

**112 年及 113 年水利數值地形資料測製工作
(第 2 作業區)**

**2023 and 2024 Government Procurement
for Mapping Hydraulic Topography
Dataset
2nd Work Zone**

112 年度工作總報告
2023 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：中興測量有限公司

中華民國 112 年 12 月 25 日

摘要

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。內政部地政司自 107 年起與經濟部水利署水利規劃分署合作，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。

本年度作業區域涵蓋臺灣北部及中部，共 557 幅五千分之一圖幅範圍。中興測量有限公司執行範圍為第 2 作業區，涵蓋南投縣、彰化縣、臺中市等地區，共 139 幅(1/5000)，面積約 973 平方公里。依期程分為第 1 子測區 84 幅及第 2 子測區 55 幅，另有烏溪之河川斷面整合工作及南投縣、桃園市、雲林縣、嘉義市、嘉義縣、彰化縣、臺中市等部分地區下水道資料與 HyDEM 資料整合。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)
- 四、 整合河川斷面與水利數值地形模型
- 五、 下水道資料與 HyDEM 資料整合

本案針對水利需求利用既有光達測製成果加強重點渠道點雲分類進行編修數化，本案於第 2 作業區共產製 139 幅建物區塊(資料表)、134 幅溢堤線、138 幅水域區塊、8 幅海陸線、7 幅海堤線及 77 幅補充水閘門註記。利用已建置之溢堤線及海堤線圖資，強化渠道邊緣與拉提細部水工構造製成 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。

斷面整合項目中，整合既有 HyDEM 與斷面底床模型，產製具有水下深槽資訊之 HyDEM，流域整合軌跡約 16 公里，共產製 10 幅河川斷面整合後 HyDEM 成果。而下水道人孔高程整合 HyDEM，共計 29,963 筆人孔資料，產製 2,602 張不一致附圖說明檔。整合後以各 1 式 csv 資料繳交，並提供不一致人孔整合紀錄表。

關鍵字：水利數值高程模型、三維水利圖徵、河川斷面、人孔高程整合

Abstract

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. Department of Land Administration, MOI has built up guidelines of mapping and checking of hydraulic digital terrain data, cooperating with Water Resources Planning Branch, WRA, MOEA from 2018. Working areas spread in northern and middle part of Taiwan in this year. It is about 3,899 square kilometers, equivalent to 557 map sheets of 1/5,000 scale.

CHS Surveying Co. Limited won the contract for the second work zone, distributed in Taichung City, Changhua County and Nantou County. It is about 973 square kilometers, equivalent to 139 map sheets of 1/5,000 scale, which was divided into 84 sheets in sub-working-area 1 and 55 sheets in sub-working-area 2. Moreover, the integration of river sections in Wu River and integration of sewer manholes and HyDEM are also parts of our work. The major work include:

1. Classification for HyDEM LAS
2. Digitization of 3D hydraulic features
3. Production of hydraulic digital elevation model, HyDEM
4. Integration of river profiles and hydraulic digital elevation models
5. Integration of sewer manholes and hydraulic digital elevation models

Point cloud classification and 3D hydraulic features mapping were edited by existing LiDAR-survey-data. There are 139 building tables, 134 sheets of bank, 138 sheets of water-body, 8 sheets of coastal boundary, 7 sheets of sea-dike, and 77 sheets of additional gate marking in the third work zone. The results of point cloud and 3D hydraulic features continue to produce 1m × 1m HyDEM in order to provide high-precision data required for numerical simulation.

In the project of river profile integration, the HyDEM is combined with the model of river bed, to produce the HyDEM with the data of underwater terrain. The trail of the three drainage areas is approximately 16 km, and 10 sheets of the integrated river-section HyDEM are built.

Comparing with 29,963 records of manhole data are included in the project of integrated sewer manhole elevation HyDEM, and 20-cm plus-minus tolerance of the elevation difference is set for the threshold. After clarifying, 2,602 csv data would be handed in after integrated, and the integrated inconsistent manhole record would also be provided.

Keywords: Hydraulic Digital Elevation Model, 3D Hydraulic Features, River Section, Manhole Elevation Integration

目 錄

摘 要.....	I
ABSTRACT.....	II
目 錄.....	III
圖 目 錄.....	V
表 目 錄.....	IX
第一章 前言.....	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.....	2
第二章 作業項目及程序與方法.....	5
2.1 作業計畫及流程.....	5
2.2 作業資料彙整.....	6
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 三維水利圖徵繪製及屬性建置.....	18
4.1 溢堤線(BANK).....	19
4.2 水域區塊(WATER BODY).....	24
4.3 海陸線(BOUNDARY).....	30
4.4 海堤線(SEADIKE).....	32
4.5 水閘門(GATE).....	33
4.6 建物區塊資料表(BUILDING).....	35
第五章 水利數值地形模型產製.....	37
第六章 河川斷面與水利數值地形模型整合.....	40
6.1 斷面觀測資料展繪.....	40
6.2 斷面測量成果與空載光達地形比對.....	42
6.3 河川斷面內插(底床建模).....	45
6.4 底床地形模型與 HYDEM 網格模型之整合.....	48
第七章 下水道資料與 HYDEM 資料整合.....	51

7.1 下水道數值資料清查	52
7.2 計算孔頂與 HyDEM 高程差值	52
7.3 紀錄高程差值與不一致補充說明	52
第八章 資料精度檢核及品質管控	59
8.1 品質管控	59
8.2 產製成果精度自我檢核	67
8.3 成果檢查表	72
第九章 增值服務	73
9.1 三維水利圖徵與水利數值高程模型測製更新方式比較分析	73
第十章 結論與建議	81
10.1 結論	81
10.2 檢討與建議	82
參考文獻	84
附件一 主辦方與監審方審查意見回覆	
附件二 公文來往紀錄	
附件三 各次工作會議結論與追蹤事項辦理情形	
附件四 河川斷面比對成果	
附件五 檢查報表	
附件六 外業自我檢核數據報表	
附件七 驗收數據報表	
附件八 本案人力分析及性別平等資訊	

圖目錄

圖 1.1 112 年 HyDEM 第 2 作業區各子作業區範圍及河川斷面位置圖	3
圖 2.1 工作流程圖	5
圖 2.2 水利數值地形模型製作流程	6
圖 2.3 原始點雲資料年份分布	7
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 監審方教育訓練(112.04.10)	10
圖 2.9 內部教育訓練	10
圖 2.10 內部教育訓練教材	10
圖 2.11 機敏作業電腦	11
圖 2.12 工作環境照片	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 重要水利設施攔河堰點雲分類示意圖(圖幅號：94192055)	15
圖 3.4 大型水閘門點雲分類示意圖(圖幅號：94184079)	15
圖 3.5 各式堤防、防洪牆、胸牆或護欄分類至細部水工構造(圖幅號： 94193080)	16
圖 3.6 細部水工構造、水泥紐澤西護欄示意圖(圖幅號：94181062)	16
圖 3.7 阻水設施與護欄	17
圖 3.8 立面及胸牆點雲補強	17
圖 3.9 非地面點分類錯誤	17
圖 3.10 水體內雜點分類錯誤	17
圖 4.1 第 2 作業區三維水利圖徵總成果	18
圖 4.2 自動化批次屬性編寫模組	19
圖 4.3 批次分幅作業模組	19
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	20
圖 4.6 河濱地區之渠道溢堤線示意圖(圖幅號：94192033)	20
圖 4.7 河階特徵數化示意圖	21
圖 4.8 泥岩地形溢堤線數化示意圖	21
圖 4.9 溢堤線遇細部水工構造物繪製原則	21
圖 4.10 溢堤線遇管箱涵繪製原則(圖幅號：94193015)	22

圖 4.11 溢堤線遇橋梁繪製原則(圖幅號：94193080).....	22
圖 4.12 溢堤線遇水庫繪製原則(圖幅號：95194073).....	22
圖 4.13 溢堤線遇跨年度資料合理順接繪製(圖幅號：94184079、94184080)	23
圖 4.14 本案溢堤線成果	23
圖 4.15 水域區塊編修流程	25
圖 4.16 水線編修以符合水域區塊規則 (圖幅號：94193076).....	25
圖 4.17 水域區塊篩選模組	26
圖 4.18 水域區塊影像分類	26
圖 4.19 水線編修以符合水域區塊規則(明湖下池、明潭下池、湖山水庫).....	27
圖 4.20 水線編修以符合水域區塊規則(內、外部接邊處).....	27
圖 4.21 水線編修以符合水域區塊規則(水域高程須一致).....	27
圖 4.22 自行開發軟體萃取點雲資料計算水面高程	28
圖 4.23 水域區塊水面高程值與滿水位高程值計算方式	28
圖 4.24 海陸線編修流程	30
圖 4.25 本案沿海成果.....	30
圖 4.26 海陸線編修成果 (圖幅號：95214062).....	31
圖 4.27 海堤線編修流程	32
圖 4.28 海堤線繪製 (圖幅號：95214053、95214063).....	32
圖 4.29 水閘門分類.....	34
圖 4.30 本案水閘門成果	34
圖 4.31 建物區塊(資料表)編修流程.....	35
圖 4.32 建物區塊資料位置關係	35
圖 4.33 水流通透建物(加油站、涼亭)示意圖.....	36
圖 5.1 水利數值地形模型 (圖幅號：94193080).....	37
圖 5.2 阻水人工構造物補足 (圖幅號：94193080).....	38
圖 5.3 本案 HyDEM 網格成果.....	38
圖 5.4 平原區 HyDEM 及三維水利圖徵成果 (圖幅號：94212030).....	39
圖 5.5 丘陵區 HyDEM 及三維水利圖徵成果 (圖幅號：95213020).....	39
圖 5.6 HyDEM 成果檔頭資料修正工具示意圖.....	39
圖 6.1 河川斷面與 HyDEM 整合流程.....	40
圖 6.2 左右樁與河川斷面展繪(以八掌溪為例).....	41
圖 6.3 河川斷面與光達地形剖面比對整合樣態(內政部，2021)	42
圖 6.4 斷面比對一致 (烏溪 004、015 斷面).....	43
圖 6.5 整合水域範圍調整示意圖	44
圖 6.6 HyDEM 與河川斷面測量成果之整合範圍示意圖(內政部，2021)....	44

圖 6.7 HEC-RAS 軟體操作畫面	46
圖 6.8 內插參考軌跡影響底床模型建立示意圖	46
圖 6.9 整合範圍、原始斷面、實際使用斷面與內插軌跡分布關係圖	47
圖 6.10 河川底床內插成果	47
圖 6.11 底床模型依整合範圍裁切	48
圖 6.12 原始 HyDEM 及底床模型整合.....	48
圖 6.13 斷面整合後調整海域網格範圍(烏溪).....	49
圖 6.14 烏溪下游底床地形模型與 HyDEM 網格模型之整合前後比對	50
圖 7.1 下水道圖資需進行高程銜接示意圖	51
圖 7.2 下水道整合 HyDEM 流程圖.....	51
圖 7.3 屬性數值對應位置示意圖	54
圖 7.4 第 2 作業區下水道與 HyDEM 資料整合成果統計圖	56
圖 7.5 下水道與 HyDEM 資料整合不一致原因個數統計圖	57
圖 8.1 點雲資料跨年度混雜與範圍錯誤示意圖	59
圖 8.2 位相自我品管示意圖	61
圖 8.3 圖幅間溢堤線接邊不一致	62
圖 8.4 線段交叉檢核邏輯	62
圖 8.5 位相檢核程式示意	62
圖 8.6 溢堤線品管流程要點	62
圖 8.7 錯誤類型示意圖.....	63
圖 8.8 錯誤類型示意圖(續).....	64
圖 8.9 輔助品管產製線型資料	64
圖 8.10 屬性檢查程式與輸出成果	64
圖 8.11 版本差異分析檢查程式	65
圖 8.12 外業檢核點測量位置說明	68
圖 8.13 外業檢核薄牆測量記錄說明	69
圖 8.14 絕對高程差與相對高程差比對示意(摘自「水利數值地形資料測製 及檢核技術指引(草案)」).....	69
圖 8.15 本案溢堤線精度自我檢核點及驗收點分布	70
圖 8.16 精度自我檢核外業工作照	70
圖 8.17 第 1 子測區外業精度檢核成果分布	71
圖 8.18 第 2 子測區外業精度檢核成果分布	72
圖 8.19 外業驗收工作照 (112.08.).....	72
圖 9.1 資料更新建議流程圖	73
圖 9.2 整合局部影像建模地形點雲與既有空載光達點雲	73
圖 9.3 草湖二號橋 UAV 影像模型(111.11).....	74

圖 9.4 原始及更新網格資料比較圖	74
圖 9.5 飛航活動申請書示意圖	75
圖 9.6 飛航活動申請 3 步驟(圖片修改自民航局網站).....	76
圖 9.7 待測區空域管制圖	76
圖 9.8 待測區既有影像與 HyDEM.....	77
圖 9.9 待測區 107 年(上)與 112 年(下)街景比較圖	77
圖 9.10 無人機光達掃瞄參數設定	79
圖 9.11 飛航軌跡規劃.....	79
圖 9.12 3D 航線示意圖.....	80
圖 9.13 無人載具作業流程	80

表 目 錄

表 1.1	工作內容	3
表 1.2	交付成果說明表	4
表 1.3	各階段繳交日期與文號列表	4
表 2.1	既有點雲資料分類圖層及編碼	6
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	12
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	圖徵分類格式及代碼	18
表 4.2	溢堤線屬性欄位	24
表 4.3	溢堤線屬性成果表(節錄圖號：95211093)	24
表 4.4	水域區塊屬性欄位	29
表 4.5	水域區塊屬性成果表(節錄圖號：94212030)	29
表 4.6	海陸線屬性欄位	31
表 4.7	海陸線屬性成果表(節錄圖號：94212009)	31
表 4.8	海堤線屬性欄位	33
表 4.9	海堤線屬性成果表(節錄圖號：95214063)	33
表 4.10	水閘門屬性欄位	34
表 4.11	建物區塊(資料表)屬性欄位	36
表 4.12	建物區塊成果表(節錄圖號：94212030)	36
表 6.1	第 2 作業區河川斷面與水利數值地形模型整合流域列表	40
表 6.2	第 2 作業區斷面整合數量	43
表 6.3	HyDEM 與河川斷面整合資料繳交格式	45
表 7.1	下水道與 HyDEM 整合的記錄檔欄位說明	53
表 7.2	正常人孔、虛人孔、覆蓋人孔應紀錄欄位項目對照表	54
表 7.3	不一致人孔整合紀錄表	54
表 7.4	第 2 作業區下水道與 HyDEM 資料整合成果統計表	56
表 7.5	下水道與 HyDEM 資料整合不一致原因個數統計表	57
表 7.6	下水道與 HyDEM 資料整合成果表(節錄 112 年台中雨水人孔成果)	58
表 7.7	下水道與 HyDEM 資料整合成果表(節錄 112 年普查人孔成果)	58
表 8.1	三維水利數值地形分類點雲資料檢核項目表	60
表 8.2	三維水利圖徵資料檢核項目表	60

表 8.3	水利數值地形模型資料檢核項目表	65
表 8.4	河川斷面與水利數值地形模型整合成果資料檢核項目表	66
表 8.5	河川斷面展繪常見問題列表	66
表 8.6	下水道整合資料檢核項目表	67
表 8.7	本案子測區抽樣檢核幅數表	71
表 8.8	精度自我檢核成果表	71
表 8.9	本案子測區抽樣驗收幅數表	72
表 9.1	RIEGL miniVUX-3UAV 規格表.....	78
表 9.2	RIEGL miniVUX-3UAV 掃瞄參數表.....	80

第一章 前言

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，而低窪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、韌性城市打造等，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 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，內政部地政司與經濟部水利署水利規劃分署(後稱水規分署)合作制定技術指引：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。本案依據 110 年 12 月修訂版辦理相關成果製作。

關於全臺水利數值地形模型測製範圍，內政部國土測繪中心(以下簡稱國土測繪中心)於 108 年始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；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；110 年與 111 年分別以四個作業區執行臺灣南部 650 幅及臺灣中、北部 620 幅水利數值地形模型測製。承繼上述四年之水利數值地形模型測製案，112 年至 113 年補足剩餘臺灣中部、北部及東部區域之水利數值地形分類點雲及三維水利圖徵建置描繪，全臺累計產製共 2,509 幅水利數值地形模型圖資成果。

112 年度辦理第 1 作業區(137 幅)、第 2 作業區(139 幅)、第 3 作業區(141 幅)及第 4 作業區(140 幅)範圍；113 年度辦理第 1 作業區(126 幅)、第 2 作業區(124 幅)、第 3 作業區(138 幅)及第 4 作業區(141 幅)範圍，合計 1,086 幅水利數值地形資料測製工作。河川斷面整合於後龍溪、烏溪、淡水河與宜蘭河辦理約 154 公里之整合工作，並整合全臺共 109,323 筆下水道資料與 HyDEM 整合作業。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、減災以及重大國土與都市規劃之重要依據。

1.2 作業區域

本公司承攬第 2 作業區，水利數值地形資料作業涵蓋南投縣、彰化縣、臺中市等地區，112 年共 139 個圖幅(1/5000)面積約 973 平方公里。依照規範期程第 2 階段需繳交 60%以上圖幅相關成果，以測區南邊 84 個圖幅(1/5000)作為第 1 子測區，剩餘圖幅於第 3 階段繳交 55 個圖幅(1/5000)為第 2 子測區，分布位置如圖 1.1 所示。本年度測區與 112 年第 1 作業區接邊圖幅共 16 幅。

第 2 作業區的河川斷面與水利數值地形模型整合流域，涵蓋烏溪流域，總長度約 16 公里，整合區域共計 10 幅，為第 3 階段繳交。另外，本年度進行 29,963 筆下水道資料與 HyDEM 資料整合，涵蓋南投縣、桃園市、雲林縣、嘉義市、嘉義縣、彰化縣、臺中市等部分地區。第 2 階段需繳交 60%以上筆數，以繳交桃園市、雲林縣、嘉義市、嘉義縣等已測製圖幅區域，至少 17,978 筆資料，其餘則於第 3 階段繳交。

配合監審方預檢期程，於 7 月中旬前分 3 批次繳交第 2 階段分類點雲、圖徵及下水道整合作業成果，7 月 20 日前繳交第 2 階段 HyDEM 成果；於 10 月底前分 3 批次繳交第 3 階段分類點雲、圖徵及下水道整合作業成果，11 月 10 日前繳交第 3 階段 HyDEM 成果。河川斷面整合作業於 7 月初繳交河川斷面展繪與比對成果與整合範圍定義，11 月初繳交整合鑲嵌後水利數值地形模型。

1.3 工作內容與各階段期程

本案工作內容如表 1.1，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)、河川斷面與水利數值地形模型整合、下水道資料與水利數值地形模型整合工作等成果。詳細之工作執行方法將於第二章說明，工作期程將配合本案各期繳交項目安排。成果資料繳交細項如表 1.2 所示，實際繳交日期以及文號列表如表 1.3 所示，詳細公文來往紀錄如附件二。

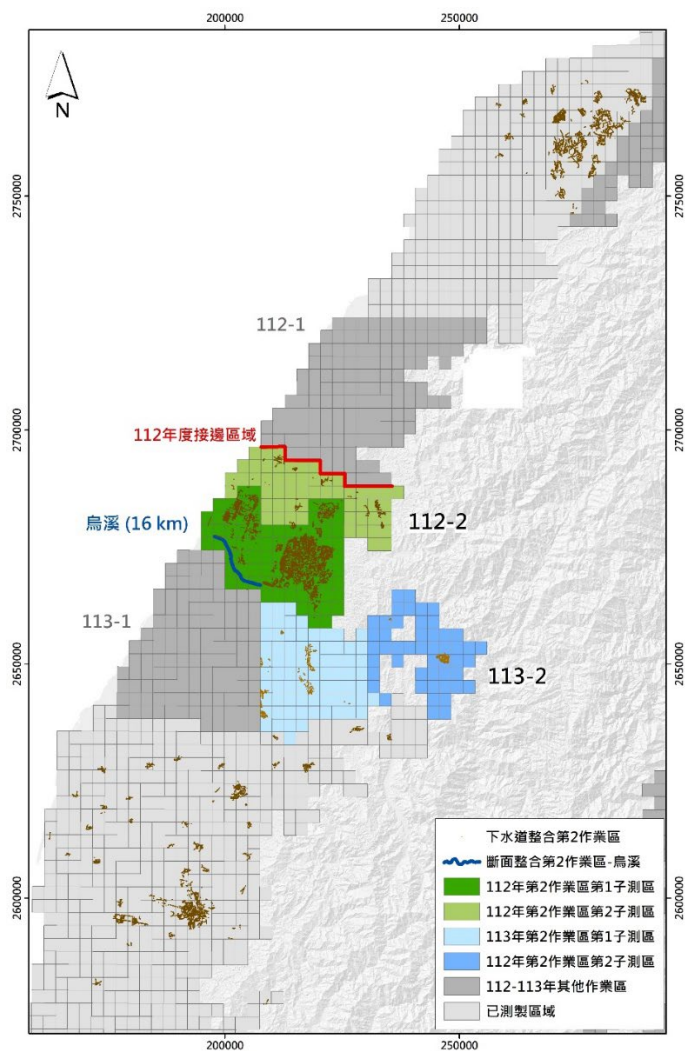


圖 1.1 112 年 HyDEM 第 2 作業區各子作業區範圍及河川斷面位置圖

表 1.1 工作內容

項次	工作內容	細項說明
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	1. 水利數值地形點雲分類
2	建置三維水利圖徵	1. 三維水利圖徵繪製 2. 三維水利圖徵屬性建置 3. 建物區塊(資料表)建置 4. 三維水利圖徵外業幾何精度檢查
3	製作水利數值地形模型 (含圖幅接邊處理)	1. 水利數值地形模型產製 2. 圖幅接邊處理
二	河川斷面與水利數值地形模型整合	1. 河川斷面測量成果與水利數值地形模型 網格整合
三	下水道資料與水利數值地形模型整合	1. 人孔與 HyDEM 高程整合 2. 不一致人孔附圖說明
四	各項報告書、工作總報告等	1. 作業計畫 2. 工作執行報告 3. 工作總報告

表 1.2 交付成果說明表

階段	交付項目	繳交期限
第 1 階段	112 年作業計畫(初稿)10 份及電子檔 3 份。	112 年 3 月 5 日 (決標次日起 20 個日曆天)
第 2 階段	1. 112 年水利數值地形資料成果(112 年辦理範圍 60%以上圖幅)。 2. 下水道資料與水利數值地形模型整合(112 年辦理範圍 60%以上筆數)。	112 年 8 月 1 日
第 3 階段	1. 112 年水利數值地形資料成果(112 年範圍之剩餘圖幅數)。 2. 河川斷面與水利數值地形模型整合成果。 3. 下水道資料與水利數值地形模型整合(112 年範圍之剩餘筆數)。	112 年 11 月 15 日
第 4 階段	112 年工作總報告(初稿)10 份及電子檔 3 份。	112 年 11 月 30 日
	修正後 112 年工作總報告 10 份及電子檔 3 份。	依機關指定期限內繳交。

表 1.3 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	112.02.21 中興測字第 1120000068 號	112.03.02 成大產創字第 1121100644 號	112.03.03 中興測字第 1120000089 號	112.03.25 測應字第 1121332078 號
第 2 階段	112.07.21 中興測字第 1120000353 號	112.07.26 成大產創字第 1121102380 號	112.08.01 中興測字第 1120000373 號	112.08.22 測應字第 1121565357 號
第 3 階段	112.11.09 中興測字第 1120000557 號	112.11.14 成大產創字第 1121103649 號	112.11.15 中興測字第 1120000571 號	112.12.05.測應字第 1121565442 號
第 4 階段	112.11.22 中興測字第 1120000583 號	112.11.28 成大產創字第 1121103848 號	112.11.30 中興測字第 1120000603 號	112.12.05.測應字第 1121565472 號

第二章 作業項目及程序與方法

2.1 作業計畫及流程

本案將藉由既有之空載光達測製案點雲資料及其他相關圖資進行水利數值地形資料產製，包含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)。另外執行河川斷面與水利數值地形模型整合及下水道資料與 HyDEM 資料整合，相關作業流程如圖 2.1 所示：



圖 2.1 工作流程圖

本案主要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，搭配點雲資料以 Kriging 模式內插組成水利數值地形模型。各工項內所參考與產製資料眾多，詳細如後章節說明。

而河川斷面與水利數值地形模型整合係利用上述 HyDEM 成果於河道範圍內加以融合深槽斷面資訊，使得 HyDEM 能保有水下與精緻高灘地形，呈現合理的水文地形樣態，辦法流程詳第六章。下水道資料與水利數值地形模型整合係利用 HyDEM 與既有人孔點為高程資料比對數值之一致性，並製作不一致附圖說明其原因，作法流程詳第七章。

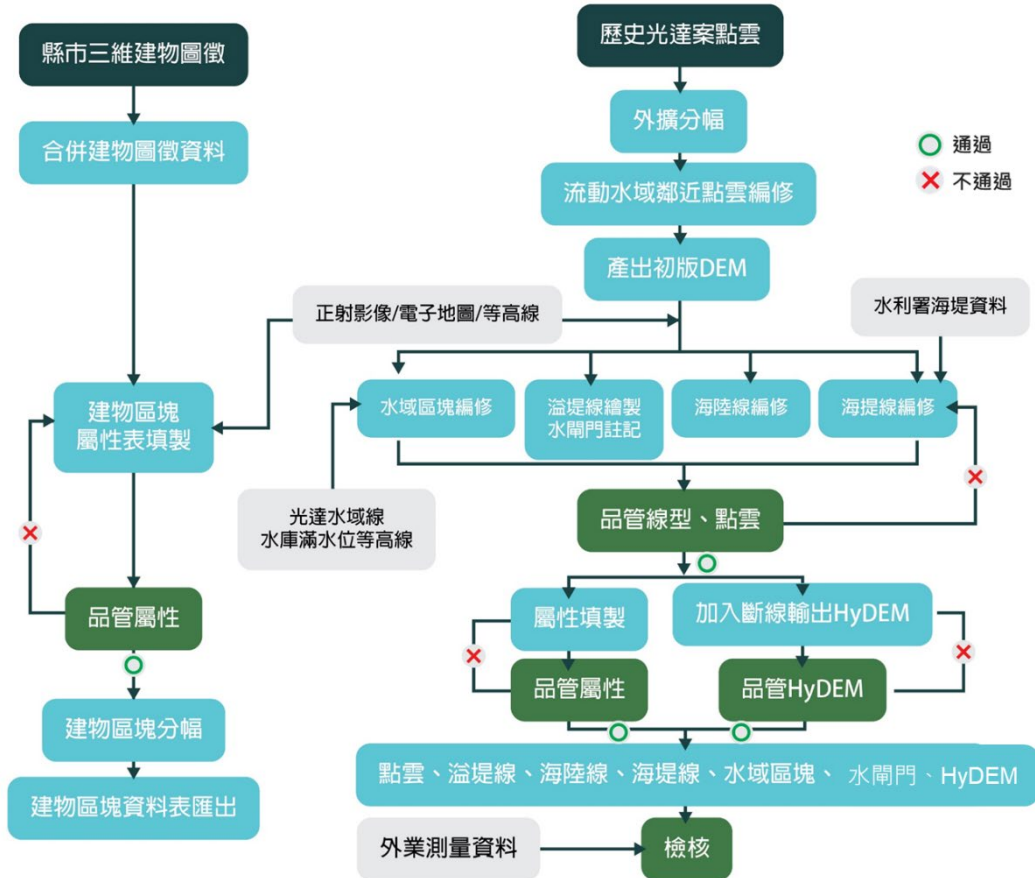


圖 2.2 水利數值地形模型製作流程

2.2 作業資料彙整

後續執行作業時，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)

貴中心提供現有空載光達測製案經平差處理過後之 4 類點雲資料，點雲資料分類圖層及編號如表 2.1。

表 2.1 既有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

針對細部水工構造物分類，並加強分類水利設施構造物至地面點圖層，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。

本年度第2作業區所取得之點雲年份資料如圖 2.3，區域內包含 105 至 106 年及 108 年光達案測製點雲資料。

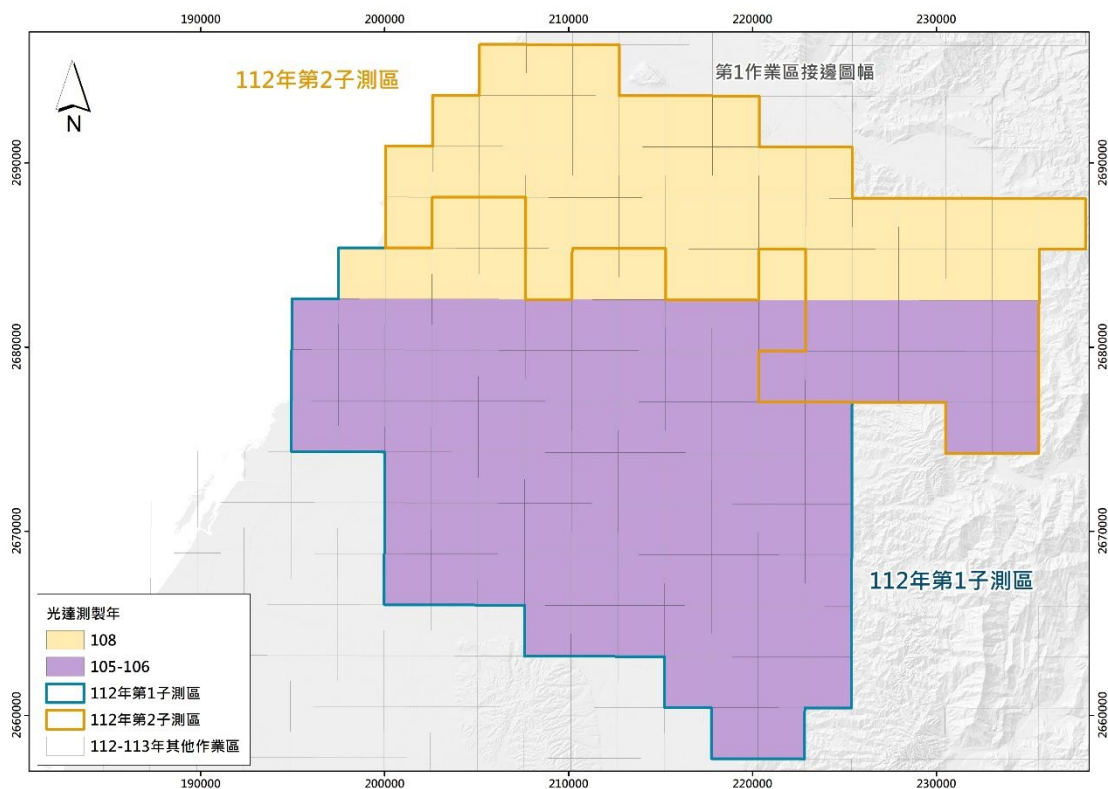


圖 2.3 原始點雲資料年份分布

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。

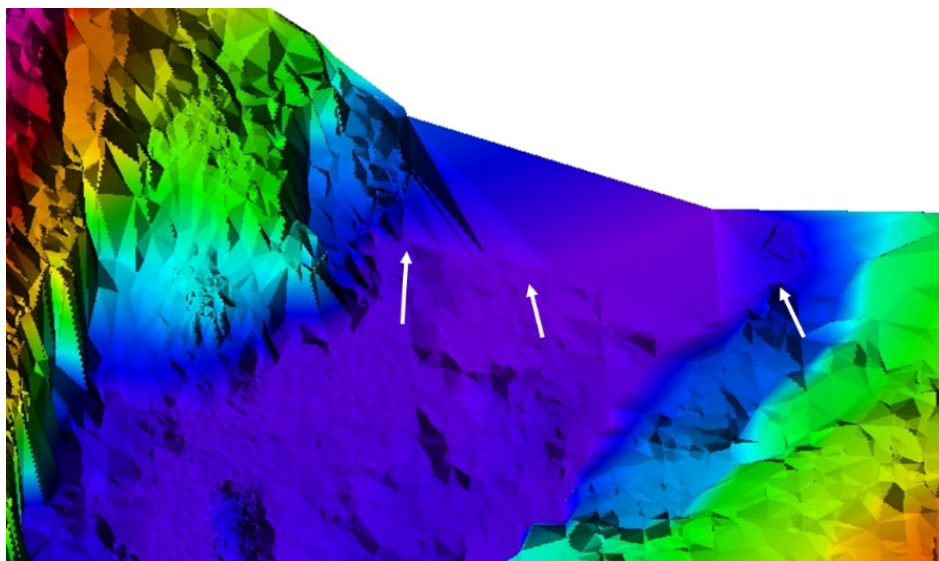


圖 2.4 點雲未外擴導致圖幅邊緣內插異常(圖幅號：96213003)

2.2.2 正射影像

彙整貴中心提供空載光達測製案之正射影像成果，採此點雲同時期25cm(內陸區域)或 50cm(沿海區域)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(如圖 2.5 及圖 2.6 所示)，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。

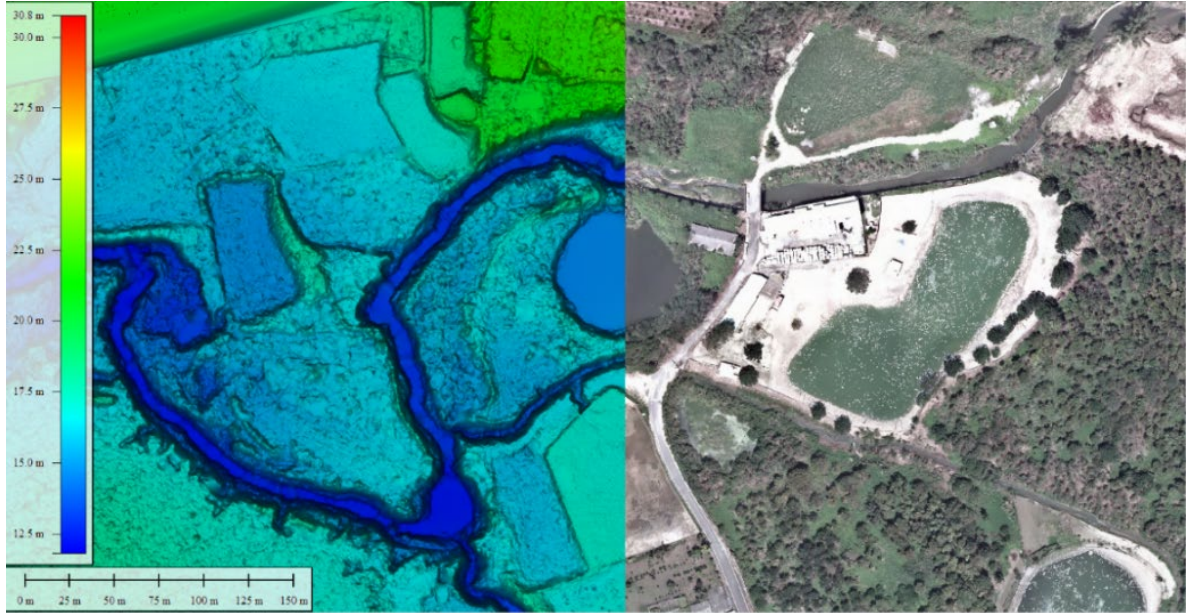


圖 2.5 正射影像套疊地形渲染圖

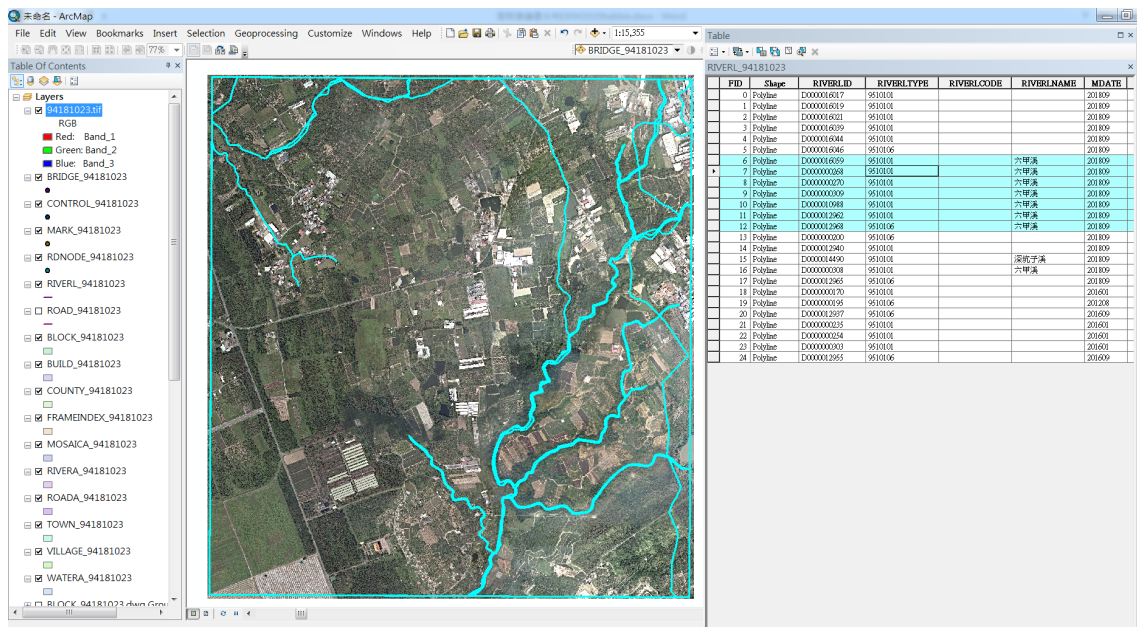


圖 2.6 正射影像套疊電子地圖

2.2.3 向量資料

本案既有向量資料包含空載光達測製案之水域線成果、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並賦予高程建製水域區塊三維向量圖徵。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。

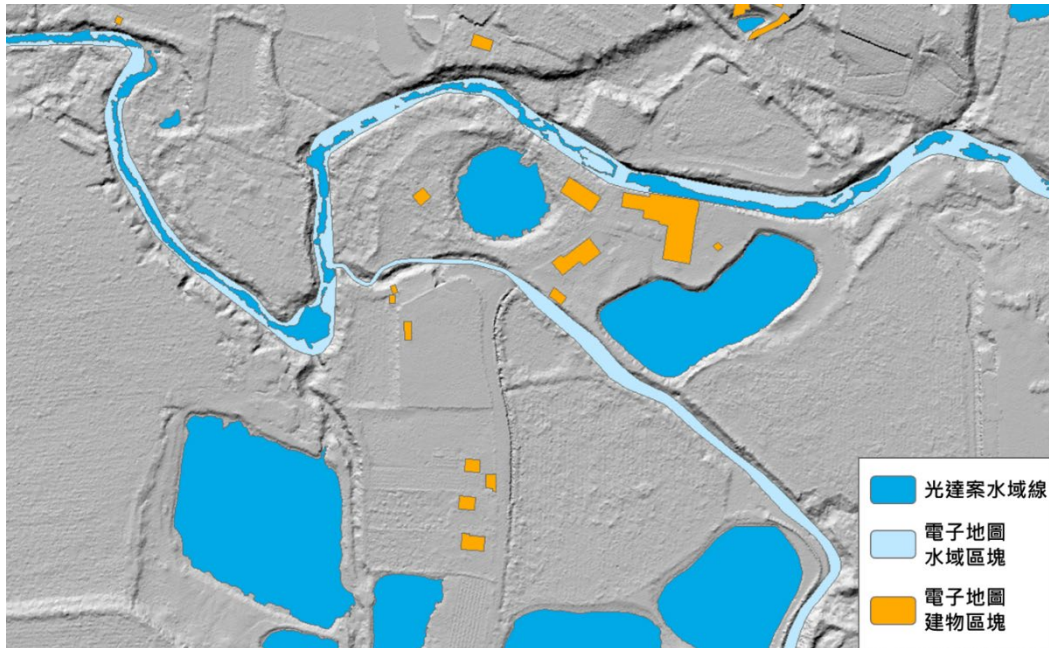


圖 2.7 HyDEM 陰影圖套疊水域線與電子地圖

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，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，透過貴中心商請水利單位提供多項參考資料，列表如表 2.2。

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

資料名稱	型態	檔案格式
水庫位置	點	shp
水閘門	點	shp
堤防	線	shp
中央管河川大斷面資料	表	xlsx
各縣市雨水人孔	點	shp
各縣市普查人孔	點	shp

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需求，除了參與監審方於 112 年 4 月 10 日舉辦的教育訓練(圖 2.8)，了解圖徵數化監審方檢核標準，以及學習斷面整合展繪資料處理步驟與實作要點。本案於執行初期依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 2.9)，針對常見錯誤類型編撰訓練教材(圖 2.10)。最後，為了因應可能的人力調度，本團隊繼 111 年度通過之 13 名數化人員，今年度新增提報 2 人進行考核且全數通過(表 2.3)，並以此 15 位人員為圖徵數化與品管主要人力。



圖 2.8 監審方教育訓練(112.04.10)



圖 2.9 內部教育訓練

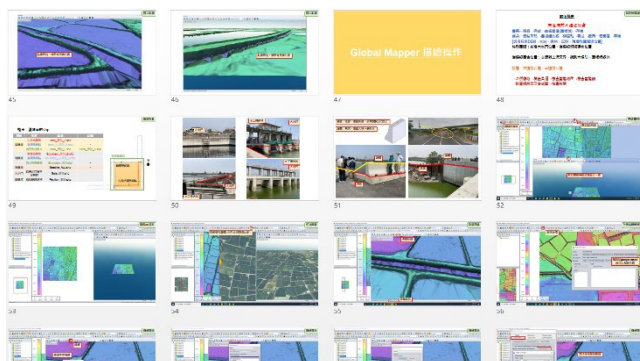


圖 2.10 內部教育訓練教材

表 2.3 編修人員考核通過清單

編號	姓名	考核圖號
HyOP-52-01	李子薇	(111 年通過)
HyOP-52-02	賴正儒	(111 年通過)
HyOP-52-03	許詩涵	(111 年通過)
HyOP-52-04	廖珉佳	(111 年通過)
HyOP-52-05	鄧嘉欣	(111 年通過)
HyOP-52-06	王盈鈞	(111 年通過)
HyOP-52-07	許湘榕	(111 年通過)
HyOP-52-08	施乃慈	(111 年通過)
HyOP-52-09	呂明格	(111 年通過)
HyOP-52-10	董威旻	(111 年通過)
HyOP-52-11	曾秋源	(111 年通過)
HyOP-52-12	王婉瑜	(111 年通過)
HyOP-52-13	葉筱筑	(111 年通過)
HyOP-52-14	陳莉婷	95213046
HyOP-52-15	張晏菁	95213047

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 2.12 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。

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



◎ 標示不可網路連線警語



◎ 作業電腦無連接網路線

圖 2.11 機敏作業電腦

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(圖 2.11)。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。



圖 2.12 工作環境照片

本案使用之硬體設備和軟體簡述如表 2.4、表 2.5 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 衛星定位接收儀	Trimble 5700(Zephyr Geodetic)	40
	GNSS 衛星定位接收儀	TrimbleNet R9、R6、Net R5	25,3,1
	RTK、e-GNSS	Trimble 4700、5700、R8s	4,2,1
	全測站電子測距經緯儀	Trimble S3、5601	6,2
交通工具	工程車	不同廠牌及型式	28
資料處理	電腦主機/伺服器	不同廠牌及型式	35
繪製工具	數位繪圖筆	不同廠牌及型式	2
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
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

用途	名稱	功能	數量
	Global Mapper 	專業繪圖編輯	8
屬性編製/ 圖徵計算	QGIS 	向量圖徵資料處理	8
	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 	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
河川斷面與 HyDEM 整合	HEC-RAS River Analysis System 	河川斷面與 HyDEM 整合	1
影像建模	Context Capture 	影像建模	1

第三章 水利數值地形分類點雲產製

依「水利數值地形資料測製及檢核技術指引(草案)」所規定水利數值地形分類點雲分類共 5 類(表 3.1)，包含：包含地面點(code 2)、水面點(code 9)、雜點(code 30)、非地面點(code 31)與細部水工構造點(code 64)等。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。然而作業中需補充標註水閘門位置，為確認所有水閘門或重要攔河堰位置，本公司於作業流程中新增水利設施構造物點(code 29)，並將該類別點雲分類於此，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圖徵與模型，是否皆繪製或標註資訊於各類別點雲位置上。

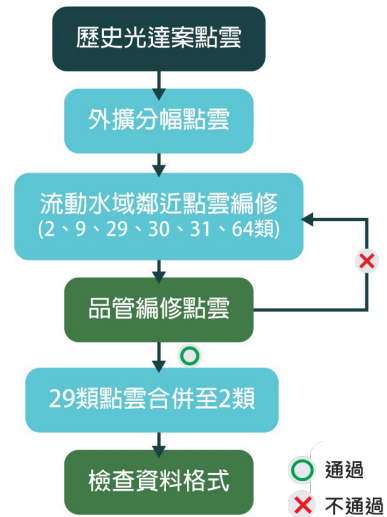


圖 3.1 點雲編修作業流程

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	編碼	備註
地面點	Ground	2	
水面點	Water	9	
水利設施構造物	Structure	29	大型水閘門或攔河堰 繳交時分類回 2 類
雜點	Noise	30	
非地面點	Nonground	31	
細部水工構造	Floodwall	64	寬度小於 1 公尺之防洪牆、胸牆等

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(code 2)，如溝渠兩側立面與各式堤防(圖 3.2)，或是水利機關指示重要設施(如大型攔河堰)(圖 3.3)。如有大型水閘門設施，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(code 29)，於繳交時再分類回圖層 2(圖 3.4)。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。

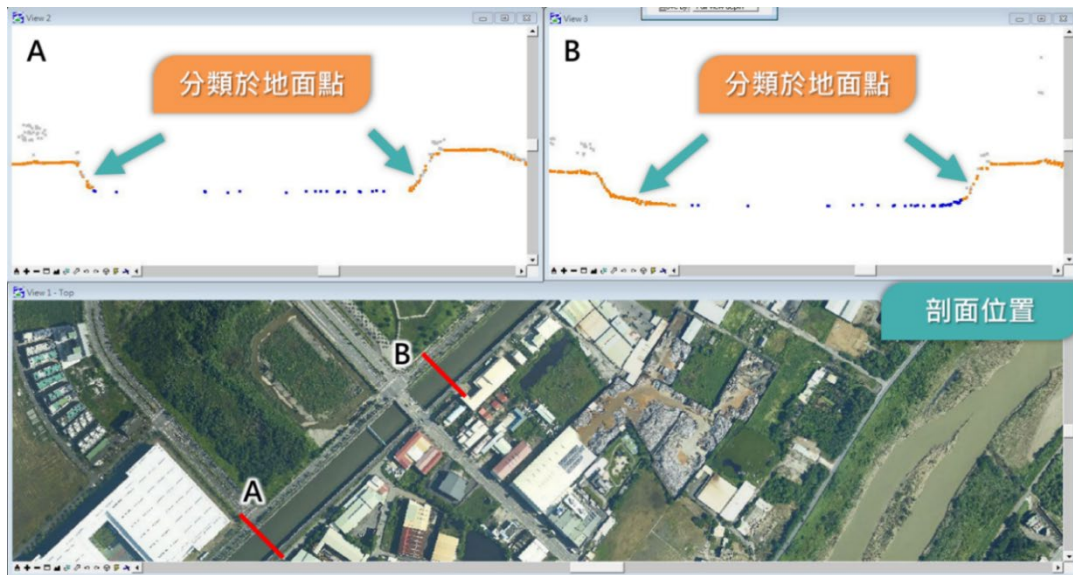


圖 3.2 溝渠兩側立面需分類為地面點 (圖幅號：94193080)

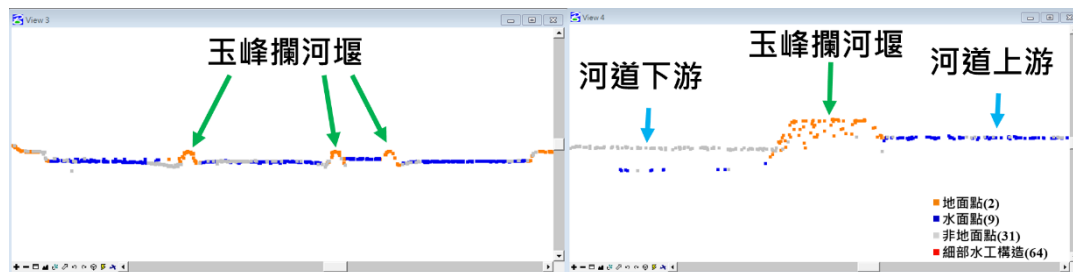


圖 3.3 重要水利設施攔河堰點雲分類示意圖(圖幅號：94192055)

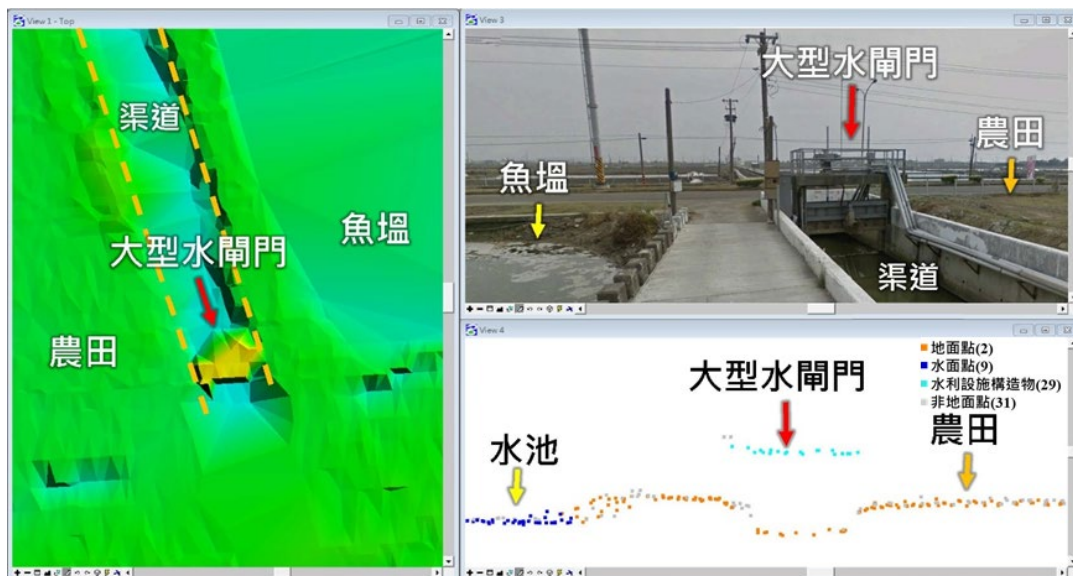


圖 3.4 大型水閘門點雲分類示意圖(圖幅號：94184079)

寬度小於 1 公尺之防洪牆、胸牆等水工構造皆分類為細部水工構造點 (圖層 64)(圖 3.5)。細部水工構造之認定為連續不透水結構物，通常阻水牆面最高點為等高或距離路面牆高相同，若阻水牆面延伸至橋梁兩側，則其必為細部水工構造(圖 3.6)，後續三維水利圖徵則配合點雲分類成果繪製於

該構造上緣。而道路邊常見水泥紐澤西護欄，若下方與路面交界處有孔洞，則不予視為細部水工構造(圖 3.7)。

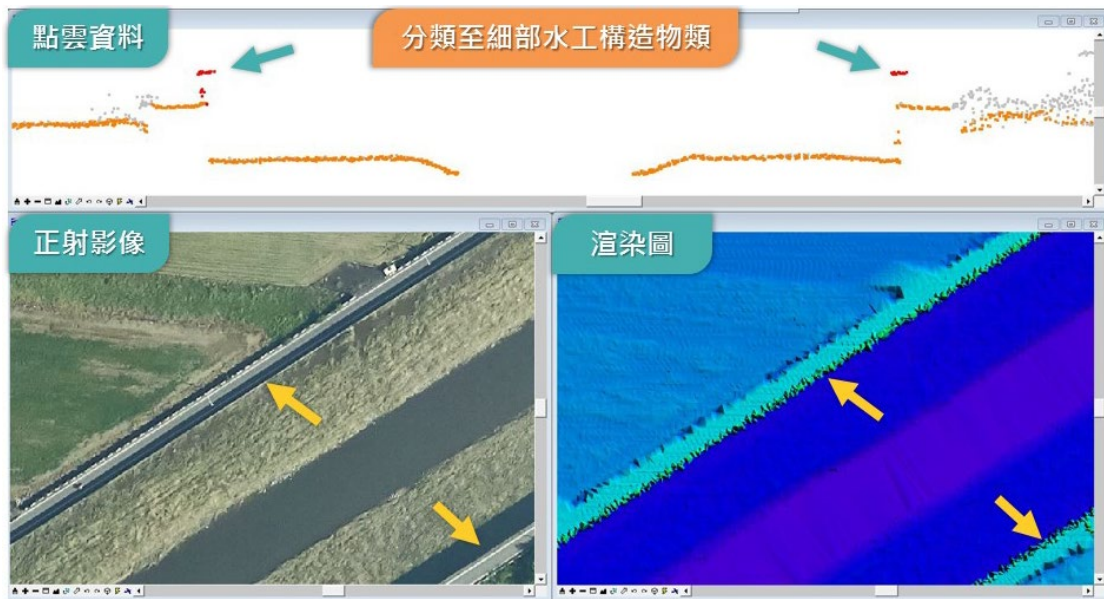


圖 3.5 各式堤防、防洪牆、胸牆或護欄分類至細部水工構造(圖幅號：94193080)



圖 3.6 細部水工構造、水泥紐澤西護欄示意圖(圖幅號：94181062)

為避免影響後續 HyDEM 網格內插及圖徵繪製，當既有成果分類有誤時，例如地面點與非地面點分類不確實(圖 3.9)、水體點分類錯誤(圖 3.10)，於網格呈現時會有異常高起或凹陷，則須補正重新分類至正確類別，確保符合最佳成果。

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。



圖 3.7 阻水設施與護欄

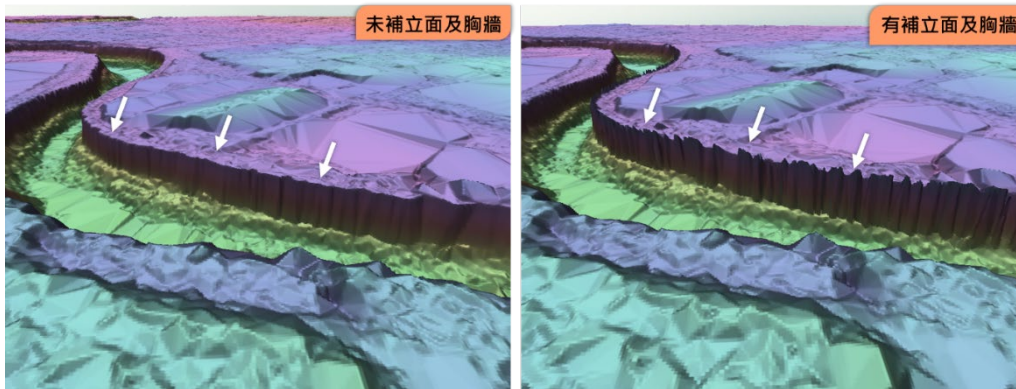


圖 3.8 立面及胸牆點雲補強

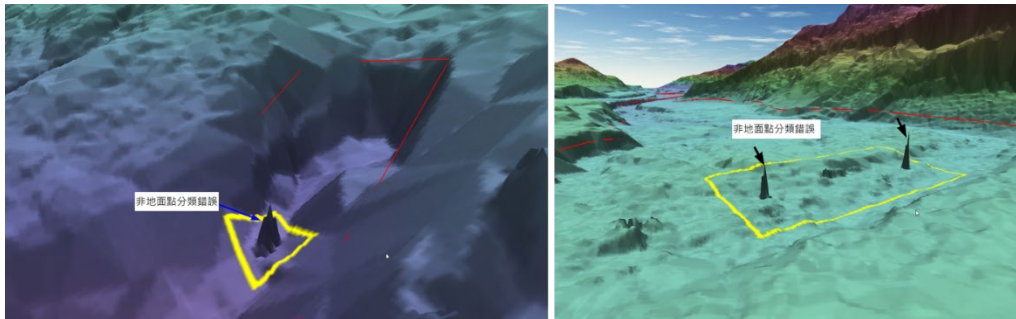


圖 3.9 非地面點分類錯誤

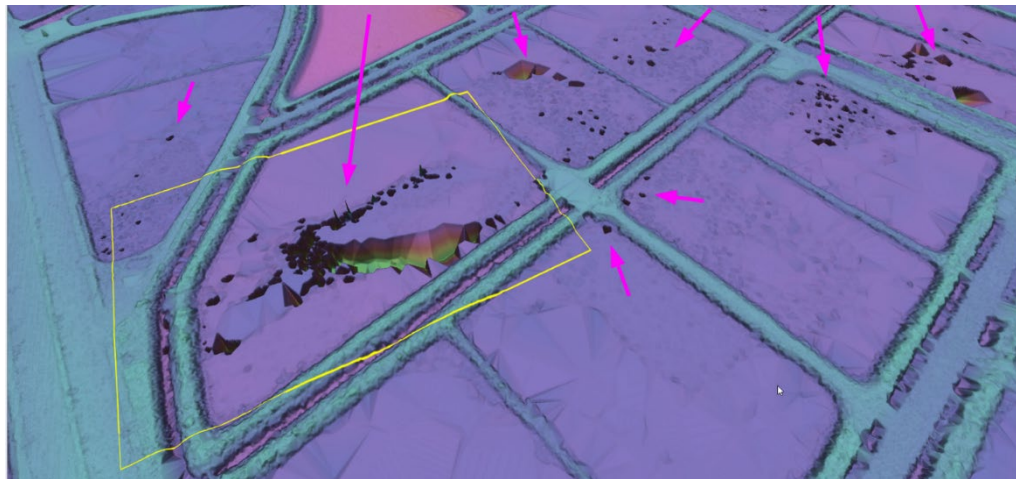


圖 3.10 水體內雜點分類錯誤

第四章 三維水利圖徵繪製及屬性建置

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、海堤線及水閘門等 6 大類別，各類圖徵資料之形態和檔案格式如圖 4.1。

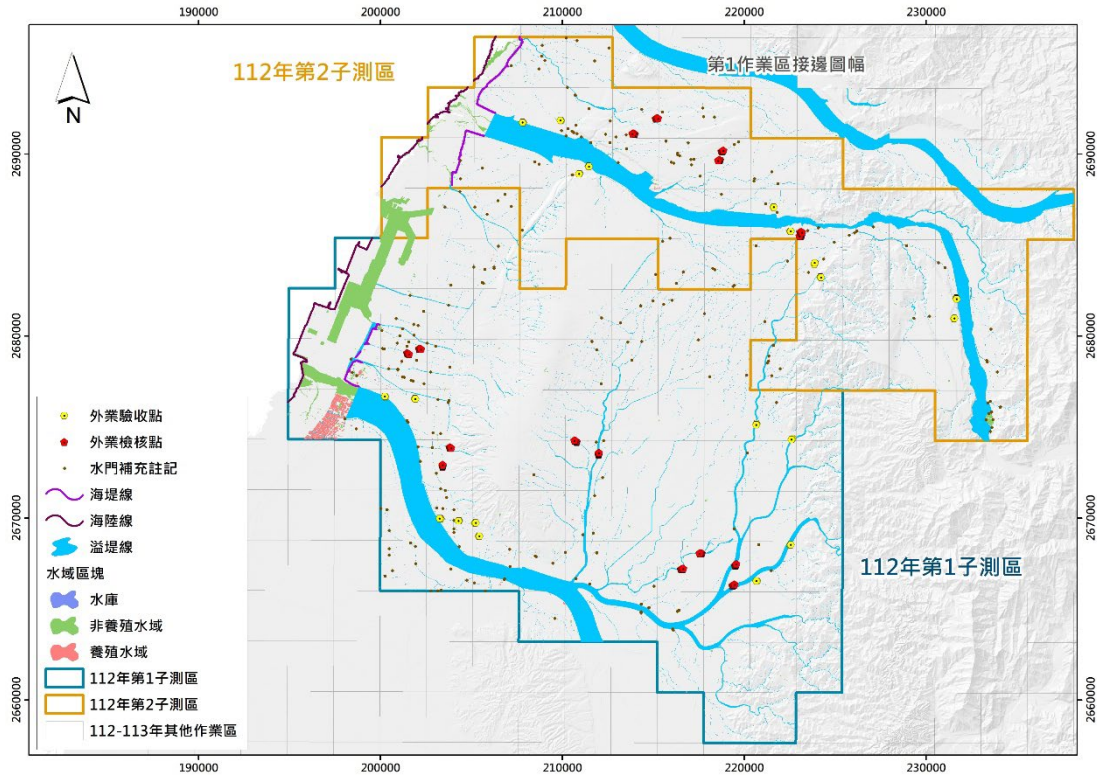


圖 4.1 第 2 作業區三維水利圖徵總成果

於本案例中以空載光達案點雲資料進行溢堤線和海堤線描繪，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閘門。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 圖徵分類格式及代碼

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	
水閘門	Gate	點	shp	

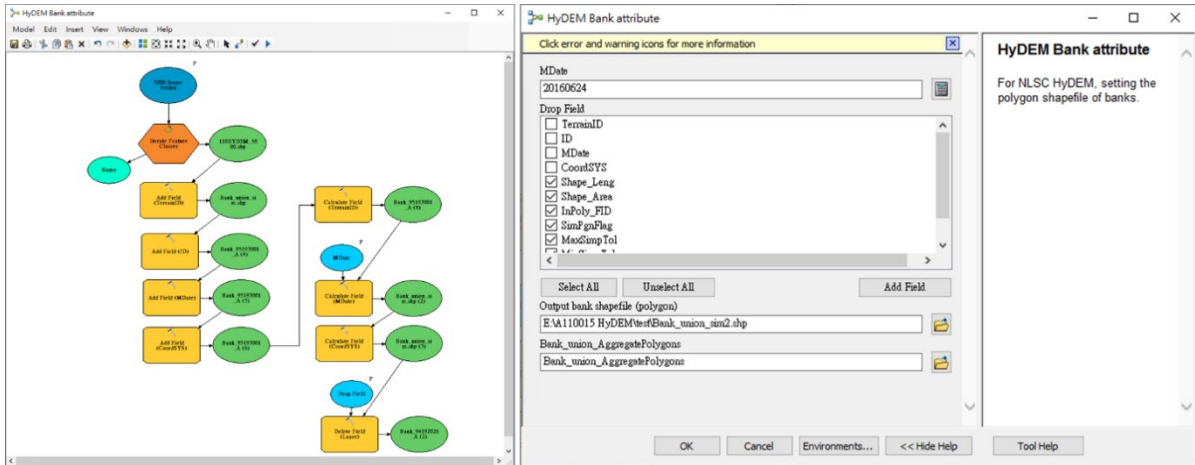


圖 4.2 自動化批次屬性編寫模組

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)。

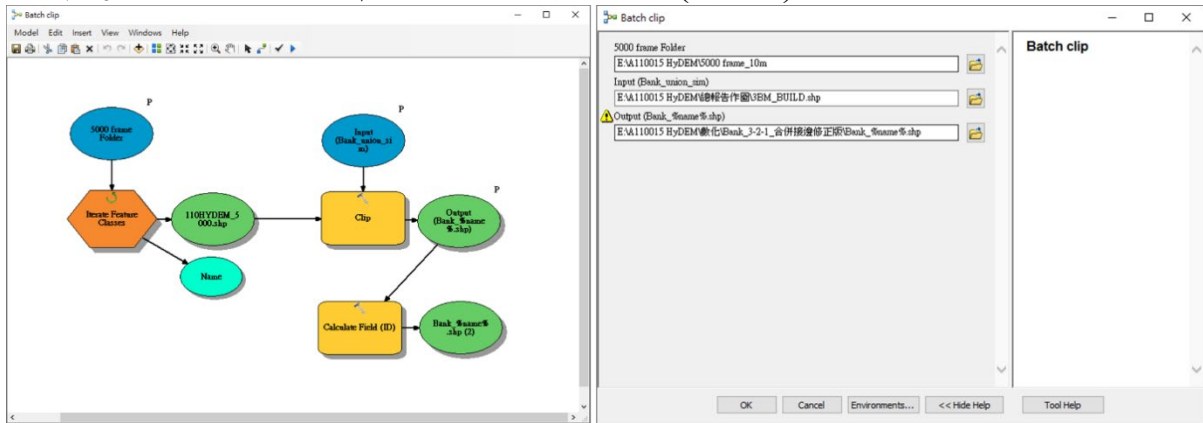


圖 4.3 批次分幅作業模組

4.1 溢堤線(Bank)

溢堤線的繪製目的為標示水文模擬的邊界線，區分河道與水流溢出時會造成洪氾的區域，因此須參考電子地圖或光達測製案之水域線，須確實考量道路、房舍等保全對象位置。

製作時利用光達資料建置 25 公分網格作為底圖，針對寬度超過3公尺以上之河川、渠道、排水幹道、溝渠等之行水範圍加以描繪。在三維視覺化環境中所繪製的溢堤線為三維向量圖徵，屬閉合線狀物件且其節點具有平面及高程資訊(x, y, z)。依據內政部「水

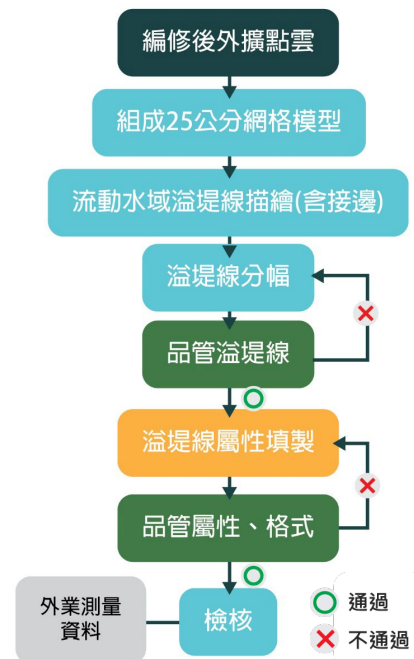


圖 4.4 溢堤線編修流程

利數值地形資料測製及檢核技術指引(草案)」,數化原則為臨水側相對高點、保有渠道內水流流通特性、保有上下游之連續性、不需補充暗溝資訊、考量沿岸保全對象,且至少每 50 公尺有 1 個節點為原則。編修流程如圖 4.4。

數化時,在下游緩降、兩側同高的原則下,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 及圖 4.6。

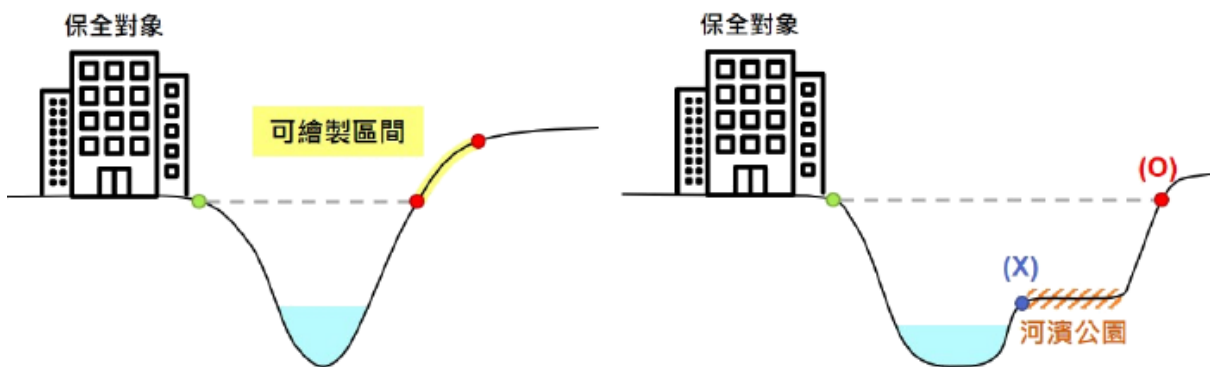


圖 4.5 自然護坡溢堤線繪製與保全對象關係

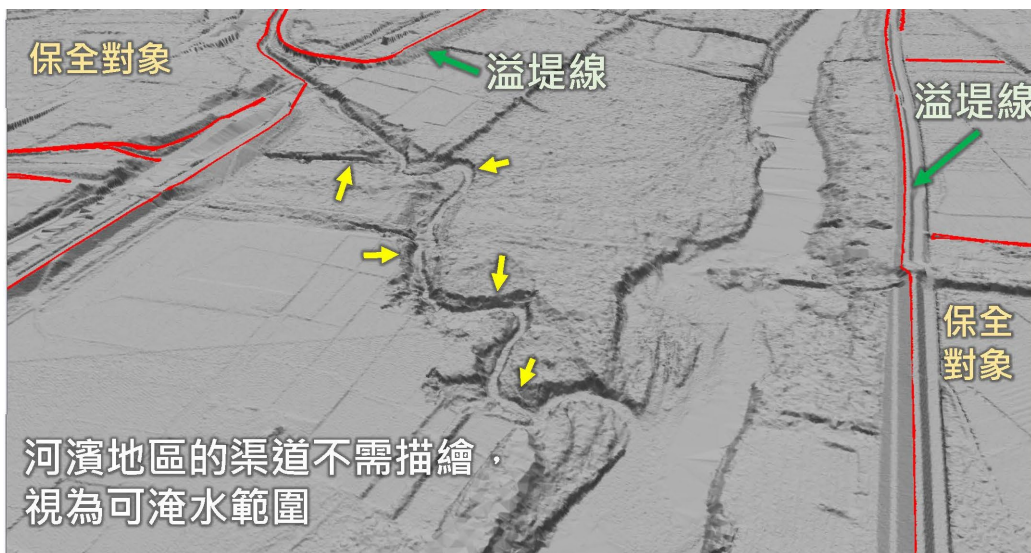


圖 4.6 河濱地區之渠道溢堤線示意圖(圖幅號：94192033)

溢堤線又可大致分為自然及人工兩種溢堤線。自然溢堤線大多位於丘陵地區河川上游,為未經水工整治之河道,因此以河階地作為臨水側特徵位置,並以最低位河階為首要考量(圖 4.7),繪製兩岸同高之線型。

然而,並非所有自然河道皆有河階特徵,尤其河道上游末端,或是泥岩

地形中的狹窄曲流(圖 4.8)，考慮上游水流實際可達高度與行水寬度，大致以距離河底 2~4 公尺高度為原則繪製兩岸溢堤線。

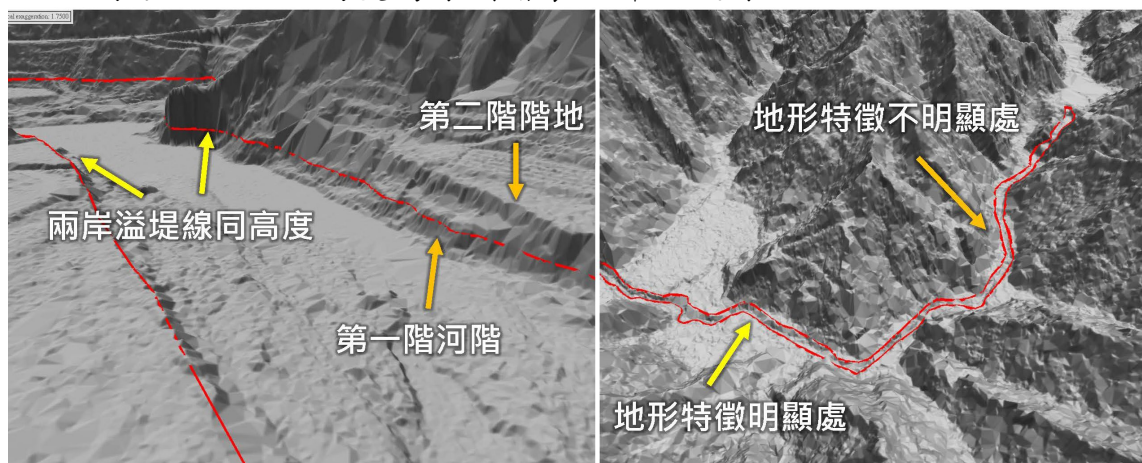


圖 4.7 河階特徵數化示意圖
(圖幅號：95193061)

圖 4.8 泥岩地形溢堤線數化示意圖
(圖幅號：94192078)

人工溢堤線繪製於細部水工構造物鄰水側高點，即淹水時滿水位處，當細部水工構造物寬度小於 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相對高點，並且避開保全對象。由於細部水工構造實際點雲與所組成的網格最高點有明顯的高程落差，網格內插後會相對低矮，因此為了符合精度規範，細部水工構造之溢堤線必須描繪於網格尖點(圖 4.9)。

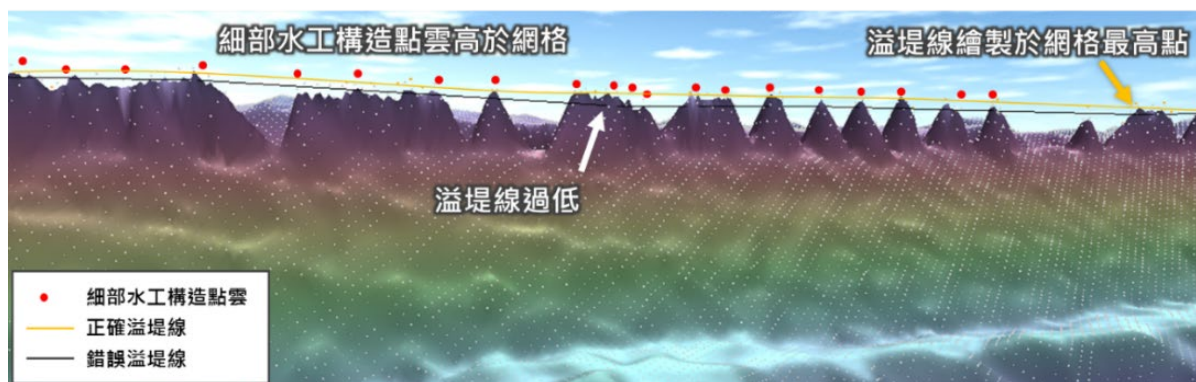


圖 4.9 溢堤線遇細部水工構造物繪製原則

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(圖 4.10)；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(圖 4.11)。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。

溢堤線原則上不可與其他圖徵交疊，但有些情況例外：河道流進內海、海域與水庫。為了表示流動水域會自然匯流至水庫及海洋，溢堤線的圈合位置必須與上述水域範圍平面交疊2~5m(圖 4.12)，以表示其流通關係。

另同一個流域間的空載光達測製資料可能並非相同時間掃描拍攝，造成地表資訊不連續，因此在光達資料跨年度相接處，須以漸變方式調整溢堤線位置(圖 4.13)。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，若接邊處描繪位置差異過大以致於難以順接則適時與監審方及水利顧問討論溝通，確保所建置的圖徵資料符合水利模擬需求。



圖 4.10 溢堤線遇管箱涵繪製原則(圖幅號：94193015)

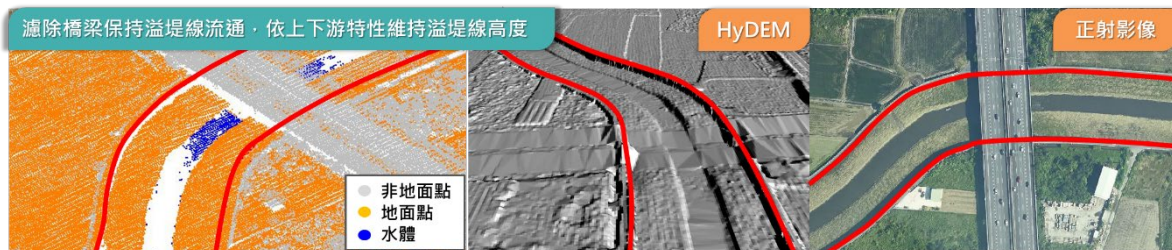


圖 4.11 溢堤線遇橋梁繪製原則(圖幅號：94193080)

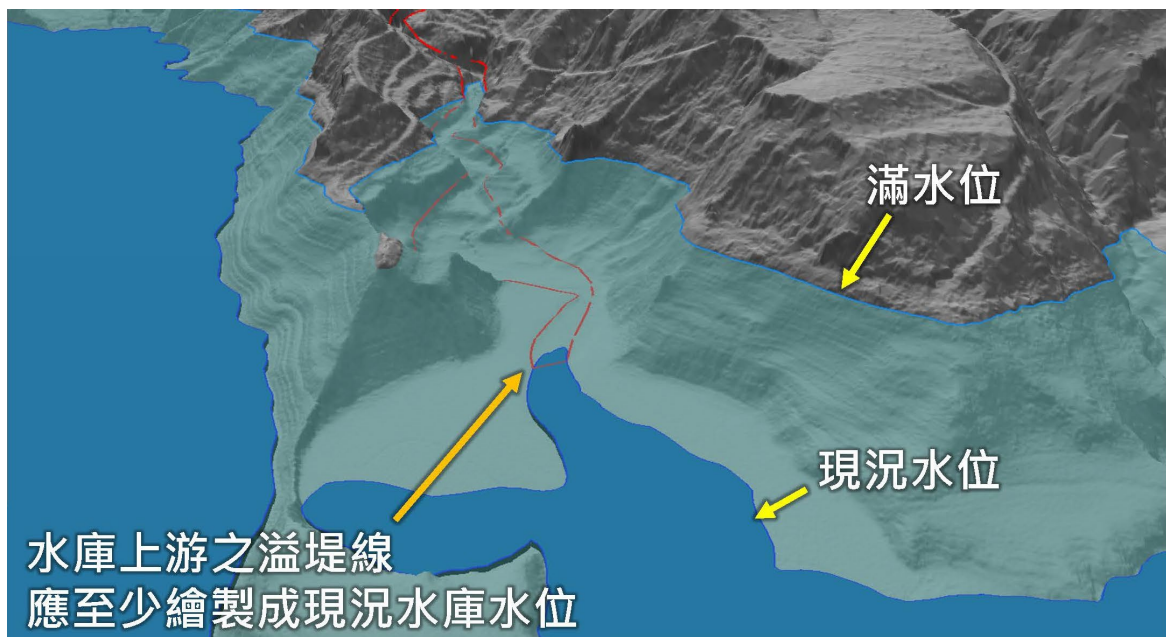


圖 4.12 溢堤線遇水庫繪製原則(圖幅號：95194073)

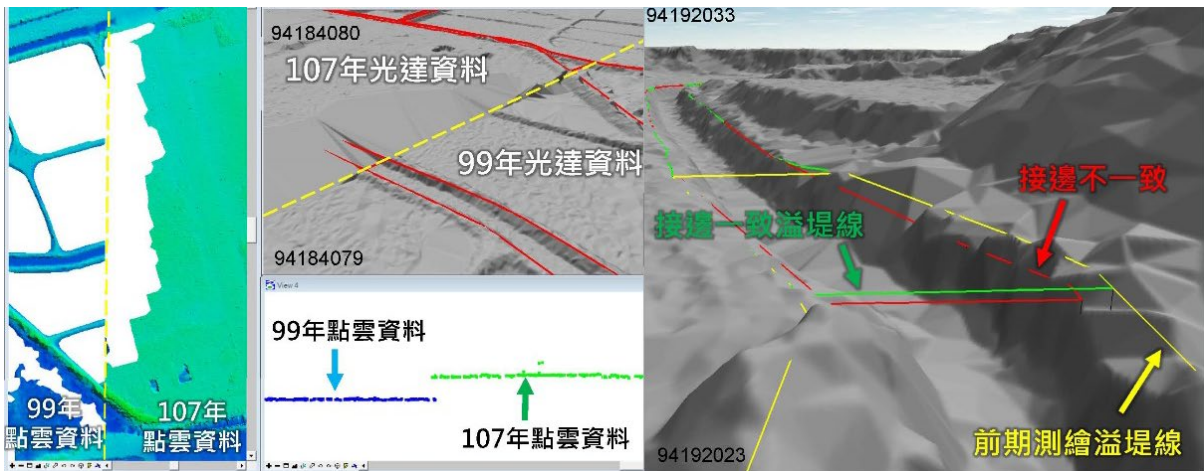


圖 4.13 溢堤線遇跨年度資料合理順接繪製(圖幅號：94184079、94184080)

本案共 134 幅溢堤線成果，繪製總長度約為 3,488 公里，分布範圍如圖 4.14。

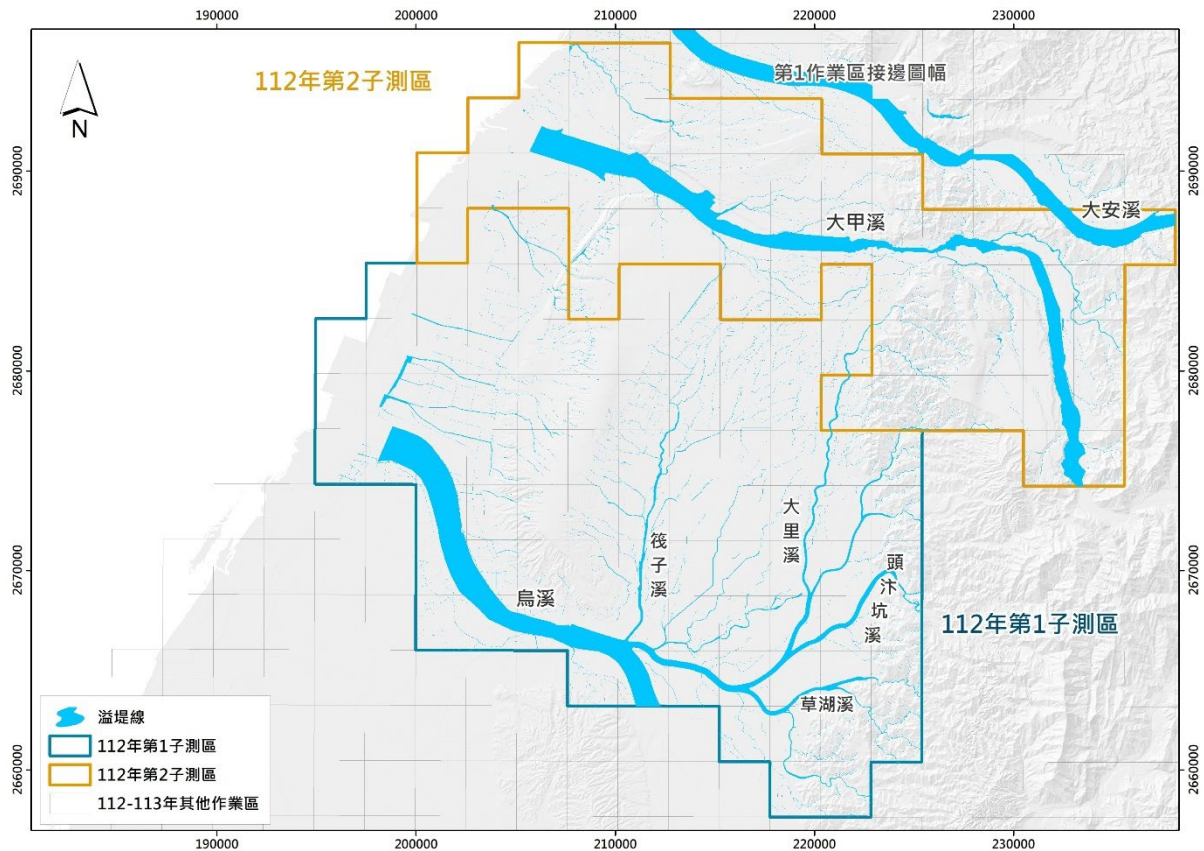


圖 4.14 本案溢堤線成果

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，以 9510109 圖層代表溢堤線類別，屬性欄位如表 4.2，屬性成果表如表 4.3。

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

表 4.3 溢堤線屬性成果表(節錄圖號：95211093)

TerrainID	ID	MDate	CoordSYS
9510109	2	201908	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	3	201908	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	4	201908	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	5	201908	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	6	201908	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	7	201908	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	8	201908	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	9	201908	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	10	201908	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	11	201908	TWD97[2010]_TM121、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 4.15)，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 4.16)。此步驟藉由自行開發模組(圖 4.17)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 4.18)，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央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。

位於圖幅接邊處同一個水域其空載光達測製資料可能並非相同時間掃瞄拍攝，造成水域範圍與高度不相同，因此在光達資料跨年度相接處，須以漸變方式調整水域位置，移除圖幅相接處尖角，並將水域範圍內點雲更改為水體點。

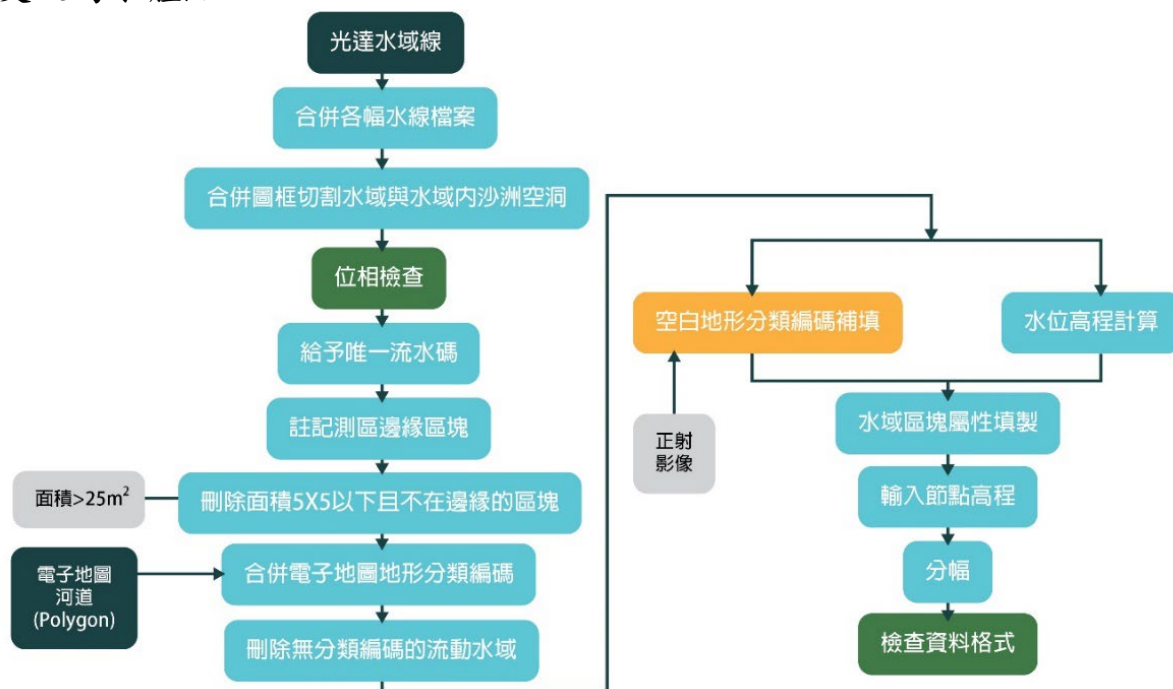


圖 4.15 水域區塊編修流程



圖 4.16 水線編修以符合水域區塊規則 (圖幅號：94193076)

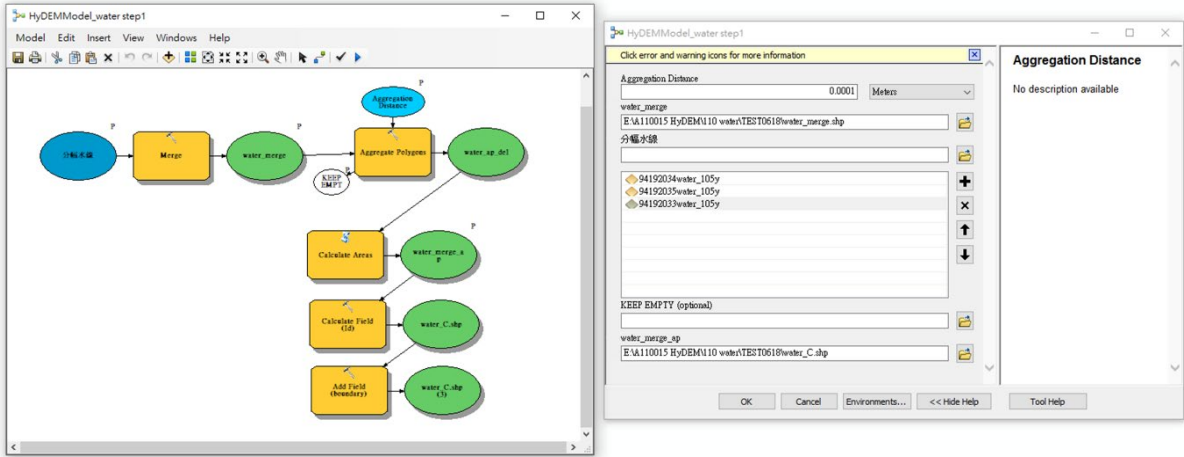


圖 4.17 水域區塊篩選模組

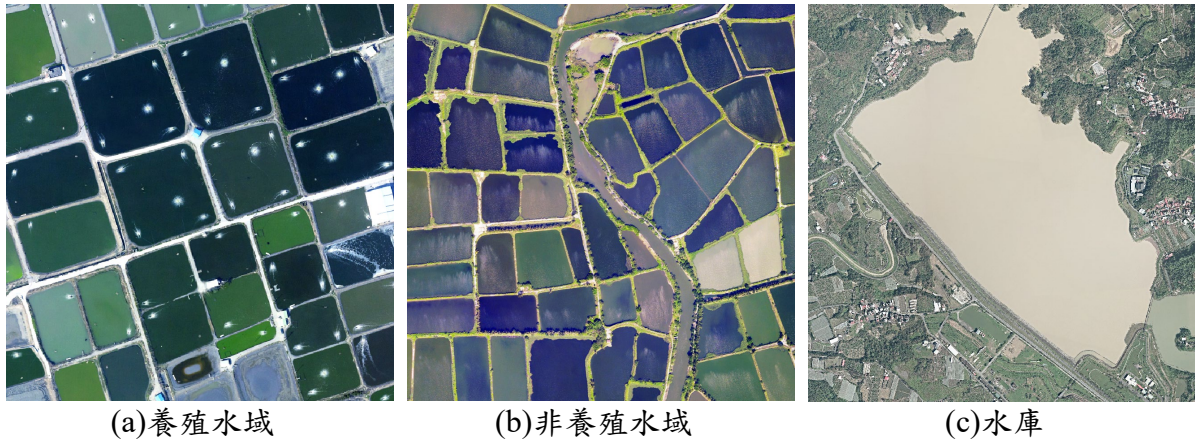


圖 4.18 水域區塊影像分類

由於光達測製拍攝時可能恰位於枯水期，所產製的水域線無法表示正確的水庫範圍與庫容，因此水庫係依據水利單位提供之水庫位置資料中，以常態最高滿水位(NWL_MX)高度為水庫高度，加以製作水庫蓄水範圍，利用水庫範圍之 0.25 公尺光達數值地形模型產製滿水位高程之等高線並加以編修圖 4.19)，使得單一水庫為一個水域單位，地形分類編碼為 9520600，若實際地形與 NWL_MX 高度有落差時，則另案處理。

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。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，若接邊處描繪位置差異過大以致於區塊截斷難以順接則適時與監審方及水利顧問討論溝通，確保所建置的圖徵資料符合水利模擬需求，如圖 4.20 及圖 4.21 所示。

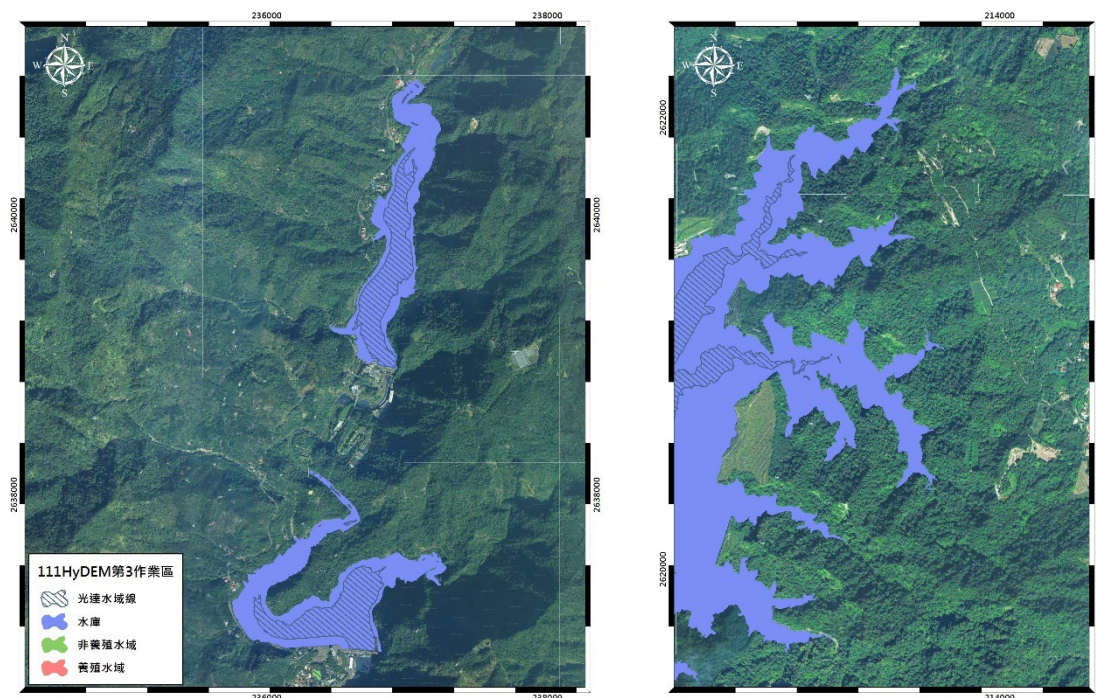


圖 4.19 水線編修以符合水域區塊規則(明湖下池、明潭下池、湖山水庫)

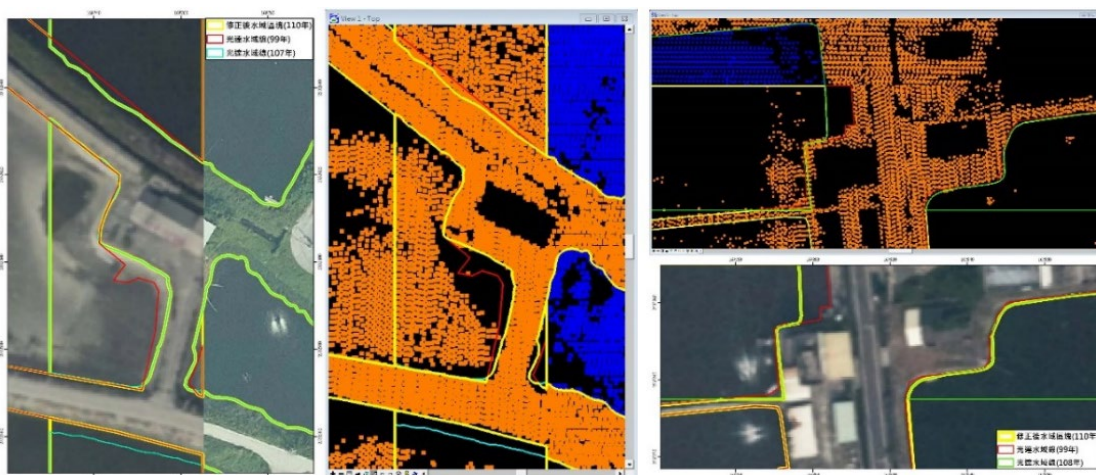


圖 4.20 水線編修以符合水域區塊規則(內、外部接邊處)

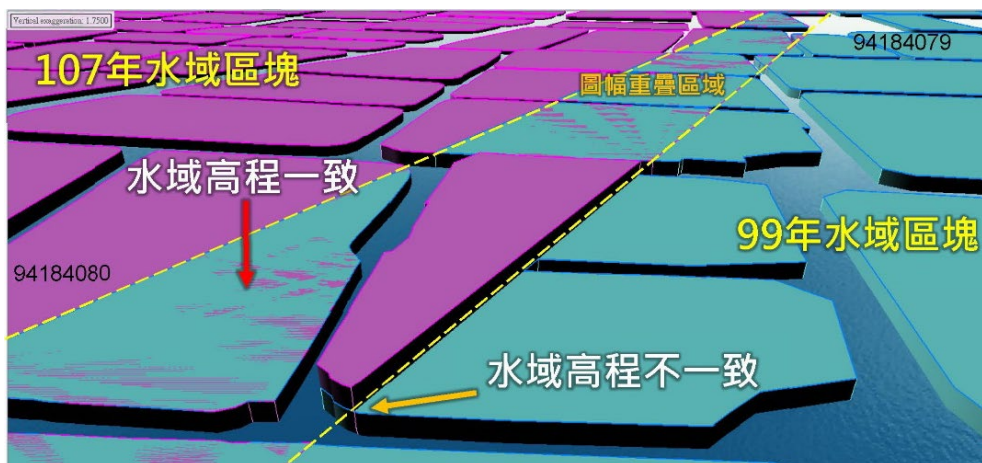


圖 4.21 水線編修以符合水域區塊規則(水域高程須一致)

確認水域區塊位置後，以自行開發軟體萃取點雲資料(圖 4.22)，計算填表水面高程(Height_W)採用各水域區塊圖徵節點鄰近高程最低的地面點雲群之高程中位數代表之，滿水位高程(Height_FW)則採用鄰近高程最高的地面點雲群之高程中位數代表之(圖 4.23)；而水庫則以常態最高滿水位(NWL_MX)高度為高庫高度，航拍當時之水面高程則不記錄。第 2 作業區 112 年區域中無水庫。

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，屬性欄位如表 4.4，屬性成果表如表 4.5 所示。

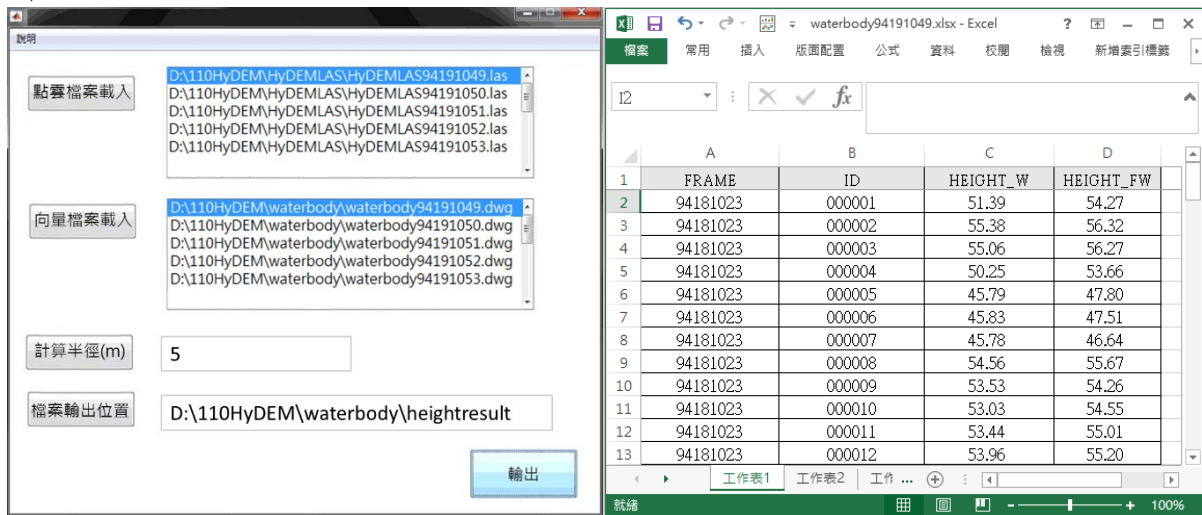


圖 4.22 自行開發軟體萃取點雲資料計算水面高程



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
[H₁,H₂,H₃...H_n]取中位數為Hight_FW
[L₁,L₂,L₃...L_n]取中位數為Hight_W

圖 4.23 水域區塊水面高程值與滿水位高程值計算方式

本案第 2 作業區共有 138 幅水域區塊資料，由於本年度測製區大多為都會區，少有密集的水域區塊分布，養殖魚塭大多集中於彰化伸港沿海地

區，另有台中港為主要大面積非養殖水域。局部沿海作業成果如圖 4.25。

表 4.4 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

表 4.5 水域區塊屬性成果表(節錄圖號：94212030)

TerrainID	ID	MDate	Height_W	Height_FW	CoordSYS
9520700	5	201708	2.68	3.23	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	6	201708	3.69	4.28	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	7	201708	2.84	4.15	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	8	201708	2.98	4.14	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9520700	9	201708	2.33	3.03	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	10	201708	2.46	3.54	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9520700	11	201708	2.48	3.41	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	12	201708	2.47	3.88	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	13	201708	2.79	3.89	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9520700	14	201708	2.46	3.44	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	15	201708	3.00	4.23	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	16	201708	2.35	4.07	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	17	201708	2.16	3.03	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	18	201708	2.66	3.83	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	19	201708	2.15	4.04	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	20	201708	2.22	3.62	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	21	201708	2.35	4.23	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	22	201708	1.85	4.18	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9520700	23	201708	2.22	2.78	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	24	201708	2.16	4.12	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9520700	25	201708	2.06	2.98	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	26	201708	1.99	3.32	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	27	201708	2.02	3.93	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	28	201708	2.87	3.74	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001

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，其平面位置以空載光達現況海陸交界線為主，可採空載光達同步取得之航拍正射影像進行描繪，並賦予各節點空載光達模型現況高程資訊。(圖 4.24)利用數值地形模型賦予各節點高程，若因拍攝時間不同造成之海陸交界線變化，應合理接邊使連貫一致。(圖 4.26)。

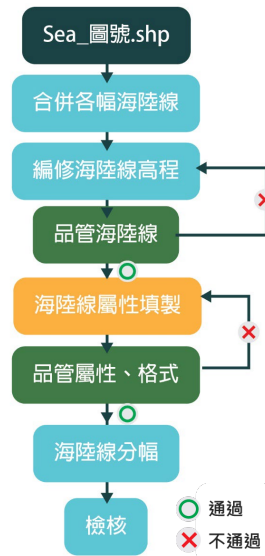


圖 4.24 海陸線編修流程

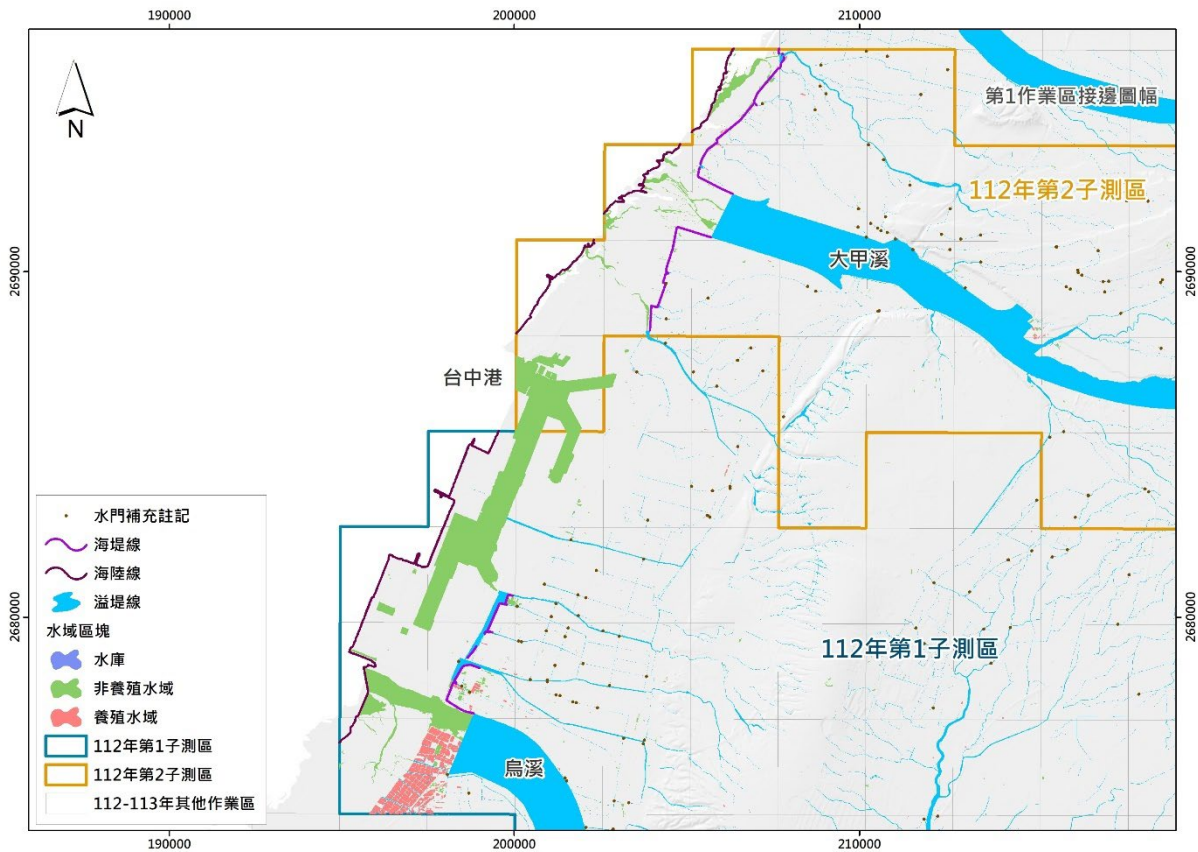


圖 4.25 本案沿海成果

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 4.6，屬性成果表如表 4.7。

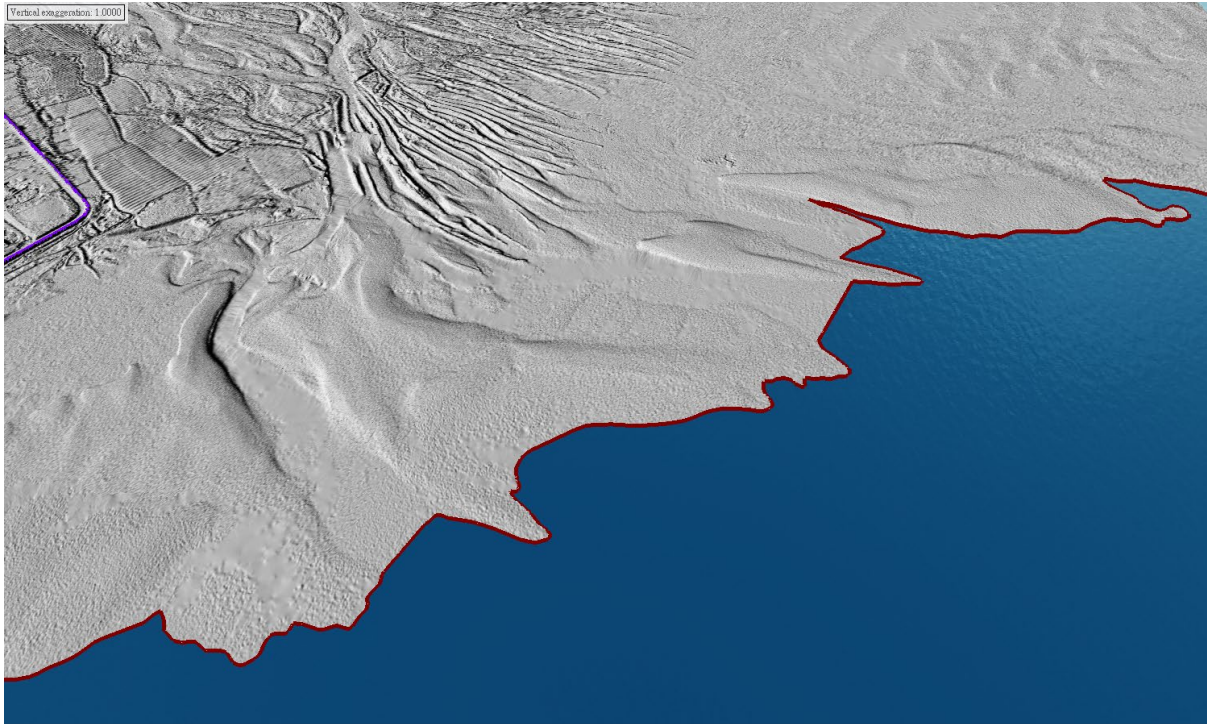


圖 4.26 海陸線編修成果 (圖幅號：95214062)

本案共有 8 幅海陸線資料，分布於沿海地區，作業成果如圖 4.25。

表 4.6 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

表 4.7 海陸線屬性成果表(節錄圖號：94212009)

TerrainID	ID	MDate	CoordSYS
9530200	1	201708	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001

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 4.27)，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 4.28)。

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 4.8，若因依照點雲修正位置、長度，則更新長度(Length)欄位。

本案共有 8 幅海堤線資料，分布於西部沿海台中市大安區、清水區、梧棲區及龍井區，由北而南為海漶海堤、頂龜殼海堤、南庄海堤、南埔海堤、番子寮海堤、高美海堤、海尾海堤、南庄海堤、溫寮海堤、番子寮海堤、高美海堤及龍井一至五段海堤。作業成果如圖 4.25，屬性成果表如表 4.9。

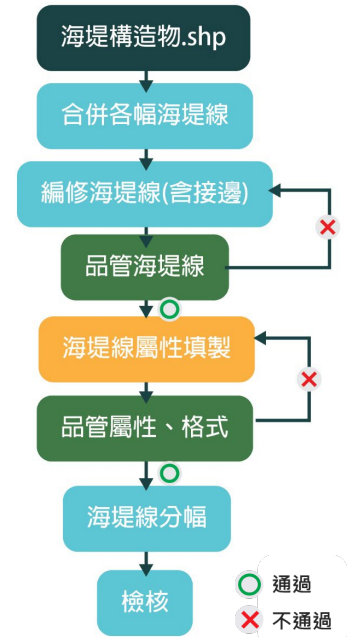


圖 4.27 海堤線編修流程

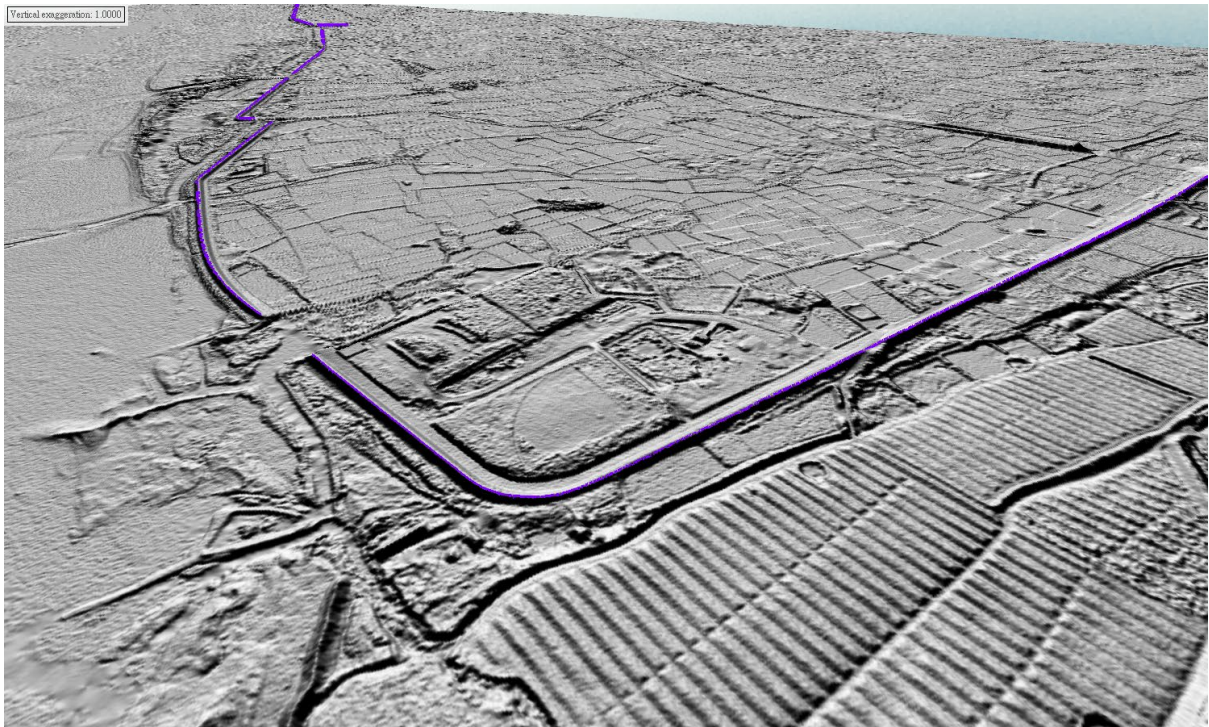


圖 4.28 海堤線繪製 (圖幅號：95214053、95214063)

表 4.8 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	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，高程系統則記錄採用之臺灣高程基準。 如：TWD97[2010]、TWVD2001

表 4.9 海堤線屬性成果表(節錄圖號：95214063)

OBJECTID	DIKE_NAME	CLASS	COUN_NAME1	TOWN_NAME	ORG_MNG	Length	CoordSYS
681	番子寮海堤	事業性	臺中市	清水區	第三河川	135.208	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
668	南埔海堤	一般性	臺中市	大安區	第三河川	723.013	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
675	番子寮海堤	事業性	臺中市	清水區	第三河川	449.187	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
666	南埔海堤	事業性	臺中市	大安區	第三河川	573.391	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001

4.5 水閘門(Gate)

現有水閘門圖資有些許缺漏，但水閘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、大型水閘門漏未標註，則補充標記，並於屬性中標註判定類別(表 4.10)，以點圖徵型態記錄儲存水閘門之平面位置；已標記者與小型灌溉閘門則不列入補充圖資(圖 4.29)，藉此達到水閘門資訊之資料補充註記更新。

本案共補充 77 幅水閘門點位資料，大多分布於臨海排水溝與河川小支流，作業成果如圖 4.30。



(a)中大型閘門(分類註記)



(b)小型閘門(不分類註記)

圖 4.29 水閘門分類

表 4.10 水閘門屬性欄位

欄位名稱 (英)	欄位名稱 (中)	欄位型態	長度	內容說明
TerrainID	地形分類編碼	文字	8	9510206
JudgeType	可識別程度	數字	2	(1)可識別為水閘門：1。 (2)疑似水閘門：0。
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，高程系統則記錄採用之臺灣高程基準。 如：TWD97[2010]、TWVD2001

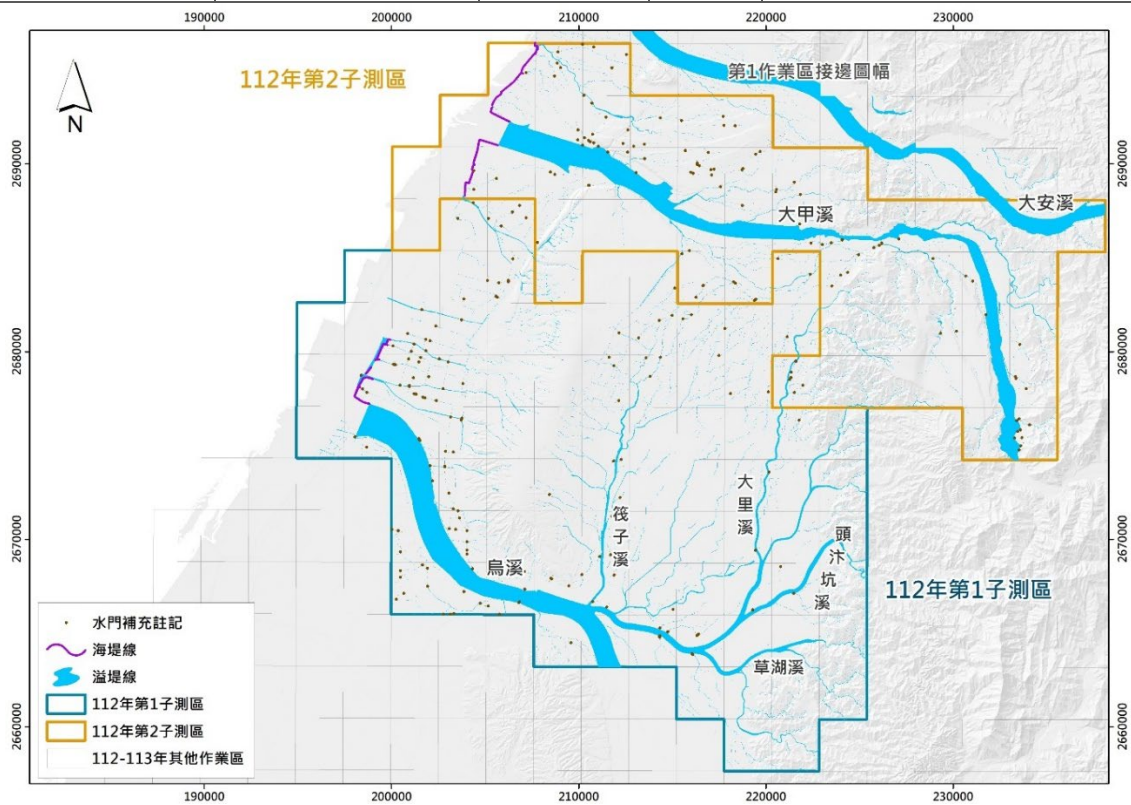


圖 4.30 本案水閘門成果

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(圖 4.31)，以及電子地圖地標之測製年月。

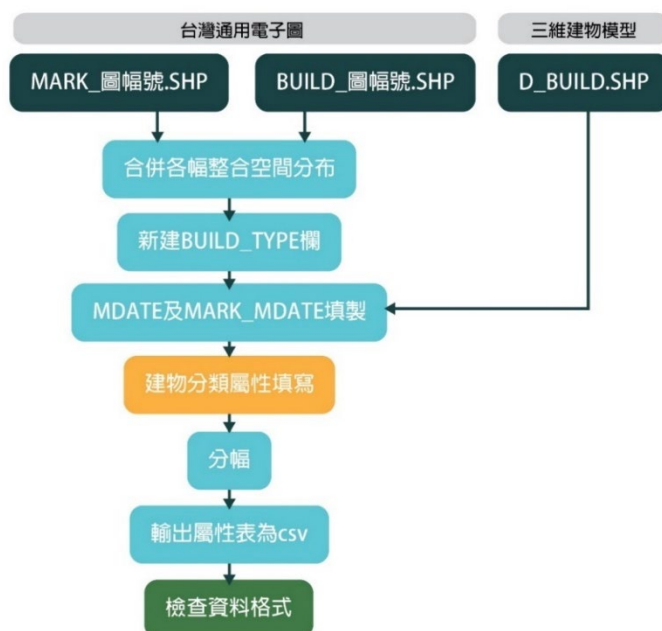


圖 4.31 建物區塊(資料表)編修流程

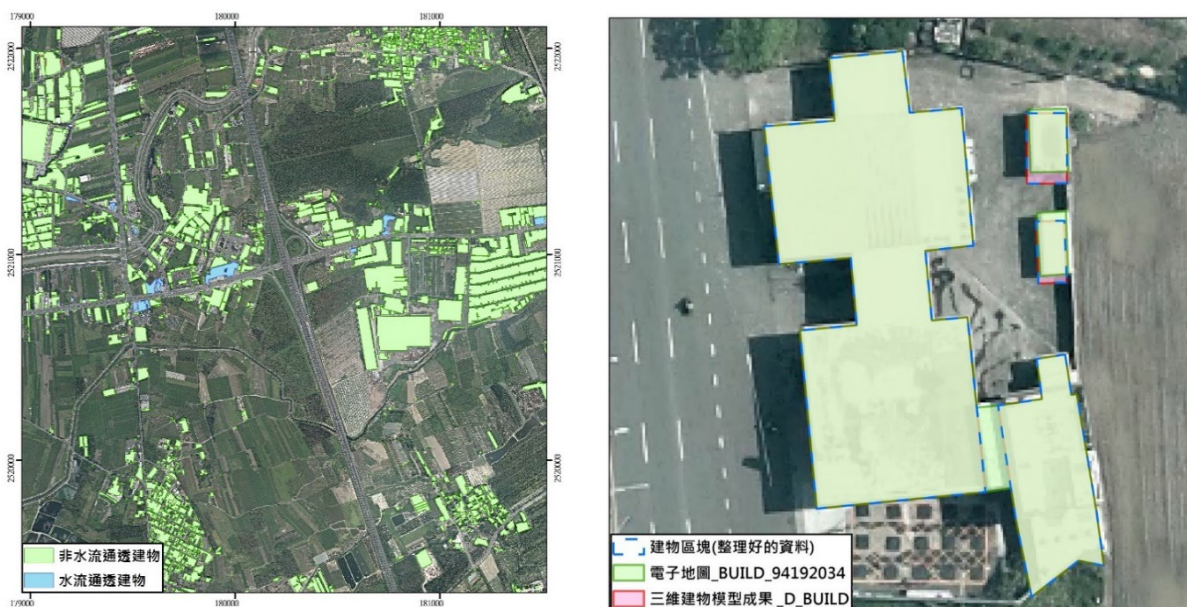


圖 4.32 建物區塊資料位置關係

透過地標與建物關聯，將屬性內容為加油站亭、涼亭、公園(圖 4.33)者篩選取出，再透過 Google 街景查看確認位置與類別，最後加以標記其是否為水流通透之建物，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，屬性欄位及填寫說明如表 4.11，若部分資料屬性內容為空白，即原始資料來源即為空白。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 4.12。



圖 4.33 水流通透建物(加油站、涼亭)示意圖

表 4.11 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(當 BUILD_TYPE 為 1 時才會註記)

表 4.12 建物區塊成果表 (節錄圖號：94212030)

BUILD_ID	BUILD_TYPE	MDATE	MARK_MDATE
1UCMQ6DRQ7	0	0	201912
1UMPM6DRR0	0	0	201912
1UM2X6DRMD	1	201310	201912
1UM3C6DRVT	0	0	201912
1UWN76DRWW	0	0	201912
1V1ED6DS0B	0	0	201912

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)，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，分幅內插產製 1×1 公尺整數網格水利數值地形模型(HyDEM)。

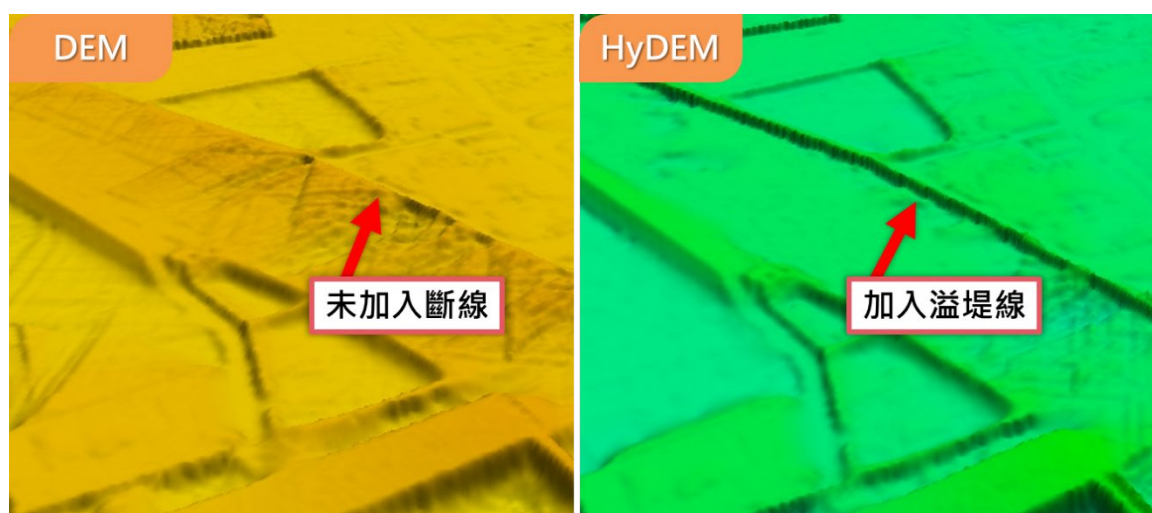


圖 5.1 水利數值地形模型 (圖幅號：94193080)

為了使細部水工構造有較好的模型效果，先使用美國 GOLDEN SOFTWARE 公司之 Surfer 軟體，以 Kirging 模式進行地面點與水體點內插，產製初步的 1×1 公尺整數底圖網格。再以溢堤線向側向產製 30 公分寬度的頂面模型，輸出頂面的網格點。最後，將底圖網格與頂面網格套疊，重疊區域取最高點輸出，即與特徵線交會之網格高程值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，如此一來部分薄牆區因不到 1 公尺寬度，經過補足 1 公尺 HyDEM 的成果，可避免地形資料產生破洞(圖 5.2)。

網格資料輸出成果為 ASCII 格式(.xyz 或.grd)及 Binary 格式(如 las、Geotiff 或 Erdas img 等)，資料記錄之位數至小數點下第二位。並以「HyDEMg 圖號.附檔名」命名，如 HyDEMg94202026.xyz。

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。

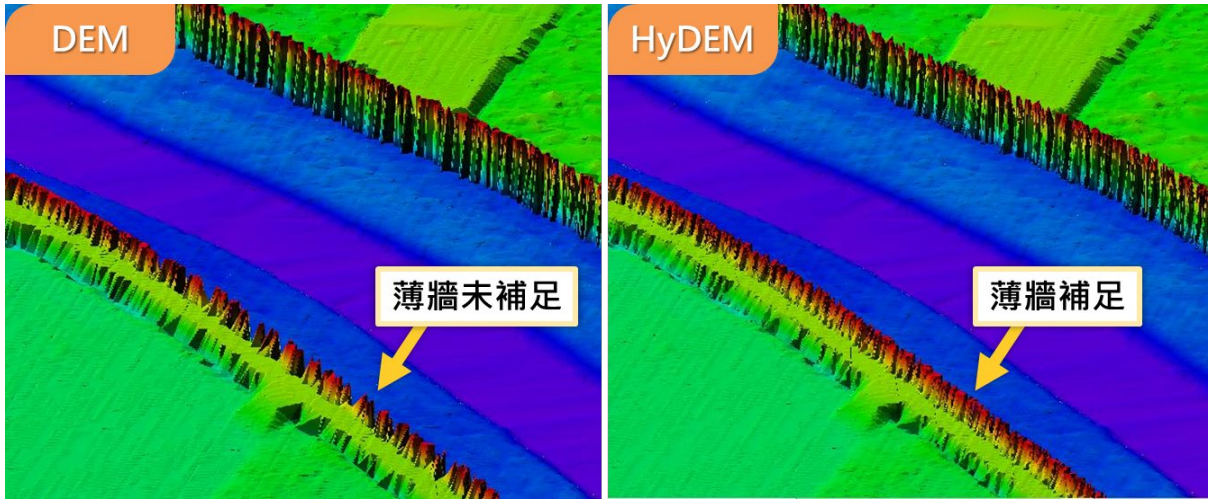


圖 5.2 阻水人工構造物補足 (圖幅號：94193080)

第 2 作業區 112 年度共產製 139 幅 HyDEM(圖 5.3)，大多為平原地區(圖 5.4)，丘陵區包含大肚山與部分台灣西部麓山，其自然地形特徵較多且複雜(圖 5.5)。

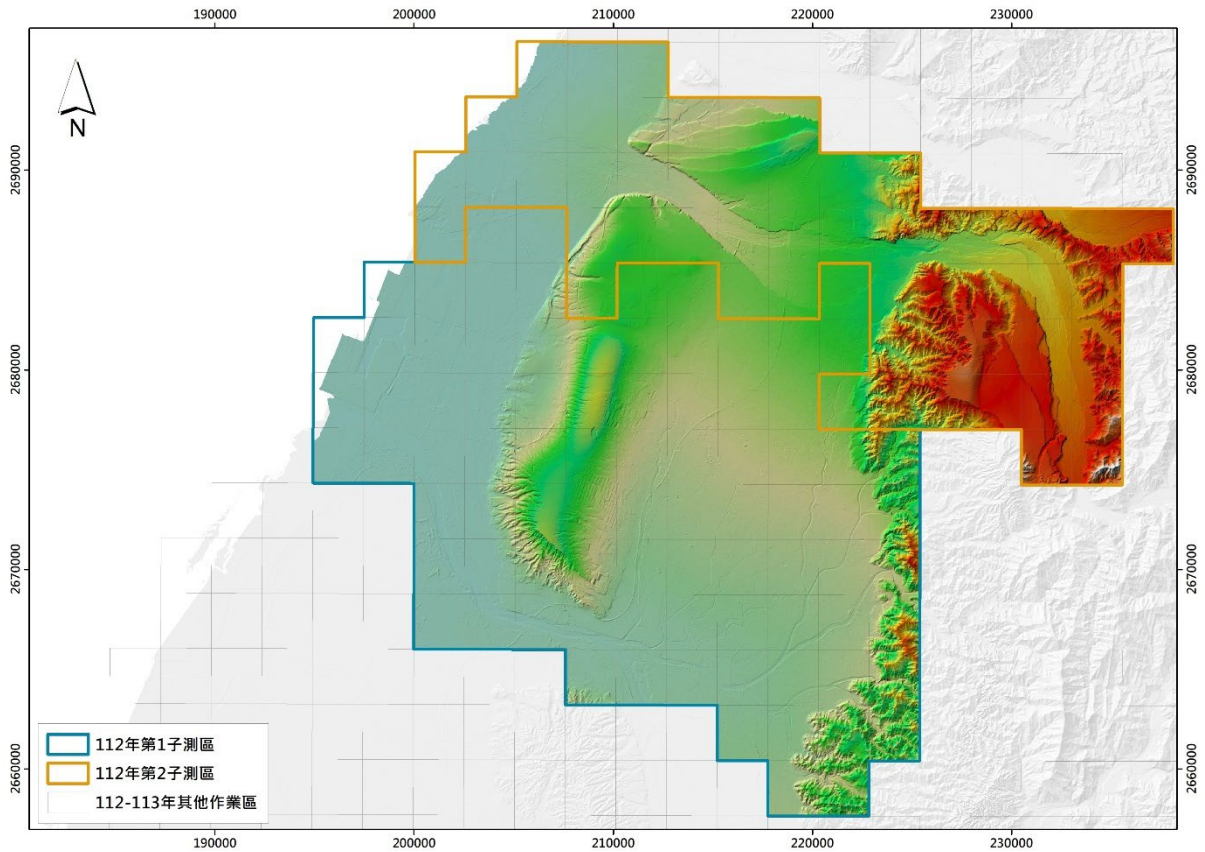


圖 5.3 本案 HyDEM 網格成果

HyDEM 檔頭資料包含 23 列資訊，以一幅為單位並利用新產製之 HyDEM 進行資訊計算，其中生產方式代碼、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)等欄位須與原始資料之檔頭內容相同。本團隊已利用自行研發程式進行檔頭資料編寫作業，批次置換保留指定欄位資訊，以符合成果需求(如圖 5.6 所示)。

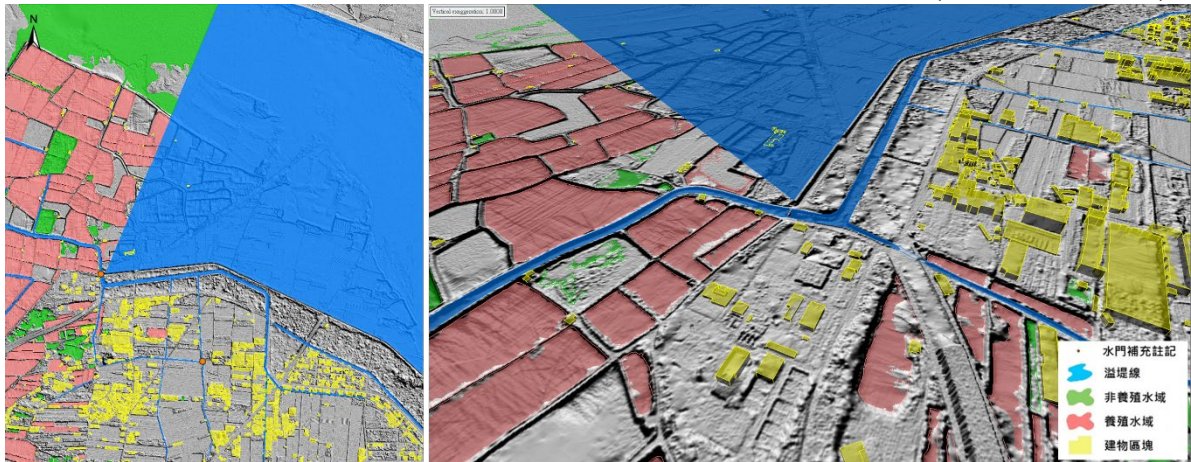


圖 5.4 平原區 HyDEM 及三維水利圖徵成果 (圖幅號：94212030)

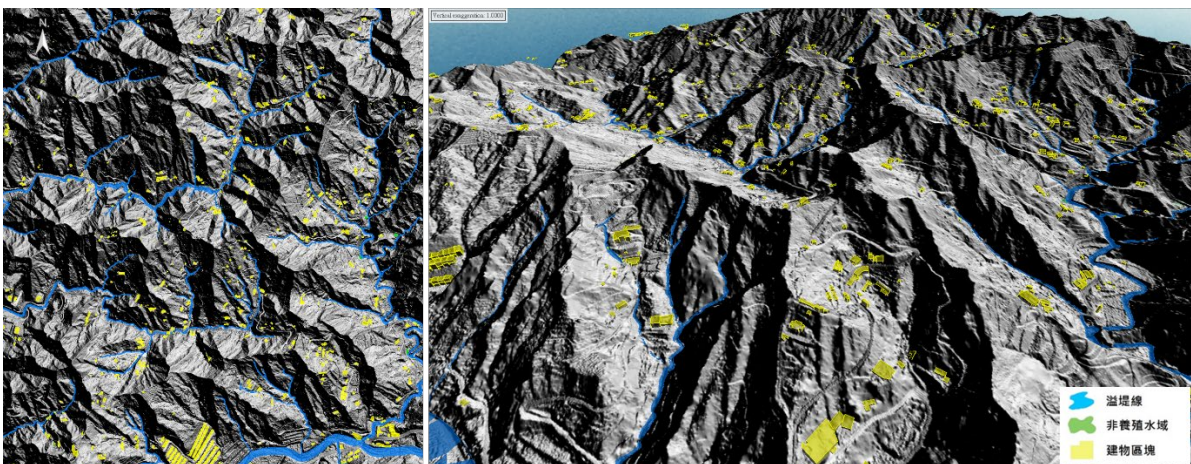


圖 5.5 丘陵區 HyDEM 及三維水利圖徵成果 (圖幅號：95213020)

檔名	圖幅名稱	基礎號碼	平面座標基準	高程座標基準	比例尺等級	圖面比例尺	圖次坐標格	總網格點數	行數	列數	圖幅西南角E坐標	圖幅西南角N
DEMg94181024_g14	深坑村	94181024	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7271396	2596	2801	181580	253
DEMg94181025_g14	樹林子	94181025	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7271396	2596	2801	184145	253
DEMg94181026_g14	大坪	94181026	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7271396	2596	2801	186710	253
DEMg94181027_g14	苦苓湖	94181027	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7271396	2596	2801	189275	253
DEMg94181028_g14	石壠	94181028	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7257391	2591	2801	191840	253
DEMg94181029_g14	內門	94181029	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7271396	2596	2801	194400	253
DEMg94181032_g14	林子邊	94181032	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7284376	2596	2806	176440	253
DEMg94181033_g14	沙溝橋	94181033	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7271396	2596	2801	179005	253
DEMg94181034_g14	龜岡	94181034	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7271396	2596	2801	181570	253
DEMg94181035_g14	羅埔坪	94181035	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7258416	2596	2796	184135	253
DEMg94181036_g14	上寮山	94181036	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7285401	2601	2801	186695	253
DEMg94181037_g14	樓子壠	94181037	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7285401	2601	2801	189260	253
DEMg94181038_g14	網寮寮	94181038	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7258416	2596	2796	191825	253
DEMg94181039_g14	迴邊	94181039	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7258416	2596	2796	194390	253
DEMg94181041	鑿岩	94181041	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7285401	2601	2801	173860	253
DEMg94181042_g14	中坑	94181042	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7285401	2601	2801	176425	253
DEMg94181043_g14	河羅	94181043	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7285401	2601	2801	178990	253
DEMg94181044_g14	岡山頭	94181044	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7285401	2601	2801	181555	253
DEMg94181045_g14	樂邊	94181045	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7271396	2596	2801	184120	253
DEMg94181046_g14	石亭	94181046	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7271396	2596	2801	186685	253
DEMg94181047_g14	鹿埔村	94181047	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7258416	2596	2796	189250	253
DEMg94181048_g14	內寮村	94181048	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7258416	2596	2796	191815	253
DEMg94181051	鑿岩	94181051	TWD97(2010)	TWVD2001	5000	1	1	7285401	2601	2801	173845	253

圖 5.6 HyDEM 成果檔頭資料修正工具示意圖

第六章 河川斷面與水利數值地形模型整合

依據水利數值地形資料測製及檢核技術指引(草案)中 HyDEM 網格資料與河川斷面成果整合基本作業要點辦理，工作內容包含斷面測量成果展繪、判讀斷面與空載光達地形吻合、斷面內插進行底床建模，接續進行水域整合，最後對整合後模型進行編修保留合理地形、水文樣態，例如支流交匯通透、高灘地形保持合理，流程圖如圖 6.1 說明。

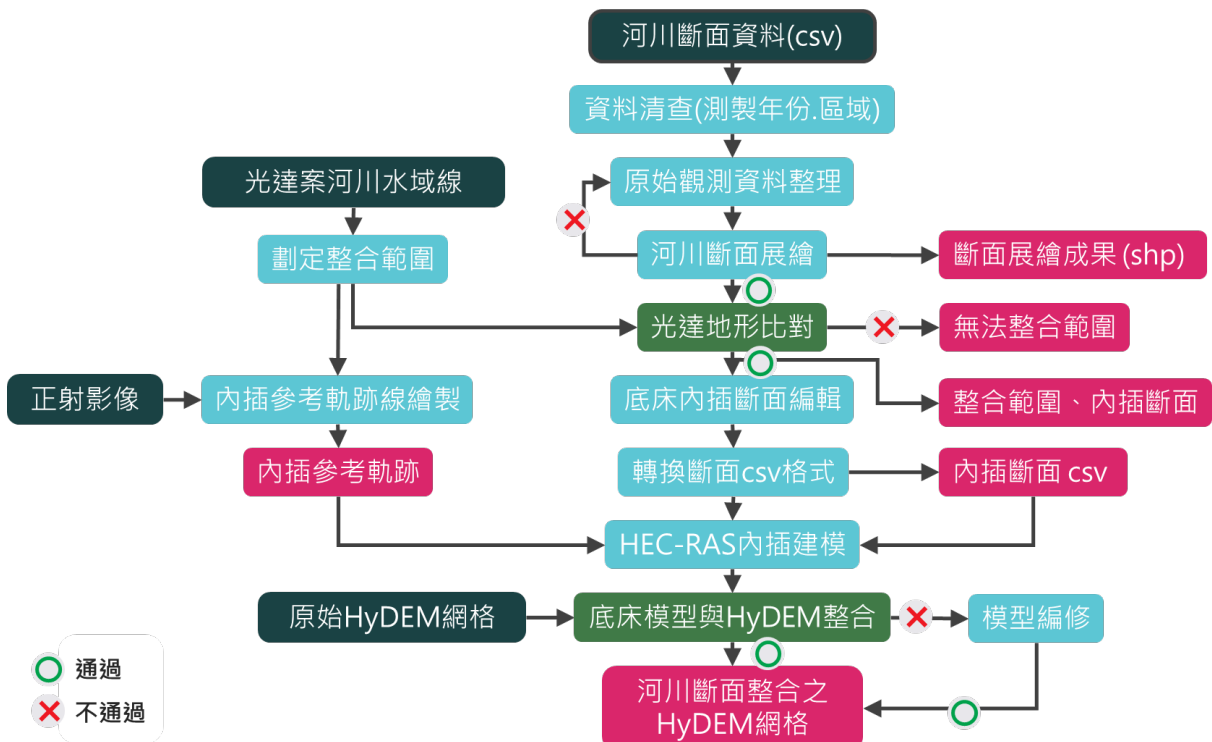


圖 6.1 河川斷面與 HyDEM 整合流程

本年度第 2 作業區負責整合烏溪之下游河川斷面資料，其整合長度及圖幅數量如表 6.1。

表 6.1 第 2 作業區河川斷面與水利數值地形模型整合流域列表

流域	本案河川 編號	HyDEM 製作年度	長度 (中央管河川區域中心線)	整合軌跡長度	最終整合 1/5000 圖幅數
烏溪	R-19	112	16 km	16.478 km	10

6.1 斷面觀測資料展繪

河川斷面資料為沿河川水道斷面樁位之橫斷面測量成果，資料內容主

要包含水道兩岸左右樁位坐標、各斷面上特徵點位之累距及高程值，藉由兩岸之左樁至右樁依序高程值描述河川地形(圖 6.2)。為後續比對光達地形以及整合工作，需先將斷面資料展繪至實際地理空間位置，斷面節點(地形特徵點)坐標展繪公式如下所示：

$$X_n = X_L + \cos\left(\tan^{-1}\left(\frac{Y_R - Y_L}{X_R - X_L}\right)\right) \times DX_n$$

$$Y_n = Y_L + \sin\left(\tan^{-1}\left(\frac{Y_R - Y_L}{X_R - X_L}\right)\right) \times DX_n$$

依上述公式，展繪後之節點三維坐標即為 (X_n, Y_n, H_n) ， X_n 為待展繪斷面節點 X 坐標； Y_n 為待展繪斷面節點 Y 坐標； DX_n 為待展繪斷面節點原始累距觀測量； H_n 為待展繪斷面節點原始高程觀測量； X_L 、 Y_L 、 X_R 、 Y_R 分別為該斷面參考左右樁之 X 及 Y 坐標值。以此方法將所有原始觀測量逐一進行展繪至實際地理空間位置，並分斷面儲存成 shapefile 3D 線圖徵格式。(內政部國土測繪中心，2021b)

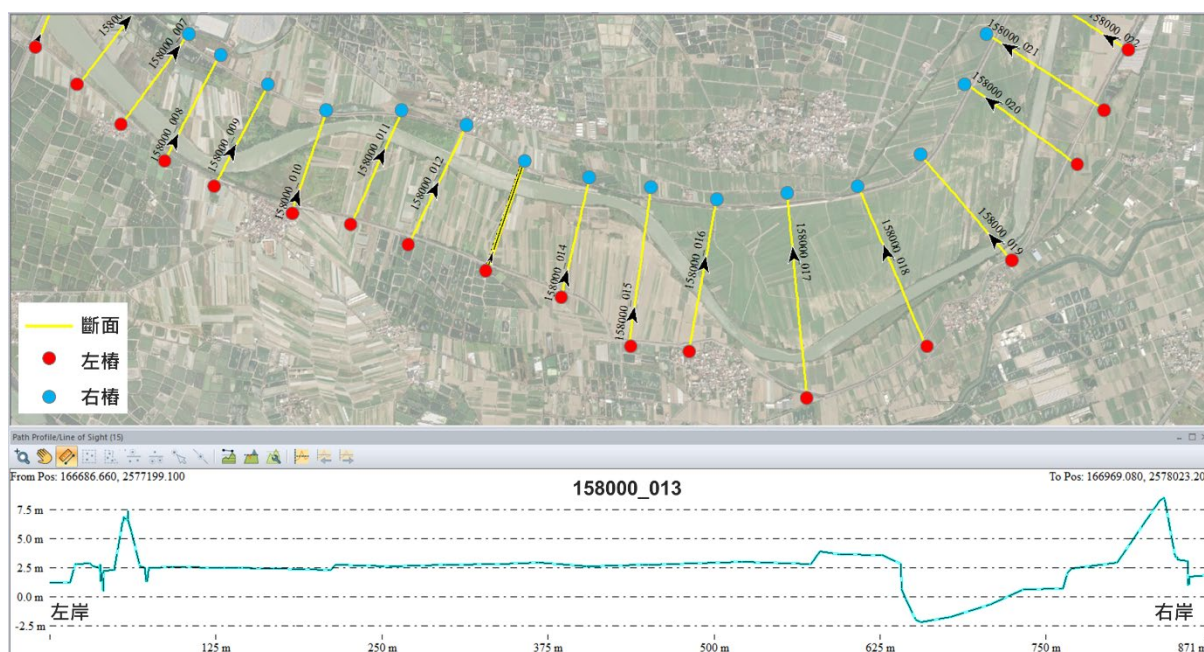
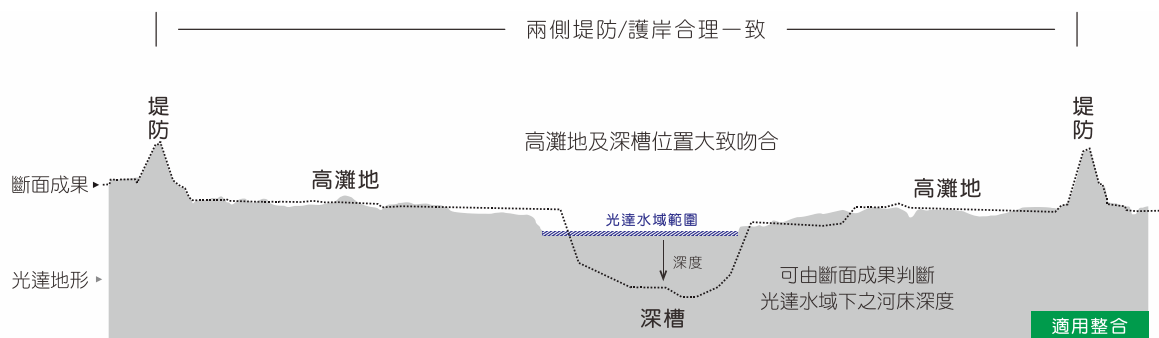


圖 6.2 左右樁與河川斷面展繪(以八掌溪為例)

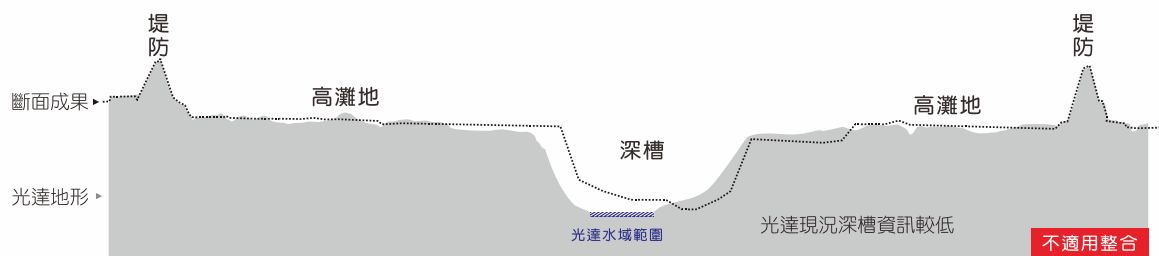
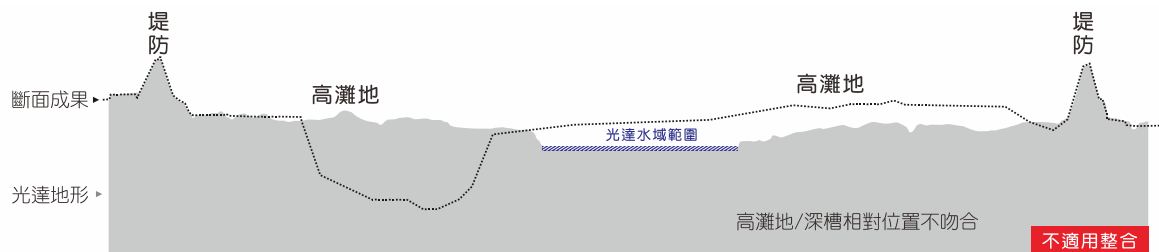
展繪後可對照光達點雲剖面排除常見錯誤，例如觀測資料數值異常(明顯誤繕)、左右樁記錄相反、斷面高程值數值左右樁排序相反、累距記錄值起點非為零(起點非為左樁)等，需修正斷面觀測資料再重新展繪。

6.2 斷面測量成果與空載光達地形比對

為滿足水利端使用需求，藉由河川斷面整合補足原始空載光達地形水道內之河床深槽深度資訊。然而因河川斷面與光達地形測製時間不同，因此需針對每個斷面測量成果，對比空載光達地形，判定兩者是否合理一致適用整合。即兩岸高度、位置一致，高灘地形與深槽相對位置吻合，及斷面深槽深度低於空載光達現況水面之條件時，則視為兩者資料可進行整合。河川斷面與光達地形剖面比對後，適用與不適用樣態如下圖 6.3 所示，比對成果以圖面呈現(圖 6.4)。所有斷面比對數量如表 6.2，成果詳見附件四。



(a)適用整合樣態示意



(b)不適用整合樣態

圖 6.3 河川斷面與光達地形剖面比對整合樣態(內政部，2021)

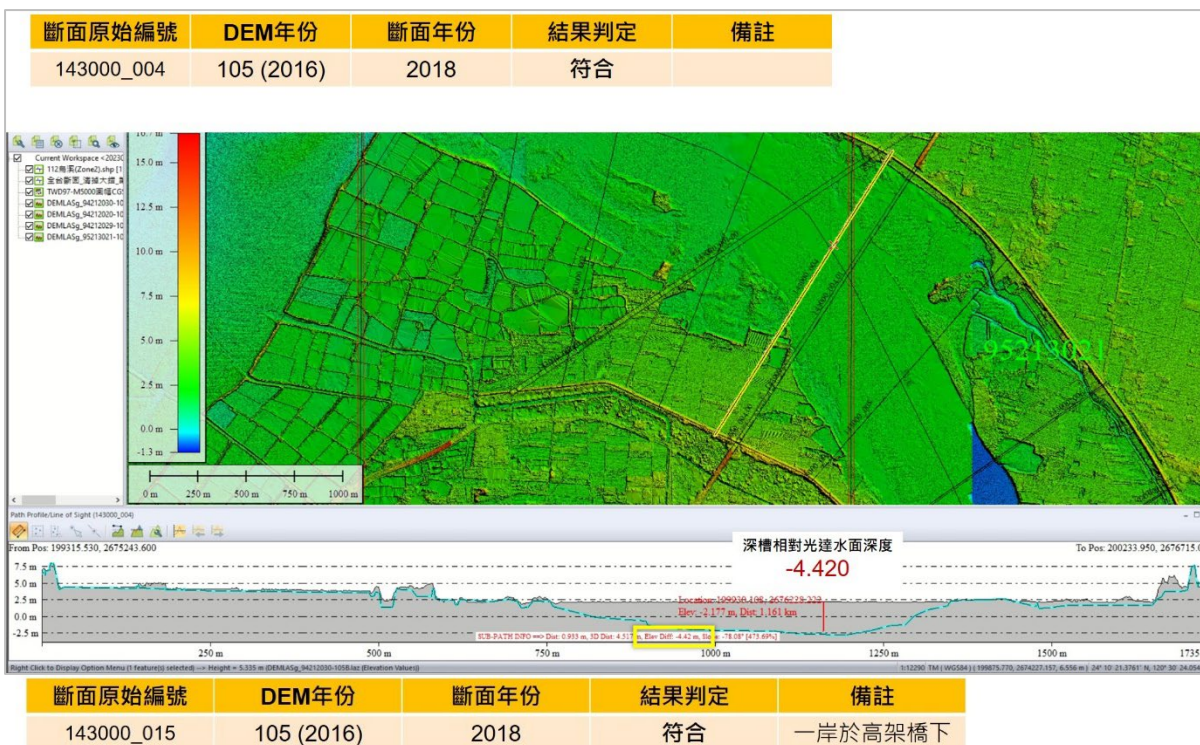


圖 6.4 断面比對一致 (烏溪 004、015 断面)

表 6.2 第 2 作業區断面整合數量

流域	本案河川編號	原始断面數	內插用断面數	無法整合断面數
烏溪	R-19	39	35	0

經逐斷面對比空載地形後參考光達水域劃設適合之整合範圍，利用空載光達案之水道水域線成果，將水道內之橋梁兩側連貫繪製，保留現況行水範圍並使上下游合理通透連續(圖 6.5)。整合範圍內原則以後續河川断面

測量內插之底床模型為主，整合範圍外則保留原始空載光達定義之 HyDEM 地形(如圖 6.6)，最終成果依據表 6.3 說明繳交。

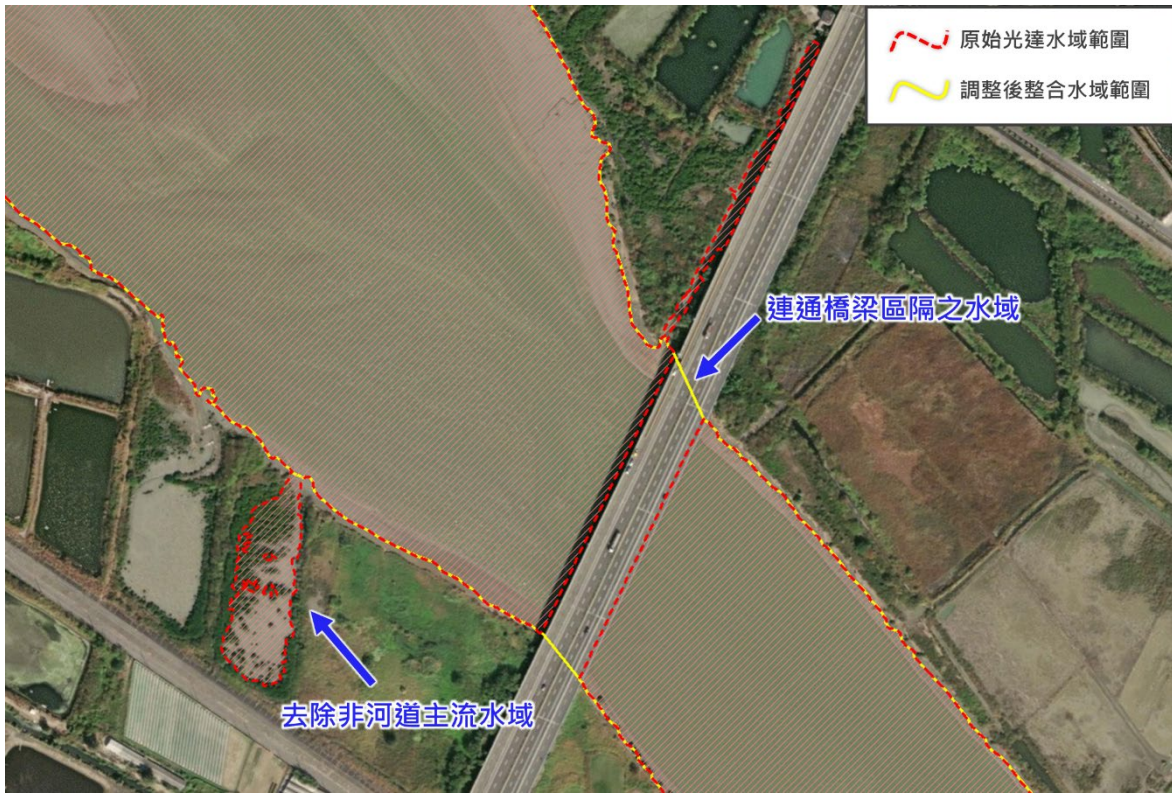


圖 6.5 整合水域範圍調整示意圖

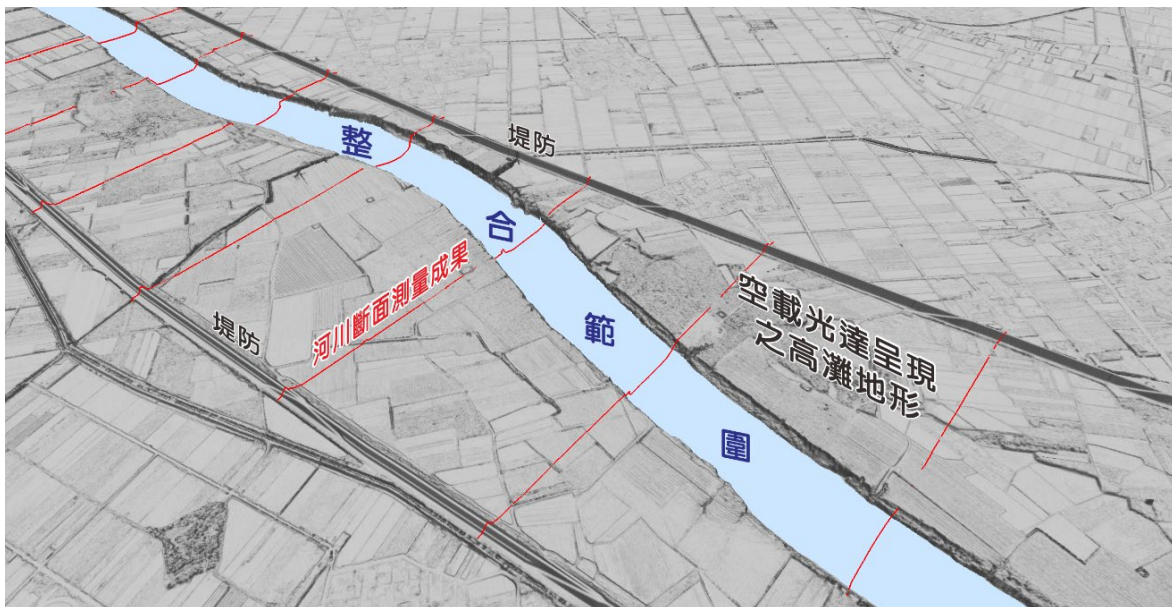


圖 6.6 HyDEM 與河川斷面測量成果之整合範圍示意圖(內政部，2021)

表 6.3 HyDEM 與河川斷面整合資料繳交格式

成果項目	資料格式	內容說明
斷面比對	jpg 圖片	逐斷面剖面紀錄斷面與光達地形之關係，量測深層相對水面深度高差，並判斷是否符合整合條件，各剖面以截圖記錄比對成果，檔名以流水號編製：R-OO(河川編號)_OOO(斷面流水號)_xsOOOOOO_000(斷面原始編號).jpg
整合範圍	2D shp	原則上單一流域(河川)定義一個整合範圍，經查驗單位確認後，依 1/5,000 圖幅分幅儲存，檔名以圖幅號命名為：HyDEMg 圖號-xs-rang.shp
原始斷面成果	3D shp	經機關取得之原始斷面資料展繪成果，以三維線圖徵 shapefile 格式儲存，斷面及節點紀錄排序依規定辦理，斷面展繪成果分流域(河川)儲存紀錄，如 OO 溪-原始斷面.shp。屬性內容應至少包含： 1. 斷面編號(RVSEC_NO)：與原始斷面所紀錄之斷面編號一致。 2. 斷面測製年度(OBS_YY)：至少記錄 4 位西元年，依資料取得之資訊詳細程度，可額外紀錄製月、日。 3. 資料來源(SOURCE)：資料提供單位或資料來源。 4. 是否使用於整合(USE)：使用填 Y；不使用填 N。
實際使用於底床內插之斷面	3D shp	配合水道內水域線(深槽)寬度所裁切取出之斷面資料，及實際使用於底床內插之斷面，斷面及節點紀錄排序依規定辦理分流域(河川)儲存紀錄，如 OO 溪-內插用斷面.shp。
內插參考軌跡(沿水域彎曲)	2D shp	底床內插作業所使用之參考軌跡，以線圖徵分流域(河川)儲存紀錄，如：OO 溪-內插參考軌跡.shp。
無法整合範圍	2D shp	如取得之河川斷面測量成果無法展繪、資料錯誤或展繪後與光達地形明顯不一致，此時須提出無法整合之斷面位置、範圍及原因說明，經機關或檢查單位查證，確定無其他替代資料或解決方法後，則該區域不予整合，無法整合之範圍以 shapefile 面圖徵儲存紀錄之。

6.3 河川斷面內插(底床建模)

河川斷面內插與一般地面點雲內插概念不同，需考量水利模擬需求及斷面取樣間距等等限制，採美國陸軍工程兵團(United States Army Corps of Engineers, USACE)開發之免費軟體 HEC-RAS(圖 6.7)，使用斷面 csv 作為幾何資料，以軌跡線約制地形趨勢進行底床建模，其以線性方式沿水道方向進行內插，輸入資料包含內插參考軌跡及斷面兩項資料。

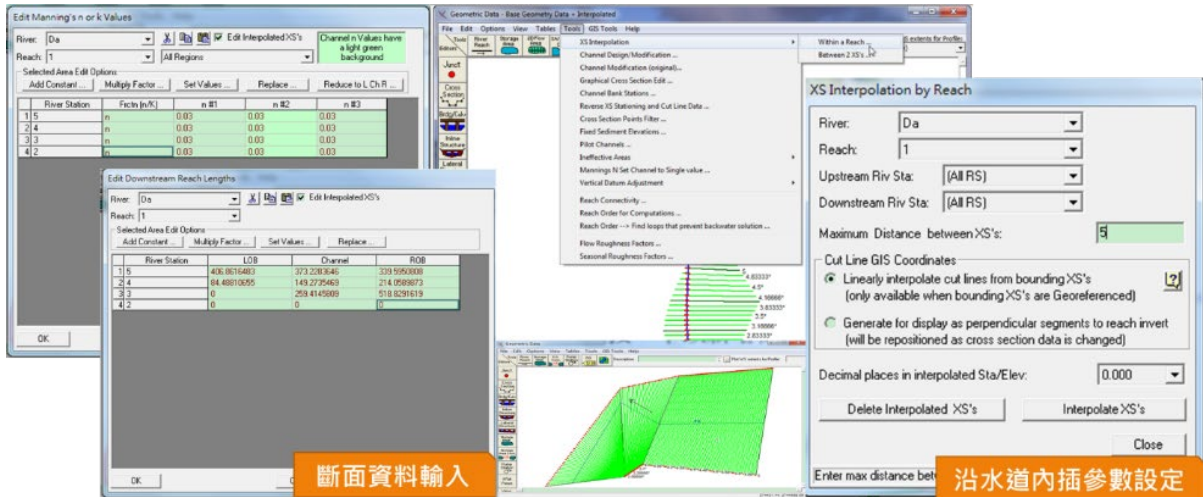


圖 6.7 HEC-RAS 軟體操作畫面

內插參考軌跡需以人工方式進行數化，參考水域中心線與断面深槽連線進行軌跡調整，產製沿河道蜿蜒二維線圖徵(圖 6.8、圖 6.9、圖 6.10)。断面資料也需利用光達水域線外擴範圍進行裁切，使底床模型隨水域寬度平順內插，並完整涵蓋待整合範圍(圖 6.11)。

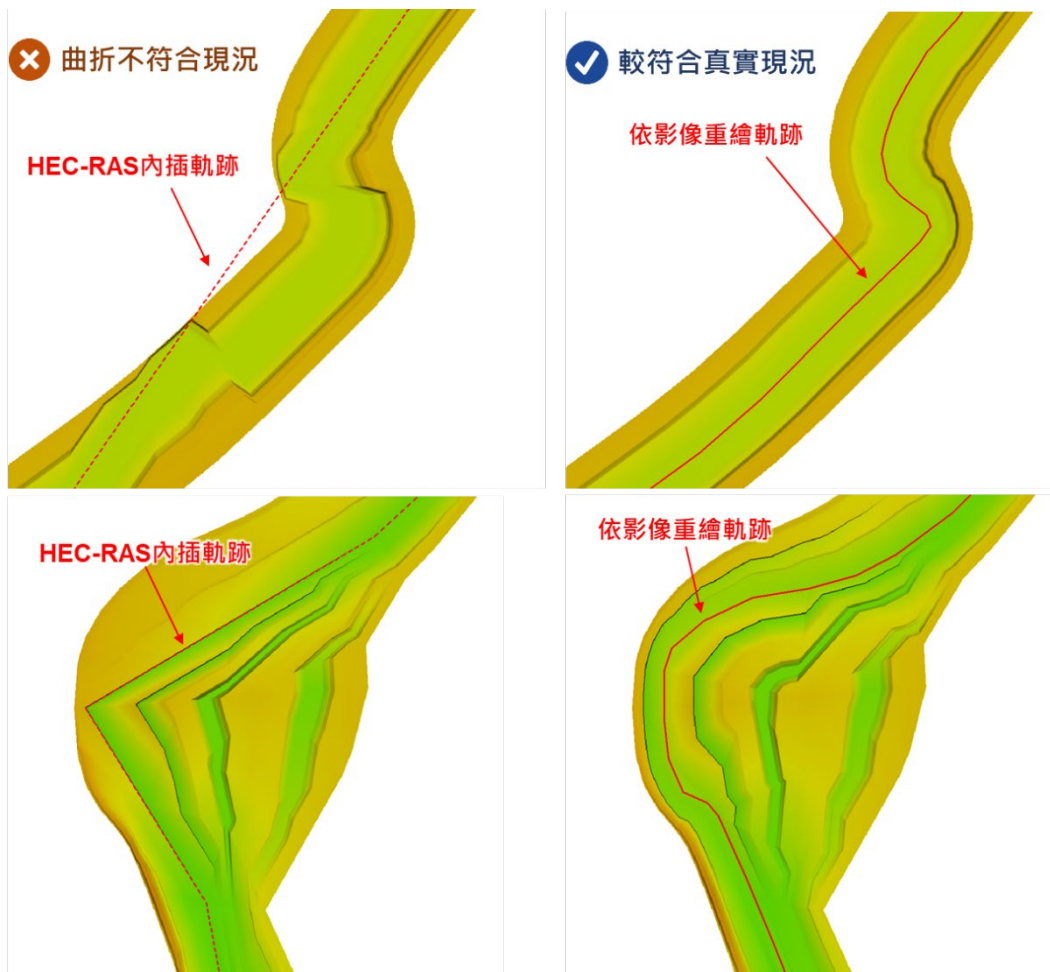


圖 6.8 內插參考軌跡影響底床模型建立示意圖

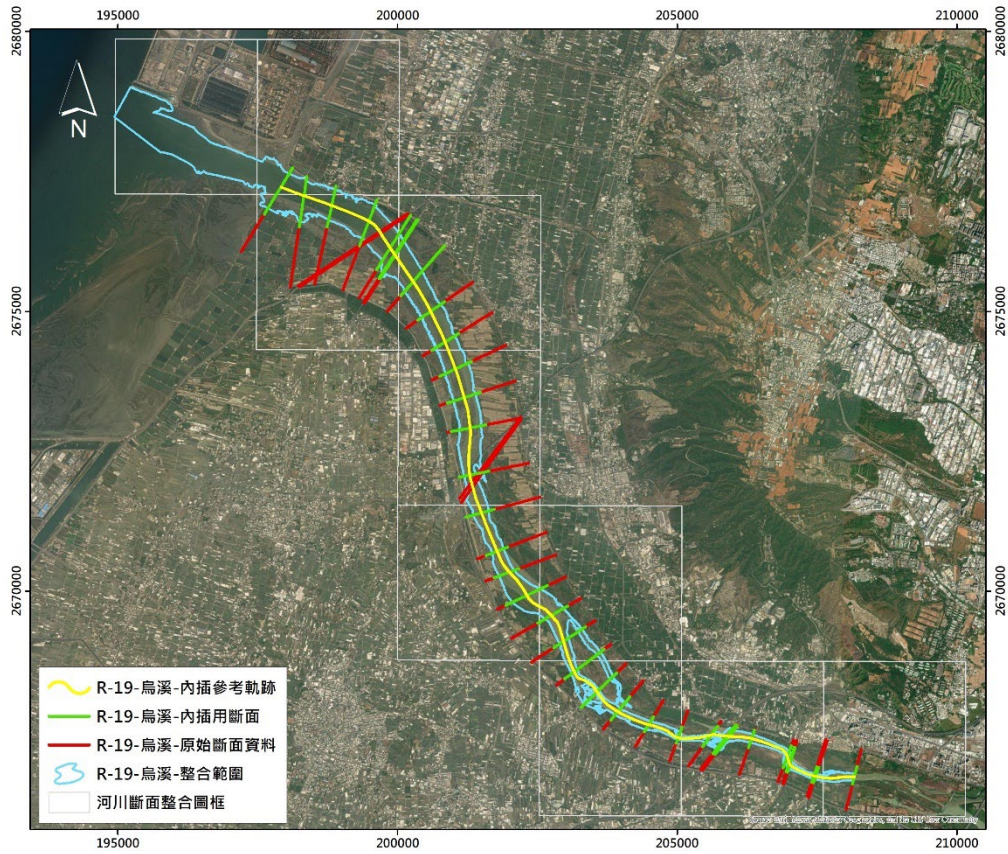


圖 6.9 整合範圍、原始斷面、實際使用斷面與內插軌跡分布關係圖

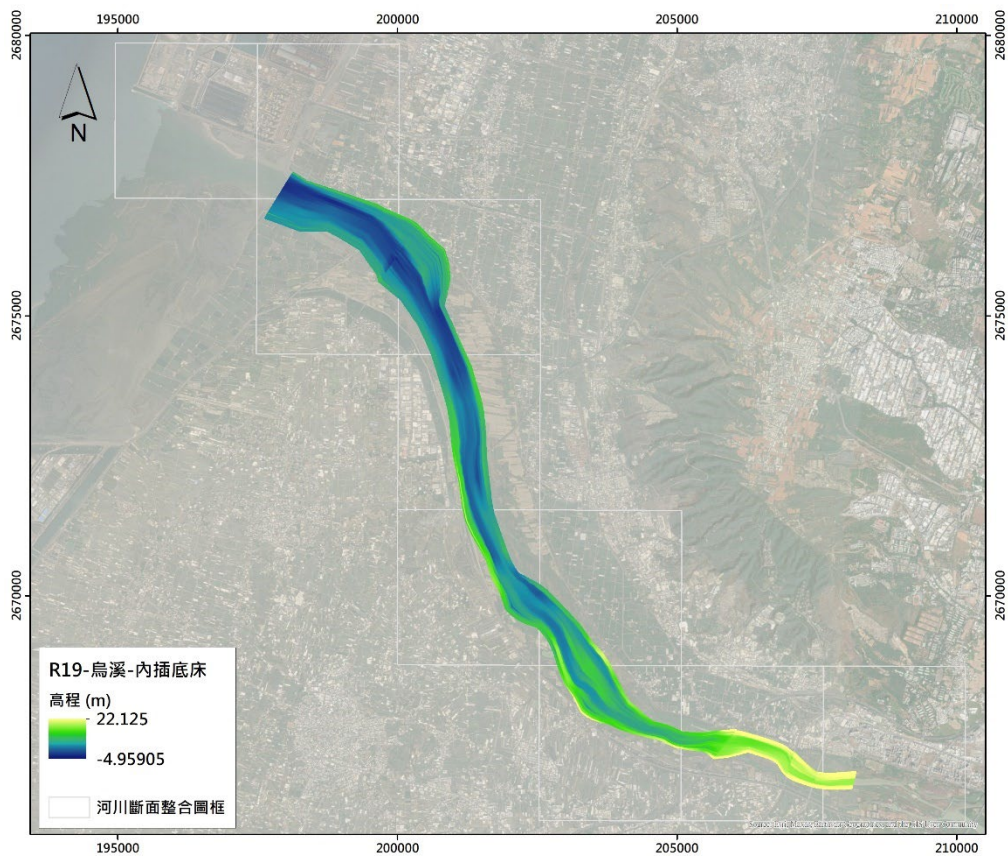


圖 6.10 河川底床內插成果

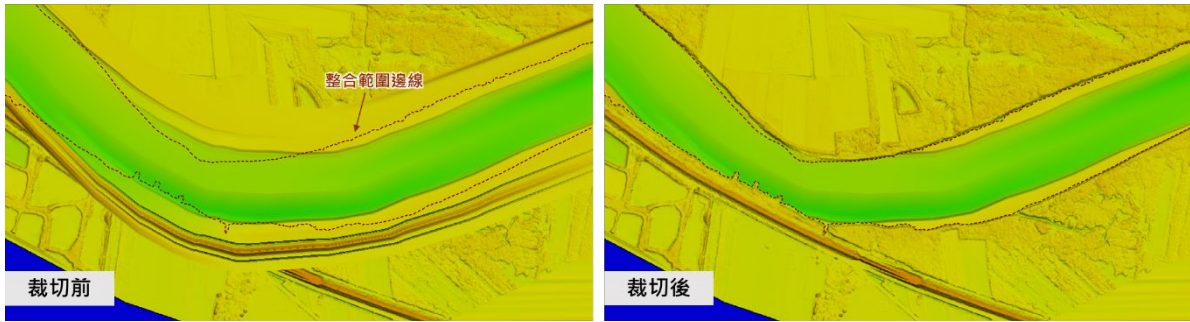


圖 6.11 底床模型依整合範圍裁切

6.4 底床地形模型與 HyDEM 網格模型之整合

最後進行底床模型與 HyDEM 融合及鑲嵌，使整合後地形保留高灘細緻地形同時保持合理之水文樣態。藉由上述作業方法並參考光達水域劃設適合之整合範圍已確實保留水道寬度資訊，採用原 HyDEM 保留高灘細緻地形，以適合之底床內插軌跡保留深槽底床資訊。但實際融合後，仍須逐剖面檢視確認鑲嵌成果符合水文樣態及確實保留各斷面連續高程資訊。例如高灘地上主支流應保持通透合理匯入主流，河川斷面與空載光達時間差造成之水道位置變化應合理，若支流有堵塞或整合後模型過度突兀需進行模型編修(圖 6.12)。另外防溝渠兩側防洪薄牆應呈現合理高度，若有不符應使用該渠道之溢堤線成果，重新補強 HyDEM 地形。

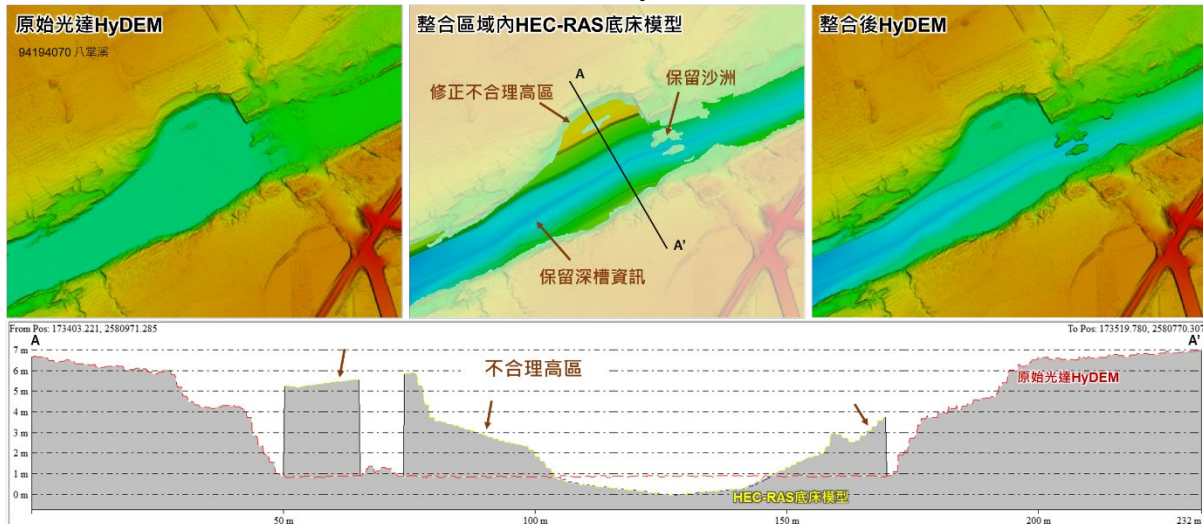


圖 6.12 原始 HyDEM 及底床模型整合

在出海口斷面位置上，可能因原先所繪製之海陸線位置已變更為外海，導致斷面至海陸線間無深槽資料而模型地形不合理高起，此時需調整海陸線位置並重新依海陸線裁切海域網格(圖 6.13)。

整合後最終為 1 公尺間距之 HyDEM 網格成果，整合後圖幅成果檔名加註-xs，如 HyDEMg94191052-xs，繳交時同時保留整合及未整合 2 種版本

網格。本年度河川断面整合成果如圖 6.14。

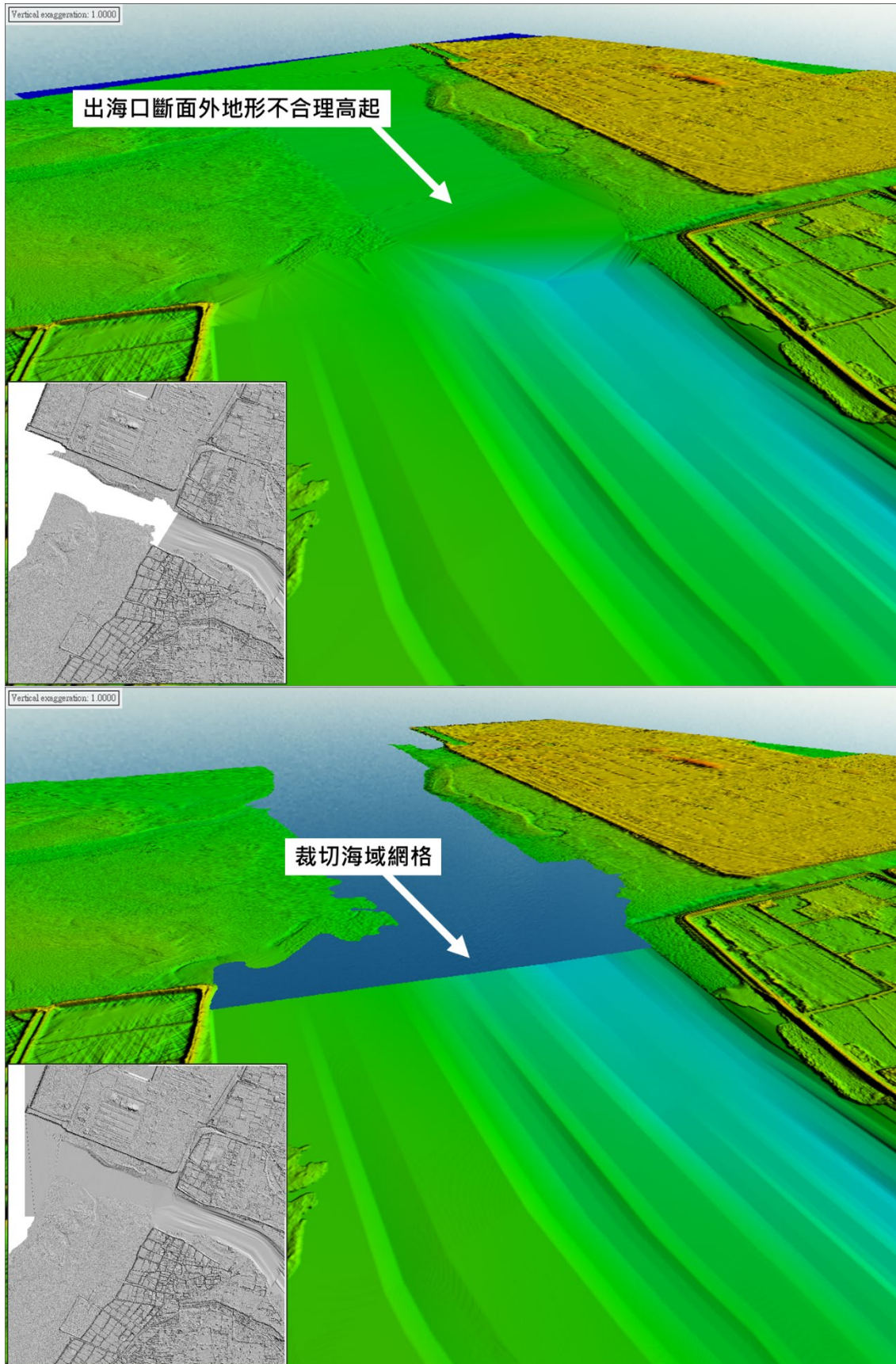


圖 6.13 断面整合後調整海域網格範圍(烏溪)

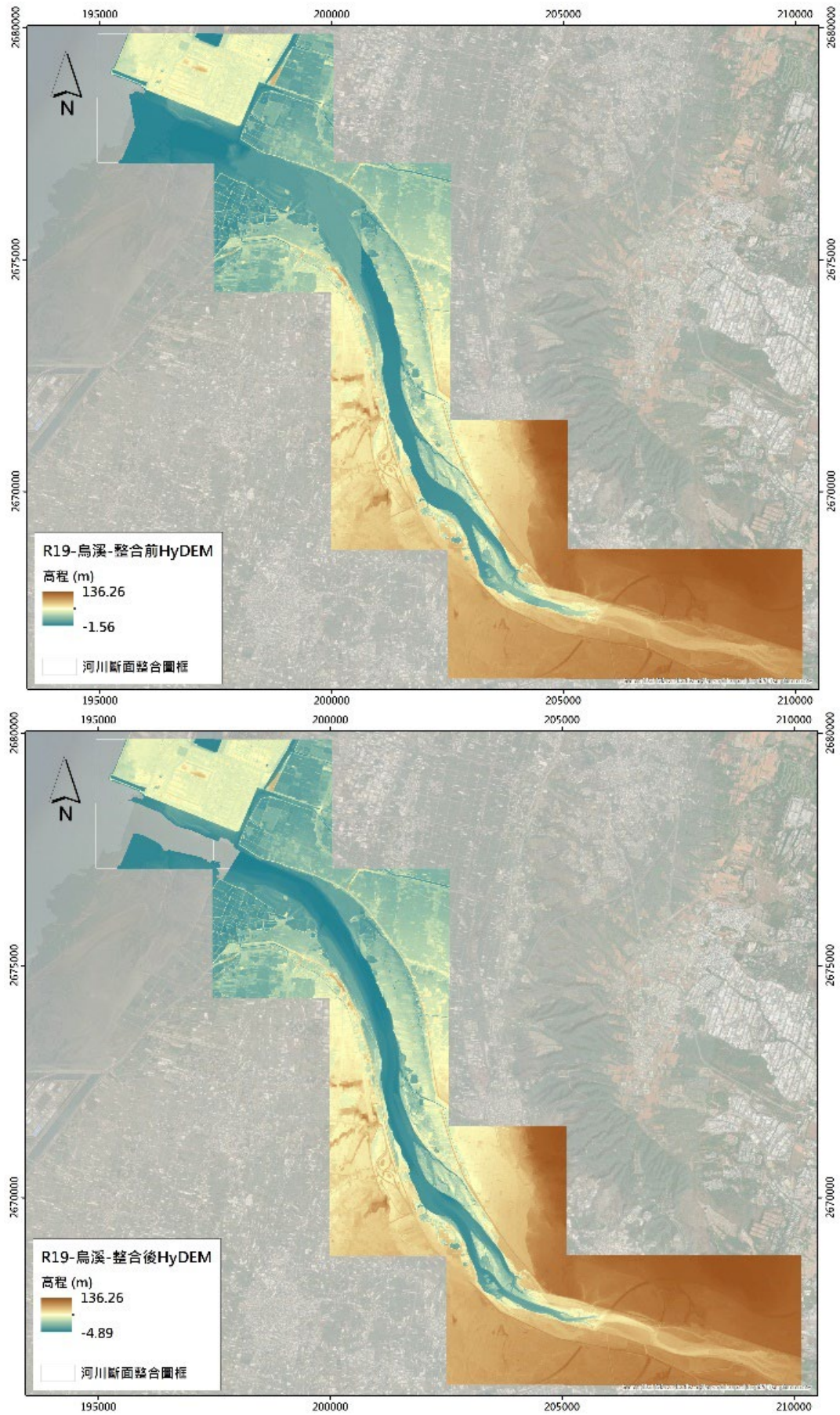


圖 6.14 烏溪下游底床地形模型與 HyDEM 網格模型之整合前後比對

第七章 下水道資料與 HyDEM 資料整合

淹水模擬為 HyDEM 後續重要應用之一，為使淹水數值模型更加符合現地狀況及反映淹水趨勢，需進行下水道基礎資料與 HyDEM 間整合，即兩筆資料間空間對位與高程銜接，使淹水模擬可正常演算(經濟部水利署水利規劃試驗所，2019)。以下水道人孔與 HyDEM 不符為例，地面人孔高程若高於 DEM 則由下水道溢淹之水將無法順利形成地表漫地流，反之若地面人孔高程過低，則降雨無法由該人孔匯流進下水道系統，皆無法模擬淹水情形。

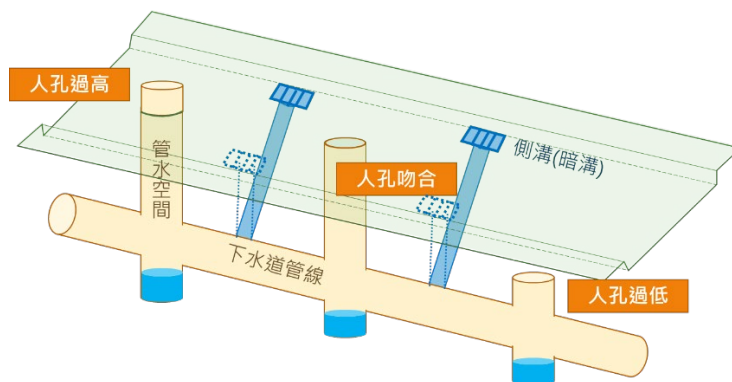


圖 7.1 下水道圖資需進行高程銜接示意圖

藉由既有之空載光達測製案點雲資料再製後的水利數值地形資料，針對人孔進行高程整合，作業流程如圖 7.2 所示。作業步驟主要分為三大重點：下水道數值資料清查、計算孔頂與 HyDEM 高程差值、紀錄高程差值與不一致補充說明，以下分為各點說明：

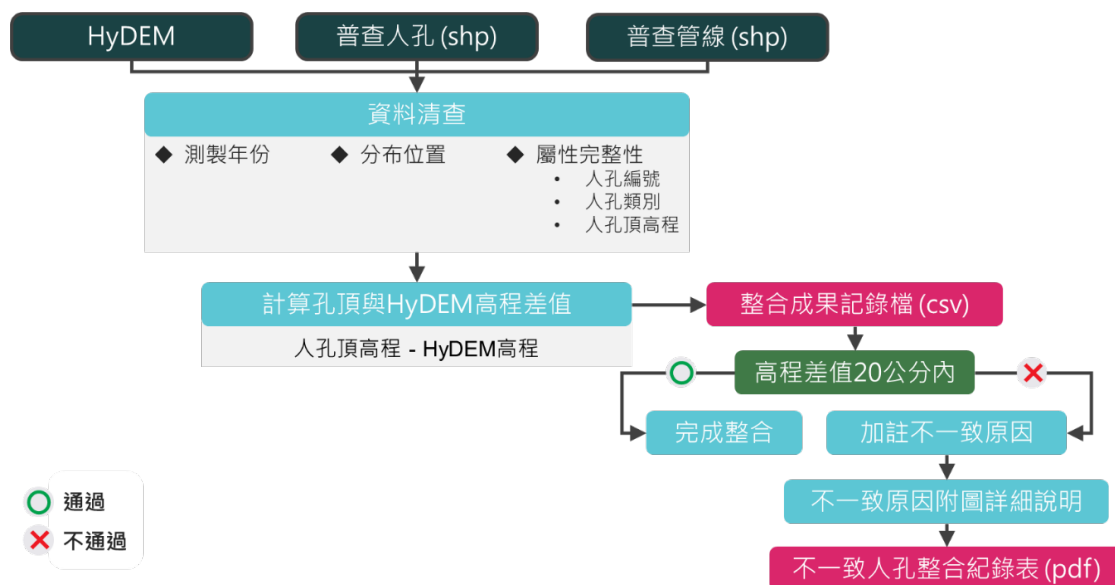


圖 7.2 下水道整合 HyDEM 流程圖

7.1 下水道數值資料清查

本年度第 2 作業區取得兩種人孔資料，分別為普查人孔 112-2(17777).shp 及台中雨水人孔 112-2(12186).shp，共計 29,963 筆，涵蓋南投縣、桃園市、雲林縣、嘉義市、嘉義縣、彰化縣、臺中市等部分地區。其中原提供台中雨水人孔為 9,967 筆，但其中有千餘筆高程數值為 0，爾後重新取得台中市政府提供的雨水人孔資料(12186 筆)，經第 2 次工作會議決議選用涵蓋較完整且資料較新、較正確之版本進行後續整合，故本案台中雨水人孔最終數量為 12186 筆。

在整合所需資料中，普查人孔所需屬性為：MH_NUM(人孔編號)、H_CLASS(人孔類別)及 MH_TLE(人孔頂高程)；台中雨水人孔資料中以「人手孔編號」欄位作為人孔編號、「孔蓋種類」作為人孔類別依據、「地盤高」作為人孔頂高程。

人孔資料分為三種類型：正常人孔(台中雨水孔蓋種類 0)、覆蓋人孔與虛人孔(台中雨水孔蓋種類 4)，而僅有正常人孔有透水功用，主要針對正常人孔進行整合調整比對。

7.2 計算孔頂與 HyDEM 高程差值

在整合作業中，目標以符合 HyDEM 高程為準則，須先比對孔頂與 HyDEM 高程差值，以人孔頂高程減去 HyDEM 高程，並考量光達資料高程容許誤差，訂定 20 公分為容許差值。

由於今年各作業區取得資料有部分疑義，經今年度工作會議決議於 csv 成果中新增整合作業備註欄位紀錄之。經初步比對後，發現本年度取得之台中雨水人孔資料數值中，3864 筆人孔頂高程與 HyDEM 高程差值為 100 公尺上下，判斷需將該數值乘以 100 修正之再進行後續一致性比對作業，有修正高程之資料皆有註記於 csv 成果檔案中。

7.3 紀錄高程差值與不一致補充說明

計算人孔與 HyDEM 差值後，以各別 csv 格式紀錄整合結果，各項欄位說明如圖 7.3 及表 7.1，其中 HY_DEC 整合作業備註欄位為經今年度工作會議決議新增之。

三種人孔應紀錄之項目略有區別，如表 7.2，整合作業目標主要在於統整正常人孔之高程值，但原始資料中部份虛人孔與覆蓋人孔亦具有人孔頂高程值，此時需一併比較人孔位置之 HyDEM 高程值並紀錄之，但不須紀

錄差值及一致性等其他欄位。而資料中有數筆人孔資料高程數值為 0，比對該點 HyDEM 後判定屬於原始資料不合理，則不進行一致性判定，同時註記於 csv 成果檔案中。

表 7.1 下水道與 HyDEM 整合的記錄檔欄位說明

欄位順序	欄位名稱(英)	欄位名稱(中)	欄位型態	內容說明	備註
1	MH_NUM	人孔編號	字串	依據人孔及管線資料編碼原則 來源：原始下水道資料(Shp檔)	既有資訊
2	MH_CLASS	人孔類別	文字	正常人孔、虛人口、覆蓋人孔	既有資訊
3	MH_TLE	人孔頂高程	數字 (整數 4 位； 小數位 2 位)	單位：公尺 來源：原始下水道資料(Shp 檔)	既有資訊
4	HY_MH_H	人孔 HyDEM 高程值	數字 (整數 4 位； 小數位 3 位)	人孔頂位置對應之 HyDEM 高程值 Height(高程值為正高；單位：公尺)	新增
5	HY_H_DIF	人孔頂高程與 HyDEM 高程差異值	數字 (整數 4 位； 小數位 3 位)	HDIF=Height difference(高程值為正高；單位：公尺) ^{*註1}	新增
6	HY_CONF	一致性	文字	CONF =Conformance 填寫一致，不一致(大於 20 公分)	新增
7	HY_R1	不一致原因	文字	R1=Reason1 填寫 A~F(大寫)不一致原因 詳見 ^{*註2} 說明	新增
8	HY_R2	不一致原因附圖 詳細說明	文字	R2=Reason2 附檔名稱 (Hy-人孔編號-附圖說明檔.pdf) 如：Hy-○○○○-附圖說明檔.pdf	新增
9	HY_DEC	整合作業備註	文字	備註說明整合欄位問題 如：人孔頂高程欄位數值不合理，不進行一致性判定	新增

*註 1：差異數值為人孔頂高程-HyDEM 高程(數值含正負號)。
 *註 2：不一致原因說明：A.地貌改變 B.原始人孔即備註施工 C.人孔位於光達掃瞄遮蔽處，如高架橋下、樹下等光達不可測製範圍等 D.光達地形表現不足 E.原始資料有疑問 F.其他。當 HY_CONF 欄位為”一致”時，則 HY_R1 及 HY_R2 欄位則留白(空值)。

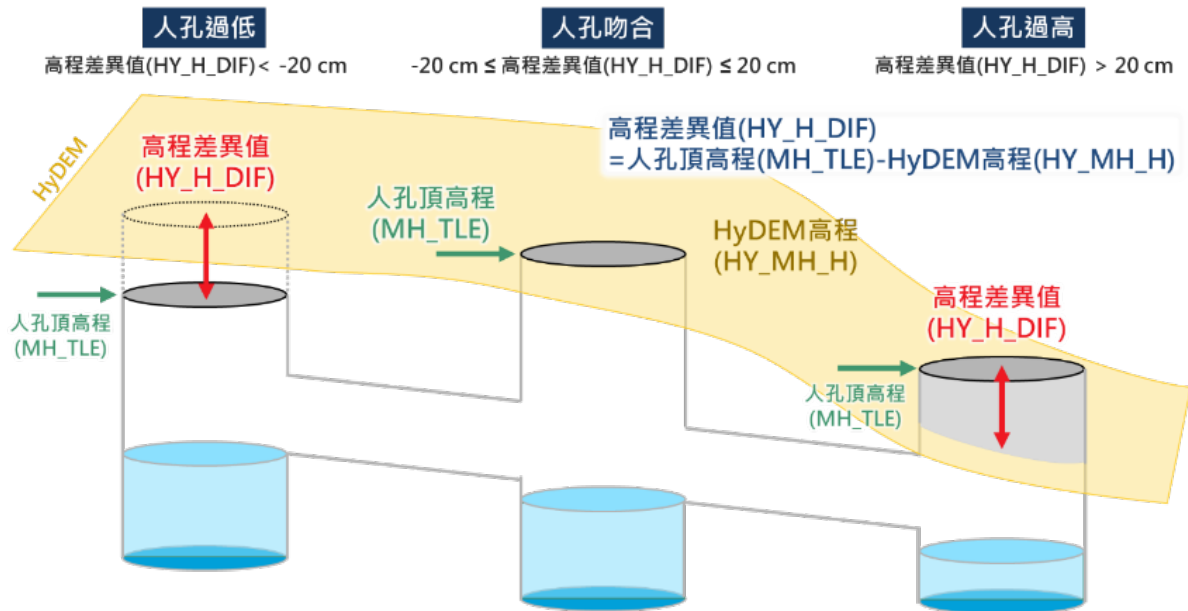


圖 7.3 屬性數值對應位置示意圖

表 7.2 正常人孔、虛人孔、覆蓋人孔應紀錄欄位項目對照表

欄位項目			正常人孔	虛人孔	覆蓋人孔
1	MH_NUM	人孔編號	○	○	○
2	MH_CLASS	人孔類別	○	○	○
3	MH_TLE	人孔頂高程	○	○*	○*
4	HY_MH_H	人孔 HyDEM 高程值	○	○	○
5	HY_H_DIF	人孔頂高程與 HyDEM 高程差異值	○	×	×
6	HY_CONF	一致性	○	×	×
7	HY_R1	不一致原因	△	×	×
8	HY_R2	不一致原因 附圖詳細說明	△	×	×
9	HY_DEC	整合作業備註	需要時填寫	需要時填寫	需要時填寫
○ 必填 ○*當原始資料有，必填			×不必填 △當差異大於 20 公分時，必填		

當人孔頂高程與 HyDEM 高程差值超過 20 公分之門檻值，需額外填寫下水道與 HyDEM 整合紀錄表(表 7.3)，於表格內容中詳述人孔編號、整合

年度、各資料測製年份、不一致原因類別、方圓 150 公尺之航照與光達模型及街景或現地照片(表 7.3)。常見之不一致原因為地貌改變、原始人孔即備註施工、人孔位於光達掃瞄遮蔽處、光達地形表現不足、原始資料有疑問、缺現況相片、現況無人孔、現況人孔類型改變、查無不一致原因，若有其他不一致原因可另外加以描述加註。

表 7.3 不一致人孔整合紀錄表

下水道與 HyDEM 整合紀錄表				下水道與 HyDEM 整合紀錄表			
人孔編號	47N13	整合年度	2023 年	人孔編號	0300-52	整合年度	2023 年
整合廠商	中興測量有限公司	人孔類別	正常人孔	整合廠商	中興測量有限公司	人孔類別	正常人孔
光達測製年份	2016 年	下水道資料年份	缺	光達測製年份	2017 年	下水道資料年份	2012/9/5
高程差異值	-25.1 (單位：公分)	高程一致性	<input type="checkbox"/> 一致 <input checked="" type="checkbox"/> 不一致	高程差異值	199 (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 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			不一致原因類別	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> G <input type="checkbox"/> H <input type="checkbox"/> I <input checked="" type="checkbox"/> X		
整合人員	呂明格	檢查人員	施乃慧	整合人員	呂明格	檢查人員	施乃慧
其他備註說明				其他備註說明	人孔位於河道裡面		
<small>※不一致原因類別：A.地貌改變 B.原始人孔即備註施工 C.人孔位於光達掃瞄遮蔽處 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>				<small>※不一致原因類別：A.地貌改變 B.原始人孔即備註施工 C.人孔位於光達掃瞄遮蔽處 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		航照		光達模型	
街景照/現地照片				街景照/現地照片			

112 年度第 2 作業區下水道與 HyDEM 資料整合成果統計如表 7.4 與圖 7.4，正常人孔中共有 2,660 筆不一致人孔，因其中人孔編號及坐標、高程數值相同者不重複製作不一致附圖，最後製作 2,602 個不一致附圖說明檔。另外共有 760 筆人孔頂高程數值不合理，故不進行一致性判定。

在不一致人孔統計中，兩份人孔檔案不一致原因最多為 I 類：查無不一致原因，E 類：原始資料有疑問則為最少。而台中雨水人孔資料有 57 筆因為人孔位於河道裡面被判定為其他類不一致原因(圖 7.5、表 7.5)。

表 7.4 第 2 作業區下水道與 HyDEM 資料整合成果統計表

人孔類別	一致性	普查人孔成果數量	台中雨水人孔成果數量
正常人孔	一致	7174	7781
	不一致	1125	1535
	不判定*	235	525
覆蓋人孔	-	3748	0
虛人孔	-	5495	2345
總人孔筆數		17777	12186
不一致佔比 (不一致筆數/總筆數)		6.33%	12.60%
不一致附圖說明數量**		1535	1067

*原人孔資料高程數值為 0，屬於原始資料不合理，不進行一致性判定

**若人孔編號及坐標、高程數值相同，不重複製作不一致附圖

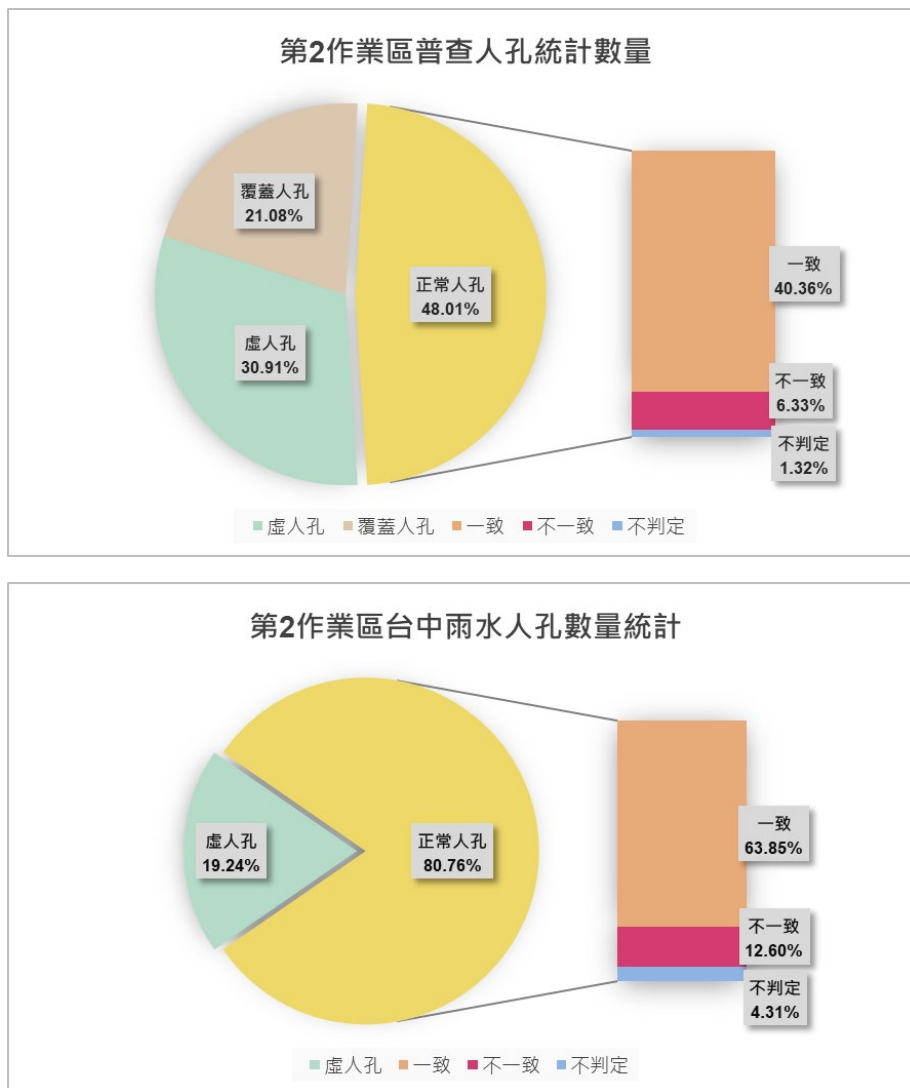


圖 7.4 第 2 作業區下水道與 HyDEM 資料整合成果統計圖

表 7.5 下水道與 HyDEM 資料整合不一致原因個數統計表

不一致代碼	不一致原因	第 2 作業區普查人孔	第 2 作業區雨水人孔
A	地貌改變	0	103
B	原始人孔即備註施工	15	0
C	人孔位於光達掃瞄遮蔽處	92	49
D	光達地形表現不足	104	134
E	原始資料有疑問	0	7
F	缺現況相片	38	109
G	現況無人孔	95	347
H	現況人孔類型改變	36	16
I	查無不一致原因	745	713
X	其他	0	57 (人孔位於河道裡面)

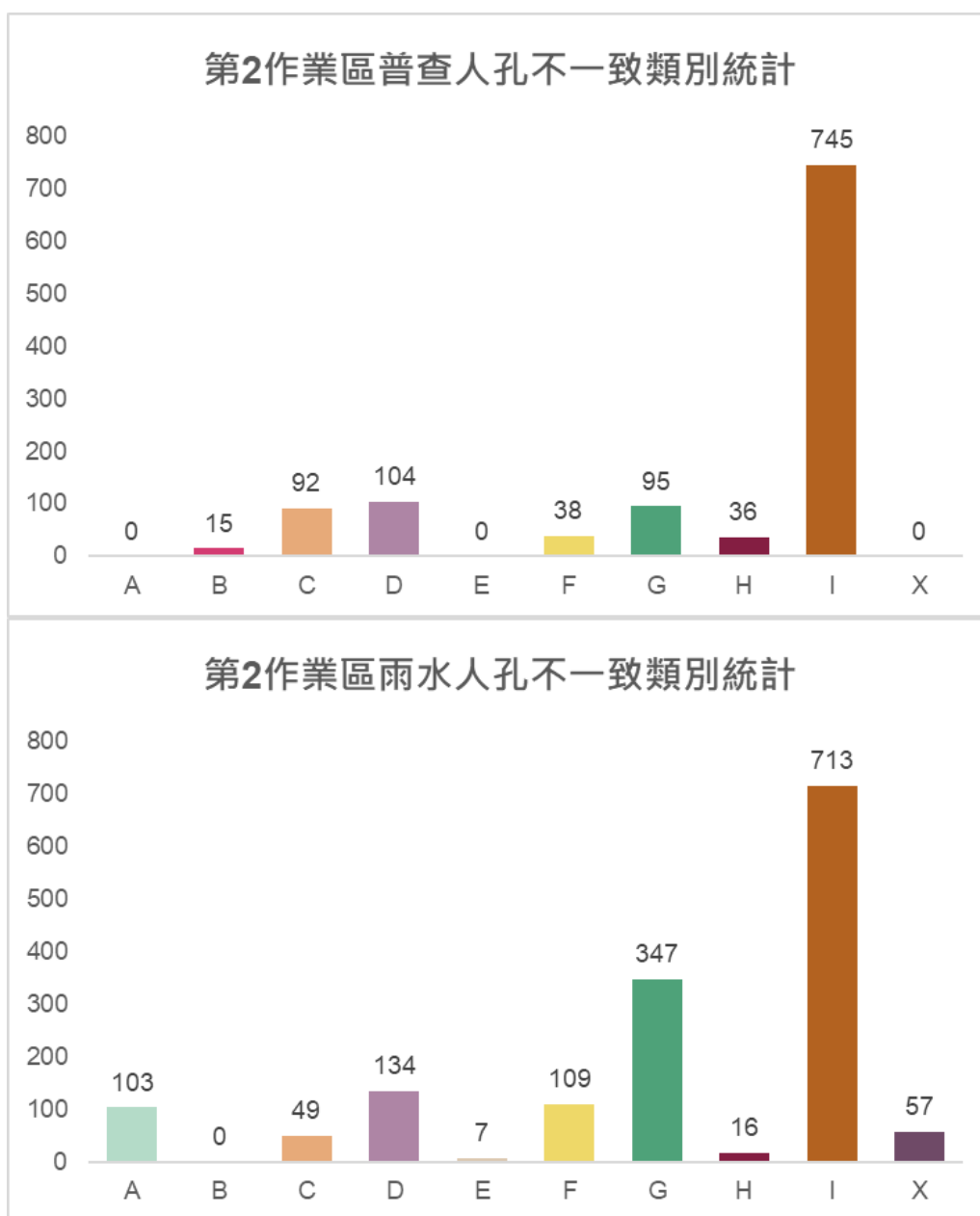


圖 7.5 下水道與 HyDEM 資料整合不一致原因個數統計圖

表 7.6 下水道與 HyDEM 資料整合成果表(節錄 112 年台中雨水人孔成果)

MH_NUM	MH_CLASS	MH_TLE	HY_MH_H	HY_H_DIF	HY_CONF	HY_R1	HY_R2	HY_DEC
0800-1063	正常人孔	0	108.302	-108.302				人孔頂高程欄位數值不合理，不進行一致性判定
0800-1064	正常人孔	0	108.776	-108.776				人孔頂高程欄位數值不合理，不進行一致性判定
0800-1065	正常人孔	108.44	108.232	0.208	不一致	I	Hy-0800-1065-附圖說明檔.pdf	地盤高乘 100 修正
0800-1066	正常人孔	109.86	109.775	0.085	一致			地盤高乘 100 修正
0800-1067	正常人孔	110.68	110.533	0.147	一致			地盤高乘 100 修正
0800-1068	正常人孔	112.43	112.796	-0.366	一致			地盤高乘 100 修正
0800-1069	正常人孔	113.4	113.148	0.252	不一致	I	Hy-0800-1069-附圖說明檔.pdf	地盤高乘 100 修正
0800-1070	正常人孔	115.31	115.243	0.067	一致			地盤高乘 100 修正
0800-1071	正常人孔	115.5	115.408	0.092	一致			地盤高乘 100 修正

表 7.7 下水道與 HyDEM 資料整合成果表(節錄 112 年普查人孔成果)

MH_NUM	MH_CLASS	MH_TLE	HY_MH_H	HY_H_DIF	HY_CONF	HY_R1	HY_R2	HY_DEC
4049-74-1	正常人孔	29.31	29.612	-0.302	不一致	C	Hy-4049-74-1-附圖說明檔.pdf	
4049-74	正常人孔	29.3	29.473	-0.173	一致			
4049-73	正常人孔	29.24	29.46	-0.22	不一致	I	Hy-4049-73-附圖說明檔-1.pdf	
4049-72	覆蓋人孔	29.32	29.409					
4049-71	覆蓋人孔	29.23	29.296					
4049-70	正常人孔	29.18	29.453	-0.273	不一致	I	Hy-4049-70-附圖說明檔.pdf	
4049-69	正常人孔	29.29	29.503	-0.213	不一致	C	Hy-4049-69-附圖說明檔.pdf	
4049-68	正常人孔	29.28	29.505	-0.225	不一致	I	Hy-4049-68-附圖說明檔.pdf	
4049-67	正常人孔	29.27	29.591	-0.321	不一致	I	Hy-4049-67-附圖說明檔.pdf	
4049-66	正常人孔	29.29	29.462	-0.172	一致			

第八章 資料精度檢核及品質管控

水利數值資料建置之品質管制分為六個部份：作業計畫內容、水利數值地形點雲品管、三維水利圖徵品管、水利數值高程模型品管、河川斷面與水利數值地形模型整合成果資料品管以及下水道整合資料品管。為確保計畫執行成果符合規範，本團隊建立各項資料品管標的與標準作業流程，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、方式與修正方針如章節內各表，各項檢查報表如附件五，並針對各工作項目於作業前、作業中及作業完成階段進行查核。

8.1 品質管控

本團隊對於案件中產製的所有資料皆由專責人員負責品質管制與查核，包含各項報告書、三維水利數值地形分類點雲、6種三維水利圖徵、水利數值地形模型、大斷面網格及下水道整合資料。除了各項報告書為人工書面內容合理性查核外，其他工作項目皆逐幅以人工及程式自動化或互動式檢查，詳細內容如下：

8.1.1 三維水利數值地形分類點雲品管

點雲分類品管採逐幅人力與程式檢查，首先會以程式化針對點雲類別進行統計，檢查是否有不符合規範之分類存在，再者，檢視點雲外擴範圍是否正確、跨年度點雲是否參雜匯入，以確保資料範圍與年度單一性；其後，由人工檢查方式以模型、剖面搭配正射影像檢視渠道立面及周圍地面點、細部水工構造與水利設施構造物是否分類正確，最後再確認圖幅間外擴重疊區域接邊是否正確，細項如表 8.1。

為確保本工作項目確實執行，品管人員須具備光達點雲濾除能力，並通過國土測繪中心空載光達資料測製案點雲編修人員能力檢核。

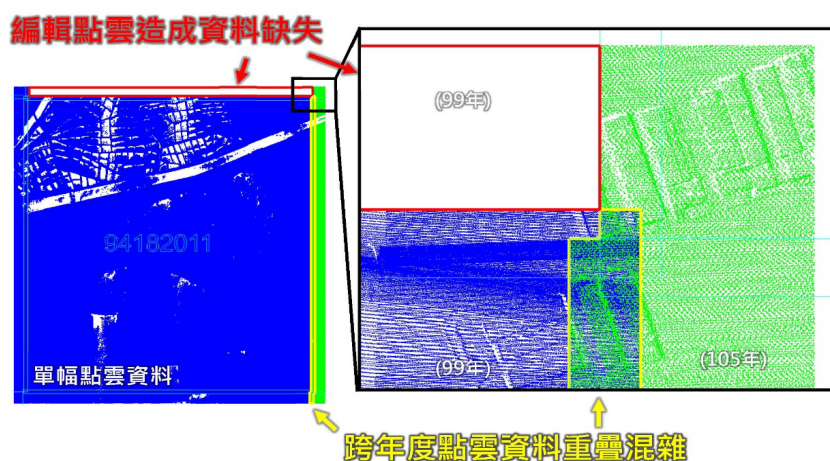


圖 8.1 點雲資料跨年度混雜與範圍錯誤示意圖

表 8.1 三維水利數值地形分類點雲資料檢核項目表

工作項目	查核項目	查核方式說明	
水利數值 地形分類 點雲	點雲分類	範圍與跨年度檢查	人工、程式互動式逐幅檢查
		點雲類別統計	程式計算檢查
		地面點檢查 細部水工構造點檢查 水利設施構造物檢查	人工逐幅檢查
		接邊檢查	人工逐幅檢查

8.1.2 三維水利圖徵品管

三維水利圖徵除了建物區塊(資料表)不含有三維數值資料、水閘門資料為二維圖徵外，其餘可細分為三維數值資料與屬性資料，細項如表 8.2。

由於圖徵資料檢核項目相對繁雜，本團隊已編寫檢查要點手冊與錯誤案例手冊供執行人員訓練與比對，並自行研發相對應的檢核程式與相關模組，採自動化與互動式檢查，增加品管效率與精確度，並確保繳交成果符合需求。

表 8.2 三維水利圖徵資料檢核項目表

工作項目	查核項目	查核方式說明
溢堤線	漏補繪檢查	人工逐幅檢查
	位相檢查	程式檢查
	高低線段檢查	人工、程式互動式逐幅檢查
	特徵描繪檢查	人工逐幅檢查
	接邊檢查	程式檢查
	幾何精度檢查	人工、程式互動式計算 幾何精度為抽驗，詳見 8.2 節
屬性資料	資料格式檢查	人工、程式互動式逐幅檢查
水域 區塊	位相檢查	程式檢查
	物件高程檢查	程式檢查
	接邊檢查	程式檢查
	屬性資料	資料格式檢查 地形分類編碼檢查
海陸線	位相檢查	程式檢查
	物件高程檢查	人工逐幅檢查
	特徵描繪檢查	人工逐幅檢查
	接邊檢查	程式檢查
屬性資料	資料格式檢查	人工、程式互動式逐幅檢查
海堤線	位相檢查	程式檢查
	物件高程檢查	人工逐幅檢查
	特徵描繪檢查	人工逐幅檢查

工作項目		查核項目	查核方式說明
		接邊檢查	程式檢查
	屬性資料	資料格式檢查	人工、程式互動式逐幅檢查
水閘門	二維數值資料	漏補繪檢查	人工逐幅檢查
		位相檢查	程式檢查
		接邊檢查	程式檢查
	屬性資料	資料格式檢查	人工、程式互動式逐幅檢查
		判定類別檢查	人工逐幅檢查
建物區塊	屬性資料	建物種類檢查	人工逐幅檢查
		資料格式檢查	人工、程式互動式逐幅檢查

針對水利圖徵之位相關係(圖 8.2)，用以下幾點做為品管準則：

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 8.2 位相自我品管示意圖

除此之外，圖幅間接邊必須確保相鄰圖幅所有線段及節點之平面與高程位置一致(圖 8.3、圖 8.4、圖 8.5)，執行本項目查核時以程式化方式自動搜尋目標圖幅周圍 8 幅同類型檔案進行比對。

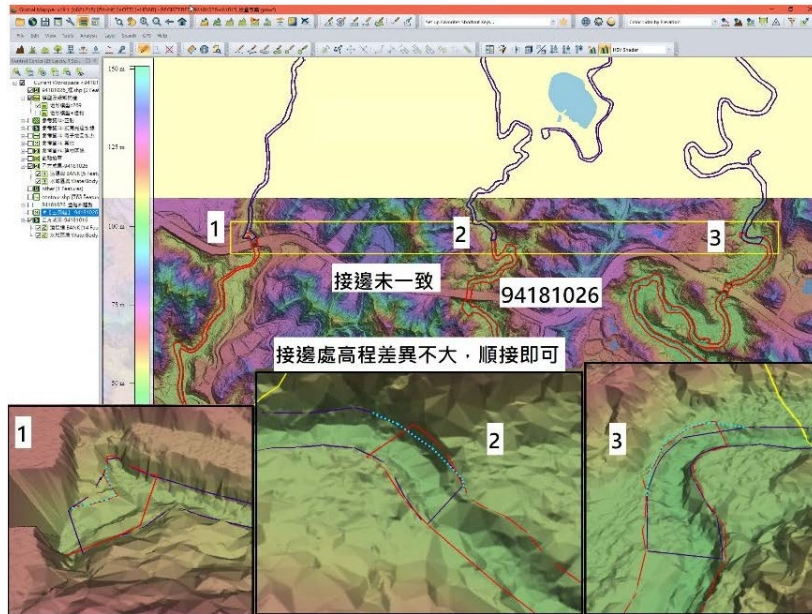


圖 8.3 圖幅間溢堤線接邊不一致

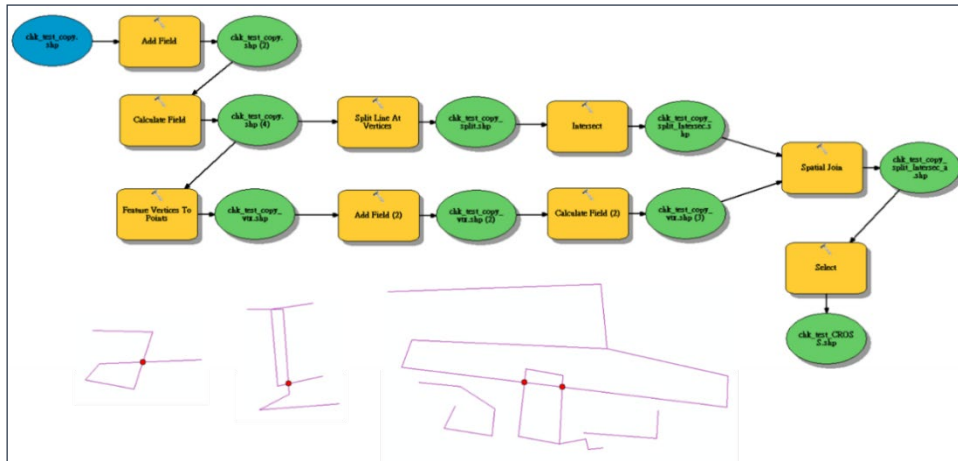


圖 8.4 線段交叉檢核邏輯

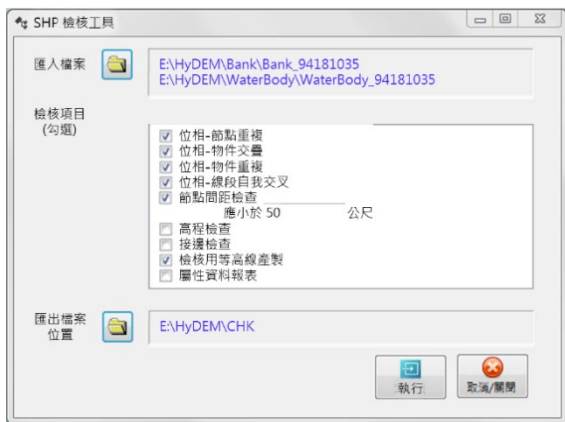


圖 8.5 位相檢核程式示意

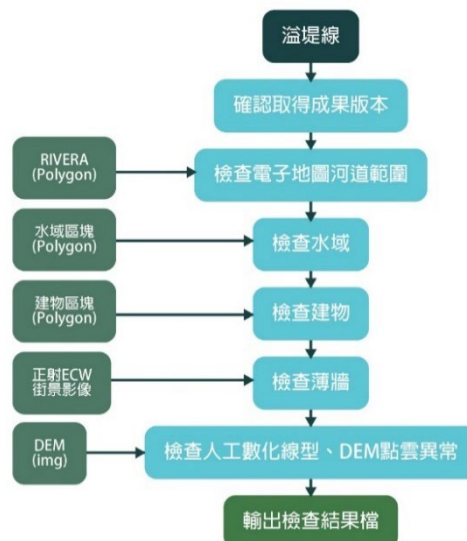


圖 8.6 溢堤線品質管流程要點

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，需要進一步搭配其他輔助圖資執行詳細的特徵位置檢核，因此本團隊特別針對三維溢堤線圖徵建立嚴謹的檢核品管流程，如圖 8.6。

特徵繪製檢核採互動式執行，配合各項圖資在三維環境中以 25 公分網格作為基礎檢查溢堤線的描繪位置，主要重點如下：

1. 電子地圖以及其他大於 3 公尺寬度之河道皆需繪製
2. 溢堤線原則上不可與建物及水域重疊
3. 若渠道匯入水庫或內海，溢堤線須與水域部分重疊
4. 若建物突出建置於河道中，以保持河道寬度切穿建物描繪
5. 溢堤線繪製於保全對象外之渠道特徵，並貼合地形不可切穿地表
6. 溢堤線節點或線段保持上下游高程關係，不可忽高忽低
7. 兩岸之溢堤線高程一致
8. 溢堤線呈現寬度漸變之合理形貌
9. 節點間距應小於 50 公尺
10. 溢堤線合理通透或截斷封閉
11. 溢堤線繪於細部水工構造最高點

為了便於人工查核之效率，利用溢堤線的封閉面產製面中的等高線(圖 8.9)，用以檢視兩岸所繪製的高程是否合理一致。

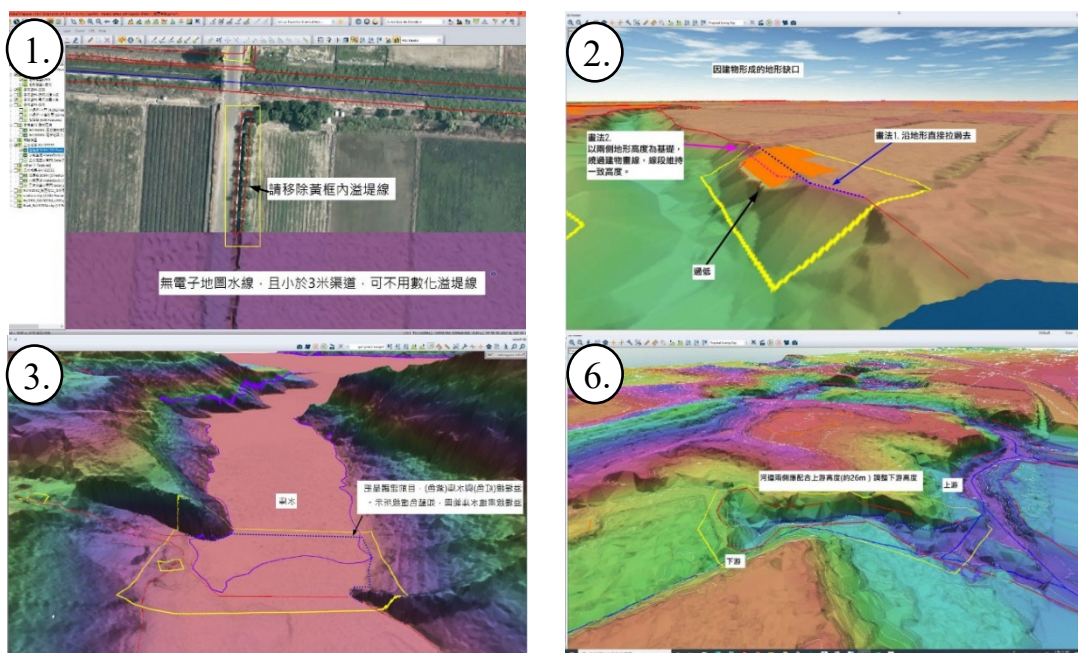


圖 8.7 錯誤類型示意圖

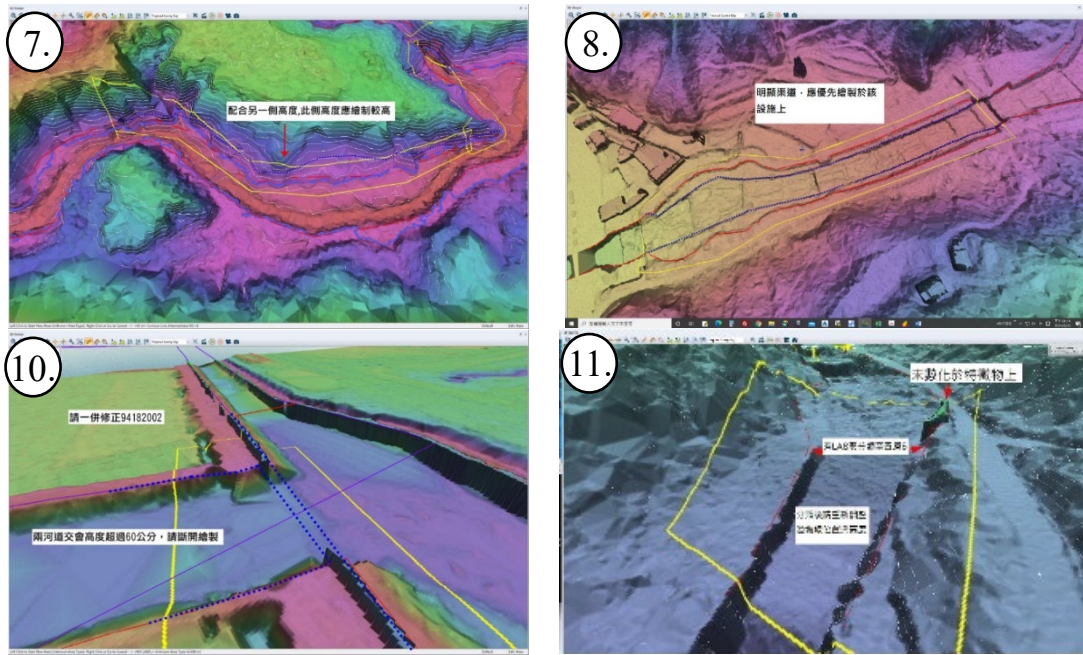


圖 8.8 錯誤類型示意圖(續)

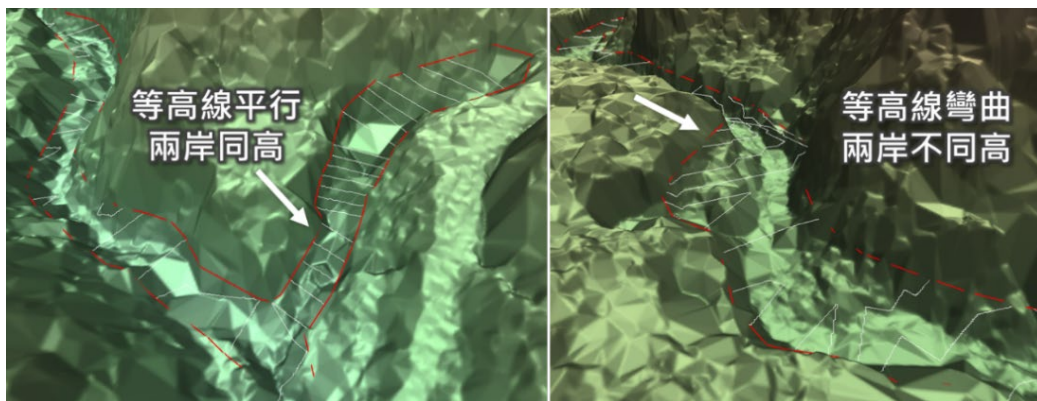


圖 8.9 輔助品管產製線型資料

各項圖徵成果有其相對應的屬性格式要求，對此團隊透過程式輸出屬性統計資料(圖 8.10)，藉此確認所建置的屬性資料欄位名稱、形式、長度、填製內容符合規範要求。

標名	物件個數	欄位名稱	欄位格式	欄位長度	欄位內容種類統計
Bank_94181083	3	ID	String	10	3
		TerrainID	Text	8	1
		MDate	Text	8	1
		CoordSYS	Text	50	1
		Height_W	Float	10.2	26
WaterBody_94181083	26	ID	String	10	26
		TerrainID	Text	8	2
		MDate	Text	8	1
		Height_W	Float	10.2	26
		Height_FW	Float	10.2	26
Bank_94181084	7	ID	String	10	7
		CoordSYS	Text	50	1
		TerrainID	Text	8	1
		MDate	Text	8	1
		CoordSYS	Text	50	1
WaterBody_94181084	15	ID	String	10	15
		TerrainID	Text	8	2
		MDate	Text	8	1
		Height_W	Float	10.2	15
		Height_FW	Float	10.2	15
Bank_94181085	5	ID	String	10	5
		TerrainID	Text	8	1
		MDate	Text	8	1
		CoordSYS	Text	50	1
		Height_W	Float	10.2	6
WaterBody_94181085	6	ID	String	10	6
		TerrainID	Text	8	2
		MDate	Text	8	1
		Height_W	Float	10.2	6
		Height_FW	Float	10.2	6
	CoordSYS	Text	50	1	

SHP 屬性檢查

匯入檔案: E:\HyDEM\Bank\Bank_94181083.shp, E:\HyDEM\WaterBody\WaterBody_94181083.shp, E:\HyDEM\Bank\Bank_94181084.shp, E:\HyDEM\WaterBody\WaterBody_94181084.shp, E:\HyDEM\Bank\Bank_94181085.shp, E:\HyDEM\WaterBody\WaterBody_94181085.shp

列表項目 (勾選): 物件個數, 欄位名稱, 欄位格式, 欄位長度, 欄位內容種類統計

匯出檔案位置: E:\HyDEM\CHKtable

執行 取消/關閉

圖 8.10 屬性檢查程式與輸出成果

所有需要人工數化及分類的圖徵成果在進行品管後會以程式執行前後版本的差異分析(圖 8.11)，確認圈選錯誤範圍是否已完成修正，藉此可同時避免修正缺漏與版本取得錯誤。

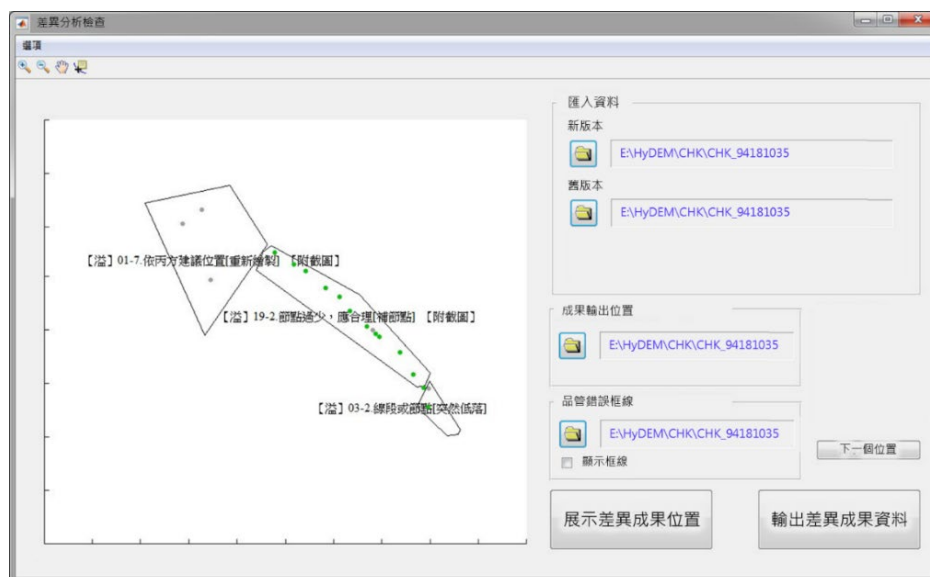


圖 8.11 版本差異分析檢查程式

8.1.3 水利數值地形模型品管

水利數值地形模型成果可分為網格模型資料與檔頭資料，網格資料主要檢查細部水工構造模型是否有成功被溢堤線拉提且無破口，由於溢堤線為封閉線狀，大多於出海口或匯流水庫處圈合，須特別注意兩者位置是否被不當拉提造成不合理阻水型態。

分幅、接邊及資料格式採程式化檢查，而檔頭資料須重新計算，須檢查部分應保留原始光達測製資訊是否完整保留。最後執行檢核報表程式確保所有資料符合貴中心需求，細項如表 8.3。

表 8.3 水利數值地形模型資料檢核項目表

工作項目		查核項目	查核方式說明
水利 數值 地形 模型	網格模型	溢堤線拉提檢查	人工逐幅檢查
		分幅與接邊檢查	程式檢查
		資料格式檢查	程式檢查
	檔頭資料	資料格式及內容	人工、程式互動式逐幅檢查

8.1.4 河川斷面與水利數值地形模型整合成果資料品管

河川斷面與水利數值地形模型整合作業中逐步產製的二、三維圖徵檔案及網格資料皆須經過品質管控，詳細項目與方式如表 8.4。

在原始斷面成果整理中，須確保所整理的資料年度無交互摻雜，斷面

中的所有坐標及高程數值無異常或缺漏，且以圖面展繪的方式檢核左右岸排序及方向之正確性。

表 8.4 河川斷面與水利數值地形模型整合成果資料檢核項目表

工作項目		查核項目	查核方式說明
河川斷面成果	原始斷面成果	資料年度檢核	人工、程式互動式逐條檢查
		原始觀測資料異常數值	人工、程式互動式逐條檢查
		左右岸檢核	人工、程式互動式逐條檢查
	實際使用於底床內插之斷面	合理截斷於內插範圍	人工、程式互動式逐條檢查
	內插參考軌跡	位於水域中心	人工檢查
	無法整合範圍	無法整合範圍合理性	人工檢查
水利數值地形模型		地形模型合理性	人工檢查
		資料格式檢查	程式檢查
		分幅與接邊檢查	程式檢查

依據監審方對於河川斷面與水利數值地形模型整合試辦經驗，其歸納出四種常見斷面展繪錯誤與解決方案，如表 8.5。

再者，在底床內插範圍內需確保斷面資訊合理截斷，不可超出範圍或於範圍內有缺漏資料；依據水域分布範圍所描繪的內插參考軌跡需大致位於水域中心，不可超出、倒序或自我交叉。

接著，對於無法整合範圍須加以確認列表紀錄，避免可整合而未整合的情況發生；最後針對所產製的整合後水利數值地形模型檢視不合理地形，如支流匯入口有不正常隆起、高灘地過高等，確保模型成果保留水道寬度及深槽底床資訊、保留高灘地精緻地形，整體呈現合理的地形與水文樣態。

表 8.5 河川斷面展繪常見問題列表

錯誤類型	錯誤內容說明	解決方案
原始觀測記錄值錯誤	<ul style="list-style-type: none"> 斷面累距或高程記錄值明顯有錯誤值、空缺等。 原始左右樁之坐標明顯有誤。 	可嘗試去剔除單筆觀測錯誤值(累距/高程)或修正錯誤值後，重新展繪。如無法得知可能之原始觀測數值，則可完整剔除該筆斷面，不納入整合使用。
斷面由右岸至左岸觀測記錄	<ul style="list-style-type: none"> 斷面記錄之累距應定義左樁為原點，沿結構線，採左樁至右樁為正向，逐點觀測與記錄。 此問題即實際觀測定義時，仍定義左樁為累距原點，斷面觀測沿結構線，採<u>右岸至左岸</u>逐點觀測與記錄，洽與斷面觀測原則相反。 	常發生在左右兩樁位同時設置於河川單一側時，此問題並不影響展繪後斷面實際空間地理位置，惟在剖面圖呈現上，圖面左邊將會是河川右岸，與一般水利應用時相反，故此問題仍建議修正。如發現此類問題，則應於斷面展繪後重新反轉斷面節點排序記錄即可。

錯誤類型	錯誤內容說明	解決方案
累距記錄相反 (結構線由右樁至左樁為正向)	<ul style="list-style-type: none"> 斷面觀測沿結構線，採左樁至右樁為正向，逐點觀測與記錄。 此問題即原始觀測仍定義左樁為累距原點，斷面觀測沿結構線，採右樁至左樁為正向，逐點觀測與記錄。 採原始累距記錄數值 $\times -1$ 修正此錯誤。	常發生在左右兩樁位同時設置於河川單一側時，因部分山區或河川出海口受限於地形，無法於河川兩側設置樁位點，此時則容易發生此類錯誤。解決方法為透過展繪結果猜測，重新定義正確結構線方向後再次展繪，即展繪時原始累距記錄數值需 $\times -1$ 。
左樁點於累距記錄值坐標非0	<ul style="list-style-type: none"> 斷面記錄之累距應定義左樁為原點。 此問題即原始觀測定義左樁點於累距軸上記錄值非0，且無法由觀測記錄中得知其平移量數值。	一般預設左樁點位於累距坐標值為0，當其坐標值非0且原始觀測資料內並無記錄平移量時，此問題相對麻煩，需逐一量測(猜測)左樁點位於累距軸上之數值，以此數值平移所有原始觀測量之累距後，重新展繪。

8.1.5 下水道整合資料品管

下水道資料整合後針對三點進行檢查，如表 8.6。首先須確認下水道之上下部高程以及管線位置於成果資料中位置合理性。

而人孔頂高程應與模型高程接近，因此需計算輸出各孔位於數值地形模型上之高程值，並加以比對此數值與下水道上部高程值之差異，用以比對產製成果之效果，最後確保所有產製資料格式之正確性。

表 8.6 下水道整合資料檢核項目表

工作項目	查核項目	查核方式說明
下水道整合水利數值地形模型	下水道位置檢查	人工、程式互動式檢查
	人孔頂高程檢核	人工、程式互動式檢查
	資料格式檢查	程式檢查
	附圖說明檔截圖	人工檢查

8.2 產製成果精度自我檢核

精度自我檢核主要為驗證所繪製的溢堤線精度，針對三維溢堤線精度，以外業實測方式自我抽驗 5%圖幅數檢查其絕對與相對高程精度，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)。如因現地施測不易則可不受限前述規定，檢核點位可集中於 1 處或分散多處施測，每處至少 2 點可連成合理線段進行內業比對，惟總抽樣點數仍應滿足至少「5%圖幅 \times 10 點(含)」之規定。

點位施測前應確認其地貌現況與原始取得之空載光達模型無明顯變異，如地貌已明顯變異，則應另覓合適之檢核點位。測量時規劃各點沿著河岸連續移動6點，各點間相距10至30公尺，總長約50至100公尺，儀器架設位置為道路近河道邊緣平整位置(圖 8.12)，盡可能避免測點周遭覆蓋植被，同時需確保外業實測點位成果化算至與三維水利圖徵一致的坐標框架及高程系統，若有薄牆者則另以捲尺量測其牆高(圖 8.13)，計算後再執行成果比對。



圖 8.12 外業檢核點測量位置說明



圖 8.13 外業檢核薄牆測量記錄說明

絕對高程差值之計算方式為將各外業實測點位取得垂足點至鄰近溢堤線，計算測點與垂足點位的高程差值作為各點的絕對高程差，如圖 8.14 中 Δh ；相對高程差值之計算為垂足點與鄰近垂足點的高程差值 $\Delta a'$ 減去測點與鄰近測點的高程差值 Δa 所得之數值，作為各點間的相對高程差。

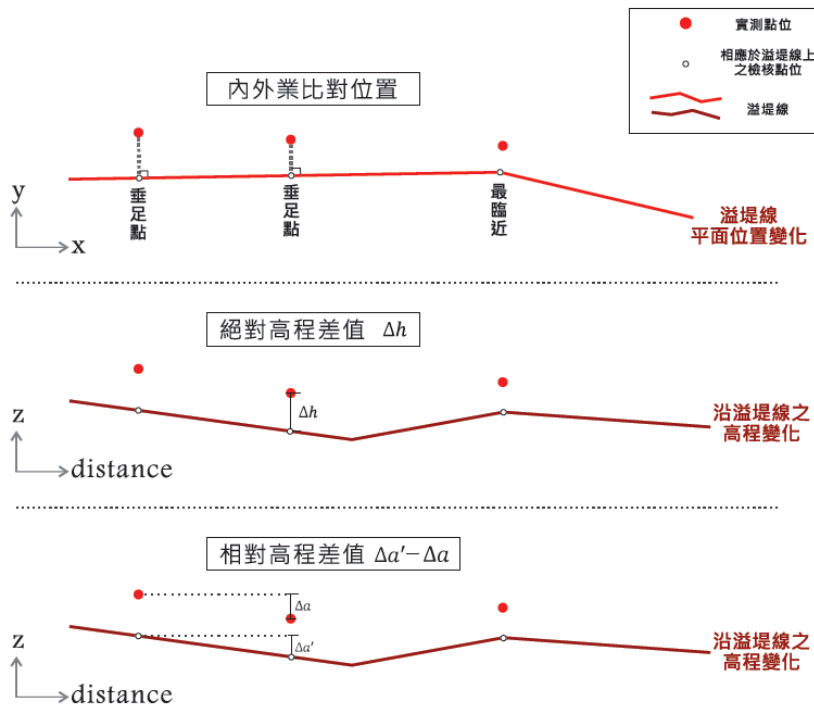


圖 8.14 絕對高程差與相對高程差比對示意(摘自「水利數值地形資料測製及檢核技術指引(草案)」)

檢核標準為所有抽樣點(檢核點)的絕對高程差值之均方根值需小於 50 公分；計算兩兩相鄰之外業檢核點與相應垂足點之相對高程差值之均方根值需小於 20 公分，方可視為通過檢核。

本案於第 1、2 子測區分別抽樣 60 及 36 點(表 8.7)，檢核點分布如圖 8.15，各點成果詳見附件六，所有點皆符合絕對高程差值之均方根值小於 50 公分、相對高程差值之均方根值小於 20 公分之標準內(表 8.8、圖 8.17、圖 8.18)。

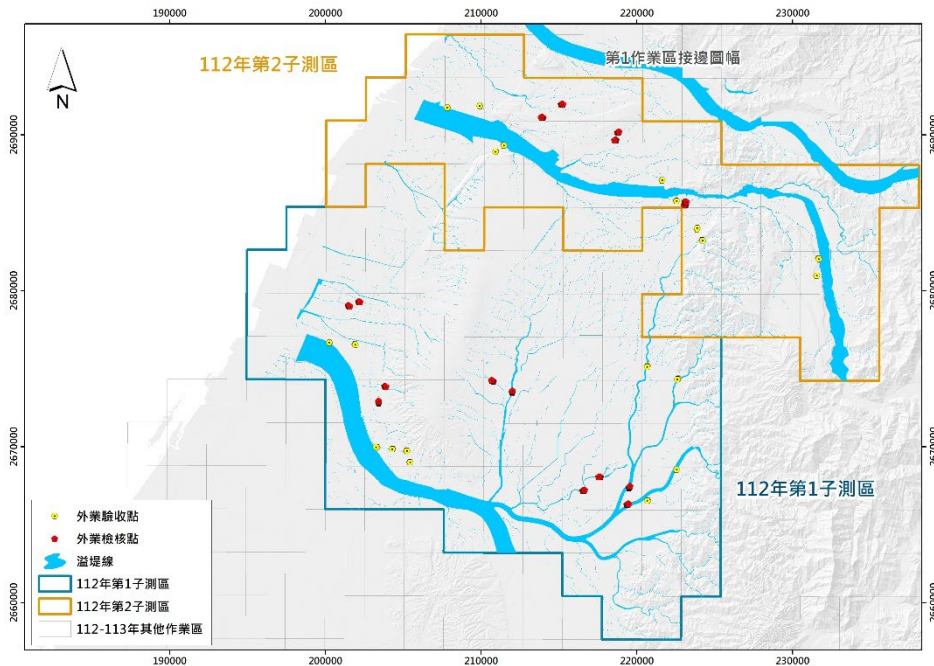


圖 8.15 本案溢堤線精度自我檢核點及驗收點分布



圖 8.16 精度自我檢核外業工作照

表 8.7 本案子測區抽樣檢核幅數表

測區	圖幅數	5%圖幅數	抽樣位置 (處)	抽樣點 (點)	絕對差 RMSE (cm)	相對差 RMSE (cm)
第 1 子測區	84	5	10	60	17.877	9.355
第 2 子測區	55	3	6	36	18.621	9.652

表 8.8 精度自我檢核成果表

圖號	原始光達 DEM 年份	抽樣點	胸牆	絕對高程差值 RMSE (50 cm 內)	相對高程差值 RMSE (20 cm 內)	比對結果
95213058	106	3058-A	Y	12.023	5.402	✓ 符合
		3058-B	Y	22.038	7.530	✓ 符合
95213057	106	3057-A	N	3.402	4.239	✓ 符合
		3057-B	Y	11.305	9.599	✓ 符合
95213011	106	3011-A	N	18.622	14.866	✓ 符合
		3011-B	Y	21.266	3.548	✓ 符合
95213035	106	3035-A	N	12.661	14.434	✓ 符合
		3035-B	N	8.940	9.566	✓ 符合
95213032	106	3032-A	Y	35.283	6.456	✓ 符合
		3032-B	N	6.703	9.529	✓ 符合
95214078	108	4078-A	N	12.965	12.387	✓ 符合
		4078-B	N	23.878	14.360	✓ 符合
95214066	108	4066-A	Y	14.429	7.876	✓ 符合
		4066-B	Y	33.109	9.126	✓ 符合
95214090	108	4090-A	N	4.844	4.666	✓ 符合
		4090-B	N	3.793	5.679	✓ 符合

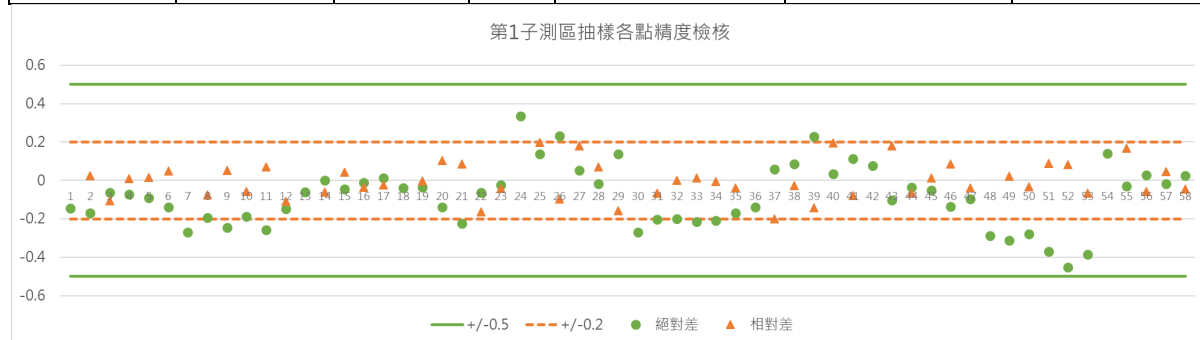


圖 8.17 第 1 子測區外業精度檢核成果分布

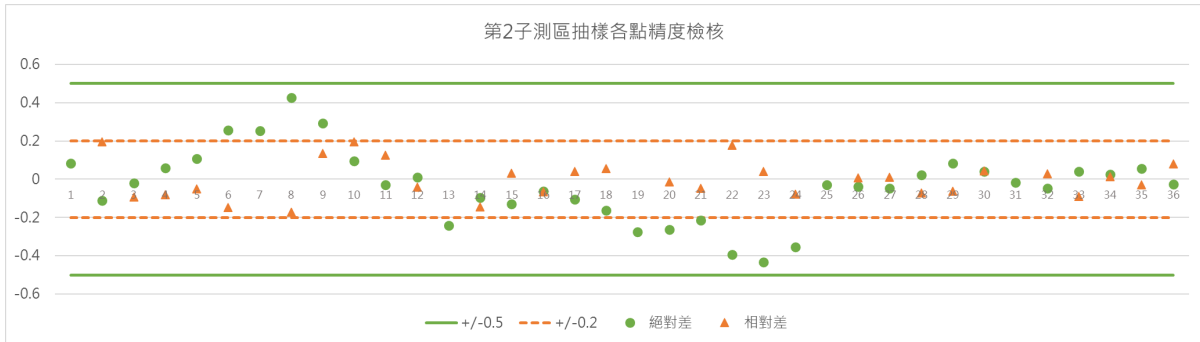


圖 8.18 第 2 子測區外業精度檢核成果分布

貴中心於 112 年 8 月及 11 月分別辦理第二及第三階段外業驗收，每階段抽樣至少抽查 5 幅，合計至少 25 個檢核點，本案兩階段各抽查 5 幅 36 點(表 8.9)，檢核點分布如圖 8.15，各點成果詳見附件七。

表 8.9 本案子測區抽樣驗收幅數表

測區	驗收日期	抽樣幅數	抽樣點(點)	絕對高程差值 RMSE (50 cm 內)	相對高程差值 RMSE (20 cm 內)
第 1 子測區	112.08.10-11	5	30	17.0	8.9
第 2 子測區	112.11.27-28	5	30	12.6	8.4



圖 8.19 外業驗收工作照 (112.08.)

8.3 成果檢查表

本案針對各項列出成果檢查表，內容包含編修人員初期考核表、點雲分類成果檢查表、三維水利圖徵(水域區塊)檢查表、三維水利圖徵繪製成果(溢堤線、海陸線、海堤線)檢查表、水利數值地形模型成果檢查表及河川斷面測量成果與 HyDEM 網格整合檢查表等，詳細成果檢查表詳如附件五。

第九章 加值服務

9.1 三維水利圖徵與水利數值高程模型測製更新方式比較分析

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 HyDEM 2.0 需求之一。由於與水利圖徵相關之地表變動頻率及區域相對低，本團隊於 110 年加值服務中提出水利數值地形模型及圖徵測製局部更新之概念，如圖 9.1，並測試 UAV 影像建模及地面光達掃瞄做為現地資料蒐集方式之可行性比較。111 年加值服務中以既有空載光達點雲整合(圖 9.2)UAV 影像模型(圖 9.3)，更新一幅 1/5,000 圖幅之圖徵與數值高程模型，呈現水閘門拆除更新後之地形樣態(圖 9.4)。

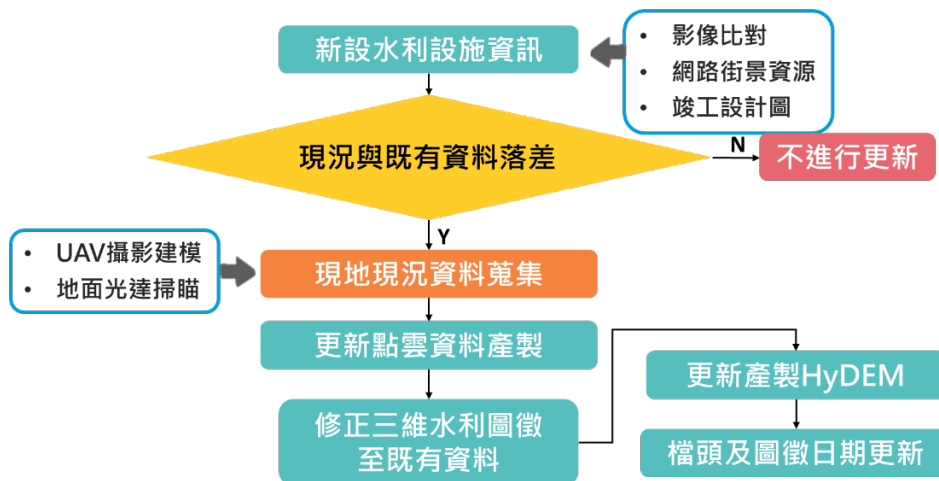


圖 9.1 資料更新建議流程圖

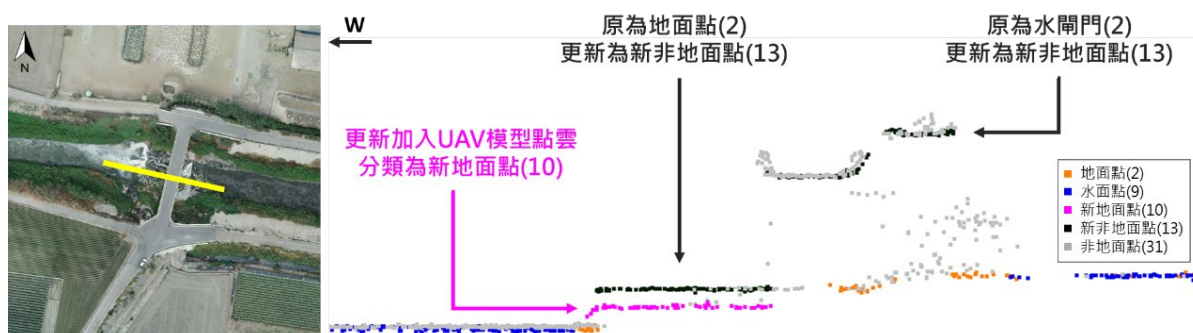


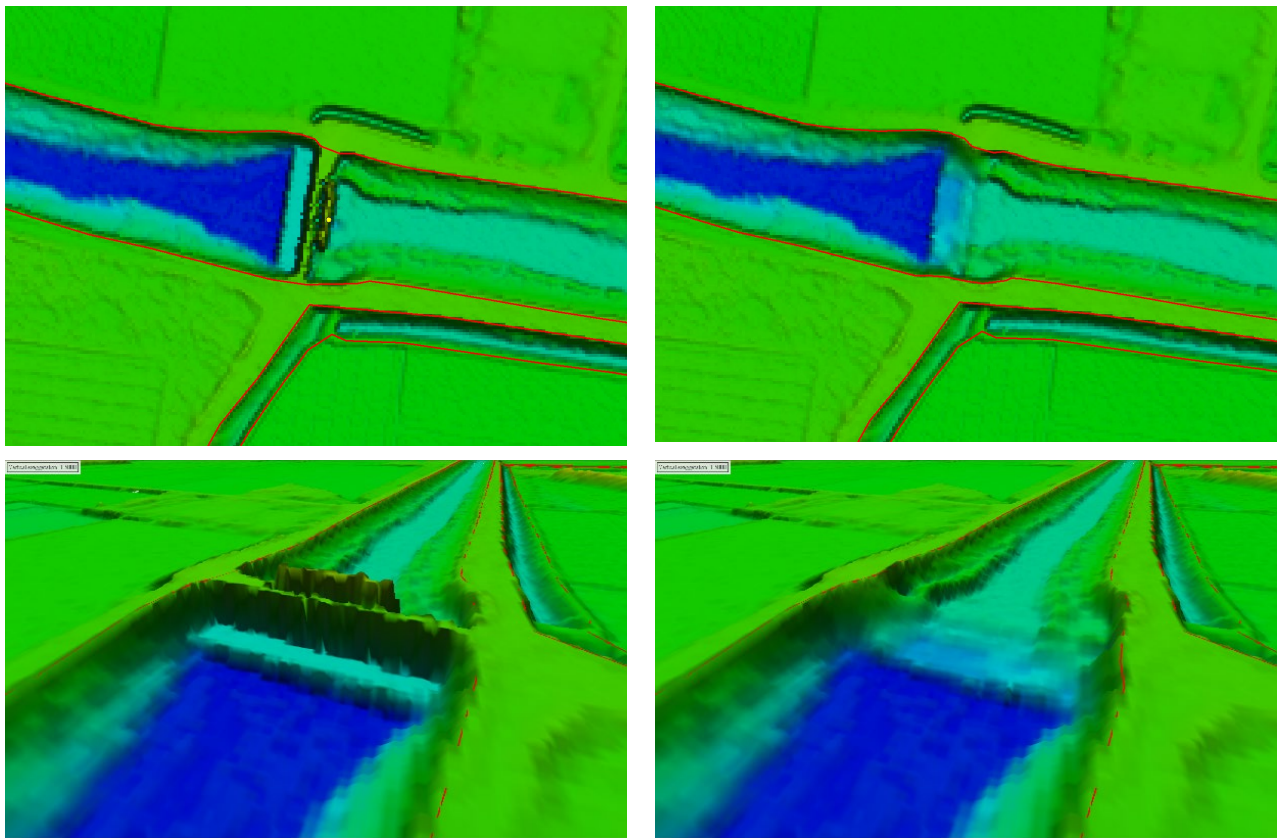
圖 9.2 整合局部影像建模地形點雲與既有空載光達點雲

依照不同的現場區域特性應選擇不同的資料收集方式，本團隊依據 110 至 111 年兩年的概念建構與實作經驗於 112 年提出更新測製作業計畫，包含選定更新位置、提出針對該位置採取的資料蒐集方法與預期成果，113 年除了完成資料蒐集與處理，更進一步綜合過去更新測製經驗提出資料蒐集

方式及其適用對象、所對應之成本效益、資料處理時間以及成果精度範圍等比較。



圖 9.3 草湖二號橋 UAV 影像模型(111.11)



(a) 105 年原始光達資料網格

(b) 111 年整合更新後網格

圖 9.4 原始及更新網格資料比較圖

一、構想緣起

雖然同一地區每隔幾年內政部會執行空載光達國土測製更新，但考量已開發都會區地形變動相對小，多半僅針對特定河道進行大規模整治更新，因此為節省溢堤線重繪之大量人力成本，本團隊建議已開發都會區中比對河川區域地表變異，並依據都市工程範圍進行局部測製資料更新。

由於近 10 年間台中市區陸續經過都會區河川整治工程，部分區域現況與 HyDEM 測製用光達資料已有地形變動，繼 110 及 111 年使用無人機影像建模與地面光達掃瞄蒐集地形現況，而本次計畫由 UAV 光達執行區域更新之地表資料蒐集作業。

二、作業方法及地點

不同的測區存在不同的地形變化以及環境條件，對測區現地的瞭解是非常重要的，在空拍任務開始之前將先在內業利用歷年 DEM 與航照討論不同測區之空拍方式，透過 DEM 與事前現勘的照面與資料可以預先決定透空視野良好、訊號遮蔽較少的地點作為 UAV 起降點。並且針對測區邊坡地勢與坡度變化，進行不同高度、重疊率及範圍的航線規劃，以可以判釋空拍現場可能存在的風險，減少意外發生的機率。

本團隊於 109 年 4 月通過民航局法人能力檢查，所有飛手均通過學科及專業高級術科檢定，UAV 皆於民航局平台進行註冊且投保定額意外保險。台灣各地有部分區域為民航局及縣市政府所規定的禁航區或限航區，在禁航區(紅區)中完全不可執行空拍任務，限航區(黃區)則是僅能在機場標高 60 公尺以下執行空拍。因此在行前需確認航拍區域，盡早規劃飛航任務，或以其他替代方式獲取資料。透過預先在民航局活動區域範圍查詢 GIS 系統中套疊測相關圖資查詢後本次選定測區範圍皆為綠區，為民航局與縣市政府允許使用範圍，僅需申請限制排除即可，並於每次活動前登載報到與報離(圖 9.5、圖 9.6)。若是鄰近特殊設施周邊，則需行文於各機關取得飛行同意才可進行合法資料蒐集，或改採

遙控無人機活動申請

申請號碼	AR2109140003			申請日期	2021/09/14		
審核狀態	審核通過			同意期限	2021/09/30-2021/12/29		
作業名稱	公路局三工處遠端定性定量分類暨檢測測圖計畫						
用途	空拍						
申請單位	中興測量有限公司						
申請單位承辦人	姓名	范元育	電話號碼	0981957310			
作業現場負責人	姓名	黃育軒	行動電話	0902359687			
駕駛人員	姓名	范元育	行動電話	0981957310			
	姓名	黃育軒	行動電話	0902359687			
協理人員	姓名	范元育	行動電話	0981957310			
遙控無人機	註冊號碼	B-AA30786, B-AA84798					
作業日期及時間	自	2021年09月30日		至	2021年12月29日		
(24 小時)	每日自	06時00分		至	18時00分		
空域 1-1範圍各點連線(WGS-84/可視需要增加欄位)座標點如超過4點，以前面4點顯示，實際座標請至空域圖資內查詢	1. 北緯	23度05分 06.97秒	東經	120度35分 44.55秒			
	2. 北緯	23度05分 20.72秒	東經	120度35分 11.15秒			
	3. 北緯	23度05分 40.67秒	東經	120度34分 35.51秒			
	4. 北緯	23度06分 08.31秒	東經	120度34分 50.63秒			
空域 1-1 作業高度	自	820 英尺至 6561 英尺 (AMSL, Above Mean Sea Level)					
空域 1-2範圍各點連線(WGS-84/可視需要增加欄位)座標點如超過4點，以前面4點顯示，實際座標請至空域圖資內查詢	1. 北緯	23度03分 15.39秒	東經	120度37分 29.26秒			
	2. 北緯	23度03分 46.76秒	東經	120度36分 35.16秒			
	3. 北緯	23度04分 35.18秒	東經	120度35分 19.83秒			
	4. 北緯	23度04分 54.22秒	東經	120度35分 20.13秒			
空域 1-2 作業高度	自	820 英尺至 4921 英尺 (AMSL, Above Mean Sea Level)					
空域 1-3範圍各點連線(WGS-84/可視需要增加欄位)座標點如超過4點，以前面4點顯示，實際座標請至空域圖資內查詢	1. 北緯	23度05分 49.89秒	東經	120度43分 36.06秒			
	2. 北緯	23度06分 04.50秒	東經	120度42分 51.52秒			
	3. 北緯	23度06分 15.84秒	東經	120度42分 33.75秒			
	4. 北緯	23度06分 21.84秒	東經	120度42分 16.11秒			
空域 1-3 作業高度	自	1312 英尺至 11482 英尺 (AMSL, Above Mean Sea Level)					
空域 1-4範圍各點連線	1. 北緯	23度06分 35.09秒	東經	121度09分 16.89秒			

圖 9.5 飛航活動申請書示意圖

其他資料蒐集方式執行。

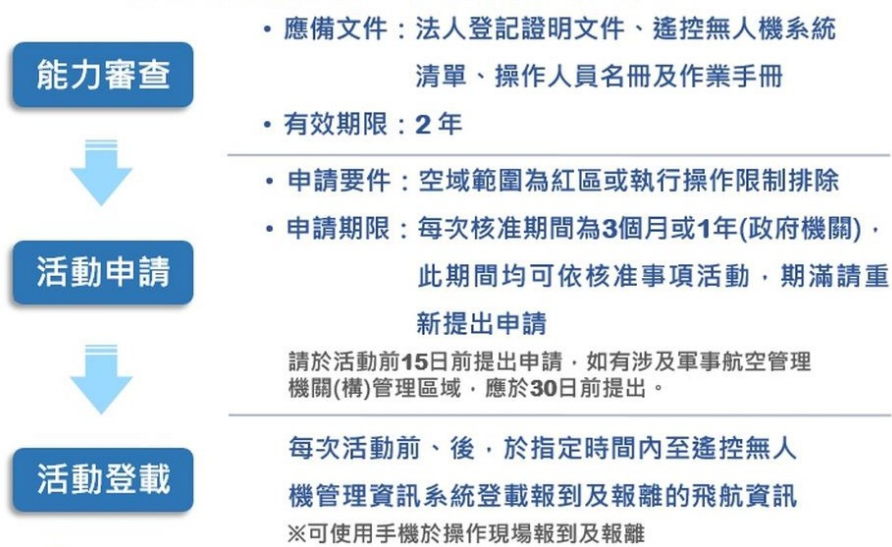


圖 9.6 飛航活動申請 3 步驟(圖片修改自民航局網站)

由於計畫以 UAV 光達執行資料蒐集，故選定台中都會區中已有地形變異且位於空域管制綠區之位置(圖 9.7)，落於 95213057 圖幅，僑泰高中北方、臺中市五權南一路與美村南路交叉處(圖 9.8、圖 9.9)。整體外業資料蒐集時間約為 2 至 3 小時，資料解算與點雲分類粗估為 1 周，溢堤線更新繪製約 1 小時。

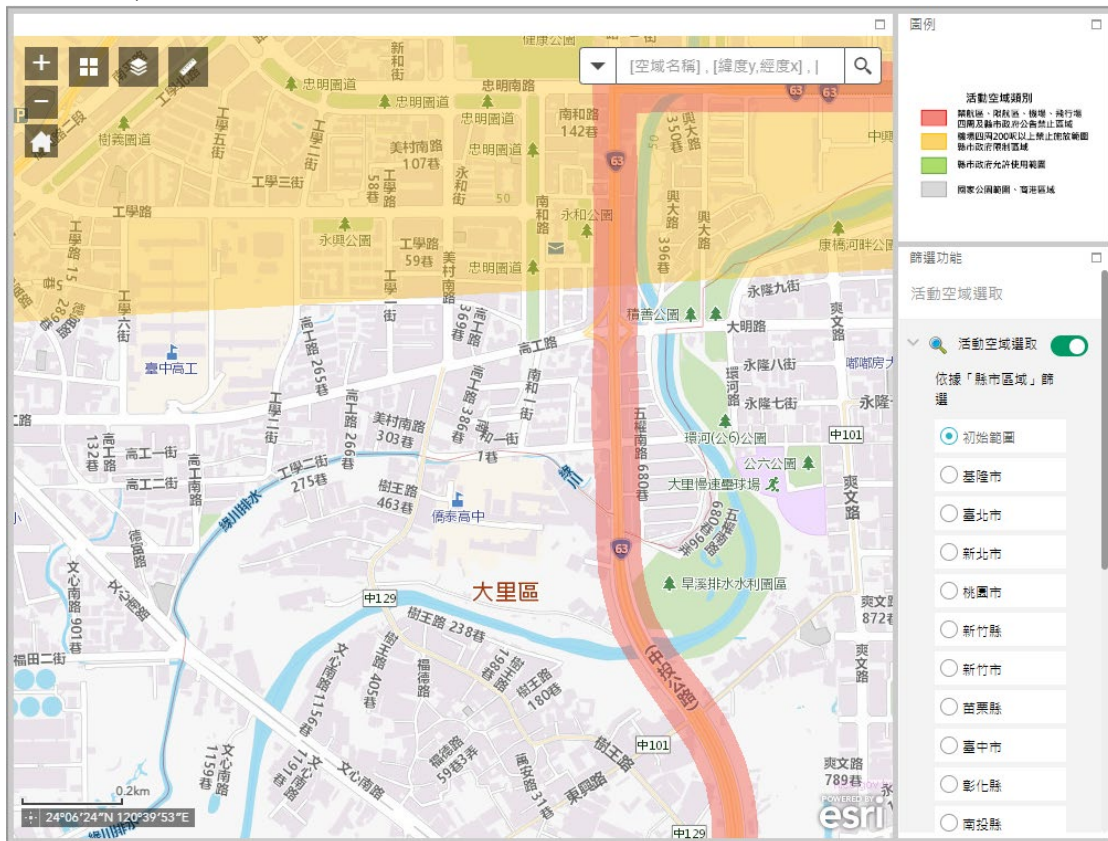


圖 9.7 待測區空域管制圖

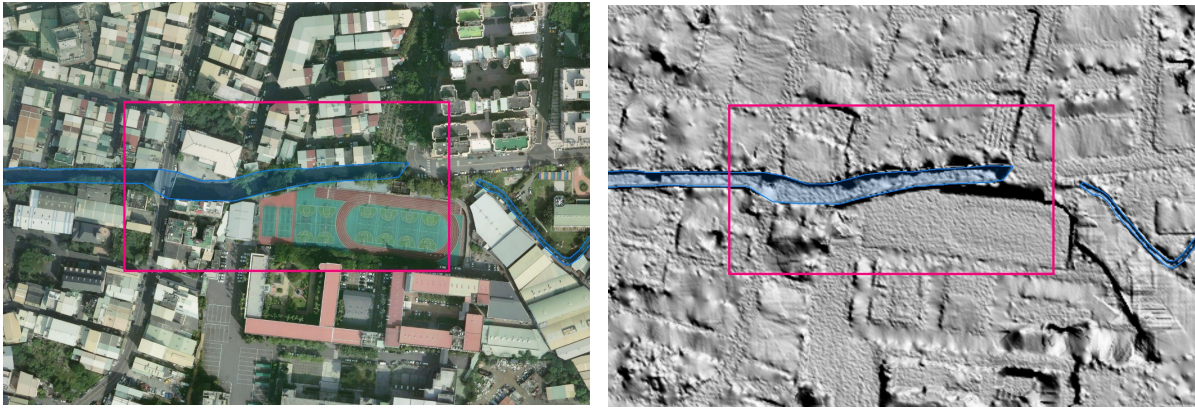


圖 9.8 待測區既有影像與 HyDEM

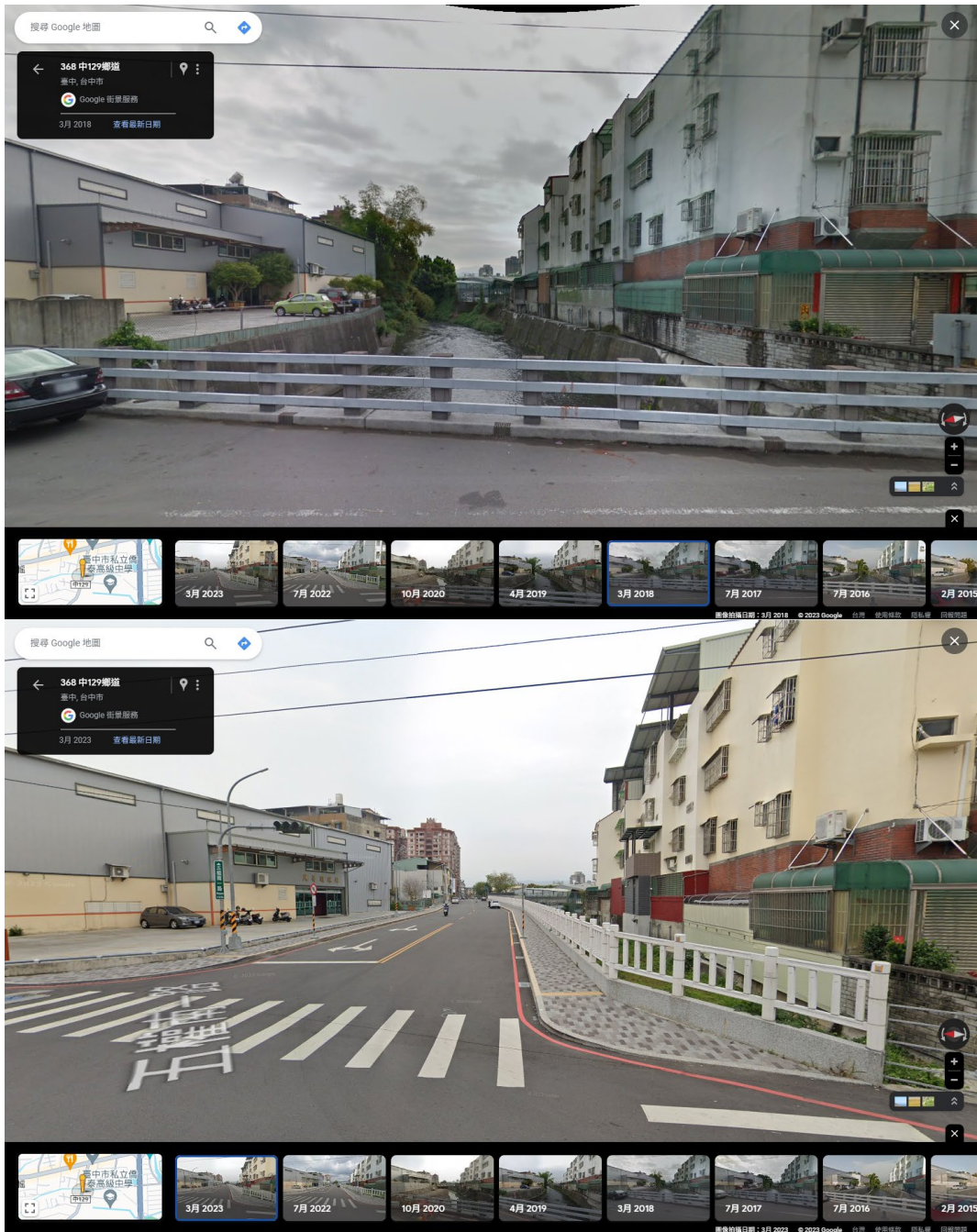


圖 9.9 待測區 107 年(上)與 112 年(下)街景比較圖

三、使用儀器及規劃航線

本案預計使用之無人機光達掃瞄儀器為 Riegl mini-VUX-3，其具最輕的無人機光達雷射頭，係目前市面上雷射光束傳遞距離最遠之輕量型光達儀器，並一同搭載 Applanix APX-15 定向定位系統(Position and Orientation System, POS)，能獲取正確參數以進行航跡計算與點雲後處理輸出。RIEGL 利用波形回波處理技術，可快速獲取多回波資訊數據，並可有效穿透植被縫隙，獲取近地面地形點雲資料。另也選配了 Sony A6000 相機直接整合到 POS 系統，可直接對於相機拍攝相片提供直接地理定位成果，可有效整合光達儀器和相機成果，進一步供點雲上色。另外攝影測量則規劃使用法國品牌的 Parrot Anafi 以及美國品牌的 Autel EVO II Pro，規格如下表。

表 9.1 RIEGL miniVUX-3UAV 規格表

型號	miniVUX-3UAV
波長	905 nm
精確度	1 cm
準確度	5 cm
回波次數	達到 5 次
GNSS-Inertial	Applanix APX-15 UAV
重量	2.6 kg，包含電池
續航時間	1.5 小時
功耗	25 W
作業溫度	-20 至 +40 °C
大小	長 35 x 寬 11 x 高 17 cm
主要特點	高密度及精度點雲、大範圍作業
搭配相機	Sony Alpha a6000
相機重量	0.47kg
相機 CCD 大小	24.3 MPix
CCD 規格	APS-C CMOS sensor
焦距大小	12mm Samyang lens



光達飛航規劃利用 RIEGL 公司提供的輔助圖表做為飛航參數設定的參考，像是脈衝重複率、點雲密度以及飛航速度等。航線設計的部分則由航高、航帶寬度、航帶重疊率，設計出航線間距、數目、起終點。此外還需考

慮天氣與區域環境因素，將脈衝重複率、航高與視野(FOV)進行部分的調整。飛航規劃可分為參數設定與航線設計兩部分，其中飛航參數的設定須考慮參數間相互影響之關係，包括脈衝頻率、掃瞄頻率、航高、航速以及點雲密度。航線設計的部分則由航高、航帶寬度、航帶重疊率，設計出航線間距、數目和起終點。

考量本案測區可能有部分植被覆蓋，為提高點雲穿透品質將採仿地低飛，並且利用不同方向航線進行點雲資料蒐集，增加點雲穿透植被率以及提高點密度，如圖 9.10、圖 9.11、表 9.2、圖 9.12。收集後經過軌跡定位、點雲資料解算與編修，最終產製現地 DEM 模型(圖 9.13)。

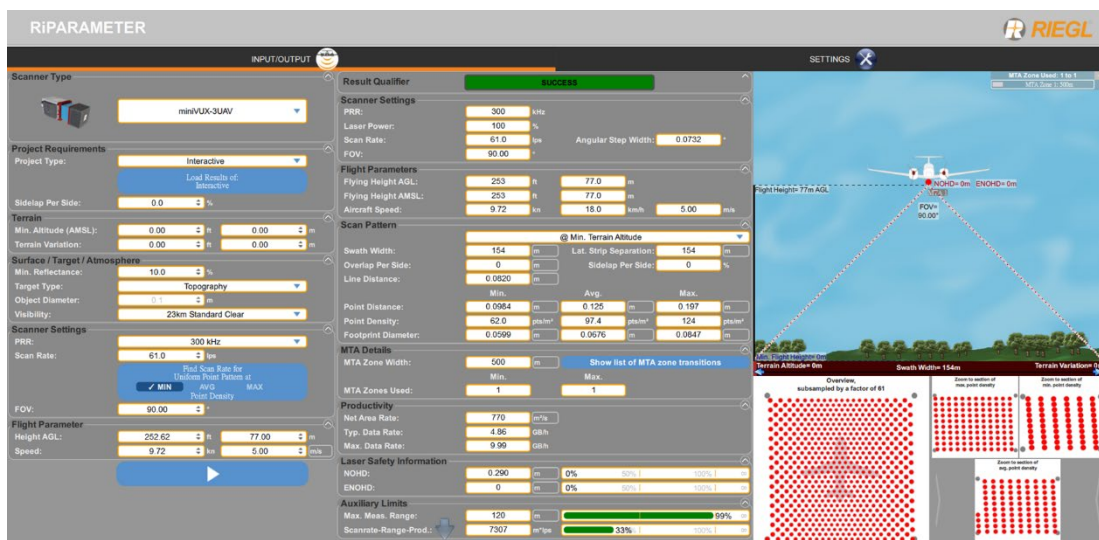


圖 9.10 無人機光達掃瞄參數設定



圖 9.11 飛航軌跡規劃

表 9.2 RIEGL miniVUX-3UAV 掃瞄參數表

航線參數	平均離地高 (m)	航速 (m/s)	掃瞄角度 (deg)	雷射脈衝率 (KHz)	平均掃描帶寬 (m)	平均重疊帶寬 (%)	航線間距 (m)	最低點雲密度 (pt/m ²)
航線	77	5	90	300	154	50	154	62



圖 9.12 3D 航線示意圖

四、預期成果

由現地地貌改變之情形推估，更新測製後該河段轉為道路處之溢堤線將縮減為約 5 公尺寬度，約與上游同寬。並且依執行作業經驗計算與其他局部更新測製方式之成本比較，可預期資料蒐集方式及資料處理過程為影響局部測製成本的主要因素，並可能依據不同的現地樣貌而有其適合的最佳資料蒐集方法，將一併於 113 年進行進一步探討。

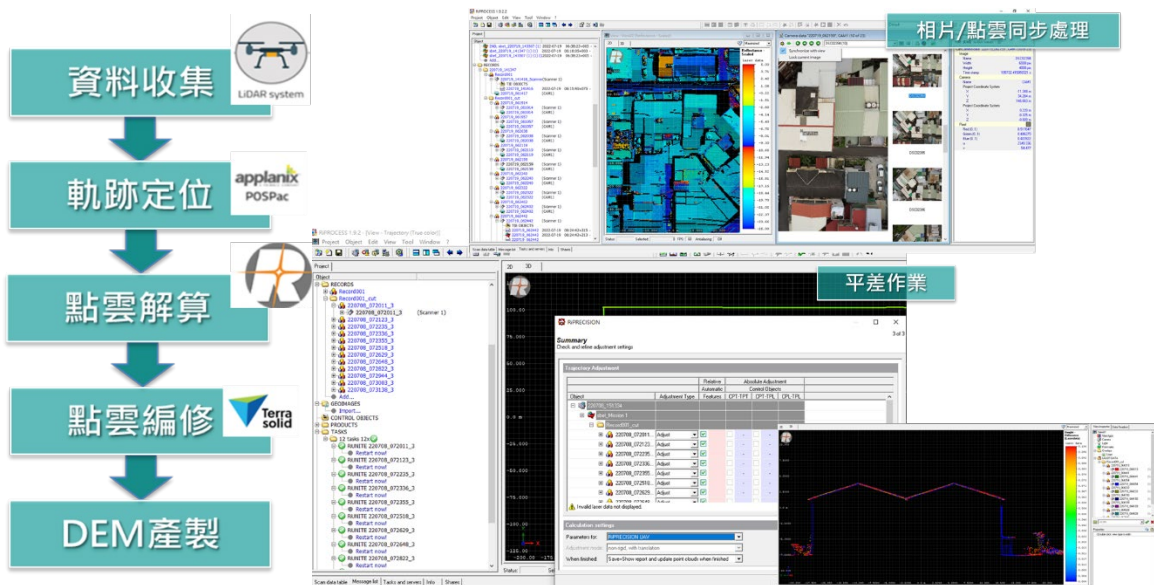


圖 9.13 無人載具作業流程

第十章 結論與建議

10.1 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、水利數值地形模型產製及河川斷面、水利數值地形模型整合及下水道資料與 HyDEM 資料整合等工作。本團隊計畫範圍為第 2 作業區，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)、水面點(code 9)、雜點(code 30)與非地面點(code 31)、細部水工構造(code 64)，並加強溝渠側立面、細部水工構造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 139 幅建物區塊(資料表)、134 幅溢堤線、138 幅水域區塊、8 幅海陸線、7 幅海堤線及 77 幅補充水閘門註記等六大類成果。
- (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。本年度共產製 139 幅 HyDEM 成果。
- (4) 整合烏溪河川流域中下游 HyDEM 與斷面底床模型，產製具有水下深槽資訊之 HyDEM，其整合軌跡約 16 公里，產製 10 幅河川斷面整合後 HyDEM 成果。
- (5) 進行普查人孔與台中雨水人孔之下水道人孔高程整合 HyDEM，共計 29,963 筆人孔資料，需比對整合的正常人孔共 14,955 筆，以高程差正負 20 公分為門檻值，清查後有 2,660 筆資料不一致。整合後以各 1 式 csv 資料繳交，扣除重複點後提供 2,602 張不一致人孔附圖說明檔。
- (6) 本團隊提供三維水利圖徵與水利數值高程模型測製更新方式比較分析，並將之分為兩年度實施，本年度為提出更新方式之架構規劃，並於 113 年度執行比較分析。

10.2 檢討與建議

10.2.1 檢討

(1)今年度測區內三維水利圖徵之問題出現有：溢堤線線段遺漏、後面的批次出現前批次未有之錯誤、相鄰圖幅間仍有較常出現的接邊問題，如溢堤、海堤(線段節點的平面、高程不一致)，本團隊針對以上問題進行檢討與方案改進：

- A. 關於溢堤線線段遺漏及後面的批次出現前批次未有之錯誤，本團隊正撰寫程式模組輔助前後批次修正比對，藉以確認前後版本是否具有圈選錯誤外之不合理差異，提升修正提繳之正確性。
- B. 由於現行商用軟體皆無法有效避免圖幅裁切後節點高程異常問題，為解決相鄰圖幅間仍有較常出現溢堤、海堤(線段節點的平面、高程不一致)接邊錯誤，本團隊除了以程式多加確認異常點，另使用額外撰寫之工具依據各圖框裁切大區域圖徵檔案，減少圖幅接邊處錯誤。

(2)相對於111年度試辦，本年度為首次大範圍下水道資料與HyDEM整合，在試辦期原統計評估人孔不一致數量約佔總數之4%，但第2作業區之普查人孔及台中雨水人孔高程不一致數量則分別高達6.33%及12.6%，高於原先預估數量，故須介入更多人力時間製作不一致附圖說明與檢核圖片說明成果，因此未來需更加強人員辨別之能力，提升作業執行之效率與正確率。

- A. 有別於本團隊去年度試辦新開發的雲林高鐵特區，本年度人孔資料分布於已開發都會區，路面人手孔相對多樣與密集，因此亦須花費更多時間進行人工判別與街景擷取。
- B. 附圖說明檔之街景圖無法利用程式檢核判斷是否有誤，包含街景截圖畫面正確性、箭頭指向正確人孔等要素，因此該檢核需耗費人工逐一進行。

(3)本年度作業資料在多個工作項目中有交互應用，為了提升整體作業之執行效率、釐清詳細成果繳交資料之項目規範、以及解決各項作業中有疑慮之特殊個案，本團隊於編修作業遇到疑義或困難處時，已預先彙整資

料，再於貴中心定期召開工作會議上提案討論，藉此建立編修作業過程中的諮詢討論管道，共同討論累積案例經驗，使貴中心、監審方與各家廠商對於資料的認定趨於一致，並快速掌握工作要點，達到最佳之作業成果。

10.2.2 建議

- (1)本年度所取得之台中雨水人孔資料內容有疑義，其高程值紀錄明顯有二位數差異而不合理，因此在本年度人孔比對作業中需以 100 倍校正數值再進行整合計算。在貴中心將問題轉知資料來源單位後，建議各資料來源單位協助釐清原始資料之疑慮並加以修正，提供正確的整合用原始資料，以減少取得資料之執行廠商與各單位間來回傳遞與確認之時間，提升整體工作執行之效率。

參考文獻

1. 內政部(2021)，水利數值地形資料測製及檢核技術指引(草案)。
2. 內政部國土測繪中心(2021a)，110 年度水利數值地形資料測製工作(第 2 作業區)，工作總報告書。
3. 內政部國土測繪中心(2021b)，110 年度水利數值地形資料檢核與監審工作，工作總報告。
4. 內政部國土測繪中心(2022)，111 年度水利數值地形資料測製工作(第 3 作業區)，工作總報告書。
5. 陳冠文(2015)，不同雨水下水道人孔入流模擬方法對都會區地表淹水與下水道水理之比較。國立臺灣大學生物環境系統工程學研究所碩士論文。
6. 楊松岳、陳葦庭、林政浩(2017)，逕流分擔規劃打造韌性城市-以嘉義縣故宮南院周邊排水路為例(2017-10)，土木水利 (EI)
7. 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。
8. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2015)，都市地區洪水基準線之研究。
9. 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。
10. 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。
11. 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。
12. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2019)，升即時淹水模擬效能之研究。國立臺北科技大學
13. Chang, C-H, M-K Chung, S-Y Yang*, C-T Hsu and S-J Wu (2018). A Case Study for the Application of an Operational Two-Dimensional Real-Time Flooding Forecasting System and Smart Water Level Gauges on Roads in Tainan City, Taiwan (2018-05), Water (SCI).
14. Pappenberger, F., Beven, K. J., Hunter, N. M., Bates, P. D., Gouweleeuw, B. T., Thielen, J. and A. P. J. de Roo. (2005) Cascading model uncertainty from medium range weather forecasts (10 days) through a rainfall-runoff model

- to flood inundation predictions within the European Flood Forecasting System (EFFS). *Hydrol. Earth Syst. Sci.*. 9. 10.5194/hess-9-381-2005.
15. Vahdettin Demir, Ozgur Kisi (2016) Flood Hazard Mapping by Using Geographic Information System and Hydraulic Model: Mert River, Samsun, Turkey. *Advances in Meteorology*, vol. 2016, Article ID 4891015, 9 pages. <https://doi.org/10.1155/2016/4891015>
 16. Yang, Song-Yue, Che-Hao Chang, Chih-Tsung Hsu, Shiang-Jen Wu (2021). Variation of Uncertainty of Drainage Density in Flood Hazard Mapping Assessment with Coupled 1D-2D Hydrodynamics Model(2021-11), *Natural Hazards (SCI)*.
 17. Yang, S-Y, M-H Chan, C-H Chang, L-F Chang (2018). The Damage Assessment of Flood Risk Transfer Effect on Surrounding Areas Arising from the Land Development in Tainan, Taiwan (2018-04). *Water (SCI)*
 18. Yang, Tsun-Hua & Chen, Yi-Chin & Chang, Ya & Yang, Sheng-Chi & Ho, Jui-Yi. (2015). Comparison of Different Grid Cell Ordering Approaches in a Simplified Inundation Model. *Water*. 7. 438-454. 10.3390/w7020438.



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