



行政院農業委員會水土保持局 視訊專題討論分享

『打狗溪上游三號壩治理工程-勞安創新工法與作為』



報告人：簡志凱工程員
行政院農業委員會水土保持局臺北分局



簡報 大綱

一 工程緣起

二 工程內容

三 規劃設計

四 工程特色及效益

一.工程緣起

➤ 災因與課題

- 本工程位於**宜蘭縣大同鄉**，因打狗溪上游二號壩損毀導致本區段河道喪失土砂調節功能，大量土砂下移造成河道嚴重淤積，深槽線嚴重偏擺導致下游右岸沿岸產生災害。
- 於109年9月與林務局現勘，二號壩係由林務局所設置且尚未納入修復計畫，為恢復打狗溪中游段土砂調節功能並將調整流心，水保局於二號壩下游處適當位置新設三號壩故編列本工程。



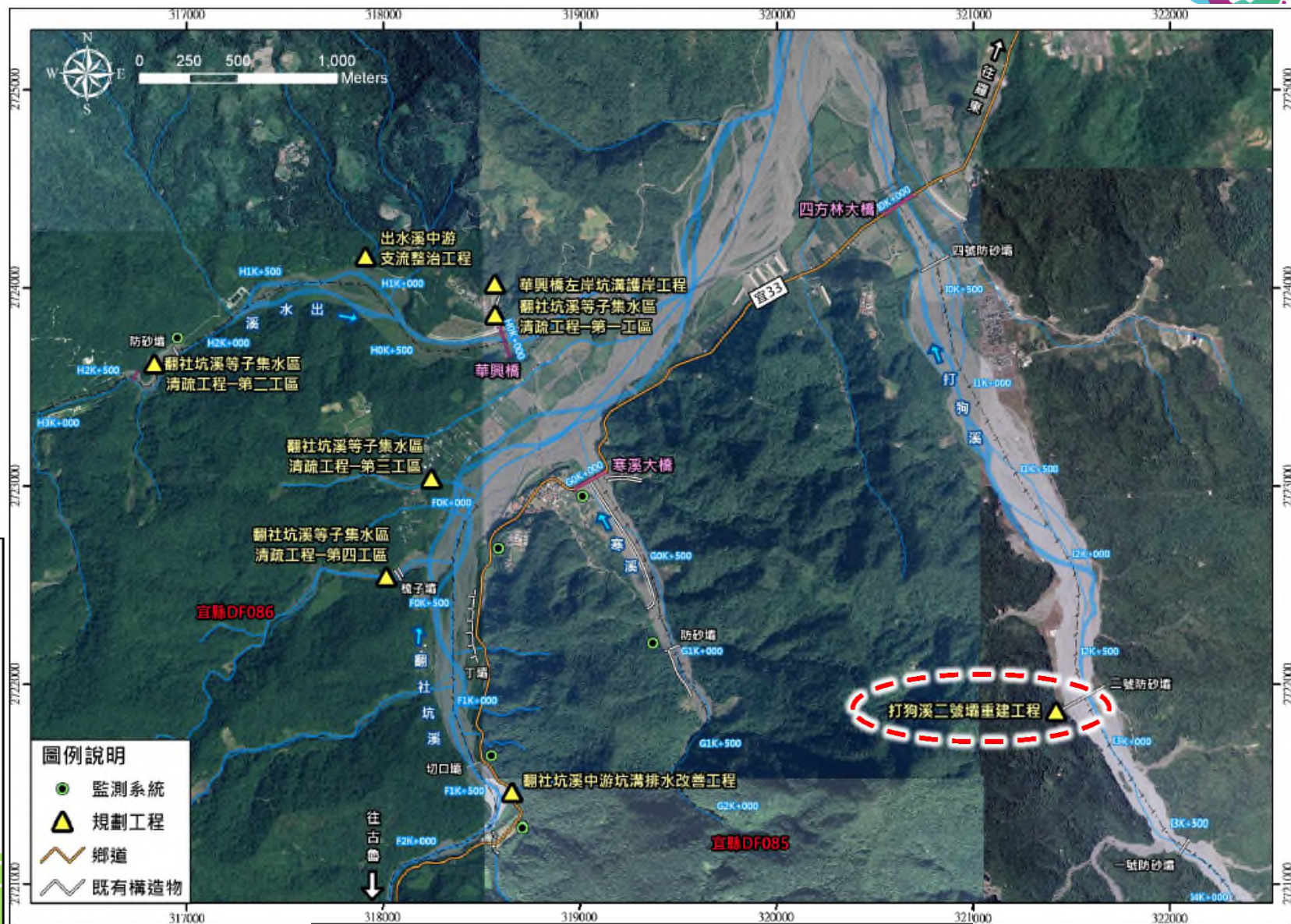
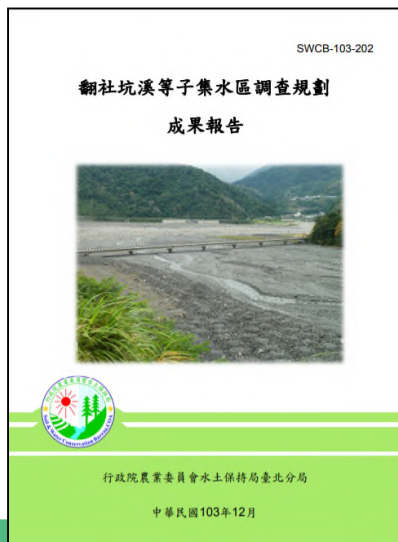


一.工程緣起

➤ 規劃報告

節錄本分局103年「翻社坑溪等子集水區調查規劃」報告書內容，

「**打狗溪二號壩重建工程**」工程內容為防砂壩1座。目前既有二號壩已有破損情形，考量打狗溪上游尚有許多不穩定土砂量，**本計畫規劃重建打狗溪二號壩，提升河道土砂調節能力，減緩土砂大量下移造成下游保全對象之影響。**



翻社坑溪集水區規劃工程分布位置圖

二. 工程內容

工程經費：

- 結算金額：39,982,000 元

工程期程: 240+30日曆天

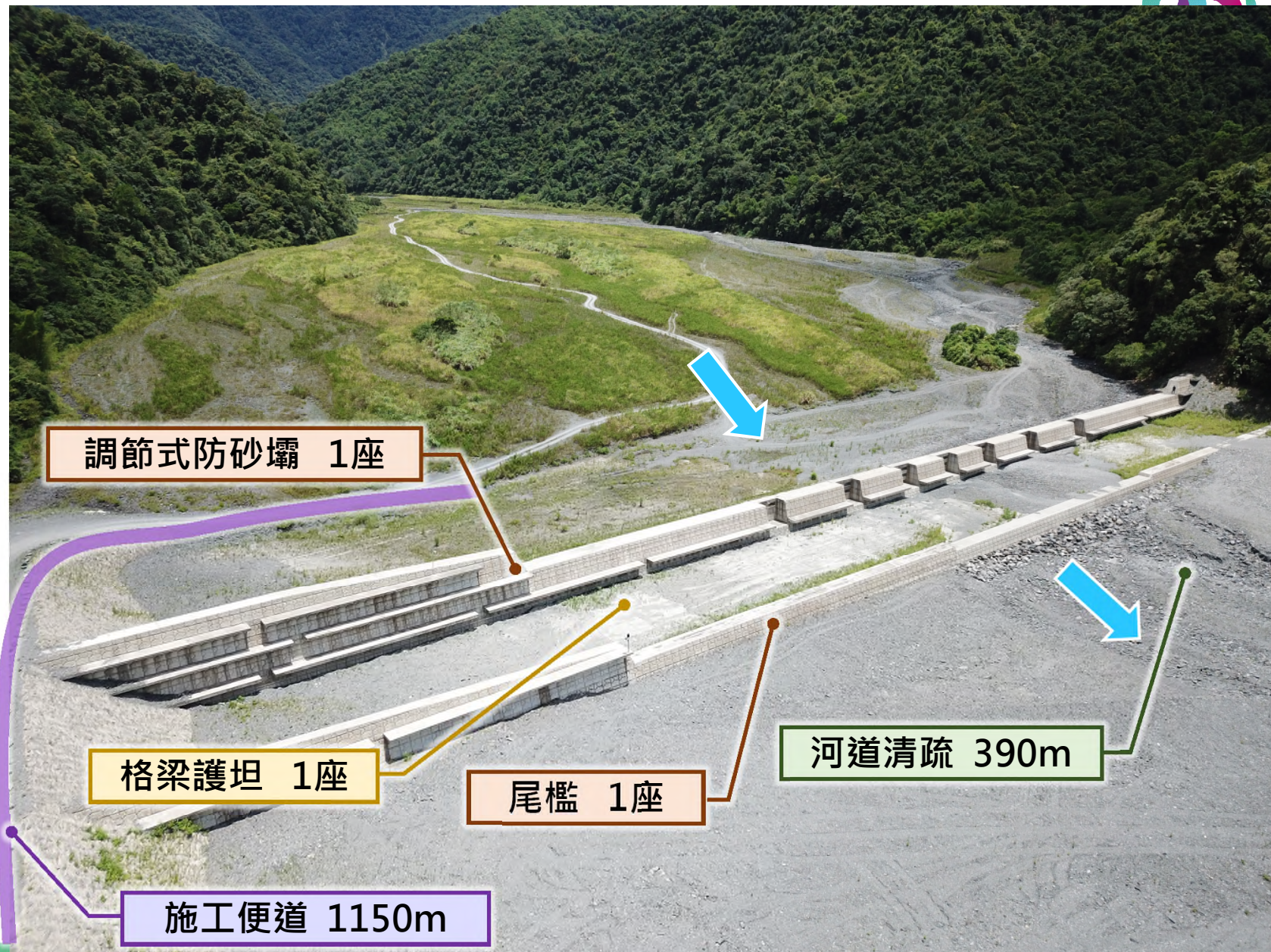
- 110年02月22日開工
- 111年02月09日竣工

天氣因素不計工期99日

工程內容：

一次變更設計

1. 調節式防砂壩 1座
2. 尾檻 1座
3. 格梁護坦 1座
4. 施工便道 1150m
5. 河道疏濬 390m

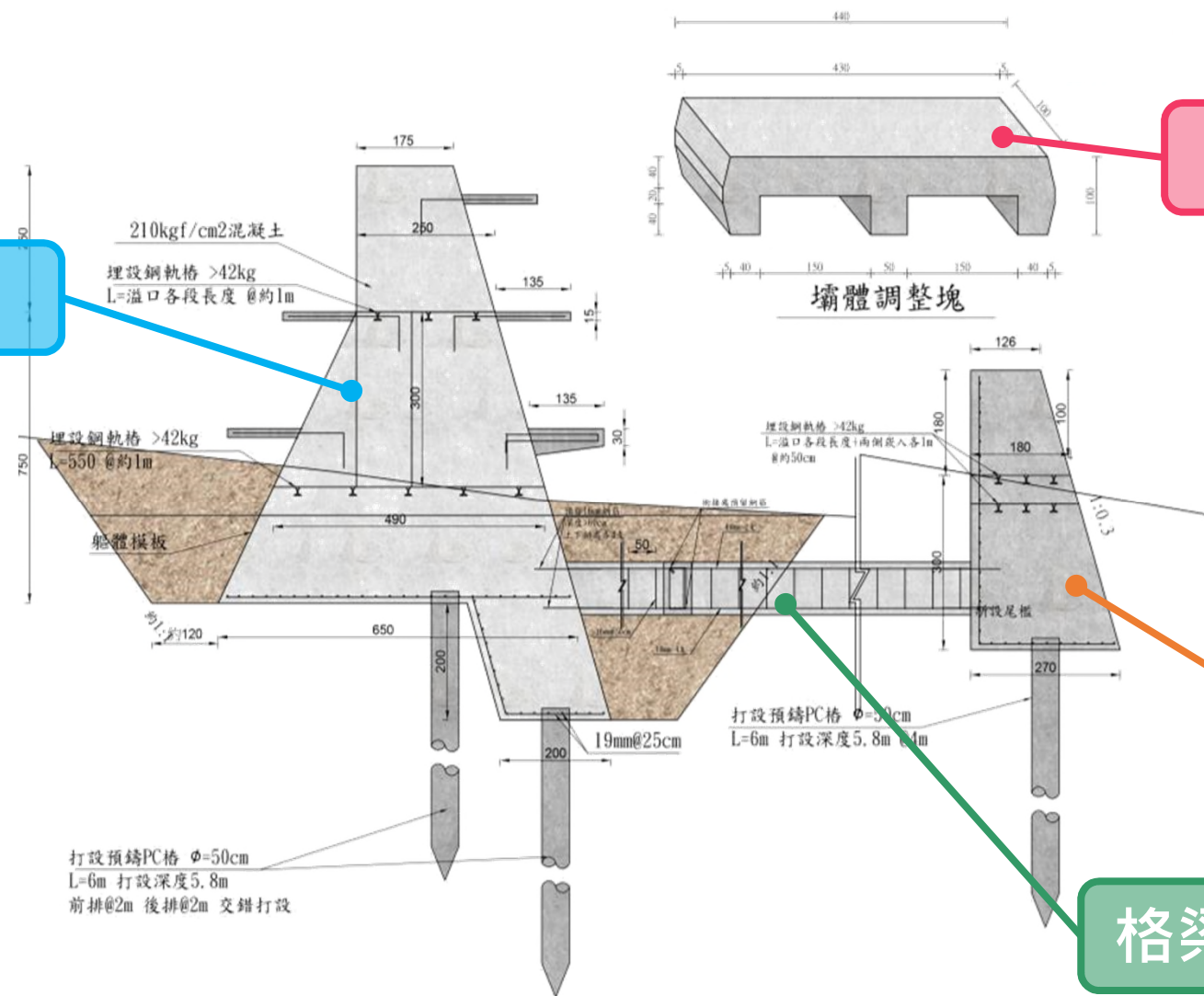




二.工程內容

工程項目

調節式防砂壩



壩體調節塊

尾檻

格梁護坦



二. 工程內容

變更設計： 防砂壩下游進行近400M清疏 調整河道深槽 更臻完美

金額名稱	金額(元)		
原契約金額	36,870,000		
第一次變更	39,982,000	增加	3,516,580
		減少	404,580
結算金額	39,982,000		

變更設計簡要說明	
第一次變更	1. 因廠商開挖後發現岩盤，且高度高於本案設計之RC護岸高度，故取消上游左側RC護岸約14m。 2. 為使後續防砂壩完成後導正深槽線，建議於防砂壩上游及下游進行河道清疏作業約390m，調整河道深槽線。 3. 因右岸下邊坡坡腳受大雨沖蝕，建議防砂壩翼牆延伸約2m，以防止翼牆外露。 4. 調整“地下調查，鑽探取樣，土壤或卵礫石層之鑽探，含開路費及移孔費”、“職業安全衛生費”及“施工品質管理費”之單價分析及單價。 5. 考量施作場域等因素，為提升整體施工安全性，增加“壩體調整塊吊掛費”工項及單價分析。 6. 增加工程期限30日曆天，調整為270日曆天。

三. 規劃設計

水文分析

■ 採歷線法進行分析：

$$Q_p = \frac{0.208 \times A \times Re}{T_p}$$
$$T_p = \frac{T_c}{2} + 0.6T_c$$

- 山坡長度： 300 m
- 溪流長度： 5,482 m
- 高差： 885 m
- 集水面積： 1,383 公頃
- 集流時間： 0.41H
- 洪峰發生時間： 0.27H



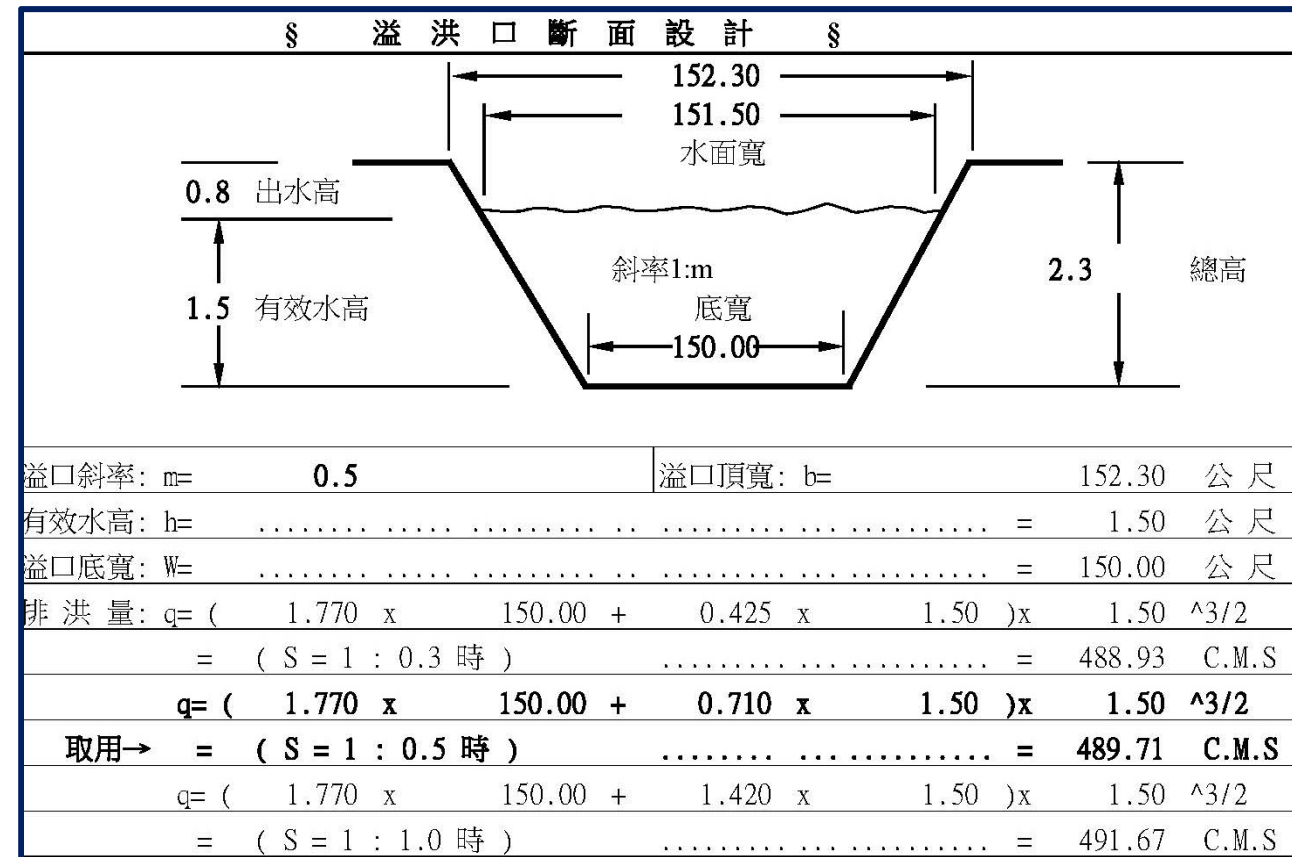
- 尖峰流量 Q_p ： 106.31 cms
- 50年頻率計畫洪水量 (取含砂率10%)： 452.57 cms
- 淤沙坡度約1.4% 因砂量約25萬方



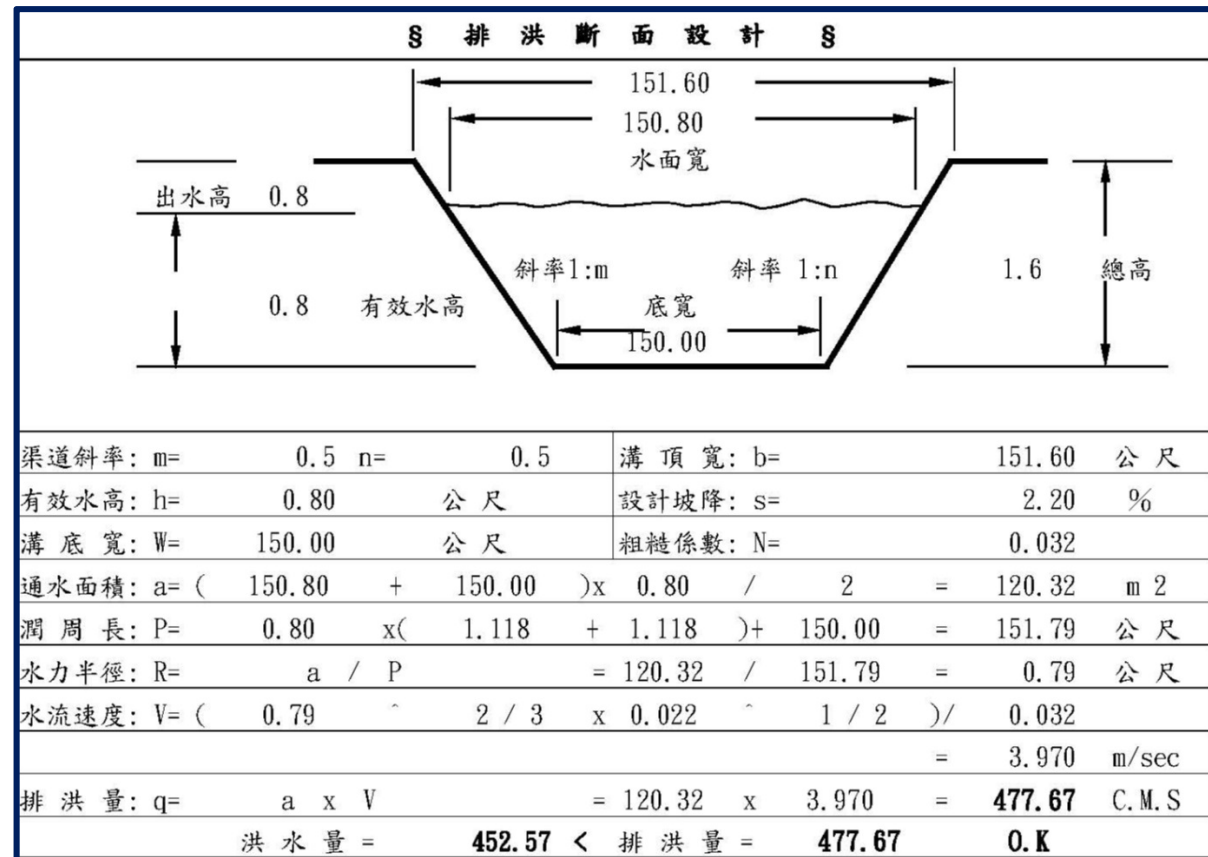
三. 規劃設計

斷面配置

主壩溢洪口採寬頂堰計算：



尾檻溢洪口採曼寧公式計算：





三. 規劃設計

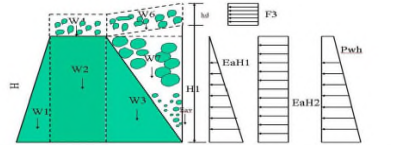
計算檢核

壩體應力檢算

四、未淤積、普通流量、發生地震之情形

五、未淤積發生土石流時

六、已淤積發生土石流時



力	計算式	垂直力	水平力	力臂	正	負
W ₁	$0.5 \times H_1 \times \gamma_1 \times r_c$	10.89		1.10	11.98	
W ₂	$D \times H_1 \times r_c$	33.00		2.90	95.70	
W ₃	$0.5 \times H_1 \times \gamma_1 \times r_c$	18.15		5.07	91.96	
W ₄	$\gamma_w \times D \times \rho_d \times r_w$	1.78		2.90	5.15	
W ₅	$\gamma_w \times H_1 \times \rho_d \times r_w$	1.95		5.53	10.79	
W ₇	$\gamma_w \times H_1 \times \rho_d \times r_w / 2$	16.41		5.98	98.19	
E _{ab1}	$0.5 \times K_a \times r_{ab1} \times H_1^2 \sin \theta_1$	0.07		6.90	0.46	
E _{ab1}	$0.5 \times K_a \times r_{ab1} \times H_1^2 \cos \theta_1$		4.80	1.85		8.86
E _{ab2}	$K_a \times H_1 \times (\rho_d - 1) \times r_w \times H_1$		0.20	2.77		0.57
P _{ab}	$(H_1 + H_2 + H_3) \times H_1 \times r_w / 2 \times K$		15.74	2.36		37.12
U ₂	$0.5 \times (H_1 + H_2 + H_3) \times (H_1 + H_2) \times \gamma_w$	-12.65		4.60		58.20
F ₁₂ (土石流衝擊力)	$\rho_d \times H_1 \times U_{12}^2 / 9.8 \times (B_2 - b_0) / B_2$		0.63	5.79		3.65
總計		69.59	21.37		314.24	108.39

1.. 壩體傾覆檢算:

設壩體合力作用點距壩趾(A)為...X
則(垂直力)×(X)-(正力矩)-(負力矩)

$$\bar{X} = 2.96 \text{ (m)}$$

(1/3壩底寬度 < X < 2/3壩底寬度)
傾覆安全係數(正力矩/負力矩)=

$$2.90 > 1.5$$

合格

2.. 壩體滑動檢算:

壩底抗滑力(垂直力×摩擦係數) P =
滑動安全係數(抗滑力/水平力) F_s=

$$40.36$$

$$1.89 > 1.1$$

合格

3.. 壩底垂直應力檢算:

傾心距e=

$$0.49$$

壩趾A處之垂直應力=V/(B(1+b×e/B))=

$$14.40$$

< 50.00 合格

壩趾B處之垂直應力=V/(B(1-b×e/B))=

$$5.77$$

< 50.00 合格

七、壩體安定檢算

土石流巨浪衝擊力P₁₂=20.2(j×U₁₂)^{1.2}×D₅₀²=

$$38.82 \text{ ton, 力臂}=$$

$$0.40 \text{ m}$$

流體衝擊力=單位寬衝擊力×壩底寬度=

$$3.78 \text{ ton, 力臂}=$$

$$0.29 \text{ m}$$

合力=

$$42.60 \text{ ton}$$

合力矩=

$$16.61 \text{ ton-m}$$

壩底抗剪強度=φV₁₂=0.1925fc^{0.5}×a×d=

$$132.32 \text{ ton}$$

大於衝擊合力, 合格

壩底抗彎矩強度=φM₁₂=0.122fc^{0.5}×a×b×d²=

$$209.65 \text{ ton-m}$$

大於衝擊合力矩, 合格

midas Gen

MIDAS
Company
Author

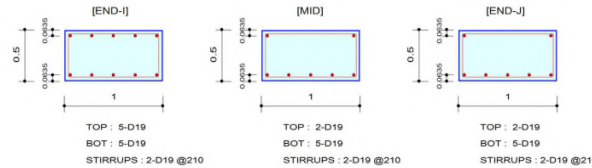
USER

File Name D:\...Desktop\1081002\F1.mgb

1. Design Information

Design Code : TWN-USD100
Unit System : tonf, m
Material Data : fc = 2100, fy = 42000, fys = 42000 tonf/m²
Beam Span : 3.5 m
Section Property: F3 (No : 2)

2. Section Diagram



3. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	1	2	2
Moment (Mu)	2.54	0.00	0.00
Strength (PhiMn)	22.76	9.32	9.32
Check Ratio (Mu/PhiMn)	0.1114	0.0000	0.0000
(+) Load Combination No.	1	1	1
Moment (Mu)	0.03	1.30	1.30
Strength (PhiMn)	22.76	22.76	22.76
Check Ratio (Mu/PhiMn)	0.0012	0.0573	0.0569
Required Rebar Top (As_top)	0.0002	0.0000	0.0000
Required Rebar Bot (As_bot)	0.0000	0.0001	0.0001

4. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	1	1	1
Factored Shear Force (Vu)	3.66	2.19	2.22
Shear Strength by Conc. (PhiVc)	25.14	25.14	25.14
Required Shear Reinf. (AsV)	0.0000	0.0000	0.0000
Required Stirrups Spacing	2-D19 @210	2-D19 @210	2-D19 @210
Check Ratio	0.0584	0.0350	0.0353

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2012

Print Date/Time : 10/02/2019 23:00

調整塊應力分析

工作平台應力檢算

P CS	
淨跨度Ln(m)	1.35
材料強度f'c(kg/cm ²)	210
鋼筋降伏強度fy(kg/cm ²)	2800
版厚t(cm)	20
主鋼筋號數	#4
鋼筋直徑db(cm)	1.27
鋼筋面積As(cm ²)	1.267
保護層厚度(cm)	3
靜載重DL(tf/m ²)	2
活載重LL(tf/m ²)	2

彎矩計算	
載重組合Wu=1.2DL+1.6LL	5.6
最大彎矩值(tf-m ² /m)	1.276

鋼筋量設計	
拉力控制斷面最大鋼筋比 pt,c	0.02
d計算(cm)	16.365
需要鋼筋比(p,prov)	0.00192
最小鋼筋比 pmin	0.005
check p,prov< pmin	OK

剪力檢核	
Vu,max	3.780
φ Vc	9.427
check φ Vc > Vu,max	OK

短向鋼筋配置	
鋼筋量As(cm ² /m)	3.14
鋼筋間距S(cm)	40.34

溫度鋼筋配置	
溫度鋼筋號數	#3
溫度鋼筋面積As(cm ²)	0.7133
溫度鋼筋降伏強度fy	2800
使用鋼筋比	0.002
溫度鋼筋量Ast(cm ² /m)	4
溫度鋼筋間距S(cm)	17.83

最小配筋量	
主筋	#4@41
溫度鋼筋	#3@18



三. 規劃設計

生態檢核

- 屬**第二級生態檢核**。
- 生態資料庫內物種情報：大冠鷲、鳳頭蒼鷹、斑龜等動植物。

行政院農業委員會水土保持局
集水區友善環境生態資料庫



大冠鷲



鳳頭蒼鷹



斑龜



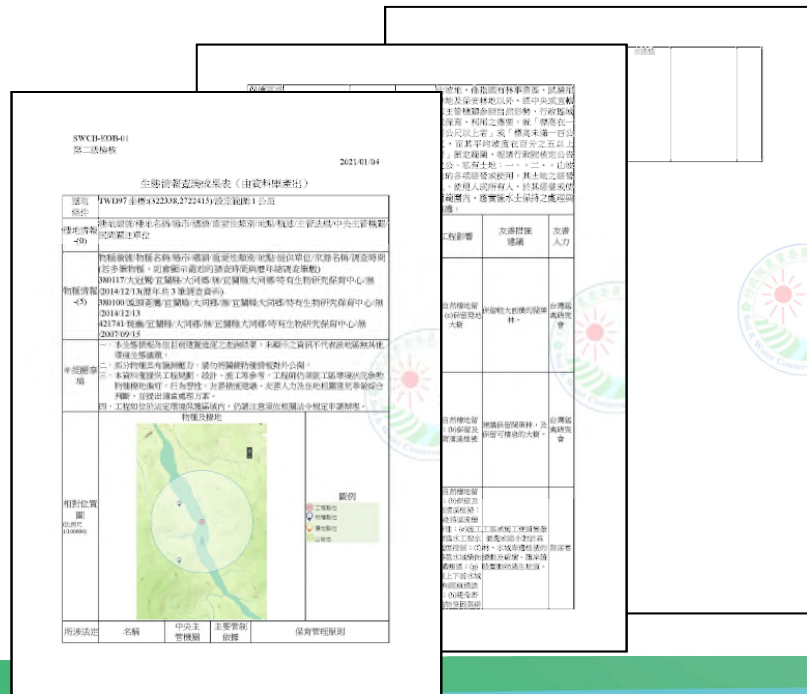
斑龜

行為習性

大冠鷲及鳳頭蒼鷹，棲息於樹梢、樹冠等高樹枝上，**建議保留大面積闊葉林及大樹**；斑龜常出現於岸邊或河道中石頭上曬太陽，**需水、陸域兩種棲地且棲地間連結暢通**。

生態友善措施

- 工區或施工便道盡量迴避、縮小，減少對於溪流與森林的破壞。
- 壩體兩側回填緩坡並於右岸設置越壩通道設計，降低縱、橫向阻隔。
- 調節式壩設計，開口處本身落差及較小，搭配格梁護坦及回填調整，維持水域縱向廊道暢通。





三. 規劃設計

風險評估

設計階段風險評估計畫

- 依據設計功能需求、規劃檢討及調查成果，研擬適合方案，並考量**功能符合**、**基地適應**、**技術**、**經費**、**工期**、**環境景觀**、**施工安全**、**維管**等因素，並依「營造工程施工風險評估技術指引解說手冊」之工程設計方案評選表，討論研擬適宜之設計方案。

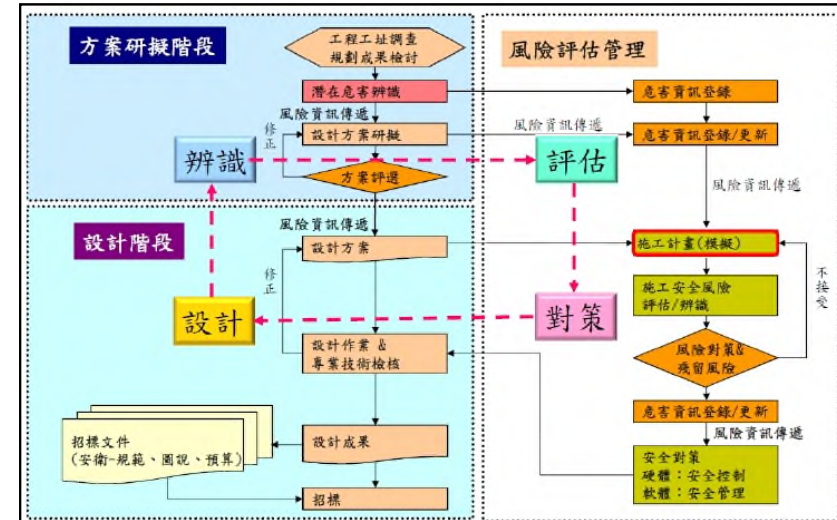
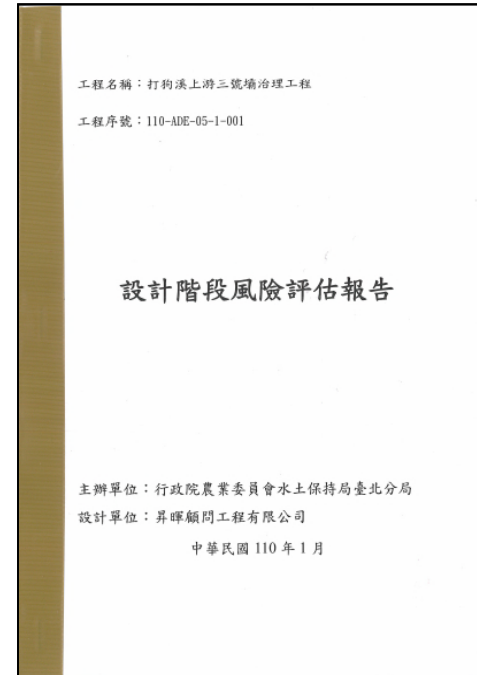


圖 1-2 工程規劃設計階段實施風險管理流程

表 5-6 尾樑設計方案複選評選表

工程名稱：打狗溪上游三號壩治理工程

承辦部門：設計部

項目及評分	構造 型式 安全 (10%)	基地 環境 安全 (15%)	施工 技術 安全 (10%)	人員 作業 安全 (15%)	機具 作業 安全 (15%)	物料 管理 安全 (15%)	施工 工期 安全 (10%)	維護 管理 安全 (10%)	評分	排序
方案一 開深槽	5	4	5	4	4	4	5	5	4.40	1
方案二 傳統式	3	3	4	3	3	4	3	3	3.25	2
最優設計方案 潛在危害施工安全 注意事項	混凝土澆置灌注時，須注意混凝土車的行進動線及作業人員可能有墜落溺水之危害。									

評分說明：1 極差 2 差 3 尚可 4 佳 5 極佳

計畫主持人：沈承毅 技師

方案評選人員：沈承毅 技師

工程規劃人員：沈大勇 工程師、沈泓安 工程師

表 5-2 壩體設計方案複選評選表

工程名稱：打狗溪上游三號壩治理工程

承辦部門：設計部

項目及評分	構造 型式 安全 (10%)	基地 環境 安全 (15%)	施工 技術 安全 (10%)	人員 作業 安全 (15%)	機具 作業 安全 (15%)	物料 管理 安全 (15%)	施工 工期 安全 (10%)	維護 管理 安全 (10%)	評分	排序
方案一 可調式防砂壩	5	5	4	4	4	4	5	5	4.45	1
方案二 開口式防砂壩	4	4	4	4	5	4	5	5	4.35	2
最優設計方案 潛在危害施工安全 注意事項	混凝土澆置灌注時，須注意混凝土車的行進動線及作業人員可能有墜落溺水之危害。									

評分說明：1 極差 2 差 3 尚可 4 佳 5 極佳

計畫主持人：沈承毅 技師

方案評選人員：沈承毅 技師

工程規劃人員：沈大勇 工程師、沈泓安 工程師

表 5-4 水墊設計方案複選評選表

工程名稱：打狗溪上游三號壩治理工程

承辦部門：設計部

項目及評分	構造 型式 安全 (10%)	基地 環境 安全 (15%)	施工 技術 安全 (10%)	人員 作業 安全 (15%)	機具 作業 安全 (15%)	物料 管理 安全 (15%)	施工 工期 安全 (10%)	維護 管理 安全 (10%)	評分	排序
方案一 格梁護坦	5	4	4	4	4	5	4	5	4.35	1
方案二 植石	3	3	4	3	4	3	4	4	3.45	2
最優設計方案 潛在危害施工安全 注意事項	混凝土澆置灌注時，須注意混凝土車的行進動線及作業人員可能有墜落溺水之危害。									

評分說明：1 極差 2 差 3 尚可 4 佳 5 極佳

計畫主持人：沈承毅 技師

方案評選人員：沈承毅 技師

工程規劃人員：沈大勇 工程師、沈泓安 工程師

四.工程特色及效益

創新性



調節式防砂壩 恢復土砂調節機制

於損毀之打狗溪二號壩下游隘口處配置**調節式防砂壩**，調整打狗溪土砂下移量並**恢復土砂調節機制**。





四.工程特色及效益



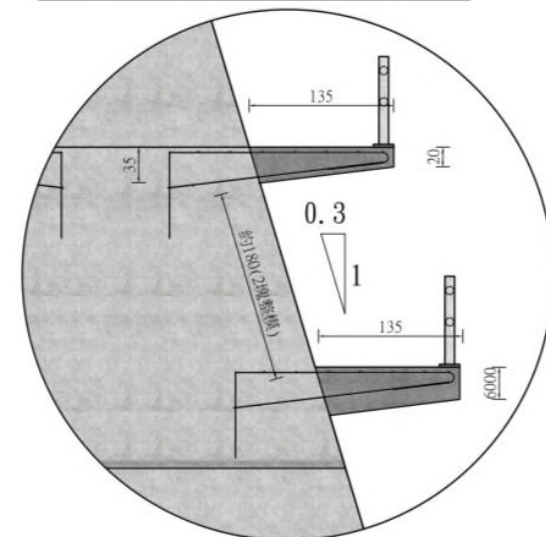
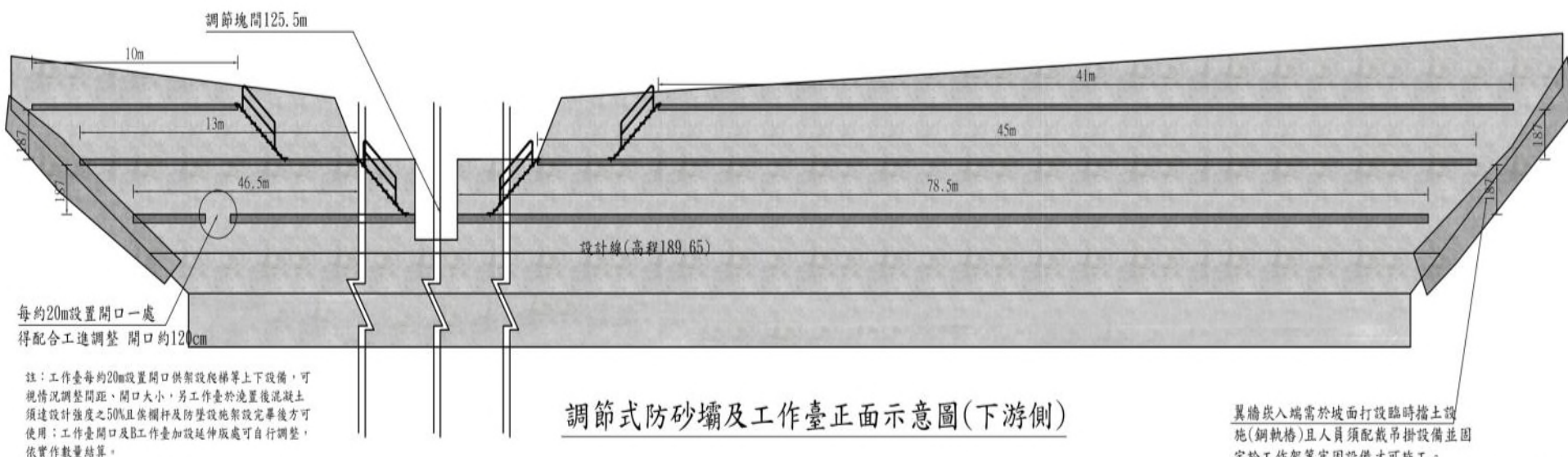
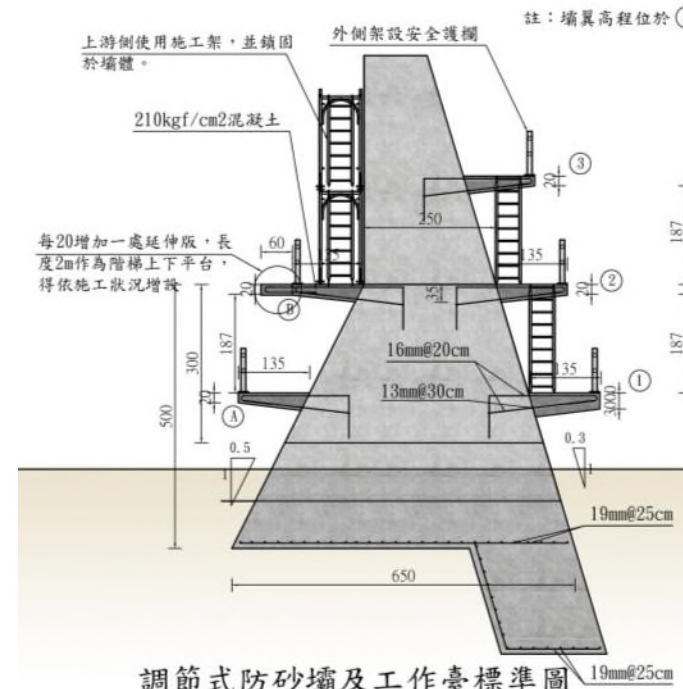


四.工程特色及效益

創新性

壩體與工作台共構 安全多用途

採用**壩體與工作平台共構**方式處理，每約**1.8m**高度設置一懸臂版，施工期間提供勞工安全的工作環境；完工後**溢口處版面可作為消能構造**，避免基礎直接遭受沖刷，增加壩體之安全性；兩側版面則可作為後續巡檢監測使用。



翼牆嵌入端需於坡面打設臨時擋土設施(鋼軌樁)且人員須配戴吊掛設備並固定於工作架等牢固設備才可施工。

調節式防砂壩及工作臺模板示意圖



四.工程特色及效益

➤ 壩體與工作台共構（施工照片）



四.工程特色及效益

➤ 壩體與工作台共構（施工運用）





四.工程特色及效益

➤ 壩體與工作台共構（完工運用）

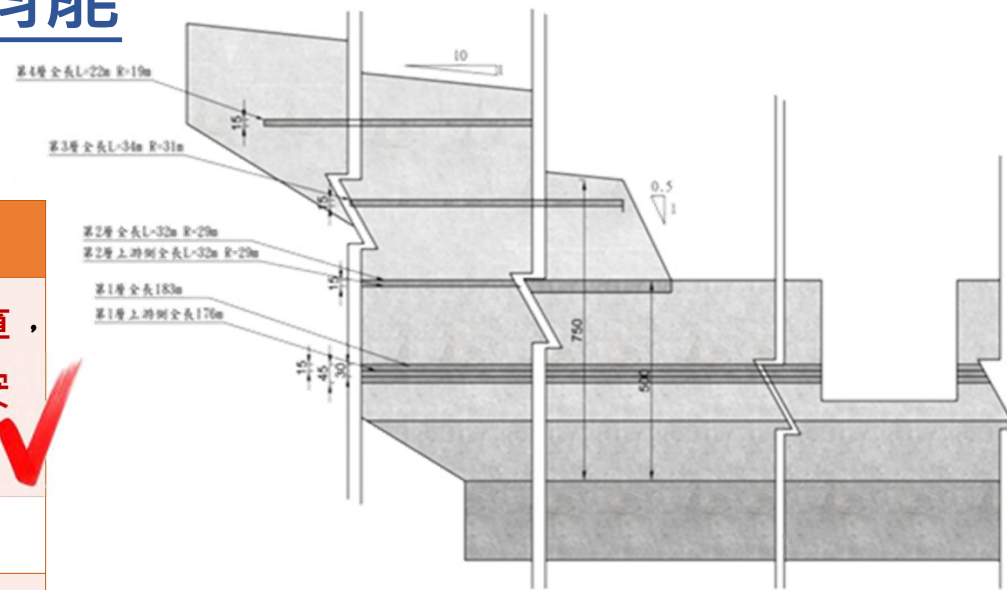


四.工程特色及效益

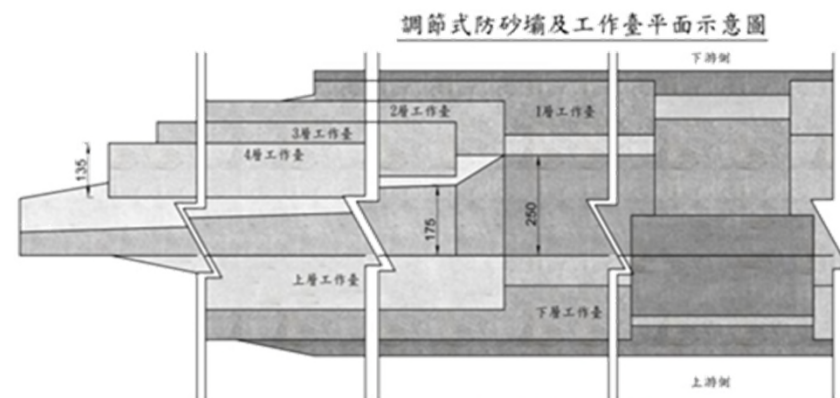
創新性 ➤ 壩體與工作台共構 安全兼消能

工作平台與施工架效益評析

	傳統施工架	工作平台搭配施工架
安全性	僅鋼件鎖固，遇強風、溪水暴漲等狀況較為危險且不易撤收、易遭洪水沖走	懸臂版方式共構，並經分析檢算，遇溪水暴漲等狀況不需撤收且安全性佳
經濟性	約110萬元(租用價格)	約120萬元
使用性	組裝搬運較為困難且技術層面較高，不易控管；設置於溪床更需考慮乘載狀況，此外壩體兩面為斜面，目前制式化施工架無法搭設	依圖施作，技術層面較低且易於控管及要求
功能性	無	完工後可做為基礎保護工進行消能之用



調節式防砂壩及工作臺正面示意圖



調節式防砂壩及工作臺平面示意圖

四.工程特色及效益

挑戰性

➤ 溪幅廣闊水位變化量大 即時監測及緊急避難

1. 於壩址上游處(一號壩及二號壩)設置變位計及水位計，加強預警效果。
2. 於下游凸岸高處以工務所做為緊急避難場所並儲備緊急物資，平時則做為施工休息室及職業安全教育場所。



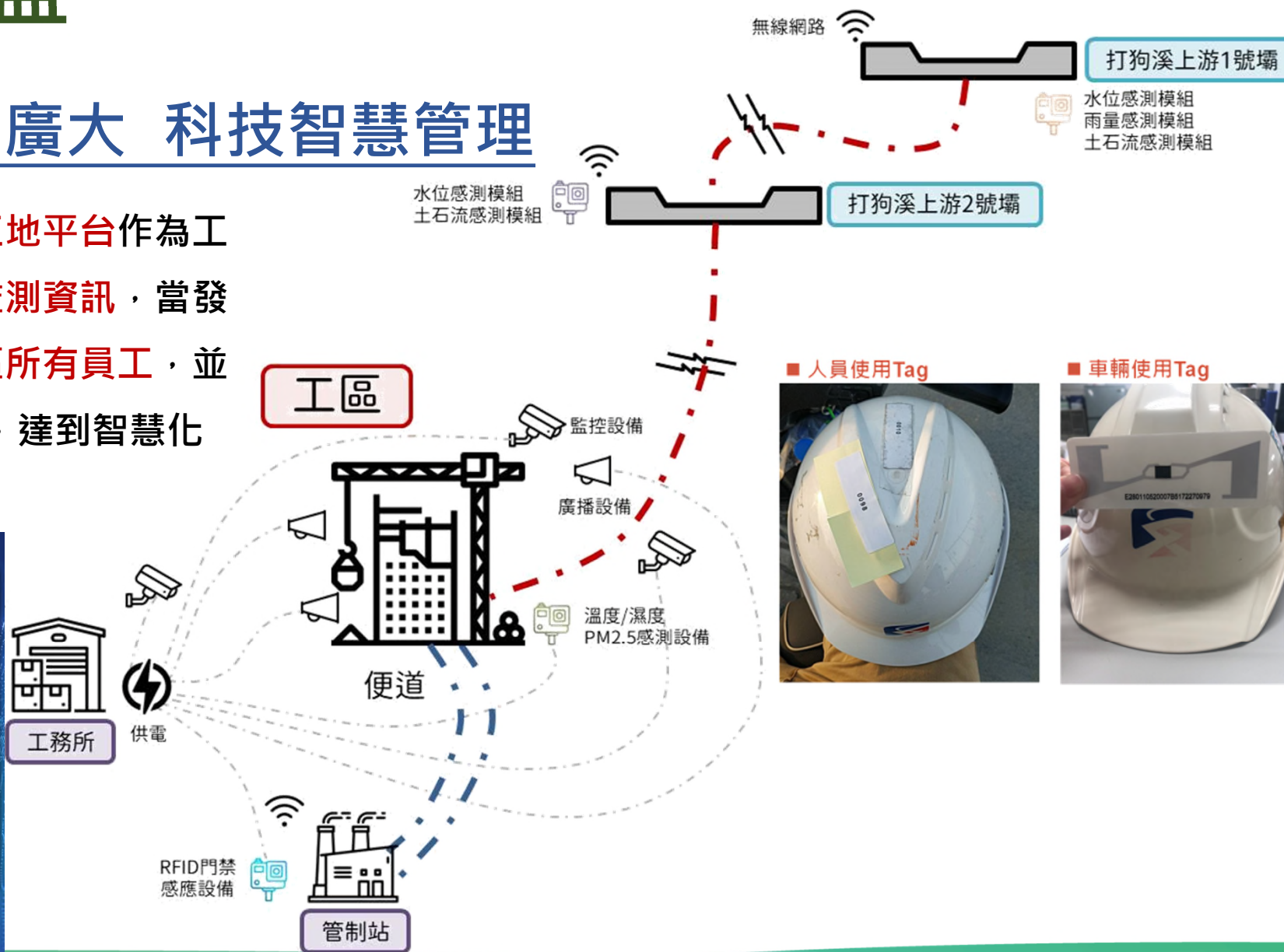


四.工程特色及效益

挑戰性

工區偏遠廣大 科技智慧管理

工區位置偏遠且範圍廣大，建置智慧工地平台作為工地施工管理與工安管控之工具，整合監測資訊，當發生危險因子時可藉由系統自動通報工區所有員工，並結合3D-GIS模型進行空間定位與展示，達到智慧化管理以解決本案不易管理之特性。

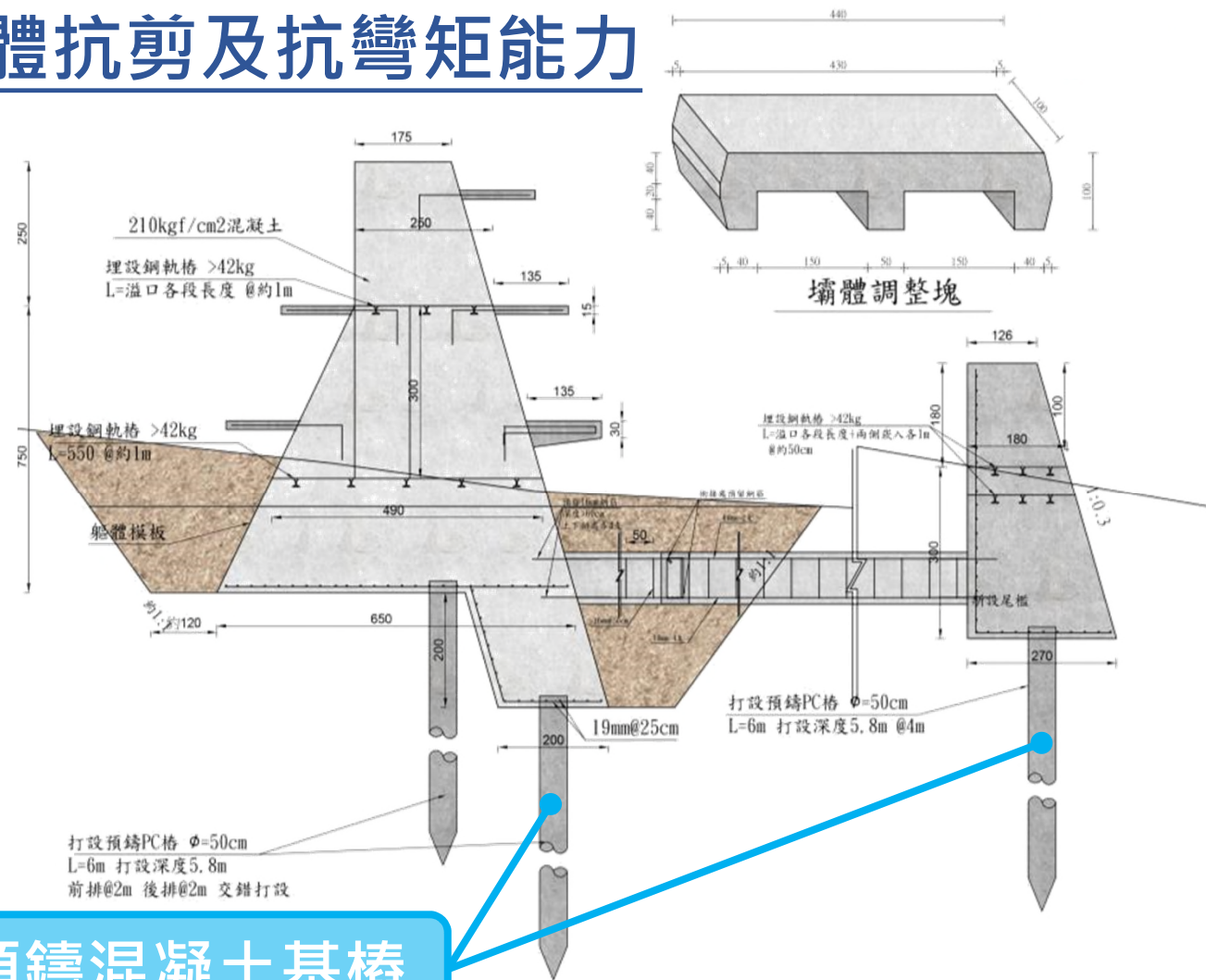


四.工程特色及效益

周延性

➤ 打設基樁 增加壩體抗剪及抗彎矩能力

因壩體細長比大，掏空時易斷裂，故設計**預鑄混凝土基樁**，增加壩體基礎掏空時之**抗剪及抗彎矩能力**。

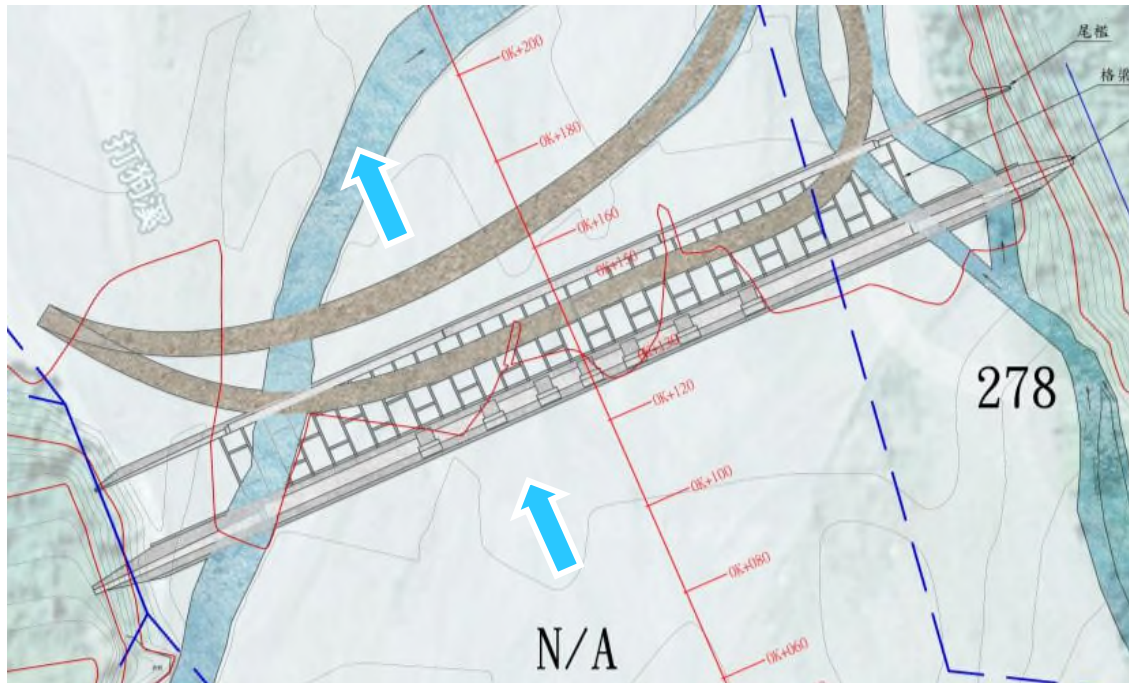


預鑄混凝土基樁

四.工程特色及效益

周延性 ➤ 壩趾保護 消能增加入滲性

壩體下游處以**格梁護坦**並**回填現地塊石**進行**壩趾保護**，降低混凝土使用量並增加入滲性。





四.工程特色及效益





四.工程特色及效益

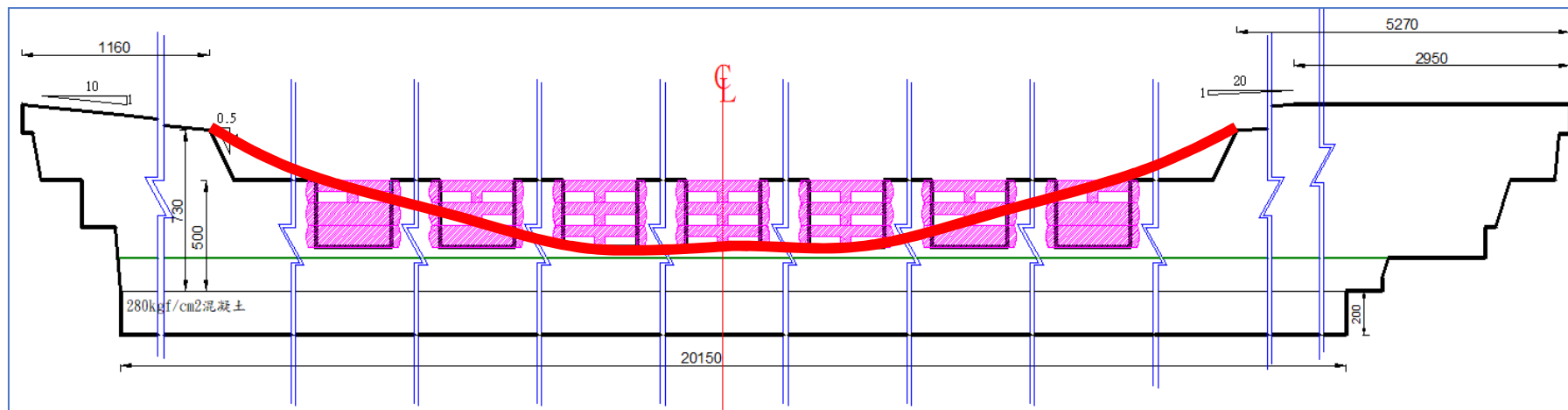


四.工程特色及效益

延續性

➤ 調整流心 開設深槽

因打狗溪溪幅寬闊，深槽處易擺盪且下切情形嚴重，故配合下游四號壩軸向及下游右側護岸位置採偏心設計配置壩軸及溢口，調節處之開口配置深槽，以穩定流心並確保下游兩岸之安全性。





四.工程特色及效益





四.工程特色及效益





四.工程特色及效益

周延性



運用BIM模型規劃施工順序 兼具安全、效率、品質



打狗(縮)_0.



報告完畢 敬請指教



行政院農業委員會水土保持局臺北分局
與您一起打拼