

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

由建築結構設計圖自動產出鋼筋施工圖及料單(I) 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 95-2221-E-002-312-
執行期間：95年08月01日至96年07月31日
執行單位：國立臺灣大學土木工程學系暨研究所

計畫主持人：陳永祥

計畫參與人員：其他：曾惠斌、林佑正、黃超煌

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96年12月17日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

由建築結構設計圖自動產出鋼筋施工圖及料單 (I)

Automatically Design of Shop Drawing of Reinforcements for RC Buildings (I)

計畫編號：NSC 95-2221-E-002-312-

執行期限：95 年 8 月 1 日至 96 年 7 月 31 日

主持人：陳永祥 國立台灣大學土木工程學研究所

計畫參與人員：曾惠斌、林佑正、黃超煌

一、中文摘要

本計畫主要開發一套 RC 建築結構設計-施工軟體，協助建築師及結構技師建立建築結構設計圖，或協助營造廠商參加投標所獲得之 RC 結構設計圖(一般電腦圖檔無法取得)，將圖面上相關資料如梁柱構件尺寸及鋼筋配筋量等，輸入電腦資料庫，由本計畫所開發程式可自動建立圖檔，並經由 AutoCAD 自動快速繪製構件配筋圖，並依照規範自動計算彎鉤、錨碇、搭接等，可以快速準確計算鋼筋用量，並彙整料單及繪出鋼筋施工圖，作為投標數量之依據。

本計畫所開發之程式可以由結構設計資料建立圖檔，可提供建築相關設計或設計變更之用途，同時可自動產生詳細鋼筋料單及施工圖，因係依據規範自動計算錨碇彎鉤長度、搭接位置與長度，可準確計算鋼筋用量之多寡，故有助於施工進度及避免錯誤之要求。研究成果可顯示結構設計圖，梁柱構件及梁柱接頭配筋圖，故可同時檢核配筋是否合乎規範之規定(包括鋼筋間距、保護層、搭接長度及錨碇彎鉤等)。故可提供作為結構設計檢核及施工圖之用途。對結構設計及施工品質之準確度提升，提供有力的保證及應用之工具。

關鍵詞：鋼筋施工圖、料單、自動化

Abstract

The automation of the shop drawing and the quantity list of the reinforcements of a RC building is going to established in this research project. It is very important for a constructor to bid a RC building project or to construct a RC building under the control of budget and schedule. A two-year research project is presented for this purpose. The scope of the first year will include the basic design information data base, the automation of 2-D and 3-D structural drawing of a building, and the automation of the design drawings of the reinforcements. The scope of the second year will include the automation of the shop drawings and the quantity list of the reinforcements. The hook, developed length, splice, and protection thickness will all be considered; therefore the automation established in this research project will be very precise and it can make the surplus and waste of the reinforcements as minimum as possible.

Keywords: Refinforcements, Shop Drawing, Quantity List, Automation

二、緣由與目的

有鑒於目前營造廠需要在投標時需於短時間內就先依照結構設計圖計算數量，準確評估投標金額。實際承接工程時，也需要由現場施工人員依照結構設計圖以及工程進度分樓層分區進料，這些工作現階段都是由營造廠耗費大量的人力完成，不但錯誤機率很高，造成成本及人力的浪費，管理者也無法全盤掌握施工單位的作業品質，成為營建施工管理的盲點。

本計劃的目的主要是建立一套自動化計算結構數量、繪出結構平面圖、立面圖、三維構架圖、構件斷面圖、配筋圖，計算鋼筋、混凝土、模版數量，以及輸出鋼筋料單、施工圖，協助提供最佳化定尺進料建議，廢料計算等功能之軟體。可以減少營造單位發包施工過程中重覆數量計算浪費的人力物力，加速營造廠投標作業，精確完成成本估算，並且幫助施工單位有效進料控制，減少廢料，降低成本，節省工時。

一般營造廠投標之工程數量計算，非常粗略，工程成本不易掌控，風險很大，得標後又無法精確計算以及施工管理不確實等因素，輕者影響成本收益，重者影響工程品質及進度。營建工程中又以鋼筋數量之計算更不易正確，草率估料施工，造成鋼筋廢料很多，無法管制，形成浪費，有鑑於斯，本計劃乃提出由結構設計圖經由電腦技術自動產出資料庫、圖檔、鋼筋施工圖及料單之研究計劃，希望解決一般營造廠無法或不易解決問題，研發一個電腦自動化系統，協助營造廠投標前及得標後營建材料(尤指鋼筋)數量計算，期減少風險，提高品質及進度效益，同時可提供鋼筋施工圖，有助於鋼筋之加工及減少鋼筋之廢料，以上效益應對營建業發展有很大的幫助。本研究計劃所完成之成果，可再與上游工作之結構分析設計結合，並可與下游營建工程工料數量進場進度及財務管理結合，形成上中下游工作之串聯整合，即設計→施工→財務→管理之自動化流

程，故本計劃將可成為數位營建奠定基礎，為營建數位時代開創契機。本計畫第一年研究已完成梁柱使用者輸入介面，及鋼筋用量之計算，以下加以說明所研究之成果。

三、程式架構及組成

本研究計畫依自動化程式開發作業流程(如圖 1)，其工作內容主要包括建立基本資料庫、設計資料庫、產生電腦資料檔資料、鋼筋、混凝土、模版數量計算以及計算結果輸出等部份，程式架構區分為三個主要部分，分別為資料輸入→資料儲存→圖形繪製。首先建構梁柱之使用者視窗介面，將有關梁柱之圖面資料系統化的儲存於設計資料庫中，以提供後續施工圖及施工料單繪製、物料計算及其他相關應用程式開發之資料來源，以下就程式架構中所組成之元件加以說明。

(一) 基本資料庫

- (1) 鋼筋基本性質參數共計 4 個，包括鋼筋單位長度質量(W)、鋼筋標稱直徑(d_b)、鋼筋標稱面積(A_b)、鋼筋標稱周長(P)等，如表 1 所示。另外，使用者於此階段輸入梁、柱、板、牆、樓梯各結構元件採用之混凝土 28 天抗壓強度 f'_c ，鋼筋降伏強度 f_y 等資料。
- (2) 規範資料包括保護層厚度、主筋排列最小間距、鋼筋搭接長度(表 2)、伸展長度、彎鈎錨碇長度(表 3)。

(二) 梁柱設計資料庫

梁柱設計資料庫包含:

1. 梁柱構件編號

梁柱編號依據樓層、柱線、配筋型式等統一予以編號。

2. 梁構件參數共計 33 個，參數係依據梁尺寸及配筋加以分類，梁尺寸參數共計 3 個，梁配筋參數共計 30 個，如表 4 所示。依梁配筋設計參數(圖 2)建構使用者輸入視窗如圖 3、圖 4 所示。

3.柱設計參數共計 14 個，參數係依據柱尺寸及配筋加以分類，柱尺寸參數共計 3 個，柱配筋參數共計 11 個，如表 5 所示。依柱配筋設計參數建構使用者輸入視窗如圖 5 所示。

將所設定之梁柱參數儲存於設計資料庫內，做為日後圖形輸出之依據。

(三) 產生電腦資料檔及輸出

合併基本資料庫及設計資料庫之電腦資料檔，作為後續數量計算的根源，所有輸入資料均可以藉由圖形或者檔案輸出，供使用者檢查資料的正確性以及完整性。

1. 文件輸出：將儲存於設計資料庫之構件資料，顯示於構件圖形視窗，如圖所示，依圖檢視，供使用者核對檢查所輸入數據是否錯誤或遺漏。
2. 圖檔輸出：藉由繪圖軟體 AutoCAD，將結構資料以圖面表示，包括構件斷面圖、配筋圖、施工圖及料單等等，如構件斷面圖繪製時，需先擷取資料傳入繪製構件斷面圖視窗，如圖 6 所示，再執行繪圖程序，將斷面圖依實際尺寸輸出，如圖 7 所示。

(四) 鋼筋數量計算

鋼筋數量計算—依照使用者輸入梁柱設計資料以及基本資料庫中設定參數，程式可自動計算箍筋用量，並於檢視視窗輸出，如圖 8 所示，主筋數量計算另需考量搭接位置及錨碇彎鉤長度，計算較為繁複，需個別處理輸出，所有計算均需依據規範要求加以檢核。

(五) 計算結果輸出

計算結果依據單一軸線分別完成數量計算，並且提供下列計算結果供實際施工進料、進度、品質、成本控制使用：

1. 鋼筋料單：以固定格式輸出鋼筋料單(包括主筋、箍筋、彎鉤、搭接等)，自動統計重量，並且以圖示、長度分類彙整各種形式的需求數量，減少人工計算出錯的可能。進行鋼筋裁切加

工作業時，也可以藉由格式統一、清晰的料單，更加快速，避免錯誤造成的材料浪費。

2. 鋼筋施工圖：依據使用者設定之相關規範參數以及實際結構設計配筋結果，以及錨碇、彎鉤、搭接等細部資料，自動化繪出施工圖，現場施工者可以方便正確地依圖施工。
3. 鋼筋用量計算：程式可以由使用者輸入實際定尺進料長度，並依照鋼筋使用數量計算之結果，產生鋼筋數量，提供管理單位作為成本控管的依據之一。

使用者可以依據施工圖與料單正確無誤訂購鋼筋，依據數量計算結果評估鋼筋用量，不但可以使現場進料作業更加順暢，對於鋼筋用量的控制以及工程進度的控管效益也大幅提升。

四、結論

1. 本研究計畫所開發之梁柱配筋圖自動化程式，能將使用者利用 ACCESS 資料庫建置完成的鋼筋基本資料、鋼筋伸展長度與搭接長度資料庫與程式連結，並提供現行規範於梁柱配筋圖自動化程式中做繪圖與計算的依據，若規範有任何修訂，可於一般大眾常使用之資料庫裡修改規範值。
2. 本研究計畫所開發之梁柱配筋圖自動化程式，能讓使用者依照結構設計圖與梁柱配筋圖輸入圖說上的資料，並將輸入的資料儲存於梁柱斷面資料庫與梁柱配筋資料庫，並提供梁柱配筋圖自動化程式中做繪圖與計算的依據。並可將程式中的梁柱斷面資料庫與梁柱配筋圖資料庫建檔儲存於資料庫裡，如此可讓使用者對於往後資料報表、文書處理等工作能更加便利。
3. 目前計畫進度已完成在鋼筋用量方面能就箍筋及繫筋用量加以計算，主筋部份因涉及搭接、續接情況不同而需較詳細考慮，並符合規範要求予以計算。

五、參考文獻

- [1] 中國土木水利工程學會, 混凝土工程設計規範與解說, (土木 401-93).
- [2] Arthur H. Nilson, David Darwin, Charles W. Dolan, *Design of Concrete Structures*, 13th Ed. McGraw Hill, 2003.
- [3] G.. Booch, *Object-Oriented Design with Applications*, 2nd Ed., Benjamin/Cummings, Redwood City, CA, USA, 1993.
- [4] Steven Holzner, 精通 *Visual Basic.NET* 中文版黑皮書, 超維度工作室, 2003. 5.
- [5] Debbie Stone、Caroline Jarrett、Mark Woodroffe、Shailey Minocha, *User Interface Design and Evaluation*, Morgan Kaufmann Publisher, 2005.
- [6] Marion Cottingham, *Mastering AutoCAD VBA*, 2004.
- [7] 劉醇政, 梁配筋圖自動化程式開發, 2006.6.。
- [8] 陳享禮, 柱配筋圖自動化程式開發, 2006.6.。

表 1 鋼筋基本資料

物理量	鋼筋號數									
	#3 (D10)	#4 (D13)	#5 (D16)	#6 (D19)	#7 (D22)	#8 (D25)	#9 (D29)	#10 (D32)	#11 (D36)	
d_b	0.95	1.27	1.59	1.91	2.22	2.54	2.87	3.22	3.58	
A_b	0.71	1.27	1.99	2.87	3.87	5.07	6.47	8.14	10.07	
P	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.1	11.3	
W	0.56	0.99	1.56	2.25	3.04	3.98	5.08	6.39	7.90	

符號說明:
 d_b : 鋼筋標稱直徑(cm)
 A_b : 鋼筋標稱面積(cm^2)
P: 鋼筋標稱周長(cm)
W: 鋼筋單位長度質量(kg/m)

表 2 受拉鋼筋之搭接長度

		鋼筋號數									
f'_c	f_s	#3 (D10)	#4 (D13)	#5 (D16)	#6 (D19)	#7 (D22)	#8 (D25)	#9 (D29)	#10 (D32)	#11 (D36)	
210	2800	32	43	53	64	91	104	117	131	146	
	4200	48	64	80	96	136	155	175	196	218	
245	2800	30	40	50	59	84	96	108	121	135	
	4200	45	59	74	89	126	144	162	182	202	
280	2800	30	37	46	56	79	90	101	114	126	
	4200	42	55	69	83	118	134	152	170	189	
350	2800	30	33	42	50	70	80	91	102	113	
	4200	37	50	62	74	105	120	136	152	169	

適用時機
1. 鋼筋要有箍筋束
2. 鋼筋淨間距需 $1.0 d_b$ 以上
3. 達最低鋼筋量需求

符號說明
 d_b : 鋼筋標稱直徑 (cm)
 f'_c : 混凝土標稱抗壓強度 (kg/cm^2)
 f_s : 鋼筋標稱抗拉強度 (kg/cm^2)
 l_{db} : 基本伸展長度 (cm)
 l_d : 伸展長度 (cm)
 c : 混凝土束制指標 (cm)
 k_w : 橫向鋼筋束制指標 (cm)

計算公式
 $d_b \leq D19 \quad l_{db} = \frac{0.23 d_b f_s}{\sqrt{f'_c}}$
 $d_b \geq D22 \quad l_{db} = \frac{0.28 d_b f_s}{\sqrt{f'_c}}$
 $l_d = l_{db} \times \frac{d_b}{c + k_w} \quad (l_d)_{min} \geq 20 \text{ cm}$

表 3 標準彎鈎長度

		鋼筋號數								
		#3 (D10)	#4 (D13)	#5 (D16)	#6 (D19)	#7 (D22)	#8 (D25)	#9 (D29)	#10 (D32)	#11 (D36)
90度彎鈎	A	15.3	20.4	25.4	30.5	35.6	40.7	48.3	56.0	61.0
180度彎鈎	A	12.7	15.3	17.8	20.4	25.4	28.0	38.1	43.2	48.3
	J	7.7	10.2	12.7	15.3	17.8	20.4	28.6	32.4	36.2
肋筋彎鈎 箍筋彎鈎	A	10.2	11.5	14.0						
	H	6.4	7.7	9.6						

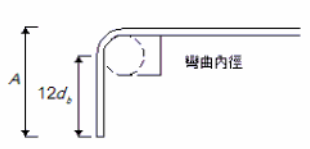
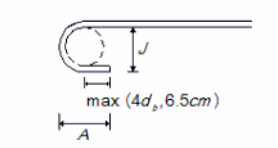
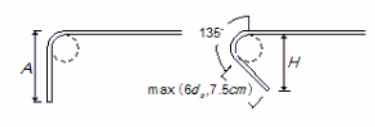
圖 示	90度彎鈎	
	180度彎鈎	
	肋筋彎鈎及箍筋彎鈎	

表 4 梁構件設計參數

梁尺寸參數				
(1)	梁跨距			
(2)	梁寬			
(3)	梁深			
梁配筋參數				
主 筋 參 數	上層主筋	左	(4)主筋支數	(5)主筋號數
		中	(6)主筋支數	(7)主筋號數
		右	(8)主筋支數	(9)主筋號數
	下層主筋	左	(10)主筋支數	(11)主筋號數
		中	(12)主筋支數	(13)主筋號數
		右	(14)主筋支數	(15)主筋號數
腰 筋 參 數	左	(16)腰筋支數	(17)腰筋號數	
	中	(18)腰筋支數	(19)腰筋號數	
	右	(20)腰筋支數	(21)腰筋號數	
箍 筋 參 數	(28)左端箍筋配置範圍		(22)箍筋號數	(23)箍筋間距
			(24)箍筋號數	(25)箍筋間距
	(29)右端箍筋配置範圍		(26)箍筋號數	(27)箍筋間距
加 強 筋 參 數	上層主筋	(30)左端斷筋點位置		
		(31)右端斷筋點位置		
	下層主筋	(32)左端斷筋點位置		
		(33)右端斷筋點位置		

表 5 柱構件設計參數

柱尺寸參數			
(1)	柱高		
(2)	柱寬		
(3)	柱深		
柱配筋參數			
主 筋 參 數	(4)主筋號數	(5)水平主筋支數	
		(6)垂直主筋支數	
箍 筋 參 數	上端圍束區	(7)箍筋號數	(8)箍筋間距
	中央區	(9)箍筋號數	(10)箍筋間距
	下端圍束區	(11)箍筋號數	(12)箍筋間距
	梁柱接頭區	(13)箍筋號數	(14)箍筋間距

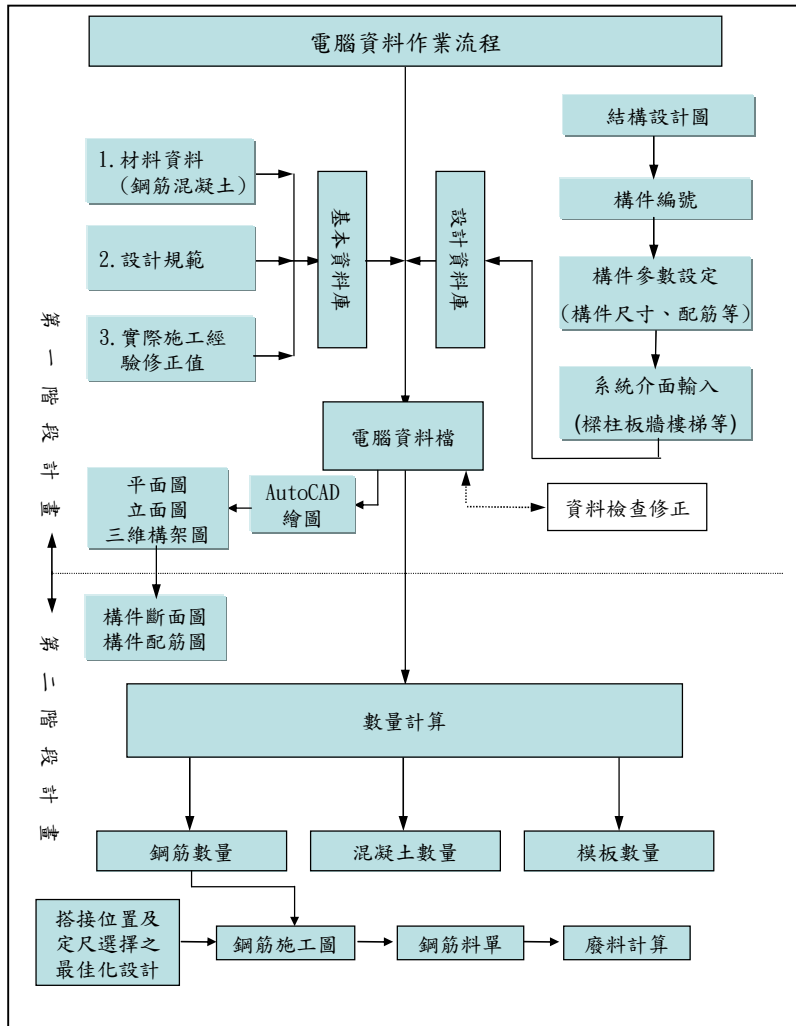


圖 1 由結構設計圖自動產出圖檔、鋼筋施工圖及料單作業流程圖

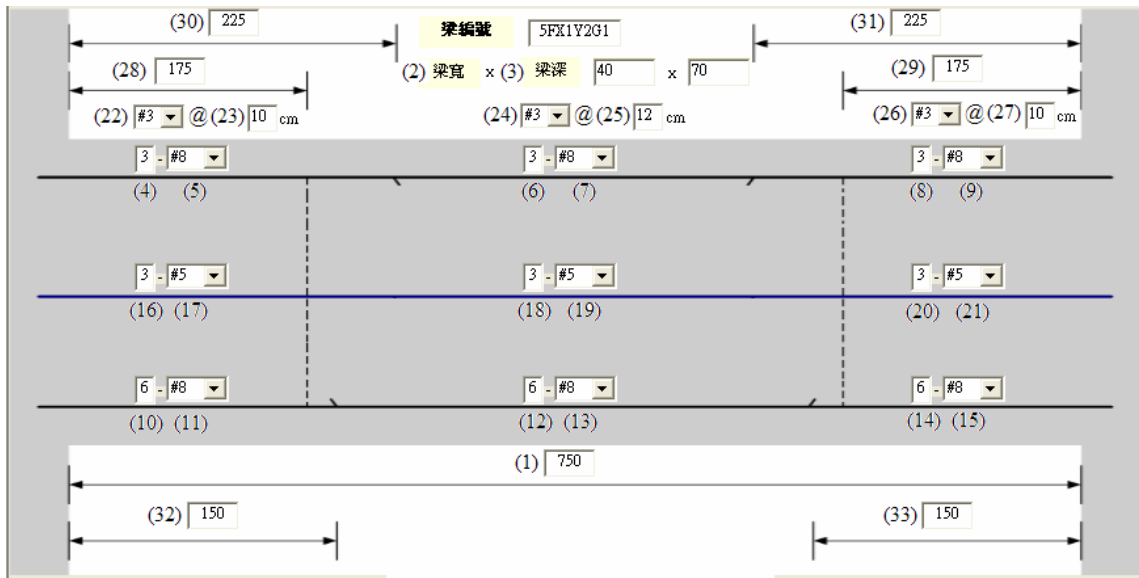


圖 2 梁構件參數配置圖

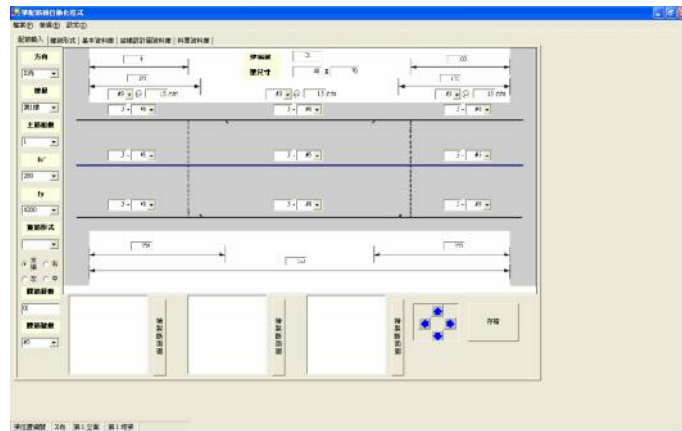


圖 3 梁構件配筋設計參數使用者輸入視窗

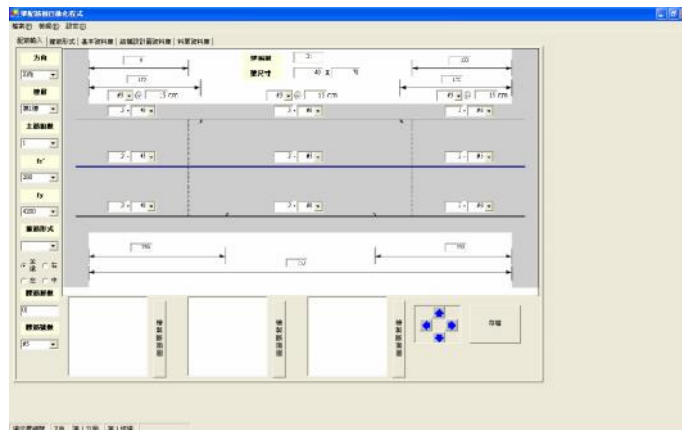


圖 4 地梁構件配筋設計參數使用者輸入視窗

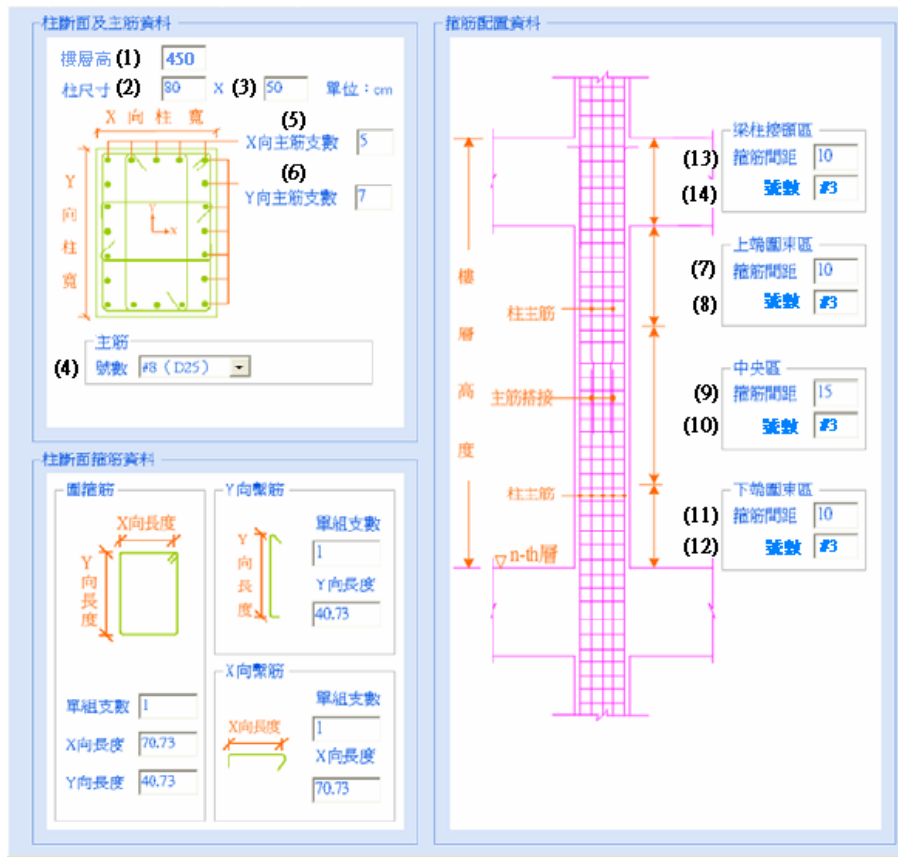


圖 5 柱配筋設計參數使用者輸入(input)視窗

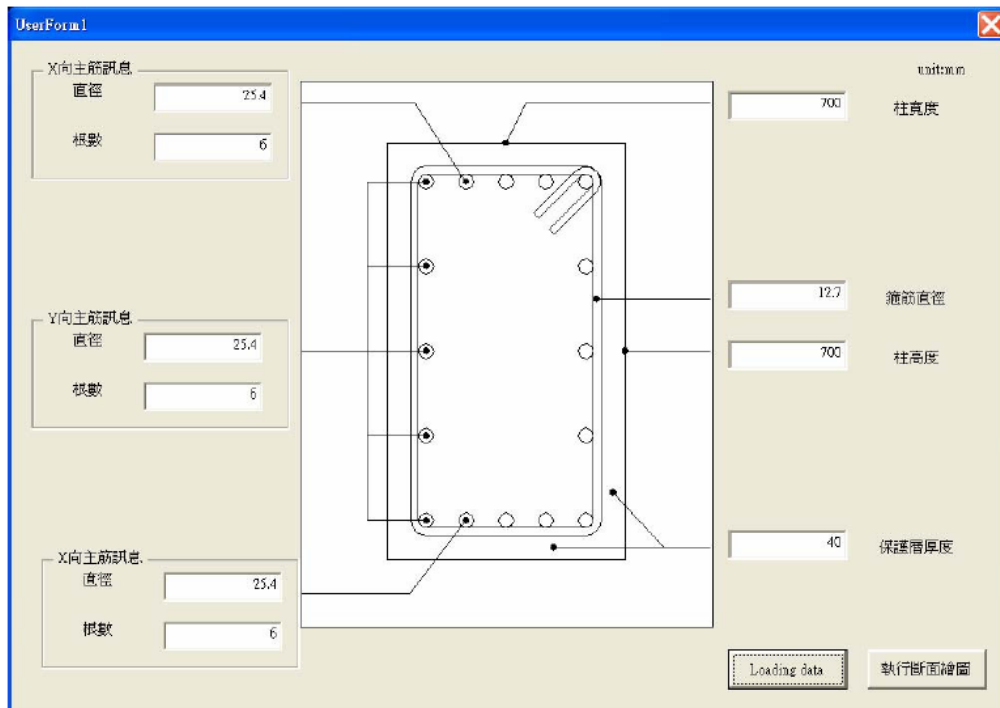


圖 6 構件斷面圖資料讀取視窗

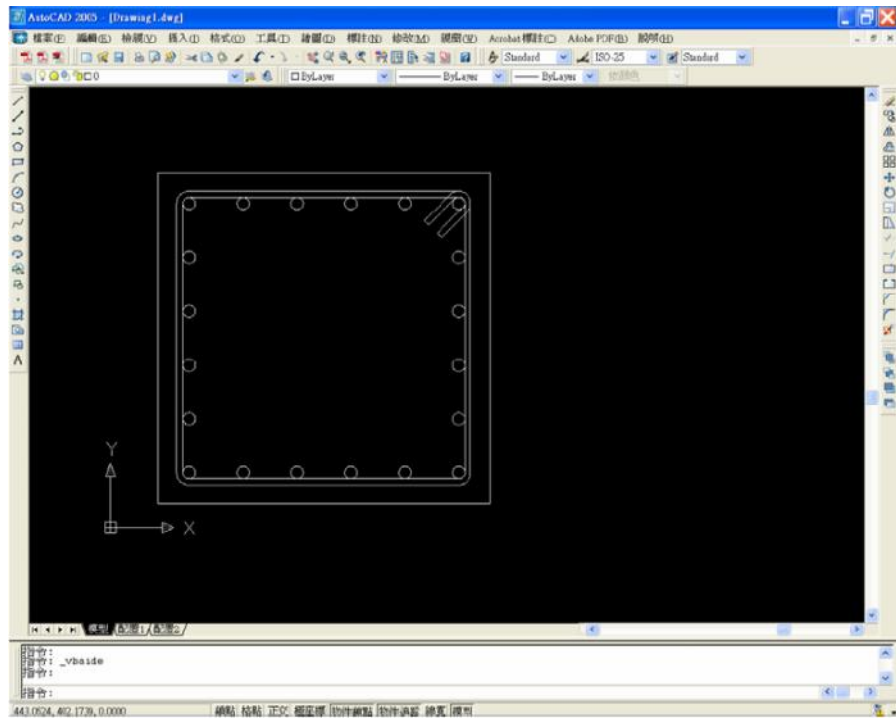


圖 7 構件斷面配筋圖顯示視窗

圖 8 柱箍筋數量及長度顯示(output)視窗

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

(由建築結構設計圖自動產出鋼筋施工圖及料單(I))

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 95-2221-E-002-312-

執行期間：95年8月1日至96年7月31日

計畫主持人：陳永祥教授

共同主持人：

計畫參與人員：曾惠斌教授、林佑正助理教授、黃超煌總經理

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：

中華民國 96 年 10 月 31 日