
**以 BIM 為基礎建構水保工程應用 4D 與 5D
模型於施工階段之研究**

**Study on using 4D and 5D models to soil
and waster Conservation construction Stage
of the BIM-based
成果報告書**

執行單位：財團法人臺灣營建研究院

執行期間：自 107 年 02 年 09 日 至 107 年 12 月 31 日

計畫主持人：黃正翰 博士

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 107 年 12 月 20 日

目次

目次.....	I
表次.....	III
圖次.....	V
摘要.....	IX
Abstract.....	XI
第一章 緒論	1-1
第一節 研究緣起與背景	1-1
第二節 研究目的	1-2
第三節 計畫項目與內容	1-3
第二章 文獻回顧	2-1
第一節 建築資訊模型(BIM)	2-1
第二節 施工進度與成本管理	2-14
第三節 BIM 導入進度、成本.....	2-29
第四節 工程總分類碼	2-39
第五節 設施資產資訊交換的標準(COBie)	2-41
第六節 導入水土保持工程	2-49
第七節 小結	2-53
第三章 計畫執行方法	3-1
第一節 計畫方法	3-2
第二節 建築資訊模型建置	3-3
第三節 追蹤工程進度排程	3-15
第四節 成本進度控制	3-18
第五節 4D、5D 動態模擬.....	3-25
第四章 實例驗證	4-1

第一節	北坑溪護岸三期工程實際案例	4-1
第二節	實際與規劃執行之落差	4-3
第三節	4D、5D 施工模擬.....	4-6
第四節	小結	4-10
第五章	結論與建議	5-1
第一節	結論	5-1
第二節	建議	5-2
參考文獻		參-1
附錄		附錄-1
附錄一	現地勘查紀錄.....	附錄-1
附錄二	現地勘查紀錄.....	附錄-3
附錄三	施工順序示意圖.....	附錄-5
附錄四	追蹤施工進度圖.....	附錄-9
附錄五	期初審查意見回覆	附錄-14
附錄六	期中審查意見回覆	附錄-17
附錄七	期末審查意見回覆	附錄-20

表次

表 1-1 工作之預定進度	1-8
表 2-1 BIM 的五種發展程度	2-2
表 2-2 其他國家有關 BIM 標準或政策資料彙整	2-5
表 2-3 國內有關 BIM 調查研究報告彙整	2-13
表 2-4 進度方法及優缺點	2-18
表 2-5 編碼層級	2-41
表 3-1 本土化工程總分類碼	3-13
表 4-1 規劃與實際比較表	4-4
表 4-2 4D、5D 施工模擬	4-7

圖次

圖 1-1 計畫流程圖	1-5
圖 2-1 國內營建產業軟體調查	2-4
圖 2-2 公共工程委員會之 BIM 推動策略與方向圖	2-8
圖 2-3 公共工程委員會之 BIM 推動路徑圖	2-9
圖 2-4 國內有關 BIM 調查研究	2-10
圖 2-5 進度、成本、品質曲線圖	2-15
圖 2-6 甘特圖範例	2-16
圖 2-7 要徑圖範例	2-17
圖 2-8 公共工程施工日誌(例)	2-21
圖 2-9 三階進度控管分層示意圖	2-22
圖 2-10 Teicholz's Model	2-27
圖 2-11 Hendrickson's Model.....	2-28
圖 2-12 Ibbs's and Kim's Model	2-28
圖 2-13 Work-Packaging Model	2-29
圖 2-14 工程總分類碼描述範例	2-40
圖 2-16 編碼架構	2-41
圖 2-17 COBie 的組織架構	2-43
圖 2-18 BIM 匯出 COBie 表範例	2-45
圖 2-19 COBie 資訊架構與 BIM 之關係	2-47
圖 2-20 COBie 架構與 OmniClass 編碼之對應	2-49
圖 2-21 工程管理流程圖	2-51
圖 3-1 計畫流程圖	3-1
圖 3-2BIM 建置流程圖	3-7
圖 3-3 防砂壩位址	3-8

圖 3-4 建立高程線	3-8
圖 3-5 匯入 CAD 圖	3-9
圖 3-6 建立右岸元件	3-9
圖 3-7 右岸鋼管壩 A 型組裝及固定	3-10
圖 3-8 右岸預留口混凝土澆置	3-10
圖 3-9 右岸組裝 12”橫向鋼管施工	3-11
圖 3-10 左岸建置	3-11
圖 3-11 防砂壩模型	3-12
圖 3-12 第 22 章篇本土化成果	3-13
圖 3-13 防砂壩前腳趾導入 OmniClass	3-14
圖 3-14 COBie 電子表單	3-15
圖 3-15 進度排程	3-16
圖 3-16 建立 MS-Project	3-16
圖 3-17 設定前置作業項目	3-17
圖 3-18 施工日誌	3-18
圖 3-19 追蹤施工進度	3-18
圖 3-20 工程預算表	3-20
圖 3-21 工程數量計算表	3-20
圖 3-22 土方數量計算表	3-21
圖 3-23 工程數量計算表	3-22
圖 3-24 鋼板樁打拔數量	3-23
圖 3-25 高空作業車數量	3-23
圖 3-26 施工架組立數量	3-23
圖 3-27 預算項目與進度項目結合	3-24
圖 3-28 4D、5D 模擬架構	3-25

圖 3-29 匯入模擬資訊	3-26
圖 3-30 模型構件類型	3-27
圖 3-31 構件顏色分類	3-28
圖 3-32 構件貼附模型	3-28
圖 3-33 構件貼附模型	3-29
圖 3-34 構件貼附模	3-29
圖 3-35 動畫輸出設定	3-30
圖 3-36 輸出影片設定	3-30
圖 4-1 工區地理位置圖	4-2
圖 4-2 全區配置圖	4-2
圖 4-3 防砂壩剖面圖	4-3
圖 4-4 現場照片(107/09/25)	4-4

以 BIM 為基礎建構水保工程應用 4D 與 5D 模型於施工階段之研究

摘要

本研究擬將 BIM 技術以及工程總分類碼(OmniClass)之整合，在水保工程之 BIM 模型屬性欄位中，建置各段期程之工程進度與成本資訊，因此 BIM 模型屬性欄位存取生命週期各階段屬性之疊加與延續性，使得施工階段作業人員得以使用欄位查詢、連結、關聯應用、屬性表互相連結等功能，透過 COBie 編碼維護管理流程之導入以增加 BIM 模型所需的屬性資料，如：工程進度時程與以及工程成本之整合。

本報告將以 BIM 模型與實體工程項目作業進行管理以及控制，進行預訂期程與預算成本管理之功效比對，不僅只是屬性資訊之描述，還能透過文獻回顧及訪談結果，建立客製化屬於適用我國水保工程之 4D 與 5D 模型應用之架構建立，並導入 COBie 資料留存架構以標準化模式提供水土保持工程施工階段資訊共用之手段，進行施工階段資訊整合與分析之應用並且透過案例之建立，驗證提出水保工程導入 4D 與 5D 架構之可行性與實際效益。

關鍵字：建築資訊模型、工程進度、工程成本、防砂壩

Study on using 4D and 5D models to soil and waster Conservation construction Stage of the BIM-based

Abstract

This study intends to integrate BIM technology and engineering general classification code (OmniClass).The progress and cost information of each section of the BIM model attribute field of the water and soil conservation project.BIM model attribute field access life cycle attribute superposition and continuity.During the construction phase operators can use field queries links associated applications and property sheets to link to each other.Importing management process through COBie code.Add the attribute data required for the BIM model such as the integration of engineering schedule and engineering costs.

This report will work with BIM models and physical engineering projects.Manage and control.Comparison between booking schedule and budget cost management.Through literature review and interview results.Establishing a customized system is the establishment of the 4D and 5D model application for China's water conservation project.Import COBie data retention architecture standardization model to provide soil and water conservation engineering.Application of Information Integration and Analysis in Construction Phase.Through the case the water conservation project is introduced into the 4D and 5D architecture feasibility and practical benefits.

Keywords:building information model, project schedule, engineering cost, sand control dam

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

根據水保局 105 年底之水土保持技術研究發展規劃與建議，水土保持工程技術發展為 106 年前瞻計畫之重點，其中新工具之應用推廣，針對國內已發展成熟之新工具，或已在不同領域廣泛應用之既有工具，評估導入水土保持領域之未來發展性，並推廣應用以提昇工作效能。

就水土保持局長期建立前瞻策略擘劃機制之計畫而言，除參考美日等國家對於坡地保育治理及防災技術外，也配合水土保持局技術研究發展短中長期計畫，於 106 年 7 月提出技術研究發展趨勢，藉此建構水保工程於施工階段導入 i-construction 之可行性研究。

i-construction 為日本國土交通省擬應用資訊及通訊技術（ICT, Information and Communication Technology）發展提升營造業生產力技術之革新能力，為提前規畫與因應日本所面臨少子化、人口老化與預估 10 年內將進入勞動力嚴重不足的時代等現況。

水保工程導入 i-construction 需先將水保工程資訊全面整合與串聯，就水保工程資訊可分為「基礎資料整合」、「硬體建設整合」、「資訊應用整合」，並以集中管理資訊基礎建設為目標，方得有效利用與管理，並配合 BIM 技術做為水保工程資訊之載體，整合工程全生命

週期所逐步建立及累積之幾何模型與非幾何屬性資訊，並透過 BIM 可達成 i-construction 之同步工程技術（Concurrent engineering）與進度前移模式（Front loading），方可達到活用 ICT 於水保工程全生命週期最高的效益。

第二節 研究目的

為達成水保工程 i-construction 資訊整合，經由 106 年辦理之「BIM 技術導入水土保持工程基礎資料建立先期研究」為基礎研究成果。利用 BIM 技術三維視覺化之優勢，在三維空間中展示建物元件幾何之位置關係及其工程資訊，以物件導向技術之方式應用將 BIM 模型作為水保工程資訊整合之平台，利用三維模視覺化的方式賦整合工程項目所有的幾何圖形以及非幾何之圖紙工程資訊並直覺視的表達其特性，最後結合資訊交換標準（Construction Operations Building information exchange, COBie）提升資訊於工程生命週期的傳遞效率，加強資訊在設計方與施工方的擷取，最後做為工程生命週期之營運維護階段作使用，使工程資訊在工程全生命週期中循環使用達到 BIM 技術最主要的目的。

本研究中最重要的部分在於以 BIM 技術整合 COBie 資訊交換標準於水土保持工程施工階段中，利用 COBie 所產出的電子表單與 BIM 模型作為主核心，將水保工程施工階段導入 i-construction 之基礎工

程，並透過 BIM 模型與 COBie 所產出的電子表單做為水土保持工程
管理系統之基礎資料庫，導入 i-construction 之概念於水土保持工程施
工階段，提升水土保持工程施工階段生產力技術之革心能力，透過
BIM 與 COBie 整合水保工程施工階段之資料，促使水土保持工程施
工階段推向四維與五維之視覺化有效管理。

第三節 計畫項目與內容

一、計畫目標

(一) 全程目標：

1. 蒐集國內 BIM 工程專案，4D、5D 需求解析之文獻與案例。
2. 探討各國 BIM 工程專案中 4D 與 5D 之模式，研析水保工程之運作模式。
3. 探討工程實際進度與 BIM 模型結合之可行模式與架構。
4. 進行我國目前進度管理與採購方式比較之研析，探討工程成本預算，並利用 BIM 技術進行視覺化管理。
5. 研析水土保持工程施工階段透過 BIM 模型之建置，管控工程數量、進度與成本。

(二) 本年度目標：

1. 蒐集國內工程 BIM 專案中導入 4D、5D 技術需求之文獻與案例解析。

2. 探討各國工程 BIM 專案 4D 與 5D 之模式，研析水土保持工程之運作模式。
3. 探討工程實際進度與 BIM 模型結合之可行模式與架構。
4. 研析我國現有進度掌控與採購方式比較，探討工程預算成本，串聯於 BIM 模型之模式。
5. 研析於水保工程施工階段透過 BIM 模型之建置管控工程數量、進度與成本。

二、預期成果：

為發展 BIM 應用於水土保持工程技術，透過本研究蒐集參考多數文獻，探討進度與成本導入水土保持工程，以及透過案例分析水土保持工程導入 BIM 技術之可行性。

三、計畫流程圖：

本研究之研究流程圖如圖 1-1 所示，各階段說明如後：

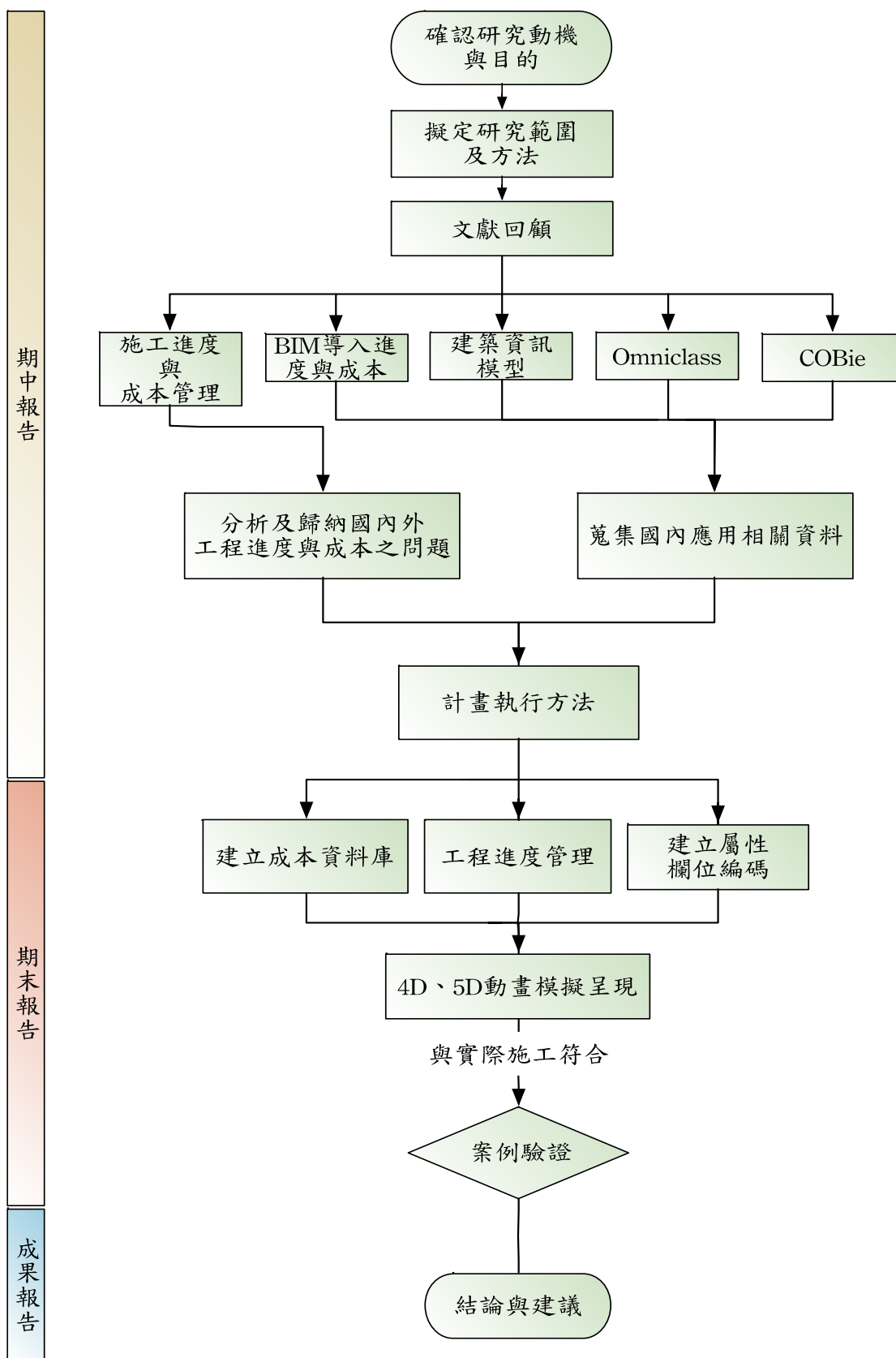


圖 1-1 計畫流程圖

參考資料：本計畫

四、研究架構

本研究分為 7 個章節，章節內容如下：

(一) 緒論

分別針對本研究之研究動機、研究目的、預達目標、計畫流程與計畫期程進行說明。

(二) 文獻回顧

本章節主要分析與整理文獻上有關建築資訊模型應用趨勢及時程管理應具備能力開始探討，回溯國內對於時程管理問題之論文研究，於施工階段探討進度與成本，導入建築資訊模型中作為本計畫可行性研究之基礎。

(三) 計畫執行方法

依據本研究目標，期中應達到成果包含蒐集國內期刊、論文與水保工程資料留存、4D 與 5D 模型應用之文獻回顧，有請工區提供施工方法，依施工方法建置建築資訊模型並導入 COBie 資料留存架構，借鏡國內之實施經驗與實際水保工程施工作業案例，作為本研究流程規劃。

(四) 工程進度管理

計畫持續追蹤工程施工狀況，依照施工日誌掌控防砂壩之定期性報告，進行進度與管理規劃，探討施工期間各階段之工作，

特別注意時程的安排與管控。

(五) 建立成本資料庫

本研究向工區單位協助提供工程數量及工程預算成本等資料，計算防砂壩使用之正確數量及成本，以施工順序作為活動項目與工程數量及工程預算成本進行資源攤提，將每個工項對應其數量與成本，準確計算該工作所花費的種種項目及費用。

(六) 4D、5D 動畫模擬呈現

結合進度與成本導入 BIM，隨時間進行元件可視化的動態建構模擬，亦依據施工時程及施工狀態之甘特圖模式呈現，並搭載著成本資料庫內與活動項目相對應之成本，展示工項每日工程用量及工程花費，了解同一時段不同元件的施工進度與施工成本狀態。

(七) 實例驗證

本研究以防砂壩作為案例驗證，完成 4D、5D 施工模擬，並比對實際與規劃工期，驗證提出水保工程導入 4D 與 5D 架構之可行性與實際效益。

(八) 結論與建議

對本研究整體規劃補充及建議未來研究創新之研究想法。

五、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 工作之預定進度

工作項目 \ 月次	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
計畫期間											
文獻回顧											
國內外文獻											
國內外案例											
專家訪談											
國內應用 BIM 現況											
水保工程施工現況											
水保工程於 4D 與 5D 應用											
研究架構											
BIM 模型屬性欄位建置											
實例驗證											
導入 CoBie 資料留存											
BIM 之 4D、5D 導入水保工程之施工階段分析											
期中報告階段						◎					
期末報告階段										◎	
繳交成果報告											◎

參考資料：本計畫

第二章 文獻回顧

第一節 建築資訊模型(BIM)

建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)應用範圍很廣泛，可應用於建築工程、土木工程、機電工程又或者軌道工程專案中，以三維物件導向技術進行電腦輔助設計。BIM 透過數位資訊模擬實際建築物具有的真實資訊，視覺化模擬顯示建築內外部各空間分佈。應用 BIM 整合建築生命週期各階段，達到優化建築性能設計，有效管控施工期程，降低成本與物料浪費，達到永續發展與節能減碳等全方位效益。

一、建築資訊模型定義

建築資訊模型即為 Building Information Modeling，Building 指整個建築專案生命週期，如：規劃、設計、施工等，Information 是指建築生命週期中有關的所有資訊，如：成本、工法、流程等，Modeling 指建模和模擬建築生命週期之過程，如：施工模擬、空間使用、維護管理、設計等。美國聯邦總政署所提出之 BIM 手冊系列中指出：三維、四維和 BIM 技術係為三個不同但具協調關係的電腦技術〔1〕，三維幾何模型為建築物元件利於視覺化的方式呈現，並做為設計單位及施工單位溝通平台；而四維模型係指三維模型中加上時程管理的概念，利如專案各階段之工程資訊與工期時程的排定資訊，利於進行元件間之

碰撞檢討以及工程進度管理。

美國建築師協會(American Institute of Architects，簡稱 AIA)所提及 LOD 為 Level of Development 的縮寫，指模型的發展程度在工程全生命週期過程中，於不同階段所需不同完整性之元件〔13〕，如表 2-1 所示。

表 2-1 BIM 的五種發展程度

發展程度	工程圖	定義
LOD100	概念設計圖	以 3D 模型或其他資料型式，表達整體建築量體之面積、高度、體積、位置、座向等資訊。
LOD200	初步設計圖	模型元件(Model Elements)為具近似數量、尺寸、形狀、位置、方向等資訊之泛用型系統或集合體(Generalized Systems or Assemblies)。非幾何屬性資訊也可建置於模型元件中。
LOD300	細部設計圖	模型元件為具精確數量、尺寸、形狀、位置、方向等資訊之特定集合體(Specific Assemblies)。非幾何屬性資訊也可建置於模型元件中。
LOD400	施工圖	模型元件為具精確數量、尺寸、形狀、位置、方向等資訊及具完整製造、組裝、細部施作所需資訊之特定集合體(Specific Assemblies)。非幾何屬性資訊也可建置於模型元件中。
LOD500	竣工圖	模型元件為具實際數量、尺寸、形狀、位置、方向等精確資訊之完工集合體(Constructed Assemblies)。非幾何屬性資訊也可建置於模型元件中。

資料來源：〔13〕

二、建築資訊模型之發展

建築資訊模型(Building Information Modeling, BIM)的概念最早於 1970 年代由美國喬治亞理工學院 Chuck Eastman 教授所提出，強

調以物件導向之概念進行建築元件之建制，透過參數化的設計，結合營建專案之建築、機電、結構(A/E/C 工程資訊於 BIM 模型中，將審查機制視覺化以直觀的方式快速進行除錯作業，並透過雲端整合，使工程全面行政透明化、流程標準化，達成智慧化城市便利管理功效〔2〕。

隨著 BIM 技術的蓬勃發展，市面上的 BIM 繪圖套裝軟體不斷推陳出新且種類繁多，根據過去研究指出，選擇 BIM 工具的標準有以下三項：1.可以完整的產生施工文件而不必使用另外的應用程式。2.可與其他物件維持關聯性之智慧物件。3.有元件庫可作使用。在這三項評估標準之下 Autodesk 公司所開發之 Revit 電腦輔助繪圖軟體最獲得好評，與 2016 年國內營建產業應用 BIM 技術現況調查與分析研究之調查結果 Revit 在國內 BIM 使用者中佔近 9 成相符〔3〕，如圖 2-1 所示。本研究選擇 Autodesk Revit 軟體做為本研究案例分析時 BIM 模型建構之測試平台。

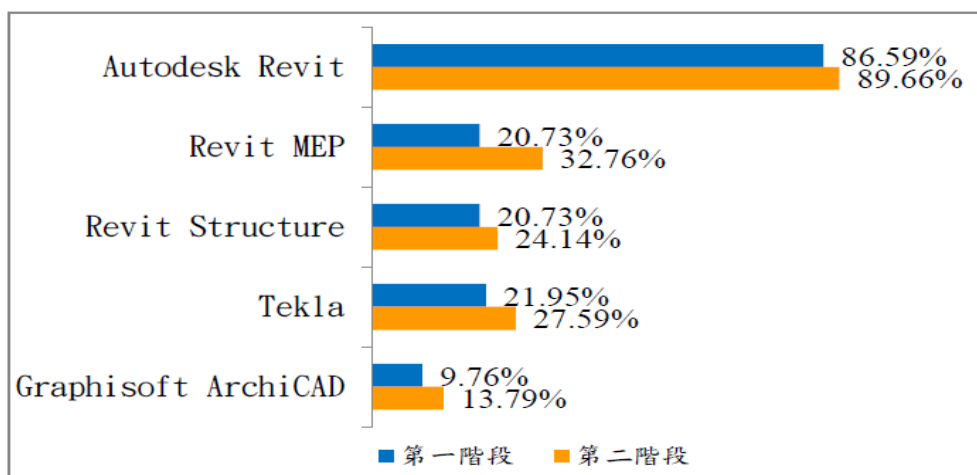


圖 2-1 國內營建產業軟體調查

參考資料：〔3〕

近年來營建工程產業導入 BIM 技術的正面效益已陸續獲到證實，且各國營建產業皆大力推動。近期 McGraw Hill Construction 2014 年 Smart Market Report 所蒐集歐美亞澳 10 個國家的營造廠報告顯示，有四分之三的營造廠在投資 BIM 的相關計畫上獲得了正面的投資報酬，且應用也從建築物領域擴大到非建築物領域，因此爭取國際標案的工程廠商，已普遍具有 BIM 設計或施工的能力，更預期未來兩年與 BIM 有關的業務量將成長 50%；此外，美、英、日、韓、星等各國政府也大力推動 BIM 的應用，全球工程市場因為 BIM 技術的導入，使得競爭更為全面而且激烈，並且世界各國對於 BIM 技術推廣及發展策略皆有不同的作法，大多隨著各國家整體政策發展、不同時期導入等狀況有所不同。如香港、日本，整體策略發展主要為先行將 BIM 技術於許多工程專案中，並進而改善 BIM 技術運作與整合環境，逐步要求政府制訂相關政策與制度，以提升整體生產效力，其方式是「由

下而上」的作法；而新加坡、中國大陸則是營建業界因為有少數業界先行應用 BIM 技術於少數工程專案，但政府認為 BIM 技術的推廣應用必須有健全的環境方能有效推動，也期望能改善行政效能以及快速提升該國營建生產力，因此主動制訂相關政策與制度，其方式是「由上而下」的作法。因此 BIM 已是進入國際市場的必備要件，值得政府與產業界加以重視〔24〕。

目前全世界主要國家有關 BIM 之發展與應用，本研究依據過去的研究彙整，如表 2-2 所示。

表 2-2 其他國家有關 BIM 標準或政策資料彙整

國家	組織	標準或政策
美國	美國聯邦政府總務署(GSA)	•2003年提出BIM 3D-4D計畫。 •已建立一套建築資訊模型指引(BIM Guide Series)，提供政府專案使用。 •2008年強制要求政府專案提交建築資訊模型。
	美國建築科學研究院 National Institute for Building Science (NIBS)	•提出BIM國家標準(NBIMS)在建築節能的效能(BEP)。
	美國陸軍工程師兵團 United States Army Corps of Engineers(USACE)	•強制要求所有專案採用建築資訊模型。
英國	英國政府 UK government	•2016年的5年間內提高建築資訊模型的使用率。 •2016年起應用Level 2 BIM。
	中央政府內閣辦公室組織專案團隊 BIM Task Group	•GSL是用來提升建築設施交付及使用階段的工作效能，並同時降低工作成本。 •各部門將指定一個GSL資深主管負責管理所有工程專案的 The Golden Thread。 •在設計及施工的團隊協助下，各部門可從營運初期操作階段開始主動經營設施維護事項。

國家	組織	標準或政策
		•營運維護評估機制將做為一個協同合作工具，以衡量及最佳化資產績效，並訂定相關學習課程。 •BIM將逐步成為數位化管理工具，以協助新興工作專案之籌備。
芬蘭	國會物業(地產服務機關) Senate Properties	•2007年起要求其轄下專案使用建築資訊模型。 •2007年要求專案使用 IFC/BIM，並計畫未來採取以綜合模型為基礎的營運方式。
挪威	Civil State Client Statbygg	•2010年表明致力推動建築資訊建模，並要求新建築物使用 IFC/ BIM。
新加坡	建設局 Building and Construction Authority (BCA)	•2014年起強制要求面積超過20,000m2的新建設工程專案皆使用BIM電子送審平台。 •2015年起強制要求面積超過5,000m2的新建設工程專案皆使用BIM電子送審平台。 •公部門率先應用、宣傳成功案例、移除障礙、產業培訓及鼓勵應用之策略。
香港	香港房屋委員會 Hong Kong Housing Authority	•2014年所有建築全面實施BIM。 •建立BIM標準、使用者手冊、元件庫設計參考指南。
韓國	韓國國土交通部 Korean Ministry of Land Infrastructure and Transportation (MLIT)	•在2016年起，所有超過5 億韓元的公共工程專案，必須導入BIM。
澳洲	建造環境業創新議會 BEIIC (the Built Environment Industry Innovation Council)	•2016年起政府專案要求3D BIM，雖然建築資訊模型已逐步被採用，但是政府及行業協會被促請協助加快推動程序。

參考資料：〔27〕

三、工程生命週期 BIM 導入與應用

從營建產業應用面而言，BIM 可以理解為：「利用連結資料庫的物件導向參數化建模技術，並進行工程建造模擬分析，進而探討施工過程以及完工後工程之各種營運相關問題，以期能在發生前加解決」。這種工具及流程，將可使設計成果更完善、施工過程更順利、而完工

後又可將建築物的相關資訊轉移至維護管理使用。如此，將提升營建產業之生產效率，改善其對於能源之消耗與資源浪費，目前世界各先進國家營建相關主管部門無不積極推動對 BIM 之應用，未來國內營建產業採之應用 BIM 已是不可逆的趨勢，為使國內營建產業能盡速趕上國際水準，建立相關技術標準與規範以引導產業順利導入 BIM，是國內營建業當務之急。

在選擇專案之 BIM 技術應用前，業主需根據組織、專案型態，清楚地瞭解其需求及目標為何，包括土開需求、設計需求、施工需求、界面整合需求、設施營運需求、維修等，以利業主及專案團隊進一步思考如何運用 BIM 相關應用來達成目標和解決問題。

在工程專案生命週期中，利用 BIM 以達成該專案一項或多目標之目的與要求皆不同。因此，業主在決定投入資源來導入 BIM 以前，應先根據專案的需求與目標來確認使用 BIM 之主要目的，才能以此作為爾後擬定 BIM 實施方針、工程專案的 BIM 執行計畫、人員技術需求 BIM 模型的發展程度，以及資金投入模型的發展程度，以及資金投入和調度之基礎。業主在每個階段對 BIM 用途之選擇，都會影響導入及實施成本，並將直接影響業主對專案預算的編列，所以在 BIM 使用需求與目的決定上須謹慎思慮。以下 BIM 導入之流程與列舉各階段 BIM 用途之範例。

四、國內 BIM 應用

(一) 政府機關

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 2-2 所示，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 2-3 所示〔14〕。

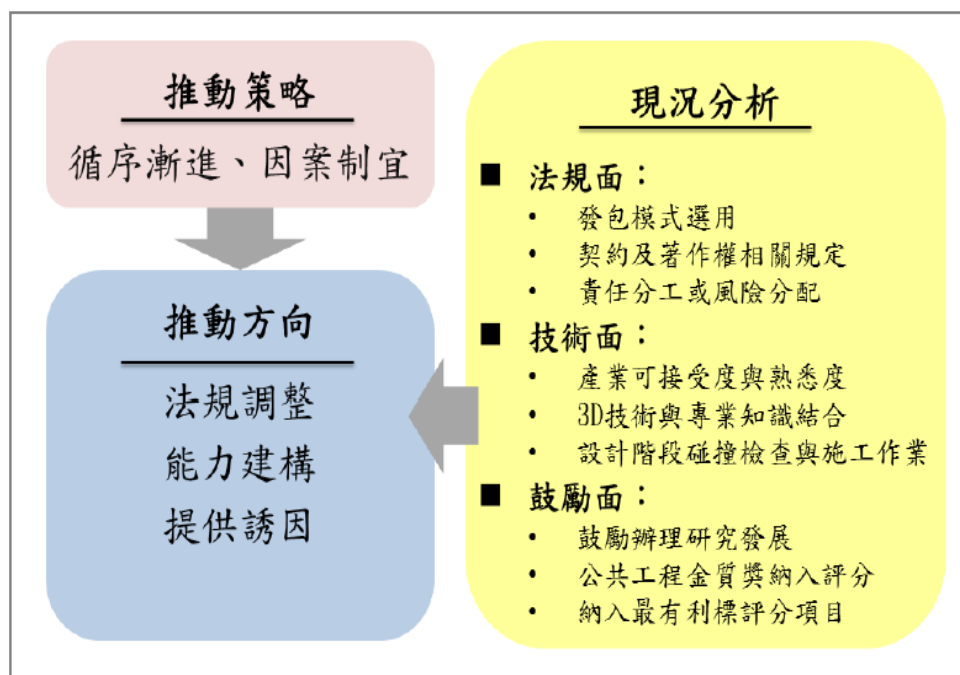


圖 2-2 公共工程委員會之 BIM 推動策略與方向圖

參考資料：〔14〕

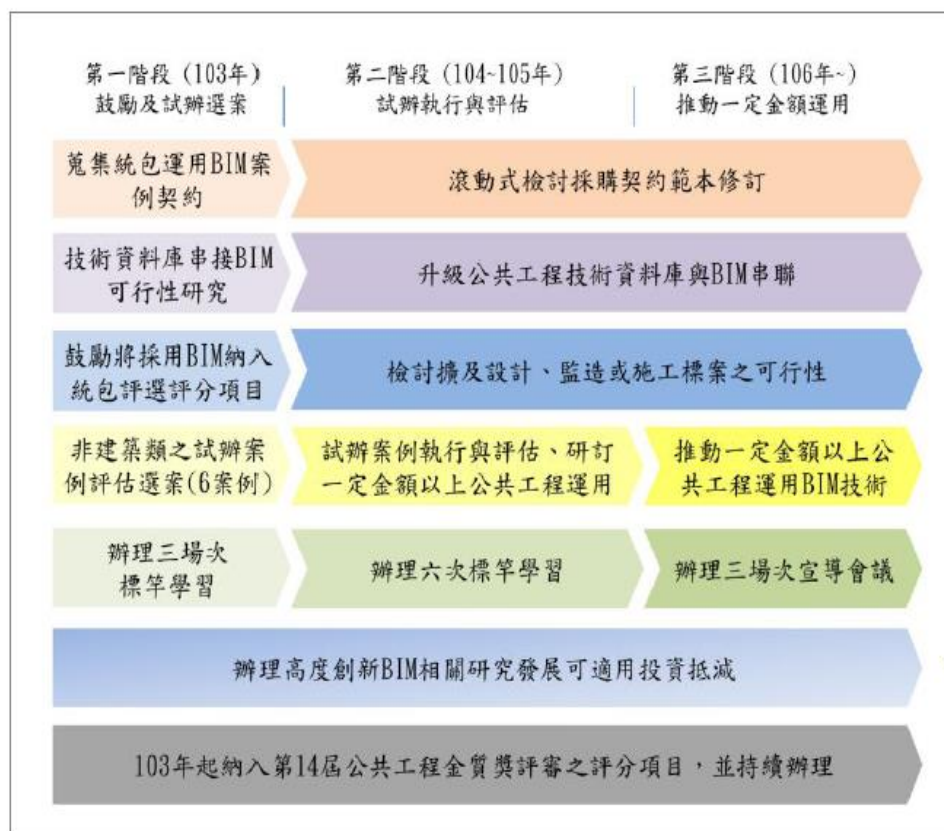


圖 2-3 公共工程委員會之 BIM 推動路徑圖

參考資料：〔14〕

內政部營建署以「循序漸進、邊做邊學」方式，先行導入營建署代辦公有建築物之 BIM 應用，再逐步推展至民間。整體推動工作分為三方面：第一方面為營建署代辦工程導入 BIM 之推動，且同時訂定代辦工程之 BIM 建置規範及相關採購招標文件；第二方面為營建署公共工程導入 BIM 之推動；第三方面為推動 BIM 相關委外研究案並於未來之推動雲端資訊技術之建構與推動輔助建築執照審查，強化 BIM 資訊延伸〔14〕。

新北市政府為發展 BIM 做為新世代公共工程建設的核心技術，希望透過建築資訊模型來建構完善的建築資訊服務網絡，以

跨機關流程整合、服務簡化與創新策略，推動政府資訊資源整併，讓新北市成為全球智慧城市的標竿，為帶動產業技術再升級的積極態度，如圖 2-4 所示〔14〕。

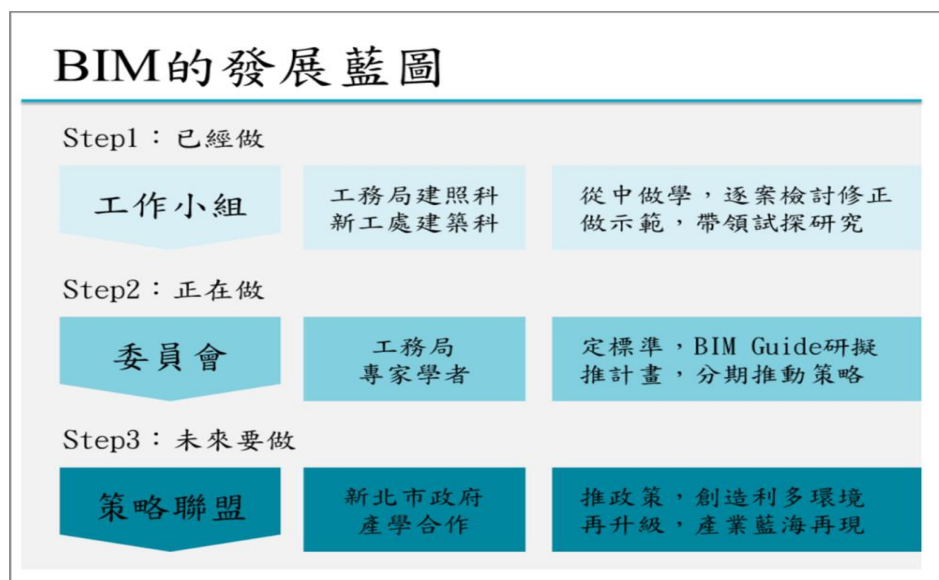


圖 2-4 國內有關 BIM 調查研究

參考資料：〔14〕

(二) 學術應用

為了解國內營建產業導入 BIM 技術應用與需求，近幾年陸續有幾篇研究論文與報告針對此議題進行探討：其一為 2014 年成功大學土木工程研究所碩士論文「營造公司導入 BIM 之應用需求分析」〔15〕，該研究主要針對 2013 年國內有使用 BIM 技術之營造廠以書面問卷發放方式進行調查，以公司為單位共計發放 17 份問卷，回收 14 份問卷，而有效問卷為 13 份，該研究提出受訪之營造公司不易導入 BIM 應用需求有：1.BIM 專業人才不足、2.公司未將 BIM 做為發展策略以及 3.政府尚未制定 BIM 相關政策之

論點。

2014 年新北市政府工務局舉辦新北市政府推動 BIM 暨產學研究成果發表會-「攜手 BIM 進，共創新局」，其發表會中一主題為「新北市 BIM 應用發展與現況分析」，該報告說明新北市政府針對參與 BIM 教育訓練之產業人士進行調查，共發出 156 份問卷，回收之有效樣本為建築師 52 份、營造廠 29 份、工程顧問公司 16 份、建設公司 8 份，共計 108 份〔16〕。

分析提出 BIM 技術之產業現況，該報告結果顯示小規模公司可能常處於人力青黃不接的狀態，建築師事務所人力均值常在 10 人以下，為事務所推動普及化相當困難的主因。該報告亦提出不同單位角色均認為政府最適合帶領推動 BIM 技術，而對於目前 BIM 的推動政策瞭解程度以工程顧問公司及營造廠比例較高，並多認為推動 BIM 可能的困境以缺乏補助政策及交付標準。

2015 年淡江大學土木工程研究所碩士論文「國內營造廠應用 BIM 現況調查」中〔17〕，針對台北市 409 家甲級營造廠發放問卷，共計回收 100 份進行分析，該研究提出在 100 家受訪的公司中，多數的公司均聽過 BIM，認為此技術將會是營造產業未來之趨勢，亦認為使用此技術將可提升公司競爭優勢。但在調查結果中，有 70% 的公司尚未使用，實際有將 BIM 技術執行於專案中的

公司所真正執行於專案數不多，大致為 5 個專案以下，其主要將 BIM 技術應用於 3D 建模達到行銷目的擬真模擬及進行設計檢核與衝突檢查。

2015 年內政部建築研究所委託研究報告「國內 BIM 技術應用及國際推動情形分析」，調查透過信件函知各相關公會、學會所屬會員，以及相關學術單位或研究單位等 BIM 主要研發執行人員以上網進行網路問卷之填寫，亦於 2014 年 11~12 月之間舉辦之北中南共計三場的 BIM 推廣宣導研討會上發放紙本問卷進行調查，共計發放 500 份問卷，回收 178 份進行統計分析國內 BIM 技術之應用情形。該報告結果顯示國內執行 BIM 技術之專案類型以公共建築與一般住宅案為大宗，次之為科技廠房與商辦大樓。該報告提出認為能夠促使 BIM 技術使用之因素為企業形象之提升、政策要求、工程案件複雜與業主要求等項目，亦提出造成目前產業界執行及推廣應用的一大窒礙為 BIM 於工程契約上之價金、執行期程以及驗收標準與合理性等規範制定方面在現階段仍不夠嚴謹明確〔18〕。

其五為臺大 BIM 研究中心所成立之「台灣 BIM 聯盟」2015 年 4 月時，為希望能更深入了解業主導入 BIM 的現況、意願與需求，偕同新北市不動產開發公會研究發展委員會、台灣 BIM 聯盟

推動辦公室與台大 BIM 研究中心聯合設計「業主導入 BIM 之現況、意願與需求調查」問卷〔19〕，透過舉辦之研討會發放問卷，主要針對業主進行調查，將調查對象區分回收為政府機關 0 份、建設公司 38 份、廠房 0 份、商辦 1 份及其他 1 份，共計回收 40 份有效問卷進行分析。該報告結果顯示有 37% 的調查對象認為業界並不了解 BIM，但有高達 70% 認為 BIM 是未來趨勢，提出多數的建設公司基於成本考量與不清楚 BIM 導入效益之情況下持觀望態度，認為國內推動 BIM 發展應由政府機關帶頭作為，而若將要導入 BIM 技術主要會藉由專案與 BIM 顧問公司合作。本研究蒐集以上五篇國內有關 BIM 調查研究報告重點資訊如表 2-3 所示。

表 2-3 國內有關 BIM 調查研究報告彙整

單位	論文/研究報告 題目	調查對象	回收 樣本數	研究成果
成功大學土木工程研究所	2014 年碩士論文「營造公司導入 BIM 之應用需求分析」	有使用 BIM 之營造廠	13 份	提出受訪之單位不易導入 BIM 應用需求有：(1)BIM 專業人才不足、(2)公司未將 BIM 做為發展策略以及(3)政府尚未制定 BIM 相關政策之論點。
新北市政府工務局	2014 年產學研究成果發表會「新北市 BIM 應用發展與現況分析」	建築師、營造廠、工程顧問公司、建設公司	108 份	提出建築師事務所人力規模小，為推動普及化相當困難的主因。各不同單位角色均認為政府最適合帶領推動 BIM 技術，而推動 BIM 可能的困境以缺乏補助政策及交付標準。
淡江大學土木工程研究	2015 年碩士論文「國內營造廠	甲級營造廠	100 份	實際將 BIM 技術執行於專案數不多，主要應用於 3D 建模

單位	論文/研究報告 題目	調查對象	回收 樣本數	研究成果
所	應用 BIM 現況 調查」			達到行銷目的擬真模擬及進行設計檢核與衝突檢查。
內政部建築 研究所	2015 年委託研究報告「國內 BIM 技術應用及國際推動情形分析」	各相關公會、學會所屬會員、相關學術單位或研究單位等 BIM 主要執行人員	178 份	目前產業界執行及推廣應用的一大窒礙為 BIM 於工程契約上之價金、執行期程以及驗收標準與合理性等規範制定方面在現階段仍不夠嚴謹明確。
臺大研究中心台灣 BIM 聯盟	2015 年「業主導入 BIM 之現況、意願與需求調查」	建設公司	40 份	提出多數的建設公司基於成本考量與不清楚 BIM 導入效益之情況下持觀望態度，認為國內推動 BIM 發展應由政府機關帶頭作為。

參考資料：本研究彙整

第二節 施工進度與成本管理

一、工程進度與成本之關係

提到進度、成本、品質、安全為營建管理控制之四大機能，其中進度、成本為實際掌握工程管理的主軸，是控制工程推展順利與否的主要關鍵。我們常發現業主、監造單位、承包商互動中最為計較的也是這兩樣。而成本、進度在管理實務上是不能切割管理的，品質與安全可藉由制度達到一定標準(合約標準的狀態)，但成本及進度卻是較難掌控的變數，因此如何在成本較低下讓工期縮短，往往成為工程管理的最重要課題〔4〕。

進度與成本的關係圖可看出當要求進度快或趕工時，所需成本會急遽增加，在合約訂定後之施工階段這往往會造成承包商很大的財務壓力，如果一味趕工縮短工期除了成本大量提高，其工程品質與施工

安全亦會大幅下降;相對的如果把工程進度拉慢或延長工期，有時反而會造成本提高(人事成本、租金、利息等)，雖說正常狀況下施工品質和安全應會提高，不過太多餘的時間並不保證一定會創造出最佳之產品，施工期太長有時會導致工作散漫不集中，常導致許多勞安意外的發生。所以在制定估算工期時，應先了解各機能間之相互關係，考慮成本、品質、安全需求，以尋求一最適工期，如圖 2-5 所示。

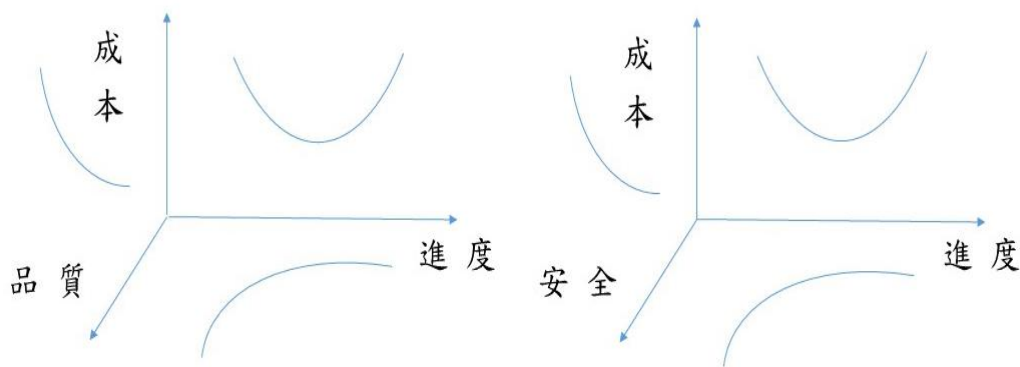


圖 2-5 進度、成本、品質曲線圖

參考資料：〔4〕

二、進度管理

對於進度管理來說，時程控制一直是個不易掌握的問題，而傳統時程控制的方法有甘特圖(Gantt Chart)、要徑法(CPM)、計畫評核術(PERT)等技術。

(一) 甘特圖(Gantt Chart)

甘特圖是專案計畫與日程安排最常使用的工具之一，它使管理者能以簡單的方式，以桿狀圖將專案中的作業及時間關係建立

起來，可以讓專案成員一目了然期限內須完成哪些工作，以利管理專案進度，並提出以下資訊常被用在甘特圖上展現專案現行進度：(1)作業項目(2)預估開始時間(3)預估完成時間(4)現行作業進度，如圖 2-6 所示[5]。



圖 2-6 甘特圖範例

參考資料：本計畫

所示應用甘特圖沒有表明作業間的相互關係，因此，甘特圖無法表示下列情形：(1)無法表示作業的邏輯關係；(2)無法辨識專案是否進度落後；(3)無法明顯看出執行作業之延遲如何影響另一作業之開始時間或結束時間，如圖 2-3。

(二) 要徑法(CPM)

要徑法(Critical Path Method, 縮寫成 CPM)是於 1957 年由美國杜邦公司所發展，目的在於運用網路圖管理技術，對專案做充分的籌畫，以最少的資源在最短的時間內達成專案目標。網路圖繪製方式為節點圖(Precedence Diagramming Method, PDM)及箭線圖(Arrow Diagramming Method, ADM)，呈現方式是由網路圖上耗時

最長的路徑所決定，從專案的開始到結束，所耗時最長作業順序之路徑就稱為「要徑」(Critical Path)，如圖 2-7 所示，組成要徑的作業就稱為「關鍵作業」(Critical Activities)〔5〕。

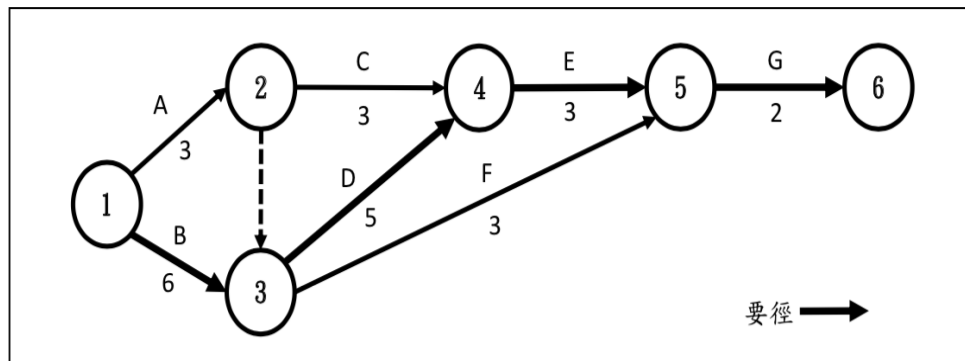


圖 2-7 要徑圖範例

參考資料：〔5〕

(三) 計畫評核術(PERT)

計畫評核術(Program Evaluation Review Technique, 簡稱 PERT)源於美國海軍特殊專案室以及布艾漢顧問集團(Booze, Allen, And Hamilton Consulting Group)共同發展而成，1958 年應用於美軍北極星火箭系統計畫。PERT 以網路圖顯示整個專案之各項作業、重要事件及時間的相互關係，並採用三時估計法(Three Times Estimate)推估合理的工期。所謂「三時估計法」，即是對各項作業所需要的時間按照悲觀時間(Pessimistic Time)、最可能時間(Most Likely Time)與樂觀時間(Optimistic Time)等三種不同情況予以估計〔5〕。

綜合以上三種時程控制的方法，下表 2-4 列出甘特圖(Gantt

Chart)、要徑法(CPM)、計畫評核術(PERT)之內容及優缺點。

表 2-4 進度方法及優缺點

名稱 1.甘特圖 (GanttChart)	排程方法以桿狀圖呈現作業與時間之關係，展示簡單作業或事件隨時間或費用變化的方法，其提供的資訊包含有作業項目、預估開始時間、預估完成時間、現行作業進度等	優點 簡單易懂，且易於變更	缺點 無法清楚顯示各作業間邏輯關係，不適用大型專案
2.要徑法(CPM)	繪製方式為節點圖及箭線圖，是以單一估計時間建構專案的時間網路圖，來決定專案是否能於預定期間內準時完成之要徑	適用於大型專案，作業間前後關係明確	單一估時忽略各作業風險
3.計畫評核術(PERT)	以網路圖顯示整個專案之各項作業、重要事件及時間的相互關係，並以樂觀、悲觀及最可能時間的三時法為基礎，估算專案完成的可能時間及機率	適用於大型專案，作業間前後關係明確	不易估計樂觀、悲觀估時，作業要徑不易判斷

參考資料：本研究彙整

本研究使用簡單易懂且容易繪製，目前應用最廣的進度管理工具，甘特圖來監控專案中的每一項活動所花費的時間，比較計畫進度與實際進度，但其缺點甘特圖無法顯示作業間的相依性及辨識作業的重要程度，一旦專案中某項作業發生延遲，管理者無法得知哪些作業會順延，也無法評估會對專案完成時程延誤所造成的影響，因此甘特圖僅適用於小型簡易的專案計畫。

三、施工進度管理

大多數的工程，業主往往會要求工期加快，因此施工期間各階段

工作都需注意其時程的安排與管控;當要徑上一個環節慢了，後面的工作也會跟著延誤，因此，工地主管對於每個工項進場前準備工作、施工工期、開始完工之時間都得確實掌控好;另外對於新舊工種交接面、施工方式、發包送審等，也一定要事先規劃完善。一般公共工程工期大多偏長，但工程施工期間充滿各種變數，工程界不乏工期充足最後卻逾期的案件，身為一個工程之進度管理者，一定要有提早完成之觀念時時警惕的態度，不可認為工期還很長慢慢做沒關係，工程來不及的狀況往往因此造成;所以即使在工期充裕的情況下也需盡可能事先提早準備，並研擬因應對策解決問題，才能真正預防工期延遲確保如期完工。進度管理之功用可歸納如下〔20〕：

- (一) 縮短工期，減少風險。
- (二) 減少支出，降低成本。
- (三) 使資金運轉靈活，降低借貸壓力。
- (四) 合理分配資源，減少資源浪費。
- (五) 掌控時程，避免工程逾期。
- (六) 如期完工，確保聲譽。
- (七) 提早完工使用，增加營運效益。

四、施工日報表

工程日報表為最常用來記載及管控工程之表格，主要分為承包商

填寫之施工日報表及監造單位之監工日報表，兩者內容差不多，同為掌控整個工地之定期性報告；工程日報表內應記載該日工程進度狀況、施工項目及完成數量、各種人員材料機具使用情形等，填寫時應確實且完整。由於進度表須每日填寫，為當日工程進行之記載，爾後若有任何問題或爭議，日報表往往是相當基本之依據。施工日報表填寫完成後，應送交監造單位審查，並加以核定備查；而監造單位製作之監造日報表則應送顧問公司(或業主)核定，如圖 2-8 所示。

而工程日報表應包括下列項目：

- (一) 工程進度與工作項目之描述。
- (二) 各種材料、機具之使用情形、出工數等。
- (三) 材料取樣、試驗紀錄、重要事項紀錄等附記。
- (四) 本日施工狀況及注意事項。
- (五) 監造單位(顧問公司或業主)之簽認核可。

公共工程施工日誌

表報編號：

☐ 本日天氣：上午： 下午： 填表日期： 年 月 日(星期)

工程名稱				承攬廠商名稱			
核定工期	天	累計工期	天	剩餘工期	天	工期展延天數	天
開工日期		年 月 日		完工日期		年 月 日	
預定進度(%)				實際進度(%)			
一、依施工計畫書執行按圖施工概況(含約定之重要施工項目及完成數量等)：							
施工項目	單位	契約數量	本日完成數量	累計完成數量	備註		
營造業專業工程特定施工項目							
A.							
B.							
二、工地材料管理概況(含約定之重要材料使用狀況及數量等)：							
材料名稱	單位	設計數量	本日使用數量	累計使用數量	備註		
三、工地人員及機具管理(含約定之出工人數及機具使用情形及數量)：							
工別	本日人數	累計人數	機具名稱	本日使用數量	累計使用數量		
四、本日施工項目是否有須依「營造業專業工程特定施工項目應置之技術士種類、比率或人數標準表」規定應設置技術士之專業工程： ☐ 有 ☐ 無(此項如勾選"有"，則應填寫後附「公共工程施工日誌之技術士簽章表」)							
五、工地職業安全衛生事項之督導、公共環境與安全之維護及其他工地行政事務：							
(一)施工前檢查事項：							
1.實施勤前教育(含工地預防災變及危害告知)： ☐ 有 ☐ 無							
2.確認新進勞工是否提報勞工保險(或其他商業保險)資料及安全衛生教育訓練紀錄： ☐ 有 ☐ 無 ☐ 無新進勞工							
3.檢查勞工個人防護具： ☐ 有 ☐ 無							
(二)其他事項：							
六、施工取樣試驗紀錄：							
七、通知協力廠商辦理事項：							
八、重要事項記錄：							
簽章：【工地主任】(註3)：							

- 註：1.依營造業法第32條第1項第2款規定，工地主任應按日填報施工日誌
 2.本施工日誌格式僅供參考，惟原則應包含上開欄位，各機關亦得依工程性質及契約約定事項自行增訂之。
 3.本工程依營造業法第30條規定須置工地主任者，由工地主任簽章；依上開規定免置工地主任者，

圖 2-8 公共工程施工日誌(例)

參考資料：行政院公共工程委員會

五、進度圖建立

專案進度圖的類型及方式繁多，是指將事前對專案做好的規劃換

成專案執行的進度圖。專案進度圖是專案管理的主要工具，不僅可作為監督與控制專案進度的基礎，也將預算納入了考量。而多數排程是基於所做的計畫或工作結構分解的作業而建置的，在國內最常見的進度分階方式是以綱要、中階、詳細時程等三層的分階管控模式，如圖 2-9 所示〔10〕。

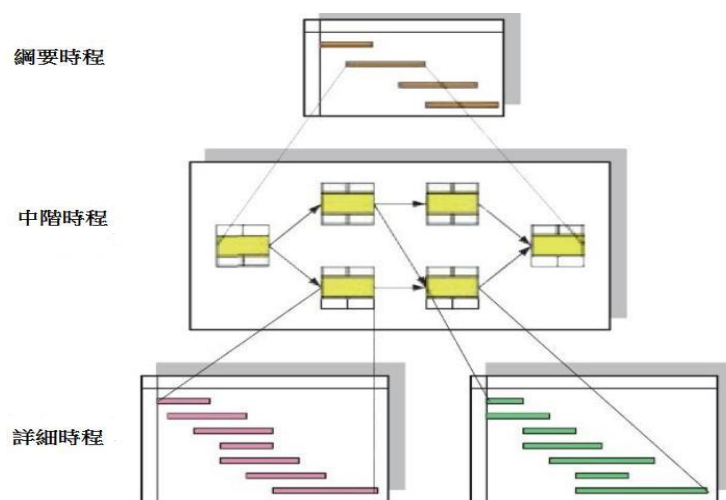


圖 2-9 三階進度控管分層示意圖

參考資料：〔10〕

六、進度圖問題探討

面對專案規模的日益增大及複雜化，所面對的管理型態已從傳統的單一專案到同時要面對多專案(Microsoft-Project)的管理需求，更多的時程資訊需要整合、更多的資源必須統一的調度，進行更新、分析、預警與追蹤。透過專案排程之管理程序之工作分解結構、要徑法及排程應用程式功能加以整合運用，能使時程管理整合之圖表中，瞭解各施工之整體架構及施工順序〔6〕。

現今有許多研究針對傳統排程方法-要徑法之限制提出解決方法，

甚少有研究同時考量作業機率性需時與資源限制〔7〕。依據[汪盈秀,2013]研究中針對 2013 年一份調查研究發現，國內時程管理仍面臨許多問題：

- (一) 專案團隊面臨不同性質專案時，其時程管理經驗有相當之差異。
- (二) 未有明確的執行時程管理規範，多為配合契約之要求，造成時程管理形同虛設。
- (三) 時程管理還未有一致性的認定標準，不易使業主與承商對於時程管理達成共識。
- (四) 專案之執行人員未能定期更新並持續追蹤，無法落實時程管理之執行。
- (五) 不重視專案時程之管理，造成專案執行人員發揮時程管控效用受限。
- (六) 專案執行人員，對於時程管理基本知識明顯不足、工具不熟悉，不知如何正確使用軟體操作。

七、工程花費成本

本研究是從營造廠的角色出發故在成本上有許多成本是屬於間接成本，間接成本應按實際發生之時期排入進度表中，另外在計算 BCWP 需按現場實際狀況來扣除非預定進度之花費〔24〕。

(一) 直接成本

為完成工程之目標，直接用於工程本體之一切人工、材料及

機具設備費用稱之〔24〕。

(二) 間接成本

為完成工程之目標，用於控制、指揮、督導工程進行之行政費用、施工臨時設備費用、利息支付等，並非直接用於工程本體者，稱為間接成本支出，包括工程人員薪資、租金、折舊、交際費、旅費、電話費、報費〔24〕。

(三) 材料成本

視工程規模、設備及其裝修材料，工程材料約佔總預算 20%~30%左右(不含門窗工程)，因此工程材料之進場時機將會影響各項曲線起伏，於 BCWS 曲線因配合預定進度表排定，但大部份預定進度表並未將各項材料進場時間明定，故 BCWS 曲線僅就施作數量來計算，但於工程進行中材料並無法按施作進度進場，必須提早進場及需預留一定使用量於現場，此時若控管不當如現場材料提早進場、水泥囤積過多，也將影響日後績效評估〔24〕。

(四) 攤提折舊成本

於工程預算編列時應將機具設備或公司之固定資產按其攤提金額編列至預算中之成本，此項成本會隨時間增減〔24〕。

折舊的基本原則：

1. 按月提列折舊

產項目太多而需要花費許多人力時間才能計算折舊；因此，習慣上以採用一年提列一次的方式較多；但此種做法將使每個月的財務報表無法反映折舊狀況，對於折舊金額大的機具而言，其影響甚鉅；因此採按月提列折舊方式來處理及折舊的提列，因為可以由電腦自動處理，所以將不會有耗費人力時間的問題。

2. 畸零期間之折舊

由於資產之取得或廢棄並不一定在一年之初，因此有畸零期間之折舊問題，資產係從資產資料建立中的開始提列日期起攤提折舊，故若為畸零月，則當月折舊額=月折舊額 $\times$ (30-開始提列日+1)/30；而最後一期折舊之處理，折舊額=取得成本+改良成本-累積折舊-預留殘值。

3. 殘值部分的折舊

對於折舊完畢但仍然繼續使用之資產而言，該資產預留殘值部分，通常有兩種不同之處理方式。其一，預留殘值部分不提列折舊；其二，預留殘值仍舊繼續攤提折舊，直到資產淨值為零為止。

(五) 無預算之成本

在工程花費中會有許多於預算編列時未考量或實際施工時未按原施工計畫進行而產生之成本，例如假設工程此項工程往往會因應現場實際情況而變動，造成工程花費成本歸屬問題，若為施工計畫之變動僅施工方式改變，對於預算本身來說並無增減，此時僅將工程花費歸入原預算項目中即可，但若為施工項目及工

法上有很大的差異，就須重新調整預算，另於施工上因施工錯誤或時間耽擱所造成之額外花費，在統計實際值上會增加但對於實獲值缺不會增加〔24〕。

(六) 預算超支成本

在預算書中各項工料數量若於執行中若有差異產生，此時應判斷是否為設計變更、預算漏列(或估算錯誤)、現場浪費〔24〕。

1. 設計變更：

工料數量增減為設計變更所造成，應將追加減之數量分別計入預算數量來作修正，若無此預算項目需增列，此時應一併修正 BCWS 以免造成績效評估錯誤，另須注意設計變更是否影響工期。

2. 預算漏列：

預算漏列或估算錯誤時，此時僅影響預算成本增加但對於 BCWS 曲線應不造成變化，故直接調整預算總價即可。

3. 現場浪費：

因現場管理不當所造成成本增加時，此時就不允許調整預算，在成本歸屬上僅增加 ACWP，BCWP 則不會增加。

八、成本進度整合

在實務上專業排程多以傳統的「進度作業」作為基礎，然而工程專案在施工階段與業主及分包商間進行各項專案管理業務之基礎，由預算書項目從設計階段到施工階段間的資訊不一致，因而無法整合，

且規劃之資訊無法於施工階段對於進度及成本有效的管控，則實務上之進度排成與成本預算間整合困難性相當高〔9〕。

現今的營建產業，將成本預算控制及進度排成控制進行整合是個重要的管理議題，然而大部分主要研究著重於如何有效改善成本與進度控制的流程與方法，而較少去探討兩者結合的部分，在文獻提到成本進度整合的困難是因為成本與進度的分層結構不同、分層的詳細程度不同，並分別整理出四種不同的整合模式〔24〕。

(一) Teicholz's Model：將現有的成本分層架構及進度分層架構分到最詳細且一致的項目名稱，因為有相同的名稱，在成本與進度對應時就相當容易，如圖 2-10 所示。

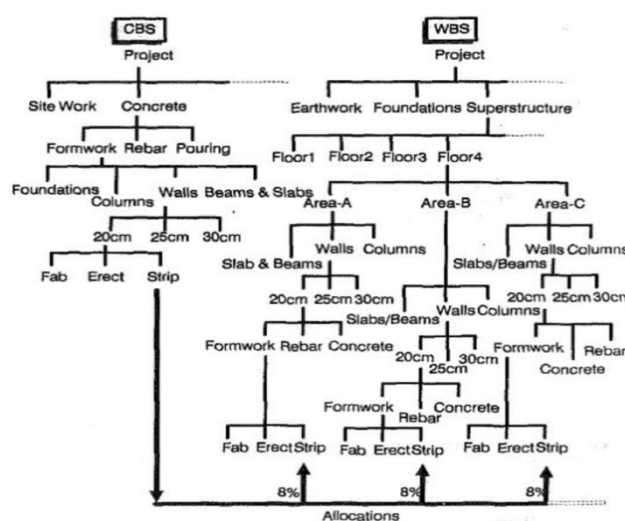


圖 2-10 Teicholz's Model

參考資料：〔26〕

(二) Hendrickson's Model：採用矩陣模式去整合成本與進度，利用成本與進度交錯時會產生出矩陣表，矩陣表上有註記的標示代表是一個工作項目，如圖 2-11 所示。

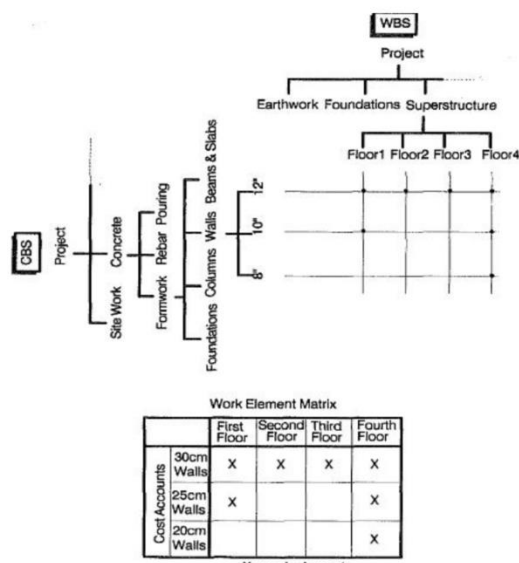


圖 2-11 Hendrickson's Model

參考資料：〔26〕

(三) Ibbs's and Kim's Model：導入物件導向的概念放入基本施工作業的物件於成本與進度兩者之間，便於電腦資料彙整所設計之模式，如圖 2-12 所示。

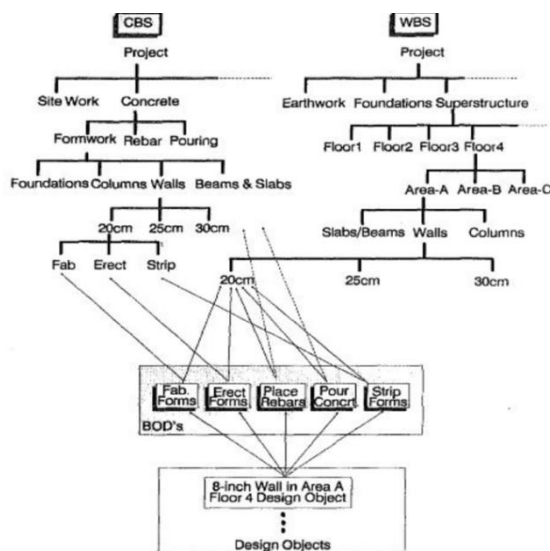


圖 2-12 Ibbs's and Kim's Model

參考資料：〔26〕

(四) Work-Packaging Model：將成本與進度整合在同一分層架構下，依照分層詳細程度不同來達成整合目的，如圖 2-13 所示。

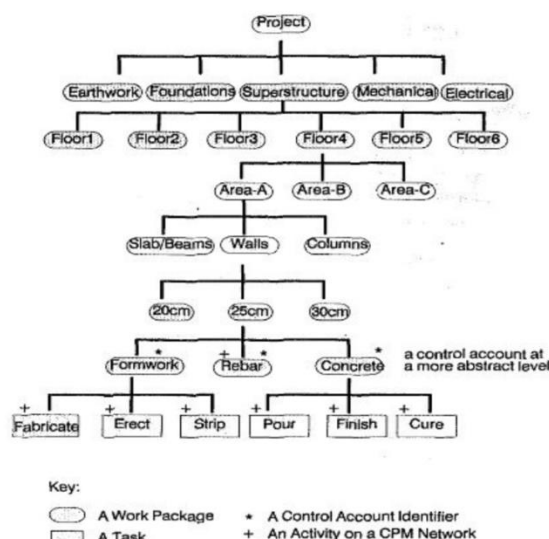


圖 2-13 Work-Packaging Model

參考資料：〔26〕

而本研究所採用之成本進度整合模式為圖的 Ibbs's and Kim's 模式，此模式與 BIM 模型物件導向觀念吻合，進度與成本間可透過元件進行關聯，進而將進度與成本整合。

第三節 BIM 導入進度、成本

一、BIM 4D 模型時程管理概念

4D 模型係指在三維模型的三維空間概念中加入時間軸，使 BIM 模型在時間的進行下，動態模擬三維模型的建構或拆除等形成之動作，不再單純使用文字描述及甘特圖的表達方式工程進行〔10〕。

4D 時程管理模擬是一種多型態的模擬方式，除上述可隨時間進行元件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〔11〕。

二、4D 動態模擬技術

利用視覺化方式來展現每個時程背後所隱含之意義及模擬施工過程，而不再只是利用文字敘述或是甘特圖的表達方式，而工程的複雜執行過程中，須進行土建、設備、管線、電機、儀控等多項專業工程的整合，其時程緊迫界面繁雜，要全盤考量建造的事物頗為抽象，若以圖面及表格來說明未來工程的狀態，僅是示意的表達而無法鉅細靡遺，以至在營建管理上會有難以預期之疏漏。隨著資訊技術的進步，三維模型豐富的資料架構已具有延伸的附加價值，其中已朝向發展 4D 營建管理輔助功能，協助專案管理在執行各階段時程規劃與進度控制上的作業，以確實掌握與執行工作，達到符合最佳品質及成本的目標，亦讓業主在工程的前置準備階段即能了解未來工程的全貌及預計施工的過程。

4D 模擬對於管理者是最易接受的方式，並有效傳遞資訊，使管理者、施工者及承包商對於工程的理解和設計者是一致的。4D 模型主要由下列三個主要模型組合而成，主要模型大致可分為〔21〕：

- (一) 4D 元件模型:4D 建造元建模擬主要程現在 3D 的型態上，實際要在專案中產生的元件，屬實體部分。
- (二) 4D 程序模型:4D 程序模型主要呈現一個專案時程，與元件之間或元件與其他相關元件模型之間的關係，屬時程部分
- (三) 4D 資料庫:4D 模組必須涵蓋資料庫系統，用以儲存、提供分析、統計相關資料，如尺寸、體積、單位成本、總價等，並

產生報表，提供專案管理者決策的資訊。

利用三維模型及時程資料組成 4D 模型，其中時間軸上各個排程和模型元件需做適當的對應，資料的數量直接影響到對應的複雜度。在對應的過程中，三維模型必須配合排程項目的精細度進行切分或組合。且排程項目範圍大小不一致，專案控制使用的排程範圍較大不適用於 4D 時程模擬，而建造使用的施工排程就較詳細，拆分至每個工作細項，最適合用於四維時程管理展示。為避免模型元件和排程項目差異過大以致於對應困難，最好在設計建模階段，工程師即模仿建造的切分方式，甚至要配合製程系統的區分。

三、運用 4D 所面臨預期效益

透過具有時程資訊的四維模型，可作為施工進度控管的平台紀錄實際施工進度狀況，由視覺化的方式呈現實際施工情形與預定進度表之對比，反饋現場管理單位與水土保持局之工程管理者即時資訊並提出預警，促使更有效之管控水保工程實際進度之差異，可經由 BIM 元件建置與排定各階段之工程進度，將進度項目與 BIM 元件進行 4D 時程模擬，透過 4D 模型檢討工程工序與施工排程，並透過實際施工情形與預定進度表比對，幫助現場管理單位與水土保持局之工程管理者檢討工程各項作業單位之工序與工率之問題。

4D 模型之特性：4D 模型為 3D 模型加上時間因素，可以幫助施

工計畫的研擬及並模擬演出，對營造單位而言是一個預建造的過程，其效益如下：

- (一) 促進施工安全。
- (二) 早期發現設計錯誤與缺失。
- (三) 提供變更設計參考分析。
- (四) 4D 模型能針對困難的施工項目施工模擬，以使施工計畫更周詳。
- (五) 促進溝通協調。
- (六) 記錄施工過程，作為日後改進訓練用途。

四、國內 4D 發展與應用

國內營建產業 4D 應用發展也逐漸被使用在建造進行中，中鼎工程公司土建部建立中鼎建造管理系統 CMS 之施工資料，可與原施工計畫比對將 4D 虛擬建造提供施工狀況與施工計畫之差異比對，亦以動態方式展示，可定義顏色以代表特定的意義，例如紅為如期施工，粉紅色為延遲施工，綠色為已施工完畢等。專案控制工程師依據檢視之落後項目進行趕工作業，控制進度一目了然，之研究成果亦已開始應用於實際建廠工程之建造管控上。歸納此視覺化 4D 營建管理程式有如下之優點〔22〕：

- (一) 程式具備 3D 與施工項目自動結合功能，大幅節省人工作業時間。

(二) 程式具備良好之彈性功能，營建管理可依據實際狀況調整施工計畫，方便好用。

(三) 程式可配合中鼎建造管理之需求增修功能，使其更能符合實際需求。

營建產業也逐漸了解 4D 模型為專案所帶來的實質效益，便開始試著將 4D 營建管理技術導入專案中協助執行相關的工作。也將 4D 模型用於專案不同生命週期階段上，使管理者透過 4D 視覺化動態模擬來掌握管理所需要資訊，協助順利完成專案，即稱為 4D 營建管理〔11〕。

五、4D BIM 應用流程

根據諸多文獻探討，在研究中透過建置 BIM 模型與 4D 研究並進行 4D 模擬，預藉由實際案例分析建立正確的竣工進度圖，並結合 BIM 技術以利整合的成果協助釐清時程之爭議，使時程爭議能夠獲得更多資訊，進而合理解決爭議問題，其 4D 模型建置過程如下〔10〕：

(一) 將 BIM 元件與進度表匯入 Navisworks：

紀錄實際施工狀況，依實際施工情形與預定之進度表對比，倘若有差異更新竣工進度表之進度項目，並產出進度表

將竣工時程進度與 BIM 元建匯入 Navisworks 作業平台。

(二) 編輯模型元件類型：

使用選集數之功能，建立模型元件相對應之品類、類型等階

層清單。

(三) 設定工作項目類型：

設定元件展示時所表示之工作類型，如建構、拆除、暫時存留。

(四) 將進度表與 BIM 元件進行連結：

選擇選集樹之選集項目，與進度項目進行連結。

(五) 進行 4D 進度模擬展現：

進行 4D 模擬設定，如模擬實際開始及結束時間、顯示文字資訊說明和成本分配呈現，進行 4D 動畫模擬。

六、5D 概念

5D 模型是在 4D 概念（三維模型+專案排程）的基礎上，再加入預算成本之條件，將三維模型、進度項目、預算項目連結的同時加以整合，於虛擬建造的三維管理，加上了時程監控及費用的概念〔12〕。

七、5D BIM 預算成本應用之趨勢

5D 管理是減少施工週期和建設成本途徑之一，5D 模型可即時展現成本預算，以及針對時間的成本曲線，這減少了成本估算所花費即時間，亦提高估算的準確性，最大限度減少 CAD 數據模糊的爭議情形。以 BIM 模型作為水保工程資訊之載體，可透過 3D 模型元件，可查詢該之施工項目、施工日期的進度完成百分比與成本等資訊，以提高施工管理之效率，並透過 BIM 元件為基礎，進行 5D 模擬，可查不

同工程時程所進行的進度項目與工程成本。

5D 模型之特性：5D 模型以 3D 模型之數量資訊為基礎，結合 4D 模型的時程連結，可對於水保工程進行預算成本管理，效益如下：

- (一) 因應工地現場實務的多變性與不確定性，5D 模型能快速的反應時程與成本，幫助營造單位迅速的提出不同的方案，提供決策者分析抉擇。
- (二) 精確的模型可以生成精確的數量與工序，5D 模型有助於成本計算的精確，能提高投標前或工程進行中的現金流量預測精準度，對多專案進行的施工單位，能協助其更準確的預估財務狀況，使營運的風險降到最低。

八、5D BIM 應用流程

市面上亦有許多 5D 軟體提供管理工程人員管理進度與成本績效，Autodesk Navisworks 為 Autodesk 公司所開發之系列產品，其具有衝突與干涉管理、即時瀏覽、產出 4D 明細、協同合作工具箱、相片擬真視覺動畫等功能。以 Navisworks 作為一個平台，以利各方單位進行優化設計決策、施工流程、性能預測、數量計算等從規劃階段至營運階段等環節，其 5D 模型建置步驟如下

- (一) 將 BIM 模型匯入置管理平台
- (二) 將.rvt、.nwd、.nwf 等模型匯入至 Navisworks。
- (三) 匯入進度表：

1. 使用 TimerLiner 匯入 P6 或 Project 檔案
2. 將進度表之檔案的作業項目、實際開始時間、實計完工日期、工期及成本等項目對應符合 Navisworks 的模式。
3. 更新 Navisworks 內件進度表
4. 設定模型展示之階段與元件展示之色塊模板(如建構、拆除、暫時存留等階段及對應之部份付上顏色區別)。
5. 於 Navisworks 進度表設定進度項所對應之階段。

(四) 將外觀呈現部份之模型與進度項目連結。

(五) 進行 4D 模擬動畫展現

九、建立 4D 時程管理模型、5D 程本預算管理模型

利用 4D 營建管理系統來進行成本控制，若與傳統利用文字及圖表之成本控制方式來比較，應具有以下三項優勢：(1)透過視覺化方式，可以定義不同顏色來展現及模擬工程現況。(2)利用三維模型物件化的特性，可將工程項目量化，以利統計與計算工程物件的數量與成本，進行更精確的成本掌控。(3)透過進度維度與成本維度的整合，可以運用實獲值分析方法來計算出整個專案的執行百分比，亦可同時將進度及成本量化，提供明確的績效評量指標〔11〕。

(一) 匯入排程與模型資訊

將建立好的建築模型匯入至 Navisworks 軟體中，完成後，再 Timeliner 匯入排程 Project，需注意進度中活動項目內容與欄位

是否符合，匯入後重新建置工接接層並同步即完成進度匯入之步驟。

(二) 指定工作類型

匯入模型與進度後，需對於模型設置活動項目、實際工期、匯入成本、構件貼附、模擬動畫之設定及輸出施工模擬動畫影片，各階段說明如下：

(三) 活動項目

於 Project 設置好工項之進度及甘特圖匯入後至 Timeliner 進度視窗中同步，可針對每活動項目進行模擬之工作類型，從視窗中下拉清單，選此活動項目將此呈現之工作類型，在 Timeliner 進度視窗中預先定義三種工作類型：

1. 建構
2. 拆除
3. 暫時

(四) 設置實際工期

於 Project 設置工項進度及產出甘特圖，匯入 Navisworks 軟體中，設置實際開始時間及實際結束時間，掌握更明確之天數。

上述項目工作類型定義完成後，將進度中各活動項目設定工作類型，使模型呈現出該工作之模型外觀，於規劃頁籤上定義工

作類型本身和建立新類型，同時也可依顏色區分並呈現該模型之區塊。

(五) 匯入成本

於工程數量計算表及工程預算表經由金費攤提過程，產出與進度對應之各活動項目金額，將攤提過後之金額匯入至 Navisworks 軟體中，分為人力成本、設備成本、材料成本、分包商成本與總成本，最後以總成本為呈現方式。

(六) 構件貼附

執行模擬動畫前，需先將各個活動項目選擇構件、元件貼附和時程相對應至模型構件中。選擇相對應之模型構件後，在 Timeliner 中進行貼附選取活動項目，將時程進度與模型進行連結。

(七) 模擬動畫之設定

利用 Timeliner 設定排程動畫時間長度，影片需截取之開始與結束時間，也可將輸出影片依不同視角轉換進行設置。同時也可以定義播放模擬動畫中間隔大小。間隔大小設定為模擬中持續時間的百分比，也可以設定為絕對天數或週數等，案下播放即可進行模擬動化呈現。於模擬設定中對話框按下編輯，定義模擬動畫中所呈現之註解、日期、時間、成本。

模擬動畫中設定需注意事項：

1. 作用中時程與模型是否對應
2. 時程中的天數是否與實際天數相符
3. 成本是否與進度相對應
4. 由動畫模擬之累計總成本是否與實際施工金額相符。

(八) 輸出施工模擬動畫

動畫完成後，將動畫匯出 AVI 檔案或映像檔序列，輸出動畫之後即可探討實際施工 4D 模擬。設定視角後選取要從中匯出動畫之來源，從以下類型中進行選擇：

1. 目前 Animator 場景：目前選取的物件動畫
2. Timeliner 模擬：目前選取的 Timeliner 序列
3. 目前動畫：目前選取的視點動畫

第四節 工程總分類碼

一、工程總分類碼

OmniClass 工程總分類碼為美國營建規範協會（Construction Specification Institute, CSI）所推出，廣納目前市場上所通行之各套編碼架構，並涵蓋了工程全生命週期，從規劃設計到營運維護都納入架構中，包含各種類型，串聯各個相關產業及各項資訊，並可持續擴充發展。總分類碼是多重面向的營建資訊分類方式，以兩個數字為一對，用多對數字碼代表多層次描述物件的特性。

當中包含工程中所關聯的所有空間、實體物件、參與人員、機具

以及進行的活動等內容，在 BIM 模型中這些資訊項都可以用不同類別的總分類碼放在 BIM 物件屬性資料中，物件導向概念描述物件在各不同面相之描述，如圖 2-14 所示。為物件於建築元件、產品、工作成果與空間...等分別之描述範例〔23〕。

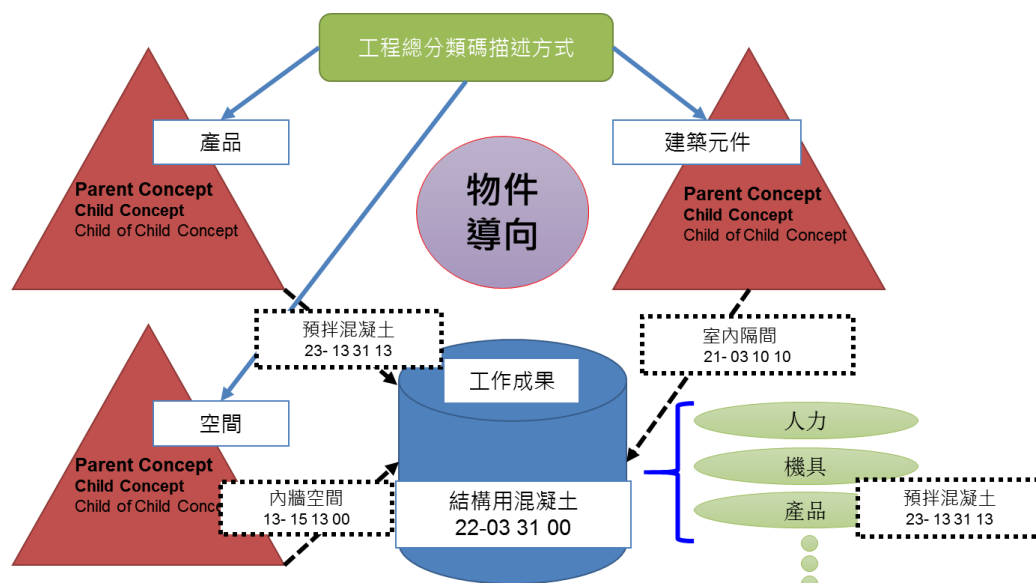


圖 2-14 工程總分類碼描述範例

參考資料：〔23〕

在 2012 年美國 BIM 標準中的總分類共採用 15 個篇章，分別代表營建資訊的 15 個不同面向。依據 CSI OmniClass 之編碼架構，以阿拉伯數字自 11 篇至 49 篇分為共 15 章篇，如錯誤! 找不到參照來源。所示。分別按先後順序排列，並依工程慣例及工程師之經驗進行編排其從屬關係，其編碼架構，如圖 2-15 及表 2-6 所示。

表 2-5 工程總分類碼

表號	建築資訊項目內容	分類例	表號	建築資訊項目內容	分類例
11	功能區分的建築體	透天厝、公車站	31	階段時間	採購階段
12	形體區分的建築體	超高層建築、吊橋	32	服務性質	估價、測量
13	功能區分的空間	廚房、機房	33	專業活動	室內設計
14	形體區分的空間	房間、中庭	34	組織人員角色	業主、建築師
21	建築元件	等同 Uniformat	35	工具	施工架、吊塔
22	工作成果	等同 Master Format	36	資訊文件	法規、技術手冊
23	產品	門窗、機械設備等	41	材料	玻璃、砂石
			49	性質	面積、顏色

參考資料：〔23〕

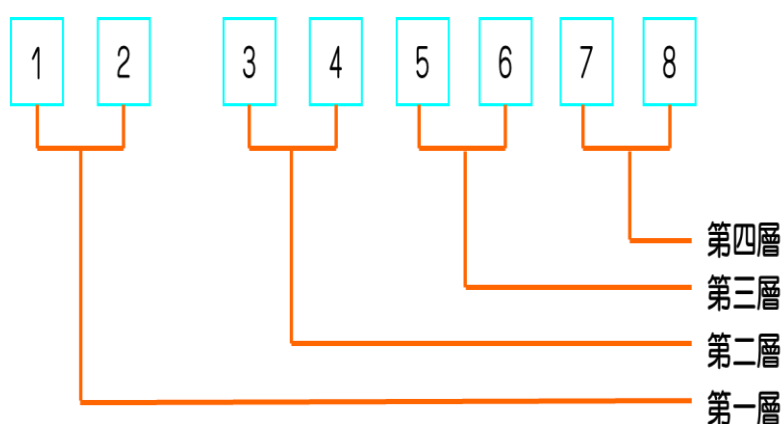


圖 2-15 編碼架構

參考資料：〔23〕

表 2-6 編碼層級

第一層 (LEVEL ONE)：	通常為編碼之第 1 碼及第 2 碼，為各章篇之代碼。
第二層 (LEVEL TWO)：	通常為編碼第 3 碼及第 4 碼，為各章篇內之分類大項。
第三層 (LEVEL THREE)：	通常為編碼第 5 碼及第 6 碼，為各章篇分類大項下之次分類大項

參考資料：〔23〕

第五節 設施資產資訊交換的標準(COBie)

在傳統的工程施工上，在工程生命週期不同階段的資訊交換多需

透過大量的紙本檔來傳遞包含材料、產品、設備等資訊；並於建築物完工交付後，還需要耗費大量的人力與時間作資料的回溯與補齊，才可達到設施維護管理之需求。施工資訊交互傳遞的不順暢將導致業主必須付出更多的成本來建立電子化的設施維護資訊，而無法延續取自設計方與施工方的資訊。

Construction Operations Building information exchange (COBie) 規範為美國陸軍工兵研究與發展中心(US Army ERDC)與 NASA 於 2007 年所共同發展之資訊標準，並納入美國國家建築資訊模型標準 (National Building Information Model Standard, NBIMS) 之中，也列入美國、英國和新加坡的設計與施工契約中，COBie 詳細定義工程生命週期中，設計、施工至營運維護各階段之工程資訊，訂定各項工程資訊之提供者與提供時程，目的在於提升資訊於工程生命週期的傳遞效率，加強資訊在設計方與施工方的擷取，並提供給設施維運端作使用，達到資產管理的目的。又因建築物生命週期中營運管理為最重要之一環，也是佔整個建築物生命週期最長久之比例，因此該階段之模型屬性應為最豐富時期，不僅需包含生命週期初步之設計階段所產生之身分證明與履歷(如地籍圖及結構及數量計算書等)，而生命週期最終之營運管理階段之身分證明與履歷(如設備編號等產品資訊及設備運轉紀錄)，因此需要一個有系統性之建築資訊交換標準格式，利用建

築空間等分配方式編碼順序排出屬性欄位對應之序號，以方便各生命週期階段之作業人員使用如協同作業之模式，精確且無縫導入與修正 BIM 模型屬性資訊，而 COBie 資訊交換標準也是應用輔助於建築物營運管理軟體之最佳標準格式，如圖 2-16 所示〔23〕。

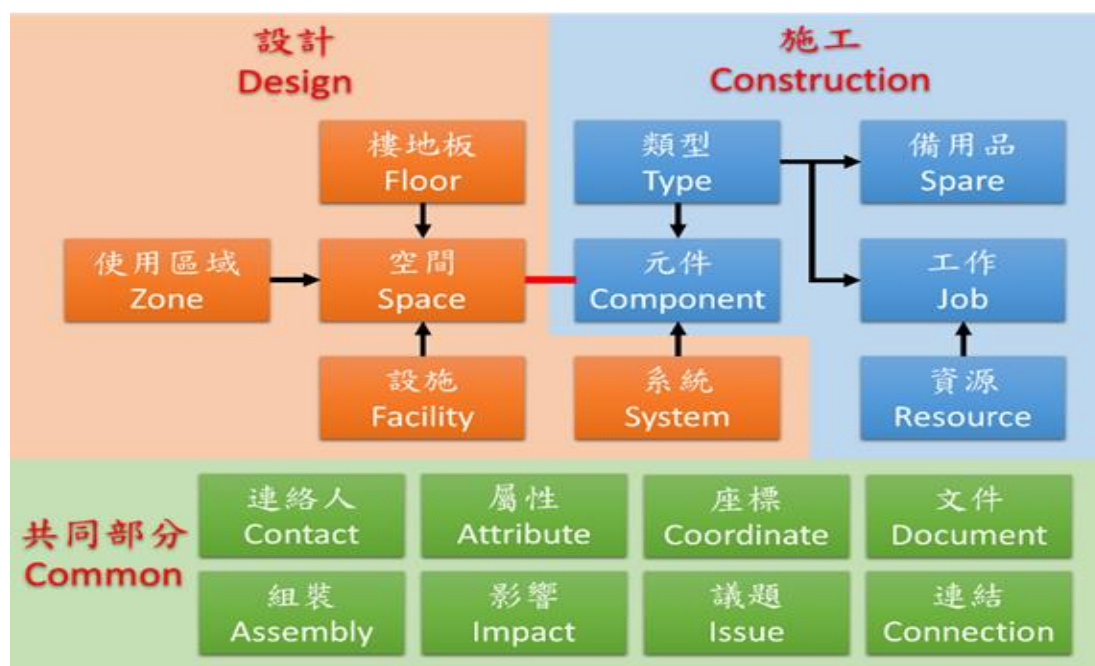


圖 2-16 COBie 的組織架構

資料來源：〔23〕

COBie 之具體資訊架構，其內容可分為兩大主體-空間與設備，而空間又可分為樓層、空間、區域等主體；設備則可分為型式、元件與系統等主體，為配合維護作業之需求，再將發展出備用品、工作與資源等主體，並透過設備之類型結合。

COBie 包含了資產設備所應具備的操作、維護資訊，分別來自設計者、施工者、安裝者和製造商。設計者建立 BIM 模型作為 COBie 資訊儲存的平臺，提供了設備的所在樓層、空間與置放位置等資訊，

施工者則輸入包含設備抽驗、送驗訊息，包商確定設備被安裝，製造商則提供了操作與維護資訊，安裝者提供設備的編號與標籤，品保人員提供測試與驗證報告。這麼多繁雜的訊息則需要透過 COBie 的統一標準，來確立各工程參與者需獲取與移交之資訊，最後提供給資產管理使用。並遵守著以下三項資訊處理原則：

- (一) 可重複使用：一項資訊輸入，可輸出給多方使用(one input, many outputs)
- (二) 可被檢核的：一項資訊輸入，可受多方檢核確認(one input, many checks)
- (三) 可交交互操作：一種資訊格式，可供多種路徑使用(one format, many paths)

COBie 之最大功能之一即大資料庫形式呈現，(如圖 2-17 所示)由 BIM 模型匯入 COBie 之欄位，在 BIM 生命週期過程的中由 COBie 之資料格式紀錄模型內各物件之屬性清單，可由 REVIT 或是其他 BIM 繪圖軟體所完成的模型元件，依各生命週期所填入屬性資訊於模型元件中，後續匯出於 Excel 格式中以完成清單列表，利用 BIM 之「物件(Object)」、「屬性(Attribute)」與「可編碼(encode)」等等之呈現特性，供各生命週期階段作業人員修改或管理使用。

BOM

Parts

	A	B	C	D	E	F	G	
	Name	CreatedBy	CreatedOn	Type/Name	Space	Description	ExtSystem	
67	Slate F2-108	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Slate	F2-108	Slate Tiles	TriForma	IfcCo
68	Slate F2-208	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Slate	F2-208	Slate Tiles	TriForma	IfcCo
69	Doors-Door-3	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Swinging Door 0.750	F1-203.F1-204	2.Ground Floor.dgn.Design Model:38579	TriForma	IfcCo
70	Doors-Door-4	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Swinging Door 0.750	F1-103.F1-104	2.Ground Floor.dgn.Design Model:38855	TriForma	IfcCo
71	Doors-Door-5	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Swinging Door 0.750	F2-207.F2-208	3.First Floor.dgn.Design Model:29841	TriForma	IfcCo
72	Doors-Door-6	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Swinging Door 0.750	F2-107.F2-108	3.First Floor.dgn.Design Model:29550	TriForma	IfcCo
73	Doors-Door-10	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Swinging Door 0.885	F2-205.F2-203	3.First Floor.dgn.Design Model:28678	TriForma	IfcCo
74	Doors-Door-7	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Swinging Door 0.885	F2-106.F2-108	3.First Floor.dgn.Design Model:29106	TriForma	IfcCo
75	Doors-Door-8	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Swinging Door 0.885	F2-206.F2-208	3.First Floor.dgn.Design Model:28862	TriForma	IfcCo
76	Doors-Door-9	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Swinging Door 0.885	F2-105.F2-108	3.First Floor.dgn.Design Model:29382	TriForma	IfcCo
77	Doors-Door	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Swinging Door 1.250	F1-104	2.Ground Floor.dgn.Design Model:34027	TriForma	IfcCo
78	Doors-Door-2	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Swinging Door 1.250	F1-204	2.Ground Floor.dgn.Design Model:33485	TriForma	IfcCo
79	Tub 107.F2-107	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Tub 750x1600	F2-107	Bathtub 750 x 1600 mm	TriForma	IfcFlo
80	Tub 207.F2-207	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Tub 750x1600	F2-207	Bathtub 750 x 1600 mm	TriForma	IfcFlo
81	Wall light duo.F1-104	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Wall light duo	F1-104	2-light wall lamp	TriForma	IfcFlo
82	Wall light duo.F1-204	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Wall light duo	F1-204	2-light wall lamp	TriForma	IfcFlo
83	Wall light duo.F2-107	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Wall light duo	F2-107	2-light wall lamp	TriForma	IfcFlo
84	Wall light duo.F2-207	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Wall light duo	F2-207	2-light wall lamp	TriForma	IfcFlo
85	Washbasin 103.F1-103	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Washbasin 330x450	F1-103	Wall-hung washbasin	TriForma	IfcFlo
86	Washbasin 203.F1-203	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Washbasin 330x450	F1-203	Wall-hung washbasin	TriForma	IfcFlo
87	Washbasin 1071.F2-107	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Washbasin 380dia	F2-107	Wall-hung washbasin 380 mm diameter	TriForma	IfcFlo
88	Washbasin 1072.F2-107	volker.thein@bentley.com	2010-02-08T18:25:38	Washbasin 380dia	F2-107	Wall-hung washbasin 380 mm diameter	TriForma	IfcFlo

Part Families

圖 2-17 BIM 匯出 COBie 表範例

資料來源：[23]

COBie 電子表單為具有完整定義之資料格式，每一個名詞都是一個獨立之資料表，而淺色區之各表單為主要結構用於儲存空間與設備之基本資料，如型式(Type)為記錄如設備之廠牌、保固期限、製造商等設備型式相關資訊、元件(Component)則儲存各物件空間、安裝日期、保固日期等物件相關資訊；而深色區之表單則用於儲存主要結構之其他相關資訊，例如屬性(Attribute)可以儲存元件(Component)、空間(Spaces)等主表單之其他資訊，因此當主要表單之資訊內容無法完全符合需求的時候就可以透過 Attributes 加以擴充或以 Documents 連結外部文件，以建置客製化之資訊內容。而表單之連接方式則可以分成兩種，淺色區之表單透過名稱為主鍵連結其他表單，而深色區因為

可以儲存各表單之其他資訊是以表單名稱與物件名稱為外部參考鍵連結到其中。

使用此表不僅可將廠商提供的型錄、產品說明文件等列為附件，並以更清楚的進行模型元件的特性之說明與使用範圍。日後就可以成為 4D 時程模擬(如該元件為施工階段)、5D 價格模擬(該元件之價格資訊)的依據，也可以匯出到專案管理軟體中，進行專案管制，每一個模型元件就相等於專案的一個作業項目(Task)。

一、COBie 組織資料結構

本研究以 COBie 之資訊架構作為主體，並依此結構建立符合 BIM 建模軟體與法規檢測之資訊需求架構，定義資訊結構使其產生關聯。首先，參考 COBie 之資訊架構，其主體為設施(Facility)可分為空間與設備兩類，而空間類又可以分為樓層(Floor)、區域(Zone)、空間(Space)等三類主體；設備類則分為系統(System)、元件(Component)、型式(Type)等三類主體，參考由 East(2013)對於各類主體之定義如下：

- (一) 設施(Facility)：即專案所興建之建物。
- (二) 元件(Component)：即存在於設施之中的設備如泵、配電盤等或元件如管、線等單元。
- (三) 型式(Type)：即設備或元件之型式，如 X 牌 X 型離心泵，故各型式可能有多個元件。
- (四) 系統(System)：由一群有關聯之元件所組成之集合。

(五) 樓層(Floor)：設施內垂直之空間單元。

(六) 空間(Space)：設施內平面之空間單元。

(七) 區域(Zone)：由一群有關聯之空間所組成之集合。

經確認 COBie 之各主體定義後，須進一步解析 COBie 與 BIM 之關聯；本研究所採用之建模平台為 Autodesk Revit 2016，其所擴充之 COBie Toolkit 則可以連結 COBie 與 Revit 之主體關係，可整理如圖 2-18 之關係圖，設備類之系統、元件、型式都可以直接與 Revit 直接連結建立，而空間類目前樓層與空間皆能直接連結，而區域為空間之集合，可透過 Revit 建立區域資料符合應用需求。

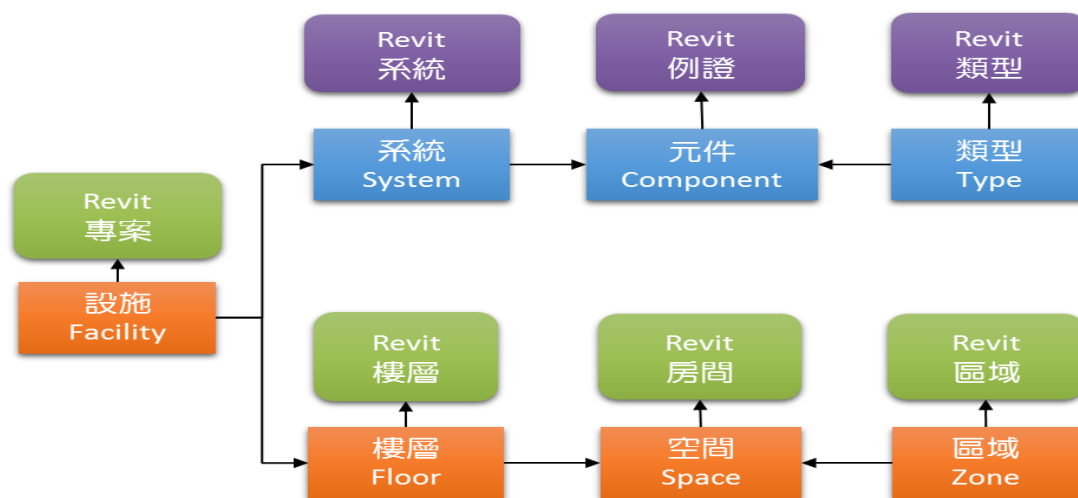


圖 2-18 COBie 資訊架構與 BIM 之關係

資料來源：〔23〕

COBie 作為工程全生命週期的交換標準，確保工程在進行中各階段之參與者可依一定的內容與格式來提供可供後續維護、操作與設施管理所需資訊，協助保存建築資訊並進行交換與傳遞，其交付準則都圍繞在 COBie 的架構下。

而 OmniClass 工程總分類碼主要目的在於系統化及標準化的傳遞工程資訊於全生命週期，而編碼之落實則需要一套作業流程來搭配，COBie 即為使編碼可落實於工程全生命週期應用之關鍵流程，透過 COBie 與全生命週期編碼的結合作為資訊交換架構，清楚的定義工程全生命週期各階段應提供之資訊。使其得以自工程初期一直到完工交付後的營運維護階段都能有效的被留存。

為本研究整理 COBie 之資訊架構，如圖 2-20 所示。其中部分 Category 欄位之內容則可對應至 OmniClass 編碼，將編碼資訊應用於模型中，提供系統對系統更快速且標準化之存取模式。

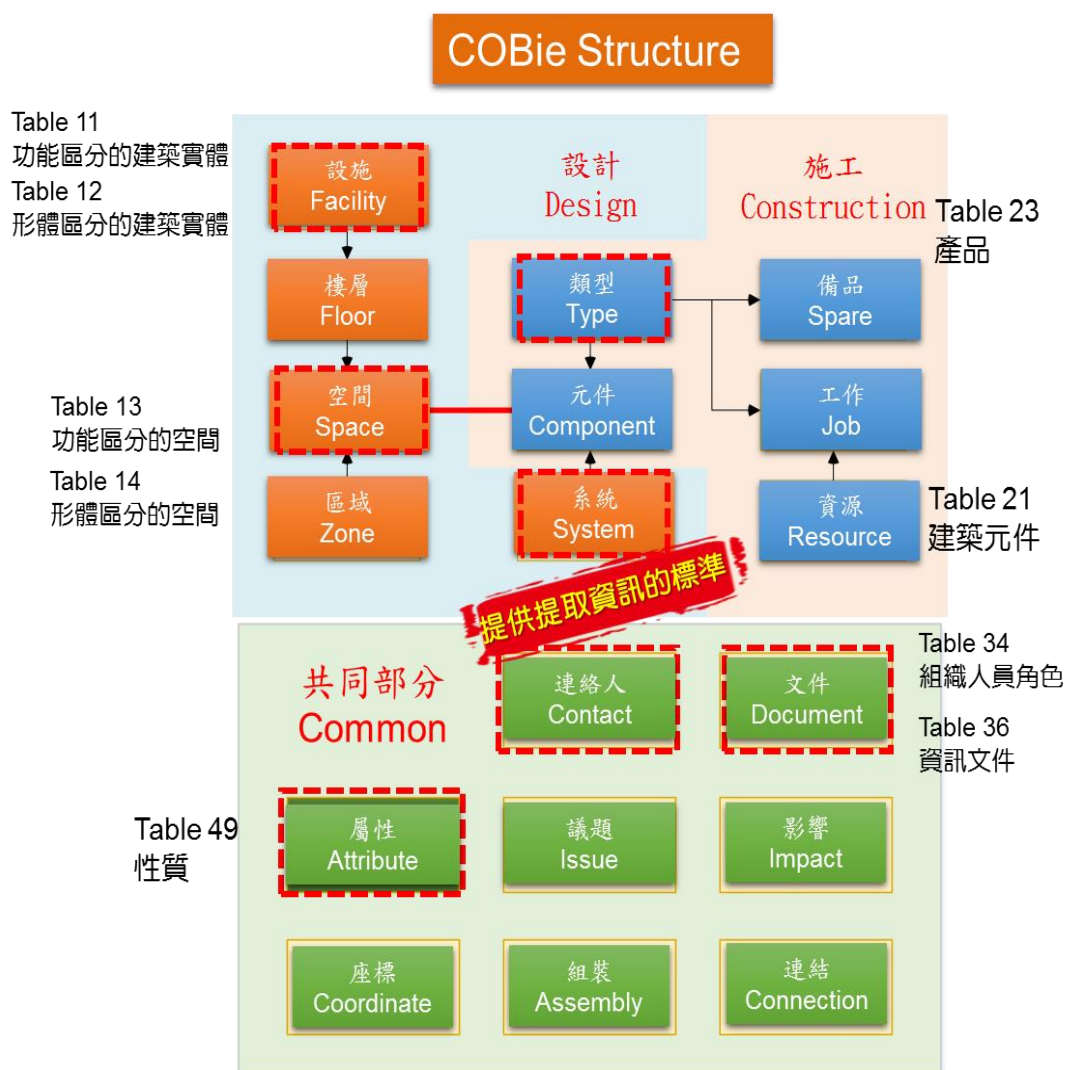


圖 2-19 COBie 架構與 OmniClass 編碼之對應

資料來源：[23]

第六節 導入水土保持工程

就水土保持工程來說，標高在一百公尺以上者，以及標高雖未滿一百公尺，但其平均坡度在百分之五以上者，已占了臺灣超過 70% 的土地，這也是水土保持法地 3 條中所定義的山坡地。而臺灣對於水土保持工程的重要里程碑應屬 1994 年通過了水土保持法，水土保持計畫改為水土保持主管機關確實管理，對於水土保持的相關治理、調查、災害控制，其成果皆呈現了正面的成長與效益果；而在各種開發利用

的過程中需避免災害的發生。

水土保持計畫為水土保持管理之中心概念，明確的指導及要求水土保持開發利用過程中，所需配合及完成的調查內容，包含了水文、地形、地質、土壤、土地利用現況調查等基本資訊，也具體了開挖整地、滯洪及沉砂設施、邊坡穩定設施及擋土構造物等需要規劃之項目及內容，因此於各項開發中水土保持計畫為十分重要之核心概念。

水土保持計畫中也需撰寫說明水土保持設施規劃、配置以及詳細設計圖，此處所指的水土保持設施包含「排水設施」、「滯洪及沉砂設施」、「邊坡穩定設施」、「植生工程」、「擋土構造物」、「道路工程」等項目，並配合水土保持技術規範、水土保持法等相關規定進行施作，亦需參考「水土保持局施工規範」，其中包含了一般的「臨時設施」、「構造物開挖、回填」等共計 111 篇章，當中較常使用的施工規範目錄為 96 項。

而在於水土保持工程管控中，生命週期各階段可劃分流程，如下圖 2-20 所示。



圖 2-20 工程管理流程圖

資料來源：本案整理

於當中各階段水保局所需進行的作業內容如下：

一、勘查管理

此階段工程人員需實際前往現地勘查，以獲得工程地點資訊包含地質、地形、水文、植生、土地利用，以及預計規劃設計方式包含整地、邊坡保護、排水、沉沙、滯洪及監測等工程起始所需的初步資訊，且現地勘查需多次前往而非一蹴即成，因此在此階段就需要工程相關資料的累積及彙整，協助決策單位瞭解該工程施作的必要性。

二、核定作業

此階段在於評估工程卻有其執行的必要性時，水保局需要開始編列預算並執行工程，而控管執行進度、施作品質及工程經費的初步掌握。

三、施工作業

此階段各業務單位已明確瞭解工程的時程，包含工程用地測量日期、上網日期、發包日期、開工日期、預計完工日期、驗收日期等，此階段在 BIM 中亦可同步歸納蒐集，並透過 BIM 模型在施工過程中，不斷重複討論及檢核工程內的衝突，進行模型的優化；另外還有品質抽驗及進度管控，對於有效管控施作品質，需提供支援給品管人員，使其能隨時抽驗品質狀況，開工至完工期間也需不定期向主管機關回報進度，以確保工進之掌握。

四、預算經費管理

依據水保局之業務流程而言，工程執行過程中預算經費會在核定、設計、發包、變更、結算支付等階段中略有變動，需進行修正。

五、竣工作業

此階段將配合完工驗收，彙集施工過程中所有資訊加以留存，並依據工程竣工之竣工圖將 BIM 模型進行修正，以符合實際驗收工程。

六、管理階段

後續完工之後，工程人員仍需進行各處之巡檢作業，依據「山坡地水土保持設施安全自行檢查表」中，有針對「保全對象」、「環境區位」、「坡面徵兆」、「路面徵兆」、「排水系統」等面向進行檢覈紀錄。

就臺灣的水文地理而言山多平原少，因此對於山坡地的開發利用

必須更加用心，慎重預防及避免潛在的風險與災害，開發過程必須要由水土保持專業人士的簽證規劃、設計、監造，搭配水保局的監督，以獲得良好的工程品質，為人民塑造安心的居家環境。

第七節 小結

完成本研究文獻回顧後由章節可得知，BIM 應用於土木建築產業已是不可逆趨勢，雖然目前國內政府機關與土木建築產業，針對 BIM 之推動、執行、應用與研究多著墨於建築工程領域中，而於水土保持工程全生命周期中的運用尚未有完整之研究與探討，故本研究將以 BIM 於施工階段推行與運用為出發，並運用水土保持保持工程 4D 與 5D 模型應用與後續實例導入案例，探討 BIM 在水土保持工程全生命週期應如何運用，並運用標準化之 BIM 模型為核心，導入 COBie 維護管理流程以串聯 BIM 3D 模型與欲串聯物件之時程與成本資料得到整合，讓其欄位發揮實體工程項目作業，比對預訂期程與預算成本管理之功效不僅只是屬性資訊之描述，建立適用我國水保工程之 4D 與 5D 之管理機制與架構。

第三章 計畫執行方法

本研究階段達成果包含蒐集國內期刊、論文與水保工程資料留存、4D 與 5D 模型應用之文獻回顧，研究開始前為訂定研究主軸與研究所需之資訊，廣泛蒐集國內之知名期刊與學術論文，作為本研究之啟發，透過借鏡國內之實施經驗與實際水保工程施工作業案例來作為本研究流程規劃，接著透過水保工程現勘之方式了解目前臺灣水土保持工程施工階段現況，以及分析水保工程施工進度與施工估驗計價之現況，建置水土保持工程之 BIM 模型同時帶入工程總分類碼，將 BIM 與 COBie 整合產出電子為後續設施維護管理，實施導入 BIM 之 4D 與 5D 於水保工程之可行性，做為研擬水保工程 4D 與 5D 模型應用與後續導入案例之參考依據，如圖 3-1 所示。

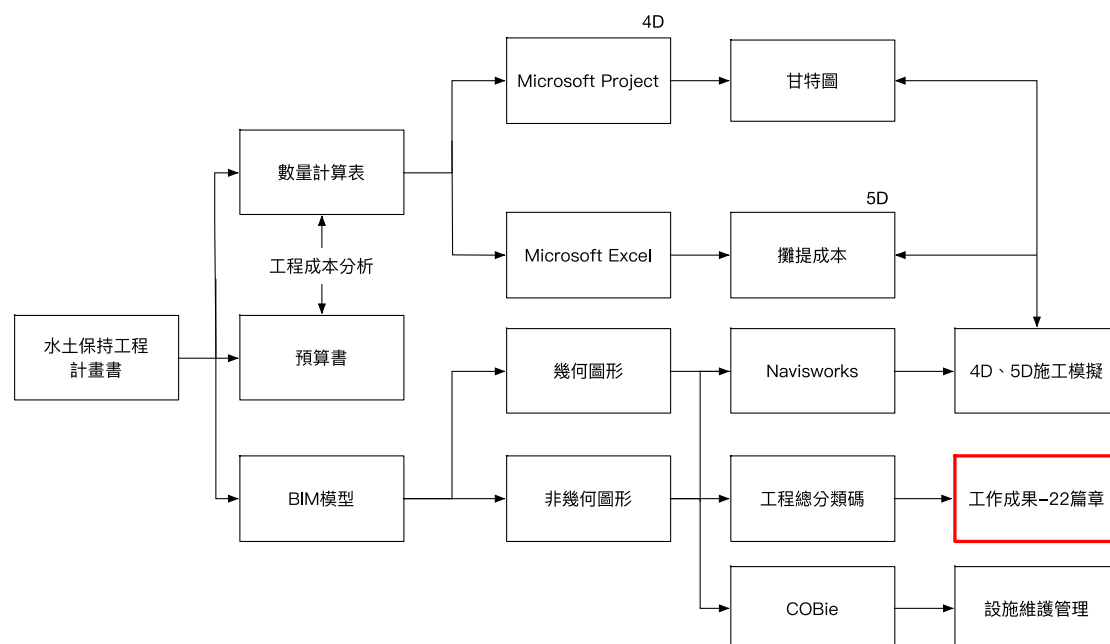


圖 3-1 計畫流程圖

第一節 計畫方法

本研究經由水保工程現地勘查，針對該工程之設計單位、施工單位、管理單位進行深入訪談，訪談後得知現場為考量施工安全性，及氣候影響等因素下，更改施工順序（詳附錄一，現地勘查），而後取得該水保工程之變更後之施工順序、設計圖、配置圖、工程進度圖、施工日誌、數量計算表及工程成本預算書等資料（詳附錄二，現地勘查），提升本研究導入實際案例之參考依據，提供之資料進行瞭解整理後，實施計畫，依照實際施工順序建置建築資訊模型，以提供之工程進度來擬定實際案例之完工時間，並持續追蹤施工實際進度來製作進度圖，同時向工區單位協助提供施工日誌，作為實際施工進度之依據，為此本研究計畫以施工日誌作為追蹤對象，探討施工實際進度是否有延誤或提前之問題存在，接著探討工程成本預算之關係，工區單位協助提供之成本相關資料，所包含著本研究實例對象防砂壩與固床工之數量與成本，研析探討各別工項所使用之數量及成本，為串連成本與進度，本研究後續執行規劃，持續追蹤工程實際進度實施進度管理，建立串接成本與進度之成本資料庫，於水保工程進度與成本資料庫之架構建立完成後，依照施工順序排列之活動項目對應成本邏輯，以防砂壩作為實例驗證，並於建築資訊模型屬性欄位中建立 Omniclass 編碼，並導入 COBie 資料留存架構以標準化模式提供水保

工程施工階段資訊，讓其欄位發揮實體工程項目作業，最後以製作 4D、5D 動畫模擬呈現每日所施工之項目及對應使用之工程數量與工程成本。

第二節 建築資訊模型建置

本研究以 Revit 為本次建模工具，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，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。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更新，提升使用者需求。

本研究於台中市太平區之北坑溪上的水土保持工程防砂壩作為研究對象，建模方式以實際施工方法進行建置，本次施工方法考量天候不佳情況下位於河床上之施工安全，使用半半施工法將防砂壩以水流方向分為右岸與左岸，右岸 43.3M 先施作，左岸 36.3M 後施作。

（詳附錄三，施工順序示意圖）

一、施作防砂壩右岸 43.3M

本研究工程開工前先清除防砂壩右岸 $L=45.8\text{M}$ 處多餘土方至溪床線以下約 10cm，打設右岸鋼板樁於 46M 處分別(上游端 6m 長鋼板樁、下游端 4m 長鋼板樁)位置，基礎開挖右岸 $L=45.8\text{M}$ 處及 PC 打底

5cm，施作防砂壩右岸 L=45.8M 處之前腳趾 1.5M 鋼筋綁紮、模板組立及混凝土澆置，於右岸 L=45.8M 前腳趾 1.5M 進行拆模並土方回填(回填高度 H=1.5m)，於右岸 L=45.8M 處以 1:0.5 背部鋼筋綁紮及第一昇層 H=0.25m 模板組立、混凝土澆置，設置臨時排水設施擺放 2 隻 ϕ 30cmPVC 管進行排水動作，於防砂壩右岸 L=45.8M 第二昇層 H=0.88m 模板組立及混凝土澆置，後施作第三昇層 H=0.88m 模板組立及混凝土澆置注意(於鋼管壩處預留缺口 H=0.88m)，於防砂壩右岸 L=45.8M 第二昇層及第三昇層進行拆模後土方回填(回填高度 H=2.0m)，施作防砂壩右岸 L=45.8M 處第四昇層 H=0.88m 模板組立及混凝土澆置，於防砂壩右岸 L=45.8M 處第五昇層 H=0.88m 模板組立及混凝土澆置，於右岸 L=45.8M 處進行施工架組立，於右岸 L=45.8M 處第六昇層 H=0.88m 模板組立及混凝土澆置，於右岸 L=45.8M 處第七昇層 H=0.88m 模板組立及混凝土澆置，拆除防砂壩右岸 L=45.8M 處施工架，並拔除防砂壩右岸鋼板樁 46M 處分別(上游端 6m 長鋼板樁、下游端 4m 長鋼板樁)，防砂壩右岸 L=45.8M 處採用高空工作車施作第八昇層 H=0.88m 模板組立及混凝土澆置，防砂壩右岸 L=45.8M 處採用高空工作車施作第九昇層 H=0.88m 模板組立、混凝土澆置，防砂壩右岸 L=45.8M 處採用高空工作車施作第十昇層 H=0.74m 模板組立及混凝土澆置，採用高空工作車及移動式起重機施

作吊裝 3 座 A 型鋼管壩及現場組裝固定，於第二昇層、第三昇層預留缺口板組立及混凝土澆置固定 3 座 A 型鋼管壩，採用高空工作車及移動式起重機現場組裝及固定 3 座 A 型鋼管壩之 12" 橫向鋼管，完成防砂壩之右岸工程。

二、施作防砂壩左岸 36.3M

防砂壩右岸施工完成後施作防砂壩之左岸 36.3M 處，清除防砂壩左岸 L=33.8M 處多餘土方至溪床線以下約 10cm，防砂壩左岸打設鋼板樁於 34M 處分別(上游端 6m 長鋼板樁、下游端 4m 長鋼板樁)，基礎開挖防砂壩左岸 33.8M 處及 PC 打底 5cm，於防砂壩左岸 L=33.8M 處前腳趾 1.5M 鋼筋綁紮、模板組立及混凝土澆置，於左岸 L=33.8M 處前腳趾 1.5M 進行拆模及土方回填(回填高度 H=1.5m)，防砂壩左岸 L=33.8M 處 1:0.5 背部鋼筋綁紮及第一昇層 H=0.25m 處模板組立及混凝土澆置，於左岸 L=33.8M 第二昇層 H=0.88m 模板組立及混凝土澆置注意(於鋼管壩處預留缺口 H=0.12m)，採用高空工作車及移動式起重機施作 1 座鋼 A 型管壩鋼現場組裝及固定，於防砂壩左岸 L=33.8M 處之第二昇層預留缺口及第三昇層 H=0.88m 模板組立及混凝土澆置固定 1 座 A 型鋼管壩，於左岸 L=33.8M 處第二昇層、第三昇層進行拆模及土方回填(回填高度 H=2.0m)，於左岸 L=33.8M 處第四昇層 H=0.88m 模板組立及混凝土澆置，於左岸 L=33.8M 處第五昇層

H=0.88m 模板組立及混凝土澆置，於防砂壩左岸 L=33.8M 處設置施工架組立，於防砂壩左岸 L=33.8M 處之第六昇層 H=0.88m 模板組立及混凝土澆置，於左岸 L=33.8M 處第七昇層 H=0.88m 模板組立及混凝土澆置，於防砂壩左岸拆除 L=33.8M 處之施工架，並拔除防砂壩左岸鋼板樁 34M 處分別(上游端 6m 長鋼板樁、下游端 4m 長鋼板樁)，於防砂壩左岸 L=33.8M 處之第八昇層 H=0.88m 採用高空工作車施作模板組立及混凝土澆置，於防砂壩左岸 L=33.8M 處之第九昇層 H=0.88m 採用高空工作車施作模板組立及混凝土澆置，於防砂壩左岸 L=33.8M 處採用高空工作車施作第十昇層 H=0.74m 模板組立及混凝土澆置，採用高空工作車及移動式起重機現場組裝及固定 1 座 A 型鋼管壩之 12"橫向鋼管，完成整個防砂壩之工程。

三、建置流程

本研究依照現場提供之資料彙整完成，並依照實際施工方法建置防砂壩 BIM 模型，建置流程如圖 3-2 所示



圖 3-2BIM 建置流程圖

本研究考慮未來全區模型合併所設定，向工區單位協助提供防砂壩位址圖，以利後續使用建築資訊模型發揮最大用途，使用測量座標系統來識別地球表面上的真實世界位置(Revit 模型所在的位置)，實施方法舉例，測量點放置在專案敷地的牆角或 2 個性質線的交點，並指定其在真實世界中的座標。參考(圖 3-3 所示)設定座標位置。

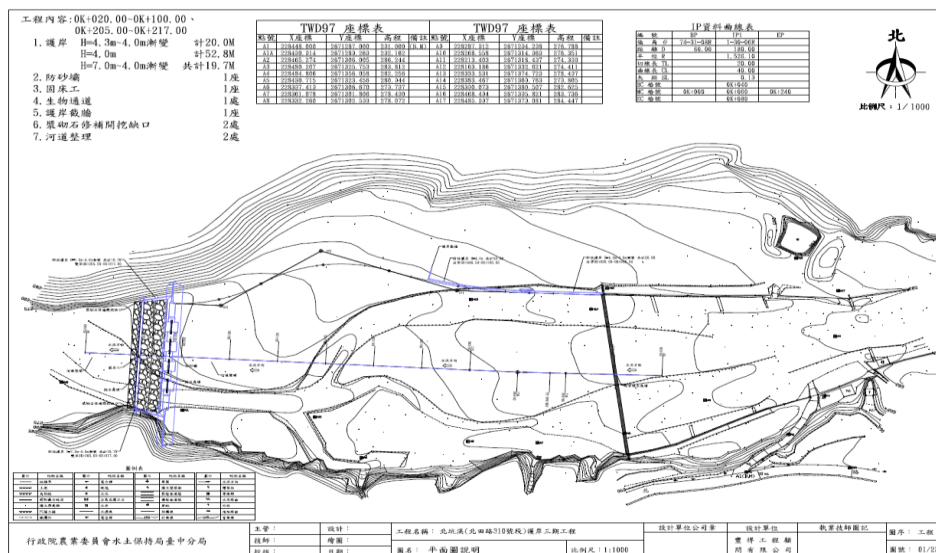


圖 3-3 防砂壩位址

(一) 建立高程線

建模過程中為精準的繪製物件之高程，可以在建築內定義垂直高度或樓層，加入樓層時必須處於剖面視圖或立面視圖中，而當加入樓層時，同時也可以建立相關的平面視圖。(如圖 3-4 所示)

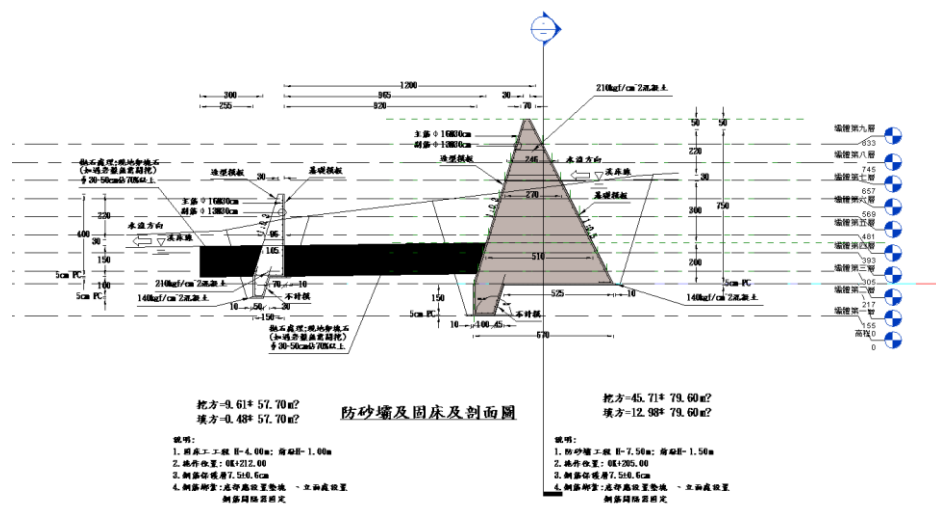


圖 3-4 建立高程線

(二) 匯入或連結 CAD 檔

建模過程中針對圖說完整性下，匯入 CAD 圖後更能掌握每個尺寸及設計圖上的規劃，優化模型與實際大小一致及提升建模

者建置速度，並特別注意匯入或連結 CAD 檔前，需更改專案單位中所呈現單位大小，以及匯入視窗選項中的背景改為前背景，可清楚看見 CAD 所標註之尺寸及空間規劃。(如圖 3-5 所示)

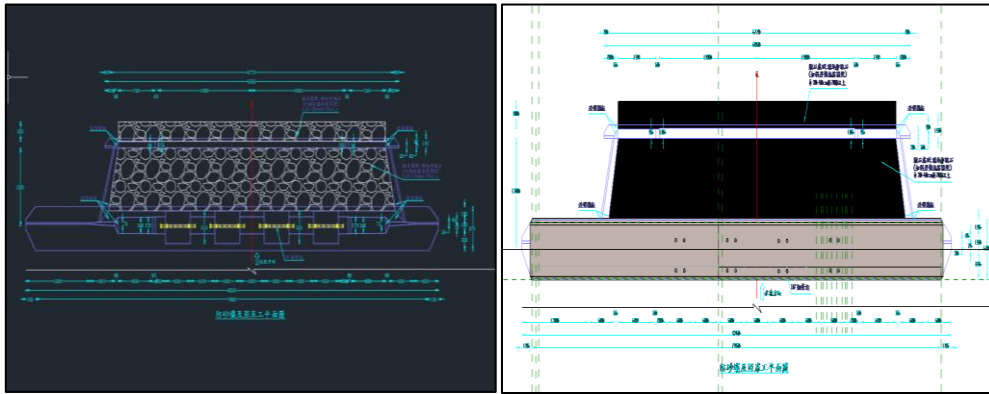


圖 3-5 匯入 CAD 圖

(三) 建立防砂壩 $L=45.8\text{M}$ 右岸元件

依照施工順序建置防砂壩 $L=45.8\text{M}$ 處元件，建置時注意後第三昇層 $H=0.88\text{m}$ 位於鋼管壩處預留缺口 $H=0.88\text{m}$ 處，如圖 3-6 所示。

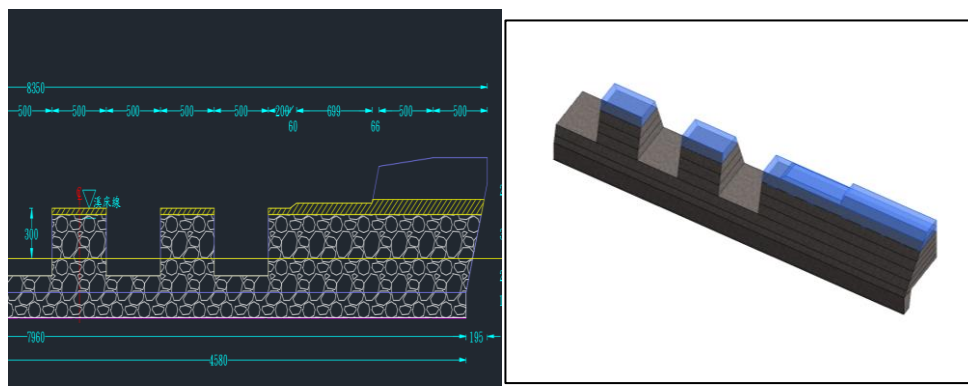


圖 3-6 建立右岸元件

(四) 防砂壩右岸 A 型鋼管壩組裝

依照施工順序建立組裝，高度超過 3M 因此採用高空作業模式組裝 3 座 A 型鋼管壩，如圖 3-7 所示。

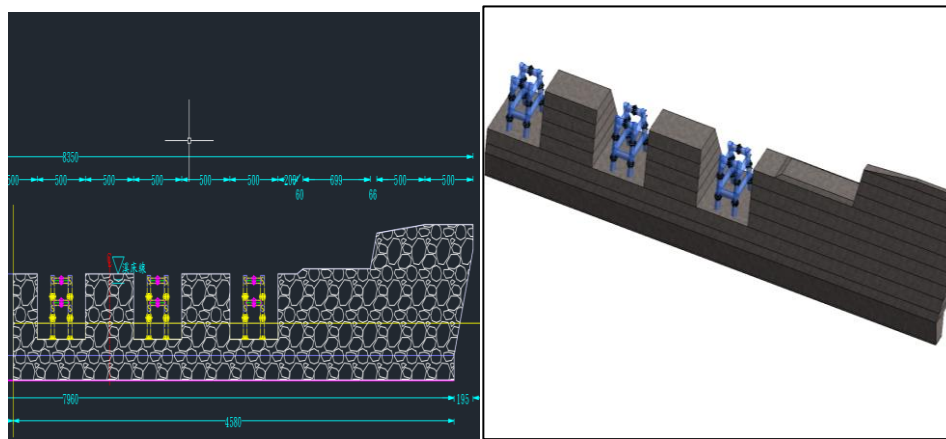


圖 3-7 右岸鋼管壩 A 型組裝及固定

(五) 防砂壩右岸預留缺口固定

依照施工順序建置 A 型鋼管壩於第二昇層後，依施工順序第三昇層澆置混凝土用於固定，如圖 3-8 所示。

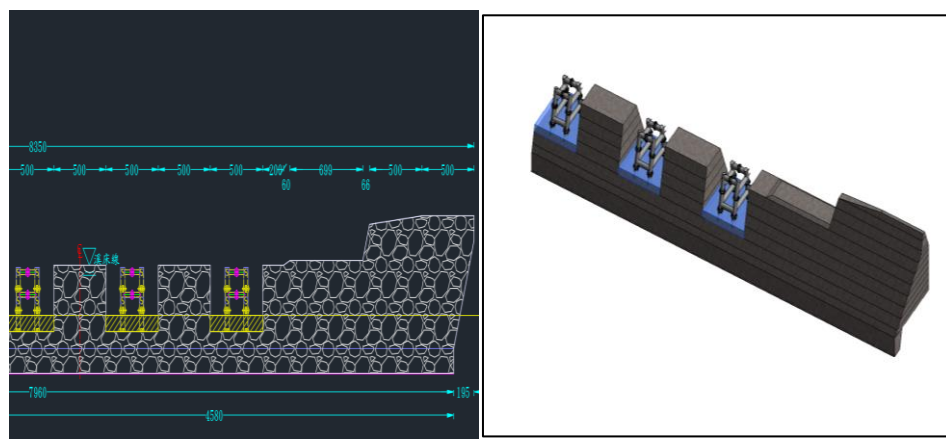


圖 3-8 右岸預留口混凝土澆置

(六) 右岸組裝 12" 橫向鋼管施工

依照施工順序建置組裝，高度超過 3M 因此採用高空作業模式組裝 3 座 12" 橫向鋼管施工，如圖 3-9 所示。

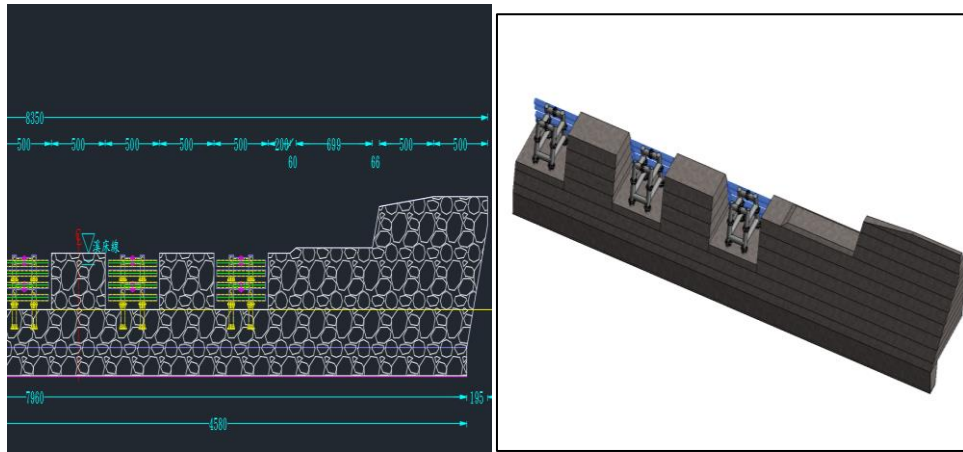


圖 3-9 右岸組裝 12"橫向鋼管施工

參考資料：本計畫

(七) 建置防砂壩 L=33.8M 左岸元件

依照施工順序建置右岸完成，已相同方法建置左岸，於第二昇層放置 A 型鋼管壩，一同澆置預留缺口及第三昇層混凝土固定 A 型鋼管壩，如圖 3-10 所示。

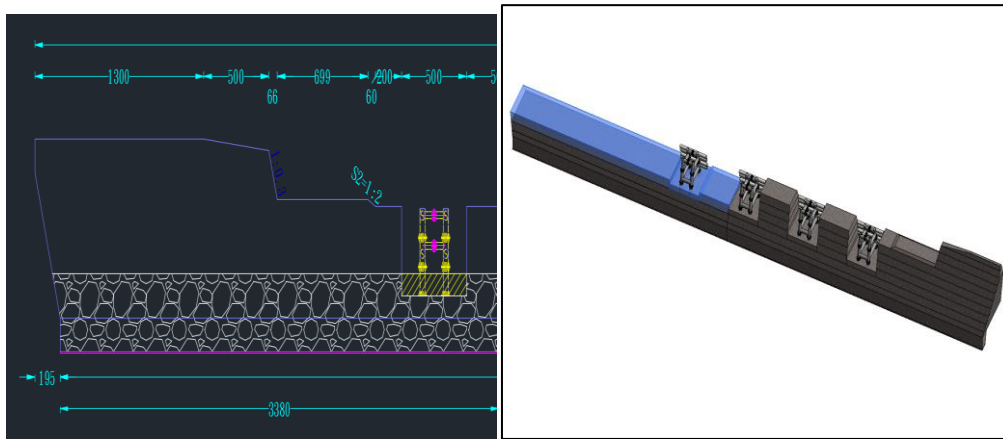


圖 3-10 左岸建置

(八) 建模完成

依照工區單位協助提供之施工順序進行建置建築資訊模型，完成防砂壩模型，如圖 3-11 所示。

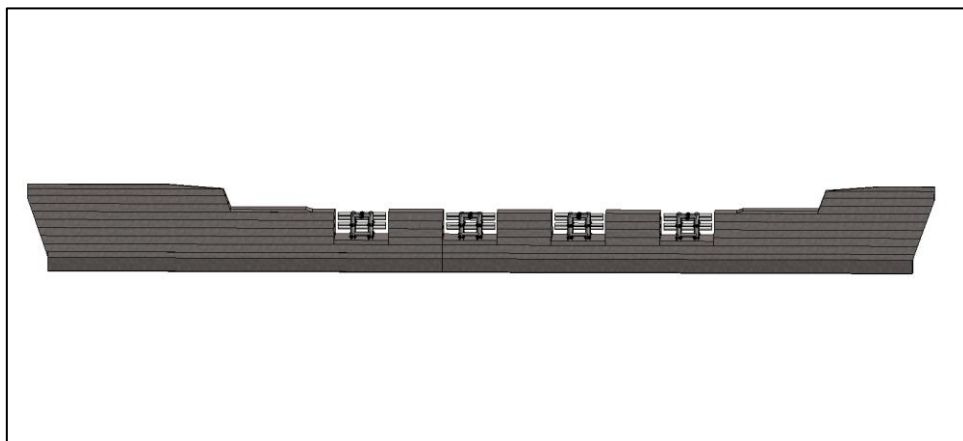


圖 3-11 防砂壩模型

四、水保工程之資訊留存標準架構

將 BIM 導入 Ominclass 及 COBie 於模型屬性欄位中留存各資訊，由於 BIM 具備資訊整合、傳遞與展示的特性，故於規劃、設計、施工、營運、維護的全生命週期專案管理之外，另延伸出成本估算、能源分析、4D 施工進度模擬、設計檢查等諸多應用項目，將 BIM 於營運維護階段，探討營運維護階段，往往設計與施工所產生之設施設備相關非幾何屬性資訊，將扮演非常重要的角色，可以從工程各階段得知相關設施設備的資料，並做為營運維護階段重要的參考依據，故 BIM 之縱向連結工程全生命週期之產業資訊是相當重要的一環。

(一) 第 22 篇章-工作成果

本研究採用第 22 篇章工作成果其中涵蓋生產階段或後續改建及維修與拆遷過程所完成之建造結果，各項工作成果常具有下述特性：涉及特殊技術所產出之成果、可用於貿易、工作成果由營建資源產出、可作為營建實體部分構件、為臨時工作或準備工

作中已完成之成果，如構造物開挖、結構用混凝土、鋼筋，竹節鋼筋、場鑄結構混凝土...等。常用於設計、招標、採購及施工階段，詳細描述各施工成果所含之工項、工料，並用於成本計算，如圖 3-11 所示。

OmniClass Table 22 - Work Results 工作成果 (2013-08-25)				
Number	Level 1 (34)	Level 2 (1236)	Level 3	Level 4
22-01 00 00	General Requirements 一般要求			
22-01 30 00		Administrative Requirements 工程管理需求		
22-01 31 00		Project Management and Coordination 計畫管理及協調		
22-01 31 13			Project Coordination 工作協調	
22-01 31 14			Facility Services Coordination 設施服務功能協調	
22-01 31 16			Multiple Contract Coordination 多包契約協調	
22-01 31 19			Project Meetings 工程會議	
22-01 31 19 13				Preconstruction Meetings 開工前會議
22-01 31 19 16				Site Mobilization Meetings 工地動員會議
22-01 31 19 23				Progress Meetings 程序會議
22-01 31 19 33				Preinstallation Meetings 安裝前會議
22-01 31 23			Project Web Site 計畫網站	
22-01 31 26			Electronic Communication Protocols 電子通信協議	
22-01 32 00		Construction Progress Documentation 施工過程文件紀錄		
22-01 32 13			Scheduling of Work 工作時程	
22-01 32 16			Construction Progress Schedule 施工進度時程	
22-01 32 16 13				Network Analysis Schedules 網路時程分析
22-01 32 19			Submittals Schedule 資料呈遞時程	
22-01 32 23			Survey and Layout Data 測量與現場調查資料	
22-01 32 26			Construction Progress Reporting 施工進度報告	
22-01 32 29			Periodic Work Observation 階段工作監督	
22-01 32 33			Photographic Documentation 照相文件紀錄	
22-01 32 36			Video Monitoring and Documentation 攝影監測及文件紀錄	
22-01 32 43			Purchase Order Tracking 採購訂單追蹤	
22-01 35 00		Special Procedures 特殊程序		
22-01 35 13			Special Project Procedures 特殊工程程序	
22-01 35 13 13				Special Project Procedures for Airport Facilities 機場設施特殊工程程序
22-01 35 13 16				Special Project Procedures for Detention Facilities 儲放設施特殊工程程序
22-01 35 13 19				Special Project Procedures for Health care Facilities 衛生設施特殊工程程序
22-01 35 13 21				Special Project Procedures for Clean Rooms 無塵室特殊工程程序

圖 3-12 第 22 章篇本土化成果

本計畫將防砂壩施工程作業項目帶入工程總分類碼如表 3-1

所示，同時建置於 BIM 模型屬性欄位中，以防砂壩前腳趾為範例，

如圖 3-13 所示。

表 3-1 本土化工程總分類碼

防砂壩施作業項目	工程總分類碼	英中翻譯
鋼筋，竹節鋼筋(SD 280)	22-03 21 00	Reinforcement Bars 鋼筋
鋼筋加工及組立	22-03 21 13 01	processing of steel and assembly 鋼筋加工及組立
場鑄結構混凝土用模板，基礎模板	22-03 11 13 21	Structural Cast-in-Place Concrete Foundation Forming 場鑄結構混凝土用基礎模

防砂壩施作業項目	工程總分類碼	英中翻譯
		板
場鑄結構混凝土用模板，造型模板	22-03 11 13 23	Structural Cast-in-Place Concrete Modeling Forming 場鑄結構混凝土用造型模板
結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ²	22-32 32 23 13	Segmental Concrete Unit Masonry Retaining Walls 分節塊混凝土擋土牆
混凝土澆注費及搗實費	22-03 31 00	Structural Concrete 結構用混凝土

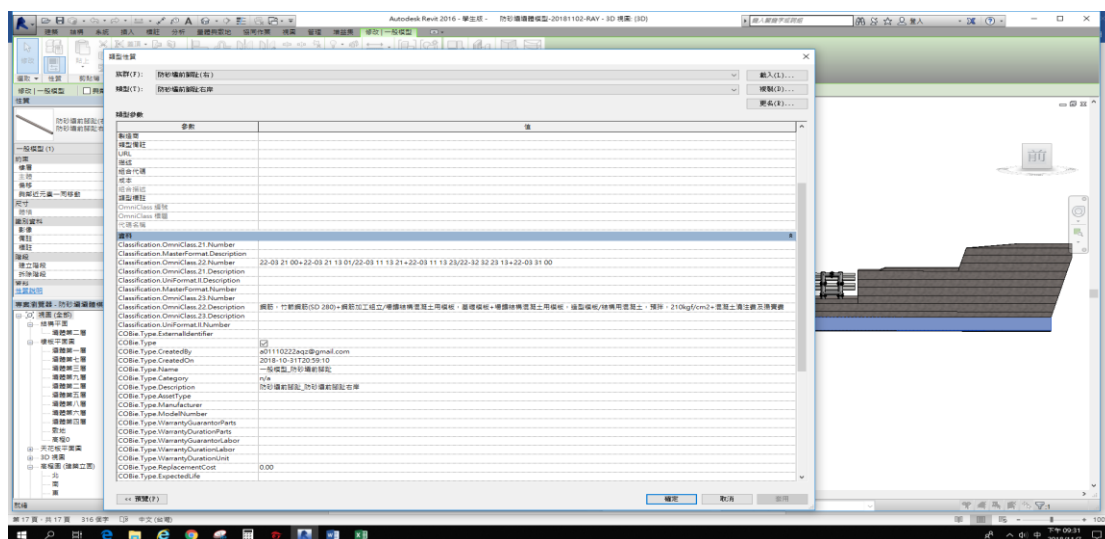


圖 3-13 防砂壩前腳趾導入 OmniClass

本研究建置 BIM 模型元件時可參照 COBie 格式於 BIM 模型

內導出資訊，並由 Revit 軟體中匯出電子表單，如圖 3-14 所示。

[illegible]

圖 3-14 COBie 電子表單

參考資料：本計畫

第三節 追蹤工程進度排程

本研究透過現場訪談及參考多項文獻進行研究，依現場提供之施工方法及依照施工日誌探討進度排程之數據，以 MS-Project 來製作進度排程，MS-Project 不只有進度排程之功能，還有追蹤項目、資源預定、時間表及各類排程之圖表，有利的管理著各項工作進度，並且透過進度表來了解工程中的所有動向。

一、設定排程日期

排程進度設定之了解，第 5 項防砂壩預計天數於 140-190 天完工(日曆天，包含六日預計天數為 50 天)，設定六日為工區之備料日，如圖 3-15 所示。

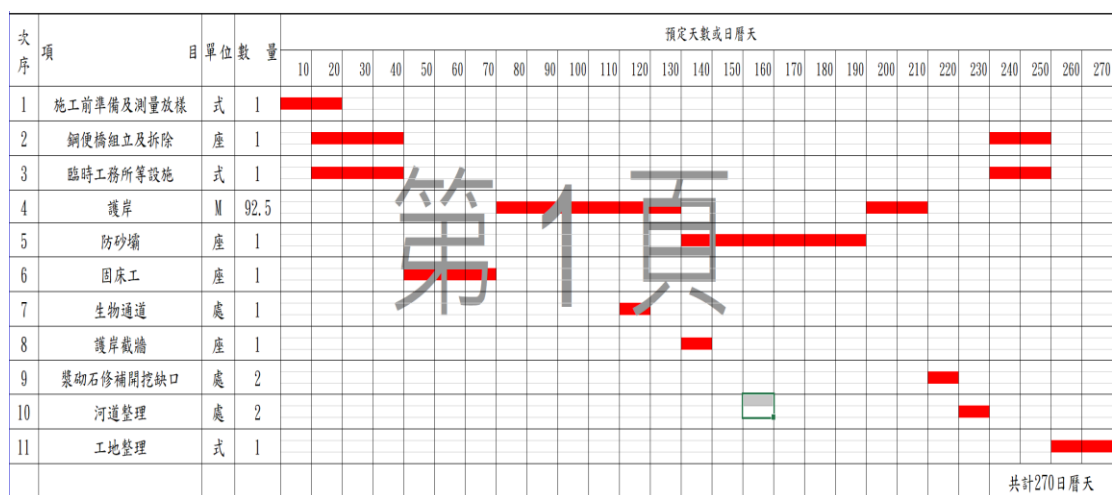


圖 3-15 進度排程

二、設定排程日期

將工區提供之施工方法匯入 MS-Project，將進度圖設定預估時間為 3 月開始施工推算 50 天完工進行探討，設定開始時間與結束時間，過程中不包含六日備料日，如圖 3-16 所示。

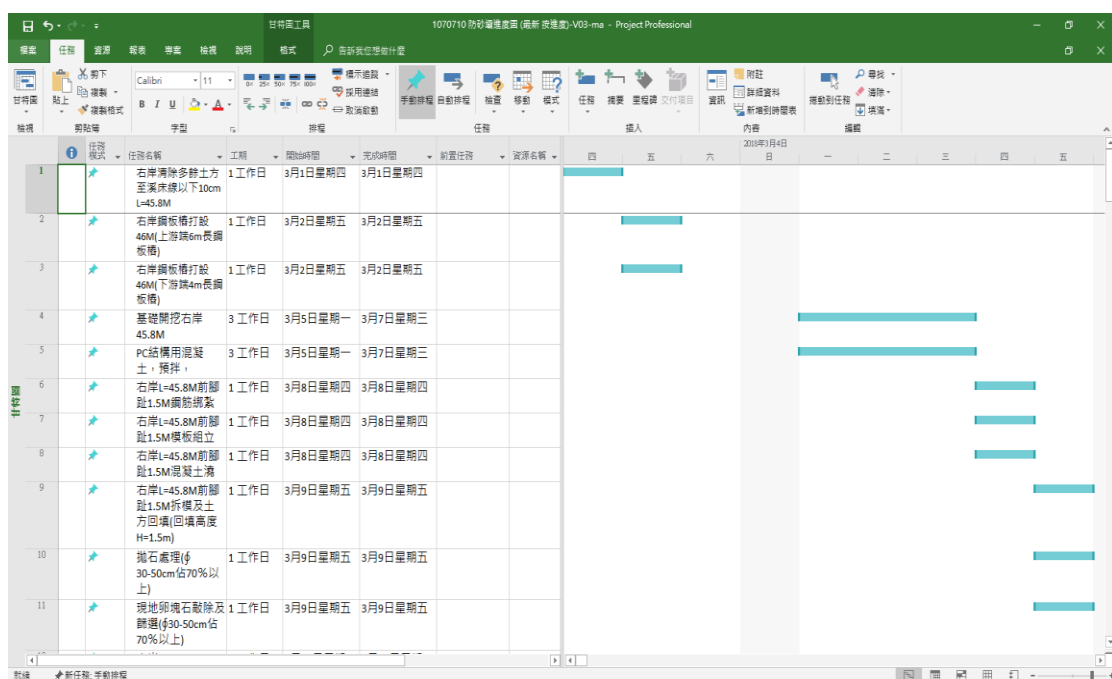


圖 3-16 建立 MS-Project

三、設定前置作業項目

將工作項目以先後作業設定，分為 FS 完成-開始、SS 開始-開始、

FF 完成-完成以及 FS 完成-開始，並將排程設定由手動設定為自動，

如圖 3-17 所示。

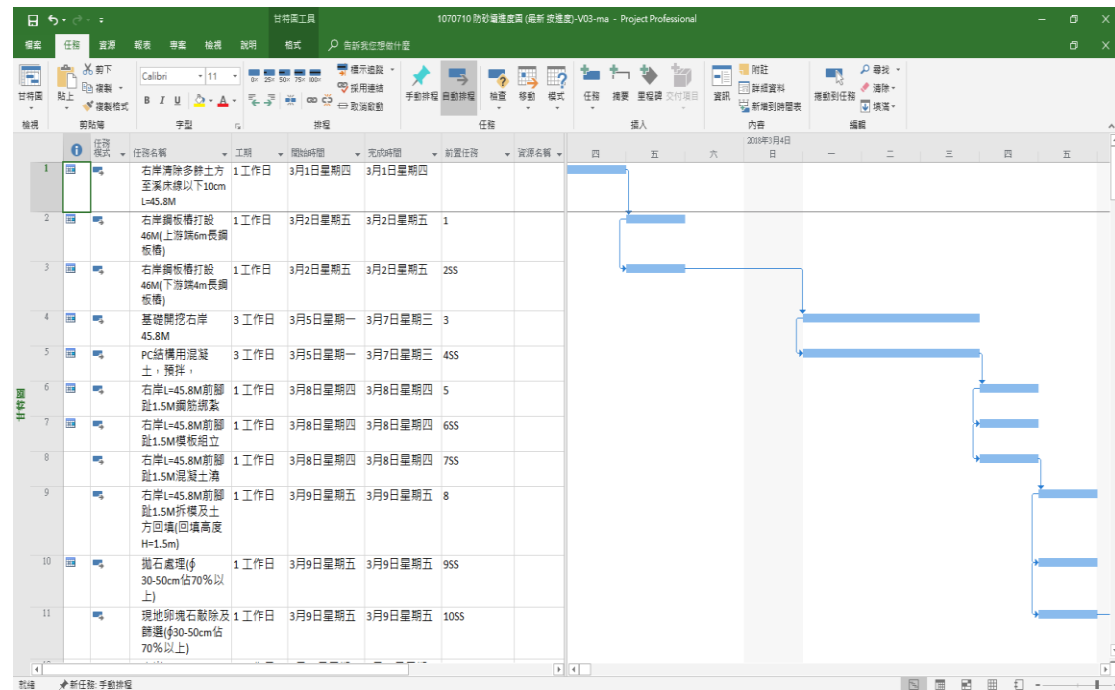


圖 3-17 設定前置作業項目

四、追蹤施工進度

依現場施工核對進度狀況，由施工日誌，如圖 3-18 所示。取得實際進度，將預估 3 月開始施工之進度匯入 MS Project 作為比較基準，並透過追蹤甘特圖可顯示預定進度表與更新後進度差異，系統也將匯入該進度項目完成之百分比，如圖 3-19 所示。

公共工程施工日誌

報表編號：
本日天氣： 上午：多雲 下午：多雲 填表日期：2018 年 0

工程名稱	北坑溪(北田路310號段)		承攬廠商名稱		
契約工期	270日曆天	累計工期	1天	剩餘工	269天
開工日期	2018/3/1		完工日期	2018/11/25	
預定進度(%)	0.09%		實際進度(%)	0.18%	

一、依施工計畫書執行按圖施工概況(含約定之重要施工項目及完成數量等)：

施工項目	單位	契約數	本日完成數量	累計完成數	備註
工程告示牌，鋁質，長120cm寬75cm	面	1.000	1.000	1.000	
施工測量，放樣	式	1.000	0.500	0.500	
機械搬運費	式	1.000	0.500	0.500	
管線遷移復舊處理費	式	1.000	0.500	0.500	
營造業專業工程特定施工項目					

二、工地材料管理概況(含約定之重要材料使用狀況及數量等)：

材料名稱	單位	契約數量	本日使用數量	累計使用數量	備註

三、工地人員及機具管理(含約定之出工人數及機具使用情形及數量)：

工別	本日人數	累計人數

機具名稱	本日使用數量	累計使用數量

四、本日施工項目是否有須依「營造業專業工程特定施工項目應置之技術士種類、比率或人數標準表」規定應設置技術士之專業工程：□有□無(此項如勾選“有”，則應填寫後附「建築物施工日誌之技術士簽章表」)

五、工地勞工安全衛生事項之督導、公共環境與安全之維護及其他工地行政事務：
(一)施工前檢查事項：
1.實施動前教育(含工地預防災變及危害告知)：■有 □無
2.確認新進勞工是否提報勞工保險(或其他商業保險)資料及安全衛生教育訓練紀錄：■有 □無
□無新進勞工
3.檢查勞工個人防護具：■有 □無
(二)其他事項：

六、施工取樣試驗紀錄：

七、通知協力廠商辦理事項：

八、重要事項記錄：申報開工
工程告示牌組立
全工區施工放樣

簽章：【填表人】 簽章：【工地主任】(註3)：

圖 3-18 施工日誌

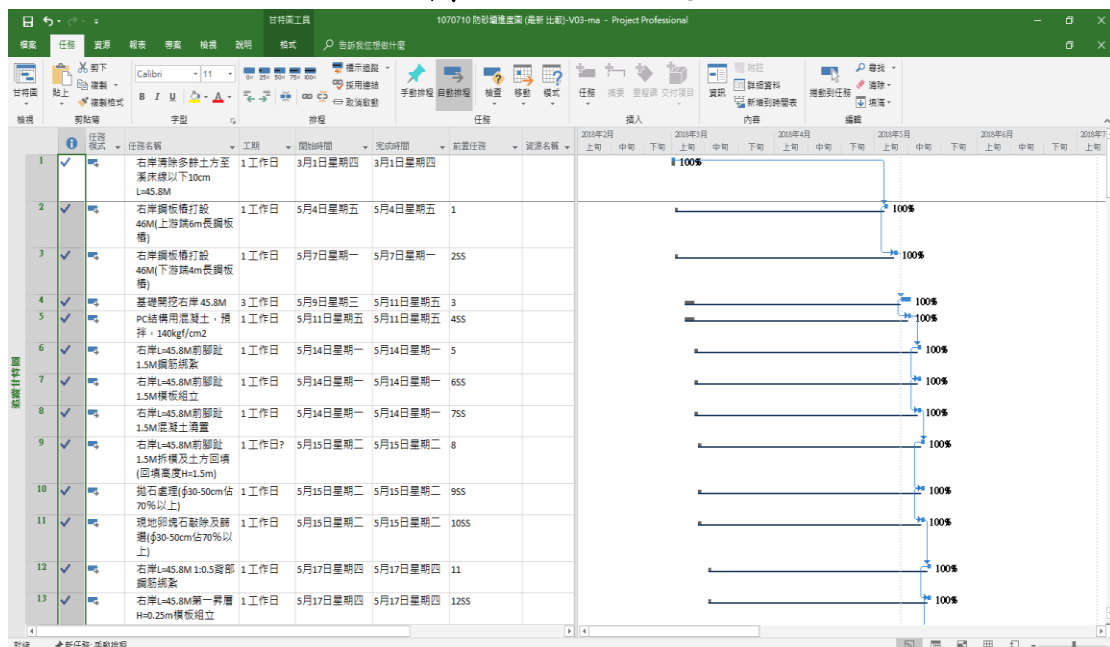


圖 3-19 追蹤施工進度

第四節 成本進度控制

本研究向工區單位協助提供工程數量及工程預算成本等資料，為後續研究發展，將水土保持工程防砂壩之工程數量與工程預算進行整理分析，用於計算防砂壩使用之數量及成本進行核對，以施工順序作為活動項目與工程數量及工程預算成本進行資源攤提，將每個工項對應其數量與成本，準確計算該工作所花費的種種項目及費用，能協助其更準確的預估財務狀況，使營運的風險降到最低。

一、工程預算

工程數量表在工程上有助於階段性控管，在排程施工進度圖時以分層數量方式實施將可得較精確的以工程預算與施工進度作結合，本計畫進行工程預算整理分析，將工區協助提供之(工程數量計算總表、工程數量計算表、土方數量計算表、工程預算詳細表、預算單價分析表及預算資源統計表)分析，探討防砂壩所應用之工程數量，如圖 3-20 所示，製作步驟說明如下。

	A	B	C	D
1	名稱	單位	契約數量	單價
2	右岸 45.8m 先施作，左岸 33.8m 後施作			
3	土方工程			
4	構造物開挖，挖普通土，機械	M3	2,910.82	45
5	構造物開挖，挖硬岩，機械	M3	363.85	270
6	構造物開挖，挖軟岩，機械	M3	363.85	220
7	構造物回填，回填土，機械	M3	1,033.21	20
8	餘土處理(1km以內)	M3	1,813.38	51
9	土木工程			
10	結構用混凝土，預拌，140kgf/cm ²	M3	25.67	1,800
11	結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ²	M3	1,968.88	2,000
12	混凝土澆注費及搗實費	M3	1,994.55	180
13	鋼筋，竹節鋼筋(SD 280)	T	11.17	18,400
14	鋼筋加工及組立	T	11.17	4,895
15	場鑄結構混凝土用模板，基礎模板	M2	580.65	200
17	場鑄結構混凝土用模板，造型模板	M2	579.13	380
23	鋼管柱材料及製作與安裝	T	27.80	60,000
24	拋石處理(φ 30~50cm佔70%以上)	M3	791.93	200
25	現地卵塊石敲除及篩選(φ 30~50cm佔70%以上)	M3	791.93	100
38	混凝土鑽心試體取樣及試驗費	組	6.00	4,000
39	混凝土鑽孔穿透檢驗費(以孔數計價)	孔	6.00	4,000
40	假設工程			
69	臨時擋土裝設施，鋼板樁 h=6.0m打拔	M	80.00	2,400
70	臨時擋土裝設施，鋼板樁 h=4.0m打拔	M	80.00	1,800
71	高空作業車(履帶)	M	120.00	2,800.00
72	施工架組立	M	120.00	2,800.00
73				

圖 3-20 工程預算表

(一) 土方工程

本研究計算土方工程用量，由工程數量計算表求得總土方工程用量及土方數量計算表求得防砂壩總土方工程用量，如圖 3-21、圖 3-22 所示，依照百分比進行計算，分別以開挖普通土，機械(約佔 80%)、開挖硬岩，機械(約佔 10%)、開挖軟岩，機械(約佔 10%)及計算回填土，機械與餘土利用。

一	土方工程		
1.	挖普通土，機械(詳見土方數量計算表)(約佔80%)		
	6703.38*0.80=	≡	5,363.00
2.	挖硬岩，機械(詳見土方數量計算表)(約佔10%)		
	6703.38*0.10=	≡	670.00
3.	挖軟岩，機械(詳見土方數量計算表)(約佔10%)		
	6703.38*0.10=	≡	670.00
4.	回填土，機械(詳見土方數量計算表)		
	4171.95=	≡	4,172.00
5.	餘土利用(1KM內)		
	5363+670+670-4172-1017=	≡	1,514.00

圖 3-21 工程數量計算表

行政院農業委員會水土保持局臺中分局						
土方數量計算表						
工程名稱：北坑溪(北田路310號段)護岸三期工程				第1頁：		
	間距	挖	平均斷面	基	回	平均斷面
		斷面		體積	斷面	
OK+020.00		31.95			21.73	
OK+040.00	20.00	6.51	19.23	384.60	22.34	22.04
OK+046.54	6.54	5.56	6.04	39.50	20.60	21.47
OK+060.00	13.46	4.24	4.90	65.95	27.40	24.00
OK+080.00	20.00	6.14	5.19	103.80	31.91	29.66
OK+100.00	20.00	16.06	11.10	222.00	35.00	33.46
OK+205.00		121.22			61.59	
OK+217.00	12.00	65.43	93.33	1,119.96	11.25	36.42
鋼便橋	7.00	82.08	82.08	574.56	72.48	72.48
防砂壩	1.00	3,638.52	3,638.52	3,638.52	1,033.21	1,033.21
固床工	1.00	554.50	554.50	554.50	27.70	27.70
總計				6,703.38		

圖 3-22 土方數量計算表

(二) 土木工程

本計畫計算工程數量，由工程數量總表得知防砂壩與固床工所包含之工程數量，經由現場訪視指導及整理分析後將其兩項工程區分，並由工程數量計算表可得知所包含之工程數量，如圖所示，結構用混凝土，預拌，140kgf/cm² 數量使用 25.67M³、結構用混凝土，預拌，210kgf/cm² 數量使用 1,968.88M³、混凝土澆注費及搗實費數量使用 1,994.55M³、鋼筋，竹節鋼筋(SD 280)數量使用 11.17T、鋼筋加工及組立數量使用 11.17T、場鑄結構混凝土用模板，基礎模板數量使用 580.65M²、場鑄結構混凝土用模板，造型模板數量使用 579.13M²、鋼管柱材料及製作與安裝數量使用 27.80T、拋石處理(φ 30~50cm 佔 70%以上)數量使用 791.93M³、現地卵塊石敲除及篩選(φ 30~50cm 佔 70%以上)數量使用

791.93M3、混凝土鑽心試體取樣及試驗費數量使用 6 組、混凝土

鑽孔穿透檢驗費(以孔數計價)數量使用 6 孔，如圖 3-23 所示。

行政院農業委員會水土保持局臺中分局

工程數量計算表

工程名稱：北坑溪(北田路310號段)護岸三期工程			
三 防砂壩及固床工等			
1. 結構用混凝土，140kgf/cm ²			
25.67+4.04=	≡	29.71	m ³
2. 結構用混凝土，210kgf/cm ²			
1951.51+17.37+160.98+5.12=	≡	2,134.98	m ³
3. 混凝土澆注費及搗實費			
29.71+2134.98=	≡	2,164.69	m ³
4. 鋼筋，竹節鋼筋			
(11171.23+3089.02)/1000=	≡	14.26	T
5. 鋼筋加工及組立			
(11171.23+3089.02)/1000=	≡	14.26	T
6. 場鑄結構混凝土用模板，基礎模板			
580.65+104.42=	≡	685.07	m ²
7. 場鑄結構混凝土用模板，造型模板			
579.13+170.74=	≡	749.87	m ²
8. 鋼管柱材料及製作與安裝			
((7.00*2+4.40+(1.30+0.50+0.35+0.35+0.59)*4)*154+(57.31+11.87)*32)*4/1000	≡	27.80	T
9. 拋石處理(φ 30~50cm佔70%以上)			
791.93+224.78=	≡	1,017.00	m ³
10. 現地卵塊石敲除及篩選(φ 30~50cm佔70%以上)			
791.93+224.78=	≡	1,017.00	m ³
11. 漿砌石修補開挖缺口			
2=	≡	2.00	處
12. 河道整理			
2=	≡	2.00	處
13. 混凝土鑽心抗壓試驗費			
(2735*6.5+191*4.5)/3000≡6	≡	6.00	組
14. 混凝土鑽孔穿透檢驗費(以孔數計價)			
(2735*6.5+191*4.5)/3000≡6	≡	6.00	孔

圖 3-23 工程數量計算表

(三) 假設工程

本計畫工程於施工中，使用一些假設工程類型，於工程數量計算書得知臨時擋土設施 6M 與 4M 鋼板樁工程數量，及施工作業過程中 2M 下使用施工架超過 2M 使用高空作業施作，由預算表中單價分析表可得假設工程費用，如圖 3-24、圖 3-25 及圖 3-26 所示。

49.	臨時擋土設施，鋼板樁 h=6.0m，打拔				40.00	40.00	m
50.	臨時擋土設施，鋼板樁 h=4.0m，打拔				40.00	40.00	m

圖 3-24 鋼板樁打拔數量

壹.二.2	工作項目：安全衛生費(固定單價,不因決標金額調整)		單位：式		計價代碼：017401104A0319	
	工料名稱	單位	數量	單價	複價	編碼(備註)
	高空作業車(履帶)	M	120.000	2,800	336,000	*注意：此工項單價為業主所定之固定單價

圖 3-25 高空作業車數量

壹.二.2	工作項目：安全衛生費(固定單價,不因決標金額調整)		單位：式		計價代碼：017401104A0319	
	工料名稱	單位	數量	單價	複價	編碼(備註)
	施工架組立(含防墜網)	M	120.000	2,800	336,000	*注意：此工項單價為業主所定之固定單價

圖 3-26 施工架組立數量

二、預算項目與工程進度結合

本研究階段對應預算項目與工程進度之關係，由實際追蹤之工程進度進行整列導入，同時 BIM 模型之建置方法也依照施工進度所建置，而後將整理分析完成之防砂壩預算項目導入，此步驟考慮後續串聯問題需特別謹慎，以多次前往工區現地勘查及指教，將其完成預算項目與工程進度對應，如圖 3-27 所示。

「以 BIM 為基礎建構水保工程應用 4D 與 5D 模型於施工階段之研究」

	A	B	C	D	E	F
	進度項目	預算項目	單位	數量	單價	復價
1	本工程採半半施工:右岸45.8M先施作,左岸33.8M後施作。					
3	右岸清除多餘土方至溪床線以下10cm L=45.8M	清除多餘土方	M3	906.69	51.00	46,241.19
4	右岸清除多餘土方至溪床線以下10cm L=45.8M					
5	左岸鋼板樁打設46M(上游端6m長鋼板樁、下游端4m長鋼板樁)	上游端6m長鋼板樁	M	20.00	2,400	48,000.00
6	右岸鋼板樁打設46M(上游端6m長鋼板樁)	下游端4m長鋼板樁	M	20.00	1,800	36,000.00
7	右岸鋼板樁打設46M(上游端6m長鋼板樁)	構造物開挖,挖普通土,機械	M3	1455.41	45	65,493.36
8	右岸鋼板樁打設46M(下游端4m長鋼板樁)	構造物開挖,挖硬岩,機械	M3	181.93	270	49,120.02
9	基礎開挖右岸45.8M	構造物開挖,挖軟岩,機械	M3	181.93	220	40,023.72
11	PC結構用混凝土,預拌,140kgf/cm2	PC打底	M3	12.84	1,800	23,103.00
12	右岸L=45.8M前腳趾1.5M鋼筋綁紮、模板組立、混凝土澆置					
13	右岸L=45.8M前腳趾1.5M鋼筋綁紮	鋼筋,竹節鋼筋(SD 280)	T	2.79	18,400	51,382.00
14		鋼筋加工及組立	T	2.79	4,895	13,669.29
15		編織結構混凝土用模板,基礎模板	M2	25.25	200.00	5,049.13
16	右岸L=45.8M前腳趾1.5M模板組立	編織結構混凝土用模板,造型模板	M2	25.18	380.00	9,568.23
17		結構用混凝土,預拌,210kgf/cm2	M3	85.60	2,000.00	171,206.96
18	右岸L=45.8M前腳趾1.5M混凝土澆置	混凝土澆注費及搗實費	M3	86.72	180.00	15,609.52
19						
20	右岸L=45.8M前腳趾1.5M拆模及土方回填(回填高度H=1.5m)	土方回填	M3	258.30	20	5,166.05
21	右岸L=45.8M前腳趾1.5M拆模及土方回填(回填高度H=1.5m)	拋石處理	M3	197.98	200	39,596.50
22	拋石處理(≥30~50cm佔70%以上)	現地卵塊石廠除及篩選	M3	197.98	100	19,798.25
23	現地卵塊石廠除及篩選(≥30~50cm佔70%以上)					
24	右岸L=45.8M 1.0.5背部鋼筋綁紮、第一昇層H=0.25m模板組立、混凝土澆置					
25	右岸L=45.8M 1.0.5背部鋼筋綁紮	鋼筋,竹節鋼筋(SD 280)	T	2.79	18,400	51,382.00
26		鋼筋加工及組立	T	2.79	4,895	13,669.29
27	右岸L=45.8M第一昇層H=0.25m模板組立	編織結構混凝土用模板,基礎模板	M2	25.25	200.00	5,049.13
28		編織結構混凝土用模板,造型模板	M2	25.18	380.00	9,568.23
29	右岸L=45.8M第一昇層H=0.25m混凝土澆置	結構用混凝土,預拌,210kgf/cm2	M3	85.60	2,000.00	171,206.96
30		混凝土澆注費及搗實費	M3	86.72	180.00	15,609.52
31	臨時排水設施:擺放2隻φ30cmPVC管					
32	右岸L=45.8M第二昇層H=0.88m模板組立、混凝土澆置(於鋼管壩處預留缺口H=0.12m)					
33	右岸L=45.8M第二昇層H=0.88m模板組立(於鋼管壩處預留缺口H=0.12m)	編織結構混凝土用模板,基礎模板	M2	25.25	200.00	5,049.13
34		編織結構混凝土用模板,造型模板	M2	25.18	380.00	9,568.23
35	右岸L=45.8M第二昇層H=0.88m混凝土澆置(於鋼管壩處預留缺口H=0.12m)	結構用混凝土,預拌,210kgf/cm2	M3	85.60	2,000.00	171,206.96
36		混凝土澆注費及搗實費	M3	86.72	180.00	15,609.52
37	右岸L=45.8M第三昇層H=0.88m模板組立、混凝土澆置(於鋼管壩處預留缺口H=0.88m)					
38	右岸L=45.8M第三昇層H=0.88m模板組立(於鋼管壩處預留缺口H=0.88m)	編織結構混凝土用模板,基礎模板	M2	25.25	200.00	5,049.13
39		編織結構混凝土用模板,造型模板	M2	25.18	380.00	9,568.23
40	右岸L=45.8M第三昇層H=0.88m混凝土澆置(於鋼管壩處預留缺口H=0.88m)	結構用混凝土,預拌,210kgf/cm2	M3	85.60	2,000.00	171,206.96
41		混凝土澆注費及搗實費	M3	86.72	180.00	15,609.52
42	右岸L=45.8M第二昇層、第三昇層拆模及土方回填(回填高度H=2.0m)	土方回填	M3	258.30	20	5,166.05
43	右岸L=45.8M第二昇層、第三昇層拆模及土方回填(回填高度H=2.0m)	拋石處理	M3	197.98	200	39,596.50
44	拋石處理(≥30~50cm佔70%以上)	現地卵塊石廠除及篩選	M3	197.98	100	19,798.25
45	現地卵塊石廠除及篩選(≥30~50cm佔70%以上)					
46	右岸L=45.8M第四昇層H=0.88m模板組立、混凝土澆置					
47	右岸L=45.8M第四昇層H=0.88m模板組立	編織結構混凝土用模板,基礎模板	M2	25.25	200.00	5,049.13
48		編織結構混凝土用模板,造型模板	M2	25.18	380.00	9,568.23
49	右岸L=45.8M第四昇層H=0.88m混凝土澆置	結構用混凝土,預拌,210kgf/cm2	M3	85.60	2,000.00	171,206.96
50		混凝土澆注費及搗實費	M3	86.72	180.00	15,609.52
51	右岸L=45.8M第五昇層H=0.88m模板組立、混凝土澆置					
52	右岸L=45.8M第五昇層H=0.88m模板組立	編織結構混凝土用模板,基礎模板	M2	25.25	200.00	5,049.13

圖 3-27 預算項目與進度項目結合

三、結合方式

以預算項目之工程項目將所有預算按工程進度所結合，依預算單價平均分攤方式編列入工程進度之分項工程中，例如施工進度基礎開挖防砂壩右岸 45.8M 及防砂壩左岸 33.8M 內包含工程預算分析之土方工程數量，依照施工進度中重複性工項統計，在此其預算金額透過工程數量表中計算該工項總計花費進行攤提分析，其中已將工程預算書中防砂壩透過分層作數量計算。

第五節 4D、5D 動態模擬

本研究目前利用 Revit 建置建築資訊模型完成，並蒐集工程施工時所需之資料，以 Project 彙整施工進度圖資料與現況差異，經由 Excel 計算方式將預算書之成本進行攤提，將其整合施工進度圖、預算書與模型流程之原則，擬定之 4D、5D 模擬建置流程，在流程中以 Navisworks 作為 4D、5D 建置之軟體呈現各階段實際施工情形模擬，如圖 3-28 所示。

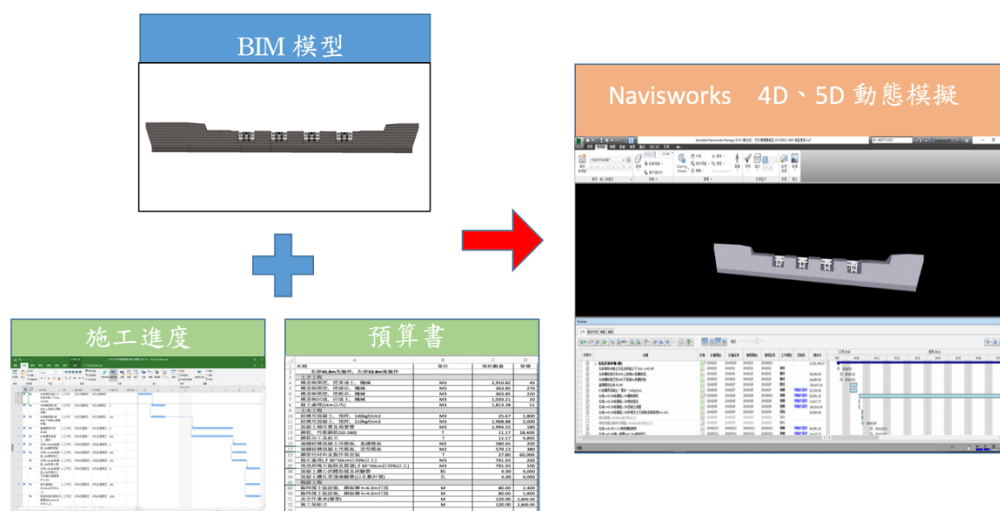


圖 3-28 4D、5D 模擬架構

一、匯入施工進度圖與模型資訊

將水土保持工程之實例防砂壩 BIM 模型與施工進度圖整合，匯入 Navisworks 軟體中，再匯入施工進度圖時，需特別注意選取正確時程欄位以及設定之日期正確與否，並且預定計畫開始/完成時間欄位選擇排程之基準開始/完成時間，實際開始/完成時間欄位選擇排

程軟體中之實際開始/完成時間，設定後即可重新整理，完成匯入，如

圖 3-29 所示。

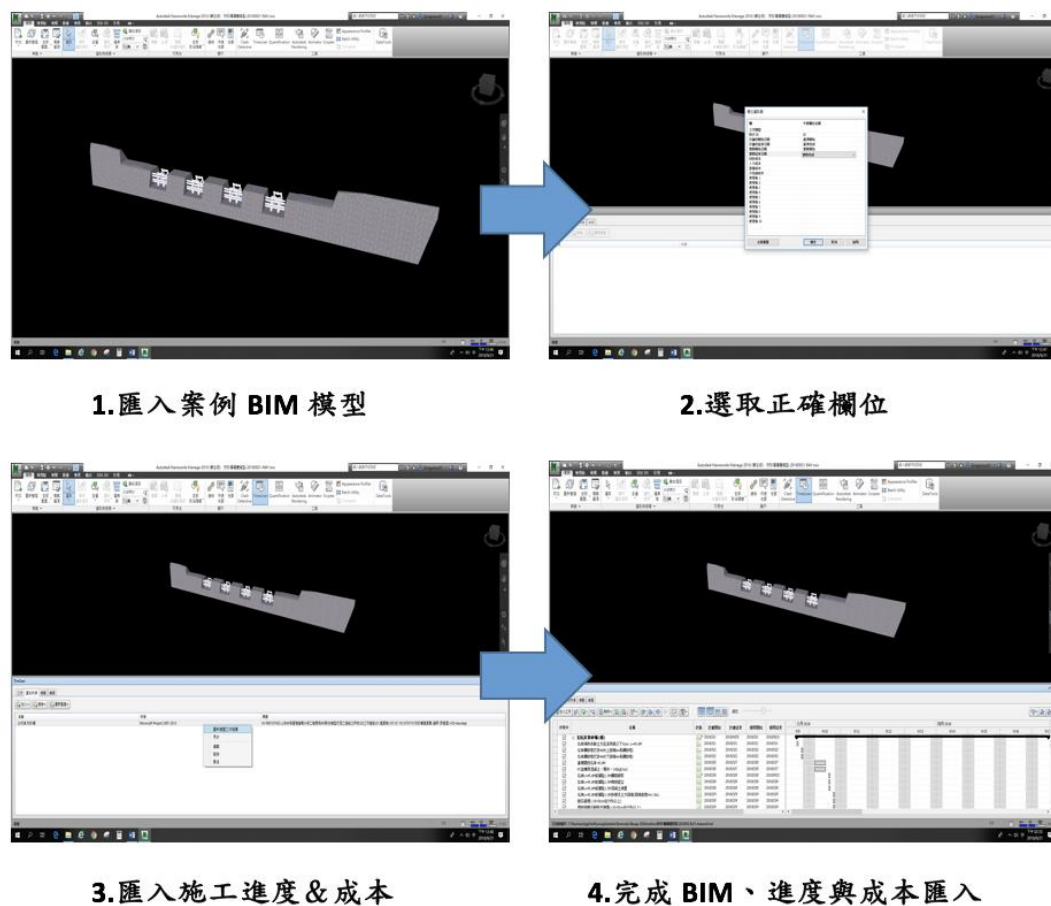


圖 3-29 匯入模擬資訊

二、匯入施工項目

(一) 編輯模型構件類型

在「選集樹」中分類出各層結構體部分出來，將選取的模型構件拖曳至「集」視窗中，各層結構體依據施工方法進行建構，分層左岸及右岸防砂壩分層建構選集。如圖 3-30 所示。

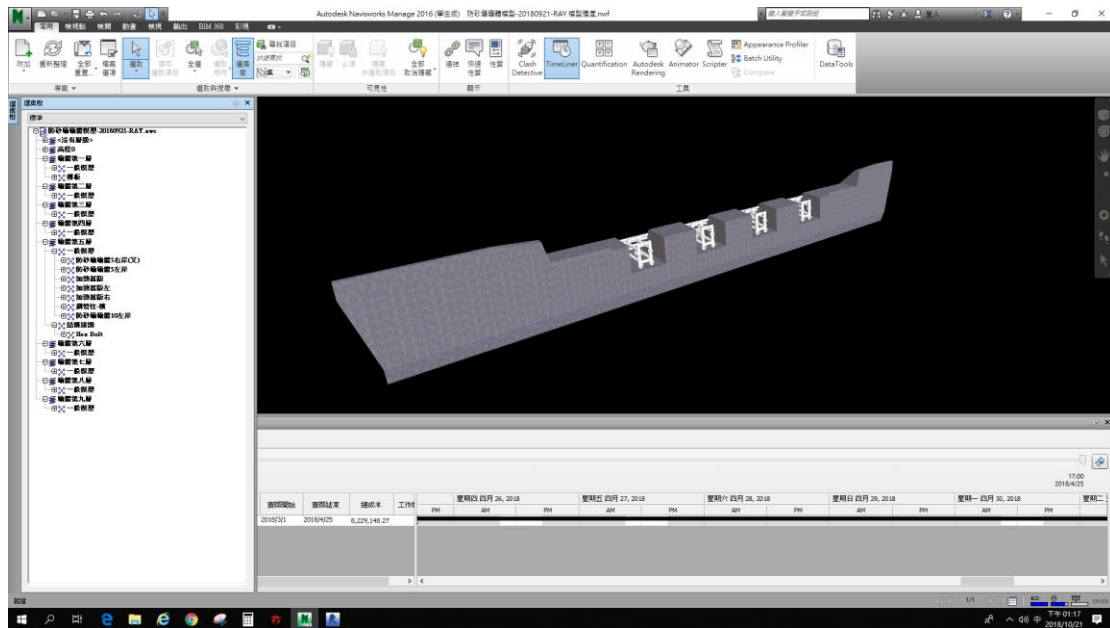


圖 3-30 模型構件類型

(二) 項目工作類型

此案例工程為水保工程，研究限制僅限於結構體建構部分，將模擬軟體中可呈現之工作類型分為建構、暫時、清除、開挖及回填五種工作類型，並設定各工作類型進行模擬時開始與結束之外觀呈現方式。施工進度圖中已有預定施工起訖時間與實際施工起訖時間，若作業項目有提前施工或延後施工之情形，在模擬中亦可呈現出各作業項目提前施工或延後施工之外觀呈現方式，如圖 3-31 所示。

(三) 構建貼附

[illegible]

3-28

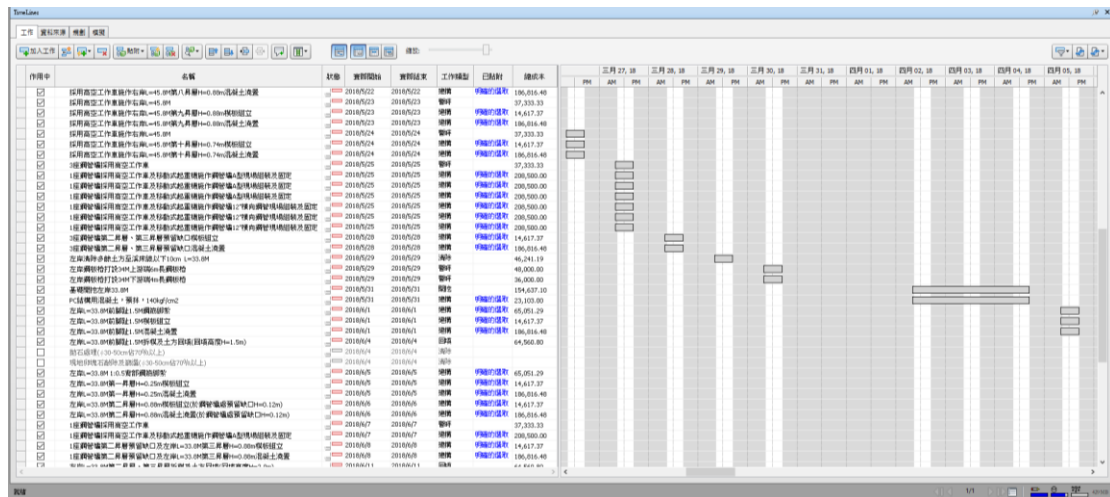


圖 3-33 構件貼附模型

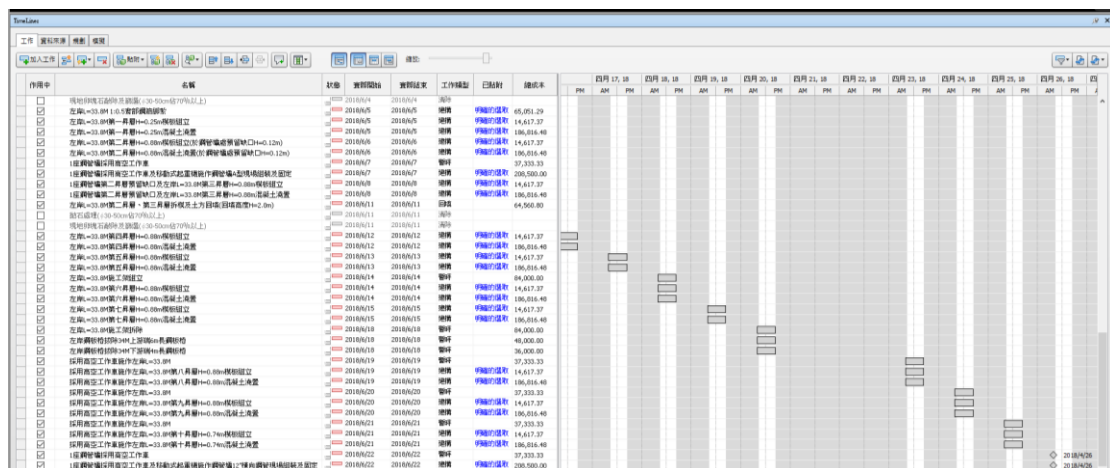


圖 3-34 構件貼附模

三、輸出模擬影片設定

在輸出模擬設定對話方塊中利用 TimeLiner 設定排程動畫時間長度及模擬開始與結束日期，依據匯入之竣工時程圖中實際開始時間為 2018/5/04，結束日期為 2018/6/22。設定日期後，在檢視處選擇實際與差異計畫之模擬。如圖 3-35 所示。

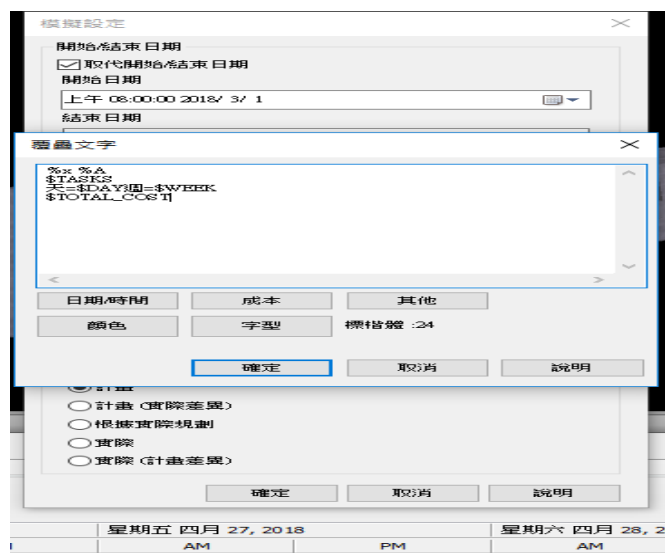


圖 3-35 動畫輸出設定

四、輸出模擬影片

匯出模型時選取來源於 TimeLiner 模擬，格式以 Windows AVI 檔匯出，可從選項中選取畫面呈現範圍，以及明確呈現模擬動畫之呈現位置，如圖 3-36 所示。

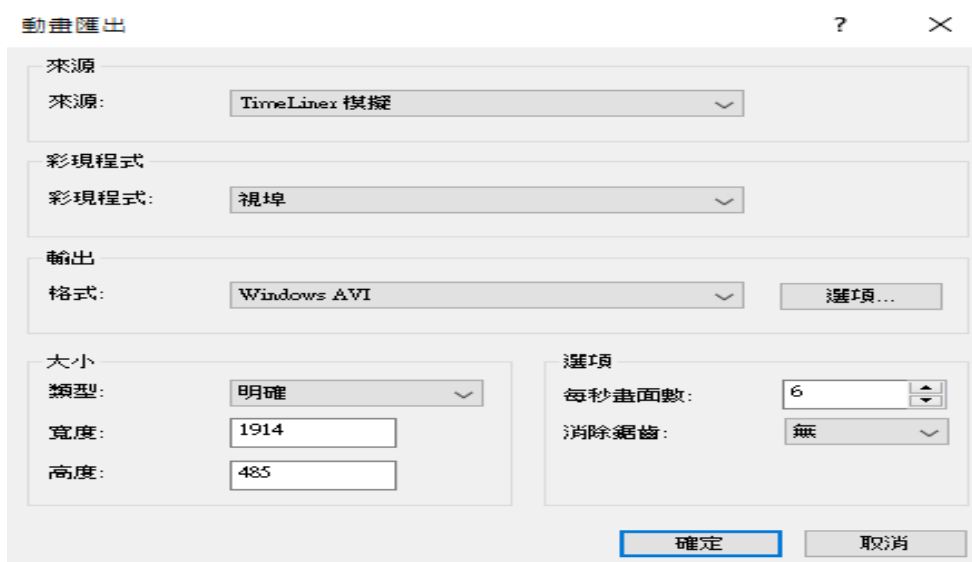


圖 3-36 輸出影片設定

本研究完成施工進度及預算書成本與 BIM 模型結合，呈現各階

段實際施工情形模擬，預算書內所排程之進度 50 天進行模擬，並透過動畫模擬之 BIM 元件，對應施工進度完成百分比與成本等資訊，以 BIM 元件為基礎，對應的進度項目與工程成本型成 4D、5D 施工模擬，以提高施工管理之效率。

第四章 實例驗證

本研究於水保工程進度與成本資料庫之架構建立完成後，依照施工項目與預算項目對應成本邏輯，透過防砂壩作為選定之驗證案例，建立該水保工程之 BIM 模型，並導入 COBie 資料留存架構以標準化模式提供水保工程施工階段資訊共用之手段，進行資訊的整合與分析。透過防砂壩之案例，驗證提出水保工程應用 4D 與 5D 模型於施工階段之與實際效益。

第一節 北坑溪護岸三期工程實際案例

本工程位於台中市太平區頭汴里，因豪雨造成崩塌，每逢大雨造成土砂滔刷及邊坡崩塌，基於整體規劃及緊急防汛之考量，集水區面積=841.93ha、溪流長度=6312m 及高差=518m，預計施工期限 270 日曆天(考慮施工機具進出不易及汛期雨季等，故酌增工期)，相關圖說如圖 4-1、圖 4-2、圖 4-3 所示。

一、施作項目：

(一) 護岸 L=92.5M

(二) 防砂壩 1 座

(三) 固床工 1 座

(四) 生物通道 1 座

(五) 護岸截牆 1 座

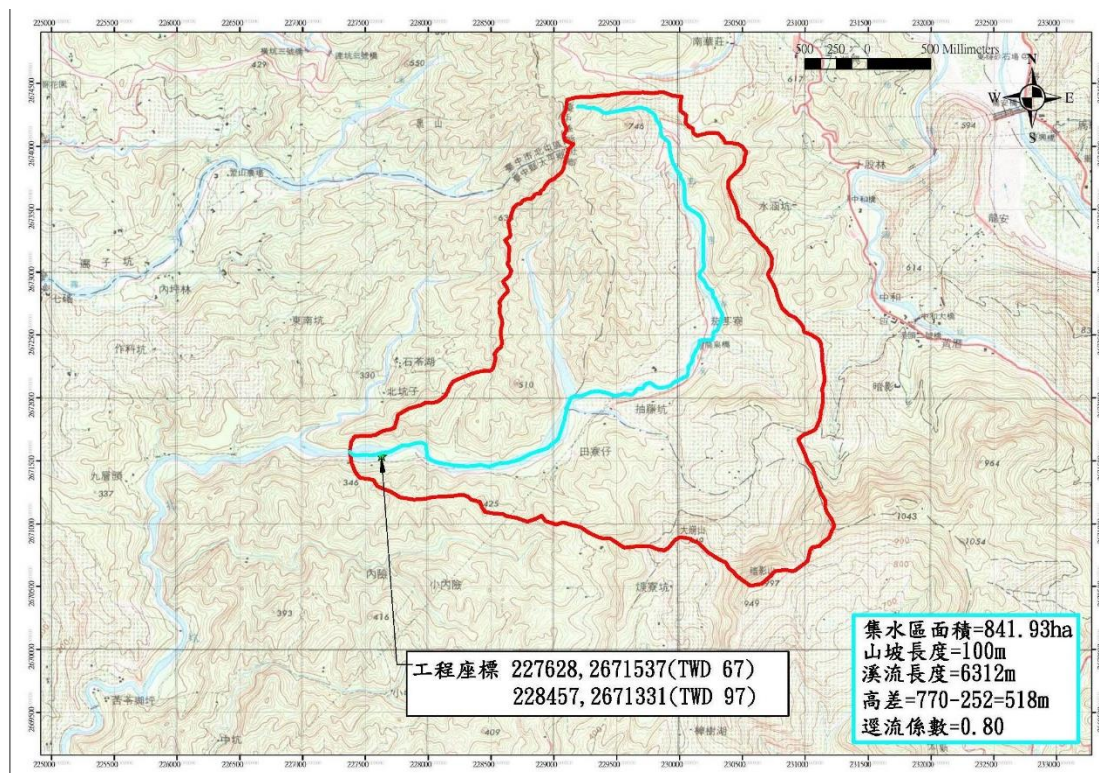


圖 4-1 工區地理位置圖



圖 4-2 全區配置圖

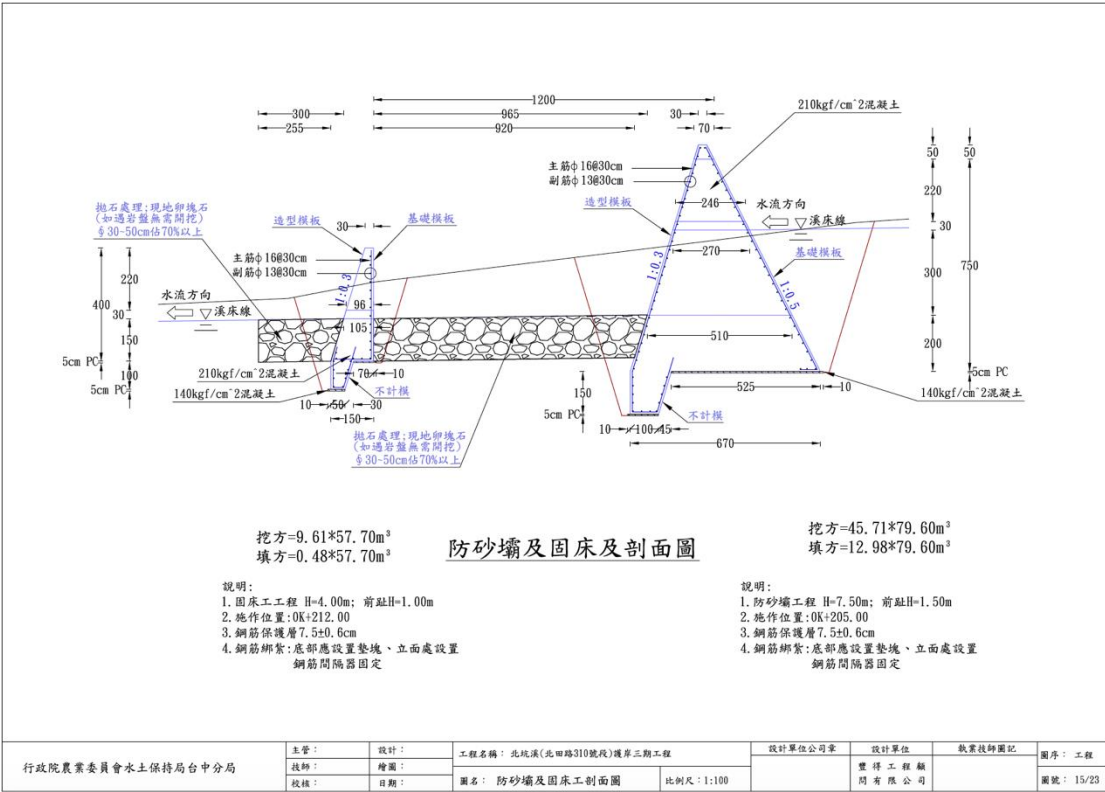


圖 4-3 防砂壩剖面圖

第二節 實際與規劃執行之落差

為達成作為本研究之重要性 4D、5D 施工動態模擬呈現之效益，本研究將規劃與實際執行作比較，比較方式為依據施工日誌作為實際開始時間及實際完成時間，按照預算書所編列之計畫工期為 50 天作為依據以合理的方式排程各工項完成時間作為比較，擬定是否提前、延後及與規劃相符之判定方式，經由施工日誌內容中填寫之重要事項記錄作為施工項目完成與結束時間，統計實際工期與計畫工期施工中的天數作為判別，如表 4-1 所示。

本階段研究過程中將發現部分以兩個顏色區分，發現一：施工日誌內容中有部分資料缺失，為此以*字號作為標記，並以合理施作天

數計算排程，發現二：施工日誌於編號 30 拆模及編號 28 回填及鋼管霸 A 型現場組裝及固定現場施作順序變更，將兩施作延後至 107/09/20 及 107/09/25 日施作。於施工日誌 107/09/18 日起後無防砂壩之資料，但本研究經由 107/09/25 前往現場勘查，如圖所示，勘查結果 107/09/25 已完成 12" 橫向鋼管現場組裝及固定，依據當日勘查結果作為本工程完成之最後一天，最後以 145 天（日曆天）結束防砂壩工程，如圖 4-4 所示。



圖 4-4 現場照片(107/09/25)

表 4-1 規劃與實際比較表

編號	作業名稱	實際工期	實際開始時間	實際完成時間	計畫工期	規劃開始時間	規劃完成時間	提前/延後
1	右岸鋼板樁	1 天	107/05/04	107/05/04	1 天	107/05/04	107/05/04	與規劃相符
2	右岸基礎開挖	4 天	107/05/08	107/05/11	1 天	107/05/07	107/05/07	延後
3	右岸前腳趾	3 天	107/05/14	107/05/16	1 天	107/05/08	107/05/08	延後
4	拆模及回填	1 天	107/05/15	107/05/15	1 天	107/05/09	107/05/09	與規劃相符
5	右岸第一昇層	2 天	107/05/17	107/05/18	1 天	107/05/10	107/05/10	延後
6	*右岸第二昇層	2 天	107/05/21	107/05/22	1 天	107/05/11	107/05/11	延後
7	*右岸第三昇層	2 天	107/05/23	107/05/24	1 天	107/05/14	107/05/14	延後
8	拆模及回填	1 天	107/05/25	107/05/25	1 天	107/05/15	107/05/15	與規劃相符

編號	作業名稱	實際 工期	實際開始 時間	實際完成 時間	計畫 工期	規劃開始 時間	規劃完成 時間	提前/延後
9	右岸第四昇層	1 天	107/05/28	107/05/28	1 天	107/05/16	107/05/16	與規劃相符
10	右岸第五昇層	1 天	107/05/30	107/05/30	1 天	107/05/17	107/05/17	與規劃相符
11	右岸施工架	同天	107/05/30	107/05/30	同天	107/05/17	107/05/17	與規劃相符
12	右岸第六昇層	2 天	107/05/31	107/06/01	1 天	107/05/18	107/05/18	延後
13	右岸第七昇層	1 天	107/06/04	107/06/04	1 天	107/05/21	107/05/21	與規劃相符
14	施工架拆除	1 天	107/06/05	107/06/05	1 天	107/05/22	107/05/22	與規劃相符
15	拆除鋼板樁	同天	107/06/05	107/06/05	同天	107/05/22	107/05/22	與規劃相符
16	右岸第八昇層	1 天	107/06/26	107/06/26	同天	107/05/22	107/05/22	延後
17	右岸第九昇層	1 天	107/06/27	107/06/27	1 天	107/05/23	107/05/23	與規劃相符
18	右岸第十昇層	1 天	107/06/28	107/06/28	1 天	107/05/24	107/05/24	與規劃相符
19	鋼管霸 A 型現場 組裝及固定	1 天	107/08/31	107/08/31	1 天	107/05/25	107/05/25	與規劃相符
20	12"橫向鋼管現場 組裝及固定	同天	107/08/31	107/08/31	同天	107/05/25	107/05/25	與規劃相符
21	右岸預留缺口澆 置固定	同天	107/08/31	107/08/31	1 天	107/05/28	107/05/28	延後
22	左岸鋼板樁	1 天	107/09/03	107/09/03	1 天	107/05/29	107/05/29	與規劃相符
23	左岸基礎開挖	同天	107/09/03	107/09/03	1 天	107/05/31	107/05/31	延後
24	左岸前腳趾	1 天	107/09/04	107/09/04	1 天	107/06/01	107/06/01	與規劃相符
25	拆模及回填	1 天	107/09/05	107/09/05	1 天	107/06/04	107/06/04	與規劃相符
26	左岸第一昇層	1 天	107/09/06	107/09/06	1 天	107/06/05	107/06/05	與規劃相符
27	左岸第二昇層	1 天	107/09/07	107/09/07	1 天	107/06/06	107/06/06	與規劃相符
28	鋼管霸 A 型現場 組裝及固定	1 天	107/09/25	107/09/25	1 天	107/06/07	107/06/07	與規劃相符
29	左岸第三昇層	1 天	107/09/10	107/09/10	1 天	107/06/08	107/06/08	與規劃相符
30	拆模及回填	1 天	107/09/20	107/09/20	1 天	107/06/11	107/06/11	與規劃相符
31	左岸第四昇層	1 天	107/09/11	107/09/11	1 天	107/06/12	107/06/12	與規劃相符
32	左岸第五昇層	1 天	107/09/12	107/09/12	1 天	107/06/13	107/06/13	與規劃相符
33	左岸施工架	1 天	107/09/17	107/09/17	1 天	107/06/14	107/06/14	與規劃相符
34	左岸第六昇層	同天	107/09/17	107/09/17	同天	107/06/14	107/06/14	與規劃相符
35	左岸第七昇層	1 天	107/09/18	107/09/18	1 天	107/06/15	107/06/15	與規劃相符
36	*施工架拆除	1 天	107/09/19	107/09/19	1 天	107/06/18	107/06/18	與規劃相符
37	*拆除鋼板樁	同天	107/09/19	107/09/19	1 天	107/06/18	107/06/18	延後
38	*左岸第八昇層	1 天	107/09/20	107/09/20	1 天	107/06/19	107/06/19	與規劃相符

編號	作業名稱	實際工期	實際開始時間	實際完成時間	計畫工期	規劃開始時間	規劃完成時間	提前/延後
39	*左岸第九昇層	1 天	107/09/21	107/09/21	1 天	107/06/20	107/06/20	與規劃相符
40	*左岸第十昇層	1 天	107/09/24	107/09/24	1 天	107/06/21	107/06/21	與規劃相符
41	*12"橫向鋼管現場組裝及固定	1 天	107/09/25	107/09/25	1 天	107/06/22	107/06/22	與規劃相符
42	合計	43 天	145 天 (日曆天)		36 天	50 天(日曆天)		延後

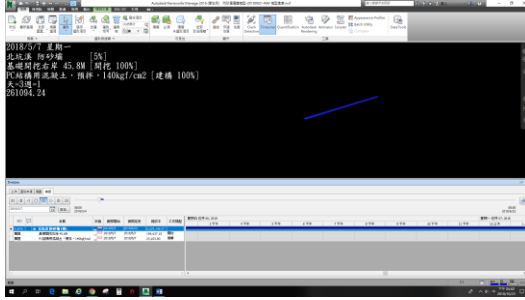
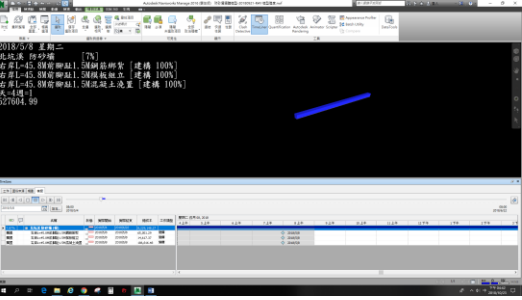
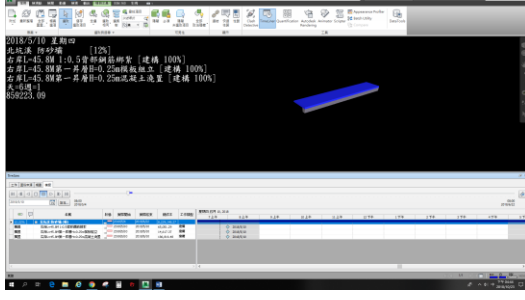
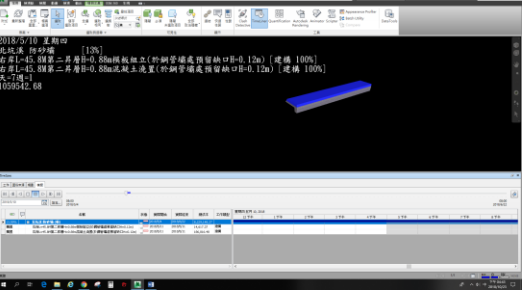
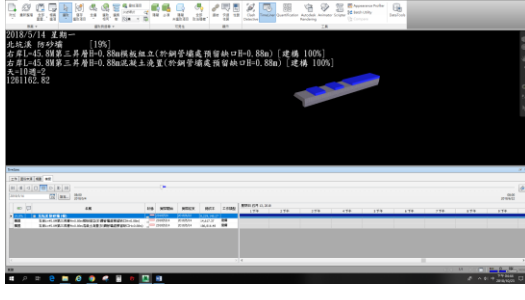
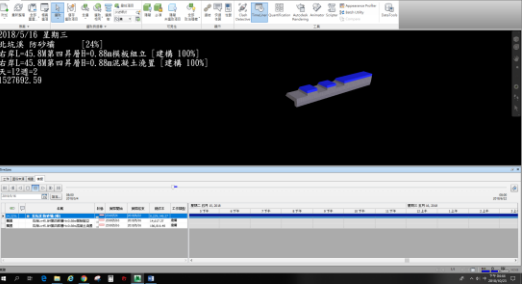
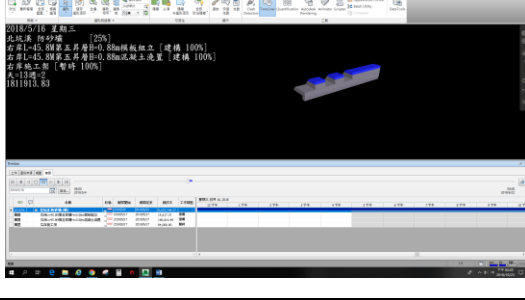
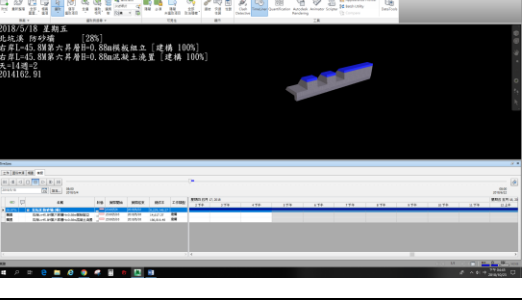
本研究結果發現實際施工期間有兩個月未實施防砂壩工程，因此以合理模式推算實際施工與規劃施工中各工項作業時間，統計實際施工工期為 43 天完成防砂壩工程，計畫工期為 36 天完成防砂壩工程，以兩者相比下相差大約一個星期的施工期間，提升研究之施工模擬可行性及準確度的價值。

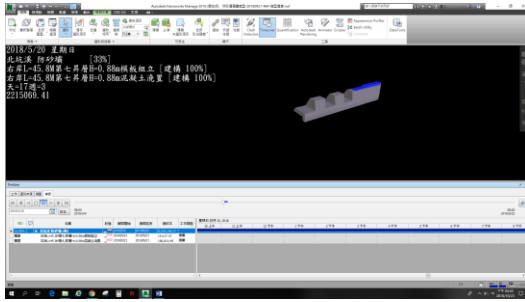
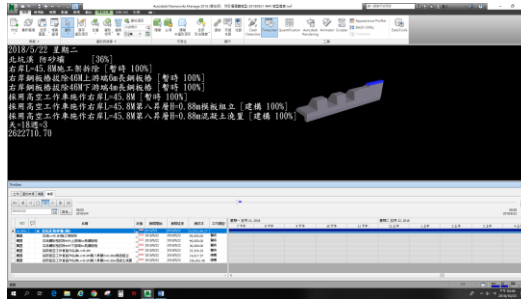
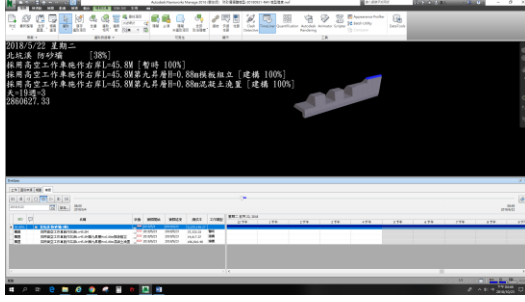
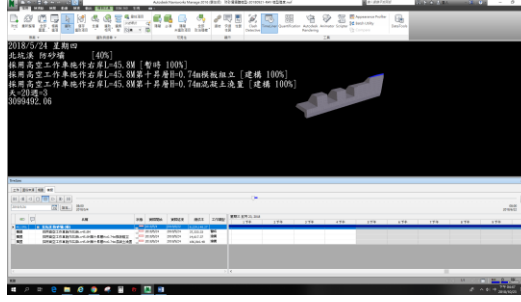
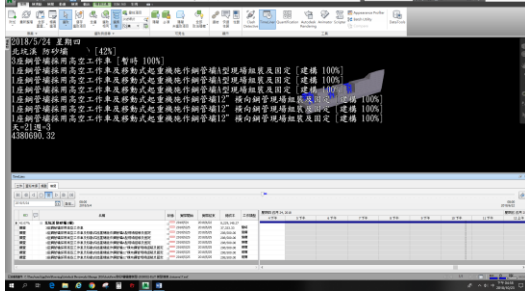
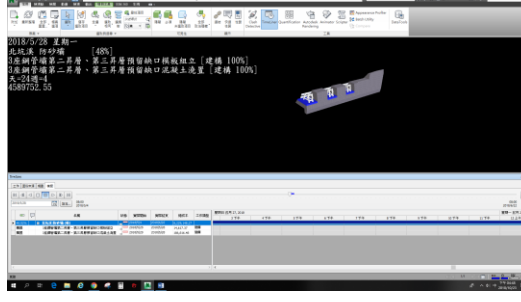
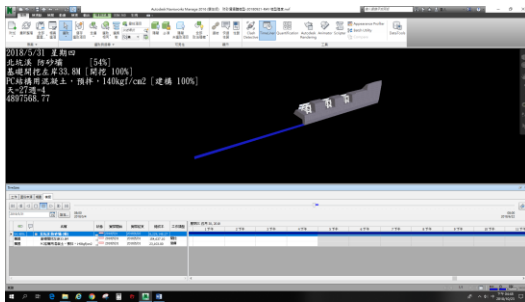
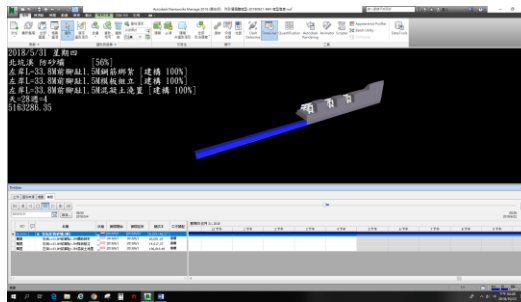
第三節 4D、5D 施工模擬

本研究階段於上一章節中比較實際與規劃執行之落差，得到結果為實際工期與計畫工期兩者相比下相差大約一個星期的施工期，如預算書所編列之 50 天（日曆天）是可在時間內完成的，為此以 4D、5D 動態模擬方式呈現，如表 4-2 所示。

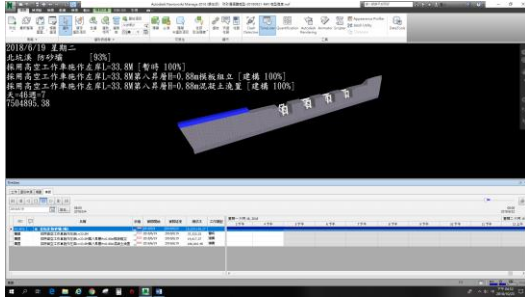
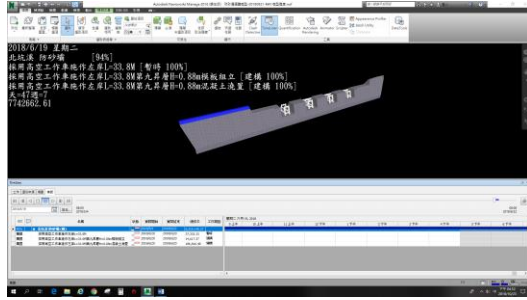
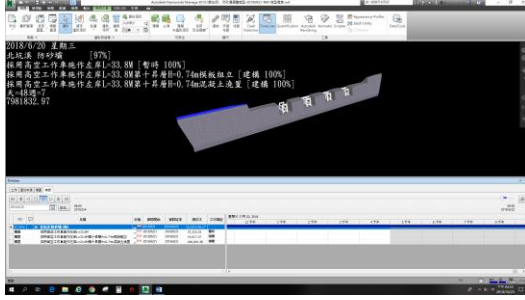
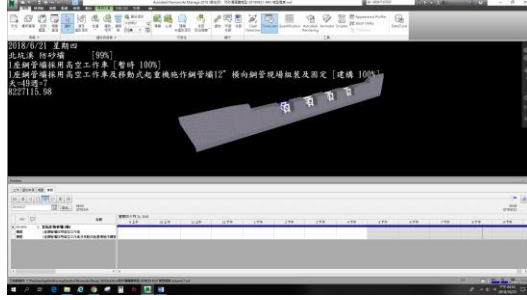
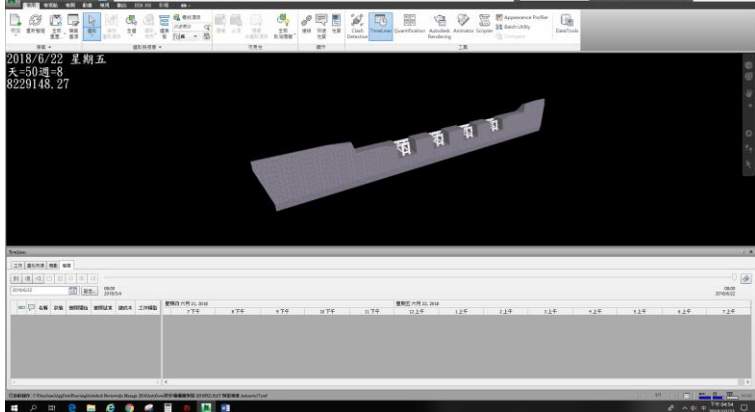
本研究 4D、5D 施工階段模擬以 50 天(日曆天)進行，由 107/05/04 開始施作按照施工方法進行建置，並依照施工階段建構完成百分比進行 4D 模擬，同時施作項目對應預算書成本，並以施工階段完成建構百分比達 100%累計總成本作為 5D 呈現。

表 4-2 4D、5D 施工模擬

	
防砂壩右岸 PC 打底	防砂壩右岸前腳趾施作
	
防砂壩右岸第一昇層	防砂壩右岸第二昇層
	
防砂壩右岸第三昇層	防砂壩右岸第四昇層
	
防砂壩右岸第五昇層	防砂壩右岸第六昇層

	
防砂壩右岸第七昇層	防砂壩右岸第八昇層
	
防砂壩右岸第九昇層	防砂壩右岸第十昇層
	
防砂壩右岸 A 型鋼架組立，鋼管壩 12" 橫向鋼管現場組裝及固定	防砂壩右岸 A 型鋼架混凝土固定
	
防砂壩左岸 PC 打底	防砂壩左岸前腳趾施作



	
防砂壩左岸第八昇層	防砂壩左岸第九昇層
	
防砂壩左岸第十昇層	防砂壩左岸鋼管壩 12" 橫向鋼管 現場組裝及固定
	
防砂壩左右岸完成	

第四節 小結

本研究針對防砂壩主體作為研究將施工進度圖及預算書成本與 BIM 模型結合型成 4D、5D 模擬後，發現幾個問題為製作 Project 排程之作業時所涵蓋之工項無法與 BIM 模型構件連結及匯入 Project 於施工模擬軟體中時，時程項次無法連結至合適之項次，需逐一修正作業中的時程，解決方法為於 Project 排程之作業時，將排程時間及日

期包括前置作業設定確實，使甘特圖呈現實體顏色並帶黑底線作為確認，而後匯入軟體後視窗選擇設定之實際時間、預估時間、日期等。

施工模擬之軟體中貼附模型構件過程中會因為 BIM 模型詳細度有所影響，無法構件連結之部分需另花人力及時間進行繪製，例如土方開挖、擋土支撐、土方回填、臨時排水設施、施工架、高空作業車等作業項目，而本計畫針對防砂壩主體之工程探討進度與成本之關聯，在施工模擬中，暫不繪製除防砂壩主體以外之模型與時程連結。

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究建立防砂壩工程之 BIM 模型完成後，導入 COBie 資料留存架構以標準化模式提供水保工程施工階段資訊共用手段，進行資訊整合與分析，透過實際與規劃執行落差比對，驗證水土保持防砂壩工程導入 4D、5D 施工模擬之可行性及實際效益。

一、水土保工程 BIM 模型

本研究建立防砂壩工程之 BIM 模型完成後，結合 COBie 流程與電子表單整合至 BIM 模型之水保工程資料留存架構，對於防砂壩主體而言，分為左右兩岸各 10 層，繪製 BIM 模型時需注意以規畫性分層進行繪製，有助於規劃各階層所對應之進度與成本，並導入 COBie 時可以精準的留存該防砂壩個體之資訊，目的在於提升資訊於工程生命週期的傳遞效率，加強資訊在設計方與施工方的擷取，並提供給設施維運端作使用，達到資產管理之目的。

二、水土保持工程導入 4D、5D 可行性

本研究發現水土保持工程有利於實施 4D、5D 模擬，可以幫助施工計畫中預期發現設計錯誤或缺失、變更設計之參考、時程規劃安排、現金流量精準度等效益，對於水保工程所施工項目較無複雜，將 BIM 模型、進度項目及預算項目連結加以整合，由可視覺化的呈現實際施工情形與預定進度對比，反饋現場管理單位與水土保持局之管理者即時資訊並提出預警，促使更有效控管工程實際進度之差異。

第二節 建議

- 一、本研究建議在工程專案進行時，應確實記錄施工日報表，並定期追蹤及更新施工進度圖，將各項作業實際起迄之時間、施工順序、重要施工項目等作業項目紀錄確實，若施工過程中導致延後情況時，更應確實紀錄發生之原因。
- 二、3D BIM 模型具有相當豐富的工程基本資訊，建議後續研究中建置 BIM 模型時，可以考慮將整個工地現場包含之固床工、護岸、防砂壩等一併建置，規劃整個生命週期，更能提升水土保持工程效益。
- 三、本研究建議後續研究有關於預算書內之成本分析，嘗試以其軟體方便進行計算，避免以傳統計算模式錯誤之發生，同時數量可依據軟體建置模型內建使用之數量進行比對。
- 四、建議後續研究中關於 4D、5D 施工模擬，除顯示不同顏色，了解一時段不同元件施工進度與狀況下，可開發增益集，增加施工模擬呈現同時跑 S curve 更能了解實際與規劃中的進度與成本。

參考文獻

- 〔1〕吳政樺，「建築資訊模型於成本進度整合之應用研究」，碩士論文，淡江大學土木工程學系，2012。
- 〔2〕林保宏，「BIM 應用於水土保持工程設計技術之研發」，碩士論文，逢甲大學，2017。
- 〔3〕李怡青，「國內營建產業應用 BIM 技術現況調查與分析」，碩士論文，國立中央大學營建管理研究所，2016。
- 〔4〕陳志誠，「進度的領域：時程管理觀念與實務」，書籍，詹氏，2008。
- 〔5〕劉文良，「專案管理 結合實務與專案管理師認證第二版」，書籍，碁峰資訊，2012。
- 〔6〕張簡智宏，「建物工程專案管理之工作分解結構及時程管理整合研究」，碩士論文，正修科技大學電機工程學系，2012。
- 〔7〕蔡秋慧，「結合排程網圖與電腦模擬工具求解資源限制排程」，碩士論文，朝陽科技大學營建工程學系，2006。
- 〔8〕汪盈秀，「國內專案時程管理技術使用與人員技能現況分析」，碩士論文，國立中央大學營建管理研究所，2013。
- 〔9〕黃薰慧，「由預算書論營建專案資訊整合」，碩士論文，國立臺灣大學土木工程學研究所，2010。

- [10] 楊雨蓓,「結合竣工時程網圖與 BIM 技術以利爭議釐清之研究」, 碩士論文, 國立中央大學營建管理研究所, 2015。
- [11] 謝尚賢/吳翌禎/紀宛君,「4D 營建管理系統-應用於成本控制之初步探討」, 期刊, 技師月刊 2008 年 3 月, 2008。
- [12] 謝博全,「BIM 在建築生命週期過程應用之研究」, 碩士論文, 中國科技大學建築系, 2011。
- [13] 謝尚賢,「BIM 之技術應用中—LOD 意謂詳細度或完整度」, 營建知訊, 第 352 期, 第 60-61 頁, 2012。
- [14] 謝尚賢, 推動臺灣 BIM 應用策略與藍圖, 營建知訊, 第 382 期, 第 56-61 頁, 2014。
- [15] 陳嘉華, 營造公司導入 BIM 之應用需求分析, 碩士論文, 土木工程學系, 國立成功大學, 台南市, 2014。
- [16] 新北市政府工務局、台大土木 BIM 研究中心, 新北市政府推動 BIM 暨產學研究成果發表會講題資料, 2014。
- [17] 林志錡, 國內營造廠應用 BIM 現況調查, 碩士論文, 土木工程學系碩士班, 淡江大學, 新北市, 2015。
- [18] 鄭宜平, 國內 BIM 技術應用及國際推動情形分析, 內政部建築研究所委託研究報告, 2015。
- [19] 台灣 BIM 聯盟, 業主導入 BIM 之現況、意願與需求調查, 2015。

- [20] 黃怡敦，營建工程進度管理之探討-以公共建築工程為例，碩士論文，國立成功大學，2009
- [21] 李鎧帆，「以 BIM 模型為基礎之專案排程項次分析」，碩士論文，國立中央大學營建管理研究所，桃園，2014。
- [22] 廖源輔、于景華，「4D 虛擬實境技術研發與應用」，第十屆中華民國結構工程研討會，2010。
- [23] 黃正翰，「建築設計與法規檢測導入 BIM 工程總分類碼之研究」，內政部建築研究所委託研究成果報告，2017。
- [24] 詹次澤、賴建瑞，實獲值管理於工程實務之應用研究，碩士論文，逢甲大學土木工程學系，2007。
- [25] 陳瑞鈴、楊智斌，「國內外推動BIM之策略與成效比較研究」，內政部建築研究所協同研究報告，2016。
- [26] Rasdorf, W.J. & Abudayyeh, O.Y. 1991, "Cost□and Schedule□ControlIntegration:Issues and Needs", Journal of Construction Engineering and Management, vol. 117, pp. 486-502
- [27] Comparative Analysis of International and National Level BIM Standardization Efforts and BIM adoption,2015.

附錄

附錄一 現地勘查紀錄

以 BIM 為基礎建構水保工程應用 4D 與 5D 模型

於施工階段之研究

時間：107 年 3 月 23（五）

地點：臺中市太平區北坑溪(北田路 310 號段)護岸第三期工程

一、會議記錄

1. 依照北坑溪(北田路 310 號段)護岸第三期工程之施工預定進度之防砂壩，預定於 50 天內完工。
2. 以下提供防砂壩施工順序之說明
 - (1) 本工程採半半施工:右岸 43.3M 先施作，左岸 36.3M 後施作。
 - (2) 基礎開挖右岸 45M、PC 打底 5cm。
 - (3) 右岸 L=43.3M 前腳趾 1.5M 鋼筋綁紮、模板組立、混凝土澆置。
 - (4) 右岸 L=43.3M 1:0.5 背部鋼筋綁紮、第一昇層 H=0.62m 模板組立、混凝土澆置。
 - (5) 臨時排水設施:擺放 4 隻 ϕ 600mmRCP 管。
 - (6) 右岸 L=43.3M 第二昇層 H=0.88m 模板組立、混凝土澆置 H=0.38m。
 - (7) 右岸 L=43.3M 3 座 16"鋼管柱基腳假組立。
 - (8) 右岸 L=43.3M 第二昇層混凝土澆置 H=0.50m。
 - (9) 右岸 L=43.3M 第三昇層 H=0.88m 模板組立、混凝土澆置。
 - (10) 右岸 L=43.3M 第四昇層 H=0.88m 模板組立、混凝土澆置。

- (11) 右岸 L=43.3M 第五昇層 H=0.88m 模板組立、混凝土澆置。
- (12) 右岸 L=43.3M 第六昇層 H=0.88m 模板組立、混凝土澆置。
- (13) 臨時排水改道及基礎開挖左岸 34.6M、PC 打底 5cm。
- (14) 左岸 L=36.3M 前腳趾 1.5M 鋼筋綁紮、模板組立、混凝土澆置。
- (15) 左岸 L=36.3M 1:0.5 背部鋼筋綁紮、第一昇層 H=0.62m 模板組立、混凝土澆置。
- (16) 左岸 L=36.3M 第二昇層 H=0.88m 模板組立、混凝土澆置 H=0.38m。
- (17) 左岸 L=36.3M 1 座 16''鋼管柱基腳假組立。
- (18) 左岸 L=36.3M 第二昇層混凝土澆置 H=0.50m。
- (19) 左岸 L=36.3M 第三昇層 H=0.88m 模板組立、混凝土澆置。
- (20) 左岸 L=36.3M 第四昇層 H=0.88m 模板組立、混凝土澆置。
- (21) 左岸 L=36.3M 第五昇層 H=0.88m 模板組立、混凝土澆置。
- (22) 左岸 L=36.3M 第六昇層 H=0.88m 模板組立、混凝土澆置。
- (23) 左岸 L=36.3M 第三昇層 H=0.88m 模板組立、混凝土澆置。
- (24) 左右岸第七昇層 H=0.88m 模板組立、混凝土澆置。
- (25) 左右岸第八昇層 H=0.88m 模板組立、混凝土澆置。
- (26) 左右岸第九昇層 H=1.25m 模板組立、混凝土澆置。
- (27) 4 座 16''鋼管柱相關配件組裝。

附錄二 現地勘查紀錄

以 BIM 為基礎建構水保工程應用 4D 與 5D 模型

於施工階段之研究

時間：107 年 5 月 11（五）

地點：臺中市太平區北坑溪(北田路 310 號段)護岸第三期工程

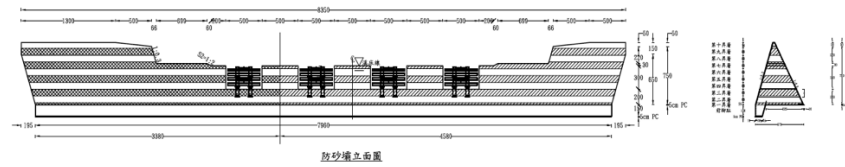
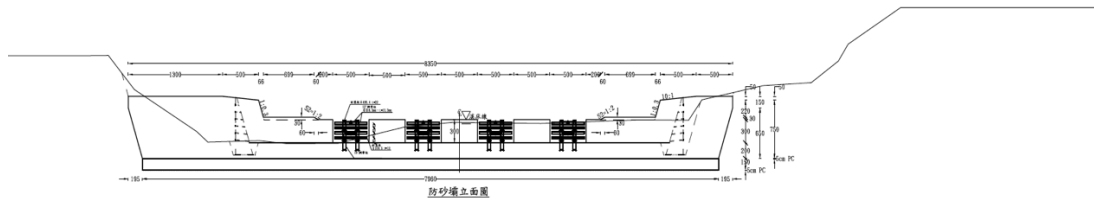
一、會議記錄

1. 為考量施工安全性，及氣候影響因素下，更改施工順序，為此提供變更後之施工順序，以利後續研究之真實性。
2. 施工順序變更外，防砂壩之右岸 3 座 16”鋼管柱基腳假組立，原先門字型改為 A 字型及其混凝土用量不變並更改為完成右岸後再施工。
3. 防砂壩之左右兩岸變更前為 9 層，考慮施工中造型模板組立，將 9 層切割為 9 層 10 層施工。
4. 依照相關法規之勞工安全性，高達 3M 以上採用高空作業進行施作。
5. 提供數量計算表及工程成本預算書，以利後續研究之真實性。

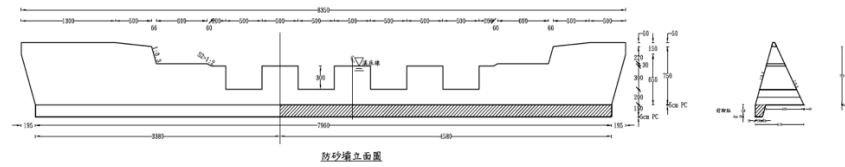
二、現勘照片

	
現勘照片一	現勘照片二
	
現勘照片三	現勘照片四

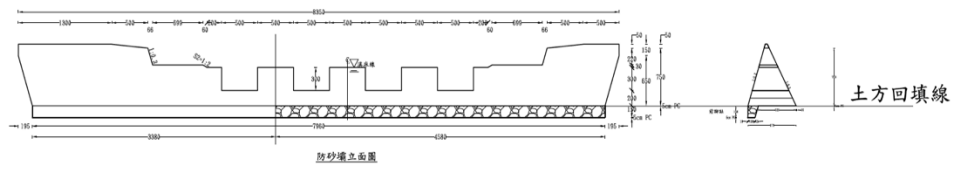
附錄三 施工順序示意圖



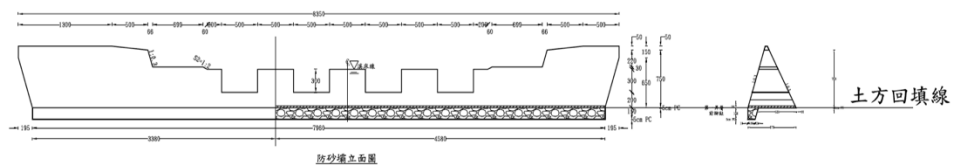
左岸後施工 右岸先施工



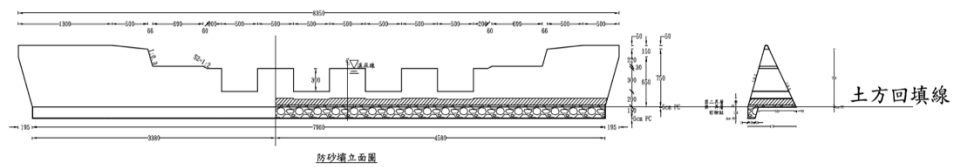
右岸先施工-前腳趾



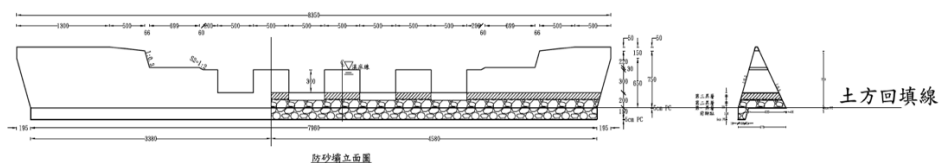
右岸先施工-前腳趾土方回填



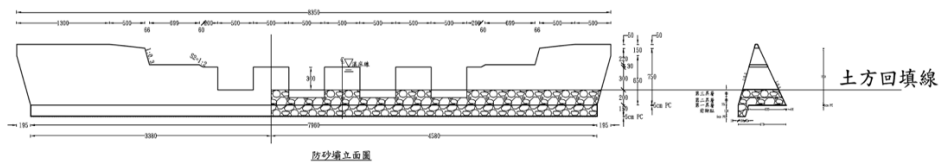
右岸先施工-第一昇層



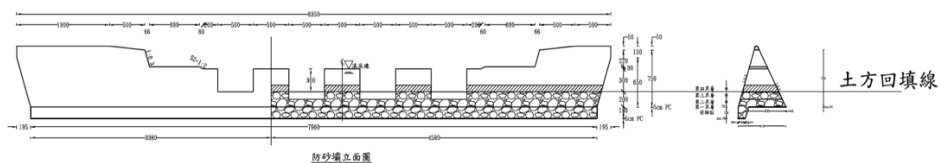
右岸先施工-第二昇層
(於鋼管壩處預留缺口H=0.12m)



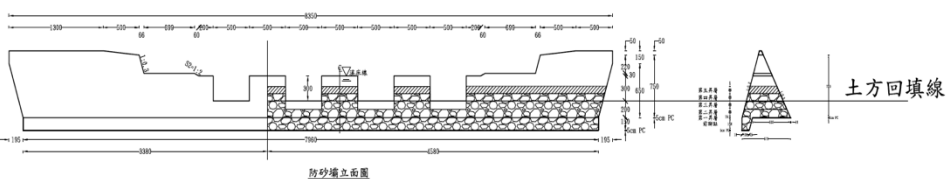
右岸先施工-第三昇層
(於鋼管壩處預留缺口H=0.88m)



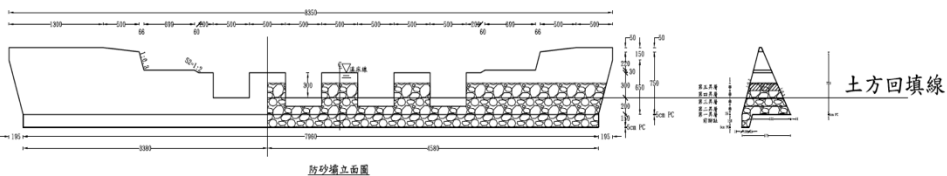
右岸先施工-第三昇層土方回填



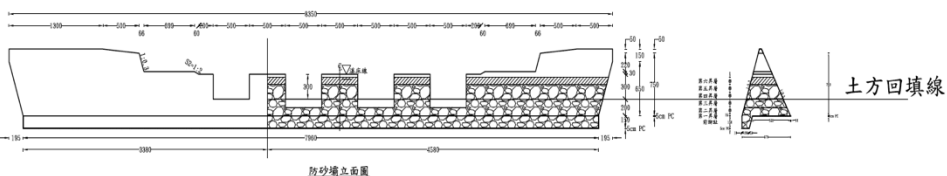
右岸先施工-第四昇層



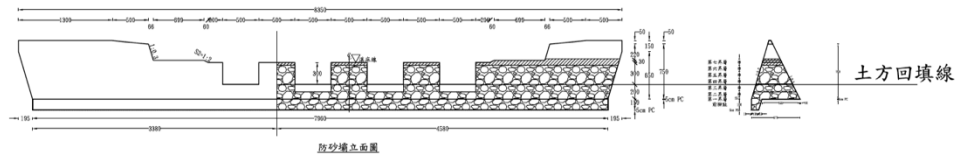
右岸先施工-第五昇層



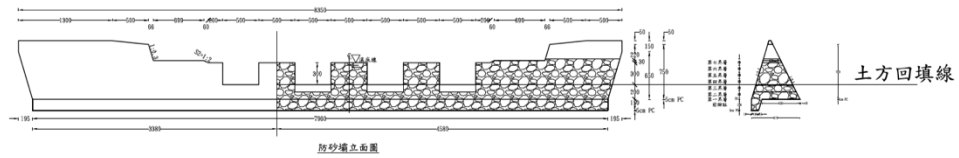
右岸先施工-施工架組立



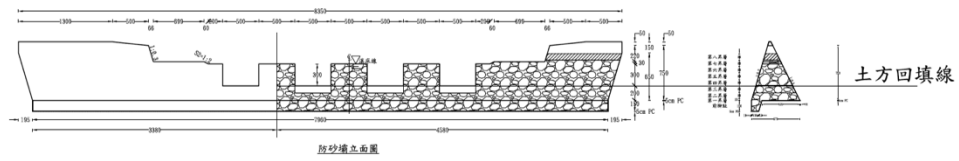
右岸先施工-第六昇層



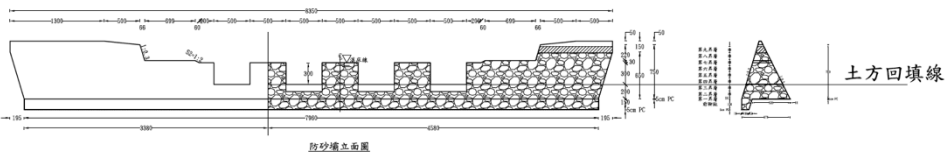
右岸先施工-第七昇層



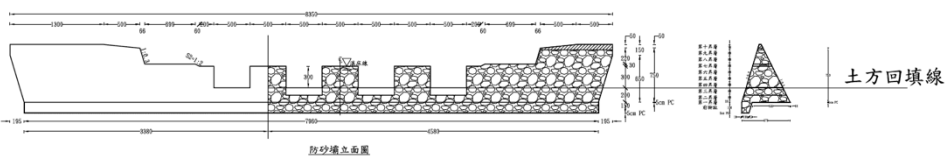
右岸先施工-施工架拆除



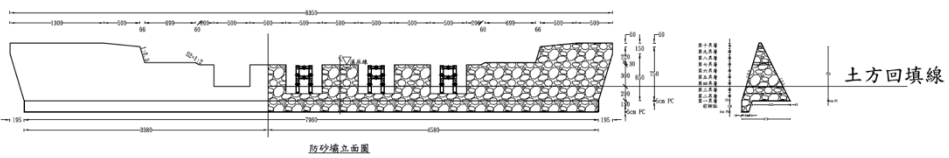
右岸先施工-高空工作車+第八昇層



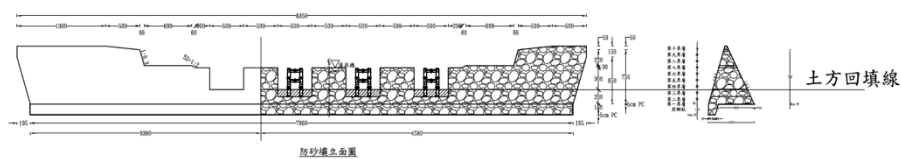
右岸先施工-高空工作車+第九昇層



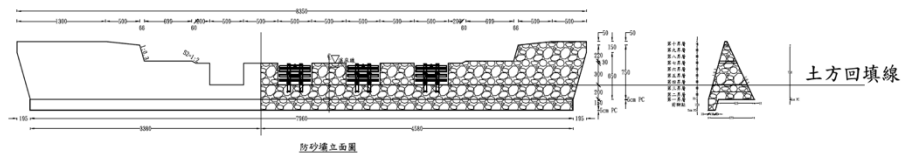
右岸先施工-高空工作車+第十昇層



右岸先施工-高空工作車+鋼管壩A型

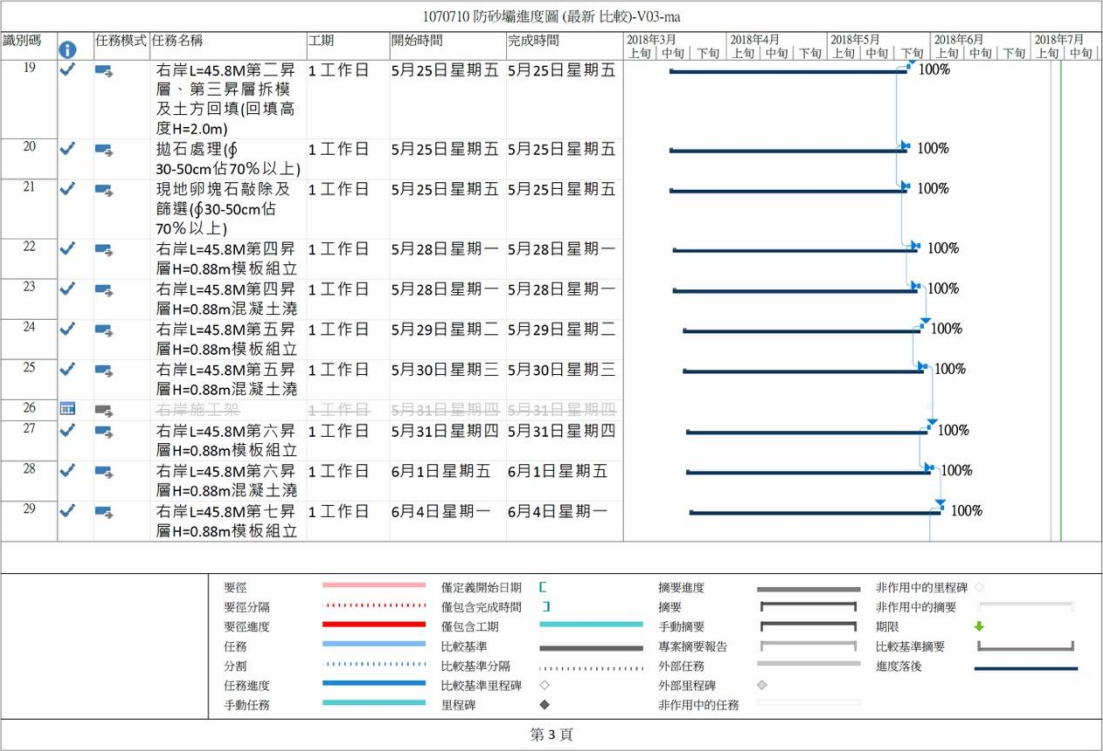
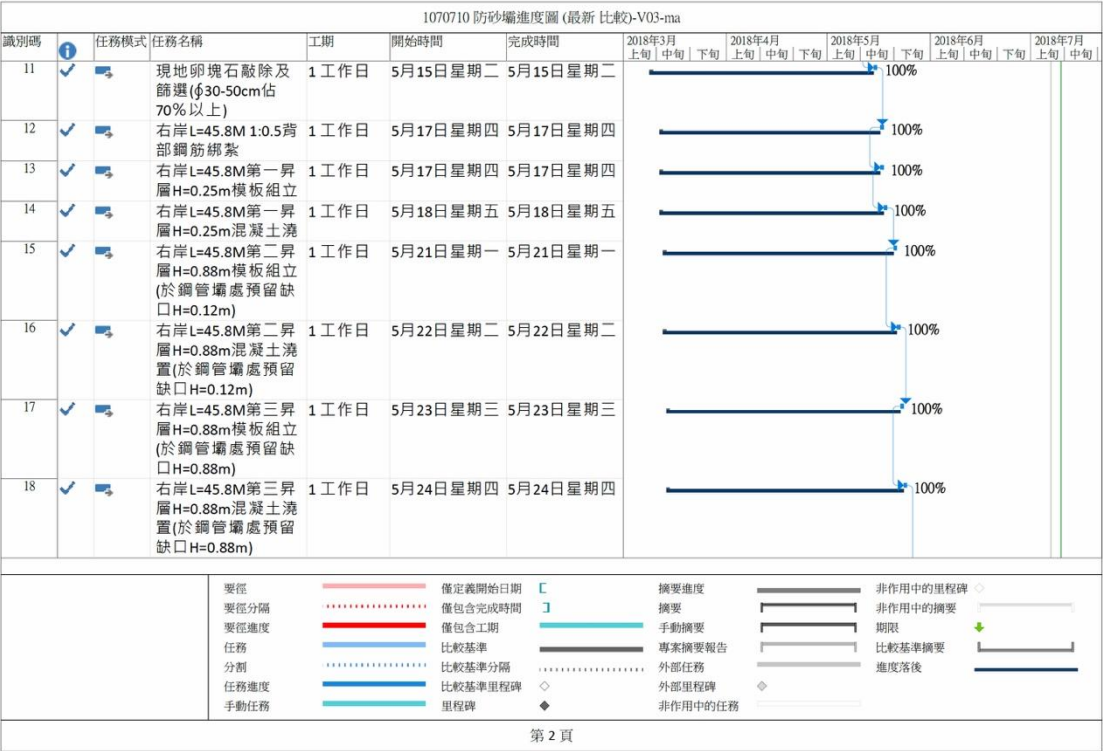


右岸先施工-第二昇層、第三昇層預留缺口

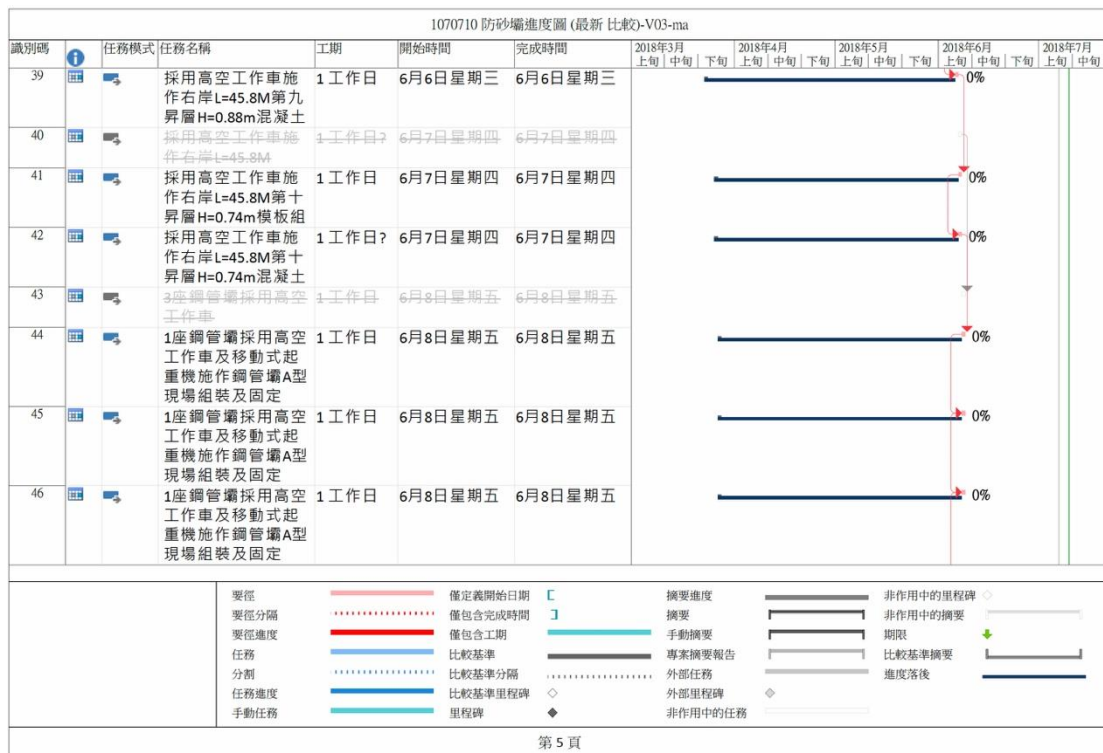


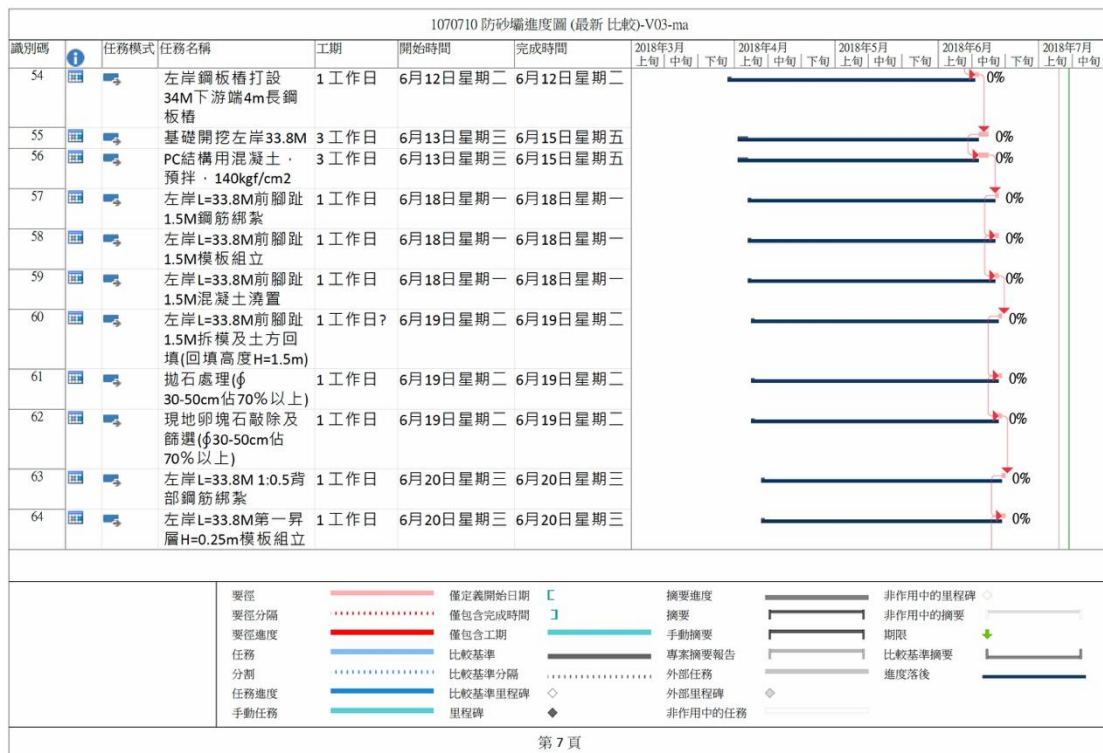
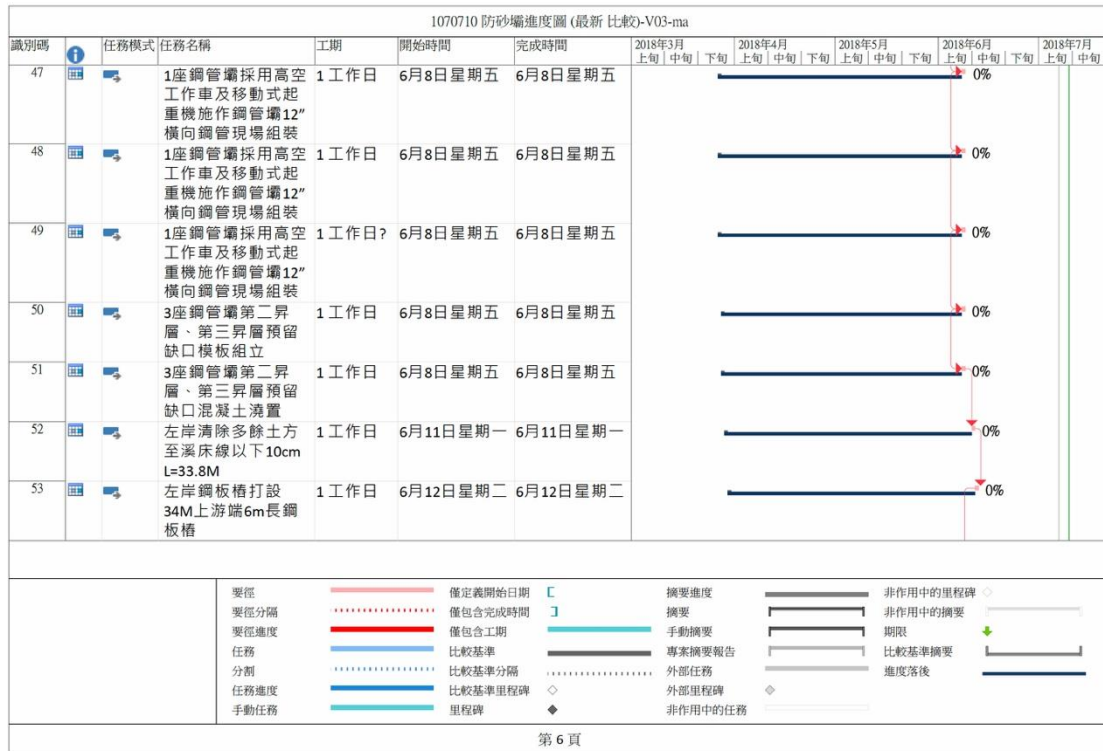
右岸先施工-鋼管壩12" 橫向鋼管

附錄四 追蹤施工進度圖

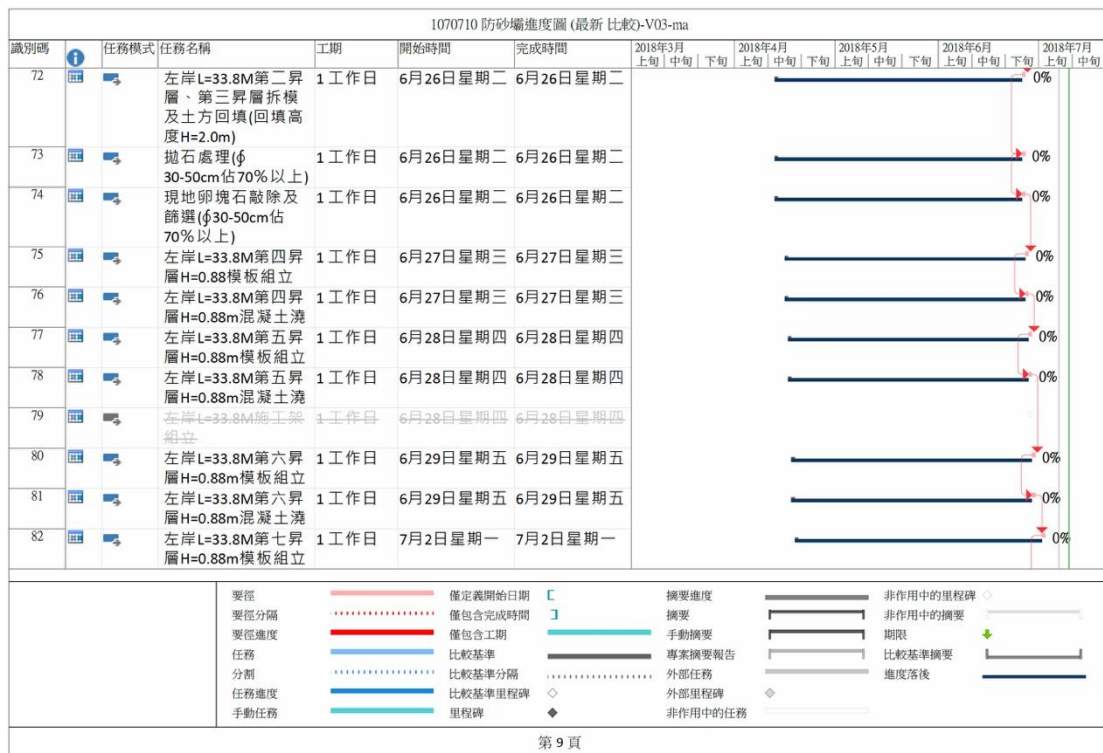
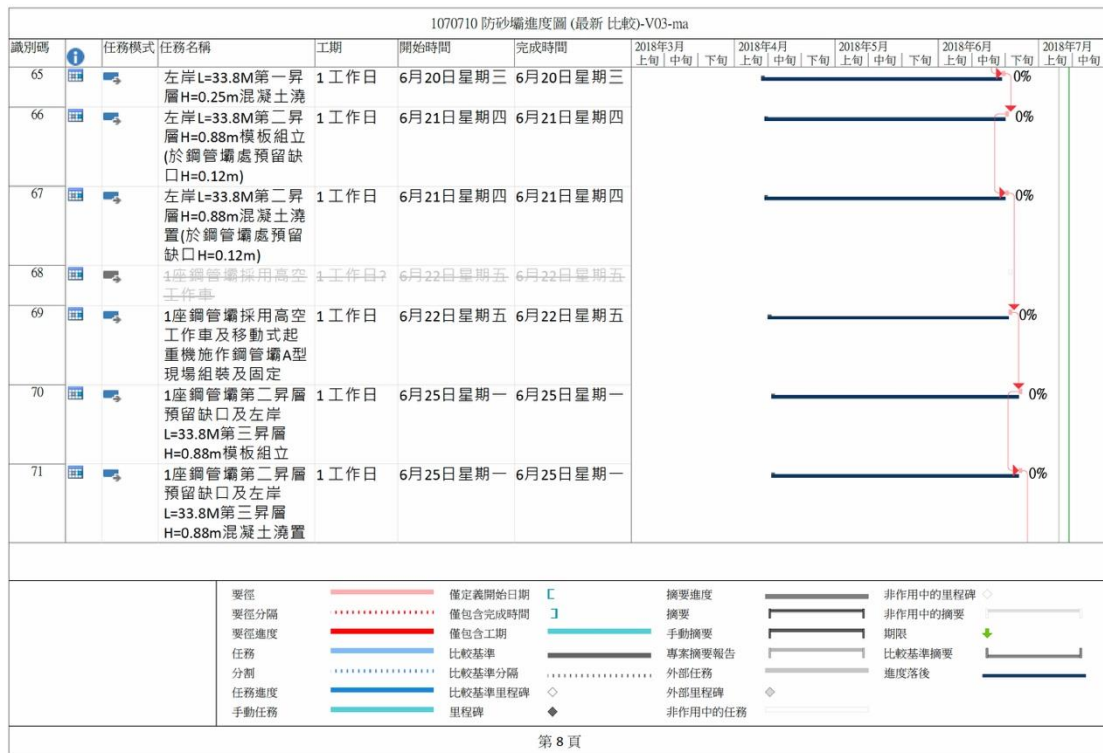


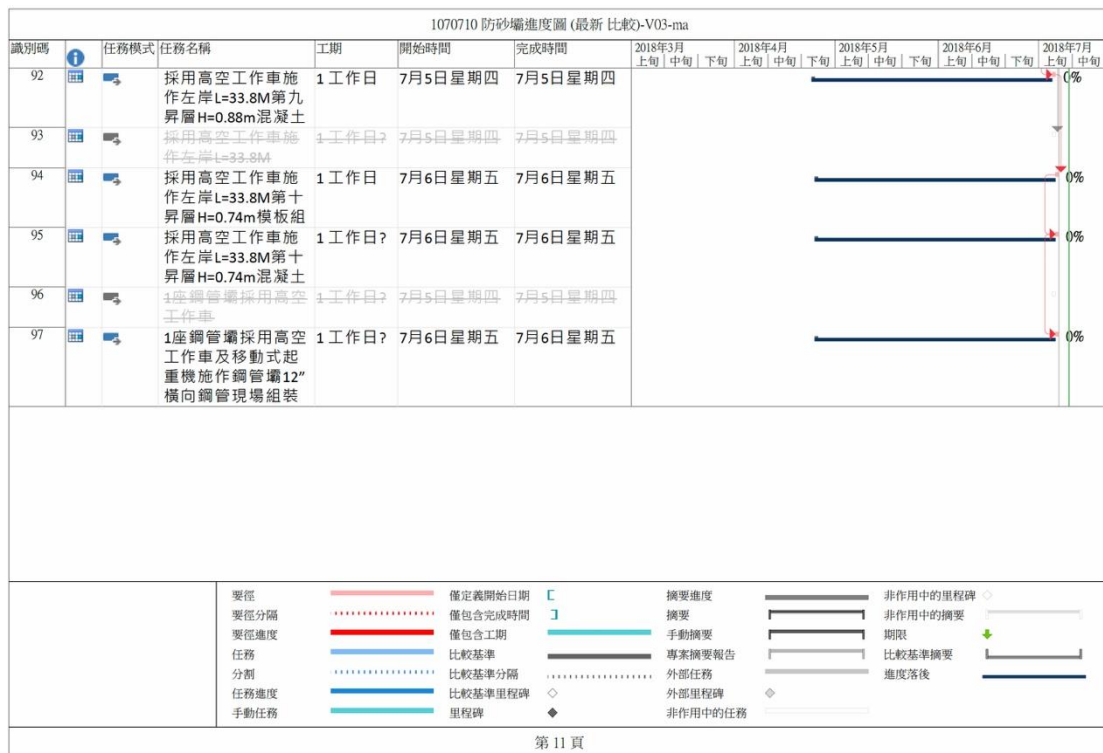
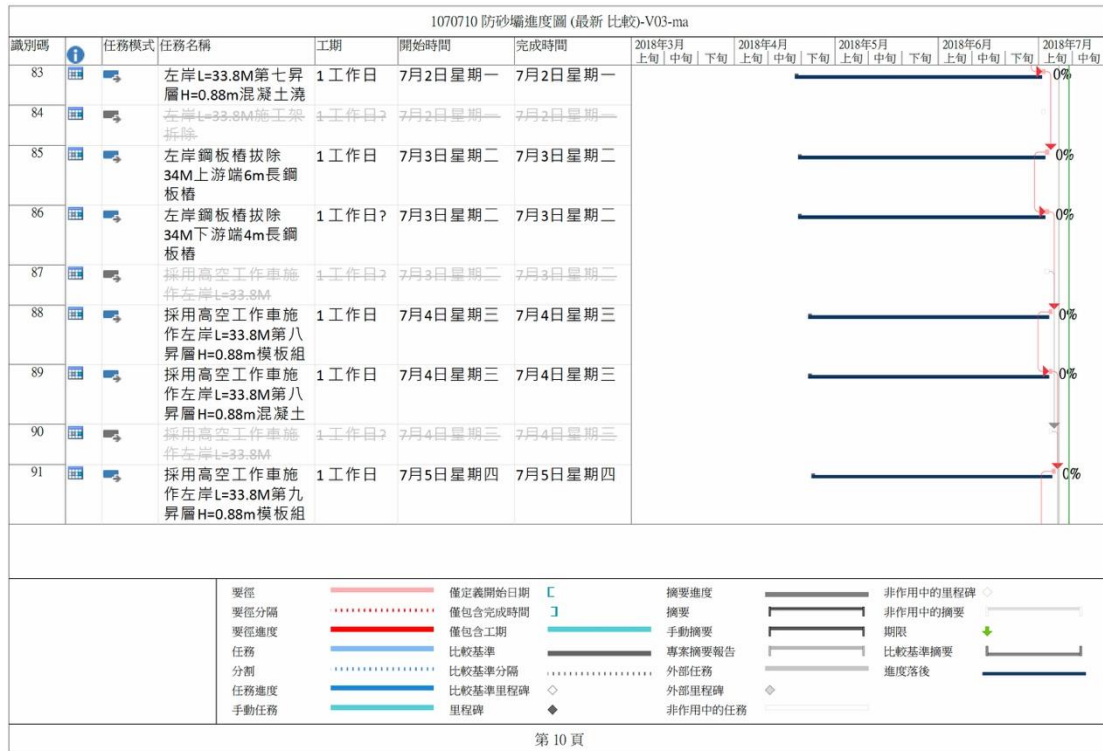
「以 BIM 為基礎建構水保工程應用 4D 與 5D 模型於施工階段之研究」





「以 BIM 為基礎建構水保工程應用 4D 與 5D 模型於施工階段之研究」





附錄五 期初審查意見回覆

「以 BIM 為基礎建構水保工程應用 4D 與 5D 模型 於施工階段之研究」

期初審查意見回覆

會議地點：行政院農業委員會水土保持局

審查時間：107 年 5 月 17 日

1. 本執行計畫書似與原申請時之資料相同，此期是否無新的工作構想？	感謝委員意見，本研究依執行計畫書內容為目標，研擬 4D、5D 導入水土保持工程之可行性。
2. 本計畫與貴單位另由水保局委辦之另一計畫有無關聯性？兩者有無互補性？	感謝委員意見，本研究為水土保持工程勞安科技研究計畫案之延伸探討，利於水保工程對未來施工階段時進度與成本之規劃，因藉此以另一計畫中防砂壩為本次研究對象。
3. 4D 模型在加入時間因素下，其後續隨時間變化之參數如何納入？	感謝委員意見，本研究現階段已建置模型完成，進度將會依照施工日誌提供之工期，進行假設或階段期程作為期末報告做實際驗證部分。
4. 工作執行計畫書太過簡略，沒有流程、工作內容項目與預期成果資料。	感謝委員意見，計畫執行部分規劃，將於期中報告內容中呈現預期效益。
5. 本計畫係 BIM 於施工階段之研究，簡報述及成本費管理(5D 模型)，是否包括工程全周期之研究。	感謝委員意見，本計畫探討施工階段導入 BIM 之研究，將建築資訊模型中屬性欄位中建立 omniclass 與 COBie 做後續維護管理，並且包含著全生命週期。
6. BIM 的 3D、4D、5D 模型之應用，如何評估驗證其效益優劣。	感謝委員意見，建築資訊模型簡稱為 BIM，透過三維視覺化設計呈現 3D，4D 為 3D 模型與進度排程作串聯，而 5D 則為 4D 再加入成本而延伸為 5D，後續研究中將 4D 與 5D 進行串聯，後將其導入軟體以動態模擬方式呈現。

7. 建模 3D 人員於 4D、5D 能力訓練建議。	感謝委員意見，後續有榮幸安排教育訓練課程。
8. BIM 技術是否適合於水保工程，成效如何？BIM 於工程實際效益與應用。	感謝委員意見，目前研擬水土保持工程導入 4D、5D 之研究，預期成效透過動畫模擬促進與業主溝通協調、提早發現設計錯誤於缺失、提供變更設計之參考、探討施工安全、快速反應時程與成本、協助營造單位提出不同方案及準確預估財務狀況，使營運風險降低。
9. 4D、5D 都由 3D 串聯出來？COBie 主要在編碼與 F.M 使用。	感謝委員意見，4D 與 5D 都是由 3D 延伸之研究，COBie 主要在於留存物件屬性及其後續維運管理使用的資料，我們在使用 COBie 表單中帶入 OmniClass 編碼時，透過 classification manager 增益集程式自動將 OmniClass 編碼自動化帶入 COBie，主要讓電腦可以透過編碼辨識物件。
10. 導入 COBie-i-construction 及本局目前推動 BIM 之相互關係為何？資料如何介接及串連使用？	感謝委員意見，本研究有施工進度、預算書及建築資訊模型，於建築資訊模型屬性欄位中建置編碼，以施工順序結合編碼進行串接。
11. 視覺化之施工情形呈現如何實現？需耗費大量 3D 建模運算？或是可自動化產出？	感謝委員意見，本計畫嘗試使用 Auto desk 提供之 Naviswork 進行模擬動畫呈現施工情形，關於成本部分則是使用傳統數量計算攤提各工項成本，以手動方式產出。
12. 預算項目連結如何執行？預算資料庫如何建置？可否與工程會 PCCES 結合？	感謝委員意見，於本次報告書內第三章第四節成本相關資料整理中，為計算防砂壩之使用正確數量及成本時，會運用 PCCES 所產出之工程預算詳細表及工程預算單價分析表進行核對計算。

附錄六 期中審查意見回覆

「以 BIM 為基礎建構水保工程應用 4D 與 5D 模型

於施工階段之研究」

期中審查意見回覆

會議地點：行政院農業委員會水土保持局

審查時間：107 年 8 月 4 日

1. 本案引進 BIM 在水保工程上應用，應特別注意水土保持工程並非只有構造物本身，還包括開挖整地等許多附屬部份，在研究中應一併納入考量。	感謝委員意見，本研究以防砂壩主體構件為主，預算書成本攤提時有將構造物開挖、施工架、高空作業等預算一併計算，最後以施工模擬呈現總成本。
2. 本案進行至期中，報告中大部份內容仍與前期計畫相同，第二章的內容為一般土木工程，與水保工程的特性不符，應針對水保工程的種類有進一步的討論，在引進 BIM 上有什麼不同，如何克服？	感謝委員意見，本研究參考一般土木工程實施 4D、5D 研究效益後，以相同模式進行研究，研究結果發現，於 BIM 建置模型時，與一般土木工程就有所不同，土木工程工項較為複雜，考慮的參數相對提升，對於實施專案管理也較為困難，因此對於水土保持工程而言實施施工階段採用 4D、5D 更能確實達成相對效益。
3. 本案選擇一防砂壩工程操作，第三章及附錄為廠商施工計畫，本計畫的介入有何改變與精進，BIM 在施工中除了模型與動畫，對工作有何實際的助益，應能說明。	感謝委員意見，本研究於第三章節補充，研究建置模型時，考慮將施工計畫中各個項目納入工程總分類碼，使用 COBie 在 BIM 模型屬性欄位中留存資訊，目的在於提升資訊於工程生命週期。
4. 成本預算分析等為原設計內容，引進 4D、5D 能協助發揮那些功能與成效，目前看來只是統計，看不出會有實質的幫助。	感謝委員意見，實施工程成本分析，在於計算出各項作業施工所花費之數量與成本，引進 4D、5D 能於施工模擬中，觀察施工階段之工程進度與成本，檢討施工工序與施工排程以及其他考量之因素。

5. 本案實施應特別注意水土保持工程的種類與特性，尤其工程實施中有水土資源的影響，有生態保育的考量，BIM 等如何發揮功能與運用為本研究需注意的事項。	感謝委員意見，本研究可透過 4D、5D 施工模擬發現設計階段施工進度上之問題，得以提早解決，以最短工期完工，得出工期要近，以降低水土保持工程對生態保育之引響。
6. 貴院計畫目標中提到收集美國、德國、日本文獻，但報告書內容卻無日本相關文獻內容，是否有所不足，請積極收集。	感謝委員意見，於第二章節文獻回顧中，增加有關於日本相關文獻內容。
7. 貴院於 2-28 頁中提到 BIM 模型導入工程進度的流程及使用 Navisworks 作業平台，但報告書中實作部份僅只有模型，尚無實際進度導入產製及 BIM 模型中最重要的 Information 部分。請修正改善以符合計畫目標。	1.感謝委員意見，本研究於第三章第一節部分，建置模型時，考慮將施工計畫中各個項目納入工程總分類碼，使用 COBie 在 BIM 模型屬性欄位中留存資訊。 2.於第三章第四節部分，以預算項目之工程項目將所有預算按工程進度所結合後，經由 Excel 計算方式將預算書之成本進行攤提，將其整合施工進度圖、預算書與模型流程之原則，擬定之 4D、5D 模擬建置流程。
8. 貴院於 2-33 頁提出 BIM 模型導入工程成本部分，但實作部分從 3-17 頁至 3-22 頁皆為本局工程案件預算書內容，並非本計畫提出使用 BIM 導入水保工程中利用軟體進行數量計算，進而分析手算及軟體部份有何不同之處，此地方與主要計畫目標有所落差。	感謝委員意見，本研究所使用之成本預算書及工程進度等資料，是依據工地現場所提供的，並於第三章第四節部分，以預算項目之工程項目將所有預算按工程進度所結合，在流程中以 Navisworks 作為 4D、5D 建置之軟體呈現施工階段之模擬。
9. 貴院建議未來將 BIM 模型導入 COBie 編碼，本局目前採工程會使用的編碼，兩者如何整合？	感謝委員意見，工程總分類碼 omniclass 主要為總分類，而本研究採用 Table22 篇章已涵蓋了目前國內工程會使用之施工綱要規範為 Masterformat 95 版，為此不影響國內現行狀況，工程總分類碼前五碼會與現行施工綱要

	規範吻合，故兩者間可相互配合 不影響彼此。
--	--------------------------

附錄七 期末審查意見回覆

「以 BIM 為基礎建構水保工程應用 4D 與 5D 模型 於施工階段之研究」

期末審查意見回覆

會議地點：公務人力發展學院

審查時間：107年12月4日

1. 4D 為進度，5D 為成本，這二項是否為本局現階段急需解決的問題？	感謝委員意見，為了能使工程進度如期如實進行及掌控整案所需之成本，避免不必要的浪費重工，希望在未來各案件於設計階段執行過程中，建議先導入 4D、5D，以利後續工程品質提升。
2. 本案有其應用性，在現金法部份似為營造廠商關注之議題。	感謝委員意見，本研究依據工地現場提供之預算等資料，研究過程中以攤提方式與施工項目相互對應，導入 3D 模型以視覺方式呈現，應用於施工階段中查看施工項目所花費之總成本作為參考依據。
3. 建議未來能將此模型應用於若干實際案例，並分析其成果。	感謝委員建議，本研究目前只針對防砂壩主體作為研究分析探討 4D、5D 可行性之研究，建議後續研究中於建置 BIM 模型時，可以考慮整個工區現場一併建置，規劃整個工程生命週期。
4. 4D、5D 施工階段模擬主因係以工程進度及成本考量，是否可與其他因子(如降雨量、附屬工程、介面銜接)為之，進行其他因子之 4D、5D 之研究。	感謝委員建議，期盼後續研究中將施工模擬部分輕量化製作，並解決軟體限制，加入其他外部因子等，突破目前水保工程 4D、5D 之研究。
5. 4D、5D 施工模擬檢視其工程進度與成本之時間為何	感謝委員意見，本研究由預算書中的成本與施工項目相互對應，導入 3D 模型藉由排程軟體輸出施工模擬動畫，以視覺化 4D、5D 方式呈現，介面包含施工階段每日進度與累加之總成本。

6. 場地承商施工有許多不確定性，及依據現場師傅的經驗進行工地施作，對比 MODEL 是否會有落差。	感謝委員意見，本研究以多次現地勘查及現場專業師傅指教，並提供施工方法作為參考依據，3D 模型建置過程同時也是按照施工方法進行建置，追蹤防砂壩工程變更之過程。
7. 本計畫以 4D、5D 模型導入工程施工實務上是否具體可行？是否可以推廣？精準度如何？是否考量風險因子如颱風、豪雨、地震等。	1.感謝委員意見，本研究於施工階段探討進度與成本之串聯，導入 3D 模型以視覺化方式呈現，對於水保工程導入 4D、5D 是可行的。 2.具有推廣的效益存在。 3.本研究是依據工地現場提供之預算與現場勘查施工過程等方式取得資料，資料是完整且可性的。 4.考量風險因子的部分，可在 4D 模型中針對困難的施工項目進行施工模擬，以施工計畫更周詳。
8. 實體模擬應該考量挖填土方的變化，比較可以趨近現況。	感謝委員建議，實體模擬中因軟體上受限關係，本研究進行工程成本分析中將挖填土方之費用納入，以 4D、5D 方式呈現，期盼後續研究中考量施工模擬挖填土方變化之部分，較趨近於現況。
9. 4D、5D 如何應用於設計執行的工作。	感謝委員意見，於設計階段導入 4D、5D，不僅可提早發現設計錯誤與缺失，快速反應時程與成本，同時也提高工程現金流量預測精準度。
10. 水保工程 BIM 資料庫模型建置完成量有多少，可否完全對應水保工程。	感謝委員意見，因目前國內對於水保工程導入 BIM 還未明確定義導入 BIM，相較於發展已久的建築體的資料庫相對少了很多，建議後續我國可朝此方向進行推動。

