111 年度水利數值地形資料測製工作採購案
（第 3 作業區）
2022 Government Procurement for Mapping Hydraulic Topography Dataset 3rd Work Zone

工作總報告

Final Report

標案案號：NLSC-111-15

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 1 月 5 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。本年度作業區域涵蓋臺灣北部及中部，共 620 幅五千分之一圖幅範圍，約 4,340 平方公里執行面積。

中興測量有限公司執行範圍為第 3 作業區，涵蓋濁水溪、新虎尾溪、崙背沿海及虎尾溪等地區，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 99 幅及第 2 子測區 64 幅，另有濁水溪、八掌溪與東港溪之河川斷面整合工作。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(含下水道資料整合試作)
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

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 3 作業區共產製 162 幅建物區塊(資料表)、162 幅溢堤線、157 幅水域區塊、8 幅海陸線、15 幅海堤線及 106 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，三流域整合軌跡共計約 74 公里，共產製 36 幅河川斷面整合後 HyDEM 成果。

下水道人孔高程整合 HyDEM，共計 310 筆人孔資料，需比對整合的正常人孔共 242 筆，以高程差正負 20 公分為門檻值，清查後有 1 筆資料不一致。整合後以 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 servey, 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 Institute, WRA, MOEA from 2018. Working areas spread in northen and middle part of Taiwan in this year. It is about 4,340 square kilometers, equivalent to 620 map sheets of 1/5,000 scale.

CHS Surveying Co. Limited won the contract for the third work zone, distributed in drainage of Zhuoshui River, Xinhuwei River, Huwei River and coastal of Lunbei. It is about 1,141 square kilometers, equivalent to 163 map sheets of 1/5,000 scale, which was divided into 99 sheets in sub-working-area 1 and 64 sheets in sub-working-area 2. Moreover, the integration of river sections in Zhuoshui River, Bazhang River and Donggang River is also a part 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

Point cloud classification and 3D hydraulic features mapping were edited by existing LiDAR-survay-data. There are 162 building tables, 162 sheets of bank, 157 sheets of water-body, 8 sheets of coastal boundary, 15 sheets of sea-dike, and 106 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 74 km, and 36 sheets of the integrated river-section HyDEM are built.

Comparing with 242 records of normal manholes, 310 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, one record of the data is inconsistent. One csv datum 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 4
第二章 作業流程及作業資料特性說明 6
2.1 作業流程 6
2.2 作業資料 7
2.3 人員考核訓練 12
2.4 工作環境與儀器設備 13
第三章 水利數值地形分類點雲產製 16
第四章 三維水利圖徵數化描繪 20
4.1 溢堤線(BANK) 21
4.2 水域區塊(WATER BODY) 26
4.3 海陸線(BOUNDARY) 32
4.4 海堤線(SEADIKE) 35
4.5 水閘門(GATE) 36
4.6 建物區塊資料表(BUILDING) 38
第五章 水利數值地形模型產製 40
第六章 河川斷面與水利數值地形模型整合 43
6.1 斷面觀測資料展繪 44
6.2 斷面測量成果與空載光達地形比對 45
6.3 河川斷面內插(底床建模) 48
6.4 底床地形模型與 HYDEM 網格模型之整合 51
第七章 下水道資料與 HYDEM 資料整合 54

7.1 作業資料彙整 55
7.2 作業方法....57
7.3 品管檢查方式 62
7.4 成本估算....64
第八章 檢核方式及處理原則說明 65
8.1 品質管控....65
8.2 產製成果精度自我檢核 73
8.3 成果檢查表 79
第九章 加值服務....80
9.1 提供教育訓練 80
9.2 測製資料更新(一處)....81
第十章 成本分析....84
第十一章 檢討與建議....87
11.1 結論....87
11.2 檢討與建議....88
參考文獻....90

附件一 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 加值教育訓練簽到表

圖 目 錄

圖 1.1 下水道圖資高程銜接示意圖 2
圖 1.2 111 年 HyDEM 第 3 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.....6
圖 2.2 水利數值地形模型製作流程 7
圖 2.3 原始點雲資料年份分布 8
圖 2.4 點雲未外擴導致圖幅邊緣內插異常 (圖幅號：96213003) 8
圖 2.5 正射影像套疊地形渲染圖 9
圖 2.6 正射影像套疊電子地圖 9
圖 2.7 HyDEM 陰影圖套疊水域線與電子地圖.....10
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) 11
圖 2.9 街景協助判斷判斷水閘門及人孔現況(截自 Google 街景).....12
圖 2.10 監審方教育訓練(111.03.25).....12
圖 2.11 內部教育訓練.....12
圖 2.12 內部教育訓練教材 12
圖 2.13 機敏作業電腦.....13
圖 2.14 工作環境照片.....14
圖 3.1 點雲編修作業流程 16
圖 3.2 溝渠兩側立面需分類為地面點 (圖幅號：94193080).....17
圖 3.3 重要水利設施攔河堰點雲分類示意圖(圖幅號：94192055) 17
圖 3.4 大型水閘門點雲分類示意圖(圖幅號：94184079).....17
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) 18
圖 3.6 細部水工構造、水泥紐澤西護欄示意圖(圖幅號：94181062) 18
圖 3.7 阻水設施與護欄.....19
圖 3.8 立面及胸牆點雲補強 19
圖 3.9 非地面點分類錯誤 19
圖 3.10 水體內雜點分類錯誤 19
圖 4.1 第 3 作業區三維水利圖徵總成果 20
圖 4.2 自動化批次屬性編寫模組 21
圖 4.3 批次分幅作業模組 21
圖 4.4 溢堤線編修流程.....21

圖 4.5 自然護坡溢堤線繪製與保全對象關係 22
圖 4.6 河濱地區之渠道溢堤線示意圖(圖幅號：94192033).....22
圖 4.7 河階特徵數化示意圖 23
圖 4.8 泥岩地形溢堤線數化示意圖 23
圖 4.9 溢堤線遇細部水工構造物繪製原則 23
圖 4.10 溢堤線遇管箱涵繪製原則(圖幅號：94193015).....24
圖 4.11 溢堤線遇橋梁繪製原則(圖幅號：94193080).....24
圖 4.12 溢堤線遇水庫繪製原則(圖幅號：95194073).....24
圖 4.13 溢堤線遇跨年度資料合理順接繪製(圖幅號：94184079、94184080)
.....25
圖 4.14 本案溢堤線成果 25
圖 4.15 水域區塊編修流程 27
圖 4.16 水線編修以符合水域區塊規則 (圖幅號：94193076).....27
圖 4.17 水域區塊篩選模組 28
圖 4.18 水域區塊影像分類 28
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)29
圖 4.20 水線編修以符合水域區塊規則(內、外部接邊處).....29
圖 4.21 水線編修以符合水域區塊規則(水域高程須一致).....29
圖 4.22 第 3 作業區水庫分布圖 30
圖 4.23 自行開發軟體萃取點雲資料計算水面高程 31
圖 4.24 水域區塊水面高程值與滿水位高程值計算方式 31
圖 4.24 海陸線編修流程 32
圖 4.26 本案沿海成果.....33
圖 4.27 海陸線編修成果 (圖幅號：94203036).....34
圖 4.27 海堤線編修流程 35
圖 4.29 海堤線繪製 (圖幅號：94203007).....35
圖 4.30 水閘門分類.....37
圖 4.31 本案水閘門成果 37
圖 4.32 建物區塊(資料表)編修流程.....38
圖 4.33 建物區塊資料位置關係 38
圖 4.34 水流通透建物(加油站、涼亭)示意圖.....39
圖 5.1 水利數值地形模型 (圖幅號：94193080).....40
圖 5.2 阻水人工構造物補足 (圖幅號：94193080).....41

圖 5.3 本案 HyDEM 網格成果.....41
圖 5.4 平原區 HyDEM 及三維水利圖徵成果 (圖幅號：94203018).....42
圖 5.5 丘陵區 HyDEM 及三維水利圖徵成果 (圖幅號：95203027).....42
圖 5.6 HyDEM 成果檔頭資料修正工具示意圖.....42
圖 6.1 河川斷面與 HyDEM 整合流程.....43
圖 6.2 左右樁與河川斷面展繪(八掌溪).....44
圖 6.3 河川斷面與光達地形剖面比對整合樣態(內政部，2021) 45
圖 6.4 斷面比對不一致 (東港溪 014.01 斷面).....46
圖 6.5 斷面比對一致 (八掌溪 009 斷面).....46
圖 6.6 整合水域範圍調整示意圖 47
圖 6.7 HyDEM 與河川斷面測量成果之整合範圍示意圖(內政部，2021)....47
圖 6.8 HEC-RAS 軟體操作畫面 49
圖 6.9 內插參考軌跡影響底床模型建立示意圖 49
圖 6.10 整合範圍、原始斷面、實際使用斷面與內插軌跡分布關係圖 50
圖 6.11 河川底床內插成果.....50
圖 6.12 底床模型依整合範圍裁切 51
圖 6.13 原始 HyDEM 及底床模型整合.....51
圖 6.14 斷面整合後調整海陸線及網格範圍(東港溪).....52
圖 6.15 濁水溪下游底床地形模型與 HyDEM 網格模型之整合前後比對 ..52
圖 6.16 八掌溪下游底床地形模型與 HyDEM 網格模型之整合前後比對 ..53
圖 6.17 東港溪下游底床地形模型與 HyDEM 網格模型之整合前後比對 ..53
圖 7.1 下水道整合 HyDEM 流程圖.....54
圖 7.2 第 3 作業區下水道與 HyDEM 資料整合試作分布 54
圖 7.3 作業區內各類人孔分布圖 58
圖 7.4 作業區孔頂與水利數值地形模型高程差值分布圖 59
圖 7.5 作業區孔頂與水利數值地形模型高程差值分布統計 59
圖 7.6 屬性數值對應位置示意圖 60
圖 8.1 點雲資料跨年度混雜與範圍錯誤示意圖 65
圖 8.2 位相自我品管示意圖 67
圖 8.3 圖幅間溢堤線接邊不一致 68
圖 8.4 線段交叉檢核邏輯 68
圖 8.5 位相檢核程式示意 68
圖 8.6 溢堤線品管流程要點 68

圖 8.7 錯誤類型示意圖.....69
圖 8.8 錯誤類型示意圖(續).....70
圖 8.9 輔助品管產製線型資料.....70
圖 8.10 屬性檢查程式與輸出成果.....70
圖 8.11 版本差異分析檢查程式.....71
圖 8.12 外業檢核點測量位置說明.....74
圖 8.13 外業檢核薄牆測量記錄說明.....75
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)」).....75
圖 8.15 本案溢堤線精度自我檢核點分布.....76
圖 8.16 精度自我檢核外業工作照.....76
圖 8.17 第 1 子測區外業精度檢核成果分布.....78
圖 8.18 第 2 子測區外業精度檢核成果分布.....78
圖 8.19 本案溢堤線外業驗收點分布.....78
圖 8.20 第 1 子測區外業驗收工作照 (111.08.).....79
圖 8.21 第 2 子測區外業驗收工作照 (111.12.).....79
圖 9.1 教育訓練現場照片(111.11.29).....80
圖 9.2 多年期街景影像比對.....81
圖 9.3 整合位置正射影像比對.....81
圖 9.4 草湖二號橋 UAV 影像模型(111.11.).....82
圖 9.5 局部更新點雲分類.....82
圖 9.6 圖徵及網格模型比對.....83
圖 11.1 島式範圍示意圖.....88

表 目 錄

表 1.1 工作內容....4
表 1.2 交付成果說明表....5
表 1.2 各階段繳交日期與文號列表....5
表 2.1 點雲資料分類圖層及編碼....8
表 2.2 水利單位提供參考資料....11
表 2.3 編修人員考核通過清單....13
表 2.4 本案使用儀器設備一覽表....14
表 2.5 電腦軟體設備一覽表....14
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....16
表 4.1 圖徵分類格式及代碼....20
表 4.2 溢堤線屬性欄位....26
表 4.3 溢堤線屬性成果表(節錄圖號：94204099)....26
表 4.4 第 3 作業區水庫滿水位高程列表....30
表 4.5 水域區塊屬性欄位....31
表 4.6 水域區塊屬性成果表(節錄圖號：94203018)....32
表 4.7 海陸線屬性欄位....34
表 4.8 海陸線屬性成果表(節錄圖號：94203046)....34
表 4.9 海堤線屬性欄位....35
表 4.10 海堤線屬性成果表(節錄圖號：94203007)....36
表 4.11 水閘門屬性欄位....37
表 4.12 建物區塊(資料表)屬性欄位....39
表 4.13 建物區塊成果表 (節錄圖號：94202007)....39
表 6.1 第 3 作業區河川斷面與水利數值地形模型整合流域列表....43
表 6.2 第 3 作業區斷面整合數量....46
表 6.3 HyDEM 與河川斷面整合資料繳交格式....48
表 7.1 下水道整合資料列表....55
表 7.2 普查人孔資料屬性....55
表 7.3 普查管線資料屬性....56
表 7.4 測製區內各類人孔數量....58
表 7.5 下水道與 HyDEM 整合的記錄檔欄位說明....60
表 7.6 正常人孔、虛人孔、覆蓋人孔應紀錄欄位項目對照表....61

表 7.7 本案下水道與 HyDEM 資料整合成果表(截錄).....61
表 7.8 不一致人孔整合紀錄表(3766-02) 63
表 7.9 下水道與 HyDEM 整合檢查表.....64
表 8.1 三維水利數值地形分類點雲資料檢核項目表 66
表 8.2 三維水利圖徵資料檢核項目表 66
表 8.3 水利數值地形模型資料檢核項目表 71
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 72
表 8.5 河川斷面展繪常見問題列表 72
表 8.6 下水道整合資料檢核項目表 73
表 8.7 本案子測區抽樣檢核幅數表 77
表 8.8 精度自我檢核成果表 77
表 8.9 本案子測區抽樣驗收幅數表 79
表 9.1 教育訓練課程表.....80
表 9.2 原始及更新資料比對表 83
表 10.1 各項作業成本統計分析表 84
表 10.2 作業人員性別平等資訊統計 86

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(後稱水規所)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 年開始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；民國 110 年以四個作業區執行臺灣西部嘉義以南至屏東共 650 幅水利數值地形模型測製。

承繼兩年之水利數值地形模型試辦案，繼民國 110 年持續規劃至民國 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。111 年度辦理第 1 作業區(149 幅)、第 2 作業區(148 幅)、第 3 作業區(163 幅)及第 4 作業區(160 幅)範圍合計 620 幅水利數值地形資料測製工作及約 287 公里之河川斷面整合工作，另研擬下水道資料與 HyDEM 資料整合流程。

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，需以地下水模組精確模擬降雨事件。因此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。

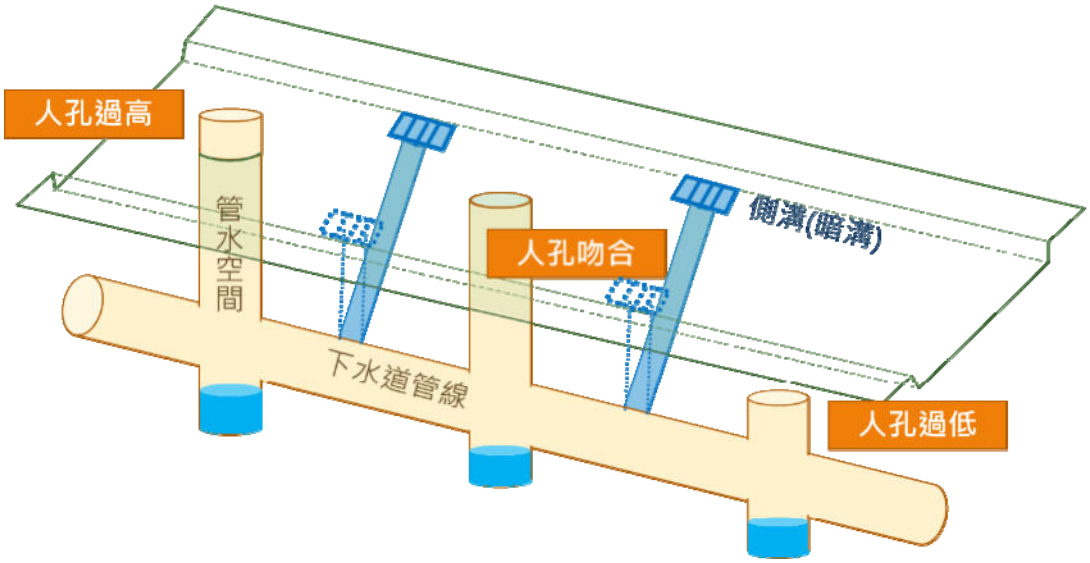


圖 1.1 下水道圖資高程銜接示意圖

據了解，使用 SOBEK 進行水文模擬時，會因 HyDEM 與下水道人孔高程差異影響模擬結果，當人孔低於數值地形之高程時會被視為地下封閉管線而無法正常溢滿排水。為避免資料面上的不一致，於本案中提出資料整合的構想規劃。

本計畫將進行 3 幅 1/5000 圖幅之下水道資料與 HyDEM 資料整合試作，下水道成果資料包含人孔及下水道管線，本團隊整合測量、水利專家、顧問等經驗，將依上述空間對位及高程銜接需求提出初步做法及開發相關程式，相關辦理內容可於後續工作會議討論決定，並將整合之方法、作業流程及成本估算專章撰寫於工作總報告內，以研提下水道與 HyDEM 成果整合之方法。

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，以提供未來對於低窪地區防、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 3 作業區，涵蓋彰化、雲林及南投之濁水溪、新虎尾溪、崙背沿海及虎尾溪等地區，共 163 個圖幅(1/5000)面積約 1,141 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，以測區北邊 99 個圖幅(1/5000)作為第 1 子測區，剩餘 64 個圖幅(1/5000)為第 2 子測區，分布位置如圖 1.2 所示。

依據 111 年 6 月 1 日本年度第 2 次工作會議結論，考量後續水利單位資料使用及內政部供應的成果完整性，針對原契約內容未完整劃設之河川流域圖幅，94201069 與 95201063 二幅成果於契約外補充提供部分溢堤線圖徵及網格資料，併同本案第 2 階段果提送。

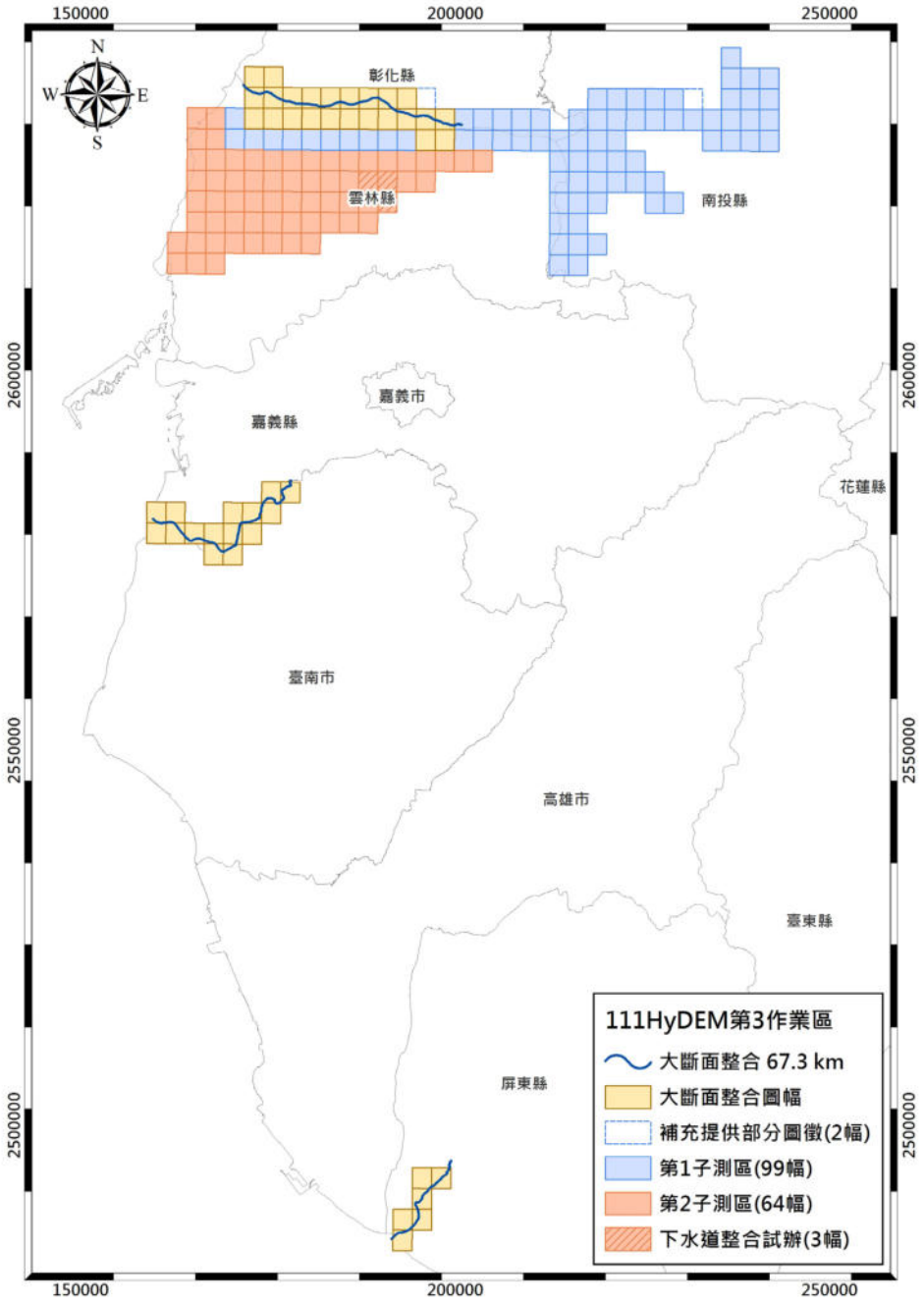


圖 1.2 111 年 HyDEM 第 3 作業區各子作業區範圍及河川斷面位置圖

第 3 作業區的河川斷面與水利數值地形模型整合流域，涵蓋濁水溪、東港溪、八掌溪等流域，總長度約 67.3 公里（共 36 幅），並且本計畫將進行 3 幅 1/5000 圖幅之下水道資料與 HyDEM 資料整合試作，所分配的整合圖幅為 94202006、94202007 及 94202017，主要人孔及管線普查位置集中於 94202007 圖幅，其範圍屬於高速鐵路雲林車站特定區。上述河川斷面涵蓋圖幅及 3 幅下水道資料與 HyDEM 資料整合試作圖幅示意圖如圖 1.2。

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)、河川斷面與水利數值地形模型整合等成果。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。

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 (含下水道試辦)	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 5. 下水道資料與 HyDEM 資料整合
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
4	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
二	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	作業計畫初稿 10 份及電子檔 3 份。	111 年 3 月 1 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 60%以上圖幅)。	111 年 8 月 22 日
第 3 階段	1. 水利數值地形資料成果(辦理範圍之剩餘圖幅數)。 2. 河川斷面與水利數值地形模型整合成果。	111 年 12 月 20 日
第 4 階段	工作總報告(初稿)10 份及電子檔 3 份。	111 年 12 月 30 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 1.3 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	111.03.01 中興測字第 1110000077 號	111.03.04 成大產創字第 1111100748 號	111.03.07 中興測字第 1110000089 號	111.03.30 測應字第 1111300588 號
第 2 階段	111.08.17 中興測字第 1110000376 號	111.08.18 成大產創字第 1111102665 號	111.08.22 中興測字第 1110000386 號	111.09.02 測應字第 1111565257 號
第 3 階段	111.11.30 中興測字第 1110000556 號	111.12.05 成大產創字第 1111104103 號	111.12.05 中興測字第 1110000569 號	111.12.26 測應字第 1111565363 號
第 4 階段	111.12.08 中興測字第 1110000573 號	111.12.12 成大產創字第 1111104227 號	111.12.14 中興測字第 1110000593 號	111.12.30 測應字第 1111565383 號

第二章 作業流程及作業資料特性說明

2.1 作業流程

本案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 163 幅之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 36 幅河川斷面與水利數值地形模型整合及研擬試辦 3 幅下水道資料與 HyDEM 資料整合，相關作業流程如圖 2.1 所示：

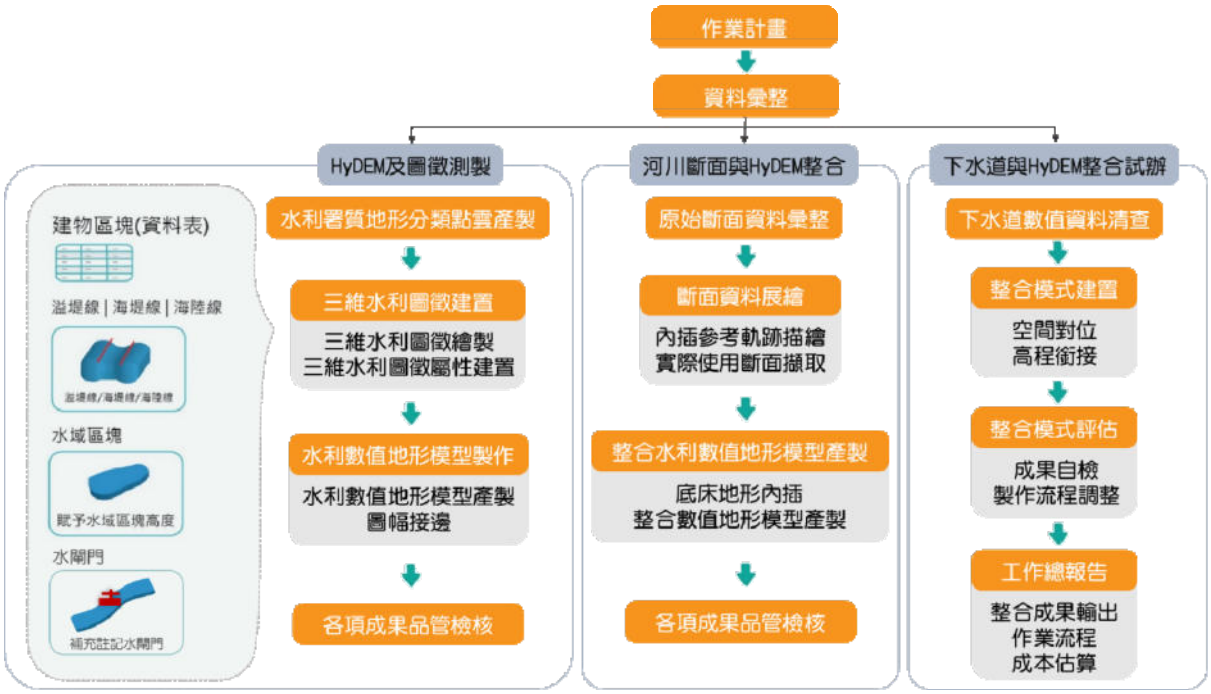


圖 2.1 工作流程圖

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(圖 2.2)。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，辦法流程詳如第六章。

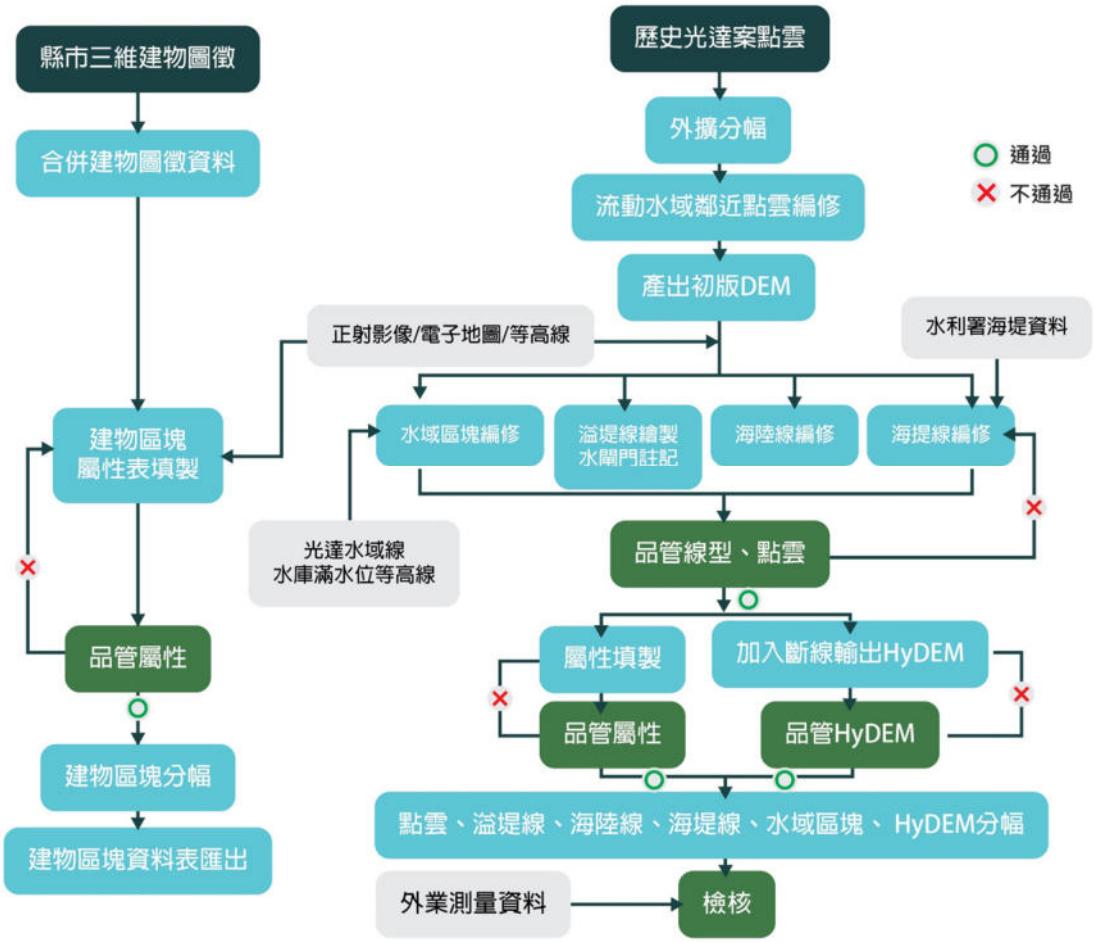


圖 2.2 水利數值地形模型製作流程

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、斷面資訊及街景圖資等，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 105、106、107 及 109 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，點雲資料分類圖層及編號如表 2.1。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。

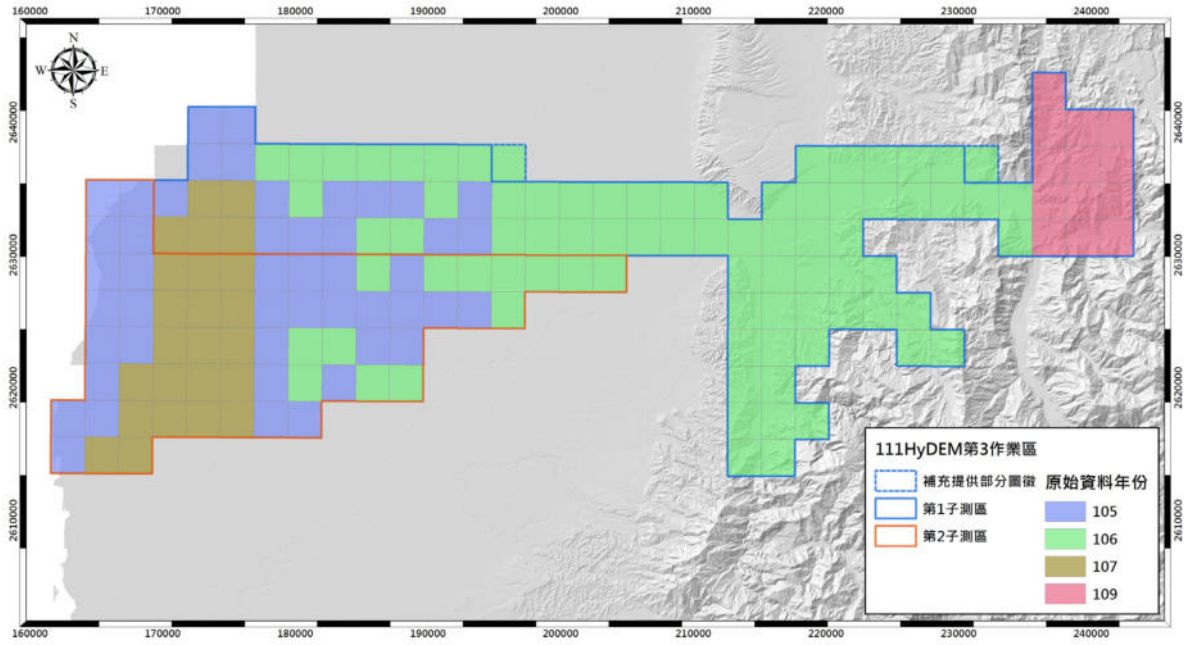


圖 2.3 原始點雲資料年份分布

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)。

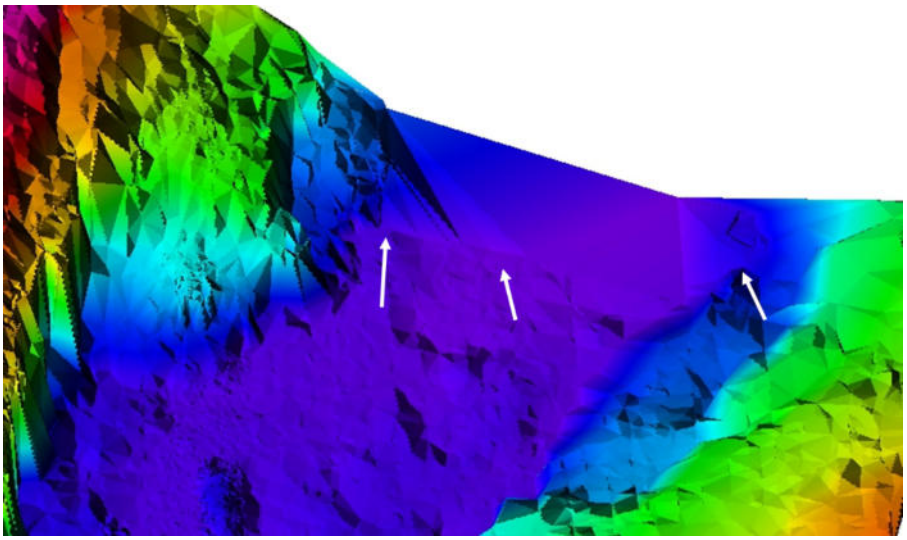


圖 2.4 點雲未外擴導致圖幅邊緣內插異常 (圖幅號：96213003)

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釋。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。

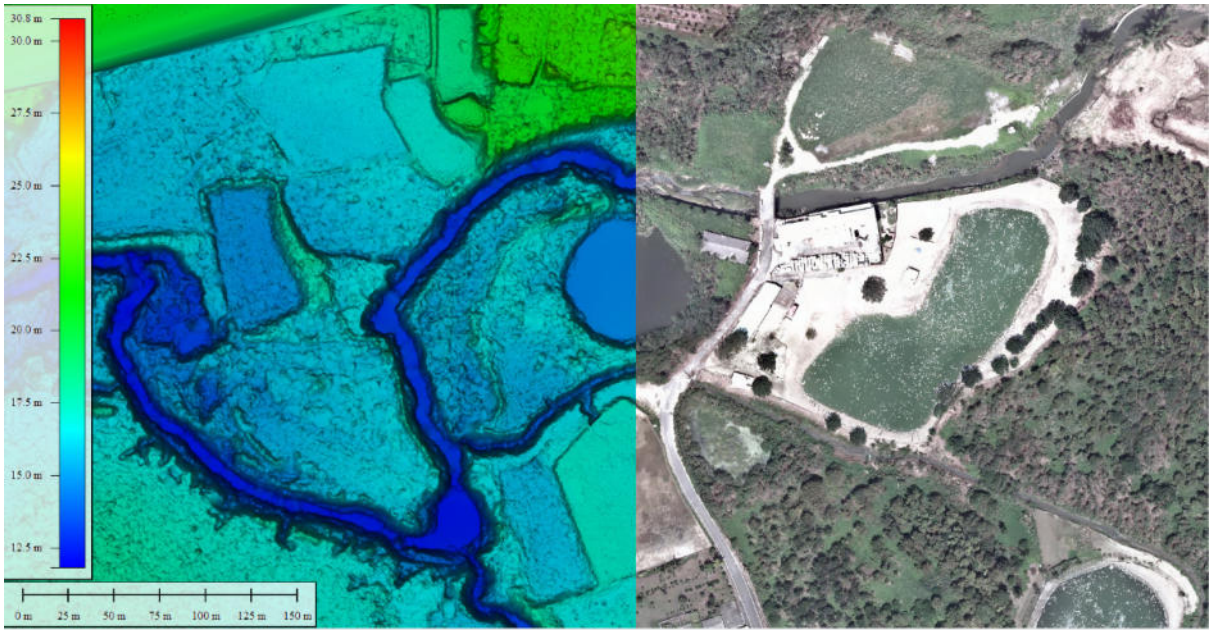


圖 2.5 正射影像套疊地形渲染圖

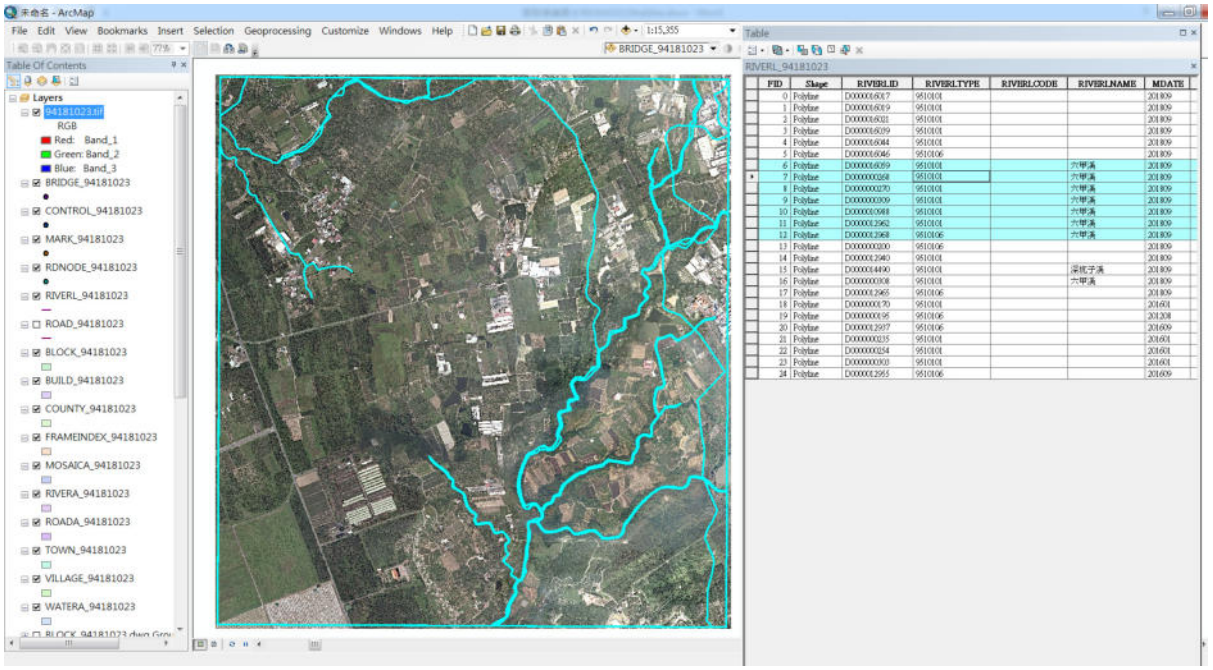


圖 2.6 正射影像套疊電子地圖

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。

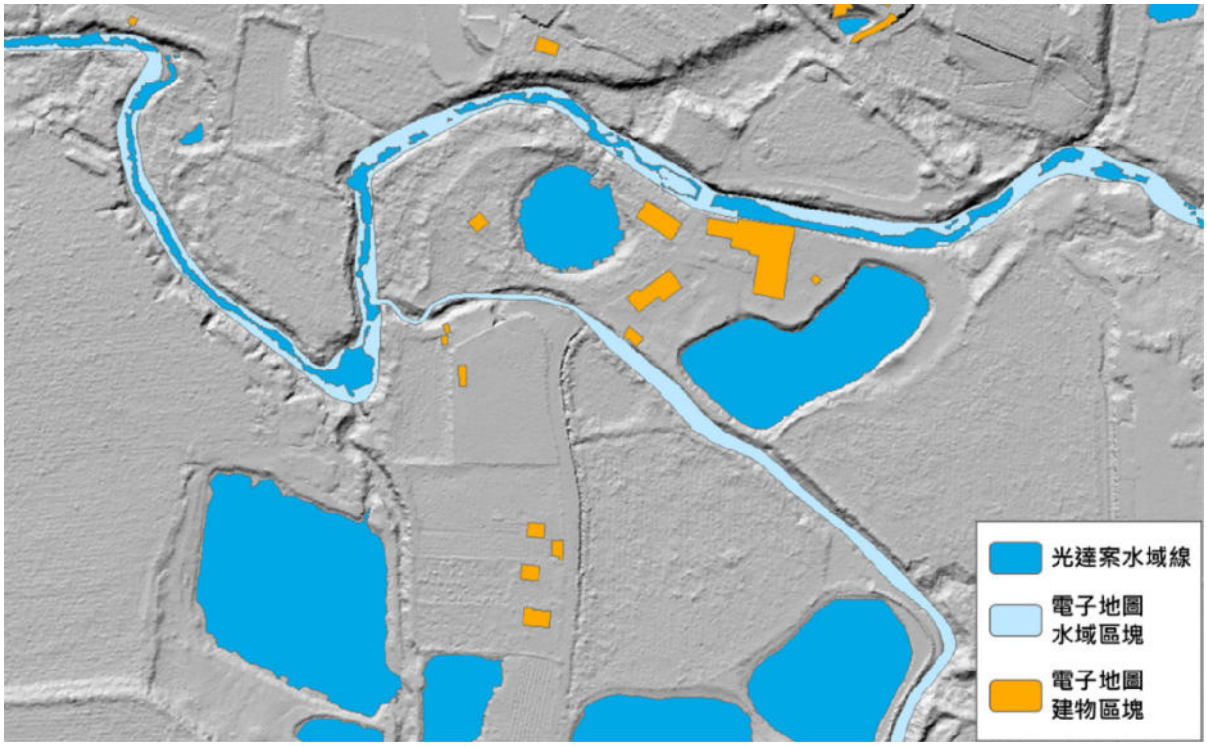


圖 2.7 HyDEM 陰影圖套疊水域線與電子地圖

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
水閘門	點	shp
堤防	線	shp
中央管河川大斷面資料	表	xlsx
雲林縣普查管線	線	shp
雲林縣普查人孔	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閘門與人孔現況的重要輔助圖資。水閘門具有各種不同大小、型態與位置，而整合下水道人孔資料時亦有人孔高程與光達地形高程差異，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)。

(a)中大型水閘門

(b)人孔

圖 2.9 街景協助判斷判斷水閘門及人孔現況(截自 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需求，除了參與監審方於 111 年 3 月 25 日舉辦的教育訓練(圖 2.10)，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 2.11)，針對常見錯誤類型編撰訓練教材(圖 2.12)。最後，為了因應可能的人力調度，本團隊繼 110 年度通過之 9 名數化人員，今年度新增提報 5 人進行考核且全數通過(表 2.3)，並以此 14 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(111.03.25)

圖 2.11 內部教育訓練

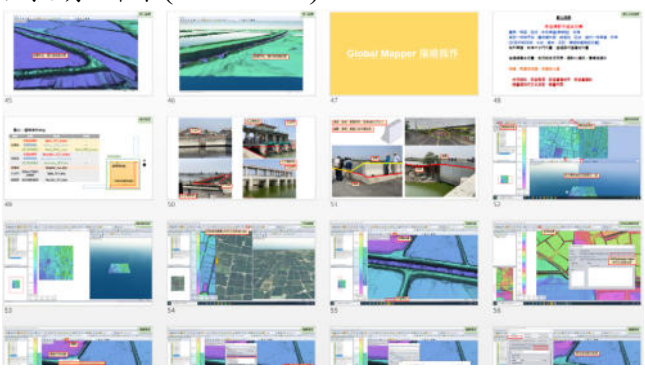


圖 2.12 內部教育訓練教材

表 2.3 編修人員考核通過清單

編號	姓名	考核圖號
HyOP-43-01	李子薇	94204080
HyOP-43-02	賴正儒	94204090
HyOP-43-03	許詩涵	95201067
HyOP-43-04	廖珉佳	95201077
HyOP-43-05	廖朝昱	95201084
HyOP-43-06	鄧嘉欣	94192032 (110 年通過)
HyOP-43-07	王盈鈞	94192033 (110 年通過)
HyOP-43-08	許湘榕	94192034 (110 年通過)
HyOP-43-09	施乃慈	94192035 (110 年通過)
HyOP-43-10	呂明格	95194083 (110 年通過)
HyOP-43-11	董威旻	95194091 (110 年通過)
HyOP-43-12	曾秋源	95194092 (110 年通過)
HyOP-43-13	王婉瑜	95194093 (110 年通過)
HyOP-43-14	葉筱筑	94184049 (110 年通過)

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 2.14 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 機敏作業電腦

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(圖 2.13)。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 2.14 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

	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「110 年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。

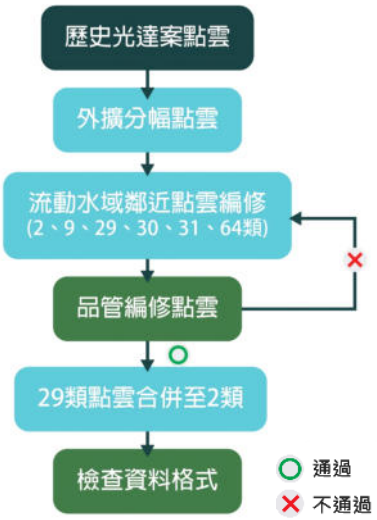


圖 3.1 點雲編修作業流程

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。

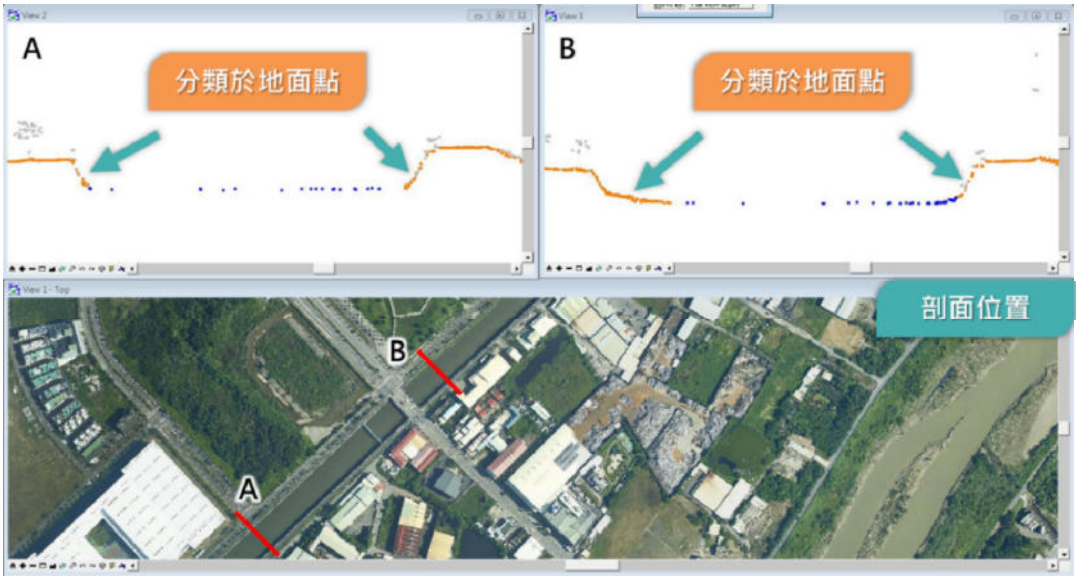


圖 3.2 溝渠兩側立面需分類為地面點 (圖幅號：94193080)

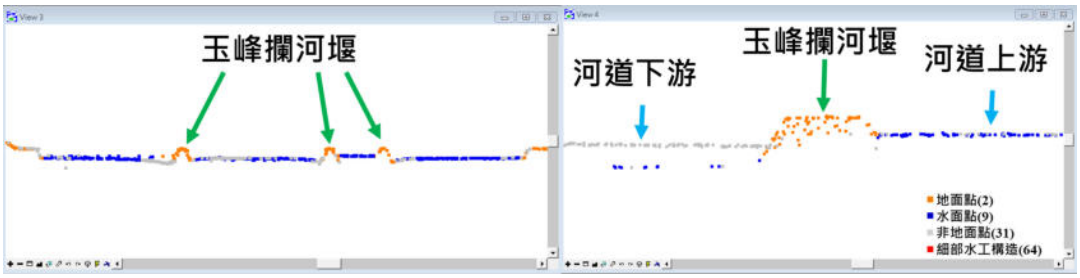


圖 3.3 重要水利設施攔河堰點雲分類示意圖(圖幅號：94192055)

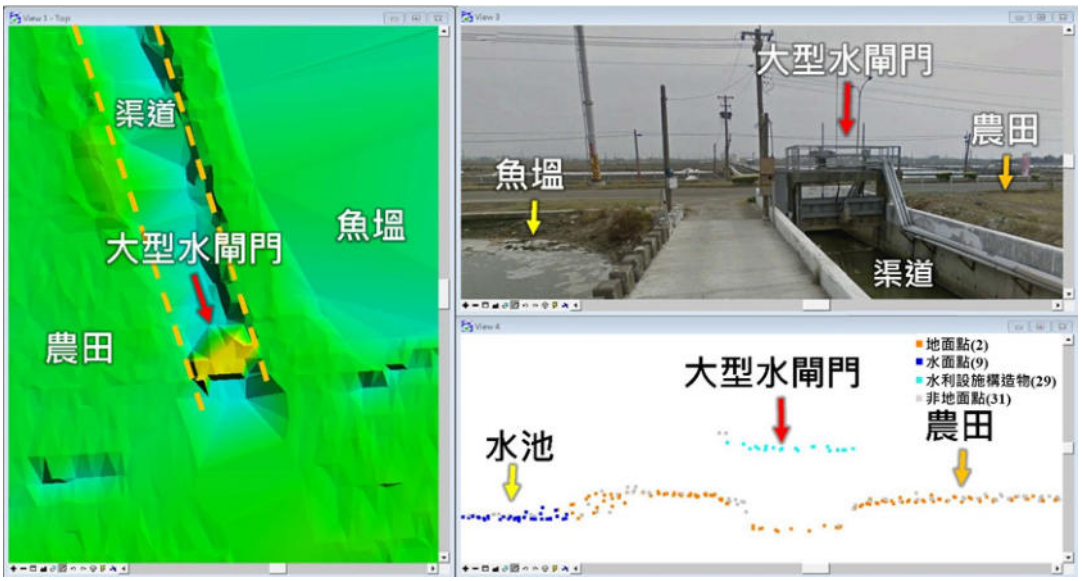


圖 3.4 大型水閘門點雲分類示意圖(圖幅號：94184079)

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)。

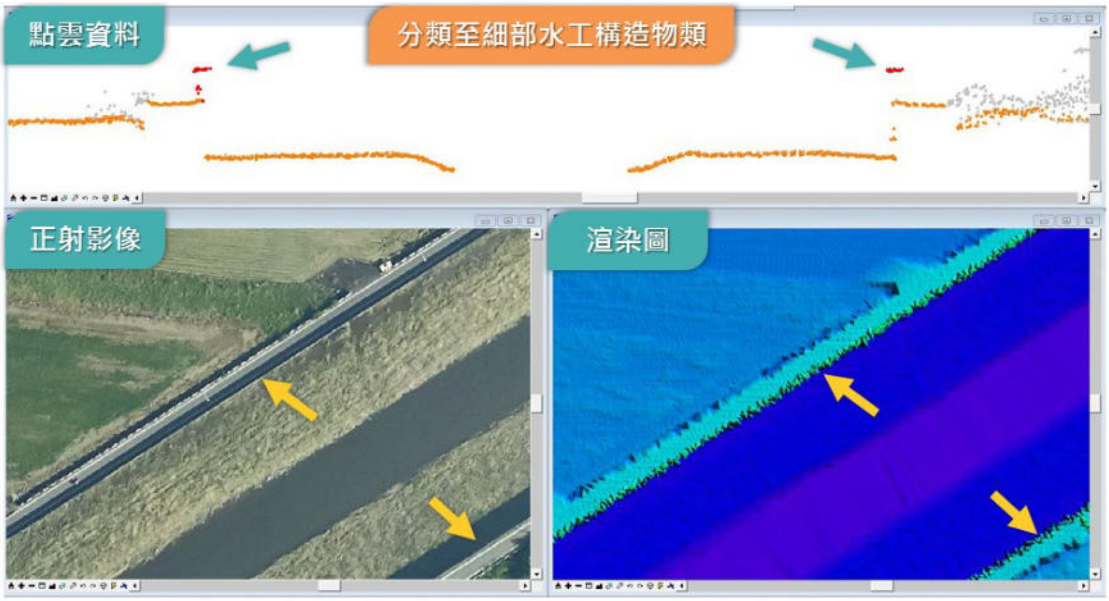


圖 3.5 各式堤防、防洪牆、胸牆或護欄分類至細部水工構造(圖幅號：94193080)

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

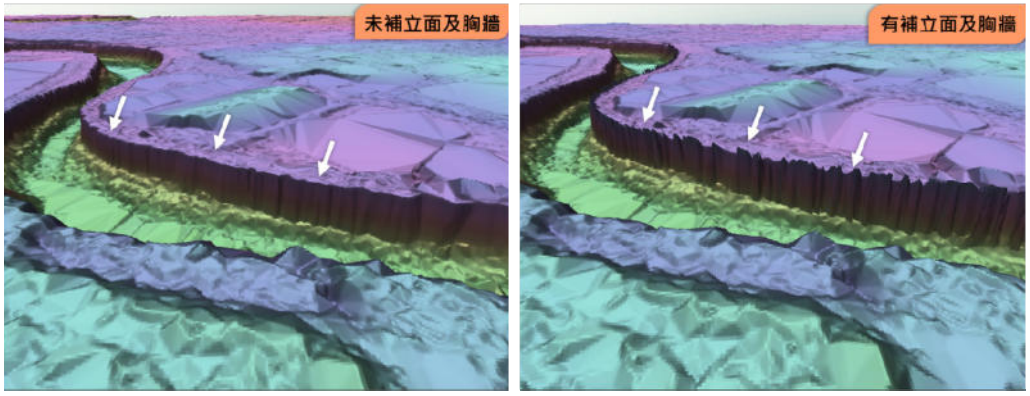


圖 3.8 立面及胸牆點雲補強

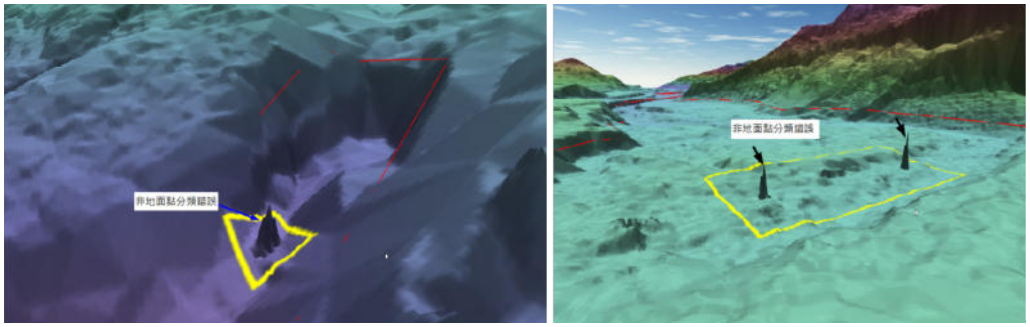


圖 3.9 非地面點分類錯誤

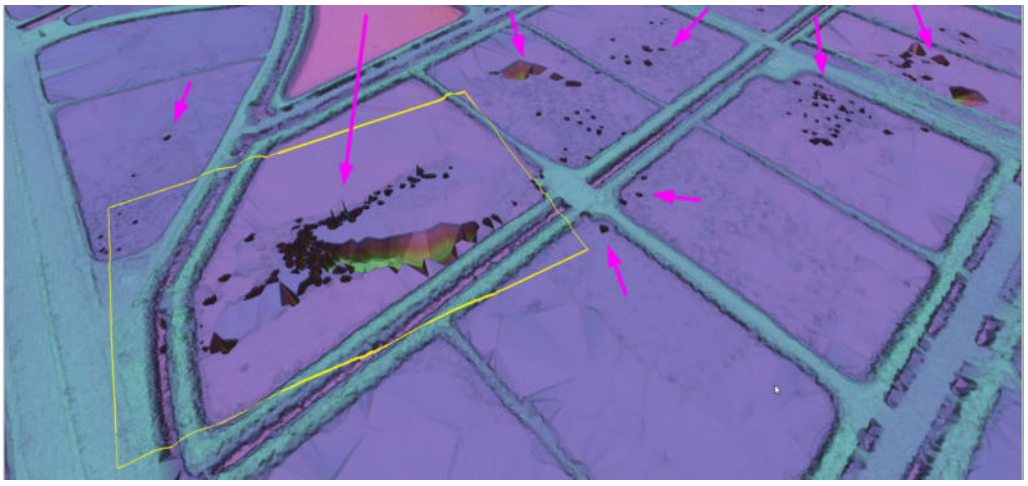


圖 3.10 水體內雜點分類錯誤

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。

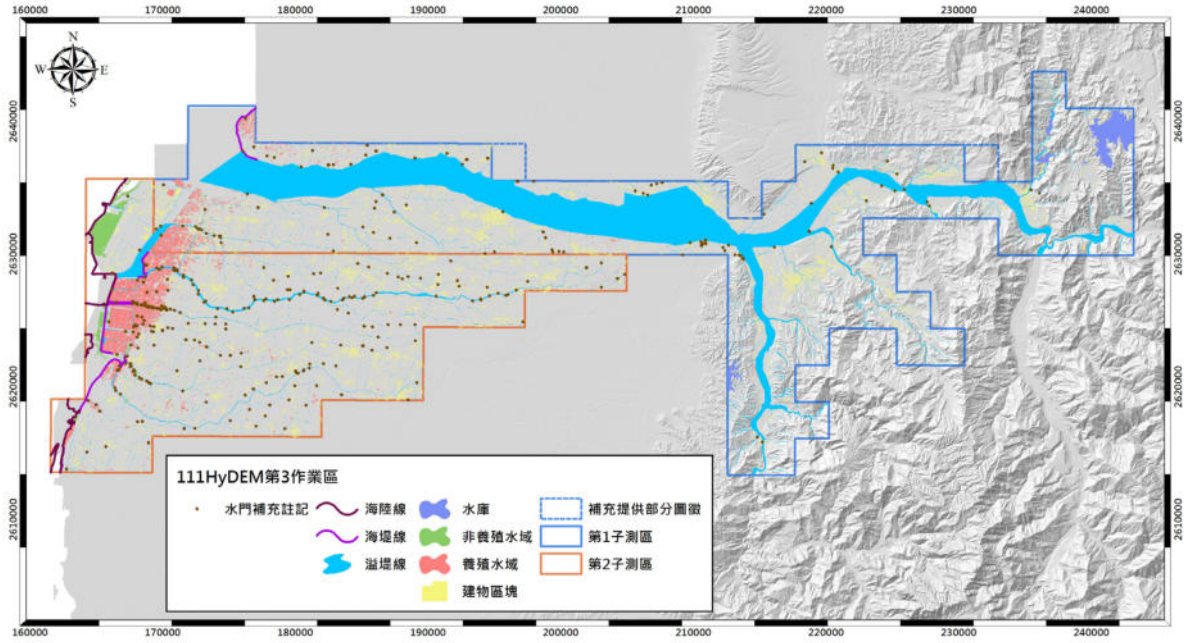


圖 4.1 第 3 作業區三維水利圖徵總成果

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	

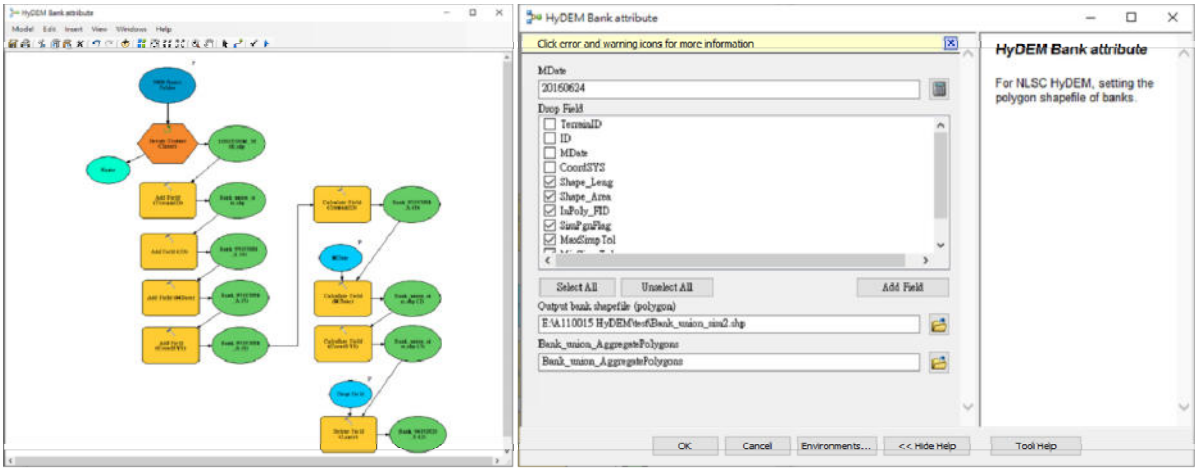


圖 4.2 自動化批次屬性編寫模組

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)。

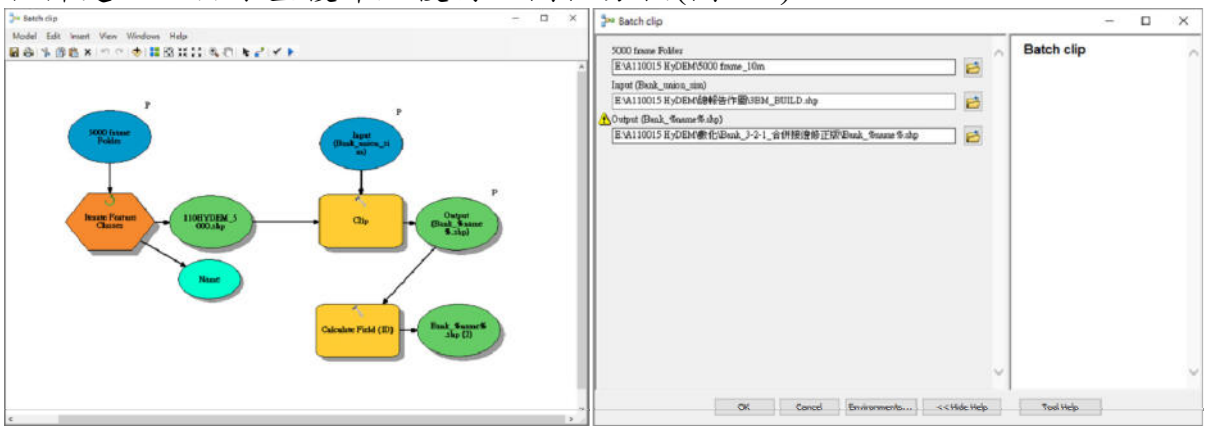


圖 4.3 批次分幅作業模組

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，因此須參考臺灣通用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

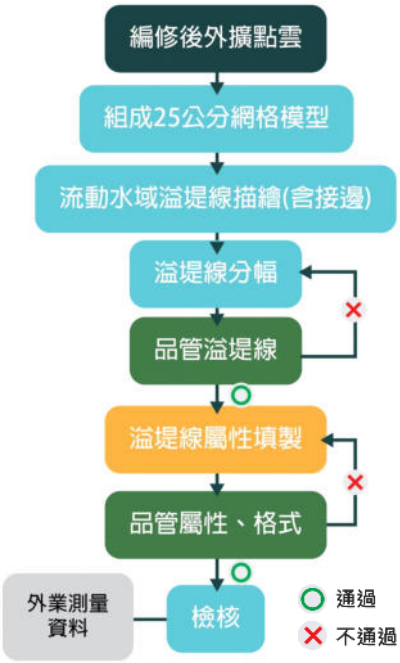


圖 4.4 溢堤線編修流程

「水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。

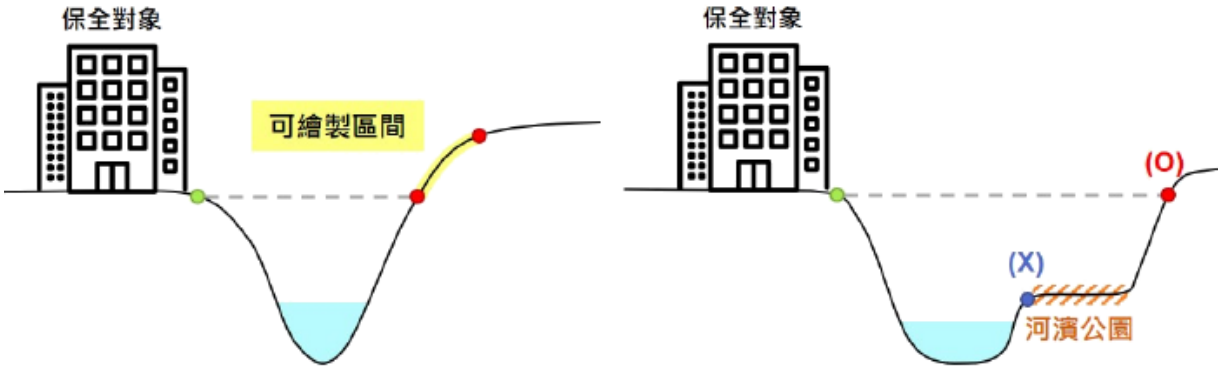


圖 4.5 自然護坡溢堤線繪製與保全對象關係

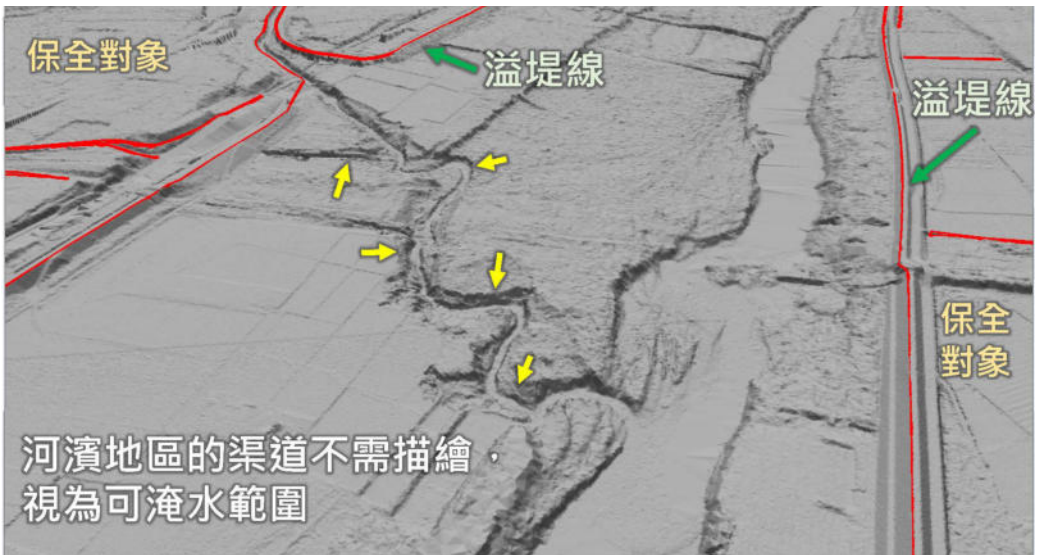


圖 4.6 河濱地區之渠道溢堤線示意圖(圖幅號：94192033)

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。

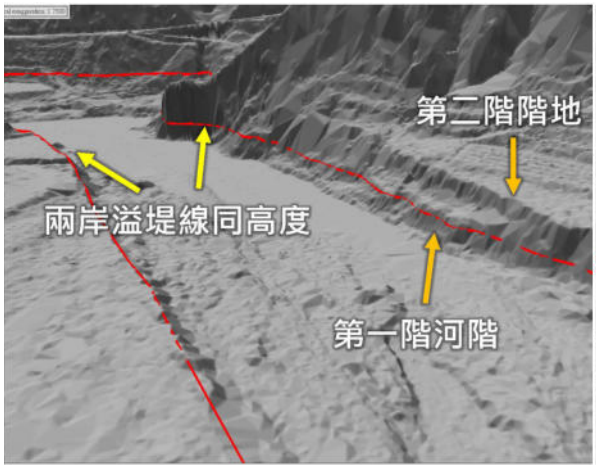


圖 4.7 河階特徵數化示意圖
(圖幅號：95193061)

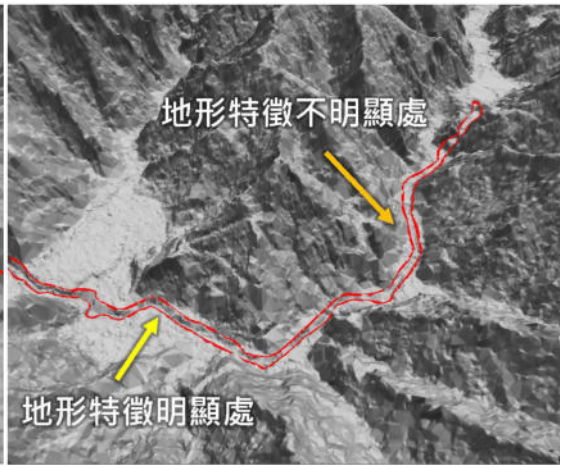


圖 4.8 泥岩地形溢堤線數化示意圖
(圖幅號：94192078)

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)。

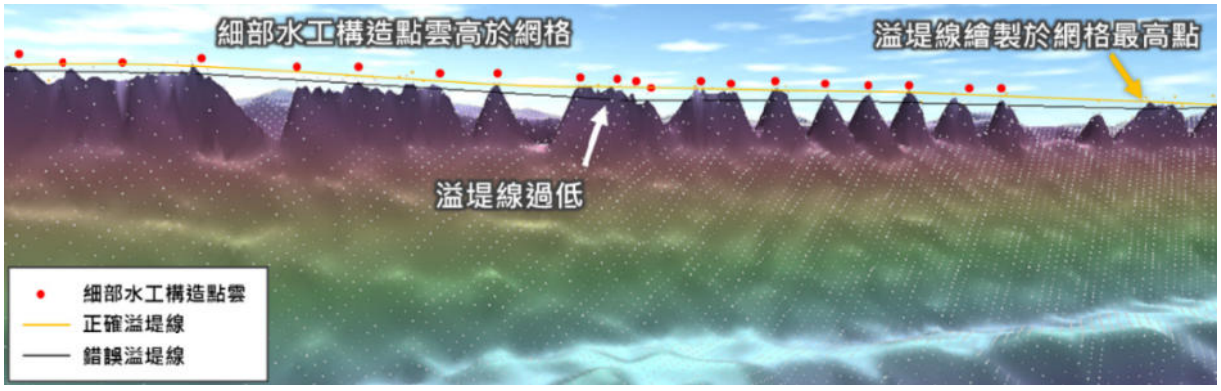


圖 4.9 溢堤線遇細部水工構造物繪製原則

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瞄拍攝，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)

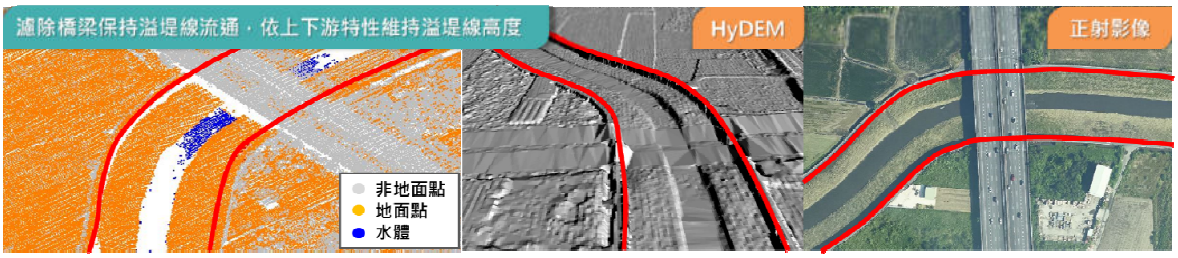


圖 4.11 溢堤線遇橋梁繪製原則(圖幅號：94193080)

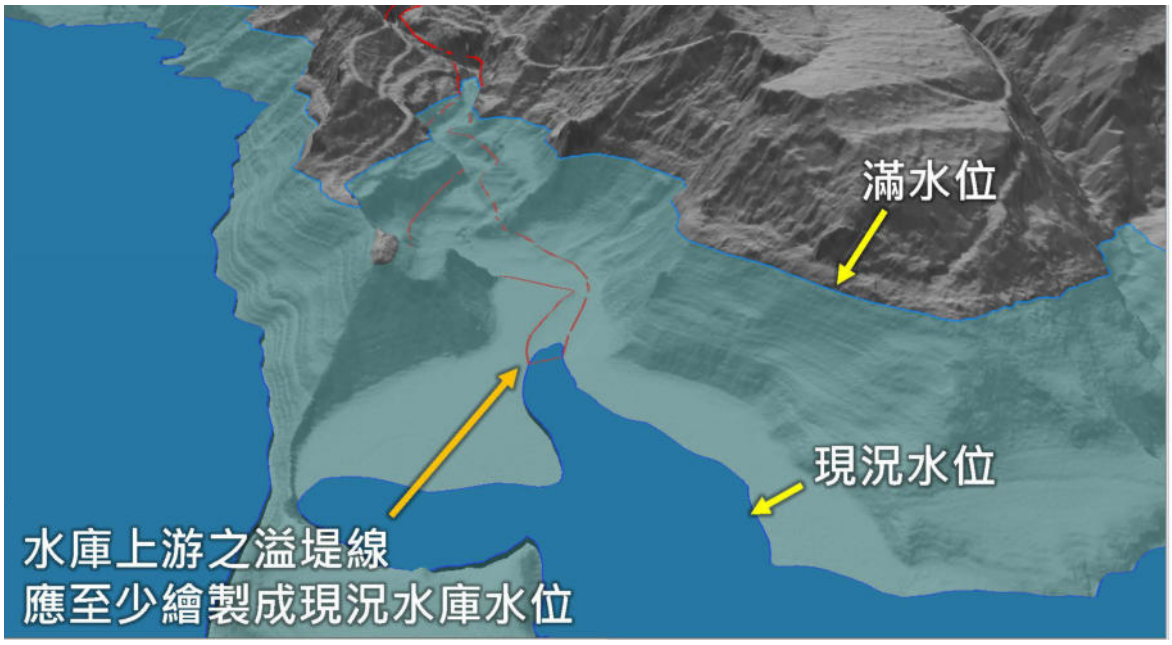


圖 4.12 溢堤線遇水庫繪製原則(圖幅號：95194073)

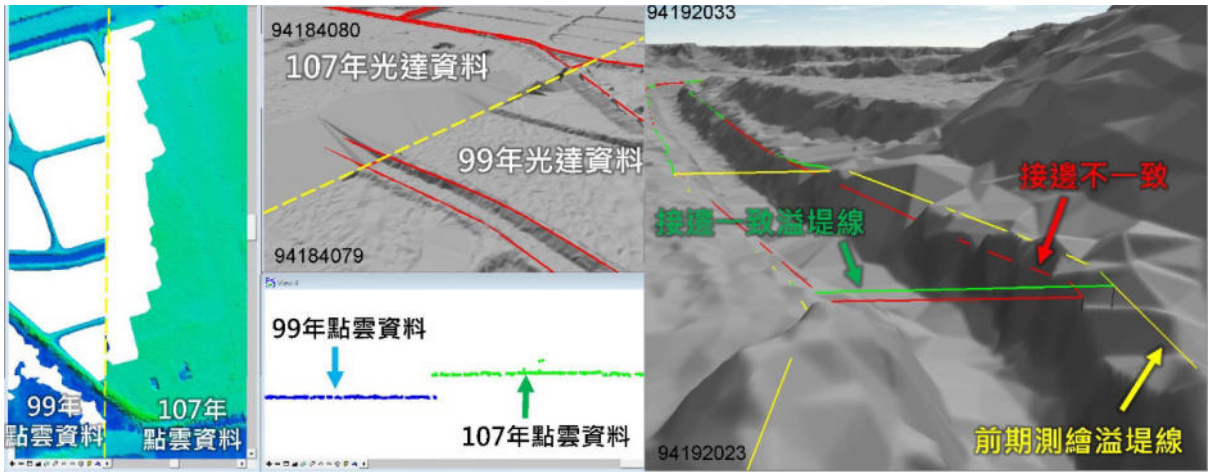


圖 4.13 溢堤線遇跨年度資料合理順接繪製(圖幅號：94184079、94184080)

本案共 162 幅溢堤線成果，繪製總長度約為 4560 公里，分布範圍如圖 4.14。

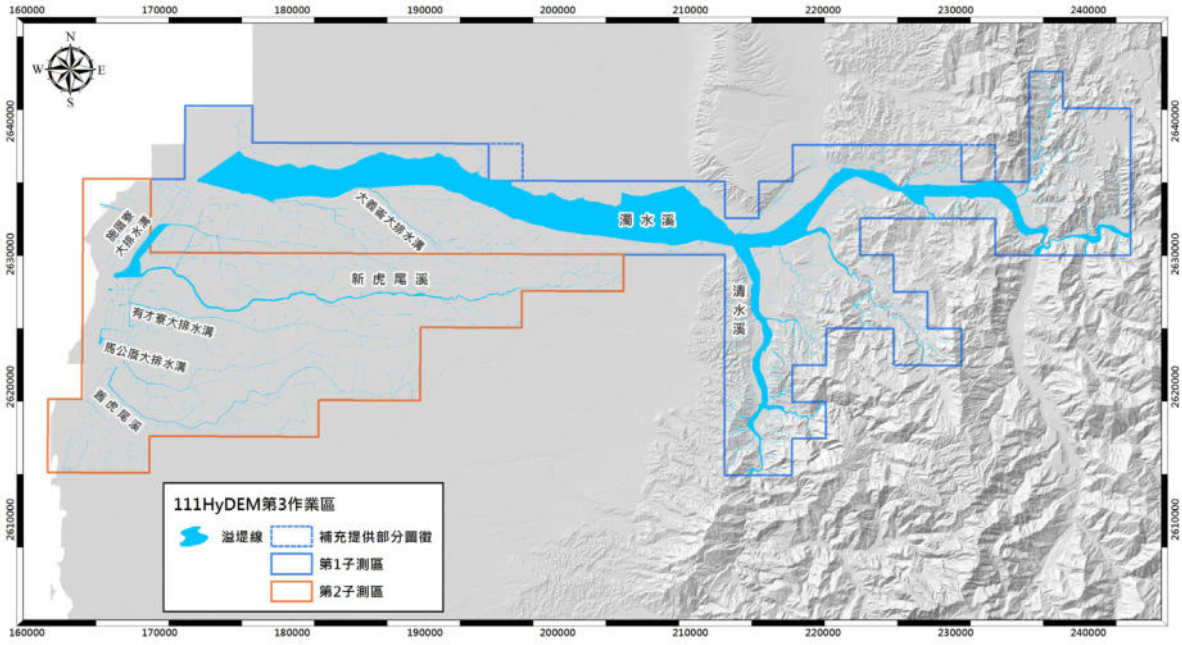


圖 4.14 本案溢堤線成果

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：94204099)

TerrainID	ID	MDate	CoordSYS
9510109	1	201807	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	2	201807	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	3	201807	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	4	201807	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	5	201807	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	6	201807	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	7	201807	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	8	201807	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	9	201807	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9510109	10	201807	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。

位於圖幅接邊處的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。

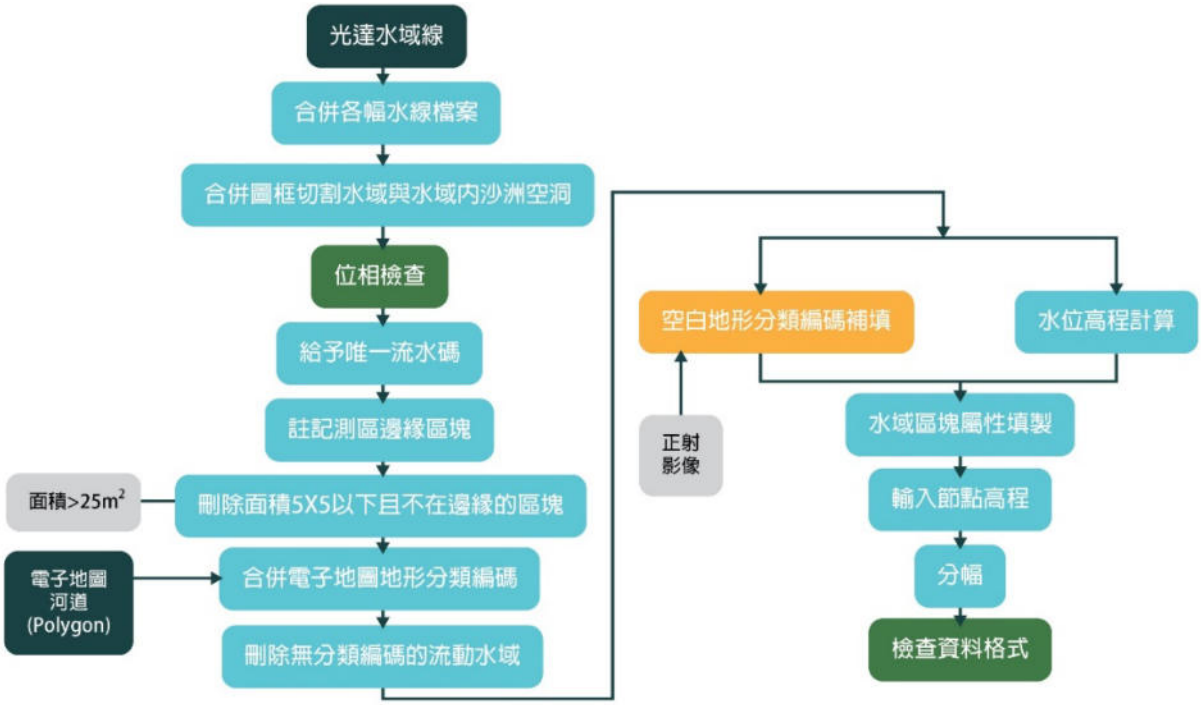


圖 4.15 水域區塊編修流程

圖 4.16 水線編修以符合水域區塊規則 (圖幅號：94193076)

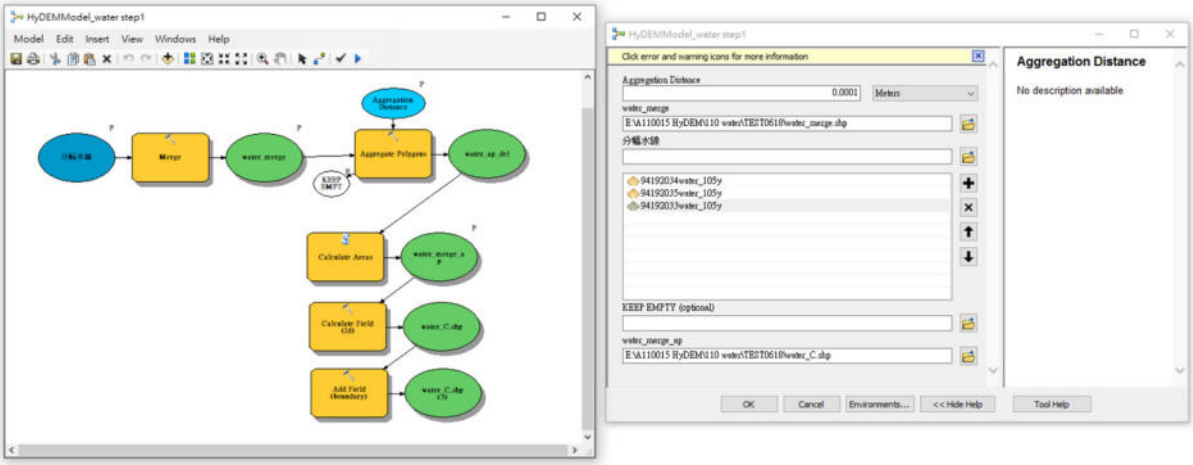


圖 4.17 水域區塊篩選模組

(a)養殖水域 (b)非養殖水域 (c)水庫

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。

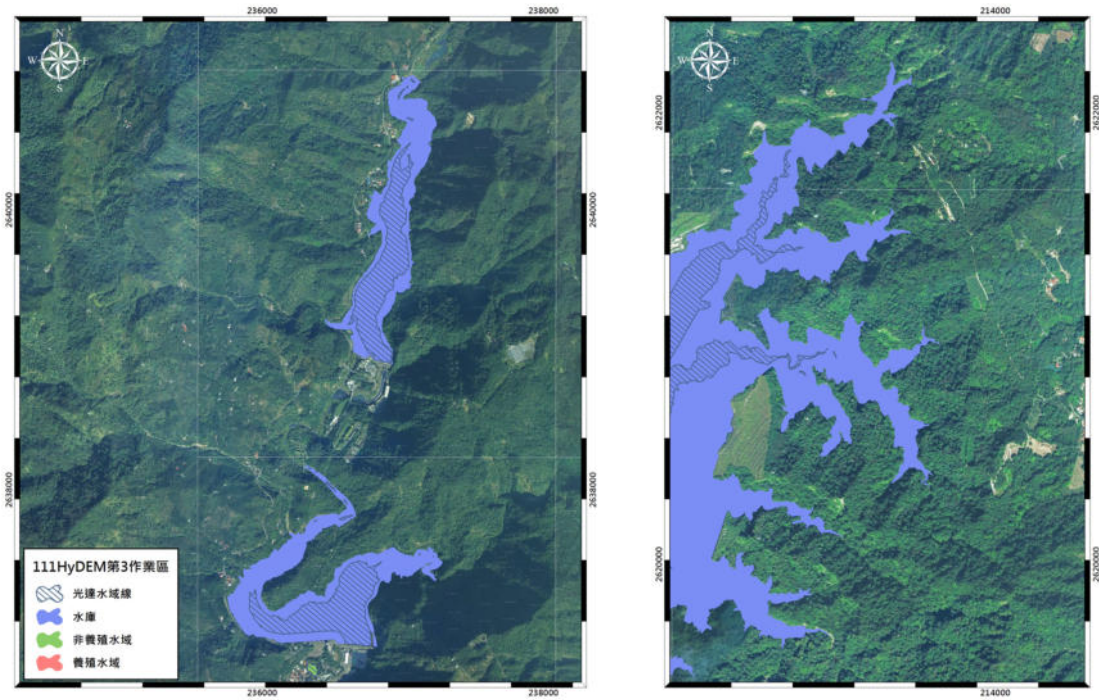


圖 4.19 水線編修以符合水域區塊規則(明湖下池、明潭下池、湖山水庫)

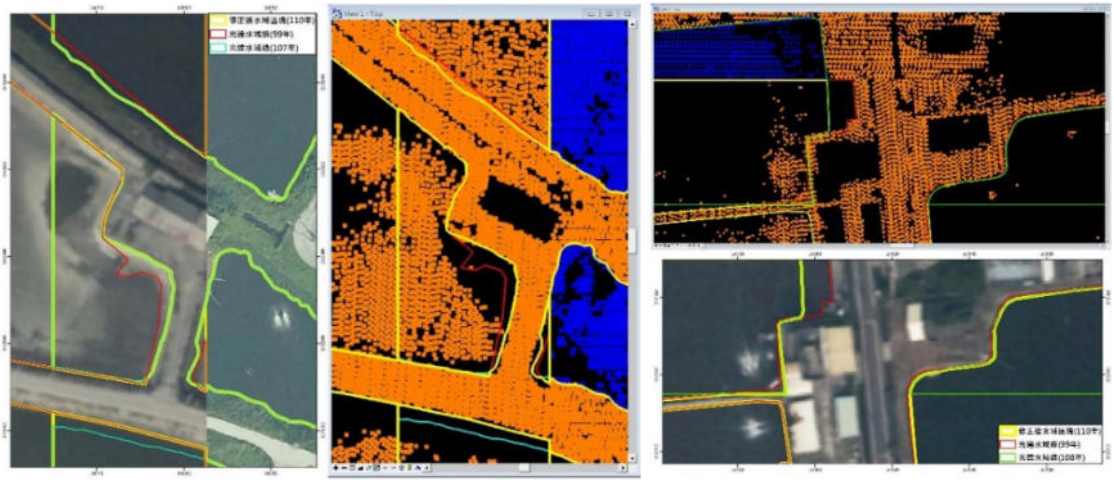


圖 4.20 水線編修以符合水域區塊規則(內、外部接邊處)

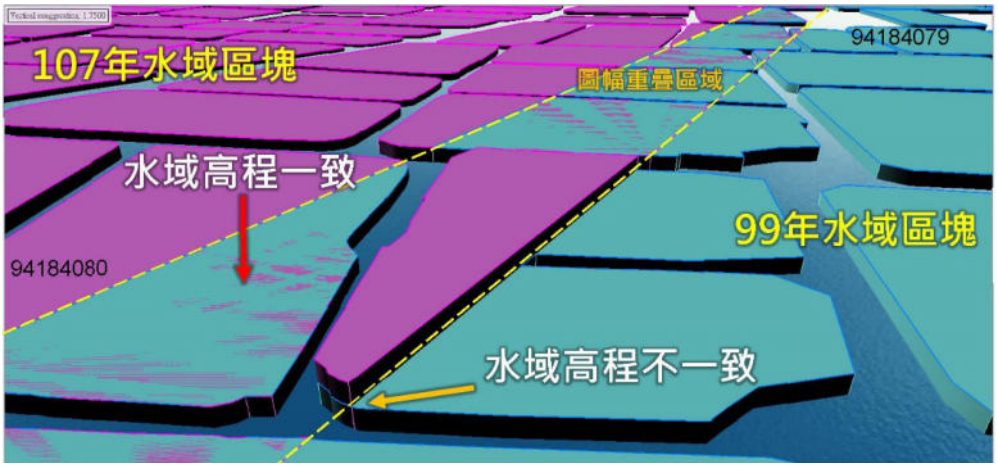


圖 4.21 水線編修以符合水域區塊規則(水域高程須一致)

確認水域區塊位置後，以自行開發軟體萃取點雲資料(圖 4.23)，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 4.24)；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 3 作業區中包含 5 座水庫：日月潭水庫、明池下池水庫、明潭下池水庫、頭社水庫及湖山水庫(圖 4.22)，水庫滿水位高程如表 4.4。

表 4.4 第 3 作業區水庫滿水位高程列表

水庫名稱	常態最高滿水位高度(公尺)
日月潭水庫	748.5
明池下池水庫	448.5
明潭下池水庫	373.0
頭社水庫	668.0
湖山水庫	211.5

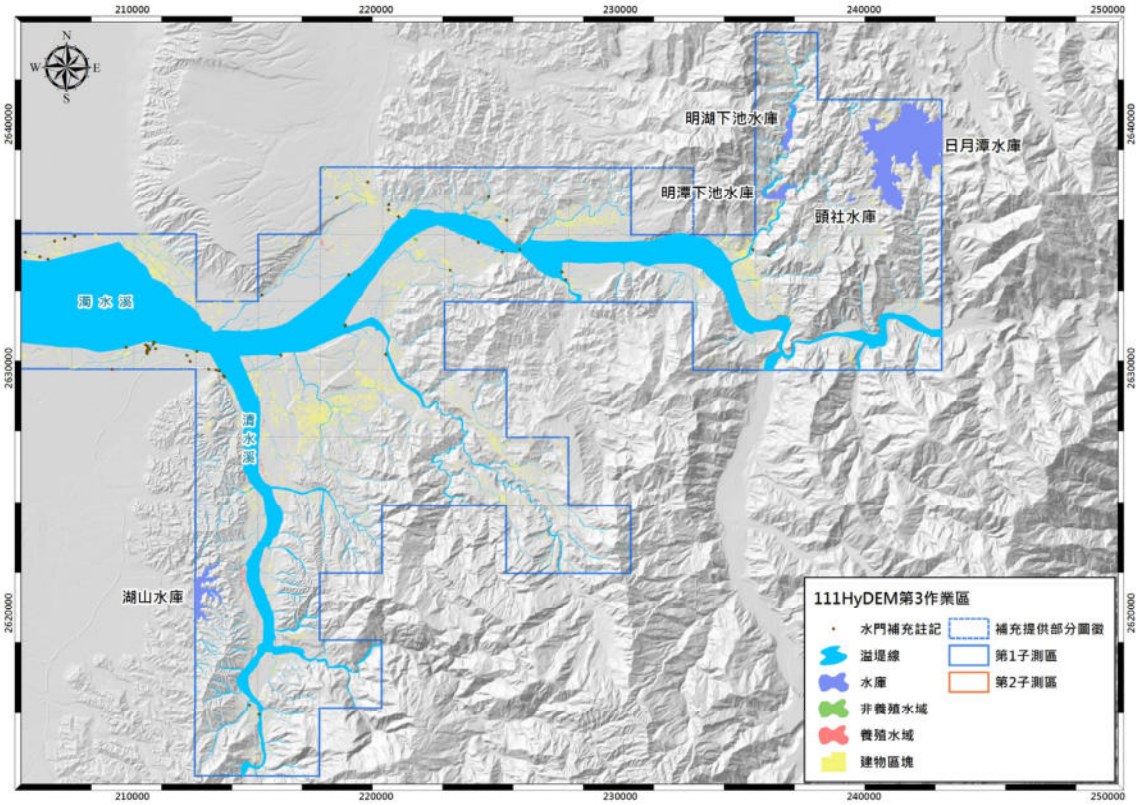


圖 4.22 第 3 作業區水庫分布圖

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 4.5，屬性成果表如表 4.6 所示。

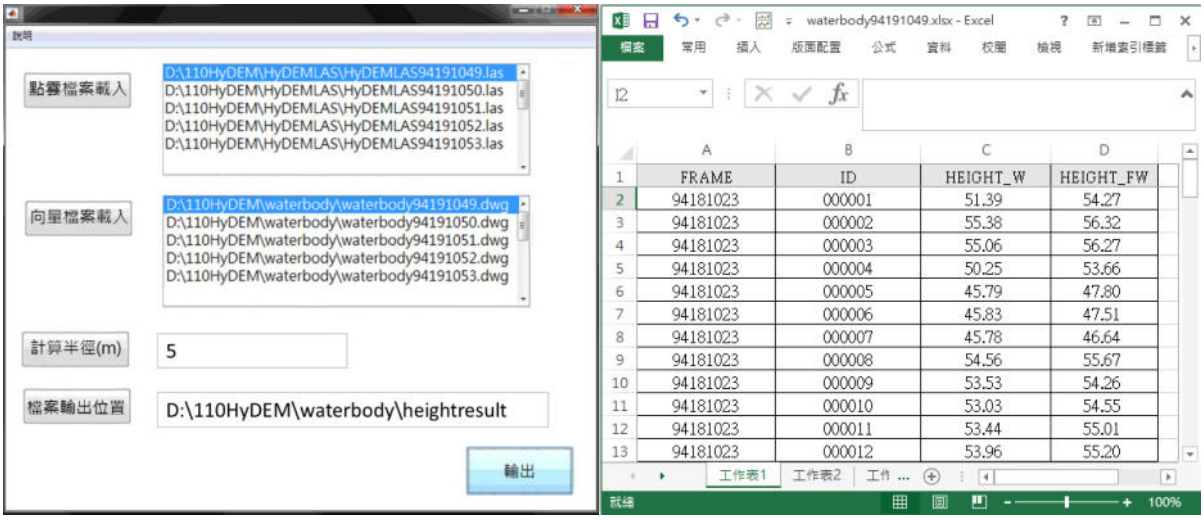


圖 4.23 自行開發軟體萃取點雲資料計算水面高程

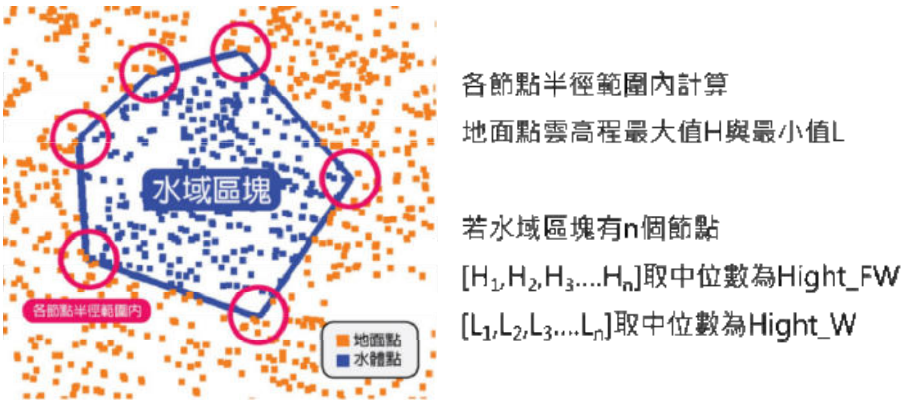


圖 4.24 水域區塊水面高程值與滿水位高程值計算方式

本案第 3 作業區共有 157 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。局部沿海作業成果如圖 4.26。

表 4.5 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 4.6 水域區塊屬性成果表(節錄圖號：94203018)

TerrainID	ID	MDate	Height_W	Height_FW	CoordSYS
9740100	113	201611	-0.10	-0.91	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9520700	114	201611	-0.17	-0.16	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	115	201611	-1.42	-1.31	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	116	201611	-0.99	-0.55	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	117	201611	-0.89	-0.71	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9520700	118	201611	-0.85	-0.74	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9520700	119	201611	-0.91	-0.53	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	120	201611	0.33	0.79	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9520700	121	201611	-0.72	-0.29	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	122	201611	-0.71	-0.58	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9520700	123	201611	-0.95	-0.75	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	124	201611	-0.96	-0.79	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	125	201611	-1.05	-0.64	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	126	201611	-0.87	-0.27	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	127	201611	-0.70	-0.59	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	128	201611	-0.94	-0.77	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	129	201611	-1.44	-1.32	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	130	201611	-0.91	-0.11	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	131	201611	-0.82	-0.67	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	132	201611	-0.89	-0.62	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9520700	133	201611	-1.01	-0.24	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	134	201611	-1.00	-0.56	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	135	201611	0.33	0.69	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9740100	136	201611	-0.99	-0.82	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 4.25)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 4.27)。

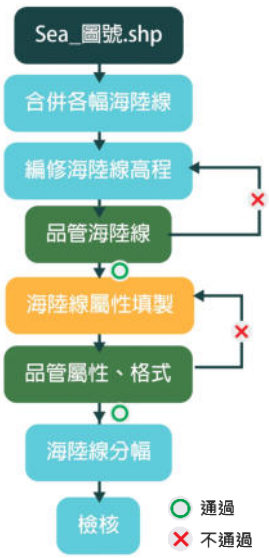


圖 4.25 海陸線編修流程

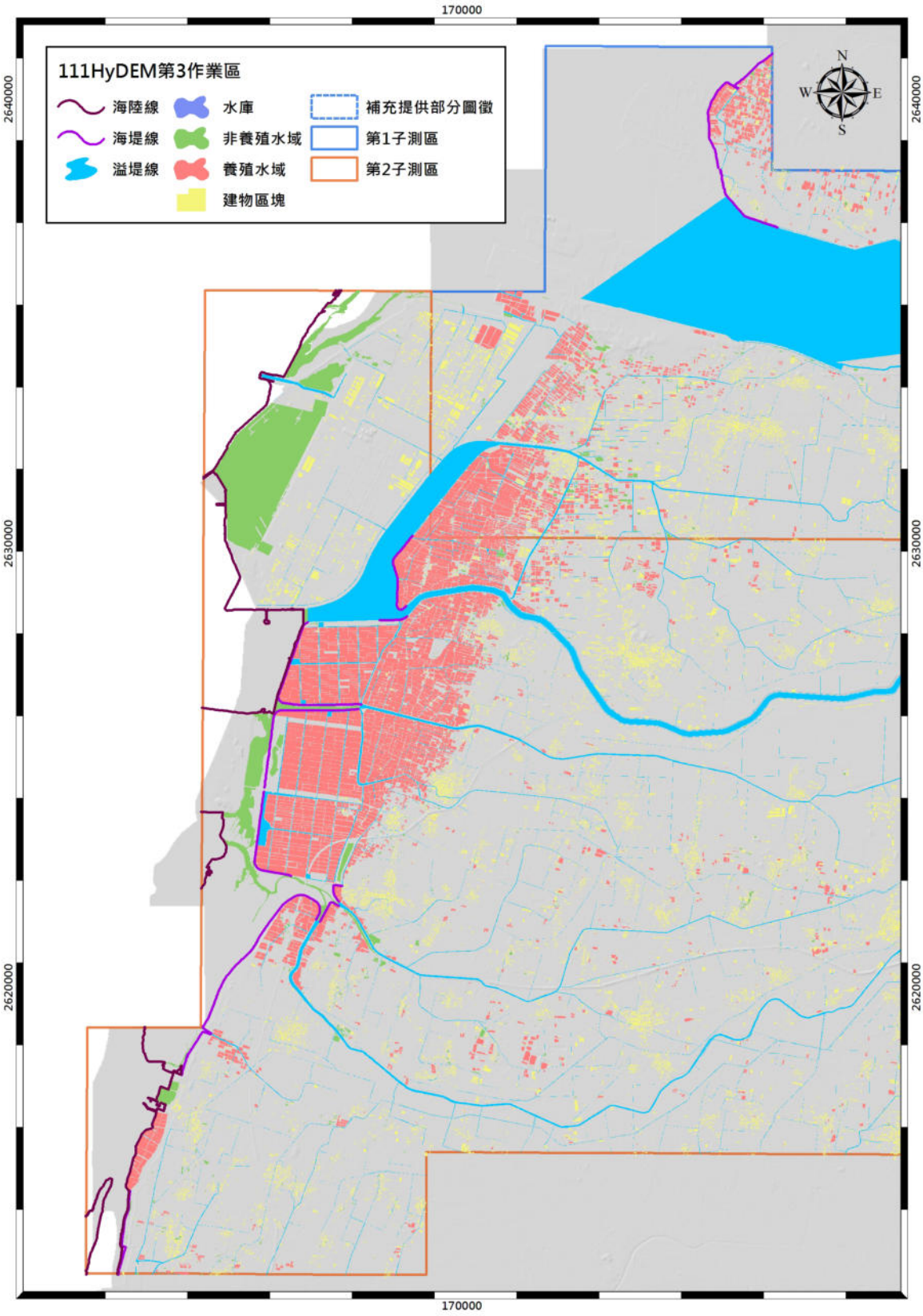


圖 4.26 本案沿海成果

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 4.7，屬性成果表如表 4.8。

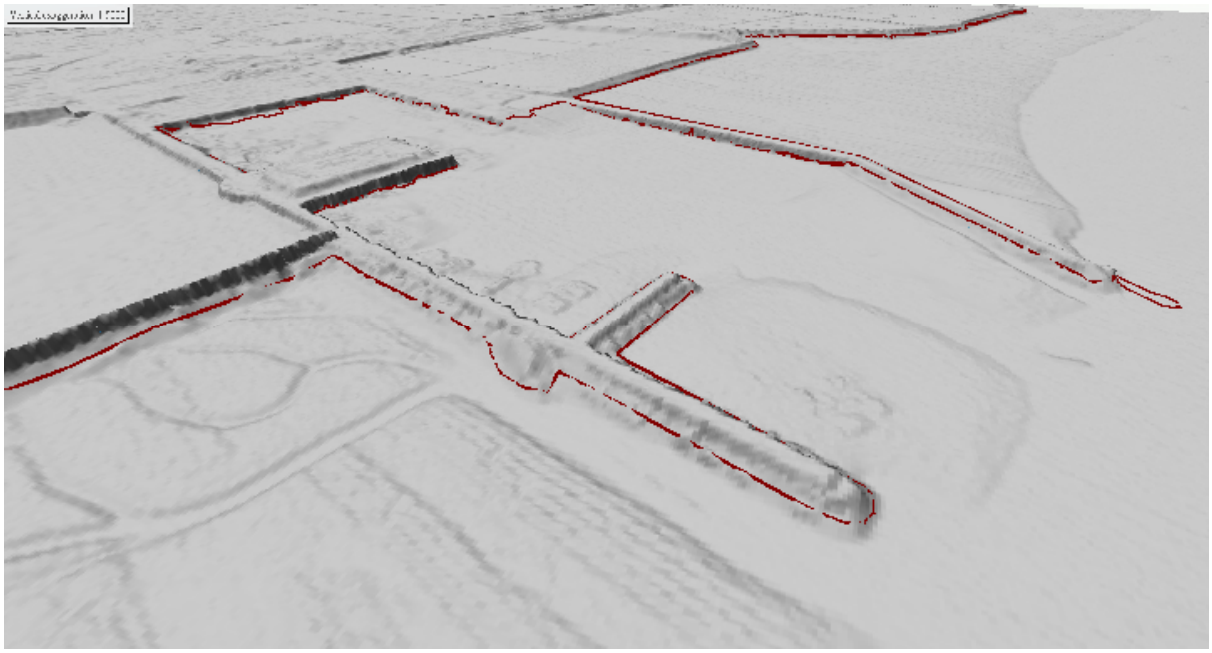


圖 4.27 海陸線編修成果 (圖幅號：94203036)

本案共有 8 幅海陸線資料，分布於雲林沿海測區，作業成果如圖 4.26。

表 4.7 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 4.8 海陸線屬性成果表(節錄圖號：94203046)

TerrainID	ID	MDate	CoordSYS
9530200	1	201611	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9530200	2	201611	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
9530200	3	201611	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 4.28)，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 4.29)。

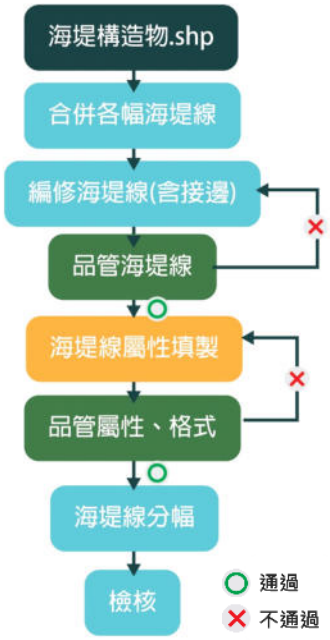


圖 4.28 海堤線編修流程

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 4.9，若因依照點雲修正位置、長度，則更新長度(Length)欄位。

本案共有 15 幅海堤線資料，分布於西部沿海彰化縣大城鄉與雲林縣麥寮、臺西及四湖鄉，由北而南為大城南一段海堤、大城南二段海堤、後安寮海堤、新興海堤、台西海埔地防潮海堤、海口海堤、林厝寮海堤、三條崙海堤、箔子寮海堤。作業成果如圖 4.26，屬性成果表如表 4.10。

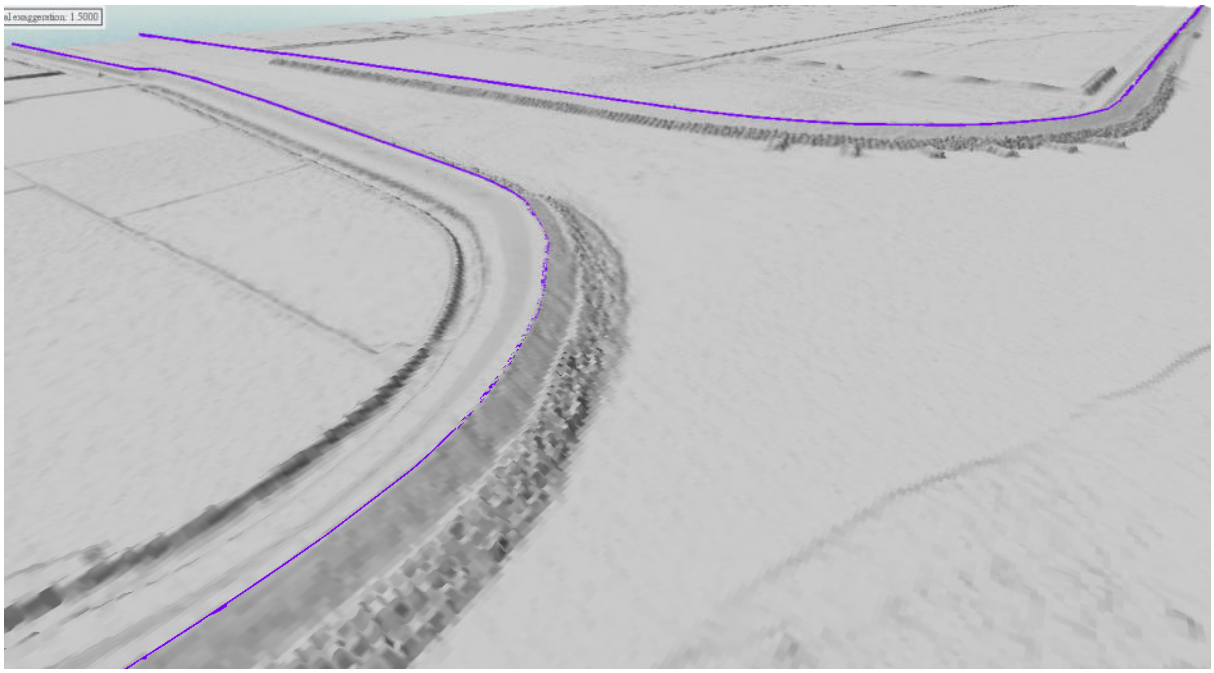


圖 4.29 海堤線繪製 (圖幅號：94203007)

表 4.9 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 4.10 海堤線屬性成果表(節錄圖號：94203007)

OBJECTID	DIKE_NAME	CLASS	COUN_NAME1	TOWN_NAME	ORG_MNG	Length	CoordSYS
808	新興海堤	一般性	雲林縣	臺西鄉	第五河川	315.650	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
809	新興海堤	一般性	雲林縣	臺西鄉	第五河川	2969.471	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
810	台西海埔地防潮	一般性	雲林縣	臺西鄉	第五河川	623.304	TWD97[2010]_TM121、TWVD2001
811	台西海埔地防潮	一般性	雲林縣	臺西鄉	第五河川	2307.230	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 4.11)，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 4.30)，藉此達到水閘門資訊之資料補充註記更新。

本案共補充 106 幅水閘門點位資料，總計 445 點，主要分布於新虎尾溪、有才寮大排水溝、馬公厝大排水溝、施厝寮大排水溝等，作業成果如圖 4.31。

(a)中大型閘門(分類註記)

(b)小型閘門(不分類註記)

圖 4.30 水閘門分類

表 4.11 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

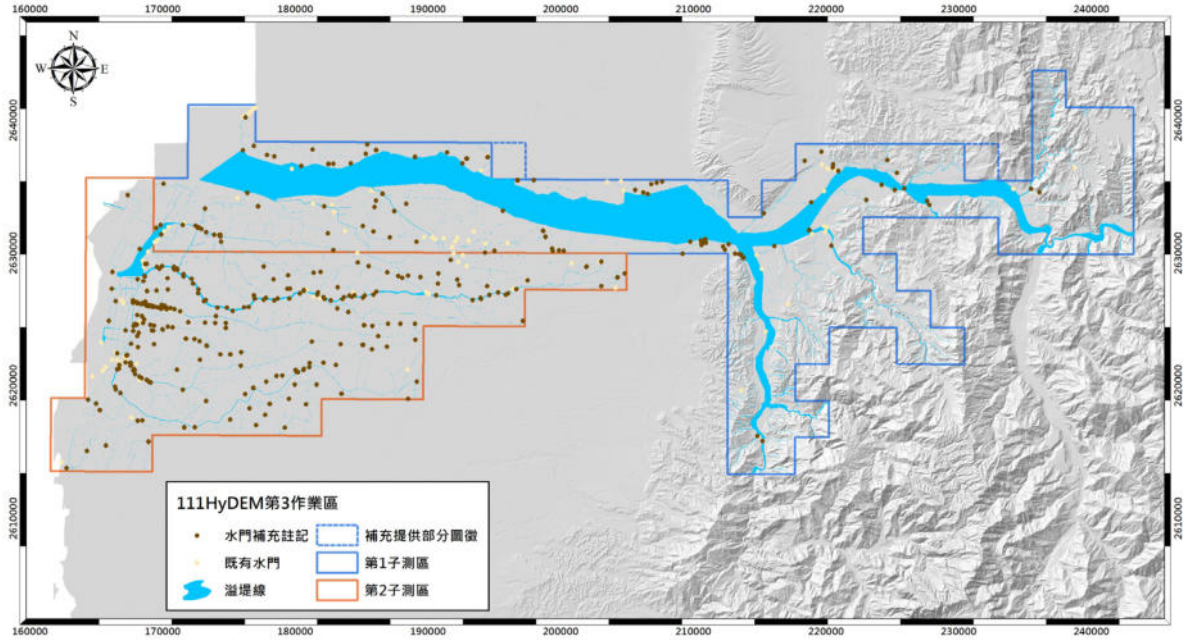


圖 4.31 本案水閘門成果

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(圖 4.32)，以及臺灣通用電子地圖地標之測製年月。

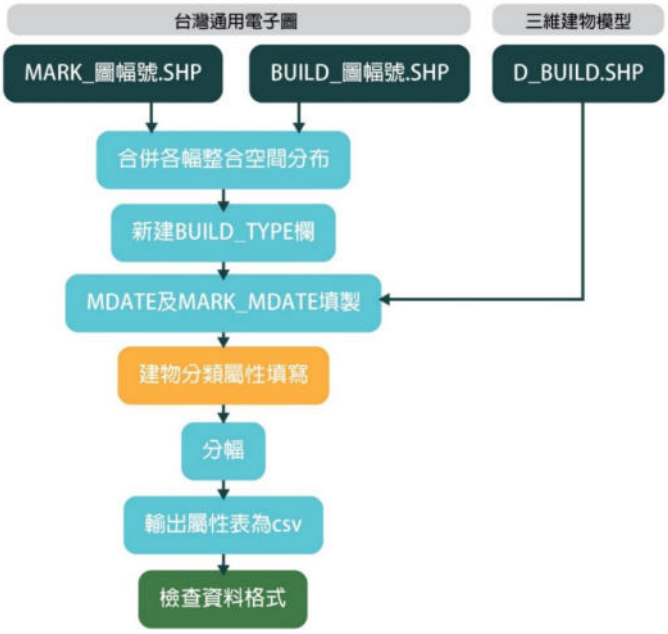


圖 4.32 建物區塊(資料表)編修流程

圖 4.33 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 4.34)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 4.12，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 4.13。

圖 4.34 水流通透建物(加油站、涼亭)示意圖

表 4.12 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 4.13 建物區塊成果表 (節錄圖號：94202007)

BUILD_ID	BUILD_TYPE	MDATE	MARK_MDATE
1SE7X5XB5Q	0		201912
1S8NT5WJGN	1	201411	201912
1S5UH5WJGV	0		201912
1S80L5WJP6	0		201912
1S3SB5WJK6	0		201912
1S5NK5WKKG	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)。

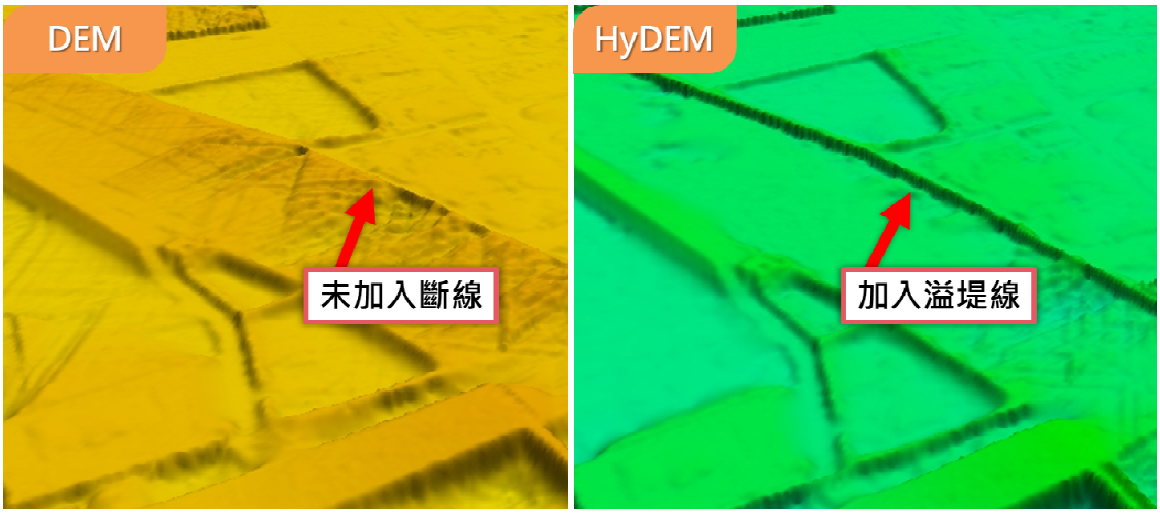


圖 5.1 水利數值地形模型 (圖幅號：94193080)

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。

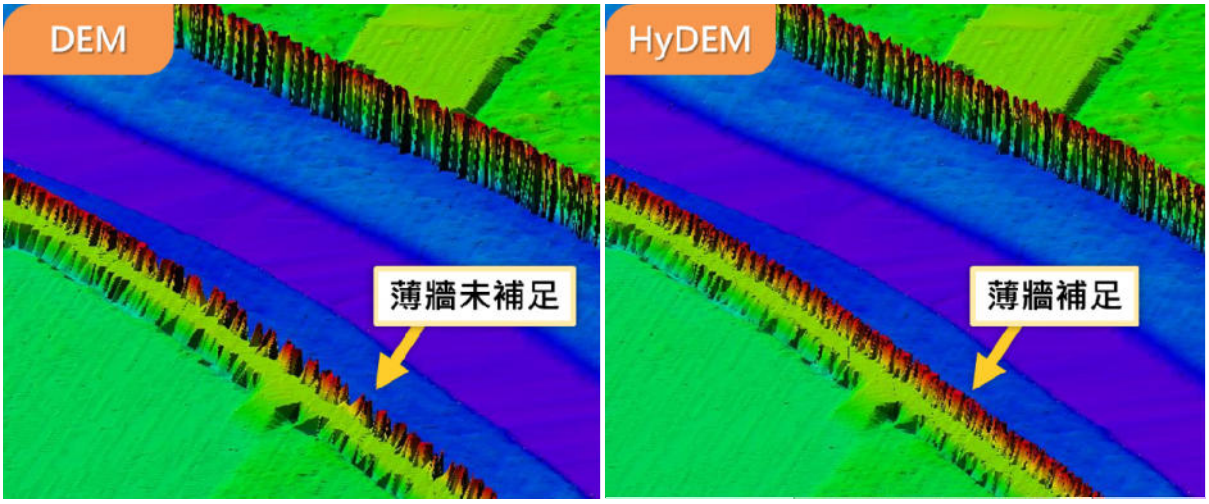


圖 5.2 阻水人工構造物補足 (圖幅號：94193080)

除了契約內的 163 幅範圍，考量後續水利單位資料使用及內政部供應的成果完整性，針對原契約內容未完整劃設之濁水溪流域圖幅，94201069 與 95201063 二幅成果於契約外補充提供網格資料，作業成果如圖 5.3 至圖 5.5。

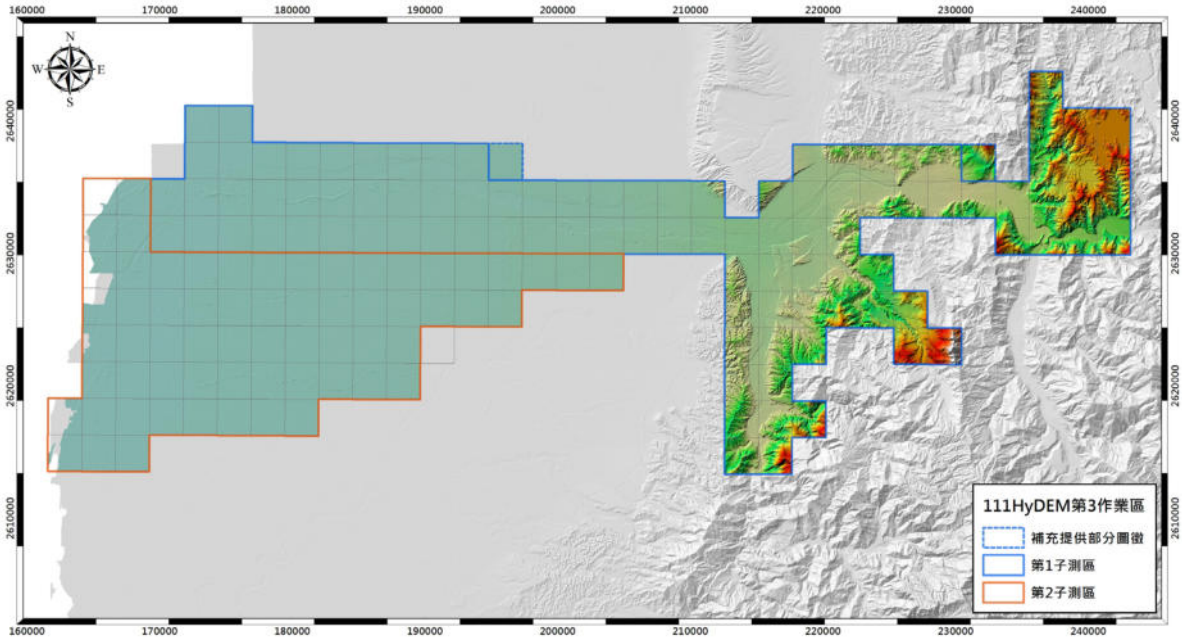


圖 5.3 本案 HyDEM 網格成果

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)。

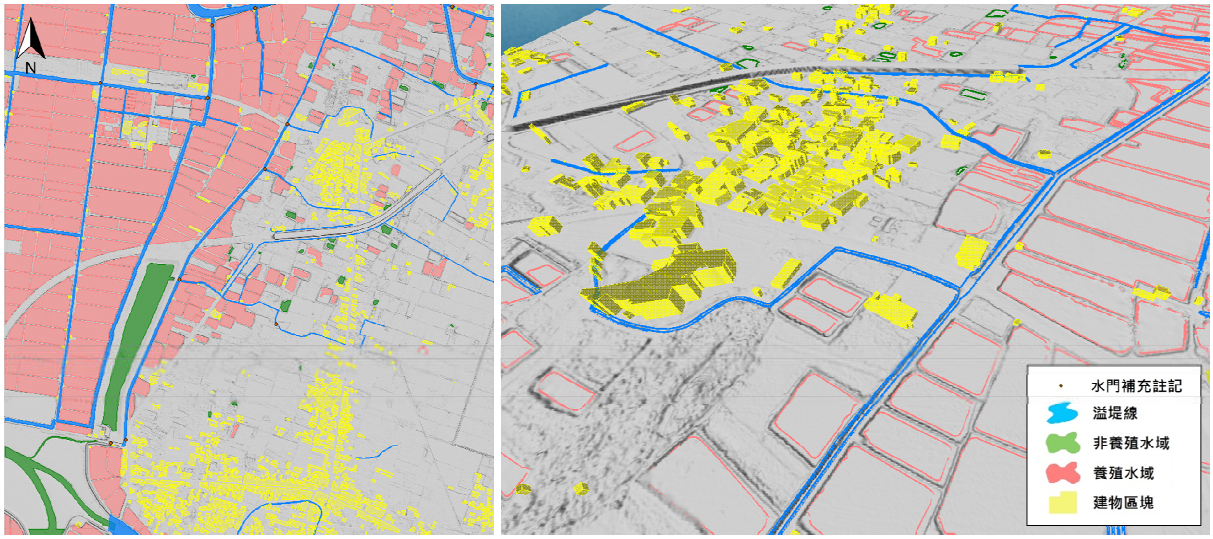


圖 5.4 平原區 HyDEM 及三維水利圖徵成果 (圖幅號：94203018)

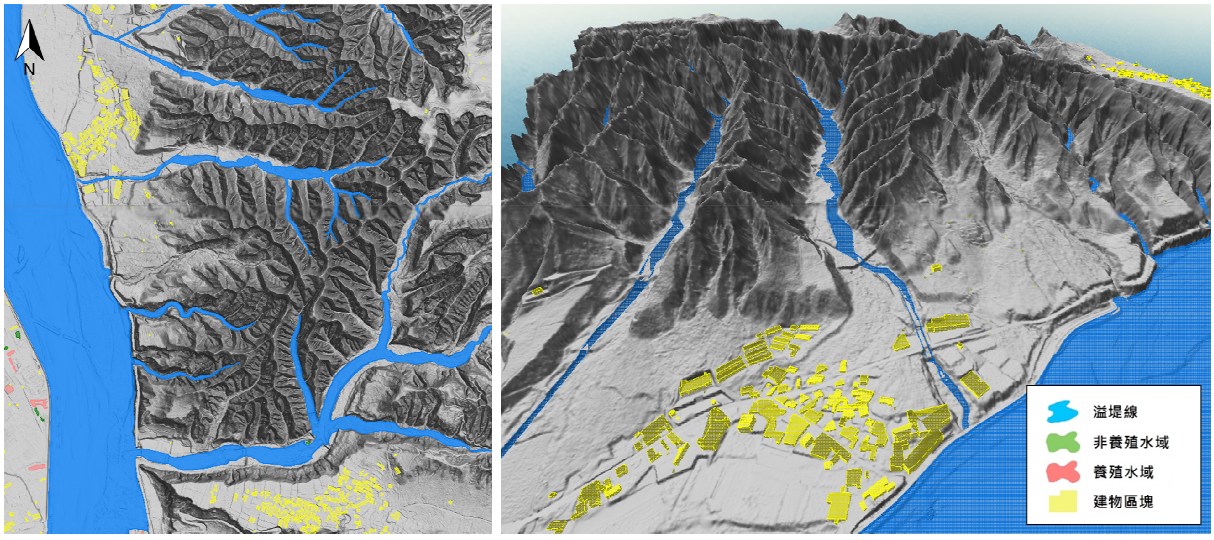


圖 5.5 丘陵區 HyDEM 及三維水利圖徵成果 (圖幅號：95203027)

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。

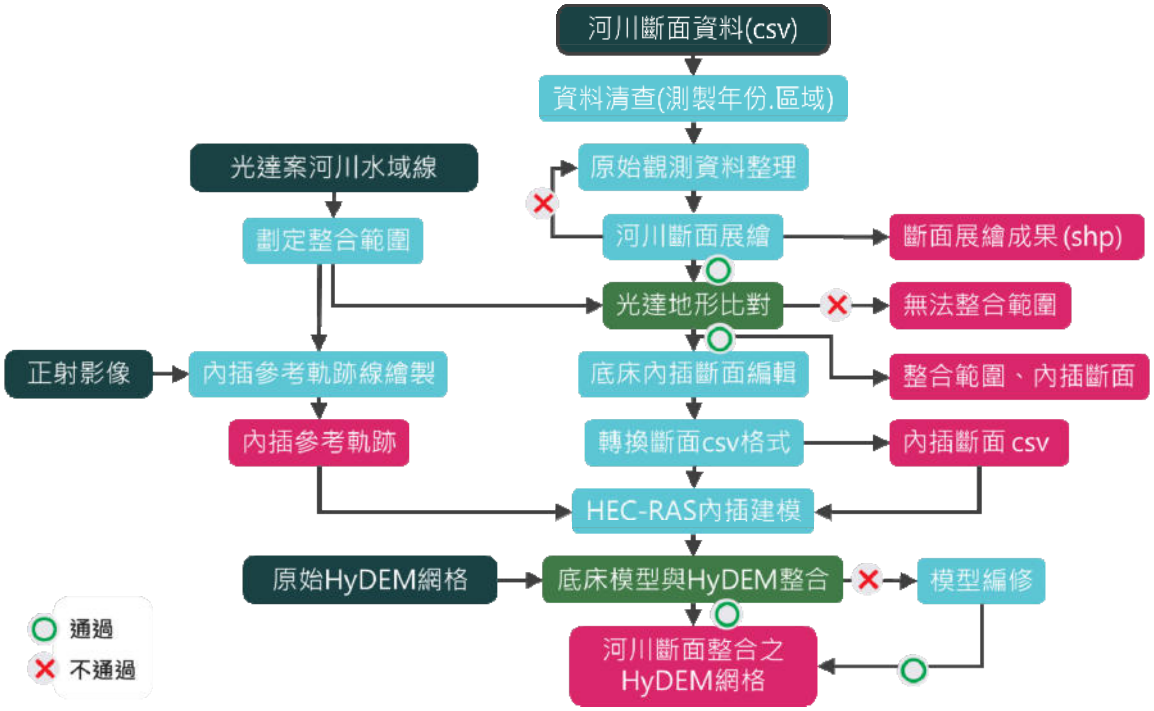


圖 6.1 河川斷面與 HyDEM 整合流程

本年度第 3 作業區負責整合濁水溪、八掌溪及東港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 3 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
濁水溪	R-05	111	29.9 km	31.37 km	15
八掌溪	R-09	108、109	24.5 km	28.02 km	14
東港溪	R-16	110	12.9 km	14.74 km	7
合計			67.3 km	74.13 km	36

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)

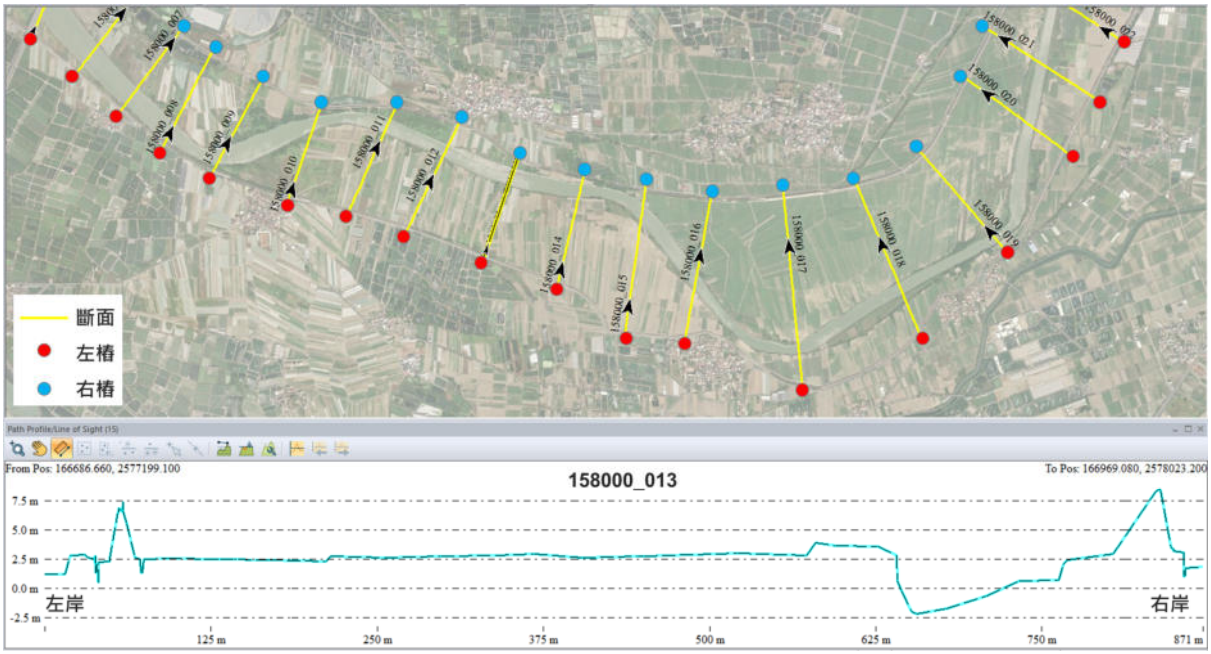
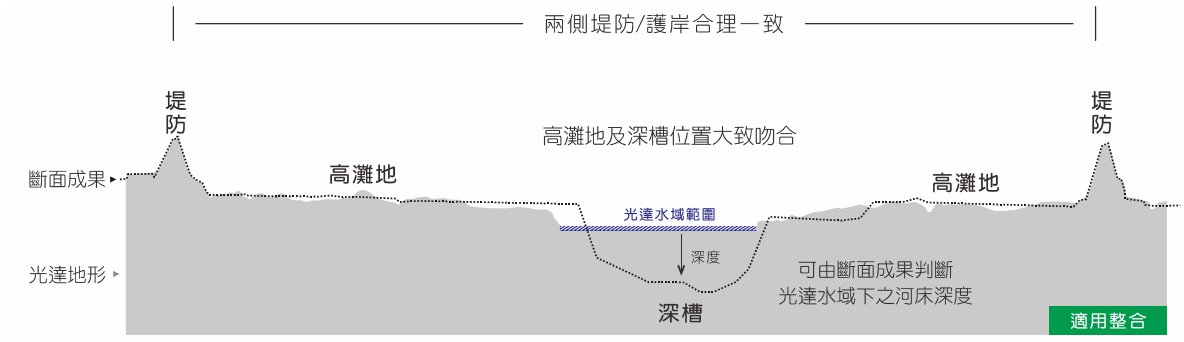


圖 6.2 左右樁與河川斷面展繪(八掌溪)

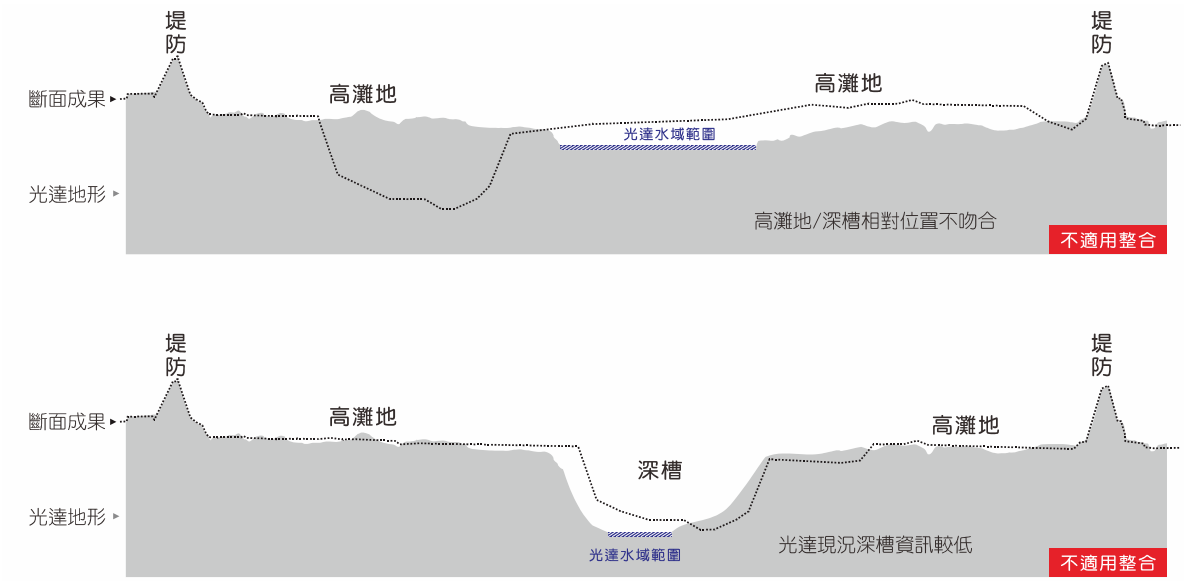
展繪後可對照光達點雲剖面排除常見錯誤，例如觀測資料數值異常(明顯誤繕)、左右樁記錄相反、斷面高程值數值左右樁排序相反、累距記錄值起點非為零(起點非為左樁)等，需修正斷面觀測資料再重新展繪。

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、圖 6.5)。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)

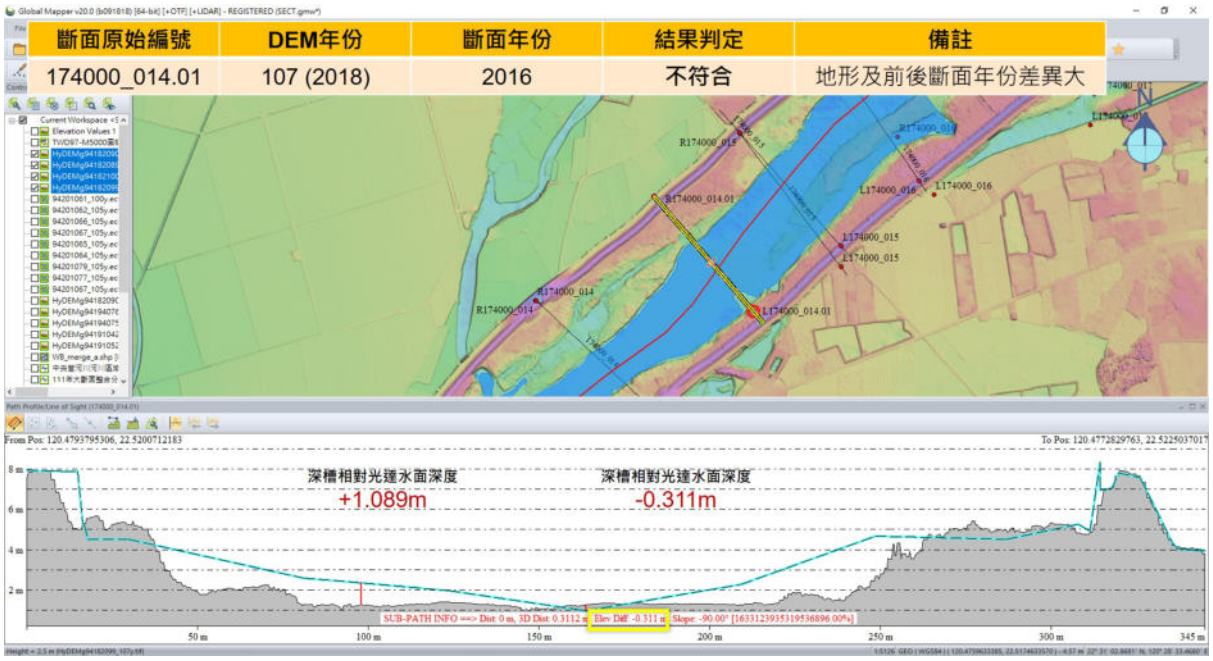


圖 6.4 斷面比對不一致 (東港溪 014.01 斷面)

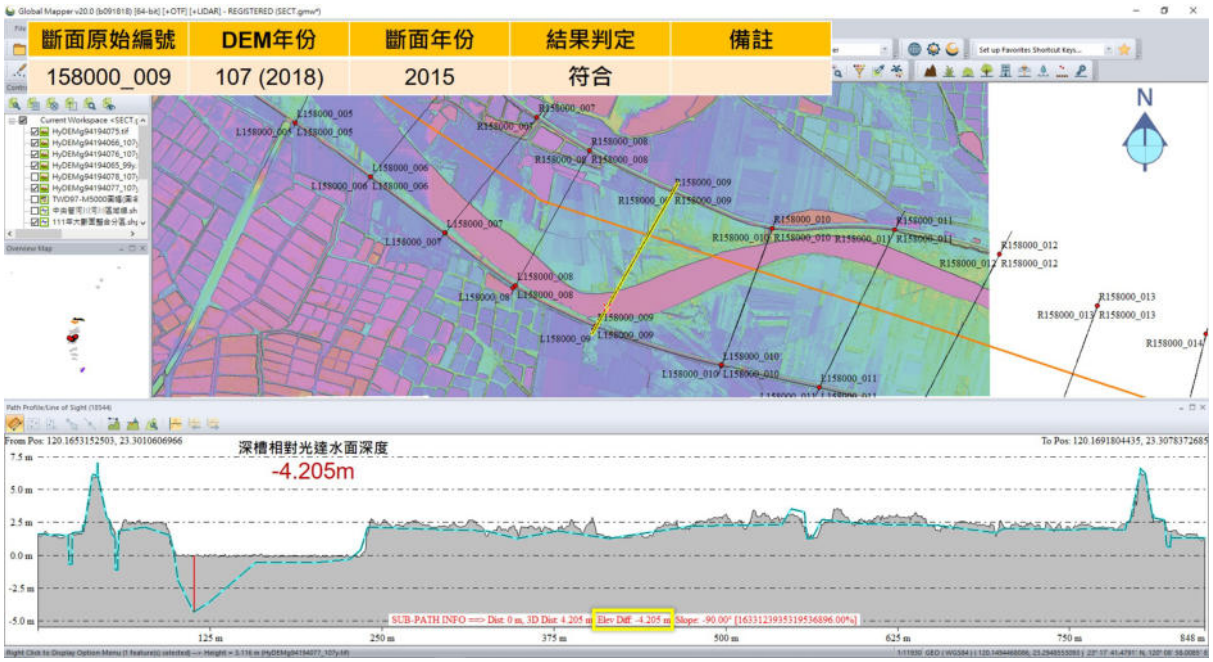


圖 6.5 斷面比對一致 (八掌溪 009 斷面)

表 6.2 第 3 作業區斷面整合數量

流域	本案河川編號	原始斷面數	內插用斷面數	無法整合斷面數
濁水溪	R-05	68	68	0
八掌溪	R-09	48	47	1
東港溪	R-16	32	28	4

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 6.6)。整合範圍內原則以後續河川斷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 6.7)，最終成果依據表 6.3 說明繳交。

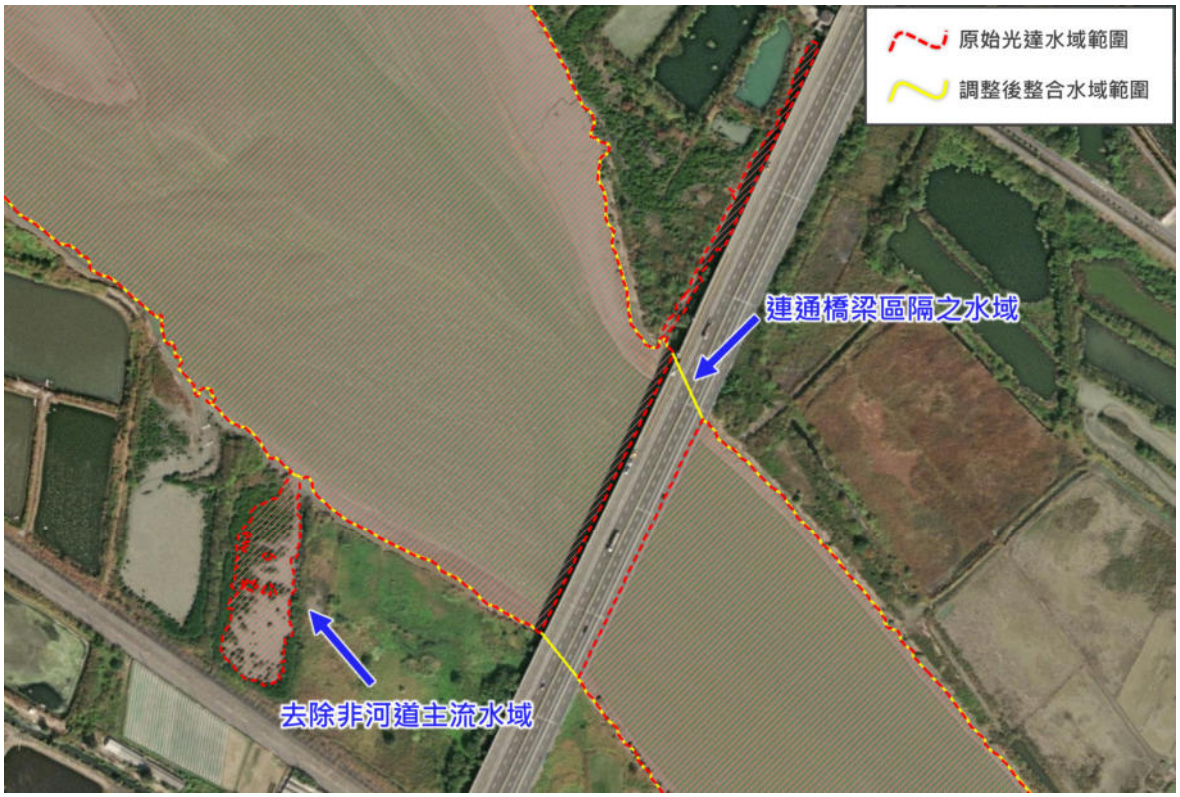


圖 6.6 整合水域範圍調整示意圖

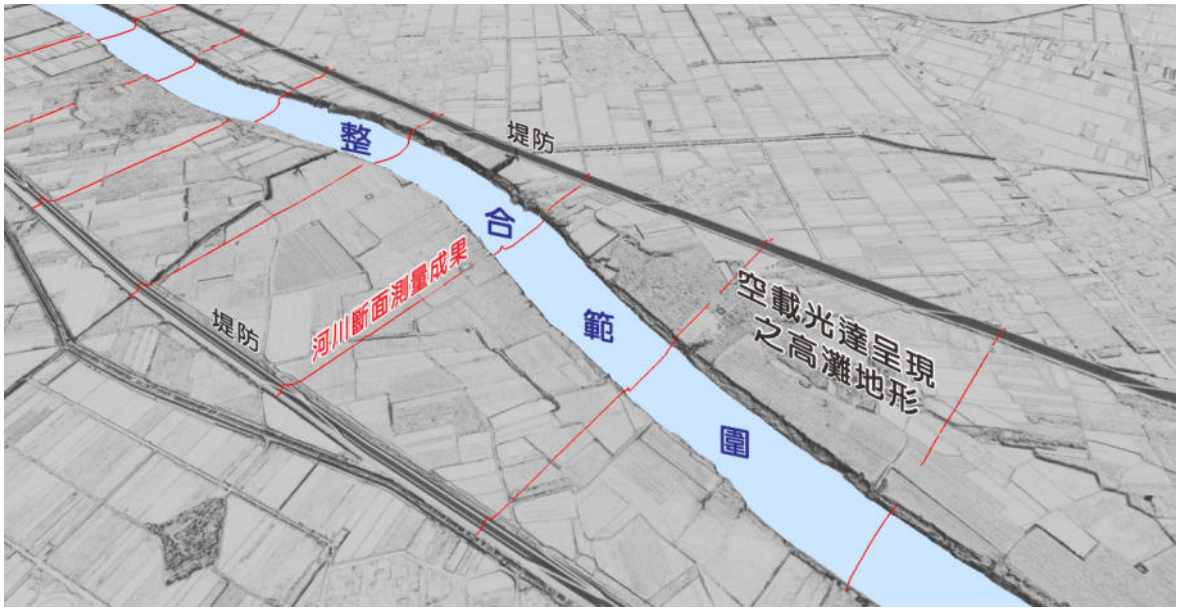


圖 6.7 HyDEM 與河川斷面測量成果之整合範圍示意圖(內政部，2021)

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_OOO(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 6.8)，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。

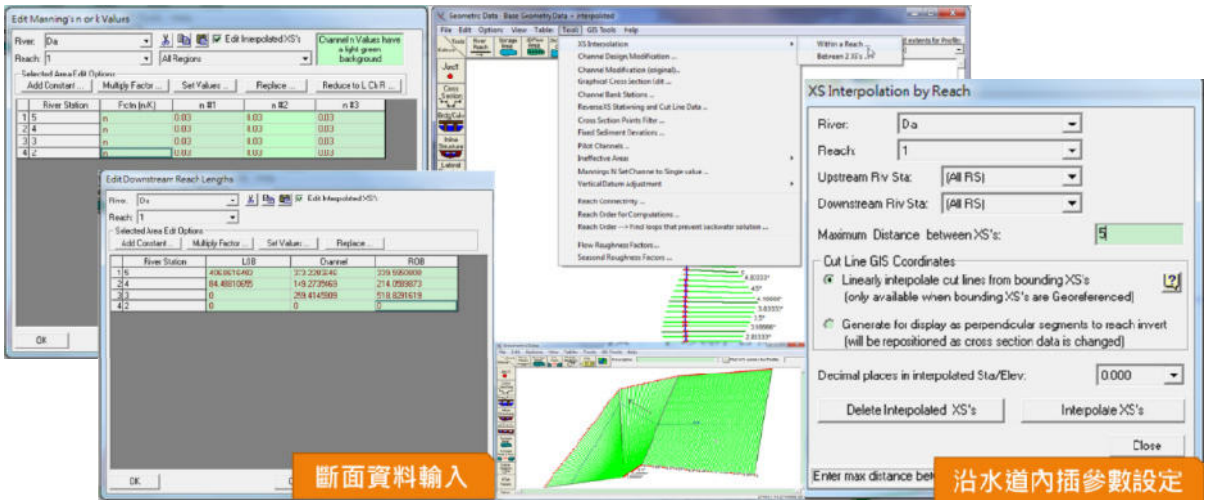


圖 6.8 HEC-RAS 軟體操作畫面

內插參考軌跡需以人工方式進行數化，參考水域中心線與斷面深槽連線進行軌跡調整，產製沿河道蜿蜒二維線圖徵(圖 6.9、圖 6.10、圖 6.11)。斷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 6.12)。

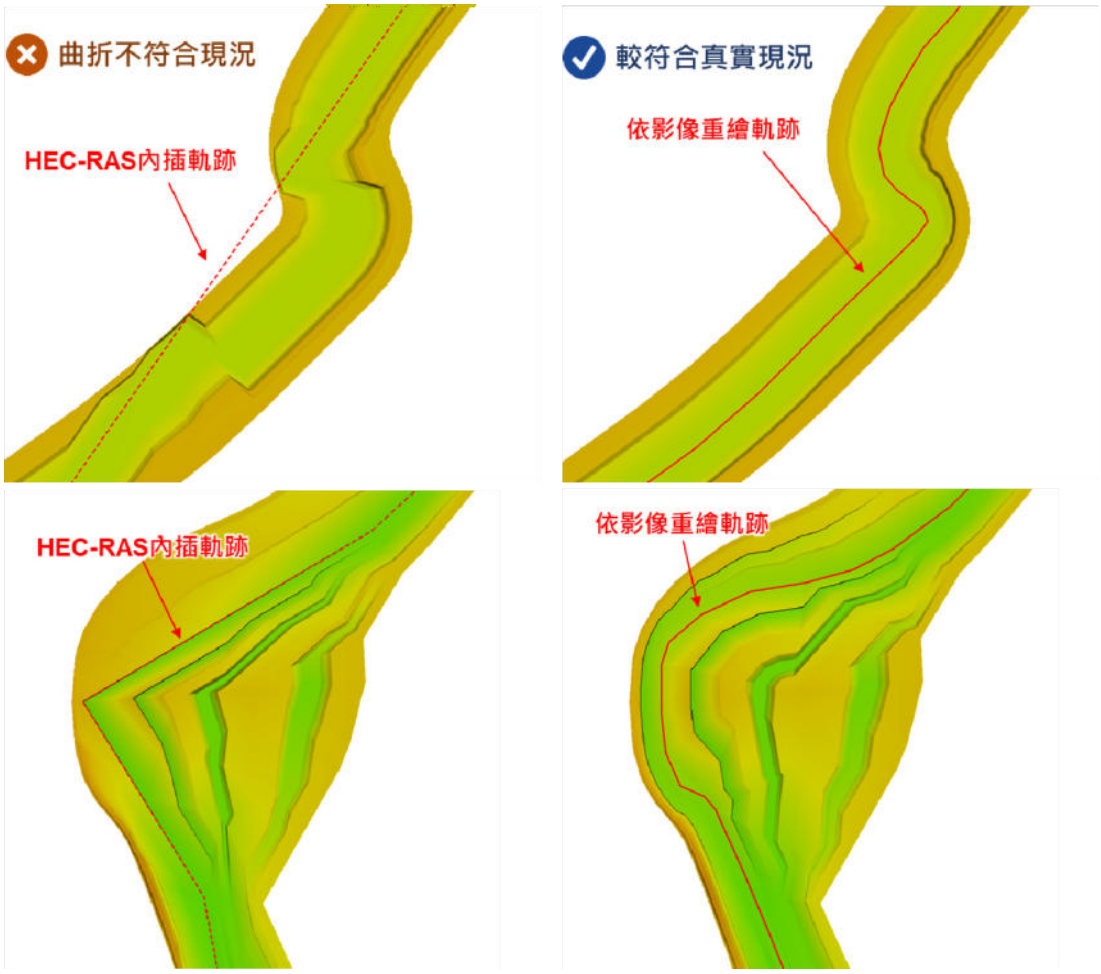


圖 6.9 內插參考軌跡影響底床模型建立示意圖

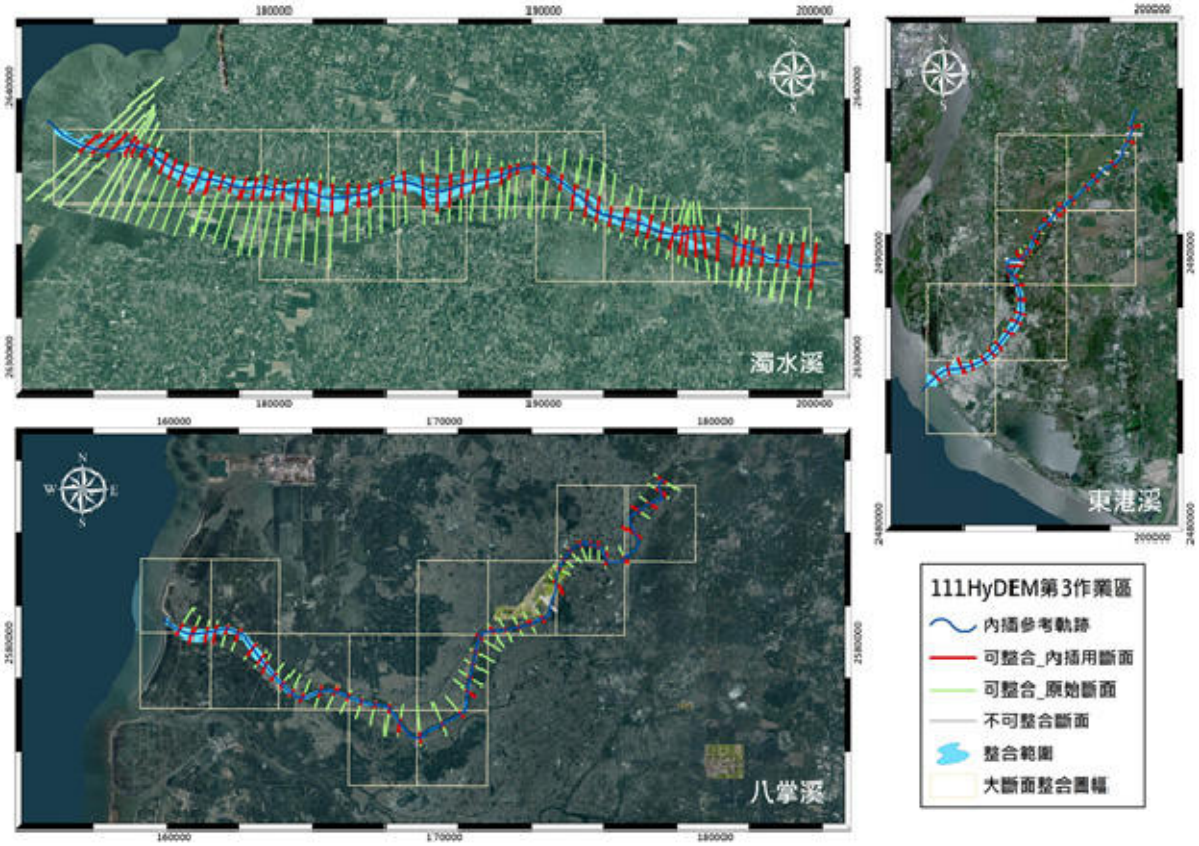


圖 6.10 整合範圍、原始斷面、實際使用斷面與內插軌跡分布關係圖

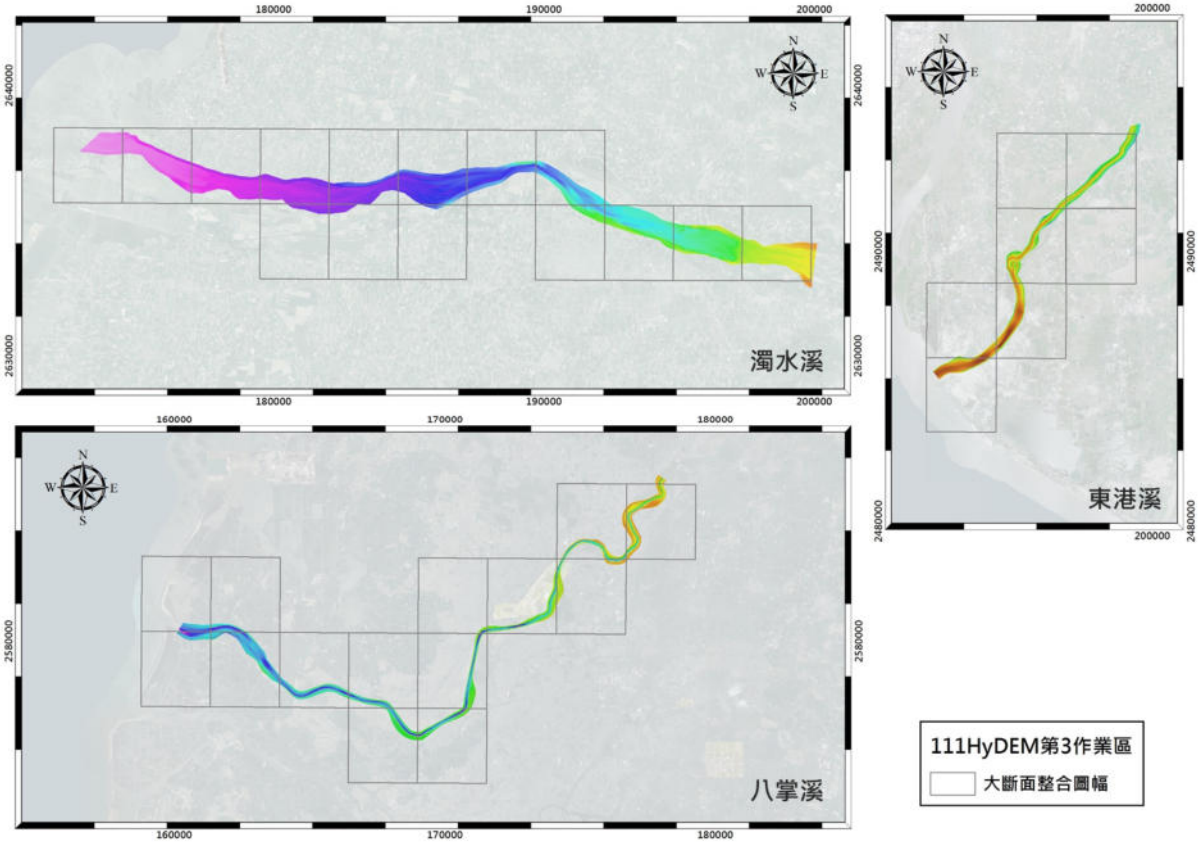


圖 6.11 河川底床內插成果

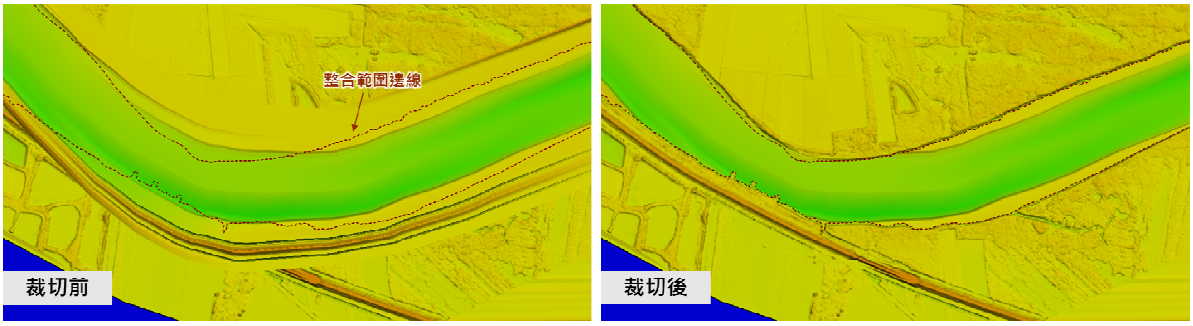


圖 6.12 底床模型依整合範圍裁切

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滙入主流，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 6.13)。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。

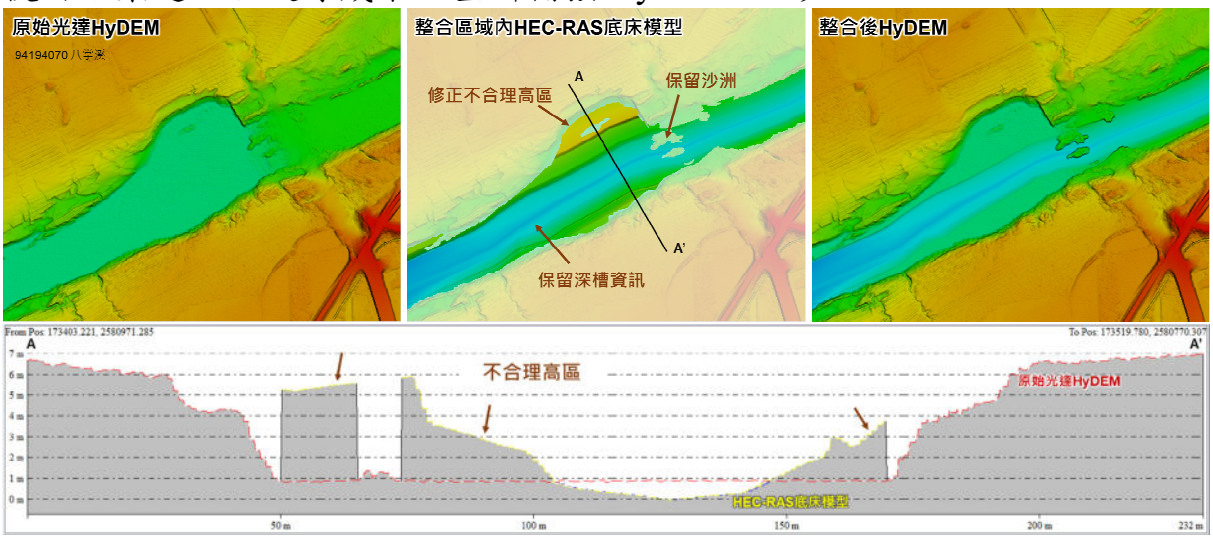


圖 6.13 原始 HyDEM 及底床模型整合

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 6.14)。

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。本年度河川斷面整合成果如圖 6.15 至圖 6.17。

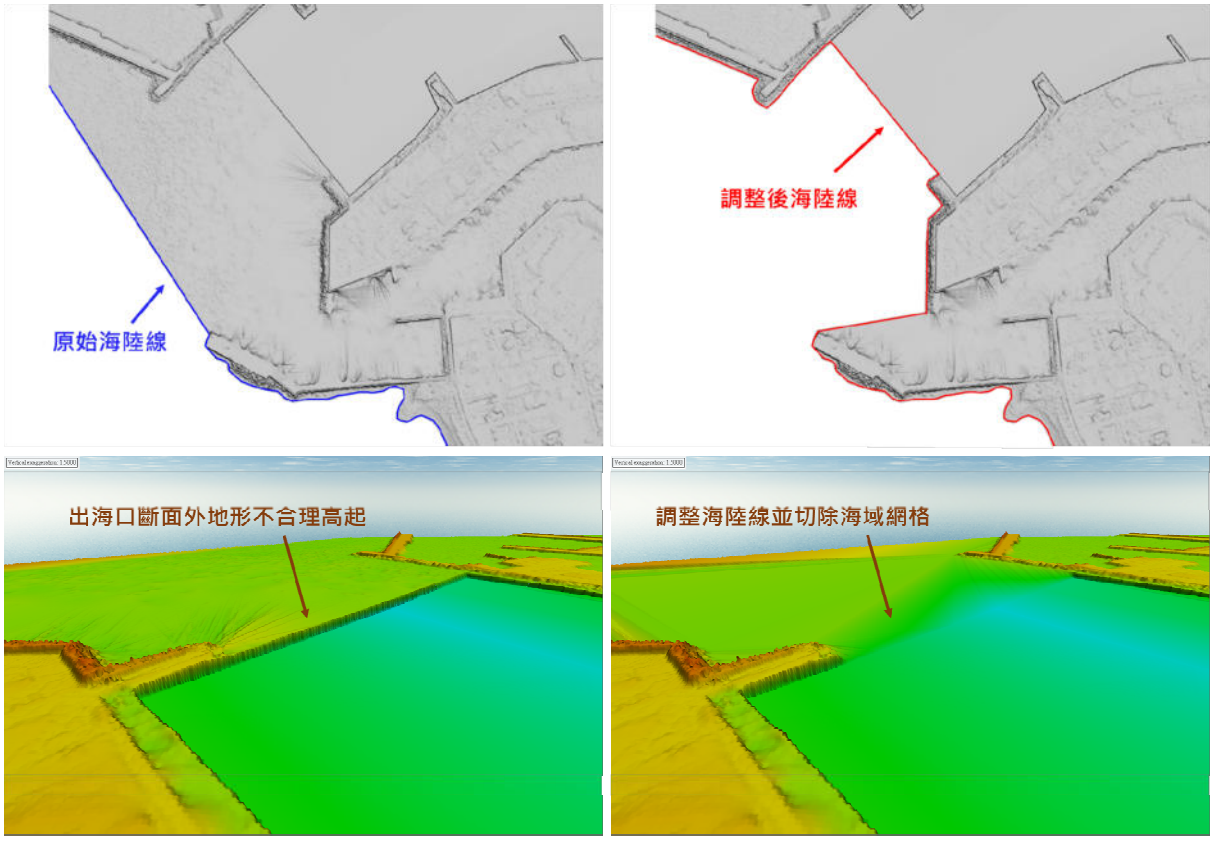


圖 6.14 斷面整合後調整海陸線及網格範圍(東港溪)

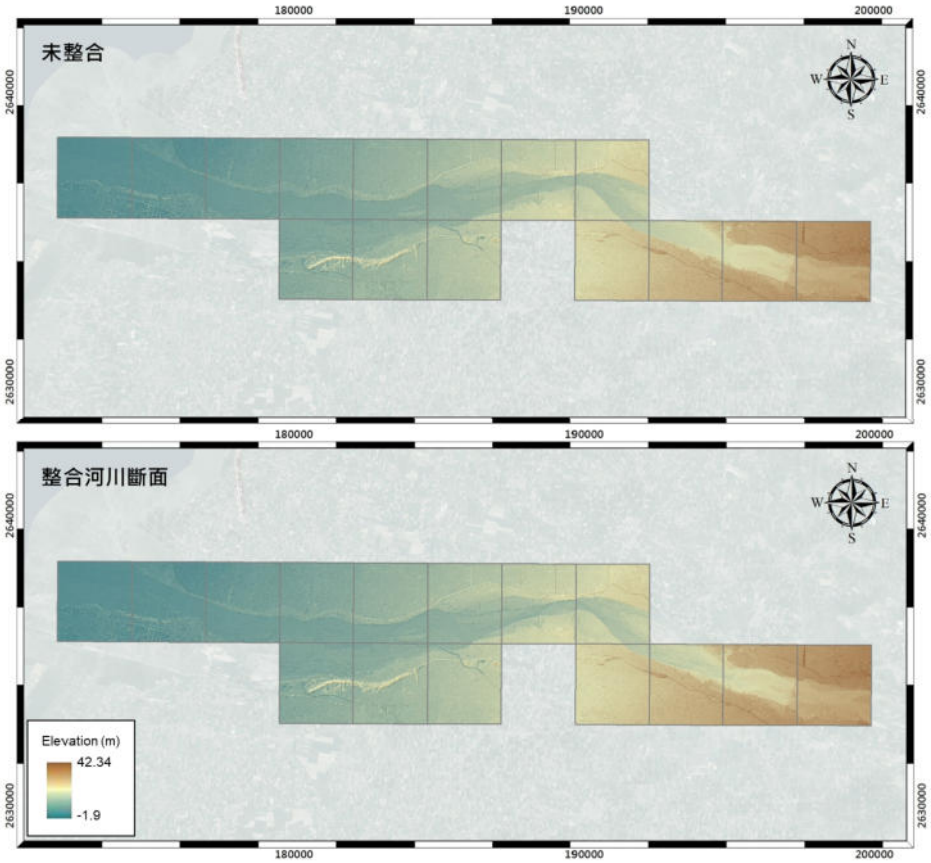


圖 6.15 濁水溪下游底床地形模型與 HyDEM 網格模型之整合前後比對

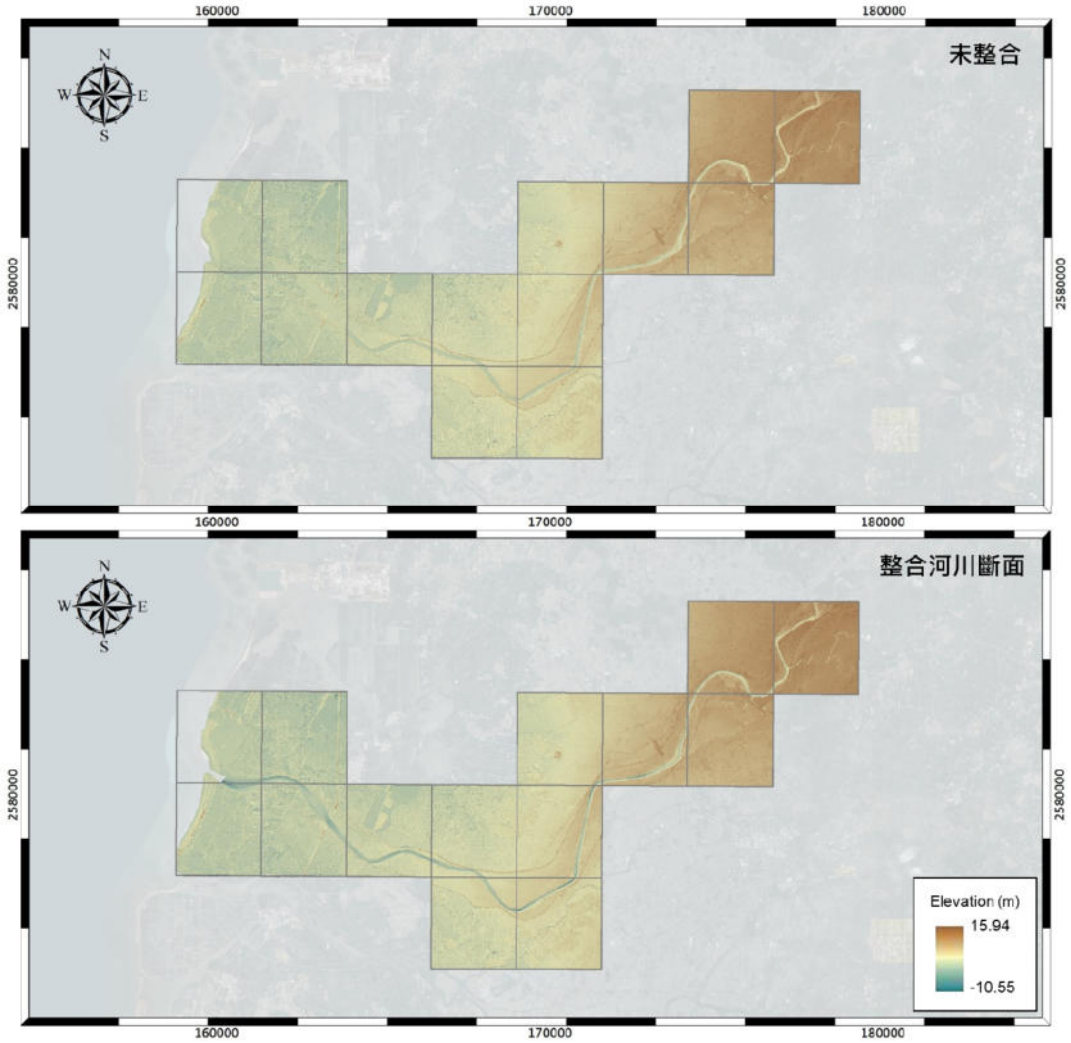


圖 6.16 八掌溪下游底床地形模型與 HyDEM 網格模型之整合前後比對

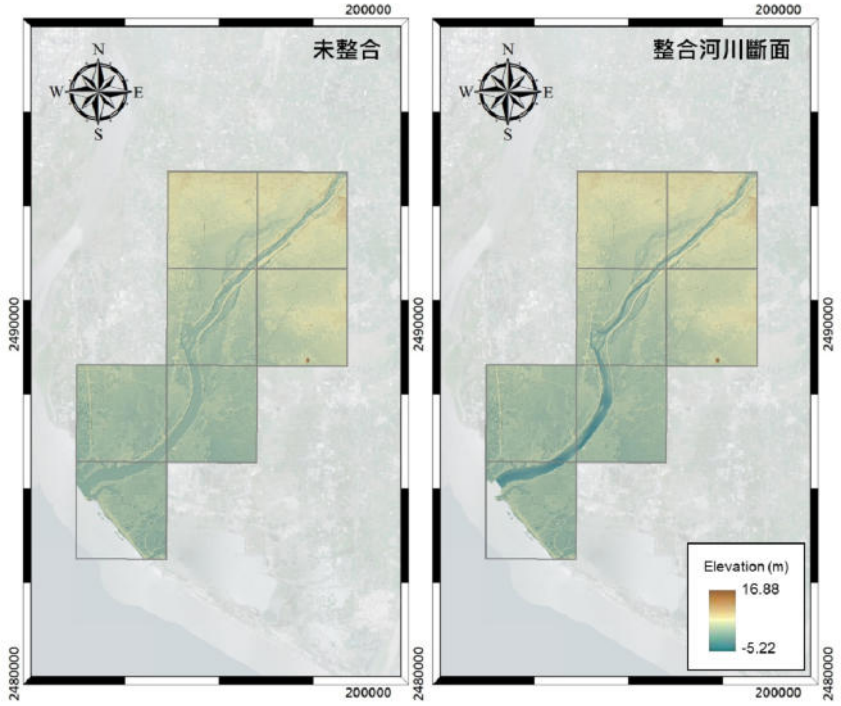


圖 6.17 東港溪下游底床地形模型與 HyDEM 網格模型之整合前後比對

第七章 下水道資料與 HyDEM 資料整合

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，研擬試辦 3 幅下水道資料與 HyDEM 資料整合，相關作業流程如圖 7.1 所示，普查人孔及管線空間分布如圖 7.2。

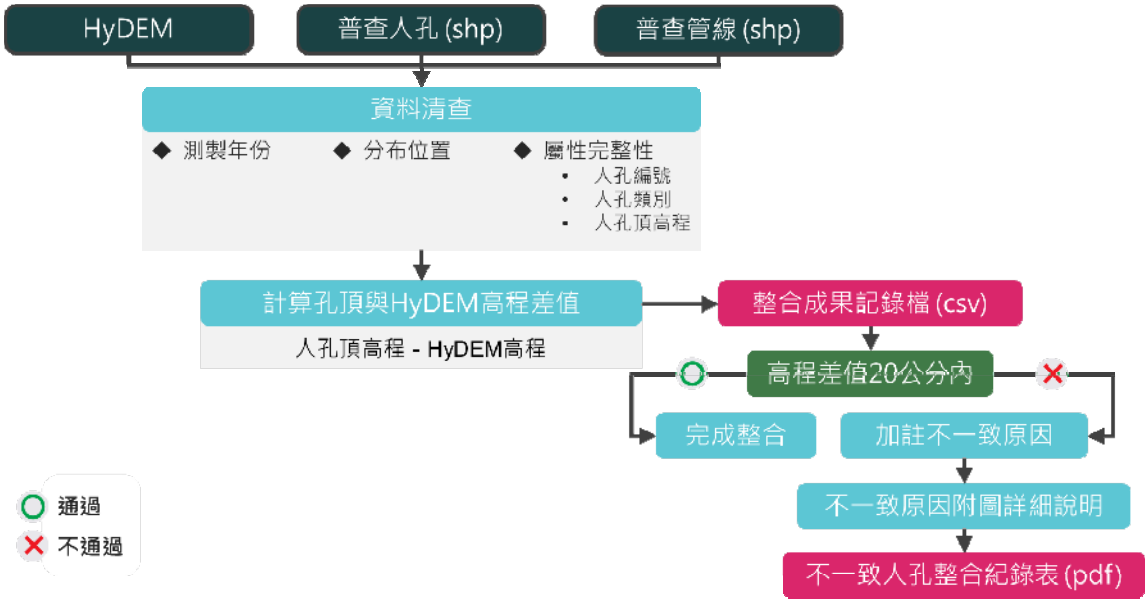


圖 7.1 下水道整合 HyDEM 流程圖

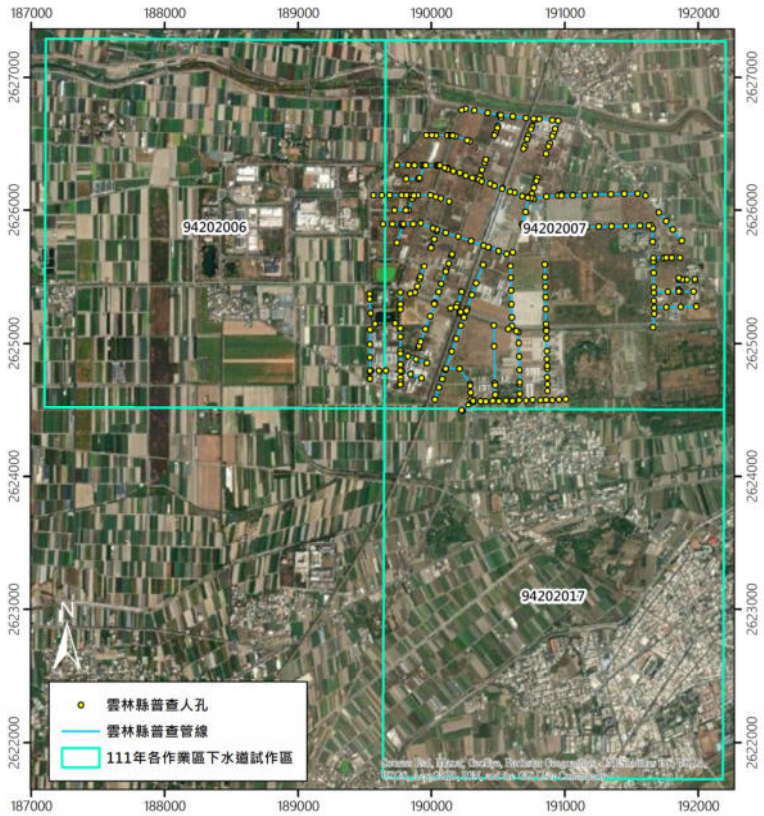


圖 7.2 第 3 作業區下水道與 HyDEM 資料整合試作分布

7.1 作業資料彙整

貴中心提供下水道整合資料為 HyDEM、普查人孔、普查管線，資料格式如下表 7.1。人孔及管線為互相連接之資料，以人孔作為管線頭尾的 Node，使兩者滿足 Link-Node 關係。

表 7.1 下水道整合資料列表

項目	格式	備註
雲林縣普查人孔	2D SHP	
雲林縣普查管線	2D SHP	
HyDEM	ASCII、Binary	於本次測區內有 HyDEM LAS

對照內政部營建署下水道工程處「下水道 GIS 資料庫規範(109 年修訂版)」，清查人孔及管線資料屬性結果如表 7.2 及表 7.3，其中人孔及管線互相對應屬性欄位為人孔 X、Y 座標、REGION_ID 及 MH_NUM 欄位。

表 7.2 普查人孔資料屬性

欄位名稱 (英)	欄位名稱 (中)	欄位型態	內容說明
SurveyID	-	數字	
CITY_ID	縣市代碼	文字	請參考「四、縣市代碼及名稱對照表」。
REGION_ID	-	數字	
MH_NUM	人孔編號	字串	依據人孔及管線資料編碼原則
X	人孔中心 X 坐標	數字(整數 6 位小數 2 位)	單位:公尺（TWD97）
Y	人孔中心 Y 坐標	數字(整數 7 位小數 2 位)	單位:公尺（TWD97）
ROAD_NAME	道路名稱	文字	
MH_CLASS	人孔類別	文字	正常人孔、虛人孔、覆蓋人孔
MH_DEP	人孔深度	數字(整數 2 位小數 2 位)	單位:公尺
MH_TYP	人孔型式	文字	0：圓形, 1：矩形, 2：虛人孔
MH_LENG	人孔蓋尺寸(長度)	數字(整數 3 位)	單位:公分(圓形管長寬一致)
MH_WID	人孔蓋尺寸(寬度)	數字(整數 3 位)	單位:公分(圓形管長寬一致)
ROAD_WID	人孔頂路面寬度	數字(整數 2 位小數 2 位)	單位:公尺
FALL_MAX	最大跌水高度	數字(整數 4 位小數 2 位)	單位:公尺
MH_TLE	人孔頂高程	數字(整數 4 位小數 2 位)	單位:公尺

CONS_ID	工程編號	文字	
CONS_TIT	工程名稱	文字	
CONS_DEPT	承辦機關	文字	
CONS_NAME	承包廠商	文字	
CONS_DATE	竣工日期	文字	應符合 yyyymmdd 格式，例如 20070725
KEYIN_DATE	資料輸入日期	文字	檔案測製年份，應符合 yyyymmdd 格式，例如西元 2007 年 7 月 25 日，應輸入 20070725
MH_PIC	照片	文字	竣工人孔照片檔名
MH_EXVIEW	展開圖	文字	人孔展開圖檔名
MH_MARK	點支距圖	文字	人孔點支距圖檔名
NOTE	備註	文字	請填寫其他說明

表 7.3 普查管線資料屬性

欄位名稱（英）	欄位名稱（中）	欄位型態	內容說明
PI_NUM	管線編號	文字	依據人孔及管線資料編碼原則
US_MH	上游人孔編號	文字	與現有雨水人孔(規劃)編號相符，不得空白
US_MH_X	上游人孔中心 X 坐標	數字(整數 6 位小數 2 位)	單位:公尺（TWD97）
US_MH_Y	上游人孔中心 Y 坐標	數字(整數 7 位小數 2 位)	單位:公尺（TWD97）
DS_MH	下游人孔編號	文字	與現有雨水人孔(規劃)編號相符，不得空白
DS_MH_X	下游人孔中心 X 坐標	數字(整數 6 位小數 2 位)	單位:公尺（TWD97）
DS_MH_Y	下游人孔中心 Y 坐標	數字(整數 7 位小數 2 位)	單位:公尺（TWD97）
SurveyID	-	數字	
CITY_ID	縣市代碼	文字	請參考「四、縣市代碼及名稱對照表」。
REGION_ID	-	數字	
SSEW_CAT	管線類	文字	01：主幹管 02：次幹管 03：分支管 04：連接管 05：其他(無法判定

PI_TYP	管線型式	文字	01：單孔箱涵 02：雙孔箱涵 03：三孔箱涵 04：四孔箱涵 05：單孔管涵 07：其他 99：明溝斷面
PI_CLASS	-	數字	
PI_WIDT	管線頂寬度(直徑)	數字(整數 2 位小數 2 位)	單位:公尺 圓形：直徑 箱涵/明溝斷面：頂部寬度
PI_WIDB	管線底寬度	數字(整數 2 位小數 2 位)	單位:公尺 圓形：直徑 箱涵/明溝斷面：頂部寬度
PI_HEI	管線高度	數字(整數 2 位小數 2 位)	單位:公尺
PI_MAT	管線材質	文字	請參考「管線材質列表」
PI_SLOP	管線坡度	數字(小數 5 位)	坡度以數值表示，例如 0.01537，無單位。
DES_FLOW	設計流量	數字(整數 7 位小數 2 位)	無資訊，單位：立方公尺/秒
DES_VELO	設計流速	數字(整數 7 位小數 2 位)	無資訊，單位：公尺/秒
US_BLE	上游管底高程	數字(整數 4 位小數 2 位)	單位:公尺
DS_BLE	下游管底高程	數字(整數 4 位小數 2 位)	單位:公尺
CATCH_NUM	集水區編號	文字	
CONS_ID	工程編號	文字	
CONS_TIT	工程名稱	文字	
CONS_DEPT	承辦機關	文字	
CONS_NAME	承包廠商	文字	
CONS_DATE	竣工日期	文字	應符合 yyyymmdd 格式
KEYIN_DATE	資料輸入日期	文字	檔案測製年份，應符合 yyyymmdd 格式
NOTE	備註	文字	請填寫其他說明

7.2 作業方法

經過各團隊與監審方所討論研擬的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：

7.2.1 下水道數值資料清查

在整合構想中，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)，務必優先確認整合區內屬性完整性。

由於人孔資料分為三種類型：正常人孔、覆蓋人孔與虛人孔，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，在本作業區內共有 310 人孔點位，分布如圖 7.3，其中有 242 個需整合的正常人孔。

表 7.4 測製區內各類人孔數量

類別	數量
正常人孔 (0)	242
覆蓋人孔 (1)	2
虛人孔 (2)	66
總數	310

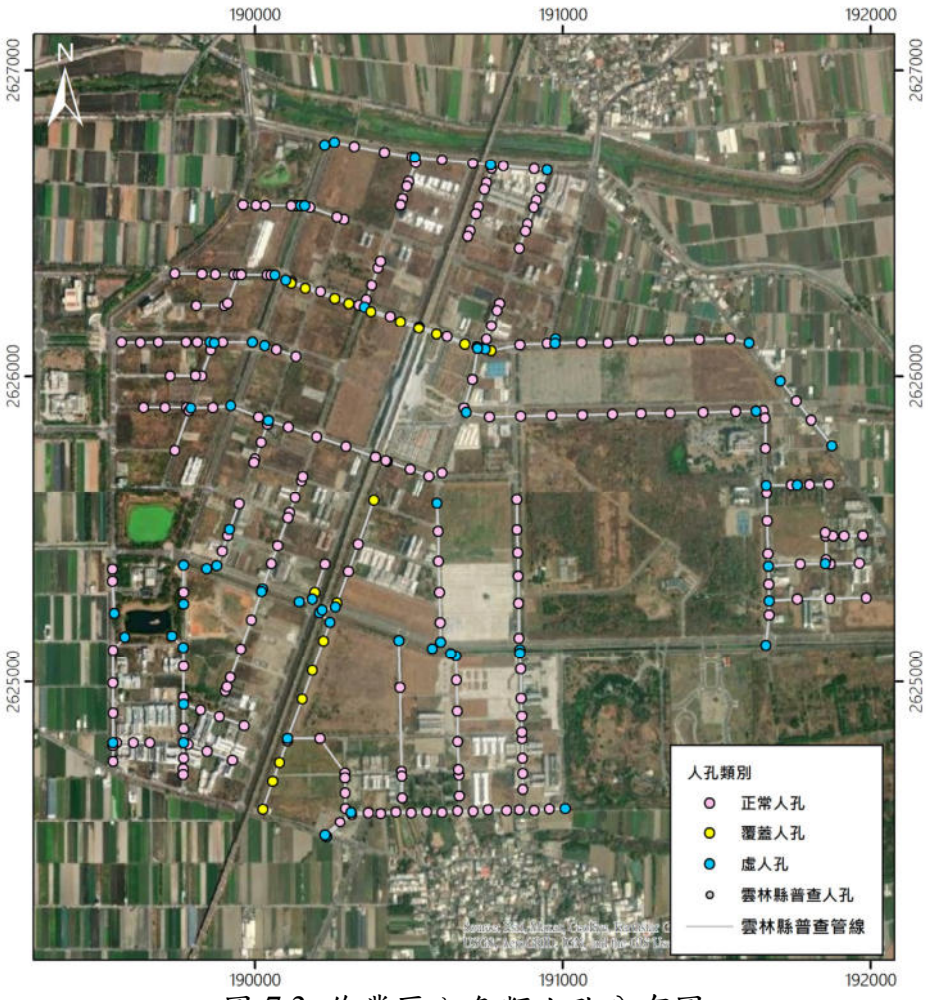


圖 7.3 作業區內各類人孔分布圖

7.2.2 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。測區內多數資料落於 20 公分差值內，成果如圖 7.4 及圖 7.5，僅有編號 3766-02 人孔稍微超出差值，其差量為 20.2 公分。

圖 7.4 作業區孔頂與水利數值地形模型高程差值分布圖

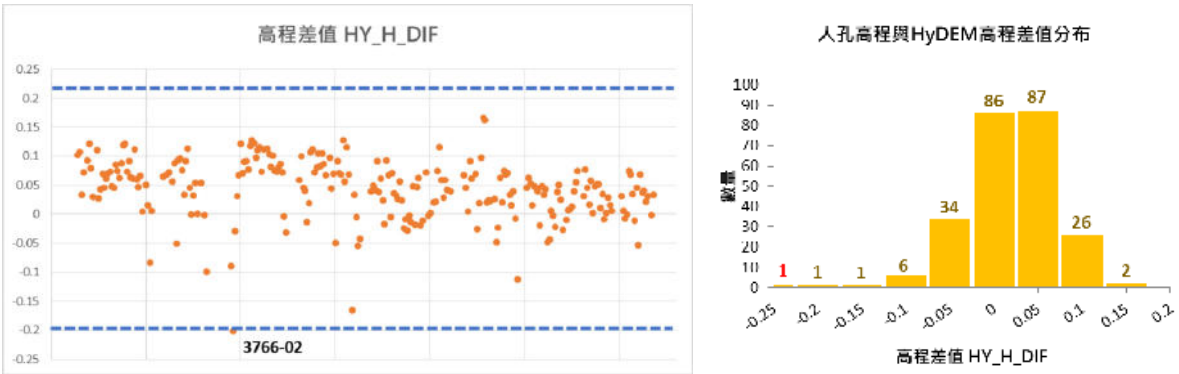


圖 7.5 作業區孔頂與水利數值地形模型高程差值分布統計

7.2.3 紀錄高程差值與不一致補充說明

計算人孔與 HyDEM 差值後，以 csv 格式紀錄整合結果，各項欄位說明如圖 7.6 及表 7.5。

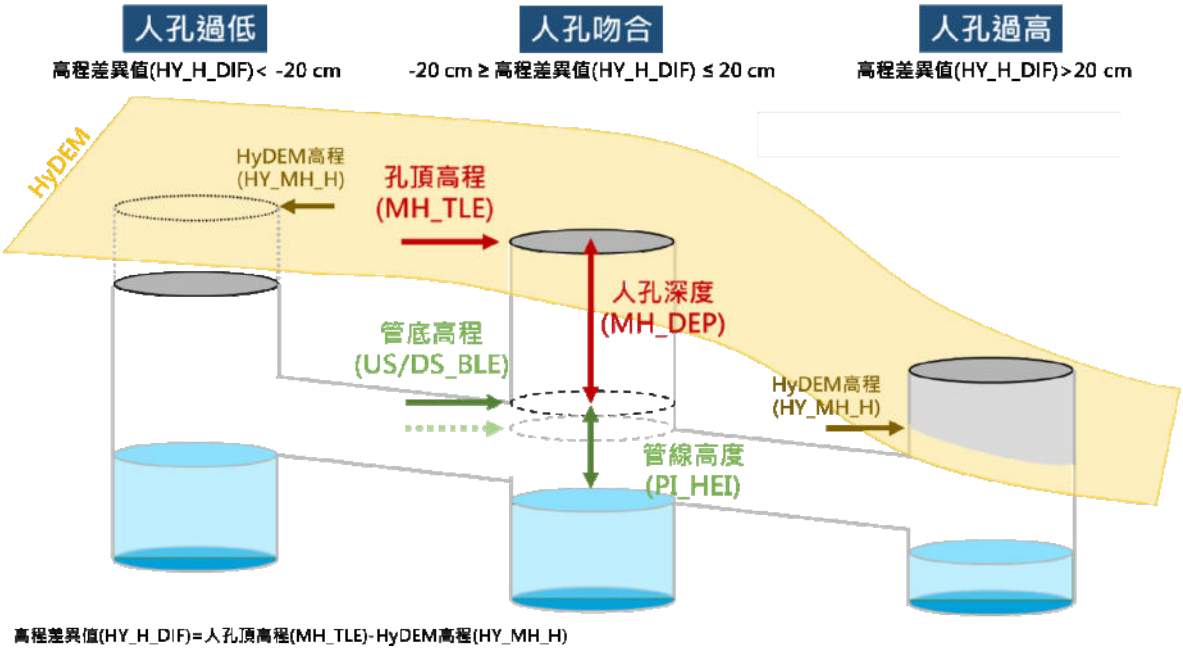


圖 7.6 屬性數值對應位置示意圖

表 7.5 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

*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)。

三種人孔應紀錄之項目略有區別，如表 7.6，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。本案成果表如表 7.7。

表 7.6 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	△	×	×
○ 必填 ×不必填 ○*當原始資料有，必填 △當差異大於 20 公分時，必填					

表 7.7 本案下水道與 HyDEM 資料整合成果表(截錄)

MH_NUM	MH_CLASS	MH_TLE	HY_MH_H	HY_H_DIF	HY_CONF	HY_R1	HY_R2
3775-R1	虛人孔	20.17	19.270				
3775-R2	虛人孔	20.04	20.465				
3775-R3	虛人孔	19.65	20.764				
3775-R4	虛人孔	0					
3776-01	正常人孔	22.23	22.319	-0.089	一致		
3776-02	正常人孔	22.18	22.382	-0.202	不一致	C	Hy-3766-02-附圖說明檔.pdf

3776-03	正常人孔	22.26	22.289	-0.029	一致		
3776-04	正常人孔	22.22	22.189	0.031	一致		
3776-05	正常人孔	22.15	22.083	0.067	一致		
3776-06	正常人孔	22.3	22.179	0.121	一致		
3776-07	正常人孔	22.13	22.059	0.071	一致		
3776-08	正常人孔	21.86	21.770	0.090	一致		
3776-09	正常人孔	21.96	21.868	0.092	一致		
3776-10	正常人孔	21.94	21.863	0.077	一致		
3776-11	正常人孔	21.97	21.852	0.118	一致		
3776-12	正常人孔	21.9	21.773	0.127	一致		
3776-13	正常人孔	21.94	21.817	0.123	一致		
3776-14	正常人孔	21.99	21.892	0.098	一致		
3776-15	正常人孔	21.99	21.879	0.111	一致		
3776-16	正常人孔	21.95	21.835	0.115	一致		
3776-17	正常人孔	22.01	21.937	0.073	一致		
3776-18	正常人孔	22.03	21.918	0.112	一致		
3776-18-1	虛人孔	0					
3776-19	正常人孔	22.01	21.897	0.113	一致		

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，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。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，若有其他不一致原因可另外加以描述加註。本案不一致人孔(3766-02)位於行道樹下之草皮中，屬於光達掃瞄遮蔽處，其紀錄表如表 7.8。

7.3 品管檢查方式

本次試做雲林高鐵特區之人孔資料整合，大多人孔高程資料符合一致條件，其不一致數量僅 1 個，約佔正常人孔數之 0.4%，因此建議全數檢查。而由於人孔資料僅集中分布於重要聚落中，並非平均分布於各 5000 圖幅內，建議不合格比例之計算以人孔數量為基數，取 5%以下為通過標準。所建立之品管檢核表如表 7.9。

表 7.8 不一致人孔整合紀錄表(3766-02)

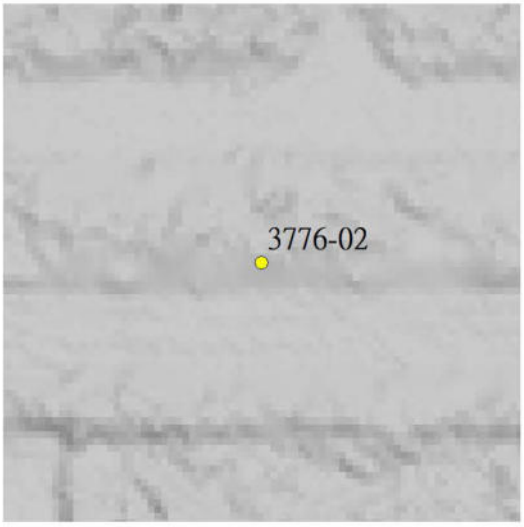
下水道與 HyDEM 整合紀錄表

人孔編號	3766-02	整合年度	111 年
整合廠商	中興測量有限公司	人孔類別	■正常人孔 □虛人孔 □覆蓋人孔
光達測製年份	105 年	下水道資料年份	106 年
高程差異值	-20.2 (單位：公分)	高程一致性	□ 一致 ■ 不一致
不一致原因類別	□A □B ■C □D □E □F		
整合人員	施乃慈	檢查人員	王偉群
其他備註說明			

※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.其他

航照

光達模型



街景照/現地照片

表 7.9 下水道與 HyDEM 整合檢查表

<table>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="4">下水道與 HyDEM 整合檢查</td></tr>
<tr><td colspan="2">案名</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">測區</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">第　次檢查</td><td colspan="2">(非首次送驗只針對前次不合格項目檢查)</td><td>送檢日期</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">檢查樣本單元</td><td colspan="4">整合成果記錄檔 (csv)、不一致人孔整合紀錄表 (pdf)</td></tr>
<tr><td colspan="2">送檢數量</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">抽樣方式</td><td colspan="4">全數檢查</td></tr>
<tr><td colspan="2">通過標準</td><td colspan="4">不合格人孔點數比例需低於總人孔數之 5%</td></tr>
<tr><td colspan="3">項目檢查結果報表</td><td colspan="3">☑代表合格
☒代表不合格</td></tr>
<tr><td colspan="2">檢查項目</td><td>檢查結果</td><td>檢查員</td><td colspan="2">備註</td></tr>
<tr><td rowspan="3">整合成果記錄檔</td><td>欄位填寫正確性</td><td>☐ 通過　☐不通過</td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>高程一致性判斷</td><td>☐ 通過　☐不通過</td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>不一致原因判斷</td><td>☐ 通過　☐不通過</td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">不一致人孔整合紀錄表</td><td>☐ 通過　☐不通過</td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">檢查結果</td><td colspan="4">☐ 合格　☐不合格</td></tr>
<tr><td colspan="2">檢查單位</td><td colspan="2"></td><td>檢查日期</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">檢查單位主管</td><td></td><td>檢查員</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

7.4 成本估算

依循本年度訂定之下水道資料與 HyDEM 整合方式，包含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等內容，扣除本年度試辦所需之研究探討時間，估算整合執行成本為 1 幅 1/5000 圖框為新臺幣 1 萬元。

第八章 檢核方式及處理原則說明

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、方式與修正方針如圖 8.1，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。

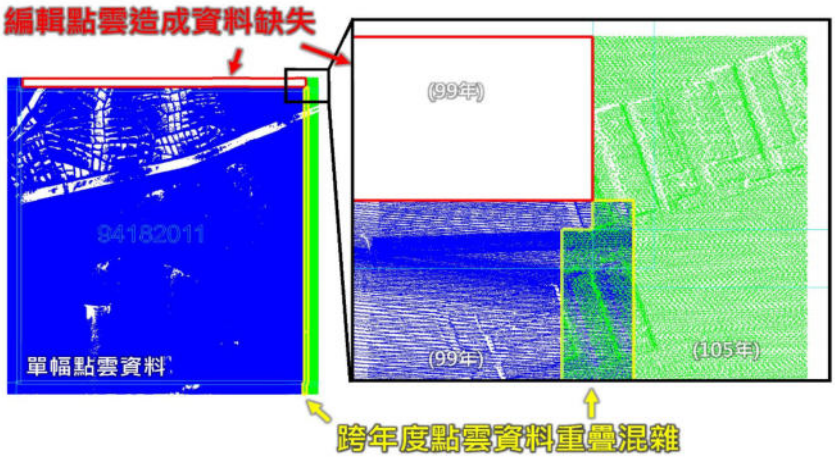


圖 8.1 點雲資料跨年度混雜與範圍錯誤示意圖

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。

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	三維數值資料	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	三維數值資料	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	人工、程式互動式逐幅檢查
		地形分類編碼檢查	人工逐幅檢查
海陸線	三維數值資料	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	三維數值資料	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
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。

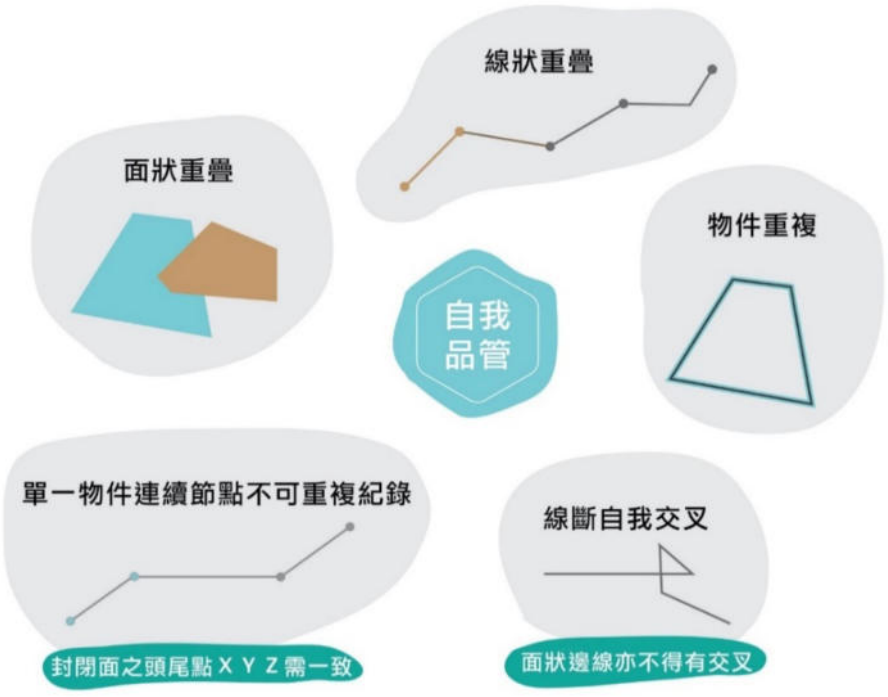


圖 8.2 位相自我品管示意圖

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。

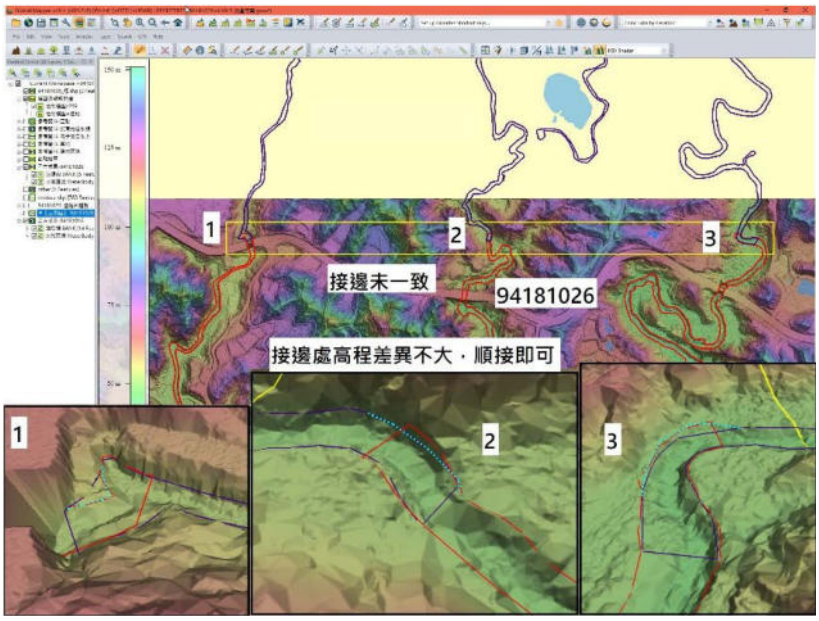


圖 8.3 圖幅間溢堤線接邊不一致

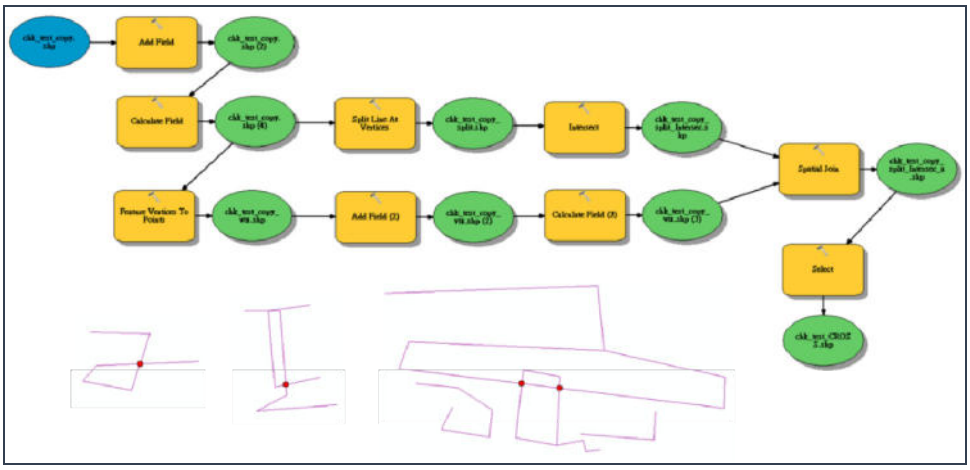


圖 8.4 線段交叉檢核邏輯

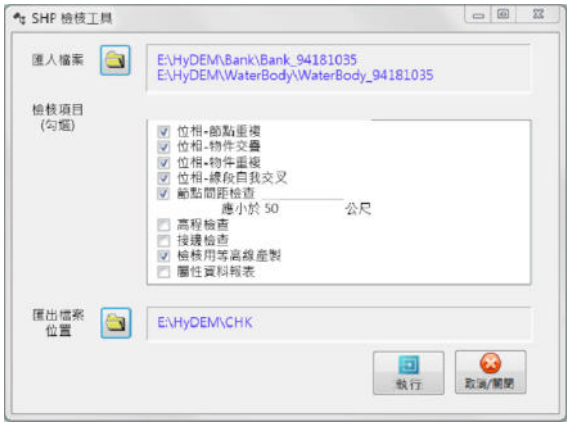


圖 8.5 位相檢核程式示意

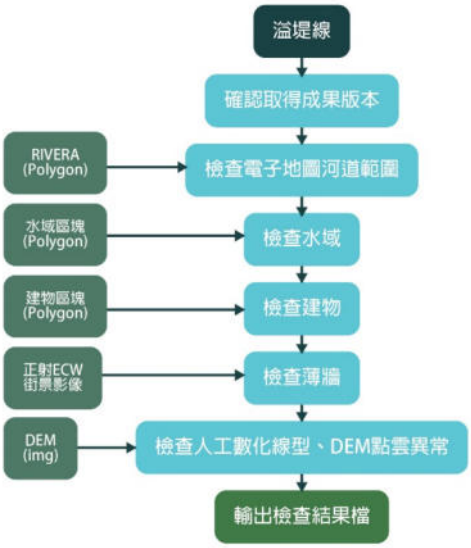


圖 8.6 溢堤線品管流程要點

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。

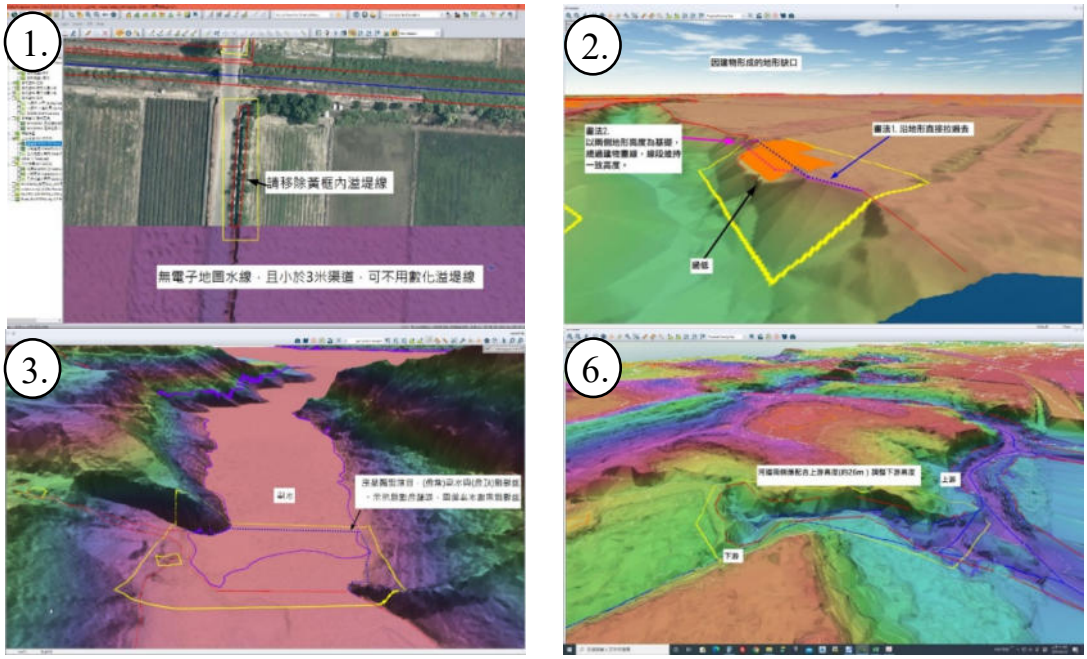


圖 8.7 錯誤類型示意圖

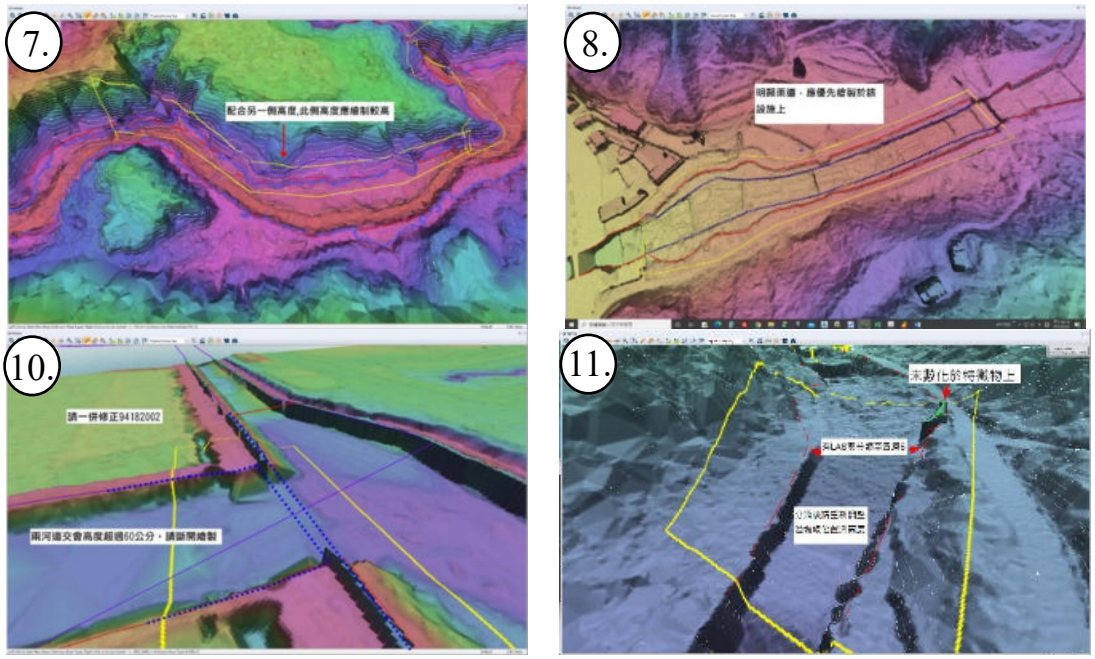


圖 8.8 錯誤類型示意圖(續)

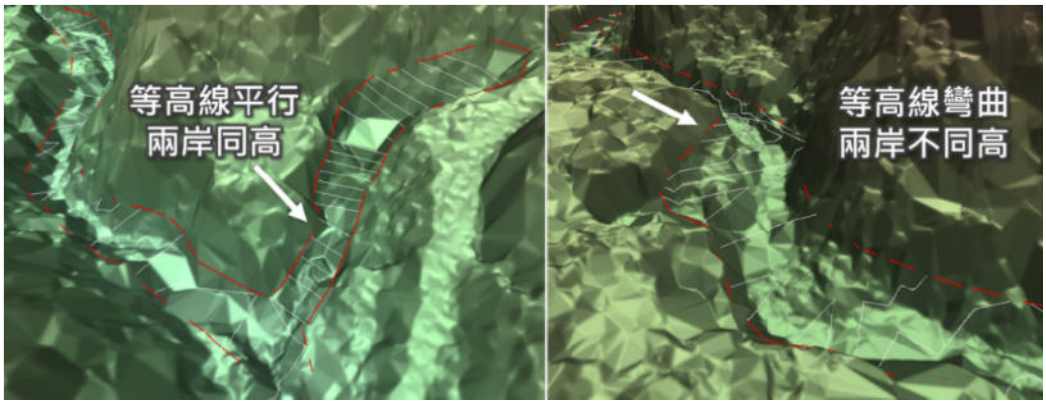


圖 8.9 輔助品管產製線型資料

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。

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。

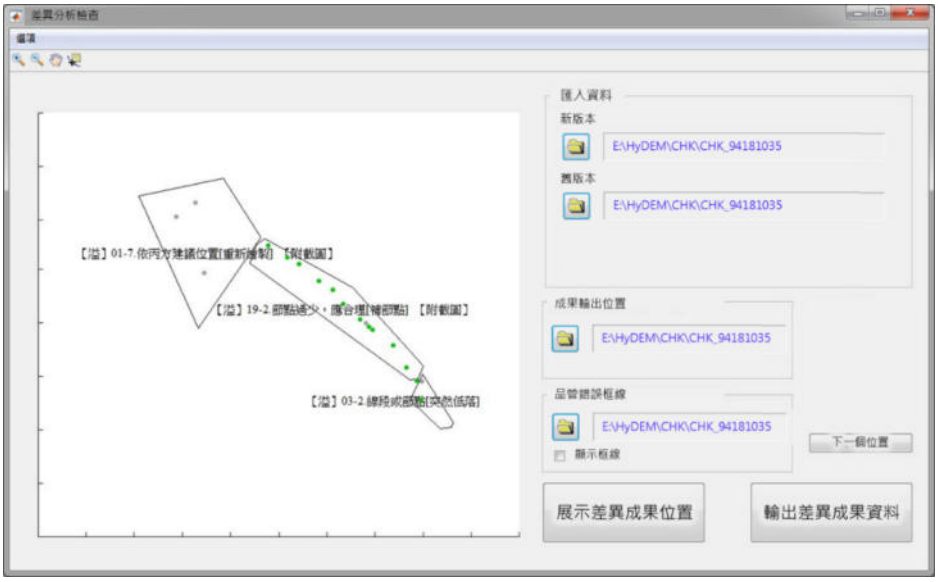


圖 8.11 版本差異分析檢查程式

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

4.1.4 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。

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。

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

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	•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	•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，採右岸至左岸逐點觀測與記錄，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。
累距記錄相反(結構線由右樁至左樁為正向)	•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$\times -1$。

左椿點於累距記錄值坐標非 0	•斷面記錄之累距應定義左椿為原點。 •此問題即原始觀測定義左椿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。	一般預設左椿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)左椿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。

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。

8.1.5 下水道整合資料品管

下水道資料整合後預計針對三點進行檢查，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

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×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 Δa'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。

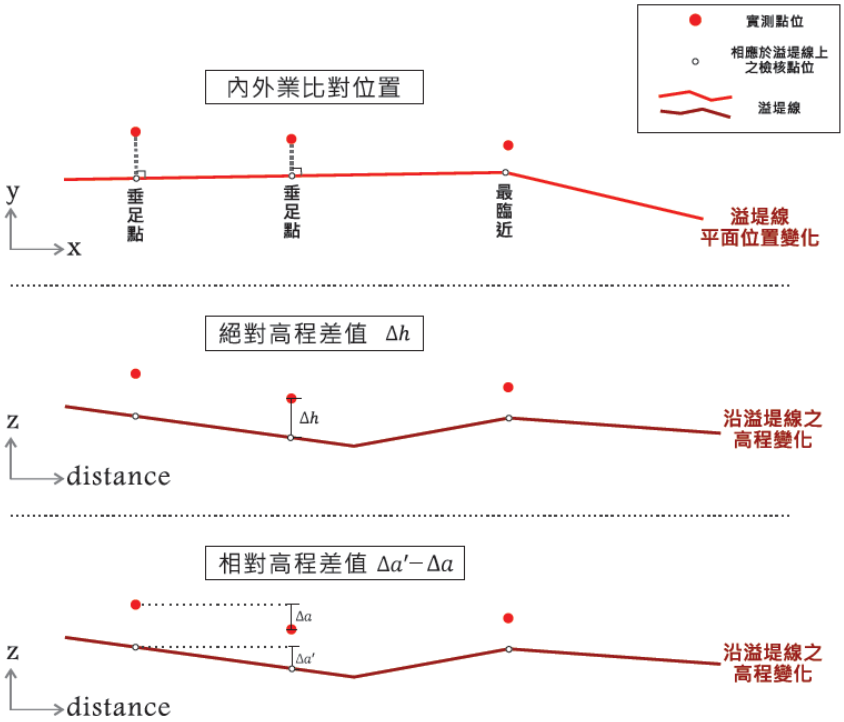


圖 8.14 絕對高程差與相對高程差比對示意(摘自「水利數值地形資料測製及檢核技術指引(草案)」)

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 48 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)。

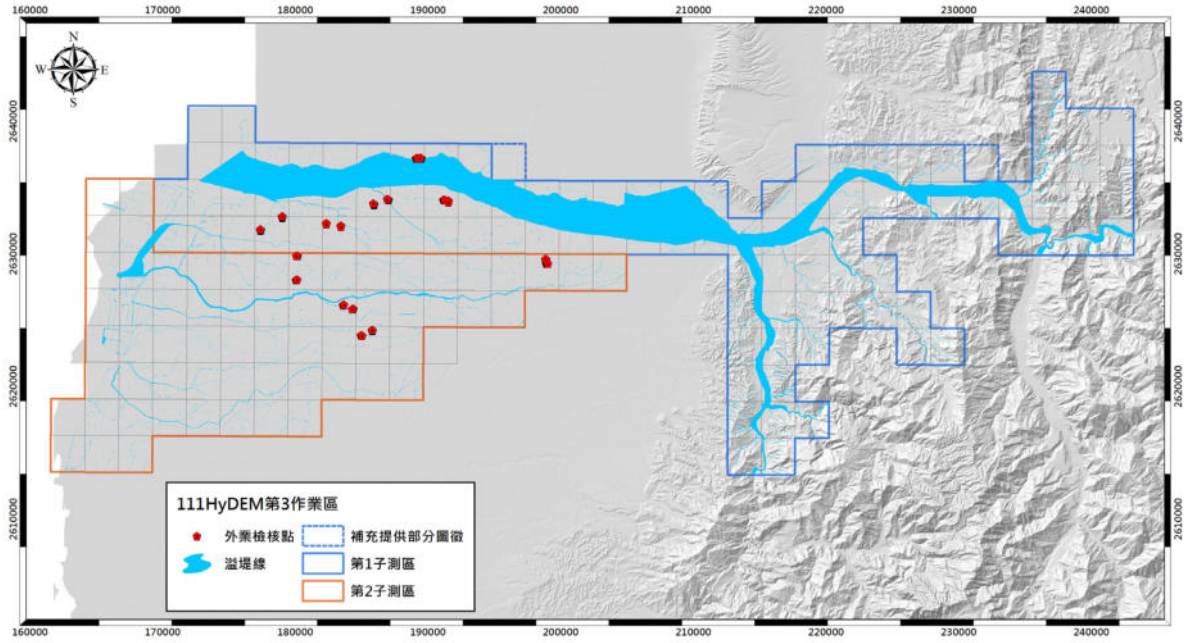


圖 8.15 本案溢堤線精度自我檢核點分布

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	99	5	10	60	15.195	6.884
第 2 子測區	64	4	8	48	23.485	5.964

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 (0.5m 內)	相對高程差值 RMSE (0.2m 內)	比對結果
94201066	105	1066-A	N	0.099	0.114	✓ 符合
		1066-B	Y	0.217	0.120	✓ 符合
94201075	105	1075-A	Y	0.140	0.047	✓ 符合
		1075-B	N	0.151	0.057	✓ 符合
94201077	105	1077-A	Y	0.070	0.131	✓ 符合
		1077-B	N	0.097	0.123	✓ 符合
94201082	105	1082-A	N	0.211	0.044	✓ 符合
		1082-B	N	0.252	0.092	✓ 符合
94201084	105	1084-A	N	0.058	0.067	✓ 符合
		1084-B	N	0.076	0.067	✓ 符合
94201093	105	1093-A	N	0.296	0.034	✓ 符合
		1093-B	N	0.283	0.049	✓ 符合
94201100	105	1100-A	N	0.108	0.105	✓ 符合
		1100-B	Y	0.045	0.064	✓ 符合
94202004	105	2004-A	N	0.200	0.068	✓ 符合
		2004-B	N	0.286	0.053	✓ 符合
94202015	105	2015-A	N	0.255	0.045	✓ 符合
		2015-B	N	0.270	0.012	✓ 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 111 年 8 月及 12 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 8.19，各點成果詳見附件七。

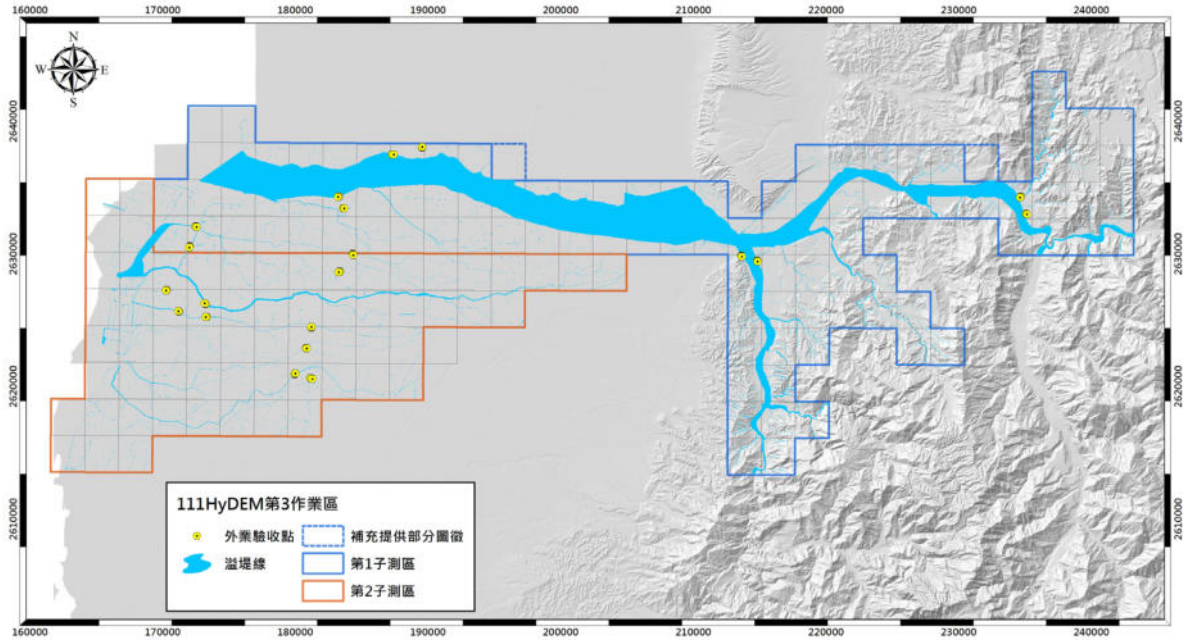


圖 8.19 本案溢堤線外業驗收點分布

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 (0.5m 內)	相對高程差值 RMSE (0.2m 內)
第 1 子測區	111.08.26、29	5	36	10.8	6.8
第 2 子測區	111.12.19-20	5	36	20.0	7.8

圖 8.20 第 1 子測區外業驗收工作照 (111.08.)

圖 8.21 第 2 子測區外業驗收工作照 (111.12.)

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 提供教育訓練

本團隊於本年度中加值提供一場教育訓練(表 9.1、圖 9.1)，於 111 年 11 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 HydroDEM 於水文模擬之實際應用與挑戰，講述近年與淹水有關之逕流分擔與出流管制之概念及相關法規制定方向與實施情形，強調測繪資料於水利領域上的角色與重要性。

圖 9.1 教育訓練現場照片(111.11.29)

表 9.1 教育訓練課程表

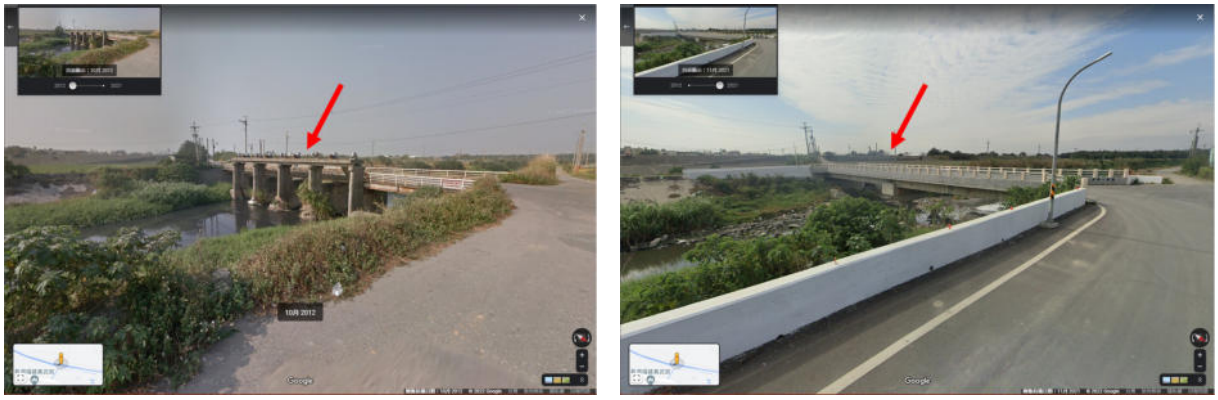
時間	課程內容	講者
09:00-10:30	淹水潛勢圖之繪製與應用 (含淹水模擬之近年發展)	楊松岳 博士
10:45-12:00	應用 HydroDEM 劃設洪水基準高程之研究	楊松岳 博士
13:30-14:30	整合影像點雲及光達點雲產製 DEM (含下水道人孔資料比對整合 HyDEM)	陳昱霖 技師
14:40-15:40	GlobalMapper 軟體實務操作簡介 (含 HEC-RAS 軟體於深槽模型製作簡介)	施乃慈 技師
15:50-16:20	綜合討論	

下午場課程著重於水利數值地形資料測至所使用的軟體及相關操作概念，分別說明 HyDEM LAS 點雲辨別及分類方式、HyDEM 網格產製方式、三維水利特徵資料於 Global Mapper 軟體建製方式，以及 HEC-RAS 軟體於河川底床模型製作流程。經由課程上討論及互動，使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。

9.2 測製資料更新(一處)

承繼 110 年度本團隊加值提供對於既有測製區域局部更新之概念，本團隊今年度於第 1 子測區中選定濁水溪南岸八角亭大排水溝的草湖二號橋(圖幅號：94201074)進行資料更新，橋樑寬度約 45 公尺且有一大型水閘門設施，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 110 年 11 月該橋樑及水閘門設施已拆除改建(圖 9.2、圖 9.3)，故若以既有之 HyDEM 資料已有地形差異。



(a) 101 年 10 月街景　　(b) 110 年 11 月街景

圖 9.2 多年期街景影像比對

圖 9.3 整合位置正射影像比對

針對此處，本團隊使用 UAV 影像建模進行資料蒐集(圖 9.4)，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更新圖徵及網格資料。由於現地水閘門移除並改建原有橋樑，為避免原始點雲資料紊亂，本團隊不刪除原有點雲，採用新類別更新原有類別：若地面點改為非地面點，分類至新非地面點(13 類)；若需加入新的點雲資料，則指定航帶編號加入，避免與原始資料混用，並將地面點分類至新地面點(10 類)。

於此案例中，既有光達點雲中水閘門點分類為新非地面點(13 類)，加入 UAV 影像模型點雲修正河道底床形貌，分類為新地面點(10 類)(圖 9.5)，並微調修正橋梁兩岸溢堤線、移除水閘門標記，最終以 2、6、9、10 類點雲及更新後溢堤線產製局部更新之水利數值地形模型。

圖 9.4 草湖二號橋 UAV 影像模型(111.11.)

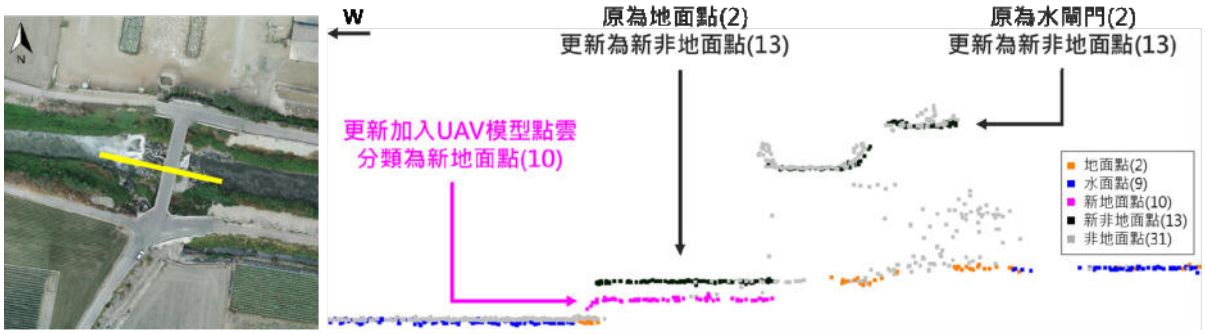
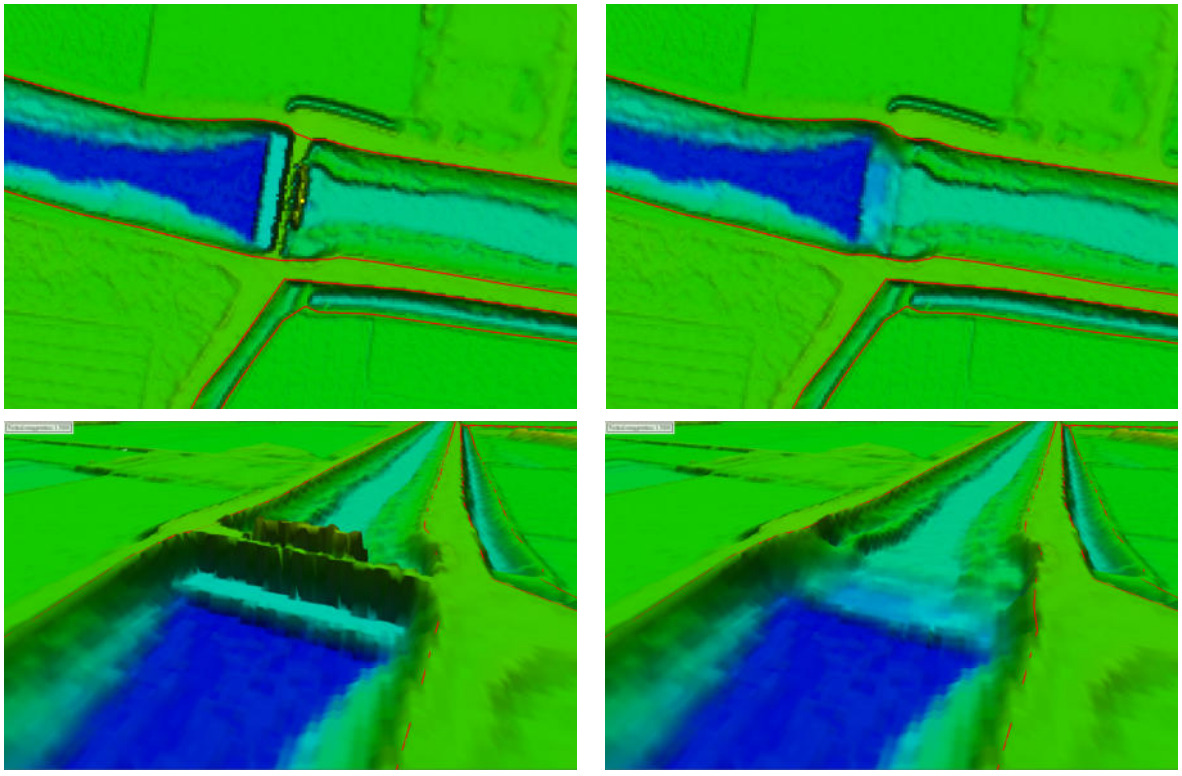


圖 9.5 局部更新點雲分類

更新前後之圖徵及網格比較如圖 9.6 及表 9.2，本次局部更新共更新溢堤線、水閘門及水利數值地形模型。其中原始水閘門資料僅有此處一點，故更新後不具有水閘門檔案，其他更新後檔名皆在原始檔名後標註「_renew」做為區別。而由於水域區塊之更新須涉及大範圍正射影像製作與當期光達點雲高程計算，故在本案例中未針對水域區塊資料進行更新作業。



(a) 105 年　　(b) 111 年

圖 9.6 圖徵及網格模型比對

表 9.2 原始及更新資料比對表

類型	原始資料	更新資料
溢堤線	Bank_94201074.shp	Bank_94201074_renew.shp
水域區塊	WaterBody_94201074.shp	WaterBody_94201074.shp (未針對水域區塊更新)
水閘門	Gate_94201074.shp	更新後無水閘門資料
水利數值 地形模型	HyDEMg94201074	HyDEMg94201074_renew

第十章 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、河川斷面與水利數值地形模型整合及各項報告書、工作總報告書撰寫等工作，成本分析如表 10.1，各項成本分析如下所述。

表 10.1 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	$85,000	$425,000	
2	建置三維水利圖徵	人月	44	$85,000	$3,740,000	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.水閘門補充註記
3	製作水利數值地形模型 (含圖幅接邊處理)	人月	12	$85,000	$1,020,000	
4	河川斷面與水利數值地形模型整合	人月	2	$85,000	$170,000	
5	下水道資料與 HyDEM 資料整合試作	人月	0.5	$85,000	$42,500	研究與實作
二	各項報告書、工作總報告書等	人月	4	$125,000	$500,000	含專案管理
總金額(新臺幣)					**$5,897,500**	

1. 產製水利數值地形分類點雲

以具備地形編修經驗之專業人力投入水利數值地形分類點雲，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，確保後續數化圖徵與網格地形產製的正確性。

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) 水閘門補充註記

各項負責人力及做法各有不同，其中以溢堤線數化與品管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。而建物區塊、水域區塊、海陸線及海堤線則以整體測區為單位數化分類，以減少圖幅間接邊錯誤。

3. 製作水利數值地形模型(含圖幅接邊處理)

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，不同於一般光達測製之數值地形產製，相對一般模型製作需增加一倍時間。

4. 河川斷面與水利數值地形模型整合

此項目執行濁水溪、八掌溪與東港溪三段河川流域中下游河川斷面整合，內容可細分為：

(1) 原始斷面成果展繪
(2) 行水區域整合範圍訂定

(3) 逐條斷面地形比對
(4) 實際使用於底床內插之斷面擷取
(5) 內插參考軌跡劃定
(6) 河川底床模型內插
(7) 河川底床模型與水利數值地形模型整合

整合所需步驟繁瑣且需重複檢視修正模型合理性。

5. 下水道資料與 HyDEM 資料整合

此項目為本年度各家測製廠商於年度初期提供初步試作方式與初步結果，並由監審方參考專家意見後統一下水道資料與 HyDEM 資料整合作業方式，再依據所擬定之整合作法執行整合與資料提送，因此成本大多用於資料測試與做法流程探討研究與分析。

6. 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。

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 10.2，於各項作業中男女作業人員平均分布，落實性別平等。

表 10.2 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	6：7	4：3	2：2

第十一章　檢討與建議

11.1　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與水利數值地形模型整合等工作。本團隊計畫範圍為第 3 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 162 幅建物區塊(資料表)、162 幅溢堤線(另額外補充提供 2 幅局部溢堤線)、157 幅水域區塊、8 幅海陸線、15 幅海堤線及 106 幅補充水閘門註記等 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。本年度共產製 163 幅 HyDEM 成果(另額外補充提供 94201069 與 95201063 二幅部分溢堤線圖徵及網格資料)。

(4) 整合濁水溪、八掌溪與東港溪三段河川流域中下游既有 HyDEM 與斷面底床模型，產製具有水下深槽資訊之 HyDEM，其整合軌跡共計約 74 公里，產製 36 幅河川斷面整合後 HyDEM 成果。

(5) 提供 3 幅下水道人孔高程整合 HyDEM，人孔分布集中於雲林高鐵特區，共計 310 筆人孔資料，需比對整合的正常人孔共 242 筆，以高程差正負 20 公分為門檻值，清查後有 1 筆資料不一致。整合後以 1 式 csv 資料繳交，並提供不一致人孔整合紀錄表。

(6) 本團隊提供兩項加值項目：

A. 提供一場教育訓練課程，介紹近年與淹水有關之逕流分擔與出流管

制之概念及相關法規制定方向與實施情形、本案相關作業軟體操作流程步驟教學，展現本案測繪資料於水利領域的應用與未來發展。

B. 提供一處局部測製資料更新，選定濁水溪南岸八角亭大排水溝的草湖二號橋更新拆除大型水閘門與橋梁重建後之圖徵資料與更新後水利數值地形模型，使資料更符合當地現況。

11.2 檢討與建議

11.2.1 檢討

(1)本年度測區於西部平原地區溢堤線相對繁雜交錯，易在挖除島式範圍(island)(圖 11.1)或相鄰圖幅接邊時產生溢堤線節點高程、線段節點的平面、高程不一致以及圖徵切幅時誤用錯誤之框線導致溢堤線未滿幅(圖 11.2)等錯誤。對此本團隊多次討論找出人為或軟體處理發生錯誤的時機點，加強數化人員訓練並重新建立此項目的檢查流程及精進品管程式之功能，以降低相同的錯誤率。

圖 11.1 島式範圍示意圖

(1) 除了三維水利點雲濾除與圖徵數化，本年度上有河川斷面比對，以上皆需要相對多人力與時間，對此為了降低人工編修的錯誤率，作業執行前與執行中有舉行內部教育訓練與討論，傳遞各項工作重點與執行規範要求，釐清常見錯誤之原因與觀念，並同時加強數化與檢核人員個別能力以確保成果品質，降低往後成果產製缺失，提升

測製效率。

圖 11.2 圖徵未滿幅示意圖

11.2.2 建議

(1)河川斷面整合為本年度首次施作項目，而本團隊原契約劃定整合非中央管河川新虎尾溪下游，由於僅能取得部分樁位資料，缺少斷面資訊，而於期中變更契約。建議未來劃定整合河川流域前，預先跨部會確認可提供資料的完整性，以減少案件執行時資料在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。

(2)關於斷面整合所需繳交的資料格式，是否須包含未整合的網格資料與檢核報表，對此可再研議。本年度所使用之整合前 HyDEM 包含自行產製網格與內政部提供網格，其中內政部僅提供 GeoTIFF 格式及其檔頭資料，執行團隊本年度繳交包含 LAS、ASCII、IMG 等其他格式與檢核報表，對於非該原始資料的測製廠商，是否需調整為僅需繳交所申請之原始檔案，避免檔案轉換時發生問題，以及繳回內政部時既有檔案紊亂。

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. 內政部營建署下水道工程處(2020)，下水道 GIS 資料庫規範(109 年修訂版)。
3. 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。
4. 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。
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