

自動化排水輔助設計系統-SinoDrain設計與應用

黃 瀟 瑩

中興工程顧問股份
有限公司工程師

林 季 萱

中興工程顧問股份
有限公司規劃師

朱 家 勁

中興工程顧問股份
有限公司工程師

鄭 文 明

中興工程顧問股份
有限公司計畫副理

摘 要

為進一步提升排水設計作業之效率與精準度，針對排水設計各階段設計需求，於 Autodesk Civil 3D 平台開發自動化排水輔助設計系統，以期達成作業標準化、自動化目標。本系統依據排水設計需求將物件依據功能細分成箱涵、管涵、路側溝、箱涵井孔與集水井等，分別提供相應設計輔助功能，並於臺南市永康二王市地重劃工程、桃園航空城計畫區段徵收工程部分分標(A1、B2、D1 與 D3)統包工程與屏東科學園區等專案中使用，經實務應用後，整體系統可大幅降低重工步驟減少約 4 成排水設計工時，是為排水設計自動化之一項新的里程碑。

一、前言

中興工程顧問股份有限公司長期參與都市及工業園區之區域排水系統、雨水下水道規劃設計作業，具豐富的實務經驗及相當程度的資訊化技術與能力。唯當前常見可用於排水設計之商用工程設計軟體，如：Civil 3D、OpenRoads 等，所提供之功能與實際作業需求存在一定落差。為進一步提升排水設計作業之效率與精準度，減少重工與人為疏失，本公司根據排水設計流程，針對各階段設計需求，基於 Autodesk Civil 3D 平台開發出一套介面清楚易用之自動化排水輔助設計系統，以期達成作業標準化、自動化目標。

二、排水設計流程

排水設計流程一般分為系統規劃、初步設計、水理計算、細部設計及報表出圖五大重要步驟。其中各步驟實際作業內容如下：

1. 系統規劃：前期資料調查，收集前期或上位資料，了解地形狀況，規劃集水區範圍、相關參數等。
2. 初步設計：依照規劃內容初步設計溝渠尺寸、型式、溝渠中心線型與井孔位置等。
3. 水理計算：將初步設計內容導入水理計算程式，取得進一步詳細設計資訊。
4. 細部設計：透過水理計算結果，更新及調整初步設計內容，使整體排水系統可滿足水理計算要求。
5. 報表出圖：完成設計後將設計內容依照業主需求，產出相應報表與圖說。

由此可知排水設計流程極其繁瑣，且目前相關商業軟體雖有相關模組卻不夠貼合排水領域設計需求，例如 Civil 3D 在功能上僅提供管網建置功能，其中只以「管」統稱排水線型物件，然而實際設計上會依功能性不同細分成「路側溝」、「箱涵」、「管涵」物件再賦予不同屬性內容。

鑑於上述原因本研究擬以開發一自動化排水輔助設計系統-SinoDrain(以下簡稱本系統)，基於排水工程師設計邏輯，針對設計輔助、資訊管理與報表輸出三大面向，提供有力模組協助排水設計。

三、系統架構說明

本系統分為「設計輔助模組」、「資訊管理模組」以及「報表輸出模組」三大模組，補充設計流程中不同面向的需求。各模組與設計流程的對應關係如表 1 所示，其中設計輔助模組貫穿所有設計階段輔助使用者執行排水設計；資訊管理模組則穿插其中，輔助使用者管理排水模型；報表輸出模組主要負責將排水模型轉換為相關重要排水表單（如：排水設施表、數量計算表等）。另外，由於水理分析領域已有專業軟體 SWMM(Storm Water Management Model)，本系統僅以提供排水設施表方式，輔助工程師於該軟體中更快速地建立排水設計模型。

表 1 設計流程－模組對應表

設計流程 對應模組	系統 規劃	初步 設計	水理 分析	細部 設計	報表 出圖
設計輔助模組	●	●		●	●
資訊管理模組	●	●		●	
報表輸出模組		●			●

「設計輔助模組」主要用於圖面繪製，功能包含標準化的排水設施圖塊佈設、客製化的編碼、尺寸管理等；「資訊管理模組」主要用於資料處理（在系統中，資料可分為幾何屬性資料及非幾何關聯資料），功能包含上下游設施關聯接合、道路工程設計資料連結、物件屬性管理（檢視、修改、刪除、檢核）等；「報表輸出模組」則用於將設計資料轉化為後續水理分析及排水設計報告書所需之各種報表。以上模組所涵蓋之功能列於表 2。

表 2 系統模組及功能綜覽表

模組	功能
設計輔助模組	<ul style="list-style-type: none"> 繪製集水區 編碼管理 標準尺寸管理 繪製排水設施（井、孔、箱涵、管涵、L溝、梯溝、U溝、跌水）
資訊管理模組	<ul style="list-style-type: none"> 上下游設施關聯接合 道路工程設計資料連結（定線、地形） 物件管理器（查找、檢視、刪改、高程檢核）
報表輸出模組	<ul style="list-style-type: none"> 匯出集水區列表 匯出設施表 匯出數量統計表

其中，「設計輔助模組」與「資訊管理模組」兩者具雙向的關係，當工程師以「設計輔助模組」在圖面上建立設施時，系統即會同步在資料庫中新增該筆設施資料，使用者可在「資訊管理模組」中進行管理；反之，當使用者以「資訊管理模組」修改設施資料時，圖面上的設施也會據以調整。「報表輸出模組」與「資訊管理模組」亦具有雙向的關係，在匯出報表時，系統會擷取當下的設施資料，將資料匯出成指定報表格式；反之，若使用者在外部對報表進行編輯，可以自「資訊管理模組」將報表輸入系統，依據報表內容建立排水設施。模組關係如圖 1 所示。

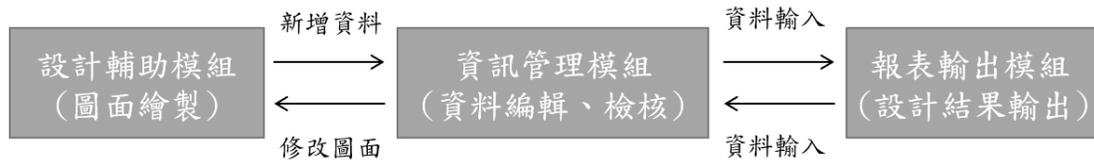


圖 1 模組關係圖

四、 驗證與應用

以下以一案例說明此系統在排水設計流程各步驟中所提供的功能：

(一) 系統規劃

本階段主要提供使用者可於圖面中快速繪製及定義集水區範圍，繪製成果與後續產出表單如圖2所示，其中圖面模型含集水區分區與相應編號，而集水區報表可輔助使用者後續水理計算使用。

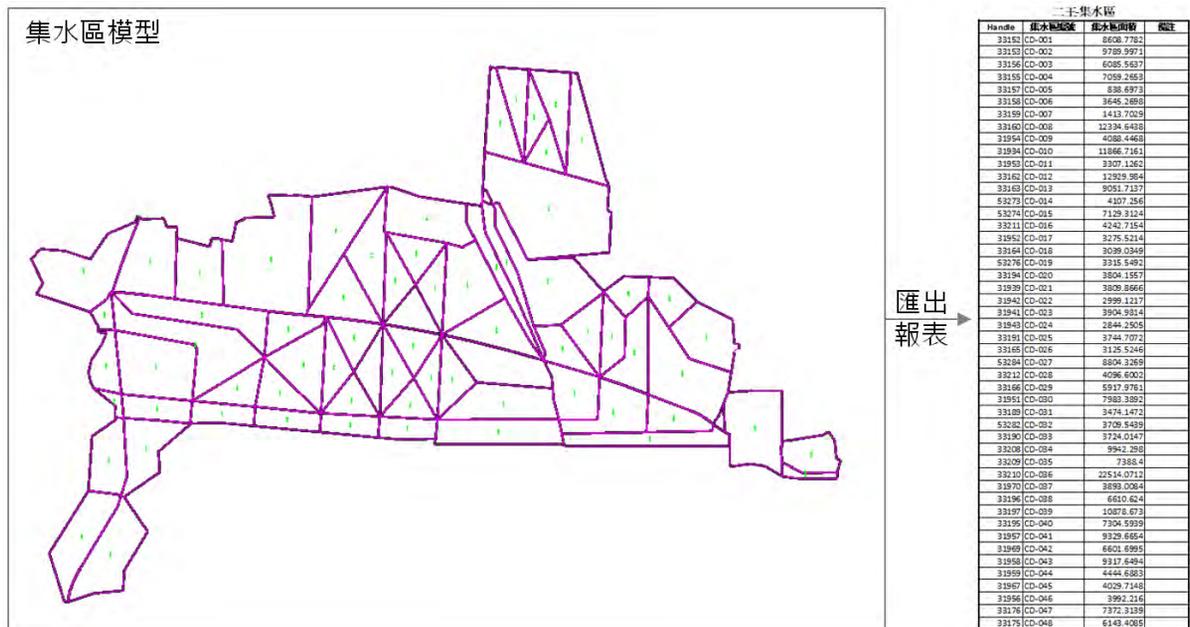


圖 2 集水區繪製成果展示圖

(二) 初步設計

本階段旨在提出初步設計成果，故使用到的功能自建立物件前的物件編碼、尺寸管理至快速建立物件，乃至於後續的物件與路工資料、物件與物件間的關聯建立，以及物件的綜合屬性管理，其詳細功能及介紹如下：

1. 編碼管理

如下圖所示，使用者自行定義物件編碼格式及流水號位數，於繪製設施時會依序自動進行流水號編碼，避免重複編碼。另外，若設計上有跳碼需求，亦可直接修正物件編號，下一個建立的物件即會以該編碼最大位數往下進行流水編碼。

渠道	預設編碼	數字位數	下一順位編號
箱涵:	Ba-	3	1
L1型溝:	L1-	3	1
L2型溝:	L2-	3	1
L3型溝:	L3-	1	1
橢形溝:	Ta-	3	1
管涵:	Pa-	3	1
Ua型溝:	Ua-	3	143
Ub型溝:	Ub-	3	2
Uc型溝:	Uc-	3	1

集水區	預設編碼	數字位數	下一順位編號
集水區:	DD	3	8

集水井及人孔	預設編碼	數字位數	下一順位編號
集水井:	Ca-	3	1
箱涵人孔:	MB-	3	1
管涵人孔:	MP-	3	1

圖 3 編碼管理

2. 標準尺寸管理

使用者於範本管理器中依據需求建立各類標準尺寸之水工物件，後續圖面繪製時可指定特定範本套用於繪製物件，免去重複輸入相同類型尺寸資料之作業流程，其實際介面可參考下圖所示。該功能提供物件範本示意圖，方便使用者對照屬性意義，另外亦提供範本匯出功能，方便不同使用者間共用常見尺寸範本。

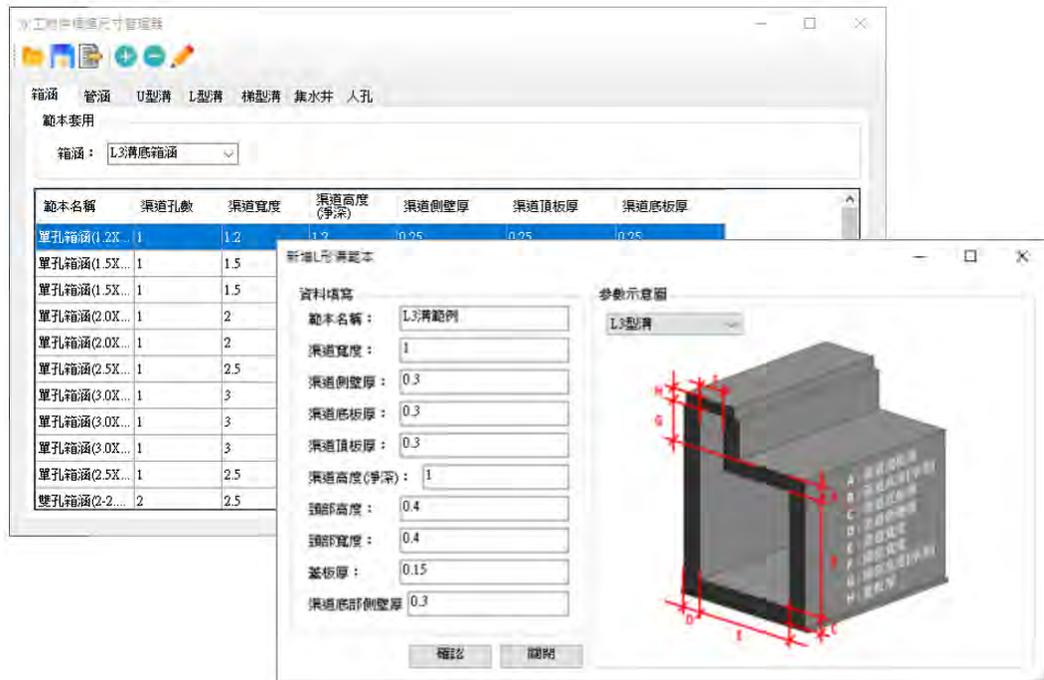


圖 4 標準尺寸管理

3. 排水設施快速繪製

在本功能中依照排水物件特性，將繪製方法分為「點選中心線」、「放置圖塊」以及「點選上下游物件」三大類。其中，點選中心線主要針對線性物件，例如路側溝、箱涵及管涵等；放置圖塊針對獨立物件，例如集水井及箱涵人孔等；點選上下游物件則為跌水設施這類銜接物件之建立方法。

此三類方法建立物件皆會依據預設之標準尺寸繪製、具方向性，且自動帶入已知的屬性資料，如：地表高程、人孔之關聯箱涵高程、跌水之上下游箱涵高程等。繪製完成後可於設備屬性視窗檢視設施之屬性資料，亦可於視窗中修改屬性資料，圖塊將隨之更新。

其實際繪製成果及各物件對應圖說可參考下圖所示。

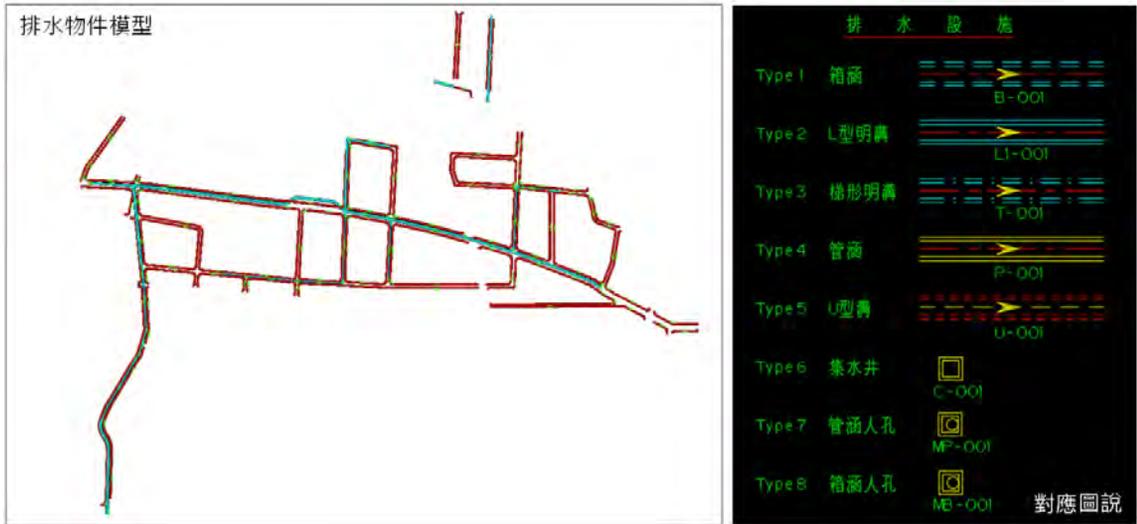


圖 5 排水物件繪製成果圖

4. 道路工程設計資料連結

本工具可將設施與路工設計的定線、地形資料建立關聯。首次建立關聯時須點擊設施及欲關聯的定線、地形，系統將自動帶入相關的屬性，如：設施里程、路側及地表高程等。後續若面臨路工設計資料變更，可使用批次更新的功能，自動修改相關欄位，大幅降低設計資料反覆修改過程中產生錯誤之可能性。



圖 6 道路工程設計資料連結—定線(左)、地形(右)

5. 上下游設施關聯接合

此工具可透過點擊上下游設施方式建立排水物件關聯，關聯完成後相關物件會自動抓取其上下游設施編號及屬性，免去使用者手動填寫關聯資料手續。

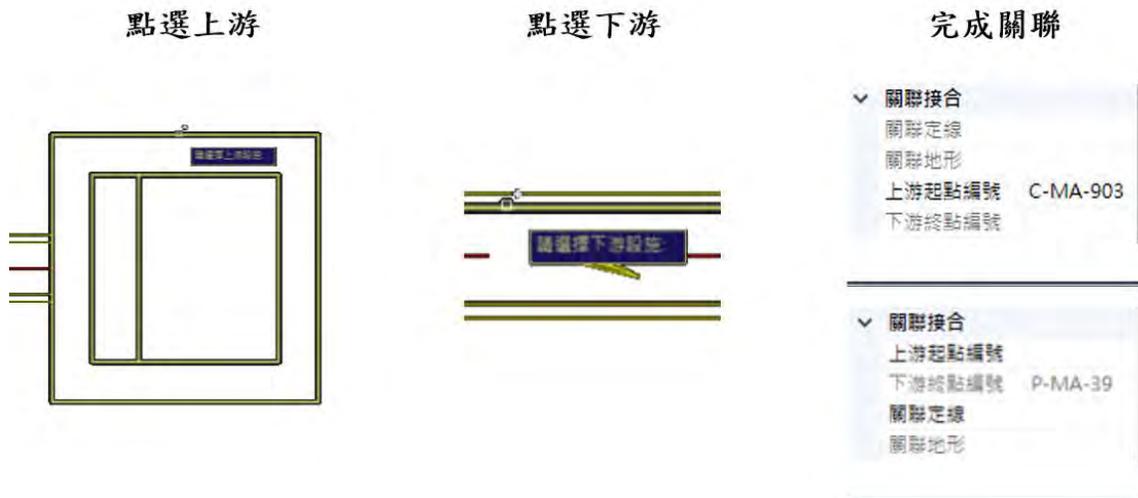


圖 7 上下游設施關連接合

6. 物件管理器

該工具如圖8所示，提供專案中所有水工物件查找、檢視、刪改、檢核功能，介面上依據物件類型分成「箱涵」、「管涵」、「明溝、路側溝、梯形溝」、「集水井」及「人孔」五個頁籤，並額外增設「物件篩選」、「鎖值模式」、「高程更新」及「高程檢核」子功能。其中，物件篩選可更有效檢索所需類別之特定子類別物件，例如：箱涵具有單孔箱涵、雙孔箱涵等子類；鎖值模式則由排水物件高程關係式為基底進行發展，其關係式如式1及式2所示，闡述排水物件之地面高程、覆土深度及渠底高程具有相依性，透過其相互關係即可在變動任一屬性及固定另一屬性之狀況下，以方程式計算出相依屬性之值；高程更新提供地形修改後，批次更新相關排水物件地表高程功能；高程檢核則以排水物件高程關係式為檢核式，檢測所有排水設施是否符合設計邏輯。除上述子功能以外，考量到模型物件眾多有即時查找困難，在物件管理器中可以右鍵點取特定物件將圖面縮放至物件所在位置。



圖 8 物件管理器

(渠道) 地面高程 = 覆土深度 + 物件總高 + 渠底高程 式1

(井孔) 中心點地面高程 = 箱體埋設深度 + 物件總高 + 箱體內部底部高程 式2

7. 匯出報表

使用者可利用本功能依據當前設計成果，匯出專案中之排水物件設施表及數量統計表。

渠道編號	渠道型式	断面型式	孔數	渠道寬度(直徑)	渠道高度(淨深)	渠道下游高度(淨深)	渠道埋設(左)	渠道埋設(右)	渠道頂部寬度	渠道長度	渠道長度(10)	渠道埋設厚	渠道底埋設厚	渠道頂板厚	渠道蓋板厚	渠道底板厚
B-AL-102	箱涵	矩形	1	1.5	1.5	1.5			0.22		0.25	0.25	0.25			0.25
B-AL-103	箱涵	矩形	1	1.5	1.5	1.5			0.25		0.25	0.25	0.25			0.25
B-EL-03-02	箱涵	矩形	2	2.5	2.5	2.5			21.24		0.3	0.3	0.3			0.3
B-EL-03-03	箱涵	矩形	2	2.5	2.5	2.5			116.33		0.3	0.3	0.3			0.3
B-EL-09-1	箱涵	矩形	3	2.5	2.5	2.5			18.52		0.3	0.3	0.3			0.3

圖 9 匯出設施表

A1 航空城A1標優開區-排水設施數量統計表			
	A	B	C
1			
2	設備類別	規格	數量或長度
3	L3型溝	1x1	92.47 L3-MA-1
4	Ua型溝	0.5x0.4	562.67 UA-MA-46,UA-MA-22,UA-MA-30,UA-MA-14,UA-EL-088,UA-EL-132,UA-EL-050,UA-EL-130
5	Ua型溝	0.5x0.45	18.77 UA-MA-33
6	Ua型溝	0.5x0.5	550.01 UA-MA-24,UA-MA-32,UA-EL-044,UA-EL-131-1,UA-EL-092,UA-EL-091,UA-EL-089

圖 10 匯出數量統計表

(三) 水力分析

系統中不具水力分析功能，而以輸出水力分析所需之設計資料為目的。使用者可將前面步驟中得到的集水區列表、設施表作為水力分析的輸入資料，於外部軟體分析完畢後，再將更新後的資料輸入至系統中。

(四) 細部設計

修正初步設計內容，使用之功能及程序與步驟(二)初步設計大致相同。

(五) 報表出圖

使用設計輔助模組進行圖面編修及報表輸出模組功能進行表格輸出。

五、 結論

綜上所述，本系統依據排水設計需求將物件依據功能細分成箱涵、管涵、路側溝、箱涵井孔與集水井等，並分別提供相應設計輔助功能，例如：上下游物件關聯及地表高程更新功能等。此外，本系統亦考量路工領域之資訊聯動問題，提供地表高程更新、自動判定道路關聯定線以及定線資料自動擷取等功能，解決過去路工領域與排水領域之設計協調與溝通問題。

目前本系統已開發完畢，並於臺南市永康二王市地重劃工程、桃園航空城計畫區段徵收工程部分分標(A1、B2、D1與D3)統包工程與屏東科學園區等專案中投入使用，根據統計，整體系統可大幅降低重工步驟減少約4成排水設計工時，是為排水設計自動化之一項新的里程碑。

投稿 112.04.07
校稿 112.04.19
定稿 112.05.15