

調整型防砂壩經營管理分析、操作矩陣應用 與調整策略設計



簡報大綱

壹

緒論

貳

文獻回顧

參

研究方法

肆

結果與討論

伍

結論與建議

01

緒論

- ① 研究動機與目的
- ② 研究流程

緒論

研究動機

- 傳統型防砂壩經常造成土砂沖淤不平衡影響構造物與保全對象安全性。
- 維持溪床自然演變、土砂平衡及溪流生態之連續性之觀念逐漸受到重視。
- 因此調整型防砂壩漸漸成為主流。
- 調整型防砂壩缺乏經營管理、調整作業之依循參考



傳統連續式封閉型防砂壩



廊仔溪調整型防砂壩施作前上游土砂堆積、下游嚴重侵蝕



調整型防砂壩

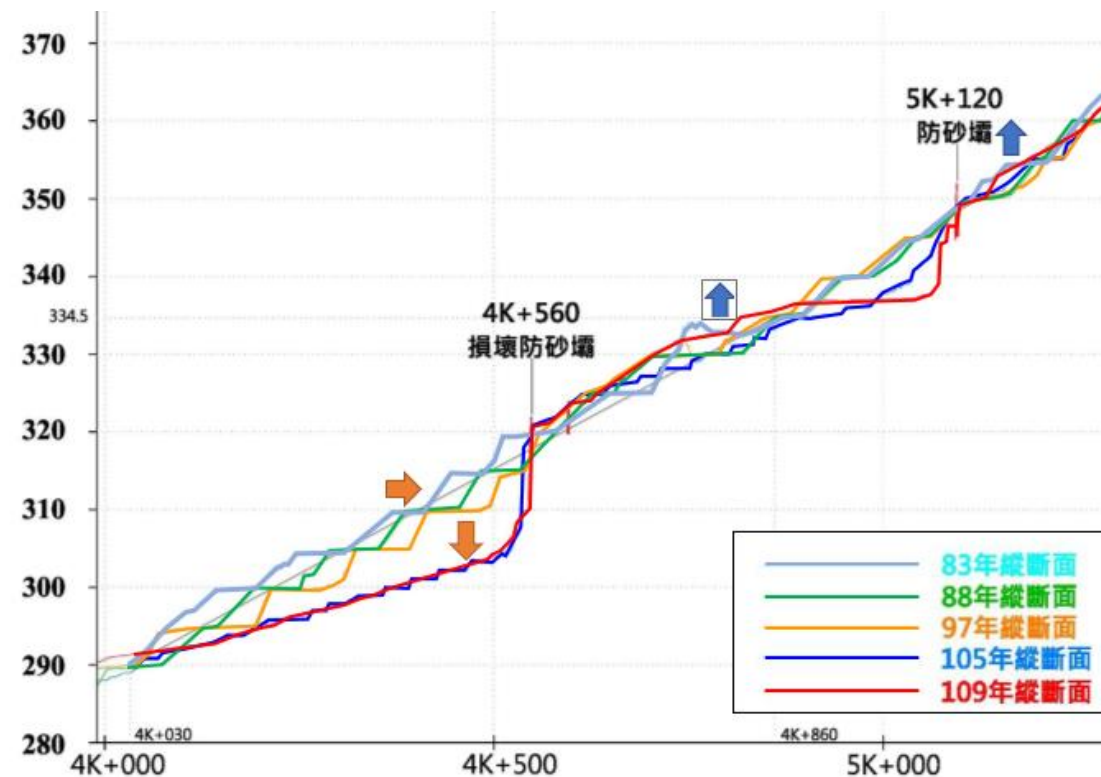


廊仔溪下游凹岸淘刷基礎裸露

緒論

研究目的

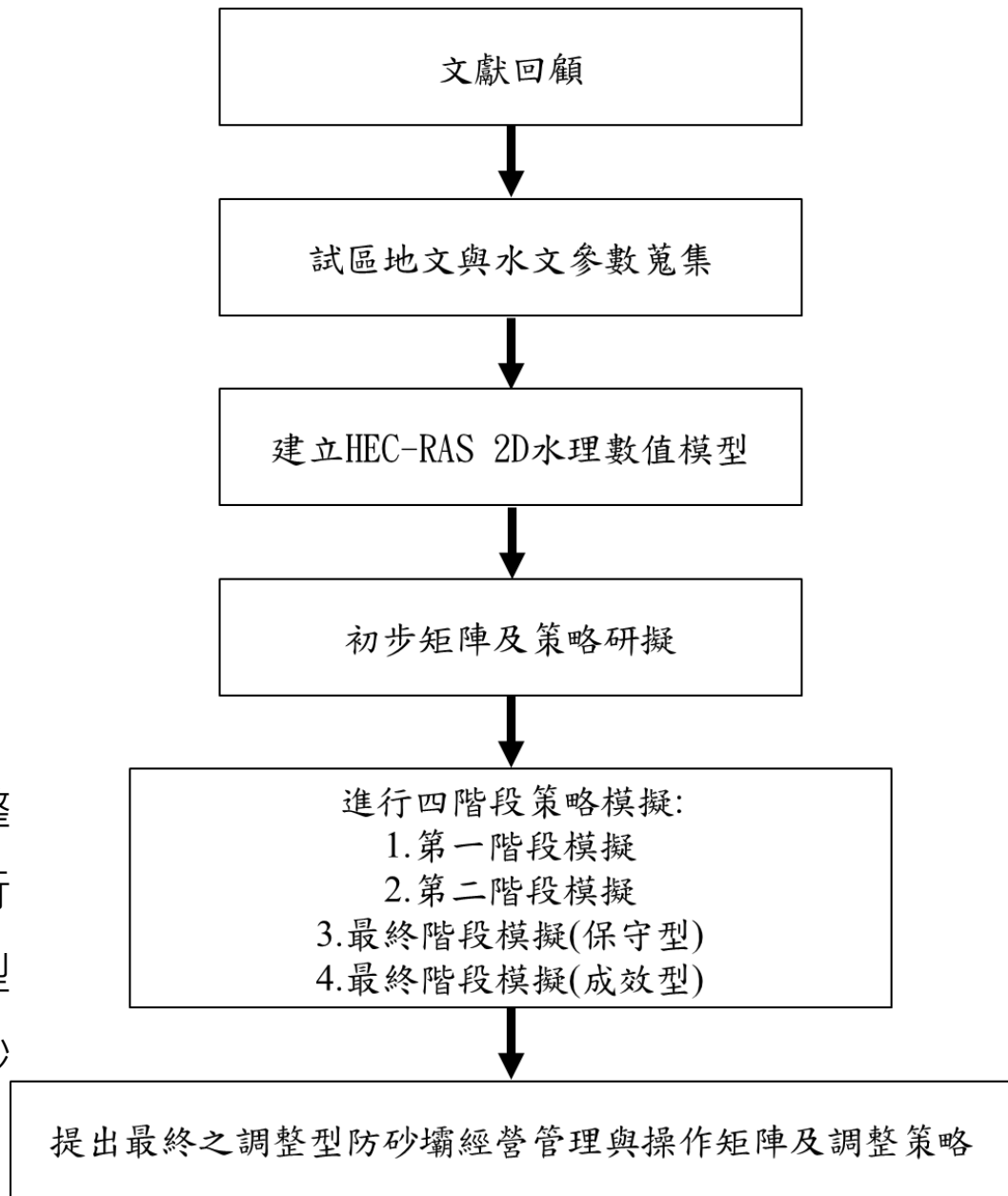
- ✓ 提出完整的調整型防砂壩經營管理與操作策略
- ✓ 確保下游保全對象的安全
- ✓ 平衡防砂壩體上、下游之土砂狀況
- ✓ 延長防砂壩的使用壽命



緒論

研究流程

- 首先透過一系列的文獻蒐集與回顧，瞭解目前調整型防砂壩相關研究之進程，並作為本研究之研究基礎。
- 選定廊仔溪作為研究試區，並蒐集相關地文、水文參數、防砂壩竣工圖以及進行實地現況調查，作為數值模型建立之基礎，後續建置出完整的廊仔溪HEC-RAS 2D數值模型。
- 研擬初步之調整型防砂壩經營管理與操作矩陣，以及防砂壩調整策略，並設計完整模擬試驗流程，根據每一階段模擬之結果進行改良與修正，經歷四階段之模擬試驗後，最終提出完整的調整型防砂壩經營管理與操作矩陣制定規則，及兩套完整的調整型防砂壩經營管理與操作策略。



02

文獻回顧

- ① 國內外調整型防砂壩研究
- ② 水理數值模型土砂沖淤研究

文獻回顧

國內外調整型防砂壩研究

- Kana NAKATANI (2021)

利用Hyper KANAKO數值水砂模擬軟體模擬可調式防砂壩之閘門關閉時間不同的情況下，對上下游土砂沖淤現象的影響。結果顯示關閉該防砂壩之攔阻閘門後可以有效地攔阻土砂，卻也會造成壩體下游有明顯沖刷的趨勢，因此同時考慮土砂下移量與河床高程變動是調整型防砂壩運營時必要考慮的重點。

- 劉宜君(2019)

利用室內渠槽試驗，模擬恆春東門溪之可調式防砂壩在不同壩體調降方式的操作下，河道的變化趨勢及土砂運移的影響。該實驗是採用每次下降一橫桿的等距降壩方式，但結果顯示土砂的運移量並非等量，初期調降時土砂運移量變化較大，而後調整之土砂流出量呈現遞減狀態，且當壩體調降至一半時，土砂運移平衡且壩體上下游坡度近乎相等，並達到河床上下游的平整化。

文獻回顧

HEC-RAS 水理數值模型模擬土砂沖淤相關研究

- Mohammad E. Mohammad (2020)

以HEC-RAS數值模型為工具，模擬位於伊拉克北部的Tigris River中的Mosul大壩從1986年至2011年之泥砂淤積問題。最終的模擬結果泥砂累積總體積為1.13立方公里，此模擬數據非常接近2011年之觀測值1.143立方公里高度相符。此外亦針對水庫底床高程的模擬值與觀測值進行比較，其平均絕對偏差(MAD)為0.95、決定係數(r^2)為0.98，這表明HEC-RAS數值模型在土砂的沉積、分離與運輸的模擬具有良好的表現。

- 吳瑞鵬 (2023)

以HEC-RAS 2D水理數值模型為工具，針對眉溪集水區的問題進行探討。該集水區因上游南山溪及東眼溪的防砂壩過度攔阻土砂，導致眉溪發生嚴重的沖刷現象。當上游防砂壩進行降壩後，土砂於下游沖刷區域發生落淤現象，使眉溪主河道的沙洲面積可以增加3192.3平方公尺，減緩沖刷現象的發生，同時改善棲地環境並增加生態多樣性，對於恢復溪流的自然營力能力以及改善流域環境具有正向的影響。

防砂壩沖淤模擬-縮尺模型

- 野溪高土砂災害之模組化防砂壩管理

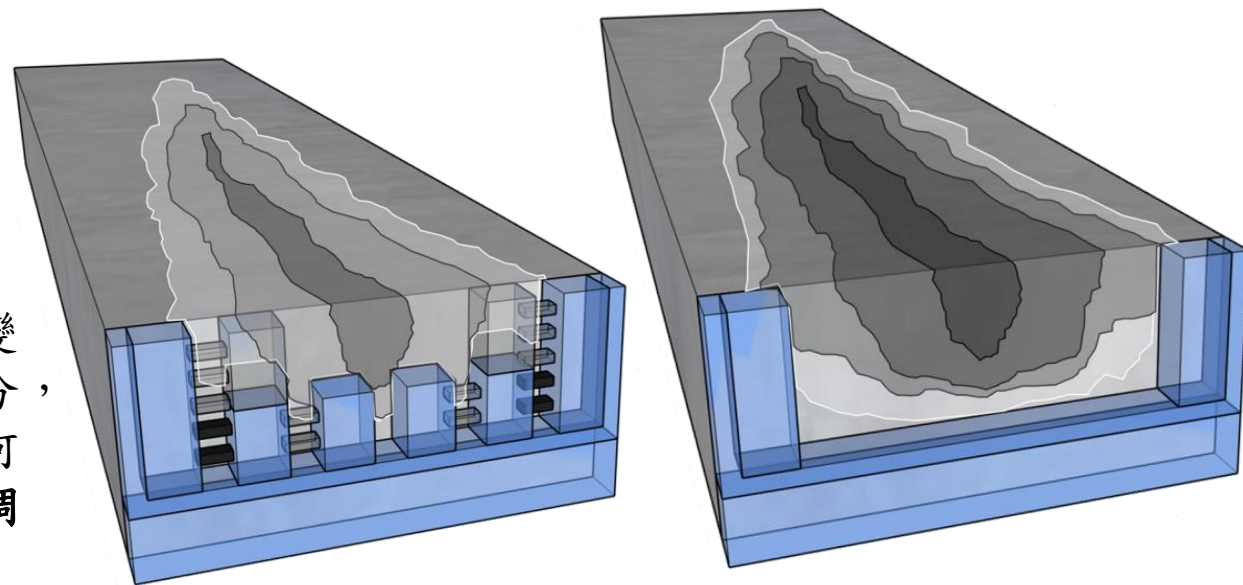
野溪土砂災害不斷的增加，威脅到下游的保全對象
該篇研究以惠蓀林場蘭島溪的兩個開口型防砂壩為基礎，分別觀察了已淤滿的梳子壩降低中間兩支墩柱的土砂調整及河相演變，以及建造一座模組化鋼管壩的攔阻土砂及漂流木功能，透過開口型防砂壩案例來驗證調整型防砂壩的必要性。



防砂壩沖淤模擬-縮尺模型

- Upstream Morphological Effects of a Sequential Check Dam Adjustment Process

該研究，將蘭島溪防砂壩縮尺試驗，分為兩部份，第一部分透過拆除中央的塊體和擴大開口，河道變窄並加深，形成了明顯的沖刷平台。試驗第二部分，完全拆除防砂壩，逐漸擴寬了河道且並無引起任何坡腳沖刷。總結來說，調整後的防砂壩整體相較調整前的狀態更加穩定。



國內外調整型防砂壩成果



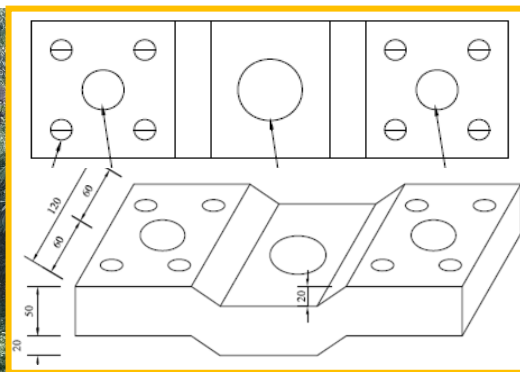
- 日本扇澤防砂壩-可調式鋼製防砂壩施工案例

扇澤防砂壩是日本首座可調式鋼製橫桿防砂壩，通過安裝或拆除鋼製橫桿，在雨季時有效攔截上游土砂，乾季時則補充下游土砂，在防洪和土砂管理方面具有重要學術價值。

國內外調整型防砂壩成果

- 高雄東庄溪可調整型H型鋼梳子壩

2020年調查發現上下游壩皆已淤滿，已無法承受下次大型土砂事件來襲，進行調整作業，於乾季時將全數橫桿移除，土砂運移至下游，待隔年大型雨量事件到來再新放回。



U型預鑄塊

- 台中廍仔溪透過式調整型防砂壩

自2005年上游河道淤積問題嚴重，影響河道土砂收支平衡，於2021年改建為透過式調整型防砂壩，希望透過升壩及降壩操作，以自然力運移上游淤積土方，恢復河道穩定。

03

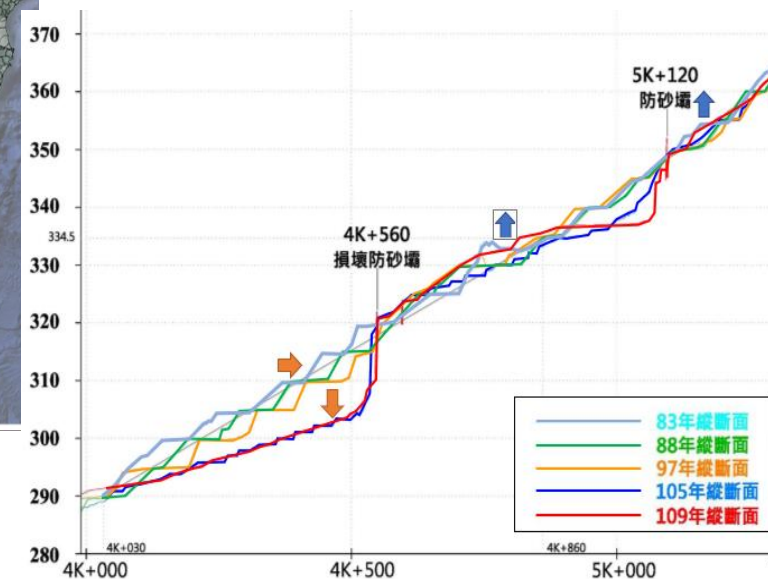
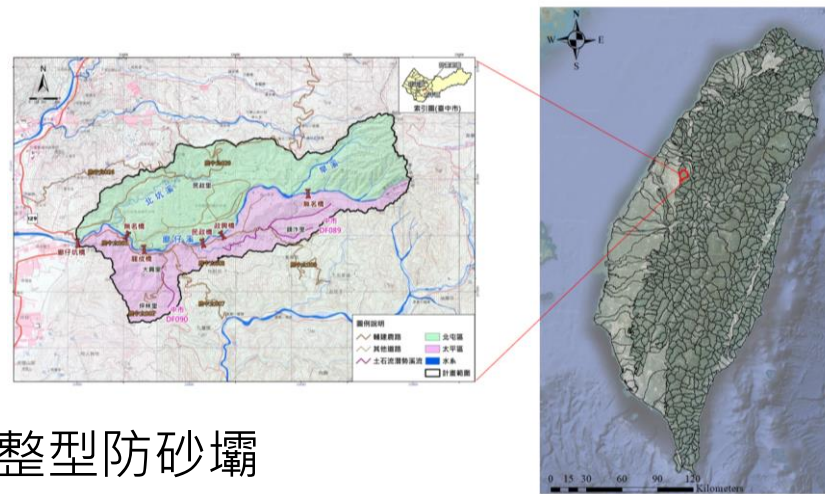
研究方法

- ① 研究區域選定
- ② HEC-RAS 2D 水理數值模型
- ③ 調整型防砂壩經營管理與操作矩陣

研究區域選定

廊仔溪5K+120調整型防砂壩

- 位於台中市廊仔溪5K+120溪段
- 近期 2021 年完工之預鑄混凝土調整型防砂壩
- 其上、下游土砂運移情況需長期觀察



原廊仔溪5K+120舊式傳統型防砂壩



廊仔溪5K+120調整型防砂壩

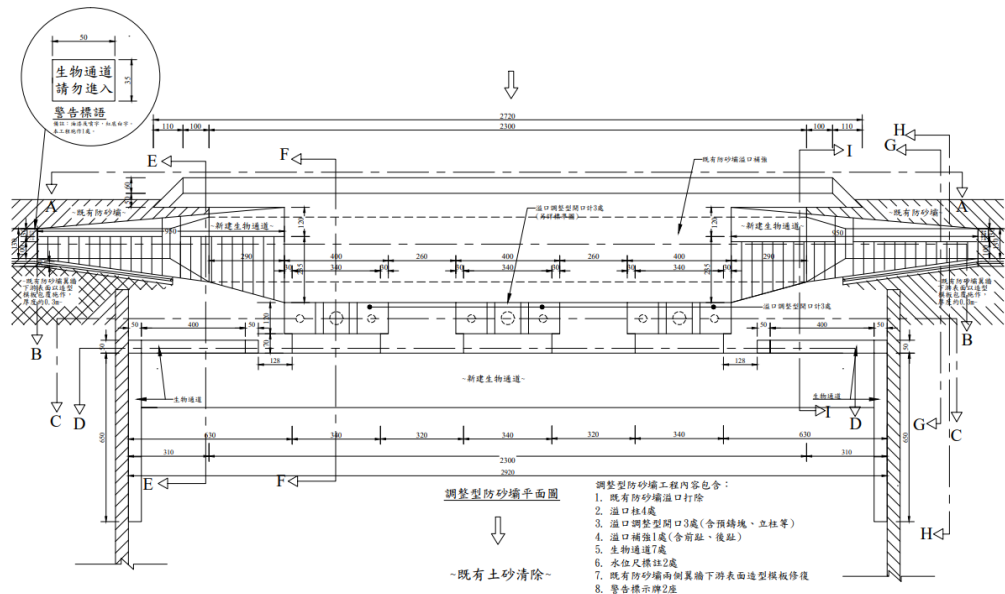
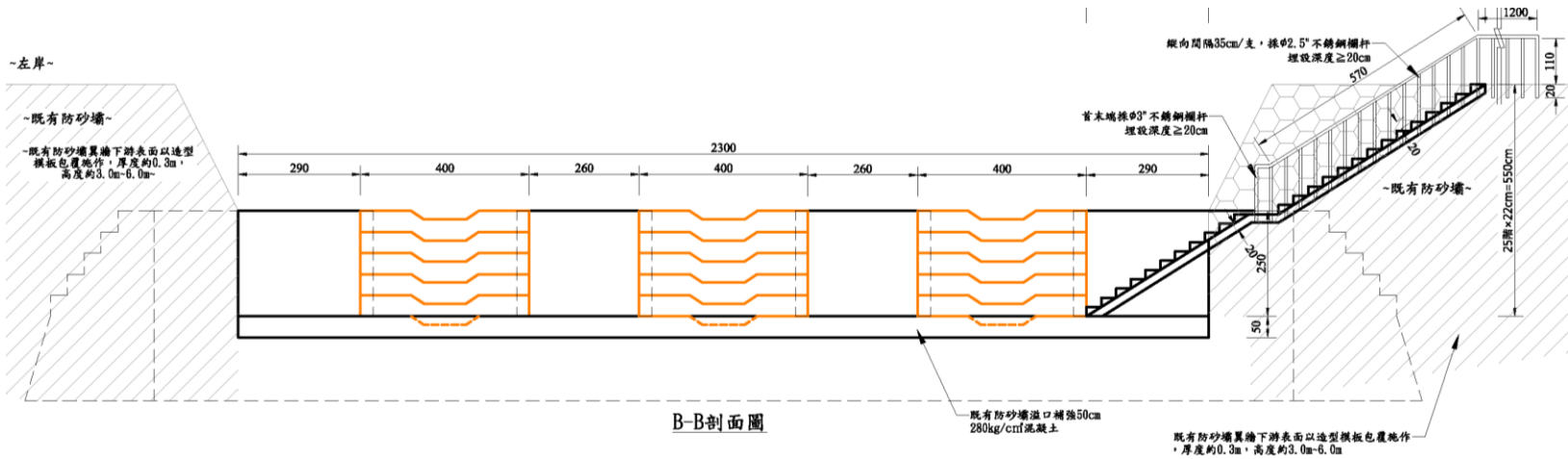
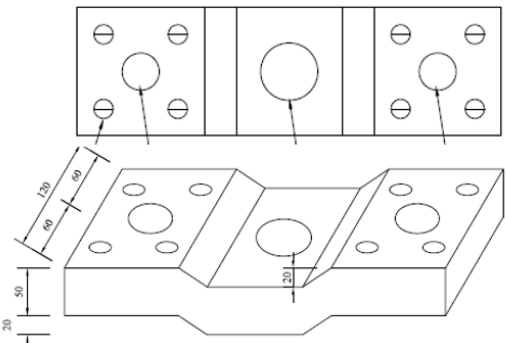


下游主要保全對象:5K+065固床工
下游沖刷坑(平均沖刷深度2.85m)

研究區域選定

廊仔溪5K+120調整型防砂壩

具有三處調整開口，其中每處開口具有五塊預鑄混凝土調整塊

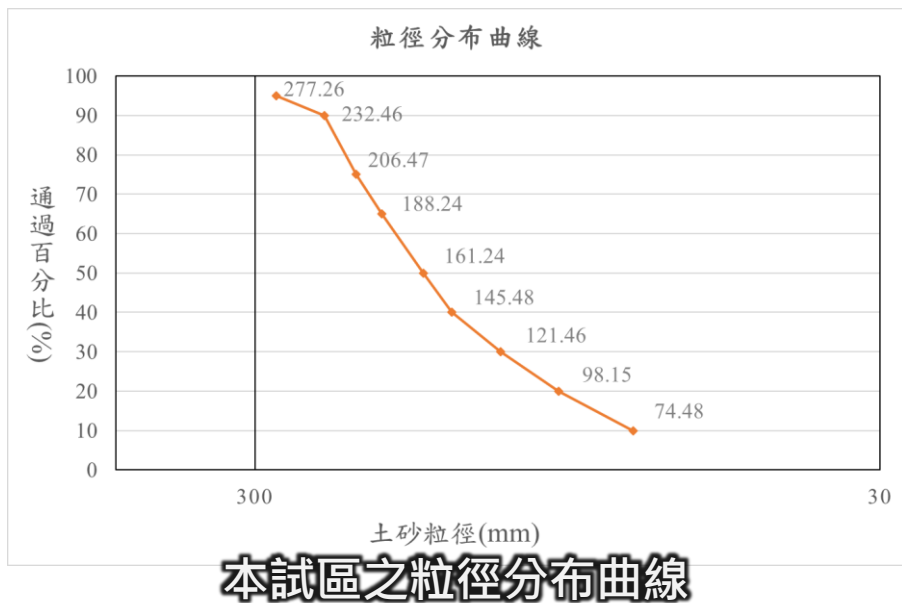


HEC-RAS 2D 水理數值模型



粒徑參數設定及輸砂公式選定

- 參考行政院農業委員會水土保持局臺中分局(2020)「廊仔溪中上游集水區(廊仔坑橋以上)整體治理調查規劃」之採樣資料。
- 本研究在比較試區水深、土砂粒徑、流速等參數後，選用 Wu et al' s 做為模擬用之輸砂公式。
- 本研究模擬選用Equilibrium Load作為輸砂邊界條件選項。



代表粒徑(mm)	通過百分比(%)
32	0
64	9
128	33
256	93
512	100

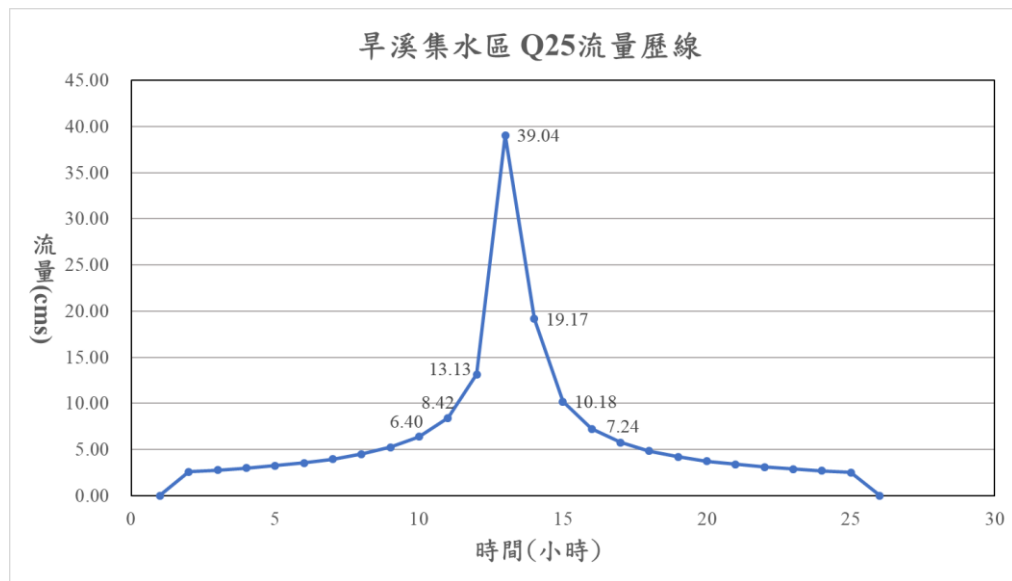
模式輸入之土砂粒徑參數

HEC-RAS 2D 水理數值模型

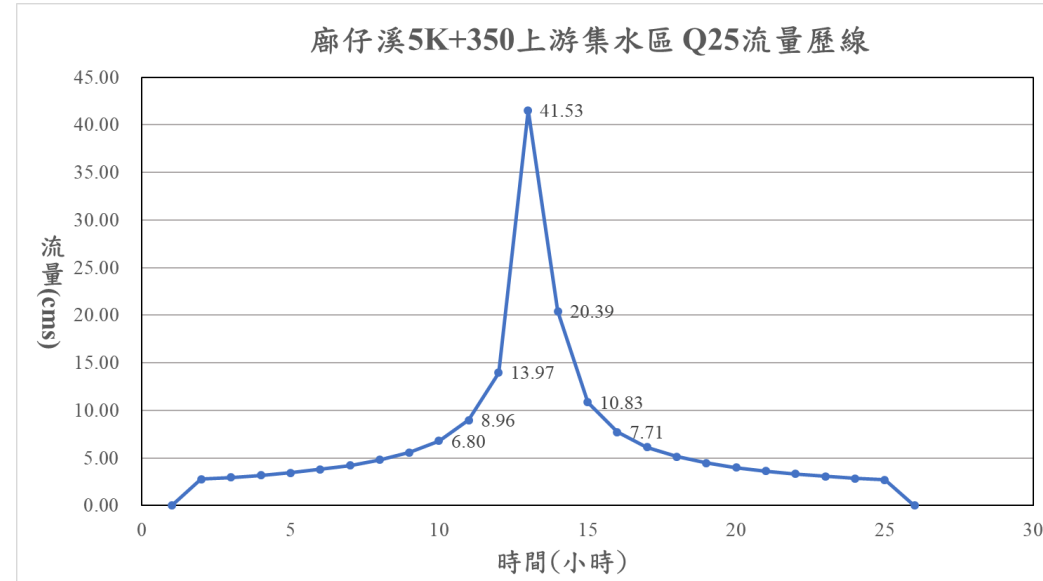


流量歷線計算

- 本研究將模擬試區之入流分為廊仔溪主流、旱溪兩個入流口
- 將各重現期雨量組體圖與單位歷線相乘疊加後，可以推算出廊仔溪5K+350上游集水區及旱溪集水區兩個入流口之各重現期流量。



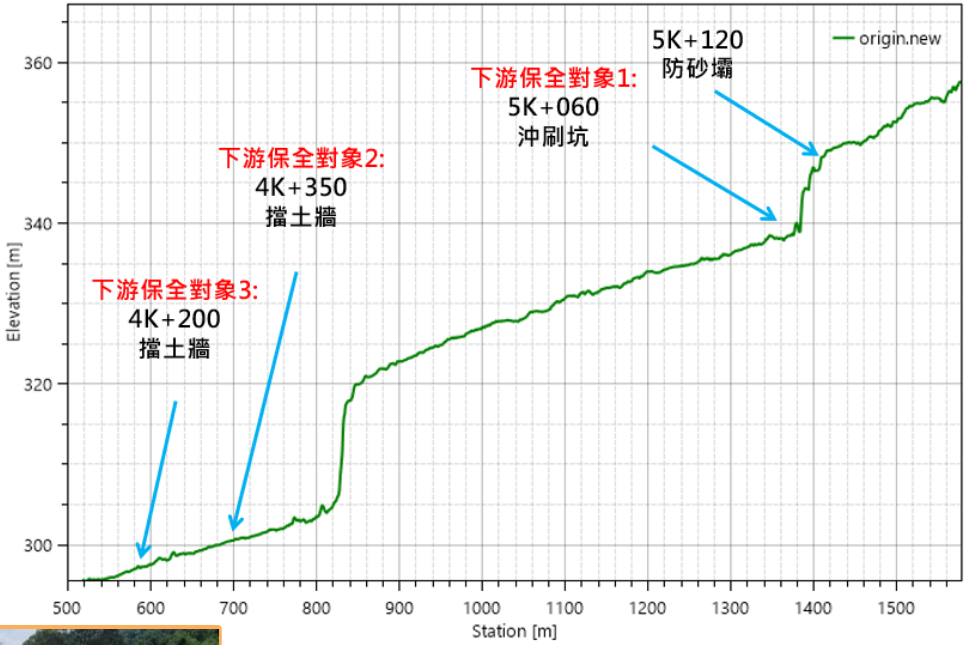
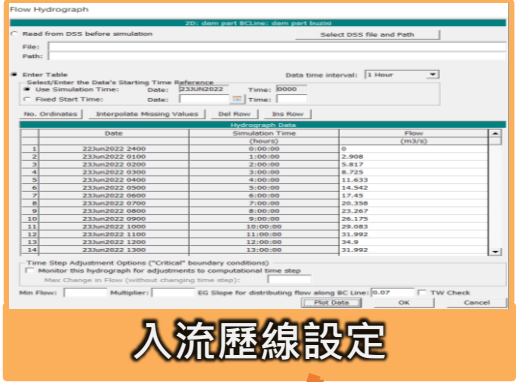
旱溪集水區 25年重現期之流量歷線



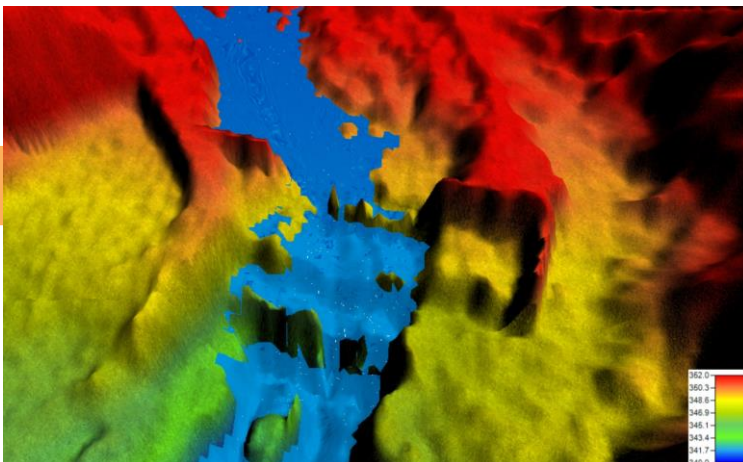
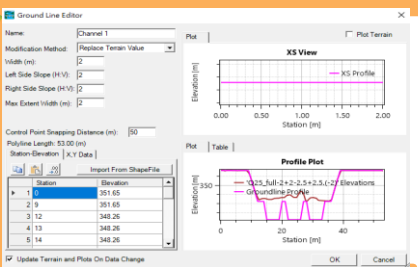
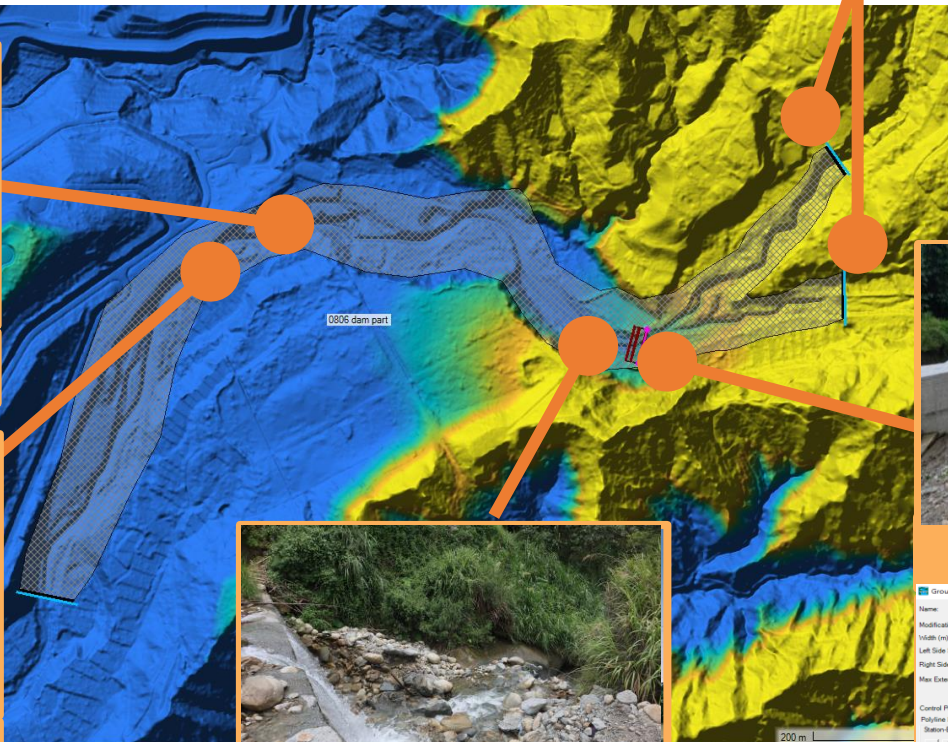
廊仔溪5K+350上游集水區25年重現期之流量歷線

HEC-RAS 2D 水理數值模型

模型設施建置、保全對象選定



目標設施及保全對象位置圖



調整型防砂壩經營管理與操作矩陣

經營管理與操作矩陣		下游保全對象沖刷深度		
		高	中	低
上游影響範圍內淤砂波度	低	調降100%預鑄塊	調降80%預鑄塊	調降60%預鑄塊
	中	調降80%預鑄塊	調降60%預鑄塊	調降40%預鑄塊
	高	調降60%預鑄塊	調降40%預鑄塊	調降20%預鑄塊

縱軸及橫軸會根據不同的溪流與現地情況來制定

不論起始點為何處，希望透過一系列的調整，使得最終到達右上角的溪流土砂狀態

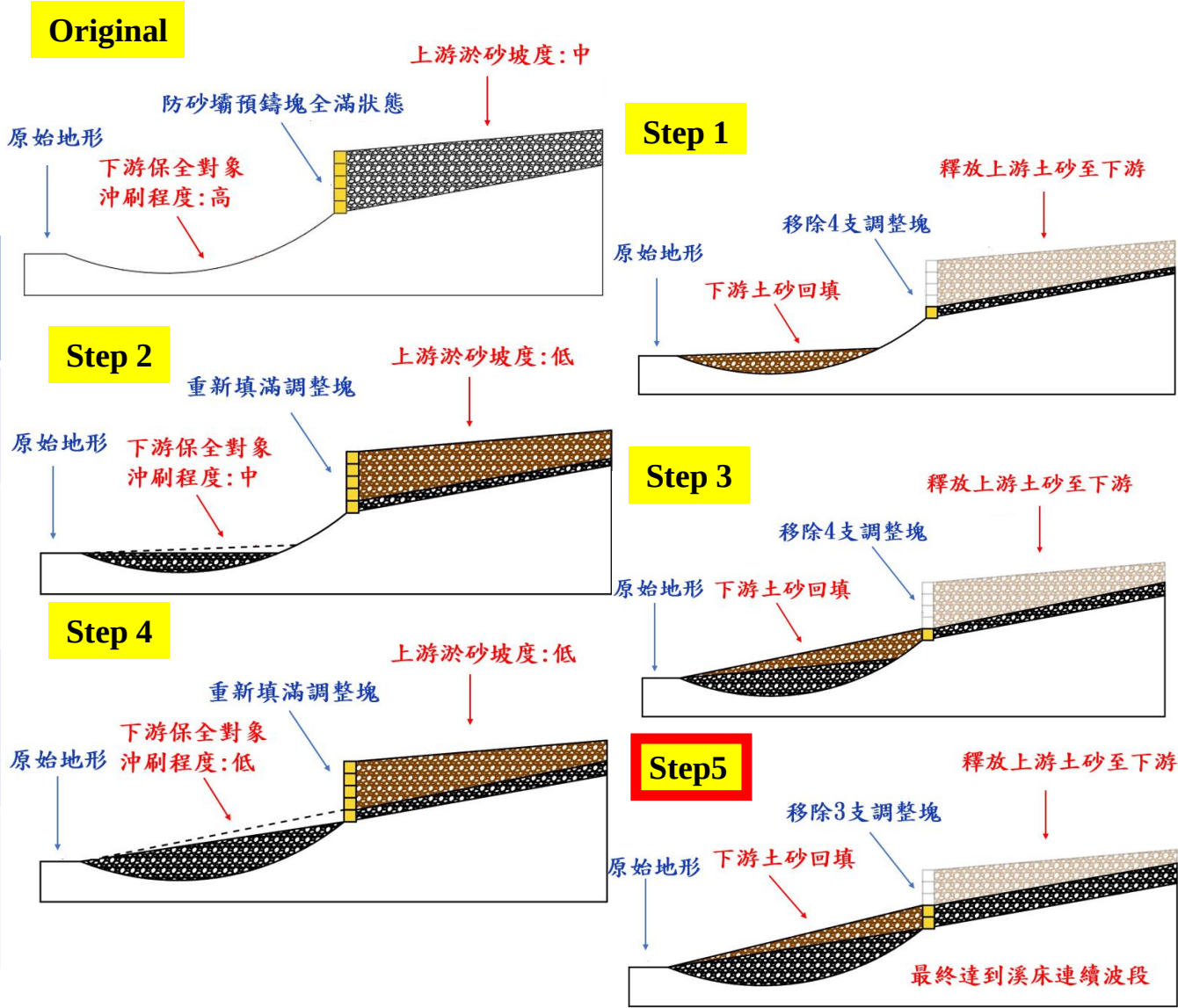
調整型防砂壩經營管理與操作矩陣

矩陣應用範例說明

廊仔溪5K+120調整型防砂壩經營管理與操作矩陣

調整型防砂壩經營管理與操作矩陣		下游保全對象冲刷深度		
		高	中	低
上游淤砂坡度	低	調降5支預鑄塊 Start	調降4支預鑄塊 step3、step4	調降3支預鑄塊 step5
	中	調降4支預鑄塊 step1、step2	調降3支預鑄塊	調降2支預鑄塊
	高	調降3支預鑄塊	調降2支預鑄塊	調降1支預鑄塊

矩陣操作流程圖



室內渠槽試驗-驗證數值模型

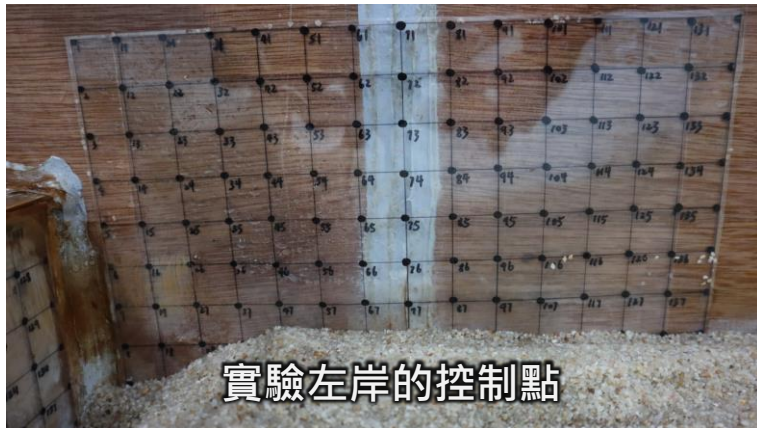


Agisoft Metashape

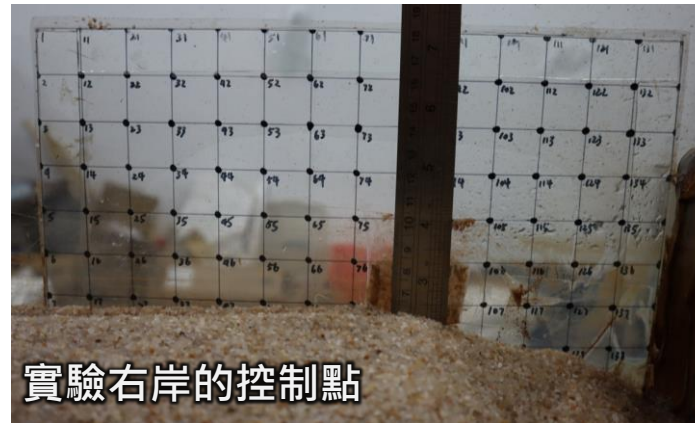
收集照片 → 匯入照片 → 校正相片位置 → 生成密集點雲圖
→ 輸出數值高程模型



第二固床工上的控制點

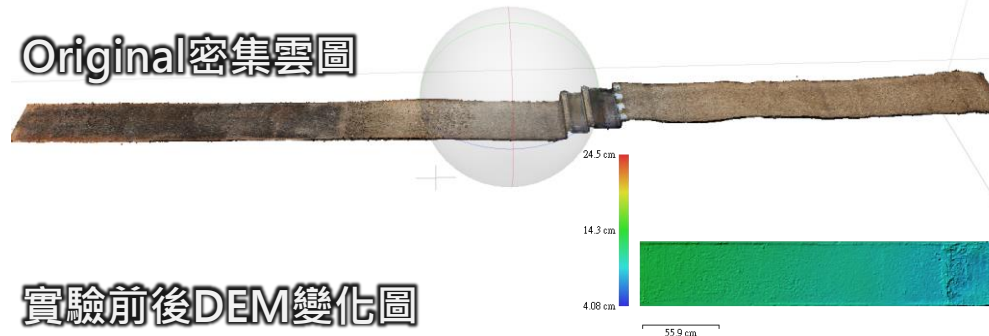


實驗左岸的控制點

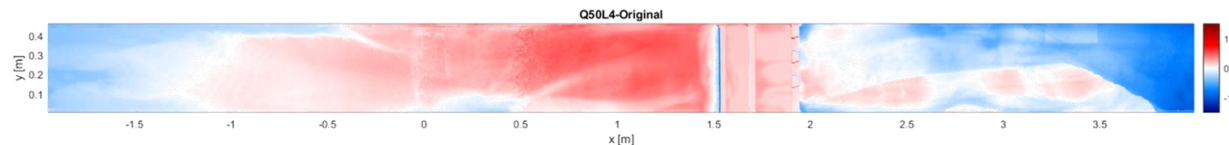


實驗右岸的控制點

Original密集雲圖



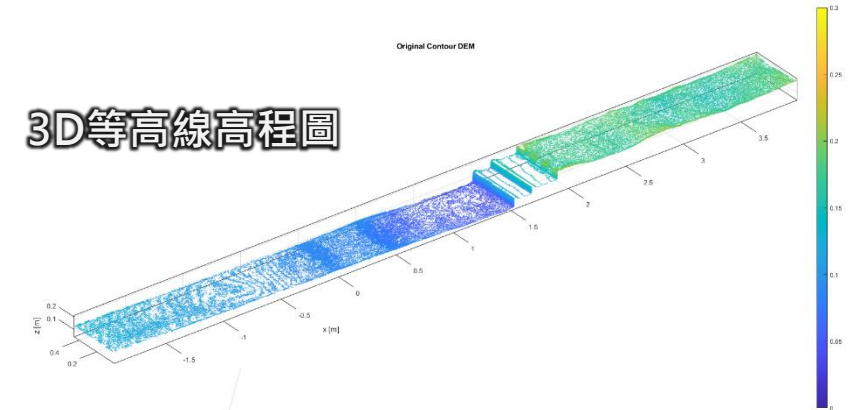
實驗前後DEM變化圖



Matlab

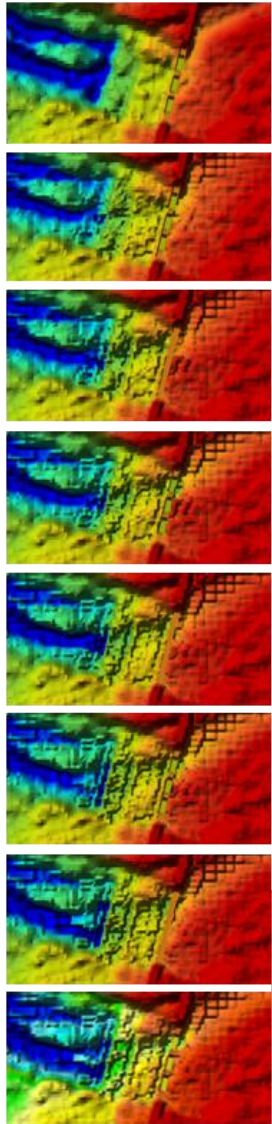
讀取DEM圖檔 → 匯出3D等高線圖
→ 計算出實驗前後DEM變化圖

3D等高線高程圖



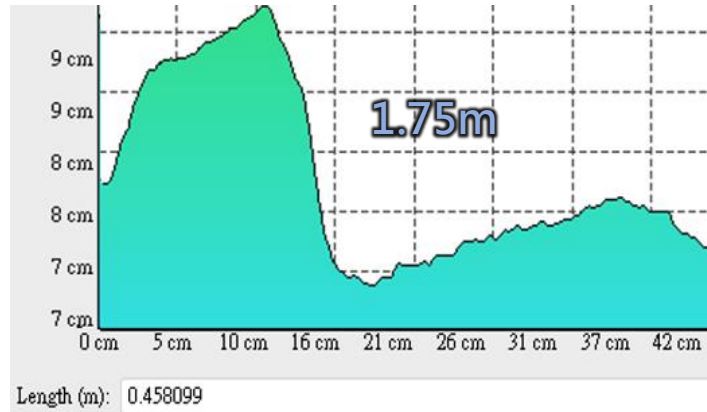
數值高程模型DEM

室內渠槽試驗-驗證數值模型



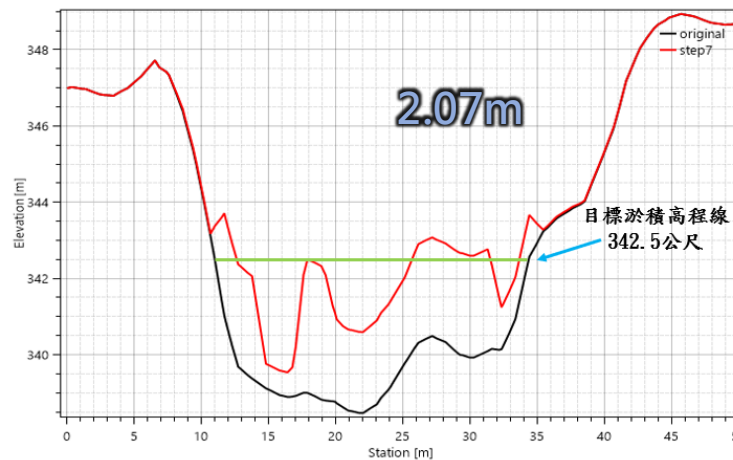
數值模型DEM高程變化

Step7:Q25L3

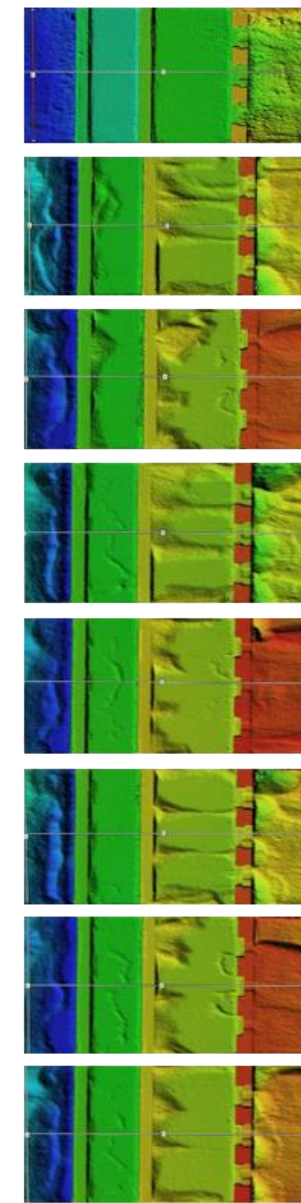


室內渠槽沖刷坑斷面結果

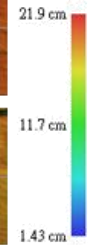
15.46%



數值模型沖刷坑斷面結果



縮尺模型試驗DEM高程變化



04

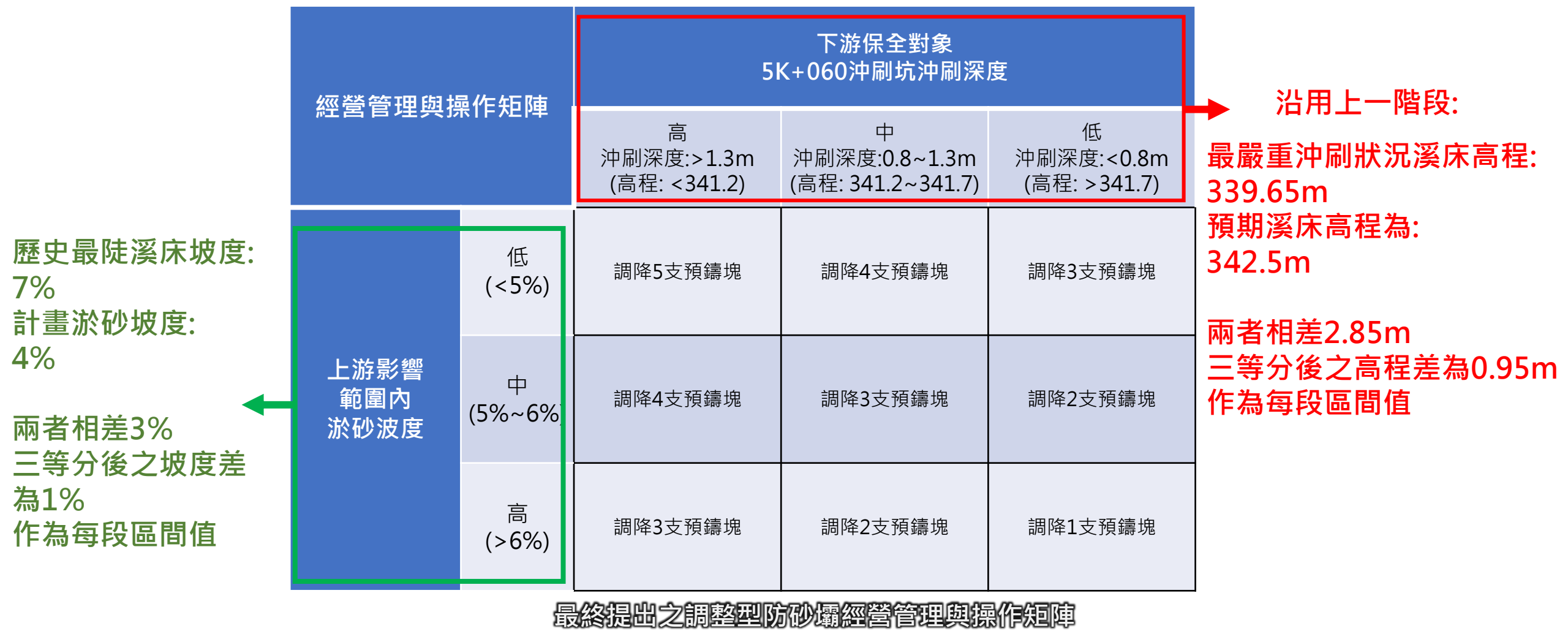
結果與討論

- ① 第一階段模擬
- ② 第二階段模擬
- ③ 最終階段模擬(保守型)
- ④ 最終階段模擬(成效型)

最終階段模擬(保守型)

本階段模擬說明(縱、橫軸)

- 本階段模擬期望定出全新的縱軸「上游影響範圍內淤砂波度」之制定標準，與橫軸概念類似。

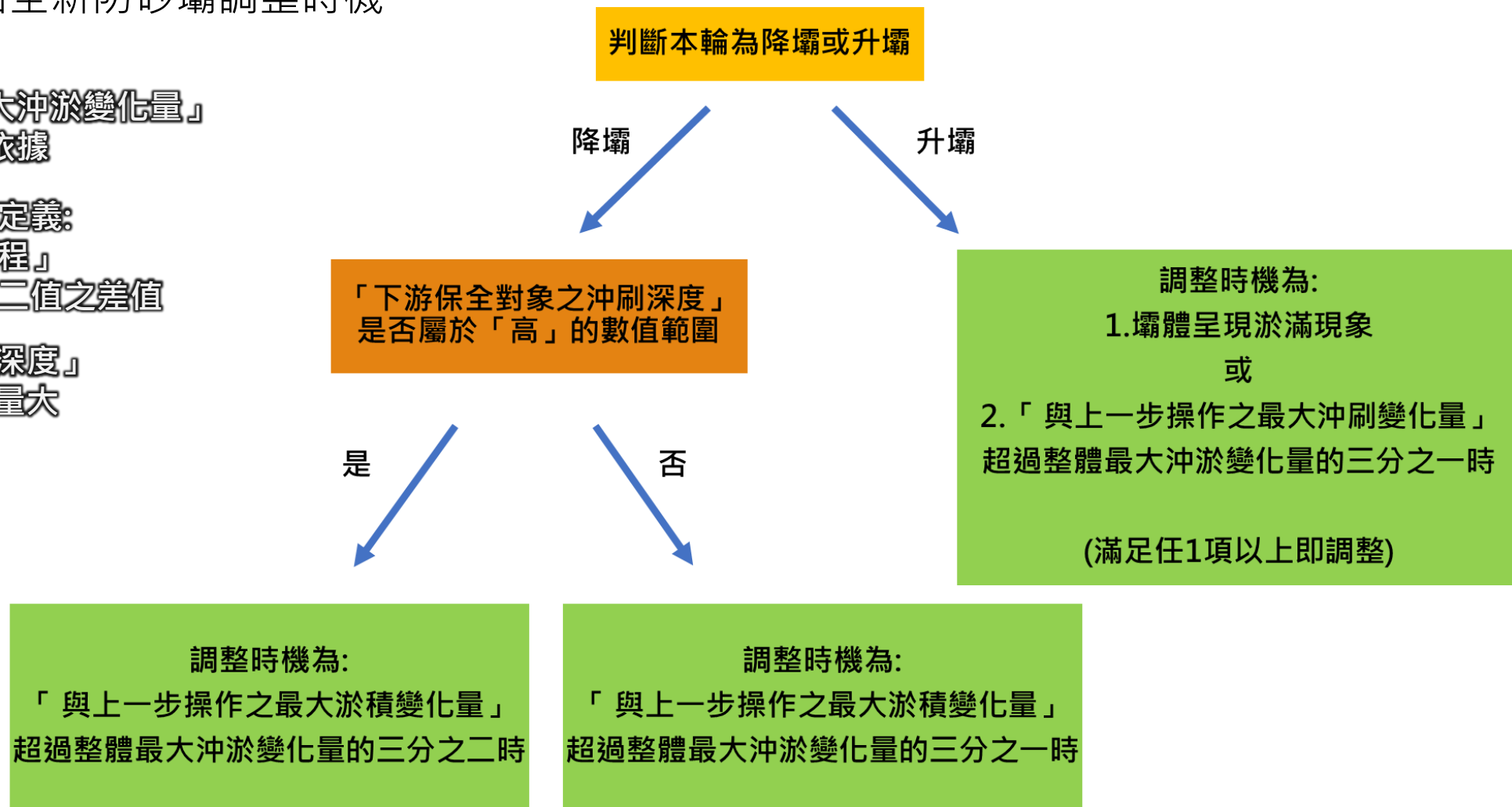


最終階段模擬(保守型)

本階段模擬說明(防砂壩調整時機)

- 本階段模擬期望定出全新防砂壩調整時機。

- 1 以「與上一步操作之最大沖淤變化量」做為新的調整時機標準依據
- 2 整體最大沖淤變化量之定義:
「最嚴重沖刷時溪床高程」
與「預期溪床高程」此二值之差值
- 3 「下游保全對象之沖刷深度」
屬於高時可容許之淤積量大
- 4 壩體淤滿現象發生時
需進行調整



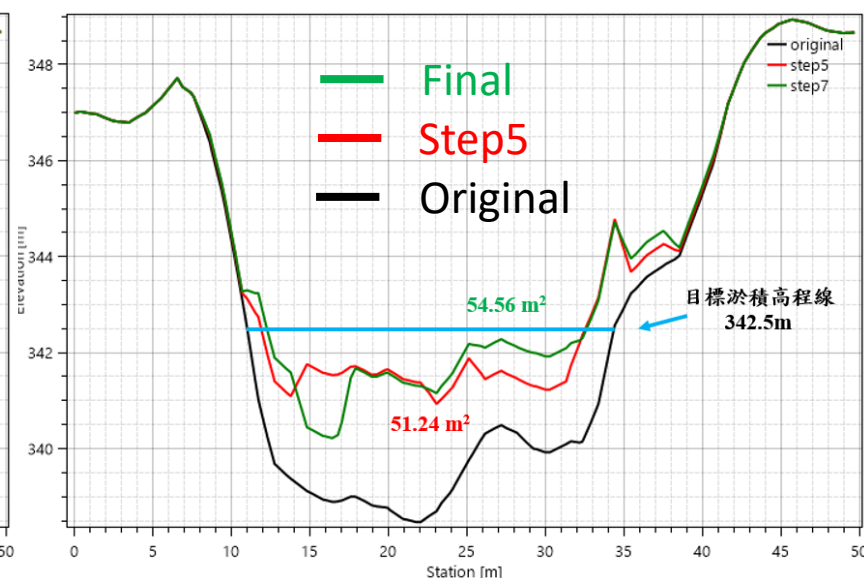
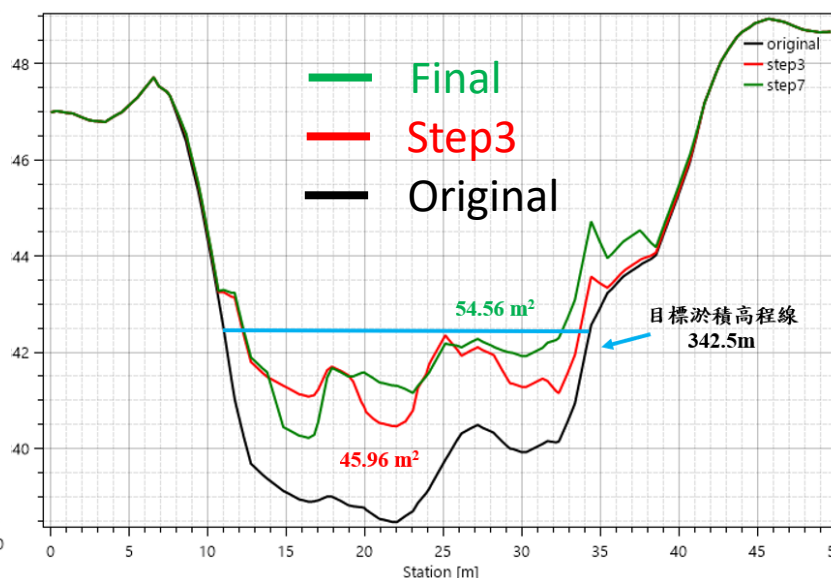
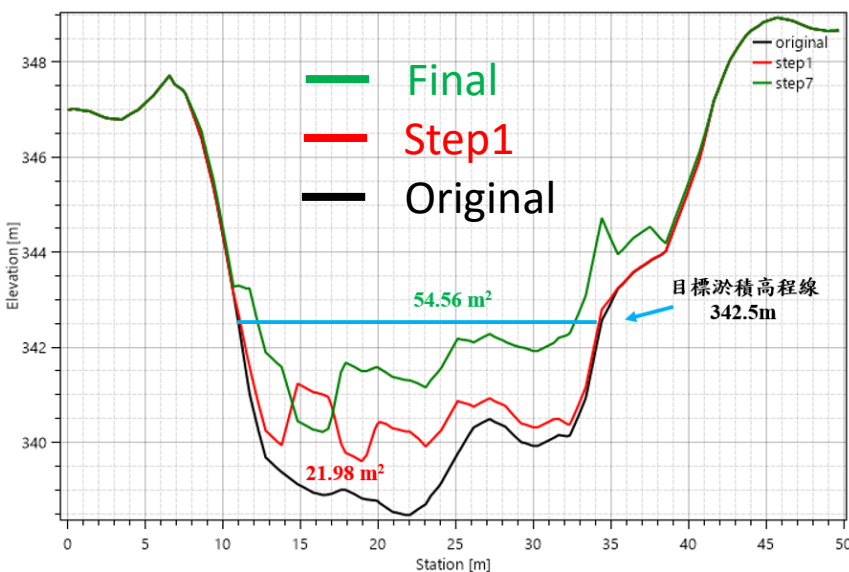
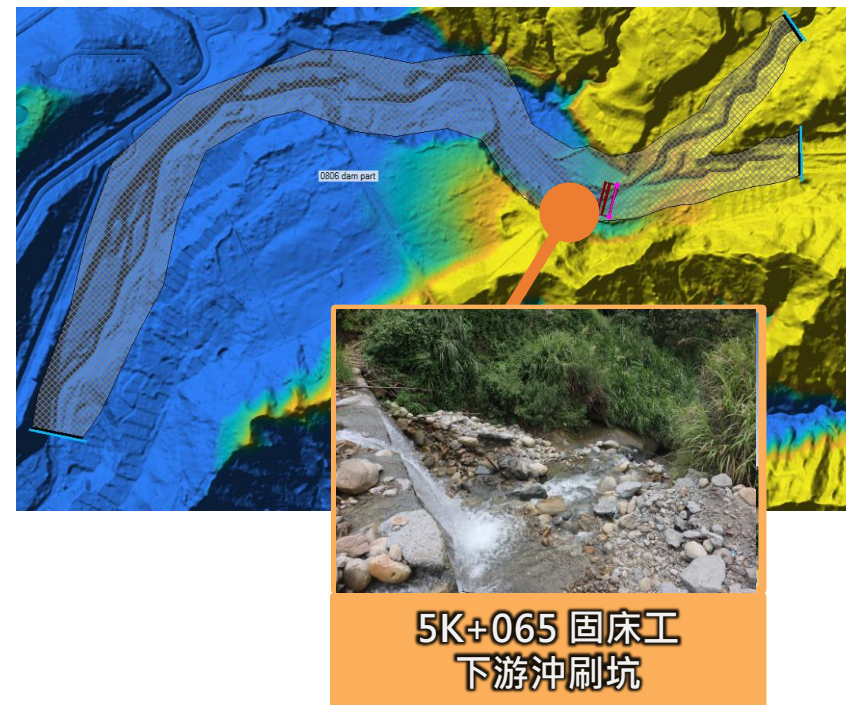
最終階段模擬(保守型)之防砂壩調整時機

經營管理與操作矩陣		下游保全對象 5K+060沖刷坑沖刷深度		
		高 沖刷深度:>1.9m (高程: <340.6)	中 沖刷深度:0.95~1.9m (高程: 340.6~341.55)	低 沖刷深度:<0.95m (高程: >341.55)
上游影響 範圍內 淤砂波度	低 (<4%)	調降5支預鑄塊	調降4支預鑄塊 step5、6	調降3支預鑄塊 step7
	中 (4%~7%)	調降4支預鑄塊 step1、2	調降3支預鑄塊 step3、4	調降2支預鑄塊
	高 (>7%)	調降3支預鑄塊	調降2支預鑄塊	調降1支預鑄塊

最終階段模擬(保守型)

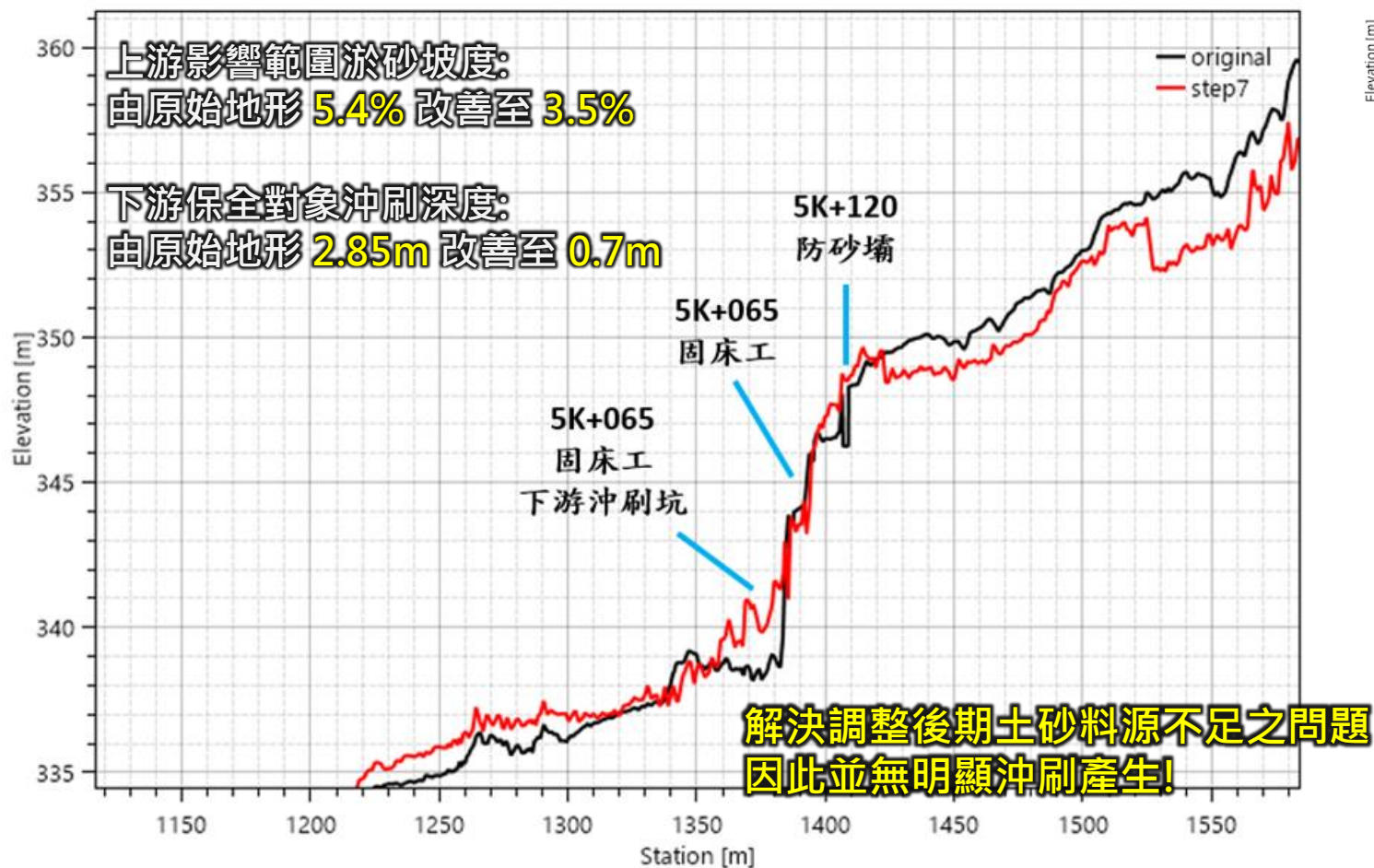
模擬結果說明: 降壩步驟對比

- 針對本研究之主要保全對象為5K+065固床工下游冲刷坑
- 以下為各調降步驟(step1、step3、step5)
與原始地形及最終模結果之對比
- 下移之土砂量有收斂現象，最終平均高程達到341.8 m，
且解決調整步驟後期土砂不足之問題，最終仍有土砂持續下移。

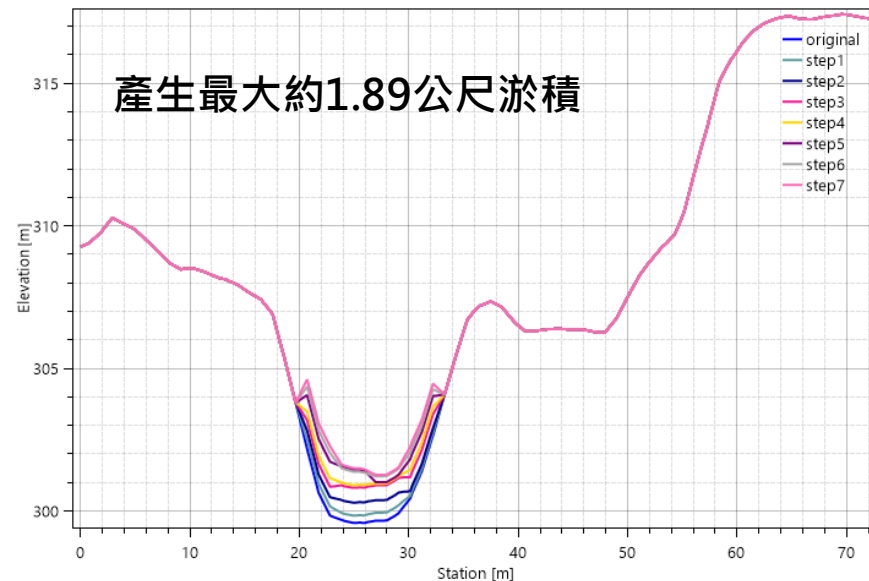


最終階段模擬(保守型)

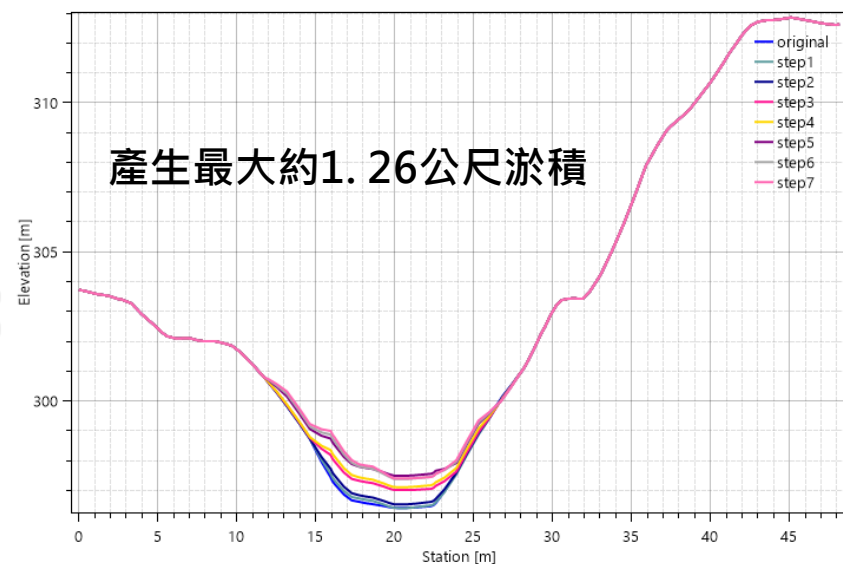
模擬成果呈現



原始地形與最終成果之縱剖面對比



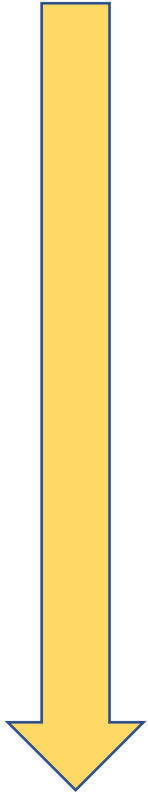
4K+350擋土牆之各步驟模擬結果橫剖面圖



4K+200擋土牆橫斷面於各步驟的沖淤結果呈現

最終階段模擬(保守型) 各調整步驟之數據彙整(保全對象斷面)

防砂壩所需調整之時距增長
隨著調整至後期，溪流狀態漸漸穩定



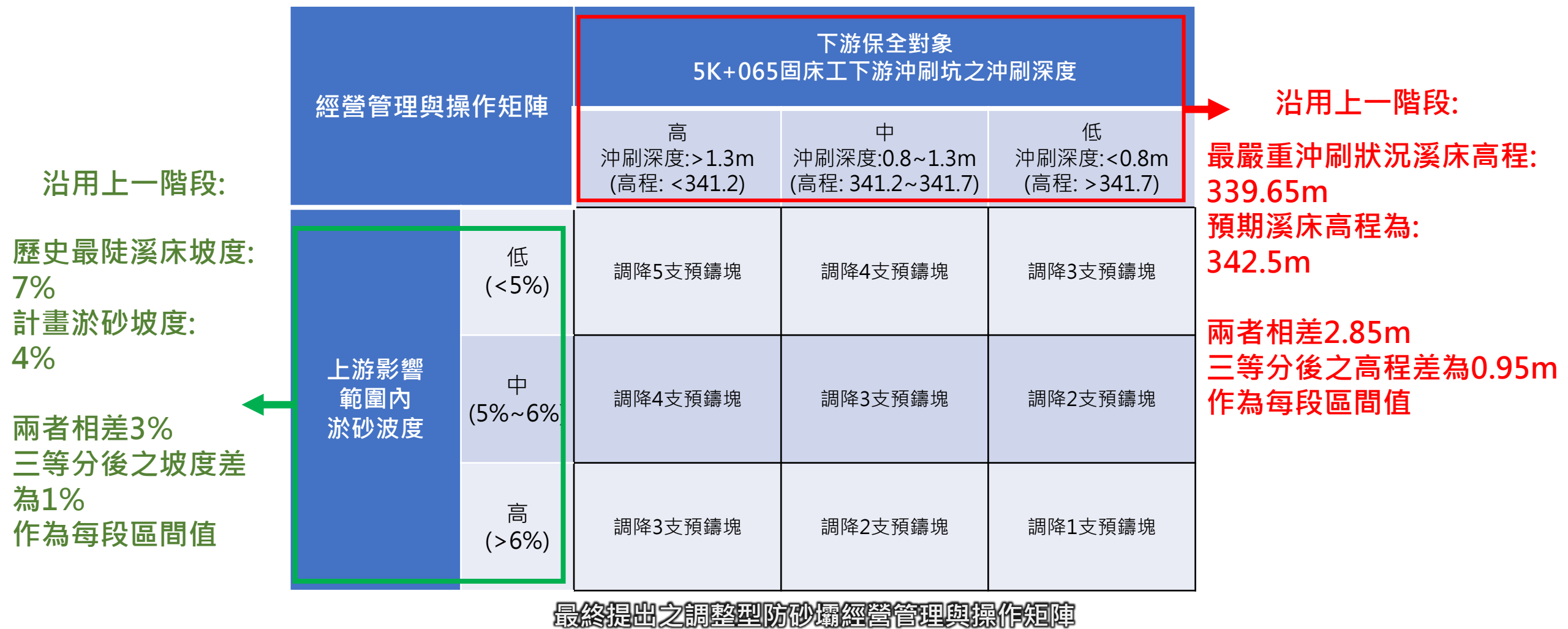
	平均高程 (m)	平均沖刷深度 (m)	總淤積量 (m ²)	與上一步操作之淤 積相差量 (m ²)	與上一步操作之最 大沖淤變化量 (m)
原始地形	339.65	2.85	0		
Step1 Q10 (降4支)	340.60	1.9	21.98	+21.98	+2.13
Step2 Q5 (升壩)	341.15	1.35	35.33	+13.35	-0
Step3 Q25 (降3支)	341.57	0.93	45.96	+10.63	+1.42
Step4 Q5 (升壩)	341.39	1.11	42.82	-3.14	-1.1
Step5 Q100 (降4支)	341.73	0.77	51.24	+8.42	+1.55
Step6 Q25 (升壩)	341.61	0.89	49.25	-1.99	-0.67
Step7 Q25為例 (降3支)	341.80	0.70	54.56	+5.31	+0.97

- 透過本階段全新的防砂壩調整時機及完整的矩陣，**改善了調整後期上游土砂料源不足**導致下游沖刷的問題。
- 同時藉由本階段模擬結果觀察到防砂壩之**調整時距有越來越長的趨勢**，符合本研究溪流土砂逐漸達到**平衡穩定狀態**之預期。
- 通過結果可以觀察到**升壩步驟之時距較短**，推論為本試區廊仔溪5K+120溪段之土砂量非常大，升壩操作容易使防砂壩呈現淤滿狀態，且下游容易產生嚴重沖刷現象。
- 因此藉由本階段模擬經驗，得到**不須將防砂壩進行全升操作**之想法，且由於台灣山區地形坡陡流急，溪流土砂運移量大，許多野溪在蓋了傳統型防砂壩後容易產生上游淤滿、下游嚴重沖刷之危險，存在與廊仔溪相同之土砂情形。
- 期望提供使用者針對全台不同溪流土砂狀態以及上、下游現地情況可以作調整策略之選擇

最終階段模擬(成效型)

本階段模擬說明(縱、橫軸)

- 本階段模擬將沿用最終階段模擬(保守型)之矩陣，但移除將壩體全升之步驟，且簡化調整時機。



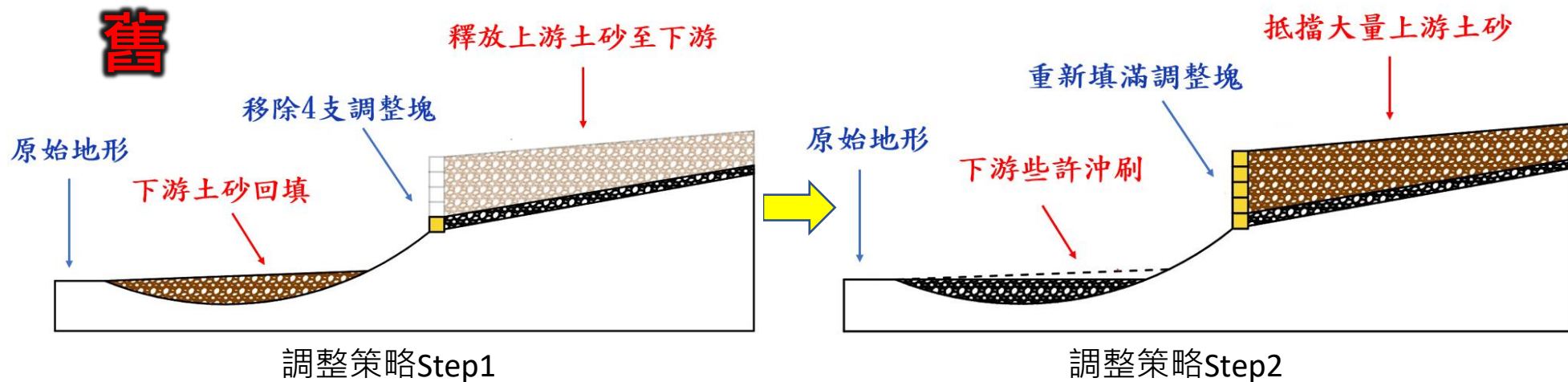
最終階段模擬(成效型)

本階段模擬說明(矩陣之應用)

- 本階段模擬將沿用最終階段模擬(保守型)之矩陣，但移除將壩體全升之步驟，且簡化調整時機。

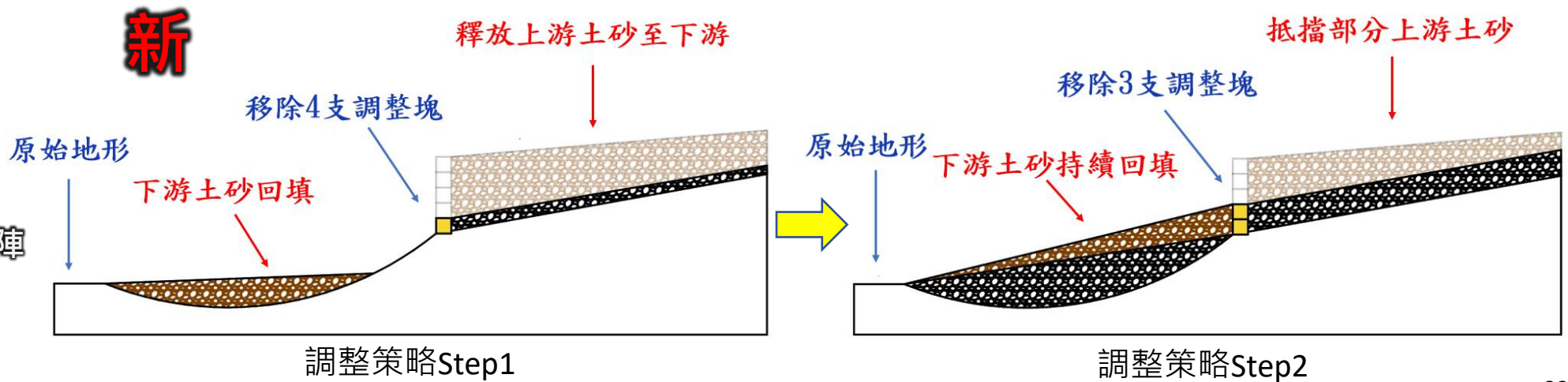
先前模擬階段設定:
具有明確之升、降壩步驟

降壩→ 依上、下游對應矩陣
升壩→ 直接將壩體升滿



本模擬階段設定:
無壩體全升之步驟

全步驟→ 依上、下游對應矩陣



最終階段模擬(成效型)

本階段模擬說明(防砂壩調整時機)

- 本階段模擬將簡化防砂壩調整時機。

1 同樣以「與上一步操作之最大沖淤變化量」做為調整時機標準依據

2 移除升、降壩判斷與淤滿判斷

3 本階段將會記錄每一步之「與上一步操作之最大淤積變化量」、「與上一步操作之最大沖刷變化量」數據

4 整體最大沖淤變化量之定義:
「最嚴重沖刷時溪床高程」
與「預期溪床高程」此二值之差值

判斷「下游保全對象之沖刷深度」
是否屬於「高」的數值範圍

是

否

調整時機為:

「與上一步操作之最大沖刷、淤積變化量」
任一項超過整體最大沖淤變化量的三分之二時

調整時機為:

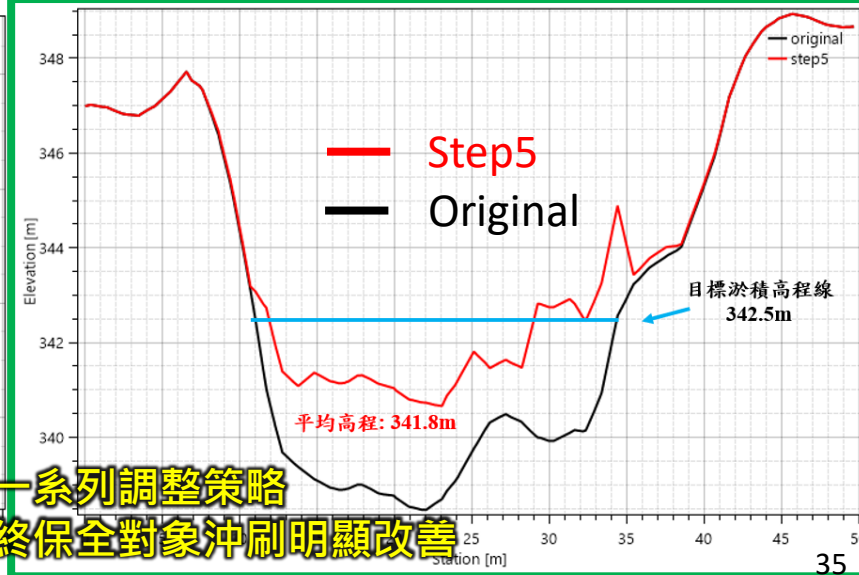
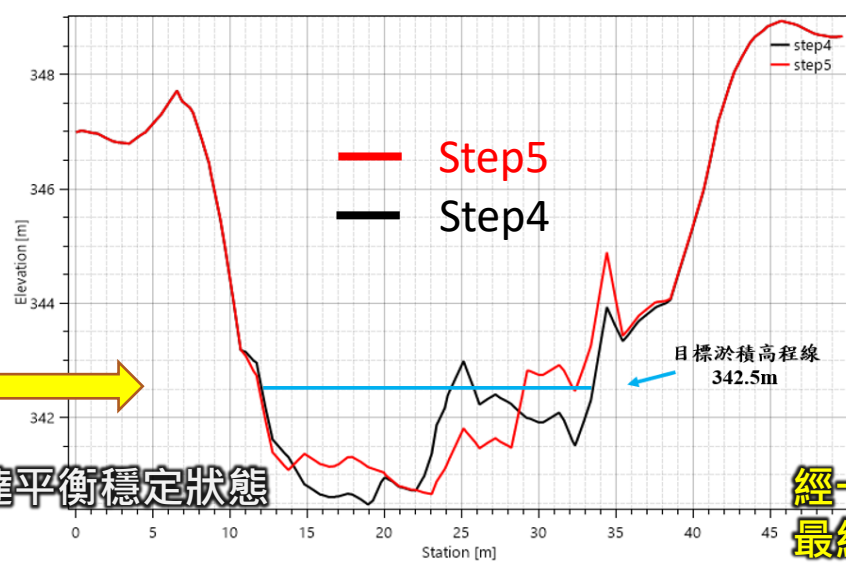
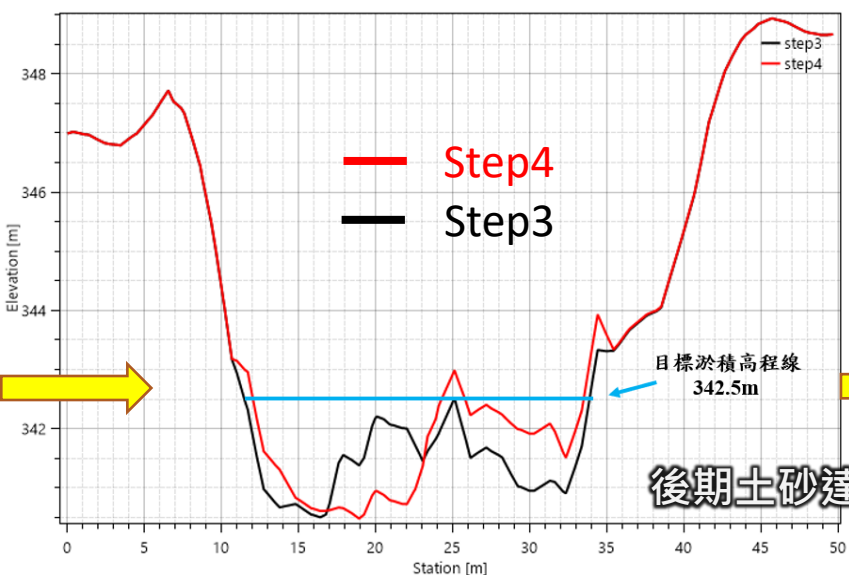
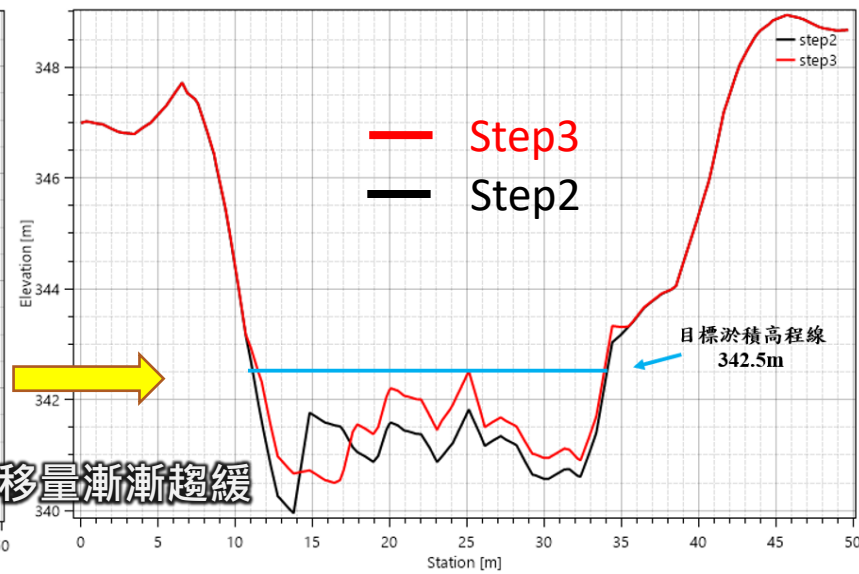
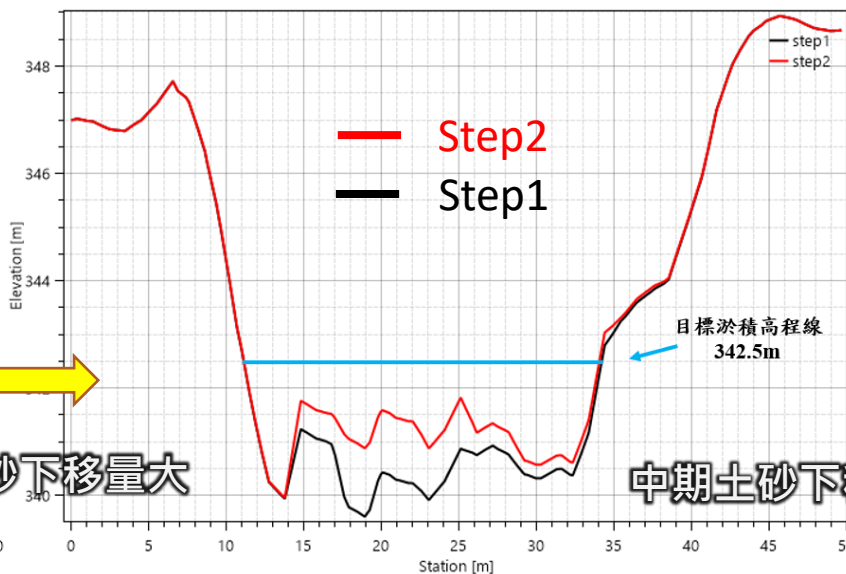
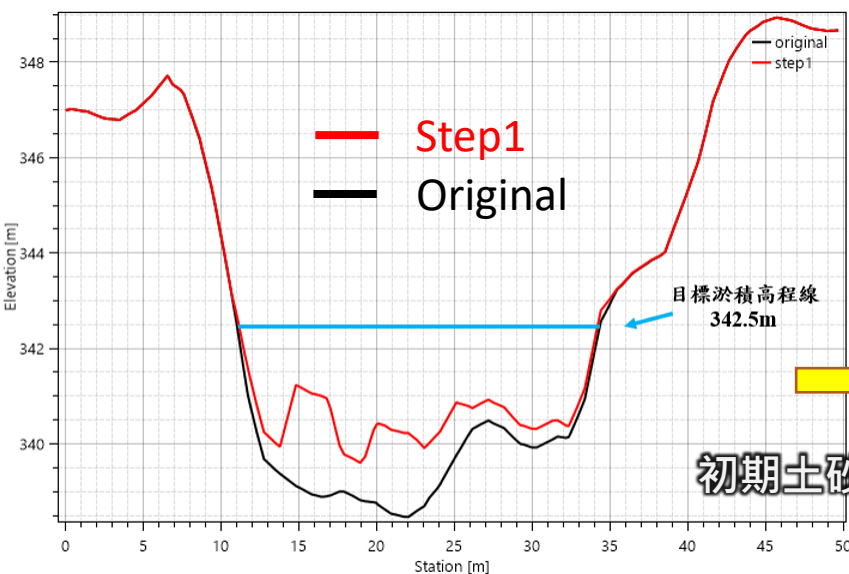
「與上一步操作之最大沖刷、淤積變化量」
任一項超過整體最大沖淤變化量的三分之一時

最終階段模擬(成效型)之防砂壩調整時機

經營管理與操作矩陣		下游保全對象 5K+065固床工下游沖刷坑之沖刷深度		
		高 沖刷深度:>1.9m (高程: <340.6)	中 沖刷深度:0.95~1.9m (高程: 340.6~341.55)	低 沖刷深度:<0.95m (高程: >341.55)
上游影響 範圍內 淤砂波度	低 (<4%)	調降5支預鑄塊	調降4支預鑄塊 step4	調降3支預鑄塊 step5
	中 (4%~7%)	調降4支預鑄塊 step1	調降3支預鑄塊 step2、3	調降2支預鑄塊
	高 (>7%)	調降3支預鑄塊	調降2支預鑄塊	調降1支預鑄塊

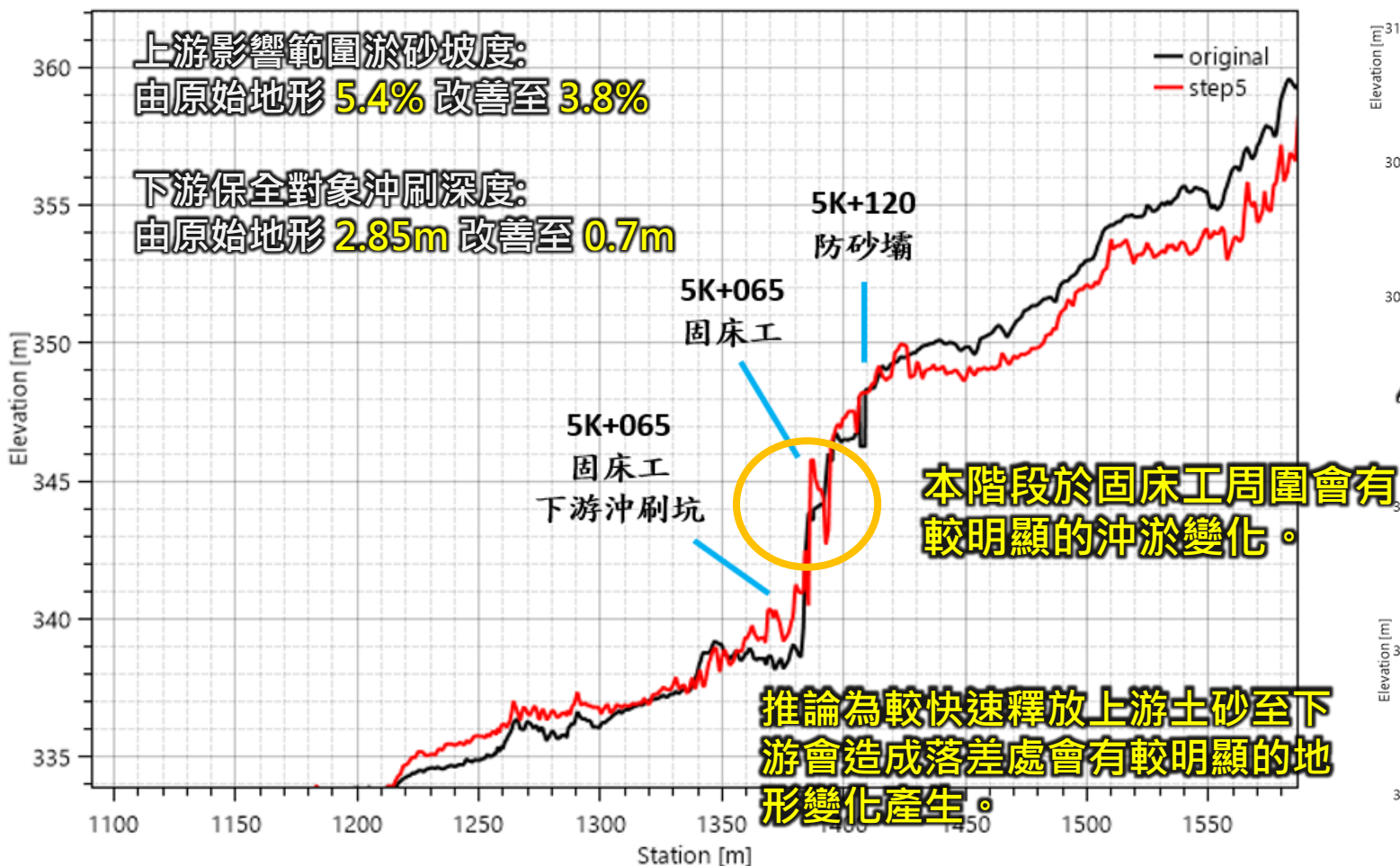
最終階段模擬(成效型)

模擬結果說明: 各步驟對比

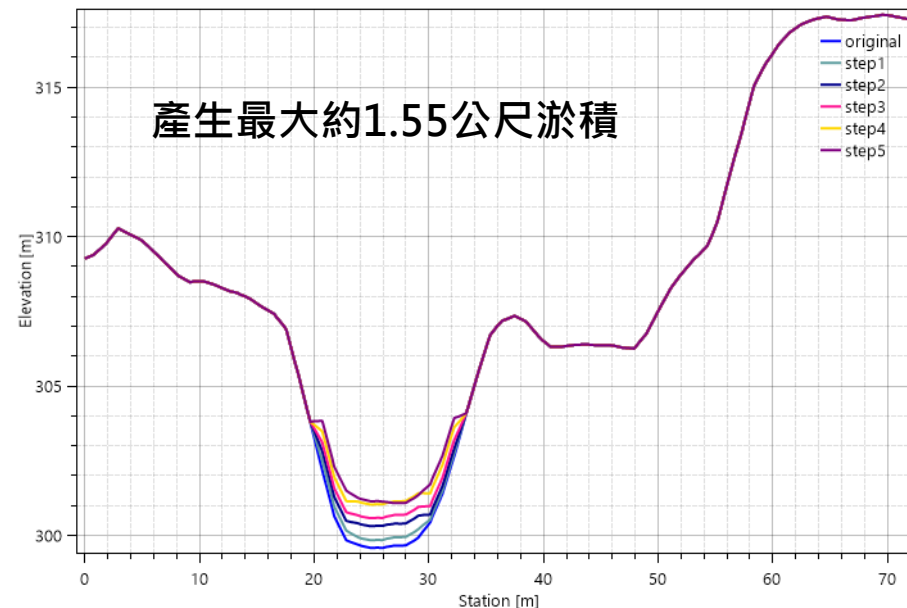


最終階段模擬(成效型)

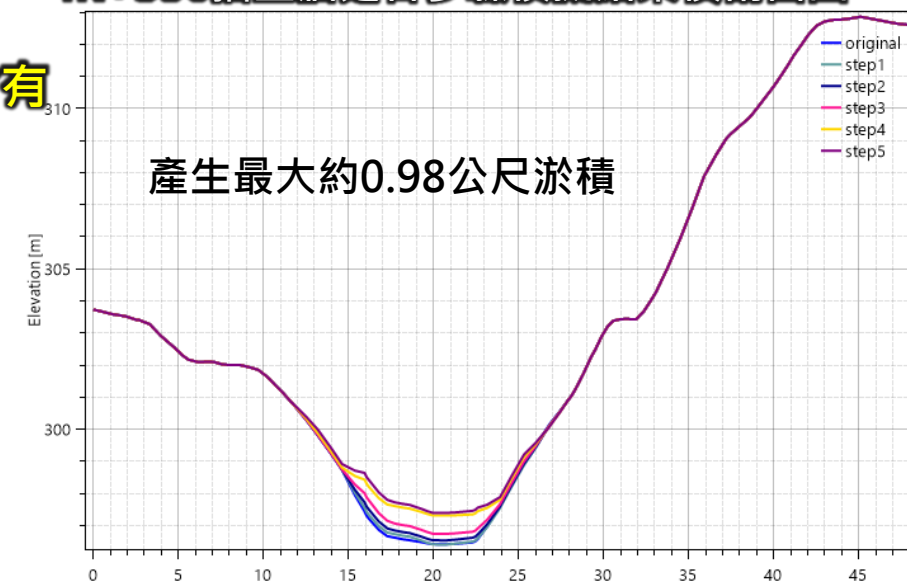
模擬成果呈現



原始地形與最終成果之縱剖面對比



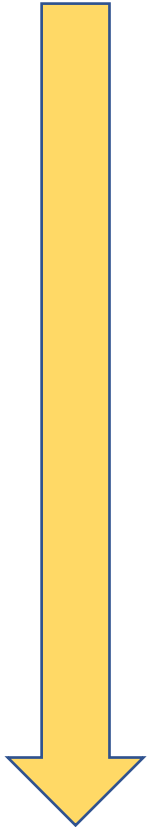
4K+350擋土牆之各步驟模擬結果橫剖面圖



4K+200擋土牆橫斷面於各步驟的沖淤結果呈現

最終階段模擬(成效型) 各調整步驟之數據彙整(保全對象斷面)

成功使上下游土砂恢復穩定狀態
經過五步驟的調整



	平均高程 (m)	總淤積量 (m²)	與上一步操作之 淤積相差量 (m²)	與上一步操作之最大 淤積變化量 (m)	與上一步操作之最大 沖刷變化量 (m)
原始地形	339.65	0			
Step1 Q10 (降4支)	340.60	21.98	+21.98	+2.13	-0
Step2 Q5 (降3支)	341.18	36.04	+14.06	+1.27	-0
Step3 Q5 (降3支)	341.51	43.40	+7.36	+0.71	-1.04
Step4 Q25 (降4支)	341.66	47.94	+4.54	+0.97	-1.28
Step5 Q25為例 (降3支)	341.80	50.74	+2.8	+0.96	-1.28

最終保全對象平均高程為341.8m，與前一階段: 最終階段模擬(保守型)完全相同，同時簡化了操作步驟及調整時距。

最終階段模擬(成效型)

小結

- 經過本階段模擬經驗，證實了不須將防砂壩進行全升動作之想法，可以快速解決防砂壩上游容易淤滿、下游嚴重冲刷之問題，提供使用者多一種調整策略之選擇，可以依照不同現地狀況以及上、下游土砂狀態選擇適合的防砂壩調整策略。

	平均高程 (m)	總淤積量 (m ²)	與上一步操作 之淤積相差量 (m ²)
原始地形	339.65	0	
Step1 Q10 (降4支)	340.60	21.98	+21.98
Step2 Q5 (降3支)	341.18	36.04	+14.06
Step3 Q5 (降3支)	341.51	43.40	+7.36
Step4 Q25 (降4支)	341.66	47.94	+4.54
Step5 Q25為例 (降3支)	341.80	50.74	+2.8

V.S.

	平均高程 (m)	總淤積量 (m ²)	與上一步操作之 淤積相差量 (m ²)
原始地形	339.65	0	
Step1 Q10 (降4支)	340.60	21.98	+21.98
Step2 Q5 (升壩)	341.15	35.33	+13.35
Step3 Q25 (降3支)	341.57	45.96	+10.63
Step4 Q5 (升壩)	341.39	42.82	-3.14
Step5 Q100 (降4支)	341.73	51.24	+8.42
Step6 Q25 (升壩)	341.61	49.25	-1.99
Step7 Q25為例 (降3支)	341.80	54.56	+5.31

最終階段模擬(成效型)

最終階段模擬(保守型)

最終策略保守型與成效型比較

最終策略(保守型)

1. 壩體升滿期間較長，能夠**承受洪水事件的能力較高**，因此對於下游保全對象之保護能力較強。
2. 具有明確之升、降壩操作步驟，能穩定調整釋放上游土砂至下游，因此較**不易出現過於明顯的地形沖淤變化**。

1. 完全改善溪流土砂狀況**所需之時間較長**，需長期監測溪流洪水、土砂狀況。
2. 升、降壩操作步驟多，因此較**耗費工程經費及人力成本**。

當防砂壩下游鄰近**生命財產之保全對象**時，或上游邊坡具有**不穩定潛勢**時，可以最大化防砂壩攔阻土砂之功效，同時解決上游淤積過量、下游沖刷嚴重之問題，使溪流恢復平衡穩定之狀態。

V.S.

最終策略(成效型)

1. 完全改善溪流土砂狀況**所需之時間較短**，可以快速解決上游過度淤積、下游嚴重沖刷之問題。
2. 升、降壩操作步驟較少，可大量**節省工程經費、人力成本**。

1. 沒有明確之升壩步驟，因此**承受洪水事件的能力較低**。
2. 縮短了整體調整時距與步驟，快速使上游土砂運移至下游，可能會造成**較明顯的地形沖淤變化**。

當防砂壩下游鄰近區段僅存在構造物保全對象，並**無生命財產保全對象**，且須盡快處理壩體上游淤積嚴重、下游沖刷劇烈之問題時。

優點

缺點

適用條件

05

結論與建議

- ① 結論
- ② 建議

結論

(1) 提出完整的調整型防砂壩經營管理與操作矩陣:

- 經過本研究最終提出完整的調整型防砂壩經營管理與操作矩陣制定規則，使用者可以依據不同溪流現地之「防砂壩上游影響範圍內之淤砂坡度」、「下游保全對象之沖刷深度」兩項因子，制定出專屬的矩陣。

經營管理與操作矩陣		下游保全對象 沖刷深度		
		高	中	低
上游影響 範圍內 淤砂坡度	低	調降100% 預鑄塊	調降80% 預鑄塊	調降60% 預鑄塊
	中	調降80% 預鑄塊	調降60% 預鑄塊	調降40% 預鑄塊
	高	調降60% 預鑄塊	調降40% 預鑄塊	調降20% 預鑄塊

制定標準:

歷史最陡溪床坡度、計畫淤砂坡度

兩者差值三等分後作為每段區間值

制定標準:

最嚴重沖刷時溪床高程、預期溪床高程

兩者差值三等分後作為每段區間值

(2) 提出完整的調整型防砂壩經營管理與操作策略:

- 使用者定出矩陣後，可以搭配本研究最終提出之兩套完整的調整型防砂壩經營管理與操作策略，分別為**最終策略保守型**與**最終策略成效型**，提供使用者可以針對**不同現地狀況以及上、下游土砂狀態選擇**適合的防砂壩調整策略配合矩陣進行應用。

(3) 確保下游保全對象之安全:

- 經過實驗結果兩套防砂壩調整策略，分別經歷過七次及五次之洪水模擬試驗，皆不會對壩體下游固床工產生過度沖淤現象，且根據更下游的保全對象4K+350擋土牆及4K+200擋土牆之模擬結果，最終策略保守型之結果分別產生最大1.89公尺及1.26公尺的淤積，另，最終策略成效型之結果分別產生最大1.55公尺及0.98公尺的淤積，此結果顯示本研究提出之**兩種最終策略皆不會對整體河段造成過度淤積及沖刷的現象，同時適量的補注土砂至下游區段**，避免擋土牆發生掏刷、傾倒之危害。

(4) 平衡防砂壩上、下游土砂沖淤狀況:

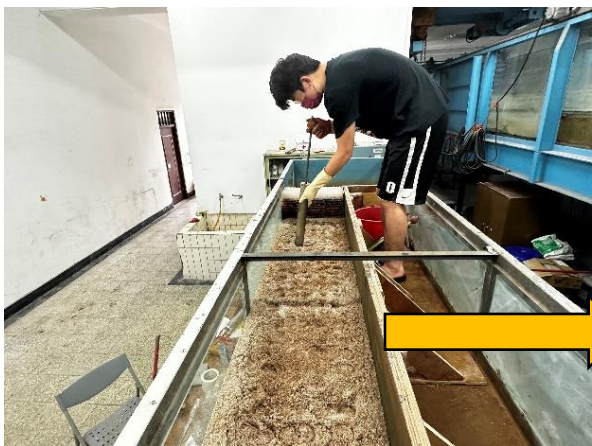
- 最終策略保守型進行防砂壩調整策略，經過**七步驟**之升、降壩操作，成功使防砂壩**上游溪床坡度由原始地形的5.4%改善至3.5%**，且原先沖刷嚴重的保全對象5K+065固床工下游沖刷坑有明顯的土砂料源補注，全斷面淤積總量共**增加54.56平方公尺**，河道**平均沖刷深度由原始地形之2.85公尺降低至0.7公尺**。
- 最終策略成效型進行防砂壩調整策略，共進行**五步驟**之壩體調整操作，成功使防砂壩**上游溪床坡度由原先5.4%改善至3.8%**，同時原先沖刷嚴重的保全對象5K+065固床工下游沖刷坑也有明顯改善，全斷面淤積總量共**增加50.74平方公尺**，其河道**平均沖刷深度由原始地形之2.85公尺同樣降低至0.7公尺**。

(5) 有效延長防砂壩的使用壽命:

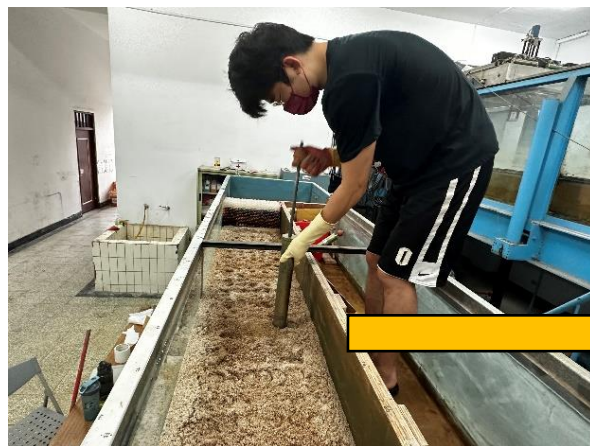
- 最終策略保守型，解決壩體上游過度淤積、下游嚴重沖刷之問題的同時，共抵禦了七次洪水事件，分別為:10年、5年、25年、5年、100年、25年重現期距之洪水事件，**有效地延長了防砂壩之壽命，其使用年限至少為170年**。
- 最終策略成效型，解決上、下游沖淤問題的同時，一共抵禦了五次洪水事件，分別為:10年、5年、5年、25年重現期距之洪水事件，**有效地延長了防砂壩之壽命，其使用年限至少為45年**。

- 本研究最終提出之調整型防砂壩經營管理與操作矩陣，為了能符合所有開口型態之調整型防砂壩，因此調整策略方針設定為降低整體預鑄塊百分比，建議未來若有相關研究，可以**針對各處開口進行不同調降策略分析**，觀察其對流心、河道沖淤、邊坡影響之變化。
- 本研究使用三角形單位歷線法作為各重現期洪水流量歷線推估，若未來本研究之防砂壩調整策略能真實應用於廊仔溪，則可以**使用調整壩體後發生之真實洪水事件的流量歷線**，進行數值模型模擬分析，**驗證實地情況與數值模型上之誤差**。
- 本研究所提出之調整型防砂壩經營管理與操作矩陣與兩種最終策略，目的在於可以應用至各地不同溪流土砂狀況之調整型防砂壩，本研究目前以廊仔溪作為研究案例，建議未來若有相關研究可以**應用至其他河川溪流**。
- 本研究之數值模型採用固定之入流口溪床坡度、出流口溪床坡度及土砂粒徑分布曲線，然而自然溪流環境具有多變動性，各式參數會隨著降雨、地形沖淤、長期夯實而有所變動，建議未來若有相關研究，可以**加入更多考量參數**，取得更貼近真實溪流現況之模擬結果。

土砂密實度對透過式調整型防砂壩影響試驗



試驗渠道進行夯實上游上半部份



試驗渠道進行夯實上游下半部份



無夯實試驗：
經測量後，含水量4.24%、乾單位重1461.5kgf/m³

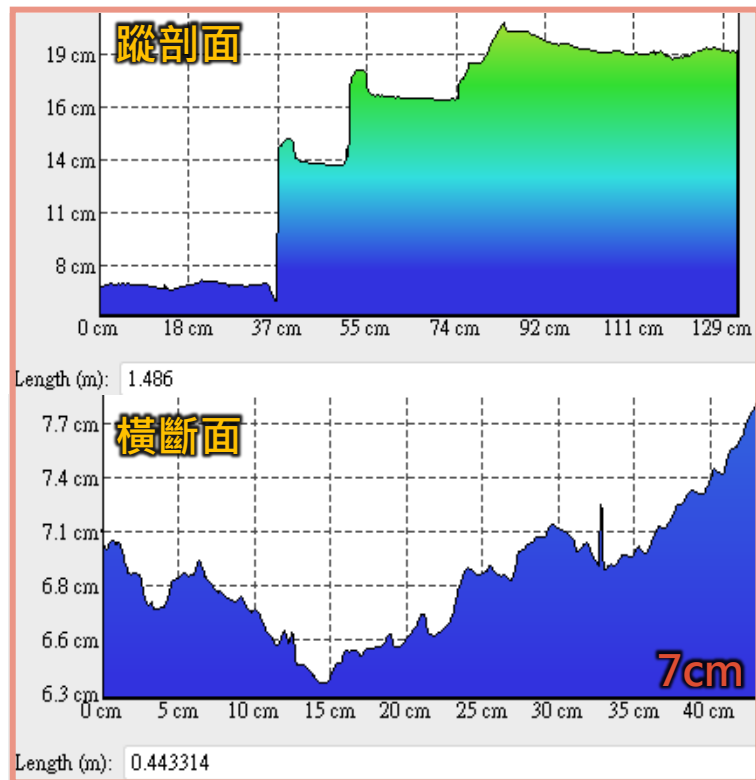
14%

	含水量(%)	乾單位重 (kgf/m ³)
取樣點一	3.58	1483.06
取樣點二	4.88	1531.05

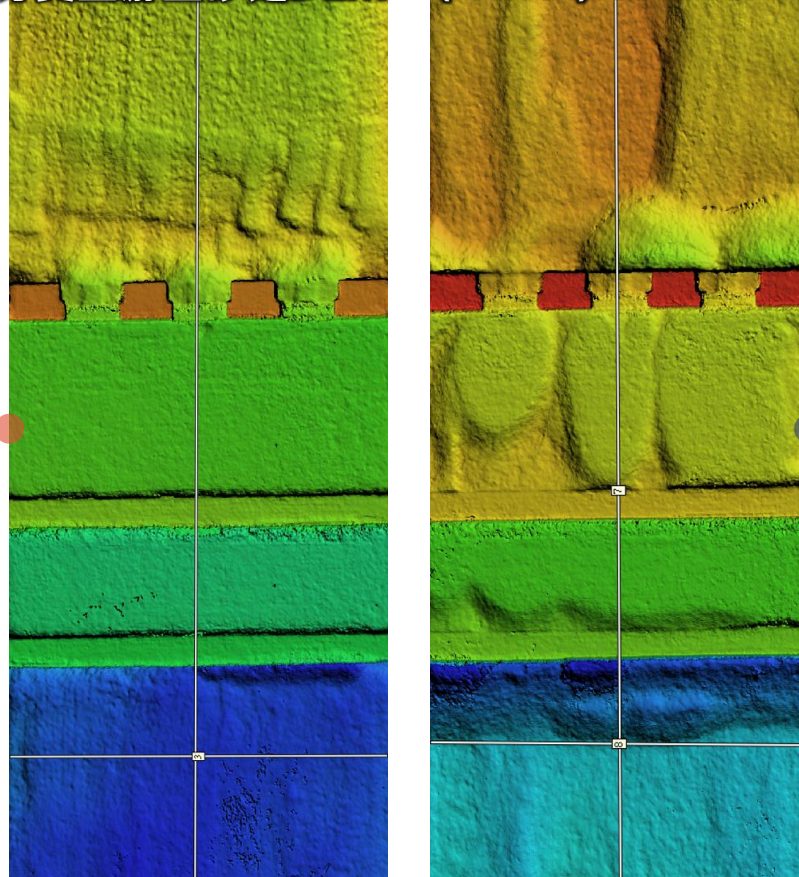


土砂密實度對透過式調整型防砂壩影響試驗-夯實

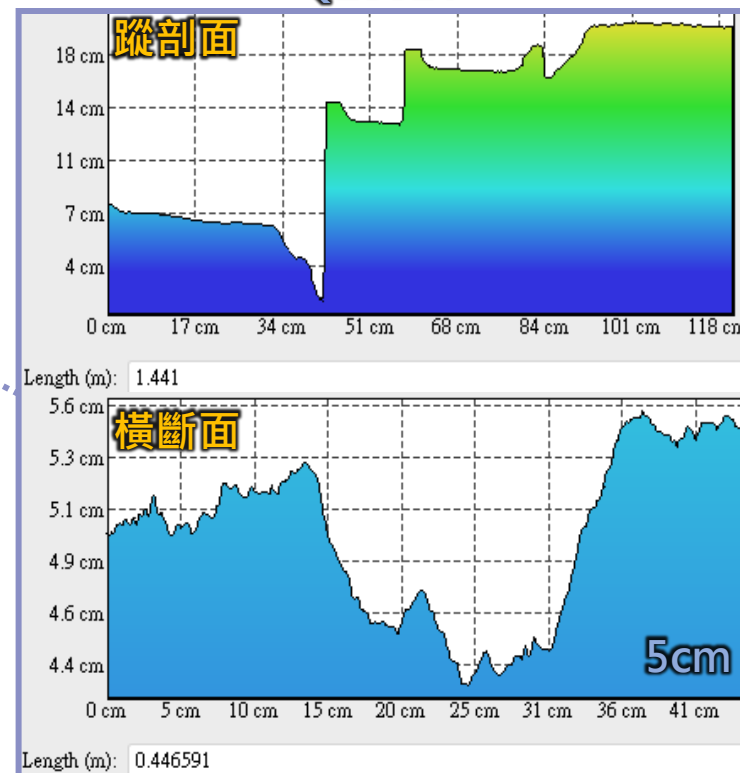
(沖刷前)夯實上游土砂之DEM



(沖刷後)夯實上游土砂之DEM



Q100L4

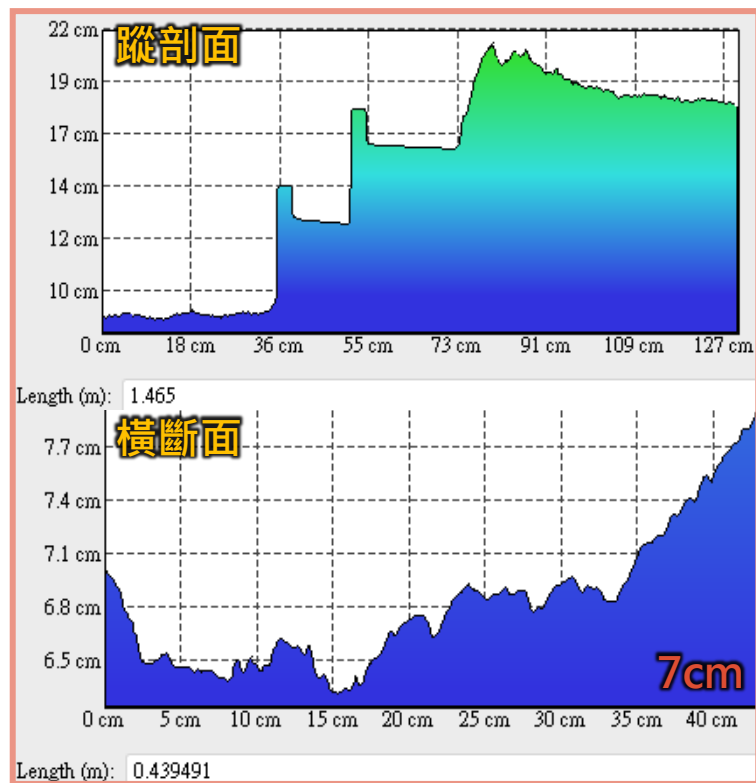


(沖刷後-沖刷前)夯實上游土砂之高程差圖

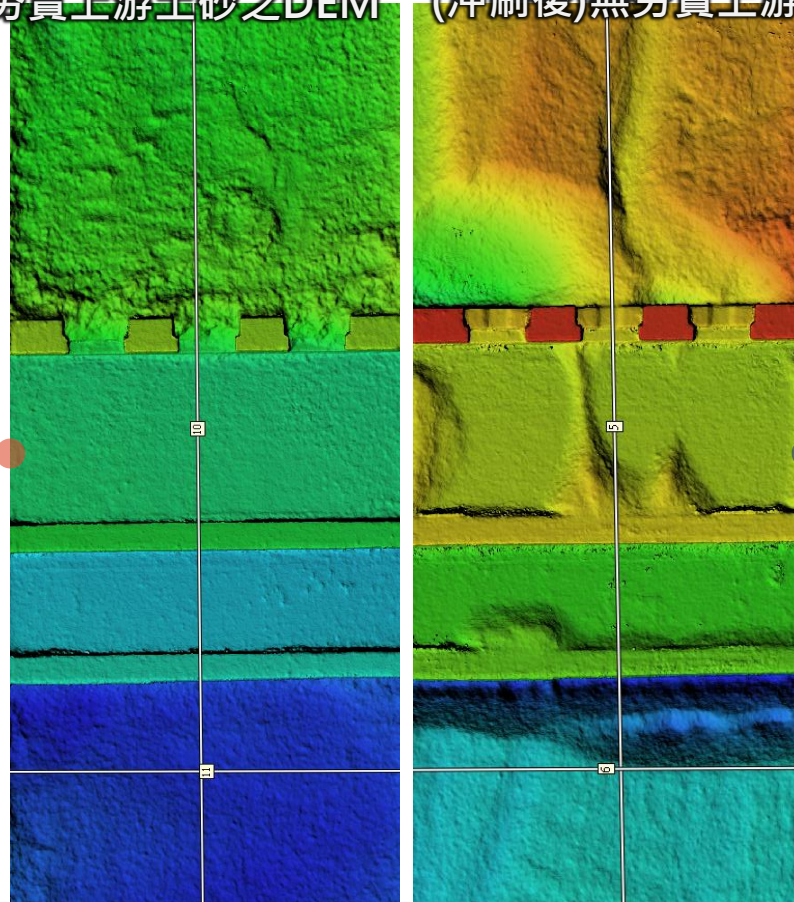


土砂密實度對透過式調整型防砂壩影響試驗-無夯實

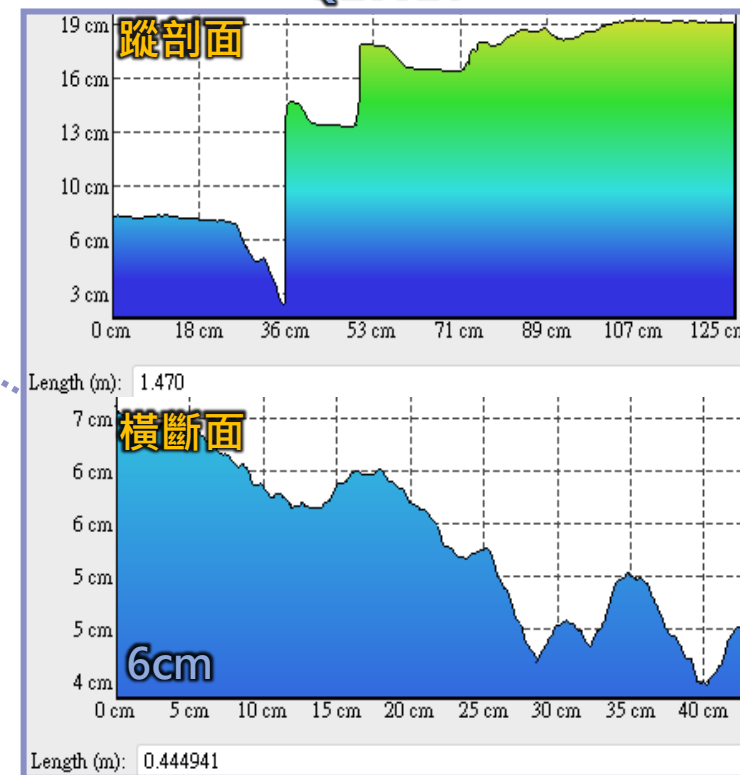
(沖刷前)無夯實上游土砂之DEM



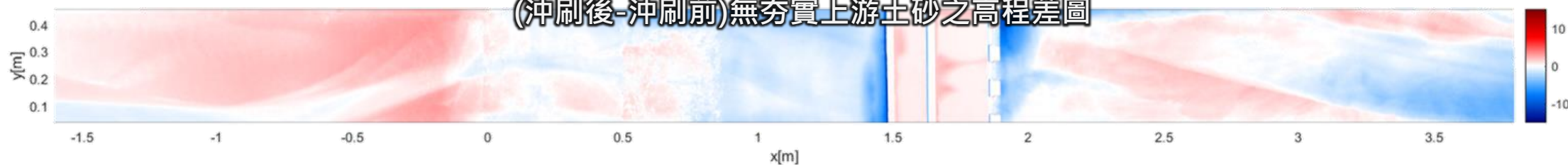
(沖刷後)無夯實上游土砂之DEM



Q100L4



(沖刷後-沖刷前)無夯實上游土砂之高程差圖





感謝聆聽

Q & A

