

# 鋼構件製造施工品保/品管自動化系統之開發

黃文玲<sup>1</sup>、陳澤修<sup>2</sup>、王叔懿<sup>3</sup>、馬鎮義<sup>4</sup>、陳良<sup>5</sup>、葉祥海<sup>6</sup>、潘煌鏗<sup>7</sup>

關鍵詞:鋼構件、品保/品管、自動化

## 摘要

目前世界各國為了提昇產品的競爭力，不斷的調整因應對策以進行產業革新，而品質認證制度與自動化生產則為產業升級及提昇產品的競爭力的兩大重要目標。近年來國內採用鋼骨結構之建築日益增加，且政府正極力推動產業自動化及提昇產品品質，以提高經濟競爭力，故本研究的動機即因應營建業未來大幅採用鋼骨結構及要求高品質、自動化的發展趨勢，針對如何在鋼構件製造及施工時確保產品品質為目的，開發一品保/品管諮詢系統。本研究之內容主要包括：(1)鋼構件製造內檢檢驗及工地吊裝檢驗表單之建立；(2)缺失資料庫之建立及統計；以及(3)品質保證諮詢系統之建立。本研究之方法主要是以國內鋼構廠、建設公司及檢驗公司等實際有關鋼構件製造及施工檢驗等資料為架構，擷取國內一些高層鋼結構建築之工程經驗，並邀請具多年鋼結構工程實務經驗之品保管理公司人才，就營建工程鋼構件製造施工標準作業及可能發生的缺失與造成缺失原因及解決方法進行周密的討論與研究。將鋼構件製造各階段作業及現場吊裝之檢驗表單標準化及電腦化，提供業界及政府單位監督工程品質使用。其目的即在以 ISO 9002 之精神，提昇國內鋼構造業界製造及施工的效率與品質，降低成本提高市場競爭力，到營建自動化之目標。

## 1. 前言

近年來因為建築業界大量採用鋼骨構材，許多之規範、設計、制度等研究[1-7]被

<sup>1</sup> 國立高雄科學技術學院土木系副教授

<sup>2</sup> 遠鼎建設股份有限公司建築師

<sup>3</sup> 漢天下工程管理顧問有限公司專案工程師

<sup>4</sup> 中國鋼鐵結構股份有限公司生管組組長

<sup>5</sup> 理成工業股份有限公司專案經理

<sup>6</sup> 內政部建築研究所組長

<sup>7</sup> 國立高雄科學技術學院土木系副教授

提出，然為確保鋼骨構件品質，運用 ISO 9002 之規範將製造、施工之各項作業流程予以標準化，建立相關檢驗表單，使每階段作業之作業人員能執行自主性檢查或由品保人員抽驗，並填寫檢驗表單，定期統計檢討製程中之不良率及作業缺失，當不良率升高或缺失重覆出現時，應立即加以檢討原因，並即刻給予導正，使製造中之每一項作業皆能合乎作業標準，以降低最終品管檢驗之不良率，並減少修補改善之成本，提昇工程品質。前述品保作業之統計及缺失檢討等作業，傳統上皆由工廠品管單位來執行，由於檢討項目繁多且工作負擔頗重，往往會有自行刪減統計項目或只檢查重點項目之情形，以致品保作業無法落實，不能清楚了解作業線上之真正績效與缺失。為減輕作業人員負荷及提昇管理績效，建研所八十五年度之研究專案「營建鋼構造製造施工品保制度之建立與自動化研究」[8]成果，已將鋼構件製造、施工之品保系統（含標準作業程序及相關檢驗表單）予以電腦化，使作業人員能方便地將檢驗記錄輸入電腦，並依據具表單編號建立工程檔案。本研究延續前述各項研究成果，根據品保架構及品保組織之職掌，針對材料管理、製造、及吊裝作業檢驗標準作業程序(SOP)選定，將各項檢驗資料運用相關檢驗標準作統計分析，自動產生標準化報表，讓品保人員能由電腦化檢驗表單中，迅速且定期追蹤各項製程中之缺失，並運用專家系統對缺失頻率高之項目提供自動化之異常狀態之處理建議及方法，以建立建築鋼構件製造施工缺失資料庫，使整個鋼構件製造施工品保管理趨於合理化、自動化及效率化，並落實執行諮詢系統。以下各節將詳細介本套自動化諮詢系統之功能。

## 2. 品質管理流程及表單之建立

鋼構廠品保人員在鋼構件製造過程中通常分為自主檢驗、線上檢驗及成品檢驗三個階段，而在材料及工地現場吊裝部份則以成品檢驗為主，自主檢驗階段是屬於工作者自行檢驗及填寫檢驗表單，且在自行評估後當場予以修正，屬於內部檢驗之初步評估，評估結果並不對外公開。目前大部份鋼構廠對於自主檢驗通常並沒有標準表單或做記錄，僅由品管人員在製造過程中，對工作者及產品予以查核，當檢驗有缺失時立即通知該施工單位予以修正或補救。由於鋼構廠在鋼構件製造流程的內部檢驗係發現缺失後立刻予以修正，並未將缺失本身及其發生原因詳加記錄、檢討並改善造成缺失的情狀，只是利用人力一再地修正類似的錯誤，因此本研究首先訂定標準化及電腦化之內檢表單，以供品保人員在鋼構件製造施工過程中使用，並運用統計分析的方法予

以檢討，找出缺失發生率最高的項目，予以修正改進。這些電腦化之內檢表單包括材料管理表單、製造管理表單、工地吊裝管理表單。

### 3. 品質管理統計分析模式

#### 3.1 鋼構件製造施工品質管理統計分析方法

運用各種統計圖表、分析圖表、記錄圖表[9]進行統計分析，包括運用特性要素圖分析以整理原因與結果之關係、運用柏拉圖探求問題之原因、運用雷達圖瞭解資料(計量值)之分佈形態等。

#### 3.2 鋼構件製造施工品質管理統計分析步驟

將品管工具應用在鋼構件製造施工方面，係將內檢檢驗表單或成品檢驗表單視為統計圖表中所採用的檢驗表單，而統計事項則為鋼構件製造及吊裝作業中之缺失項目及其發生原因。藉由前節所介紹的品質管理工具及檢驗表單所收集到的資料，可以清楚統計出鋼構件製造及工地現場吊裝品質上各缺陷的發生情況及分佈情形，其品保統計分析之處理步驟如下：(1) 找出可能發生的缺失項目及原因；(2) 繪製特性要素圖；(3) 繪製檢驗資料之雷達統計圖；(4) 繪製檢驗資料之柏拉圖；(5) 繪製檢驗造成缺失原因之發生率雷達統計圖；(6) 繪製檢驗造成缺失原因之發生率柏拉圖；(7) 根據層別繪製檢驗造成最大缺失項目之缺失原因雷達統計圖；及(8) 根據層別繪製檢驗造成最大缺失項目之缺失原因柏拉圖。

### 4. 鋼構件製造施工品保檢驗資料庫

為了達到建立電腦統計品管之目的，必須將前述訂定之標準表單內所查驗的資料建立成為一個資料庫，以便提供鋼構廠做為品質控制的參考依據，進而可以依此做缺失改善分析達到品質管理電腦化，自動化的效果，下列說明資料庫之架構及資料關聯性分析方法。

#### 4.1 資料庫之架構

資料庫之建立首先必須先確立資料庫之架構及其對應關係，圖 1 顯示本研究案品保諮詢系統之資料庫是按照如下對映關係架構而成，按此一架構可先確定資料之相對關係。

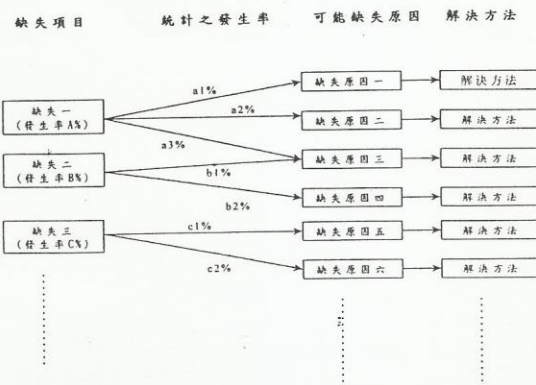


圖 1 品保諮詢系統資料庫對映關係架構

#### 4.2 關聯性分析推理法則

由圖 1 可得知某檢驗作業中其缺失項目有一、二、三、...N 項，每項發生率為 A%、B%、C%、...等，總計缺失發生率為 1，每個缺失項目之可能缺失原因的發生頻率以相對映之  $a_i\%$ 、 $b_i\%$ 、 $c_i\%$ 、...等表示，其中  $a_i$ ， $i=1, 2, \dots, m$  之總和為 1，則每項可能缺失原因在該檢驗之發生頻率可以下列公式表示：

$$\text{某項可能缺失原因發生頻率} = \sum (\text{缺失項目發生頻率}) \times (\text{該某項可能缺失原因在該項缺失項目下之發生頻率})$$

以圖 1 的缺失原因三而言，在圖 1 所表示的檢驗作業之發生頻率計算如下：

$$\text{圖 1 之缺失原因三發生頻率} = (A \times a_3 + B \times b_1) \%$$

依上述法則可計算得每項缺失原因發生之頻率，頻率最高者代表資料分析結果為鋼構製程中最迫切需要解決的問題，建議品管人員應先針對該原因進行改善工作。

#### 4.3 檢驗資料庫建立

根據已知鋼構件製程中可能發生的缺失項目及缺失原因，可建立檢驗資料庫，以下為資料庫建立步驟：(1) 繪製內檢檢驗之各項缺失項目及可能造成該缺失項目的缺失原因關係映射圖，以圖 2 為範例；(2) 繪製檢驗異常狀況(即檢驗結果不良)之特性要素圖，以圖 3 為範例；(3) 經由文獻蒐集與專家訪談結果，彙集整理出各項可能缺失原因之解決方法；及(4) 建立檢驗資料庫欄位內容，以表 1 為例。根據前述之關係



映射圖與特性要素圖，以表格的方式寫出各項缺失項目及其可能發生原因之關係，再由步驟三對可能發生原因之解決方法，以一對一方式呈現，做為本研究案專家諮詢系統知識庫建立之依據。

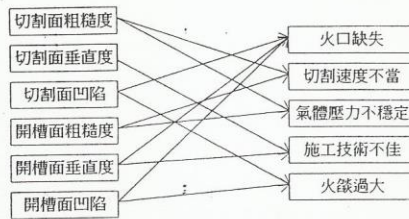


圖 2 品保諮詢系統缺失項目與缺失原因關係映射圖範例

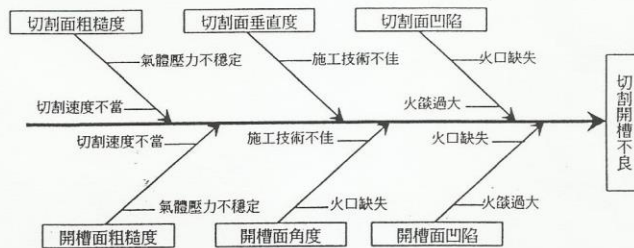


圖 3 品保諮詢系統異常狀況特性要素圖範例

表 1 切割開槽檢驗資料庫欄位內容範例

缺失項目	可能缺失原因	解決方法
切割面粗糙度	1. 切割速度不當 2. 氣體壓力不穩定	①. 調整切割速度 ②. 調整氣體壓力
切割面垂直度	1. 施工技術不佳	①. 加強人員訓練
切割面凹陷	1. 火口缺失 2. 火燄過大	①. 適當的火口高度 ②. 調整適當的火燄
開槽面粗糙度	1. 切割速度不當 2. 氣體壓力不穩定	①. 調整切割速度 ②. 調整氣體壓力
開槽面角度	1. 施工技術不佳 2. 火口缺失	①. 加強人員訓練 ②. 調整火口角度
開槽面凹陷	1. 火口缺失 2. 火燄過大	①. 適當的火口高度 ②. 調整適當的火燄

## 5. 異常分析自動化

在製造流程與工地施工中若發現有異常現象，應立即根據變異連繫單內容，與各單位相關人員研究處理變異方式，而品管人員在現場檢查發現缺失後往往僅對缺失予以確認並通知施工者進行現場修改，但對於造成缺失的原因並未記錄、統計或探討，此種只重視修改結果的方式對於往後缺失之預防及減少並無顯著的助益，為此本研究提出一異常分析自動化模式，利用表單記錄缺失項目(即異常狀況)及缺失原因，然後運用電腦做統計分析，找出造成異常狀況之最可能原因，以便工作人員能迅速針對問題予以處理，有效減少線上錯誤發生率，進而加快生產速度降低生產成本。

### 5.1 製造及施工中缺失資料之建立

在鋼構件製造施工過程的每一階段完成後之檢驗，品管人員依標準檢驗表單，填寫缺失項目及缺失可能發生的原因，即可完成檢驗缺失資料之建立。

### 5.2 統計分析與資料庫鏈結之技術

將前述缺失資料庫鏈結品管統計方式與檢驗資料庫，運用軟體做統計資料分析，可得到鋼構件製造流程內檢檢驗及工地吊裝檢驗，各項缺失及原因發生的百分比及次數，找出最大缺失發生率之項目及其最可能之產生原因。

## 6. 鋼構件製造施工品保諮詢系統

鋼構件製造施工品保/品管諮詢系統透過 Microsoft Office 97 及 Delphi 3.0 版所設計之簡易的人機交談介面，讓使用者能輕鬆的使用本系統做工程基本資料設定、檢驗資料登錄、查詢、缺失統計分析、專家諮詢及資料輸出等作業；其統計分析可針對指定檢驗項目、指定期限或整體加以分析；統計分析結果可選雷達圖或柏拉圖展示缺失項目、原因、最大缺失項目或最大缺失項目之缺失原因統計結果，亦可顯示缺失項目及缺失原因分析諮詢結果；且本系統為一開放式架構，管理單位可依實際情形建立自己之專家諮詢系統，並由系統管理者訂定所有使用者的權限，以確保資料之安全保密。本系統可協助使用者快速掌握作業流程中之異常狀況，迅速予以改善以提昇鋼

構件製造及施工之管理效率與品質。

## 7. 結論

本研究針對現行鋼構件工廠製造及工地吊裝品保作業著重缺失修改成效的作法提供一改善方法：將鋼構件從鋼板切割、開槽、組立、電銲及塗裝之生產流程與工地基礎螺栓埋設、電銲組立、吊裝施工作業等，建立一套完整檢驗表單及提供一品保/品管諮詢系統。品管人員將確實檢驗並記錄之製造及施工中每一個流程中所產生的缺失項目與原因建立成為該公司之缺失資料庫，經本諮詢系統作統計分析，以了解、追蹤及掌握鋼構件製造施工中的異常狀況。同時將本系統作為電腦作業，資料不會遺失或失或有作假之情形發生，可以落實品保作業。除實務工作之應用外，管理者尚可運用專家諮詢系統的部份作為人員訓練之用，以了解鋼構件製造施工品保作業流程中每階段可能發生的異常狀況而事先加以防範。未來可結合資訊科技之發展，運用類似掌上型電腦設備，使品保人員可直接在電腦上填寫缺失，以遙控方式將檢驗資料傳送入電腦主機，連結本研究之專家諮詢系統，朝全面自動化的目標邁進。

## 8. 參考文獻

1. 內政部建研所籌備處，鋼結構規範研究（設計、製造、施工），1992。
2. 內政部建研所籌備處，鋼結構規範解說及標準之訂定，1993。
3. 內政部建研所籌備處，建築鋼結構施工規範及解說研究，營建雜誌出版設，1998。
4. 內政部建築研究所、台灣區鋼鐵公會鋼結構小組，鋼構廠分級制度先期規劃研究，1993。
5. 內政部建築研究所、台灣區鋼鐵公會鋼結構小組，鋼結構製造標準，1994。
6. 內政部建築研究所，鋼結構施工規範，營建雜誌出版設，1995。
7. 呂守陞、陳生金，鋼結構元件設計與製作標準化/電腦化之研究，內政部建築研究所報告，1996。

8. 黃文玲、潘煌鏗、楊崑山、陳澤修，營建鋼結構製造施工品保制度之建立與自動化研究，內政部建築研究所研究報告，1997。
9. 林耀煌，營建工程施工規劃與管理控制，長松出版社，台北，第 340-346 頁，1993。

## **The Development of a Computer Aided System for Quality Assurance of Steel Structure Production and Construction**

W. L. Huang, T. S. Chen, S. H. Wang, J. Y. Ma, L. Chen, H. H. Yeh, H. H. Pan

Keyword: Steel structure, quality assurance/quality control, automation

### **ABSTRACT**

Many countries in the world are trying to adjust their industrial production strategies in order to improve their production capability. However, quality assurance and automation are two main focuses that may achieve such a goal for the promotion of production capability. Recent development in Taiwan indicates that architecture with steel structure becomes more popular over time and government agency encourages the effort for improving economic competence via the use of an integrated idea of quality assurance and automation. This study explores a new development of computer aided system for quality assurance of steel structure production. The essential functions of this computer aided system include: 1) the preparation of required data sheet in the computer aided system; 2) the development of a data base for fault analysis of steel structure production ; and (3) the construction of a knowledge base for quality assurance/quality control of steel structure production. A professional team with the inclusion of several famous companies and experts are organized for the purpose of implementation of such an idea. The design procedure of such a computer aided system was ensured to be consistent with the spirit of ISO 9002. It is believed that the improvement of production quality of steel structure, the reduction of production cost, and the automation of construction management are highly anticipated through the use of such a computer aided system.