮林區管理處
92	大興南溪整治工程	林務局花蓮林區管理處
92	大興溪北溪整治工程	林務局花蓮林區管理處
92	大興野溪上游崩場地處理	林務局花蓮林區管理處
92	大興村野溪崩場地處理	林務局花蓮林區管理處

2、現地測量

本研究之現地河段測量作業，包括河段地形測量、河道中心線及縱、斷面測量，目前在大興地區總共完成面積 68.2 ha，總長 4,155m 之現地河段測量，並將測量成果從下游依序向上游編列里程，主要細分為主流、支流北溪及支流南溪三部分，如表 4 測量成果表所示。

表4 測量成果表

研究地區	測量總長 (m)	測量面積 (ha)	實際測量範圍
大興村南清水溪集水區	4,155	68.2	主流里程 0k+000 2k+225 支流北溪里程 N-0k+000 N-1k+215 支流南溪里程 S-0k+000 S-0k+715

3、構造物調查

構造物調查範圍主要配合測量作業範圍內河道上之現有構造物進行調查；調查方式主要採用沿線調查法，調查項目則以河道上之橫向構造物及整流、護岸工程等構造物為主，調查路線即為各研究區域之測量河段起始測量位置做為起點，沿著河道兩岸溯溪而上至測量作業終點，將河道上各構造物之現況詳細記錄如表 4 南清水溪構造物現況調表。

表 4 南清水溪構造物現況調表

	整流、護岸工程構造物	橫向構造物
主流	各項構造物結構完整無損壞情形，僅主流 1 號梳子壩下游有明顯之沖刷坑產生。	
支流北溪	里程 N-0k+400 500 右岸漿砌石護岸多處毀壞 里程 N-1k+110 160 右岸蛇籠毀壞	壩體結構均屬完整，僅支流北溪 1、2 號梳子壩後方壩柱緩衝物(輪胎)多處毀壞，支流北溪 1、2 號防砂壩庫容呈現淤滿現象。
支流南溪	里程 S-0k+260 右岸漿砌石護岸局部毀壞 里程 S-0k+330~420 右岸漿砌石護岸毀壞 里程 S-0k+485~500 左岸乾砌石護岸局部毀壞	壩體結構均屬完整，僅支流南溪 1 號梳子壩後方壩柱緩衝物(輪胎)多處毀壞，支流南溪 1 號防砂壩庫容呈現淤滿現象。

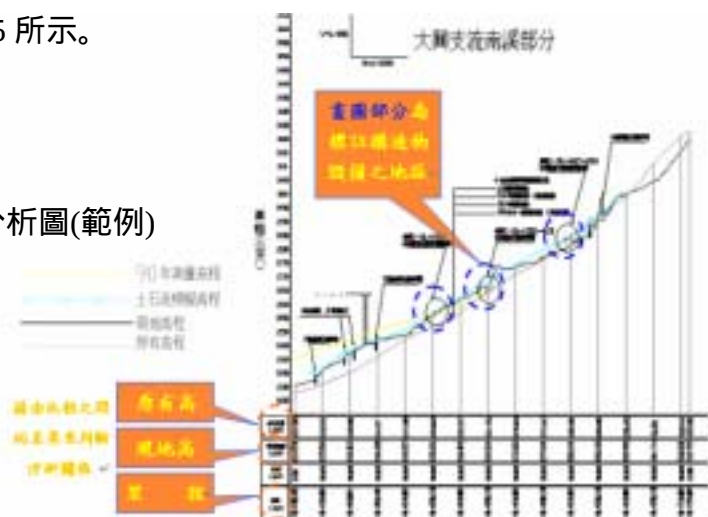
三、河道沖淤分析

由於本研究內容為檢討當年重大災害防治工程之規劃設計是否完善，主要利用現地測量結果及所蒐集近年之工程預算書及相關設計圖說，針對當時防災整治工程施作完成後之河道縱、橫斷面(為「原有高程」)與現地測量之縱、橫斷面(為「現地高程」)結果進行河道沖淤分析，並配合現有構造物之調查結果，初步檢討近年來所施作之工程構造物是否發揮其功效，並提出各集水區內已損毀之構造物位置及所需加強注意之河段。

(一)縱斷面分析

縱斷面分析主要選取河道中心線之縱斷面高程進行分析比較，「原有高程」主要為參考「90 年度治山防災計畫-大興社區土石防災整體治理規劃工程」之計畫高程所繪製而成，而「現地高程」為現地河道縱斷面之測量結果。藉由比較兩者之差異性，分別找出各河段中心線之淘刷及淤積區間，並探討沖淤結果與構造物之相關性，如圖 5 所示。

圖 5 縱斷面分析圖(範例)



(1) 里程 0k+000 2k+225(主流部分)：

主流河道中心部分大致上其淘刷與淤積之發生情形參半，除了在主流 1 號梳子壩下游(里程 1k+972 2k+060)有明顯之局部冲刷坑產生外，其餘河段並無大規模的堆積或淘刷情形產生，初步研判當時所規劃設計之工程構造物能有效發揮穩定河床高程之功效。



圖 6 主流下游冲刷坑(2k+050)

(2) 里程 N-0k+000 N-1k+215(支流北溪部分)：

支流北溪河道中心部分大致上其淘刷與淤積發生情形參半，各防砂壩及梳子壩之上游大部分都有淤積情形產生，證明橫向構造物大部分都能發揮攔阻泥砂之功效，然而里程 N-0k+400 500 處，河道右岸漿砌石護岸基腳淘空，連接於護岸底部之丁壩及護岸本身已有多處毀壞，除了該處位於野溪匯入之頂衝區，是否為護岸及丁壩本身計畫高程過高所致，則需在進一步的探討；至於里程 N-1k+110 160 處，河道右岸蛇籠也已遭沖毀，研判主要為該處河道右岸有大規模之河岸崩塌發生所致，由於此處河道沖淤較不穩定，加上此處仍有大規模之崩落地尚未處理，恐成為下次土砂災害之土石料源。



圖 7 支流北溪右岸漿砌石護岸毀壞 (N-0k+470)



圖 8 支流北溪右岸蛇籠毀壞 (N-1k+130)

(3) 里程 S-0k+000 S-0k+715(支流南溪部分)：

支流南溪河道部分大致上是以淤積情形為主，但由於本次測量河段僅 715 公尺，其中下游區有防砂壩淤滿情形，上游也有梳子壩抵擋，河道現況尚稱穩定，唯有里程 S-0k+350 處河道右岸漿砌石護岸多處毀壞。



圖 9 支流南溪右岸漿砌石護岸毀壞 (S-0k+350)

(二)橫斷面分析

橫斷面分析主要比較「現地高程」與「原有高程」之差異，並採用平均斷面積法計算河道內之淤積量及淘刷量，計算時分別於各剖面位置量測其淤積、淘刷面積，再乘上斷面之間距即可求得各斷面間之淤積量及淘刷量，最後再加總即可得本研究區域內之總淤積量及淘刷量；此外並根據現地河段測量所得到之橫斷面及現地構造物之調查結果，針對水流位置變化及構造物之現況進行探討。

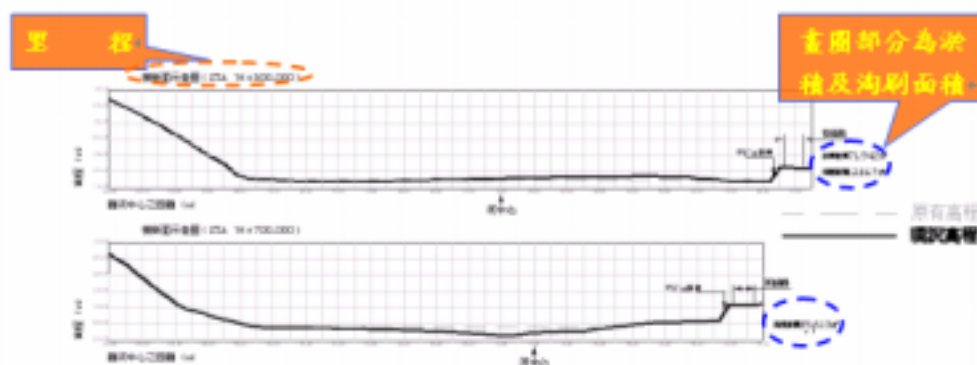


圖 5 縱斷面分析圖(範例)

(1) 里程 0k+000 2k+225(主流部分)：

本段之總淤積量為 $66,087 \text{ m}^3$ ，總淘刷量為 $80,743 \text{ m}^3$ 。主流 1 號梳子壩(2k+060)下游河心偏左，有明顯之冲刷坑及左岸漿砌石護岸基腳裸露之情形產生，初步研判主要受下游施工於河道中央及右側處有土石堆積造成河心偏左所致。

(2) 里程 N-0k+000 N-1k+215(支流北溪部分)：

本段之總淤積量為 $36,564 \text{ m}^3$ ，總淘刷量為 $32,533 \text{ m}^3$ 。里程 N-0k+400 500 河心偏右，右岸連接於護岸底部之丁壩及護岸本身已有多處毀壞，初步研判為左岸野溪匯入產生明顯之堆積丘造成河心偏右所致。

(3) 里程 S-0k+000 S-0k+715(支流南溪部分)：

本河段之總淤積量為 $40,262 \text{ m}^3$ ，總淘刷量為 $5,726 \text{ m}^3$ 。里程 S-0k+260、里程 S-0k+330 420 之右岸漿砌石護岸及里程 S-0k+485 500 左岸乾砌石護岸毀壞，初步研判乃因里程 S-0k+480 河道寬度從 31.5m 束縮為 6.5m，導致流速增快，河流之淘刷能力增強所致。

四、水理分析

(一)建立模擬參數

根據所蒐集之水文資料，進行水文分析，利用合理化公式，計算清水流、含滓流及土石流之洪峰流量，併同現地河段地形測量成果，代入美國陸軍工程團

水文工程中心(US Army Corps. of Hydrologic Engineering Center)所發展之一維水理演算模式— HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System)，使用標準步推法(Standard Step Method)求解能量方程式，以得到研究區域河道各斷面整治前後之水面剖線，並根據所得到之結果配合構造物之現況情形作一分析討論，模式所使用之各項參數如下：

- a. 逕流係數：採 0.75
- b. 集流時間：全集水區集流時間為 21min
- c. 洪峰流量推估：全集水區洪峰流量為 452.64cms
- d. 土石流泥砂運移量：為清水流流量之 1.43 倍

表 5 南清水溪集水區清水流、含滓流及土石流流量

名稱	50 頻率年 清水流流量(cms)	50 頻率年 含滓流流量 (cms)	50 頻率年 土石流流量 (cms)
北溪子集水區	195.05	214.55	288.67
南溪子集水區	129.98	142.97	178.07
全集水區	452.64	497.91	645.02

(二)排洪斷面分析檢討

(1) 整治前排洪斷面檢算：

本研究以目前整治後之現地地形及河槽寬度代入 HEC-RAS，但並不放入河道中所有之橫向構造物，藉以探討南清水溪會流口下游防砂壩、梳子壩及整流工之成效。

由分析結果得知，若將南清水溪會流口 2k+225 下游之梳子壩及整流工去掉，不代入模式運算，由於坡度較陡，會流口下游各斷面之流速將會超過水土保持技術規範第 85 條混凝土護岸之最大容許流速 6.10m/s，可能會導致縱橫向沖刷之問題，若以 50 頻率年含滓流流量代入，會流口下游各斷面，其流速仍大於 6.10m/s 甚多。

(2) 整治後排洪斷面檢算：

若將土石流流量代入南清水溪整治後之地形資料進行驗算，假設梳子壩能發揮其效能，即是南清水溪梳子壩斷面 2k+050 上游以土石流流量檢算，梳子壩下游斷面以含滓流檢算，由分析結果得知，南清水溪渠道中設置梳子壩及丁壩等整流工，可將流速超過最大容許流速 6.10m/s 之斷面數目大量減少，可減少縱橫向沖刷與護岸基腳淘空之功效，惟在梳子壩下游里程 1k+900 處之流速反而因壩工之興建而導致流速更快，依上述河道沖淤分析之結果及過去幾場颱風豪雨事件之經驗，亦發現梳子壩下游之淘刷現象嚴重，故建議在梳子壩下游適當位址興建固床工或連續性潛壩，而目前現地亦正在進行橫向構造物之工程。

五、結果與討論

經由現地踏勘、縱橫斷面沖淤及水理分析結果得知，在構造物施作完成至今，因為部分地區有局部之淘刷及淤積現象及有部分區域流速仍然過快，使得集水區內現有之防災工程構造物部分已有磨損或毀壞情形發生，目前針對研究區域內部分毀損之防災工程構造物及各項分析結果做一初步整理。

根據現地構造物調查結果，在主流部分，無論是整流及護岸工程構造物，或者是橫向構造物梳子壩等，均無明顯之損壞情形，僅在主流 1 號梳子壩下方有局部沖刷坑產生，且水理演算結果亦顯示此處流速超過最大可容許流速 6.10m/s，由於壩體下游有連續性壩群正在施作中，若未來此連續壩群施作完成後仍有沖刷情形產生，建議應於梳子壩下游增設消能設施，以避免壩體損壞情形之發生。

支流北溪部分，里程 N-0k+400 500 右岸漿砌石護岸多處毀壞，里程 N-1k+110~160 右岸蛇籠毀壞，前者右側護岸主要為漿砌石構造物，由於此處河床流心偏右，加上位於支流匯入之頂衝區，故溪流之淘刷力強大，初步研判為護岸毀損之原因所在，建議加深此處護岸之基礎，並於坡腳拋填巨石。至於里程 N-1k+110~160 右岸蛇籠，河心明顯偏右，使得水流之淘刷能力局部集中於右岸，初步研判為導致蛇籠毀損之原因，由於此處蛇籠之功用在於穩定北溪右岸崩塌地之坡腳，建議待其坡面穩定後，加強此處之崩塌地治理工作，亦應注意位於此崩塌地下游之北溪 2 號梳子壩，若淤滿應進行清淤，以保持其抵擋大粒徑巨礫之能力。支流北溪 1、2 號梳子壩，壩體本身皆無明顯之損壞情形，但壩體上游所設置之壩柱緩衝物(輪胎)已多處毀損，顯見該地水流及巨礫之撞擊力強，建議修復之，以免下次颱風豪雨來臨時，土石直接撞擊壩柱，造成壩柱混凝土結構之損壞。

支流南溪 1 號防砂壩下游護岸結構完整，但上游里程 S-0k+260 右岸漿砌石護岸局部毀壞、里程 S-0k+330~420 右岸漿砌石護岸毀壞及里程 S-0k+485~500 左岸乾砌石護岸局部毀壞。由於南溪里程 S-0k+480 處有一因岩盤出露而形成之天然隘口，河寬由 40m 突縮至 10m 左右，導致流速甚大，溪水沖刷力甚強，由於南溪右岸無重要保全對象，無需新建強度過高之構造物，建議加深此處護岸之基礎，並拋填巨石保護坡腳，或於適當地點新建斜坡式混凝土鋪石固床工，惟高差仍不宜過大，以免破壞溪流生態。支流南溪 1 號梳子壩，壩體本身無明顯之損壞情形，但壩體上游所設置之壩柱緩衝物(輪胎)已多處毀損，顯見該地水流及巨礫之撞擊力強，建議修復之，以免下次颱風豪雨來臨時，土石直接撞擊壩柱，造成壩柱混凝土結構之損壞。另外，壩柱後方有局部堆積情形發生，有關單位宜多加注意，視需要進行清淤。

六、結論

根據現地測量成果所得之縱、橫斷面資料代入 HEC-RAS 進行水理演算，將整治河段水理分析、河道沖淤分析結果用以檢討各工程構造物之配置情形，目前大興南清水溪經初步調查檢討結果，整治工程皆能初步達到其原先設定之目標，惟仍有部分縱橫向沖刷之問題，在第二期工程時，應針對這些問題加以補強，除外，在進行這些工程時，仍應加入生態工法之精神，故以下則針對各區段之構造物提出改善意見，並針對未來在施作防災整治工程時提出規劃設計原則以供參考。

1、主流部分：

- a. 縱橫向工程構造物，均無明顯之損壞情形
- b. 僅於 1 號梳子壩下方有沖刷坑產生，經水理演算後流速超過最大可容許流速 6.10m/s，建議應增設消能設施

2、支流北溪部分：

- a. N-0k+400 500 位於支流匯入之頂衝區，淘刷力強大，造成右岸漿砌石護岸多處毀壞，建議加深此處護岸之基礎，並於坡腳拋填巨石。
- b. N-1k+110~160 右岸蛇籠毀壞，其功用為穩定崩塌地之坡腳，建議待坡面穩定後，加強此處之崩塌地治理工作。
- c. 支流北溪 1、2 號梳子壩，若淤滿應進行清淤，而壩體上游所設置之壩柱緩衝物(輪胎)已損毀，建議修復，避免土石直接撞擊壩柱，造成混凝土結構之損壞。

3、支流南溪部分：

- a. S-0k+260、S-0k+330~420 右岸漿砌石護岸毀壞，S-0k+485~500 左岸乾砌石護岸局部毀壞，由於 S-0k+480 河道突縮，造成流速增大，沖刷力增強，故造成破壞，建議加深護岸基礎，並拋填巨石保護坡腳，或於適當地點新建斜坡式混凝土鋪石固床工。
- b. 支流南溪 1 號梳子壩，若淤滿應進行清淤，而壩體上游所設置之壩柱緩衝物(輪胎)已損毀，建議修復，避免土石直接撞擊壩柱，造成混凝土結構之損壞。

4、防災整治工程設計應以能有效降低災害之設計工法為最高設計原則，盡量符合生態工法之精神「壩高低矮化、表面粗糙化、坡度緩平化、界面透水化和材質自然化」。

- a. 工程構造物盡量符合五化精神。

- b. 河岸週邊宜大量種植草本和木本植物，以能遮蔭者為佳，主要在降低河溪水流溫度，有利水域生態發展。
- c. 河底避免以混凝土封底或刮掉底泥，以免徹底毀壞水域生態之覓食和棲息區域

參考文獻

1. 中華水土保持學會(2000)，「水土保持法相關法規、水土保持技術規範」，pp.151~153。
2. 台北市政府建設局、中華水土保持學會(1995)，「台北市水土保持手冊—工程篇」。
3. 行政院農業委員會水土保持局(2002)，「土石流災害境況模擬、災害規模及災損之推估範例」。
4. 行政院農業委員會水土保持局第六工程所(2002)，「大興社區土石防治整體治理規劃工程」。
5. 吳輝龍(2004)，「台灣治山防災推動與展望」，2004 台日治山防災與環境生態研討會，p.8。
6. 花蓮縣政府全球資訊服務網，
7. 段錦浩(2003)，「水土保持處理與自然生態工法之應用」，九十二年度原住民水土保持種子人才培訓研習論文集，pp.7-4~7-6。
8. 孫明德(2003)，「治山防災與棲地改善技術研發」，水土保持科技與研發展望研討會論文集，pp.八-1~八-15。
9. 陳紫娥(1999)，「花蓮縣鳳林鎮鳳義坑土石流災害之研究」，第二屆土石流研討會論文集，pp.43~54。
10. 黃宏斌、趙國昭(2001)，「花蓮大興社區桃芝風災整建工程研究」，中華水土保持學報，32(4):297~302。
11. 經濟部水資源局(2000)，「生態工法」講習班講義，pp.44~141。
12. 農委會水土保持局—整合性網際網路地理資訊系統，<http://gis.swcb.gov.tw/>