
BIM 應用於水土保持工程設計技術之研發
BIM used in soil and water conservation
engineering design and development of
technology

執行單位：逢甲大學

執行期間：106 年 2 月 16 日至 106 年 12 月 30 日

計畫主持人：逢甲大學 林保宏副教授

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 106 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）

摘要

在世界各國的 BIM 技術發展及應用中，可明顯看到政府在 BIM 推動應用上具相當關鍵之地位，而所擘劃之願景、藍圖、與策略等對於該國之 BIM 應用與發展皆具有重要及長遠之影響。而近年行政院公共工程委員會成立平台採因案制宜與循序漸進方式推動，至今所應用之標案數越來越多，由此可知 BIM 已成為國內工程界未來發展的方向。

本計畫應用 BIM 於水土保持工程設計技術之研發及可行性分析。根據水土保持局工程管考資料顯示，水土保持局工程，以 500 萬以下之工程數量居多，約占 8 成，而 2,000 萬以上之工程約略不到 1 成，因此哪些工程適合作為 BIM 導入之案例，必須依工程項目多寡、工程的複雜程度、允許廠商建模或應用的時間長短、工程的規模、工程類型、要求的精度、目的與用途等因素，而有不同之影響。

本計畫亦針對南投縣粗坑作為案例進行模擬，然而並不是所有的工程都適合利用 BIM 的技術，例如較小型單純之工程，相對經費較少，因此建置模型的意願則會較低；其反而適合較大型的工程，因工程規模較大，若先利用 BIM 技術建模，業主也能較精確掌握完工後之樣貌與工程項目完整資訊，因此大型工程相對的也較能顯示 BIM 導入工程生命週期的效益與價值。

關鍵詞：BIM、水土保持、Revit

Abstract

In the development and application of BIM technologies in various countries in the world, it is obvious that the government plays a crucial role in promoting the adoption of BIM. The vision, blueprint and strategy laid out by the government are of great importance to the industry's incentives of carrying out BIM in the long run. In recent years, the Public Construction Commission of the Executive Yuan set up a platform to promote BIM implementation using a step-by-step approach. As a result, more and more public bidding projects have implemented to BIM execution so far, indicating that BIM has become the direction of the future development of domestic engineering project.

The study focuses on the feasibility analysis using BIM in soil and water conservation engineering design and development. According to project management examination data from the Soil and Water Conservation Bureau, the project contract price under 5 million TWD is about 80%, while the project of more than 20 million TWD is less than 10%. Therefore, carrying out BIM adoption need to consider the scale, the complexity of the project, the length of time allowed for modeling or application by the manufacturer and the required accuracy purpose.

This study takes the Chukeng project in Nantou County as a case demonstration. However, not all projects are suitable for using BIM technologies, such as smaller and simpler projects with less relative funding, instead, it is more suitable for larger projects. It is believed that the owners can have a more accurate grasp of the completed project through BIM. Further, large projects are relatively more able to show the benefits and value of BIM adopting into the project life cycle.

Keywords : BIM, soil and water conservation, Revit

目次

摘要.....	I
Abstract.....	II
目次.....	III
表次.....	V
圖次.....	VI
第一章 前言.....	1-1
第一節 計畫緣起	1-1
第二節 計畫項目與內容	1-3
第三節 預期成果及影響：	1-3
第四節 計畫執行進度	1-3
第二章 資料蒐集與 BIM 軟體.....	2-1
第一節 水土保持治理工程資料蒐集及分析	2-1
第二節 建築資訊模型(BIM)介紹	2-14
第三節 BIM 的工作流程.....	2-15
第四節 BIM 軟體.....	2-23
第五節 BIM 發展優勢.....	2-25
第三章 BIM 與數值地形資料整合之可行性.....	3-1
第一節 研析地形資料之格式	3-1
第二節 BIM 模型與數值地形資料之整合.....	3-2
第三節 設定 BIM 模型坐標.....	3-6
第四節 BIM 整合數值地形資料之可行性分析.....	3-8
第四章 BIM 建立最常用之工法及實際案例應用.....	4-1
第一節 粗坑吊橋上游野溪二期工程實際案例	4-1
第二節 Takle 建模及 Revit 建模	4-4

第五章 應用於水土保持構造物之可行性評估	5-1
第六章 結論與建議	6-1
第一節 結論	6-1
第二節 建議	6-2
參考文獻.....	參-1
附件一 各期審查意見回覆	附錄一-1

表次

表 1-1 計畫執行進度表	1-4
表 2-1 水土保持局 90~106 年各類工程案件統計數量	2-1
表 2-2 水土保持局治理工程大於 2,000 萬以上的類別各年統計數量...	2-3
表 2-3 水土保持局歷年工程經費案件統計表	2-4
表 2-4 水土保持局常使用之工法及型式	2-6

圖次

圖 1-1 公共工程委員會之 BIM 推動策略與方向	1-1
圖 1-2 公共工程委員會之 BIM 推動路徑圖	1-2
圖 2-1 工程管考基本資料表	2-4
圖 2-2 水土保持局歷年使用之工法統計表	2-5
圖 2-3 建築管線配置圖	2-15
圖 2-4 BIM 作業模式	2-16
圖 2-5 BIM 資訊交換模式	2-18
圖 2-6 GIS 洪水、淤積、構造物整合設計	2-23
圖 3-1 Autodesk Civil 3D 中進行等高線萃取	3-3
圖 3-2 Autodesk Revit 中匯入等高線	3-3
圖 3-3 Autodesk Revit 地形模式的呈現	3-4
圖 3-4 粗坑吊橋上游野溪整治二期工程之地形前視圖	3-4
圖 3-5 粗坑吊橋上游野溪整治二期工程之地形上視圖	3-5
圖 3-6 粗坑吊橋上游野溪整治二期工程之地形右視圖	3-5
圖 3-7 粗坑吊橋上游野溪整治二期工程之地形左視圖	3-6
圖 3-8 粗坑吊橋上游野溪整治二期工程之 CAD 繪製之平面配置圖	3-7
圖 3-9 平面配置圖之坐標位置	3-7
圖 3-10 坑吊橋上游野溪整治二期工程之坐標定位	3-8
圖 4-1 集水區面積圖	4-2
圖 4-2 工程位置圖	4-2
圖 4-3 工區平面配置圖	4-3
圖 4-4 混凝土護岸配置圖	4-3
圖 4-5 新建專案	4-4
圖 4-6 鋼筋數量統計表	4-5
圖 4-7 B 型斜坡固床工	4-6
圖 4-8 B 型斜坡固床工	4-7

圖 4-9 A 型分隔牆.....	4-8
圖 4-10 A 型漿砌石護岸	4-9
圖 4-11 緩坡護岸	4-10
圖 4-12 漿砌石固床工	4-11
圖 4-13 混凝土護岸	4-12
圖 4-14 粗坑整體建模圖	4-13
圖 4-15 利用 Lumion 展示粗坑整體建模圖	4-13

第一章 前言

第一節 計畫緣起

在世界各國的 BIM 技術發展與應用中，可以明顯的看到政府在 BIM 應用的推動上具相當關鍵的地位，而所推動之願景、藍圖、與策略等對於該國之 BIM 應用與發展皆具有重要及長遠之影響。行政院公共工程委員會於 2014 開始成立跨部會及結合產學界之「BIM 推動平台」，建構公共工程運用 BIM 技術之環境，並推廣 BIM 應用來提升國內營建產業生產力與國際競爭力，提出推動策略與方向如圖 1-1，並擬修訂採購契約範本納入 BIM、升級公共工程技術資料庫與 BIM 串接...等，亦規劃推動 BIM 三階段路徑圖，如圖 1-2 所示。建築資訊建模是國際上新興的趨勢，所帶來的新工具、技術、模式與觀念，可在數位虛擬空間以視覺化方式呈現，有助於全生命週期包括規劃、設計、施工、維運與管理等階段之溝通協調，並減少衝突與錯誤，提升工程效率及品質，有助於產業競爭力的提升。

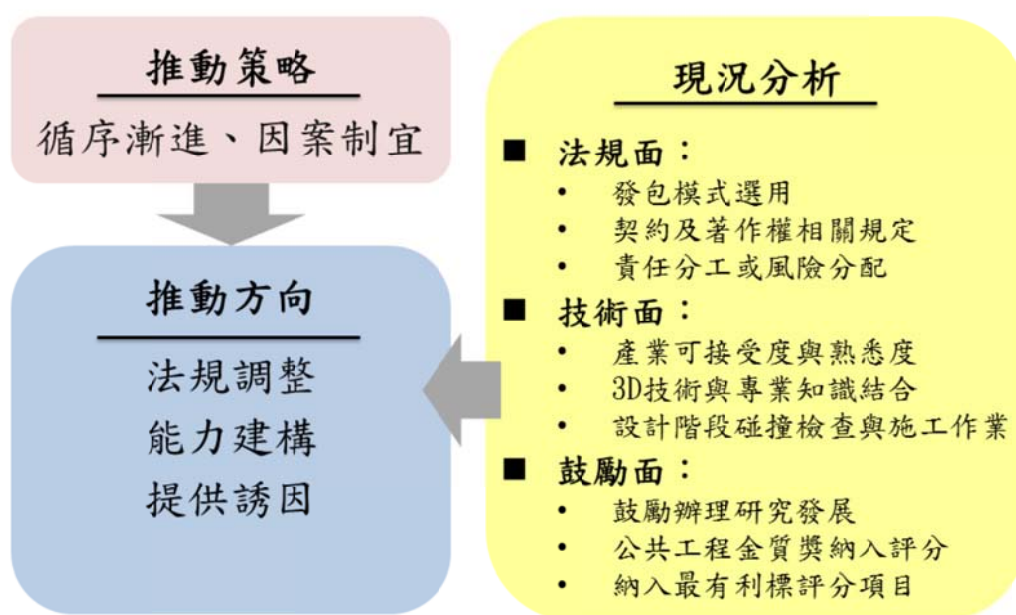


圖 1-1 公共工程委員會之 BIM 推動策略與方向

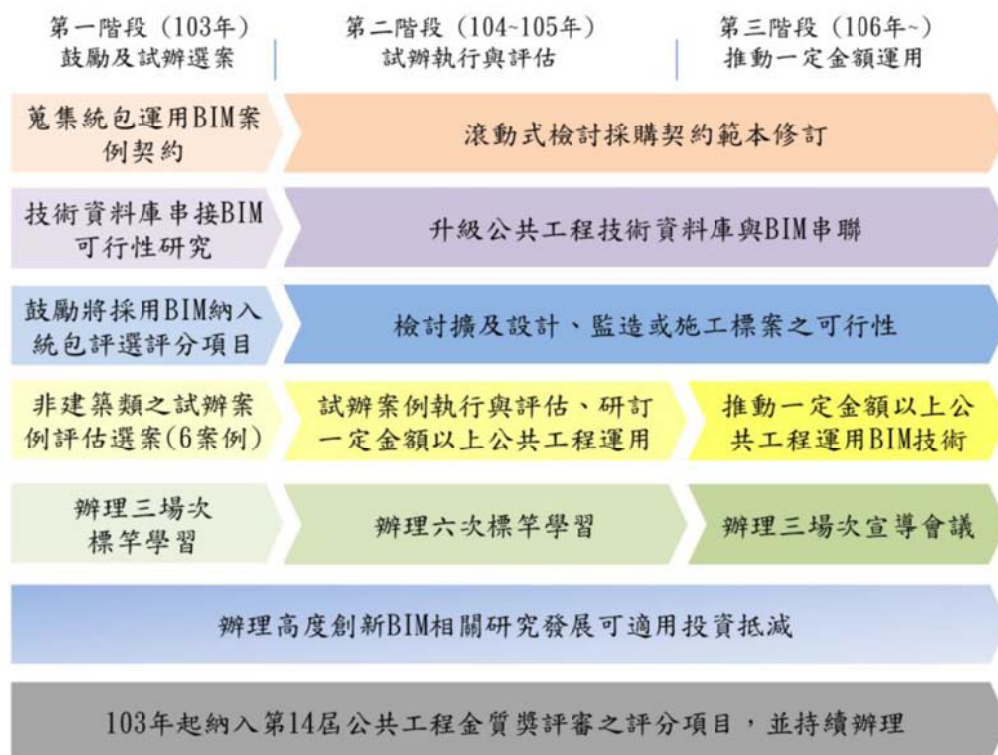


圖 1-2 公共工程委員會之 BIM 推動路徑圖

而公共工程會顏久榮副主任委員表示，BIM 技術在公共工程設計階段可偵測出設計錯誤與衝突，減少施工階段不必要的成本支出，更可運用視覺化管理模式，深化應用至營運維護管理階段，提升工程效率、品質與維運便利性。且公共工程會於 103 年成立平台採因案制宜與循序漸進方式推動，並擇定 10 項公共工程試辦導入運用 BIM 技術。推動至今，統計過去一年使用 BIM 技術的工程招標機關已超過 60 個，應用的標案數也超過 120 件。由此可知，BIM 已然為國內工程界未來發展的方向，因此本計畫將應用 BIM 於水土保持工程設計技術之研發及可行性分析，做為未來推廣 BIM 於水土保持工程及創造工程智慧管理系統之先期作業。

第二節 計畫項目與內容

一、計畫目標

BIM 已然為國內工程界未來發展的方向，因此本計畫將應用 BIM 於水土保持工程設計技術之研發及可行性分析，做為未來推動 BIM 於水土保持工程及創造工程智慧管理系統之先期作業。

二、本年度工作內容：

- (一)蒐集歷年水土保持治理工程規模分析及探討，統計分析水土保持局最常使用之工法及型式；
- (二)依據第一項分析結果以BIM建立水土保持局最常用之工法及型式之實際案例應用
- (三)應用於水土保持構造物之可行性評估。

第三節 預期成果及影響：

為發展BIM應用於水土保持工程技術，透過本研究蒐集分析歷年水土保持工程之規模，以及案例分析了解水土保持工程導入BIM技術之可行性。

第四節 計畫執行進度

表1-1為本計畫各項工作之預定進度。

表 1-1 計畫執行進度表

工作項目		期程	106 年											
			1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
蒐集歷年水土保持治理工程規模分析及探討中，統計分析水土保持局最常使用之工法及型式以 BIM 建立水土保持局最常用之工法及型式之實際案例應用	計畫研提與審核	■	■	■										
	資料蒐集分析				■	■	■							
	資料蒐集分析與問題探討							■	■	■	■	■	■	
應用於水土保持構造物之可行性評估	計畫研提與審核	■	■	■										
	分析方法規劃				■	■	■							
	實際水土保持工持 3D 建模							■	■	■	■	■	■	
蒐集歷年水土保持治理工程規模分析及探討中，統計分析水土保持局最常使用之工法及型式	計畫研提與審核	■	■	■										
	水土保持構造物之可行性評估				■	■	■							
	可行性評估分析作業							■	■	■				
	可行性評估與報告撰寫										■	■	■	
查核點		評選報告							期中報告				期末報告	成果報告
累計總進度(%)		25	30	35	40	45	50	60	65	70	80	95	100	

第二章 資料蒐集與 BIM 軟體

第一節 水土保持治理工程資料蒐集及分析

蒐集水土保持局工程管考系統 90 年-106 年 5 月底近 17 年之治理工程案件，可分為 68 項的計畫類別，統計共 64,247 件治理工程，如表 2-1 所示。並從中挑選大於 2,000 萬以上的工程，其計畫類別分別為「加強山坡地水土保持計畫」、「易淹水地區水患治理計畫」、「整體性治山防災計畫」、「振興經濟擴大公共建設」、「莫拉克颱風災後重建」等 5 類，分析這 5 大類工程各年所執行之件數共計 28,800 件，如表 2-2 所示。

水土保持局工程通常工程規模較小，在這五大類計畫中，以 500 萬以下之工程數量居多，約占 8 成，而 2,000 萬以上之工程約略不到 1 成，因此哪些工程適合作為 BIM 導入之案例，必須依工程項目多寡、工程的複雜程度、允許廠商建模或應用的時間長短、工程的規模、工程類型、要求的精度、目的與用途等因素，而有不同之影響。

表 2-1 水土保持局 90~106 年各類工程案件統計數量

項目	計畫名稱	工程件數
1	93 年度九二一震災社區重建更新基金農村聚落重建增辦計畫	11
2	93 年度更新基金重建區農村聚落重建(已核定未發生權責)	2
3	94 年度強化促進就業計畫	10
4	一般行政-農村及坡地保育管理	92
5	九二一重建區土石流及崩塌地源頭緊急水土保持處理計畫	816
6	九二一重建區土石流及崩塌裸坡地水土保持處理計畫	594
7	九二一震災重建特別預算(二期)	300
8	九二一震災重建特別預算(振興計畫已核定未發生權責)	5
9	九二一震災重建特別預算(振興計畫剩餘款增辦)	162
10	九二一震災重建特別預算(剩餘款)	297
11	九二一震災重建特別預算(剩餘款挹注振興計畫)	360
12	九二一震災重建特別預算-水土保持重建計畫	716
13	九二一震災重建特別預算-農村聚落重建計畫	138
14	九二一震災重建特別預算-農路水土保持	371

項目	計畫名稱	工程件數
15	土石流及崩塌地源頭處理 93 年度執行後賸餘款增辦計畫	33
16	土石流災害及農漁村環境改善	1,901
17	土石流災害防治 93 執行後賸餘款(增辦)	6
18	山坡地水土保持管理走入社區	6
19	山坡地災害緊急處理	210
20	公共設施災後復建計畫	217
21	天然災害復建復育計畫	562
22	水土保持試驗研究計畫	9
23	水土保持管理	430
24	水土保持管理計畫	66
25	加強山坡地水土保持計畫	12,010
26	加強地方建設擴大內需補助計畫	627
27	石門水庫及其集水區整治計畫	300
28	石門水庫及其集水區整治計畫(二階)	146
29	更新基金重建區流域整體治理	577
30	更新基金重建區振興計畫	408
31	更新基金重建區農村聚落重建	97
32	坡地水土資源管理	126
33	委辦計畫(試驗研究與改良)	38
34	易淹水地區水患治理計畫	5,144
35	屏東農業生物技術園區	3
36	建立富麗新農村計畫	549
37	建立富麗新漁村	51
38	科技研發-水土保持試驗研究	33
39	科技研發-試驗研究與改良	29
40	振興經濟擴大公共建設	4,120
41	桃芝、納莉、利奇馬颱風災害復建工程計畫	294
42	特定水土保持區劃定與治理計畫	327
43	國土復育策略方案暨行動計畫	288
44	基隆河整體治理計畫	236
45	莫拉克颱風災後重建	2,409
46	鄉村新風貌	527
47	鄉村新風貌-營造農村新風貌計畫	2,778
48	農村新風貌	967
49	農村聚落重建 93 年執行後賸餘款增辦九份二山土地管理維護計畫	5
50	農村聚落重建 93 年執行後賸餘款增辦計畫	4
51	農村聚落重建 94 年增辦剩餘款挹注重建區振興計畫(第二期特別預算)	1
52	農村聚落重建計畫	286
53	農業發展計畫	256

項目	計畫名稱	工程件數
54	農業管理-水土保持管理	95
55	整體性治山防災計畫	5,117
56	擴大公共建設	4
57	一般行政-基本行政工作維持	9
58	一般行政-基本行政工作維持-設備及投資	8
59	水土保持試驗研究	14
60	流域綜合治理計畫	1,256
61	重劃區外緊急農路設施改善計畫	1,380
62	氣候變遷下大規模崩塌防減災計畫	106
63	推動農村再生計畫	1,303
64	新店溪上游流域保育治理及區域穩定供水綱要計畫(水利署代收款)	4
65	農村再生社區發展及環境改善計畫	6,360
66	農村再生建設及發展計畫	2,675
67	農村再生規劃及人力培育計畫	5,957
68	環境資源資料庫整合	9
總計(件)		64,247

資料來源：水土保持局工程管考系統

表 2-2 水土保持局治理工程大於 2,000 萬以上的類別各年統計數量

年度	加強山坡地水土保持計畫(件)	易淹水地區水患治理計畫(件)	振興經濟擴大公共建設(件)	莫拉克颱風災後重建(件)	整體性治山防災計畫(件)	總計(件)
90	2,036	-	-	-	-	2,036
91	1,767	-	-	-	-	1,767
92	1,794	-	-	-	-	1,794
93	1,975	-	-	-	-	1,975
94	1,496	-	-	-	-	1,496
95	1,451	477	-	-	-	1,928
96	542	981	-	-	-	1,523
97	949	859	-	-	-	1,808
98	-	738	2,799	526	487	4,550
99	-	622	1,191	1,335	202	3,350
100	-	582	130	526	588	1,826
101	-	619	-	22	683	1,324
102	-	266	-	-	699	965
103	-	-	-	-	688	688
104	-	-	-	-	746	746
105	-	-	-	-	675	675
106	-	-	-	-	349	349
總計(件)	12,010	5,144	4,120	2,409	5,117	28,800

資料來源：水土保持局工程管考系統

表 2-3 水土保持局歷年工程經費案件統計表

年度	500 萬以下(件)	500~1000 萬(件)	1001~2000 萬(件)	2000 萬以上(件)	總計(件)
90	1,856	163	11	6	2,036
91	1,491	255	12	9	1,767
92	1,593	182	13	6	1,794
93	1,817	147	8	3	1,975
94	1,330	141	21	4	1,496
95	1,651	234	36	7	1,928
96	1,059	344	111	9	1,523
97	1,293	405	98	12	1,808
98	2,998	1,182	320	50	4,550
99	2,099	953	239	59	3,350
100	1,088	486	194	58	1,826
101	975	243	76	30	1,324
102	726	180	52	7	965
103	526	136	21	5	688
104	599	123	19	5	746
105	514	139	19	3	675
106	247	84	16	2	349
總計(件)	21,862	5,397	1,266	275	28,800
百分比	75.91%	18.74%	4.40%	0.95%	100.00%

資料來源：水土保持局工程管考系統

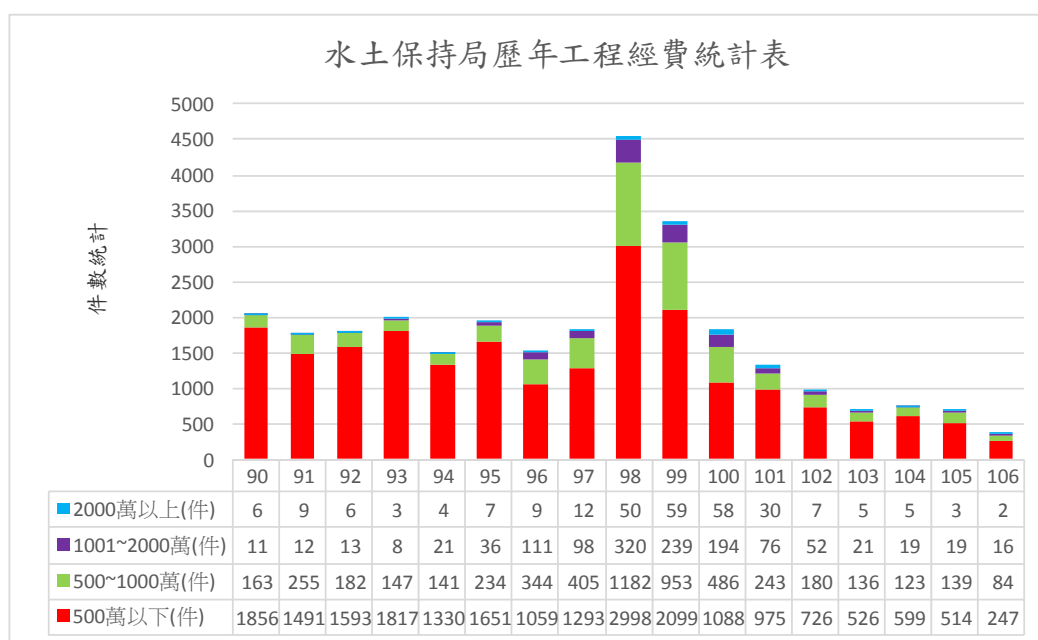


圖 2-1 工程管考基本資料表

統計16年來水土保持局工程管考系統最常使用之工法及型式，前5類常用之工法為護岸、固床工、擋土牆、排水溝、防砂壩及潛壩，如圖2-2所示，而各類工程型式如表2-4說明。

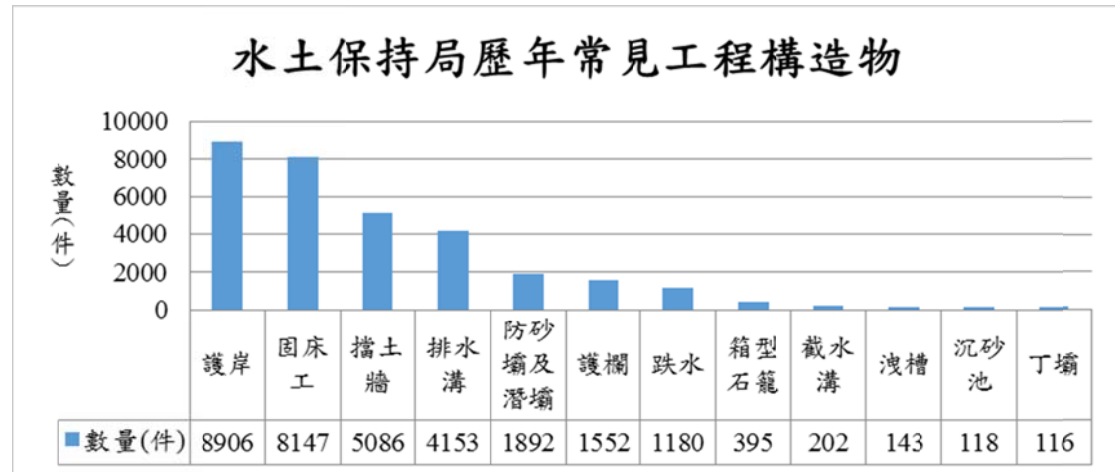
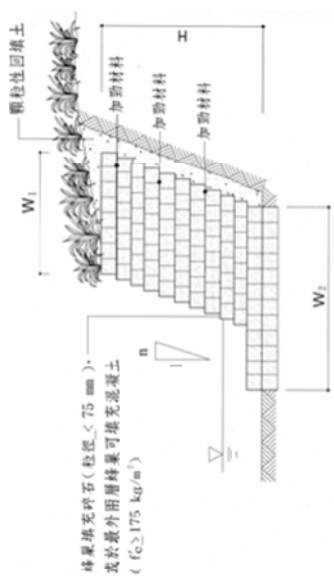
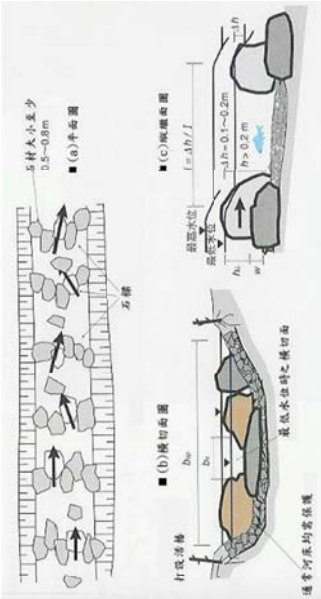
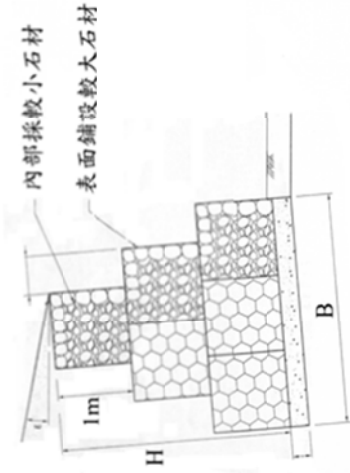


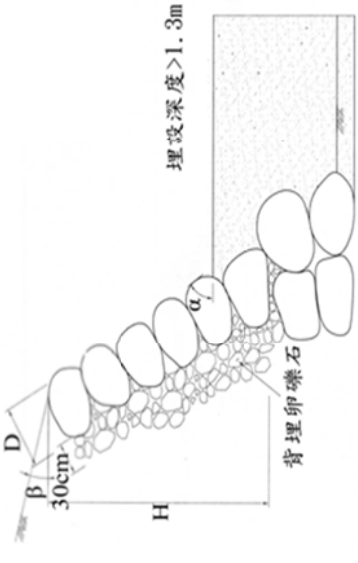
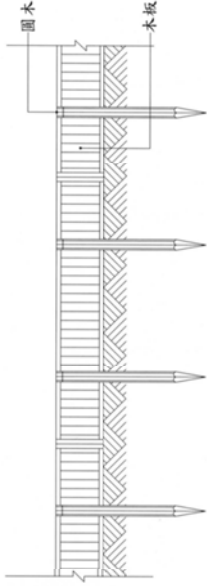
圖 2-2 水土保持局歷年使用之工法統計表

表 2-4 水土保持局常使用之工法及型式

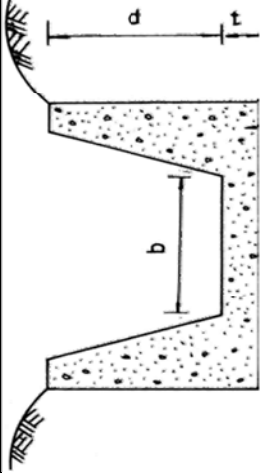
類別	型式	適用性	設計示意圖
護岸	乾砌石護岸	(1)乾砌石護岸之種類包括混凝土基礎單階砌石護岸、單階砌石護岸、基礎加固單階砌石護岸及混凝土基礎多階砌石護岸等。 (2)適用於可防止河岸坡面受滲流水侵入後產生管湧洩空破壞之地點。 (3)河床承载力足以支撐結構體並應防止大量沉陷。 (4)表面具有自然的景觀，砌石縫隙之空間利於動物棲息及植物生長。 (5)不適用於凹岸攻擊坡，大河床質之河段攻擊面。 (6)較不適用於土石流潛勢溪流。	
	混凝土砌石護岸	(1)混凝土砌石護岸之種類包括混凝土砌石護岸、混凝土席墊砌石護岸等。 (2)適用於須防止滲流水滲入河岸坡面之地區；尤其可防止河岸坡面受滲流水侵入後產生管湧洩空破壞；但較不適用於流速大於 6m/sec 之河溪。 (3)洪水位高，岸背腹地大，岸高較大且有整體景觀或親水考量時可採用多階施作。 (4)河床承载力應足以支撐結構體並應防止大量沉陷。 (5)表面具有自然的景觀，砌石縫隙之空間利於動物棲息及植物生長。	

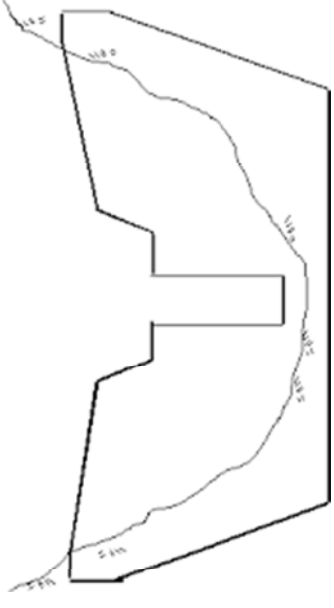
類別	型式	適用性	設計示意圖
		(6)不適用於土石流潛勢溪流。	
	箱籠護岸	(1)適用生態棲地考量及須建構多孔性構造物之地區；較不適用於土石流潛勢溪流及河床質粗之溪流。 (2)地下水高之河岸地區，亦可利用其結構之高滲透性以利排水。 (3)河岸區之上層有不均勻沉陷或大量沉陷之顧慮時，可運用其柔性結構的本質以抵抗變形。 (4)較適用河床質粒徑$<10\text{cm}$之地區。	
	蜂巢圍束網格護岸	(1)可使用於流速小於 6m/sec 及有沖蝕情形之溪流河岸。 (2)河岸區之上層有不均勻沉陷或地震顧慮時，可運用其柔性結構的本質以抵抗可能之大變形量。 (3)又由於此工法預組性及重覆性高，亦適用於河岸破壞之緊急修護。 (4)於緩坡度河岸，具有較寬廣之河岸腹地時具實用性。預組性及重覆性高，施工迅速簡易。	

類別	型式	適用性	設計示意圖
	石樑固床工	(1)以大型天然石塊構築於河中之橫向構造物，設計時應避免全斷面阻絕，應留有高度較低之流水路，以利水生動物上下水域遷移。 (2)石樑與護岸連接處，應嵌入護岸，以抵抗水流沖擊力。 (3)於坡度較陡處可連續設置，形成階梯式落差，使上游流速降低，增加泥沙沉降，可具有攔砂及穩定河床之功能。	
擋土牆	箱籠擋土牆	(1)大多以混凝土作為基礎台，並於台上設置箱籠，一方面作為擋土用、一方面可作為動植物棲息之場所。 (2)常作為緊急修復之用，且屬柔性結構，可抵抗較大之變形。 (3)又其多孔性有利於動植物之生長。	

類別	型式	適用性	設計示意圖
	砌塊石擋土牆	(1)於混凝土牆上砌上塊石，如此具多孔性之設計，能有效營造動物之棲息環境及有益於植物之入侵。	
	混凝土格框擋土牆	(1)以預鑄之混凝土堆疊成框並內填卵石設於混凝土基礎台上，以達穩定邊坡之用。 (2)適用於急需排水之地區(如崩積土之護坡)。 (3)於格框間可加入該地之適生植物，以加速綠美化。 (4)適用於需緊急搶修之邊坡。	
	木板擋土牆	(1)利用縱向之木板以及橫向之圓木，以接合方式製成之擋土構造物。 (2)可防止土壤流失，提高棲地之安定度。 (3)有讓當地先驅植物可附於安定坡面，以達初期演替之功效。 (4)使用木材、竹片薄木板之天然材料，於視覺及生態上較容易與自然環境融為一體，若有腐壞現象亦不致產生污染。 (5)適合用於森林遊樂園、公園、風景區及農場等需考慮	

類別	型式	適用性	設計示意圖
排水溝		景觀設計等地區。	
	木製格框擋土牆	(1)以木材堆疊成框並內填卵石設，做成之擋土構造物。 (2)適用於產業道路、林道及農路之邊坡擋土牆。 (3)適用於森林遊樂區、風景區、公園及農場等。	
	砌石溝	用塊石襯砌溝面，以保護溝身安全者。農地排水系統、農塘溢洪道、道路邊溝、坡地社區排水等速度較大、土壤易沖蝕之處適用。	
	砌磚溝	用紅磚襯砌溝面，以保護溝身安全者。農地排水系統地形複雜、溝底坡度變化較大及缺少塊石地區適用	

類別	型式	適用性	設計示意圖
	混凝土溝	用混凝土或鋼筋混凝土襯砌溝面，以保護溝身安全者。農塘溢洪道、道路邊溝、坡地社區排水等速度大、土壤易蝕之處適用	
防砂壩 (潛壩)	梳子壩	(1)係於防砂壩溢洪口段之壩身，開設垂直之開口，形狀有如梳子，故稱之為梳子壩。 (2)可攔蓄河道大量流下之砂石，抑止土石流，減少土石災害。 (3)可調節泥沙輸送，平常水量不大時，容許對下游河道無害之細顆粒砂石透過壩身流出，以維持下游河道平衡。而於土石流發生時，將較大顆粒之石塊攔阻，以達到調節泥沙輸送之目的。 (4)可消減土石流之能量，減少土石流對下游河道之破壞力。 (5)具有良好之生態功能，魚類及兩棲動物可藉其開口於河道上下通行。 (6)適用於土石流潛勢溪流動段庫容較大處及谷口。	

類別	型式	適用性	設計示意圖
	切口壩	(1)調節泥沙輸送，維持下河道平衡。 (2)調節土石流流出量，減少下游土石流災害。 (3)遲滯洪峰流量。 (4)具有良好之生態功能，魚類及兩棲動物可藉其開口於河道上下通行。 (5)適用於土石流潛勢溪谷口，以調節泥沙輸送。或一般溪流中上游庫容較大處，以遲滯洪峰流量。	
	混凝土柱透過性潛壩	(1)柱狀透過性壩具有調節泥沙輸送、攔阻粗顆粒之石塊並維持通水之功能。 (2)具有良好之生態功能，魚類、蝦蟹類及兩棲動物可藉其開口於河道上下通行。 (3)適用於土石流潛勢溪流流動段庫容較大處及谷口。	

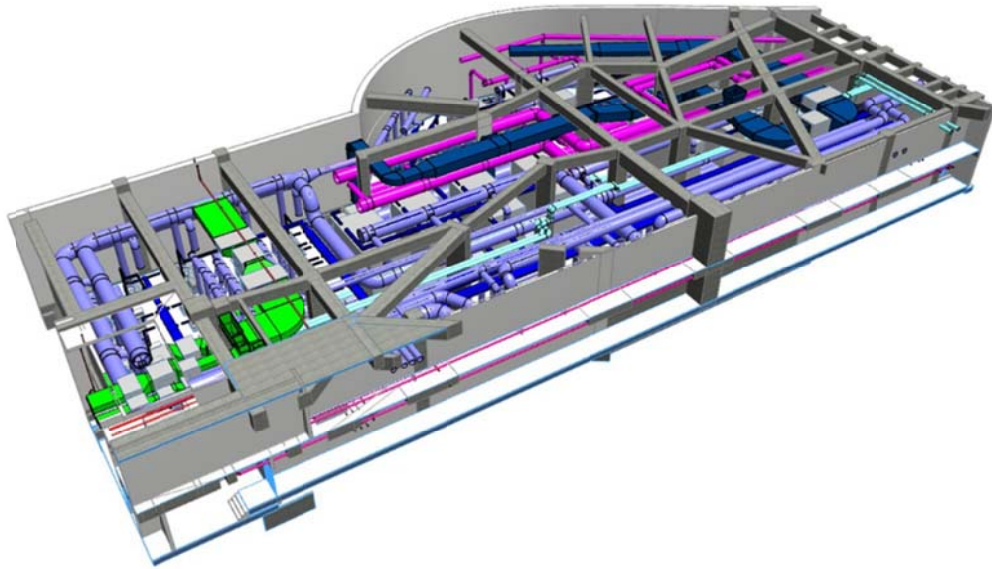
第二節 建築資訊模型(BIM)介紹

建築資訊模型是建築學、工程學及土木工程的新工具。建築資訊模型 (Building Information Modeling, 簡稱 BIM), 被定義成由完全和充足資訊構成以支援生命週期管理, 並可由電腦應用程式直接解釋的建築或建築工程資訊模型。換一個較容易想像與理解的方式來說, BIM 技術就是一個在電腦虛擬空間中模擬真實工程作為, 以協助營建生命週期規劃、設計、施工、營運、維護工作中之各項管理與工程作業之新技術、新方法與新概念 (而不是常被誤解的新工具)。

BIM 強調工程(包括建築、土木、水利、河海等各類工程)的生命週期資訊集結與永續性運用、3D 視覺化的呈現與跨專業跨階段的協同作業、幾何與非幾何資訊的繫結、靜態與動態過程資訊的即時掌握、微觀與巨觀空間資訊的整合等, 以上之 BIM 技術特質對公共工程的品質提昇、減少錯誤變更的成本浪費、有效縮短工期、跨專業整合與溝通界面管理等成效, 國內外都已經有許多成功案例與輝煌成果, 而整個 BIM 技術運用仍在持續而快速發展與進步中, 目前發展趨勢 BIM 「建築資訊模型」不僅可將審查機制視覺化, 並提供各類建築設計方案內容輔助檢核, 能快速察覺有問題的工程設計結構, 以利進行除錯作業; 另一方面, 透過雲端物聯網空間技術整合, 使工程管理全面行政透明化、流程標準化, 達成智慧化城市便利管理功效。由於 BIM 之應用相當廣泛, 本研究以管線之應用進行說明。

傳統之施工設計多受 2D 平面圖限制, 很難說明管線立面空間動線。一旦管線動線須修正, 又需考量是否會與結構及裝修衝突, 所有圖說套疊後, 在缺乏 3D 空間資訊下, 需仰賴工程師之想像力, 且傳統圖因視野不夠全面容易出錯, 圖說改正之不連動亦相當耗時。因此現在管線工程多建置 3D 模型, 且藉由 3D 模型可清楚呈現各管線之

動線交疊變化，更加清楚的展現建築物內部空間資訊(管線配置示意圖如圖 2-3)。



資料來源：成都基准方中建筑设计事务所

圖 2-3 建築管線配置圖

第三節 BIM 的工作流程

使用 BIM 的軟體進行設計作業，可以得到一個 3D 模型以及其背後眾多的參數與屬性。市面上繪製 3D 的軟體有很多，但他們與 BIM 是完全不同的，一般的 3D 繪圖軟體，只是將原始的設計資料轉換為 3D 的模型，設計作業在建構 3D 模型之前就已經完成。

而 BIM 則是提供設計者一個三維設計的方式，等同於在電腦裡頭進行設計作業，在三維模型建立完成時，設計完成，數量計算也結束。各種建築元件的資訊，都在建立模型時就早已定義清楚，只要在模型內點選該物件，就可以得到詳細的資料。

除了設計作業以外，BIM 主要的功能是可以提供各專業團隊一起使用建築資訊模型。在傳統的作業流程中，各專業團隊分別接收前面單位的圖說資料，並發揮各自所長，做好自己份內的工作，但只要建

築專案稍微複雜，參與的團隊眾多，將產生溝通介面整合的問題，每個團隊都必須個別面對其他的專業團隊，因此不論是文書往返或是溝通整合都是不易處理的問題。

然而 BIM 可改善此問題，如下圖 2-4 所示，各團隊都使用同一個三維數值模型來進行各專業的分析、設計工作，每個團隊都只要運用模型做好自己份內的工作，其他團隊就能在模型上看到成果，即使是發生了變更的問題，模型上也會馬上反應給各團隊。BIM 使得團隊之間的溝通與介面問題單純化，也省去了文書往返的時間，增加了溝通協作的效率。

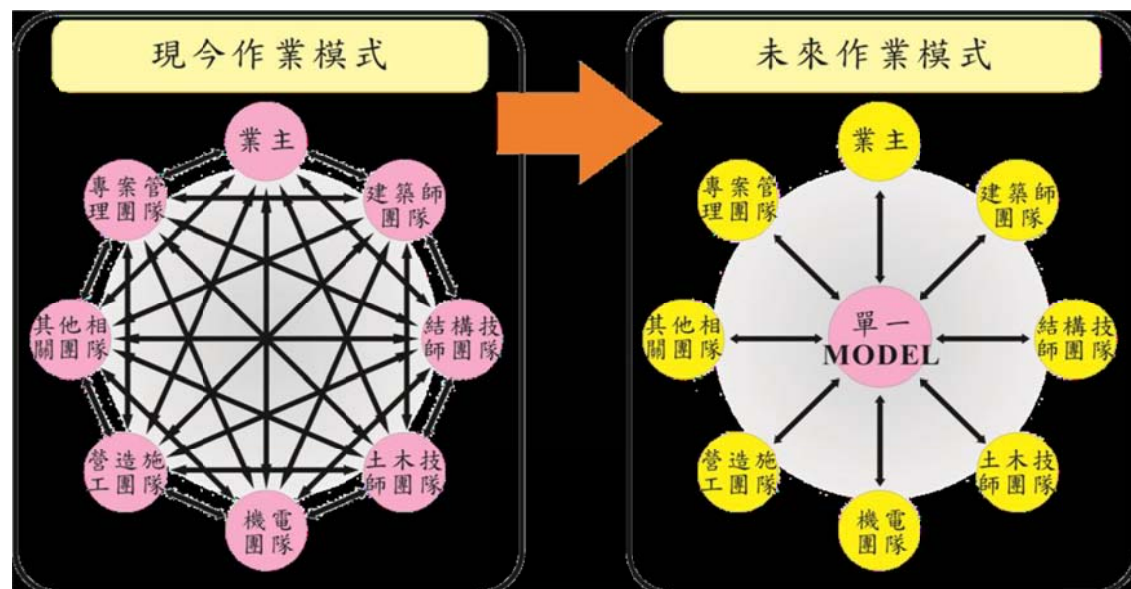


圖 2-4 BIM 作業模式

在建築全生命週期的概念上，指整個建築資訊交流活動是由市場營建最基層需求資訊，探討到前端開發設計以及規畫階段，美國國家在政策上也推動標準資訊交換 IFC 為範本。由於 BIM 所涵蓋的資訊過於龐大，在跨建築物生命週期中，需要在正確的時間將正確的資訊交付於正確的人，仔細定義每一次交付所需的幾何、屬性、細緻度 (Level of detail, LOD)、材料與處理需求，以確保資訊順暢傳遞，在這一個方向的完整總結報告就是「資訊交付手冊(Information Delivery Manual, IDM)」。現今全球化的趨勢，許多重點工程的各參與方來自不同的國家，所以為了確保不同的使用者，對同樣一個訊息有完全一致的解讀，「國際字典框架(International Framework for Dictionaries, IFD)」就是將每一個訊息及術語，都給予一個全球統一的識別碼，這樣能夠使得 IFC 裡面的每一個資訊，都有一個唯一且全球通行的識別碼供其他不同背景使用者辨識，因此通過 IFD 將可使資訊全球統一，減少溝通及認知可能出現的錯誤。IFC、IFD 及 IDM 為 BIM 的三大支柱，以確保多專業間資訊傳遞的順暢並能夠將資訊正確使用，而主要的概念是推動一個完整且整合性的建築全生命週期的資料應用與傳遞，如圖 2-5 所示中心以 BIM 模型概念為基礎，以 IFC+IFD 為 BIM 系統的統一交換格式檔案傳遞資訊給各個應用領域，IDM 為資訊交付的依據。

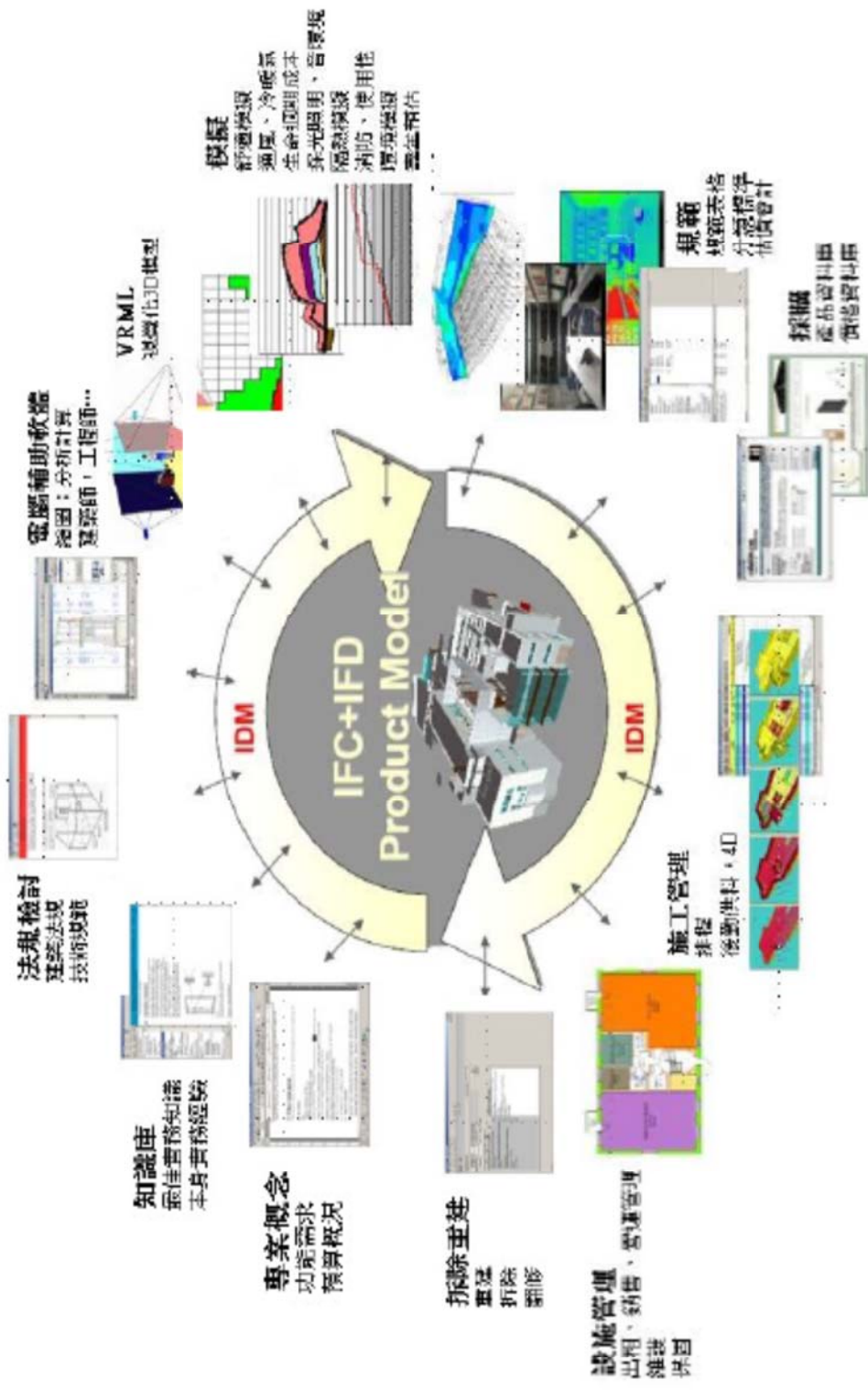


圖 2-5 BIM 資訊交換模式

一、BIM於數量計算之運用

一般水土保持工程會依據集水區現地狀況進行水土保持構造物規劃工作，再交由技師進行結構分析與鋼筋量設計，而鋼筋量的多寡對於營建成本的影響有著舉足輕重的份量，舉例來說，鋼筋工程的費用大約占了總工程費的 10%~20%左右，而鋼筋工程中，鋼筋的材料費用又大約占了鋼筋工程的 70%~80%，所以鋼筋量的控制對於成本的控制就顯得相當重要。傳統的鋼筋混凝土設計中，許多的數值都是依工程師的經驗進行設計，而工程師在設計通常較為保守，可能無法有效率的使用每個材料，舉例來說，增加鋼筋量雖然能提高強度，但是沒有適當的設計，一樣的用量，強度卻無法提升，且相較於混凝土，鋼筋的花費又比混凝土高出許多，工程師較難在二維圖中找出最適當的數值進行設計。

然而配筋設計時，須依照技師的圖說、法規、工程特性與需求來決定鋼筋規格和種類等條件並進行配筋與數量統計，接著再以人工方式計算出鋼筋的用量，此方法需耗費相當多的時間與人力，並且容易增加人為錯誤的產生。在這原物料上漲的年代，工程所需材料都需要錙銖必較，因此，超量與不足量的配筋設計不但對結構造成影響也對工程的進行造成困擾，所以如何在結構強度與工程成本間尋找到一個最佳的平衡點，是相當重要的課題。

建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)技術的應用是現行趨勢，由於 BIM 物件化及參數化的特性，每個物件都有個別的資料存在，能減少數量計算錯誤與漏項問題的產生。且透過 BIM 的觀念運用，以三維化、參數化、物件化以及視覺化之整合，便能較輕易解決了傳統二維設計所遭遇的問題。在

BIM 技術發展下，3D 建築模型的繪製讓相關設計人員更能輕鬆的進行設計，因此，本計畫透過 BIM 軟體與 TEKLA 三維結構建模與詳圖系統整合，可以快速、精確的進行配筋設計，在視覺化環境下將配筋完成的結果展示出來，並且能從圖中找出設計時未注意的錯誤並且解決錯誤，如果需要進行變更設計時，也只要針對需要變更的物件更改其參數設定即可完成，最後，只要選擇報表後即可獲得相關的數量統計表，包括：鋼筋數量、長度以及估價等，輸出此報表後，相關單位便可依照此數量統計表進行決策，選擇最佳化配筋設計方案，期望在合理成本範圍內滿足工程安全性需求。

為有效達到鋼筋量計算與配筋最佳化設計，本計畫導入 BIM 技術來進行鋼筋配置，並實際以一工程案例驗證此方法之有效性。傳統的計算鋼筋量方式，需要依照建築工程圖的配筋圖及平面圖、立面圖等二維圖說做為參考，經過公式逐一計算出各建築構件鋼筋的使用量並編列成施工料單，供相關人員使用進行採購發包等作業。

本計畫利用 BIM 的概念，利用 TEKLA 工具將實際工程案例中的結構構件繪製成 3D 模型予以視覺化，再利用工具參考配筋圖與鋼筋標準圖，對柱、樑、版逐一完成鋼筋號數、支數、彎鉤、重量等屬性的輸入予以參數化，在 3D 視覺化的環境中，每個構件的位置都能完整的呈現出來，使我們能夠針對不同的結構物進行鋼筋配置，同時我們可透過配筋圖、鋼筋標準圖與建築平面圖獲得柱、樑、版等個別所需要的參數資訊，如主筋號數、箍筋號數、彎鉤長度、錨定長度等。配筋完成後，能夠逐次逐項去檢視不同構件的配筋狀況，一發現錯誤，只需要選取該構件並變

更參數即可完成，這有別於人工計算時，如果發現錯誤難以察覺、各項數據錯在何處且難以修改。最後，設定好報表參數與所需欄位之後，即可產生鋼筋用量與估價等數據，在獲得統計報表與傳統工法計算之結果後，可證明 BIM 技術應用與傳統人工計算方式比較相對計算的速度既快且準。透過這些統計報表與數據可進行配筋最佳化之決策與分析。

二、BIM於成本估算之應用

傳統建築估算作業是將圖面資訊以人工解讀，並以工程數量計算公式逐項加總，故常有漏項及錯誤而導致成本虧損之情形，若導入 BIM 計算工程數量進而推算工程造價，不僅減少人工計算的複雜性，且有效避免人工計算的錯誤。此外，BIM 模型因具有工程各項屬性資訊，故由 BIM 軟體所輸出的工程報表則具有模型內各項物件之屬性資訊，方便瀏覽者檢核及分析之用。模板、鋼筋、混凝土等隸屬於直接工程成本的工程項目是以面積、體積等幾何資訊或以一式計價方式計算其工程量，因此利用 BIM 建模可將這些作為計算數量依據的公式輸入至 BIM 模型物件內，系統便可以自動計算模型中可量化的各工程項目總量。而其餘項目是以直接工程成本的部分百分比計算，因模型中不具有實際的量體可供計算，所以計算其餘項目必須先將直接工程成本於模型內部計算完成後，再輸出成報表並由外部計算軟體計算，最後與直接工程成本相加，即為工程建造費。

三、BIM在水土保持工程之應用

水土保持工程與工址地形地貌具高度密切性，3D 設計主要運用 Civil 3D、Revit、ArcScene 及 SketchUp 等多樣軟體整合，

實際應用於包含(1)線形設計、(2)三維 GIS 輔助線形設計及(3)集水區分析等專業。

(一)線形設計

在逐漸拓展 BIM 應用至土建工程的過程中，線形廊道扮演著不可或缺的角色，不論是道路、橋梁、軌道、維生線路，均是以線形廊帶為基礎發展而成之土建設施；線形廊帶初步確認之後，相關配套方案如地中障礙物處理對策、邊坡穩定工法、隧道洞口配置及景觀等各項設計工作始得展開。完善之線形廊道規劃與完整之現況資訊息息相關，在進行線形廊帶規劃設計前，應先行蒐集整理工址各項基本資訊，包含地形、地物、地貌、地籍、地中障礙物等，並視工程需要將所蒐集整理之相關資訊匯入 BIM 3D 模型，據以進行線形廊帶 3D 設計。

(二)三維GIS輔助線形設計

道路線形規劃不易，傳統道路工程設計採等距斷面逐一檢討，地面形狀起伏之掌握分析困難，若須納入環境變化模擬(如河道沖積扇模擬、洪水溢淹高程、淤積高程時)，將更增加 2D 設計之困難度。因而，若能導入三維 GIS 作為設計輔助工具，逐項檢視各種設計情境需求並回饋調整，必可提升設計及溝通之品質及效率。

利用 ArcScene 整合 GIS 圖資，建置光達測繪之擬真地表面，並配合各項淹水位及河道淤積模擬，作為道路線形設計依據，可呈現各種情境模擬，如(1)100 年重現期洪水溢淹分析模擬、(2)未來沖淤序率分析+20 年重現期之洪水溢淹範圍及(3)土石流沖積扇模擬等，如圖 2-6 所示。

導入三維 GIS 整合 3D 模型具有：(1)建置快速、(2)模型調整機動性高、(3)GIS 圖資與高程整合分析及(4)高擬真性展示效果等優勢，可大幅減少圖紙調閱時間及方便溝通，利於規劃設計方案研擬、願景呈現及協調整合。



圖 2-6 GIS 洪水、淤積、構造物整合設計

(三)集水區分析

邊坡水土保持設施之容量設計應依據合理估算之上游集水面積，利用 Civil 3D 分析功能在 3D 地形模型中建立並標示坡地上流水集中的路徑，經由指定集水區之排水點後，可自動分析產生集水區。

第四節 BIM 軟體

BIM 所涉及到的軟體相當的多，有建築的軟體、結構軟體、MEP、土木基礎設施、排程軟體、能源分析、項目管理..等，所以 BIM 當中的信息撰寫相當重要，通常是使用 IFC(Industry Foundation Class)來作為面向對象的格式就像.exe, .sdb...等，讀取信息的軟體便利用 IFC 文件讀取想要的信息。BIM 的靈魂不是若干個 BIM 軟體，而是操縱 BIM 軟體的專業團隊。其中包括專案總控、規劃、概算、設計、預算、建

造、結算、審計、物業等全過程的專業團隊。專案成敗在前期控制，所以，BIM 的關鍵是前期控制，只有用 BIM 技術控制好規劃設計階段，才能讓項目發揮更大的經濟效益和社會效益。

一、Autodesk Revit

Autodesk Revit 是針對 BIM 所專門打造的軟體，可供設計和營造專業人員透過整合、一致且以模型為基礎的方法，將構想從概念發展成營造成果，其不僅可以建構及管理建築、結構、機電等圖形元件，同時也包括了資訊的管理、自動化的產生圖形和報表、設計的分析、工程模擬的排程、設備維護管理等，使用 Autodesk Revit 提供的重要 BIM 資料，支援永續設計、干涉檢查與施工計畫與建造，讓建築團隊，如工程師、承包商以及業主單位共享模型，整合工作程序以期作出最佳的決策。且能藉由參數設定技術的協助，讓資料更可靠。

二、Bentley AECOsim Building Designer

AECOsim Building Designer 是 Bentley 公司結合建築、結構、MEP、機械成一個單一龐大而複雜的 BIM 應用軟體，專用於跨領域建築設計、分析和模擬，致力於幫助建築(Architectural)、工程(Engineering)、施工(Construction)和運營(Operating)、模擬(Simulate)。利用 AECOsim Building Designer 提供完整且穩定的 BIM 解決方案，具高效率的模型建構工具，資料文件自動建立，以及協同作業能力，並提供可靠的工具與介面，透過動態視圖建立 2D 平、立、剖面圖及 3D 模型，並進行視覺模擬、管理物件、產生預算報表，瀏覽物件衝突檢查報告。

三、TEKLA Structures

TEKLA Structures 由 TEKLA 公司所開發之 3D 模型專業軟體，其功能包含 3D 實體結構模型與結構分析完全整合、3D 鋼結構細部設計、3D 鋼筋混凝土設計、專案管理、自動 Shop Drawing、BOM 表自動產生，主要用於建築結構設計分析，整合從概念設計到製造及吊裝的結構 BIM 排程，成功結合結構分析、鋼筋混凝土設計繪圖與工程管理，允許使用者跨越企業和工程階段進行即時的協同設計作業，建立設計資訊交流平台，有效控制建築結構設計流程。

第五節 BIM 發展優勢

BIM 代表著新的概念和做法，它不但可大幅改變傳統工程進行模式和商務架構，也會大大減少各種重複作業的浪費和建築行業的低效能（郭榮欽，2010）。建立以 BIM 應用為專案管理資訊化，提升專案生產效率、提高建築品質、縮短工期、降低建造成本。

一、視覺化 3D 渲染，虛擬導覽

3D 視覺化渲染，帶給業主及使用者最直接且真實的視覺衝擊。建置完整的 BIM 模型可以作為虛擬實境導覽的模型基礎，大幅提高了 3D 視覺效果的精度與效率，給予業主更為直觀的宣傳介紹，提升競標機率。

二、快速估量，精度提升

BIM 資料庫的建置，通過建立關聯資料庫，可以準確快速計算各種需要用到的材料數量，提升施工預算的精度與效率。由於 BIM 資料庫的資料細微性達到構件級，可以快速提供工程項目各條線管理所需的資料資訊，有效提升施工管理效率。

三、精確規劃，減少浪費

營造廠精確化管理很難實現的根本問題在於龐大的工程資料，無法快速準確獲取所需要的資料，僅藉由工地主任的經驗。而 BIM 技術可以讓相關管理快速準確地獲得工程資料，為營造商規劃精確人力及材料數量，大幅減少資源、物流和倉儲的浪費。

四、專案管理，有效管控

工程管理所需要的是整個建築物的所有相關資料，專案管理的基礎就是工程基礎資料的管理，即時、準確地獲取相關工程資料就是專案管理的核心競爭力。BIM 資料庫可以實現工程資訊的快速獲取，藉由協同作業、規劃與實際施工的消耗量、分項單價、分項合價等資料的多算比對，可以有效瞭解專案運營是盈是虧，消耗量有無超過標準，進貨分包單價有無出錯等問題，實現對專案成本風險的有效管控。

五、虛擬施工，協同作業

3D 視覺化功能再加上時間軸，可以進行施工模擬，隨時隨地直覺的快速將施工計畫與實際進展進行對比，同時進行有效協同作業，施工方、監理方、甚至非土木工程背景出身的業主都能夠對工程項目的各種問題和情況瞭若指掌。

通過 BIM 技術結合施工方案、施工類比和現場視頻監測，大大減少建築品質問題、安全問題。

六、衝突分析，避免修改

BIM 最直覺的特點在於 3D 視覺化，利用 BIM 的三維技術在設計階段可以進行衝突檢查，優化工程設計，減少在建築施工階段可能存在的錯誤損失和重新修改的可能性，提高施工品質，同時也增加了與業主溝通的能力。

第三章 BIM 與數值地形資料整合之可行性

水土保持局或工程顧問規劃團隊進行新的水土保持工程評估時，可在數位地形裡直接加上該構造物，模擬該構造物完工後對周遭環境的影響；或者，當基樁工程在施工位置在地形上進行變更設計，即可馬上模擬出變更後基樁之配置；又或者，相關防砂壩可依據集水區地形環境、高程條件、配置情況模擬演練各種情境，並可在規劃設計初期依模擬情況做出最適當的應用。

上述水土保持構造物或相關設施的各種資料，需仰賴水土保持領域的工程師、設計師、採購人員、施工人員等專業人員依其所負責的工作項目建立自有專業之資訊，如工程圖、採購細目等，傳統做法是以電腦輔助繪圖(CAD)記錄建物的幾何形狀、空間關係、地理資訊等圖形化資訊，其他如工作進度、外在環境條件、材質、費用等非圖形化的資訊則另以其他資訊系統處理。BIM 的出現不僅可整合上述建築物的圖形化及非圖形化資料，提供虛擬實境模型，並納入流程的觀念，降低規劃、設計、施工、營運各階段移轉建物工程計畫的資訊遺漏問題。簡言之，CAD 是用以繪製建物、BIM 是用來整合及管理建物本身所有歷程資訊、GIS 則是整合及管理建物外在環境資訊，與 GIS 領域的巨觀資料進行交換與交互操作，滿足查詢與分析巨觀與微觀地理空間資訊的功能，進一步實現水土保持數位化的各種需求與應用。

第一節 研析地形資料之格式

目前水土保持局常用的地形資料格式可分為地形測量、空載光達產製數值表面模型(DSM)及數值地形模型(DTM)，用來展現三度空間地形起伏變化情形。除了可應用於國土規劃外，對於民生、科技、建設等方面，亦具有極高的應用價值。

- 一、地形測量：即是將地表面上之地貌、地物，運用各種測量方法獲得相關點位空間資訊，再將前開資訊依所需比例尺繪製，或以註記符號表示於展示平台或圖紙之作業，目前多半利用全測站電子測距經緯儀進行地面測量方式。
- 二、航空攝影測量：用航測或衛星遙測影像作業，以組成立體模型方式，來獲得三維空間資訊，並藉由影像工作站立製方式來產製地形圖。
- 三、利用攝影量測技術產製幾何糾正鑲嵌正射影像及數值表面模型(DSM)：主要利用拍攝近正攝照片資料，透過專業影像製圖軟體Pix4dmapper進行DSM製作及鑲嵌正射影像。

數值地形測量資料為水土保持工程設計之基礎，本計畫取得今年度南投分局粗坑吊橋上游野溪整治二期工程之地形測量等高線資料以及本計畫利用無人載具飛機實地拍攝產製之數值地形測量資料。本章探討如何透過數值地形測量資料，產生BIM地形模型。數值高程模型(Digital Elevation Model或DEM)資料之儲存形式主要可分為兩種，一種是點坐標格式(.xyz)，或是以二維矩陣格式(.asc)。本計畫取得DEM資料為二維矩陣格式之資料(.asc)。

第二節 BIM 模型與數值地形資料之整合

一、以Civil 3D進行高程線萃取

本研究採用 Autodesk Civil 3D 土木設計軟體處理基地原始資料，產生出等高線數值化資料，如圖 3-1 所示。

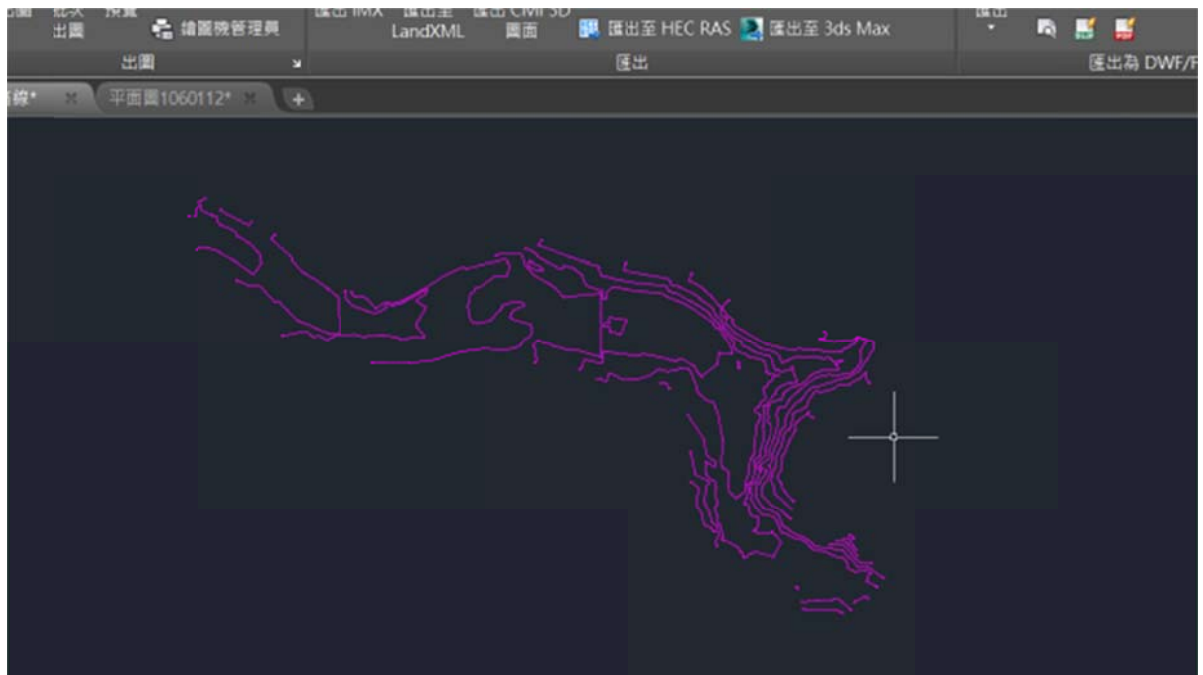


圖 3-1 Autodesk Civil 3D 中進行等高線萃取

二、以Revit進行地形展現

利用 Civil 3D 產生出等高線地形資料即可直接匯入、結合 Autodesk Revit 展現出 3D 基地位置，如圖 3-2 及圖 3-3 所示。

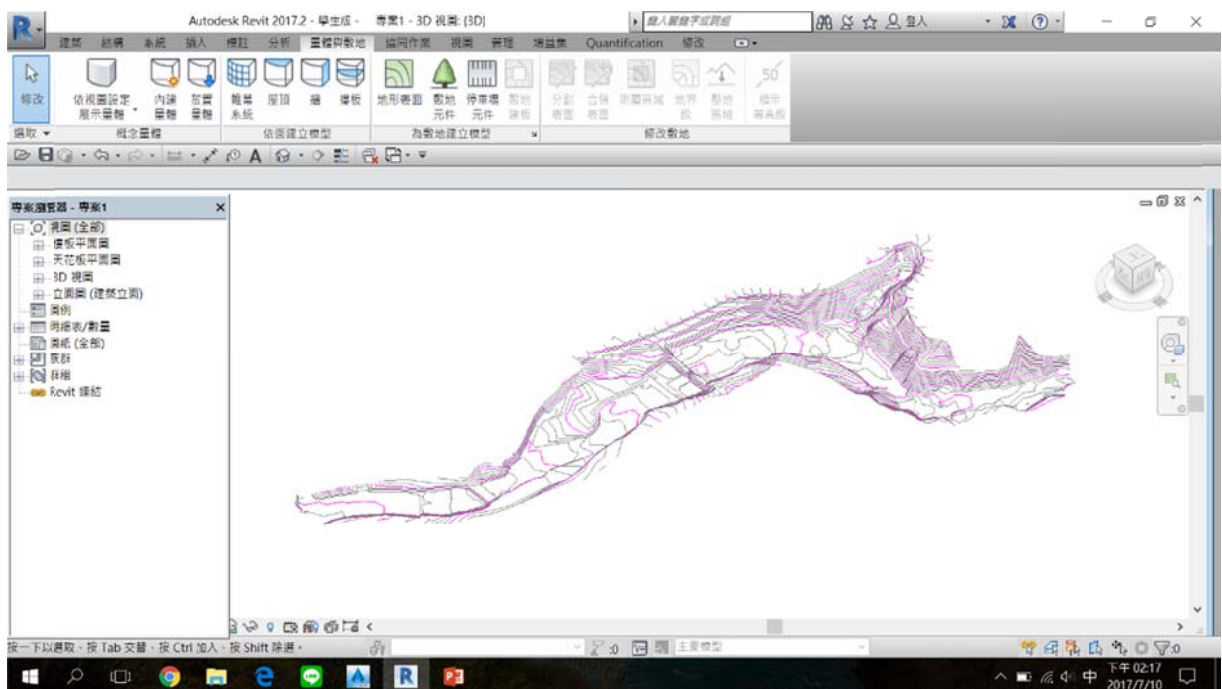


圖 3-2 Autodesk Revit 中匯入等高線

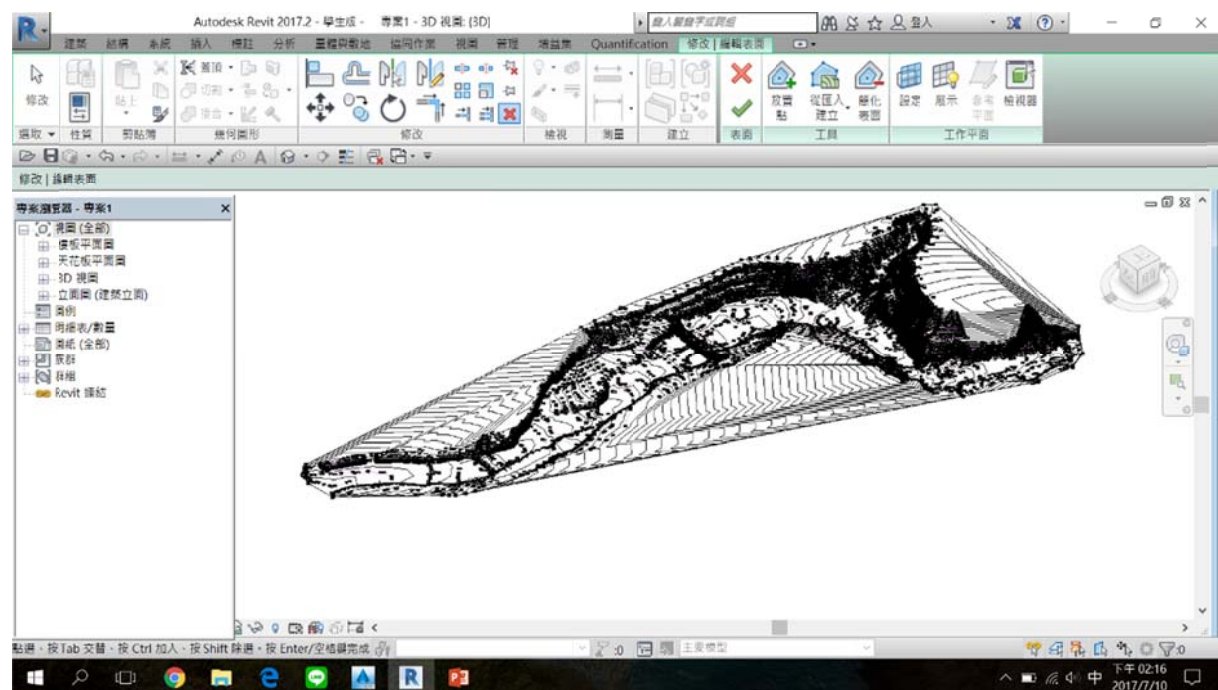


圖 3-3 Autodesk Revit 地形模式的呈現

三、粗坑吊橋上游野溪整治二期工程地形模型

南投分局粗坑吊橋上游野溪整治二期工程以 Autodesk Revit 展示出 3D 基地位置如圖 3-4~圖 3-7 所示。

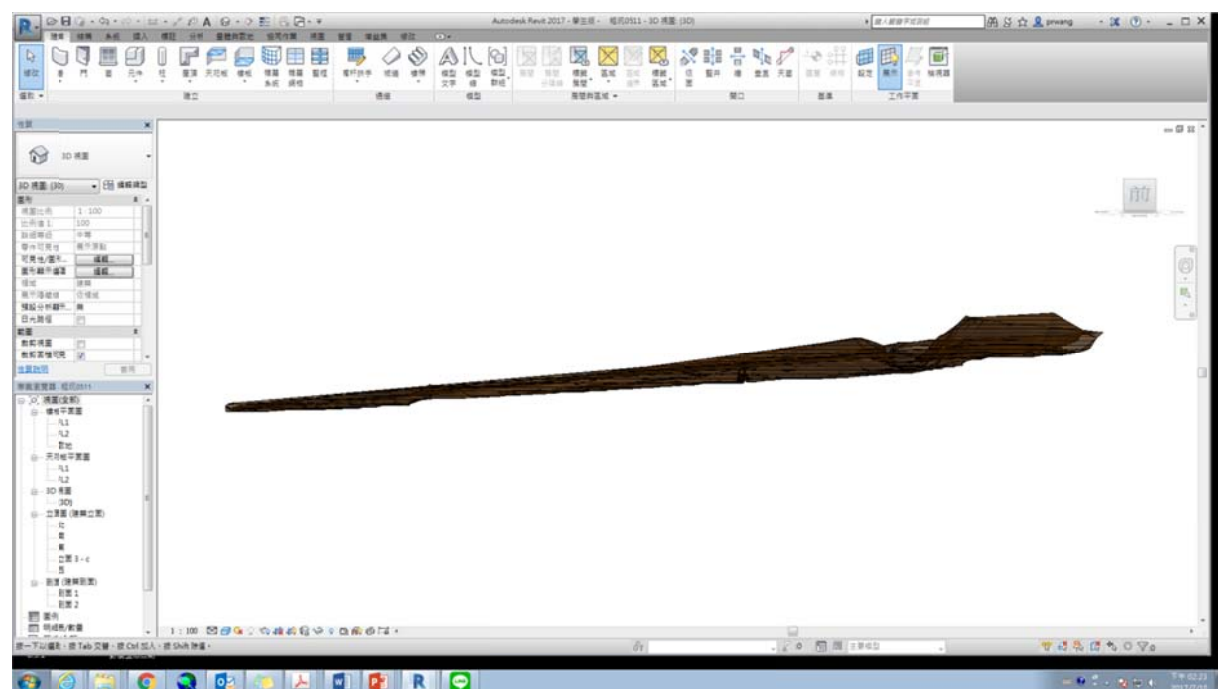


圖 3-4 粗坑吊橋上游野溪整治二期工程之地形前視圖

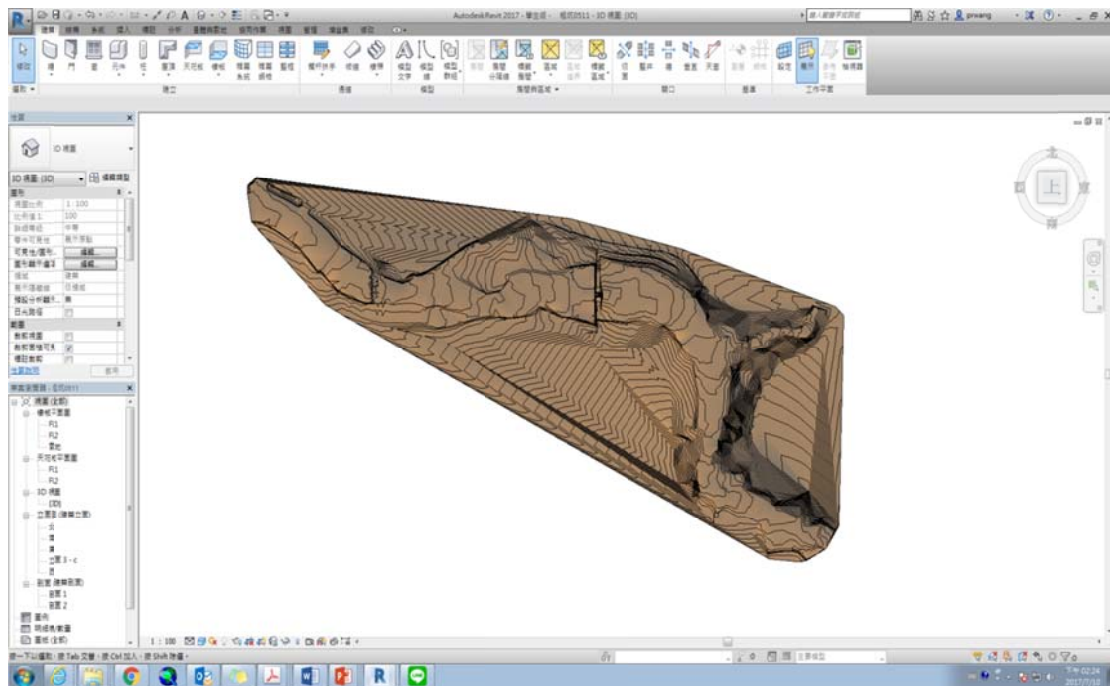


圖 3-5 粗坑吊橋上游野溪整治二期工程之地形上視圖

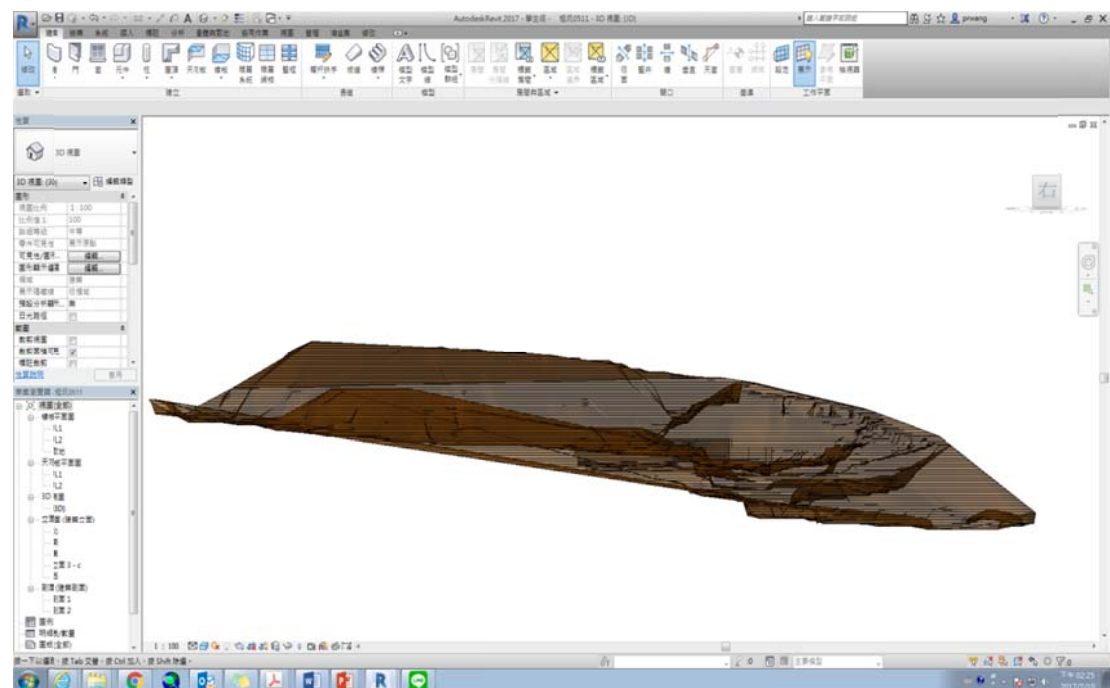


圖 3-6 粗坑吊橋上游野溪整治二期工程之地形右視圖

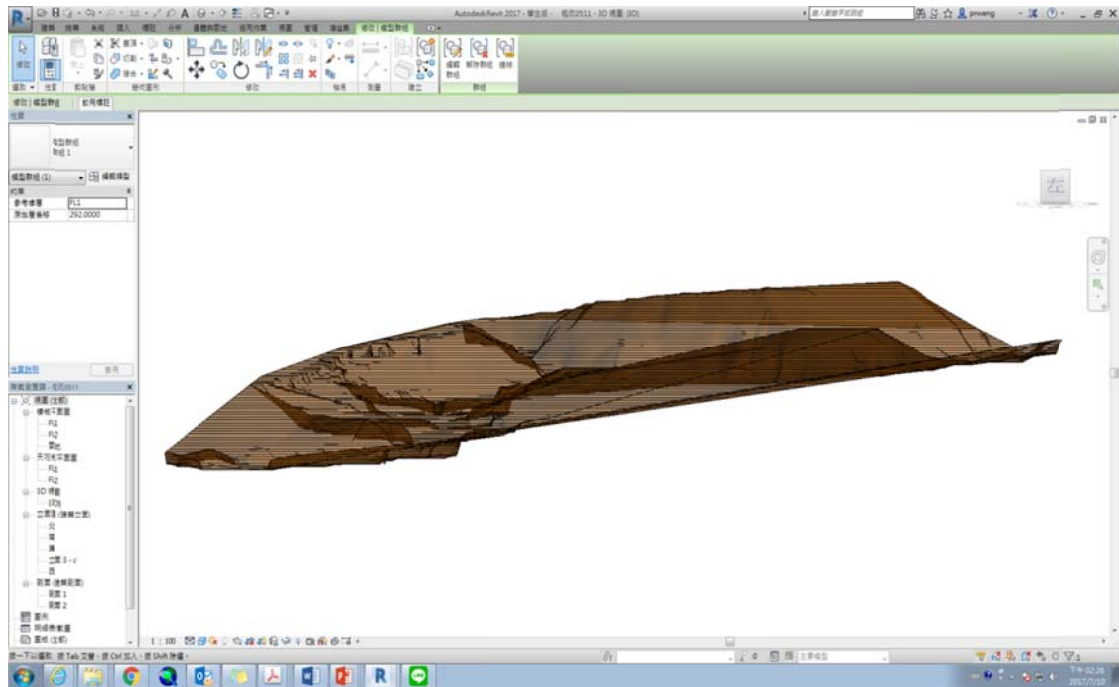


圖 3-7 粗坑吊橋上游野溪整治二期工程之地形左視圖

第三節 設定 BIM 模型坐標

為確保透過 BIM 產出之平面配置圖與現地狀況位置相符，本計畫將坐標系統導入 BIM 中，使各構造物(擋土牆、護岸、固床工等)，可依據相應之坐標點位繪製於平面配置圖上。

以粗坑吊橋上游野溪整治二期工程之 CAD 繪製之平面配置圖，如圖 3-8 所示，以上游之防砂壩為端點，X 坐標為 231809.947，Y 坐標為 2641963.319。

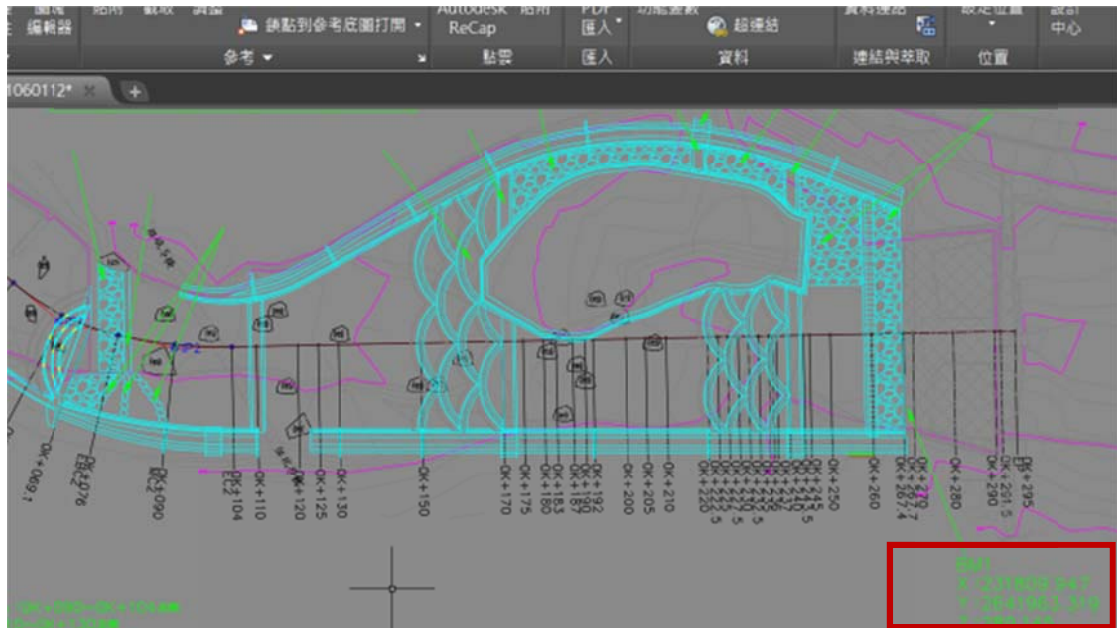


圖 3-8 粗坑吊橋上游野溪整治二期工程之 CAD 繪製之平面配置圖

本計畫透過Revit內建之「坐標」功能，賦予專案中各元件坐標 (TWD97)，如圖3-9所示。經選取「指定點的坐標」並指定一參考點，輸入與該點之絕對坐標，如圖3-10所示。

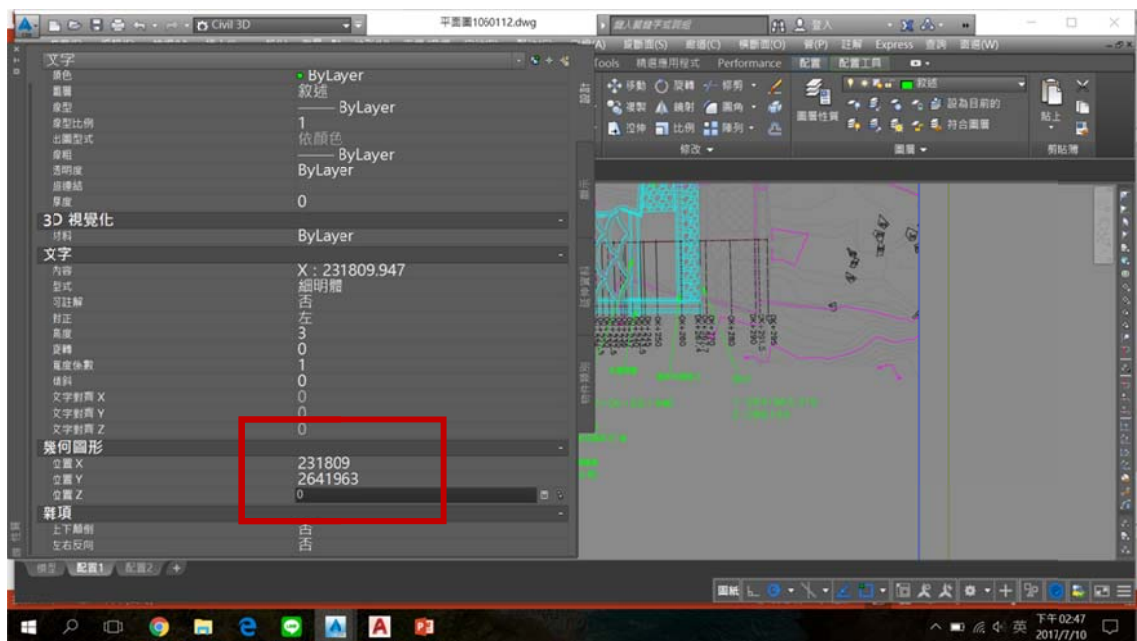


圖 3-9 平面配置圖之坐標位置

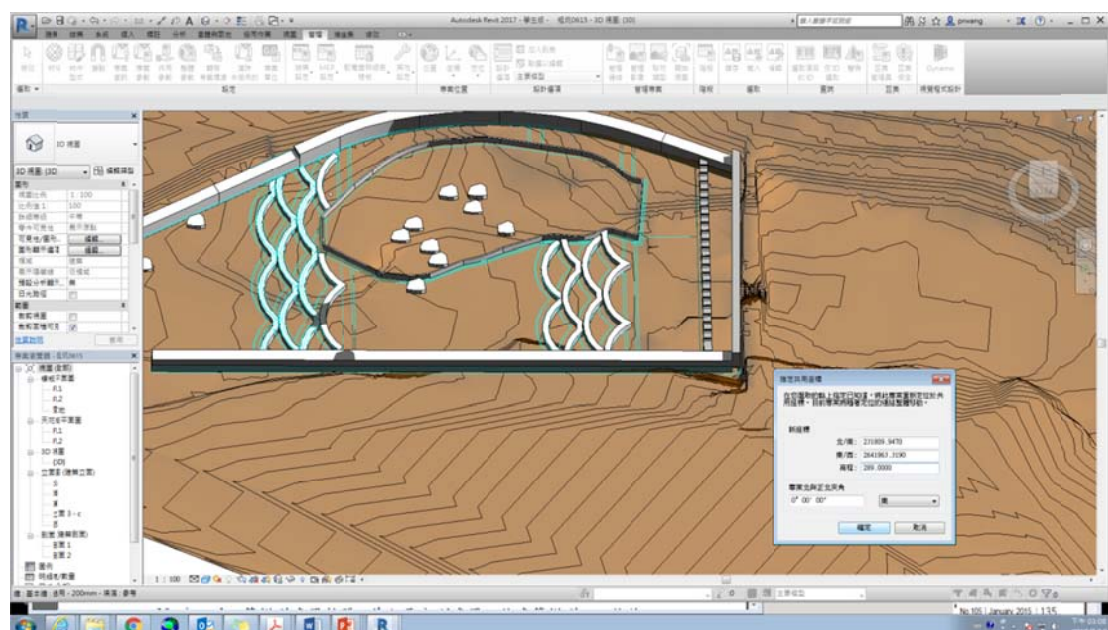


圖 3-10 坑吊橋上游野溪整治二期工程之坐標定位

第四節 BIM 整合數值地形資料之可行性分析

經由上述之數值地形資料與 Revit 地形呈現方式，Tekla 同樣可行，且地形於 BIM 之應用並無相關限制，只要有上述之地形資料類型以及建置好之構造物模型，即可將兩者進行套疊，本節以 Revit 做為示範，其可分為兩大部分討論：

一、技術面

水土保持工程若以等高線地形測量經 Civil 3D 進行高程線萃取後將可直接匯入 Revit，產生 BIM 地形模型，但若以 DEM 資料「二維矩陣格式」，則需轉換為「點坐標格式」。另外若無實際坐標點位則可先提供一個參考點坐標，其他位置之坐標即根據該點坐標進行調整。

二、效益面

水土保持工程初期導入 BIM 建模需建置完整地形模型較耗時，但日後在同一區域之工程專案，可直接使用模型達到工作時間縮短。另水土保持工程常需挖填土石方，Revit 可計算基地所

需挖填方資料以供規劃時之決策。另其優點可協助平面圖之產生 3D 樣貌呈現工程地點之地形狀況有利提高設計品質，對於 BIM 之 3D 視覺化功能，可方便討論現場施工之情形並可在地形上加入各工程之空間元件，使其方便管理資料，如施工照片、竣工照片、設計圖面、竣工圖面等連結，整體效益是可行的。

第四章 BIM 建立最常用之工法及實際案例應用

欲完成建立水土保持工程 3D 模型，須先行完成現地 3D 模型建立，因此本研究採用 Tekla 是 BIM 在建築設計中最著名的，也是當前市場領在建築設計中最著名的，Revit 是一系列的整合產品，目前包含 Revit Architecture、Revit Structure 和 Revit MEP。它可以在 Windows 作業系統和 Mac 作業系統上操作，可在 32 位元和 64 位元的處理器以及作業系統版本上運作。

Revit 提供易於使用的介面，每個操作具有拖曳提示及智慧型游標的功能。它的選單根據工作流程組織安排妥善，在現有環境中，灰色的功能表選單是不可使用的動作。Revit 的圖面生成支援很好，產生的圖面也具有強力的關聯性，因此可以輕鬆管理繪圖版本。它提供了圖紙和模型間的雙向編輯，Revit 支援新自訂參數化物件和預先定義客制化的發展，其定義物件的規則，隨著每個版本都有所改進，且包括三角函數功能發展。它可以約束陣列中的距離和角度，以及物件數。本研究採用 Autodesk Civil 3D 土木設計軟體處理基地原始資料，產生出數值化資料，地形資料即可直接匯入、結合 Revit 建模。

第一節 粗坑吊橋上游野溪二期工程實際案例

一、背景與工程內容

本案例位於南投縣中寮鄉粗坑吊橋上游，集水區面積為 1,385 公頃，河道長度為 4,600m，河道高程差為 605m，工程內容主要分為 7 項，工程經費為 2,793 仟元。粗坑相關圖如圖 4-1~圖 4-4 所示：

(一)漿砌石護岸 347.8m

(二)混凝土護岸 27.3m

(三)A型分隔牆9座、B型分隔牆3座、C型分隔牆1座

(四)漿砌石固床工8座及切口式固床工1座

(五)A型階梯式固床工1座及B型階梯式固床工1座

(六)固床工1座

(七)乾砌石護岸158.5m

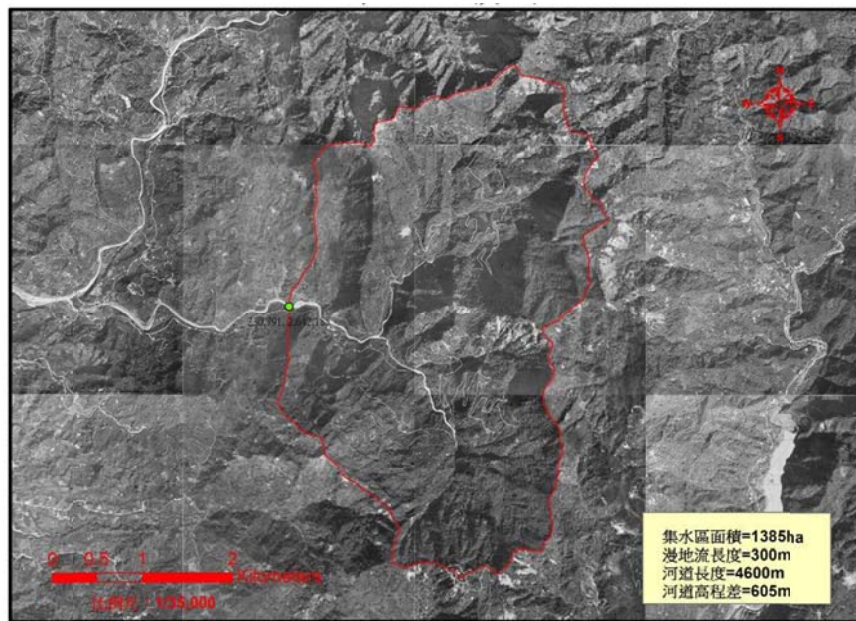


圖 4-1 集水區面積圖



圖 4-2 工程位置圖

第二節 Takle 建模及 Revit 建模

本計畫使用 Tekla Structures 建模軟體建立起 BIM 建築模型，並討論其功能在實際施工流程中可提供的效益及使流程精進之方向，因此取得之粗坑吊橋上游野溪二期工程實際案例後，將使用 Tekla Structures 20.0 版繪製出該案例的 BIM 模型，並詳細介紹研究過程中繪製 BIM 模型的所有步驟流程。

建立模型的一開始，開啟 Tekla Structures 後必定要先建立專案，如圖 4-5 所示，讓該模型有確切的名稱及儲存位置，以供之後建立模型的方便及安全保留。

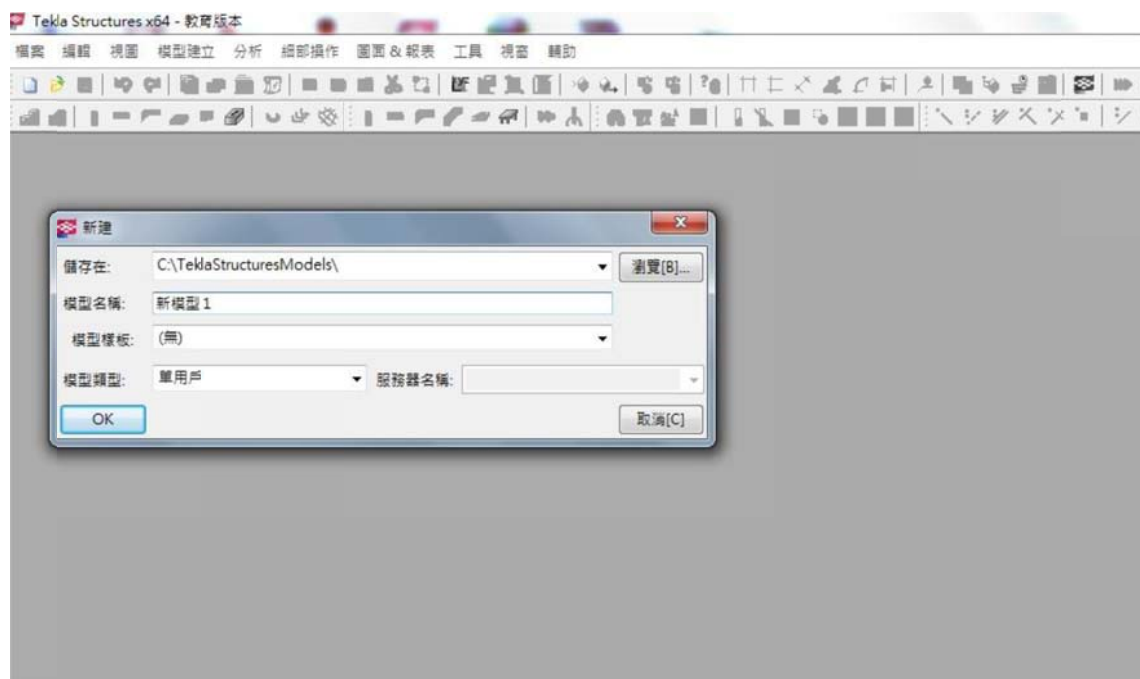


圖 4-5 新建專案

新建專案完成後，Tekla Structures 將會顯示出初始的立體格子線，將該格子線點兩下就可以跑出設定格子線之視窗，在設定視窗中輸入實際中心線之距離及各交叉點的標籤即可。需特別注意的是：此視窗在輸入數值時，X 坐標及 Y 坐標的距離數值是採用相對坐標，Z 坐標是採用絕對坐標，因此 X 坐標及 Y 坐標輸入的每個數值為每個兩點的距離，Z 坐標則是以原點做為固定端，數值以累加的方式輸入，輸

入完後案修改就會變成。

以粗坑吊橋上游野溪二期工程之平面圖說建置相關模型，並產出鋼筋數量統計表如圖 4-6 所示，相關構造物元件及其內部鋼筋相關資訊如圖 4-7~圖 4-13 所示，整體建模如圖 4-14，而最後又以 Lumion 整合展示本區無人載具產製之數值地形、各種構造物等 3D 資訊模型的設計成果，以提高設計的可行性和竣工效果，詳細如圖 4-15 所示。

其中，”砌石”是利用 Sketch up 繪製多種塊石，匯入 Tekla 後依照繪製之護岸排列而成。

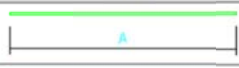
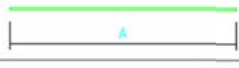
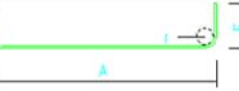
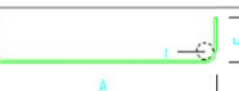
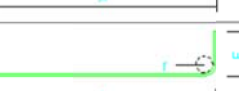
鋼筋彎折計畫數量統計表														
案件號碼：水土保持局														
專案名稱：粗坑吊橋上游二期野溪														
日期：11.07.2017														
形狀	編號	材料	尺寸	數量	長度(m)	單重(kg)	重量(kg)	A	B	C	D	E	彎折圖形	
1	3(?)	SD080	#4	31	69.84	69.42	2152.05	69840						
1	3(?)	SD080	#4	15	69.92	69.50	1042.51	69920						
3	0(?)	SD080	#5	351	4.67	7.29	2558.01	3390				674		
3	2(?)	SD080	#5	351	4.67	7.29	2558.01	3390				674		
4X	1(?)	SD080	#5	281	7.31	11.40	3203.64	6790				557		
總長度：156.41 (m)					總重：11514.22 (kg)									

圖 4-6 鋼筋數量統計表

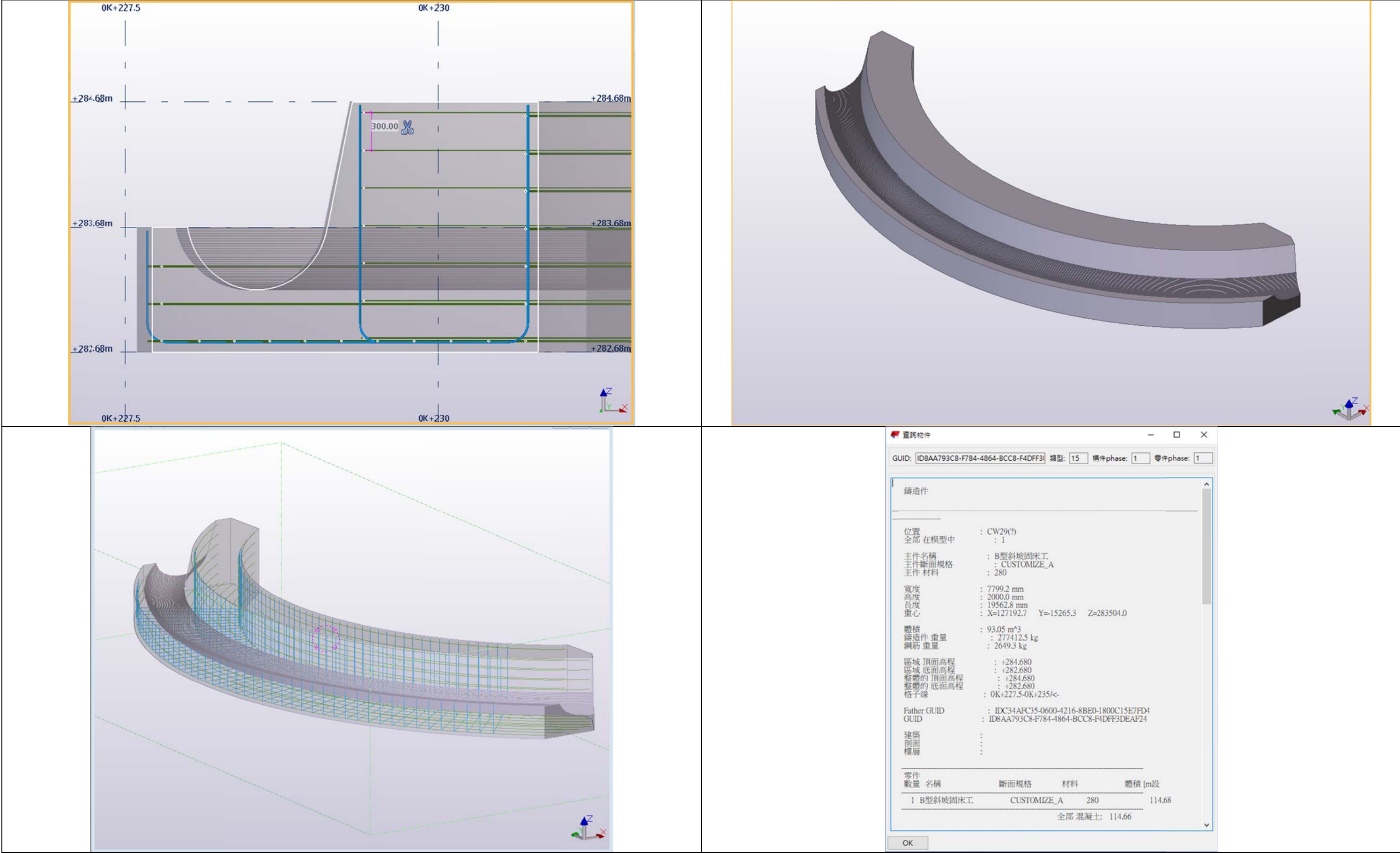


圖 4-7 B 型斜坡固床工

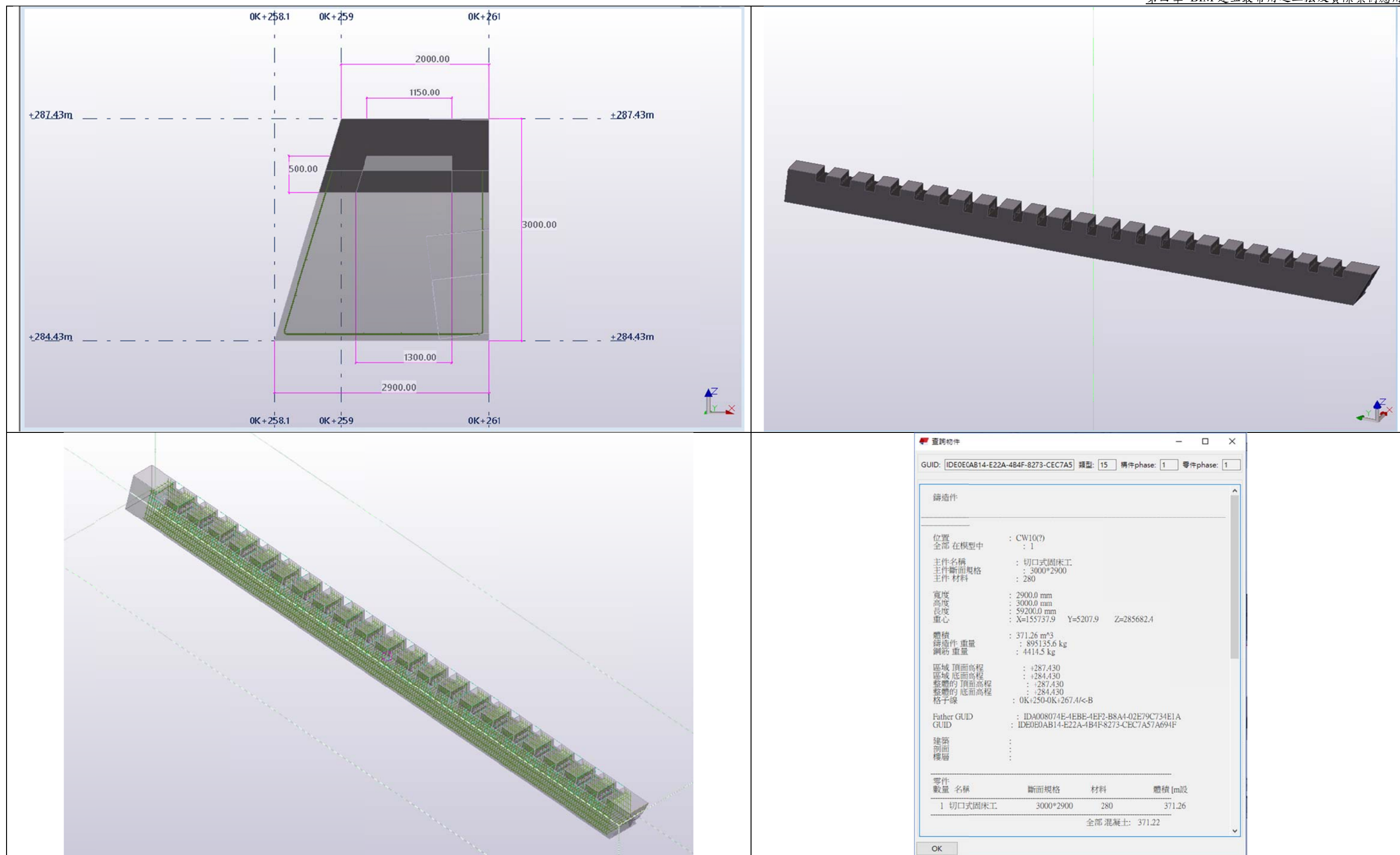


圖 4-8 切口式固床工

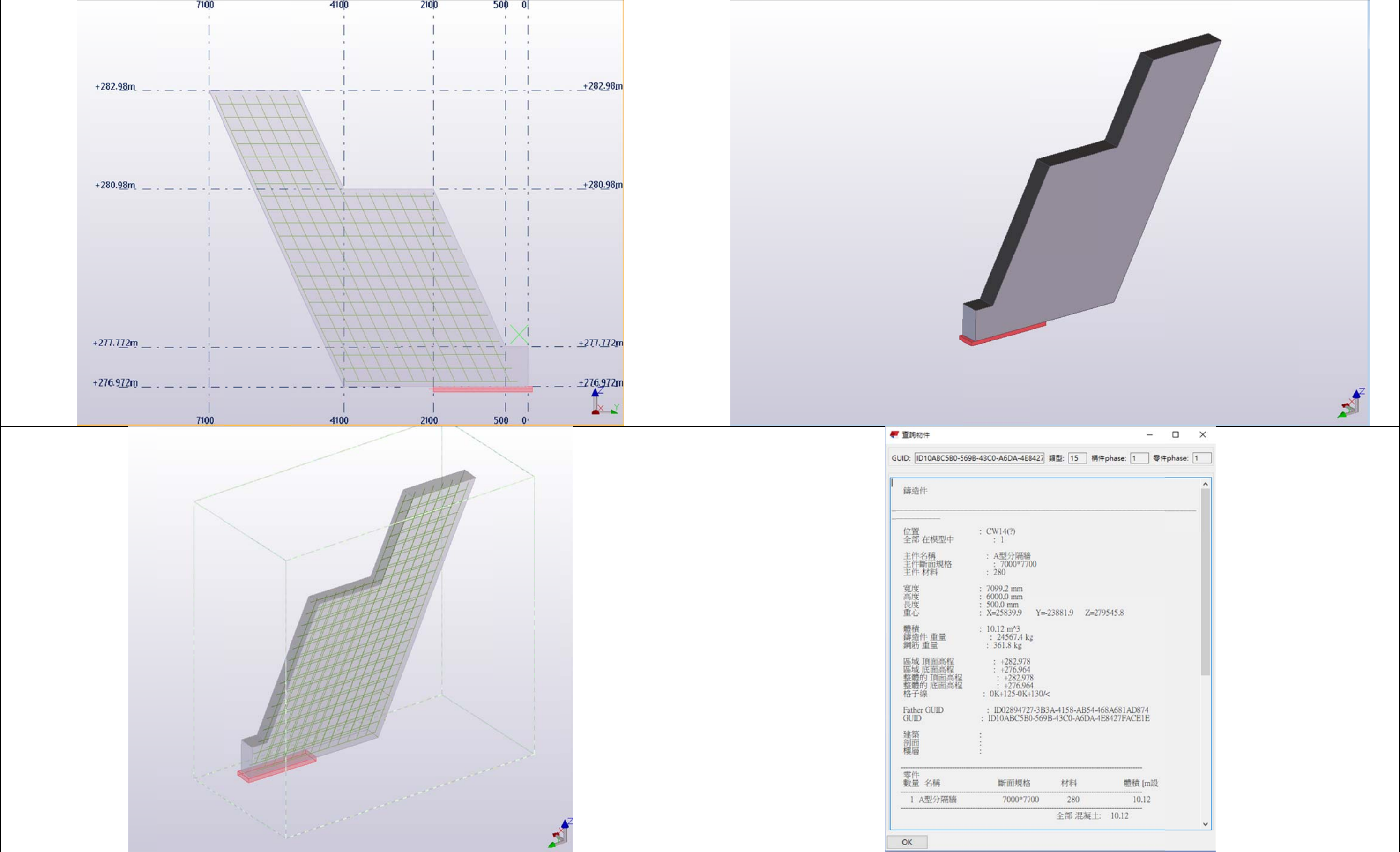


圖 4-9 A 型分隔牆

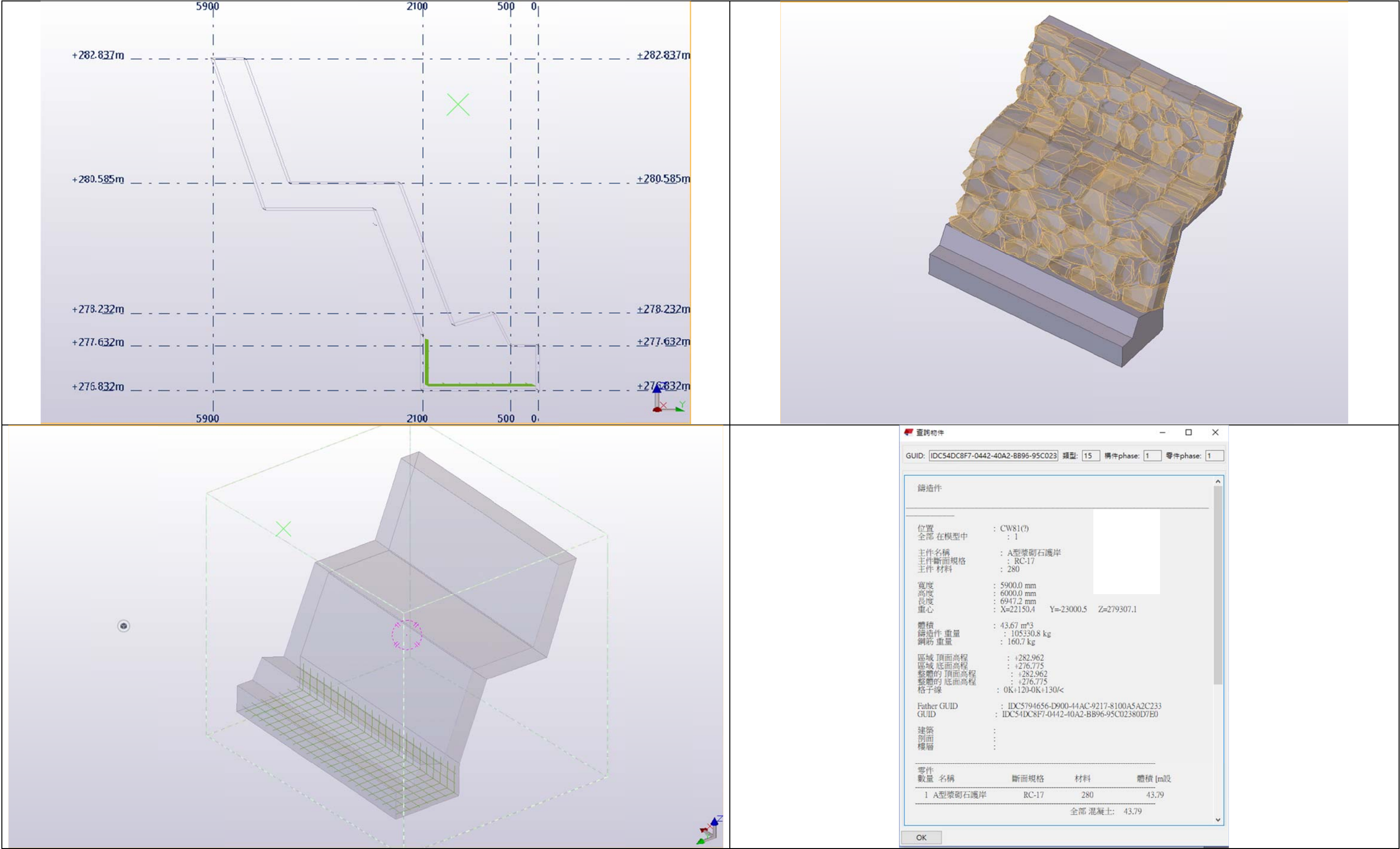


圖 4-10 A 型漿砌石護岸

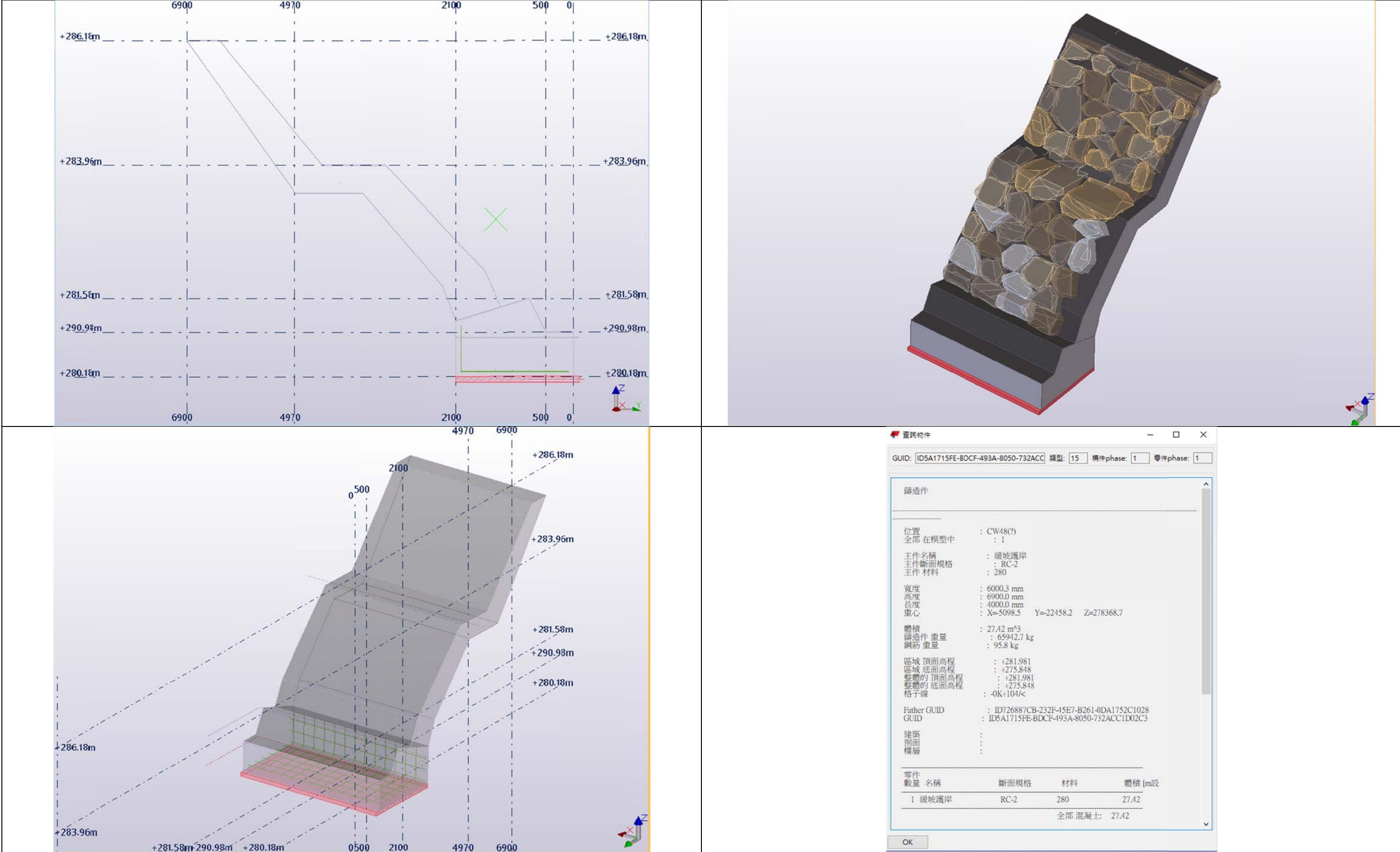


圖 4-11 緩坡護岸

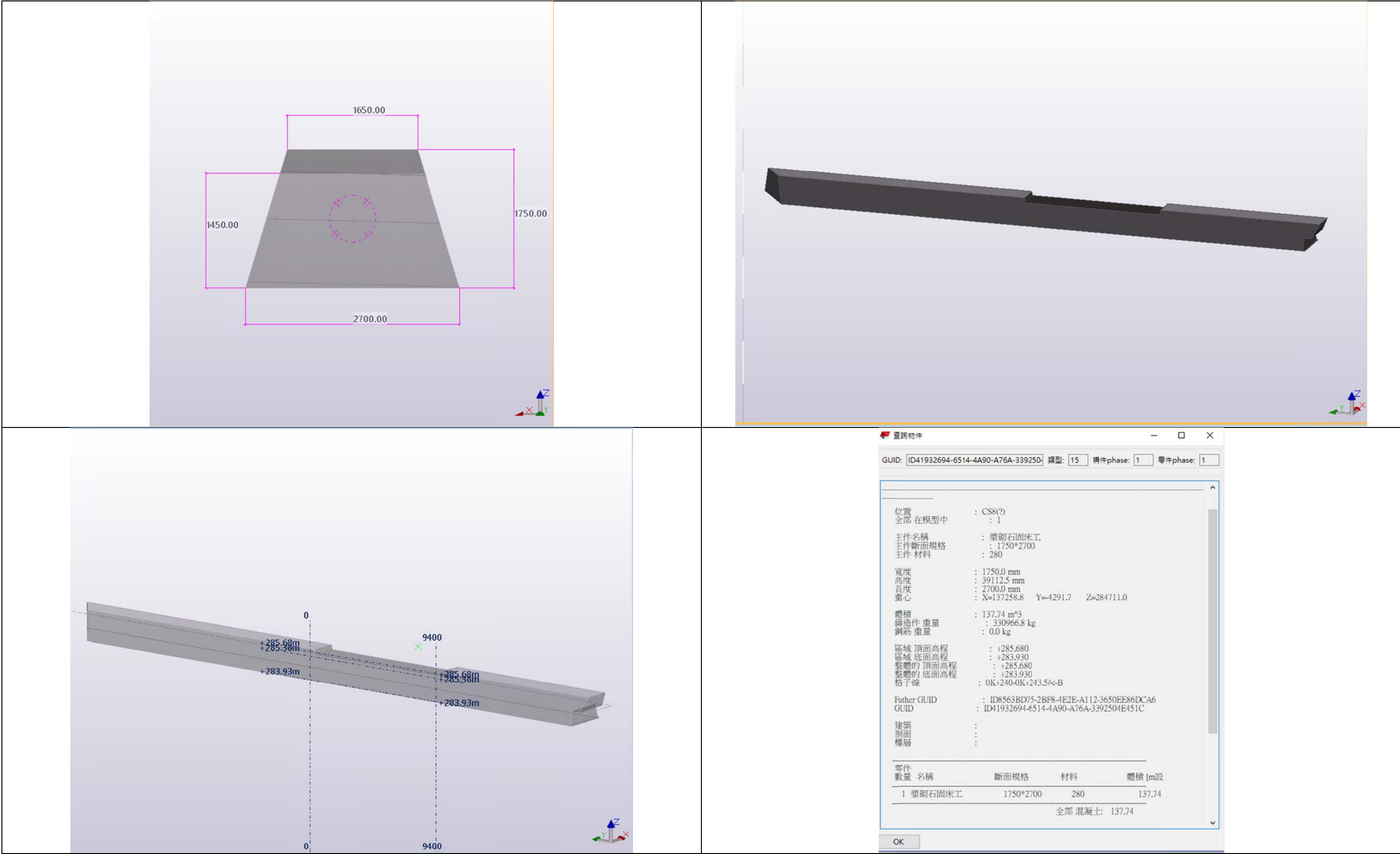


圖 4-12 漿砌石固床工

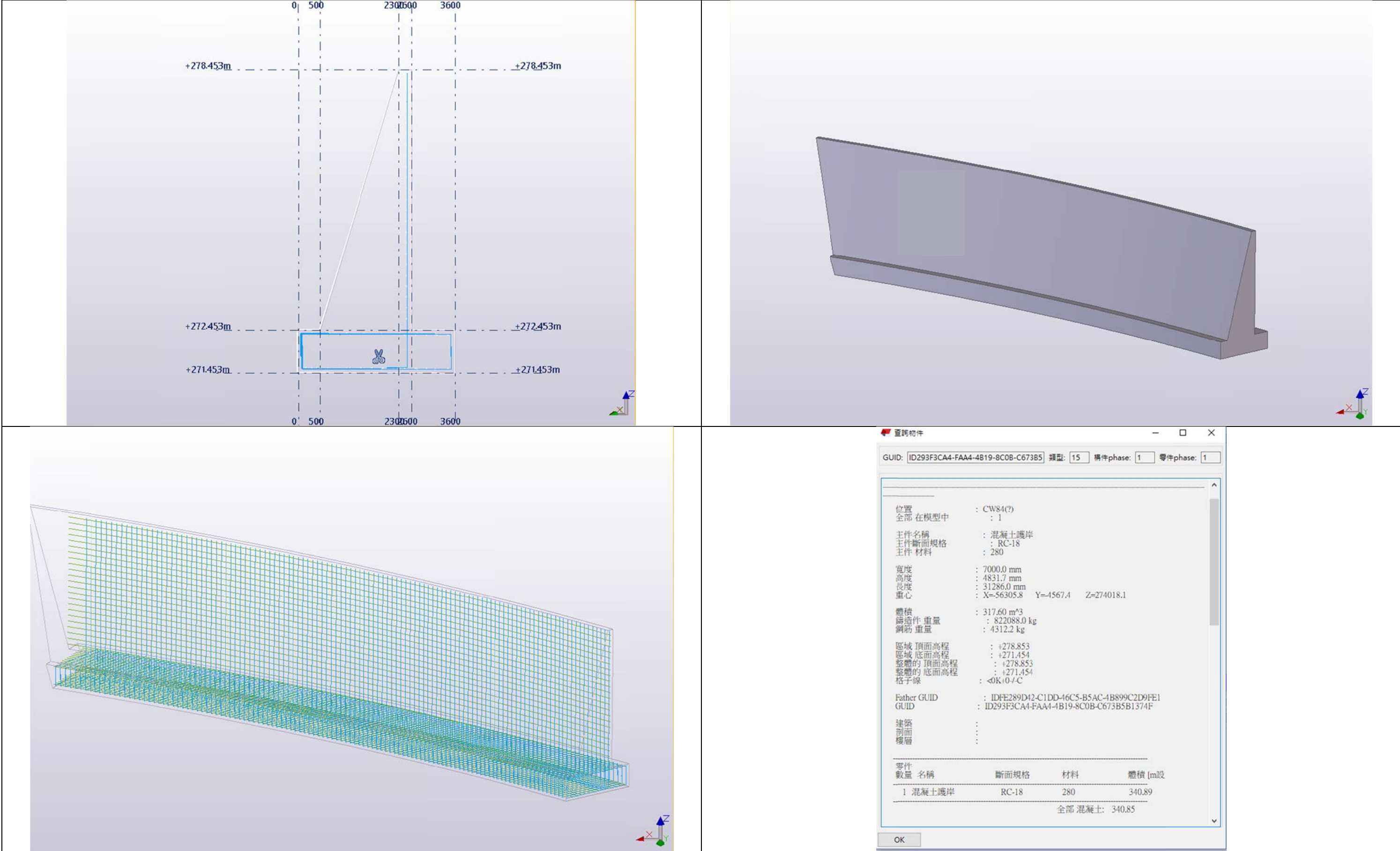


圖 4-13 混凝土護岸

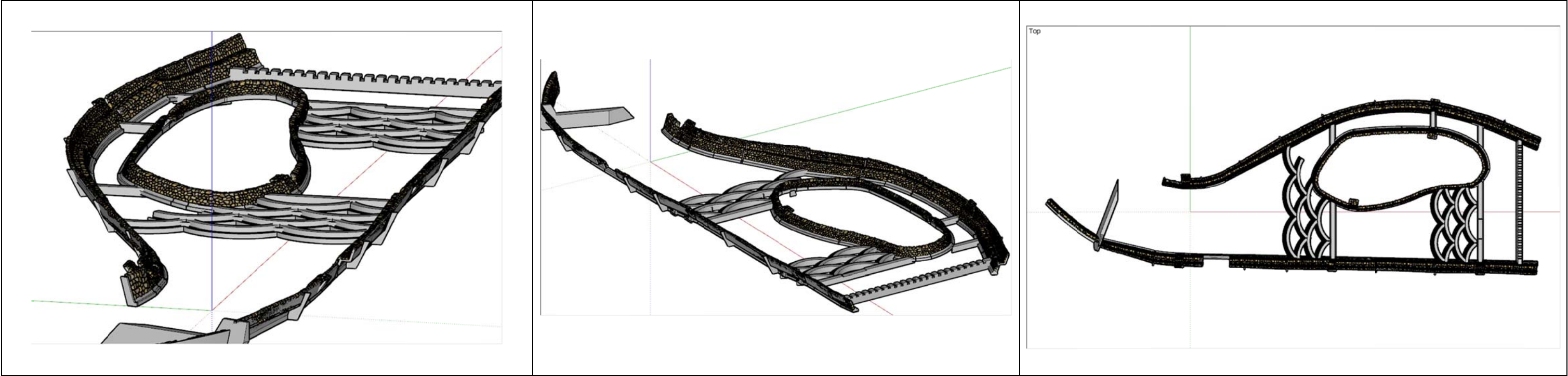


圖 4-14 粗坑整體建模圖



圖 4-15 利用 Lumion 展示粗坑整體建模圖

第五章 應用於水土保持構造物之可行性評估

美國、英國等其他國家在實務上推展 BIM 於建築週期各階段應用皆較我國提早多年。而我國自 2008 年以來，雖有諸多民間業者與學術研究嘗試探討 BIM 相關應用發展，但直至 2014 年，政府機關才正式全面啟動 BIM 相關應用發展，以及 BIM 導入整個工程生命週期之相關研究探討，由於水土保持工程皆屬數量多、規模較小之特性，因此 BIM 導入設施管理將是一可研究之課題。

BIM 技術能幫助水土保持工程解決許多目前作業方式所遭遇之困境，以下針對 BIM 之應用提出幾項說明：

一、技術面

BIM 技術能幫助水土保持工程解決許多目前作業方式所遭遇之困境，然應用於水土保持構造物之可行性，通常會因工程項目多寡、工程的複雜程度、允許廠商建模或應用的時間長短、工程的規模、工程類型、要求的精度、要求目的與用途等因素，而有不同之影響，以下列舉 BIM 對於水土保持工程之優點：

(一)BIM能彌補2D視圖擬真程度的不足

以2D平面視圖來表達建築物實體，會有許多簡化與漏失，簡化的結果造成許多盲點的猜測與爭議，而漏失與誤判造成公共工程施作的變更損失與工期延宕。BIM的3D建模能使工程圖說更加清明精細，促使公共工程設計與施工早期溝通順暢，降低施工後期慢慢由實體浮現的認知落差，造成無謂的設計變更損失。

(二)BIM於數量及成本估算之應用

建置水土保持構造物時只要設定構造物之相關參數，例

如鋼筋位置、混凝土強度等，最後可得相關數量統計報表，例如鋼筋數量、尺寸、混凝土數量等，即可依照這些資訊進行估價計算相關費用，相較於傳統人工計算方式快速，且可透過這些統計報表數據進行配筋最佳化之決策及分析。

(三)BIM能完整呈現水土保持構造物之相關資訊

由於BIM是由各種軟體相輔而成，因此水土保持構造物模型建置完成後，可包含相當多資訊，例如點位、材質、鋼筋數量、混凝土數量、建置後之形狀樣態等，相當於替構造物建置其工程履歷。

(四)BIM能減少工程資訊交換界面

設計者靠傳統的圖文媒體表達完整設計構思，若公共工程在同時間同一空間，相關的工種太多，協調溝通會複雜易錯，不同工種所持的圖文依據也容易產生版本不一或空間互斥，排程不順等現象。BIM的3D模型及其衍生的2D施工詳圖，或繁雜的施工說明文件，都能以BIM之參數變更，緊扣在一起，變更時能同步調動，大幅減少工程資訊再製與交換的界面。另外，BIM資訊整合之協同作業平台就是消除工程不同階段與不同工種間太多資訊不同步之缺點的利器，使公共工程的縱向資訊傳遞與橫向連繫溝通都能暢行無阻。

利用實際案例(粗坑)進行建模後，發現之問題如列如下：

(一)資料較龐大時，對硬體設備要求較高

在建立地形資料時，所蒐集之地形資料有顧問公司測量之地形以及利用無人載具製作之DEM，相較於地形測量，DEM精度相對較高，也因此匯入Tekla或是Revet或甚至是展示的軟體Infraworks、Lumion時相當耗時，對硬體之需求相

當高。

(二)不規則形狀之元件建立相對較為費時

在建置各項構造物元件時，例如砌石護岸，因Tekla或是Revit等軟體以往主要應用於建築等工程，其繪製時並不會像塊石一樣不規則。因此本計畫在建置砌石護岸時，係利用Sketch up先畫完各種石頭，再依照設計圖中砌石護岸之尺寸一個一個排列至填滿，相當費時。

(三)套匯地形展示較適合於施工前進行

本計畫利用粗坑之案例建模，工程施工前、後之地形一定會有所變動，導致模型建置完成後套匯於地形上，多有落差。

(四)BIM較適合用於較大規模之工程

在有限的經費下，並不是所有的工程都適合利用BIM的技術，例如工程內容僅較簡單之構造物，如護岸或固床工等，規模較小，相對的經費較少，因此廠商更不可能會願意在此情況下又撥一筆費用去建置模型。然而規模較大之工程若先利用BIM技術建模，並依據集水區地形環境、高程條件、配置情況模擬演練各種情境，可在規劃設計初期依模擬情況做出最適當的應用模擬，業主也能得以預期完工後之樣貌並，因此大型工程相對的也較有利用BIM進行施工前建模之意義。

二、行政面

(一)國內BIM技術的導入相對於國外尚屬初期發展階段，應用尚未普及，不論政府或各企業的發展策略尚未成熟，政府需積

極擬定適合國內之政策並加以推廣，深化其使用意願，提升運用普及率，並結合學術單位及各企業相互交流，規劃完善之相關培育課程，以解決現今BIM技術專業人才不足之現況，讓BIM技術應用真正的提升，發揮顯現其價值，進而改善國內營建產業之效率與效能，跟上全球市場潮流並具有國際競爭力。

(二)水土保持局為山坡地工程之負責機關之一，因此若將BIM納入招標文件，則有意願配合之設計單位或施工廠商將其技術導入於專案中，其是否提撥設計費用之一小部分當作誘因；且能夠在初期規劃階段將欲投資的工程案件透過模型進行模擬，以利其產品的市場定位及經濟效益等需求確認，減少日後變更設計之需求，進而達到更好的效率，亦可實質減少變更設計所造成的成本費用。

(三)工程顧問公司導入BIM技術為帶領使用此技術之重要角色，初步設計時可以利用此技術先行評估，並確認法令規範，將業主的需求進行方案分析與業主有效率的溝通，而此技術修正時的連動特性，能夠避免修改缺漏來回往返之作業時間減少重工，亦可減少疑義澄清等問題，大幅提升作業效率。

綜合上述技術面以及行政面之探討，BIM 技術應用於水土保持構造物可行性是相對樂觀的，歸納出以下幾點：

- 一、BIM建模雖較一般2D繪圖耗時，然若針對前述第二章所分析出來之水土保持工程構造物較常用之工法及型式經過完整的元件建置後，後續建模得以效率大幅提升。
- 二、BIM的3D建模相較於以往2D平面視圖要來的更加清楚，大幅降低可能因平面視圖會有許多簡化與漏失而造成的盲點與爭議，避

免無謂的損失。

三、由於BIM在國內應用尚未普及，更遑論是應用於水土保持構造物，且BIM相關人才不足，導致利用BIM技術建模時，費用相對要來的高，因此則有需要仰賴政府訂定相關政策，以利BIM之推動。

第六章 結論與建議

BIM 技術之應用相當廣泛，公共工程、建築、一般管線配置等，多於設計時利用此技術，以 3D 模擬之方式使得業主在設計初期階段時，便可同時參與以檢視成果，避免因 2D 平面設計圖之盲點而造成規劃不周全或設計錯誤，進而節省人力及成本，並提升設計品質。

一般而言 BIM 建模時，通常會因工程項目多寡、工程的複雜程度、允許廠商建模或應用的時間長短、工程的規模、工程類型、要求的精度、要求目的與用途等因素，而有不同之影響。而由於 BIM 應用於水土保持構造物並不普及，因此目前尚未有已建置好的元件供參考使用，所以每次針對不同的工程就得重新建模，相當耗時。

然而並不是所有的工程都適合利用 BIM 的技術，例如工程內容僅較簡單之構造物，如護岸或固床工等，規模較小，相對的經費較少，因此廠商更不可能會願意在此情況下又撥一筆費用去建置模型。反而是較大型的工程，例如第二章以經費統計分析水土保持局工程，費用大於 2,000 萬的相對較少，因其工程規模較大，若先利用 BIM 技術建模，業主也能得以預期完工後之樣貌，因此大型工程相對的也較有利利用 BIM 進行施工前建模之意義。

第一節 結論

一、BIM 應用於水土保持構造物時，由於不同於一般建築，多有不規則之形狀，建置較為耗時。

二、BIM 技術可結合地形，依據集水區地形環境、高程條件、配置情況模擬演練各種情境，並可在規劃設計初期依模擬情況做出最適當的應用。

三、由於 BIM 於件模式費用較高，於水土保持構造物之應用尚未普及，

因此於現階段僅適合大規模之工程。

四、BIM建置水土保持構造物後，相較於傳統人工計算方式快速，且可透過這些統計報表數據進行配筋最佳化之決策及分析。

五、由於已知其相關混凝土以及鋼筋數量等，因此可直接針對其單位長度之數量進行估價，

第二節 建議

一、後續可以針對水土保持常用之構造物建立元件，藉此提高未來建模之效率。。

二、若要使BIM於水土保持工程上普及化，建議可將建置費用納入設計費中，鼓勵工程顧問公司多於設計階段時結合此技術，待未來BIM之使用較為普遍時，其未來便可不只僅限於大規模工程。

三、利用BIM技術製作之成果，可建立相關平台，以利後續資料彙整及應用。

參考文獻

1. 林昭修，建築資訊模型(BIM)應用於地下捷運站設計階段界面整合之研究，碩士論文，中國科技大學建築研究所，2010。
2. 陳宏名，BIM 方法應用於營建工程管理模式之研究-以施工階段為例，碩士論文，國立台北科技大學土木與防災研究所，2011。
3. 陳景田，由建築資訊模型提取鋼筋混凝土工程數量之應用實證，碩士論文，中華大學土木工程學系碩士班，2011。
4. 李孟星，BIM 應用於營建工程施工性分析之研究，碩士論文，國立台北科技大學土木與防災研究所，2012。
5. 魏新洵 2013，BIM 技術應用於山坡地工程之研究-以擋土牆設計為例，碩士論文，中華科技大學土木與防災設計研究所，2013。
6. 鄭育閔，BIM 參數化物件在異質系統的交換與共享，碩士論文，國立高雄應用科技大學土木工程與防災科技研究所，2014。
7. 黃仁皇，整合 BIM 技術與 GIS 概念於設施管理之研究，碩士論文，國立高雄應用科技大學，土木工程與防災科技研究所，2015。
8. 江岳駿，以 BIM 為概念之水保設施報修平台之研究，碩士論文，國立雲林科技大學營建工程系，2016。
9. 唐清涓、傅邦鈞，BIM 的應用初探—以 Autodesk Revit 輔助營建專案資訊整合為例，技師月刊，第 48 期，2008，第 57-63 頁。
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，第 8-20 頁。
11. 許德安、蔡定智、高文煌，「BIM 運用於臺北捷運之探討」，捷運技術半年刊，第 47 期，2013，第 159-166 頁。

附件一 各期審查意見回覆

行政院農業委員會水土保持局

「BIM 應用於水土保持工程設計技術之研發」案

期中審查意見回覆

時間：106 年 8 月 1 日 上午 9 時 30 分

地點：水土保持局第三會議室

綜合審查意見	處理情形
1.本計畫已使用不同 BIM 相關軟體(包括 Revit、Tekla 等)初步建置水保工程設施之模型，研究進度應符合期中報告期程之要求。	感謝委員意見。
2.目前 Revit、Tekla 與 Infraworks 於本計畫之應用效益為何？	Revet 及 Tekla 主要用於 3D 建模，建模後可得其內部結構相關資訊，如鋼筋數量、名稱等；而 Infraworks 僅是拿來套疊建置之模型進行展示，但因其功能較少，因此改用 Lumion 展示。
3.第五章應用於水土保持構造物之可行性評估，其擬探討的內容為何？	主要探討 BIM 技術運用於水土保持構造物之可行性，包含適合用於那些構造物、那些工程等，如第五章所示。
4.P.2-5 之圖 2-2，各工程構造物之認定方式為何？	構造物係根據水保局工程管考系統中之工項內容進行分類。
5.建議注意資訊(I)之運用。	感謝委員意見。
6.簡報 P.6 提及水保工程多屬 500 萬以下，2000 萬以上佔不到一成，其結果係以單件工程為主。而該分析於本計	由於 BIM 技術係利用多種軟體串接而成，而本計畫主要探討其是否適合應用於水土保持工程，需探究其工程之複雜

綜合審查意見	處理情形
畫之後續應用為何？該統計資料建議採野溪之分年分期整體納入考量，方可展現成效。	性、構造物結構等，來決定這些構造物是否可利用 BIM 技術建置，因此不建議以分年分期之方式。
7.BIM 成果後續有無放置平台之管理及彙整個案成果之機制考量。	未來建議可開發相關成果放置平台，以供後續之應用。
8.宜有摘要、時程、參考文獻。	遵照辦理。
9.建議人工智慧應用在水土保持工程之可行性	關於 AI 應用，建議於 BIM 導入與系統整合較成熟完備時，再予以深入研析。
10.P.4-1 護岸 27.3 K，請修正。	已修正為 27.3m。
11.宜敘述 BIM 應用在建築、管線之作法。	遵照辦理。

行政院農業委員會水土保持局

「BIM 應用於水土保持工程設計技術之研發」案

期末審查意見回覆

時間：106 年 12 月 4 日 上午 10 時

地點：水土保持局第五會議室

綜合審查意見	處理情形
1. 缺少內頁。	已補充。
2. 請檢核工作內容是否符合契約規定。	經檢視，確實符合契約規定。
3. P.2-26，宜論述優化管線規劃方案。	水土保持工程並未使用到管線，因此已刪除。
4. 水土保持工程常以單位長度之模板、混凝土及鋼筋等數量進行估價，宜論述 BIM 應用在水土保持工程之適用性。	如 P5-1~P5-2 所示。
5. 本案討論 BIM 在水土保持工程設計的可行性，封面標題應注意格式。	已修正。
6. 整體 BIM 在工程的應用，有詳細的說明，較缺乏針對水土保持工程設計的實際應用，如地形限制、規模的不同等，應有檢討。	地形限制於 P3-8 補充說明，規模之檢討如 P5-3。
7. 案例個案中砌石護岸看來不符合規範，可以再檢查。	本案例之砌石護岸僅為示意圖。
8. P.2-3 表 2-2 與 P.2-5 圖 2-2 的單位為何？	已於表 2-2 及圖 2-2 補充單位。

綜合審查意見	處理情形
9.建議多增加說明或討論一些有關 BIM 的資訊在水保工程之運用。	如 P5-1~P5-2 所示。
10.可多討論導入 BIM 於水保工程設計之困難度。	如 P5-2~P5-3 所示。
11. BIM 的功能類似地理資訊系統透過空間的疊合瞭解各工項間是否有衝突需排除的部分，而水土保持工程較無此方面的問題。因此 BIM 是否適合在水土保持工程仍需審慎評估。	地理資訊系統雖可透過空間套疊了解各工項間衝突須排除之部分，然而於整體展現上，多限於 2 維之方式，例如以點標示各工程之位置，雖各點位亦會包含各工程相關資訊，然而這些相關資訊多需要人工建置，而 BIM 技術之相關資訊，工程構造物建模時，即可產生，例如鋼筋、混凝土數量等，且其可直接將建置好之模型套疊於地形上，於展示時更為清楚，但嚴格來說，其實也可以結合地理資訊系統一些地文分析之功能，使得工程呈現之各項資訊可以更完備。