ARDSWC-112-027

以實驗及數值模擬探討可調式鋼管壩對野溪及棲地演變之影響

Use experimental and numerical approaches to explore the effects of removable check dam on torrent and habitat evolution

（期末報告）

執 行 單 位：國立成功大學

執 行 期 間：112 年 02 月 08 日至 112 年 12 月 31 日

計畫主持人 ：賴悅仁 副教授

共同主持人 ：

協同主持人 ：

農業部農村發展及水土保持署 編印

中華民國 112 年 11 月

以實驗及數值模擬探討可調式鋼管壩對野溪及棲地演變之影響

摘要

可調式鋼管壩是水保局近期推廣之防砂壩之一，在國內外已有許多成功案例。然而，可調式防砂壩仍處於創新研發階段，針對此類型之防砂壩以探討其對於野溪及棲地影響之研究卻相對較少。因此，本計畫將以教學研發的角度出發，將河工學之課程主題設定為探討防砂壩對野溪及棲地演變之影響。實作課程中結合物理實驗及數值模擬，讓學生完整體會防砂壩與地形演化之關係。本計畫可以使學生瞭解防砂壩對於野溪及棲地演化之影響，亦能持續培育出更多學生投入水土保持領域，以達到創新水土保持教育宣導之實質目的。本計畫研發之成果及實作經驗皆可提供水保局相關單位進行教育訓練。

關鍵詞：可調式防砂壩、野溪、縮尺實驗、數值模擬、教學模組

Use experimental and numerical approaches to explore the effects of removable check dam on torrent and habitat evolution

Abstract

The adjustable steel check dam is one of the check dams recently promoted by the Soil and Water Conservation Bureau, and there have been many successful cases. However, the adjustable check dam is still in development, and there are relatively few studies explore its impact on stream morphology and habitats. Therefore, this project uses the course of River Engineering to explore the impact of adjustable check dams on stream morphology and habitat evolution. This project combines physical experiments and numerical simulations to allow students to fully understand the interaction between flow, sediment and check dams. Through this program, more students can continue to be trained in the field of soil and water conservation, so as to achieve the real purpose of innovative soil and water conservation education and promotion. The research results and practical experiences of this project can be provided to the Soil and Water Conservation Bureau for education and training.

Keywords: creative implementation, teaching module, check dams, physical experiment, numerical simulation

目次

摘要.....I

Abstract.....II

目次..... III

表次.....IV

圖次..... V

一、 前言 1-1

第一節 擬解決問題 1-1

第二節 計畫目標 1-4

二、 工作執行方法與步驟 2-1

第一節 工作執行方法 2-1

第二節 工作執行步驟 2-5

三、 工作進度與交付項目 3-1

第一節 計畫甘特圖 3-1

第二節 計畫交付項目 3-4

四、 成果報告 4-1

第一節 教案說明 4-1

第二節 教案分析 4-2

第三節 歷年教學成果及學生反饋 4-54

五、 結論及建議 5-1

第一節 結論 5-1

第二節 建議 5-1

參考文獻.....參-1

附錄.....附錄-1

附錄一、期中審查會議紀錄暨回覆辦理情形 附錄-1

表次

表 3-1 計畫甘特圖.....3-1

表 3-2 河工學之課程大綱 3-3

圖次

圖 1-1 可調式防砂壩逐步拆除、回歸自然河川之過程(陳樹群、邱渝方，2019)。.....1-2
圖 1-2 (上) 固床工斜坡式鋪石魚道三維示意圖；(下) 下拱式階梯式魚道之三維示意圖(水土保持單元叢書 03，2020)。.....1-3
圖 2-1 河工動床水槽中置入防砂壩之混凝土縮尺模型。.....2-1
圖 2-2 數值高程模型之示意圖。.....2-2
圖 2-3 水流經過透過性防砂壩之模擬示意圖。.....2-4
圖 2-4 水流經過固床工之流線、表層顆粒及魚群運動軌跡之模擬示意圖。.....2-4
圖 4-1 第 1 組之設計作品。.....4-3
圖 4-2 第 2 組之設計作品。.....4-4
圖 4-3 第 3 組之設計作品。.....4-5
圖 4-4 第 4 組之設計作品。.....4-6
圖 4-5 第 5 組之設計作品。.....4-7
圖 4-6 第 6 組之設計作品。.....4-8
圖 4-7 各組學生將雷切機預割線條之塑膠板以手動的方式切割下來。.....4-9
圖 4-8 各組建置塑膠板模型之過程。.....4-10
圖 4-9 各組進行模型灌漿前之木工加固工程。.....4-11
圖 4-10 各組進行灌漿工程。.....4-12
圖 4-11 各組完成灌漿後之半成品。.....4-13

圖 4-12 各組拆模之過程。 4-14
圖 4-13 各組打磨之過程。 4-15
圖 4-14 第 1 組及第 2 組完成之混凝土縮尺模型。 4-16
圖 4-15 第 3 組及第 4 組完成之混凝土縮尺模型。 4-17
圖 4-16 第 5 組及第 6 組完成之混凝土縮尺模型。 4-18
圖 4-17 學生鋪設實驗起始地形。 4-19
圖 4-18 實驗之起始地形及土砂沖淤過程。 4-20
圖 4-19 第 1 組實驗沖淤前後之實測地形。 4-21
圖 4-20 第 2 組實驗沖淤前後之實測地形。 4-22
圖 4-21 第 3 組實驗沖淤前後之實測地形。 4-23
圖 4-22 第 4 組實驗沖淤前後之實測地形。 4-24
圖 4-23 第 5 組實驗沖淤前後之實測地形。 4-25
圖 4-24 第 6 組實驗沖淤前後之實測地形。 4-26
圖 4-25 各組實驗上、中、下游(X = 400, 800, 1200 MM)
擷取斷面位置。 4-28
圖 4-26 第 1 組實驗前後於上中下游擷取之橫斷面。 4-29
圖 4-27 第 2 組實驗前後於上中下游擷取之橫斷面。 4-30
圖 4-28 第 3 組實驗前後於上中下游擷取之橫斷面。 4-31
圖 4-29 第 4 組實驗前後於上中下游擷取之橫斷面。 4-32
圖 4-30 第 5 組實驗前後於上中下游擷取之橫斷面。 4-33
圖 4-31 第 6 組實驗前後於上中下游擷取之橫斷面。 4-34
圖 4-32 IRIC 之開啟頁面。 4-35
圖 4-33 SELECT SOLVER 之頁面。 4-36
圖 4-34 匯入點雲資料方式。 4-37
圖 4-35 選取點雲資料夾之檔案。 4-37

圖 4-36 匯入之實驗點雲資料。 4-38
圖 4-37 選擇建網格之演算法。 4-39
圖 4-38 選擇以建置矩形網格。 4-39
圖 4-39 手動框選欲模擬之範圍以建立網格。 4-40
圖 4-40 網格參數設定視窗。 4-40
圖 4-41 將高程資料內插至網格之中之操作視窗。 4-40
圖 4-42 設定計算條件之視窗。 4-41
圖 4-43 水理參數之設定視窗。 4-41
圖 4-44 邊界條件之設定視窗。 4-42
圖 4-45 入流量之設定視窗。 4-43
圖 4-46 計算及輸出時間之設定視窗。 4-43
圖 4-47 起始水位之設定視窗。 4-44
圖 4-48 底床材料之設定視窗。 4-44
圖 4-49 執行計算之操作視窗。 4-45
圖 4-50 執行計算及完成計算之視窗。 4-45
圖 4-51 展示計算成果之視窗。 4-46
圖 4-52 NAYS2DH 模擬之水深及速度場分布。 4-46
圖 4-53 NAYS2DH 模擬之水深分布(擬似 3D 之表現法)。 4-47
圖 4-54 NAYS2DH 模擬之流線分布。 4-47
圖 4-55 NAYS2DH 模擬之渦度分布及粒子追蹤。 4-48
圖 4-56 NAYS2DH 模擬之福祿數分布。 4-48
圖 4-57 第 1 組拆除梳柱前後之光源陰影圖。 4-49
圖 4-58 第 4 組拆除梳柱前後之光源陰影圖。 4-50

圖 4-59 第一組模擬之水深及顆粒分布圖。(A) 拆壩前；
(B) 拆壩後。 4-51
圖 4-60 第四組模擬之水深及顆粒分布圖。(A) 拆壩
前；(B) 拆壩後。 4-51
圖 4-61 第一組模擬之速度分布圖。(A) 拆壩前；(B) 拆
壩後。 4-52
圖 4-62 第四組模擬之速度分布圖。(A) 拆壩前；(B) 拆
壩後。 4-52
圖 4-63 第一組模擬之渦度及流線分布圖。(A) 拆壩
前；(B) 拆壩後。 4-53
圖 4-64 第四組模擬之渦度及流線分布圖。(A) 拆壩
前；(B) 拆壩後。 4-53
圖 4-65 第 4 組學生設計之透過性防砂壩(109 年度)。 4-56
圖 4-66 第 1 組學生設計之下游保護工及其單元化之設
計構想(109 年度)。 4-57
圖 4-67 透過型防砂壩 1:100 之縮尺模型展示(109 年
度)。 4-58
圖 4-68 下游保護工 1:100 之縮尺模型展示(109 年度)。
.....4-59
圖 4-69 老師針對各組作品之設計講評(109 年度)。.....4-60
圖 4-70 學生於動床水槽中實驗之剪影(109 年度)。 4-61
圖 4-71 第一組學生設計之 3D 模型及施工圖(110 年
度)。 4-62
圖 4-72 第二組學生設計之 3D 模型及施工圖(110 年
度)。 4-63

圖 4-73 第三組學生設計之 3D 模型及施工圖(110 年度)。 4-64
圖 4-74 第四組學生設計之 3D 模型及施工圖(110 年度)。 4-65
圖 4-75 第五組學生設計之 3D 模型及施工圖(110 年度)。 4-66
圖 4-76 第六組學生設計之 3D 模型及施工圖(110 年度)。 4-67
圖 4-77 第七組學生設計之 3D 模型及施工圖(110 年度)。 4-68
圖 4-78 完成蘭島溪 1 號可調式防砂壩之 1:40 混凝土縮尺模型(110 年度)。 4-69
圖 4-79 測試巨石與漂流木之影響(110 年度)。 4-70
圖 4-80 地形高程測量器材(110 年度)。 4-70
圖 4-81 第 1 組設計之兩種可調式鋼管壩(111 年度)。 4-71
圖 4-82 第 2 組設計之兩種可調式鋼管壩(111 年度)。 4-72
圖 4-83 第 3 組設計之兩種可調式鋼管壩(111 年度)。 4-73
圖 4-84 第 4 組設計之兩種可調式鋼管壩(111 年度)。 4-74
圖 4-85 第 5 組設計之兩種可調式鋼管壩(111 年度)。 4-75
圖 4-86 第 6 組設計之兩種可調式鋼管壩(111 年度)。 4-76
圖 4-87 實驗使用之 3 座可調式鋼管壩之混凝土縮尺模型(111 年度)。 4-77
圖 4-88 第 1 組實驗之鋼管壩間距配置(111 年度)。 4-77
圖 4-89 第 1 組實驗拆壩後之間距(111 年度)。 4-78

圖 4-90 本計畫建置之移動式雷射地形掃描系統(111 年度)。 4-78
圖 4-91 第 1 組實驗之起始地形、淤滿後之地形及拆壩後之地形(111 年度)。 4-79
圖 4-92 (上) 第 1 組實驗之起始地形到淤滿後之泥沙體積變化及淤滿到拆壩後之泥沙體積變化；(下) 於 X = 1600 MM 及 X = 1800 MM 測得之橫斷面，展示出拆壩後泥沙被水流大幅帶走(111 年度)。 4-80
圖 4-93 第 4 組之設計作品(112 年度)。 4-81
圖 4-94 第 3 組及第 4 組完成之混凝土縮尺模型(112 年度)。 4-81
圖 4-95 第 4 組實驗沖淤前後之實測地形(112 年度)。 4-82
圖 4-96 第四組模擬之速度分布圖。(A) 拆壩前；(B) 拆壩後。(112 年度)。 4-83
圖 4-97 第四組模擬之渦度及流線分布圖。(A) 拆壩前；(B) 拆壩後。(112 年度)。 4-83
圖 4-98 河工學之期末教學意見反應調查表 (108 年度)。 4-85
圖 4-99 河工學之學生學習成效自評表 (108 年度)。 4-86
圖 4-100 河工學之期末教學意見反應調查表 (109 年度)。 4-87
圖 4-101 河工學之學生學習成效自評表 (109 年度)。 4-88
圖 4-102 河工學之期末教學意見反應調查表 (110 年度)。 4-89

圖 4-103 河工學之學生學習成效自評表 (110 年度)。.....4-90
圖 4-104 河工學之期末教學意見反應調查表 (111 年度)。.....4-91
圖 4-105 河工學之學生學習成效自評表 (111 年度)。.....4-92

一、 前言

第一節 擬解決問題

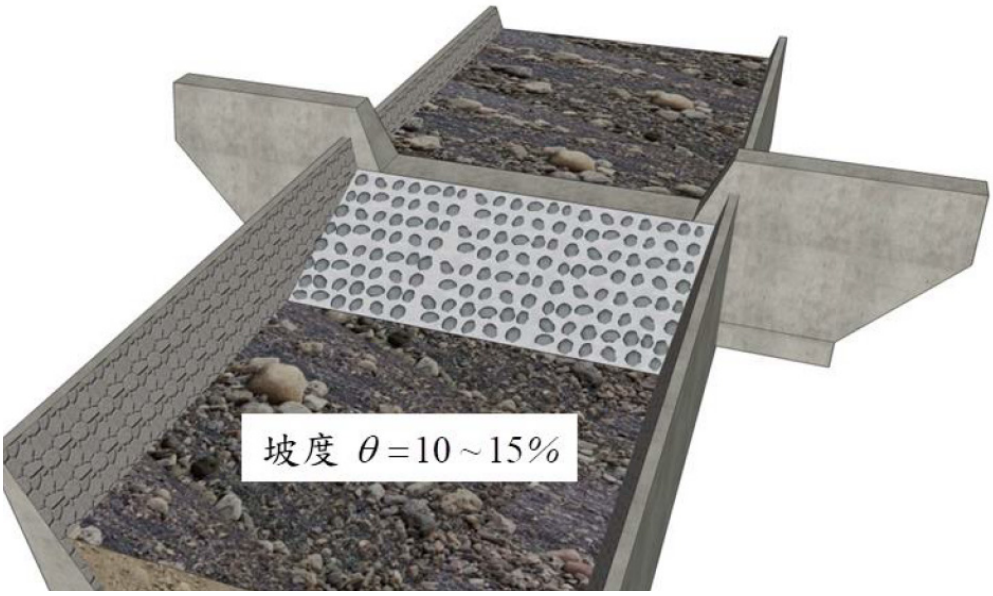
可調式防砂壩是水保局推廣之防砂壩之一，可以依不同時期的輸砂量改變其型式，依輸砂量由大到小不斷的拆解，不僅可以因應不同時期的防砂量，也可以保持泥砂量的均衡性以及溪流生態的連續性(陳樹群、邱渝方，2019) (圖 1-1)。在國內外已有許多成功案例，例如: 嘉義阿里山巴沙娜橋上下游野溪土砂調整案例分析(張國欽，2021)、知本溪調整型鋼構壩調整案例(許中立，2021)、北港溪集水區第 5 期國有林地整治工程(許文奕，2021)及日本扇沢可動式防砂壩實例介紹(池田武穗，2021)等。隨著生態意識抬頭，水土保持相關治理工程已從安全為考量轉變為以環境安全與生態保育兼顧之治理模式(水土保持單元叢書 03，2020)。除了削減自然災害之危害程度外，也特別注重營造生物多樣性之自然環境(圖 1-2)。而將生物通道融入(或結合)防砂壩之中就是最直接的做法。

然而，可調式防砂壩仍處於創新研發階段，針對此類型之防砂壩結合生物通道，以探討其對於野溪及棲地之影響之研究卻相對較少。因此，本計畫將以教學研發的角度出發，針對成大水利系大二及大三的學生，將河工學之課程主題設定為探討可調式防砂壩對野溪及棲地演變之影響。實作課程中將結合物理實驗及數值模擬，讓學生完整的體會水砂與防砂壩之互動關係。在水保局過去 3 年的支持下，本課程已累積相當多件的可調式防砂壩之混凝土縮尺模型。本計畫將站在此基礎上，進而開發適合模擬水、砂、防砂壩、固床工及生物通道之數值模擬方法，讓學生除了可以做實驗之外，也可以增加數值模擬的能

力。預期本計畫可以強化學生對於防砂壩對於野溪及棲地之瞭解，也希望可以透過實驗及數模，讓學生能體會如何讓防砂壩達到維持基礎輸砂平衡、防止河道下切及維持生態連續性之終極目標。



圖 1-1 可調式防砂壩逐步拆除、回歸自然河川之過程(陳樹群、邱渝方，2019)。



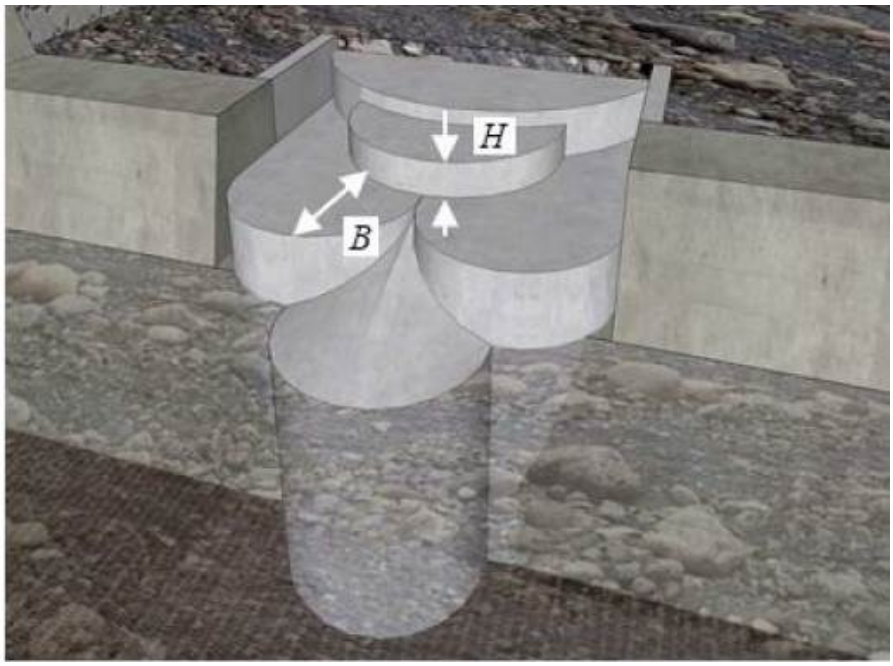


圖 1-2 (上) 固床工斜坡式鋪石魚道三維示意圖；(下) 下拱式階梯式魚道之三維示意圖(水土保持單元叢書 03，2020)。

第二節　計畫目標

誠如行政院農業委員會水土保持局 **112 年度「創新研究計畫」公開徵求說明**之執行課題「工程技術研發 - (2)固床工型態對野溪演變影響分析研究及(3)棲地與生態環境保育相關研究」提及，近年固床工設計型式日趨多元，為探討不同型態固床工對於野溪演變影響結果，及野溪治理工程完工後，對於野溪生態環境的影響，了解其適用性並探討如何優化完工工程，以利生態復育的提升及提供後續設計規劃參考。**本計畫之主要目的即是以教學研發的角度引導學生以實驗及數模的方式探討可調式防砂壩對於野溪及棲地演化之影響。**透過實作之教學過程，點燃學生對於「水土保持」及「土石流防災」的重視與熱情，以達到創新水土保持教育宣導之實質目的。

二、 工作執行方法與步驟

第一節 工作執行方法

本研究方法包含：(1) 縮尺實驗；(2) 數值模式。以下為各研究方法之詳細說明：

一、縮尺實驗

本計畫將使用成大水利系之河工動床試驗水槽(4 m x 0.6 m x 0.2 m，可調整坡度) (圖 2-1)，讓學生可以將縮尺模型放入水槽中進行實驗，體會防砂壩與水砂之互動關係。實驗中可以建置 1 mm x 1 mm 之數值高程模型(digital elevation model, DEM)(圖 2-2)，引導各組學生有系統的執行實驗研究。



圖 2-1 河工動床水槽中置入防砂壩之混凝土縮尺模型。

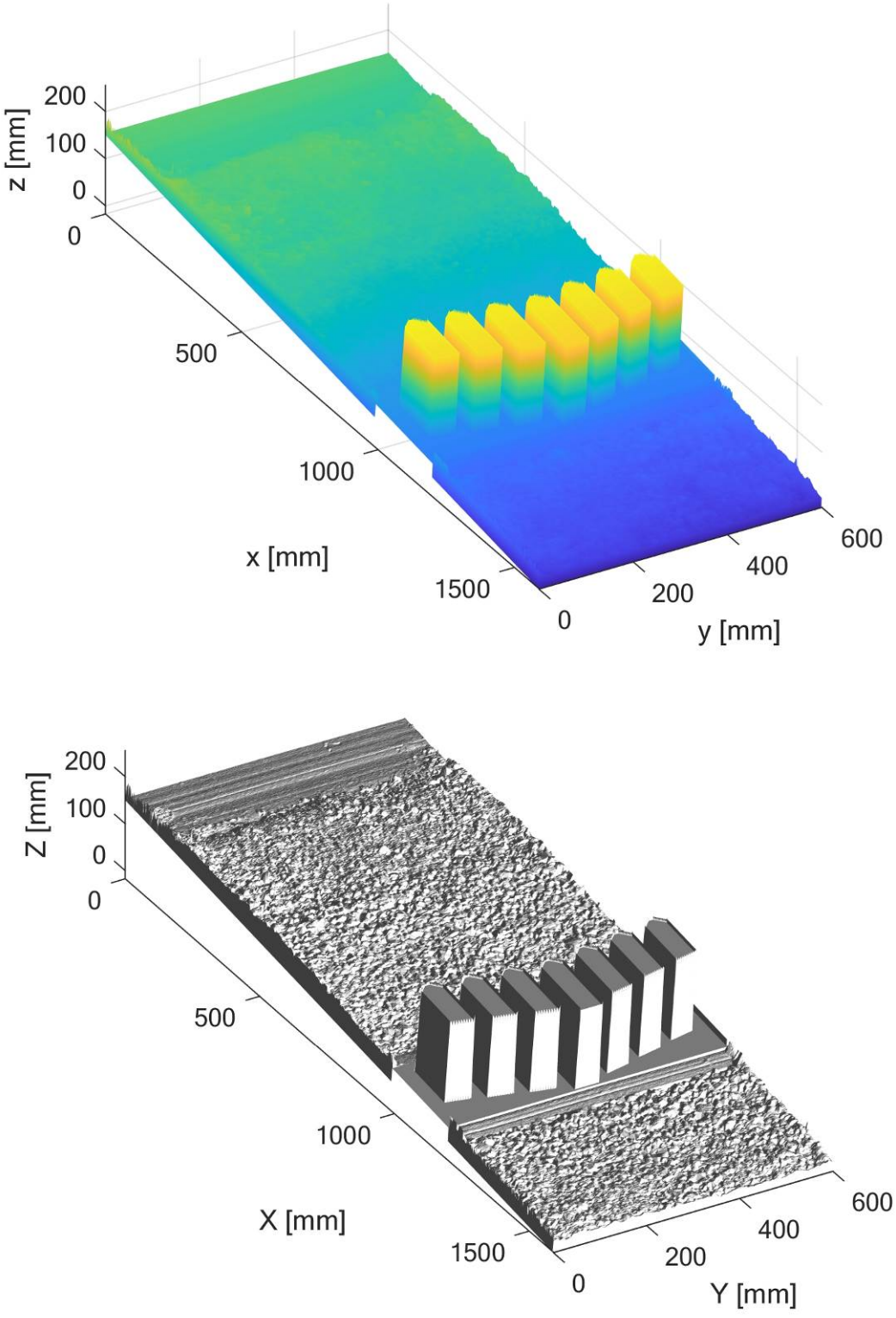


圖 2-2 數值高程模型之示意圖。

二、數值模擬

本計畫使用 iRIC (International River Interface Cooperative)軟體模組進行數值模擬。此軟體是由日本北海道大學 Yasuyuki Shimizu 教授和美國地質調查局(USGS)的 Jonathan Nelson 博士於 2007 年發起，專門為河川工程的問題提供各種免費的計算求解器，包括洪水預測、降雨逕流形成、土石流、生態環境評估及海嘯模擬等功能；iRIC 的操作是於介面中輸入各項參數以進行模擬，操作面板形式簡單且易懂，目的就是希望能夠讓學生可以快速學習並利用該軟體解決現實世界中的問題。iRIC 軟體內部包含許多計算求解器，如 Nays2DH、FaSTMECH、Morpho2DH、NaysCUBE 及 CERI1D 等分別求取一維、二維及三維的河流流動或各種形貌動力學上之問題。而其中 Nays2DH 是由日本北海道大學的團隊所開發，以非均勻曲線網格模擬變量流及河床演變的二維模型，該模型於變量流計算方面受到許多學者的肯定，並且能夠動態地展示水流流況。本計畫使用 Nays2DH 模組，匯入實驗地形資料後，以模擬水流通過防砂壩之流場分佈，進而取得流速、流線、渦度等水理資訊(圖 2-3 及圖 2-4)。

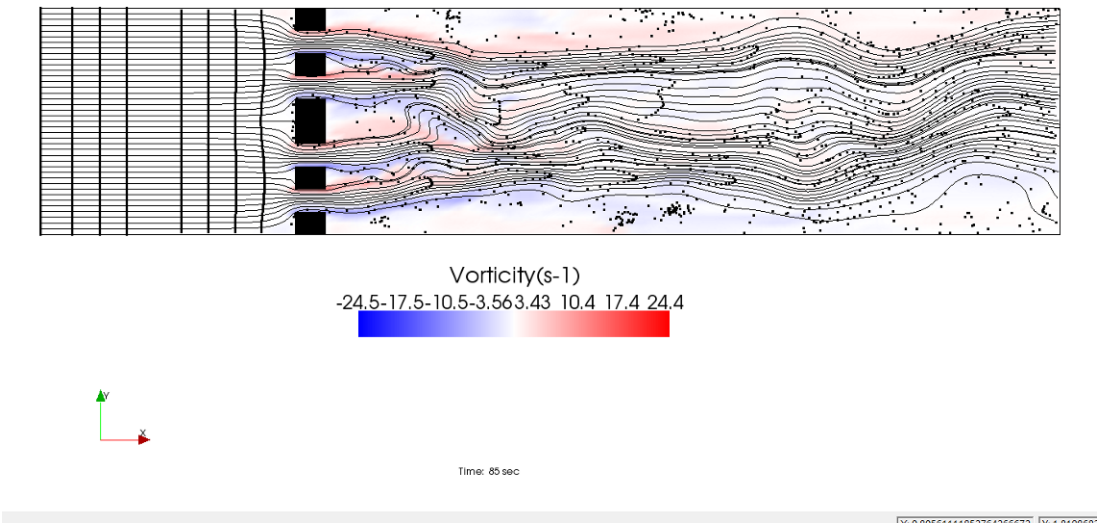


圖 2-3 水流經過透過性防砂壩之模擬示意圖。

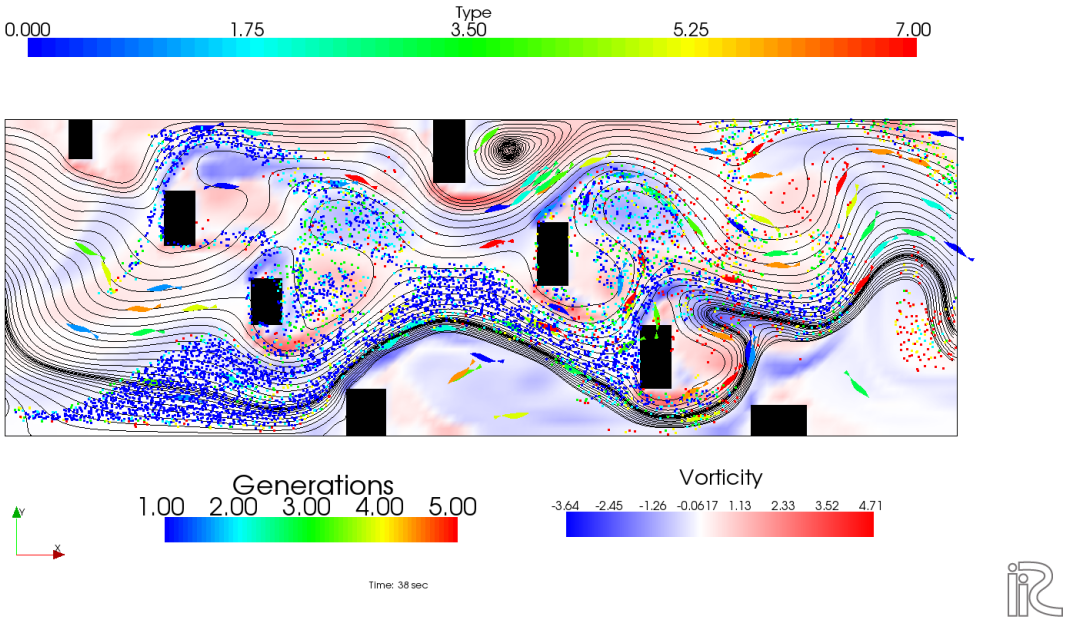


圖 2-4 水流經過固床工之流線、表層顆粒及魚群運動軌跡之模擬示意圖。

第二節　工作執行步驟

本計畫以一年期計畫進行，在 111 學年第 2 學期(2023 年 2 月)之「河工學」課程中，以成大水利系大二及大三的學生為對象，精進過去 3 年之創意實作教學模組，加入數值模擬得部份，專注在「**防砂壩對野溪及棲地演變之影響**」。研究流程包含：

一、完成各組之防砂壩設計。

二、製作混凝土縮尺模型。

三、執行實驗。

四、建置高解析度之數值高程模型

五、進行定床數值模擬研究。

六、比較縮尺實驗及數值模擬之成果。

七、舉辦「期末成果發表會」，邀請專家學者進行建議與講評。

八、彙整實作教學成果，撰寫成果報告，經驗可提供水保局相關單位進行教育訓練。

三、 工作進度與交付項目

第一節 計畫甘特圖

本計畫之計畫甘特圖如表 3-1 所示，計畫中執行之課程大綱如表 3-2 所示，目前已完成(1)至(7)項，符合規劃進度。

表 3-1 計畫甘特圖

年月 / 研究項目	111年1月	111年2月	111年3月	111年4月	111年5月	111年6月	111年7月	111年8月	111年9月	111年10月	111年11月	111年12月
(1) 完成各組之防砂壩設計。	✓	✓	✓									
(2) 製作混凝土縮尺模型。	✓	✓	✓									
(3) 執行實驗。			✓	✓	✓							
(4) 建置高解析度之數值高程模型。				✓	✓	✓						
(5) 進行定床數值模擬研究。				✓	✓	✓						
(6) 比較縮尺實驗及數值模擬之成果。				✓	✓	✓						

(7) 舉辦「期末成果發表會」，邀請專家學者進行建議與講評。						✓	✓					
(8) 彙整實作教學成果，撰寫成果報告，經驗可提供水保局相關單位進行教育訓練。								✓	✓	✓	✓	
(9) 期中報告提交							✓					
(10) 期末報告提交											✓	
(11) 成果報告提交												✓
預定進度累積百分比 (%)	8	16	24	44	56	64	72	76	80	84	92	100

表 3-2 河工學之課程大綱

周次	CDIO	教學內容	備註
1	C 構思	河工學簡介、河川特色、泥砂特性、水理模式 (分組)	宣佈**學期主題(PBL)**、分組、**前測**、介紹河川工程
2		河川工程: 堤防工程、護岸工程、固床工	
3		河川工程: 丁壩工程、非透過性防砂壩	
4		河川工程: 透過性防砂壩、可調式防砂壩、各式可調式防砂壩介紹	
5	D 設計	河工設計：梳子壩 (SketchUp 繪圖)	以真實案例作為設計練習、引導學生討論發想。依照學期主題進行**提案發表**、同儕與組間互評。
6		河工設計：各組進行小組討論、發想、繪製初步模型(SketchUp 繪圖)	
7		期中考周	
8	—	4/5(三)，清明連假，停課一次	
9	I 實現	原型實作: 混凝土縮尺模型	以小組合作方式，製作混凝土縮尺模型
10		原型實作: 混凝土縮尺模型	
11		原型實作: 混凝土縮尺模型	
12		原型實作: 混凝土縮尺模型	
13	O 運轉	水槽實驗：分批進行實驗、取得實測資料	實驗、取得資料、數模、水流展示
14		水槽實驗：分批進行實驗、取得實測資料	
15		數值模擬：將 DEM 匯入 iRIC 建置網格，設定水流及邊界條件，進行水流模擬及水流展示	
16	—	期末成果發表會	**專案發表**、同儕與組間互評、**後測**、質性訪談

第二節　計畫交付項目

本一年期計畫之主要目的是針對「水土保持及防災教育」研發創新之教學模組，已完成及待完成之工作項目如下說明：

(1) 完成各組之防砂壩設計

本計畫已帶領 6 組學生(共 39 人)按照 CDIO 教學法(如表 3-2 所示)完成防砂壩之模型設計。

(2) 製作混凝土縮尺模型

本計畫已帶領 6 組學生完成防砂壩之混凝土縮尺模型。

(3) 執行實驗。

本計畫已帶領 6 組學生完成實驗研究。

(4) 建置高解析度之數值高程模型。

本計畫已帶領 6 組學生完成數值高程模型建置。

(5) 進行定床數值模擬研究。

本計畫已帶領 6 組學生完成定床之數值模擬研究。不過，因為使用之 Nays2D 模組為研究所河道水力學之範疇，於過程中無法充足的解釋背後之學理知識。

(6) 比較縮尺實驗及數值模擬之成果。

本計畫已完成實驗與數值模擬之比較。

(7) 舉辦「期末成果發表會」，邀請專家學者進行建議與講評。

已在 5 月 31 日於創客空間中舉辦期末成果發表會，共有 3 為評審給予建議與講評。

(8) 彙整實作教學成果，撰寫成果報告，經驗可提供水保局相關單位進行教育訓練。

本計畫已完成第(1)及(7)項，目前在彙整相關教學成果，符合計畫規劃進度。

四、成果報告

第一節　教案說明

本計畫以「河工學」課程為基礎，以小班制、專題實作及期末成果發表會的方式進行。本學期之河工學首次將 **CDIO 工程教育模式**—美國麻省理工學院創立的一種創新工程教育流程，分別代表**構思(conceive)**、**設計(design)**、**實現(implement)**及**運作(operate)**，融入課綱之中。課程以「防砂壩」為學期主題，並加入大量實作活動。課程使用成大水系之電腦教室、創客空間及流力實驗室，進行教學、設計、實作、實驗及數模等活動，目標為使學生：(1) 了解河川基本水砂特色；(2) 學習相關河川工程知識；(3) 培養實作、實驗及數模能力；(4) 訓練問題解決能力；(5) 具備提案創新工法能力。課程強調「做中學」，以實際工程案例為啟發，透過 CDIO 方式執行，使學生了解水砂互動過程及河川對於河工構造物之反應。

「河工學」屬於進階的創意實作課程，以水利系大二的學生為對象，課程中介紹河川水砂特色、河川型態及河川工程。課程中選用水保局曾獲公共工程金質獎之實際工程為範例，透過 SketchUp 3D 繪圖軟體繪製實際工程案例，讓學生瞭解河工學理論於實務水利工程上之應用，以強化學習動機。課程將學生分成六組的方式進行，引導學生學習、思考、實作，以創造出新型態之防砂壩。

第二節　教案分析

河工學之定位為進階創意實作課程，對象為水利系大二的學生。本課程已預設修課的學生都修過本計畫主持人於大一開授之「工程圖學」(初階創意實作課程)，因此該具備基本的 SketchUp 3D 工程繪圖能力，並於大一時曾使用過創客空間之五金工具，也曾參與過簡單的木工實作活動。本計畫於課程中之實作活動成果說明如下:

(1) 學生設計之防砂壩:

學生於前 4 周學習河工學相關知識。於第 5 周開始學習繪製經典的防砂壩。第 6 周開始進行小組討論及發想，並初步繪製 SketchUp 3D 模型。第 7 周為小組提案發表，各組口頭報告設計理念及實作可行性。經本人及助教建議後，各組學生協作繳交第一版的 3D 模型設計作品，為製作混凝土縮尺模型做準備。學生於提案發表中必需報告以下內容:

1. 設計理念、動機。
2. SketchUp 模型介紹。
3. 可行性及功能性解說。
4. 拆裝方式說明。
5. 微笑曲線設計。
6. 組內任務分配說明。

本計畫產出共 6 種混凝土防砂壩之設計作品，各組之成果如下：

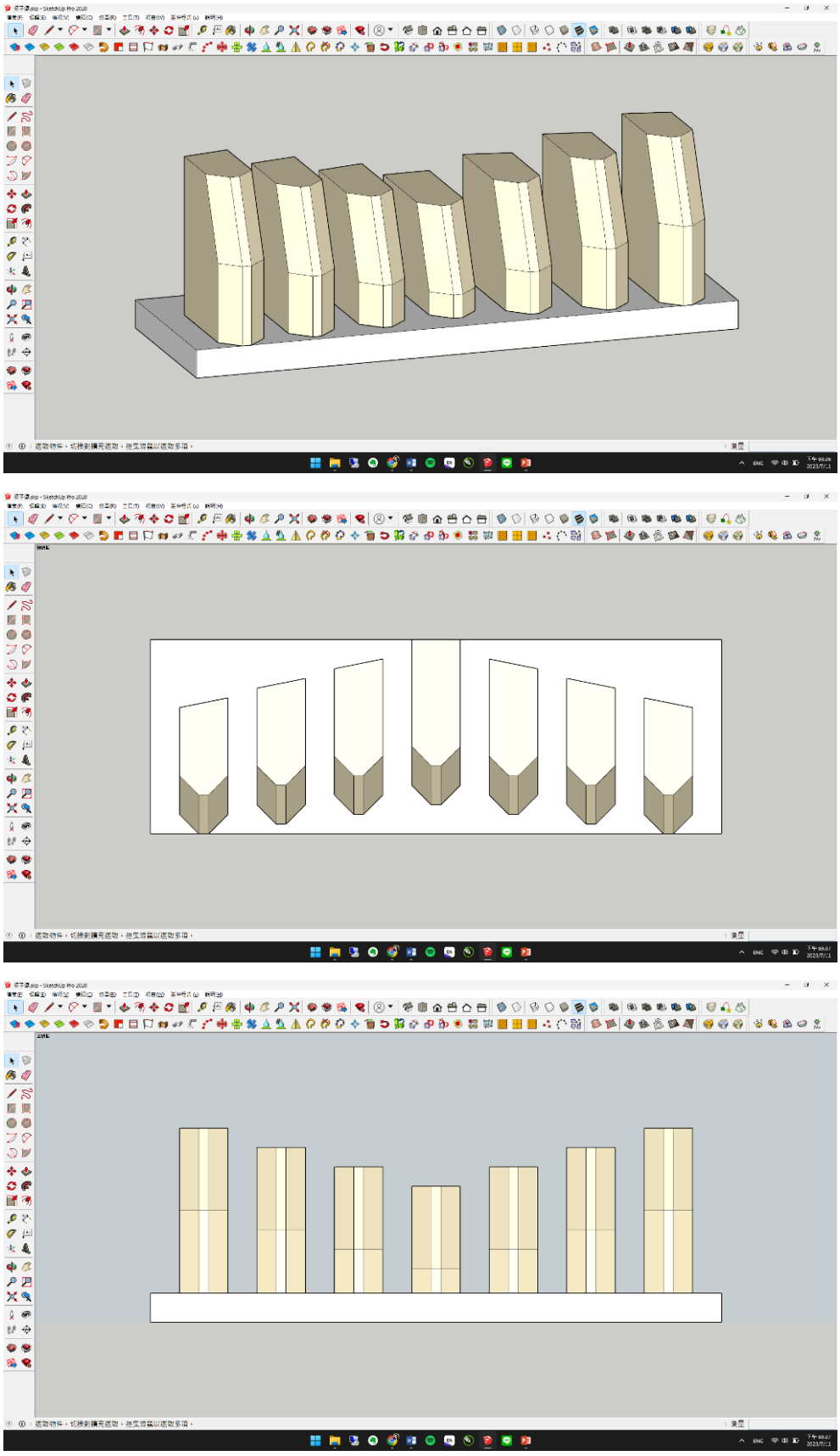


圖 4-1 第 1 組之設計作品。

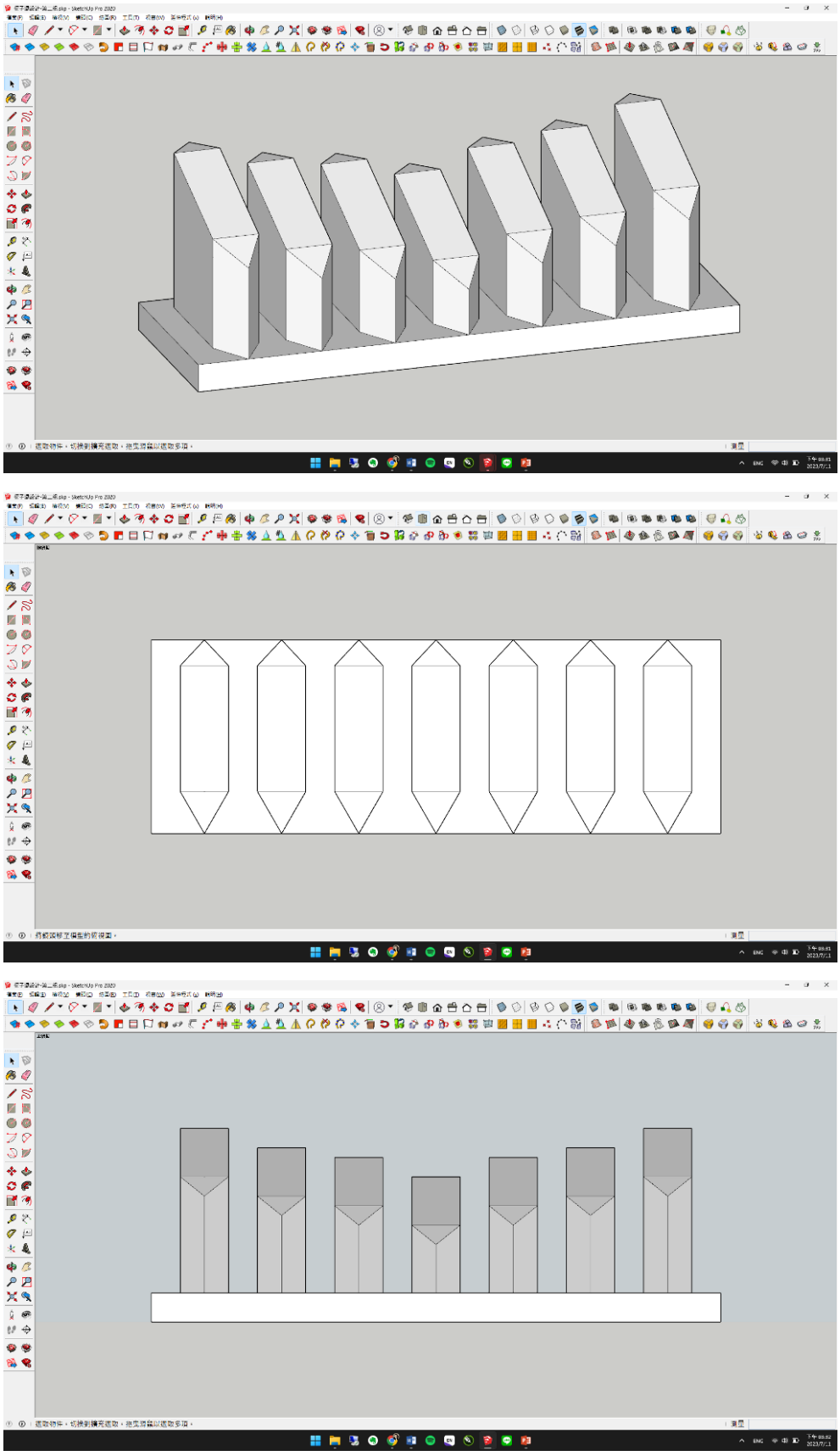


圖 4-2 第 2 組之設計作品。

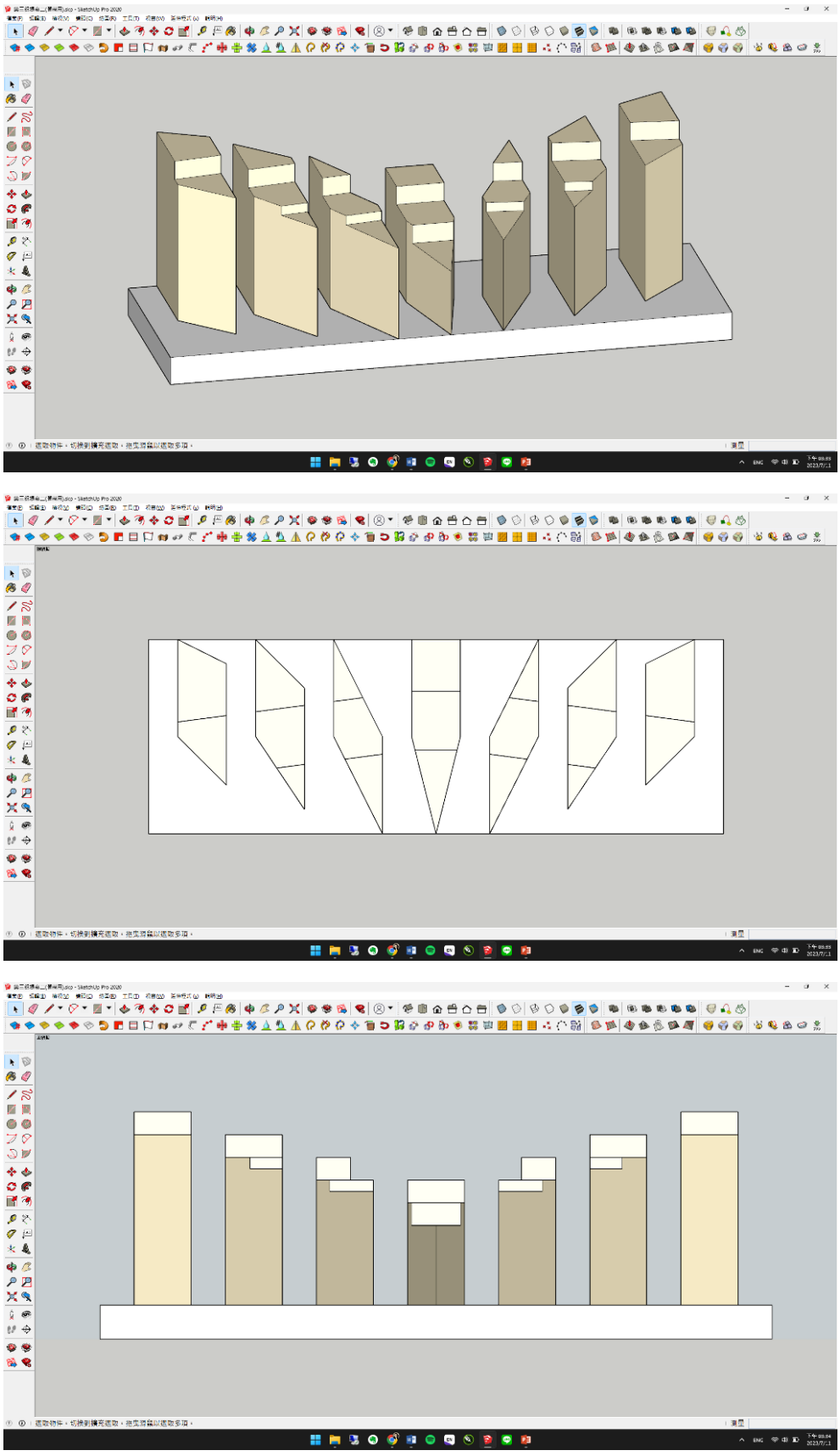


圖 4-3 第 3 組之設計作品。

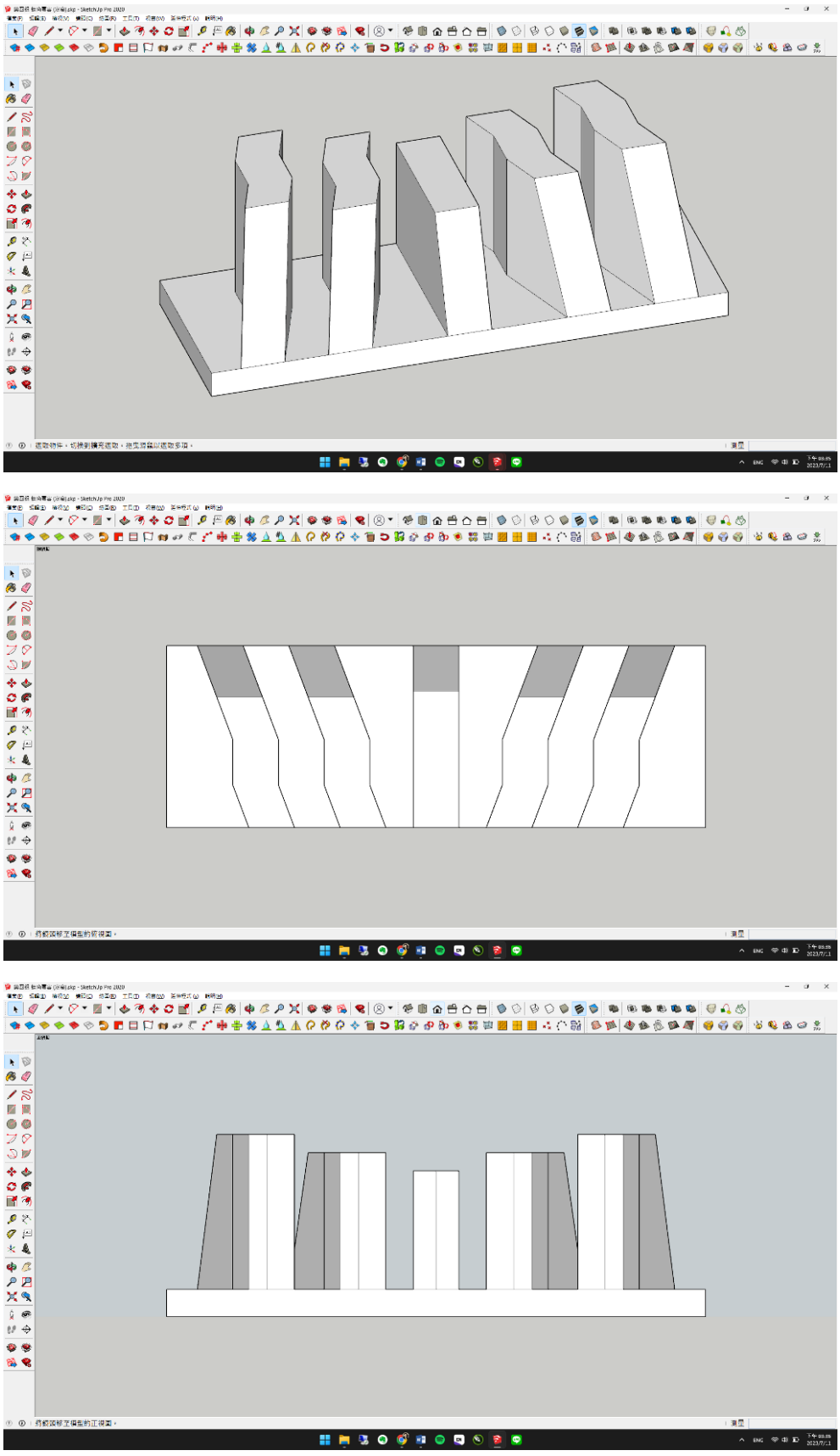


圖 4-4 第 4 組之設計作品。

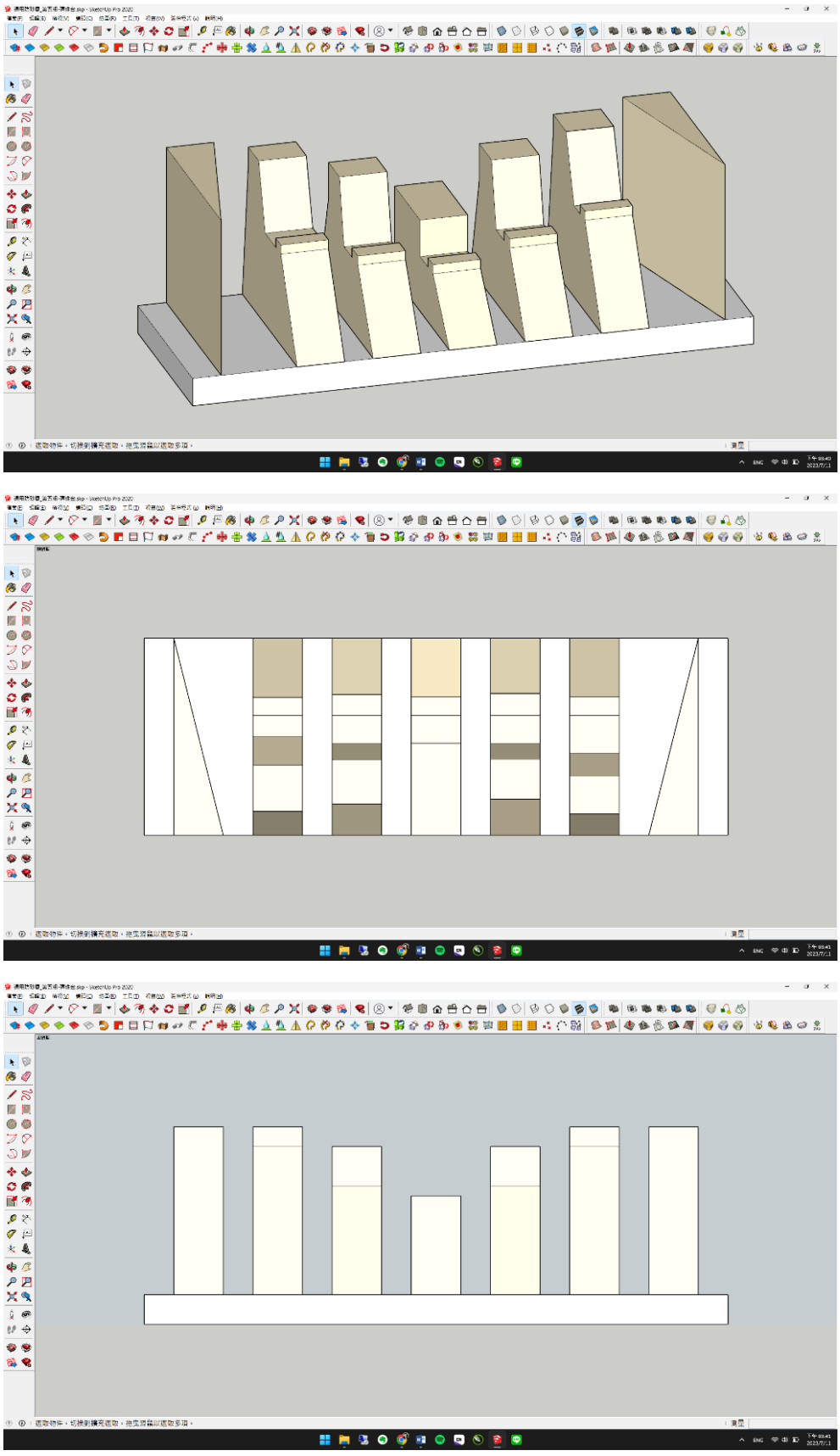


圖 4-5 第 5 組之設計作品。

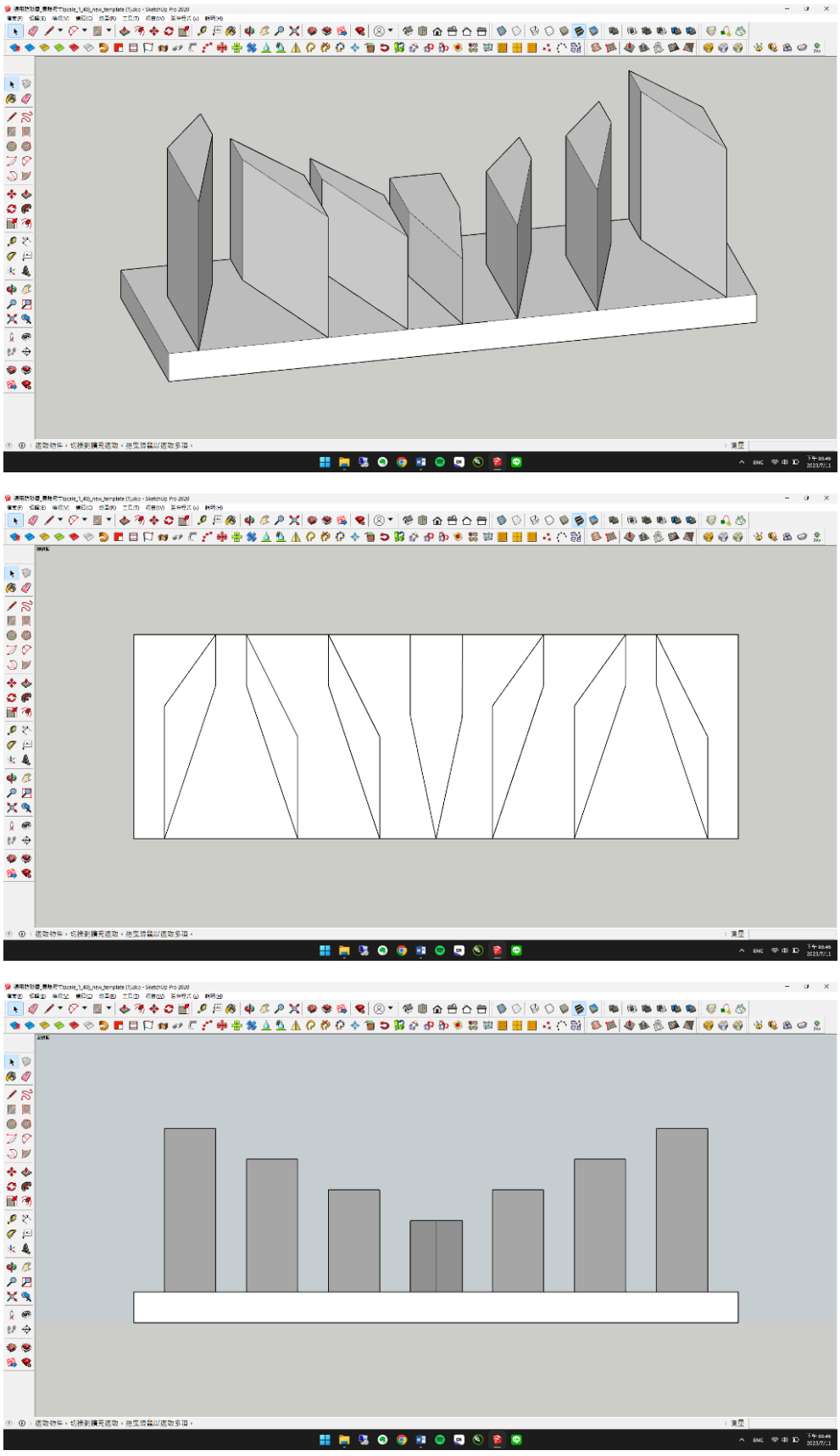


圖 4-6 第 6 組之設計作品。

(2) 混凝土縮尺模型:

學期第 9 周至第 12 周為原型實作活動，各組學生將自己設計的數位作品，經過多道程序製作成混凝土縮尺模型。以下為各程序中之實作活動花絮，包含: 雷射切割建模板材、建置塑膠板模型、灌漿前模型加固、灌漿、拆模、打磨等(如圖 4-7 至圖 4-16)。



圖 4-7 各組學生將雷切機預割線條之塑膠板以手動的方式切割下來。



圖 4-8 各組建置塑膠板模型之過程。



圖 4-9 各組進行模型灌漿前之木工加固工程。



圖 4-10 各組進行灌漿工程。



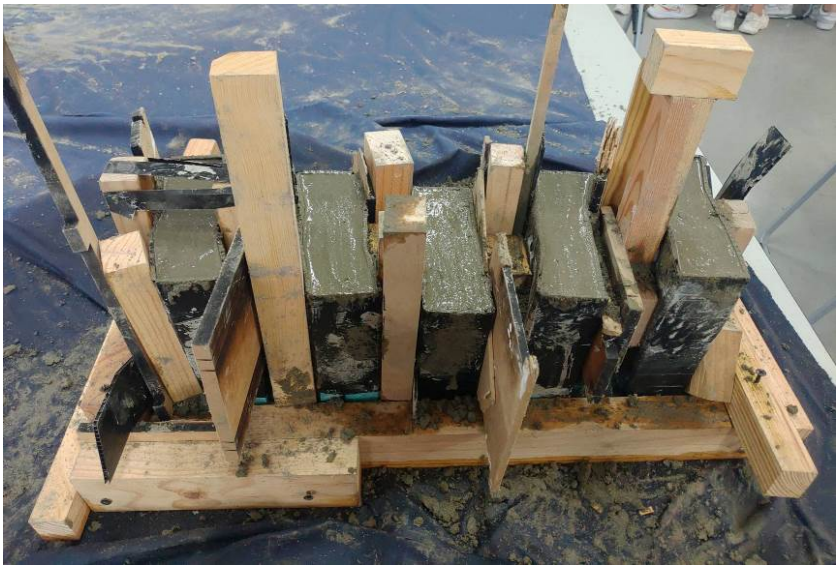




圖 4-11 各組完成灌漿後之半成品。



圖 4-12 各組拆模之過程。



圖 4-13 各組打磨之過程。



圖 4-14 第 1 組及第 2 組完成之混凝土縮尺模型。

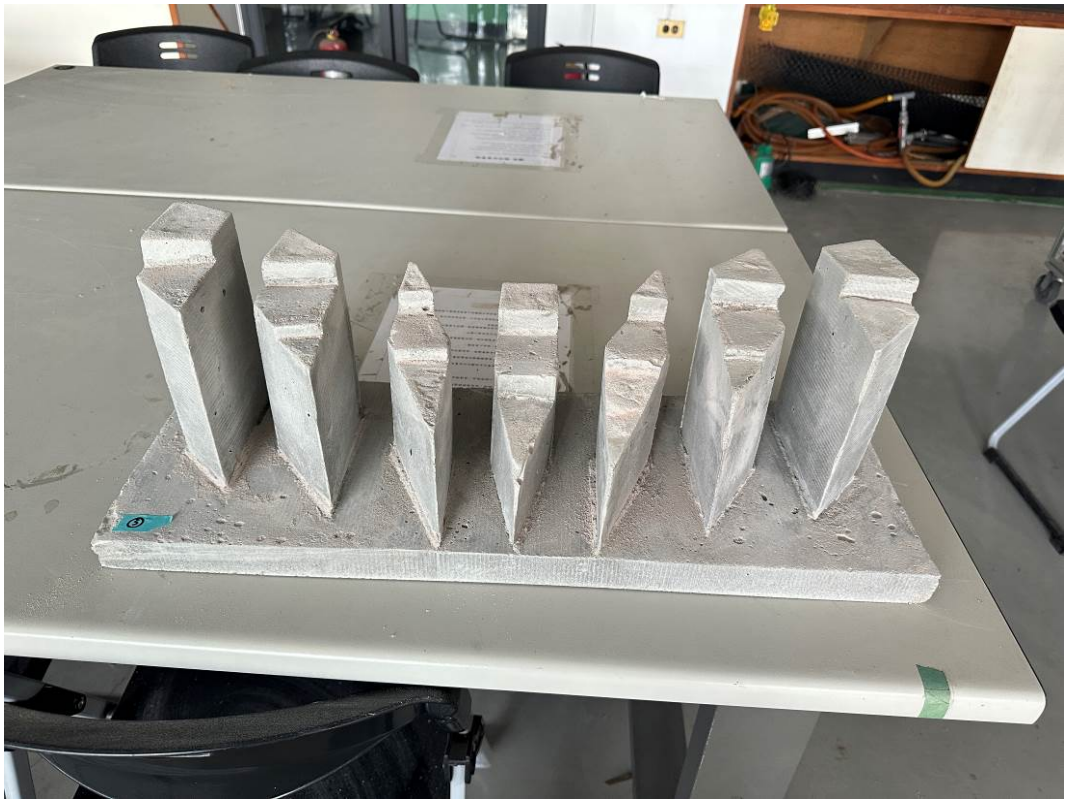




圖 4-15 第 3 組及第 4 組完成之混凝土縮尺模型。



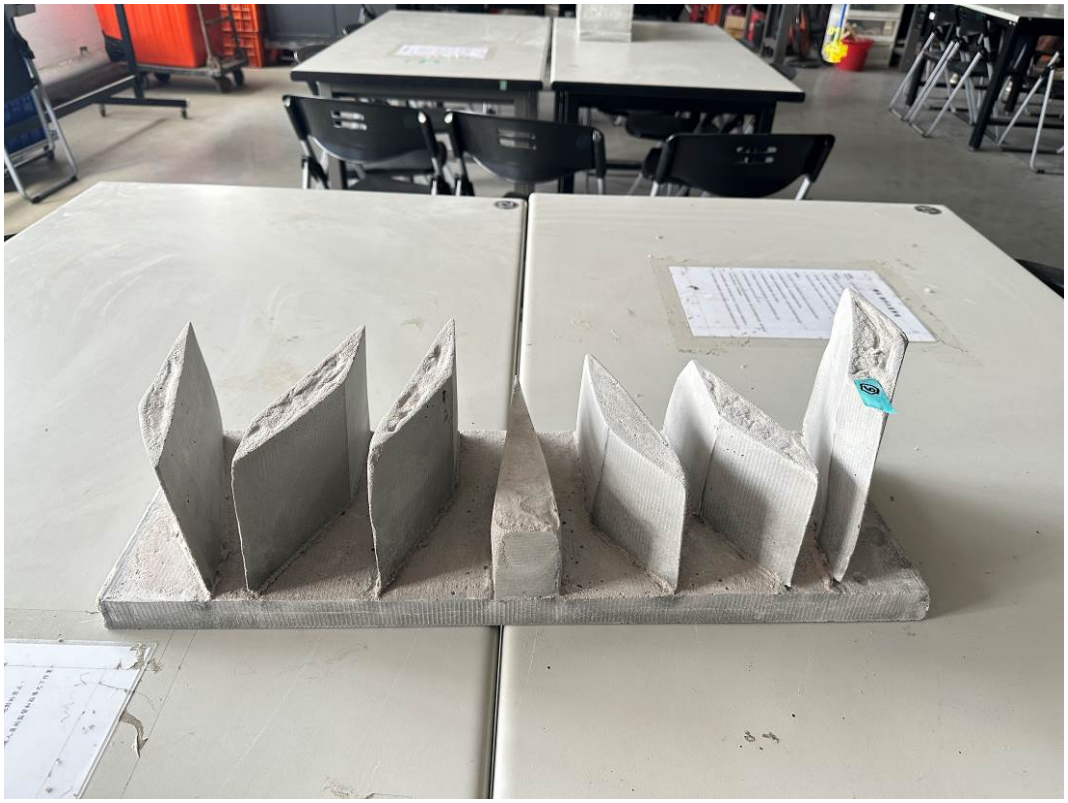


圖 4-16 第 5 組及第 6 組完成之混凝土縮尺模型。

(3) 水槽實驗與測量:

第 13 周至第 14 周為水槽實驗活動，讓學生親身體驗自己設計的混凝土縮尺防砂壩對於水流及土砂沖淤之反應。本課程採用創客空間之河工動床試驗水槽，以分批進行實驗的方式進行。各組學生將做好的混凝土縮尺模型置入水槽之中，於水槽中鋪上礫石，並於上游鋪設土石壩以模擬潰壩後的土砂運移過程。實驗過程中學生必需仔細觀察水流流況及土砂運移，並進行雷射地形掃描以獲取高解析度(1 mm x 1mm)之數值高程模型資料(DEM)。實驗成果說明如下：



圖 4-17 學生鋪設實驗起始地形。



圖 4-18 實驗之起始地形及土砂沖淤過程。

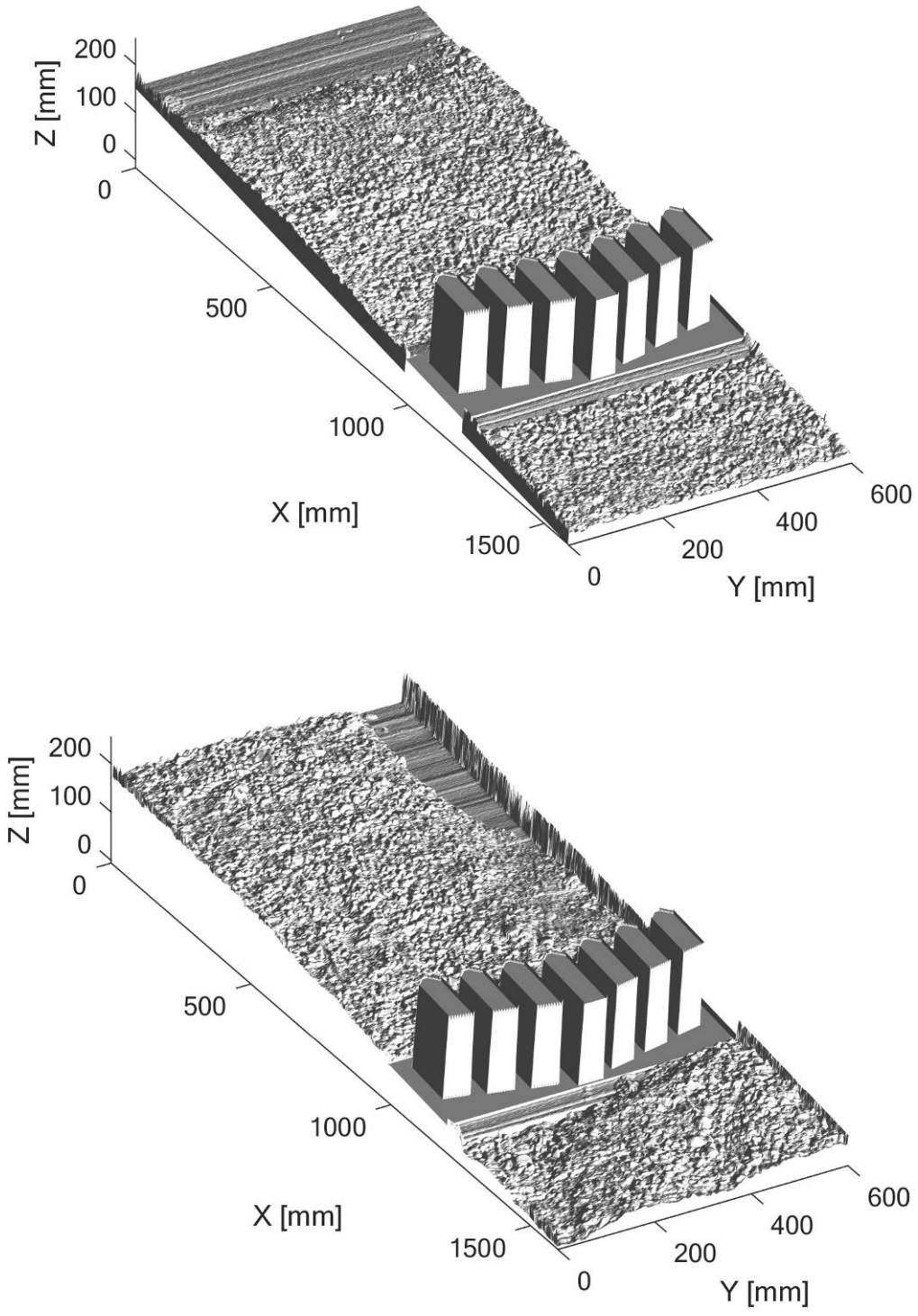


圖 4-19　第 1 組實驗沖淤前後之實測地形。

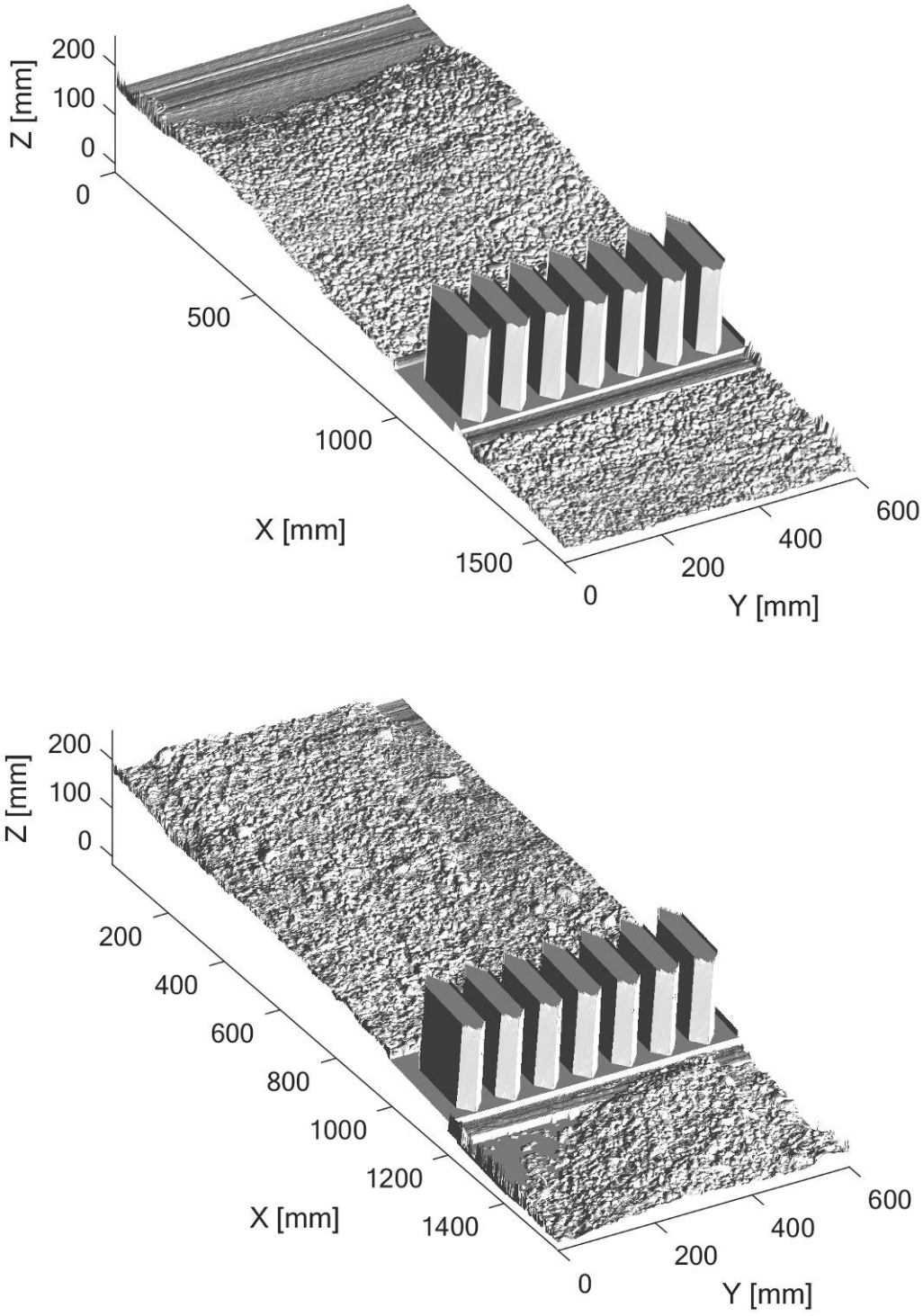


圖 4-20　第 2 組實驗沖淤前後之實測地形。

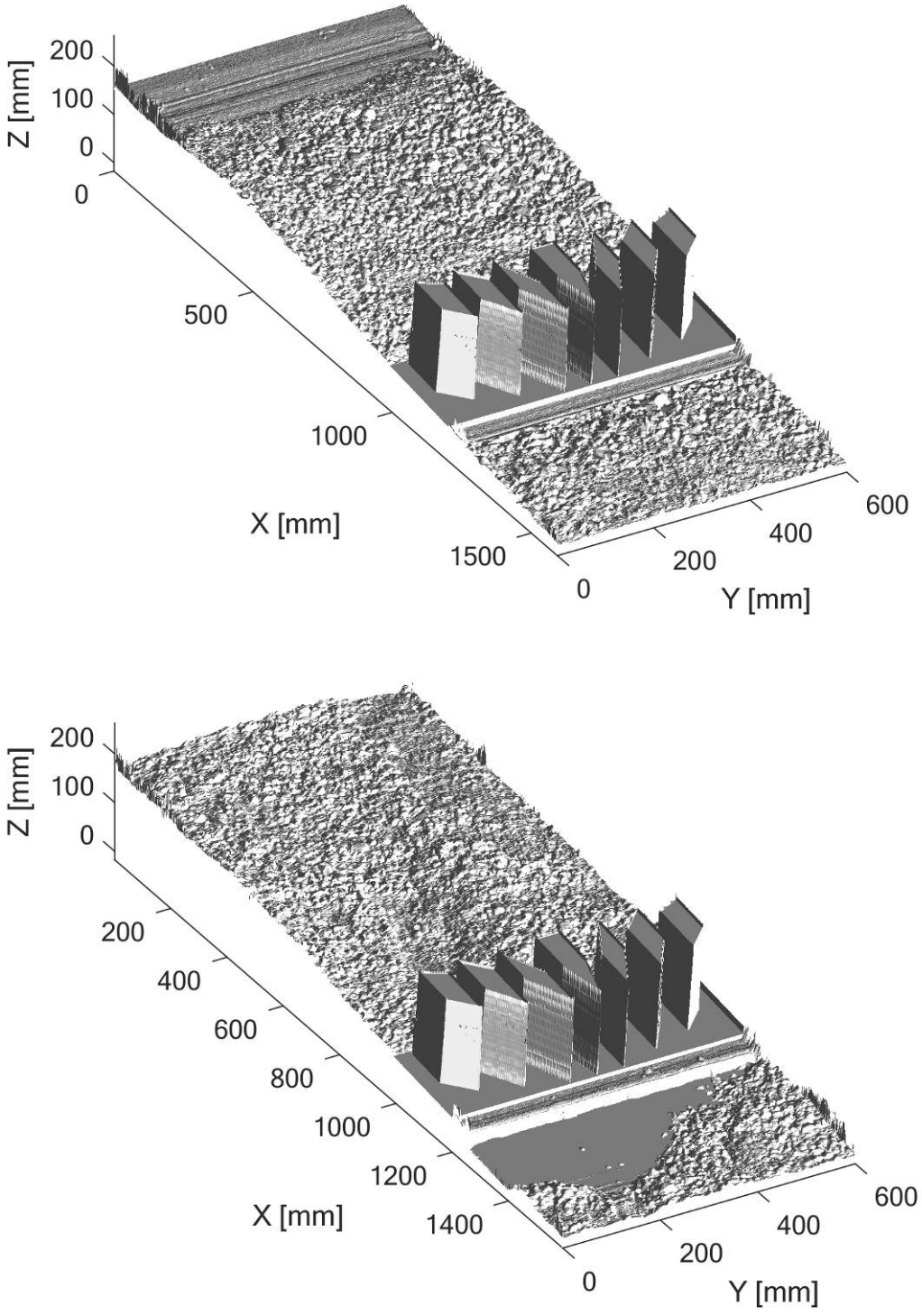


圖 4-21　第 3 組實驗沖淤前後之實測地形。

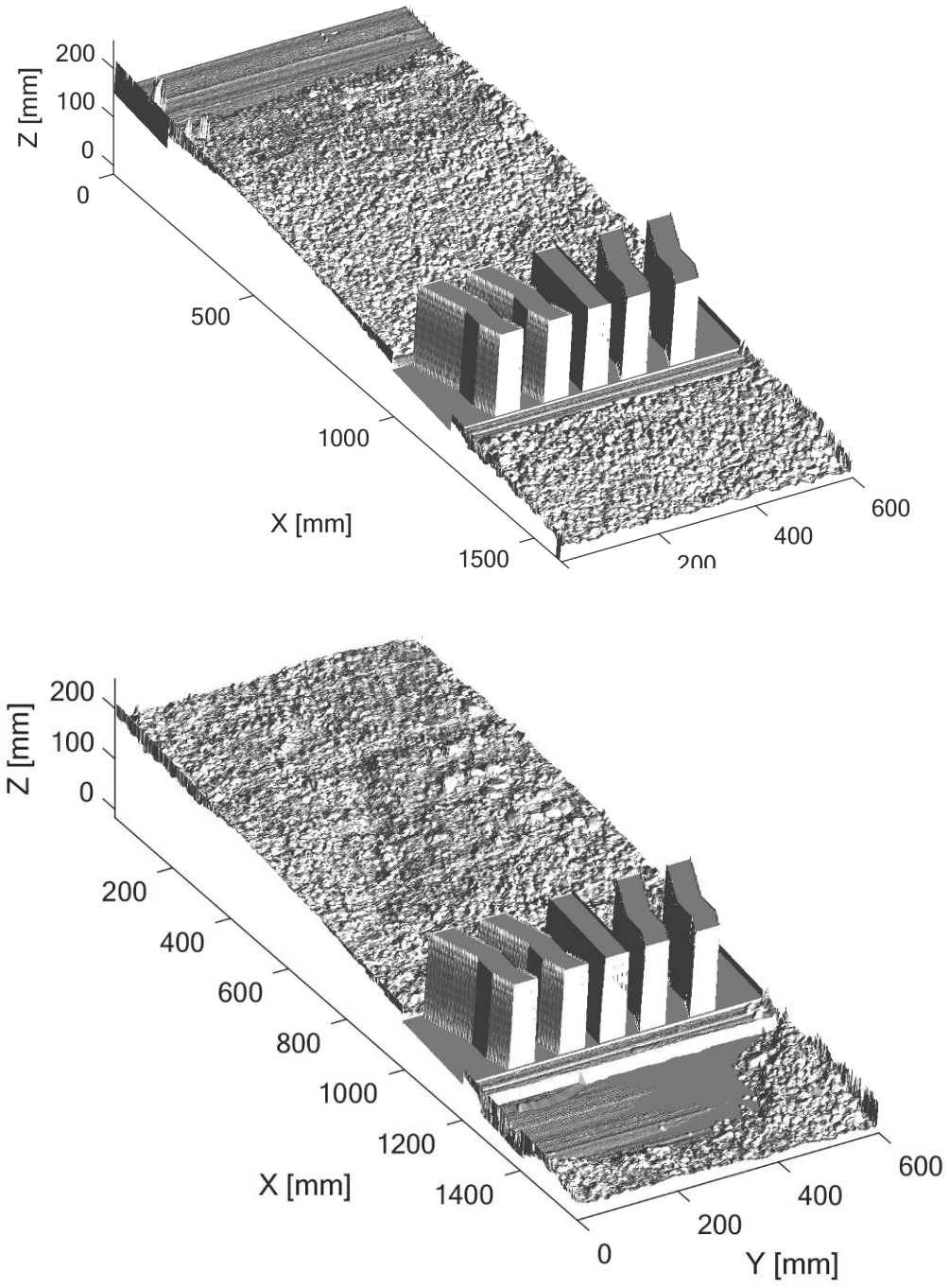


圖 4-22　第 4 組實驗沖淤前後之實測地形。

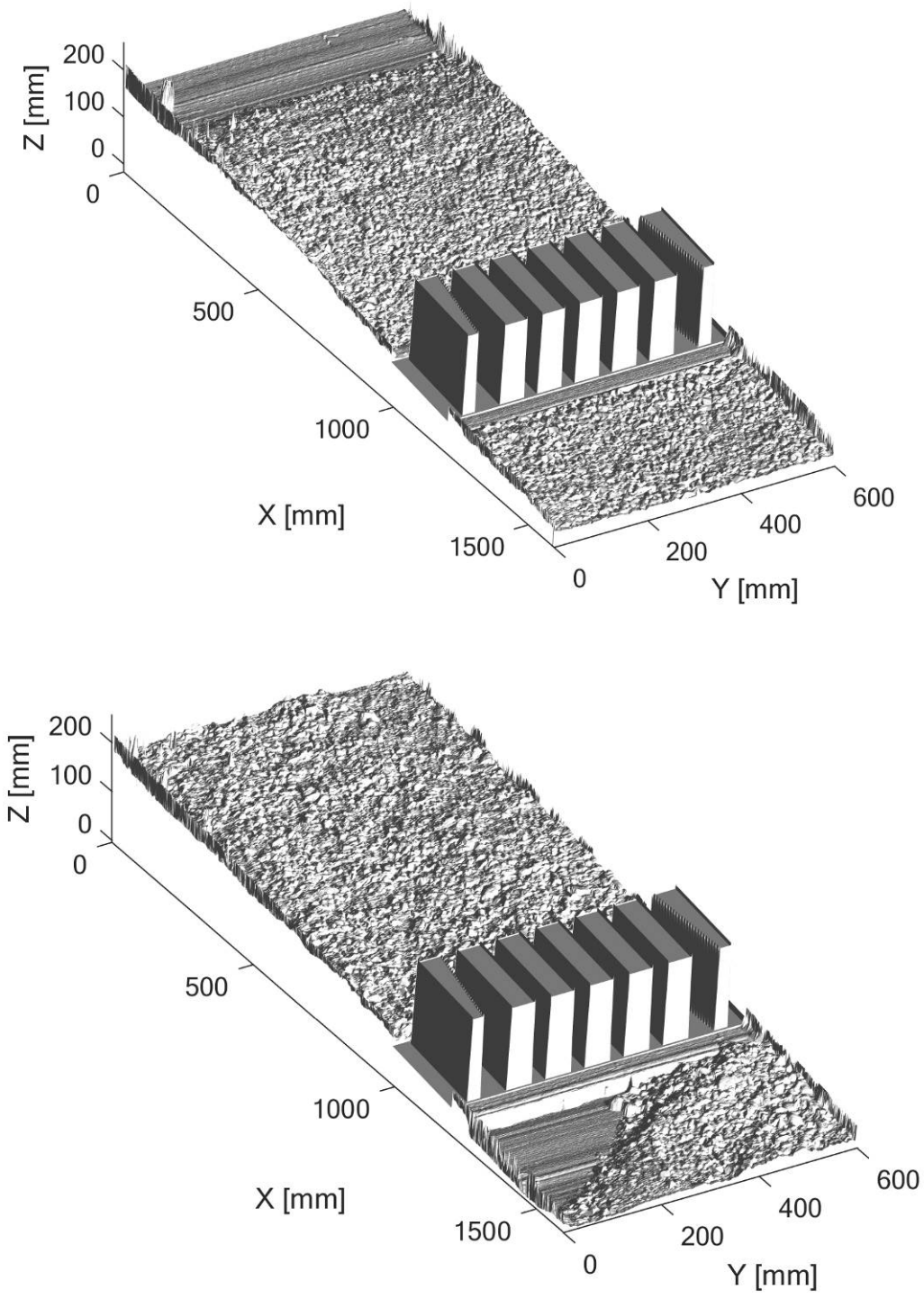


圖 4-23　第 5 組實驗沖淤前後之實測地形。

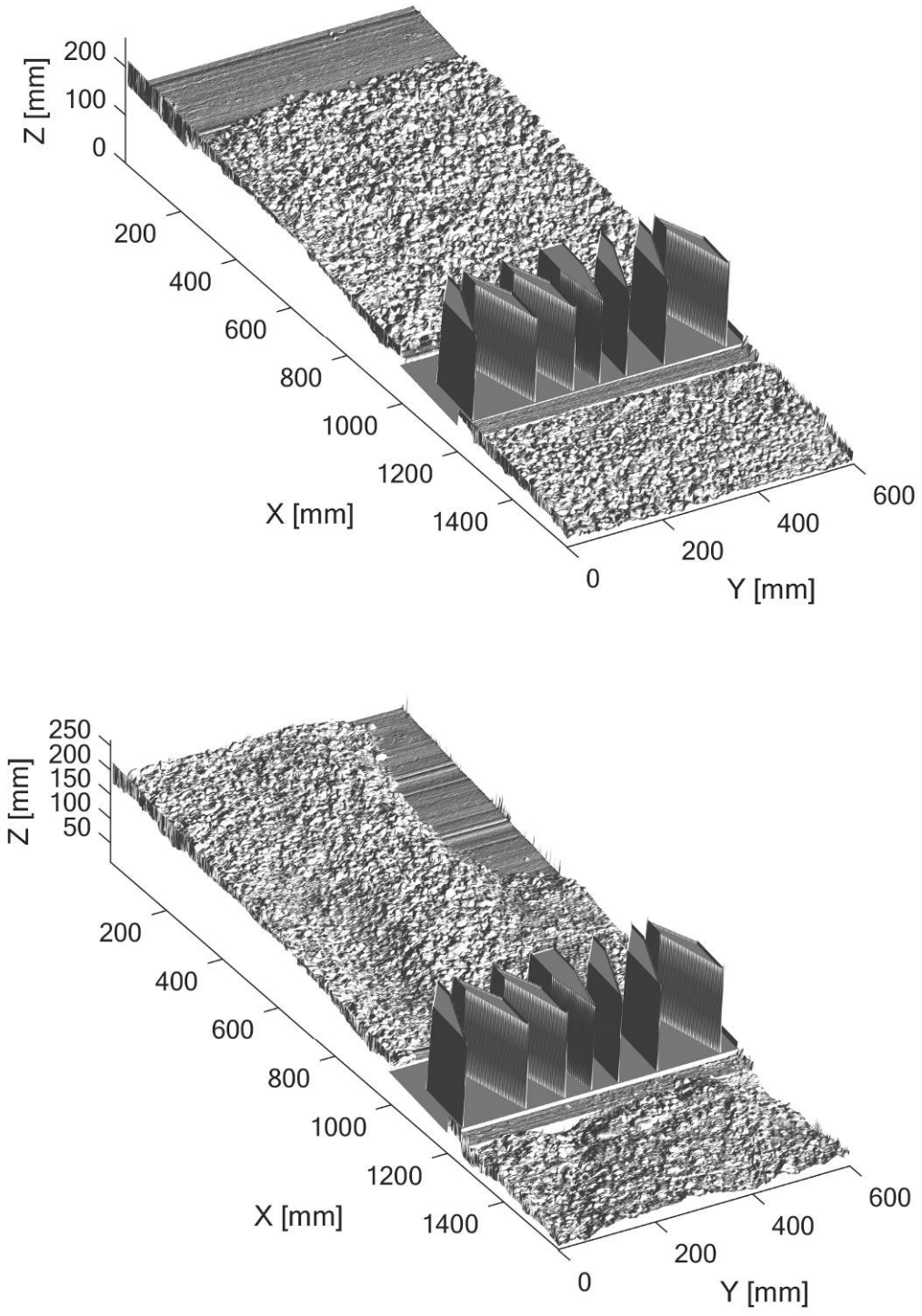


圖 4-24　第 6 組實驗沖淤前後之實測地形。

在第 1 組及第 6 組的實驗結束後，防砂壩上游左岸出現明顯的沖刷現象，其餘各組之實驗成果皆呈現在防砂壩上游能有效阻擋泥沙，讓水流順利通過，並產生底床加積的效果。推測造成左岸掏刷的主要原因是因為各組學生都是以手動加沙的方式進行實驗，難免出現供沙不均的情形。

在防砂壩下游側，因為實驗中並無設置消能設施，當水流通過防砂壩之後，多數組都有出現明顯的掏刷現象，特別是第 2 組、第 3 組、第 4 組及第 5 組。其中又以第 3 組及第 4 組最為嚴重。推測主要的原因是防砂壩在設計的過程中有特別設計將水流引導到河道中心的配置，在防砂壩下游處無消能設施的情況下造成大量掏刷。不過，這也表示實驗有做出將水流導入河心的效果。在水保局的防砂壩案例之中，以微笑曲線將水流導入河心的設計相當常見。由於防砂壩下游保護工並非本計畫之研究重點，因此沒有特別討論防砂壩下游保護工之影響。

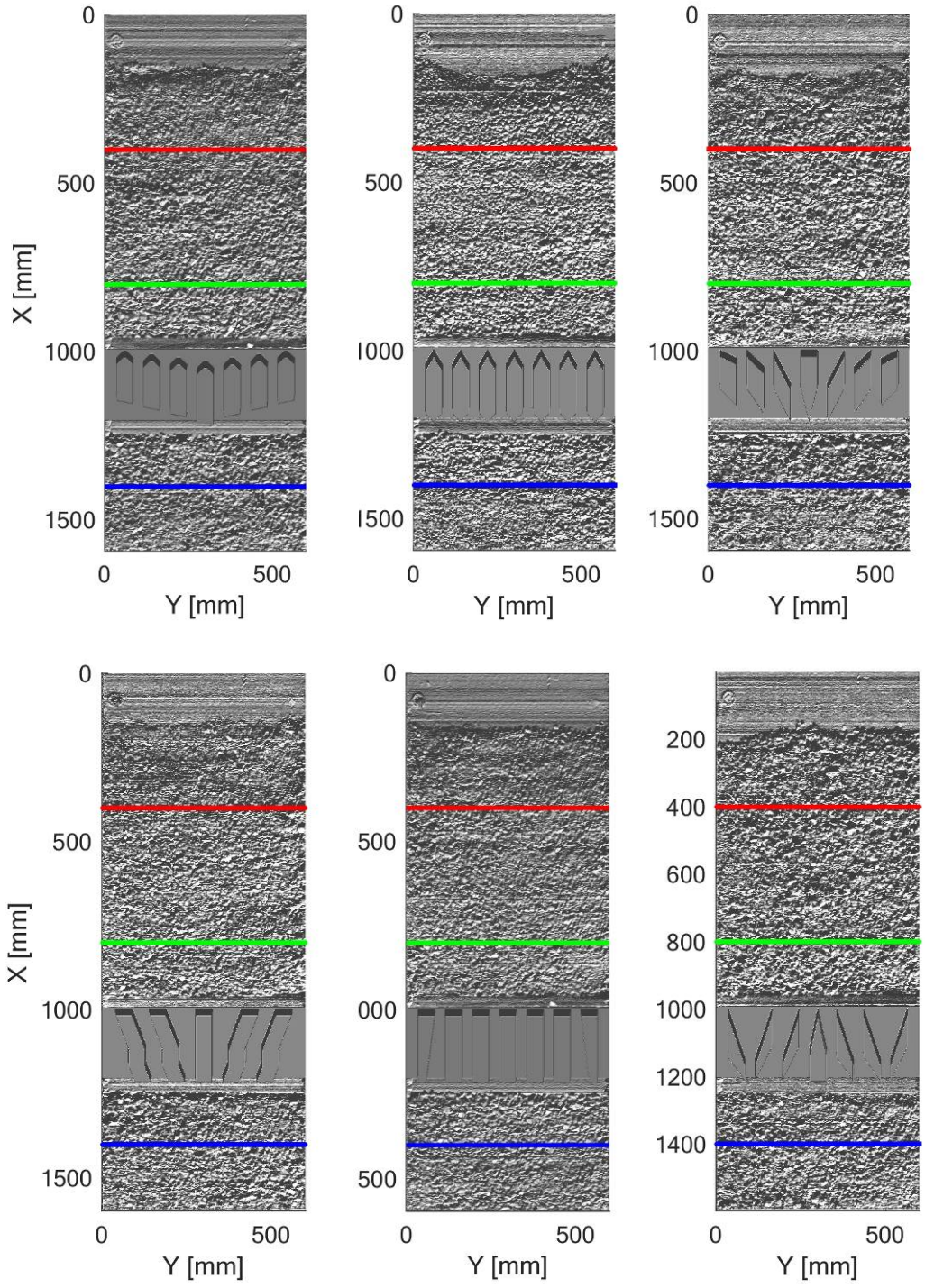


圖 4-25　各組實驗上、中、下游(x = 400, 800, 1200 mm)擷取斷面位置。

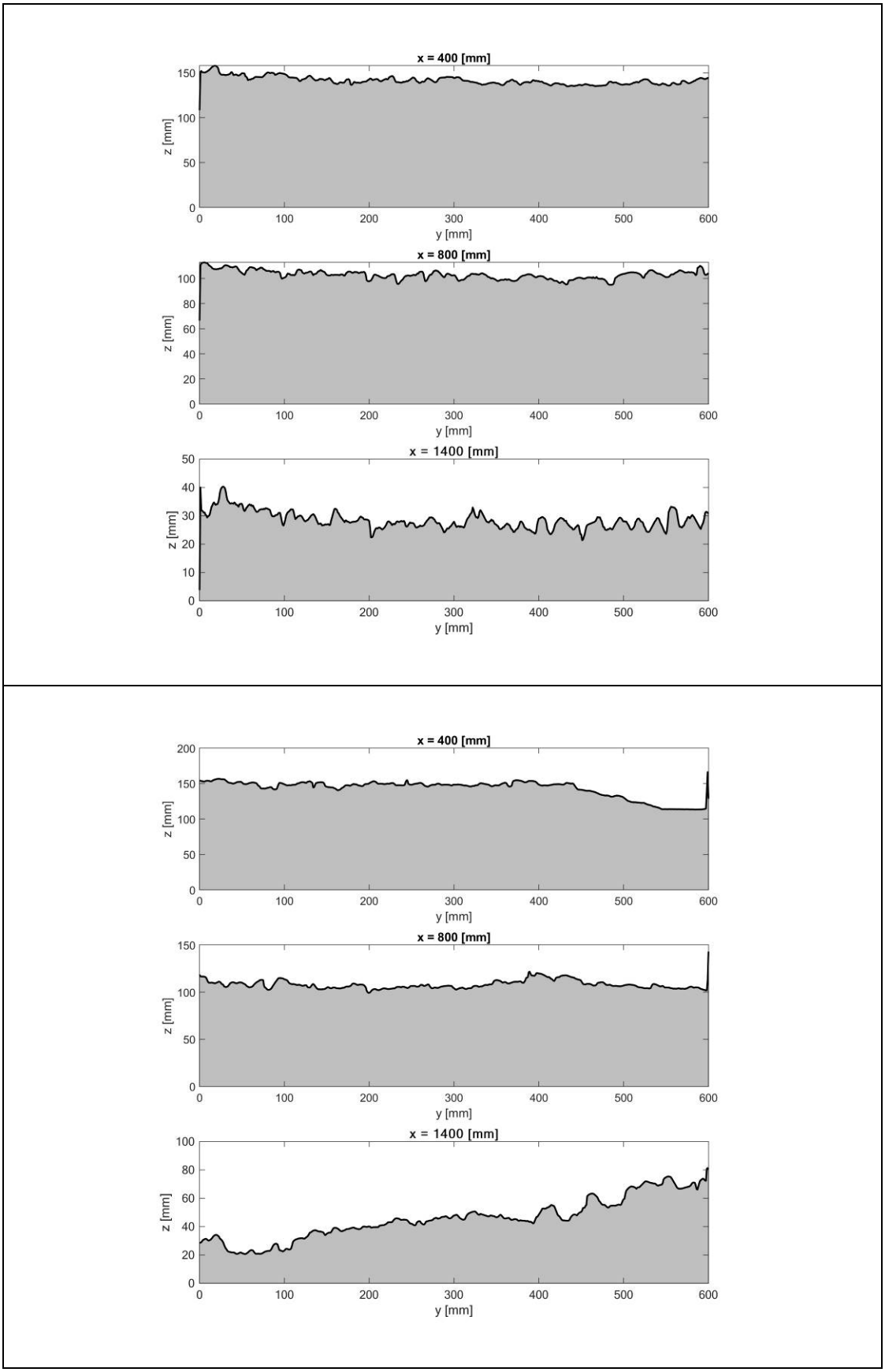


圖 4-26　第 1 組實驗前後於上中下游擷取之橫斷面。

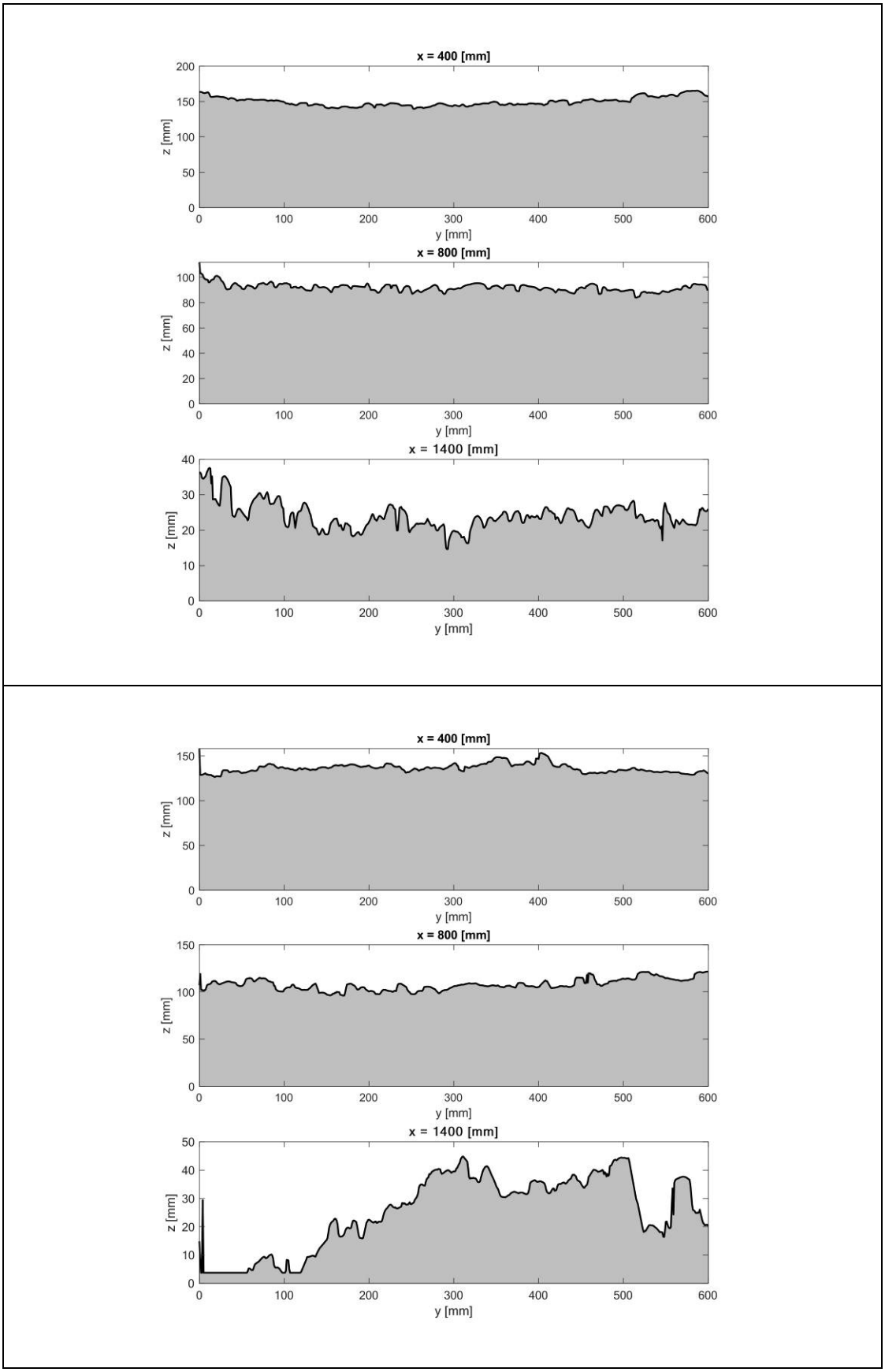


圖 4-27　第 2 組實驗前後於上中下游擷取之橫斷面。

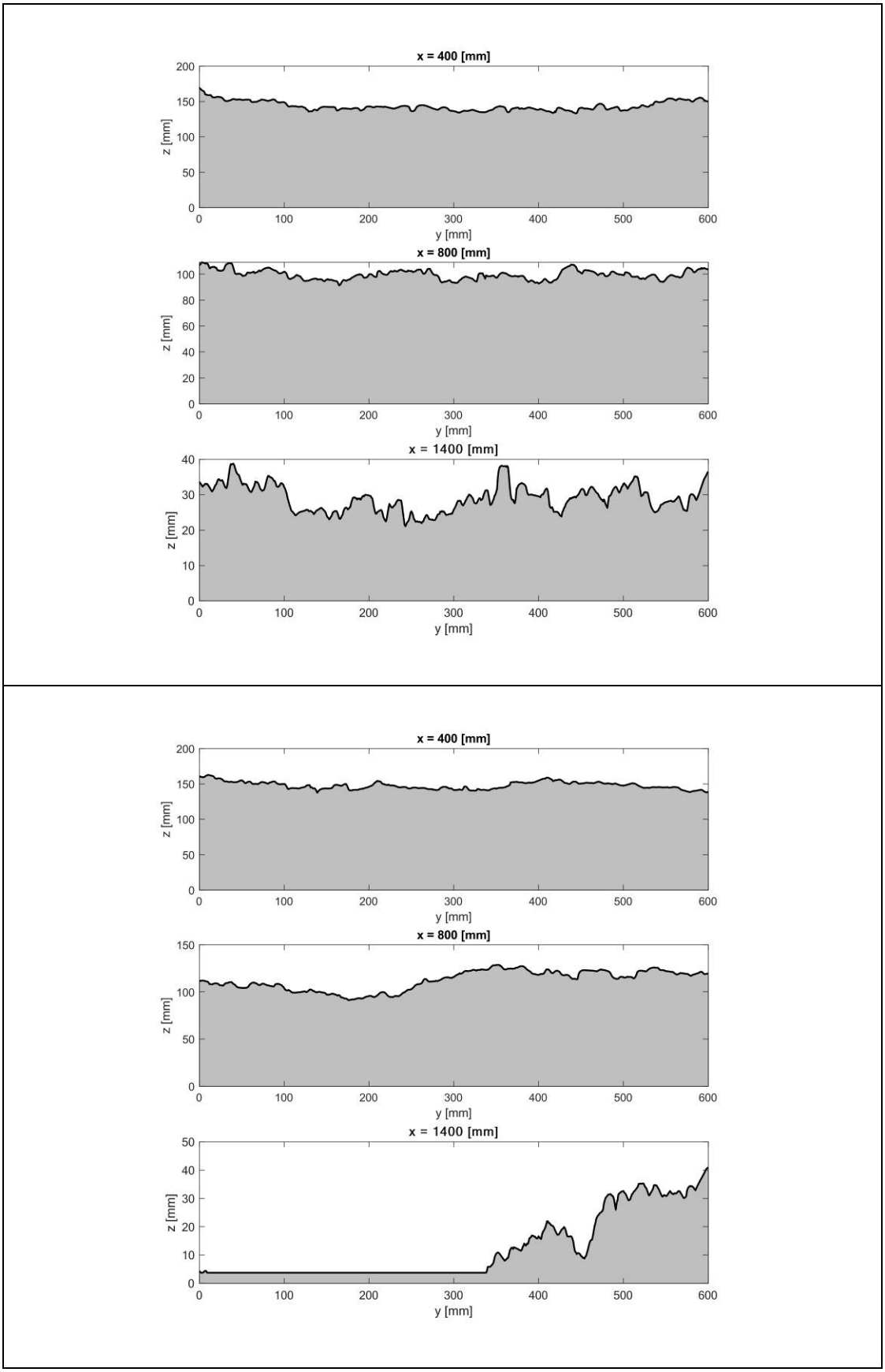


圖 4-28　第 3 組實驗前後於上中下游擷取之橫斷面。

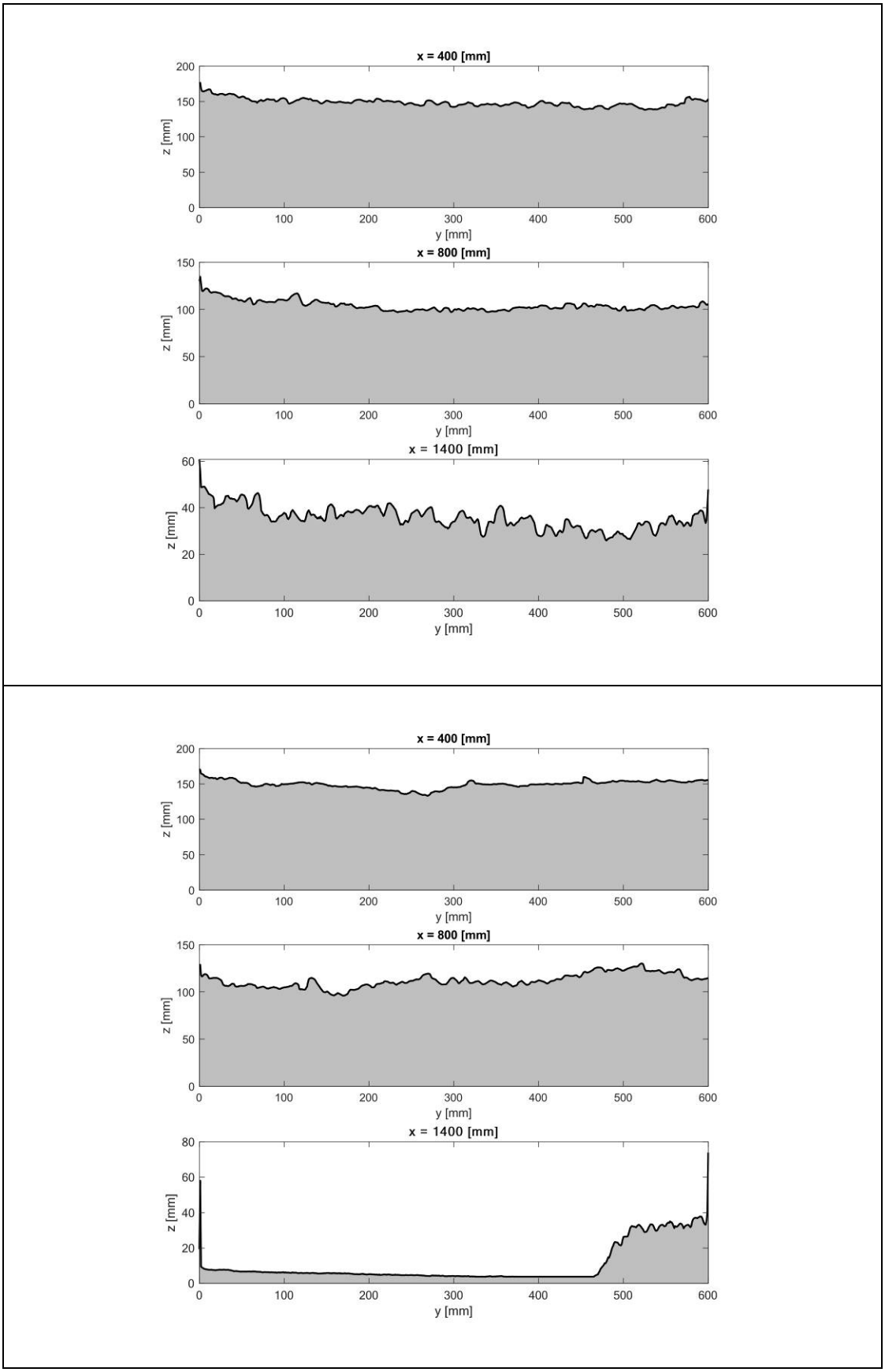


圖 4-29　第 4 組實驗前後於上中下游擷取之橫斷面。

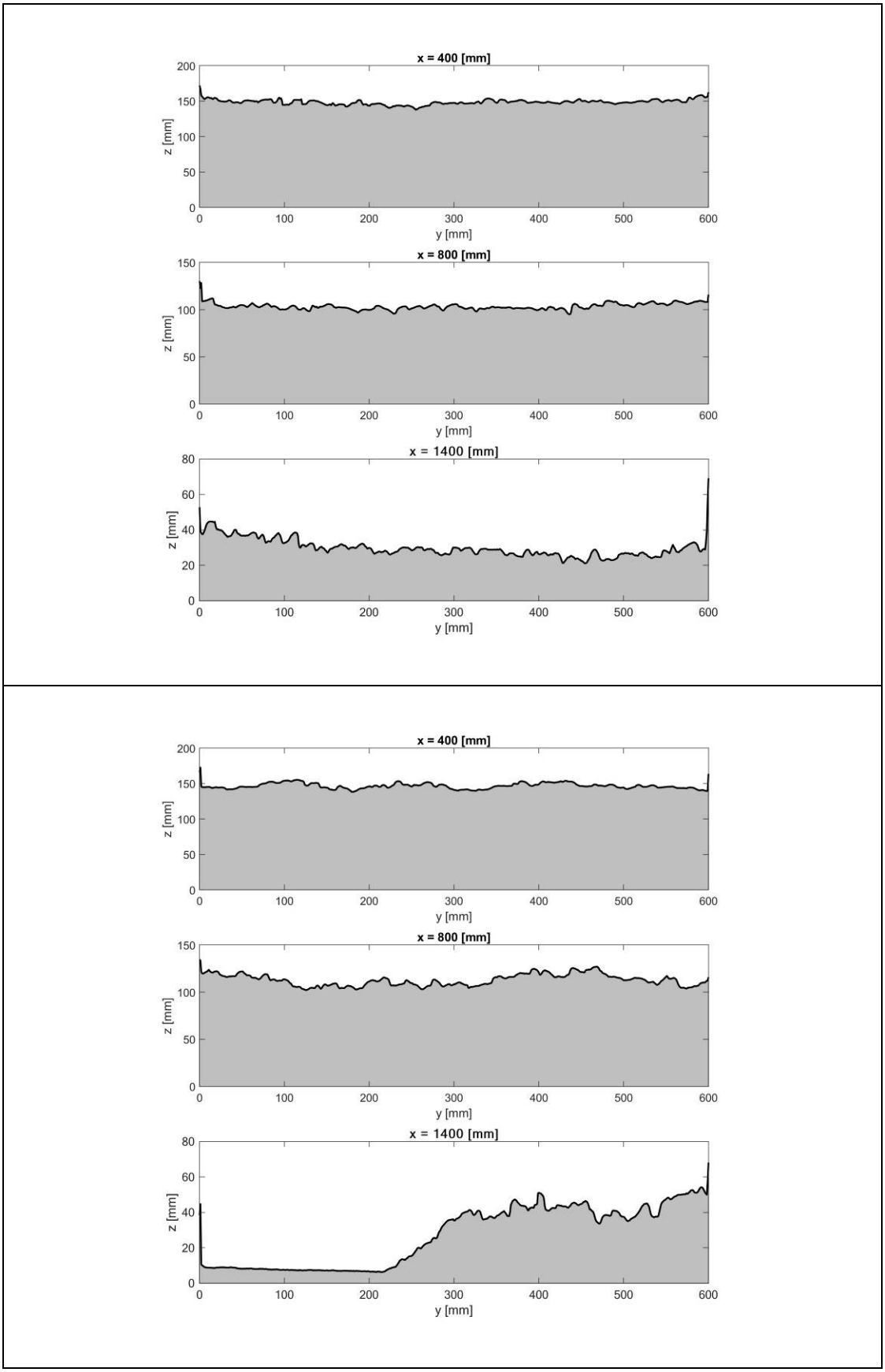


圖 4-30　第 5 組實驗前後於上中下游擷取之橫斷面。

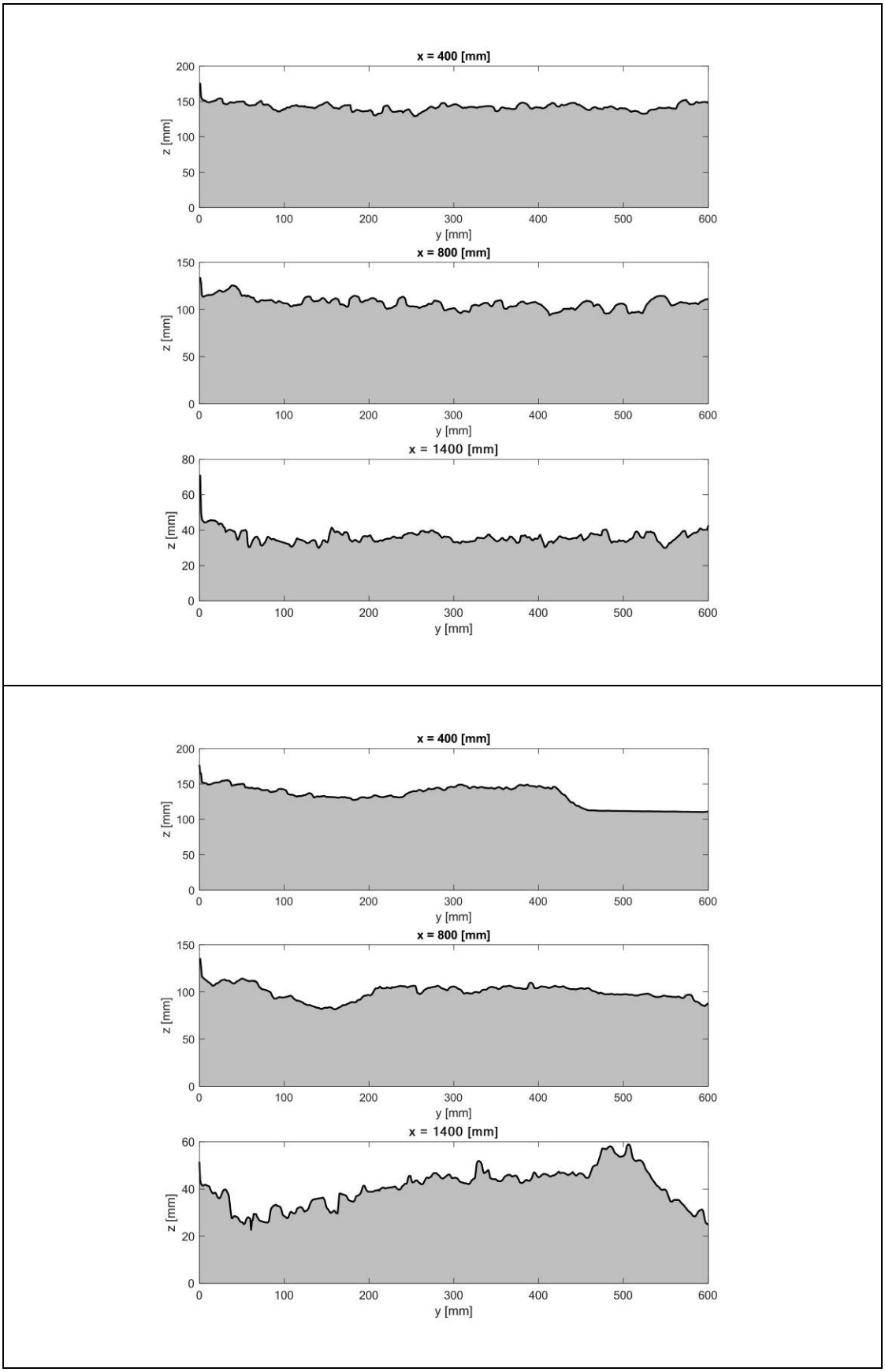


圖 4-31　第 6 組實驗前後於上中下游擷取之橫斷面。

(4) 數值模擬:

本計畫首次嘗試在河工學課程中介紹研究所河道水力學課程中使用之數值模式,於第 15 周介紹 iRIC 中 Nays2DH 模組之介面操作、匯入實驗之 DEM 之步驟、建置網格、設定水流及邊界條件，並引導 6 組學生於電腦教室中執行數值模擬。

以下為數值模式之操作範例說明：

(1) 打開 iRIC，在開啟頁面中點選 Create New Project(圖 4-32)。

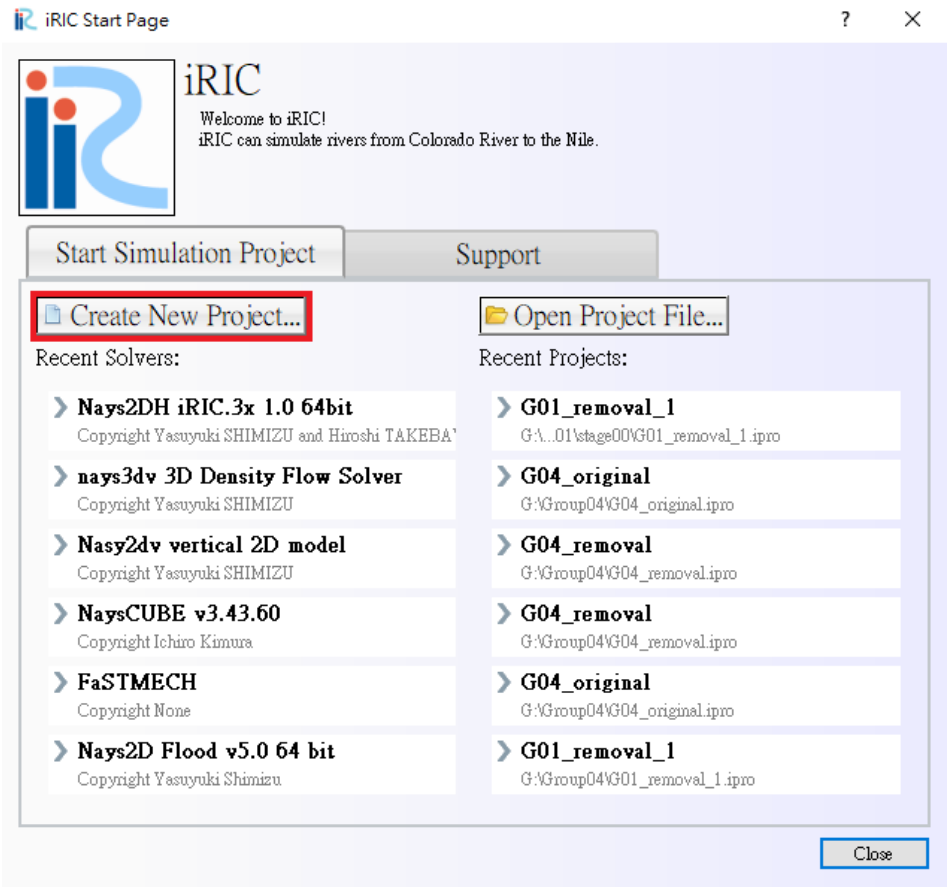


圖 4-32 iRIC 之開啟頁面。

(2) 在 Select Solver 視窗中，點選 Nays2DH iRIC.3X 1.0 64bit，並點選 OK 確定(圖 4-33)。

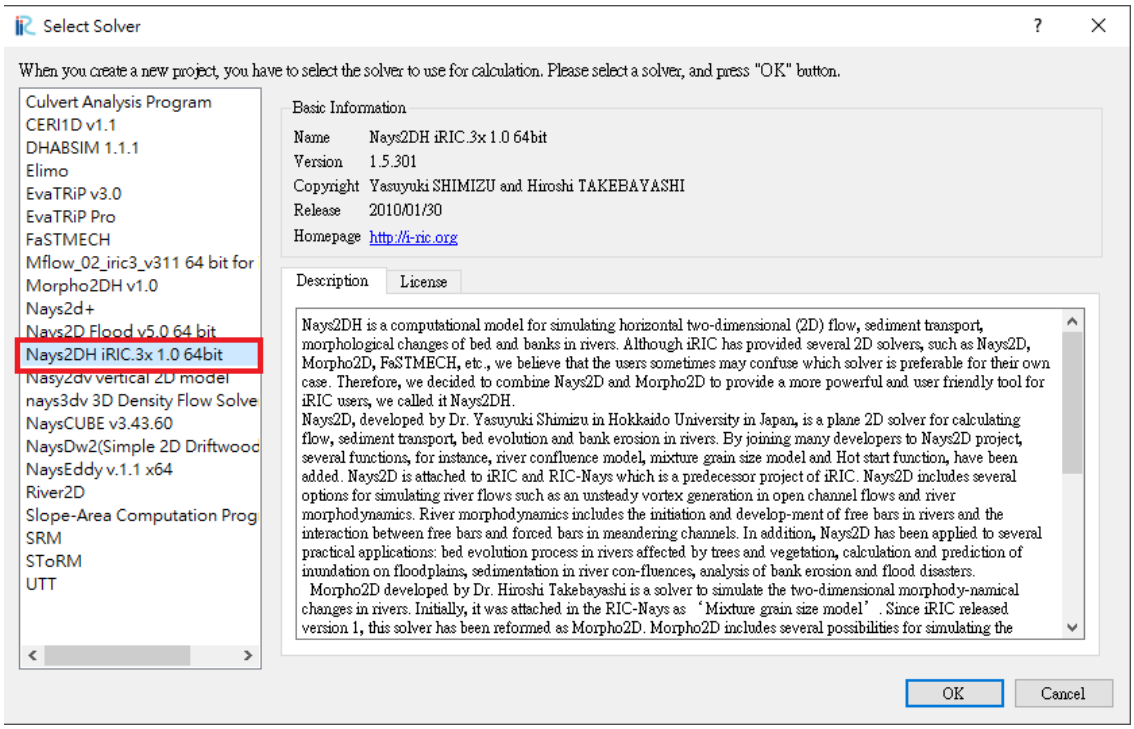


圖 4-33 Select Solver 之頁面。

(3) 創建地形資料。在 Elevation (m)上點選右鍵，選擇 Import 中的 Point Cloud Data(圖 4-34)，開啟欲創建之地形資料(圖 4-35)，確認欲匯入之資料格式正確後，點選 OK。成功匯入地形資料(圖 4-36)。

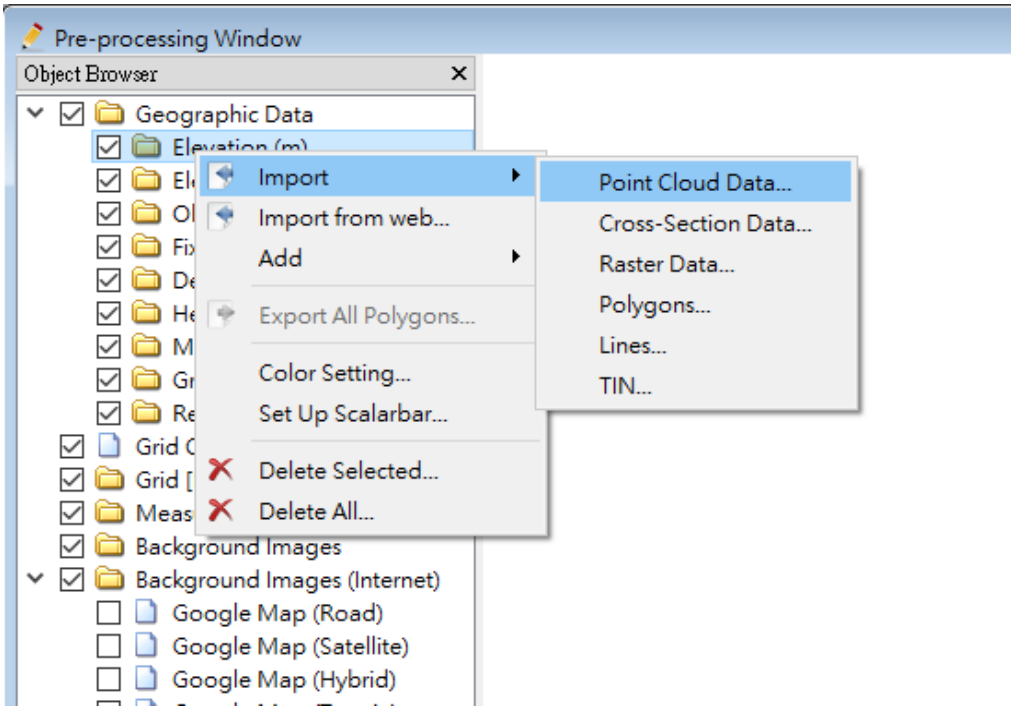


圖 4-34 匯入點雲資料方式。

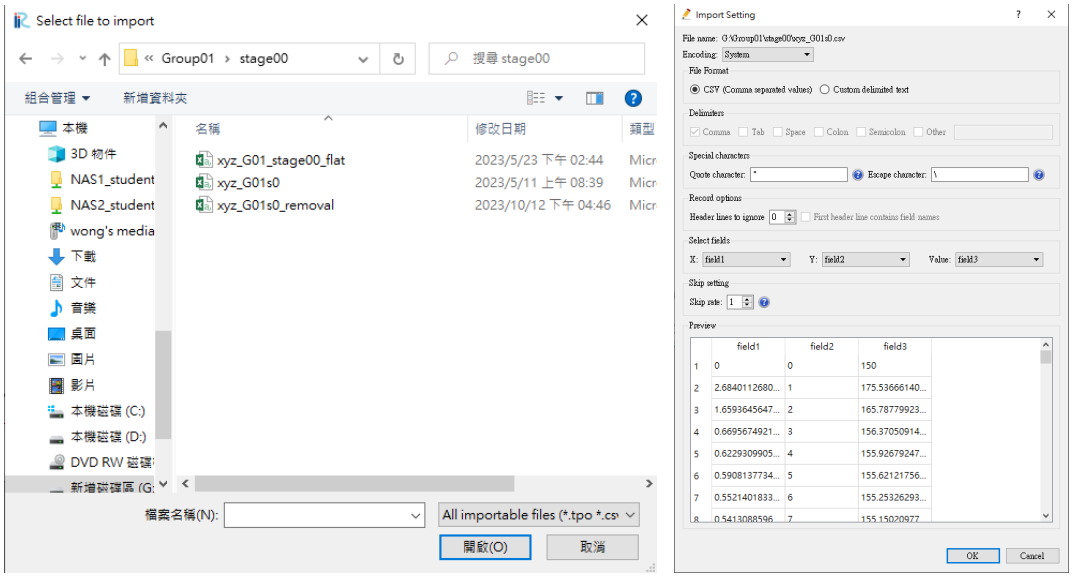


圖 4-35 選取點雲資料夾之檔案。

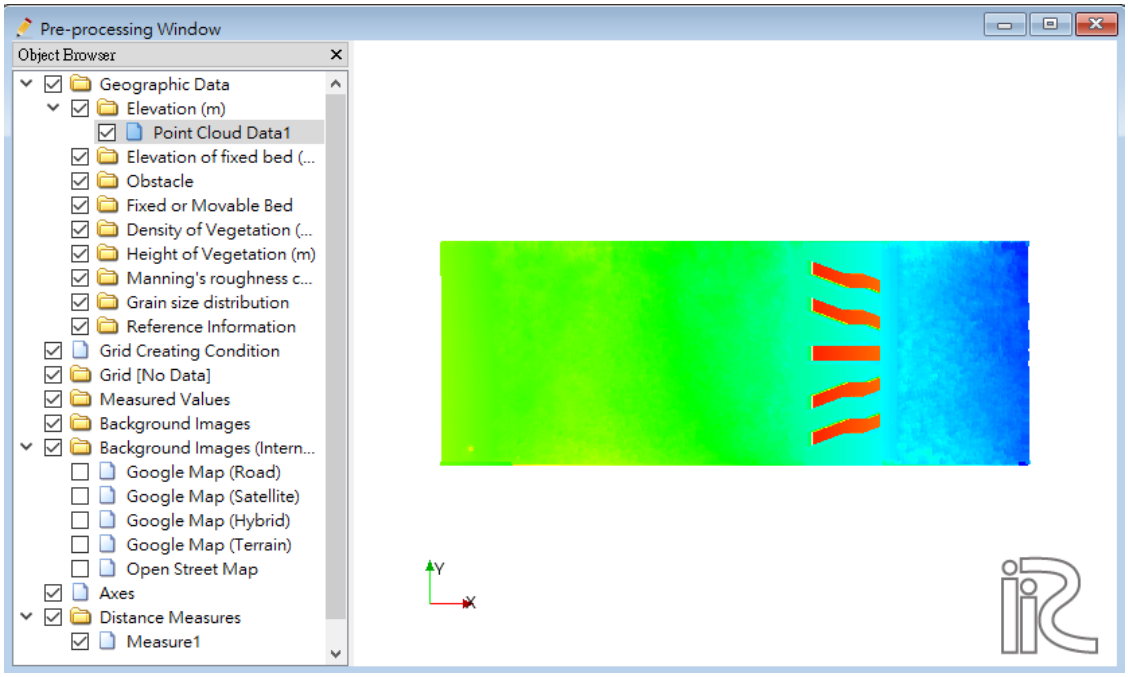


圖 4-36 匯入之實驗點雲資料。

(4) 建立網格，點選上排選單之 Grid，選擇 Select Algorithm to Create Grid (圖 4-37)。選擇 Create grid by dividing rectangular region (圖 4-38)，並在跳出來的視窗中點選 OK。然後，使用滑鼠由左上至右下畫出欲模擬之地形資料範圍，按右鍵點選 create grid (圖 4-39)。將網格大小 d 設定為 10 (mm) (圖 4-40)。點選 OK 後，即可建立網格。爾後，點選上排選單之 Grid，選擇 Attributes Mapping 中的 Execute，並勾選 Elevation (m) (圖 4-41)。按下 OK，即可將高程資料內插至網格之中。

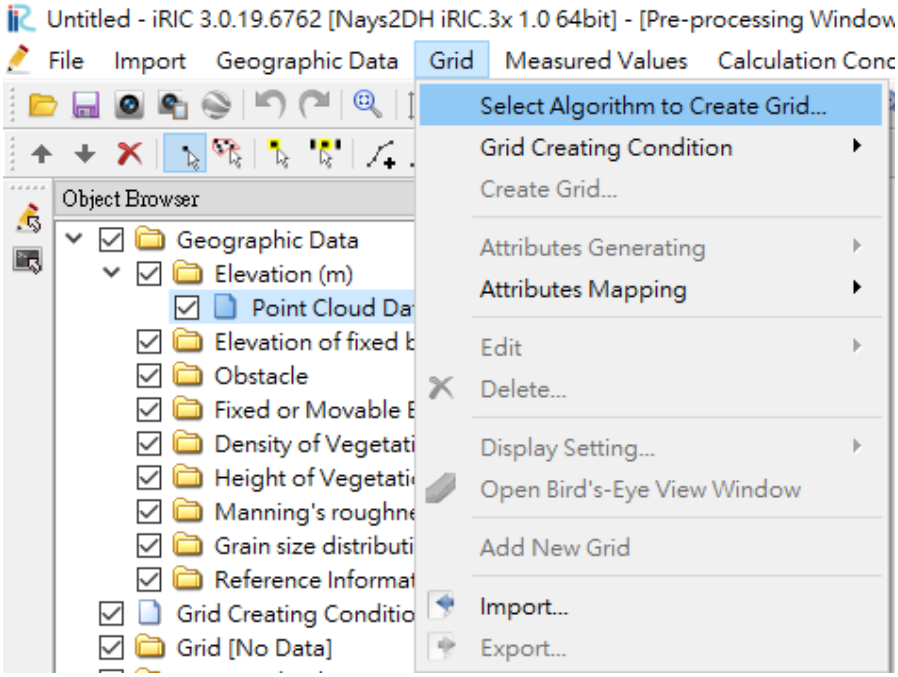


圖 4-37 選擇建網格之演算法。

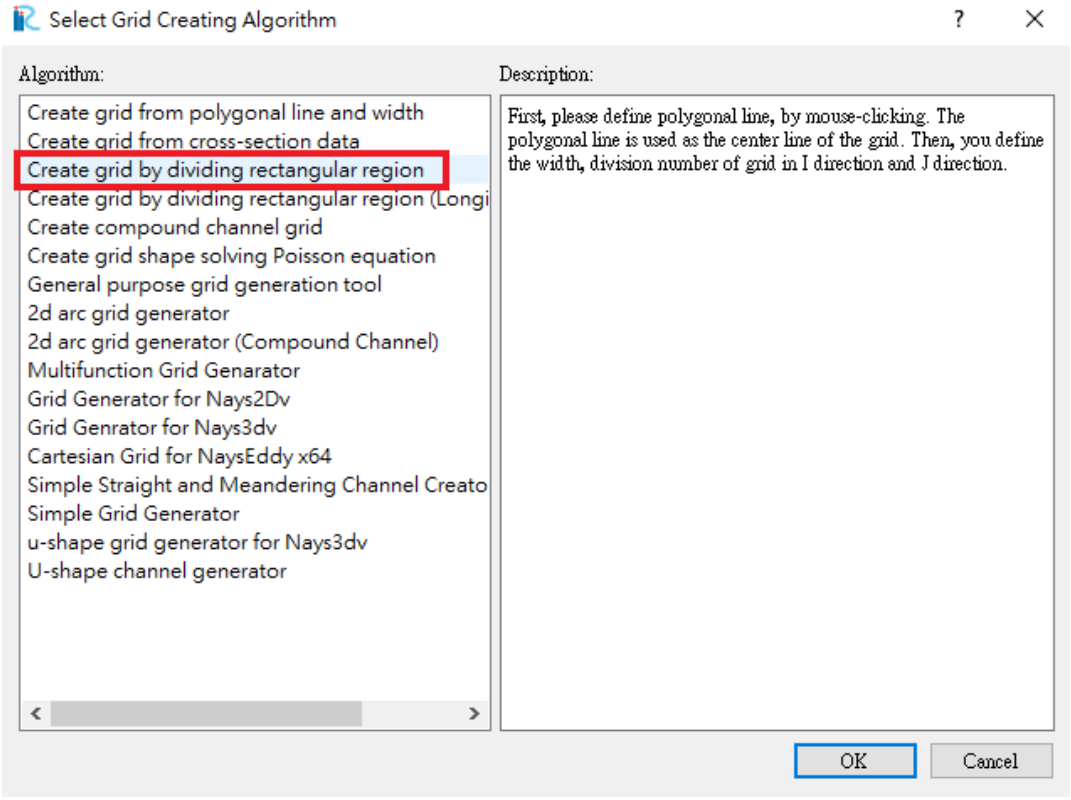


圖 4-38 選擇以建置矩形網格。



圖 4-39 手動框選欲模擬之範圍以建立網格。

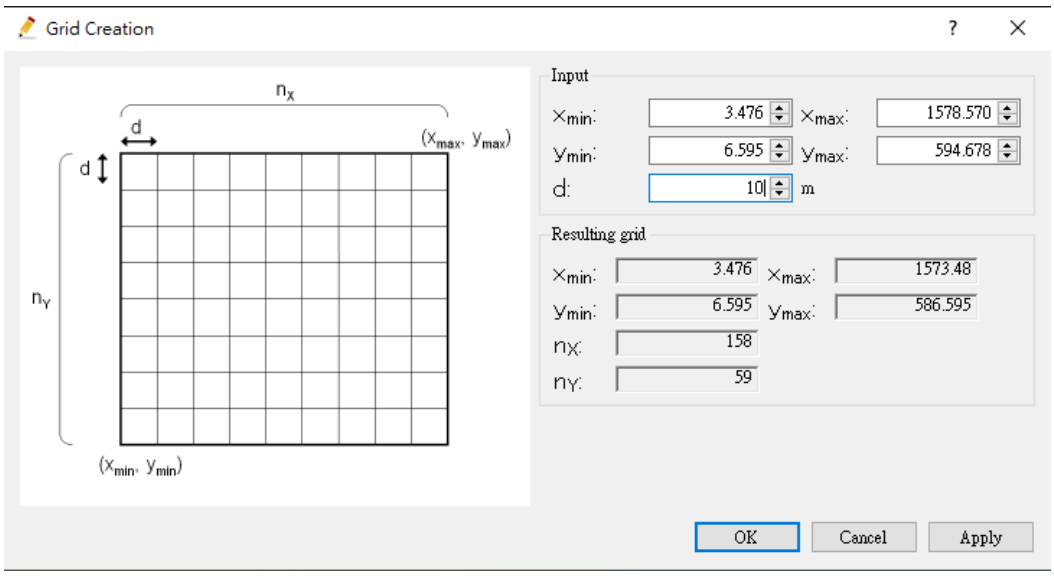


圖 4-40 網格參數設定視窗。

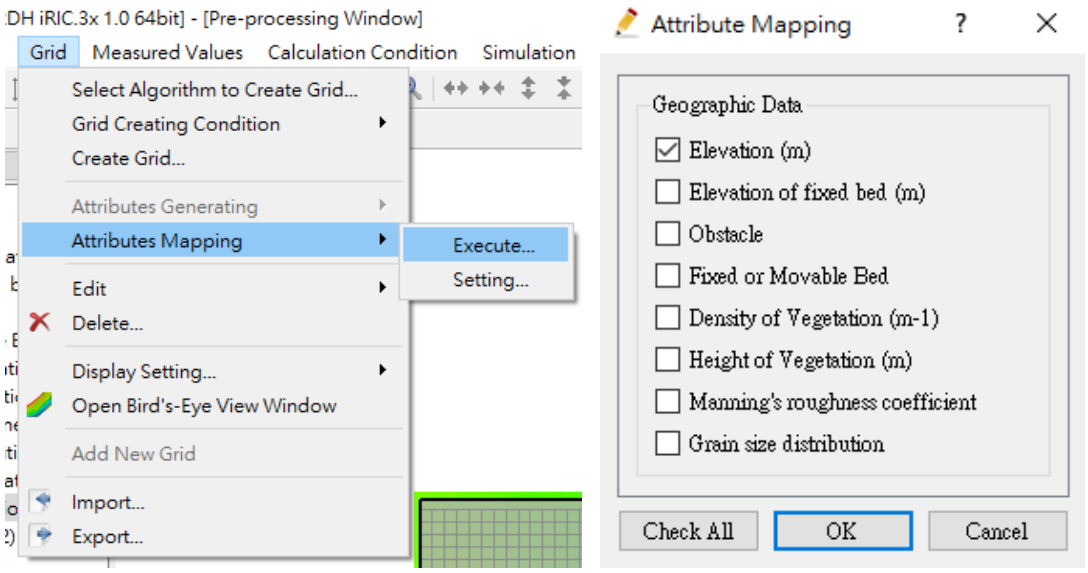


圖 4-41 將高程資料內插至網格之中之操作視窗。

(5) 設定計算條件。選擇上排選單中，選擇 Calculation Condition，點選 Setting (圖 4-42)，開始設定水理參數(圖 4-43)。Solver Type 選擇 Standard。Bed deformation 選擇 Disable。Finite difference method of advection terms 選擇 CIP method。

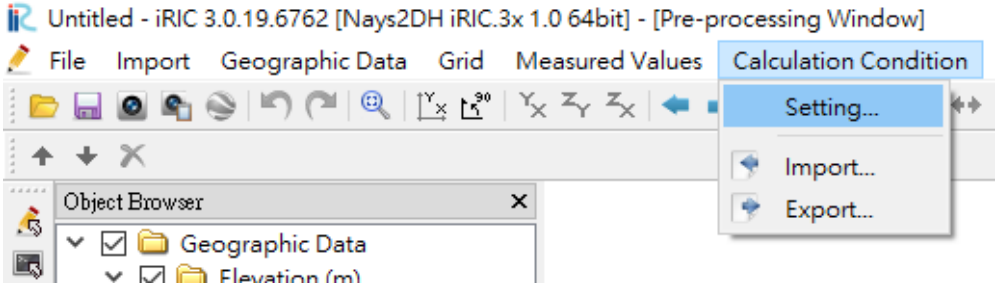


圖 4-42 設定計算條件之視窗。

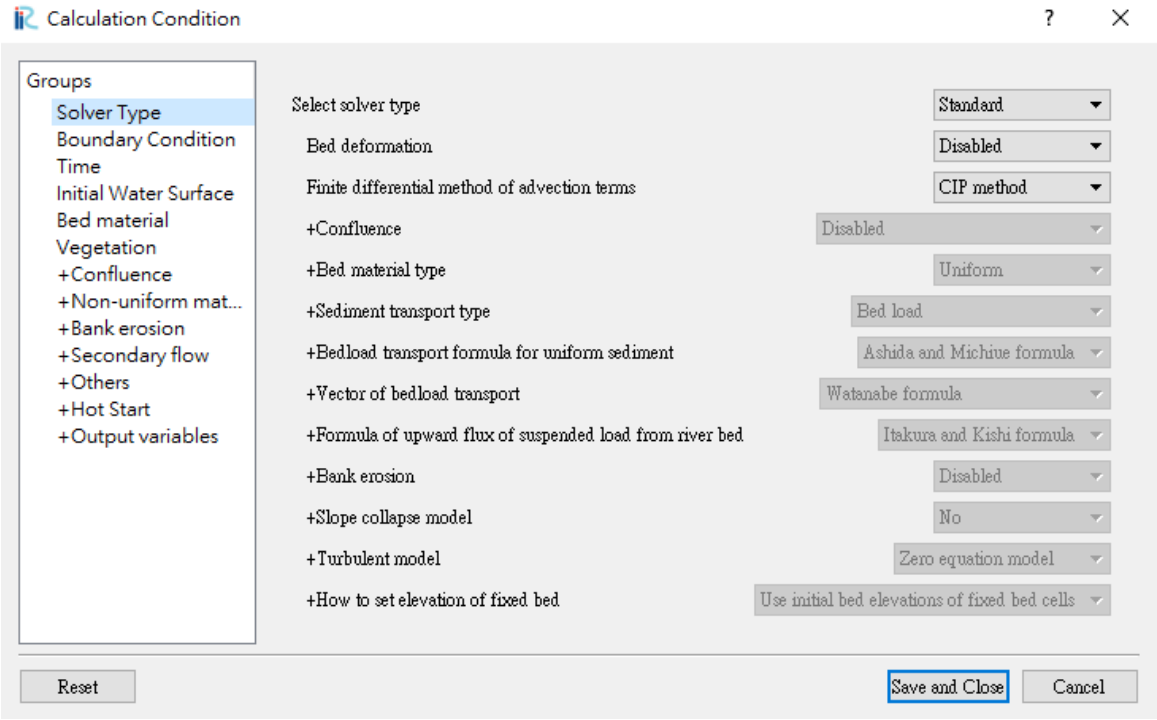


圖 4-43 水理參數之設定視窗。

(6) 設定邊界條件(圖 4-44)。Periodic boundary condition 點選 Enable。Water surface at downstream 設定為 uniform flow。點進紅框處，編輯入流量，進入視窗後，點選 Add，添加新一列後，點擊表格，填入數字，設定為 0-180 秒內流量恆定 5000 mm^3/s。爾後，設定計算時間與輸出時間 (圖 4-45)、Initial water surface (圖 4-46)及 Bed material (圖 4-47)。設定好相關參數後，點選 Save and Close。

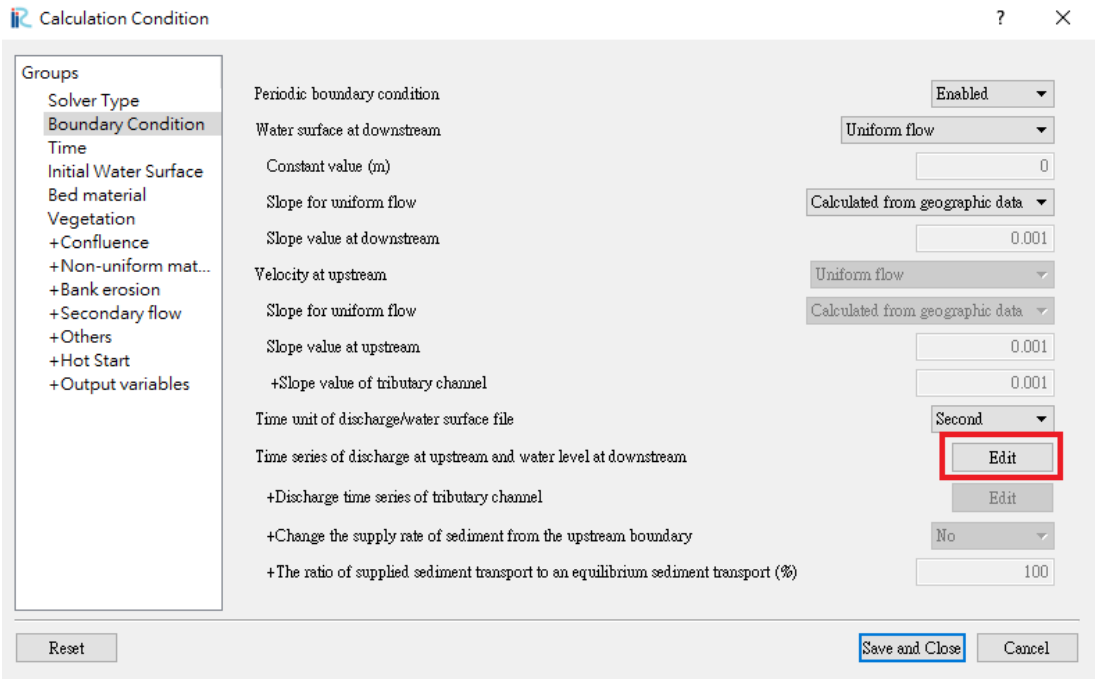


圖 4-44 邊界條件之設定視窗。

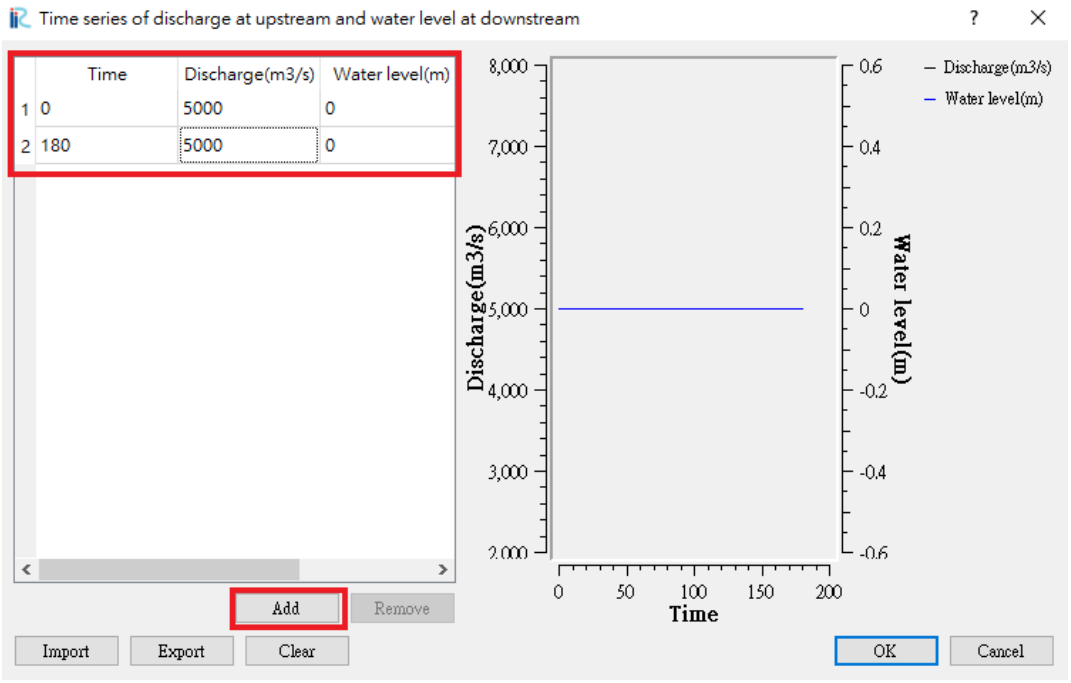


圖 4-45 入流量之設定視窗。

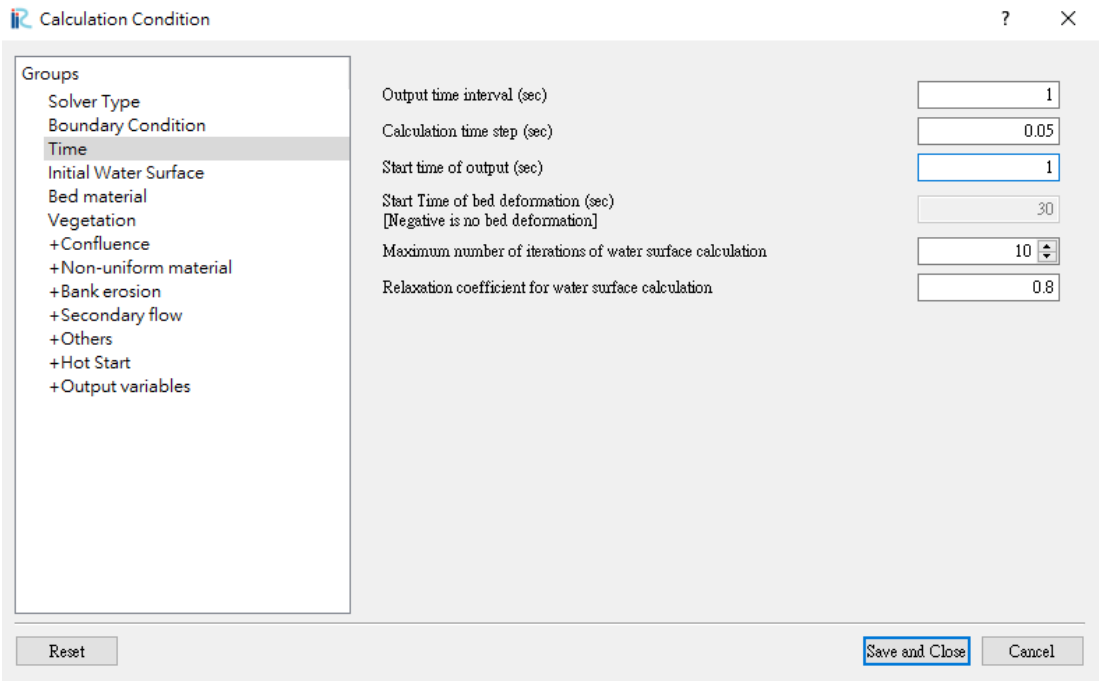


圖 4-46 計算及輸出時間之設定視窗。

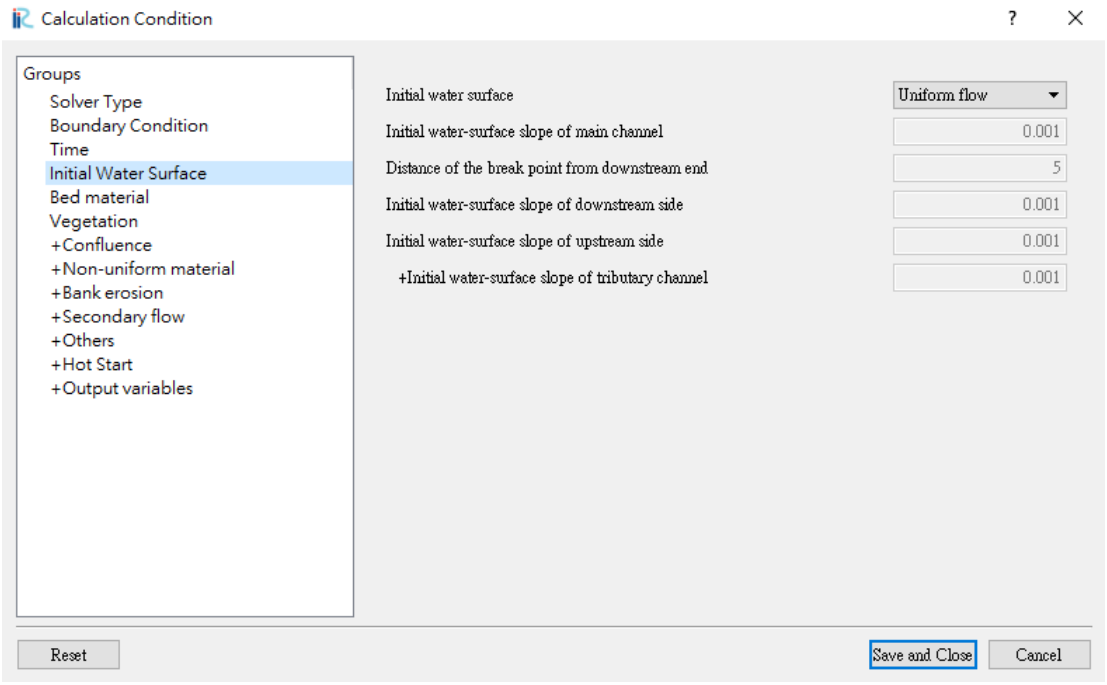


圖 4-47 起始水位之設定視窗。

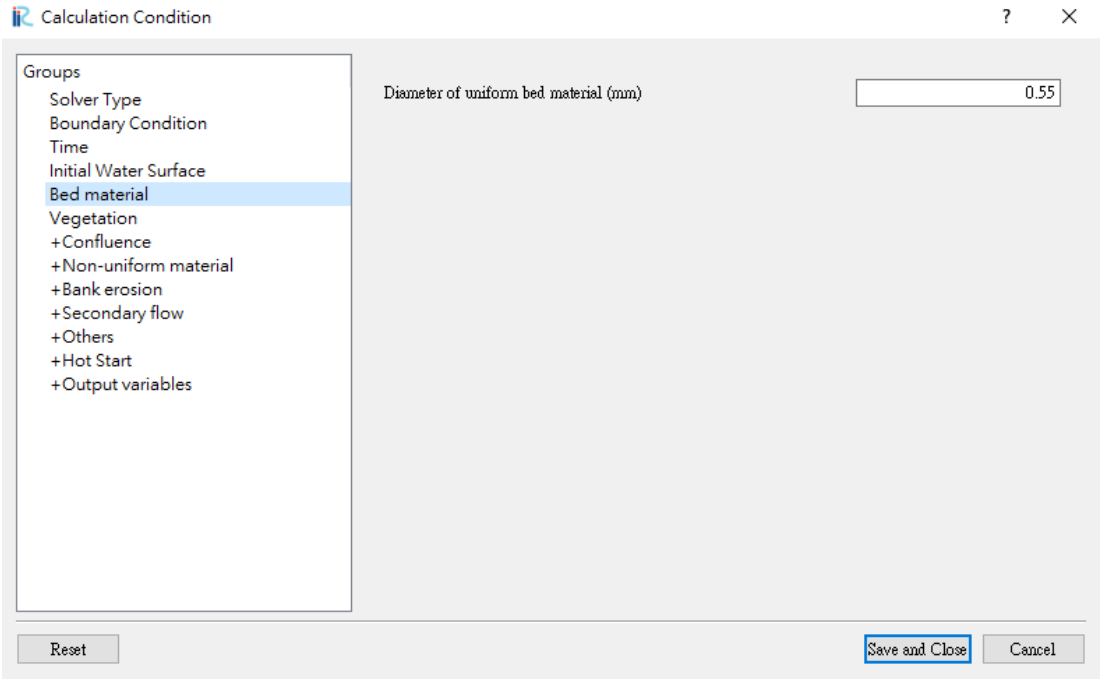


圖 4-48 底床材料之設定視窗。

(7) 回到主頁面後，點擊上方 Run (藍色三角形)，儲存檔案後(圖 4-49)，即會開始計算(圖 4-50)。當出現「The solver finished calculation」，即表示完成計算。

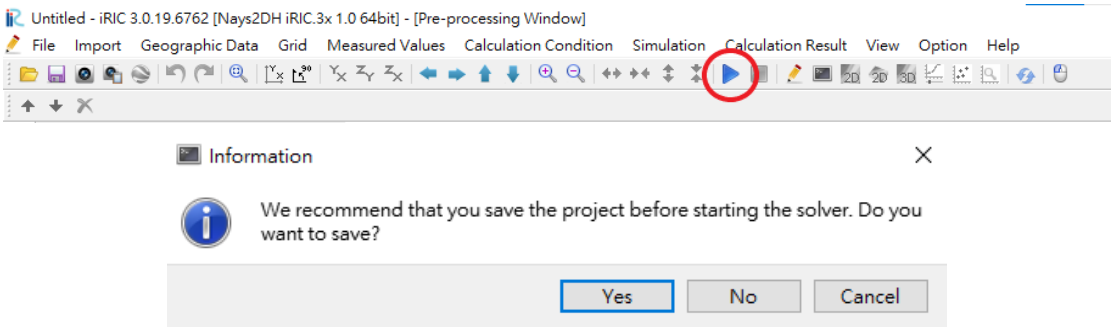


圖 4-49 執行計算之操作視窗。

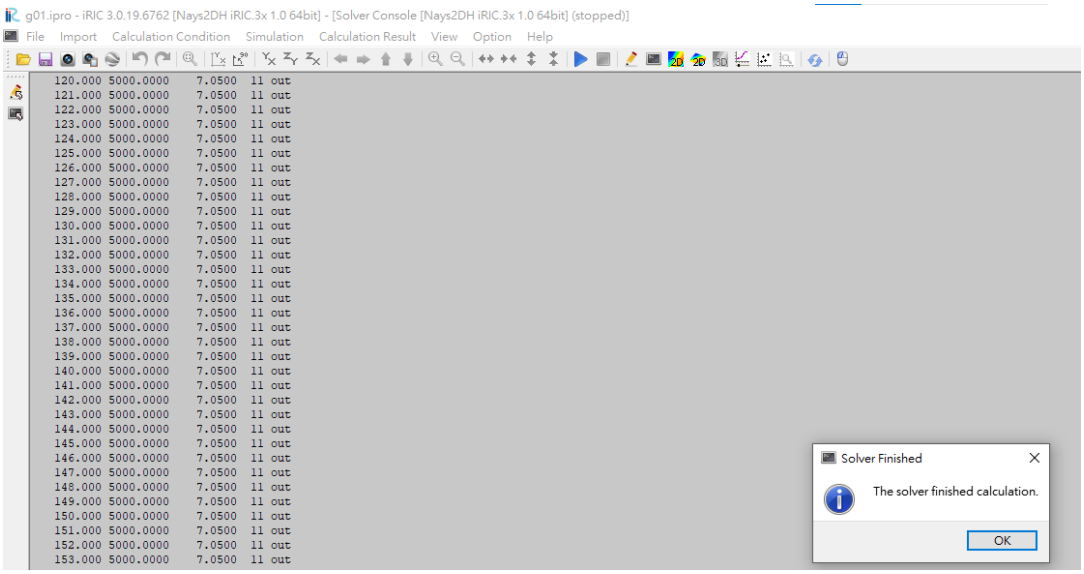


圖 4-50 執行計算及完成計算之視窗。

(8) 展示計算成果。點選主畫面上方之 Open new 2D Post-Processing Window，並勾選左側欲展示之資訊，於右側展示模擬成果(圖 4-51)。

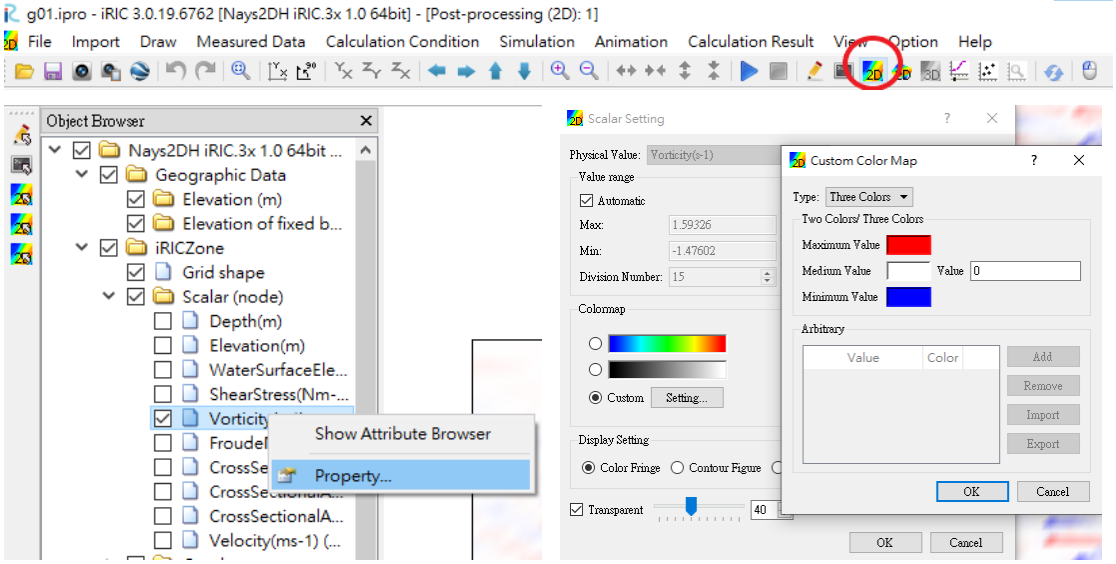


圖 4-51 展示計算成果之視窗。

(9) 展示水深及速度(圖 4-52)、水深擬似 3D 表現法(圖 4-53)、流線分布(圖 4-54)、渦度及顆粒(圖 4-55)及福祿數分布(圖 4-56)。

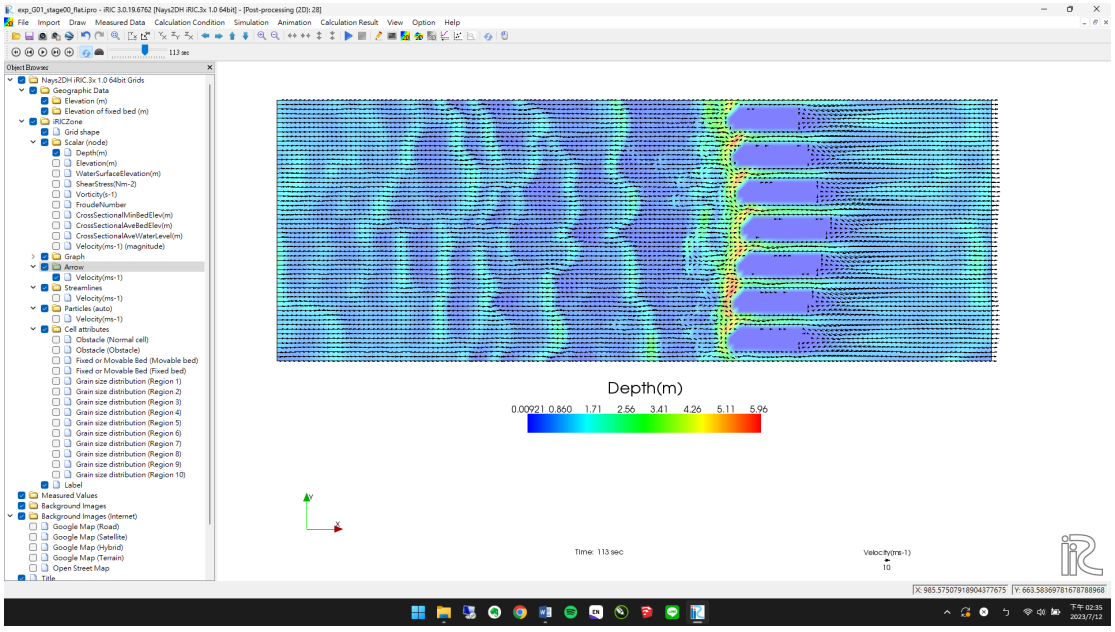


圖 4-52　Nays2DH 模擬之水深及速度場分布。

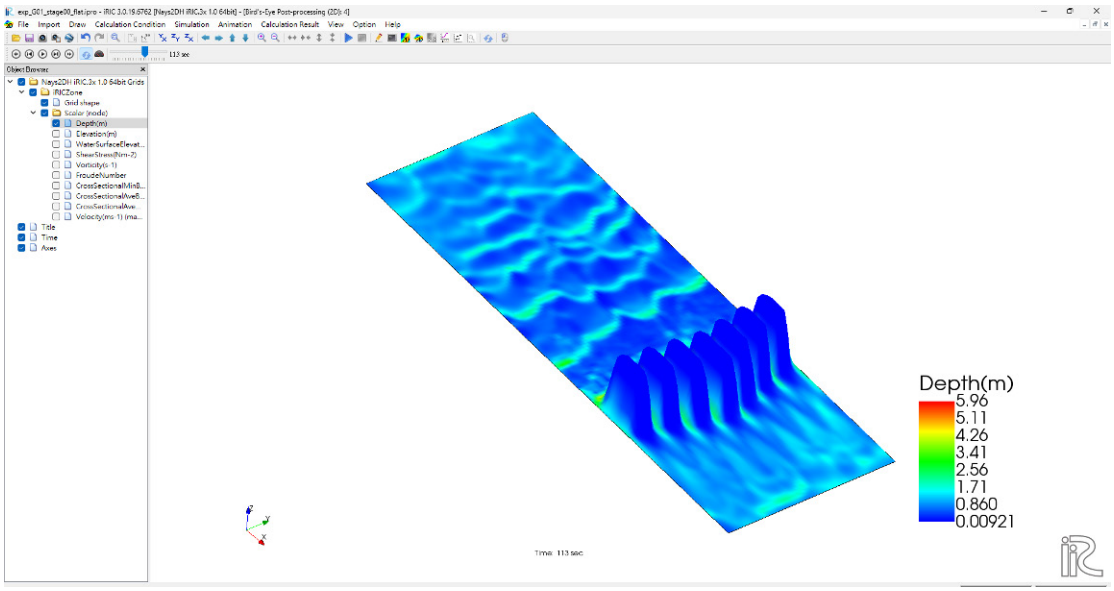


圖 4-53　Nays2DH 模擬之水深分布(擬似 3D 之表現法)。

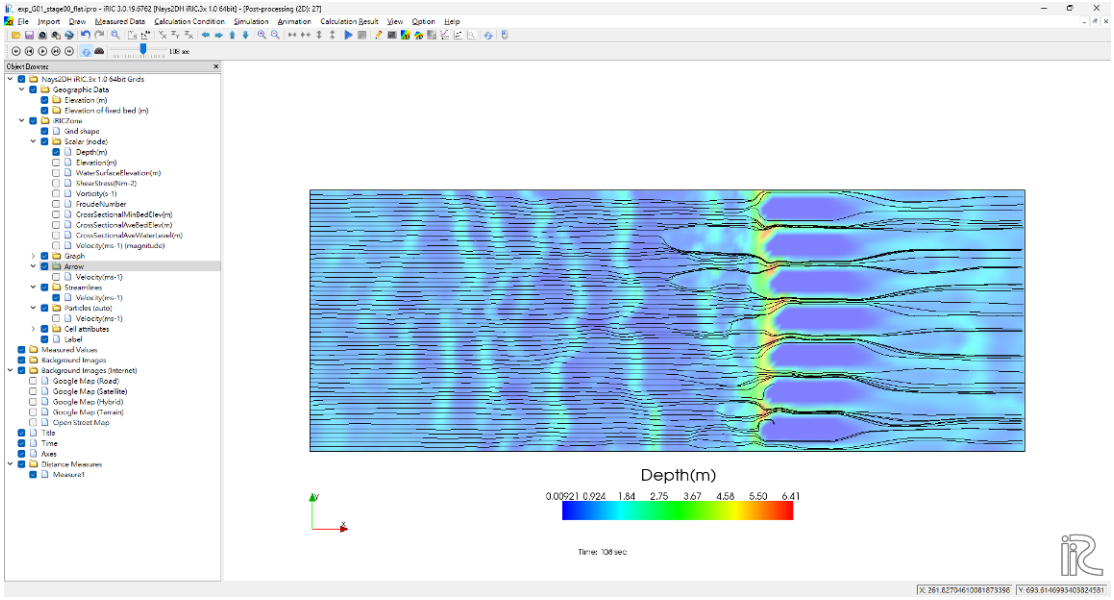


圖 4-54　Nays2DH 模擬之流線分布。

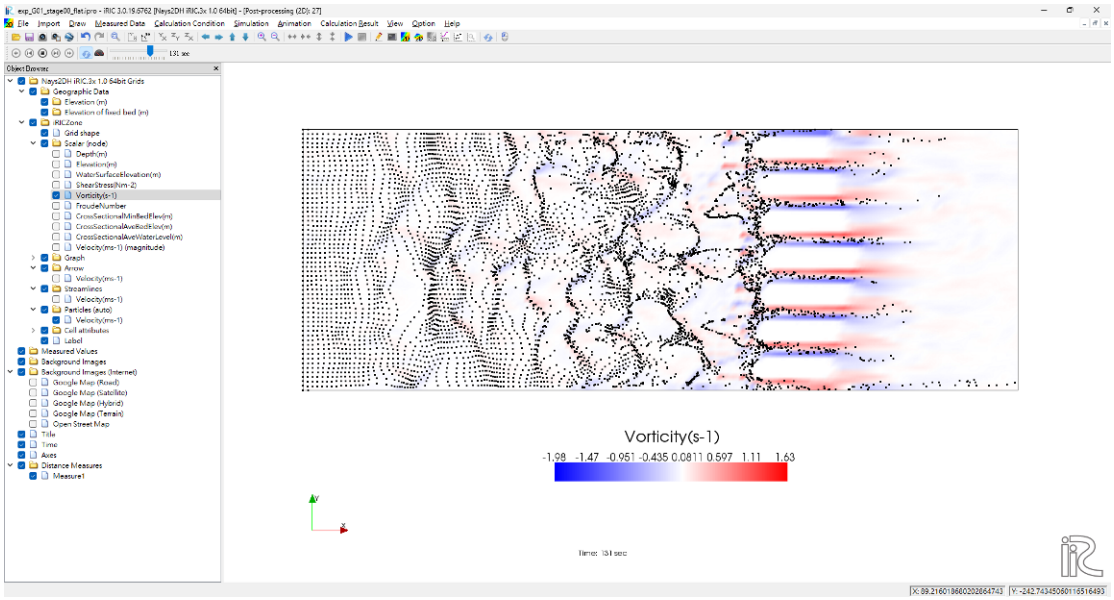


圖 4-55　Nays2DH 模擬之渦度分布及粒子追蹤。

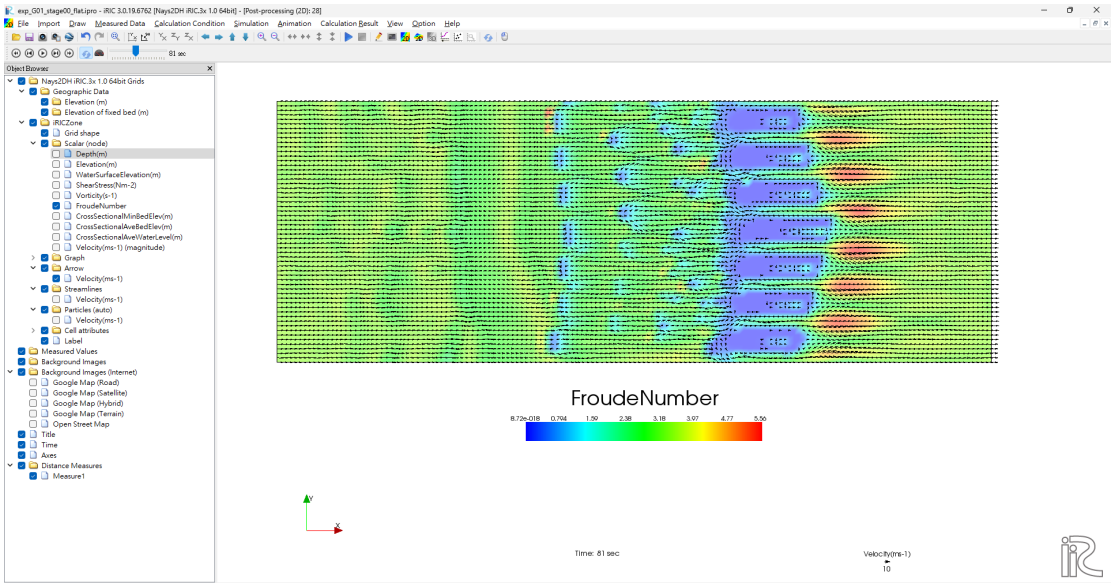


圖 4-56　Nays2DH 模擬之福祿數分布。

(10) 針對第 1 組及第 4 組，模擬拆壩前後之數值模擬成果如圖 4-57 至圖 4-64 所示。

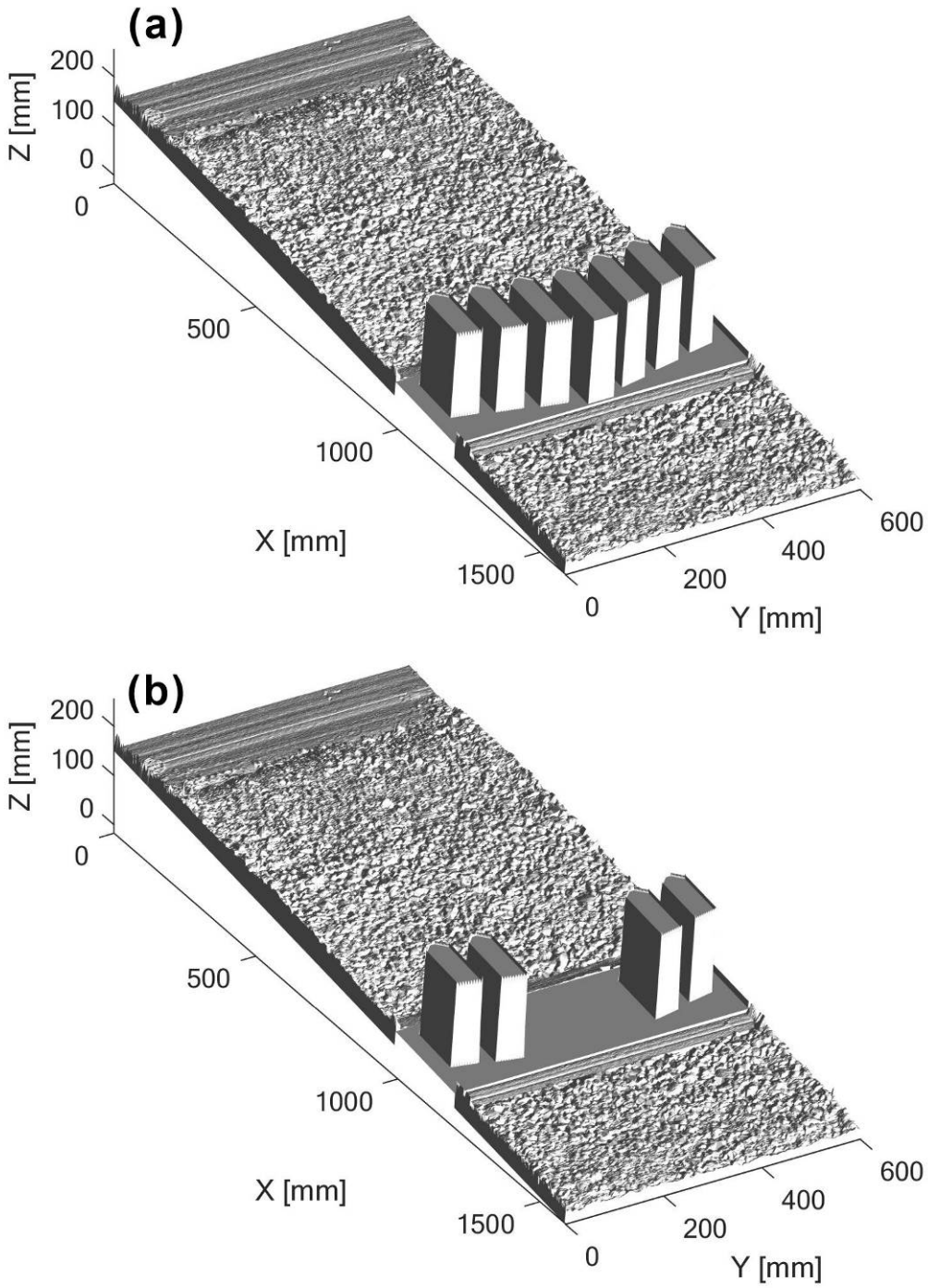


圖 4-57　第 1 組拆除梳柱前後之光源陰影圖。

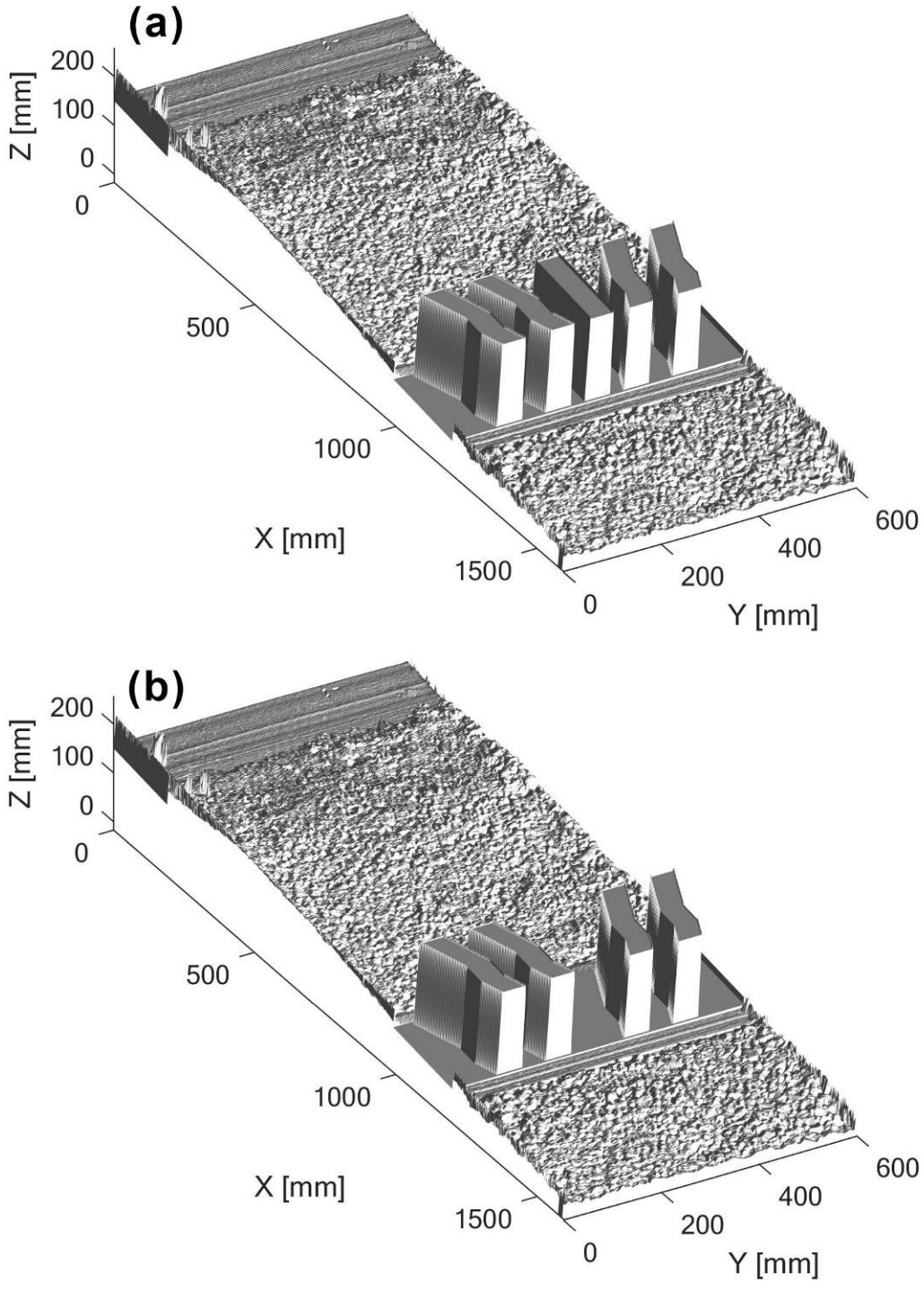


圖 4-58　第 4 組拆除梳柱前後之光源陰影圖。

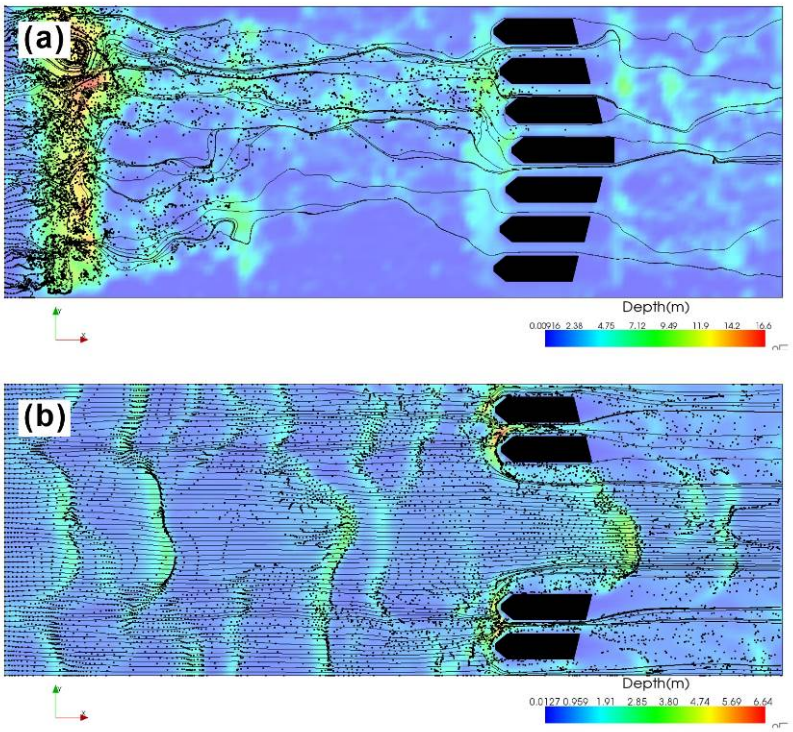


圖 4-59 第一組模擬之水深及顆粒分布圖。(a) 拆壩前；(b) 拆壩後。

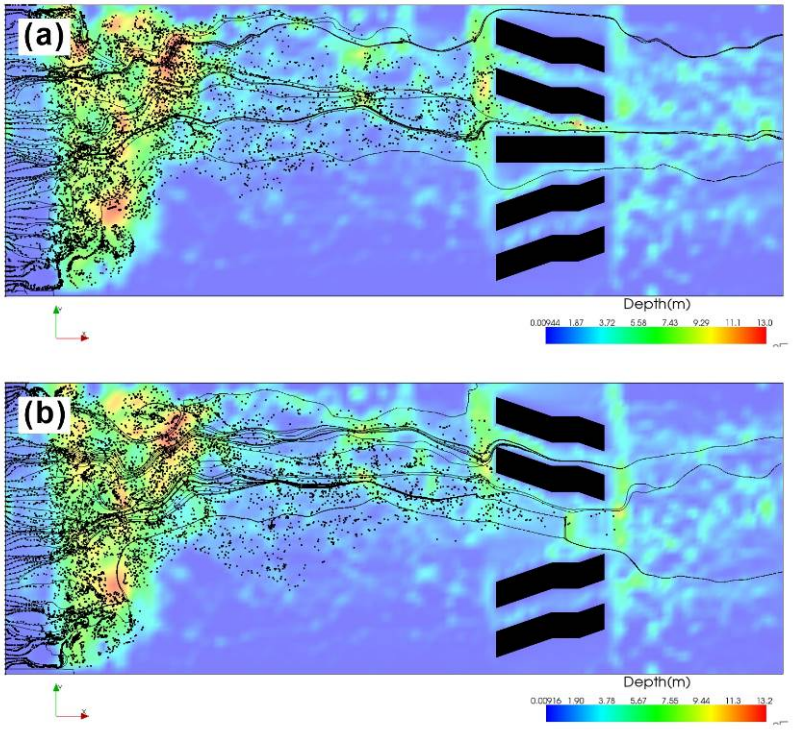


圖 4-60 第四組模擬之水深及顆粒分布圖。(a) 拆壩前；(b) 拆壩後。

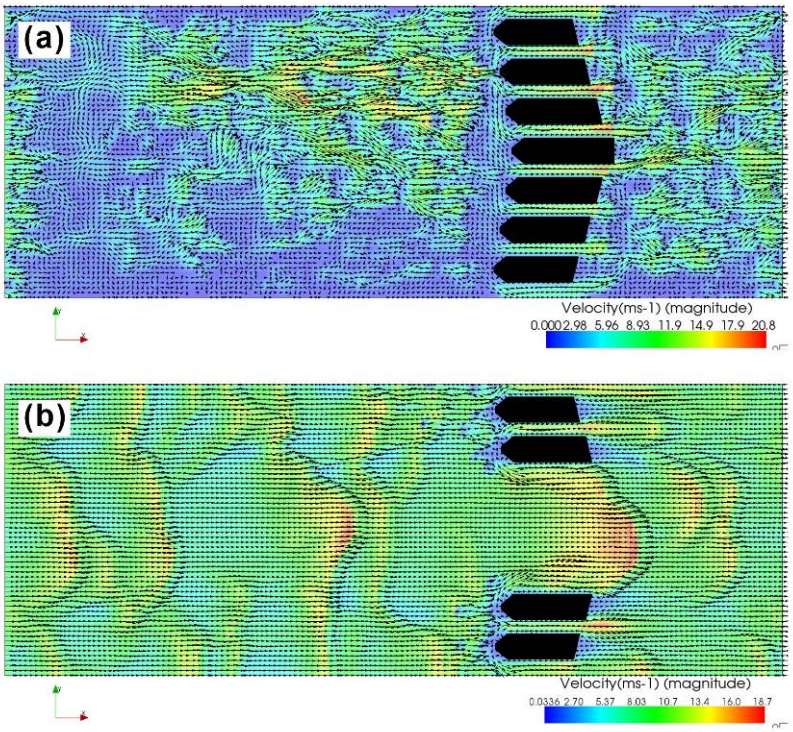


圖 4-61　第一組模擬之速度分布圖。(a) 拆壩前；(b) 拆壩後。

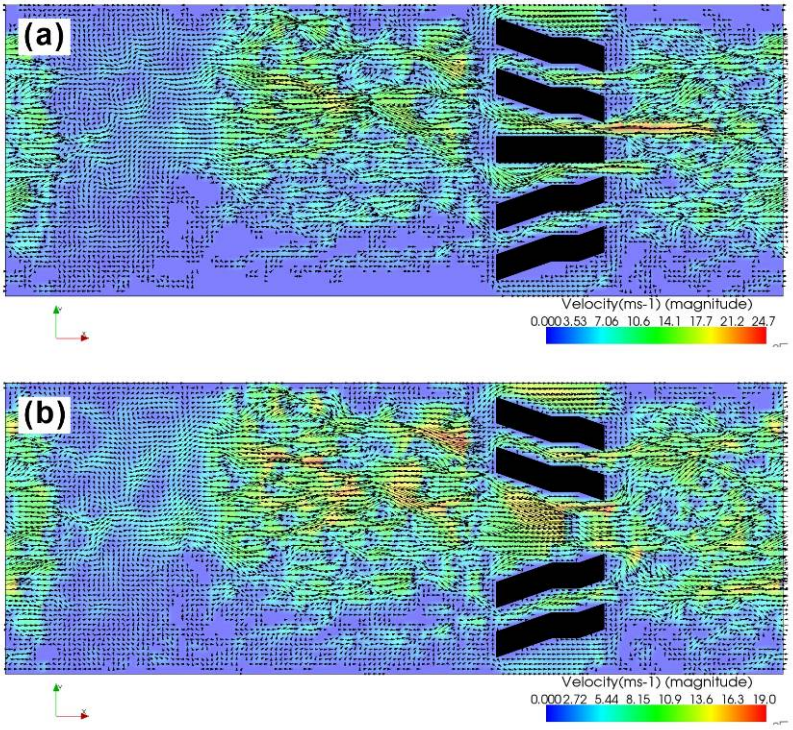


圖 4-62　第四組模擬之速度分布圖。(a) 拆壩前；(b) 拆壩後。

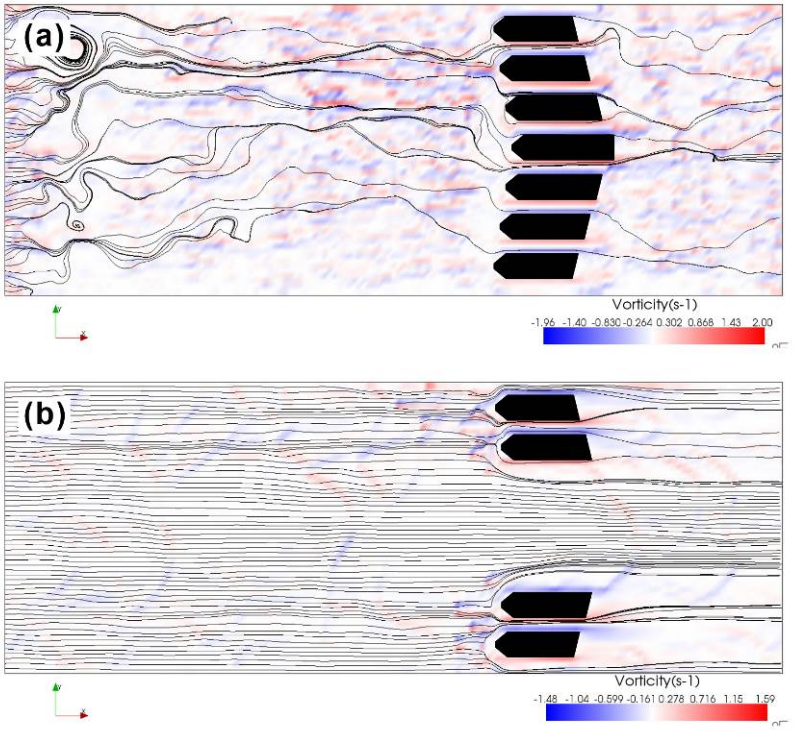


圖 4-63　第一組模擬之渦度及流線分布圖。(a) 拆壩前；(b) 拆壩後。

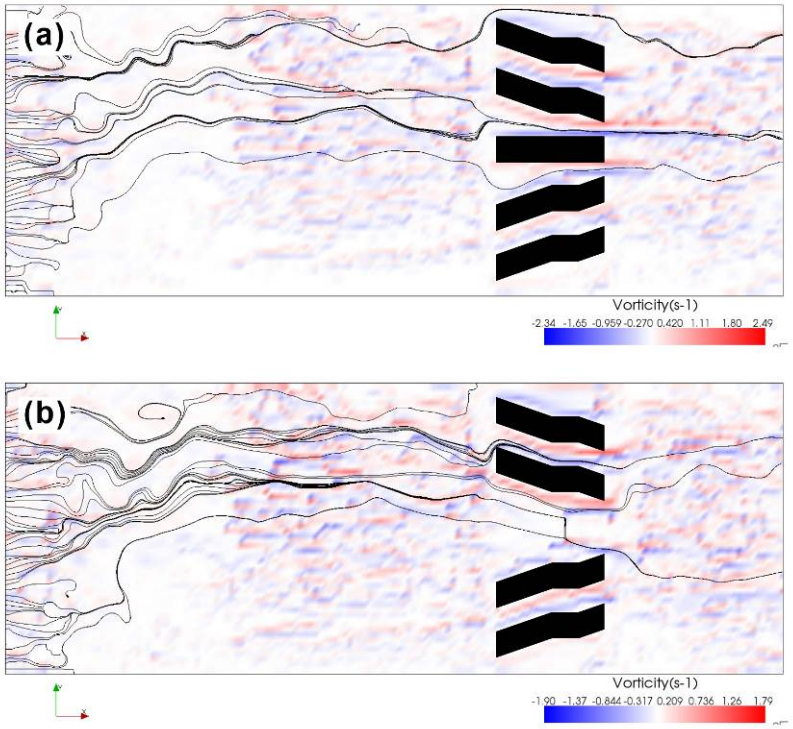


圖 4-64　第四組模擬之渦度及流線分布圖。(a) 拆壩前；(b) 拆壩後。

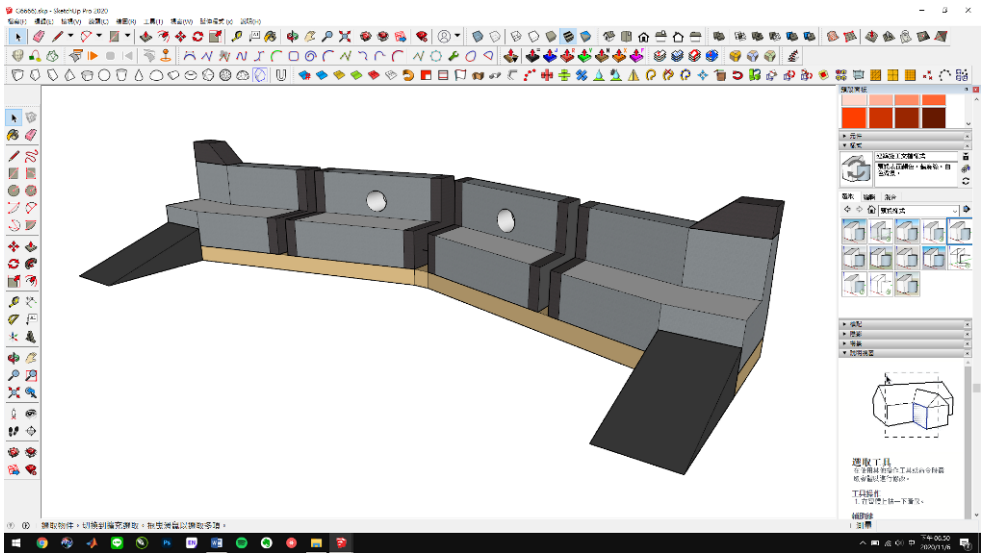
第三節　歷年教學成果及學生反饋

本計畫是過去本人以防砂壩為主題，執行教學研創新究計畫之第 4 年。以下針對自 109 年度至 112 年度歷年之教學方法及教學成果進行重點說明。

年度 題目	教學方法及重點成果
109 年度 以創意實作融入防砂壩下游保護及貯砂功能評估之教學模組研發	(1) 首次研發工程案例之 3D 繪圖步驟及施工圖製作。以「透過性防砂壩」及「防砂壩下游保護工」為主題。 (2) 首次研發工程案例之混凝土縮尺模型實作創新手法。 (3) 課程以「雙軸雙核」之概念結合理論與實作，分成兩群 6 組的方式進行，培育水利及水保創客。 (4) 帶領 6 組同學完成 SketchUp 模型設計及混凝土縮尺模型(圖 4-65 至圖 4-70)。 (5) 於期末成果發表會，由 6 組同學分別將縮尺模型於河工動床水槽中實測。

110 年度 以創意實作教學引導學生開發可拆卸模組化之鋼管壩	(1) 針對「可拆卸模組化之鋼管壩」進行創新教學研發。 (2) 以水保局之金質獎案例作為教材，研發實際案例之 SketchUp 繪圖技法。 (3) 引導 7 組同學產出創新之可調式鋼管壩，包含 SketchUp 設計 (圖 4-71 至圖 4-77)。 (4) 研發可調式鋼管壩之縮尺模型施工步驟(圖 4-78)。 (5) 研發適合大學生操作之實驗步驟及地形量測方式(圖 4-79 至圖 4-80)。
111 年度 可調式鋼管壩之縮尺模型：設計與實驗	(1) 引導學生針對可調式鋼管壩做更多樣化設計(圖 4-81 至圖 4-86)。 (2) 強化學生之實驗能力(圖 4-87 至圖 4-98)。 (3) 導入高解析度地形掃描技術(圖 4-90 至圖 4-91)。 (4) 討論拆壩前後之土砂變化分布與量體(圖 4-92)。
112 年度 以實驗及數值模擬	(1) 引導 6 組學生設計 SketchUp 防砂壩(圖 4-93。 (2) 製作混凝土縮尺模型(圖 4-94)。

探討可調式鋼管壩對野溪及棲地演變之影響	(3) 使用高解析度地形掃描技術(圖 4-95)。 (4) 首次導入 iRIC 之 Nays2DH 模組，教導學生進行數值模擬(圖 4-96 至圖 4-97)，比較拆壩前後水流特性之差異。



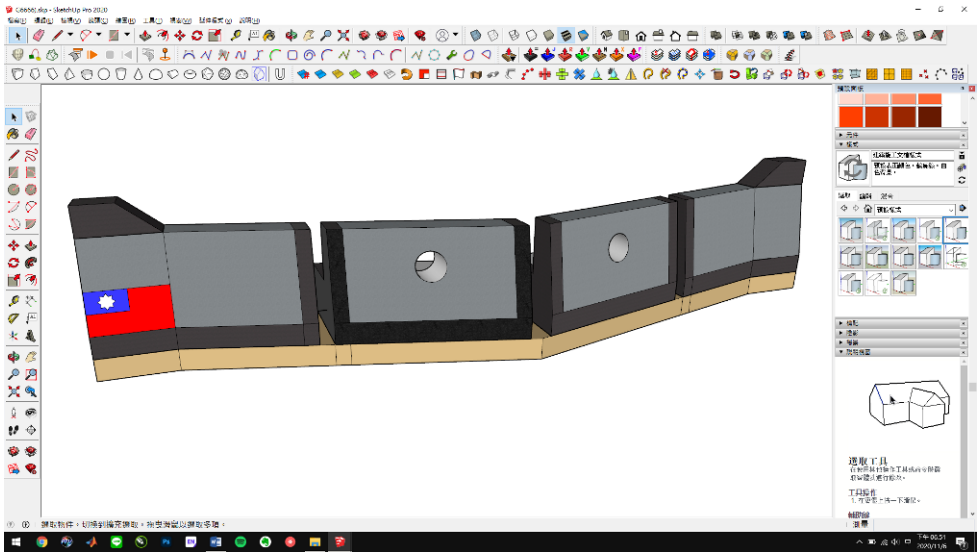


圖 4-65 第 4 組學生設計之透過性防砂壩(109 年度)。

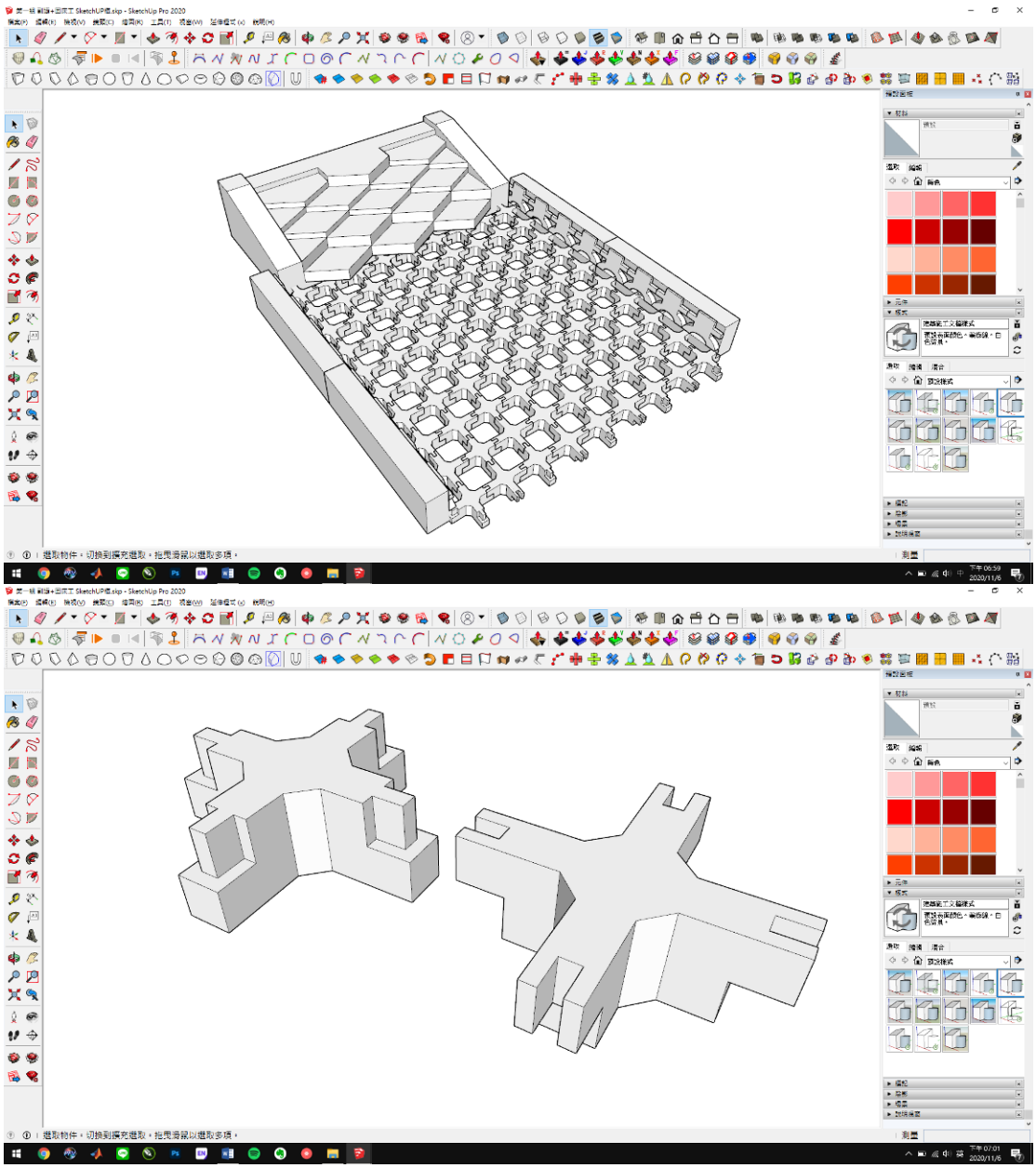


圖 4-66 第 1 組學生設計之下游保護工及其單元化之設計構想(109 年度)。



圖 4-67 透過型防砂壩 1:100 之縮尺模型展示(109 年度)。



圖 4-68 下游保護工 1:100 之縮尺模型展示(109 年度)。

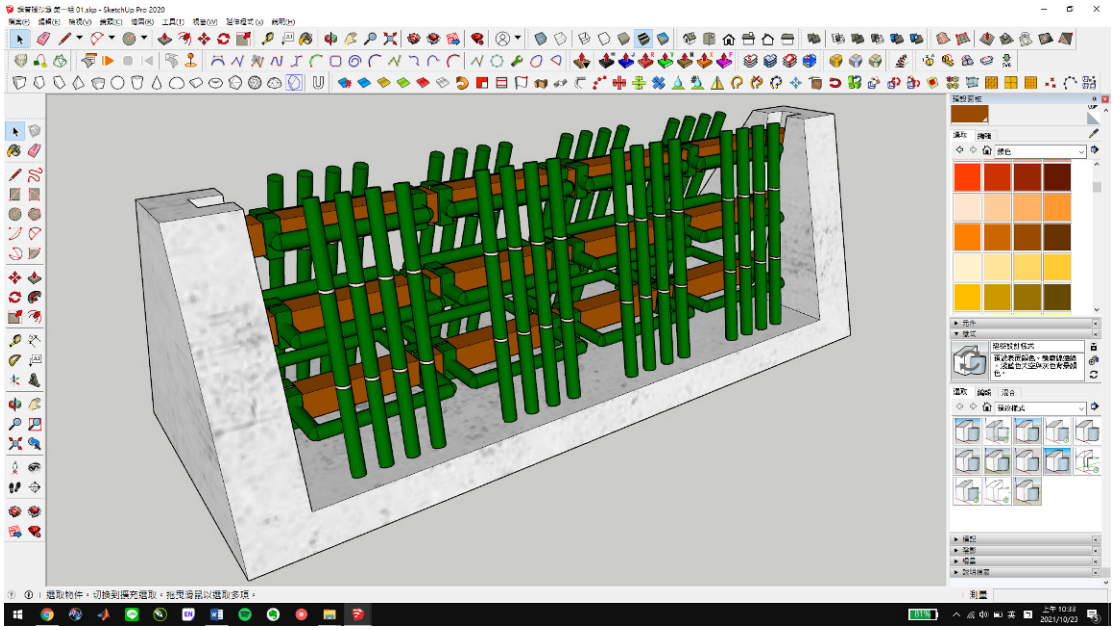


圖 4-69 老師針對各組作品之設計講評(109 年度)。





圖 4-70 學生於動床水槽中實驗之剪影(109 年度)。



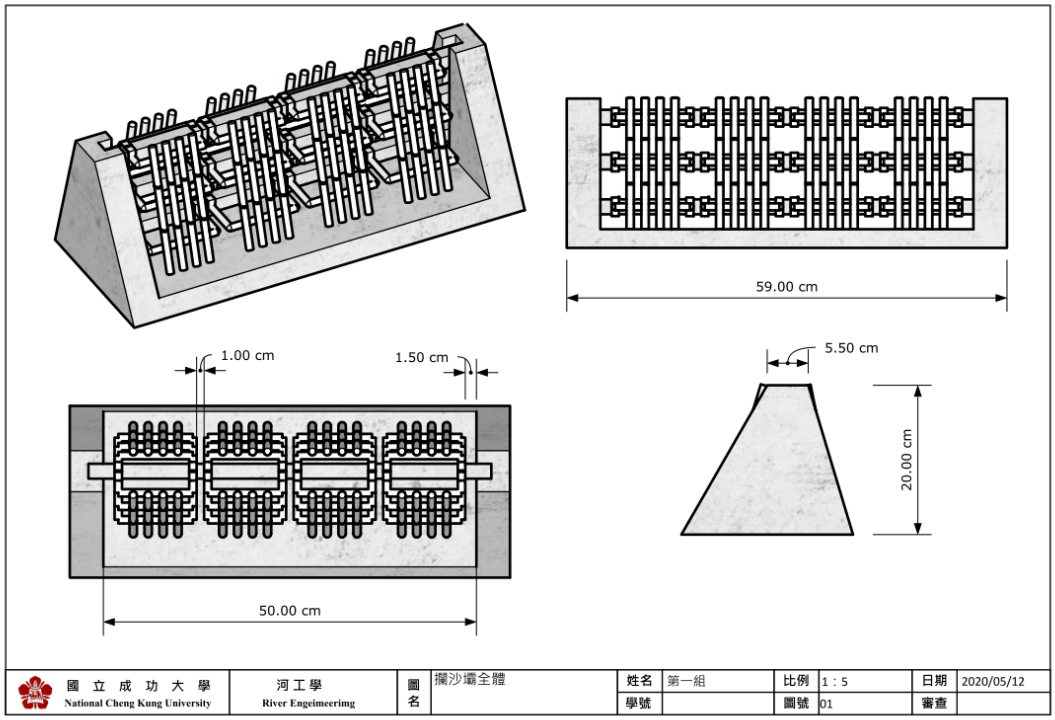
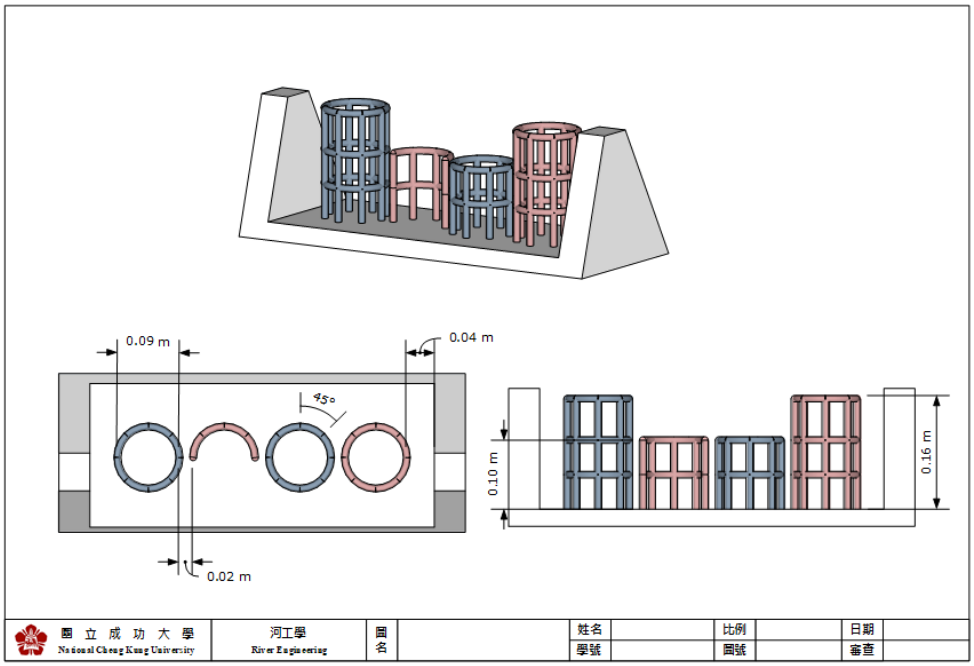


圖 4-71 第一組學生設計之 3D 模型及施工圖(110 年度)。



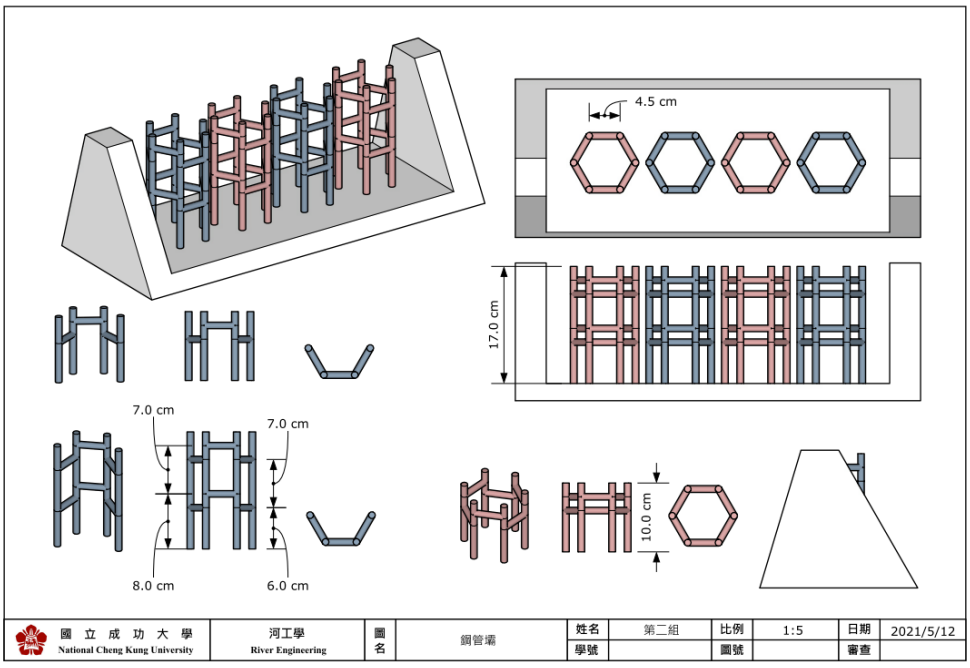
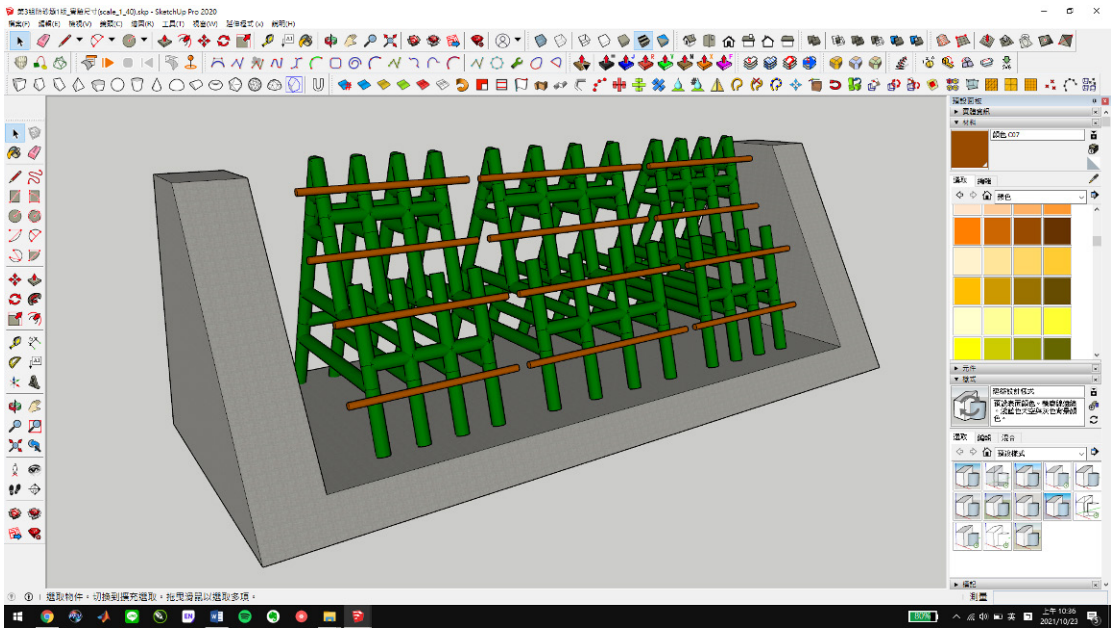


圖 4-72 第二組學生設計之 3D 模型及施工圖(110 年度)。



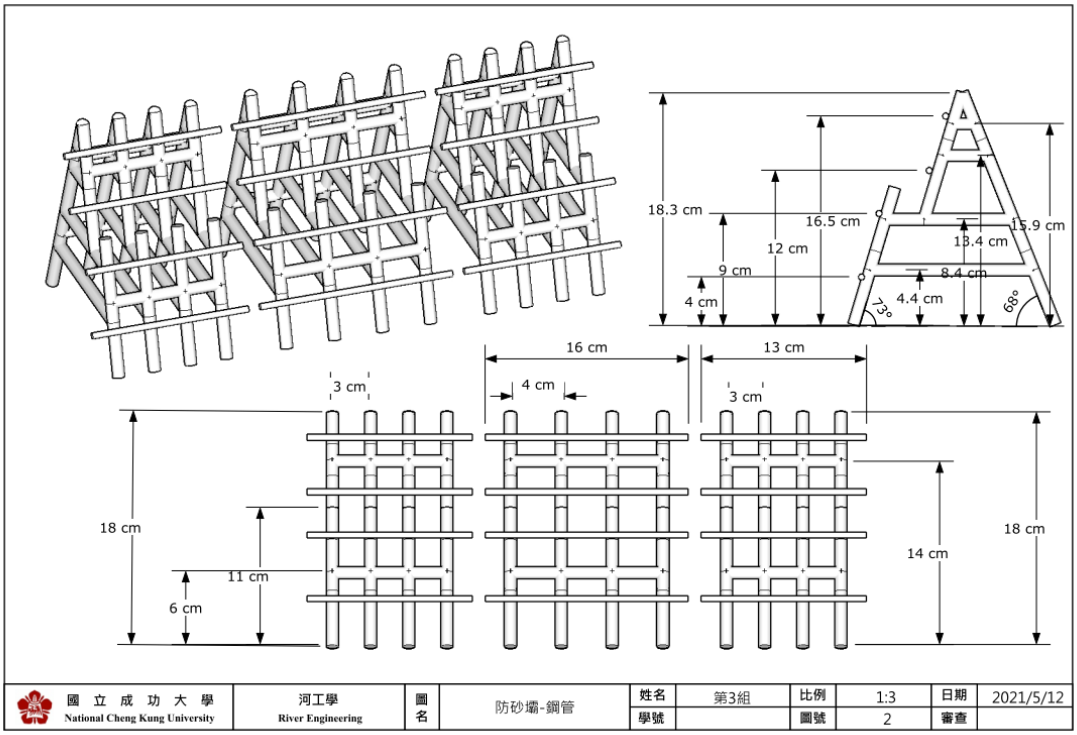
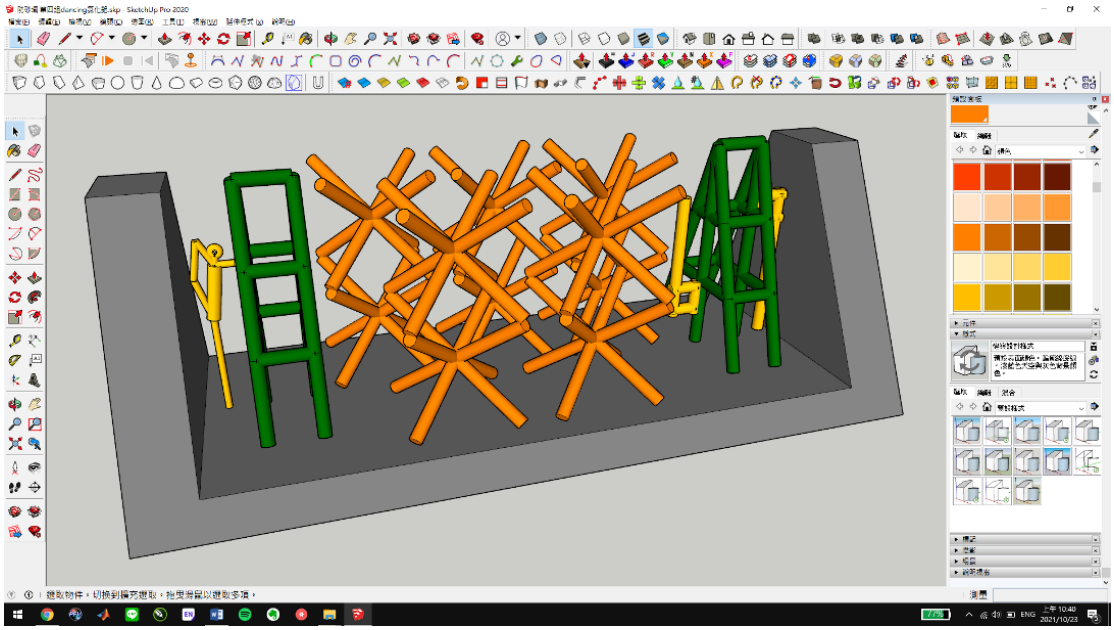


圖 4-73 第三組學生設計之 3D 模型及施工圖(110 年度)。



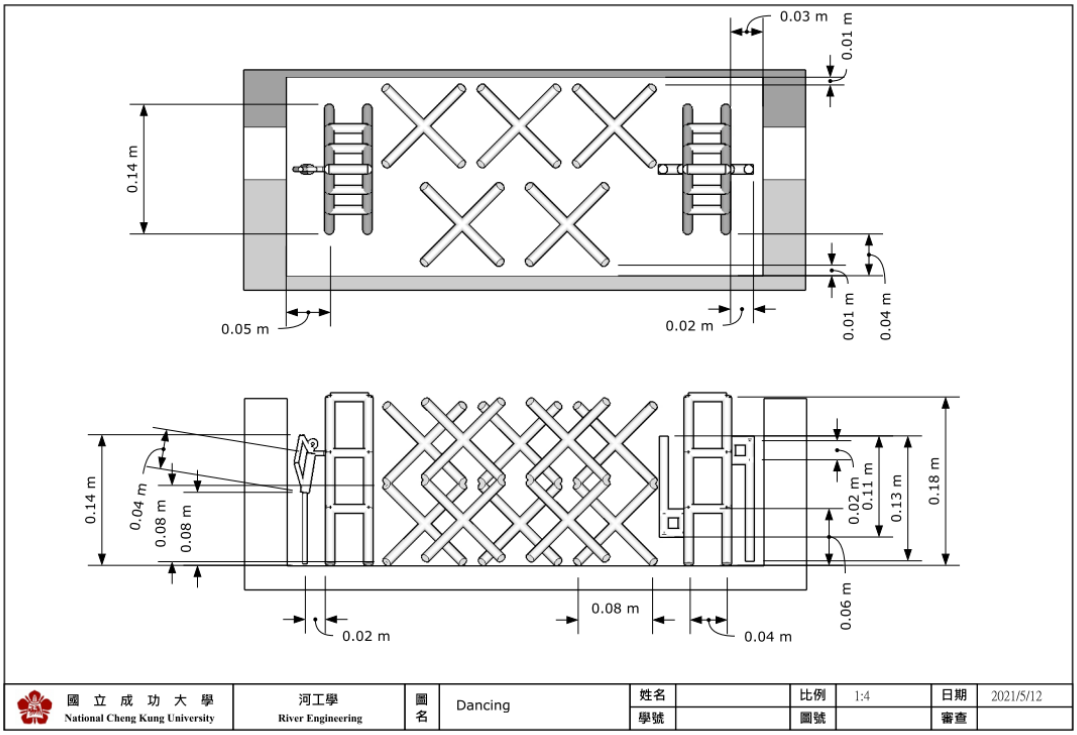
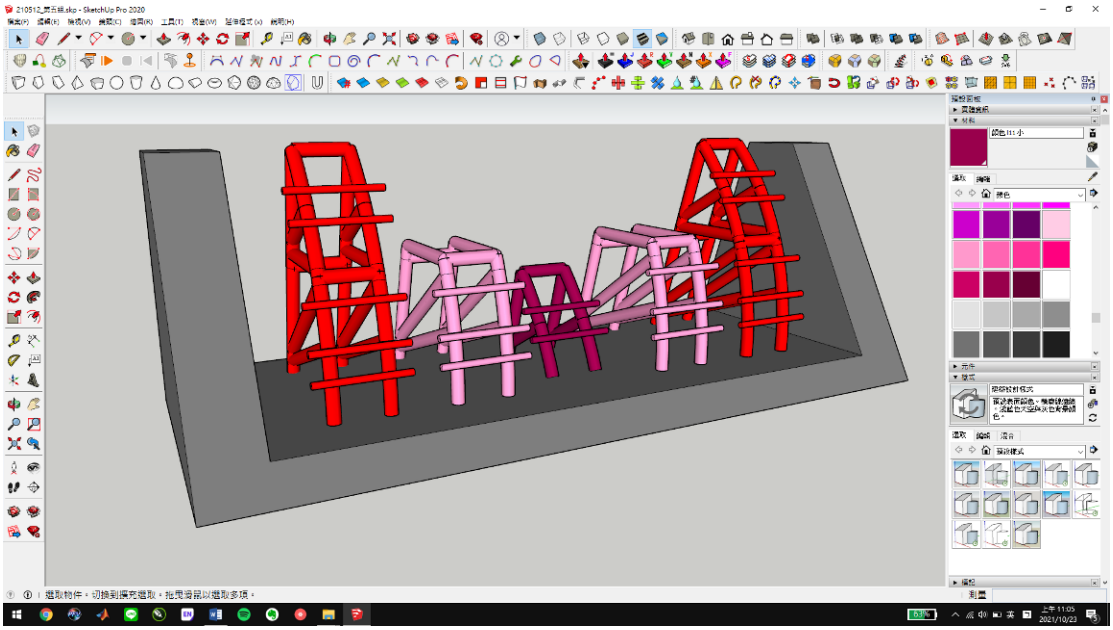


圖 4-74 第四組學生設計之 3D 模型及施工圖(110 年度)。



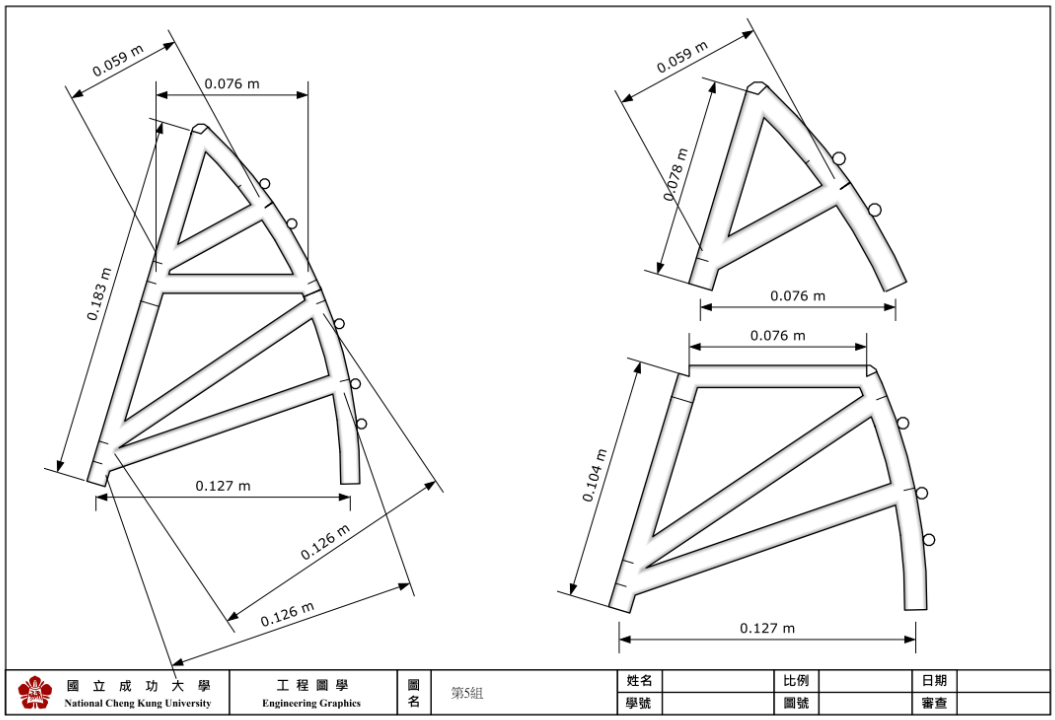
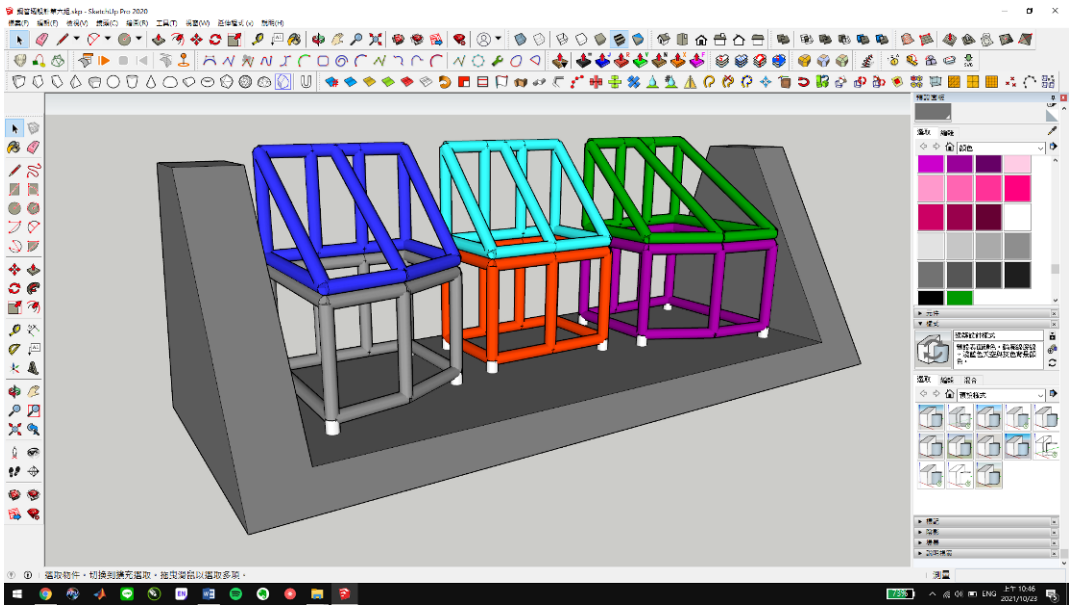


圖 4-75 第五組學生設計之 3D 模型及施工圖(110 年度)。



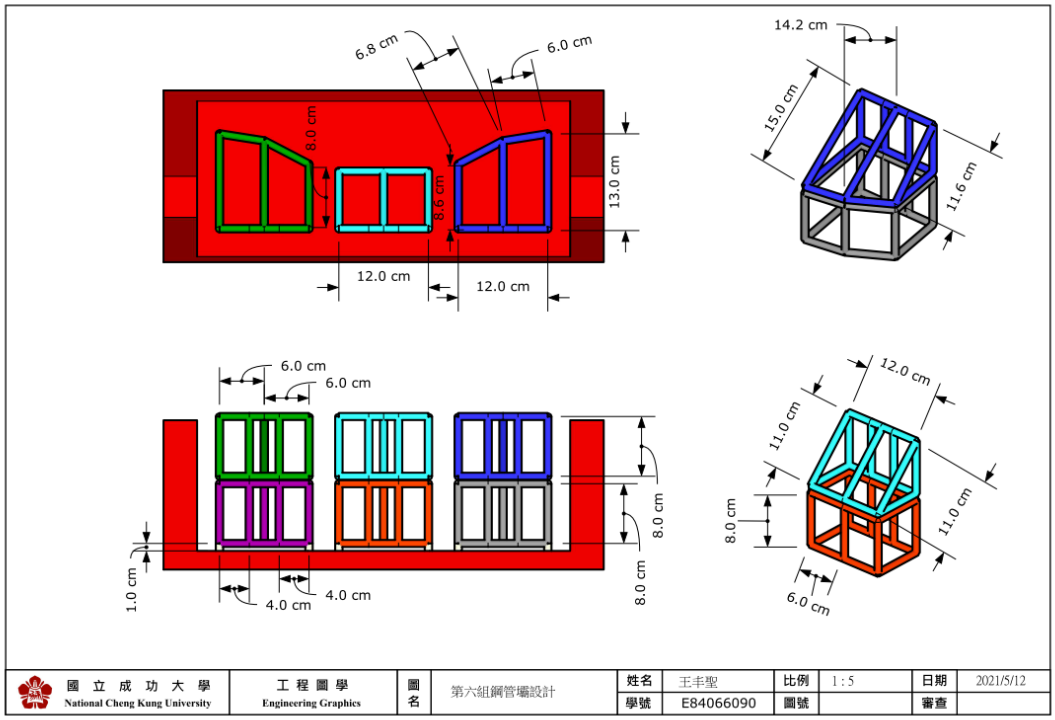
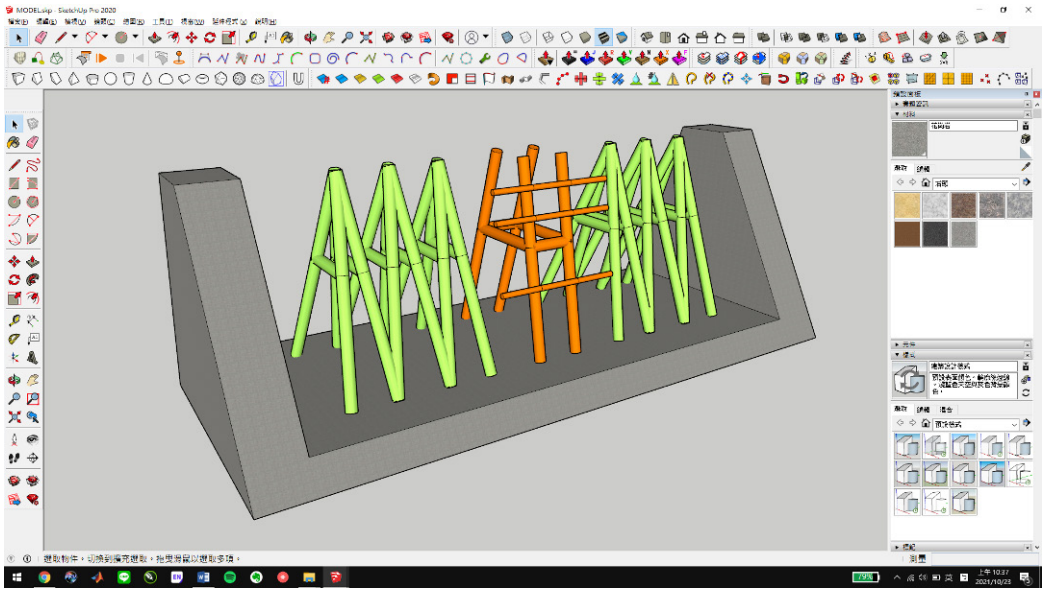


圖 4-76 第六組學生設計之 3D 模型及施工圖(110 年度)。



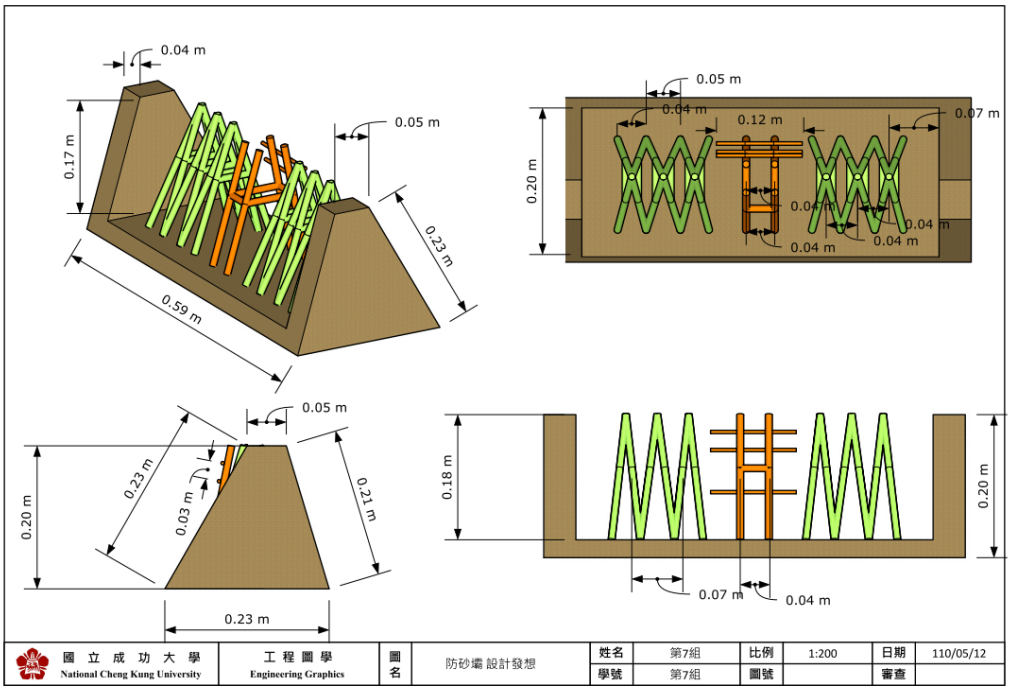
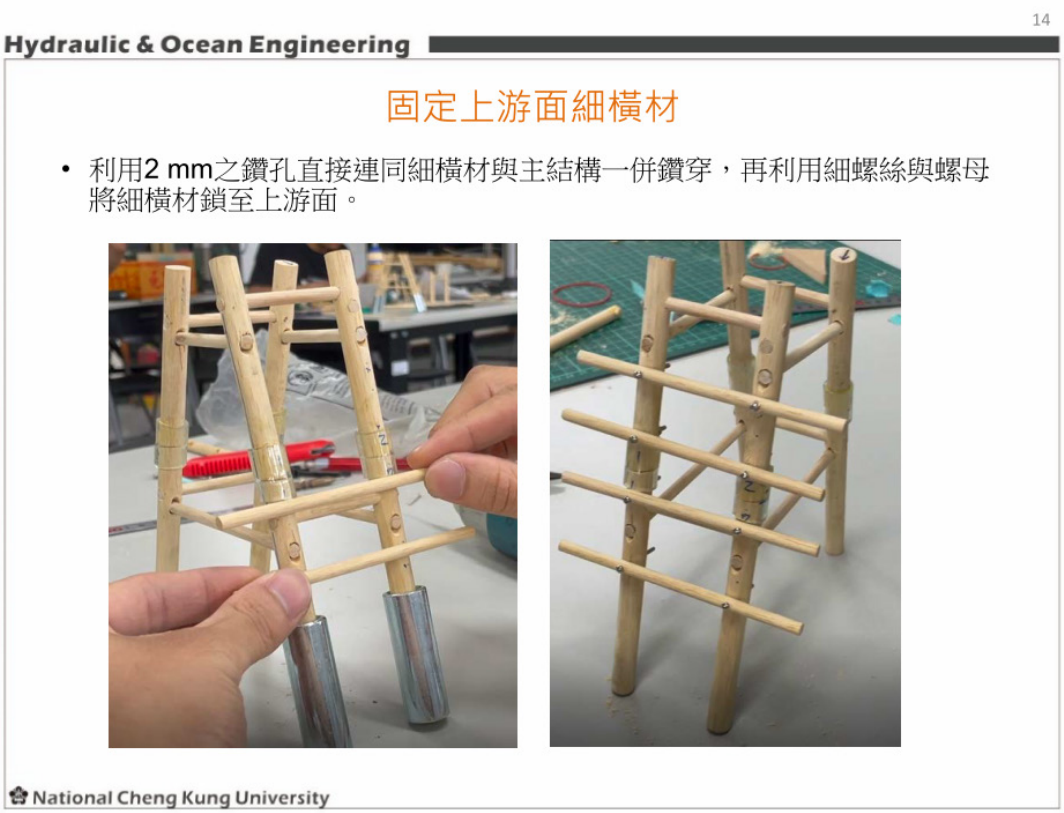


圖 4-77 第七組學生設計之 3D 模型及施工圖(110 年度)。



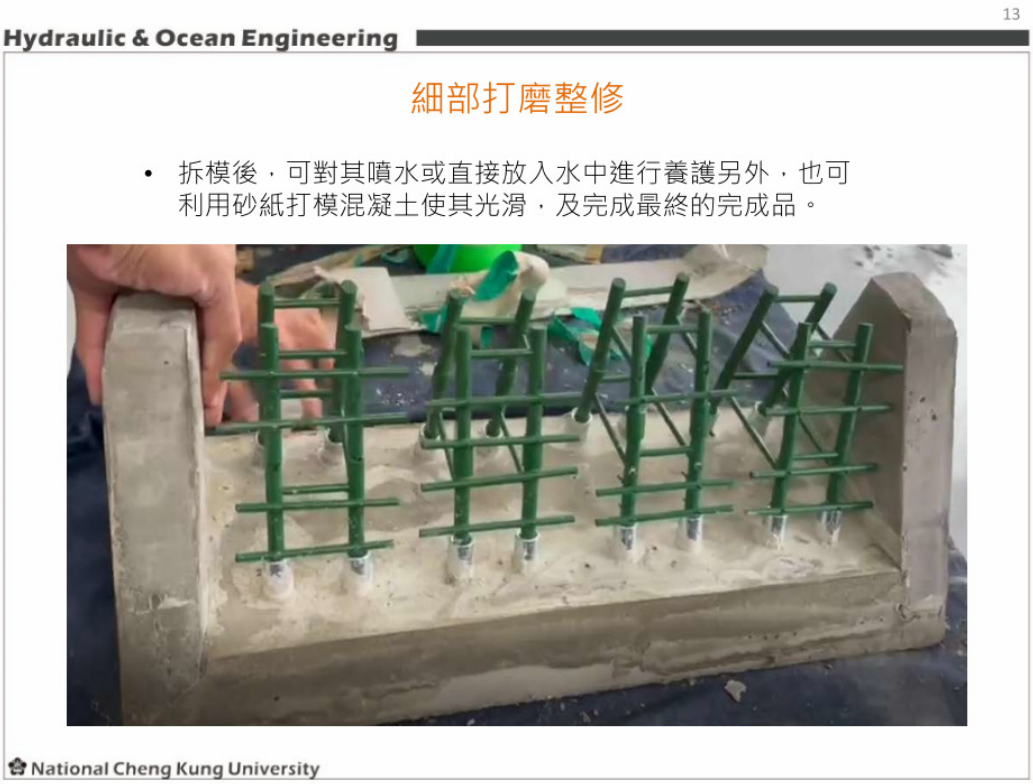


圖 4-78 完成蘭島溪 1 號可調式防砂壩之 1:40 混凝土縮尺模型(110 年度)。



圖 4-79 測試巨石與漂流木之影響(110 年度)。

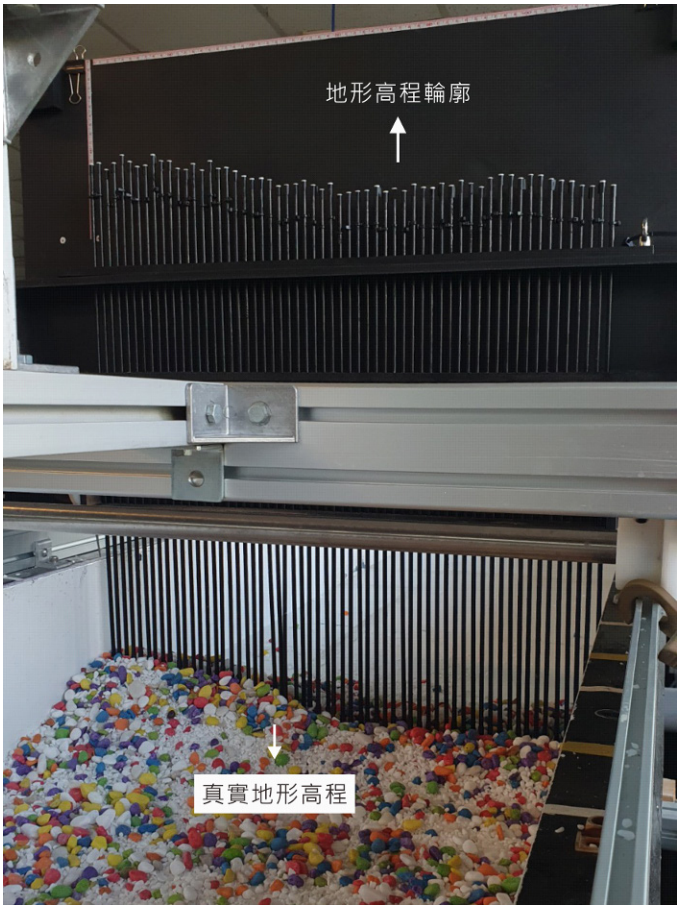
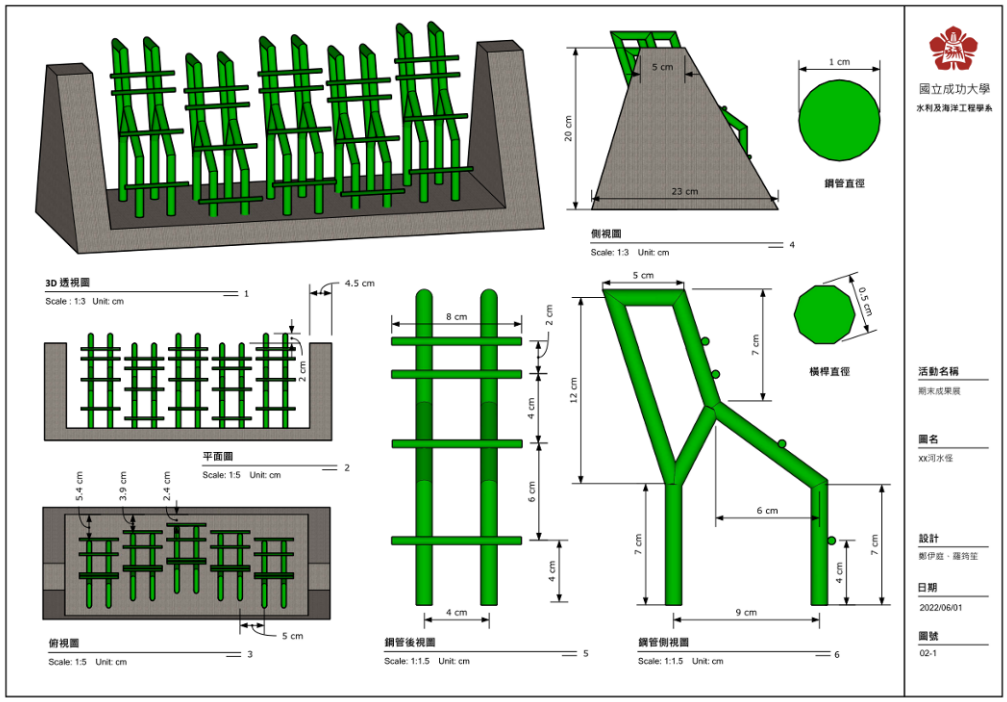


圖 4-80 地形高程測量器材(110 年度)。



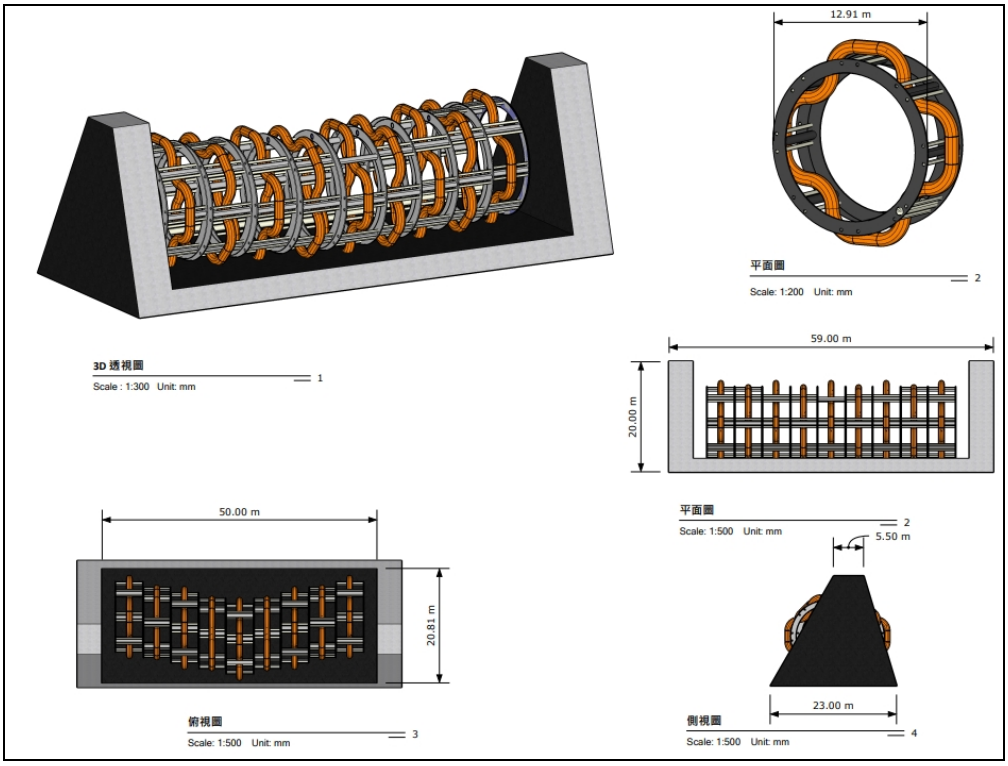
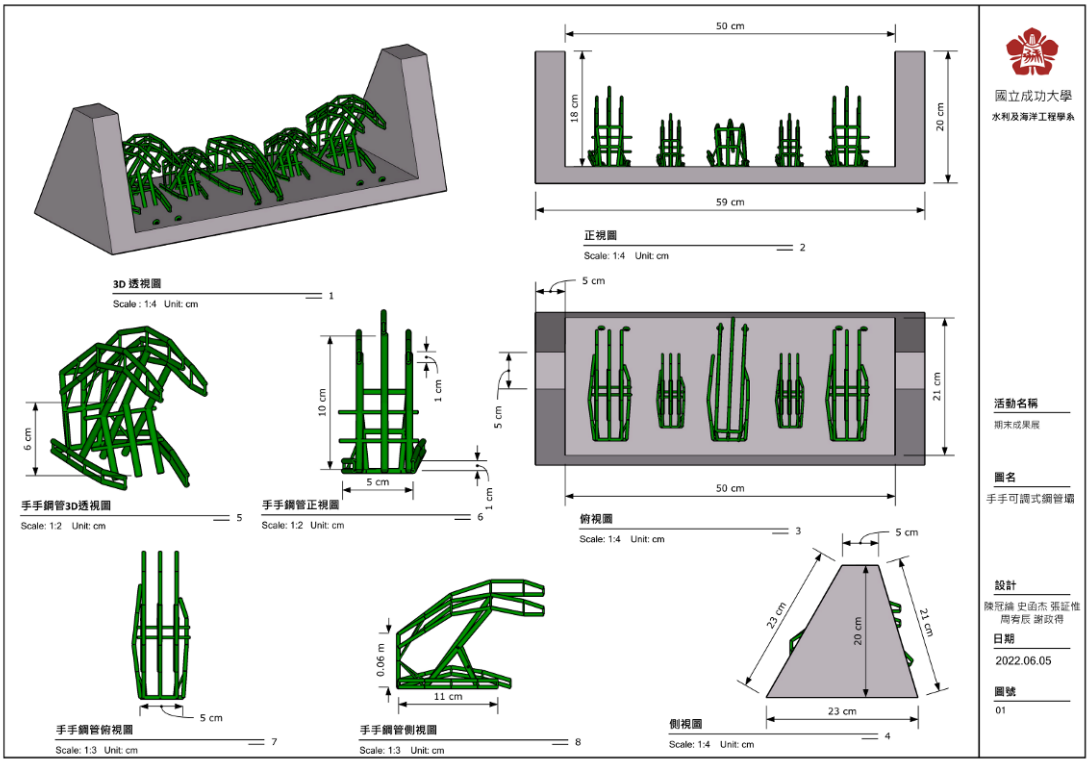


圖 4-81 第 1 組設計之兩種可調式鋼管壩(111 年度)。



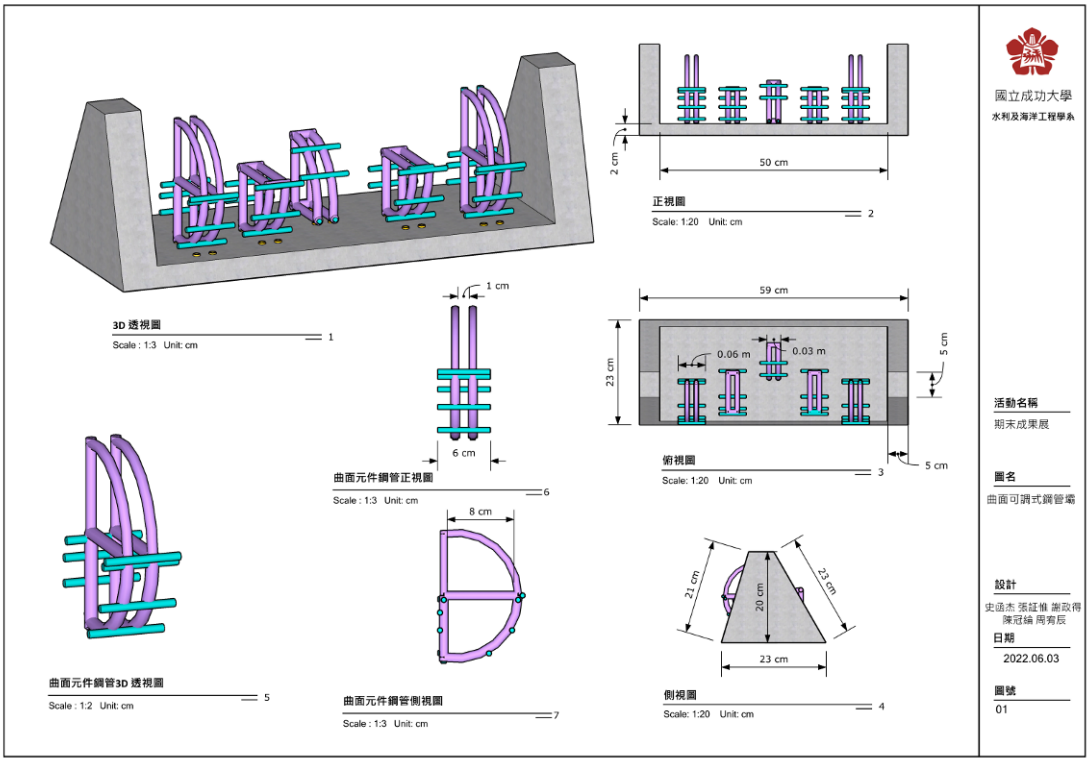
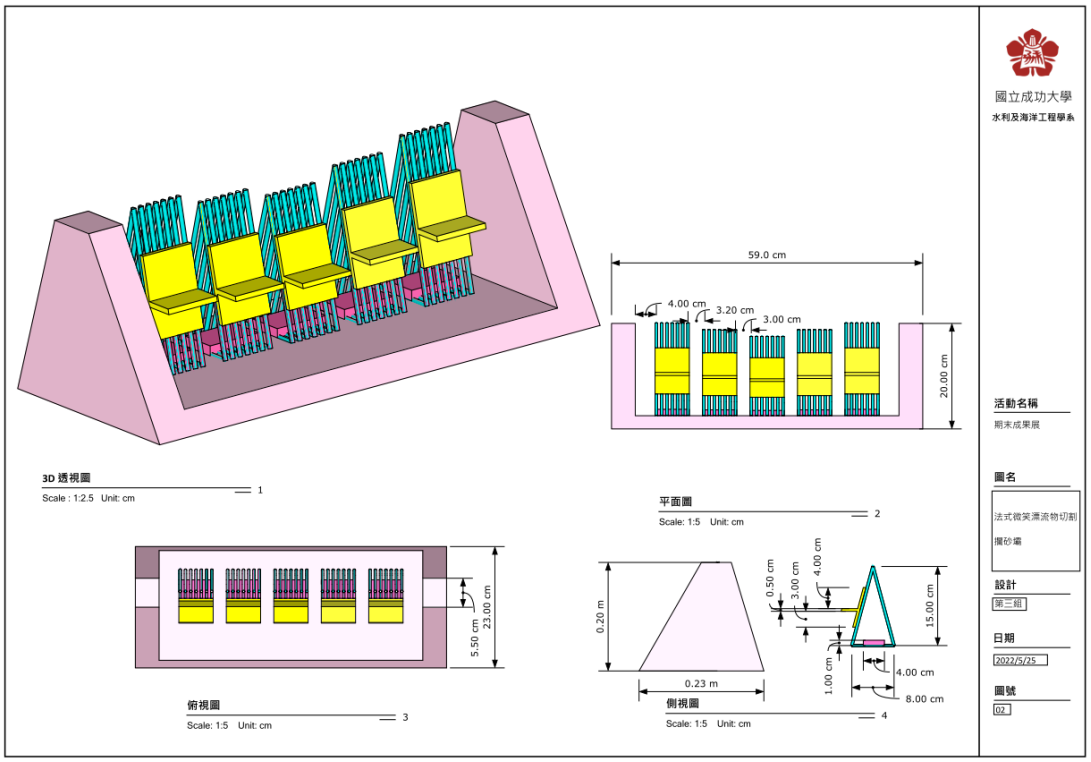


圖 4-82 第 2 組設計之兩種可調式鋼管壩(111 年度)。



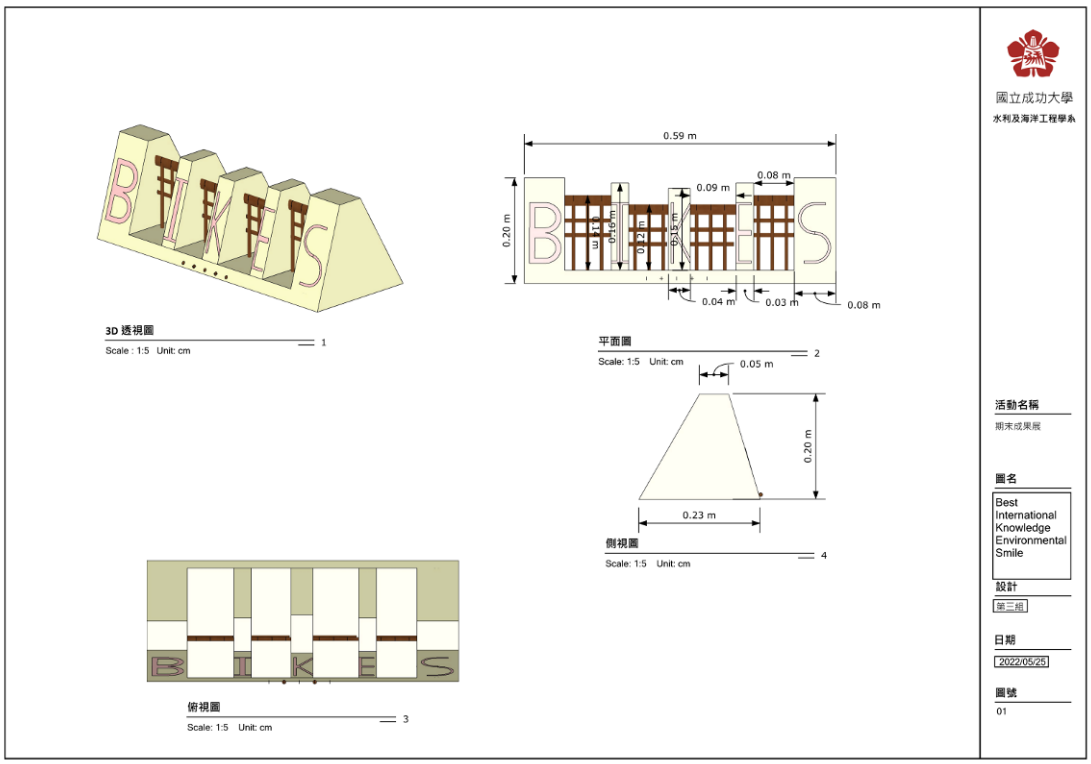
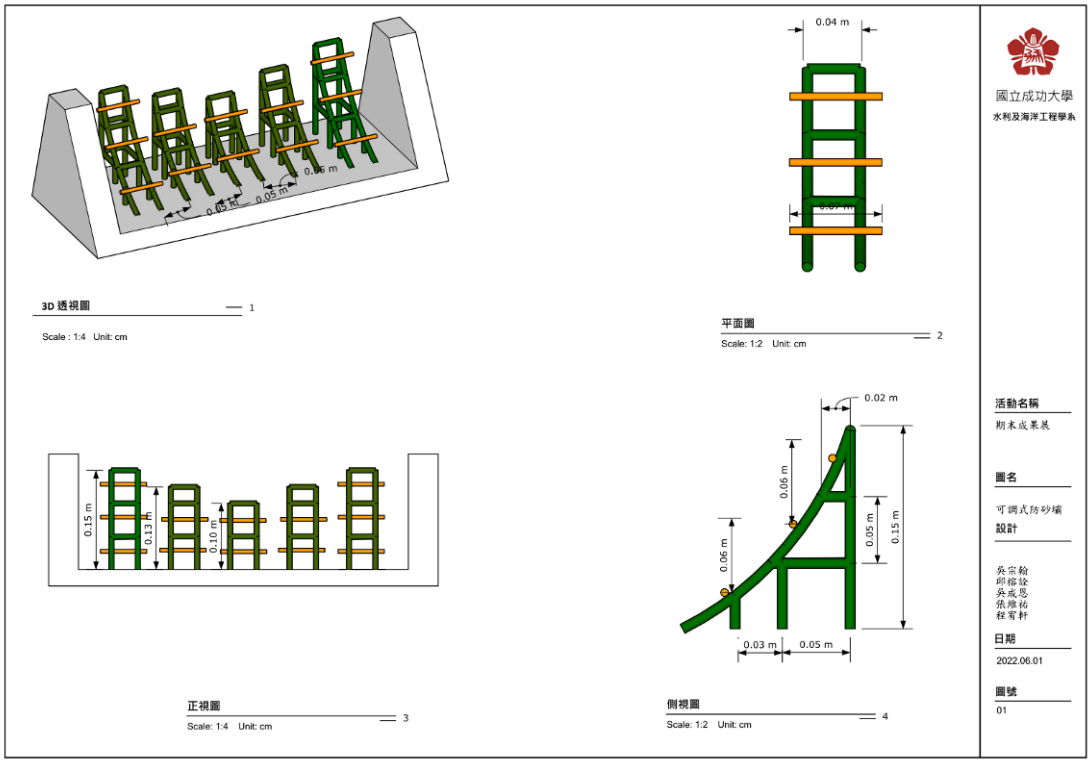


圖 4-83 第 3 組設計之兩種可調式鋼管壩(111 年度)。



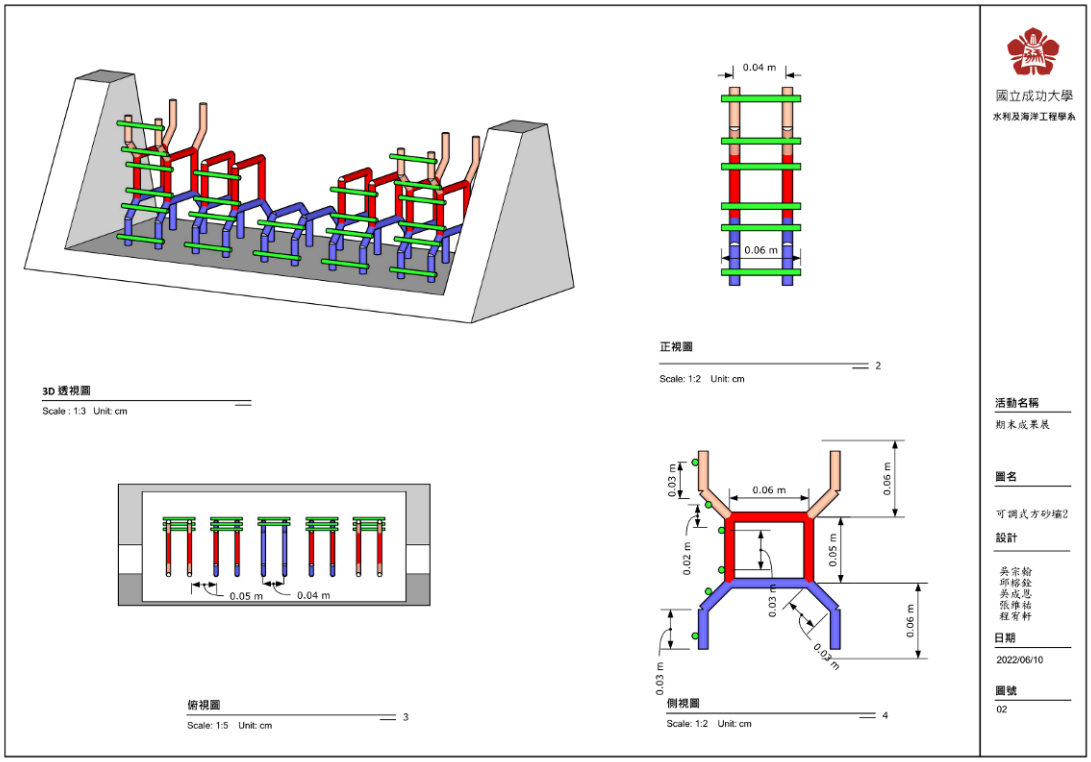
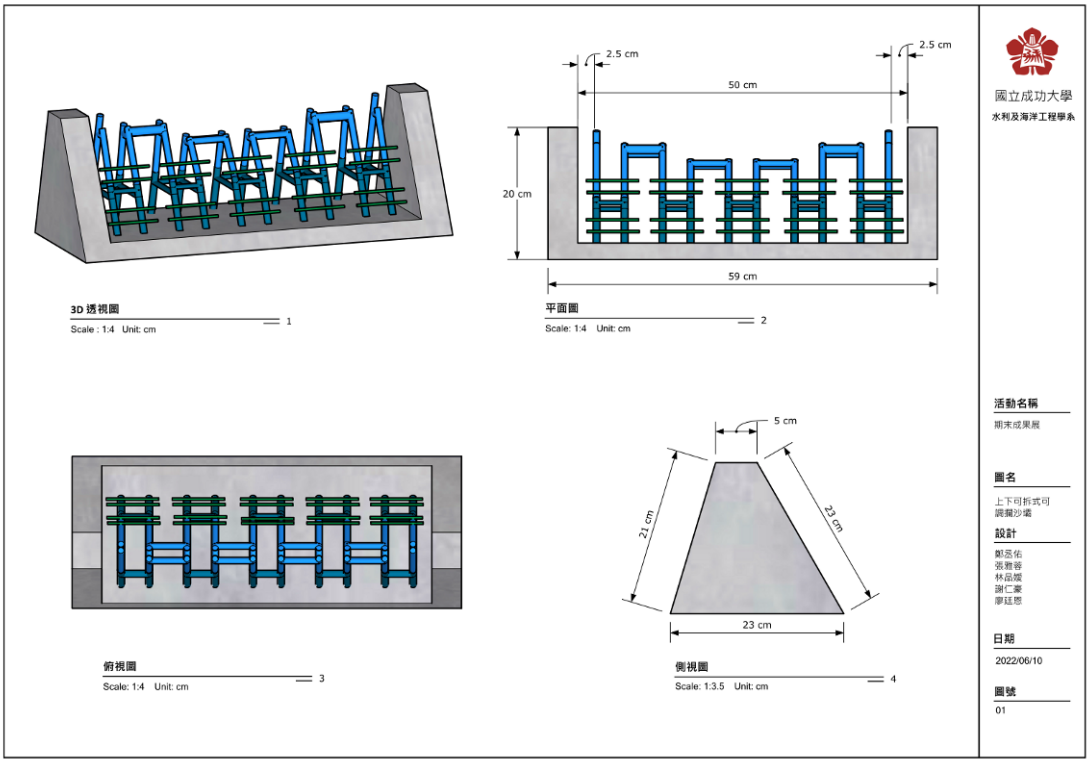


圖 4-84 第 4 組設計之兩種可調式鋼管壩(111 年度)。



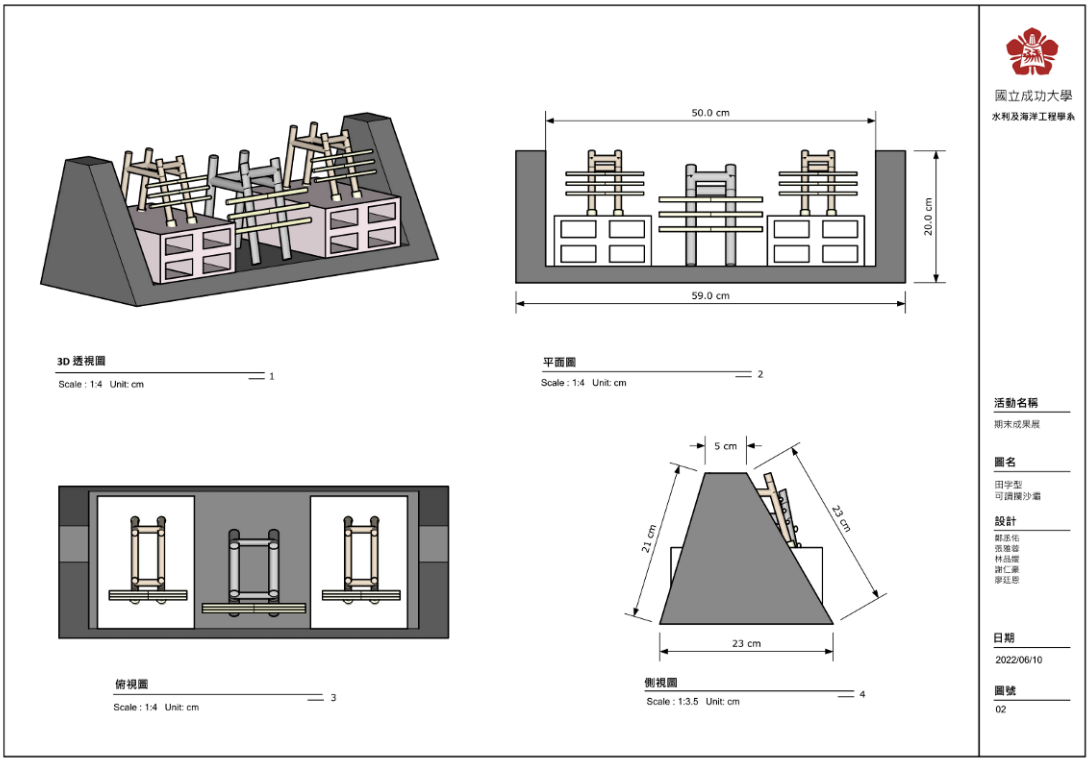
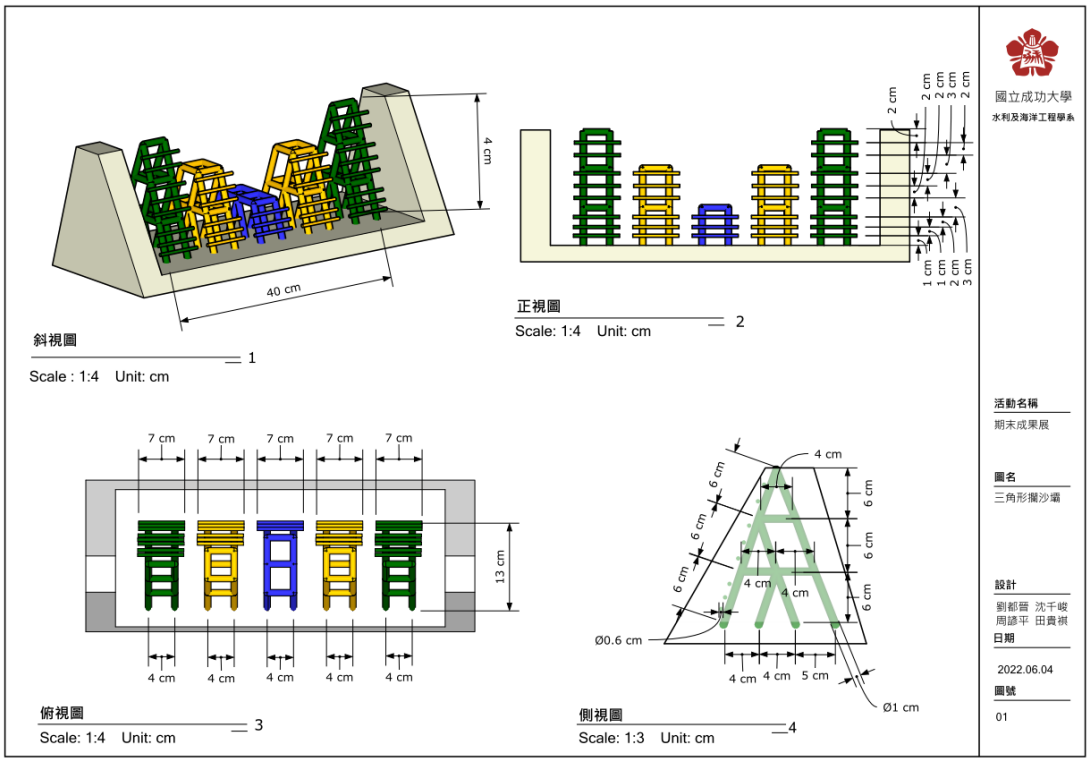


圖 4-85 第 5 組設計之兩種可調式鋼管壩(111 年度)。



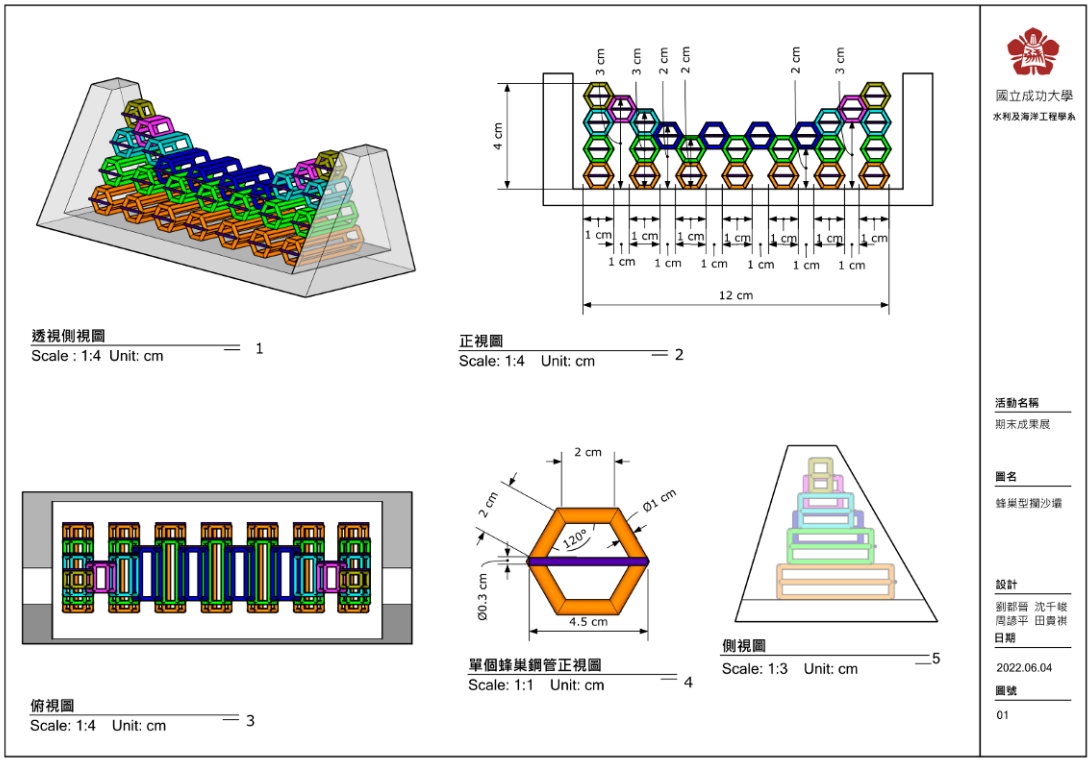


圖 4-86 第 6 組設計之兩種可調式鋼管壩(111 年度)。

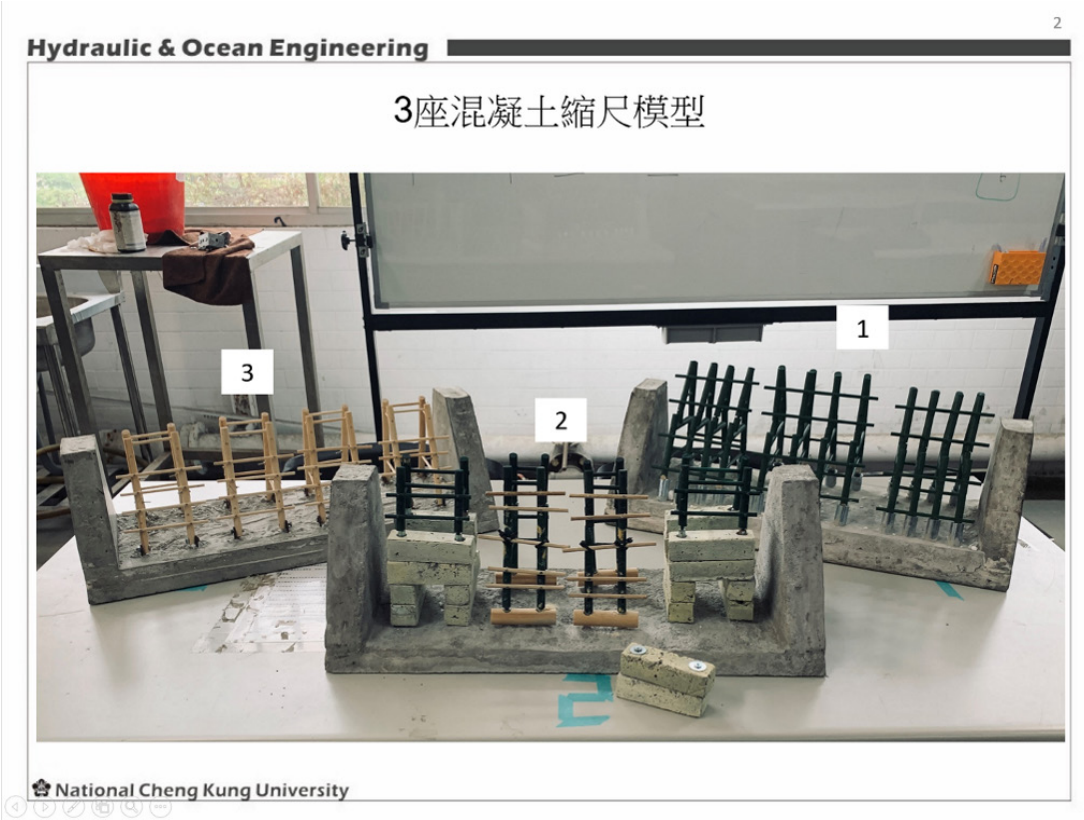


圖 4-87 實驗使用之 3 座可調式鋼管壩之混凝土縮尺模型(111 年度)。

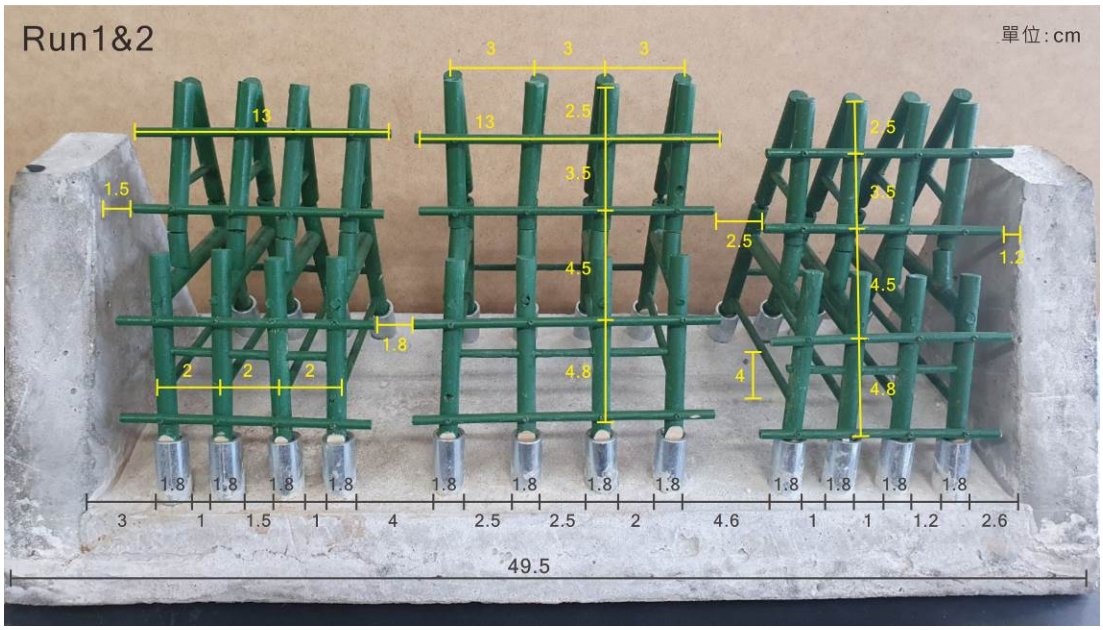


圖 4-88 第 1 組實驗之鋼管壩間距配置(111 年度)。

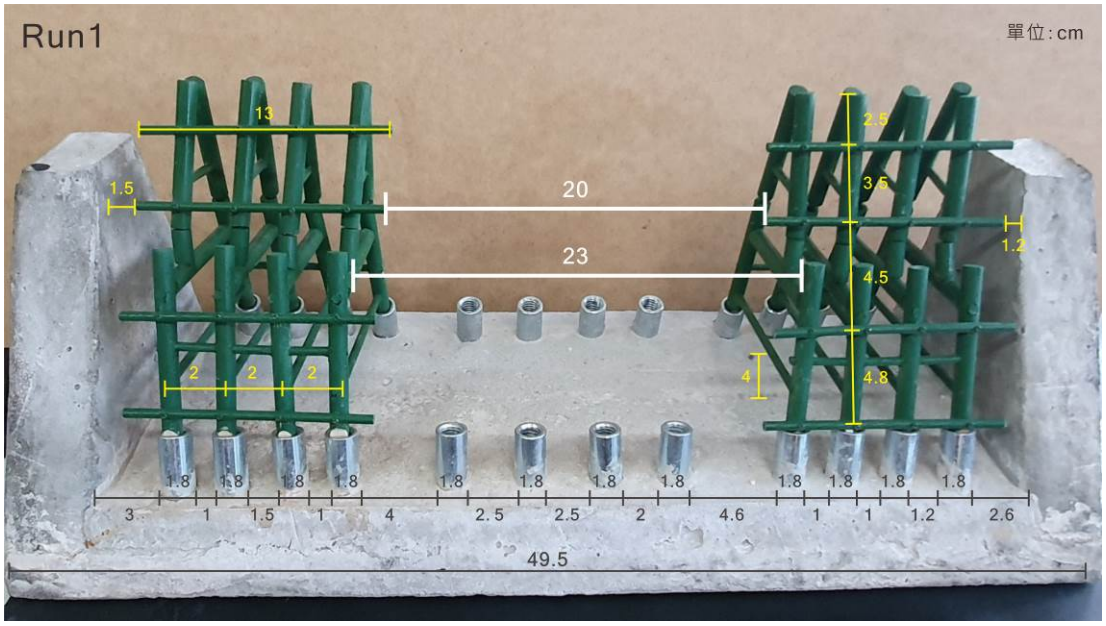


圖 4-89 第 1 組實驗拆壩後之間距(111 年度)。

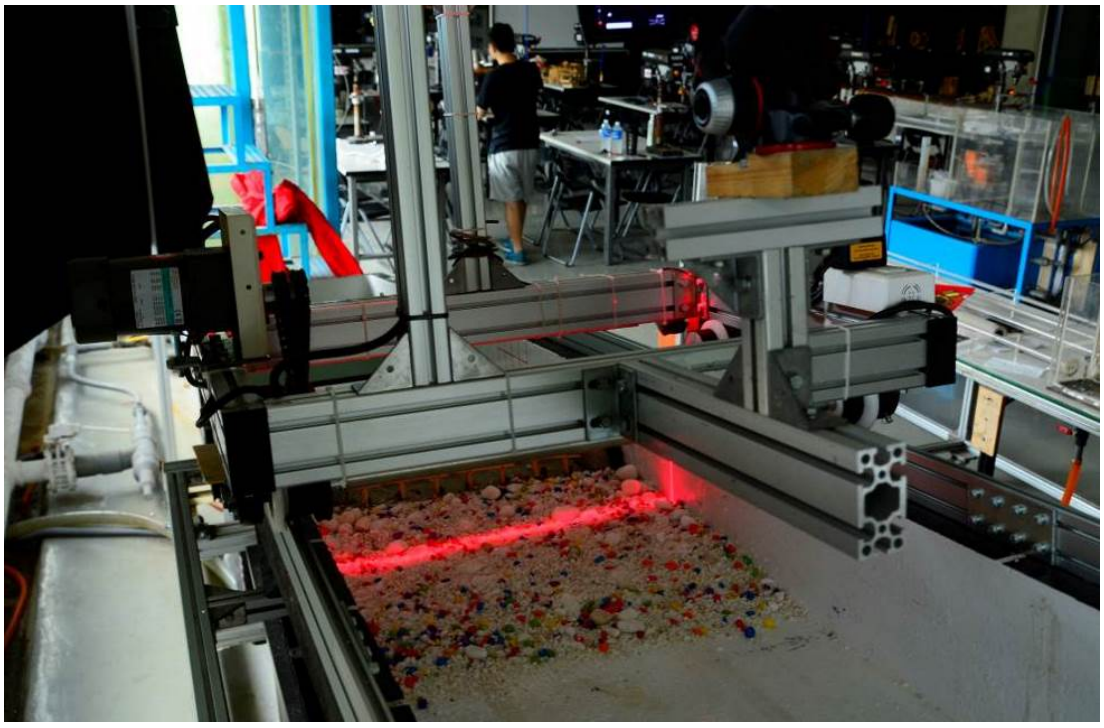


圖 4-90 本計畫建置之移動式雷射地形掃描系統(111 年度)。

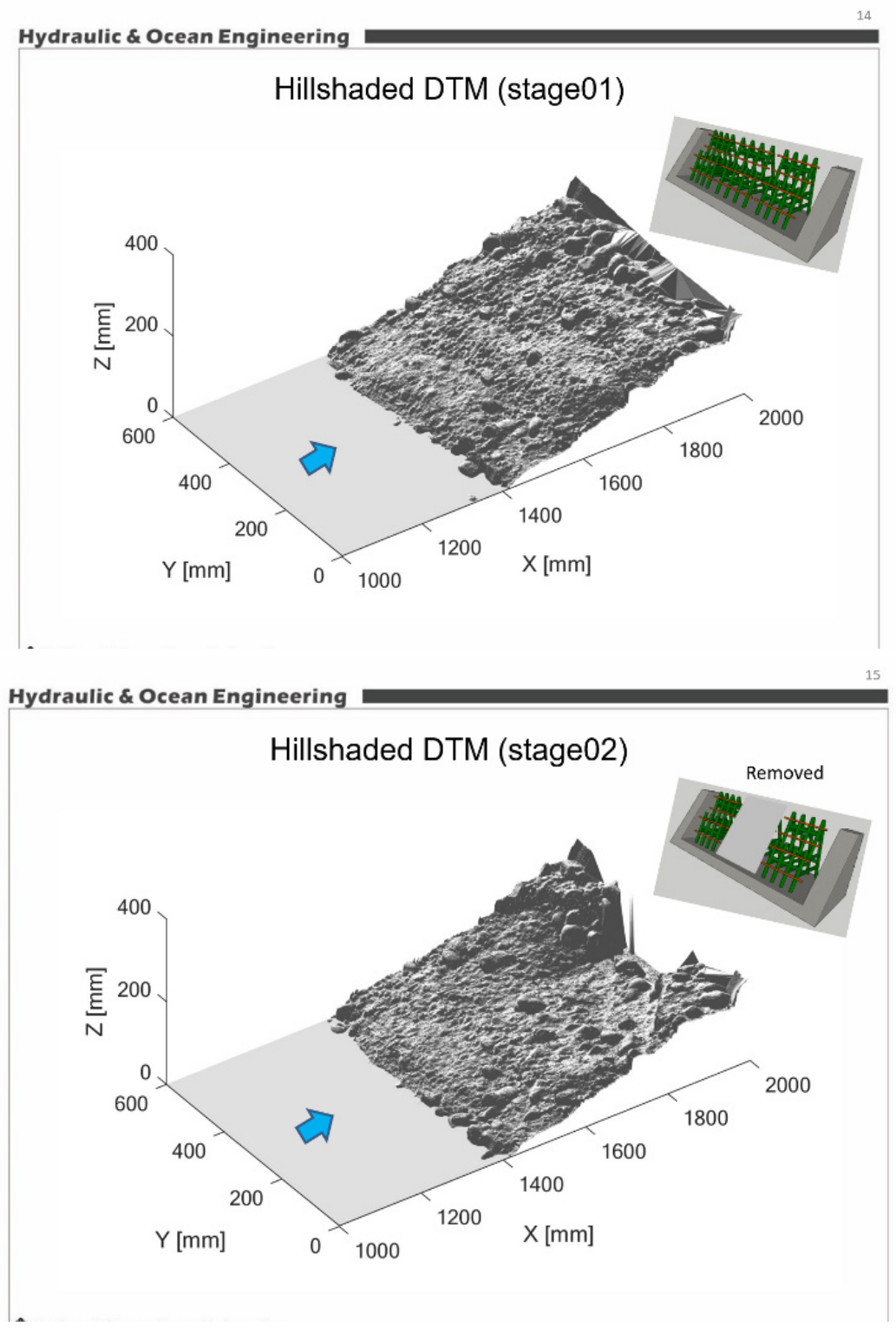


圖 4-91　第 1 組實驗之起始地形、淤滿後之地形及拆壩後之地形(111 年度)。

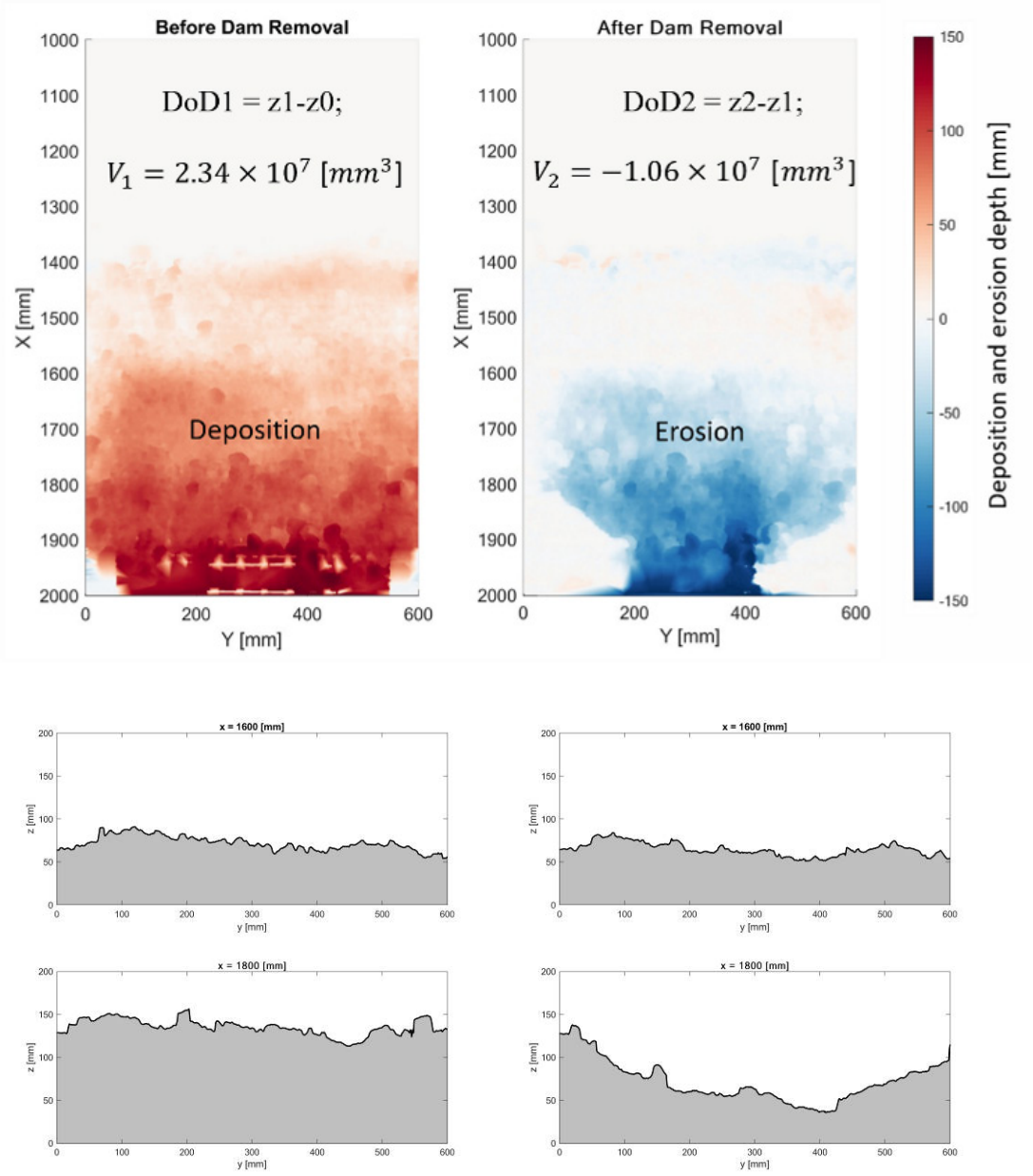


圖 4-92 (上) 第 1 組實驗之起始地形到淤滿後之泥沙體積變化及淤滿到拆壩後之泥沙體積變化；(下) 於 x = 1600 mm 及 x = 1800 mm 測得之橫斷面，展示出拆壩後泥沙被水流大幅帶走(111 年度)。

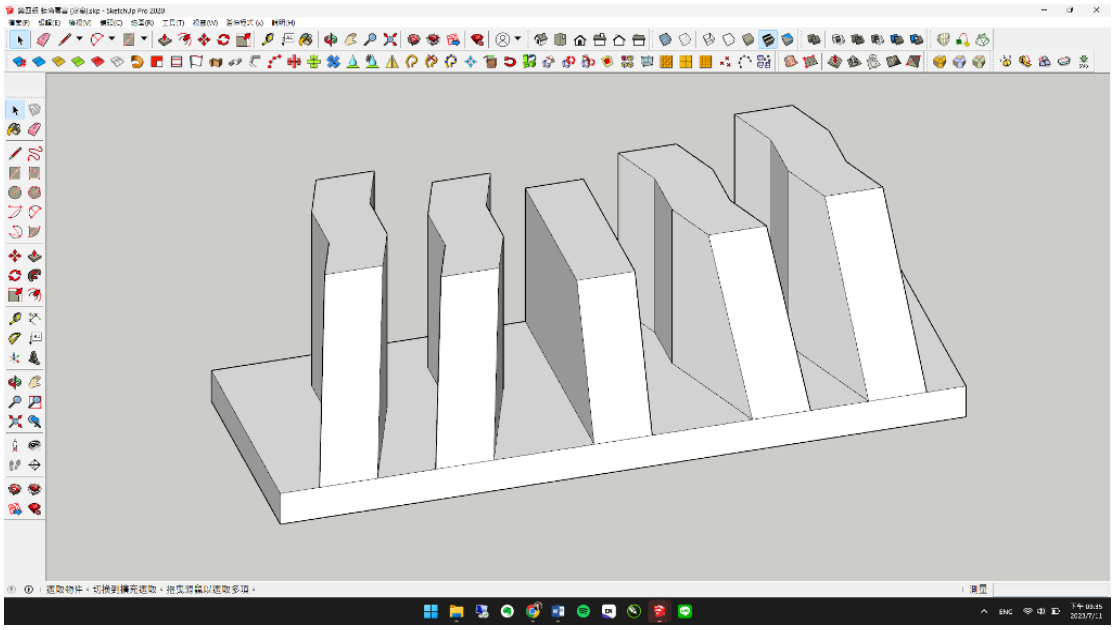


圖 4-93 第 4 組之設計作品(112 年度)。



圖 4-94 第 3 組及第 4 組完成之混凝土縮尺模型(112 年度)。

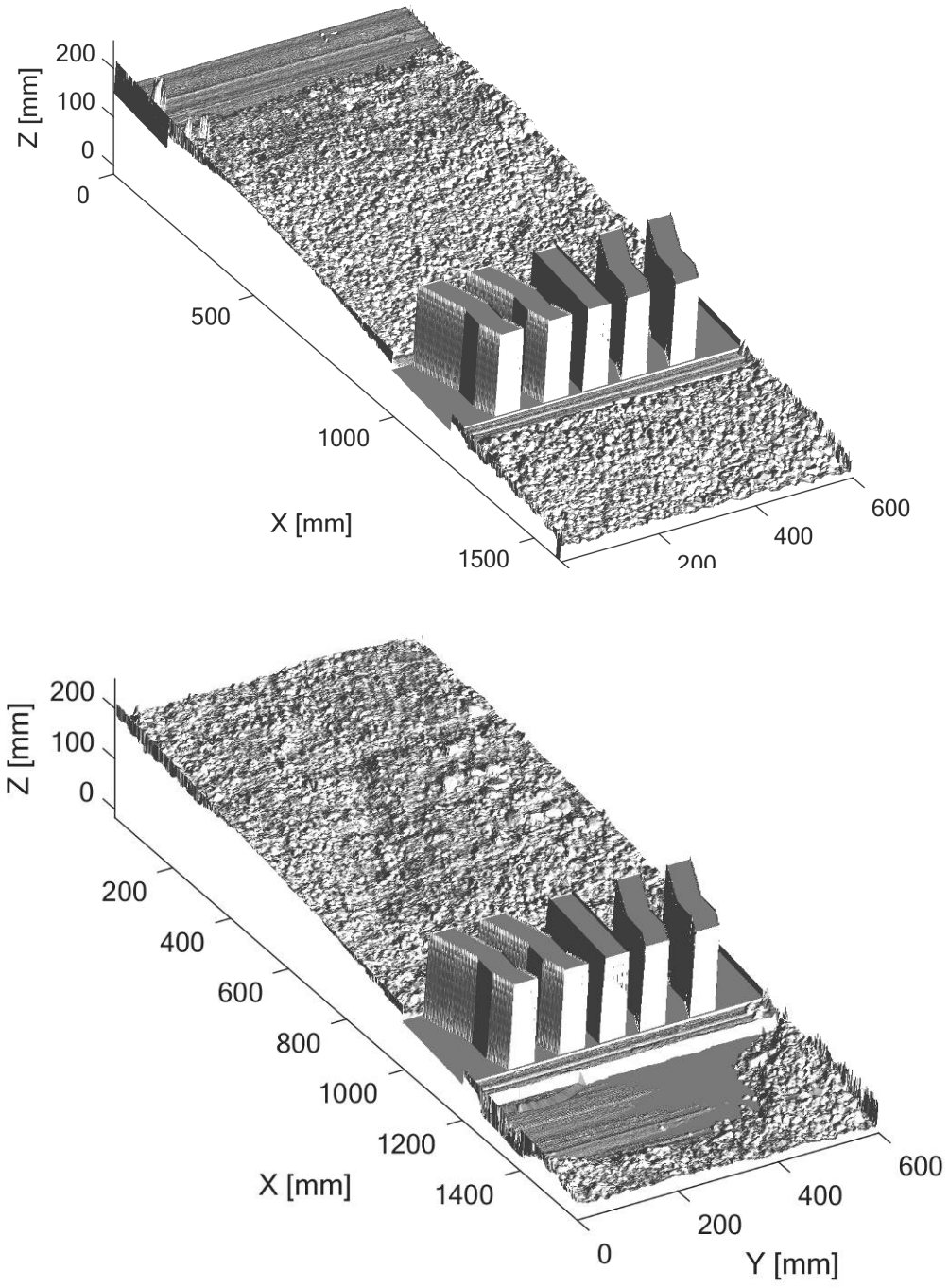


圖 4-95　第 4 組實驗沖淤前後之實測地形(112 年度)。

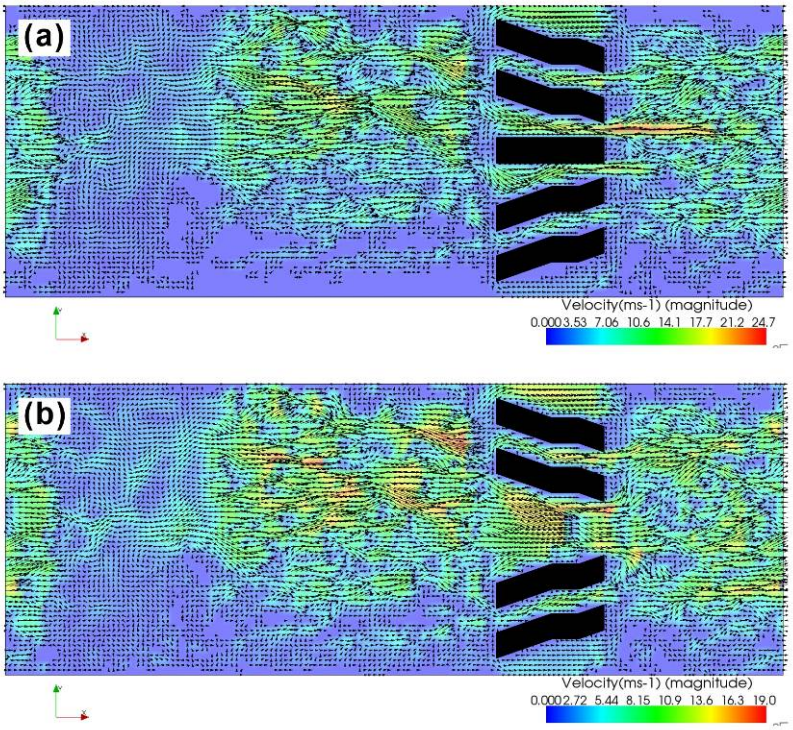


圖 4-96　第四組模擬之速度分布圖。(a) 拆壩前；(b) 拆壩後。(112 年度)。

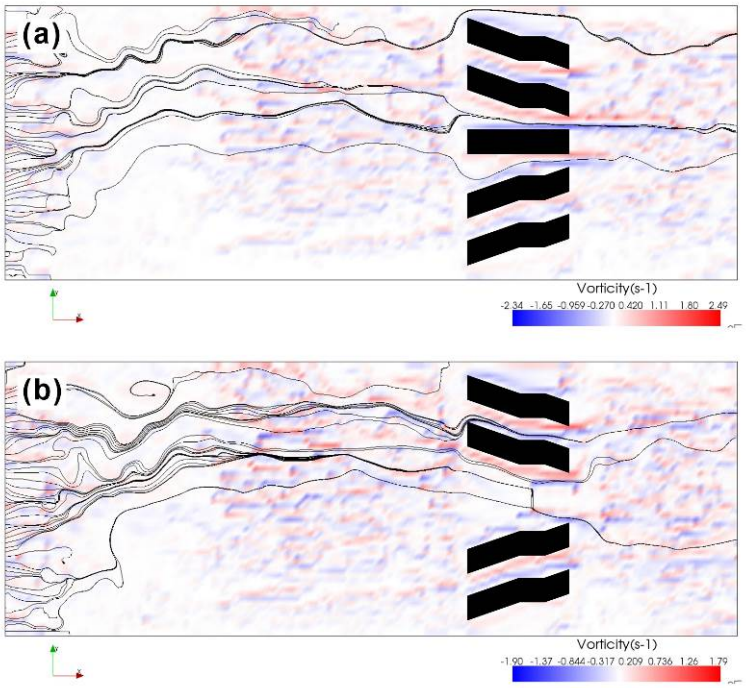


圖 4-97　第四組模擬之渦度及流線分布圖。(a) 拆壩前；(b) 拆壩後。(112 年度)。

歷年之學生反饋

108 至 111 學年下學期河工學之教學意見反應調查表如圖 4-98 至圖 4-105 所示。學生反應皆非常正面，也喜歡這樣的教學模式。 本人也有幸獲得 110 學年度國立成功大學教學優良教師(校級獎)。

雖然教學實作課程相當有意義，也可以讓學生更了解水土保持之相關觀念和議題，但是這類型的課程會耗費本人大量的精力去帶領學生創新實作。因此，112 學年度下學期本人將停開河工學 1 至 2 年。但是，本人還是會持續研提農業部農村發展及水土保持署之創新研究計畫，但是改以基礎應用研究為主題。

國立成功大學期末教學意見反應調查結果表

學年度　：108　　學期：下　　開課班級：水利系

科目名稱：河工學　　系所序號：E8　　選課人數：20

教師姓名：賴悅仁　　回收問卷：10

教學面向結果：

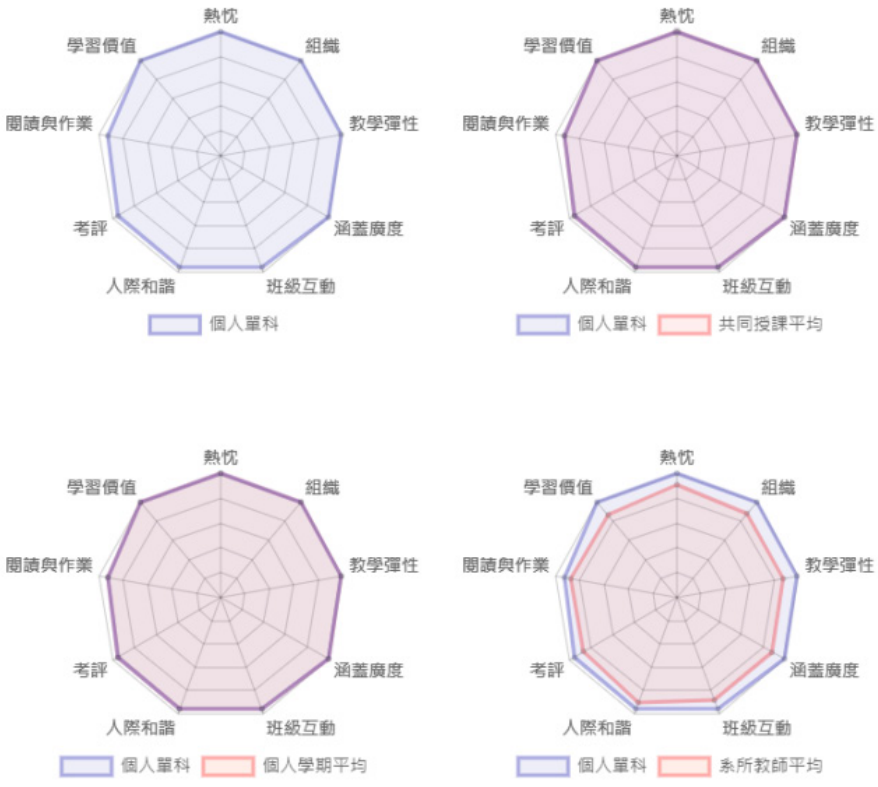


圖 4-98 河工學之期末教學意見反應調查表 (108 年度)。

國立成功大學教學意見反應調查-學生學習成效自評結果

學年度　：108　　學期：下　　開課班級：水利系

科目名稱：河工學　　系所序號：E8　　選課人數：20

教師姓名：賴悅仁　　回收問卷：10

核心能力結果：						
學生獲得以下能力或素養...	(a)非常同意	(b)同意	(c)尚可	(d)不同意	(e)非常不同意	(f)無法作答
工程倫理	90%	0%	10%	0%	0%	0%
發掘、分析及處理問題的能力。	80%	20%	0%	0%	0%	0%
認識時事議題，瞭解工程技術對人，環境、社會及全球的影響，並培養持續學習的習慣與能力。	90%	10%	0%	0%	0%	0%
執行水利及海洋工程實務所需技術、法規及使用工具之能力。	80%	20%	0%	0%	0%	0%
水利及海洋工程系統設計、施工與維護管理之能力。	80%	10%	10%	0%	0%	0%

圖 4-99 河工學之學生學習成效自評表 (108 年度)。

國立成功大學期末教學意見反應調查結果表

學年度 ：109　　學期：下　　開課班級：水利系

科目名稱：河工學　　系所序號：E8　　選課人數：32

教師姓名：賴悅仁　　回收問卷：11

教學面向結果：

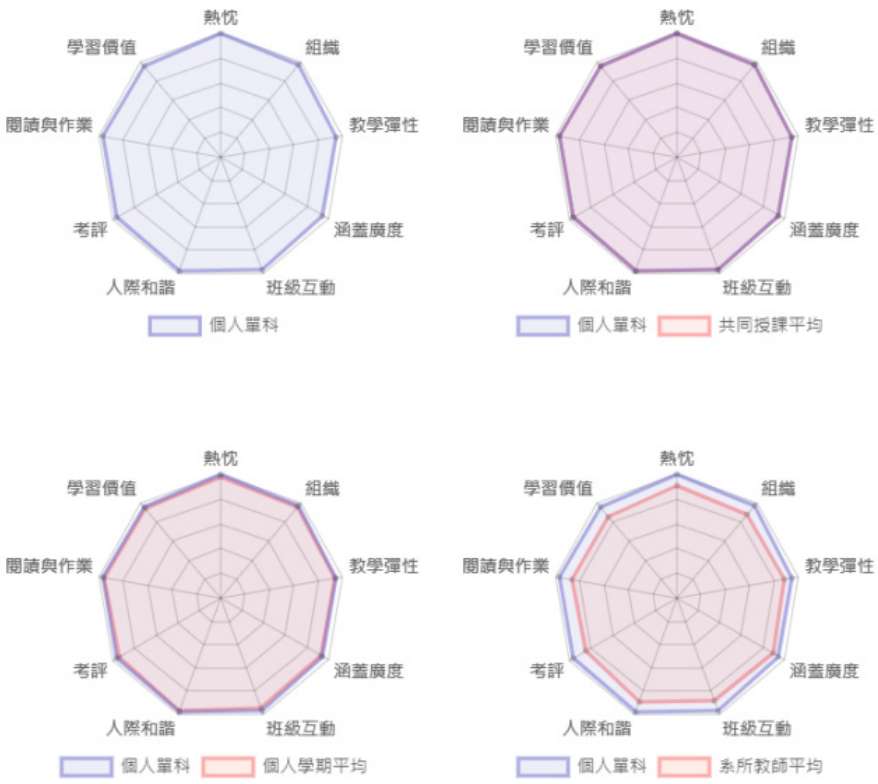


圖 4-100 河工學之期末教學意見反應調查表 (109 年度)。

國立成功大學教學意見反應調查-學生學習成效自評結果

學年度　：109　　學期：下　　開課班級：水利系

科目名稱：河工學　　系所序號：E8　　選課人數：32

教師姓名：賴悅仁　　回收問卷：11

核心能力結果：

學生獲得以下能力或素養...	(a)非常同意	(b)同意	(c)尚可	(d)不同意	(e)非常不同意	(f)無法作答
工程倫理	64%	36%	0%	0%	0%	0%
發掘、分析及處理問題的能力。	64%	36%	0%	0%	0%	0%
認識時事議題，瞭解工程技術對人，環境、社會及全球的影響，並培養持續學習的習慣與能力。	73%	27%	0%	0%	0%	0%
跨領域知識的結合	73%	27%	0%	0%	0%	0%
跨領域人才的合作	55%	36%	9%	0%	0%	0%
實務操作	64%	27%	9%	0%	0%	0%
與社會需求結合	45%	45%	9%	0%	0%	0%
引入前沿科技研究	91%	9%	0%	0%	0%	0%
執行水利及海洋工程實務所需技術、法規及使用工具之能力。	64%	36%	0%	0%	0%	0%
水利及海洋工程系統設計、施工與維護管理之能力。	64%	27%	9%	0%	0%	0%

圖 4-101 河工學之學生學習成效自評表 (109 年度)。

國立成功大學期末教學意見反應調查結果表

學年度 ：110　　學期：下　　開課班級：水利系

科目名稱：河工學　　系所序號：E8　　選課人數：29

教師姓名：賴悅仁　　回收問卷：7

教學面向結果：

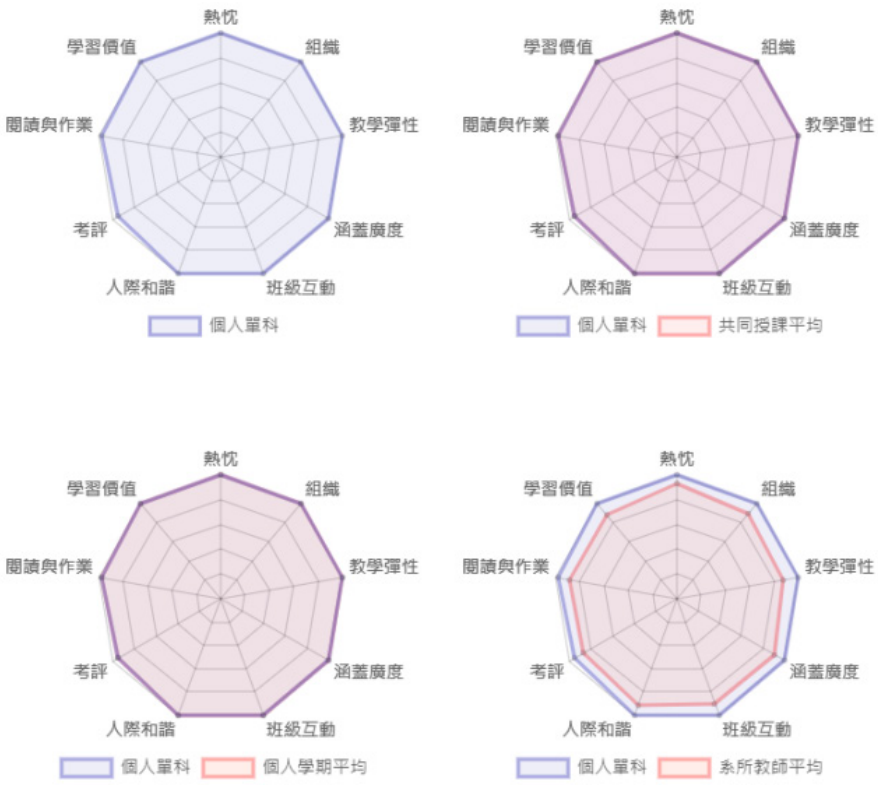


圖 4-102 河工學之期末教學意見反應調查表 (110 年度)。

國立成功大學教學意見反應調查-學生學習成效自評結果

學年度　：110　　學期：下　　開課班級：水利系

科目名稱：河工學　　系所序號：E8　　選課人數：29

教師姓名：賴悅仁　　回收問卷：7

核心能力結果：						
學生獲得以下能力或素養...	(a)非常同意	(b)同意	(c)尚可	(d)不同意	(e)非常不同意	(f)無法作答
工程倫理	71%	0%	14%	0%	0%	14%
發掘、分析及處理問題的能力。	86%	14%	0%	0%	0%	0%
認識時事議題，瞭解工程技術對人，環境、社會及全球的影響，並培養持續學習的習慣與能力。	86%	14%	0%	0%	0%	0%
跨領域知識的結合	71%	29%	0%	0%	0%	0%
跨領域人才的合作	71%	29%	0%	0%	0%	0%
實務操作	43%	43%	0%	0%	0%	14%
與社會需求結合	43%	43%	0%	0%	0%	14%
引入前沿科技研究	71%	29%	0%	0%	0%	0%
執行水利及海洋工程實務所需技術、法規及使用工具之能力。	57%	43%	0%	0%	0%	0%
水利及海洋工程系統設計、施工與維護管理之能力。	57%	29%	14%	0%	0%	0%

圖 4-103 河工學之學生學習成效自評表 (110 年度)。

國立成功大學期末教學意見反應調查結果表

學年度 ：111　　學期：下　　開課班級：水利系

科目名稱：河工學　　系所序號：E8　　選課人數：38

教師姓名：賴悅仁　　回收問卷：10

教學面向結果：

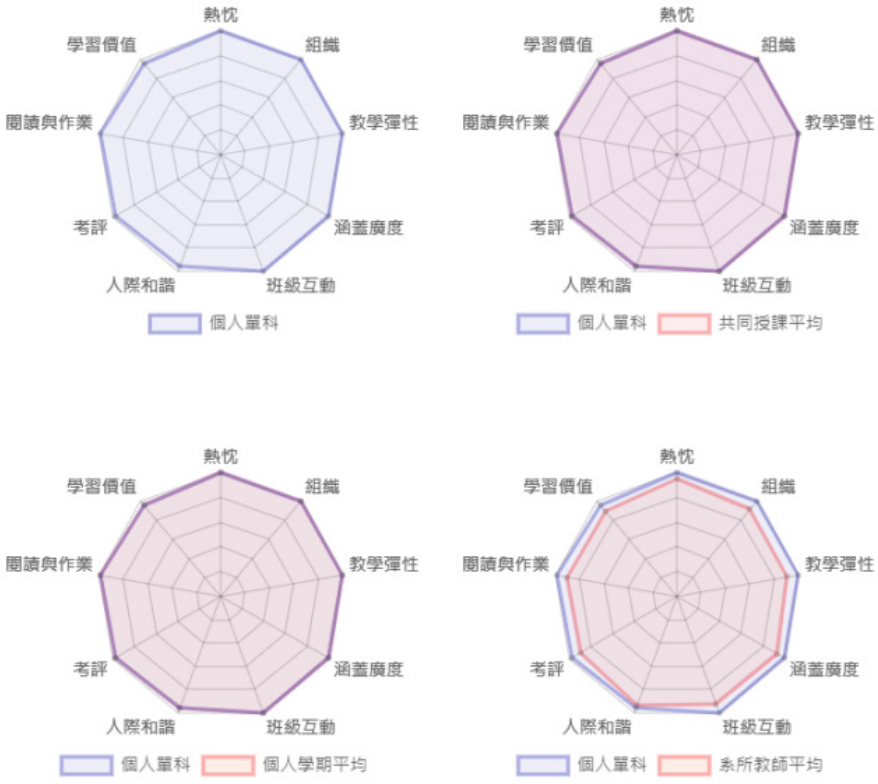


圖 4-104 河工學之期末教學意見反應調查表 (111 年度)。

國立成功大學教學意見反應調查-學生學習成效自評結果

學年度　：111　　學期：下　　開課班級：水利系

科目名稱：河工學　　系所序號：E8　　選課人數：38

教師姓名：賴悅仁　　回收問卷：10

核心能力結果：						
學生獲得以下能力或素養...	(a)非常同意	(b)同意	(c)尚可	(d)不同意	(e)非常不同意	(f)無法作答
工程倫理	80%	10%	10%	0%	0%	0%
發掘、分析及處理問題的能力。	90%	10%	0%	0%	0%	0%
認識時事議題，瞭解工程技術對人，環境、社會及全球的影響，並培養持續學習的習慣與能力。	100%	0%	0%	0%	0%	0%
跨領域知識的結合	100%	0%	0%	0%	0%	0%
跨領域人才的合作	80%	20%	0%	0%	0%	0%
實務操作	90%	0%	10%	0%	0%	0%
與社會需求結合	80%	10%	10%	0%	0%	0%
引入前沿科技研究	100%	0%	0%	0%	0%	0%
執行水利及海洋工程實務所需技術、法規及使用工具之能力。	90%	0%	10%	0%	0%	0%
水利及海洋工程系統設計、施工與維護管理之能力。	90%	10%	0%	0%	0%	0%

圖 4-105 河工學之學生學習成效自評表 (111 年度)。

五、結論及建議

第一節　結論

本計畫以透過創意實作教學模組，引導學生開發新型態之防砂壩，以增加模組化防砂壩之多樣性，並讓學生從模型實作中，體會水流、土砂、水工結構物三者之間的互動關係。課程使用成大水利系之創客空間，分成 6 組進行(總人數為 39 人)，學生學習繪製經典之可調式防砂壩之 3D 模型、製作混凝土縮尺模型、執行動床水槽實驗、實際測量地形、建置高解析度之數位高程模型、使用 iRIC 之 Nays2DH 模組進行數值模擬。透過本計畫能持續培育出更多創客，投入水土保持領域，點燃學生對於「水土保持」及「土石流防災」的重視與熱情，達到創新水土保持教育宣導之實質目的。本計畫研發之成果及實作經驗皆可提供水保局相關單位進行教育訓練。目前計畫按照規劃進度執行，已蒐集到具體案例，並整理製作出相關教材。

第二節　建議

建議未來相關之課程模組，可參考本次計畫之執行成效，檢討後予以精進，例如：活動次數、實作時間、耗材準備、實驗量測及數值模擬等。未來若能有機會參訪水保局獲獎之防砂壩工程或是正在執行

中之防砂壩工程，了解實際之工程，將有助於更精確設計縮尺模型及研究主題，也將有助於提升學生之學習動機。

另外，將物理實驗結合 iRIC 軟體之 Nays2DH 模組(甚至是 Nays3D 模組)應用到水土保持設施，以模擬規劃之流深、流速、渦度、福祿數、顆粒軌跡等水理重要參數，是具有相當程度的應用價值。未來，應考慮研提相關計畫進行更深入的研究，包含: 動床、泥沙粒徑、三維水流、受力分布等。

參考文獻

1. 行政院農業委員會水土保持局，(2017)，「水土保持手冊」。
2. 行政院農委會水土保持局，(2019)，水土保持單元叢書 01。
3. 行政院農委會水土保持局，(2019)，水土保持單元叢書 02。
4. 行政院農委會水土保持局，(2020)，水土保持單元叢書 03。
5. 陳樹群、邱渝方，(2019)，「會呼吸的防砂壩」，科學發展 2019(8)，560:56-62。
6. 許中立，(2021)，「知本溪調整型鋼構壩調整案例」，調整型防砂壩新思維研討會。
7. 張國欽，(2021)，「嘉義阿里山巴沙娜橋上下游野溪土砂調整案例分析」，調整型防砂壩新思維研討會。
8. 許文奕，(2021)，「北港溪集水區第 5 期國有林地整治工程」，調整型防砂壩新思維研討會。

附錄

附錄一、期中審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
1	貴校所提期中報告書，經書面審查通過，同意撥付第2期款，審查意見請納入期末報告書回應，並於112年11月13日前函送期末報告書5份，俾利辦理期末審查作業。	感謝貴局同意撥付第 2 期款，以下針對審查委員提問，逐一回覆。
2	本研究配合教學之計畫，已經進行第三年，請詳述以前年度之教學方式、學生反饋情形、所獲得之結果應用於工程設計之比率、效果等。	謝謝委員的意見。本人已將 109、110 及 111 年度之教學方式及學生反饋皆納入本期末報告，如第四章，第三節(p.4-54)。至於委員提及「所獲得之結果應用於工程設計之比率、效果等。」，本人如實回覆是 0。因為本創新研究計畫之執行方式是「以教學導向進行水保創新」，而非有特定水保分局之實際案例當對象，可以讓我們將創新的點子實際應用到工程案例之中。 當然，若能有特定單位能讓我們把學生創新的點子實際應用到現地，這會是最理想的終極目標。但是，執行面會遇到環境調查、結構強度、經費發包及施工品質等複雜實務問題。本創新教學導向之計畫無從回覆應用於工程設計之比

項次	審查意見	回覆辦理情形
		率和效果之執行情形。本人也無農水署補助之大型計畫可以將學生的設計應用到現地案例之中。
3	附錄一期初審查意見回復情形內容空白，應詳細說明。	由於當時本計畫直接核定通指定金額，只被要求上申請系統修正金額。因此無法針對審查意見進行詳細說明。
4	本計畫帶領同學瞭解可調式防砂壩功能，進行引起同學創意發想值得鼓勵。	謝謝委員的鼓勵。
5	建議將累積研究成果(同學創意設計型式)彙整，以提供本署參考。	謝謝委員的建議。本人已將過去這三年之研究成果彙整於第四章，第三節，p.4-54。本人相當希望可以拉近教學創新與工程實務之間的距離。若能將學生的設計點子，按照專業設計流程及施工步驟於現地中實踐，就算實現了本教學創新之終極目標，也讓學生的參與更有意義。

項次	審查意見	回覆辦理情形
6	本計畫係學生製作6組混凝土防砂壩縮尺模型進行水槽試驗，與計畫名稱「可調式鋼管壩」明顯不符。	謝謝委員的意見。未來本人會在研究題目上更加謹慎用字，應該以更廣義的「防砂壩」較適合本研究內容，在應用上也更具彈性。 使用「可調式鋼管壩」之其一目的是希望延續前三年的研究題目。之前我們確實是針對「可調式鋼管壩」進行縮尺模型的研發與實驗。但是今年之執行內容，考量使用的數模模式為 iRIC 之 Nays2DH，是一套「二維平面」之數模軟體。在模擬方面，無法模擬三維空間結構複雜之「鋼管壩」。 因此，在同時考量實驗和數模可以比較的情境下，本人與學生在課程中共同討論後，希望將「可調式鋼管壩」再簡化成「混凝土梳子壩」來進行縮尺模型的建置及水槽實驗。然後，在透過數模模式來模擬拆除部分梳柱之後，對於水流之影響。以彌補無法直接在實驗中拆壩的效果。 針對實驗中進行拆壩的實驗，我們已在 111 年的成果報告中呈現。今年的計畫因為加入了數模模擬，在折衷考量之後，才會有目前的成果。當然，未來建議能將實驗與數模的比較做得更加完善，或改以研究生執行之基礎研究為主。

項次	審查意見	回覆辦理情形
7	該計畫針對學生製作防砂壩縮尺模型，僅進行一次水槽實驗，並未對壩體進行拆解做進一步實驗，此實驗與「可調式」並無關聯。	謝謝委員的建議，本計畫係以「實驗」及「數模」為研究方法。雖然在實驗部分，因為是使用混凝土模型實驗，無法進行實際的拆壩。但是，在數模的部份，我們以 iRIC 模擬拆除部分梳柱的效果，以達到「可調式」的作用。經過比較拆壩前後之水深、流速、渦度等變化，希望能彌補實驗中之執行困難。
8	既然該計畫係探討防砂壩對野溪及棲地演變之影響，應選擇一條溪流進行實際調查及縮尺試驗，以了解各種類型可調式防砂壩對於野溪棲地演變可能的影響。	謝謝委員的建議，本計畫係以實驗及數模為研究方法，野溪現地調查並非本人之專業。未來本人會在研究題目上更加謹慎用字。本人在第四章第 2 節，第 4 點，已新增 iRIC 模擬之水深、流速、顆粒運動及渦度等成果，以模擬拆壩前後之差異。希望透過數模來補充說明水流特性對棲地之影響。例如: 流速及渦度分布的改變都可能對棲地有影響。
9	該計畫水槽實驗後對於野溪及棲地演變，只有實驗前後的地形照片而未進一步分析，另 p4-25 第5組實驗後，針對左邊無淤積部分亦請再說明。	謝謝委員的建議。本人已在第四章第 2 節第 3 點(p.4-27)增加說明。在實驗中，各組學生是以手動加沙的方式將桶裝砂材倒入水槽之中，因此會產生供沙不均之現象，在此說明。

項次	審查意見	回覆辦理情形
10	為因應機關組織改造，機關名稱修正為「農業部農村發展及水土保持署」，報告書封面及內文等請依本署最新範本格式撰寫，相關範本檔案請至本署電子圖書管理中心下載(https://elibrary.ardswc.gov.tw)	已按照指示處理。