



財團法人農田水利人力發展中心
Irrigation Service Development Institute

111年度農田水利工程人員設計專班

四、灌溉排水改善工程現場作業

主講：黃世杰
111.07.06

0



簡報目錄

1

1.前言

2.灌溉系統改善案例

3.渠首工改善案例

4.結語



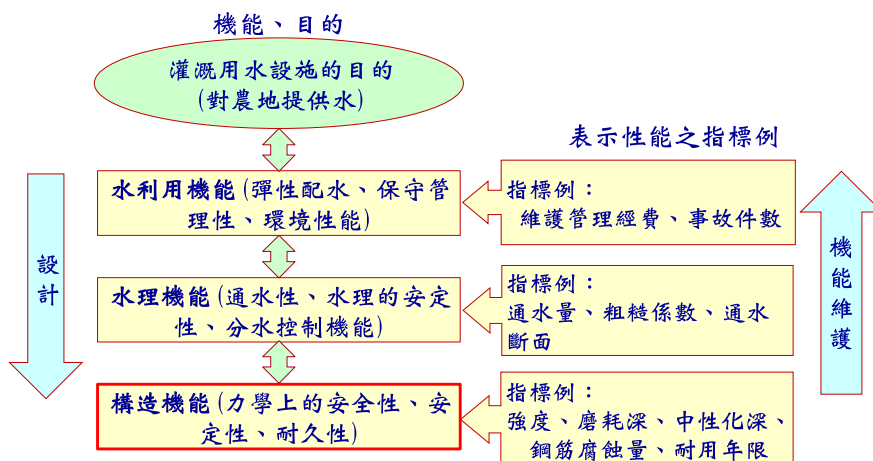
1



1.1 灌排設施的機能關係

1 2 3 4 5
前 2 言

- 在農業水利構造物之機能有水利用機能、水理機能、構造機能，具重疊關係；構造機能則支撐著水理機能及水利用機能。



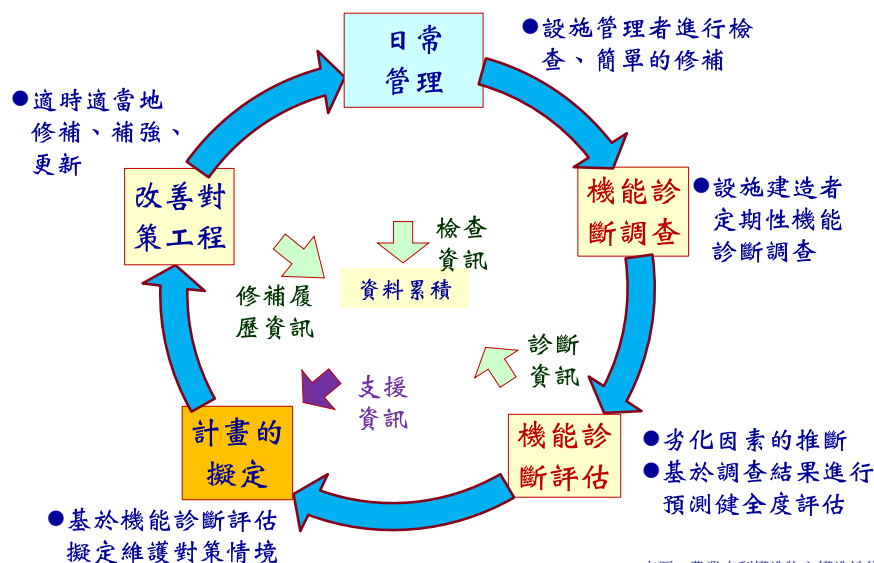
來源：農業水利構造物之構造性能的診斷，陳榮松教授編譯自2008年 中日農業水利技術檢討會

2



1.2 灌排設施之機能維持

1 2 3 4 5
前 3 言



來源：農業水利構造物之構造性能的診斷，陳榮松教授編譯自2008年 中日農業水利技術檢討會

3



1.3 灌排設施機能診斷之方法

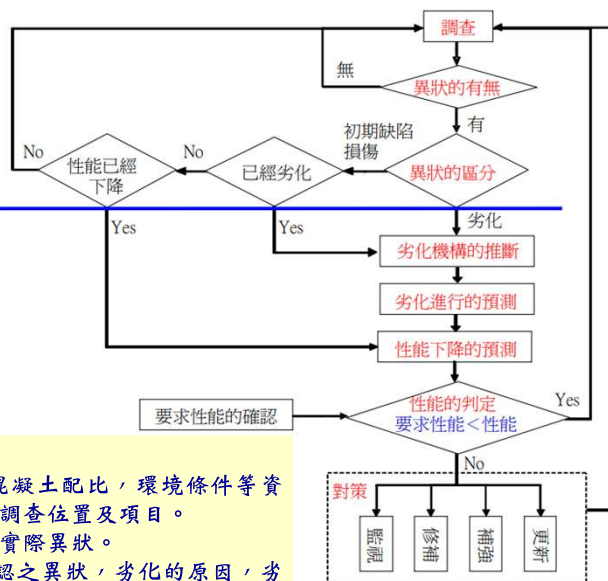
1 2 3 4
前 言 4

機能診斷調查
機能診斷評估

來源：農業水利構造物之構造性能之診斷，
陳榮松教授編譯自2008年 中日農
業水利技術檢討會

□ 基本調查

- ◆ 資料調查：構造物所用材料、混凝土配比，環境條件等資訊取得，以推估異狀原因，鎖定調查位置及項目。
- ◆ 目視調查：在現場透過目視確認實際異狀。
- 詳細調查：無法僅由目視就可確認之異狀，劣化的原因，劣化程度等以非破壞方式進行調查，或是利用化學分析等



4

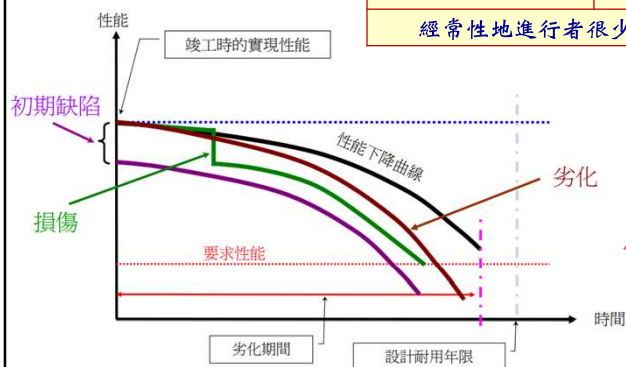


1.4 RC構造的異狀及性能下降

1 2 3 4
前 言 5

混凝土的異狀

初期缺陷	損傷	劣化
◆ 蜂窩(骨材分離) ◆ 冷縫 ◆ 砂痕(sand streak) ◆ 表面氣泡 ◆ 龜裂(起因於環境及體積拘束者)	◆ 龜裂 ◆ 斷面破損	◆ 中性化 ◆ 鹽害 ◆ 凍害 ◆ 化學性的侵蝕 ◆ 鹼性骨材反應 ◆ 疲勞 ◆ 水流引起的磨耗(磨損)(溶脫)
經常性地進行者很少		經常性地進行



來源：農業水利構造物之構造性能之診斷，
陳榮松教授編譯自2008年 中日農
業水利技術檢討會

5



1.5 灌排設施的異狀

1 2 3 4
前 言
6

□ 參考日本的統計

異狀 \ 原因	中性化	鹽害	鹼性骨材反應	凍害	化學性腐蝕	疲勞	風化、老舊化	其他	計	比例 (%)
龜裂	3	1	6	4	1		26	6	47	34
膨脹	3	3		1	1		2		10	7
銹水	1	1		1	1				4	3
剝離	4	3	2	4	1	1	14	2	31	22
白華	2		3				11		16	12
磨損	3	2		2			17	2	29	21
污染(變色)							1		1	1
變形							3	1	4	3
計	16	10	11	12	4	1	74	11	139	
比例 (%)	12	7	8	9	3	1	53	8		100

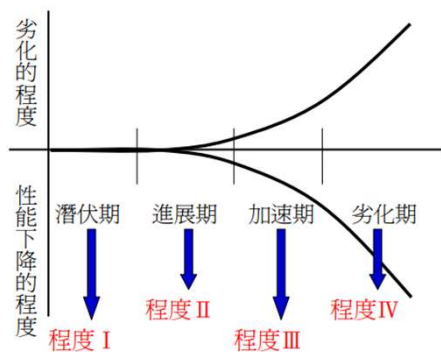
來源：農業水利構造物之構造性能的診斷，陳榮松教授編譯自
2008年 中日農業水利技術檢討會

6



1.6 調查・診斷結果的評估

1 2 3 4
前 言
7



評估(程度)與判定的關係

性能下降	小	程度 I	→ 判定 A：繼續檢查
		程度 II	→ 判定 B：加強檢查
		程度 III	→ 判定 C：有計畫地採取對策
	大	程度 VI	→ 判定 D：迅速採取對策

來源：農業水利構造物之構造性能的診斷，陳榮松教授
編譯自2008年 中日農業水利技術檢討會

7



1.7 健全度指標

1 2 3 4
前 言
8

健全度指標與劣化進展過程的對比

健全度指標	健全度指標的定義	鋼筋混凝土構造物之複合式劣化情況的現象例	因應對策的標準	在劣化進展過程的評估
S-5	幾乎無法認定有異狀的狀態。	◆與興建之時大致相同的狀態	無須對策	潛伏期
S-4	認定有輕微異狀的狀態。	◆混凝土有輕微龜裂發生及磨損的狀態。 ◆接縫及構造物週邊認定有輕微異狀，但在一般使用上不會產生障礙。	要觀察	進展期
S-3	可顯著認定有異狀的狀態。 可採用可延遲劣化進展之修補工程等的狀態。	◆產生直達鋼筋的龜裂。或是因鋼筋腐蝕造成混凝土的剝離、剝落。 ◆因磨損造成骨材的脫落。 ◆因接縫的劣化而產生顯著的漏水(流水及噴水)。	修補(補強)	從進展期逐漸轉移至加速期的階段
S-2	認定已有異狀會對設施構造之安定性造成影響的狀態。 可透過具補強性之工程來採取因應對策的狀態。	◆混凝土及鋼筋斷面有部份損壞的狀態。 ◆地基變形及背面土壓增加造成混凝土本體產生明顯的變形的狀態。	補強(修補)	加速期，或轉移至劣化期的階段
S-1	認定已有複數異狀會對設施構造之安定性造成重大影響的狀態。 近期内設施機能將會喪失，或顯著下降之風險甚高。此狀態下，補強的應對方式非常不具經濟性，設施必需改建。	◆貫通的龜裂擴大，鋼筋之有效斷面大幅縮小的狀態。被評定為S-2之異狀更進一步進展的狀態。 ◆與補強之因應手段相比，改建是屬於較經濟且有利的狀態。	改建	劣化期

來源：農業水利構造物之構造性能的診斷，陳榮松教授編譯自2008年 中日農業水利技術檢討會

8



1.8 對於異狀的判定

1 2 3 4
前 言
9

判定時，應就「繼續檢查」，「加強檢查」，「修補」，「補強」中，判斷要以哪一種對策來因應，若決定繼續調查時，則應從其調查結果來推斷其剩餘壽命。

異狀判定	內容
繼續檢查	依構造物的差異，即使產生異狀，也可能根據種種的理由而不施以具體的處置。此時除了決定調查的頻率及檢查項目外，亦須持續進行日常性檢查者。
加強檢查	從異狀的進展狀況加以判斷，對於不需要修補，補強等對策的情況以及，彎曲、變形的進展狀況無法在短期的調查就能準確掌握的情況等，應該依照設施的重要性，加強、決定調查的頻率及檢查項目外，亦須持續進行日常性檢查者。
修補	主要是在恢復或提高設施之耐久性。
補強	主要是在恢復或提高設施之構造性耐力

來源：農業水利構造物之構造性能的診斷，陳榮松教授編譯自2008年 中日農業水利技術檢討會

9



2.0 灌溉系統改善案例

1 2 3 4
灌溉系統改善案例

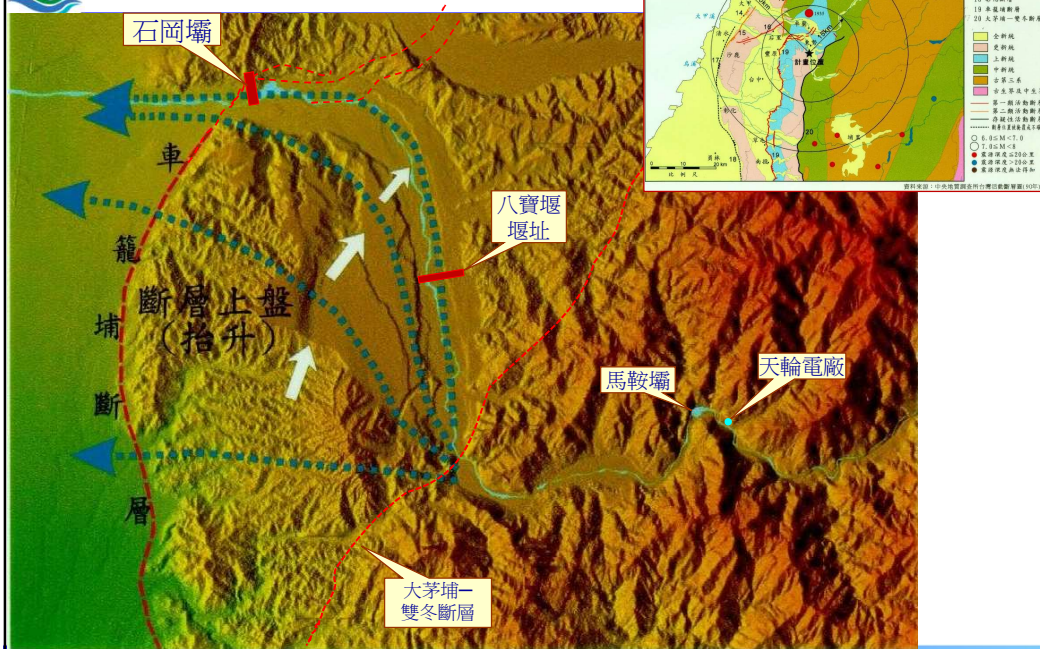
10



10



2.1.1 河階地與斷層活動



11



2.1.2 日據時代的糖業發展—蔗苗

灌溉系統改善案例

12



- ◆ 1913~1923 年玫瑰竹蔗→爪哇細莖種→**爪哇大莖種**，由蔗苗養成所配給優良品種原苗給各栽植地
- ◆ 新社台地做為種苗場需充足水源，故促成白冷圳的興築。



圖 2-24 大南庄蔗苗養成所地一苗圃事務所

資料來源：總督府殖產局蔗苗養成所，1923⁵¹



圖 2-25 大南庄第二苗圃事務所及臺車軌道



圖 2-26 大南庄蔗苗養成所開墾工作



圖 2-27 正在工作的農民圖

來源：行政院農委會網站，種苗改良繁殖場提供

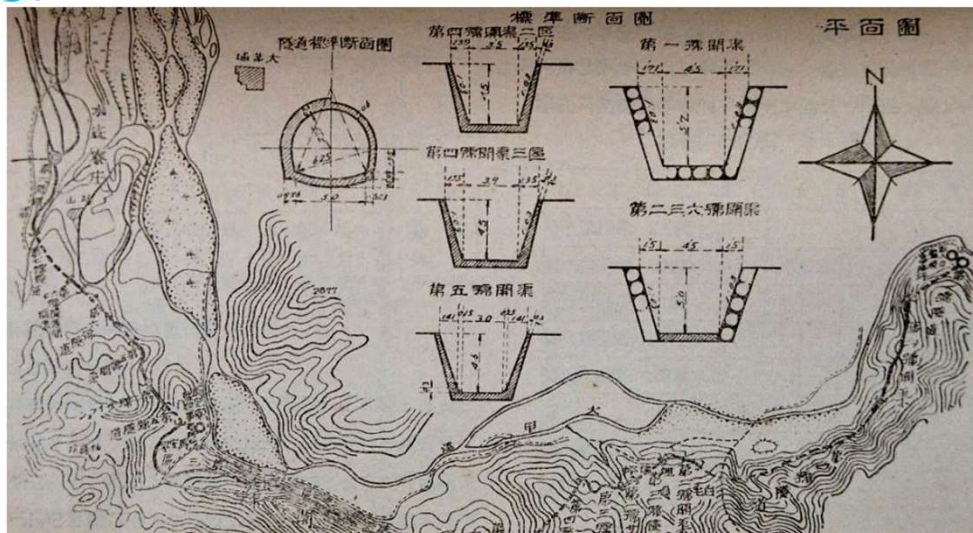
12



2.2.1 白冷圳興築—灌溉工事導水路平面圖

灌溉系統改善案例

13



1913 年為發展製糖業改良蔗作，設大南庄蔗苗養成所，育成優良的品種原苗分配給全台栽種。

來源：芝田生(磯田謙雄)，「大南庄蔗苗養成所灌溉工事概說」(二)，《台灣的水利》3 卷 5 期 (1933.9)，頁 111

蔗苗場位處新社台地往上游取水(白冷圳)，1928 年 12 月開工，1932 年 5 月完成導水路，1932 年 10 月通水，總工程費 104 萬日圓。

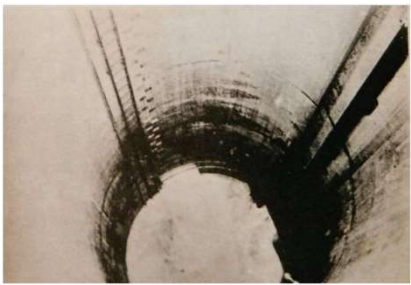
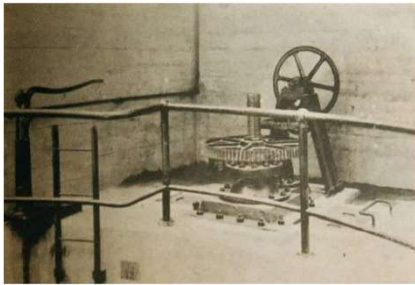
13

2.2.1 白冷圳興築—取水口及制水井

1234

灌溉系統改善案例

14

取水口全景		制水井上部構造	
制水井內部		引水隧道側捲揚機	

資料來源：《台灣の水利》2 卷 4 期（1932.7）圖版

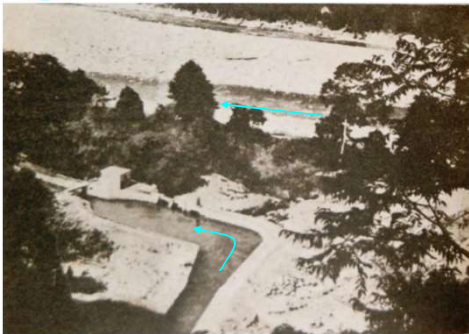
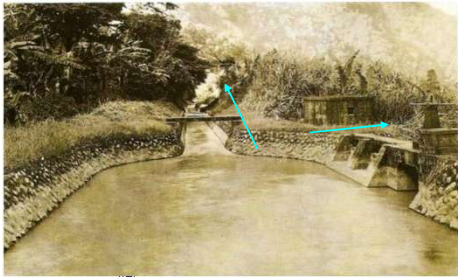
14

2.2.1 白冷圳興築——號沉砂池與圓堀

1234

灌溉系統改善案例

15



圓堀分水槽（1932）來源：陳獻，〈白冷圳水利設施特色及其渠道通水能力之運用〉，頁 7。

- ◆ 最初設計取水量是以計畫開發作物甘蔗、水稻、綠肥(或雜作)三年輪作田，依土壤、氣候條件及輸水損失計算為60立方尺/秒（**1.67cms**）。
- ◆ 當時推估未來經濟發展、耕地增加，進水口、隧道、倒虹吸工及渡槽等構造修改難度高，故採取 1.5 倍設計，即90 立方尺/秒（**2.5cms**）。

15



2.2.1 白冷圳興築—渡槽

1 2 3 4
灌溉系統改善案例

16

一號渡槽



二號渡槽



資料來源：《台灣の水利》2 卷 4 期（1932.7）圖版

16



2.2.1 白冷圳興築—倒虹吸工

1 2 3 4
灌溉系統改善案例

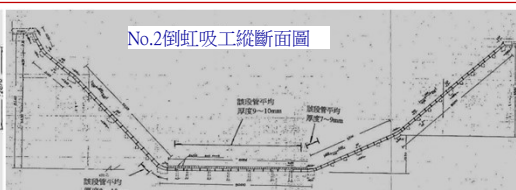
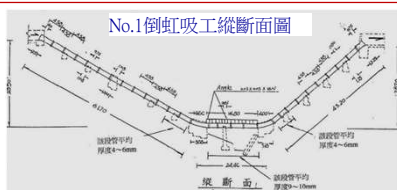
17

NO.2 倒虹吸工



來源：《台灣の水利》
2 卷 6 期（1932.11）

倒虹吸工設計縱斷



來源：台中農田水利會白冷圳改善計畫之檢討（財團法人台灣省台中環境綠化基金會，1996），頁 4-33

17



2.2.1 白冷圳興築—隧道

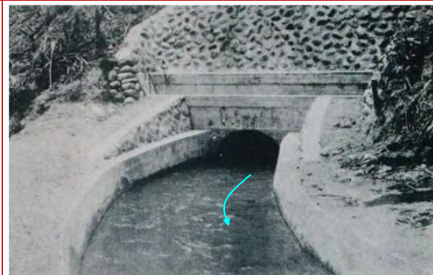
1 2 3 4
灌溉系統改善案例

18

二號隧道入口

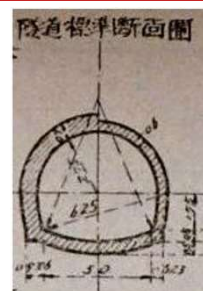


二號隧道出口



隧道標準斷面

- ◆ 白冷圳的隧道共有 22 座，全長 7,034.95 公尺
- ◆ 隧道段為自由流水路，最小出水高 45cm
- ◆ 採馬蹄形或圓形，內襯混凝土以防滲漏並提高輸水能力
- ◆ 如地質條件良好，岩石堅硬時則無內襯
- ◆ 1 號隧道連接取水口，長 872.89m
- ◆ 2 號隧道最長達 2,292.20m



資料來源：《台灣の水利》2 卷 4 期（1932.7）圖版

18



2.2.3 白冷圳之利用與環境變化

1 2 3 4
灌溉系統改善案例

19

- 1954 年因設谷關壩及天輪電廠引進大甲溪水，為維護白冷圳法定水權，協議由發電後尾水補充白冷圳不足的進水量，立碑紀念。
- 1956 年 8 月陽明山計畫修築清泉崗機場，將場址住民移入新社，即今「新一村」至「新七村」；更仰賴白冷圳供水。
- 1998 年馬鞍壩完工，受回水及淤積影響進水口前流路變動；1999 年 921 地震重創白冷圳設施，經新社地區民眾努力爭取，政府投入新台幣 6 億餘元重建白冷圳。白冷圳重建採設計流量 2.589cms。



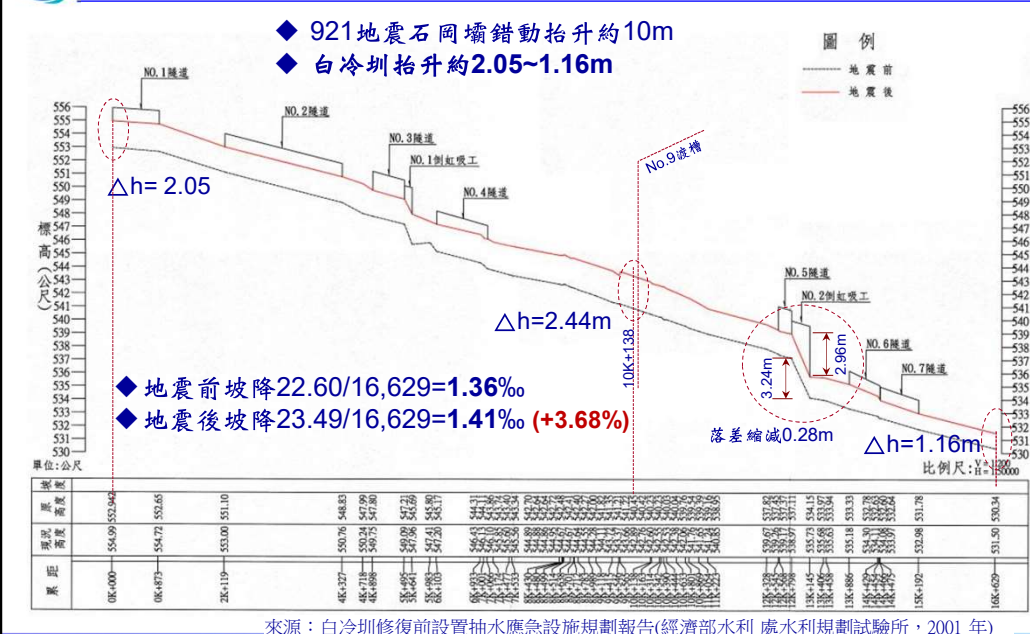
19



20



2.3.0 白冷圳復建工程—921地震抬升

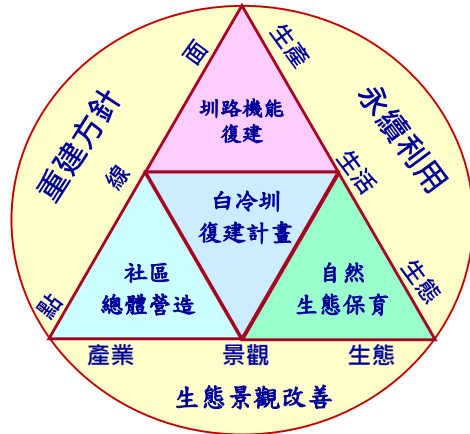




2.3.1 白冷圳復建工程—計畫目標

1 2 3 4
灌溉系統改善案例
22

- ❑ 白冷圳遭逢921大地震及連續暴雨侵襲，致沿線土石塌陷、渠道設施嚴重破壞，水路中斷無法輸水。
- ❑ 農委會核定由九十年年度農業發展計畫『農田水利設施興建及更新改善—(一)農田水利設施更新改善』項下補助台中水利會辦理『白冷圳復建工程』。
- ❑ 全線因老舊滲漏率幾達46%，完工後可大幅改善，取水量可由現況1.3cms提升至2.589cms
- ❑ 除改善灌溉功能，後續將以特殊水利設施、自然生態資源，配合地方成立之**白冷圳社區總體營造促進會**積極推動，將可使圳路設施與沿線之文化、產業結合，達到生活、生產及生態等三生多元目標。



22

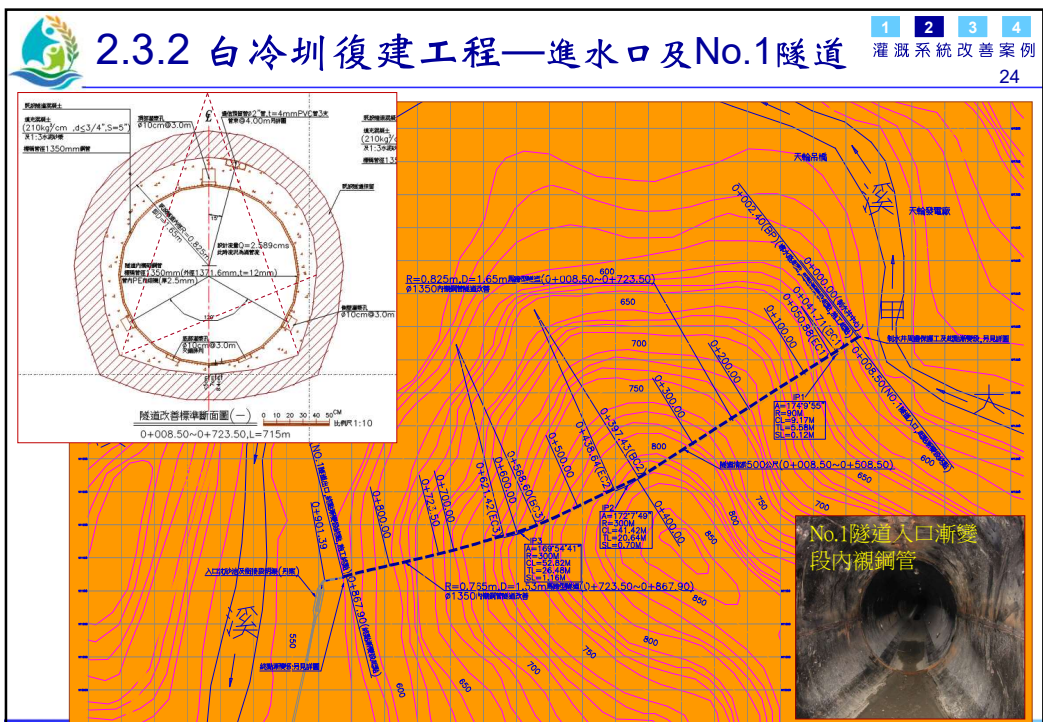


2.3.2 白冷圳復建工程—進水口及No.1隧道

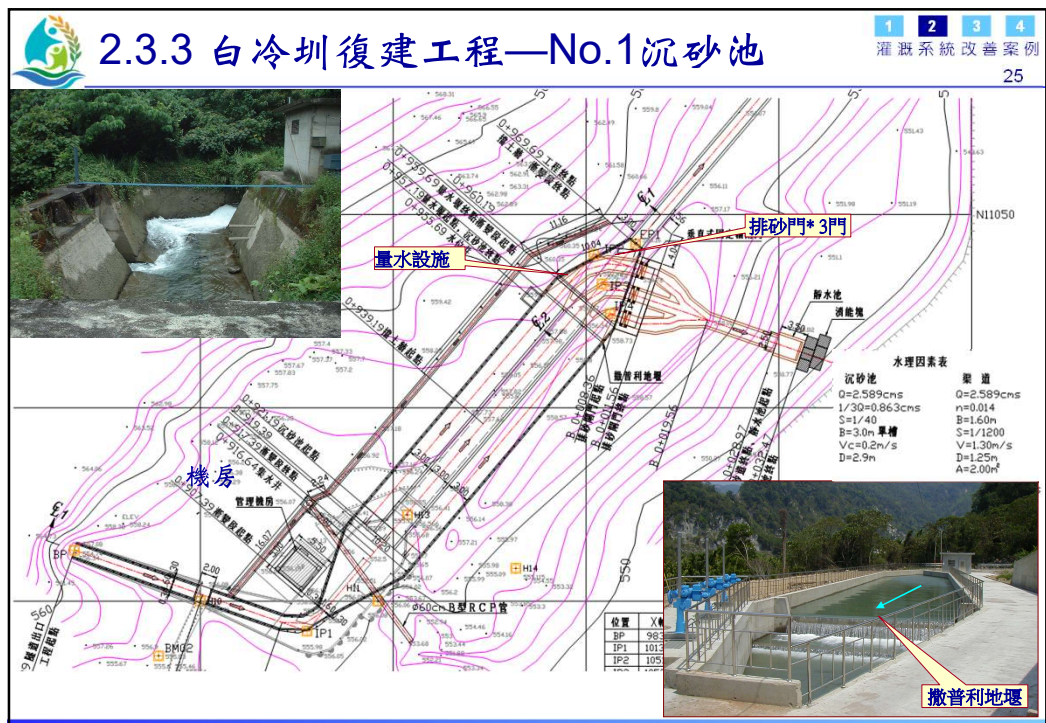
1 2 3 4
灌溉系統改善案例
23



23



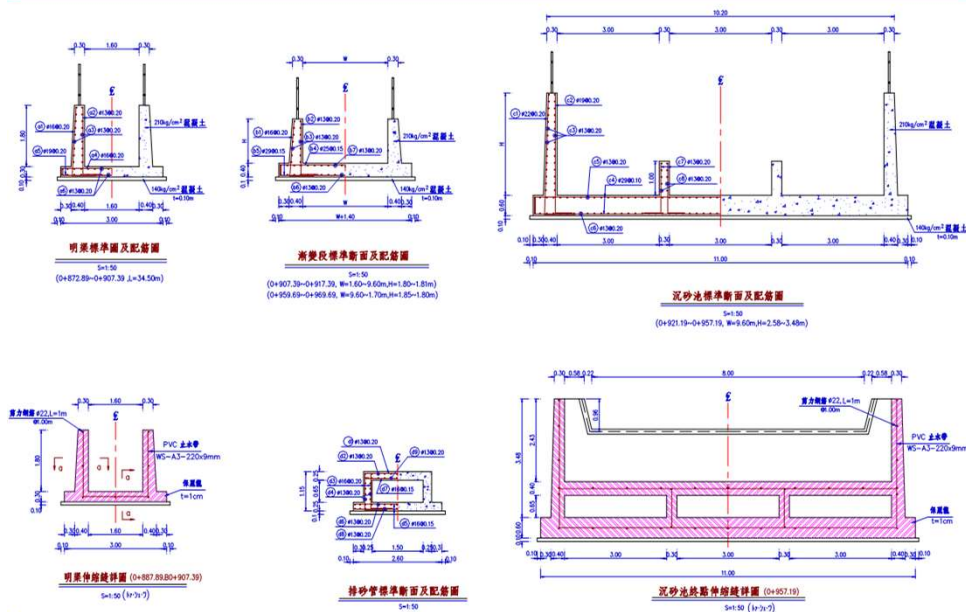
24





2.3.3 白冷圳復建工程—No.1沉砂池

灌溉系統改善案例
26

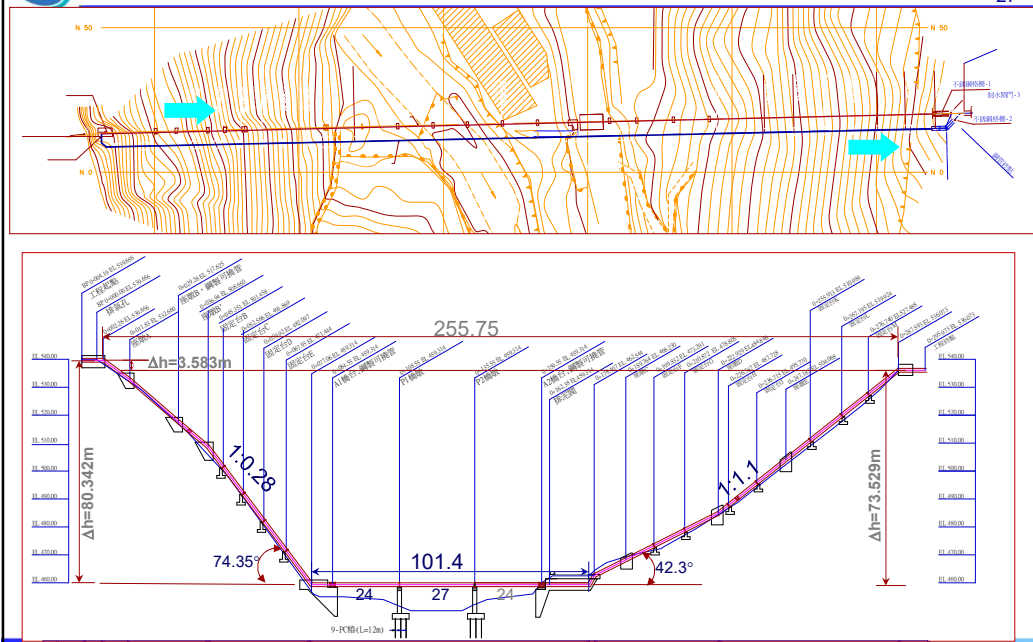


26

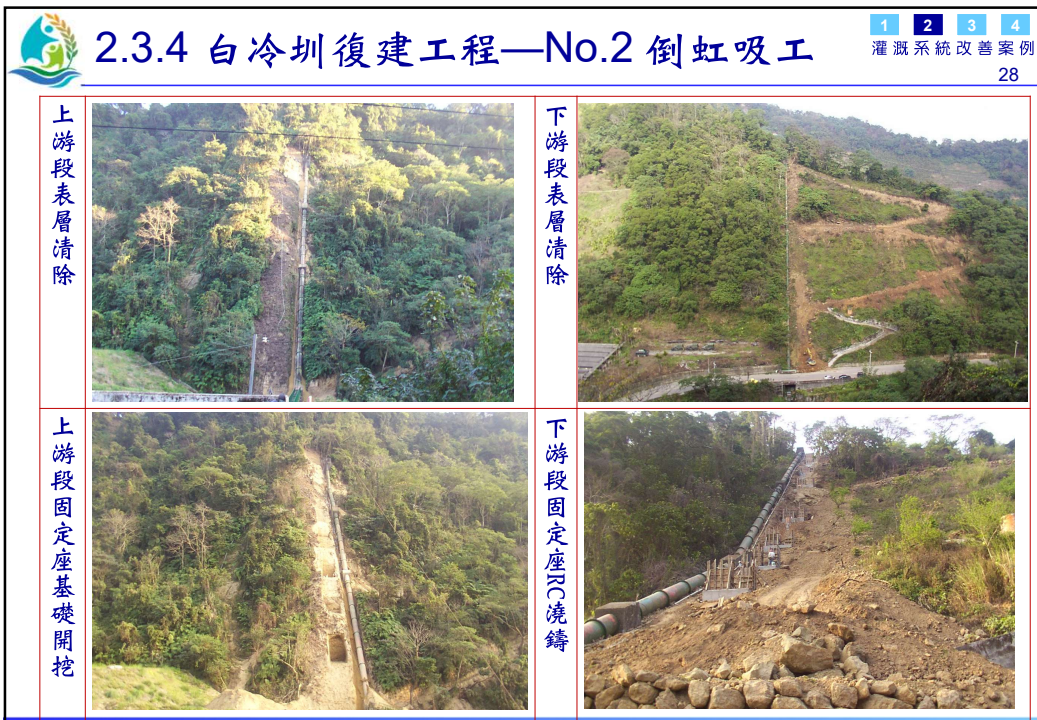


2.3.4 白冷圳復建工程—No.2倒虹吸工

灌溉系統改善案例
27



27



28



29



2.3.4 白冷圳復建工程—No.2 倒虹吸工

1
2
3
4

灌溉系統改善案例

基座預埋件

水管橋之可撓管試驗




水管橋及排泥、洩水路

接頭超音波檢驗




30



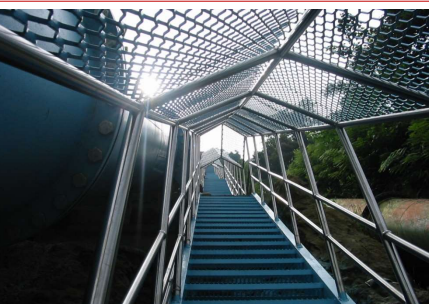
2.3.4 白冷圳復建工程—No.2 倒虹吸工

1
2
3
4

灌溉系統改善案例

基座預埋件

維護階梯

新舊管併陳



31



32



33



34



35



36

2.3.5 白冷圳復建工程—渠道、渡槽及隧道

1
2
3
4

灌溉系統改善案例

37

- 一工區：幹線改善長1036.41m，NO.1 RC渡槽長22.1m；No.2渡槽因土石流改設倒虹吸工長55m。
- 二工區：幹線改善972m，隧道改善50m，RC渡槽(No.3 長13.6m、No.4 長34.5m)

37



2.3.5 白冷圳復建工程—渠道、渡槽及隧道

1 2 3 4
灌溉系統改善案例
38

- No.5 改建鋼拱橋長46m；
No.6 RC渡槽長15m
- No.8小隧道改建鋼拱橋渡槽，長66m；No.7 RC渡槽長22m



No.5渡槽配合交通、景觀改建為鋼拱橋



No.8小隧道改建鋼拱橋

38



2.3.5 白冷圳復建工程—渠道、渡槽及隧道

1 2 3 4
灌溉系統改善案例
39

- 五工區：渠道改善幹線長1081m，No.9 RC渡槽長12.3m、No.10 RC渡槽長12.3m；隧道補強25.4m
- 六工區：渠道改善幹線長1297m，No.11 RC渡槽長12.3m；No.12 RC渡槽長12.3m；隧道補強23m
- 七工區：幹線改善長710m，No.13 RC渡槽長15m
- 八工區：幹線改善長1113m



隧道補強洞口觀砌



NO.13渡槽



NO.12渡槽

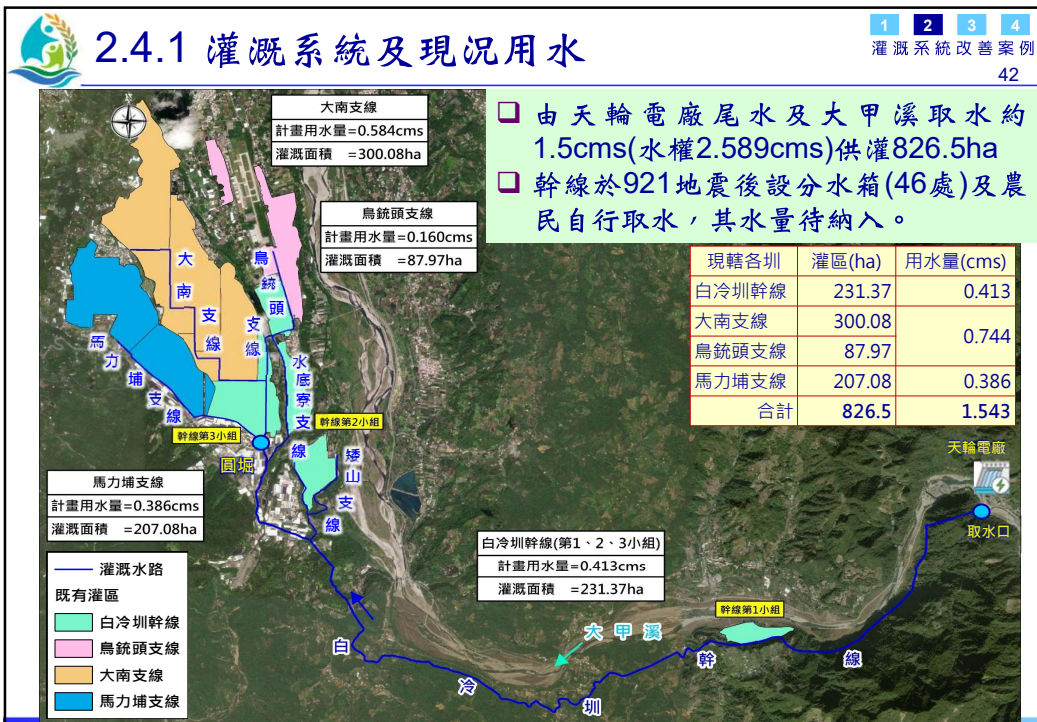


幹線改善終點

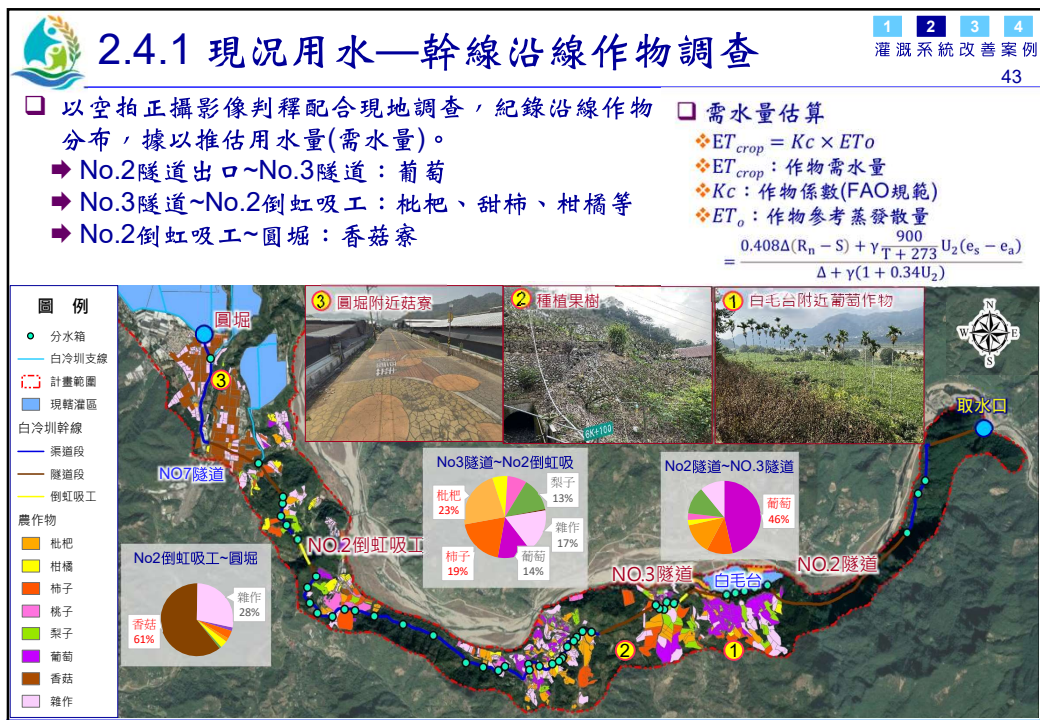
39

- 40





42



43

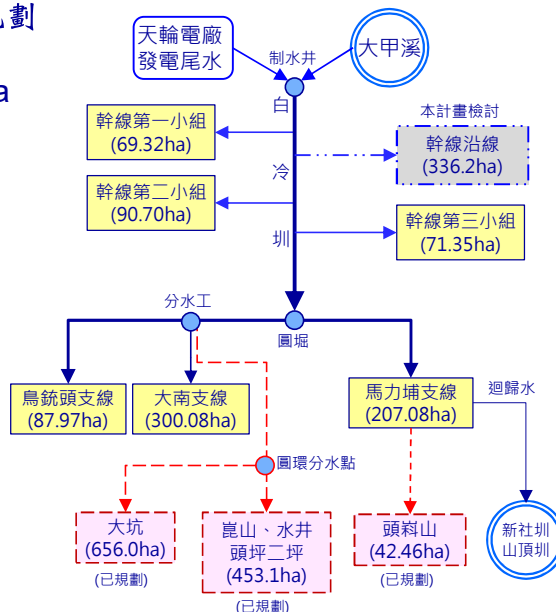


2.4.2 白冷圳灌溉計畫

灌溉系統改善案例
44

- 維持現轄灌區826.5ha + 已規劃擴大灌溉(3區) 1,151.56ha
- 本計畫檢討幹線沿線 336.2ha

灌區	範圍	面積(ha)
現轄	1 白冷圳幹線(一、二、三小組)	231.37
	2 大南支線	300.08
	3 烏銃頭支線	87.97
	4 馬力埔支線	207.08
	小計	826.50
已規劃	5 水井、崑山頭坪二坪地區	453.10
	6 大坑地區	656.00
	7 頭崙山地區	42.46
	小計	1,151.56
本計畫檢討	8 幹線沿線(分水箱、抽水馬達)	336.20
合計		2,314.26



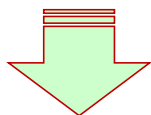
44



2.4.3 擴大灌溉可行性評估

灌溉系統改善案例
45

- 單位面積用水量
 - 水利署公式計算合理值 0.001
 - 現轄灌區之單位用水量 0.0018~0.0019cms/ha，約 12~13 mm/day(接近水稻最大需水量12.5mm/day)

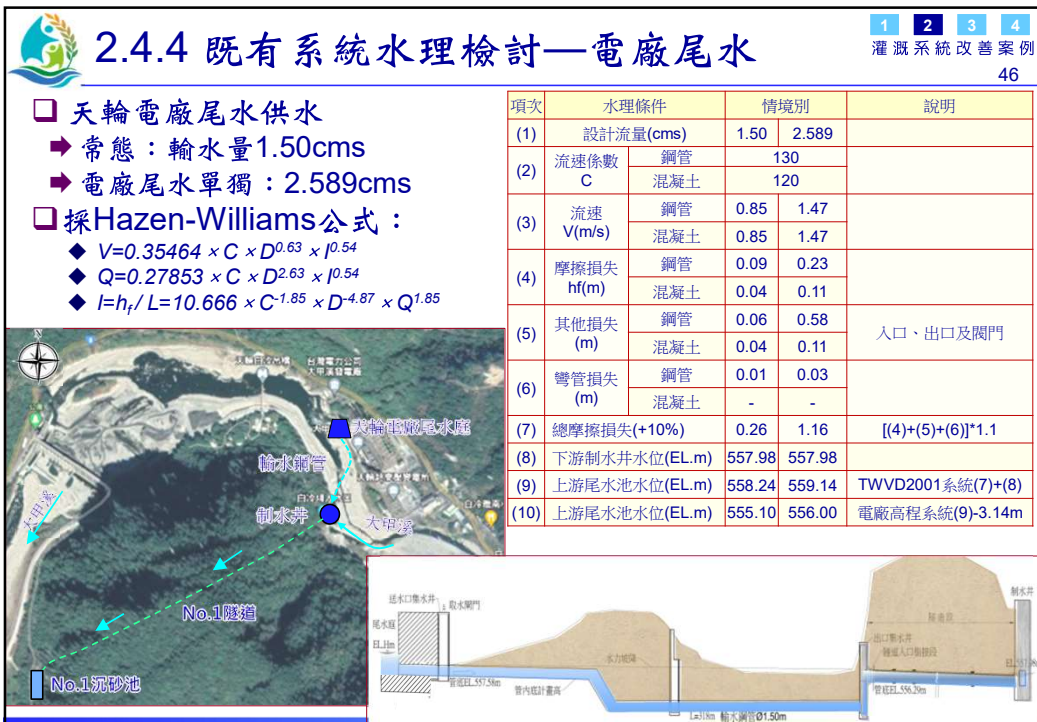


分類	灌溉對象	面積(ha)	計畫用水量(cms)	單位用水量(cms/ha)	備註
現轄	白冷圳幹線	231.37	0.413	0.0018	
	大南支線	300.08	0.584	0.0019	
	烏銃頭支線	87.97	0.160	0.0018	
	馬力埔支線(新社圳及山頂圳)	470.02	0.386	0.0008	
	小計	826.5	1.543	—	
已規劃	水井、崑山、頭坪、二坪等高地	453.10	0.360	0.0008	
	大坑地區	656.10	0.300	0.0005	
	頭崙山地區	42.46	0.045	0.0011	
	小計	1,151.66	0.705	—	
本計畫	幹線沿線	336.20	0.216	0.0006	
合計			2.464	—	

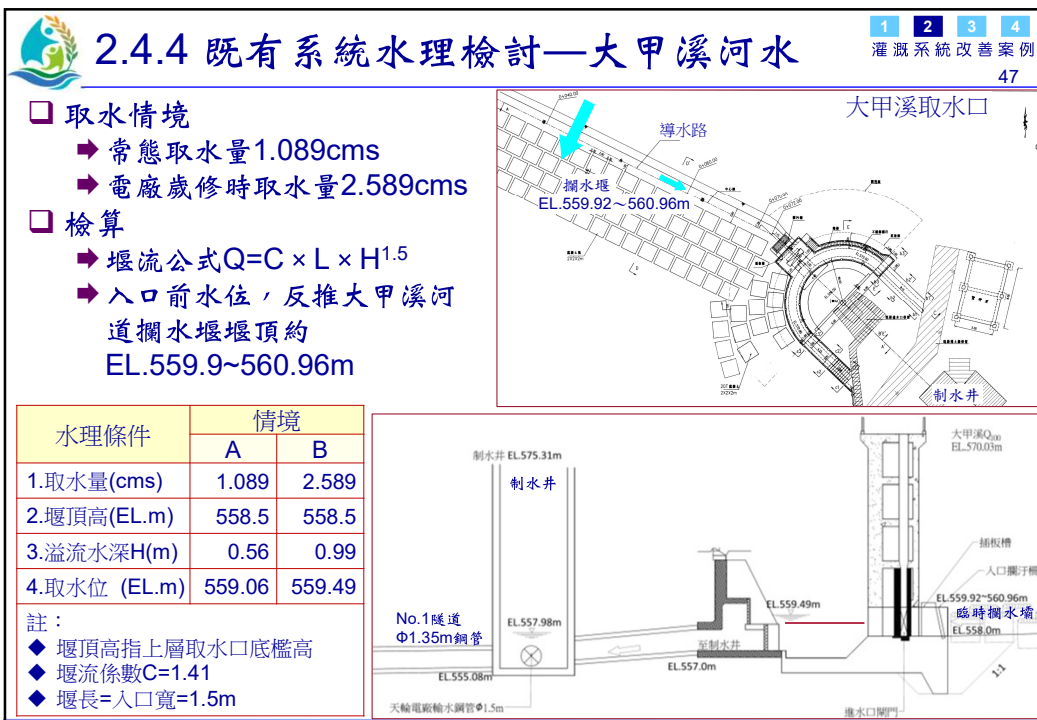
系統總灌溉用水量(DIR) = 田間用水量(FIR) + 輸水損失
(2.589cms) (2.464cms) (<5%，難度高)

- 擴大灌溉初期易生搶水爭議，暫予維持既有用水並持續改善。
- 現轄灌區作物已有改變，未來滾動檢討合理用水量

45



46



47



2.4.4 既有系統水理檢討—幹線輸水能力

灌溉系統改善案例
48

輸水渠道

→ 情境：現況2.3cms、設計2.589cms

→ 檢核公式

❖ 重力流：曼寧公式

❖ 壓力流：Hazen-Williams公式

→ 糙度係數採Ganguillet-Kutter氏，三面工渠道採0.015、隧道混凝土襯砌採0.016、鋼管採0.013

→ 容許流速：0.6m/s~0.9m/s；最大流速：鋼管5.0m/s、混凝土4.0m/s

→ 出水高：0.05d+(0.05~0.15)，d為水深，本計畫採0.05d+0.1檢核

□ 檢核水面線與渠頂高(出水高)、溢口頂高(含溢口寬)、小隧道滿管及回水影響等，不足者納入改善。

□ 幹線設定流量檢測點

材料及潤周狀況	Ganguillet-Kutter氏 N值			
	甚佳	佳	平常	劣
未塗漆之生鐵水管	0.012	0.013	0.014	0.015
塗漆之生鐵水管	0.011	0.012	0.013	-
塗黑之熟鐵水管	0.012	0.013	0.014	0.015
水泥漿砌磚工	0.012	0.013	0.015	0.017
混凝土管	0.012	0.013	0.015	0.016
水泥漿鋪面	0.011	0.012	0.013	0.015
混凝土渠道	0.012	0.014	0.016	0.018
水泥砌石	0.017	0.020	0.025	0.030
乾砌石面	0.025	0.030	0.033	0.035
光滑金屬半圓渠槽	0.011	0.012	0.013	0.015
皺紋金屬半圓渠槽	0.0225	0.025	0.275	0.030
材料性質		最大流速(m/s)		
中度岩		2.5		
混凝土		4.0		
乾砌塊石(厚約30cm)		2.0		
漿砌塊石		3.0		
鋼管		5.0		

48



2.4.5 構造物檢查

灌溉系統改善案例
49

□ 依水利建造物檢查及安全評估辦法辦理本次白冷圳建造物檢查

→ 以目視檢查為主，並輔以混凝土強度試驗錘和超音波測厚儀檢查

□ 輸水渠道，依渠道樣式分為明暗渠、隧道、渡槽及倒虹吸工和進水口及制水井

□ 進水口

→ 塗裝剝落生鏽

→ 底層淤積

□ 制水井

→ 無保護措施

□ 建議

→ 塗裝補修

→ 清淤

→ 增設保護設施



49

2.4.5構造物檢查—明暗渠

灌溉系統改善案例
50

配合工作站停水時間及作業功率，分5區分段檢查。



50

2.4.5構造物檢查—明暗渠檢查成果(例)

灌溉系統改善案例
51



51



2.4.6 構造物檢查—隧道段

1 2 3 4
灌溉系統改善案例
52

□ 白冷圳隧道共有7座隧道和14座小隧道

- ➡ No.1 隧道鋼管型式
- ➡ 其餘隧道大部分為全斷面襯砌型式；少部分頂部為噴凝土保護，側壁和仰拱襯砌型式(No.2隧道440m、No.3隧道23m、No.4隧道135m及No.2小隧道全段107m)
- ➡ 921 地震後重建之隧道為側壁、仰拱襯砌，頂部鋼支保桁架支撐型式(No.3隧道出口50m及No.10小隧道全段25m)



52



2.4.6 構造物檢查—隧道段

1 2 3 4
灌溉系統改善案例
53

項次	缺失類型	數量(處)	區域
1	淤積	11	No.1隧道、No.2隧道、No.3隧道、No.4隧道、No.2小隧道、No.5小隧道
2	電管掉落	5	No.1隧道
3	滲水白華(註2)	27	No.1隧道、No.2隧道、No.4隧道、No.5小隧道、No.6隧道、No.7隧道
4	裂縫	18	No.2隧道、No.4隧道、No.3小隧道、No.5小隧道、No.6隧道、No.11小隧道
5	破損、蜂窩	13	No.2隧道、No.1小隧道、No.3隧道、No.4隧道、No.3小隧道、No.4小隧道、No.5小隧道、No.9小隧道、No.11小隧道
6	頂部無防護、噴凝土掉落	12	No.2隧道、No.3隧道、No.4隧道、No.2小隧道
7	開裂	5	No.5小隧道、No.6小隧道、No.13小隧道
合計		91	



53

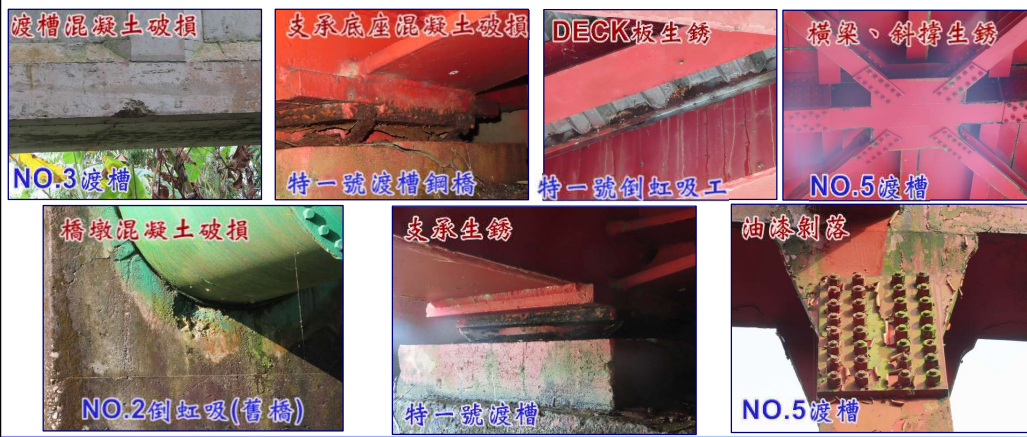


2.4.6 構造物檢查—渡槽、倒虹吸工

1 2 3 4
灌溉系統改善案例
54

□ 共檢測16座

- ➔ 混凝土缺失(白華、破損、鋼筋外露)，混凝土缺失-9座、白華-2座、鋼筋外露-1座、其餘為破損。
- ➔ 塗裝缺失(油漆剝落、生鏽)：3座。建議3年內辦理防蝕與油漆塗裝。
- ➔ 其他缺失(排水阻塞、欄杆凹陷(損壞)、植物生長)



54



2.4.6 構造物檢查—水工機械設備

1 2 3 4
灌溉系統改善案例
55

- 目視檢查：對存置於水面上或無水狀態之水工機械及其機電設備進行目視檢查，以檢查其現況及保養維護情形。
- 運轉功能檢查：試運轉於水庫實際水位狀態下啟閉閘門檢測閘門及機電設備之運轉功能。



55



2.4.6 構造物檢查—圳路上下邊坡

1234

灌溉系統改善案例

56

❑ 問題：上邊坡滑落、下邊坡滑落、土石埋沒及雜草叢生樹木倒塌等情形，多分布於No.12小隧道及No.14小隧道間。

❑ 建議：土石滑落區初步以帆布覆蓋，後續辦理工程處理；土石埋沒及雜草叢生樹木倒塌區辦理清除，以利人員巡查維護。



項次	里程	損壞說明
1	7K+610	上邊坡土石滑落
2	10K+380	土石埋沒區
3	10K+520	下邊坡土石滑落
4	10K+600	下邊坡土石滑落
5	10K+620	No.10漚槽下方土石填滿
6	10K+877	土石埋沒區
7	10K+900	樹木倒塌
8	13K+700	雜草叢生

56



2.4.6 構造物檢查成果統計及改善

1234

灌溉系統改善案例

57

❑ 依「水利建造物檢查及安全評估技術規範」和本次檢查結果，建立適用白冷圳之判定基準，分為1~4等級，並對應其改善順序。

❑ 本次渠道檢查共112項缺失問題

輸水渠道安全等級	1 (維護保養)	2 (計畫改善)	3 (限期改善)	4 (立即改善)
數量(處)	49	47	16	0
占比	43.8%	42.0%	14.2%	0%

❑ 因本次檢查結果無立即對渠道安全與營運影響區段，但安全等級2、3所佔比例高達50%；建議每2~3年辦理白冷圳建造物檢查，另於重大事件(如地震、豪大雨)辦理特別檢查。

❑ 改善對策

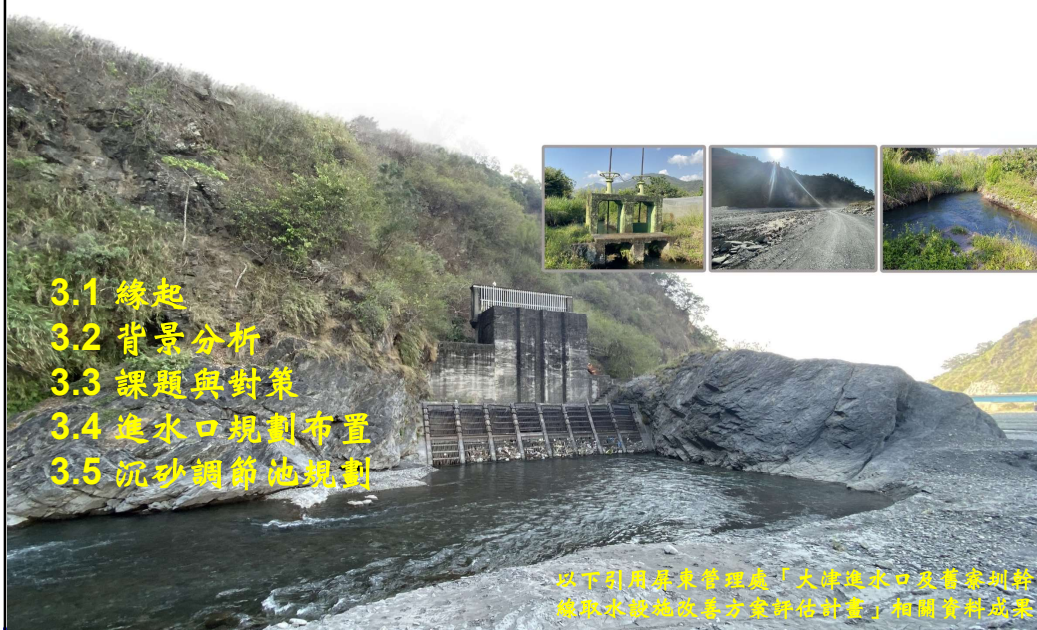
- 針對淤積、滲漏水、裂縫開裂、無襯砌或襯砌剝落、表面破損等建議相關修繕工法，如清淤、裂縫補強灌漿、噴漿保護和填補無收縮水泥砂漿等。
- 限期改善者優先辦理，後續持續辦理計畫改善及維護保養部分。

57



3.0 渠首工改善案例

1 2 3 4
渠首工改善案例
58



- 3.1 緣起
- 3.2 背景分析
- 3.3 課題與對策
- 3.4 進水口規劃布置
- 3.5 沉砂調節池規劃

以下引用屏東管理處「大津進水口及舊寮圳幹線取水設施改善計畫評估計畫」相關資料成果

58



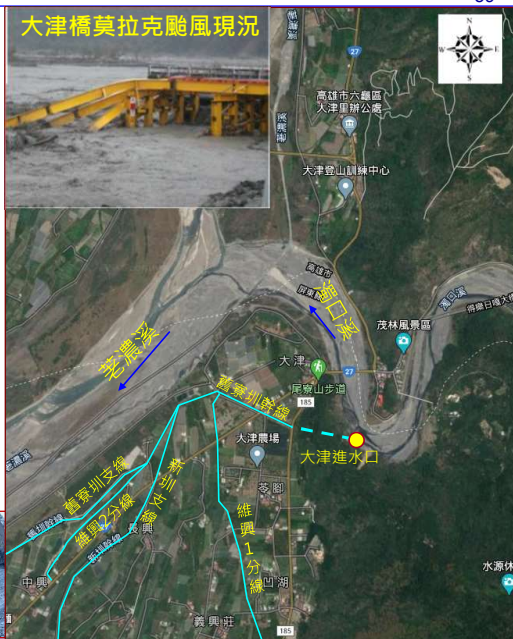
3.1 緣起

1 2 3 4
渠首工改善案例
59

- 大津進水口為無堰取水，平時採臨時導水堤，但颱洪過後易損壞，導致無法供水。
- 每逢大雨後，濁口溪溪流含砂量急劇升高，易造成圳路淤積，維護不易。
- 水量、水質不穩定，影響農民灌溉及作物收益甚鉅。



大津橋莫拉克颱風現況



59

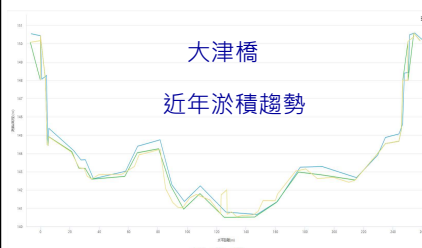


3.2.1 背景分析—河道特性

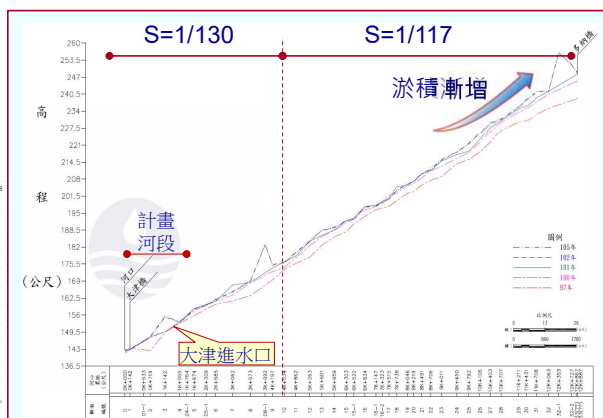
1 2 3 4
渠首工改善案例
60

- 大津進水口約位於濁口溪0K+300(斷1~斷1-1)
- 濁口溪河道蜿蜒，中下游段主深槽呈現**辮狀型態**，莫拉克颱風後，因河道泥砂大量淤積流路不穩定。

濁口溪流域因子	
流域面積(km ²)	378.58
河川長(km)	65
平均坡降	1/122



濁口溪斷面1 歷年河道大斷面



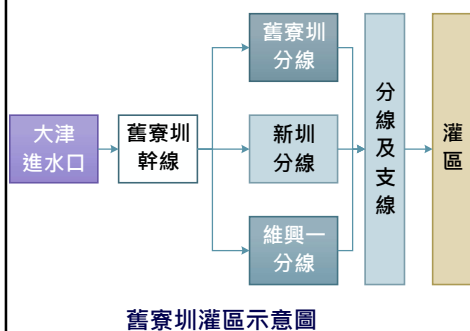
60



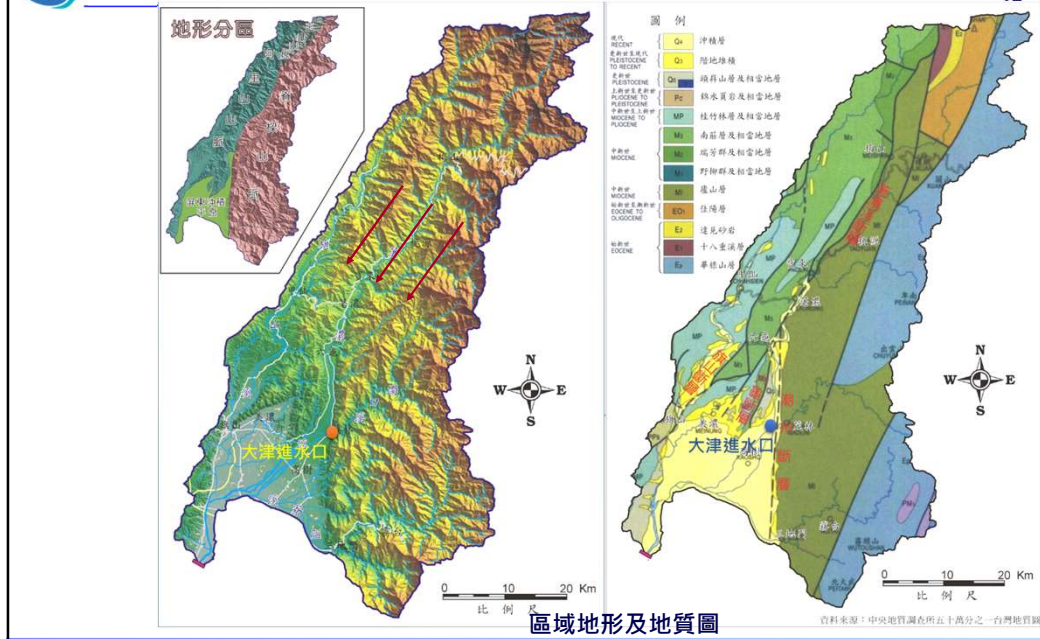
3.2.1 背景分析—灌溉系統概要

1 2 3 4
渠首工改善案例
61

- 大津進水口位於濁口溪匯流處，屏東縣高樹鄉舊寮圳系統之水源，其供灌面積約2,470ha。
- 本灌區水權量約3.99~6.875cms，主要種植稻米、菸葉、鳳梨、木瓜、芋等其他相關旱作。

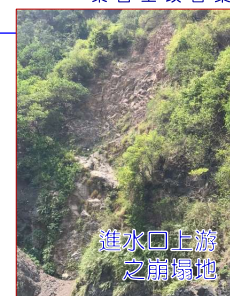


61

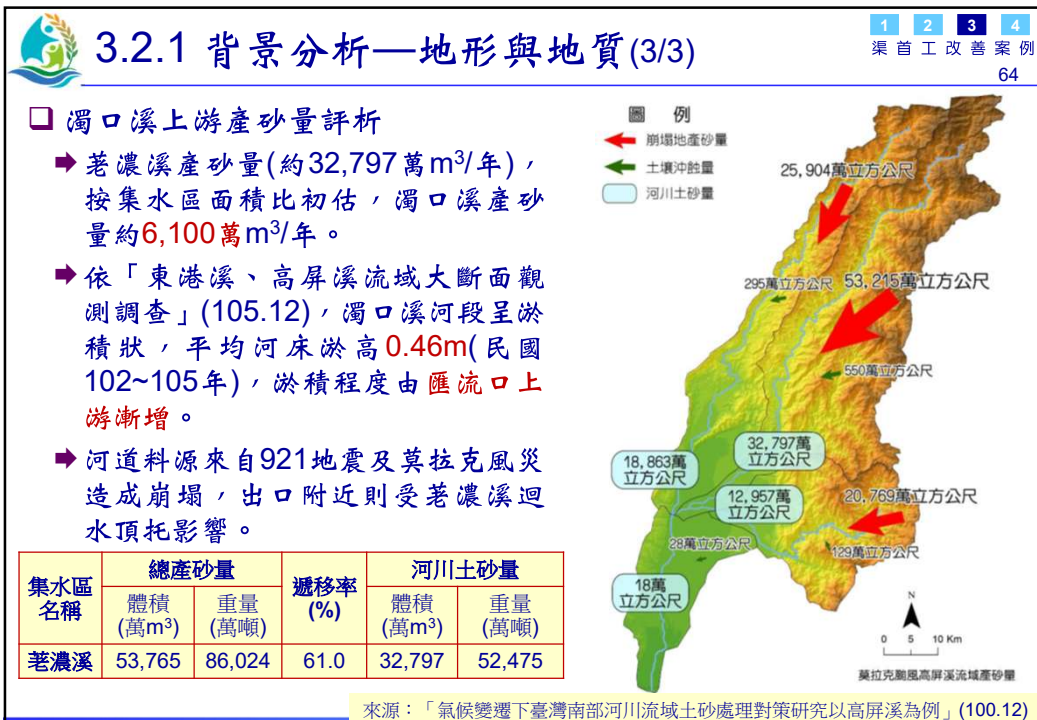


62

- ❑ 進水口距潮州斷層(第二類活動斷層)約800m；
- ❑ 主要地層屬於潮州層，由硬頁岩、板岩、千枚岩和硬砂岩互層組成。
- ❑ 崩塌地分布：3處列管土石流潛勢溪流。
- ❑ 鄰近大津進水口右岸既存大規模崩塌裸露地。



63



64



65

- 來源：「臺灣南段山區流域水文地質調查及圖幅彙編(2/4)」(104.12)





68



69



3.3 課題與對策—進水口取水穩定性提升(1/2)

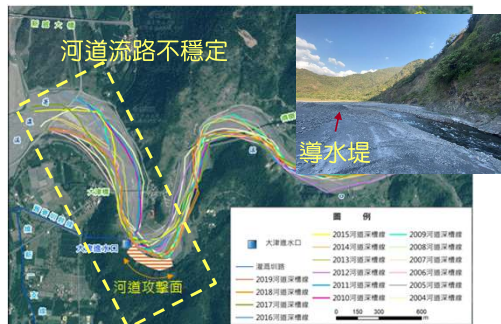
1 2 3 4
渠首工改善案例
70

□ 進水口現況問題

- ◆ 無排砂設施，進水口前庭雜物堆積於攔污柵上



- ◆ 洪水過後，流路偏離左岸降低取水效率，需築導水堤或開挖導水路協助取水



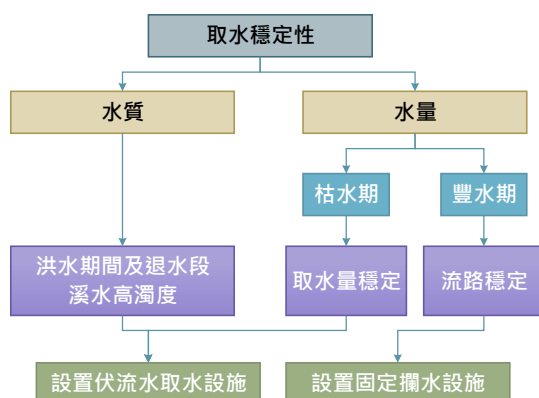
- ◆ 枯水期表水下潛，取水量銳減

70



3.3 課題與對策—進水口取水穩定性提升(2/2)

1 2 3 4
渠首工改善案例
71



□ 大津取水口改善配置

- ✓ 增設潛堰固床工穩定流路(深槽)
- ✓ 設置伏流水取水設施-集水廊道、水平集水管

□ 施設潛堰穩定流路

- ➡ 豐水期：增設潛堰穩定流路，並調整進水口前庭，設導砂檻、攔污粗柵或攔污樁等減少進砂及雜物掛淤。
- ➡ 枯水期：表水下潛為伏流水，藉潛堰阻伏流水流失，上升為表水，有助表水取水效率。

□ 增加伏流水取水

- ➡ 豐水期：洪水退水段，增加取伏流水、減少表水，使進水口流速降低，減少進砂
- ➡ 枯水期：地表水減少，設集水廊道引取伏流水挹注。

71

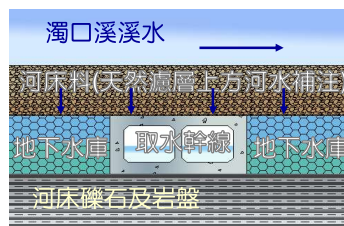


3.3 課題與對策—伏流水取水方式評估

1 2 3 4
渠首工改善案例
72

□ 伏流水取水規劃原則

- ▶ 地表水、伏流水可分開引入
- ▶ 洪水期間受洪水侵襲面積最小
- ▶ 枯水期穩定地表水之流路
- ▶ 考量取水成本以重力取水為原則



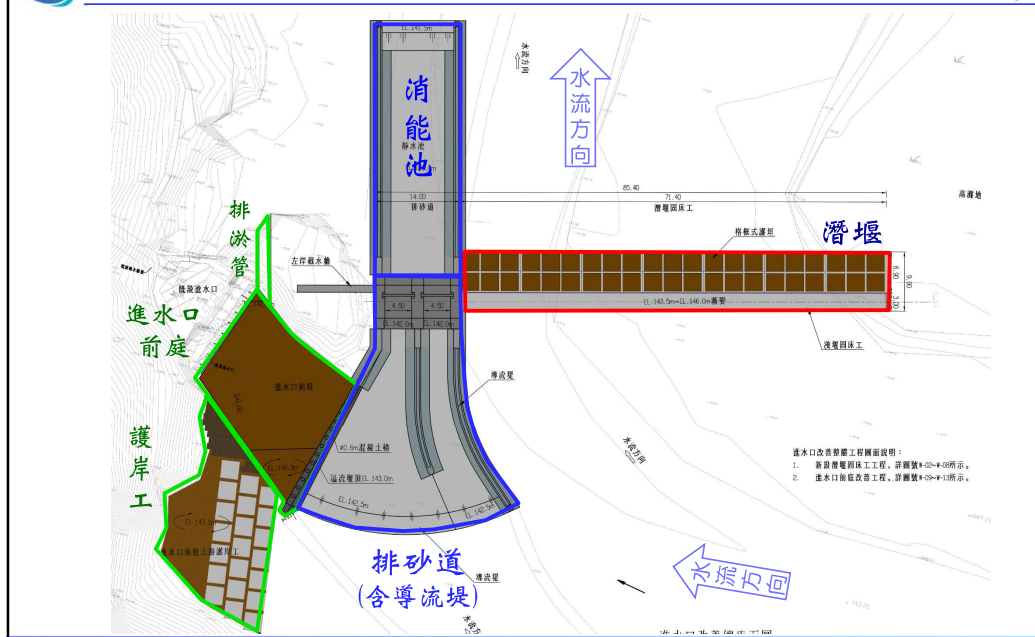
	攔河堰+取水廊道	地下水庫+取水廊道
示意圖		
評估	• 設攔河堰配合排砂道可穩定深槽流路 • 伏流水與地表水分引，降低含砂量 • 枯水期間，潛堰基礎穩定地下水取水	• 按進水口底檻以上護甲層厚度不足，且洪水期動床影響安定性。 • 彎道流況紊亂，河床變動劇烈

72



3.4.1 進水口改善布置規劃

1 2 3 4
渠首工改善案例
73



73

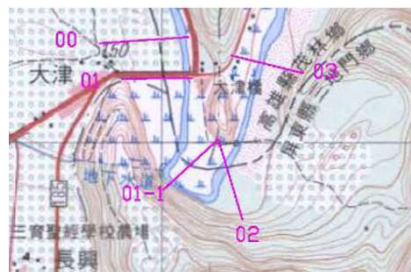


3.4.2 進水口水理分析(一維)

1 2 3 4
渠首工改善案例
74

□ 條件設定

- 河道斷面：斷面00~斷面03，設堰斷面則位於斷面01~01-1
- 曼寧糙度係數：採用保守值 $n=0.035$
- 邊界條件：採用「濁口溪治理規劃」(七河局，民國103年)規劃之100年計畫流量5,320cms與斷面00水位EL.145.25m



□ 建堰前後比較

- 01-1 斷面於設堰後 Q_{100} 洪水水位為EL.153.32m較設堰前EL.152.58m上升0.74m，設堰後流速為3.76m/s較設堰前4.13m/s下降0.37m/s
- 潛堰下游斷面01則不受影響。

斷面	水位高程(Q_{100})(m)			平均流速(Q_{100})(m/s)		
	設堰前	設堰後	差異	設堰前	設堰後	差異
00	145.44	145.44	-	6.47	6.47	-
01	145.65	145.65	-	8.99	8.99	-
01-1	152.58	153.32	0.74	4.13	3.76	-0.37
02	153.20	153.80	0.6	3.07	2.81	-0.26
03	154.76	154.76	-	7.16	7.16	-

74



3.4.2 進水口水理分析(二維-現況)

1 2 3 4
渠首工改善案例
75

□ 模擬與評估：

- 進水口前緩速渦流區能造成落淤，造成取水口濁度偏高。
- 評估進水口取水水位及潛堰設計高、對左岸坡腳冲刷風險

□ 條件設定

- ◆ 數值地形
- ◆ $n=0.035$
- ◆ 模擬 $Q=40$ cms (日平均36.98cms)
- ◆ 下游邊界採大津橋上游斷面之正常水深
- ◆ 內部邊界：設定取入0.61cms/門*8門計4.88cms



75

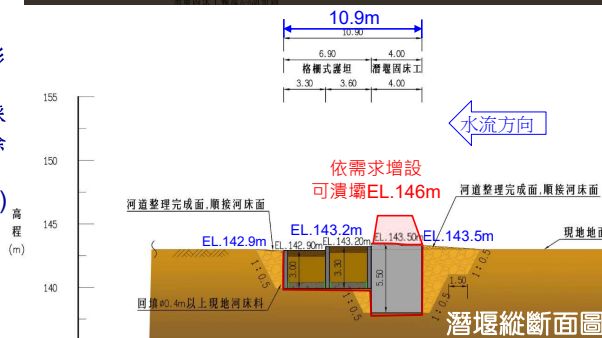
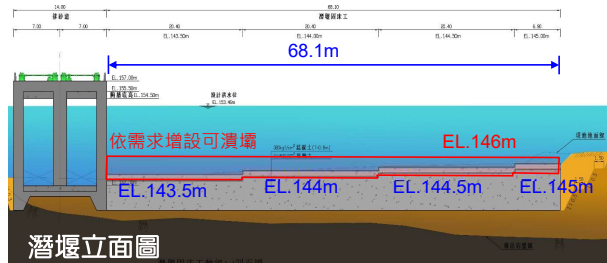


3.4.3 攔水堰佈設

渠首工改善案例
76

條件設定

- 堰型式：低階多段式堰型(水流向每階落差30公分)
- Q_{100} 設計洪水量：5,320cms
- 設計洪水水位：EL.154m
- 堰頂標高：EL.143.5m(河寬向漸變至右岸EL.145m)
- 堰寬(河寬向)：68.1m
- 堰長(水流向)：10.9m(含下游混凝土塊、固床工等)
- 下游固床工：共4區(河寬向)，每區配置3排密集排列10噸異形塊
- 混凝土：主堰表面採390kgf/cm²混凝土0.8m、其餘結構採用210kgf/cm²混凝土。
- 可依需求增設可潰壩(EL.146)，抬高水位。



76



3.4.3 攔水堰之安定分析

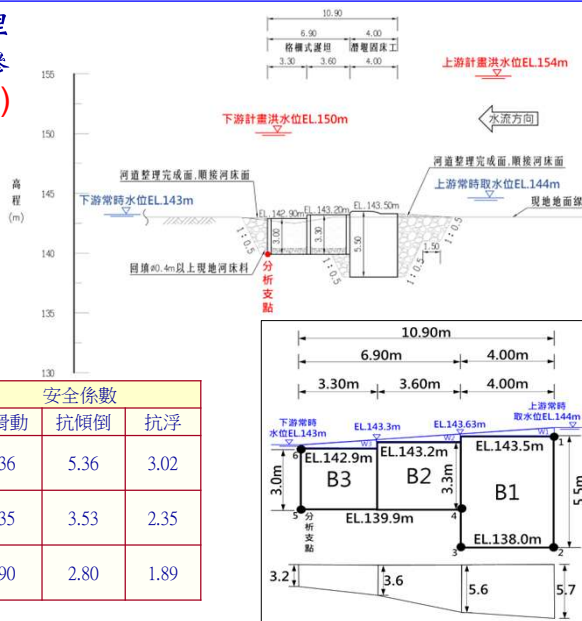
渠首工改善案例
77

- 滲流分析採Lane氏權滲理論計算所得潛堰基礎權滲比為9.93(大於安全權滲比)無管湧之虞。

基底土層	安全權滲比	基底土層	安全權滲比
極細砂或泥炭 0.05-0.00mm	8.5	含卵石之細礫	3.00
細砂 0.1-0.25mm	7.00	含卵石之塊石	2.50
中粒砂 0.25-0.5mm	6.00	軟粘土	3.00
細粒砂 0.5-1.0mm	5.00	中粘土	2.00
細礫	4.00	硬粘土	1.80
中礫	3.50	硬粘土	1.60

安定分析：

載重條件	基礎承受壓力範圍	基礎承載應力 (t/m ²)	安全係數		
			抗滑動	抗傾倒	抗浮
正常載重	全部	$q_{max} =$	4.36	5.36	3.02
	1.00	$q_{min} =$			
異常載重	全部	$q_{max} =$	1.35	3.53	2.35
	1.00	$q_{min} =$			
極端載重	全部	$q_{max} =$	1.90	2.80	1.89
	1.00	$q_{min} =$			



77

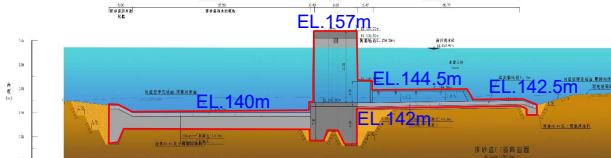
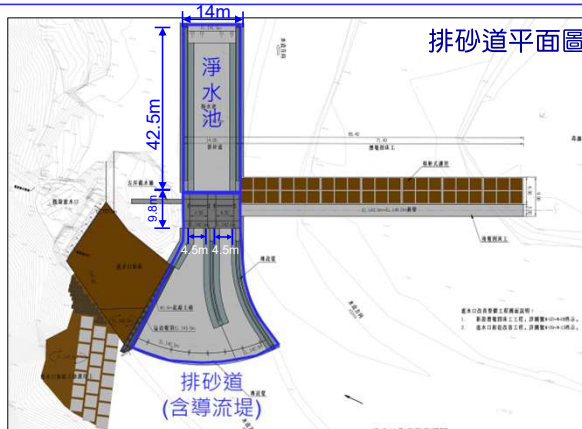


3.4.2 排砂道佈設

1 2 3 4
渠首工改善案例
78

條件設定

- 排砂道操作平台：標高EL.157m、長14m、寬9.8m
- 排砂道數：2道
- 排砂道淨寬：4.5m/道
- 導流牆：共兩道，右岸側牆頂EL.144.5m，左岸側牆頂EL.144m，每道長約30m，並以弧形型式布設順接上游流線。
- 排砂閘門底標高：EL.142m
- 排砂道長：9.8m
- 排砂道下游淨水池：14m(W) × 42.5m(L)，池底EL.140m
- 排砂道胸牆底高：EL.154.5m
- 排砂道閘門：4.5m(W) × 3m(H) 殼型閘門兩門。
- 左岸截水翼牆：牆頂EL.146.5m
- 混凝土：排砂道床底表面採用380kgf/cm²混凝土80公分、其餘結構採用210kgf/cm²混凝土。



78

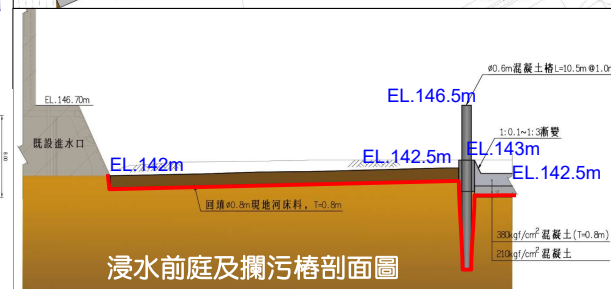
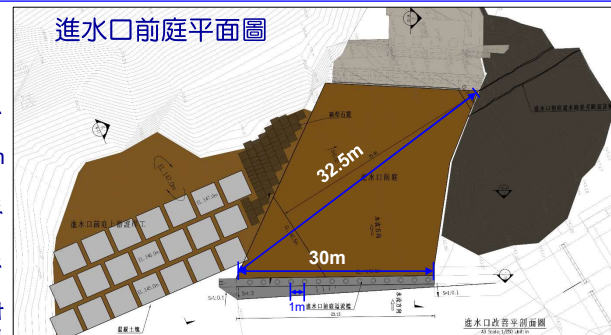


3.4.3 進水口前庭佈設

1 2 3 4
渠首工改善案例
79

條件設定

- 設計取水量：5cms
- 設計取水位標高：EL.143.5m
- 前庭底床標高：EL.142.5m漸變至EL.142m，坡度約0.02
- 前庭進水口底檻：檻頂EL.143m，30m(W) × 0.8m(L)
- 攔污樁：樁頂EL.146.5m，樁採單排φ0.5m，間距1m布設，共14根
- 混凝土護岸：由EL.145m漸變至山壁EL.147m。
- 混凝土：堰表面採380kgf/cm²耐磨混凝土50公分、其餘結構採用210kgf/cm²混凝土。



79



3.4.3 水理分析：情境1-排砂閘門關閉取水

1 2 3 4
渠首工改善案例
80

條件設定

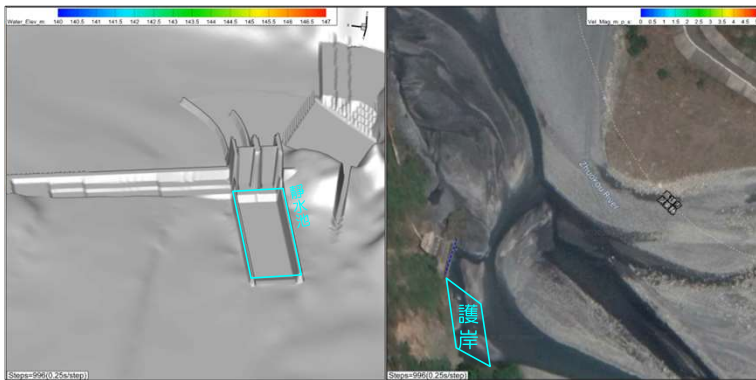
- ➡ **數值地形**：實測地形結合關閉閘門地形。
- ➡ **曼寧糙度**：河床 $n=0.035$ ，結構物 $n=0.02$ 。
- ➡ **上游邊界**：日均流量40cms
- ➡ **下游邊界**：條件採用大津橋上游斷面之正常水深。
- ➡ **內部邊界**：計八座閘門共4.88cms
- ➡ **增設可潰壩**至EL.146m；開啟前庭排淤。

模擬成果

- ➡ 增設可潰壩後潛堰上游水位可達**EL.146.2m**，滿足取水要求；混凝土護岸可隔絕無效渦流，有效提升取水效率。
- ➡ 前庭排淤管流速可達**5m/s**，滿足最大排砂粒徑6公分條件下，啟動流速1.8m/s之條件。

Schaffernk之試驗、粒徑、流速關係

粒徑(mm)	單位	0.5	1.0	2.0	4.0	6.0
啟動流速(V ₀)	m/s	0.35	0.75	1.30	1.70	1.80
繼續運動之流速(V ₁)	m/s	0.28	0.50	0.85	1.15	1.26
停止運動流速(V ₂)	m/s	0.20	0.40	0.62	0.87	0.98



80



3.4.4 水理分析：情境2-排砂閘門開啟取水

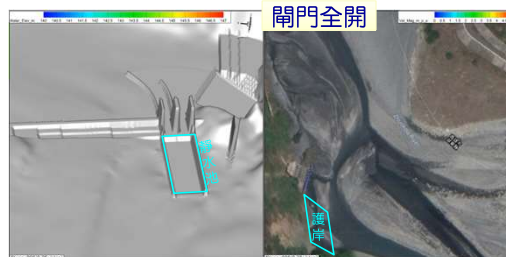
1 2 3 4
渠首工改善案例
81

條件設定

- ➡ 實測地形結合**開啟不同閘門**之地形，**關閉**排淤管，餘設定同關閉閘門情境

模擬成果

- ➡ 全開時上游水位可達**EL.144m**，僅開一門時上游水位可達**EL.145.5m**，滿足取水要求。
- ➡ 排砂道流速皆可達**5m/s以上**，滿足排砂粒徑6公分之啟動流速1.8m/s。
- ➡ 淨水池有效**減緩**流速至**2.5m/s以下**，減輕下游底床淘刷。



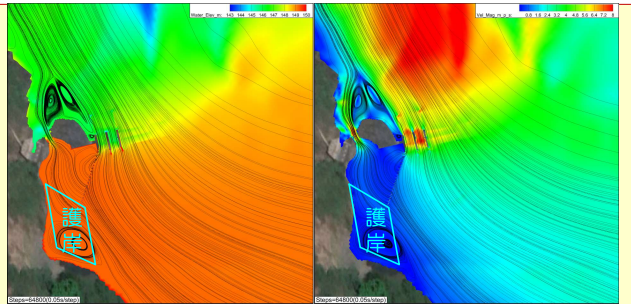
81



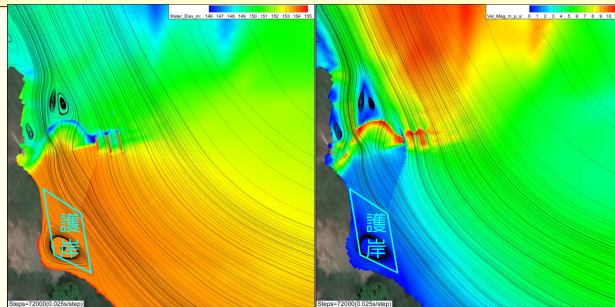
3.4.4 水理分析：情境3- 洪水開啟洩洪

1 2 3 4
渠首工改善案例
82

- 實測地形結合關閉閘門
- 曼寧糙度：河床0.035，結構物0.02
- 上游邊界：
 $Q_2=1,670\text{cms}$
- 下游邊界：採大津橋上游斷面之正常水深
- 內部邊界：關閉取水閘門
- 關閉前庭排淤管



- 實測地形結合關閉閘門
- 曼寧糙度：河床0.035，結構物0.02
- 上游邊界：
 $Q_{100}=5,320\text{cms}$
- 下游邊界：採大津橋上游斷面之正常水深
- 內部邊界：關閉取水閘門
- 關閉前庭排淤管

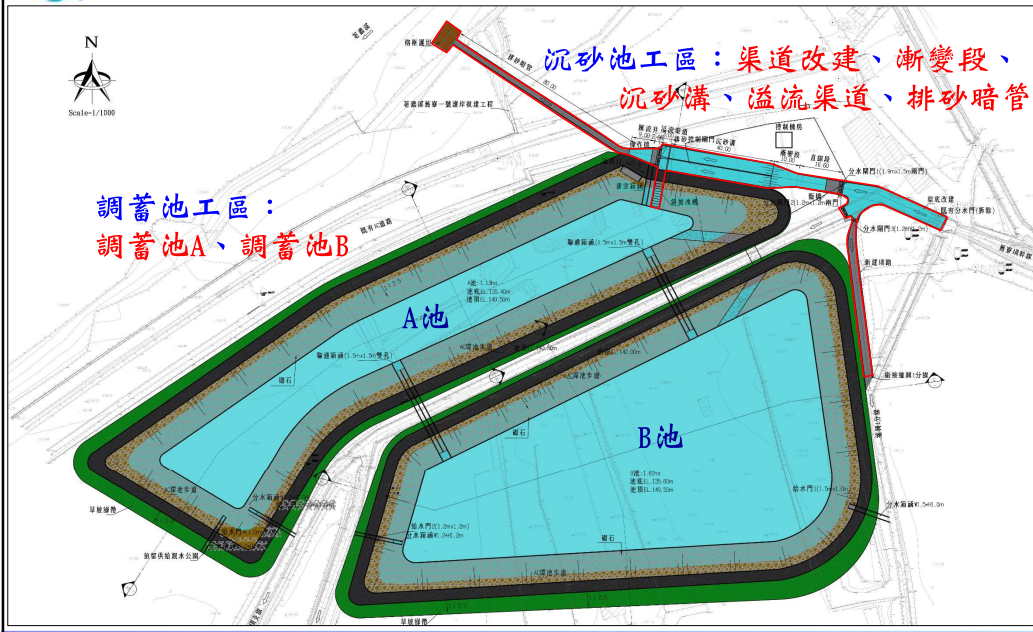


82

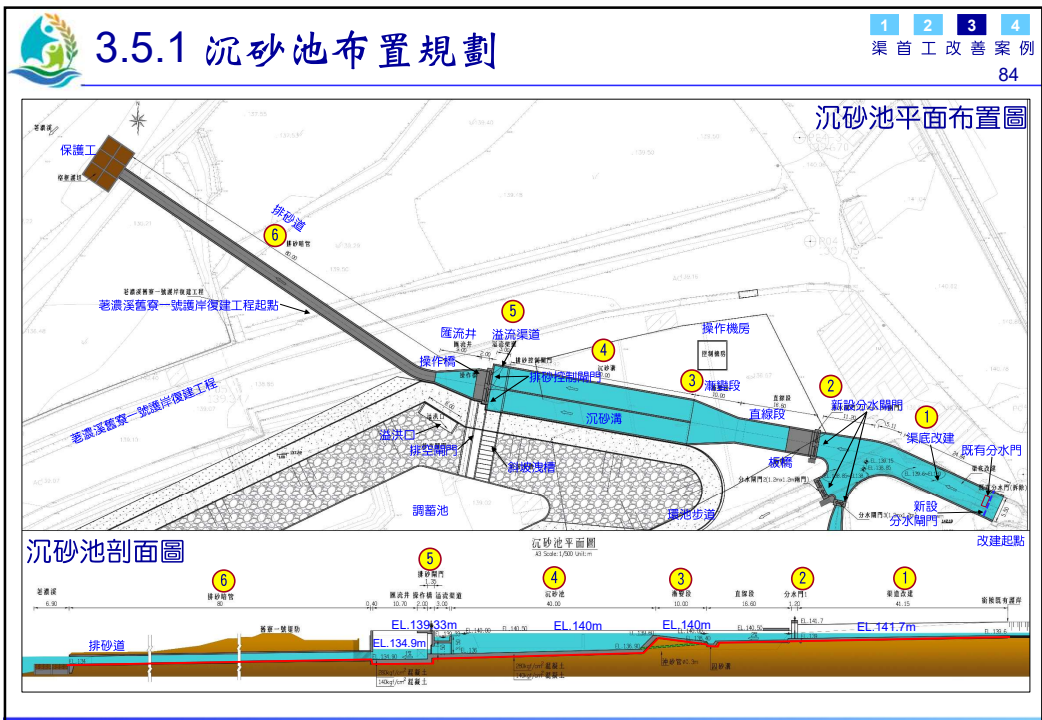


3.5 規劃布置—沉砂調蓄池

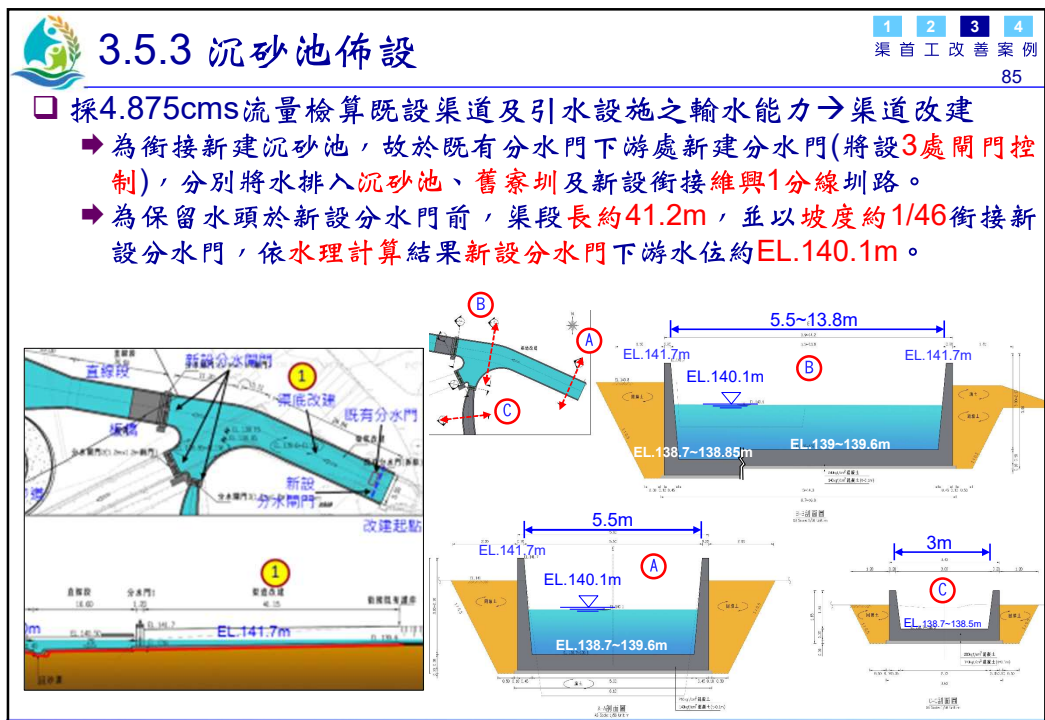
1 2 3 4
渠首工改善案例
83



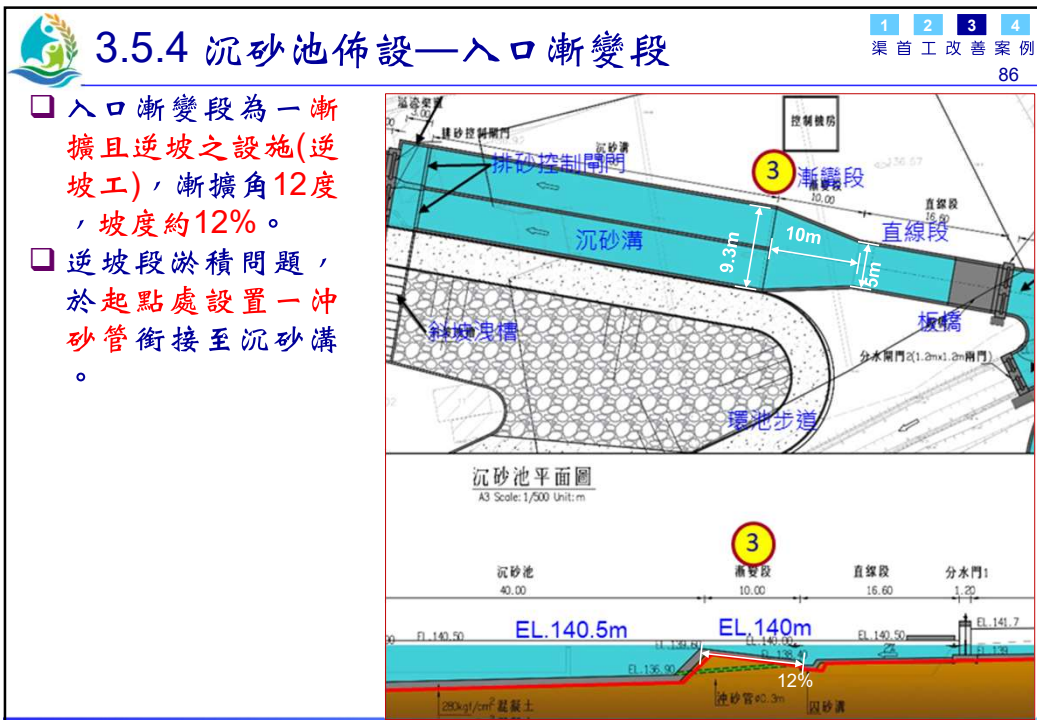
83



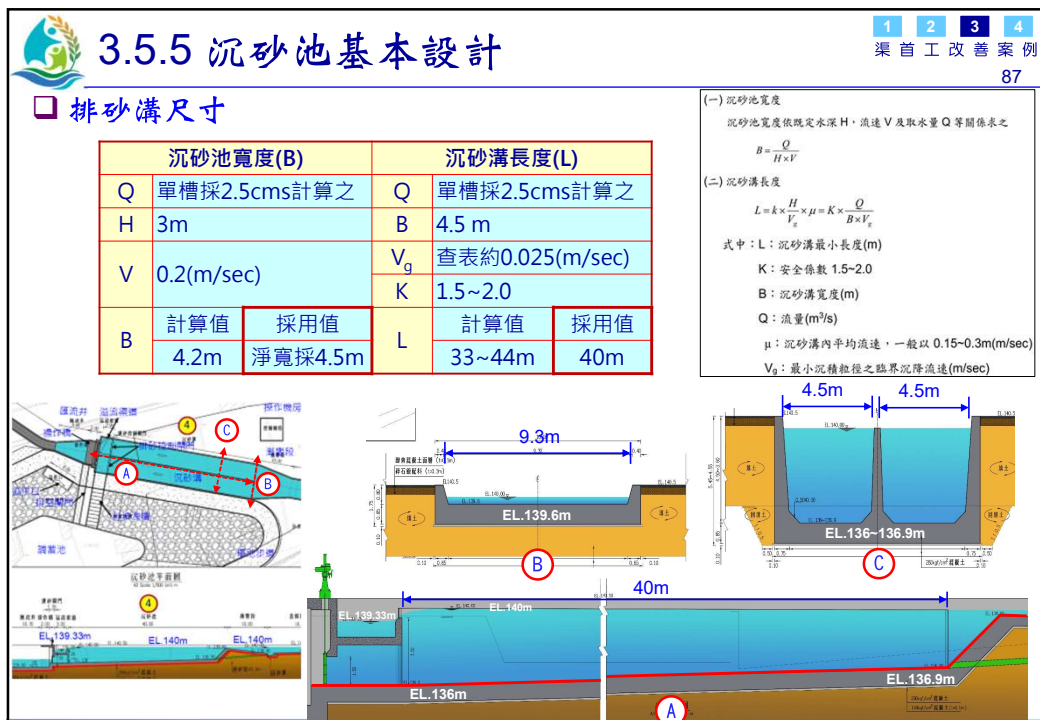
84



85



86



87



3.5.6 沉砂池之排砂管

1 2 3 4
渠首工改善案例
88

□ 排砂暗管

➔ 排砂暗管長度約80m，以C=3.9(角形細砂)，d=0.06m，計算得出最小沖砂流速為1.43m/s，另依據Schaffernk試驗則為1.8m/s。

Schaffernk之試驗、粒徑、流速關係

粒徑(cm)	單位	0.5	1.0	2.0	4.0	6.0
啟動流速(V_0)	m/s	0.35	0.75	1.30	1.70	1.80
繼續運動之流速(V_1)	m/s	0.28	0.50	0.85	1.15	1.26
停止運動流速(V_2)	m/s	0.20	0.40	0.62	0.87	0.98

公式：

$$V_0 = 1.5C \cdot d^{0.5}$$

式中：

V_0 ：排砂所需流速(m/s)

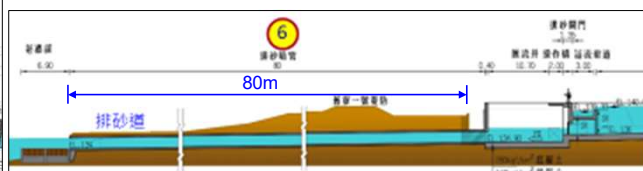
C：砂礫形狀係數

3.2~3.9(當砂礫圓形時為小值，角形為大值)

4.5~5.5(當砂礫具有良好級配固結者為此範圍值)

d：最大粒徑(m)

➔ 計畫流量為4.875cms，排砂暗渠尺寸為W2.0m×H1.5m，坡度1/100，以曼寧公式計算求得流速為3.62m/s大於1.43m/s及1.8m/s，符合排砂啟動流速。

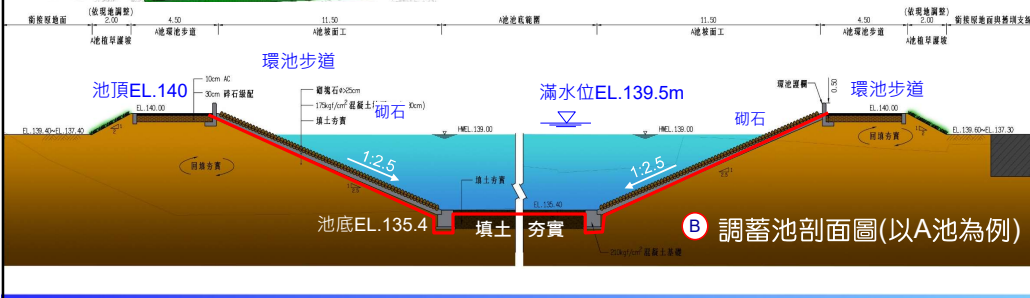
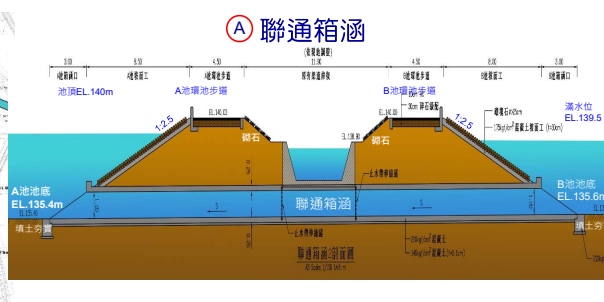


88



3.6.1 調蓄池—圍堤佈設

1 2 3 4
渠首工改善案例
89



89



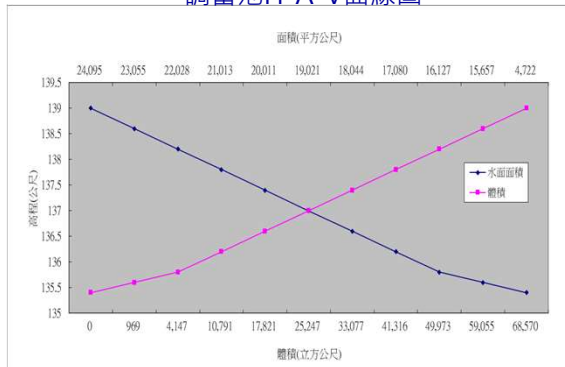
3.6.2 調蓄池—蓄水量檢核

1 2 3 4
渠首工改善案例
90

調蓄池水理覆核

- ➔ 調蓄池採半挖半填方式以達土方平衡為原則，池體採1:3坡面工混砌石，池頂高約EL.140.00m，含護欄高0.5m為EL.140.5m，分AB兩池設計。
- ➔ 有效蓄水深度受溢洪口高(EL.139.0m)及聯外渠道高控制(圳路渠底最低EL.135.88m)，且規劃0.6m之呆水空間以沉降0.2mm以下顆粒泥砂，故A池底高採EL.135.40m設計，有效蓄水深約3.00m。
- ➔ 池底以黏土鋪設夯實以減少滲漏，並以兩處聯通箱涵(1.5mx1.5m雙孔)連接AB兩池，總蓄水量估計約6.8萬m³
- ➔ 調蓄池周邊設置AC環池道路(寬度4m)，提供維護單位將來清淤或維護時使用

調蓄池H-A-V曲線圖



90

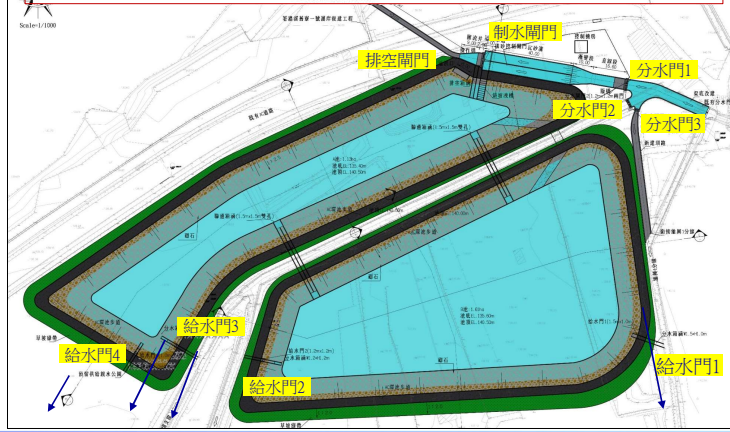


3.3.2 調蓄池—制水門佈設

1 2 3 4
渠首工改善案例
91

- 按進水、分水、排空等功能，佈設制水門

分水工剖面圖



91



4.1 結語

1 2 3 4
結 語 及 討 論

92

- ❑ **現場作業考量**—功能維持(取水、淨化、穩定)與提升、文資、社會(地方勢力、政治、原民)、環教場所、安全(退水/攔汙/斷層/隧道落磐/水草)、漏水檢測、行政作業(水計申請).....
- ❑ **灌排系統改善：**
 - ➡ 水利建造物安全檢查，系統/量化紀錄與改善研擬
 - ➡ 規劃設計技術之傳遞
 - ➡ 智慧管理導入.....
- ❑ **渠首工改善：**
 - ➡ 取水口環境變動之因應(沖淤)
 - ➡ 灌溉水質與水量之要求—對應作物、灌溉方式改變
 - ➡ 計算分析之情境—考慮各級流量
 - ➡ 社會各界之期待與意見整合

92



4.1-A 進水口改善—功能設定

1 2 3 4
結 語 及 討 論

93

- ❑ 取水口設計與岩盤緊密結合，開鑿隧道，沉砂池後移、...
➡ 保留原貌作環教
- ❑ 河床沖淤變動，入口採兩層設計，輔以簡單的攔污柵，待日後維護管理多些人為清淤；



93



4.1-B 進水口改善—

1 2 3 4
結 語 及 討 論
94

白冷圳舊進水口之攔污柵



白冷圳舊進水口之攔污柵



白冷圳新建進水口之攔污柵



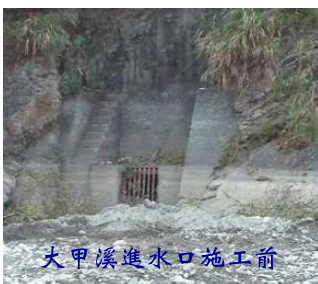
94



4.1-C 進水口改善—施工歷程

1 2 3 4
結 語 及 討 論
95

大甲溪進水口施工前



進水口土方開挖



導水路施工後



進水口防洪牆施工中 2005/04/29



進水口內部施工中 2005/04/12



進水口防洪牆施工後



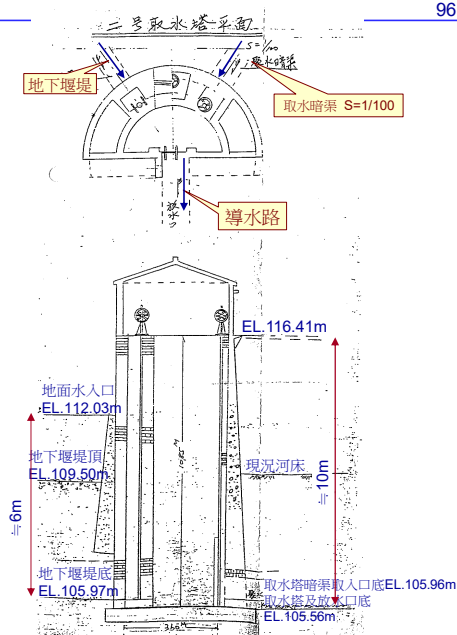
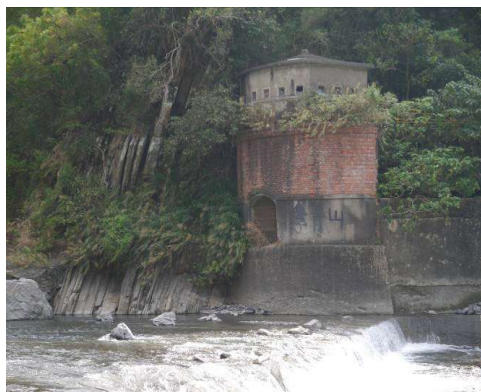
95



4.1-D 早期類似進水口

1 2 3 4
結 語 及 討 論
96

- 日據時代力力溪水圳為灌溉大響營農場之甘蔗及附近聚落用水，2015年依文資法登錄為「歷史建築」
- 第二取水塔高10.31m，寬3.6m，橫向地下堰堤長145m，寬4.54m，高2.33m，內部渠道寬0.9m。

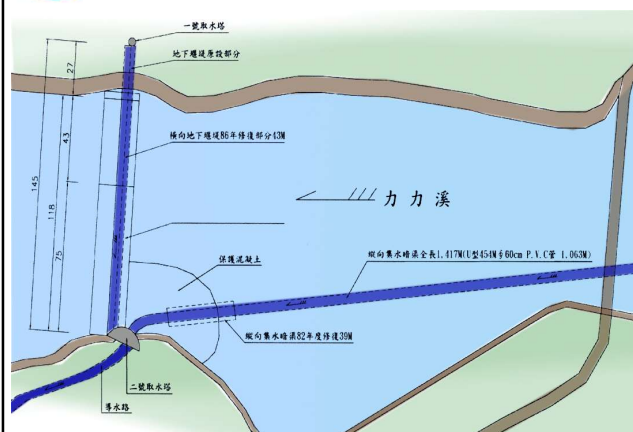


96



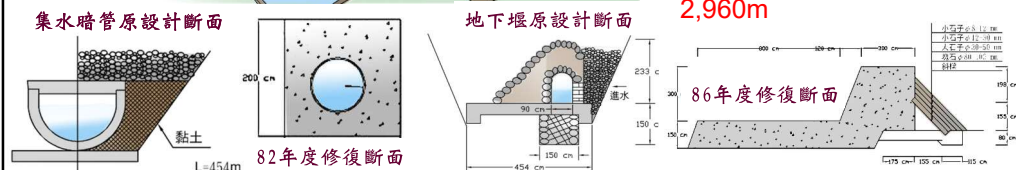
伏流水設施

1 2 3 4
結 語 及 討 論
97



力里溪水圳進水塔。(照片來源：林思玲、丁澈士，2014)

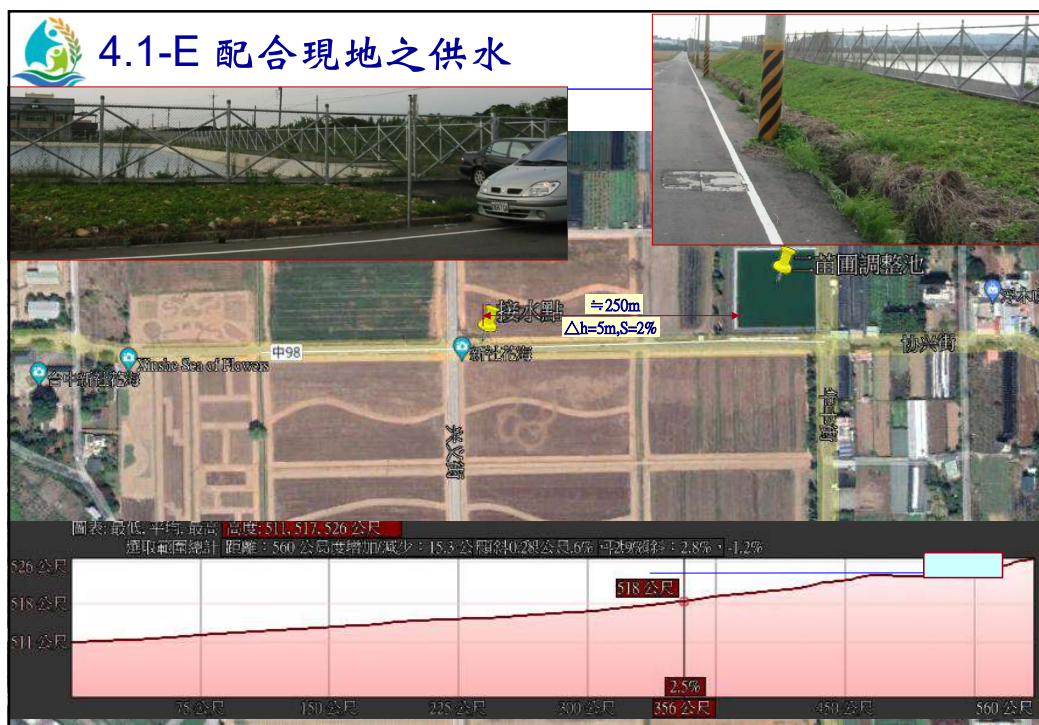
- 民國12年動工、14年完工
- 主要結構含梯橫向地下堰堤長145m，縱向集水暗渠長1,517m，下游導水路總長約2,960m



97



98



99



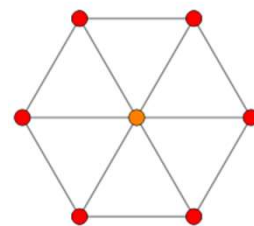
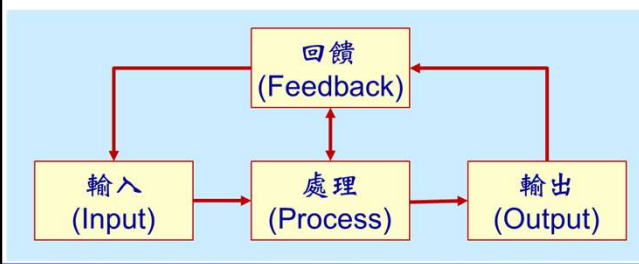
4.2 結語—設計與繪圖

1 2 3 4
結 語 及 討 論
100

□ 設計構想與繪圖能力

- ➔ 設計圖/施工：繪圖技巧+認知(知覺性觀看&視覺性思考)；
- ➔ 對繪圖的認知：所有的繪圖都是觀看、想像與再現影像三者交互作用
- ➔ 系統架構蘊含豐厚學習效率、隨機應變，技術依附成長
- ➔ 概念模式→從定性描述發展到定量分析

□ 手繪的習慣→成形



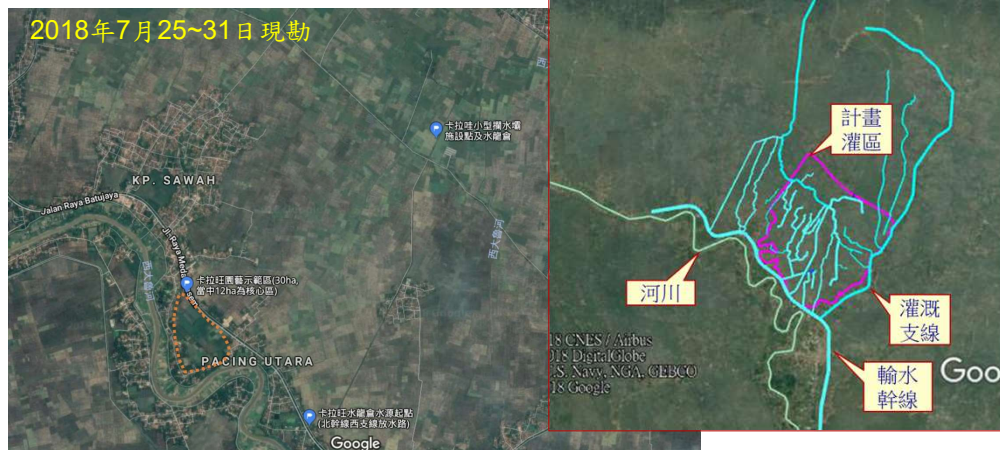
100



4.2.A 農業示範區現勘及技術評估

1 2 3 4
結 語 及 討 論
101

- 計畫區位處印尼雅加達東側Kalawang，約1000公頃，生產水稻為主。主要依賴降雨及北幹線放水灌溉；西大魯河流經計畫區之西南側，目前因嚴重汙染無法作為灌溉水源(印尼政府宣示推動汙染整治)



101



102



103



104



105

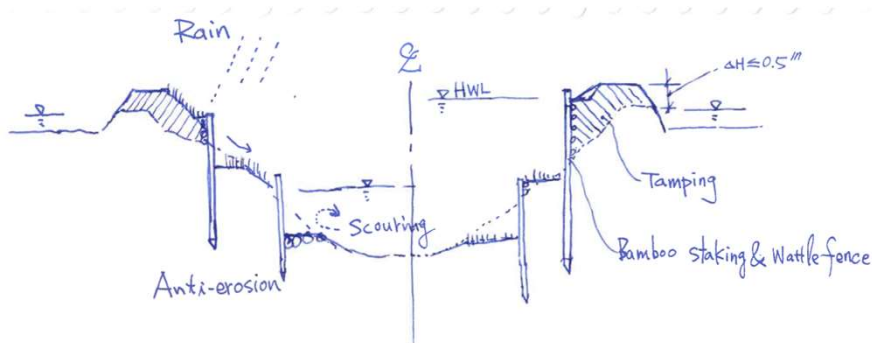


水龍倉疏浚及堤岸加高

1 2 3 4
結 語 及 討 論

106

- 評估當地現況條件，建議就近取用竹子為材料，採打樁編柵以利疏浚土方之排水穩定並減少雨季表面沖蝕
- 設計上採複式斷面形成小落差階段工，必要時每層可採內外兩排編柵。
- 此種竹樁編柵於現地已有利用經驗與建構技術，雖為非永久性護岸，預期能支撐2~3年，令坡面雜草長成形成保護。(示意圖)



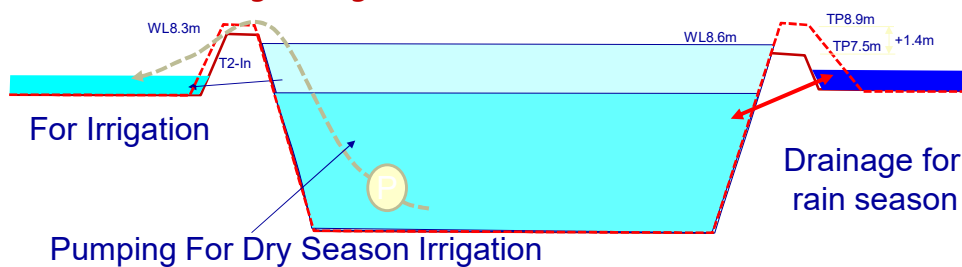
106



II. Water Long Storage

1 2 3 4
結 語 及 討 論

107



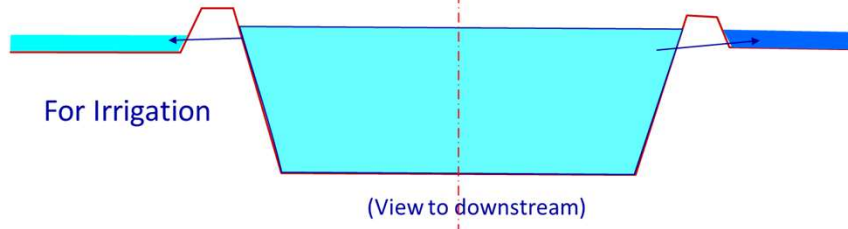
Embankment heightening involve problems :

1. Private land usage problem.
2. Drainage backflow.
3. Reduced stability(surface erosion, rat and crab digging holes) and maintenance convenience.
4. Heightening embankment need additive to strengthen its structure.

107



II. Water Long Storage Operation



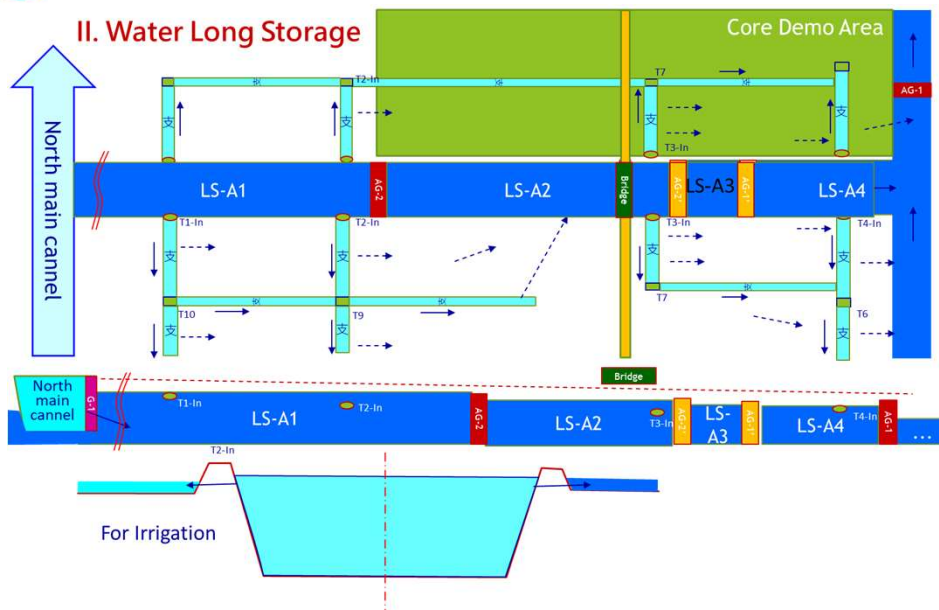
Minimize embankment heightening :

1. Avoid private land usage problem.
2. Follow locations of micro dam, enlarge storage capacity.
3. Both drainage and irrigation ability are considered.

108

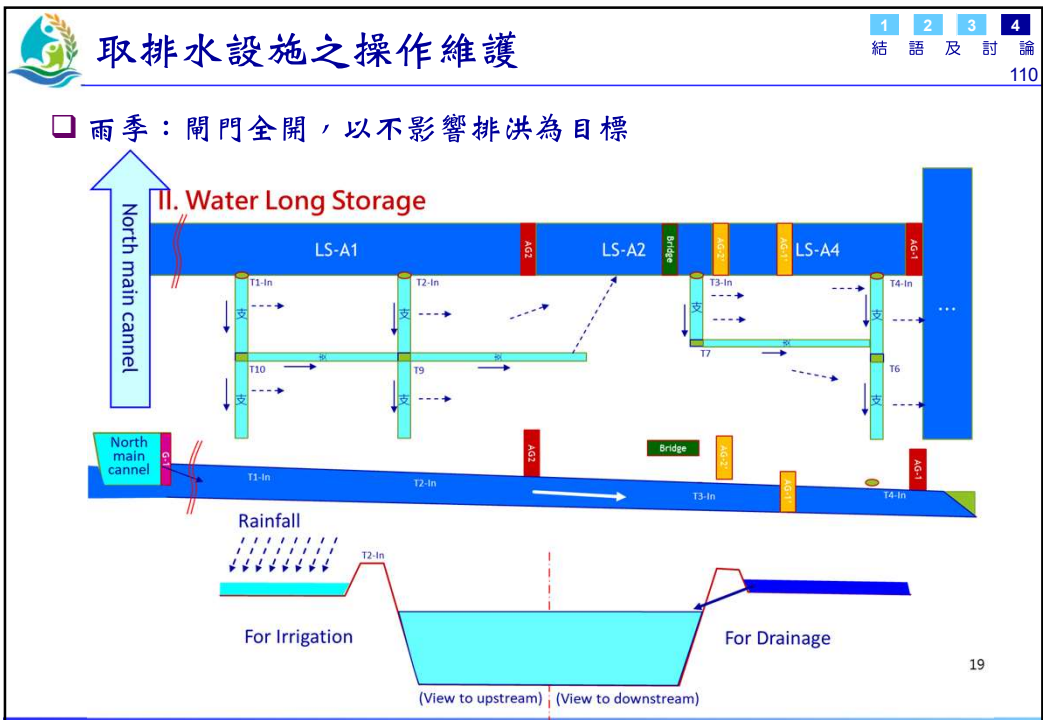


水龍倉整體架構(平縱斷面)示意

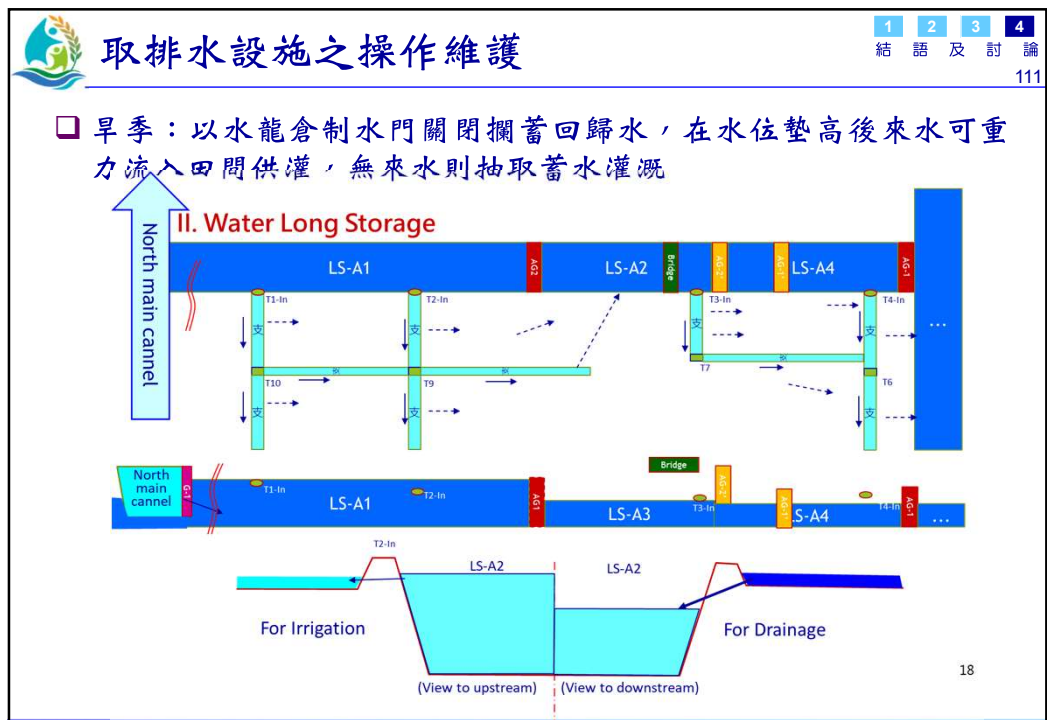


16

109



110



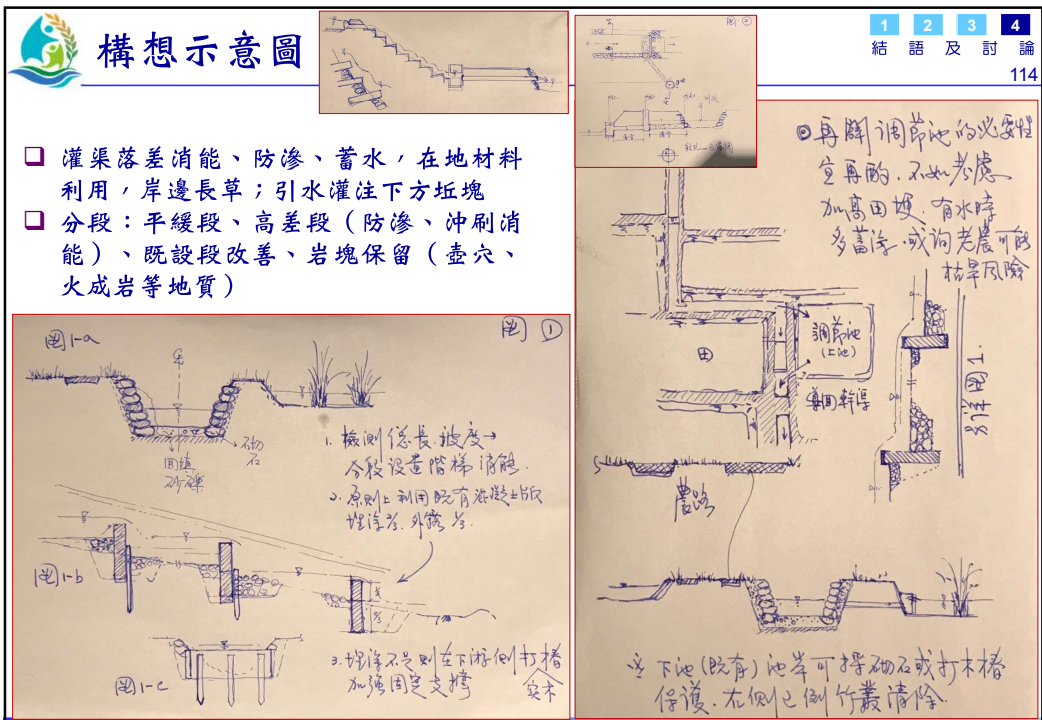
111



112



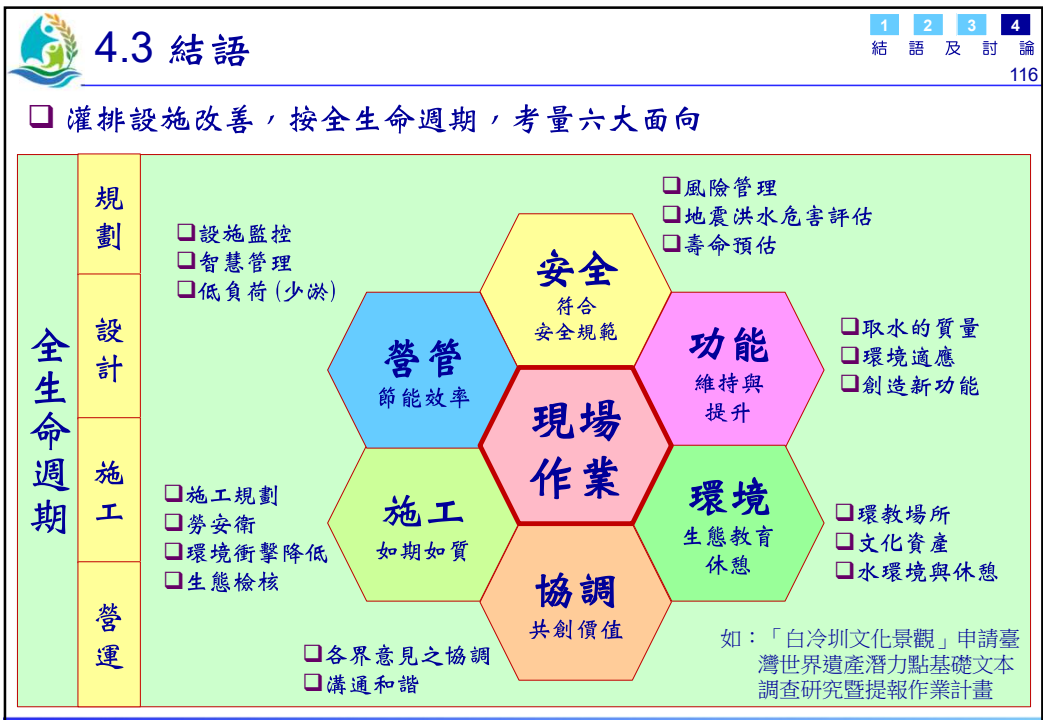
113



114



115



116



117