

093-301020 21

書背

9  
3  
2  
1

高山溪河道變化及物理棲地調查研究(二)

研究主持人：葉昭憲

雪霸國家公園管理處

# 高山溪河道變化及物理棲地調查研究 (二)

內政部營建署雪霸國家公園管理處  
委託研究報告

093-301020500G-021

## 雪霸國家公園管理處九十三年補助研究生計畫

### 高山溪河道變化及物理棲地調查研究（二）

委託單位：內政部營建署雪霸國家公園管理處

執行單位：私立逢甲大學

計畫主持人：葉昭憲（私立逢甲大學水利工程系副教授）

研究人員：梁惟喬（私立逢甲大學水利工程系碩士班研究生）

中 華 民 國 九 十 三 年 十 二 月

## 目 錄

目錄	4
表目錄	
圖目錄	
相片目錄	
第 一 章 緒 論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 計畫範圍與執行期間	1
第 三 節 計 畫 流 程 及 方 法	1
第 二 章 高 山 溪 河 道 變 化 調 查	3
第一節 四號壩上游河川	3
第二節 三號壩上游河川	6
第三節 二號壩上游河道	11
第四節 一號壩上游河道	16
第五節 一號壩下游河道	21
第 三 章 七 家 灣 溪 二 號 壩 附 近 河 道 斷 面 調 查	6
第一節 七家灣溪二號壩以上河道變化	26
第二節 七家灣溪二號壩以下河道變化	29
第 四 章 物 理 棲 地 分 析	6
第一節 流況及底質特性分佈	36
第二節 棲地環境類型分析	41
第 五 章 七 家 灣 溪 二 號 壩 壩 體 改 善 試 驗	6

第一節	研究區域及試驗流程	46
第二節	研究目的及方法	47
第三節	渠槽試驗	47
第四節	試驗分析與討論	52
第五節	結果	55
第 六 章	艾 利 風 災 之 現 場 勘 查	
5		6
第一節	七家灣溪河道變化	56
第二節	道路邊坡及復育場之影響	
6		0
第三節	遊客中心對面護岸及七家灣溪一號壩之影響	61
第 七 章	結 論	
6		2
第一節	高山溪河道變化	62
第二節	七家灣溪二號壩附近河道調查	62
第三節	七家灣溪及高山溪之河道棲地底質調查	62
第四節	七家灣溪二號壩壩體改善試驗	63
第五節	艾利風災後之現勘	63
附	錄	
6		4

## 表 目 錄

表 2-1	四號壩上游床面平均坡度表	4
表 2-2	三號壩上游床面平均坡降表	7
表 2-3	二號壩上游床面平均坡降表	11
表 2-4	一號壩上游床面平均坡降表	16
表 2-5	一號壩下游床面平均坡降表	21
表 3-1	二號壩副壩上下游床面平均坡降表	27
表 3-2	二號壩副壩上下游床面平均坡降表	30
表 4-1	棲地底質分類表	36
表 4-2	2004 年 3 月高山溪各河段之底質分佈比例	36
表 4-3	2004 年 7 月高山溪各河段之底質分佈比例	37
表 4-4	2004 年 11 月高山溪各河段之底質分佈比例	37
表 4-5	2004 年 3 月七家灣溪各河段之底質分佈比例	39
表 4-6	2004 年 7 月七家灣溪各河段之底質分佈比例	39
表 4-7	2004 年 11 月七家灣溪各河段之底質分佈比例	39
表 4-8	棲地環境類型分析	40

093-301020500G-021

表 4-9	高山溪溪棲地環境類型分析(2004/03)	40
表 4-10	高山溪溪棲地環境類型分析(2004/07)	41
表 4-11	高山溪溪棲地環境類型分析(2004/011)	41
表 4-12	七家灣溪棲地環境類型分析(2004/03)	43
表 4-13	七家灣溪棲地環境類型分析(2004/07)	43
表 4-14	七家灣溪棲地環境類型分析(2004/011)	43
表 5-1	模型相關縮尺	46
表 5-2	試驗之控制因子	48
表 5-3	各試體之物理特性	49
表 5-4	實際沖刷槽距離	53
表 5-5	壩上游淤沙高程實際改變量	53
表 5-6	坡度比較	53
表 5-7	總泥砂量	54
表 5-6	結論彙整	54

## 圖目錄

圖 1-1	本次研究之基本流程圖	2
圖 2-1	四號壩上游斷面高程剖面圖	4
圖 2-2	高山溪斷面 4-10 剖面高程	4
圖 2-3	高山溪斷面 4-4 剖面高程	5
圖 2-4	高山溪斷面 4-1 剖面高程	5
圖 2-5	三號壩上游斷面高程剖面圖	7
圖 2-6	高山溪斷面 3-22 剖面高程	7
圖 2-7	高山溪斷面 3-13 剖面高程	8
圖 2-8	高山溪斷面 3-7 剖面高程	8
圖 2-9	高山溪斷面 3-1 剖面高程	8
圖 2-10	四號壩上至三號壩現況及測量斷面示意圖	10
圖 2-11	二號壩上游斷面高程剖面圖	11
圖 2-12	高山溪斷面 2-26 剖面高程	12

093-301020500G-021

圖 2-13	高山溪斷面 2-17 剖面高程	12
圖 2-14	高山溪斷面 2-11 剖面高程	12
圖 2-15	高山溪斷面 2-1 剖面高程	13
圖 2-16	三號壩上至二號壩現況及測量斷面示意圖	15
圖 2-17	一號壩上游斷面高程剖面圖	16
圖 2-18	高山溪斷面 1-19 剖面高程	17
圖 2-19	高山溪斷面 1-15 剖面高程	17
圖 2-20	高山溪斷面 1-8 剖面高程	17
圖 2-21	高山溪斷面 1-1 剖面高程	18
圖 2-22	二號壩上至一號壩現況及測量斷面示意圖	20
圖 2-23	一號壩下游至會流口斷面高程剖面圖	21
圖 2-24	高山溪斷面 0-1 剖面高程	22
圖 2-25	高山溪斷面 0-5 剖面高程	22
圖 2-26	高山溪斷面 0-9 剖面高程	22
圖 2-27	高山溪斷面 0-16 剖面高程	23
圖 2-28	一號壩上至匯流口現況及測量斷面示意圖	25
圖 3-1	七家灣溪二號壩上游斷面高程剖面圖	27
圖 3-2	七家灣斷面 3-12 剖面高程	27
圖 3-3	七家灣斷面 3-8 剖面高程	28
圖 3-4	七家灣斷面 3-4 剖面高程	28
圖 3-5	七家灣斷面 3-1 剖面高程	28
圖 3-6	七家灣溪二號壩上下游斷面高程剖面圖	30
圖 3-7	七家灣斷面 2-14 剖面高程	31
圖 3-8	七家灣斷面 2-6 剖面高程	31
圖 3-9	七家灣斷面 2-1 剖面高程	31
圖 3-10	七家灣斷面 1-A 剖面高程	32
圖 3-11	七家灣斷面 1-D 剖面高程	32
圖 3-12	七家灣斷面 1-J 剖面高程	32



圖 3-13	七家灣溪河道斷面示意圖	35
圖 4-1	底質分布率-時間圖(高山溪四號壩以上)	37
圖 4-2	底質分布率-時間圖(高山溪三號壩以上)	37
圖 4-3	底質分布率-時間圖(高山溪二號壩以上)	38
圖 4-4	底質分布率-時間圖(高山溪一號壩以上)	38
圖 4-5	底質分布率-時間圖(高山溪與七家灣溪匯流口以上)	38
圖 4-6	底質分布率-時間圖(七家灣溪二號壩以上)	39
圖 4-7	底質分布率-時間圖(七家灣溪二號壩以上)	40
圖 4-8	棲地變化率-時間圖(高山溪四號壩以上)	41
圖 4-9	棲地變化率-時間圖(高山溪三號壩以上)	42
圖 4-10	棲地變化率-時間圖(高山溪二號壩以上)	42
圖 4-11	棲地變化率-時間圖(高山溪一號壩以上)	42
圖 4-12	棲地變化率-時間圖(高山溪與七家灣溪匯流口以上)	43
圖 4-13	棲地變化率-時間圖(七家灣溪二號壩以上)	44
圖 4-14	棲地變化率-時間圖(七家灣溪二號壩以下)	44
圖 5-1	壩體改善試驗流程圖	45
圖 5-2	渠槽配置圖	47
圖 5-3	七家灣溪之試驗範圍	48
圖 5-4	壩體開口示意圖	49
圖 5-5	粒徑累積分佈曲線	49
圖 5-6	等高線圖(拆壩前)	52
圖 5-7	等高線圖(拆壩後)	52
圖 5-8	立體等高線圖(壩體改善後)	52
圖 5-9	立體等高線圖(壩體改善後)	52
圖 6-1	河道現況示意圖	55

### 照片目錄

照片 2-1	斷面 4-10 明顯擴床	5
照片 2-2	斷面 4-1 上游面河道	5
照片 2-3	斷面 4-4 窄深渠道	6
照片 2-4	斷面 4-2 蛇籠已沖毀	6
照片 2-5	四號壩上左岸坡面破壞	6
照片 2-6	四號壩深潭及其沖刷坑	6
照片 2-7	四號壩現況(2004-11)	6

093-301020500G-021

照片 2-8	四號壩(2003-11)	6
照片 2-9	斷面 3-21 向下游面	9
照片 2-10	斷面 3-21 向上游面	9
照片 2-11	斷面 3-19 邊坡土體狀況	9
照片 2-12	斷面 3-16 崩塌(約 5 公尺)	9
照片 2-13	斷面 3-10 倒木進入河道	9
照片 2-14	斷面 3-5 (向下游面)	9
照片 2-15	斷面 3-4 邊坡土體狀況	9
照片 2-16	三號壩現況	9
照片 2-17	斷面 2-25 (向上游面)	13
照片 2-18	斷面 2-23 邊坡狀況	13
照片 2-19	斷面 2-22 邊坡狀況	13
照片 2-20	斷面 2-22(向下游面)	13
照片 2-21	斷面 2-10(向下游面)	14
照片 2-22	斷面 2-8(向下游面)	14
照片 2-23	斷面 2-7 土砂及倒木堆積	14
照片 2-24	斷面 2-1 三號壩現況	14
照片 2-25	斷面 2- 19(向上游面)	18
照片 2-26	斷面 2-15(向上游面)	18
照片 2-27	斷面 2-12 邊坡土體崩落	18
照片 2-28	斷面 2-9 階梯狀河床	18
照片 2-29	斷面 2-4(向下游面)	19
照片 2-30	斷面 2-4(向上游面)	19
照片 2-31	斷面 2-3 蛇籠破壞	19
照片 2-32	一號壩現況	19
照片 2-33	斷面 0-2(向上游面)	23
照片 2-34	斷面 0-2(向下游面)	23
照片 2-35	斷面 0-3(向下游面)	23

093-301020500G-021

照片 2-36	斷面 0-7(向上游面)	23
照片 2-37	億年橋下直線段	24
照片 2-38	斷面 0-16(向上游面)	24
照片 2-39	會流口(2003-11)	24
照片 2-40	會流口現況	24
照片 3-1	斷面 3-12 明顯擴床(面向上游)	29
照片 3-2	斷面 3-12 明顯擴床(面向下游)	29
照片 3-3	斷面 3-8 明顯擴床(面向上游)	29
照片 3-4	斷面 3-7 階梯狀河床	29
照片 3-5	斷面 3-1 舊二號壩	29
照片 3-6	斷面 3-2 二號壩上游	29
照片 3-7	二號壩現況(2004-11)	33
照片 3-8	二號壩現況(2004-11)	33
照片 3-9	二號壩壩基漏水現象(2004-11)	33
照片 3-10	二號壩(2003-11)	33
照片 3-11	斷面 2-6 之深潭	33
照片 3-12	二號副壩現況(2004-11)	33
照片 3-13	二號副壩現況(2004-11)	33
照片 3-14	二號副壩現況(2004-11)	33
照片 3-15	二號副壩(2003-11)	34
照片 3-16	二號副壩(2002-05)	34
照片 3-17	斷面 0-A 右岸淤積	34
照片 3-18	斷面 0-J 復育場旁流心線變動	34
照片 5-1	定水頭水箱	47
照片 5-2	抽水馬達	47
照片 5-3	流量控制閘門	47
照片 5-4	水工試驗室渠槽	47
照片 5-5	超音波水位計	47

093-301020500G-021

照片 5-6	超音波水位計	47
照片 5-7	渠道之放樣	48
照片 5-8	蜂巢式整流器	48
照片 5-9	試驗河道	48
照片 5-10	鋪設壩型體模型	50
照片 5-11	鋪設壩體模型	50
照片 5-12	夯實之土層	51
照片 5-13	量測高程	51
照片 5-14	供給少許清水流	51
照片 5-15	拆除壩體	51
照片 5-16	渠道沖刷中	51
照片 5-17	渠道沖刷後	51
照片 6-1	七家灣溪崩坍(9/19 現勘)	56
照片 6-2	崩塌下灘地(9/19 現勘)	56
照片 6-3	七家灣溪崩坍(9/19 現勘)	56
照片 6-4	七家灣溪崩坍(9/19 現勘)	56
照片 6-5	二號壩上游直線段(今年二月)	56
照片 6-6	二號壩上游直線段(今年五月)	56
照片 6-7	二號壩上游直線段(颱風過後)	56
照片 6-8	二號壩(今年五月)	57
照片 6-9	二號壩(颱風過後 9/19)	57
照片 6-10	二號壩壩址現況(颱風過後)	57
照片 6-11	二號壩壩址現況(颱風過後)	57
照片 6-12	二號壩壩址(今年五月)	57
照片 6-13	二號壩壩址(今年九月)	57
照片 6-14	二號壩壩址(今年五月)	58
照片 6-15	二號壩壩址(今年九月)	58
照片 6-16	舊復育場(今年五月)	58

照片 6-17	舊復育場(今年九月)	58
照片 6-18	觀魚台(今年九月)	58
照片 6-19	觀魚台(今年九月)	58
照片 6-20	觀魚台(今年九月)	59
照片 6-21	觀魚台(今年九月)	59
照片 6-22	遊客中心對面河岸淘刷	60
照片 6-23	遊客中心路面龜裂	60
照片 6-24	七家灣溪一號壩現況	60
照片 6-25	七家灣溪一號壩邊坡沖刷	60

## 摘 要

關鍵字：櫻花? 吻鮭、七家灣溪、高山溪、防砂壩改善、河道演變、棲地組成、模型試驗、颱風災害

本年度研究計畫，分別於三、七月及十一月進行現場調查。在此期間，恰逢七二水災及艾利颱風之兩大水文事件，導致七家灣溪及高山溪皆出現明顯河床變動。此外，本研究亦在九月份，進行風災後七家灣溪道路河岸邊坡安全調查。

1. 在高山溪河道的調查中顯示，七二水災及艾利風災對高山溪河道產生明顯的流心線變化及擴床現象，並對多處箱籠產生破壞，尤以四號壩及一號壩上游區域最為嚴重。另外，艾利風災後，四號壩下深潭明顯加深，並於原壩口產生明顯之高差跌水。
2. 在七二水災後，七家灣溪研究區域中，並未有如高山溪之大規模變動。而較明顯的變化是二號副壩下游深潭有加深趨勢。而反觀艾利風災後之河道情況，二號副壩已遭完全沖毀，更進一步導致二壩間河床明顯下降，最後促使二號壩壩基裸露 3 公尺，並於壩基缺口產生漏水現象。洪水並在二號壩上游直線段產生約莫四倍之擴床現象。
3. 在底質及棲地部份，皆受到兩大水文事件之影響，河道產生極大的擾動，導致底質及棲地呈現單調化的趨勢。不過就豐富度而言兩者皆以七家灣溪

為佳。

4. 在七家灣溪二號壩體改善試驗部份，由於現況改變導致試驗條件不同，因此試驗結果將無法直接採用，但仍可提供壩體改善之參考。在本試驗中，就溯源沖刷、坡度比、蜿蜒度及相對輸砂率四種因素的考量下，建議以拆除七家灣溪二號壩壩體右側為最優先考量。
5. 本研究期間恰逢艾利風災之暴雨，導致七家灣溪二號壩之壩基裸露及二號副壩之沖毀。並在觀魚台及七家灣溪一號壩旁之道路坡腳掏空災害。此外，遊客中心前之河岸崩坍，可能會導致路基流失之危險。

## ABSTRACT

In this year, three filed investigations of channel morphologic survey and habitat composition were applied to Gau-Shan Creek and Chi-Chia-Wan Creek at March, July, and November. With extreme hydrologic events, July-2nd Flood and Typhoon AREA in 2004, the channels of Gau-Shan Creek and Chi-Chia-Wan Creek became unstable right after these events based on the results of channel cross-section survey. Additionally, a safety check on the channel banks and structures of Chi-Chia-Wan Creek was processed in September. Major findings of this project are concluded as follows.

1. For Gau-Shan Creek, watercourses had great variations both in river thalweg and channel width. Some Gabions used to protect channel banks at Dam No.1 and No.2 were damaged during the extreme events. After Typhoon AREA, the downstream scouring pool of Dam No.4 is deeper than before and it makes an obvious elevation gap of about 40 centimeter between dam remains and scouring pool.
2. After July-2nd Flood, Chi-Chia-Wan Creek did not have obvious change. However, the supplementary dam of Chi-Chia-Wan Creek Dam No.2 was destroyed during Typhoon AREA. Without this sediment control structure, the elevation gap between the upstream and downstream channel beds of Dam No. 2 extends to 7 meters from its original 4 meters. Besides, the events also caused the channel width widened four times at one upstream section of

Chi-Chia-Wan Creek Dam No.2.

3. The channel habitat and substrate formation in both creeks had been great disturbed and become homogeneous by the events. However, the abundance of the habitat type and substrate formation are better in Chi-Chia-Wan Creek than those in Gau-Shan Creek.
4. Indoor model experiments for the removal of Chi-Chia-Wan Creek Dam No. 2 were completed and concluded that partial removal of right dam body is the better alternative based on the considerations of head-cut distance, changing rate of channel slope, changing rate of meander and transport rate of sediment. With dramatic change in field condition after the events, the experimental result is no longer reliable.

Keywords: *Oncorhynchus masou Formosan*, Gau-Shan Creek, Chi-Chia-Wan Creek, Dam partial-removal, Channel transformation, Physical channel habitat composition, Model experiment, Typhoon and Flood.

## 第一章 緒 論

### 第一節 研究緣起與背景

為防止泥砂進入水庫而設置的防砂壩，儘管在水資源的利用操作上，具有莫大成效；但橫向的結構物，卻對原本的溪流生態產生了極大的影響，由於阻斷河川廊道的連續性，而生物遷徙活動上產生問題。而最令人注意的，莫過於雪霸國家公園內的臺灣櫻花鉤吻鮭(臺灣地區特有亞種的陸封型鮭魚)。然而，近數十年來櫻花鉤吻鮭的棲息環境生存條件(低水溫、高溶氧、水量充沛、覆蓋充分、無脊椎動物數量豐富、無污染與底質適於產卵、孵化及復育等)受人為因素的影響而有所改變。其中，更以防砂壩所造成的環境變化與族群阻隔最為明顯。

有鑑於此，計劃主持人自八十六年七月開始便針對防砂壩改善工程進行系列研究，在室內水工模型試驗結果輔助現場改善工程之操作方式下，在過去數年內分別對高山溪四座防砂壩之壩體改善方式提出建議。為瞭解防砂壩改善工程完成後，高山溪河道縱橫斷面之演變以及其物理棲地之組成與空間分佈狀況。本計畫除持續對高山溪河道斷面進行三次現場河道量測外，並對 91 年中破壞之七家灣溪二號壩副壩及二號壩附近河道進行追蹤測量，以便日後進行防砂壩壩體自然破壞及改善工程後之



河道變遷特性比較。此外，本研究另利用室內水工模型試驗對七家灣溪二號壩改善工程提出建議，儘管本模型試驗受風災而導致試驗條件與九十三年底之現況不同，其試驗結果雖無法直接採用，但仍可提供有關壩體改善策略之參考。

## 第二節 計畫範圍與執行期間

本年度計畫之研究範圍為高山溪四座防砂壩之觀測河段及七家灣溪二號壩與副壩附近河道，所進行之持續性追蹤調查項目為河道之縱、橫斷面測量及物理棲地調查。本計劃將以十一個月的時間進行各項研究項目，故計劃之執行期間為民國九十三年一月一日至民國九十三年十二月三十一日止。

## 第三節 計畫流程及方法

本計畫之研究流程依序為確定研究目標與範圍、相關研究回顧、現場河道變化觀測、調查資料分析與比較等項目，並檢附流程圖如下。計畫執行之步驟如下：

- 1.根據過去之研究結果及本年度之研究內容，於計畫開始實施的第一個月內對計畫實施方式之相關細節進行討論，以確認調查結果符合本年度計劃目標。
- 2.收集國內外有關壩體改善後河道及生態演變之相關研究，以便瞭解壩體改善對河道棲地種類、特性、影響因素相互關係及對生物之生態影響。
- 3.針對過去的模型試驗結果，將預計於九十三年三月、七月及十一月分別進行三次河道斷面測量，以便對現場之改善工程進行監測，作為而後相關研究之參考。此外，對於七家灣溪二號壩與副壩間河道亦進行調查，以瞭解副壩破壞後之河道演變情況。
- 4.對高山溪之河道進行物理棲地調查，並分析壩體改善實施前後物理棲地及底質組成與空間分佈狀況之演變狀況，以便對結合相關文獻及現場調查提出高山溪河道棲地改善之可能對象與方式，作為後續研究之實施目標與方向。
- 5.探討七家灣溪二號壩壩體改善工程對上下游河道棲地之影響，並利用水工模型試驗討論其施行方式，以期提供有關壩體改善策略之參考。
- 6.艾利風災後，對研究區域的河岸邊坡進行安全性的評估及考量，並對壩體結構進行評估考量，以期穩定受洪水擾動之河道環境。

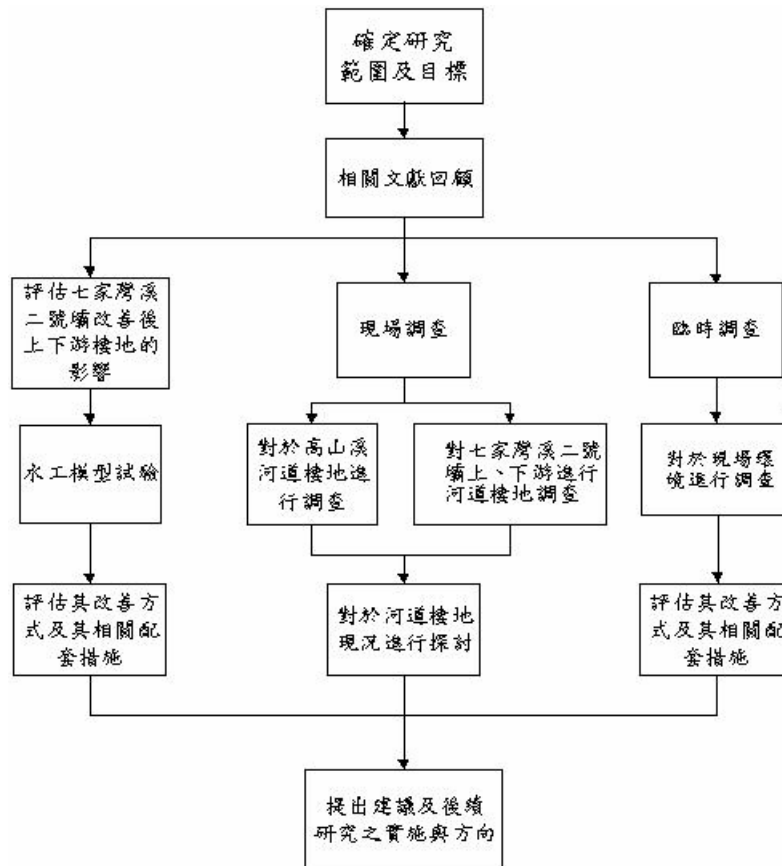


圖 1-1 本計畫之研究流程圖

## 第二章 高山溪河道變化調查

高山溪四座防砂壩陸續在兩年半期間內(88年4月至90年9月)進行壩體改善後，高山溪河道一直處於變動的狀態，泥砂也隨著暴雨的來臨，漸漸被攜出而帶往更下游處沉積。對於河床的演變，不論塑造的是淺灘或深潭，泥砂的變動是主要控制關鍵，因此對於河道幾何演變是本計畫追蹤調查的必要工作之一。

今年度本計畫對高山溪河道作了三次的斷面調查，分別為3月30日、4月1日、7月19-22日及11月13-16日。調查發現今年度河道有明顯之改變，原因來自於今年較大水文事件，導致各河段的有明顯的沖刷及部份的淤積。儘管有大流量的擾動，但仍在部份河段出現階梯狀河床，為一河川穩定

的實例與佐證。因此本研究認為，河道仍處於穩定發展的狀況。而在坡度方面則呈現起伏的狀態，河段坡度較去年呈現下降的趨勢。

接續前幾年之調查，針對壩體改善前後各斷面之高程及縱剖面深槽線的變化，透過圖表說明並推算各區段泥砂的輸出量，以作為床砂輸移之監控。

### 第一節 四號壩上游河道

在今年度的調查(三月、七月及十一月中)，並配合過去的調查資料，繪製出如圖 2-1 2-4 等剖面高程圖。由圖中發現四號壩上游的河道產生明顯的冲刷現象，從起始的斷面 4-10 開始，由於左岸為堆積土體而右岸為岩盤的狀況下，左岸河道呈現明顯之侵蝕，處處可見明顯而裸露之岩盤(照片 2-1 2-3 及圖 2-2)。此外在上游之中段附近，有兩處的小崩坍，不過對於河道之影響不大。另外，在壩口附近，原本在 2000 年設置之壩體上游蛇籠護岸，在七月份調查時已遭沖毀，而在十一月份之調查中，河道左岸之蛇籠已不見其蹤影(照片 2-4)。根據測量結果，此河段於今年調查期間估計其土砂輸出量約為 727 立方公尺。

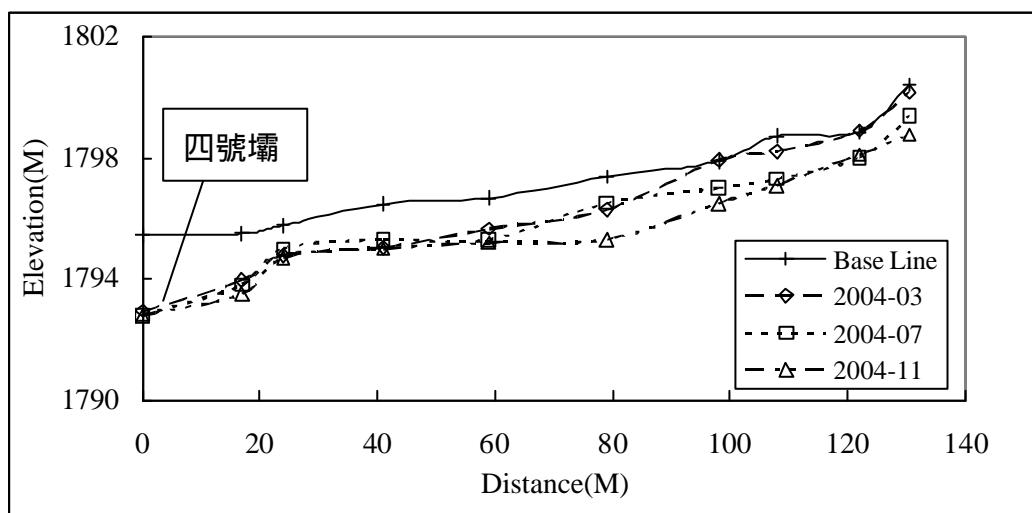


圖 2-1 四號壩上游斷面高程剖面圖

表 2-1 四號壩上游床面平均坡降表

測量日期	改善前	2003/11	2004/03	2004/07	2004/11
平均坡降	0.0611	0.0631	0.0652	0.0452	0.0513

而變動較大的區域，在四號壩壩口下游位置，原本所設置於左岸的蛇籠已沖毀消失，並導致邊坡土體的滑落，進而導致土體及林木倒入原本壩前深潭處，不過深潭並未因此而消失，反而因為漂流木的擾動，導致沖刷坑的加大，約有 4 公尺深，在壩口產生明顯之高程落差，約 60 公分(照片 2-6)。

今年多豪雨，水量豐沛，並使河道產生改道變動。但因為距離壩體改善時間較長，基本上多半河道仍處於穩定發展的趨勢。而深潭的高程落差是否會對迴游生物或魚類造成影響，仍需要相關專家的協助評估。

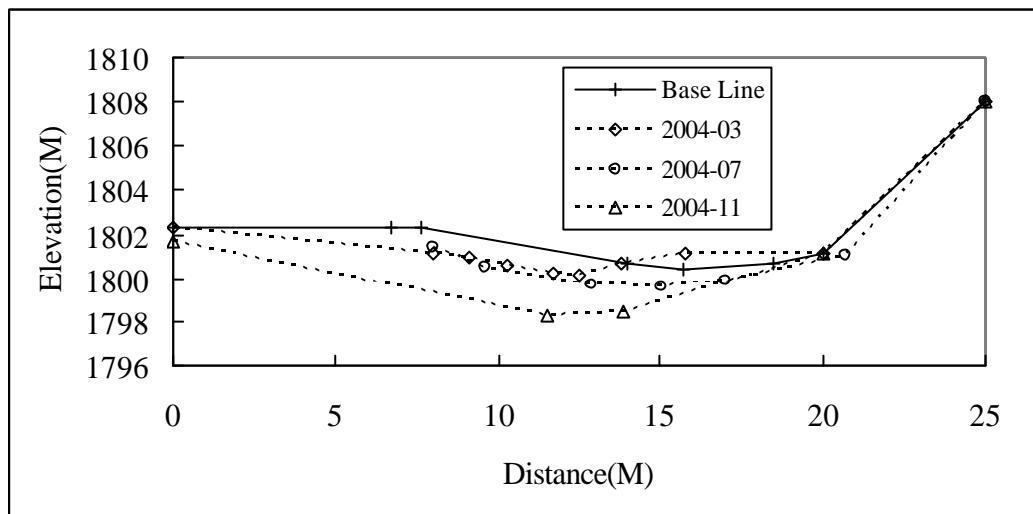


圖 2-2 高山溪斷面 4-10 剖面高程

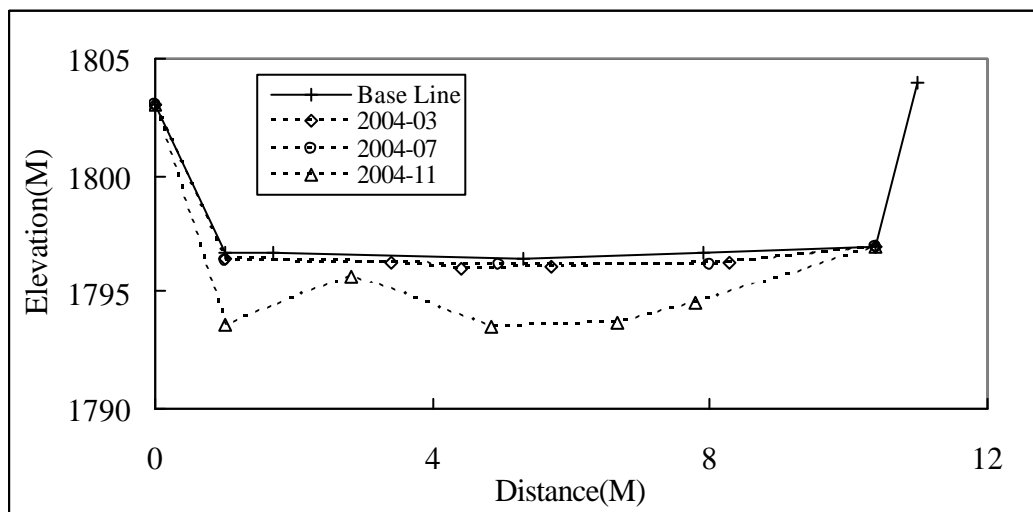


圖 2-3 高山溪斷面 4-4 剖面高程

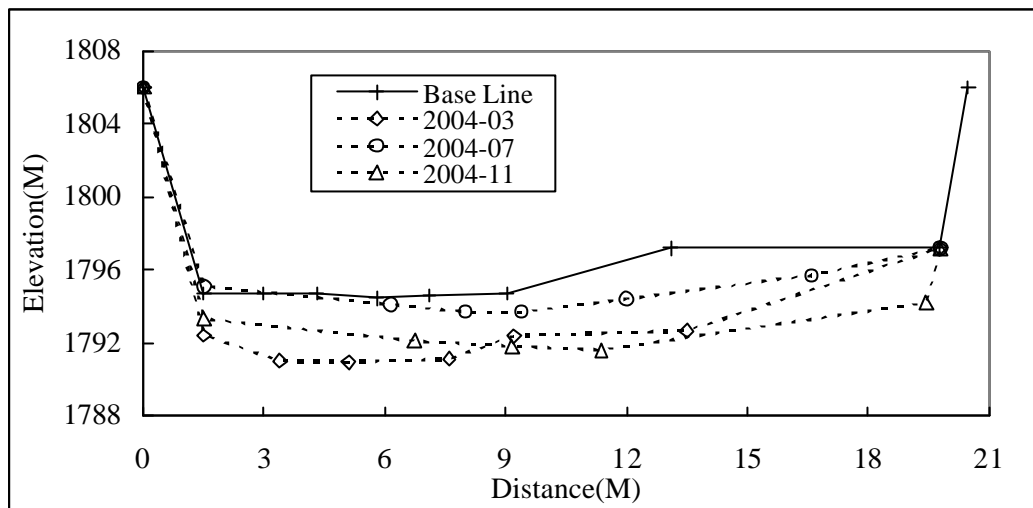


圖 2-4 高山溪斷面 4-1 剖面高程







照片 2-5 四號壩上左岸坡面破壞



照片 2-6 四號壩深潭及其冲刷坑



照片 2-7 四號壩現況(2004-11)



照片 2-8 四號壩(2003-11)

## 第二節 三號壩上游河道

三號壩到四號壩之間河道，與四號壩上游深窄河槽的型態大不相同，由於該河道的河幅較廣。因此，當洪水事件發生時，平坦且多泥砂的河床，往往會誘發擴床及流心線變動之現象。故可從河道兩側的土砂中，明顯看出滿岸流量對河岸的侵蝕作用。受到岩壁地形造成河道向下冲刷嚴重，坡陡水急(照片 2-14)。直線段區域水流多有改道現象，並導致凹岸之土砂堆積。此外，在十一月的調查中亦發現，在此河段中有許多的崩塌，導致土砂及林木進入水流之中，因而對水流條件產生影響(照片 2-12 及照片 2-13)。而此河段之漂流木數量，僅次於二、三號壩之間河道。而在，坡度變化方面，坡度呈現大幅度的變動，甚至在七月份的調查中，出現 9.42% 的大坡度，不過隨即在十一月的調查中河道平均坡度 7.46%，與上次調查已有減少，且低於去年之平均值。

而在三號壩口的深潭有消失的現象(照片 2-16)。最後，根據測量結果估計其土砂輸出量約為 3,560 立方公尺。此河段為泥砂輸出量最多的一個河段。

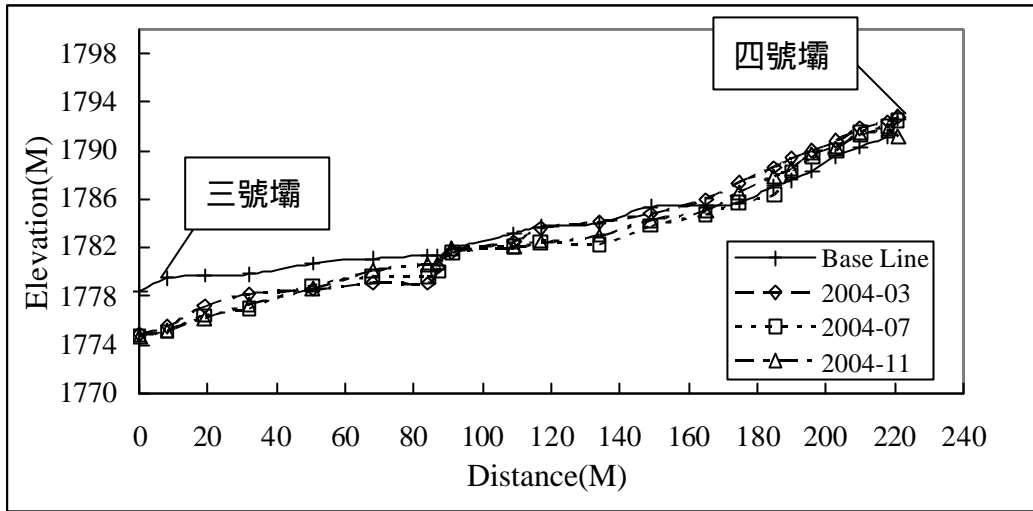


圖 2-5 三號壩上游斷面高程剖面圖

表 2-2 三號壩上游床面平均坡降表

測量日期	改善前	2003/11	2004/03	2004/07	2004/11
平均坡降	0.0644	0.0851	0.0811	0.0942	0.0746

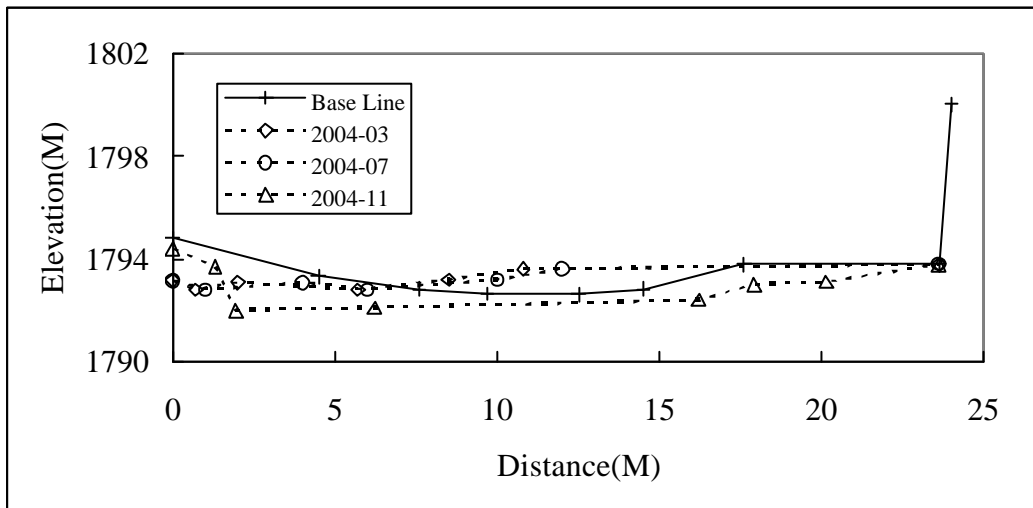


圖 2-6 高山溪斷面 3-22 剖面高程

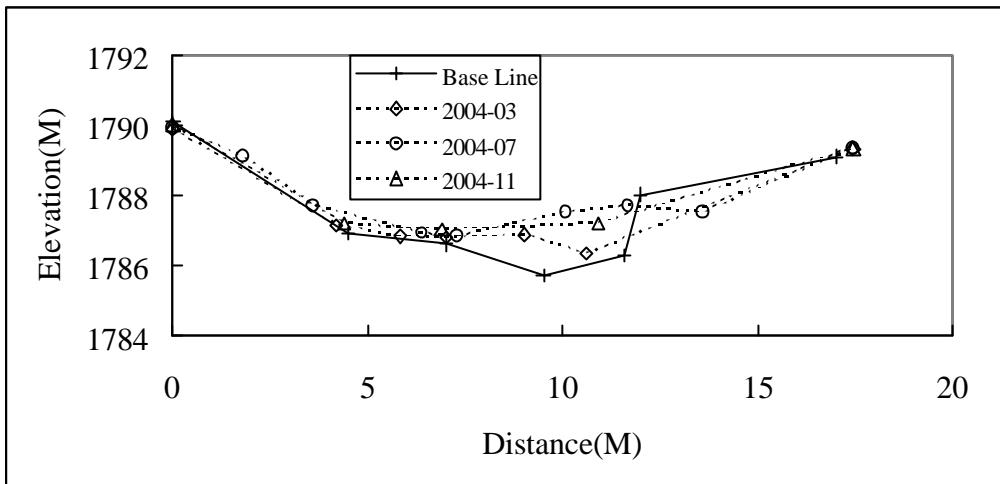


圖 2-7 高山溪斷面 3-13 剖面高程

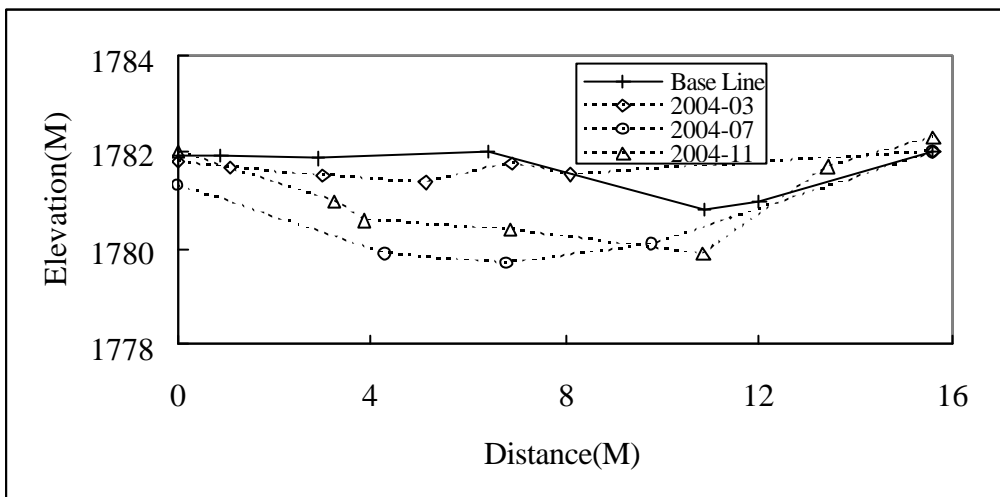


圖 2-8 高山溪斷面 3-7 剖面高程

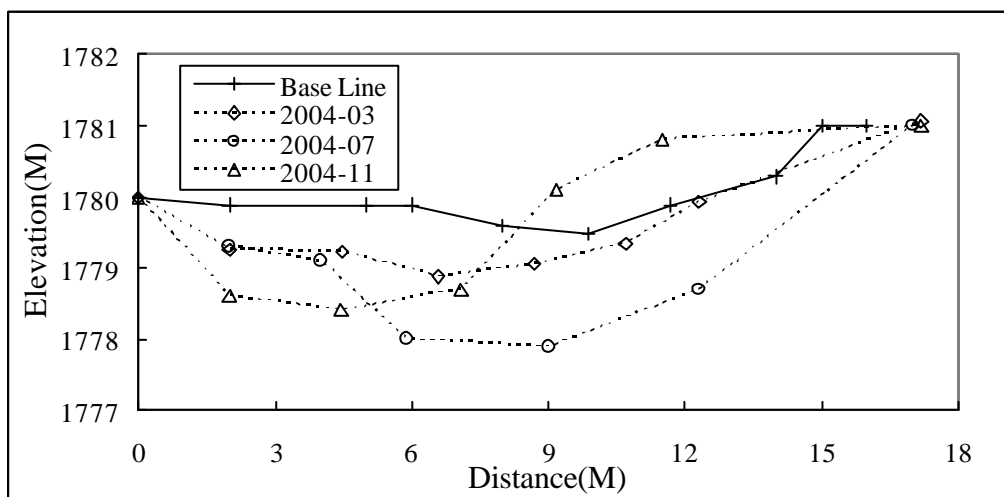


圖 2-9 高山溪斷面 3-1 剖面高程

由以下的照片 2-11~照片 2-15 可看出，由於暴雨的影響，滿岸流量對河



床出現刷深及擴床之現象，因土體及林木滑落，進而導致此河段的流心變化。



照片 2-9 斷面 3-21 向下游面



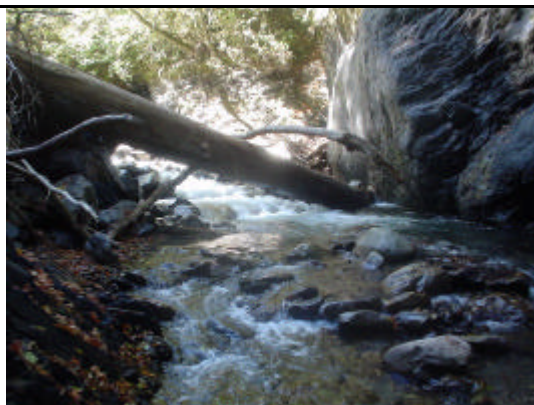
照片 2-10 斷面 3-21 向上游面



照片 2-11 斷面 3-19 邊坡土體狀況



照片 2-12 斷面 3-16 崩塌(約 5 公尺)



照片 2-13 斷面 3-10 倒木進入河道



照片 2-14 斷面 3-5 (向下游面)



照片 2-15 斷面 3-4 邊坡土體狀況



照片 2-16 三號壩現況

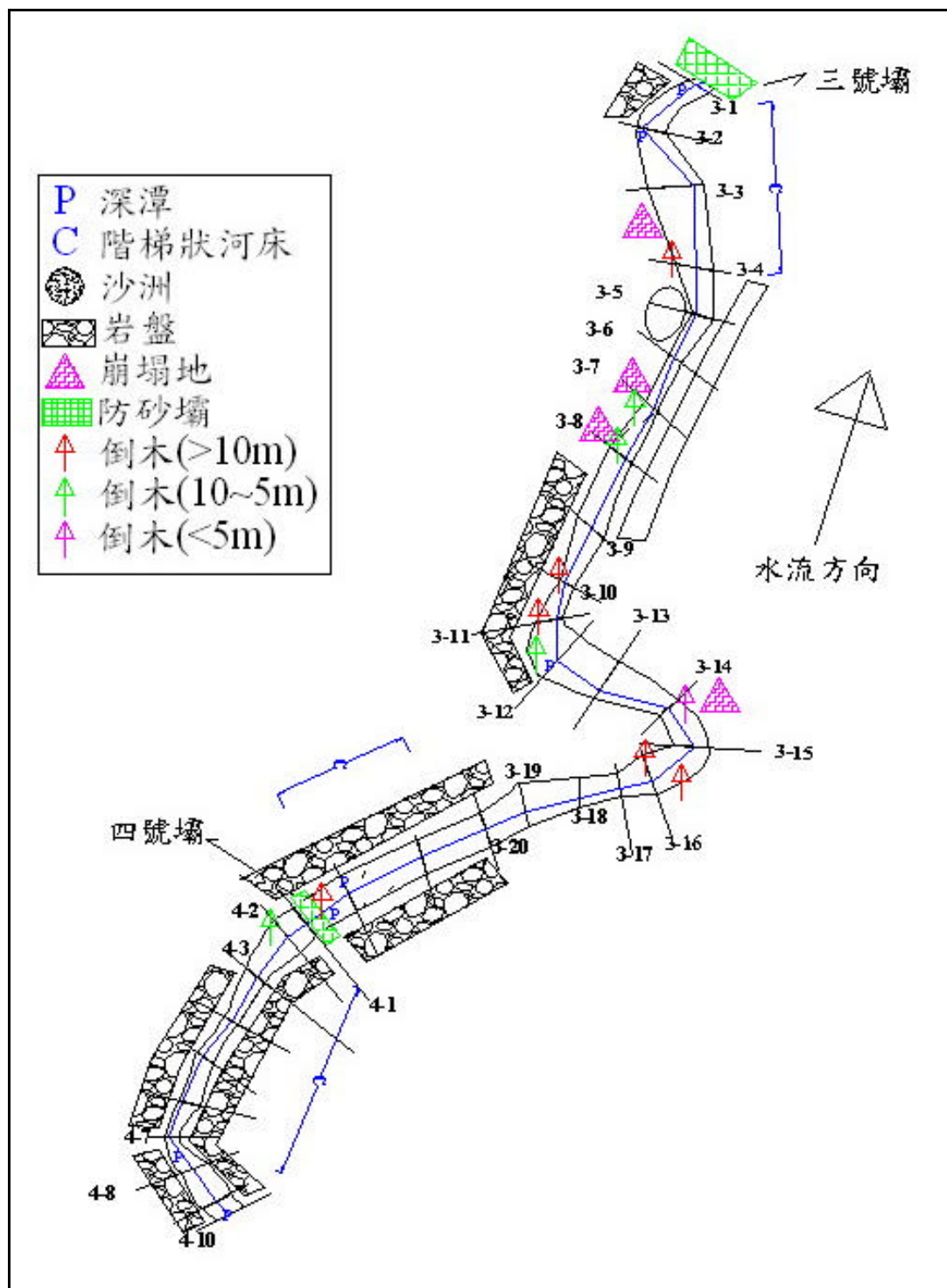


圖 2-10 四號壩上至三號壩現況及測量斷面示意圖

### 第三節 二號壩上游河道

二號壩至一號壩之河道長度為所有壩體間距之最。在此河段中同樣遭受暴雨沖刷導致許多地方之河岸崩塌，並在二號壩上游段(2-10 2-1)產生明顯堆積。另外，河道並在 2-8 出現明顯之流心線變化。而本河段最大的變動莫過於漂流木受二號壩壩口阻礙，因而囚困在二號壩之上游面(照片 2-24)。整體而言，本河段坡度變動不大，河道平坦少急流(見照片 2-20 2-21)。

除此之外，可由照片 2-22 照片 2-23 看出，本河段中有為數不少的漂流木集中於壩口附近，並使水流流況產生變動，是未來值得注意的一點。最後，本研究估計其土砂輸出量約為 2,811 立方公尺。

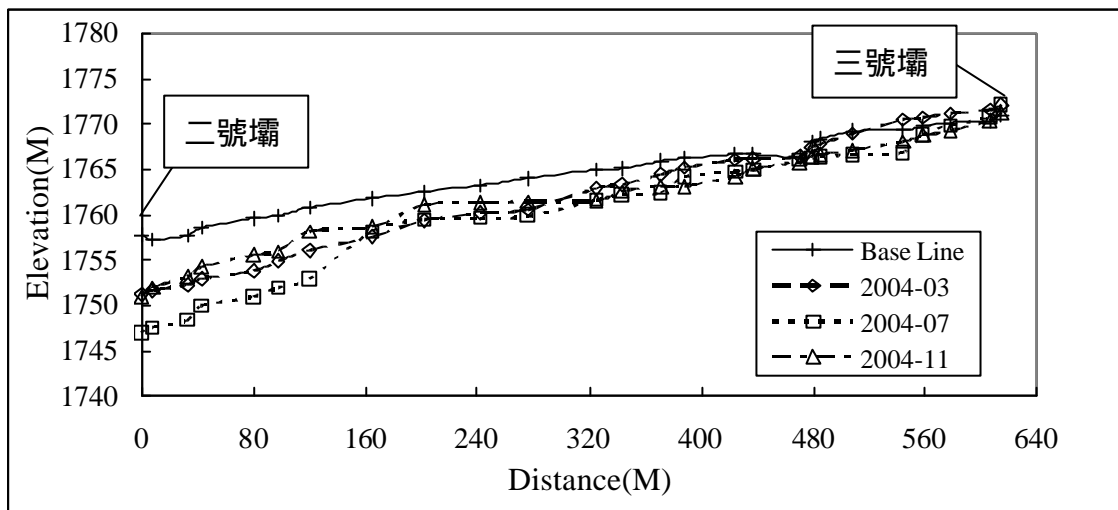


圖 2-11 二號壩上游斷面高程剖面圖

表 2-3 二號壩上游床面平均坡降表

測量日期	改善前	2003/11	2004/03	2004/07	2004/11
平均坡降	0.0215	0.0317	0.0339	0.0391	0.0331

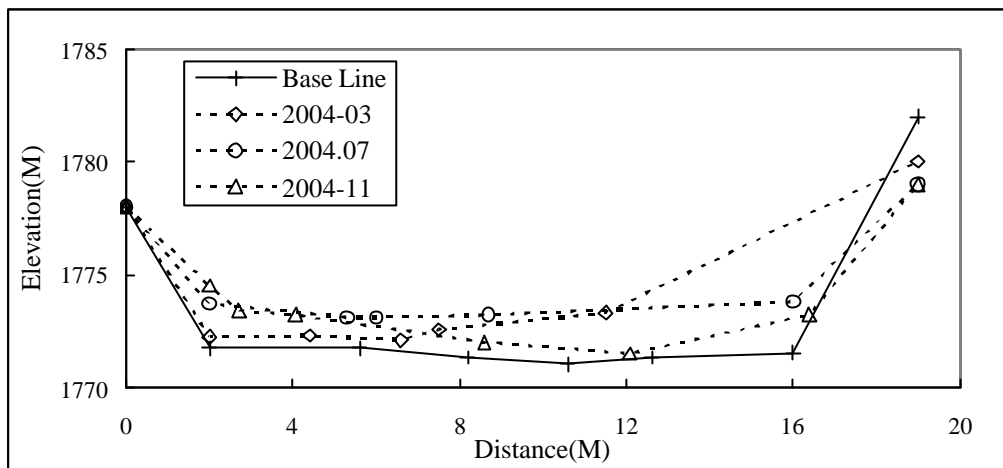


圖 2-12 高山溪斷面 2-26 剖面高程

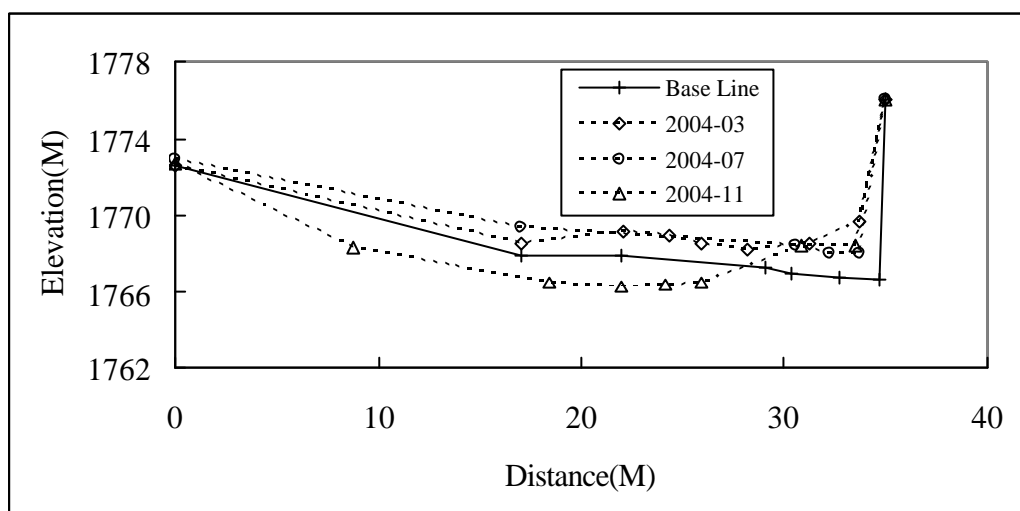


圖 2-13 高山溪斷面 2-17 剖面高程

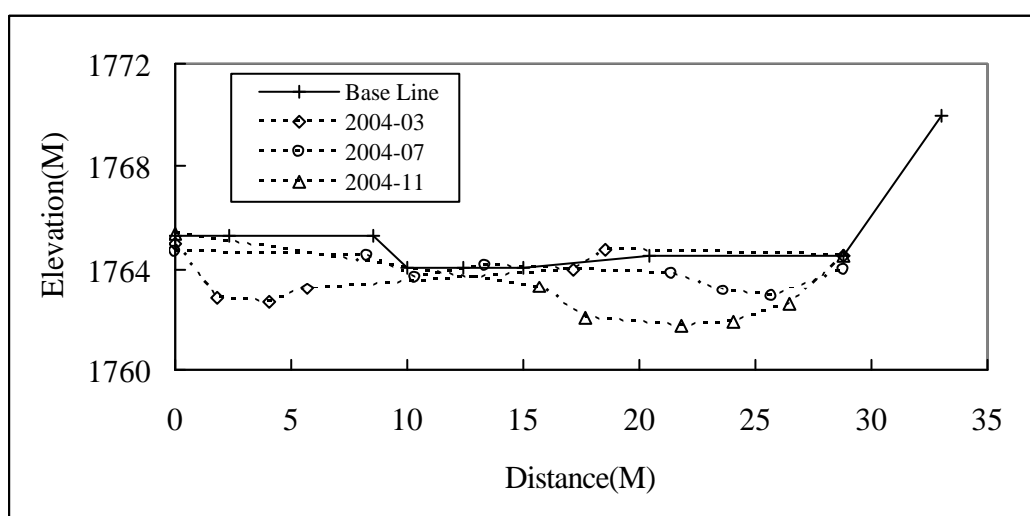


圖 2-14 高山溪斷面 2-11 剖面高程



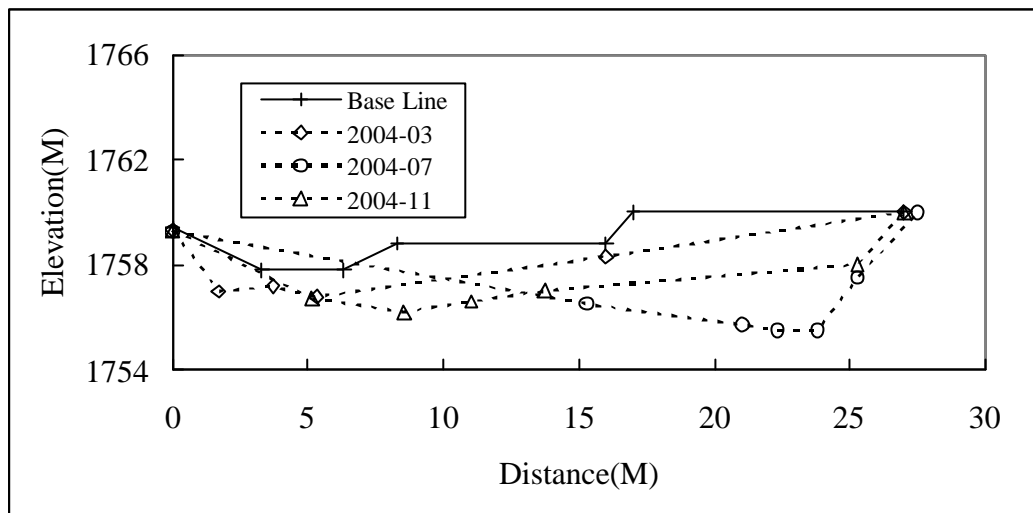
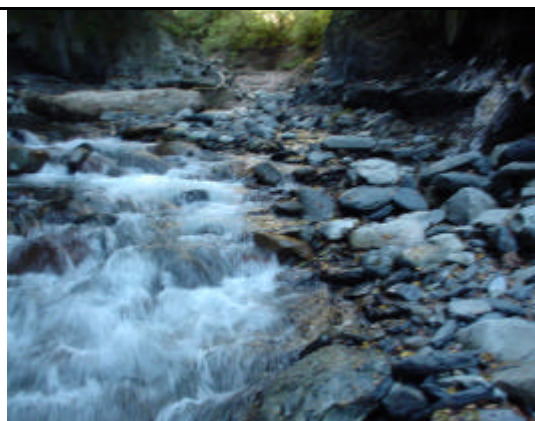


圖 2-15 高山溪斷面 2-1 剖面高程



照片 2-17 斷面 2-25 (向上游面)



照片 2-18 斷面 2-23 邊坡狀況



照片 2-19 斷面 2-22 邊坡狀況



照片 2-20 斷面 2-22 (向下游面)



照片 2-21 斷面 2-10(向下游面)



照片 2-22 斷面 2-8(向下游面)



照片 2-23 斷面 2-7 土砂及倒木堆積



照片 2-24 斷面 2-1 三號壩現況

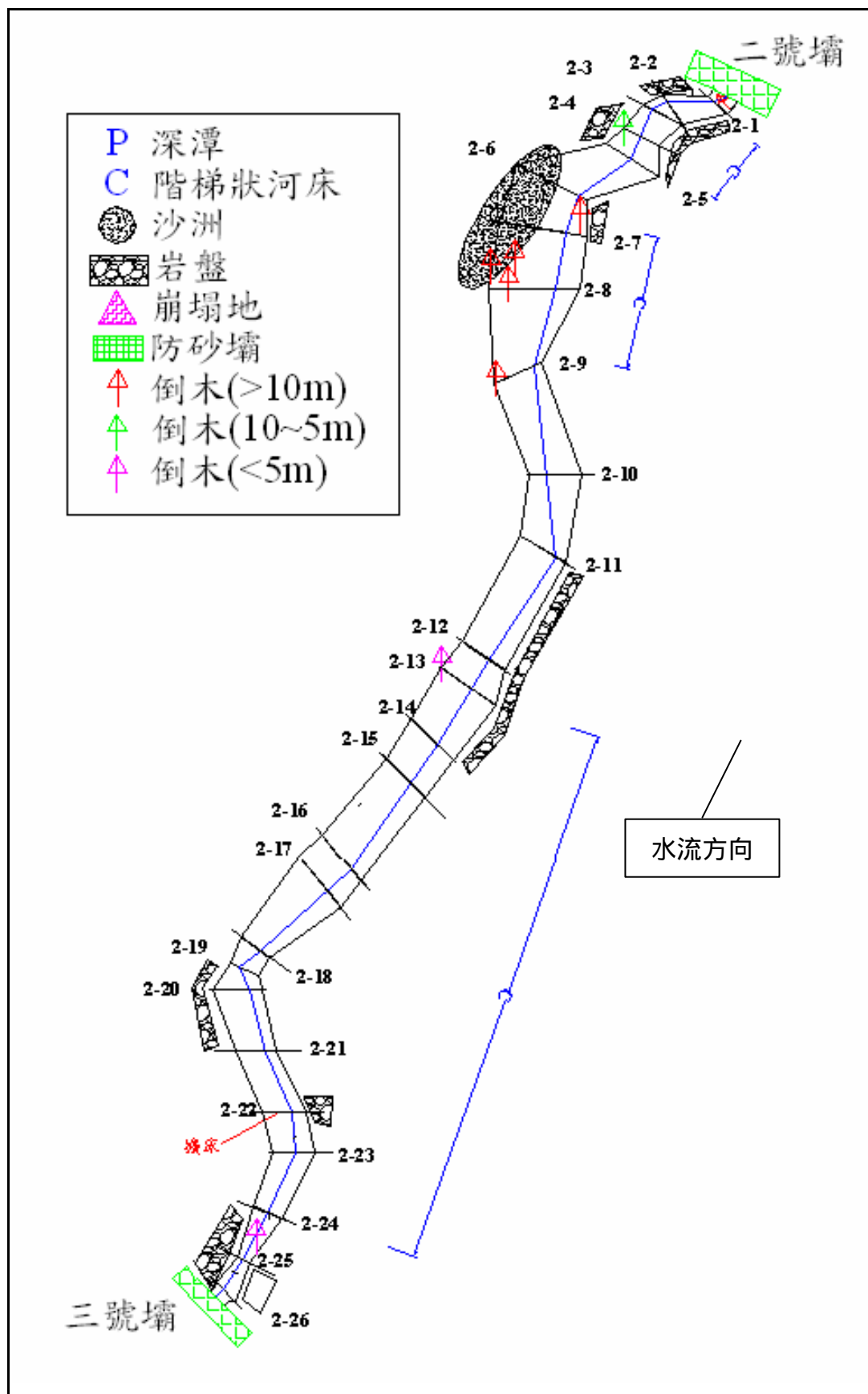


圖 2-16 三號壩上至二號壩現況及測量斷面示意圖



#### 第四節 一號壩上游河道

不論在河道長度或是坡度變化上，一號壩上游河道與二號壩上游河道皆極為類似，且其特點在於該河道壩口上游河灘地寬廣，且多直線及平坦河床。在七月及十一月的調查中，原本兩岸之蛇籠護岸工程皆有受損害之跡象(照片 2-30 及 2-31)。此外，整體而言河道寬度較上次測量結果為大，並且有明顯之流心變化現象(斷面 1-4)，原本之流心偏右，但在這次洪水事件之後，流心偏左並直衝蛇籠，並導致蛇籠護岸工的損毀(照片 2-29)。而在斷面 1-9 中，由於水流的橫向侵蝕，導致管線及土體的破壞。而在本河段中，平均坡降較先前為高。由斷面圖 2-17~圖 2-21 可發現斷面皆呈現刷深的狀態。本研究估計其土砂輸出量約為 1,150 立方公尺。

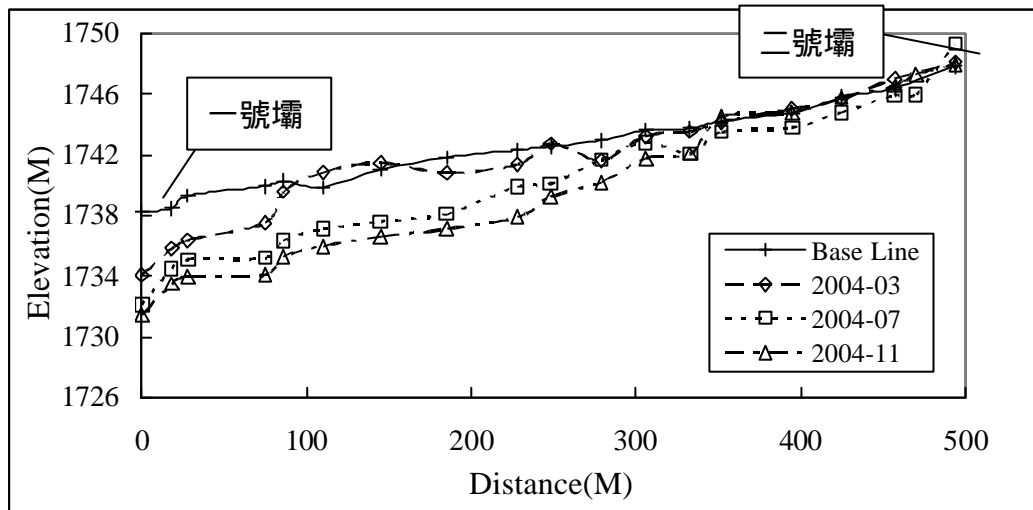


圖 2-17 一號壩上游斷面高程剖面圖

表 2-4 一號壩上游床面平均坡降表

測量日期	改善前	2003/11	2004/03	2004/07	2004/11
平均坡降	0.0194	0.0293	0.0283	0.0348	0.0334

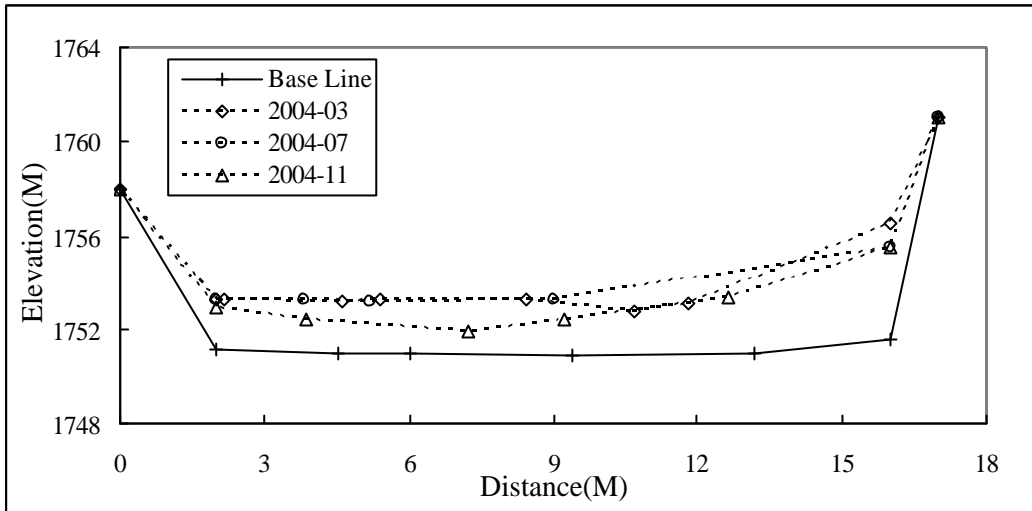


圖 2-18 高山溪斷面 1-19 剖面高程

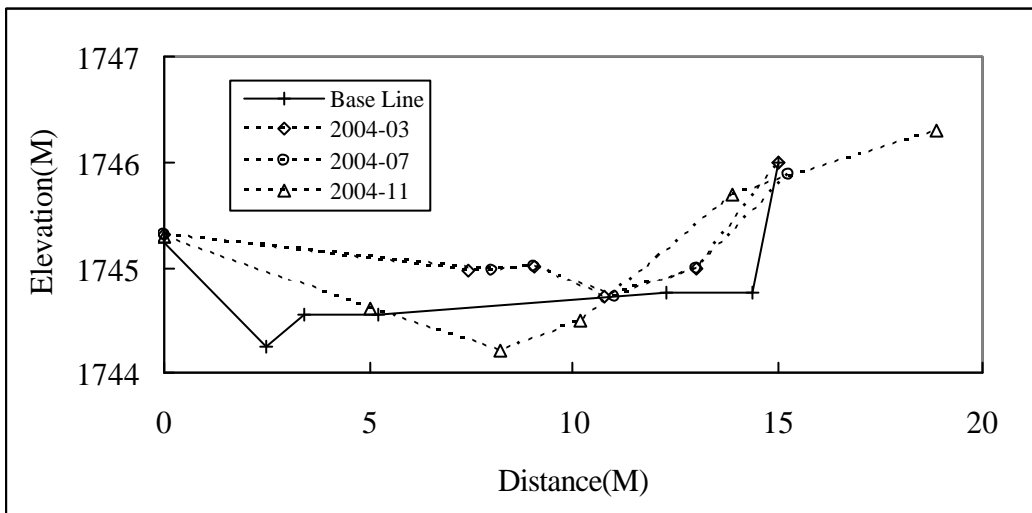


圖 2-19 高山溪斷面 1-15 剖面高程

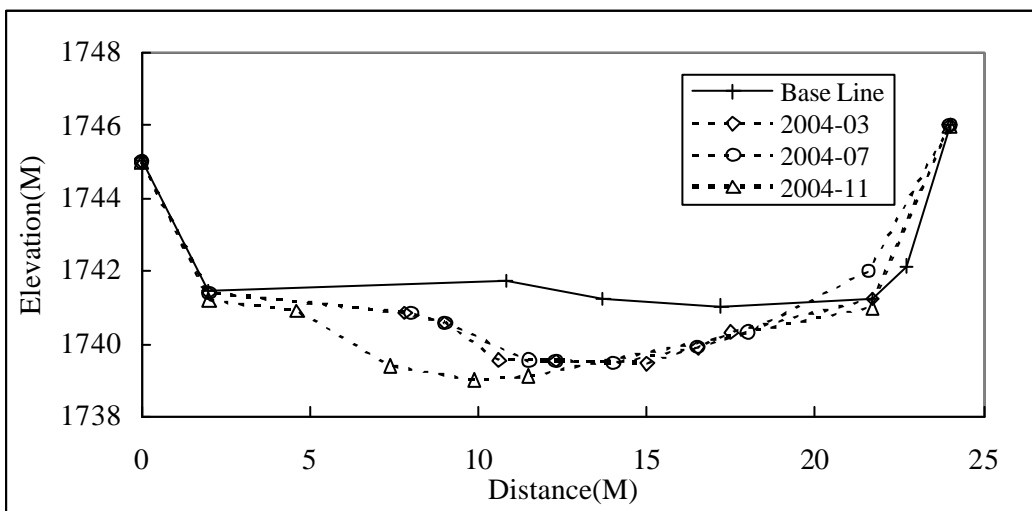


圖 2-20 高山溪斷面 1-8 剖面高程

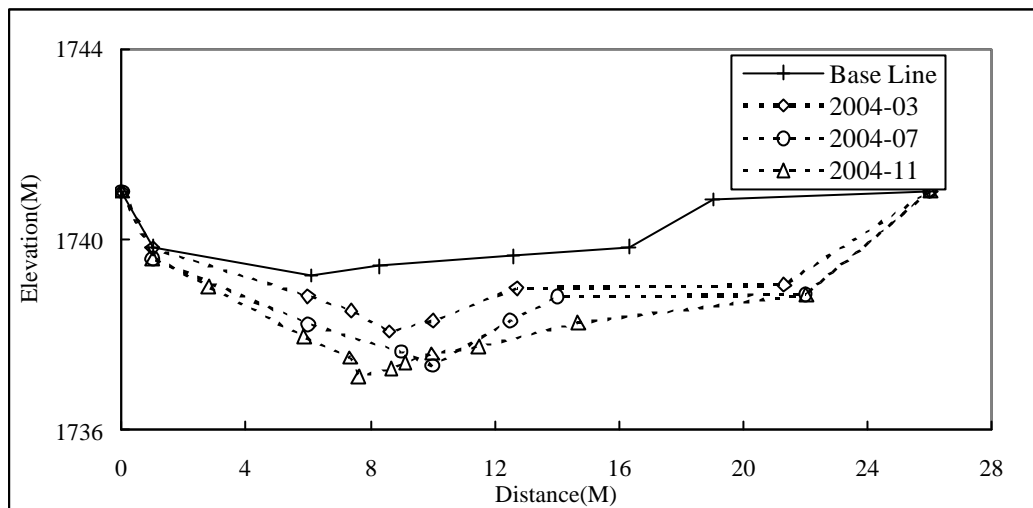


圖 2-21 高山溪斷面 1-1 剖面高程





照片 2-29 斷面 2-4(向下游面)



照片 2-30 斷面 2-4(向上游面)



照片 2-31 斷面 2-3 蛇籠破壞



照片 2-32 一號壩現況



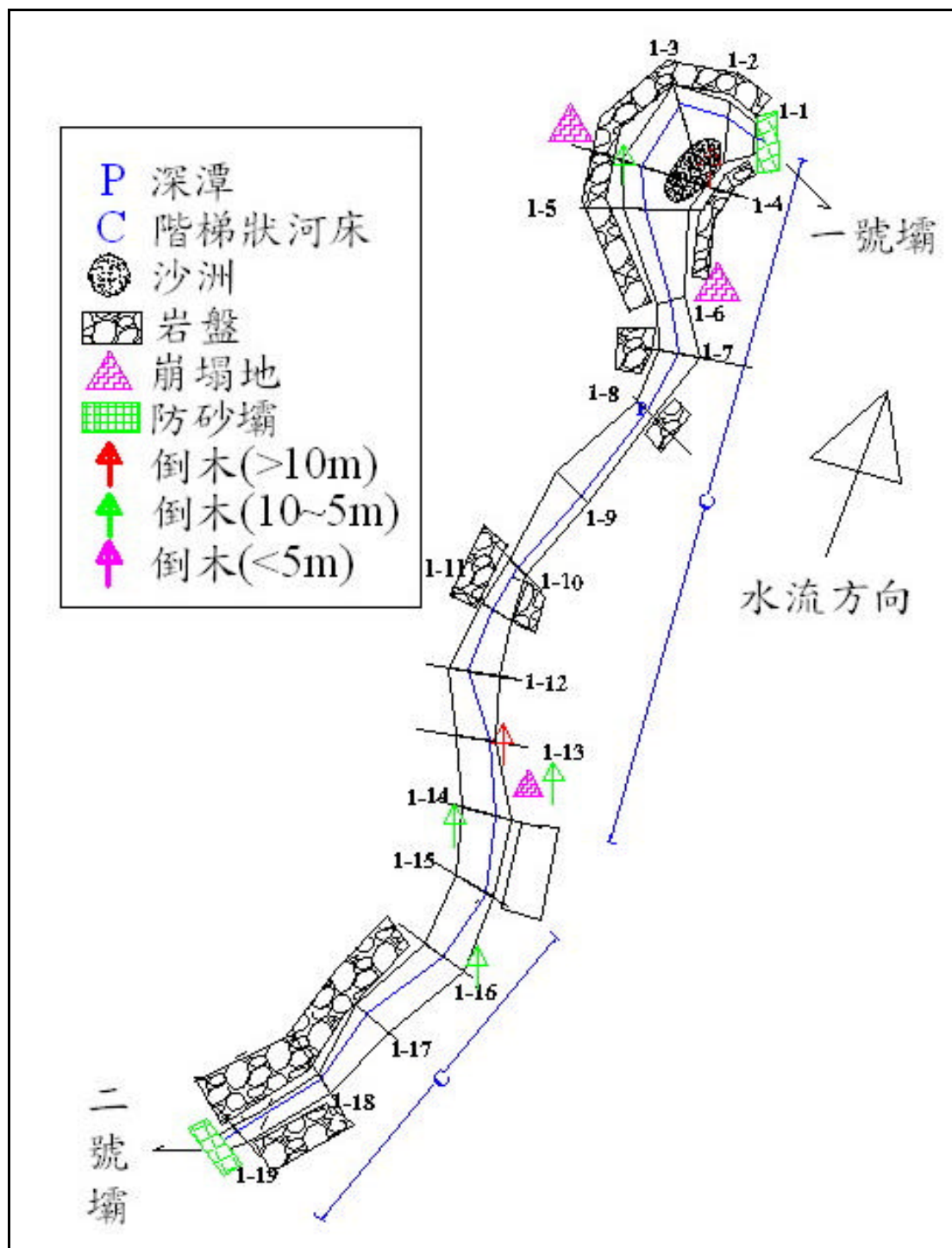


圖 2-22 二號壩上至一號壩現況及測量斷面示意圖

## 第五節 一號壩下游河道

在此河段中，地形與四號壩上游極為類似，皆是坡陡流急且地多岩盤之材質，這也說明河道演變以及幾何型態的類似原因。此處之坡陡乃是因為，高山溪流入七家灣溪之高程差異所致，經調查平均坡降為 10.93% 左右，但由於床面巨礫較多，再加上來自上游之泥砂量較大，多呈現階梯狀河床。除了有部分地區呈現淤積的現象，其他斷面呈現向下沖刷之趨勢（照片 2-34）。而在斷面 0-7，因為倒浮木及泥砂堆積之關係，導致水流在洪水來時呈現分流之狀態（照片 2-36）。而在匯流口前之斷面 0-16 有明顯流心線變化現象（圖 2-27）。在本研究區段中，推估其泥砂輸出量為 900 立方公尺。

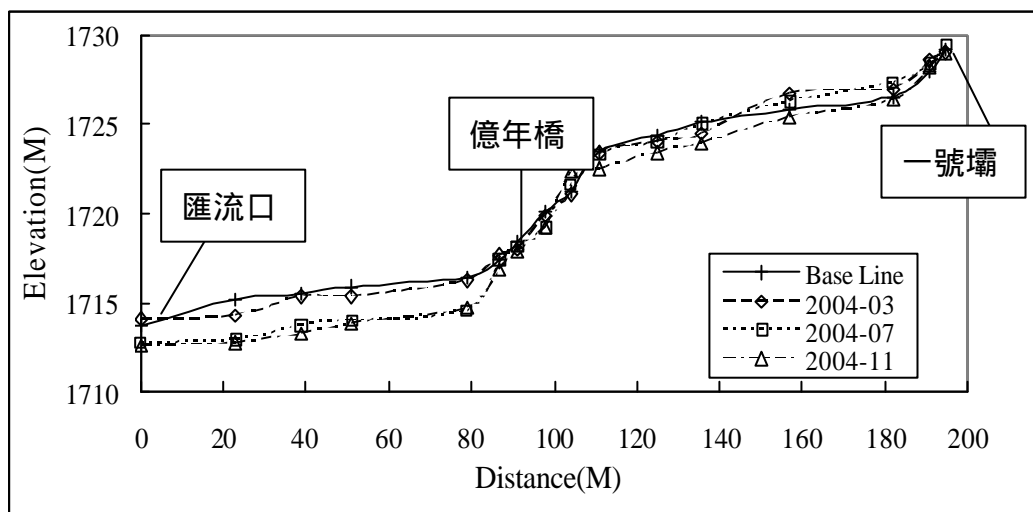


圖 2-23 一號壩下游至會流口斷面高程剖面圖

表 2-5 一號壩下游床面平均坡降表

測量日期	改善前	2002/11	2004/02	2004/07	2004/11
平均坡降	0.0791	0.1240	0.0766	0.0856	0.1093

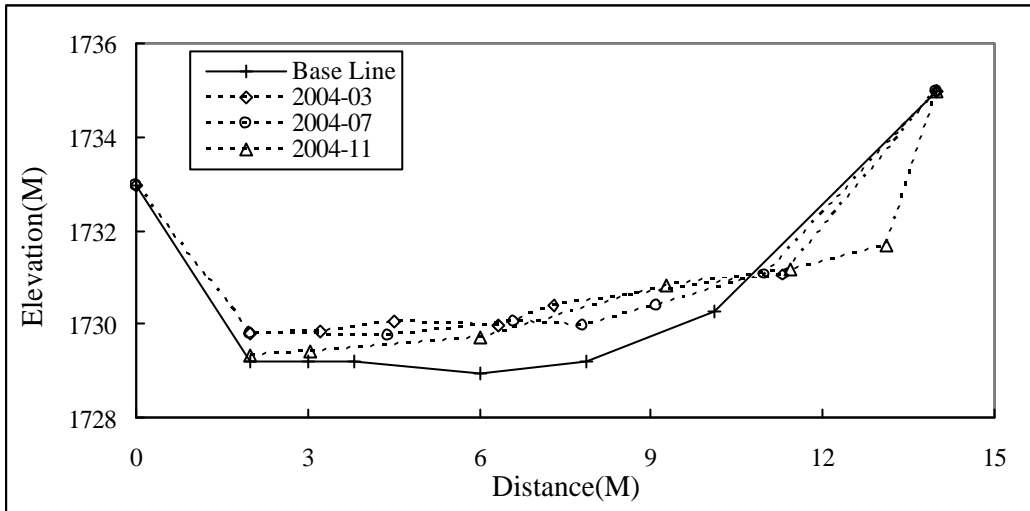


圖 2-24 高山溪斷面 0-1 剖面高程

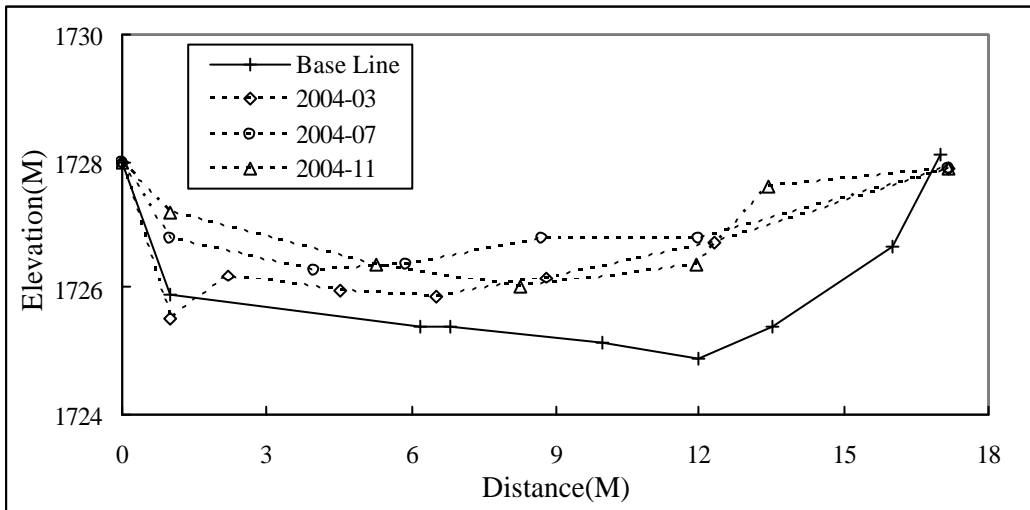


圖 2-25 高山溪斷面 0-5 剖面高程

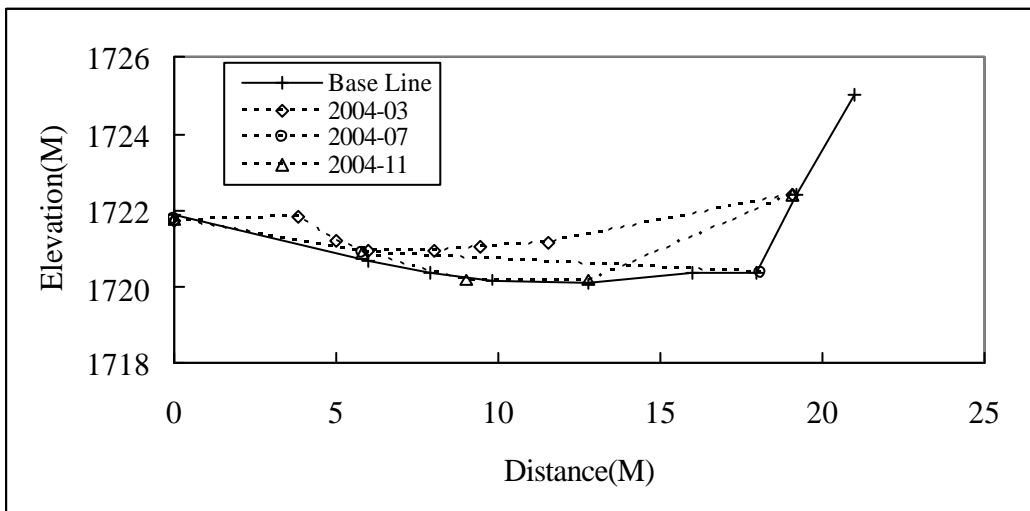


圖 2-26 高山溪斷面 0-9 剖面高程

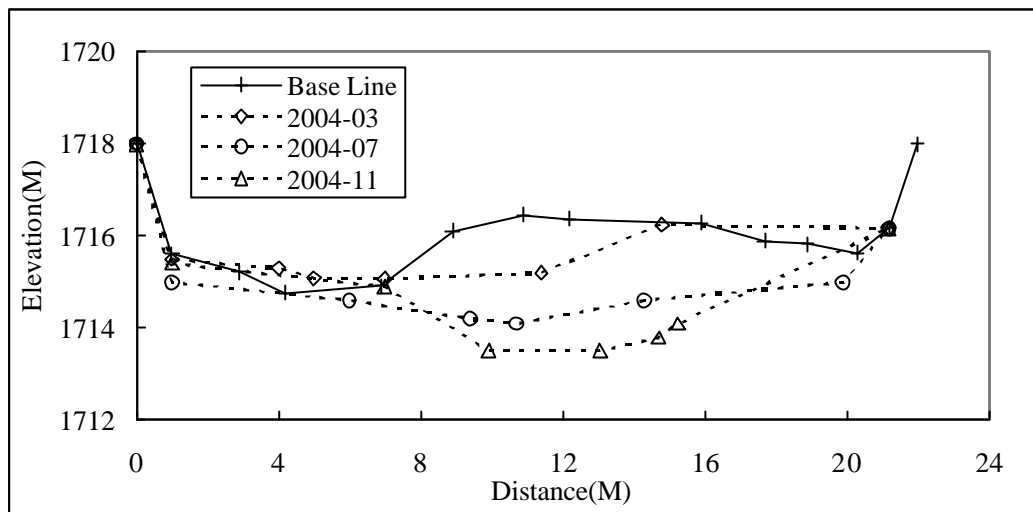


圖 2-27 高山溪斷面 0-16 剖面高程







照片 2-37 億年橋下直線段



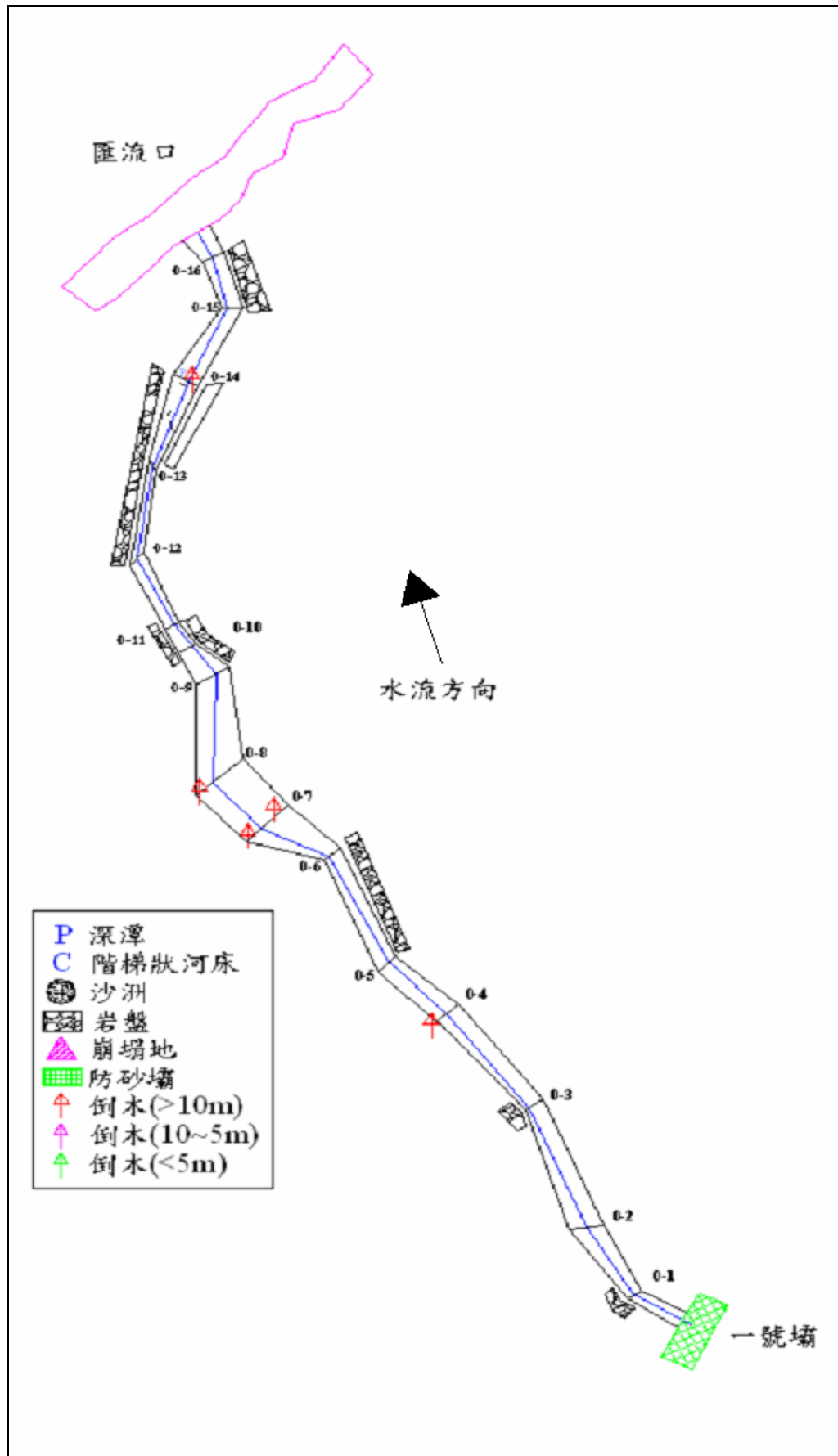
照片 2-38 斷面 0-16(向上游面)



照片 2-39 會流口(2003-11)



照片 2-40 會流口現況



### 第三章 七家灣溪二號壩附近河道斷面調查

七家灣溪二號壩之副壩於 91 年間發生壩體破壞後，水流經由壩體下方穿過並將副壩上游原有之淤砂逐漸帶走。在去年的研究中，位於二號壩至副壩間河床仍不斷向下刷深，自副壩上游所攜出之土砂多半堆積壩體下游之沖刷坑，導致下游河段有慢慢淤積之趨勢。而今年三月份及七月份調查時，副壩前的沖刷坑再度加深，其深約三米。此時河道各斷面無太大改變，由於地形條件之影響以及床面存在許多巨礫，斷面變化不大。但在九月中之颱風暴雨事件之後，導致七家灣溪二號副壩沖毀，並僅餘壩體左側存在於河段之中。此外大洪水亦對於下游之復育場造成嚴重之衝擊。此外這場颱風暴雨事件也對二號壩產生嚴重之傷害，由於下游副壩的毀壞，導致壩與副壩間之河道坡度明顯增加，進而導致二號壩壩基裸露約有三公尺之多，且壩口之缺口有明顯增加之趨勢。

#### 第一節 七家灣溪二號壩以上河道變化

在本年度，為了解七家灣溪二號壩壩體改善之影響範圍，因此將研究區域，加長至七家灣溪二號壩以上四百公尺。在三月的調查中，恰逢梅雨季節導致水位加高，不過就地形上來說，並沒有太大改變。而在七月份之調查中，此時水位不如三月時高，在地形上變化不大(圖 3-1 圖 3-5)。而在十一月份的調查中，河道出現明顯的擴床及刷深；在某些斷面 3-12 斷面 3-10(圖 3-2 及照片 3-1~3-3)，河道寬度與七月相比約莫擴寬了四倍。而在坡度方面，隨著二號壩開口的加深，進而連帶導致上游河床面出現下降之趨勢，並在二號舊壩的束縮影響下出現了約 150 公尺之沖刷槽，而這也連帶導致坡度由 3.76% 增加為 5.59%。在本段中泥砂輸出之推估量約為 4,249 立方公尺。儘管在本段

泥砂輸出如此嚴重，不過在十一月的調查中，河道上已出現階梯狀河床及護甲層之保護，而這也代表河道進行自我調整，以最小能量向下傳輸，進而達到目前之平衡狀態。

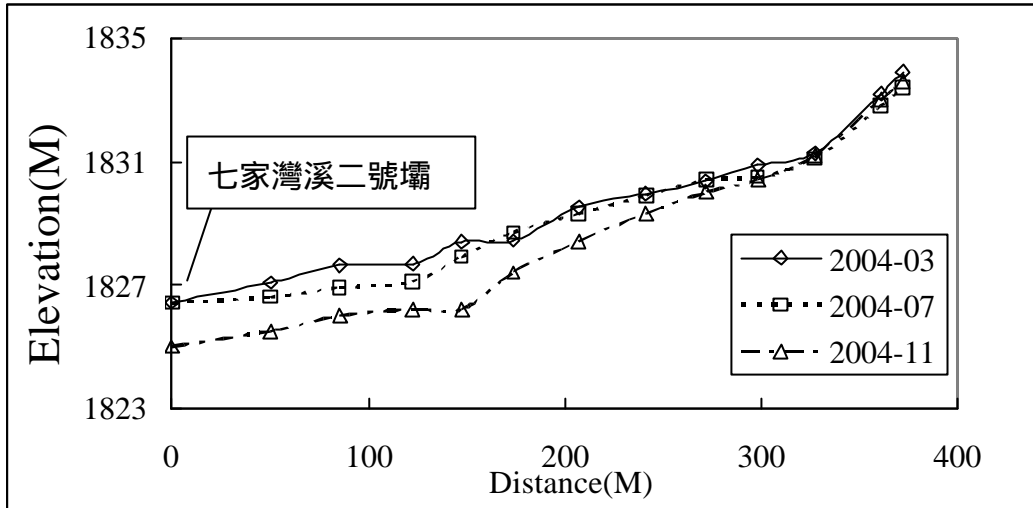


圖 3-1 七家灣溪二號壩上游斷面高程剖面圖

表 3-1 二號壩上游床面平均坡降表

測量日期	2004/03	2004/07	2004/11
二號壩上游	0.0201	0.0188	0.0280

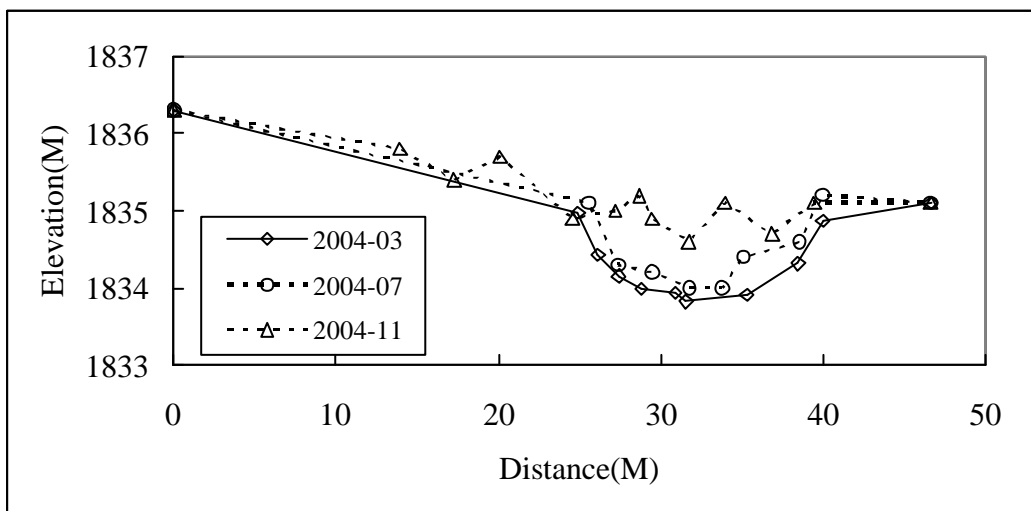


圖 3-2 七家灣斷面 3-12 剖面高程

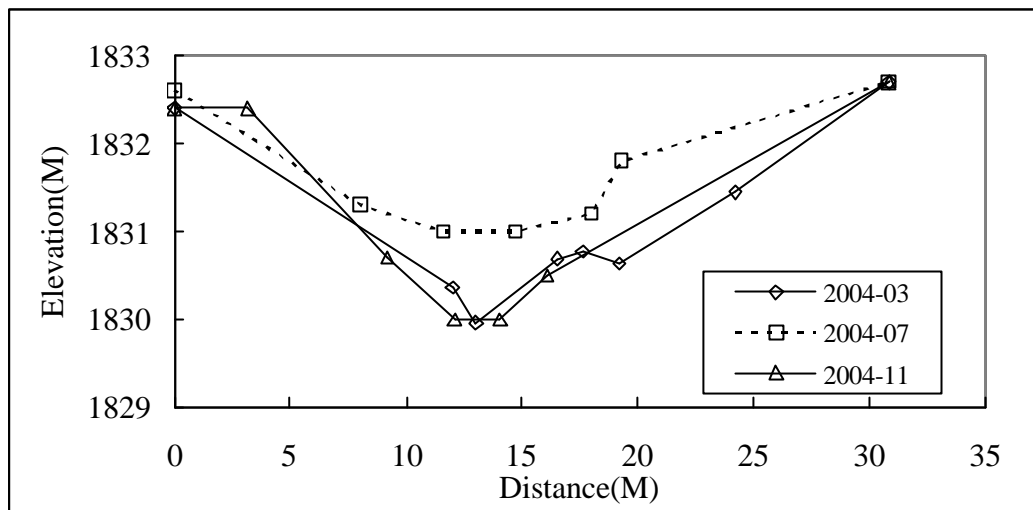


圖 3-3 七家灣斷面 3-8 剖面高程

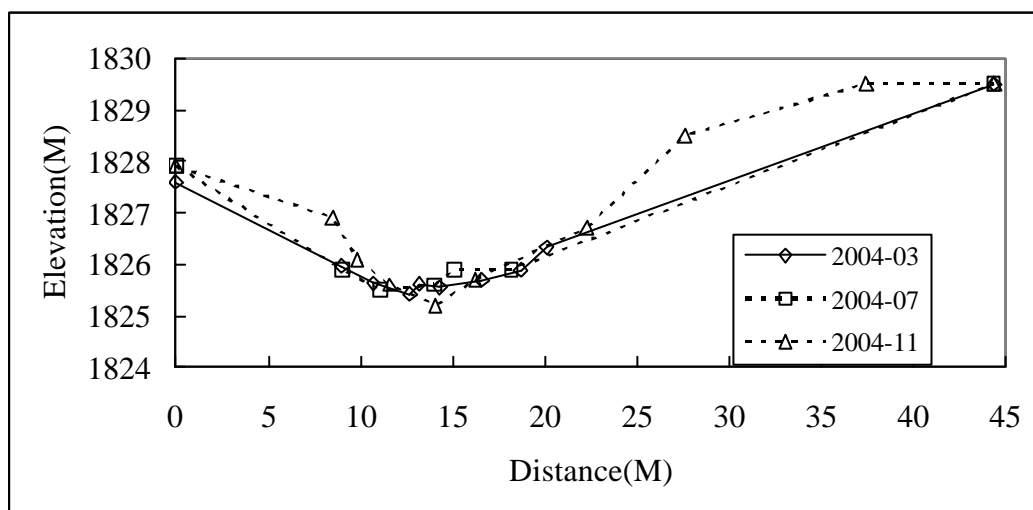


圖 3-4 七家灣斷面 3-4 剖面高程

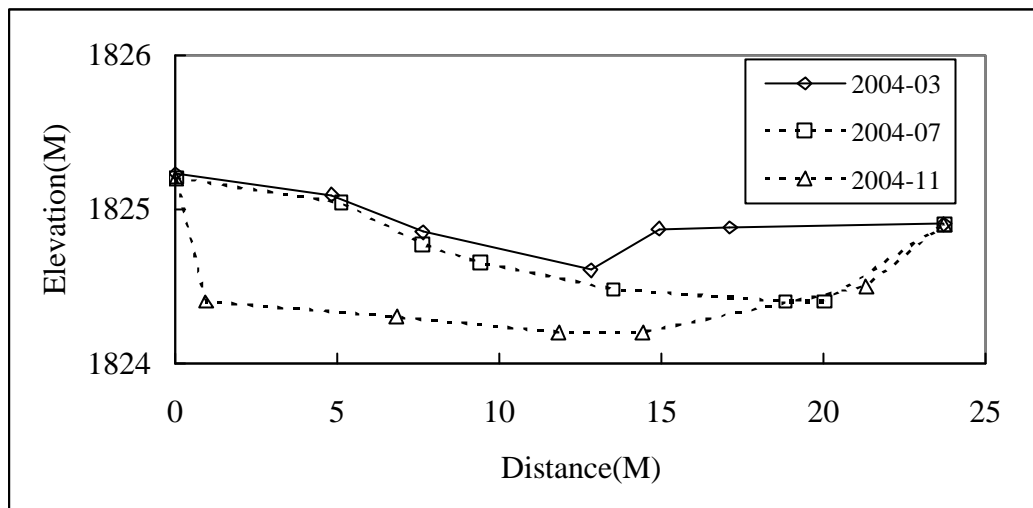


圖 3-5 七家灣斷面 3-1 剖面高程



照片 3-1 斷面 3-12 明顯擴床(面向上游)



照片 3-2 斷面 3-12 明顯擴床(面向下游)



照片 3-3 斷面 3-8 明顯擴床(面向上游)



照片 3-4 斷面 3-7 階梯狀河床





照片 3-5 斷面 3-1 舊二號壩



照片 3-6 斷面 3-2 二號壩上游

## 第二節 七家灣溪二號壩以下河道變化

七家灣溪二號壩以下之河道變化，可分為兩個部份，首先是副壩以上至二號壩之河段及二號副壩以下之河段。首先在三月份及七月份之調查中，概觀之下會覺得河道之變動並不劇烈，其實以坡度變化的角度來說，不論在那個河段七月份之坡度皆呈現上升的趨勢，這和二號副壩的破壞有絕大的關係。而在十一月的調查中，暴雨事件對此一河段產生莫大的影響，那就是二號副壩的沖毀，從斷面圖中可知，在原本尚有固結泥砂能力的二號副壩破壞下，副壩上游泥砂一傾而出，導致二號壩及副壩間之河道產生明顯之下刷。如此沖刷效應持續向上游發展，進而導致二號壩壩基裸露約有三公尺，從二號壩前第一個斷面可看出其高程有 2-3 公尺不等之變動(圖 3-7 及照片 3-7、照片 3-8)，並導致二號壩沖刷坑明顯變小(圖 3-9)。另外在兩壩之間河道方面，則出現岩盤抑制擴床，而導致河床刷深之現象，從坡度上來看並無其太大之變動，不過這是因為起始點及終點皆呈現高程下降，而導致坡度之變動並不明確。另外在副壩下方，由於上游土砂輸出，導致副壩前開闊處呈現淤積狀態，進而導致河道坡度呈現下降的趨勢。最後，河道在經過斷面 1-J 時產生明顯之流心線變動(圖 3-12 及照片 3-17)，流路由原本之中間偏左轉變為偏右，這麼一偏也導致復育場遭受洪水襲擊，產生極大災害。本研究中，推估在本河段中約有 6,130 立方公尺之泥砂向下游輸送，並導致下游泥砂淤積，進而產生流心變動之現象。

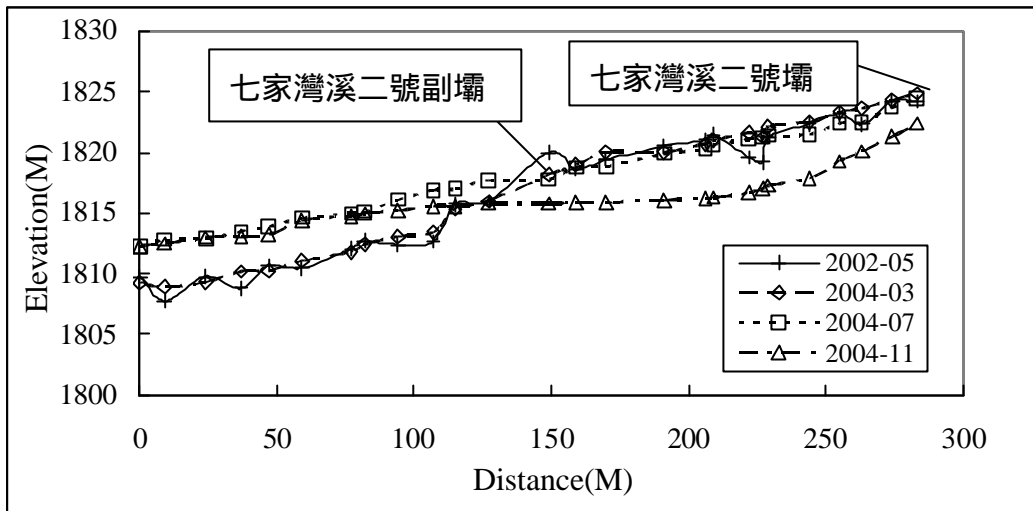


圖 3-6 七家灣溪二號壩上下游斷面高程剖面圖

表 3-2 二號壩副壩上下游床面平均坡降表

測量日期	2002/5	2004/03	2004/07	2004/11
二號壩至二號副壩間	0.0527	0.0569	0.0436	0.0423
二號副壩下游	0.0492	0.0528	0.0425	0.0276

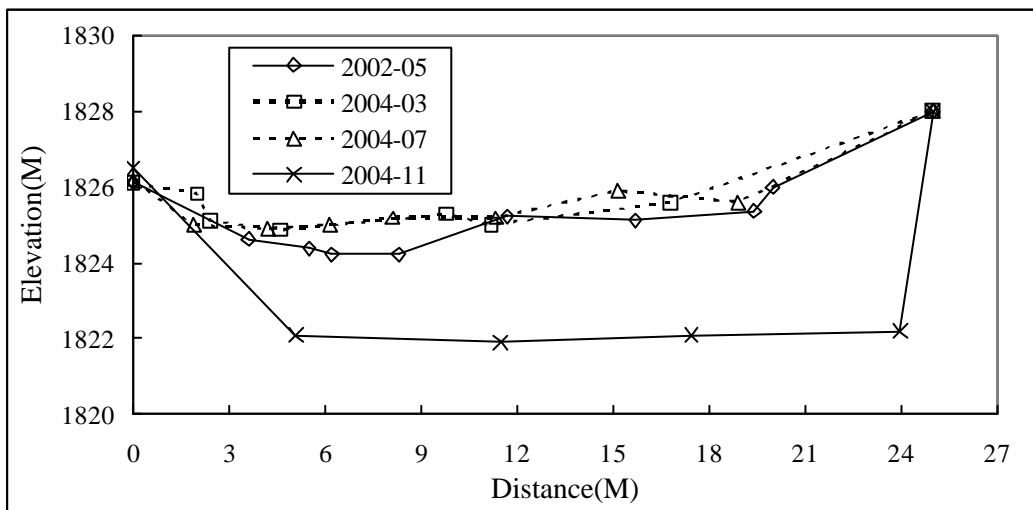


圖 3-7 七家灣斷面 2-14 剖面高程



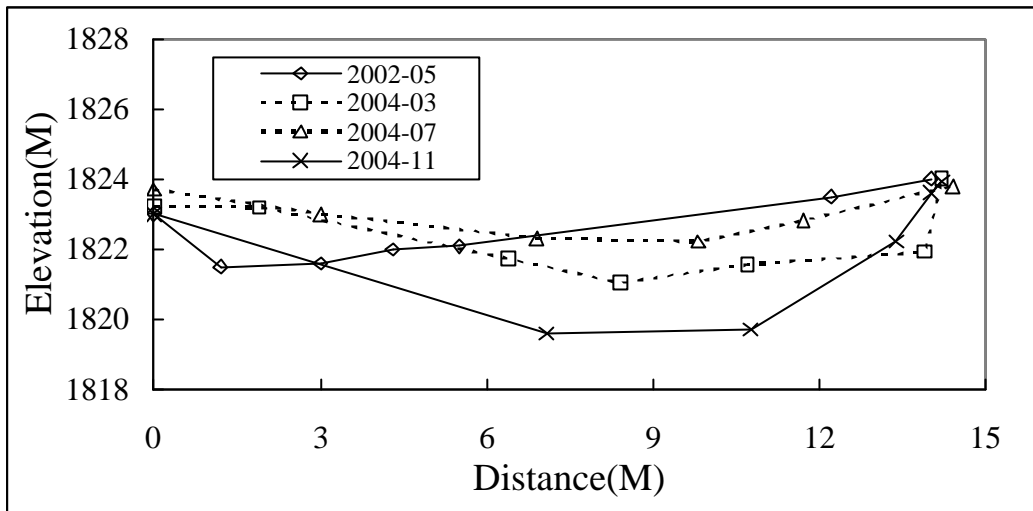


圖 3-8 七家灣斷面 2-6 剖面高程

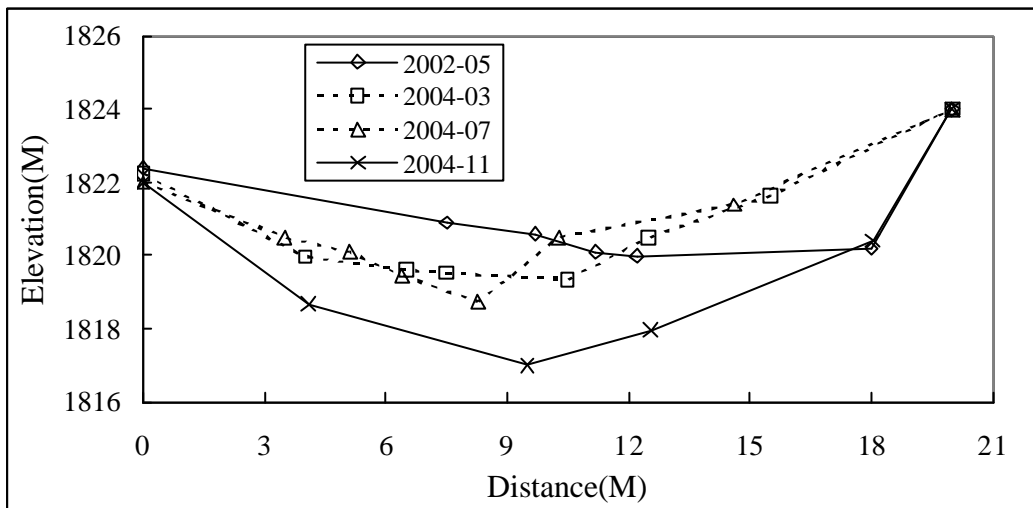


圖 3-9 七家灣斷面 2-1 剖面高程

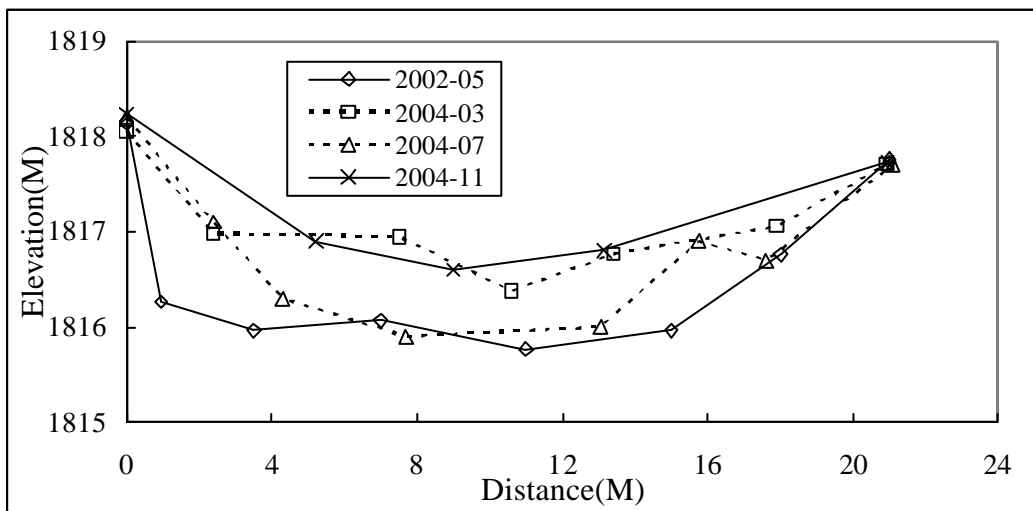


圖 3-10 七家灣斷面 1-A 剖面高程

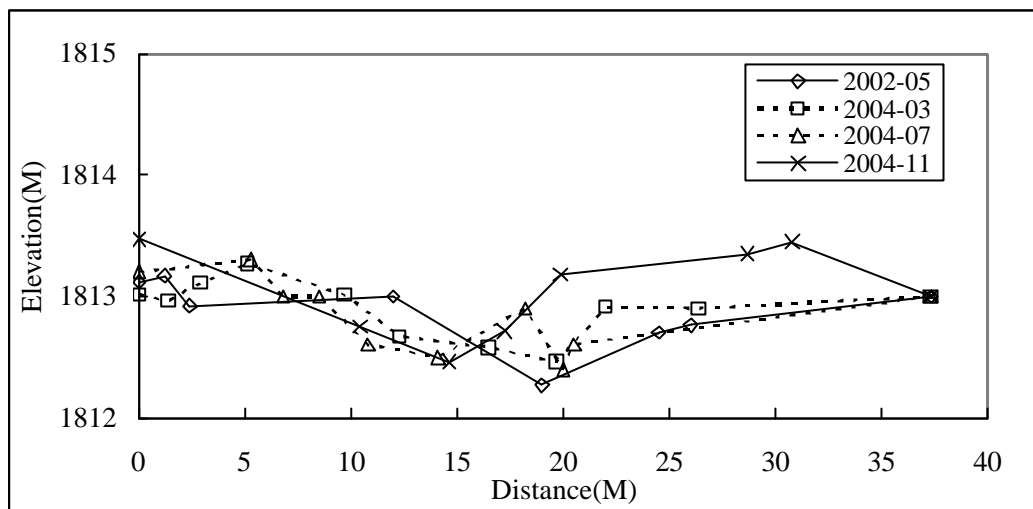


圖 3-11 七家灣斷面 1-D 剖面高程

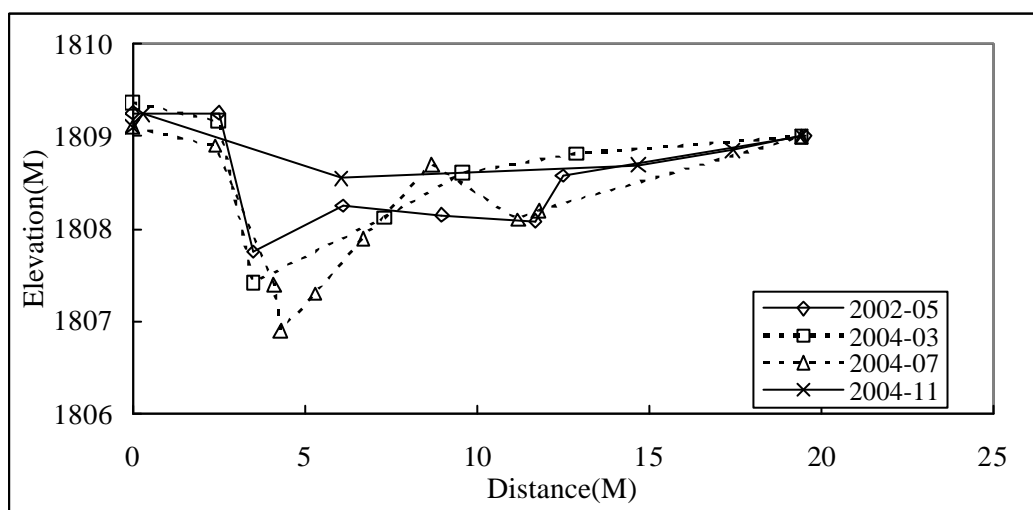


圖 3-12 七家灣斷面 1-J 剖面高程



照片 3-7 二號壩現況(2004-11)



照片 3-8 二號壩現況(2004-11)



照片 3-9 二號壩壩基漏水現象(2004-11)



照片 3-10 二號壩(2003-11)



照片 3-11 斷面 2-6 之深潭



照片 3-12 二號副壩現況(2004-11)



照片 3-13 二號副壩現況(2004-11)



照片 3-14 二號副壩現況(2004-11)





照片 3-15 二號副壩(2003-11)



照片 3-16 二號副壩(2002-05)



照片 3-17 斷面 0-A 右岸淤積



照片 3-18 斷面 0-J 復育場旁流心線變動

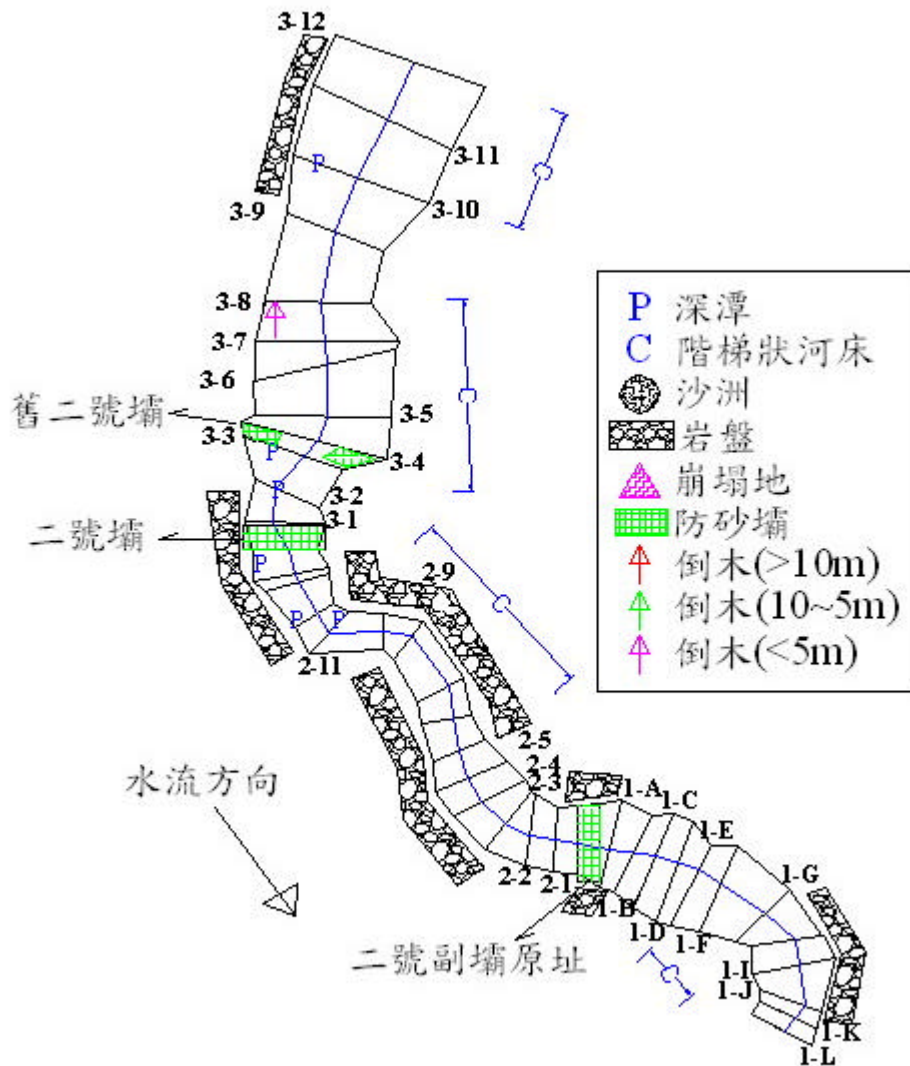


圖 3-13 七家灣溪河道斷面示意圖

#### 第四章 物理棲地分析

本章節中將透過每隔 20m 所設置之穿越線，針對溪流河道之底質組成、水流流速以及水深變化為調查對象，其中將以現地粒徑的調查，得到底質分佈情況。而在棲地的部份則透過水流福祿數 ( $Fr$ : Froude number) 對於水流狀況進行分析，進而推估其棲地種類。最後，將利用所獲得之數據，進行研究區域物理棲地及底質之分析。

## 第一節 流況及底質特性分佈

本研究除了針對高山溪及七家灣溪河道進行調查外，另外，本研究更對這兩條溪流之流況及底質特性進行分析。調查資料係根據每隔 20m 所設置之穿越線，針對溪流河道之底質組成、水流流速以及水深變化為調查對象，並依據表 4-1 的分類標準產生表 4-2~表 4-12。而在本次的調查中，河床組成在底質六，也就是巨大礫石，隨著暴雨流量的出現，導致粒徑較小之底質皆被向下游輸出，並產生護甲層現象，導致大礫石之比例增加。

表 4-1 底質分類表

編號	底質	底石粒徑
1	Smooth surface	<0.2cm
2	Gravel	0.2-1.6cm
3	Pebble	1.6-6.4cm
4	Rubble	6.4-25.6cm
5	Small boulder	25.6-51.2cm
6	Large boulder	>51.2cm

### 一、高山溪底質調查表

本研究將高山溪底質調查以固定河段與研究時間之不同加以比較，發現在最近一次的調查中，以底質 6 的比例最高，達 50% 左右，而底質五居次。另外在三月份的調查時，原本佔底質組成 1/3 的底質 3 尚有 33.3%，在經過洪水事件後則僅剩不到 10%。此外底質 4 也在 2004/11 調查時，呈現減少的趨勢。最後底質 1 曾在 2004-07 消失，而這可能是 72 水災所帶來洪水，對底質組成產生干擾。本章節中，將以各河段每一時期之底質變化加以統整如圖 4-1 圖 4-5。

表 4-2 2004 年 3 月高山溪各河段之底質分佈比例

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
四號壩以上	4.17%	8.33%	33.33%	12.50%	4.17%	37.50%
三號壩至四號壩	1.45%	15.94%	28.99%	20.29%	11.59%	21.74%
二號壩至三號壩	0.92%	7.34%	23.85%	26.61%	23.85%	17.43%
一號壩至二號壩	1.28%	5.13%	26.92%	35.90%	15.38%	15.38%

一號壩以下	1.16%	3.49%	19.77%	38.37%	24.42%	12.79%
-------	-------	-------	--------	--------	--------	--------

表 4-3 2004 年 7 月高山溪各河段之底質分佈比例

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
四號壩以上	0%	0%	8.33%	20.83%	25%	48.83%
三號壩至四號壩	0%	1.45%	30.43%	37.68%	23.19%	7.25%
二號壩至三號壩	0%	1.01%	25.25%	58.59%	13.13%	2.02%
一號壩至二號壩	0%	1.28%	11.54%	65.38%	17.95%	3.85%
一號壩以下	0%	2.47%	29.63%	37.04%	29.63%	1.23%

表 4-4 2004 年 11 月高山溪各河段之底質分佈比例

位置 \ 底質	1	2	3	4	5	6
四號壩以上	4.17%	12.5%	8.33%	0%	25%	50%
三號壩至四號壩	0%	0%	1.39%	15.28%	36.11%	47.22%
二號壩至三號壩	0%	3.03%	6.06%	11.11%	41.41%	38.38%
一號壩至二號壩	0%	2.47%	3.70%	9.88%	46.91%	37.04%
一號壩以下	0%	2.38%	3.57%	20.24%	33.33%	40.48%

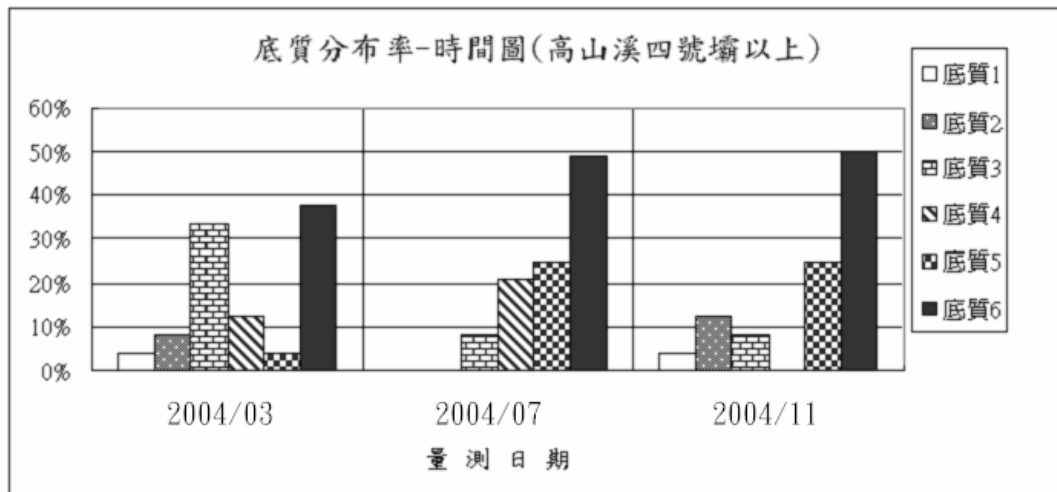


圖 4-1 底質分布率-時間圖(高山溪四號壩以上)

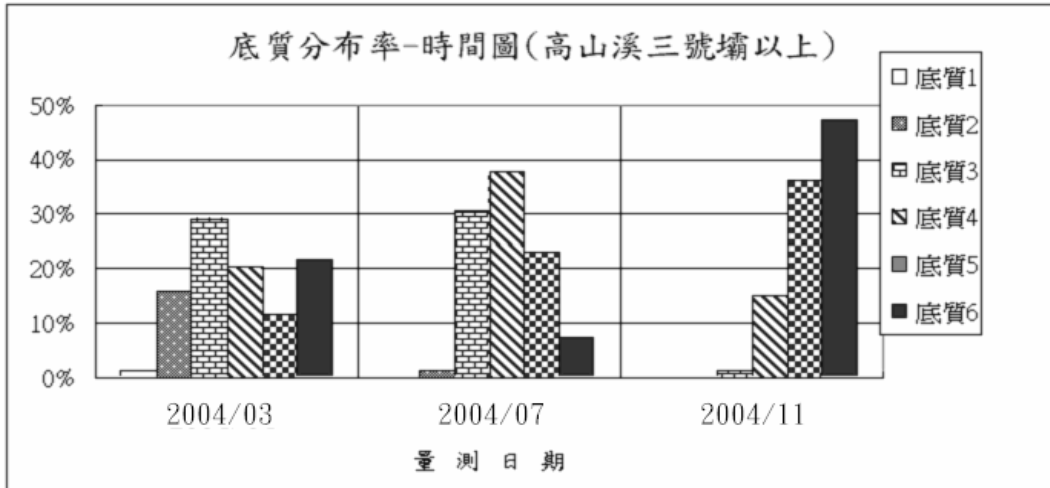


圖 4-2 底質分布率-時間圖(高山溪三號壩以上)

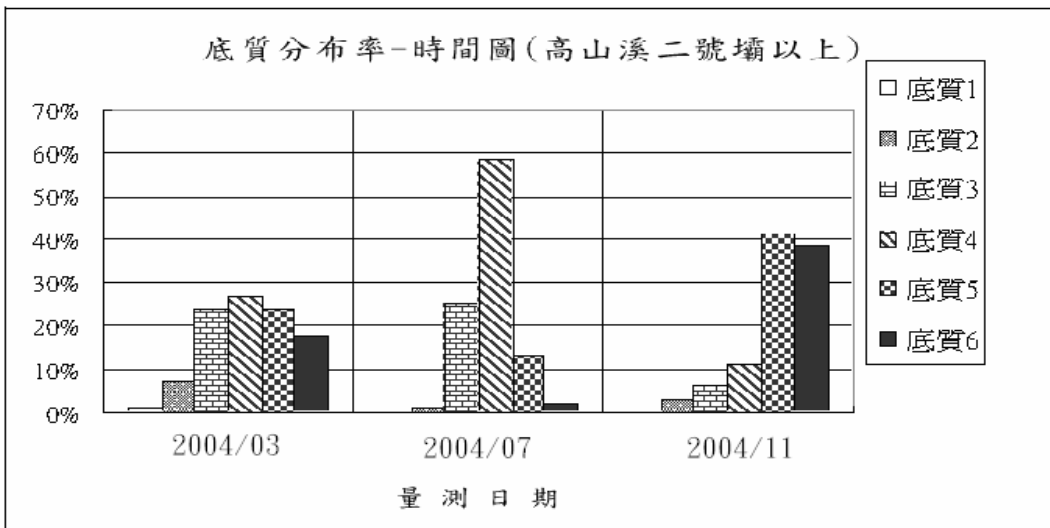


圖 4-3 底質分布率-時間圖(高山溪二號壩以上)

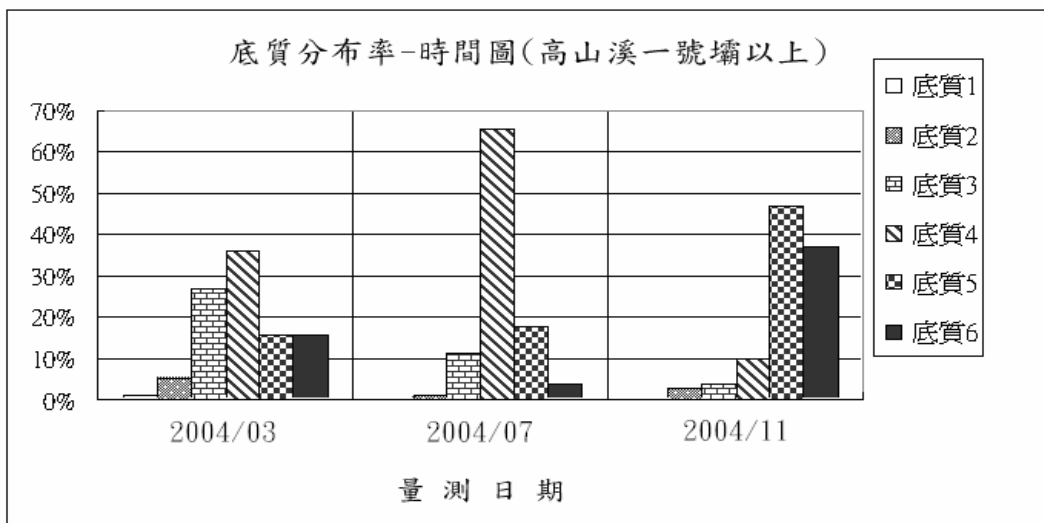


圖 4-4 底質分布率-時間圖(高山溪一號壩以上)



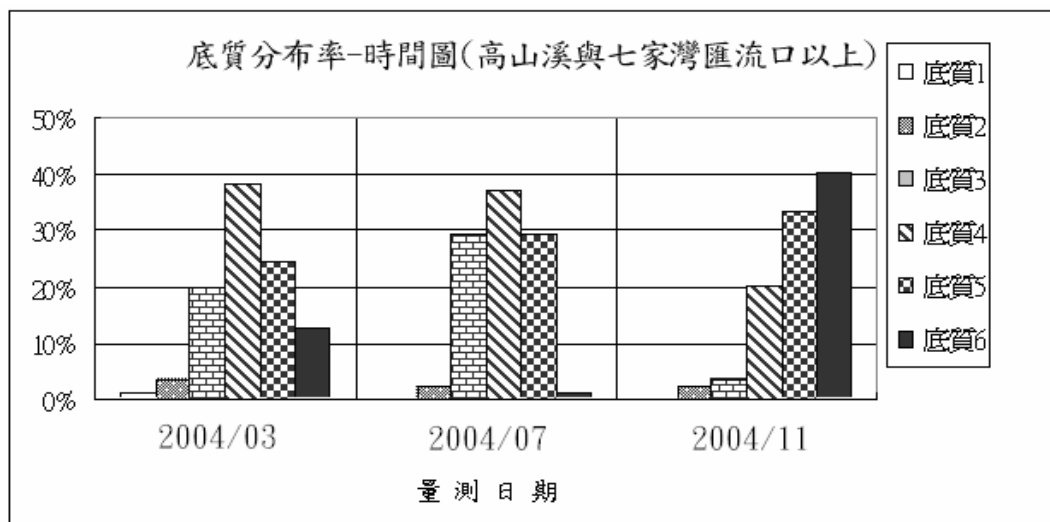


圖 4-5 底質分布率-時間圖(高山溪與七家灣溪匯流口以上)

## 二、七家灣溪底質調查表

在七家灣溪的底質調查中，同樣因為洪水事件的影響，呈現明顯之沖刷現象，將較小粒徑往下輸送，並於河道中呈現護甲層現象。這也是為何七家灣溪河道中以底質 6 最多，達 40%之原因。另外，與高山溪河道相同的是，在本區域底質 1 為最少之粒徑組成。這也說明小粒徑在此沖刷河段中，呈現向下輸送之特徵。

各河段每一時期之底質變化如圖 4-6 及圖 4-7。

表 4-5 2004 年 3 月七家灣溪各河段之底質分佈比例

底質 位置	1	2	3	4	5	6
二號壩以上	2.94%	5.88%	8.82%	23.53%	35.29%	23.53%
二號壩以下	2.22%	6.67%	4.44%	22.22%	17.78%	46.67%

表 4-6 2004 年 7 月七家灣溪各河段之底質分佈比例

底質 位置	1	2	3	4	5	6
二號壩以上	0%	0%	24.24%	42.42%	24.24%	9.09%
二號壩以下	2.56%	12.82%	17.95%	30.77%	33.33%	2.56%

表 4-7 2004 年 11 月七家灣溪各河段之底質分佈比例

底質 位置	1	2	3	4	5	6
二號壩以上	0%	3.70%	12.96%	22.22%	28.70%	32.41%
二號壩以下	0%	7.41%	12.96%	5.56%	25.93%	48.15%

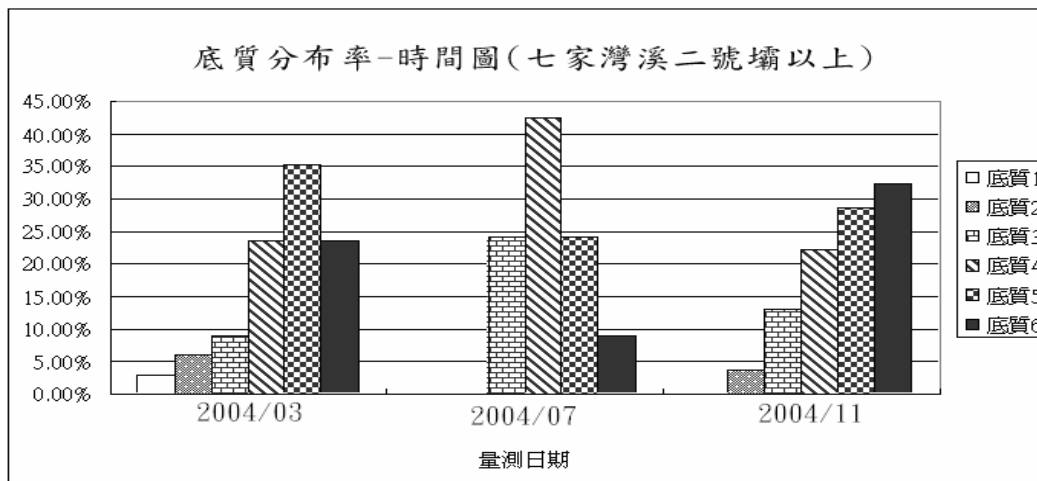


圖 4-6 底質分布率-時間圖(七家灣溪二號壩以上)

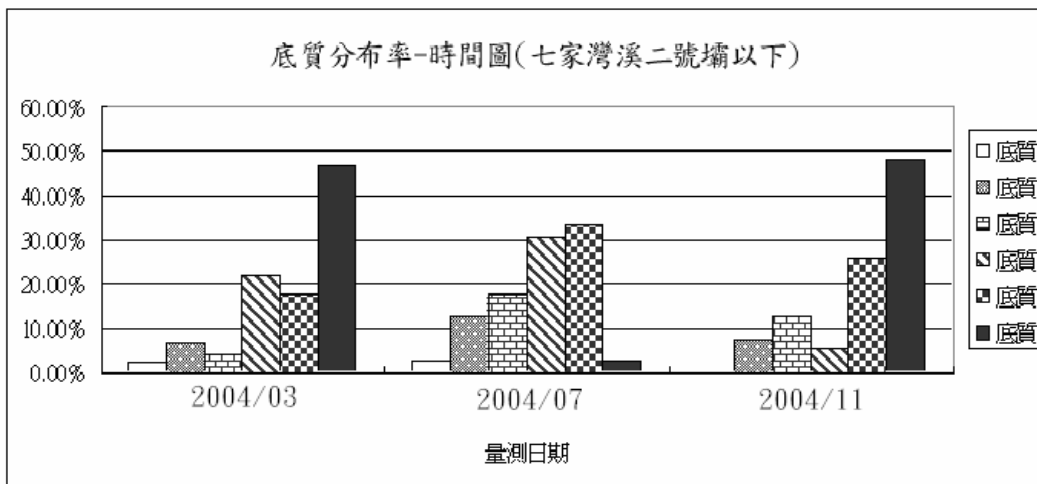


圖 4-7 底質分布率-時間圖(七家灣溪二號壩以上)

## 第二節 棲地環境類型分析

本研究利用福祿數 (Fr) 利用表 4-8 進行棲地環境類型的分類，其中，福祿數乃是透過流速及水深獲得，其公式如下。

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gl}}$$

其中，Fr：福祿數，V：流速 (M/S)，g：重力加速度 (M/S<sup>2</sup>)，l：水深 (M)

由於本次調查，恰逢暴雨期，導致七家灣溪溪水高漲，以致於在棲地環境類型分類方面，皆以淺瀨及急流的部分居多，僅有些微的緩流水體存在，呈現出棲地環境的不均勻，不過這應該僅是暴雨所導致的過渡期。

表 4-8 棲地環境類型分析

福祿數大小	Fr<0.095	0.095<Fr<0.255	0.255<Fr<1	Fr>1
棲地型態	Pools	Slow water	Riffles	Rapids

### 一、高山溪棲地環境類型分析

在高山溪棲地環境分析方面，首先就四號壩上之棲地變化來說，急流之棲地在三月及七月之調查中佔有超過 80% 之比率，但在十一月份的洪水改變後，原本高組成之急流棲地轉變為消失，進而取而代之的是，淺瀨棲地的產生的型態。

而在其他區域中，也有急流消失淺瀨增加之趨勢。另外，將以各河段每一時期之棲地變化趨勢整理如圖 4-8 圖 4-12。

表 4-9 高山溪棲地環境類型分析(2004/03)

棲地型態 位置	Pools	Slow water	Riffles	Rapids
高山溪四號壩以上	0%	20.83%	70.83%	8.33%
高山溪三號壩至四號壩	0%	13.04%	86.96%	0%

高山溪二號壩至三號壩	0%	2.02%	81.82%	16.16%
高山溪一號壩至二號壩	0%	0%	62.82%	37.18%
高山溪一號壩以下	0%	2.38%	85.71%	11.90%

表 4-10 高山溪溪棲地環境類型分析(2004/07)

棲地型態 位置	Pools	Slow water	Riffles	Rapids
高山溪四號壩以上	0%	0%	16.67%	83.33%
高山溪三號壩至四號壩	0%	0%	56.52%	43.48%
高山溪二號壩至三號壩	0%	0%	72.73%	27.27%
高山溪一號壩至二號壩	0%	0%	57.69%	42.30%
高山溪一號壩以下	0%	1.23%	81.48%	17.28%

表 4-11 高山溪溪棲地環境類型分析(2004/11)

棲地型態 位置	Pools	Slow water	Riffles	Rapids
高山溪四號壩以上	0%	29.17%	70.83%	0%
高山溪三號壩至四號壩	0%	1.39%	91.67%	6.94%
高山溪二號壩至三號壩	0%	0%	97.22%	2.78%
高山溪一號壩至二號壩	0%	1.23%	95.06%	3.70%
高山溪一號壩以下	0%	3.57%	96.43%	0%

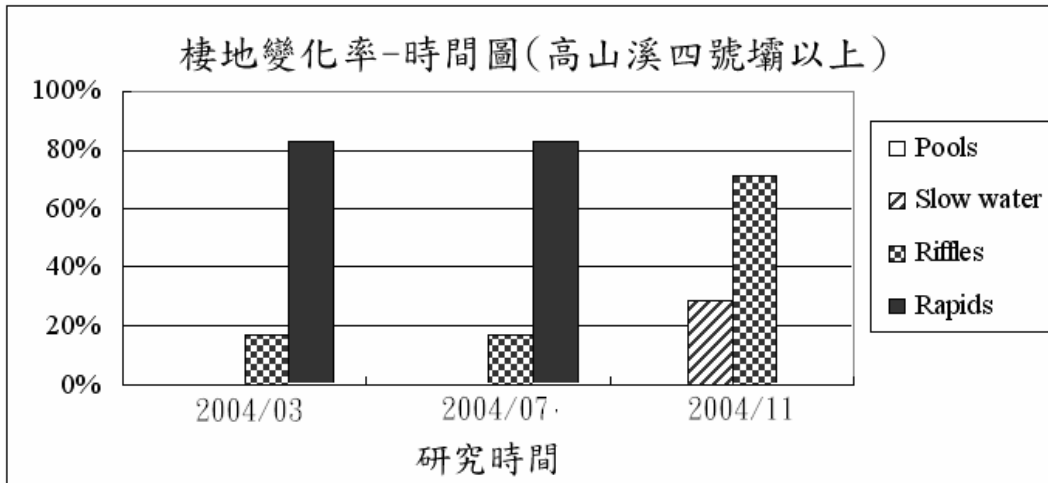


圖 4-8 棲地變化率-時間圖(高山溪四號壩以上)

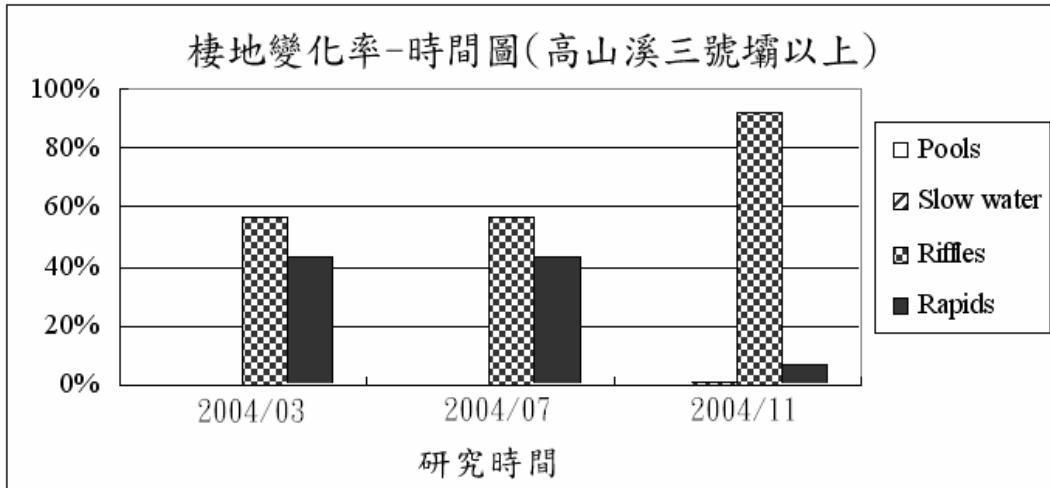


圖 4-9 棲地變化率-時間圖(高山溪三號壩以上)

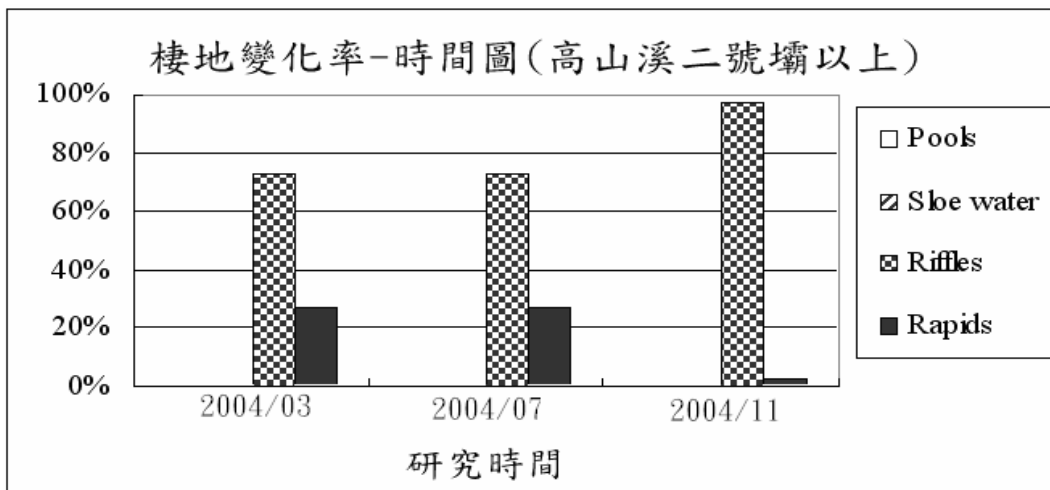


圖 4-10 棲地變化率-時間圖(高山溪二號壩以上)

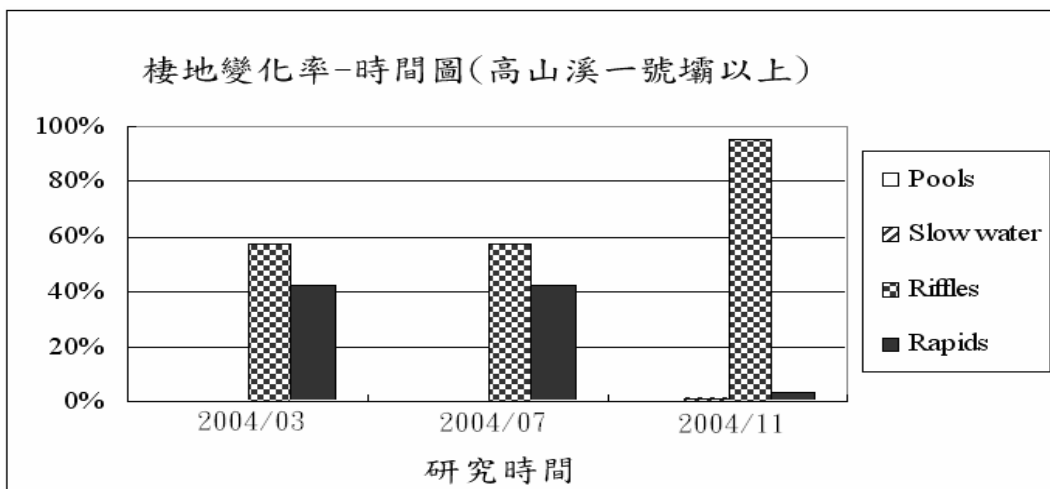


圖 4-11 棲地變化率-時間圖(高山溪一號壩以上)

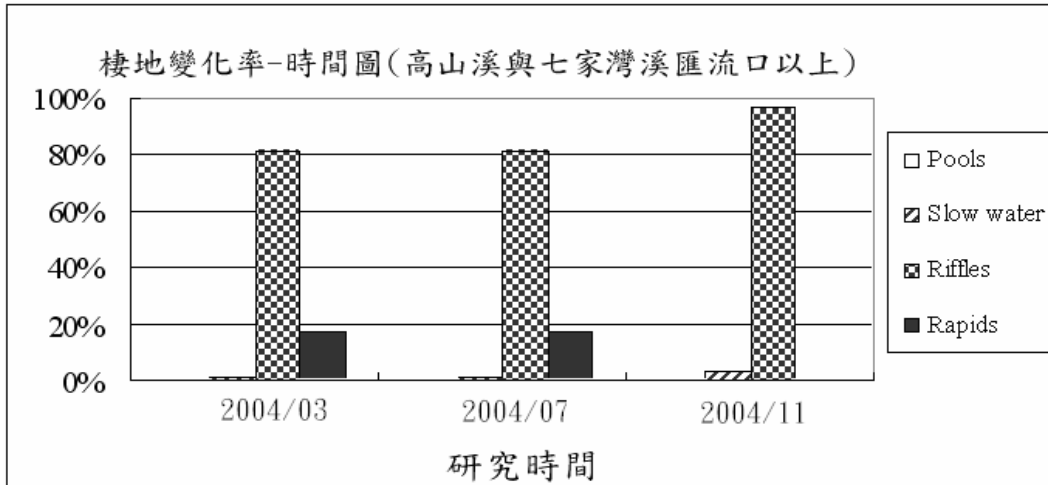


圖 4-12 棲地變化率-時間圖(高山溪與七家灣溪匯流口以上)

## 二、七家灣溪棲地環境類型分析

在七家灣溪棲地環境類型分析，則出現與高山溪不謀而合之情形，整個七家灣溪流域也呈現急流棲地少，而緩流棲地多的型態。不過在七家灣溪的研究區域內，其棲地的組成較為豐富，不似高山溪呈現單調之狀況，這樣的環境對生物來說，是較合適的。將以各河段每一時期之棲地變化趨勢整理如圖 4-13 圖 4-14。

表 4-12 七家灣溪棲地環境類型分析(2004/03)

棲地型態 位置	Pools	Slow water	Riffles	Rapids
七家灣溪二號壩以上	0%	2.94%	38.2%	58.8%
七家灣溪二號壩以下	0%	1.39%	45.83%	52.78%

表 4-13 七家灣溪棲地環境類型分析(2004/07)

棲地型態 位置	Pools	Slow water	Riffles	Rapids
七家灣溪二號壩以上	0%	21.21%	57.58%	21.21%
七家灣溪二號壩以下	0%	23.08%	58.97%	17.95%

表 4-14 七家灣溪棲地環境類型分析(2004/11)

棲地型態 位置	Pools	Slow water	Riffles	Rapids
七家灣溪二號壩以上	0%	8.33%	87.96%	3.70%
七家灣溪二號壩以下	0%	0%	96.30%	3.70%

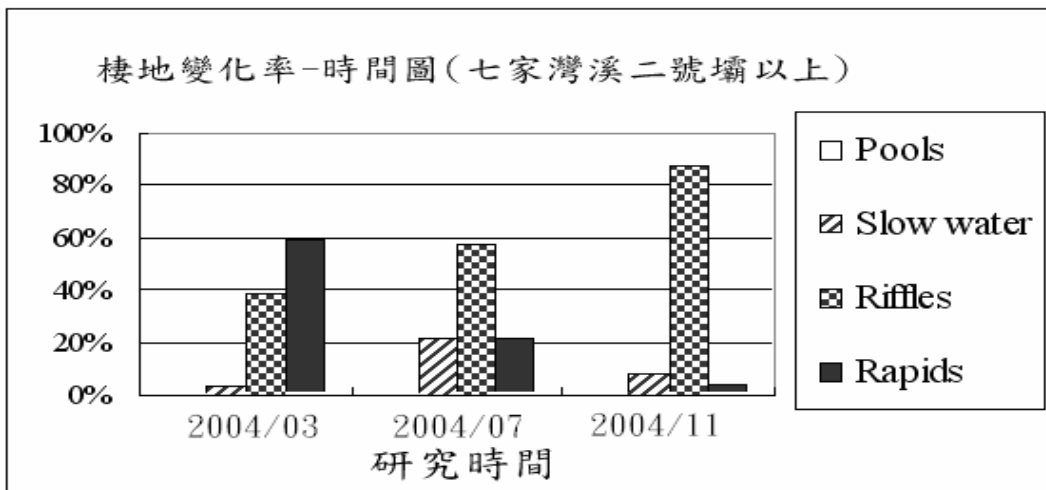


圖 4-13 棲地變化率-時間圖(七家灣溪二號壩以上)

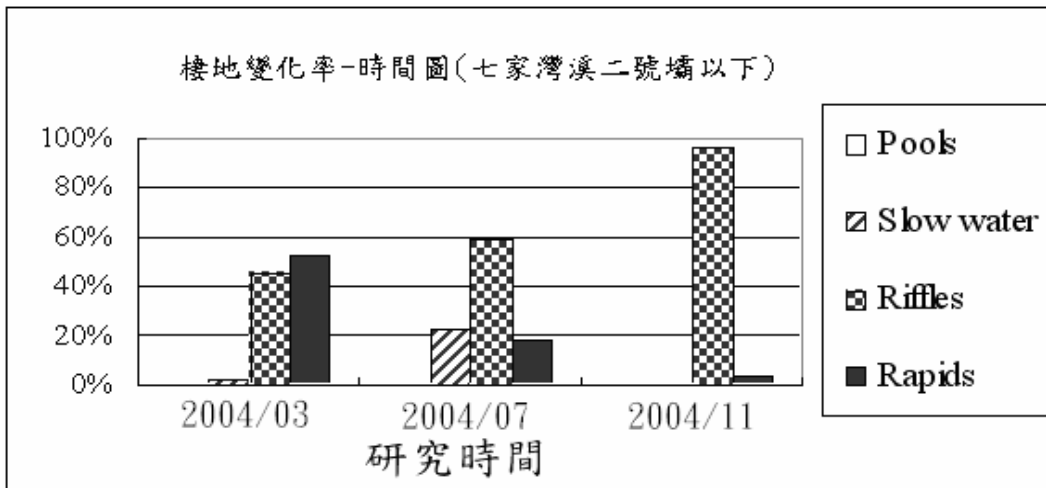


圖 4-14 棲地變化率-時間圖(七家灣溪二號壩以下)

## 第五章 七家灣溪二號壩壩體改善試驗

### 第一節 研究區域及試驗流程

本研究旨在利用水工模型試驗探討七家灣溪二號壩壩體改善工程對上下游河道棲地之影響，而本次壩體改善試驗之施作流程如圖 5-1 所示。本次壩體改善試驗的研究區域為七家灣溪二號壩上游兩百公尺及下游四百公尺之範圍。

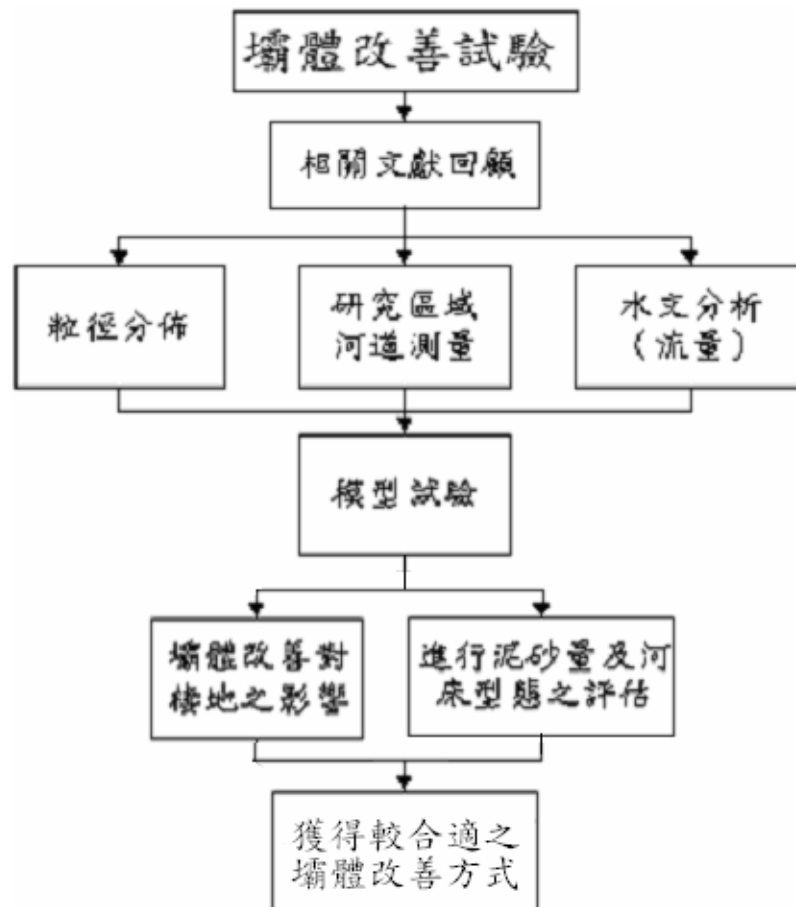


圖 5-1 壩體改善試驗流程圖



## 第二節 研究目的及方法

在本試驗中，將利用渠槽試驗模擬七家灣溪的二號壩上、下游河道的真實情況，並考慮七家灣溪河床質之組成、溪床坡度、壩體位置及其寬度、降雨情形及洪水歷線等參數進行渠槽試驗。

本試驗研究之作業內容及方法如下：

- (1)水文資料之收集與分析：收集相關水文站內所有之雨量資料，並取其常流量、2.33 年之流量及 10 年之流量歷線以作為試驗的流量值。
- (2)現場調查：為了使水工模型試驗能夠充份表現實際情形，於七家灣溪進行現場調查，針對實驗壩體附近之地形及河床質進行測量及採樣之工作。
- (3)室內水工模型試驗：於水工試驗室內進行渠槽試驗，藉由不同之流量及壩體開口情形，瞭解河川上游及下游形態可能造成之變化。

## 第三節 渠槽試驗

### 一、模型縮尺

在確定模型平面比例尺時，即要考慮試驗範圍和試驗場地，也要考慮到現有試驗技術的限制，且模型製作不宜過大，否則操作十分困難；此外，本試驗河段長度與水深相差百倍以上，採用等比模型的難度高。因此，綜合考量各方面因素，模型相關縮尺如下：

表5-1 模型相關縮尺

水平比例尺	$l_r = \frac{l_p}{l_m} = 120$
垂直比例尺	$H_r = \frac{H_p}{H_m} = 60$
流速比尺	$u_r = u_p / u_m = H_r^{1/2} = 7.75$
水流時間比尺	$t_r = t_p / t_m = l_r / u_r = 15.5$
流量比尺	$Q_r = l_r H_r^{3/2} = 55770.96$

### 二、試驗配置

本試驗於逢甲大學水利工程系之水土環境試驗室之渠槽上操作，渠槽全長 500cm、寬 200cm、深 40cm。首先於渠槽上放樣出試驗範圍，並以木板製

作試驗渠槽。渠槽配置圖如下。

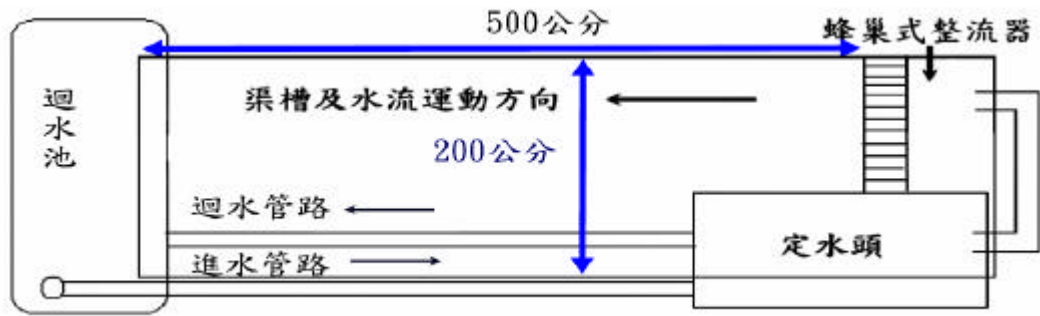


圖 5-2 渠槽配置圖



照片 5-1 定水頭水箱



照片 5-2 抽水馬達



照片 5-3 流量控制閥門



照片 5-4 水工試驗室渠槽

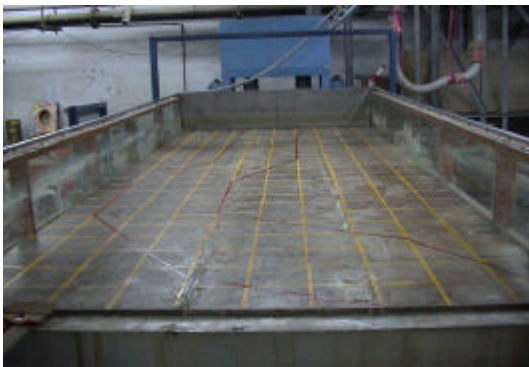
093-301020500G-021



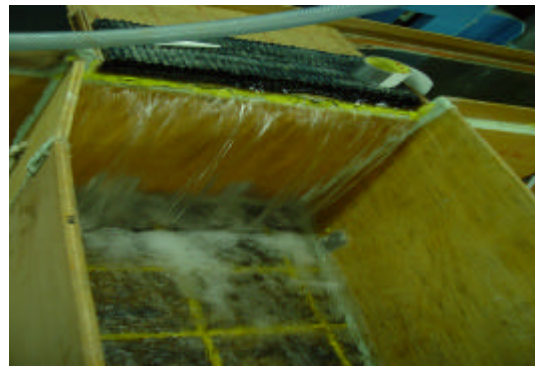
照片 5-5 超音波水位計



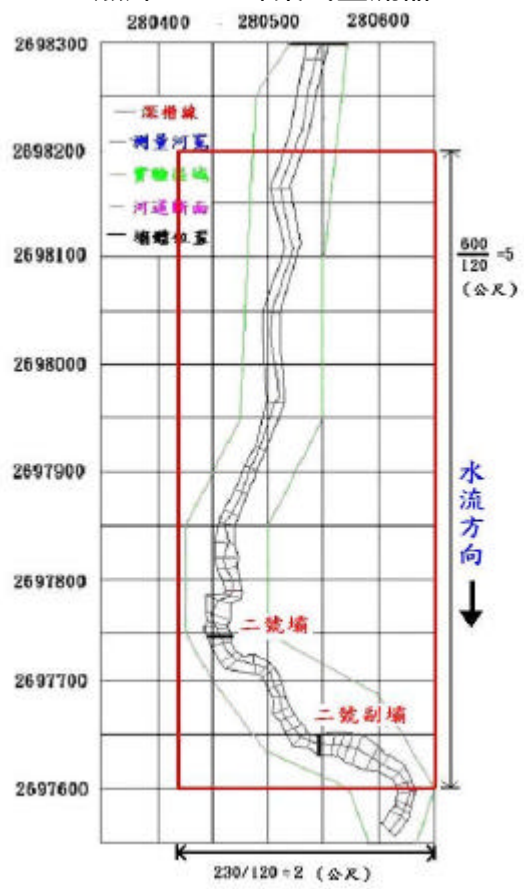
照片 5-6 超音波水位計



照片 5-7 渠道之放樣



照片 5-8 蜂巢式整流器



### 三、試驗之控制因子

在試驗中，所採用之控制因子如表 5-2 所示，其中渠槽流量分為常流量、2.33 年流量及十年歷線流量；此外，配合另一控制變因，以不同壩體開口方式(未開口、開口於壩體右側、開口於壩體左側及壩體全開口)試驗出較適當之壩體改善方式。

表 5-2 試驗之控制因子

控制變因	控制變量
渠槽流量 (l/s)	常流量、2.33 年流量、十年歷線流量
壩體開口	未開、開右、開左、全開

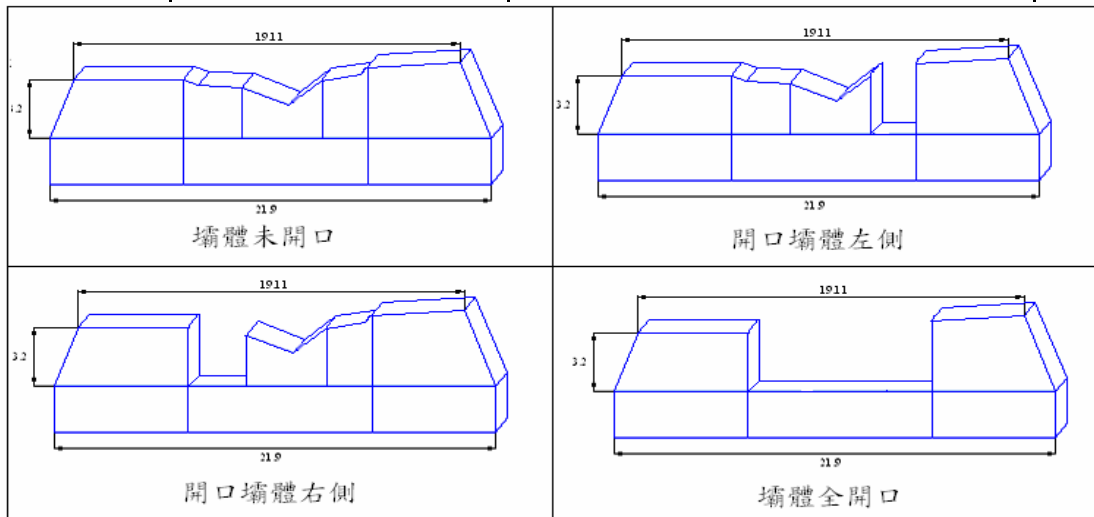


圖 5-4 壩體開口示意圖

試驗河床採用的級配粒徑組成範圍自 38.1 ~ 0.037 mm，其粒徑累積分佈曲線(如圖 5-5)所示，其粒徑之物理特性如表 5-3 所示。而粒徑累積分佈曲線經縮製後，如下圖所示：



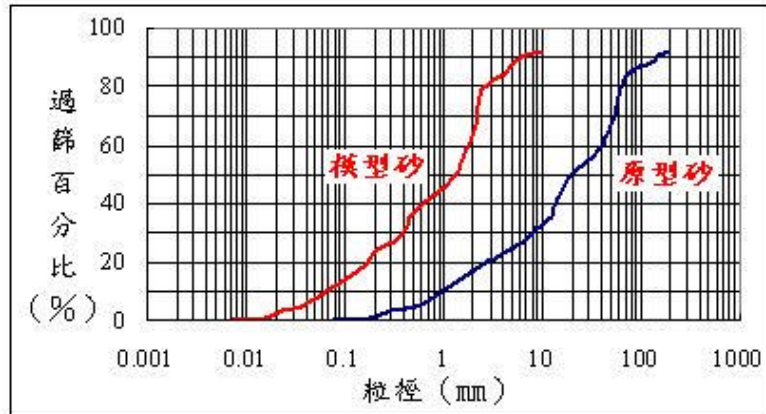


圖 5-5 粒徑累積分佈曲線

表 5-3 各試體之物理特性

基本性質	試料別	級配粒徑
中值粒徑( $d_{50}, mm$ )		5.07
平均粒徑( $d_m, mm$ )		3.81
特徵粒徑( $d_{90}, mm$ )		17.44
最小粒徑( $d_{min}, mm$ )		0.037
最大粒徑( $d_{max}, mm$ )		38.1
飽和濕密度( $g/cm^3$ )		2.58
標準偏差 $s_g = \sqrt{d_{84}/d_{16}}$		4.35

於七家灣溪實地勘查後，發現在試驗範圍即二號壩附近河道兩側皆為陡峭之岩壁，為不可變動之邊壁條件，故於水工模型試驗中，假設在岩盤相對位置處，則以磚塊代替其岩壁。

#### 四、試驗方法及步驟

- (1) 針對試驗所需之流量進行精確率定工作。
- (2) 在試驗段劃分 20 個斷面位置。
- (3) 於渠床中鋪設二號舊壩、二號壩及二號副壩壩體模型，並調整其相對位置。
- (4) 依照斷面板於渠床上均勻鋪設土層，潤溼後並加以夯實。
- (5) 使用超音波水位計，量測各斷面之高程，並記錄之。
- (6) 開啟閘門，蓄存來自試驗段上游定水頭供水系統供給少許清水流。
- (7) 調整試驗之預定流量。

093-301020500G-021

- (8)當水流進入試驗段同時以碼錶計時。
- (9)於下游處盛接來自上游被水流沖刷帶走之泥砂量並記錄之。
- (10)依照水文分析之時間進行拆壩動作，並進行拍照紀錄。
- (11)常流量及 2.33 年流量，待河床砂石達靜態平衡後，而十年洪水歷線於歷程過後，停止計時並量測各斷面的水面高程並紀錄之。
- (12)關閉閘門，並量測各斷面底床高程並紀錄之。
- (13)改變試驗流量，重複步驟(3)~(12)面河床高程。



照片 5-10 鋪設壩型體模型



照片 5-11 鋪設壩體模型



照片 5-12 夯實之土層



照片 5-13 量測高程



照片 5-14 供給少許清水流



照片 5-15 拆除壩體



照片 5-16 渠道沖刷中



照片 5-17 渠道沖刷後

#### 第四節 試驗分析與討論

將模型試驗後所得之數據整理後，針對防砂壩改善後對河道的幾何變化、沖刷槽之演變過程、蜿蜒度及泥砂的運移量予以比較分析。

##### 一、壩體上游沖刷槽之形成與發展

在壩體出現缺口後，上游泥砂會隨著水流輸送至下游，而上游面在水流沖刷下會出現一條深槽線，我們可利用深槽線來觀察不同之防砂壩改善方式，其改善後壩體上游河道的變化情況。

在此以 2.33 年流量下，開口位置於壩體右側為例，進行溯源沖刷現象之討論。其中，圖 5-6 及圖 5-7 為拆除壩體前後之等高線圖，可由比較二圖之壩體上游等高線之變化中，觀察出其深槽線長度，並可由深槽線趨勢瞭解其溯源沖刷程度，圖 5-8 及圖 5-9 為其等高線之立體圖，溯源沖刷程度亦可由立體圖中，約略觀察其沖刷情形。

溯源沖刷的距離代表著拆除防砂壩後對上游河道影響的程度，若溯源沖



刷距離較短，表示對上游環境的影響較小，避免對上游的結構物造成破壞，因此對於七家灣溪二號壩體之改善方式則選擇溯源沖刷影響距離較小的壩體拆除方式。如此一來便不會對上游河道產生太大的擾動。

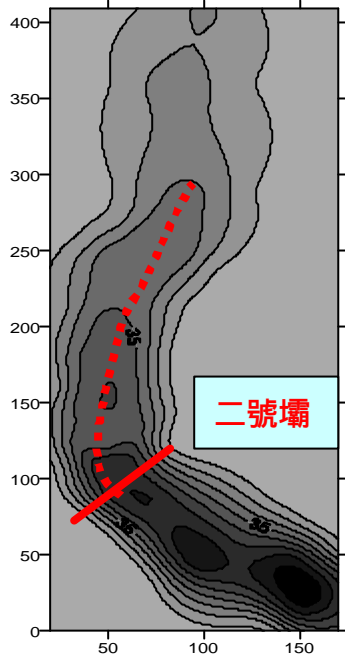


圖 5-6 等高線圖(拆壩前)

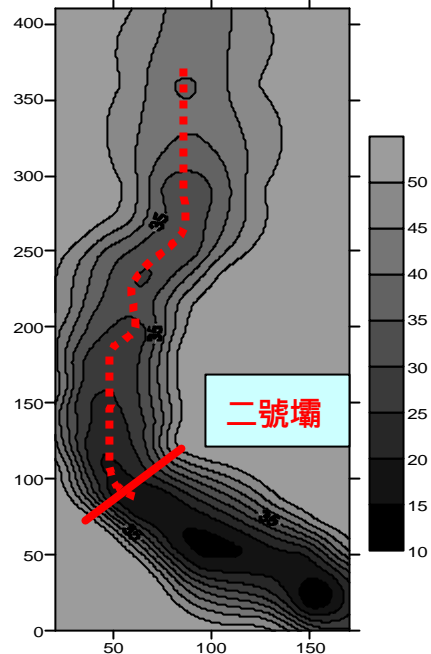


圖 5-7 等高線圖(拆壩後)

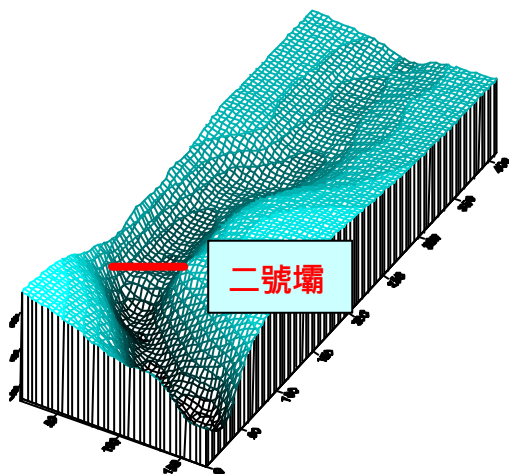


圖 5-8 立體等高線圖(壩體改善後)

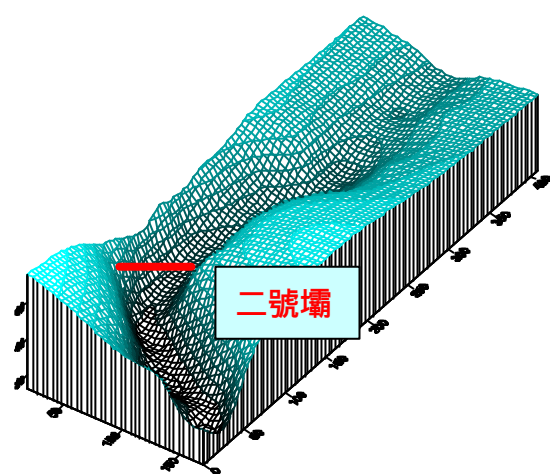


圖 5-9 立體等高線圖(壩體改善後)

藉由模型縮尺的還原，試驗推估值可還原為實際沖刷槽距離(表 5-3)，如此一來，便能瞭解現場壩體改善後遭逢某一程度水文事件，所可能發生之現象。這樣便能有效預測，將風險減至最低。另外表 5-4 為壩上游淤沙高程實際改變量，這說明在本試驗條件下，壩上斷面所降低之高程。如此的現場還原讓工程或研究人員能在現地觀察比較壩體拆除後，瞭解現地河道所會改變的長度及高度，以利配合當地情況，加以監控。



表 5-4 實際沖刷槽距離(M)

	右側	左側	全開
常流量	79.2	93.6	76.8
2.33 年流量	148.8	無法觀測	241.2

表 5-5 壩上游淤沙高程實際改變量(M)

	右側	左側	全開
常流量	2.41	1.77	2.38
2.33 年流量	2.09	5.72	3.04
十年洪水歷線	3.35	3.02	4.14

## 二、坡度之影響

壩體拆除後，壩體上游的河道將會產生溯源沖刷。因此，河道的變動將會改變河床原有的坡度，進而影響水流的流速。在此，由於溯源沖刷的機制，將會導致坡度的增加，進而產生較為湍急的流況，而如此急促的流水將會對下游河道照成威脅，將也可能對鮭魚的迴游造成影響，所以，在壩體拆除後若能產生坡度較緩的河床，或許對生態的衝擊較小。

表 5-6 坡度比較

	未開	右側	左側	全開
常流量	0.05305	0.07987	0.07463	0.08449
坡度比較	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
2.33 年流量	0.03757	0.05042	0.06272	0.06774
坡度比較	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
十年洪水歷線	0.03661	0.0436	0.03994	0.05587
坡度比較	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>

表中的粗體數字為對坡度大小作比較，1 表示最緩坡度，4 為最陡坡度，由表 5-6 可知，不同流量下三種壩體改善方式以移除壩體右側方式所產生的坡度最為陡峭，因此，在坡度影響比較中，較不建議以移除壩體右側進行壩體改善。

## 三、泥砂運移分析

當壩拆除後，靠近壩體缺口附近之泥砂會先大量流下，造成其上游河床穩定及深槽形成產生影響，等到缺口附近泥砂排放結束後，泥砂排放量才會回復到正常的排放量，根據輸出泥沙總量(表 5-6)及時間-相對泥砂輸出率與不

同流量進行分析討論，以解析壩體改善壩體右側、左側及全開口三種不同方式，對水流泥砂含量之影響。

表 5-7 總泥砂量

	未開	右側	左側	全開
常流量	0.04	0.04	0.04	0.04
2.33 年流量	124.35	155.31	173.65	205.60
十年歷線	66.93	159.33	145.34	138.44

綜合以上三種不同流量分析後，可得於壩體右側、壩體左側及壩體全開口三種拆壩方式中，以壩體左側改善方式最為最劣，以壩體右側改善方式最佳。因此，於泥砂運移分析中，我們建議以壩體右側改善方式為優先考量。

## 第五節 結果

對於七家灣溪二號壩壩體改善之水工模型試驗，進行結果說明，其分述如下：

- 1.改善壩體時以拆除壩體右側所產生之沖刷槽較拆除壩體左側及壩體全部拆除所產生之沖刷槽為短。由此可知，對上游河床所產生的溯源沖刷程度較小，如此一來，對上游之可能衝擊也隨之趨於緩和，而這也減緩上游泥沙的輸出趨勢。
- 2.在泥砂運移分析中，從時間-相對輸砂率關係圖中可發現，以拆除壩體右側為較佳之壩體改善方式。此一改善方式其時間-相對輸砂率關係圖之曲線較平緩，表示瞬時泥砂輸出量較和緩，不致有過高濃度的含砂水流進入河道，而導致水生生物遭受威脅。
- 3.於本試驗就溯源沖刷、坡度比及相對輸砂率三種因素的考量下，將上述所提及之結論彙整成下表，在此建議改善七家灣溪二號壩體之方式以拆除右壩為最優先考量。
- 4.由於現況之改變導致現場與試驗條件不同，因此本次試驗結果將無法直接採

用，但仍可提供壩體改善策略之參考。

表 5-8 結論彙整

開口形式	開右	開左	全開
溯源沖刷	良好	不良	良好
坡度比	良好	良好	不良

泥砂運移分析	良好	不良	尚可
--------	----	----	----

## 第六章 艾利風災之現場勘查

本次調查，主要對於在風災過後影響最嚴重之七家灣溪河道，道路邊坡進行勘查，在本章節將概略說明，風災對武陵地區之衝擊。

### 第一節 七家灣溪河道變化

首先就七家灣溪河道進行說明，並適當輔以先前之照片，用以說明風災對七家灣溪河道之影響。首先，對於二號壩及二號副壩間產生明顯的改變，研究區域剖面圖及概述如下。

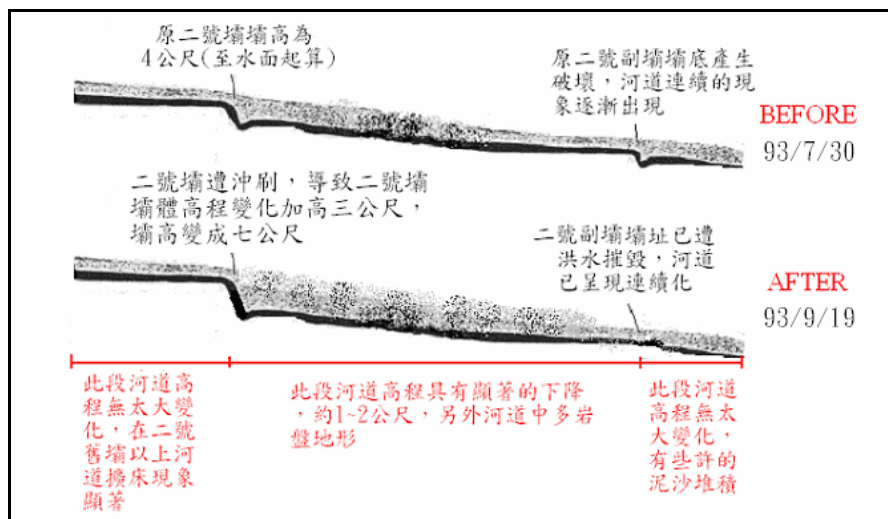


圖 6-1 河道現況示意圖

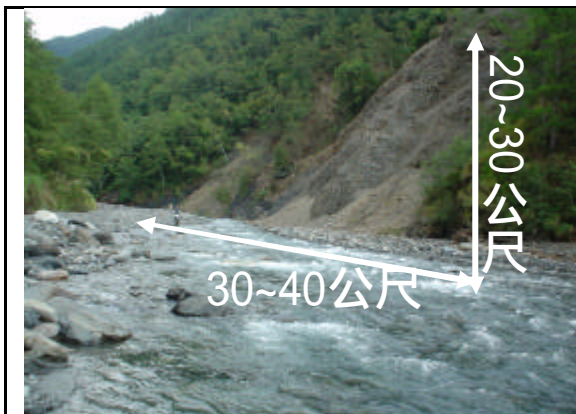
#### 一、二號壩上游河道變遷

接下來，將由本次研究的上游向下游說明颱風過後的變化概況，並配合先前的照片說明。在二號壩上游 450 公尺處，有一處明顯可見之裸露地，並在河道中形成一處明顯的土砂料源供應區(照片 6-1 照片 6-4)。

接下來，約莫在二號壩上游 400 公尺至 100 公尺處之直線段中，伴隨著暴雨流量而明顯的擴床現象，並可由不同時期所拍攝的照片看出(照片 6-5

093-301020500G-021

照片 6-7)。，河道的演變過程。並在大流量的經歷之後，河道出現大量礫石，  
呈現出護甲層抗沖的機制。



照片 6-1 七家灣溪崩坍(9/19 現勘)



照片 6-2 崩塌下灘地(9/19 現勘)



照片 6-3 七家灣溪崩坍(9/19 現勘)



照片 6-4 七家灣溪崩坍(9/19 現勘)



照片 6-5 二號壩上游直線段(今年二月)



照片 6-6 二號壩上游直線段(今年五月)

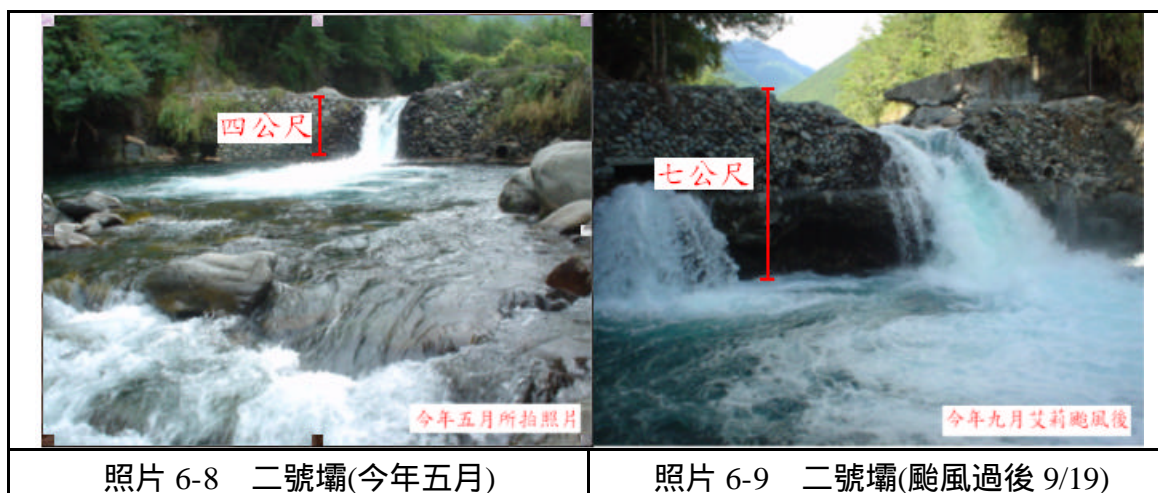




照片 6-7 二號壩上游直線段(颱風過後)

## 二、七家灣溪二號壩及副壩間河道變遷

二號壩在本次颱風過後壩基明顯的裸露，並將壩體上下游之高程由原本 4 公尺加高至七公尺，壩體的溢流口也有明顯的加深及擴大。這也對於壩體上游河道產生溯源沖刷之機制(照片 6-8 照片 6-11)。在本次研究試驗的下游段，原本破損的二號副壩(照片 6-12 照片 6-15)，在經歷了此次洪水之後，原本的壩址已遭沖毀只留下左側的壩翼。原本副壩下的深潭也消失不見，留下連續的河道流路。



照片 6-8 二號壩(今年五月)

照片 6-9 二號壩(颱風過後 9/19)



照片 6-10 二號壩壩址現況(颱風過後)



照片 6-11 二號壩壩址現況(颱風過後)



照片 6-12 二號壩壩址(今年五月)



照片 6-13 二號壩壩址(今年九月)



照片 6-14 二號壩壩址(今年五月)



照片 6-15 二號壩壩址(今年九月)



## 第二節 道路邊坡及復育場之破壞

颱風過後的舊復育場，因為流心的變化導致復育場所在的右岸以沖刷現象為主，而左岸則以堆積為主(照片 6-16 及照片 6-17)。此外，本次暴雨亦對下游之觀魚台產生災害，並導致路基流失(照片 6-18~照片 6-21)。此一災害需在生態環境的充分考量下，進行修復的動作，以免對環境產生二次傷害。



照片 6-16 舊復育場(今年五月)



照片 6-17 舊復育場(今年九月)





照片 6-18 觀魚台(今年九月)



照片 6-19 觀魚台(今年九月)



照片 6-20 觀魚台(今年九月)



照片 6-21 觀魚台(今年九月)

### 第三節 遊客中心前護岸及七家灣溪一號壩之破壞

由於河道擴床及流心線變動之緣故，使得遊客中心前河岸基腳產生掏刷，進而導致坡面滑落及先前覆土植生部分流失。此一崩塌更導致路面龜裂，若再有水流侵蝕坡腳，則可能導致整個坡面產生土體主動滑落，並危及遊客中心前道路之安全(照片 6-23)。因此本研究建議先行保護底端基腳(照片 6-22)，這是因為坡面基腳全無巨礫或植生保護，此邊坡處於極不穩定之狀態。

此外，七家灣溪雪霸管理處前一號壩，因為水位抬升及水流面擴大之因素，對於兩邊之河岸邊坡產生沖刷，尤以壩體下游右側之坡面為最明顯，坡面沖刷導致道路產生破損，因此本研究建議先行保護一號壩兩岸坡面，施以植生或柔性工法之護岸保護，並需持續觀察其流心位置，避免因水流流心線變化，而導致壩體下游兩岸邊坡之沖刷。



照片 6-22 遊客中心前河岸淘刷



照片 6-23 遊客中心前路面龜裂



照片 6-24 七家灣溪一號壩現況



照片 6-25 七家灣溪一號壩邊坡沖刷

## 第七章 結論

本計畫於今年三月、七月及十一月實行調查，整體來說，由於今年雨量相當豐沛。在如此劇烈的水文事件下導致原本所假設的夏季沖刷、冬季淤積的情形不明顯，儘管在這樣暴雨流量下的侵襲，不過在十一月份的調查中，部分的河段中皆有觀測到階梯狀河床及明顯之護甲層作用，這是在重大擾動過後，趨於穩定的重要指標。

### 第一節 高山溪河道變化

- (1)在四號壩壩口，出現明顯之沖刷坑，並連帶導致四號壩下游面河床下降。導致壩體和水面呈現一段不小之落差。因此須加以考量高程落差對於迴游性生物之影響。
- (2)在四號壩至三號壩之間的直線段，持續有土砂及漂流木的崩落因為泥砂的淤積，而產生流心線變化之現象。
- (3)大量之倒木在二號壩呈現囚困的跡象，進而改變二號壩壩口之沖刷機制。因此本研究建議需將壩口所困積之倒木清理。
- (4)一號壩以下至匯流口，因高程落差大，床面巨礫較多，再加上來自上游之泥砂量較大，多呈現階梯狀河床。匯流口之對岸有受洪水衝擊之趨勢，並有明顯之泥砂堆積現象。

### 第二節 七家灣溪二號壩附近河道調查

- (1)七家灣溪二號副壩在93年9月沖毀，導致兩壩之間的河段產生向下侵蝕。
- (2)二號壩壩基裸露3公尺，並在壩底呈現滲水之現象。而在二號壩上游河段中，河道呈現約莫3倍之擴床現象。
- (3)二號壩壩口缺口持續下降，導致上游河道呈現溯源沖刷之現象，其沖刷槽已延伸約莫150公尺。

### 第三節 七家灣溪及高山溪之河道棲地底質調查

- (1)不論在七家灣溪或高山溪之各河段之大粒徑底質皆呈現增加的趨勢，為粗粒化之底質組成。
- (2)在暴雨過後的七家灣溪及高山溪流域，棲地型態呈現一個單調且貧乏的狀態。不過以七家灣溪之棲地組成較為豐富。

#### 第四節 七家灣溪二號壩壩體改善試驗

- (1)在本試驗中，考量甫進行壩體改善行為後，所可能遭遇之情形。為此，特設定在三種流量(常流量、2.33 年流量及十年洪水歷線)的考量下進行試驗的考量。
- (2)本次的壩體改善方式為壩體右側開口改善、壩體左側開口改善及壩體全開口改善，進行本次試驗之考量，並輔以未開口之情形加以對照，以獲得較佳之試驗結果
- (3)本試驗就溯源沖刷、坡度比、蜿蜒度及相對輸砂率四種因素的考量下，在此建議改善七家灣溪二號壩體之方式以拆除壩體右側為最優先考量。
- (4)由與現況之改變導致現場與試驗條件不同，因此本次試驗結果將無法直接採用，但仍可提供壩體改善策略之參考。

#### 第五節 艾利風災後之現勘

- (1)本研究期間恰逢艾利風災之暴雨，導致七家灣溪流域研究區域產生災害，尤以二號壩之壩基裸露及二號副壩之沖毀為最。
- (2)而在觀魚台及七家灣溪一號壩旁之道路坡腳掏空之災害，則宜詳加考量，並選擇適當生態季節加以維修，以減緩對環境之衝擊。
- (3)遊客中心前之河岸崩坍，可能會導致路基流失之危險，本研究建議以柔性工法進行護岸保護，避免更大之災害發生。