

**112 年及 113 年水利數值地形資料測製工作
(第 3 作業區)**

**2023 and 2024 Government Procurement
for Mapping Hydraulic Topography
Dataset
3st Work Zone**

113 年度工作總報告
2024 Final Report



標案案號：NLSC-112-4

主辦機關：內政部國土測繪中心

執行單位：自強工程顧問有限公司

中華民國 113 年 12 月 16 日

摘要

高精度及高解析度之數值地形模型資料為國家各項重大建設基礎，並廣泛應用於防減災規劃與國土保育、潛在大規模崩塌調查、水資源管理、洪氾地區溢淹模式模擬、工程設計與規劃等領域提供重要決策資訊，成效顯著。因此，內政部地政司與經濟部水利署及其水利規劃分署自 107 年起合作，整合內政部數值高程模型 (DEM) 資料產製水利數值地形模型 (Hydraulic Digital Elevation Model, 簡稱 HyDEM)。

內政部國土測繪中心在 110 年及 111 年已完成臺灣西部地區計 1,270 幅水利數值地形模型相關成果及 291 公里之河川斷面與水利數值地形模型整合工作。112 年及 113 年持續委託測製廠商辦理計 1,091 幅水利數值地形資料測製工作、154 公里之河川斷面與水利數值地形模型整合工作及全臺灣 111,835 筆下水道資料與水利數值地形模型整合工作，其中由自強工程顧問有限公司承攬第 3 作業區，113 年主要辦理臺東縣及花蓮縣等部分地區之水利數值地形資料測製工作，共產製 138 幅建物區塊、138 幅溢堤線、138 幅水利數值地形分類點雲、133 幅水域區塊、37 幅海陸線和 37 幅海堤線；下水道資料整合作業整合臺東縣部分地區，整合數量 1,133 筆，其中不一致正常人孔數為 59 筆。相關成果分別於 113 年 6 月 13 日及 113 年 10 月 30 日，將各階段成果依契約規定逕送內政部國土測繪中心。

關鍵字：空載光達、數值地形模型、水利數值地形模型、三維水利圖徵

Abstract

High-precision and high-resolution digital terrain model (DTM) data are the foundation for major national infrastructure projects. They are also widely used in a variety of fields, including hazard management, large-scale landslide surveying, water resource management, hydrological modeling, engineering design. Therefore, since 2018, Department of Land Administration, Ministry of the interior (MOI), Water Resources Agency, Ministry of Economic Affairs (MOEA) and its Water Resources Planning Branch have been working together to integrate the existing DEM data to produce hydraulic digital terrain models (HyDEM).

National Land Surveying and Mapping Center, MOI (NLSC) have already finished 1,270 map sheet of HyDEM and 291 km of river section and HyDEM integration in western Taiwan in 2021 and 2022. Afterwards in 2023 and 2024, this two-years project continues to map more area, which includes 1,091 map sheets of HyDEM, 154 km of river section data integration, and 111,835 sewer data integration. Strong Engineering Consulting Co, Ltd is responsible for the third work zone, which is in several parts of Taitung County and Hualien County. In the end, we have produced 138 building tables, 138 sheets of riverbank, 138 sheets of HyDEM LAS, 133 sheets of waterbody, 37 sheets of coastal boundary, and 37 sheets of sea dike.

The sewer data integration work covered parts of Taitung County, with 1,133 sewer records integrated, including 59 discrepancies in manhole data. The results were submitted to the National Land Surveying and Mapping Center on June 13, 2024, and October 30, 2024, in accordance with the contract.

Keywords: Airborne LiDAR, DTM, HyDEM, 3D Hydraulic Feature

目錄

摘要	I
Abstract.....	II
目錄	III
附件目錄	V
圖目錄	VI
表目錄	IX
第一章 前言	1
1-1 計畫緣起.....	1
1-2 測製範圍.....	2
1-3 各階段繳交項目及作業期程.....	4
第二章 計畫執行內容、方法與步驟.....	7
2-1 作業規劃與程序.....	7
2-2 既有資料蒐集.....	8
2-2-1 空載光達案點雲資料 (含水域線)	8
2-2-2 正射影像	9
2-2-3 臺灣通用電子地圖	9
2-2-4 經濟部水利署所提供之海堤與水門資料.....	10
2-2-5 建物區塊	11
2-3 水利數值地形點雲分類.....	11
2-3-1 點雲分類作業原則	12
2-3-2 水利設施構造物點雲分類	13
2-3-3 常見點雲分類錯誤類型	15
2-4 三維水利圖徵建置.....	18
2-4-1 25 公分數值地形模型建置	19
2-4-2 三維水利圖徵繪製	19
2-4-3 三維水利圖徵位相關係檢核	33
2-4-4 三維水利圖徵之屬性資料表	34

2-4-5 圖徵接邊	39
2-4-6 成果資料格式	41
2-5 製作水利數值地形模型.....	41
2-5-1 HyDEM 製作.....	41
2-5-2 圖幅接邊	42
2-5-3 成果資料格式	43
2-5-4 詮釋資料製作	44
2-6 下水道資料和 HyDEM 資料整合.....	45
2-6-1 作業方法	46
2-6-2 整合成果	48
第三章 品質管制	51
3-1 成果產製教育訓練.....	51
3-1-1 成大衛中教育訓練	51
3-1-2 內部教育訓練	51
3-2 自主檢查與品質管制計畫.....	53
3-3 計畫成果內業自主檢核成果.....	54
3-3-1 三維水利圖徵節點高程合理性檢查	55
3-3-2 三維水利圖徵之接邊高程、位相和屬性表檢查	56
3-3-3 三維水利圖徵修正檢查	57
3-3-4 點雲類別檢查	59
3-3-5 繪製進度及品質控管統計	60
3-4 計畫成果外業自主檢核成果.....	61
第四章 檢討與建議	64
4-1 檢討.....	64
4-2 建議.....	64
參考文獻.....	1

附件目錄

- 附件一 公文來往紀錄
- 附件二 各次工作會議結論與追蹤事項相關函文
- 附件三 自主檢查紀錄表與相關資料
- 附件四 性別平等資訊及社會企業責任
- 附件五 工作計畫書監審廠商審查意見與回覆
- 附件六 工作計畫書主辦機關審查意見與回覆

圖目錄

圖 1-1	113 年度辦理測製範圍(第 3 作業區)	2
圖 1-2	113 年辦理下水道資料與水利數值地形模型整合工作	3
圖 1-3	颱風影像展延許可文(A)凱米颱風 (B)山陀兒颱風	4
圖 2-1	水利數值地形測製工作流程圖	7
圖 2-2	DEM LAS 成果	8
圖 2-3	水域線套疊正射影像與點雲資料	8
圖 2-4	113 年第 3 作業區臺灣通用電子地圖之水系	9
圖 2-5	中央管海堤套疊空載光達點雲模型	10
圖 2-6	中央管河川水門套疊臺灣通用電子地圖正射影像	10
圖 2-7	水利設施構造物示意圖	11
圖 2-8	水利數值地形模型點雲分類作業畫面	12
圖 2-9	水利數值地形點雲分類成果示意圖	13
圖 2-10	寬度小於 1 公尺之人工組水構造物於 DSM 與正射影像上表示	15
圖 2-11	地面點分類錯誤影響 HyDEM 成果	15
圖 2-12	地面點分類錯誤 TerraSolid 修正作業畫面	16
圖 2-13	不可阻水之道路護欄誤分類為地面點	16
圖 2-14	水線錯誤導致水點分類錯誤(上)與修正點雲分類後成果(下)	17
圖 2-15	三維水利圖徵建置作業流程	18
圖 2-16	25 公分數值地形模型建置成果展示	19
圖 2-17	溢堤線繪製於臨水側高點	20
圖 2-18	溢堤線繪製原則：無法判斷渠道流通性	21
圖 2-19	溢堤線繪製原則：可以判斷渠道流通性	21
圖 2-20	溢堤線遇水閘門繪製原則(1)	22
圖 2-21	溢堤線遇水閘門繪製原則(2)	22
圖 2-22	Global Mapper 溢堤線繪製畫面	23
圖 2-23	高架橋光達點雲無法測繪出防洪構造物	23
圖 2-24	參照斷面資料繪製防洪構造物	24

圖 2-25	本作業區範圍溢堤線繪製成果.....	25
圖 2-26	CAD 格式資料轉換為 SHP 格式作業流程.....	26
圖 2-27	既有 CAD 格式水域線資料轉換為 SHP 格式.....	26
圖 2-28	移除河流溝渠等流動水域(溢堤線範圍)內水域區塊.....	27
圖 2-29	水域區塊屬性賦予作業畫面.....	27
圖 2-30	指引規定之水域高程賦予方法.....	28
圖 2-31	本作業區水域區塊繪製成果.....	29
圖 2-32	本計畫海陸線成果.....	30
圖 2-33	本計畫海堤線繪製成果.....	31
圖 2-34	本計畫水閘門成果.....	32
圖 2-35	位相關係合理性檢查.....	33
圖 2-36	建物區塊(資料表)成果展示.....	35
圖 2-37	本作業區溢堤線屬性資料表成果展示.....	35
圖 2-38	本作業區水域區塊屬性表成果展示.....	36
圖 2-39	本作業區海陸線屬性表成果展示.....	37
圖 2-40	本作業區海堤線屬性表成果展示.....	38
圖 2-41	本作業區水閘門屬性表成果展示.....	39
圖 2-42	圖徵接邊處理示意圖(紅黃線為不同圖幅).....	40
圖 2-43	本測區圖徵接邊範圍.....	40
圖 2-44	重新內插計算小於 1 公尺寬度之阻水人工構造物.....	42
圖 2-45	網格資料接邊處理作業.....	42
圖 2-46	網格資料接邊自主檢查畫面.....	43
圖 2-47	內政部 DTM 成果資料檢核成果(節錄).....	44
圖 2-48	內政部「詮釋資料建置系統」作業畫面.....	44
圖 2-49	普查人孔分布.....	45
圖 2-50	不一致人孔附圖說明檔(pdf 檔).....	47
圖 2-51	不一致人孔分布.....	48
圖 2-52	不一致類別數量統計.....	48
圖 2-53	臺東縣關山鎮不一致人孔分布.....	49

圖 2-54	臺東縣關山鎮街景拍攝時間.....	49
圖 2-55	臺東縣臺東市不一致人孔分布.....	50
圖 2-56	人孔於中央分隔島 (本計畫區人孔標號 4293-1).....	50
圖 3-1	參與本計畫成大衛中教育訓練課程.....	51
圖 3-2	自主建立 Global Mapper 軟體操作作業手冊.....	52
圖 3-3	三維水利圖徵繪製內部教育訓練.....	52
圖 3-4	自主建立 HyDEM 三維水利圖徵繪製作業手冊(持續增加中).....	52
圖 3-5	品質管制計畫流程圖.....	53
圖 3-6	自主檢查項目與相關負責人.....	53
圖 3-7	三維水利圖徵節點高程合理性檢查程式畫面.....	55
圖 3-8	三維水利圖徵節點高程自動檢查.....	55
圖 3-9	相鄰圖徵高程檢查程式畫面.....	56
圖 3-10	三維水利圖徵屬性表檢查.....	56
圖 3-11	位相檢查畫面.....	57
圖 3-12	高程一致性檢查說明.....	57
圖 3-13	三維水利圖徵修正檢查程式.....	58
圖 3-14	檢核成果綠色圈表示修正前、後特徵線之節點有相異之處.....	58
圖 3-15	點雲類別檢查.....	59
圖 3-16	點雲類別檢查結果.....	59
圖 3-17	建立自動化品質管制表格.....	60
圖 3-18	113 年度編修作業人員品質狀況統計(提送第一次審查結果).....	60
圖 3-19	自主外業檢核現地工作照.....	62
圖 3-20	自主外業檢核圖幅分布圖.....	63

表目錄

表 1-1	各階段繳交項目及繳交日期.....	5
表 1-2	各批次成果及送審查時程與繳交時程.....	6
表 2-1	點雲資料分類項目.....	13
表 2-2	點雲常見分類錯誤與原則.....	13
表 2-3	空載光達點雲於水利構造物上表現成果示意圖.....	14
表 2-4	圖層名稱命名方式.....	34
表 2-5	建物區塊 (資料表) 屬性欄位.....	34
表 2-6	溢堤線屬性資料表.....	35
表 2-7	水域區塊屬性資料表.....	36
表 2-8	海陸線屬性資料表.....	37
表 2-9	海堤線屬性資料表.....	38
表 2-10	水閘門屬性欄位.....	39
表 2-11	圖層檔案名稱與格式.....	41
表 2-12	人孔不一致類別說明.....	46
表 2-13	下水道整合成果紀錄表.....	47
表 3-1	HyDEM LAS 及三維水利圖徵資料檢核項目表.....	54
表 3-2	第 1 子測區三維水利圖徵外業自主檢核成果.....	61
表 3-3	第 2 子測區三維水利圖徵外業自主檢核成果.....	61
表 3-4	第 3 作業區各子測區外業驗收絕對及相對通過標準修正表.....	61

第一章 前言

1-1 計畫緣起

內政部報經行政院核定推動「落實智慧國土-國土測繪圖資更新及維運計畫(105-109)」，自 105 年度起分年委外以 LiDAR (空載光達) 技術更新高精度及高解析度之數值地形模型 (DTM, 包括 DEM 及 DSM) 資料，該資料為國家各項重大建設基礎，並廣泛應用於防減災規劃與國土保育、潛在大規模崩塌調查、水資源管理、洪氾地區溢淹模式模擬、工程設計與規劃及飛航安全管理等領域提供重要決策資訊，成效顯著。

由於 DTM 資料為落實智慧國土相關工作所需重要資料且為國家三維底圖基礎資料之一，並因應目前各單位對國土管理與決策之需求，其中防淹防汛已為重大議題，淹水模擬分析已漸由區域等級提升至即時的社區等級決策需求，DTM 與水利相關之三維地形圖徵資料為淹水模擬運算所需之基礎背景資料，目前以純網格形式提供高程值之 DTM 資料已略顯不足，倘能搭配三維地形圖徵資料，則可兼顧計算效率與細緻表達地形資訊之效果，故自 107 年起內政部地政司與經濟部水利署水利規劃分署合作，產製適合建置水理數值模型之水利數值地形資料，推廣細緻化淹水模擬之應用，並於 108 年度研擬水利數值地形資料測製及檢核技術指引(草案)並試辦臺南市鹽水溪及三爺溪排水流域合計 53 幅(比例尺 1/5,000)水利數值地形模型 (Hydraulic Digital Elevation Model, 簡稱 HyDEM) 相關成果。

內政部 109 年依據「水智慧防災計畫(109-113 年)」以臺南市將軍溪集水區範圍及港尾溝溪排水集水區之流域周邊範圍計 100 幅水利數值地形模型相關成果。內政部國土測繪中心(以下簡稱 測繪中心)於 110 年及 111 年已完成臺灣西部地區計 1,270 幅水利數值地形模型相關成果及 291 公里之河川斷面與水利數值地形模型整合工作。112 年及 113 年持續委託測製廠商辦理計 1,091 幅水利數值地形資料測製工作、154 公里之河川斷面與水利數值地形模型整合工作及全臺灣 111,835 筆下水道資料與水利數值地形模型整合工作，並另案委由國立成功大學衛星資訊研究中心(以下簡稱 成大衛中)辦理本計畫成果檢核與監審工作，俾達成計畫預期成效。

1-2 測製範圍

本作業區(第 3 作業區)辦理 138 幅五千分之一圖幅，分布於臺東縣及花蓮縣等部分地區，河川流域包含三仙溪、新港溪、北太麻里溪、卑南溪、馬武溪、金崙溪、知本溪、秀姑巒溪、利嘉溪、太麻里溪、大武溪、大竹溪、掃別溪、寧埔溪、海老溪、都歷溪、斑鳩溪、太麻里沿海、大鳥溪、朝庸溪、安溯溪、達仁溪、太平溪、都蘭溪，並劃分為第 1 子測區(6-3-1)及第 2 子測區(6-3-2)，其中第 1 子測區包含 85 幅五千分之一圖幅(約 62%)、第 2 子測區 53 幅五千分之一圖幅(約 38%)，兩子測區計畫範圍如圖 1-1 所示；本作業區接邊區域，與 113 年第 4 作業區接邊 3 幅，長度約 3 公里詳如圖 1-1 所示；下水道資料整合作業整合臺東縣部分地區，整合數量 1,133 筆，第一次提送 808 筆(71%)，第二次提送 325 筆(29%)，人孔分布詳見圖 1-2 所示。

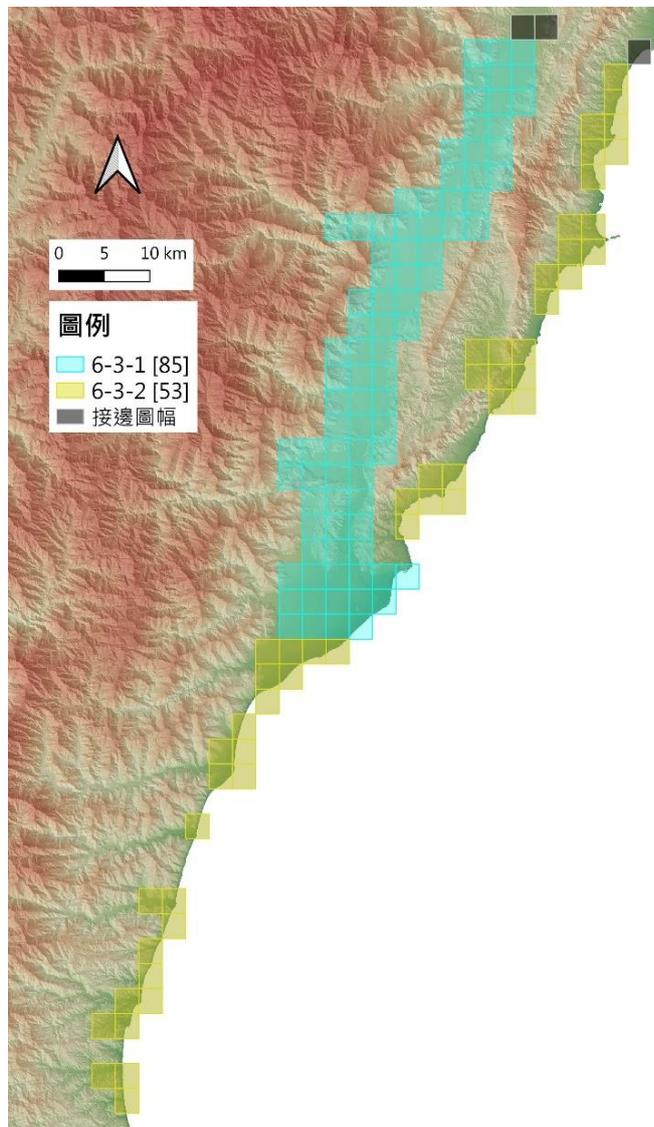


圖 1-1 113 年度辦理測製範圍(第 3 作業區)

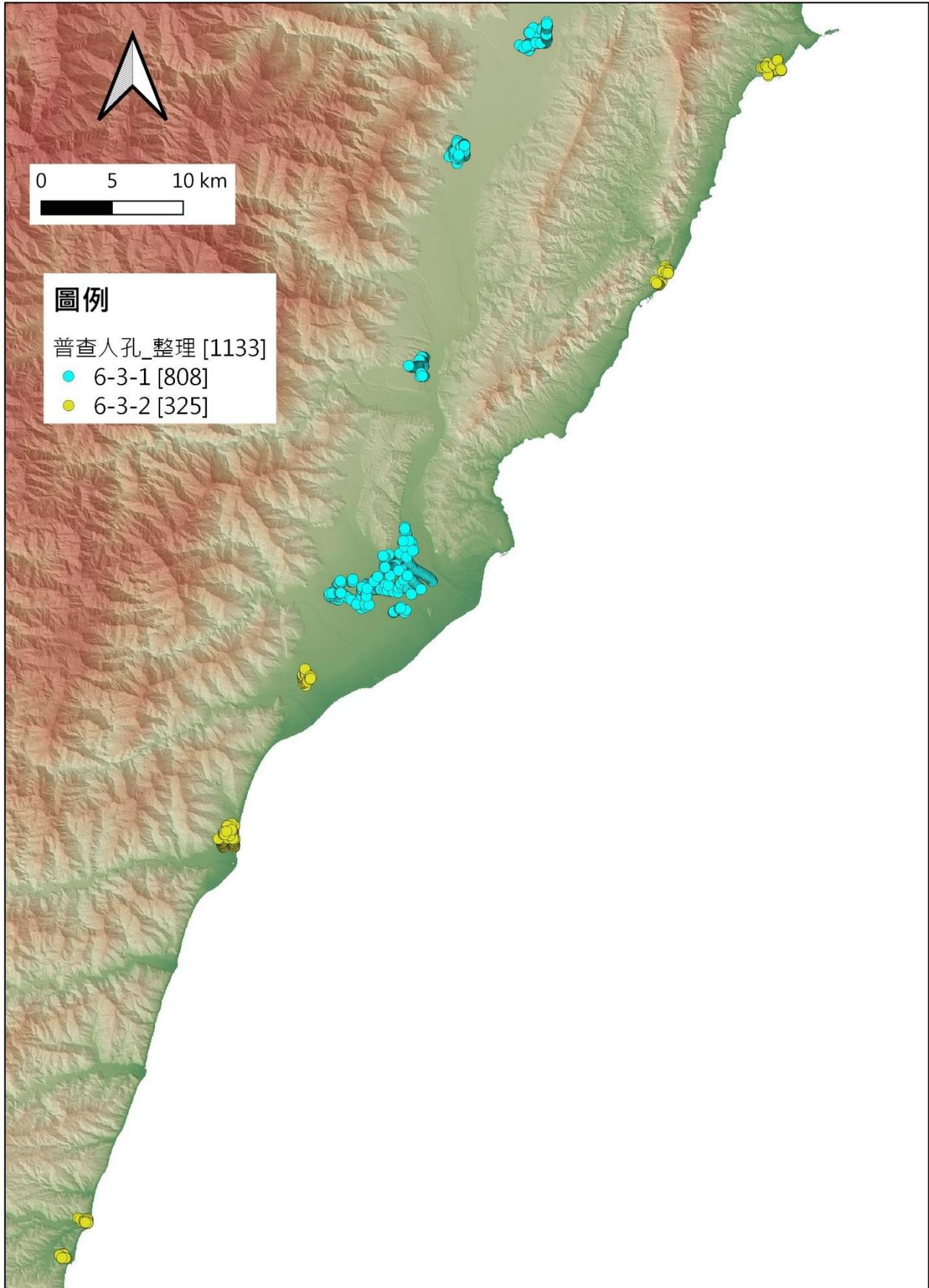


圖 1-2 113 年辦理下水道資料與水利數值地形模型整合工作

1-3 各階段繳交項目及作業期程

本計畫自 112 年 2 月 13 日決標後分為 8 個階段辦理，今年執行 113 年第 5 階段到第 8 階段，工作項目須辦理三維水利圖徵繪製、水利數值地形分類點雲、HyDEM 網格製作以及下水道人孔與水利數值地形模式的整合，因今年 7 月 24 至 25 日受到凱米颱風影響及 10 月 2 日至 3 日山陀兒颱風來襲，第 7 階段和第 8 階段皆展延 4 日(圖 1-3)，各階段繳付期程如表 1-1 所示，三維水利圖徵以及水利數值地形分類點雲各批次提送期程如表 1-2 所示，各階段提送成果及成果核備公文請詳見附件一。

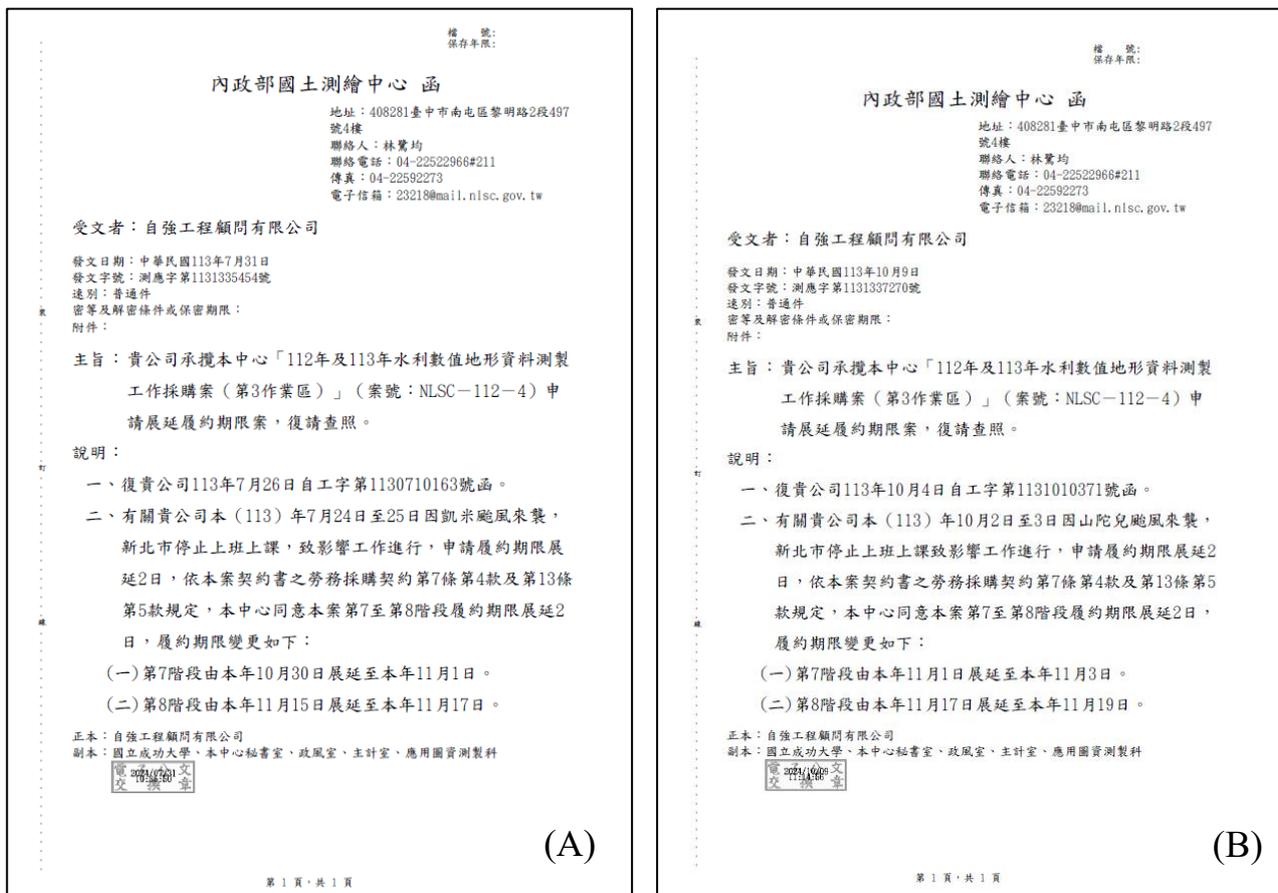


圖 1-3 颱風影像展延許可文(A)凱米颱風 (B)山陀兒颱風

表 1-1 各階段繳交項目及繳交日期

階段	交付項目	契約期限	成果繳交日期	備註
第 5 階段	113 年作業計畫初稿	113 年 1 月 31 日	113 年 1 月 9 日	
第 6 階段	1.113 年水利數值地形資料測製成果(113 年辦理範圍 60%以上圖幅)	113 年 6 月 15 日	113 年 6 月 13 日	
	2.下水道資料與水利數值地形模型整合成果(同該階段 HyDEM 成果繳交之圖幅)			
第 7 階段	1.113 年水利數值地形資料測製成果(113 年範圍之剩餘圖幅數)	113 年 11 月 03 日	113 年 10 月 30 日	颱風展延繳交期限
	2.下水道資料與水利數值地形模型整合成果(同該階段 HyDEM 成果繳交之圖幅)			
第 8 階段	113 年工作總報告(初稿)	113 年 11 月 19 日	113 年 11 月 18 日	颱風展延繳交期限
	修正後 113 年總報告	113 年 12 月 25 日	113 年 12 月 16 日	

表 1-2 各批次成果及送審查時程與繳交時程

階段	項次	工作項目	繳交圖幅數量	送審日期	提交至機關
5	1	113 年度作業計畫初稿	-	113.01.03	113.01.09 (自工字第 1130109639)
6	2	水利數值地形分類點雲、三維水利圖徵	14 幅	113.03.08	113.06.13 (自工字第 1130610051)
	3	水利數值地形分類點雲、三維水利圖徵	20 幅	113.04.03	
	4	水利數值地形分類點雲、三維水利圖徵	18 幅	113.04.19	
	5	水利數值地形分類點雲、三維水利圖徵	33 幅	113.05.10	
	6	水利數值地形模型	85 幅	113.05.24	
	7	下水道資料與水利數值地形模型整合成果	1,073 筆	113.05.28	
7	8	水利數值地形分類點雲、三維水利圖徵	12 幅	113.07.31	113.10.30 (自工字第 1131010450)
	9	水利數值地形分類點雲、三維水利圖徵	13 幅	113.08.19	
	10	水利數值地形分類點雲、三維水利圖徵	28 幅	113.09.11	
	11	水利數值地形模型	53 幅	113.10.07	
	12	下水道資料與水利數值地形模型整合成果	實際提送全年 度 1,133 筆	113.10.18	
8	13	113 年度工作總報告(初稿)	1 式	113.11.08	113.11.18 (自工字第 1131110511)

第二章 計畫執行內容、方法與步驟

2-1 作業規劃與程序

本計畫採用內政部之空載光達技術更新數值地形模型成果測製案之點雲資料，進行水利數值地形資料產製，包括「既有資料蒐集」、「水利數值地形點雲分類」、「三維水利圖徵繪製」、「水利數值地形模型產製」、「河川斷面測量成果與水利數值地形模型網格整合」以及「下水道資料與水利數值地形模型整合」。本計畫範圍面積廣大，工作項目繁多，彙整各工作項目以及相關資料於工作流程圖如圖 2-1 所示。

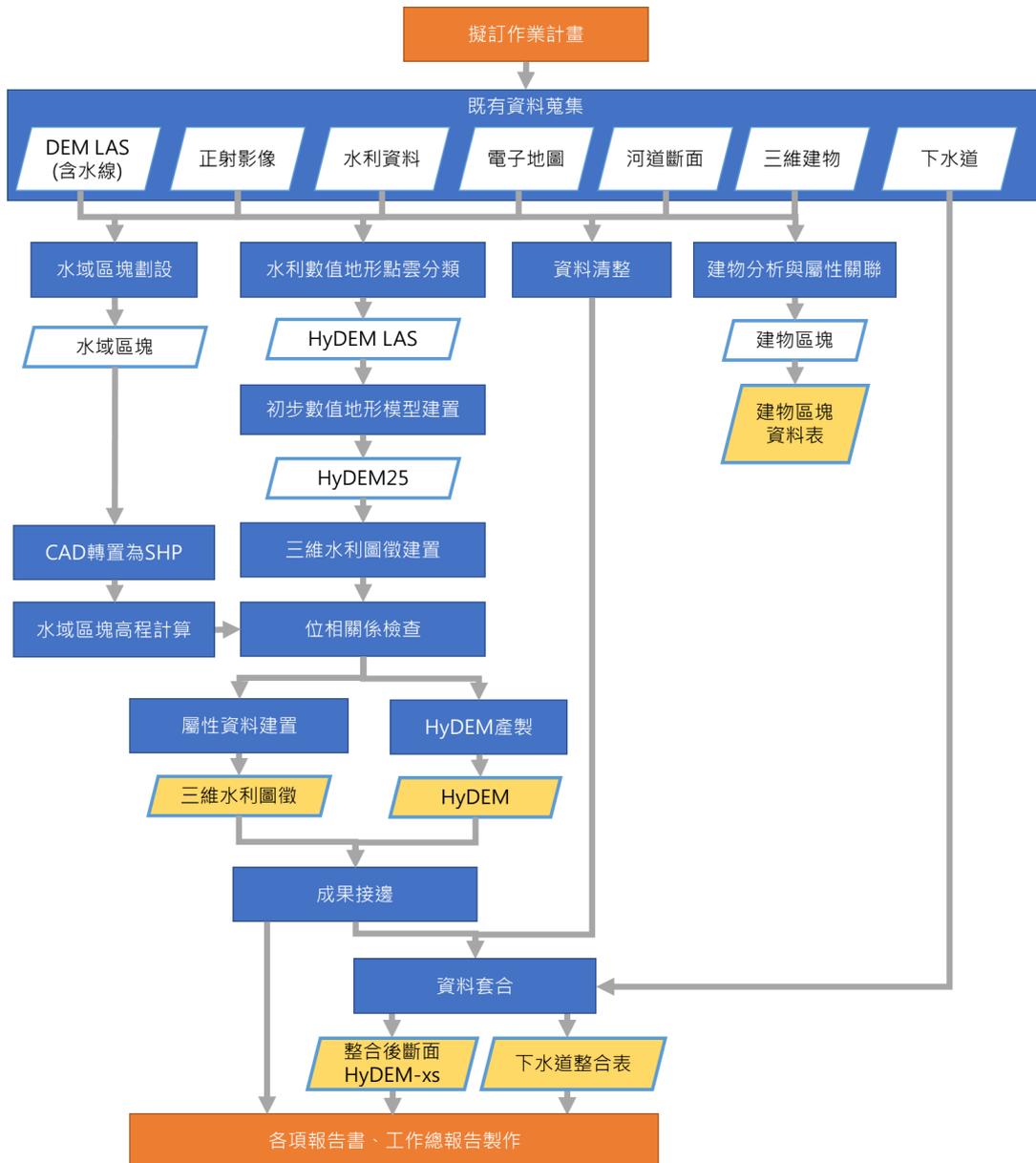


圖 2-1 水利數值地形測製工作流程圖

2-2 既有資料蒐集

蒐集國土測繪中心所提供之空載光達技術更新數值地形模型成果測製案(後稱空載光達案)點雲資料(含水域線)、正射影像、三維建物近似化模型、臺灣通用電子地圖及經濟部水利署所提供之海堤等資料。

2-2-1 空載光達案點雲資料(含水域線)

依據「空載光達測製數值地形模型標準作業指引(草案)」將點雲資料分類為地面點、水面點、雜點及非地面點等 4 類之成果資料(後稱 DEM LAS)，如圖 2-2。可進一步內插為數值高程模型 (Digital Elevation Model, DEM)，以呈現土地表面自然地貌起伏，即不含地表植被及人工構造物的裸露地表。本作業區所取得之空載光達點雲資料為 112 年內政部光達案測製成果。

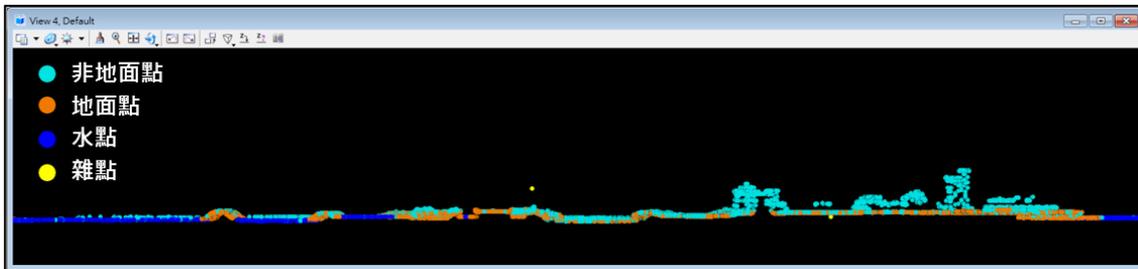


圖 2-2 DEM LAS 成果

水域線為空載光達案中呈現航拍當時水體現況的線資料，並以此作為分類水點的依據(圖 2-3)。水域線於空載光達案中的作法為以正射影像進行水域數化，最後以水域線(為內陸水域線及海域線的統稱)分類水點，完成 DEM LAS 點雲分類編修。

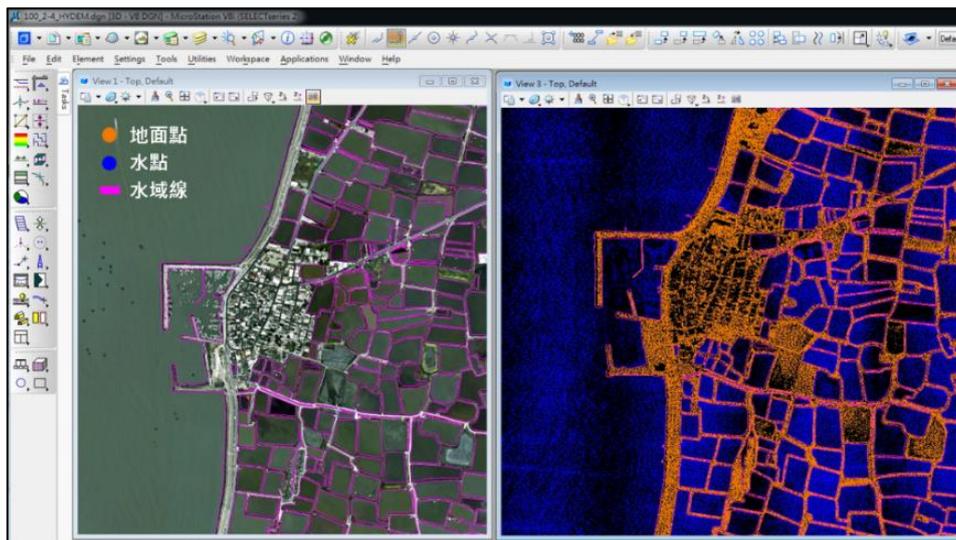


圖 2-3 水域線套疊正射影像與點雲資料

2-2-2 正射影像

主要採用空載光達案之正射影像成果作為水利數值地形點雲分類，以及後續繪製三維水利圖徵之參考依據。空載光達案所產製之正射影像所使用之航拍影像是以空載光達掃瞄飛航時同步取得為原則，故空載光達案的點雲資料與正射影像基本上一致。

2-2-3 臺灣通用電子地圖

臺灣通用電子地圖為一套完整涵蓋全臺灣地區，具備全國性、共通性、一致性及定期更新維護之電子地圖，以地理資訊系統 (Geographic Information System, GIS) 分層套疊概念規劃，包括道路、鐵路、水系、行政界、區塊、建物、重要地標、控制點、門牌資料及彩色正射影像等 10 大類，並依照圖資內容細分為 23 個圖層。其中，臺灣通用電子地圖中之水系資料，作為後續建置三維水利圖徵中溢堤線之參考依據(圖 2-4)，以釐清需要建置溢堤線之處；而重要地標則為後續搭配三維近似化建物模型之建物區塊，用以標記既有建物是否作為可阻水建物之依據。

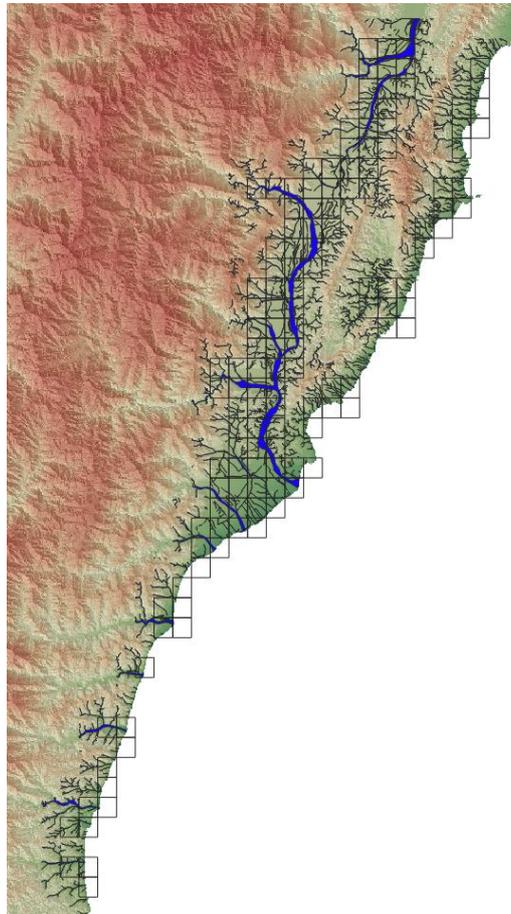


圖 2-4 113 年第 3 作業區臺灣通用電子地圖之水系

2-2-4 經濟部水利署所提供之海堤與水門資料

由經濟部水利署所提供之海堤資料，其中已記錄海堤之地理位置、坐標系統、唯一識別碼、海堤名稱、海堤種類、縣市、鄉鎮、管轄單位、長度等，再於本計畫中以空載光達案點雲資料作為依據，修正海堤資料與點雲資料不相符處(圖 2-5)，並賦予高程資料，以建置更為全面的海堤資料。

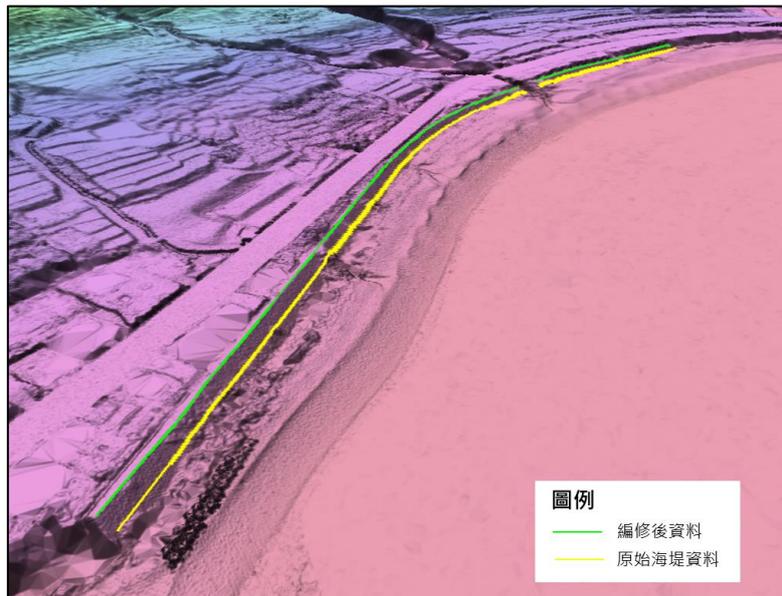


圖 2-5 中央管海堤套疊空載光達點雲模型

經濟部水利署所提供之水閘門僅以點圖徵型態註記其平面位置，套疊正射影像(圖 2-6)及點雲資料，並加以補充標記既有水閘門資料中無紀錄之水閘門。

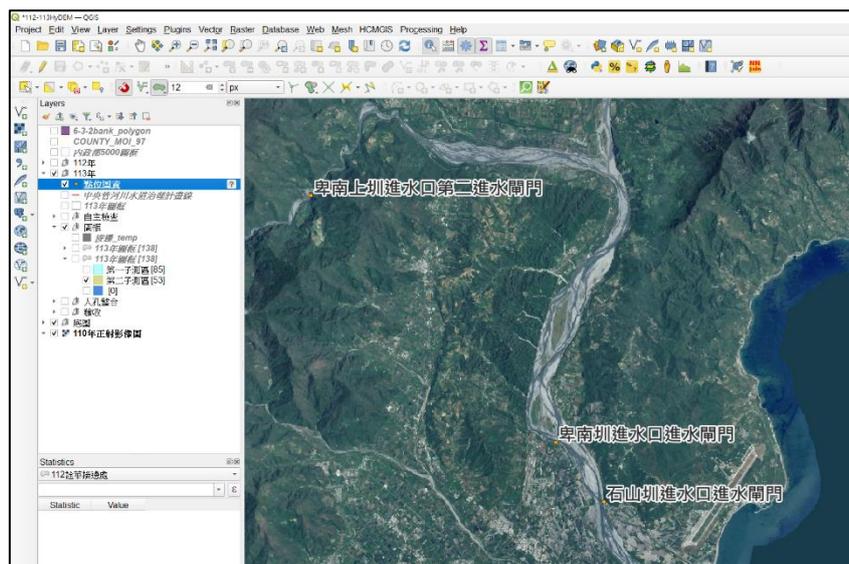


圖 2-6 中央管河川水門套疊臺灣通用電子地圖正射影像

2-2-5 建物區塊

直接引用國土測繪中心提供之三維建物近似化模型之建物編號及臺灣通用電子地圖之地標資料，並透過地標與建物關聯產製標註三維建物模型為一般阻水之建物或為水流通透之建物(如 9960203 加油站)。

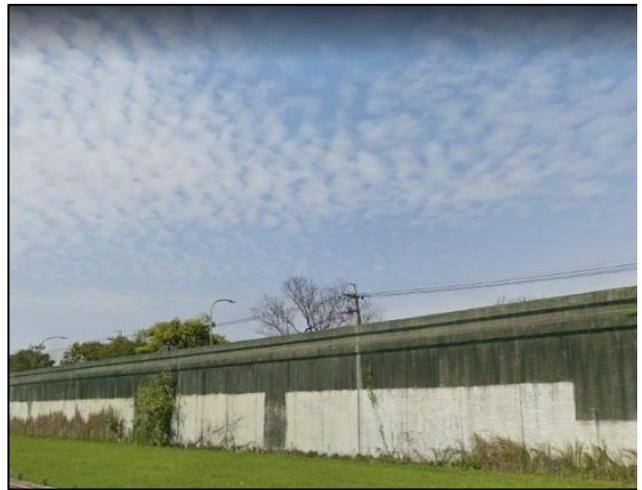
2-3 水利數值地形點雲分類

為能提供水利相關更為廣泛之應用，利用原本空載光達計畫所獲得之點雲資料(DEMLAS)，進一步針對水利相關構造物進行點雲分類，建置適合作為水利數值模型之水利數值地形。依據前述作業需求，本計畫需先了解水利相關設施構造物表徵，以及在空載光達點雲上相對應的表現，再進行點雲的分類與補正(如溝渠兩側立面、防洪牆等，示意如圖 2-7)，以作為後續繪製三維水利圖徵與製作水利數值地形模型依據。

另外，如取得之既有 DEM LAS 成果包含錯誤分類以致影響後續 HyDEM 網格內插及三維水利圖徵之繪製時，須予以補正水利設施夠在點雲分類後提交審核。



(a)溝渠立面



(b)防洪牆

圖 2-7 水利設施構造物示意圖

2-3-1 點雲分類作業原則

光達點雲掃描資料是三維空間中呈不規則分布的點雲 (Points Cloud) 資料。這些點雲是代表真實地形表面、人工建築物 (房屋、煙囪、塔、輸電線等) 或自然植被 (樹、草) 的真實世界地理位置, 有些則是粗差資訊 (雜訊)。光達資料過濾處理結果與實際地貌起伏及地物之分布有關, 過濾演算法對困難地貌的處理會有不同的準確性與適應性的問題, 因此需進行人工辨識與編修。

點雲分類編修作業依據相關計畫作業原則辦理, 主要目的為三維水利圖徵繪製, 因此點雲分類編修是以「是否影響三維水利圖徵繪製」作為點雲分類作業評估標準, 僅針對會影響後續三維水利圖徵繪製之空載光達點雲進行點雲分類編修, 相關作業原則如下:

- 一、單一幅五千分之一圖幅範圍由同一人員處理, 作業內容包含「水利數值地形模型點雲分類」與「三維水利圖徵繪製」, 並以此作人員分配為後續檢核、追蹤修訂、品質管控的統計單位。
- 二、本計畫針對水利數值地形模型點雲分類所採用的軟體為 Microstation 搭配 TerraScan 以及 TerraModeler 模組, 結合前述已蒐集之既有資料(正射影像、三維近似化建物模型建物區塊以及臺灣通用電子地圖等), 以連動性視窗進行點雲分類與編輯, 相關作業畫面如圖 2-8。

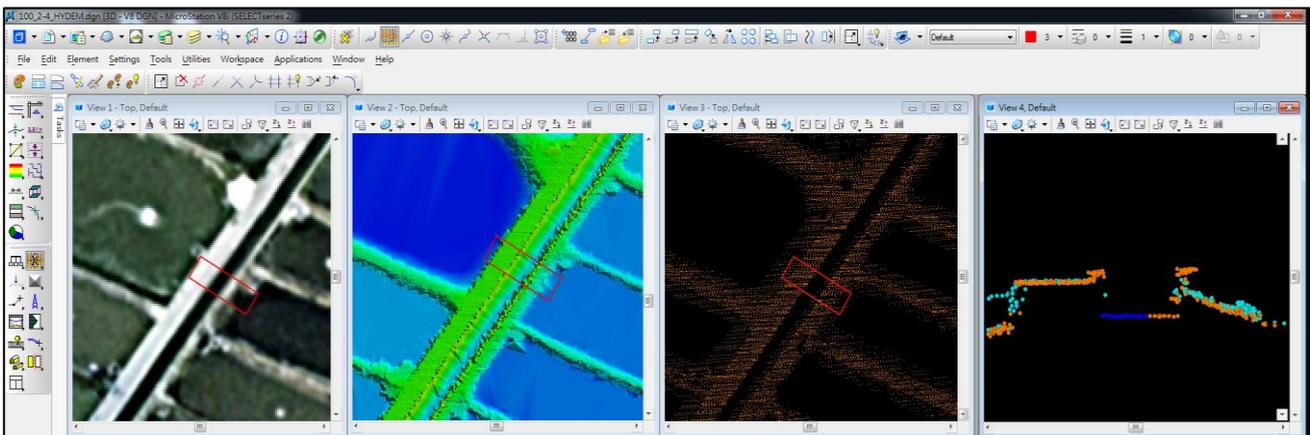


圖 2-8 水利數值地形模型點雲分類作業畫面

- 三、分類後點雲資料共分為五大類, 包含「地面點」、「水面點」、「雜點」、「非地面點」以及「細部水工構造點」, 分項資訊以及類別代碼如表 2-1。

四、一般常見點雲錯誤點類型包括堤防或實心道路、消波塊、低點、孤立點、空中點等，相關原則以及應正確分類方式如表 2-2。

表 2-1 點雲資料分類項目

項次	項目	圖層名稱	Code(編碼)
1	地面點	Ground	2
2	水面點	Water	9
3	雜點	Noise	30
4	非地面點	Nonground	31
5	細部水工構造物	Floodwall	64

表 2-2 點雲常見分類錯誤與原則

項次	類型	正確分類
1	堤防或實心道路	地面點
2	地形反曲位置	地面點
3	消波塊	地面點
4	橋梁、高架道路	非地面點
5	涵洞	非地面點
6	非永久性土堆	非地面點
7	水域	水點

2-3-2 水利設施構造物點雲分類

一、依據不同水利設施於點雲地形結構上的表現，應將水利設施構造物點雲以人工方式分類為地面點(Ground)，作為後續三維水利圖徵建置依據，完成分類後成果如圖 2-9。

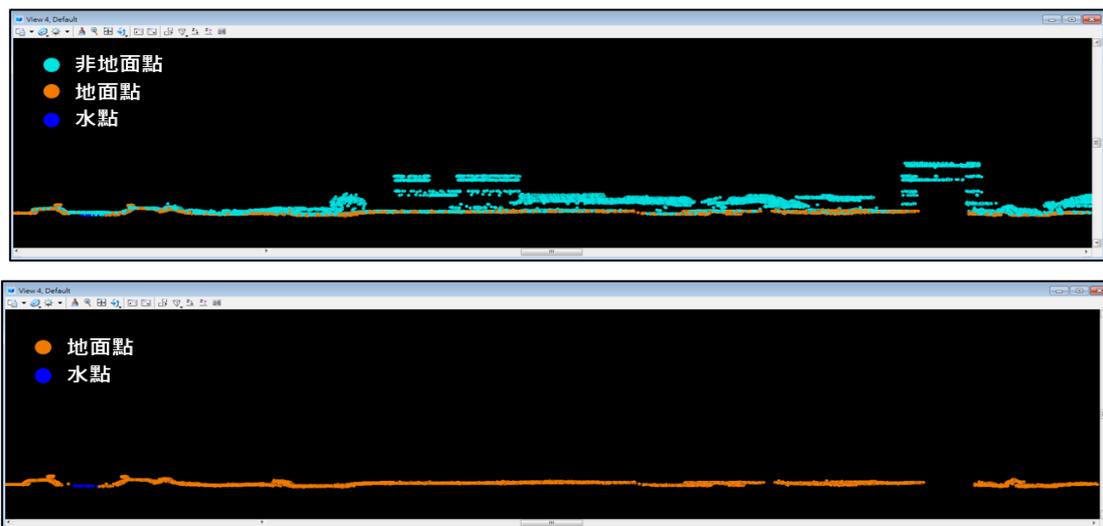


圖 2-9 水利數值地形點雲分類成果示意圖

二、各類型水利構造物於空載光達上的表現與實地照片如表 2-3 所示。

表 2-3 空載光達點雲於水利構造物上表現成果示意圖

<p>(a) 溝渠 立面</p>		
<p>(b) 水門 與 防洪牆</p>		
<p>(c) 水閘 門</p>		
<p>(d) 土堤</p>		

三、由於空載光達相關計畫的資料成果於溝渠兩側立面、各式堤防、寬度小於 1 公尺之防洪牆、胸牆或護欄等部分寬度小於 1 公尺之人工阻水構造物可能無法完整表示，如能以正射影像及空載光達點雲判斷為連續水利設施構造物，則應分類為細部水工構造點(圖層編碼:64)(圖 2-10)。

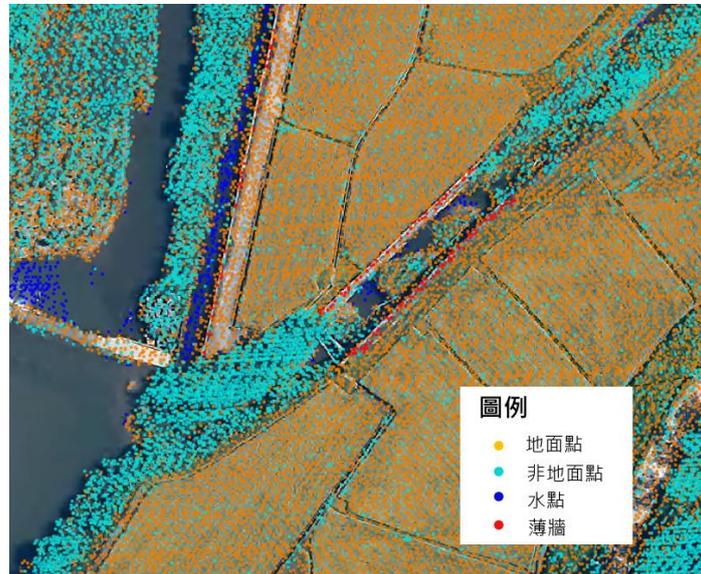


圖 2-10 寬度小於 1 公尺之人工組水構造物於 DSM 與正射影像上表示

2-3-3 常見點雲分類錯誤類型

一、地面點分類錯誤

因地面點分類錯誤未移除，進而影響後續進行 HyDEM 網格內插，造成 HyDEM 成果有不合理之地形表現（如圖 2-11 所示），因此需修正該點雲分類，如圖 2-12 黃框所示，將其從地面點分類為雜點。

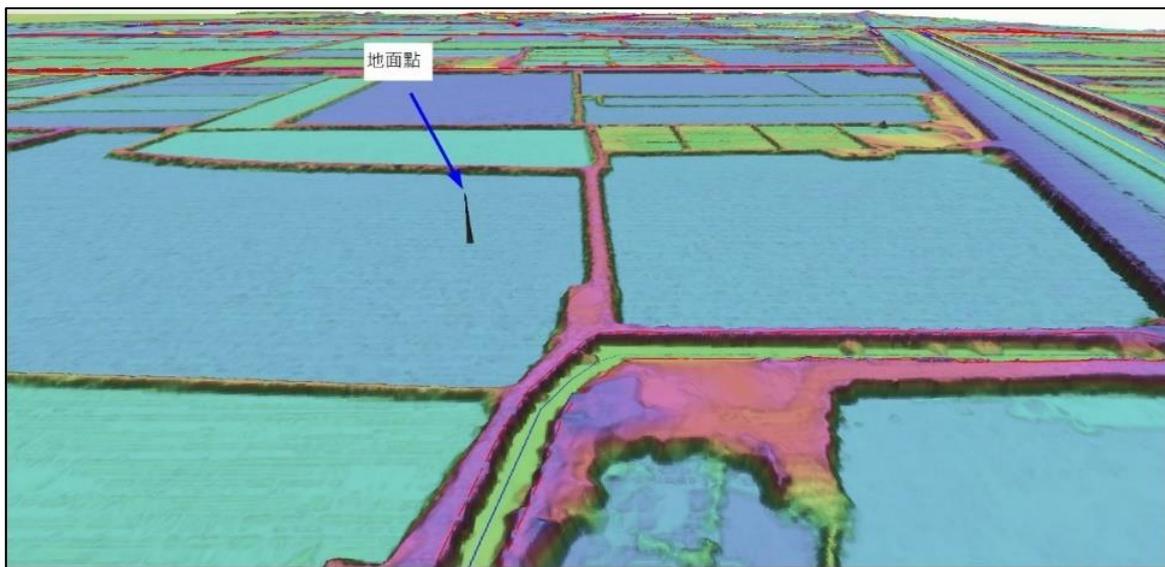


圖 2-11 地面點分類錯誤影響 HyDEM 成果

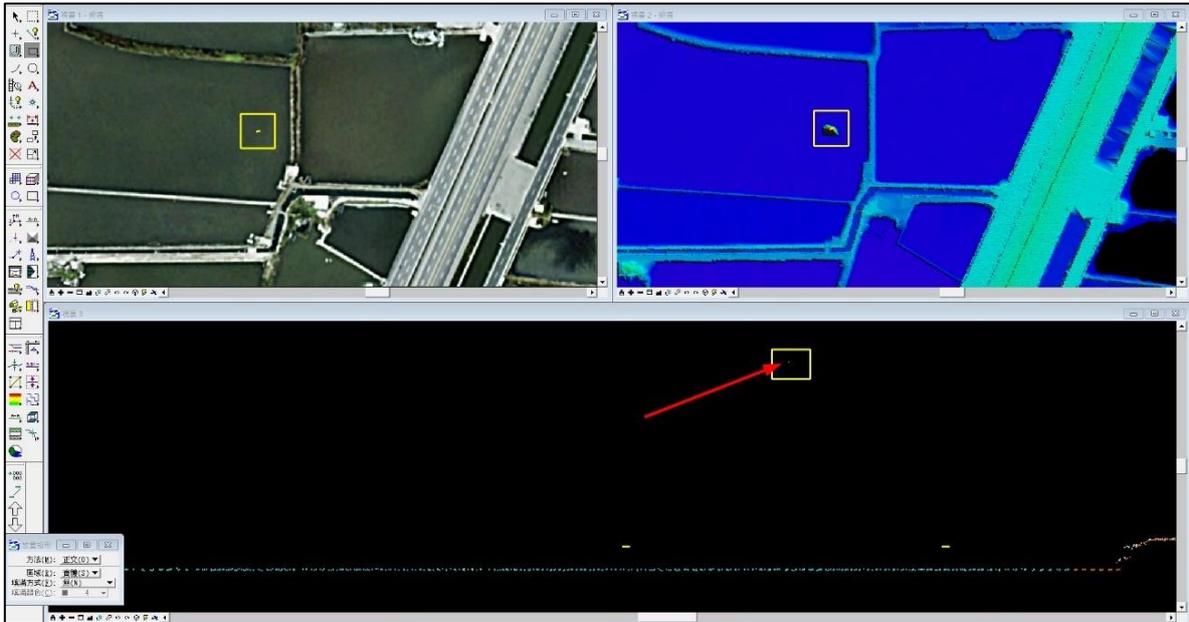


圖 2-12 地面點分類錯誤 TerraSolid 修正作業畫面

二、不可阻水之道路護欄分類為地面點

原點雲分類誤將不可阻水之道路護欄視為堤防而將其分類為地面點，如圖 2-13 所示。如未修正將影響後續組成繪製三維水利圖徵之模型地形表現，造成三維水利圖徵建置錯誤（如圖 2-13 所示），因此需修正該點雲分類。

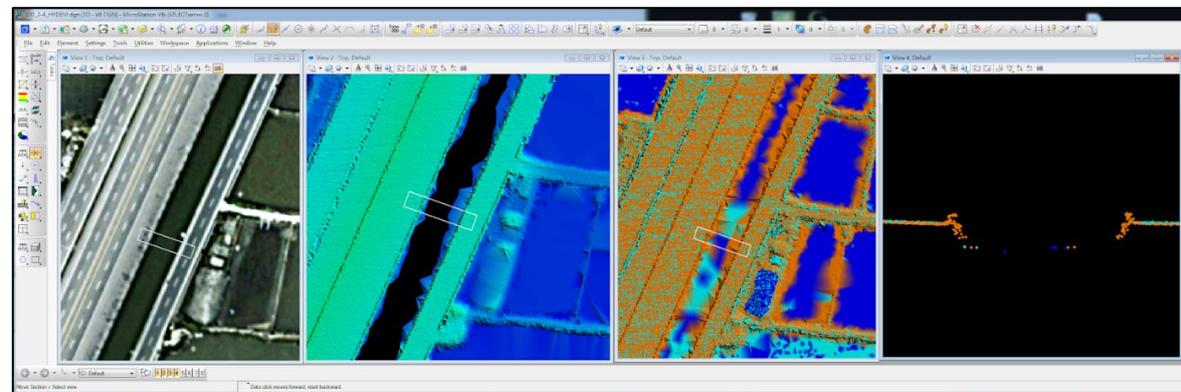


圖 2-13 不可阻水之道路護欄誤分類為地面點

三、水點分類錯誤(水線需修正)

點雲資料與正射影像資料間的時間不一致，使得以正射影像進行數化的水線直接分類水點時出現分類錯誤。圖 2-14 即為因水線繪製錯誤導致將阻水的牆面分類為水點，進而影響後續建置三維水利圖徵與 HyDEM 成果，需修正點雲分類成果。

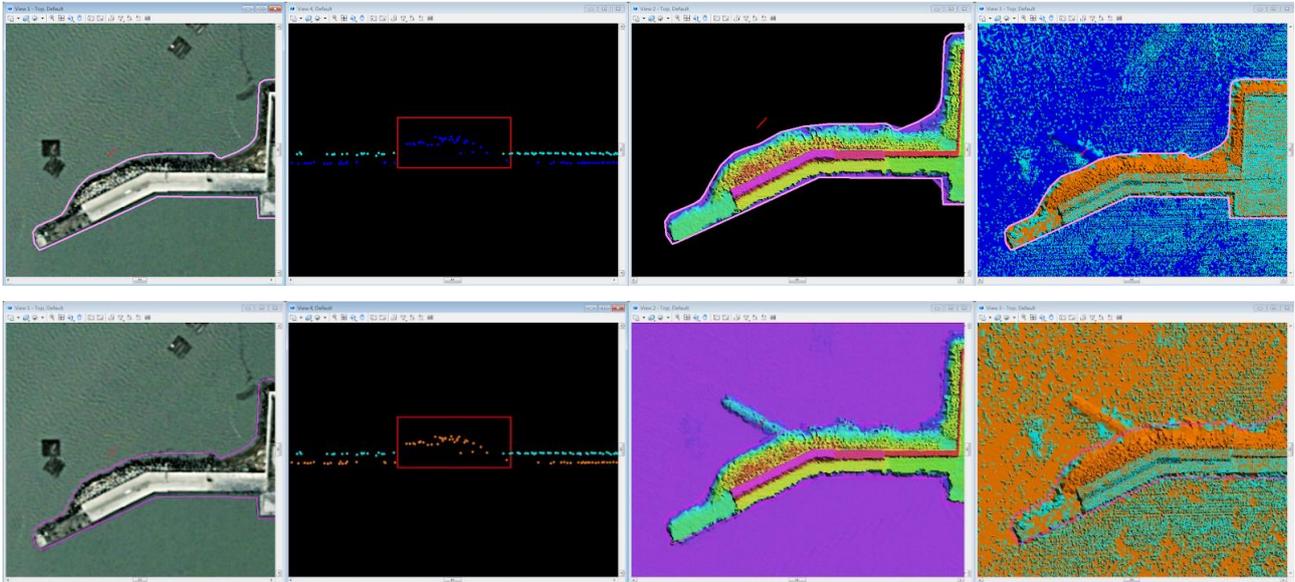


圖 2-14 水線錯誤導致水點分類錯誤(上)與修正點雲分類後成果(下)

2-4 三維水利圖徵建置

三維水利圖徵為帶有高程資訊之水利特徵資料，主要為建置符合後續淹水模擬所需之特徵資料，且需要多重資料(正射影像、既有建物區塊、海堤線等)輔助圖徵判釋以及繪製。以下依序詳述「三維水利圖徵繪製所需的數值地形模型建置」、「既有資料初步檢視」、「三維水利圖徵繪製原則」，及其「屬性資料表建置規則」，整體作業以及各項工作使用的相應軟體繪製為作業流程如圖 2-15。

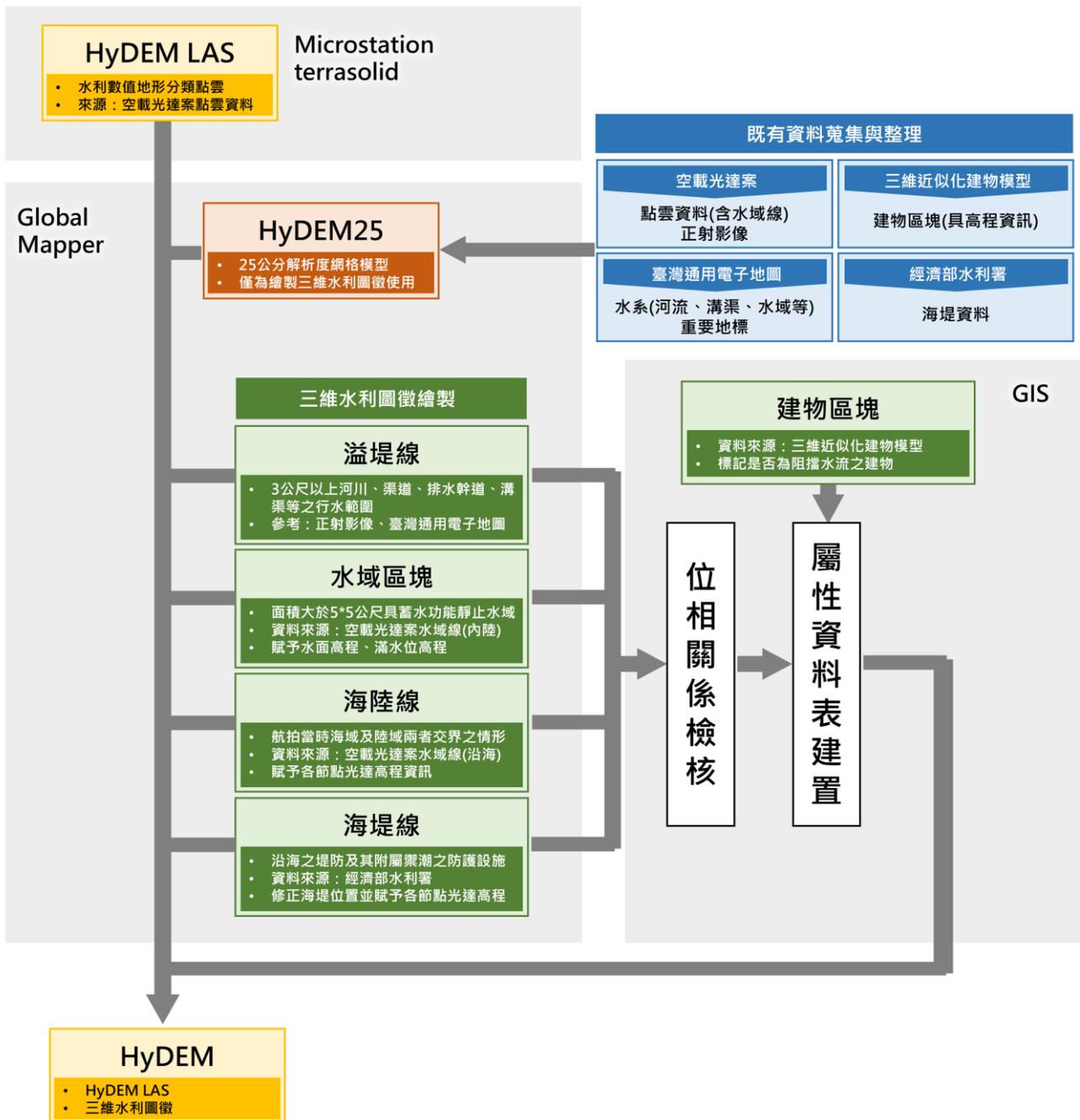


圖 2-15 三維水利圖徵建置作業流程

2-4-1 25 公分數值地形模型建置

本計畫三維水利圖徵係利用既有高精度光達資料建立，相關計畫點雲密度作業規定約為每平方公尺 1.5 點~2 點，又光達掃瞄特性較難在同一特徵上連續獲得點雲資料，在繪製細緻水利圖徵時難以表現物徵連續性。為能補強空載光達點雲解析度上的不足，三維水利圖徵繪製時可利用原始光達點雲內插為 25 公分解析度網格模型，避免可能因點雲先天特性不足所導致相關圖徵繪製錯誤，並同時提高作業效率。

為能確保圖幅邊緣的溢堤線在繪製時不會因為模型組成導致圖幅間成果不一致，本計畫依原計畫範圍框外擴至 100 公尺作為初步模型範圍，內插為 25 公分解析度之網格模型(圖 2-16)，以作為建置三維水利圖徵之依據。

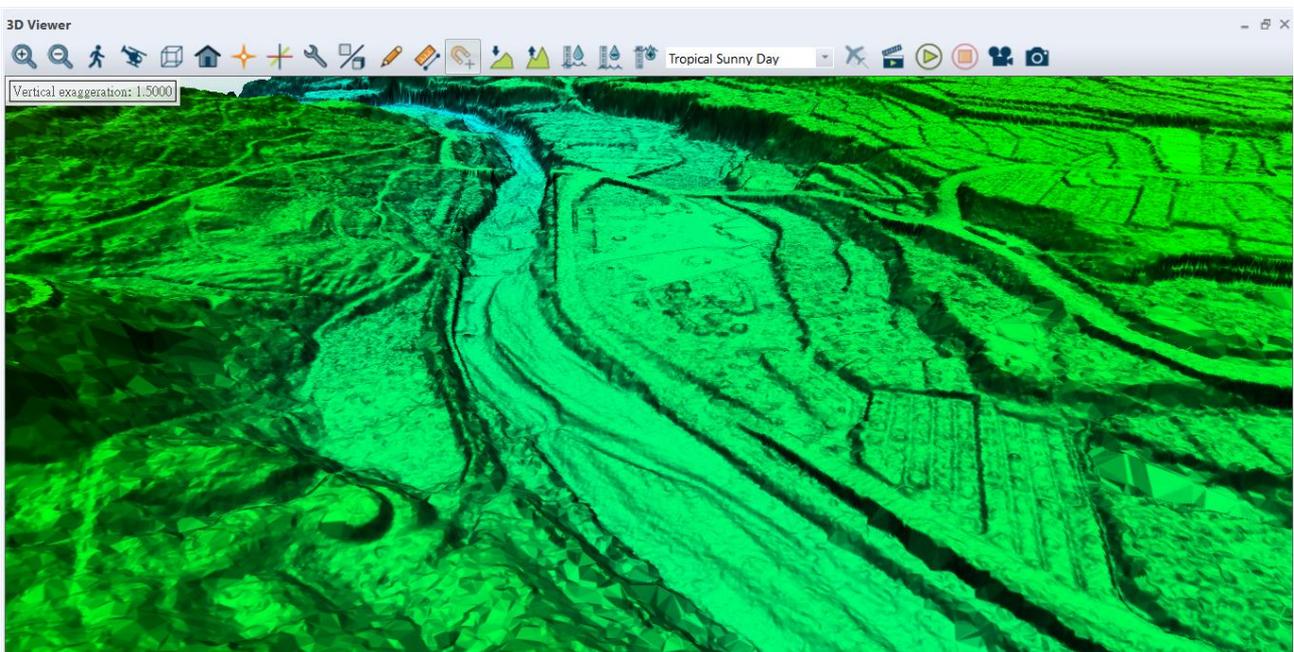


圖 2-16 25 公分數值地形模型建置成果展示

2-4-2 三維水利圖徵繪製

採用 Global Mapper (含 LiDAR module) 軟體作為主要繪製軟體，匯入前述以 Surfer Kriging 組成的 25 公分網格模型進行三維水利圖徵繪製，以下分述各類三維水利圖徵繪製原則，並展示本計畫作業成果。

一、溢堤線

- (一) 建置寬度超過 3 公尺以上之河川、渠道、排水幹道、溝渠等之行水範圍。

- (二) 寬度小於 1 公尺之人工阻水構造物，僅繪製以影像及光達點雲能判斷之連續阻水設施。
- (三) 若有水利人工構造物者，溢堤線繪製於水利人工構造物臨水側高點，即淹水時滿水位處（如圖 2-17），針對寬度小於 1 公尺之人工阻水構造物（如護欄、胸牆等），僅繪製以影像及點雲能判斷之連續阻水設施的頂部；若為自然護坡者，則繪製於相對高點，並且避開保全對象，其中：
1. 若保全對象於兩岸地勢較低側，則另一側溢堤線繪製之高程位置不能低於保全對象該側。
 2. 若保全對象在兩岸地勢較高側，另一側有類似河濱公園的區塊，則溢堤線非繪製於臨水側高點，其位置之高程必須提升至與保全對象該溢堤線相同高程之位置，反之則繪製於相對高點即可。
 3. 保全對象主要指民眾商業活動、生活居住之建物區，受洪患影響致災可能造成生命財產損害之區域。保全對象不含臨近河川堤外區域之農田、漁塭及設施，如：防洪功能之河濱公園、臨時或廢棄工寮....等並非保全對象。
 4. 溢堤線須保有上下游之連續性，避免高程差異過大之情況。

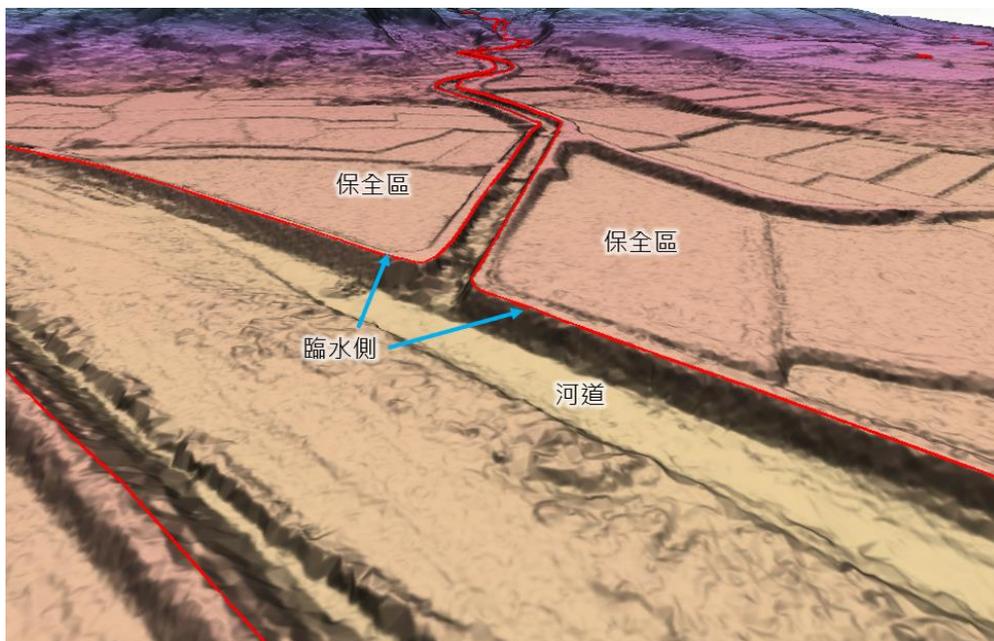


圖 2-17 溢堤線繪製於臨水側高點

- (四) 溢堤線圖徵不需補充暗溝資訊，遇有局部遮蔽之管箱涵亦不須接通，如圖 2-18 所示，因以點雲資料、正射影像無法判斷溝渠是否流通及

其溢堤線位置，故不予繪製。如因橋梁橫越造成部分遮蔽且可判斷流向之渠道，應濾除橋梁面點雲(HyDEM LAS)，保持渠道的流通性，如圖 2-19 所示。

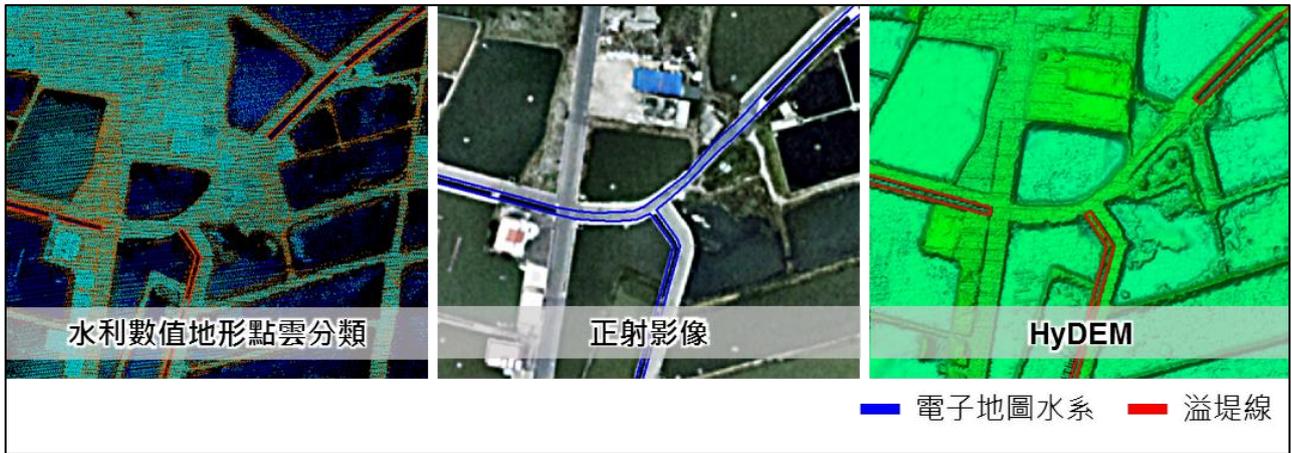


圖 2-18 溢堤線繪製原則：無法判斷渠道流通性

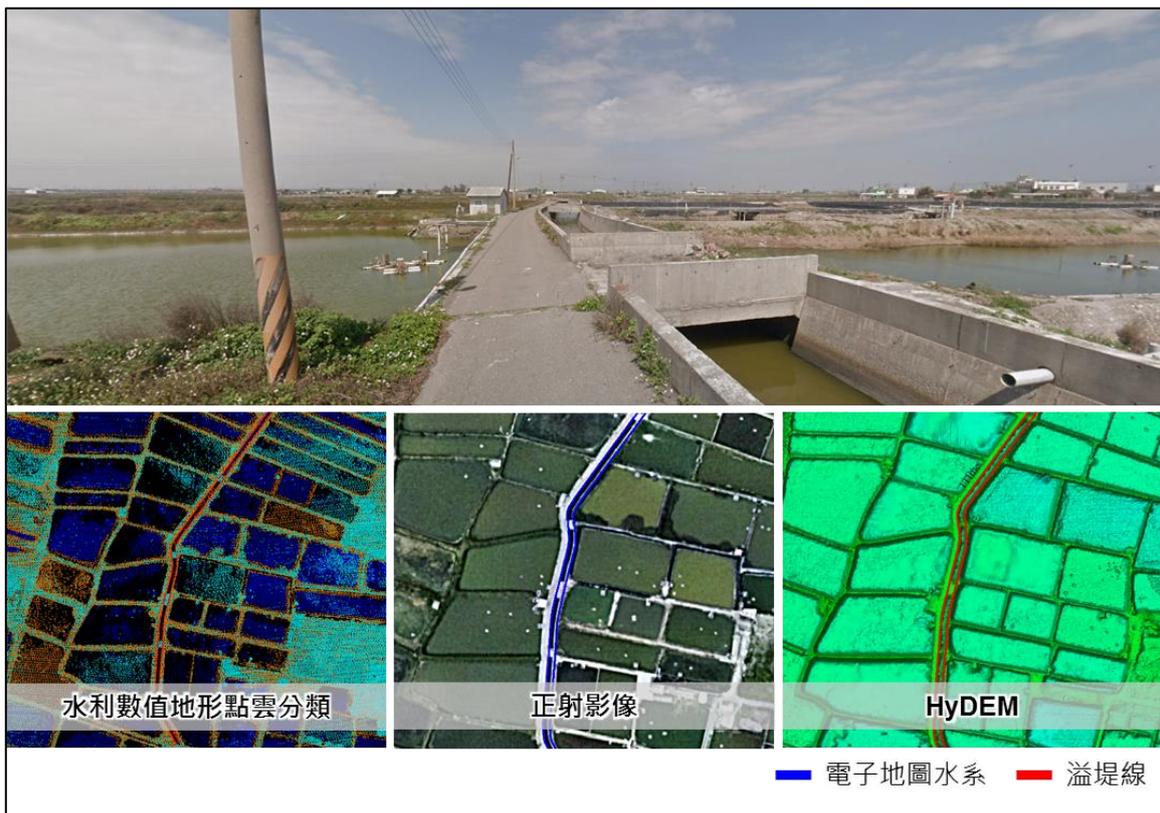


圖 2-19 溢堤線繪製原則：可以判斷渠道流通性

(五) 溢堤線若遇到渠道上的水閘門，則應通過保持水流流通，即溢堤線不斷如圖 2-20 所示；然而堤防上的水閘門則不可讓溢堤線通過，維持堤防資料的完整性，如圖 2-21 所示。



圖 2-20 溢堤線遇水閘門繪製原則(1)

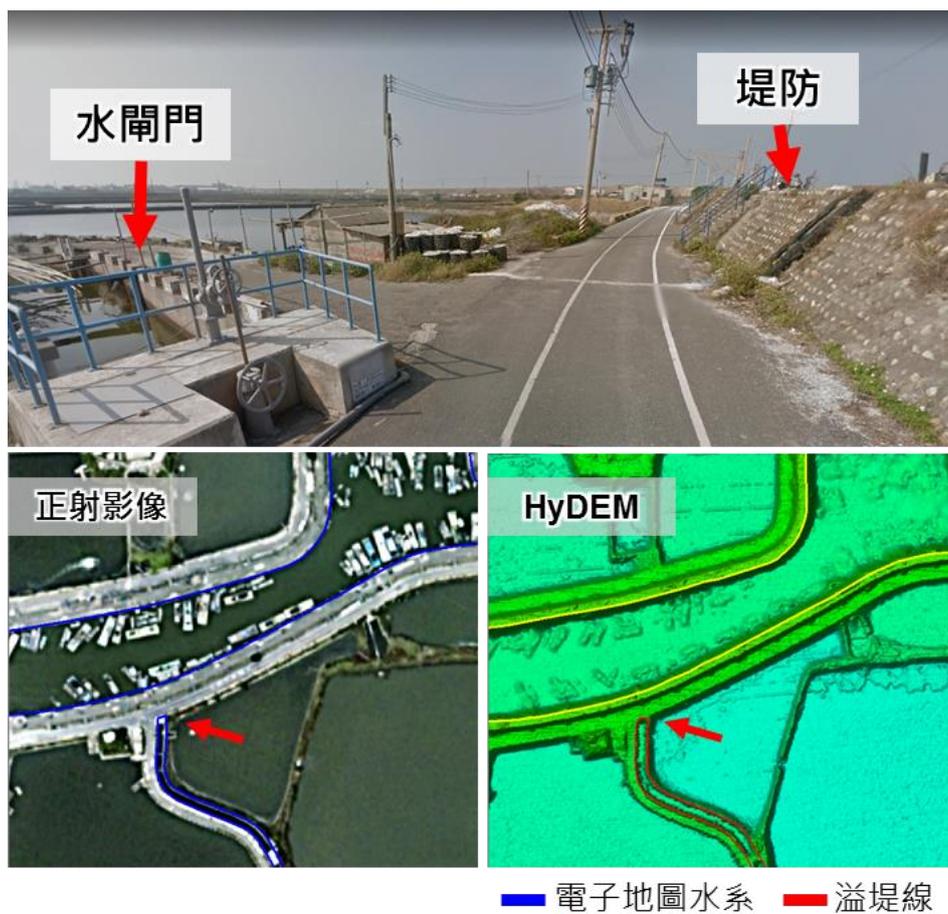


圖 2-21 溢堤線遇水閘門繪製原則(2)

(六) 於 Global Mapper 內匯入已建置之 HyDEM25 作為繪製的模型基礎，並匯入空載光達案水域線以及臺灣通用電子地圖的水系作為參考資料，以 3D 畫面進行溢堤線繪製(圖 2-22)。

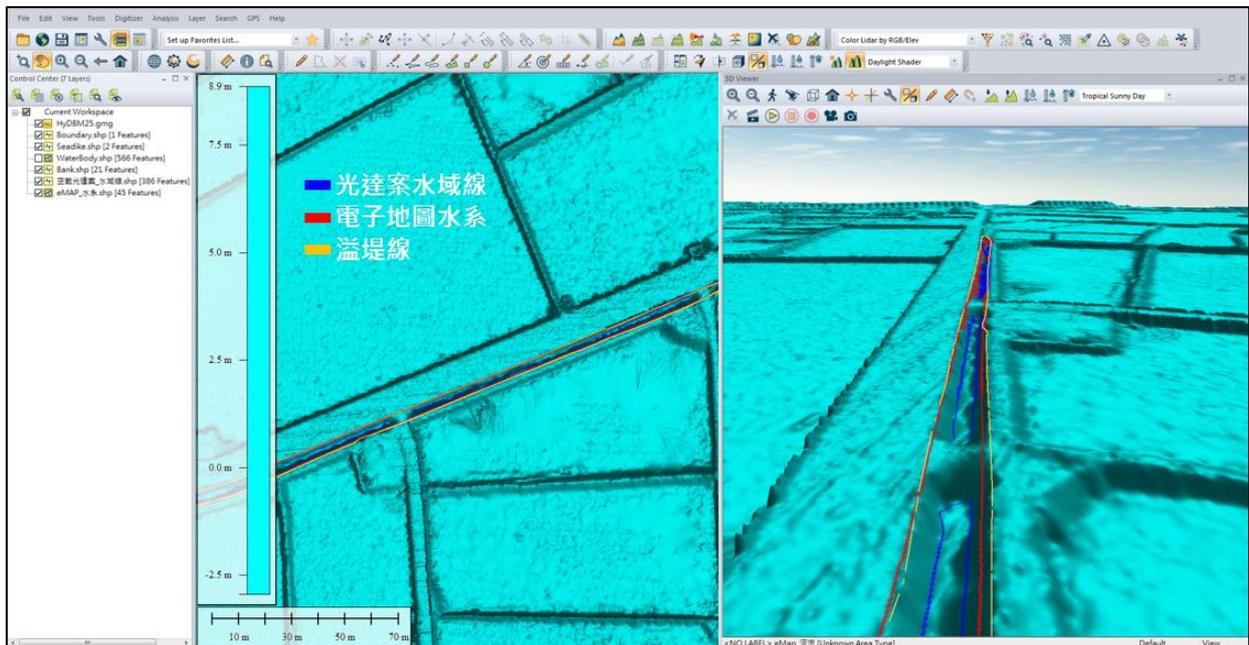


圖 2-22 Global Mapper 溢堤線繪製畫面

(七) 高架橋下無法通視防洪構造物時(圖 2-23)，繪製溢堤線應以河川大斷面、街景以及正射影像作為輔助的判斷資料，合理化繪製溢堤線平面位置與高度(圖 2-24)。



圖 2-23 高架橋光達點雲無法測繪出防洪構造物

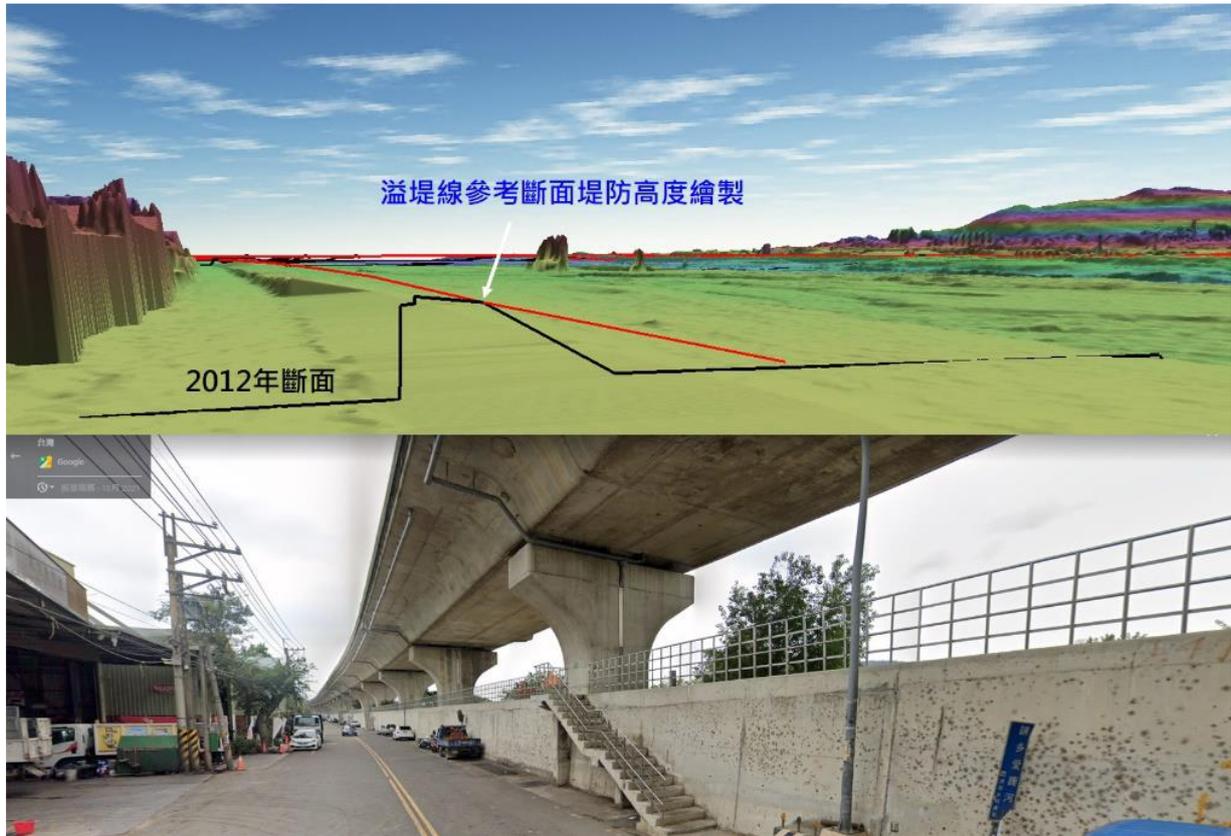


圖 2-24 參照断面資料繪製防洪構造物

- (八) 採用空載光達點雲所建立的 HyDEM25 網格模型之高程值，建立溢堤線各節點高程。
- (九) 溢堤線上至少每 50 公尺有一個節點為原則，高程落差超過 0.5 公尺亦需新增一節點。
- (十) 平面位置與光達位置的平面差異不得超過 1.25 公尺。
- (十一) 針對自然地形溢堤線繪製以上下游高程合理性、平順和兩側同等高為原則。
- (十二) 本作業區溢堤線繪製成果展示如圖 2-25 所示。

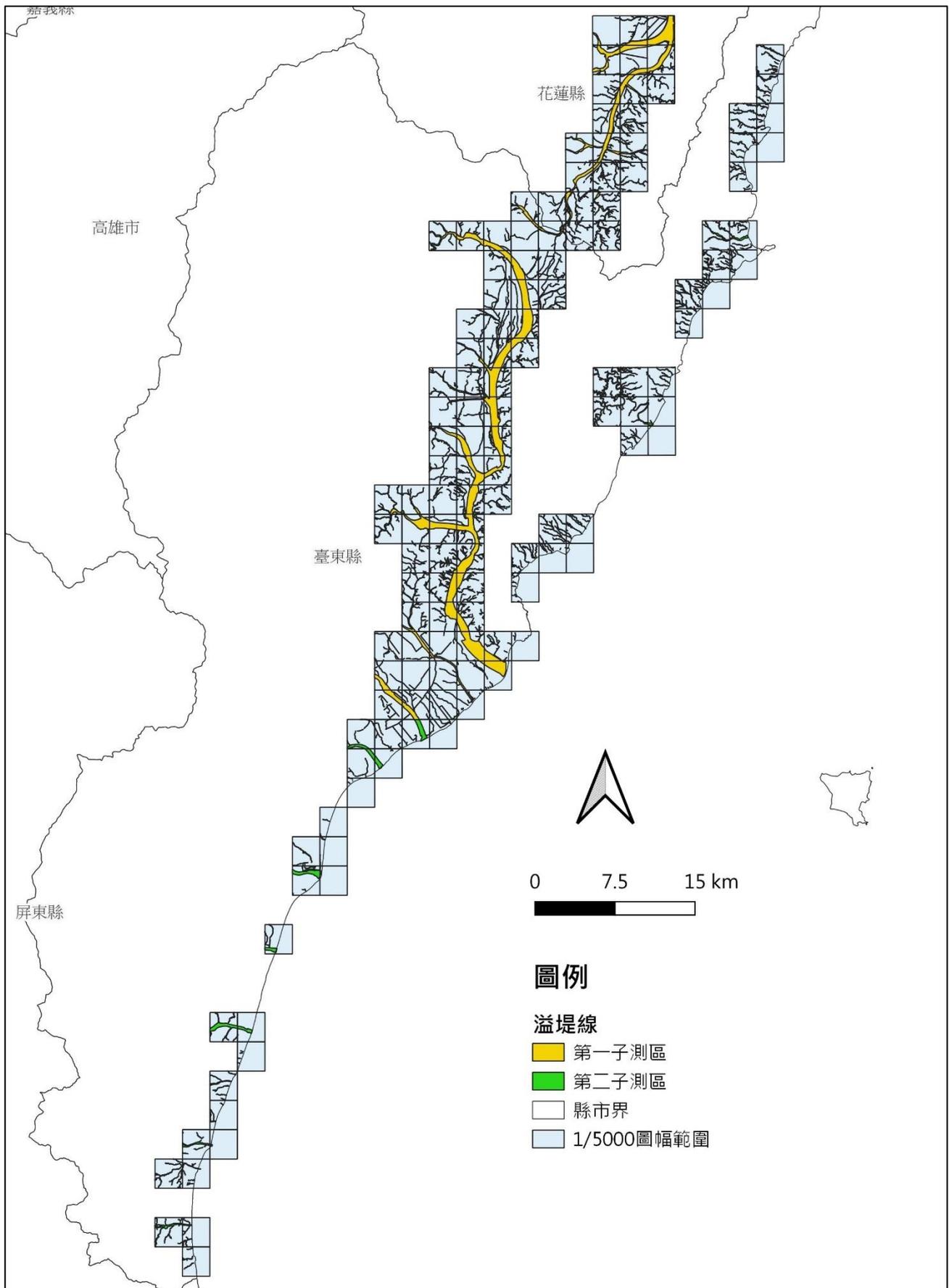


圖 2-25 本作業區範圍溢堤線繪製成果

二、水域區塊

水域線為空載光達案中呈現航拍當時水體現況的線資料，其成果於光達案中為 CAD 檔案，先針對海域線和水域線圖層做篩選，並檢查相位關係和套疊正射影像確認後，轉為 SHP 檔案並以內陸水域線及海域線分層儲存，以作為後續繪製水域區塊、海陸線的參考依據，作業流程詳如圖 2-26 所示，CAD 檔轉換 SHP 檔畫面如圖 2-27 所示。

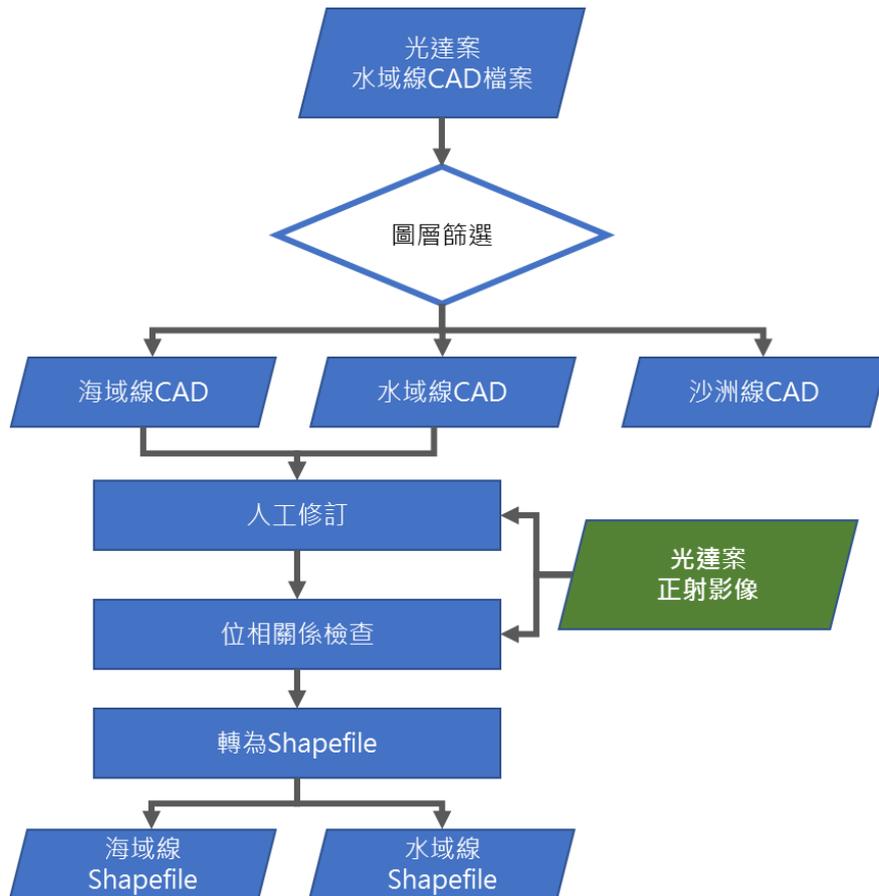
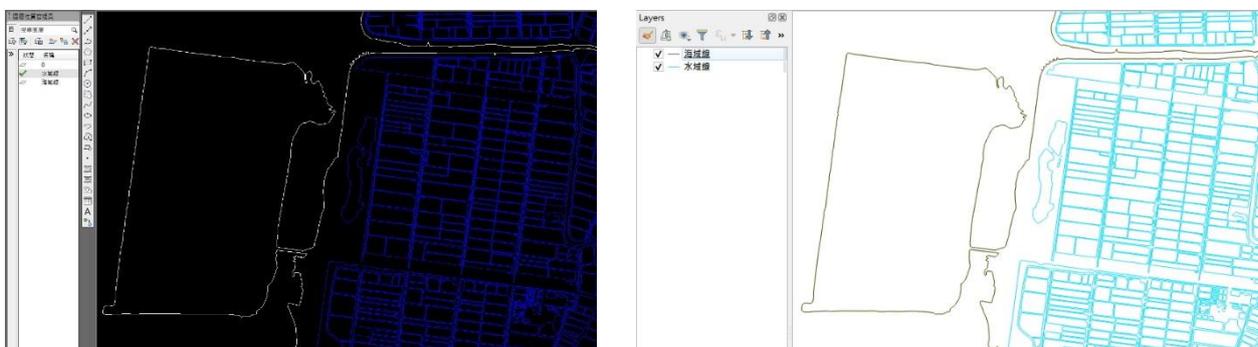


圖 2-26 CAD 格式資料轉換為 SHP 格式作業流程



(a) CAD 檔案格式

(b) SHP 檔案格式

圖 2-27 既有 CAD 格式水域線資料轉換為 SHP 格式

- (一) 建置面積大於 5 公尺x5 公尺之靜止水域，原則以光達測製案之水域線資料修正，搭配正射影像、臺灣通用電子地圖與國土利用現況調查成果圖，進行辨識，移除無明顯蓄水功能之水域(如水稻田、地面積水、游泳池、自來水廠淨水池等)及河流溝渠等流動水域範圍(圖 2-28)。

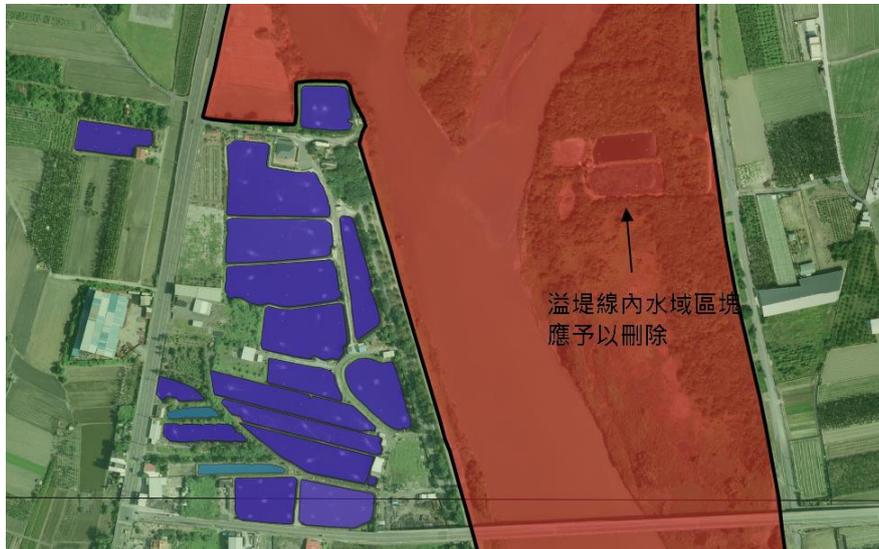


圖 2-28 移除河流溝渠等流動水域(溢堤線範圍)內水域區塊

- (二) 採用 GIS 軟體套疊臺灣通用電子地圖與國土利用現況調查成果圖，確認水域區塊屬性(養殖為目的、非養殖為目的、水庫)，並賦予相應的水域區塊 TerrainID，實際作業畫面如圖 2-29 所示。

1. 養殖為目的：TerrainID 為 9740100，如漁塭、養鴨池等。
2. 非養殖目的：TerrainID 為 9520700，如滯洪池、池塘、鹽田。
3. 水庫：TerrainID 為 9520600。

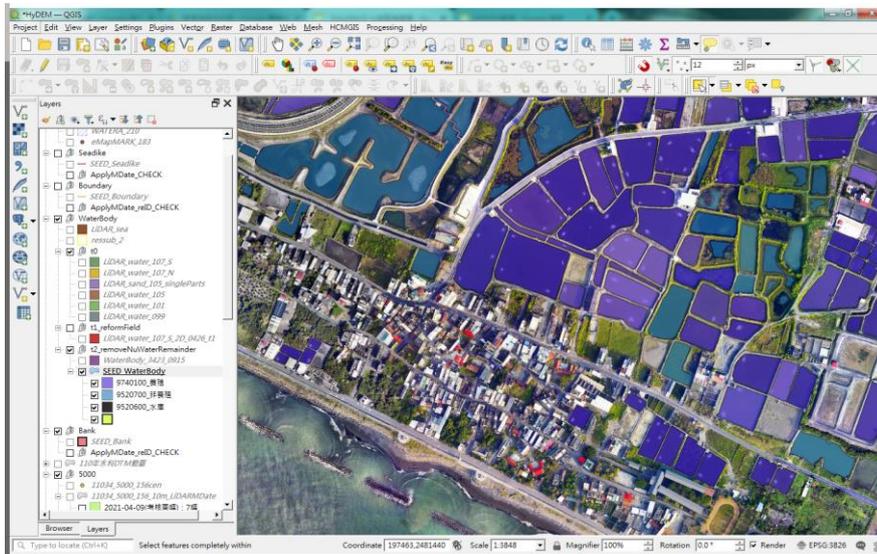


圖 2-29 水域區塊屬性賦予作業畫面

(三) 水面高程以及滿水位高程計算

1. 水面高程(Height_W)採用各水域區塊圖徵節點鄰近高程最低的地面點雲中位數代表之，滿水位高程(Height_FW)則採用鄰近高程最高的地面點雲中位數代表之。
2. 建立水域區塊物件唯一識別 ID。
3. 依據指引規定之水域高程賦予方法(圖 2-30)，利用 GIS 軟體萃取原 2D Shapefile 物件節點(Vertex)，並建立外擴 3 公尺圓形物徵，利用 Terrasolid 軟體建立物件範圍定義檔(*.PRJ 檔案)，續將已完成分類之 HyDEMLAS 匯入圓形物徵中，並開發程式計算個圓形物徵中地面點雲最高點、最低點之中位數。
4. 利用水域區塊唯一 ID 作為屬性關連依據，連結計算結果，獲得水域區塊水面高程以及滿水位高程計算結果屬性欄位。
5. 應用水面高程值作為 2D 水域區塊之高程依據，將 2D shapefile 轉為 3D shapefile。



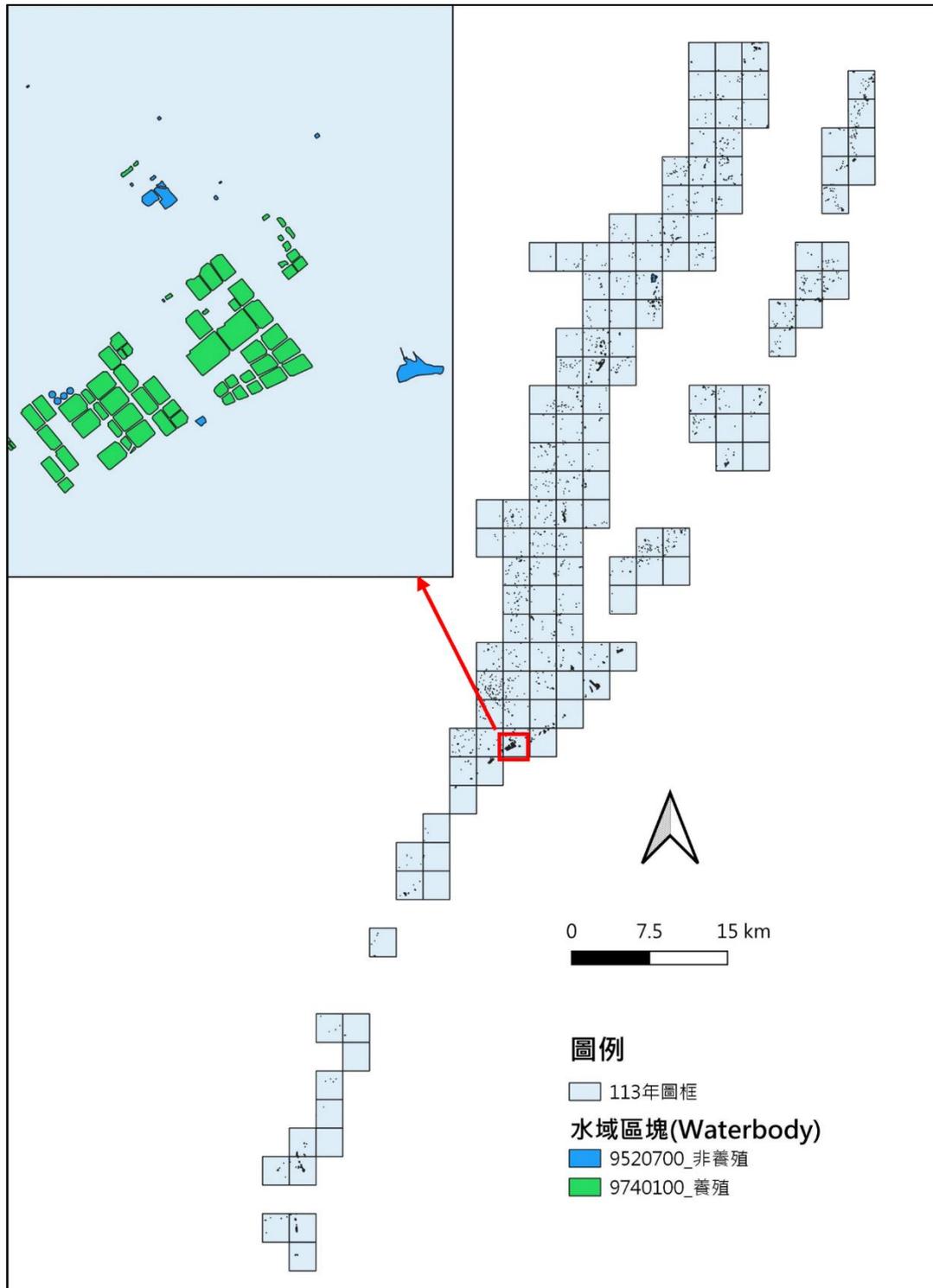
圖 2-30 指引規定之水域高程賦予方法

(圖片來源: 水利數值地形資料測製及檢核技術指引(草案))

- (四) 水域區塊之圖徵節點高程為水面高程，水庫則以常態最高滿水位(NWL_MX)高度為水庫高度，並以該高度繪製等高線作為其水庫蓄水範圍。若實際地形與 NWL_MX 高度有落差時，則先確認水不會淹過道路、農田和建物等民生區域之的高程值，並以其數值作為常態最高滿水位值。本作業區水面高程皆小於 NWL_MX，故採用 NWL_MX 做為水庫水位高度。

(五) 水域範圍線應套合拍攝當時之正射影像繪製，並移除水域內不必要之細小沙洲。同時以 GIS 空間分析方式，將空載光達案的水域區塊去除河流、溝渠等流動水域，並合併水域區塊內的小沙洲。

(六) 本作業區水域區塊分布請詳見圖 2-31 所示。



三、海陸線

- (一) 建置航拍當時海域及陸域兩者交界之情形，其位置使用光達資料描繪獲得，並賦予各節點光達高程資訊。
- (二) 本計畫以光達資料描繪方式，於 Global Mapper 中以空載光達案水域線中之海域線，搭配正射影像，建置海陸線位置並賦予各節點光達高程資訊，成果如圖 2-32。

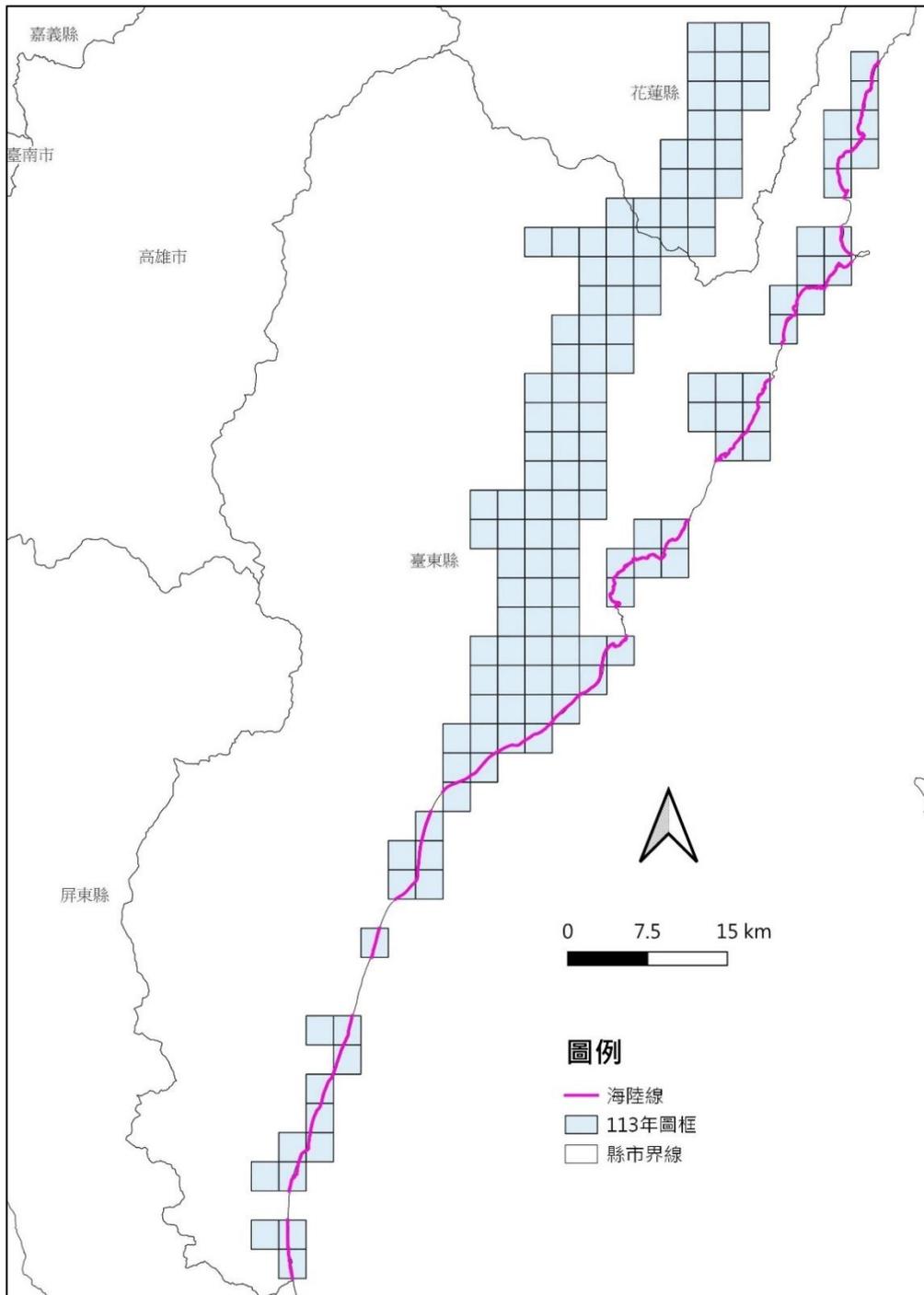


圖 2-32 本計畫海陸線成果

四、海堤線

- (一) 海堤係指建造在沿海之堤防及其所屬防洪、禦潮閘門或其他附屬建造物或建於沿海感潮範圍內之河口防潮堤或其他以禦潮為主要目的之各種防護設施，與海陸線同樣用於界定水利數值高程模型的沿海邊界，以作後續暴潮位、越波分析之計算應用。
- (二) 以經濟部水利署提供之海堤構造物資料為依據，參考正射影像及光達點雲資料，修正海堤位置以及賦予各節點空載光達數值模型之高程資訊，成果如圖 2-33。

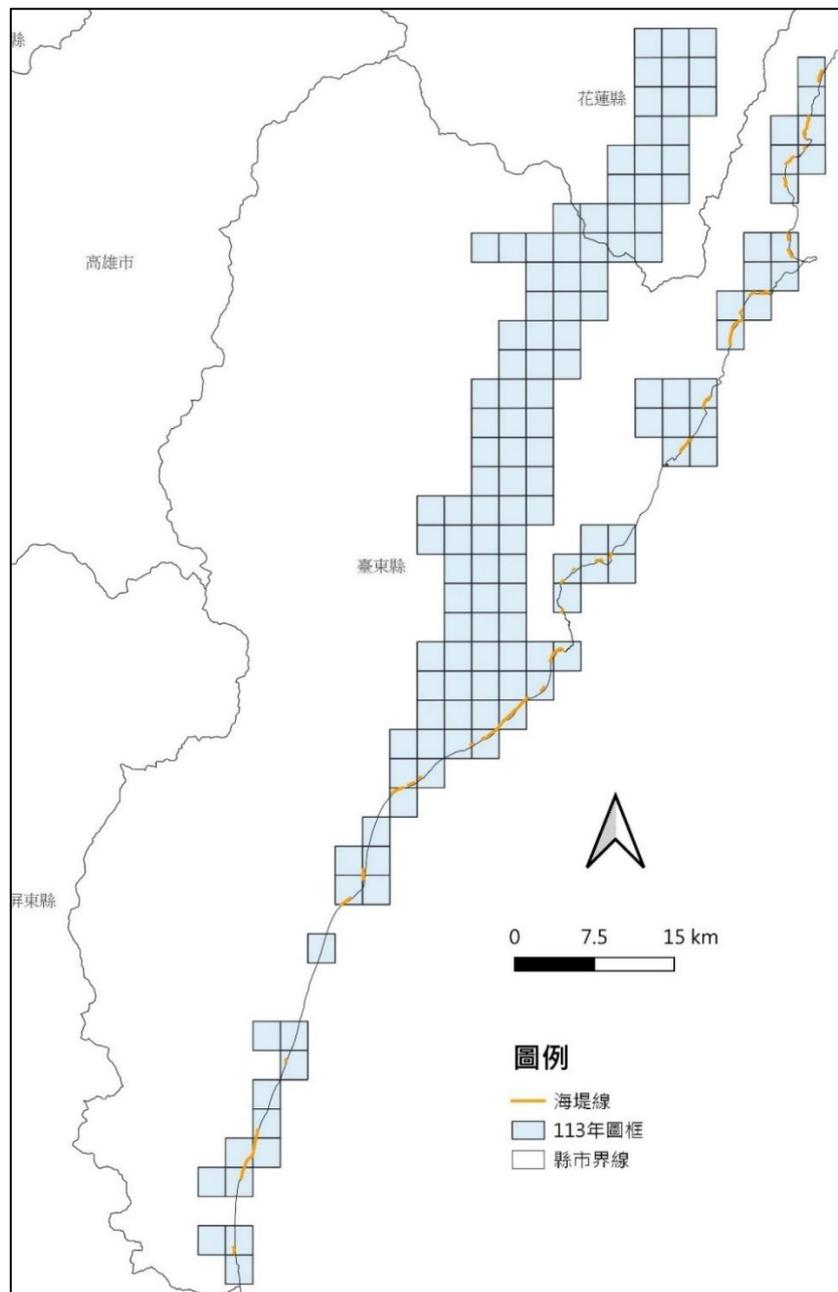


圖 2-33 本計畫海堤線繪製成果

五、水閘門

- (一) 為提供水利端進行淹水模擬時之參考，依據既有之水閘門位置資料，增加補充設置水閘門點位資訊三維水利圖徵成果，屬性內容須包含 Terrain ID(9510206)以及 JudgeType(判定類型)。其中，判定類型之欄位填寫方式：繪製人員若判斷確實為水閘門時，於判定類型欄位中填入”1”，若無法明確判定是否為水閘門時，則該欄位填入”0”。
- (二) 本作業區水閘門成果如圖 2-34 所示。

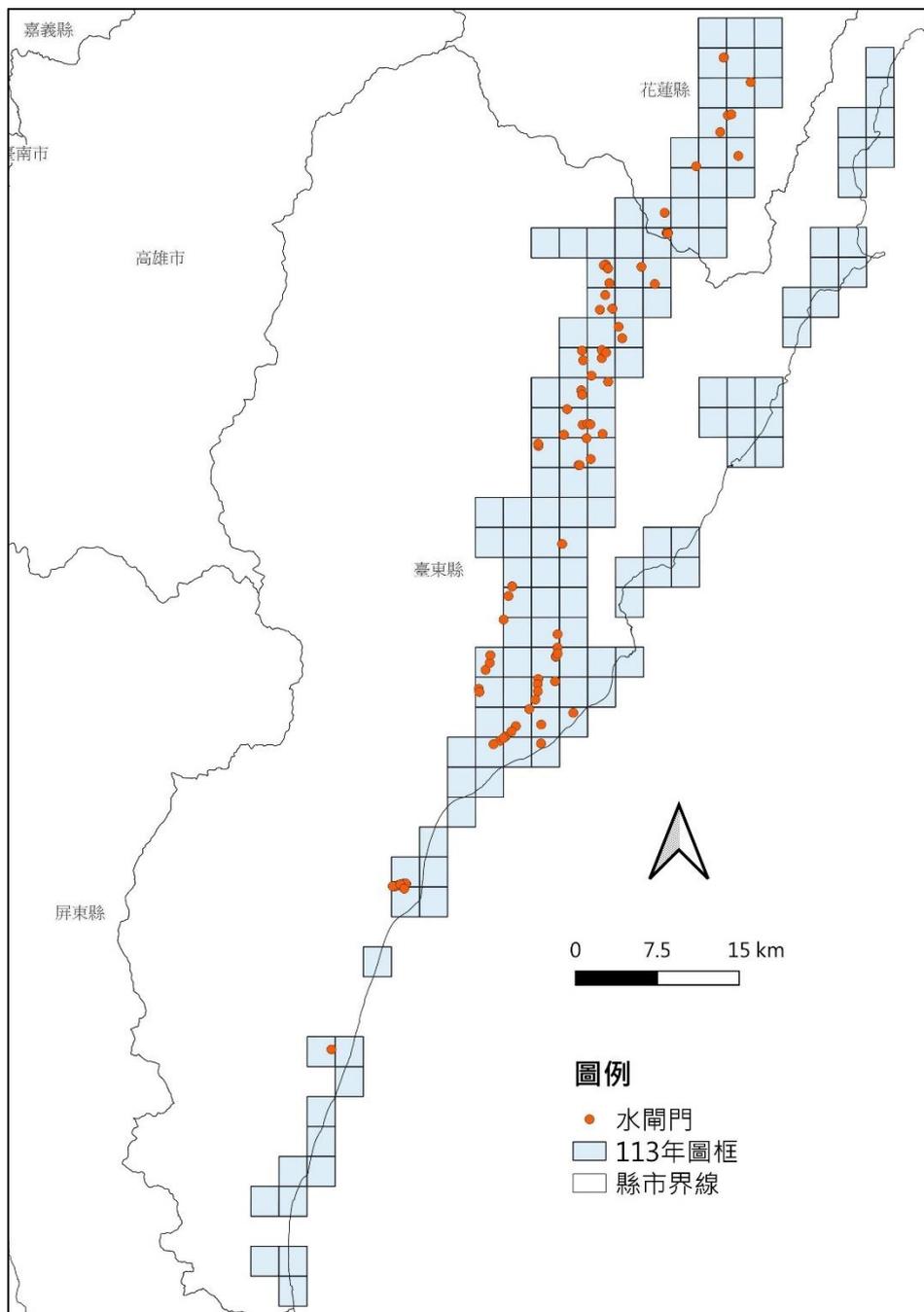


圖 2-34 本計畫水閘門成果

2-4-3 三維水利圖徵位相關係檢核

本計畫所產製之三維水利圖徵 Shapefile 檔，除既有建物區塊之外，全數需經過位相關係(topology)檢查，各類型位相關係合理性檢查示意圖如圖 2-35，包含：

- 一、所有三維水利圖徵物件互不重疊(no overlapping features)。
- 二、所有三維水利圖徵不重複(no duplicate features)。
- 三、線段不得有自我交叉之情況(no self-intersecting)。
- 四、單一物件連續節點平面坐標不重複、繪製線段不重疊且不重複。
- 五、水域區塊需為閉合面狀物件，溢堤線、海陸線及海堤線為線狀物件，其中溢堤線為閉合線狀物件(頭尾兩個節點坐標一致)。

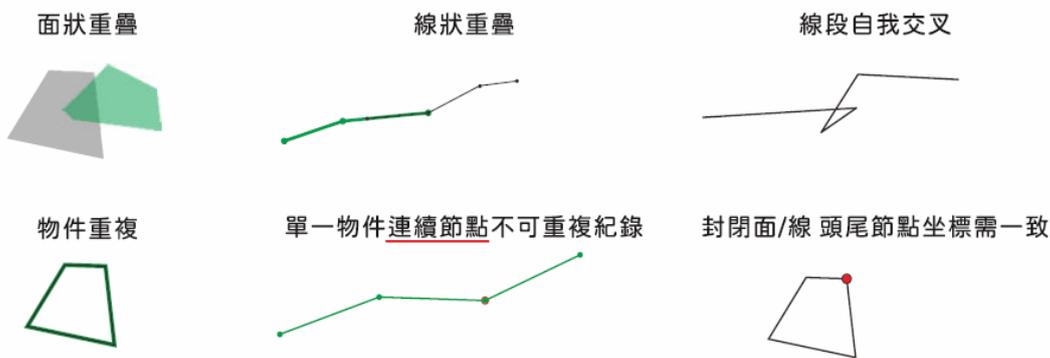


圖 2-35 位相關係合理性檢查

(圖片來源: 水利數值地形資料測製及檢核技術指引(草案))

六、位相關係作業方式結合 Global Mapper 以及 QGIS 軟體進行。

- (一) Global Mapper：主要為編修人員繪製完成後必須進行，主要項目包含懸掛端點、虛擬節點、重複物件以及修復不合理區域。
- (二) QGIS：使用 Global Mapper 輸出後 shapefile 進行位相檢核，分為兩大階段。第一階段為基礎資料清理，動作包含切分多重物件為單一物件(Multipart to singleparts)、刪除重複幾何物件(Remove duplicate geometries)、刪除重複節點(Remove duplicate vertices)以及刪除非幾何物件(Remove null geometries)。第二階段使用位相幾何檢核工具(Geometry checker)，真前述所提及五大類型為向關係進行檢核，全數成果必須全數通過檢核後方可進行後續屬性資料編輯。

2-4-4 三維水利圖徵之屬性資料表

本計畫針對建置建物區塊、溢堤線、水域區塊、海陸線、海堤線及水閘門等六大類別，成果除建物區塊主要更新相關資料表格之外(幾何屬性不變更)，以及海堤線是採用經濟部水利署提供之海堤資料並保有其原屬性資料之外，其餘各類圖徵資料皆須全數建置包含幾何位置與屬性資料之 Shapefile 檔案。相關檔案命名規則如表 2-4，且檔案需分幅裁切，裁切範圍與 HyDEM 網格及 HyDEMLAS 一致。以下分別針對所需建置之屬性資料作業規定進行相關說明。

表 2-4 圖層名稱命名方式

圖層名稱	圖層代碼	型態	檔案格式	檔名
建物區塊	Building	資料表	csv	包含圖層代碼與 1/5,000 圖幅編號，如 Building_94192051、Bank_94193059
溢堤線	Bank	線	shp	
水域區塊	Water Body	面	shp	
海陸線	Boundary	線	shp	
海堤線	Seadike	線	shp	
水閘門	Gate	點	shp	

一、建物區塊(資料表)：屬性欄位如表 2-5，記錄之屬性引用內政部國土測繪中心三維近似化建物模型之建物編號，以及臺灣通用電子地圖地標之測製年月，並透過地標與建物關聯，標記其是否為水流通透之建物，如加油站亭，其成果展示如圖 2-36。

表 2-5 建物區塊(資料表)屬性欄位

欄位名稱		欄位型態	長度	內容說明
英文	中文			
BUILD_ID	建物編號	文字	16	引用三維建物模型成果之編號
MARK_MDATE	地標測製年月	文字	8	引用臺灣通用電子圖之地標測製時間(以西元年表示至月，如 2019 年 5 月，則填 201905)。
BUILD_TYPE	建物種類	數字	2	0：水流阻擋建物 1：水流通透建物
MDATE	建物框測製年月	文字	6	引用三為建物模型成果之

	A	B	C	D	E
1	BUILD_ID	MDATE	BUMARK	MDATE	
2	1WKDK4PK6G	201711	1	201009	
3	1WTJ54NTNQ	201009	1	201911	
4	1WN3F4NT4K	201009	0		
5	1WNFL4NTAP	201009	0		
6	1WKN94NTCA	201009	0		
7	1WKN94NTCA	201009	0		

圖 2-36 建物區塊(資料表)成果展示

二、溢堤線：溢堤線之圖元應封閉且為線型態，其每一節點所帶之高度資訊皆不同，依點雲之高度變化而定。屬性欄位如表 2-6，包含唯一識別碼、地形分類編碼、點雲資料航拍時間及測製之坐標系統等，成果展示如圖 2-37。

表 2-6 溢堤線屬性資料表

欄位名稱		欄位型態	長度	內容說明
英文	中文			
ID	唯一識別碼	數字	10	以正整數填寫，且單一圖幅內數值不重複。
TerrainID	地形分類編碼	文字	8	依據「基本地形資料分類編碼表」填寫，新增 9510109 圖層代表溢堤線類別。
MDate	航拍資料時間	文字	8	以西元年表示至月，如 2019 年 5 月，則填 201905。
CoordSYS	坐標系統	文字	50	平面及高程皆須以代碼填入，平面坐標系統記錄坐標系統及投影分帶，如：「TWD97[2020]_TM121」，高程系統則記錄採用之臺灣高程基準，如：「TWVD2001」。

ID	TerrainID	MDate	CoordSYS
1	1 9510109	202312	TWD97[2020]_TM121;TWVD2001
2	2 9510109	202312	TWD97[2020]_TM121;TWVD2001
3	3 9510109	202312	TWD97[2020]_TM121;TWVD2001
4	4 9510109	202312	TWD97[2020]_TM121;TWVD2001

圖 2-37 本作業區溢堤線屬性資料表成果展示

三、水域區塊：水域區塊圖元應封閉且為面單元，圖元各節點所帶之高度資訊為水面高程(Height_W)，而水庫則為滿水位高程(Height_FW)，屬性欄位如表 2-7，包含唯一識別碼、地形分類編碼、點雲資料航拍時間、航拍當下之水面高程、該水域之滿水位高度及測製之坐標系統，成果展示如圖 2-38。

表 2-7 水域區塊屬性資料表

欄位名稱		欄位型態	長度	內容說明
英文	中文			
ID	唯一識別碼	數字	10	以正整數填寫，且單一圖幅內數值不重複。
TerrainID	地形分類編碼	文字	8	依據「基本地形資料分類編碼表」填寫 (1)養殖為目的：9740100。 (2)非養殖目的：9520700。 (3)水庫：9520600。
MDate	航拍資料時間	文字	8	以西元年表示至月，如 2019 年 5 月，則填 201905。
Height_W	水面高程	數字	10.2	拍攝當下水域高度。
Height_FW	滿水位高程	數字	10.2	水域滿水位高度。
CoordSYS	坐標系統	文字	50	平面及高程皆須以代碼填入，平面坐標系統記錄坐標系統及投影分帶，如：「TWD97[2020]_TM121」，高程系統則記錄採用之臺灣高程基準，如：「TWVD2001」。

Waterbody_96183012 — Features Total: 39, Filtered: 39, Selected: 0

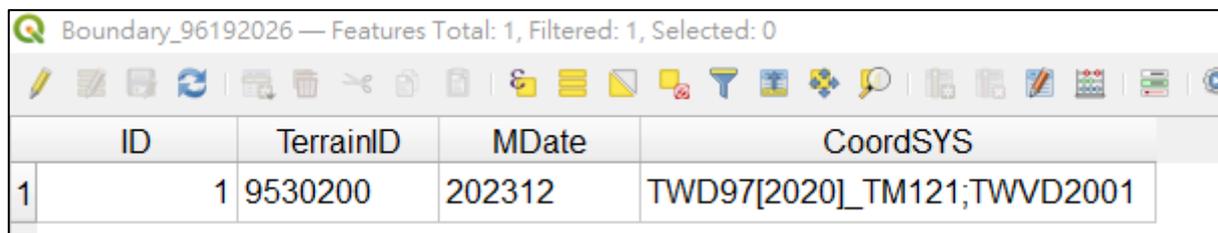
ID	TerrainID	MDate	Height_W	Height_FW	CoordSYS
1	9520700	202312	22.726	22.877	TWD97[2020]_TM121;TWVD2001
2	9740100	202312	22.733	28.935	TWD97[2020]_TM121;TWVD2001
3	9520700	202312	184.812	185.324	TWD97[2020]_TM121;TWVD2001
4	9520700	202312	31.882	33.416	TWD97[2020]_TM121;TWVD2001
5	9520700	202312	103.302	104.102	TWD97[2020]_TM121;TWVD2001

圖 2-38 本作業區水域區塊屬性表成果展示

四、海陸線：海陸線之幾何型態為線型態，每一節點所帶之高度資訊皆不同，依點雲之高度變化而定，屬性欄位如表 2-8，包含唯一識別碼、地形分類編碼、點雲資料航拍時間及測製之坐標系統等，成果展示如圖 2-39。

表 2-8 海陸線屬性資料表

欄位名稱		欄位型態	長度	內容說明
英文	中文			
ID	唯一識別碼	數字	10	以正整數填寫，且單一圖幅內數值不重複。
TerrainID	地形分類編碼	文字	8	依據「基本地形資料分類編碼表」填寫。
MDate	航拍資料時間	文字	8	以西元年表示至月，如 2019 年 5 月，則填 201905。
CoordSYS	坐標系統	文字	50	平面及高程皆須以代碼填入，平面坐標系統記錄坐標系統及投影分帶，如：「TWD97[2020]_TM121」，高程系統則記錄採用之臺灣高程基準，如：「TWVD2001」。



ID	TerrainID	MDate	CoordSYS
1	1 9530200	202312	TWD97[2020]_TM121;TWVD2001

圖 2-39 本作業區海陸線屬性表成果展示

五、海堤線：採用經濟部水利署提供之海堤資料作為參考依據進行加值，每一節點所帶之高度資訊皆不同，依點雲之高度變化而定，原則保有其來源之屬性(表 2-9)，若因依照點雲修正位置、長度，則重新計算長度(Length)欄位，本作業區成果詳如圖 2-40 所示。

表 2-9 海堤線屬性資料表

欄位名稱		欄位型態	內容說明
英文	中文		
OBJECTID	唯一識別碼	數字	依原始取得資料內容填寫，不予變更。
DIKE_NAME	海堤名稱	文字	依原始取得資料內容填寫，不予變更。
CLASS	海堤種類	文字	依原始取得資料內容填寫，不予變更。
COUN_NAME1	縣市	文字	依原始取得資料內容填寫，不予變更。
TOWN_NAME	鄉鎮	文字	依原始取得資料內容填寫，不予變更。
ORG_MNG	管轄單位	文字	依原始取得資料內容填寫，不予變更。
Length	長度	數字	單位：公尺。
CoordSYS	坐標系統	文字	平面及高程皆須以代碼填入，平面坐標系統記錄坐標系統及投影分帶，如：「TWD97[2020]_TM121」，高程系統則記錄採用之臺灣高程基準，如：「TWVD2001」。

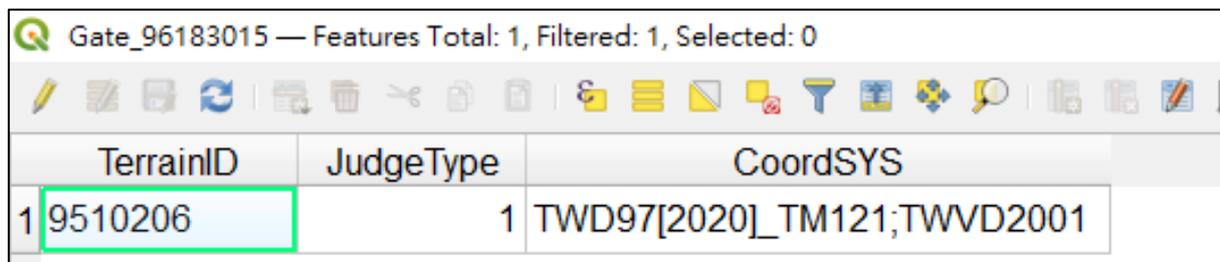
OBJECTID	DIKE_NAME	CLASS	COUN_NAME1	TOWN_NAME	ORG_MNG	Length	CoordSYS
1	954 宜灣海岸保護工	事業性	臺東縣	成功鎮	第八河川	571.65916...	TWD97[2020]_TM121;TWVD2001
2	937 宜灣海岸保護工	事業性	臺東縣	成功鎮	第八河川	378.98133...	TWD97[2020]_TM121;TWVD2001

圖 2-40 本作業區海堤線屬性表成果展示

六、水閘門:採用經濟部水利署提供之水閘門資料作為參考依據，加註原始參考圖資(正射影像或空載光達模型)額外發現之水閘門位置，以點圖徵型態記錄儲存，作業時僅標註水閘門之平面位置，並不針對水閘門類型、功能或構造進行註記。本項成果僅記錄額外發現之水閘門，不含原始參考水閘門資料位置，本作業區成果詳如圖 2-38 所示。

表 2-10 水閘門屬性欄位

欄位名稱		欄位型態	長度	內容說明
英文	中文			
TerrainID	地形分類編碼	文字	8	依據「基本地形資料分類編碼表」填寫，水閘門編碼為 9510206。
JudgeType	可識別程度	數字	2	1：可識別為水閘門 0：疑似水閘門
CoordSYS	坐標系統	文字	50	平面及高程皆須以代碼填入，平面坐標系統記錄坐標系統及投影分帶，如：「TWD97[2020]_TM121」，高程系統則記錄採用之臺灣高程基準，如：「TWVD2001」。



TerrainID	JudgeType	CoordSYS
1 9510206	1	TWD97[2020]_TM121;TWVD2001

圖 2-41 本作業區水閘門屬性表成果展示

2-4-5 圖徵接邊

三維水利圖徵經分幅裁切後成果，相鄰兩圖幅之同一物件，屬性資料表各欄位屬性值應一致、重疊區繪製範圍應一致。圖徵接邊作業原則：

- 一、萃取圖幅接邊之物件(相鄰兩圖幅皆有之物件)，檢查其物件屬性欄位值於兩個相鄰檔案中是否一致。
- 二、萃取圖幅接邊之物件(相鄰兩圖幅皆有之物件)，檢查其物件之節點三維坐標於兩個相鄰檔案中是否一致(重疊區繪製範圍應一致)。

- 三、兩側重疊區內物件需一致，不得有一側多繪或漏繪之情形，如圖 2-42。
- 四、本作業區負責與 113 年第 4 作業區成果接邊，範圍詳見圖 2-43 所示。

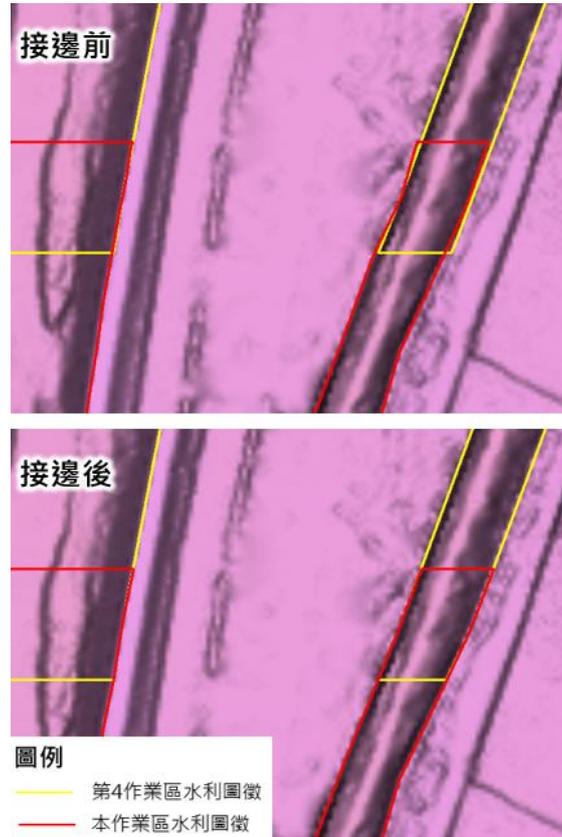


圖 2-42 圖徵接邊處理示意圖 (紅黃線為不同圖幅)

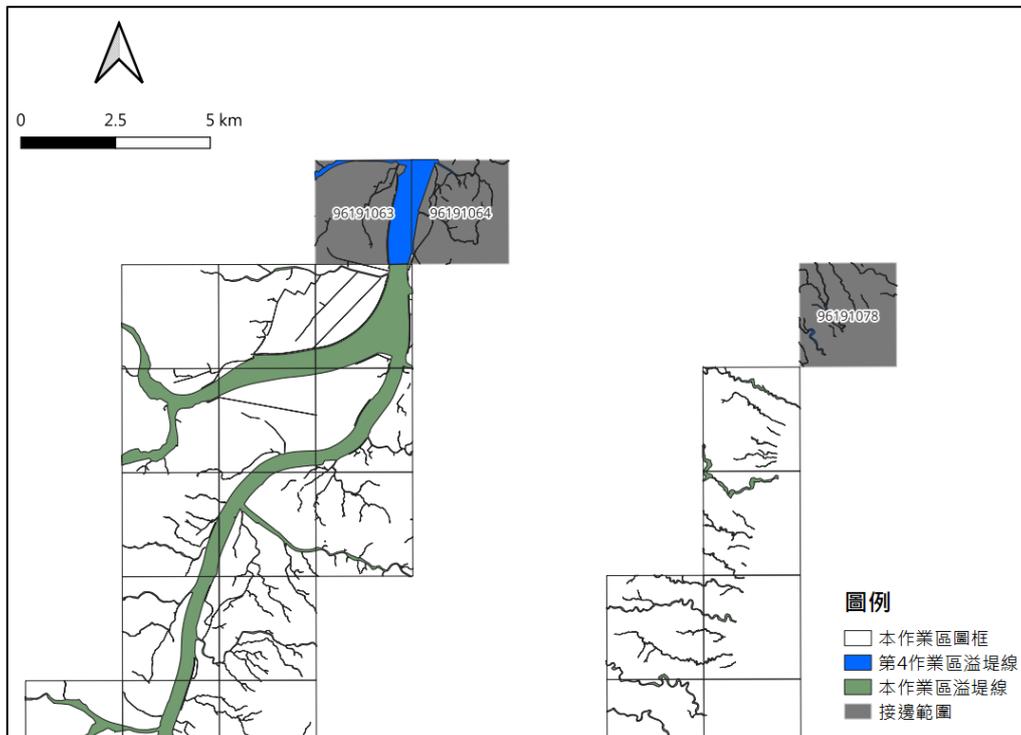


圖 2-43 本測區圖徵接邊範圍

2-4-6 成果資料格式

- 一、交付分幅資料，以五千分之一圖幅為資料夾，存放地理資訊圖層成果檔。
- 二、除建物區塊圖層為 csv 格式外，其餘圖層皆為 shp 格式，詳細圖層檔案名稱與格式如表 2-11。

表 2-11 圖層檔案名稱與格式

圖層名稱	圖層代碼	型態	檔案格式	檔名
建物區塊	Building	資料表	csv	包含圖層代碼與 1/5,000 圖幅編號，如 Building_94192051、Bank_94193059
溢堤線	Bank	線	shp	
水域區塊	Water Body	面	shp	
海陸線	Boundary	線	shp	
海堤線	Seadike	線	shp	
水閘門	Gate	點	shp	

2-5 製作水利數值地形模型

於水利數值地形分類點雲以及三維水利圖徵建置完成，且經檢核通過後，方可進行 HyDEM 製作之工作。

2-5-1 HyDEM 製作

- 一、網格間距：TM 二度坐標系內整數 1 公尺網格。
- 二、圖幅範圍劃分：HyDEM 以分幅方式建置成果，採 TM 二度坐標系縱橫距為分幅界線。原則上以五千分之一基本圖之圖幅為分幅依據，但因基本圖分幅時係以經緯度為分幅界線，其圖廓在 TM 二度坐標系內既非直線且長度亦非 5 公尺之整數倍，並不適合 HyDEM 分幅界線。因此 HyDEM 分幅界線不會恰巧與五千分之一基本圖之圖廓線重疊。為使一幅 HyDEM 能完整涵蓋一幅基本圖，且能以 TM 二度坐標系內 5 公尺整數倍為四個圖隅點，其實際涵蓋範圍一定較基本圖略為大，且相鄰之 HyDEM 必會有重疊現象，重疊處資料應一致。
- 三、採用 Surfer 內插軟體，並以 Kriging 內插產製 1 公尺規則網格資料。
- 四、DEM 製作原則

- (一) 將水利數值地形分類點雲之地面點，以及三維水利圖徵之溢堤線、海陸線、海堤線，約制內插產製 1 公尺網格資料。

(二) 由於部分人工阻水構造物不到 1 公尺寬度，須針對此部分補足 1 公尺 HyDEM 成果，不得使資料有破洞產生，本作業區成果詳見圖 2-44。

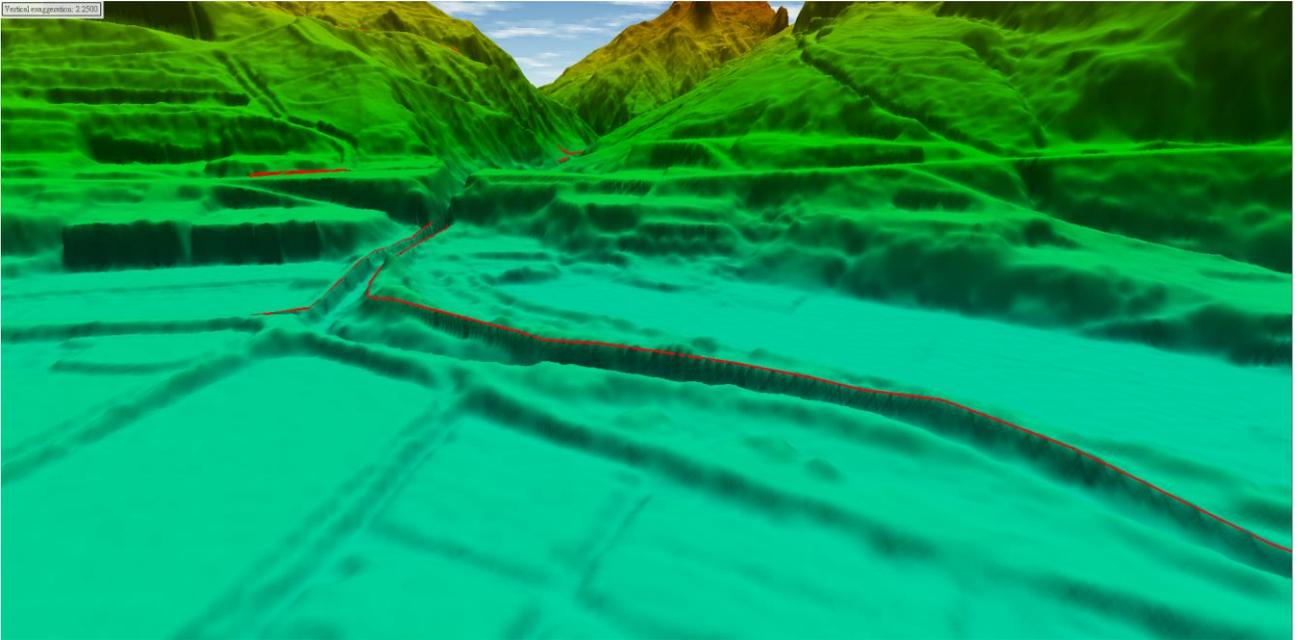


圖 2-44 重新內插計算小於 1 公尺寬度之阻水人工構造物

2-5-2 圖幅接邊

- 一、測區內部及測區外部圖幅重疊區域之 HyDEM 網格資料成果應一致。
- 二、作業區內相鄰圖幅須完成接邊且維持一致性，另外，本作業區須與第 4 作業區接邊，網格資料接邊作業詳如圖 2-45 所示。

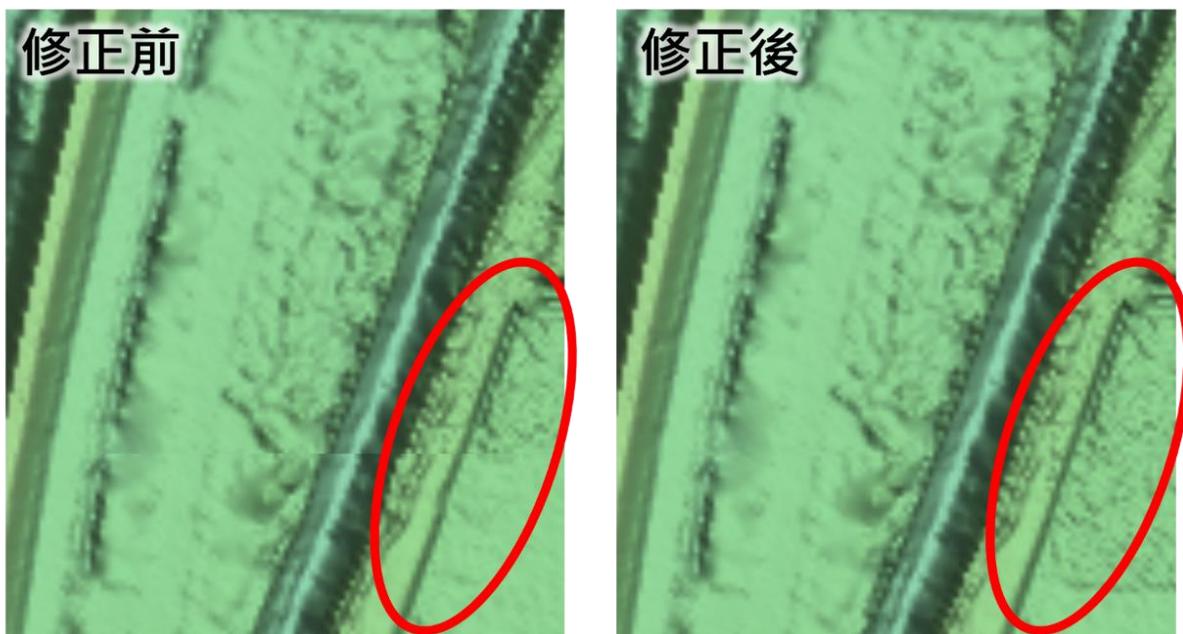


圖 2-45 網格資料接邊處理作業

三、檢查內容：網格資料接邊需一致無差異，所有接邊重疊格點高程值必須一致，即差異值為 0。網格資料接邊自主檢查檢核畫面如圖 2-46。

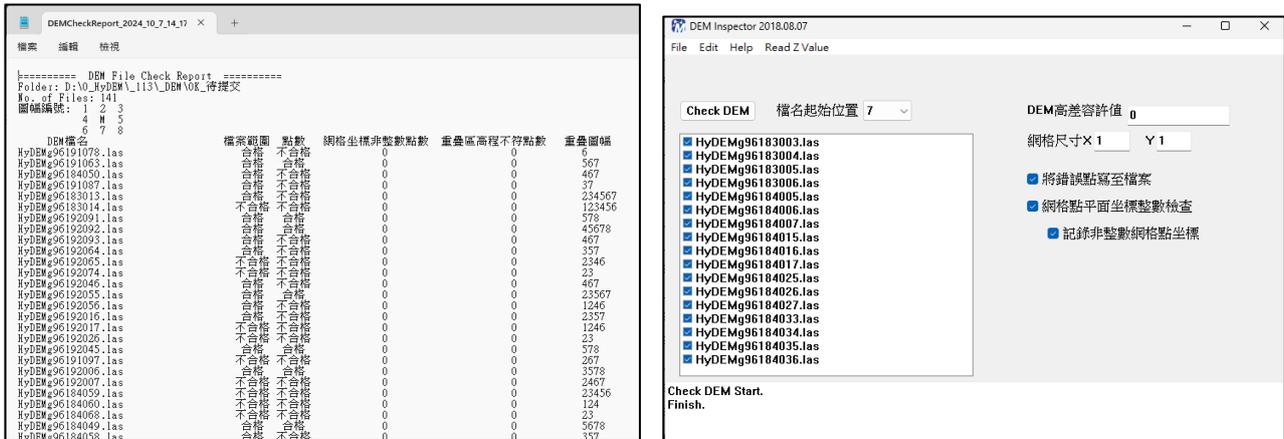


圖 2-46 網格資料接邊自主檢查畫面

2-5-3 成果資料格式

- 一、成果依照五千分之一基本圖之圖幅分幅儲存，儲存格式應包含內政部訂定之「空載光達測製數值地形模型標準作業指引」所採用之標準及格式。
- 二、檔頭資料檔 (hdr 檔)：包括圖幅名稱、圖幅編號、平面坐標基準、高程坐標基準、比例尺等級、東西向網格間距、南北向網格間距、總網格點數、行數(東西向行數)、列數(南北向列數)、圖幅西南隅 E 坐標、圖幅西南隅 N 坐標、生產方式代碼、生產設備名稱、原始資料採集設備名稱、飛行高度、最高地面高度、最低地面高度、原始資料生產日期(西元年、月)、原始資料生產單位、HyDEM 生成日期(西元年、月)、HyDEM 製作單位名稱。
- 三、網格化之 HyDEM 資料：每一網格點是一組 E、N、H 三個坐標值，組成右旋坐標系的三個 X、Y、Z 坐標(如 250000.00 2670000.00 123.00)，坐標之間以一空格隔開，依序由圖幅西南角開始由西向東排完一列後再向北由第二列排起，最後一個點為圖幅之東北角。網格點與點間之數據也以一空格隔開，網格資料內除每一網格點之 E、N、H 三個坐標值外，不得含有任何其它數據。網格資料紀錄之位數應至小數點下第二位。
- 四、網格化之 HyDEM 正高成果檔，檔案格式包含內政部 XYZ 格式、LAS 格式和 GeoTIFF 格式。

五、資料建置完成後，應執行內政部「DTM 成果資料檢核程式」，輸出檢核成果報表(圖 2-47)，並應通過檢核。

圖幅號碼	檢核項目						
	1.檔案齊全	2.檔案名稱	3.檔案開啟	4.檔頭內容	5.網格式	6.網格內容	7.坐標檢核
95171017dem	0	0	0	0	0	0	0
95171018dem	0	0	0	0	0	0	0
95171028dem	0	0	0	0	0	0	0
95171037dem	0	0	0	0	0	0	0
95171047dem	0	0	0	0	0	0	0
95171056dem	0	0	0	0	0	0	0
95171057dem	0	0	0	0	0	0	0
95171065dem	0	0	0	0	0	0	0
95171066dem	0	0	0	0	0	0	0
95171085dem	0	0	0	0	0	0	0
95171086dem	0	0	0	0	0	0	0

圖 2-47 內政部 DTM 成果資料檢核成果(節錄)

2-5-4 詮釋資料製作

- 一、依據內政部國土資訊系統之「地理資訊詮釋資料標準」(TaiWan Spatial Metadata Profile ; TWSMP) 2.0 版相關規定填寫各項成果之詮釋資料。
- 二、利用內政部「詮釋資料建置系統」針對詮釋資料資訊、識別資訊、限制資訊、資料品質資訊、資料歷程資訊、空間展示資訊、供應資訊、範圍資訊、維護資訊、引用資訊、參考系統資訊等類別按規定之項目填寫。
- 三、全數成果由內政部網格與檔頭檢核程式確認成果正確性(圖 2-48)，並以內政部「詮釋資料建置系統」進行詮釋資料撰寫，且成果為 XML 格式。

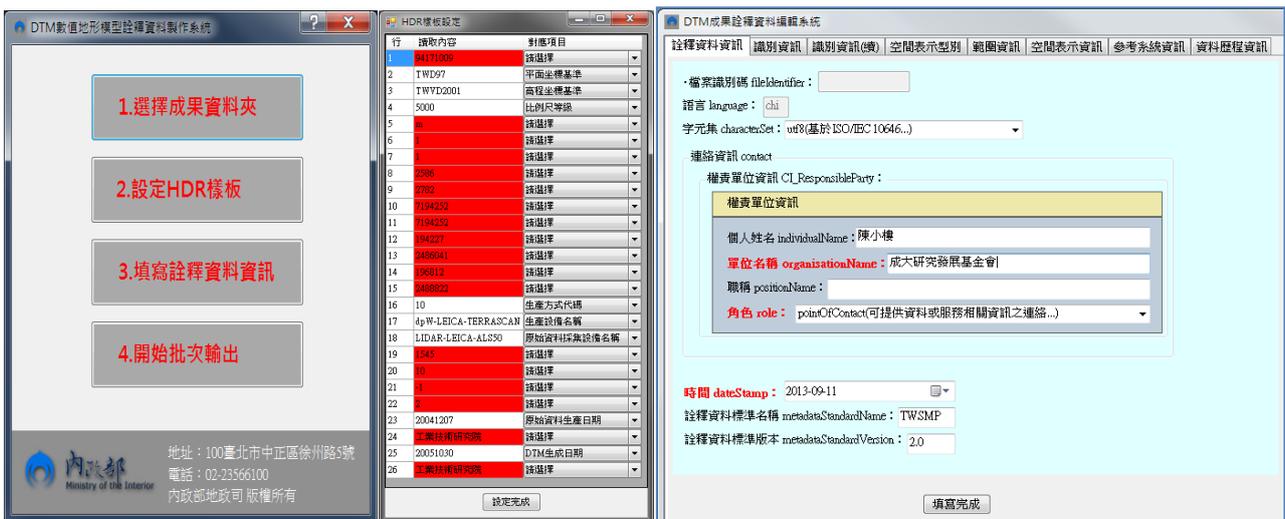


圖 2-48 內政部「詮釋資料建置系統」作業畫面

2-6 下水道資料和 HyDEM 資料整合

本作業區下水道資料整合水利數值地形模型辦理地區為臺東縣部分地區，整合「普查人孔」共計 1,133 筆，正常人孔為 505 筆、覆蓋人孔 54 筆、虛人孔 574 筆，普查人孔分布請詳圖 2-49 所示。

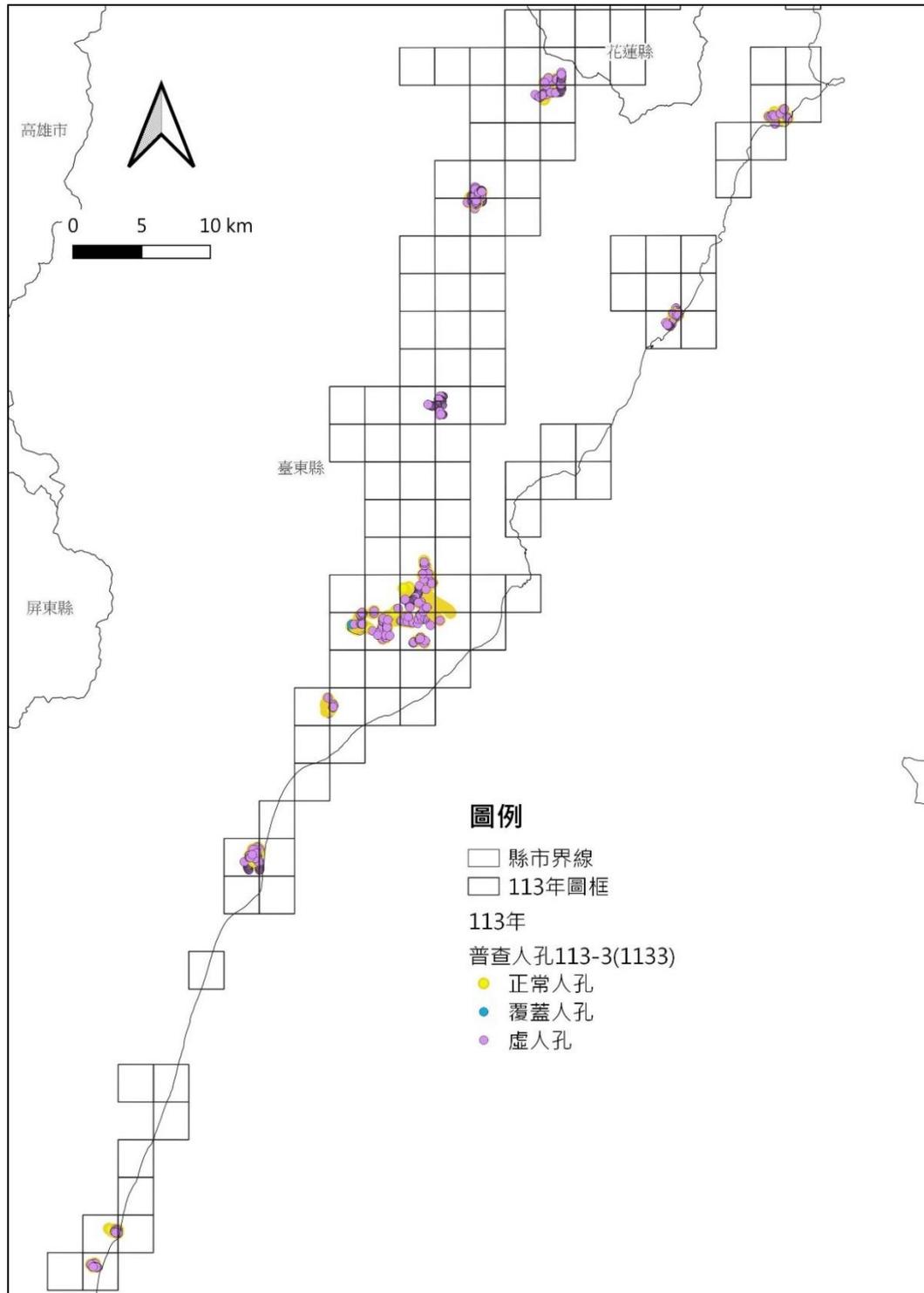


圖 2-49 普查人孔分布

2-6-1 作業方法

- 一、不更動 HyDEM 網格資料及國土測繪中心所提供之下水道資料(Shp 檔)，採原本既有的內容或數值為原則進行兩者整合。
- 二、整合作業僅針對正常人孔進行整合(虛人孔、覆蓋人孔不納入整合對象)。整合方法額外記錄正常人孔頂位置相應之 HyDEM 高程值，同時記錄兩者之高程差異值資訊，因平面坐標差值無法於光達點雲資料或 HyDEM 上進行比對，故僅針對高程差異進行比對。
- 三、針對上述高程差異值，設置一門檻值(20 公分)，當差異小於 20 公分時：則認定人孔頂高程與 HyDEM 成果一致，無須額外備註；當差異大於 20 公分時：則認定兩者不一致，須額外備註造成兩者差異可能之原因。
- 四、不一致原因類別分為 10 個，各類別描述說明如表 2-12 所示。

上述整合下水道與 HyDEM 成果是以新檔案記錄，需紀錄以下資訊：(1) 人孔編號、(2) 人孔類別、(3) 人孔頂位置對應之 HyDEM 高程值、(4) 人孔 HyDEM 高程值、(5) 人孔頂高程與 HYDEM 高程差異值、(6) 一致性、(7) 不一致原因、(8) 附圖說明及(9) 整合作業備註，其中(1)~(7)、(9) 欄位以 csv 檔紀錄(表 2-13)，(8) 附圖說明採 pdf 及 doc 檔案記錄之(圖 2-50)。

表 2-12 人孔不一致類別說明

項次	代碼	原因類別	說明
1	A	地貌改變	地形地貌已改變。
2	B	原始人孔即備註施工	人孔處在施工狀態。
3	C	人孔位於光達掃瞄遮蔽處	人孔位在高架和樹林下等遮蔽處。
4	D	光達地形表現不足	人孔位在高低落差大的地方。
5	E	原始資料有疑問	人孔高程不合理。
6	F	缺現況相片	管制區域、公園等街景無法拍攝區域。
7	G	現況無人孔	歷年街景皆找不到人孔。
8	H	現況人孔類型改變	前期影像有人孔，後期影像找不到人孔。
9	I	查無不一致原因	看不出人孔有明顯變化。
10	X	其他	無上述 9 項原因。

表 2-13 下水道整合成果紀錄表

1	MH_NUM	MH_CLASS	MH_TLE	HY_MH_H	HY_H_DIF	HY_CONF	HY_R1	HY_R2	HY_DEC
2	2984118-01	正常人孔	6.93	7.02	-0.09	一致			
3	2984118-02	正常人孔	7.05	7.155	-0.105	一致			
4	2984118-03	正常人孔	7.13	7.219	-0.089	一致			
5	2984118-04	正常人孔	6.46	6.564	-0.104	一致			
6	2984118-05	正常人孔	6.53	6.638	-0.108	一致			
7	2984118-06	正常人孔	6.71	6.807	-0.097	一致			
8	2984118-07	正常人孔	6.84	6.918	-0.078	一致			
9	2984118-08	正常人孔	7.84	7.939	-0.099	一致			
29	3004122-08	正常人孔	5.34	5.474	-0.134	一致			
30	3004122-09	正常人孔	5.17	5.263	-0.093	一致			
31	3004122-10	正常人孔	5.5	5.575	-0.075	一致			
32	3004122-11	正常人孔	5.29	5.518	-0.228	不一致	G	Hy-3004122-11-附圖說明檔.pdf	
33	3004122-12	正常人孔	5.24	5.381	-0.141	一致			

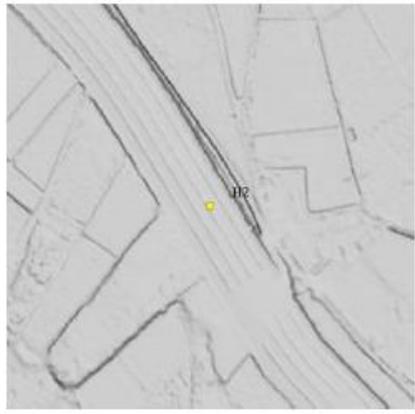
下水道與 HyDEM 整合記錄表			
人孔編號	H2	整合年度	2024 年
整合廠商	自強工程顧問有限公司	人孔類別	正常人孔
光達測製年份	2023 年	下水道資料年份	缺
高程差異值	27.7(單位：公分)	高程一致性	<input type="checkbox"/> 一致 <input checked="" type="checkbox"/> 不一致
不一致原因類別	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input checked="" type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> X		
整合人員	陳俊偉	檢查人員	藍國華
其他備註說明			
<small>※不一致原因類別：A.地貌改變 B.原始人孔即備註施工 C.人孔位於光達掃描遮蔽處 D.光達地形表現不足 E.原始資料有疑問 F.缺現況相片 G.現況無人孔 H.現況人孔類型改變 I.查無不一致原因 X.其他</small>			
航照		光達模型	
			
街景照/現地照片			
			

圖 2-50 不一致人孔附圖說明檔(pdf 檔)

2-6-2 整合成果

本作業區正常人孔 505 筆，正常人孔頂高程和水利數值地形模型高程差超過 20 公分(不一致正常人孔)為 59 筆(圖 2-51)，不一致比例大約 11.6%，其中又以「現況無人孔」佔為居多，「光達地形表現不足」次之，不一致類別統計請詳見圖 2-52 所示。

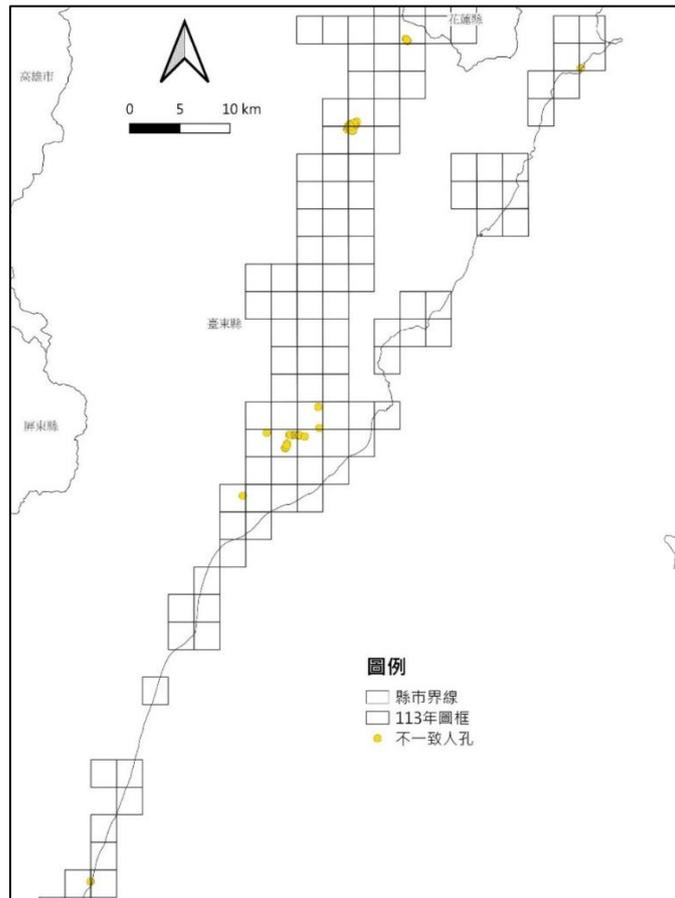


圖 2-51 不一致人孔分布

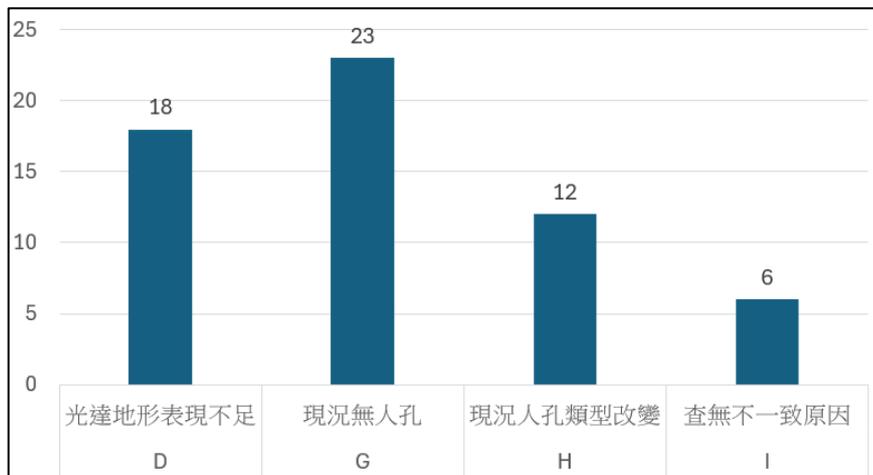


圖 2-52 不一致類別數量統計

「現況無人孔」的不一致人孔，其中有 16 筆集中在關山鎮(圖 2-53)，推測該區域街景拍攝時間為 2009、2012、2015 及 2021 年，有可能是街景拍攝間隔過久遠(圖 2-54)；「光達地形表現不足」的不一致人孔，主要集中在台東市(圖 2-55)，因人孔設置在中央分隔島(圖 2-56)，使得人孔在水利數值網格的高程值與實測高程值有不一致的狀況。

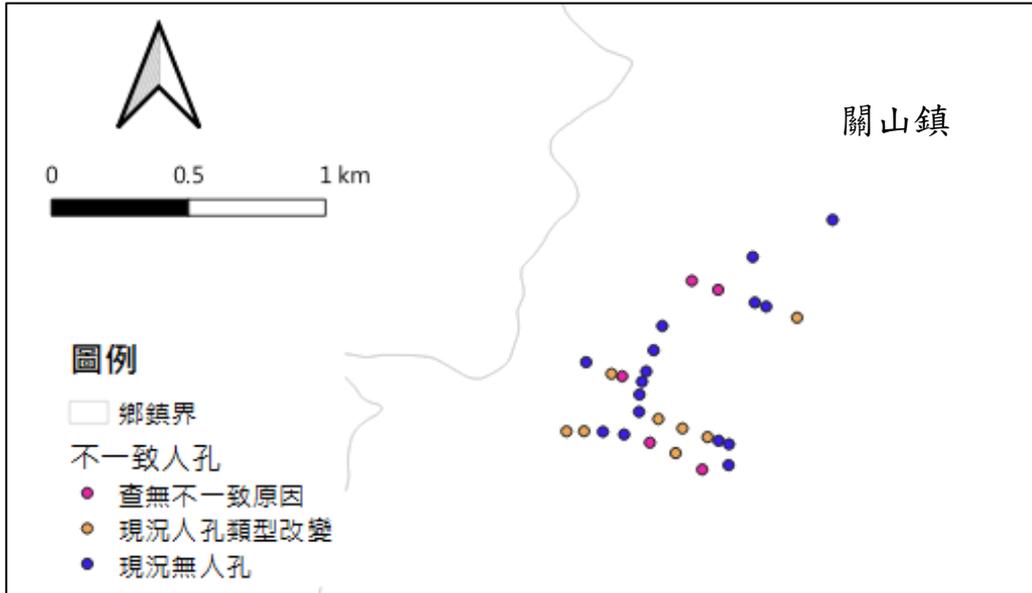


圖 2-53 臺東縣關山鎮不一致人孔分布



圖 2-54 臺東縣關山鎮街景拍攝時間

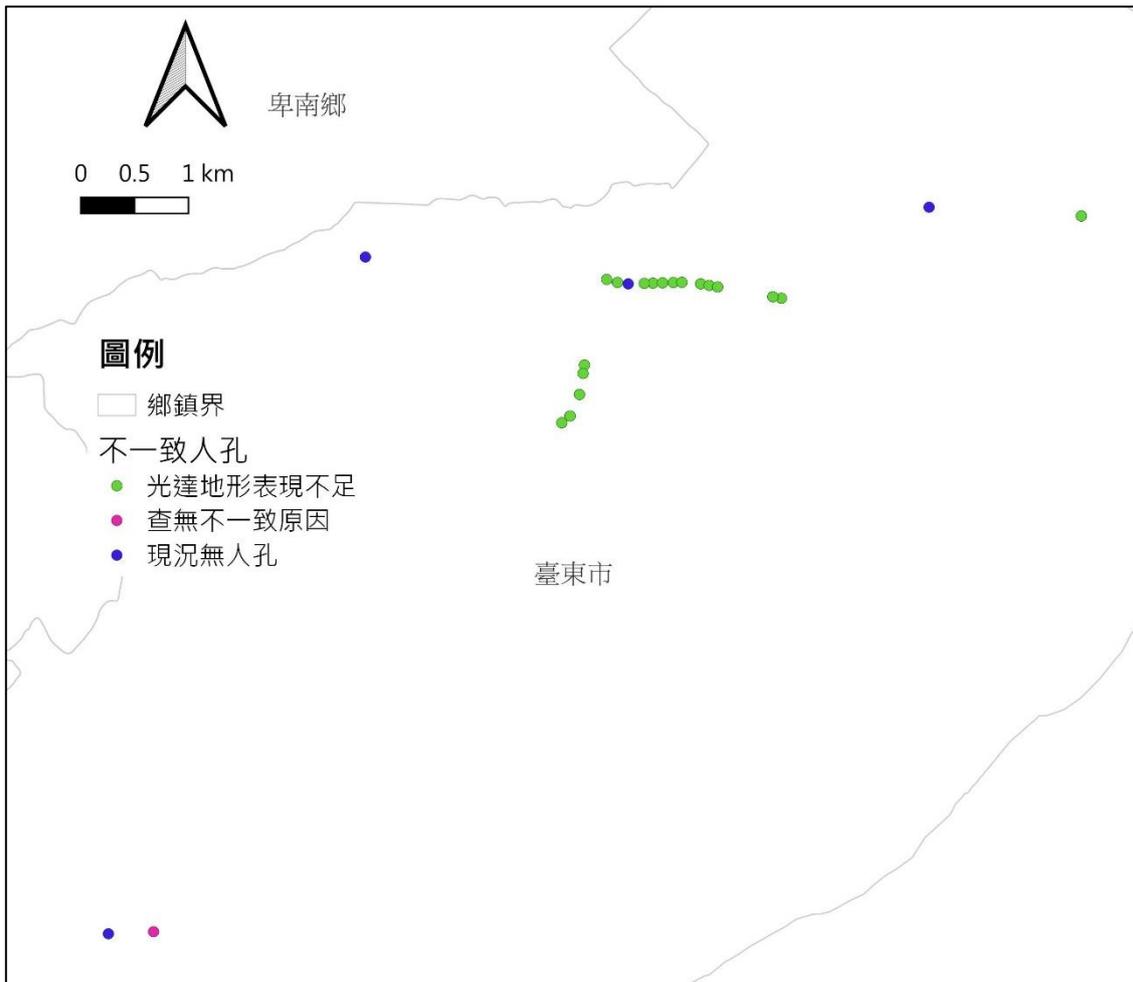


圖 2-55 臺東縣臺東市不一致人孔分布



圖 2-56 人孔於中央分隔島 (本計畫區人孔標號 4293-1)

第三章 品質管制

3-1 成果產製教育訓練

為能確保本計畫成果品質，測製人員延續前期原班底編修人員，除了有實際操作經驗和編修概念外，在本計畫可快速上手執行。此外，蒐集同仁去年繪製時所遇到的問題，於今年成大衛中所舉辦的教育訓練，請教成大衛中釐清繪製觀念(圖 3-1)，並將此經驗帶回公司分享予其他編修同仁。

3-1-1 成大衛中教育訓練

一、時間：113 年 3 月 22 日

二、地點：台南成功大學成功校區資源系 1 樓系史及多功能教室(4308)



圖 3-1 參與本計畫成大衛中教育訓練課程

3-1-2 內部教育訓練

為能快速教授作業人員學習本計畫作業所需相關軟體，除派遣資深且經驗豐富之作業人員參與相關計畫教育訓練之外，本計畫於準備期間即由本計畫主持人邱俊榮測量技師向作業人員傳達與說明計畫原意以及作業需求，確保作業人員能完整了解成果需求。

一、軟體使用

本計畫主要使用 TerraSolid 以及 Global Mapper (LiDAR module) 進行成果產製，並針對 HyDEM 作業方式建置相應軟體操作手冊(圖 3-2)，並舉辦多次內部教育訓練，提升作業同仁軟體操作的知識與熟悉度。



圖 3-2 自主建立 Global Mapper 軟體操作作業手冊

二、三維水利圖徵繪製

蒐集各繪製人員容易發生錯誤或是可以更精進繪製方法進行探討以及教育訓練(圖 3-3)，並自主建立 HyDEM 三維水利圖徵繪製作業手冊(圖 3-4)，以確保相關作業會有一致且優良的作業成果。

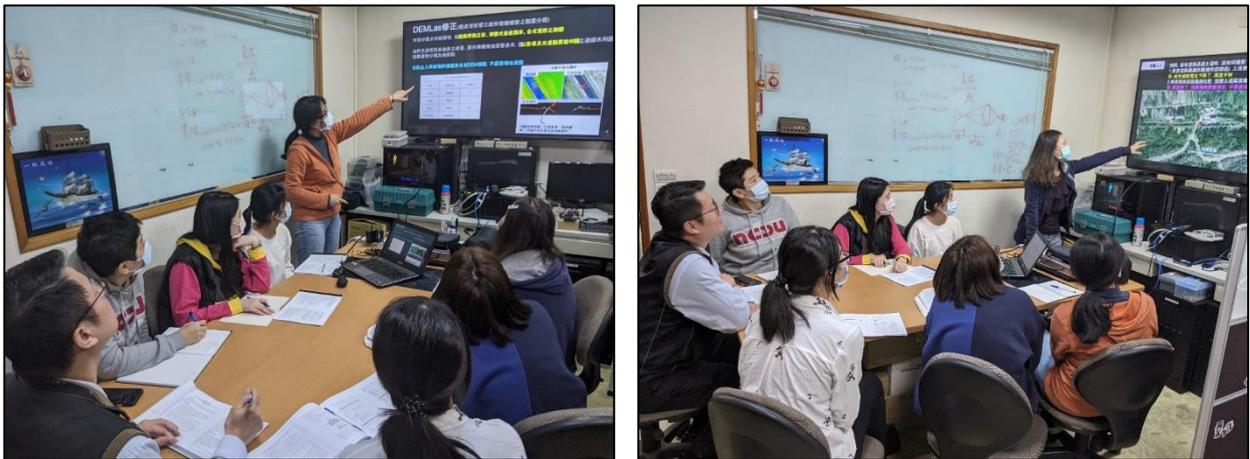


圖 3-3 三維水利圖徵繪製內部教育訓練



圖 3-4 自主建立 HyDEM 三維水利圖徵繪製作業手冊(持續增加中)

3-2 自主檢查與品質管制計畫

本計畫特別設立「資料品管中心」管制成果品質，相關品質管制流程如圖 3-5，擬定主要工作項目之檢查方式，並由相關經驗豐富之負責人進行檢核，以確保各個階段性成果品質，各自主檢查項目及其負責人詳如圖 3-6，自主檢查紀錄表詳附件三。



圖 3-5 品質管制計畫流程圖

1. HyDEM LAS 分類檢查	點雲處理組 審核人員 黃立婷	品質管制組長	計畫主持人
2. 三維水利圖徵合理性	點雲處理組 審核人員 黃潔玟		
3. 位相關關係檢查	資料處理組 審核人員 陳俊偉		
4. 三維水利圖徵屬性資料表檢查	資料處理組 審核人員 簡睿怡		
5. HyDEM 與三維水利圖徵一致性檢查	資料處理組 審核人員 陳俊偉		

圖 3-6 自主檢查項目與相關負責人

3-3 計畫成果內業自主檢核成果

HyDEMLAS 與三維水利圖徵繪製完成後，部分成果將採用自主開發檢核程式做品質把關，各工作項目檢核方式及數量詳見表 3-1 所示

表 3-1 HyDEMLAS 及三維水利圖徵資料檢核項目表

工作項目		檢核項目	查核方式說明	檢查數量
HyDEMLAS	點雲分類	範圍與跨年度檢查	人工逐幅檢查	138
		點雲類別統計	程式檢查	138
		地面點檢查 細部水工構造 點檢查	人工逐幅檢查	138
		接邊檢查	人工逐幅檢查	3
溢堤線	三維數值資料	漏補繪檢查	程式檢查	138
		相位檢查	程式檢查	138
		高低線段檢查	程式輔人工逐幅檢查	138
		特徵描繪檢查	人工逐幅檢查	138
		接邊檢查	程式輔人工逐幅檢查	138
		幾何精度檢查	人工抽樣現地檢查	138
	屬性資料	資料格式檢查	程式檢查	138
水域區塊	三維數值資料	相位檢查	程式檢查	133
		物件高程檢查	程式檢查	133
		接邊檢查	程式輔人工逐幅檢查	133
	屬性資料	資料格式檢查	程式檢查	133
		地形分類編碼檢查	程式輔人工逐幅檢查	133
海陸線	三維數值資料	相位檢查	程式檢查	37
		物件高程檢查	程式檢查	37
		特徵描繪檢查	人工逐幅檢查	37
		接邊檢查	程式輔人工逐幅檢查	0
	屬性資料	資料格式檢查	程式檢查	37
海堤線	三維數值資料	相位檢查	程式檢查	37
		物件高程檢查	程式檢查	37
		特徵描繪檢查	人工逐幅檢查	37

3-3-1 三維水利圖徵節點高程合理性檢查

三維水利圖徵節點高程合理性檢查，採用自行開發程式檢查(圖 3-7)，節點高程突高突低之狀況，並以圖像化方式標註記錄檢核結果(圖 3-8)，協助繪製作業人員快速找到錯誤之地方做修正。

```

1  #-*- coding: utf-8 -*-
2  """
3  Created on Mon Dec 25 08:49:06 2023
4
5  @author: CW Chen
6
7  修改 門檻值 資料路徑
8  此版 for geopandas 為2.0版
9  """
10
11 from shapely.geometry import shape, Point, LineString
12 import geopandas as gpd
13 from math import sqrt
14 import pandas as pd
15
16 # 設定斜率門檻值
17 threshold = 0.25
18
19 # 設定你的 shapefile 路徑0
20 shp_path = "D:/0_HyDEM/丙檢/Bank_96221024_Line.shp"
21
22 # 設定輸出路徑
23 outpute = "D:/0_HyDEM/丙檢/result_shapefile.shp"
24
25
26
27 def calculate_distance(point1, point2):
28     # 計算兩點之間距離
29     return sqrt((point2[0] - point1[0])**2 + (point2[1] - point1[1])**2)
30
31 def calculate_slope(point1, point2):
32     # 計算兩點之間的斜率 (高度/距離)
33     distance = calculate_distance(point1, point2)
34     height = point2[2] - point1[2] # 這裡使用 point[2] 表示高度
35
36     if distance == 0:
37         return float('inf') # 避免除以零的情況，返回無窮大斜率
38
39     return height / distance
40
41 # 定義創建圓的函數
42 def create_circle(point, radius=2):
43     return Point(point.x, point.y).buffer(radius)
44
45 # 使用 GeoPandas 讀取 shapefile
46 gdf = gpd.read_file(shp_path)
47
48 # 將 GeoDataFrame 轉換為指定的坐標系 (EPSG:3826)
49 gdf = gdf.to_crs(epsg=3826)
50
51

```

圖 3-7 三維水利圖徵節點高程合理性檢查程式畫面

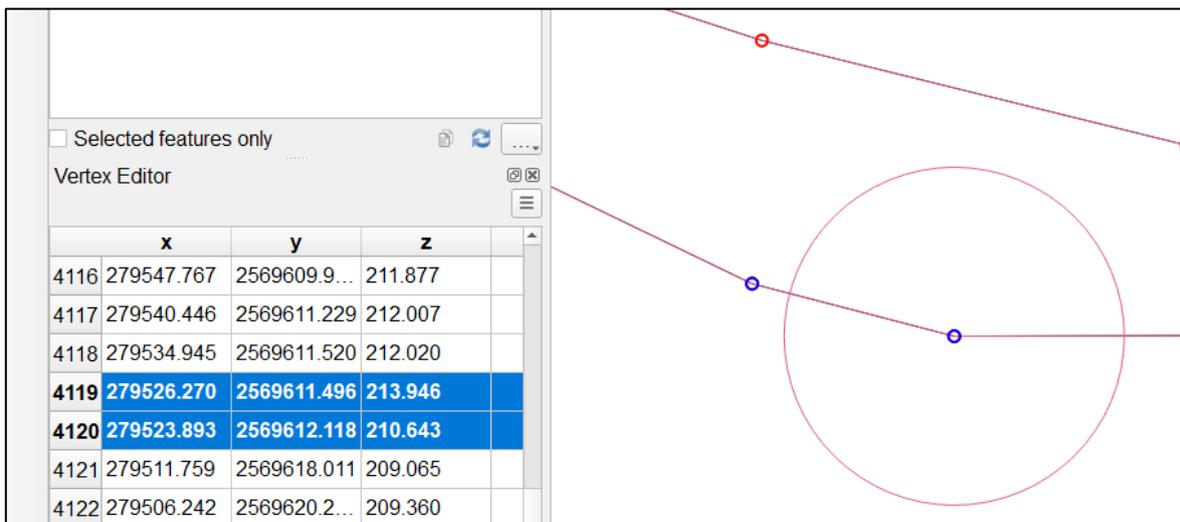


圖 3-8 三維水利圖徵節點高程自動檢查

3-3-2 三維水利圖徵之接邊高程、位相和屬性表檢查

三維水利圖徵位檢查使用 QGIS 開源軟體撰(圖 3-9 和圖 3-10)寫一序列檢查接邊處圖徵高程、位相(圖 3-11)以及屬性表檢查，確保相鄰圖徵的一致性，檢查後成果請詳見圖 3-12 所示。

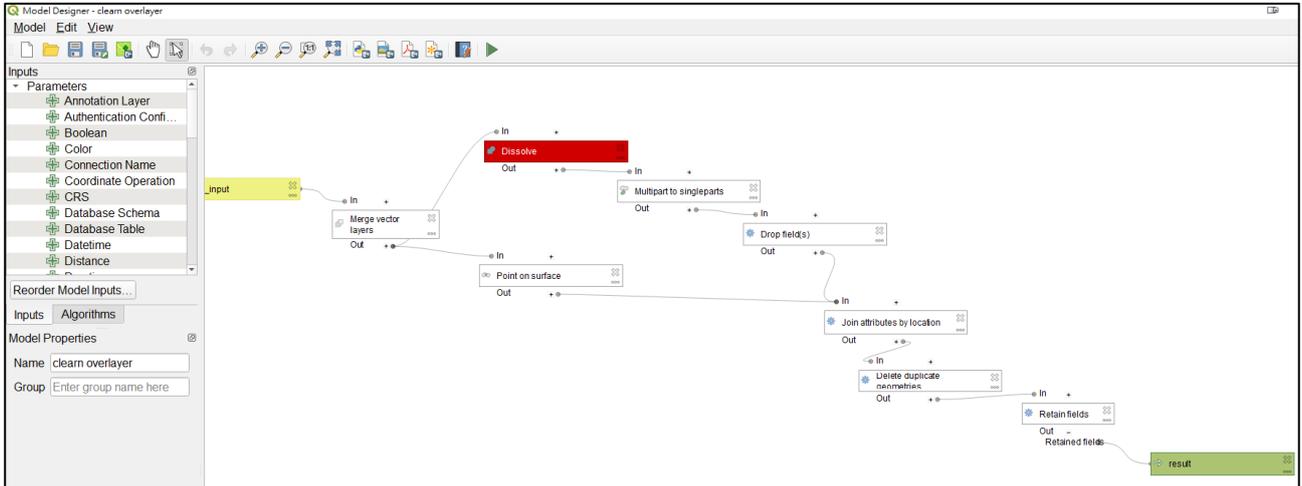


圖 3-9 相鄰圖徵高程檢查程式畫面

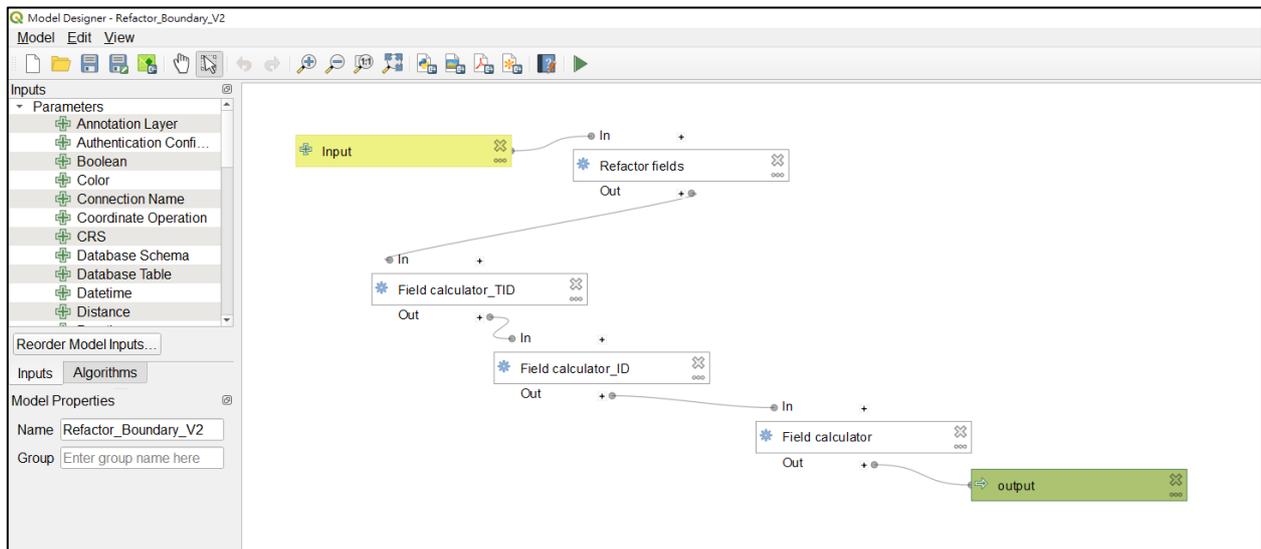


圖 3-10 三維水利圖徵屬性表檢查

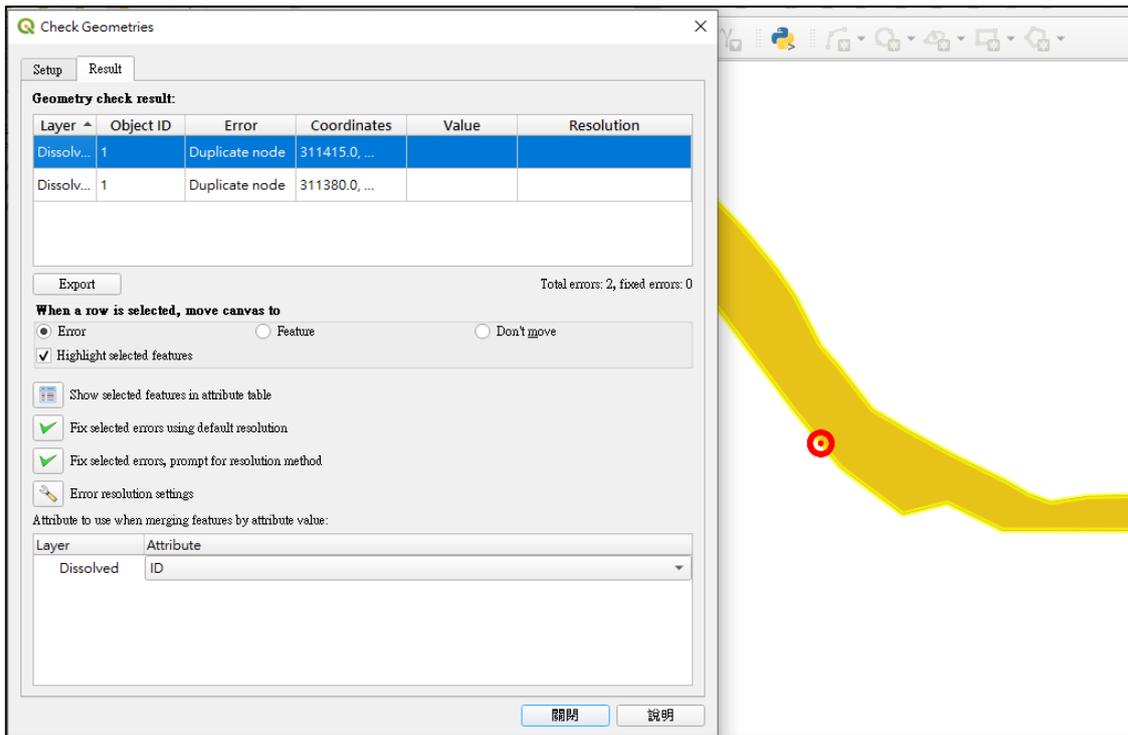


圖 3-11 位相檢查畫面

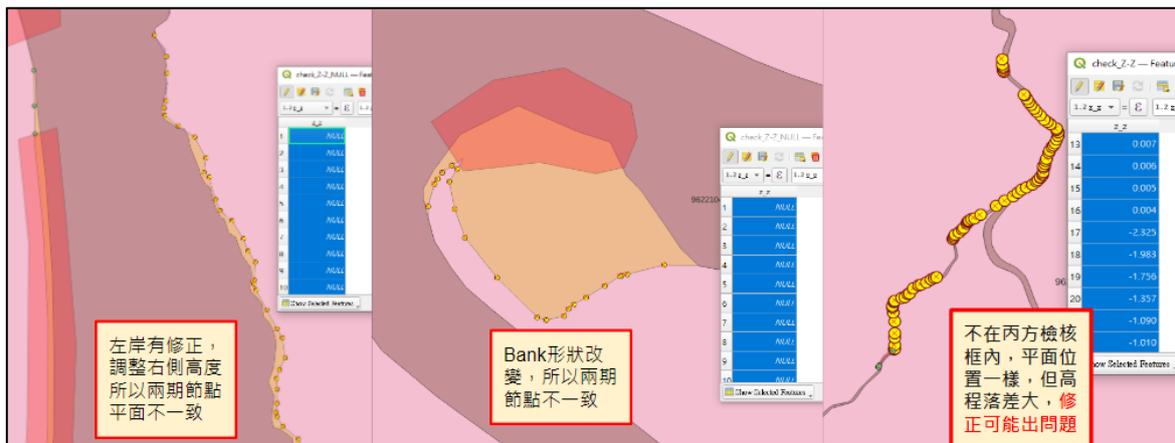


圖 3-12 高程一致性檢查說明

3-3-3 三維水利圖徵修正檢查

三維水利圖徵修正後，為避免出現沒有修正到之情形或誤修到原本正確的地方，因此自行開發比對修正前、後兩筆資料相異之處並加入成大衛中提供之須修正的範圍，確保每筆欲修正資料均有修正，並且沒有誤修正的狀況，檢核程式畫面詳圖 3-13 所示，檢核成果請詳圖 3-14 所示。

```

1 | -*- coding: utf-8 -*-
2 | """
3 | Created on Mon Sep 30 14:49:50 2024
4 |
5 | @author: CW Chen
6 | """
7 |
8 | import geopandas as gpd
9 |
10 | # 讀取兩個 shp 檔案
11 | shp1 = gpd.read_file(r'D:\前後期比對像本\shp1.shp')
12 | shp2 = gpd.read_file(r'D:\前後期比對像本\shp2.shp')
13 |
14 | # 提取每個多邊形的頂點座標
15 | def extract_vertices(geom):
16 |     if geom is None:
17 |         return []
18 |     if geom.geom_type == 'Polygon':
19 |         return list(geom.exterior.coords)
20 |     elif geom.geom_type == 'MultiPolygon':
21 |         vertices = []
22 |         for poly in geom:
23 |             vertices.extend(poly.exterior.coords)
24 |         return vertices
25 |     return []
26 |
27 | # 將所有頂點提取出來
28 | vertices_shp1 = [extract_vertices(geom) for geom in shp1.geometry]
29 | vertices_shp2 = [extract_vertices(geom) for geom in shp2.geometry]
30 |
31 | from shapely.geometry import Point
32 |
33 | # 找到shp1和shp2不同的節點
34 | unique_points_shp1 = set([Point(v) for vert_list in vertices_shp1 for v in vert_list])
35 | unique_points_shp2 = set([Point(v) for vert_list in vertices_shp2 for v in vert_list])
36 |
37 |

```

圖 3-13 三維水利圖徵修正檢查程式

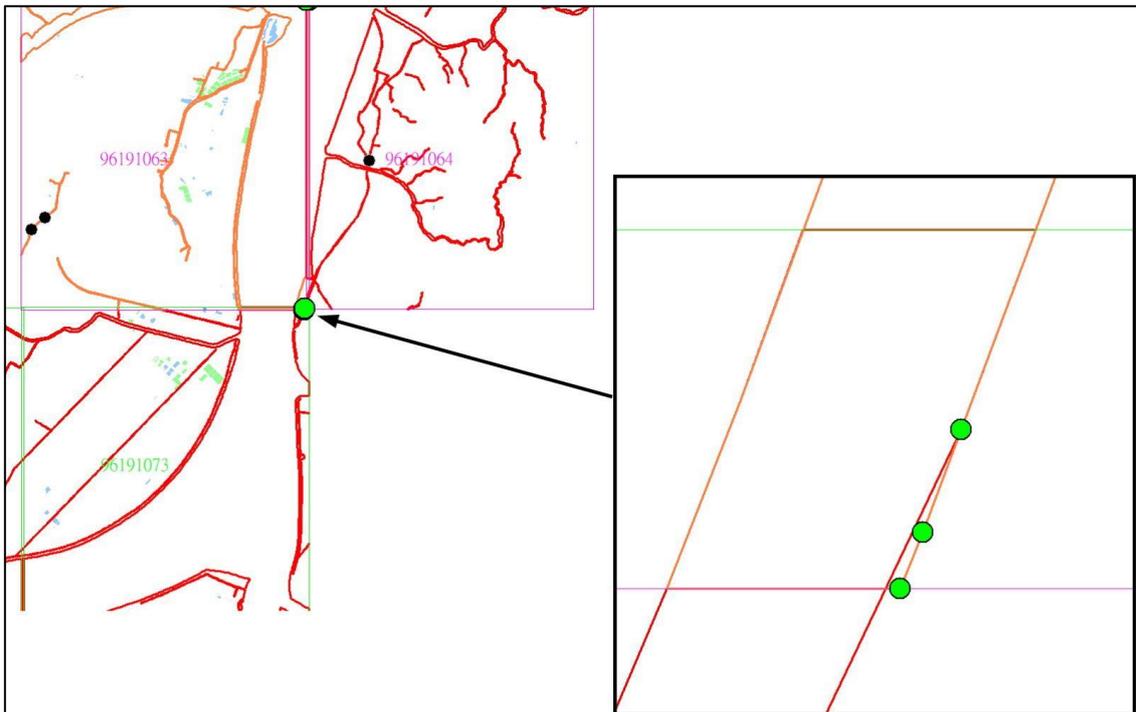


圖 3-14 檢核成果綠色圈表示修正前、後特徵線之節點有相異之處

3-3-4 點雲類別檢查

本作業成果需繳交「2、9、30、31、64」等五類點雲，因此在繳交成果之前須先針對 HyDEM las 檔的點雲分類做檢查，確認分類無誤，本檢查採用 Python 開源程式開發(圖 3-15)，針對有出現點雲錯誤類別之圖號和錯誤之分類紀錄在 excel 檔，方便作業人員做修正，點雲類別檢查結果請詳見圖 3-16 所示。

```

1 # -*- coding: utf-8 -*-
2 """
3 Created on Tue Apr 26 17:42:20 2022
4
5 @author: Chen Chun-wei
6 只能出現 2 6 9 30 31 這五類 直接檢查檢df這一欄
7 """
8
9 import os
10 import re
11 import pandas as pd
12
13 path = 'D:/txt/' # 修正一欄即可
14
15 class_num=[]
16 name = []
17 check = ['2','6','9','30','31']
18 rule_set = set(check)
19
20 for root, dirNames, fileNames in os.walk(path):
21     for f in fileNames:
22         data = os.path.join(root,f)
23         dataset = open(data,'r') #encoding='utf-8'
24         dataset = dataset.read()
25         result = re.findall('\s*([\d]+)',dataset)
26
27         check_set = set(result)
28         extra_values = check_set - rule_set
29
30         name.append(f.split('.')[0])
31         class_num.append(extra_values)
32         df = pd.DataFrame(zip(name, class_num), columns = ['sk', 'classf']) #zip(name, class_num
33
34 df.to_excel(path+'錯誤分類.xlsx')
35
    
```

圖 3-15 點雲類別檢查

	A	B	C	D	E	F
1	圖幅	點雲分類				
2	96232059	10				
3						
4						
5						
6						

圖 3-16 點雲類別檢查結果

3-3-5 繪製進度及品質控管統計

自主設計 HyDEM LAS 分類與三維水利圖徵繪製進度表格 (如圖 3-17)，記錄編修人員開始繪製日期、內部審查人員、內部審查日期、成大衛中審查結果等詳細資訊，並於每月進度會議時統計，討論並檢討每位編修人員點雲分類與三維水利圖徵繪製品(圖 3-18)，藉此改進編修人員點雲分類與三維水利圖徵繪製技術與所需觀念，確保本計畫水利數值地形分類點雲分類與三維水利圖徵繪製進度以及品質的完整性。

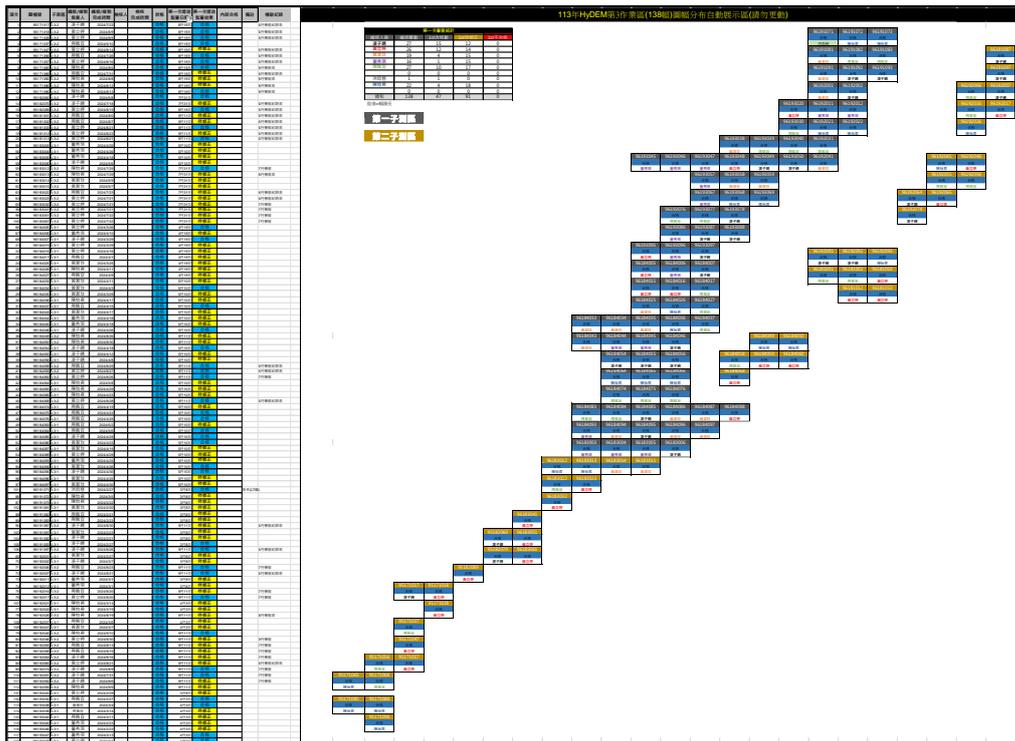


圖 3-17 建立自動化品質管制表格

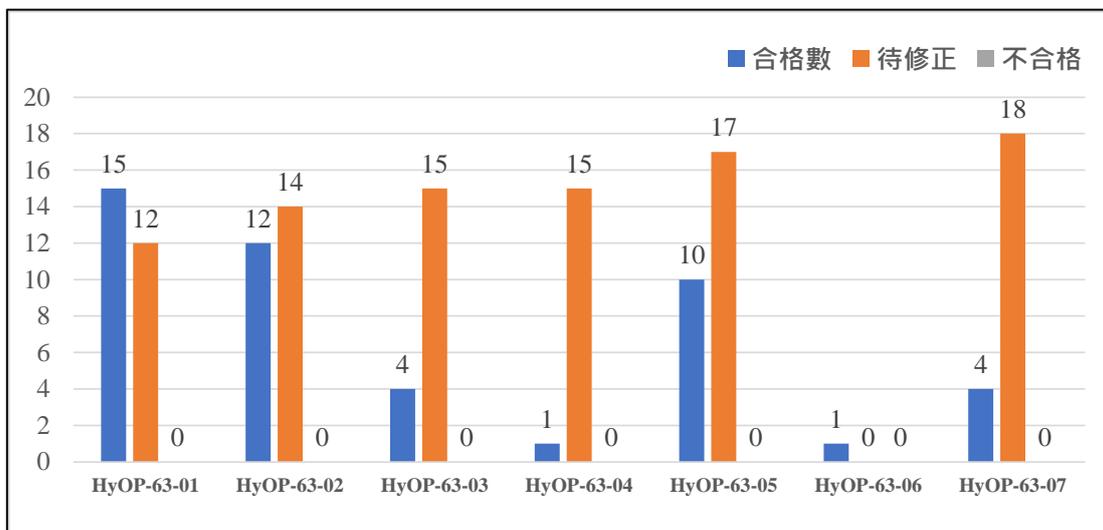


圖 3-18 113 年度編修作業人員品質狀況統計(提送第一次審查結果)

3-4 計畫成果外業自主檢核成果

依水利數值地形資料測製及檢核技術指引(草案)辦理三維圖徵之溢堤線外業精度檢核，依各測區抽樣 5%圖幅，第 1 子測區共 85 幅執行 5 幅(約 5.8%)檢核(表 3-2)，第 2 子測區共 53 幅執行 3 幅(約 5.6%)檢核(表 3-3)，現地工作照如圖 3-19，圖幅分布如圖 3-20，並依 113 年度第 2 次工作會議決議各子測區修正通過標準(表 3-4)，本次規定由第一次契約變更後實施。全數符合作業規定。詳細數據詳見附件 3 自主檢查表。

表 3-2 第 1 子測區三維水利圖徵外業自主檢核成果

測區	檢核圖幅	檢核點數	檢核點高程差(公尺)					
			1	2	3	4	5	6
6-3-1	96232060	6 點	0.158	0.127	0.126	0.074	0.073	0.147
		6 點	0.014	-0.025	0.137	0.112	0.115	0.086
	96232078	6 點	0.072	-0.016	-0.020	-0.010	0.037	0.029
		6 點	-0.094	-0.055	-0.023	0.116	0.274	0.102
	97224002	6 點	0.191	0.089	0.097	0.091	0.130	0.148
		6 點	0.077	0.062	0.032	0.090	0.117	0.066
	97233051	6 點	0.296	0.291	0.394	0.511	0.541	0.528
		6 點	0.394	0.426	0.379	0.407	0.393	0.304
	96221007	6 點	-0.234	-0.169	-0.147	-0.159	-0.211	-0.151
		6 點	-0.351	-0.160	-0.113	-0.090	-0.062	-0.166
絕對高程誤差值 RMSE(公尺)		0.218	相對高程誤差值 RMSE(公尺)				0.07	

表 3-3 第 2 子測區三維水利圖徵外業自主檢核成果

測區	檢核圖幅	檢核點數	檢核點高程差(公尺)					
			1	2	3	4	5	6
6-3-2	95171085	6 點	0.053	0.057	0.050	0.108	0.100	0.016
		6 點	-0.046	-0.017	-0.122	-0.033	-0.153	-0.063
	95182070	6 點	-0.058	-0.047	-0.059	-0.082	-0.033	-0.060
		6 點	0.063	0.096	0.091	0.063	0.107	0.060
	96192046	6 點	0.131	0.067	0.055	0.081	0.099	0.084
		6 點	0.042	-0.002	0.011	0.066	-0.008	-0.042
絕對高程誤差值 RMSE(公尺)		0.073	相對高程誤差值 RMSE(公尺)				0.052	

表 3-4 第 3 作業區各子測區外業驗收絕對及相對通過標準修正表

子測區	高程最大變異量 (公分)	高程最大變異量絕 對值(公分)	絕對標準 (公分)	相對標準 (公分)
第 1 子測區	+2.1	2.1	52.1	20.8
第 2 子測區	-0.9	0.9	50.9	20.4



圖 3-19 自主外業檢核現地工作照

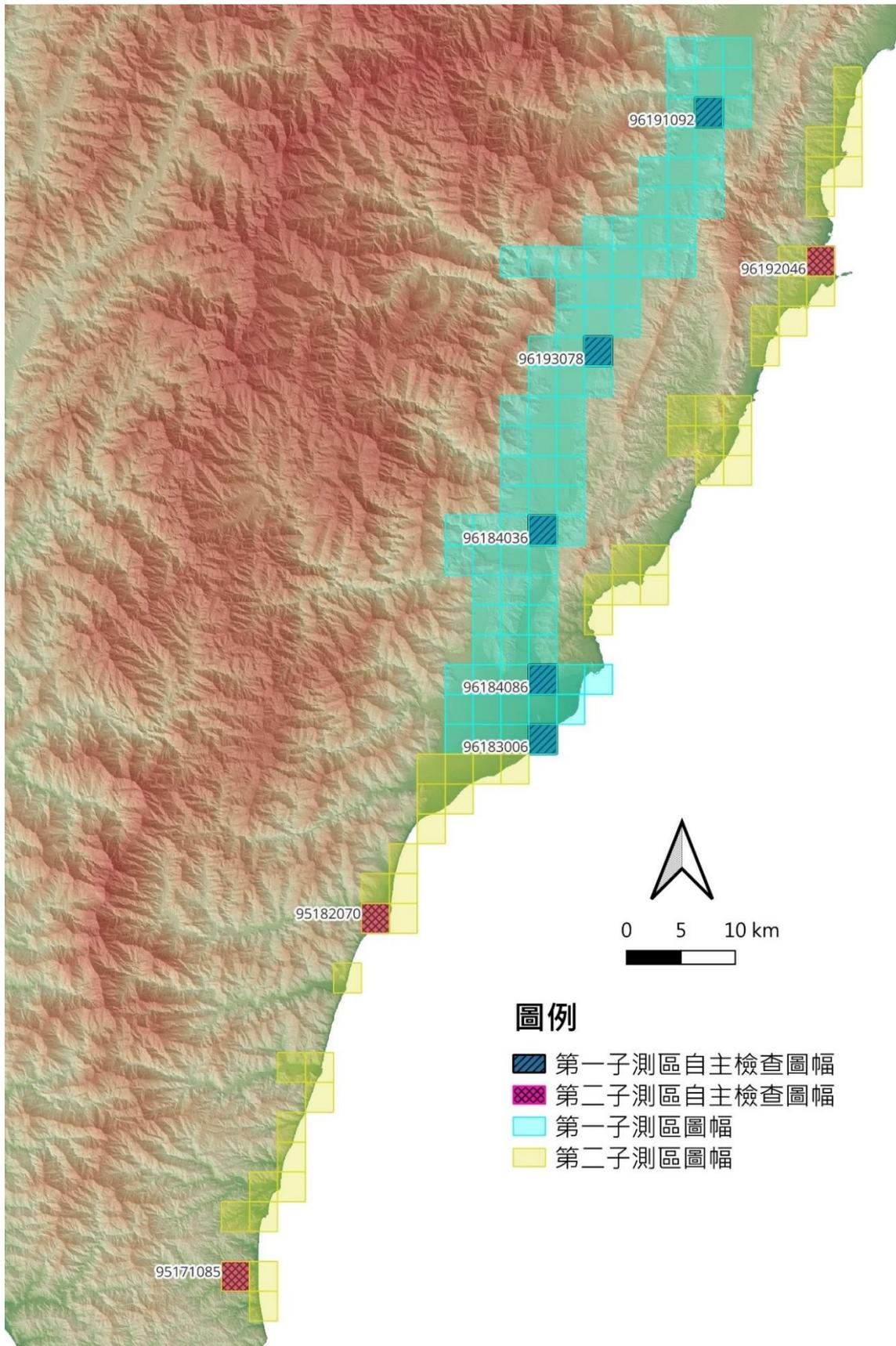


圖 3-20 自主外業檢核圖幅分布圖

第四章 檢討與建議

4-1 檢討

- 一、今年在繪製三維水利圖徵修正過程中，曾發生繪圖人員不慎修改了原本合格的區域，導致圖幅在送交丙方檢查時，出現了錯誤。為了防止此類情況再次發生，先前已經撰寫自動比對程式，旨在檢查修正前後資料的一致性。然而，由於程式存在程式錯誤 (Bug)，未能成功檢測到此類錯誤，進而未能防止該問題的發生。該程式錯誤目前已經被修正，以確保類似問題不再重演。
- 二、在歷年執行水利數值地形資料測製案過程，有陸續使用開源程式 (python) 開發相關檢核程式，然而近年程式語言陸續改版，部分語法已無法使用，因此近期會加速修正相關程式。

4-2 建議

- 一、依照第 3 作業區 112 年度及 113 年度下水道人孔整合經驗，正常人孔與 HyDEM 不一致佔比約分別為 17.1% 及 11.6%，因此建議未來若需要進行下水道人孔整合作業時，可先以正常人孔數量的 15% 作為估算不一致人孔數量，供貴中心在劃分作業區之參考依據。

參考文獻

1. 內政部，2005。LiDAR 測製數值高程模型及數值地表模型標準作業程序(草案)。
2. 內政部，2012。空載光達測製數值地形模型標準作業指引(草案)。
3. 內政部，2014。公告 103 年臺灣地區大地起伏模型成果。
4. 內政部國土測繪中心，2018。臺灣通用電子地圖測製更新作業說明。
5. 內政部國土測繪中心，2019。108 年度臺中市部分地區三維近似化建物模型建置工作採購案工作總報告。
6. 內政部，2021。水利數值地形資料測製及檢核技術指引(草案)。
7. 張哲豪，2018。108 年 DTM 資料開放與加值介接使用者交流研討會，HyDEM 應用於淹水模擬建模與展示之研究。
8. 經濟部水利署，2015。淹水潛勢圖製作手冊。
9. 經濟部水利署水利規劃試驗所，2017。高時空解析度淹水模式之研究應用。
10. 國家高速網路與計算中心，2018。二維淹水模式編修作業程序。
11. Kosovich, J., 2016. Overview of Lidar and DEM Hydro Treatments, USGS.
12. Maune, D. F. (Ed.), 2007. Digital elevation model technologies and applications: the DEM users manual. Asprs Publications.
13. Terrasolid, 2015. TerraScan User's Guide.



內政部國土測繪中心

地址：臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓

網址：<https://www.nlsc.gov.tw>

總機：(04) 22522966

傳真：(04) 22592533