

# 高架橋應用軟體分析之成效

趙振宇<sup>1</sup> 李正剛<sup>2</sup>

## 摘 要

配合商用結構分析軟體 STAAD-PRO、ST-1 之分析功能，發展出四種不同型式之捷運高架橋自動化，撰寫前處理及後處理介面軟體，並設計一個外部程式執行器「VB 前端主控介面」，作為連結前處理介面系統、STAAD-PRO、ST-1 程式分析及後處理介面系統之用，以掌控執行所有外部程式所需之資料及進行檔案之輸入輸出前置作業，最後產生一份完整之結構計算書；另配合 Window 之操作環境，使用者介面均以圖形化顯示。

**關鍵詞：**前處理介面系統、後處理介面系統、VB 前端主控介面

## Efficiency of Computer Software Applied to Structural Analysis of Viaducts

Cheng-yu Chao Jeng-gun Lee

### Abstract

To facilitate the analytical process using commercial structural analysis software "STAAD-PRO/ST-1," the Metro viaduct auto-analysis is developed into four types. The approach method is to develop pre-process, post-process and "VB control interface" software and integrate all of them together with STAAD-PRO/ ST-1 into one package. The "VB Control Interface" is designed as an external process to manage the data and process I/O to produce and finalize one set of structural calculation sheet. In order to fit into the Windows system, the user interface shall be shown by figure.

**Keywords:** pre-process, post-process, VB control interface

1 財團法人中華顧問工程司捷運工程組 工程師

2 財團法人中華顧問工程司捷運工程組 經理

## 1. 前言

現階段市面上有很多商用分析軟體，對高架橋結構分析設計提供很大的幫助，但需耗費大量時間進行結構分析模式、載重計算等輸入檔之建立，當完成分析工作後亦需進行繁瑣之配筋及計算書之整理，不僅耗時亦容易產生人為錯誤，若能將現有分析軟體整合，發展成一套高架橋自動化設計系統，將所有結構分析及設計相關介面連結，不僅可提高工作品質，並能達成下述之效益：

- 快速進行結構分析模式建立。
- 快速進行載重自動計算。
- 快速進行結構斷面設計。
- 快速完成計算書。
- 方便修改及變更。
- 減少人為錯誤。
- 節省人力。

## 2. 應用軟體整合

### 2.1 採用之軟體

高架橋分析及設計所採用之應用軟體及使用之程式語言如下：

1. STAAD-PRO：結構分析之商用套裝軟體。
2. ST-1：橋梁分析之商用套裝軟體。
3. Visual Basic 6.0版：前處理介面應用程式。
4. EXCEL VBA 2.0版：後處理介面轉換程式。

### 2.2 VB前端主控介面

設計一個外部程式執行器「VB 前端主控介面」，以期有效整合包括：自行發展之轉換程式、應用程式及 STAAD-PRO、ST1 等商用軟體。為能有效串連上述各模組，掌控所有外部程式所需之資料，以便進行檔案之輸入與輸出，所有複雜之動作均隱含於「VB 前端主控介面」下操作完成，但對使用者而言，「VB 前端主控介面」為一親和性高之圖形顯示介面，並採用物件導向之模式設計，由於架構型式與 Windows 之操作方式類似，使用者可輕易操作。

### 2.3 基本構架

自動化之基本架構詳圖 1，以「VB 前端主控介面」與「共享資料檔」為核心，透過轉換程式與使用者輸入介面及各個應用程式相串接，各個基本功能說明如下：

1. 使用者輸入介面：採用與使用者較易親近之圖形輸入介面，使用者即可針對分析設計之橋梁型式，輸入所需之基本資料(如結構體幾何資料、斷面性質、載重型式等)。
2. 共享資料檔：建立前處理及後處理介面資料檔，以達到分析、設計資料之互通。
3. 轉換程式：由共享之資料檔中，擷取所需之文字、數值，轉換成各應用程式可處理之格式，並將應用程式所產生之資料寫回共享之資料檔中。
4. 應用程式：應用程式乃針對設計所需之構材而發展之程式。

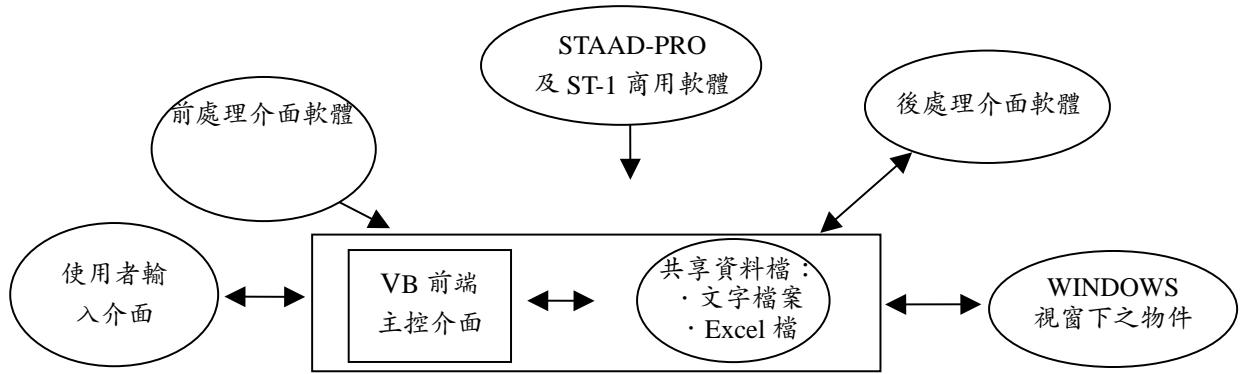
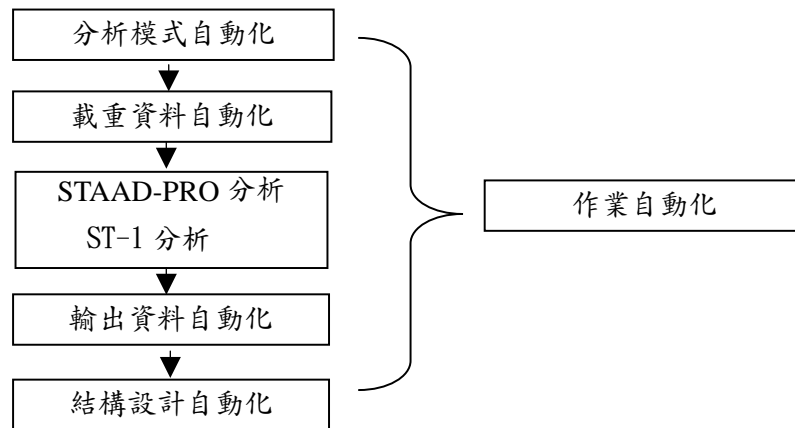


圖 1 自動化基本架構表

### 3. 自動化設計

#### 3.1 自動化內容

捷運高架橋三維分析及設計自動化，細分為分析模式自動化、載重資料自動化、輸出資料自動化及結構設計自動化等四大目標，其流程如下：



為達成上述目標，首先搜集了捷運高架橋之常用橋型，經歸納共區分為四種不同橋型，再針對此類別進行自動化研發，以達成下述需求：

- 四大自動化目標之整合與落實。
- 使用者易於操作之人機介面。
- 模組式之程式架構，易於爾後之擴充。
- 自動呈現出一份完整之設計計算書。

#### 1. 分析模式自動化

經彙集捷運高架橋之常用橋型，歸納下列四種基本型式，如下：

TYPE 1	簡支混凝土預力橋
TYPE 2	連續混凝土預力橋
TYPE 3	懸臂工法橋
TYPE 4	鋼橋

針對四種類別之任一模式，設計者僅須輸入結構基本資料如：結構尺寸、車輛型式、預力鋼腱配置等資料，即可自動建立分析模式、節點、桿件編號、桿件性質及支承條件。

## 2. 載重資料自動化

自動計算基本載重及載重組合，基本載重資料包括靜載重、活載重、車輛活載、風力、地震力等，並依據車輛活載重產生活載包絡並與其他基本載重合併，產生相關載重組合以求得斷面最大應力。自動化程式將依據分析模式自內結構尺寸自動計算各桿件所應承受各個載重值，以建立所有載重資料，避免人為輸入錯誤。

## 3. 輸出資料自動化

上述分析模式自動化及載重資料自動化後，可產生一份完整之STAAD-PRO、ST-1輸入檔，並據此建立共享資料檔，以便後續各介面能相互串聯，再啟動STAAD-PRO、ST-1分析軟體後，即可產生分析結果之輸出檔。

## 4. 結構設計自動化

利用分析結果輸出檔，經由結構設計自動化之處理，即可綜整分析結果，並對各桿件之設計力進行結構設計。

## 5. 作業自動化

理想之設計自動化不僅幫助設計者易於分析設計，更應提供一份設計自動化過程中所產生之結構計算書電腦檔，以便設計階段之校核及業主之審查，對使用者而言，透過「VB前端主控介面」操作，即可經由作業自動化達到分析、設計、計算書全面自動化之成效。

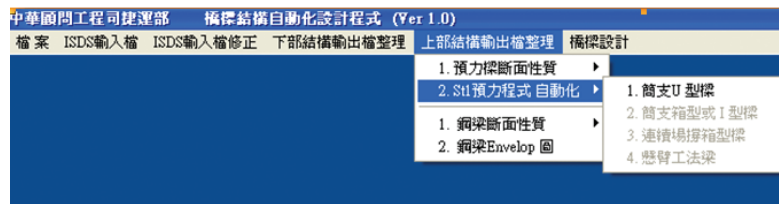


圖 2 上部結構自動化設計程式畫面

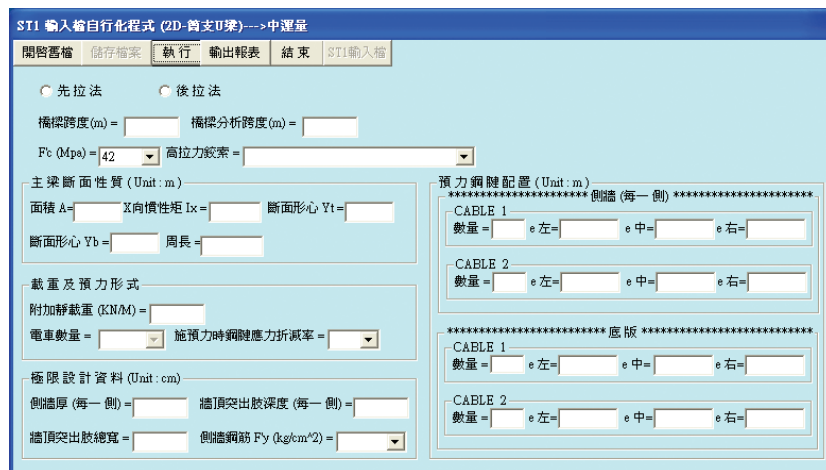


圖 3 上部結構簡支預力 U 梁輸入檔自動化畫面

## 3.2 前處理介面軟體

### 1. 上部結構預力梁分析輸入檔自動化

預力設計採用法國預力分析軟體ST-1，進入圖2「VB前端主控介面」後，啟動「St1預力程式自動化」，簡支U型梁設計如圖3，簡支箱型梁設計如圖4，另有連續梁及懸臂工

法橋，以懸臂工法橋而言，不論是分析模式之建立、鋼腱配置或施工中之載重計算，皆相當複雜且容易出錯，但依圖5之方式輸入相關資料後，即可依節塊之施作順序，逐一自動計算工作車重量及節塊重量。

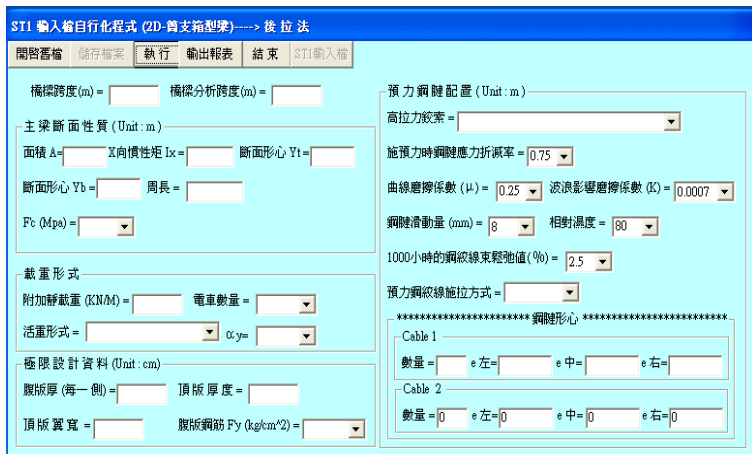


圖 4 上部結構簡支預力箱型梁輸入檔自動化畫面

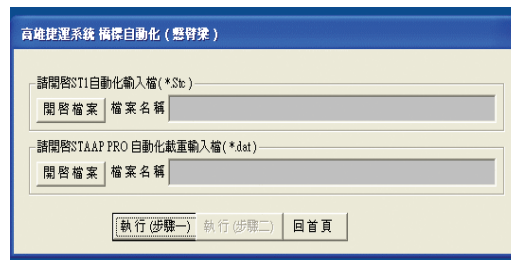


圖 5 上部結構懸臂工法橋分析自動化畫面

## 2.下部結構分析輸入檔自動化

建立使用者較易親近之圖形輸入介面，使用者即可針對分析設計之結構斷面，輸入所需之基本資料(如結構體幾何資料等)，即可自動產生高架橋下部結構分析輸入檔，其操作步驟如下：

步驟 1：進入圖 6 「VB 前端主控介面」，橋梁結構自動化設計程式(Ver1.0)

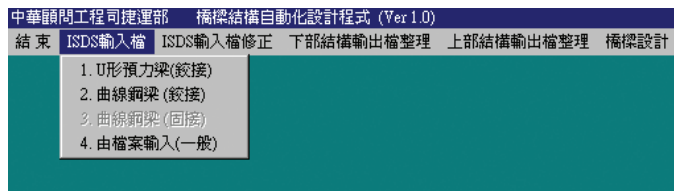


圖 6 橋梁結構自動化設計程式畫面

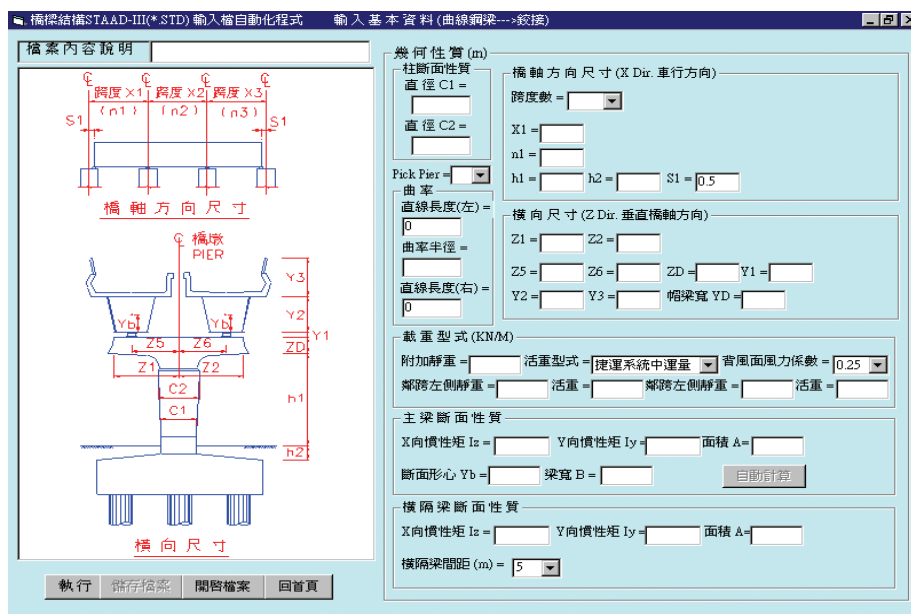


圖 7 下部結構輸入檔自動化畫面

### 步驟 2：進入圖 7 STAAD-PRO 輸入檔自動化

輸入下部結構柱高、柱斷面、橋墩帽梁斷面、橋墩帽梁尺寸、橋跨數、上部結構斷面、平面線形曲率等，即可得 STAAD-PRO 輸入檔。

### 步驟 3：進入圖 8 STAAD-PRO 輸入檔修正

經由步驟 2 之處理即可產生高架橋 STAAD-PRO 輸入檔，此輸入檔為一般性之輸入檔，若欲進行更為詳盡之分析，可再進行下述之修正：

- 活載重修正：捷運車輛行經捷運高架橋之活載重影響，原輸入檔之活載重主要考量上部結構兩支大梁間無中隔梁，故僅為單軌單箱之活載重，此功能則可提供相鄰軌道所產生之影響。
- 產生週期檔：此功能提供計算地震週期之 STAAD-PRO 輸入檔。
- 地震力計算及修正：原輸入檔之地震力計算方式採平均質量乘地震加速度，此功能將修正為震態疊加之方式計算地震力。
- 鋼梁線形修正：原輸入檔之鋼梁線形為固定曲率、兩軌間距離為固定值，此功能將可依線形之緩和曲線、圓曲率、兩軌間距離之變化而修正。
- 鋼梁斷面性質修正：原輸入檔為單一鋼梁斷面，此功能可修正為變化鋼梁斷面。
- 鋼梁輸出格式修正：鋼梁應力設計較為複雜，為配合後續應力校核，將輸出格式制式化。

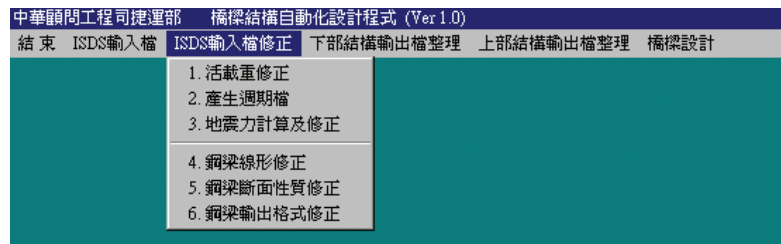


圖 8 下部結構輸入檔修正畫面

## 3.3 後處理介面軟體

### 1. 上部及下部結構輸出檔整理自動化(圖9)

使用者操作VB前端主控介面，啟動商用程式分析軟體，讀入 STAAD-PRO、ST-1 輸入檔經分析轉成分析結果之輸出檔，再從資料檔中讀取 STAAD-PRO、ST-1 分析結果輸出檔，並啟動自動轉換程式，整合成一份正式之計算書。

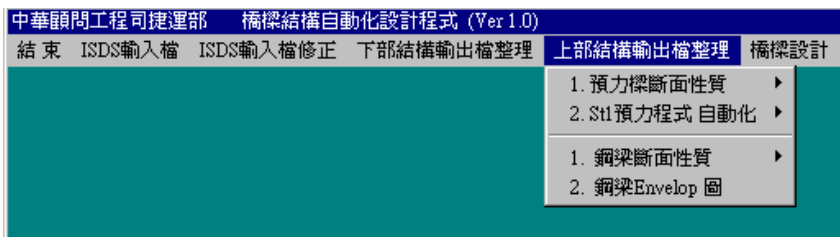


圖 9 上部及下部結構輸出檔整理自動化畫面

#### (1) 下部結構橋墩計算書：

由 STAAD-PRO 程式分析所得之橋墩軸力、剪力、彎距結果，再配合各種載重組合取其最大、最小值，整理得軸力、剪力、彎距包絡圖計算書如圖 10。



3.1.1.5.4 應力校核:  
3.1.1.5.4.1 應力包絡圖:

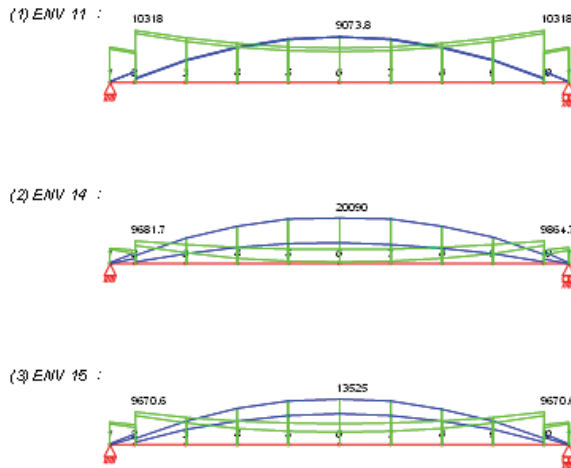


圖 12 上部結構簡支預力梁應力計算書

### 2. 應用程式自動化(圖13)

本應用程式物件主要功能為提供設計者所需之設計程式，為達此目的須藉由上述轉換程式所綜整之應力、彎距包絡值進行桿件設計，首先需進入橋樑設計之控制畫面，然後依設計需求操作相關子畫面。

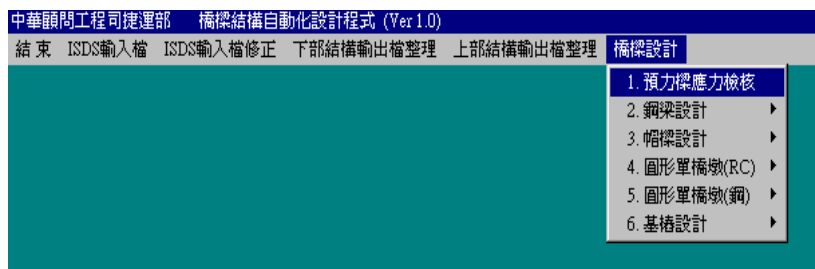


圖 13 應用程式自動化輸入畫面

#### (1) 鋼樑設計(圖14)

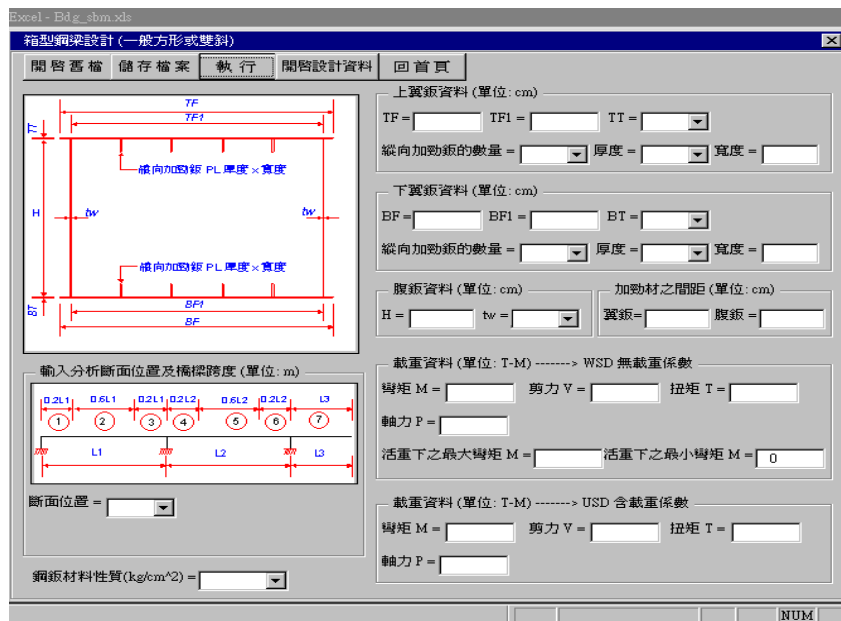


圖 14 鋼樑設計輸入畫面

(2)橋墩主筋設計(圖15)

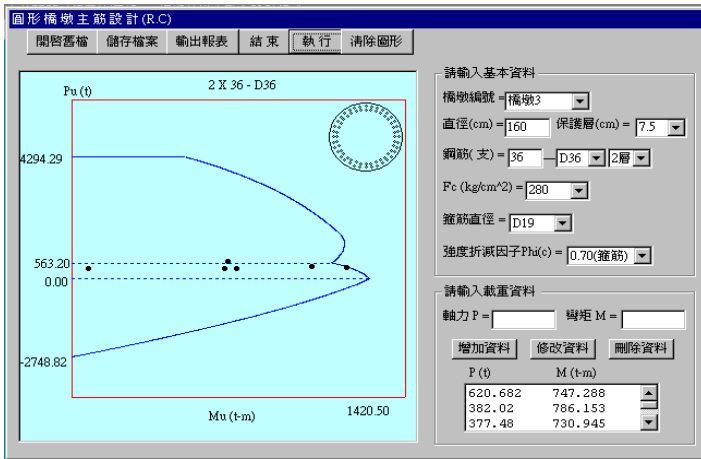


圖 15 橋墩主筋設計輸入畫面

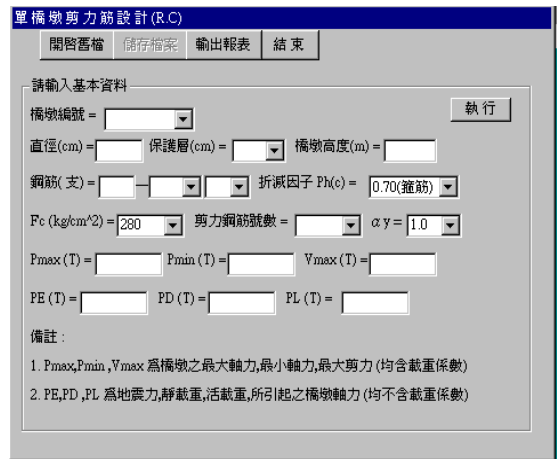


圖 16 橋墩韌性設計輸入畫面

(3)橋墩韌性設計(圖16)

(4)基礎設計(圖17)

啓動基礎設計模組，載入設計資料，將橋梁分析之柱底反力自動組合後，即可進行基樁承載力檢核及樁帽鋼筋量設計。

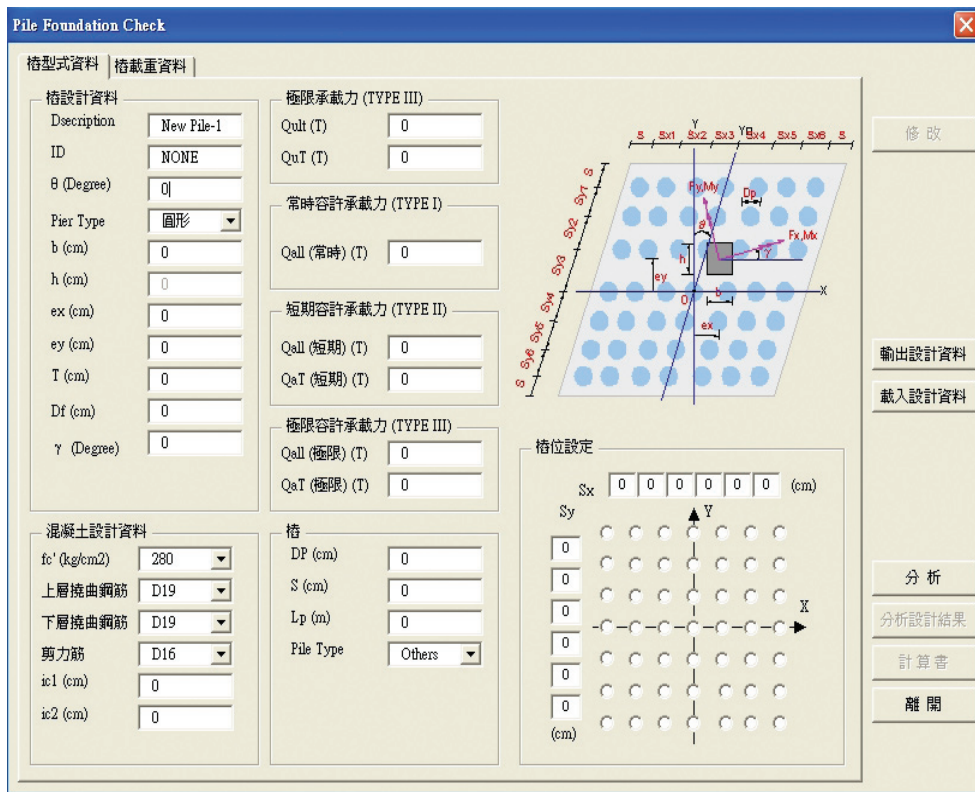


圖 17 基礎設計輸入畫面

## 4. 自動化成效

僅將高架橋應用軟體自動化之研究成果整理如下：

1. 採用“VB前端主控介面”之設計構思，與現行Windows視窗操作方式雷同，經實際上機操作，簡單易學，主控介面更內鍵基本除錯功能，若鍵入資料有誤，亦能提出輸入錯誤訊息，使用上更覺方便。
2. 大幅縮短結構分析設計時程，若進行結構斷面初估，或於施工中配合現場之施工條件，修改原設計參數，進而重新分析及校核，更可輕易於短期內完成。
3. 以往為避免資淺工程師分析設計之誤失，較重要之結構斷面分析設計需另由資深之校對者校核及指正，現因導入自動化，人為錯誤已事先排除，在快速結構設計下，亦可達到精確的結構設計品質。
4. 自動化最後成果為一份完整結構計算書，代表計算書內所有分析設計內容均已統一，任何一位工程均依照標準化之作業流程進行分析設計，而不會產生同一部門下有不同之分析方式及結果。

## 5. 結論

橋梁設計過程中的分析計算是非常煩瑣且為重覆性的工作，由於電腦及商用套裝軟體的普及，大部分的計算工作均交由電腦執行，然整個設計流程仍須由多位工程師從事分析計算、繪圖、數量計算等不同之工作，橋梁自動化設計系統之建立，可使設計流程一貫作業，減少分析、設計、估算等介面之連接，進而降低執行上人為輸入錯誤之機會，並可藉自動化設計縮短時程，提昇整體工作效率。

【本文感謝臺北捷運工程局土建設計處陳俊宏正工程司兼課長審查】

## 參考文獻

1. 倪睿謙、趙振宇、劉嘉哲、蔡榮禎(2000)，〈地下箱型結構分析自動化〉，土木水利第二十七卷第二期，第41-48頁，2000年8月。
2. 莊文宏(2003)，〈預力混凝土橋梁自動化工法簡介及未來展望〉，臺灣公路工程第二十九卷第十期，第2-21頁，2003年4月。