



NLSC-110-18

110 年度水利數值地形資料 測製工作(第 2 作業區)

工作總報告

Report of Mapping for Hydraulic Topography
Dataset in 2021 (2nd Work zone)

主辦機關：內政部國土測繪中心

執行單位：中興測量有限公司

中華民國 110 年 12 月 31 日

摘要

內政部地政司自民國 107 年起與經濟部水利署水利規劃試驗所合作，建立「水利數值地形資料測製及檢核技術指引」，產製適合建置水理數值模型之水利數值地形資料，同時推廣細緻化淹水模擬之應用。水利數值高程模型(Hydraulic Digital Elevation Model, HyDEM)係利用既有空載光達所蒐集之點雲資料、正射影像、臺灣通用電子地圖等，加強水利相關建物點雲分類與數值地形模型建置，進行圖資細部調整與圖徵屬性建置，可作為各項後續分析和應用的基礎。繼試辦案後，本年度作業區域涵蓋臺灣西部嘉義縣、台南市、及高雄市，共 650 幅五千分之一圖幅範圍，約 4,550 平方公里執行面積。

中興測量有限公司執行範圍為第 2 作業區，涵蓋臺南及高雄之曾文溪、二仁溪、茄苳沿海、阿公店溪、左營沿海等地區，共 163 個圖幅(1/5000)，面積約 1,141 平方公里。依期程分為第 1 子測區 68 幅及第 2 子測區 95 幅。工作內容如下包含：

- 一、 產製水利數值地形分類點雲
- 二、 建置三維水利圖徵
- 三、 製作水利數值地形模型(含圖幅接邊處理)

本案針對水利需求加強重點渠道點雲分類，利用既有光達測製成果進行人工編修；三維水利圖徵則包含建物區塊(資料表)、溢堤線、水域區塊、海陸線、海堤線及水門等 6 大類圖徵數化及屬性建置。本案於第 2 作業區共產製 163 幅建物區塊(資料表)、161 幅溢堤線、160 幅水域區塊、13 幅海陸線、11 幅海堤線及 22 幅補充水門註記。

最後利用已建置之溢堤線圖資，搭配原有地面點雲資料，強化渠道邊緣與拉提阻水構造物製成 1m × 1m 水利數值高程模型，以提供水利數值模擬所需之高精度圖資，達到最佳模擬之成果。

關鍵字：水利數值高程模型、三維水利圖徵、空載光達

Abstract

Hydraulic digital terrain are made for numerical flow simulation and promotion. Department of Land Administration, MOI has built up guidelines of mapping and checking of hydraulic digital terrain data, cooperating with Water Resources Planning Institute, WRA, MOEA from 2018. Hydraulic Digital Elevation Model, HyDEM, is based on electronic maps, point cloud which were collected from airborne-LiDAR survey, and orthophotos. Detail mapping and attribute establishment can be the foundation of analysis and applications. Working area spread in Chiayi, Tainan, Kaohsiung, and Pingtung in this year. It is about 4,550 square kilometers, equivalent to 650 map sheets of 1/5,000 scale.

CHS Surveying Co. Limited won the contract for the second work zone, distributed in the western Taiwan, including Chiayi, Tainan, and Kaohsiung, covered Zengwen River, Erren River, A-gang-dian River and coastal range in Qiding to Zuoying. It is about 1,141 square kilometers, equivalent to 163 map sheets of 1/5,000 scale, which was divided into 68 sheets in sub-working-area 1 and 95 sheets in sub-working-area 2. The major work include:

1. Classification for HyDEM LAS
2. Digitization of 3D hydraulic features
3. Production of hydraulic digital elevation model, HyDEM

Pont cloud classification were edited by existing LiDAR-survey-data, and were focus on river banks. Building (table), bank, water-body, coastal boundary, sea-dike, and gate are 6 kinds of 3D hydraulic features. There are 163 building tables, 161 sheets of bank, 160 sheets of water-body, 13 sheets of coastal boundary, 11 sheets of sea-dike, and 22 sheets of additional gate marking in the second work zone.

Finally, the results of point cloud and 3D hydraulic features continue to produce $1\text{m} \times 1\text{m}$ HyDEM in order to provide high-precision data required for numerical simulation, to achieve the best simulation results.

Keywords: Hydraulic Digital Elevation Model, 3D Hydraulic Features, LiDAR

目 錄

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
目錄.....	III
圖目錄.....	V
表目錄.....	VIII
第一章 計畫概述.....	1
1.1 緣起.....	1
1.2 作業區域.....	2
1.3 工作內容與各階段期程.....	3
第二章 作業流程及作業資料特性說明.....	4
2.1 作業流程.....	4
2.2 作業資料.....	5
2.3 人員考核訓練.....	10
2.4 工作環境與儀器設備.....	11
第三章 水利數值地形分類點雲產製.....	14
第四章 三維水利圖徵數化描繪.....	17
4.1 溢堤線(BANK).....	19
4.2 水域區塊(WATER BODY).....	23
4.3 海陸線(BOUNDARY).....	28
4.4 海堤線(SEADIKE).....	30
4.5 水門補充資料(GATE).....	31
4.6 建物區塊資料表(BUILDING).....	32
第五章 水利數值地形模型產製.....	35
第六章 檢核方式及處理原則說明.....	38
6.1 資料品管與處理原則.....	38
6.2 外業精度檢核.....	44
第七章 加值服務.....	52
7.1 提供一套 GLOBAL MAPPER 軟體.....	52
7.2 提供軟體操作教育訓練.....	52

7.3 測製資料更新流程建議	53
第八章 成本分析.....	59
第九章 檢討與建議.....	61
9.1 結論.....	61
9.2 檢討與建議	62
參考文獻.....	64
附件一 主辦方審查意見回覆	
附件二 監審方審查意見回覆	
附件三 公文來往紀錄	
附件四 各次工作會議結論與追蹤事項辦理情形	
附件五 檢查報表	
附件六 驗收數據報表	

圖目錄

圖 1.1 第 2 作業區各子作業區範圍圖	2
圖 2.1 工作流程圖.....	4
圖 2.2 工項作業整合流程	5
圖 2.3 點雲資料年份分布	6
圖 2.4 點雲未外擴導致圖幅邊緣內插異常 (圖幅號：96213003)	7
圖 2.5 正射影像套疊地形渲染圖	8
圖 2.6 正射影像套疊電子地圖	8
圖 2.7 HyDEM 陰影圖套疊水域線與電子地圖.....	9
圖 2.8 三維近似化建物模型示意圖 (內政部國土測繪中心，2019)	10
圖 2.9 街景協助判斷判斷水閘門(截自 Google 街景).....	10
圖 2.10 監審方教育訓練	11
圖 2.11 內部教育訓練.....	11
圖 2.12 內部教育訓練教材	11
圖 2.13 工作環境照片	12
圖 2.14 機敏作業電腦	12
圖 3.1 點雲編修作業流程	14
圖 3.2 溝渠兩側立面需分類為地面點 (圖幅號：94193080)	15
圖 3.3 各式堤防、防洪牆、胸牆或護欄分類至水流阻擋物	15
圖 3.4 阻水設施與護欄.....	15
圖 3.5 立面及胸牆點雲補強	16
圖 3.6 非地面點分類錯誤	16
圖 3.7 水體內雜點分類錯誤	16
圖 4.1 第二作業區三維水利圖徵總成果	17
圖 4.2 自動化批次屬性編寫模組	18
圖 4.3 批次分幅作業模組	18
圖 4.4 溢堤線編修流程.....	19
圖 4.5 自然護坡溢堤線繪製與保全對象關係	19
圖 4.6 人工渠道溢堤線繪製	20
圖 4.7 自然河道溢堤線繪製	20
圖 4.8 溢堤線遇管箱涵繪製原則 (圖幅號：94193015).....	21
圖 4.9 溢堤線遇橋梁繪製原則 (圖幅號：94193080).....	21

圖 4.10 本案溢堤線成果	22
圖 4.11 水域區塊編修流程.....	24
圖 4.12 水線編修以符合水域區塊規則 (圖幅號：94193076)	24
圖 4.13 水域區塊篩選模組	25
圖 4.14 水域區塊影像分類	25
圖 4.15 自行開發軟體萃取點雲資料計算水面高程	26
圖 4.16 水域區塊水面高程值與滿水位高程值計算方式	26
圖 4.17 本案水域區塊成果	27
圖 4.18 海陸線編修流程	28
圖 4.19 海陸線編修成果 (圖幅號：94184068).....	28
圖 4.20 本案海陸線及海堤線成果	29
圖 4.21 海堤線編修流程	30
圖 4.22 海堤線繪製 (圖幅號：94184058).....	30
圖 4.23 水閘門分類.....	31
圖 4.24 本案水門成果	32
圖 4.25 建物區塊(資料表)編修流程.....	33
圖 4.26 建物區塊資料位置關係	33
圖 5.1 水利數值地形模型 (圖幅號：94193080).....	35
圖 5.2 阻水人工構造物補足 (圖幅號：94193080).....	35
圖 5.3 玉峰攔河堰網格模型(圖幅號：94192055).....	36
圖 5.4 本案 HyDEM 網格成果.....	36
圖 5.5 HyDEM 及三維水利圖徵成果 (圖幅號：94192033).....	37
圖 5.6 HyDEM 及三維水利圖徵成果 (圖幅號：94192040).....	37
圖 5.7 HyDEM 及三維水利圖徵成果 (圖幅號：94194074).....	37
圖 6.1 自我檢核與品管流程圖	38
圖 6.2 位相自我品管示意圖	40
圖 6.3 物件重疊檢查工具	40
圖 6.4 線段交叉檢核模組	41
圖 6.5 溢堤線品管流程要點	41
圖 6.6 本案溢堤線精度檢核點分布	44
圖 6.7 精度檢核工作照.....	45
圖 6.8 第 1 子測區外業精度檢核成果分布	47
圖 6.9 第 2 子測區外業精度檢核成果分布	48

圖 6.10 第 1 子測區外業驗收工作照	48
圖 6.11 第 2 子測區外業驗收工作照.....	49
圖 6.12 本案溢堤線外業驗收點分布	49
圖 6.13 驗收點現地道路塌陷	51
圖 7.1 教育訓練現場照片(110.10.29).....	52
圖 7.2 資料更新建議流程圖	54
圖 7.3 多年期街景影像比對	55
圖 7.4 正射影像比對.....	55
圖 7.5 地面光達掃瞄成果	55
圖 7.6 UAV 攝影軌跡分布	56
圖 7.7 UAV 航攝建模成果	56
圖 7.7 牆面資訊比較.....	57
圖 7.8 原始及更新溢堤線與網格資料比較圖	57

表 目 錄

表 1.1 交付成果說明表.....	3
表 1.2 各階段繳交日期與文號列表	3
表 2.1 點雲資料分類圖層及編碼	7
表 2.2 水利單位提供參考資料	9
表 2.3 編修人員考核通過清單	11
表 2.4 本案使用儀器設備一覽表	12
表 2.5 電腦軟體設備一覽表	13
表 3.1 更新後水利數值地形分類點雲資料分類圖層及編碼	14
表 4.1 點雲資料分類圖層及編碼	18
表 4.2 溢堤線屬性欄位.....	23
表 4.3 水域區塊屬性欄位	27
表 4.4 海陸線屬性欄位.....	29
表 4.5 海堤線屬性欄位.....	31
表 4.6 水門屬性欄位.....	31
表 4.7 建物區塊(資料表)屬性欄位.....	34
表 4.8 建物區塊成果表 (擷取 94181037 成果).....	34
表 6.1 編修點雲與水利圖徵資料檢核項目表	39
表 6.2 三維溢堤線常見錯誤	42
表 6.3 本案子測區抽樣檢核幅數表	45
表 6.4 本案抽樣檢核成果表	45
表 6.3 本案子測區抽樣驗收幅數表	48
表 6.4 本案抽樣驗收成果表	50
表 7.1 教育訓練課程表.....	52
表 7.2 教育訓練簽到表.....	53
表 7.3 更新測製資料成本	58
表 8.1 各項作業成本統計分析表	60
表 8.2 作業人員性別平等資訊統計	60

第一章 計畫概述

1.1 緣起

臺灣河川密集，沿主要河道兩側多有土地或道路開發，而低漥地區每年皆因強降雨有洪氾問題，造成大小不等的人財損失。因此，防洪疏濬建設、水資源管理、溢淹模擬分析、災後重建規劃等，均須仰賴高解析度水利數值地形模型資料，提供重要的地表水利特徵細節資訊，供研究、管理或決策時有更精準的參考依據。

內政部自民國 105 年起至今陸續更新建置空載光達技術更新高精度及高解析度之數值地形模型資料，其資料於各領域單位已有廣泛應用與良好成效，可見 DTM 資料已然成為國家三維底圖資料。然而在防汛議題上，現有之純網格形式 DTM 資料的地形細緻度對於即時性或中尺度社區等級淹水模擬分析已略為不足以提供精確成果。對此，內政部地政司自民國 107 年起與經濟部水利署水利規劃試驗所合作，建立「水利數值地形資料測製及檢核技術指引」，產製適合建置水理數值模型之水利數值地形資料，同時推廣細緻化淹水模擬之應用。於民國 108 年研擬水利數值地形資料測製及檢核技術指引(草案)與試辦臺南市鹽水溪及三爺溪排水流域合計 53 幅 1/5000 水利數值地形模型相關成果建置；民國 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建置 100 幅水利數值地形模型相關成果。

承繼兩年之水利數值地形模型試辦案，現階段持續規劃民國 110 至 113 年逐年自南向北，再向東部延伸，針對水利需求進行點雲分類以及三維水利圖徵建置描繪，產製共 2343 幅水利數值地形模型圖資成果。本年度辦理第 1 作業區(159 幅)、第 2 作業區(163 幅)、第 3 作業區(172 幅)及第 4 作業區(156 幅)範圍合計 650 幅。藉由水利圖資編修與建置，並由貴中心另案委由監審方協助成果檢核與監審工作，俾達成計畫預期成效，建立更完善的水資源管理基礎空間資訊資料庫，以提供未來對於低漥地區防、減災以及重大國土規劃之重要依據。

1.2 作業區域

本團隊承攬第2作業區，涵蓋臺南及高雄之曾文溪、二仁溪、茄苳沿海、阿公店溪、左營沿海等地區，共163個圖幅(1/5000)面積約1,141平方公里，其中包含16幅鄉區及147幅城區。依照規範期程第2階段需繳交40%以上圖幅相關成果，以測區北邊68個圖幅(1/5000)作為第1子測區，剩餘圖幅於第3階段繳交95個圖幅(1/5000)為第2子測區。分布位置如圖1.1所示。

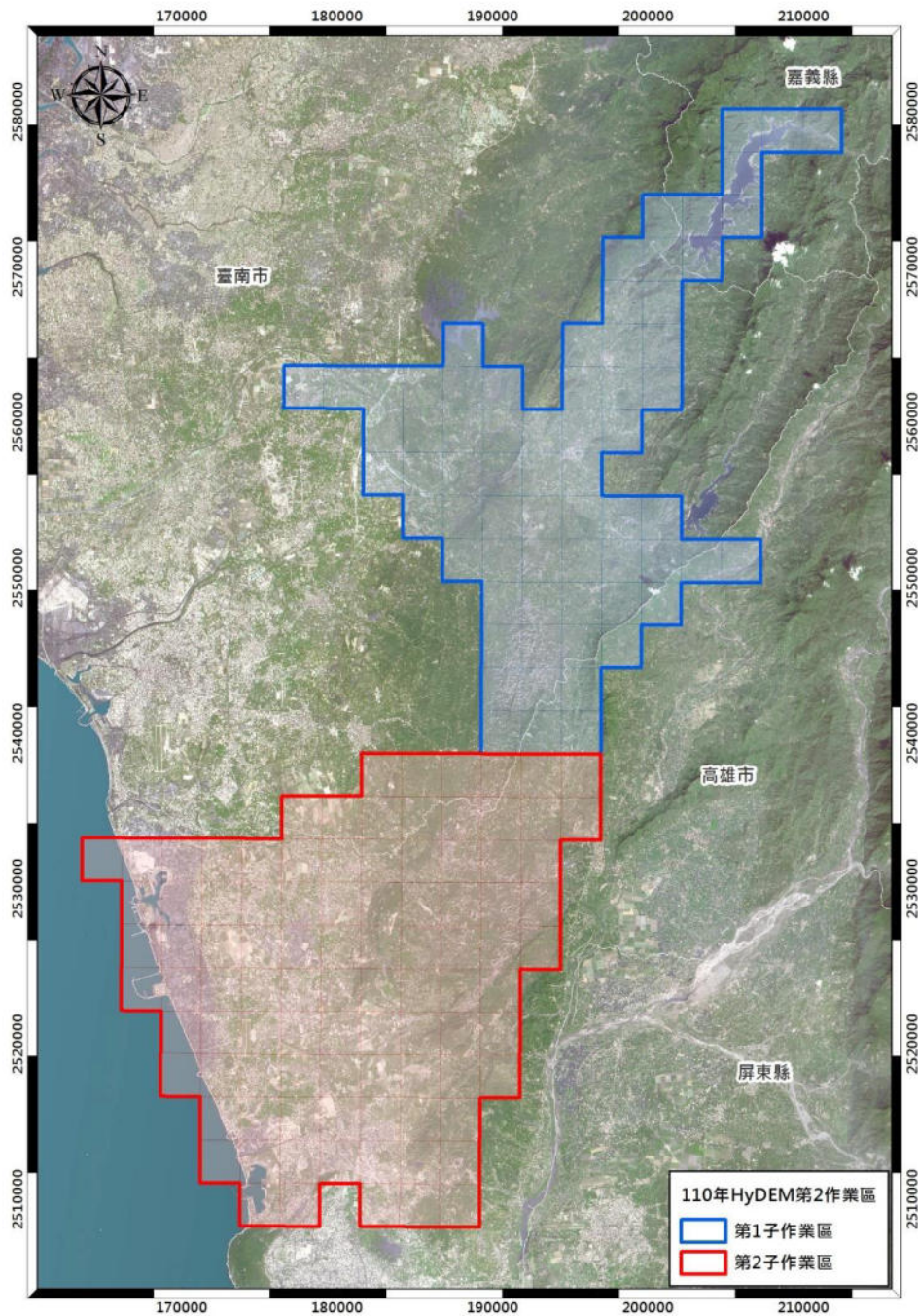


圖 1.1 第2作業區各子作業區範圍圖

1.3 工作內容與各階段期程

本案工作內容包含產製水利數值地形資料，包含水利數值地形分類點雲(簡稱 HyDEM LAS)、三維水利圖徵及水利數值地形模型(簡稱 HyDEM)等成果，詳細之工作執行方法將於後續章節說明。成果資料繳交細項如表 1.1 所示，實際繳交日期以及文號列表如表 1.2 所示。

表 1.1 交付成果說明表

階段	交付項目	繳交期限
第 1 階段	作業計畫初稿 10 份及電子檔 3 份。	110 年 2 月 25 日 (決標次日起 20 個日曆天)
第 2 階段	水利數值地形資料成果(辦理範圍 40%以上圖幅)	110 年 6 月 30 日
第 3 階段	水利數值地形資料成果(辦理範圍之剩餘圖幅數)	110 年 11 月 20 日 (當日為星期例假日、國定假日或其他休息日，以次一辦公日之同一截止時間代之。)
第 4 階段	工作總報告(初稿)10 份及電子檔 3 份。	110 年 12 月 10 日
	修正後工作總報告 8 份及電子檔 3 份。	依機關指定期限 內繳交。

表 1.2 各階段繳交日期與文號列表

階段	提送監審方 審查日期/文號	通過監審方 審查日期/文號	提送貴中心 審查日期/文號	通過貴中心 審查或驗收 日期/文號
第 1 階段	110.02.20 中興測字第 1100000097 號	110.02.23 成大產創字第 1101100530 號	110.02.25 中興測字第 1100000114 號	110.03.22 測形字第 1101300589 號
第 2 階段	110.06.21 中興測字第 1100000330 號	110.06.24 成大產創字第 1101101863 號	110.06.30 中興測字第 1100000348 號	110.07.15 測形字第 1101570294 號
第 3 階段	110.11.15 中興測字第 1100000620 號	110.11.18 成大產創字第 1101103745 號	110.11.22 中興測字第 1100000635 號	110.12.13 測形字第 1101570485 號
第 4 階段	110.12.07 中興測字第 1100000676 號	110.12.10 成大產創字第 1101104065 號	110.12.10 中興測字第 1100000688 號	110.12.29 測形字第 1101570564 號

第二章 作業流程及作業資料特性說明

2.1 作業流程

水利地形資料測製之作業流程，主要可分為三個工作項目：產製水利數值地形分類點雲、建置三維水利圖徵及製作水利數值地形模型(含圖幅接邊處理)，其相關作業流程如圖 2.1 所示：

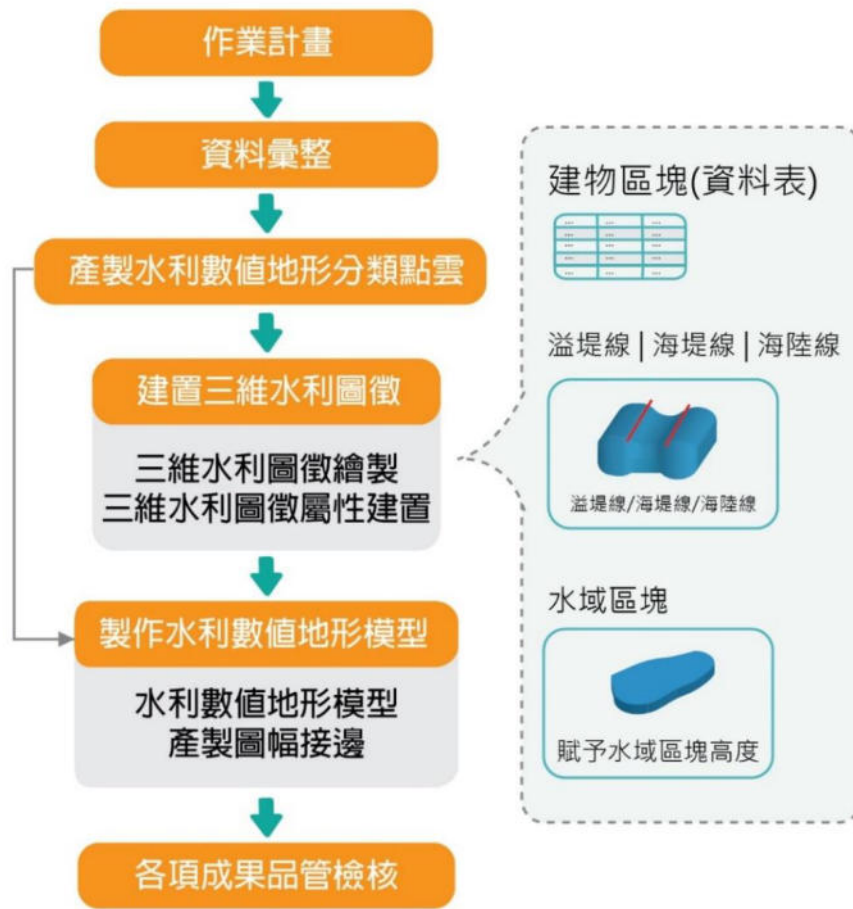


圖 2.1 工作流程圖

本案藉由既有之空載光達技術更新數值地形模型成果測製案點雲資料及其他相關圖資進行第 2 作業區 163 幅之水利數值地形資料產製，利用既有光達點雲資料進行符合水利需求的重新分類，組成初版模型後建置各項三維向量圖徵及其屬性，圖徵包含沿著主要流動水域的溢堤線、海岸地區的海陸線及海堤線、代表不同用途蓄水區域的水域區塊等。最後以所產製的溢堤線作為斷線，搭配點雲資料 Kriging 模式內插組成水利數值地形模型。各工項內參考與產製資料眾多，詳細如後章節說明。

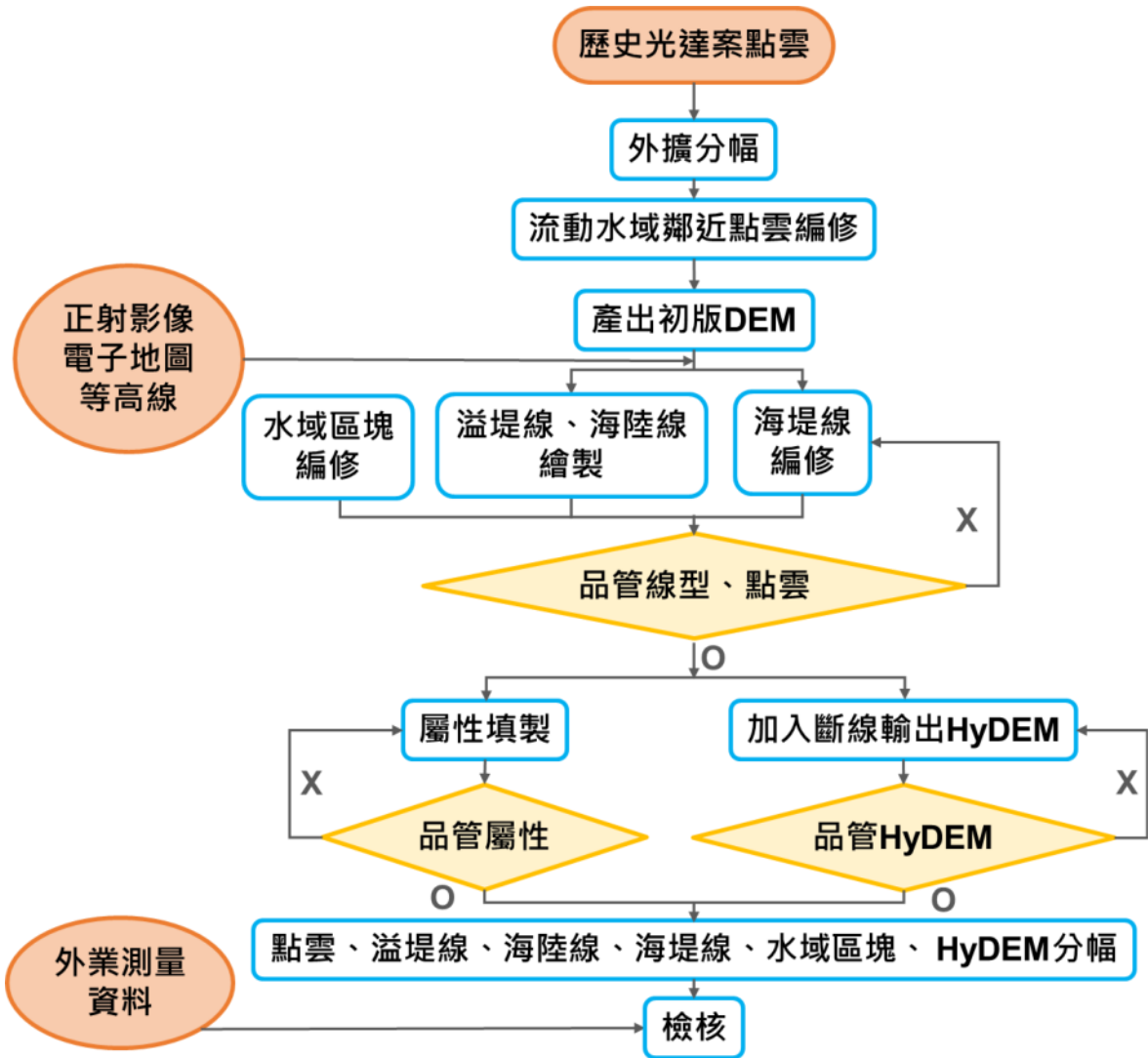


圖 2.2 工項作業整合流程

2.2 作業資料

執行作業時，需要以多種既有圖資進行編修或輔助參考，包含點雲資料、正射影像、水域線、臺灣通用電子地圖(以下簡稱電子地圖)、水利圖資及街景圖資等，以下分別描述各式圖資的資料型態與相關應用說明。

2.2.1 點雲資料(DEMLAS)

貴中心提供現有 99 年、105 與 107 年空載光達技術更新數值地形模型成果測製案(圖 2.3)經平差處理過後之 4 類點雲資料。本案作業針對水利設施構造物分類，加強分類水利結構物與水利設施構造物，重新過濾分類，並將影響後續水利數值地形模型網格內插及三維水利圖徵繪製之分類錯誤補正，以產製水利數值地形分類點雲。

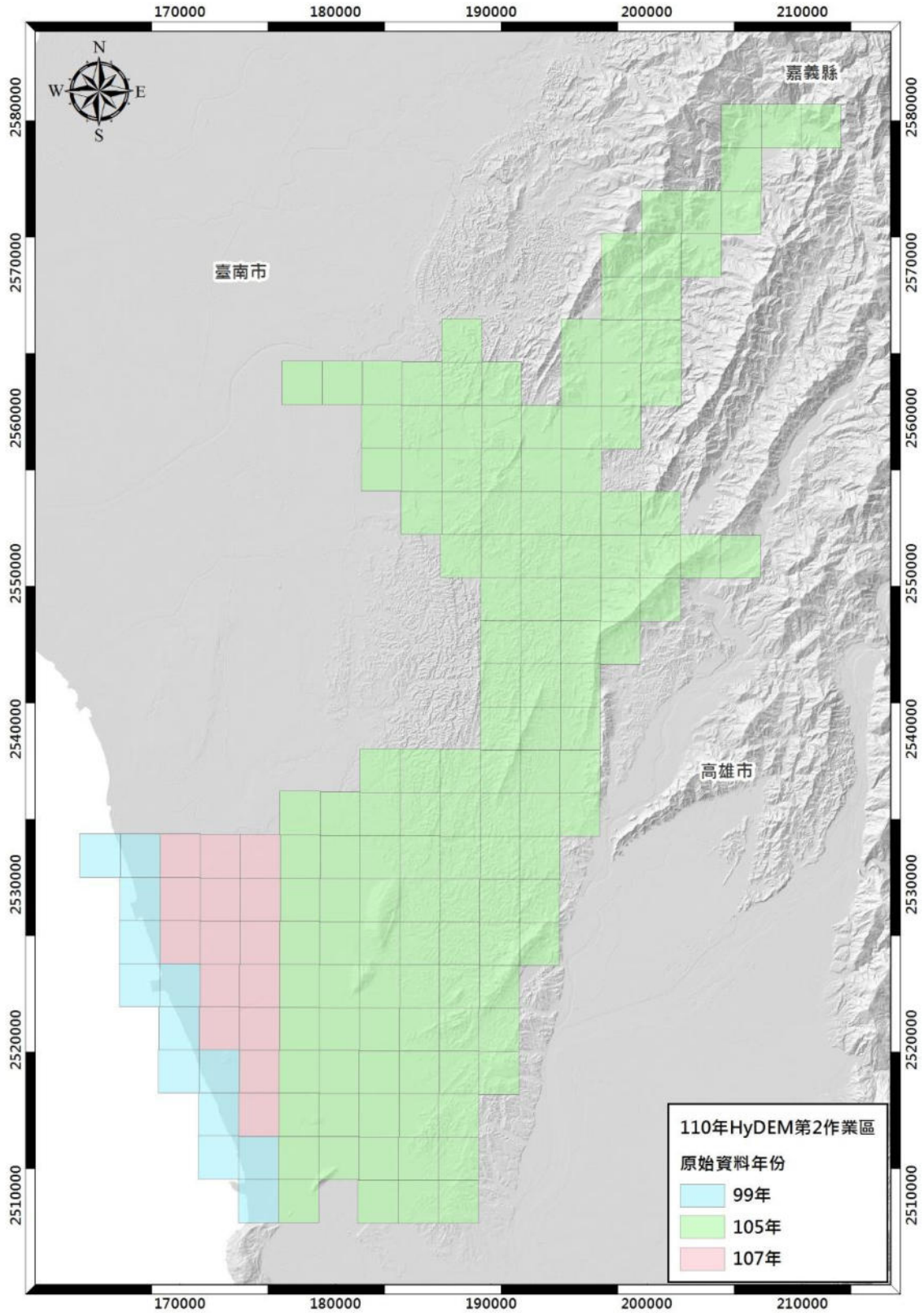


圖 2.3 點雲資料年份分布

表 2.1 點雲資料分類圖層及編碼

項目	圖層名稱	Code
地面點	Ground	2
水面點	Water	9
雜點	Noise	30
非地面點	Nonground	31

此外，為了確保圖幅間之連續性，於三維水利圖徵繪製前，將水利數值地形分類點雲以圖幅外擴 100 公尺範圍進行分幅，避免圖幅邊緣地形內插異常影響圖徵數化(圖 2.4)。

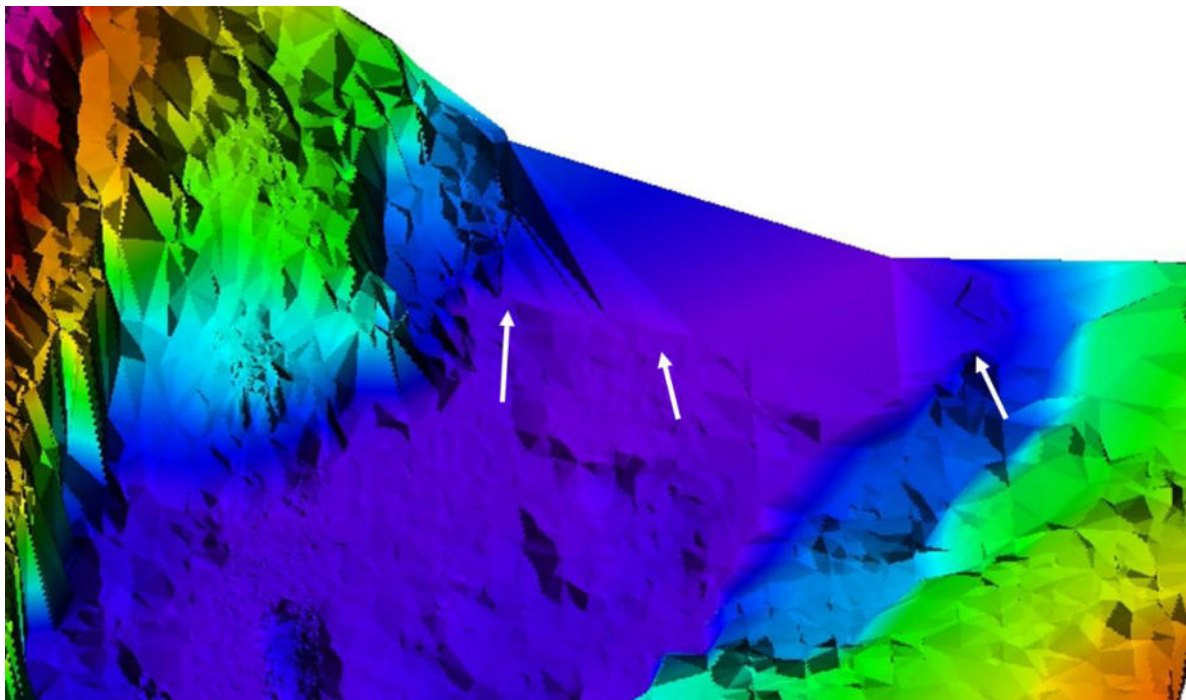


圖 2.4 點雲未外擴導致圖幅邊緣內插異常 (圖幅號：96213003)

2.2.2 正射影像

彙整貴中心提供空載光達技術更新數值地形模型成果測製案之正射影像成果，採此點雲同時期高解析度正射影像以協助地物判識。並可與電子地圖進行套疊(圖 2.5、圖 2.6)，以正確判斷水域區塊、人工堤防、溢堤線範圍，進而繪製三維水利圖徵。

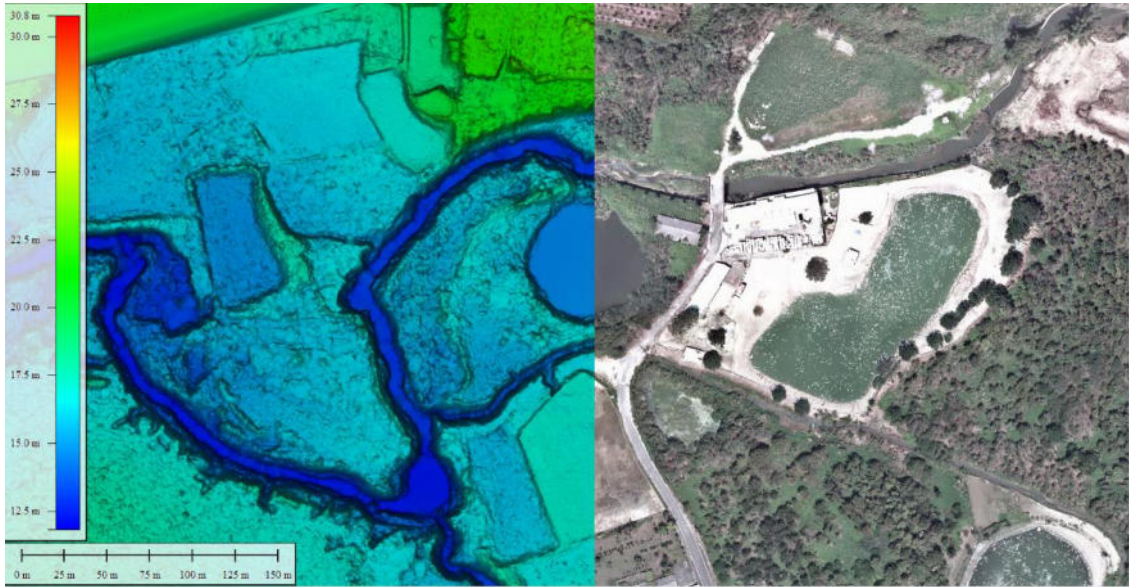


圖 2.5 正射影像套疊地形渲染圖

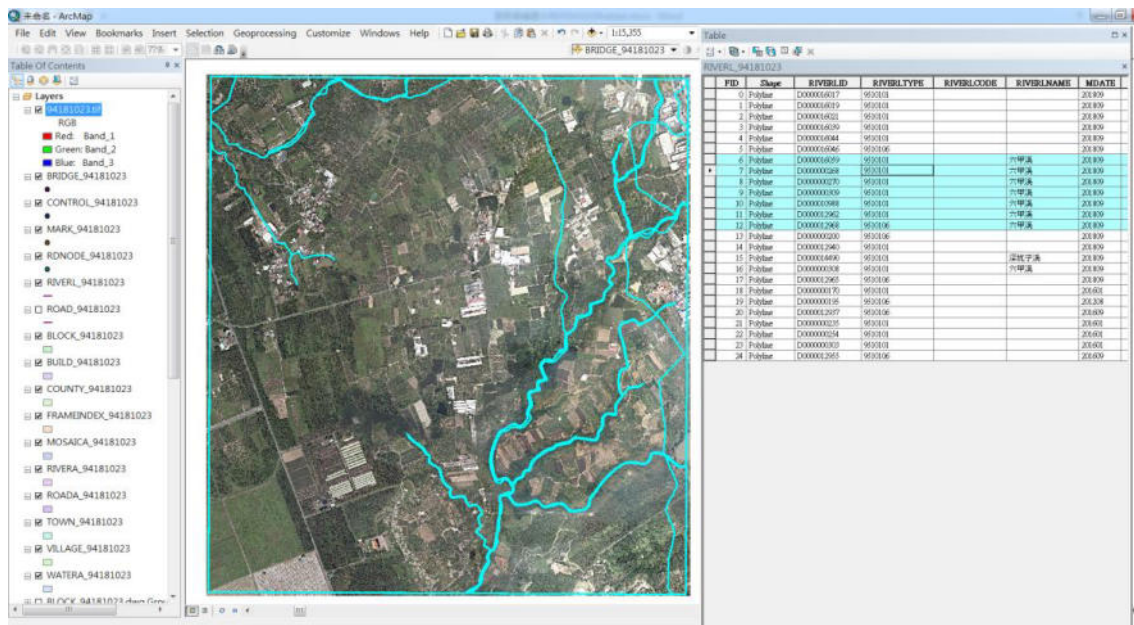


圖 2.6 正射影像套疊電子地圖

2.2.3 向量資料

本案既有向量資料包含空載光達技術更新數值地形模型成果測製案之水域線成果、臺灣通用電子地圖及經濟部水利署所提供之海堤等資料。其中水域線成果包含水線及沙洲線之二維向量圖徵，將使用水線進行編修和賦予高程建製水域區塊三維向量圖徵。臺灣通用電子地圖以 GIS 分層套疊概念規劃，包括道路、鐵路及捷運、水系、行政界、區塊、建物、地標、控制點、門牌資料及彩色正射影像等 10 大類，將協助三維水利圖徵之溢堤線繪製時，由水系圖層提供位置資訊，由建物圖層提供保全對象參考。

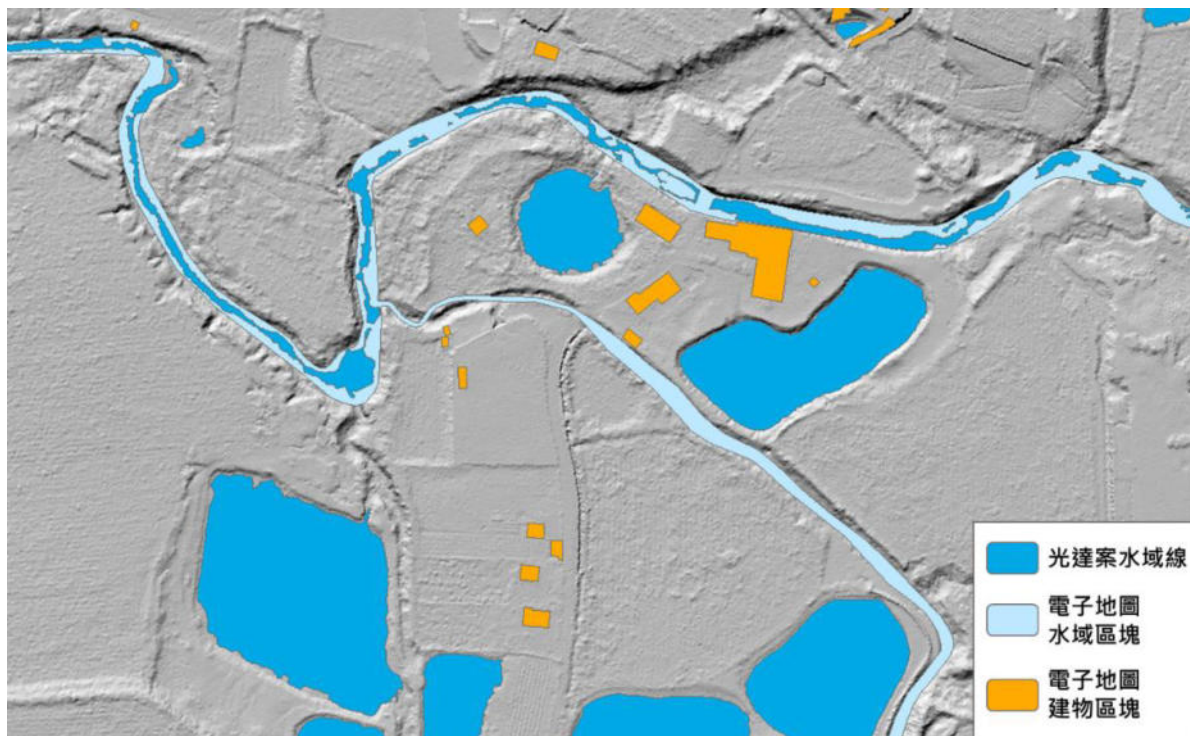


圖 2.7 HyDEM 陰影圖套疊水域線與電子地圖

另外，地標圖層於建物區塊(資料表)建置作業時，配合貴中心提供之三維近似化建物模型(如圖 2.8)，提供一般阻水之建物或為水流通透之建物(如加油站亭)之判斷依據。經濟部水利署之海堤資料則作為海堤線產製之參考依據，並依正射影像及光達資料修正海堤位置和賦予高程資訊。

由於河川排水之等級與溢堤線繪製通透與否有關，重要的水庫位置、水閘門位置也關係到水利應用模擬之參數設定，為釐清各河川之分級與分布、水庫與既有水閘門位置等資訊，本案中由貴中心商請水利單位提供多項參考資料，列表如下。

表 2.2 水利單位提供參考資料

資料名稱	型態	檔案格式
中央管河川水道治理計畫線	線	shp
中央管河川用地範圍線	線	shp
中央管河川區域範圍線	線	shp
區域排水治理計畫線	線	shp
區排用地範圍線	線	shp
河川排水水道	線	shp
水庫位置	點	shp
水門	點	shp



圖 2.8 三維近似化建物模型示意圖 (內政部國土測繪中心，2019)

2.2.4 街景資料

由於本案並非實地清查，街景資料可作為辨別水門的重要輔助圖資。水門具有各種不同大小、型態與位置，清查註記時須依靠街景影像協助判斷設施位置和形態(圖 2.9)，並由影像中判斷水門類型。



(a)中大型閘門



(b)小型閘門

圖 2.9 街景協助判斷判斷水閘門(摘自 Google 街景)

2.3 人員考核訓練

為求水利地形資料測製成果符合水利應用之需求，除了參與監審方於 110 年 3 月 16 日至 3 月 17 日舉辦的教育訓練(圖 2.10)，本案於執行初期依照監審方要求進行人員考核作業，對此，本團隊進行多次內部教育訓練與討論(圖 2.11)，並針對常見錯誤類型編撰訓練教材(圖 2.12)。最後，本團隊共提報 9 人進行考核且全數通過(表 2.3)，並以此 9 位人員為圖徵數化與品管主要人力。

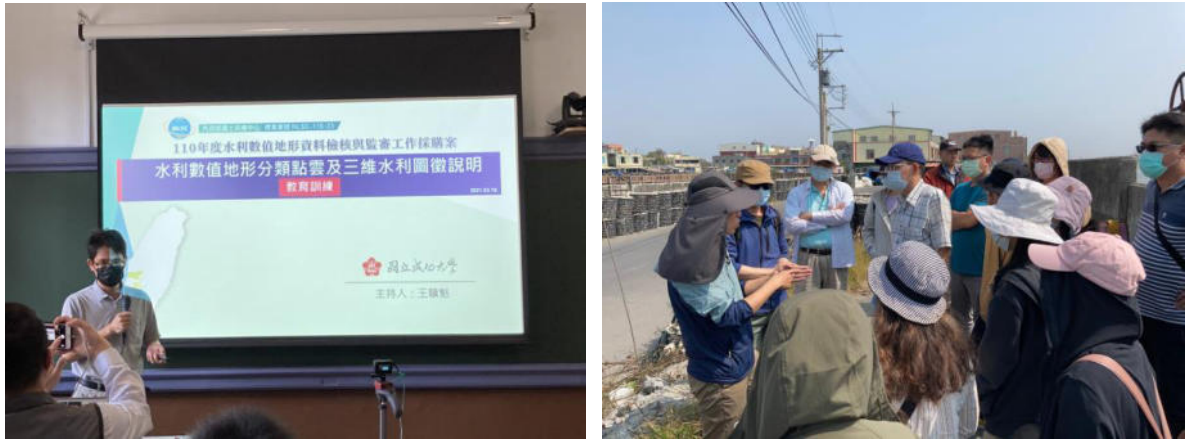


圖 2.10 監審方教育訓練



圖 2.11 內部教育訓練

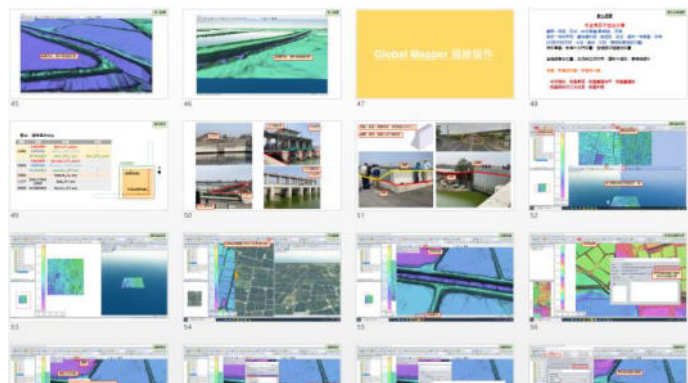


圖 2.12 內部教育訓練教材

表 2.3 編修人員考核通過清單

編號	姓名	考核圖號
HyOP-3-2-01	鄧嘉欣	94192032
HyOP-3-2-02	王盈鈞	94192033
HyOP-3-2-03	許湘榕	94192034
HyOP-3-2-04	施乃慈	94192035
HyOP-3-2-05	呂明格	95194083
HyOP-3-2-06	董威旻	95194091
HyOP-3-2-07	曾秋源	95194092
HyOP-3-2-08	王婉瑜	95194093
HyOP-3-2-09	葉筱筑	94184049

2.4 工作環境與儀器設備

由於本案所使用資料大多具機敏性質，為配合相關規範，本團隊對於資料和作業人員皆備有保全管制設備，除一般公司保全系統外，入口設有人員管制。資料處理之辦公環境有電腦機房、作業人員門禁系統和錄影監

視系統，如圖 2.13 所示。而相關作業人員使用時間皆如契約要求於每月底造冊提送貴中心備查。



圖 2.13 工作環境照片

本團隊遵守本案規範自貴中心取得之資料與成果，不私自作任何使用，並於契約保固期滿繳回機關辦理銷毀作業。關於機敏向量或影像資料，另設立機敏資料室並由專人負責造冊保管及存放於具安全防護功能之金屬箱櫃，確實依據內政部「測繪成果申請使用辦法」、機關「機敏測繪成果資料使用及管理注意事項」、「國家機密保護法」等規定妥善使用。機敏資料室具備門禁管制設備、監視器及無連接網路之作業專用電腦及工作站。且使用機敏資料應填寫紀錄表，並於每月將相關記錄資料函送貴中心，監視器影像資料留存至保固期結束為止。於工作完成後消除機敏資料，並由貴中心派員確認，原交付之機敏資料儲存媒體則送回貴中心銷毀。

本案使用之硬體設備和軟體簡述如表

2.4 所示。本團隊長年亦致力於傳統測量案件，外業檢核與驗收使用之 GNSS 接收儀皆定期於內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室進行校正。

表 2.4 本案使用儀器設備一覽表

用途	設備名稱	設備廠牌、型式	數量
外業測量	GNSS 衛星定位儀	TrimbleNet R9	2
交通工具	工程車	不同廠牌及型式	5



標示不可網路連線警語



作業電腦無連接網路線

圖 2.14 機敏作業電腦

用途	設備名稱	設備廠牌、型式	數量
資料處理	電腦主機/伺服器	不同廠牌及型式	35
成果輸出	大尺寸彩色繪圖機	HP Design Jet 6200	2
	雷射印表機	HP M855dn、5550、CP5220	1,1,1
		FUJI XEROX PHASER 6700	1

表 2.5 電腦軟體設備一覽表

用途	名稱	功能	數量
控制計算	TopconTools8.0	GNSS 網形基線計算軟體	2
	Turbo-net V2.33	GNSS 網形平差及坐標轉換軟體	1
正射影像	CaptureOne v11.3	影像色階處理	1
	Intergraph Z/I OrthoPro	正射影像處理	1
圖檔製作/ 數畫軟體	MicroStation CONNECT Edition	專業繪圖編輯	1
	MicroStation V8i	專業繪圖編輯	10
	Global Mapper	專業繪圖編輯	3
屬性編製/ 圖徵計算	QGIS	向量圖徵資料處理	3
	ArcGIS 10.8	向量圖徵資料處理	5
	ArcGIS Pro	向量圖徵資料處理	3
地形模型	Inpho SCOP++	地形模型製作	1
	Surfer 20	地形模型製作	1
資料庫建置	Intergraph GeoMedia	資料庫建置處理	1
點雲處理	TerraSolid	點雲編輯與成果產製	10
	QT Model	點雲編輯與展示	1
	PointTools	點雲編輯與展示	2
	PHIDIAS	點雲編輯與展示	1

第三章 水利數值地形分類點雲產製

本案點雲編修分類共 6 類(表 3.1)，包含：地面點(code 2)、水流阻擋物(code 6)、水面點(code 9)、水利設施構造物(code 29)、雜點(code 30)與非地面點(code 31)，此分類後點雲成果稱為水利數值地形分類點雲 HyDEM LAS，編修作業流程如圖 3.1。然而各式堤防、防洪牆、胸牆或護欄等，為確認所有堤防和薄牆類皆妥善分類，於作業流程中新增水流阻擋物(code 29)，於品管檢核確認後再合併至地面點類別。此流程亦方便後續檢查水利數值地形模型，是否會因部分薄牆不到 1 公尺寬度，導致內插後產生缺口。

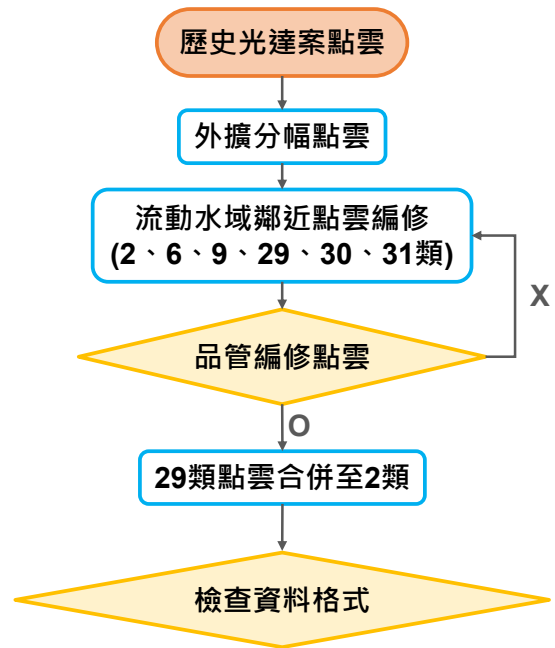


圖 3.1 點雲編修作業流程

空載光達案之成果中，多數人工建物歸屬於非地面點，但水利數值地形模型需要凸顯水利相關設施對水流之影響，須加強分類水利結構物至地面點圖層(圖層 2)，如溝渠兩側立面與各式堤防(圖 3.2)；寬度小於 1 公尺之防洪牆、胸牆等阻水結構物皆分類為水流阻擋物(圖層 6)(圖 3.3)；如有大型水門設施，為求後續圖徵數化標示及自我檢核時比對，其點雲則分類為水利設施構造物(圖層 29)，於繳交時再分類回圖層 2。當既有成果分類有誤時，例如地面點分類不確實，則須重新分類，避免影響後續 HyDEM 網格內插及圖徵繪製，確保符合最佳成果。

表 3.1 更新後水利數值地形分類點雲資料分類圖層及編碼

項目	圖層名稱	Code	備註
地面點	Ground	2	
水流阻擋物	Building	6	
水面點	Water	9	
水利設施構造物	Structure	29	繳交時分類回 2 類
雜點	Noise	30	
非地面點	Nonground	31	

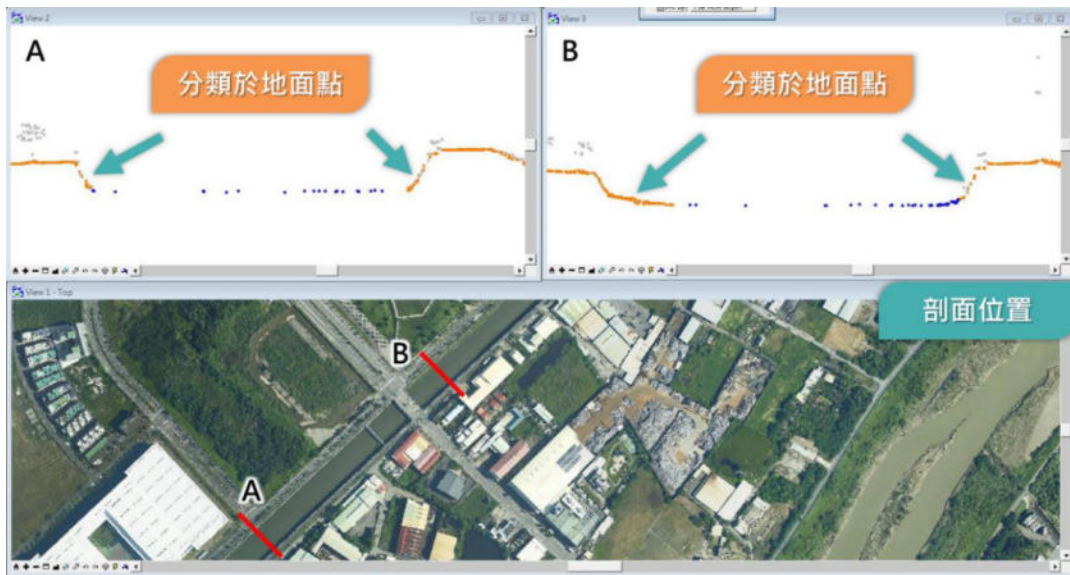


圖 3.2 溝渠兩側立面需分類為地面點 (圖幅號：94193080)

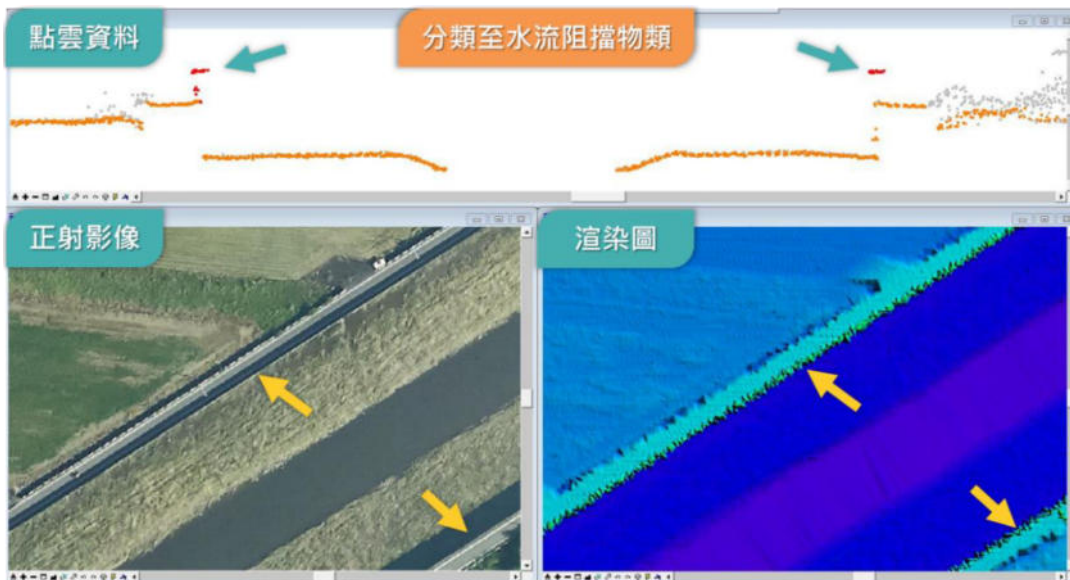


圖 3.3 各式堤防、防洪牆、胸牆或護欄分類至水流阻擋物 (圖幅號：94193080)



圖 3.4 阻水設施與護欄

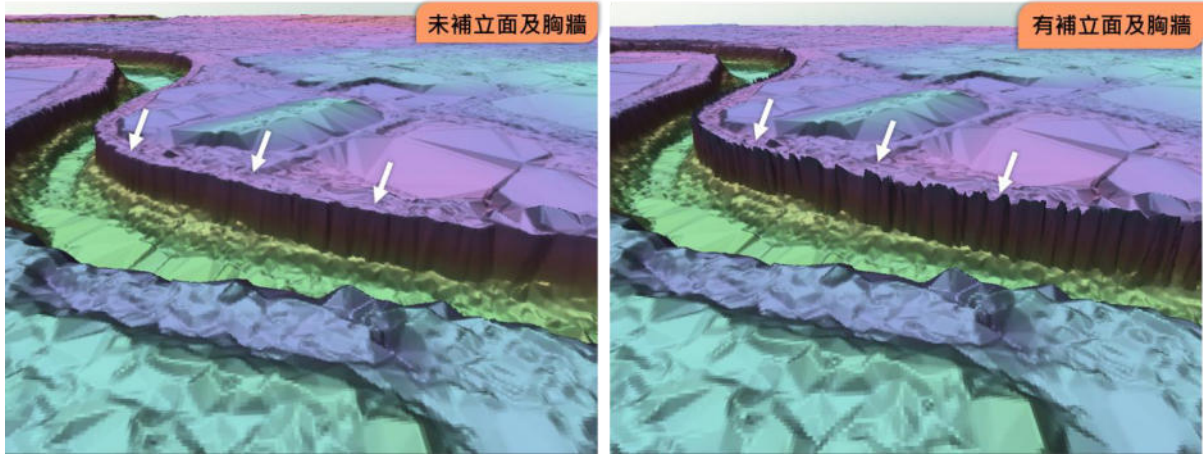


圖 3.5 立面及胸牆點雲補強

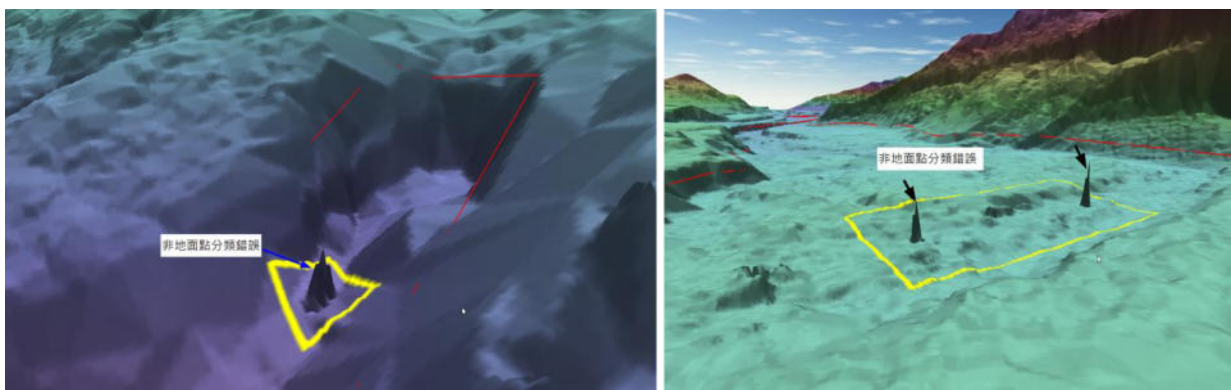


圖 3.6 非地面點分類錯誤

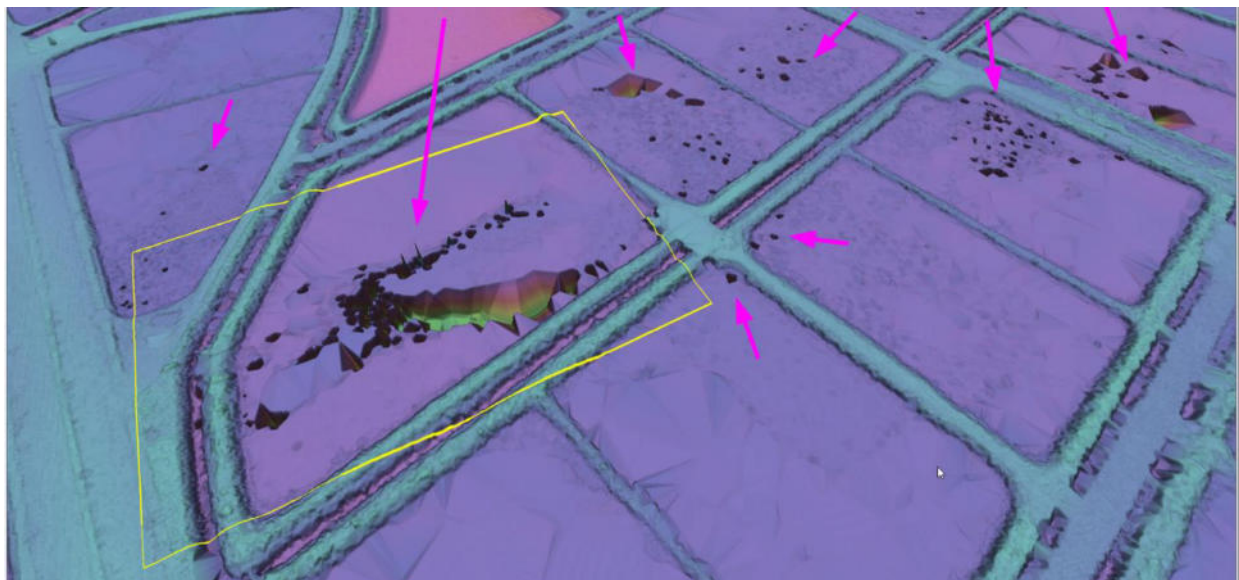


圖 3.7 水體內雜點分類錯誤

點雲資料最終將依 1/5000 圖幅分幅，分幅範圍原則與取得之空載光達案分幅成果一致，除包含海域及不可測製區之圖幅外，點雲涵蓋應滿 1/5000 圖幅，分幅成果儲存為 LAS 1.2 格式。

第四章 三維水利圖徵數化描繪

三維水利圖徵為帶有高度資訊之水利特徵資料，建置符合後續淹水模擬所需之特徵資料，本案建置建物區塊(資料表)、溢堤線、水域區塊、海陸線、海堤線及水門等 6 大類別，各類圖徵資料之形態和檔案格式如圖 4.1。

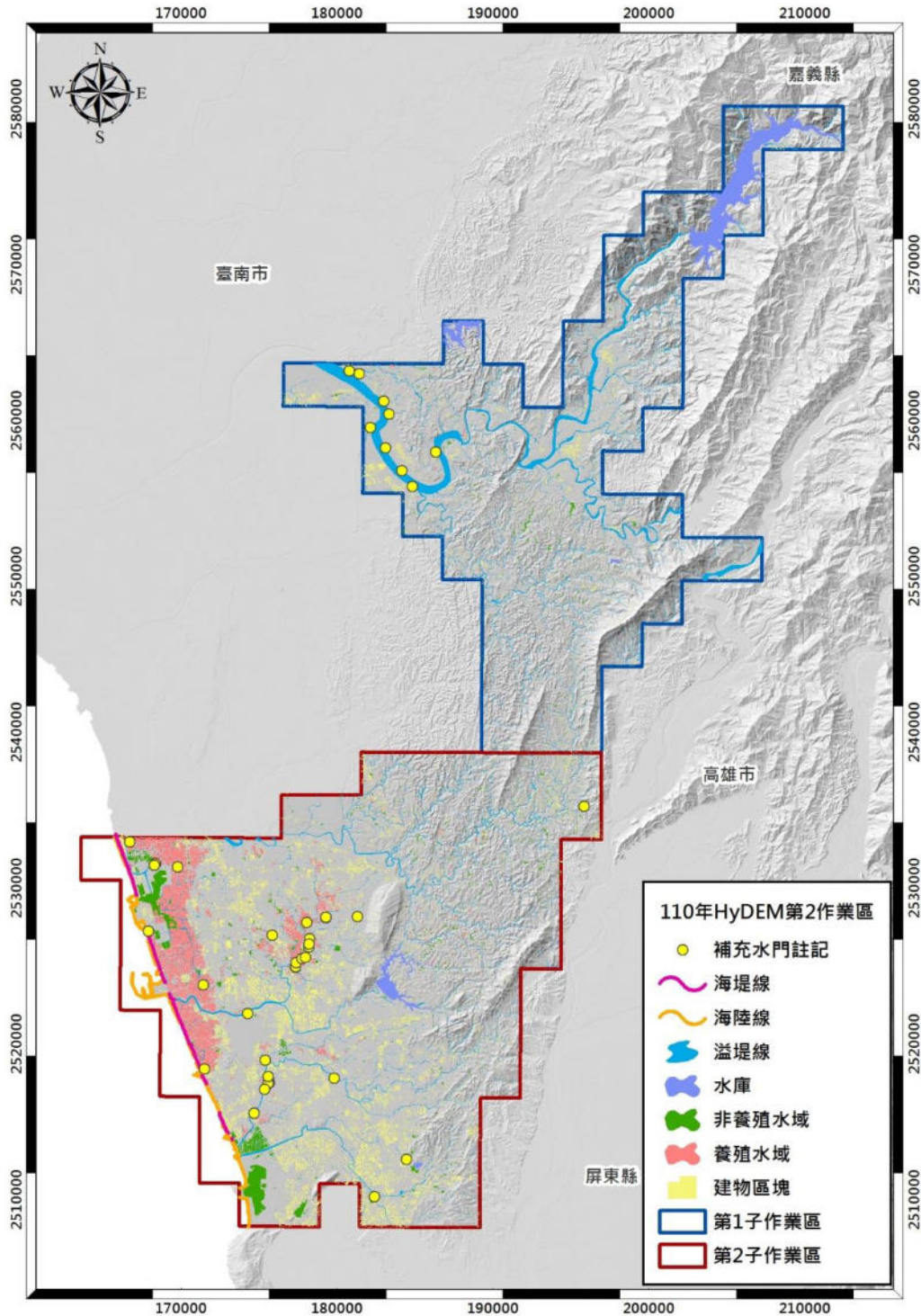


圖 4.1 第二作業區三維水利圖徵總成果

於本案中以空載光達案點雲資料進行溢堤線和海陸線描繪，空載光達案水域資料進行水域區塊編修，由經濟部水利署海堤資料編修為符合點雲資料之海堤線，並加以補充標記既有水閘門資料中無紀錄之水門。最後藉由地理資訊系統軟體以及自行開發軟體(圖 4.2)，可批次整理屬性資料，且避免人工輸入錯誤。

表 4.1 點雲資料分類圖層及編碼

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	[圖層代碼_圖幅編號] 例 ¹ : Bank_94193057 例 ² : Seadike_94193001
溢堤線	Bank	線	shp	
水域區塊	WaterBody	面	shp	
海陸線	Boundary	線	shp	
海堤線	Seadike	線	shp	
水門	Gate	點	shp	

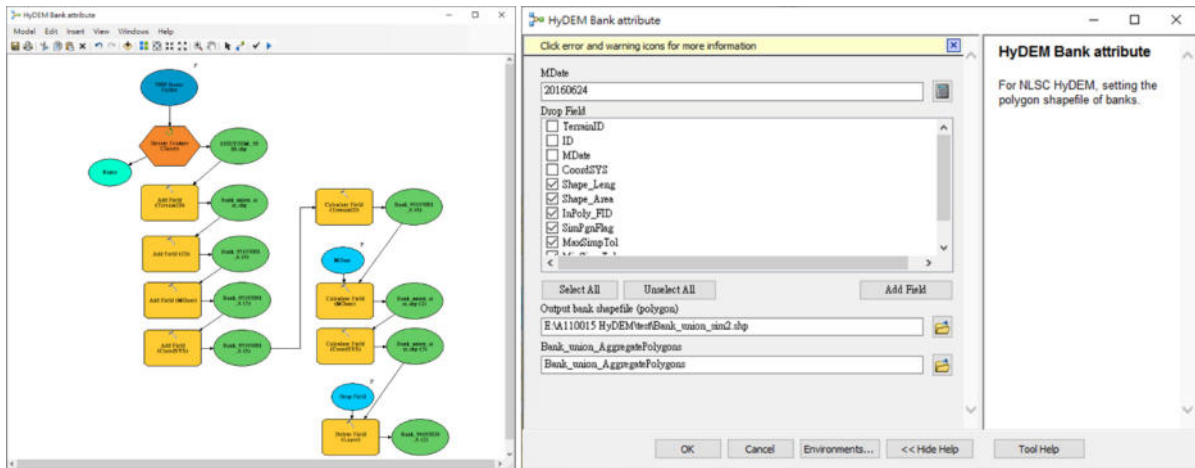


圖 4.2 自動化批次屬性編寫模組

為了降低圖徵位相與接邊問題，所有線狀及面狀圖徵皆於繳交批次間合併處理，去除重複節點後再以圖框分幅(圖 4.3)。

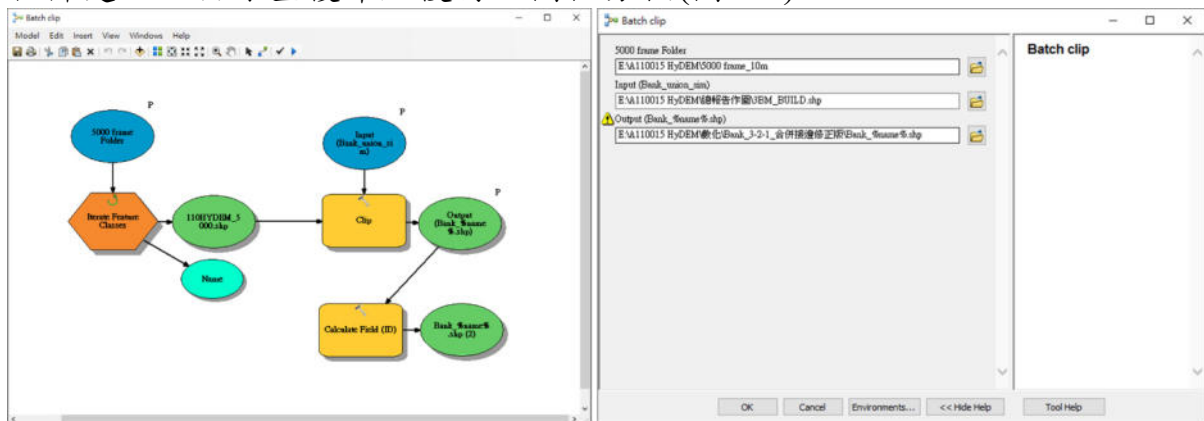


圖 4.3 批次分幅作業模組

4.1 溢堤線(Bank)

利用光達資料建置寬度超過 3 公尺以上之河川、渠道、排水幹道、溝渠等之行水範圍，溢堤線為三維向量圖徵屬閉合線狀物件其節點具有平面及高程資訊，描繪對象可參考臺灣通用電子地圖或內政部光達案之水域線。數化原則為鄰水側相對高點、保有渠道內水流通特性、保有上下游之連續性、不需補充暗溝資訊、遇有局部遮蔽之管箱涵不須接通、考量沿岸保全對象，且至少每 200 公尺有 1 個節點為原則，高程落差超過 0.5 公尺亦須新增 1 節點，另外需注意平面位置與光達位置的平面差異不得超過 1.25 公尺。編修流程如圖 4.4。

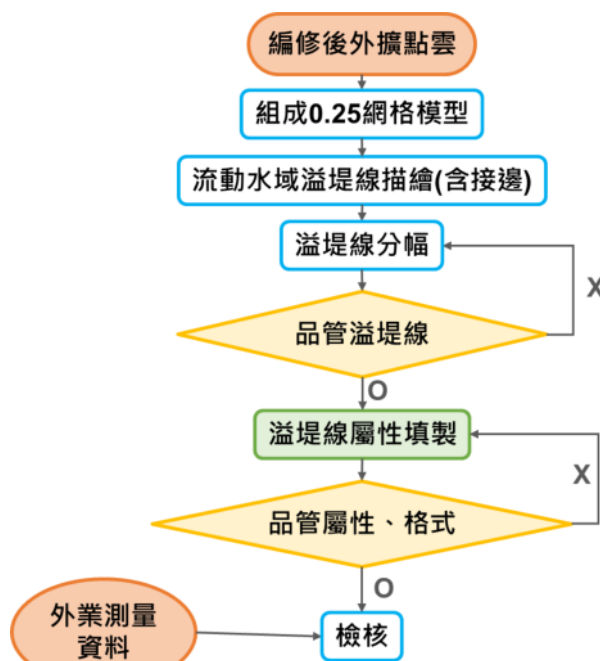


圖 4.4 溢堤線編修流程

數化時，溢堤線又可粗略分為自然及人工兩種溢堤線。人工者繪製於水利人工構造物鄰水側高點，即淹水時滿水位處，當組水構造物寬度小於 1 公尺時，僅繪製以影像及點雲能判斷之連續阻水設施的頂部。繪製於相對高點，並且避開保全對象，以兩側同高為原則，若保全對象在兩岸地勢較高側，對側溢堤線之高程必須提升至與保全對象該側溢堤線相同高程，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，防洪治水建設不屬保全對象(例如河濱公園、臨時工寮)，如圖 4.5。

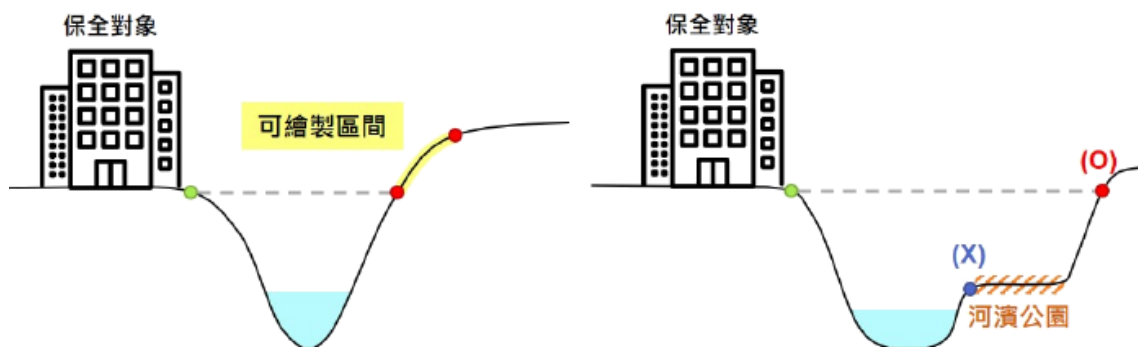


圖 4.5 自然護坡溢堤線繪製與保全對象關係

雖然溢堤線圖徵不需補充暗溝資訊，但為保有渠道內水流流通特性，遇有局部遮蔽之管箱涵則合理接通；但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。數化時以渠道通透為原則，當溢堤線若遇到渠道上的水閘門，則應通過保持水流流通，然而若兩相接河道溢堤線落差大於 60 公分，則各自封閉不通透，以維持堤防資料的完整性。

與既有資料接邊時，以不更動既有資料並順接本期測製資料為原則。

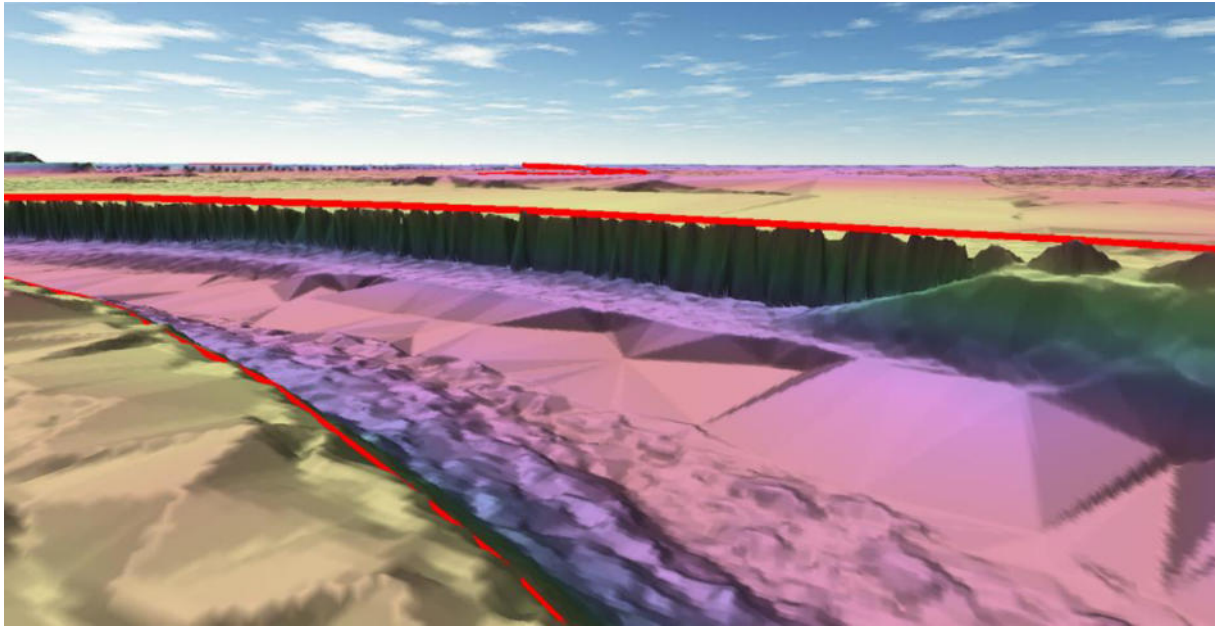


圖 4.6 人工渠道溢堤線繪製

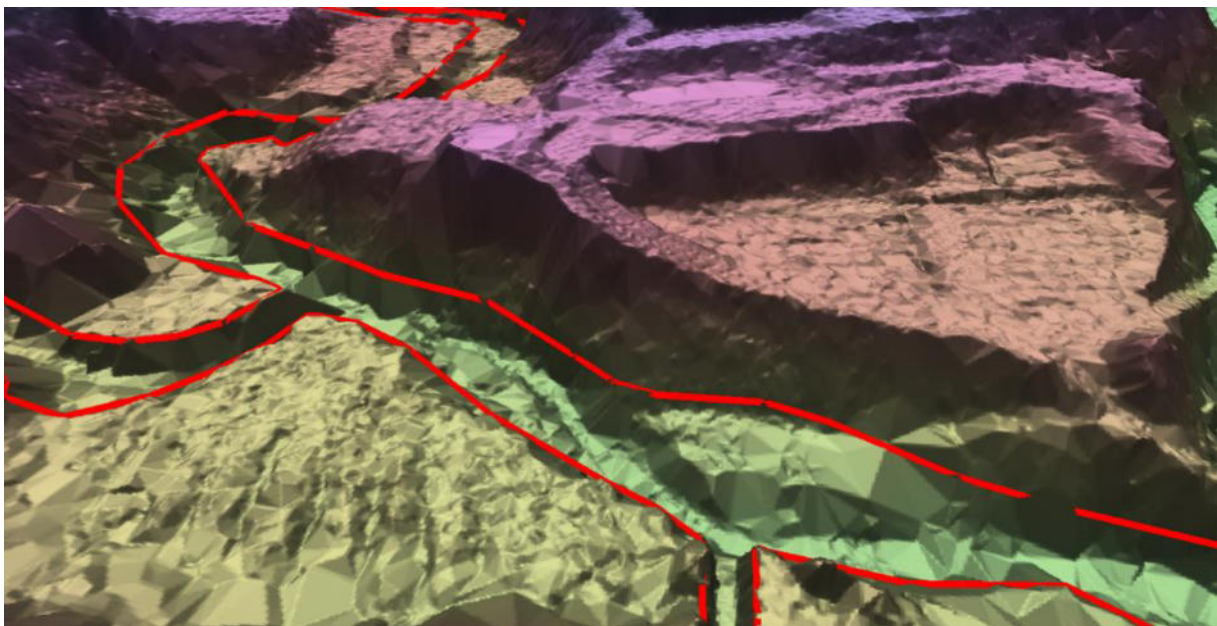


圖 4.7 自然河道溢堤線繪製

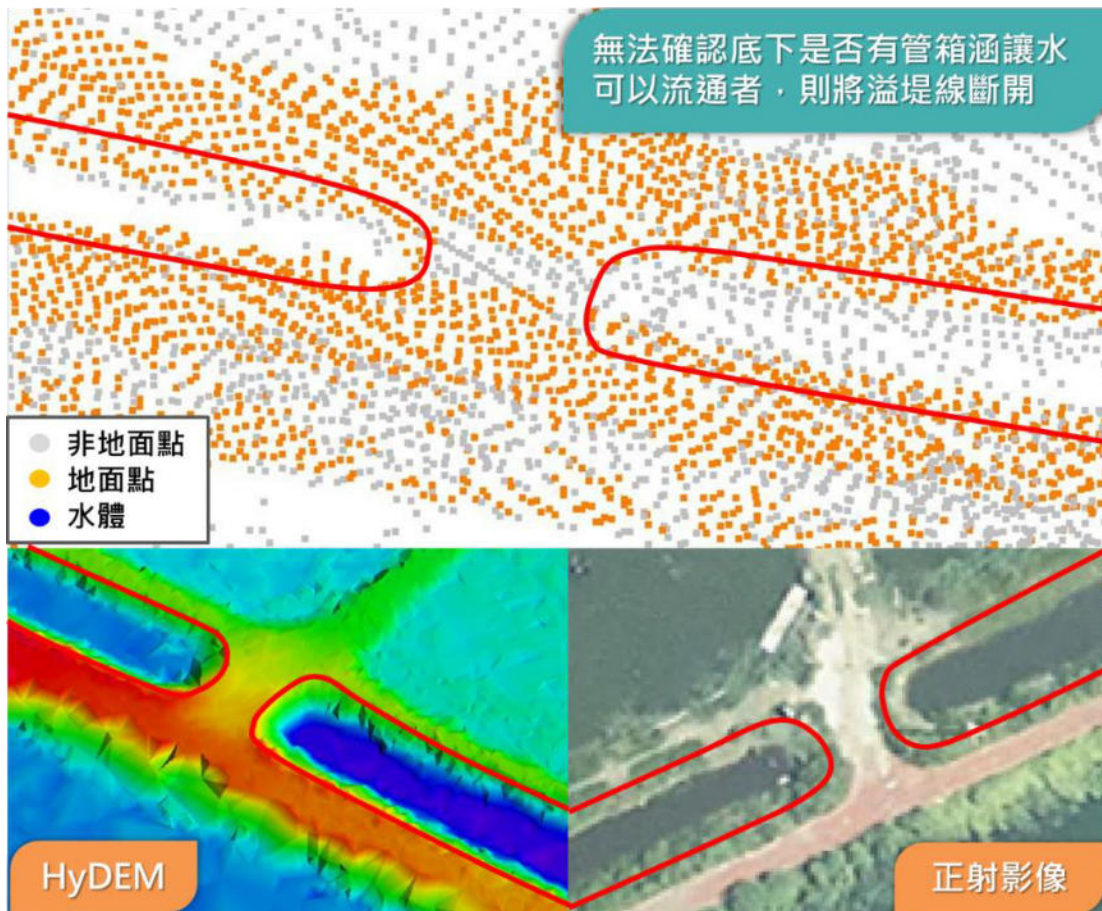


圖 4.8 溢堤線遇管箱涵繪製原則 (圖幅號：94193015)

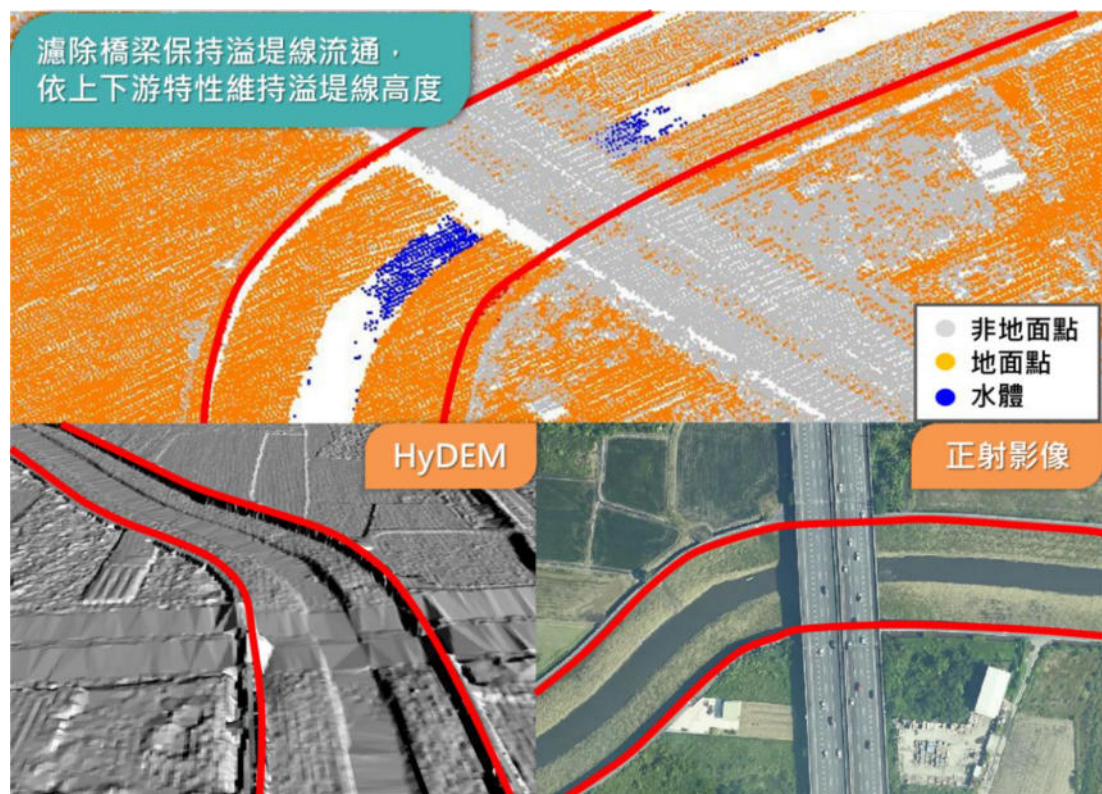


圖 4.9 溢堤線遇橋梁繪製原則 (圖幅號：94193080)

本案共 161 幅溢堤線成果，繪製總長度約為 4600 公里，分布範圍如圖 4.10。

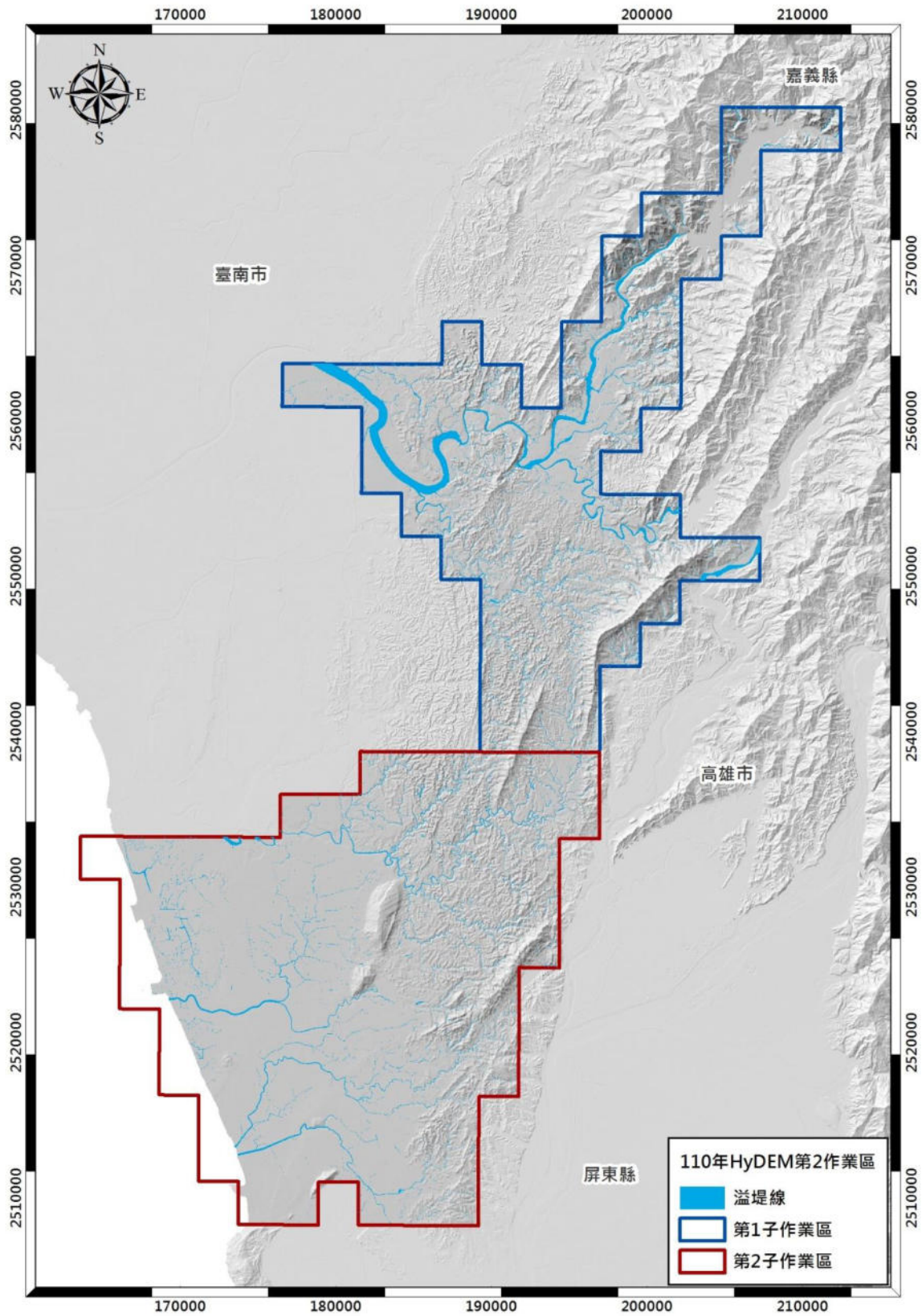


圖 4.10 本案溢堤線成果

溢堤線之圖元為封閉線型態，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。其中地形分類編碼欄位依據「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，屬性欄位如表 4.2。

表 4.2 溢堤線屬性欄位

欄位名稱 (英)	欄位名稱 (中)	欄位型態	長度	內容說明
ID	唯一識別碼	數字	10	
TerrainID	地形分類編碼	文字	8	9510109
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	TWD97[2010]、TWVD2001

4.2 水域區塊(Water Body)

由於水域的蓄水與排水會因為水資源或農林漁牧使用而有所變化，不同的水域用途在淹水模擬中會給予不同的參數設定，因此在水利圖徵數化過程中需要針對不同的水體運用而給予不同的代號，以便在模擬時有所區別，同時，針對各個水域可達的高度進行估算，有助於水文模擬時掌握各個水域可能的蓄水及排水體積。

本案建置面積大於 5 公尺x5 公尺之靜止水域，以空載光達技術更新數值地形模型成果測製案之水線資料進行編修(圖 4.11)，水域區塊為三維向量圖徵面狀物件，其節點具有平面及高程資訊，而因水線資料建置時係將航拍時所有水體進行圈繪，因此必須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，以及合併水線內之破碎沙洲(圖 4.12)。此步驟藉由自行開發模組(圖 4.13)先篩選面積大於 5 公尺x5 公尺之靜止水域，再藉由套疊電子地圖河流資料互動式刪除流動水域。

主要建置水域有三大類(圖 4.14)，養殖為目的之水域如漁塭、養鴨池，非養殖目的之水域如滯洪池、池塘、鹽田，及水庫。水域的分類主要在正射影像中辨認，水庫係依據水利單位提供之水庫位置資料與滿水位高程加以圈繪；養殖水域辨認要點為水域中樣具有打氣設備與白色水花，或者可

見鴨群散布水域中央或邊緣；而非養殖水域則主要為靜止水面或是具有一致的波光。

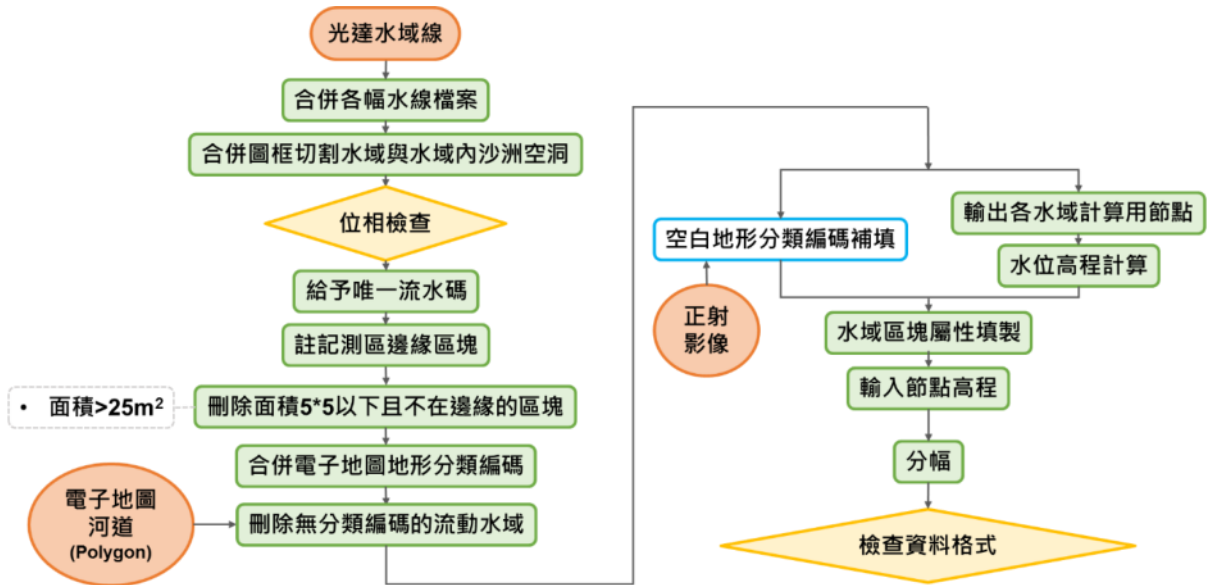


圖 4.11 水域區塊編修流程



圖 4.12 水線編修以符合水域區塊規則 (圖幅號：94193076)

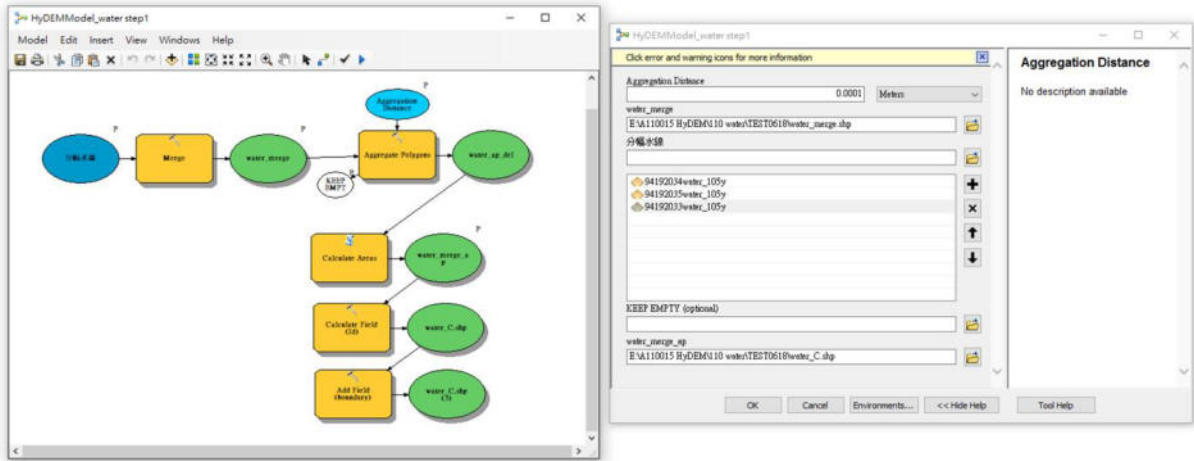


圖 4.13 水域區塊篩選模組



(a) 養殖水域

(b) 非養殖水域

(c) 水庫

圖 4.14 水域區塊影像分類

確認水域區塊位置後，以自行開發軟體萃取點雲資料(圖 4.15)，計算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(圖 4.16)，作為圖徵節點高程，即與屬性資料之水面高程(Height_W)欄位相同，而水庫則經討論後以常態最高滿水位(NWL_MX)高度為高庫高度，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，則另案處理。

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。其中地形分類編碼欄位依據「基本地形資料分類編碼表」填寫，依使用目的分為三大類：養殖為目的、非養殖為目的及水庫，屬性欄位如表 4.3。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，以自行開發軟體萃取點雲資料計算填表，而水庫則以公告之滿水位高度記錄於滿水位高程值。

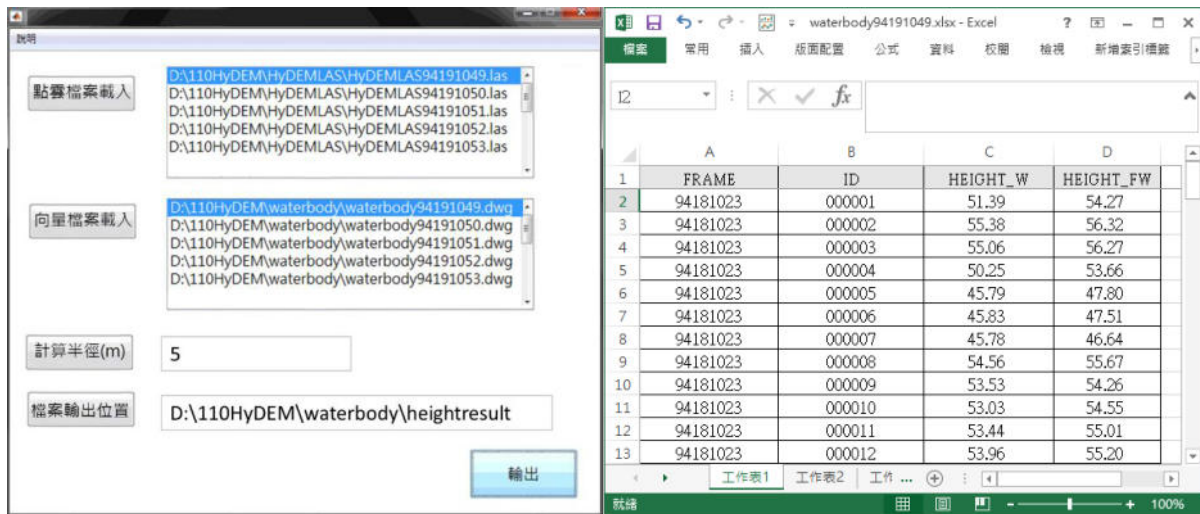


圖 4.15 自行開發軟體萃取點雲資料計算水面高程



各節點半徑範圍內計算

地面點雲高程最大值H與最小值L

若水域區塊有n個節點

$[H_1, H_2, H_3, \dots, H_n]$ 取中位數為Height_FW

$[L_1, L_2, L_3, \dots, L_n]$ 取中位數為Height_W

圖 4.16 水域區塊水面高程值與滿水位高程值計算方式

三維水利圖徵經分幅裁切後成果，相鄰兩幅之同一物件，其屬性表各欄位屬性值應一致、重疊區繪製範圍應一致，因此當跨年度資料整合時，須注意邊界資訊並選擇其中一年度統一編修。

本案共有 160 幅水域區塊資料，水域分部大多集中於西南部沿海測區，多為養殖魚塭；測區中包含 6 座水庫：曾文水庫、烏山頭水庫、南化水庫、鏡面水庫、阿公店水庫與觀音湖水庫，興達港、蚵仔寮漁港與左營港為三大主要內海。作業成果如圖 4.17。

表 4.3 水域區塊屬性欄位

欄位名稱 (英)	欄位名稱 (中)	欄位型態	長度	內容說明
ID	唯一識別碼	數字	10	
TerrainID	地形分類編碼	文字	8	(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	TWD97[2010]、TWVD2001

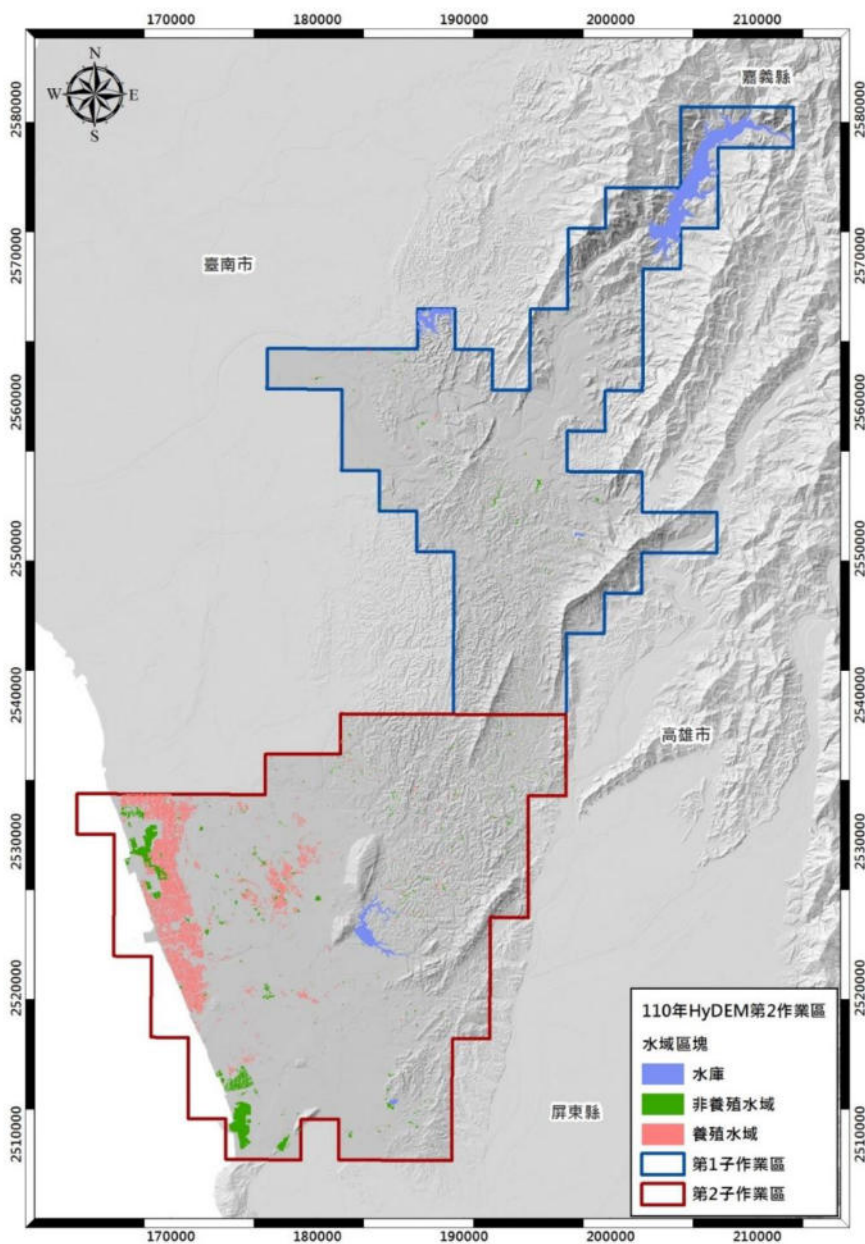


圖 4.17 本案水域區塊成果

4.3 海陸線(Boundary)

利用光達資料建置航拍當時海岸邊界及河川出海口等岸線特徵物作為海域及陸域交界情形，海陸線為三維向量圖徵屬線狀物件其節點具有平面及高程資訊，以貴中心所提供之海域線型資料編修(圖 4.18)，利用數值地形模型賦予各節點高程(圖 4.19)。

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，其中地形分類編碼欄位依據「基本地形資料分類編碼表」填寫 9530200 海陸線類別，屬性欄位如表 4.4。

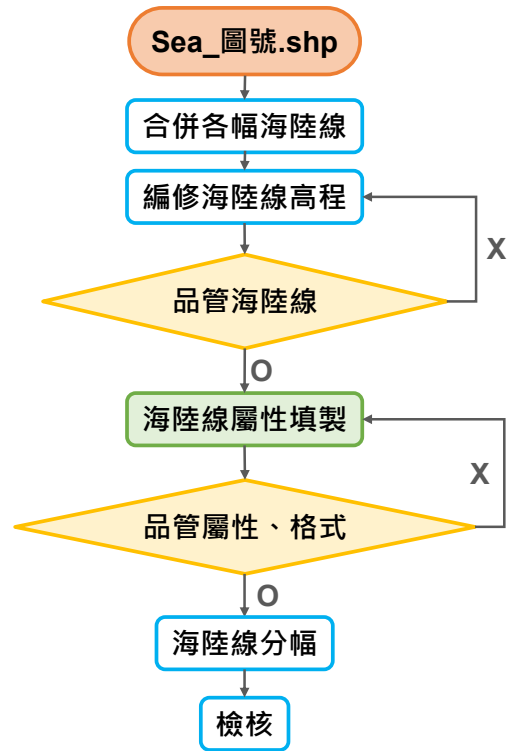


圖 4.18 海陸線編修流程

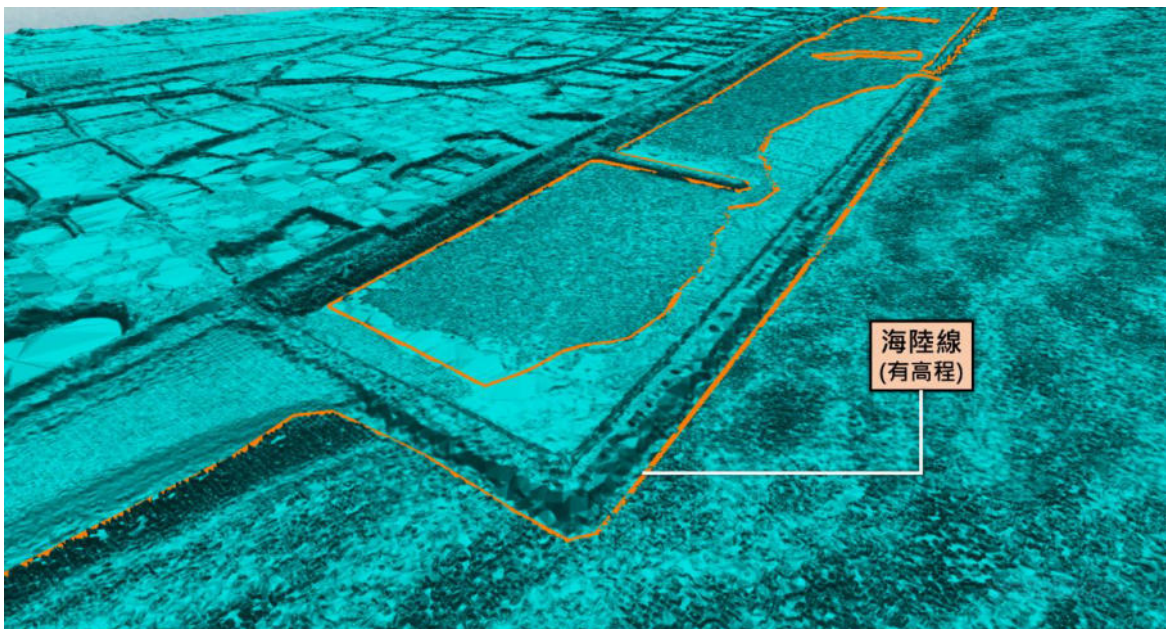


圖 4.19 海陸線編修成果 (圖幅號：94184068)

本案共有 13 幅海陸線資料，分布於西南部沿海測區，作業成果如圖 4.20。

表 4.4 海陸線屬性欄位

欄位名稱 (英文)	欄位名稱 (中文)	欄位 型態	長度	內容說明
ID	唯一識別碼	數字	10	
TerrainID	地形分類編碼	文字	8	9530200
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	TWD97[2010]、TWVD2001

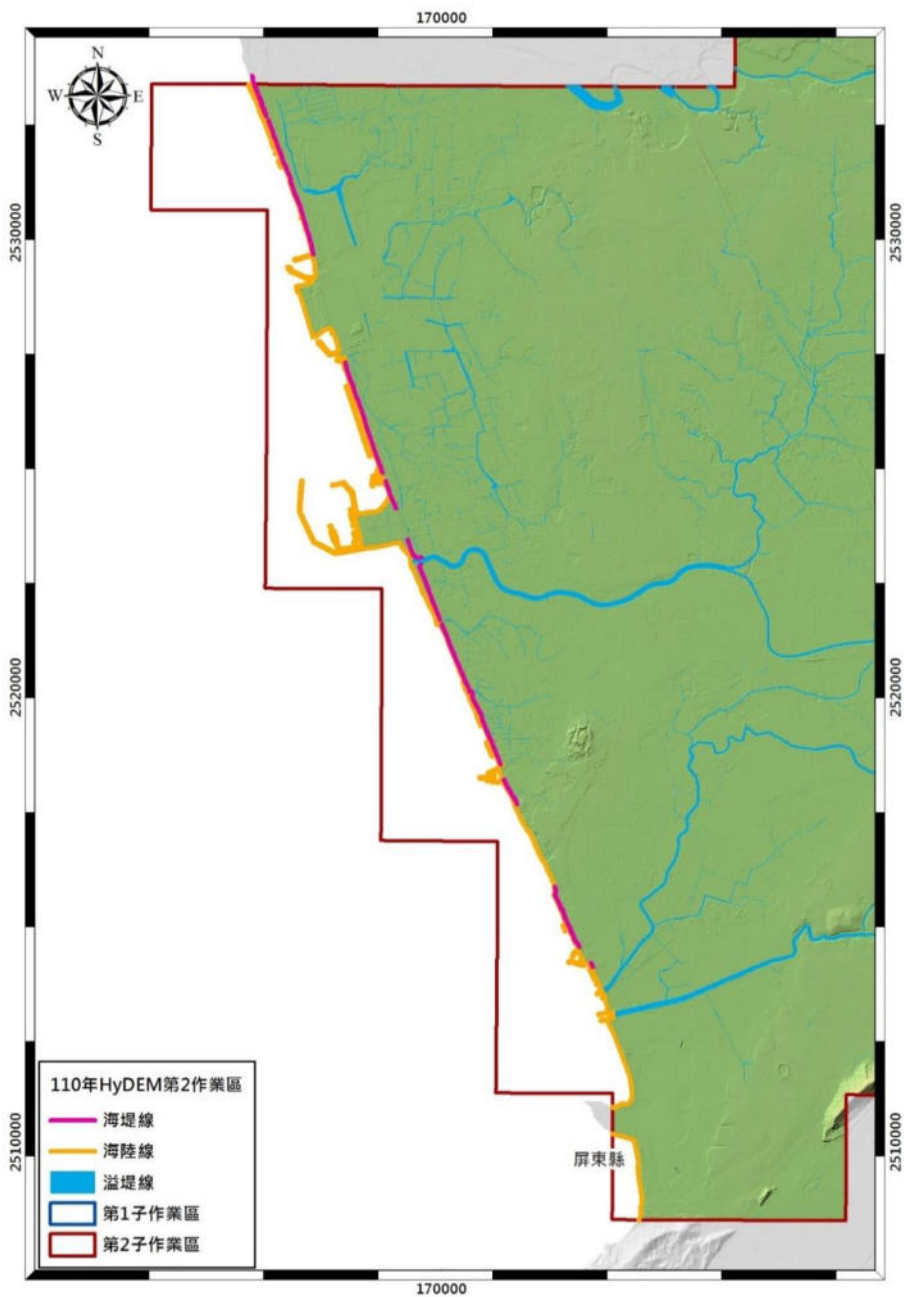


圖 4.20 本案海陸線及海堤線成果

4.4 海堤線(Seadike)

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(圖 4.21)，並依現有之影像及光達資料更新其位置並賦予高程，海堤線為三維向量圖徵屬線狀物件其節點具有平面及高程資訊(圖 4.22)。

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，如表 4.5，若因依照點雲修正位置、長度，則更新長度(Length)欄位。

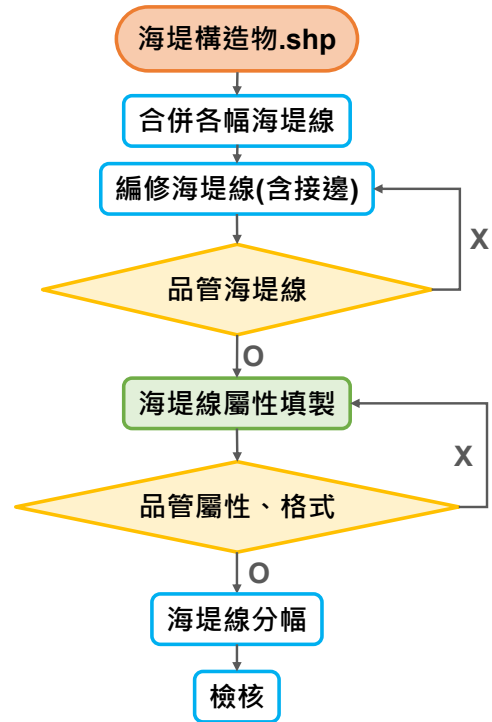


圖 4.21 海堤線編修流程

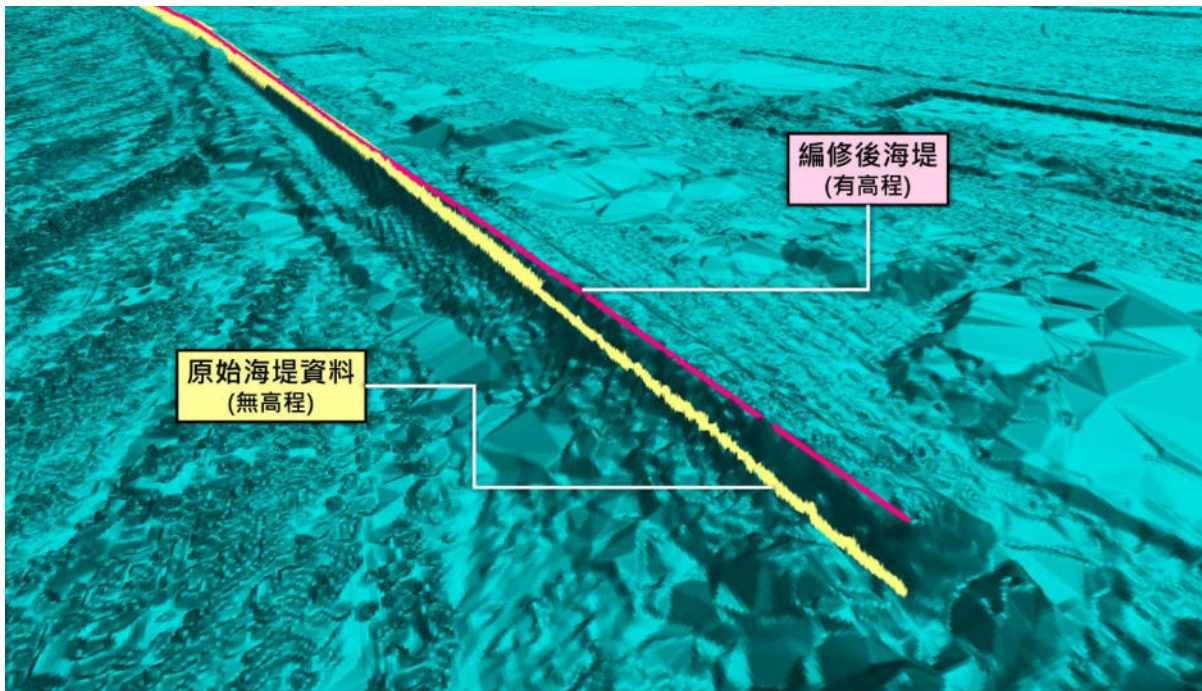


圖 4.22 海堤線繪製 (圖幅號：94184058)

本案共有 11 幅海堤線資料，分布於西南部沿海測區，由北而南為茄荳海堤、崎漏海堤、新港海堤、彌陀海堤、漂底海堤、南寮海堤、赤崁海堤、蚵子寮海堤及典寶海堤。作業成果如圖 4.20。

表 4.5 海堤線屬性欄位

欄位名稱 (英)	欄位名稱 (中)	欄位型態	內容說明
OBJECTID	唯一識別碼	數字	保留來源屬性
DIKE_NAME	海堤名稱	文字	保留來源屬性
CLASS	海堤種類	文字	保留來源屬性
COUN_NAME1	縣市	文字	保留來源屬性
TOWN_NAME	鄉鎮	文字	保留來源屬性
ORG_MNG	管轄單位	文字	保留來源屬性
Length	長度	數字	重新計算，單位：公尺
CoordSYS	坐標系統	文字	TWD97[2010]、TWVD2001

4.5 水門補充資料(Gate)

現有水門圖資有些許缺漏，但水門資訊在水文模擬中是個重要的放排水及阻水參數，會嚴重影響模擬成果，因此本案數化圖徵過程中，同時比對水利單位提供已知之水閘門點位資訊，若中、大型水門漏未標註，則補充標記，並於屬性中標註判定類別(表 4.6)，以點資料呈現；已標記者與小型灌溉閘門則不列入補充圖資(圖 4.23)，藉此達到水門資訊之資料更新。



(a)中大型閘門(分類註記)



(b)小型閘門(不分類註記)

圖 4.23 水閘門分類

表 4.6 水門屬性欄位

欄位名稱 (英)	欄位名稱 (中)	欄位型態	長度	內容說明
ID	唯一識別碼	數字	10	
TerrainID	地形分類編碼	文字	8	9510206
JudgeType	判定類別	數字	8	(1)確定為水門：1。 (2)不確定水門：0。

本案共補充 22 幅水門點位資料，總計 43 點，主要分布於曾文溪、岡山溪及典寶溪主流下游沿岸，作業成果如圖 4.24。

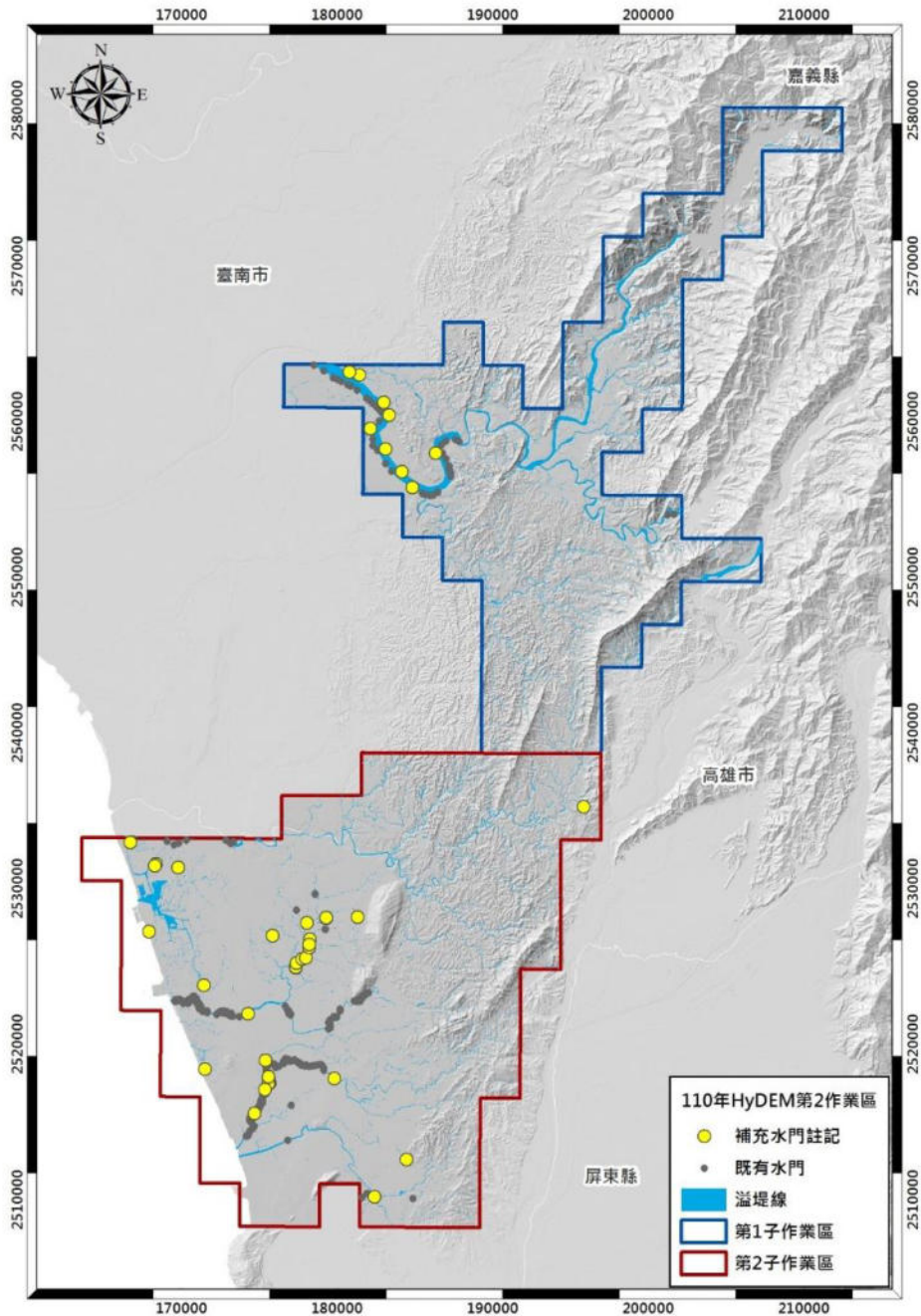


圖 4.24 本案水門成果

4.6 建物區塊資料表(Building)

建物區塊資料表建置作業中，其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為主並建立其建物編號，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(圖 4.25)。供後續淹水模擬使用者透過空間篩選取得所需之建物區

塊資料，屬性欄位如(表 4.7)。屬性欄位藉由地理資訊系統軟體空間結合、表關聯及查詢語言功能進行填製，成果如表 4.8。

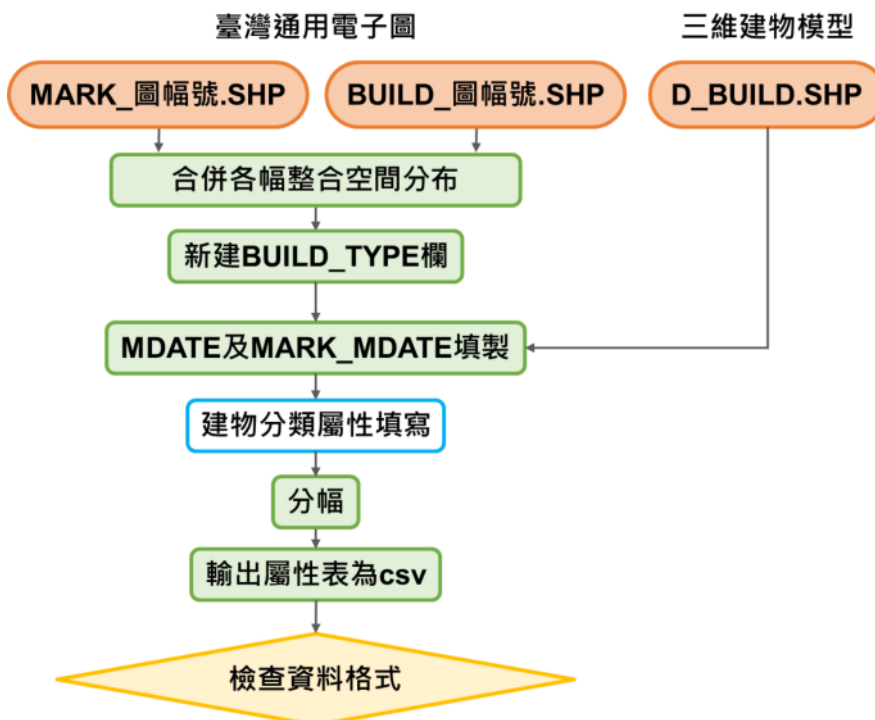


圖 4.25 建物區塊(資料表)編修流程



圖 4.26 建物區塊資料位置關係

表 4.7 建物區塊(資料表)屬性欄位

欄位名稱 (英文)	欄位名稱 (中文)	欄位 型態	長度	內容說明
BUILD_ID	建物編號	文字	16	引用三維建物模型成果之編號 (利用建物中心點 TWD97 坐標 資料以 32 位元編碼)
MARK_MDATE	地標測製年月	文字	8	引用三維建物模型成果之地標 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	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)

表 4.8 建物區塊成果表 (擷取 94181037 成果)

BUILD_ID	MARK_MDATE	BUILD_TYPE	CoordSYS	MDATE
1RQ6352TQ4	201208	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201208
1RQAD52U4P	201208	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201208
1RQJC52UJ6	201208	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201208
1RQP352UD8	201910	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201411
1RQXV52RPC	201411	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201411
1RR3652R4N		0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201411
1RR7W52UD5	201208	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201208
1RRGN52RJ1		0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201208
1RRJ952U6D	201910	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201411
1RRPA52S09	201910	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201411
1RRPT52U9X	201910	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201411
1RRR0533FR	201411	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201411
1RRVM52QS5	201411	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201411
1RRX452U90	201208	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201208
1RS3052TPG	201411	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201411
1RS5552TVC	201411	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201411
1RS5B52R00	201208	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201208
1RS6152U8J	201711	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201711
1RSAK52RBP	201711	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201711
1RSC353098	201910	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201411
1RSC8536K8	201208	0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201208
1RSF053348		0	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001	201208

第五章 水利數值地形模型產製

此工項將前述水利數值地形分類點雲之地面點成果，及使用三維水利圖徵之溢堤線成果之特徵斷線約制(圖 5.1)，分幅內插產製 1×1 公尺整數網格水利數值地形模型(HyDEM)，使用美國 GOLDEN SOFTWARE 公司之 Surfer 軟體，以 Kirging 模式進行內插，並設定地形斷線具強制約束力，即與特徵線交會之網格高程值應與特徵線段高程值一致，於水利模擬時才不致造成錯誤之洪患溢流破口。而部分薄牆區因不到 1 公尺寬度，需補足 1 公尺 HyDEM 的成果，避免地形資料產生破洞(圖 5.2)。

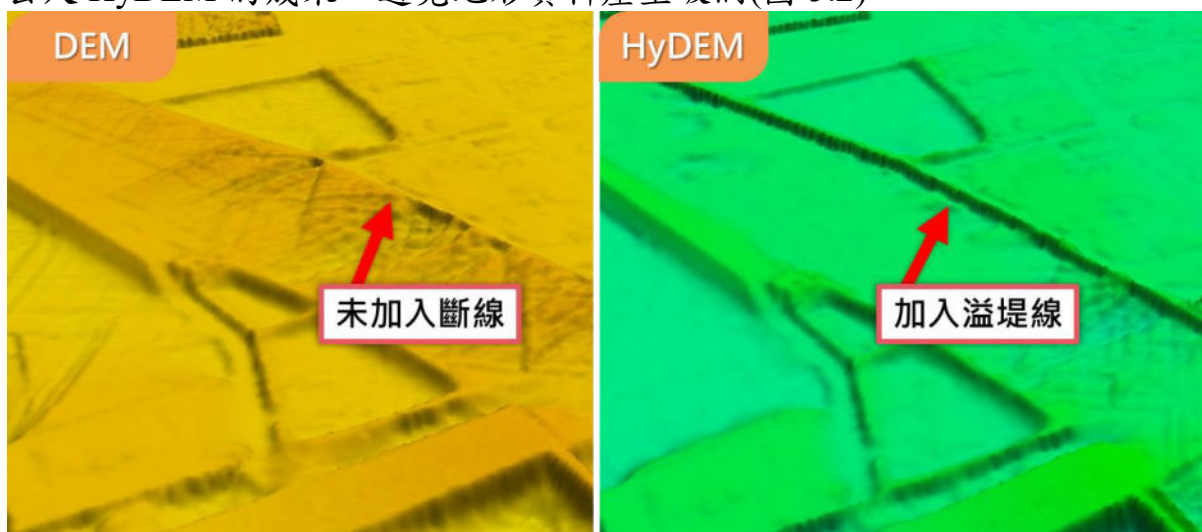


圖 5.1 水利數值地形模型 (圖幅號：94193080)

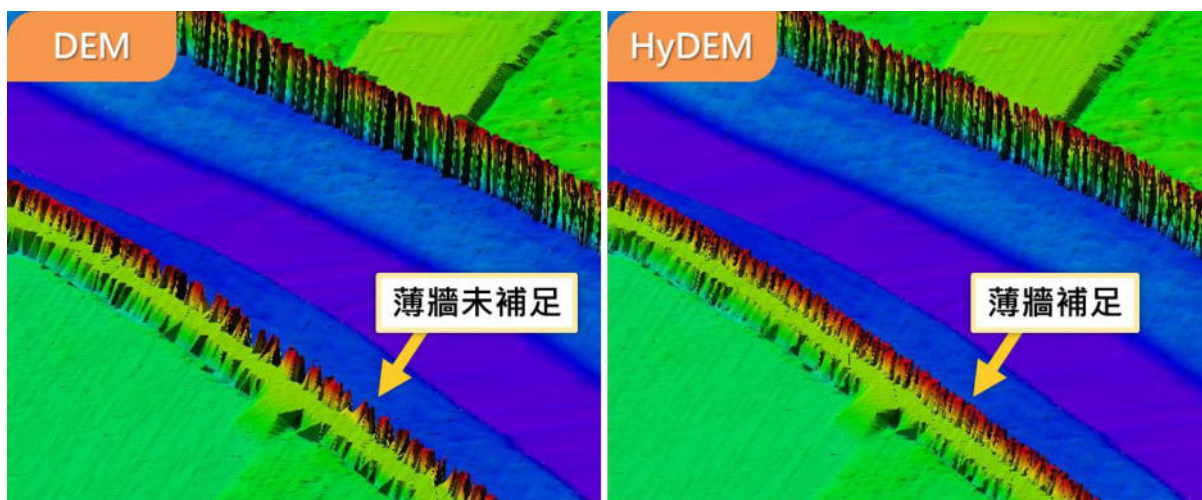


圖 5.2 阻水人工構造物補足 (圖幅號：94193080)

透過精確的空載光達點雲分類，所組成的網格模型能清楚呈現出大型水工構造物的形貌。位於本案測區曾文溪流域中的玉峰攔河堰於網格模型中可見其上下游落差、攔河堰結構體及其與兩岸之關係，如圖 5.3。

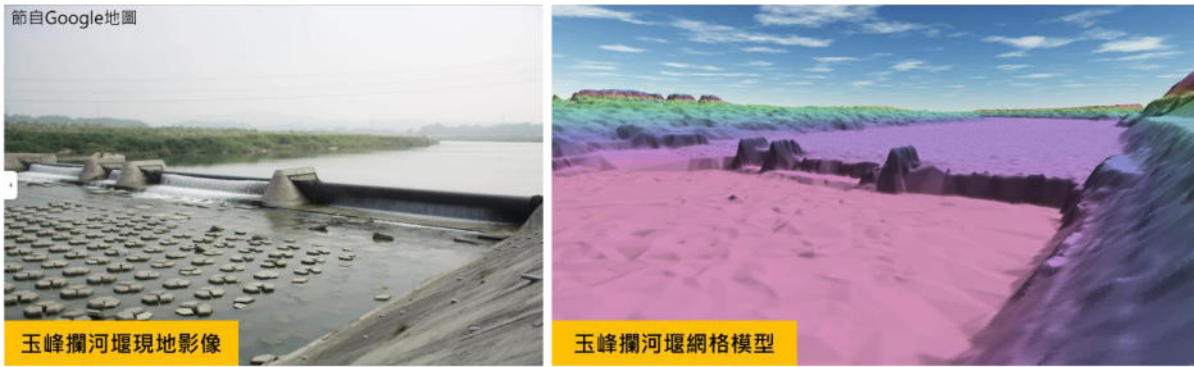


圖 5.3 玉峰攔河堰網格模型(圖幅號：94192055)

水利數值地形模型產製後，需進行圖幅接邊，確保圖幅間重疊區域網格資料一致，並使用程式進行網格高程一致性檢查。並進行外部責任接邊，使作業區相鄰圖幅高程維持一致性，以及既有成果內政部 108 及 109 年水利數值地形測製技術發展工作之成果進行接邊處理。本案共有產製 163 幅資料，作業成果如圖 5.4 至圖 5.7。

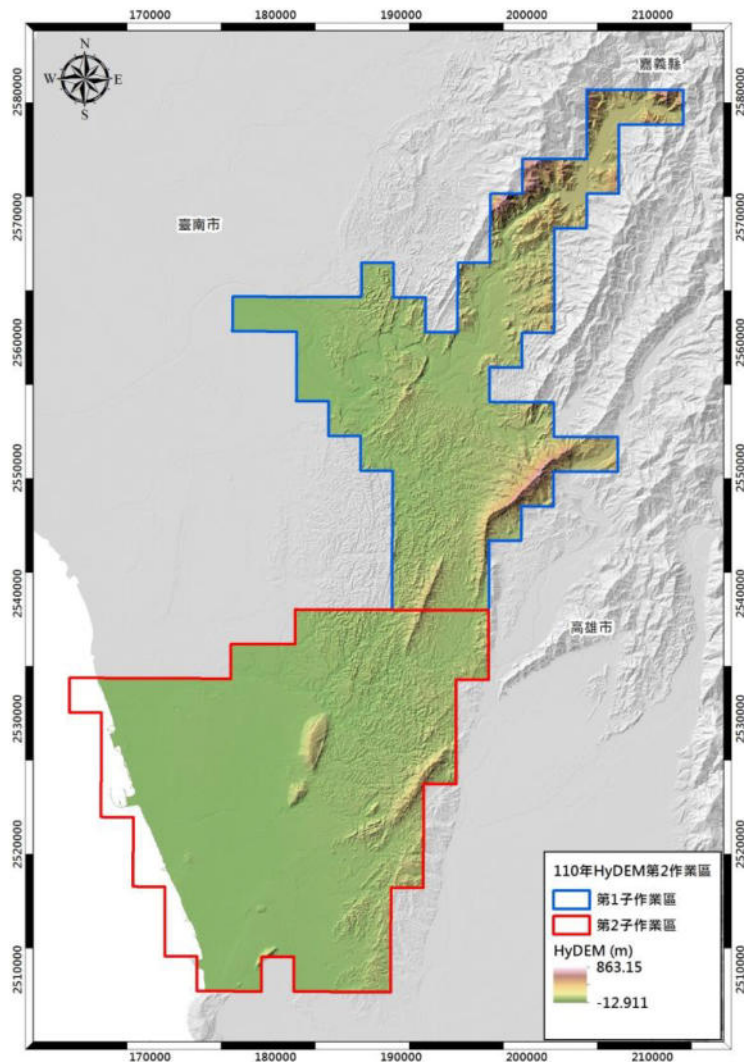


圖 5.4 本案 HyDEM 網格成果

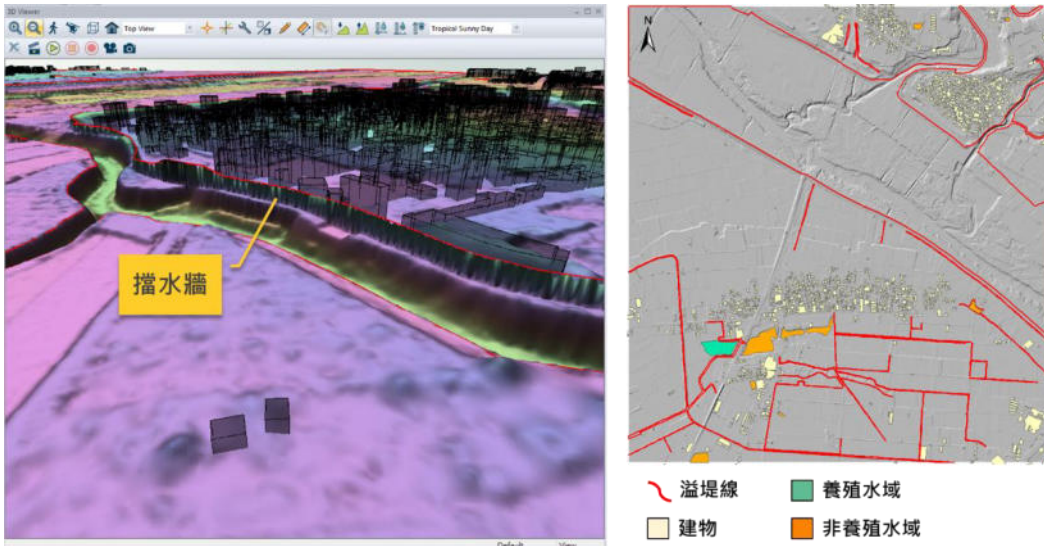


圖 5.5 HyDEM 及三維水利圖徵成果 (圖幅號：94192033)

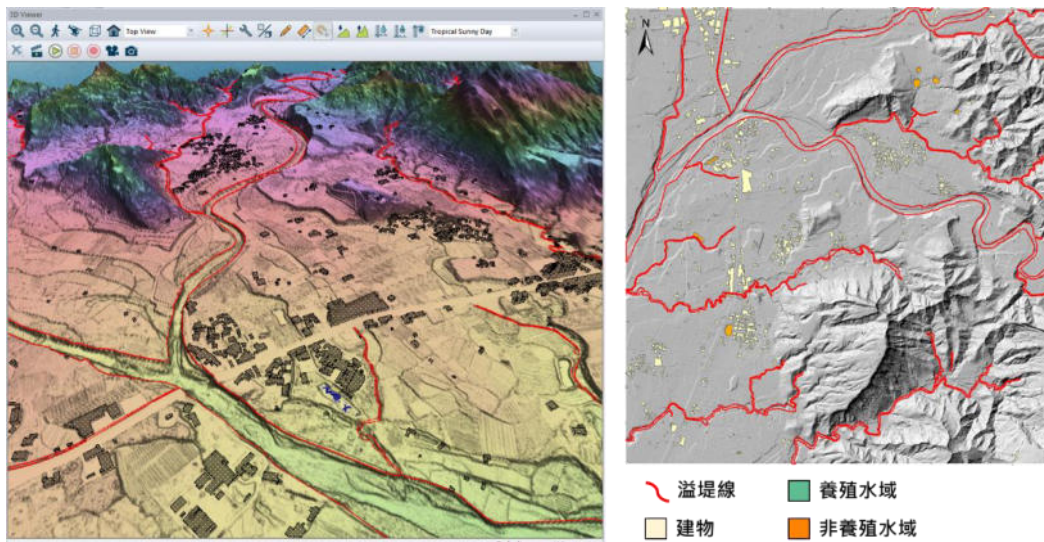


圖 5.6 HyDEM 及三維水利圖徵成果 (圖幅號：94192040)

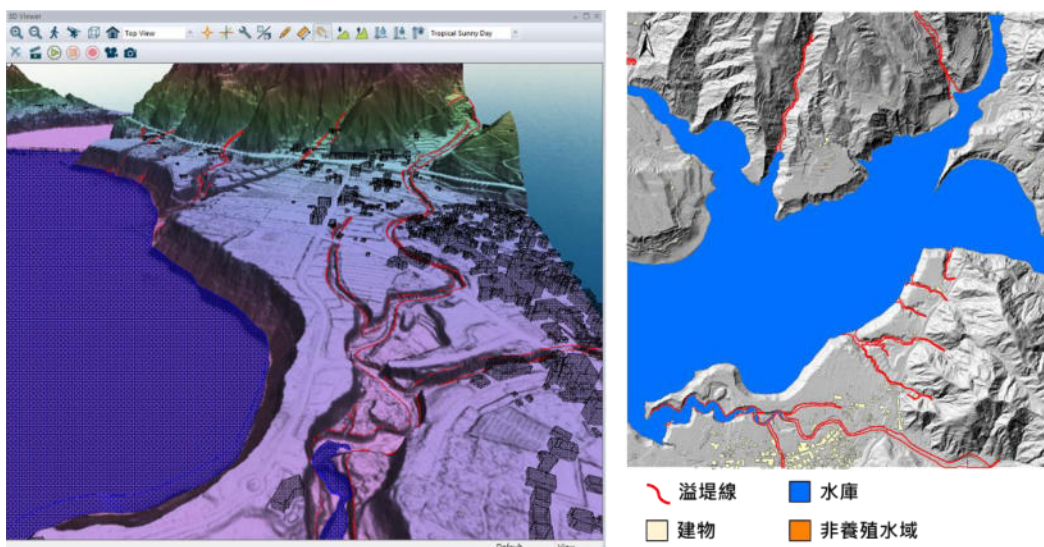


圖 5.7 HyDEM 及三維水利圖徵成果 (圖幅號：94194074)

第六章 檢核方式及處理原則說明

6.1 資料品管與處理原則

為確保計畫執行成果符合規範，主要為進度掌控及查核標準，資料產製品質管制流程圖如圖 6.1。水利數值資料建置之品質管制分為五個部份：作業計畫內容、水利數值地形點雲品管、三維水利圖塊品管、三維水利特徵線品管檢核以及水利數值高程模型網格成果品管。對於不同的項目與資料形態有不同的檢查方式與重點，各項目相對應的檢核重點、方式與修正方針如表 6.1，各項檢查報表如附件四。

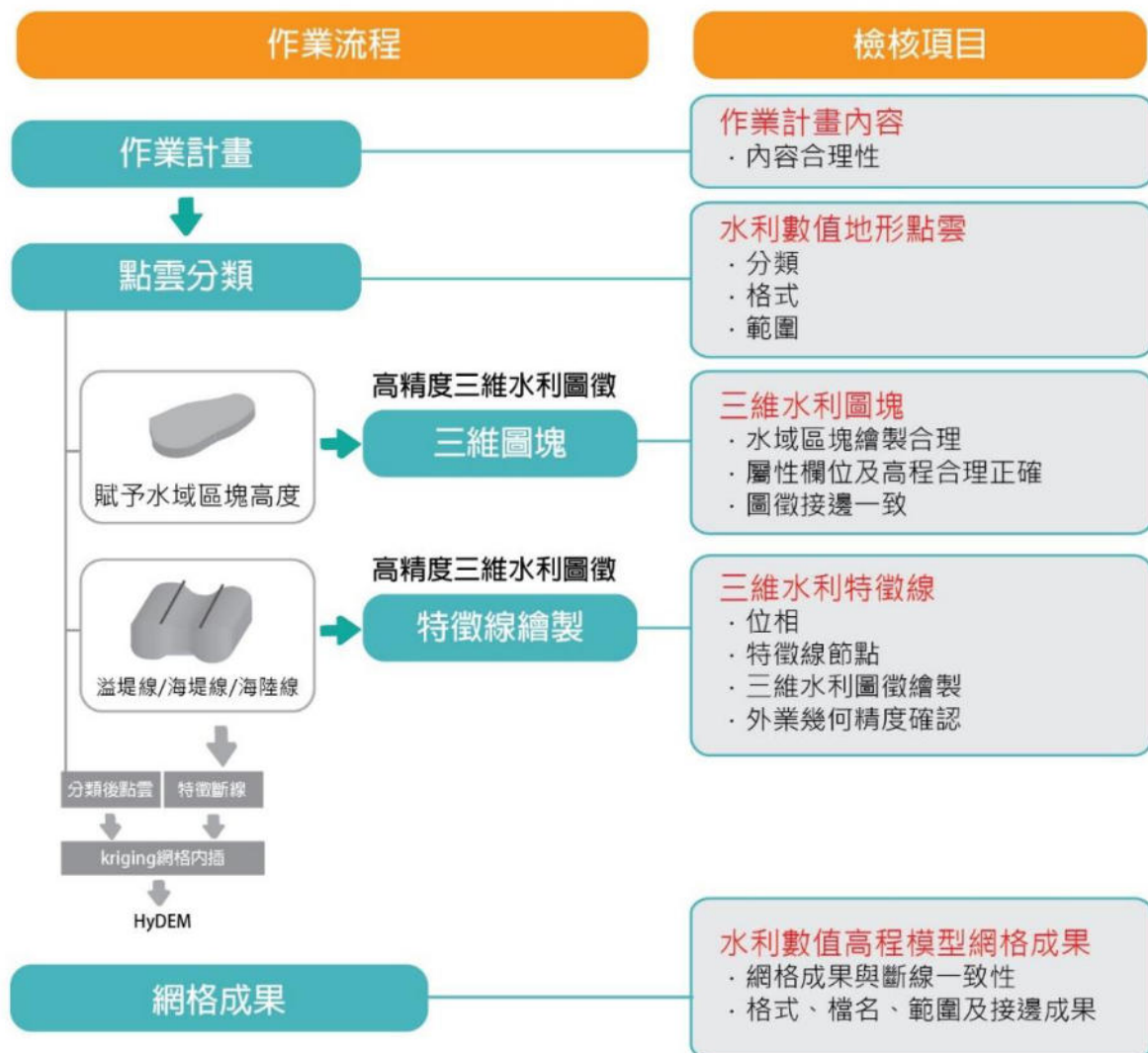


圖 6.1 自我檢核與品管流程圖

表 6.1 編修點雲與水利圖徵資料檢核項目表

工作項目		查核項目	查核方式	作業軟體及方法	修正措施
作業計畫	作業計畫內容	內容合理	報告書書面查核	人工查核	修正
水利數值地形點雲	點雲分類及編修	分類成果檢查	逐幅品管	TerraScan	修正
	點雲資料格式與範圍	內容及檔案格式	逐幅品管	程式計算	修正
	點雲分類人員能力檢核	人工過濾成果	分類正確度查核	人工查核	替換
三維水利圖塊	水域區塊繪製合理性	水域區塊繪製成果	逐幅品管	人工查核	修正
	屬性欄位	內容合理	合理性	程式檢查	修正
	屬性欄位及高程	水域區塊圖徵高程與屬性欄位	合理性與一致性	程式檢查	修正
三維水利特徵線	圖徵接邊	水域區塊繪製成果	一致性	程式檢查	修正
	三維水利圖徵繪製	線型圖徵成果	逐幅品管	人工查核	修正
	位相檢查	線型圖徵成果	合理性	程式檢查	修正
	特徵線節點檢查	線型圖徵成果	合理性	程式檢查	修正
	幾何精度	線形圖徵高程	外業抽樣測量分析	程式計算	修正
水利數值高程模型網格成果	水利圖徵是否符合水利地形模型	線形圖徵高程	合理性與一致性	程式檢查	修正
	屬性欄位	內容合理	合理性	程式檢查	修正

針對各項水利圖徵之位相關係(圖 6.2)，用以下幾點做為製作準則：

1. 所有三維水利圖徵物件互不重疊(no overlapping features)。
2. 所有三維水利圖徵不重複(no duplicate features)。
3. 線段不得有自我交叉之情況(no self-intersecting)。
4. 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。
5. 水域區塊需為閉合面狀物件。

6. 溢堤線、海陸線及海堤線為線狀物件，其中溢堤線須閉合。
7. 分幅成果裁切範圍與 HyDEM 網格及 HyDEM LAS 一致。

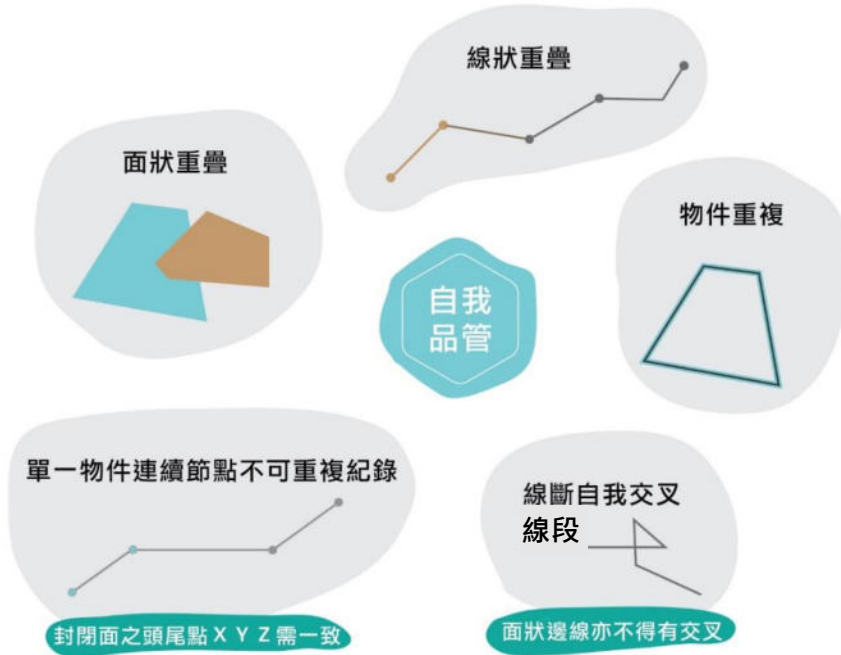


圖 6.2 位相自我品管示意圖

因應各項要點皆有相對應的程式化檢核工具或模組(圖 6.3，圖 6.4)，由於本案多數圖徵為三維型態的數值資料，各項檢查工具之開發接因應設計，以確保繳交成果符合需求。

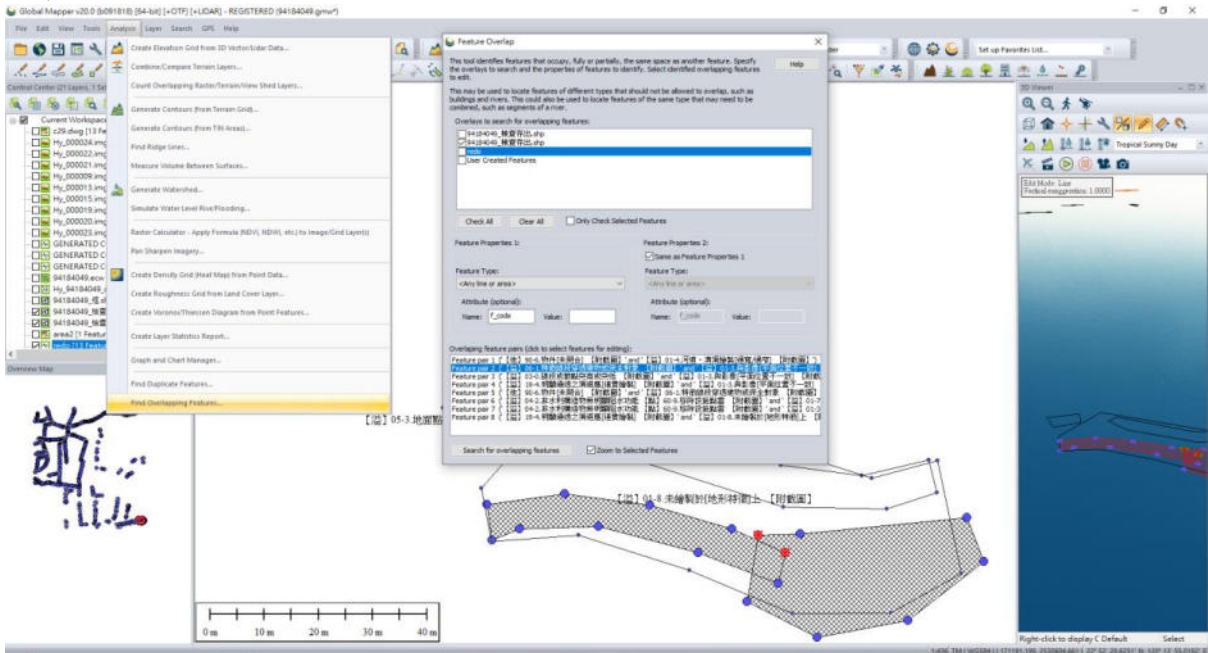


圖 6.3 物件重疊檢查工具

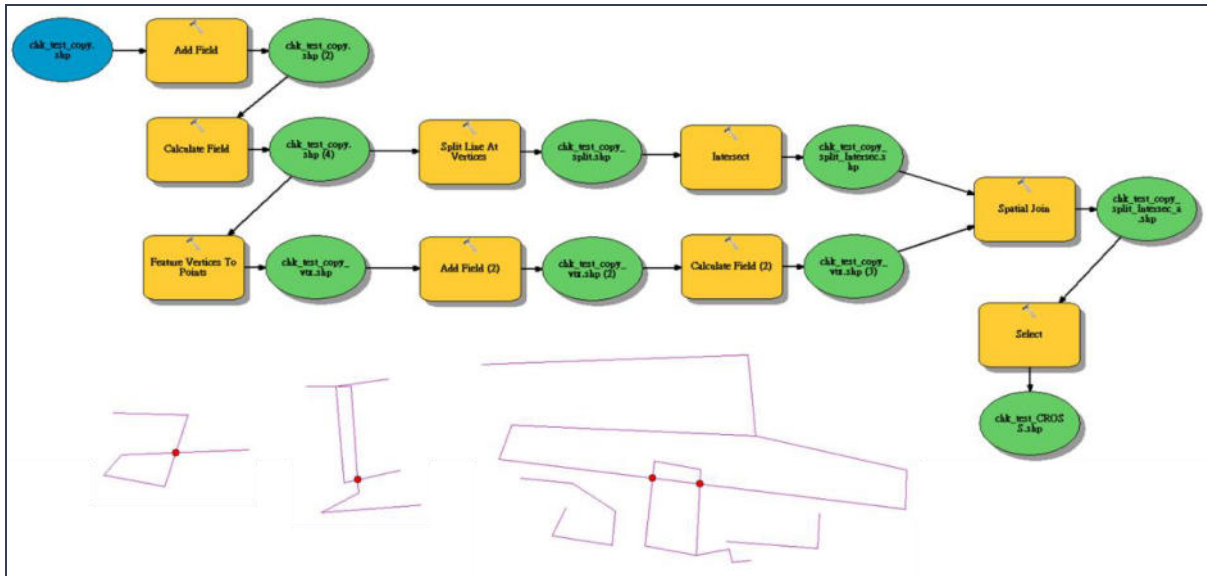


圖 6.4 線段交叉檢核模組

溢堤線為本案重要成果之一，其繪製品質與後續數值地形模型內插建置有高度相關，因此本團隊針對三維溢堤線圖徵建立嚴謹的檢核品管流程，如圖 6.5。常見錯誤如表 6.2。

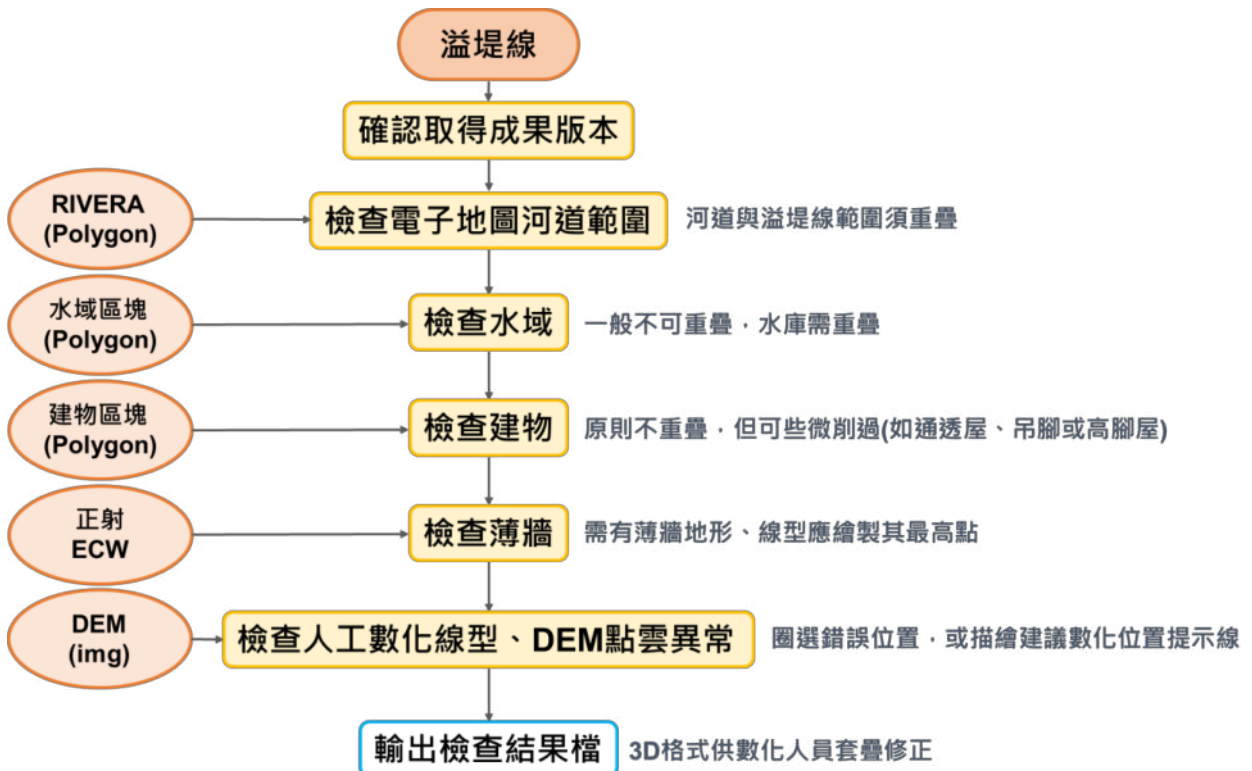
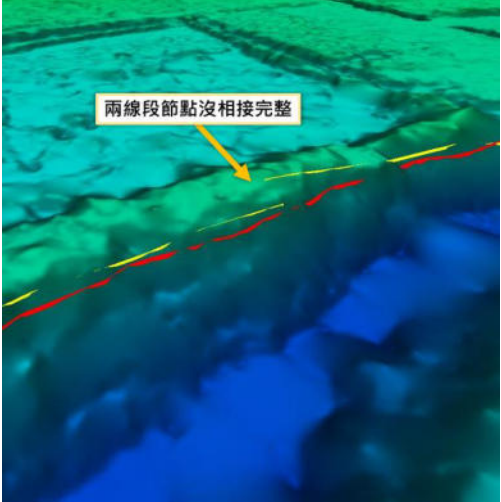
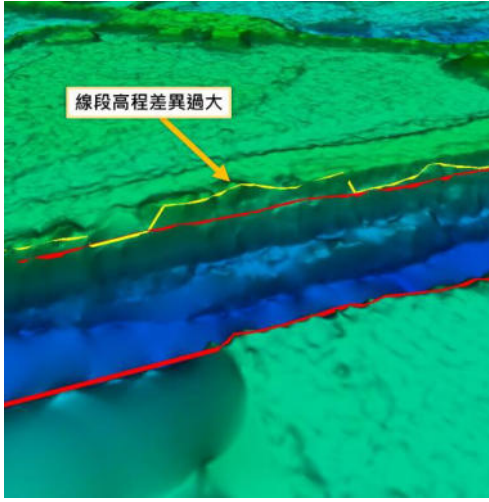
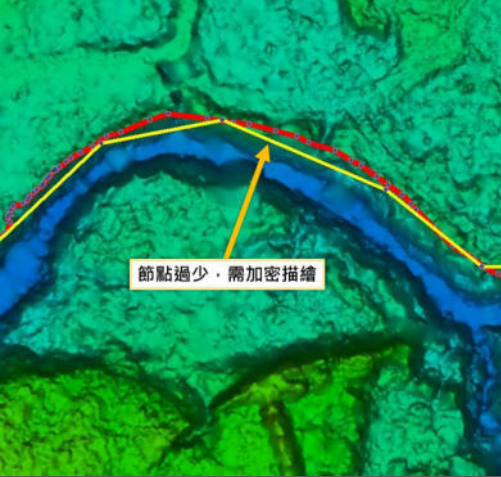
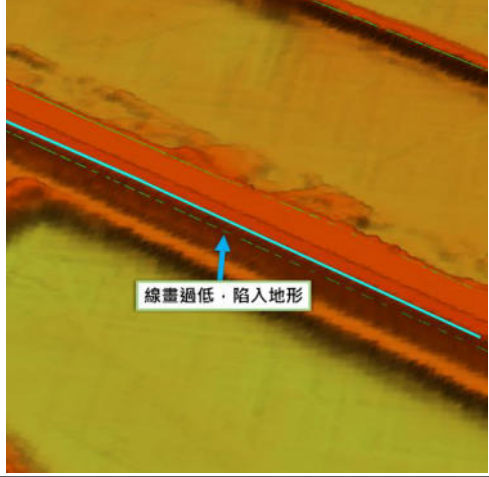


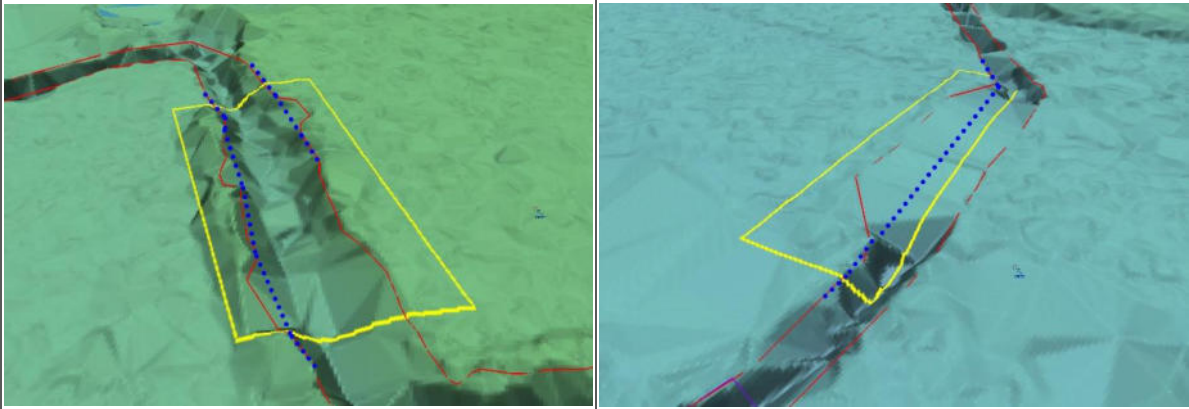


圖 6.5 溢堤線品管流程要點

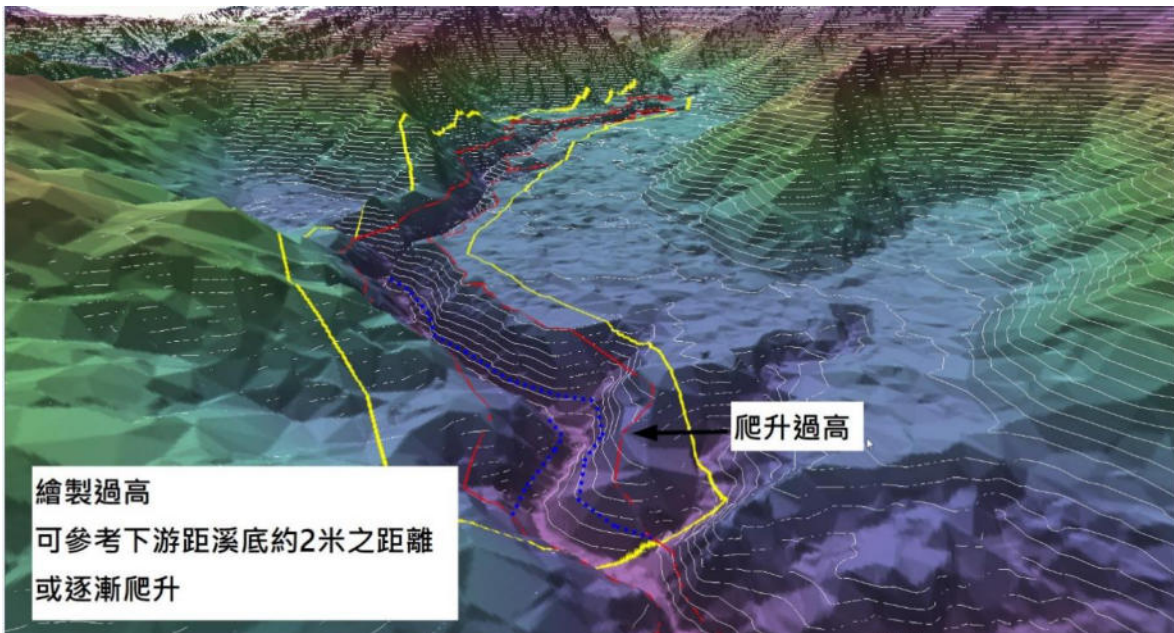
表 6.2 三維溢堤線常見錯誤

兩線段節點沒相接完整	線段高程差異過大
	
節點過少，需加密描繪	溢堤線畫太低，陷入地形會導致後續內插後 DEM 有誤
	
如果水經過道路，需跨上地形去繪製	河流與區排要分開繪製
	

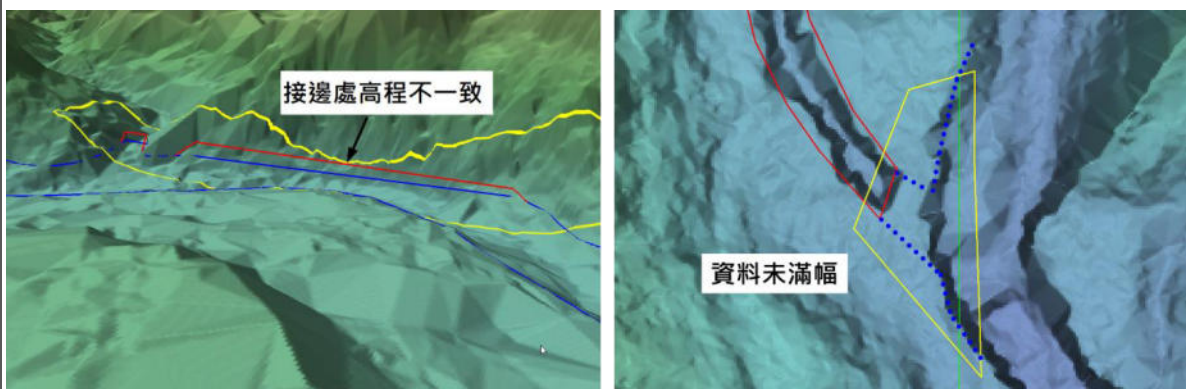
點雲不足時須估計實際地形描繪



山區自然河道參考河底高度描繪，不需繪製過高



接邊處線段需一致且滿幅



6.2 外業精度檢核

針對三維溢堤線精度，以外業實測方式自我抽驗 5%圖幅數檢查其高程精度，每幅抽樣 2 處，每處量測相應之三維水利圖徵實測點至少 5 點(含)，實測點位應盡量可連線成合理之溢堤線，即每幅至少抽 10 點(含)。檢核點位高程差值之 RMSE 需小於 30 公分。

本案於第 1、2 子測區分別抽樣 50 點(表 6.3)，檢核點分布如圖 6.6，所有點皆符合 30 公分之標準內(表 6.4、圖 6.8、圖 6.9)。

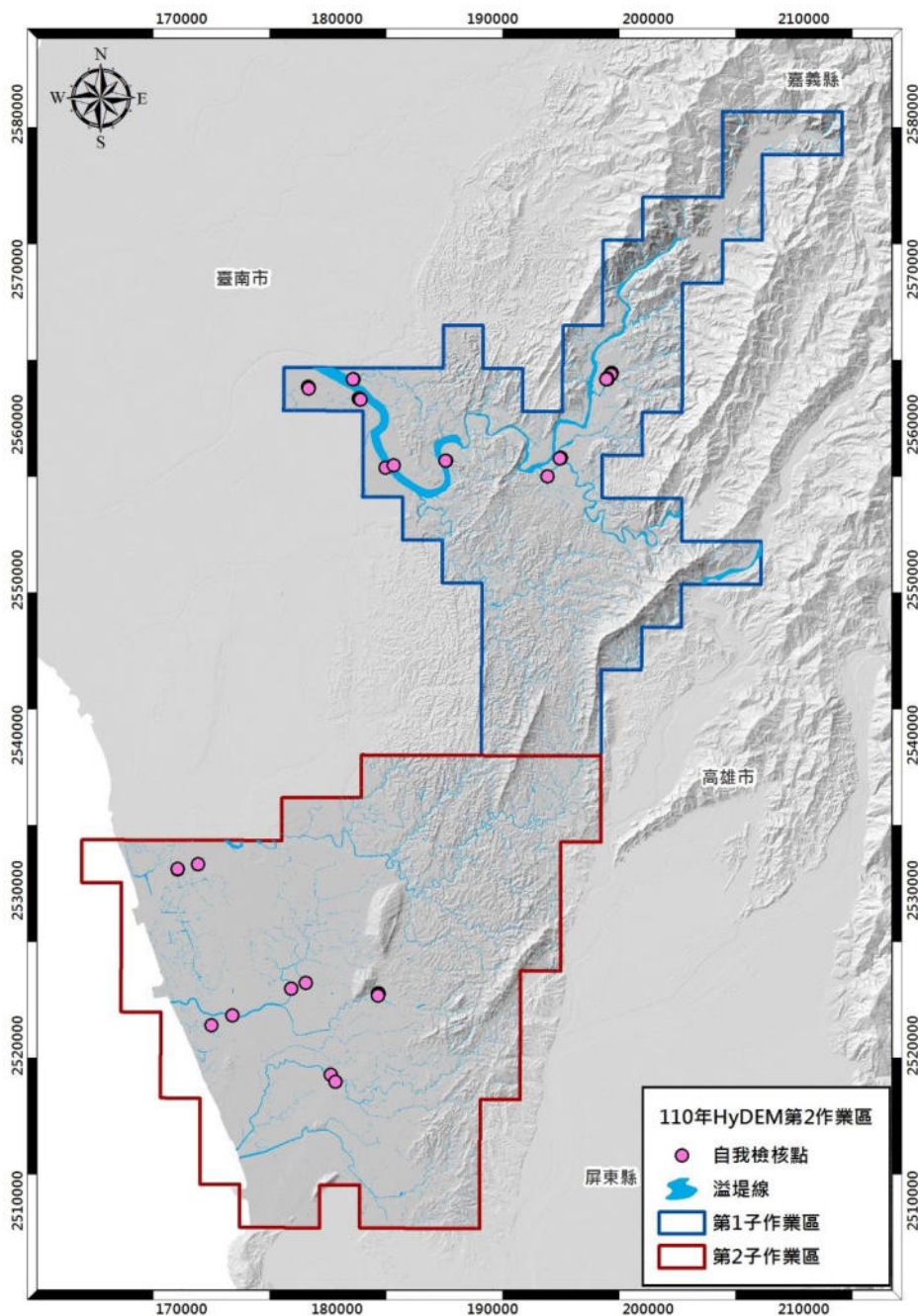


圖 6.6 本案溢堤線精度檢核點分布

表 6.3 本案子測區抽樣檢核幅數表

測區	圖幅數	5%圖幅數	抽樣點(處)	抽樣點(點)	RMSE
第 1 子測區	68	4	10	50	0.157
第 2 子測區	95	5	10	50	0.153



圖 6.7 精度檢核工作照

表 6.4 本案抽樣檢核成果表

圖號	外業測點				節點 A			節點 B			投影點			差(0.3m 內) nH-CH
	點號	E	N	nH	AE	AN	AH	BE	BN	BH	CE	CN	CH	
94192033	1-2-001	181047.097	2562917.563	16.491	181024.875	2562925.597	16.696	181124.519	2562852.266	16.763	181043.125	2562912.166	16.708	0.217
94192033	1-2-002	181045.730	2562918.557	16.508	181024.875	2562925.597	16.696	181124.519	2562852.266	16.763	181041.764	2562913.168	16.707	0.199
94192033	1-2-003	181044.551	2562919.430	16.524	181024.875	2562925.597	16.696	181124.519	2562852.266	16.763	181040.582	2562914.037	16.707	0.183
94192033	1-2-004	181043.485	2562920.224	16.516	181024.875	2562925.597	16.696	181124.519	2562852.266	16.763	181039.512	2562914.825	16.706	0.190
94192033	1-2-005	181042.471	2562921.000	16.526	181024.875	2562925.597	16.696	181124.519	2562852.266	16.763	181038.484	2562915.582	16.705	0.179
94192033	1-2-006	181041.354	2562921.822	16.539	181024.875	2562925.597	16.696	181124.519	2562852.266	16.763	181037.367	2562916.404	16.704	0.165
94192054	2-1-001	183126.464	2557240.554	20.417	183071.914	2557326.991	20.342	183154.234	2557209.110	20.252	183130.371	2557243.282	20.278	0.139
94192054	2-1-002	183127.084	2557239.361	20.406	183071.914	2557326.991	20.342	183154.234	2557209.110	20.252	183131.134	2557242.189	20.277	0.129
94192054	2-1-003	183127.941	2557238.118	20.379	183071.914	2557326.991	20.342	183154.234	2557209.110	20.252	183131.998	2557240.951	20.276	0.103
94192054	2-1-004	183128.838	2557236.837	20.366	183071.914	2557326.991	20.342	183154.234	2557209.110	20.252	183132.894	2557239.669	20.275	0.091
94192054	2-1-005	183129.797	2557235.557	20.406	183071.914	2557326.991	20.342	183154.234	2557209.110	20.252	183133.809	2557238.359	20.274	0.132
94192054	2-1-006	183130.730	2557234.250	20.411	183071.914	2557326.991	20.342	183154.234	2557209.110	20.252	183134.728	2557237.042	20.273	0.138
94192054	2-2-001	183655.537	2557378.598	20.518	183635.484	2557398.241	20.563	187323.157	2557286.261	20.707	183656.114	2557397.615	20.564	0.046
94192054	2-2-002	183656.405	2557377.461	20.484	183635.484	2557398.241	20.563	187323.157	2557286.261	20.707	183657.016	2557397.587	20.564	0.080
94192054	2-2-003	183657.375	2557376.142	20.485	183635.484	2557398.241	20.563	187323.157	2557286.261	20.707	183658.025	2557397.557	20.564	0.079
94192054	2-2-004	183658.277	2557374.959	20.492	183635.484	2557398.241	20.563	187323.157	2557286.261	20.707	183658.962	2557397.528	20.564	0.072
94192054	2-2-005	183659.135	2557373.804	20.531	183635.484	2557398.241	20.563	187323.157	2557286.261	20.707	183659.855	2557397.501	20.564	0.033
94192054	2-2-006	183660.194	2557372.439	20.503	183635.484	2557398.241	20.563	187323.157	2557286.261	20.707	183660.954	2557397.468	20.564	0.061
94192056	3-1-001	186999.100	2557676.272	23.428	186985.806	2557684.004	23.432	186992.723	2557672.938	23.373	186993.016	2557672.469	23.371	0.057
94192056	3-1-002	186998.202	2557677.737	23.491	186985.806	2557684.004	23.432	186992.723	2557672.938	23.373	186992.105	2557673.927	23.378	0.113
94192056	3-1-003	186997.522	2557678.786	23.467	186985.806	2557684.004	23.432	186992.723	2557672.938	23.373	186991.443	2557674.986	23.384	0.083
94192056	3-1-004	186996.793	2557680.012	23.465	186985.806	2557684.004	23.432	186992.723	2557672.938	23.373	186990.687	2557676.196	23.390	0.075
94192056	3-1-005	186996.017	2557681.255	23.416	186985.806	2557684.004	23.432	186992.723	2557672.938	23.373	186989.910	2557677.438	23.397	0.019
94192056	3-1-006	186995.368	2557682.284	23.409	186992.723	2557672.938	23.373	187000.120	2557660.558	23.361	186989.304	2557678.661	23.379	0.030
94192058	4-1-001	194383.441	2557858.516	53.621	194389.507	2557859.543	53.467	194383.258	2557858.190	53.329	194383.506	2557858.244	53.334	0.287
94192058	4-1-002	194371.766	2557855.260	53.495	194383.258	2557858.190	53.329	194367.466	2557853.883	53.223	194371.819	2557855.070	53.252	0.243
94192058	4-1-003	194356.075	2557849.967	53.206	194357.124	2557850.180	52.930	194351.919	2557848.188	52.979	194356.136	2557849.802	52.939	0.267
94192058	4-1-004	194343.520	2557844.703	53.098	194351.919	2557848.188	52.979	194336.531	2557841.800	52.800	194343.523	2557844.702	52.881	0.217
94192058	4-1-005	194333.905	2557840.330	52.933	194336.531	2557841.800	52.800	194329.091	2557836.937	52.671	194334.020	2557840.159	52.756	0.177

圖號	外業測點				節點 A			節點 B			投影點			差(0.3m 內) nH-CH
	點號	E	N	nH	AE	AN	AH	BE	BN	BH	CE	CN	CH	
94192058	4-1-006	194317.390	2557832.759	52.890	194329.091	2557836.937	52.671	194316.081	2557830.728	52.690	194317.936	2557831.613	52.687	0.203
94192058	4-2-001	193539.308	2556680.224	46.853	193534.592	2556692.191	46.357	193546.242	2556663.761	46.984	193539.471	2556680.285	46.620	0.233
94192058	4-2-002	193539.765	2556679.006	46.837	193534.592	2556692.191	46.357	193546.242	2556663.761	46.984	193539.963	2556679.083	46.646	0.191
94192058	4-2-003	193540.359	2556677.497	46.866	193534.592	2556692.191	46.357	193546.242	2556663.761	46.984	193540.578	2556677.583	46.679	0.187
94192058	4-2-004	193540.879	2556676.069	46.895	193534.592	2556692.191	46.357	193546.242	2556663.761	46.984	193541.154	2556676.178	46.710	0.185
94192058	4-2-005	193541.407	2556674.648	46.881	193534.592	2556692.191	46.357	193546.242	2556663.761	46.984	193541.728	2556674.776	46.741	0.140
94192058	4-2-006	193541.916	2556673.299	46.897	193534.592	2556692.191	46.357	193546.242	2556663.761	46.984	193542.274	2556673.443	46.770	0.127
94184049	5-1-001	171064.289	2531706.835	3.650	171078.078	2531710.273	3.599	171060.173	2531705.044	3.526	171064.448	2531706.292	3.543	0.107
94184049	5-1-002	171062.706	2531706.339	3.650	171078.078	2531710.273	3.599	171060.173	2531705.044	3.526	171062.856	2531705.828	3.537	0.113
94184049	5-1-003	171060.784	2531705.679	3.610	171078.078	2531710.273	3.599	171060.173	2531705.044	3.526	171060.907	2531705.258	3.529	0.081
94184049	5-1-004	171058.904	2531705.066	3.625	171060.173	2531705.044	3.526	171044.669	2531699.629	3.535	171059.049	2531704.651	3.527	0.098
94184049	5-1-005	171056.995	2531704.456	3.539	171060.173	2531705.044	3.526	171044.669	2531699.629	3.535	171057.157	2531703.991	3.528	0.011
94184049	5-1-006	171055.337	2531703.895	3.661	171060.173	2531705.044	3.526	171044.669	2531699.629	3.535	171055.505	2531703.414	3.529	0.132
94184049	5-2-001	169755.375	2531378.536	2.536	169787.507	2531368.033	2.215	169750.652	2531380.204	2.375	169755.407	2531378.634	2.354	0.182
94184049	5-2-002	169753.932	2531379.117	2.530	169787.507	2531368.033	2.215	169750.652	2531380.204	2.375	169753.932	2531379.121	2.361	0.169
94184049	5-2-003	169752.498	2531379.549	2.518	169787.507	2531368.033	2.215	169750.652	2531380.204	2.375	169752.511	2531379.590	2.367	0.151
94184049	5-2-004	169751.070	2531380.085	2.532	169787.507	2531368.033	2.215	169750.652	2531380.204	2.375	169751.064	2531380.068	2.373	0.159
94184049	5-2-005	169749.793	2531380.493	2.525	169750.652	2531380.204	2.375	169732.622	2531385.195	2.269	169749.781	2531380.445	2.370	0.155
94184049	5-2-006	169748.430	2531381.005	2.499	169750.652	2531380.204	2.375	169732.622	2531385.195	2.269	169748.383	2531380.832	2.362	0.137
94184090	6-1-001	173260.033	2521955.910	5.713	173255.397	2521953.484	5.772	173279.136	2521941.176	5.806	173258.059	2521952.104	5.776	0.063
94184090	6-1-002	173261.548	2521955.105	5.642	173255.397	2521953.484	5.772	173279.136	2521941.176	5.806	173259.582	2521951.314	5.778	0.136
94184090	6-1-003	173263.163	2521954.229	5.686	173255.397	2521953.484	5.772	173279.136	2521941.176	5.806	173261.213	2521950.468	5.780	0.094
94184090	6-1-004	173264.925	2521953.272	5.721	173255.397	2521953.484	5.772	173279.136	2521941.176	5.806	173262.993	2521949.546	5.783	0.062
94184090	6-1-005	173266.691	2521952.368	5.697	173255.397	2521953.484	5.772	173279.136	2521941.176	5.806	173264.754	2521948.633	5.785	0.088
94184090	6-1-006	173268.748	2521951.318	5.685	173255.397	2521953.484	5.772	173279.136	2521941.176	5.806	173266.804	2521947.570	5.788	0.103
94184090	6-2-001	171942.718	2521331.642	2.870	171945.800	2521330.525	2.590	171938.187	2521334.340	2.675	171942.887	2521331.985	2.623	0.247
94184090	6-2-002	171940.894	2521332.653	2.881	171945.800	2521330.525	2.590	171938.187	2521334.340	2.675	171941.024	2521332.918	2.643	0.238
94184090	6-2-003	171939.489	2521333.293	2.888	171945.800	2521330.525	2.590	171938.187	2521334.340	2.675	171939.645	2521333.609	2.659	0.229
94184090	6-2-004	171938.038	2521333.884	2.924	171938.187	2521334.340	2.675	171931.556	2521335.766	2.695	171938.138	2521334.351	2.675	0.249
94184090	6-2-005	171936.506	2521334.480	2.970	171938.187	2521334.340	2.675	171931.556	2521335.766	2.695	171936.551	2521334.692	2.680	0.290
94184090	6-2-006	171935.065	2521334.982	2.965	171938.187	2521334.340	2.675	171931.556	2521335.766	2.695	171935.070	2521335.010	2.684	0.281
94191074	7-1-001	182653.598	2523376.661	17.845	182647.509	2523395.581	17.469	182654.109	2523374.568	17.627	182653.465	2523376.618	17.612	0.233
94191074	7-1-002	182653.963	2523374.732	17.482	182647.509	2523395.581	17.469	182654.109	2523374.568	17.627	182654.049	2523374.760	17.626	0.144
94191074	7-1-003	182654.292	2523372.696	17.556	182654.109	2523374.568	17.627	182656.320	2523365.292	17.948	182654.540	2523372.760	17.690	0.134
94191074	7-1-004	182654.856	2523370.788	17.909	182654.109	2523374.568	17.627	182656.320	2523365.292	17.948	182655.003	2523370.818	17.757	0.152
94191074	7-1-005	182655.233	2523368.883	17.927	182654.109	2523374.568	17.627	182656.320	2523365.292	17.948	182655.452	2523368.932	17.822	0.105
94191074	7-1-006	182655.613	2523367.283	17.970	182654.109	2523374.568	17.627	182656.320	2523365.292	17.948	182655.834	2523367.332	17.877	0.093
94191074	7-2-001	182637.989	2523220.978	17.794	182643.068	2523223.757	17.706	182636.413	2523222.613	17.783	182637.670	2523222.829	17.768	0.026
94191074	7-2-002	182635.275	2523220.606	17.649	182636.413	2523222.613	17.783	182629.837	2523221.829	17.632	182635.053	2523222.451	17.752	0.103
94191074	7-2-003	182633.584	2523220.423	17.711	182636.413	2523222.613	17.783	182629.837	2523221.829	17.632	182633.366	2523222.250	17.713	0.002
94191074	7-2-004	182632.000	2523220.312	17.696	182636.413	2523222.613	17.783	182629.837	2523221.829	17.632	182631.792	2523222.062	17.677	0.019
94191074	7-2-005	182630.427	2523220.175	17.674	182636.413	2523222.613	17.783	182629.837	2523221.829	17.632	182630.225	2523221.875	17.641	0.033
94191074	7-2-006	182628.834	2523220.031	17.718	182629.837	2523221.829	17.632	182624.473	2523221.530	17.701	182628.736	2523221.768	17.646	0.072
94181093	8-1-001	179611.092	2518139.107	9.577	179595.826	2518139.006	9.305	179614.482	2518138.488	9.362	179611.078	2518138.583	9.352	0.225
94181093	8-1-002	179612.456	2518139.060	9.557	179595.826	2518139.006	9.305	179614.482	2518138.488	9.362	179612.442	2518138.545	9.356	0.201
94181093	8-1-003	179613.902	2518139.048	9.580	179595.826	2518139.006	9.305	179614.482	2518138.488	9.362	179613.888	2518138.505	9.360	0.220
94181093	8-1-004	179615.185	2518138.995	9.592	179614.482	2518138.488	9.362	179634.120	2518137.023	9.365	179615.144	2518138.439	9.362	0.230
94181093	8-1-005	179616.529	2518138.951	9.566	179614.482	2518138.488	9.362	179634.120	2518137.023	9.365	179616.483	2518138.339	9.362	0.204
94181093	8-1-006	179618.049	2518138.905	9.572	179614.482	2518138.488	9.362	179634.120	2518137.023	9.365	179617.998	2518138.226	9.363	0.209
94181093	8-2-001	179916.200	2517698.376	9.955	179912.553	2517701.444	9.719	179930.027	2517684.685	9.774	179915.986	2517698.152	9.730	0.225
94181093	8-2-002	179917.308	2517697.255	9.945	179912.553	2517701.444	9.719	179930.027	2517684.685	9.774	179917.123	2517697.061	9.733	0.212
94181093	8-2-003	179918.459	2517696.079	9.987	179912.553	2517701.444	9.719	179930.027	2517684.685	9.774	179918.310	2517695.923	9.737	0.250
94181093	8-2-004	179919.643	2517694.931	9.957	179912.553	2517701.444	9.719	179930.027	2517684.685	9.774	179919.500	2517694.781	9.741	0.216
94181093	8-2-005	179920.762	2517693.850	9.856	179912.553	2517701.444	9.719	179930.027	2517684.685	9.774	179920.623	2517693.704	9.744	0.112
94181093	8-2-006	179921.947	2517692.686	9.908	179912.553	2517701.444	9.719	179930.027	2517684.685	9.774	179921.822	2517692.555	9.748	0.160
94181072	9-1-001	177987.887	2524061.723	3.849	177984.534	2524064.959	3.636	177989.265	2524059.675	3.728	177987.635	2524061.495	3.696	0.153

圖號	外業測點				節點 A			節點 B			投影點			差(0.3m 內)
	點號	E	N	nH	AE	AN	AH	BE	BN	BH	CE	CN	CH	nH-CH
94181072	9-1-002	177988.856	2524060.557	3.811	177984.534	2524064.959	3.636	177989.265	2524059.675	3.728	177988.646	2524060.367	3.716	0.095
94181072	9-1-003	177989.812	2524059.360	3.882	177989.265	2524059.675	3.728	177993.534	2524051.971	3.519	177989.525	2524059.206	3.715	0.167
94181072	9-1-004	177990.731	2524058.220	3.850	177989.265	2524059.675	3.728	177993.534	2524051.971	3.519	177990.224	2524057.944	3.681	0.169
94181072	9-1-005	177991.722	2524057.033	3.904	177989.265	2524059.675	3.728	177993.534	2524051.971	3.519	177990.959	2524056.617	3.645	0.259
94181072	9-1-006	177992.705	2524055.795	3.888	177989.265	2524059.675	3.728	177993.534	2524051.971	3.519	177991.715	2524055.254	3.608	0.280
94181072	9-2-001	177057.293	2523687.929	6.611	177054.931	2523693.173	6.681	177058.910	2523681.592	6.663	177056.792	2523687.757	6.673	0.062
94181072	9-2-002	177057.818	2523686.281	6.625	177054.931	2523693.173	6.681	177058.910	2523681.592	6.663	177057.354	2523686.121	6.670	0.045
94181072	9-2-003	177058.266	2523684.864	6.704	177054.931	2523693.173	6.681	177058.910	2523681.592	6.663	177057.836	2523684.716	6.668	0.036
94181072	9-2-004	177058.710	2523683.541	6.748	177054.931	2523693.173	6.681	177058.910	2523681.592	6.663	177058.290	2523683.397	6.666	0.082
94181072	9-2-005	177059.002	2523682.292	6.867	177054.931	2523693.173	6.681	177058.910	2523681.592	6.663	177058.705	2523682.190	6.664	0.203
94181072	9-2-006	177059.253	2523680.956	6.930	177058.910	2523681.592	6.663	177060.846	2523671.433	6.737	177059.039	2523680.913	6.668	0.262
94192033	10-1-001	181409.209	2561679.719	15.907	181397.311	2561689.427	15.992	181410.067	2561677.489	15.957	181408.497	2561678.958	15.961	0.054
94192033	10-1-002	181422.058	2561667.162	15.959	181418.129	2561670.018	15.940	181431.967	2561656.960	15.841	181421.633	2561666.712	15.915	0.044
94192033	10-1-003	181446.522	2561644.346	15.862	181444.182	2561645.956	15.872	181451.661	2561639.165	15.930	181446.266	2561644.064	15.888	0.026
94192033	10-1-004	181459.457	2561632.810	15.873	181458.447	2561632.751	15.889	181464.520	2561627.570	15.830	181459.002	2561632.277	15.884	0.011
94192033	10-1-005	181487.127	2561607.575	15.688	181464.520	2561627.570	15.830	181498.900	2561597.660	15.804	181487.289	2561607.761	15.813	0.125
94192033	10-1-006	181504.585	2561593.096	15.698	181502.190	2561594.766	15.601	181509.101	2561588.769	15.625	181504.383	2561592.863	15.609	0.089
94192032	11-1-001	178162.076	2562417.944	9.800	178158.755	2562434.406	11.690	178162.742	2562416.147	9.860	178162.342	2562417.978	10.043	0.243
94192032	11-1-002	178166.028	2562402.005	9.814	178162.742	2562416.147	9.860	178168.944	2562392.219	9.874	178166.384	2562402.097	9.868	0.054
94192032	11-1-003	178170.778	2562382.951	9.825	178168.944	2562392.219	9.874	178174.314	2562370.687	9.952	178171.227	2562383.063	9.907	0.082
94192032	11-1-004	178175.972	2562362.295	9.839	178174.314	2562370.687	9.952	178181.649	2562342.534	10.013	178176.467	2562362.424	9.970	0.131
94192032	11-1-005	178180.637	2562343.599	9.888	178174.314	2562370.687	9.952	178181.649	2562342.534	10.013	178181.325	2562343.778	10.010	0.122
94192032	11-1-006	178186.100	2562321.583	9.882	178181.649	2562342.534	10.013	178187.129	2562318.572	9.969	178186.424	2562321.657	9.975	0.093
94192040	12-1-001	197632.257	2563322.167	93.602	197636.608	2563348.095	93.969	197631.370	2563318.641	93.558	197632.005	2563322.212	93.608	0.006
94192040	12-1-002	197628.029	2563302.188	93.262	197631.370	2563318.641	93.558	197624.680	2563279.160	92.866	197628.567	2563302.097	93.268	0.006
94192040	12-1-003	197626.336	2563287.229	93.008	197631.370	2563318.641	93.558	197624.680	2563279.160	92.866	197626.055	2563287.277	93.008	0.000
94192040	12-1-004	197622.009	2563268.624	92.712	197624.680	2563279.160	92.866	197617.417	2563237.075	92.313	197622.837	2563268.481	92.726	0.014
94192040	12-1-005	197619.238	2563248.698	92.409	197624.680	2563279.160	92.866	197617.417	2563237.075	92.313	197619.417	2563248.666	92.465	0.056
94192040	12-1-006	197616.129	2563228.620	92.239	197617.417	2563237.075	92.313	197613.422	2563207.393	91.878	197616.276	2563228.601	92.189	0.050
94192040	12-2-001	197353.834	2562973.460	86.142	197349.639	2562983.641	86.515	197356.307	2562968.058	85.815	197353.969	2562973.521	86.060	0.082
94192040	12-2-002	197363.109	2562952.347	85.538	197366.517	2562945.889	85.197	197360.467	2562959.726	85.516	197363.598	2562952.565	85.351	0.187
94192040	12-2-003	197368.900	2562931.748	84.926	197370.507	2562929.962	84.809	197369.468	2562937.815	84.728	197370.247	2562931.925	84.789	0.137
94192040	12-2-004	197359.371	2562917.032	85.138	197362.175	2562918.541	84.992	197365.991	2562917.129	84.939	197360.198	2562919.272	85.019	0.119
94192040	12-2-005	197343.171	2562916.462	84.823	197342.804	2562917.022	84.621	197352.650	2562917.086	84.835	197343.172	2562917.024	84.629	0.194
94192040	12-2-006	197316.928	2562912.516	84.585	197305.745	2562908.948	84.407	197319.045	2562913.567	84.447	197316.831	2562912.798	84.440	0.145



圖 6.8 第 1 子測區外業精度檢核成果分布



圖 6.9 第 2 子測區外業精度檢核成果分布

貴中心於 7 月及 12 月分別辦理第二及第三階段外業驗收(圖 6.10、圖 6.11)，第 1、2 子測區分別抽樣 36 點及 47 點(表 6.5)，檢核點分布如圖 6.12。

第 1 子測區 92055-05 測點測量時收訊不佳，92056-06 兩測回差值較大，去除這兩點所計算之 RMSE 為 0.132，符合 30 公分之標準(表 6.6)。

而第 2 子測區 82015-4 及 82015-5 測點現地道路崩塌(圖 6.13)，與光達掃瞄時期已有落差，82004-4 兩測回差值較大但單點差值無明顯較大，因此去除 82015-4 及 82015-5 測點所計算之 RMSE 為 0.204，亦符合 30 公分之標準。

表 6.5 本案子測區抽樣驗收幅數表

測區	圖幅數	驗收日期	抽樣幅數	抽樣點(點)	RMSE
第 1 子測區	68	110.07.06-07	6	36	0.132
第 2 子測區	95	110.12.02-03	8	47	0.204



圖 6.10 第 1 子測區外業驗收工作照



圖 6.11 第 2 子測區外業驗收工作照

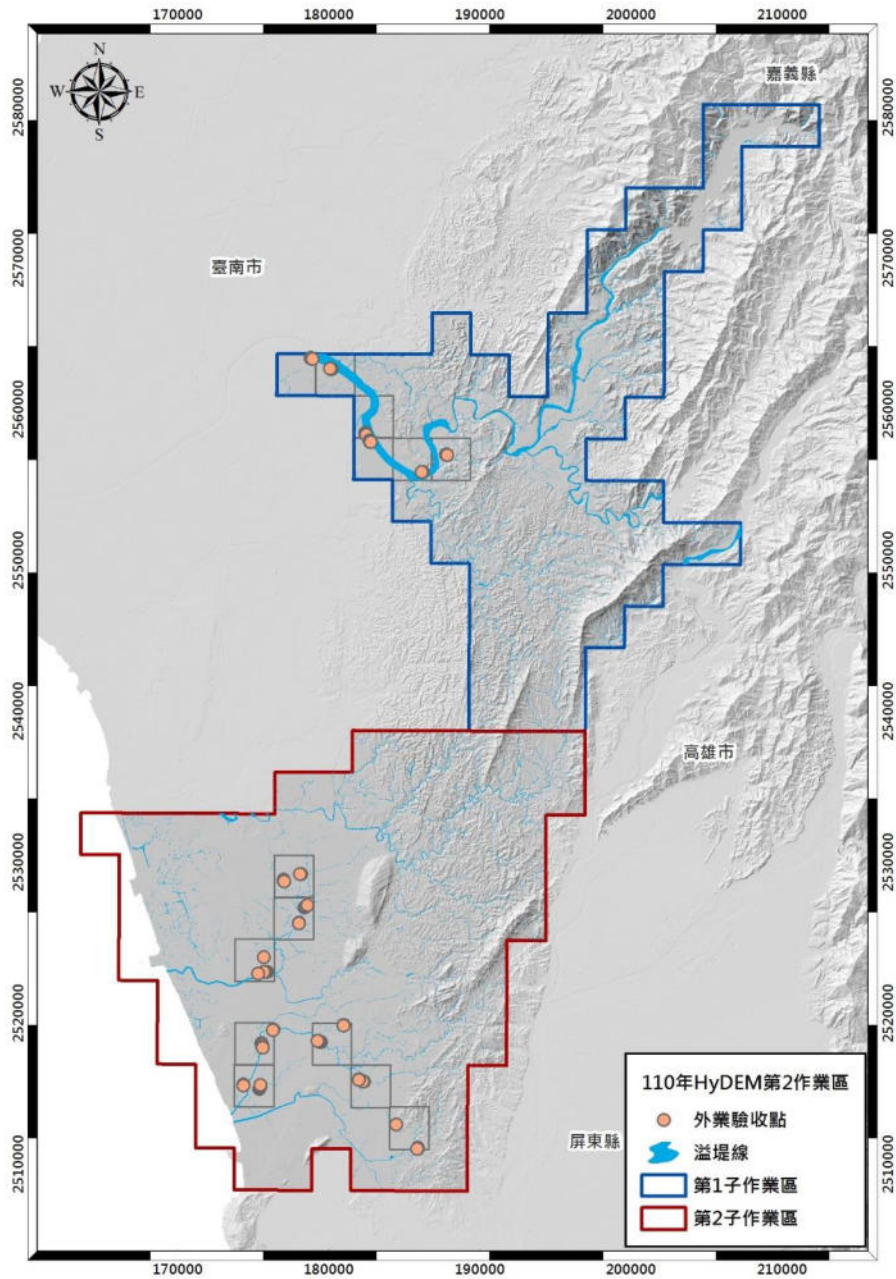


圖 6.12 本案溢堤線外業驗收點分布

表 6.6 本案抽樣驗收成果表

圖號	外業測點				節點 A			節點 B			投影點			差值 nH-CH	牆高	備註
	點號	E	N	nH	AE	AN	AH	BE	BN	BH	CE	CN	CH			
94192032	92032-01	178814.431	2563391.633	11.7465	178806.419	2563396.635	11.738	178820.347	2563388.446	11.695	178814.5581	2563391.85	11.713	0.034		
94192032	92032-02	178833.746	2563380.267	11.7945	178830.422	2563382.181	11.655	178844.056	2563374.345	11.645	178833.7473	2563380.27	11.653	0.142		
94192032	92032-03	178855.724	2563367.196	11.813	178852.441	2563369.259	11.737	178861.37	2573364.142	11.657	178852.4392	2563367.199	11.737	0.076		
94192032	92032-04	178876.65	2563354.812	11.7405	178870.045	2563358.673	11.629	178877.108	2563354.537	11.598	178876.6464	2563354.807	11.600	0.140		
94192032	92032-05	178899.561	2563341.246	11.824	178895.657	2563343.479	11.79	178909.161	2563335.628	11.785	178899.545	2563341.219	11.789	0.035		
94192032	92032-06	178920.438	2563328.901	11.765	178909.161	2563335.628	11.785	178927.785	2563324.397	11.792	178920.4051	2563328.847	11.789	0.024		
94192033	92033-01	180189.462	2562634.605	16.4655	180207.253	2562625.558	16.225	180164.942	2562648.814	16.344	180189.7703	2562635.167	16.274	0.191		
94192033	92033-02	180167.258	2562647.139	16.5065	180207.253	2562625.558	16.225	180164.942	2562648.814	16.344	180167.4272	2562647.448	16.337	0.169		
94192033	92033-03	180144.581	2562660.01	16.4975	180164.942	2562648.814	16.344	179972.77	2562757.432	16.281	180144.7144	2562660.247	16.337	0.160		
94192033	92033-04	180123.466	2562671.912	16.4655	180164.942	2562648.814	16.344	179972.77	2562757.432	16.281	180123.6135	2562672.173	16.330	0.135		
94192033	92033-05	180105.846	2562682.405	16.4645	180164.942	2562648.814	16.344	179972.77	2562757.432	16.281	180105.7652	2562682.261	16.325	0.140		
94192033	92033-06	180074.084	2562699.795	16.4415	180164.942	2562648.814	16.344	179972.77	2562757.432	16.281	180074.2438	2562700.078	16.314	0.127		
94192044	92044-01	182425.891	2558434.607	19.3665	182420.201	2558447.816	19.317	182437.903	2558407.436	19.389	182425.9753	2558434.644	19.340	0.026		
94192044	92044-02	182435.424	2558412.834	19.4005	182420.201	2558447.816	19.317	182437.903	2558407.436	19.389	182435.5186	2558412.875	19.379	0.021		
94192044	92044-03	182445.516	2558390.513	19.4055	182437.903	2558407.436	19.389	182448.801	2558383.434	19.315	182445.5747	2558390.54	19.337	0.069		
94192044	92044-04	182455.179	2558369.355	19.3215	182448.801	2558383.434	19.315	182458.679	2558361.8	19.317	182455.2209	2558369.374	19.316	0.005		
94192044	92044-05	182466.287	2558346.065	19.1815	182458.679	2558361.8	19.317	182468.013	2558342.518	19.276	182466.2946	2558346.068	19.284	0.102		
94192044	92044-06	182478.064	2558321.429	19.315	182468.013	2558342.518	19.276	182479.095	2558318.769	19.303	182477.8915	2558321.348	19.300	0.015		
94192054	92054-01	182701.957	2557924.884	19.6535	182591.769	2558104.12	19.681	182706.416	2557914.445	19.713	182700.6016	2557924.065	19.711	0.058		
94192054	92054-02	182716.201	2557901.113	19.6865	182706.416	2557914.445	19.713	182804.996	2557749.676	19.792	182714.8694	2557900.316	19.720	0.033		
94192054	92054-03	182730.174	2557877.831	19.728	182706.416	2557914.445	19.713	182804.996	2557749.676	19.792	182728.8103	2557877.015	19.731	0.003		
94192054	92054-04	182743.605	2557855.371	19.767	182706.416	2557914.445	19.713	182804.996	2557749.676	19.792	182742.246	2557854.558	19.742	0.025		
94192054	92054-05	182760.05	2557827.822	19.8125	182706.416	2557914.445	19.713	182804.996	2557749.676	19.792	182758.7184	2557827.026	19.755	0.058		
94192054	92054-06	182773.392	2557805.499	19.8595	182706.416	2557914.445	19.713	182804.996	2557749.676	19.792	182772.0704	2557804.709	19.766	0.094		
94192055	92055-01	186161.726	2555826.758	22.4605	186153.1	2555824.77	22.206	186184.801	2555832.563	22.243	186161.695	2555826.883	22.216	0.244		
94192055	92055-02	186187.84	2555833.051	22.4125	186184.801	2555832.563	22.243	186229.054	2555843.375	22.317	186187.7815	2555833.291	22.248	0.165		
94192055	92055-03	186208.227	2555838.058	22.4025	186184.801	2555832.563	22.243	186229.054	2555843.375	22.317	186208.1739	2555838.274	22.282	0.120		
94192055	92055-04	186224.721	2555842.005	22.4345	186184.801	2555832.563	22.243	186229.054	2555843.375	22.317	186224.6489	2555842.299	22.310	0.125		
94192055	92055-05	186242.691	2555846.319	22.427	186229.054	2555843.375	22.317	186254.883	2555849.656	22.267	186242.6047	2555846.67	22.291	0.136		*1
94192055	92055-06	186149.062	2555824.019	22.481	186112.979	2555817.203	22.295	186153.1	2555824.77	22.206	186149.0628	2555824.009	22.215	0.266		
94192056	92056-01	187768.773	2556994.076	21.546	187763.532	2556996.418	21.293	187775.335	2556991.33	21.579	187768.8058	2556994.145	21.421	0.125		
94192056	92056-02	187785.666	2556986.078	21.7065	187784.634	2556986.633	21.553	187797.21	2556980.193	21.618	187785.6776	2556986.099	21.558	0.148		
94192056	92056-03	187801.083	2556977.692	21.897	187797.21	2556980.193	21.618	187803.472	2556976.758	21.712	187801.2441	2556977.98	21.679	0.218		
94192056	92056-04	187818.722	2556968.131	21.8335	187812.491	2556971.681	21.661	187836.66	2556957.286	21.481	187818.6498	2556968.013	21.615	0.218		
94192056	92056-05	187834.906	2556958.579	21.7075	187812.491	2556971.681	21.661	187836.66	2556957.286	21.481	187834.7959	2556958.396	21.495	0.213		
94192056	92056-06	187849.576	2556950.423	21.7395	187844.634	2556952.643	21.332	187851.414	2556949.141	21.449	187849.4448	2556950.158	21.415	0.324		*2
94181052	81052-1	177017.522	2528839.457	10.6325	177016.949	2528843.99	10.019	177021.524	2528830.749	10.05	177018.4097	2528839.762	10.029	0.604		
94181052	81052-2	177036.838	2528788.497	10.2715	177038.143	2528788.113	9.925	177035.059	2528794.029	9.983	177037.7054	2528788.952	9.933	0.338		
94181052	81052-3	177030.035	2528772.096	10.196	177023.729	2528772.97	9.891	177026.104	2528767.501	10	177025.0506	2528769.927	9.952	0.244		
94181052	81052-4	177045.349	2528757.449	10.307	177063.907	2528746.344	10.527	177039.446	2528755.757	10.442	177044.0198	2528753.997	10.458	0.151		
94181052	81052-5	178193.707	2529233.389	7.7165	178197.244	2529233.475	7.672	178190.679	2529234.004	7.638	178193.7365	2529233.758	7.654	0.163		
94181052	81052-6	178098.366	2529241.715	8.0165	178101.311	2529241.084	7.835	178092.486	2529242.171	7.835	178098.3335	2529241.451	7.835	0.182		
94181062	81062-1	178405.096	2527028.604	8.3585	178401.251	2527026.644	8.3	178410.268	2527033.488	8.3	178404.6341	2527029.212	8.300	0.058	1.91	
94181062	81062-2	178454.288	2527067.331	8.3385	178444.448	2527061.006	7.883	178454.58	2527068.62	8.089	178453.7772	2527068.017	8.073	0.266	1.92	
94181062	81062-3	178497.464	2527101.606	8.4085	178493.763	2527100.386	8.285	178503.66	2527107.578	8.172	178496.7638	2527102.567	8.251	0.158	1.89	
94181062	81062-4	178581.182	2527167.657	8.373	178578.081	2527165.858	8.13	178596.55	2527180.075	8.439	178580.8992	2527168.027	8.177	0.196	1.51	
94181062	81062-5	178049.705	2526016.768	7.724	178050.48	2526022.334	7.201	178047.207	2526001.728	7.255	178049.5983	2526016.783	7.216	0.508	0.85	
94181062	81062-6	178040.215	2525963.425	7.6385	178043.413	2525979.562	7.494	178040.029	2525960.123	7.384	178040.5926	2525963.361	7.402	0.236	0.83	
94181071	81071-1	175725.471	2523711.894	9.561	175725.753	2523709.803	9.5	175724.998	2523712.469	9.389	175725.1856	2523711.807	9.417	0.144		
94181071	81071-2	175719.017	2523739.481	9.637	175719.127	2523737.76	9.612	175718.24	2523741.289	9.664	175718.7137	2523739.404	9.636	0.001		
94181071	81071-3	175933.534	2522732.818	9.515	175934.672	2522732.536	9.554	175932.199	2522732.768	9.591	175933.5186	2522732.644	9.571	0.056		
94181071	81071-4	175823.697	2522737.24	9.5495	175828.198	2522737.024	9.577	175822.635	2522737.408	9.583	175823.7036	2522737.334	9.582	0.032		
94181071	81071-5	175723.429	2522735.057	9.5865	175727.369	2522735.648	9.564	175721.618	2522735.148	9.586	175723.407	2522735.304	9.579	0.007		
94181071	81071-6	175338.408	2522649.11	9.425	175341.019	2522650.852	9.388	175337.425	2522649.005	9.375	175338.2448	2522649.426	9.378	0.047		

圖號	外業測點				節點 A			節點 B			投影點			差值 nH-CH	牆高	備註
	點號	E	N	nH	AE	AN	AH	BE	BN	BH	CE	CN	CH			
94181091	81091-1	176364.362	2518931.853	6.9695	176369.332	2518930.44	7.14	176361.285	2518930.326	7.166	176364.3836	2518930.37	7.156	0.186	1.71	
94181091	81091-2	176303.144	2518894.465	6.832	176307.284	2518900.104	7.083	176303.297	2518892.161	7.102	176304.1901	2518893.94	7.098	0.266	1.71	
94181091	81091-3	175574.604	2518020.576	5.989	175571.819	2518027.875	5.872	175575.579	2518020.605	5.777	175575.3841	2518020.982	5.782	0.207	0.98	
94181091	81091-4	175592.168	2517942.439	5.951	175592.875	2517942.999	5.728	175597.536	2517920.567	5.799	175592.9574	2517942.602	5.729	0.222	1.03	
94181091	81091-5	175616.775	2517827.251	5.9495	175616.517	2517830.537	5.66	175618.87	2517806.664	5.683	175616.8403	2517827.257	5.663	0.286	1.1	
94181091	81091-6	175624.21	2517736.42	5.8885	175625.175	2517736.693	5.62	175625.515	2517726.802	5.647	175625.1833	2517736.453	5.621	0.268	1.02	
94182001	82001-1	174379.793	2515312.475	4.1255	174381.963	2515314.183	3.825	174372.492	2515301.889	3.776	174380.3292	2515312.062	3.817	0.309	1.57	
94182001	82001-2	174355.755	2515216.071	4.16	174355.688	2515216.687	3.984	174357.503	2515207.938	3.871	174355.8128	2515216.085	3.976	0.184	1.45	
94182001	82001-3	175416.43	2515004.47	1.9025	175415.186	2515001.86	1.923	175418.605	2515012.305	2.025	175416.0779	2515004.585	1.950	0.047		
94182001	82001-4	175436.081	2515067.438	2.176	175434.287	2515062.39	2.28	175436.174	2515067.621	2.295	175436.1047	2515067.429	2.294	0.118		
94182001	82001-5	175469.544	2515175.339	2.205	175464.616	2515161.378	2.003	175469.29	2515176.778	2.103	175468.9117	2515175.532	2.095	0.110		
94182001	82001-6	175502.813	2515280.744	2.096	175498.86	2515267.224	2.13	175503.86	2515283.214	2.117	175503.063	2515280.665	2.119	0.023		
94182015	82015-1	185890.902	2511114.922	32.4195	185890.874	2511115.377	32.56	185890.889	2511114.792	32.494	185890.8859	2511114.911	32.507	0.088		
94182015	82015-2	185874.962	2511051.284	31.788	185875.837	2511051.807	31.822	185872.945	2511050.607	31.745	185874.9048	2511051.42	31.797	0.009		
94182015	82015-3	185860.821	2511028.643	31.8215	185861.837	2511032.913	31.846	185860.96	2511027.742	31.913	185861.1048	2511028.596	31.902	0.080		
94182015	82015-4	184473.983	2512649.02	27.8695	184484.331	2512628.246	28.025	184484.321	2512626.56	27.857	184484.4525	2512648.738	30.067	2.197		*3
94182015	82015-5	184484.876	2512627.141	28.2295	184474.533	2512648.738	27.821	184474.183	2512649.446	27.827	184485.1422	2512627.277	27.639	0.590		*3
94182004	82004-1	182227.499	2515513.051	16.9575	182217.419	2515518.265	16.627	182228.08	2515513.184	16.821	182227.6605	2515513.384	16.813	0.144		
94182004	82004-2	182266.285	2515495.552	16.6855	182255.408	2515499.099	16.644	182270.418	2515494.429	16.655	182266.3309	2515495.701	16.652	0.033		
94182004	82004-3	182332.291	2515479.758	16.8475	182320.718	2515483.001	16.837	182333.533	2515480.157	16.878	182332.4332	2515480.401	16.874	0.027		
94182004	82004-4	182263.84	2515477.952	16.756	182263.515	2515478.343	16.724	182285.997	2515472.244	16.791	182263.9167	2515478.234	16.725	0.031		*2
94182004	82004-5	182000.277	2515643.974	16.5105	181999.057	2515645.422	16.321	182001.72	2515641.335	16.427	182000.0847	2515643.845	16.362	0.149		
94182004	82004-6	181998.195	2515620.35	16.2175	181999.498	2515622.411	16.327	181994.585	2515618.259	16.101	181997.7211	2515620.909	16.245	0.028		
94181093	81093-1	180981.742	2519244.795	12.5655	180979.717	2519246.573	12.541	180981.32	2519243.289	12.577	180981.32	2519244.795	12.577	0.011		
94181093	81093-2	181003.202	2519197.167	12.5905	181001.9	2519198.868	12.532	181004.607	2519192.958	12.577	181002.77	2519196.969	12.546	0.044		
94181093	81093-3	179484.071	2518093.66	9.3045	179482.279	2518094.715	9.038	179488.355	2518092.724	9.1	179484.2112	2518094.082	9.058	0.247	0.24	
94181093	81093-4	179425.476	2518119.537	9.253	179423.652	2518121.026	9.116	179433.371	2518115.868	9.121	179425.692	2518119.943	9.117	0.136	0.25	
94181093	81093-5	179335.023	2518168.501	9.2465	179346.226	2518162.856	8.915	179335.001	2518168.794	9.024	179335.1374	2518168.722	9.023	0.224		
94181093	81093-6	179274.798	2518201.523	9.364	179279.142	2518199.347	9.079	179270.429	2518204.374	9.069	179274.9414	2518201.771	9.074	0.290		

*1：收訊不佳

*2：兩測回差值大

*3：現地道路塌陷



圖 6.13 驗收點現地道路塌陷

第七章 加值服務

7.1 提供一套 Global Mapper 軟體

因應製作水利數值地形模型工作項目，以及後續讀取各項圖資之需求，本團隊於110年10月19日交付提供一套正版 Global Mapper 軟體，其內置功能可提供三維視覺化操作環境，並具有基本地形分析操作與數值計算，如距離和面積計算、海拔高度查詢、視線計算、圖像校正等應用功能。

7.2 提供軟體操作教育訓練

除了軟體外，本團隊加值提供一場教育訓練(表 7.1、圖 7.1)，於110年10月29日於國土測繪中心第2會議室辦理，課程中邀請楊松岳博士以其水利專業背景介紹淹水潛勢圖之發展歷程與重要性，並分享應用水利數值地形之水文模擬成果，展現測繪資料於水利領域的重要性與貢獻。

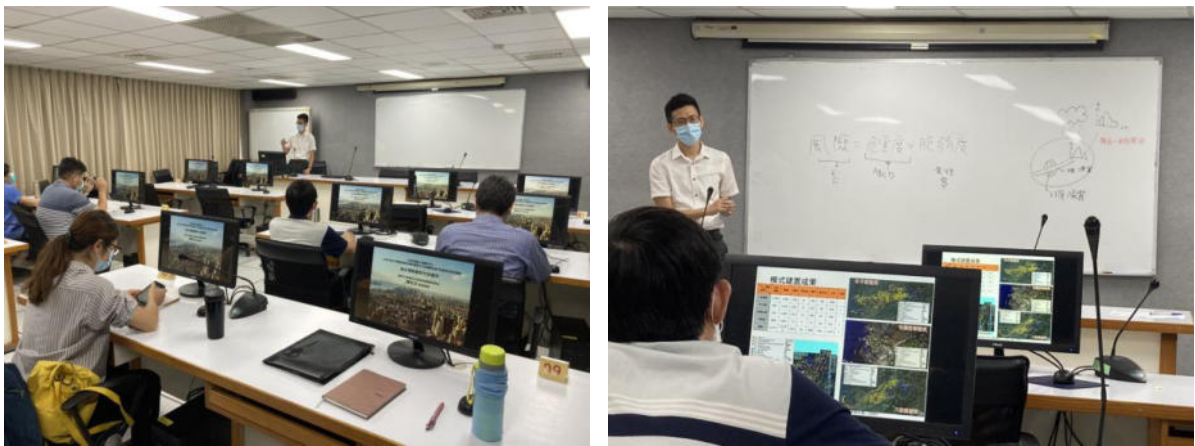


圖 7.1 教育訓練現場照片(110.10.29)

表 7.1 教育訓練課程表

時間	課程內容	講者
09:00-10:30	淹水潛勢圖之繪製與應用	楊松岳 博士
10:45-12:00	應用 HydroDEM 劃設洪水基準高程之研究	楊松岳 博士
13:30-14:30	整合影像點雲及光達點雲產製 DEM	陳昱霖 技師
14:40-15:40	GlobalMapper 軟體實務操作簡介	施乃慈 技師
15:50-16:20	綜合討論	

下午場課程著重於光達測製資料處理簡介與 Global Mapper 軟體使用

操作。經由課程上討論及互動，確實使得參與的學員瞭解本案之技術內容與展示系統操作，讓相關單位更進一步的瞭解本案的目標，進而應用在本身的業務需求。

表 7.2 教育訓練簽到表

10/29 110年度水利數值地形資料測製工作採購案 (第2作業區)教育訓練 110/10/29						
編號	單位	職稱	姓名	上午簽到	下午簽到	備註
1	地形及海洋測量課	技士	林鶯均	林鶯均	林鶯均	
2	地形及海洋測量課	技士	古伊庭	古伊庭	古伊庭	
3	地形及海洋測量課	技士	許展祥	許展祥	許展祥	
4	地形及海洋測量課	技士	楊素容	楊素容	楊素容	
5	地形及海洋測量課	技士	游政恭	游政恭	游政恭	
6	地形及海洋測量課	專員	傅秉綱	傅秉綱	傅秉綱	吃素
7	地形及海洋測量課	技正	湯凱佩	湯凱佩	湯凱佩	
8	地形及海洋測量課	秘書	林文亮	林文亮	林文亮	
9	中興測量有限公司	顧問/博士	楊松岳	楊松岳		講者
10	中興測量有限公司	副理	高玉惠	高玉惠		
11	中興測量有限公司	技師	施乃慈	施乃慈		講者
12	中興測量有限公司	技師	陳昱霖	陳昱霖		講者
13						
14						
15						
16						

7.3 測製資料更新流程建議

依據經濟部水利署水災潛勢資料公開辦法第 9 條與「淹水潛勢圖製作手冊」，以五年為周期利用最新資料、環境因子與模擬模式檢討淹水潛勢圖，因此有效率的適時更新模擬用水利數值地形模型將會是未來需求之

一。由於五年中的地表變化多半維持相同，除了利用最新的光達數值地形模型進行水利圖徵描繪，本團隊建議對於既有測製區域可利用更低成本的資料獲取方式進行局部更新。

所提供的概念流程如圖 7.2。首先可由影像比對、網路街景或工程竣工紀錄確認區域中是否有新設薄牆或渠道工程，評估現況與既有資料之落差。若河道變化差異大時，即可評估進行局部區域資料更新作業，利用 UAV 影像或是地面或手持式光達蒐集最新資料，並以鄰近無變化之特徵點作為絕對坐標轉換控制產製更新點雲資料，並以此更新數化溢堤線圖徵及網格資料，以達區域更新之目的。

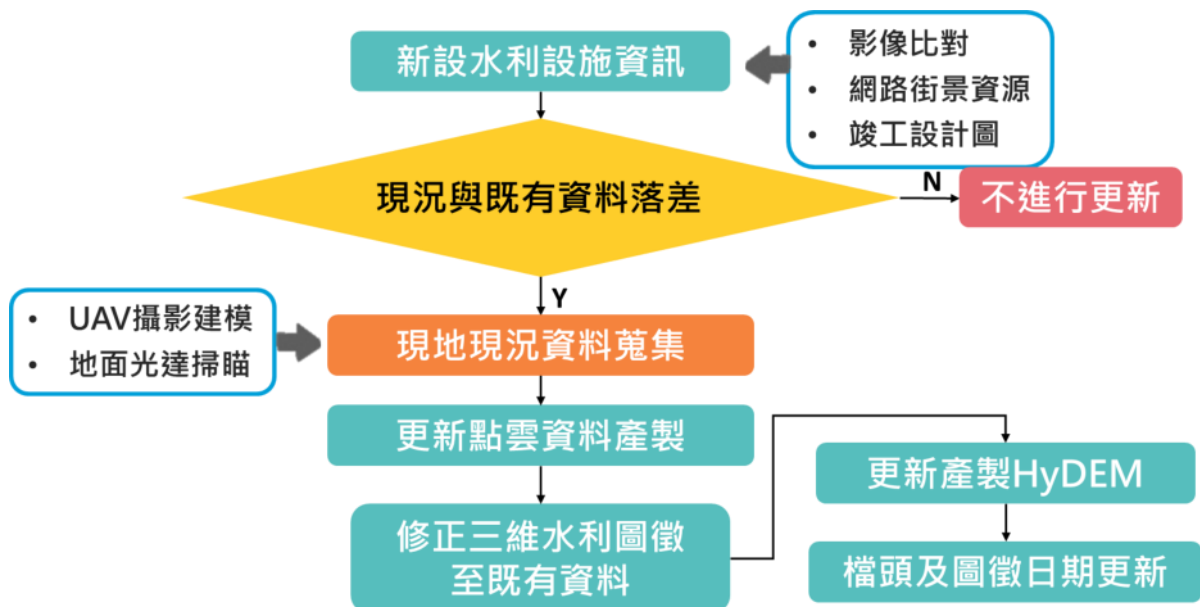


圖 7.2 資料更新建議流程圖

本團隊於第二作業區中選定後勁溪(圖幅號:94182013)新設擋水牆進行案例試做，河岸路段總長度約 150 公尺，其光達掃瞄測製年份為 105 年，以點雲、正射影像搭配多年期網路街景資訊比對後，發現其於 105 年至 107 年 12 月間該岸臨水側道路已進行整修工程並加設擋水胸牆(圖 7.3)，故若以既有資料繪製之溢堤線與現況已有逾一公尺之差異。

針對此處，本團隊分別使用 UAV 影像建模與地面光達掃瞄兩種方式進行資料蒐集，以既有空載光達點雲作為坐標控制，再利用兩者產製之點雲分別更新繪製溢堤線。



104年3月街景



107年12月街景

圖 7.3 多年期街景影像比對



105年



110年

圖 7.4 正射影像比對(紅線為當期資料繪製溢堤線)

由於所選定的示範區位址位於河道轉彎處，為求溢堤線描繪之牆頂位置，地面光達採單站式加密掃瞄即可蒐集前後 150 公尺路長的示範區域空間資訊，架站點為道路轉角處，掃瞄獲取所需之路面、道路側牆面、牆頂面與周圍及對岸結構物點雲(圖 7.5)。其後，以空載光達點雲及影像作為坐標約制，輸出絕對坐標點雲，經過濾除保留地面點及水流阻擋物點雲，取代該處原有空載點雲資料並產製網格與繪製更新溢堤線。

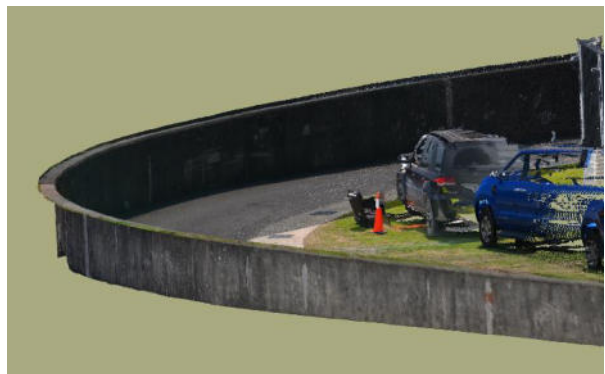


圖 7.5 地面光達掃瞄成果

而 UAV 攝影則採用自動航拍與薄牆內、外側加強攝影獲取示範區域影像並加以建模(圖 7.6)。為了獲取河道周圍不動點資訊做為後續坐標約制，自動航攝範圍為示範區道路兩側延伸 50 公尺，面積約 1.5 公頃，其中 0.5 公頃為手動加密航拍。為了建模資料之精細度，本次攝影張數約 1200 張，並具有薄牆臨水側外牆資訊(圖 7.7)。同樣以空載光達點雲及影像作為坐標約制，輸出絕對坐標點雲，經過濾除保留地面點及水流阻擋物點雲，最後，將此段更新點雲更新至既有光達資料並產製網格與繪製更新溢堤線。

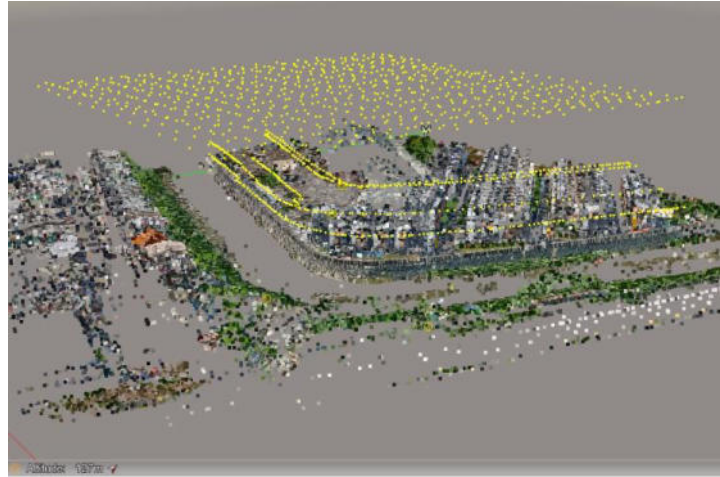


圖 7.6 UAV 攝影軌跡分布



圖 7.7 UAV 航攝建模成果

由於單站地面光達僅取得路面、牆頂面及內牆資訊，相對於 UAV 多角度航拍缺少外牆資訊(圖 7.8)，若需補足外牆立面資訊，則需於河道對岸架站進行掃瞄。對於地面光達而言，架站數量得視現地腹地、地形而定，若腹地狹窄或彎道複雜則要增加架站數量，多站式掃瞄於內業資料處理拼接時也需要更多的時間與調整。因此，建議依照不同的需求選擇不同的資料收集方式：UAV 航拍攝影建模適用於連續且大範圍之資料更新測製，如 200 公尺以上之重建河道；地面光達掃瞄則適用於小區域局部更新，如局部薄牆增建，並以面積或「處」為單位施作。本次兩種更新施作方式成果比較如圖 7.9。



圖 7.8 牆面資訊比較

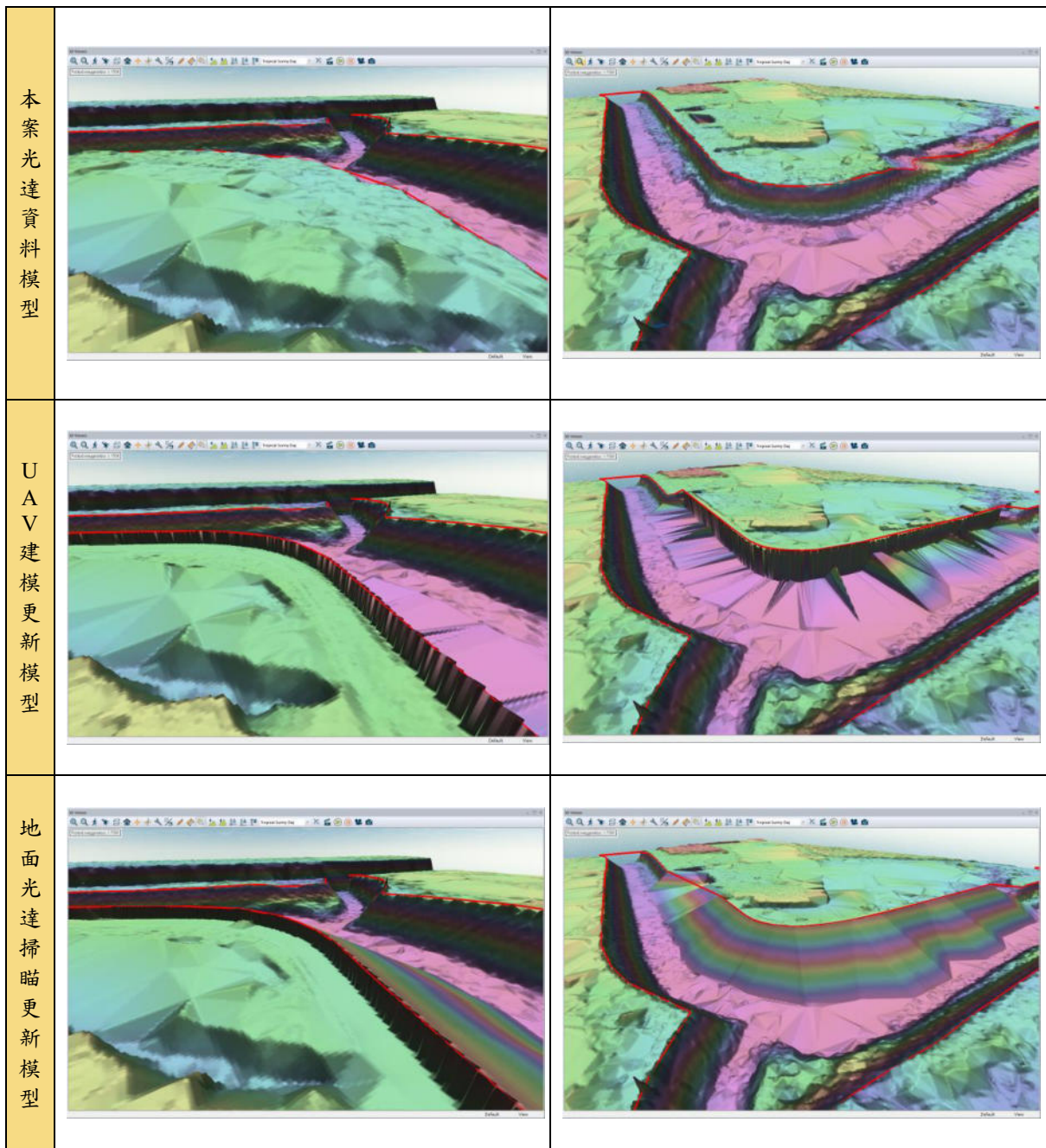


圖 7.9 原始及更新溢堤線與網格資料比較圖(紅線為當期資料繪製溢堤線)

成本計算上，UAV 攝影建模可以面積計價，基本拍攝範圍為單側河岸長度兩側各延伸 50 公尺，並於河道內外側立面加強攝影。本次 1.5 公頃基本範圍與 0.5 公頃加強範圍，外業約需 2 小時執行，資料處理約需 1 天。成本計算時分為 UAV 資料蒐集、UAV 資料處理及點雲分類與圖徵建置，皆以公頃計價，單價分別為 3000、9000 與 1500 元，示範區總價 20250 元。

而本次地面光達則以單側河岸長度為單位，1 站式掃瞄路線前後 150 公尺，資料處理也約需 1 天。成本計算時分為地面光達資料蒐集、地面光達資料處理及點雲分類與圖徵建置，皆以公尺為單位計價，單價分別為 30、90 與 15 元，示範區總價 20250 元。

以地面光達與 UAV 飛航攝影更新測製資料分別成本如表 7.3。

表 7.3 更新測製資料成本

施作方式	工作項目	單位	數量	單價	複價	總價
UAV 攝影 建模	UAV 資料蒐集	公頃	1.5	\$3,000	\$4,500	\$20,250
	UAV 資料處理	公頃	1.5	\$9,000	\$13,500	
	點雲分類與圖徵建置	公頃	1.5	\$1,500	\$2,250	
地面光達 掃描 (單站)	地面光達資料蒐集	公尺	150	\$30	\$4,500	\$20,250
	地面光達資料處理	公尺	150	\$90	\$13,500	
	點雲分類與圖徵建置	公尺	150	\$15	\$2,250	

第八章 成本分析

依計畫期程逐期完成之項目，包含產製水利數值地形分類點雲、建置三維水利圖徵、製作水利數值地形模型及各項報告書、工作總報告書撰寫等工作，成本分析如表 8.1，各項成本分析如下所述。

1. 產製水利數值地形分類點雲

為確保後續數化圖徵與網格地形產製的正確性，需具備地形編修經驗之專業人力投入，針對河道沿線加強側向立面的點雲分類，並且加以分類阻水設施以及水利設施構造物之點雲，同時也加以巡視修正各幅分類錯誤之地面點、水體點及雜點等。本年度所取得之空載光達點雲資料穿透佳，易於顯現河道兩側地形，加上濾除人力富有專業經驗，能大幅提高點雲分類之效率。

2. 建置三維水利圖徵

三維水利圖徵建置又細分為 6 個小項目：

- (1) 建物區塊(資料表)彙整
- (2) 溢堤線數化
- (3) 水域區塊分類與高程計算
- (4) 海陸線修正
- (5) 海堤線修正
- (6) 水門補充註記

各項負責人力及做法各有不同，其中以溢堤線數化所需人力及時間最多，同時也需要多重檢核確保各圖徵相位、接邊、屬性編寫內容等有無錯誤，確保圖幅間成果一致性。

3. 製作水利數值地形模型(含圖幅接邊處理)

不同於一般光達測製之數值地形產製，水利數值地形模型著重於渠道邊界與阻水構造物特徵加強，故須先以分類後地面點產製一版數值地形模型，再加入溢堤線圖徵作為斷線強化水利模擬用邊界，相對一般模型製作需增加一倍時間。

4. 各項報告書

本團隊為達成案件順利進行，投入具經驗與協調之專任工程師作為聯繫窗口，並配合參與不定期會議與文書撰寫等工作。

表 8.1 各項作業成本統計分析表

項次	工作項目	單位	數量	單價	複價	備註
一	水利數值地形資料測製作業					
1	產製水利數值地形分類點雲	人月	5	\$80,000	\$400,000	
2	建置三維水利圖徵	人月	44	\$80,000	\$3,520,000	1.建物區塊(資料表) 2.溢堤線 3.水域區塊 4.海陸線 5.海堤線 6.水門補充註記
3	製作水利數值地形模型 (含圖幅接邊處理)	人月	12	\$80,000	\$960,000	
二	各項報告書、工作總報告書等	人月	4	\$120,000	\$480,000	含專案管理
總金額(新台幣)					\$5,360,000	

另外本案作業過程中遵守性別工作平等法，執行期間作業投入人數統計如下表 8.2，落實性別平等。

表 8.2 作業人員性別平等資訊統計

作業項目	計畫管理與督導	資料處理	品管檢核	報告撰寫與行政
男女作業人員統計 (男:女)	2:2	8:9	4:3	2:2

第九章 檢討與建議

9.1 結論

依計畫期程逐期完成之工作項目包含水利數值地形點雲分類、三維水利圖徵產製及水利數值地形模型產製等工作。本團隊計畫範圍為第二作業區，共計 163 幅成果，各項工作結論如下：

- (1) 水利數值地形點雲分類作業將各幅溝渠附近點雲編修為共 5 類成果，包含：地面點(code 2)、水流阻擋物(code 6)、水面點(code 9)、雜點(code 30)與非地面點(code 31)，並加強溝渠側立面、阻水結構物以及大型水閘門設施進行人工編修。
- (2) 建置帶有高度及相對應屬性資訊之三維水利圖徵，符合後續淹水模擬所需之水利特徵資料，本案共產製 163 幅建物區塊(資料表)、161 幅溢堤線、160 幅水域區塊、13 幅海陸線、11 幅海堤線及 22 幅補充水門註記等 6 大類成果。
- (3) 使用三維水利圖徵之溢堤線成果作為斷線約制，並以 Kirging 模式進行內插，分幅產製 1x1 公尺整數網格水利數值地形模型，使得溝渠邊緣與阻水設施完整呈現於模型中，達後續淹水模擬之分析應用需求。
- (4) 本團隊提供三大加值項目：
 - A. 提供一套正版 Global Mapper 軟體於貴中心，以因應製作水利數值地形模型工作項目，與後續讀取與閱覽各項圖資之需求。
 - B. 除了軟體外，提供一場教育訓練課程，介紹淹水潛勢圖之發展歷程與重要性、應用水利數值地形之水文模擬成果、以及本案作業軟體操作教學，展現本案測繪資料於水利領域的應用與重要性。
 - C. 提供測製資料更新流程建議與溢堤線更新試作成果，未來對於既有測製區域可利用更低成本的資料獲取方式進行局部測製資料更新。

9.2 檢討與建議

9.2.1 檢討

- (1)三維水利數值資料產製流程中，牽涉最多人力的工作為點雲編修與圖徵繪製，為了降低人工編修的錯誤率，作業執行前與執行中須不定時舉行內部教育訓練與討論，釐清常見錯誤之原因與觀念。在各項品管過程中也須同時評估個別編修人員能力以確保成果品質，並同時加強檢核人員內部教育訓練方式降低往後成果產製缺失。
- (2)本年度執行圖幅眾多，各圖幅接邊處時常有接邊不符之問題，為解決此問題重複發生，除了於品管檢核時特別比對，也加強編修人員教育訓練與執行規範，也計畫建立檢核程式來降低錯誤率。
- (3)本案涉及檔案格式、種類及其對應契約規定需求眾多且製作過程繁雜，容易發生檔案版本管理問題而錯拿資料，對此須加強管制方式與機制，並且強化編修人員執行內部版本控管，以避免檔案管理問題。

9.2.2 建議

- (1)水門為淹水模擬中的一個重要參數，其位置會影響溝渠間水流通透之關係，本年度水利圖徵工項中並未列入水閘門註記項目，但因應水利需求而納入，水門的註記過程需要特別以街景巡視，並確認是否已有註記資料，再加以依據判定類別編列屬性，也需要時間才能確實執行該項目的編修，建議後續納入圖徵產製的工項之中，以便廠商估計測製編修的人力調配與時間成本。
- (2)對於外業檢核的測量方式，建議可以增加測量方式的說明，如每處選5點，每點間距至少10公尺。如遇阻水胸牆，是否需要測量地面與牆高以及測量方式為何。另外由於本案係以既有光達資料為測製基礎，並非當年度最新之測製資料，許多地點之現況可能因為重新開發、工程治理或其他自然因素造成地表變動而早已與光達資料不同，於現有檢核方式及標準上可能無法達標。再者，由於是使用點雲內插後的DEM進行描繪，此過程可能因內插導致阻水胸牆之最高點高度低於點雲高度，有時即使描繪在模型最高點亦難以符合30公分之標準內。
- (3)建議可建置既有資料更新機制，如在與歷史資料接邊時，為了符合水利

數值地形資料測製及檢核技術指引後之規範要求或滿足資料相接的合理性，可能需要更動既有測製圖徵。例如當同一水域切分為兩區塊時，兩年度的高程計算成果不同，會導致圖徵高程與屬性資料在同一水域間有所落差而接邊不一致。本年度與監審方討論後作法為採用擇一年度資料，針對既有資料更動處重新修正提送，若後續有增訂明確規範將予以遵循。

參考文獻

1. 內政部(2012)，空載光達測製數值地形模型標準作業(草案)。
2. 內政部(2014)，地形資料分類架構。
3. 內政部(2018)，107年度LiDAR技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作案第五期成果報告書。
4. 內政部國土測繪中心(2019)，108年度三維近似化建物模型建置工作採購案工作總報告。
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. 內政部國土測繪中心(2020)，108及109年度LiDAR技術更新數值地形模型成果檢核與監審工作採購案109年度工作總報告書。
7. 經濟部中央地質調查所(2014)，非莫拉克災區LiDAR高解析度數值地形製作案，期末報告書。
8. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2013)，淹水潛勢圖製作及測試手冊(草案)。
9. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2013)，全國淹水潛勢圖資更新及整合先期計畫。國立臺灣大學。
10. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2015)，高效能二維淹水模擬應用於整合平台(1/2)。國立交通大學。
11. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2016)，高時空解析度淹水模擬結合三維視覺展示之研究(2/2)。國立交通大學。
12. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2017)，高時空解析度淹水模擬之應用研究。國立成功大學。
13. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2018)，水利數值地形資料應用於細緻化淹水模擬之研究。國立交通大學。