

重大土砂災害集水區工程擴增實境管理
系統擴充精進
**Augmented reality system development for
construction management in major
sediment disaster watershed**
成果報告書

執行單位：國立高雄科技大學營建系

執行期間：108 年 02 月 20 日至 108 年 12 月 31 日

計畫主持人：盧之偉 教授

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 108 年 12 月

(本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考)

重大土砂災害集水區工程擴增實境管理系統擴充精進

摘要

本計畫正發展一套利用建築資訊模型和擴增實境技術的綜合新技術，目標在降低以往於工程施作時發現設計與現地狀態不符，或設計結果不如預期而產生變更設計等問題；並可於工程設計階段進行設計變更後，方便材料及造價估算重新進行計算，以及不同年度之工程設施綜合工程管理；甚至於工程施作完成後，將可以客觀藉由現地量測數據與分析模式加以驗證並可進行水保工程效益的評估。本年度將藉由混合實境技術以及新的電子硬體強化虛擬定位之準確性以及視覺性，將擴大資料庫的資料，並且建議一套水保工程物之 BIM 格式之標準化格式。

關鍵詞：建築資訊模型、擴增實際技術、營建管理、電腦科技

Augmented reality system development for construction management in major sediment disaster watershed

Abstract

This project is focused on developing a new technique that incorporated with BIM and AR for the purposes that including to diminish a gap between the design phase and the construction phase, provide a convenient re-calculation tool for the construction cost, to evaluate effect of the construction work, and in the meanwhile, also provide validation evidence for the construction work. A particular attention will be paid on incorporating Mixed Reality Technique and the latest electronic hardware that is able to position more accurately and provide a better visional environment as well as expand the data base of the Building Information Modeling for the construction and suggest a standard format for the work.

**Keywords : Building Information Modeling, Virtual Reality, Project
management, Computer technique**

目次

摘要	I
ABSTRACT	III
目次	V
表次	VII
圖次	IX
第一章 緒論	1-1
第一節 計畫概述.....	1-1
第二節 前期計畫已完成之重要計畫成果摘要.....	1-2
第三節 本計畫擬解決問題.....	1-4
第四節 計畫目標.....	1-4
第五節 工作項目	1-5
第二章 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.....	2-3
第三章 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	3-1
第四章 結論與建議	4-1

參考文獻.....	參-1
-----------	-----

附錄.....	附-1
---------	-----

附錄一、期初審查會議紀錄暨回覆辦理情形.....	附-1
--------------------------	-----

附錄二、期中報告書審查會議紀錄暨回覆辦理情形.....	附-7
-----------------------------	-----

附錄三、期末報告書審查會議紀錄暨回覆辦理情形.....	附-11
-----------------------------	------

表次

表 2-1、蒐集水保局分局工程模型	2-4
表 2-2、BIM 建築模型五階段 LOD 一覽表	2-21
表 2-3、水保工程常用材料表	2-25
表 3-1、工作進度甘特圖	3-1
(以下略)	

圖次

圖 2-1 前期計畫集水區場景資料庫建置畫面	2-3
圖 2-2 鋼板樁護岸模型圖	2-5
圖 2-3 鋼板樁模型細部圖樣	2-6
圖 2-4 混凝土砌石護岸模型圖	2-7
圖 2-5 挑流工模型圖	2-8
圖 2-6 梳子壩模型圖	2-9
圖 2-7 花蓮分局-羅山村文山二號農路設施改善修復工程	2-10
圖 2-8 台南分局-九龍宮後方野溪整治工程	2-11
圖 2-9 台北分局-清石道路 5.5K 下方崩塌地處理工程”防砂設施”	2-12
圖 2-10 台北分局-清石道路 5.5K 下方崩塌地處理工程”固床工”	2-12
圖 2-11 台中分局-殺豬崎農路改善工程”擋土牆暨 L 溝”	2-13
圖 2-12 台中分局-殺豬崎農路改善工程”擋土牆”	2-13
圖 2-13 台中分局-殺豬崎農路改善工程”擋土牆”	2-14
圖 2-14 台中分局-殺豬崎農路改善工程”靜水池”	2-15
圖 2-15 台中分局-殺豬崎農路改善工程”截水溝”	2-16
圖 2-16 南投分局-鹽館坑溝整治工程	2-17
圖 2-17 台東分局-紅葉紅谷橋野溪復建二期工程	2-18
圖 2-18 台南分局-大崙頂崩塌擋土改善工程	2-19
圖 2-19 現有 AUTO CAD 平面圖檔	2-22
圖 2-20 擠出功能	2-23
圖 2-21 擠出成 3D 立體圖	2-23
圖 2-22 材料瀏覽器	2-24
圖 2-23 套用材料性質	2-24

圖 2-24 元件成果.....	2-25
圖 2-25 博通 BCM47755 的 GPS 晶片.....	2-27
圖 2-26 實際路線軌跡記錄的結果.....	2-28
圖 2-27 地形模型展示範圍切割示意圖.....	2-29
圖 2-28 花蓮分局羅山村文山二號農路設施改善修復 3D 建模成果圖	2-30
圖 2-29 台南分局九龍宮後方野溪整治工程 3D 建模成果圖.....	2-30
圖 2-30 台東分局紅葉紅谷橋野溪復建二期工程-A 線段 3D 建模成 果圖	2-31
圖 2-31 南投分局鹽館坑溝整治工程 3D 建模成果圖.....	2-31
圖 2-32 3D 模型 WEB 管理介面 BIM 模型上架成果圖.....	2-32
圖 2-33 SLAM 地圖特徵定位及位置姿態展示畫面	2-33
圖 2-34 使用手機 GPS 定位及位置姿態展示 3D 模型之 APP 畫面	2-34
圖 2-35 使用 SLAM 地圖特徵定位及位置展示 3D 模型之 APP 畫面	2-35
圖 2-36 台北分局清石道路 5.5K 下方崩塌地處理工程 3D 模型展示成 果畫面	2-36
圖 2-37 台南分局大崙頂 3D 模型展示成果畫面	2-37

(以下略)

第一章 緒論

第一節 計畫概述

107 年度已建置來社溪集水區實境場景，為後續擴充既有之集水區工程模型，本計畫將蒐集各分局之大規模崩塌集水區之工程模型(或 2D 設計圖)與地形模型，及其建置方法流程(各分局至少蒐集一處)。

近年來，國際上普遍性在營建工程領域中逐漸採用地建築資訊模型技術，國內將BIM技術逐漸被導入及應用於大型專案工程中，BIM概念主要是期望將建築工程中圖形與非圖形資訊整合於資料模型中，而這些資訊不只是可以應用於設計施工階段，亦可以應用於完工後管理、效益評估等等。而建築資訊模型展示的方式主要以3D模型為基礎，再結合營建工程專案等各種相關資訊的工程資料模型，用以支援營建工程的整合管理，如此一來，可以顯著提高營建工程進行中的效率並大量降低風險。因BIM資訊模型橫跨建築、土木及水利機電等工程，包含3D幾何模型、規範、性質、材料及尺寸位置、數量、以及可結合地理拓撲資訊及周遭環境狀況；於營建生命週期在各階段中，若進行變更改設計，各階段其所影響的時間與成本間比重程度。在設計之初即能積極導入BIM技術，預料可及早了解工程未來可能發生問題，及早解決，並減少日後施工階段變更設計問題，提高營建工程進行中的效率並大量降低風險。台灣土木工程界一些較大型的顧問公司如台灣世曦等皆將BIM技術納入其專案管理之中，以強化介面複雜的工程之各項介面之連結，也都已經有一些不錯的成果。因此本計畫首先突出利用BIM技術應用在水保工程的計畫專案上，以發揮其上述之

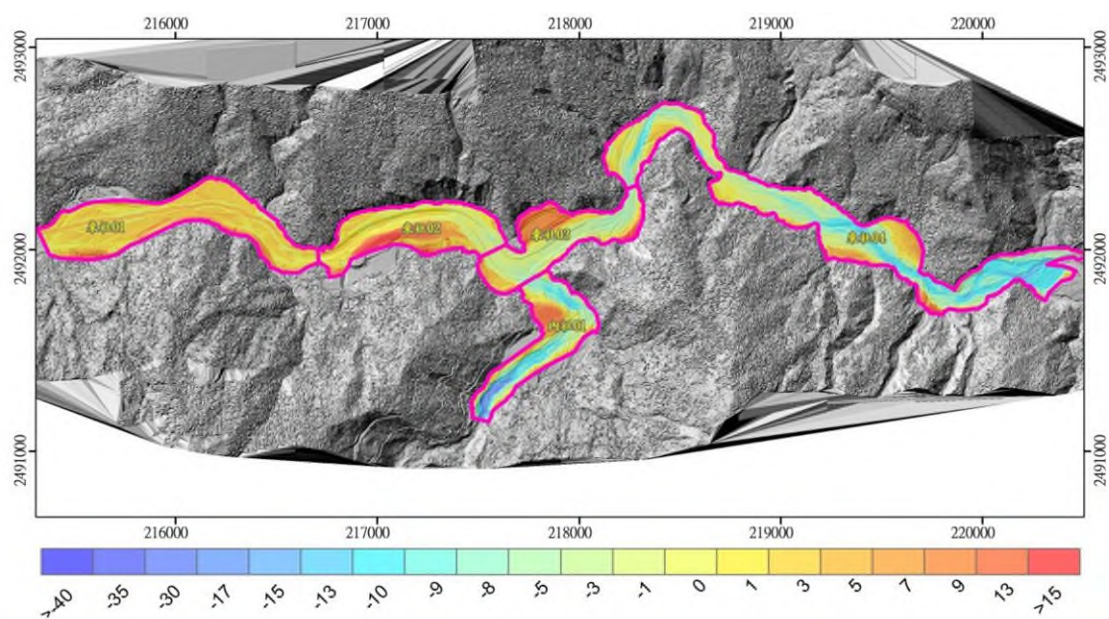
優勢，接著採用擴增實境的技術，將3D的工程影像與現地狀態相互結合，在成果呈現尚有一個良好的平台可供使用者討論。

而擴增實境(AR)，是利用一種實地即時計算攝影機影像的位置及角度，並加上相對映的圖像技術，這種技術的目標是在螢幕上將虛擬世界套用在現實世界並進行互動，而隨著隨身電子產品運算能力提升，預期擴增實境的用途將會越來越廣；本計畫則是擬定這 AR 使用技術將第一階段 BIM 的數位化成果視覺化，使得使用者能更親切的與實體環境與數位介面互動。

第二節 前期計畫已完成之重要計畫成果摘要

本研究採用 Revit 軟體來建置基本 3D 模型，將蒐集到的設計圖面轉換成 3D 立體數位資料，在本計畫涉及到的概念包含環境影響評估、設計界面整合、變更設計、計畫溝通 和工程進度監控檢視。在擴增實際技術採用 UNITY 遊戲引擎開發可跨平台之工程擴增實境 APP。介面設計採可即時調整設計，使用者於介面上可直接調整模型之位置、尺寸及旋轉等，以增加使用者間之討論與互動。而工程擴增實境 APP 主要分為兩部分，其一為室內虛擬實境展示，另一為現場擴增實境展示。本計畫利用 UAV 產製之 DSM 與民國 99 年凡那比後之河道地形進行比較分析，顯示相較於民國 99 年的地形，來社溪及內社溪上游河道均已呈現刷深槽情形，與以往民國 99 年時之地形相比，淘刷深度約 0~13 公尺落差，而在下游來社 01 河段則有少量冲刷趨勢。整體而言，兩條溪流之上游河道逐漸冲刷為峽谷地形，但下游處及隘口區段則有土砂堆積的情形，此顯示土砂有逐漸自上游往下游搬運的現象。其影響是水保單位需密切觀察的。再搭配本計畫擴增

實境管理系統後，如能持續維護更新，將可更有效掌握來社溪土砂變化與水保工程相關問題。



單位：公尺

圖 1-1 本計畫利用 UAV 產製之 DSM 99 年河道地形前後相減變化比較

第三節 本計畫擬解決問題

本計畫擬解決問題有四部分，分述如下：

1. 以往於水土保持工程設計階段，設計單位與委託單位透過 2D 設計圖進行溝通，往往於工程施作後發現與現地不符或設計結果不如預期而產生變更設計等問題。
2. 於工程設計階段若設計變更，往往材料及造價估算需新進行計算，增加設計的時程與複雜度。
3. 不同年度不同時間之工程設施，往往無法同時進行展現，增加工程管理困難。
4. 工程施作完成後，其效益評估往往透過現地工程狀態進行記錄，少有客觀現地量測數據與分析模式加以驗證，更無法回饋至後續的設計，以提升治理工程效益。

第四節 計畫目標

1. 全程目標：

- (1)於工程設計階段，設計單位與委託單位透過 3D 與(建築資訊模型：Building Information Modeling，簡稱 BIM)模型，以虛擬實境及擴增實境方式進行虛擬放樣，可降低溝通歧見，預見工程成效。
- (2)建構 3D 工程模型與 UAV 地形模型資料庫，透過手持裝置與網頁方式即時查詢、疊合呈現不同時間之工程設施，以虛擬實境展現，提升工程管理時效。
- (3)於工程完成後，透過虛擬實境及擴增實境方式，展現 BIM 資訊，以作為工程效益評估之依據。

(4)水土保持工程 BIM 模型建置作業標準研擬，以作為各分局之 BIM 模型建置依據。

(5)若設計變更，建議可先建立模型單元，屬性及單價資料，後續設計變更，可依據模型單元配合尺寸進行材料及費用計算。

2. 本年度目標：

(1) 於工程設計階段，設計單位與委託單位透過 3D 與(建築資訊模型：Building Information Modeling，簡稱 BIM)模型，以虛擬實境及擴增實境方式進行虛擬放樣，可降低溝通歧見，預見工程成效。

(2) 建構 3D 工程模型與 UAV 地形模型資料庫，透過手持裝置與網頁方式即時查詢、疊合呈現不同時間之工程設施，以虛擬實境展現，提升工程管理時效。

(3) 精進混和實境展示技術，並提升虛擬放樣精度。

第五節 工作項目

本計畫擬定之工作項目如下：

1. 重大土砂災害集水區工程擴增實境管理系統擴充
2. 水土保持工程 BIM 模型建置作業標準研擬
3. BIM 模型虛擬放樣精進
4. 混和實境展示技術精進

第二章 工作執行方法與步驟

第一節 工作執行方法

一、重大土砂災害集水區工程擴增實境管理系統擴充

蒐集各分局之大規模崩塌集水區之工程模型(或 2D 設計圖)與地形模型,及其建置方法流程(各分局至少蒐集一處),再以 OBJ 或 FBX 等通用格式進行建置轉檔,匯入到現有 3D 模型資料庫中。

二、水土保持工程BIM模型建置作業標準研擬

以工作項目一所蒐集工程模型(或 2D 設計圖)與地形模型之建置方法流程進行彙整分析,再針對水土保持工程之需求研擬水土保持工程 BIM 模型建置作業標準,以統一各分局 BIM 模型建置成果,並達到資料流通與開放之目標。而 BIM 模型建置標準主要包括 I.模型(元件)建置流程,II.模型(元件)及屬性建置標準,III.4D 動態模型建置與展示流程等。透過 4D 可視化的動態建構模擬,也可依據施工時程或施工狀態,於建築元件中標註不同顏色進行分類顯示,以方便了解同一時段不同元件的施工進度與狀態,並利於整個三維模型變化進行優化和控制。

三、BIM模型虛擬放樣精進

BIM 模型虛擬放樣精進包含手持裝置展示設備座標精度提升以及模型細緻度提升：

1. 手持裝置展示設備座標精度提升：由於展示裝置之 GPS 與陀螺儀精度的提升，本年度將採用座標精度 50 公分內的手持裝

置與現有裝置進行精度測試與比較，以分析手持裝置展示設備座標精度提升的效果，以此提出後續展示裝置之建議。

2. 模型細緻度：依據前期計畫之經驗，工程模型與地形模型因為檔案太大，必須進行粗化處理，影響展示的效果。因此本年嘗試以展示範圍切割與 LOD (Level of Details) 顯示方式，提升模型展示之細緻度。展示範圍切割技術部分，可無須載入全區之資料，僅針對展示範圍內的地形及工程模型進行載入作業，以提升展示效能。而 LOD 表示模型的細緻程度，描述了一個 BIM 模型建置單元從最低級的近似概念化的程度發展到最高級的展示級精度的步驟。本計畫將採用 LOD 技術，依據展示範圍讀取不同細緻程度的模型進行展現，以優化展示效能。

四、混和實境展示技術精進

手機展示技術提升研發：本年度預計採用 SLAM (即時定位與地圖構建) 技術。通過傳感器來得到環境的有限資訊，如視覺資訊、深度資訊、自身的加速度、角速度等數據，來確定使用者本身的相對或是絕對位置，並完成對於地圖的構建，以提升虛擬模型與實體疊合之密合度，達到真正混合實境的展示效果。

第二節 工作執行步驟

一、集水區場景資料庫建置

蒐集各分局之大規模崩塌集水區之工程模型(或 2D 設計圖)與地形模型，及其建置方法流程，再以 OBJ 或 FBX 等通用格式進行建置轉檔，匯入到現有 3D 模型資料庫中。

107 年度已建置來社溪集水區實境場景，為後續擴充既有之集水區工程模型，本計畫蒐集台北、台中、南投、台南、台東及花蓮六個分局各兩處之大規模崩塌集水區之工程模型(或 2D 設計圖)與地形模型，及其建置方法流程。再以 OBJ 或 FBX 等通用格式進行建置轉檔，匯入到現有 3D 模型資料庫中。而相關之建置流程已於前期計畫完成作業程序，如圖 2-1。

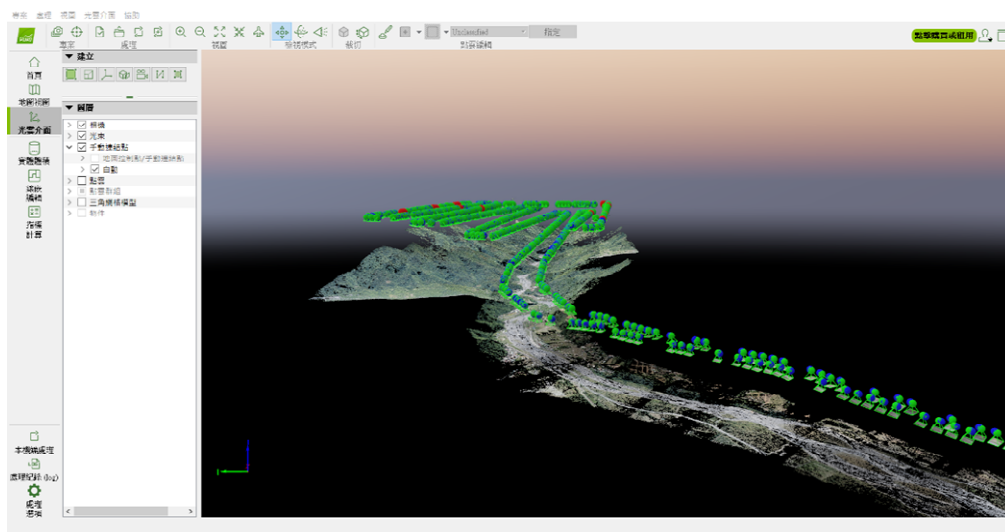


圖 2-1 前期計畫集水區場景資料庫建置畫面

二、水土保持工程模型建置

本計畫採用 Auto CAD Civil 3D 軟體建置基本 3D 模型，107 年度計畫已建置鋼板樁護岸、混凝土砌石護岸、挑流工、梳子壩模型，如圖 2-2~2-6，108 年度向水保局蒐集 12 處工程模型，其

中已提供之工程模型為 8 處，繪製模型如表 2-1，已繪製表 2-1 所列之工程模型，如圖 2-7~2-18，並將其模型匯入至工程擴增實境系統中之模型。

繪製 3D 模型時須注意 2D 工程平面模型其尺寸、比例及單位，並能迅速從三視圖中研判其 3D 立體模型，以免其因不同的工程單位繪製不同單位尺寸之模型，用 AR 方式放置現場時比例大小不同，需重新繪製。

表 2-1、蒐集水保局分局工程模型

水保局 分局	工程模型	提供	已繪製 模型
台北	清石道路 5.5K 下方崩塌地處理工程	✓	✓
台北	奎輝 6 鄰坑溝整治及排水改善工程		
台中	殺豬崎農路改善工程	✓	✓
台中	老部落下線排水改善四期工程		
南投	鹽館坑溝整治工程	✓	✓
南投	新興村 7 鄰野溪整治工程	✓	✓
台南	九龍宮後方野溪整治工程	✓	✓
台南	大崙頂崩塌擋土改善工程	✓	✓
台東	紅葉紅谷橋野溪復建二期工程	✓	✓
台東	農東卑市 057 及富源村 6 鄰農路改善工程		
花蓮	羅山村文山二號農路設施改善修復工程	✓	✓
花蓮	富里鄉學田村臨水三宮周邊土砂防治工程		

(一).鋼板樁護岸(上部為現有擋土牆)

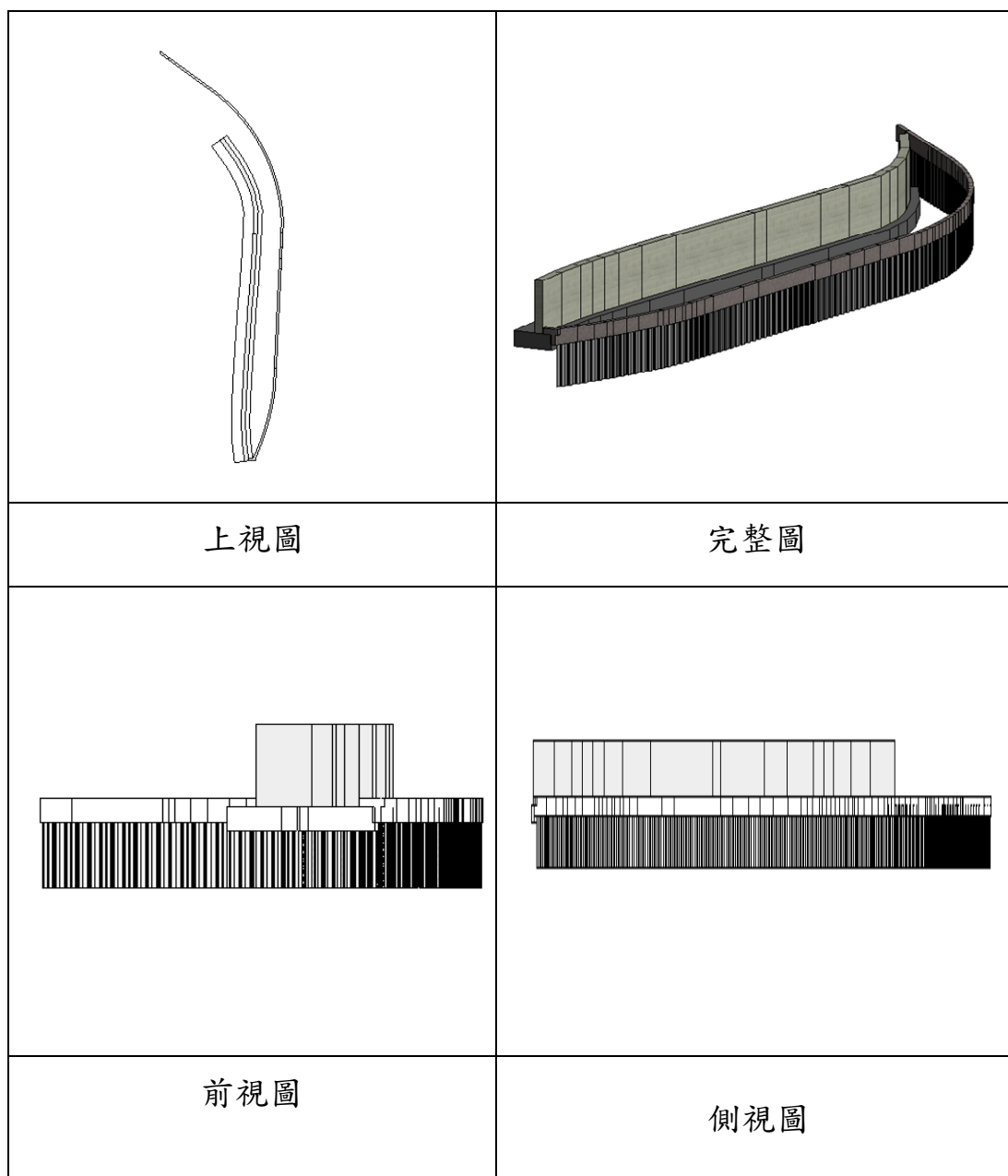


圖 2-2 鋼板樁護岸模型圖

(二).鋼板樁模型細部

	
上視圖	完整圖
	
前視圖	側視圖

圖 2-3 鋼板樁模型細部圖樣

(三).混凝土砌石護岸

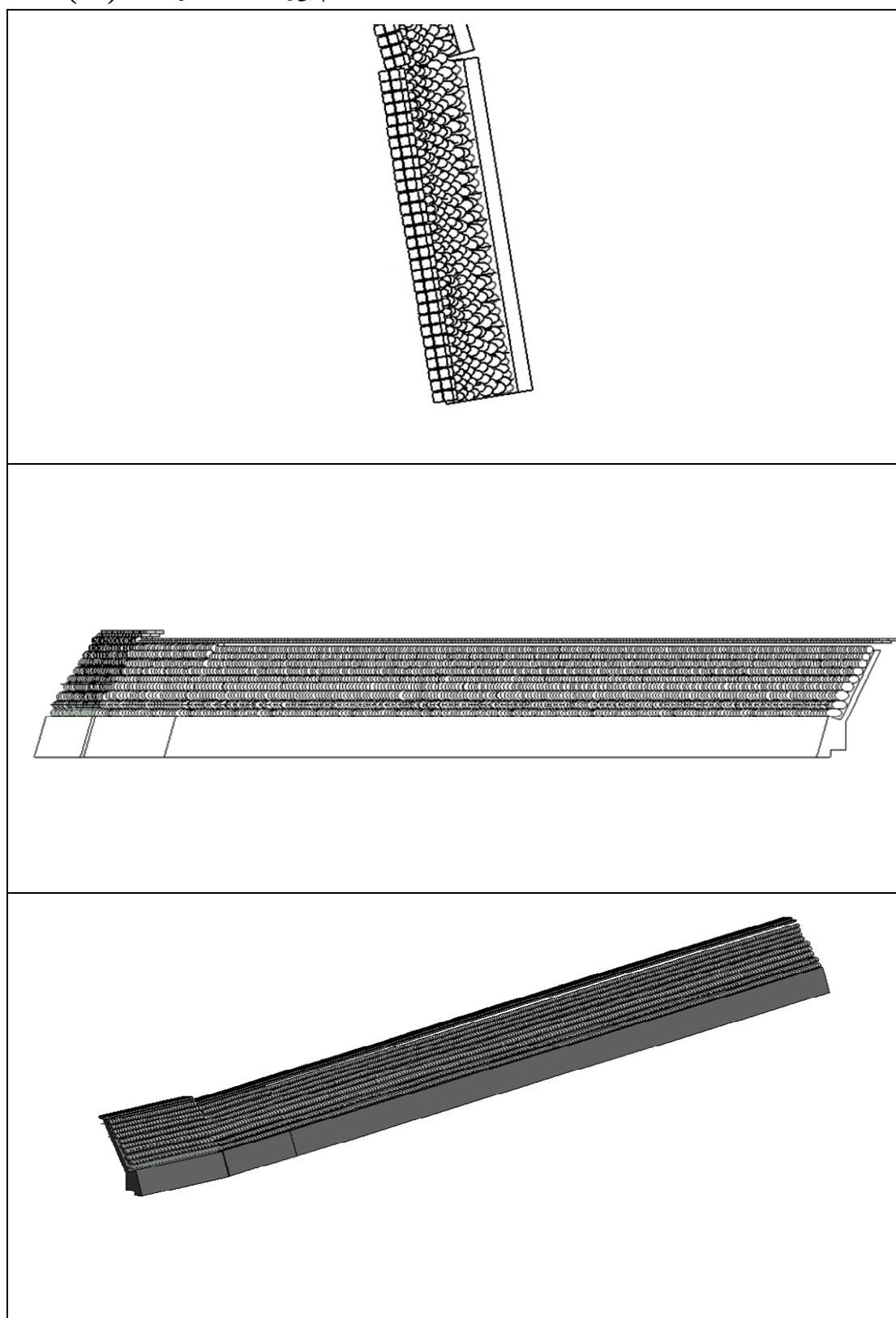


圖 2-4 混凝土砌石護岸模型圖

(四).挑流工

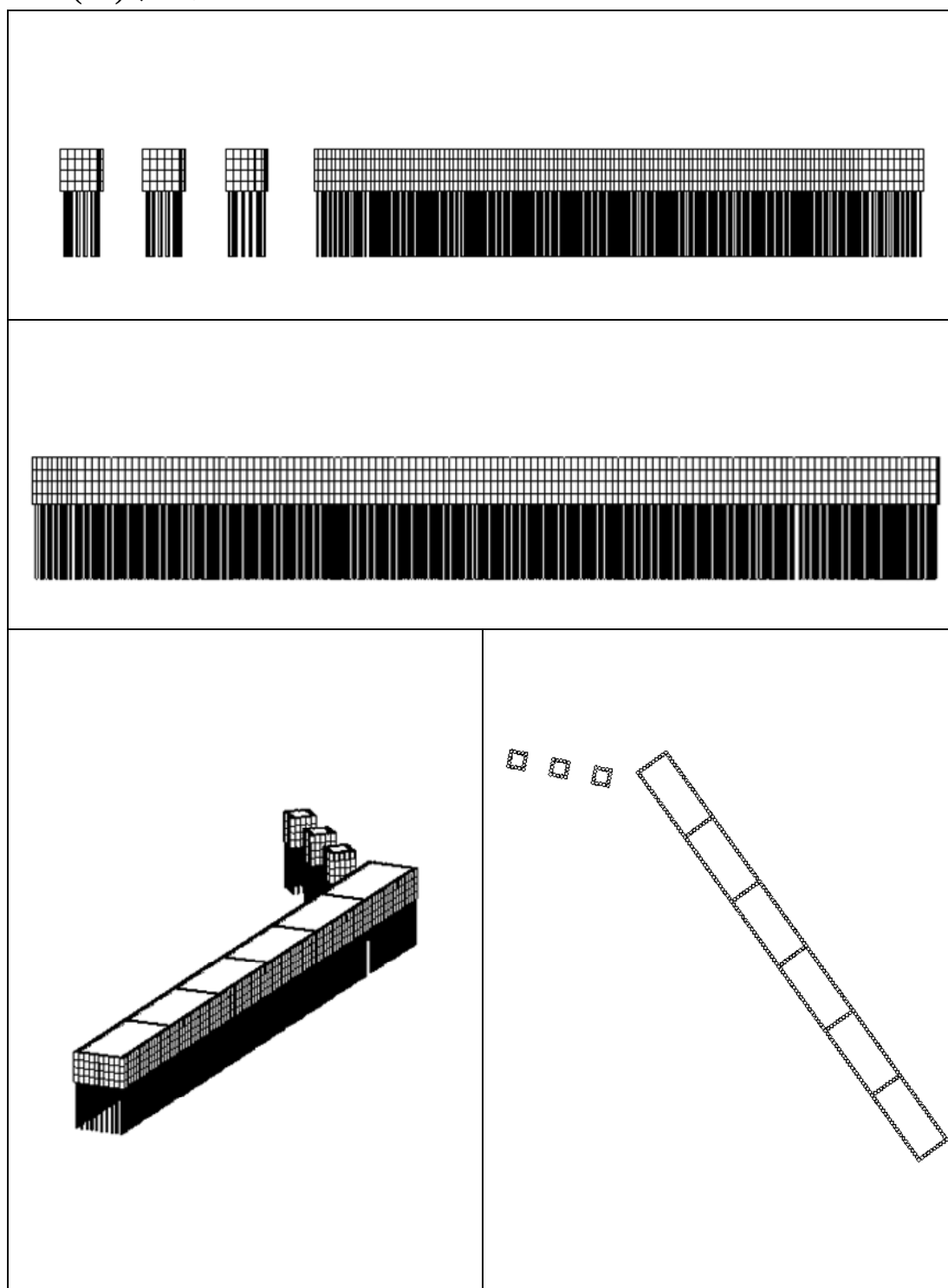


圖 2-5 挑流工模型圖

(五).梳子壩

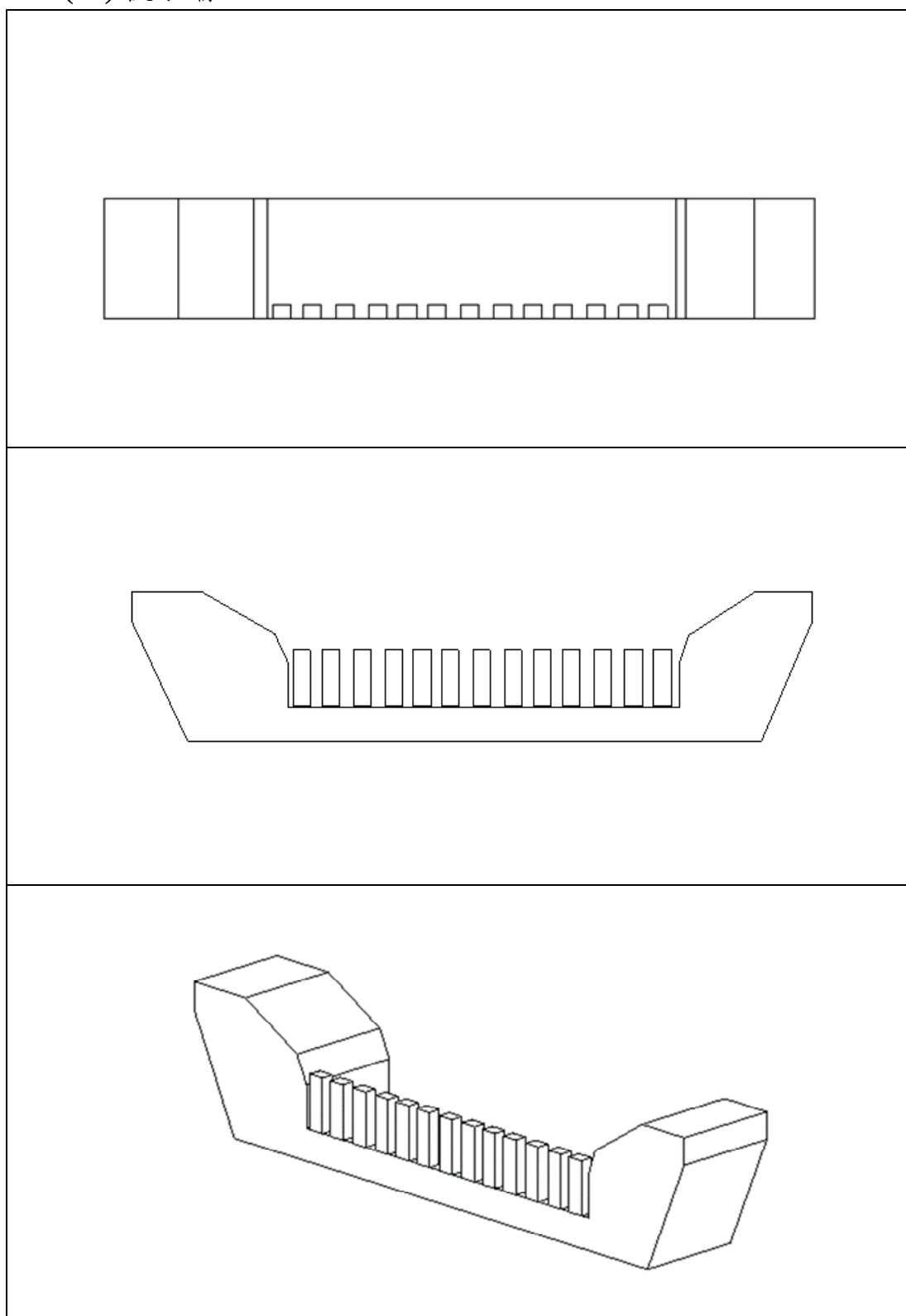


圖 2-6 梳子壩模型圖

(六). 花蓮分局-羅山村文山二號農路設施改善修復工程

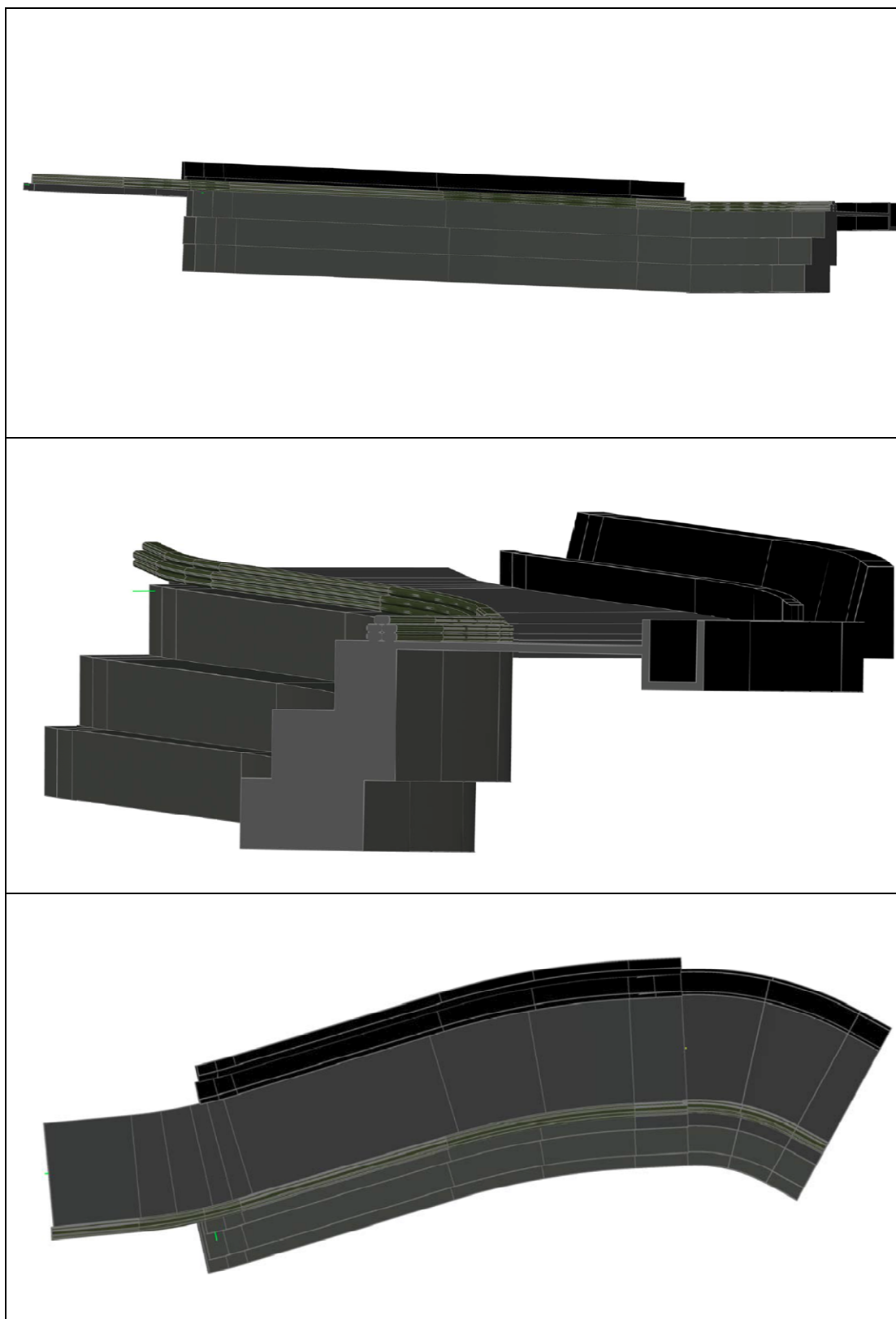


圖 2-7 花蓮分局-羅山村文山二號農路設施改善修復工程

(七). 台南分局-九龍宮後方野溪整治工程

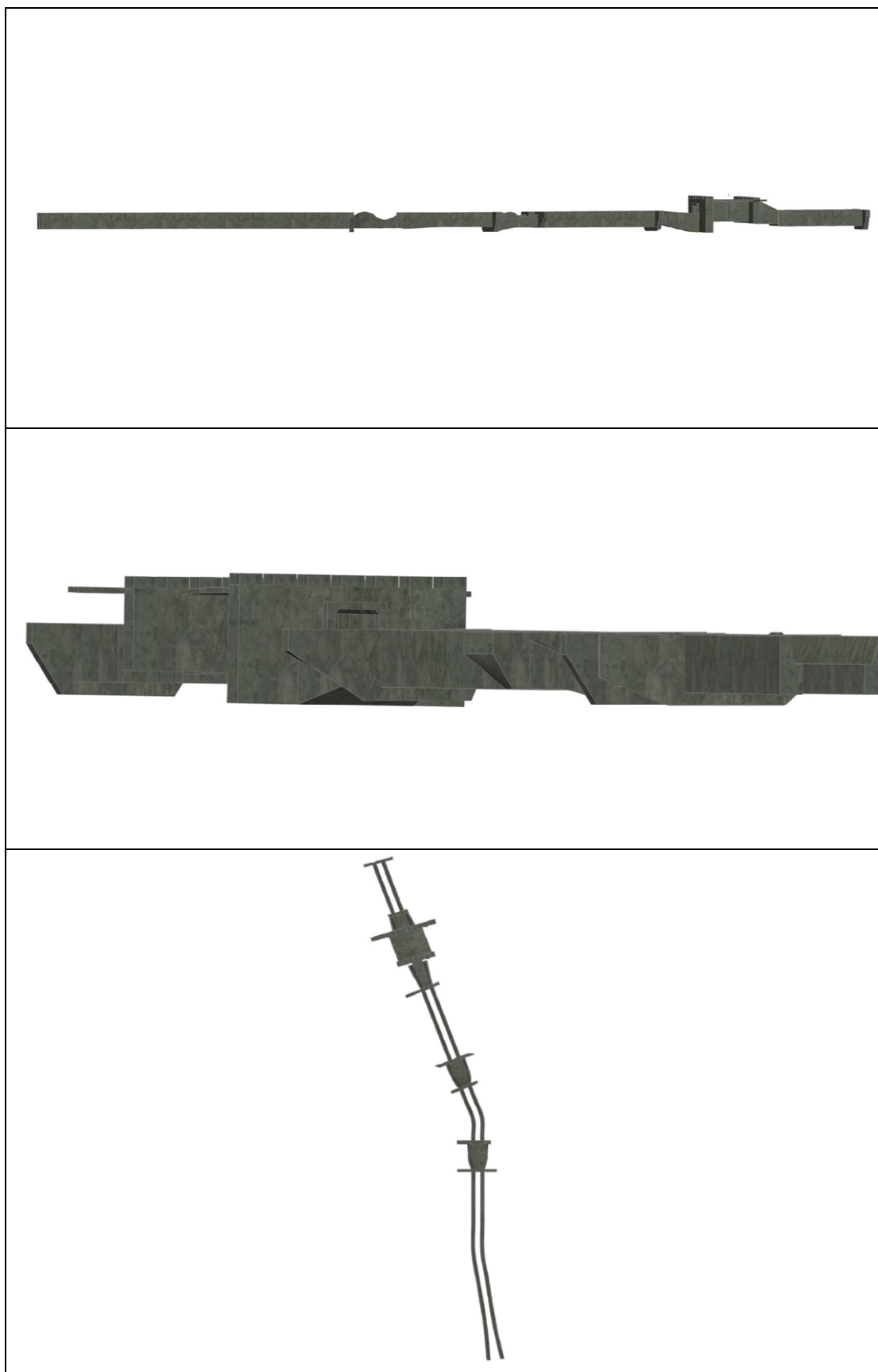


圖 2-8 台南分局-九龍宮後方野溪整治工程

(八). 台北分局-清石道路 5.5k 下方崩塌地處理工程

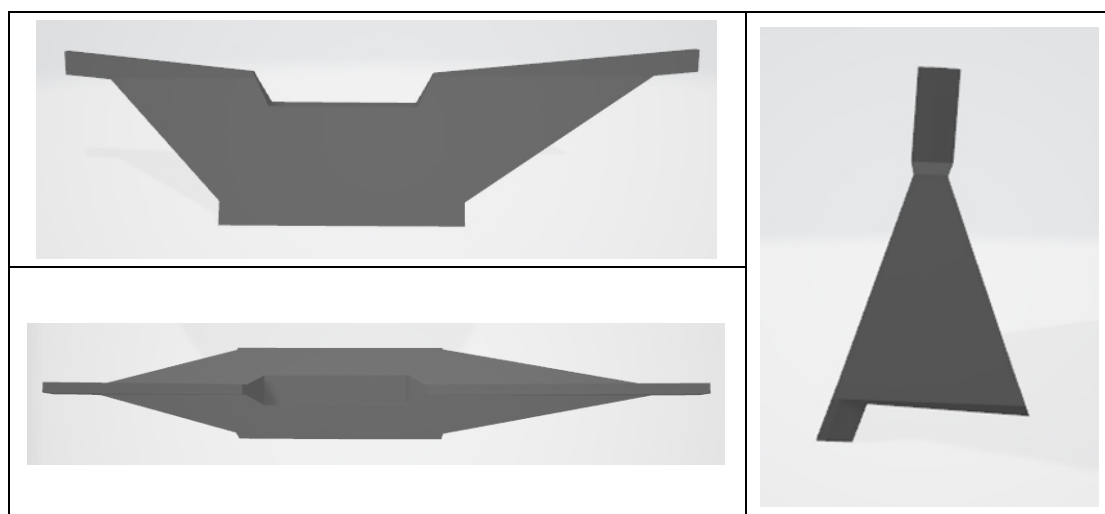


圖 2-9 台北分局-清石道路 5.5k 下方崩塌地處理工程”防砂設施”

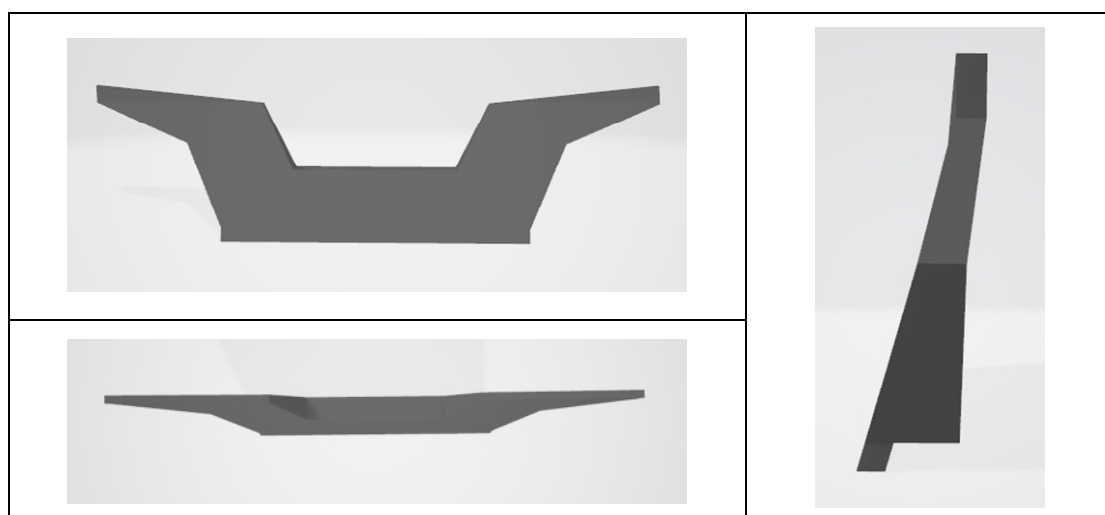


圖 2-10 台北分局-清石道路 5.5k 下方崩塌地處理工程”固床工”

(九). 台中分局-殺豬崎農路改善工程

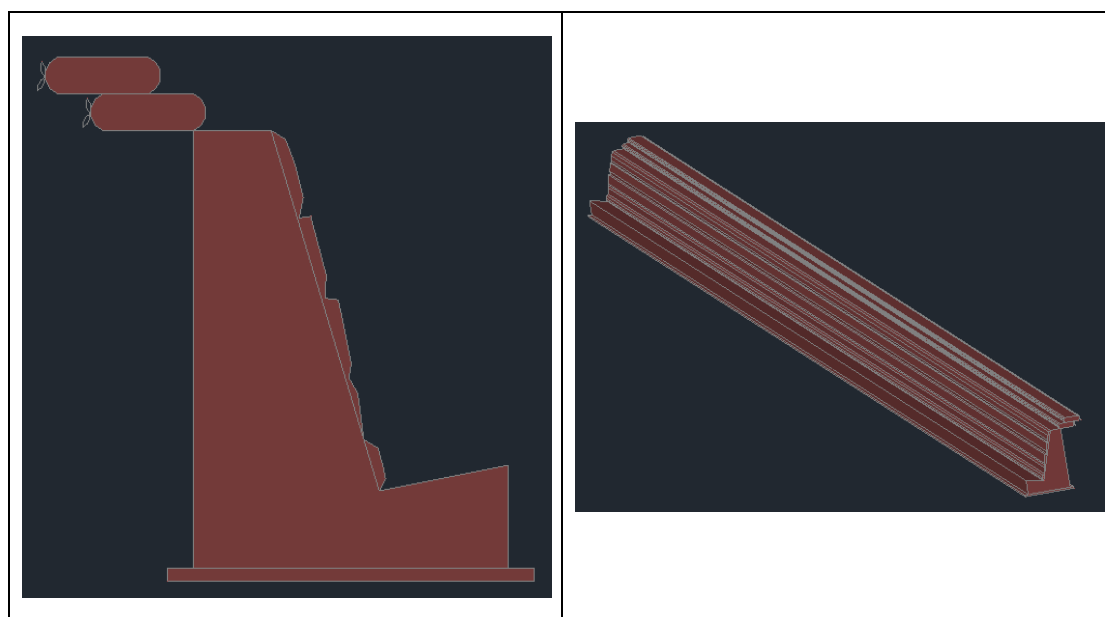


圖 2-11 台中分局-殺豬崎農路改善工程”擋土牆暨 L 溝”

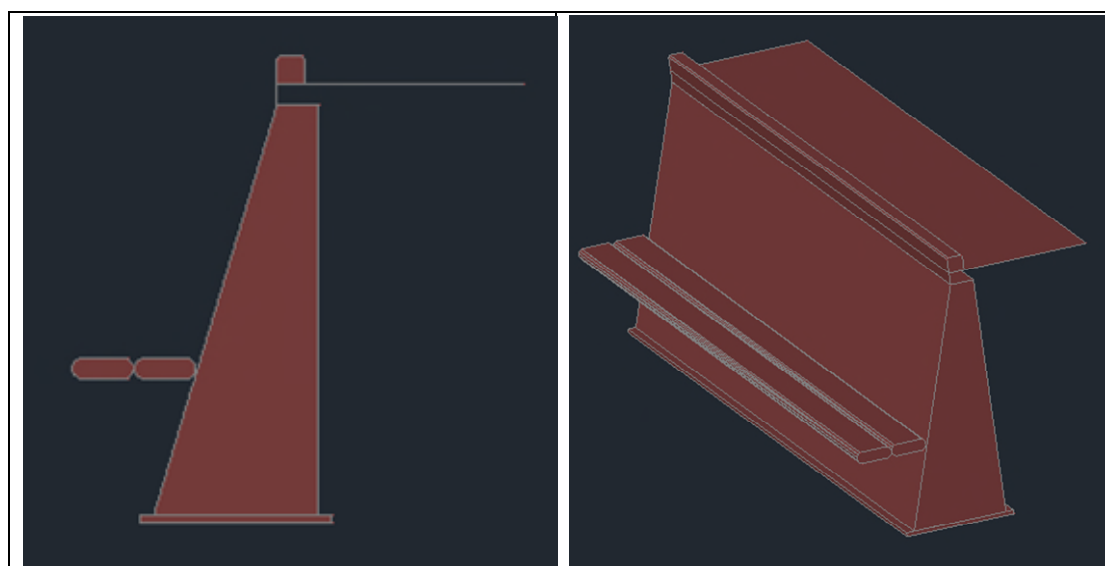


圖 2-12 台中分局-殺豬崎農路改善工程”擋土牆”

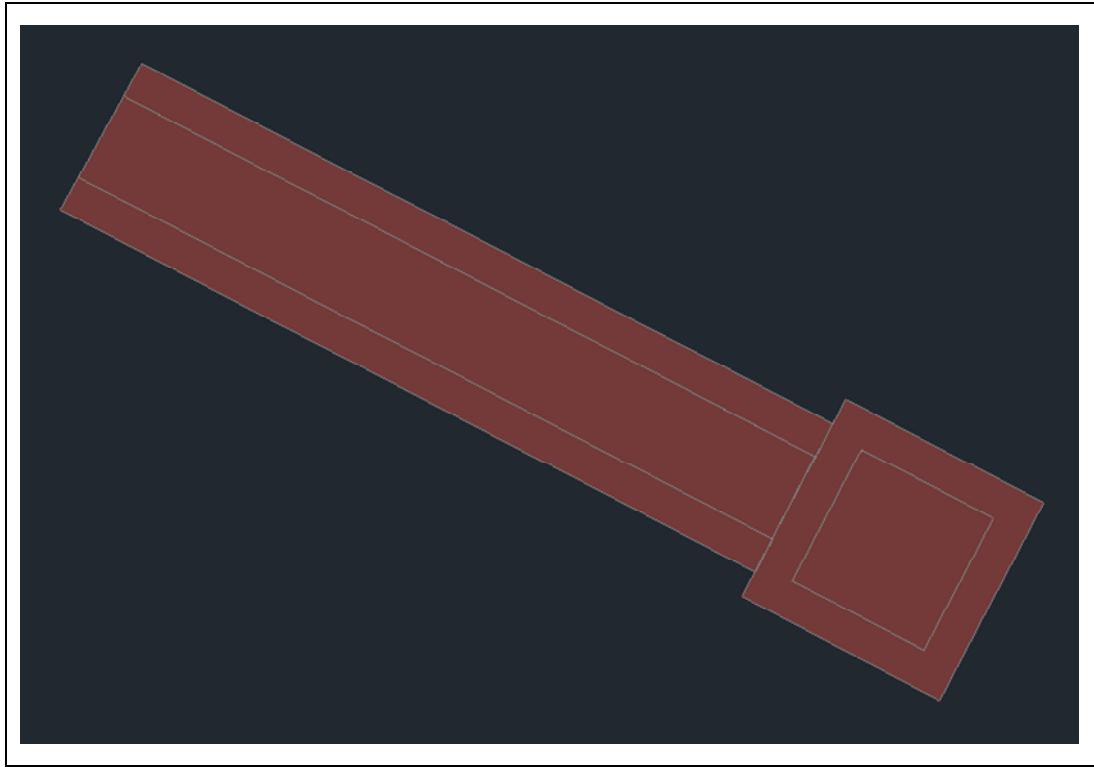


圖 2-13 台中分局-殺豬崎農路改善工程”擋土牆”

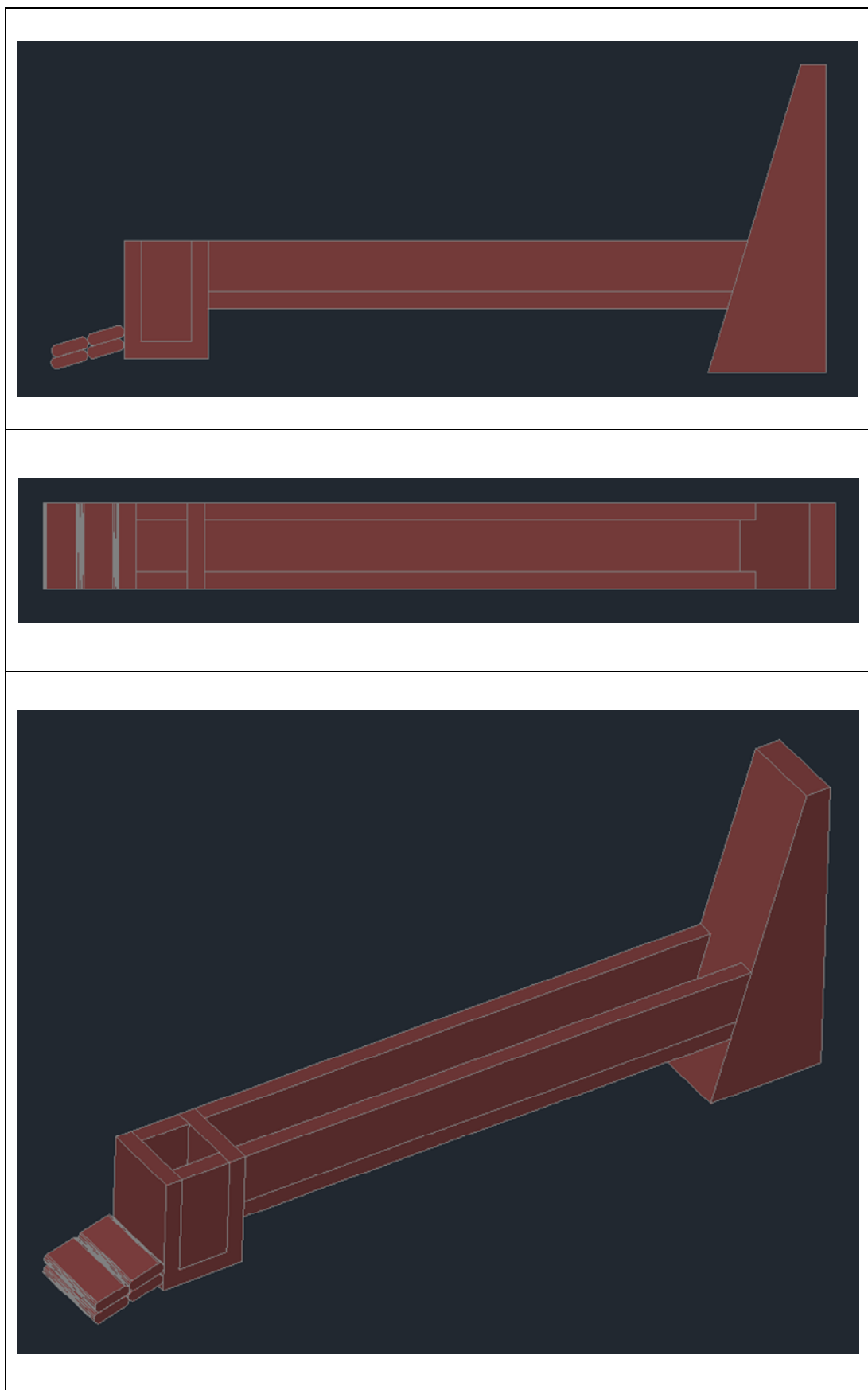


圖 2-14 台中分局-殺豬崎農路改善工程”靜水池”

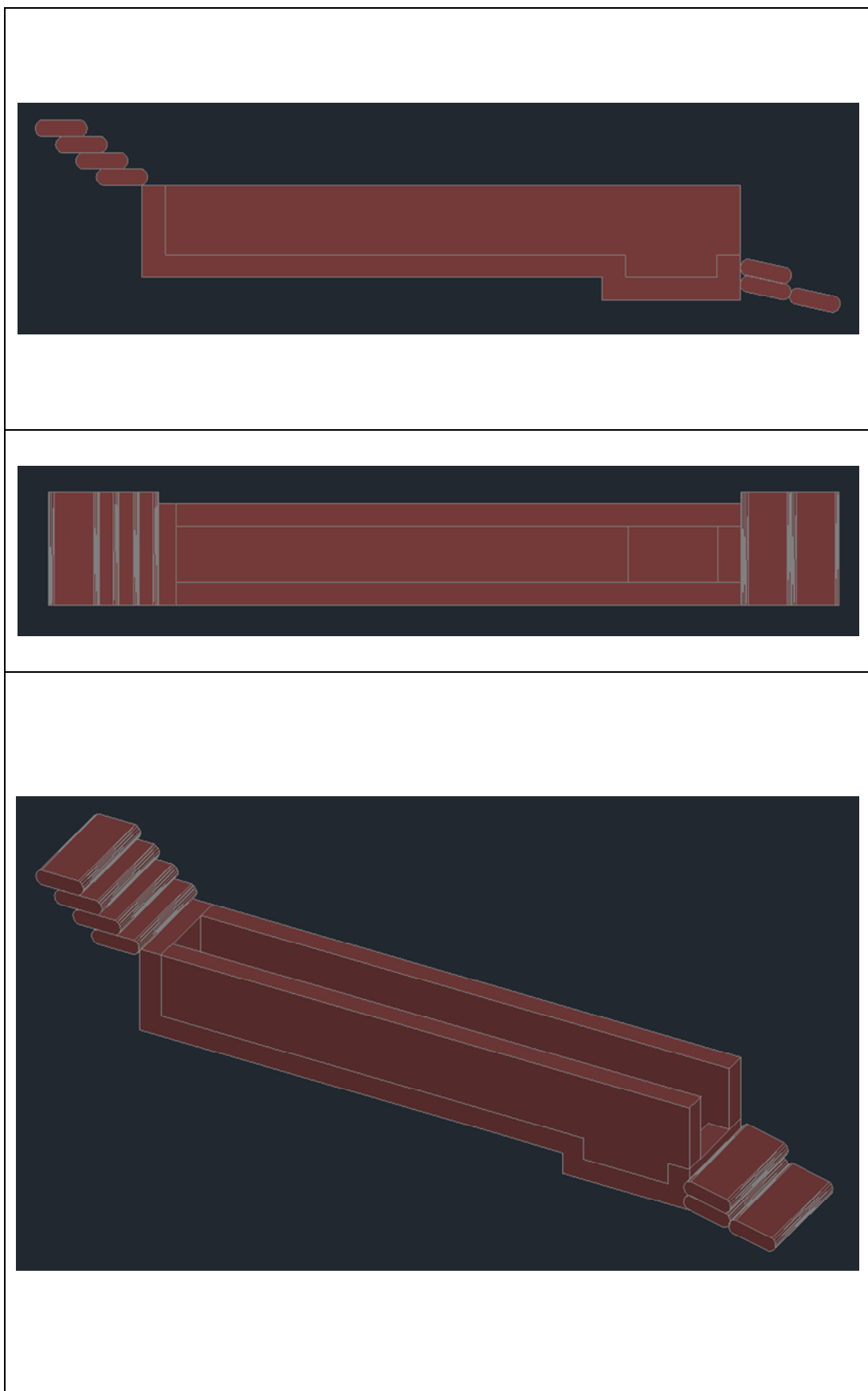


圖 2-15 台中分局-殺豬崎農路改善工程”截水溝”

(十). 南投分局-鹽館坑溝整治工程

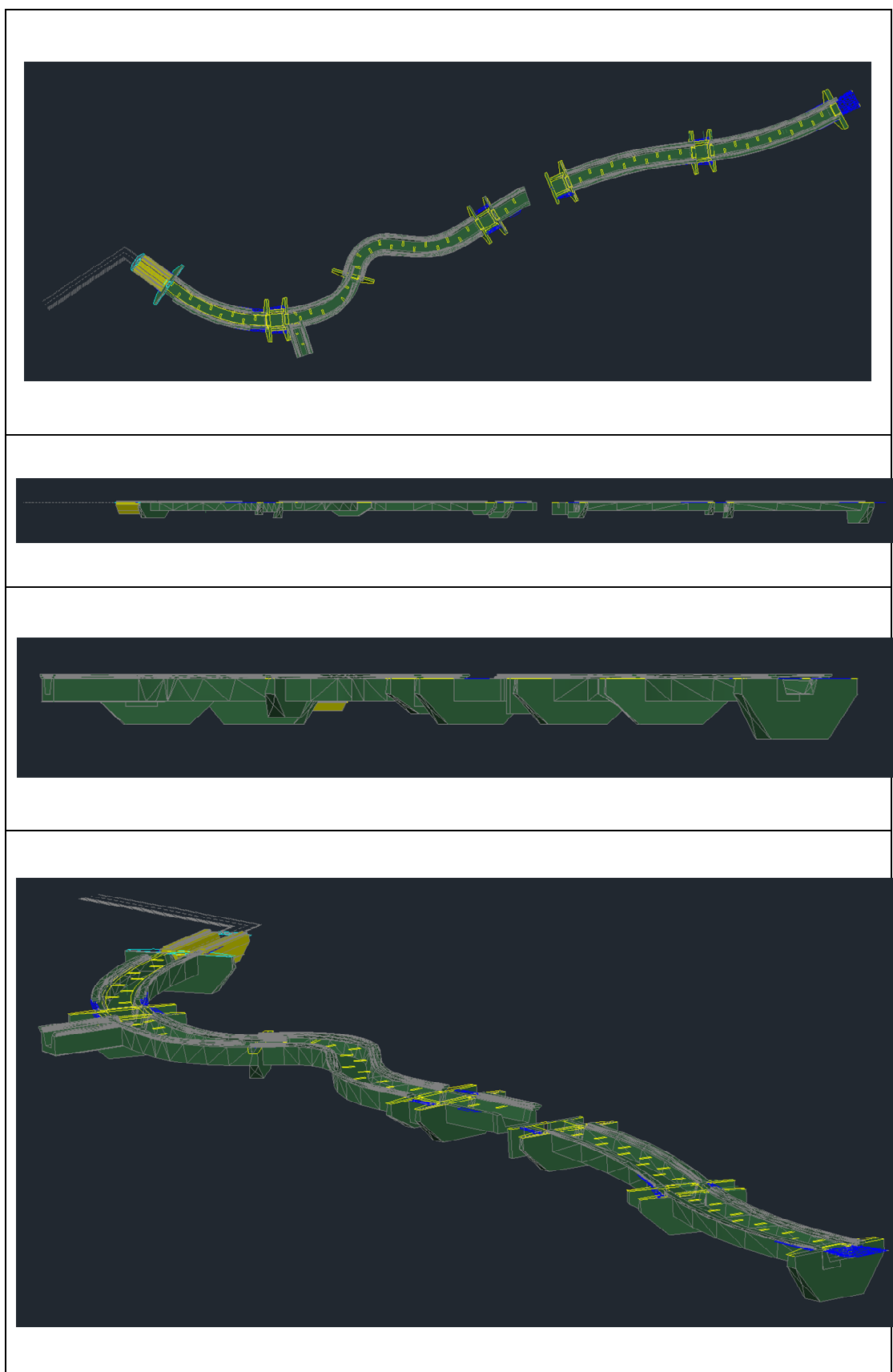


圖 2-16 南投分局-鹽館坑溝整治工程

(十一). 台東分局-紅葉紅谷橋野溪復建二期工程

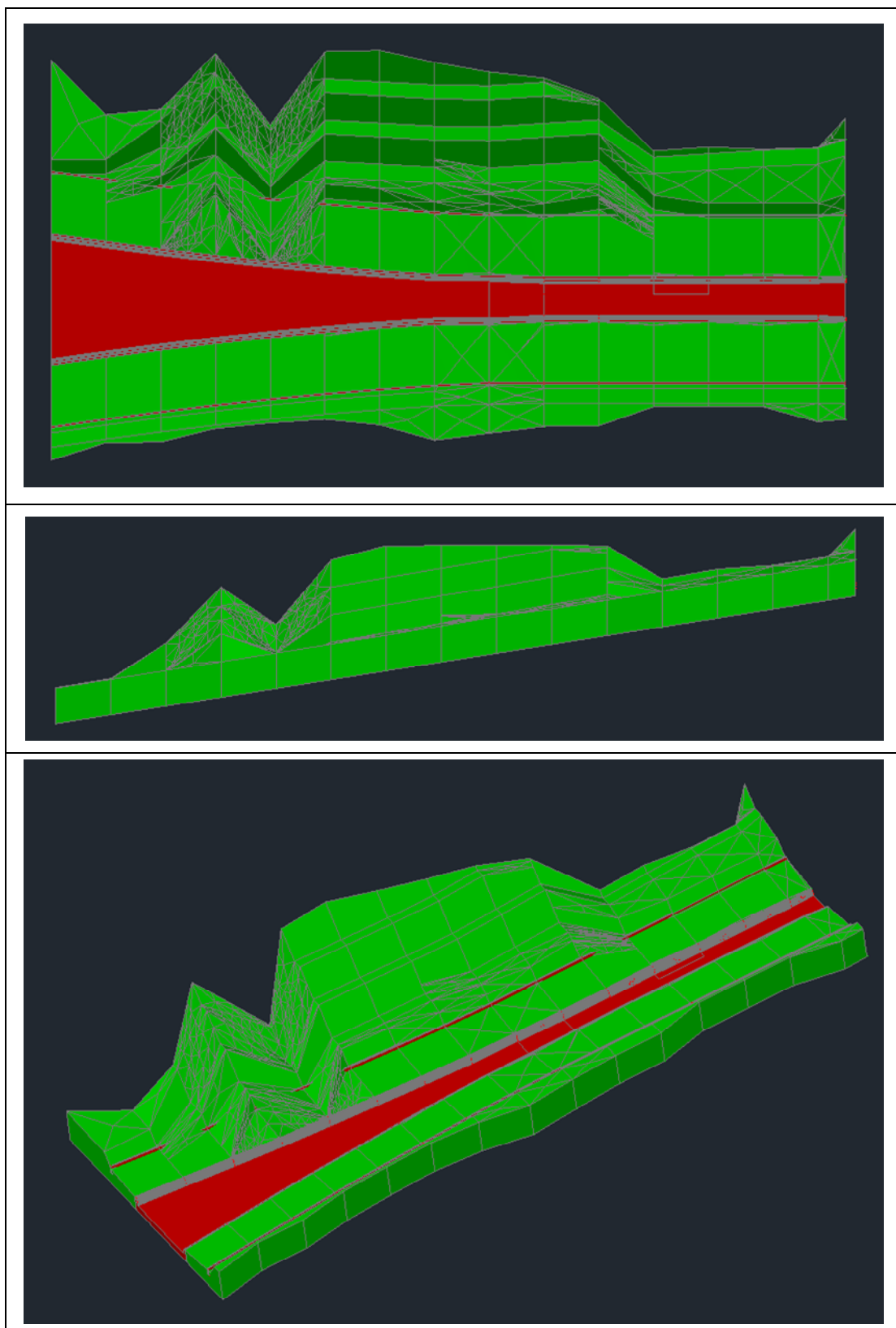


圖 2-17 台東分局-紅葉紅谷橋野溪復建二期工程

(十二). 台南分局-大崙頂崩塌擋土改善工程

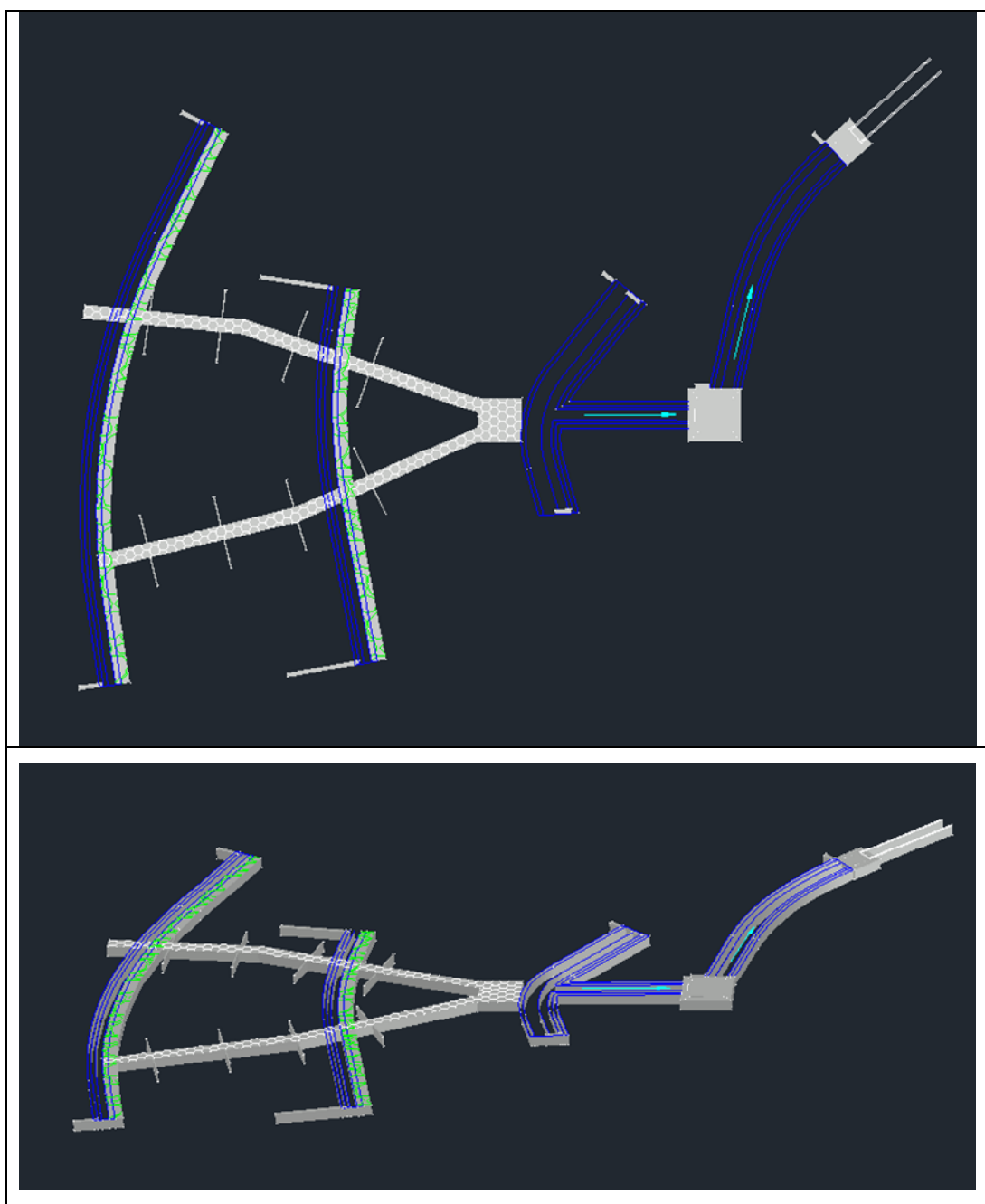


圖 2-18 台南分局-大崙頂崩塌擋土改善工程

三、水土保持工程BIM模型建置作業標準研擬

依所蒐集工程模型(或 2D 設計圖)與地形模型之建置方法流程進行彙整分析，再針對水土保持工程之需求研擬水土保持工程 BIM 模型建置作業標準，以統一各分局 BIM 模型建置成果，並達到資料流通與開放之目標。而 BIM 模型建置標準主要包括 I. 模型(元件)建置流程，II.模型(元件)及屬性建置標準，III.4D 動態模型建置與展示流程等。透過 4D 可視化的動態建構模擬，也可依據施工時程或施工狀態，於建築元件中標註不同顏色進行分類顯示，以方便了解同一時段不同元件的施工進度與狀態，並利於整個三維模型變化進行優化和控制。以 OBJ 或 FBX 等通用格式進行建置轉檔，匯入到現有 3D 模型資料庫中。

而本案將參考美國 AIA 建築師協會 BIM 技術規格(2017)進行 BIM 模型建置作業標準擬定之參考，BIM 模型之定義係指用於土木、建築工程中的三維參數化模型，透過三維的空間模型記錄項目中的構造物幾何資訊，提供工程生命週期中各階段，包含：規劃、設計、施工、營運管理等參與者，如業主、建築師、專業技師、營造商、專業分包商、供應商等進行資訊分享與工程協調。依美國 AIA 建築師協會在 BIM Protocol Exhibit E202 檔中規範 BIM 建築模型分為五階段 LOD (Level of Development)，技術規格定義如表 2-2。

表 2-2、BIM 建築模型五階段 LOD 一覽表

LOD 值	說明	應用階段	模型建立者
LOD 100	其模型將包含全部的建築量體及使用者可以執行相關的建築分析如體積、方向或日照、風動、音場等各種環境分析。	規劃設計	不提供
LOD 200	模型將包含普遍化系系統或近似的型體、尺寸、位置、方位。使用者將可以透過一般執行標準進行系統的分析。	施工階段	施工廠商
LOD 300	加入細部模型，作為施工圖輔助工程營造階段，可以進行數量的計算與分析，協助預算與施工上風險的降低，此階段模型元素適合產生傳統的施工檔及施工圖說，如可以進行細部元素及系統的分析及模擬。	施工階段	施工廠商
LOD 400	階段的模型發展程度適合承包商及施工廠商進行加工組裝。	施工階段	施工廠商

I.模型(元件)建置流程

將 2D 水保工程圖轉換為 CAD 3D 元件，即可匯入工程擴增實境 APP 中進行展示與呈現。以下以”台中分局-殺豬崎工程竣工圖”-#1 擋土牆暨 L 溝為例。

1. 蒐集現有 Auto CAD 平面圖匯入程式中，如圖 2-19。

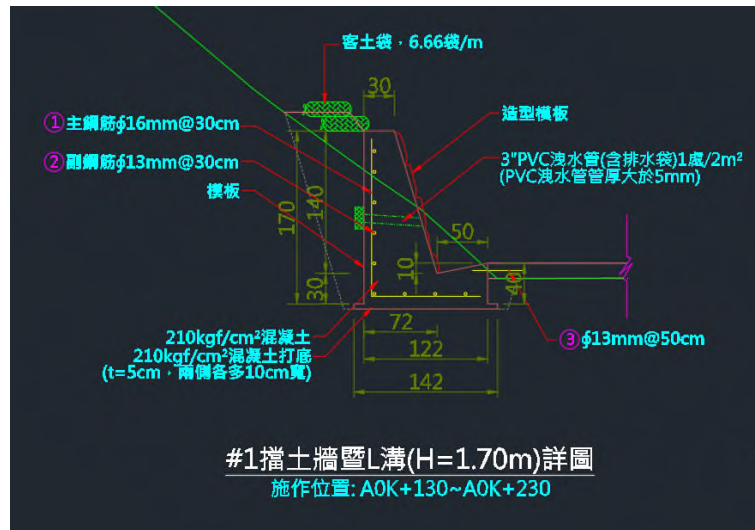


圖 2- 19 現有 Auto CAD 平面圖檔

2. 先將欲拉伸成 3D 的地方利用”聚合線”畫成平面後利用”擠出”功能將欲拉成平面擠出厚度，可自行輸入厚度，亦或是隨意拉伸，如圖 2-20；擠出功能成果如圖 2-21。

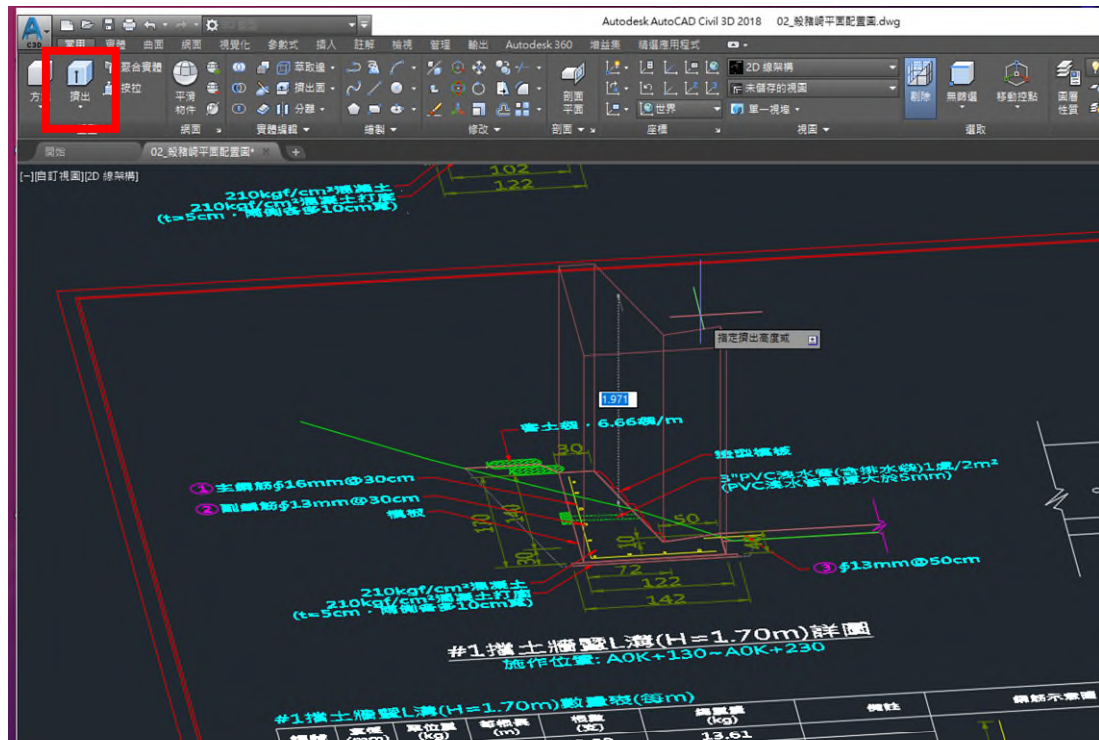


圖 2-20 擠出功能

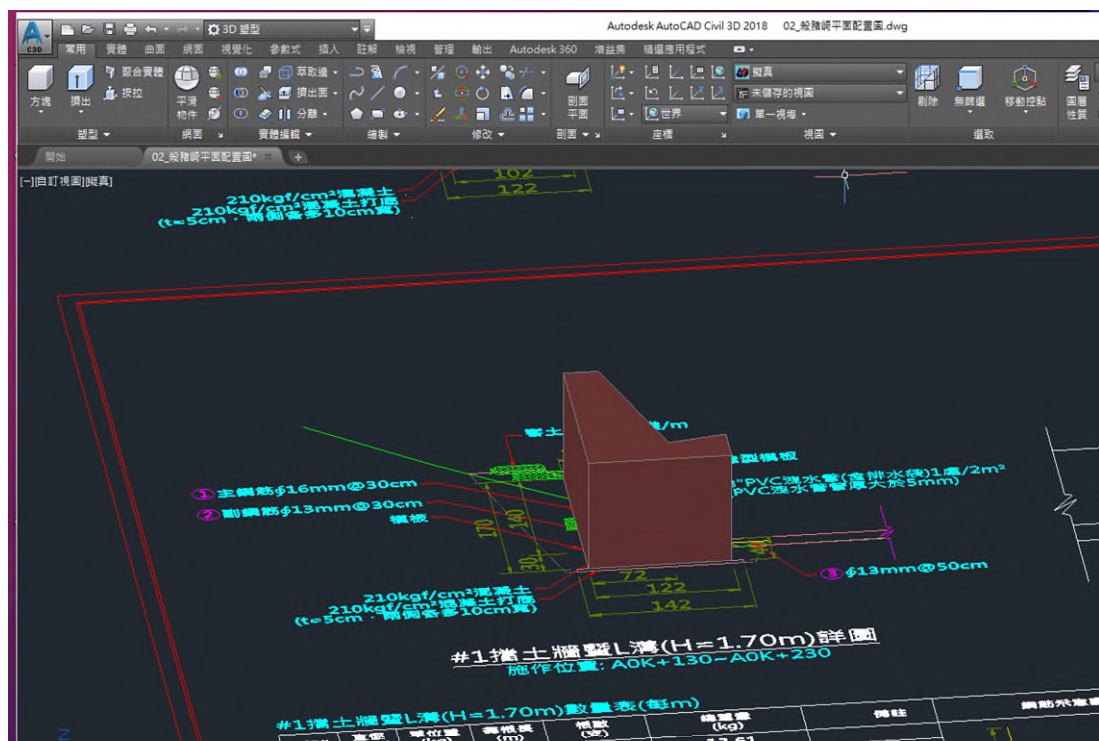


圖 2-21 擠出成 3D 立體圖

3. 並可以於材料瀏覽器當中選擇其材質，如圖 2-22 所示，可以利用搜尋快速尋找所需要之材料，以圖 2-19 為例，模板材質為木材，將其木材材質套入後之元件，如圖 2-23~圖 2-24。

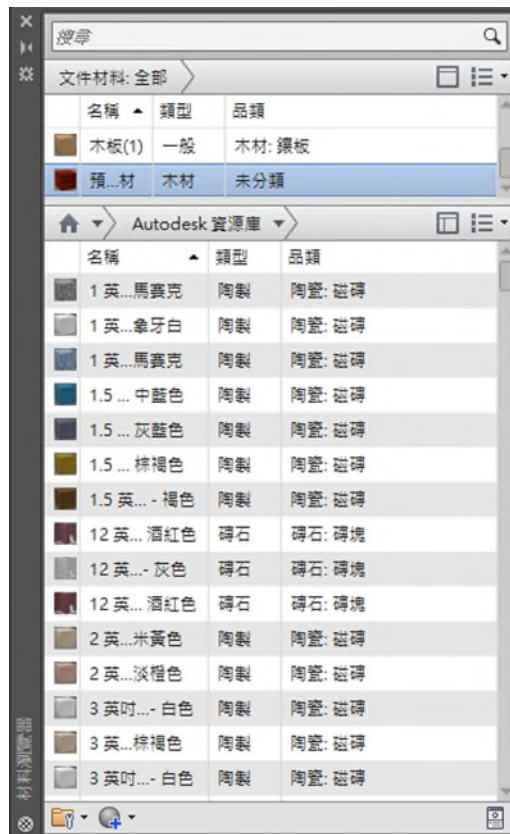


圖 2-22 材料瀏覽器

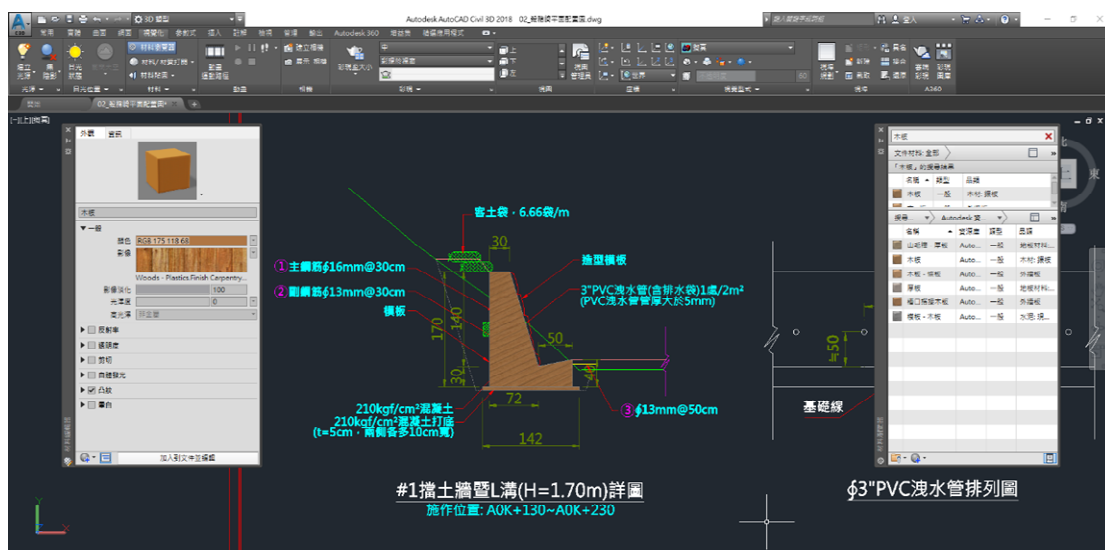


圖 2-23 套用材料性質



圖 2-24 元件成果

II.模型(元件)及屬性建置標準

依照”水土保持手冊”及”水土保持工程預算書編製原則及工料分析手冊”將其常用之材料、尺寸及單位彙整如表 2-3。

表 2-3、水保工程常用材料表

材料	尺寸	單位
粗砂		M ³
礫石		M ³
碎石		M ³
角石		M ³
卵石	長徑<15cm	M ³
塊石	15cm≤粒徑≤40cm	M ³
大塊石	40cm≤粒徑≤80cm	M ³
	長徑>80cm	M ³
巨石	80cm≤粒徑≤120cm	M ³
卵、塊石	φ 約 30cm	M ³
卵、塊石	15cm≤粒徑≤40cm	M ³
再生粒料混凝土塊	20*30*45~50cm	塊
級配粒料		M ³
主錨釘	φ 16m/m ×50cm	支
輔助錨釘	φ 9m/m × 20cm	支
五吋釘(含華司)		支

木樁	ϕ 3~8cm,L=65cm~80cm	支
卜特蘭水泥	人工拌合，140kgf/ cm ²	包
	人工拌合，175kgf/ cm ²	包
	人工拌合，210kgf/ cm ²	包
	現場機拌，140kgf/ cm ²	kg
	現場機拌，175kgf/ cm ²	kg
	現場機拌，210kgf/ cm ²	kg
	現場機拌，280kgf/ cm ²	kg
	現場機拌，350kgf/ cm ²	kg
堡崁磚	30*30*36.2cm	塊
預拌混凝土	210kgf/cm ²	M ³
	175kgf/cm ²	M ³
回填溪床料		M ³
鐵線，鍍鋅		kg
水泥砂漿	1:3	M ³
鐵線		kg
鋼筋	SD28，fy=28kgf/mm ²	T
	SD42，fy=42kgf/mm ²	T

四、BIM模型虛擬放樣精進

BIM 模型虛擬放樣精進包含手持裝置展示設備座標精度提升以及模型細緻度提升：

1. 手持裝置展示設備座標精度提升

由於展示裝置之 GPS 與陀螺儀精度的提升，本年度將採用座標精度 50 公分內的手持裝置與現有裝置進行精度測試與比較，以分析手持裝置展示設備座標精度提升的效果，以此提出後續展示裝置之建議。

根據半導體大廠博通（Broadcom）表示，該公司正推出一款新型 GPS 晶片可利用衛星定位的新信號系統，為行動設備提供精確度達 30 公分的導航，超越現在 5 公尺的限制。這

款代號為 BCM47755 的 GPS 晶片可在充斥鋼筋混凝土的城市中，達到功耗比目前晶片少 50%，精確度卻由 5 公尺推進到 30 公分。過去型號較舊的衛星僅能發送 L1 信號，信號中包含該衛星的位置、時間和簽名模式資訊。較新型的衛星不僅能發送 L1 信號，且能發送頻段在 960 到 1,215 兆赫的 L5 信號。博通晶片的接收器就是先用 L1 信號鎖定衛星，然後由收到的 L5 信號算出精確位置。由於近幾年 GPS、Galileo、QZSS 等系統的衛星開始支援 L5/E5 10Mhz 定位訊號，衛星總數達到 30 顆。這相較 L1/1Mhz 的定位訊號，10Mhz 在都市中造成的多重路徑傳播影響較小。加上 GPS L5 訊號是刻意保留的頻道，更不易受干擾。結合 L1、L2 雙頻定位信號後，可以達到更高的定位精度。藉由 GPS 衛星定位訊號與智慧型手機普及，針對位置的服務（Location-Based Service，LBS）創造了很多改變世界的應用。

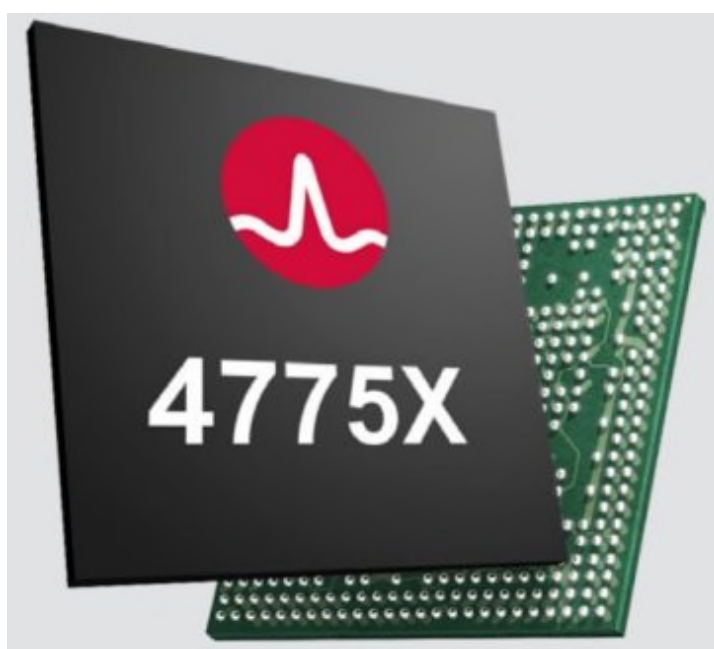


圖 2-25 博通 BCM47755 的 GPS 晶片 (資料來源：<https://www.broadcom.com>)

目前支援雙頻 GPS(L1+L5)手機有 iPhone X、SAMSUNG S10E、OPPO Reno 驍龍 855 版、華為 Mate20、小米 8 和小米 9 等手機。雙頻 GPS 可以讓手機定位更快更准。通常用於接收 GPS 頻段的有 L1、L2、L5 三種波段，GPS L1 頻率可快速捕獲信號、功耗更低；GPS L5 頻率可提高信號精度、精確定位。在多高樓建築場景中，對多路徑和反射信號具有更高抗干擾能力(原文網址：<https://kknews.cc/digital/qgqqqlgy.html>)。依據實際路線軌跡記錄的測試結果如圖 2-26，雙頻 GPS(L1+L5)手機較單頻 GPS 有較高的軌跡記錄精確度，較不易有因 GPS 訊號接收不良，增加位置解算誤差，而有漂移的現象。

修正其飄移，、無法貼合於現地及正確放樣，建議採用特徵物辨識方式進行模型放置，降低誤差。

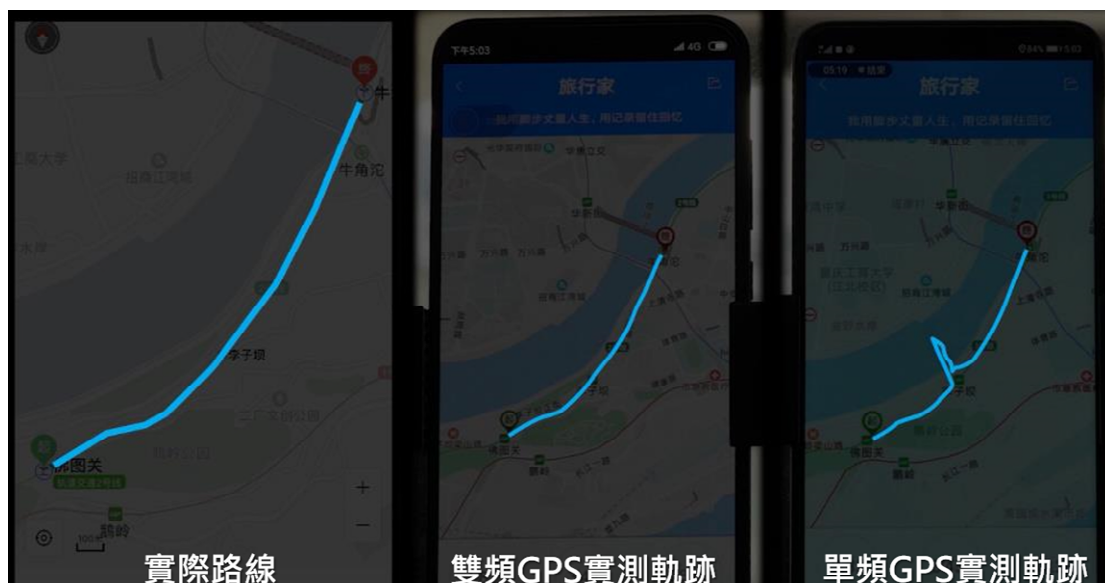


圖 2-26 實際路線軌跡記錄的結果

2. 模型細緻度

依據前期計畫之經驗，工程模型與地形模型若因為檔案

太大，則必須進行粗化處理，影響展示的效果。因此本年以展示範圍切割與 LOD (Level of Details) 顯示方式，提升模型展示之細緻度。展示範圍切割技術部分，可無須載入全區之資料，僅針對展示範圍內的地形及工程模型進行載入作業，以提升展示效能。而 LOD 表示模型的細緻程度，描述了一個 BIM 模型建置單元從最低級的近似概念化的程度發展到最高級的展示級精度的步驟。本計畫將採用 LOD 技術，依據展示範圍讀取不同細緻程度的模型進行展現，以優化展示效能。

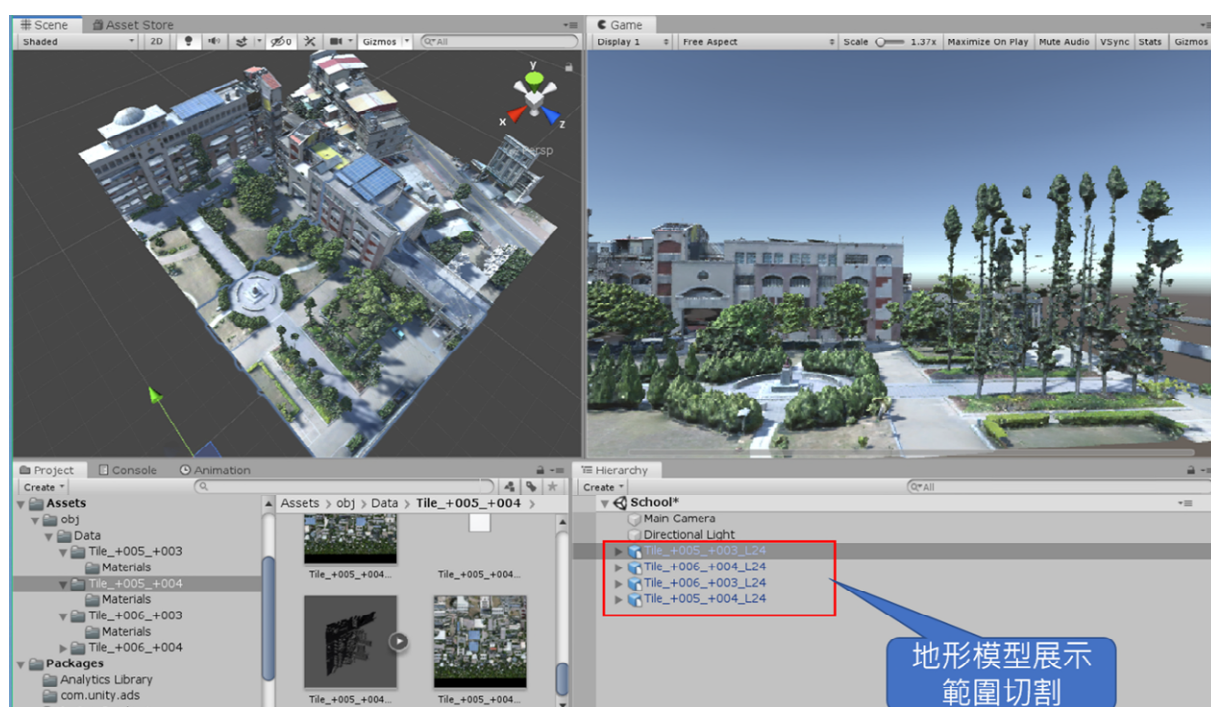


圖 2-27 地形模型展示範圍切割示意圖

本計畫初步已經完成花蓮分局羅山村文山二號農路設施改善修復工程、台南分局九龍宮後方野溪整治工程、台北分局清石道路 5.5K 下方崩塌地處理工程、台中分局殺豬崎工程、南投分局鹽館坑溝整治工程、3D 建模作業，如圖 2-28~

圖 2-29。因模型檔案小於 5 Mega，因此在建置 3D 模型時並未進行展示範圍切割。

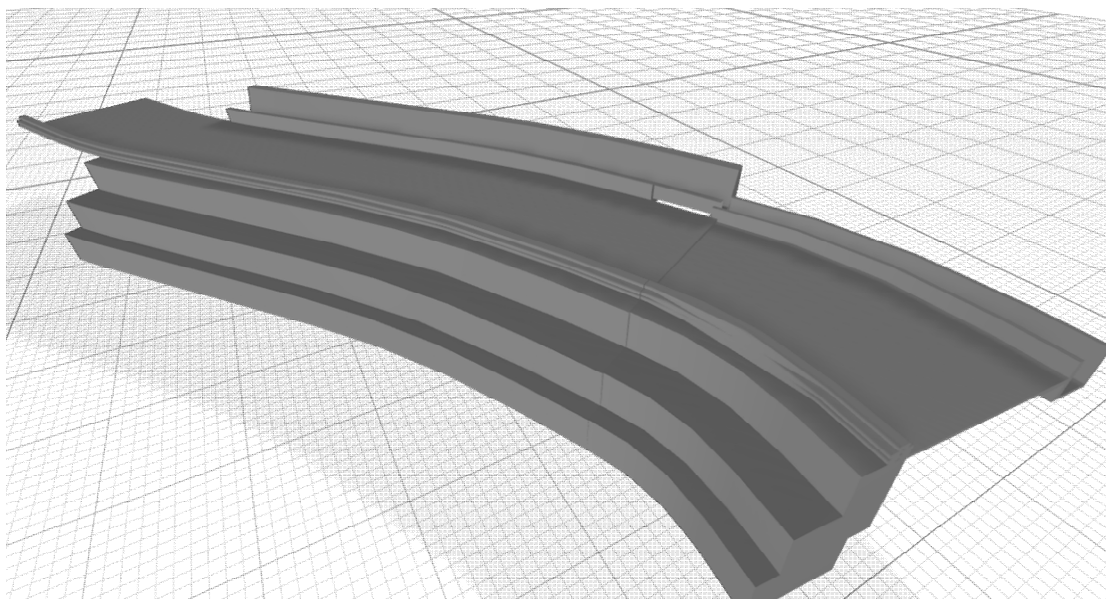


圖 2-28 花蓮分局羅山村文山二號農路設施改善修復 3D 建模成果圖

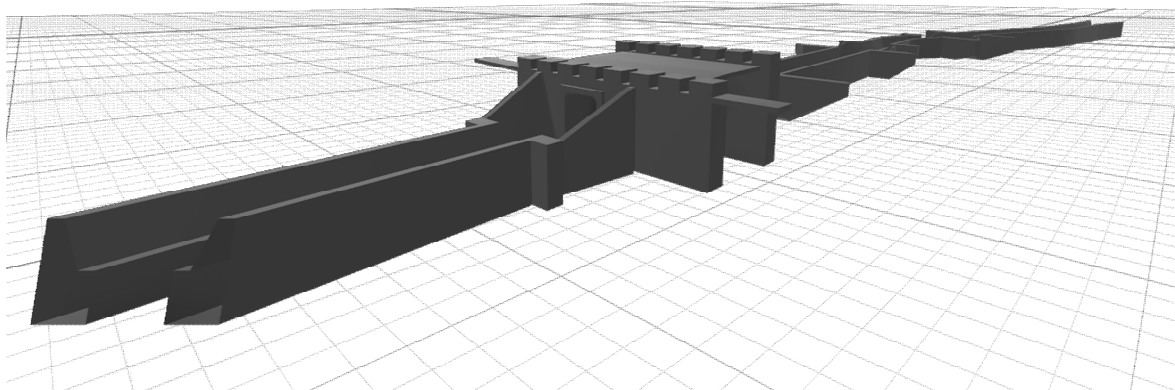


圖 2-29 台南分局九龍宮後方野溪整治工程 3D 建模成果圖

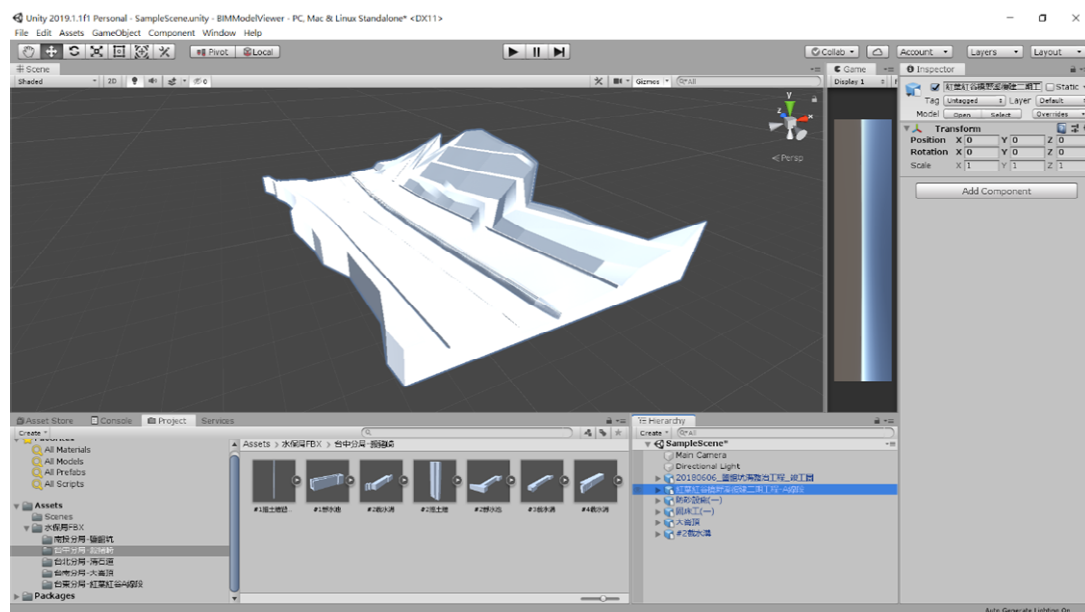


圖 2-30 台東分局紅葉紅谷橋野溪復建二期工程-A 線段 3D 建模成果圖

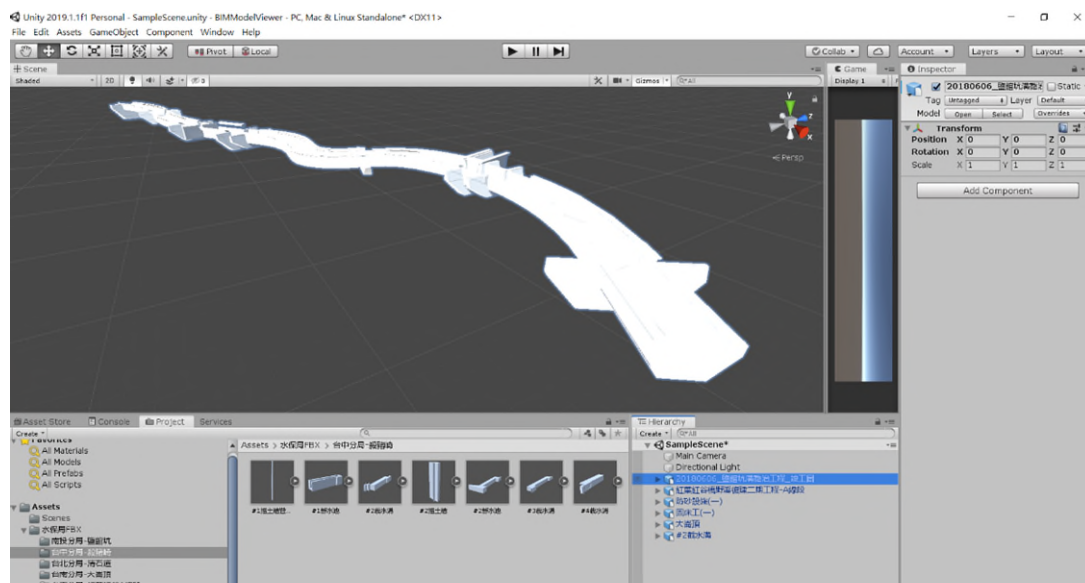


圖 2-31 南投分局鹽館坑溝整治工程 3D 建模成果圖

而模型上架至 3D 模型 Web 管理介面

(<http://geoharvester.myds.me/unityEdit>)的結果畫面如下圖。



[新增模型]	項次	緯度	經度	方位角(0~360度)	縮放比	X軸轉向	Y軸轉向	Z軸轉向	下載模型	管理模型
	1	23.00434976961853	120.23642978108433	0	100	0	90	0	台北分局溝石涵防砂設施(一)	[編輯] [刪除]
	2	23.00434585863495	120.23640321121317	0	100	180	0	0	台東分局紅葉紅台A線段	[編輯] [刪除]
	3	23.004363765799496	120.23639553851551	0	100	180	0	0	台南分局大湳頂	[編輯] [刪除]
	4	23.33896	121.31634	0	1	0	0	0	切口式圍床工	[編輯] [刪除]
	5	23.5	120.0	0	1	0	0	0	嘉義-砲石護岸	[編輯] [刪除]
	6	23.5	120.5	0	1	180	0	0	嘉義-挑流工	[編輯] [刪除]
	7	23.5	120.0	0	1	0	0	0	現存擋土牆-鋼板樁	[編輯] [刪除]

座標系統:WGS84

圖 2-32 3D 模型 Web 管理介面 BIM 模型上架成果圖

五、混和實境展示技術精進

在混和實境展示技術精進部分，本計畫以手機展示技術進行展示技術精進研發，相關構想說明如下。

本年度採用 SLAM（即時定位與地圖構建）技術。通過傳感器來得到環境的有限資訊，如視覺資訊、深度資訊、自身的加速度、角速度等數據，來確定使用者本身的相對或是絕對位置，並完成對於地圖的構建，以提升虛擬模型與實體疊合之密合度，達到真正混合實境的展示效果。

即時定位與地圖構建（SLAM 或 Simultaneous localization and mapping）是一種概念：希望機器人從未知環境的未知地點出發，在運動過程中通過重複觀測到的地圖特徵（比如，牆角，柱子等）定位自身位置和姿態，再根據自身位置增量式的構建地圖，從而達到同時定位和地圖構建的目的。SLAM 主要用於解決移動機器人在未

知環境中運行時定位導航與地圖構建的問題。SLAM 既可以用於 2D 運動領域，也可以應用於 3D 運動領域。SLAM 技術涵蓋的範圍非常廣，按照不同的傳感器、應用場景、核心算法，SLAM 有很多種分類方法。按照傳感器的不同，可以分為基於雷射雷達的 2D/3D SLAM、基於深度相機的 RGBD SLAM、基於視覺傳感器的 Visual SLAM (vSLAM)、基於視覺傳感器和慣性單元的 Visual Inertial Odometry(VIO)(原文網址：<https://kknews.cc/zh-tw/tech/mokll49.html>)」。而本計畫規劃採用 SLAM 技術將工程模型，貼附於地圖特徵上，使其更具虛實混和展現的應用價值。

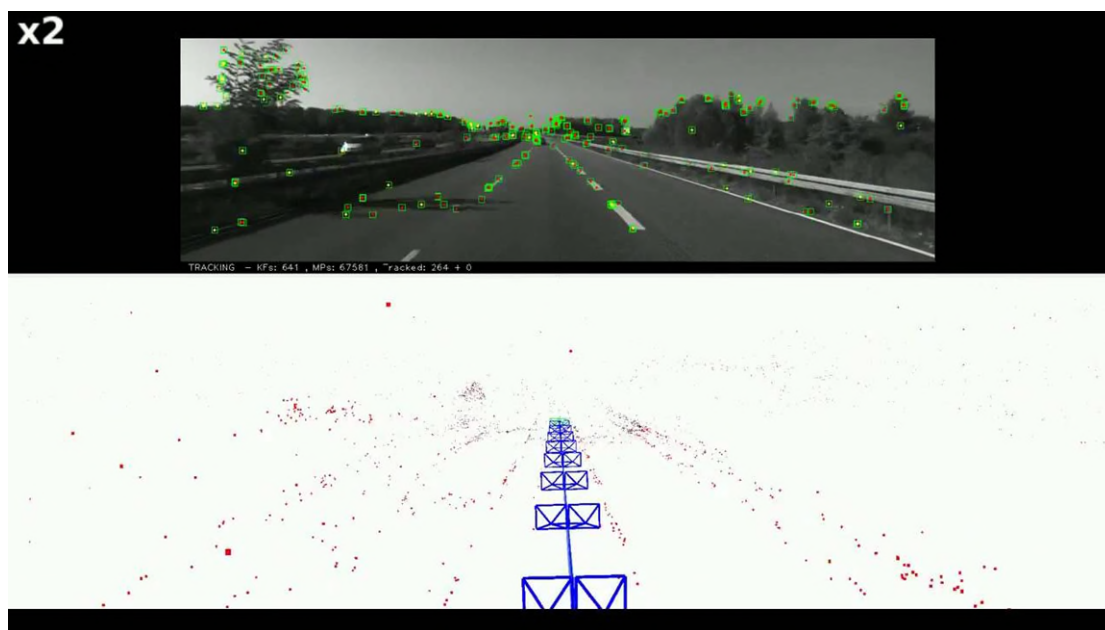


圖 2-33 SLAM 地圖特徵定位及位置姿態展示畫面

利用本案前期計畫之 APP，可進行模型之放樣作業，隨著使用者不同之位置與視角，3D 工程模型亦會同時為依據相對位置與手機鏡頭姿態及方位角進行不同視角與觀察位置之模型實體展示，如下圖 2-34~圖 2-35。

而本研究另利用 SLAM 技術開發手持裝置 APP 進行模型之放

樣展示，此 APP 首先偵測欲放置模型之平面，使用者透過點選平面方式，將 3D 模型放至適當位置，此時 3D 模型位置被綁定，當手機移動時，3D 模型會依據與手機之相對位置進行展示，以達到虛擬放樣之效果。

而後續將整合此兩種展示技術與雙頻 GPS(L1+L5)手機，進行整合之虛擬放樣 APP 之開發。

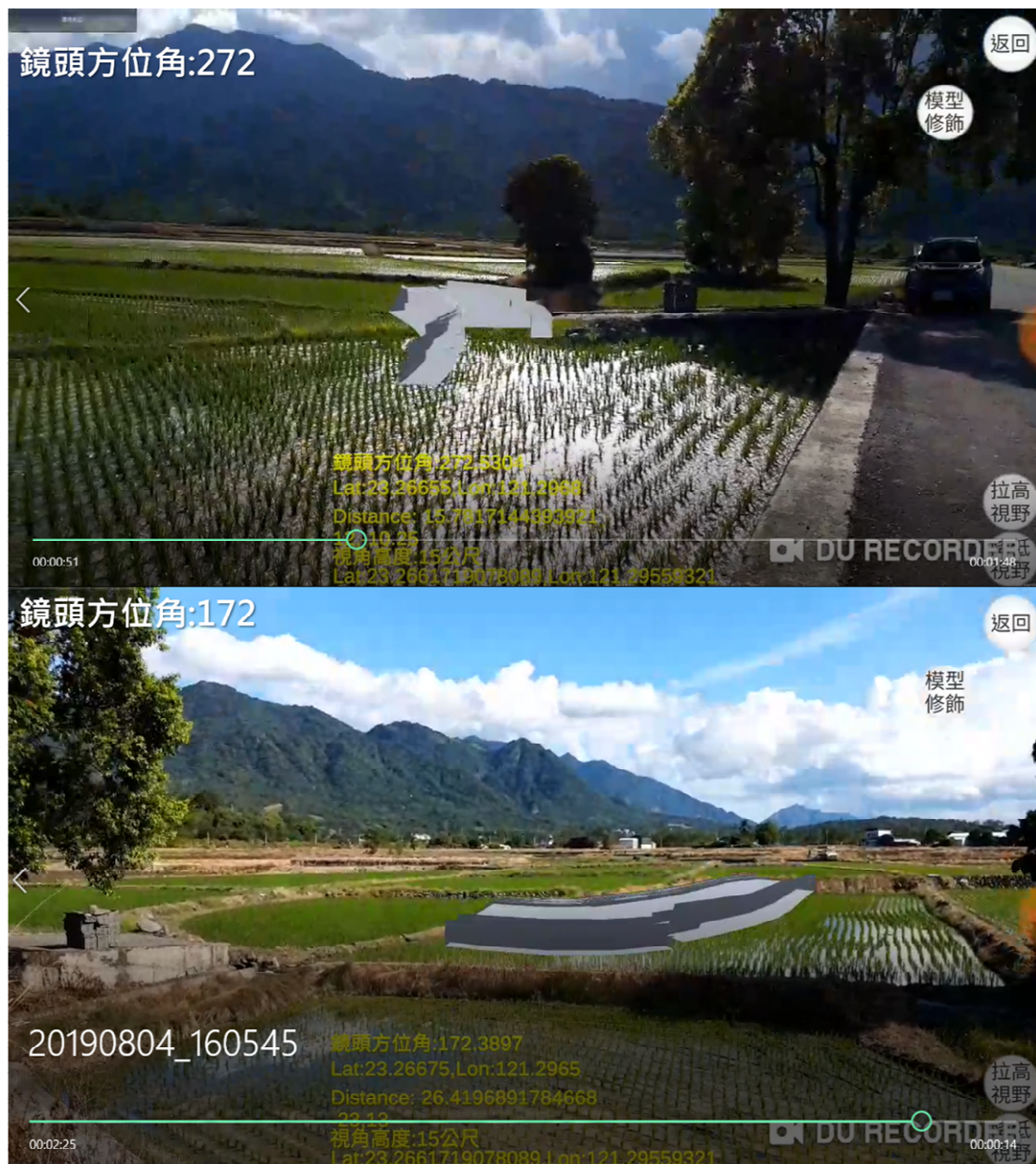


圖 2-34 使用手機 GPS 定位及位置姿態展示 3D 模型之 APP 畫面

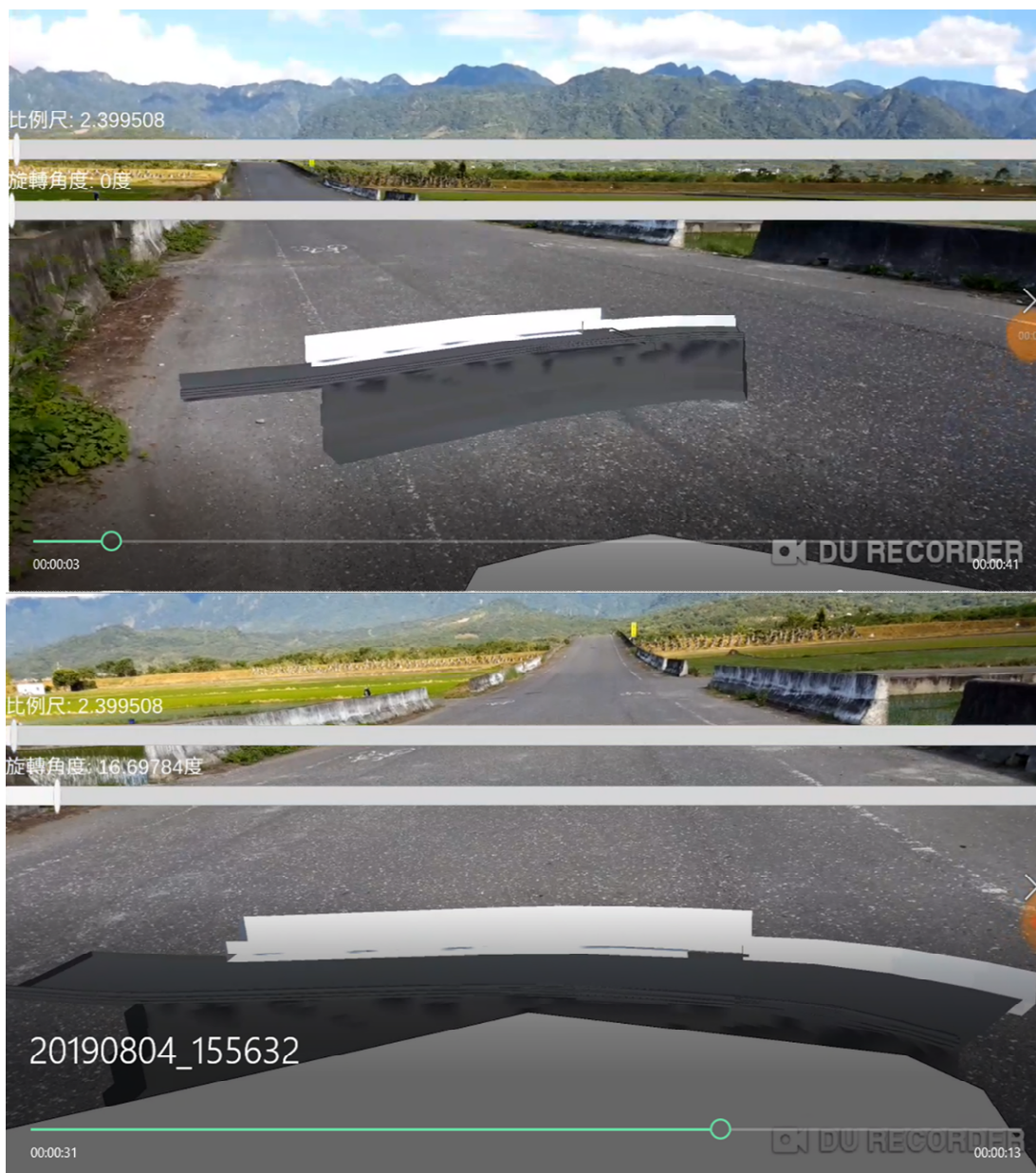


圖 2-35 使用 SLAM 地圖特徵定位及位置展示 3D 模型之 APP 畫面

而本研究上傳至 3D 模型之 APP 之成果畫面如下圖。



圖 2-36 台北分局清石道路 5.5K 下方崩塌地處理工程 3D 模型展示成果畫面



圖 2-37 台南分局大崙頂 3D 模型展示成果畫面

第三章 工作進度與交付項目

第一節 計畫甘特圖

本計畫之工作進度如下表一甘特圖所示：

表 3-1、工作進度甘特圖

工作項目	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
1. 重大土砂災害集水區工程擴增實境管理系統擴充								
2. 水土保持工程 BIM 模型建置作業標準研擬								
3. BIM 模型虛擬放樣精進								
4. 混和實境展示技術精進								
5. 期初審查(5/30)								
6. 期中審查(8/9)								
7. 期末審查(12/24)								

目前計畫完成度已經完成資料蒐集，並正在進行資料庫模型之建置與工程擴增實境管理系統建置。

第二節 計畫交付項目

本計畫執行結束後預計交付之成果有三大項：

- 一、各分局集水區潛在大規模崩塌地區，蒐集各分局一處航照及 UAV 空拍影像，製成集水區實境場景(包含數值高程模型及正射影像)，以 OBJ 等通用格式，匯入到 3D 模型資料庫中。
- 二、已完成或正在設計之 2D 水保工程設計圖，利用 BIM 或 SketchUP 等建模軟體，依據本計畫設計之建模標準與流程，轉為 3 度空間之工程模型，並匯入到 3D 模型資料庫中。

三、工程擴增實境管理系統之擴充包含3D模型資料庫規劃建置、工程擴增實境APP開發3D模型資料庫規劃建置。

第四章 結論與建議

107 年度已建置來社溪集水區實境場景，為後續擴充既有之集水區工程模型，本計畫將蒐集各分局之大規模崩塌集水區之工程模型(或 2D 設計圖)與地形模型，及其建置方法流程(各分局至少蒐集一處)。本年度計畫透過 1.重大土砂災害集水區工程擴增實境管理系統擴充、2.水土保持工程 BIM 模型建置作業標準研擬、3.BIM 模型虛擬放樣精進、4.混和實境展示技術精進等工作，將第一階段 BIM 的數位化成果視覺化，使得使用者能更親切的與實體環境與數位介面互動。

一、結論

本研究已完成重大土砂災害集水區工程擴增實境管理系統擴充、水土保持工程 BIM 模型建置作業標準研擬、BIM 模型虛擬放樣精進、混和實境展示技術精進等各項工作。透過本研究獲致以下結論：

- 1、水土保持設計單位於完成 2D 的設計圖同時，可依照本研究之水土保持工程 BIM 模型建置作業標準自行建置 BIM 模型，提交委託單位。
- 2、透過 BIM 模型上傳至工程擴增實境管理系統後，設計單位與委託單位人員可於設計階段、施工階段與完工後之管理階段，透過混合實境 APP 進行虛擬放樣進行設計與維護管理之互動與討論。預期於工程設計階段，設計單位與委託單位透過 3D 與(建築資訊模型：Building Information Modeling，簡稱 BIM)模型，以虛擬實境及擴增實境方式進行虛擬放樣，可降低溝通歧見，預見工程成效。
- 3、透過本研究建構水保工程標準圖之 BIM 元件，水土保持工程設計

單位可以直接引用與調整，提升 BIM 模型建置的效率。

- 4、建構 3D 工程模型與 UAV 地形模型資料庫，透過手持裝置與網頁方式即時查詢、疊合呈現不同時間之工程設施，以虛擬實境展現，提升工程管理時效。透過精進混和實境展示技術，並提升虛擬放樣精度。

二、建議

經本研究之執行過程中發現仍有尚待克服的技術問題，建議後續相關研究或計畫可朝以下方向進行精進：

- 1、目前虛擬放樣技術受限於手執裝置之陀螺儀及 GPS 精度問題，仍有無法精確將模型定位的問題，後續建議可結合特徵圖像(如 QRCode)的掃瞄判釋提升定位精度。
- 2、目前水保工程設計圖主要皆未依據大地座標系統進行繪製，而此會降低放樣位置之準確度，因此建議後續水保工程設計圖應以地理資訊系統或具大地座標系統之軟體進行繪製，依據實際座標位置及方位進行設計繪製，如此可大大提升 BIM 模型之實用性。
- 3、本研究之水土保持工程 BIM 模型建置作業標準尚屬初步估化階段，後續建議可持續修正，並納入相關之作業手冊，以期建立水土保持工程 BIM 模型之資料標準。

參考文獻

1. 美國 AIA 建築師協會 BIM 技術規格(2017)，[https :
//bimforum.org/wp-content/uploads/2017/11/LOD-Spec-2017-
Guide_2017-11-06-1.pdf](https://bimforum.org/wp-content/uploads/2017/11/LOD-Spec-2017-Guide_2017-11-06-1.pdf)
2. 丘婉儷，碩士論文，利用修正式德爾菲法建立管理本體論之關係運算子-以主生產排程規劃為例，國立成功大學，2011。
3. 台灣 BIM 首航—綠建築設計與 BIM 實際導入經驗分享，(民99)，基峰資訊股份有限公司
4. 吳翌禎、邱彥彰，建築資訊模型應用於工作空間衝突分析之研究，土木水利（BIM 專輯），第三十七卷，第五期，59-63 頁，2010。
5. 李伯青、莊天翔、吳翌禎，“建築資訊模型系統之互動式使用者介面設計與實作”，100 年電子計算機於土木水利工程應用研討會論文集，九月一-二日，高雄應用科技大學，高雄，台灣，2011。
6. 林佩瑩、廖學誠，應用模糊德爾菲法分析高雄愛河綠廊功能之研究，台大實驗林研究報告，2008。
7. 林耀垣，碩士論文，應用德菲法及資料包絡分析法於我國地方政府施政績效評估之研究，國立東華大學，2004。
8. 范素玲，建築資訊模型 (BIM) 之智慧財產權探討，中國土木水利學刊，第 37 卷，第五期，2010。

9. 范素玲、謝尚賢、沈裕倫，工程專案應用建築資訊模型之契約附件範本與解說，國立台灣大學土木工程學系工程資訊模擬與管理研究中心，台北，2011。
10. 郭榮欽、謝尚賢，BIM 概觀與國內推行策略，土木水利，第三十七卷，第五期，2010。

附錄

附錄一、期初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
1	水保設施以水土保持手冊資料製定模型,模型是否能調整尺寸、形狀,以利套入3D地形圖。	謝謝委員意見，為方便模型調整尺寸及形狀，採用 BIM 軟體進行 3D 建模。
2	建議增加工程設計資料套入現場地形圖,以3D 模擬呈現,供設計參	謝謝委員意見,於期中報告 P.2-17 呈現
3	P.步錯是否為不錯?P.1-2計劃請修正為計畫。	謝謝委員意見，已進行修正。
4	P.2-4圖2-2鋼板樁護岸較少使用在水土保持工程設施,宜以水土保持手冊工程常用項目優先,	謝謝委員意見，已請水保局各分局提供工程設施資料，供繪製模型及參考用。
5	P.2-10表2-1,機電、空調是否適用在水土保持工程?	謝謝委員意見，已將機電、空調部分刪除。
6	P.3-1表3-1,執行期間不符,缺期初、期中、期末審查期程。	謝謝委員意見，已將期初、期中、期末審查期程放上。
7	P.2-3,水土保持工程模型已建置鋼板樁護岸、混凝土砌石護岸、挑流工、梳子壩模型,建議在收集各分局工程	謝謝委員意見，已請水保局各分局提供工程設計資料，除參考工程設計資料外也會針對水保手冊

項次	審查意見	回覆辦理情形
	模型時,能增加其他工程類型,以增加模型元件。	中常用項目進行建模。
8	P.2-13,混合實境展示技術精進中以 HoloLens 2頭戴裝置做為展示設備,所使用控制器為何?是否直接以手勢操作?	謝謝委員意見，經 Microsoft HoloLens 2頭戴裝置之規格文件分析，此裝置並未有 GPS 模組，僅適於室內使用，與本計畫之現地混合實境展示之需求有差異，因此本研究改以雙頻 GPS 手機為混合實境展示技術精進之測試平台，透過手機鏡頭與觸控方式進行模型操作。
9	P.3-1,混合實境展示技術精進之設備如 HoloLens2頭戴裝置等是否納入交付項目?	謝謝委員意見，本研究之僅利用相關之混合實境展示設備進行可行性之測試與研究，並未納入交付項目。
10	建築工程有機電、管路、土木結構等重疊性高的問題,BIM 較能發揮其效益。而水土保持工程各工項間較無重疊性,使用 BIM 的效益較低,一般應用在地方說明會,讓民眾瞭解未來工程完工後的情形。	謝謝委員意見，相對於建築工程，水土保持工程 BIM 模型確實相對單純，本研究研擬之應用除進行模型展現與說明外，另利用混合實境展示方式，期望能達到虛擬放樣與水土保持工程 BIM 模型單元製作標準化的目標，以及在水保工程管理上提供使用者良好的

項次	審查意見	回覆辦理情形
		服務。例如，水保設施如遭強大土砂變化事件埋沒和破壞後，現場往往難以分辨出原始狀態，但透過執行本技術後將可有效的掌握原始工程狀態。也可有效協助累積多年的水保工程經驗傳承。
11	摘要中文與英文並列,應有說如建築資訊模型(Building Information Modeling ,BIM),英文部分亦請加入英文全名。	謝謝委員意見，已進行修正。
12	P.1-2第二節中來社溪近8年有最大13M 的土砂邊移,可再詳細描述。	謝謝委員意見，已將描述補上。
13	P.1-3第三節第3點,“…往往無法同時進行展現…” ,是在何種情形下。	謝謝委員意見，主要說明透過 2D 設計圖檔，往往無法同時展現不同年度不同時間之工程設施，增加工程管理困難。同時於現地亦無法該工程之基本資訊。
14	P.1-4全程目標與本年度目標一樣,請說明。	謝謝委員意見，全程目標與本年度大致上一樣，本年度目標主要為提升虛擬放樣精度，全程目標為工程效益評估及作為各分局

項次	審查意見	回覆辦理情形
		BIM 模型建置依據。
15	P.2-2的 LOD 與 P.2-9的 LoD 只差一個字大小寫,何者正確?	謝謝委員意見,細緻度英文全名為 Level of Detail,通稱為”LOD”,已進行修正。
16	目前收集的水保設施有些不是常用的,如果要擴大到水保設施都能使用,量的部分可能要更多。	謝謝委員意見,會針對水保局各分局提供工程設計資料及水保手冊中常用項目製模型。
17	P. 2-14, SLAM 是即時或是同步?	謝謝委員意見,SLAM 全名為”Simultaneous localization and mapping”,因翻譯關係即時及同步皆有人使用,於報告中會統一為”即時”。
18	透過歷年集水區土砂運移與工程模型比較,在未來構造物調查或是3D 來分析河道變遷等等,可以有更佳視覺化感受,可考慮其可行性。	謝謝委員意見,本計畫所建置之資料模型庫中,已設置地形資訊的欄位,納入地形數位資訊後,可伴隨各項水工模型以 2D/3D 的形式呈現。
19	計畫預計蒐集各分局之大規模崩塌集水區之工程與地形模型,建議與分局討論適合之案例。	謝謝委員意見,已請水保局各分局提供工程設計資料。
20	座標精度之提升除改善手持	謝謝委員意見,依據博通

項次	審查意見	回覆辦理情形
	設備外,是否有其他方式。而一般設備(如手機)精度如何?	(Broadcom)BCM47755 的 GPS 晶片之規格說明,使用該晶片之雙頻 GPS 手機精確度可由 5 公尺推進到 30 公分。

附錄二、期中報告書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
1	水保工程設計階段的時間不長，如何於短時間內建置 BIM 模型後，又能導入 VR 與 AR？那個單位(設計單位)負責建置？可能的費用為何？	本研究主要為進行水土保持工程 BIM 模型建置作業標準研擬，主要 BIM 模型設計單位進行建置並提交予委託單位，委託單位可透過本研究開發之並提供重大土砂災害集水區工程擴增實境管理系統進行 BIM 模型的上架，上架完成後即可於虛擬放樣 APP 中進行展示。
2	本計畫實務之運用價值，建議可多加闡述。建議可將研究成果展示給水保設計廠商，收集其看法(包括優點與缺點)。	謝謝委員意見，已加入相關於第四章結論與建議之中。
3	有關水保 BIM 模型與水保現場地形是如何結合？	水保 BIM 模型與水保現場地形是透過模型經緯度座標、模型比例尺及模型方位角等資訊進行與

項次	審查意見	回覆辦理情形
		現地之疊合，配合 SLAM 技術擷取現場地形特徵(如平面、特徵線)等，再進行細緻化之定位工作。
4	本計畫擬解決的問題(第一章第三節)與計畫目標(第一章第四節)，並無法對應。例如，第三節指出擬解決問題之一「於工程設計階段若變更設計，往往材料及造價估算需...」，但第四節並無任何一項目標，是可解決此問題。建議重新整清本計畫擬解決的問題。	謝謝委員意見，已於第四節補充解決方法。
5	P.2-3，計畫已蒐集之各分局工程模型，請表列出蒐集那些工程案例。	謝謝委員意見，已將蒐集到的工程案例列表至第二章第二節中。
6	目前列出支援雙頻 GPS(L1+L5)的手機，似乎僅有中國大陸的品牌，請再協助搜集其他能夠支援的手機。	謝謝委員意見，iPhone X、SAMSUNG S10E 皆已支援雙頻 GPS，已更新內容描述。
7	因檔案過大而採用展示範圍切割與 LOD 顯示方式，是否有建議檔案大小多少以上應採用此方式？又此方	謝謝委員意見，檔案過大而採用展示範圍切割與 LOD 顯示方式主要為地

項次	審查意見	回覆辦理情形
	式提升之效能為何？如展示速度或解析度等量化說明。	形模型，而水保 BIM 模型則大部分檔案都不大。針對地形模型部分，依據本研究目前之建置經驗，若超過 30MB 以上則應進行範圍切割與 LOD 顯示。因目前尚無足夠之案例可量化效能提升及展示速度等資訊，僅以方案提出的方式建議需進行地形模型的切割及 LOD 顯示設計。
8	P.2-19，圖2-15、圖2-16之模型實體展示，所展示之地點是實際工程地點嗎？似與現地不相合。	謝謝委員意見，此確實非為實際工程地點，圖 2-15、圖 2-16 僅說明移動手持裝置的位置，可展現 BIM 模型不同之距離及視角。

附錄三、期末報告書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
1	此研究所開發之 APP，無使用手持裝置定位之使用者係以特徵物進行定位，若無特徵物要如何定位？請說明。	若無特徵物則無法進行定位，亦無法顯示出模型。
2	進 2D 轉換為 3D 時，是否有需要特別注意的地方？請說明。	將水保模型由 2D 面轉為 3D 立體圖，需要注意比例、尺寸及距離，並要看懂詳圖，才能較快從三視圖轉換為立體模型。
3	此研究之擴增實境管理系統目前僅對工程圖 2D 轉換成 3D，但現地工程施作實，周圍高程、地形可能因工程施作而有所改變，該如何克服？請說明。	地形高程可由 Autodesk civil 3D 軟體建置，其軟體也有支援 BIM 並提供整合功能。
4	手持裝置精度對整體系統之影響多大？如何修正定位？請說明。	手持裝置精度會造成模型之位置飄移，無法貼合於現地及正確放樣。在修正定位上則目前建議採用特徵物辨識方式，進行模型放置，降低誤差。
5	目前某些手機雙頻 GPS 定位號稱非常高(30cm)，是否適用	經實測雙頻 GPS 手機，仍存在誤差問題，因此要應用於現

項次	審查意見	回覆辦理情形
	於現場？請說明。	場仍有其限制，但相較於單頻 GPS 手機則可減少飄移現象。
6	GeoBIM 目前在歐洲有針對空間資訊與 BIM 的整合持續進行探討，後續研究建議可進行參考。	謝謝意見，後續若計畫持訊推動進行，將進行歐洲空間資訊與 BIM 的整合相關研究的分析與討論。
7	因檔案過大而採用展示範圍切割與 LOD 顯示後續應用建議可結合地面控制點，以更貼合實境模型之實用性。	謝謝意見，後續可結合地面控制點辨識方式，將模型與實境貼合。