

EXCEL VBA 巨集語言於結構
工程設計上之應用

**The Application of EXCEL VBA Language in
Structure Engineering Design**

謝 啓 智
Chi-Chih Hsieh

賴 永 堃
Yung-Kuen Lay

原著載於 土木工程技術,
1996年9月, 99~106頁

*Reprinted from Journal of Civil Engineering,
September, 1996, pp.99~106*

EXCEL VBA 巨集語言於結構工程設計上之應用

謝啟智 * 賴永堃 **

*亞新工程顧問公司協理
**亞新工程顧問公司結構工程師

摘 要

對結構工程師而言，工作內容總有許多屬於例行性 (routine) 的工作，例如，經由結構分析程式 (如 SAP90, ISDS, GTSTRUDL... 等) 分析結果彙整、資料計算及判斷、圖表繪製、桿件設計、設計成果報告編排及輸出等。若將整體作業流程 (接收資料→彙整計算→分析判斷→設計成果→輸出設計成果報表) 透過電腦之指令或按下某一特定按鈕來完成，並在每一處理流程中，提供計算及判斷訊息給工程師作下一步之參考，將可提高工作效率及減少人為錯誤之發生。本文主要介紹 Microsoft Excel 中 VBA (Visual Basic for Application) 巨集語言，利用其交談式之對話方塊進行輸入介面，計算函數、程式碼，具有聲音之訊息方塊，及與其它應用程式溝通簡易之特性，並以一簡支箱型梁之下部結構設計，按八十四年交通部頒“公路橋梁耐震設計規範”之擬靜力分析為例說明如何應用於結構設計。經過實例比較，經由設計單元之模組化，對工程設計之標準化，設計品質之提升及控制，有相當大之助益。

一、前言

一件工程設計之完成，從工程開始之規劃、初步設計、細部設計、及設計圖面之繪製，所花費之時間相當冗長，而其中結構分析及設計又佔相當大之比例，且一工程設計之成敗，其關鍵亦繫於此。而對於結構分析及設計內容，有許多需要工程師作判斷及取捨，如果在分析及設計流程中，能利用程式加以偵測，提供訊息給工程師，作下一步之判斷，必然能減少結構工程師，因疏忽而造成之錯誤。再者對於不同分析及設計應用程式資料處理，更需花費相當多時間，如果能有一應用程式語言，幫助上述問題且具有簡易及親善之操作介面，而不需花費相當多時間建立程式碼，則對於結構工程

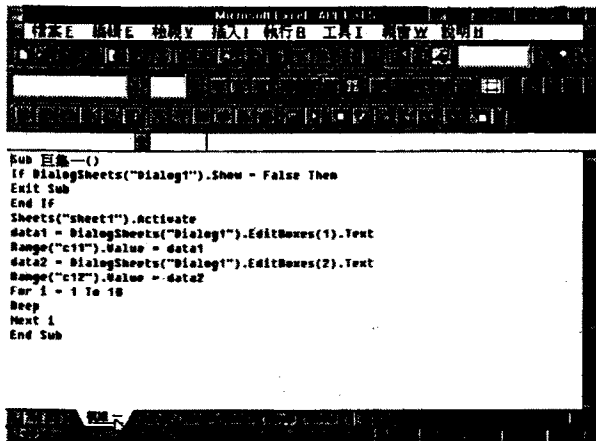
師而言將有莫大幫助，其中 Excel VBA 巨集語言其視窗操作介面，計算之準確性及普遍性，實為結構工程師於結構分析及設計上良好之選擇。目前由於工程技術的提升，及工程經驗的累積，使得規範更加完善。相對的，結構工程師所面臨的工作項目及內容，亦大為增加，從前利用人工之簡易分析方式及設計方法，已無法滿足目前工作需求，就橋梁下部結構之橋墩分析及設計而言，已從傳統柱頂加一水平力，求得柱底設計力方式，發展至必須整體結構輸入地震頻譜 (spectrum) 之動態分析方式，或求得結構地震等效力加至整體結構之擬靜力分析方式，以求得柱底設計力，分析設計及所需判斷工作量，已提升為以往的數倍，故發展一良好之工作應用程式，對工程師而言確有其必要及迫切性。

二、VBA 巨集程式語言簡介

VBA(Visual Basic for Application) 是 Microsoft Excel 中功能強勁，且使用簡便的程式設計語言，工程師們藉著 VBA 可以自動執行日常的工作，或自訂功能表及函數以符合工作需求，甚至建立完整的應用程式。

2.1 巨集 (Macro)

對工程師而言，工作內容總有許多屬於例行性 (routine) 的工作，例如經由結構分析程式 (如 SAP90, ISDS 等) 分析結果之彙整、資料計算及判斷、圖表繪製與桿件設計等。若將該作業流程：(接收資料→彙整計算→輸出報表)，透過單一指令或按下某一特定按鈕來完成，那將可大幅提高工作效率；在 Excel 中我們可以將此一處理流程以某些相對的指令組合起來，而這些指令的組合就是所謂的「巨集 (macro)」，如圖一所示。Microsoft Excel 提供撰寫巨集的錄寫器。巨集錄寫器可將使用 Microsoft Excel 時採取的動作及選取的指令儲存下來，稍後您可以重現或執行巨集來自動重複所錄寫的動作以節省時間和人力，甚至加入自己的程式碼來增強功能。



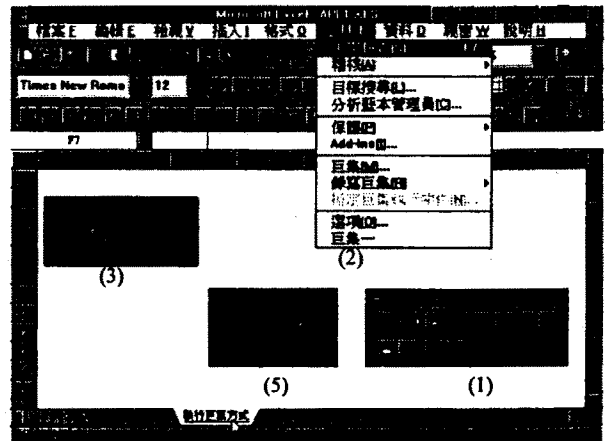
圖一 VBA 巨集程式語言

2.2 執行巨集

當巨集錄寫及編修完成後，可各依所須按下列之方式之一執行巨集，以加速作業流程：

1. 利用 Visual Basic 工具列之「執行巨集」指令，指定所欲執行之巨集，如圖二之(1)。
2. 將巨集新增到「工具」功能表中，使其如 Microsoft Excel 其他功能表之指令般選擇巨集，如圖二之(2)。
3. 利用「繪圖」工具列上的「建立按鈕」建立並指定巨集執行的按鈕，則每次開啟該工作表，按鈕即出現在工作表上，方便巨集之使用，如圖二之(3)。
4. 選擇內建或自訂之按鈕後，將巨集指定到該按鈕或放置於工具列上，則只要在工具列顯示之處或具有按鈕之活頁簿，都可執行該巨集，如圖二之(4)。
5. 將巨集指定到與主題相關之圖形物件上，藉此使巨集容易記住，並增加工作表之美觀，如圖二之(5)。

由於 VBA 的功能相當多，限於篇幅，以上僅就巨集語言作一簡單之介紹。至於其詳細內容，可參考文獻 [2]~[5] 當可獲得更進一步說明。



圖二 執行巨集方式

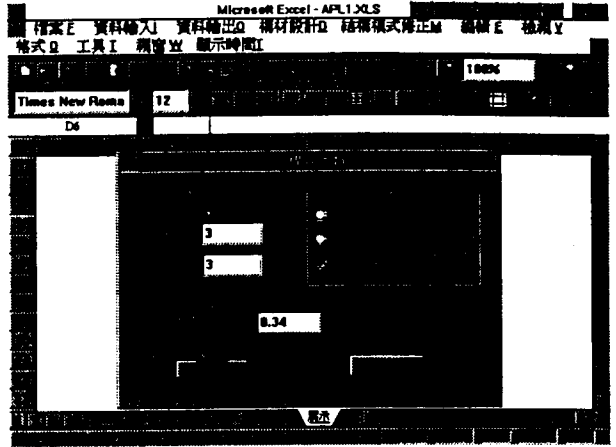
三、VBA 巨集程式語言應用

結構工程師日常所面臨的工作，結構分析說明→結構分析程式（如 SAP90, ISDS, GTSTRUDL...）結果輸入彙整→資料分析判斷→圖表繪製→桿件設計→結構分析及設計報表輸出等均可利用 VBA 處理。為配合說明，茲以一簡支箱型梁下部結構分析設計，按八十四年交通部頒“公路橋梁耐震設計規範”為例說明。

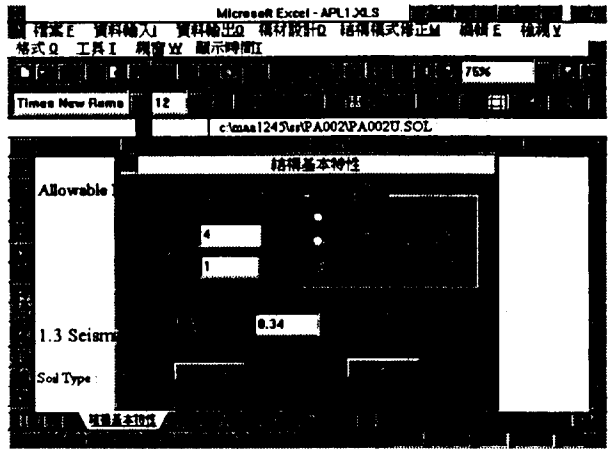
3.1 結構分析說明應用

結構分析說明，如結構分析尺寸說明、結構分析基本特性、材料強度等宣告說明，可以利用 VBA 對話方塊，清楚簡單的繪製結構分析圖形、對應尺寸、橋墩編號及使用日期等如圖三所示。而執行對話方塊所輸入數值及字串，可以傳至工作表儲存格上或傳至巨集語言中的變數，以作為分析及設計桿件依據及說明。

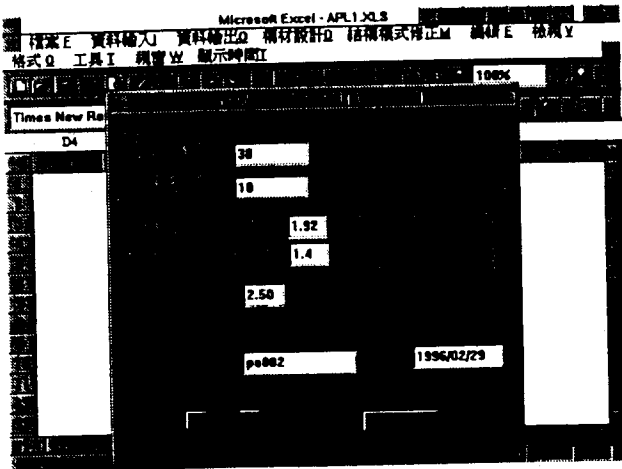
對於不當輸入之值，可於巨集中撰寫程式碼加以偵錯及發出警告聲響，如圖四所示之結構基本特性對話，結構系統特性係數 R^* 依不同下部結構型式分別為 2, 3, 5。當使用者輸入值非前述之值時，如圖五，則將出現警告訊息及聲響，如圖六所示。



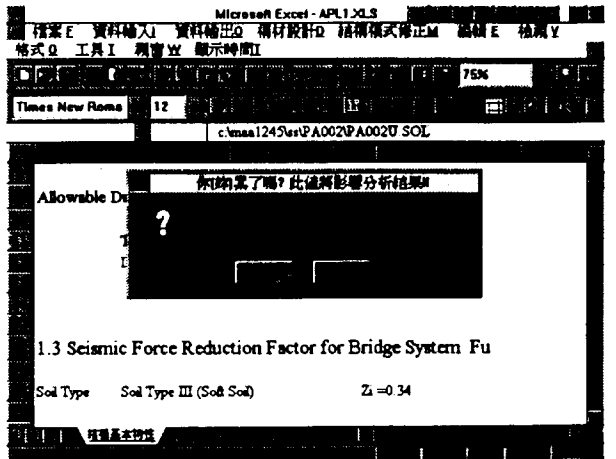
圖四 結構基本特性對話



圖五 結構說明錯誤輸入



圖三 結構分析說明對話



圖六 輸入錯誤警告訊息

3.2 結構分析結果輸入

一般而言，結構工程師大都需要將結構分析所得結果，作進一步的運算或者組合以期獲得如結構週期、地震力折減係數、載重組合……等等，此結構分析結果之輸入，如由人工處理將花費甚多時間及容易產生人為資料截取錯誤。吾人可利用 VBA 巨集程式碼以對話方塊之方式，輸入應用程式分析結果之檔案路徑，及所需修正之值以完成上述動作。茲以耐震設計中較繁瑣之擬靜力分析為例，結構分析所用之應用程式為“SAP90”，求橋梁基本振動週期所需沿軸向或橫向施加载重 $w(x)$ (單位：力/單位長) 計算橋梁振動單位沿軸向或橫向之變形 $U(x)$ 所存放之檔案路徑，及因鄰跨效應影響所需修正之值，如圖七所示。

當按確定鈕後，分析所得之變位及修正值將依 VBA 程式碼分別置於設計者所欲放入之工作表及儲存格上(如圖八)，以作為下一步計算之依據。

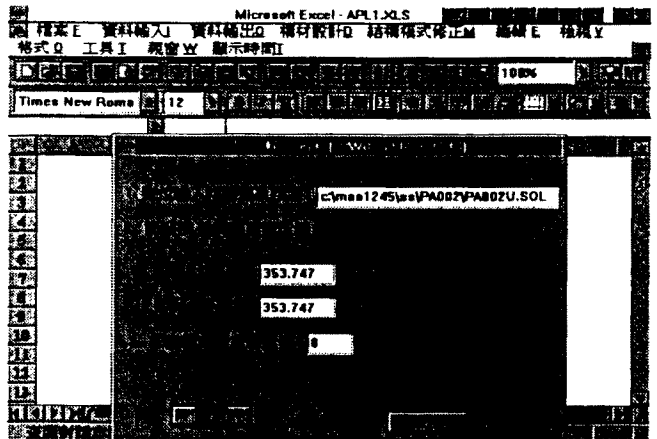
對於“SAP90”分析結果與 EXCEL VBA 連結所用步驟為：

1. 使用巨集錄寫器錄寫巨集
 - a. 開啟舊檔
 - b. 檔名為分析所得路徑及檔名
 - c. 欄位劃分
2. 建立對話方塊
3. 增修巨集程式碼，包含
 - a. 開啟對話方塊
 - b. 將檔名及路徑修改為變數字串
4. 將巨集指定至 2.2 節中執行巨集任一方式中

3.3 資料分析及判斷

當變形 $U(x)$ 存於工作表內之儲存格上，便可進一步利用程式碼加以計算週期 T (如圖九)，按地盤種類及震區係數對話方塊內容(如圖四)，計算地震力折減係數 F_u ，及地震力之分佈(如圖十)並將地震力之分佈轉換為

ASCII 碼以作為“SAP90”分析輸入檔。



圖七 結構分析成果及修正對話

joints	W1 (T)	U1 (M)	U1 ² (M ²)	W1*U1	W1*U1 ²
1	25.560	0.110593	0.01223	2.82676	0.31262
2	93.351	0.110785	0.01227	10.34189	1.14573
3	87.820	0.111301	0.01239	9.77445	1.08791
4	40.061	0.111448	0.01242	4.46472	0.49758
5	40.061	0.111587	0.01245	4.47029	0.49883
6	40.061	0.111716	0.01248	4.47545	0.49998
7	40.061	0.111834	0.01251	4.48018	0.50104
8	40.061	0.111939	0.01253	4.48439	0.50198
9	40.061	0.112031	0.01255	4.48807	0.50280
10	40.061	0.112109	0.01257	4.49120	0.50350

圖八 等效地震力 p_e 值計算

```

Transverse dir:
get as follows from table 1:
p=Σ W*U1 = 310.5542
Σ W*U1^2 = 30.9853
T = 2.01*(p)^0.166
= 0.635sec

Longitudinal dir:
get as follows from table 2:
sum 1
p=Σ W*U1 = 172.9373
Σ W*U1^2 = 18.9014
T = 2.01*(p)^0.166
= 0.655sec

sum 2
p=Σ W*U1 = 1.2992
Σ W*U1^2 = -0.0091
T = 2.01*(p)^0.166
= 0.165sec
    
```

圖九 結構週期計算

在計算過程中，設計者可於 VBA 程式碼中加入可提供使用者判斷之訊息，如該結構系統為最小設計水平地震力 V 或避免中度地震降伏之設計地震力 V^* 所控制。當然設計者可依所需加入不同的計算及其它判斷訊息。

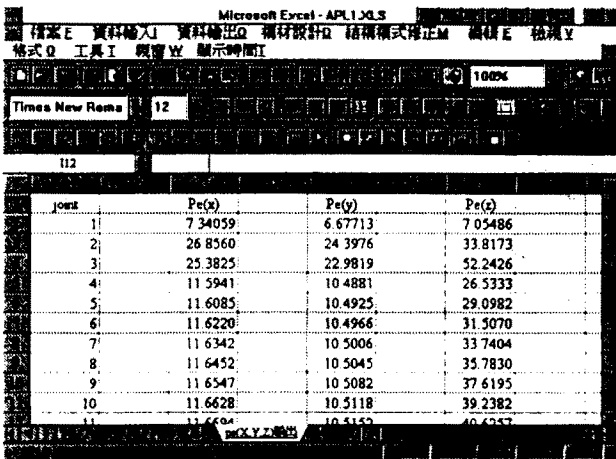
3.4 圖表繪製

當完成計算之後，利用圖表為一良好展現計算成果之方式，由於 EXCEL 提供圖表功能，故可立即由計算成果連結至圖形，減少繪圖之時間，如各類地盤修正反應譜圖（如圖十一）。

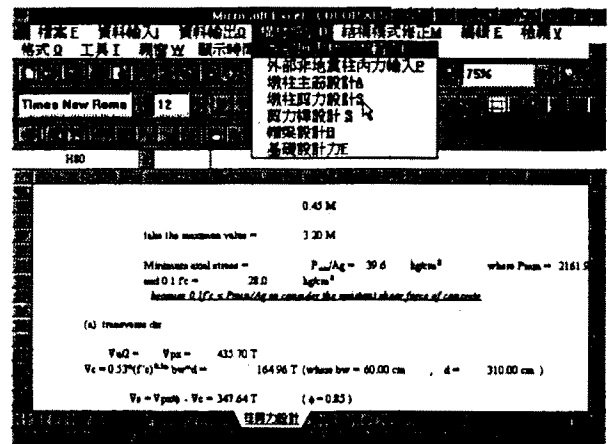
3.5 桿件設計

當等效地震力 pe 重新輸入於結構分析模式中，經結構分析程式“SAP90”分析之後，可

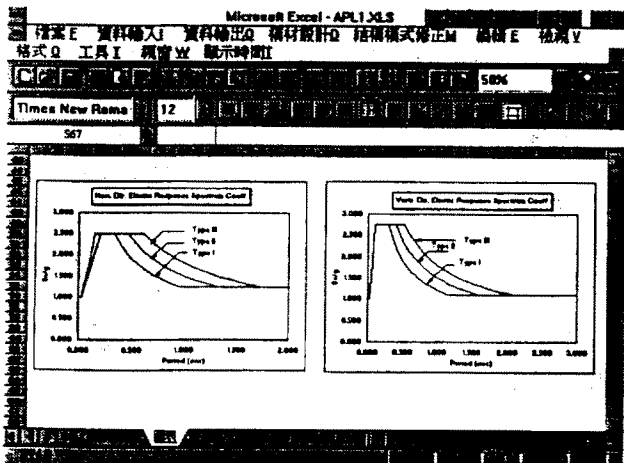
得相對應之柱底內力，再經由與常時作用力下之柱底內力，按不同之載重組合後，經由程式碼加以分析比較及計算細長效應之後，可得橋墩柱底之設計力。由工程師自行撰寫程式碼，以設計桿件，茲以橋墩柱底剪力設計為例，圖十二所示為進行構材設計之功能表，執行墩柱剪力設計將出現如圖十三所示之橋墩柱底之剪力設計對話方塊，其中內容為橫向與縱向計算所得之需要剪力鋼筋與設計者輸入提供剪力筋之比較，使用者只需修改鋼筋號數或根數 (legs)，程式碼將按不同鋼筋號數所對應之強度 (如 $D < 19\phi$, $f_y = 2800kg/cm^2$; $D \geq 19\phi$, $f_y = 4200kg/cm^2$) 及根數 (legs)，提供設計訊息，便於工程師設計考量及試算。



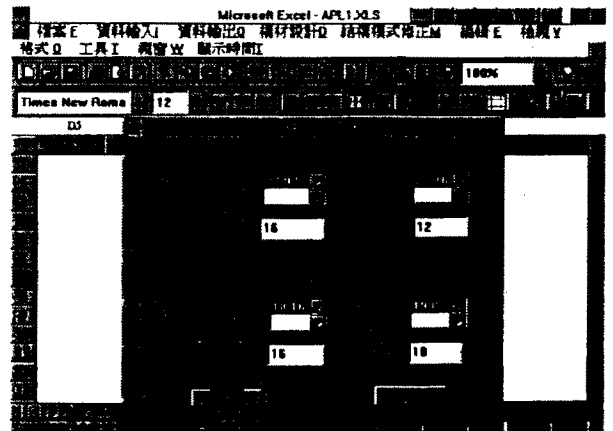
圖十 等效地震力 pe 值輸出



圖十二 桿件設計功能表



圖十一 圖形繪製



圖十三 橋墩柱底剪力設計對話

四、與其它應用程式溝通及輸出

4.1 與其它應用程式溝通

當桿件設計力量獲得之後，工程師們亦可藉由不同 DOS 模式下的設計軟體（如 RECOL, SAPCON, ISDS），或 WINDOW 模式下的設計軟體（如 PCACOL, ISDS）進行桿件設計，就工程師而言，如能使程式提供資料給其它應用程式，或自其它應用程式取得資料，或執行其它應用程式的命令 (command)，那對工程師而言將可省去不同應用程式間的輸入及輸出人力。而這些問題都是與“其它應用程式溝通”或“如何與其它應用程式進行資料分享”有關，而 EXCEL VBA 巨集語言在與其它應用程式溝通方式共有下列數種：

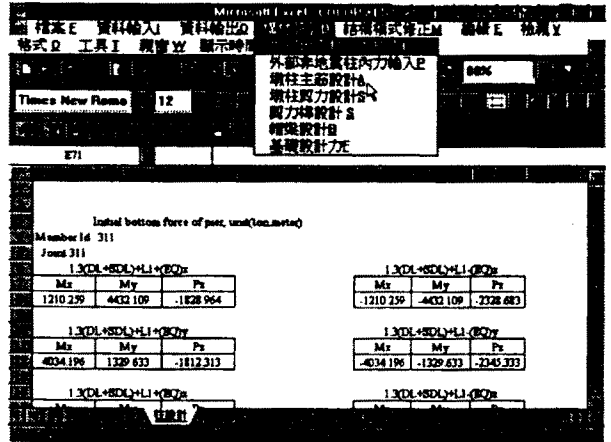
1. 透過剪貼簿 (Clipboard)
2. 透過動態資料交換 (Dynamic Data Exchange, DDE)
3. 透過物件連結與嵌入 (Object Linking & Embedding, OLE)
4. 透過傳送按鍵 (SendKey)

其內容可由參考文獻 [2]~[5] 中獲得更進一步說明，以下僅就利用“PACOL”進行橋墩主筋設計之執行命令及設計完成後成果資料輸入進行說明。

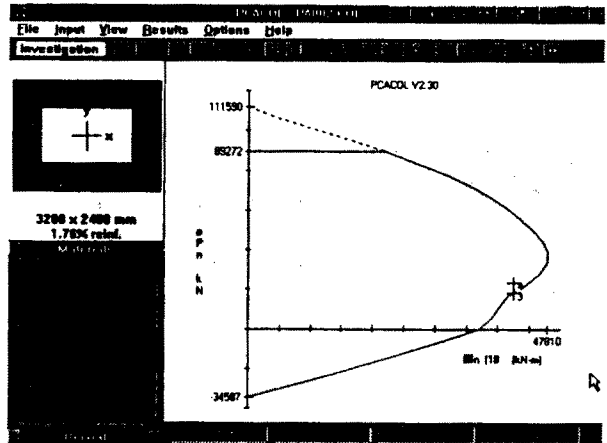
1. 由構材設計功能表列中選擇“構材設計 / 墩柱主筋設計”如圖十四所示，選擇之後將直接進入“PCACOL”應用軟體操作畫面如圖十五所示，此一步驟之 VBA 巨集語法為：

```

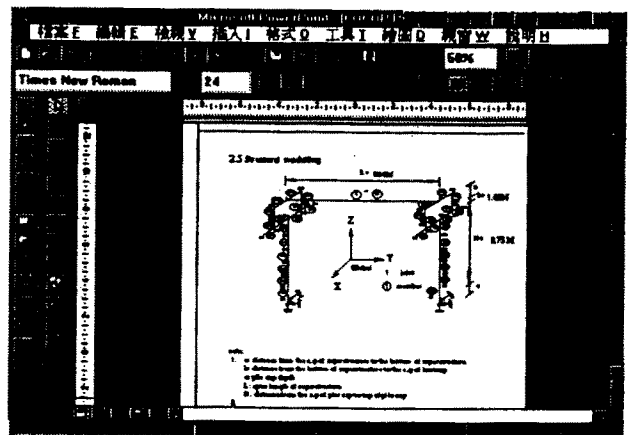
Sub pca() ..... 定義程式碼名稱
Dim taskid ..... 定義變數名稱
taskid=Shell("z:\win_app\pcacol\pcacol.exe", 4)..... 應用程式路徑
AppActivate taskid ..... 開啟應用程式
End Sub ..... 結束
    
```



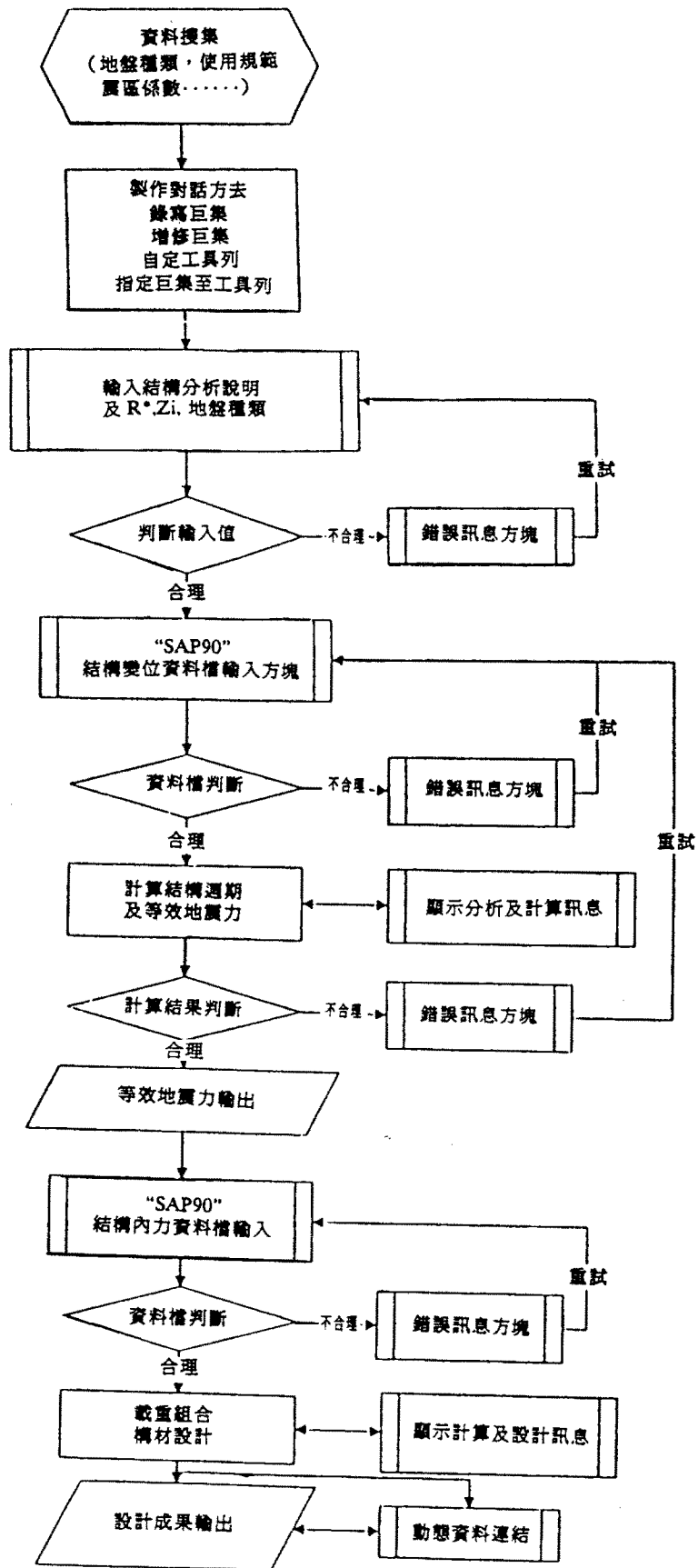
圖十四 墩柱主筋設計功能表



圖十五 “PCACOL” 應用軟體



圖十六 設計成果輸出



圖十七 VBA 結構分析及設計流程

2.設計成果資料傳送，當“PCACOL”設計完成之後，可利用所產生之輸出檔“*.col”按 2.2 節中所示之方式，將資料輸入至工作表中，以便進行下一步之運算。

4.2 輸出設計成果

當完成一切之分析及設計流程之後，可利用文書處理軟體（如 Word）及簡報軟體（如 Power Point）進行設計成果之輸出，而其特點在於利用其本身所具有之透過物件連結與嵌入功能，當設計資料上有所變更時，可利用其動態連結功能進行資料內容之立即更新，故工程師們只需在開始時進行版面之配置，爾後只需專注於分析及設計上之輸入及判斷即可，如此當可省去工程師整理設計成果資料之時間。但此步驟須注意，當欲列印圖設計成果報告數量龐大時，如電腦本身記憶體 (RAM) 不足，將無法列印，應先將 Excel 關閉，以減少記憶體之使用。圖十六為利用“Power Point”應用軟體作為設計成果輸出之部份成果。

五、結論與展望

就以上所述，其作業流程如圖十七所示。經由 EXCEL VBA 巨集語言之應用，的確可以省下數倍之工程師人力，而其應用並無任何拘限，舉凡結構工程、大地工程、工程數量估算等等均可加以應用。惟在起始撰寫程式碼時，須針對所計算結果加以驗證，當一切驗證無誤後，爾後之計算及編輯成果報告，便可按此模式執行以加速作業進行，減少作業時間。

本文旨在提供工程師一個應用工具，以增進其工作效率，使日常所面臨工作能夠加以自動化及標準化，如此結構工程師將擁有更多時間作特殊工程之研究，提升工程設計能力。隨著電腦作業系統及應用軟體的快速發展，在可預見之將來，對工程師而言，將有更多工具可供選擇，來增進工程作業流程。

謝 誌

首先感謝本公司黃副理永和先生，在其專案繁忙之際，不時加以惠于卓見。另外並感謝本公司郭工程師錫卿於撰寫本文所提供之寶貴意見，其中謝秘書文玉小姐對本文之版面編排所付出之辛勞，在此亦一併致謝。

參考文獻

- 1.交通部，“公路橋梁耐震設計規範” 1995
- 2.Microsoft Excel Visual Basic 中文版使用手冊
- 3.陳京生，“Excel 巨集語言 Visual Basic for Application 的應用”，基峰，1994
- 4.李文瑞，“Excel 5.0 VBA 中文版設計範例”旗標，1995
- 5.Paul McFedries, “Excel 5 SUPER BOOK”, SAMS PUBLISHING, 1994
- 6.American Association of State Highway and Transportation Officials, “Standard Specification for Highway Bridges” 1992